

모유영양아와 인공영양아의 두발내 철분, 아연 및 구리의 함량비교*

안 홍석·배현숙

성신여자대학교 생활과학대학 식품영양학과

Comparison of Hair Iron, Zinc and Copper Concentrations of Breast Fed and Formula Fed Infants

Ahn, Hong-Seok · Bai, Hyun-Sook

Department of Food & Nutrition, Sungshin Women's University, Seoul 136-742, Korea

ABSTRACT

The objectives of this study were to examine the growth pattern and hair trace element contents of healthy infants who were fed breast milk(BF infant) and formula(FF infant) during the first 6 months and its relationship to intake of trace elements. Bimonthly anthropometric measurements were obtained on 32 infants through 6 months of age. Mean calculated energy, iron, zinc and copper intake from breast milk at 2 months of age were 432.4kcal/d, 0.19mg/d, 1.18mg/d and 0.22mg/d. The values obtained from formula were 543.7kcal/d, 6.68mg/d, 2.82mg/d and 0.33mg/d, respectively. In spite of the significantly lower intake of energy and trace elements in BF infants than in FF infants, BF infants showed growth above the average Korean infant standard growth rate and showed no significant growth rate difference or hair trace element content. Hair iron content in the BF infants at 6 mo. of age was positively related to birth weight and iron intake at 2 mo. of age. In contrast, hair zinc and copper content in the FF infants at 6 mo. of age as negatively related to height increment and weight increment during 6 months, respectively. These results support the suggestion that BF infant's higher iron, zinc and copper intake is attributed to the superior bioavailability of these trace elements from breast milk. (Korean J Nutrition 31(4) : 756~766, 1998)

KEY WORDS : breast fed · formula fed · hair trace element · iron · zinc · copper.

서 론

영아기에 철분과 아연 및 구리 등 미량원소의 적절한 섭취는 새로운 헤모글로빈 합성 및 산소운반, DNA와 RNA의 합성 조절, 그리고 대사과정에 참여하는 효소들의 활성을 적절하게 유지하고, 생체내 주요한 물질의

구성요소가 되고 있어서^{1,2)} 영아의 정상적인 성장과 발달에 필수 요소이다^{3,4)}. 영아의 무기질 영양상태는 재태기간, 신체기능의 성숙정도, 이유 보충식의 첨가여부 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다⁵⁾. 특히 이들 미량원소의 흡수는 식사내의 화학적 형태와 영양소간의 상호작용에 따라 달라지게 되고⁶⁾. 최근에는 모유와 조제분유 간의 아연의 생체이용율(bioavailability)의 차이가 보고되고 있다⁷⁻⁹⁾.

이런 차이는 모유와 조제분유를 섭취하는 영아의 아연을 비롯한 미량원소의 영양상태에 중요한 영향을 끼칠 수 있음을 시사한다. 따라서 섭식패턴(모유, 조제분

채택일 : 1998년 4월 20일

*This research was supported by grants from Sungshin women's University in 1997

유)에 따른 영아의 미량원소의 영양상태를 다각적으로 검토해야 할 필요성이 있으나, 현재까지 국내에서 이와 관련된 연구 결과들은 거의 보고된 바 없어, 우리나라 영아들의 미량원소 영양을 평가하고 권장량을 제시하는데 어려움이 따른다. 더욱이 미량원소의 영양상태를 판정할 때 영아들을 대상으로 한 채혈은 많은 부담을 주게 되는 방법론상의 제한점을 갖는다. 따라서 비교적 채취가 용이하고, 저장이 간편한 두발을 이용하여 미량원소의 영양상태를 평가하는 방법이 제안되어^{10,11)} 오래 전부터 독성물질의 섭취가능성 및 생체내 영양소의 저장정도를 평가하는 생화학적인 재료로 사용되어 오고 있으며, 특히 아연과 구리와 같은 필수미량원소들의 영양상태를 평가하는 귀중한 수단이 되고 있다¹²⁾. 이에, 본 연구의 주요목적은 일부 한국영아의 영양섭취 패턴(모유, 조제분유)에 따른 이들 미량원소의 섭취수준, 성장발육과 두발내 철분, 아연 및 구리의 함량을 비교함으로써, 영아의 미량원소의 영양상태를 평가하고 영유아의 섭식관리 및 영양권장량 책정에 기초적인 자료를 제시하는데 있다.

연구방법

1. 연구대상의 선정 및 실험군

서울에 위치한 S대학병원에서 산전관리를 받고 있는 임신 제35주 이후의 임신부를 대상으로 본 연구의 취지에 동의한 산모에게서 출생한 재태기간이 38주 이상이고, 출생체중이 2.5kg이상이며, 선천적 기형이나 대사성 질환이 없는 건강한 신생아 32명을 연구대상으로 선정하였다. 출생시부터 생후 6개월령까지 모유를 수유한 모유영양군(BF군: n=9)과 조제분유를 수유한 인공영양군(FF군: n=23)으로 실험군을 분류하였다.

이들 실험군에 대해 생후 2개월령에 모유와 조제분유에서의 영양소 섭취량을 조사하였고, 출생후부터 2개월 간격으로 생후 6개월령까지 총 4회에 걸쳐 성장발달 항목을 비교하였다. 그리고 생후 6개월령에 두발내 철분, 아연 및 구리의 함량을 분석비교하였다.

출생시 체중, 6개월령까지 평균 체중 증가량과 평균 신장 증가량, 영아의 2개월령의 영양소 섭취량 및 모체의 특성과 두발내 미량원소 농도간의 상관성을 규명하여 생후 6개월령의 두발내 미량원소의 농도에 영향을 끼치는 요인들을 알아보자 하였다.

2. 모유, 조제분유의 섭취량 측정

1) 모유영양아

출생후 2개월령에 체중증가법(test-weighing me-

thod)¹³⁾으로 24시간 동안의 모유 섭취량을 측정하였다. 즉 수유부로 하여금 매 수유 시마다 영아의 체중을 수유 전후에 계측하여 기록하도록 하였다. 체중계는 2g 단위로 측정되는 용량 10kg의 전자식 저울(하나전자, Digital scale, 제일교역)을 이용하였다. Test weighing 당시인 생후 8~10주경에 각 영아가 섭취한 모유를 채취하여 단백질, 유당 및 지질의 농도를 직접 분석하였다. 에너지 함량은 각 영양소의 분석방법이 본 연구와 가장 유사한 Ferris¹⁴⁾ 등의 연구에서와 동일하게 총질소 함량에 계수 6.38을 곱하여 단백질량을 구하고 단백질과 당질 함량에 4.27, 총 지질 함량에 8.87을 곱하여 에너지 함량을 산출하였다.

모유의 철분, 아연 및 구리의 함량은 ICP(Inductively coupled plasma emission spectrophotometer, Jobin-yvon, France, Model Jy 38 plus)로 직접 분석하였다.

