

일부 한국 아동의 철분과 아연 섭취 및 배설에 관한 연구

최인선 · 이경화 · 오승호[†]

전남대학교 가정대학 식품영양학과

A Study on the Balance of Iron and Zinc in Korean Children

In Seon Choi · Kyung Hwa Lee · Seung Ho Oh[†]

Department of Food Science and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju, Korea

ABSTRACT

In this study, the food intake, feces and urine of 14 primary school age boys and girls were collected and intake and excretion of iron and zinc were measured. The boys and girls were 8 - 12 years old and measurement continued for four weeks during which they maintained their normal living pattern. Each boy's and girl's daily intake and excretion of iron and zinc were measured and apparent digestibility and balance were also calculated. The results are as follows.

Mean daily intake of iron was 14.9 ± 0.6 mg for the boys and 12.4 ± 0.5 mg for the girls. Mean daily intake of zinc was 11.8 ± 1.2 mg for the boys and 11.5 ± 0.4 mg for the girls. Mean daily fecal loss and apparent digestibility of iron was 6.1 ± 0.3 mg and $58.8 \pm 2.0\%$ for the boys and 6.8 ± 0.1 mg and $44.1 \pm 2.0\%$ for the girls. Mean daily fecal loss and apparent digestibility of zinc was 9.3 ± 0.2 mg and $14.4 \pm 5.1\%$ for the boys and 9.7 ± 0.4 mg and $14.3 \pm 4.3\%$ for the girls. Mean daily urinary loss of iron was 1.1 ± 0.1 mg and showed the positive balance of 7.86 ± 0.6 mg for the boys and 0.5 ± 0.1 mg and showed the positive balance of 5.14 ± 0.4 mg for the girls. Mean daily urinary loss of zinc was 0.5 ± 0.1 mg and showed the positive balance of 1.91 ± 0.6 mg for the boys and 0.8 ± 0.1 mg and showed the positive balance of 1.03 ± 0.6 mg for the girls. (Korean J Community Nutrition 3(1) : 12~20, 1998)

KEY WORDS : iron · zinc · food intake · fecal loss · urinary loss · apparent digestibility balance.

서 론

학동기는 신체적으로나 정신적으로 발육이 왕성한 유아기와 사춘기의 중간에 있으며, 신체적으로 점진적 발육 도상의 시기이다. 따라서 이러한 발육기에 있는 아동에게는 건강유지와 증진은 물론, 성장발육에 필요한 만

큼의 충분한 영양소가 공급되어야 하며, 이 시기의 영양의 적부는 성인이 된 다음의 체위, 건강 및 수명에 크게 영향을 준다(모수미 등 1991). 개발도상국의 경우 어린이와 임신부의 사망률을 증가시키는 주요 원인으로 철분 결핍에 의한 빈혈을 보고 하였다(Yip 1994).

우리나라 철분 영양상태의 대부분은 여성을 대상으로 조사한 것이며(계승희 · 백희영 1993 ; 남혜선 · 이선영 1992 ; 이일하 등 1988) 아동을 대상으로 연구한 결과는 없고 대부분이 식품성분표에 의한 계산법에 의존하고 있는 실정이다. 우리나라 남자 아동의 경우 철분 권장량은 12mg/day, 여자 아동의 경우 18mg/day로

[†]Corresponding author : Seung Ho Oh, Department of Food Science and Nutrition, Chonnam National University, #300 Yongbong-dong Buk-gu, Kwangju 500-757, Korea
Tel : 062) 530-1331, Fax : 062) 530-1339
E-mail : ohsh@orion.chonnam.ac.kr

권장하고 있다. 그러나 철분의 소화·흡수는 신체의 철분 필요량, 섭취량, 급원식품의 종류, 섭취형태, 비타민 C의 섭취량, 아미노산의 종류 등 여러요인에 의해 영향을 받는다(송정자 1984).

식이성 아연은 여러 효소들의 구성원소 및 조효소로서 생체에서 metalloenzyme으로 작용하는데 식사에 의한 아연 과잉 섭취는 드문편이나 식이 이외에 보충제로서 아연을 급여했을 때에는 혈중 아연 : 구리 비율의 증가, LDL/HDL cholesterol 분획비의 증가로 인해 심혈관계 질환의 원인이 되기도 하며 Cu, Zn-superoxide dismutase(ESOD) 농도 감소 및 여러가지 면역기능을 감소시킨다고 한다(Anita 등 1989; Harold 등 1982; John 등 1988; Kathleen 등 1989). 또한 인체에 대한 아연의 흡수율은 식이성 단백질(Greger & Snedeker 1980), 인(Greger & Snedeker 1980), 섬유소(김은경·이현옥 1989), 아연(Hambidge 등 1979), 철, 구리, 당질(Landes 1975; Smith 등 1988), 불소(Krebs 등 1988) 및 지방 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다. 그러나 우리나라 사람들의 아연 영양상태는 전국 규모로는 연구되지 않았다. 다만 성인을 대상으로 한 사례 연구들(박진순·천종희 1993; 오영주 등 1987; Yip 1994)이 있을 뿐이다.

