

충남지역 일부 여대생의 식이를 통한 중금속 섭취량과 혈중 중금속 농도

박수진[§] · 조여원

경희대학교 동서의학대학원 임상영양전공, 임상영양연구소

Daily Intakes and the Blood Levels of Heavy Metals of the College Women Living in Choongchung-NamDo Area

Park, Soo Jin[§] · Choue, Ryo Won

Department of Medical Nutrition, Graduate School of East West Medical Science,
Research Institute of Clinical Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

As the severity of environmental pollution increases, the foodstuffs are contaminated more than ever. There are 40 kinds of heavy metals that we are able to consume through the heavy metal contaminated-foodstuffs. Arsenic, lead, cadmium, and chromium out of them have been known to be a potential cause for alzheimer's disease, kidney diseases, and cancer. However, research data on the daily intakes of such heavy metals are limited. This study was performed to evaluate the daily intakes of nutrients and the dietary heavy metals of the college women living in Choongchung-NamDo Area, where had been reported to have high contents of heavy metals for the seafoods. We also investigated the blood levels of the heavy metals. The mean age, height, weight, BMI and percent ideal body weight(PIBW) of the subjects were 20 ± 1.0 yr, 158.4 ± 0.7 cm, 55.1 ± 1.4 kg, 22.4 ± 0.4 , and $103.3 \pm 2.5\%$, respectively. The mean of daily energy intake was $1,717.03 \pm 55.99$ kcal/day(86% of RDA for women). The ratio of energy from carbohydrate, fat and protein was 60 : 24 : 16. Daily intakes of Vit A, Vit B₂, Ca, and Fe were under the RDA for those nutrients. The mean adequate ratio of the subjects was 0.92. The daily intakes of heavy metal, such as As, Pb, Co, Cr and Mn, were 1.80 ± 0.27 mg, $75.21 \pm 4.12\mu\text{g}$, $21.12 \pm 12.34\mu\text{g}$, $60.07 \pm 6.24\mu\text{g}$, and 6.23 ± 0.12 mg, respectively. The blood levels of As, Pb, Co, Cr and Mn were $16.10 \pm 2.10\mu\text{g/dl}$, $4.32 \pm 0.58\mu\text{g/dl}$, $0.02 \pm 0.01\mu\text{g/dl}$, $4.23 \pm 0.41\mu\text{g/dl}$, and $4.40 \pm 0.21\mu\text{g/dl}$, respectively. In conclusion, daily intake of heavy metals for the college women living in Choongchung-NamDo area was lower than that of WHO's recommendation, however, the blood levels of each heavy metals were higher than those of Japanese, American, and Italian. There were no correlations between the dietary intakes and blood levels of each heavy metals. (*Korean J Nutrition* 34(1) : 48~53, 2001)

KEY WORDS: nutrient intake, pollution, intake of heavy metals, blood levels of heavy metals.

서론

최근 산업폐수, 생활하수, 각종 농약과 살충제의 남용 등으로 농토는 물론 하천, 연안해역 등의 오염은 날로 가속화되고 있으며, 그 결과 다이옥신 중독증과 같은 환경 오염성 질환이 매우 심각한 문제로 대두되고 있다.¹⁾ 특히 우리의 식량자원인 농수산물의 오염은 인간에게 이행되었을 때 자연적 인위적인 방법으로 쉽게 분해되지 않고 축적이 되므로²⁾ 국제적으로 식품의 오염물질에 대한 모니터링 및 연구가 다양하며 우리 나라에서도 환경오염에 의해 중금속이 함유된 식품이 인체에 미치는 영향에 대한 관심도 점차로 증가

하고 있다. 식품을 통해 섭취할 수 있는 환경오염물질 중 비중이 5이상인 중금속은 약 40종이 있으며, 이 가운데 치매나 신장장애, 암을 유발하거나 발암 가능성이 있는 것으로 밝혀진 중금속으로 비소(Arsenic, As), 납(lead, Pb), 카드뮴(cadmium, Cd), 크롬(chromium, Cr) 등이 있다.³⁾

중금속은 소화기, 호흡기 및 피부점막 등을 통해 체내에 흡수되며, 대사와 배설의 과정을 거쳐 대부분이 체외로 배설된다. 그러나 일부 중금속은 선택적으로 체내 기관에 축적되어 일차적으로 영향을 미치거나, 또는 반감기가 긴 중금속은 체내에서 서서히 독성을 나타내며 만성중독 증상을 유발하기도 한다.⁴⁾ 따라서 일단 중금속에 중독이 되면 완치가 불가능하기 때문에 그 오염정도를 파악하고 감시하는 것은 유해한 중금속으로 인해 발생할 수 있는 질환을 예방하

채택일 : 2000년 12월 1일

[§]To whom correspondence should be addressed.

