

한국 남자대학생의 Iron, Copper 및 Cobalt 섭취량과 평형에 관한 연구

최인선 · 장수영 · 오승호

전남대학교 식품영양학과

A Study on The Intake-Balance of Iron, Copper, and Cobalt of College Men in Korea

In-Sun Choi, Soo-Young Jang and Seung-Ho Oh

Dept. of Food Science and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju, 500-757, Korea.

Abstract

This study measured each daily intake and excretion of iron, copper, and cobalt of eight 20~26 years old college men during four weeks by means of analyzing their food intake, urine, and feces, keeping their normal living pattern and maintenance body weight. This study also compared the actual measurement value of iron intake by atomic absorption spectrophotometer with the conversion value of it by food table. The results were as follows. Each person's average intake daily was iron $9.19 \pm 0.32 \text{ mg/day}$, copper $0.56 \pm 0.06 \text{ mg/day}$, and cobalt $1.86 \pm 0.18 \text{ mg/day}$. Each person's average urinary excretion daily was iron $0.53 \pm 0.07 \text{ mg/day}$, copper $0.07 \pm 0.03 \text{ mg/day}$, and cobalt $0.13 \pm 0.01 \text{ mg/day}$. Each person's average fecal excretion daily was iron $1.73 \pm 0.14 \text{ mg/day}$, copper $0.16 \pm 0.01 \text{ mg/day}$, and cobalt $0.46 \pm 0.08 \text{ mg/day}$. The actual measurement value was $9.19 \pm 0.32 \text{ mg/day}$, and its conversion value $14.07 \pm 0.29 \text{ mg/day}$: the former was 35% lower than the latter.

서 론

식품 중에 함유되어있는 무기질은 생물체내에서 열량원은 되지 않으나 생물체의 구성 성분으로서 중요하다. 최근 여러 가지 특수한 분석법의 생화학, 영양학 및 의학등의 급진적인 발달로 미량원소의 영양학적인면과 그 작용 기전에 대한 관심이 더욱 깊어졌고 이에 관한 연구도 활발하다. 일반적으로 무기질이 체내에서 대사작용에 참여하는 경우 2종류 이상의 무기질은 상호 흡수, 이용을 돕거나 혹은 저해하는데^{1,2)} 혈액소 생합성 과정에 있어서 cobalt와 copper 및 iron의 상호작용은 이미 밝혀진 사실로서 이들 3원소들은 어느

한가지라도 결핍될 경우 빈혈이 유발된다는 것과³⁾ copper가 결핍된 쥐에게 iron과 sucrose를 과량 먹여도 쥐의 빈혈이 증가 된다는 점⁴⁾은 이들 무기질들의 체내 상호작용의 일단을 밝히는 점이라 하겠다.

Iron은 헤모글로빈을 구성하는 조혈 인자로서 17세기경 Sydenham⁵⁾에 의해서 빈혈치료에 효과적이라는 것이 밝혀져 있으며 iron이 부족하게 되면 iron 결핍성 빈혈에 걸리게 된다. Jain 등⁶⁾은 유아와 동물에서 iron 결핍시 RBC 생존의 감소를 관찰했으며 김⁷⁾은 조혈 기능외에 체내 iron 함량의 증가로 낮은 부하에서 운동 수행시의 심박수 반응 개선과 최대 운동 수행능력을 개선시킬 수

있다고 하였다.

Copper는 동식물과 인체의 필수원소 중 미량 금속으로서 잘 알려져 있고⁸⁻¹¹⁾ 혈액소형성에 촉매로 작용하며 iron 흡수에 도움을 주어 적혈구 형성에 필수적인 요소로서 결핍증은 흔히 일어나지 않으나 copper도 iron의 흡수 및 이용을 도와 혈액소의 생합성을 돕는다¹²⁾.

Cobalt는 1948년에 비타민 B₁₂가 4%의 cobalt를 갖고 있음이 밝혀지면서 인체에 필수 원소임이 증명되었고 cobalt의 흡수율이 다른 원소들에 비하여 특이하게 높기 때문에 비타민 B₁₂ 이외의 생리적 기능이 있으리라고 주장되는 동안 신동¹³⁾은 cobalt이온에 의한 CaCl₂ 및 KCl의 평활관 수축 변화는 cobalt 이온이 외부 calcium의 유입을 억제하고 세포 내부에서의 유리도 억제하여 세포내 calcium 농도의 변화를 나타내지 않기 때문에 평활근의 수축이 감소되어 진다고 하였다.

미량원소의 생체내 기능에 대한 연구가 활발해지면서 그 중요성이 더욱 강조되고 있기 때문에¹⁴⁾ 우리나라 식사형태에서 무기질 대사에 관한 연구들이 여러번 보고¹⁵⁻²¹⁾되어 있으나 아직도 이 분야의 연구는 미약하다. 현재 우리나라의 iron 권장량 산출은 1989년 제5개정에서²²⁾ 국내 학자들의 한국인을 대상으로한 iron 영양 상태에 관한 연구보고를 토대로 하였다²³⁾ 그러나 이들은 대부분 식품 섭취 실태 조사에 의하여 환산한 iron 섭취량을 기초로한 것이므로 우리 국민에 맞는 적절한 iron 권장량이 책정되었다고 보기에는 아직도 미흡한 점이 많을 뿐더러 iron이외의 무기질에 대한 권장량은 설정되지도 않은 실정이다. 더욱이 국민의 무기질 섭취 상태는 경제, 문화, 사회의 여건 변동뿐 아니라 성별, 연령별 및 사회계층별로 달라지므로^{23, 24)} 이에 따라 권장량도 변화된다. 그러므로 한국인에 대한 무기질 권장량 설정은 한국인을 대상으로 여러가지 여건변동에 따른 무기질 소비량에 관한 정확한 연구 자료가 이용되어야 한다.

