

수유기간별 모유의 주요 무기질 및 미량원소 함량 변화*

안홍석 · 최미경 · 표영희

성신여자대학교 식품영양학과

Changes in the Contents of Major Minerals and Trace Elements of Human Milk During the Breast-Feeding

Ahn, Hong-Seok · Choi, Mee-Gyung · Pyo Young-Hee

Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

ABSTRACT

Concentrations of 5 major minerals(Na, K, Ca, P, Mg) and 3 trace elements(Mn, Mo, Ni) were measured in human milk samples collected from 21 highly selected, healthy lactating women at 2-5 days, and at 1, 2, 4, 6 and 12 weeks postpartum.

Significant decrease in contents of the major minerals and trace elements were found with time postpartum.

Sodium contents decreased from 293.01ug/N at 2-5 days to 194.27ug/N at 12 weeks. Potassium contents also decreased from 436.18ug/N in colostrum to 358.51ug/N in matured milk at 12 weeks.

The Ca/P ratios of colostrum, transitional and matured milk were 3.39, 2.81 and 2.45 respectively.

Mean manganese levels of colostrum and transitional were 0.024ug/N, and those of matured milk were 0.014ug/N.

Molybdenum concentrations in the breast-milk collected at 1, 2, 4 weeks were higher than those in the milk samples at 2-5 days and 12 weeks. Nickel content of colostrum was 0.062ug/N and those of transitional, matured milk were 0.022ug/N and 0.017ug/N.

These determinations will provide the basic information on the variability of minerals and trace elements as lactation proceed and the comparison of the components between term and preterm milk.

KEY WORDS : human milk · minerals · trace elements.

*본 연구는 파스퇴르 유업(주)의 모유영양 연구비 지원의 일부로 수행되었음.

채택일자 : 1992년 4월 2일

서 론

무기질이나 미량원소는 영아의 정상적인 성장과 발달에 필수요소로서, 새로운 골격과 근육형성, 세포내외의 전해질 평형의 유지 및 산소운반 그리고 대사과정에 참여하는 효소들의 활성을 적절하게 유지하고, 생체내 주요한 물질의 구성 요소가 되고 있어서¹⁻²⁾ 초기 성장기의 영양문제를 다루는데 중요한 부분을 차지하고 있다.

영아의 무기질대사와 필요량에 관한 연구 결과들이 아직은 충분하지 못하므로 이들을 위한 무기질 권장량을 제시하려면 우선 정상적인 임신기간을 채우고 정상 체중아를 분만한 후 수유기간 동안 분비되는 모유의 무기질과 미량원소 함량을 보다 정확하게 분석하여야 한다. 이를 근거로 모유와 조제분유 또는 유아식을 통해서 섭취되는 무기질의 생체이용율을 비교할 수 있고 더 나아가 조산아가 섭취하게 되는 perterm milk의 무기질 및 미량원소의 영양을 평가할 수 있다고 하겠다.

우리 나라에서 보고된 한국인 모유의 무기질 함량분석은 제한된 시료에서 단지 초유와 성숙유의 나트륨과 칼륨 농도가 제시되었고³⁾, 최근 수유기간별 모유의 칼슘, 인 및 마그네슘 함량의 경시적인 변화가 보고 되었으며⁴⁻⁶⁾ 또한 cross-sectional한 연구대상에서 모유의 구리, 아연 및 망간의 농도가 발표되었으⁷⁾ 본 저자가 수유기간에 따른 모유의

철분, 아연 그리고 구리함량의 경시적 변화를 분석하여 보고한 바 있다⁸⁾.

본 논문에서는 모유영양을 실천하고 있는 건강한 한국인 수유부를 대상으로 모유의 무기질(나트륨, 칼륨, 칼슘, 인, 마그네슘)과 일부 미량원소(망간, 몰리브덴, 니켈)의 함량을 분만 직후 부터 수유 12주 까지 일정한 간격으로 세분하여 longitudinal하게 비교 검토 하였다.

조사대상 및 연구방법

수유부의 선정 및 모유시료의 채유는 본 수유 및 모유영양 연구에서 선행 보고한 방법과 동일하게 실시하였다⁸⁻¹⁰⁾. 즉 21명의 수유부가 본 연구에 참여하였으며 이들의 평균 연령은 28.6세였고 임신 기간은 40.1주, 임신중 체중증가는 11.1kg이었다.

