

ORIGINAL ARTICLE

국내 일부 지역주민의 혈액과 요중 중금속 농도에 관한 연구

임지영 · 정은경¹⁾ · 박희진 · 유승도²⁾ · 장봉기 · 손부순*

순천향대학교 환경보건학과, ¹⁾숙명여자대학교 생명과학과, ²⁾국립환경과학원 환경건강연구부 환경보건연구과

A Study on Concentrations of Heavy Metal in Blood and Urine of Local Area in Korea

Ji-Young Im, Eun-Kyung Chung¹⁾, Hee-Jin Park, Seungdo Yu²⁾, Bong-Ki Jang, Bu-Soon Son*

Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

¹⁾Department of Biological Science, Sookmyung University, Seoul 140-742, Korea

²⁾Environment Health Division, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708, Korea

Abstract

The purpose of this study is to assess the effects of heavy metal concentrations in the blood and urine of the general population. This research had been conducted from April to December 2008, studying 545 residents of Daejeon and Chungcheong Province. Through the concentrations of heavy metals(Pb, Cd, Hg, As, Mn) in the biota samples and questionnaires, the residents heavy metal exposure level and the influential factors according to personal characteristics or lifestyle were evaluated. As to the heavy metal concentration in the blood and urine of the comparing region, were As and Mn statistically significant($p < 0.01$, $p < 0.05$). Blood lead and urinary mercury concentrations were higher in males than females. The heavy metal concentration for each age group increased blood mercury. The concentration of all heavy metals were higher in the drinkers than in the non-drinkers. Blood lead and mercury concentrations were higher in the smokers than in the non-smokers, but the urinary cadmium, arsenic and blood manganese was higher in the non-smokers than in the smokers. As to the blood lead and urinary cadmium concentration according to the food preference fish showed high concentration. To clarify the factors affecting the heavy metal concentration in biota among subjects multiple regression analysis was conducted. As a results, it turned out that as to lead content in blood, sex, age and smoking have influence on the subjects with explanatory adequacy of 14.0 %. These results demonstrated that the factors affected the concentrations of heavy metals in blood and urine. The results of this study could be used as the foundational data for setting the health risk assessment.

Key words : Heavy metals, Urine, Blood, Residents

1. 서론

우리나라는 1960년대부터 정부의 주도로 중화학 공업 육성시책에 따라 석유화학, 비철금속, 조선, 자동차 등의 산업이 발달하고 도시화가 급진전 되었다.

이로 인해 환경으로 유입되는 유해물질의 양과 종류가 급속히 증가하였으며 환경물질에 의한 노출의 기회도 자연히 늘어나게 되어(Jeon 등, 2003; Park 등, 2008), 환경문제는 더 이상 단순한 환경오염의 방어나 자연보호에 그치는 것이 아니라 쾌적하고 안락한

Received 24 August, 2012; Revised 30 October, 2012;

Accepted 10 January, 2013

*Corresponding author : Bu-Soon Son, Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea, Phone: +82-41-530-1270
E-mail: sonbss@sch.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

환경의 질을 요구하는 수준까지 이르고 있다(Choi와 Kim, 2006). 특히 산업발달로 현대사회의 대기오염 중에는 아황산가스, 질소산화물, 분진, 오존 등 규제 물질 뿐만 아니라 유기화합물, 금속 및 무기화합물 등 수 많은 유해화학물질이 발생하는 것으로 알려져 있다(Milton과 Rahman, 2002). 또한 토양, 대기, 물, 식품 등의 환경 뿐만 아니라 각종 산업 공정에서 여러 가지 중금속의 사용이 증가되면서 이들 중금속에 대한 직업적인 고농도 폭로 이외에도 일반 환경내에서의 만성적인 저농도의 폭로는 생체내에 농축이 되므로 건강에 미치는 영향도 중요한 문제로 대두되고 있다(NIER, 1997; Ho, 2003; Jo, 2008). 인체에 직·간접적으로 영향을 주는 중금속은 호흡기, 소화기 및 피부점막을 통해 생체내에 흡수되어 대사의 배설과정을 거치면서 대부분 체외로 배설되지만 일부는 표적장기(target organ)에 선택적으로 흡수·축적되어 일차적 영향을 미치거나 급성·만성 증상을 나타내며 중금속이 과잉되면 중독이 발생하고 각각의 중금속에 따라 그 증상이 다르게 나타난다(Yoon, 1991).

납(Pb)은 신경계, 조혈계, 위장에 영향을 주어 초기에는 마비증상이 일어나지만 장기간 노출 시 뇌 손상을 일으키며(Jung, 2007), 카드뮴(Cd)은 일본에서 이타이이타이병으로 인해 알려졌으며 뼈를 손상시켜 심각한 통증을 유발시키고 심장파열에 의해 사망에 이르게 한다(Goyert, 2001). 수은(Hg)은 대표적인 중금속으로 미나마타병을 발생시키며 섭취 시 신장에 축적되어 만성이면 언어지각 장애 등을 일으키고 청력저하, 시야협착 등의 심각한 신경독성을 나타내며(Ho, 2003), 비소(As)는 예로부터 장기 복용 시 피부를 창백하게 하여 미용을 위해 사용되어 왔으나 약한 독성에 비해 체내 잔류성이 높고 중독성이 강하며(Kim, 1993), 망간(Mn)의 경우 중독되면 중추신경계, 폐, 비뇨 생식계 질환을 일으키며 뇌에 침착하여 신경증상, 정신병적 증상 등과 같은 파킨슨 유사 증후군이 나타나는 것으로 보고되고 있다(Kim, 2009). 그러나 산업의 발달에 따른 환경오염뿐만 아니라 우리가 섭취하는 식품에도 금속물질이 함유되어 있으며(Im 등, 2000), 중국 등지에서 배출되는 오염원이 우리나라로 유입되어 대기 및 토양에 심각한 오염원으로 작용하고 있어 우리나라에서 생산되는 식품의 중

금속 노출에 대한 위험 우려가 증가되고 있는 실정이다(Lee, 2011). 또한 식품 원료의 수확, 저장, 제조 및 가공, 조리과 포장단계 중에도 오염되기도 하며 체내에 축적되어 만성적인 영향을 야기하기도 한다(Lewis, 2007). 이러한 중금속 오염으로 인한 인체 중독을 예방하기 위해 미국 등 여러 나라에서는 주로 작업환경을 대상으로 생물학적 모니터링을 하고 있으며, 주요 모니터링 항목으로는 일반적으로 혈액 및 요, 모발 등의 농도로서 폭로 정도를 평가하고 있다(NIER, 1997).