본 연구는 정상 성인 남자를 대상으로 적정체중을 유지시키면서 인체조혈 인자로서 무기질인 iron, copper 및 cobalt의 섭취량과 배설량을 측

정하여 체내 평형 상태를 관찰하므로써 앞으로 이들의 권장량 설정을 위한 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

실험재료 및 방법

실험대상

대상자는 흉부의 X-선 검사 및 내과 전문의사의 진찰등으로 특기할만한 이상이 없는 20~26세 남자 대학생 중 8명의 지원자를 선정하였다. 이들 대상자들의 신체상황은 Table 1에 제시되어 있다. 모든 실험대상자들은 실험 첫날과 마지막날 혈액을 채취하여 hemoglobin(Hb) 함량 및 hematocrit(Hct)치와 혈청내 albumin/globulin(A/G)ratio, glutamic oxaloacetic transaminase(GOT), glutamic pyruvic transaminase(GPT) 및 alkaline phosphatase(ALP) 활성을 측정(Table 2)한 것과 임상증상의 이상유무를 토대로 실험기간 중 각 대상자들의 건강 상태를 관찰하였다.

실험기간

1989년 7월 1일 부터 7월15일까지 실험환경에 적응하기위하여 2주간을 예비 실험기간으로하고 1989년 7월16일 부터 8월12일까지 4주간을 본 실험기간으로 하였다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Subjects	Age (Year)	Height (cm)	Weight (kg)	Skinfold ¹⁾ thickness (mm)
1	25.7	165.4	59.0	46.5
2	24.6	167.5	63.4	41.5
3	24.1	167.0	57.5	29.0
4	21.5	164.7	57.6	36.0
5	26.3	163.5	56.7	45.5
6	20.0	171.9	70.0	38.5
7	22.1	170.6	57.7	43.3
8	25.7	171.7	66.5	31.5
Mean	23.8	167.8	61.1	39.0
± SEM	0.8	1.2	1.8	2.1

¹⁾The sum of triceps, abdomen and subscapular skinfolds.

Table 2. Summary of hematological and blood clinical results for each subjects

		Hb(g/dl)	Hct(%)	A/G(ratio)	GOT(units)	GPT(units)	ALP(units)
Initial	1	16.1	46.6	1.3	14.0	14.0	8.0
	2	15.3	44.1	1.8	11.0	13.0	5.0
	3	14.8	44.4	1.9	11.0	12.0	8.0
	4	16.1	45.2	1.7	18.0	14.0	4.0
	5	13.9	43.3	1.5	14.0	13.0	4.0
	6	16.3	46.9	1.8	12.0	10.0	4.0
	7	16.1	48.0	1.9	14.0	12.0	8.0
	8	15.2	43.4	1.9	16.0	14.0	6.0
Final	1	16.0	45.0	1.8	36.0	12.0	8.0
	2	16.5	46.7	2.0	13.0	11.0	5.0
	3	15.6	44.8	1.5	15.0	13.0	7.0
	4	15.3	43.7	1.4	16.0	14.0	4.0
	5	14.9	43.4	1.7	15.0	11.0	5.0
	6	15.2	42.0	1.8	13.0	11.0	4.0
	7	15.1	43.7	1.9	15.0	11.0	9.0
	8	15.3	44.7	1.9	20.0	13.0	6.0
Mean± SEM		15.0± 0.3	45.2± 0.6	1.7± 0.1	13.8± 0.9	12.8± 0.5	5.9± 0.7
for initial							
Mean± SEM		15.5± 0.2	44.3± 0.5	1.8± 0.1	17.9± 2.8	12.0± 0.5	6.0± 0.7
for final							
Normal± values ²⁶⁾		14.0~16.0	40.0~48.0	1.2~2.0	8.0~40.0	5.0~35.0	3.0~13.0

Hb= Hemoglobin, Hct= Hematocrit, A/G= Albumin/Globin
 GOT= Glutamic Oxaloacetic Transaminase(Reitman-Frankel Units)
 GPT= Glutamic Pyruvic Transaminase(Reitman-Frankel Units) and
 ALP= Alkaline Phosphatase(King-Armstrong Units).

