

모유영양아와 인공영양아의 혈청무기질 및 미량원소 함량비교*

안홍석[†] · 박성혜 · 박윤신

성신여자대학교 생활과학대학 식품영양학과

Concentrations of Major Minerals and Trace Elements in Sera of The Breast-fed and Formula-fed Infants

Hong Seok Ahn,[†] Sung Hye Park, Yoon Shin Park

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

ABSTRACT

The serum concentrations of the major minerals(calcium, phosphorus, magnesium, sodium, potassium) and trace elements(iron, zinc, copper, manganese) were determined in 23 breast fed infants and 37 formula fed infants living in Eumsung, Choong-buk region.

The results obtained are summarized as follows :

1) The mean levels of calcium, phosphorus, magnesium, sodium and potassium of the serum of total subjects were 8.15 ± 0.33 mg/dl, 11.06 ± 0.16 mg/dl, 2.00 ± 0.14 mg/dl, 344.76 ± 17.99 mg/dl and 9.06 ± 2.04 mg/dl respectively.

2) The serum concentrations of iron, zinc, copper and manganese in total subjects averaged 95.83 ± 0.33 μg/dl, 93.79 ± 7.06 μg/dl, 98.57 ± 7.06 μg/dl and 4.93 ± 0.62 μg/dl respectively.

3) Breast fed infants had significantly higher serum calcium, magnesium, sodium and iron concentrations than the formula fed groups. Otherwise, serum potassium, copper and manganese levels in breast milk fed infants were significantly lower than those in formula fed infants.

4) In formula fed infants, serum potassium and copper levels increased significantly with months after birth. (*Korean J Community Nutrition* 2(2) : 133~140, 1997)

KEY WORDS : serum minerals · serum trace elements · breast fed infants · formula fed infants.

서론

무기질이나 미량원소는 영아의 정상적인 성장과 발달에 필수요소로서, 새로운 골격과 근육형성, 세포내외의

*본 논문은 1996년도 성신여자대학교 학술연구 조성비 지원에 의하여 연구되었음.

[†]교신저자 : 안홍석, 136-742 서울시 성북구 동선동 3가 249-1
전화) 02) 920-7204, 팩스) 02) 925-4501

전해질 평형의 유지, 산소운반 및 대사과정에 참여하는 효소들의 완성을 적절하게 유지하고, 생체내 주요한 물질의 구성요소가 되고 있어서(Hurley 1980; Widdowson 등 1974) 초기 성장기의 영양문제를 다루는데 중요한 부분을 차지하고 있다.

영아의 무기질 영양상태는 재태기간, 신체기능의 성숙 정도, 모유나 기타 조제분유의 무기질 함량이나 유기화합물과의 결합상태 및 이유보충식의 첨가 여부 등 여러 가지 요소들에 의해 영향을 받는다(Picciano 1987).

영아기의 무기질 및 미량원소의 요구량은 출생시 체조직에 저장된 영양소 함량에 의해 결정되기도 한다. 특히 영아의 미량원소 영양상태는 임신 후반기 태아의 간 조직에 축적된 이들의 저장정도와 밀접한 관계가 있다 (Picciano 1987). 태아 조직에 존재하는 구리의 총량 중 80%가량이 임신 말기에 축적되어진 것이며 분만시 신생아 체조직에는 15~17mg의 구리가 함유되었다고 제시되었다(Widdowson 등 1972). 생후 6개월까지 영아의 1일 철분 필요량에 대해서 Formon 등(1993)은 0.7mg, Stekel(1984)은 0.5mg으로 제시한 바 있으며, 1989년 미국에서(NRC 1989) 제정된 영아의 아연 권장량은 3mg, 한국인 RDA 6차 개정안(한국영양학회)에는 철분 5mg, 아연 5mg을 제시하고 있다.

영유아는 출생 후 모유나 조제분유를 먹게 되지만 성장함에 따라 영양공급 방식이 변하게 된다. 영유아의 섭식내용이 주요 무기질과 철분, 아연 등 미량원소의 생체이용율에 영향을 주므로(Lombeck, Fuchs 1994; Lönnerdal 등 1981) 영양공급 방법에 따른 체내 무기질과 미량원소의 영양상태를 다각적으로 검토하는 것이 요구된다.

한국 영아의 무기질 영양에 관한 연구 결과는 최미경 등(1991)이 14명의 모유영양아에 대해서 철분, 구리, 아연 섭취량을 측정 보고한 것과 2개월령 영아의 무기질 섭취량(배현숙 등 1996)과 4, 6개월령 인공영양아의 칼슘과 철분 섭취량(배현숙 등 1996)이 보고된 바 있지만 체조직의 무기질과 미량원소 농도를 조사 비교하지는 않았다.

본 연구에서는 모유영양아와 인공영양아의 혈청내 무기질과 미량원소 함량을 비교함으로써 아기가 주로 섭취하는 유즙의 종류에 따른 무기질 영양상태를 평가하고자 하였다.

간호사와 임상과의 면담을 통해 조사당시 하루 5회이상 주로 섭취하는 유즙의 종류에 근거하여 모유영양아(BF) 23명, 인공영양아(FF) 37명으로 구분하였으며, 월령별 아기 체중은 한국 소아의 표준체중 범위에 포함되었다 (Table 1).