기 위해 반드시 필요하다. 그러나 이 분야에 관한 연구는 대부분이 환경오염에 노출된 지역의 근로자나 주민을 대상으로 이루어졌을 뿐 환경적으로 문제가 제기된 적이 없는 일반인에 대해서는 중금속 섭취 실태 파악이 매우 부족한 실정이다. 1996년과 1997년에 걸쳐 충남 서해안 일부(서산, 대천, 서천)지역 수산식품의 중금속 오염정도를 조사한 연구에서는 일부 수산식품의 중금속 오염정도가 과거에 비해 심각해지고 있는 것으로 보고하였다.^{5,6)} 본 연구에서는 직업적으로나 환경적으로 문제가 제기된 적이 없으나 선행연구에서 식품의 중금속오염의 우려가 있는 서해안 일부지역에 거주하고 있는 여대생을 대상으로 영양소 섭취상태를 조사하고 식이를 통한 중금속(As, Pb, Co, Cr, Mn)의 섭취량과 이들 중금속의 혈중 농도를 측정하여 체내 중금속농도를 제시하였다.

연구대상 및 방법

1. 대상자

본 연구는 1999년 9월 3일부터 10월 15일에 걸쳐 충청남도 일부지역(홍성, 대천, 서산지역)에 거주하며 특별한 질병이 없고 일상적인 식사를 하는 여대생 48명을 대상으로 하였다. 이들 대상자 중 섭취한 식이의 수거가 모두 이루어진 35명의 자료를 결과분석에 이용하였다.

2. 연구방법

1) 신체계측 조사

대상자의 신장과 체중은 Martin 계측기와 bean balance scale(Continentak scale corp., Chicago, USA)을 이용하여 소수점 첫째자리까지 측정하였으며, 측정된 신장과 체중으로부터 체질량지수(body mass index, BMI)와 이상체중비(percent ideal body weight, PIBW)를 구하였다. 혈압은 편안하게 앉은 자세로 10분 이상 휴식을 취한 후 표준 수은주 혈압계(standard mercury manometer)를 이용하여 측정하였다. 모든 측정은 2번 시행하여 평균값을 결과로 이용하였다.

2) 식이 섭취 조사

식이 섭취는 24시간 회상법을 이용하여 3일간(주중 2일, 주말 1일)의 식이섭취 내용을 일대일 직접면접법으로 조사하였다. 조사자들은 식품영양학과 대학원생으로 구성되었으며, 식품과 그릇모형을 참조하여 조사 전날 섭취한 모든 식품과 음료를 각 끼니와 간식별로 조사하였다. 자료는 영양평가 프로그램(computer aided nutritional analysis

program for professionals, CAN-pro, 한국영양학회 부설 영양정보센터)⁹⁾을 이용하여 1일 평균 영양소 섭취량을 계산하였다. 또한 식이 중금속 함량은 CAN-pro로 분석할 수 없는 관계로 섭취한 식품을 직접 수거하여 다음과 같이 분석하였다. 우선 식사 전에 조리된 식품재료를 각 식품별로 측정하고 식사 후 남은 음식을 측정하였다. 처음 식사량에서 음식의 잔량을 뺀 것을 개인의 식이 섭취량으로 하고 이와 동일한 량의 식품들을 3일 동안 전량 수거하여 분석에 이용하였다.

3) 혈액의 채취

혈액은 12시간 공복 후 앉은 자세에서 진공채혈관으로 정맥혈 10ml을 채취하여 분석에 이용하였다.

4) 자료분석

(1) 영양소섭취 상태

대상자의 영양소섭취는 한국인 영양권장량¹⁰⁾과 비교·분석하였고, 열량 영양소별 섭취비율(carbohydrate: protein: fat ratio, CPF ratio), 영양소 적정섭취비율(nutrient adequacy ratio: NAR)과 평균 적정섭취비율(mean adequate ratio: MAR)¹¹⁾ 및 영양소의 질적지수(index of nutritional quality: INQ)등을 구하였다. NAR은 각 영양소의 섭취량을 권장량으로 나누어 그 비율이 1.0 이상이면 1.0으로 간주하고, 1.0이 넘지 않으면 그대로 값을 적용하였다. MAR은 한국인 영양권장량이 설정되어 있는 영양소 9가지(단백질, 비타민 A, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 나이아신, 비타민 C, 칼슘, 인, 철분)의 NAR의 합을 9로 나누어 구하였다. INQ는 섭취열량 1,000kcal당 섭취 영양소를 권장열량 1,000kcal당 권장량으로 나누어 개인이 섭취하는 식사의 양이 각 영양소의 권장량을 만족시키는 정도를 구하였다.