급 식

모든 음식물의 분량은 예비실험을 통해서 측정된 각 대상자의 섭취량을 참고로 급식하였으며 추가섭취나 잔여량은 급여량에서 가감하여 실제 섭취량을 구하였다. 각 대상자들은 평상시와 똑 같이 자유로운 생활을 하면서 1일 1인당 체중 kg당 45Kcal의 에너지를 유지하고 단백질은 1일 1인당 체중 kg당 1.18g이 되도록 만든 식단표(Table 3-a)에 의해 만들어진 음식을 지정된 장소에서 비교적 일정한 시간(아침: 07:00, 점심: 12:30, 저녁: 18:00)에 영양사의 관리하에 섭취하도록 하고 22:00시경에는 간식을 급여하였다. Table 3-a는 음식의 종류만을 나타낸 것이며 Table 3-b는 남자 대상자 1번에서 월요일의 식품섭취

량과 이것으로부터 식품분석표²²⁾로 환산한 iron 함량 및 원자흡광도계로 측정된 iron 함량의 한 예를 나타낸 것이다.

시료의 채취 및 처리

식이 및 배설물 시료의 채취는 예비실험기간의 2주중 마지막 1주 및 본 실험기간 4주에 걸쳐 각 대상자들이 섭취하는 식이 그리고 배설물로서 대변과 소변을 수집하였다. 즉 매주 처음 4일간은 실험환경과 식이섭취량 배설량의 총량만을 측정하였고 나머지 3일간은 매일 섭취하는 식이와 배설물의 총량을 1일 단위로 측정한 후 그 일부를 분석용 시료로 사용하기 위하여 수집하였다.

수거한 식이는 실험대상자들이 섭취하는 양과

Table 3-a. The kind of diet used

	Breakfast	Lunch	Supper
Monday	Cooked rice Trangle soup with beef Spiced perilla leaf Dry anchovy, roasted Kimchi	Cooked rice Sea eel stew Kimchi Milk	Cooked rice Soy-paste soup Hair tail, roasted Lettuce, salted Castella Kimchi
Tuesday	Cooked rice Steamed fish cake soup Squid boiled dry Shredded cucumber salad Kimchi	Cooked rice Radish soup with beef Spiced eggplant Leek, salted Kimchi Milk	Cooked rice Beef, roasted Spiced lettuce Soy-paste soup Castalla
Wednesday	Cooked rice Soy-paste soup Dry cod, roasted Spiced bellflower root Kimchi	Cooked rice Beef stew Kimchi Milk	Cooked rice Soy-paste soup Spiced egg fry Spiced watercress Castella Kimchi
Thursday	Cooked rice Beef soup Spiced perilla leaf Spiced saused clam Kimchi	Cooked rice Soy-paste soup Mackerel boiled dry Lettuce, salted Kimchi Milk	Cooked rice Pork chop, roasted Soy-paste soup Castella
Friday	Cooked rice Soybean sprout soup Spiced egg, steamed Spiced cucumber Kimchi	Cooked rice Kimchi stew with pork Spiced danmuji Spiced spinach Kimchi Milk	Cooked rice with beef stew Kimchi Castella
Saturday	Cooked rice Tangle soup with clam Korean cabbage, salted Spiced bellflower root Kimchi	Cooked rice mixed with seasoning Soy-paste soup Milk	Cooked rice Kimchi stew Spiced green pumpkin Spiced squid, steamed Castella Kimchi

Sunday	Cooked rice	Cooked rice	Cooked rice
	Dry alaskan pollack	Radish soup with beef	Soy-paste soup
	soup with egg	Fungus boiled dry	Spiced mungbean
	Spiced cucumber	Fish cake boiled dry	sprout
	Anchovy boiled dry	Milk	Saused clam
	Kimchi		Castella

Table 3-b. An example of food and daily iron intake on Monday in make subject 1

Breakfast			Lunch			Supper		
Cooking	Material	Intake (g)	Cooking	Material	Intake (g)	Cooking	Material	Intake (g)
1. Cooked rice	Rice	96.0	1. Cooked rice	Rice	154.0	1. Cooked rice	Rice	154.0
2. Tangle soup with beef	Beef	11.2	2. River eel stew	River eel	62.8	2. Soy-paste soup	Bean curd	20.5
	Tangle	2.8		Radish leaf, dried	67.3		Clam, dried	9.2
	Soy-sauce	1.0		Perilla seed, dired	8.3		Stone leek	3.1
3. Spiced perilla leaf	Perilla leaf	3.6		Ginger root	2.2		Onion	3.1
	Carrot	0.5		Garlic	1.3	3. Hairtail, roasted	Soy-paste	13.1
	Onion	0.5		Red pepper powder	0.5		Garlic	1.0
	Stone leek	0.5	3. Kimchi		80.0		Hair tail	31.1
	Red pepper powder	0.1	4. Castella		95.0		Corn oil	3.2
	Soy-sauce	0.5	5. Milk		400.0		Carrot	0.9
	Garlic	0.1					Onion	0.9
	Sesame oil	0.2					Stone leek	0.9
4. Roasted anchovy with millet	Millet jelly	1.5					Red pepper powder	0.3
	Anchovy, dried	13.3					Soy-sauce	1.2
	Red pepper soy-paste	1.4				4. Lettuce, salted	Garlic	0.6
	Soybean oil	1.4					Lettuce	21.8
	Soy-sauce	2.8					Carrot	2.7
	Garlic	0.1					Onion	2.7
5. Kimchi		40.0					Stone leek	2.7
							Red pepper powder	0.3
							Soy-sauce	3.0
							Garlic	0.3
							Sesame oil	1.3
						5. Kimchi		45.0