2. 혈액의 채취

혈액은 소아과 전문의에 의해 mineral-free 진공채혈관으로 정맥혈(ante-cubital vein) 3~5ml를 채취하여 한시간 정도 방치한 후, 3000rpm에서 10분간 원심분리하여 분리된 혈청의 일부를 mineral-free인 다른 진공채혈관에 옮겨 무기질과 미량원소의 분석시료로 사용하였으며, 이들 시료는 모두 분석 직전까지 -20℃에서 냉동 보관되었다.

3. 혈청 무기질 및 미량원소 함량 분석

혈청 1ml를 정밀히 달아서 100ml Kjeldahl flask에 취하고 여기에 황산 3ml, 질산 5ml를 가하여 맑은 무색의 액이 될 때까지 분해하여 방냉시킨 후 포화수산화암모늄 5ml를 넣고 가열, 방냉하여 증류수를 넣어 정확히 25ml로 만들어 시료용액으로 하였다. 이때 사용된 황산과 질산은 일본 Junsei사의 특급 시약이었고 증류수로는 이온교환수지를 통과시킨 탈이온수를 사용하였다.

각 무기질의 표준액은 Certified Atomic Absorption Standard 1000ppm±1%(Fisher Scientific)을 각각 일정량씩 취해 증류수로 희석하여 각 성분의 필요한 농도로 하였다.

무기질의 정량은 ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer, Jobin-yvon, JY138 UL TRACE, France)로 분석하였으며 분석조건은 Table 2와 같다.

4. 통계처리

본 연구의 모든 자료는 SAS package를 이용하여 혈청무기질 및 미량원소의 농도는 영양공급방법에 따른 생

연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구대상아는 한국 소아의 혈청 지질농도의 정상치 산정을 위한 연구(오경환 1996)에 참여한 영유아들 중 일부로서, 1995년 3월부터 1996년 1월까지 충북 음성 순천향대학 병원에 예방접종을 위해 내원한 영유아 중 소화기 질환, 혈액 질환 및 선천성 대사이상 질환이 없는 3개월부터 24개월 사이의 영유아 60명이었다.

아기의 영양공급 방법은 어머니를 대상으로 육아상담

Table 1. Distribution of feeding groups and infant body weights

Age	Feeding group	Number	Body weight(kg)
0 - 6 mo.	BF	9	8.59±3.80
	FF	6	8.66±4.09
7 - 12 mo.	BF	11	8.74±1.02
	FF	23	9.96±0.69
13 mo. <	BF	3	11.90±0.45
	FF	8	10.83±0.42

BF : Breast fed group FF : Formula fed group

Table 2. Condition of ICP-spectrophotometer

	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Analytic line(nm)	393.37	213.62	279.55	588.99	766.49	238.20	324.75	213.85	257.31
Radio frequency-output						1.2KW			
Reflective power						5.0KW			
Plasma height						14mm			
Coolant gas(Argon)						16psi(120Kpa)			
Carrier gas(Argon)						50psi(340Kpa)			
Sample uptake						1.8ml/min			
Integration time						10sec			
Photo multiplier tube volts						1.0KV			
Nebulizer						G.M.K-Nebulizer			

후 월령별로 평균과 표준오차로 제시하였으며, 두 그룹 간의 차이는 paired t-test로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 혈청의 주요 무기질 함량

모유영양아와 인공영양아의 월령별 혈청내 칼슘, 인, 마그네슘, 나트륨 및 칼륨의 농도는 Table 3에 비교하였다.

총 연구대상아의 혈청 칼슘의 평균 농도는 8.15mg/dl였고, 아기의 월령에 따른 혈청 칼슘함량의 변화는 없었으나 모유영양아의 평균 혈청 칼슘농도가 9.10mg/dl로 인공영양아의 7.19mg/dl보다 유의적으로 높았다. 특히 생후 6개월 이전 모유영양아의 혈청 칼슘농도는 같은 연령의 인공영양아의 농도보다 현저히 높았다.

혈청 인의 평균농도는 그룹간 차이가 없이 11mg/dl내외였으며 혈청 마그네슘의 경우 모유영양아의 2.42mg/dl은 인공영양아의 1.58mg/dl에 비해 평균농도가 유의

적으로 높았다. 그의 총연구대상아의 혈청 나트륨과 칼륨의 평균농도는 각각 344.76mg/dl와 9.06mg/dl였고, 모유영양아의 혈청 나트륨농도는 인공영양아에서 보다 현저히 높았으나, 혈청 칼륨농도는 인공영양아에서 유의적으로 높게 나타났다.

혈청의 주요 무기질함량 중 인공영양아의 칼륨의 농도는 월령에 따른 변화를 나타내어, 7~12개월 영유아에서 가장 높았다.

