

ORIGINAL ARTICLE

## 지역 특성에 따른 주민의 혈중 Pb 농도와 요중 Cotinine의 농도

오유진 · 김형욱 · 김윤재 · 한윤덕 · 정성현 · 이종대 · 장봉기 · 이진현<sup>1)</sup> · 손부순\*

순천향대학교 환경보건학과, <sup>1)</sup>공주대학교 환경교육과

### Level of Blood Lead and Urine Cotinine of Residents by Area

Yu-Jin Oh, Hyoung-Wook Kim, Yun-Jae Kim, Yoon-Deok Han, Sung-Hyeon Jung,  
Jong-Dae Lee, Bong-Ki Jang, Jin-Heon Lee<sup>1)</sup>, Bu-Soon Son\*

Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Asan 31538, Korea

<sup>1)</sup>Department of Environmental Education, Kongju National University, Kongju 32588, Korea

#### Abstract

The National Institute of Environmental Research (3rd KONEHs) conducted a survey of 280 residents in Ulsan, Suwon and Asan, and the concentration of heavy metals in the blood and urine were also analyzed. In case of blood lead concentration, Ulsan 2.27  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , Suwon 2.08  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , and Asan 1.75  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , the high peak in Ulsan, and the low peak in Asan. In case of cotinine concentration, Ulsan smoking(609.16  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ ) is higher than nonsmoking(74.07  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ ), as Suwon and Asan smoking(416.72  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 903.21  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ ) is higher than nonsmoking(72.72  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 18.06  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ ), smoking group is higher than nonsmoking group in all areas revealed statistically significant correlation( $p < 0.01$ ). In considering results synthetically, these study results are an aid to constructing environmental health science-side heavy metal management measure education programs for normal residents.

**Key words** : Blood lead, Urine cotinine, Residents

#### 1. 서론

우리나라의 산업화는 1970년대부터 본격적으로 진행되어 우리 생활에 편리성과 도움을 주었지만, 이로 인해 발생하는 환경오염현상은 인간의 건강에 다양한 경로로 피해를 주고 있다(Choi et al., 2017). 환경문제는 더 이상 단순한 환경오염의 방이나 자연보호에 그치는 것이 아니라 쾌적하고 안락한 환경의 질을 요구하는 수준까지 이르고 있다(Choi and Kim, 2006; Hong et al., 2017).

또한 토양, 대기, 물, 식품 등의 환경뿐만 아니라 각종 산업 공정에서 여러 가지 중금속의 사용이 증가되면서 이들 중금속에 대한 직업적인 고농도 폭로 이외에도 일반 환경 내에서의 만성적인 저농도의 폭로는 생체 내에 축적이 되므로 건강에 미치는 영향도 중요한 문제로 대두되고 있다(Jo, 2008; Jeong et al., 2018).

인체 내 중금속 농도는 건강한 사람이라 할지라도 생활 습관, 인종, 지리적 조건, 환경오염 등 다양한 인자들에 의해 차이가 큰 것으로 알려져 있다(Kim et al.,

Received 30 November, 2018; Revised 15 February, 2019;  
Accepted 15 February, 2019

\*Corresponding author: Bu-Soon Son, Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Asan 31538, Korea  
Tel : +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.

2009; Lee et al., 2015).

환경유해물질의 노출과 건강영향의 관련성을 파악할 경우, 생체지표물질(biomarker)의 사용이 보편화 되어 있으며, biomarker는 유해물질의 노출이나 질병의 진행과 연관이 있는 생체내의 화학적, 분자생물학적 또는 세포내의 측정 가능한 물질을 일컬으며, 이는 노출과 용량의 지표로서 인체노출평가에 점점 더 많이 활용되고 있다(Jung et al., 2012).

유해환경으로부터 국민건강 및 생태계를 보호하기 위해 우리나라에서는 환경성 질환에 대한 감시체계 구축과 산모·영유아 등 환경오염 민감계층과 폐광, 산단 주변지역 주민의 건강보호를 위한 사전예방적 환경보건정책을 적극 추진·시행하고 있다(ME, 2014).

납의 급성노출로는 신장계 이상 및 복통, 변비, 경련, 메스꺼움, 체중감소, 식욕감퇴 등의 증상이 포함되는데, 성인의 경우에 혈중 납 농도가 100-200  $\mu\text{g}/\text{dl}$  수준에서 이러한 증상이 나타난다고 알려져 있다. 또한 조혈계 영향으로 빈혈을 유발하는데, 빈혈은 직업적 노출로 인한 유해 영향과 관련이 있으며, 주로 임상적으로 쉽게 진단할 수 있어 납 독성의 지표로서 사용되고 있다. 특히 뼈는 납에 의한 유해 영향을 받는 표적기관으로, 출산 후의 여성에서 뼈의 대사에 유해한 영향을 미칠 수 있으며 골다공증을 유발할 수도 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 납의 만성적 노출의 경우는 납 노출에 의한 중추신경계 장애에 관한 연구는 1960년대부터 시작되었으며, 소아 및 어린이의 신경계 이상에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 1992년까지 이루어진 대규모 전향적 역학적 연구들은 생활환경에서 저농도의 납에 만성적으로 노출되는 경우 아동의 신경계 발달과정이 영향을 받는다고 보고하였다(Oh and Lee., 2015).

