

한국 여자 대학생의 Iron, Copper 및 Cobalt 평형에 관한 연구

장수영 · 최인선 · 오승호

전남대학교 식품영양학과

A Study on the Intake-Balance of Iron, Copper and Cobalt of College Women in Korea

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

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

Abstract

In this study measured were daily intake and excretion of iron, copper and cobalt of eight 21~23years old college women during four weeks by means of analyzing their food intake, urine and feces, while keeping their normal living pattern and maintenance of body weight. This is study also compared the actual measurement value of iron intake by atomic absorption spectrophotometry with the conversion value of it by food table. The results were as follows. Daily mean intakes for iron, copper and cobalt were 13.85 ± 1.10 mg/day, 1.44 ± 0.14 mg/day, and 3.25 ± 0.18 mg/day. Daily mean urinary excretions for iron, copper and cobalt were 1.38 ± 0.27 mg/day, 0.06 ± 0.01 mg/day and 0.59 ± 0.07 mg/day. Daily mean fecal excretions for iron, copper and cobalt were 7.66 ± 0.79 mg/day, 0.59 ± 0.11 mg/day and 0.94 ± 0.16 mg/day. The actual measurement value for iron intake was 13.85 ± 1.10 mg/day and its conversion value 15.26 ± 1.17 mg/day : the former was 9% lower than the latter.

서 론

식품중의 무기질은 인체내에서 열량원이 되지는 않으나, 최근 생체의 구성면이나 대사면에서 매우 중요시되며 생리적으로나 임상적으로 그 의의가 명백해져 가고 있다. 무기질이 체내에서 대사작용에 참여하는 경우 2종류 이상의 무기질이 상호간에 특별한 관계를 가지고 흡수, 이용을 돕거나 저해하는^{1,2)} 경우가 있다. copper와 iron의 상호작용은 젓먹이 쥐의 빈혈에서 iron과 함께 copper가 공급 되어졌을 때만 치료가 가능했다는 Hart³⁾의 보고에서 알려지게 되었으며, copper 결핍이 iron의 흡수와 이용을 감소시킨다는 것은 몇몇 연구^{4,5)}에서 증명되었다. 한편 Standish⁶⁾

의 연구에서는 숫 송아지에서 사료내의 iron함량이 높을수록 copper의 흡수율이 떨어져 copper 결핍을 유도할 수도 있음을 시사한 바 있다. 또한 cobalt와 iron의 흡수는 밀접한 관계가 있는데 iron 결핍시엔 cobalt 흡수가 현저히 증가한다. Pollack⁷⁾과 Forth⁸⁾은 cobalt의 섭취증가는 iron의 흡수를 저해하고 iron의 섭취가 증가하면 cobalt의 흡수를 저해한다고 하였다.

Iron은 17세기경 영국의 의사 Sydenham⁹⁾에 의해서 빈혈치료에 효과가 있음이 밝혀진 이후 많은 연구가 되어진 무기질로 iron의 소화, 흡수는 신체의 iron필요량, 급원 식품의 종류, 비타민의 섭취량, 아미노산의 종류등 여러요인에 의해 영향을 받는다¹⁰⁾. Simpson¹¹⁾은 식이에 섬유질의

함량이 증가함에 따라 iron의 흡수율이 감소 되었다고 했으며, Reinhold등¹²⁾도 식이섭유질이 iron흡수의 저해인자라고 하였다.

Copper는 iron과 함께 hemoglobin 합성에 필수적인 요소임을 Hart등³⁾이 밝혔으나 그 생리작용에 대해서는 아직 충분히 해명되지 못하고 있다. Copper의 흡수에 영향을 주는 요인에 대해서는 거의 밝혀져 있지 않으나 피틴산염은 copper와 안전한 복합물을 만들어 흡수를 감소 시킨다^{13, 14)}. Cobalt는 1948년에 비타민 B₁₂가 4%의 cobalt를 갖고 있음이 밝혀지면서 인체에 필수 원소임이 증명되었고, 인체 장관에서 쉽게 흡수되나 그 대부분이 소변으로 배출된다¹⁵⁾. cobalt는 체내에서 단독으로 생리적 기능을 갖지 못하는데 비타민 B₁₂의 구성 인자로서 iron이나 copper와 함께 혈색소인 hemoglobin을 합성하는데 관여하며 결핍시 빈혈을 유발한다.

빈혈은 가임기 여성에서 월경시의 실혈을 통한 iron손실이 원인이 되어 발생빈도가 더욱 높아진다는 주장¹⁶⁻¹⁸⁾과 Scott¹⁹⁾, Herberg²⁰⁾, 임²¹⁾, 채등²²⁾이 가임기 연령층의 여성을 대상으로 한 연구에서 모두 빈혈의 발생빈도가 높다는 보고 및 주²³⁾의 우리나라 가임부중 75%가 빈혈에 속한다는 보고 등은 가임기 여성을 대상으로 iron과 조혈인자로서 상호 관계를 갖는 copper 및 cobalt에 대한 체내 평형연구의 중요성을 강조하는 점이라 하겠다. 또한 우리나라의 영양권장량 산출은 1989년 제5차 개정²⁴⁾에서 국내학자들의 한국인을 대상으로 한 iron 영양상태에 관한 연구 보고를 토대로 하였다고 하나 이들은 대부분 식품 섭취실태 조사에 의해 환산한 iron 섭취량을 기초로 한 것으로 가임기 성인 여성에 맞는 적절한 iron 권장량이 책정되었다고 보기에 아직 미흡한 점이 많을 뿐 아니라 iron이외 copper, cobalt의 권장량은 아직 제정되어 있지 않은 실정이다.