(2) 식이 중 중금속 함량

식이 중 중금속함량을 측정하기 위하여 3일 동안 섭취한 식품을 섭취한 양과 동량으로 전량 수거하여 분쇄기(food mixer, SFM-423D, Shinil Co., Korea)를 이용하여 균질화 한 후 냉동보관하여 분석에 사용하였다. 시료 당 5ml의 HNO₃를 가하고 일차 회화시킨 후 각각 10ml의 ternary용액(HNO₃: H₂S₄: HClO₄: 10: 1: 4)을 가하여 흰 연기가 나오지 않을 때까지 이차회화 시키는 습식분해법^{12,13)}을 이용하였다. 분해 후 10ml의 탈 이온수로 각각의 검액을 희석시킨 후ICP(Inductively Coupled Plasma: Lactam 8440 Plasmalac)를 이용하여 중금속함량을 측정하였다. 시료당 3 반복하여 측정하였고, 그 평균치를 결과에 이용하였다.

(3) 혈중 중금속 농도

혈중 중금속 농도를 측정하기 위하여 채취한 혈액을 2차 증류수로 5배 희석한 후 10분간 3,000rpm에서 원심분리하였다. 단백질을 제거한 다음 상층액을 사용하여 ICP(Inductively Coupled Plasma: Lactam 8440 Plasmalac)로 혈중 중금속 농도를 측정하였다.

5) 통계분석

모든 자료는 SAS program package¹⁴⁾를 이용하여 각 측정치의 평균 ± 표준편차를 구하였고 식이 중의 중금속 섭취량과 혈중 중금속 농도간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 대상자의 일반특성

대상자들의 평균 연령은 20 ± 1세였으며, 평균 신장과 체중은 각각 158.4 ± 0.69cm, 55.1 ± 1.38kg 이었다(Table 1). 한국 성인여자(20~49세)의 체위기준¹⁵⁾인 신장 160cm, 체중 50kg에 비해 신장은 약 1.6cm 작고, 체중은 약 5.1kg 더 많았다. 최근 최 등¹⁶⁾이 대구지역 여대생을 대상으로 보고한 신장 161cm, 체중 51.6kg보다 본 연구에 참여한 여대생이 신장은 2.6cm 작고, 체중은 3.5kg 더 많았다. 그러나 대상자들의 신장과 체중값으로 산출한 체질량지수 및 이상체중비는 각각 22.4 ± 0.44, 103.3%로 정상수준이었다. 연구에 참여한 여대생의 수축기 혈압과 이완기 혈압은 각각 106.6 ± 1.58, 71.5 ± 1.03mmHg로 WHO기준치와 비교할 때 정상범위에 있었다.

2. 영양소 섭취상태

24시간 회상법에 의한 대상자들의 영양소 섭취상태는 Table 2와 같다. 1일 평균 섭취열량은 1,717.0 ± 56.0kcal로 한국인 영양 권장량과 비교해볼 때 권장량의 85.9%수준

이었으며, 총 단백질 섭취량은 68.1 ± 2.6g으로 권장량의 113.6%를 섭취하는 것으로 나타났다. 즉, 영양소별로 살펴보면 단백질, 비타민B₁, C, 나이아신, 인의 섭취량은 권장량을 만족시키는 반면에, 총열량과 비타민 A, B₂, 칼슘, 철분의 섭취량은 권장량에 미달되는 것으로 나타났다(Fig. 1). 최근 보고한 최 등¹⁶⁾의 연구에서도 여대생들의 총열량 섭취가 1,744kcal(RDA의 85%)로서 본 연구결과와 유사하게 나타났는데, 이와 같이 총열량의 섭취가 권장량에 못 미치는 이유는 최근 여성들의 다이어트에 대한 관심 및 시도와 관련이 있는 것으로 사료된다. 3대 열량 영양소 섭취 비율은 당질, 단백질, 지방이 60 : 24 : 16으로 권장비율인 65 : 15 : 20¹⁰⁾과 비교하면 당질과 지방의 비율이 낮고 단백질 섭취비율이 다소 높은 편이었다. 총 단백질 섭취 중 동물성 단백질이 차지하는 비율은 54%로 95년도 국민영양조사 결과인 47.3%¹⁵⁾ 보다 다소 높은 수준이었다.

1일 비타민 A와 B₂ 섭취량은 각각 653.4 ± 52.3R.E., 0.

