한국환경과학회지 제20권(제5호), 565~574, 2011
Journal of the Environmental Sciences
DOI: 10.5322/JES.2011.20.5.565

일부 공단지역 주민의 요 중 중금속 농도에 관한 연구

조혜미 · 최수현 · 정은경[1] · 정순원 · 양원호[2] · 손부순*
순천향대학교 환경보건학과, [1]숙명여자대학교 생명과학과, [2]대구가톨릭대학교 산업보건학과
(2009년 12월 14일 접수; 2011년 1월 17일 수정; 2011년 4월 8일 채택)

Hevey Metal Levels in Urine of Residents in Industrial Area

Hye Mee Jou, Su Hyeon Choi, Eun Kyung Chung[1],
Soon Won Jung, Won Ho Yang[2], Bu Soon Son*
Department of Environment Health Science, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea
[1]Division of Biological Science, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea
[2]Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea
(Manuscript received 14 December, 2009; revised 17 January, 2011; accepted 8 April, 2011)

Abstract

This study analyzed the concentration of the heavy metals(Cd, Hg, iAs) of urine(n=576) from May, 2007 to Oct 2007. The subject was residents in G, Y, H industrial area, Jeollanam-do, in which exposure due to the adjacency of the industrial complex. As to the heavy metal concentration in the urine of the residents in the whole exposed region and the comparing region, the content of cadmium, mercury, and inorganic arsenic in the exposed region group were 1.23, 1.85, and 8.80 μg/g_ct respectively, and those of the comparing region group were 1.87, 2.00, and 8.93 μg/g_ct respectively, which indicates that the concentration of the comparing group was higher than that of the exposed group. The heavy metal concentration for each age group increased in proportion to age except those under 10 for some substances($p<0.01$). As to geometric mean concentration cadmium and inorganic arsenic in urine according to the smoking history of the subject, the concentration of the smoking group and the non-smoking group were 1.65 μg/g_ct and 9.13 μg/g_ct respectively, while those of the non-smoking group were 1.47 μg/g_ct and 8.91 μg/g_ct respectively, which indicates that the former is higher than the latter. As to the inorganic arsenic concentration in urine according to the food preference, in order of vegetable, fish, and meat showed high concentration ($p<0.01$). To clarify the factors affecting the heavy metal concentration in urine among the subjects, the multiple regression analysis was conducted. As a result, it turned out that as to cadmium content in urine, gender, age, drinking, and smoking have influence on the subjects, with explanatory adequacy of 37.5 %.

Key Words : Urine, Cadmium, Mercury, inorganic arsenic, Residents, Exposed region, Comparing region

1. 서 론

오늘날의 현대사회는 산업의 급속한 발달, 도시화 및 소비의 증가 등으로 각종 오염물질들이 다량 배출될 뿐만 아니라, 오염원이 다양화됨에 따라 생활환경은 물론 인간의 건강까지도 위협하는 심각한 상태에 이르게 되었다. 또한 2000년대에 들어서는 삶의 질 향상과 더불어 환경오염 등으로 인한 국민건강 피해의 발생이 해마다 증가하는 추세이고 그 중에서도 공단·폐광인근 주민들의 경우 건강피해 호소뿐만 아니라 아토피 피부

*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

질환, 천식 등 환경성 질환에 대한 우려가 심각하게 제기되고 있다(Ministry of Environment, 2004).

특히 사회가 산업화됨에 따라 중금속의 사용은 급격히 증가하였고, 이들 중금속에 대한 직업적인 고농도 노출 외에도 일반 환경 내에서의 만성적인 저농도의 노출이 건강에 미치는 영향도 중요한 문제로 대두되고 있다. 인체에 직·간접적으로 영향을 주는 중금속은 호흡기, 소화기 및 피부점막을 통해 생체 내에 흡수되어 대사와 배설의 과정을 거치면서 대부분 체외로 배설되지만 일부는 표적장기에 선택적으로 흡수, 축적되어 일차적 영향을 미치거나, 급·만성 중독 증상을 나타내게 된다(KHIDI, 2004; 윤, 1991). 비소(As)의 경우 피부암, 간암, 신장암, 방광암, 폐암 등과 심혈관계 질환이 대표적이며, 그 밖에도 피부질환이나 호흡기 질환, 신경계 질환, 당뇨 등의 발병에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Yoshida 등, 2004; Milton 등, 2002). 카드뮴(Cd)은 과량 노출되는 경우에는 노출경로에 따라 금속열, 화학적 폐렴이나 폐부종에 의한 폐 손상과 전형적인 소화기장애 및 간장장해를 유발하고 만성적인 노출시 체내의 반감기가 약 20 - 40년으로 매우 길어 체내에 축적되어 폐와 뼈 및 신기능 등의 장애를 가져온다(Ohn 등, 1995). 수은(Hg)의 경우는 체내에 흡수되면 주로 뇌, 간, 신장에 축적되어 신장에서 가장 높은 농도를 나타내고 이로 인해 신장독성으로 잘 알려져 있으며, 이 외에도 중추신경계나 면역계 등에 악영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(호, 2003). 그리고 중금속의 노출은 생활주변의 환경오염 정도, 식생활 양식과 기호 등 여러 요소의 영향을 받으며, 체내 흡수량은 국가나 지역적으로도 많은 차이가 있을 수 있다(박, 2007).