모유시료는 초유의 경우 병원에서, 분만 1주의 이행유와 분만 2주에서 12주까지의 성숙유는 가정에서 채유하였다. 모든 모유시료들은 오전 9시 30분~11시 30분 사이에 수유를 하고 난 후 유착기로 양쪽 유방이 완전히 비워질때 까지 유방에 남아 있는 유즙을 전량 채유하여, 왕수에 처리한 폴리에틸렌 병에 넣고 이중마개로 봉하여 즉시 얼음통에 넣은 상태로 2시간 이내에 실험실로 옮겨서 분석직전 까지 -20°C에서 냉동보관 하였다.

유즙의 무기질과 미량원소의 분석은 모유시료를 실험 바로 직전에 실온에서 해동시킨 후 습식법으로

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

	Na	K	Ca	P	Mg	Mn	Mo	Ni
Cassette Number	A-18	A-17	A-12	A-5	A-10	A-7	B-16	A-15
Wave Length(nm)	5895	7698	3933	2136	2795	2576	3798	3474
Slit Width(nm)	100/25	50	50	50	50	50	50	50
Conc(ppm)	10000	9000	4200	3400	10000	1200	2900	8200
Burner Head	Multi- - - - - Slot							
Range	1ppb - 1000ppm							
Gas	Argon Gas							

11) 유기물을 분해하였다. 먼저 Kjeldal flask에 일정량의 모유시료를 넣고 황산과 질산(3 : 1)을 넣어 유기물이 완전분해 될때 까지 계속 가열, 방냉시켜 부식의 전처리액을 얻었다. 전처리액을 재증류수로 희석한 후, DCP(Direct current argon plasma spectrophotometer, Spectrametrics, Inc., USA)를 이용하여 무기질과 미량원소의 함량을 측정하였다¹²⁾. 이때 사용된 DCP의 분석조건은 Table 1과 같다.

수유기간에 따른 각 무기질과 미량원소의 함량 변화는 분산분석(ANOVA)¹³⁾에 의하여 유의성을 검정하였고 유의차가 나타났을 경우, 각 수유기간 별 함량변화는 Duncan's multiple range test¹⁴⁾로 비교 분석 하였다.

결과 및 고찰

1. 모유의 나트륨(Na)과 칼륨(K)의 함량

분만 후 2~5일 부터 12주 까지의 수유기간에 따른 모유의 나트륨과 칼륨의 함량 변화를 Table 2에 제시하였다.

모유의 나트륨 함량은 초유에서 293.01 μ g/ml로 가장 높았으며, 이행유에서는 251.24 μ g/ml, 2주 부터 분비된 성숙유에서는 그 함량이 243.39 μ g/ml, 그리고 12주의 유즙에서는 194.27 μ g/ml로 나타나 수유기간에 따라 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 초유에서 6주 까지는 나트륨 농도가 계속 감소하다가, 12주의 유즙내 나트륨 농도는 그 이전의 성숙유

에서 보다 증가되는 경향을 보였다.

모유의 칼륨 농도는 초유에서 436.18 μ g/ml, 이행유에서는 458.90 μ g/ml, 성숙유의 경우에는 2주에서 460.11 μ g/ml 이던 것이 12주에는 358.51 μ g/ml로 점차 감소 되었다. 특히 초유 보다 분만 1, 2주에 분비된 이행유에서 그 농도가 증가되다가 그 이후 성숙유에서는 감소 경향을 나타내었다.

모유의 나트륨과 칼륨의 비는 초유에서 0.66으로 가장 높게 산출되었으며, 1주의 유즙에서 0.53, 그리고 성숙유에서는 평균 0.49이었다.

평균 모유의 나트륨과 칼륨 농도에 대한 표준편차가 크게 나타난 것과 같이 Na/K의 비도 개인차가 비교적 컸다(Table 2). 앞으로 모유내에서 이들 전해질 농도 간의상호관계를 조사하는 것은 유선조직에서의 모유의 생성과 분비기전을 이해하는데 필요한 부분이라고 사료된다.

본 실험에서 분석한 모유의 나트륨과 칼륨 농도를 수유기간과 분석 방법에 다소 차이가 있는 선행 연구 결과와 비교하여 보면 나트륨의 농도는 Butte 등¹⁵⁾과 Picciano 등¹⁶⁾이 미국인 수유부의 유즙에서 측정한 100~150 μ g/ml보다는 높았으며, 1982년 이 등³⁾이 한국인 모유에서 분석한 180~480 μ g/ml보다는 낮았다. 또한 칼륨 함량은 미국인 모유에서와 거의 같았지만 이 등³⁾ 및 Bernard 등¹⁷⁾의 결과 보다는 낮게 나타났다. 최근 이 등⁶⁾이 채식 수유부의 유즙에서 분석 보고한 나트륨 농도와는 거의 동일하였으나, 본 모유시료의 칼륨 농도는 이들에게서

