

한국인 모유의 지방산 조성과 타우린 농도의 상관관계에 관한 연구

박태선 · 정은정* · 엄영숙** · 문수재 · 이양자

연세대학교 생활대학 식품영양학과, 강남대학교 교양학부,*
연세대학교 식품영양과학연구소**

Taurine Concentrations Are Closely Associated with Fatty Acids Concentrations in Breast Milk from Koreans

Park, Taesun · Chung, Eun Jung* · Um, Young Sook**
Moon, Soo Jae · Lee, Yang Cha

Department of Food & Nutrition, Yonsei University, Seoul, Korea
General Education,* Kang Nam University, Kyunggi-do, Korea
Research Institute of Food & Nutritional Sciences,** Yonsei University,
Seoul, Korea

ABSTRACT

Long chain $\omega 3$ & $\omega 6$ fatty acids and taurine have been suggested to have structural and/or functional roles in the brain. The purpose of this study was to evaluate the changes in the percentage of fatty acids and taurine concentration in human milk obtained from Korean mothers(n=37) as lactation proceeds from birth to 5wks postpartum, and to determine the correlation between taurine concentration and fatty acid composition in breast milk. Levels of fatty acids and taurine in breast milk were measured by GLC and HPLC, respectively. The percentages of medium-chain saturated fatty acids(10 : 0, 12 : 0 & 14 : 0) were increased significantly, while percentages of long-chain saturated fatty acids(22 : 0 & 24 : 0), and most of the long chain $\omega 6$ and $\omega 3$ fatty acids(20 : 3 $\omega 6$, 20 : 4 $\omega 6$, 22 : 4 $\omega 6$, 22 : 5 $\omega 6$, 22 : 5 $\omega 3$ & 22 : 6 $\omega 3$) were decreased significantly in mature milk(5 wks postpartum) as compared to the colostrum. Taurine concentrations in colostrum and mature milk from Korean mothers were 549 ± 58 and 233 ± 41 nmol/ml, respectively. Taurine concentration in human milk was negatively correlated with the percentages of medium-chain saturated fatty acids(10 : 0 & 12 : 0), and positively correlated with the percentages of long-chain saturated fatty acids(16 : 0, 20 : 0, 22 : 0 & 24 : 0) and long-chain monounsaturated fatty acids(20 : 1, 22 : 1 & 24 : 1). Taurine concentration in human milk was positively correlated with elongation indices of both $\omega 6$ and $\omega 3$ fatty acids, and negatively correlated with the desaturation index of $\omega 6$ fatty acids. These close relationships between fatty acid compositions and taurine level in human milk are worth pursuing further investigation, especially with regards to their common roles in retina and brain development. (*Korean J Nutrition* 31(1) : 88~95, 1998)

KEY WORDS : fatty acids · taurine · human milk · desaturation · elongation.

서론

모유의 지질 함량은 모체의 영양상태, 식사패턴 및 계절등에 의해 영향을 받아서 성숙유의 경우 약 3~5%의 지질을 함유하는 것으로 보고되고 있다¹⁾. 한국인 수유부를 대상으로 모유에 함유된 지질의 구성을 살펴본 연구결과에 의하면 성숙유에 함유된 총지질의 약 85~95%가 중성지방이고, 나머지 5~10%가 유리지방산이며 그외 콜레스테롤과 인지질이 1% 미만으로 비교적 소량 함유되어 있다^{2,3)}. 모유에는 매우 다양한 종류의 지방산이 함유되어 있으며, 양적으로 볼 때 지방산이 총지질의 약 80~85%를 차지하고 있다. 일반적으로 모유의 지방산 조성은 모체의 에너지 섭취수준과 섭취한 지방의 지방산 조성에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다^{4,6)}.

모유의 중사슬지방산은 쉽게 소장 상피세포에서 흡수되어 주요 에너지원으로 사용되며, 장사슬다가불포화지방산은 신생아의 두뇌^{7,8)} 및 망막기능⁹⁾에 중요한 역할을 담당하는 필수 영양소이다. 태아 및 신생아의 두뇌가 급격히 발달하는 임신 말기와 생후 18개월 동안 두뇌 및 망막의 인지질 성분에 ω3계 지방산인 docosahexaenoic acid(DHA, 22 : 6)와 ω6계 지방산인 arachidonic acid(AA, 20 : 4)가 함께 급격히 증가함이 보고되었다^{9,11)}. 또한 성장기 쥐를 대상으로 한 여러 연구에서 두뇌에 충분한 양의 DHA가 축적되지 못한 경우 학습 능력과 시각기능이 감소되었고^{8,12)}, 지질과산화로 인한 망막기능의 퇴화시 DHA 농도가 망막에서 현저히 감소되었음이 보고되어¹³⁾ 많은 관심을 모으고 있다. 우유 및 합성조제유에는 모유에 비해 DHA의 함량이 낮고, 따라서 인공영양을 취하는 영아의 두뇌발달을 위해 조제유와 우유에 DHA를 보강하는 것이 논의된 바 있다²⁾.

