

일부 젊은 성인여자의 Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Mo 및 Cr의 식사섭취, 혈청농도 및 소변배설*

김 경 희 · 임 현 숙[§]

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과

Dietary Intakes, Serum Concentrations, and Urinary Excretions of Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr of Korean Young Adult Women*

Kim, Kyung-Hee · Lim, Hyeon-Sook[§]

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

ABSTRACT

This study was conducted to investigate dietary intakes, serum concentrations, and urinary excretions of iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), selenium (Se), molybdenum (Mo), and chromium (Cr) of Korean young adult women. A total of 19 apparently healthy young adult women aged in their twenties or thirties participated voluntarily. One-tenth of all foods they consumed for 3 consecutive days were collected, all urine excreted for the same 3 days was gathered, and fasting venous blood was withdrawn for the trace mineral analyses. Of the food, blood, and urine samples, the contents of Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr were analyzed by inductively coupled plasma-mass spectroscopy (ICP-MS) and that of Fe by inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES) after wet digestion. The intake of Fe, 6.94 ± 2.18 mg, did not meet the estimated average requirement (EAR) for Korean women aged 20–29 years old. On the contrary, the intakes of Zn (9.35 ± 4.95 mg), Cu (1.18 ± 0.26 mg), and Mn (3.69 ± 0.69 mg) were sufficient for each respective EAR. However, some of the subjects did not take the EAR for Zn. The Se intake, 41.93 ± 9.28 μ g, however, was almost similar to the EAR for Se. Although there are no references for Mo and Cr, the intakes of these minerals (134.0 ± 49.1 and 136.5 ± 147.9 μ g, respectively) seemed to be excessively sufficient. Serum Fe concentration, 88.7 ± 36.8 μ g/dL, seemed to be a little bit lower than its reference median but within its normal range. Approximately one-fourth of the subjects were in anemic determined by Hb and Hct and below the deficiency serum level of Fe, 60 μ g/dL. In addition, serum Se concentration, 3.73 ± 0.60 μ g/dL, was also below its reference median and normal range. However, serum concentrations of Zn (99.6 ± 30.6 μ g/dL) and Mo (0.25 ± 0.10 μ g/dL) were fairly good compared to each reference median. The status of Cu could be determined as good although its serum concentration (91.6 ± 14.6 μ g/dL) was slightly below its reference median. Since there are no decisive reference values, it was not easy to evaluate serum concentrations of Mn (0.93 ± 0.85 μ g/dL) and Cr (8.60 ± 7.25 μ g/dL). But Mn and Cr status seemed to be adequate. Urinary Fe excretion, 4.48 ± 1.98 μ g/dL, was pretty much lower than its reference and that of Se, 2.45 ± 1.17 μ g/dL, was also lower than its average. On the other hand, those of Zn (42.95 ± 20.47 μ g/dL) and Cu (5.68 ± 1.50 μ g/dL) were fairly good. In case of Mn, urinary excretion, 0.31 ± 0.09 μ g/dL, was much greater than its reference. Urinary excretions of Mo (7.48 ± 2.95 μ g/dL) and Cr (1.37 ± 0.41 μ g/dL) were very higher compared to each reference. The results of this study revealed that Korean young adult women were considerably poor in Fe status, a bit inadequate in Se status, partly inadequate in Zn status, and fairly good in Cu, Mn, Mo and Cr status. However, there was a problem of excessive intakes of Mo and Cr. It, therefore, should be concerned to increase the intakes of Fe, Se and Zn but to decrease Mo and Cr consumption for young adult women. (*Korean J Nutrition* 39(8): 762~772, 2006)

KEY WORDS : iron, zinc, copper, manganese, selenium, molybdenum, chromium.

접수일 : 2006년 8월 2일

채택일 : 2006년 12월 3일

*Presented in part at *Korean J Human Ecology* 9(3) : 69–79, 2006.

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail : limhs@chonnam.ac.kr

서론

미량 무기질은 인체의 생명현상을 유지하는데 필수적인 기능을 수행한다. 그럼에도 불구하고 몇몇 원소를 제외하고는 한국인을 대상으로 하여 이들의 영양상태를 평가한 연구는 아직 많지 않다. 체내 함량은 물론 식품 중 함량이 극히 낮으므로 미량 무기질을 정확하게 분석하기 어려운 점이 이 분야에 관한 연구수행에 장애로 작용했으리라 생각된다.

미량 무기질 중에서 제7차 한국인 영양권장량 (Korean Nutrition Society 2000)¹⁾에 설정된 원소는 철분 (Fe)과 아연 (Zn)뿐이었으나 영양섭취기준 (Korean Nutrition Society 2005)²⁾에는 위의 두 원소 이외에 구리 (Cu), 요오드 (I) 및 셀레늄 (Se)에 대해 평균필요량, 권장섭취량 및 상한섭취량이 설정되었고, 불소 (F)와 망간 (Mn)에 대해서는 충분섭취량과 상한섭취량이 정해졌으며, 몰리브덴 (Mo)의 경우는 상한섭취량이 책정되었다. 그러나 이들의 영양섭취기준을 설정하는데 있어 한국인의 자료가 충분하지 않아 미국/캐나다, 일본 또는 호주 등의 자료를 참고하였다.

미량 무기질이 체내에서 수행하는 필수적인 기능의 중요성이나 흡수, 수송, 대사과정 등에서의 상호작용 및 한국인 일상식사가 갖는 특성으로 보아 한국인을 대상으로 한 이들의 영양상태에 관해 많은 연구가 수행되어야 할 것이다. 이와 같은 연구결과가 축적되어야 한국인의 충분섭취량을 결정할 수 있을 것이며 나아가 보다 타당성 있는 평균필요량 또는 권장섭취량의 설정이 가능할 것이다. 이를 위해서는 각각의 미량 무기질에 대해 각 연령층과 성별로 평형실험이나, 요인가산법 또는 생화학적 지표에 근거한 최소필요량 추정 등 대사실험이 수행되어야 할 것이다. 그러나 주로 철,³⁻⁷⁾ 아연,^{4,5,7-16)} 및 구리^{4,5,7-9,11-15,17,18)}에 대한 연구가 이루어졌을 뿐 망간,^{7,9,13,19)} 셀레늄,^{13,19,20)} 크롬,^{8,18,21)} 또는 몰리브덴에 관한 자료는 많지 않다.

이에 본 연구에서는 우선 7종의 미량 금속무기질인 철, 아연, 구리, 망간, 셀레늄, 크롬 및 몰리브덴에 관해 가임기에 있는 20대와 30대 젊은 성인여자의 식사 섭취량, 혈청 농도 및 소변 배설량을 평가하여, 이들의 영양상태를 평가하고, 나아가 영양섭취기준 설정의 기초 자료를 얻고자 하였다.

연구내용 및 방법

1. 연구대상자

본 연구대상자는 전보²²⁾에서 밝힌 바와 같이, 광주광역시

시에 거주하는 20~30대의 젊은 한국인 성인여자 중에서 자발적으로 본 연구과제에 참여할 의사를 보인 사람 20명을 대상자로 모집하였다. 이들은 모두 외견상 특기할 만한 이상이 없었으며, 영양보충제를 비롯해 어떠한 약물도 복용하지 않는 상태이었다. 이들 중 시료 채취를 완전히 이행한 19명을 최종 연구대상자로 하였다.

2. 식사섭취상태 조사 및 에너지와 단백질 섭취량 산출

식사섭취상태는 전보²²⁾에서 밝힌 바와 같이, 칭량법을 식사일지법과 겸용하여 조사하였다. 조사 전날 이들에게 식사저울 (센스 주방저울, 삼성기기, 부천, 한국, 5 g)과 기록용지를 나누어주었고, 연속 3일간 섭취한 모든 음식의 무게를 섭취 전과 후에 측정해 음식명과 식품재료를 기록하도록 하였다. 식사로 섭취한 에너지와 단백질은 영양평가용 컴퓨터 프로그램인 전문가용 CAN-Pro²³⁾을 이용하여 구하였다.

3. 식사, 혈액 및 소변시료의 채취 및 처리

1) 식사시료의 채취 및 처리

전보²²⁾에서 밝힌 바와 같이, 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-2Na (etylenediaminetetraacetic acid, disodium salt)/L에 12시간 이상 담그고, 탈이온수로 세 번 헹구고, 건조시켜 사용하였다.

수거한 식사시료는 3일간의 총량을 측정한 뒤, 동량의 탈이온수를 혼합해, 분쇄기 {GH-2000, (주)그린피아, 부천, 한국}로 균질하게 한 후에, 일정 분량으로 나누어 -20℃에 보관하면서 분석에 사용하였다.