Table 2. Sodium and potassium contents of human milk at different stages of lactation

Stage of lactation (time postpartum)			Na	K	Na/K ⁴⁾
			(μg/ml)		
2-5	days	(n=16) ¹⁾	293.01±114.27 ^{2)a3)}	436.18± 60.90 a	0.66±0.18 a
1	wk	(n=11)	251.24±131.15 ab	458.90± 32.27 a	0.53±0.15 ab
2	wk	(n=17)	243.39±132.05 ab	460.11±142.10 a	0.49±0.11 ab
4	wk	(n=16)	213.37±186.94 ab	403.09± 44.65 ab	0.51±0.25 ab
6	wk	(n=17)	145.66± 31.96 b	354.78± 87.40 *b	0.44±0.18 b
12	wk	(n=10)	194.27±149.24 b	358.51± 64.93 b	0.54±0.42 ab

1) Number of subjects

2) Mean±SD

3) The same letters in a column are not significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

4) Na/K ratio=sodium/potassium

보다 높은 경향이였다. 대부분의 연구 결과들을 종합하여 보면³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾모유의 나트륨 농도는 본 실험결과와 마찬가지로 초유에서 높고 이행유와 성숙유에서 감소하는 경향을 보여주었으나, 수유 기간에 따른 칼륨의 농도 변화는 본 연구 결과에서와 같이 감소하는 것으로 나타난 연구 결과도 있고³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾ Hibbred등¹⁹⁾과 Sann등²⁰⁾은 모유의 칼륨 농도는 수유기간 동안 일정하게 유지되었다고 보고 하였다. Keenan등²¹⁾은 모유의 나트륨 및 칼륨 농도는 혈액의 프로락틴과 코티솔의 상호작용에 의해 조절되기 때문에 하루의 시간대에 따라서도 유즙내 전해질 농도는 변화된다고 설명하였다.

나트륨과 칼륨은 각각 세포외액과 내액의 주된 전해질 성분으로써, 영아가 섭취하는 유즙내 전해질 조성 비율이 적당하게 유지되어야 하며, 정상적인 전해질 분포가 깨지면 영아의 체내 산, 염기 평형에 이상이 올 수 있다는 가능성이 제시되기도 하였다²²⁾.

한편 성숙유의 평균 칼륨과 나트륨 농도는 각각 394mg/l와 199mg/l인데반해, 국내에서 시판되고 있는 조제분유를 14%로 조유할 경우 칼륨함량은 600mg/l였고 나트륨은 160mg/l내외로 계산되었다. 1987년 FAO에서²³⁾제시한 영아용 처방유의 전해질 농도 범위를 보면, 칼륨은 540~1340mg/l와 나트륨은 135~400mg/l이었다. 또한 미국 소아과 학회에서²⁴⁾ 모유의 Na : K ratio가 0.5부근인 것을 근거로 처방유에서도 이 ratio가 0.6(mEq로 나타낼 경우 1 : 1)을 초과하지 않도록 주시킴 바 있다.

일반적으로 모유는 생후 6개월까지는 영아에게 이러한 전해질을 충분히 공급한다고 알려져 있으나, Fomon등²⁵⁾과 Atkinson등²⁶⁾은 preterm milk의 전해질 농도는 낮기 때문에 모유영양을 하는 조산아의 경우에는 hyponatremia나 hypokalemia 또는 대사성 과염기증이 초래될 수 있어서 나트륨의 보충이 필요하다고 제안하였다.

2. 모유의 칼슘(Ca), 인(P) 및 마그네슘(Mg)의 함량

Table 3에 영아의 새로운 골격과 근육 형성에 필수 기능을 갖고 있는 칼슘과 인 그리고 마그네슘의 모유내 함량을 수유 기간 별로 나타내었다.

초유의 칼슘 함량은 373.88µg/ml 이었으며, 이행유에서는 379.41µg/ml 그리고 성숙유에서는 평균 338.58µg/ml로 측정되었다. 수유 기간에 따라서 모유의 칼슘 함량은 완만하게 감소되었다(p<0.05). 그러나 Duncan의 다중비교 검정을 한 결과 수유 기간 별 칼슘 함량은 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 평균값에 대한 표준편차가 매우 큰 것에 기인한 것으로 사료된다.

