

## 국내 초등학생의 체내 총수은 농도 및 노출요인 조사

김근배<sup>†</sup> · 김대선 · 이종화 · 박희진 · 위성승

국립환경과학원 환경건강연구부  
(2007. 10. 11. 접수/2007. 10. 24. 채택)

## Survey on the Total Mercury Exposure of School Children in Korea

Guen-Bae Kim<sup>†</sup> · Dae-Seon Kim · Jong-Hwa Lee · Hee-JIn Park · Seong-Seung Wee

Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research

(Received October 11, 2007/Accepted October 24, 2007)

### ABSTRACT

Mercury contamination and its health effects have become major concern of environmental health study in Korea. Mercury exposure of some group were investigated to get the accurate data for policy making and study. About 2,000 children at 26 elementary schools participated in this survey to evaluate the exposure levels and to investigate main exposure source of mercury. Analysis of mercury levels in the whole blood and urine samples were conducted and questionnaire survey was done about the factors influencing exposures simultaneously. Mercury exposure levels of domestic children were N.D. to 17.26 ppb in blood, 0.17 to 21.67  $\mu\text{g/g-creatinine}$  in urine. The mean(arithmetic) levels are 2.42 ppb in blood and 2.53  $\mu\text{g/g-creatinine}$  in urine. Both of them were below the recommendation levels of US EPA and German CHBM I 5.8  $\mu\text{g/l}$  and 5  $\mu\text{g/l}$  in blood, 5  $\mu\text{g/g-creatinine}$  of German CHBM I in urine. But 1%, 0.51% of levels in blood exceed the level of CHBM I and US EPA, 8%, 0.85% of children were over the level of CHBM I and CHBM II in urine. Multi-valuable regression analysis showed that the existence of road near the residence in addition to the preference for fish have significance with blood mercury exposure level of domestic children. The existence of factory near the house and the experience of dental amalgam treatment had statistical relations with urine mercury level.

**Keywords:** mercury, blood, urine, children, Korea

### I. 서 론

수은은 상온에서 유일하게 액체로 존재하는 금속으로 연한 물성을 인해 옛날부터 화장품 및 비누, 종교행사, 농약, 페인트, 의약품, 금채광, 램프제조등 다양한 농도와 산업에 걸쳐 광범위하게 사용되어 왔다.<sup>1)</sup> 수은은 크게 원소성 수은( $\text{Hg}^0$ ), 무기성 수은, 유기성 수은 세 가지 형태가 있으나<sup>2)</sup>  $\text{Hg}^{2+}$ 가 2% 정도를 차지하고 나머지 대부분은 원소성 수은( $\text{Hg}^0$ ) 형태로 존재한다. 한번 환경에 유입된 수은은 제거되지 않고 잔류하여 과

거로부터 배출된 모든 수은은 생태계에 누적(Global pool)되어 그 중 일부는 토양과 물, 대기 등을 통해 계속 이동하는 것으로 알려져 있다.<sup>3)</sup>

우리나라에서도 수은이 포함된 건전지, 형광등, 온도계, 치과아말감, 백신등은 오래전부터 일상생활과 병원에서 사용되어져 왔으며<sup>4)</sup>, 현재에도 특별한 규제없이 사용되고 있다. 이런 상황에도 불구하고 많은 노출요인에 비해 수은의 위해성과 건강영향에 대한 국민의 인식은 상대적으로 낮고 또한 우리나라를 대상으로 조사된 노출현황에 대한 정보부족으로 인하여, 인체 노출량을 저감하기 위한 정책수립과 연구도 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 그러나 최근에 이르러 환경오염의 건강피해에 대한 국민의 관심이 높아지고 환경매체 관리중심으로 진행되어온 국가정책이 국민 건강보호를 위한 환경보건분야로 확대되면서 수은오염에 대

<sup>†</sup>Corresponding author : Environmental Epidemiology Division, Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research  
Tel: 82-32-560-7272, Fax: 82-32-568-2042  
E-mail : mykgb@me.go.kr

한 관심이 크게 높아지게 되었다.