2) 혈액시료의 채취 및 처리

사흘에 걸친 식사섭취상태 조사와 식사시료 수거가 끝난 다음날 아침 12시간이상 공복상태에서 정맥혈로부터 10 mL정도의 정맥혈을 채취하였다. 채혈 직후 Hb 농도와 Hct를 혈구분석기 (ABX Micros 60-OT, Montpellier, France)를 이용하여 분석하였다. 남은 혈액은 3,000 rpm에서 15분간 원심·분리하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 일정액씩 분주하여 분석 전까지 -20℃에 보관하였다.

3) 소변시료의 채취 및 처리

식사섭취상태 조사가 이루어지는 사흘 동안 배설된 소변 전량을 채취해 소변시료로 하였다. 즉, 채뇨 첫날 아침 기

상 후 두번째 소변부터 마지막 날 아침 기상 후 첫 소변까지 수거하였다. 소변 채취 전날 채뇨 방법에 대해 설명하였고, 1회용 채뇨 용기와 1 mL 톨루엔 (toluene)이 들어있는 1일용 수거용기를 배부하였다. 이들 채뇨 용기도 미량 원소의 오염을 줄이기 위해 식사시료 수거 용기와 동일하게 처리해 사용하였다. 매일 수집한 소변은 총량을 측정 한 후 사흘 치를 혼합하였으며 일정량씩 분주해 분석 시까지 -20°C에 냉동·보관하였다.

4. 식사, 혈액 및 소변시료의 습식분해

냉동 보관했던 식사, 혈액 및 소변시료를 냉장 온도에서 해동한 후, 습식분해²⁴⁾ 하였다. 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.

5. 식사, 혈액 및 소변시료의 미량 금속무기질 정량

식사, 혈액 및 소변시료의 미량 금속무기질 정량은 inductively coupled plasma-mass spectroscopy (ICP-MS; ELAN 6100, Perkin-Elmer SCIEX, Ontario, Canada)를 이용해 수행하였다. 다만 철은 inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES; ICPS-1000 IV, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 정량하였다. ICP-MS와 ICP-AES의 분석조건은, 전보²²⁾에서 밝힌 바와 같았다(Table 1). 식사, 혈액 및 소변 각각의 19개 시료를 모두 3회 분석해 평균을 취하였다. 다만 셀레늄은, 고가의 분석비용 때문에, 연구대상자들의 나이에 따라 저연령군, 중연령군 및 고연령군의 세 군으로 구분하고, 군별로 시료를 혼합해 분석하였다. 역시 3회 분석하였고 평균을 취하

였다. 표준용액은 1,000 ppb의 혼합 표준시약 (아나팩스, 대전, 한국) 및 철, 구리 및 셀레늄의 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.

6. 통계처리

통계처리는 SPSS package (Windows 12.0)를 이용하여 수행하였다. 모든 분석항목의 평균과 표준편차 (mean ± SD)를 구하였다. 미량 금속무기질 7종 각각의 식사 섭취량과 혈청 농도 및 소변 배설량 간의 상관관계는 Pearson의 상관계수로 p < 0.05 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 연구대상자의 일반사항

본 연구대상자의 평균 연령은 26.2 ± 5.0 (22~38)세이었다. 평균 체중과 신장은 각각 55.2 ± 7.2 kg과 160.5 ± 4.6 cm로 한국인 20대 여성의 표준체위²⁾와 근사하였다. 평균 신체질량지수 (body mass index; BMI)는 21.4 ± 2.6 kg/m²로 정상 범위이었다. 이들의 평균 Hb 농도와 Hct는 각각 12.8 ± 1.0 g/dL와 38.5 ± 3.3%로 모두 정상 범위에 들었다. 그러나 Hb 농도가 12 g/dL 미만이거나 Hct가 36% 미만인 빈혈 대상자는 각각 26.3%와 21.0%이었다.

2. 에너지, 단백질 및 미량 금속무기질의 식사섭취

본 연구대상자가 식사를 통해 섭취한 에너지, 단백질 및 7종의 미량 금속무기질의 평균 섭취량은 Table 2와 같았다. 에너지 섭취량은 1,889 ± 404 kcal이었고, 단백질은 103 ± 26 g를 섭취하였다. 에너지 섭취량은 한국인 20대 여성의 에너지 필요추정량인 2,100 kcal의 90.0%로 낮은

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

Variable	ICP-MS		ICP-AES
	Zn, Cu, Mn, Cr, Mo	Se	Fe
Source	Argon plasma (6,000 K)		
Mass resolution (amu)	0.3 - 3.0	0.9	-
RF ¹⁾ power (watts)	1,100	1,000	1,200
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

Table 2. Daily intakes of energy, protein, and seven trace minerals of the subjects and dietary reference intakes for Korean women aged in 20 – 29 years old

Nutrient	Intake	Dietary reference intakes ⁴⁾			
		EAR	RDA	AI	UL
Energy ¹⁾ (kcal)	1889 ± 404 ³⁾	2100	-	-	-
Protein ¹⁾ (g)	103 ± 26	35	45	-	-
Trace minerals ²⁾					
Fe (mg)	6.94 ± 2.18	11	14	-	45
Ze (mg)	9.35 ± 4.75	7.0	8.0	-	35
Cu (mg)	1.18 ± 0.26	0.6	0.8	-	10
Mn (mg)	3.69 ± 0.69	-	-	3.0	11
Se (μg)	41.93 ± 9.28	42	50	-	400
Mo (μg)	134.0 ± 49.1	-	-	-	600
Cr (μg)	136.5 ± 147.9	-	-	-	-

¹⁾Energy and protein intakes were calculated by CAN-Pro
²⁾Intakes of Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr were analyzed by ICP-MS and Fe by ICP-AES
³⁾Values are mean ± standard deviation
⁴⁾The Korean Nutrition Society, Dietary Reference Intakes for Koreans. Gukjin Publishing Co, Seoul, 2005

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 국민건강·영양조사²⁵⁾를 통해 한국인의 영양섭취상태의 특성으로 나타나고 있다. 또한 몇몇 연구^{26,27)}에서도 확인된 바 있다.

철 섭취량은 6.94 ± 2.18 mg이었다. 이는 한국인 20대 여성의 철 평균필요량인 11 mg의 63.1%로 크게 못 부족하였으며 권장섭취량인 14 mg의 50%에 겨우 달하는 수준이었다. 동 평균필요량의 75% 미만 섭취자 비율은 63.2% 이었고 50% 미만 섭취자 비율은 31.6%에 달했다. 젊은 성인여자의 식사 철 섭취량을 분석한 국내 선행연구는 의외로 거의 없었다. 대상이 다르기는 하나 농촌지역 주부의 철 섭취량 분석치 (Table 3)인 13.3 mg⁴⁾이나 12.5 mg⁵⁾ 및 14.1 mg⁷⁾에 비교할 때 본 연구대상자의 섭취량은 대단히 낮은 수준이었다. 이러한 차이의 원인을 연구대상자나 조사지역 또는 시기가 다른 점으로 해석할 수 있겠고 이외에 분석기기가 다른 점도 생각해 볼 수 있겠다.

아연 섭취량은 9.35 ± 4.95 mg이었다. 이는 한국인 20대 여성의 아연 평균필요량인 7.0 mg은 물론 권장섭취량인 8.0 mg을 상회하는 수준이었다. 그러나 평균필요량의 75%를 섭취하지 못한 대상자가 21.1% 있었다. 5.3%는 50% 미만을 섭취하였다. 국내에서 수행된 선행연구 (Table 3)가 밝힌 여대생의 아연 섭취량 분석치는 11.4 mg⁸⁾과 4.5 mg⁶⁾으로 두 배 이상의 차이를 보였고, 농촌지역 주부의 아연 섭취량 분석치 역시 8.4 mg⁴⁾이나 8.3 mg⁵⁾ 및 15.8

mg⁷⁾으로 큰 차이를 보였다. 연구자마다 이러한 차이를 보인 원인은 철 섭취량에서 설명한 바와 같을 것이라고 생각된다. 본 연구결과는 대략 이들 값의 중간 수준이었다.

구리 섭취량은 1.18 ± 0.26 mg이었다. 이는 한국인 20대 여성의 구리 평균필요량인 0.6 mg²⁾의 두 배에 가까이 수준으로 물론 권장섭취량인 0.8 mg²⁾을 크게 상회하였고, 모든 대상자가 평균필요량을 충족하였다. 선행연구 (Table 3)에 나타난 여대생의 구리 섭취량 분석치는 2.6 mg⁸⁾과 1.2 mg¹²⁾이었고, 농촌 주부의 경우는 3.7 mg⁴⁾과 3.4 mg⁵⁾이었는데, 본 연구결과는 한 데이터와 근사하였으나 대체로 낮은 수준이었다. 그러나 각 식품의 구리 함량을 분석해 섭취량을 산출한 한 연구결과인 0.88 mg¹⁷⁾에 비해서는 본 연구의 분석치가 높았다. 이러한 차이를 보인 원인 역시 철 섭취량에서 설명한 내용과 같을 것이다.