Table 2. The average of daily intakes of energy and nutrients of the subjects (n = 35)

Variables	Mean ± SD ¹⁾	% of RDA ²⁾
Energy(kcal)	1717.0 ± 56.0	85.9
Carbohydrate(g)	257.6 ± 10.1	-
Crude fiber(g)	4.8 ± 0.4	-
Protein(g)	68.1 ± 2.6	113.6
Fat(g)	46.2 ± 2.7	-
Vitamin A(R.E.)	653.4 ± 52.3	93.3
Vitamin B ₁ (mg)	1.7 ± 0.7	172.0
Vitamin B ₂ (mg)	0.98 ± 0.05	81.7
Niacin(mg)	24.5 ± 11.3	188.3
Vitamin C(mg)	103.1 ± 86.1	187.5
Ca(mg)	461.7 ± 16.5	66.0
P(mg)	994.9 ± 41.2	142.1
Fe(mg)	12.5 ± 0.79	84.4
Zn(mg)	11.4 ± 0.23	95.0

1) Mean ± S.D.: Mean ± Standard deviation
2) RDA: Recommended Dietary Allowances for Koreans(6th revision, 1985)

Table 1. General characteristics of the subjects (n = 35)

Characteristics	Mean ± S.D. ¹⁾
Age(yr)	20.0 ± 1.00
Height(cm)	158.4 ± 0.69
Weight(kg)	55.1 ± 1.38
BMI ²⁾ (kg/m ²)	22.4 ± 0.44
PIBW ³⁾ (%)	103.3 ± 2.46
SBP ⁴⁾ (mmHg)	106.6 ± 1.58
DBP ⁵⁾ (mmHg)	71.5 ± 1.03

1) Mean ± S.D.: Mean ± Standard deviation
2) BMI: Body Mass Index = Wt(kg)/Ht(m²)
3) PIBW: Percent ideal body weight = (body weight/ideal body weight) × 100
4) Systolic blood pressure 5) Diastolic blood pressure

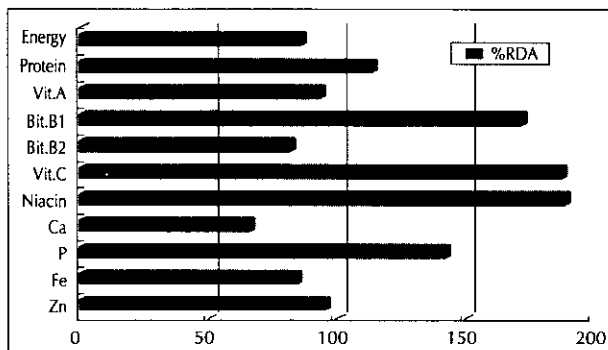


Fig. 1. Percent of RDA for daily nutrients intakes of the subjects (n = 35).

98 ± 0.05mg으로 권장량의 93.3%, 81.7%수준이어서 한국인 영양권장량에 비해 부족하게 섭취하는 비타민으로 나타났다. 국민영양조사 보고¹⁵⁾에서도 비타민 A는 매년 권장량에 미달하는 영양소였으며, 특히 식물성 식품의 의존도가 높은 한국인에서(약 80%) 비타민 A 섭취를 증가시킬 수 있는 노력이 필요한 것으로 지적되었다.¹⁷⁾ 반면에 비타민 B₁, 비타민 C, 나이아신의 섭취는 각각 1.7 ± 0.7, 103.1 ± 86.1, 24.5 ± 1.9mg/day로 각각 권장량의 172, 187.5, 188.3%를 섭취하고 있었다. 일일 평균 식이 섬유질의 섭취는 4.8 ± 0.4g으로 대구지역 여대생의 평균 섭취량인 5g¹⁶⁾, 6.2g¹⁸⁾보다 낮은 수준이었다. 무기질 섭취는 인을 제외하고 칼슘은 461.7 ± 21.4mg, 철분은 12.5 ± 0.3mg으로서 각각 권장량의 66%, 84.4%를 차지해 모두 권장량에 미달하는 것으로 조사되었다. 특히 칼슘 섭취량은 선행 연구에서 보고한 592mg¹⁸⁾, 586mg¹⁹⁾보다 낮게 나타났다. 한편, 칼슘과 인의 섭취비율은 1 : 1, 혹은 2 : 1로 권장¹⁰⁾하고 있는데, 대상자들의 인 섭취량은 994.9mg으로 권장량보다 많이 섭취하고 있어서 칼슘과 인의 섭취비율이 1 : 2.2로서 불균형을 이루고 있음을 알 수 있었다. 또한 영양의 질을 평가하기 위해 생체이용률이 높은 육류로부터 공급되는 단백질, 칼슘, 철분의 수준을 평가해 본 결과 칼슘과 철분의 경우 절반 이상을 식물성 급원에서 공급받고 있어서 이들 영양소의 질을 개선할 수 있는 식습관이 필요한 것으로 사료된다(Table 3). 평균 영양소 적정 섭취비율은 0.90로서 최근 대구지역 여대생의 0.73¹⁶⁾, 농촌지역 성인의 0.76²⁰⁾, 연천지역 성인여성의 0.62²¹⁾보다 높게 나타났다(Table 4). 본 연구 대상자들의 총열량섭취가 권장량에 미달되었으므로 만일 열량섭취가 충분하다면 각 영양소 섭취도 향상될 수 있는지 알아보기 위하여 INQ를 계산하였다. 그 결과 비타민 B₂, 칼슘, 철분 영양소가 1이하로 나타나 만일 총열량을 영양권

