

## 우리나라 일부 도시와 농촌지역 주민의 혈중 납 및 혈중 카드뮴 농도

김효준·홍영섭\*·이경은·김대선<sup>1</sup>·이명진<sup>2</sup>·예병진<sup>3</sup>·유철인<sup>4</sup>·김영욱<sup>5</sup>·유병철<sup>6</sup>·김영훈<sup>7</sup>·김정만·김준연

동아대학교 의과대학 예방의학교실, <sup>1</sup>국립환경과학원 환경보건안전부 환경역학과, <sup>2</sup>고베의과대학 공중보건학교실,  
<sup>3</sup>동아대학교 의료원 산업의학과, <sup>4</sup>울산대학교 의과대학 산업·환경의학교실, <sup>5</sup>마산삼성병원 산업의학과,  
<sup>6</sup>고신대학교 의과대학 예방의학교실, <sup>7</sup>안동대학교 환경공학과

Received November 24, 2008 / Accepted April 25, 2009

**The Levels of Blood Lead and Cadmium in Urban and Rural Population in Korea.** Hyo-Jun Kim, Young-Seoub Hong\*, Kyung-Eun Lee, Dae-Seon Kim<sup>1</sup>, Myeong-Jin Lee<sup>2</sup>, Byung-Jin Yeah<sup>3</sup>, Cheol-In Yoo<sup>4</sup>, Young-Wook Kim<sup>5</sup>, Byung-Chul Yoo<sup>6</sup>, Young-Hun Kim<sup>7</sup>, Jung Man Kim and Joon Youn Kim. Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dong-A University Busan, 602-714, Korea, <sup>1</sup>Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research (NER), Seoul, Korea, <sup>2</sup>Department of Public Health, Kobe University School of Medicine, Japan, <sup>3</sup>Department of Occupational Medicine, Dong-A University Hospital, 602-715, Busan, Korea, <sup>4</sup>Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, University of Ulsan, Korea, <sup>5</sup>Department of Occupational Medicine, Masan Samsung Hospital, Korea, <sup>6</sup>Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Kosin University, Korea, <sup>7</sup>Department of Environmental Engineering, Andong National University, Korea - The purpose of this study was to evaluate the levels of blood lead and cadmium in urban and rural populations. Blood samples were collected from 100 urban (Busan) residents and 150 rural residents (Jinju-84, Gijang-66) from July 1 to August 30, 2007. The blood lead and cadmium levels were analyzed using flameless atomic absorption spectrophotometry and were compared by age, gender and smoking status. The mean levels of blood lead in urban-Busan, rural-Jinju and rural-Gijang residents were 6.38±2.86 µg/dl, 5.41±2.16 µg/dl and 4.50±2.87 µg/dl, respectively. There was a significant difference in the level of blood lead between urban-Busan residents and rural-Gijang residents. The mean levels of blood cadmium in urban-Busan, rural-Jinju and rural-Gijang residents were 0.85±0.44 µg/l, 1.57±0.78 µg/l and 0.95±0.54 µg/l, respectively. There was a significant difference in the level of blood cadmium between urban-Busan residents and rural-Jinju residents. This study showed that the levels of blood lead and cadmium were significantly different between urban and rural populations. The level of blood lead was highest in urban-Busan residents, but the level of blood cadmium was highest in rural-Jinju residents. Further studies are needed to define the cause of high levels of blood lead and cadmium related to area of residence and personal habits.

**Key words :** Blood, cadmium, lead, Korea

## 서 론

인체 내 중금속의 농도는 건강한 사람이라 할지라도 식생활 습관, 인종, 지리적 조건, 환경오염 등 다양한 인자들에 의해 차이가 큰 것으로 알려져 있다[2]. 특히 납과 카드뮴은 환경오염원의 영향을 민감하게 받는 물질로서 이들의 혈중 중금속 농도는 유해 중금속에 대한 노출지표로서 많이 이용되어 왔다[2].

납은 작업환경에 의한 노출과 더불어 직업적으로 오염되지 않는 환경 내에서도 하루 30~200 mg 정도 섭취되므로 대기 및 수질, 음식물 등의 환경적 노출로 인한 선천성 기형, 고혈압, 청력 손실 등의 문제가 보고되고 있다[13,14]. 카드뮴은 오염된 물과 토양에서 재배한 음식물 섭취가 중요한 노출원이며

호흡기계를 통해 체내에 축적도 가능한 것으로 알려져 있다[21]. 그러나 환경오염에 의한 중금속 노출은 작업장에서의 직업적 노출보다는 노출 수준이 매우 낮고, 사람마다의 생활 습관에 따라 그 정도가 달라지므로 환경오염원을 정확히 조사하기가 어려운 실정이다.