타우린은 거의 모든 포유류의 조직에서 고농도로 발견되는 유리아미노산으로서 모유에서도 총유리아미노산 pool의 약 13%를 차지하는 주된 유리아미노산인 반면, 우유에는 상대적으로 타우린의 함량이 매우 낮다¹³⁾. 포유류의 조직에서 타우린은 함황아미노산인 시스테인으로부터 생합성되는데, 인체의 경우 타우린의 생합성에 관여하는 효소들, cysteine dioxygenase와 cystein sulfinate decarboxylase의 활성이 매우 낮아 타우린의 생합성이 거의 이루어지지 않고 있으며 따라서 식으로부터 타우린을 공급받아야만 한다¹⁴⁾. 성인에게 있어서 타우린 결핍증의 임상적 보고는 없었지만 타우린이 보강되지 않은 합성조제분유를 섭취하는 미숙아와 영아에 있어서 모유를 섭취하는 영아에 비해 혈장 타우린

수준이 감소되었음이 보고된 바 있다¹⁵⁾. 또한 영유아기는 신세노관의 미성숙으로 인해 타우린의 재흡수 능력이 낮은 반면¹⁶⁾, 신체의 급성장으로 인한 체내의 타우린 요구도는 증가하는 시기로서 건강한 성장발달을 위해 타우린의 조건적 필수성(conditional essentiality)이 대두되고 있다. 같은 맥락에서 미국에서는 1984년 이래 모든 시판 조제유에 타우린을 모유 수준(35μmol/dl)으로 보강시키고 있으며¹⁷⁾, 현재 우리나라에서 시판되는 신생아용 조제유에도 타우린이 보강되어 있다.

타우린은 가장 오래 전부터 알려져 온 담즙산의 포함 기능 이외에도 두뇌발달, 망막의 광수용체 활성, 생식 및 정상적인 성장발달 그리고 항산화활성 등 다양한 생물학적 기능을 나타냄이 최근 보고되고 있다¹⁸⁾. 타우린의 생합성 능력이 결여되어 있는 고양이를 대상으로 한 일련의 연구에서 임신중인 어미에게 타우린을 결핍시킨 결과 유산과 사산율이 증가하였고, 갓 태어난 새끼 고양이의 두뇌와 시각 발달에 장애가 초래되었음이 보고된 바 있다^{19,21)}. 또한 최근에는 타우린이 지질과산화로 인해 야기되는 세포막의 파괴를 억제하는 효과가 있다는 사실이 보고되면서^{22,23)}, 두뇌발달과 망막기능에 관여하는 타우린의 작용기전에 관한 가설중의 하나로 다가불포화지방산이 농축되어 있는 중추신경계에서의 타우린의 항산화 역할에 초점이 맞추어지고 있다.

현재까지 모유의 지방산 조성과 타우린 농도에 관여하는 이미 국내외로 문헌에 보고된 바 있으나, 두뇌 및 중추신경계의 발달에 필수적인 DHA를 포함한 다가불포화지방산의 수준과 타우린 농도와와 상관관계에 관한 연구는 모유를 비롯하여 다른 동물의 유즙이나 조직에서 전혀 보고된 바가 없다. 본 연구에서는 한국인 수유부를 대상으로 초유에서 성숙유로 이행하면서 나타나는 지방산 조성 및 타우린 농도의 변화를 살펴보고, 아울러 국내의 최초로 모유내 지방산 조성 및 타우린 농도와의 상관관계를 규명하였다.

연구방법

1. 연구대상자 및 모유 채취

서울에 위치한 산부인과에서 정상아를 자연분만한 건강한 수유부 37명을 대상으로 분만 후 2~5일에 분비되는 젖을 초유로, 5주 후에 분비되는 젖을 성숙유로 각기 2차례에 걸쳐 채취하였다. 초유 채취 후 계속적으로 수유하지 못한 6명은 성숙유 채취시 제외되었다. 채취 직전에 수유부의 손과 유방을 깨끗이 닦은 후 손으로 모유를 짜서 폴리에틸렌 병에 수집한 후 얼음통에 넣은 상태로 즉시 실험실로 옮겨 분석 전까지 -20℃에

서 보관하였다.

2. 모유의 지방산 조성 분석

모유의 지방산 조성은 Lepage와 Roy²⁰⁾의 one-step methylation 방식에 의해 gas-liquid chromatography(GLC Hewlett-Packard 5890A, USA)를 이용하여 분석하였으며, internal standard로 heptadecaenoic acid(HA, 17 : 0, Nu Chek Co., USA)를 사용하였다. 100µl의 모유 시료에 2ml의 methanol : benzene 혼합액(4 : 1, v/v)을 첨가하고, 0.2ml의 acetylchloride를 천천히 가한 뒤 마개로 잘 막아 100℃에서 60분간 methylation시켰다. 찬 물에서 냉각시킨 후 6% K₂CO₃ 용액 5ml를 가하여 반응을 중단시키고, 3000rpm에서 5분 간 원심분리하였다. 분리된 벤젠층(상층액)의 일정량을 취하여 bonded fused-silica capillary column(Omegawax 320, Supelco, USA: 30m×0.32mm inner diameter)과 flame ionization detector가 부착된 gas-liquid chromatography (GLC)에 주입시켜 각 지방산 성분을 분리·정량하였다. GLC의 oven 온도는 210℃로, injection과 detection port의 온도는 250℃로 각기 조정하였으며, carrier gas로 사용된 helium의 유속은 1ml/min으로, split ratio는 10 : 1로 조절하였다. 동일한 조건 하에서 분석한 표준지방산(Nu-Chek-Prep. Inc., USA)의 retention time을 이용하여 각 지방산 peak를 확인하였고, 각 지방산의 농도는 HA(17 : 0)을 이용하여 총지방산량을 계산한 뒤 백분율로 표시하였다.