Iron estimated by food table²²⁾ : 15.36mg/day

Iron measured by atomic absorption spectrophotometer : 11.71mg/day

Table 4. Measuring conditions for iron, copper and cobalt in food, feces and urine

	Fe	Cu	Co
Wavelength(nm)	372.0	327.4	345.4
Lamp current(nm)	5.0	3.5	7.0
Band pass(nm)	0.1	0.1	0.1
Fuel			
C ₂ H ₂ flow rate(L/min)	2.0	2.0	2.0
air flow rate(L/min)	13.5	13.5	13.5

동량을 칭취하고 대변은 칭량된 용기에 수집하여 각각 동량의 물과함께 혼합기에서 급계 균질화한 후 각각 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20°C 냉동고에 보관하였고, 소변은 24시간지를 방부 효과가 있는 진한 염산 10ml가 들어있는 용기에 수거하여 총량을 측정된 후 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20°C 냉동고에 보관하였다.

식이와 배설물 중 Iron, Copper 및 Cobalt의 함량 측정

수거하여 냉동고에 보관하였던 식이, 대변 및 소변시료는 실온에서 해동하여 그중 일정량을 습식분해법²⁵⁾으로 분해 시킨 후 iron, copper, cobalt 표준용액을 조제하여 각각 정량하였고 정량시 원자흡광광도계의 분석조건은 Table 4와 같다.

Table 5. Relationship between dietary intake, fecal loss and urinary excretion of iron during a 4-week study (mg/day)

Subjects	Intake		Excretion ³⁾	
	Table ¹⁾	Measured ²⁾	Feces	Urine
1	13.86±1.78	8.46±1.07	1.91±0.44	0.74±0.31
2	13.84±1.25	7.84±0.98	1.89±0.13	0.47±0.11
3	15.65±2.37	8.91±1.04	1.32±0.34	0.39±0.10
4	12.95±1.21	9.93±0.97	2.07±0.55	0.59±0.17
5	14.57±1.79	10.87±1.59	1.87±0.12	0.39±0.07
6	14.18±1.42	9.26±1.37	1.02±0.25	0.88±0.36
7	13.07±1.13	9.63±1.95	1.50±0.21	0.53±0.20
8	14.47±2.03	8.58±0.84	2.26±0.30	0.29±0.14
Mean±SEM	14.07±0.29	9.19±0.32	1.73±0.14	0.53±0.07

¹⁾Iron estimated by food table.

²⁾Iron measured by a atomic absorption spectrophotometer.

³⁾Iron excretion by a atomic absorption spectrophotometer.

실험성적

대상자의 일반상황

모든 실험대상자들은 전 실험기간 동안 실험 환경 및 주어진 식단에 잘 적응하였으며, 혈액학적 및 임상증상에 이상이 없었다(Table 2 참조).

Iron 섭취량 및 배설량

본 연구대상자들의 1일 총 iron 섭취량 및 배설량은 Table 5와 같다. 1일 동안 섭취한 모든 음식을 수거하여 분석한 결과 각 대상자별 총 iron 섭취량은 7.84~10.87mg/day 범위로 평균 9.19±0.32mg/day이었다. 1일 동안 소변으로의 iron 배설량은 각 대상자별 0.29~0.88mg/day 범위로 평균 0.53±0.07mg/day이었으며, 대변으로의 iron 배설량은 1.02~2.26mg/day 범위로 평균 1.73±0.14mg/day이었다.

Iron의 실측치와 환산치를 비교하기 위하여 대상자들의 실제 섭취량을 수거하여 측정된 실측치와 식품분석표^{22,27)}에 의해 얻은 환산치는 Table 5에 제시하였다. Iron의 환산치는 12.95~15.65mg/day 범위로 평균 14.07±0.29mg/day이었고, 실측치는 7.84~10.87mg/day 범위로 평균 9.19±0.32mg/day

/day이었다.

Copper 섭취량 및 배설량

본 연구대상자들의 1일 총 copper 섭취량 및 배설량은 Table 6과 같다. 1일 동안 섭취한 모든 음식을 수거하여 분석한 결과 각 대상자별 총 copper 섭취량은 0.35~0.83mg/day 범위로 평균 0.56 ± 0.06 mg/day이었다. 1일 동안 소변으로의 copper 배설량은 각 대상자별 0.01~0.29mg/day 범위로 0.

07 ± 0.03 mg/day이었으며, 대변으로의 copper 배설량은 0.12~0.21mg/day 범위로 평균 0.16 ± 0.01 mg/day이었다.