망간 섭취량은 3.69 ± 0.69 mg이었다. 우리나라의 경우 망간에 대해서는 충분섭취량이 설정되었는데, 본 연구결과는 20대 여성의 충분섭취량인 3.0 mg을 다소 상회하는 수준이었으며 75% 미만 섭취 대상자는 아무도 없었다. 한국인 여대생이나 젊은 성인여자에 대한 망간 분석치 섭취량 데이터는 거의 없는 실정이다. 농촌 주부의 망간 분석치 섭취량을 보고한 한 편의 연구결과 (Table 3)는 5.12 mg⁷⁾으로 본 연구결과는 이에 비해 낮았다.

셀레늄 섭취량은 41.93 ± 9.28 μg로 한국인 영양섭취기준의 셀레늄 평균필요량인 42 μg와 근사하였으나 권장섭취량인 50 μg에는 미치지 못하였다. 연구방법에서 언급한 바, 셀레늄은 시료를 연령에 따라 세 군으로 합쳐 분석했는데 평균필요량의 75% 미만 값은 없었다. 물론 개인의 섭취상태를 논하기는 어려우나 저연령군과 중연령군의 섭취량이 각각 35.4 및 37.8 μg으로 나타난 점으로 미루어 평균필요량의 75% 미만 섭취 대상자도 있었을 것이라 추측된다. 젊은 성인여자를 비롯해 한국인의 셀레늄 섭취상태에 관한 데이터는 거의 없는 상황이다. 셀레늄 섭취량은 해당 지역 토양의 셀레늄 농도와 상관성을 보이는데, 각각마다 다양한 섭취량이 보고되었다. 가장 낮은 경우는 동 크로아티아 성인의 27.3 μg²⁸⁾이었고, 슬로바키아인은 32.6 μg,²⁹⁾ 독일인은 38 μg,³⁰⁾ 아일랜드인은 50 μg,³¹⁾ 인도인은 61.9 μg,³²⁾ 미국인은 76 μg³³⁾이었고 캐나다인은 131 μg³⁴⁾이었다. 본 연구대상자의 섭취량은 이들 데이터의 대략 중간 수준이었다.

몰리브덴 섭취량은 134.00 ± 49.10 μg이었다. 한국인의 영양섭취기준에는 몰리브덴에 대한 평균필요량, 권장섭취량 또는 충분섭취량이 설정되어 있지 않으며 다만 상한 섭취량으로 600 μg가 설정되어 있다. 외국의 경우를 보면,

Table 3. Previous reports of dietary intakes, serum concentrations, and urinary excretions of trace minerals of Korean young adult women

Element	Ref. #	Year	Subject (n)	Analysis method	Dietary intake (mg/d)	Serum concentration ($\mu\text{g/dL}$)	Urinary excretion ($\mu\text{g/d}$)
Fe	3	2001	High school students with anemia (135)	Automatic chemistry analyzer	—	83.5 \pm 42.8 (114.3 \pm 50.2 ¹⁾)	—
	4	1996	Adult women in 26–59 y (18)	AAS	13.3 \pm 5.8 ²⁾	112.2 \pm 35.9	242.1 \pm 78.5
	5	1993	Collegians (25)	Kit ³⁾	—	120 \pm 40	210 \pm 180
	6	1992	Adult women in 40 \pm 9.2 y (45)	AAS	—	91.0 \pm 36.7	—
	7	1987	Adult women in 40 \pm 9.2 y (45)	AAS	14.1 \pm 5.5	—	—
	8	2000	Collegians (35)	ICP	11.4 \pm 0.2	101.5 \pm 4.0	—
	9	2000	Collegians (50)	ICP	—	85.61 \pm 44.65	391.21 \pm 115.56
Zn	10	2000	Collegians (59)	ICP-AES	—	—	240 \pm 130
	11	1999	Collegians (111)	AAS	—	93.98 \pm 13.97	—
	12	1999	Collegians (102)	AAS	4.5 \pm 1.8	77.2 \pm 11.65	430 \pm 17
	13	1998	Young women in 20's (unknown)	ICP-MS	—	—	108.7
	14	1997	Collegians non-/smoker (42/33)	AAS	—	94 \pm 2/90 \pm 3	—
	4	1996	Adult women in 26–59 y (18)	AAS	8.4 \pm 4.7	140.6 \pm 26.	291.0 \pm 98.2
	5	1993	Adult women in 19–30 y (59)	AAS	8.3 \pm 4.6	140 \pm 30	290 \pm 90
	15	1993	Adult women in 19–30 y (59)	AAS	—	79.2	—
	16	1993	Collegians (40)	AAS	—	60.33 (76.04 ⁴⁾)	—
	7	1987	Adult women in 40 \pm 9.2 y (45)	AAS	15.8 \pm 5.5	—	—
Cu	8	2000	Collegians (35)	ICP	2.6 \pm 0.1	81.3 \pm 3.4	—
	9	2000	Collegians (50)	ICP	—	84.22 \pm 26.88	56.63 \pm 29.18
	11	1999	Collegians (111)	AAS	—	98.43 \pm 15.88	—
	12	1999	Collegians (102)	AAS	1.2 \pm 0.2	121.80 \pm 24.29	44.2 \pm 15.0
	13	1998	Young women in 20's (—)	ICP-MS	—	—	102.0 \pm 9.9
	17	1999	Adult women in 30's (220)	ICP-AES	0.95 \pm 0.44 ⁵⁾	—	—
	14	1997	Collegians non-/smoker (42/33)	AAS	—	76 \pm 2/86 \pm 3	—
	18	1996	Collegians (14)	AAS	—	94.5	—
	4	1996	Adult women in 26–59 y (18)	AAS	3.7 \pm 1.7	117.3 \pm 17.9	70.8 \pm 30.1
	5	1993	Adult women in 19–30 y (59)	AAS	3.4 \pm 1.7	120 \pm 20	70 \pm 30
15	1993	Adult women in 19–30 y (59)	AAS	—	72.9	—	
7	1987	Adult women in 40 \pm 9.2 y (45)	AAS	1.7 \pm 0.9	—	—	
Mn	19	2000	Collegians (40)	ICP	—	0.18 \pm 0.06	—
	9	2000	Collegians (50)	ICP	—	0.20 \pm 0.03	1.10 \pm 0.88
	13	1998	Young women in 20's (unknown)	ICP-MS	—	—	0.29 \pm 0.02
	7	1987	Adult women in 40 \pm 9.2 y (45)	AAS	5.1 \pm 2.3	—	—
Se	20	2003	Young women in 20's (30)	NAA	—	12.39 \pm 2.1	—
	19	2000	Collegians (40)	ICP	—	23.50 \pm 1.39	—
	13	1998	Young women in 20's (unknown)	ICP-MS	—	—	26.0 \pm 1.0
Cr	8	2000	Collegians (35)	ICP	60.1 \pm 6.2	1.43 \pm 0.58	—
	18	2000	Collegians (40)	ICP	—	1.87 \pm 0.47	—
	21	1998	Collegians (79)	ICP-MS	—	—	2.39 \pm 0.42

¹⁾Value after supplementation of 80 mg/d of Fe for 15 weeks. ²⁾Adult women in 26–49 y (n = 13). ³⁾Kits by the Batrophenantrolin method. ⁴⁾Value after supplementation of 30 mg/d of Zn for 2 weeks. ⁵⁾Value calculated using the data of each food analyzed. AAS: atomic absorption spectrometer, ICP: inductively coupled plasma, ICP-AES: inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy, ICP-MS: inductively coupled plasma-mass spectroscopy, NAA: neutron activation analysis

미국은 19~30세 여성의 몰리브덴 권장섭취량이 45 μg 이며 상한섭취량은 2,000 μg 이고,²⁾ 일본은 18~29세 여성의 권장섭취량은 20 μg 이고 상한섭취량은 240 μg 이다.²⁾ 국가별로 이렇게 큰 차이를 보이는 점은 몰리브덴의 평균 필요량에 관한 자료가 많지 않기 때문일 것이다. 본 연구대상자의 몰리브덴 섭취량은 미국과 일본의 권장섭취량을 각각 3배와 6.5배 상회하는 높은 수준이나 상한섭취량 이내이었다. 상한섭취량을 상회한 대상자는 없었다. 외국에서 보고된 한 연구결과³⁵⁾로 독일인의 몰리브덴 섭취량이 47~89 μg 이었는데, 본 연구대상자의 섭취량은 이보다도 상당히 높은 수준이었다.