Table 3. Distribution of nutrient composition from animal and vegetable sources of the subject's diets

	Protein (g/day)	Fat (g/day)	Ca (mg/day)	Ca : P ratio	Fe (mg/day)
Animal	37.1	21.8	198.1	1 : 2.2	3.1
Vegetable	31.1	24.5	263.5		9.4

Table 4. NAR, MAR and INQ of the subjects's diets

	Protein	Vit.A	Vit.B ₁	Vit.B ₂	Niacin	Vit.C	Ca	P	Fe
NAR ¹⁾²⁾	1.0	0.93	1.0	0.82	1.0	1.0	0.66	1.0	0.69
MAR ³⁾									0.90
INQ ⁴⁾	1.32	1.08	2.00	0.95	2.20	2.18	0.77	1.66	0.98

1) NAR(Nutrient adequacy ratio) = Mean intake of the nutrients / Recommended allowance of that nutrients.

2) All NAR values are truncated at 1.0.

3) MAR(Mean adequate ratio) = Sum of the NARs for each nutrients / number of nutrients.

4) INQ(Index of nutritional quality) = Nutrient content per 1,000 kcal of the diet / RDA of the nutrient per 1,000kcal.

장량만큼 섭취한다고 가정한다고 해도 비타민 B₂는 95%, 칼슘은 76.9%, 철분은 98.9%수준이 되어 권장량에 미달되므로 이들 영양소의 섭취를 증가시킬 수 있는 식사의 개선이 필요한 것으로 사료된다.

3. 식품을 통한 중금속(비소, 납, 코발트, 크롬, 망간)의 섭취량

식품을 통한 중금속의 섭취량을 측정하기 위하여 섭취한 식이를 모두 수거하여 분석한 결과 일일 식품으로 섭취한 비소(As)의 양은 1.80 ± 0.27mg, 납(Pb)은 75.21 ± 4.12 µg, 코발트(Co)는 21.12 ± 12.34µg, 크롬(Cr)은 60.07 ± 6.24µg였으며, 망간(Mn)은 6.23 ± 0.12mg였다(Table 5).

비소는 그 자체로는 유독하지 않지만 화합물이 되면 맹독성을 발휘하여 예로부터 독약으로 사용 되어왔다. 비소는 자연계에 널리 분포하여 곡류, 채소류, 육류 등에 함유되어 있고, 특히 해산물 중에 비소 함량이 상당히 높아서 정상인의 비소 섭취는 대부분이 생선과 해산물 섭취에 의하여 이루어진다고 볼 수 있다.⁶⁾ 따라서 1일 비소 섭취량은 섭취하는 음식물의 종류에 따라서 달라지게 된다. 미국인의 비소 섭취량은 1일 0.9mg정도이며, 일본인의 경우는 0.07~0.17mg정도 섭취하는 것으로 보고되었다.²³⁾ 사람을 사망시킬 수 있는 비소 섭취량은 60~120mg으로 보고되고 있으며, WHO에서 허용하는 성인의 하루 비소 섭취량은 3.5mg이다. 본 연구 대상자의 1일 평균 비소 섭취량은 1.8mg으로 위에 언급된 미국, 일본인에 비해 높은 수준이었으나, WHO의 허용량보다는 낮은 수준이었다.

직업적으로 납에 노출된 경험이 없는 일반인의 납 섭취량은 대부분이 식품을 통한 것이다. 경구적으로 받아들인 납은 장관에서 흡수되며, 흡수율은 5~10%정도이다.²⁷⁾ 미국

Table 5. The daily intakes and the serum concentrations of the heavy metals (n = 35)

Heavy metals	Intakes ¹⁾	Serum concentration ¹⁾ (µg/dl)
As	1.80 ± 0.27 ²⁾	16.10 ± 2.10
Pb	75.21 ± 4.12 ³⁾	4.32 ± 0.58
Co	21.12 ± 12.34 ³⁾	0.02 ± 0.01
Cr	60.07 ± 6.24 ³⁾	4.23 ± 0.41
Mn	6.23 ± 0.12 ²⁾	4.40 ± 0.21

1) Mean ± S.D. 2) mg/day 3) µg/day

인의 경우, 하루 식품을 통한 납 섭취량은 200~300 μg 으로 추정하고 있으며, 일본인의 경우에는 1일 70~170 μg 정도로 보고되고 있다.²⁸⁾ 또한 FAO/WHO분과 위원회²⁹⁾에서는 사람의 납 최대 섭취량은 1일 약 428.6 μg 혹은 체중 1kg 당 50 μg 으로 보고하였다. 본 연구에서 대상자의 1일 납 섭취량은 75.21 \pm 4.12 μg 으로 미국인보다는 훨씬 적게 섭취하고, 일본인의 섭취수준과 유사한 것으로 나타났다.