많은 국가에서는 중금속 노출 평가에 대해 많은 연구를 시행하고 있으며 노출량 감소에 많은 노력을 하고 있다. 미국은 환경오염 물질의 노출 평가를 위해서 환경청(USEPA) 주관으로 국민환경노출농도조사(NHEXAS; National Human Exposure Assessment Survey)를 실시한 바 아니라[18] 국립산업안전보건연구소(NIOSH)에서는 다양한 직업병 감시체계를 통해 환경오염 물질에 의한 영향을 평가하고 있으며, 특히 혈중 납 농도 감시체계인 ABLES (Adult Blood Lead Epidemiology and Surveillance)에서는 혈중 납을 분석하여 25 µg/dl가 넘으면 간단한 정보를 주 감시센터에 보고하고 이를 분석하여 건수, 사람 수, 연령별 분포, 농도별 분포 등을 국립산업안전보건

## \*Corresponding author

Tel : +82-51-240-2888, Fax : +82-51-253-5729  
 E-mail : yshong@dau.ac.kr

연구소에 보고하는 시스템을 운영하고 있다[11]. 우리나라에서도 환경부 주관으로 납, 카드뮴 등의 환경오염 물질에 대한 노출평가 연구가 1999년부터 이루어지고 있으나[17], 일반 인구를 대상으로 한 연구 자료는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 도시 지역 주민들과 농촌 지역 주민들을 대상으로 지리적 환경 차이에 따른 혈중 납 및 혈중 카드뮴 농도를 조사하여 노출 정도를 알아보고, 나이, 성별 및 흡연 등의 개인 차이에 따른 혈중 납과 카드뮴의 농도 차이를 분석하였다. 본 연구를 통하여 도시와 농촌지역 주민의 혈중 납과 카드뮴의 노출 상태를 파악하여 이로 발생할 수 있는 건강 장애를 예방하고 향후 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 연구 대상

본 연구는 2007년 7월 1일에서 8월 30일 까지 경남의 전형적인 농촌마을과 부산 인근의 반농촌마을, 대도시 부산지역을 선정하여 연구를 수행하였다(Fig. 1). 대상지역으로 선정된 경남 진주의 2개 농촌마을과 부산 인근의 반농촌 2개 마을에 거주하는 주민 전체 각각 114명, 92명을 대상으로 하였으나,



Fig. 1. Locations of the three survey sites (Urban-Busan, Rural-Jinju, Rural-Gijang).

이 중 본 연구에 동의하는 전형적인 농촌마을(진주) 주민 84명(73.7%)과 부산 인근의 반농촌마을(기장군) 주민 66명(71.7%)이 참여하였다. 부산지역은 동일 기간에 부산지역 모 대학병원에 건강검진을 위해 방문한 50세 이상의 성인을 대상으로 농촌마을 주민의 성별 비율에 따라 100명을 무작위로 선정하여 본 연구를 수행하였다.

#### 대상자들의 일반적 특성

연구대상자들의 평균나이는 부산지역 주민 60.14±2.26세, 농촌지역 주민 65.72±12.02세로 농촌지역 주민들의 평균연령이 부산지역 주민보다 유의하게 높았다. 성별을 살펴보면 부산지역 주민은 남자 35명(35%)과 여자 65명(65%), 진주지역 주민은 남자 27명(31.7%)과 여자 57명(68.3%), 부산인근 기장지역 주민은 남자 25명(38.8%)과 여자 41명(61.2%)으로 성별로 유의한 차이가 없었다. 흡연 유무에 따른 구분에서도 각 연구 대상군별 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 1).

#### 분석 방법

혈중 납의 측정방법은 whole blood 3 ml를 헤파린 처리된 용기에 채취하여 응고되지 않도록 잘 섞은 후 냉장 보관하였다. Graphite furnace를 갖춘 비불꽃 원자 흡광기(Hitachi, Model Z-5700, Japan)를 이용하여 측정파장 283.3 nm, Lamp current 9.0 mA width 1.3 nm에서 건조 온도 120°C로 65초간, 회화 온도 700°C로 44초간, 원자화 온도 2,300°C로 7초간 3단계를 거쳐서 측정하였으며 혈액표본용량은 전혈을 Triton X-100 용액으로 희석하여 사용하였다. 혈중 카드뮴의 측정방법은 whole blood 3 ml를 헤파린 처리된 용기에 채취하여 냉장 보관 후 Graphite furnace를 갖춘 비불꽃 원자 흡광기(Hitachi, Model Z-5700, Japan)를 이용하여 측정파장 228.8 nm, Lamp current 9.0 mA width 1.3 nm에서 건조 온도 140°C로 50초간, 회화 온도 400°C로 45초간, 원자화 온도 1,700°C로 7초간 3단계를 거쳐서 측정하였고 혈액표본용량은 전혈을

Table 1. Distribution of subjects by general characteristics

Characteristics		Urban-Busan N (%)	Rural-Jinju N (%)	Rural-Gijan N (%)	p
Age	<49	0(0.0)	3(3.6)	11(16.7)	<0.01
	50-59	45(45.0)	20(23.8)	13(19.7)	
	60-69	54(54.0)	21(25.0)	18(27.3)	
	70-	1(1.0.0)	40(47.6)	24(36.4)	
Gender	Male	35(35.0)	27(31.7)	25(38.8)	0.66
	Female	65(65.0)	57(68.3)	41(61.2)	
Smoking status	Current	15(15.0)	17(20.0)	13(19.7)	0.36
	Never	72(72.0)	50(60.0)	44(66.7)	
	Previous	13(13.0)	17(20.0)	9(13.6)	
Total		100(100)	84(100)	66(100)	

Values are M±SD.