공단지역은 각종 오염물질을 다량 배출하는 사업장이 집중적으로 분포하여 대기환경을 비롯하여 환경오염의 우려가 높은 지역으로 그 심각성을 인정받아 대기보전특별대책지역으로 지정·관리되고 있다(Ministry of Environment, 2004). 그러나 공단지역을 중심으로 환경오염에 의한 건강피해 논란은 끊임없이 제기되고 있으며, 지금까지 오염물질에 대한 환경노출평가는 대기·수질·토양·식품 등 각각의 환경단위 구성체에 대한 평가가 전부였다. 이러한 노출평가는 오염물질의 수용체인 인체를 중심으로 환경오염을 보는 입장에서는 많은 한계를 드러내고 있으며, 이 같은 문제점을 해결해 줄 수 있는 방법은 인체에서 오염물질이나 그 대사체를 직접측정하고, 체내 노출량을 직접적으로 평가하는 것이다(손 등, 2001).

산업환경의 경우에는 1980년도 후반부터 저농도의 유해물질에 장기간 노출된 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 호흡기 이외에 소화기 또는 피부로 흡수된 체내의 총 노출량을 나타내는 생물학적 모니터링의 지표로서 체내의 소변이나 혈액 등에서 해당물질이나 그 대사산물을 측정하는 생물학적 노출지표를 이용하였으며(ACGIH), 이러한 방법을 통하여 많은 연구결과가 발표되었다(Chuang 등, 2008; Bener 등, 2001). 최근에는 일반인을 대상으로 한 연구도 진행되었으나(김 등, 2000; 이 등, 2003), 공단지역 부근에 거주하여 환경으로부터 중금속의 노출이 심각할 것으로 예상되는 공단지역 주민들을 대상으로 이들의 요 중 중금속(Cd, Hg, i_As) 농도에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 공단지역 부근에 거주하는 주민들을 대상으로 요 중 중금속(Cd, Hg, i_As) 농도를 파악하고 그 영향인자를 규명하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구대상 및 방법

본 연구는 2007년 5월부터 2007년 10월까지 전라남도 광양(G), 여수(Y), 하동(H) : 이하, G권역 지역주민을 대상으로 공단지역 5 km 이내에 거주하는 노출지역 주민들과 공단지역으로부터 10 km 밖에 거주하는 비교지역 주민들을 대상으로 요 중 카드뮴, 수은, 무기비소 농도와 이에 영향을 줄 수 있는 개인특성 및 생활습관관련 영향요인을 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다.

2.2. 시료의 채취 및 분석

중금속 분석을 위한 요의 채취는 중금속 오염의 우려가 별로 없는 Polypropylene conical tube를 이용하여 20 mL를 채취하고 분석 전까지 -20℃로 냉동 보관하였고, 분석은 생체시료 중 환경오염물질 분석 매뉴얼을 적용하였다(NIER, 2006). 그리고 한국산업안전공단 산업안전보건연구원에서 주관하는 특수건강진단 분석정도관리(2007년 8월)에 참가하여 무기분석

분야 중 요 중 카드뮴, 수은에 대한 외부정도관리를 실시하였다.

2.3. 통계분석

요 중 중금속(Cd, Hg, i_As) 농도의 및 설문자료의 분석을 위하여 SPSS Ver. 12.0 통계 프로그램을 이용하여 대상자들의 일반적일 특성 및 요 중 중금속 농도 등은 기술통계 분석, 노출군과 비교군 사이의 평균의 차이 검정은 t-test, 지역(G, Y, H)에 따른 농도의 차이 검정은 ANOVA, 중금속 농도에 영향을 주는 요인들의 관련성을 파악하기 위하여 다중회귀분석(Multiple regression)을 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반적 특성

요 중 중금속 대상자 수는 총 576명으로 노출군이 370명, 비교군은 206명이었다. 성별분포는 남성 288(50.0 %)명과 여성 288(50.0 %)명으로 남성과 여성의 비율이 같았다(Table 1). 요 중 중금속 대상자들의 연령분포는 G, Y, H 지역의 경우 50세 이상의 비율이 각각 15.6 %, 20.3 %, 9.4 %로 다른 연령에 비해 높게 나타났으며, 지역별 대상자 수는 G 지역 대상자 219(38.0 %)명, Y 지역 233(40.5 %)명, H 지역 124(21.5 %)명이었다(Table 2).

Table 1. Characteristics of participants according to gender
[unit : N(%)]

		Male	Female	Total
"G" area	Case	77(13.4)	73(12.7)	150(26.0)
	Control	35(6.1)	34(5.9)	69(12.0)
	Total	112(19.4)	107(18.6)	219(38.0)
"Y" area	Case	71(12.3)	79(13.7)	150(26.0)
	Control	44(7.6)	39(6.8)	83(14.4)
	Total	115(20.0)	118(20.5)	233(40.5)
"H" area	Case	35(6.1)	35(6.1)	70(12.2)
	Control	26(4.5)	28(4.9)	54(9.4)
	Total	61(10.6)	63(10.9)	124(21.5)
Total	Case	183(31.8)	187(32.5)	370(64.2)
	Control	105(18.2)	101(17.5)	206(35.8)
	Total	288(50.0)	288(50.0)	576(100.0)

