

성인 여성의 미량 무기질(Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Mo 및 Cr) 섭취량 - 분석치와 계산치의 비교 -

김 경 희, 임 현 숙†

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과 및 전남대학교 생활과학연구소

Dietary intakes of Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr of Korean adult women

- Comparison between the data from analyzed and calculated -

Kyung-Hee Kim, Hyeon-Sook Lim†

Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology,
Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

〈Abstract〉

The previous studies on the intake of trace elements performed in Korea were only concerned about major elements like Fe, Zn or Cu. There is little data about the intake of minor elements like Mn, Se, Mo or Cr. And most of the data were obtained by calculation using Food Composition Tables or by analysis using atomic absorption spectrophotometers (AAS). The purpose of this study, therefore, was to evaluate the dietary intake of seven trace elements, Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr of Korean adult women and to compare the data between analyzed using ICP-MS (or ICP-AES) and calculated by the CAN-Pro (or Food Composition Table). A total of nineteen adult women participated voluntarily in this study and collected one-tenth of the foods that they consumed for three consecutive days. Analyzed intake of Fe of the subjects was 6.94 ± 2.18 (calculated, 18.87 ± 4.50) mg/day, that of Zn was 9.35 ± 4.95 (calculated, 8.35 ± 2.87) mg/day, that of Cu was 1.18 ± 0.26 (1.11 ± 0.32) mg/day, that of Mn was 3.69 ± 0.69 (2.83 ± 1.68) mg/day, that of Se was 41.93 ± 9.28 (calculated, 27.58 ± 6.97) μ g/day, that of Mo was 134.0 ± 49.1 μ g/day, and that of Cr was 136.5 ± 147.9 μ g/day. The analyzed Fe intake of the subjects did not meet Estimated Average Requirement (EAR) nor Recommended Intakes (RI) for Korean women aged 20-29 years old. However, the analyzed intakes of the other six elements, Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr, seemed to meet each of the respective RIs. The analyzed Fe intake was significantly lower than the calculated one, in fact by 2.72 times, however, the analyzed intakes of the other elements, Mn and Se, were significantly higher and those of Zn and Cu were similar than each of the calculated ones. The difference of the data between analyzed and calculated intakes indicates that it is necessary to set up database on trace element contents of foods of the Food Composition Table and the CAN-Pro so as to have accuracy.

Key words: trace mineral, iron, zinc, copper, manganese, selenium, molybdenum, chromium

† Corresponding author, Tel : +82-62-530-1332, Fax : +82-62-530-1339, E-mail : limhs@chonnam.ac.kr

I. 서 론

미량 무기질은 체내에서 필수적인 기능을 수행함에도 불구하고 몇몇 원소를 제외하고는 한국인을 대상으로 하여 이들의 섭취량이나 영양 상태를 평가한 연구가 많지 않다. 한국인의 영양섭취기준(Korean Nutrition Society 2005)이 설정되면서 철분(Fe)과 아연(Zn) 이외에 구리(Cu)와 요오드(I) 및 셀레늄(Se)에 대해서 평균필요량과 권장섭취량 및 상한섭취량이 추가되었고, 불소(F)와 망간(Mn)에 대해서는 충분섭취량과 상한섭취량이 추가되었으며, 몰리브덴(Mo)의 경우는 상한섭취량이 더해졌다. 그러나 이들의 영양섭취기준을 설정하는데 있어 한국인의 섭취량 자료가 충분하지 않아 미국/캐나다, 일본 또는 호주 등의 외국의 자료를 많이 참고하였다.

우리나라에서 수행된 미량 무기질의 섭취량이나 혈청 농도 또는 소변 배설량을 다룬 연구들은 여러 가지 제한점을 갖고 있다. 대부분 연구가 철분(Lee 등 1996; Kye, Paik 1993; Sung 등 1993; Nam, Ly 1992; Kim 1988; Oh 등 1987)이나 아연(Sung, Yoon 2000; Kim 등 1999; Son, Sung 1999; Chyun, Choi 1996; Lee 등 1996; Park, Chyun 1993; Sung 등 1993; Kim 1988; Oh 등 1987; Sung 1984) 또는 구리(Sung, Yoon 2000; Joung 등 1999; Kim 등 1999; Son, Sung 1999; Chyun, Choi 1996; Lee 등 1996; Sung 등 1993; Kim 1988; Oh 등 1987)에 집중되었고 크롬(Kim 등 1998), 셀레늄, 망간(Sung, Yoon 2000; Lee 등 1998; Oh 등 1987), 또는 몰리브덴에 대한 연구는 많지 않다. 그리고 식사시료를 분석해 얻은 자료들은 대부분 검출 한계가 낮은 기기인 AAS (atomic absorption spectrophotometer)를 통해 얻어졌다(Kim 등 1999; Son, Sung 1999; Chyun, Choi 1996; Lee 등 1996; Park, Chyun 1993; Kim 1988; Oh 등 1987; Sung 1984). 감도가 좋은 ICP-MS (inductively coupled plasma-mass spectrometer)나 ICP-AES (ICP-atomic emission spectrometer)를 사용한 연구는 한 편(Joung 등 1999) 정도이다. ICP는 AAS같은 분광분석 장비들에 비해 많은 장점을 갖고 있다. ICP-MS는 유도 결합 방법으로 생성된 고온의 플라즈마를 이온원으로 사용하므로 이온화 효율이 높고 해석이 단순한 질량분석 스펙트럼을 제공하며 방해영향(interrference)이 적은 특성이 있다. 그러므로 ppb 이하의 극미량 분석에서도 뛰어난

정밀도를 얻을 수 있어 100-1,000배 정도의 낮은 검출한 계와 뛰어난 재현성과 정밀도를 제공해준다. 이러한 이유로 AAS로 얻은 분석치의 신뢰성에 문제가 있음을 생각해 볼 수 있다. 식품성분표를 이용해 산출한 계산치 섭취량의 경우도 데이터베이스의 자료가 대부분 역시 AAS에서 얻어진 점, 국내에 분석치가 없는 경우 유사한 식품의 외국 자료를 이용한 점 및 자료가 없는 식품이 많은 점 등 문제가 있어 역시 신뢰도에 문제가 있다고 생각된다. 이러한 이유로 지금까지 보고된 선행 연구의 결과를 보면 AAS로 분석한 경우도 연구자 간에 데이터의 불일치가 상당하다. 예를 들면, 아연 섭취량의 경우 5.5 mg (Son, Sung 1999), 8.4-11.1 mg (Lee 등 1996) 또는 15.81 mg (Oh 등 1987)으로 3배 정도로 변이가 크다.