무기질은 체내에서 대사작용에 참여하는 경우 2종류 이상의 무기질의 상호간에 특별한 관계를 가지고 흡수, 이용을 돕거나 저해하는 경우가 있다(Hill & Matrone 1970; Storey & Greger 1987). 철분과 아연의 상호작용에 있어서 닭에게 과량의 아연을 주었더니 빈혈이 발생하였고(Bafundo 등 1984), 쥐 실험에서 아연이 철분과 구리의 대사동에 변화를 주어 철분의 이용률을 낮추며 빈혈을 유도한다고 하였다(Siewicki 등 1986). Fisher & Byers(1976)는 성인에게 하루 50mg 정도의 아연을 섭취시켰더니 체내 구리 함량이 저하되었으며, Solomons & Jacobs(1981)는 철분의 과량 섭취는 아연과 구리의 흡수를 방해할 수 있다고 하였다.

우리나라 식사유형에서는 곡류를 주식으로 하고 철분과 아연 함량이 많은 육류, 어류, 가금류 등의 동물성 식품의 섭취가 낮음으로 인하여 이들 무기질의 섭취 부족을 가져 올 수 있다는 점과 성장기 어린이의 경우 성장발달에 매우 중요한 역할을 한다는 점을 고려해 볼 때, 일부 한국 아동을 대상으로 우리나라 식사 형태에서 섭취 및 평형상태를 측정해 보는 것은 의미있는 일이라 하겠다. 또한 이 분야의 연구자료는 부족하며 더

우기 섭취하는 식이를 수거, 분석하여 섭취량을 실측하고 소화흡수율 및 배설량을 분석하여 평형을 관찰한 연구 보고는 거의 없다.

따라서, 본 연구는 8~12세의 한국인 남녀 아동 남자 7명, 여자 7명을 대상으로 4주동안 평상시와 같은 자유로운 생활을 하면서 철분과 아연의 섭취량과 배설량을 측정하고, 이들의 소화흡수율 및 배설량을 측정하므로써 평형상태를 관찰한 바 몇가지 성적을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

조사대상 및 방법

1. 실험대상

대상자는 외견상 특기할 만한 이상이 없는 8~12세의 남녀 초등학교 남자 7명, 여자 7명을 선정하였으며 각 대상자별 실험 첫날과 마지막날의 신체상황을 측정하였다.

모든 실험 대상자들은 실험 마지막날 혈액을 채취하여 hemoglobin(Hb) 및 hematocrit(Hct)치를 측정(이상열·정윤섭 1987) 하였으며 임상증상의 이상유무를 토대로 실험기간 중 각 대상자들의 건강상태를 관찰하였다.

2. 실험기간

처음 2주간을 실험환경에 적응하기 위한 예비실험 기간으로 하고 이후 4주간을 본 실험기간으로 하였다.

3. 급 식

모든 음식물의 분량은 예비실험을 통해서 측정된 각 대상자의 섭취량을 참고로 급식하였으며, 추가 섭취나 잔여량은 급여량에서 가감하여 실제 섭취량을 구하였다. 각 대상자들은 평상시와 똑같이 자유스런 생활을 하면서 주어진 식단표에 의하여 만들어진 음식을 한 장소에서 비교적 일정한 시간(아침 7:00, 점심 12:30 및 저녁 6:30)에 영양사 및 연구보조원들의 관리하에 섭취토록 하였고 주어진 식사 이외의 것은 실험 대상자 스스로 기록하도록 하였으며, 그후 연구원들에 의해 매일 면담법으로 확인 조사하였다. 식단은 1주일치를 작성하여 반복사용하였으며 그 식단 내용은 Table 1과 같다.

4. 시료의 채취 및 처리

음식물 및 배설물 시료의 채취는 예비실험 기간의 2주 중 마지막 1주 및 본 실험기간 4주에 걸쳐 매일 각

Table 1. The kind of diet used

	Breakfast	Lunch	Supper
Monday	Cooked rice Soybean paste soup with sireki Kimchi Milk	Cooked rice Kimchi Danmooji Milk	Cooked rice Kimchi Cucumber kimchi Crackers
Tuesday	Cooked rice Soybean sprout soup Kimchi	Cooked rice Kack doo ki Bread Milk	Cooked rice Steamed chicken Kimchi Bread
Wednesday	Cooked rice Radish soup Kimchi Milk	Cooked rice Steamed fish cake Castella Milk	Cooked rice Kimchi Steamed fish cake Spinach, seasoned
Thursday	Cooked rice Soybean paste soup with sireki Kack doo ki Curried rice Kimchi	Cooked rice Kack doo ki Glutinous rice cake Milk	Cooked rice Kimchi Crackers
Friday	Cooked rice Soybean sprout soup Kimchi Milk	Cooked rice Kimchi Bread, pockmarked Milk	Cooked rice Stew with pomfret Kimchi Moochungkimchi Soybean paste soup Candy Milk
Saturday	Cooked rice Soybean paste soup with sireki Kack doo ki Kimchi	Cooked rice Kimchi Steamed egg, seasoned Jam bread Milk	Cooked rice Mushrooms, seasoned Radish soup with sireki
Sunday	Cooked rice Egg soup Kack doo ki Milk	Cooked rice Kack doo ki Soy sprout, seasoned	Cooked rice Kimchi Crackers