본 연구는 여대생을 대상으로 식생활을 포함한 모든 생활환경을 평상시와 같게 유지 시키면서 섭취하는 식품과 대변 및 소변을 수거하고 그 중 iron, copper 및 cobalt 함량을 측정하여 체내 평형상태를 관찰하므로써 앞으로 이들 무기질들의

권장량 설정을 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

실험재료 및 방법

실험대상

대상자는 흉부의 X⁻선 검사 및 내과 전문의사의 진찰 등으로 특기할만한 이상이 없는 21~23세 여자 대학생 중 8명의 지원자를 선정하였다. 이들 대상자들의 신체상황은 Table 1에 제시되어 있다. 모든 실험 대상자들은 실험 첫날과 마지막날 혈액을 채취하여 hemoglobin(Hb) 함량 및 hematocrit(Hct)와 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 이상 유무를 토대로 실험기간 중 각 대상자들의 건강 상태를 관찰하였다.

실험기간

1989년 8월 31일부터 9월 13일까지 2주간을 실험 환경에 적응하기 위하여 예비 실험기간으로 하고 1989년 9월 14일부터 10월 11일까지 4주간을 본 실험기간으로 하였다.

급 식

모든 음식물의 분량은 예비 실험을 통해서 측정된 각 대상자의 섭취량을 참고로 급식하였으며 추가 섭취나 잔여량은 급여량에서 가감하여 실제 섭취량을 구하였다. 각 대상자들은 평상시와 똑같이 자유로운 생활을 하면서 에너지는 1일 1인당 40kcal/kg를 유지하고 단백질은 1일 1인당 1.18g/kg를 유지하도록 만든 식단표(Table 3)에 의해 만들어진 음식을 지정된 장소에서 비교적 일정한 시간(아침/07:00, 점심/12:30, 저녁/18:00)에 영양사의 관리하에 섭취토록 하고 22:00경에는 간식을 급여하였다.

시료의 채취 및 처리

식이 및 배설물 시료의 채취는 예비 실험기간의 2주중 마지막 1주 및 본 실험기간 4주에 걸쳐 각

대상자들이 섭취하는 식이 그리고 배설물로서 대변과 소변을 수거하였고, 4주에 걸쳐 식이 섭취량과 배설물의 총량을 1일 단위로 측정 한 후 그 일부를 분석용 시료로 사용하기 위하여 수거하였다.

수거한 식이는 실험 대상자들이 섭취하는 양과 동량을 평취하고 대변은 칭량된 용기에 수집하여 각각 동량의 물과 함께 혼합기에서 곱게 균질화한 후 각각 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20°C 냉동고에 보관하였고, 소변은 24시간치를 방부 효과가 있는 진한 염산 10ml가 들어 있는 용기에 수거하여 총량을 측정한 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 소변 시료는 실온에서 해동하여 그 중 일정량을 습식 분해법으로 분해시켜 원자 흡광광도계(AAS: Varian SpectrAA-30)에 의하여 정량하였고 정량시 원자 흡광광도계의 분석 조건은 Table 4와 같다. 표준용액은 FeSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, CuSO_4 및 CoCl_2 를 H_2SO_4 와 HNO_3 에 녹여 iron, copper 및 cobalt의 농도가 각각 1,000ppm이 되도록 조제한 것을 희석하여 사용하였다.

실험성적

대상자의 일반상황

모든 실험 대상자들은 전 실험기간 동안 실험 환경 및 주어진 식단에 잘 적응하였으며, 실험 첫날과 마지막날 혈액을 채취하여 hemoglobin (Hb) 함량 및 hematocrit(Hct)와 혈청내 albumin/globulin(A/G)ratio, glutamic oxaloacetic transaminase(GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT) 및 alkaline phosphatase(ALP) 활성을 측정한 결과가 혈액학적 및 임상증상에 이상이 없었다(Table 2참조).

Iron 섭취량 및 배설량

본 연구대상자들의 1일 총 iron 섭취량 및 배설량은 Table 5와 같다. 1일동안 섭취한 모든 음식을 수거하여 분석한 결과 총 iron 섭취량은 9.35~18.57mg/day 범위로 평균 13.85 ± 1.10 mg/day이었으며, iron의 실측치와 환산치를 비교하기 위하여 대상자들의 실제 섭취량을 식품분석표^{24, 27)}에 의해 얻은 환산치는 11.68~21.21mg/day 범위로 평균 15.26 ± 1.17 mg/day이었다. 1일 동안 소변으로의 iron 배설량은 각 대상자별 0.64~2.22 mg/day 범위로 평균 1.38 ± 0.27 mg/day이었으며,

