

# 울산 공단지역 초등학생들의 요중 비소, 카드뮴, 아연 농도에 관한 연구

이충렬, 류철인, 이지호, 김성률<sup>1)</sup>, 정진영<sup>2)</sup>

울산대학교병원 산업의학과, 임상병리과교실<sup>1)</sup>, 소아과교실<sup>2)</sup>

## Urinary Levels of Arsenic, Cadmium, and Zinc of Children in Ulsan Industrial Area

Choong Ryeol Lee, Cheol In Ryu, Ji Ho Lee, Sung Ryul Kim<sup>1)</sup>, Jin Young Jeong<sup>2)</sup>

Department of Occupational Medicine, Clinical Pathology<sup>1)</sup>, Pediatrics<sup>2)</sup>, Ulsan University Hospital

**Objectives.** We conducted this study to obtain basic data of urinary levels of arsenic, cadmium, and zinc in children of Ulsan industrial area and to evaluate the difference in urinary levels of these metals between industrial area and suburban area.

**Methods.** The study subjects were composed of 348(male 182, female 166) school children residing in industrial area and 100(male 50, female 50) school children of suburban area. We analyzed urinary levels of arsenic, cadmium, and zinc using atomic absorption spectrophotometer.

**Results.** The geometric means of urinary levels of arsenic,

cadmium, and zinc of study participants were 3.69, 0.99, 282.49  $\mu\text{g/l}$  respectively. The adjusted geometric means of urinary levels of arsenic, cadmium, and zinc of study participants were 3.92, 1.05, 299.92  $\mu\text{g/g}$  creatinine respectively.

**Conclusions.** The children residing in industrial area had the higher urinary levels of arsenic and cadmium than suburban children with statistical significance( $p < 0.01$ ).

*Korean J Prev Med 1999;32(1):1-8*

**Key Words:** urinary levels, arsenic, cadmium, zinc, children

## 서 론

작업장에서 여러 가지 생산공정 중에 폭로되는 중금속, 유기용제, 분진 등에 의한 건강장애는 산업안전보건법에 의해 작업환경측정과 정기건강진단을 통해 근로자들의 유해인자 폭로정도를 평가하고 그로 인한 건강장애를 진단하여 보건학적 대책을 수립하도록 되어 있다. 그러나 일반 지역주민들은 지난 30년 동안 경제 발전을 통한 자립기반이라는 국가적 최우선 과제로 인하여 상당 기간 관심의 대상에서 벗어나 있었다. 그러나 요즈음은 환경이 오염된 지역에 살고 있는 주민들이 주위 환경에 대한 상세한 정보와 이로 인한 건강장애에 대하여 문제를 제기하는 경우가 많아 졌다. 환경에서의 유해물질에 의한 건강장애를 평가하기 위해서는 환경에서 폭로되는 유해인자의 종류

와 그 농도 및 혈액이나 소변 등을 통한 유해물질의 폭로정도 조사가 병행되면 좋으나 대기, 토양, 수질 등 생활환경에서 폭로되는 중금속의 신체 축적량이나 이를 추정하기 위한 혈중 및 요중 중금속 연구에 관한 자료는 아직까지 매우 제한되어 있다.

현재까지 비직업성 폭로 어린이를 대상으로 한 요중 중금속 농도에 관한 연구는 외국에서는 비교적 활발하여 비소의 경우는 구리 체련소 주변 어린이를 대상으로 연구된 Baker 등(1977), 석탄화력발전소 주변 어린이를 대상으로 한 Bencko 등(1977), 체련소 주변 어린이를 대상으로 한 Morse 등(1979)과 DiazBarriga 등(1993), 구리 체련소, 구리 및 석탄광 인근 어린이를 대상으로 한 Trepka 등(1996), 폐체련소 주변 어린이를 대상으로 한 Hwang 등(1997a; 1997b), 비소 농

도가 높은 음용수를 먹는 어린이를 대상으로 한 Kurtio 등(1998)의 연구가 있고, 카드뮴은 어린이들만 대상으로 한 연구는 없으나 비직업적 카드뮴 폭로 주민들의 식품, 소변, 혈액을 분석한 Kowal 등(1979), 아연광산 주민들을 조사한 Bartrop과 Strehlow(1982), 일반 주민들을 조사한 Staessen 등(1984)과 생활환경에서 카드뮴에 폭로된 주민들을 대상으로 연구한 Kido 등(1991)과 Kawada 등(1992)의 연구가 있고, 아연은 아연, 구리, 철 등의 소아 정상치를 연구한 Lockitch 등(1988)의 연구가 있다.

국내에서의 중금속 연구는 김두희와 장봉기(1986), 김두희 등(1990; 1993), 송경희 등(1991), 서인선 등(1992), 변영우 등(1993), 김재욱 등(1995)에 의한 두발 중 중금속 농도에 관한 것과 이병국(1984), 김정만과 이광목(1984), 김준연 등(1985), 박정덕과 정규철(1985), 신해림과 김준연(1986), 김창윤(1990), 김동일

등(1992), 김강윤과 김현욱(1993), 김진하 등(1996), Yang 등(1996)에 의한 혈중 연농도에 관한 연구, 이용환 등(1995)과 이덕희 등(1995), 유철인 등(1998)에 의한 소아 혈중 연농도에 관한 연구와 도시와 농촌 약년자의 혈중 중금속 농도를 측정 한 이상숙과 김두희(1985)의 연구 등이 주류를 이루었고 요중 중금속 연구는 황인담 등(1987), 강성규 등(1995)의 일부 여성과 근로자들을 대상으로 한 연구 외는 매우 드물다. 특히 어린이들을 대상으로 주거환경에서 폭로되는 여러 가지 유해요인에 대한 건강조사는 국내에서는 현재까지 드문 실정이다.

저자들은 울산 석유화학공단 및 온산공단, 유성화학공단 주변에 인접하여 공단지역에서의 유독가스, 매연, 분진, 악취, 산업폐기물 및 이로 인한 교통량증가로 평소에도 지역주민들의 민원이 끊이지 않는 공단지역 인근 초등학교 학생들의 요중 비소, 카드뮴, 아연 등 3개 중금속 농도를 측정하여 공단지역 초등학교들의 건강관리를 위한 기초자료를 얻고 또한 우리 나라 소아들의 요중 중금속 농도의 참고치 설정을 위한 기초자료를 얻기 위해 본 연구를 시도하였다.

