

수유부의 식이섭취가 모유의 무기질 및 미량원소 함량에
미치는 영향과 모유의 각 무기질 농도
사이의 상관성 연구

안 흥 석 · 최 미 경

성신여자대학교 식품영양학과

Influence of Maternal Diet on Mineral and Trace Element Contents of Human Milk and Relationships Between Level of These Milk Constituents

Ahn, Hong-Seok · Choi, Mee-Gyung

Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to assess the relationships between maternal dietary intakes and milk contents of minerals and trace elements, and the correlation among levels of these milk constituents.

Maternal dietary intakes were measured and milk samples were collected at 2~5 days 2, 4, 6 and 12 weeks postpartum from 29 lactating women.

The results obtained are summarized as follows :

1) The overall mean nutrient intakes of lactating women in this study were below the recommended allowances and there were extensive individual variations between subjects.

2) Concentrations of minerals and trace elements in matured human milk showed the same range reported from different countries with the exception of calcium, magnesium, manganese and molybdenum which were relatively high.

3) There were no significant relationships between maternal dietary intakes of minerals and the corresponding mineral levels of human milk. In addition, no significant correlations were found between maternal vitamin C intake and the iron contents of milk.

These were significant positive correlations between maternal calcium intake and the magnesium level of milk ; between maternal protein intake and the contents of zinc and copper in human milk. Maternal energy intake was negatively correlated with milk sodium level.

4) Pearson correlation coefficient showed positive significant relationships between levels of 17 pairs of various minerals and trace elements : sodium and potassium, iron ; potassium and calcium, phosphorus, magnesium, iron, copper, manganese ; calcium and magnesium, iron, manganese, molybdenum, nickel ; magnesium and iron, molybdenum ; iron and copper ; nic-

채택일 : 1993년 6월 4일

kel and manganese.

KEY WORDS : maternal diet · human milk · minerals · trace elements.

서 론

보체의 섭식과 영양상태가 모유의 생성량이나 일부 성분 변화에 영향을 준다고 인식되어 왔으나¹⁻³⁾ 이를 뚜렷하게 설명하기는 어렵다. 모유는 어느 시기보다도 성장이 빠른 영아기에 필수 영양소와 생리적 기능을 지닌 제반 요소들을 제공해준다⁴⁻⁶⁾. 이러한 관점에서 볼 때 초기 성장기의 무기질과 미량원소의 영양에 대해서도 그 중요성이 강조된다. 그러나 현재 보체의 수유생리와 영유아의 성장발달을 고려한 미량원소의 요구량이나 이들의 생체 이용율과 체내분포에 관한 연구 결과는 부족하다.

모유의 무기질과 미량원소의 함량은 수유기간에 따라 감소하는 경향이며⁷⁻¹²⁾ 각 수유단계에서 유즙의 무기질 성분 조성이 비교적 일정하게 유지되고 보체의 영양 상태와는 무관한 것으로 설명되고 있다¹⁰⁻¹²⁾. 이와 관련된 대부분의 수유 연구는 수유부에게 특정의 무기질과 미량원소를 일정량 보충한 후 유즙에서 성분 농도의 변화를 관찰하도록 계획되었거나¹³⁾¹⁴⁾, 또는 영양과 섭식 상태가 저조한 빈곤지역 수유부의 유즙에 함유된 무기질 함량을 영양상태가 양호한 그룹의 모유시료와 비교하였을 뿐¹⁵⁾¹⁶⁾ 수유부가 보통 섭취하는 정규 식사로부터 얻는 영양소 섭취량과 모유 성분과를 비교 분석한 연구는 거의 없다.

무기질과 미량원소의 생체이용은 여러가지 식이 요인의 영향을 받으므로¹⁷⁾ 수유부의 영양소 섭취 수준이 아기가 먹는 모유의 무기질 농도에 어떤 영향을 주는지 살펴보고, 아울러 모유의 각 무기질 농도 사이의 상호관계를 조사하는 것은 유즙으로 무기질과 미량원소의 분비기전을 이해하는데 기초 자료가 될 수 있다고 사료된다.

따라서 본 논문에서는 저자등이 보고한 바 있는 수유 및 모유영양 연구에⁷⁾⁸⁾ 참여했던 29명의 수유부로부터 분만 후 초기에서 12주동안 일정한 간격으로 채유한 모유시료에서 분석이 이루어진

주요 무기질과 미량원소의 함량과, 같은 기간에 조사된 수유부의 식이 섭취 자료를 이용하여 보체의 일부 영양소 섭취량과 유즙내 무기질 농도와의 상관관계와 동시에 모유에 함유된 각각의 무기질과 미량원소 농도사이에 어떤 상호관계가 있는가를 분석 검토하였다.

조사 대상 및 연구 방법

연구대상인 수유부의 선정 기준과 일반 사항 및 채유방법은 이미 보고한 것⁷⁾⁸⁾¹⁸⁾¹⁹⁾과 동일하다. 이들의 평균 연령은 28.6세였고 임신 기간은 40.1주, 임신 중 체중증가량은 평균 11.2kg이었다.