대상자들이 섭취하는 모든 음식물과 그리고 배설물로서 대변 및 소변의 전량을 수거하였고, 각각의 총량을 측정된 후 그 일부를 분석용 시료로 사용하였다. 즉 음식물은 각 대상자들이 섭취하는 양과 동량을 평취하고 대변은 1일 1회 기상직후 미리 칭량된 용기에 수집하여 음식물 및 대변의 양과 대략 동량의 증류수와 함께 균질기에서 곱게 균질화 시킨후 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20℃ 냉동고에 보관하였다. 소변은 24시간 동안 배설된 양을 toluene 3~4 방울이 들어 있는 3 L 물량의 용기에 수집하여 총량을 측정된 후 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20℃ 냉동고에 보관하였다. 뇨중 creatinine 함량은 Jaffe modified 측정법(Bonsnes &

Tausky 1945)을 사용해서 비색법으로 측정하였다.

5. 식이와 배설물 중 철분 및 아연의 함량 측정

수거하여 냉동고에 보관하였던 식이 대변 및 소변시료는 실온에서 해동하여 그 중 일정량을 습식분해법(임정남 1986)으로 분해시킨 후 ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy, Jobin Yvon, France)를 이용하여 철분 및 아연의 함량을 분석하였다.

6. 통계처리

본 연구의 모든 자료는 SAS package를 이용하여 실험 항목별로 평균과 표준오차를 구하였으며, 남·녀간 비교는 t-test로 실시하였다. 각 항목간의 상관관계는

Pearson의 상관계수로 처리하였다.

결과 및 고찰

1. 대상자의 일반사항

모든 실험 대상자들은 전 실험기간 동안 실험환경 및 주어진 식단에 잘 적응하였으며, 실험기간 동안 대상자들의 신체상황은 Table 2와 같다. 신장 및 체중은 남자 아동의 경우 각각 $135.4 \pm 1.1\text{cm}$ 및 $30.8 \pm 0.6\text{kg}$ 이었고, 여자 아동의 경우 각각 $134.7 \pm 4.6\text{cm}$ 및 $30.5 \pm 2.8\text{kg}$ 로 한국인 신장 및 체중 기준치(한국인구보건연구원 1995)(남자인 경우 각각 142cm 및 37kg , 여자인 경우 각각 142cm 및 36kg) 보다는 다소 낮은 경향을 보였다. BMI 20 이상인 경우를 비만으로 판정(Frances & Denise 1983)하고 있는데, 신장과 체중에 의한 BMI는 남녀 아동 각각 16.8 ± 0.2 및 16.6 ± 0.5 로 정상에 속하였다.

혈액학적 및 임상증상은 Table 3과 같다. 헤모글로빈은 남녀 아동 각각 $12.4 \pm 0.1\text{g/dl}$ 및 $13.0 \pm 0.2\text{g/dl}$ 로 정상범위(이삼열 · 정윤섭 1987) $11.9 \sim 14.9\text{g/dl}$ 에 속하였으며, 헤마토크리트는 남녀 아동 각각 $36.5 \pm 0.3\%$ 및 $37.9 \pm 0.6\%$ 로 정상범위(이삼열 · 정윤섭 1987) $35.0 \sim 37.0\%$ 에 속하였다.

Table 2. Physical characteristics of each subject

Subject	Age(yr)	Height(cm)		Weight(kg)		BMI ¹⁾ (kg/m ²)	
		Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final
Male							
1	11.3	129.9	129.9	26.6	27.4	15.8	16.2
2	9.8	141.0	141.5	32.0	33.0	16.1	16.5
3	11.3	139.5	140.0	35.7	35.7	18.3	18.2
4	11.3	136.0	136.0	27.9	29.3	15.1	15.8
5	11.3	136.4	137.3	30.7	32.4	16.5	17.2
6	10.5	127.5	127.6	29.9	29.9	18.4	18.4
7	10.8	134.3	135.4	27.1	27.9	15.0	15.2
Female							
1	8.8	119.3	120.5	22.4	23.5	15.7	16.2
2	11.8	141.0	141.2	27.8	30.6	14.0	15.3
3	12.6	141.4	141.9	36.3	38.0	18.2	18.9
4	10.4	128.5	129.3	25.8	26.3	15.6	15.7
5	8.1	118.8	119.6	22.7	24.2	16.1	16.9
6	9.8	133.7	134.2	27.0	27.5	15.1	15.3
7	12.4	154.5	156.5	41.5	43.2	17.4	17.6
Mean \pm SE ²⁾ for male	10.9 ± 0.1	134.9 ± 1.0	135.4 ± 1.1	29.9 ± 0.7	30.8 ± 0.6	16.5 ± 0.3	16.8 ± 0.2
Mean \pm SE for female	10.6 ± 0.6	133.9 ± 4.5	134.7 ± 4.6	29.1 ± 2.7	30.5 ± 2.8	16.0 ± 0.5	16.6 ± 0.5