## 조사대상 및 방법

### 1. 조사대상

조사대상으로는 울산시의 용연공단, 석유화학공단, 온산공단 및 유성화학공단에 인접한 초등학교 3곳(A, B, C)을 공단지역군으로, 이들 지역에서 떨어진 시 외곽에 위치한 초등학교(D)를 교외지역군으로 하여, 공단지역군의 3학년과 6학년생 348명과 교외지역의 3학년과 6학년생 100명, 총 448명을 대상으로 하여 1997년 12월에 해당학교를 직접 방문하여 미리 깨끗하게 세척한 유리병에 중간보 50 ml를 채취하였다. 공단지역군은 울산시의 대표적 업종인 석유화학공단, 온산공단, 유성화학공단 및 용연공단 등이 인접하여 있는 지역이며 교외지역군으로 선정된 D 초등학교가 위치한 곳은 1995년에 행정구역개편으로 울산시에 편입된 지역

으로 주민들의 대부분이 농업에 종사하고 있고 교통량도 출퇴근시간을 제외하면 비교적 적은 곳이었다(그림 1).

### 2. 중금속분석

조사대상자의 신장 기능이상으로 인한 요중 중금속 농도 조사의 오차를 줄이기 위해 신장기능검사를 동시에 실시하였는데 혈청 요소질소검사, 혈청 크레아티닌 검사 등은 생화학자동분석기(H747, Hitachi Co, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였고 일반 소변검사는 채집된 소변 50 ml 중 일부를 이용하여 urinary test strips들을 이용하여 검사하였다.

중금속검사는 요중 비소, 카드뮴, 아연량 검사를 실시하였다. 요중 비소, 아연은 cold vapor방식을 갖춘 불꽃 원자흡광도계(Flame Atomic Absorption Spectrophotometer, Spectra AA 200FS, Varian, Australia)를 이용하여 비소는 파장 193.7 nm, slit width 0.5 nm, Lamp current 10.0 mA에서 concentration법으로 소변에 3.5% 염산을 넣어 혼합한 후 20% potassium iodide용액을 가해 섞은 후 70 °C에서 10분간 항온한 후 분석하였으며, 요중 아연은 파장 213.9 nm, slit

width 1.0 nm, Lamp current 5.0 mA에서 concentration법을 이용하여 분석하였다.

요중 카드뮴은 graphite furnace를 갖춘 비불꽃 원자흡광도계(Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer, Spectra AA 100/200, Varian, Australia)를 이용하여 표준첨가법으로 파장 228.8 nm, slit width 0.5 nm, Lamp current 4.0 mA에서 건조온도 95 °C로 40초간, 회화온도 250 °C로 8초간, 원자화온도 1,800 °C로 2초간 3단계를 거쳐서 소변표본에 Triton X-100용액으로 희석하여 분석하였다.

요중 중금속 분석의 정확도를 확인하기 위해 내부적으로는 수시로 lyphochek (BIO-RAD, 미국)을 이용하여 비소, 카드뮴, 아연에 대해 recovery test를 실시하고 있으며, 외부적으로는 연 2회 산업안전공단에서 카드뮴분석 정도관리를 받고 있다. 회수율은 평균 104.5 %였으며 외부 정도관리는 정도관리 실시이래 계속 합격관정을 받고 있다.

모든 중금속검사는 2번씩 반복 측정하였다. 일시노를 이용한 단점을 보완하기 위해 전 검사자의 소변 중 크레아티닌량을 Jaffe법을 이용하여 검사하였다.

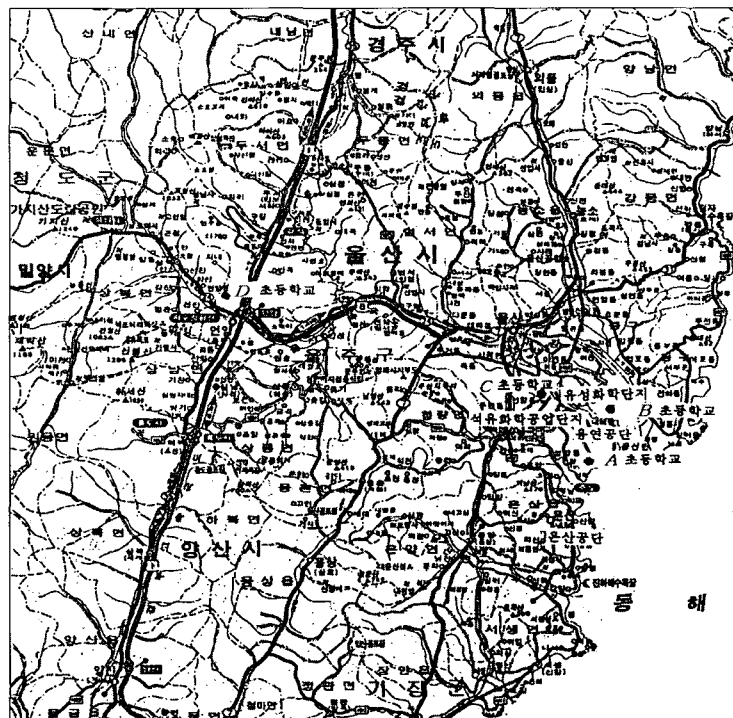


Figure 1. The location of study school.

3. 통계처리방법

SPSS for Windows release 7.5를 이용하여 검사결과의 입력 및 콜모고르프-스미르노프검정, student t-test,  $\chi^2$ -test 등을 통계처리 하였다.

결 과

1. 조사대상학생들의 성별, 연령별, 지역별 분포

조사대상자들의 성별, 연령별, 지역별 분포는 표 1에서와 같이 교외지역군은 남학생이 50명, 여학생이 50명, 8세군이 50명, 11세군이 50명으로 성별 및 연령별 분포가 동일하였으며 공단지역군은 남학생이 182명(52.3%), 여학생이 166명(47.7%), 8세군이 155명(44.5%), 11세군이 193명(52.5%)으로 비교적 성별, 연령별 분포가 교외지역군과 유사하였다.

2. 조사대상학생들의 지역별, 성별, 연령별 요중 중금속 검사성적

조사대상자의 신장 기능을 확인하기 위해 실시하였던 혈청 요소질소검사, 혈청 크레아티닌검사, 일반 소변검사는 모두 정상이었다.