3. 모유의 Taurine 농도 분석

모유 시료에 acetonitrile을 가하여 단백질을 침전시키고, 4℃, 17,000xg에서 30분간 원심분리시킨 후, 상층액을 취하여 타우린 농도를 분석할 때까지 -80℃에서 보관하였다. 단백질이 제거된 모유 상층액에서의 타우린 농도는 linear 206 Photodiode Array Detector(UV-VIS)가 부착된 high performance liquid chromatography(HPLC, Waters Assoc. Milford, MA, USA)를 이용하여 측정하였다²⁵⁾. 전처리 과정으로 시료의 아미노산을 dabsyl chloride를 사용하여 유도체화시킨 후, 일정량을 HPLC의 reversed-phase column(Waters symmetry C18 column, 3.9×150 mm, with guard)에 주입하였다. 전개용매로 acetonitrile : 20mM sodium acetate buffer, pH 6.5(0.05% triethylamine과 4% dimethylformamide가 함유된)(27 : 73, v/v)를 1.0ml/min의 유속으로 사용한 결과, 8.3분 후에 taurine peak가 나타났다.

타우린 표준용액과 모유시료에 일정량의 타우린을

첨가시킨 상태에서 각기 타우린의 회수율을 측정된 결과 94.5~99.5%의 높은 회수율을 보였다.

4. 통계처리

모든 분석수치는 Mean±SEM으로 나타냈으며, SAS package를 이용하여 통계처리하였다. 초유와 성숙유간의 평균값의 차이에 대한 유의성은 p<0.05, p<0.01 및 p<0.001 수준에서 paired t-test로 검증하였으며, 모유의 지방산 조성과 taurine 농도간의 상관성은 Pearson correlation test에 의해 p<0.05, p<0.01 및 p<0.001 수준에서 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 수유부의 일반사항

본 연구에 참여한 수유부는 총 37명으로 이들에 관한 일반적인 사항은 Table 1과 같다. 연구대상자의 연령은 28.3±0.6 세이었으며, 신장은 159.8±0.8cm로 나

Table 1. General characteristics of the subjects

	Mean±SEM (n=37)	Range
Mother		
Age(yrs)	28.3±0.6	20 - 37
Height(cm)	159.8±0.8	150 - 172
Pre-pregnancy weight(kg)	51.3±0.9	42 - 65
PIBW ¹⁾	95.6±1.5	78 - 115
Weight gain during pregnancy(kg)	12.2±0.7	5 - 21
Infant		
Birth weight(kg)	3.3±0.1	2.5 - 4.3

1) PIBW(Percent of ideal body weight)=
[weight(kg)/IBW(kg)] × 100, where
[IBW(Ideal body weight(kg))=[Height(cm) - 100] × 0.9

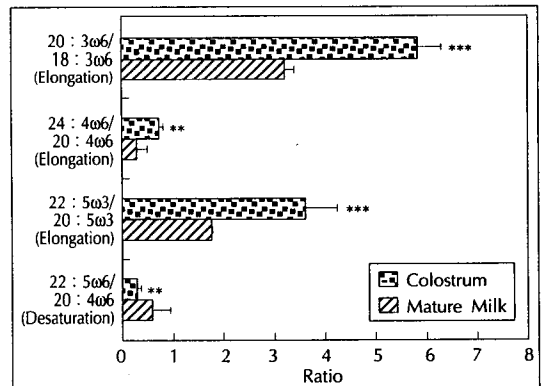


Fig. 1. Changes in ratios of ω6 and ω3 fatty acids in human milk from Koreans. **, ***Significantly different by the paired t-test at ** p<0.01, ***p<0.001

타났다. 임신전 체중은 51.3±0.9kg으로 표준체중의 95.6%에 해당하였다. 임신기간 동안의 평균 체중증가량은 12.2±0.7kg이었으며, 연구대상 수유부 전원 모두가 정상 분만하였고, 출산한 신생아의 체중은 3.3±0.1kg이었다.

2. 모유의 지방산 조성

초유와 성숙유(분만 5주후)에서의 총 지방산 조성은 Table 2에 제시된 바와 같다. 초유와 성숙유에서 총 지방산에 대한 포화지방산의 조성은 각기 44.3%와 47.7

Table 2. Composition of fatty acids in human milk from Koreans

Fatty Acids	Colostrum ¹⁾	Mature Milk ²⁾	t-value
% (g/100g total fatty acids)			
Saturates			
10 : 0	0.99±0.08	2.22±0.11	8.46***
12 : 0	4.47±0.35	8.85±0.53	7.21***
14 : 0	7.36±0.38	8.84±0.55	2.25*
16 : 0	25.3 ±0.45	21.9 ±0.48	-5.44***
18 : 0	5.66±0.14	5.49±0.17	-1.24
20 : 0	0.22±0.01	0.20±0.02	-1.26
22 : 0	0.12±0.01	0.10±0.01	-2.93**
24 : 0	0.19±0.02	0.12±0.02	-2.94**
Total(SFA)	44.3 ±0.83	47.7 ±1.09	1.90
Monounsaturates			
16 : 1	3.02±0.17	3.14±0.15	1.91
18 : 1	28.9 ±0.49	27.6 ±0.66	-1.33
20 : 1	0.66±0.03	0.41±0.02	-6.74***
22 : 1	0.18±0.01	0.09±0.01	-9.91***
24 : 1	0.29±0.03	0.11±0.01	-5.93***
Total(MUFA)	33.1 ±0.57	31.4 ±0.72	-1.56
Polyunsaturates			
18 : 3ω3	0.94±0.09	1.03±0.09	0.44
20 : 5ω3	0.12±0.01	0.17±0.02	1.71
22 : 5ω3	0.39±0.02	0.23±0.02	-6.74***
22 : 6ω3	0.92±0.05	0.71±0.10	-2.64*
Σω3	2.37±0.11	2.14±0.17	-1.85
18 : 2ω6	12.9 ±0.57	13.1 ±0.67	0.04
18 : 3ω6	0.16±0.03	0.15±0.01	-0.43
20 : 3ω6	0.66±0.03	0.43±0.02	-5.88***
20 : 4ω6	0.75±0.03	0.52±0.03	-7.16***
22 : 4ω6	0.39±0.03	0.12±0.01	-9.42***
22 : 5ω6	0.08±0.01	0.06±0.01	-3.16**
Σω6	14.9 ±0.58	14.4 ±0.68	0.99
Total(PUFA)	17.3 ±0.63	16.5 ±0.78	-1.29
Others	5.30±0.18	4.40±0.16	
P/M/S	0.41/0.78/1.00	0.38/0.71/1.00	
Σω6/Σω3	6.65±0.31	7.43±0.47	2.02