1) Body Mass Index = Weight(kg)/(Height(m))²

2) Mean \pm Standard Error

4주 동안 매일 수거한 24시간 뇨 배설량은 남녀 아동 각각 $1106.25 \pm 486.09\text{ml}$ 및 $851.59 \pm 279.12\text{ml}$ 였으며 24시간 뇨중 creatinine 배설량은 남녀 아동 각각 $0.76 \pm 0.02\text{g}$ 및 $0.68 \pm 0.03\text{g}$ 로 정상범위(Frances & De-

Table 3. Laboratory findings of blood in each subject

Subject	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)
Male		
1	12.8	35.2
2	11.7	36.5
3	11.7	36.4
4	12.5	35.0
5	13.5	39.5
6	12.7	35.3
7	11.7	37.5
Female		
1	13.0	34.1
2	12.8	38.0
3	12.8	39.2
4	12.3	35.3
5	12.1	36.4
6	14.0	40.9
7	14.0	41.7
Mean \pm SE ¹⁾ for male	12.4 ± 0.1	36.5 ± 0.3
Mean \pm SE for female	13.0 ± 0.2	37.9 ± 0.6

1) Mean \pm Standard Error

nise 1983) 15~25mg/kg에 속하였다.

2. 철분 섭취량 및 배설량

본 연구 대상자들의 1일 총 철분 섭취량 및 배설량은 Table 4와 같다. 4주 동안 섭취한 모든 음식을 수거하여 분석한 결과 1일 평균 섭취량은 남자 아동의 경우 각 대상자별 11.55~19.84mg/day 범위로 평균 14.96±0.6mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 9.23~15.36mg/day 범위로 평균 12.40±0.5mg/day으로 남자 아동이 여자 아동에 비해 유의적(p<0.05)으로 섭취량이 높았다. 식품분석표(한국인구보건연구원 1995)로 환산한 철분 섭취량은 남자 아동의 경우 각 대상자별 10.16~19.88mg/day 범위로 평균 15.75±0.9mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 10.94~16.54mg/day 범위로 평균 13.88±0.6mg/day이었다. 이는 실측치가 계산치에 비해 남자 아동의 경우 7.8±7.2%, 여자 아동의 경우 14.2±6.1% 정도가 낮았으며, 남자 아동과 여자 아동의 유의적(p<0.05) 차이는 없었다.

철분은 중요한 조혈성분의 하나로 여러 조사에서 성

장기 아동에게 결핍되기 쉬운 영양소의 하나로 보고되고 있는데 이윤나 등(1992)은 조사대상 어린이가 평균적으로 RDA의 97.3%를 섭취하고 있어 평균적으로는 크게 우려되는 정도는 아니라 하였다. 본 연구 대상자 남자의 경우 권장량 12mg/day와 유사한 경향을 보인 반면에 여자의 경우 권장량 18mg/day 보다 낮은 12.40±0.5mg/day로 약 69%를 차지하고 있어서 이일하·이미애(1983)가 언급한 12~13세 부터 월경에 의한 철분 손실이 시작되는 시기라는 점과 김애정(1987)과 백희영(1988)의 주장에서와 같이 본 연구 결과에서도 같은 경향으로 권장량에 미치지 못하는 바, 우리나라 국민들의 철분 섭취량이 권장량과 유사하거나 높게 섭취하고 있다는 일부 평가에 대하여 재고의 여지가 있다.

1일 동안 대변으로의 철분 배설량은 남자 아동의 경우 각 대상자별 4.77~8.64mg/day 범위로 평균 6.05±0.3mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 6.36~7.41mg/day 범위로 평균 6.76±0.1mg/day으로 남자 아동이 여자 아동에 비해 유의적(p<0.05)으로 대변 배설량이 낮았다. 한편 소변으로의 철분 배설량은

Table 4. Dietary intake, fecal loss and urinary excretion of iron during a 4-week study (mg/day)

Subject	Iron Intake		Excretion ³⁾	
	Measured ¹⁾	Calculated ²⁾	Feces	Urine
Male				
1	13.71±1.3	10.16±1.0	5.21±0.5	0.97±0.3
2	15.60±4.1	14.26±1.3	6.16±1.1	1.26±0.2
3	16.70±1.3	19.88±3.2	5.42±0.7	0.52±0.1
4	19.84±1.4	17.14±2.0	6.49±0.8	0.58±0.1
5	14.63±1.9	15.27±1.5	8.64±0.7	0.86±0.4
6	11.55±1.0	19.12±1.4	5.65±1.0	0.87±0.2
7	12.68±1.6	14.43±1.0	4.77±1.1	1.29±0.5
Female				
1	9.23±2.2	15.11±0.7	6.36±0.5	0.47±0.2
2	12.40±1.0	12.92±1.1	6.89±0.6	0.30±0.1
3	10.90±1.6	10.94±2.4	7.41±0.3	0.49±0.1
4	11.61±1.4	12.13±1.7	6.45±0.8	0.70±0.5
5	15.36±1.3	14.66±0.5	6.77±0.4	0.69±0.1
6	12.36±0.7	14.87±0.5	6.68±0.3	0.27±0.4
7	14.94±0.7	16.54±1.5	6.78±0.8	0.56±0.1
Mean±SE ⁴⁾ for male	14.96±0.6*	15.75±0.9 ^{NS}	6.05±0.3*	1.05±0.1*
Mean±SE for female	12.40±0.5	13.88±0.6	6.76±0.1	0.50±0.1
Mean±SE for total	13.68±0.4	14.81±0.5	6.41±0.1	0.77±0.1

1) Iron intake measured by inductively coupled plasma emission spectroscopy.