이러한 이유로 본 연구에서는 우선 7종의 미량 무기질인 철, 아연, 구리, 요오드, 셀레늄, 불소, 망간, 몰리브덴 및 크롬에 관해 성인 여성의 섭취량을 감도가 높은 ICP-MS 또는 ICP-AES를 이용해 분석하고 데이터베이스가 많이 보완된 CAN-Pro를 이용해 계산치를 얻어 이들 자료를 비교하고자 하였다.

미량 무기질이 체내에서 수행하는 필수적인 기능의 중요성이나 흡수, 수송, 대사과정 등에서의 상호작용 및 한국인의 일상식사가 갖는 특성으로 보아 한국인을 대상으로 한 이들의 섭취량에 관해 많은 연구가 수행되어야 한다. 이와 같은 연구결과가 축적되어야 한국인의 충분섭취량을 결정할 수 있을 것이며 나아가 보다 타당성 있는 평균필요량 또는 권장섭취량의 설정이 가능할 것이다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상자

본 연구를 위해 광주지역에 거주하는 성인 여자 중에서 자발적으로 본 연구과제에 참여할 의사를 보인 사람 20명을 대상으로 모집하였다. 이들은 모두 외견상 특기할 만한 이상이 없었으며 영양보충제를 비롯해 어떠한 약물도 복용하지 않는 상태이었다. 이들 중 식사섭취에 관한 기록을 완전히 이행하지 않은 1명을 제외하고 19명의 자료를 분석하였다.

2. 식사섭취상태 조사 및 에너지, 단백질 및 미량 무기질의 계산치 섭취량 산출

식사섭취상태는 평량법을 식사일지법과 겸용하여 조사하였다. 즉, 연구대상자 자신이 섭취한 음식을 스스로 무게를 재고 식사일지에 기록하도록 하였다. 조사 전날 이들에게 식사저울(센스 주방저울, 삼성기기, 5 g)과 기록용지를 나누어주었고, 저울 사용법과 기록법을 구체적으로 예시하고 훈련시켰다. 조사기간은 연속 3일간이었으며, 이 기간동안 섭취한 모든 음식의 양을 섭취 전 무게에서 섭취 후 무게를 감해 산출하도록 하였고, 음식명과 각 음식의 식품재료명을 적도록 하였다. 식사로 섭취한 에너지와 단백질 및 철분과 아연은 영양평가용 컴퓨터 프로그램인 CAN-Pro (Computer Aided Nutritional Analysis Program for Professionals 2.0, Korean Nutrition Society 2003)을 이용하여 구하였고 기타 미량 무기질인 구리, 망간, 셀레늄, 몰리브덴 및 크롬 섭취량은 식품성분표(National Rural Living Science Institute, 2001)를 이용해 계산하였다.

3. 미량 무기질의 분석치 섭취량 분석

3-1. 식사시료의 채취 및 처리

연구대상자들이 3일 동안 섭취한 모든 음식을 채취해 식사시료로 하였다. 연구대상자 스스로 상동 식사저울을 이용해 각 음식별로 섭취량의 1/10(w/w) 씩을 지퍼가 달린 비닐 팩에 수거하도록 하였다. 식사시료 수거용 비닐 팩은, 수거 용기로 인한 미량 원소의 오염을 줄이기 위해 4 g EDTA (etylenediaminetetraacetic acid, disodium salt)/L 용액에 12시간 이상 담그고, 탈이온수로 세 번 헹구고 건조시켜 사용하였다.

수거한 식사시료는 3일 간의 총량을 측정한 뒤, 동량의 탈이온수를 혼합해, 분쇄기(GH-2000, (주)그린피아, 한국)를 이용해 균질하게 분쇄하였고, 일정 분량으로 나누어 -20 °C에 보관하면서 미량 무기질 분석에 사용하였다.

3-2. 식사시료의 습식분해

냉동 보관했던 식사시료를 냉장 온도에서 해동한 후 습식분해(임정남 1986) 하였다. 즉, 식사시료 0.2g 내외를 분해 플라스크에 넣고 10mL의 질산을 가하여 hot plate 상에서 약하게 서서히 최초의 심한 반응이 일어나 흰 연기

가 날 때까지 가열하였다. 이후 70% HClO₄ 1 mL를 가하고 뚜껑을 덮은 후 흰 연기가 없어질 때까지 다시 가열하였다. 도중에 흰 침전이 생기면 70% HClO₄을 수 mL 넣어 계속 가열하였다. 고형물이 완전히 용해되고 액이 거의 무색이 되면 냉각시킨 후 분해액을 3차 증류수로 씻어 직경 5 mm의 증발접시에 옮기고 hot plate 상에서 과염소산을 증발시켰다. 잔류물에 1% 질산 50 mL를 가해 정용한 후 ICP-MS 또는 ICP-AES의 시험용액으로 사용하였다. 한편 셀레늄 분석을 위한 습식분해는 동일한 방법을 적용했으나 별도로 청정실에서 수행하였다. 습식분해에 사용한 모든 실험기구는, 미량 원소의 오염을 방지하기 위해, 세척용 세제로 씻고 질산 원액에 24시간 담그고 탈이온수로 5번 헹구고 건조기에서 건조시킨 후 사용하였다.

3-3. 식사시료의 미량 무기질 정량

식사시료의 미량 무기질 정량은 ICP-MS (ELAN 6100, Perkin-Elmer SCIEX, USA)를 이용해 수행하였다. 다만 철분은 ICP-AES (ICPS-1000 IV, Shimadzu, Japan)로 정량하였다. ICP-MS와 ICP-AES의 분석조건은 Table 1과 같았다. 식사시료 19개를 3회 분석해 평균을 취하였다. 다만 셀레늄은, 고가의 분석비용 때문에, 연구대상자들의 나이에 따라 저연령군, 중연령군 및 고연령군의 세 군으로 나누고, 군별로 시료를 혼합해 분석하였다. 역시 3회 분석하였고 평균을 취하였다.