출생시 체중 3.5kg인 신생아는 체내 약 30g의 칼슘을 축적하고 있다. 이 중 99%는 뼈에 존재하고 있으며 나머지 1% 가량만이 세포내외액에 유리된 칼슘이온 형태로 존재하면서 제반 칼슘의 생리적 기능을 담당하고 있다(Cruz, Tsang 1992; Matkovic 1991). 혈장의 칼슘은 일반적으로 40%가량은 단백질 결합형, 50%는 유리이온, 나머지 10%는 저분자량 이온과의 복합체로 분포되어 있다. 단백질 결합 칼슘과 기타 이온과의 복합체 칼슘은 유리칼슘 이온과 평형을 이루면서 저칼슘혈증의 일차적 방어수단이 되며 뼈에 함유된 칼슘의 이동은 이차

Table 3. Concentrations of major minerals in sera of breast fed and formula fed infants

Feeding group	Months	Ca(mg/dl)	P(mg/dl)	Mg(mg/dl)	Na(mg/dl)	K(mg/dl)
BF	0- 6 (n= 9)	9.12±0.32*	10.32±0.22	1.88±0.10	420.00±42.80	5.11±1.69
	7- 12 (n=11)	9.04±0.29	12.50±0.90	2.60±0.19	388.98±27.01	7.30±5.02
	13< (n= 3)	9.15±0.45	10.06±1.05	2.77±0.36	405.50±31.06	2.42±0.28
	Sub-total (n=23)	9.10±0.29	10.96±0.32	2.42±0.11	404.83±20.05	4.94±2.07
FF	0- 6 (n= 6)	6.66±0.75†	10.49±0.90	1.57±0.27	294.12±26.90	6.99±3.00*
	7- 12 (n=23)	7.31±0.32	13.90±3.51	1.70±0.18†	270.62±21.60†	18.50±3.06 ^b
	13< (n= 8)	7.59±0.98	9.06±1.03	1.48±0.72	289.30±19.10	14.02±2.98 ^{ab}
	Sub-total (n=37)	7.19±0.36†	11.15±1.99	1.58±0.10†	284.68±15.92†	13.17±2.01†
Total	(n=60)	8.15±0.33	11.06±0.16	2.00±0.14	344.76±17.99	9.06±2.04

*Mean±S.E.M.

alphabet : Values with the same letter are not significantly different among three age categories in the same group at p<0.05

† : Different at same age categories between breast fed group and formula fed group at p<0.05

BF : Breast fed group FF : Formula fed group

적으로 저칼슘혈증의 초래를 막아주고 있다.

혈액의 칼슘농도는 장에서의 흡수정도, 골격조직의 석회화와 이탈과정, 소변으로의 배설 및 내분비의 조절작용에 영향을 받게 된다(Linder 1991).

영아의 혈청칼슘의 정상치에 관한 보고 내용을 보면 Nelson 등(1979)은 9.0~11.0mg%라 하였으며 Owen 등(1963)은 모유영양아에서 9.6mg%로 월령에 따른 변화가 없었다고 보고하였다. 본 조사대상아의 평균 혈청 칼슘함량은 생후 3~6개월령 한국 영유아를 대상으로 연구 보고된 10.14mg/dl보다(박성원 1981) 다소 낮은 경향이었고 정상 신생아 혈청의 칼슘농도인 7.10~11.50 mg/dl(최재정 1974)의 범위에 포함되었다. 그러나 인공영양아의 평균 칼슘농도가 저체중아 혈청에서 측정된 7.67mg/dl(이인복·나창수 1987)와 정상 신생아에서 측정된 혈청 칼슘함량 범위 중 최소치(최재정 1974)에 해당되었다. 따라서 본 연구에 참여한 인공영양아에게서 저칼슘혈증의 염려가 있다고 하겠으나 영아에게는 소변으로의 칼슘배설량은 매우 적고 흡수된 칼슘은 대부분 골격에 축적되므로(Tsang 등 1973) 혈청 칼슘농도와 함께 골밀도를 측정하게 된다면 아기의 섭취패턴에 따른 칼슘의 체내 이용율을 보다 자세히 비교할 수 있을 것이다. 아울러 보다 많은 영유아를 대상으로 체계적인 혈청시료 확보 및 일률적인 분석조건이 마련된다면 까다로운 무기질 분석에서 오는 실험상 오차를 줄일 수 있다고 사료된다.

본 연구대상아 중 모유영양아의 혈청 칼슘농도가 조제분유를 주로 섭취했던 인공영양아에 비해 높게 나타난 것은 모유에 함유된 칼슘이 다른 동물유즙의 칼슘보다 흡수율이 높다는데 기인된다고 사료된다. 모유의 칼슘은 유청단백질과 카제인, low molecular weight 분획과 지방입자에 분포되어 있으며 전체 칼슘에 대한 비율이 각각 41%, 6%, 38% 그리고 16%로 분포되어 있음이 밝혀졌으며 유청단백질 중 α -lacto-albumin이 칼슘결합에 많은 기여를 하고 있어서 우유의 칼슘분포와 차이를 나타낸다(Fransson, Lönerdal 1983; 1984). 이러한 유즙의 칼슘분포 양상이 유즙의 칼슘흡수율에 변화를 초래하는 인자들 중 하나로 볼 수 있겠다. Harvey (1970)도 영국신생아를 대상으로 생후 1주일간 모유영양아의 혈청 칼슘수준이 인공영양아에서 보다 높았다는 것을 보고한 바 있다. 그러나 박성원(1981), Fomon 등(1966)은 수유방법에 따른 혈청 칼슘농도의 유의한 차이를 관찰하지 못하였다.