Table 2. Characteristics of participants according to age
[unit : N(%)]

		Case	Control	Total
"G" area	- 10	14(2.4)	-	14(2.4)
	10 - 29	32(5.6)	14(2.4)	46(8.0)
	30 - 49	50(8.7)	19(3.3)	69(12.0)
	50 -	54(9.4)	36(6.3)	90(15.6)
	Total	150(26.0)	69(12.0)	219(38.0)
"Y" area	- 10	14(2.4)	4(0.7)	18(3.1)
	10 - 29	32(5.6)	12(2.1)	44(7.6)
	30 - 49	39(6.8)	15(2.6)	54(9.4)
	50 -	65(11.3)	52(9.0)	117(20.3)
	Total	150(26.0)	83(14.4)	233(40.5)
"H" area	- 10	-	-	-
	10 - 29	20(3.5)	14(2.4)	34(5.9)
	30 - 49	13(2.3)	23(4.0)	36(6.3)
	50 -	37(6.4)	17(3.0)	54(9.4)
	Total	70(12.2)	54(9.4)	124(21.5)
Total	- 10	28(4.9)	4(0.7)	32(5.6)
	10 - 29	84(14.6)	40(6.9)	124(21.5)
	30 - 49	102(17.7)	57(9.9)	159(27.6)
	50 -	156(27.1)	105(18.2)	261(45.3)
	Total	370(64.2)	206(35.8)	576(100.0)

3.2. 설문결과

G 지역 219명, Y 지역 233명, H 지역 124명으로, 총 576명에 대한 주민을 대상으로 설문조사를 실시하였으며 음주의 경우 세지역 모두 음주를 하지 않는다고 응답한 주민이 음주를 한다고 응답한 그룹보다 높게 나타났고, 간접흡연의 경우는 G, H 지역에서 각각 42.5 %, 55.6 %로 높게 나타났다. 생선 섭취 선호도에서는 G(5.5 %)지역과 Y(9.4 %)지역이 H(4.0 %)지역에 비하여 약간 높은 경향을 보였다(Table 3).

Table 3. Characteristics of subject by questionnaire
[Unit : N(%)]

Characteristics		"G" area	"Y" area	"H" area
Drinking	No	110(50.2)	127(54.5)	61(49.2)
	Yes	91(41.6)	70(30.0)	49(39.5)
	No answer	18(8.2)	36(15.5)	14(11.3)
Smoking	No	139(63.5)	143(61.4)	84(67.7)
	Yes	48(21.9)	34(14.6)	20(16.1)
	No answer	32(14.6)	56(24.0)	20(16.6)
Passive smoking	No	77(35.2)	90(38.6)	37(29.8)
	Yes	93(42.5)	76(32.6)	69(55.6)
	No answer	49(22.4)	67(28.8)	18(14.5)
Food preference	Vegetable	149(68.0)	168(72.1)	86(69.4)
	Meat	38(17.4)	25(10.7)	23(18.5)
	Fish	12(5.5)	22(9.4)	5(4.0)
	No answer	20(9.1)	18(7.7)	10(8.1)

3.3. 중금속 농도

3.3.1. 지역별 농도

G권역의 요 중 카드뮴 농도의 경우 노출군 1.23 μg/g_ct, 비교군 1.87 μg/g_ct으로, 노출 · 비교군간의 뚜렷한 농도 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 비교적 오염이 적은 지역으로 예상되는 강릉지역 주민 농도 1.03 μg/g_ct, 시화 · 반월 산단지역 0.61 μg/g_ct 및 Ikeda 등이 아시아 지역 일반인의 요 중 카드뮴 농도를 조사한 결과 1.97 μg/g_ct보다 높거나 유사한 수준을 보였으나, 일본 2.62 μg/g_ct과 중국 2.30 μg/g_ct의 카드뮴 농도보다는 다소 낮은 분포를 보였다.

수은과 무기비소는 G권역에서 노출군(1.85 μg/g_ct, 8.85 μg/g_ct)에 비해 비교군(2.00 μg/g_ct, 8.93 μg/g_ct)의 농도가 다소 높게 조사되었으나, 이는 통계적으로 유의한 수준은 아니였다. 요 중 수은의 농도는 독일 HBM의 참고치 20 μg/g_ct 및 베네수엘라의 성인을 대상으로 한 Rojas 등(2006)의 연구결과 2.56 μg/g_ct과 비교하였을 때 대체적으로 낮은 농도를 나타냈으나, Mortada 등(2001)의 이집트 성인의 농도 0.39 μg/g_ct에 비하면 약 4배 정도 높은 농도수준을 보여 이들에 대한 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

무기비소 농도는 노출군 8.80 μg/g_ct, 비교군 8.93 μg/g_ct으로 포항 산단지역(국립환경과학원, 2008) 농도에 비해 4배 이상 높게 나타났다. 무기비소는 자연적으로 암반의 풍화작용과 침식에 의하여 광물형태의 비소를 포함하고 있는 토양 내에서 발생되며, 비소의 주된 노출경로는 비소를 포함하는 물, 공기, 음식물 등을 통해 인체로 유입되고(Abernathy 등, 2003; Mead, 2005; Gebel, 1999), 특히 생선, 홍합과 같은 해산물 및 해초류를 통해 체내에 축적된다고 보고하고 있다(Mohri 등, 1990). 본 연구결과는 G권역의 주변 모두가 해안지역으로 둘러싸여 있어 대상주민들의 해산물 섭취가 높을 것으로 생각되며, 이러한 요인이 무기비소 농도에 영향을 주었을 것으로 사료된다.