2) 인공영양아

출생후 2개월령에 24시간 동안 섭취량을 매 수유 시마다 조제한 양에서 수유후 잔량을 감해 계산하는 직접 측정법(direct measurement method)¹⁵⁾으로 섭취량을 조사하고, 각 분유제품에 명시된 영양소 함량을 근거로 각 영아의 에너지, 단백질, 지질, 당질, 철분, 아연 및 구리의 섭취량을 산출하였다.

3. 모유시료의 채취 및 분석

Test weighing 시기인 분만 8~10주의 성숙유를 각 가정에서 오전 중에 수유부가 직접 양쪽 유방에서 약 50ml를 채취하였다.

채취 직전 수유부의 손과 유방을 깨끗이 닦은 후 손으로 짜서 탈이온처리된 polyethylene bottle에 넣고 이중마개로 봉하여 즉시 얼음통에 넣은 상태로 실험실로 옮겨 분석 직전까지 -20°C에서 보관하였다.

모유의 유당함량은 commercial kit를 이용하여 효소분해법으로 측정하였다. 즉, β -galactosidase로 lactose를 가수분해하여 형성된 NADH의 양을 340nm에서 spectrophotometer(Bausch & Lomb Spectronic 20)로 측정하였다^{16,17)}.

총지질 함량은 일부 수정된 Folch법에¹⁸⁾ 의해 methanol : dichloromethane(1:2 v/v) 모유시료에 대한 용매의 비율 9:1)의 혼합용액으로 추출하여 중량에 의해 정량하였다.

단백질 함량은 semimicro-Kjeldahl법에¹⁹⁾ 의한 분해, 증류, 적정의 3단계를 거치는 Kjeltec system(Buchi 323)을 이용하여 질소함량을 구한 후 6.38을 곱해 산출하였다.

각 무기질의 함량은 Gun-Britt 등의²⁰⁾ 방법에 의해 Kjeldahl flask에 모유시료를 일정량 넣고 황산과 질산(3 : 1)을 넣어 유기물이 완전히 분해될 때 까지 계속 가열·방냉시켜 얻은 무색의 전처리액을 증류수로 희석 후 ICP(Jobin-yvon, France, Model Jy 38 plus)를 이용해 철분, 구리 및 아연의 함량을 측정하였다. 모든 분석실험은 3회 반복 실시하였다.

4. 신체계측

수유법에 따른 영아의 성장발달의 차이점을 평가하기 위해 출생시부터 2개월 간격으로 생후 6개월령까지 총4회에 걸쳐 동일한 조사자가 체중, 신장, 두위, 흥위, 상완둘레, 삼두박근·견갑골·복부의 피부두께 및 총 피부두께 합(삼두박근+견갑골+복부의 피부두께)을 각각 2회 반복 측정하였다.

체중은 영아용체중계(CAS computing scale, 10D)로 얇은 속옷만 입히고, 100g까지 측정하였으며 체중 측정 후 속옷의 무게를 빼어 체중을 계산하였다.

신장은 영아용 목제 신장계(삼화주식회사)에 영아를 앙와위(supine position)로 눕힌 후 한 조사자가 영아의 두부를 측정판 끝에 닿게 고정시키고, 다른 조사자는 영아의 무릎을 편 상태에서 벌을 잡고 발가락을 위로 향하게 하고 뒤꿈치를 발판에 맞닿게 하여 1mm까지 측정하였다. 두위는 영아의 이마 중 가장 뛰어나온 부분(supra-orbital ridge)의 둘레를 줄자로 1mm까지 측정하였다. 흥위는 영아의 겨드랑이 밑과 유두점을 지나 줄자를 가볍게 잡아당겨 1mm까지 측정하였다. 상완둘레는 Jelliiffe가²¹⁾ 기술한 방법에 의해 좌측 상완위의 중간, 즉 견갑골의 견봉(acromion process)과 주두(olecranon)와의 중간부위를 줄자로 1mm까지 계측하였다.

삼두박근, 견갑골, 복부의 피부두께는 각각 좌측상완위 중간부위의 1cm위의 지점, 좌측 견갑골 하단부위, 배꼽의 좌측 수평선에서 엄지와 집게손가락으로 피부를 집어 Lange caliper(Cambridge scientific industries)로 constant pressure가 항상 10g/mm가 유지되도록 하며 측정하였다.

5. 두발채취 및 미량원소 함량 분석

생후 6개월령에 뒷 목부분의 머리카락을 약 1g을 채취하여 분석시까지 보관하였다. 채취한 머리카락은 1% detergent(SDS : sodium dodecyl sulfate)으로 세척하고 틸이온수로 10번 행구어, 0.1M EDTA 용액에 방치후에 다시 5회 행구고 60°C에서 18시간 Dry oven에서 말린다음 분석에 사용하였다²²⁾.

진한질산과 진한 HClO₄을 6 : 1의 비율로 혼합한 용

액에 160°C에서 습식분해하여²³⁾ 무색의 전처리액을 방냉시킨 후 증류수로 희석하여 ICP(Jobin-yvon, France, Model Jy 38 plus)를 이용해 두발내의 철분, 아연 및 구리의 함량을 측정하였다.

6. 자료의 통계처리

모든 결과의 통계처리는 SAS package를 이용하였다. 영아의 섭식패턴별 에너지 및 미량영양소의 섭취량과 두발내 무기질 함량, 각 신체계측 항목의 평균과 표준편차를 산출하여 두 그룹간의 차이를 t-test를 이용해 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

미량원소의 섭취량과 두발의 무기질 함량과의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient를 구하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다. 또한, 생후 6개월령의 두발내 무기질 함량에 유의적인 영향을 미친 요인을 알고자 두발내 무기질 함량을 종속변수로 하고, 영아의 출생시 체중, 영양소 섭취량 및 모체의 특성에 관련된 요인을 독립변수로 하여, stepwise multiple regression을 실시하였다.

연구결과

1. 연구대상자의 일반사항

본 연구에 참여한 영아와 어머니는 각각 32명으로 이들에 관한 일반적 사항은 Table 1과 같다. 어머니의 평균연령은 29.9세였고 분만횟수는 1.2회였고 평균 재태기간은 39.7주로 임신시 평균체중증가량은 13.1kg였으며, 출생시 평균체중은 3.3kg으로 한국소아의 50 percentile이상에 속했다.

따라서 연구대상 영아들은 임신시 체중증가량이 적절했던 임산부에게서 건강하게 출생한 영아들이었다.

2. 영아의 1일 영양소 섭취량

수유군별 및 총 연구대상아의 생후 2개월령의 1일 에너지 및 영양소 섭취량과 단위체중당 에너지 및 영양소 섭취량을 Table 2에 나타내었다.

모유영양군(이하 BF군)이 인공영양군(FF군)보다 에너지를 비롯한 모든 영양소의 섭취량이 적었다.