환경오염에 의한 중금속 노출은 작업장에서의 직업적 노출보다는 노출수준이 매우 낮고, 사람마다의 생활습관에 따라 그 정도가 달라진다고 알려져 있으며(Kim 등, 2009) 체내에 들어오는 중금속 양은 연령, 직업, 흡연, 식습관, 음주 등과 관련이 있는 것으로 나타났다(Ahn, 2005; Kim 등, 2010). 이렇듯 환경오염에 의한 중금속 노출은 개인의 영향에 따라 중금속 농도가 다르게 나타나는 것으로 조사되었으며, 최근에 직업적 특성에 따른 중금속 노출보다는 일반 인구집단을 대상으로 개인특성 및 생활습관과 관련된 연구가 진행되고는 있으나 아직은 미흡한 점이 많고 일반 인구집단에 대한 데이터 구축 더 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 공단이나 광산등과 같이 뚜렷한 금속오염원이 없는 도시, 농촌, 어촌지역으로 대전·충청남북도에 거주하는 일반 인구집단의 주민들을 대상으로 혈액과 요중 중금속 농도와 영향요인들을 파악함으로써 중금속에 의해 야기될 수 있는 건강장해 예방을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구대상 및 기간

본 연구는 국립환경과학원에서 실시한 “제3차 국민 생체시료 중 유해물질 실태조사(2008)”에서 대전(대덕구, 서구, 동구, 중구), 충남(보령, 아산, 천안, 서산, 연기, 청양, 태안), 충북(청주, 제천, 진천, 청원)지역의 주민 총 545명을 대상으로 실시된 설문조사와 혈중 및 요중 중금속 농도(Pb, Hg, Mn, As, Cd) 자료를 분석하였다.

또한 생체시료(혈액, 요) 중 중금속 농도에 영향을 미치는 개인특성 및 생활습관 관련 영향요인을 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다.

2.2. 측정 및 분석방법

2.2.1. 시료 채취방법

생체시료(혈액, 요)의 채취는 최소 채취량의 약 6-7 ml로 결정하고, 항응고제(Heparin)가 포함되어 있는 10 ml 혈액채취용기(Vacutainer Green cap) 1개를 활용하여 혈액을 채취하도록 하였다. 요의 최소 채취량은 50 ml로 결정하고, 120 ml 용량의 미리 세척한 플라스틱 용기 1개를 활용하여 요를 채취하도록 하였다.

2.2.2. 시료의 분석방법

생체시료 중 중금속(Pb, Hg, Mn, As, Cd)은 표준화된 분석방법인 국립환경과학원에서 발간한 “생체시료중 환경오염물질 분석 메뉴얼(2006)”을 적용하였다. 혈중 납은 채취한 생체시료 100 μ L를 희석액(0.2% Triton X-100, 0.2% $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 용액) 800 μ L에 넣고 혼합한 후, 정제수 100 μ L를 넣어 사용하였고, 흑연로 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrometer Graphite Tube Analyzer; AAS, Perkin-Elmer Model AAnalyst 800)를 사용하여 283.3 nm에서 분석하였다.

요중 카드뮴은 Diluent tube에 요시료 100 μ L, 표준용액 및 Matrix modifier reagent를 각각 100 μ L씩 넣고 Diluent를 700 μ L를 넣어 표준선을 작성하였고, 흑연로 원자흡수분광계(VARIAN, AAS, AA240Z, USA)와 Autosampler 및 Zeeman background Correction로 228.8 nm에서 분석하였다. 혈중 수은은 표준원액 1,000 ppm 표준용액(Sigma-Aldrich, USA)을 사용하였고, Boat에 첨가제(BHT)를 넣고 첨가제(BHT) 위에 sample(100 μ L)를 정량 주입한다. Sample 위에 다시 첨가제(BHT)로 덮어주고 최종적으로 첨가제(MHT)로 덮고 준비된 Boat를 Autosampler에 넣어 사용하였으며, 골드아말감법으로 Milestone사의 DMA 80을 사용하여 253.7 nm에서 분석하였다.

요중 비소는 채취한 생체시료 1 mL에 0.4M HCl과 5% potassium iodide/5% ascorbic acid를 각각 1 mL씩 넣고 roll mixer를 이용하여 50분간 반응시켰다. 반응액에 초순수 7 mL를 가하여 최종 분석시료를 조제하였고, 원자흡수분광계(AAS, AA-7000, Shimadzu, Japan)를 이용하여 193.79 nm에서 혈중 망간은 0.1

mL를 취하여 매질 희석액인 0.1% Triton X-100 0.8 mL와 정제수 0.1 mL가 담긴 튜브에 혼합하였다. 이 용액을 voltex mixer에서 충분히 혼합시킨 다음 분석용 시료로 이용하였고 흑연로 원자흡광광도계(AAS-GTA, Atomic Absorption Spectrometer Graphite Tube Analyzer, Spectro AA 880, Varian, USA)로 279.5 nm에서 분석하였다.

2.3. 통계분석

본 연구에서는 자료 분석을 위해 SPSS Ver. 17.0 패키지를 이용하여 통계분석을 실시하였다. 연구대상자들의 일반적인 특성, 생체 내 중금속 농도는 평균, 표준편차 등 기술통계 분석을 이용하였으며, 각 요인에 따른 중금속 농도의 평균차이 검정은 t-test를 지역에 따른 농도 차이검정은 One-Way ANOVA test를 사용하였다. 물질간 관련성을 알아보기 위해 상관성 분석을 실시하였고, 중금속 농도에 영향을 주는 요인들의 관련성을 보기 위해 다중회귀분석(Multiple regression)을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반적인 특성 및 설문조사

응답자들의 일반적인 특성 및 설문조사 결과를 Table 1에 나타내었다. 본 연구에 참여한 연구대상자는 대전 159명, 충남 231명, 충북 155명으로 총 545명을 분석하였다. 성별로는 대전의 경우 남성 38명(23.9%), 여성 121명(76.1%), 충남은 남성 59명(25.5%), 여성 172명(74.5%), 충북은 남성 56명(36.1%), 여성 99명(63.9%)으로 대부분 남자보다 여성의 참여가 높았으며, 대상자들의 연령분포는 세 지역 모두 60세 이상이 가장 많았고 50-59세, 40-49세, 30-39세, 30세 이하 순으로 나타났다. 측정대상 지역 모두 젊은층(30세 이하)의 참여가 적었고 주로 60세 이상의 여성 노인층의 참여가 많은 것으로 조사되었다. 이는 전체적으로 조사대상 지역에 거주하는 젊은층의 수가 적고, 도시의 경우 조사시점에 젊은 층이 일을 하러 나가 집에 거주하지 않는 경우가 대부분이었으며, 농촌과 어촌의 경우 거주자들의 80% 이상이 고령의 노인층이 많았기 때문에 이러한 양상이