중금속 물질인 카드뮴은 어패류, 채소류 등의 식품물을 섭취하거나 흡연 및 도시, 산업단지 주변 지역의 대기가 일반인들의 주요 노출원으로 알려져 있는데, 카드뮴은 극히 미량일지라도 인체에 독성이 강하여 유해하고 체내에서 쉽게 분해되지 않고 체외로 쉽게 배출되지 않아 누적되는 경향이 있는 중금속으로 주로 호흡기로 흡수된다(Kim et al., 2016). 카드뮴은 주위 환경과 근무환경에서 노출될 수 있는 중금속으로, 카드뮴이 체내로 유입될 경우 혈장 단백질과 결합하여 간과 신장에 축적되는데 이는 호르몬대사 및 각종 질병의 원인이 된다.

카드뮴에 만성적으로 노출될 경우 신장의 세뇨관 기능 저하, 폐 섬유화, 후각 장애, 빈혈, 신경독성, 고환 손상 등이 유발될 수 있고, 급성 중독될 경우 발열, 오한, 구토 등의 소화기장애와 기침, 두통, 호흡 곤란 및 폐렴 등의 호흡기계 증상이 유발된다(Yizhang et al., 2015). 이처럼 카드뮴은 고혈압, 동맥 경화 등의 심혈관계 질병의 위험 인자로도 잘 알려진 발암성 물질이다(Baek, 2016).

카드뮴은 적은 농도이지만 생활 환경중에 존재하고 있고 본 연구대상 지역인 국가산업단지에서는 노출이 우려되는 환경오염물질 중 하나이다.

니코틴은 주로 신장에서 그 주요 대사산물인 코티닌으로 산화되고, 일부는 니코틴 그 자체로 신장에 의해 요중으로 배출되어(Byun, 1997; Ju, 2000) 소변 중 니코틴 및 코티닌의 농도는 직접흡연 및 ETS의 척도로 인정되고 있다. 그리고 이중 코티닌은 체내 배출 반감기가 17-20여 시간으로 니코틴의 2시간보다 훨씬 길어서 간접흡연의 정도를 측정할 수 있는 좋은 생체지표로 이용되고 있으며(Kwak and Hwang, 2016), 우리나라의 일반 성인의 요중 코티닌 농도 범위는 흡연그룹 800.6  $\mu\text{g}/\text{g creatinine}$ , 비흡연그룹 9.76  $\mu\text{g}/\text{g creatinine}$  분포로 보고되고 있다(NIER, 2008).

환경오염에 의한 중금속 노출은 작업장에서의 직업적 노출보다는 노출수준이 매우 낮고, 사람마다의 생활습관에 따라 그 정도가 달라진다고 알려져 있으며(Kim et al., 2009) 체내에 들어오는 오염물질의 양은 연령, 흡연, 음주 등과 관련이 있는 것으로 제시되고 있다(Kim et al., 2010). 최근에는 일반 인구집단을 대상으로 개인특성 및 생활습관과 관련된 연구가 진행되고는 있으나 최근 오염물질의 만성적인 건강영향이 우려되는 만큼 이에 대한 많은 연구가 필요하다.

본 연구에서 연구대상지역인 수원은 대도시, 아산은 농촌지역, 울산은 2곳의 국가산업단지와 6곳의 일반산업단지 등을 포함한 산업단지지역으로 우리나라의 경우 지역적 특성에 따른 지역주민들의 중금속 농도의 파악이 필요한 시점으로 생각된다. 따라서 본 연구는 일부 유해 환경오염물질 및 그 대사물질의 인체노출수준을 파악하고 거주지를 중심으로 이 노출수준에 영향을 미칠 수 있는 요인을 파악하여 정부의 정책결정에 있어서 기초자료로 제공하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상

본 연구는 국립환경과학원에서 실시한 ‘제3차 국민 생체시료 중 유해물질 실태조사(2008)’에서 울산, 수원, 아산 지역의 주민 총 280명을 대상으로 실시된 설문조사와 혈중 및 요중 중금속 농도 자료를 분석하였다.

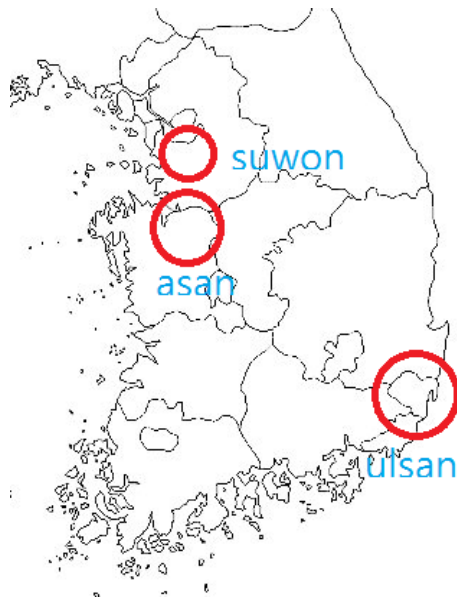


Fig. 1. Location of study area.