Triton X-100 용액으로 희석하여 사용하였다.

통계 처리

통계 분석은 SPSS (Version 12.0) 프로그램을 이용하였다. 지역에 따른 연구 대상자들의 각 항목별 평균과 표준편차를 산출하였고, 성별 및 흡연유무에 따라 평균농도를 조사하였다. 지역별 납과 카드뮴 농도 비교를 위해 일원배치 분산분석 (one way ANOVA)을 이용하였으며, 사후분석을 위하여 Scheffe 검증법을 이용하였다. p값이 0.05 미만인 경우를 통계적 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

지역 간 평균 혈중 납 농도의 비교

부산지역 주민들의 평균 혈중 납 농도는 6.38±2.86 µg/dl이었으며, 진주 농촌지역 주민들은 5.41±2.16 µg/dl, 부산 인근 기장지역 주민들은 4.50±2.87 µg/dl로 부산지역 주민들의 평균 혈중 납 농도가 가장 높았으며(Fig. 2) 부산지역 주민의 혈중 납 농도와 기장지역 주민의 혈중 납 농도간 유의한 차이(p<0.01)를 보였다(Table 2).

나이에 따른 지역 간 평균 혈중 납 농도를 살펴보면 50세 이상 59세 이하의 집단군에서 부산지역 주민이 6.54±2.95 µg/dl, 진주 농촌지역 주민 5.35±2.17 µg/dl 그리고 부산 인근 기장지역 주민이 3.40±1.85 µg/dl로 유의한 차이(p<0.01)가 관찰되었다.

성별에 따른 지역 간 평균 혈중 납 농도를 분석해보면 부산지역의 남자 평균 혈중 납 농도는 6.50±3.25 µg/dl, 진주 농촌지역 주민은 5.73±2.45 µg/dl, 부산 인근 기장지역 주민은 4.44±1.66 µg/dl로 부산지역 남자군 과 부산 인근 기장지역 남자군 간에 통계적 유의한 차이(p=0.01)가 보였다. 여자의 경우 부산지역 주민이 6.31±2.65 µg/dl, 진주 농촌지역 주민

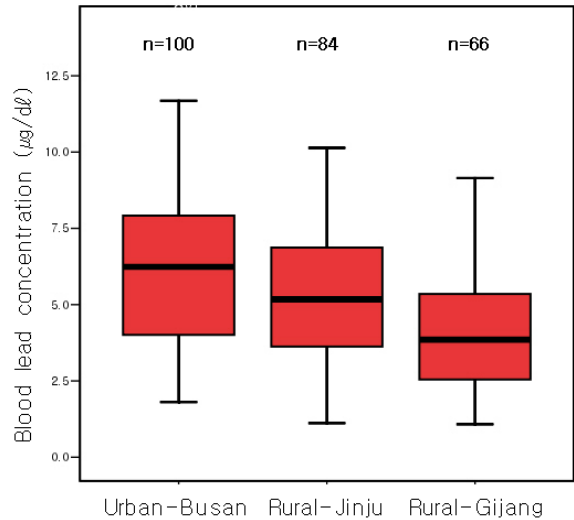


Fig. 2. Differences between the three survey sites in blood lead concentrations.

5.26±2.01 µg/dl, 부산 인근 기장지역 주민이 4.54±3.43 µg/dl로 사후 분석 결과 부산지역 여성 군과 부산 인근 기장지역 여성군 간에 유의한 차이(p<0.01)를 보였다.

흡연에 따른 지역 간 평균 혈중 납 농도를 살펴보면 부산지역 흡연자들의 평균 농도는 5.28±2.21 µg/dl, 진주 농촌지역 주민은 5.47±2.18 µg/dl, 부산 인근 기장지역 주민은 4.35±1.15 µg/dl이었고 집단 간 유의한 차이(p=0.26)가 없었다. 비흡연 대상자들을 살펴보면 부산지역 주민은 6.66±2.80 µg/dl, 진주 농촌지역 주민은 5.37±2.04 µg/dl, 부산 인근 기장지역 주민은 4.52±3.24 µg/dl이므로 부산지역 비흡연자와 기장지역 비흡연자 간에 유의한 차이(p<0.01)가 관찰되었다. 과거흡연 경험이 있는 대상자들을 비교해보면 부산지역 주민은 6.08±3.64 µg/dl, 진주 농촌지역 주민은 5.47±2.59 µg/dl, 부산 인근 기장지역 주민은 3.98±2.33 µg/dl이었고 집단 간 유의한 차이(p=0.29)가