모유 시료는 초유는 병원에서, 이행유와 성숙유는 가정에서 채유하였다. 모든 모유 시료들은 오전 9시 30분~11시 30분 사이에 수유를 하고 난 후, 양쪽 유방으로부터 채유하였다. 채유 직전에 수유부의 손과 유방을 소독된 거즈로 닦아내고 종류수로 다시 한번 씻은 후 유착기로 완전히 유방을 비울 때까지 유즙을 전량 채유하여 왕수로 처리한 폴리 에틸렌 병에 넣고 이중마개로 봉하여 즉시 얼음통에 넣은 상태로 2시간 이내에 실험실로 옮겨서 분석 직전 까지 -20°C에서 냉동보관 하였다.

유즙의 무기질과 미량원소 분석은 모유시료를 실험 바로 직전에 실온에서 해동시킨 후 습식법으로 11) 유기물을 분해하였다. 먼저 Kjeldahl flask에 모유시료를 일정량 넣고 황산과 질산(3:1)을 넣어 유기물이 완전히 분해될 때까지 계속 가열, 방냉 시켜 부색의 전처리액을 얻었다. 전처리액을 종류수로 회석한 후 DCP(direct current argon plasma spectrophotometer, Spectrametrics, Inc. USA)를 이용하여²⁰⁾ 무기질과 미량원소의 함량을 측정하였다. 이때 DCP의 분석조건은 Table 1과 같다.

또한 연구대상에 대한 식이 섭취 조사는 동일인에 대하여 분만 후 1주부터 12주까지 5회에 걸쳐 실시하였다. 모유 채유 전일의 식이 섭취 내용을 24

수유부의 식이섭취와 모유내 무기질 함량의 상관성

시간 회상법에 의해 목측량을 조사하고 이를 종량으로 환산한 후 식품 분석표에 의해²¹⁾ 수유부의 열량, 단백질 및 지방섭취량을 산출하였고 무기질 중 식품분석표에 제시된 칼슘, 인, 철분에 대한 섭취량과 비타민 C 섭취량을 산출하였다.

한편 모체의 식사와 유즙내 무기질과 미량원소 농도와의 상관성을 분만 후 2주부터 12주 사이에 채유한 성숙유에서 분석된 5가지 다량 무기질(Na, K, Ca, P 및 Mg)과 6가지 미량원소(Fe, Zn, Cu, Mn, Mo 및 Ni)의 농도와, 같은 기간에 조사된 수유부의 식이 섭취 data 중 이 두가지 자료가 동시에 수집된 45건에 대하여 Pearson 상관 계수로²²⁾ 분석하였다. 또한 이들 수유부가 각 수유기간별로 제공한 87개의 모유시료(초유 16, 이행유 11 및 2주~12주의 성숙유 60)에서 정량분석된 11개의 무기질과 미량원소 함량사이의 상호 관계도 Pearson 상관 계수로²²⁾ 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 수유부의 영양소 섭취

본 연구대상인 29명의 수유부들이 분만 후 1주부터 12주까지 전조사 기간 동안에 섭취한 1일 평균

영양소 섭취량과 한국 수유부의 영양 권장량에²³⁾ 대한 백분율은 Table 2와 같다.

열량 섭취량은 1일 평균 1859kcal이었고 이는 수유부 권장량의 68.8%로 열량섭취 상태는 저조하였다. 현행 수유부의 열량 권장량인 2700kcal 이상을 섭취하는 경우는 1명 뿐이었고, 2000kcal 이상을 섭취하는 수유부는 10명이었다. 단백질 섭취량은 81.1g으로 권장량의 90% 수준을 섭취하고 있어 열량 섭취에 비해 비교적 양호하였다. 단백질 섭취량의 범위는 31g에서 178g으로 수유부에 따른 차이가 크게 나타났다. 섭취 열량의 구성비는 평균적으로 단백질 17.4%, 지질 16.6% 그리고 당질이 66%로, 권장되고 있는 열량 구성비인 15 : 20 : 65 와 비교하면²³⁾ 단백질이 높고 지방이 낮은 경향이었다.

칼슘 섭취량은 평균 526mg 정도로 권장량의 48 %에 지나지 않아 매우 저조하였으며 칼슘과 인의 섭취비율은 1.0 : 2.1로 나타났다. 또한 수유부들은 철분을 하루 평균 16.7mg을 섭취하여 철분 권장량인 20mg의 85% 정도였다. 철분 섭취량이 20mg 이상인 수유부는 10명 이었고 10mg 이하의 섭취량을 보인 경우는 4명이나 되었다. 철분의 흡수를 증진하는 식이요인 중 하나인 비타민 C 섭취량은

Table 1. Analytical conditions of DCP(direct current argon plasma spectrophotometer

	Na	K	Ca	P	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	Mo	Ni
Cassette number	A-18	A-17	A-12	A-5	A-10	A-9	B-2	A-11	A-7	B-16	A-15
Wave length(nm)	5895	7698	3933	2136	2795	2995	2025	3247	2576	3798	3474
Slit width(nm)	100/25	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Conc(ppm)	10000	9000	4200	3400	10000	2000	3000	50000	1200	2900	8200
Burner head											
Range											
Gas											

Table 2. Maternal dietary intake during 12th weeks of lactation

Nutrient Daily Intake	Energy (Kcal)	Protein (g)	Fat (g)	Carbohydrate (g)	Calcium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Vitamin C (mg)
RDA	2700	90	—	—	1100	—	20	90
Mean	1859	81.1	34.6	302.7	526.2	1090.3	16.7	59.3
± SD	± 574.2	± 34.1	± 21.7	± 83.9	± 173.4	± 398.4	± 7.6	± 28.8
% RDA	68.8	90.0	—	—	47.8	—	85.0	65.5

하루 59mg으로 권장량의 66% 수준이었다. 비타민 C의 섭취 범위도 다른 영양소와 같이 그 분포가 넓었다.