연구대상자는 지리적 분포, 연령·성별 등 인구학적 분포 등을 고려하여 울산은 산단지역, 수원은 대도시, 아산은 농촌지역으로 선정하였다(Fig. 1.).

설문지는 국립환경과학원에서 만든 설문지를 이용하였으며, 혈중 납 농도 및 요중 코티닌의 농도에 영향을 줄 수 있는 영향 요인을 파악하기 위하여 사전에 충분히 교육된 조사요원의 직접 면접을 통해 설문조사를 실시하였고 국립환경과학원에서 만든 설문지를 이용하여 성별, 연령, 음주여부, 흡연여부, 도로와의 거리 등 대상자의 특징에 대해 조사하였다.

### 2.2. 시료분석방법

#### 2.2.1. 혈중 납

혈중 납의 측정법은 흑연로원자흡수분광법을 이용하였으며, 장비는 Atomic absorption spectrometer(Varian, AA240Z)를 사용하였다. 분석조건은 Table 1와 Table 2과 같다. 흑연로는 흑연튜브를 상온 - 2,500℃ 이상까지 가열할 수 있으며 Zeeman 보정장치가 장착된 것으로 하였다. 진공음극관램프는 아래와 같은 파장이 방출되는 전용램프를 사용하고 운반기체는 부피백분율 99.999% 이상의 아르곤으로서 유량은 0.0-250 mL/min, 온도는 단계별 프로그램화하여 사용하였다(NIER, 2006).

#### 2.2.2. 요중 코티닌

요중 코티닌은 Gas chromatograph-mass selective

Table 1. Analytical condition of AA

	Analysis wavelength (nm)	Ray current (mA)	Slit width (nm)	Sign mode
Setting	283.3	10	0.7	peak area

Table 2. Temperature program of AA

Step NO.	Temperature (°C)	Ramp time (sec)	Hold time (sec)	Internal flow	Read
1	110	5	450	250	
2	450	15	10	250	
3	550	10	1	250	
4	1900	0	3	0	V
5	2800	1	3	250	

\* injection temp : 20 °C, pipet speed : 80%



Fig. 2. AAS(Varian, AA240Z).



Fig. 3. GC-MS(Perkin Elmer, Clarus 600T).

detector(Perkin Elmer, Clarus 600T)을 이용하여 분석하였다. 분석기기의 분석조건은 다음과 같다(Table 3).

### 2.3. 통계분석

본 연구에서는 자료 분석을 위하여 SPSS program package (ver, 22.0. SPSS Inc.)를 사용하여 통계분석을 실시하였다. 연구대상자들의 일반적인 특성, 생체 내 중금속 농도는 평균, 표준편차 등의 기술통계 분석을 이용하였으며, 각 요인에 따른 중금속 농도의 평균차이 검정은 t-test를 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 설문결과

거주환경을 그 특성에 따라 각각 산업단지와 대도시, 농촌지역으로 나누고 일상 생활환경 즉, 저농도 수준에서의 생체시료 중 혈중 납 농도와 요중 코티닌 농도를 파악하여 주민의 건강영향 가능성을 평가하고자 하였다.

연구 대상자 280명을 대상으로 설문조사를 실시하였고, 각 질문항목에서 무응답의 경우는 제외하였다. 대상자들의 성별은 울산은 남녀 각각 54명과 86명으로 나타

Table 3. Analytical condition of GC-MS

Content	Condition	
Dectector	Mass Selective Dectector (MSD)	
Colume	Agilent DB-5MS (30 m×0.25 mm, 0.25 um)	
Temperatures	Column	initial temperature 70℃ 15℃/min to 250℃ hold 0.50 min
	Injector	240℃
	Transfer Line	240℃
Carrier Gas	Helium 1.1 mL/min Constant Flow	
Split	Splitless, Split on after 1 min(49:1)	
Sample Volume	1 μl	
Ionization Type	Electron Impact Ionization (EI)	
Ionization Energy	70eV	
Multiplier(V)	350V	

Table 4. General characteristics of subject

Characteristics		Ulsan		Suwon		Asan		Total	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Gender	Male	54	38.6	25	25.8	4	16.7	83	31.8
	Female	86	61.4	72	74.2	20	83.3	178	68.2
Age (year)	<50	40	28.6	9	9.3	5	20.8	54	20.7
	51-60	36	25.7	23	23.7	3	12.5	62	23.7
	61-70	42	30.0	21	21.6	9	37.5	72	27.6
	≥70	22	15.7	44	45.4	7	29.2	73	28.0
Drinking	Yes	57	40.7	24	24.7	9	37.5	90	34.5
	No	83	59.3	73	75.3	15	62.5	171	65.5
Smoking	Yes	26	18.6	15	15.5	7	29.2	48	18.4
	No	114	81.4	82	84.5	17	70.8	213	81.6
Distance to road (m)	<50	23	16.4	11	11.3	7	29.2	41	15.7
	50-100	71	50.7	30	30.9	3	12.5	104	39.8
	100-300	26	18.6	45	46.4	7	29.2	78	29.9
	≥300	10	7.1	9	9.3	7	29.2	26	10

났고 수원과 아산도 각각 25명과 72명, 4명과 20명으로 여성이 남성보다 많았다. 조사대상자의 연령은 50대 이하, 50대, 60대, 70대 이상으로 구분하였다.