그러나 에너지와 지질의 경우는 BF군이 각각 432.4kcal/d, 25.0g/d을 섭취하였고 FF군은 543.7kcal/d, 28.7g/d를 섭취하여 수유군간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

그러나 단위체중당 에너지의 섭취량은 BF군이 69.1kcal/kg/d으로 FF군의 95.8 kcal/kg/d보다 유의적으로 적었다.

단백질, 당질, 철분, 구리 및 아연의 섭취량은 BF군

Table 1. General characteristics of the subjects

	BF(n=9)	FF(n=23)	Total(n=32)
Maternal education yrs	13.2±0.4 ¹⁾	16.2±0.6	14.2±2.2
Pregnancy wt gain(kg)	11.1±3.0	13.9±4.0	13.1±3.9
Gestational age(wk)	40.0±1.5	39.6±1.2	39.7±1.3
Maternal age	28.6±4.2	30.4±3.6	29.9±3.8
Parity	1.3±0.5	1.2±0.5	1.2±0.5
Birth weight(kg)	3.6±0.6	3.3±0.5	3.3±0.5
Male/Female(n)	6/3	10/13	16/16

1) Mean±SD n : Number of subjects, wt : weight

Table 2. Nutrient intakes at 2mo of age

Nutrients	BF(n=9)	FF(n=23)	Total(n=32)
Energy	(kcal/d) 432.4 ± 217.0 ¹⁾	543.7±92.5	512.4 ± 144.3
	(kcal/kg/d) 69.1 ± 29.2*	95.8±13.1	88.3 ± 22.1
Protein	(g/d) 7.7 ± 2.3***	13.6±2.2	12.0 ± 3.5
	(g/kg.d) 1.2 ± 0.3***	2.4±0.3	2.1 ± 0.6
Fat	(g/d) 25.0 ± 17.5	28.7±4.9	27.6 ± 10.0
	(g/kg/d) 4.0 ± 2.5	5.0±0.7	4.8 ± 1.5
Carbohydrate	(g/d) 41.7 ± 17.8*	57.8±10.0	53.3 ± 14.4
	(mg/kg/d) 6.6 ± 2.3***	10.2±1.4	9.2 ± 2.3
Iron	(mg/d) 0.19± 0.21***	6.68±1.11	4.85± 3.11
	(mg/kg/d) 0.03± 0.03***	1.18±0.16	0.85± 0.54
Zinc	(mg/d) 1.18± 1.18**	2.82±0.49	2.36± 1.04
	(mg/kg/d) 0.18± 0.16***	0.50±0.08	0.40± 0.18
Copper	(mg/d) 0.22± 0.11*	0.33±0.06	0.30± 0.90
	(mg/kg/d) 0.04± 0.02**	0.06±0.01	0.05± 0.02

1) Mean±SD BF : Breast fed group, FF : Formula fed group

*: Significantly different between groups by t-test(*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)

에서는 각각 7.7g/d, 41.7g/d, 0.19mg/d, 0.22mg/d 및 1.18mg/d로 FF군의 각각의 섭취량인 13.6g/d, 57.8g/d, 6.68mg/d, 0.33mg/d, 2.82mg/d보다 유의적으로 적음을 보였다.

또한 이들 영양소의 단위체중당 섭취량도 BF군이 FF군보다 유의적으로 적었다.

FF군의 철분섭취량(6.68mg/d)을 제외하고는 우리나라 2개월령 영아의 에너지, 단백질, 아연의 영양권장량²⁴⁾인 650kcal/d, 20g/d, 5mg/d와 비교했을 때 BF, FF군 모두 유의적으로 낮은 섭취를 보였다.

3. 신체계측

출생시부터 2개월 간격으로 생후 6개월령까지 총 4회에 걸쳐 반복 측정한 체중, 신장, 두위, 흉위, 상완둘레, 삼두박근 피부두께, 복부피부두께, 견갑골피부두께 및 이를 총피부두께의 합을 Table 3에 나타내었다.

출생시에는 견갑골피부두께와 총피부두께 합이 BF군에서는 각각 5.0mm와 15.3mm으로, FF군의 4.1mm, 13.0mm보다 유의적으로 두꺼웠다.

그러나 월령이 증가함에 따라 이런 유의한 차이는 없어졌다.

체중은 출생시에는 BF, FF군이 각각 3.6kg, 3.3kg으로 두 군간 유의한 차이는 없었으나 6개월령에는 BF군이 8.8kg, FF군이 8.1kg으로 BF군의 체중이 유의적으로 높았다. 체중과 복부피부두께 및 총피부두께 합을 제외한 신장, 두위, 흉위, 상완둘레 및 삼두박근 피부두께는 출생시부터 6개월령까지 수유군간 유의한 차이를 보이지 않았다.

또한 이들의 성장항목은 월령이 증가하면서 두 수유군간 동일한 증가패턴을 보였다. 영양공급방식에 따라 남녀별로 구분하여 우리나라 소아발육표준치²⁵⁾ 이들 성장을 비교했을 때 각 월령별로 체중, 신장 및 두위, 흉위는 모두 우리나라 소아발육표준치의 50 percentile을 상회하여 BF, FF군 모두 평균 이상의 성장을 보였다.

4. 두발의 철분, 아연 및 구리의 농도

생후 6개월령의 BF군의 1g의 두발내 평균 철분, 아

연 및 구리의 함량은 각각 $40.9\mu\text{g}$, $147.7\mu\text{g}$ 및 $11.6\mu\text{g}$ 으로 FF군의 $42.0\mu\text{g}$, $154.6\mu\text{g}$ 및 $18.3\mu\text{g}$ 과 유의한 차이를 보이지 않았다.

5. 생후 6개월령 영아의 두발내 미량원소 함량에 영향을 주는 요인

생후 6개월령 영아의 두발내 미량원소 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들이 무엇인지 알아보기자 Pearson

