

액상 대두유 섭취가 영아의 적혈구 지방산 조성과 혈청 지질농도에 미치는 영향*

조여원[§] · 장영은 · 신경욱 · 김정숙¹⁾ · 김승보²⁾ · 최영미³⁾

경희대학교 동서의학대학원, 식품영양학과, 경희대학교 임상영양연구소
한국한의학연구원,¹⁾ 경희대학교 의과대학 산부인과학교실,²⁾ 소아과학교실³⁾

Effects of Soy-Based Infant Formula on the Fatty Acid Composition of Erythrocytes and Plasma Lipid Levels in Full-Term Infants*

Choue, Ryowon[§] · Chang, Youngeun · Shin, Kyungwook
Kim, Chungsook¹⁾ · Kim, Seung Bo²⁾ · Choi, Youngmi³⁾

Graduate School of East-West Medical Science, Department of Food and Nutrition, Seoul 130-701, Korea
Research Institute of Clinical Nutrition,¹⁾ Korea Institute of Oriental Medicine, Seoul 135-100, Korea
Department of Gynecology,²⁾ Pediatrics,³⁾ Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

In Korea, the concerns about the consumption of soy-based infant formulas have received considerable public attention. It has been known that the n-3/n-6 ratio of soy has a beneficial effect on the health. This study was conducted to investigate whether the soy-based infant formula has an effect on the composition of fatty acids in erythrocytes with regard to the plasma lipid levels in full-term infants. The infants who were delivered at Kyung Hee Medical Center were recruited. Experimental groups were the breast milk group(n = 17), soy-based infant formula group(n = 12) and casein-based infant formula group(n = 19). Anthropometric and dietary assessments were performed and the composition of RBC fatty acids and blood lipid levels were measured. The body weight, length, chest circumference and head circumference of the subjects were normal growth range showing no significant difference among the experimental groups. The ratio of n-3/n-6 ratio in breast milk, soy-based infant formula and casein-based infant formula were 0.11, 0.14 and 0.13, respectively. N-3/n-6 ratio of the subjects' erythrocyte fatty acids for each groups were 0.18, 0.21 and 0.17, respectively. The levels of DHA in breast milk, soy-based infant formula, and casein-based infant formula were 0.68, 0 and 0.25% of total fatty acids. Meanwhile, the levels of DHA of erythrocytes in each group were 0.30, 0.30 and 0.35% of total fatty acids, respectively. Most of the fatty acids of erythrocyte were not significantly different among the three experimental groups. The blood lipid levels of each experimental group were normal range. The total lipid level of casein-based formula group was higher than that of other experimental groups and LDL-cholesterol level of soy-based formula group was the lowest among the three groups. (*Korean J Nutrition* 34(7) : 778~785, 2001)

KEY WORDS: soy-based infant formula, DHA, fatty acid composition, serum lipid levels.

서 론

동양에서는 수세기 동안 영유아기를 통해 콩 단백질을 기초로 한 영양소 성분을 섭취하여 왔다. 영아들을 위한 영양 공급원으로써 두유의 보급은 급성설사 및 유당불내증 또는 갈

접수일 : 2001년 3월 21일

채택일 : 2001년 9월 27일

*This research was supported by the Brain Korea 21 project and grants from Dr. Chung's Co.

[§]To whom correspondence should be addressed.

락토오즈혈증 유아들과 모유 및 우유에 알레르기 증상이 있는 영아들을 대상으로 시작되었다.^{1,2)} Fomon 등³⁾은 단백질의 생물학적 개선으로 methionine을 보강한 대두단백유가 단백질 및 주요 영양소 성분, 영아의 성장 발육 등의 관점에서 우유와 비교하여 동등한 영양학적 가치를 입증한 바 있다.

콩은 필수 지방산인 linoleic acid(C18 : 2, n-6)와 α -linolenic acid(C18 : 3, n-3)를 다량 함유하고 있으며, 필수 지방산은 체내에서 세포막 기능, eicosanoid의 생성조절기능, 피부의 정상적 기능, 그리고 혈청 콜레스테롤 감소 및 두뇌발달과 시각기능 유지 등의 기능을 나타낸다. 특히, 식

이 지방산이 두뇌발달에 영향을 미칠 수 있다는 결과가 발표된 이후 두뇌 조직형성에 필수성분인 다가불포화지방산에 대한 관심이 증대되었다.^{4,7)} Docosahexaenoic acid(C 22 : 6, n-3, DHA)는 대뇌피질과 세포막의 지질을 구성하는 중요 지방산이며, 망막의 광수용체를 구성하고 있는 인지질에 다량 존재한다. 이러한 세포막내 인지질은 DHA를 선호적으로 유입하여 세포막 유동성에 의한 기능 및 효소의 세포막 결합에 중요한 영향을 미친다. 따라서 성장·발달 기간동안 n-3계 지방산이 부족할 경우, 인지기능, 학습능력과 시각기능이 저하될 수 있다.^{8,10)}

영아는 DHA를 모유로부터 공급받거나, 체내에서 α -linolenic acid로부터 합성할 수 있다. 그러나 α -linolenic acid로부터 DHA로의 전환이 저조하여 두뇌형성시기에 증가된 필요량에 대한 충족은 식이로 직접 공급받는 것이 가장 효율적이다.¹¹⁾ 한편, 체내에서의 DHA 합성은 n-6 : n-3의 비율이 4 : 1~10 : 1일 때 가장 왕성하게 일어나며, 대두유에는 이들 지방산의 비율이 DHA 합성에 적절한 범위 즉, 모유의 범위와 유사한 약 7 : 1의 비율로 함유되어 있다.¹²⁾

적혈구내 DHA는 식이로부터 공급받는 DHA를 반영하는 것으로 보고되고 있다.¹³⁾ 또한 식이로 공급되는 DHA가 영아의 두뇌 조직에 공급되고 있는지의 여부도 적혈구내로 유입되는 DHA 함량으로 추측할 수 있다.¹⁴⁾ 따라서 적혈구와 같은 간접적인 marker를 이용하여 두뇌 및 망막 조직의 지방산 조성에 대한 식이의 영향이 평가되고 있다. 산모의 식이중의 DHA는 산모의 적혈구를 통해 태아 조직의 발달 과정에 영향을 주게 된다. 이는 Nettleton¹⁵⁾의 연구에서 출생 직후 산모의 적혈구내 지방산 조성은 태아의 적혈구 및 두뇌의 지방산 조성을 분석한 결과, 그 구성이 유사하게 나타났다는 사실로 입증될 수 있다. 그러나 출생이후, 영아의 적혈구 지방산 조성은 영아의 식이에 의하여 직접적인 영향을 받게 된다.