본 연구에서 중금속 농도가 노출 · 비교군간의 뚜렷한 차이를 보이고 있지 않은 것으로 나타났으나, 생체시료 중 중금속 농도는 거주지역의 자연환경 및 주변환경의 영향만이 아니라 대상자의 식습관 및 생활습관 등에 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(김, 2005; Alessio 등, 1995). 그러므로 본 연구지역에서 이들 요인에 대한 명확한 규명을 위해서는 양-반응 관계를 밝힐수 있는 심도있는 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 여천공단 주변마을 환경영향 및 대책을 위한 연구(1996)에 의하면 대상지역의 지하수에는 중금속 오염이 상당히 진행되었으며, 일부지역에서는 음용수 기준을 초과한 것으로 보고하였다. 이러한 선행연구를 기초로 본 연구대상자들의 음용수를 조사해 본 결과 노출군보다 비교군(약 11.5 %)에서 음용수 및 조리용으로도 지하수의 사용량이 높은 것으로 조사되어 이 요인도 비교군의 중금속 농도를 증가시키는 한 원인으로 작용한 것으로 생각된다. 그러나 확실한 원인 규명을 위해서는 이에 대한 구체적인 검토도 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Table 4. Heavy metal levels according to Case/Control area

[Unit : μg/g_ct]

			G	Y	H	Total
Cd	Case	N(%)	139(25.2)	140(25.4)	70(12.7)	349(63.2)
		GM[b]	1.27	0.97	1.88	1.23
		M±SD[c]	1.90 ± 1.69	1.49 ± 1.37	2.96 ± 2.50	1.95 ± 1.85
		Range	0.08 - 10.08	0.04 - 7.82	0.11 - 10.73	0.04 - 10.73
	Control	N(%)	68(12.3)	81(14.7)	54(9.8)	203(36.8)
		GM[b]	1.84	2.23	1.46	1.87
		M±SD[c]	2.50 ± 2.27	3.47 ± 2.71	1.95 ± 1.44	2.74 ± 2.36
		Range	0.56 - 11.98	0.11 - 10.91	0.22 - 6.20	0.11 - 11.98
	p-value		0.033*	0.000**	0.005**	0.000**
Hg	Case	N(%)	150(26.1)	150(26.1)	69(12.0)	369(64.2)
		GM[b]	1.47	2.08	2.32	1.85
		M±SD[c]	1.78 ± 1.22	2.35 ± 1.23	2.59 ± 1.16	2.16 ± 1.25
		Range	0.39 - 7.14	0.60 - 7.61	0.50 - 6.17	0.39 - 7.61
	Control	N(%)	69(12.0)	83(14.4)	54(9.4)	206(35.8)
		GM[b]	1.91	2.09	1.98	2.00
		M±SD[c]	2.11 ± 0.91	2.28 ± 0.94	2.27 ± 1.15	2.22 ± 0.99
		Range	0.53 - 4.68	0.75 - 5.03	0.68 - 5.07	0.53 - 5.07
	p-value		0.042*	0.660	0.240	0.670
iAs	Case	N(%)	150(26.2)	150(26.2)	67(11.7)	367(64.2)
		GM[b]	8.69	8.26	10.42	8.80
		M±SD[c]	10.23 ± 6.20	9.59 ± 5.76	11.93 ± 7.11	10.28 ± 6.25
		Range	2.27 - 35.40	1.41 - 36.15	3.66 - 51.12	1.41 - 51.12
	Control	N(%)	62(11.9)	83(14.5)	54(9.4)	205(35.8)
		GMb	8.23	9.67	8.74	8.93
		M±SD[c]	9.92 ± 7.22	10.67 ± 4.85	10.31 ± 5.33	10.33 ± 5.83
		Range	1.51 - 42.09	2.83 - 30.44	1.53 - 21.24	1.51 - 42.09
	p-value		0.749	0.150	0.168	0.928

*p 〈0.05. **p 〈0.01.

[a] Percentage based on total population. [b] Geometric mean. [c] Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation.

3.3.2. 성별 농도

성별에 따른 요 중 카드뮴, 수은, 무기비소의 농도는 남성(1.34μg/g_ct, 1.85μg/g_ct, 8.49μg/g_ct)에 비해 여성(1.54μg/g_ct, 1.95μg/g_ct, 9.21μg/g_ct)이 다소 높은 수준을 보였으며, 요 중 카드뮴과 무기비소의 경우 남・여 간에 유의한 상관관계를 나타냈다($p<0.01$, $p<0.05$). Kido 등(2004), 강(1999)의 연구에서도 요 중 카드뮴 농도는 남성에 비해 여성의 농도가 높은 것으로 보고하였고, Jarup 등(1998)은 인체 카드뮴 농도가 여성이 남성보다 높았으며, 이러한 차이는 여성이 임신과 월경 중의 철 저장의 감소가 일어나는 것과 관련이 있다고 보고하였다. 요 중 무기비소의 경우 시화・반월, 포항공단(국립환경과학원, 2008)에서도 남성에 비해 여성의 농도가 높은 수준으로 본 연구 결과와 같은 경향을 보였다.