크롬 섭취량은 $136.50 \pm 147.90 \mu\text{g}$ 이었으며, 개인차가 커서 적게는 11.37 μg 부터 많게는 198.92 μg 까지였다. 이러한 차이가 실제 식품에 들어있는 함량 차이인지 아니면 테플론 (teflon) 등 조리기구에서 발생한 오염 때문인지 알 수 없다. 우리나라는 크롬에 대해 아무런 영양섭취기준도 설정하지 않았으나, 미국은 19~30세 여성의 충분섭취량을 25 μg 로 정했고 상한섭취량은 설정하지 않았으며,²⁾ 일본의 18~29세 여성의 추정섭취량 (RDA)은 30 μg 이고 역시 상한섭취량은 정하지 않았다.²⁾ 따라서 본 연구대상자의 크롬 섭취량은 미국과 일본 여성의 충분섭취량이나 추정섭취량에 비해 5배정도로 높은 수준이라 하겠다. 한국인의 크롬 섭취에 대한 자료는 거의 없는 실정이다. 외국에서 수행된 한 연구에서 스페인 여성의 크롬 섭취량이 124.6 μg ³⁶⁾이었는데, 본 연구대상자의 크롬 섭취량은 이와 근사하였다.

3. 혈청 미량 금속무기질 농도

본 연구대상자의 혈청 내 미량 금속무기질의 평균 농도는 Table 4와 같았다. 혈청 철 농도는 $88.71 \pm 36.80 \mu\text{g/dL}$ 로 참고치의 중앙값인 106.0 $\mu\text{g/dL}$ ³⁷⁾ 보다 낮았다. 그러

나 정상 범위인 75~150 $\mu\text{g/dL}$ ³⁷⁾ 또는 50~180 $\mu\text{g/dL}$ ³⁸⁾에 속하였다. 그러나 개인별로 보면 대상자의 36.8%가 75 $\mu\text{g/dL}$ 미만이었고 15.8%는 50 $\mu\text{g/dL}$ 에도 미치지 못하였다. 본 연구결과를 국내의 선행연구 (Table 3)와 비교해보면, 여대생에서 조사된 91.0 $\mu\text{g/dL}$ ⁶⁾과 근사하였다. 이밖에 젊은 성인여자의 데이터는 없었으며, 농촌 주부에서 분석된 112.2 $\mu\text{g/dL}$ ⁴⁾와 120 $\mu\text{g/dL}$ ⁵⁾에 비해서는 낮은 편이었다. 한편, 여고생을 대상으로 수행된 철 보충실험 결과를 보면, 83.5 $\mu\text{g/dL}$ 이었던 혈청 철 농도가 매일 80 mg의 Fe^{++} 를 15주간 복용한 후에 114.3 $\mu\text{g/dL}$ ³⁾으로 증가하였다. 물론 직접적인 비교는 어려우나, 본 연구대상자의 혈청 철 농도는 이들이 철 보충제를 복용하기 전 빈혈 상태의 수준에 가까웠다. 본 연구대상자 중 WHO³⁹⁾의 철 결핍 지표인 60 $\mu\text{g/dL}$ 미만을 보인 대상자가 26.3%이었다. 이는 앞에서 Hb 농도와 Hct로 판정한 빈혈 대상자가 약 1/4이었던 점과 일치한다. 본 연구대상자의 철 섭취량이 평균필요량에 크게 못 미쳤던 점을 생각할 때 본 연구대상자의 철 영양상태는 양호한 수준이 아니었다고 판단된다.

혈청 아연 농도는 $99.56 \pm 30.60 \mu\text{g/dL}$ 로 참고치의 중앙값인 93.0 $\mu\text{g/dL}$ ³⁷⁾ 보다 약간 높았다. 그러나 정상 범위를 70~120 $\mu\text{g/dL}$ ³⁷⁾ 또는 80~120 $\mu\text{g/dL}$ ⁴⁰⁾로 볼 때 70 $\mu\text{g/dL}$ 에 미치지 못한 대상자는 10.5%이었고 80 $\mu\text{g/dL}$ 미만 대상자는 52.6%에 달했다. 본 연구결과를 국내에서 이루어진 선행연구 (Table 3)와 비교해보면, 여대생에 대한 6편의 연구결과 중 101.5 $\mu\text{g/dL}$ ⁸⁾를 보인 1편보다는 다소 낮았으나 나머지 85.6,⁹⁾ 94.0,¹⁶⁾ 77.0,¹⁶⁾ 94¹⁶⁾ 및 60.3 $\mu\text{g/dL}$ ¹⁶⁾보다는 높았다. 혈청 아연 농도는 아연영양 상태의 판정에 가장 널리 쓰이는 지표지만 아연 결핍이 상당히 진행되어야 저하된다. 이러한 제한점에도 불구하고 혈청 아연 농도는 체내의 교환 가능한 아연 풀의 크기 (exchangeable zinc pool)를 나타낸다는 점에서 의미가 인정되고 있다. 본 연구대상자의 아연 섭취량이 평균필요량을 상회하였으며 권장섭취량에 근사하였던 점은 이들의 체내 아연 풀의 크기가 정상이며 따라서 양호한 아연영양상태에 있었을 것이란 점을 지지한다. 그러나 70 또는 80 $\mu\text{g/dL}$ 미만의 저아연혈증을 보인 대상자가 상당수 있었던 점은 아연의 평균필요량 75%를 충족하지 못한 대상자가 21.1%이었던 점으로 미루어 일부 집단의 경우 아연 결핍의 문제점이 있음을 시사한다.

혈청 구리 농도는 $91.56 \pm 14.58 \mu\text{g/dL}$ 이었다. 이는 참고치의 중앙값인 110.0 $\mu\text{g/dL}$ ³⁷⁾보다 낮았으나 정상 범위인 80~175 $\mu\text{g/dL}$ ³⁷⁾ 또는 80~155 $\mu\text{g/dL}$ ⁴¹⁾에 들었다. 그러나 정상 범위의 하단인 80 $\mu\text{g/dL}$ 미만인 대상자는

Table 4. Serum concentration of seven trace minerals of the subjects

Element	Serum level ($\mu\text{g/dL}$)	Reference value ²⁾ ($\mu\text{g/dL}$)	
		Median	Range
Fe	88.71 ± 36.80 ¹⁾	106.0	75.0 - 150.0
Zn	99.56 ± 30.60	93.0	70.0 - 120.0
Cu	91.56 ± 14.58	110.0	80.0 - 175.0
Mn	0.93 ± 0.85	0.063	0.054 - 0.176
Se	3.73 ± 0.60	9.6	4.6 - 14.3
Mo	0.25 ± 0.10	0.18	0.06 - 0.30
Cr	8.60 ± 7.25	0.019	0.012 - 0.21

¹⁾ Values are mean \pm standard deviation.

²⁾ Lyengar V, Wolfstie J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values. *Clin Chem* 34: 474 - 481, 1988

36.8%이었다. 한편 정상 범위를 65~155 $\mu\text{g/dL}$ ⁴⁰⁾로 보면 65 $\mu\text{g/dL}$ 에 미치지 못한 저구리혈증을 보인 대상자는 아무도 없었다. 본 연구대상자 모두 구리 섭취량이 평균필요량을 상회하였으며 이들의 평균 섭취량이 평균필요량의 두 배에 달한 점은 이들의 혈청 구리 농도가 양호한 수준일 것이라 생각하게 한다. 물론 본 연구에서는 구리의 생체이용률에 영향을 끼치는 제반 인자의 영향에 대한 고찰이 어려우나, 혈청 구리 농도의 정상 범위 하한선을 80 $\mu\text{g/dL}$ 로 설정하는 것은 너무 높은 수준이 아닌가 생각된다. 국내에서 발표된 결과들과 비교하면, 본 연구결과는 다소 낮거나 높아 중간 정도에 속하는 수준이었다. 즉, 여대생에 관한 6편의 연구결과 (Table 3) 중 121.8,¹²⁾ 98.4,¹¹⁾ 및 94.5 $\mu\text{g/dL}$ ¹⁸⁾보다는 낮았으나 84.2,⁹⁾ 81.3⁸⁾ 및 76 $\mu\text{g/dL}$ ¹⁴⁾보다 높았다. 한편 혈청의 구리/아연 농도 비는 0.92로 국내 젊은 성인여자에서 조사된 0.94¹⁸⁾와 비슷하였다.