Cobalt 섭취량 및 배설량

본 연구대상자들의 1일 총 cobalt 섭취량 및 배설량은 Table 7과 같다. 1일 동안 섭취한 모든 음식을 수거하여 분석한 결과 각 대상자별 총 cobalt 섭취량은 1.01~2.50mg/day 범위로 평균 $1.86 \pm$

Table 6. Relationship between dietary intake, fecal loss and urinary excretion of copper during a 4-week study (mg/day)

Subjects	Intake		Excretion ³⁾	
	Table ¹⁾	Measured ²⁾	Feces	Urine
1	—	0.37 ± 0.06	0.21 ± 0.01	0.01 ± 0.00
2	—	0.35 ± 0.05	0.17 ± 0.01	0.01 ± 0.00
3	—	0.58 ± 0.09	0.13 ± 0.04	0.09 ± 0.06
4	—	0.40 ± 0.07	0.18 ± 0.05	0.01 ± 0.00
5	—	0.74 ± 0.18	0.15 ± 0.01	0.13 ± 0.09
6	—	0.83 ± 0.26	0.12 ± 0.03	0.01 ± 0.00
7	—	0.48 ± 0.09	0.13 ± 0.01	0.29 ± 0.21
8	—	0.74 ± 0.25	0.19 ± 0.02	0.02 ± 0.01
Mean \pm SEM		0.56 ± 0.06	0.16 ± 0.01	0.07 ± 0.03

¹⁾Copper estimated by food table.

²⁾Copper measured by a atomic absorption spectrophotometer.

³⁾Copper excretion by a atomic absorption spectrophotometer.

Table 7. Relationship between dietary intake, fecal loss and urinary excretion of cobalt during a 4-week study (mg/day)

Subjects	Intake		Excretion ³⁾	
	Table ¹⁾	Measured ²⁾	Feces	Urine
1	—	1.45 ± 0.43	0.30 ± 0.02	0.07 ± 0.01
2	—	1.01 ± 0.34	0.32 ± 0.05	0.09 ± 0.02
3	—	1.32 ± 0.44	0.48 ± 0.07	0.14 ± 0.05
4	—	2.21 ± 0.78	0.96 ± 0.31	0.09 ± 0.02
5	—	2.37 ± 0.98	0.34 ± 0.10	0.13 ± 0.02
6	—	2.50 ± 0.73	0.31 ± 0.00	0.16 ± 0.06
7	—	2.21 ± 0.87	0.33 ± 0.06	0.19 ± 0.06
8	—	1.83 ± 0.43	0.67 ± 0.14	0.15 ± 0.05
Mean \pm SEM		1.86 ± 0.18	0.46 ± 0.08	0.13 ± 0.01

¹⁾Cobalt estimated by food table.

²⁾Cobalt measured by a atomic absorption spectrophotometer.

³⁾Cobalt excretion by a atomic absorption spectrophotometer.

0.18mg/day이었다. 1일 동안 소변으로의 cobalt 배설량은 0.07~0.19mg/day 범위로 평균 0.13 ± 0.01 mg/day이었으며, 대변으로의 cobalt 배설량은 0.30~0.96mg/day 범위로 평균 0.46 ± 0.08 mg/day이었다.

고 찰

Iron의 섭취량 및 배설량

Bailey등²³⁾, Nordstorm²⁴⁾ 및 Dokkum²⁸⁾은 지역별, 성별, 국가간 식이 양상에 따라 함량이 다르고 Acosta등²⁹⁾은 소득 계층간 그리고 Mahalko등³⁰⁾은 단백질의 섭취량에 따라 iron 섭취량은 달라진다고 하는 등 iron 섭취량은 여러 조건에 따라 달라진다.

전³¹⁾은 식품 섭취 실태를 통한 1일 1인당 iron 섭취량이 제주가 평균 14.5mg/day로 가장 낮았다고 하였다. 그리고 최등³²⁾은 정상식과 채식을 하는 여대생의 영양 상태에 관한 연구에서 정상식에서 15.46 ± 0.94 mg/day, 채식은 25.0 ± 2.62 mg/day이었고 강³³⁾은 서울 시내 거주 노인의 영양 섭취 실태 및 식생활 태도 조사 연구에서 남자는 14.8mg/day, 여자는 13.1mg/day를 보고했다. 한편 1986년도 보사부의 국민 영양 조사 결과에 의하면 iron의 1일 1인당 섭취량은 17.0mg/day라 보고한 바 있다³⁴⁾.

이상에서와 같이 iron 섭취량에 대한 자료들은 대부분이 식품 섭취량 조사 자료를 식품 분석표에 의하여 환산한 것으로 식이 수거 및 분석에 의한 실측 보고 자료는 드물다. 그 중 김²¹⁾은 일부지역 농촌 부인을 대상으로 섭취하는 식품을 수거하여 iron 섭취량을 분석한 결과 폐경기 이전의 대상자는 10.88 ± 3.71 mg/day, 폐경기 후 대상자는 10.87 mg/day이었다고 하였으며 백¹⁸⁾은 평상 식이를 섭취하는 성인 여성을 대상으로한 연구에서 실측한 iron 섭취량은 6.71 ± 3.08 mg/day이었으며 식품분석표로 환산한 iron 섭취량은 9.94 ± 3.58 mg/day이라고 하였다.

본 연구에서 대상자들의 모든 식품을 수거하여 실측한 총 iron 섭취량은 9.19 ± 0.32 mg/day이었던

데 식품 섭취량을 식품 분석표에 의하여 환산한 iron 섭취량은 14.07 ± 0.29 mg/day으로서 실측치가 환산치보다 35% 낮았다(Table 5 참조). 이는 백¹⁸⁾의 실측치가 환산치와의 차이와 유사하다. 그간 식품 분석표를 사용하여 계산한 영양소 함량에 대한 문제점을 지적³⁵⁾하고 있고 실제로 백¹⁸⁾과 김²¹⁾은 권장량과 비교시 충분치 못함을 밝히고 본 연구 결과에서도 같은 결과로 권장량에 미치지 못하는 바 우리나라 국민들의 iron 섭취량이 환산치에 의존하여 권장량과 유사하거나 높게 섭취하고 있다는 일부 평가는 재고되어야 한다.