Table 3. Anthropometric measurement from birth to 6mo. of age

	Month	Wt(kg)	Ht(cm)	H.C(cm)	C.C(cm)	A.C(cm)	Tri.(mm)	Abd.(mm)	Sub.(mm)	TST.(mm)
Birth	BF (n=9)	$3.6 \pm 0.6^{\text{**}}$	51.0 ± 2.0	34.7 ± 2.1	33.9 ± 2.6	11.0 ± 1.0	6.1 ± 1.4	4.2 ± 1.3	$5.0 \pm 1.1^{\text{**}}$	$15.3 \pm 3.6^{\text{*}}$
	FF (n=23)	3.3 ± 0.5	49.7 ± 2.7	34.0 ± 1.7	32.8 ± 1.3	10.7 ± 0.9	5.6 ± 1.3	3.4 ± 0.6	4.1 ± 0.7	13.0 ± 2.4
	Total (n=32)	3.3 ± 0.5	50.0 ± 2.5	34.2 ± 1.9	33.1 ± 1.8	10.8 ± 0.9	5.7 ± 1.3	3.6 ± 0.9	4.4 ± 0.9	13.7 ± 2.9
2 mo.	BF (n=9)	6.0 ± 0.8	58.7 ± 2.2	39.3 ± 1.1	39.5 ± 2.4	13.5 ± 1.0	10.3 ± 1.6	8.8 ± 1.6	8.8 ± 1.6	28.0 ± 4.5
	FF (n=23)	5.7 ± 0.5	57.5 ± 1.9	39.1 ± 1.1	38.6 ± 1.5	13.4 ± 0.8	10.5 ± 1.0	8.5 ± 1.4	9.1 ± 1.5	28.0 ± 3.4
	Total (n=32)	5.8 ± 0.6	57.9 ± 2.1	39.2 ± 1.1	38.9 ± 1.8	13.4 ± 0.8	10.4 ± 1.2	8.6 ± 1.4	9.0 ± 1.5	28.0 ± 3.6
4 mo.	BF (n=9)	7.5 ± 1.0	63.7 ± 2.2	42.1 ± 1.4	42.8 ± 1.9	15.0 ± 1.1	11.5 ± 1.3	10.6 ± 1.2	9.9 ± 1.5	31.9 ± 3.6
	FF (n=23)	7.3 ± 0.8	63.3 ± 2.2	41.4 ± 1.1	42.0 ± 2.0	14.6 ± 0.9	11.5 ± 0.9	10.0 ± 1.4	9.8 ± 1.5	31.4 ± 3.1
	Total (n=32)	7.3 ± 0.8	63.4 ± 2.2	41.6 ± 1.2	42.2 ± 1.0	14.7 ± 1.0	11.5 ± 0.9	10.2 ± 1.4	9.8 ± 1.5	31.5 ± 3.2
6 mo.	BF (n=9)	$8.8 \pm 1.1^{\text{*}}$	68.1 ± 2.2	43.6 ± 1.2	44.8 ± 1.6	15.5 ± 1.2	33.8 ± 1.6	11.1 ± 0.9	10.6 ± 1.0	33.8 ± 1.6
	FF (n=23)	8.1 ± 0.8	67.7 ± 2.1	43.1 ± 1.1	43.5 ± 1.8	14.9 ± 0.8	12.1 ± 1.0	10.3 ± 1.5	10.0 ± 1.4	32.3 ± 3.3
	Total (n=32)	8.3 ± 0.9	67.8 ± 2.1	43.3 ± 1.1	43.9 ± 1.8	15.0 ± 1.0	12.1 ± 0.9	10.5 ± 1.4	10.2 ± 1.3	32.7 ± 2.9

1) Mean \pm SD BF : Breast fed group, FF : Formula fed group, Wt : Weight, Ht : Height, H.C : Head circumference, C.C : Chest circumference, A.C : Arm circumference, Tri : Tricep skinfold thickness, Abd : Abdominal skinfold thickness, Sub : Subscapular skinfold thickness, TST : Total skinfold thickness

* : Significantly different between groups by t-test (*p<0.05, **p<0.01)

Table 4. Trace element content of Hair at 6mo. of age

	Nrtrient	BF(n=9)	FF(n=23)	Total(n=32)
Iron($\mu\text{g/g}$)	Mean \pm SD	$40.9 \pm 42.1^{\text{**}}$	42.0 ± 34.8	41.7 ± 35.9
	Median	18.71	28.84	26.73
	25th	15.00	13.49	13.49
	75th	40.84	60.5	60.39
Zinc($\mu\text{g/g}$)	Mean \pm SD	147.7 ± 99.6	154.6 ± 136.1	152.7 ± 125.3
	Median	94.63	130.58	130.35
	25th	91.61	67.00	16.67
	75th	144.09	174.97	168.87
Copper($\mu\text{g/g}$)	Mean \pm SD	11.6 ± 7.7	18.3 ± 16.5	16.6 ± 17.4
	Median	11.28	9.43	9.43
	25th	6.18	4.42	4.42
	75th	15.94	23.41	22.4

1) Mean \pm SD n : Number of subjects BF : Breast fed group, FF : Formula fed group
Not significant different between groups by t-test p<0.05

correlation 분석을 통해 각 독립변수들과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

BF군에서 출생시 체중($r=0.7260$, $p=0.0268$)과 생후 2개월령의 철분 섭취량($r=0.9307$, $p=0.003$)이 두 발내 철분함량과 양의 상관관계를 보였다.

FF군에서는 두발내 아연함량과 유의한 상관관계를 보인 요인은 6개월간의 신장증가량으로 음의 상관관계

를 보였다($r=-0.6071$, $p=0.0021$). 또한 두발내 구리 함량과 재태기간은 양의 상관관계($r=0.4295$, $p=0.0408$)를 보였고, 6개월 체중증가량($r=-0.4794$, $p=0.0206$)과는 음의 상관관계를 나타내었다.

또한 생후 6개월령의 두발내 미량원소 농도를 종속변수로 하여, 영아와 모체의 특성에 관련된 요인들(영아와 관련된 요인으로 출생시 체중, 6개월간의 체중 및

Table 5. Correlation coefficient among hair trace element content and maternal characteristics, dietary intake, growth of infant

	Group	Hair Fe	Hair Cu	Hair Zn
Pregnancy wt gain	BF	0.3757 ¹⁾	0.4539	-0.4801
	FF	-0.0266	-0.3431	0.0721
	Total	0.0765	-0.1938	-0.0113
Gestational Age	BF	0.5031	0.1840	-0.3467
	FF	0.1761	0.4295*	-0.3591
	Total	0.2909	0.3660*	-0.3483
Maternal Age	BF	-0.3758	0.2179	-0.1800
	FF	-0.0454	-0.3309	-0.0040
	Total	-0.1706	-0.2023	-0.0382
Birth weight	BF	0.7260*	-0.2369	-0.3703
	FF	-0.1792	-0.0958	-0.2604
	Total	0.1922	-0.1306	-0.2745
Wt gain during 6mo.	BF	-0.0852	-0.2101	0.4597
	FF	0.0904	-0.4794*	0.0324
	Total	0.0195	-0.4196	0.1269
Ht gain during 6mo.	BF	-0.5655	0.0970	0.6299
	FF	0.3931	-0.4029	-0.6071**
	Total	0.1066	-0.3250	-0.3582
Energy intake at 2mo.	BF	0.1299	0.0291	-0.0371
	FF	-0.0592	-0.2727	-0.0687
	Total	0.0408	-0.0778	-0.0365
Protein intake at 2mo.	BF	-0.0078	-0.3137	0.0645
	FF	-0.0198	-0.2938	-0.0322
	Total	-0.0009	-0.0514	0.0126
CHO intake at 2mo.	BF	0.0738	-0.3547	0.2978
	FF	-0.0643	-0.2700	-0.0747
	Total	0.0056	-0.1197	0.0483
Fat intake at 2mo.	BF	0.1457	0.2382	-0.2014
	FF	-0.0641	-0.2683	-0.0721
	Total	0.0622	-0.0306	-0.0957
Fe intake at 2mo.	BF	0.9307**	-0.4944	-0.2274
	FF	0.0567	-0.3251	0.0293
	Total	0.0447	0.0559	0.0289
Zn intake at 2mo.	BF	-0.2073	-0.5894	0.1069
	FF	-0.1181	-0.2168	-0.0834
	Total	-0.1010	-0.0490	0.0126
Cu intake at 2mo.	BF	-0.2401	-0.2304	-0.2059
	FF	-0.0506	-0.2976	-0.0731
	Total	-0.1082	-0.1135	-0.0753