표준용액은 1,000 ppb의 혼합 표준시약(아나팩스, 대전) 및 Fe, Cu 및 Se의 단일 표준시약(상동)을 이용해 각각 2% HNO₃ 용액으로 희석해 0, 2, 5, 10, 20, 50 및 100 ppb 농도를 제조해 사용하였으며 blank는 2% HNO₃ 용액을 사용하였다.

4. 통계처리

통계처리는 SPSS package (Windows 12.0)를 이용하여 수행하였다. 분석항목마다 평균과 표준편차(mean ± SD)를 구하였고, 분석치와 계산치 사이의 차이는 Student t-test로 p < 0.05 수준에서 유의성을 검정하였으며, 영양소 섭취량 간의 상관관계는 Pearson의 상관계수로 분석하였다.

Table 1. Analytical conditions of ICP-MS for Zn, Cu, Mn, Cr, and Mo, and ICP-MS for Se, and ICP-AES for Fe

Variable	ICP-MS		ICP-AES
	Zn, Cu, Mn, Cr, Mo	Se	Fe
Source	Argon plasma (6000 K)		
Mass resolution (amu)	0.3-3.0	0.9	-
RF ¹⁾ power (watts)	1100	1000	1200
RF generator frequency (MHz)	40.68	40.00 (Free-running type)	27.12
Coolant gas flow rate (L/min)	18	15.0	14
Auxiliary gas flow rate (L/min)	1.0	0.85	1.2
Nebulizer gas flow rate (L/min)	1.1	0.92	-
Sample uptake rate (L/min)	1.0	1.0	1.2
Carrier gas flow rate (L/min)	-	-	0.8
Spectral range (nm)	-	-	259,940
Resolution (nm)	-	-	160-458

¹⁾ Radio frequency

III. 결과 및 고찰

1. 연구대상자의 일반사항

본 연구대상자의 일반적 특성은 Table 2와 같았다. 이들의 연령은 평균 26.2 ± 5.0 (22-38)세이었다. 체중은 55.2 ± 7.2 kg이었으며 신장은 160.5 ± 4.6 cm로 한국인 20대 여성의 표준 체위(Korean Nutrition Society 2005)와 근사하였다. 신체질량지수(body mass index; BMI)는 21.4 ± 2.6 kg/m²로 정상 범위에 속하였다. 이들의 혈액학적 일반사항은 헤모글로빈 농도는 12.8 ± 1.0 g/dL이었고, 헤마토크리트는 $38.5 \pm 3.3\%$ 로 모두 정상 범주에 속하였다. 수축기 혈압과 이완기 혈압 또한 각각 115.5 ± 8.8 mmHg와 70.1 ± 9.7 mmHg로 정상이었다.

Table 2. General Characteristics of the subjects

Variable	Mean \pm SD
Age (yr)	26.2 \pm 5.0
Weight (kg)	55.2 \pm 7.2
Height (cm)	160.5 \pm 4.6
BMI ¹⁾ (kg/m ²)	21.4 \pm 2.6
Hemoglobin (g/dL)	12.8 \pm 1.0
Hematocrit (%)	38.5 \pm 3.3
SBP ²⁾ (mmHg)	115.5 \pm 8.8
DBP ³⁾ (mmHg)	70.1 \pm 9.7

¹⁾ Body mass index

²⁾ Systolic blood pressure

³⁾ Diastolic blood pressure

Table 3. Dietary intakes of energy, protein, and trace elements of the subjects

Variable	Intake/day	
	Calculated ¹⁾	Analyzed ²⁾
Calorie (kcal)	1889 ± 404	-
Protein (g)	102.8 ± 25.5	-
Iron (mg)	18.87 ± 4.50	6.94 ± 2.18
Zinc (mg)	8.35 ± 2.87	9.35 ± 4.75
Copper (mg)	1.11 ± 0.32	1.18 ± 0.26
Manganese (mg)	2.83 ± 1.68	3.69 ± 0.69
Selenium (μg)	27.58 ± 6.97	41.93 ± 9.28
Chromium (μg)	-	136.5 ± 147.9
Molibdenum (μg)	-	134.0 ± 49.1

Values are mean ± standard deviation.

¹⁾ Calculated using CAN-Pro for Fe and Zn and using the Food Composition Table for Se, Cu, and Mn.

²⁾ Analyzed by ICP-MS for Zn, Cu, Mn, Se, Cr, and Mo and by ICP-AES for Fe.

2. 에너지, 단백질 및 미량 무기질 섭취

본 연구대상자가 식사를 통해 섭취한 에너지, 단백질 및 7종의 미량 무기질 섭취상태는 Table 3과 같았다. 에너지 섭취량은 1,889 ± 404 kcal이었으며, 단백질은 103 ± 26 g을 섭취하였다. 에너지 섭취량은 한국인 20대 여성의 에너지 필요추정량인 2,100 kcal의 90.0%로 낮은 편이었다. 그러나 단백질 섭취량은 한국인 20대 여성의 단백질 평균필요량인 35 g 및 권장섭취량인 45 g에 비해 각각 292% 및 228%로 높았다. 이러한 결과 즉, 에너지 섭취량은 부족하나 단백질 섭취량이 많은 점은 이미 국민건강영양조사(Ministry of Health and Welfare 2002)를 통해 한국인의 영양섭취상태의 특성으로 나타나 있다. 또한 몇몇 연구(Sung 1996; Hong 등 1993)에서도 확인된바 있다.