Iron은 소변, 대변 및 땀을 통해서 배설되고 또한 발한, 위장관 및 피부 상피세포가 박리될 때 함께 소실된다. 이등¹⁹⁾은 우리나라 성인의 칼슘, 인 및 철분의 배설량에 관한 연구에서 남자의 경우 식품 분석표에 의해 환산한 iron 14.3 ± 0.8 mg/day 섭취량 중 대변으로 12.8 ± 0.8 mg/day, Mahalko등³⁰⁾은 16.31 ± 2.79 mg/day을 섭취하는 성인 남자에 있어서 대변으로 10.89 ± 2.09 mg/day라 했으며 백¹⁸⁾은 6.71 ± 3.08 mg/day 섭취량 중 대변으로 8.97 ± 4.11 mg/day로 음의 평형을 보였다.

한편, 일반적으로 소변 중 iron 배설량은 0.08 mg/day³⁶⁾이라는 보고에 대하여 김²¹⁾은 소변중 0.01~0.12mg/day, Mahalko등³⁰⁾은 0.08 ± 0.03 mg/day라 보고 함으로써 소변 중 배설량에 대하여 큰 차이를 보이고 있는데 본 실험에서 대변 중 iron 배설량은 평균 1.73 ± 0.14 mg/day이고 소변 중 iron 배설량은 평균 0.53 ± 0.07 mg/day로서 6.92 ± 0.35 mg/day의 positive 평형을 보여 주었다. 이는 Mahalko등³⁰⁾의 연구 결과 iron balance가 positive 평형인 5.34 ± 3.25 mg/day와 유사하다.

Copper의 섭취량 및 배설량

Copper 섭취량에 대하여 Mahalko등³⁰⁾은 65g protein 섭취시 0.952 ± 0.120 mg/day, 그리고 Kelsay등³⁷⁾은 high fiber diet를 섭취하는 식이에서 1.5 ± 0.1 mg/day이라고 보고한 바 있는데 김²¹⁾은 우리나라 일부 지역 농촌 부인의 copper 섭취 수준을 식이 분석에 의해 2.10 ± 0.68 mg/day이라고 하였다. 본 연구 대상자들의 1일 copper 섭취량은

0.56±0.06mg/day(Table 6참조)로 1mg/day이하를 섭취하고 있는 미국의 경우³⁸⁾와 유사하다. 따라서 김²⁰⁾의 우리나라 일반적 식사 형태에서 1일 copper 섭취량이 2mg/day 정도일 때 copper 평형은 유지 된다고 하는 보고에 따르면 본 실험 대상자들의 copper 섭취량이 copper 평형 유지에 필요한 섭취량에 미치지 못한다고 사료된다.

Copper의 배설은 담낭을 통해서 이루어지는데 거의 대부분이 copper와 protein으로 연결되어 있으며 일부는 담즙산과 아미노산, 그리고 짧은 peptide 사슬과도 연결되어 있어 쉽게 소변으로 배설되지 않는다¹⁴⁾. Copper의 배설은 copper의 영양 상태와 밀접한 관계가 있으며, 또한 copper항상성 조절 작용에 의해서 음식으로 소량 섭취시 많은 양이 흡수되고 음식으로 많은 양의 copper를 섭취시 흡수량이 감소된다³⁾. 김²⁰⁾은 대변으로 1.23±0.16mg/day, 소변으로 0.12±0.03mg/day이며 Kelsay 등³⁷⁾은 High fiber diet 섭취시 대변으로 1.4±0.0/day, 소변으로 0.06±0.01mg/day이고 김²¹⁾은 소변으로 0.04±0.02mg/day를 관찰했다. 본 연구에서 대변으로 평균 0.16±0.01mg/day이고 소변으로 평균 0.07±0.03mg/day로 소변 중 배설량은 이상의 보고들과 유사하지만 대변으로의 배설율은 매우 낮았다. 그렇지만 Cartwright³⁹⁾는 남자인 경우 매일 2~5mg Cu/day 섭취시 대변으로 0.1~0.3mg/day 배설된다는 보고와 유사하다.

Cobalt의 섭취량 및 배설량

Cobalt는 비타민 B₁₂의 구성 성분으로 주요 무기질로서 중요한 위치를 차지하고 있으므로 비타민 B₁₂를 충분히 섭취하면 cobalt의 결핍증은 나타나지 않는다. 식이로서 하루 섭취되는 co-

balt의 양에 대하여 잘 알려져 있지 않은 중에도 대략의 섭취경향을 보면 5~600μg/day로 다양하다고 하는데¹⁴⁾ 본 연구 대상자들의 1일 cobalt 섭취량은 1.01~2.50mg/day범위로 평균 1.86±0.18mg/day이었다(Table 7참조).