Table 1. Physical characteristics of the subjects

| Subjects | Age | Height | Weight | Skinfold* thickness |
|-----------|------|--------|--------|------------------------|
| | yr | cm | kg | mm |
| 1 | 22.3 | 156.6 | 50.3 | 79.0 |
| 2 | 21.7 | 150.5 | 46.5 | 81.0 |
| 3 | 21.6 | 153.1 | 42.6 | 56.5 |
| 4 | 22.3 | 151.5 | 43.8 | 75.5 |
| 5 | 21.6 | 154.2 | 55.0 | 101.8 |
| 6 | 21.6 | 157.5 | 54.0 | 105.0 |
| 7 | 23.0 | 161.2 | 53.7 | 64.0 |
| 8 | 22.3 | 150.2 | 47.7 | 73.0 |
| Mean | 22.1 | 154.4 | 49.2 | 79.5 |
| \pm SEM | 0.2 | 1.3 | 1.6 | 5.6 |

*The sum of triceps, abdomen and subscapular skinfolds.

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

| | | Hb | Hct | A/G | GOT | GPT | ALP |
|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | g/dl | % | ratio | units | units | units |
| Initial | 1 | 11.5 | 44.0 | 1.2 | 15.0 | 10.0 | 9.0 |
| | 2 | 13.5 | 44.0 | 1.3 | 14.0 | 15.0 | 5.0 |
| | 3 | 13.4 | 43.0 | 1.6 | 15.0 | 8.0 | 8.0 |
| | 4 | 14.0 | 41.0 | 1.2 | 16.0 | 10.0 | 6.0 |
| | 5 | 12.3 | 45.0 | 1.6 | 15.0 | 10.0 | 6.0 |
| | 6 | 13.3 | 48.0 | 1.2 | 14.0 | 13.0 | 5.0 |
| | 7 | 12.8 | 44.0 | 1.8 | 11.0 | 9.0 | 6.0 |
| | 8 | 13.4 | 43.0 | 1.5 | 14.0 | 13.0 | 7.0 |
| Final | 1 | 11.8 | 43.0 | 1.4 | 13.0 | 9.0 | 6.0 |
| | 2 | 14.0 | 44.0 | 1.4 | 16.0 | 24.0 | 7.0 |
| | 3 | 13.8 | 44.0 | 1.7 | 14.0 | 9.0 | 8.0 |
| | 4 | 14.5 | 42.0 | 1.3 | 15.0 | 12.0 | 6.0 |
| | 5 | 12.7 | 44.0 | 1.4 | 13.0 | 9.0 | 6.0 |
| | 6 | 13.7 | 45.0 | 1.5 | 13.0 | 13.0 | 4.0 |
| | 7 | 13.2 | 45.0 | 1.6 | 12.0 | 9.0 | 6.0 |
| | 8 | 13.8 | 45.0 | 1.8 | 12.0 | 9.0 | 5.0 |
| Mean | | 13.0 | 0.7 | 0.1 | 0.5 | 9.0 | 0.5 |
| ± SEM | | 0.3 | 0.7 | 0.1 | 0.5 | 0.9 | 0.5 |
| for initial | | | | | | | |
| Mean | | 13.4 | 44.0 | 1.5 | 13.5 | 11.8 | 6.0 |
| ± SEM | | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.5 | 1.8 | 0.4 |
| for final | | | | | | | |
| Normal values | | 12.0~ | 40.0~ | 1.2~ | 8.0~ | 5.0~ | 3.0~ |
| | | 14.0 | 48.0 | 2.0 | 40.0 | 35.0 | 13.0 |

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

Table 3. The kind of diet used

| | Breakfast | Lunch | Supper |
|---------|--|---|--|
| Monday | * Cooked rice * Tangle soup with beef * Anchovy with green pepper, roasted * Kimchi * Milk | * Chajang rice * Soybean sprout soup * Milk | * Cooked rice * Soy-paste soup with potato * Fried egg * Steamed fish ball, roasted * Kimchi * Milk |
| Tuesday | * Cooked rice * Short-necked clam soup * Soybean boiled with | * Cooked rice mixed with seasoning * Soy-paste soup with | * Cooked rice * Chard beets soup * Fried vegetable with |