Table 1. General characteristics of subject

Characteristics		Daejeon		Chungnam		Cheongbuk		Total	
		Number	%	Number	%	Number	%	Number	%
Gender	Male	38	23.9	59	25.5	56	36.1	153	28.1
	Female	121	76.1	172	74.5	99	63.9	392	71.9
Age	<30	8	5.0	1	0.4	11	7.1	20	3.7
	30-39	20	12.6	12	5.2	15	9.7	47	8.6
	40-49	23	14.5	24	10.4	16	10.3	63	11.6
	50-59	29	18.2	50	21.6	35	22.6	114	20.9
	≥60	79	49.7	144	62.3	78	50.3	301	55.2
Drinking	Yes	45	28.3	73	31.6	58	37.4	176	32.3
	No	110	69.2	151	65.4	89	87.4	350	64.2
	Past	4	2.5	7	3.0	8	5.2	19	3.5
Smoking	Yes	19	11.9	35	15.2	20	12.9	74	13.6
	No	127	79.9	185	80.1	120	77.4	432	79.3
	Past	13	8.2	11	4.8	15	9.7	39	7.2
Food preference	Vegetable	122	76.7	202	87.4	108	69.7	432	79.3
	Meat	24	15.1	18	7.8	28	18.1	70	12.8
	Others	13	8.2	11	4.8	19	12.2	43	7.9

나타난 것으로 생각된다. 생활습관과 중금속농도와와의 영향요인을 파악하기 위해 다양한 영향 요인 중 음주, 흡연, 음식선호도에 따른 설문결과를 나타내었다. 음주여부의 경우 술을 마시지 않는다고 응답한 경우 대전 110명(69.2%), 충남 151명(65.4%), 충북 89명(57.4%)로 세 지역 모두 술을 마시지 않는다고 응답한 주민이 술을 마신다고 응답한 주민에 비해 높게 나타났다. 흡연의 경우도 흡연을 하지 않는다고 응답한 경우 대전 127명(79.9%), 충남 185명(80.1%), 충북 120명(77.4%)로 세 지역 모두 흡연을 하지 않는다고 응답한 주민이 흡연을 한다고 응답한 주민에 비해 높게 나타났다. 음식선호도의 경우 세 지역 모두 채소를 가장 많이 선호하였으며 주로 채소, 육류를 선호하는 경향을 나타내었다.

3.2. 각 지역별 중금속 농도

각 지역에 따른 중금속의 기하평균 농도를 Table 2에 나타내었다. 혈중 납의 농도를 보면 대전 1.838 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 충남 2.045 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 충북 2.674 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 충청지역에서 높은 농도로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$). 각종산업체와공단 및 교통수단에서 배출되는 납의 경우 대기 중에 확산되어 많은 영향을 받는 것으로 나타났는데(Kim 등, 2009), 본 연구 측정대상 지역의 경우 시의 중심부로 큰 도로변과 철도

및 국도 등으로 이루어져 대형차량이 빈번하게 이동하는 지역으로 교통수단에서 배출되는 납의 영향으로 인해 이와 같은 결과가 나타난 것으로 생각된다. 요충 카드뮴의 농도는 대전 0.719 $\mu\text{g}/\text{L}$, 충남 0.643 $\mu\text{g}/\text{L}$, 충북 0.436 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 대전지역에서 높은 농도로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$). Mon과 Song(1999)의 연구에서 천안 3.12 $\mu\text{g}/\text{L}$, 서울 1.87 $\mu\text{g}/\text{L}$, 함안 1.47 $\mu\text{g}/\text{L}$, 부산 0.94 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 본 연구보다 농도가 높았으며 지역별로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 카드뮴 농도의 경우 쌀 섭취를 주로 하여 카드뮴을 함유한 토양을 통해 쌀이 카드뮴 섭취의 주요 인이라는 것과 카드뮴이 많이 많은 채소류에서 농도가 높은 것으로 일부 해석되어(Tsukahara 등, 2003) 주로 일반 도시지역 보다는 농촌지역에 농도가 높게 조사되었다. 반면 본 연구대상지역에서는 대전지역에서 높은 농도로 나타나 대전의 경우 도시지역의 환경오염으로 인해 영향을 미친 것으로 보여 환경오염 또한 카드뮴 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인이므로 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

혈중 수은의 농도는 대전 2.238 $\mu\text{g}/\text{L}$, 충남 2.289 $\mu\text{g}/\text{L}$, 충북 2.362 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 충청지역에서 높은 농도로 조사되었으며, 혈중 수은의 경우 주로 인간의 식생활로 인해 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나(Kim, 2008), 본 연구에서는 식생활로 인한 영향보다는 산

Table 2. Heavy metal concentration on each region

	Daejeon			Chungnam			Chungbuk			p-value ^c
	Number	Mean±SD ^a (Range)	GM ^b	Number	Mean±SD ^a (Range)	GM ^b	Number	Mean±SD ^a (Range)	GM ^b	
Pb ($\mu\text{g/dL}$)	159	2.402 ± 1.099 (0.001 - 6.074)	1.838	231	2.290 ± 1.040 (0.197 - 5.948)	2.045	155	2.931 ± 0.735 (0.878 - 10.060)	2.674	0.000**
Cd ($\mu\text{g/L}$)	159	1.085 ± 0.974 (0.001 - 6.880)	0.719	231	1.116 ± 1.079 (0.003 - 7.178)	0.643	155	0.694 ± 0.735 (0.016 - 4.420)	0.436	0.000**
Hg ($\mu\text{g/L}$)	159	3.197 ± 1.897 (0.001 - 10.917)	2.238	231	2.956 ± 2.109 (0.100 - 14.738)	2.289	155	2.951 ± 2.072 (0.100 - 12.213)	2.362	0.448
As ($\mu\text{g/L}$)	159	53.540 ± 42.009 (0.001 - 330.775)	36.698	231	49.391 ± 34.860 (0.589 - 223.193)	38.533	155	48.262 ± 39.114 (5.250 - 216.215)	36.579	0.426
Mn ($\mu\text{g/dL}$)	159	0.976 ± 0.410 (0.001 - 2.663)	0.777	231	1.104 ± 0.430 (0.339 - 2.831)	1.026	155	1.265 ± 0.517 (0.287 - 2.941)	1.159	0.000**

^aArithmetic mean ± Arithmetic standard deviation

^bGeometric mean

^cOne-way ANOVA test

** p<0.01

업과 농업활동으로 인해 환경문제를 일으켜 영향을 미친 것으로 보인다.

요중 비소의 경우 대전 36.698 $\mu\text{g/L}$, 충남 38.533 $\mu\text{g/L}$, 충북 36.579 $\mu\text{g/L}$ 로 충남지역에서 비소의 농도가 높은 것으로 나타났다. 비소의 경우 물, 공기, 음식물을 통해 인체로 유입되는데, 특히 해산물의 섭취가 높을수록 비소의 농도가 높게 나타나는 것으로 보고되었다(Abernathy 등, 2003; Mead, 2005). 충남지역 경우 농촌과 어촌지역이 혼합된 곳으로 특히 농촌지역보다 어촌지역에서 참여인구가 많아 해산물의 섭취 또한 높아져 충남지역에서 높게 나타난 것으로 판단된다. 혈중 망간의 농도는 대전 0.777 $\mu\text{g/dL}$, 충남 1.026 $\mu\text{g/dL}$, 충북 1.159 $\mu\text{g/dL}$ 로 충북지역에서 높은 농도로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$).