혈청 무기질의 농도는 섭취내용, 연령에 따라 특히 영아기에서 변화가 심하다고 알려져 있다. 일찌기 Graham·Pincus(1953)는 생후 6~21일된 모유영양아에서 6.5 mg%, 인공영양아에서 7.8mg%로 수유형태에 따른 차이를 발견한 바 있고 인의 함량이 높은 우유영양시 혈청 인의 농도가 더욱 증가하였다는 보고도 있지만(Gittleman 등 1956), 본 음성지역 영유아의 혈청인의 농도는 영양공급 방법이나 월령에 따른 변화는 나타나지 않았다.

또한 본 조사대상 영아의 평균 혈청 무기질의 농도는 한국소아에서 조사 보고된 5.30~8.70mg/dl(김복식 1978; 박성원 1981; 이인복·나창수 1987) 보다 높은 수준이었다. 신생아기의 혈청 인농도의 증가는 다량의 인의 섭취, 사구체여과율의 감소, 신세뇨관의 기능 미숙, 부갑상선 기능저하 등이 관여한다고 제시된 바 있다(Better 등 1973; Tsang, Oh 1970).

인체내 총 마그네슘 함량은 출생시 0.73g, 4~5세 1.76g, 9~10세 14.13g이라고 하며 정상성인은 약 20~28g으로 알려져있다(Wacker, Parrisi 1968). 이중 60% 정도는 뼈를 구성하고 있으며 나머지 39%는 세포내액에 함유되어 있고 약 1% 정도가 세포외액에 존재한다. 혈장의 마그네슘 농도는 1.7~2.4mg/dl로 비교적 일정하게 유지된다(Wacker, Parrisi 1968).

본 연구 대상아의 혈청 마그네슘 함량은 외국에서 조사된 신생아 혈청 마그네슘농도인 평균 1.82~2.02mg/dl, 소아의 평균 1.62~2.18mg/dl(Cittadini, Scarpa 1983)의 범위에 포함되었으며 1972년 조경숙이 우리나라 신생아에서 생후 4일간 조사 분석한 1.94~2.12mg/dl와도 유사하였으나 인공영양아의 평균 혈청 마그네슘 농도는 이들 수치보다 낮은 경향이였다.

모유와 우유의 마그네슘 함유량은 각각 4mg%(안홍석 등 1992)와 12mg%(Renner 등 1976)로 제시되어 있으며 섭취한 식이 마그네슘 중 약 30%만이 소장에서 흡수된다고 알려졌다(Wilkinson 1976).

일반적으로 조제분유의 마그네슘 함량이 모유보다 많은데도 불구하고 본 결과에서와 같이 모유영양아의 혈청 마그네슘농도가 인공영양아에서 보다 높았던 점은 앞으로 상세한 연구검토가 필요하다고 하겠으나, 유즙 중의 인과 마그네슘 비율, 칼슘함량 및 홀몬 등의 영향으로 오는 복잡한 항상성 기전에서 초래될 수 있다고 사료된다. 즉 모유의 인/마그네슘의 비율은 4:1인데 비해 우유는 7.6:1로 모유의 마그네슘 흡수가 더 용이하다고 알려져

있다(Caddell 등 1975 ; Gardner 1952). Gardner 등 (1952)은 인공영양을 하는 신생아에서 혈청 무기인의 농도가 상승하면 혈청 칼슘과 마그네슘 농도는 저하하였다고 보고한 바 있다.

한국인 모유에서는 수유기간에 따라 169~230mg/l의 나트륨을 함유하고 있다(안홍석 등 1992). 아기 식사내 나트륨함량은 아기가 주로 섭취하는 유즙의 형태와 이유보충식의 내용에 따라 많은 차이가 있다고 하였으나 섭취패턴별 혈청 나트륨이나 칼륨의 농도를 비교한 연구결과는 찾아보기 힘들다.

모유와 조제분유의 나트륨 함량이 유사하고 모유영양아와 인공영양아의 하루 나트륨 섭취량이 170~190mg 정도로 영양공급별 차이가 없었다는 보고(정지운 1997)에도 불구하고 본 조사대상아의 경우 평균 혈청 나트륨농도는 344.76mg/dl로 신생아 제대혈에서 측정보고한 303 mg/dl(136mEq/l) 보다 높은 경향이었고, 모유영양아의 경우 상승정도가 더 컸다.

또한 본 연구에 참여한 모유영양아의 평균 혈청 칼륨 농도는 매우 저조하였으며 인공영양아의 혈청 칼륨농도도 김세곤(1967)이 보고한 정상 한국인 소아의 4.12 mEq/l(=16.4mg/dl 보다 낮았다.

따라서 섭취량과 배설량 조사가 이루어지지 않은 본 연구의 제한점을 고려하여 앞으로는 면밀한 1평형 연구를 병행하면서 체조직의 전해질 분포를 비교하여야 할 것으로 사료된다.

2. 혈청의 미량원소 함량

영유아 혈청의 철분, 아연, 구리 및 망간의 농도를 Table 4에 모유영양아와 인공영양아를 구분하여 월령별로 제시하였다. 모유영양아와 인공영양아의 평균 혈청

철분농도는 각각 102.63µg/dl와 89.03µg/dl로 모유영양아에서 유의적으로 높았으며 특히 7~12개월된 모유영양아의 혈청 철분농도가 같은 월령의 인공영양아에서 보다 유의적으로 높았다. 그러나 월령에 따른 철분농도의 차이는 없는 것으로 나타났다.