Table 2. The mean levels of blood lead in three survey areas

Characteristics	Urban-Busan (N=100)	Rural-Jinju (N=84)	Rural-Gijang (N=66)	p	
Concentration	6.38±2.86 <sup>a</sup>	5.41±2.16	4.50±2.87	<0.01	
Age	-49	-	6.43±1.81 <sup>b</sup>	0.03	
	50-59	6.54±2.95 <sup>a</sup>	5.35±2.17 <sup>b</sup>	<0.01	
	60-69	6.27±2.82	5.94±2.24	0.63	
	70-	4.68	5.08±2.13	4.74±2.60	0.85
Gender	Male	6.50±3.25 <sup>a</sup>	5.73±2.45	4.44±1.66	0.01
	Female	6.31±2.65 <sup>a</sup>	5.26±2.01	4.54±3.43	<0.01
Smoking status	Current	5.28±2.21	5.47±2.18	4.35±1.15	0.26
	Never	6.66±2.80 <sup>a</sup>	5.37±2.04	4.52±3.24	<0.01
	Previous	6.08±3.64	5.47±2.59	3.98±2.33	0.29

Values are M±SD.

<sup>a</sup>p<0.05 significant differences between Urban-Busan and Rural-Gijang

<sup>b</sup>p<0.05 significant differences between Rural-Jinju and Rural-Gijang

없었다.

지역 간 혈중 카드뮴 비교

부산지역 주민들의 평균 혈중 카드뮴 농도는 0.85±0.44 µg/l이었고, 진주 농촌지역 주민은 1.57±0.78 µg/l, 부산 인근 기장지역 주민은 0.95±0.54 µg/l으로 진주 농촌지역 주민의 평균 혈중 카드뮴 농도가 가장 높았으며(Fig. 3) 부산지역 주민과 진주 농촌지역 주민들 간에 통계적 유의한 차이(p<0.01)가 관찰되었다(Table 3).

나이에 따른 지역 간 평균 혈중 카드뮴 농도를 살펴보면 49세 이하, 50세 이상 59세 이하, 60세 이상 69세 이하, 70세 이상의 모든 집단군에서 유의한 차이(p<0.01)가 관찰되었다.

성별에 따른 지역 간 평균 혈중 카드뮴 농도를 살펴보면

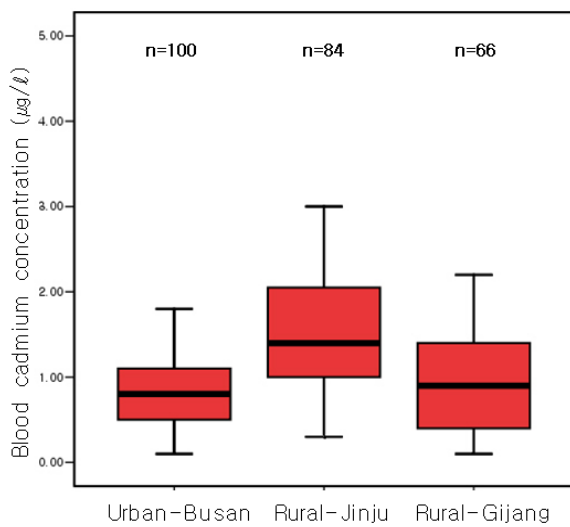


Fig. 3. Differences between the three survey sites in blood cadmium concentrations.

남자의 경우 부산지역 주민은 0.71±0.40 µg/l, 진주 농촌지역 주민 1.35±0.64 µg/l, 부산 인근 기장지역 주민 0.92±0.51 µg/l으로 부산지역 남자군 과 진주 농촌지역 남자군 간 그리고 진주 농촌지역 남자군과 부산 인근 기장지역 남자군 간에 유의한 차이(p<0.01)가 관찰되었다. 여자의 경우 부산지역 주민은 0.93±0.44 µg/l, 진주 농촌지역 주민 1.68±0.82 µg/l, 부산 인근 기장지역 주민 0.96±0.55 µg/l으로 부산지역 여성 군과 진주지역 여성군 간에 통계적 유의한 차이(p<0.01)가 있었다.