요중 중금속량 검사 결과의 분포를 알아보기 위해 콜모고르프-스미르노프검정을 해본 결과 요중 중금속량은 모두 대수정규분포를 하였다. 대수정규분포를 하는 자료의 비교를 위해 각 측정치의 기하평균과 기하표준편차를 구하였다.

조사대상자들의 지역별, 성별, 연령별 요중 중금속 농도는 표 2에서와 같이 평균 요중 비소 농도는 3.69  $\mu\text{g/l}$  이었으며 지역별로는 공단지역군에 속하는 초등학교생들의 평균 요중 농도가 4.28  $\mu\text{g/l}$  로서 교외지역군에 속하는 초등학교생들의 평균 요중 농도 2.23  $\mu\text{g/l}$  보다 통계적으로 유의하게 높았으며( $p<0.01$ ), 성별로도 남학생이 4.34  $\mu\text{g/l}$  로서 여학생의 3.08  $\mu\text{g/l}$  보다 통계적으로 유의하게 높았고( $p<0.01$ ), 연령별 평균 요중 농도도 8세군이 2.97  $\mu\text{g/l}$ , 11세군이 4.43  $\mu\text{g/l}$  로 통계적으로 유의한 차이를 보였다

Table 1. Age and sex distribution of study participants

Age (years)	Industrial area			Suburban area		
	Male	Female	Subtotal	Male	Female	Subtotal
8	77(22.1)	78(22.4)	155(44.5)	25(25.0)	25(25.0)	50(50.0)
11	105(30.2)	88(25.3)	193(52.5)	25(25.0)	25(25.0)	50(50.0)
Total	182(52.3)	166(47.7)	348(100.0)	50(50.0)	50(50.0)	100(100.0)

unit : person(%)

Table 2. Mean urinary levels of arsenic, cadmium, and zinc of study participants

Metals	Variables	No.	GM*(min-max)	GSD**	p-value	
As	Area	Industrial	348	4.28(0.30-33.88)	2.24	$p<0.01$
		Suburban	100	2.23(0.20-5.75)	1.90	
	Sex	Male	232	4.34(0.30-33.88)	2.11	$p<0.01$
		Female	216	3.08(0.20-29.51)	2.36	
	Age	8 years	205	2.97(0.20-29.51)	2.21	$p<0.01$
		11 years	243	4.43(0.40-33.88)	2.22	
	Total		448	3.69(0.20-33.88)	2.27	
Cd	Area	Industrial	348	1.09(0.13-7.94)	1.78	$p<0.01$
		Suburban	100	0.70(0.05-6.76)	1.98	
	Sex	Male	232	1.03(0.22-4.57)	1.72	0.212
		Female	216	0.71(0.05-7.94)	2.05	
	Age	8 years	205	0.73(0.05-7.94)	1.83	$p<0.01$
		11 years	243	1.18(0.11-6.76)	1.81	
	Total		448	0.99(0.05-7.94)	1.88	
Zn	Area	Industrial	348	288.74(30.20-1,288.25)	1.78	0.131
		Suburban	100	261.88(100.00-794.33)	1.68	
	Sex	Male	232	284.12(58.88-1,288.25)	1.83	0.821
		Female	216	280.67(30.26-794.33)	1.69	
	Age	8 years	205	274.45(30.20-1,288.25)	1.81	0.239
		11 years	243	292.48(64.57-977.24)	1.69	
	Total		448	282.49(30.20-1,288.25)	1.76	

GM\* : Geometric mean, GSD\*\* : Geometric standard deviation  
p-value was obtained by student t-test

( $p<0.01$ ).

조사대상자들의 평균 요중 카드뮴 농도는 0.99  $\mu\text{g/l}$  이었으며 지역별로는 공단지역군에 속하는 초등학교생들의 평균 요중 농도가 1.09  $\mu\text{g/l}$  로서 교외지역군에 속하는 초등학교생들의 평균 요중 농도 0.70  $\mu\text{g/l}$  보다 통계적으로 유의하게 높았으며( $p<0.01$ ), 성별로도 남학생이 1.03  $\mu\text{g/l}$  로 여학생의 0.71  $\mu\text{g/l}$  보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었고, 연령별 평균 요중 농도는 8세군이 0.73  $\mu\text{g/l}$ , 11세군이 1.18  $\mu\text{g/l}$  로 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.01$ ).

조사대상자들의 평균 요중 아연 농도는 282.49  $\mu\text{g/l}$  이었으며 지역별로는 공단지역군에 속하는 초등학교생들의 평균 요중 농도가 288.74  $\mu\text{g/l}$  로서 교외지역군에 속하는 초등학교생들의 평균 요중 농도 261.88  $\mu\text{g/l}$  보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었고, 성별로는 남학생이 284.12  $\mu\text{g/l}$  로 여학생의 280.67  $\mu\text{g/l}$  보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었고, 연령별 평균 요중 농도도 8세군이 274.45  $\mu\text{g/l}$ , 11세군이 292.48  $\mu\text{g/l}$  로 11세군이 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

### 3. 조사대상학생들의 지역별, 성별, 연령별 보정 요중 중금속 검사성적

일시뇨를 이용한 단점을 보완하기 위해 요중 크레아티닌량을 이용하여 요중 중금속량 보정을 실시하였는데 보정하지 않았을 때와는 조금의 차이를 보였다.

표 3에서 나타난 바와 같이 조사대상자들의 평균 보정 요중 비소 농도는 3.92  $\mu\text{g/g creatinine}$ 이었으며 지역별로는 공단지역군에 속하는 초등학교들의 평균 보정 요중 농도가 4.55  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로서 교외지역군에 속하는 초등학교들의 평균 보정 요중 농도 2.35  $\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았으며( $p<0.01$ ), 성별로도 남학생이 4.24  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 여학생의 3.59  $\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았고( $p<0.05$ ), 연령별 평균 보정 요중 농도도 8세군이 3.55  $\mu\text{g/g creatinine}$ , 11세군이 4.26  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ).

조사대상자들의 평균 보정 요중 카드뮴 농도는 1.05  $\mu\text{g/g creatinine}$ 이었으며 지역별로는 공단지역군에 속하는 초등학교들의 평균 보정 요중 농도가 1.16  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로서 교외지역군에 속하는 초등학교들의 평균 보정 요중 농도 0.74  $\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았으며( $p<0.01$ ), 성별로도 남학생이 1.11  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 여학생의 1.00  $\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었고, 연령별 평균 보정 요중 농도는 8세군이 0.70  $\mu\text{g/g creatinine}$ , 11세군이 1.13  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ).