1979년 김해리와 백정자²⁴⁾가 산후 12개월 이내의 농촌 수유부 93명에서 조사한 1일 평균 열량 섭취량은 2971kcal로 높았으나 이에 반해 칼슘 섭취량은 490mg이었고 철분 섭취량은 16.9mg으로 본 조사 결과보다 낮거나 비슷하였다. 최근 이금주²⁵⁾가 수유부와 비수유부에 대한 섭식 연구 중 성공적인 모유 영양을 실시한 12명의 수유부에서 조사한 1일 열량 섭취량은 1941kcal였고 이들의 칼슘과 철분 및 비타민 C 섭취량은 각각 1008mg과 18.6mg 그리고 85.8mg으로 본 연구대상에서의 칼슘과 비타민 C 섭취량과는 많은 차이가 있었다.

2. 모유의 무기질 함량

분만 후 2주부터 12주 사이에 채유한 성숙유에서 분석한 다량 무기질과 미량원소의 함량은 Table 3에 제시하였다.

성숙유의 평균 나트륨 농도는 203.62 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었고 농도의 범위는 90 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 895 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 시료간의 차이가 크게 나타났다. 칼륨의 농도는 평균 403.13 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었으며 나트륨과 칼륨의 농도비는 0.55이었다.

칼슘과 인 및 마그네슘의 함량은 각각 360.32 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 143.12 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 과 33.47 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었다. 이때 유즙의 칼슘과 인의 농도비율은 2.51이었다.

미량원소 중 철분의 농도는 0.24 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 아연함량은 2.90 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었고 구리의 농도는 0.30 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 분석되었다. 망간, 몰리브덴과 니켈의 평균 농도는 각각 0.02 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 0.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 과 0.02 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었다. 한편 국미량원소인 망간, 몰리브덴과 니켈의 경우에는 시료간에 농도차가 매우 크게 나타났다.

본 실험에서 분석한 모유의 주요 무기질 농도를 수유기간과 분석방법에 다소 차이가 있지만 타 문헌의 결과와 비교하여 보면 나트륨의 농도는 Butte 등²⁶⁾과 Picciano 등²⁷⁾이 미국 수유부의 유즙에서 측정한 112 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 132.71 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 보다는 높았으며 1982년 이병용 등²⁸⁾이 92명의 한국인 모유에서 분석한 228 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 과 1990년 이연주²⁹⁾가 우리나라 채식수

Table 3. The major mineral and trace element concentrations in matured human milk

Element (n=57) ¹⁾	Na (n=52)	Ka (n=45)	Ca (n=62)	P (n=53)	Mg (n=62)	Fe (n=61)	Zn (n=61)	Cu (n=53)	Mn (n=51)	Mo (n=45)	Ni (n=46)	Concentration $\mu\text{g}/\text{ml}$	
												Mena	\pm SD
	203.62	403.13	360.32	143.12	33.47	0.24	2.90	0.30	0.02	0.04	0.02		
	\pm 132.01	\pm 102.90	\pm 128.27	\pm 38.96	\pm 7.61	\pm 0.04	\pm 0.69	\pm 0.15	\pm 0.002	\pm 0.03	\pm 0.01		
	90.0~895.0	198.7~936.0	138.0~725.7	73.7~230.0	15.3~50.8	0.1~0.3	1.0~4.8	0.001~0.139	0.002~0.134	0.002~0.130			

1) Number of samples

수유부의 식이섭취와 모유내 무기질 함량의 상관성

유부의 유즙에서 분석한 216 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 과는 유사하였다. 또한 칼륨의 농도는 미국인 모유에서와²⁶⁾²⁷⁾ 거의 같았지만 채식수유부의 유즙에서 측정된 302 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 보다는²⁹⁾ 높은 경향이었다. 본 연구대상의 유즙내 칼슘과 마그네슘 농도는 설민영 등⁹⁾과 이연주가 보고한 함량이나²⁹⁾ 미국인 모유에서²⁶⁾²⁷⁾ 조사된 것보다 높았으며 인의 함량은 이들 연구 결과와²⁶⁾²⁹⁾ 비슷한 수준이었다. 본 연구의 모유 시료내 칼슘과 인의 비율은 2.51로써, Harzer와 Haschke¹⁰⁾가 보고한 2.1이나 윤태현 등³⁰⁾이 조사한 1.68 보다 높았다.