3.3. 생체시료 중 중금속 농도

3.3.1. 성별 중금속 농도

성별에 따른 중금속의 기하평균 농도를 Table 3에 나타내었다. 혈중 납의 농도는 남성 2.704 $\mu\text{g/dL}$, 여성 1.952 $\mu\text{g/dL}$ 로 남성이 여성보다 혈중 납 농도가 높았으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$). Min(2002)의 연구에서 혈중 납 농도는 남성 2.496 $\mu\text{g/dL}$, 여성 1.898 $\mu\text{g/dL}$ 로 남성이 높게 나타났으며, 또한 성별에 따른 지역간의 혈중 납 농도를 보면 세 지역 중 두 지역에서 여자보다 남자의 평균농도가 높은 결과를 나타내 본 연구결과와 일치하였다

(Kim 등, 2009). 남성의 혈중 납 농도가 여성보다 높게 나타난 것은 인간은 태어나서부터 60세 동안은 계속해서 납의 양이 50 - 350 mg 될 때까지 몸속에 축적되며 남자는 여자 보다 근육 속에 더 많은 양이 존재한다고 알려져 있으며, 성별에 따른 각 장기조직 내(hair, liver, blood 등)의 납 함량이 남자에서 여자보다 높았다고 보고되고 있어 본 연구결과에서도 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 또한 성별에 따른 생활형태의 차이와 직업에 의한 사회적인 노출기회가 남성이 여성보다 많은 것으로 일부 해석되기도 한다(Liou 등, 1996).

혈중 수은의 경우 남성 2.924 $\mu\text{g/L}$, 여성 2.087 $\mu\text{g/L}$ 로 여성보다 남성에서 높은 농도로 조사되었으며 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$). 도시에서 일반 성인을 대상으로 혈중 수은농도를 조사한 결과 남성 3.45 $\mu\text{g/L}$, 여성 3.10 $\mu\text{g/L}$ 로 남성에서 높은 농도로 본 연구결과와 비슷한 경향을 보여, 이러한 농도 차이는 지역 수은 오염원의 차이와 식생활과 같은 생활적인 요인 및 지리적 차이에 기인한 것으로(Ho, 2003) 생활적인 요인과 더불어 지리적 차이에 의한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요중 카드뮴은 남성 0.539 $\mu\text{g/L}$, 여성 0.632 $\mu\text{g/L}$ 로 나타났으며, 혈중 망간은 남성 0.951 $\mu\text{g/dL}$, 여성 0.991 $\mu\text{g/dL}$ 로 남성보다 여성에서 높기는 했으나 농도의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. Kim 등(2000)의 연구에서 한국인의 혈중 망간 농도를 조사

Table 3. Heavy metal levels by gender

		Number	Mean \pm SD ^a		GM ^b	p-value
Pb ($\mu\text{g/dL}$)	Male	153	3.110	\pm 1.288	2.704	0.000**
	Female	392	2.269	\pm 1.056		
Cd ($\mu\text{g/L}$)	Male	153	0.859	\pm 0.826	0.539	0.057
	Female	392	1.036	\pm 1.027		
Hg ($\mu\text{g/L}$)	Male	153	3.840	\pm 2.412	2.924	0.000**
	Female	392	2.707	\pm 1.776		
As ($\mu\text{g/L}$)	Male	153	53.197	\pm 35.686	40.302	0.267
	Female	392	49.142	\pm 39.208		
Mn ($\mu\text{g/dL}$)	Male	153	1.097	\pm 0.456	0.951	0.639
	Female	392	1.118	\pm 0.467		

^aArithmetic mean \pm Arithmetic standard deviation

^bGeometric mean

** $p < 0.01$

한 결과 남자군 0.98 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 여자군 1.00 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 여자군에서 높은 농도를 나타내 본 연구결과와 농도수준과 비슷하게 조사되었다. 요중 비소의 농도는 남성 40.302 $\mu\text{g}/\text{L}$, 여성 35.903 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 남성에서 여성보다 높은 농도를 나타내었으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 대만의 일반 성인을 대상으로 한 조사에서 요중 비소는 남성 57.0 $\mu\text{g}/\text{L}$, 여성 62.9 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 남성에서 높은 농도를 나타내 본 연구결과와 일치하였다(Hsueh 등, 2002).

3.3.2. 연령별 중금속 농도

연령별에 따른 중금속 기하평균 농도를 Table 4에 나타내었다. 혈중 납의 농도는 50 - 59세에서 2.426 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 높은 농도수준을 보였으며 연령별로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 혈중 납의

경우 연령은 활동량 및 환경 차이를 반영하므로 대체로 고령일수록 혈중 납 농도가 높게 나타난 것으로 보고되었다(Lee와 Ha, 2011). 본 연구 대상자의 경우 50세 이상의 고령자들이 대부분이었기 때문에 연령에 따른 혈중 납 농도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 요중 카드뮴의 농도는 60세 이상에서 0.656 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 연령별로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$). 연령에 따라 생체 카드뮴 양이 증가하는 것은 연령의 증가와 함께 나타나는 신장의 기능적, 형태학적인 점진적 변화에 의한 신장 손실 증가와 관련이 있는 것으로 보고하여 이와 같은 결과가 나타난 것으로 보인다(Lee 등, 1995).

혈중 수은의 농도는 연령에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.01$), Son 등(2008)의 연구결

Table 4. Heavy metal levels by age

	Age	Number	Mean \pm SD ^a	GM ^b	p-value ^c
Pb ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	<30	20	2.193 \pm 0.961	1.967	0.039*
	30-39	47	2.072 \pm 0.964	1.530	
	40-49	63	2.401 \pm 1.081	1.901	
	50-59	114	2.600 \pm 0.955	2.426	
	≥ 60	301	2.579 \pm 1.312	2.215	
Cd ($\mu\text{g}/\text{L}$)	<30	20	0.643 \pm 0.753	0.380	0.006**
	30-39	47	0.637 \pm 0.597	0.359	
	40-49	63	0.791 \pm 0.718	0.544	
	50-59	114	1.101 \pm 1.067	0.643	
	≥ 60	301	1.062 \pm 1.029	0.656	
Hg ($\mu\text{g}/\text{L}$)	<30	20	3.336 \pm 1.381	3.003	0.000**
	30-39	47	3.459 \pm 2.279	2.383	
	40-49	63	3.705 \pm 2.808	2.552	
	50-59	114	3.717 \pm 2.091	3.137	
	≥ 60	301	2.532 \pm 1.667	1.947	
As ($\mu\text{g}/\text{L}$)	<30	20	43.923 \pm 39.306	33.474	0.107
	30-39	47	45.758 \pm 43.100	26.600	
	40-49	63	39.919 \pm 27.374	29.969	
	50-59	114	53.821 \pm 37.377	42.903	
	≥ 60	301	52.237 \pm 39.421	39.571	
Mn ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	<30	20	1.359 \pm 0.626	1.230	0.150
	30-39	47	1.087 \pm 0.533	0.828	
	40-49	63	1.208 \pm 0.517	0.958	
	50-59	114	1.090 \pm 0.398	1.014	
	≥ 60	301	1.089 \pm 0.447	0.982	