조사대상자들의 평균 보정 요중 아연 농도는 299.92  $\mu\text{g/g creatinine}$ 이었으며 지역별로는 공단지역군에 속하는 초등학교들의 평균 보정 요중 농도가 306.97  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로서 교외지역군에 속하는 초등학교들의 평균 보정 요중 농도 276.69  $\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었고, 성별로는

**Table 3.** Adjusted mean urinary levels of arsenic, cadmium, and zinc of study participants unit :  $\mu\text{g/g creatinine}$

Metals	Variables		No.	GM*(min-max)	GSD**	p-value
As	Area	Industrial	348	4.55(0.21-58.88)	2.22	$p<0.01$
		Suburban	100	2.35(0.22-6.03)	1.90	
	Sex	Male	232	4.24(0.44-58.88)	2.15	
		Female	216	3.59(0.21-35.48)	2.35	
	Age	8years	205	3.55(0.34-35.48)	2.21	
		11years	243	4.26(0.21-58.88)	2.27	
Total			448	3.92(0.21-58.88)	2.25	
Cd	Area	Industrial	348	1.16(0.10-15.14)	2.01	$p<0.01$
		Suburban	100	0.74(0.05-11.75)	2.30	
	Sex	Male	232	1.11(0.05-15.14)	2.31	
		Female	216	1.00(0.19-6.03)	1.95	
	Age	8 years	205	0.70(0.05-15.14)	2.15	
		11 years	243	1.13(0.12-11.75)	2.09	
Total			448	1.05(0.05-15.14)	2.12	
Zn	Area	Industrial	348	306.97(21.88-3,090.30)	2.20	0.234
		Suburban	100	276.69(52.48-1,584.89)	1.96	
	Sex	Male	232	326.96(41.69-3,090.30)	2.16	
		Female	216	277.59(21.88-2,630.27)	2.11	
	Age	8 years	205	263.69(41.69-2,570.40)	2.06	
		11 years	243	349.86(21.88-3,090.30)	2.17	
Total			448	299.92(21.88-3,090.30)	2.15	

GM\* : Geometric mean, GSD\*\* : Geometric standard deviation  
p-value was obtained by student t-test

남학생이 326.96  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 여학생의 277.59  $\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았고( $p<0.05$ ), 연령별 평균 보정 요중 농도도 8세군이 263.69  $\mu\text{g/g creatinine}$ , 11세군이 349.86  $\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 11세군이 통계적으로 유의하게 높았다( $p<0.01$ ).

### 4. 학교별 요중 중금속 검사성적

각 초등학교별 연령별 성별 분포는 A 초등학교 8세 남자 5명, 여자 8명, 11세 남자 4명, 여자 5명, B 초등학교 8세 남자 16명, 여자 13명, 11세 남자 30명, 여자 23명, C 초등학교 8세 남자 57명, 여자 55명, 11세 남자 71명, 여자 61명, D 초등학교 8세 남자 25명, 여자 25명, 11세 남자 25명, 여자 25명으로 서로 분포상 통계적 차이가 없었다. 초등학교별로 구분한 요중 중금속 농도는 표 4에서와 같이 비소의 경우 A 초등학교 학생들의 평균 요중 비소 농도는 3.76  $\mu\text{g/l}$ , B 초등학교 5.22  $\mu\text{g/l}$ , C 초등학교 4.05  $\mu\text{g/l}$ 로 D 초등학교 2.23  $\mu\text{g/l}$ 보다 통계적으로 유

의하게 높았다(각각  $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ,  $p<0.01$ ).

카드뮴도 A 초등학교 학생들의 평균 요중 카드뮴 농도는 1.10  $\mu\text{g/l}$ , B 초등학교 1.05  $\mu\text{g/l}$ , C 초등학교 1.11  $\mu\text{g/l}$ 로 D 초등학교 0.70  $\mu\text{g/l}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았다(각각  $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ,  $p<0.01$ ).

아연은 A 초등학교 학생들의 평균 요중 아연 농도는 469.79  $\mu\text{g/l}$ , B 초등학교 284.97  $\mu\text{g/l}$ , C 초등학교 277.40  $\mu\text{g/l}$ 로 D 초등학교 261.88  $\mu\text{g/l}$ 보다 높았으나 A 초등학교 학생들만 통계적으로 유의하게 차이가 났다( $p<0.01$ ).

### 5. 학교별 보정 요중 중금속 검사성적

요중 크레아티닌량을 이용하여 요중 중금속량의 보정을 실시하였는데 보정하지 않았을 때와는 조금의 차이를 보였다.

초등학교별로 구분한 보정 요중 중금속 농도는 표 5에서와 같이 비소의 경우 A 초등학교 학생들의 평균 보정 요중 비

소 농도는 4.15  $\mu\text{g/g}$  creatinine, B 초등학교 5.17  $\mu\text{g/g}$  creatinine, C 초등학교 4.40  $\mu\text{g/g}$  creatinine으로 D 초등학교 2.35  $\mu\text{g/g}$  creatinine보다 통계적으로 유의하게 높았다(각각  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ).

카드뮴도 A 초등학교 학생들의 평균 보정 요중 카드뮴 농도는 1.21  $\mu\text{g/g}$  creatinine, B 초등학교 1.16  $\mu\text{g/g}$  creatinine, C 초등학교 1.20  $\mu\text{g/g}$  creatinine으로 D 초등학교 0.74  $\mu\text{g/g}$  creatinine보다 통계적으로 유의하게 높았다(각각  $p < 0.05$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ).

아연은 A 초등학교 학생들의 평균 보정 요중 아연 농도는 519.52  $\mu\text{g/g}$  creatinine, B 초등학교 282.42  $\mu\text{g/g}$  creatinine, C 초등학교 300.68  $\mu\text{g/g}$  creatinine으로 D 초등학교 276.69  $\mu\text{g/g}$  creatinine보다 높았으나 A 초등학교 학생들만 통계적으로 유의하였다( $p < 0.01$ ).

### 6. 요중 카드뮴 농도의 지역간 성 적분포

요중 카드뮴 농도와 요중 크레아티닌량으로 보정한 카드뮴 농도를 세계보건기구(정규철, 1995)의 비직업성 폭로기준치로 구분해본 결과는 표 6에서와 같이 평균 요중 카드뮴 농도 2  $\mu\text{g/l}$  이상의 소아는 공단지역군에서 38명이 교외지역군은 2명으로 지역간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ ).