혈청 아연의 경우 총 연구대상아의 평균값은 93.79 µg으로 주로 섭취하는 유즙 종류와 아기의 월령에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

또한 혈청 구리함량을 보면 모유영양아에서는 평균 90.5µg/dl, 인공영양아는 106.64µg/dl였고 두 그룹간 차이는 없었지만 인공영양아의 경우 월령이 많은 아기의 혈청 구리농도가 유의적으로 높았다.

망간의 경우 모유영양아의 평균 혈청내 농도는 3.34 µg/dl, 인공영양아의 경우 6.51µg/dl로 조제분유를 주로 섭취하는 영아에게서 유의적인 상승을 나타내었다.

미량원소는 성장발달과 건강유지에 필수적인 요소로 알려졌지만(Widdowson 등 1974) 실제로 미량원소의 섭취부족으로 인한 영양결핍증의 발견이 어렵고 분석방법이 까다롭다는 점에서 영아기의 미량원소 영양에 관한 연구는 비교적 최근에 와서야 활발해지고 있다.

철분과 아연 및 구리의 부족이 영유아 성장에 미치는 영향에 관한 연구보고가 차츰 눈에 띄고 있으며 근래 미숙아의 생존율이 향상되면서 이들에게 정맥내 영양법이 자주 실시됨에 따라 미량원소 결핍증 출현이 높아지고 있어(Karpel, Peden 1972) 소아 임상영양에서도 이 분야에 대한 연구가 관심을 끌게 되었다.

모유나 기타 영양용 조제분유를 통해서 체내로 흡수된 미량원소들은 각각 그들의 금속효소의 작용으로 여러가지 물질대사와 생리적 기전에 참여하고 특히 핵산 및 단

Table 4. Concentrations of trace elements in sera of breast fed and formula fed infants

Feeding group	Months	Fe(µg/dl)	Zn(µg/dl)	Cu(µg/dl)	Mn(µg/dl)
BF	0 - 6 (n= 9)	108.90±1.00*	92.92±8.06	88.64±10.96	2.80±0.09
	7 - 12 (n=11)	100.00±1.20	86.96±4.02	99.95±10.04	4.06±1.06
	13 < (n= 3)	98.99±1.14	88.01±3.00	82.90± 8.06	3.16±0.91
	Sub-total (n=23)	102.63±0.27	89.30±4.20	90.50± 8.79	3.34±0.77
FF	0 - 6 (n= 6)	88.01±0.20	92.77±3.49	87.90± 9.30 ^a	4.40±1.61
	7 - 12 (n=23)	90.01±0.27 [†]	106.06±2.99	106.02± 9.82 ^{ab}	8.62±1.32
	13 < (n= 8)	89.06±0.17	96.02±3.01	126.00± 8.93 ^b	6.50±1.90
	Sub-total (n=37)	89.03±0.24 [†]	98.28±3.92	106.64± 5.98	6.51±0.80 [†]
Total	(n=60)	95.83±0.23	93.79±4.06	98.57± 7.06	4.93±0.62

*Mean±S.E.M.

alphabet : Values with the same letter are not significantly different among three age categories in the same group at p<0.05

[†] : Different at same age categories between breast fed group and formula fed group at p<0.05

BF : Breast fed group FF : Formula fed group

백질 합성과 조절작용에도 깊이 관여한다(Hambidge 1976). 영아체내에서 미량원소의 생체이용율은 모유에서 공급된 것이 다른 동물의 유즙에서 제공된 것보다 우수하다고 알려져 있다(Casey 등 1981).

혈청에 존재하는 대부분의 철분은 transferrin과 결합된 상태로 존재하고 혈청 철분함량은 하루 시간대를 비롯한 다양한 생리학적 변화에 영향을 받기 때문에 (Dallman, Reeves 1984) 철분 영양상태를 판정하는 좋은 기준은 못된다고 알려져 있다.

본 조사대상아의 평균 혈청 철분농도는 95.83 μ g/dl로 Picciano 등(1980)이 보고한 미국영유아의 75~116 μ g/dl 범위와 유사하나, 우리나라 신생아의 혈청 철분농도인 180~218 μ g/dl(김경상 등 1992) 보다는 매우 낮았다. 성인의 혈청 철분농도의 정상치는 65~175 μ g/dl로 (Pressman, Adams 1990) 제시되어 있기도 하다.

모유를 주로 섭취했던 영유아의 혈청 철분농도가 조제분유를 주로 섭취했던 영유아에서 보다 높았던 것은 모유에 존재하는 철분이 우유의 철분보다 생체이용율이 훨씬 높다는 것과(Lönnerdal 1994) 일치하고는 있지만 본 조사에서 유즙이외의 자세한 식이섭취조사가 이루어지지 않았고 다른 생화학적 지표들이 검토되지 않아 그룹간 철분영양상태를 비교하는데에는 다소의 어려움이 있다.