전체 조사대상자 중 65.5%(171명)이 술을 마시지 않는 것으로 응답하였으며, 81.6%(213명)이 비흡연자로 나타났다. 현재 거주지에서 도로와의 거리를 조사하였을 때 39.8%의 주민이 도로 50-100 m 범위에 거주하고 있었다(Table 4).

### 3.1.1. 지역에 따른 혈중 Pb 농도

혈중 Pb 농도 결과 Table 5와 같이 나타났다. 울산 2.27  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 수원 2.08  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 아산 1.75  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 울산에서 가장 높게 나타났고, 아산 지역에서 가장 낮게 나타났다. NIER(2009)의 보고에 의하면 대기 중 Pb 농도가 수원(0.0601  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )과 울산(0.0691  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )으로 큰 차이를

나타내지 않았으며, 혈중 Pb 농도의 경우도 두 지역간의 비슷한 양상이 나타났다.

### 3.1.2. 흡연에 따른 혈중 Pb 농도

연구대상자들의 지역별 흡연군 및 비흡연군을 Table 6에 나타내었다. 울산의 경우 흡연군의 혈중 Pb 농도는 2.67  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 비흡연군의 혈중 Pb 농도는 2.20  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 차이를 나타내지 않았고, 또한 수원의 흡연군 3.12  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 비흡연군 1.96  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 흡연군과 비흡연군의 혈중 Pb 농도는 통계적으로 유의하지는 않았다.

아산은 흡연군 2.25  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 비흡연군 1.71  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 흡연군이 비흡연군에 비해 혈중 Pb 농도가 높았고 이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.05$ ).

울산지역은 흡연군 26명, 비흡연군 114명으로 나타났고, 수원은 흡연군 15명, 비흡연군 82명이었으며, 아산은

Table 5. Level of Pb in blood by area

(unit :  $\mu\text{g}/\text{dl}$ )

Area	N <sup>a</sup>	Mean±S.D <sup>b</sup>	G.M <sup>c</sup>	p-value
Ulsan	140	2.27±1.11	2.01	
Suwon	97	2.08±1.18	1.79	0.100
Asan	24	1.75±0.52	1.68	

<sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation, <sup>c</sup>GM : geometric mean

**Table 6.** Level of Pb in blood by smoking/non smoking(unit :  $\mu\text{g}/\text{dL}$ )

Area	Smoking		Non smoking		p-value
	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	
Ulsan	26	2.67 $\pm$ 0.90	114	2.20 $\pm$ 1.14	0.131
Suwon	15	3.12 $\pm$ 1.92	82	1.96 $\pm$ 1.01	0.091
Asan	7	2.25 $\pm$ 0.75	17	1.71 $\pm$ 0.49	0.036*

\*p<0.05, <sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation**Table 7.** Level of Pb in blood by age(unit :  $\mu\text{g}/\text{dL}$ )

Area	<50		51-60		61-70		$\geq$ 70	
	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>
Ulsan	40	2.18 $\pm$ 1.01	36	2.14 $\pm$ 0.91	42	2.76 $\pm$ 1.60	22	2.12 $\pm$ 0.67
Suwon	9	1.66 $\pm$ 0.95	23	1.88 $\pm$ 0.80	21	2.20 $\pm$ 0.91	44	2.20 $\pm$ 1.33
Asan	5	1.67 $\pm$ 0.57	3	1.65 $\pm$ 0.68	9	1.80 $\pm$ 0.45	7	1.94 $\pm$ 0.65

<sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation

흡연군 7명, 비흡연군 17명으로 나타났다. 또한 울산은 흡연율이 10.14%, 수원은 흡연율 18.6% 이었으나 아산은 29.2%로 흡연율이 타 지역에 비해 높은 경향을 보였다.

Park et al.(2008)의 연구에 따르면 혈중 Pb 농도 결과, 비흡연군의 기하평균은 2.61  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 흡연군의 기하평균 3.44  $\mu\text{g}/\text{dL}$  보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다(p<0.001).

본 연구 결과, 아산 지역에서 비흡연군이 1.71  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 흡연군의 2.25  $\mu\text{g}/\text{dL}$  보다 낮게 나타났다(p<0.05). 이는 담배에 함유된 유해물질 중 하나인 Pb 성분 때문으로 판단되며(MFDS, 2018), 흡연이 혈중 Pb 농도에 높은 원인으로 생각된다.

### 3.1.3. 연령에 따른 혈중 Pb 농도

연령에 따른 혈중 Pb 농도 결과, 50대 이하 연령그룹과 61-70세 연령그룹을 비교하여보면, 연령이 증가할수록 울산은 50대 이하 그룹 2.18  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 61-70세 그룹 2.76  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 아산은 50대 이하 그룹에서 1.67  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 61-70세 그룹에서 1.80  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 나타났다(Table 7). 모든 지역에서 연령이 증가할수록 Pb의 농도가 높아지는 경향을 보이고 있는 것으로 생각된다. 이와 마찬가지로

혈중 Pb 농도는 연령이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다(Han et al., 2016).