철분 섭취량은 ICP-AES로 분석한 결과는 6.94 ± 2.18 mg/day이었고, CAN-Pro로 산출한 결과는 18.87 ± 4.50 mg/day이었다. 분석치는 한국인 20대 여성의 철 권장섭취량인 14 mg은 물론 평균필요량인 11 mg (Korean Nutrition Society 2005)에도 크게 부족하였으나 계산치는 권장섭취량을 상회하였다. 본 연구의 분석치 섭취량은 분석치로 보고된 선행 연구결과인 13.3 mg (Lee 등 1996)이나 14.0 mg (Sung 등 1993) 또는 14.1 mg (Oh 등 1987)에 비해

크게 낮았다. 이러한 차이의 원인에 대해 하나는, 분석기기가 다른 점을 생각해 볼 수 있고, 다른 하나는, 습식분해 등 전처리 과정에서 철분의 손실이 발생했을 가능성을 생각해 볼 수 있다. 그러나 철분 이외에 아연, 구리, 망간, 셀레늄 모두 분석치가 계산치보다 높게 나온 점 및 본 연구에서 얻어진 아연의 분석치가 선행연구(Lee 등 1996; Kim 1988)보다 높았던 점 등은 본 실험과정에서 철분의 손실이 발생했을 가능성은 거의 없다고 생각된다. 따라서 다른 분석기기를 사용한 원인이 이러한 차이를 가져온 주요 원인이었을 가능성이 높아진다. 본 연구에서는 ICP-AES를 사용했는데 비해 상동 연구에서는 AAS로 분석하였다. ICP-AES가 AAS에 비해 미량 원소 분석에 대한 민감도가 크다는 점을 생각할 때 본 연구결과에 대해 보다 신뢰를 가질 수 있다고 생각된다. 한편 선행 연구에서 보고된 계산치에 의한 철분 섭취량은 10.8 mg에서 21.3 mg (Kim 1988; Park, Chyun 1993; Kye, Paik 1993; Nam, Ly 1992)까지로 두 배 정도의 변이를 보였는데, 본 연구의 계산치는 이 범위에 들었다. 본 연구결과, 철분 섭취량이 분석치와 계산치 사이에 그 차이가 2.7배에 달한 점에 대해서는 이를 확인하는 추후 연구가 필요하다고 생각된다. 철분의 분석치와 계산치 섭취량을 동시에 구한 선행 연구는 아직까지 없었다. 만일에 ICP-AES로 분석한 값이 보다 실제에 가깝다면 철분의

데이터베이스 구축에 사용된 자료에 대한 점검이 필요할 것이다. 현행 데이터베이스의 자료는 대부분 AAS로 분석된 값이다. 또한 본 연구결과는 그 동안 국내에서 수행된 연구들이 한국인의 철분 섭취량은 거의 권장량에 달하는데도 불구하고 빈혈 발생률이 높은 점에 대해 분명한 설명을 하지 못하였는데 본 결과는 이에 대한 설명이 될 수 있을 것으로 보인다.

아연 섭취량은 ICP-MS로 분석한 값은 9.35 ± 4.95 mg/day이었으며, CAN-Pro로 산출한 계산치는 8.35 ± 2.87 mg/day이었다. 철분과는 달리, 분석치가 계산치보다 오히려 높았으며 그 차이도 크지 않았다. 분석치와 계산치 섭취량 모두 한국인 20대 여성의 아연 평균필요량인 7.0 mg은 물론 권장섭취량인 8.0 mg (Korean Nutrition Society 2005)을 상회하는 수준이었다. 한국인의 아연 섭취량을 보고한 다섯 편 선행 연구의 분석치는 모두 AAS를 이용해 얻어진 값으로 15.8 mg (Oh 등 1987), 8.7 mg (Kim 1988), 8.4 mg (Lee 등 1996; Sung 등 1993) 및 5.5 mg (Son, Sung 1999)이었는데 본 연구결과는 대략 이들 자료의 중간 수준이었다. 국내의 계산치 섭취량 자료는 6.7 mg (Kim 등 1999)으로 낮았다. 한편 외국 연구에서 조사된 아연 섭취량과 비교해 보아도 캐나다 가임기 여성의 10.1 mg (Gibson, Scythes 1982), 미국 성인의 9.9 mg (Patterson 등 1984) 및 스페인 여성의 7.5 mg (Schuhmacher 등 1993)의 대략 중간 정도였다. 한편 한국에서 보고된 세 편의 계산치 섭취량은 4.5 mg에서 6.4 mg (Son, Sung, 1999; Chyun, Choi 1996, Park, Chyun 1993)까지로, 본 연구의 계산치 섭취량은 이들보다 높은 편이었다. 아연의 분석치와 계산치 섭취량을 동시에 구한 선행 연구가 한 편 (Son, Sung 1999) 있었는데 이 연구에서도 본 연구와 마찬가지로 분석치가 계산치 (5.5 mg vs 4.5 mg)보다 높았다.

구리 섭취량은 분석치는 1.18 ± 0.26 mg이었고 식품성분표 (National Rural Living Science Institute, 2001)로 계산한 결과는 1.11 ± 0.32 mg/day로 분석치와 계산치가 거의 같았다. 이들 섭취량은 한국인 20대 여성의 구리 평균필요량인 0.6 mg은 물론 권장섭취량인 0.8 mg (Korean Nutrition Society 2005)을 상회하는 수준이었다. 한국인에 대해 수행된 선행 연구결과를 보면, AAS로 분석한 네 편의 섭취량은 1.7 mg에서 3.7 mg (Son, Sung 1999; Lee 등 1996; Sung 등 1993; Kim 1988; Oh 등 1987)의 범위이었으나 ICP-AES로 분석한 값은 0.88 mg (Joung 등 1999)이

었다. 따라서 본 연구의 분석치는 AAS로 얻은 값들보다 낮았으나 ICP-AES로 얻은 값보다 높아, 철분에서 서술한 바 대로, 실험과정에서의 손실보다는 분석기기에 따라 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 계산치를 보고한 국내의 세 편의 연구결과는 0.88 mg/day 내지 1.2 mg/day (Son, Sung 1999; Kim 등 1999; Chyun, Choi 1996)이었는데, 본 연구의 계산치는 이들의 중간 수준이었다. 한편 외국의 연구결과와 비교하면, 스페인인의 1.16 mg (Schuhmacher 등 1993) 및 미국인의 1.2 mg (Patterson 등 1984)과 유사하였으며, 방콕 성인의 1.6 mg (Songchitsomboon 등 1998)이나 캐나다 여성의 1.9 mg (Gibson, Scythes 1982)에 비해서는 낮은 편이었다.