영아기에 식이로 공급되는 지방의 유형과 콜레스테롤의 함량은 영아의 혈장 지질과 지단백질내 콜레스테롤 수준과 밀접한 관계를 가지고 있다.¹⁶⁾ 즉, 영아기에 섭취하는 지방산의 유형과 콜레스테롤 함량에 따라 신체내 LDL-receptor의 생성률과 HMG-CoA reductase의 활성이 대사적 환경에 적응함으로써 영아의 혈장 지질농도 조절에 중요한 역할을 하게된다.¹⁷⁾ 포화지방산의 경우, 혈청 중성지방과 콜레스테롤 수준을 증가시키는 반면, 불포화지방산은 LDL-콜레스테롤과 중성지방을 저하시킨다.¹⁸⁾ 특히 DHA는 VLDL의 생성을 저하시킬 뿐 아니라, LDL수용체의 활성도를 높여 줌으로써 혈청 지질과 콜레스테롤 수준을 낮추는데 기여한다.

본 연구에서는 모유와 액상대두유 및 조제분유의 섭취로 공급되는 지방산의 유형이 영아의 적혈구 지방산 조성 및 혈청 지질 농도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구대상자

본 연구는 K 대학병원 산부인과 병동에서 임신 38~42주에 정상 분만한 산모들 중 지질대사이상이나 당뇨병, 임신중독증 등의 병력이 없는 건강한 산모들로서 본 연구의 취지에 동의한 건강한 산모들의 영아 총 48명을 대상으로 하였다. 대상자 중 모유를 수유받는 영아들은 모유 군(Breast milk group, n = 17), 액상대두유를 수유받는 영아들은 액상대두유 군(Soy-based formula group, n = 12), 조제분유를 수유받는 영아들은 조제분유 군(Casein-based formula group, n = 19)으로 분류하여 이중맹검연구를 시행하였다.

2. 식이섭취량 조사

영아의 식이 섭취량은 출생 후 2, 4, 8, 12, 16주에 식사 일지를 통하여 조사하였다. 조유액을 만드는 과정에서 통일성 있는 결과를 산출하기 위하여 계량스폰을 사용하도록 하였다. 조제한 양을 정확히 기록하고 또한 남긴 양도 자세히 기록하여 하루에 섭취한 양을 산출하였다. 영아의 일일 섭취량은 영양소분석표를 이용하여 영아의 일일 영양소 섭취량으로 계산하였다.

3. 영아 식이의 성분조성

본 연구에서 사용한 모유, 액상대두유, 조제분유의 영양소 성분은 Table 1과 같다. 액상대두유 및 조제분유는 출생 후 4개월까지 영아에게 필요한 영양소를 충분히 공급해 줄 수 있도록 구성되었다. 탄수화물은 100ml당 액상대두유가 7.5g, 조제분유가 7.2g을 함유하여 총 열량의 각각 43.2%, 41.5%를 공급하였으며, 단백질은 액상대두유가 2.0g, 조제분유가 1.6g으로 총 열량의 각각 11.5%, 9.2%를 공급하였다. 지방은 모두 3.5g을 함유하여 총 열량의 45.3%를 공급하였다. 미량 영양소인 비타민과 무기질은 국제 영양권장량을 기초로 하여 섭취 열량과 균형이 맞도록 공급되었다.

4. 영아의 성장발육 측정

영아의 성장·발육은 신장, 체중, 흉위, 두위를 출생 시와 출생 2, 4, 8, 12, 16주에 측정하였다. 신장은 수평으로 눕힌 상태에서 목재 신장기(mm 단위)를 이용하여 측정하였고 체중은 가벼운 상의를 입은 상태에서 전자 체중기(g 단위,

Table 1. Nutrient composition of infant formulas (100ml)

Components	Breast milk (> 30days)	Soy-base formula	Casein-based formula	CODEX ¹⁾	ESPGAN ²⁾
Protein(g)	0.9	2.0	1.6	1.8	1.8
Fat(g)	4.2	3.5	3.5	3.3	4.0
Carbohydrate(g)	7.0	7.5	7.2	10.8	
Calorie(kcal)	70	70	67.4		
Calcium(mg)	28	60	46.8	50	60
Phosphorus(mg)	15	41	26.0	25	30
Iron(mg)	0.04	0.75	0.78	1	1
Potassium(mg)	58	91	57.2	80	50mEq/L ↓
Sodium(mg)	18	20	18.2	20	50mEq/L ↓
Vit. C(mg)	4.0	7	6.5	8.0	8.0
Vit. A(I.U.)	200	167	221	250.0	250.0
Vit. D(I.U.)	20	44.8	45.5	40.0	40.0
Vit. E(I.U.)	0.32	1.0	0.78	0.7/g LA	0.7/g LA

1) CODEX: Joint FAO/WHO Food Standard Program Codex Alimentary commission: Recommended international standards for foods for infants and children. 1976.

2) ESPGAN: ESPGAN committee on nutrition. Guidelines on infant nutrition 1. Recommendations for the composition of an adapted formula. Acta Paediatr Scand. 1977.

CAS회사)를 이용하여 측정하였다. 두위는 머리 둘레중 가장 긴 부위인 전두-후두위(occipitofrontal circumference)를 늘어나지 않는 줄자(mm 단위)를 이용하여 측정하였다. 모든 측정치는 2번씩 반복 측정하여 평균을 내었다. 측정치는 한국 소아과 발육 표준치 및 NCHS 발육표준치와 비교하였다.

5. 혈액 및 모유채취

영아의 혈액은 출생 후 16주에 외경정맥(external jugular vein) 또는 대퇴골 정맥(femoral vein)에서 5.0ml를 채취하여 혈장과 적혈구로 분리한 후, 생화학적 분석을 위하여 -70℃에 보관하였다.

모유채취는 모유 군에 한하여 출산 2, 8, 16주 후에 오전 9~11시 사이에 행하여 졌으며, 15~20ml정도를 채취하여 분석 전까지 -70℃에서 보관하였다.