우리나라의 모유 시료에서 이루어진 미량원소의 분석은 매우 제한되어 있어 비교가 어려웠으며 본 연구 결과를 Iycngar와 Parr³¹⁾의 보고와 WHO³²⁾가 조사하여 요약한 세계 각처의 모유내 미량원소 함량과 비교하여 Table 4에 정리하여 보았다. 본 연구 대상의 성숙유내 평균 철분 함량은 0.24 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 여러 나라의 data³¹⁾³²⁾ 보다 낮은 경향이었다. 아연 함량은 외국에서 분석 보고된 대부분의 농

도보다³¹⁾³²⁾ 다소 높았으며 구리의 경우 자주 제시되고 있는 0.25~0.40 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 범위³¹⁾³²⁾에 속하였다. 극미량원소인 망간과 몰리브덴은 본 연구에서 분석한 농도가 외국의 모유내 농도보다 높았으며 니켈의 함량은 이들과 유사한 범위였다. 한국인 모유내 망간의 함량은 필리핀의 모유 농도와³¹⁾³²⁾ 같은 수준이었고 몰리브덴의 경우 일본 data³¹⁾³²⁾와 유사하였다.

3. 영양소 섭취량과 모유의 무기질 및 미량원소 와의 상호관계

수유부의 열량과 단백질 그리고 칼슘, 인, 철분 및 비타민 C의 섭취량이 모유내의 5가지 무기질과 6종류의 미량원소 농도에 미치는 영향을 Pearson correlation coefficient로써 나타내고, Table 5에는 $p<0.05$ 수준에서 유의성이 있는 것만을 제시하였다.

열량 섭취량과 관련이 있는 것으로는 유즙의 나트륨 함량 뿐이었으며 모체의 열량 섭취량이 많은 경우 모유의 나트륨 함량은 감소되는 음의 상관성이

Table 4. Comparision in trace element concentration of human milk from different countries³¹⁾³²⁾

Element($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Present study	Frequent value	Relatively high	Relatively low
Fe	0.24 (0.1~0.3) ¹⁾	0.35~0.60	Chile, Italy, Philippines =0.70~1.70	Germany & Part of USA =0.20~0.25
Zn	2.90 (1.0~4.8)	1.5~2.0	Chile, Ethiopia Finland, Guatemala, Italy & New Zealand =3.0~7.2	Hungary, Sweden, Turkey Yugoslavia =0.8~1.3
Cu	0.03 (0.1~4.8)	0.25~0.40	Australia, Finland, Greece, New Zealand & Turkey =0.5~0.7	Ethiopia, Hungary, Sweden & Zaire =0.20 or less
Mn	0.02 (0.001~0.44)	0.003~0.006	Nigeria & Philippines & Zaire =0.011~0.040	—
Mo	0.004 (0.002~0.134)	0.01~0.04	India, Japan & Philippines =0.009~0.024	—
Ni	0.02	0.01~0.02	Germany =0.039	Finland =0.0015

¹⁾Ranges are given in parentheses.

Table 5. The correlation coefficients(P value) between element concentration of minerals in human milk and maternal dietary intake^{a)}

Concentration of Mineral Dietary Intake	Na	K	Ca	P	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	Mo	Ni
Energy(Kcal)	-0.32267 (0.0306)										
Protein(g)							0.29339 (0.050)	0.32135 (0.0314)			
Ca(mg)			-0.31986 (0.0322)				0.30984 (0.0383)				
P(mg)											-0.36084 (0.0149)
Fe(mg)											
Vitamin C(mg)											

^{a)}Correlation coefficients are significant at p<0.05

있었고, 그밖의 무기성분의 농도와는 무관한 것으로 나타났다.

단백질 섭취량은 유즙의 아연, 구리 및 몰리브덴 농도에 영향을 주는 것으로 분석되었으며 단백질 섭취량이 커지면 모유의 구리와 아연 함량이 증가하는 양의 상관성이 있었으나 몰리브덴 농도와는 음의 상관 관계가 있었다.

수유부의 칼슘 섭취 정도는 모유의 칼슘 수준에 별 영향을 주지 않았으나 나트륨의 농도와는 음의 상관 관계를 그리고 마그네슘 함량과는 양의 상관 관계를 보여주었다. 또한 인의 섭취량은 유즙내 인의 농도와는 무관하였고 단지 니켈 함량과 음의 상관성이 제시되었다.

철분 섭취량은 모유의 무기질과 기타 미량원소 함량에 아무런 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 한편 비타민 C 섭취량에 따른 모유의 철분 농도의 변화는 유의성이 없었고 구리의 함량과는 음의 상관성이 있는 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 식품분석표에 제시된 식품의 칼슘, 인과 철분 함량 이외에 식이내 다른 무기질과 미량원소 함량을 조사하지 못하여 이들 섭취량에 따른 유즙의 농도를 비교하지는 못하였다. 수유부의 단백질 섭취량이 많으면 모유에서 아연과 구리의 함량이 증가하는 것으로 나타났고 칼슘 농도와는 무관하였다. 일반적으로 단백질 음식의 섭취는 무기질과 미량원소의 급원이 되고 동시에 체내 단백질 영양 상태에 영향을 준다¹⁷⁾. 즉, 단백질 섭취는 혈액의 일부 무기질과 미량원소의 이동에 관여하는 결합 단백질의 농도에 영향을 줄 수 있어서¹⁷⁾³³⁾ 결국 혈액에서 유선 조직으로 일부 무기질과 미량원소의 이동에 변화를 야기시킬 수 있을 것으로 사료된다.