흡연에 따른 지역 간 평균 혈중 카드뮴 농도를 살펴보면 부산지역 흡연 대상자들의 농도는 0.70±0.35 µg/l, 진주 농촌지역 주민 2.14±0.97 µg/l, 부산 인근 기장지역 주민 0.99±0.43 µg/l 으로 부산지역 흡연자군과 진주 농촌지역 흡연자군 간 그리고 진주 농촌지역 흡연자군과 부산 인근 기장지역 흡연자군 간에 통계적 유의한 차이(p<0.01)가 보였다. 비흡연 대상자들을 비교해보면 부산지역 주민 0.89±0.47 µg/l, 진주 농촌지역 주민 1.46±0.71 µg/l, 부산 인근 기장지역 주민 0.95±0.58 µg/l으로 부산지역 비흡연자군과 진주 농촌지역 비흡연자군 간 그리고 진주 농촌지역 비흡연자군과 부산 인근 기장지역 비흡연자군 간에 통계적 유의한 차이(p<0.01)가 보였다. 과거 흡연 경험이 있는 대상자들을 비교해보면 부산지역 주민은 0.79±0.32 µg/l, 진주 농촌지역 주민 1.33±0.47 µg/l, 부산 인근 기장지역 주민은 0.93±0.47 µg/l으로 부산지역 과거 흡연자군 과 부산 인근 기장지역 과거 흡연자군 간에 통계적 유의한 차이(p<0.01)가 관찰되었다.

고 찰

납과 카드뮴은 적은 농도이지만 생활환경 중에 존재하고 있고 산업이 발달됨에 따라 오염 량의 증가가 우려되고 있

Table 3. The mean levels of blood cadmium in three survey areas

Characteristics		Urban-Busan (N=100)	Rural-Jinju (N=84)	Rural-Gijang (N=66)	p
Concentration		0.85±0.44 <sup>a</sup>	1.57±0.78	0.95±0.54	<0.01
Age	-49	-	2.16±0.68 <sup>c</sup>	0.81±0.47	<0.01
	50-59	0.93±0.50 <sup>a</sup>	1.45±0.65 <sup>c</sup>	0.96±0.70	<0.01
	60-69	0.79±0.38 <sup>a</sup>	1.48±0.66 <sup>c</sup>	0.93±0.50	<0.01
	70-	0.50	1.64±0.90 <sup>c</sup>	1.02±0.53	<0.01
Gender	Male	0.71±0.40 <sup>a</sup>	1.35±0.64 <sup>c</sup>	0.92±0.52	<0.01
	Female	0.93±0.44 <sup>a</sup>	1.68±0.82	0.96±0.55	<0.01
Smoking status	Current	0.70±0.35 <sup>a</sup>	2.14±0.97 <sup>c</sup>	0.99±0.43	<0.01
	Never	0.89±0.47 <sup>a</sup>	1.46±0.71 <sup>c</sup>	0.95±0.58	<0.01
	Previous	0.79±0.32 <sup>b</sup>	1.33±0.47	0.93±0.47	<0.01

Values are M±SD.

<sup>a</sup>p<0.05 significant differences between Urban-Busan and Rural-Jinju,

<sup>b</sup>p<0.05 significant differences between Urban-Busan and Rural-Gijang,

<sup>c</sup>p<0.05 significant differences between Rural-Jinju and Rural-Gijang

는 환경오염 물질 중 하나이다[2]. 혈중 중금속 농도는 인체 노출 수준의 일부분에 해당되지만 현재 중금속에 노출되고 있는 사람의 건강상태를 알 수 있는 자료가 되기도 한다[1].

혈중 납의 농도는 공기 중의 납이 혈장 내에서 적혈구와 결합하는 시간이 짧고 체내에서의 반감기가 1개월이 채 안되기 때문에 측정시기의 기후 및 공기 중의 납의 함유량, 배기가스 정도 등에 따라 결과치가 다양하게 관찰된다고 한다[4]. 본 연구에서는 부산지역 주민의 평균 혈중 납 농도가  $6.38 \pm 2.86 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 진주 농촌지역 주민  $5.41 \pm 2.16 \mu\text{g}/\text{dl}$ 과 부산 인근 기장지역 주민  $4.50 \pm 2.87 \mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 유의하게 높았다. 본 연구의 평균 혈중 납 농도는 미국 질병관리본부의 어린이 혈중 권고치인  $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ 에 비해 낮은 수준이었으나, 2006년 환경부에서 조사한 국민 혈중 납의 평균 수준  $2.66 \mu\text{g}/\text{dl}$  보다는 높은 수치였다[16]. 이전의 연구를 살펴보면, 1992년 Kim 등[7]의 연구에서는 도시지역 주민들의 평균 혈중 납 농도가  $23.84 \pm 4.58 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 본 연구의 부산지역 주민들의 혈중 납 농도에 비해 매우 높게 나타났는데, 이러한 차이는 1990년대 중반부터 알칼리이 제거된 무연 휘발유의 사용이 의무화 되는 등의 환경규제에 따라 전체 대기 중 납의 농도가 감소하였기 때문으로 설명되어진다. Jung 등[6]의 연구에서는 도시지역 주민들의 평균 혈중 납 농도가  $7.08 \pm 1.61 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 농촌지역 주민들의 평균 혈중 납 농도  $6.75 \pm 1.61 \mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 높게 나타나서 본 연구와 비슷한 경향을 보였고, Moon 등[10]의 연구에서는 서울지역 주민들의 평균 혈중 납 농도가  $4.66 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 부산지역 주민  $4.60 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 천안지역 주민  $5.99 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 함안지역 주민  $3.34 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 전형적 농촌지역인 함안지역 주민들의 혈중 납 농도가 가장 낮고, 천안지역 주민들의 평균 혈중 납 농도가 서울 및 부산 등 대도시지역 보다 더 높게 조사되기도 하였다. 일반적으로 각종 산업체와 공장 및 교통수단에서 배출되는 납이 대기 중에 확산 되어 도시가 농촌보다 많은 영향을 받는 것으로 설명되어지고 있으나, 지리적 특성 및 다양한 오염원의 영향도 고려해야하므로 환경 중의 납의 오염과 생체 영향 평가는 주기적인 조사와 관리가 필요하다고 생각된다. Ikeda 등[3]은 아시아 국가 간 혈중 납 농도를 일반 도시지역 주민들을 대상으로 비교하였는데, 한국인의 평균 혈중 납 농도가  $4.72 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 중국인  $4.58 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 일본인  $3.77 \mu\text{g}/\text{dl}$ 에 비해 다소 높게 나타났으나, 최근 크게 발전하고 있는 중국 상하이 지역 주민들의 경우 평균 혈중 납 농도가  $5.5 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 한국인 보다 높게 관찰되었다. 이는 납의 환경적 노출이 거주하는 지역의 대기 및 수질, 토양 등 환경오염 상태에 의한 것으로 설명되어진다.