망간 섭취량은 ICP-MS로 분석한 결과는 3.69 ± 0.69 mg/day이었으며, 식품성분표(2001)로 계산한 결과는 2.83 ± 1.68 mg/day이었다. 한국인 영양섭취기준(Korean Nutrition Society 2005)에 망간에 대해서는 총분섭취량이 설정되었는데, 본 연구결과는 20대 여성의 총분섭취량인 3.0 mg과 근사한 수준이었다. 한국인의 망간 섭취에 대한 선행 연구는 AAS로 분석한 한 편 (Oh 등 1987)이 있으며, 그 결과는 5.12 mg으로 본 분석치는 이에 비해 낮았다. 그러나 외국에서 보고된 수준 즉, 캐나다인의 3.1 mg (Gibson, Scythes 1982) 및 미국인의 3.0 mg (Patterson 등 1984)과 또는 2.8 mg (Greger 1990) 및 이스라엘 성인의 1.5 mg (Gorelik 등 2003)보다 높았다.

본 연구대상자의 셀레늄 섭취량은 ICP-MS로 분석한 값은 41.93 ± 9.28 μ g이었고 식품성분표(2001)로 계산한 결과는 27.58 ± 6.97 mg/day이었다. 분석치가 계산치에 비해 상당히 높게 나온 점은 계산치 산출에 사용한 데이터베이스에 셀레늄 함량에 관한 자료가 제한되어 있었기 때문이 아닌가 생각된다. 분석치 섭취량은 한국인 영양섭취기준의 셀레늄 평균필요량인 42 μ g (Korean Nutrition Society 2005)와 같았으나 권장섭취량인 50 μ g에는 미치지 못하였다. 한국인의 셀레늄 섭취실태에 관해 발표된 문헌은 거의 없는 실정이다. 외국의 연구결과와 비교해 볼 때, 본 연구대상자의 섭취량은 대략 중간 수준이었다. 가장 낮은 경우는 동 크로아티아 성인의 27.3 μ g (Klapec 등 1998)이었고, 슬로바키아인, 32.6 \pm 6.6 μ g (Kadrabova 등 1998), 독일인, 38 μ g (Oster, Prellwitz 1989), 아일랜드인, 50 \pm 21 μ g (Murphy 등 2002), 인도인, 61.9 μ g (Mahapatra 등 2001), 미국인, 76 μ g (Christensen 등 1988), 및 캐나다인은 131 μ g (Gibson, Scythes 1982)이었다.

본 연구대상자의 폴리브텐의 섭취량은 ICP-MS로 분석한 값은 $134.0 \pm 49.1 \mu\text{g}$ 이었다. 폴리브텐의 경우 식품성분표(2001)에 자료가 없어 계산치 섭취량을 구하지 못하였다. 우리나라의 영양섭취기준(Korean Nutrition Society 2005)에는 폴리브텐에 대한 평균필요량, 권장섭취량 또는 충분섭취량 모두 설정되어 있지 않으며 다만 상한섭취량으로 $600 \mu\text{g}$ 가 책정되어 있다. 외국의 경우를 보면, 미국은 19-30세 여성의 폴리브텐 권장섭취량이 $45 \mu\text{g}$ 이며 상한섭취량은 $2,000 \mu\text{g}$ 이고, 일본의 경우는 18-29세 여성의 권장섭취량은 $20 \mu\text{g}$ 이고 상한섭취량은 $240 \mu\text{g}$ 이다. 국가별로 이렇게 큰 차이를 보이는 점은 폴리브텐의 평균필요량에 관한 자료가 많지 않기 때문이라 생각된다. 본 연구대상자의 폴리브텐 섭취량은 미국과 일본의 권장섭취량을 크게 상회하는 수준이나 상한섭취량 이내임을 알 수 있다. 외국에서 보고된 한 연구결과(Anke 등 1991)는 독일인의 폴리브텐 섭취량이 $47-89 \mu\text{g}$ 이었다고 하였는바, 본 연구대상자의 섭취량은 이보다 상당히 높은 수준이었다.

본 연구대상자의 크롬 섭취량은 ICP-MS로 분석한 결과 $136.5 \pm 147.9 \mu\text{g}$ 이었다. 크롬 역시 식품성분표(2001)에 자료가 없어 계산치 섭취량을 구하지 못하였다. 우리나라는 크롬에 대해 아무런 영양섭취기준도 설정하지 않았으나, 미국은 19-30세 여성의 충분섭취량을 $25 \mu\text{g}$ 로 정했고 상한섭취량은 설정하지 않았으며, 일본의 경우 18-29세 여성의 권장량(RDA)은 $30 \mu\text{g}$ 이고 상한섭취량은 역시 책정하지 않았다. 따라서 본 연구대상자의 크롬 섭취량은 미국과

일본 여성의 충분섭취량 및 권장량에 비해 크게 높은 수준이라 하겠다. 한국인의 크롬 섭취에 대한 자료는 거의 없다. 외국에서 수행된 한 연구에서 스페인 여성의 크롬 섭취량이 $124.6 \mu\text{g}$ (Schuhmacher 등 1993)이었다고 보고되었는바, 본 연구대상자의 크롬섭취량은 이와 근사하였다.

본 연구에서 분석치와 계산치 섭취량을 모두 구한 미량 무기질은 5종으로 이들을 비교한 결과는 Fig. 1과 같았다. 분석치가 계산치보다 낮게 나온 무기질은 철분뿐이었으며 2.72배로 크게 낮아 유의한 차이였다. 아연, 구리, 망간 및 셀레늄은 모두 분석치가 계산치보다 높았는바, 아연은 1.12배이었고 구리는 1.06배로 거의 근사했으며 따라서 유의성은 없었다. 망간은 1.30배 및 셀레늄은 1.52배의 차이를 보였고 유의성이 있었다. 이러한 결과는 CAN-Pro (Korean Nutrition Society 2003) 또는 식품성분표 (National Rural Living Science Institute 2001) 상의 철분을 비롯한 미량 무기질의 데이터베이스에 제한점이 있음을 시사해준다. 특히 철분의 경우는, 앞서 서술한바, AAS 분석치와 ICP-AES 분석치 간에 차이가 있다고 추측되므로 앞으로 철분의 데이터베이스에 보다 정확한 자료를 이용해야 할 것이라 생각된다. 철분 이외에 아연, 셀레늄, 구리와 망간 섭취량은 모두 분석치가 계산치보다 높았는바, 이러한 결과는 데이터베이스에 누락된 자료가 있을 가능성을 시사해준다. 한편 폴리브텐과 크롬은 상동 CAN-Pro나 식품성분표에 자료가 없으므로 이에 관한 보완이 요구된다.