모체의 칼슘 섭취량과 모유의 칼슘 농도 사이에는 본 조사 결과에서와 같이 상관성이 없는 것으로 알려져 있다⁹⁾³⁵⁾³⁶⁾⁴³⁾. 특히 본 연구 대상의 칼슘 섭취량이 저조한데 비해 모유의 칼슘 농도는 비교적 높은 경향을 나타낸 것도 칼슘 섭취량이 유즙의 칼슘 농도에 영향을 주지 않았음을 반영하는 것으로 사료된다. 이는 혈청의 칼슘 농도는 정교한 항상성 기전으로 잘 조절되고 있기 때문인 것으로 보인다.

수유부의 식이섭취와 모유내 무기질 함량의 상관성

또한 개발도상국의 영양 상태가 좋지 않은 수유부에서도 칼슘 섭취량이 낮은데 비해 유즙 내 칼슘의 함량은 이에 영향을 받지 않은 것으로 나타났다³⁷⁾. 그러나 1985년 Lipsman 등³⁸⁾의 연구에서는 10대 수유부의 모유내 칼슘 수준이 성인 유즙에서 보다 낮았음을 보여주었다. 청소년기에 있는 10대 수유부는 자신의 빠른 성장을 도모하기 위하여 골격과 같은 체조직에서 칼슘 요구량이 크기 때문에 유선 조직으로의 칼슘 이동이 제한을 받는다고 할 수 있다. 특히 Chan 등³⁹⁾은 청소년기에 놓여 있는 수유부에게 빠의 무기질 이탈 현상을 발견할 수 있었으며 이들에게 칼슘 결핍의 위험이 있음을 제시하였다.

수유부의 인 섭취량과 모유내 인 함량의 상호 관계를 조사한 연구는 거의 없다. 오늘날까지 보고된 연구 결과를 요약하면^{9) 36) 40)} 본 조사에서와 같이 인의 섭취량 정도가 유즙의 인에 아무런 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있었다.

또한 모체의 철분 섭취 정도와 모유의 철분 농도 사이에도 어떤 상관관계가 나타나지 않았다. 철분 결핍성 빈혈은 영유아기에 흔히 나타나는 영양 결핍증이다. 모유 영양은 오래 전부터 영유아의 철분 결핍성 빈혈을 예방할 수 있다는 주장이 있으나⁴¹⁾ 빠르게 성장하는 동안 모유로 공급되는 철분의 양이 조혈작용에 필요한 최소량의 철분을 충당하는가에 대해서 아직 논란중이며 영아에게 추가로 철분 보충을 실시하면 체내 철분 저장 상태가 유의해진다는 견해도 있다⁴²⁾. 이때 경구적으로 영아에게 철분을 공급하면 모유에 존재하던 lactoferrin의 anti-infective mechanism이 변형되거나⁴³⁾ 장내 아연 흡수를 저하시킬 수 있어서 주의가 요구된다⁴⁴⁾. 그러므로 빈곤 지역이나 개발도상국 및 선진국 수유부에게 철분을 보충함으로써 유즙의 철분 농도를 증가시키려는 다양한 시도가 이루어졌다^{45) 46)}. 이와 관련된 연구 결과들은 식이 철분 섭취량이 모유의 철분 농도에 별 영향을 주지 못한 것으로 나타났으며, 영양 상태가 양호하지 못한 수유부의 경우에도 유즙의 철분 농도는 철분 영양 상태가 좋은 수유부의 모유내 함량과 차이가 없었다¹⁵⁾. 또한 미국 수유부에게 하루 30mg의 철분 보충을

실시하였을 때에도 유즙의 철분 함량은 낮게 유지되었다⁴⁷⁾. 그러나 Fransson 등⁴⁸⁾은 인도의 심한 빈혈 증세가 있는 수유부의 모유내 철분의 함량이 정상인의 유즙에서 보다 높았음을 관찰하였고 동시에 이를 모유의 lactoferrin 수준도 증가되어 있어서 유즙내로의 철분 이동 기전에 일종의 보상 작용이 있다는 것을 시사하고 있다.

본 연구에서는 비타민 C가 환원 작용을 지니고 있어서 철분의 흡수를 증가시켜 주는 요소로 알려져 있기 때문에¹⁷⁾ 비타민 C의 섭취량에 따른 모유의 철분 농도를 조사하였으나 유의성 있는 관계를 발견하지 못하였다. 그러나 Grossklaus와 Schiffer⁴⁹⁾는 2명의 독일 수유부에서 수유 3개월 동안에 비타민 C의 섭취량이 많으면 모유의 철분 농도가 증가되었다는 것을 제시한 바 있다.

전체적으로 볼 때 모유의 무기질 및 미량원소 함량과 모체 식사와의 상관성 연구는 다른 영양 소에서 보다는 미흡한 실정이며⁵⁰⁾ 특히 미량원소는 여러 체조직내 대사 과정에서 각 미량원소들 사이에 상호 작용이 있기 때문에¹⁷⁾ 유즙에서의 농도 변화를 한가지 미량원소의 섭취 정도나 영양 상태로만 해석하는데에는 많은 제한점이 따른다.

4. 모유내 각 무기질 및 미량원소 농도간의 상호관계

29명의 수유부에서 수유 기간 별 채유한 87개의 모유 시료에서 분석된 무기질과 미량원소 농도를 이용하여 이를 함량 사이의 상호 관계를 조사하여 유의성($p < 0.05$)이 나타난 상관 계수를 Table 6에 요약하였다.