성인의 정상 혈청 아연농도는 75~140 μ g/dl의 범위로 이중 3분의 2는 혈청 알부민과 가법계 결합되어 있다(Hambidge 등 1986). Hambidge 등(1972)은 영아기 혈청 아연농도는 아동이나 성인에 비해서 낮았다고 하였으며 미국의 모유영양아의 혈청내 아연농도는 81.9 μ g/dl로 조제분유아의 70~76 μ g/dl보다 높았다고 제시하였고(Hambidge 등 1979), Higashi(1988)는 영아기 혈청 아연농도는 성인과 큰 차이가 없었다고 보고하였다. 일반적으로 혈청 아연함량은 생후 1개월경에 최저치가 되고 그후 서서히 증가하여 생후 5~6개월경에 성인의 농도로 회복되는데 이러한 현상은 모유영양아와 인공영양아에서도 같은 경향이라고 제시한 바 있다(이현금 1988). 그러나 본 조사대상아에서는 월령별 혈청 아연함량의 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았고 모유영양아에서보다 인공영양아의 혈청 아연농도가 높은 경향이었다.

최근 한국 정상 신생아 50명의 혈청에서 분석된 평균 아연함량은(김경상 등 1992) 92.81 μ g/dl로 본 연구결과와 차이가 없었다.

영아기 구리결핍증의 처음 증상은 호중구의 감소와 철

분투여로도 개선되지 않는 저혈색소성 빈혈이 오고 심한 골조송증이 나타나는 것으로 보고되었다(이현금 1988). 일반적으로 영아에서의 구리결핍증은 인공영양 미숙아에서 주로 발견되고 특히 출생시 체중 1200g이하에서 오고 대개 생후 3~6개월에 증상이 나타나고 있다(Karapel, Peden 1972).

우리나라 일부 신생아 혈청내 구리농도는 80 μ g/dl로 보고되었으나 유즙의 섭취패턴에 따른 이들 농도의 비교 결과는 제시되어있지 않다. 일본의 생후 7개월된 인공영양아에게서 구리결핍증이 증례로 보고(Tanaka 등 1980)되었는데 이때 혈청 구리농도는 15 μ g/dl로 매우 저조하였다. Lombeck·Fuchs(1994)는 독일 영아에 대한 영양공급별 혈청 구리농도에 차이가 없었다고 보고하여 본 연구결과와 같았다. 그러나 Dörner 등(1991)은 모유영양아의 구리섭취량은 저조하지만 그들에게서 양의 구리평형상태를 관찰하였고, 구리가 첨가되지 않은 조제유를 섭취한 인공영양아에게서 음의 평형을 관찰 제시한 바 있다. Lönnerdal(1990)은 쥐 실험을 통해 조제유내 높은 Zn/Cu 비율이 Cu의 흡수율을 저해하는 요인임을 지적하였다.

철분, 아연 및 구리와는 달리 영유아 영양에서 망간의 역할에 대한 연구는 미흡한 편이다. 동물실험에서 망간의 결핍은 태아기 및 생후 발달에 심한 영향을 주었으나(Hurley 1981) 사람 영유아에서 망간결핍은 보고된 바 없다. Dupont 등(1977)은 일부 발작을 일으키는 아동들에게서 혈액내 낮은 망간농도를 관찰하고 망간보충으로 경련 증상이 호전되었음을 보고하였다.

한국 수유부의 모유내 망간함량은 9.0~10.4 μ g/l(문수재 등 1995)로 분석되었으며 한국 영아의 혈청 망간농도 분석이 국내에서 이루어진 것은 본 연구가 유일한 것이고 Friel 등(1984)은 미숙아의 머리카락의 망간농도가 0.18 μ g/g으로 만기아의 0.25 μ g/g보다 낮았음을 보고한 바 있다.

요 약

충북 음성지역 영유아 60명을 대상으로 모유영양아와 인공영양아의 혈청내 주요 무기질과 미량원소 함량을 비교한 결과는 다음과 같다.

1) 총 연구대상아의 혈청내 칼슘, 인, 마그네슘, 나트륨 및 칼륨농도는 각각 8.15 \pm 0.33mg/dl, 11.06 \pm 0.16mg/dl, 2.00 \pm 0.14mg/dl, 344.76 \pm 17.99mg/dl 그리

고 9.06±2.04mg/dl로 분석되었다.

또한 총 연구대상아의 혈청 미량원소들에 대한 평균농도는 철분 95.83±0.23µg/dl, 아연 93.79±7.06µg/dl, 구리 98.57±7.06µg/dl 및 망간 4.93±0.62µg/dl였다.

2) 모유영양아의 혈청내 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 철분의 평균함량은 인공영양아에서 보다 유의적으로 높았으며 반면 혈청의 칼륨, 구리, 및 망간의 평균농도는 인공영양아에서 유의적으로 높게 나타났다.

3) 혈청의 무기질함량 중 인공영양아의 칼륨과 구리농도는 월령에 따른 증가양상을 나타내었다.

이와 같이 영아가 섭취하는 유즙의 종류에 따른 혈청내 일부 무기질농도의 차이를 이해하기 위해서는 섭취량, 여러 체조직내의 분포 및 대사 전반에 관한 체계적인 임상영양 연구의 수행이 요구된다고 하겠다.