1) Correlation coefficient BF : Breast fed group, FF : Formula fed group, wt : weight

* : Significantly different between two variables(* $p<0.05$, ** $p<0.01$)

Table 6. Stepwise regression analysis for hair trace element content and infant-, maternal factors

Dependent variable	Group	Independent variable	Parameter estimates	SE	R ²	T-value	P-value
Hair zinc	FF	Ht increment during 6months	-35.66	8.27	0.5486	0.0003	0.0023*
		Gestational age	-47.12	16.68		0.0105	0.0227*
Hair copper	FF	Wt increment during 6months	-14.67	5.86	0.2298	0.0206	0.0224*

Ht : Height, wt : weight, SE : Standard error

*: Significantly different between two variables(*p<0.05)

신장 증가량, 생후 2개월령의 에너지, 단백질, 당질, 지질, 철분, 아연 및 구리 섭취량, 모체특성과 관련된 요인으로는 임신시 체중증가량, 재태기간, 모체의 나이)에 대해 단계별 변수선택에 의한 회귀분석(stepwise multiple regression)을 실시한 결과, 두발내 미량원소 농도에 유의한 영향을 미치는 요인으로, BF군에서는 상기한 어떤 요인도 선택되지 않았으나, FF군에서는 재태기간, 6개월간의 체중증가량 및 신장증가량이 선택되었다.

Table 6에서와 같이 FF군에서 6개월간의 신장증가량, 재태기간 순으로 생후 6개월령의 두발내 아연함량에 유의한 영향을 미쳤으며 이들 변수의 설명력은 55%였다. 또한 생후 6개월령의 두발내 구리함량에는 6개월간의 체중증가량만이 유의한 영향을 끼쳤다(설명력 23%).

고 찰

영아기는 태아기에 이어, 일생중 가장 빠른 신체발육을 나타내는 시기이므로 정상적인 성장과 발달을 하기 위해서는 영양학적으로 어느 시기보다 중요하며 이 시기에 필수영양소의 결핍이나 과잉은 그 이후의 성장이나 발달에 지장을 준다²⁶⁾. 생물의 구성원소로서 극히 미량밖에 존재하지 않으면서도 생체의 정상기능을 발휘하기 위해서 꼭 필요한 필수미량원소들 중에서 특히 철분, 아연 및 구리의 적절한 섭취는 영아의 정상적인 성장과 발달에 매우 중요하다²⁷⁾²⁸⁾.

본 연구성적에서 모유영양아와 인공영양아에서 섭취의 가장 큰 차이를 보인 미량원소는 철분으로, 영아전반기의 철분의 권장량인 5mg/d에 비해 모유영양아는 0.19mg/d을 섭취하였고 인공영양아는 6.6mg/d을 섭취하였다. 이는 미국의 Picciano²⁹⁾와 Butte³⁰⁾가 각각 보고한 모유영양아의 철분섭취량인 0.44mg/d, 0.15mg/d과 유사한 수준이었다.

이같이 본 연구성적에서의 철분섭취가 BF군과 FF군간의 현저한 차이를 보였음에도 불구하고, 생후 6개

의차도 보이지 않았던 점은 4개월 동안 전적으로 모유만을 섭취하는 영아에게서 철분 결핍은 보이지 않았다는 보고³¹⁾와 3~6개월에 모유영양아가 인공영양아보다 철분의 섭취가 적었음에도 혈액학적, 생화학적 특성이 인공영양아와 비슷함을 보고한 연구³²⁾와 관련하여 볼 때 모유에서의 철분의 우수한 생체내 이용효율이 있음을 생각해 볼 수 있다. 또한 Ahn 등³³⁾은 모유영양아가 인공영양아보다 혈청내 철분함량이 유의적으로 높음을 보고하였다.

구리는 정상적인 골격 형성, 혈색소 합성, 체내 산화·환원 체계에서의 촉매적인 역할을 담당하고 있으며³⁴⁾, 혈청 내에서 구리는 대부분이 구리 운반 수용체인 ceruloplasmin으로 분포하는데, 최근에 항산화제로써 이 ceruloplasmin이 주목 받고 있다³⁵⁾.

영아 전반기에 주요 영양 공급원이 되는 유즙내 구리의 농도가 낮으면 영아의 비정상적인 성장과 피부 장애, 빙혈 및 골격 장애를 유발할 수 있다³⁶⁾. 모유는 0.04mg/100ml의 구리를 함유하고, 조제분유는 0.1mg/100ml의 구리를 함유하고 있으므로³⁷⁾. 영유아의 섭식 방법에 따라 구리의 체내 저장정도에 차이가 있을 것으로 기대했으나, 본 연구성적에서는 모유영양아가 0.22mg/d(0.04mg/kg/d)의 구리를 섭취하여, 인공영양아가 0.33mg/d(0.06mg/kg/d)의 구리를 섭취한 것에 비해 유의적으로 적은 양을 섭취하였음에도 두발의 구리 함량에는 차이를 보이지 않았다.

Mcdonald³⁸⁾ 등도 모유영양아가 0.27mg/d(0.05mg/kg/d)의 구리를 섭취하여 인공영양아가 섭취한 0.39mg/d(0.07mg/kg/d)보다 유의적으로 적었으나 두 그룹간 성장발육 과정은 유사하였다고 보고한 바 있다. 또한 Murthy³⁹⁾도 실험쥐의 구리섭취량과 체모내의 구리함량과의 상관성을 규명치 못했다.

독일의 Frank⁷⁾는 모유영양아와 인공영양아 간에 혈청의 구리 농도는 생후 4개월령에 각각 88.3μg/100ml, 86.9μg/100ml로서 유의한 차이가 없음을 보고하였다. 이는 생후 첫 4개월령에 건강한 영아의 혈청 구리의 농도는 주로 신체 저장 정도에 의존함을 시사한다고 하겠

조제분유에 함유된 구리의 생체이용율에 영향을 주는 인자가 아연/구리의 높은 비율임을 제시한 바 있다.

인간에게서 아연의 결핍은 Prasad가 1961년, 심하게 성장이 지연되고, 성적 성숙이 불량한 이란의 어린이에게서 처음 발견하여 보고 하였다⁴¹⁾. 아연은 핵산대사, 단백질 합성에 관련된 많은 효소의 활성에 필수적 이므로, 특히 영아의 성장과 발달에 매우 중요한 영양 소이다. 따라서 아연이 결핍될 경우 성장지연, 식욕감퇴, 피부변화, 행동학적 변화등이 초래될 수 있다⁴²⁾⁴³⁾. 특히, 영아 전반기에 심하게 결핍되면 두뇌발달의 장애가 있을 수 있음이 보고되어 관심을 집중시키고 있다⁴⁴⁾.