Values are Mean±SEM(n=37 for colostrum and n=31 for mature milk)

1) 2-5 days postpartum, 2) 5 weeks postpartum
*, **, ***Significantly different by the paired t-test at *p<0.05, **p<0.01, or ***p<0.001

%로서 중사슬포화지방산인 12 : 0와 14 : 0, 그리고 장사슬포화지방산인 16 : 0와 18 : 0가 대부분을 차지하였다. 그 중에서도 16 : 0의 조성은 초유와 성숙유에서 각기 총 포화지방산의 57.1%와 45.9%를 이루고 있어, 한국 수유부를 대상으로 모유의 지방산 조성을 연구한 선행 연구결과들²⁶⁻²⁹⁾과 일치하고 있다. 수유기간이 경과함에 따라 중사슬포화지방산인 10 : 0(p<0.001), 12 : 0(p<0.001)과 14 : 0(p<0.05)의 조성은 유의적으로 증가하였고, 반면 장사슬포화지방산의 조성은 감소하였는데 그 중에서도 16 : 0(p<0.001), 22 : 0와 24 : 0(p<0.01)의 감소는 매우 유의적이었다. 이와 같은 연구결과는 수유기간이 증가함에 따라 유선조직에서 중사슬포화지방산의 합성이 증가한다는 Spear등³⁰⁾의 보고를 뒷받침해 주는 것으로 사려된다.

모유의 단일불포화지방산 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 18 : 1로서 모유내 총지방산의 28~29%를 차지하는 양적으로 가장 주된 지방산이었다. 단일불포화지방산 중 20 : 1, 22 : 1 및 24 : 1의 조성은 수유기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소된(p<0.01) 반면, 16 : 1와 18 : 1의 조성은 유의적인 변화를 보이지 않았다. 다가불포화지방산은 총 모유 지방산의 약 17%를 차지하였으며, 이중 linoleic acid(LA, 18 : 2ω6)가 총 다가불포화지방산의 74.6~78.9%를 이루었고, 나머지 다가불포화지방산들은 총지방산의 1% 미만으로 낮게 함유되어 있었다. 다가불포화지방산 중 대부분의 ω3계 지방산(22 : 5와 DHA)과 ω6계 지방산(20 : 3, AA, 22 : 4와 22 : 5)은 수유기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였는데, 장사슬 ω6계 지방산인 AA(20 : 4, ω6)의 경우 총지방산의 0.75%에서 0.52%로 감소하였고(p<0.001), DHA(22 : 6ω3)의 수준 역시 0.92%에서 0.71%(p<0.05)로 유의적으로 감소하였다.

최 등²⁸⁾의 연구에서도 초유에서 성숙유로 이행되면서 모유의 AA 수준이 0.67%에서 0.38%로, 또한 DHA의 수준이 0.57%에서 0.52%로 감소되었으며, 특히 AA의 조성이 DHA 조성보다 더욱 유의적으로 감소되었음을 보고한 바 있어 본 연구결과와 일치하고 있다. 미국, 유럽지역 및 중국에 거주하는 수유부의 모유내 DHA 수준은 총지방산의 0.05~0.59%로 0.6% 미만에서 매우 넓은 범위를 갖고 있는 반면³¹⁻³⁴⁾, 극지방, 말레지아, 나이저리아와 도미니카에 거주하는 수유부의 모유내 DHA 수준은 0.9~1.4%로 비교적 높게 보고되었다³⁵⁻³⁷⁾. 한국인 수유부에 있어서 모유의 DHA 수준 역시 0.41~1.32%로 다양하게 보고된 바 있다²⁶⁻²⁹⁾. 본 연구에서 장사슬 ω6계와 ω3계 지방산의 전구체인 LA와 α-linolenic acid(α-LNA, 18 : 3ω3)의 조성은 각각 총지방산의

12.9~13.1%와 0.9~1.0%로 수유기간에 따라 유의적인 변화를 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 앞서 연구된 한국^{26,29)}, 캐나다³⁸⁾ 그리고 유럽³³⁾에서 보고된 수준과 비슷하였으나, 중국 수유부^{34,39)}에서 보고된 수치보다는 낮게 나타났다.

일반적으로 모유의 지방산 농도와 조성은 수유기간, 수유부의 영양상태, 출산 횟수 및 거주지역에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다^{39,40)}. Chulei등³⁹⁾은 다른 지역에 비해 농촌과 산간지역에 거주하는 중국인의 모유내 α -LNA 함량이 높게 나타났음을 보고하면서 이에 대한 이유로 이들의 생선 섭취량이 낮고, α -LNA가 많이 함유되어있는 콩기름의 섭취가 높은 점을 제시하였다. 한편 캐나다 수유부를 대상으로 한 연구³⁸⁾에서는 LA와 α -LNA의 섭취량을 증가시켜도 이들의 대사산물인 AA와 DHA의 조성을 증가시킬 수 없음이 지적되기도 하였다. 인체의 경우 α -LNA로 부터 DHA로 전환되는 올이 유아와 성인 모두에게 있어서 제한되어 있으므로⁸⁾ 유아의 두뇌발달을 위한 DHA의 공급을 위해서라도 수유부에게 DHA가 풍부한 생선등의 섭취가 권장되어야 할 것이다.