| | | | |
|-----------|---|---|---|
| | soya sauce * Spiced squid souced * Kimchi * Milk | soybean curd * Yul moo kimchi * Milk | dried clam * Spiced sweetpotato steam * Kimchi * Milk |
| Wednesday | * Cooked rice * Kimchi stew with sardine * Spiced cabbage * Radish vinegar salad * Kimchi * Milk | * Cooked rice * Steamed fish cake soup * Fried sausage * Squid salad with radish * Yul moo Kimchi * Milk | * Cooked rice * Radish soup with alaskan pollack * Potato onion, roasted * Lettuce, salted * Kack doo ki * Milk |
| Thursday | * Cooked rice * Tangle soup with arkshel * Squid dry, roasted * Lettuce, salted * Kack doo ki * Milk | * Cooked rice * Kimchi stew with pork * Spiced mungbean sprout * Green pepper, boiled * Cabbage, salted | * Roasted rice mixed with seasoning * Radish consomme * Dan moo gi * Kimchi * Milk |
| Friday | * Cooked rice * Soy-paste soup with potato * Steamed perilla leaf * Cabbage salad * Kimchi * Milk | * Noodles mixed with seasoning * Egg soup with green onion * Yul moo kimchi * Milk | * Cooked rice * Hair tail, boiled * Cucumber-onion salad * Kimchi * Milk |
| Saturday | * Cooked rice * Soy-paste soup with sireki * Tangle steam, roasted * Spiced egg, steamed * Kimchi * Milk | * Cooked rice * Mackerel radish boiled * Watercress salad * Kimchi * Milk | * Cooked rice * Soy-paste soup with potato * Dry shrimp green pumpkin, roasted * Leek salad * Kack doo ki * Milk |
| Sunday | * Cooked rice * Wild sesame soup with green pumpkin * Fried egg * Cucumber-onion salad * Kimchi * Milk | * Cooked rice * Radish soup with beef * Spiced sweetpotato steam * Leek, salted * Kack doo ki * Milk | * Cooked rice * Egg soup with fried soybean curd * Spiced egg plant * Spiced tangle vinegar * Kimchi * Milk |

Table 4. Measuring condition for iron, copper and cobalt in food, feces and urine by atomic absorption spectrophotometry

| | Iron | Copper | Cobalt |
|--|-------|--------|--------|
| 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 |

대변으로의 iron 배설량은 4.95~12.69mg/day 범위로 평균 7.66±0.79mg/day이었다. 한편 본 실험에서 각 대상자들이 섭취한 식품량을 식품분석표에 의거하여 환산해 본 섬유소, 비타민 C의 섭취량은 각각 9.34±1.05g/day, 64.56±3.38mg/day 및 15.26±1.17mg/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 0.84~1.98mg/day 범위로 평균 1.44±0.14mg/day이었다. 1일 동안 소변으로의 copper 배설량은 각 대상자별 0.05~0.10mg/day 범위로 평균 0.06±0.01mg/day이었으며, 대변으로의 copper 배설량은 0.30~1.37mg/day 범위로 평균 0.59±0.11mg/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 2.75~4.12mg/day 범위로 평균 3.25±0.18mg/day이었다. 1일 동안 소변으로의 cobalt 배설량은 각 대상자별 0.32~0.97mg/day 범위로 평균 0.59±0.07mg/day이었으며, 대변으로의 cobalt 배설량은 0.50~2.06mg/day 범위로 평균 0.94±0.16mg/day이었다.

고 찰

Iron 섭취량 및 배설량

Iron 섭취량에 대하여 Bailey 등²⁸⁾, Nordstorm²⁹⁾ 및 Dokkum³⁰⁾은 지역별, 성별, 국가간 식이 양상에 따라 식이중의 iron 함량이 다르고 Acosta 등³¹⁾은 소득 계층간, 그리고 Mahalko 등³²⁾은 단백질의 섭취량에 따라 iron 섭취량이 달라진다고 하는 등 iron 섭취량은 여러 조건에 따라 달라진다. 1982년 보건 사회부의 국민영양 조사에서는 조사 대상자들의 1일 평균 iron 섭취량이 13.3mg, 1986년에는 17mg으로 증가되는 추세라고는 하나, 가임기 여성은 월경으로 인한 iron 손실이 크므로 특히 iron이 부족되기 쉬운데 김 등³⁴⁾의 20대 남, 녀를 대상으로 한 연구에서는 1일 1인당 iron 섭취가 남자 14.3mg, 여자 10.8mg으로 여자는 훨씬 권장량에 못 미치고 있음을 보고하고 있다.

그동안 우리나라에서 iron 섭취량에 대한 자료들은 대부분이 식품 분석표에 의해 환산한 것으로 섭취 식품의 수거 및 분석에 의한 실측 보고 자료는 드문데, 그 중 김은 한국 여대생들에 관한 연구에서 식품 분석표를 환산한 iron 섭취량은 정상식에서 18.28±1.23mg이고 채식에서 18.92±1.02mg이었고 식품을 직접 수거하여 분석한 iron 섭취량은 정상식에서 21.19±1.06mg이고 채식에서 19.86±0.76mg이었다고 보고하므로써 실측치가 환산치에 비하여 각식이별 각각 16% 및 5%씩 높았다. 반면에 일부지역 농촌 부인을 대상으로한 김³⁶⁾의 연구에서는 폐경기 이전의 대상자 경우 식품을 직접 수거하여 분석한 iron 섭취량은 10.83±3.71mg/day이고 식품 분석표로 환산한 iron 섭취량은 13.98±8.99mg/day로 실측치가 환산치에 비하여 22% 낮았으며, 백³⁷⁾은 평상 식이를 섭취하는 성인 여성을 대상으로 한 연구에서 실측한 iron 섭취량이 6.71±3.08mg/day이고 식품 분석표로 환산한 iron 섭취량은 9.94±3.58mg/day라고 보고하므로써 실측치가 환산치에 비하여 현저히 낮았다.