모유의 인의 함량은 초유에서 109.99µg/ml 이었고, 이행유와 2주와 성숙유에서는 각각 147.93µg/ml와 161.96µg/ml 이었다. 4주 이후의 유즙에서는 그 농도가 점차 감소하여 전체의 수유 기간으로 볼 때에는 유의적인 감소가 있었다(p<0.05). 또한 초유와 이행유 및 성숙유의 Ca/P의 비는 3.39, 2.81, 2.45로 초유에서 가장 높았고, 수유 기간이 지연

Table 3. Calcium, phosphorous and magnesium contents of human milk at different stages of lactation

Stage of lactation (time postpartum)	Ca	P (µg/N)	Mg	Ca/P ⁴⁾
2-5 days (n=16) ¹⁾	373.88±109.19 ²⁾²³⁾	109.99±26.50 a	37.81±5.78 a	3.39±0.82 a
1 wk (n=11)	379.41±128.91 a	147.93±31.24 ab	37.51±3.22 a	2.81±1.00 ab
2 wk (n=17)	374.46±98.45 a	161.96±29.31 ab	36.37±8.10 ab	2.40±0.96 b
4 wk (n=16)	351.84±112.28 a	146.76±33.52 b	31.67±6.39 ab	2.43±0.60 b
6 wk (n=17)	308.98±49.52 a	133.33±39.50 bc	30.56±8.30 bc	2.39±0.72 b
12 wk (n=10)	319.04±144.27 a	130.76±33.45 c	34.89±8.27 c	2.61±1.24 b

1) Number of subjects

2) Mean±SD

3) The letters in a column are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

4) Ca/P ratio=Calcium/Phosphorous

되면서 감소 경향을 보여주었다.

마그네슘의 농도는 분만 초기에 분비되는 유즙에서는 평균 37 μ g/ml로 비교적 높았으나 4주 이후부터는 모유의 마그네슘 농도가 감소되었다.

본 연구 대상인 한국인 수유부의 유즙내 칼슘과 마그네슘 농도는 설 등⁴⁾과 이 등⁶⁾의 data나 미국인 모유에서 조사된 것 보다¹⁵⁾¹⁶⁾²⁷⁾ 다소 높았으며 인의 함량은 110~162 μ g/ml로써 선행연구 결과⁴⁾⁶⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²⁷⁾와 유사하였다. 또한 수유기간에 따른 칼슘과 인의 함량 감소는 대부분의 연구 결과와 일치된 경향이나 윤 등⁵⁾은 모유의 칼슘 농도가 분만후 70 일동안 수유기간이 경과 되면서 증가 하였음을 제시하였다. 또한 마그네슘의 농도 변화에도 연구 결과¹⁵⁾¹⁶⁾²⁷⁾마다 다소의 차이가 있었다. Karra 등²⁸⁾은 수유가 연장되면서 이와같이 유즙내 무기질 농도가 감소하는 것은 영아의 젖빠는 횟수가 줄어들면서 모유 생성량이 감소하고 유선조직의 퇴화로 무기질 분비가 저하된 데서 비롯 된다고 설명하였으나 아직 유즙내로의 무기질 분비 기전은 확실하지 못하다.

Harzer와 Haschke는²⁹⁾ 모유내 Ca/P의 비가 분 실험 결과보다는 낮은 값으로 초유에서 2.8, 이행 유와 성숙유에서 2.1로 보고하였으며 윤 등⁵⁾은 한국인 모유의 Ca/P 비가 초유에서 2.28, 이행 유에서 1.76, 성숙유에서 1.68임을 보고하였다.

모유의 칼슘은 유청 단백질과 카제인, low molecular weight 분획과 지방입자에 분포되어 있으며,

전체 칼슘에 대한 비율이 각각 41%, 6%, 38% 그리고 16%로 분포되어 있음이 밝혀졌으며³⁰⁻³¹⁾, 유청단백질 중 α -lactoalbumin이 칼슘 결합에 많은 기여를 하고 있어서, 우유의 Ca 분포³²⁾와 차이를 나타낸다. 이러한 유즙의 칼슘 분포 양상이 유즙의 칼슘 흡수율에 변화를 초래하는 인자들 중의 하나로 사료된다.

흡수된 칼슘과 인, 마그네슘은 영아 골격의 석회질화와 근육 형성에 이용되어지며, 뼈의 무기질 중 약 34%는 칼슘에 해당되고, 뼈속의 칼슘과 인의 비율은 2.2:1의 상태³³⁾로 축적되어 있다.

최근 Dewey와 Lonnerdal³⁴⁾은 조산아를 분만한 수유부의 유즙내 칼슘과 인의 함량은 정상아 분만시 보다 더 낮았음을 보고 하였으며, Lemons 등³⁵⁾도 preterm milk의 마그네슘 농도가 저하 되었다고 제시하여, 미숙아를 위한 모유의 질적 평가가 검토 되어져야 함을 시사한 바 있다.