6. 생화학적 분석

1) 지방산 조성 분석

영아의 적혈구 지방산 조성은 gas chromatography (Hewlett Packard, Co., USA : Model 5890 II, column : SP2330 fused silica capillary column(60m × 0.25mm ID), gas flow rate : N₂ = 26ml/min, air 300ml/min, H₂ 30ml/min, split flow rate = 100 : 1)를 이용하여 분석하였다. Bligh와 Dyer¹⁹⁾의 방법으로 적혈구에서 지질을

추출한 후, Morrison과 Smith²⁰⁾의 방법을 이용하여 지방산 조성을 분석하였다. 각 지방산의 retention time을 표준지방산과 비교하여 백분율로 표시하였다.

2) 혈청 지질 농도 분석

산모와 영아의 혈장 내 총 지질농도는 Christopher²¹⁾의 sulfo-phospho-vanillin법을 이용하여, 먼저 황산을 넣어서 가열한 후, phospho-vanillin과 반응시켜서 생기는 분홍색을 파장 540nm에서 측정하였다. 혈청 중성지방의 농도와 콜레스테롤, 인지질 농도는 효소법으로 분석하였다. HDL-콜레스테롤 농도는 침전법을 이용하여 측정하였으며, VLDL-콜레스테롤 농도는 Friedewald 공식을 이용하여 산출하였다.

7. 통계분석

모든 통계는 statistic analysis system(SAS)통계 프로그램을 이용하여 각 군간의 유의성을 p < .05 수준에서 검증하였다. 각 군별 영아의 성장률을 구하여 한국 소아 발육 표준치와 비교하였으며, 모유, 액상대두유, 분유 군에서 영아의 성장, 발육의 차이를 비교하였다. 또한 각 군별 영아의 섭취량을 비교하였으며, 영양소 분석을 통해 1일 영양소 섭취량을 권장량과 비교하였다. 모든 혈액분석 data는 각 군별 평균값을 비교하여 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 산모의 평균연령은 30.3~31.6세 범위였으며, 임신기간은 39.8주~40.0주로 유사하였고, 임신전 체중도 54.5~55.1kg으로 군간의 차이를 보이지 않았다(Table 2). 임신기간 중 체중증가는 14.9~15.8kg의 범위로 정상적인 체중증가의 범위에 속하였으며, 출산 횟수는 평균 1.2~1.7로, 초산인 경우가 대부분이었다. 출생 시 영아의 체중은 모유 군이 3359.4 ± 316.9g, 액상대두유 군이 3535 ± 519.6g, 분유 군이 3414.2 ± 378.8g으로 군간에 차이가 없었다. 신장, 두위, 흉위에 있어서도 모두 정상범위에 속하였으며, 군간의 차이는 나타나지 않았다. 전체 영아의 성별은 남아 28명, 여아 20명으로 액상대두유 군에서 남아의 구성비율이 다소 높게 나타났다.

2. 모유, 액상대두유 및 분유의 지방산 조성

모유, 액상대두유 및 분유의 지방산 조성을 살펴보았다(Table 3). 출산 16주 모유의 지방산 조성을 보면 LA는 총 지방산의 18.22 ± 1.45%로 나타났으며, LNA는 1.44 ±

Table 2. General characteristics of the subjects

	Breast milk ¹⁾ (n = 17)		Soy-based formula (n = 12)		Casein-based formula (n = 19)	
Maternal						
Maternal age (yr)	30.3 ± 3.4 ²⁾		31.0 ± 3.8		31.6 ± 3.5	
Gestational age (wk)	40.0 ± 1.3		39.8 ± 0.9		39.9 ± 1.3	
Pre-pregnancy wt(kg)	55.0 ± 6.7		54.5 ± 7.5		55.1 ± 9.3	
Pregnancy wt gain(kg)	15.8 ± 5.3		14.9 ± 4.6		15.3 ± 5.8	
Parity	1.2 ± 0.4		1.7 ± 1.0		1.4 ± 0.5	
Infant						
Birth weight(g)	3359.4 ± 316.9		3414.2 ± 378.8		3535 ± 519.6	
Birth height(cm)	51.4 ± 1.9		51.0 ± 1.3		51.9 ± 2.7	
Birth head cir(cm)	34.8 ± 1.5		35.1 ± 1.8		34.2 ± 1.0	
Birth chest cir(cm)	33.3 ± 1.3		33.6 ± 1.6		33.0 ± 1.9	
Male/Female	8/9		9/3		11/8	

1) Breast milk: Group of mothers, and infants who fed breast milk for 16 weeks, Soy based formula: Group of mothers, and infants who fed soy based infant formula for 16 weeks, Casein based formula: Group of mothers, and infants who fed formula for 16 weeks
2) Values are Mean ± SD

0.19%에 해당되었다. 또한 EPA는 0.60 ± 0.05%, DHA는 0.70 ± 0.10% 차지하였으며, AA는 총 지방산의 0.43 ± 0.03%로 나타났다. 액상대두유의 지방산 조성을 살펴보면 LA는 총 지방산의 24.86 ± 0.10%로 나타났으며, LNA는 3.60 ± 0.13%에 해당되었다. 또한 EPA와 DHA 그리고 AA는 검출되지 않았다. 분유의 지방산 조성을 살펴보면 LA는 총 지방산의 19.36 ± 0.62%로 나타났으며, LNA는 2.39 ± 0.12에 해당되었다. 또한 EPA는 0.05 ± 0.03%, DHA는 0.25 ± 0.10%를 차지하였으며, AA는 총 지방산의 0.02 ± 0.01%로 나타났다.