본 연구에서 대상자들의 모든 식품을 수거하여 실측한 총 iron 섭취량은 13.85±1.10mg/day로 오

등³⁸⁾이 제주지역 농촌 주부들을 대상으로 한 iron 섭취량 $14.12 \pm 5.46 \text{mg/day}$ 와 유사했으며, 식품 분석표에 의하여 환산한 iron 섭취량도 $15.26 \pm 1.17 \text{mg/day}$ 로 실측치가 환산치보다 9.2% 낮아 선행 연구들과 같은 경향을 보였다. 한편 이들 iron 섭취량은 권장량에 비하여 충분치 못하다는 김³⁶⁾과 백³⁷⁾의 주장에서와 같이 본 연구 결과에서도 같은 경향으로 권장량에 미치지 못하는 바, 우리나라 국민들의 iron 섭취량이 식품분석표를 이용한 환산 자료에 의존하여 권장량과 유사하거나 높게 섭취하고 있다는 일부 평가는 재고되어야 한다. 또한 FAO/WHO 전문 위원회²⁴⁾는 여성의 iron 필요량을 28mg으로 정하고 있는데, 한국 성인 여성의 iron 권장량 18mg 이상을 현 우리나라 식사 형태상 식이로 섭취하는 것은 어려우므로 iron 섭취량을 증진시킬 수 있는 방법에 대한 모색이 필요하다.

한편 iron은 체내 흡수율이 매우 낮고 소화 흡수는 여러 요인에 의해 영향을 받는데, 섬유소가 많은 식이에서는 그 이용율이 감소³⁹⁾하고 식품의 비타민 C는 장내 iron의 흡수를 촉진시킨다는 보고⁴⁰⁾가 있는데 본 실험에서 각 대상자들이 섭취한 식품량을 식품 분석표에 의거하여 환산해 본 섬유소, 비타민 C 및 iron 섭취량은 각각 $9.34 \pm 1.05 \text{g/day}$, $64.56 \pm 3.38 \text{mg/day}$ 및 $15.26 \pm 1.17 \text{mg/day}$ 이었다(Table 3 참조). 이는 최 등⁴¹⁾의 정상식과 채식용 하는 여대생의 영양상태에 관한 연구에서 정상식 섭취때 섬유소가 6.43g/day , 비타민 C가 76.8mg/day 및 iron이 15.46mg/day 이었고 채식 섭취때 섬유소가 10.62g/day , 비타민 C가 148.49mg/day 및 iron이 25.0mg/day 이었다는 보고와 비교할 때 정상식 섭취때와 유사한 경향이었다.

Iron은 소화관, 비뇨기관, 호흡기계에서의 박락이나 피부, 모발의 손실 등으로 소모되는데, 섭취된 iron은 주로 대변으로 배설되며 소변으로는 1일 평균 0.1mg 또는 그 이하로써 적게 배설된다¹⁵⁾고 한다. 백³⁷⁾은 정상식이를 섭취하는 우리나라 성인 여성들의 주요 무기질대사 연구에서 6.7mg/day 의 iron 섭취량 중 대변으로 $8.97 \pm 4.11 \text{mg/day}$ 배설되어 음의 평형을 관찰하므로써 대변 중 iron에 대한 일단을 보고한 바 있다. 일반적으로

소변 중 iron 배설량은 0.08mg/day 라는 보고에 대하여 김³⁶⁾은 농촌 부인을 대상으로 한 연구에서 소변으로 0.096mg/day 가 배설된다고 하였다.

본 연구에서는 대변 중 iron이 1인 평균 $7.66 \pm 0.79 \text{mg/day}$ 이고 소변 중 iron 배설량은 $1.38 \pm 0.27 \text{mg/day}$ 로 $4.82 \pm 1.1 \text{mg/day}$ (Table 5)의 양성 평형을 보였다. 이처럼 양성 평형을 보였으나 인체는 땀, 피부, 머리카락 등 여러 경로를 통해 무기질을 배설하고 특히 여성의 경우 월경으로 배설되는 양이 상당량에 달하므로 이것이 모두 몸에 보유된 것으로 보기 어렵다고 생각되며 이에 대한 추후 연구가 요구된다.

Copper 섭취량 및 배설량

Copper는 식품중에 광범위하게 분포되어 있고 보통의 식사를 통하여 하루 2~3mg이 섭취되어 인체 소요량을 충족 시킨다. 서양인의 copper 섭취량은 식이의 종류에 따라 다르지만 성인은 보통 1일 2.4mg이고 미국 RDA 안전 적정 섭취수준은 1.5~3.0mg/day 범위인데, Mahalko 등³²⁾은 65 g protein 섭취시 $0.05 \pm 0.12 \text{mg}$ 그리고 Kelsay 등⁴³⁾은 high fiber diet를 섭취하는 식이에서 $1.5 \pm 0.1 \text{mg/day}$ 라고 보고한 바 있다. 한국 농촌 여성의 1일 copper 섭취량에 대하여 $2.10 \pm 0.68 \text{mg/day}$ 라고 보고된³⁶⁾바 있는데 본 연구 대상자들의 1일 copper 섭취량은 $1.44 \pm 0.14 \text{mg/day}$ 로 이들 선행 연구들 보다는 다소 적었다.