카드뮴의 체내 흡수는 공기를 통한 호흡기계 흡수와 오염된 토양에서 자란 곡식과 물을 섭취함으로써 생기는 소화기계 흡수로 이루어지며 1일 체내 섭취량은 통상  $2-8 \mu\text{g}$  정도라고 알려져 있다[5]. Lee 등[9]은 카드뮴에 폭로된 기왕력이 없는 성인

남녀 근로자들의 평균 혈중 카드뮴 농도가  $1.28 \pm 1.03 \mu\text{g}/\text{l}$ 으로 보고하였으며, 경남 농촌지역 주민을 대상으로 한 연구에서는 평균 혈중 카드뮴 농도가  $1.60 \pm 0.80 \mu\text{g}/\text{l}$ [8], 인천시내 대학생들의 평균 혈중 카드뮴 농도는  $0.8 \mu\text{g}/\text{l}$  [15]로 대개 도시지역 주민들의 혈중 카드뮴 농도가 농촌지역 주민들에 비해 낮게 조사되었다. Moon 등[10]의 연구에서도 서울지역 주민의 평균 혈중 카드뮴의 농도는  $1.21 \mu\text{g}/\text{l}$ , 부산지역 주민  $1.25 \mu\text{g}/\text{l}$ , 천안지역 주민  $1.03 \mu\text{g}/\text{l}$ , 함안지역 주민  $1.55 \mu\text{g}/\text{l}$ 으로 전형적 농촌지역인 함안지역 주민의 혈중 카드뮴 농도가 다른 도시 주민들에 비해 높게 관찰되었다. 본 연구에서도 진주 농촌지역 주민들의 평균 혈중 카드뮴 농도가  $1.57 \pm 0.78 \mu\text{g}/\text{l}$ 으로 부산지역 주민  $0.85 \pm 0.44 \mu\text{g}/\text{l}$ , 부산 인근 기장지역 주민  $0.95 \pm 0.54 \mu\text{g}/\text{l}$ 보다 유의하게 높게 관찰되어 이전 연구와 일치하는 양상이 관찰되었다. 이처럼 농촌지역 주민의 혈중 카드뮴 농도가 도시지역 주민들보다 높은 이유는 농촌지역에서 재배한 농작물의 종류와 재배 양이 늘어남에 따라 농약이나 화학비료의 사용량이 많아지므로 환경적으로 카드뮴에 노출될 가능성이 많아진 것이라고 추정하고 있으나, 이에 대해서는 향후 충분한 연구가 필요하다고 생각된다. Ikeda 등 [3]의 아시아 국가 간 일반 도시지역 주민을 대상으로 한 평균 혈중 카드뮴 농도를 살펴보면 일본인의 평균 혈중 카드뮴 농도가  $1.82 \mu\text{g}/\text{l}$ 으로 한국인  $1.37 \mu\text{g}/\text{l}$ , 중국인  $0.61 \mu\text{g}/\text{l}$ 에 비해 높게 나타났으며 대체로 아시아인의 혈중 카드뮴 농도가 미국인의 혈중 카드뮴 농도  $0.47 \mu\text{g}/\text{l}$ , 독일인  $0.44 \mu\text{g}/\text{l}$ 보다 높게 관찰되었다[16]. 이러한 우리나라와 일본을 비롯한 아시아 국민들의 카드뮴 농도 상승의 주요원인은 주식으로 쌀의 섭취가 주요 원인으로 파악되고 있다[10,21]. 특히, 일본의 경우 소비되는 쌀의 카드뮴 함유량이 다른 나라보다 높은 것도 이러한 이유로 설명되어진다[10]. 카드뮴 노출의 99%가 음식을 통한 흡수라고[12] 설명될 만큼 개개인의 식습관에 대한 추적 관찰이 중요시되고 있으므로, 향후 연구에서는 음식물에 함유된 카드뮴의 함유량 조사 및 개개인의 섭취 정도에 따른 분석도 이루어져야 될 것으로 생각된다.