참고문헌

김경상 · 이춘행 · 이홍진 · 박원일 · 이경자 · 윤태현 · 태원찬(1992) : 정상신생아의 HDL cholesterol, copper, ceruloplasmin, zinc, iron 혈중농도. *소아과* 35(8) : 1096-1101

김봉식(1978) : 정상신생아에서 혈청칼슘, 마그네슘, 무기인 및 알카라인 포스파타제의 측정치. *소아과* 21(6) : 426-432

김세곤(1967) : 정상소아의 적혈구 및 혈청 K 농도에 관하여. *수도의대잡지* 4 : 387-392

문수재 · 강정선 · 이민준 · 이종호 · 안홍석(1995) : 수유기간에 따른 모유의 미량무기질 농도 변화에 관한 연구. *한국영양학회지* 28(7) : 620-628

박성원(1981) : 영아기에 있어 칼슘 무기인의 혈청농도. *소아과* 24(3) : 209-214

배현숙 · 안홍석 · 이동환(1996) : 인공영양아의 에너지, 칼슘 및 철분 섭취에 관한 연구. *한국영양학회지* 29(5) : 517-527

배현숙 · 이동환 · 안홍석(1996) : 영양공급양상에 따른 2개 월령 영아의 영양소 섭취에 관한 연구. *한국영양학회지* 28(11) : 77-88

오경환(1996) : 한국소아의 영양방법에 따른 혈청지방 및 지방산 조성에 관한 연구. 순천향대학교 대학원

이인복 · 나창수(1987) : 신생아에 있어서 혈청 Ca, P, Mg치와 parathyroid Hormone, Calcitonin 및 1,25-dihydroxyvitamin D치에 관한 연구. *소아과* 30(6) : 613-624

이현금(1988) : 영아영양과 미량원소. *소아과* 31(12) : 1555-1562

정지윤(1997) : 월령별 영양공급 방법에 따른 영유아의 영양소 섭취와 성장발육에 관한 연구. 성신여자대학교 대학원

조경숙(1972) : 소아의 마그네슘 대사에 관한 연구. *고려의*

대잡지 9(2) : 325-333

최미경 · 안홍석 · 문수재 · 이민준(1991) : 모유의 철분, 아연 및 구리 함량과 모유 영양아의 모유와 미량원소 섭취량에 관한 연구. *한국영양학회지* 24(5) : 442-449

최재정(1974) : 신생아 혈청 칼슘 및 무기인치에 관하여. *소아과* 17 : 103-106

한국영양학회(1995) : 한국인 영양권장량, 제 6 차 개정

Bajpai PC, Sugden D, Ramos A(1966) : Serum Mg levels in the newborn and older child. *Arch Dis Child* 41 : 424-427

Better OS, Leve J, Grief E, Tuma S, Gellei B, Erlik D(1973) : Prolonged neonatal parathyroid suppression. *Arch Surg* 106 : 722-724

Caddell JL, Byrne PA, Triska RA(1975) : The magnesium load test. *Clin Pedia* 14(5) : 478-484

Casey CE, Walravens PA, Hambidge KM(1981) : Availability of zinc. *Pediatrics* 63 : 394-396

Cittadini A, Scarpa A(1983) : Intracellular Mg²⁺ homeostasis of Ehrlich Ascites tumor cells. *Arch Biochem Biophys* 227 : 202-209

Cruz ML, Tsang RC(1992) : Introduction of infant mineral metabolism. In : Calcium Nutriture for Mothers and Children. ed. by Tsang RC and Mimouni F. pp1-12, Raven Press

Dallman PR, Reeves JD(1984) : Laboratory diagnosis of iron deficiency. In : Iron Nutrition in Infancy and Childhood. ed. by Stekel A. pp11-44, Nestl Nutrition vol.4 Raven

Dupont C, Harpur ER, Shoryna SC(1977) : Blood manganese levels in relation to convulsive disorders in children. *Clin Biochem* 10 : 11

Dörner K, Dziadzka G, Hoehm A, Sievers E, Oldigs HD, Schulz-Lell G(1991) : Longitudinal manganese and copper balances in young infants and preterm infants fed on breast milk and adapted cow's milk formulas. *Br J Nutr* 61 : 559-572

Fomon SJ, Nelson SE(1993) : Calcium, phosphorus, magnesium and sulfur. In : Nutrition of Normal Infants. SJ Fomon(ed.) pp182-218, Mosby

Fomon SJ, Younoszai MK, Thomas LN(1966) : Influence of vitamin D on linear growth of normal full term infants. *J Nutrition* 88 : 345-350

Fransson GB, Lönnnerdal B(1983) : Distribution of trace elements and mineral in human and cow's milk. *Pediatr Res* 17(11) : 912-915

Fransson GB, Lönnnerdal B(1984) : Iron, copper, zinc, calcium and magnesium in human milk fat. *Am J Clin Nutr* 39 : 185-189

Friel JK, Gibson RB, Watts JL(1984) : A comparison of the zinc, copper and manganese status of very low birth weight preterm and fullterm infants during the first