3. 모유의 망간(Mn), 몰리브덴(Mo) 및 니켈(Ni)의 함량 변화

수유기간에 따른 모유의 미량 원소 함량 변화를 Table 4에 나타내었다. 초유와 이행유의 평균 망간 함량은 모두 0.024 μ g/ml로 가장 높았으며 성숙유에서는 0.012~0.019 μ g/ml로, 수유기간이 경과되면서 모유의 망간 농도는 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$).

몰리브덴 함량은 초유에서 0.035 μ g/ml, 이행유와

Table 4. Manganese, molybdenum and nickel contents of human milk at different stages of lactation

Stage of lactation (time postpartum)	Mn	Mo (μ g/ml)	Ni
2-5 days (n=16) ¹⁾	0.024 \pm 0.02 ^{2)a3)}	0.035 \pm 0.01 a	0.062 \pm 0.04 a
1 wk (n=11)	0.024 \pm 0.01 a	0.044 \pm 0.02 a	0.022 \pm 0.01 ab
2 wk (n=19)	0.013 \pm 0.01 a	0.040 \pm 0.04 a	0.018 \pm 0.01 ab
4 wk (n=16)	0.019 \pm 0.01 a	0.041 \pm 0.04 a	0.021 \pm 0.02 ab
6 wk (n=17)	0.014 \pm 0.01 a	0.032 \pm 0.03 a	0.016 \pm 0.01 b
12 wk (n=10)	0.012 \pm 0.04 a	0.019 \pm 0.01 a	0.014 \pm 0.01 b

1) Number of subjects

2) Mean \pm SD

3) The same letters in a column are not significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

2주 및 4주의 성숙유에서는 0.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 다소 상승되다가 4주 이후 그 농도가 감소되어 12주의 성숙유의 폴리브텐 농도는 0.019 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 저하되었다.

모유의 니켈 함량은 특히 초유에서 0.062 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 매우 높게 측정되었으며 이행유에서 급격한 감소가 있었고, 그 이후 비교적 안정된 농도를 유지하였다.

모유의 망간, 폴리브텐 및 니켈과 같은 극미량 원소의 함량에 관한 정보는 미량원소의 섭취 부족으로 인한 영양 결핍증의 발견이 어렵고 분석 방법이 까다롭기 때문에 다른 성분과 비해서 아직은 미흡하다. 국내에서는 1987년 조와 김⁷⁾이 8개 지역의 52명의 수유부에서 채유한 모유 시료에서 구리, 아연과 망간 함량이 조사되었고, 최근 본 연구자가⁸⁾ 모유의 철분, 아연과 구리 농도를 분석보고 하였을 뿐, 연구 결과를 비교하기 위해서는 더 많은 연구가 요구된다.

본 연구의 모유 시료내 망간 농도는 조와 김이 보고한⁷⁾ 평균 망간 함량인 8.67 $\mu\text{g}/\ell$ 보다 높게 나타났다. 유럽의 여러나라에서³⁶⁻³⁸⁾ 조사된 모유의 평균 망간 함량은 3.2~11.8 $\mu\text{g}/\ell$ 였으며 미국인 수유부의 유즙내 농도는 5.0~19.8 $\mu\text{g}/\ell$ 로 보고되어, 본 결과보다 모두 낮은 경향이였다. 그러나 일본인 모유내 망간 농도는 2~24 $\mu\text{g}/\ell$ 의 범위였으며³⁹⁾ 필리핀에서 조사된 것은³⁷⁾ 42.0 $\mu\text{g}/\ell$ 로써, 본 실험 결과는 일본과 필리핀 수유부의 모유내 망간 함량과 유사하였다. Vuori 등⁴⁰⁾과 Stastny 등은⁴¹⁾ 모유의 망간 함량은 수유기간이 연장되면서 exponential하게 감소한다는 것을 지적한 바 있어서 본 실험 결과와 유사하나 Lonnerdal 등은⁴²⁾ 모유의 망간 농도는 수유기간에 따라 변화되지 않았다고 보고하였다. Casey 등⁴³⁾은 수유초기와 수유후기에는 망간 농도가 상승되었다는 결과를 제시하여, 수유기간에 따른 모유의 망간 함량 변화를 일관성 있게 설명하기는 아직 어렵다고 본다.

망간은 생체내 여러가지 효소계의 활성요소로서 사람의 영양과 건강 유지에 필수적인 미량원소로 알려져 있다¹⁾. 특히 mucopolysaccrides의 생성에 관여하는 효소들의 작용을 도와줌으로써 신생아와 영아기의 골격 및 결체조직의 빠른 성장과 유지에

매우 중요하다. 따라서 실험동물에서 망간 결핍은 골격의 무기질 축적에 장애를 일으켜 운동실조증을 초래한 바도 있다¹⁾.