혈청 망간 농도는 $0.93 \pm 0.85 \mu\text{g/dL}$ 로 개인 간 변이가 큰 편이었다. 높게는 3.21 $\mu\text{g/dL}$ 에서 낮게는 0.10 $\mu\text{g/dL}$ 까지 있었다. 혈청 망간의 정상 범위 참고치인 0.054~0.176 $\mu\text{g/dL}$,³⁷⁾를 크게 상회하였으며 동 참고치의 중앙값인 0.063 $\mu\text{g/dL}$ 에 비해 15배 정도로 높은 수준이었다. 대상자 중 15.8%만이 상동 정상 범위 내의 농도를 보였다. 본 연구대상자의 망간 섭취량이 충분섭취량을 충족하는 수준이었고 개인 간에 별다른 차이도 없었는바, 이들의 혈청 망간 농도가 참고치의 10배 이상 높은 농도를 보이고 대상자 간에 상당한 변이를 보인 점은 이해가 쉽지 않다. 그러나 한국인 여대생에서 보고된 선행연구결과 (Table 3)인 1.43⁹⁾ 및 1.87 $\mu\text{g/dL}$ ¹⁹⁾ 보다는 낮았다. Lyengar와 Woltiez³⁷⁾는 혈청 망간 농도는, 전혈이나 적혈구의 경우가 상당히 일정한 값을 보인 점과는 달리, 오랫동안 불일치 때문에 논쟁이 되어왔다고 하였다. 망간이 스테인리스 스틸의 함유 성분이며, 플라스틱 제품에도 들어있고 또는 공기 분진에 의해서도 오염이 쉽게 발생한다는 점들을 이유로 생각해 볼 수 있다. 그러나 망간 섭취량의 개인 간 변이가 크지 않았고, 다음에 언급하겠지만, 망간의 소변 배설량도 개인차가 그다지 크지 않았던 점으로 미루어 분석과정에서의 개별 시료의 오염문제도 있겠지만, 혈청 망간의 정상 농도 범위 및 망간의 생체이용률에 영향을 끼치는 인자에 대한 규명이 필요할 것이라 생각된다.

혈청 셀레늄 농도는 $3.73 \pm 0.60 \mu\text{g/dL}$ 이었다. 셀레늄 참고치의 중앙값은 9.6 $\mu\text{g/dL}$ 이며, 정상범위는 4.6~14.3 $\mu\text{g/dL}$ 이다.³⁷⁾ 이에 비교할 때 본 연구결과는 상동 중앙값보다 크게 낮았으며 정상 범위의 하단에도 못 미쳤다. 정

상 범위의 하단인 4.6 $\mu\text{g/dL}$ 이상을 보인 대상자는 한 명도 없었다. Kivela 등⁴²⁾도 핀란드 남자 성인의 셀레늄 상태를 판정하면서 4.6 $\mu\text{g/dL}$ 미만을 셀레늄 부족상태로 보았다. 이러한 기준으로 평가하면, 본 연구대상자는 모두 평균 혈장 셀레늄 농도로 판정했을 때 셀레늄 결핍상태에 있었다고 판정된다. 이외에 정상 범위를 8.0~27.2 $\mu\text{g/dL}$ 로 더 높게 보는 견해도 있다.⁴³⁾ 지역마다 토양의 셀레늄 농도가 0.01~12.0 $\mu\text{g/dL}$ ³⁶⁾로 상당한 차이가 있어 혈장 셀레늄 농도가 이에 따라 큰 변이를 보인다는 점은 잘 알려져 있다. 본 연구결과를 한국에서 수행된 선행연구 (Table 3)와 비교해도 20대의 젊은 성인여자에서 조사된 12.39 $\mu\text{g/dL}$ ²⁰⁾ 및 여대생의 23.50 $\mu\text{g/dL}$ ¹⁹⁾에 비해 크게 낮았다. 한국이라 하더라도 지역에 따라 토양의 셀레늄 함량이 다를 수 있을 것이며 또한 함께 섭취한 여러 무기질과 식사 인자간의 상호작용이 다를 것이다. 토양의 셀레늄 함량이 적정 범위의 최소 수준인 미국 메릴랜드 주에서 조사된 성인여자의 혈장 셀레늄 농도는 13.43 $\mu\text{g/dL}$ 이었고 셀레늄 섭취량은 74 μg 이었다.⁴⁴⁾ 이와 비교해 본 연구대상자의 셀레늄 섭취량과 혈청 농도는 모두 상당히 낮은 수준이었다. 이외에 몇몇 외국인의 혈청 셀레늄 농도 즉, 핀란드 성인의 5.7~10.8 $\mu\text{g/dL}$,⁴⁵⁾ 싱가포르 국민의 12.2 $\mu\text{g/dL}$,⁴⁶⁾ 일본인의 11.7 $\mu\text{g/dL}$ ⁴⁷⁾ 및 브라질 성인의 7.63 $\mu\text{g/dL}$ ⁴⁸⁾와 비교해도 본 연구결과는 낮았다. 본 연구에서는 습식분해 과정에서 발생할 수 있는 셀레늄의 오염을 최대한 방지하기 위해 전처리 과정을 청정실에서 수행하였으며 또한 휘발에 따른 손실을 막기 위해 vessel에 뚜껑을 닫은 상태로 분해하였다. 이러한 점들과 함께, 본 연구대상자의 셀레늄 섭취량이 평균필요량은 충족했으나 권장섭취량에 부족했던 점을 고려해 볼 때, 본 연구대상자의 혈청 셀레늄 농도가 높지는 않을 것이라 판단된다. 따라서 본 연구대상자의 셀레늄 영양상태를 양호하다고 판정하기 어렵다.

혈청 몰리브덴 농도는 $0.25 \pm 0.10 \mu\text{g/dL}$ 이었다. 혈청 몰리브덴 농도에 대한 참고치의 중앙값은 0.18 $\mu\text{g/dL}$ 이며 정상 범위는 0.06~0.30 $\mu\text{g/dL}$ 이다.³⁷⁾ 이와 비교해 본 연구결과는 중앙값보다 높았고 정상 범위의 상단에 근사하였다. 몰리브덴의 혈청 농도에 대한 참고자료가 적은 편이나, 본 연구대상자의 몰리브덴 섭취량이 충분했던 점은 이들의 혈청 내 몰의 크기가 정상 범위의 상단일 것이라 점을 지지한다.

혈청 크롬 농도는 $8.60 \pm 7.25 \mu\text{g/dL}$ 로 개인 간 변이가 큰 편이었다. 높게는 19.89 $\mu\text{g/dL}$ 에서 낮게는 1.09 $\mu\text{g/dL}$ 까지 있었다. 혈청 크롬의 정상 범위 참고치인 0.012~0.210 $\mu\text{g/dL}$,³⁷⁾를 크게 상회하였으며 동 참고치의 중앙값

인 0.019 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 에 비해 450배 정도로 높은 수준이었다. 대상자 중 상동 정상 범위 내의 농도를 보인 경우는 없었다. 그러나 또 다른 정상 범위인 130~140 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ⁴⁰⁾에 비교하면 본 연구결과는 15배미만으로 크게 낮은 수준이었다. 국내에서 보고된 여대생의 결과 (Table 3)인 1.73 또는 1.87 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ¹⁵⁾에 비교해서는 5배정도 높았다. 혈청 크롬 농도는 크롬영양상태를 잘 반영하는 주요 지표이며 특히 크롬의 과다 섭취를 반영하는 유용한 지표라고 알려져 있다.⁴⁰⁾ 크롬에 과다하게 노출된 피혁공장 노동자의 혈청 크롬 농도가 490 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ⁴⁰⁾를 보인 점은 이를 지지한다. Lyengar과 Woltitz³⁷⁾는 혈청 망간 농도는 참고치 설정이 어렵다고 한바 있다. 이러한 내용에 근거해 볼 때, 미국이나 일본 여성의 충분섭취량이나 추정섭취량 (RDA)을 5배 정도 상회한 본 연구대상자의 크롬 섭취량은 과다한 노출 수준이라고 하기는 어려우나 충분량 이상의 크롬 섭취가 혈청 농도를 높였을 것이라고 추측된다. 식사를 통해 40~240 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 의 크롬을 섭취하면 비교적 일정한 0.4%정도의 흡수율을 나타내며 주로 소변을 통해 배설된다는 점은 이러한 내용을 지지한다.⁴⁹⁾

4. 소변을 통한 미량 금속무기질 배설

본 연구대상자들이 소변을 통해 배설한 미량 금속무기질의 상태는 Table 5와 같았다. 철의 소변 배설량은 4.48 ± 1.98 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (40.97 ± 21.23 $\mu\text{g}/\text{day}$)이었다. 이는 소변을 통한 철 배설량 참고지³⁷⁾의 정상 범위 (0.12~60.00 $\mu\text{g}/\text{dL}$)에 들었으나 동 참고치의 중앙값인 12.90 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 에 1/3정도로 낮았다. 그러나 동 정상 범위의 하단에 못 미친 대상자는 아무도 없었다. 국내에서 보고된 성인여자의 데이터 (Table 3) 즉, 242.1 $\mu\text{g}/\text{day}$,⁴⁾ 210 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁵⁾ 및 96 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁶⁾에 비해서도 크게 낮았다. 젊은 성인여자에 대한 국내 자료는 거의 없는 실정이다. 본 연구결과가 이렇게 낮

은 점은 철 섭취량이 낮았던 점 및 혈청 철 농도가 낮은 수준이었던 점으로 미루어 이해된다. 이러한 결과는 본 연구대상자 중 극심한 철 결핍증의 사례는 없지 않나 판단된다.