Im et al.(2013) 연구에서 혈중 Pb의 농도를 보면 대전 1.84  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 충남 2.05  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 충북 2.67  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 충북 지역에서 높은 농도로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01). 각종 산업체와 공단 및 교통수단에서 배출되는 Pb의 경우 대기 중에 확산되어 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

본 연구결과에서도 전체 연령군에서 울산보다 아산이 낮은 농도를 나타내었는데 이는 산단지역인 울산에 비해 상대적으로 공단 및 교통수단이 적은 아산의 지역적인 특성 때문으로 보여지며, 향후 산단지역에 대한 공기질 관리 대책 수립 시 이러한 결과가 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 3.1.4. 성별에 따른 혈중 Pb 농도

성별에 따른 혈중 평균 Pb 농도를 Table 8에 나타내었다. 울산의 경우에 혈중 Pb 농도는 남성 2.61  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 여성 1.95  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 으로 남성이 여성에 비해 높은 값을 나타내었고, 수원의 경우 남녀 간 차이의 정도가 컸다(p<0.01). 세 지역 모두 남성의 혈중 Pb 농도가 여성보다 높았고, 이는 통계적으로 유의하였다(p<0.05).

**Table 8.** Level of Pb in blood by gender(unit :  $\mu\text{g}/\text{dl}$ )

		N <sup>a</sup>	Mean±SD <sup>b</sup>	p-value
Ulsan	Male	54	2.61±1.20	0.001**
	Female	86	1.95±0.86	
Suwon	Male	25	3.22±1.45	0.000**
	Female	72	1.64±0.91	
Asan	Male	4	2.20±0.24	0.019*
	Female	20	1.63±0.40	

\*p<0.05 \*\*p<0.01, <sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation**Table 9.** Level of Pb in blood by dietary habit(unit :  $\mu\text{g}/\text{dl}$ )

	N <sup>a</sup>	Mean±SD <sup>b</sup>	p-value
Vegetable	190	2.22±1.14	0.925
Meat	35	2.30±0.83	
Fish, Egg	34	2.17±0.90	

<sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation

Song et al.(2010)이 발표한 「충청북도 일부 폐광산 지역 주민의 만성 납 노출 정도 평가」에서 조사 대상자들 중 남자의 평균 혈중 Pb농도는 3.32  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 여자의 2.55  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 에 비해서 통계적으로 유의하게 높은 것으로 조사되었다(p<0.05).

또, Yoo(2014)의 「한국 성인의 혈중 납, 수은, 카드뮴 농도와 대사 증후군」에서 남성의 혈중 Pb농도는 2.94(1.69)  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 여성의 2.03(0.82)  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 유의하게 높게(p<0.001) 보고되어 본 연구결과와 같은 경향을 보였다.

따라서, 향후 Pb 노출에 대한 예방교육을 실시할 경우, 남성의 Pb 노출에 대해 집중적으로 진행할 필요성이 있을 것으로 생각된다.

### 3.1.5. 식이패턴에 따른 혈중 Pb 농도

식이패턴에 따른 평균 혈중 Pb 농도를 살펴보면, 채식은 2.22  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 육식은 2.30  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 기타(생선, 계란) 2.17  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 육식이 가장 높았고, 채식, 기타 순으로 나타났다(Table 9).

식품을 통한 Pb 섭취량은 육류위주의 식생활을 하는 서양인보다는 채식위주의 동양인에게, 그리고 도시 거주

자보다는 농촌 거주자가 더 많이 섭취하는 것으로 나타났다으므로 채소류의 농약살포로 인한 오염이 큰 원인이라고 생각된다.

각 식품군 섭취빈도에 따른 혈중 중금속 농도 중 채소류에서 시금치는 하루 2회에서 2.89  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , 오이는 주 1회에서 2.46  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났다(Kim, 2013).

이는 본 연구결과보다 높은 수치이며 또한, Lee(2015)에서 식품을 통한 납의 체중당 섭취량과 혈중 Pb 농도 사이에 나타나는 회귀계수는 0.0134(p=0.0053)로, 식이패턴에 따른 Pb의 체중당 섭취량이 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , bw/day 증가할 때마다 혈중 Pb 수준이 0.0134  $\mu\text{g}/\text{dl}$  증가하였고 채소류( $\beta=0.0099$ ; p=0.0014) 섭취시 혈중 Pb의 수준이 0.0099  $\mu\text{g}/\text{dl}$  증가하였다. 이를 통해 채소류의 섭취가 혈중 Pb 농도에 영향을 준다는 본 연구결과를 뒷받침할 수 있을 것이라 생각된다. 따라서 향후 농산물 관리시 Pb 성분에 대한 관리도 포함해야 할 것으로 생각되며 친환경 농산물 생산을 위해 농약살포 대신 친환경 농법 등의 다른 대안이 나와야 할 것으로 사료된다.