한편 대변으로 1일 cobalt 배설량은 0.30~0.96mg/day범위로 평균 0.46±0.08mg/day이었으며 소변으로 1일 cobalt 배설량은 0.07~0.19mg/day범위로 평균 0.13±0.01mg/day이었다. Iron, copper 및 cobalt의 섭취량과 소변, 대변으로 배설되는 양을 상호 비교한 결과는 Table 8과 같다. 이들 모두 positive 평형을 보여 대상자들의 iron, copper 및 cobalt가 모두 축적되었다고 결론 지을 수는 없다고 본다. 즉 고온 다습한 기후에서는 땀으로 1일 5mg 이상의 iron을 배설할 수 있어서 결코 땀으로 배설되는 양을 무시할 수 없다⁴⁰⁾는 보고와 최⁴¹⁾의 연구 결과 계절적인 흡수율에 대한 연구의 필요성을 강조하는 것등을 통해서 볼 때 본 실험기간이 무더운 7, 8월경에 행해져 비록 실험기간동안 고온 다습한 조건하에서 배설경로를 추정하진 않았지만 대부분 iron, copper 및 cobalt가 축적되었다기 보다는 소변, 대변이외의 부분으로 혹은 잠정적으로 축적되었다가 다시 배설되는지에 대한 후후 연구가 요구된다.

요 약

본 연구는 20~26세의 남자 대학생 8명을 대상으로 4주간 평상시와 같은 생활양식과 적정체중을 유지시키면서 각 대상자들이 섭취한 모든 음식과 배설한 대변 및 소변을 수거하여 iron, copper 및 cobalt의 함량을 측정하여 1인 1일당 섭취량과 배설량을 측정하였다. Iron의 섭취량은

Table 8. Metabolism of major minerals in the study subjects

	Fe	Cu	Co
Intake by chemical analysis(mg/day)	9.19±0.32	0.56±0.06	1.86±0.18
Excretion feces(mg/day)	1.73±0.14	0.16±0.01	0.46±0.08
urine(mg/day)	0.53±0.07	0.07±0.03	0.13±0.01
total(mg/day)	2.26±0.12	0.23±0.03	0.59±0.08
Balance(mg/day)	6.92±0.35	0.33±0.07	1.27±0.18

원자흡광광도계로 측정된 실측치와 식품분석표에 의거하여 얻은 환산치와의 관계를 비교하였다.

그 성적을 요약하면 다음과 같다.

1일 1인당 각 대상자별 평균 섭취량은 iron $9.19 \pm 0.32\text{mg/day}$, copper $0.56 \pm 0.06\text{mg/day}$, 그리고 cobalt $1.86 \pm 0.18\text{mg/day}$ 이었다. 1일 1인당 각 대상자별 소변으로의 평균 배설량은 iron $0.53 \pm 0.07\text{mg/day}$, copper $0.07 \pm 0.03\text{mg/day}$, 그리고 cobalt $0.13 \pm 0.01\text{mg/day}$ 이었다. 1일 1인당 각 대상자별 대변으로의 평균 배설량은 iron $1.73 \pm 0.14\text{mg/day}$, copper $0.16 \pm 0.01\text{mg/day}$, 그리고 cobalt $0.46 \pm 0.08\text{mg/day}$ 이었다. Iron의 실측치는 $9.19 \pm 0.32\text{mg/day}$ 이었고 환산치는 $14.07 \pm 0.29\text{mg/day}$ 로 실측치가 환산치에 비하여 35% 낮았다.

사 사

본 연구는 1989년도 보건 장학회(재단법인)의 연구비 지원으로 수행되었음.