^aArithmetic mean \pm Arithmetic standard deviation

^bGeometric mean

^cOne-way ANOVA test

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

과에 따르면 혈중 수은 농도는 20대부터 50대까지는 연령이 증가할수록 수은농도 높아지다 60대 이후부터는 농도가 낮아져 본 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 혈중 망간은 30세 미만군에서 1.230 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 높게 나타났으며, 요중 비소는 연령에 따라 통계학적으로 차이를 나타내지 않았다. 이는 연령에 따른 차이보다는 식습관에 따른 중금속의 영향이 크므로 식습관에 따른 비소 농도의 영향에 초점을 맞춘 연구가 더 많이 이루어져야 할 것으로 생각된다(Jang 등, 2011).

3.3.3. 음주 유·무에 따른 중금속 농도

음주 유·무에 따른 중금속 기하평균농도를 Table 5에 나타내었다. 음주군의 혈중 납 농도는 2.415 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 비 음주군 2.049 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 음주군에서 높은 농도를 나타내었으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p<0.01$). Lee와 Ha(2011), Lee(2011)의 연구에서 음주군이 비 음주군보다 높은 농도를 나타내었으며, 음주가 혈중 납 농도와 연관이 있는 것으로 조사되었다. 혈중 납은 대부분 신장을 통해 요중으로 배출되는데 음주에 의한 신기능 저하는 배출 효율을 저하시킬 수 있는 것으로 보고되었다(Briganti 등, 2002). 본 연구에서도 음주군에서 높은 농도를 나타낸 것으로 보이며 음주로 인해서 혈중 납 농도에 미치는 영향이 많은 연구를 통해 밝혀졌으므로 혈중 납 농도 감소를 위한 관리가 필요할 것으로 생각된다.

요중 카드뮴 농도는 음주군 0.628 $\mu\text{g}/\text{L}$, 비 음주군

0.592 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 음주군에 높게 나타났는데, 일반 인구 집단의 비직업적 노출은 주로 카드뮴이 함유된 음식(육류, 채소류)의 섭취로 인해서 영향을 미치거나 흡연 혹은 오염된 토양이나 먼지로 인해 영향을 미치는 것으로 조사되었다(Lewis, 2007). 본 연구에서 카드뮴 농도의 경우 음주군에서 높은 농도를 나타내기는 했으나 농도의 차이가 크지 않으며 주로 음식, 흡연의 영향을 받은 것으로, 음주로 인한 영향은 요중 카드뮴 농도에 많은 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다. 혈중 수은의 농도는 음주군 2.792 $\mu\text{g}/\text{L}$, 비 음주군 2.115 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 음주군에서 높은 농도로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p<0.01$). 음주력이 있는 사람이 없는 사람에 비해 혈중 수은 농도가 유의하게 높게 관찰되어 이는 수은의 metabolism의 영향을 받은 것으로 판단된다(Kim, 2008).

요중 비소의 농도는 음주군 38.175 $\mu\text{g}/\text{L}$, 비 음주군 36.191 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 비 음주군에 비해 음주군에서 높은 농도를 나타내었다. 한국성인의 요중 비소 연구(Bae, 2012)에서도 음주 유·무에 따른 농도의 차이가 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않아 본 연구결과와 같은 경향으로 조사되었다. 혈중 망간의 농도는 음주군이 비 음주군에 비해 높은 농도로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p<0.05$). 망간 농도의 경우 통계적으로 유의한 차이를 나타내어 음주 유·무가 망간농도에 영향을 미치는 중요한 요인이라는 것을 파악할 수 있었다. 그러나 아직은 망간과 음주력에 대한

Table 5. Heavy metal levels by drinking

	Drinking	Number	Mean \pm SD ^a		GM ^b	p-value
Pb ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Yes	176	2.815	\pm 1.277	2.415	0.000**
	No	350	2.336	\pm 1.103	2.049	
Cd ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Yes	176	1.065	\pm 1.111	0.628	0.246
	No	350	0.960	\pm 0.911	0.592	
Hg ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Yes	176	3.546	\pm 2.150	2.792	0.000**
	No	350	2.751	\pm 1.906	2.115	
As ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Yes	176	47.114	\pm 28.254	38.175	0.336
	No	350	50.431	\pm 41.019	36.191	
Mn ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Yes	176	1.183	\pm 0.498	1.038	0.030*
	No	350	1.090	\pm 0.444	0.982	

^aArithmetic mean \pm Arithmetic standard deviation

^bGeometric mean

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

연구가 많이 부족한 실정이므로 본 연구결과를 바탕으로 혈중 망간농도와 음주 유·무에 따른 연구가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

3.3.4. 흡연 유·무에 따른 중금속 농도

흡연 유·무에 따른 중금속 기하평균 농도를 Table 6에 나타내었다. 혈중 납의 농도는 흡연군 3.025 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 비 흡연군 1.972 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 흡연군에서 높은 농도로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$). 남·여 대학생을 대상으로 한 연구에서 혈중 납 농도가 흡연군에서 모두 높게 조사되었다(Noo, 2007). 또한 흡연량이 5갑(100개비)미만보다 5갑(100개비)이상에서 혈중 납 평균농도가 유의하게 높아 흡연의 양이 많아질수록 혈중 납 농도도 증가되는 것으로 나타나(Lee, 2011), 흡연 양 또한 혈중 납 농도에 영향을 미치는 중요한 요인이라는 것을 알 수 있었다.

요중 카드뮴 농도의 경우 담배에는 다양한 금속 불순물이 존재하는데 특히 카드뮴은 담배로 인한 체내 축적에 많은 역할을 하는 것으로 알려져 있어(Bernhard 등, 2005), 본 연구에서도 담배와 관련이 많은 카드뮴 농도가 비 흡연군에 비해 흡연군에서 높은 농도를 보이긴 했으나, 농도에 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 남성이 여성보다 흡연률이 높는데 본 연구 대상자들의 경우 흡연률이 적은 여성 대상자가 많아 요중 카드뮴 농도가 흡연군과 비 흡연군에서 뚜렷한 농도 차이를 보이지 않은 것으로 생각된다.