3.1.6. 도로와의 거리와 형태에 따른 혈중 Pb 농도  
지역별로 도로와의 거리에 따른 혈중 Pb 농도를

Table 10. Level of Pb in blood by distance to road

(unit :  $\mu\text{g}/\text{dL}$ )

Area	<50m		50-100m		100-300m		$\geq 300$	
	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>
Ulsan	23	2.21 $\pm$ 0.89	71	2.13 $\pm$ 0.99	26	2.39 $\pm$ 1.32	10	2.54 $\pm$ 0.69
Suwon	11	1.85 $\pm$ 0.76	30	2.17 $\pm$ 1.14	45	2.12 $\pm$ 1.30	9	1.80 $\pm$ 1.08
Asan	7	1.78 $\pm$ 0.61	3	1.86 $\pm$ 0.73	7	1.93 $\pm$ 0.43	7	1.62 $\pm$ 0.56

<sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation

Table 11. Level of Pb in blood by road type

(unit :  $\mu\text{g}/\text{dL}$ )

Area	over two-lane road		over four-lane road		over six-lane road	
	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>b</sup>
Ulsan	36	2.17 $\pm$ 0.92	83	2.25 $\pm$ 1.10	11	2.30 $\pm$ 0.58
Suwon	12	2.09 $\pm$ 0.82	62	1.98 $\pm$ 0.98	21	2.40 $\pm$ 1.80
Asan	21	1.81 $\pm$ 0.55	1	2.00 $\pm$ 0.00	2	1.42 $\pm$ 0.70

<sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation

Table 10에 나타났다. 아산의 경우 대체로 거리에 따른 주민수가 고른 경향을 보인 반면에 울산은 대부분의 주민이 도로 50-100 m 이내에 거주하고 있는 것으로 파악되었고, 이들 대상자의 Pb 농도를 살펴보면 50-100 m 이내의 주민이 2.13  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 50 m 이내의 주민이 2.21  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 나타나 거주지와 도로와의 거리가 가까울수록 주민의 혈중 Pb 농도는 높아지는 경향을 보였다.

수원은 50-100 m이내의 주민이 2.17  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 100-300 m이내의 주민이 2.12  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 으로 300 m이상은 1.80  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 보다 높은 농도를 나타냈다.

울산과 수원은 도로의 형태가 비슷한 경향을 보여, 주로 왕복 4차선 도로가 많았고, 아산의 경우는 거의 대부분의 도로가 왕복 2차선 도로인 특이점이 보였다. 각 도시에서 가장 많은 분포를 보인 도로를 위주로 살펴본 결과, 울산에서 왕복 4차선 도로 주변 주민의 혈중 Pb 농도는 2.25  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 수원은 1.98  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이었고 아산의 경우 왕복 2차선 도로주변 주민의 혈중 Pb 농도는 1.81  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이었다. 대도시인 울산과 수원이 통행량이 적은 아산 지역에 비해 주민의 혈중 Pb 농도의 수준이 높게 나타났다. 왕복 2차선 도로의 경우 울산은 2.17  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 수원 2.09  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 아산 1.81  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 으로 울산이 가장 높았고 아산이 가장 낮았다(Table 11).

울산과 수원에서 왕복 6차선의 경우 혈중 Pb 농도가 가장 높은 것으로 나타나 통행량이 주민의 혈중 Pb 농도에 영향을 줄 가능성이 있는 것으로 생각된다.

### 3.1.7. 지역에 따른 요중 Cotinine 농도

지역에 따른 요중 cotinine 농도를 살펴보면, 울산 175.99  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 수원 122.90  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 아산 264.23  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ 으로 나타났다(Table 12). 아산지역 주민의 요중 cotinine 농도가 눈에 띄게 높게 나타난 것을 볼 수 있다.

아산지역 주민의 cotinine 농도를 살펴본 바, 일부 주민의 요중 cotinine 수치가 1948.40  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 1413.20  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 1533.00  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 975.30  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ 으로 높은 농도를 나타내었고, 울산지역의 경우도 일부 주민의 요중 cotinine 수치가 3069.20  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 3758.10  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 2187.30  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ , 2255.90  $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{ct}}$ 으로 높은 값을 나타내었다. 이 경우 조사 대상자가 소변 검출 직전에 흡연을 하였음을 나타내는 수치로, 요중 cotinine 농도가 흡연여부의 지표로 사용될 수 있음을 보여주는 것으로 생각된다.

### 3.1.8. 흡연에 따른 요중 Cotinine 농도

흡연군과 비흡연군의 요중 cotinine의 농도를 Table 13에 나타내었다. 울산의 경우 흡연군의 요중 cotinine의



**Table 12.** Level of cotinine in urine by area(unit :  $\mu\text{g/g\_ct}$ )

Area	N <sup>a</sup>	Mean±SD <sup>b</sup>	G.M <sup>c</sup>	p-value
Ulsan	140	175.99±558.96	28.77	
Suwon	97	122.90±410.80	22.36	0.450
Asan	24	264.23±568.92	23.24	

<sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation, <sup>c</sup>GM : geometric mean**Table 13.** Level of cotinine in urine by smoking/non smoking(unit :  $\mu\text{g/g\_ct}$ )

Area	Smoking		Non smoking		p-value
	N <sup>a</sup>	Mean±SD <sup>b</sup>	N <sup>a</sup>	Mean±SD <sup>b</sup>	
Ulsan	26	609.16±968.49	114	74.07±341.97	0.000**
Suwon	15	416.72±822.57	82	72.72±266.30	0.003**
Asan	7	903.21±763.76	17	18.06±12.35	0.000**

\*\*p<0.01, <sup>a</sup>N; Sample number, <sup>b</sup>SD : standard deviation

농도는 609.16  $\mu\text{g/g\_ct}$ , 비흡연군은 74.07  $\mu\text{g/g\_ct}$  으로 유의한 차이가 나타났고(p<0.01) 또한 아산 지역도 흡연군 903.21  $\mu\text{g/g\_ct}$ , 비흡연군 18.06  $\mu\text{g/g\_ct}$  으로 유의한 차이를 보였다(p<0.01).