Copper의 흡수는 섭취하는 식이 중 copper의 양과 종류에 따라 다르지만 40~70%가 장관내에서 흡수되고 나머지는 대변으로 배설된다. 사람은 평균 1.7mg 정도의 copper를 담낭을 통해 배설하며 소변으로 배설되는 양은 5~50 μg 으로 아주 적고 땀과 월경으로는 0.1mg 정도 배설된다⁴⁶⁾고 한다. 사람의 copper 평형 실험에서는 섭취된 copper가 2mg 이상일 때 양성 평형을 보이며 땀으로의 배설을 고려하지 않으면 1일 약 1.3mg 정도의 섭취로 평형이 유지된다는 보고⁴⁷⁾도 있다. copper의 체외 배설에 대하여 김³⁴⁾은 대변으로 $1.23 \pm 0.16 \text{mg/day}$, 소변으로 $0.12 \pm 0.03 \text{mg/day}$ 배설 되어졌다고 보고했으며, Kelsay 등⁴³⁾은 high fiber diet 섭취시 대변으로 $1.4 \pm 0.00 \text{mg/day}$, 소변으로 $0.06 \pm 0.01 \text{mg/}$

day 배설 된다고 보고했다. Cartwright⁴⁶⁾는 소변 중 copper를 0.01~0.06mg/day로 보고하고 있는데 김³⁶⁾은 농촌 부인을 대상으로 한 연구에서 소변으로 0.04mg/day가 배설된다고 하였다.

본 연구에서는 대변 중 copper가 1인 평균 0.59±0.11mg/day이고 소변 중 copper 배설량은 0.06±0.01mg/day로 0.79±0.14mg/day(Table 6)의 양성 평형을 보여 위의 보고들과 유사하지만 iron에서와

마찬가지로 대변 및 소변 이외의 다른 배설 경로에 대한 연구가 필요하다.

Cobalt 섭취량 및 배설량

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

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

| Subjects | Iron intake | | Excretion* ³ | |
|----------|---------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| | Table* ¹ | Measured* ² | Feces | Urine |
| 1 | 13.41±1.69 | 11.35±1.48 | 12.69±20.02 | 2.22±0.63 |
| 2 | 17.18±2.01 | 18.57±3.19 | 6.77±1.16 | 1.79±0.32 |
| 3 | 11.68±1.14 | 14.82±4.25 | 4.95±0.91 | 2.08±1.06 |
| 4 | 12.46±2.37 | 9.35±1.70 | 8.34±1.16 | 0.95±0.35 |
| 5 | 21.21±1.56 | 17.86±2.88 | 6.43±0.66 | 1.25±0.29 |
| 6 | 19.35±2.08 | 14.87±2.06 | 5.97±1.23 | 0.64±0.19 |
| 7 | 13.57±1.41 | 10.68±1.81 | 8.96±2.11 | 0.72±0.20 |
| 8 | 13.23±1.50 | 13.42±2.90 | 7.18±1.09 | 1.35±0.38 |
| Mean±SEM | 15.26±1.17 | 13.85±1.10 | 7.66±0.79 | 1.13±0.27 |

*¹Iron intake estimated by food table.

*²Iron intake measured by an atomic absorption spectrophotometry.

*³Iron excretion measured by an atomic absorption spectrophotometry.

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

| Subjects | Copper intake | | Excretion* ³ | |
|----------|---------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| | Table* ¹ | Measured* ² | Feces | Urine |
| 1 | -- | 1.34±0.23 | 1.37±0.20 | 0.08±0.02 |
| 2 | -- | 1.34±0.21 | 0.30±0.10 | 0.06±0.02 |
| 3 | -- | 0.92±0.19 | 0.54±0.15 | 0.06±0.02 |
| 4 | -- | 0.84±0.18 | 0.39±0.01 | 0.05±0.02 |
| 5 | -- | 1.98±0.37 | 0.39±0.16 | 0.10±0.05 |
| 6 | -- | 1.97±0.66 | 0.43±0.06 | 0.06±0.02 |
| 7 | -- | 1.44±0.36 | 0.75±0.18 | 0.05±0.01 |
| 8 | -- | 1.70±0.33 | 0.57±0.13 | 0.06±0.02 |
| Mean±SEM | -- | 1.44±0.14 | 0.59±0.11 | 0.06±0.01 |

*¹Copper intake estimated by food table.

*²Copper intake measured by an atomic absorption spectrophotometry.

*³Copper excretion measured by an atomic absorption spectrophotometry.