Table 5. Heavy metal levels according to gender

[Unit : μg/g_ct]

		N(%[a])	GM[b]	M ± SD[c]	Range	p-value
Cd	Male	278(50.4)	1.34	1.99 ± 1.78	0.10 - 11.98	0.005**
	Female	274(49.6)	1.54	2.49 ± 2.33	0.04 - 10.73	
Hg	Male	288(50.1)	1.85	2.12 ± 1.13	0.50 - 6.95	0.214
	Female	287(49.9)	1.95	2.24 ± 1.19	0.39 - 7.61	
iAs	Male	285(49.8)	8.49	9.69 ± 5.18	1.41 - 37.68	0.017*
	Female	287(50.2)	9.21	10.90 ± 6.84	1.53 - 51.12	

*p 〈0.05. **p 〈0.01.

[a] Percentage based on total population. [b] Geometric mean. [c] Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation.

3.3.3. 연령별 농도

G권역의 요 중 중금속 농도는 10세 미만을 제외하고, 카드뮴, 수은, 무기비소 모두에서 연령이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다(p<0.01). Nriagu 등(2006), 민(2002)의 연구에서는 연령에 따른 차이가 유의하게 나타난다고 보고하였으며, 윤(2007)의 연구에서도 요 중 카드뮴 농도 역시 연령에 따라 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. Yasutake 등(2003), Agusa 등(2005)의 논문보고에 의하면 연령에 따른 수은의 농도 역시 증가하며, 포항(국립환경과학원, 2008)의 연구에서의 무기비소 농도 또한 연령에 따라 증가하는 것으로 보고되어 본 연구결과와 일치하였다. 이와 같은 결과는 중금속은 체내에서 축적효과가 있으며, 반감기가 긴 중금속의 경우 연령에 따른 체내 분포양상은 일반적으로 연령이 증가된다는 Baecklund 등(1999)의 연구결과와 같은 경향을 보이는 것으로 생각된다. 따라서 연구대상지역의 고연령군에 대한 중금속 오염관리 교육 프로그램 도입, 운영이 시급한 것으로 판단된다.

Table 6. Heavy metal levels according to age

[Unit : μg/g_ct]

		N(%[a])	GM[b]	M ± SD[c]	Range	p-value
Cd	- 10	29(5.3)	0.34	0.40 ± 0.22	0.04 - 1.05	0.000**
	10 - 29	119(21.6)	0.63	0.91 ± 0.88	0.10 - 5.78	
	30 - 49	146(26.4)	1.39	1.85 ± 1.49	0.10 - 8.93	
	50 -	258(46.7)	2.51	3.28 ± 2.30	0.13 - 11.98	
Hg	- 10	32(5.6)	2.41	2.72 ± 1.37	0.75 - 6.02	0.000**
	10 - 29	124(21.6)	1.60	1.86 ± 1.08	0.48 - 7.61	
	30 - 49	159(27.7)	1.91	2.18 ± 1.12	0.55 - 6.17	
	50 -	260(45.2)	1.99	2.27 ± 1.17	0.39 - 6.95	
iAs	- 10	32(5.6)	6.42	7.75 ± 6.20	2.71 - 33.03	0.000**
	10 - 29	121(21.2)	6.51	7.47 ± 4.16	1.41 - 23.48	
	30 - 49	159(27.8)	8.42	9.93 ± 6.33	1.51 - 51.12	
	50 -	260(45.5)	10.94	12.14 ± 6.07	3.25 - 42.09	

**p 〈0.01.

[a] Percentage based on total population. [b] Geometric mean. [c] Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation.

Table 7. Heavy metal levels according to smoking

[Unit : μg/g_ct]

		N(%[a])	GM[b]	M ± SD[c]	Range	p-value
Cd	No	349(77.7)	1.47	2.40 ± 2.31	0.04 - 11.98	0.004
	Yes	100(22.3)	1.65	2.20 ± 1.66	0.10 - 7.37	
Hg	No	365(78.2)	1.92	2.22 ± 1.19	0.39 - 7.61	0.892
	Yes	102(21.8)	1.91	2.20 ± 1.19	0.50 - 6.95	
iAs	No	364(78.3)	8.91	10.44 ± 6.37	1.53 - 51.12	0.452
	Yes	101(21.7)	9.13	10.39 ± 5.87	2.65 - 37.68	

$^{**}p < 0.01$.
[a] Percentage based on total population. [b] Geometric mean. [c] Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation.

3.3.4. 흡연 유무에 따른 중금속 농도

조사대상자의 흡연력에 따른 요 중 카드뮴과 요 중 무기비소 농도는 비흡연군에 비해 흡연군(흡연군 1.65, 9.13 μg/g_ct, 비흡연군 1.47, 8.91 μg/g_ct)이 높게 관찰되었다.