또한 평균 보정 요중 카드뮴 농도 2  $\mu\text{g/g}$  creatinine이상의 소아도 공단지역군에서 71명이 교외지역군은 7명으로 지역간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ ).

## 고 찰

본 연구의 조사대상 초등학교가 위치해 있는 곳은 A 초등학교는 용연공단의 중심부로 주위에 각종 폐기물 처리회사, 소형 소각장과 화력발전소 등이 산재해 있고 지리적으로 인근의 온산공단에 가깝기 때문에 각종 화학공장, 소규모 정유공장, 제련공장 등에서 배출되는 각종 유해물질에 크게 영향을 받는 지역이며 B

**Table 4.** Mean urinary levels of arsenic, cadmium, and zinc of each school children unit :  $\mu\text{g/l}$

Metals	School	No.	GM*(min-max)	GSD**	p-value
As	A	22	3.76(0.65-11.75)	2.08	$p < 0.05$
	B	82	5.22(0.01-29.51)	1.82	$p < 0.01$
	C	244	4.05(0.30-33.88)	2.37	$p < 0.01$
	D	100	2.23(0.20-5.75)	1.90	
Cd	A	22	1.10(0.44-3.02)	1.58	$p < 0.05$
	B	82	1.05(0.36-3.89)	1.51	$p < 0.01$
	C	244	1.11(0.13-7.94)	1.88	$p < 0.01$
	D	100	0.70(0.05-6.76)	1.98	
Zn	A	22	469.79(186.21-794.33)	1.47	$p < 0.01$
	B	82	284.97(58.88-977.24)	1.85	0.796
	C	244	277.40(30.20-1,288.25)	1.75	0.859
	D	100	261.88(100.00-794.33)	1.68	

GM\* : Geometric mean, GSD\*\* : Geometric standard deviation  
p-value was obtained by student t-test of comparing each school with D school

**Table 5.** Adjusted mean urinary levels of arsenic, cadmium, and zinc of each school children unit :  $\mu\text{g/g}$  creatinine

Metals	School	No.	GM*(min-max)	GSD**	p-value
As	A	22	4.15(1.12-15.14)	2.20	$p < 0.05$
	B	82	5.17(0.83-35.48)	1.95	$p < 0.01$
	C	244	4.40(0.21-58.88)	2.30	$p < 0.01$
	D	100	2.35(0.22-6.03)	1.90	
Cd	A	22	1.21(0.36-3.02)	1.71	$p < 0.05$
	B	82	1.16(0.32-5.25)	1.70	$p < 0.05$
	C	244	1.20(0.10-15.14)	2.12	$p < 0.01$
	D	100	0.74(0.05-11.75)	2.30	
Zn	A	22	519.52(95.50-2,570.40)	2.19	$p < 0.01$
	B	82	282.42(56.23-2,290.87)	2.19	0.998
	C	244	300.68(21.88-3,090.30)	2.17	0.836
	D	100	276.69(52.48-1,584.89)	1.96	

GM\* : Geometric mean, GSD\*\* : Geometric standard deviation  
p-value was obtained by student t-test of comparing each school with D school

**Table 6.** Distribution of levels of urinary cadmium and that of adjusted urinary cadmium by geographical location

Level distribution	Industrial area	Suburban area	Total	
Cd	< 2	310	98	408
	$\geq 2$	38	2	40
Adjusted Cd by creatinine	< 2	277	93	370
	$\geq 2$	71	7	78

$\chi^2$ (Cadmium) = 7.60( $p < 0.01$ ),  $\chi^2$ (Adjusted cadmium) = 9.70( $p < 0.01$ )

초등학교는 유성화학단지과 석유화학단지 지를 끼고 있거나 마주 보는 곳에 위치한 초등학교로 인근의 각종 정유공장, 쓰레기소각장, 폐기물처리장, 비료, 색소 등 각종 합성 화학물질 제조공장 등의 영향을 많이 받으며 C 초등학교는 석유화학공단의 입구에 위치하고 있는데 학교 앞으로

골짜기를 관통하여 건설된 대로가 있고 뒤로는 녹지가 형성되어 있어, 공단 인근에 위치하나 온산공단이나 용연공단의 영향은 적게 받는 지역이다. D 초등학교는 울산에서 밀양으로 빠져나가는 길목에 있는 학교로서 주민들의 대부분은 농업에 종사하나 최근 지역의 발전으로 일

부는 상업에 종사하는 지역이며 낮에 도로교통량이 조금 증가하는 경우도 있으나 비교적 공장도 적고 울산의 대표적 공단인 석유화학공단이나 온산공단 등의 영향을 받지 않는 지역이다.

본 연구에서 조사대상자들의 요중 기하평균 비소 농도는  $3.69 \mu\text{g/l}$  (보정 요중 비소 농도  $3.92 \mu\text{g/g creatinine}$ )로 세계보건기구(정규철, 1995)의 비직업성 폭로기준치  $30 \mu\text{g/l}$  보다는 훨씬 낮았으며, Baker 등(1977)이 구리제련소 주변 어린이를 대상으로 조사한 요중 기하평균 비소농도  $19 \mu\text{g/l}$ , Bencko 등(1977)이 석탄화력발전소 주변 어린이를 대상으로 조사한 산술평균 성적  $18.9 \sim 25.3 \mu\text{g/l}$  및 비소 비폭로 어린이를 대상으로 조사한 산술평균 성적  $11 \mu\text{g/l}$ , Morse 등(1979)이 제련소 주위의 어린이를 조사한 산술평균 성적  $59 \mu\text{g/l}$  나 비소 비폭로 어린이를 대상으로 조사한 산술평균 성적  $18 \mu\text{g/l}$ , DiazBarriga 등(1993)이 제련소 주변 어린이를 대상으로 조사한 성적  $69 \sim 594 \mu\text{g/g creatinine}$ , 구리 제련소, 구리 및 석탄광 인근 5 ~ 14세 어린이를 대상으로 한 Trepka 등(1996)의 기하평균 성적  $5.1 \mu\text{g/l}$ , 폐제련소 주변 어린이를 대상으로 한 Hwang 등(1997a; 1997b)의 기하평균 성적  $8.6 \mu\text{g/l}$ , 비소 농도가 높은 음용수를 먹는 어린이를 대상으로 한 Kurtio 등(1998)의 기하평균치  $58 \mu\text{g/l}$  나 같은 연구의 대조군 성적  $5 \mu\text{g/l}$  보다도 낮았다. 이는 비소에 폭로되는 정도가 이들에 비해 적음을 의미하는 하나 조사대상과 분석방법, 조사대상자의 연령차이에도 어느 정도 영향을 받았을 것이라 생각된다. 조사지역별로 공단지역군은 요중 비소 농도가  $4.28 \mu\text{g/l}$ 로 교외지역군  $2.23 \mu\text{g/l}$ 에 비해 통계적으로 유의하게 높았는데 그 정도는 요중 크레아티닌량으로 보정을 하여도 마찬가지였다. 이런 결과는 공단지역 초등학교 학생들이 지역적 특성으로 인해 비소의 폭로량이 많을 것으로 나타내는 것으로 생각되나 음용수 중 중금속 농도조사, 식이 중 비소 농도조사, 교통량 조사 등 추가적 연구가 필요한 것으로 사료되었다.