3. 영아의 영양소 섭취량

생후 4주 영아의 일일 액상대두유 섭취량은 514.3 ± 65.5 ml, 8주에는 777.9 ± 68.3ml, 12주에는 848.8 ± 68.6ml이었으며, 분유 섭취량은 각각 649.3 ± 62.1ml, 759.3 ± 52.7 ml, 825.0 ± 44.6ml로 영아의 섭취량은 계속 증가하였으며, 두 군간에 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 출생 16주 후 영아의 영양소 섭취량을 영양권장량과 비교하여 보았을 때 액상대두유 군과 분유 군간에 유사하였다(Fig. 1). 액상대두유 군의 일일 총열량 섭취는 779.2kcal로 권장량의 155.8%를 차지하였으며, 단백질은 22.3g(권장량의 111.5%), 지방은 39.0g을 섭취하였다. 한편, 분유 군의 경우, 일일 총열량 섭취는 765.4kcal(권장량의 153.1%), 단백질은 18.6g(권

Table 3. Fatty acid composition of breast milk, soy-based, and casein-based infant formulas (% of total fatty acid)

Fatty acids	Breast milk	Soy-based formula	Casein-based formula
c 8 : 0	0.17 ± 0.03	0.58 ± 0.42	0.79 ± 0.69
c 10 : 0	1.76 ± 0.21	2.81 ± 0.11	1.27 ± 0.71
c 12 : 0	6.71 ± 0.85	25.65 ± 0.21	16.47 ± 1.26
c 14 : 0	7.44 ± 1.28	10.14 ± 0.08	8.42 ± 0.62
c 16 : 0	22.18 ± 1.35	11.95 ± 0.22	19.99 ± 0.34
c 16 : 1	4.00 ± 0.44	0.11 ± 0.05	0.80 ± 0.04
c 18 : 0	5.31 ± 0.41	7.10 ± 0.06	4.98 ± 0.47
c 18 : 1	30.05 ± 0.95	13.07 ± 0.07	23.51 ± 0.94
c 18 : 2	18.22 ± 1.45	24.86 ± 0.10	19.36 ± 0.62
c 18 : 3	1.44 ± 0.19	3.60 ± 0.13	2.39 ± 0.12
c 18 : 4	0.15 ± 0.01	nd	0.16 ± 0.07
c 20 : 1	1.44 ± 0.19	0.04 ± 0.02	0.80 ± 0.40
c 20 : 2	0.43 ± 0.03	0.04 ± 0.05	0.09 ± 0.05
c 20 : 4	0.43 ± 0.03	nd	0.02 ± 0.01
c 20 : 5	0.60 ± 0.05	nd	0.05 ± 0.03
c 22 : 0	0.30 ± 0.10	0.06 ± 0.03	0.10 ± 0.06
c 22 : 6	0.70 ± 0.10	nd	0.25 ± 0.10
Σ SFA	45.84 ± 1.20	58.35 ± 0.13	52.73 ± 0.38
Σ MUFA	30.47 ± 2.21	13.07 ± 0.07	23.51 ± 0.94
Σ PUFA	24.58 ± 0.20	28.59 ± 0.05	22.76 ± 0.16
Σ N-3	2.34 ± 0.18	3.60 ± 0.10	2.69 ± 0.05
Σ N-6	20.41 ± 0.33	24.86 ± 0.10	19.48 ± 0.31
N-6/N-3	8.82	6.91	7.24

1) Breast milk: Group of infants who fed breast milk for 20 weeks, Soy based formula: Group of infants who fed soy based infant formula for 20 weeks, Casein based formula: Group of infants who fed formula for 20 weeks
2) Values are Mean ± SD
3) nd: not detected

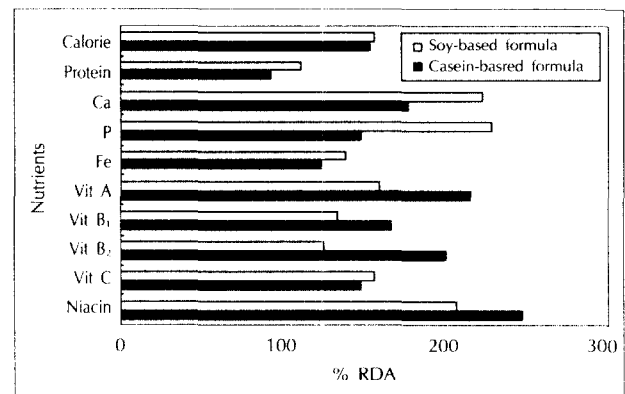


Fig. 1. Comparisons of nutrient intakes with RDA in the infants fed soy-based formula and casein-based formula. *: RDA(Recommended dietary allowances) : 한국인 영양권장량 7차개정 2000.

장량의 93.0%), 지방은 40.9g을 섭취하였다. 비타민, 무기질 등의 섭취량도 대부분 영양권장량을 상회하였으며, 특히 비타민 C의 섭취량은 영양권장량보다 높게 나타났다. 분유 군의 경우에도 비타민과 무기질의 섭취량 모두가 권장량을 충족하였다.

본 연구에서 조사된 영아의 섭취량과 권장량의 비율은 대부분의 영양소에서 양호한 상태로 나타났으며, 영아의 일일 섭취량을 살펴보면 분유의 섭취량의 경우, 손 등²²⁾의 연구에서 보고한 4개월 된 영아의 일일 섭취량보다 다소 낮게 나타났으며, 액상대두유 군의 섭취량은 분유 군의 섭취량과 유사하였다.

4. 영아의 성장 발육상태

영아의 성장, 발육의 정도를 출생 당시, 출생 4, 8, 12 그리고 16주 후에 측정된 결과 영아의 체중은 출생 시에 각 군 별로 차이를 보이지 않았으며, 4, 8, 12 그리고 16주에도 군 간의 차이를 보이지 않으며 정상적으로 증가하였다. 또한 이 수치는 한국 소아과 발육 표준치의 20~50th percentile에 포함되고, National Center of Health Statistics(NCHS) 발육 표준치에서는 50th percentile 이상으로 정상적인 성장, 발육상태를 보였다(Fig. 2).

영아의 액상대두유 및 분유의 섭취량 증가에 따라 체중과 신장이 증가하였으며, 체중과 균형을 맞추어 성장하였다. 이는 섭취량에 따른 체중 및 신장, 두위의 증가로 판정 될 수 있었다. Sellars 등²³⁾과 Cherry 등²⁴⁾의 연구에서도 모유, 대두유, 분유 군에서의 성장발육상태를 비교해 본 결과, 군간 유사한 성장률을 보였다.