Aguilera 등(2008)은 논문에 의하면 총 비소의 경우 흡연을 하는 대상자에게서 증가한다고 제시하여, 본 연구결과와 같은 흐름을 보였고, 카드뮴의 경우 Batariova 등(2006), Lee(2006)의 흡연군에서 농도가 높았던 연구와 유사한 패턴을 보였다. 담배 1개피에는 카드뮴이 0.9 - 2.3 μg 정도 포함되어 있어 흡연자와 비흡연자간의 혈 중, 요 중 카드뮴 농도에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며(WHO, 1980)에서는 하루 1갑의 담배를 흡연하였을 경우 10 μg의 카드뮴에 노출되고 식품으로부터 흡수되는 양과 유사한 1 - 3 μg이 흡수되며, 이것은 비흡연자의 2배 정도라고 보고하였다. 본 연구의 요 중 카드뮴 농도를 흡연여부에 따라 비교해 본 결과에서도 흡연자가 비흡연자에 비해 높게 나타나 흡연에 의한 카드뮴 축적이 되고 있을 가능성을 나타낸 것으로 판단된다.

3.3.5. 음주 유무에 의한 중금속 농도

음주력에 따른 요 중 중금속 농도는 카드뮴의 경우 음주군이 비음주군에 비해 높은 농도를 나타냈으나 ($p<0.01$), 요 중 무기비소의 경우는 비음주군(9.25 μg/g_ct)이 음주군(8.57 μg/g_ct)에 비해 높은 농도수준을 보였으며, 요 중 수은의 경우는 음주군(1.93 μg/g_ct)과 비음주군(1.88 μg/g_ct)이 유사한 농도 수준으로 조사되었다. 스페인 주민의 생체시료를 대상으로 한 Gil 등(2006), Aguilera 등(2008)의 연구 결과 음주군에서 카드뮴, 비음주군에서 비소의 농도가 높게 나타나 본 연구결과와 같은 경향이 나타났다. 이는 음주를 조절하는 것도 인체내 중금속 농도의 중요인자로서 작용할 것으로 생각된다.

Table 8. Heavy metal levels according to drinking

[Unit : μg/g_ct]

		N(%[a])	GM[b]	M ± SD[c]	Range	p-value
Cd	No	289(59.2)	1.46	2.36 ± 2.26	0.08 - 10.91	0.008**
	Yes	199(40.8)	1.54	2.20 ± 1.90	0.10 - 11.98	
Hg	No	297(58.6)	1.88	2.18 ± 1.19	0.39 - 7.61	0.660
	Yes	210(41.4)	1.93	2.22 ± 1.20	0.50 - 6.95	
iAs	No	296(58.6)	9.25	10.77 ± 6.51	1.53 - 51.12	0.393
	Yes	209(41.4)	8.57	9.88 ± 5.67	1.79 - 37.68	

$^{**}p < 0.01$.
[a] Percentage based on total population. [b] Geometric mean. [c] Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation.

Table 9. Heavy metal levels according to food preference

[Unit : μg/g_ct]

		N(%[a])	GM[b]	M ± SD[c]	Range	p-value
Cd	Vegetable	381(75.4)	1.66	2.45 ± 2.20	0.04 - 11.98	0.000**
	Meat	85(16.8)	0.84	1.29 ± 1.28	0.11 - 6.49	
	Fish	39(7.7)	1.14	1.73 ± 1.49	0.11 - 6.19	
Hg	Vegetable	402(76.3)	1.90	2.19 ± 1.16	0.39 - 7.61	0.729
	Meat	86(16.3)	1.76	2.08 ± 1.33	0.50 - 7.14	
	Fish	39(7.4)	1.97	2.19 ± 0.94	0.61 - 3.89	
iAs	Vegetable	401(76.5)	9.47	10.95 ± 6.42	1.53 - 51.12	0.000**
	Meat	84(16.0)	6.35	7.30 ± 3.98	1.41 - 23.48	
	Fish	39(7.4)	7.95	8.80 ± 3.97	3.08 - 20.00	

**p ⟨0.01.
[a] Percentage based on total population. [b] Geometric mean. [c] Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation.

3.3.6. 음식선호도에 의한 중금속 농도

카드뮴과 무기비소 농도의 경우 채소, 생선, 육류를 선호하는 순으로 대상자의 농도가 높게 나타났으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.01$). 정 등(2005)의 연구에서 체내 카드뮴 농도의 축적은 농작물에 기인한다고 보고하였으며, 경남 고성에 대한 연구에서도 주식인 쌀을 카드뮴의 주된 체내유입경로라고 보고하였고, Trepka 등(1996)은 매일 채소를 섭취하는 사람들이 그렇지 않은 사람에 비해 비소 농도가 높은 것으로 제시하였다. 그리고 무기비소는 토양과 바위를 포함한 지표를 형성하는데 존재하며(Jonnalagadda 등, 1993), 채소는 재배되는 토양에 영향을 받기 때문에 이러한 이유가 채소를 선호하는 사람들의 요 중 무기비소 농도를 증가시키는 한 요인으로 작용했을 것으로 사료된다. 그러나 연구대상자들이 직접 농작물을 재배하여 자급자족하는 경우와 전부구입을 해서 먹는 경우가 존재하므로 다른 음식에 비하여 채소를 선호하는 주민들의 요 중 카드뮴과 무기비소의 농도가 높은 이유를 농작물에 의한 것으로만 판단하기는 어려운 것으로 생각되며, 앞으로 이에 대한 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3.3.7. 다중회귀 분석결과

G권역 대상자들의 요 중 중금속 농도에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시한 결과 카드뮴의 경우 노출 · 대조, 성별, 연령, 음주, 흡연 여부가 요 중 카드뮴 농도에 영향을 미치는 것으로 생각되며, 37.5 %의 설명력을 보였다. 그 밖의 요 중 수은과 무기비소의 경우는 각각 노출 · 대조, 성별, 연령과 연령, 음주여부가 영향을 주는 것으로 조사되었으며, 이들은 각각 1.2 %, 11.0 %의 설명력을 나타냈다.