성별로는 남자의 요중 비소 농도가  $4.34 \mu\text{g/l}$ 로 여자  $3.08 \mu\text{g/l}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았는데 이는 남자 어린이의 경우 여자 어린이에 비해 활동량이 많아서 그런 것으로 추정되었다. 연령별로는 11세 어린이가  $4.43 \mu\text{g/l}$ 로 8세군  $2.97 \mu\text{g/l}$ 보다 높았는데 이 역시 11세 어린이들의 활동량이 8세 어린이들 보다 많고 오랜 기간 폭로되었기 때문인 것으로 생각되었다. 이러한 차이는 요중 크레아티닌량으로 보정을 하여도 마찬가지였다.

조사대상자들의 평균 요중 카드뮴 기하평균 농도는  $0.99 \mu\text{g/l}$  (보정 요중 카드뮴 농도  $1.05 \mu\text{g/g creatinine}$ )로 세계보건기구(정규철, 1995)의 비직업성 폭로기준치  $2 \mu\text{g/l}$  보다는 낮았으나, Kowal 등(1979)의 비직업적 폭로 성인에서의 요중 농도  $0.5 \sim 2 \mu\text{g/l}$ 와 비슷한 결과이었으나 Bartrop과 Strehlow(1982)가 아연광산 주변 주민들을 대상으로 조사한 산술평균 성적  $0.68 \mu\text{g/g creatinine}$  및 대조군의  $0.60 \mu\text{g/g creatinine}$ , 일반 주민들을 조사한 Staessen 등(1984)의 성적  $0.84 \sim 1.42 \mu\text{g}/24 \text{ hour}$  보다는 조금 높았으나 황인담 등(1987)이 중금속 폭로력이 없는 31 ~ 49세 여성들을 대상으로 조사한 산술평균 성적  $3 \pm 2 \mu\text{g/l}$ , 환경에서 카드뮴에 폭로되는 주민들을 대상으로 연구한 Kido 등(1991)의 성적  $4.2 \sim 4.8 \mu\text{g/g creatinine}$ 과 Kawada 등(1992)의 성적  $1.67 \sim 2.95 \mu\text{g/g creatinine}$  보다는 낮았다. 이는 실제 카드뮴의 폭로 차이가 있음을 의미할 수도 있으나 조사대상과 분석방법, 조사대상자의 연령차이에도 일부 기인된 것으로 생각되었다. 조사지역별로 공단지역군은 요중 카드뮴 농도가  $1.09 \mu\text{g/l}$ 로 교외지역군  $0.70 \mu\text{g/l}$ 에 비해 통계적으로 유의하게 높았는데 그 정도는 요중 크레아티닌량으로 보정을 하여도 마찬가지였다. 이런 결과는 공단지역 초등학교 학생들이 지역적 특성으로 인해 카드뮴의 폭로량이 많을 것으로 나타내는 것으로 생각되나 지역 내 카드뮴 오염원이 될 수 있는 쓰레기 소각장 실태조사, 교통량 조사 등 추가적 조사가 필요한 것으로 사료되었다. 성별로는 남자의 요중

카드뮴 농도가  $1.03 \mu\text{g/l}$ 로 여자  $0.71 \mu\text{g/l}$ 보다 높았는데 통계적으로 유의하지는 않았다. 이는 남자 어린이의 경우 여자 어린이에 비해 활동량이 많아서 그런 것으로 추정되었다. 연령별로는 11세 어린이가  $1.18 \mu\text{g/l}$ 로 8세군  $0.73 \mu\text{g/l}$ 보다 높았는데 이 역시 11세 어린이들의 활동량이 8세 어린이들 보다 많고 오랜 기간 폭로되었기 때문인 것으로 생각되었다. 이러한 차이는 요중 크레아티닌량으로 보정을 하여도 마찬가지였다.

조사대상자들의 평균 요중 아연 농도는  $282.49 \mu\text{g/l}$  (보정 요중 아연 농도  $299.92 \mu\text{g/g creatinine}$ )로 Lockitch 등(1988)이 5 ~ 18세 어린이를 대상으로 조사한 성적  $89.3 \sim 847.8 \mu\text{g/g creatinine}$ 과 비슷하였다. 조사지역별로 공단지역군은 요중 아연 농도가  $288.74 \mu\text{g/l}$ 로 교외지역군  $261.88 \mu\text{g/l}$ 에 비해 높았는데 통계적으로 유의하지는 않았다. 성별로도 남자의 요중 아연 농도가  $284.12 \mu\text{g/l}$ 로 여자  $280.67 \mu\text{g/l}$ 보다 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이러한 차이는 요중 크레아티닌량으로 보정을 하여도 마찬가지였다. 연령별로는 11세 어린이가  $292.48 \mu\text{g/l}$ 로 8세군  $274.45 \mu\text{g/l}$ 보다 높았는데 이러한 차이는 요중 크레아티닌량으로 보정을 하면 더욱 뚜렷해졌다. 공단지역군과 교외지역군에 있어서 요중 아연 농도의 차이가 없음을 비록 지역적 특성 차이로 인해 산화아연의 폭로는 많을 수는 있으나 아연이 생체 필수 금속이기 때문에 필수금속 특유의 흡수, 분포, 배설 등의 대사기전으로 그러한 것으로 추정되었다.