흡연은 인체 카드뮴 농도에 영향을 미치는 요인으로 알려져 있다. 담배 1개비에는 카드뮴이  $0.9-2.3 \mu\text{g}$  정도 포함되어 있어 흡연자와 비흡연자간의 혈중 및 요중 카드뮴 농도에 영향을 주는 것으로 알려져 있고[20], Lee 등[8], Shin 등[15], Watanabe 등[19]의 연구에서도 흡연에 따라 혈중 카드뮴 농도가 증가한다고 보고하였다. 본 연구의 경우 흡연자군의 비교에서 진주 농촌지역 주민의 평균 혈중 카드뮴 농도가  $2.14 \pm 0.97 \mu\text{g}/\text{l}$ 로 부산지역 주민의 평균 혈중 카드뮴 농도  $0.70 \pm 0.35 \mu\text{g}/\text{l}$ 보다 3배가량 높게 관찰되었으므로 향후 진주 지역의 주민들의 정확한 흡연량 및 간접흡연 노출에 따른 추가 조사가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

본 연구에서는 도시 지역과 농촌 지역 간에 따라 혈중 납 및 혈중 카드뮴의 농도에 차이가 있음을 알 수 있었으

나, 일부 지역 주민들의 결과만으로 우리나라 전체 도시와 농촌지역 주민의 혈중 납 및 카드뮴 농도에 대한 차이를 단언하기에는 한계가 있었고, 각 연구 대상군별 연령을 정확히 일치시키지 못하고 거주 지역 및 성별, 흡연 요인만으로 노출 요인을 구명하기가 어려웠다. 하지만 작업장내의 직업적 폭로가 아닌 도시와 농촌 간의 지역적 차이에 관한 연구로써 의미 있는 연구라 생각되며, 향후 혈중 납과 카드뮴의 체내 축적을 줄이기 위하여 보다 더 많은 대상자들의 조사와 더불어 지역적, 환경적 차이 및 개인의 식습관, 생활양식에 따른 혈중 납과 카드뮴의 노출 평가가 필요할 것으로 생각된다.

### 요 약

본 연구에서는 도시 지역 주민들과 농촌 지역 주민들을 대상으로 지리적 환경 차이에 따른 혈중 납 및 혈중 카드뮴 농도를 조사하여 노출 정도를 알아보고자 하였다. 연구 대상은 2007년 7월 1일에서 8월 30일 까지 경남의 전형적인 농촌 마을(진주) 주민 84명과 부산 인근의 반농촌마을(기장) 주민 64명, 대도시 부산지역 주민 100명을 선정하여 연구를 수행하였으며, Graphite furnace를 갖춘 비불꽃 원자 흡광기를 이용하여 분석하였다. 평균 혈중 납 농도는 대도시 부산지역 주민이  $6.38 \pm 2.86 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이었으며, 진주 농촌지역 주민들은  $5.41 \pm 2.16 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 부산 인근의 기장지역 주민들은  $4.50 \pm 2.87 \mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 부산지역 주민들의 평균 혈중 납 농도가 가장 높았으며 부산지역 주민의 혈중 납 농도와 부산 인근 기장지역 주민의 혈중 납 농도간 유의한 차이( $p < 0.01$ )를 보였다. 평균 혈중 카드뮴 농도는 대도시 부산지역 주민이  $0.85 \pm 0.44 \mu\text{g}/\text{l}$ 이었고, 진주 농촌지역 주민이  $1.57 \pm 0.78 \mu\text{g}/\text{l}$ , 부산 인근의 기장지역 주민  $0.95 \pm 0.54 \mu\text{g}/\text{l}$ 으로 진주 농촌지역 주민들의 평균 혈중 카드뮴 농도가 가장 높았으며 부산지역 주민과 진주 농촌지역 주민들 간에 통계적 유의한 차이( $p < 0.01$ )가 관찰되었다. 본 연구에서는 도시 지역과 농촌 지역 간에 따라 혈중 납 및 혈중 카드뮴의 농도에 차이가 있음을 알 수 있었으나, 일부 지역 주민들의 결과만으로 우리나라 전체 도시와 농촌지역 주민의 혈중 납 및 카드뮴 농도에 대한 차이를 단언하기는 어렵다고 생각된다. 하지만 작업장 내의 직업적 폭로가 아닌 도시와 농촌 간의 지역적 차이에 관한 연구로써 의미 있는 연구라 생각되며, 향후 혈중 납과 카드뮴의 체내 축적을 줄이기 위하여 보다 더 많은 대상자들의 정밀한 조사가 이루어져야 될 것으로 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 2007학년도 동아대학교 학술연구비(공모)에 의하여 연구되었음.