혈중 수은의 경우 흡연군 2.979 $\mu\text{g}/\text{L}$, 비 흡연군

2.132 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 흡연군에서 높게 조사되었으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 요중 비소와 혈중 망간의 농도는 흡연군과 비 흡연군의 농도차이가 크지 않았으며, 요중 비소의 경우 비 흡연군에서 높은 농도를 나타내었다. 이러한 결과는 비 흡연군이라 할 지라고 간접흡연이 가능성이 있기 때문에 비 흡연군에서 농도가 높게 나타난 것으로 판단된다(Lee, 2010).

3.3.5. 음식선택도에 따른 중금속 농도

음식선택도에 따른 중금속 기하평균 농도를 Table 7에 나타내었다. 혈중 수은의 경우 육류, 채소, 기타 순으로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$). 생선을 일주일에 3 - 4회 이상 섭취하는 군이 다른 군과 비교했을 때 혈중 수은의 농도가 통계적으로 유의하게 높게 조사되었는데(Kim 등, 2010), 본 연구에서는 기타그룹에 생선을 섭취하는 사람이 포함되어 있기는 했으나 극히 소수만이 존재하여 혈중 수은 농도에 많은 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

요중 비소 농도는 비소 잔류량이 높은 해조류나 어패류 등에 의해서 노출되며(Choi 등, 2010), 또한 쌀과 채소에서 비소 농도가 높아 섭취에 의한 중금속 노출을 보고하였다(Liao 등, 2005). 그러나 아직까지 생체 내에서의 생리작용에 대해서 구체적으로 밝혀진 바가 없으며, 과량 축적 시에만 신체독성을 나타내며 일반적으로 식품에 함유된 비소함량은 낮은 것으로 조사되었다(Nam 등, 2002). 본 연구에서 채소와 육류

Table 6. Heavy metal levels by smoking

	Smoking	Number	Mean \pm SD ^a	GM ^b	p-value
Pb ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Yes	74	3.276 \pm 1.335	3.025	0.000**
	No	432	2.336 \pm 1.111	1.972	
Cd ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Yes	74	0.901 \pm 0.784	0.626	0.261
	No	432	1.018 \pm 1.019	0.621	
Hg ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Yes	74	3.612 \pm 2.064	2.979	0.003**
	No	432	2.859 \pm 1.994	2.132	
As ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Yes	74	51.130 \pm 39.977	37.480	0.791
	No	432	49.840 \pm 38.355	37.588	
Mn ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Yes	74	1.083 \pm 0.454	0.989	0.542
	No	432	1.118 \pm 0.468	0.975	

^aArithmetic mean \pm Arithmetic standard deviation

^bGeometric mean

** $p < 0.01$

Table 7. Heavy metal levels by food preference

		Number	Mean \pm SD ^a		GM ^b	p-value
Pb ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Vegetable	432	2.489	\pm 1.208	2.132	0.232
	Meat	70	2.704	\pm 1.149	2.481	
	Others	43	2.334	\pm 0.994	1.740	
Cd ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Vegetable	432	0.993	\pm 0.990	0.600	0.051
	Meat	70	0.789	\pm 0.732	0.485	
	Others	43	1.248	\pm 1.132	0.756	
Hg ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Vegetable	432	2.854	\pm 1.874	2.204	0.000**
	Meat	70	3.917	\pm 2.601	3.051	
	Others	43	3.290	\pm 2.225	2.161	
As ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Vegetable	432	50.220	\pm 37.483	37.626	0.956
	Meat	70	49.687	\pm 41.643	35.633	
	Others	43	51.855	\pm 41.150	38.483	
Mn ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Vegetable	432	1.092	\pm 0.447	0.970	0.105
	Meat	70	0.359	\pm 2.820	1.077	
	Others	43	1.229	\pm 0.597	0.921	

^aArithmetic mean \pm Arithmetic standard deviation^bGeometric mean

**p<0.01

를 선호하는 대상자들보다 해조류, 어패류 등을 섭취하는 기타그룹에서 농도가 높게 나타난 것으로 보이며 쌀과 채소 등의 섭취로 인한 비소농도 또한 배제할 수 없는 비소의 주요 노출원인으로 사료된다. 따라서 식품에 함유된 비소함량이 낮은 농도라 해도 간과하거나 가볍게 넘겨서는 안되는 농도수준이기 때문에 식품섭취와 비소농도와의 관련성에 대한 지속적인 연구 및 관리대책이 필요할 것으로 판단된다. 선호도에 따른 혈중 납 농도는 육류를 선호하는 대상자에서 2.481 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 요충 카드뮴 농도는 기타그룹에서 0.756 $\mu\text{g}/\text{L}$, 혈중 망간 농도는 채소를 선호하는 대상자에게서 0.970 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 나타났다. 음식선호도에 따른 납, 카드뮴, 망간의 농도에 대한 연구가 아직은 부족하므로 추가적인 연구를 통해 관련성을 파악하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

3.4. 상관성 분석

혈중 납, 수은, 망간 및 요충 카드뮴, 비소의 물질간의 상관성 분석 결과를 Table 8에 나타내었다. 수은은 납과 유의한 상관성을 나타냈으며, 비소는 수은과 상관성이 있는 것으로 조사되었다(p<0.01).

비소와 카드뮴의 경우 0.206으로 가장 높은 양의 상관관계를 나타내었다. 수은과 납, 수은과 비소의 경

우 음식물과 농작물을 섭취함으로써 영향을 미칠 수 있어 상관성을 나타낸 것으로 생각된다. 반면 본 연구에서는 그 외 중금속간에는 유의한 상관성을 보이지 않았으며, 상관성을 보인 값들은 다소 낮은 상관계수 값으로 생체 내 중금속간의 상관성에 대한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

Table 8. Person correlation coefficients of heavy metal

	Cd	Hg	As	Mn
Pb	-0.007	0.154**	0.000	0.032
Cd		0.020	0.206	0.048
Hg			0.118**	0.007
As				0.020

**p<0.01

3.5. 다중회귀 분석

대상자들의 혈액 및 요충 중금속 농도에 영향을 미치는 요인들을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과를 Table 9에 나타내었다. 혈중 납의 경우 성별, 연령, 흡연습관, 음주여부 등이 혈중 납 농도에 유의한 영향을 미치는 요인으로, 이 회귀모델의 설명력은 14.0%로 가장 높은 설명력을 나타내었다. 요충 카드

몸의 경우 성별, 연령, 음주여부, 음식선호도가 유의한 영향을 미치는 요인으로 조사되었으며, 요중 비소는 연령이 영향을 미치는 요인으로 나타났다. Sartor 등(1992)의 연구에 따르면, 연령, BMI, 흡연습관, 음주습관, 사회계층이 카드뮴 농도에 영향요인으로 요중 카드뮴 농도는 연령의 기여도가 가장 높은 것으로 나타나 본 연구에서도 카드뮴 농도에 연령이 유의한 영향을 미쳐 본 연구와 같은 경향을 보였다.