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

(mg/day)

| Subjects | Cobalt intake | | Excretion* ³ | |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| | Table* ¹ | Measured* ² | Feces | Urine |
| 1 | -- | 3.06± 0.23 | 2.06± 1.02 | 0.97± 0.28 |
| 2 | -- | 3.95± 0.41 | 0.92± 0.36 | 0.69± 0.11 |
| 3 | -- | 2.80± 0.34 | 0.67± 0.21 | 0.45± 0.08 |
| 4 | -- | 2.81± 0.39 | 0.50± 0.08 | 0.32± 0.05 |
| 5 | -- | 2.95± 0.48 | 0.93± 0.12 | 0.79± 0.20 |
| 6 | -- | 2.75± 0.31 | 0.92± 0.31 | 0.44± 0.10 |
| 7 | -- | 4.12± 0.41 | 0.73± 0.51 | 0.45± 0.13 |
| 8 | -- | 3.58± 0.45 | 0.80± 0.24 | 0.63± 0.14 |
| Mean± SEM | -- | 3.25± 0.18 | 0.94± 0.16 | 0.59± 0.07 |

*¹Cobalt intake estimated by food table.*²Cobalt intake measured by an atomic absorption spectrophotometry.*³Cobalt excretion measured by an atomic absorption spectrophotometry.

balt의 양에 대하여 잘 알려져 있지 않는 중에도 대략의 섭취 경향을 보면 5~600 μ g/day로 하루 약 8 μ g의 섭취가 전형적이라는 보고⁴⁸⁾도 있다. 본 연구 대상자들의 1일 평균 cobalt 섭취량은 3.25 ± 0.18mg/day이었다.

Cobalt는 인체 장관내에서 쉽게 흡수되나 그 대부분이 소변으로 배출되며 극소량만이 체내에 남는다¹⁵⁾고 하는데, 본 연구에서는 대변 중 cobalt가 1일 평균 0.94±0.16mg/day이고 소변 중 cobalt 배설량은 0.59±0.07mg/day로 상당량의 cobalt가 대변으로 배설되어 낮은 흡수율을 보였다. 이는 본 실험이 구성상 비교적 다량의 cobalt 섭취량에 따른 흡수율 저하에 기인한 결과가 아닌가 추측된다. 한편 cobalt도 1.72mg/day의 양성평형을 보였지만 이들도 다른 미량 원소들과 마찬가지로 대변 및 소변 이외의 배설 경로를 통한 배설량에 대한 추후 연구가 더 필요하다.

요 약

본 연구는 21~23세의 여자 대학생 8명을 대상으로 4주간 평상시와 같은 생활 양식과 적정 체중을 유지 시키면서 각 대상자들이 섭취한 모든 음식과 배설한 대변 및 소변을 수거하여 iron, cop-

per 및 cobalt의 함량을 측정하여 1인 1일당 섭취량과 배설량을 측정하였다. Iron 섭취량은 원자 흡광광도계로 측정된 실측치와 식품 분석표에 의거하여 얻은 환산치와의 관계를 비교하였다. 그 성적을 요약하면 다음과 같다. 1일 1인당 각 대상자별 평균 섭취량은 iron 13.85±1.10mg/day, copper 1.44±0.14mg/day 그리고 cobalt는 3.25±0.18mg/day이었다. 1일 1인당 각 대상자별 소변으로의 평균 배설량은 iron 1.38±0.27mg/day, copper 0.06±0.11mg/day 그리고 cobalt 0.59±0.07mg/day이었다. 1일 1인당 각 대상자별 대변으로의 평균 배설량은 iron 7.66±0.79mg/day, copper 0.59±0.11mg/day 그리고 cobalt 0.94±0.16mg/day이었다. Iron의 실측치는 13.85±1.10mg/day이었고 환산치는 15.26±1.17mg/day로 실측치가 환산치에 비하여 9% 낮았다.

문 헌

- Hill, C. H. and Matrone, G. : Chemical parameters in the study of in Vivo and Vitro interactions of transition elements. *Fed. Proc.*, 29, 1474(1970)
- Storey, M. L. and Greger, J. L. : Iron, zinc and copper interactions: Chronic versus