모유의 망간 함량이 저조한 데 비해 1989년 미국 NRC에서 제시한⁴⁴⁾ 영아에 대한 망간의 RDA는 생후 6개월까지는 0.5~0.7mg 그 이후 1세까지는 0.7~1.0mg으로 높게 책정되어 있어서 모유의 망간 함량의 변화와 영아기의 망간 대사에 관해서 많은 관심이 주목된다.

모유의 폴리브텐 함량의 분석결과는 매우 적은데 스웨덴과 헝가리 수유부의 유즙내 평균 폴리브텐 농도는 각각 0.98 $\mu\text{g}/\ell$ 와 1.1 $\mu\text{g}/\ell$ 로 제시 되었으며³⁷⁾ 일본³⁹⁾과 필리핀에서 조사된³⁷⁾ 폴리브텐 함량은 각각 24 $\mu\text{g}/\ell$ 와 19.5 $\mu\text{g}/\ell$ 였으며 본 한국인 모유내 폴리브텐 농도는 유럽인 모유의 농도 보다는 매우 높았고 일본과 필리핀 모유의 분석치와는 유사하여 지역간 차이가 있음을 보여 주나 그 의미를 해석하기에는 연구 결과가 부족하다.

Bougle 등⁴⁵⁾은 프랑스인의 모유에서 폴리브텐 함량을 조사 했을 때, preterm milk에 폴리브텐 함량이 term milk에서 보다 낮았음을 보고하였다.

영아의 폴리브텐 대사와 요구량에 관한 연구 자료가 부족한 실정이나 인체내에서 폴리브텐은 3가지의 flavo 효소 즉, sulfite oxidase, aldehyde oxidase와 xanthin oxidase의 구성 효소가 되며 detoxification에 관여 하고 있다⁴⁶⁾. Meinel 등⁴⁷⁾은 신생아의 간조직내 폴리브텐 함량이 성인에 비해 매우 저조하였음을 발견하여 영아의 체조직내 이 극미량 원소의 축적이 제한을 받는다고 하였으며, 또한 초기 성장기 폴리브텐 영양 상태는 식이공급에 전적으로 의존하게 되므로 영아기의 주된 영양원이 되는 모유나 기타조제유의 폴리브텐 함량에 대한 정확한 분석이 앞으로 더욱 활발히 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Camara와 Kirkbright이²⁹⁾³⁹⁾ 보고한 모유의 평균 니켈 함량은 16 $\mu\text{g}/\ell$ 였으며 1985년 WHO에서 6개국의 수유부를 대상으로 채유한 모유의 니켈 함량은 10~20 $\mu\text{g}/\ell$ 범위였고³⁷⁾ 독일 수유부의 유즙내 니켈 함량은 39 $\mu\text{g}/\ell$ 로 다소 높게 보고되었다³⁹⁾. 본 한국인 모유내 니켈 함량은 초유를 제외하고는 선행

연구결과와 비교적 잘 일치하였다.

인체내에서 니켈의 기능은 충분히 이해되어 있지 못하다. 니켈은 피부와 골격에 주로 분포되어 있으며 간과 근육 조직내 농도는 식이 니켈 함량을 반영한다고 알려져 있다⁴⁶⁾. 쥐의 태아기 발달 동안 양수에 니켈이 높은 양 분포되어 있었으며 출생후 수유기 동안 어미 쥐의 유즙내 니켈 함량은 본 수유부의 모유에서와는 달리 증가하는 것으로 나타났다⁴⁸⁾.

요 약

한국인 수유부 21명의 모유에 함유된 무기질(Na, K, Ca, P, Mg)과 일부 미량원소(Mn, Mo, Ni)의 함량을 경시적으로 초유부터 12주의 성숙유에 이르기 까지 일정한 간격으로 세분하여 비교 분석하였다.

모유에 함유된 5종의 무기질과 3종의 미량원소들의 함량은 수유기간에 따라 유의적으로 감소하였다. 모유의 평균 나트륨 함량은 초유에서 293.01 µg/ml, 이행유에서 251.24µg/ml 그리고 성숙유에서 199.17µg/ml이었으며 칼륨 농도는 각각 436.18µg/ml, 458.90µg/ml, 390.10µg/ml이었다.

초유, 이행유 및 성숙유의 평균 칼슘 농도는 각각 378.88µg/ml, 379.41µg/ml 그리고 338.58µg/ml로 측정되었고 모유의 Ca/P의 비는 각각 3.39, 2.81과 2.45이었다. 또한 마그네슘 함량은 초유와 이행유에서 각각 37~38µg/ml이었으며 성숙유에서 33.37µg/ml로 분석되었다.