5. 영아의 적혈구 지방산 조성

출생 16주 후 영아의 적혈구의 지방산 조성을 살펴보았다

(Table 4). 포화지방산인 myristic acid, palmitic acid는 각각 2.35~2.68%, 21.88~22.42% 수준으로 나타났으며, stearic acid는 모유 군이 24.25%, 액상대두유 군이 23.68%, 분유 군이 23.85%로 관찰되었다. 단일 불포화지방산인 oleic acid의 경우에는 10.43~11.23%의 범위로 군간의 차이를 보이지 않았다. Linoleic acid와 α -linolenic acid의 수준은 각각 7.71~8.57%, 0.25~0.26%의 범위로 나타나 군간의 차이를 보이지 않았으며, archidonic acid는 14.28~16.35%의 범위로 액상대두유 군(16.35%)에서 높게 관찰되었다. 적혈구의 DHA함량은 모유 군에서 3.77%, 액상대두유 군에서 4.27%, 분유 군에서 3.62%로 조사되었으며, 총 n-3 지방산은 6.75~7.59%의 수준으로, 그리고 n-6 계 지방산은 24.51~27.19%의 수준으로 관찰되었다.

출생 이후 영아의 적혈구 지방산 조성은 영아의 식이에 의하여 직접적인 영향을 받는다. 영아의 식이 섭취 횟수가 많을수록, 한번에 섭취하는 양이 많을수록 적혈구 지방산 조성에 반영되는 정도는 더욱 효율적인 것으로 보고되고 있다.²⁵⁾ 본 연구결과에서 16주 영아의 혈액 내 적혈구 지방산 조성을 보면, 포화지방산, 단일 불포화지방산 및 다가불포화지방산의 경우 군간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총 n-6계 지방산은 24.51~26.19%의 수준을 보였으며, 총 n-3계 지방산은 6.75~7.59%의 수준으로 n-6/ n-3의 비율은 약 5 : 1 정도였다.

DHA는 n-3계의 다가불포화지방산의 일종으로 LA과

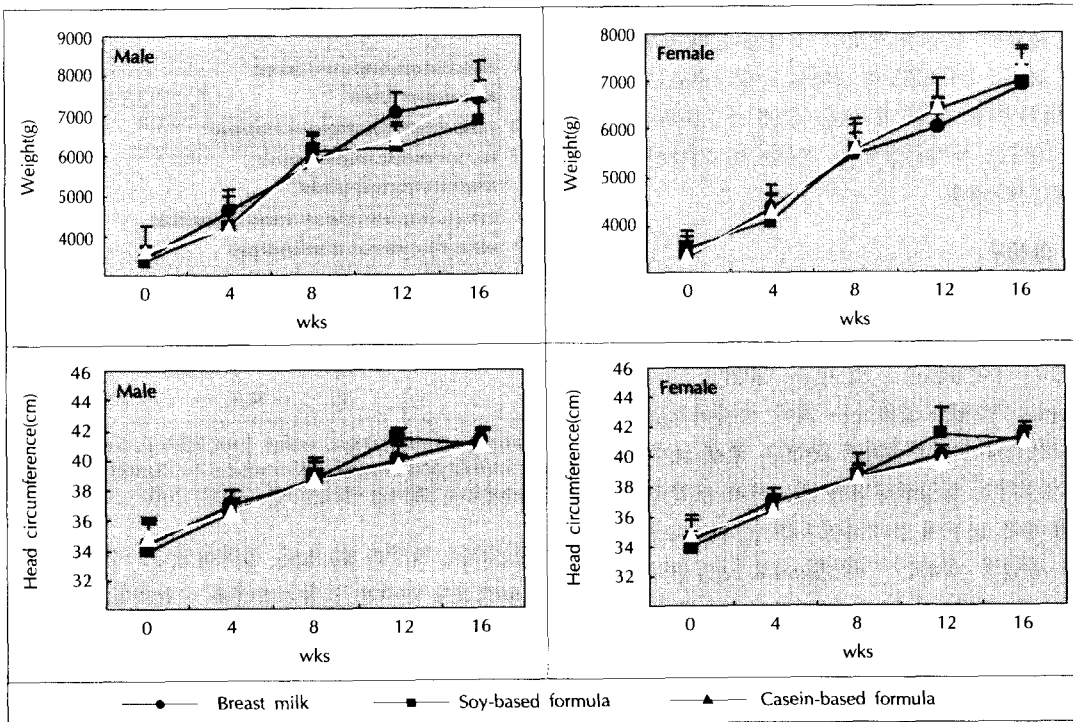


Fig. 2. Anthropometric measurements of 16 weeks old infants.

LNA가 일정 비율 상태일 때 체내에서 합성되어 두뇌 조직의 형성에 필수성분이 되는데, n-6/n-3계의 비율이 약 7:1의 비율일 경우 가장 적절하게 합성되는 것으로 보고되고 있다. 바람직한 n-6/n-3 비율에 대해서는 다양한 제안들이 있으나, 캐나다에서 1990년에 처음으로 n-6/n-3 비율을 6:1로 권장하였고, 1994년 FAO/WHO 유지전문위원회에서는 이 비율을 5:1~10:1로, 일본에서는 4:1로, 한국인의 영양권장량 7차 개정에서는 n-6/n-3 비율을 4:1~10:1로 설정하였다. N-6계 지방산과 n-3계 지방산의 체내에서의 기능이 서로 다르며, 경쟁적으로 작용하는 기전도 밝혀졌으므로 이러한 측면에서의 지방산 균형을 보는 것은 매우 의미있는 것으로 사료된다.

Kinsella 등²³⁾(1991)은 LA에서 AA로, LNA에서 EPA 및 DHA로의 합성과정에 관련된 효소 중의 하나인 Δ^6 -desaturase가 속도조절 효소임을 보고하였다. 이 효소의 활성부위에 LA와 LNA가 경쟁적으로 작용함으로써 LNA가 DHA로의 전환을 억제하며, 한편 EPA와 DHA는 Δ^6 -desaturase활성을 저해함으로써 AA의 합성을 억제하는 효과를 가지고 있다. 한편, 최근에 미성숙아의 뇌와 망막 조직에 함유된 DHA는 식품에서 직접 유입되거나 α -linolen-

ic acid 또는 EPA로부터 합성된 것으로 보고된 바 있다. α -linolenic acid의 결핍은 뇌세포 중의 DHA 함량을 감소시키고, 인지능력, 학습능력과 시각기능의 장애를 초래하는 것으로 밝혀졌다. 따라서 α -linolenic acid 포함한 n-3계 지방산은 필수적인 식이 성분으로 인지되었다.