Table 10. Multiple regression analysis result

		β	S.E	p-value
Cd	Intercept	-0.450	0.094	0.000
	Case/Control	-0.117	0.039	0.003
	Gender	0.074	0.046	0.106
	Age	0.014	0.001	0.000
	Drinking	-0.097	0.046	0.035
	Smoking	0.006	0.063	0.921
	Passive smoke	0.071	0.042	0.089
	Food preference	0.055	0.074	0.455
	R-square		0.375	
Hg	Intercept	0.248	0.044	0.000
	Case/Control	-0.027	0.027	0.319
	Gender	0.026	0.026	0.331
	Age	0.001	0.001	0.145
	Drinking		-	
	Smoking		-	
	Passive smoke		-	
	Food preference		-	
	R-square		0.012	
iAs	Intercept	0.794	0.037	0.000
	Case/Control		-	
	Gender		-	
	Age	0.004	0.001	0.000
	Drinking		-	
	Smoking	-0.040	0.026	0.121
	Passive smoke		-	
	Food preference		-	
	R-square		0.110	

S.E : Standard error

4. 결 론

본 연구는 2007년 5월부터 2007년 10월까지 공단 지역 부근에 거주하여 환경으로부터 중금속의 노출이 심각할 것으로 예상되는 전라남도 G권역 주민을 대상으로 요(576명) 중 중금속(Cd, Hg, iAs) 농도를 분석하였다.

1) G권역의 노출군과 비교지역 주민의 요 중 중금속 농도는 카드뮴, 수은, 무기비소의 노출군은 각각 1.23 μg/g_ct, 1.85 μg/g_ct, 8.80 μg/g_ct과 비교군 1.87 μg/g_ct, 2.00 μg/g_ct, 8.93 μg/g_ct으로 노출・비교군간의 뚜렷한 농도차이는 나타나지 않았다.

2) 성별에 따른 요 중 카드뮴, 수은, 무기비소의 농도는 남성에 비해 여성이 다소 높은 수준을 보였으며, 요 중 카드뮴과 무기비소의 경우 남・여 간에 유의한 상관관계를 나타냈다($p<0.05$).

3) 연령별 중금속 농도는 일부 물질의 10세 미만을 제외하고 연령이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다($p<0.01$).

4) 조사대상자의 흡연 유무에 따른 요 중 중금속 농도는 요 중 카드뮴과 무기비소의 경우 흡연군이 1.65 μg/g_ct과 9.13 μg/g_ct, 비흡연군은 1.47 μg/g_ct과 8.91 μg/g_ct으로 흡연군의 농도가 다소 높게 나타났다.

5) 대상자들의 요 중 중금속 농도에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시한 결과 카드뮴의 경우 노출・대조, 성별, 연령, 음주, 흡연 여부가 영향을 주는 것으로 나타났고, 37.5 %의 설명력을 나타냈다.

참 고 문 헌

강미영, 1999, 일반주민의 혈액 및 요 중 카드뮴 농도의 영향 요인에 관한 연구, 석사학위논문, 서울시립대학교.

김의혁, 2005, 생선 섭취가 임산부 혈 중 수은 농도에 미치는 영향, 석사학위논문, 연세대학교.

김정만, 안정모, 김원술, 김정일, 신해림, 정갑열, 김준연, 2000, 한국인의 연, 망간, 알루미늄 및 실리콘의 혈중 농도, 한국산업의학연구소 논총, 33(2), 75 - 82.

민경복, 2002, 서울시 일부 지역 주민의 혈 중 납 농도에 영향을 미치는 환경요소, 석사학위논문, 서울대학교.

박정숙, 2007, 환경오염이 건강에 미치는 영향에 대한 연구, 석사학위논문, 광운대학교.

손부순, 박종안, 양원호, 장봉기, 김대선, 2001, 환경위해성평가, 21세기사.

윤영희, 2007, 폐금속광산 지역 주민들의 요 중 카드뮴 농도, 석사학위논문, 서울대학교.

윤창규, 1991, 공단 근로자들의 혈 중 중금속 농도에 관한 비교 연구, 박사학위논문, 충남대학교.

이상기, 양자열, 김기욱, 이수연, 권태정, 유영찬, 2003, 한국인의 체내 비소오염도 조사 연구, 한국환경독성학회지, 18(2), 101-109.

정종학, 강복수, 김창윤, 이경수, 황태윤, 김규태, 박종서, 박시영, 김대섭, 임우택, 사공준, 2005, 경상북도 일부 폐금속 광산 인근지역 주민들의 혈중 연, 요중 카드뮴 농도 및 건강영향조사, 대한산업의학회지, 17(3), 225-237.

호문기, 2003, 혈 중 수은 농도와 건강 및 생활요인과의 관련성 연구, 석사학위논문, 연세대학교.

Abernathy, C. O., Thomas, D. J., Calderon, R. L., 2003, Health effects and risk assessment of arsenic, J. Nutr, 133(5), 1536-1538.