수유기간이 경과함에 따라 포화지방산의 조성은 증가하는 경향을, 그리고 단일불포화지방산과 다가불포화지방산의 조성은 감소하는 경향을 보여 P/M/S 비율이 0.41/0.78/1.0에서 0.38/0.71/1.0으로 감소하는 경향을 보였다. 한편, $\Sigma\omega 6$ 계와 $\Sigma\omega 3$ 계 지방산은 모두 수유기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, $\Sigma\omega 6/\Sigma\omega 3$ 비율은 초유에서는 6.7 \pm 0.3, 그리고 성숙유에서는 7.4 \pm 0.5로 나타나 모유의 $\Sigma\omega 6/\Sigma\omega 3$ 비율로 알려진 4~10⁴¹⁾ 범위에 속하였고, 또한 한국 수유부를 대상으로한 선행 연구결과들^{26,29)}과도 유사하였다.

장사슬 $\omega 6$ 계 지방산의 desaturation 정도를 나타내는 지표인 22 : 5 $\omega 6/22$: 4 $\omega 6$ 의 비율은 수유기간이 경과함에 따라 0.23 \pm 0.02에서 0.57 \pm 0.12로 유의하게 증가하여(p<0.01), 22 : 4 $\omega 6$ 에서 22 : 5 $\omega 6$ 로 desaturation되는 정도가 증가되었음을 알 수 있었다(Fig. 1). 반면, 20 : 3 $\omega 6/18$: 3 $\omega 6$ (5.91 \pm 0.49 \Rightarrow 3.22 \pm 0.22)과 22 : 4 $\omega 6/20$: 4 $\omega 6$ (0.53 \pm 0.05 \Rightarrow 0.23 \pm 0.01) 및 22 : 5 $\omega 3/20$: 5 $\omega 3$ 의 비율(3.73 \pm 0.33 \Rightarrow 1.67 \pm 0.13)은 수유기간이 경과함에 따라 유의하게 감소하여(p<0.001), 각각의 장사슬 $\omega 6$ 계 지방산과 $\omega 3$ 계 지방산의 elongation 정도가 감소되었음을 알 수 있었다.

2. 모유의 Taurine 농도

한국인 수유부를 대상으로 한 모유의 타우린 농도는

초유의 경우 549 \pm 58nmol/ml, 그리고 성숙유의 경우 233 \pm 41nmol/ml로 나타나 초유에서 성숙유로 이행하면서 유의적으로 감소하였다(Table 3). 한국 수유부를 대상으로 한 선행연구^{42~44)}에 의하면 초유와 분만 30일 후에 얻어진 모유의 타우린 농도는 각각 424~434 nmol/ml과 284~342nmol/ml의 분포를 나타냈으며, 분만 150일후에는 더욱 감소하여 159~169nmol/ml로 나타나 본 연구에서 얻어진 초유의 타우린 농도가 선행 연구 결과보다 높게 나타났음을 알 수 있었다. 이에 대한 이유중의 하나로 1980년대 후반에서 1990년대 초반에 발표된 선행 연구에 비해 지난 4~8년간 동물성 식품의 섭취가 증가하였기 때문인 것을 들 수 있겠다.

인체는 타우린 생합성 능력이 매우 저조하고, 따라서 모유의 타우린 농도는 수유부의 타우린 섭취량을 밀접하게 반영해 주고 있다. 타우린은 식물성 식품에는 전혀 존재하지 않고 육류와 생선등의 동물성 식품에 다량 함유되어 있으므로⁴⁵⁾ 모유내 타우린 농도는 결과적으로 동물성 식품의 섭취량과 밀접한 관계를 지닌다고 보겠다. 이와같은 사실은 lacto-ovo vegetarian을 대상으로 한 김을상등⁴²⁾과 이종숙⁴³⁾의 연구에서 모유내 타우린 농도가 분만기간이 유사한 비채식주의자에 비해 유의적으로 낮게 나타났다는 사실에서도 부분적으로 입증된 바 있다. 또한 최근 본 연구실에서 분만후 22~47일이 지난 중국인 수유부를 대상으로 성숙유의 타우린 함량을 측정된 결과, 186 \pm 48nmol/ml로 나타나³⁴⁾ 한국인에게서 측정된 수치보다 훨씬 낮았다. 한편, 유럽의 수유부를 대상으로 한 연구 결과에 의하면 한국인의 수치보다 월등히 높아서 분만 2~5달이 지난 이디오피아와 스웨덴 수유부의 모유에서 측정된 타우린 농도는 각각 761 \pm 143nmol/ml과 667 \pm 70nmol/ml로 나타났다⁴⁶⁾. 따라서 모유내 타우린 함량은 수유기간과 수유부의 타우린 섭취량에 따라 크게 차이를 보이는 것을 알 수 있으며, 엄격한 채식주의자인 수유부로부터 모유영양을 공급받는 영유아, 타우린이 함유되어 있지 않은 조제유를 섭취하는 영유아, 그리고 피장영양액을 장기간 공급받는 어린이들에 있어서 체내 타우린이 고갈될

Table 3. Taurine concentration in breast milk from Korean mothers

	Colostrum ¹⁾	Mature Milk ²⁾	t-value
Taurine(nmol/ml)	549 \pm 58	233 \pm 41	-4.12***