학교별로 요중 중금속검사 성적을 교외지역 초등학교와 비교해보면 비소와 카드뮴의 경우는 공단지역 초등학교 모두가 교외지역 초등학교보다 통계적으로 유의하게 높았는데 이는 공단지역 초등학교 학생들이 교외지역 초등학교 학생들에 비해 이러한 중금속 폭로가 실제 많음을 의미하는 것으로 사료되었다. 아연의 경우는 A 초등학교만 교외지역의 D 초등학교에 비해 통계적으로 유의하게 높았는데 이 역시 A 초등학교는 아연의

폭로가 교외지역 초등학교에 비해 많을 것으로 사료되었다.

추가적으로 요중 카드뮴을 세계보건기구(정규철, 1995)의 비직업성 폭로기준치 요중 농도  $2 \mu\text{g/l}$  및 보정 요중 카드뮴  $2 \mu\text{g/g creatinine}$ 을 기준으로 조사대상자들을 구분해본 결과 공단지역군에서 각각 38명, 71명이 이 기준치를 넘은 것으로 나타나서 공단지역군에서 요중 카드뮴 농도가 높은 어린이가 상당히 많았음을 보여 주었는데 이 역시 공단지역은 지역적 특성으로 인해 카드뮴의 폭로가 많음을 의미하는 것이며 카드뮴같이 생체 반감기가 긴 중금속은 개인에 따라 폭로영향 차이가 상당히 날 수 있음을 보여준 것으로 사료되었다. 신장기능의 초기 손상을 알기 위해 요중 카드뮴  $2 \mu\text{g/g creatinine}$ 을 넘는 초등학생에 대해 요중  $\beta_2$ -microglobulin검사를 실시하였으나 특이한 이상 소견은 보이지 않았다.

이상의 결과로 볼 때 공단지역의 초등학생은 교외지역의 초등학생에 비해 비소, 카드뮴 등의 중금속 폭로량이 많은 것으로 사료되며, 향후 공단지역 공장들에 대한 유해인자의 방출 억제 및 개선대책과 함께 공단지역 초등학교 주변의 중금속 등 환경 유해요인의 주기적 측정 등이 필요한 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 비록 요중 크레아티닌량으로 보정을 하였으나 일시뇨에 의한 검사에서 오는 오차가 있다는 것과 둘째, 단 1회에 걸쳐 실시된 중금속검사에서 중금속 폭로량이나 체내 축적량을 대변하기는 어려운 것으로 사료된다. 셋째, 조사대상 초등학교 주변지역의 생활환경 중의 중금속 농도 측정을 동시에 실시하지 못하여 중금속 공급원의 규명과 폭로량에 따른 요중 농도 측정을 하지 못하였다는 것과 넷째, 전학년에 걸쳐서 실시한 것이 아니라 3학년 및 6학년 일부 학년에 한정하여 검사를 하여 연령에 따른 체내 중금속량을 변화를 관찰하기가 어려웠다. 다섯째, 음식물이나 음용수를 통해 인체로 상당부분 흡수 가능한 중금속 농도 측정시 사전에 이러한 변수에 대한 통제나 고려가 없었다는 것이

다. 이는 향후 추가적 과제로 수행되어야 할 부분으로 생각된다.

## 요 약

저자들은 울산 공단지역 인근 초등학교 학생들의 요중 비소, 카드뮴, 아연 등 3개 중금속 농도를 측정하여 초등학생들의 건강관리를 위한 기초자료를 얻고 또한 우리나라 소아들의 요중 중금속 농도에 대한 참고치를 알아보기 위해 공단지역 초등학교 학생 348명(남자 182명, 여자 166명) 교외지역 초등학교 학생 100명(남자 50명, 여자 50명)을 대상으로 본 연구를 시도하였다.

그 결과는 다음과 같다.

1. 조사대상 초등학생들의 요중 비소, 카드뮴, 아연의 기하평균 농도는 각각 3.69, 0.99, 282.49  $\mu\text{g/l}$  이었다.

2. 조사대상 초등학생들의 요중 크레아티닌량으로 보정한 요중 비소, 카드뮴, 아연의 기하평균 농도는 각각 3.92, 1.05, 299.92  $\mu\text{g/g creatinine}$ 이었다.

3. 공단지역의 초등학생들의 요중 비소 및 카드뮴 농도는 교외지역 초등학교 학생들보다 통계적으로 유의하게 높았다 ( $p<0.01$ ).

이상의 결과로 볼 때 공단지역 초등학생은 교외지역 초등학생에 비해 비소, 카드뮴 등 중금속 폭로량이 많은 것으로 사료되며 향후 공단지역 공장들에 대한 유해인자의 방출 억제 및 개선대책과 함께 공단지역 초등학교 주변의 중금속 등 환경 유해요인의 주기적 측정 등이 필요한 것으로 사료된다.

## 참고문헌

강성규, 양정선, 김기웅, 장재연, 정호근. 우리나라 카드뮴 폭로근로자들의 혈중, 요중 카드뮴과 누적폭로 추정량에 따른 신장장해 평가. 대한산업의학회지 1995;7(1):101-110  
김강운, 김현욱. 정상인에서 혈중 연과 zinc protoporphyrin과의 상관관계 및 HPLC와 Hematofluorometer로 측정된 zinc protoporphyrin량과의 비교. 한국산업위생학회지 1993;3(2):141-151