모유 시료에서 11종류에 해당하는 무기질과 미량원소의 농도 사이에는 17쌍에서 유의성 있는 상관 관계가 나타났다. 즉, 나트륨 농도와는 칼륨과 철분 함량이 양의 상관성이 있었으며 모유의 칼륨 수준과는 칼슘, 인, 철분, 마그네슘, 구리 및 망간 농도가 양의 상관 관계를 나타내었다. 또한 칼슘 함량은 마그네슘, 철분, 몰리브덴, 니켈 농도와 상관성을 보여주었고 그 외에 마그네슘 농도와 철분 그리고 몰리브덴 함량에서, 아연 함량과 구리와 철분농도가, 마지막으로 망간과 니켈함량 사이에도

Table 6. The correlation coefficients(P value) between major minerals and trace elements in human milk

Elements	Na	K	Ca	P	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	Mo	Ni
Na											
K	0.26260 (0.0140)		0.26294 (0.0139)								
Ca		0.24253 (0.0236)									
P			0.39378 (0.0059)		0.29267 (0.0002)						
Mg				0.26880 (0.0331)	0.22874 (0.0331)						
Fe	0.36541 (0.0005)					0.25050 (0.0193)					
Zn							0.04588 (0.0001)				
Cu			0.27956 (0.0087)								
Mn				0.43341 (0.0001)							
Mo					0.33250 (0.0413)						
Ni						0.26832 (0.0134)					

^{b)}Correlation coefficients are significant at p<0.05

높은 상관 관계가 나타났다.

모유의 나트륨과 칼륨 농도 사이의 양의 상관 관계는 쉽게 이해될 수 있다. 즉, 이를 두 이온들은 체액에서 유선 조직으로 유증 분비를 위해서 함께 이동되고 있으며⁵¹⁾ 특히 유선 조직의 세포막(apical membrane)내에는 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump 기전이 존재하지 않는다는 생리적 연구결과⁵¹⁾가 있기 때문에 유증에서 나타난 두 이온 사이의 관계를 잘 뒷받침한다고 하겠다.

미량원소 중 철분과 아연의 함량 사이에는 비교적 높은 양의 상관성이 있었는데, 철분은 주로 유증 내에서 지방구막과⁵²⁾ 반면 아연은 지방이외의 성분과 결합한다고 알려져 있기 때문에⁵³⁾ 혈액에서 유증으로 분비될 때 상호간의 결합 물질에 대한 경쟁이 없음을 시사하나, 보다 의미있는 해석을 유도해내기 위해서는 더 많은 모유 시료에서 무기질 성분 분석이 이루어져야 할 것이다.

모유에 함유된 아연과 구리 원소들은 유증내에서 albumin, casein 및 citrate와 같은 ligands와 결합한다고 알려져 있어서⁵³⁾⁵⁴⁾ 이를 미량원소 사이에 어느 정도의 상관성을 기대했으나 본 연구 결과에서는 이를 확인하지 못했다. 그러나 Finley 등⁵⁵⁾은 아연과 구리 농도 사이에서 양의 상관성을 관찰하고 유증에서 이들과 결합하는 lignads들이 아연과 구리에 대해 부가적인 결합력을 지닌 것으로 설명하였다. 이들은 또한 유증 시료내에서 나트륨과 칼슘, 나트륨과 구리 함량간에 양의 상관 관계가 있음을 관찰하였다.

그 밖의 본 조사에서 나타난 여러 무기질 농도 사이의 유의성 있는 상관관계에 대한 의미를 찾아보고, 더 나아가 모유의 무기성분들이 지질이나 단백질 등 유기화합물과 상당량 결합되어 있으므로⁵³⁾⁵⁴⁾ 이러한 유기성분과의 상호성 연구를 수행하는 것이 유증 성분과 분비에 관한 생리적 조절을 이해하는데 필요하다고 본다.

II 외

한국인 수유부 29명에 대하여 분만 후 1주부터 12주까지 5회에 걸쳐서 조사한 석이 섭취량과 같은

수유부의 식이섭취와 모유내 무기질 함량의 상관성

기간에 이들로부터 채유한 모든 시료에서 무기질과 미량원소의 함량을 측정하였다. 또한 얻어진 자료로부터 수유부의 식이 섭취와 모유의 무기질 함량과의 관계 및 모유내 각 무기질 농도 사이의 상관성을 비교 분석하였다.

본 연구 대상인 수유부들의 영양섭취 정도는 개인에 따른 차이가 커으며 하루 평균 영양소 섭취량은 모든 한국 수유부에 대한 영양 권장량에 미달되었다.

성숙유에서 분석된 무기질과 미량원소의 농도 분포도 넓었으며 칼슘과 마그네슘의 농도가 다른 연구 결과보다 다소 높은 경향이었고, 망간의 몰리브덴을 제외한 다른 미량원소의 함량은 여러 나라에서 보고한 농도 범위에 포함되었다.

수유부의 열량 섭취량은 모유의 나트륨 농도와 음의 상관성이 있었으며 단백질 섭취량과 유즙의 아연 및 구리 함량은 양의 상관성을 나타내었고 몰리브덴 농도와는 음의 상관 관계가 있었다. 칼슘 섭취량은 모유의 마그네슘 농도에 영향을 주었으며 인의 섭취는 유즙내 니켈 함량에 영향을 주었다. 비타민 C 섭취량은 모유의 철분 함량에 영향을 주지 않았으며 구리와는 음의 상관성이 나타났다.