Values are Mean \pm SEM(n=37 for colostrum and n=31 for mature milk)

¹⁾2-5 days postpartum, ²⁾5 weeks postpartum

*, **, ***Significantly different by the paired t-test at *p<0.05, **p<0.01, or ***p<0.001

Table 4. Correlations between taurine concentration and fatty acid compositions in breast milk from Korean mothers

Fatty Acids	Correlation Coefficient(r)
Saturates	
10 : 0	-0.458***
12 : 0	-0.459***
14 : 0	-0.273*
16 : 0	0.318***
18 : 0	0.223
20 : 0	0.276*
22 : 0	0.363**
24 : 0	0.356**
Monounsaturates	
16 : 1	-0.06
18 : 1	0.256*
20 : 1	0.571***
22 : 1	0.533***
24 : 1	0.396***
Polyunsaturates	
18 : 3ω3	-0.056
20 : 5ω3	-0.197
22 : 5ω3	0.425**
22 : 6ω3	0.100
18 : 2ω6	-0.065
18 : 3ω6	-0.056
20 : 3ω6	0.443***
20 : 4ω6	0.455***
22 : 4ω6	0.633***
22 : 5ω6	0.286*

*, **, ***Significantly correlated by the Pearson correlation test at *p<0.05, **p<0.01 or p<0.001

수 있음을 시사해 준다고 보겠다.

3. 모유의 지방산 조성과 타우린 농도와의 상관관계

초유와 성숙유의 지방산 조성과 타우린 농도와의 상관관계가 Table 4와 Fig. 2에 제시되어 있다. 모유의 타우린 농도와 중사슬포화지방산인 10 : 0, 12 : 0 및 14 : 0 수준 간에는 음의 상관관계를 나타낸 반면, 장사슬포화지방산인 16 : 0, 20 : 0, 22 : 0과 24 : 0 및 장사슬 단일불포화지방산인 18 : 1, 20 : 1, 22 : 1과 24 : 1 수준 간에는 양의 상관관계를 나타냈다. 타우린 농도가 증가함에 따라 ω6계 지방산 중 AA, 22 : 4 및 22 : 5 ω6가 유의하게 증가하였고, ω3계 지방산 중에는 22 : 5ω3가 유의하게 증가하여 양의 상관관계를 나타냈다 (Table 4). 한편, 모유의 타우린 농도는 ω3계(20 : 5⇒22 : 5, p<0.001) 및 ω6계(20 : 4⇒22 : 4, p<0.001) 지방산의 elongation 지수와는 양의 상관관계를 보인 반면, ω6계 지방산의 desaturation 지수(22 : 4⇒22

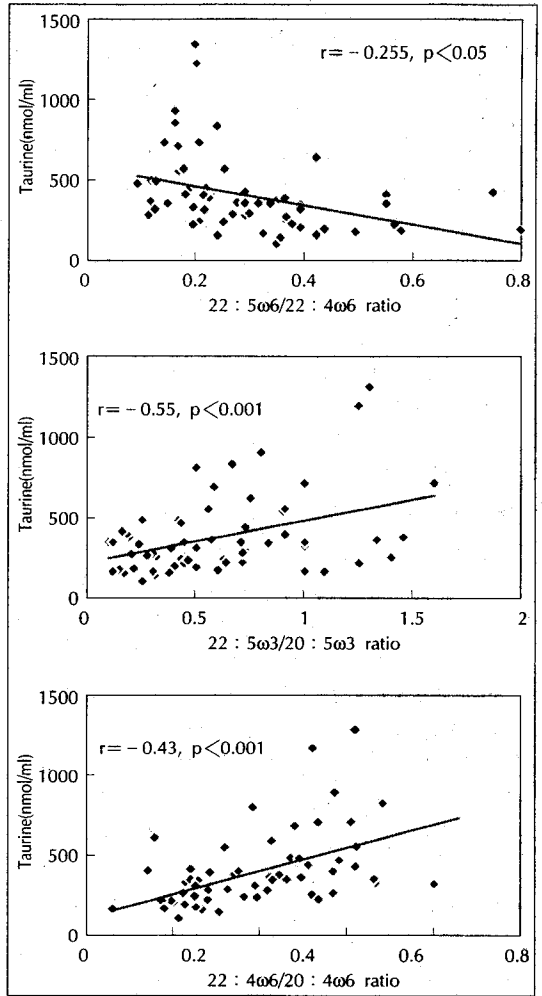


Fig. 2. Correlations between taurine concentration and ω6 and ω3 fatty acid ratios in human milk from Korea.

2 : 5, p<0.05)와는 음의 상관관계를 보여 모유내 타우린 농도가 증가함에 따라 ω3와 ω6계 지방산의 elongation은 증가하고, desaturation은 감소한 것으로 풀이된다(Fig. 2).

모유의 지방산 조성과 타우린 농도와의 상관관계에 관하여는 현재까지 문헌에 보고된 바가 없어 본 연구의 결과와 비교하는 것이 불가능하였다. 본 연구에서 모유의 타우린 농도가 필수지방산인 AA를 비롯한 장사슬 다가불포화지방산의 조성과 양의 상관관계를 나타냈다는 것은 매우 흥미로운 결과로서 중추신경계의 성장과 발달에 있어서 타우린과 장사슬다가불포화지방산의 밀접한 상호연관성을 시사해 주는 것이라 생각되며, 앞으로 이에 관한 연구가 계속 되어져야 할 것으로 본다.