미국의 Krebs⁴⁵⁾는 모유영양아의 경우 성숙유의 아연 함량이 부적당할 경우 식욕과 성장에 영향을 끼쳐 아연 섭취 부족으로 영유아에게 성장지연이 초래될 위험성을 강조한 바 있다.

본 연구성적에서 아연 역시 모유영양아가 1.18mg/d(0.18mg/kg/d)을 섭취하여 인공영양아의 2.82mg/d(0.50mg/kg/d)보다 현저히 낮은 섭취를 보였음에도 성장 및 두발내 아연함량에는 유의한 차이가 없었다. 편란드의 Salmenperä 등⁴⁶⁾도 125μg/kg/d의 낮은 아연 섭취를 하였던 모유영양아의 성장이 표준성장치에서 벗어나지 않음을 보고하였다.

캐나다의 Macdonald 등³⁸⁾도 영아의 섭식패턴에 따른 두발의 아연과 구리 농도의 비교결과, 모유영양아에서 석사내 아연의 섭취가 인공영양아에서보다 유의적으로 낮았음에도 모유영양아의 두발내 아연농도는 감소되지 않음을 보고하였다. 일본의 모유영양아가⁴⁷⁾ 낮은 아연섭취에도 불구하고 아연 흡수율의 증가와 내적 아연의 배설 감소가 있었음을 보고한 것과 관련시켜 볼 때 적은 양의 아연 섭취시에는 미량원소의 흡수율이 증가할 뿐 아니라 내재적인 아연의 fecal excretion이 감소한데 기인하는 것으로 생각된다. 즉 모유에 함유된 아연의 우수한 생체내 이용율이 있음을 추론할 수 있다. 아직까지 모유내에서 아연의 이동을 도와주는 요소가 확실히 밝혀지고 있지는 않으나, 모유내 아연과 결합하는 저분자물질(LMW)에 대한 연구가 보고되고 있다⁴⁸⁾.

인종, 식이습관이 다른 국가간의 영아의 두발내 무기질 함량을 비교하는 것은 제한점이 있다고 생각되나, 국내에서는 3~5세 소아를 대상으로 한 두발내 무기질 함량연구결과(평균철분농도 : 33.4μg/g, 평균 아연농도 65.16μg/g, 평균 구리농도 19.73μg/g)가 최근 Heo와 Son 등⁴⁹⁾에 의해 보고되었을 뿐, 영아의 두발내 미량원소의 함량연구는 전무한 설정이므로, Canada의 McDonald³⁸⁾ 연구와 비교해 보았다. 아연의 경우, 본 연구

의 모유영양아의 두발농도가 94.63μg/g(중위값)으로 캐나다 모유영양아의 156μg/g(중위값)보다 매우 낮았고, 본 연구의 인공영양아의 두발의 아연 농도는 130.6μg/g(중위값)으로 캐나다 인공영양아의 134μg/g(중위값)과 유사하였다. 구리의 두발내 함량은 본 연구의 모유영양아는 11.28μg/g(중위값)으로 캐나다 모유영양아의 11μg/g(중위값)과 매우 유사하였으나, 인공영양아의 경우는 본 연구 결과 9.43μg/g(중위값)으로 캐나다 연구의 13.1μg/g(중위값)보다 다소 낮았다.

이와 같이 식이에서의 철분, 구리 및 아연의 섭취가 모유영양아에게서 유의적으로 낮았음에도 불구하고, 모유영양아의 두발내 이들 미량영양소의 농도가 인공영양아와 유의적인 차이를 보이지 않은 점은 다음 3가지로 생각해 볼 수 있다.

첫째, 모유에서 이들 미량원소의 상호간의 비율(ratio)에 의한 탁월한 생체내 이용율이 있는 것으로 생각되며, 둘째, 영아전반기의 발달과정 동안 미량원소의 재분배(redistribution)가 일어나는 것으로 생각되고, 셋째로, 생후 6개월동안이라는 연구기간이 미량원소의 체내저장에 대한 식이섭취에 따른 효과를 규명하기에는 짧을 수 있음을 제시해 볼 수 있다. 두발내 무기질 함량과 영아와 모체의 요인들과의 상관성을 분석한 결과, 모유영양아군에서 두발내 철분함량과 출생시 체중 및 2개월령의 철분 섭취량이 높은 양의 상관관계를 보였으나, 인공영양아군에서는 이들 요인이 두발내 철분 함량에 어떤 상관성도 보이지 않은 점으로 보아, 모유와 조제분유간의 미량영양소의 생체내 이용율의 차이를 다시 한번 생각해 볼 수 있다.

전체 조사 대상아의 두발내 구리농도와 체태기간과는 양의 상관성이 제시되었고, 특히 인공영양아의 경우 이들의 상관성은 더 높게 나타났다. Widdowson⁵⁰⁾등은 태아 조직내 구리함량 중 80%가량이 임신 후반기에 축적되어진 것이며, 분만시 신생아 체조직에는 15~17mg의 구리가 함유되었음을 제시한 바 있다. 임신 후반기 예 태아의 간에 축적되는 구리의 저장상태가 출생후의 구리의 영양상태에 영향을 미칠 수 있으므로 조산아와 미숙아에게서 구리결핍의 가능성이 제시될 수 있다. 우리나라에서도 미숙아의 구리결핍증인 Menkes병이 보고된 바 있다⁵¹⁾.

또한, 인공영양아군에서만 두발내 아연 및 구리농도 와 6개월간의 체중 및 신장증가량간에 음의 상관관계를 보인 점은 잘 설명할 수는 없으나, 조제분유를 섭취했던 영아들은 모유를 섭취하는 영아들과 이들 미량원소의 체내분포가 다를 수 있고, 또 이로 인해 성장에도 영향을 줄 수 있음을 추론 할 수 있다.

두발내 무기질 함량에 어떤 요인들이 우선적으로 유의한 영향을 끼치는지에 대해 regression 분석을 한 결과, 모유영양아군에서는 어떤 요인도 의미있는 변수로 선택되지 않았으나 인공영양아군에서는 두발내 아연과 구리함량에 각각 6개월간의 신장 증가량 및 재태기간과 6개월간의 체중증가량이 의미있는 변수로 선택되었다. 이를 회귀방정식으로 나타내면 다음과 같다. 조제분유를 6개월간 섭취하는 영아들의 생후 6개월령의 두발내 아연함량($\mu\text{g/g}$) = $2661.3 - 47.12X_1 - 35.6X_2$ (X_1 : 재태기간, X_2 : 6개월간 신장 증가량), 두발내 구리함량($\mu\text{g/g}$) = $89.1 - 14.7X_1$ (X_1 : 6개월간 체중 증가량). 즉, 영아식이에서의 아연과 구리의 섭취량보다는 성장요인이 영아의 두발내 미량영양소 농도에 더 영향을 미칠 수 있다고 예측할 수 있다.