모유의 5가지 무기질과, 6가지 미량원소에 대한 각각의 농도 사이에서 아래와 같이 $p < 0.05$ 수준에서 유의성 있는 양의 상관성 보여주었다. 즉, 나트륨 농도와는 칼륨과 철분; 칼륨 농도와는 칼슘, 인, 마그네슘, 철분, 구리, 망간; 칼슘 농도와는 마그네슘, 철분, 망간, 몰리브덴, 니켈; 마그네슘 농도와는 철분, 몰리브덴; 철분 농도와는 아연; 끝으로 니켈 농도와 망간 사이에 상관성이 나타났다.

Literature cited

- 1) Sosa R, Klaus M, Urrutia JJ. Feed the nursing mother : thereby the infant. *J Pediatr* 88 : 668-670, 1976
- 2) Butte NF, Garza C, Stuff JE, O'Brian SE, Nichols BL. Effects of maternal diet and body composition on lactational performance. *Am J Clin Nutr* 39 : 296-306, 1984
- 3) Prentice AM, Roberts SB, Prentice A, Panl AA, Watkinson M, Watkinson AM, Whitehead RG. Dietary supplementation of lactating Gambian women. *Am J Clin Nutr* 37 : 53-64, 1983
- 4) American Academy of Pediatrics. Breast-feeding, a commentary in celebration of the international year of the child. *Pediatrics* 62 : 591-601, 1978
- 5) Worthington-Roberts BS. Lactation and human milk. In : Nutrition throughout the life cycle. ed. by Williams SR et al. pp160-172, 1988
- 6) Picciane MF. Nutrient needs of infants. *Nutr Today* 22 : 8-13, 1987
- 7) 최미경 · 안홍석 · 문수재 · 이민준. 모유의 철분, 아연 및 구리 함량과 모유영양아의 모유와 미량 원소 섭취량에 관한 연구. *한국영양학회지* 24 : 442-449, 1991
- 8) 안홍석 · 최미경 · 표영희. 모유의 무기질과 미량 원소 함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 25 : 123-131, 1992
- 9) 설민영 · 이종숙 · 김을상. 서울지역 수유부의 수유기간별 칼슘, 인, 마그네슘 함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 23 : 115-123, 1990
- 10) Harzer G, Haschke F. Micronutrients in human milk. In : Micronutrients in milk and milk-based food products. ed. by Renner E. pp197-214 Elsevier sej 1989
- 11) Fransson GB, Lonnerdal B. Zinc, copper, calcium and magnesium in human milk. *J Pediatr* 101 : 504-508, 1982
- 12) Casey CE, Neville MC, Hambidge KM. Studies in human lactation : Secretion of zinc, copper and manganese in human milk. *Am J Clin Nutr* 49 : 773-785, 1989
- 13) Kirksey A, Ernst JA, Roepke JL, Tsai TL. Influence of mineral intake and use of oral contraceptives before pregnancy on the mineral content of human colostrum and of more mature milk. *Am J Clin Nutr* 32 : 30-39, 1979
- 14) Vuori E, Makinen Sm, Kara R, Kuitunen P. The Effects of the dietary intakes of copper, iron, manganese and zinc on the trace element content of human milk. *Am J Clin Nutr* 33 : 227-231, 1980
- 15) Murray MJ, Murray AB, Murray NJ, Murray MB. The effect of iron status of Nigerian mothers on