요약 및 결론

1) 수유기간이 경과함에 따라 모유의 포화지방산 중 중사슬포화지방산(10 : 0, 12 : 0와 14 : 0)의 비율은 증가한 반면 장사슬포화지방산(22 : 0와 24 : 0)의 조성은 유의하게 감소하였다. 단일불포화지방산 중 20 : 1, 22 : 1 그리고 24 : 1과 다가불포화지방산 중 대부분의 ω 3계와 ω6계 지방산의 조성은 수유기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였다.

2) 장사슬 Δω3계와 Δω6계 지방산은 수유기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였고, Δω6/Δω3 비율은 초유와 성숙유에서 각기 6.7과 7.4로 나타났다. 초유에서 성숙유로 이행하면서 DHA와 AA 조성도 0.92%에서 0.71%로, 그리고 0.75%에서 0.52%로 각기 감소하였다.

3) 장사슬 ω6계 지방산의 desaturation 정도를 반영하는 지표인 22 : 5ω6/22 : 4ω6 비율은 수유기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가한 반면(p<0.01), 장사슬 ω6계와 ω3계 지방산의 elongation 정도를 반영하는 20 : 3ω6/18 : 3ω6, 22 : 4ω6/20 : 4ω6 및 22 : 4ω3/22 : 5ω3의 비율은 수유기간이 경과함에 따라 유의하게 감소하였다(p<0.001).

4) 모유의 타우린 농도는 초유의 경우 549±58 nmol/ml, 그리고 성숙유의 경우 233±41nmol/ml로 나타나 초유에서 성숙유로 이행하면서 유의적으로 감소하였다.

5) 모유내 지방산 조성과 타우린 농도와의 상관관계를 살펴보면, 중사슬포화지방산(10 : 0, 12 : 0와 14 : 0)의 비율과는 음의 상관관계를 보였고, 장사슬포화지방산(16 : 0, 20 : 0, 22 : 0와 24 : 0) 및 단일불포화지방산(18 : 1, 20 : 1, 22 : 1와 24 : 1), 그리고 ω6계 지방산, 특히 20 : 4(AA), 22 : 4와 22 : 5ω6 및 ω3계 지방산인 22 : 5ω3의 조성과는 양의 상관관계를 나타냈다.

6) 모유의 타우린 농도와 ω3계 및 ω6계 지방산의 elongation(20 : 5ω3⇒22 : 5ω3 및 20 : 4ω6⇒22 : 4ω6, p<0.001) 정도와는 양의 상관관계가 있었으며, ω6계 지방산의 desaturation(22 : 4ω6⇒22 : 5ω6, p<0.05) 정도와는 음의 상관관계를 나타냈다.

Literature cited

1) Worthington-Roberts BS, Vermeersch J, Williams SR. Nutrition in Pregnancy and Lactation. 3rd ed. pp. 263-265, Times Mirror/Mosby College Publishing, St. Louis, 1985

2) 임현숙·허영란. 모유와 유아용 조제분유의 지질 및 지방산 조성. *한국영양학회지* 27(6) : 563-573, 1994

3) 차관중·황주환·유체현. 모유와 우유의 지질에 관한 연구 I. 중성 지질 함량 및 지방산 조성. *한국낙농학회지* 7 : 21-27, 1985

4) Guthrie HA, Picciano MF, Sheeche D. Fatty acid patterns of human milk. *J Pediatr* 90 : 39-41, 1977

5) 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

6) Potter JM, Nestel PJ. The effects of dietary fatty acids and cholesterol on the milk lipids of lactating women and the plasma cholesterol of breast-fed infants. *Am J Clin Nutr* 29 : 54-60, 1976

7) Makrides M, Neumann M, Simmer K, Pater J, Gibson R. Are long-chain polyunsaturated fatty acids essential nutrients in infancy? *Lancet* 345 : 1463- 1468, 1995

8) Wainwright PE. Do essential fatty acids play a role on brain and behavioral development? *Neurosci Biobehav Rev* 16 : 193-205, 1992

9) 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

10) Martinez M. Tissue levels of polyunsaturated fatty acids during early human development. *J Pediatr* 120 : S129-S 138, 1992

11) Nettleton JA. Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development? *J Am Diet Assoc* 93 : 58-64, 1995

12) Um YS, Chung EJ, Lee-Kim YC. Effect of dietary ω3 and ω6 fatty acids on the fatty acid composition of RBC and brain synaptosomal, microsomal and mitochondrial phospholipids and on behavioral development of rats. *Korean J Nutr* 29(8) : 849-860, 1996

13) Wiegand RD, Joel CD, Rapp LM, Nielsen JC, Mande MB, Anderson RE. Polyunsaturated fatty acids and vitamin E in rat rod outer segments during light damage. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 27 : 727-733, 1986

14) Rigo J, Senterre J. Is taurine essential for the neonates? *Biol Neonate* 32 : 73-76, 1997

15) Rassin K, Gaull GE, Jarvenpaa AL, Raiha NCR. Feeding the low-birth-weight infant. II. Effect of taurine and cholesterol supplementation on amino acids and cholesterol. *Pediatrics* 71 : 179-186, 1983

16) Zeilikovic I, Cheesney RW, Firedman AL, Ahfors CE. Taurine depletion in very low birth weight infants receiving prolonged total parenteral nutrition : role of renal immaturity. *J Pediatr* 116 : 301-306, 1990

17) Picone TA. Taurine update : metabolism and function.