6. 영아의 혈청 지질수준

16주된 영아의 혈청 지질 수준을 살펴보았다(Table 5). 영아 혈청의 평균 총 지질수준은 모유 군이 405.6 ± 43.8 mg/dl, 액상대두유 군이 367.0 ± 39.7mg/dl, 분유 군이 328.1 ± 51.7mg/dl로 모유 군, 액상대두유 군, 분유 군의 순으로 높게 나타났으며, 혈청 평균 중성지방 농도의 범위는 91.6~103.6mg/dl로 군간에 차이가 관찰되지 않았다. 혈청 인지질 수준은 152.8~164.6mg/dl로 나타났으며, 총 콜레스테롤 수준은 129.7~149.3mg/dl로 정상범위에 속하였다. 혈청 LDL-콜레스테롤 농도도 모든 군에서 정상범위를 나타냈으며, 액상대두유 군에서 모유 군이나 분유 군에 비해 낮게 나타났다(p < 0.05). HDL-콜레스테롤은 군간의 차이가 관찰되지 않았으며, LDL/HDL 비율은 모유 군에서 가장 높게 나타났다.

혈청 콜레스테롤 농도는 출생시 70mg/dl 전후이던 것이 생후 4일 이내에 성인의 60%정도로 증가한다. 일반적으로 모유를 섭취한 영아는 인공분유를 섭취한 영아보다 높은 것으로 보고되고 있으며, 중성지방 농도도 출생 직후에는 낮으나 우유를 먹기 시작하면서 증가하는 것으로 보고되고 있다.^{16,26)} 콜레스테롤은 신생아에서 myelin, 세포막 및 스테로이드 호르몬 합성을 위한 전구체이므로 영아의 성장을 위

Table 4. Fatty acid composition of infants' erythrocytes at 16 weeks of age (% of total fatty acid)

	Breast-milk (n = 17)	Soy-based formula	Casein-based formula
C 12 : 0	2.69 ± 1.44	2.48 ± 0.90	2.27 ± 0.83
C 14 : 0	2.35 ± 0.63	2.56 ± 0.81	2.68 ± 0.76
C 16 : 0	22.42 ± 1.76	21.88 ± 1.62	22.94 ± 3.14
C 16 : 1	2.53 ± 0.72	2.37 ± 0.70	2.65 ± 0.90
C 18 : 0	24.25 ± 4.36	23.68 ± 2.99	23.85 ± 2.30
C 18 : 1	11.00 ± 2.65	10.43 ± 1.96	11.23 ± 2.39
C 18 : 2	8.57 ± 3.30	7.71 ± 2.63	7.74 ± 3.07
C 18 : 3	0.26 ± 0.05	0.25 ± 0.07	0.26 ± 0.06
C 20 : 1	1.73 ± 0.80	1.83 ± 0.82	1.59 ± 0.65
C 20 : 4	14.28 ± 4.29	16.35 ± 4.01	14.84 ± 3.37
C 20 : 5	2.72 ± 0.98	3.07 ± 0.98	3.24 ± 1.03
C 22 : 0	1.21 ± 0.58	0.98 ± 0.62	1.17 ± 0.59
C 22 : 4	1.67 ± 0.91	1.63 ± 0.97	1.40 ± 0.55
C 22 : 5	0.56 ± 0.12	0.49 ± 0.10	0.52 ± 0.13
C 22 : 6	3.77 ± 1.59	4.27 ± 1.73	3.62 ± 1.38
Σ SFA	52.92 ± 5.67	51.59 ± 3.68	52.91 ± 5.13
Σ MUFA	15.26 ± 2.58	14.63 ± 1.90	15.46 ± 2.36
Σ PUFA	31.83 ± 5.64	33.78 ± 4.40	31.63 ± 4.26
Σ N-3	6.75 ± 2.32	7.59 ± 2.18	7.12 ± 2.02
Σ N-6	25.08 ± 4.92	26.19 ± 4.17	24.51 ± 3.10
N-6/N-3	3.72	3.45	3.44

1) Breast milk: Group of infants who fed breast milk for 16 weeks, Soy-based formula: Group of infants who fed soy based infant formula for 16 weeks, Casein-based formula: Group of infants who fed formula for 16 weeks

2) Values are Mean ± SE and expressed as % of fatty acid

Table 5. Plasma lipid profiles of 16 weeks-old infants

Plasma lipids	Breast-milk (n = 17)	Soy-based formula (n = 12)	Casein-based formula (n = 19)
TL(mg/dl)	405.57 ± 43.8 ^a	366.95 ± 39.7 ^b	328.12 ± 51.7 ^c
TG(mg/dl)	100.74 ± 30.4	103.64 ± 32.8	91.55 ± 28.1
PL(mg/dl)	152.77 ± 22.5	155.15 ± 31.2	164.56 ± 25.5
TC(mg/dl)	149.34 ± 34.5	129.64 ± 10.4	142.57 ± 22.8
VLDL-chol(mg/dl)	20.15 ± 6.1	20.73 ± 6.6	18.31 ± 5.6
LDL-chol(mg/dl)	93.54 ± 28.9 ^a	72.09 ± 11.9 ^b	86.83 ± 23.5 ^{ab}
HDL-chol(mg/dl)	35.65 ± 10.3	36.83 ± 9.0	37.43 ± 7.0
LDL/HDL ratio	2.81 ± 1.2	2.09 ± 0.7	2.50 ± 1.4

1) Breast milk: Group of infants who fed breast milk for 16 weeks, Soy-based formula: Group of infants who fed soy based infant formula for 16 weeks, Casein-based formula: Group of infants who fed casein-based formula for 16 weeks

2) Values are Mean ± SE

Means with the different alphabets in the same row are significantly different at p < 0.05 by Duncan's Multiple Range test

TL: total lipid, TG: triglyceride, PL: phospholipid, VLDL-chol: very low density lipoprotein cholesterol, LDL-chol: low density lipoprotein cholesterol, HDL-chol: high density lipoprotein cholesterol

해 중요한 역할을 한다. 본 연구에서 사용된 액상대두유의 영양성분 중에는 콜레스테롤이 함유되어 있지 않으며, 30일 이후의 성숙유에는 16mg/100ml의 콜레스테롤을 함유하고 있어 식이 중에 포함된 콜레스테롤의 함량에 따라 영아의 혈장 콜레스테롤 수준에 반영된 것으로 사료된다. 혈장 콜레스테롤 수준은 식이 내 여러 인자에 의해 영향을 받는 데 그 중에서 식이에 포함된 콜레스테롤의 함량도 영향을 미치는 것으로 여러 연구에서 이미 보고된 바 있다.^{16,28)}