미국의 Hambridge⁵²⁾는 신생아기부터 성인에 이르는 연령층을 대상으로 두발내 아연함량을 분석한 결과 두발내 아연농도가 낮았던 영유아가 다른 연령층에 비해 많음을 보고하였다. 또한 중국의 베이징의 보육원과 유치원 원아들을 대상으로 한 연구에서⁵³⁾, 연구대상자 중 34%가 $70\mu\text{g/g}$ 이하의 낮은 두발내 아연함량을 보였다. 이들은 잘 양육된 어린이들에 비해 혈장과 머리카락의 아연이 매우 낮음을 나타내었고, 아연을 보충해 줌으로써 이식증과 식욕감퇴증이 사라지고 성장이 진행되는 반응을 보였다. 이와 같이 여러나라에서 영유아들의 미량원소영양상태에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 국내에서는 영아의 미량원소의 영양상태 연구는 미비하여 미량원소섭취에 관한 자료가 부족하므로, 영아의 최적성장에 필요한 미량원소 요구량은 아직 확실하게 제시되고 있지 못한 형편이다. 따라서, 우리나라 영아들을 대상으로 섭식패턴에 따른 미량원소의 영양상태 연구가 수행되어야 할 필요성이 절실히다.

요약 및 결론

본 연구는 출생후부터 생후 6개월령까지 동일한 영아 32명에 대해 초기 영양공급방식에 따라 모유영양아군, 인공영양아군으로 구분하여 모유와 조제분유에서의 에너지 및 영양소 섭취수준, 성장항목의 차이, 생후 6개월령의 두발내 미량원소 함량을 비교하고, 수유법 이외에 어떤 요인들이 두발내 미량원소 농도에 상관성을 보이는지 알고자 하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 생후 2개월령의 에너지 및 영양소의 섭취량은 모유영양아가 에너지, 지질을 제외하고 인공영양아에 비해 유의적으로 낮은 섭취를 보였다. 특히, 가장 큰 섭취

의 차이를 보인 영양소는 철분이었다.

2) 생후 6개월령까지 모유영양아의 6개월령의 체중이 인공영양아보다 유의적으로 높았던 것을 제외하고 수유법에 따른 어떤 성장항목도 수유군간 유의한 차이를 보이지 않았고, 연구 대상아 모두 우리나라 표준발육치 이상의 성장을 보였다.

3) 생후 6개월령의 두발내 철분, 아연 및 구리의 함량은 수유법에 따른 유의한 차이가 없었다.

4) 생후 6개월령의 두발내 철분, 아연 및 구리의 함량에 유의적인 상관관계를 보인 항목은 모유영양아에서는 두발내 철분함량과 생후 2개월령의 철분 섭취량 ($r=0.9307$), 출생시 체중($r=0.7260$)이 양의 상관성을 보였고 인공영양아에서는 두발내 구리함량과 재태기간 ($r=0.4295$)과는 양의 상관성을, 6개월간 체중증가량과 ($r=-0.4794$)는 음의 상관성을 보였다. 또한 인공영양아의 두발내 아연함량과 6개월간 신장증가량($r=-0.6071$)도 음의 상관성을 보였다.

5) 생후 6개월령 두발내 철분, 아연 및 구리의 함량에 어떤 요인들이 우선적으로 유의한 영향을 끼치는지에 대해 regression 분석한 결과, 모유영양아군에서는 어떤 요인도 의미있는 변수로 선택되지 않았으나, 인공영양아군에서는 재태기간, 6개월간의 신장증가량 순서로 두발내 아연함량에 유의한 영향을 미쳤고, 두발내 구리농도에는 6개월간의 체중증가량만이 음의 영향을 미쳤다.

즉, 본 연구결과로부터 수유법에 따른 성장속도 및 두발내 미량원소의 함량에 차이가 없음을 알 수 있어, 모유의 우수성이 강조될 수 있으며, 영유아의 미량원소의 체내저장효과를 규명하기에는 6개월의 연구기간이 다소 제한이 있다고 생각된다. 따라서 앞으로의 영아의 미량원소의 영양효과에 대한 연구는 혈청과 여러 생화학자료를 병용한 무기질 상호간의 생체이용율이 포함된 대사연구가 중심이 된 장기간의 follow up 연구가 필요하다고 생각된다.

Literature cited

- 1) Roberte BS, Vermeersh J, williams SR. Nutrition in pregnancy & Lactation. Times Mirror/Mosby College publishing, pp.256-303, 1985
- 2) Sung CJ. Trace element nutrition, pp.26-184, Min-eum press, Seoul. 1983
- 3) Wardlaw I. Perspectives in Nutrition, pp.534-548, St. Louis, Missouri. Mobby, 1996
- 4) Stephen CC. Zinc : Clinical & biochemical significance. CRC press, 1988