모유의 평균 망간 함량은 초유와 이행유에서 각각 0.024µg/ml, 성숙유에서 0.014µg/ml, 폴리브텐의 평균 농도는 각각 0.035µg/ml, 0.044µg/ml 그리고 0.044µg/ml 이었고 니켈 함량은 초유에서 0.062µg/ml, 이행유에서 0.022µg/ml, 성숙유에서 0.017µg/ml이었다.

수유기간에 따른 모유내 무기질과 미량원소 함량의 감소가 영아의 성장발달과 어떻게 관련되는가에 관한 연구와 함께 유선조직에서 유즙으로의 무기질과 미량원소의 분비기전에 관한 생리학적 연구가 병행되어야 하겠으며, 본 연구결과가 앞으로

우수한 조제분유나 기타 영아식 개발에 활용되고, preterm milk의 무기질 성분을 비교하는데 이용될 수 있기를 희망한다.

Literature cited

- 1) Hurley LS. Major mineral elements and trace elements. In : Developmental nutrition. pp168-227, Prentice-Hall, Inc. 1980
- 2) Pipes P. Nutrition during infancy. In : Worthington BS, Williams SR Nutrition throughout the life cycle. pp219-259, Times Mirror/Mosby Co., 1988
- 3) 이병용 · 이재숙 · 손 철. 인유의 Na과 K농도. 소아과 25(1) : 1-7, 1982
- 4) 설민영 · 이종숙 · 김을상. 서울지역 수유부의 보유의 수유기간별 칼슘, 인, 마그네슘 함량에 관한 연구. 한국영양학회지 23(2) : 115-123, 1990
- 5) 윤태현 · 태원찬 · 이정선. 수유기간의 경과에 따른 한국인 인유의 칼슘 및 인 함량의 변화. 한국영양학회지 24(3) : 206-218, 1991
- 6) 이연주. 채식 수유부의 무기질 함량에 관한 연구. 단국대학교. 석사논문. 1990
- 7) 조윤승 · 김대선. 모유중 펠수미량금속류의 함량에 관한 조사 연구. 대한위생학회지 3(3) : 39-47, 1987
- 8) 최미경 · 안홍석 · 문수재 · 이민준. 모유의 철분, 아연 및 구리 함량과 모유 영양아의 모유와 미량원소 섭취량에 관한 연구. 한국영양학회지 24(5) : 442-449, 1991
- 9) 송세화 · 문수재 · 안홍석. 수유기간에 따른 모유의 성분함량 변화와 수유부의 섭식태도 및 영아의 성장 발육에 관한 생태학적 연구 I. 모유의 질소 함량에 관한 연구. 한국영양학회지 23(3) : 179-186, 1990
- 10) 최문희 · 문수재 · 안홍석. 수유기간에 따른 모유의 성분 함량 변화와 수유부의 섭식태도 및 영아의 성장발육에 관한 생태학적 연구 II. 모유의 지질 함량에 관한 연구. 한국영양학회지 24(2) : 77-86, 1991
- 11) Fransson GB, Lonnerdal B. Zinc, copper, calcium and magnesium in human milk. *J Pediatr* 101 : 504-508, 1982
- 12) Douglas AS. 기기 분석의 원리 3rd 탐구당. 1990
- 13) 허명희. SAS 분산분석. 자유아카데미. 1989