혈중 수은은 성별, 연령이 농도에 영향을 미치는 요인으로 Ho(2003)의 연구에서는 흡연습관이 수은 농도에 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 본 연구에서는 비 흡연군의 연구대상자가 흡연군보다 많아 혈중 수은 농도에 영향을 미치는 요인이 다르게 나타난 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 국립환경과학원에서 “제3차 국민 생체 시료 중 유해물질 실태조사”에서 2008년 4월부터 12월까지 대전·충청남북도에 거주하는 주민 545명을 대상으로 혈중, 요중 중금속(Pb, Cd, Hg, As, Mn) 농도를 분석하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 각 지역별 중금속 농도는 혈중 납, 망간, 수은의 경우 2.674 $\mu\text{g/dL}$, 1.159 $\mu\text{g/dL}$, 2.362 $\mu\text{g/L}$ 로 충북지역에서 높은 농도를 보였으며, 요중 카드뮴 0.719 $\mu\text{g/L}$ 로 대전지역에서 높은 농도를 나타내었고, 요중 비소는 38.533 $\mu\text{g/dL}$ 로 충남지역에서 높은 농도로 조사되었다.

Table 9. Multiple regression analysis result

	Factors	β	Standard error	p-value	R ²
Pb	Constant	2.308	0.448	0.000	0.140
	Gender	-0.193	0.135	0.000	
	Age	0.126	0.043	0.003	
	Drinking	0.089	0.095	0.047	
	Smoking	0.168	0.081	0.001	
	Food preference	-0.044	0.081	0.282	
Cd	Constant	-0.461	0.390	0.237	0.040
	Gender	0.128	0.117	0.018	
	Age	0.178	0.037	0.000	
	Drinking	0.093	0.083	0.049	
	Smoking	-0.009	0.070	0.854	
	Food preference	0.063	0.071	0.147	
Hg	Constant	5.987	0.784	0.000	0.108
	Gender	-0.244	0.236	0.000	
	Age	-0.190	0.075	0.000	
	Drinking	0.023	0.167	0.612	
	Smoking	-0.008	0.142	0.874	
	Food preference	0.058	0.142	0.168	
As	Constant	36.648	15.500	0.018	0.011
	Gender	-0.030	4.665	0.585	
	Age	0.095	1.483	0.033	
	Drinking	0.045	3.301	0.346	
	Smoking	-0.010	2.802	0.847	
	Food preference	0.015	2.810	0.735	
Mn	Constant	1.139	0.187	0.000	0.016
	Gender	0.014	0.056	0.791	
	Age	-0.071	0.018	0.110	
	Drinking	0.014	0.040	0.763	
	Smoking	-0.037	0.034	0.473	
	Food preference	0.084	0.034	0.059	

2. 성별에 따른 중금속 농도는 혈중 납은 남성 2.704 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 여성 1.952 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 혈중 수은의 경우 남성 2.924 $\mu\text{g}/\text{L}$, 여성 2.087 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 남성에서 높은 농도를 나타내었고 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$).

3. 연령별 중금속 농도는 혈중 납, 수은, 요중 카드뮴 농도가 연령에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$, $p < 0.01$).

4. 음주 유·무에 따른 중금속 농도는 모든 중금속이 비 음주군에 비해서 음주군에서 높은 농도를 나타내었으며, 혈중 납, 수은, 망간의 경우 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$, $p < 0.01$).

5. 흡연에 따른 중금속 농도는 혈중 납 3.025 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 수은 2.979 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 흡연군에서 비 흡연군보다 높은 농도로 조사되었으며 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$).

6. 음식선택도에 따른 중금속 농도는 혈중 수은 농도의 경우 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$).

7. 수은은 납과 유의한 상관성을 나타내었으며, 비소는 수은과 상관성이 있는 것으로 조사되었다($p < 0.01$). 수은과 비소의 경우 상관계수는 0.206으로 가장 높은 상관계수를 나타내었다.

8. 대상자들의 혈액 및 요중 중금속 농도에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 다중회귀분석을 실시한 결과 혈중 납의 경우 성별, 연령, 흡연습관, 음주여부가 유의한 영향을 미치는 요인이며, 요중 카드뮴은 성별, 연령, 음주여부가 유의한 영향요인으로 나타났다. 혈중 수은은 성별과 연령이 영향요인이며, 요중 비소는 연령이 영향을 미치는 요인으로 조사되었다.

본 연구결과를 통해 생체 중금속 농도 및 영향을 미치는 요인을 조사하고 국민 인체 노출수준을 파악하여 저감대책을 수립함으로써 인체노출평가를 구축하는데 필요한 기초자료로 활용 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

Abernathy, C. O., Thomas, D. J., Calderon, R. L., 2003, Health effects and risk assessment of arsenic, *J. Nutr.*, 133, 1536-1538.

Ahn, S. C., 2005, Factors influencing urinary mercury concentration in schoolchildren, M. Dissertation, Yeonse University, Seoul, Korea.

Bae, H. S., 2012, Urinary arsenic concentration in Korean adults and related factors, M. Dissertation, Chungang University, Seoul, Korea.

Bernhard, D., Rossmann, A., Wick, G., 2005, Metals in cigarette smoke, *IUBMB Life.*, 57(12), 805-809.

Briganti, E. M., Branley, P., Chadban S. J., Shaw, J. E., McNeil, J. J., Welborn, T. A., Atkins, R. C., 2002, Smoking is associated with renal impairment and proteinuria in the normal population: the ausdiab kidney study, *austalian diabetes, obesity and lifestyle study*, *J. Kidney Dis.*, 40(4), 704-712.

Choi, B. S., Choi, S. J., Kim, D. W., Huang, M., Kim, N. Y., Park, K. S., Kim, C. Y., Lee, H. M., Yum, Y. N., Han, E. S., Kang, T. S., Yu, I. J., Park, J. D., 2010, Effects of repeated seafood consumption on urinary excretion of arsenic species by volunteers, *Arch Environ Contam Toxicol.*, 58(1), 222 - 229.

Choi, C. I., Kim, J. H., 2006, An international comparative study on the relationship between economic growth and environmental pollution : testing the existence of EKC in CO₂, *J. KPA.*, 41(1), 153-166.

Goyert, R., 2001, Toxic effects of metals, In : Klassen CD. Casarett & Doull's Toxicology : The basic science of poison. 6th ed., McGraw-Hill companies Inc., 822-1286.

Ho, M. K., 2003, A Study on the association between factor of health/life and blood mercury concentration, M. Dissertation, Yeonse University, Seoul, Korea.

Hsueh, Y. M., Hsu, M. K., Chiou, H. Y., Yang, M. H., Huang, C. C., Chen, C. J., 2002, Urinary arsenic speciation in subjects with or without restriction from seafood dietary intake, *J. Toxicol Lett.*, 33(1), 83 - 91.