Aguilera, I., Daponte, A., Gil, F., Hernández, A. F., Godoy, P., Pla, A., Ramos, J. L., 2008, Biomonitoring of urinary metals in a population living in the vicinity of industrial sources, The Science of the total environment, 407(1), 669-678.

Agusa, T., Kunito, T., Iwata, H., Monirith, I., Tana, T. S., Subramanian, A., Tanabe, S., 2005, Mercury contamination in human hair and fish from Cambodia: levels, specific accumulation and risk assessment, Environmental Pollution, 134(1), 79-86.

Alessio, L., Apostoli, P., Crippa, M., 1995, Influence of individual factors and personal habits on the levels of biological indicators of exposure, Toxicol. lett., 77(1-3), 93-103.

Baecklund, M., Pedersen, N. L., Björkman, L., Vahter, M., 1999, Variation in blood concentration of cadmium and lead in the elderly, Environ. Res.,

80(3), 222-230.

Batariova, A., Spevackova, V., Benes, B., Cejchanova, M., Smid, J., Cerna, M., 2006, Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values, Int. J. Hyg, Environ-Health, 209(4), 359-366.

Bener, A., Almehdi, A. M., Alwash, R., Al-Neamy, F. R. M., 2001, A pilot survey of blood lead levels in various types of workers in the United Arab Emirates, Environment International, 27(4), 311-314.

Chuang, H. Y., Cheng, W. C., Chen, C. Y., Yang, Y. H., Sung, F. C., Yang, C. Y., Wu, T. N., 2008, A follow-up comparison of blood lead levels between foreign and native workers of battery manufacturing in Taiwan, Science of the total environment, 394(1), 52-56.

Gebel, T. W., 1999, Arsenic and drinking water contamination, Science, 183(5), 1458-1459.

Gil, F., Capitán-Vallvey, L. F., De Santiago, E., Ballesta, J., Pla, A., Hernández, A. F., Gutiérrez-Bedmar, M., Fernández-Crehuet, J. n., Gómez, J. n., López-Guarnido, O., 2006, Heavy metal concentrations in the general population of Andalusia, South of Spain, Science of the total environment, 372(1), 49-59.

Jarup, L., Berglund, M., Elinder, C. G., Nordberg, G., Vahter, M., 1998, Health effect of cadmium exposure: a review of the literature and a risk estimate, Scand J. Work Environ. Health, 24(1), 1-51.

Kido, T., Sunaga, K., Nishijo, M., Nakagawa, H., Kobayashi, E., Nogawa, K., 2004, The relation individual cadmium concentration in urine with total cadmium intake in Kakehashi River basin, Japan., Toxicology Letters, 152(1), 57-61.

Korea Health Industry Development Institute, 2004, Dietary Intake and Risk assessment of Contaminants in Korean Foods.

Lee, M. H., 2006, The blood cadmium and lead levels in students, J. EXP. Biomed. Sci., 12(4), 371-374.

Mead, M. N., 2005, Arsenic : in search of an antidote to a global poison, Environ. Health Perspect, 113(6), 378-386.

Milton, A. H., Rahman, M., 2002, Respiratory effects and arsenic contaminated well water in Bangladesh, Int. J. Environ. Health Res., 12(2), 175-179.

Ministry of Environment, 2004, White Paper of Environment.

Mohri, T., Hisanaga, A., Ishinishi, N., 1990, Arsenic intake and excretion by Japanese adults: A 7-day duplicate diet study. Food and Chemical Toxicology, 28(7), 521-529.

Mortada, W. I., Sobh, M. A., El-Defrawy, M. M., Farahat, S. E., 2001, Reference intervals of cadmium, lead and mercury in blood, urine, hair and nails among residents in Mansoura city, Nile Delta, Egypt., Environmental research, 90(2), 104-110.

Nriagu, J., Burt, B., Linder, A., Ismail, A., Sohn, W., 2006, lead levels in blood and saliva in a low-income population of Detroit, Michigan, Int. J. Hyg. Environ.-Health, 209(2), 109-121.

Ohn, Y. H., Park, T. D., Choi, B. S., Hong, Y. P., Chang, I. W., 1995, Blood Cadmium and Zinc and Urinary N-acetyl-β-D-glucosaminidase Activity in Rural Residents Not Exposed to Cadmium, Chung-Ang journal of medicine, 20(4), 333-350.

Rojas, M., Seijas, D., Agreda, O., Rodríguez, M., 2006, Biological monitoring of mercury exposure in individuals referred to a toxicological center in Venezuela, The Science of the total environment, 354(2-3), 278-285.

Trepka, M. J., Heinrich, J., Schulz, C., Krause, C., Popescu, M., Wjst, M., Wichmann, H. E., 1996, Arsenic burden among children in industrial areas of eastern Germany, The Science of the Total Environment, 180(2), 95-105.

Yasutake, A., Matsumoto, M., Yamaguchi, M., Hachiya, N., 2003, Current hair mercury levels in Japanese: Survey in Five Districts, Tohoku J. Exp. Med., 199(3), 161-169.

Yoshida, T., Yamauchi, H., Fan Sun, G., 2004, Chronic health effects in people exposed to arsenic via the drinking water: dose-response relationships in review, Toxicol Appl. Pharmacol, 198(3), 243-252.