혈장 콜레스테롤의 수준 차이를 설명할 수 있는 요인들에 대해서 살펴보면, 첫째, 섭취 성분의 차이가 영아의 혈중 지질 농도에 영향을 미칠 수 있으며, 둘째, 신체 내인성의 영향으로 인한 대사 효율성의 차이와 유전적인 요인을 들 수 있다. 셋째, 절대 섭취량의 차이에 의한 지질 공급량의 차이를 들 수 있다. Picacino 등²⁹⁾은 조제분유의 콜레스테롤 함량을 모유의 8~30% 수준으로 낮게 보고하였으며, 임 등³⁰⁾은 조제분유의 콜레스테롤의 함량을 모유의 50% 수준으로 보고하였다. 콜레스테롤의 섭취량에 따라 영아의 혈청 지질의 농도변화는 시간이 흐름에 따라 증가하게 되며, 신체 내 공급되는 콜레스테롤 함량에 따라 혈청 지질과 콜레스테롤 수준에 반영되는 것으로 보고되고 있다. 한편, Van Biervliet 등³¹⁾은 콜레스테롤 함량보다 지방산 유형에 의한 P/S 비율이 높을 경우, 출생 후 apoprotein B와 콜레스테롤 생성을 저하시켜 결과적으로 LDL-콜레스테롤을 저하시키는 것으로 보고하면서 콜레스테롤의 섭취보다 지방산의 기능을 강조하기도 하였다.

혈중 콜레스테롤 수준에 미치는 또 다른 영향은 콜레스테롤의 대사효율성의 차이를 들 수 있다. Kallio 등³²⁾은 콜레스테롤의 흡수율이 높으면 혈장 내 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준이 증가하는 것으로 보고하였으며, 콜레스테롤의 효율성의 증가에 따른 혈장 지질수준 증가는 간에서의 콜레스테롤 생성과 LDL-receptor의 활성의 조절에 의한 작용으로 알 수 있다.

식이 콜레스테롤 함량에 의한 혈중 지질농도의 영향은 여러 연구에서 일관성 있는 결과를 제시하지 못하고 있다. Huttunen 등²⁷⁾은 콜레스테롤 섭취에 의한 영향은 생후 9개월 정도까지이며 그 이후에는 거의 영향이 없는 것으로 보고하였다. 임 등³⁰⁾의 연구에서는 콜레스테롤 섭취량의 차이는 생후 3개월 영아의 혈장 콜레스테롤 수준에 영향을 미치지 못하는 것으로 보고하였다. 한편, 손 등²⁷⁾의 연구에서는 영아의 혈장 지질 수준과 산모의 지질수준의 상관관계를 분석한 결과 영아의 혈중 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도가 산모의 혈액농도와 관계가 있는 것으로 분석하였다. 이와 같은 결과는 1984년 Namboodiri 등³³⁾이 역학조

사를 통해 발표한 영아의 혈중 총 콜레스테롤 수준은 부모의 수준과 강한 상관관계를 가진다는 연구결과와 일치하는 부분이다. 또한 영아들이 어릴수록 부모와 더 가까운 환경적 밀착으로 부모의 혈청 콜레스테롤 수준의 반영률이 더 높은 것으로 보고되었다. Greenberg 등³⁴⁾의 보고에서 자녀가 29세가 될 때까지 상관관계는 일정수준으로 유지되는 것을 밝힘으로써 Laskarzewsk 등³⁵⁾의 연구결과보다 유전적인 영향력을 더욱 강조하였다.

요약 및 결론

본 연구에서는 정상 분만한 영아를 대상으로 모유 군, 액상대두유 군, 조제분유 군으로 분류하여 이들 섭취에 따른 영아의 성장 및 발육상태를 관찰하고 식이로 공급되는 지방산이 영아의 적혈구 지방산 조성 및 혈중 지질 농도에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 액상대두유 및 분유를 섭취한 영아에서 출생 후 16주의 영양소 섭취량과 영양권장량의 비율은 대부분의 영양소에서 100%이상의 양호한 상태를 나타냈다. 섭취량의 증가는 성장, 발육에 효율적으로 반영되었으며, 체중 및 신장, 두위의 변화가 실험 군간 차이 없이 모두 정상 범위에 속하였다.

2) 영아의 적혈구 지방 조성은 포화지방산, 단일 불포화 지방산 및 다가불포화지방산 모두 군간의 차이를 보이지 않았다. 총 n-6계 지방산은 24.5~26.2%의 수준을 보였으며, 총 n-3계 지방산은 6.8~7.6%의 수준으로 n-6/n-3의 비율이 약 3.4~3.7 정도였다.

3) 영아의 혈장 지질 조성을 살펴보면, 총 지방농도는 모유 군이 액상대두유 군과 조제분유 군보다 유의적으로 높은 수준을 나타냈으며, LDL-콜레스테롤의 수준은 액상대두유 군이 모유 군과 조제분유 군보다 낮게 나타났다. 중성지방과 인지질 및 HDL-콜레스테롤과 총 콜레스테롤의 수준은 세 군간에 유사하였다.

결론적으로 지방산 조성이 매우 다른 모유, 액상대두유, 조제분유를 섭취한 영아의 적혈구 지방산 조성에는 큰 차이가 없었으나, 액상대두유를 섭취한 영아의 혈청 총지방 및 LDL-콜레스테롤의 수준은 낮게 조사되었다.

■ 감사의 글

Bayley test를 시행하여 주신 여의도 성모병원 소아과 성인경 선생님과 flash VEP test를 실시하여 주신 경희의료원 유발위전위실 김기장 선생님께 깊은 감사 드립니다.