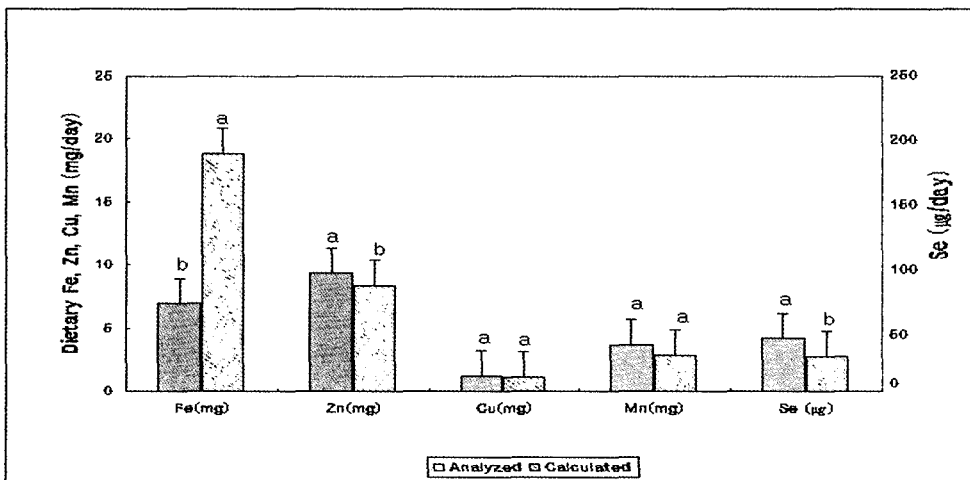


Fig. 1. Comparison of the trace element intakes between analyzed and calculated data. Values with different superscripts letters between analyzed and calculated are significantly different at $p < 0.05$ by Student t-test.

Table 4. Nutrient density of trace elements of the diets consumed by the subjects

Variable	Intake/1,000 kcal	
	Calculated ¹⁾	Analyzed ²⁾
Iron (mg)	10.06 ± 1.60	3.81 ± 1.49
Zinc (mg)	4.36 ± 0.96	5.07 ± 2.65
Copper (mg)	0.59 ± 0.14	0.66 ± 0.24
Manganese (mg)	1.56 ± 0.96	2.02 ± 0.50
Selenium (μ g)	15.03 ± 4.10	22.31 ± 1.64
Chromium (μ g)	-	83.68 ± 106.9
Molibdenum (μ g)	-	72.63 ± 24.46

Values are mean ± standard deviation.

¹⁾ Calculated using CAN-Pro for Fe and Zn and using the Food Composition Table for Se, Cu, and Mn.

²⁾ Analyzed by ICP-MS for Zn, Cu, Mn, Se, Cr, and Mo and by ICP-AES for Fe.

3. 미량 무기질의 식사 밀도

본 연구대상자가 섭취한 식사의 미량 무기질 밀도를 분석치를 기준해서 에너지 섭취 1,000 kcal당으로 나타낸 결과는 Table 4와 같았다. 철분의 식사 밀도는 3.81 ± 1.49 mg/1,000 kcal이었고, 아연은 5.07 ± 12.65 mg/1,000 kcal이었으며, 구리는 0.66 ± 0.24 mg/1,000 kcal이었고, 망간은 2.02 ± 0.50 mg/1,000 kcal이었으며, 셀레늄은 22.31 ± 1.64 μ g/1,000 kcal이었다. 크롬과 몰리브덴의 식사 밀도는 각각 83.68 ± 106.9 μ g/1,000 kcal과 72.63 ± 24.46 μ g/1,000 kcal이었다.

아연, 구리, 망간, 몰리브덴 및 크롬 섭취량은 권장섭취량을 충족하였으므로 위와 같은 식사 밀도는 바람직한 수준이라고 평가할 수 있다. 셀레늄의 식사 밀도는 이보다 좀더

높여야 권장섭취량을 충족할 수 있을 것이라 생각되며 철분의 경우는 본 결과보다 두 배 이상 높여야 할 것이다.

4. 에너지 및 단백질과 미량 무기질 섭취 간의 상관관계

본 연구대상자들이 섭취한 에너지 및 단백질과 미량 무기질 섭취량 간의 상관관계는 Table 5와 같았다. 이들 미량 무기질의 분석치 섭취량은 에너지 섭취와는 아무런 유의한 상관이 없었다. 단백질 섭취와는 셀레늄($r = 1.000$, $p < 0.05$)과 몰리브덴($r = 0.465$, $p < 0.05$)이 양의 상관관계를 보였고 크롬($r = -0.472$, $p < 0.05$)이 음의 상관관계를 나타내었다.

Table 5. Pearson's correlation coefficients between dietary intakes of energy and protein and trace elements from ICP-MS (or IC-AES)

	Fe	Zn	Cu	Mn	Se	Cr	Mo
Energy	0.135 (0.697**)	0.158 (0.795**)	-0.134 (0.599**)	0.175 (-0.046)	0.955 (0.241)	-0.361	0.314
Protein	0.232 (0.704**)	0.250 (0.869**)	-0.224 (0.515*)	0.409 (-0.019)	1.000* (0.331)	-0.472*	0.465*

The values in the parenthesis are the correlation coefficients when using the calculated values of trace mineral intakes.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

한편 미량 무기질 계산치 섭취량 간의 상관관계는, 분석치 섭취량과는 달리, 철분($r = 0.697, p < 0.01$), 아연($r = 0.795, p < 0.01$) 및 구리($r = 0.599, p < 0.01$)가 에너지 섭취와 유의수준 양의 상관성을 보였고, 단백질 섭취와는 철분($r = 0.704, p < 0.01$)과 아연($r = 0.869, p < 0.01$) 및 구리($r = 0.515, p < 0.05$)가 양의 상관관계를 나타냈다.