소변을 통한 아연 배설량은 42.95 ± 20.47 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (360.20 ± 155.51 $\mu\text{g}/\text{day}$)이었다. 이는 소변을 통한 아연 배설량 참고지³⁷⁾의 중앙값인 44.90 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 과 근사하였다. 이는 국내 선행연구 (Table 3) 중 대학생이나 젊은 성인여자에서 조사된 430,¹²⁾ 391.2,⁹⁾ 240¹⁰⁾ 또는 108.7 $\mu\text{g}/\text{day}$ ¹³⁾나 성인여자에서 보고된 291.0⁴⁾ 또는 290 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁵⁾의 비교적 높은 중간 수준이었다. 피험자 수가 1,000명을 넘는 체코의 성인에 대한 연구결과인 397 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁵⁰⁾와 근사하였다. 아연의 항상성은 흡수단계에서 조절되며,⁵¹⁾ 흡수된 아연은 대부분 장관을 통해 대변으로 배설됨에도 불구하고,⁴⁰⁾ 소변으로 배설되는 아연은 혈액 아연보다 아연 섭취량에 더 빨리 반응한다고 알려져 있다.^{52,53)} 본 연구대상자의 아연 섭취량이 충분했고 혈청 농도가 정상이었으므로 소변을 통해서 비교적 높은 정상 수준의 아연을 배설했을 것이라고 생각된다. 그러나 상동 참고치의 정상 범위 (38.7~59.9 $\mu\text{g}/\text{dL}$)의 하단에 미치지 못한 대상자가 47.4%에 달하였다. 이는 앞서 아연의 섭취량과 혈청 농도에서 서술한바, 아연 영양상태가 양호하지 않은 대상자가 상당수 있었던 점과 일치한다.

구리의 소변 배설량은 5.68 ± 1.50 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (48.72 ± 12.26 $\mu\text{g}/\text{day}$)로 이는 소변을 통한 구리 배설량 참고지³⁷⁾의 중앙값인 3.8 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 보다 높았고, 본 연구대상자 모두 동 참고치의 정상 범위 (1.2~8.0 $\mu\text{g}/\text{dL}$)에 들었다. 또한 다른 정상 범위인 10~60 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁵⁴⁾에 속하였다. 구리는 흡수단계에서 항상성이 조절되며 담즙이 중요한 배설 통로이므로 대변으로 주로 배설된다.⁵¹⁾ 소변으로는 극히 소량의 구리가 배설되므로 소변을 통한 구리 배설량을 구리의 직접적인 영양상태 지표로 이용하기는 어렵다. 그러나 구리 결핍 시에 소변 배설량이 10 $\mu\text{g}/\text{day}$ 미만으로 감소하므로⁴⁰⁾ 간접적인 평가 지표로서의 의미는 있다고 생각된다. 본 연구대상자의 구리 배설량이 비교적 높은 정상 수준을 보인 점은 구리 섭취량이 충분했던 점과 일치된다. 그러나 본 연구결과는 국내 여대생이나 젊은 성인여자에서 보고된 결과 (Table 3)인 102,¹³⁾ 56.6⁹⁾ 및 44.2 $\mu\text{g}/\text{day}$ ¹²⁾ 또는 성인여자의 70.8⁴⁾ 및 70 $\mu\text{g}/\text{day}$ ⁵⁾보다는 비교적 낮았다.

소변 중 망간 배설량은 0.31 ± 0.09 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (2.67 ± 0.76 $\mu\text{g}/\text{day}$)이었다. 이는 소변을 통한 망간 배설량 참고지³⁷⁾의 정상 범위 (0.05~0.98 $\mu\text{g}/\text{dL}$)에 들었으나 중앙값인 0.06 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 보다 크게 높았다. 망간의 주요 배설 경로는 구리처럼 대변이며 소변으로는 거의 배설되지 않는다고 알

Table 5. Urinary excretion of seven trace minerals of the subjects

Element	Urinary excretion		Reference value ²⁾	
	($\mu\text{g}/\text{day}$)	($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Median	Range
Fe	40.97 ± 21.23	4.48 ± 1.98	12.90	0.12 - 60.00
Zn	360.2 ± 155.51	42.95 ± 20.47	44.90	38.1 - 59.9
Cu	48.72 ± 12.26	5.68 ± 1.50	3.80	1.2 - 8.0
Mn	2.67 ± 0.76	0.31 ± 0.09	0.06	0.05 - 0.98
Se	17.75 ± 4.80	2.45 ± 1.17	4.00	0.7 - 16.0
Mo	61.52 ± 18.55	7.48 ± 2.95	3.30	3.3 - 3.4
Cr	11.83 ± 3.63	1.37 ± 0.41	0.04	0.024 - 0.180

¹⁾ Values are mean ± standard deviation.

²⁾ Lyengar V, Woltitz J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values. *Clin Chem* 34: 474 - 481, 1988

려져 있다.⁴⁰⁾ 그러나 구리처럼 망간이 극도로 고갈되면 소변 중 망간 배설량이 감소한다.⁵⁵⁾ 한국인 여대생 또는 젊은 성인여자의 데이터 (Table 3)인 1.10⁹⁾ 또는 0.29 $\mu\text{g}/\text{day}$ ¹³⁾에 비해 본 연구결과는 상당히 높았다. 소변으로의 망간 배설량은 망간 섭취량에 예민하게 반응하지 않으나,^{55,56)} 본 연구대상자의 망간 섭취량이 충분했고 혈청 망간 농도가 높은 수준을 보였던 점으로 미루어 이해된다.

소변을 통한 셀레늄 배설량은 $2.45 \pm 1.17 \mu\text{g}/\text{dL}$ ($17.75 \pm 4.80 \mu\text{g}/\text{day}$)이었다. 섭취한 셀레늄의 42.3%가 소변으로 배설된 셈이다. 이는 소변을 통한 셀레늄 배설량 참고지³⁷⁾의 정상 범위 (0.7~16.0 $\mu\text{g}/\text{dL}$)에 들었으나 중앙값인 4.0 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 에 미치지 못하였다. 셀레늄은 주요 배설 경로가 소변이고 이를 통해 항상성을 유지하며,⁴⁰⁾ 섭취한 셀레늄의 40~60% (평균 53%)가 소변으로 배설되며⁵⁷⁻⁵⁹⁾ 또한 섭취량 증가 시 소변 배설량이 증가한다.⁴⁹⁾ 따라서 본 연구결과 소변을 통한 셀레늄 배설량이 낮은 점은 본 연구대상자가 겨우 평균필요량을 채운 셀레늄 섭취량 수준은 부족한 상태임을 알려준다. 국내의 한 선행연구 (Table 3)는 젊은 성인여자의 셀레늄을 배설량이 본 연구결과보다 높은 26.0 $\mu\text{g}/\text{day}$ ¹³⁾이었다고 하였다.

소변을 통한 몰리브덴 배설량은 $7.48 \pm 2.95 \mu\text{g}/\text{dL}$ ($61.52 \pm 18.55 \mu\text{g}/\text{day}$)이었다. 이는 소변을 통한 몰리브덴 배설량 참고지³⁷⁾의 중앙값인 3.3 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 보다 크게 높았으며 한 명을 제외한 본 연구대상자 모두 정상 범위 (3.3~3.4 $\mu\text{g}/\text{dL}$)를 상회하였다. 몰리브덴은 담즙으로도 배설되나 주로 소변으로 배설되며⁵¹⁾ 항상성 조절에 있어 흡수를 조절보다도 소변 배설량 조절이 중요한 역할을 한다.⁴⁹⁾ 몰리브덴의 소변 배설에 관한 연구는 국내외에 흔하지 않다. 본 연구대상자의 몰리브덴 섭취량이 과다하게 충분했던 점을 감안할 때, 본 연구결과는 정상 배설량의 범위를 넘은 점이 이해된다.

크롬의 소변 배설량은 각각 $1.37 \pm 0.41 \mu\text{g}/\text{dL}$ ($11.83 \pm 3.63 \mu\text{g}/\text{day}$)이었다. 이는 소변을 통한 크롬 배설량 참고지³⁷⁾의 중앙값인 0.04 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 를 30배 이상 크게 넘으며 동 정상 범위 (0.024~0.18 $\mu\text{g}/\text{dL}$)의 상단을 7.6배 상회하는 수준이었다. 유기 크롬은 주로 담즙으로 배설되나 무기 크롬은 주로 소변으로 배설되어 크롬영양상태를 판정하는 가능한 지표로 생각된다.³⁷⁾ 피혁공장에서 크롬에 과다 노출된 작업자의 소변 중 크롬 배설량은 그렇지 않은 사람의 4배에 달하였다.⁴⁰⁾ 한국인 여대생에서 조사된 소변 중 크롬 배설량 (Table 3)인 2.39 $\mu\text{g}/\text{day}$ 에 비해서도 본 연구결과는 5배정도 높았다. 본 연구대상자의 크롬 섭취량이 미국이나 일본의 권장섭취량에 비해 5배정도로 많았고, 크

롬의 주요 배설 경로가 소변임을 감안할 때, 본 연구결과가 정상 배설량 범위를 벗어나는 높은 수준인 점이 이해된다.