요중 cotinine 농도가 흡연유무의 노출량에 따라 차이가 나타나는 본 연구 결과는 흡연에 대한 인식 및 금연 교육 프로그램 진행 시 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

이와 같은 결과는 Park et al.(2002)와 Lee et al.(2011)의 연구에서도 같은 경향을 보여 본 연구가 의미 있는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구는 국립환경과학원에서 실시한 ‘제3차 국민생체시료 중 유해물질 실태조사(2008)’에서 울산, 수원, 아산 지역의 주민 총 280명을 대상으로 실시된 설문조사와 혈중 및 요중 중금속 농도 자료를 분석하였고 결과는 다음과 같다.

1. 혈중 Pb 농도의 경우 울산 2.27  $\mu\text{g/dl}$ , 수원 2.08  $\mu\text{g/dl}$ , 아산 1.75  $\mu\text{g/dl}$ 로 울산에서 가장 높게 나타났고, 아산 지역에서 가장 낮게 나타났다.

2. 연령별 혈중 Pb 농도 분석 결과 울산은 50대 이하 그룹 2.18  $\mu\text{g/dl}$ , 61-70세 그룹 2.76  $\mu\text{g/dl}$ , 수원은 50대

이하 그룹 1.66  $\mu\text{g/dl}$ , 61-70세 그룹 2.20  $\mu\text{g/dl}$ , 아산은 50대 이하 그룹에서 1.67  $\mu\text{g/dl}$ , 61-70세 그룹에서 1.80  $\mu\text{g/dl}$ 로 나타나, 연령이 증가할수록 혈중 Pb의 농도가 높아지는 경향을 나타냈다.

3. Pb의 농도를 성별로 구분하여 살펴보면, 울산의 경우 남성 2.61  $\mu\text{g/dl}$ , 여성 1.95  $\mu\text{g/dl}$ 으로 남성이 여성에 비해 높은 값을 나타내었고, 수원의 경우 남성 3.22  $\mu\text{g/dl}$ , 여성 1.64  $\mu\text{g/dl}$ 으로 남녀 간 차이의 정도가 컸다(p<0.05). 세 지역 모두 남성의 혈중 Pb 농도가 여성보다 높았고, 이는 통계적으로 유의하였다(p<0.05).

4. 요중 cotinine 농도의 경우, 울산은 흡연군(609.16  $\mu\text{g/g\_ct}$ )이 비흡연군(74.07  $\mu\text{g/g\_ct}$ )보다 높은 농도를 보였고, 수원과 아산의 요중 cotinine 농도도 흡연군은 416.72  $\mu\text{g/g\_ct}$ , 903.21  $\mu\text{g/g\_ct}$ , 비흡연군은 72.72  $\mu\text{g/g\_ct}$ , 18.06  $\mu\text{g/g\_ct}$ 으로 세 지역 모두 흡연군의 요중 cotinine 농도가 높게 나타났고 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.01).

본 연구결과를 종합적으로 고려하여 볼 때, 일반지역 주민의 환경보건학적 측면의 중금속 관리 대책 교육 프로그램을 구축하는데 본 연구결과는 도움이 될 것으로 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 순천향대학의 지원에 의하여 수행 되었습니다.