미량 무기질 섭취량이 분석치 인가 계산치 인가에 따라 에너지 또는 단백질 섭취와의 관련성이 상당히 다른 결과를 보인 점은 본 연구결과만으로는 정확한 해석이 어렵다. 그러나 분석치 섭취량이 에너지나 단백질 섭취와의 관련성이 낮게 나타난 점을 다음과 같이 두 가지로 해석할 수 있겠다. 하나는, 이들 미량 금속 무기질이, 셀레늄과 몰리브덴을 제외하고는, 에너지나 단백질을 공급하는 주요 식품에 많이 함유되어 있지 않다는 점이고 둘은, 조리과정에서 손실되었을 가능성을 시사한다. 그러나 첫 번째 가능성은 철, 아연 또는 구리가 동물성 식품, 곡류, 두류, 견과류 등에 함량이 많은 점으로 미루어 설명력이 약하다. 이유는 불분명하나, 미량 무기질의 섭취가 에너지나 단백질 섭취와 거의 유의한 관련성을 보이지 않은 본 연구결과는 미량 무기질이 에너지나 단백질을 공급하는 주요 식품을 통해 확보되지 않는다는 점을 시사한다. 그러나 미량 무기질의 계산치 섭취량은 에너지 및 단백질 섭취와 상당히 높은 관련성을 보였다. 철분, 아연 및 구리는 에너지는 물론 단백질 섭취와도 유의한 양의 상관성을 보였는바, 이러한 점은 CAN-Pro (Korean Nutrition Society 2003) 또는 식품성분표(National Rural Living Science Institute 2001) 상에 이들 세 가지 미량 무기질이 에너지 또는 단백질의 주요 공급 식품에 많이 들어있던지 아니면, 모든 식품에 대한 데이터베이스가 완비되지 않고, 주요 에너지 또는 단백질 공급 식품을 중심으로 이들 무기질 함량의 데이터베이스가 구성되었기 때문이 아닌가 생각된다. 유의한 상관성을 보이지 않은 셀레늄과 망간은 동 식품성분표(National Rural Living Science Institute, 2001)의 자료 미비가 원인이라고 추측할 수 있겠다. 이에 대한 정확한 해석은 미량 무기질의 데이터베이스가 정확한 분석치로 완비되어야 내릴 수 있을 것이다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 성인 여자 19명을 대상으로 하여 이들의 철분, 아연, 구리, 망간, 셀레늄, 몰리브덴 및 크롬의 섭취

량을 ICP-MS(철분은 ICP-AES)로 식사시료를 분석해 구했고 또한 CAN-Pro나 식품성분표에 데이터베이스가 있는 철분, 아연, 구리, 망간 및 셀레늄의 경우는 계산치 섭취량을 구하고 이들 결과를 비교·검토하였다. 본 연구대상자는 한국인 성인 여성의 표준체위를 지녔고 정상 범위의 Hb 농도와 Hct 값을 보였다.

이들의 에너지 섭취량은 필요추정량의 90%정도로 부족했으나 단백질 섭취량은 높아 권장섭취량의 2.3배에 달하였다. 철분 섭취량은 분석치와 계산치 각각 6.94 ± 2.18 mg/day와 18.87 ± 4.50 mg/day이었고, 아연은 각각 9.35 ± 4.95 mg/day와 8.35 ± 2.87 mg/day이었으며, 구리는 각각 1.18 ± 0.26 mg/day와 1.11 ± 0.32 mg/day이었다, 망간의 분석치 섭취량은 3.69 ± 0.69 mg/day이었고 계산치는 2.83 ± 1.68 mg/day이었으며, 셀레늄은 각각 $41.93 \pm 9.28 \mu\text{g/day}$ 및 $27.58 \pm 6.97 \mu\text{g/day}$ 이었다. 크롬과 몰리브덴의 분석치 섭취량은 각각 $136.5 \pm 147.9 \mu\text{g/day}$ 및 $134.0 \pm 49.1 \mu\text{g/day}$ 이었다.

본 연구대상자의 철분 섭취량은, 계산치는 권장섭취량을 상회했으나, 분석치는 크게 부족해 평균필요량에도 못 미쳤다. 본 연구의 분석치에 신뢰를 두는 경우, 철분 섭취량은 권장섭취량의 49.6%이었고 평균필요량에 63.1%로 상당히 부족하였다. 아연과 구리는 분석치와 계산치 모두 권장섭취량을 충족했다. 망간은 계산치는 부족했으나 분석치는 충분섭취량을 충족했다. 셀레늄은, 분석치가 계산치보다 높게 나왔음에도 불구하고, 권장섭취량에 못 미쳤다. 몰리브덴과 크롬의 분석치 섭취량은 각각 미국/캐나다 및 일본의 권장섭취량을 크게 상회하였다. 이러한 연구결과는, 본 연구대상자의 경우, 철분 섭취량이 가장 취약하고, 셀레늄 섭취가 다소 부족할 가능성이 있으나, 이외에 아연, 구리, 망간, 몰리브덴 및 크롬의 섭취량은 충분함을 알려주었다.

본 연구는 대상자 수가 적은 제한점을 가지고 있다. 그러나 사흘간의 식사시료를 수거했고, ICP-MS(철분은 ICP-AES)를 이용해 7종의 무기질 섭취량을 분석하여 그 결과를 얻었으며 계산치를 산출해 분석치와 계산치를 비교·검토하였다. 본 연구결과, 철분은 분석치 섭취량이 계산치보다 크게 낮아 2.72배의 차이를 보이며 나머지 4종의 무기질은 모두 분석치 섭취량이 계산치보다 낮아 아연, 구리, 망간, 셀레늄 각각 1.12배, 1.06배, 1.30배 및 1.52배의 차이를 나타냄을 알 수 있었다. 미량 영양소의 영양 상태에 관한 연구가 미진한 상황에서 본 연구결과가 한국

인의 미량 무기질의 권장량 설정이나 영양상태 판정에 기초 자료로 이용되기를 기대한다. 본 연구에서 철분 데이터가 모두 기존의 분석치보다 크게 낮게 나온 점 및 분석치와 계산치 섭취량 사이에 철분을 비롯해 셀레늄이 상당한 차이를 보인 점에 대한 추후 점검이 이루어지기를 바란다. 특히 철분과 셀레늄을 비롯해 미량 무기질의 데이터베이스가 보완되어야 할 것이다.