- 14) 백운봉. SAS 일반 선형 모형 분석. 1989
- 15) 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
- 16) Picciano MF, Calkins EJ, Garrick JR, Deering RH. Milk and mineral intakes of breast-fed infants. *Acta Paediatr Scand* 70 : 189-194, 1981
- 17) Bernard B. Biochemical aspects of human milk comparison with bovine milk. *Rev Nutr Diet* 36 : 1-89, 1981
- 18) Koo WK, Gupta JM, Breast milk sodium. *Arch Dis Child* 57 : 500-562, 1982
- 19) Hibberd CM, Brooke OG, Carter ND, Hang M, Harzer G, Variation in the composition of breast milk during the first 5 weeks of lactation : implications for feeding of preterm infants. *Arch Dis Child* 57 : 658-662, 1982
- 20) Sann L, Bienvenu F, Lahet C, Bienvenu J, Bethenod M. Comparison of the composition of breast milk from mothers of term and preterm infants. *Acta Paediatr Scand* 70 : 115-116, 1981
- 21) Keenan BS, Buzek SW, Garza G, Potts E, Nichols BL, Diurnal and longitudinal variations in human milk sodium and potassium : Implication for nutrition and physiology. *Am J Clin Nutr* 35 : 527-534, 1982
- 22) Atkinson SA. Composition and physiological properties of human milk. pp131 J Schaub(ed) Elsevier, 1985
- 23) Codex Alimentarius Commission. Draft standards for follow-up formula. FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Rome. 1987
- 24) American Academy of Pediatrics. Commentary on breast-feeding and infant formulas, including proposed standards for formulas. *Nutri Rev* 34 : 248-256, 1976
- 25) Fomon SJ, Ziegler EE, Anderson TA. In : Nutritional Disorders of children. Department of health, education and welfare. pp96, 1977
- 26) Atkinson SP, Raddle IC and Anderson GH. Micro-mineral balances in premature infants fed their own mother's milk or formula. *J Pediatr* 102 : 99-106, 1983
- 27) Gross SJ, David RJ, Bauman L, Tomarelli RM, Nutritional composition of milk produced by mothers delivering preterm. *J Pediatr* '96(4) : 641-644, 1980
- 28) Karra MV, Kirksey A, Galal O, Bassily NS, Harrison GG, Jerome NW. Zinc, calcium and magnesium concentration in milk from American and Egyptian women throughout the first 6 months of lactation. *Am J Clin Nutr* 47 : 642-648, 1988
- 29) Harzer G, Haschke F. Micronutrients in human milk. In : Micronutrients in milk and milk-based food products. ed by Renner E. pp197-201, Elsevier Sci, 1989
- 30) Fransson GB, Lonnerdal B. Copper, zinc, calcium and magnesium in human milk. *J Pediatr* 101 : 504, 1982
- 31) Fransson GB, Lonnerdal B. Distribution of trace elements and mineral in human and cow's milk. *Pediatric Res* 17(11) : 912-915, 1983
- 32) Fransson GB, Lonnerdal B. Iron, copper, zinc, calcium and magnesium in human milk fat. *Am J Clin Nutr* 39 : 185-189, 1984
- 33) Worthington-Roberts BS. Lactation and human milk. In : Worthington-Roberts BS, Vermeersch J, Williams SR. Nutrition in pregnancy and lactation 3rd ed, The CV Mosby company 236-370, 1985
- 34) Dewey MG, Lonnerdal B. Milk and Nutrient intake of breast-fed infant from 1 to 6 months : relation to growth and fatness. *J Pediatr Gastroent Nutr* 2 : 497-506, 1983
- 35) Lemons JA, Moy L, Hall D, Simmons M, Difference in the composition of preterm and term human milk during early lactation. *J Pediatr Res* 16 : 113-117, 1982
- 36) Byrne AR, Kosta L, Dermelj M, Musek-Znidavic M. Trace element analytical chemistry in medicine and biology. De Gruyter, Berlin. pp29-35, 1982
- 37) WHO/IAEA project on minerals and trace elements in human milk. WHO Geneva, 1985
- 38) Vaughn LA, Weber CW, Kemberling SR. Longitudinal changes in the mineral content of human milk. *Am J Clin Nutr* 32 : 2301-2306, 1979
- 39) Iyengar GV, Parr RM. Trace element concentrations in human milk from several global regions. pp 17-32, Elsevier Sci. 1985
- 40) Vuori E. Intake of copper, iron, manganese and zinc by healthy, exclusively breast-fed infants during the

- first 3 months of life. *Br J Nutr* 42 : 407-411, 1979
- 41) Stastny D, Vogel RS, Picciano MF. Manganese intake and serum manganese concentration of human milk-fed and formula-fed infants. *Am J Clin Nutr* 39 : 872-878, 1984
- 42) Lonnerdal B, Keen CL, Hurley LS. Iron, copper, zinc and manganese in milk. *Ann Rev Nutr* 1 : 149-174, 1981
- 43) 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
- 44) Food and Nutritional Board, National Research Council. Recommended dietary allowances. Washington, DC : Natinal Academy Press, 1989
- 45) Bougle D, Bureau F, Foucault P, Duhamel JF, Müller G, Drosdowsky M. Molybdenum content of term and preterm human milk during the first 2 months of lactation. *Am J Clin Nutr* 48 : 652-654, 1988
- 46) Linder MC. Nutritional biochemistry and metabolism with clinical applications. pp173 Elsevier Sci. Pub. co. 1985
- 47) Meinel B, Bode JC, Koenig W, Richter FW. Contents of trace elements in the human liver before birth. *Biol Neonate* 36 : 225-232, 1979
- 48) Kirchgessner M, Roth-Maier GA, Schnegg A. In : Trace element metabolism in man and animals. pp 621 ed. by Howell J, Gawthirne JM, White CL. 1981