Im, J. E., Kang, E. Y., Choi, B. S., Seo, J. Y., Hong, Y. P., Jang, I. W., Park, J. D., 2000, The distribution of blood lead concentration by age and sex in growing students, *J. Chung-Ang Med.*, 25(2), 87-91.

Jang, B. K., Park, S. I., Kim, N. S., Jung, K. S., Lee, B. K., Lee, J. H., 2011, Relationship between heavy metal concentrations in the soil with the blood and

- urine of residents around abandoned metal mines, *J. Environ Health Sci.*, 37(5), 348-357.
- Jeon, J. M., Hur, D., Kim, D. S., 2003, Trend of volatile organic compounds in the ambient air of yeosu industrial complex, *J. KOSAE.*, 9(6), 663-677.
- Jo, H. M., 2008, Heavy metal levels in blood and urine of residents in industrial area, M. Dissertation, Soonchunhyang University, Asan, Korea.
- Jung, Y. R., 2007, Comparative study of nutrients intake status and blood Cd, Pb levels and bone mineral density between Korean non-smoking and smoking male college students, M. Dissertation, Sookmyung University, Seoul, Korea.
- Kim, C. W., Kim, Y. W., Chae, C. H., Son, J. S., Park, S. H., Ko, J. C., Kim, D. S., 2010, The effects of the frequency of fish consumption on the blood mercury levels in Koreans, *J. Occup Environ Med.*, 22(2), 114-121.
- Kim, H. O., 1993, The Effect of dietary iron levels on the metabolism of iron, zinc, lead and serum lipids in lead poisoned rats, M. Dissertation, Sookmyung University, Seoul, Korea.
- Kim, H. J., Hong, Y. S., Lee, K. E., Kim, D. S., Lee, M. J., Yeah, B. J., Yoo, C. I., Kim, Y. O., Yoo, B.C., Kim, Y. H., Kim, J. M., Kim, J. Y., 2009, The levels of blood lead and cadmium in urban and rural population in Korea, *J. Life Science.*, 19(4), 472-478.
- Kim, J. M., Ahn, J. M., Kim, W. S., Kim, J. I., Shin, H. R., Jung, K. Y., Kim, J. Y., 2000, Blood lead, manganese, aluminium and silicon concentrations in Korean Adults, *J. Prev Med.*, 33(2), 157 - 164.
- Kim, N. Y., 2008, Effects of life-style on the blood mercury levels in Korean, M. Dissertation, Chungang University, Seoul, Korea.
- Kim, Y. H., 2009, Health effects of manganese and some recent issues in manganese neurotoxicity research, *J. KSEM.*, 21(1), 87-105.
- Lee, B. R., Ha, J. H., 2011, The effects of smoking and drinking on blood lead and cadmium levels: data from the fourth Korea national health and nutrition examination survey, *J. Occup Environ Med.*, 23(1), 31-41.
- Lee, J. E., 2011, Blood lead level nutrition characteristics in Korean, M. Dissertation, Inje University, Kimhae, Korea.
- Lee, M. J., Moon, D. H., Cho, Y. H., Lee, J. T., Han, Y. S., Jung, G. O., 1995, Heavy metal concentration in serum of rural inhabitants, *J. Inje Med.*, 16(2), 311-325.
- Lewis, R., 2007, *Metals in: ladou J(eds) current occupational & environmental medicine*, 4th ed., McGraw-Hill Co., New York, 418-423.
- Lee, S. J., 2010, A study on the levels of heavy metal in blood and urine of some residents in the Ulsan area, M. Dissertation, Hanyang University, Seoul, Korea.
- Liou, S. H., Wu, T. N., Chiang, H. C., Yang, T., Yang, G. Y., Wu, Y. Q., Lai, J. S., Ho, S. T., Guo, Y. L., Ko, Y. C., Ko, K. N., Chang, P. Y., 1996, Three-year survey of blood lead levels in 8828 Taiwanese adults, *Int Arch Occup Environ Health.*, 68, 80-87.
- Liao, X. Y., Chen, T. B., Xie, H., Liu, Y. R., 2005, Soil As contamination and its risk assessment in areas near the industrial districts of Chenzhou city, Southern China, *Environ Int.*, 31(6), 791-798.
- Mead, M. N., 2005, Arsenic: in search of an antidote to a global poison, *Environ Health Perspect.*, 113, 378-386.
- Milton, A. H., Rahman, M., 2002, Respiratory effects and arsenic contaminated well water in Bangladesh, *J. Environ Health Res.*, 12(2), 175-179.
- Min, K. B., 2002, Effect of environmental factors on blood lead levels, M. Dissertation, Seoul University, Seoul, Korea.
- Moon, D. H., Song, I. H., 1999, A Study on heavy metals concentration in urine of healthy females living in four cities, *J. Inje Med.*, 20(1), 385-394.
- Nam, H. S., Won, Y. J., Seo, I. W., Yoon, C. Y., Lee, D. M., Park, D. H., Lee, H. M., Kim, S. S., Kim, H. J., Lee, K. Y., 2002, Study on hazardous metal contents of circulating vegetables in Korea, *Annu. Rep. KFDA.*, 6, 162-168.
- National Institute of Environmental Research., 1997, Estimating the reference value of heavy metals in blood and urine among the residential area populations, 97-01-492.
- National Institute of Environmental Research, 2008, Hazardous materials survey of the third national

- bioanalytical.
- Noo, S. J., 2007, Effects of smoking on heavy metal contents in blood and health status of undergraduate. M. Dissertation, Soonchunhyang University, Asan, Korea.
- Park, J. M., Lee, S. B., Cha, J. S., Kwon, O. S., Lee, S. H., 2008, Characteristics of heavy metal emissions from stationary sources, *J. KOSAE.*, 24(5), 574-583.
- Sartor, F. A., Rondia, D. J., Claeys, F. D., Staessen, J. A., Lauwerys, R. R., Bernard, A. M., Buchet, J. P., Roels, H. A., Bruaux, P. J., Ducoffre, G. M., 1992, Impact of environmental cadmium pollution on cadmium exposure and body burden, *Arch Environ Health*, 47(5), 347-53.
- Son, D. J., Choi, E. M., Seo, Y. S., Lee, S. M., 2008, Characterization of blood mercury levels in adults in Korea, *Proceeding of the 47th Meeting of Korean Soc Atmospheric Environ*, 417-418.
- Tsukahara, T., Ezaki, T., Moriguchi, J., Furuki, K., Fukui, Y., Ukai, H., Okamoto, S., Sakurai, H., Ikeda, M., 2003, No significant effect of iron deficiency on cadmium body burden or kidney dysfunction among women in the general population in Japan. *Int Arch Occup Environ Health*, 76(4), 275-281.
- Yoon, C. K., 1991, A Study on the blood level of heavy metals in industrial workers, Ph. D. Dissertation, Chungnam University, Daejeon, Korea.