2) Iron intake calculated by the food table.

3) Iron excretion measured by inductively coupled plasma emission spectroscopy.

4) Mean±Standard Error

*Significantly different from the mean values of females(p<0.05) NS : not significant

남자 아동의 경우 각 대상자별 0.52~1.29mg/day 범위로 평균 1.05±0.1mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 0.27~0.70mg/day 범위로 평균 0.50±0.1mg/day 으로 남자 아동이 여자 아동에 비해 유의적(p<0.05)으로 소변 배설량이 높았다.

철분은 소변, 대변 및 담즙을 통해서 배설되고 또한 발한, 위장관 및 피부 상피세포가 박리될 때 함께 소실된다. 이일하 등(1988)은 우리나라 성인의 칼슘, 인 및 철분의 배설량에 관한 연구에서 남자의 경우 식품성분표에 의해 환산한 철분 14.3±0.8mg/day 섭취량 중 대변으로 12.8±0.8mg/day, Mahalko 등(1983)은 16.31±2.79mg/day를 섭취하는 성인 남자에 있어서 대변으로 10.89±2.09mg/day라 했으며, 백희영(1988)은 6.71±3.08mg/day 섭취량 중 대변으로 8.97±4.11mg/day로 음의 평형을 보였다. 본 실험에서 대변 중 배설량은 남녀 아동 각각 6.05±0.3mg/day 및 6.76±0.1mg/day로 소화·흡수율은(Table 6 참조) 각각 58.8±2.0% 및 44.1±2.0%로 남자 아동이 유의적(p<0.05)으로 높았다. 남녀 아동 각각 7.86±0.5mg/day 및

5.14±0.4mg/day의 양의 평형상태로 남자 아동이 여자 아동에 비해 다소 높았으나 유의적(p<0.05) 차이는 없었다. 이는 실측한 선행연구(장수영 등 1991; 최인선 등 1990)와 유사한 경향을 보였다. 한편 일반적으로 소변 중 철분 배설량은 0.08mg/day라는 보고(Shils & Young 1988)에 대하여 김애정(1987)은 소변 중 0.01~0.02mg/day, Mahalko 등(1983)은 0.08±0.03mg/day라 보고함으로써 소변 중 배설량에 대하여 큰 차이를 보이고 있는데 본 연구 대상자들이 높은 경향을 보이고 있다.

3. 아연 섭취량 및 배설량

본 연구 대상자들의 1일 총 아연 섭취량 및 배설량은 Table 5와 같다. 4주 동안 섭취한 모든 음식을 수거하여 분석한 결과 남자 아동의 경우 각 대상자별 6.12~16.84mg/day 범위로 평균 11.77±0.8mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 9.33~14.02mg/day 범위로 평균 11.53±0.4mg/day이었다.

식품분석표(농촌진흥청 1996)로 환산한 아연 섭취량

Table 5. Dietary intake, fecal loss and urinary excretion of zinc during a 4-week study (mg/day)

Subject	Zinc Intake		Excretion ³⁾	
	Measured ¹⁾	Calculated ²⁾	Feces	Urine
Male				
1	6.12±0.7	3.06±0.5	7.86±0.2	0.53±0.2
2	13.87±2.4	5.63±0.6	10.91±0.5	0.58±0.2
3	11.79±0.5	5.80±0.2	9.66±1.5	0.35±0.1
4	16.84±0.8	6.02±0.4	10.44±1.0	0.39±0.2
5	14.02±2.2	5.66±0.3	8.89±0.9	0.51±0.1
6	11.76±1.1	6.09±0.7	8.78±1.3	0.84±0.5
7	7.97±0.4	5.34±0.1	8.76±2.1	0.47±0.3
Female				
1	9.33±2.1	5.96±0.5	7.11±1.2	0.99±0.5
2	12.68±3.8	4.02±0.7	9.78±1.4	0.12±0.7
3	10.59±0.6	3.82±0.5	13.31±1.3	1.59±0.7
4	11.36±1.1	4.05±0.3	8.51±1.5	0.56±0.3
5	13.33±2.0	5.26±0.2	9.76±1.9	0.75±0.2
6	9.38±2.4	5.37±0.3	9.69±2.2	0.61±0.3
7	14.02±0.9	5.84±0.3	9.74±1.0	0.90±0.3
Mean±SE ⁴⁾ for male	11.77±0.8 ^{NS}	5.37±0.3 ^{NS}	8.85±0.6 ^{NS}	0.54±0.1*
Mean±SE for female	11.53±0.4	4.90±0.2	9.75±0.7	0.79±0.2
Mean±SE for total	11.65±0.4	5.14±0.2	9.51±0.2	0.66±0.1

1) Zinc intake measured by inductively coupled plasma emission spectroscopy.

2) Zinc intake calculated by the food table.