### REFERENCES

- Baek, K. O., 2016, The change of white blood cell count according to blood cadmium level, M. Dissertation, Keimyung University, Daegu, Korea.
- Byun, J. H., 1997, A Decrease in smoking strategy for health promotion of Koreans, Ministry of Health & Welfare.
- 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 CO<sub>2</sub>, J. Korea Plan. Assoc., 41(1), 153-166.
- Choi, Y. J., Park, J. K., Jung, W. S., 2017, Synoptic meteorological classification of the days on which asthma deaths occurred due to high PM10 concentration in Seoul, J. Environ. Sci. Int., 26(2), 159-172.
- Han, Y. J., Baek, Y. W., Yoo, J. Y., Kwon, Y. M., Jeon, H. L., Lee, N. Y., Yu, S. D., Choi, K. H., 2016, Reference level of blood lead in Korean adults : result from the Korean national environmental health survey (KoNEHS), KOSEHT(The Korean Society of Environment Health and Toxicology) academic conference and symposium, 254-254.
- Hong, S. H., Lee, C. H., Kim, J. S., Pi, J. H., 2017, Influence of living characteristics as environment related behavior, Korean J. Environ. Ecol., 31(3), 329-336.
- Im, J. I., Chung, E. K., Park, H. J., Yu, S. D., Jang, B. K., Son, B. S., 2013, A Study on concentrations of heavy metal in blood and urine of local area in Korea. J. Environ. Sci. Int., 22(1), 59-72.
- Jeong, D. J., Kim, B. H., Jeong, H. H., Lee, K. H., Jeong, H. J., Oh, J. H., Hung, M. D., Cho, H. S., 2018, Contamination and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of the masan bay and Ulsan coast, J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf. International Conference., 144.
- Jo, H. M., 2008, Heavy metal level in blood and urine of residents in industrial area, M. Dissertation, Soonchunhyang University, Chungnam, Korea.
- Ju, W. K., 2000, How to remedial treatment of drug abuse, Correct. Rev., 10, 239-287.
- Jung, K. S., Kim, N. S., Lee, B. K., 2012, Urinary creatinine concentration in the Korean population in KNHANES IV (2009). J. Environ. Health Sci., 38(1), 31-41.
- Kim, A. R., Hong, Y. S., Bang, J. H., Oh, I. B., Chung, J. Y., Sim, C. S., Lee, H. J., Kim, Y. H., Lee, J. H., 2016, The relationship between the prevalence of allergic diseases and urinary cadmium concentrations among school-age children in two regions in Ulsan metropolitan city, J. Environ. Health Sci., 42(6), 396-408.
- 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, Korean J. Occup. Environ. Med., 22(2), 114-121.
- Kim, E. K., 2013, Related factors on the concentrations blood lead, mercury and cadmium: findings from the korea national health and nutritional examination survey(KNHES), M. Dissertation, Korea 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. W., 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 Sci., 19(4), 472-478.
- Kwak, M. Y., Hwang, E. J., 2016, The Effects of Smoking Cessation Coaching Program based on Motivation Stage to Stop Smoking of Patients at a Public Hospital, J. Korea Acad Industr Coop Soc, 17(4), 188-198.
- Lee, E. J., 2015, Construction of cadmium and lead database for commonly consumed food items among Korean population and epidemiological characteristics of dietary cadmium and lead exposure, M. Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Lee, S. W., Kim, J. J., Park, M. J., Lee, S. H., Kim, S. O., 2015, Human risk assessment of arsenic and heavy metal contamination and estimation of remediation concentration within abandoned metal mine area, J. Miner. Soc. Korea., 28(4), 309-323.
- Lee, Y. J., Lee, Y. J., Jeon, M. J., Sakon, J., 2011, Estimation of secondhand smoke exposure in clubs

- based on urinary cotinine levels, Yeungnam Univ J. Med., 28(1), 45-53.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety), 2018, The tobacco analysis method : the analysis of cigarette main stream smoke.
- ME (Ministry of Environment), 2014, Whitepaper of Environment.
- NIER (National Institute of Environmental Research), 2006, environmental pollutant analysis manual of biological material.
- NIER (National Institute of Environmental Research), 2008, The 3rd survey of hazardous substances in national biological samples. Incheon.
- NIER (National Institute of Environmental Research), 2009, Annual report of air quality in Korea.
- Oh, J. S., Lee, S. H., 2015, Pb, Hg and Cd Concentration of Blood and Exposure-Related Factors, J. Korea Acad Industr Coop Soc, 16(3), 2089-2099.
- Park, J. U., Oh, S. W., Kim, S. H., Kim, Y. H., Park, R. J., Moon, J. D., 2008, A Study on the association between blood lead levels and habitual tobacco and alcohol use in Koreans with no occupational lead exposure, Korean J. Occup. Environ. Med., 20(3), 165-173.
- Park, Y. S., Rho, Y. M., Kim, C. N., 2002, Urinary cotinine concentration by passive smoking in the PC game room, J. Environ. Health Sci., 28(1), 11-20.
- Song, S. H., Eom, S. Y., Kim, Y. D., Kim, H., Hong, J. S., 2010, Blood lead level in populations resident in some abandoned mine area, Korea. J. Environ. Sci. Int., 19(4), 527-532.
- Liu, Y., Xiao, T., Baveye, D. C., Zhu, J., Ning, Z., Li, H., 2015, Potential health risk in areas with high naturally-occurring cadmium background in southwestern China, Ecotox. Environ. Safe., 122-131.
- Yoo, I. Y., 2014, The blood levels of lead, mercury, and cadmium and metabolic syndrome of Korean adults, J. Korean Living Environ. System, 21(2), 251-259.
- 
- 오유진, 순천향대학교 환경보건학과 대학원생  
oyj7023@naver.com
  - 김형욱, 순천향대학교 환경보건학과 대학원생  
hwpi088@gmail.com
  - 김윤재, 순천향대학교 환경보건학과 연구원  
lolli\_yj@naver.com
  - 한윤덕, 순천향대학교 환경보건학과 학부생  
hanyon12@daum.net
  - 정성현, 순천향대학교 환경보건학과 학부생  
tjsgus0327@naver.com
  - 이종대, 순천향대학교 환경보건학과 교수  
ljd0907@daum.net
  - 장봉기, 순천향대학교 환경보건학과 교수  
jangbk@sch.ac.kr
  - 이진현, 공주대학교 환경교육과 교수  
ejhl@kongju.ac.kr
  - 손부순, 순천향대학교 환경보건학과 교수  
sonbss@sch.ac.kr