Literature cited

- 1) American Academy of Pediatrics. Soy Protein-based Formulas: Recommendations for Use in Infant Feeding. *Pediatrics* 101(1): 148-152, 1998
- 2) Businco L, Bruno G, Giampietro PG. Soy protein for the prevention and treatment of children with cow-milk allergy. *Am J Clin Nutr* 68: 1447-1452, 1998
- 3) Fomon SJ, Zregler EE, Filter LJ Jr, Nelson SE, Edward BB. Methionine fortification of a soy protein formula fed to infants. *Am J Clin Nutr* 32(12): 2460-2471, 1979
- 4) Makides M, Neumann MA, Jeffrey B, Lien EL, Gibson RA. A randomized trial of different ratios of linoleic to α -linolenic acid in the diet of term infants: effects on visual function and growth. *Am J Clin Nutr* 71: 120-129, 2000
- 5) Agostoni C, Trojan S, Bellu R, Riva E, Giovannini M. Neurodevelopmental quotient of healthy term infants at 4 months and feeding practice: the role of long chain polyunsaturated fatty acid. *Pediatr Res* 38: 262-266, 1996
- 6) Gibson RA. Long chain polyunsaturated fatty acid and infant development. *Lancet* 354: 1919-1920, 1999
- 7) Gibson RA, Makrides M. The role of long chain polyunsaturated fatty acid in neonatal nutrition. *Acta Paediatr* 10: 1017-1022, 1998
- 8) Uauy R, Birch E, Birch D, Peirano P. Visual and brain function measurements in studies on n-3 fatty acid requirements of infants. *J Pediatr* 120: 168-172, 1992
- 9) Connor WE, Neuringer M, Reisbick S. Essential fatty acids: the importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutr Rev* 50: 21-29, 1992
- 10) Makides M, Gibson RA, Simmer K. The effect of dietary fat on the developing brain. *J Pediatr* 29: 409-410, 1993
- 11) Martinez M. Will dietary w3 fatty acids change the composition of human milk? *Am J Clin Nutr* 60: 189-194, 1994
- 12) Kinsella JE. α -linolenic acid: Functions and effects on linoleic acid metabolism and eicosanoid-mediated reactions. *Add Food Nutr Res* 35: 181-184, 1991
- 13) Henderson RA, Jensen RG, Lammi-Keffe CJ, Ferris AM, Dardick KR. Effect of fish oil on the fatty acid composition of human milk and maternal and infant erythrocytes. *Lipids* 27: 863-869, 1992
- 14) Park, KH, Park, HS. Influence of dietary supplementation of fish oil at different life cycle on the incorporation of DHA into brain in rats. *Korean J Nutr* 31(7): 1100-1111, 1998
- 15) Nettleton JA. Are n-3 fatty acids essential nutrient for fetal and infant development? *J Am Diet Assoc* 93: 58-64, 1993
- 16) Huttunen JK, Saarinen UM, Kostianen E, Siimes MA. Fat composition of the infant diet does not influence subsequent serum lipid levels in man. *Atherosclerosis* 46: 87-94, 1983
- 17) Kurowska EM, Jordan J, Spence JD, Wetmore S, Piche LA, Radzikowski M, Dandona P, Carroll KK. Effects of substituting dietary soybean protein and oil for milk protein and fat in subjects with hypercholesterolemia. *Clin Invest Med* 20(3): 152-170, 1997
- 18) Meinertz H, Faergeman O, Nilausen K, Chapman MJ, Goldstein S, Laplaud PM. Effects of soy protein and casein in low cholesterol diets on plasma lipoproteins in normolipidemic subjects. *Atherosclerosis* 72(1): 63-70, 1998
- 19) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911-917, 1959
- 20) Morrison WR, Smith LM. Precipitation fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride methanol. *J Lipid Res* 5: 600-608, 1964
- 21) Christopher SF, Dunn R. A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Am J Clin Path* 53: 89-91, 1970
- 22) Shon BK, Choue RW, Bae CW. The effects of DHA-supplemented formula on the fatty acid composition of erythrocyte and brain development in full-term infants. *Korean J Nutrition* 30(5): 178-188, 1997
- 23) Sellars WA, Halpern SR, Johnson RB, Anderson DW Jr, Saperstein S, Shannon BS Jr. New growth charts: soy, cow, and breast milk comparison. *Ann Allergy* 29(3): 126-134, 1971
- 24) Cherry FF, Cooper MD, Stewart RA. Cow versus soy formulas. Comparative evaluation in normal infants. *Am J Dis Child* 115(6): 677-692, 1968
- 25) Lim HS, Huh YR. Lipid and fatty acid composition of Korean breast milk and infant formula. *Korean J Nutrition* 27(6): 563-573, 1994
- 26) Lane DM, McConathy WJ. Changes in the serum lipids and apolipoproteins in the first four weeks of life. *Pediatr Res* 20: 332-337, 1986
- 27) Shon BK, Choue RW, Bae CW. The effects of dietary cholesterol and fatty acid composition on plasma lipid levels of 16 weeks-old infants. *Korean J Lipidology* 7(1): 49-63, 1997
- 28) Wong WW, Smith EO, Stuff JE, Hachey DL, Heird WC, Pownell HJ. Cholesterol-lowering effect of soy protein in normal cholesterolemic and hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 68(6): 1385-1389, 1998
- 29) Picciao MF, Guthrie HA, Sheehe DM. The cholesterol content of human milk. *Clin Pediatr* 17: 359-362, 1978
- 30) Lim HS, Kim KH. Effects of dietary fat sources and levels on plasma and tissue cholesterol. *Korean J Nutrition* 17(2): 85-93, 1984
- 31) Van Biervliet JP, Vinaimon N, Caster H, Vercaemst R, Rosseneuu M. Plasma apoprotein and lipid patterns in newborns: influence of nutritional factors. *Acta Paediatr Scand* 70: 851-856, 1981
- 32) Kallio MJ, Salmenpera, Simes MA, Perheetupa, Miettinen TA. Exclusive breast feeding and weaning: effect on serum cholesterol and lipoprotein concentrations in infants during the first year of life. *Pediatrics* 89: 663-666, 1992
- 33) Namboodiri KK, Green PP, Kaplan EB, Morrison JA, Chase GA, Elston RC, Owen RG, Rifkind BM, Glueck CJ, Tyroler HA. The collaborative lipid research clinics program family study: IV. Familial associations of plasma lipids and lipoproteins. *Am J Epidemiol* 119: 975-996, 1984
- 34) Greengerg RA, Green PP, Roggenkamp KJ, Connor EB, Tyroler HA, Heiss G. The constancy of parent offspring similarity of total cholesterol throughout childhood and early adult life. *J Chron Dis* 37: 833-838, 1984
- 35) Laskarzewski PM, Morrison JA, Kelly K, Khoury P, Mellies M, Glueck CJ. Parent-child coronary heart disease risk factor associations. *Am J Epidemiol* 114: 827-835, 1991