5. 식사 섭취량, 혈청 농도 및 소변 배설량 간의 상관성

미량 금속무기질 7종 각각의 식사 섭취량과 혈청 농도 및 소변 배설량 간의 상관성을 분석한 결과, 셀레늄을 제외한 6종은 아무런 유의한 상관성이 없었다. 이러한 결과는, 철, 아연, 구리 등 일부 미량 무기질의 항상성이 일차 흡수 단계에서 조절되며, 체내 저장량이 고갈되기까지는 혈청 농도가 비교적 일정하게 유지된다는 점 및 본 연구대상자들의 이들 미량 영양소 섭취상태가 철을 제외하고는 비교적 적정하거나 충분한 상태이었음을 생각할 때 이해된다. 다만, 셀레늄의 경우, 식사 섭취량이 소변 배설량과 유의한 양의 관련성 ($r=0.611, p<0.01$)을 보였고 혈청 농도는 소변 배설량과 고도로 유의한 음의 관련성 ($r=-0.937, p<0.001$)을 나타냈다. 이는 앞서 언급한바, 셀레늄의 주요 배설경로가 소변이며 소변 배설을 통해 항상성을 유지하기 때문이라 생각된다. 그러나 앞서 미량 금속무기질 정량 방법에서 서술한바, 셀레늄 시료는 대상자를 세 개의 연령군으로 구분하고 합쳐서 분석하였기에 그 해석에 있어 다소 제한점이 있다고 생각된다.

요약 및 결론

본 연구는 젊은 성인 여성의 미량 무기질 영양상태를 알아보고자 수행되었다. 철, 아연, 구리, 망간, 셀레늄, 몰리브덴 및 크롬의 식사 섭취량, 혈청 농도 및 소변 배설량을 분석하고자 22~38세 성인 여자 19명을 대상으로 하여 연속 3일간 섭취한 식사시료와 동 기간동안 배설한 소변 시료를 얻었고 또한 공복상태의 혈액을 채취하였다. 식사, 혈액 및 소변시료의 아연, 구리, 망간, 셀레늄, 몰리브덴 및 크롬 함량은 ICP-MS로 정량하였고 철분은 ICP-AES를 이용하여 정량하였다.

본 연구대상자의 체중, 신장 및 BMI는 모두 한국인 성인 여성의 표준체위와 비슷하였다. Hb 농도와 Hct로 판정한 빈혈률은 각각 26.3%와 21.0%이었다. 이들의 에너지 섭취량은 한국인 20대 여성의 필요추정량의 90.0%로 다소 낮은 편이었으나 단백질 섭취량은 동 평균필요량의 292%에 달하는 높은 수준이었다.

본 연구대상자의 철 섭취량은 평균필요량의 63.1%로 상당히 부족하였고, 혈청 철 농도는 다소 낮은 편이었으며, 60 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 미만의 철 결핍상태를 보인 대상자가 26.3%이었다. 소변으로 배설한 철은 정상 범위의 35%정도로 낮은

편이었다. 아연 섭취량은 평균필요량의 1.3배로 충분하였고, 혈청 농도도 적정하였으며, 소변을 통한 배설량도 비교적 높은 수준이었다. 그러나 일부 대상자는 아연 섭취량이 부족하였고 저아연혈증을 나타내었으며, 소변 중 아연 배설량도 낮았다. 구리 섭취량은 평균필요량의 2.0배로 충분하였다. 혈청 구리 농도가 일부 참고치의 중앙값보다 다소 낮았으나 소변을 통한 배설량은 비교적 높은 정상 수준이었다. 그러므로 본 연구대상자의 구리 영양상태는 양호한 편이었다고 판단된다. 망간 섭취량은 충분섭취량을 1.2배 상회하여 충족하였으며, 소변 중 망간 배설량 역시 비교적 높은 적정 수준이었다. 혈청 망간 농도의 참고치 간에 큰 변이가 있어 결정적인 평가를 내리기 어려우나, 위와 같은 결과로 보아 본 연구대상자의 망간 영양상태를 양호하다고 추측할 수 있었다. 셀레늄 섭취량은 평균필요량 수준이었으나, 혈청 농도는 상당히 낮았고, 소변 배설량도 다소 낮은 경향이었다. 그러므로 본 연구대상자의 셀레늄 영양상태는 비교적 양호하지 않다고 판단되었다. 몰리브덴은, 한국인 영양섭취기준에 평균필요량이나 추정섭취량이 설정되지 않았으나, 미국/캐나다 권장섭취량의 3배 그리고 일본 추정섭취량의 6.5배에 달하는 높은 섭취량을 보였으며, 비교적 높은 혈청 농도를 나타내었고, 소변으로도 참고치에 2배정도 되는 많은 양을 배설하였다. 크롬 섭취량은, 한국인 영양섭취기준이 설정되지 않았으나, 미국/캐나다 권장섭취량이나 일본 추정섭취량의 5배에 달하는 양을 섭취하였다. 소변 중 크롬 배설량도 상당히 높은 수준이었다. 크롬의 혈청 농도는, 참고치가 망간처럼 큰 변이를 보여, 본 연구대상자의 혈청 크롬 농도를 평가하기 어려웠으나, 섭취량과 소변 배설량으로 보아, 혈청 농도도 비교적 높은 수준이라 판단되었다. 그러므로 몰리브덴과 크롬의 경우 과다 섭취의 문제가 있었다.

위와 같은 본 연구결과를 통해, 한국인 젊은 성인여자에 있어, 철 영양상태가 상당히 불량하며, 셀레늄 영양상태도 양호하지 않은 편이고, 아연의 경우 일부 대상자에서 결핍의 문제가 있음을 알 수 있었다. 구리의 영양상태는 비교적 양호하며, 망간의 영양상태는, 참고치 변이가 커서 단정적인 평가가 어려우나, 양호하다고 추측되며, 몰리브덴과 크롬은, 과다 섭취의 문제가 있을 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 가입기에 있는 젊은 성인여자의 미량 금속무기질의 영양상태를 양호하게 유지하기 위해서는, 철과 셀레늄 및 아연 섭취를 증가하고 몰리브덴과 크롬 섭취는 감소하는 등 적절한 영양관리 방안에 관심을 가져야 할 것이라 생각된다.

Literature cited

- 1) Recommended Dietary Allowances for Koreans, 7th revision. The Korean Nutrition Society, Seoul, 2000
- 2) Dietary Reference Intakes for Koreans. The Korean Nutrition Society, Seoul, 2005
- 3) Hong SM, Hwang HJ. Effects of iron supplementation on iron status of anemic high school girls. *Korean J Community Nutrition* 6(5) : 726-733, 2001
- 4) Lee JY, Choi MK, Sung CJ. 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 Nutrition* 29(10) : 1112-1120, 1996
- 5) Sung CJ, Choi MK, Jo JH, Lee JY. Relationship among dietary intake, blood level, and urinary excretion of minerals and blood pressure in Korean rural adult men and women. *Korean J Nutrition* 26(1) : 89-97, 1993
- 6) Nam HS, Ly SY. A survey on iron intake and nutritional status of female college students of Chungnam National University. *Korean J Nutrition* 25(5) : 404-412, 1992
- 7) Oh YZ, Hwang IJ, Woo SJ. Nutrient intake of rural housewives in Yeosu area. *Korean J Nutrition* 20(5) : 301-308, 1987
- 8) Kim AJ, Yuh CS, Kim HK, Kim SY, Kim SK, Chang OJ. The correlation of dietary Cr, Cu and Zn levels with serum lipid healthy college women living in Choongnam area. *Nutritional Sciences* 3(1) : 42-46, 2000
- 9) Sung CJ, Yoon YH. The study of Zn, Cu, Mn, Ni contents of serum, hair, nail and urine for female college students. *J Korean Soc Food Sci Nutrition* 29(1) : 99-105, 2000
- 10) Youn J, Lee J, Park P. Zinc status and taste acuity of old and young women. *Korean J Community Nutrition* 5(3) : 484-492, 2000
- 11) Kim CH, Paik HY, Jo HJ. Evaluation of zinc and copper status in Korean college women. *Korean J Nutrition* 32(3) : 277-286, 1999
- 12) Son SM, Sung SI. Zinc and copper intake with food analysis and levels of zinc and copper in serum, hair and urine of female college students. *Korean J Nutrition* 32(6) : 705-712, 1999
- 13) Lee YC, Chung EJ, Hwang JA, Kim MK, Lee JH, Park TS, Kim ST, Park KS. A Study on serum concentrations of antioxidant minerals in normal Korean adults. *Korean J Nutrition* 31(3) : 324-332, 1998
- 14) Kim JH, Lee HW. Levels of serum lipids, copper, zinc, ceruloplasmin and ferroxidase activity in smoking college women. *Korean J Community Nutrition* 2(4) : 515-522, 1997
- 15) Ha EJ, Na HB. The study on concentrations of plasma zinc and copper of nonpregnant and pregnant in Korea. *Korean J Nutrition* 26(3) : 347-356, 1993
- 16) Park JS, Chyun JH. Dietary zinc analysis and changes of zinc nutriture with zinc supplementation in Korean adults. *Korean J Nutrition* 26(9) : 1110-1117, 1993
- 17) Joung HJ, Paik HY, Kim CH, Lee JY. 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 Nutrition* 32(3) : 296-306, 1999
- 18) Chyun JH, Choi YJ. Dietary copper intakes and effect of zinc supplementation on plasma copper level in Korean adults. *Korean J Nutrition* 29(5) : 528-532, 1996