문 헌

- Johnson, M. A. : Interaction of Dietary Carbohydrate, Ascorbic Acid and Copper with the Development of Copper Deficiency in Rats. *J. Nutr.*, **116**, 802(1986)
- Storey, M. L. and Greger, J. L. : Iron, Zinc and Copper interactions : Chronic versus Acute Responses of Rats. *J. Nutr.*, **117**, 1434 (1987)
- 김기남 : 비타민 광물질 영양학, 향문사(1980)
- Johnson, M. A. and Hove, S. S. : Development of Anemia in copper-deficient rats fed high levels of dietary iron and sucrose. *J. Nutr.*, **116**, 1225(1986)
- Todhunter, E. N. : Symposium on special topics in the history of Nutrition. *Fed. Proc.*, **36**, 2504(1977)
- Jain, S. K., Yip, R., Hoesch, R. M., Pramanik, A. K., Dolluan, P. R and Shohet, S. B. : Evidence of peroxidative damage to the erythrocyte membrane in iron deficiency. *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**, 26(1983)
- 김성수 : 철분 결핍에 따른 혈액중의 저 철 분지수와 운동 수행 능력의 변화, 대한의학 협회지, **29**(12), 1333(1986)
- Scheinberg, I. H. and Sternlieb, I. : Copper metabolism. *Pharma. Rev.*, **12**, 355(1960)
- Adlestein, S. J. and Vallee, B. L. : Copper in mineral metabolism, American Press, New York(1962)
- Steward, F. C. : Plant Physiology, Academic Press, New York, Vol. 3, 677(1963)
- Mason, K. E. : A conspectus of research on copper metabolism and requirements of man. *J. Nutr.*, **109**, 1976(1979)
- Underwood, E. J. : Trace elements in human and animal nutrition, 2th ed., Academic Press, New York(1962)
- 신홍규, 최병규, 김중영 : CaCl_2 및 KCl 의 평활근 수축에 미치는 Cobalt이온의 영향. 경북의대지, **26**(3), 333(1985)
- 승정자 : 극미량 원소의 영양, 민음사(1984)
- 피재은, 백희영 : 단백질의 종류가 체내 칼슘 대사에 미치는 영향에 관한 연구. 한국영양학회지, **19**, 32(1986)
- 구재옥, 최혜미 : 한국 여성의 단백질 및 칼슘 섭취가 칼슘대사에 미치는 영향. 한국영양학회지, **21**, 99(1988)
- 김숙희, 이일하, 백희영 : 한국인 칼슘 및 철분 권장량 책정을 위한 기초 연구. 한국인구보건원(1986)
- 백희영 : 평상식을 섭취하는 우리나라 성인 여성들의 주요 무기질 대사에 관한 연구. 숙명여자대학교 논문집, 제28집, 549(1988)
- 이일하, 이인열, 노영희 : 우리나라 성인의 칼슘, 인 및 철분의 배설량에 관한 연구. 한국영양학회지, **21**(5), 317(1988)
- 김순경 : 한국 성인 여자의 구리 섭취 상태 및 단백질에 의한 구리 대사에 관한 연구. 한국영양학회지, **18**(4), 375(1989)
- 김애정 : 일부지역 농촌 부인의 Fe, Cu, Zn 섭취 수준 및 혈액성상에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위 논문(1987)
- 한국인구보건연구원 : 한국인영양권장량, 제5차개정, 고문사(1989)
- Bailey, L. B., Wagner, P. A., Christakis, G. J., Davis, C. C., Appledorf, H., Araujo, P. E., Dorsey, E. and Dinning, J. S. : Folic acid and iron status and hematological findings in Black and Spanish -American adolescents from urban low-income households. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 1023(1982)
- Nordstorm, J. W. : Trace mineral nutrition in

- the elderly. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 1023(1985)
25. 임정남 : 식품의 무기 성분 분석. *식품과 영양*, **7**(1), 42(1986)
 26. 이삼열, 정윤섭 : 임상병리 검사법, 연세대학교 출판부(1987)
 27. 농촌진흥청 : 농촌영양개선연구원, 식품성분표, 제3개정판(1986)
 28. Dokkum, W. V. : Minerals and trace elements in total diets in the Netherlands. *Br. J. Nutr.*, **61**, 7(1989)
 29. Acosta, A., Amar, M., Cornbluth -Szarfarc, S. C., Dillman, E., Fosil, M., Biachi, R. G., Grebe, G., Hertrampf, E., Kremenchuzky, S., Layrisse, M., Martinez- Tottes, C., Moron, C., Pizarro, F., Reynafarje, C., Stekel, A., Villavicencio, D. and Zuniga, yH. : Iron absorption from typical Latin American diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 953(1984)
 30. Mahalko, J. R., Sandstead, H. H., Johnson, L. K. and Milne, D. B. : 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**, 8(1983)
 31. 전승규 : 농민의 식품 섭취와 영양 실태 조사-겨울철 농촌의 아동 및 성인의 영양 상태-, *식품과 영양*, **2**(3), 51(1981)
 32. 최미영, 여정숙, 강명준, 송정자 : 정상식과 채식을 하는 여대생의 영양 상태에 관한 연구. *한국영양학회지*, **18**(3), 217(1985)
 33. 강남이 : 서울 시내 거주 노인의 영양 섭취 실태 및 식생활 태도 조사. *한국영양학회지*, **19**(1), 52(1986)
 34. 보사부 : 1986년도 국민 영양 조사 보고서. *국민과 영양*, 10월호, 28(1987)
 35. Todd, K. S., Hudes, M., Calloway, D. H. : Food intake measurement : Problems and approaches. *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**, 139(1983)
 36. Shils, M. E. and Young, V. R. : *Modern Nutrition in Health and Disease*, 7th ed Lea and Febiger, Ph D(1988)
 37. Kelsay, J. L. and Prather, E. S. : Mineral balances of human subjects consuming spinach in a low-fiber diet and in a diet containing fruits vegetables. *Am. J. Clin. Nutr.*, **38**, 12(1983)
 38. Klevay, L. M. : The ratio of zinc to copper of diets in the United States. *Nutr. Rep. Int.*, **11**, 237(1975) cited by Nordstorm, J. W. : Trace mineral nutrition in the elderly. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 1023(1985)
 39. Cartwright, G. E. and Wintrobe, M. M. : Copper metabolism in normal subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **14**, 224(1964)
 40. Hughes, E. R. : Disorders of iron and copper metabolism in Kelly, V. C.(ed) : *Practice of pediatrics*. revision ed. Harper And Row, Publisher, Vol. 1., 74(1976)
 41. 최미영 : 정상 식사를 하는 여대생과 채식을 하는 여대생의 철분 상태에 관한 연구. *숙대석사학위논문집*(1984)

(1990년 6월 18일 접수)