V. 참고문헌

- Anke, M., Groppe, B., Krause, U., Arnhold, W., Langer, M.(1991). Trace element intake (zinc, manganese, copper, molybdenum, iodine, and nickel) of humans in Thuringia and Brandenburg of the Fed. Rep. of Germany. *J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis.* 5: 69-74
- Christensen, M.J., Bown, J.W., Lei, L.I.(1988). The effect of income on selenium intake and status in Utah county, Utah. *J. Am. Coll. Nutr.* 7: 155-167
- Chyun, J.H., Choi, Y.J.(1996). Dietary copper intakes and effect of zinc supplementation on plasma copper level in Korean adults. *Korean J. Nutr.* 29: 528-532
- Gibson, R.S., Scythes, C.A.(1982). Trace element intakes of women. *Br. J. Nutr.* 48: 241-248
- Gorelik, O., Almozmino-Sarafian, D., Feder, I., Wachsman, O., Alon, I., Litvinjuk, V., Roshovsky, M., Modai, D., Cohen, N.(2003). Dietary intake of various nutrients in older patients with congestive heart failure. *Cardiology* 99: 177-181
- Greger, J.I., Davis, C.D., Suttie, J.W., Lyle, B.J.(1990). Intake, serum concentrations and urinary excretion of manganese by adult males. *Am. J. Clin. Nutr.* 51: 457-461
- Hong, S.M., Bak, K.J., Jung, S.H., Oh, K.W., Hong, Y.A.(1993). A study on nutrient intakes and hematological status of female college students of Ulsan City - 1. Emphasis on serum lipids - *Korean J. Nutr.* 26(3): 338-346
- Joung, H.J., Paik, H.Y., Kim, C.H., Lee, J.Y.(1999). Preparation of copper database of Korean foods and copper nutritional status of Korean adults living in rural area assessed by dietary intake and serum analysis. *Korean J. Nutr* 32(3): 296-306
- Kadrabova, J., Mad'aric, A., Ginter, E.(1998). Determination of the daily selenium intake in Slovakia. *Biol. Trace Elem. Res.* 61: 277-86
- Kim, A.J.(1988). A study on intake of iron, copper, zinc and blood contents of rural women in Korea. Sookmyung Women's University Master Degree thesis
- Kim, A.J., Chang, O.J., Kim, H.K., Kim, S.K., Kim, J.H., Chi, H.Y., Kim, S.Y.(1998). Relationship of serum chromium with serum lipids and blood glucose level in rural college women. *Korean J. Nutr.* 31(8): 1307-1314
- Kim, C.H., Paik, H.Y., Jo, H.J.(1999). Evaluation of zinc and copper status in Korean college women. *Korean J. Nutr.* 32: 277-286
- Klapec, T., Mandic, M.L., Grgic, J., Primorac, L., Ilic, M., Lovric, T., Grgic, Z., Herceg, Z.(1998). Daily dietary intake of selenium in eastern Croatia. *Sci. Total Environ.* 217: 127-136
- Korean Nutrition Society.(2005). *Dietary Reference Intakes for Koreans*, Gukjin Publishing Co., Seoul
- Kye, S.H., Paik, H.Y.(1993). Iron nutriture and related dietary factors in apparently healthy young Korean women (2): Analysis of Iron in major food items and assessment of intake and availability of dietary iron. *Korean J. Nutr.* 26: 703-714
- Lee, J.Y., Choi, M.K., Sung, C.J.(1996). The relationship between dietary intakes, serum levels, urinary excretions of Zn, Cu, Fe and serum lipids in Korean rural adults on self - selected diet. *Korean J. Nutr.* 29: 1112-1120
- Lee, Y.C., Chung, E.J., Hwang, J.A., Kim, M.K., Lee, J.H., Park, T.S., Kim, S.T., Park, K.S.(1998). A Study on serum concentrations of antioxidant minerals in normal Korean adults. *Korean J. Nutr.* 31(3): 324-332
- Mahapatra, S., Tripathi, R.M., Raghunath, R., Sadasivan, S.(2001). Daily intake of Se by adult

- population of Mumbai, India. *Sci. Total Environ.* 277(1-3): 217-223
19. Ministry of Health and Welfare, Korean Health Industry Development Institute.(2002). *Report on 2001 National Health and Nutrition*
 20. Murphy, J., Hannon, E.M., Kiely, M., Flynn, A., Cashman, K.D.(2002). Selenium intakes in 18-64 yr-old Irish adults. *Eur. J. Clin. Nutr.* 56: 402-408
 21. Nam, H.S., Ly, S.Y.(1992). A survey on iron intake and nutritional status of female college students of Chungnam National University. *Korean J. Nutr.* 25: 404-412
 22. National Rural Living Science Institute of Korea.(2001). *Food Composition Table*.
 23. Oh, Y.Z., Hwang, I.J., Woo, S.J.(1987). Nutrient intake of rural housewives in Yeosu area. *Korean J. Nutr.* 20: 301-308
 24. Oster, O., Prellwitz, W.(1989). The daily dietary selenium intake of West German adults. *Biol. Trace Elem. Res.* 20: 1-14
 25. Park, J.S., Chyun, J.H.(1993). Dietary zinc analysis and changes of zinc nutriture with zinc supplementation in Korean adults. *Korean J. Nutr.* 26: 1110-1117
 26. Patterson, K.Y., Holbrook, J.T., Bodner, J.E., Kelsay, J.L., Smith, J.C. Jr, Veillon, C.(1984). Zinc, copper, and manganese intake and balance for adults consuming self-selected diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 40: 1397-1403
 27. Schuhmacher, M., Domingo, J.L., Llobet, J.M., Corbella, J.(1993). Dietary intake of copper, chromium and zinc in Tarragona province, Spain. *Sci. Total Environ.* 132: 3-10
 28. Son, S.M., Sung, S.I.(1999). Zinc and copper intake with food analysis and levels of zinc and copper in serum, hair and urine of female college students. *Korean J. Nutr.* 32: 705-712
 29. Songchitsomboon, S., Komindr, S., Piaseu, N.(1998). Zinc and copper intake and sources in healthy adults living in Bangkok and surrounding districts. *Biol. Trace Elem. Res.* 61: 97-104
 30. Sung, C.J.(1984). A study on the zinc concentration in serum and hair of Korean female collegians. *Korean J. Nutr.* 17: 137-144
 31. Sung, C.J., Yoon, Y.H.(2000). The study of Zn, Cu, Mn, Ni contents of serum, hair, nail and urine for female college students. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29(1): 99-105
 32. Sung, M.K.(1996). Investigations on nutrient intakes among Korean female college students. - Quality evaluations for fat and protein consumption - *Korean J. Dietary Culture* 11(5): 643-649