- 19) Choi MK. Relationship between serum levels of microminerals and lipids in Korean adults on self-selected diet. *Korean J Community Nutrition* 5 (2S): 289-296, 2000
- 20) Lee OH, Moon JW, Chung YS. Assessment of selenium status in adult females according to life cycle. *Korean J Nutrition* 36 (5): 491-499, 2003
- 21) Kim AJ, Chang OJ, Kim HK, Kim SK, Kim JH, Chi HY, Kim SY. Relationship of serum chromium with serum lipids and blood glucose level in rural College women. *Korean J Nutrition* 31 (8): 1307-1314, 1998
- 22) Lim KH, Lim HS. Dietary intakes of Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Mo, and Cr of Korean women.-Comparison between the data from analyzed and calculated- *Korean J Human Ecology* 9 (3): 69-79, 2006
- 23) Korean Nutrition Society. Computer Aided Nutritional Analysis Program for Professionals 2.0, 2003
- 24) Yim JN. Analysis of food minerals. *Food & Nutrition, RDA* 7 (1): 42-46, 1986
- 25) Ministry of Health and Welfare. Report on 2001 National Health and Nutrition. The Korean Health Industry Development Institute, 2002
- 26) Sung MK. Investigations on nutrient intakes among Korean female college students. -Quality evaluations for fat and protein consumption- *Korean J Dietary Culture* 11 (5): 643-649, 1996
- 27) Hong SM, Bak KJ, Jung SH, Oh KW, Hong YA. A study on nutrient intakes and hematological status of female college students of Ulsan City. -1. Emphasis on serum lipids- *Korean J Nutrition* 26 (3): 338-346, 1993
- 28) Klapeč T, Mandić ML, Grgić J, Primorac L, Ikić M, Lovrić T, Grgić Z, Herceg Z. Daily dietary intake of selenium in eastern Croatia. *Sci Total Environ* 217: 127-136, 1998
- 29) Kadřabová J, Mad'arić A, Ginter E. Determination of the daily selenium intake in Slovakia. *Biol Trace Elem Res* 61: 277-286, 1998
- 30) Oster O, Prellwitz W. The daily dietary selenium intake of West German adults. *Biol Trace Elem Res* 20: 1-14, 1989
- 31) Murphy J, Hannon EM, Kiely M, Flynn A, Cashman KD. Selenium intakes in 18-64 yr-old Irish adults. *Eur J Clin Nutr* 56: 402-408, 2002
- 32) Mahapatra S, Tripathi RM, Raghunath R, Sadasivan S. Daily intake of Se by adult population of Mumbai, India. *Sci Total Environ* 277: 217-223, 2001
- 33) Christensen MJ, Bown JW, Lei LI. The effect of income on selenium intake and status in Utah County, Utah. *J Am Coll Nutr* 7: 155-167, 1988
- 34) Gibson RS, Scythes CA. Trace element intakes of women. *Br J Nutr* 48: 241-248, 1982
- 35) Anke M, Groppe B, Krause U, Arnhold W, Langer M. 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, 1991
- 36) Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM, Corbella J. Dietary intake of copper, chromium and zinc in Tarragona Province, Spain. *Sci Total Environ* 132: 3-10, 1993
- 37) Lyengar V, Woltietz J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values. *Clin Chem* 34: 474-481, 1988
- 38) College of Medicine, Seoul National University. Hematology, pp.29-36, Seoul National University Press. Seoul, 1986
- 39) World Health Organization. Nutritional anemias. Report of a WHO scientific group. WHO Technical Report, Series No. 405. 1968
- 40) Shils ME, Olson JA, Shike M, eds. Modern Nutrition in Health and Disease, 8th ed, pp.185-251, 264-286, Lea & Febiger. Philadelphia, 1994
- 41) Tietz NW. Clinical Guide to Laboratory Tests, pp.142-145, WB Saunders Co. Philadelphia, 1983
- 42) Kivela SL, Maenpaa P, Nissinen A, Alfthan G, Punsar S, Enlund H, Puska P. Vitamin A, vitamin E, and selenium status in an aged Finnish male population. *Int J Vitam Nutr Res* 59: 373-380, 1989
- 43) Tietz NW. Test Book of Clinical Chemistry, p.1845, WB Saunders. Philadelphia, 1986
- 44) Levander OA, Morris VC. Dietary selenium levels needed to maintain balance in North American adults consuming self-selected diets. *Am J Clin Nutr* 39 (5): 809-805, 1984
- 45) Varo P, Alfthan G, Ekholm P, Aro A, Koivisto P. Selenium intake and serum selenium in finland; effects of soil fertilization with selenium. *Am J Clin Nutr* 48: 324-329, 1988
- 46) Hughes K, Chuda LH, Ong CN. Serum selenium in the general population of Singapore, 1993 to 1995. *Ann Acad Med* 27: 520-523, 1998
- 47) Matsuda A, Kimura M, Itokawa Y. Selenium level and glutathione peroxidase activity in plasma, erythrocytes and platelets of healthy Japanese volunteers. *J Nutr Sci Vitaminol* 43: 497-504, 1997
- 48) da Cunha S, Filho AFM, Antelo DS, de Souza MM. Serum sample levels of selenium and copper in healthy volunteers living in Rio de Janeiro city. *Sci Total Environment* 301: 51-54, 2003
- 49) Choi H. Nutrition, 2nd ed. Gyomunsa, pp.317-358, Seoul, 2000
- 50) Benes B, Spevackova V, Smid J, Cejchanova M, Kaplanova E, Cerna M, Gajewska V, Blatny J. Determination of normal concentration levels of Cd, Pd, Hg, Cu, Zn, and Se in urine of the population in the Czech Republic. *Cent Eur J Public Health* 10: 3-5, 2002
- 51) Guthrie HA, Picciano MF. Human Nutrition. pp.333-372, Mosby, St. Louis, 1995
- 52) King JC. Assessment of techniques for determining human zinc requirements. *Am Diet Assoc* 86: 1523-1528, 1986
- 53) Apigar J. Zinc and reproduction: update. *J Nutr Biochem* 3: 2566-2578, 1992
- 54) Olivares M, Uauy R. Copper nutrition in humans copper as an essential nutrient. *Am J Clin Nutr* 63: 791-796, 1996
- 55) Friedman BJ, Freeland-Graves JH, Bales CW, Behmardi F, Shorey-Kutschke RL, Willis RA, Crosby JB, Tridkett PC, Houston SD. Manganese balance and clinical observations in young men fed a manganese-deficient diet. *J Nutr* 117: 133-143, 1987
- 56) Greger JJ, Davis CD, Suttie JW, Lyle BJ. Intake, serum concentrations and urinary excretion of manganese by adult males. *Am J Clin Nutr* 51: 457-461, 1990
- 57) Robinson MF, McKenzie JM, Thomson CD, van Rij AL. Metabolic balance of zinc, copper, cadmium, iron, molybdenum and selenium in young New Zealand women. *Br J Nutr* 30: 195-205, 1973
- 58) Levander LA, Morris VC. Dietary selenium levels needed to maintain balance in North American adults consuming self-selected diets. *Am J Clin Nutr* 39: 809-815, 1984
- 59) Luo X, Wei H, Yang C, Xing J, Qiao C, Feng Y, Liu J, Liu Z, Wo Q, Liu Y, Stoecker BJ, Spallholz JE, Yang SP. Selenium intake and metabolic balance of 10 men from a low selenium area of China. *Am J Clin Nutr* 42: 31-37, 1985