김두희, 장봉기. 두발 중 납, 카드뮴, 아연함량과 지능지수. 대한의학협회지 1986;29(1):78-88  
김두희, 강영우, 박순우, 이근후, 이영숙. 정신분열증 환자의 두발 중 구리 및 수은함량과 그 인성과의 관련성. 예방의학회지 1990;23(3):296-308  
김두희, 박순우, 이덕희, 장봉기, 홍성철. 저농도 혈중 납과 카드뮴이 혈장 레닌 활성도 및 혈압에 대한 복합작용. 대한산업의학회지 1993;5(1):128-136  
김동일, 김용규, 김정만 등. 건강한 일부 도시지역 주민의 혈중 연 및 zinc protoporphyrin 농도. 예방의학회지 1992;25(3):287-302  
김정만, 이광목. 연폭로의 생물학적 지표로서 혈중 zinc protoporphyrin치의 의의. 카톨릭대학교 의학부 논문집 1984;37(4):939-951  
김준연, 이채인, 전진호, 문덕환, 이명철, 김병수 등. 연취급 근로자들의 생화학적 검사에 관한 연구. 인체의학 1985;6(3):427-436  
김재욱, 이종정, 김창윤, 정종학. 국민학교 학생들의 혈액, 두발 및 조갑 내의 연농도 비교. 예방의학회지 1995;28(1):73-84  
김진하, 문종국, 박강원, 배강우, 이덕희, 이용환. 산모혈과 태대혈에서 연농도에 관한 조사. 대한산업의학회지 1996;8(3):414-422  
김창윤. 축적지공장 근로자들의 혈중 연농도에 대한 코호트관찰. 예방의학회지 1990;23(3):324-337  
박정덕, 정규철. 한국인 젊은이의 혈중 연농도. 중앙의대지 1985;10(4):353-361  
변영우, 사공준, 김창윤, 정종학. 국민학교 저학년 학생들의 두발중 연농도와 관련요인. 영남의대학술지 1993;10(1):103-113  
서인선, 박홍진, 김두희. 도시 및 도시지역의 국민학생 두발 중 중금속 함량 비교. 경북의대지 1992;33(2):167-179  
송경희, 김두희, 이종영. 치과치료실내 수은 오염도 및 치과외사의 두발 중 수은 함량. 대한산업의학회지 1991;3(1):21-31  
신해림, 김준연. 연폭로 지표들의 정상치에 관한 연구. 예방의학회지 1986;19(2):167-176  
이덕희, 이용환, 김진하, 박인근, 한태영, 장세한. 정상 소아들의 혈중 연 농도와 지능지수와의 관련성. 예방의학회지 1995;28(2):373-385  
이병국. 연체련 작업자들에서의 연폭로에 관련된 생물학적 지표들의 상호관계. 한국의 산업의학 1984;23(1):1-7  
이상숙, 김두희. 도시와 농촌 약년자의 혈액가스 및 중금속 함량 비교. 예방의학회지 1985;18(1):129-136  
이용환, 이덕희, 김진하, 박인근, 한태영, 장세한. 소아 혈중 연농도에 관한 조사. 대한산업의학회지 1995;7(1):82-87  
유철인, 이지호, 이충렬, 김성률, 이선호. 울산 공단지역 초등학생들의 혈 중 연농도에 관한 연구. 예방의학회지 1998;31(2):240-248  
정규철. 산업중독편람. 1판. 서울:신광출판사,

1995.  
 황인담, 기노석, 이재형, 박인서. 일부 중소도시  
 기혼여성의 혈액 및 뇨중 중금속 함량의 상관  
 성에 관한 연구. *예방의학회지* 1987;20(1):  
 49-55
- Baker EL, Hayes CG, Landrigan PJ, Handke  
 JL, Leger RT, Housworth WJ, Harrington  
 JM. A nation-wide survey of heavy metal  
 absorption in children living near primary  
 copper, lead, and zinc smelters. *Am J*  
*Epidemiol* 1977;106:261-273
- Bartrop D, Strehlow CD. Cadmium and health  
 in Shipham. *Lancet* 1982;2:1394-1395
- Bencko V, Chladek V, Pihrt J. health aspects of  
 burning coal with a high arsenic content. II.  
 hearing changes in exposed children.  
*Environ Res* 1977;13:386-395
- DiazBarriga F, Santos MA, Mejia JJ, Batres L,  
 Yanez L, Carrizales L, Vera E, del Razo LM,  
 Cebrian ME. Arsenic and cadmium exposure  
 in children living near a smelter complex in  
 San Luis Potosi Mexico. *Environ Res*  
 1993;62(2):242-250
- Hwang YH, Bornschein RL, Grote J, Menrath  
 W, Roda S. Urinary arsenic excretion as a  
 biomarker of arsenic exposure in children.  
*Arch Environ Health* 1997;52(2):139-147
- Hwang YH, Bornschein RL, Grote J, Menrath  
 W, Roda S. Environmental arsenic exposure  
 of children around a former copper smelter  
 site. *Environ Res* 1997;72(1):72-81
- Kawada T, Shinmyo RR, Suzuki S. Urinary  
 cadmium and N-acetyl-beta-D-glu-  
 cosaminidase excretion of inhabitants living  
 in a cadmium-polluted area. *Int Arch Occup*  
*Environ Health* 1992;63(8):541-546
- Kido T, Shaikh ZA, Kito H, Honda R, Nogawa  
 K. Dose-response relationship between  
 urinary cadmium and metallothionein in a  
 Japanese population environmentally  
 exposed to cadmium. *Toxicology* 1991;65(3)  
 :325-332
- Kowal NE, Johnson DE, Kraemer DF, Pahren  
 HR. Normal levels of cadmium in diet, urine,  
 blood, and tissues of inhabitants of the  
 United States. *J Toxicol Environ Health*  
 1979;5:995-1014
- Kurtio P, Komulainen H, Hakala E, Kahelin H,  
 Pekkanen J. Urinary excretion of arsenic  
 species after exposure to arsenic present in  
 drinking water. *Arch Environ Contam*  
*Toxicol* 1998;34(3):297-305
- Lockitch G, Halstead AC, Wadsworth L. Age  
 and sex specific pediatric reference intervals  
 and correlations for zinc, copper, selenium,  
 iron, vitamin A and E, and related proteins.  
*Clin Chem* 1988;33:1625-1640
- Morse DL, Harrington JM, Housworth J,  
 Landrigan PJ. Arsenic exposure in multiple  
 environmental media in children near a  
 smelter. *Clin Toxicol* 1979;14:389-399
- Staessen J, Bulpitt CJ, Roels H, Bernard A,  
 Fagard R, Joossens JV, Lauwery R, Lijnen P,  
 Amery A. Urinary cadmium and lead  
 concentrations and their relation to blood  
 pressure in a population with low exposure.  
*Br J Ind Med* 1984;41(2):241-248
- Trepka MJ, Heinrich J, Krause C, Schulz C,  
 Wjst M, Popescu M, Wichmann HE. Arsenic  
 burden among children in industrial areas of  
 eastern Germany. *Sci Total Environ* 1996;  
 180(2):95-105
- Yang JS, Kang SK, Park IJ, Rhee KY, Moon  
 YH, Sohn DH. Lead concentrations in blood  
 among the general population of Korea. *Int*  
*Arch Occup Environ Health* 1996;68:199-  
 202