조사된 보고에 의하면 하루에 식품으로 섭취되는 코발트는 5~600 μg 으로 다양한데, 이와 같은 큰 차이는 분석오차보다는 지역에 따라 토양, 기후 등의 영향으로 식물과 식품에 함유된 코발트함량에 차이가 있기 때문인 것으로 보인다.²⁹⁾ 본 연구결과와 조사 대상자들의 하루 평균 코발트 섭취량은 21.12 \pm 12.34 μg 였으며, 이탈리아의 5개 지역에서 조사된 성인의 코발트 섭취량인 8.3~13.5 μg 보다 높은 수준이었다.²⁴⁾

한편, 여대생의 1일 크롬 섭취량은 60.07 \pm 6.24 μg 으로, 미국성인의 경우 허용된 크롬 섭취량의 범위인 50~200 μg ²⁵⁾내에 있었으며, 일본인의 크롬 섭취 권장량인 30 μg ²⁶⁾보다는 2배 정도를 섭취하고 있었으나 크롬섭취 최대 허용기준인 250 μg 보다는 낮은 수준으로 나타났다.

한국의 경우, 망간섭취에 대하여는 아직 보고된 바 없으며¹⁰⁾ 망간의 1일 권장량이나 최대 허용량을 정하지 못하고 있다. 일본에서는 망간의 1일 권장량을 3mg, 최대 허용량을 10mg으로 정하고 있으며,²⁰⁾ 미국의 경우, 망간의 안전 섭취량을 2~5mg으로 정하고 있다.²⁰⁾ 본 연구에서 망간 섭취량은 1일 6.20.12mg이었으며, 이는 일본의 일일권장량에 비교하면 2배 이상이나 최대허용기준보다는 낮은 수준이었고, 미국의 안전섭취량 보다는 높게 나타났다.

4. 혈중 중금속(비소, 납, 코발트, 크롬, 망간)의 농도

혈중 중금속 농도를 분석한 결과 비소는 16.10 \pm 2.10 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 코발트는 0.02 \pm 0.01 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 크롬은 4.23 \pm 0.41 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 납은 4.32 \pm 0.58 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 그리고 망간은 4.40 \pm 0.21 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었다(Table 5). 여성의 경우, 혈중 비소농도는 임신 초기와 월경중에 증가하는 것으로 보고되고 있다.²³⁾ 혈액 내의 비소농도는 매우 큰 차이를 보여주며, 일반적으로 10~20 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 정도로 알려져 있는데,²³⁾ 본 연구결과 혈중 비소함량은 16.14 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 일반적으로 허용하고 있는 혈액의 비소함량 범위 내에 있었다. 혈중 납 농도에 대해서 일본인을 대상으로 한 측정치를 살펴보면 측정시의 연대나 거주지역 및 분석법의 차이 등에 의하여 오차(6~15 $\mu\text{g}/\text{dl}$)의 범위가 매우 넓음을 알 수 있다.²³⁾ 최근 일본에서 농촌 거주자 2,500명 이상에 대하여 측정한 결과에 의하면 평균농도는 남성이 4.

9, 여성이 3.2 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었으며,²³⁾ 본 조사에서는 혈중 납 농도는 4.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 일본여성의 혈중 납 농도보다 다소 높은 수준이었다. 반면에 김 등³⁾의 연구결과인 19 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 박³¹⁾의 연구결과인 12.9 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다는 낮은 수준이었다.