- twelve months. *Acta Paediatr Scand* 73 : 596-601
- Gardner LI(1952) : Tetany and parathyroid hyperplasia : Influence of dietary phosphate load. *Pedia* 9 : 534-543
- Gittleman IF, Pincus JB(1956) : Hypocalcemia occurring on the first day of life in mature and premature infant. *Pediatrics* 18 : 721-729
- Graham GG, Barnes LA, Gyorgy P(1953) : Serum calcium and inorganic phosphorus in the newborn infants and their relation to different feeding. *J Pediatr* 42 : 401-408
- Hambidge KM(1976) : The importance of trace elements in infant nutrition. *Curr Med Res* 4 : 44-53
- Hambidge KM, Casey CE, Crebs NE(1986) : Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5th ed. by Mertz W 2 : 1-37, Academic Press
- Hambidge KM, Hambidge C, Jacobe M(1972) : Low levels of zinc in hair, anorexia, poor growth and hypogenesis in children. *Pediatrics* 6 : 868-874
- Hambidge KM, Walravens PA, Casey CE(1979) : Plasma zinc concentrations of breast-fed infants. *J Pediatrics* 94(4) : 607-608
- Harvey DR(1970) : Plasma calcium and magnesium in newborn babies. *Arch Dis Child* 45 : 506-509
- Higashi A(1988) : Zinc balance in premature infants given the minimal dietary zinc requirement. *Pediatr* 112 : 262-266
- Hurley LS(1980) : Major mineral elements and trace elements. In : Developmental nutrition. pp168-227, Prentice-Hall, Inc. 1980
- Hurley LS(1981) : Teratogenic aspects of manganese, zinc and copper nutrition. *Physiol Rev* 61 : 249-295
- Karpel JT, Peden VH(1972) : Copper deficiency in long-term parenteral nutrition. *J Pediatr* 80 : 32-36
- Linder MC(1991) : Nutrition and metabolism of the major minerals. In : Nutritional Biochemistry and Metabolism ed. by MC Linder pp202-212, Elsevier
- Lombeck I, Fuchs A(1994) : Zinc and copper in infants fed breast-milk or different formula. *Eur J Pediatr* 153 : 770-776
- Lönnerdal B(1991) : Copper absorption from human milk and infant formulas : Effects of copper and zinc concentration. In : Trace Elements in man and animals. eds. by Momcilovic pp312-315, Zagreb
- Lönnerdal B(1994) : Choose foods with iron, zinc and calcium. *Pediatric Basics* 69 : 25-29
- Lönnerdal B, Keen CL, Hurley LS(1981) : Iron, copper, zinc and manganese in milk. *Ann Rev Nutr* 1 : 149-174
- Matkovic V(1991) : Calcium metabolism and calcium requirements during skeletal modeling and consolidation of bone mass. *Am J Clin Nutr* 54 : 245s-260s
- Matkovic V, Heaney RP(1992) : Calcium balance during human growth : evidence for threshold behavior. *Am J Clin Nutr* 55 : 992-996
- McMillian JA, Oski FA, Louric G(1977) : Iron absorption from human milk, simulated human milk and proprietary formulas. *Pediatrics* 60 : 896-900
- Nelson WE, Vaughan VC, McKay RJ(1979) : Textbook of Pediatrics 11th ed. pp2078, Saunders Co.
- NRC(National Research Council)(1989) : Recommended dietary allowances. National Academy Press, Washington DC, 19
- Owen GM, Garry P, Fomon SI(1963) : Concentrations of calcium and inorganic phosphorus in serum of normal infants receiving various feedings. *Pediatrics* 31 : 495-498
- Picciano MF(1987) : Nutrient needs of infants. *Nutr Today* 22 : 8-13
- Picciano MF, Deering RH(1980) : The influence of feeding regimens on iron status during infancy. *Am J Clin Nutr* 33 : 746-753
- Pressman A, Adams AH(1990) : Clinical laboratory evaluation. In : Clinical Assessment of Nutritional Status. pp65-69, Williams and Wilkins
- Renner E, Schaafsma G, Scott KJ(1989) : Micronutrients in milk. In : Micro-nutrients in Milk and Milk-Based Food Products. ed. by Renner E. pp25-28, Elsevier Co.
- Stekel A(1984) : Iron requirements in infancy and childhood. pp1-10, Raven Press
- Tanaka Y, Hatano S, Nishi Y, Usui T(1980) : Nutritional copper deficiency in a Japanese infant on formula. *J Pediatrics* 96(2) : 255-257
- Tsang RC, Light IJ, Sutherland JM(1973) : Possible pathogenetic factors in neonatal hypocalcemia of prematurity. *J Pediatr* 82 : 425-429
- Tsang RC, Oh W(1970) : Neonatal hypocalcemia in low birth weight infants. *Pediatrics* 45 : 773-781
- Wacker WEC, Parrisi AF(1968) : Magnesium metabolism. *New Eng J Med* 278 : 658-661
- Widdowson EM, Dauncey J, Shaw JCL(1974) : Trace elements in fetal and early postnatal development. *Proc Nutr Soc* 33 : 275-284
- Widdowson EN, Chan H, Harrison GE, Milner RBG(1972) : Accumulation of copper, zinc, manganese, chromium and cobalt in the human liver before birth. *Biol Neonate* 20 : 360-367
- Wilkinson R(1976) : Absorption of calcium, phosphorus and magnesium. In : Calcium, Phosphate and Magnesium Metabolism. ed. by Nordin BEC. pp36-112, Churchill Livingstone, Edinburgh