- 5) Wardlaw GM. Contemporary nutrition. pp.528-569, Brown & Benchmark, 1997
- 6) Ziegler EE, Filer LJ. Present knowledge in nutrition. pp. 277-319, 7th ed. International life sciences institute nutrition foundation, washington. 1996
- 7) Frank J, Anette F, Agnes C, Helmut M and Ingrid L. Trace mineral status of full-term infants fed human milk, milk-based formula or partially hydrolysed whey protein formula. *Analyst*, March Vol. 905-909, 1995
- 8) Lnerdal B. Dietary factors affecting trace element bioavailability from human milk, Cow's milk infant formulas. *Prog Food Nutr Sci* 9 : 35-40, 1985
- 9) Picciano MF. Nutrient need of infants. *Nutr Today* 22 : 8-13, 1987
- 10) Klevay LM. Hair as a biopsy material. *Am J Clin Nutr* 23 : 284-289, 1970
- 11) Henly AS, Alexis PN. Trace metals in human hair. *J of Investigative Dermatology*. 53 : 71-78, 1969
- 12) Harold GP, David WY, Sylvan OW. Trace metal content of hair. *Arch Environ Health*. 23 : 202-207, 1971
- 13) Borschel MW, Kirscey A., Hanuemann RE. Evaluation of test-weighing for the assessment of milk volume intake of formula-fed infant and its application to breast-fed infants. *Am J Clin Nutr* 43 : 367-373, 1986
- 14) Ferris AM, Dotts MA, Clark RM, Ezrin M, Jensen RG. Macronutrients in human milk at 2, 12, and 16 weeks postpartum. *J Am Diet Assoc* 88 : 694-697, 1988
- 15) Robbins GE, Trowbridge FL. Anthropometric techniques and their application. In : Simko MD, Gilbride JA, Cowell C, ed. Nutrition assessment, pp.60-92, Aspen Publication, Rockville, 1984
- 16) Bergmeyer HU. Methods of enzymatic analysis. 2nd ed. vol I & II, Academic press, New York, 1974
- 17) Lactose/Galactose Ca#176303, Indianapolis, IN : Boehringer Mannheim Biochemicals, 1980
- 18) Clark RM, Ferris AM, Key M, Brown PB, Hunn-drieser KE, Jansen RG. Changes in the lipids of human milk from 2 to 16 weeks postpartum. *Pediatr gastro enterol Nutr* 1 : 311-315, 1982
- 19) Lönnerdal B, Woodhouse LR, Glazier C. Compartmentalization and quantitation of protein in human milk. *J Nutr* 117 : 1385-1395, 1987
- 20) Gun-Britt F, Lnerdal B. Zinc, copper, calcium and magnesium in human milk. *J Pediatr* 101 : 504-508, 1982
- 21) Jelliffe DB. The assessment of the nutritional status of the community. World Health Organ. Monograph Ser. No 53 Geneva, 1966
- 22) Harrison WW, Yurachek JR, Benson CA. The determination of trace elements in human hair by atomic absorption spectroscopy. *Clin Chem Acta* 23 : 83-91, 1969
- 23) Capel ID, Pinnock MH, Dorrell HM, Williams DC, Grant EC. Comparison of concentrations of some trace, bulk, and toxic metals in the hair of normal and dyslexic children. *Clin Chem* 27(6) : 879-881, 1981
- 24) The Korean nutrition society. Recommended dietary allowances for Koreans. 6th revision, 1995
- 25) Korean pediatric society. Growth & biochemical values of Korean children, 1992
- 26) Choi KH, Shin SH, Oh KH, Seo JS, Kim KS, Choi YS. A Study of nutritional status of ion and lipids in infants. *J of the Kor Ped Soc* 38(3) : 297-305, 1995
- 27) Casey C, Walravens PA. Trace Elements. In : Tsang RC, ed. Nutrition during infancy. pp.190-198, Mosby, St. Louis, MO, 1988
- 28) Lee HK. Infant nutrition and trace elements. *J of the Kor Ped Soc* 31(12) : 1555-1562, 1988
- 29) Picciano MF, Carkins EJ, Garrick JR, Deering RH. Milk and mineral intakes of breast fed infants. *Acta Paediatr Scand* 70 : 189-194, 1981
- 30) Butte NF, Garza C, Smith E, O'Brian, Wills C, Nichols BL. Macro-and trace-mineral intakes of exclusively breast-fed infants. *Am J Clin Nutr* 45 : 42-48, 1987
- 31) Hambraeus L. The significance of mother's milk and breastfeeding for development and later life. *Biothca Nutr Dieta* 31 : 1-16, 1982
- 32) Woodruff CW, Latham C, McDavid S. Iron nutrition in the breast-fed infant. *J Pediatr* 90 : 36-38, 1977
- 33) Ahn HS, Park SH, Park YS. Concentrations of major minerals and trace elements in sera of the breast fed and formula-fed infants. *Korean J community nutrition* 2 : 133-140, 1997
- 34) Lee KY, Moon SJ. Basic nutrition, Soohak-Sa, 1995
- 35) Karmazsin L, Olah VA, Balla G, Makay A. Serum antioxidant activity in premature babies. *Acta pediatr Hung* 90 : 217-224, 1990
- 36) Lombeck I, Fuchs A. Zinc & copper in infancy fed breast-milk or different formula. *Eur J pediatr* 153 : 770-776, 1994
- 37) Jones EG, Kelts DG. Milk and formulas. In : Manual of pediatric Nutrition. pp.49-70. Kelts DG, Jones EG, ed. Little, Brown and company. Boston, 1984
- 38) Macdonald LD, Gibson RS, Miles JE. Changes in hair zinc and copper concentrations of breast fed and bottle fed infants during the first six months. *Acta Paediatr scand* 71 : 785-789, 1982
- 39) Murthy L, Klevay LM, Petering HG. Interrelationship of zinc and copper nutriture in the rat. *J Nutr* 104 : 1458-1461, 1974
- 40) Lönnerdal B. Copper absorption from human milk and infant formulas : Effects of copper and zinc concentra-

- tions. In : Momeilovic ed. Trace elements in man and animals. pp.312-315, IMI, 1990
- 41) Prasad AS, Halsted JA and Nadimi M. Syndrome of iron deficiency, anemia, hepatosplenomegaly, hypogonadism, dwarfism and geophagia. *Am J Med* 31 : 532, 1961
 - 42) Pop-Jordanova N, Bogdanova M. Zinc, copper and iron in serum and hair of newborns and their correlation with clinical data. *Acta Pediatr* 81 : 700-701, 1992
 - 43) Tia MR, Neil FS. Zinc status specifically changes preferences for carbohydrate and protein in rats selecting from separate carbohydrate-, protein-, and fat-containing diets. *J Nutr* 125 : 2874-2879, 1995
 - 44) Chang C, Scott RE. Cerebral zinc content during normal development and the effects of altered protein synthesis in fetal and postnatal cellular growth. In : fetal and postnatal cellular growth. Cheek DB ed. pp.99, John Wiley and Son, Newyork, 1975
 - 45) Krebs NF, Reidinger CJ, Robertson AD, Hambridge KM. Growth & intake of energy and zinc in infants fed human milk. *J pediatr* 124 : 32-39, 1994
 - 46) Salmenpera L, Perheentupa J, Nanto V and Siimes MA. Low zinc intake during exclusive breast-feeding does not impair growth. *J of Pediatr Gastroenterology and Nutr.* 18 : 361-370, 1994
 - 47) Higashi A, Ikeda T, Uehara I, Matsuda I. Effect of low-content zinc and copper formula on infant nutrition. *Eur J Pediatr* 138 : 237-240, 1982
 - 48) Hurley LS, Lönnnerdal B. Trace elements in human milk. Hanson LA, ed. Biology of human milk, pp.75-94, Raven press, New York, 1988
 - 49) Heo GY, Son SM. The study of nutrient intake and mineral contents of hair and urine in autistic children. *Korean J Community Nutrition* 1(3) : 346-353, 1996
 - 50) Widdowson EM, Chan H, Garrison GE, Milner RBG. Accumulation of copper, zinc, manganese, chromium and cobalt in the human liver before birth. *Biol Neonate* 20 : 360-369, 1972
 - 51) Moon HR, Chi JG, Yeon KH, Suh YL, Sung RH, Kim BI, Rhi JL, Kim SH. Menke's disease-an autopsy case with metal analysis of hair. *J Med Science* 2 : 75-83, 1987
 - 52) Hambridge KM, Hambridge C, Jacobs M, And Baum D. Low levels of zinc in hair, anorexia poor growth, and hypogeusia in children. *Pediatr Res* 6 : 868-874, 1972
 - 53) Chen XC, Yin TA, He JS, Ma QY, Han ZM and Li LX. Low levels of zinc in hair and blood, pica, anorexia and poor growth in chineses preschool children. *Am J Clin Nutr* 42 : 694-700, 1985