- acute responses of rats. *J. Nutr.*, 117, 1434 (1987)
3. Hart, E. B., Steenbakk, H., Waddel, J. and Elvehjem, C. A. : Iron in nutrition. VII. Copper as a supplement to iron for hemoglobin building in the rat. *J. Biol. Chem.*, 77, 797(1928)
 4. Schwarz, F. J. and Kirchgessner, M., *J. Vitam. Nutr. Res.*, 44, 116(1974)
 5. Forth, W. and Rummel, W. : Iron absorption. *Physiol. Rev.*, 53, 724(1973)
 6. Standish, J. F., Ammerman, C. B., Palmer, A. Z. and Simpson, K. M. : Influence of dietary iron and phosphorous on performance, tissue mineral composition and mineral absorption in steers. *J. Anim. Sci.*, 33, 171(1971)
 7. Pollack, S., Georg, J. N., Rega, R. C., Kaufmann, R. M. and Crosby, W. H., *J. Clin. Invest.*, 44, 1470(1965)
 8. Forth, W., Rummel, W. and Becker, P. J., *Med. Pharmacol. Exp.*, 15, 179(1966)
 9. Todhunter, E. N. : Sympositum on special topics in the history of nutrition, *Fed Proc.*, 36, 2504(1977)
 10. 승정자 : 극미량 원소의 영양. 민음사(1984)
 11. Simpson, K. M., Morris, E. R. and Cook, J. D. : The inhibitory effect of bran on iron absorption. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 1384(1981)
 12. Reinhold, J. G., Salvador, J. and Garcia, L. : Binding of iron by fiber of wheat and maize. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 1384(1981)
 13. 전세열, 이숙향 : 한국인의 상용 식품중에 아연, 동, magnesium 및 manganse정량. *인간과학*, 8, 37(1984)
 14. 홍창희 : 임상소아과학, 대한교과서, 23(1980)
 15. 채범석 : 미량원소. *식품과 영양*, 4(2), 30 (1983)
 16. 이금화, 주진순 : 여대생의 월경주기와 빈혈 연구. 숙명여자대학교 논문집(1984)
 17. Bainton, D. F. and Finch, C. A. : The diagnosis of iron deficiency anemia. *Amer. J. Med.*, 37, 62(1974)
 18. Beaton, G. H., Thein, M., Milne, H. and Veen, M. J. : Iron requirement of menstruating women. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 23, 275(1970)
 19. Scott, M. B., Adria, R. S and Richard, A. B. : The effects of fitness type exercise on iron status in adult women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43, 456(1986)
 20. Hercberg, S., Galan, P., Soustre, Y., Dop, M. C., Devanlay, M. and Dupin, H. : Effects of iron supplementation on serum ferritin and other hematological indices of iron status in menstruating women. *Ann. Nutr. Metb.*, 29, 232(1985)
 21. 임현숙 : 한국인 여성의 월경중 혈액손실과 체내 철분 영양상태에 관한 연구. *한국영양학회지*, 13(2), 82(1980)
 22. 채범석 : 한국인 여성의 월경중 혈액손실과 체내 철분 영양상태에 관한 연구. *한국영양학회지*, 13, 82(1980)
 23. 주진순 : 원성군민에 대한 영양조사보고. *한국영양학회지*, 10(4), 33(1977)
 24. 한국인보건연구원 : 한국인영양권장량. 제5차개정, 고문사(1989)
 25. 임정남 : 식품의 무기성분분석. *식품과 영양*, 7(1), 42(1986)
 26. 이삼열, 정운섭 : 임상병리 검사법. 연세대학교출판부, p. 75~228(1987)
 27. 농촌진흥청 : 식품성분표. 제3차개정. 농촌영양개선연구원(1986)
 28. Bailey, L. B., Wagner, P. A., Christakis, G. J., Davis, C. G., 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)
 29. Nordstorm, J. W. : Trace mineral nutrition in the elderly. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35, 1023(1985)
 30. Dokkum, W. V. : Minerals and trace elements in total diets in the Netherlands, *Br. J. Nutr.*, 61, 7(1989)
 31. Acosta, A., Amar, M., Biachi, R. G., Grebe, G., Hertrampf, E., Kremenchuzky, S., Layrisse, M., Martinez-Tottes, C., Moron, C., Pizzarro, F., Reynafarje, C., Stekel, A., Villavicencio, D. and Zuniga, yH. : Iron absorption from typical Latin American diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, 39, 953(1984)
 32. 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)
 33. 보사부 : 1986년도 국민 영양 조사 보고서, 국민과 영양, 10, 28~31(1987)
 34. 김숙희, 이일하, 백희영 : 한국인 칼슘 및 철분 권장량 책정을 위한 기초연구. 한국인구보건연구원(1986)
 35. 김혜경 : 한국 여대생들의 식사형태에 따른

- 철 결핍성 빈혈에 관한 임상적 연구. 숙명여자대학교 석사학위 논문(1986)
36. 김애정 : 일부지역 농촌 부인의 Fe, Cu, Zn 섭취 수준 및 혈액 성상에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위 논문(1987)
37. 백희영 : 평상식을 섭취하는 우리나라 성인 여성들의 주요 무기질 대사에 관한 연구. 숙명여자대학교 논문집, 제28집, 549(1988)
38. 오영주, 황인주, 우순자 : 제주지역 농촌 주부들의 영양소 섭취 실태. 한국영양학회지, 20(5), 301(1987)
39. Shils, M. E. and Young V. R. : Modern nutrition in health and disease, 7th ed Lea & Febiger, Philadelphia, p. 195~199(1988)
40. Cook, J. D. and Monsen, E. R. : Vitamin C, the common cold and iron absorption. *Am. J. Clin. Nutr.*, 30, 235(1977)
41. 최미영 : 정상식사를 하는 여대생과 채식을 하는 여대생의 철분 상태에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위 논문(1984)
42. National Research Council : Recommended dietary allowances. 10th ed National Academy Press Washington, D. C., p. 224~225(1989)
43. Kelsay, J. L. and Prather, E. S. : Mineral balances of human subjects consuming spinach in a low-fiber diet and containing fruits vegetables. *Am. J. Clin. Nutr.*, 38, 12(1983)
44. Sternlief, I. H. : Gastrointestinal copper absorption in man, *Gastroenterology*, 52, 1038(1967)
45. Strickland, G. T. : Absorption of copper in homozygotes and heterozygotes for Wilson's disease and controls. *Clin. Sci.*, 43, 617(1972)
46. Cartwright, G. E. and Wintrobe, M. M. : Copper metabolism in normal subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 14, 224(1964)
47. 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)
48. Engel, R. W., Price, N. O. and Miller, R. F. : Copper, manganese, cobalt and molybdenum balance in preadolescent girls. *J. Nutr.*, 92, 197(1967)

(1990년 8월 18일 접수)