사람의 혈중 코발트 함량은 0.02~1.5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ²⁹⁾로서 사람에 따라 큰 차이를 보이나, 그 자체가 너무 소량이기 때문에 분석의 정확도에 매우 민감하게 나타난다. 본 연구대상자의 혈중 코발트 농도는 0.02 \pm 0.01 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났다. 한편, 혈중 크롬농도는 4.23 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었는데, 이는 김 등³⁾의 보고와 유사하였으며, 1988년에 보고⁴⁾된 1.0 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 1998년에 보고된 2.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ²⁹⁾보다 높은 수준이었다. 대상자들이 일상 식품을 통하여 섭취하는 중금속의 양과 혈중 중금속 농도와와의 상관관계를 분석하였으나 유의한 상관관계는 관찰할 수 없었다. 체내 무기질 영양상태 판정을 위해서는 혈장, 혈청, 적혈구, 두발, 손톱, 타액과 소변, 효소 등을 다양하게 이용할 수 있다. Hambidge³²⁾에 따르면 혈청은 무기질 영양상태 평가에 있어서 가장 많이 이용되는 것으로서 항상성에 의해 조절되므로 심각한 영양 결핍상태를 반영하는 지표이나 한계결핍(marginal deficiency)일 경우에는 판정이 어려운 단점이 있으며, 소변은 체내 영양상태 보다는 최근의 섭취량을 민감하게 반영한다고 하였다. 그러나 이러한 혈청과 소변을 통한 무기질 분석시에는 수집과 분석과정에 여러 가지 어려움이 따른다. 본 연구과정에서도 섭취한 식품종의 중금속량과 그 식품의 섭취로 인해 체내로 반영되는 체내 중금속을 측정하기 위해서는 사실상뇨를 분석하는 것이 바람직할 수 있었겠으나 3일간의 식이를 수거하는 것만으로도 대상자들의 많은 협조가 필요하고 어려움이 있어 본 연구에서는 혈청을 중금속 분석에 이용하였다.

요약 및 결론

최근 중금속에 의한 환경오염이 날로 심각해지고 있는 실정임에도 불구하고 직업적으로 중금속에 노출된 경우를 제외하고는 일반인을 대상으로 식품을 통한 중금속 섭취량 및 이들 중금속의 혈중 농도와 같은 기초자료가 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 선행연구에서 수산식품 중 중금속이 검출된 지역에 거주하는 성인여성을 대상으로 24시간 회상법으로 이들의 평상식이의 질을 평가하고, 3일간 섭취한 식품을 전량 수거하여 식품으로 섭취한 중금속의 양과 혈중 중금속농도를 조사하였다.

1) 대상자의 평균연령은 20 \pm 1세였으며, 평균 신장과 체중은 각각 158.4 \pm 0.69cm, 55.1 \pm 1.38kg이었으며, 체질량지수 및 이상 체중비는 각각 22.4 \pm 0.44, 103.3 \pm 2.

46%로 정상수준이었다. 수축기 혈압과 이완기 혈압은 각각 106.6 ± 1.58, 71.5 ± 1.03mmHg로 정상범위에 있었다.

2) 대상자들의 1일 평균 열량 섭취량은 1,717.0 ± 56.0 kcal(RDA의 85.9%)였으며 총 단백질 섭취량은 68.1 ± 2.6g(RDA의 113.7%)이었다. 단백질, 비타민 B₁, C, 나이아신, 인의 섭취량은 한국인 영양권장량을 만족시켰으나 총 열량과 비타민 A, B₂, 칼슘, 철분 섭취는 권장량에 미달하였다. 대상자의 MAR는 0.90로 나타났다.

3) 식품을 수거하여 분석한 결과 1일 식품으로 섭취하는 비소의 양은 1.80 ± 0.27mg, 납은 75.21 ± 4.12µg, 코발트는 21.12 ± 12.34µg, 크롬은 60.07 ± 6.24µg였으며, 망간(Mn)은 6.23 ± 0.12mg였다.

4) 평균 혈중 중금속 농도는 비소 16.10 ± 2.10µg/dl, 납 4.32 ± 0.58µg/dl, 코발트 0.02 ± 0.01µg/dl, 크롬 4.23 ± 0.41µg/dl이었으며, 망간은 4.40 ± 0.21µg/dl이었다.

5) 대상자들의 일상 식이를 통한 중금속 섭취량과 혈중 중금속 농도간에 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다.

결론적으로 충청남도 일부 여대생이 일상 식이를 통하여 섭취하는 비소, 납, 코발트, 크롬 및 망간과 같은 중금속의 양은 WHO섭취 허용량보다는 낮은 수준이었으나 일본, 미국 이탈리아 등 외국의 섭취수준과 유사하거나 조금 높은 수준인 것으로 나타났다. 또한 일상 식이를 통한 중금속 섭취량과 혈중 중금속 농도는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 본 연구는 여러 가지 한계로 인하여 충남지역 일부 여대생을 대상의 일상식을 통한 중금속 섭취량을 제시하는 것으로 그쳤으나 중금속 오염이 날로 증가하는 이 시점에서 각종 식품은 물론 식수 등의 중금속 오염정도를 표준화된 방법으로 조사하고, 지역별, 연령별로 일반인들의 중금속 섭취 실태를 파악하여 중금속 섭취허용량 및 권장량 등을 설정해야 할 것으로 사료된다.