- that of their infants at birth and 6 months, and on the concentration of iron in breast milk. *Br J Nutr* 39 : 627-630, 1978
- 16) Jelliffe DB, Jelliffe EFP. The volume and composition of human milk in poorly nourished communities. A review. *Am J Clin Nutr* 31 : 492-515, 1978
 - 17) Linder MC. Nutrition and metabolism of the trace elements In : Nutritional biochemistry and metabolism with clinical applications. pp151-197, Elsevier, 1985
 - 18) 송세화 · 문수재 · 안홍석. 수유기간에 따른 모유의 성분함량 변화와 수유부의 섭식태도 및 영아의 성장발육에 관한 생태학적 연구 I. 모유의 질소 함량에 관한 연구 23 : 179-186, 1990
 - 19) 최문희 · 문수재 · 안홍석. 수유기간에 따른 모유의 성분함량 변화와 수유부의 섭식태도 및 영아의 성장발육에 관한 생태학적 연구 II. 모유의 지질 함량에 관한 연구. *한국영양학회지* 24 : 77-86, 1991
 - 20) Douglas AS. 기기분석의 원리 3rd. 탐구당. 1990
 - 21) 농촌영양개선연수원. 식품성분표. 제4개정판, 농촌진흥청 1991
 - 22) 백운봉. 실험의 계획과 분석. 자유아카데미, 1989
 - 23) 한국인구보건연구원. 한국인의 영양권장량. 제5차 개정, 고문사. 1989
 - 24) 김해리 · 백정자. 농촌 수유부의 식품 및 영양 섭취 조사. *한국영양학회지* 12 : 41-46, 1979
 - 25) 이금주. 수유부와 미수유부에 대한 섭식과 체지방 및 인체 계측치의 비교 연구. 성신여자대학교 석사논문, 1992
 - 26) Butte NF, Garza C, Smith EO, Wills C, Nichols BL. Macro-and trace mineral intakes of exclusively breast-fed infants. *Am J Clin Nutr* 45 : 42-48, 1987
 - 27) Picciano MF, Calkins EJ, Garrick JR, Deering RH. Milk and mineral intakes of breast-fed infants. *Acta Paediatr Scand* 70 : 189-194, 1981
 - 28) 이병용 · 마재숙 · 손 철. 인유의 Na과 K농도. 소아과 25 : 1-7, 1982
 - 29) 이연주. 채식 수유부의 무기질 함량에 관한 연구. 단국대학교 석사논문 1990
 - 30) 윤태현 · 태원찬 · 이정선. 수유기간의 경과에 따른 한국인 인유의 칼슘 및 인 함량의 변화. *한국영양학회지* 24 : 206-218, 1991
 - 31) Iyengar GV, Parr RM. Trace element concentrations in human milk from several global regions. In : Composition and physiological properties of human milk. ed. by Schanb J. pp17-32, 1985
 - 32) WHO/IAEA Project on minerals and trace elements in human milk. WHO Geneva, 1985
 - 33) Dreosti IE. Zinc in prenatal development. In : Current topics in nutrition and disease. ed. by Prasad AA et al. pp19-38, Alan R. Liss, Inc. 1982
 - 34) Vaughon LA, Weber CW, Kemberling SR. Longitudinal changes in the mineral content of human milk. *Am J Clin Nutr* 32 : 2301-2306, 1979
 - 35) Finley DA, Lonnerdal B, Dewey KG, Grivetti LE. Inorganic constituents of breast milk from vegetarians and non-vegetarians : relationships with each other and with organic constituents. *J Nutr* 115 : 772-781, 1985
 - 36) Feeley RM, Eitenmiller RR, Jones JB, Barnhart H. Calcium, phosphorus and magnesium contents of human milk during early lactation. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2 : 262-267, 1983
 - 37) Lindblad BS, Rahimtoola RJ. A pilot study of the quality of human milk in a lower socioeconomic group in Karachi, Pakistan. *Acta Paediatr Scand* 63 : 125-128, 1974
 - 38) Lipsman S, Dewey KG, Lonnerdal B. Breast-feeding among teenage mothers : milk composition, infant growth and maternal dietary intake. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 4 : 426-434, 1985
 - 39) Chan GM, Ronald N, Salter P, Hollis J, Thomas MR. Decreased bone mineral status in lactating adolescent mothers. *J Pediatr* 101 : 767-770, 1982
 - 40) Greer FR, Tsang RC, Levin RS, Searcy JE, Wu R, Steichen JJ. Longitudinal studies of minerals in human milk and in sera of nursing mothers and their infants. *J Pediatr* 100 : 59-64, 1982
 - 41) Stekel A. Prevention of iron deficiency. In : Iron nutrition in infancy and childhood. ed. Stekel A. pp179-194, Raven press, 1984
 - 42) Stekel A. Iron requirements in infancy and childhood. In : Iron nutrition in infancy and childhood. ed. Stekel A. pp1-10, Raven press, 1984
 - 43) Bullen JJ, Rogers HJ, Leigh L. Iron-binding pro-

- teins in milk and resistance to Escherichia coli infection in infants. *Br Med J* 1 : 69-73, 1972
- 44) Solomons NW, Jacobs RA. Studies of the bioavailability of zinc in man. *Am J Clin Nutr* 34 : 475-482, 1981
- 45) Lonnerdal B. Iron in breast milk. In : Iron nutrition in infancy and childhood. ed. Stekel A. pp95-118, Raven press, 1984
- 46) Karmarkar MG, Ramakrishnan CV. Studies on lactation. Relation between the dietary intake of lactating women and the chemical composition of milk with regard to principle and certain inorganic constituents. *Acta Paediatr* 49 : 599-604, 1960
- 47) Picciano MF, Guthrie HA. Copper, iron, and zinc contents of mature human milk. *Am J Clin Nutr* 29 : 242-254, 1976
- 48) Fransson GB, Agarwal KN, Gebre-Medhim M, Hambraeus L. Increased breast milk iron in severe maternal anemia. Physiological trapping or leakage ? *Acta Paediatr Scand* 74 : 290-291, 19
- 49) Grossklaus R, Schiffer IK. Effect of maternal diet on trace element and mineral composition of breast milk. In : composition and physiological properties of human milk. ed. Schaub J pp33-46, Elsevier Sci 1985
- 50) 안홍석. 모체영양상태가 모유형성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 24 : 260-275, 1991
- 51) Peaker M. Ion and water transport in the mammary gland. In : Lactation, a comprehensive treatise. ed. Larson B. pp437-462, Academic press
- 52) Fransson GB, Lonnerdal B. Iron, copper, zinc, calcium, and magnesium in human milk fat. *Am J Clin Nutr* 39 : 185-189, 1984
- 53) Lonnedal B, Keen CL, Hurley LS. Zinc in milk. In : Current topics in nutrition and disease. ed. Prasad AS pp79-88, Alan R Liss. 1982
- 54) Lonnedal B, Hoffman B, Hurley LS. Zinc and copper binding proteins in human milk. *Am J Clin Nutr* 36 : 1170-1176, 1982