Nutr Today July/Aug : 16-20, 1987

- 18) Huxtable RJ. Physiological actions of taurine. *Physiol Rev* 72 : 101-163, 1992
- 19) Sturman JA, Moretz RC, French JH, Wieniewski HM. Taurine deficiency in the developing cat : persistence of the cerebellar external granule cell layer. *J Neurosci Res* 13 : 405-416, 1985
- 20) Sturman JA, Palackal T, Imaki H, Moretz RC, French J, Wieniewski HM. Nutritional taurine deficiency and feline pregnancy and outcome. *Adv Exp Med Biol* 217 : 113-124, 1987
- 21) Palackal T, Moretz RC, French J, Wieniewski H, Sturman JA. Abnormal visual cortex development in the kitten associated with maternal dietary taurine deprivation. *J Neurosci Res* 15 : 223-239, 1986
- 22) Pasantes-Morales H, Cruz C. Protective effect of taurine and zinc on peroxidation-induced damage in photoreceptor outer segments. *J Neurosci Res* 11 : 303-311, 1984
- 23) Pasantes-Morales H, Cruz C. Taurine and hypotaurine inhibit light-induced lipid peroxidation and protect rod outer segments structure. *Brain Res* 330 : 154-157, 1985
- 24) Lepage G, Roy GC. Direct trans-esterification of all classes of lipids in a one step reaction. *J Lipid Res* 27 : 114-129, 1986
- 25) Chang JY, Knecht R, Braun DG. Amino acid analysis at the picomole level. *Biochem J* 199 : 547-555, 1981
- 26) 윤태현 · 임경자 · 김을상 · 정우갑. 인유 및 우유의 지방산 조성에 관하여. *한국식량영양학회지* 11 : 15-20, 1982
- 27) 윤태현 · 임경자. 수유기간의 경과에 따른 인유 트리글리세리드의 지방산 조성, 아실 탄소수 및 종의 변화. *한국식량영양학회지* 14 : 39-46, 1985
- 28) 최분희 · 문수재 · 안홍석. 수유기간에 따른 모유의 성분 함량 변화와 수유부의 섭식태도 및 영아의 성장발육에 관한 생태학적 연구-II. 모유의 지질 함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 24 : 77-86, 1991
- 29) 임현숙 · 이정아. 한국인 수유부에 어유의 보충급여효과에 관한 연구-II. 모유의 지질 농도 및 지방산 조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 29(2) : 188-191, 1996
- 30) Spear ML, Bitaman J, Hamosh M, Wood DL, Gavula D, Hamosh P. Human mammary gland function at the onset of lactation : Medium-chain fatty acid synthesis. *Lipids* 27 : 908-911, 1992
- 31) Finely DA, Lonnerdal B, Dewey KG, Grivetti LE. Breast milk composition : fat content and fatty acid in vegetarians and non-vegetarians. *Am J Clin Nutr* 35 : 1169-1175, 1985
- 32) Makrides M, Simmer K, Neumann M, Gibson R. Changes in the polyunsaturated fatty acids breast milk from mothers of full term infants over 30week of lactation. *Am J Clin Nutr* 61 : 1231-1233, 1995
- 33) Koletzko B, Theil I, Abiodun PO. The fatty acid composition of human milk in Europe and Africa. *J Pediatr* 120 : S62-S70, 1992
- 34) Lee-Kim YC, Park T, Chung EJ, Um YS, Lei S, Xiang M, Li T. Relationship between fatty acid compositions and taurine concentration in breast milk from Chinese rural mothers. *Asia Pacific J Clin Nutr* 1997(인쇄중)
- 35) Innis SM, Kuhnlein HV. Long-chain n-3 fatty acids in breast milk of Inuit women consuming traditional foods. *Early Hum Dev* 18 : 185-189, 1988
- 36) Kneebone GM, Kneebone R, Gibson RA. Fatty acid composition of breast milk from three racial groups from Penang, Malaysia. *Am J Clin Nutr* 41 : 765-769, 1985
- 37) Beusekom CM, Chetty N, Atkinson PM. Fatty acid composition of human milk from South African black mothers consuming a traditional maize diet. *Eur J Clin Nutr* 42 : 213-220, 1988
- 38) Ratnayake WMN, Chen ZY. Trans, n-3 and n-6 fatty acids in Canadian human milk. *Lipids* 31S : 279-282, 1996
- 39) Chulei R, Xiaofang L, Hongsheng M, Xiulan M, Guizheng L, Gianhong D, DeFancesco CA, Connor WE. Milk composition in women from five different regions of China : The great diversity of milk fatty acids. *J Nutr* 125 : 2993-2998, 1995
- 40) Ferris AM, Jensen RG. Lipid in human milk : a review 1 : sampling, determination, and content. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 3 : 108-122, 1984
- 41) Simopoulos AP, Salem J. A terrestrial source of ω 3 fatty acids. *New Engl J Med* 315 : 833, 1986
- 42) 김을상 · 이종숙 · 최경순 · 조금호 · 설민영 · 박미아 · 이규한 · 이영남 · 노희경. 모유영양아의 수유기간별 taurine 섭취량에 관한 연구. *한국영양학회지* 26(8) : 967-973, 1993
- 43) 이종숙. 한국인 모유중 taurine 함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 17(1) : 73-76, 1988
- 44) 최경순 · 김을상. 한국인 채식주의자의 수유기간중 모유의 taurine 함량 변화. *한국영양학회지* 22(1) : 36-41, 1989
- 45) Rana SK, Sanders TAB. Taurine concentrations in the diet, plasma, urine and breast milk of vegans compared with omnivores. *Br J Nutr* 566 : 17-27, 1986
- 46) Svanberg UIF, Gebre-Medhin M, Ljungqvist B, Olsson M. Breast milk composition in Ethiopian and Swedish mother. III Amino acids and other nitrogenous substances. *Am J Clin Nutr* 30 : 499-597, 1977