3) Zinc excretion measured by inductively coupled plasma emission spectroscopy.

4) Mean±Standard Error

*Significantly different from the mean values of females(p<0.05) NS : not significant

18 · 철분과 아연 섭취 및 배설에 관한 연구

은 남자 아동의 경우 각 대상자별 3.06~6.09mg/day 범위로 평균 5.37±0.3mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 3.82~5.96mg/day 범위로 평균 4.90±0.2mg/day이었다. 이는 실측치가 계산치에 비해 남자 아동의 경우 52.2±2.5%, 여자 아동의 경우 56.3±2.8% 높았다. 이는 아연에 대한 식품분석표의 조사가 미흡한 결과로 사료된다.

미국의 경우 평형실험 결과에 의하면, 사춘기 이전 어린이의 아연 필요량은 6~7mg/day으로 산출되었다 (Food and Nutritional Board 1989). 그러나 일일 5~6mg을 섭취하는 2~6세의 아동들에게 아연 섭취량을 10mg으로 증가시켰을 때, 성장이 개선되었기 때문에 (Walravens 등 1983) 미국의 경우 사춘기 이전 어린이들의 권장량을 10mg으로 책정하고 있다. 일본의 경우 3~6세 아동의 평형유지에 필요한 아연 섭취량은 4~6mg으로 보고 되었지만, 세부 권장량은 책정하지 않고 있다. 현재 우리나라의 실정으로는 성장기 아동에 관한 자료가 매우 부족하기 때문에 세부적인 권장량을 적절히 추정하기 어려우므로 미국과 동일한 수준으로 권장하고 있는바, 본 연구 대상자들의 아연 실측치는 의미있는 일이라 하겠다.

1일 동안 대변으로의 아연 배설량은 남자 아동의 경우 각 대상자별 7.86~10.91mg/day 범위로 평균 9.33

±0.2mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 7.11~13.31mg/day 범위로 평균 9.70±0.4mg/day 으로 여자 아동이 남자 아동에 비해 다소 높았으나 유의적(p<0.05) 차이는 없었다. 한편 소변으로의 아연 배설량은 남자 아동의 경우 각 대상자별 0.35~0.84mg/day 범위로 평균 0.52±0.1mg/day이었으며, 여자 아동의 경우 각 대상자별 0.12~0.99mg/day 범위로 평균 0.79±0.1mg/day 으로 여자 아동이 남자 아동에 비해 유의적(p<0.05)으로 높았다.

아연은 대변을 통해 가장 많이 배설되는데(승정자 1984), Spencer 등(1979)은 성인 남자에 있어 12.4 mg/day의 아연 섭취시 대변으로의 아연 배설량은 11 mg/day이라고 보고하였다. 본 연구 결과는 남녀 아동 각각 9.33±0.2mg/day 및 9.70±0.4mg/day로 다소 낮은 경향을 보였다. 또한 남녀 아동의 소화·흡수율 (Table 6 참조)은 각각 14.4±5.1% 및 14.3±4.3%로 2.11±0.9mg/day 및 0.99±1.0mg/day의 양의 평형상태를 나타내 남자 아동과 여자 아동 각각 유의적(p<0.05) 차이는 없었다. 또한 신장으로 배설되는 양은 섭취 상태와는 관계없이 0.3~0.6mg/day로 아주 작는데(모수미 등 1991), 본 실험결과 남자 아동의 경우 0.52±0.1mg/day, 여자 아동의 경우 0.79±0.1mg/day로 유사한 경향을 보였다.

Table 6. Balance of iron and zinc in subjects

	Intake	Excretion		Apparent(%)	
		Feces	Urine	digestibility ¹⁾	Balance ²⁾
Iron(mg/day)					
Male	14.96±0.6	6.05±0.3	1.05±0.1	58.8±2.0	7.86±0.5
Female	12.40±0.5	6.76±0.1	0.50±0.1	44.1±2.0	5.14±0.4
Total	13.68±0.4	6.41±0.1	0.77±0.1	51.4±1.8	6.50±0.4
Zinc(mg/day)					
Male	11.77±0.8	9.33±0.2	0.52±0.1	14.4±5.1	1.91±0.6
Female	11.53±0.4	9.70±0.4	0.79±0.1	14.3±4.3	1.04±0.6
Total	11.65±0.4	9.51±0.2	0.66±0.1	14.4±3.3	1.48±0.4

1) Apparent digestibility = ((Intake-Feces)/Intake) × 100

2) Balance = Intake - (Feces + Urine)

Table 7. Pearson's correlation coefficients between total intake and excretion of iron and zinc in subjects

	Total Fe intake	Fecal Fe excretion	Urinary Fe excretion	Total Zn intake	Fecal Zn excretion	Urinary Zn excretion
Fecal Fe excretion	-0.0051					
Urinary Fe excretion	0.5526***	-0.3064*				
Total Zn intake	0.6368***	0.5060**	0.2447			
Fecal Zn excretion	0.2448	0.3308*	0.0009	0.3872**		
Urinary Zn excretion	-0.4565**	0.2368	-0.2405	-0.1535	0.3929**	
Urinary creatinine excretion	0.1732	-0.0910	0.2542	0.1897	0.5360***	0.4800***

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

4. 철분과 아연 섭취량 및 배설량 제 요인과의 상관관계

아동의 철분과 아연 섭취 및 배설에 관련되는 제 요인과의 상관관계는 Table 7에 나타났다.