Literature cited

- 1) Guthrie FE, Perry JJ. Introduction to environmental toxicology. Elsevier, New York, 1980
- 2) Reilly C. Metal contamination of food, Applied science publish Ltd. London, 1991
- 3) Kim SK, Kim YJ. The relationship between nutrients intake status and serum heavy metal contents in adult women in Korea. *J East Asian of Dietary Life* 9(2): 169-176, 1999
- 4) Lee KM. Environment and heavy metals, Master's thesis in Catholic Medical University, 1988
- 5) Yun CK. A comparison study of serum heavy metal concentration in industrial workers. Master's thesis in Choongnam University, 1990

- 6) Kim SK, Lee JW, Kim AJ. The study on the sea food pollution according to environmental pollution of the western coast in Korea. *Kor Soc J Food and Nutrition* 26(5): 851-859, 1997
- 7) Kim YJ, Kim SY. Contents of Cr and Co in some fisheries caught in the West coast. *Analytical Science and Technology* 11(1): 29-35, 1998
- 8) Kim YJ, Kim SY, Lee WC, Park MJ. Contents of Arsenic in serum fisheries caught in Western coast. *J Fd Hyg Safety* 13(3): 201-204, 1998
- 9) Computer Aided Nutritional Analysis Program for professionals. The Korean Nutrition Society, 1998
- 10) Recommended Dietary Allowances for Koreans 6th Revision, The Korean Nutrition Society, 1995
- 11) Gibson RS. Principal of nutritional assesment, Oxford Univ Press, 1990
- 12) Joo HG. Food analysis. Wet digestion, pp 338-339, Hak Mun Publishing Co, 1996
- 13) Lim JN. Analysis of food minerals. *Food & Nutrition* 7(1): 42-46, 1986
- 14) Steel RGD, Torrie JH, Principles procedure of statistics, Mac Grow H Book Co., New York, 1980
- 15) National nutrition survey report, Ministry of Health and Welfare, 1997
- 16) Choi MJ, Jo HJ. Studies on nutrient intake and food habit of college students in Taegu. *Korean J Nutr* 32(8): 918-926, 1999
- 17) Park MA, Lee HS, Key SH, Moon HK. Study for major nutrients sources of foods by Korean Nutrition Survey. *Korean J Nutr* 30(1): 91-99, 1997
- 18) Lee HS, Lee YK, Chen SC. Estimation of dietary fiber intake of college students. *Korean J Nutr* 24(6): 534-546, 1991
- 19) Hong SM, Bak KJ, Jung SH, Oh KW, Hong YA. A study on nutrient intakes and hematological status of female college student of Ulsan city nutrient intake. *Korean J Nutr* 26(3): 338-346, 1993
- 20) Lee JS, Park SH, Han GJ, Lee SS. A study on nutritional intake of the rural people in Korea-comparison of the nutrient intake by areas and age. *Korean J Nutr* 31(9): 1468-1480, 1998
- 21) Lee SY, Lee JD, Paik HY. Assessment of dietary intake obtained by 24-hr recall method in adult living in Yeonchon Area(1). *Korean J Nutr* 31(3): 333-342, 1998
- 22) Newberne PM. Mechanism of interaction and modulation of response: Method for assessing the effects of mixture of chemicals. New York, Wiley, pp.555-588, 1987
- 23) Sung CJ. Nutrition of trace elements. Mynumsa, pp.40-264, 307, 1997
- 24) Rossi LC, Clemente GF, Santaroni GP. Studies on the trace element distribution in the diets and population of Italy. *Rev Environ Health* 3: 19-41, 1978
- 25) Frances JZ. Estimated safe and adequate daily intakes of selected mineral, Clinical nutrition and Dietetics 2/e, Macmilan, pp.749, 1991
- 26) Norimasa H. Dietary reference intakes in Japan, Recommended Dietary Allowances for the Japanese 6th revision, 1999
- 27) Dictionary of Food Safety. Committee of Junior College, 1997
- 28) Airborne lead in Perspective, National Academy of Sciences, National Research Council, Washington DC, 1971
- 29) Lead, National Academy of Sciences, National Research Council, Washington DC, 1974
- 30) World Health Organization: Guidelines for the study of dietary intake of chemical contaminants, Geneva, 1985
- 31) Park KS. Serum heavy metal concentration of healthy women in Pusan, Master's thesis in Inje Medical University, 1999
- 32) Kim AJ, Jang YJ, Kim HK, Kim SK, Kim JH, Ji HY, Kim SY. Relations between serum chromium, blood glucose and serum lipids of rural college women student. *Korean J Nutr* 31(8): 1307-1314, 1998
- 33) Hambidge KM. Hair analysis. *Principle clinics of North American* 27: 855-860, 1980