### References

- David, O. J., H. L. Wintrob, and C. G. Arcoleo. 1982. *Blood lead stability Arch. Environ. Health* **37**, 147-150.
- Friberg, L., G. F. Norberg, and V. B. Vouk. 1986. *Handbook on the toxicology of metals*. 1st ed. Elsevier/north-Holland and Biomedical Press, Amsterdam.
- Ikeda, M., Z. W. Zhang, S. Shimbo, T. Watanabe, H. Nakatsuka, C. S. Moon, N. M. Inogucki, and K. Higashikawa. 2000. Urban population exposure to lead and cadmium in east and south-east Asia. *Sci. total environ.* **249**, 373-384.
- Jaworski, J. F. Effect of lead in the environment-1978. 1979. *National research council Canada. NRCC Associate Committee on Scientific Criteria.* 301-312.
- Jeong, H. S., D. B. Lee, and Y. C. Cho. 1991. A study on the blood lead and cadmium concentration levels of rural residents. *Res. Rep. Env. Sci. Technology Chungnam Univ. Korea* **9**, 61-73.
- Jung, K. Y., B. G. Kim, Y. S. Hong, Y. E. Lee, and J. Y. Kim. 1996. The level of blood lead zine protoporphyrin for healthy urban rural population in Korea. *The Dong-a J. of Med.* **8**, 53-61.
- Kim, D. I., Y. K. Kim, J. M. Kim, K. Y. Jung, J. Y. Kim, H. S. Chang, Y. H. Lee, and A. H. Choi. 1992. The level of blood lead and zine protoporphyrin for healthy urban population in Korea. *Korean J. of preventive Medicine* **25**, 287-302.
- Lee, M. J., D. H. Moon, Y. H. Jo, J. T. Lee, Y. S. Han, and K. Y. Jeong. 1995. Heavy metal concentration in serum of rural inhabitants. *Inje medical journal* **16**, 311-325.
- Lee, S. H., H. A. Kim, C. Y. Park, B. K. Lee, K. M. Lee, and K. S. Cho. 1986. Blood cadmium concentration in occupationally non exposed Korean to cadmium. *Korean Journal of Occupational Health* **25**, 103-107.
- Moon, C. S., Z. W. Zhang, S. Shimbo, T. Watanabe, D. H. Moon, C. U. Lee, B. K. Lee, K. D. Ahn, S. H. Lee, and M. Ikeda. 1995. Dietary intake of cadmium and lead among the general population in Korea. *Environ. Res.* **71**, 46-54.
- NIOSH. The Adult Blood Lead Epidemiology and Surveillance Program (ABLES). available from <http://www.cdc.gov/niosh/ables.html>.
- Oh, E. H., E. I. Lee, H. S. Lim, and J. Y. Jang. 2006. Human multi-route exposure assessment of lead and cadmium for Korean volunteers. *J. Prev. Med. Public. health* **39**, 53-58.
- Schwartz, J. and D. Otto. 1987. Blood lead, hearing threshold, and neurobehavioral development in children and youth. *Arch. Environ. Health* **42**, 153-160.
- Sharp, D. S., J. Osterloh, C. E. Becker, A. H. Smith, B. L. Holman, and J. M. Fisher. 1989. Elevated blood pressure in treated hypertensives with low level lead accumulation. *Arch. Environ. Health* **44**, 18-22.
- Shin, J. Y., J. H. Lim, S. G. Park, J. N. Lee, M. Jang, C. S. Huh, D. H. Kang, and Y. C. Hong. 2004. Influence of smoking on blood cadmium concentration in university students.

- J. Prev. Med. Public. Health* **37**, 225-231.
16. The Ministry of Environment. 2006. A results on the blood levels of heavy metal concentration in Korean.
  17. The Ministry of Environment. 2001. Multi-route exposure assessment to risk of environmental contaminants.
  18. Thomas, K. W., E. D. Pellizzari, and M. R. Berry. 1999. Population-based dietary intakes and tap water concentrations for selected elements in the EPA region V national human exposure assessment survey. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* **9**, 402-413.
  19. Watanabe, T., M. Ikeda, A. Koizumi, H. Fujita, and M. Kumai. 1983. Cadmium levels in the blood of inhabitants in nonpolluted areas in japan with special references to aging and smoking. *Environ. Research* **31**, 472-483.
  20. WHO. 1980. Recommended health-based limits in occupational exposure to heavy metals. report of a who study group World health organ. *Tech. Rep. Ser.* **647**, 1-116.
  21. Zhang, Z. W., C. S. Moon, T. Watanabe, S. Shimbo, F. S. He, Y. Q. Wu, S. F. Zhou, D. M. Su, J. B. Qu, and M. Ikeda. 1997. Background exposure of urban populations to lead and cadmium: comparison between china and Japan. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **69**, 273-281.