철분의 섭취량이 많으면 소변으로의 철분 배설량도 높아지는($p < 0.001$, $r = 0.5526$) 정의 상관관계를 나타내었고 소변으로의 아연 배설량은 낮아지는($p < 0.01$, $r = -0.4565$) 부의 상관관계를 나타내었다. 이는 철분과 아연이 상호 경쟁적으로 작용함으로써 아연의 흡수에 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

요약 및 결론

본 연구는 8~12세의 남녀 초등학교 남자 7명, 여자 7명을 대상으로 4주간 평상시와 같은 생활양식을 유지시키면서 각 대상자들이 섭취한 모든 음식과 배설한 대변 및 소변을 수거하여 철분 및 아연의 1일 1인당 섭취량과 배설량을 측정하였고, 이로부터 흡수율과 평형상태를 구하였다. 그 성적을 요약하면 다음과 같다.

1일 1인당 철분 섭취량은 남녀 아동 각각 14.9 ± 0.6 mg 및 12.4 ± 0.5 mg이었고, 아연의 섭취량은 각각 11.8 ± 1.2 mg 및 11.5 ± 0.4 mg이었다. 1일 1인당 대변으로의 철분 손실량은 남녀 아동 각각 6.1 ± 0.3 mg 및 6.8 ± 0.1 mg로 소화·흡수율은 각각 $58.8 \pm 2.0\%$ 및 $44.0 \pm 12.0\%$ 이었고 아연 손실량은 남녀 아동 각각 9.3 ± 0.2 mg 및 9.7 ± 0.4 mg로 소화·흡수율은 각각 $14.4 \pm 5.1\%$ 및 $14.3 \pm 4.3\%$ 이었다. 1일 1인당 소변으로의 철분 배설량은 남녀 아동 각각 1.1 ± 0.1 mg 및 0.5 ± 0.1 mg이었고, 아연 배설량은 남녀 아동 각각 0.5 ± 0.1 mg 및 0.8 ± 0.1 mg이었다. 1일 1인당 철분의 평형상태는 남녀 아동 각각 7.86 ± 0.5 mg 및 5.14 ± 0.4 mg으로 양의 평형상태를 보였고, 아연의 평형상태는 남녀 아동 각각 1.91 ± 0.6 mg 및 1.03 ± 0.6 mg으로 양의 평형상태를 보였다.

이상의 결과들로 보아 발육기에 있는 초등학교 아동들에게 철분과 아연을 비롯한 미량무기질의 권장량, 또는 그 이상으로 충분히 섭취할 수 있는 영양적 배려가 있어야 될 것이라고 생각된다.

참고문헌

계승희 · 백희영(1993) : 우리나라 젊은 성인 여성의 철분 영양상태와 이에 영향을 미치는 식이요인 분석(2) : 주요 식품의 철분 분석과 철분 섭취량 및 이용률 평가. *한국*

영양학회지 26(6) : 703-714
 김애정(1987) : 일부지역 농촌 부인의 Fe, Cu, Zn 섭취 수준 및 혈액성상에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위 논문
 김은경 · 이현옥(1989) : 식이내 섬유소와 Zn 첨가 수준이 흰쥐의 체내 Zn 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 22(6) : 539-546
 남혜선 · 이선영(1992) : 충남대 여대생의 철분 섭취량과 영양상태에 대한 연구. *한국영양학회지* 25(5) : 404-412
 농촌진흥청(1996) : 식품성분표 제 3 차 개정, 농촌영양개선 연구원
 모수미 · 최혜미 · 임현숙 · 박양자(1991) : 지역사회영양학, pp.223-224, 한국방송통신대학
 문현경 · 정태량 · 김영찬(1987) : 국교 5년생의 성장발달에 관한 조사 연구, 2.BMI에 따른 저체중과 과체중의 요인 분석. *한국영양학회지* 20(6) : 405-411
 박진순 · 천종희(1993) : 한국 성인의 아연 섭취 실태 및 아연 보충에 의한 아연 영양상태 변화. *한국영양학회지* 26(9) : 1110-1117
 백희영(1988) : 평상식이를 섭취하는 우리나라 성인 여성들의 주요 무기질 대사에 관한 연구. 숙명여자대학교 논문집 28집 : 549-563
 승정자(1984) : 곡미량 원소의 영양, 민음사
 오영주 · 황인주 · 우순자(1987) : 여주지역 농촌 주부들의 영양소 섭취 실태. *한국영양학회지* 20(5) : 309-317
 이삼열 · 정윤섭(1987) : 임상병리검사법, 연세대학교출판부
 이윤나 · 김원경 · 이수경 · 정상진 · 최경숙(1992) : 서울지역 고소득 아파트단지내 급식 국민학교 아동의 영양실태조사. *한국영양학회지* 25(1) : 56-72
 이일하 · 이미애(1983) : 서울시내 여자 중학생들의 성장발육과 영양섭취 실태 및 환경요인과의 관계. *대한가정학회지* 21(1) : 37-48
 이일하 · 이인열 · 노영희 · 백희영 · 김경숙 · 조재현(1988) : 우리나라 성인의 칼슘, 인 및 철분의 배설량에 관한 연구. *한국영양학회지* 21(5) : 317-323
 임정남(1986) : 식품의 무기성분 분석. *식품과 영양* 17(1) : 42
 장수영 · 최인선 · 오승호(1991) : 한국 여자 대학생의 Iron, copper 및 cobalt 평형에 관한 연구. *한국영양학회지* 20(1) : 78-88
 최인선 · 장수영 · 오승호(1990) : 한국 남자 대학생의 Iron, copper 및 cobalt 섭취량과 평형에 관한 연구. *한국영양학회지* 19(5) : 418-428
 한국인구보건연구원편(1995) : 한국인 영양 권장량 제 6 차 개정, 고문사
 Anita S, Barbara AD, Jeanne ED(1989) : Magnesium, zinc and copper status of US navy seal trainees. *Am J Clin Nutr* 49(4) : 695-700
 Bafundo KW, Baker KH, Fitzgerald PR(1984) : The iron-zinc interrelationship in the chick as influenced by Eimeria acervulina infection. *J Nutr* 114(7) : 1306-1312

- Bonsnes RW, Taussky HH(1945) : On the colorimetric determination of creatinine by the Jaffe reaction. *J Biol Chem* 158 : 581
- Fisher GL, Byers US(1976) : Copper and zinc levels in serum from human patients with sarcomas. *Cancer* 37(1) : 356-363
- Food and Nutritional Board(1989) : Recommended Dietary Allowances, 10th ed, National Academy Press, Washington, D.C.
- Frances JZ, Denise MN(1983) : Applications of clinical nutrition, pp. 369, Prentice Hall
- Greger JL, Snedeker SM(1980) : Effect of dietary protein and phosphorus levels on the utilization of zinc, copper and manganese by adult males. *J Nutr* 110(11) : 2243-2253
- Hambidge KM, Chavez MN, Brown RM, Walravens PA (1979) : Zinc nutritional status of young middle-income children and effects of consuming zinc-fortified breakfast cereals. *Am J Clin Nutr* 32(12) : 2532-2539
- Harold HS, Loise KH, Janet LG(1982) : Zinc nutriture in the elderly in relation to taste acuity, immune response, and wound healing. *Am J Clin Nutr* 36(5 suppl) : 1046-1059
- Hill CH, Matrone G(1970) : Chemical parameters in the study of in vivo interactions of transition elements. *Fed Proc* 29(4) : 1474-1481
- John DB, James MO, Marvin AL(1988) : Zinc and immunocompetence in elderly people : effects of zinc supplementation for 3 months. *Am J Clin Nutr* 48(3) : 655-663
- Kathleen Y, Mary AK, Esther AW(1989) : Iron, copper, zinc status : response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. *Am J Clin Nutr* 49(1) : 145-150
- Krebs JM, Schneider VS, LeBlanc AD(1988) : Zinc, copper and nitrogen balances during bed rest and fluoride supplementation in healthy adult males. *Am J Clin Nutr* 47(3) : 509-514
- Landes DR(1975) : Influence of dietary carbohydrate on copper, iron and zinc status of the rat. *Proc Exp Bio Med* 150(3) : 686-689
- Mahalko JR, Sandstead HH, Johnson LK, Milne DB(1983) : Effect of a moderate increase in dietary protein on the retention and excretion of Ca, Cu, Fe, Mg, P and Zn by adult males. *Am J Clin Nutr* 37(1) : 8-14
- Shils ME, Young VR(1988) : Modern nutrition in health and disease, 7th ed, Lea and Febiger
- Siewicki TC, Sydlowski JS, Van Dolah FM, Balthrop JE(1986) : Influences of dietary zinc and cadmium on iron bioavailability in mice and rats : Oyster versus salt sources. *J Nutr* 116(2) : 281-289
- Smith MA, Moser-Veillon PB, Nagey DA, Douglas LW, Smith JC(1988) : Blood and urinary zinc changes after a glucose challenge in early and late pregnancies. *Am J Clin Nutr* 48(3) : 664-670
- Solomons NW, Jacobs RA(1981) : Studies on the bioavailability of zinc in humans : Effects of heme and non-heme iron on absorption of zinc. *Am J Clin Nutr* 34(4) : 475-482
- Spencer H, Asmussen CR, Holtzman RB, Kramer L(1979) : Metabolic balances of cadmium, copper, manganese and zinc in man. *Am J Clin Nutr* 32(9) : 1867-1875
- Storey ML, Greger JL(1987) : Iron, zinc and copper interactions : Chronic versus acute responses of rats. *J Nutr* 117(8) : 1434-1442
- Walravens PA, Krebs NF, Hambidge KM(1983) : Linear growth of low income preschool children receiving a zinc supplement. *Am J Clin Nutr* 38 : 195-201
- Yip R(1994) : Iron deficiency : contemporary scientific issues and international programmatic approaches. *J Nutr* 124(8 suppl) : 1479S-1490S