이에 정부는 2005년부터 수은오염피해를 줄이고 국가정책 수립의 기초자료를 확보하기 위하여 국민건강영양조사와 연계하여 국민혈중중금속조사 및 어린이에 대한 수은인체노출조사를 시작하였으며 제 1차 국민혈중중금속조사 결과, 우리나라 성인은 일부 선진국의 노출수준보다 4~5배 가량 높은 것으로 조사되었다.<sup>9)</sup> 그러나 수은에 가장 민감한 대상으로 지목되고 있는 어린이에 대한 노출실태 및 노출원인에 대한 자료가 부족하여 어린이 건강보호를 위한 정책수립에 제한이 있어왔다. 따라서 본 조사는 우리나라 어린이에 대한 수은 노출실태와 주요 노출원인을 파악하고 확인하기 위해 전국 26개 지역 어린이 2,000여명을 대상으로 조사를 실시하게 되었으며, 이러한 연구를 통해 최근 들어 제기되고 있는 수은 오염피해에 대한 국민적 우려를 해소할 수 있는 정확한 정보를 제공하고, 수은오염피해 저감을 위한 기초 자료를 확보하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 대상지역 및 대상자

조사지역은 경기도 동두천시 등 전국 26개 지역으로서 초등학교 4~6학년에 재학중인 학생 약 2,000여명을 대상으로 조사를 실시하였다. 그리고 개인정보보호를 위해 학생본인과 부모의 동의서 제출 및 현장 동의를 얻은 후 본 조사를 실시되었다.

### 2. 조사내용 및 방법

노출과 관련된 기초자료를 얻기 위하여 조사대상 어린이의 부모님을 통해 어린이의 생활환경 및 노출요인에 대한 설문조사를 실시하였고, 건강검진을 통하여 얻어진 혈액 및 요 시료를 이용하여 수은의 생체 노출수준을 조사하였다.

#### 1) 환경과 건강에 관한 설문조사

조사대상 어린이가 거주하는 곳의 주변 공장존재 및 도로변 인접여부와 같은 생활환경과 어패류 선호도 및 섭취량이 포함된 식이특성, 약복용, 백신접종, 치과아말

감 보유여부등 건강관련항목 등에 대한 설문조사를 재학중인 학교를 통하여 설문지배포·수거 및 학부모 작성을 원칙으로 하여 실시하였다.

#### 2) 수은 생체노출수준 조사

수은 분석을 위한 혈액 및 요 시료의 채취는 학교별 초등학교생들의 건강검진 시에 이루어 졌다. 혈액은 1회용 주사기를 이용하여 10 ml(건강 검진 시 기타 혈액 검사를 위한 혈액포함)을 채취하였고, 요는 50 ml specimen cup에 일시 노를 채취한 후 혈액은 헤파린이 첨가된 튜브에, 요는 폴리에틸렌 재질의 튜브에 분주하여 시료분석 전까지 냉장 및 -70°C 냉동보관을 실시하였다.

#### 3) 혈중 수은 및 요중 수은 분석방법

혈중 수은 및 요중 수은 분석은 자동수은분석기(SP-3DS, 일본 NIC Co.)를 사용하여 분석하였다. 모든 혈액(전혈) 및 요는 실험 전에 roll-mixer를 이용하여 충분히 교반 후 골드아말감법(가열기화법)을 이용하여 분석하였으며, 요중 수은의 분석결과는 요중 크레아티닌(creatinine) 양을 이용하여 보정하였다. 분석에 사용된 장비의 검출한계는 0.001 ng이며 0.01 ppb 이하로 검출된 시료의 농도값은 N.D로 처리하였다.

#### 4) 통계처리 방법

본 조사에 표시된 설문조사 및 생체시료의 수은농도의 처리 및 상관성 자료등은 SAS 8.2 program을 이용하여 분석하였으며, 전체 조사대상자의 수은노출농도에 영향을 미치는 요인에 대하여 개별 유의성 평가를 실시하고 그 결과를 바탕으로 선택된 변수에 대하여 다중회귀분석을 실시하였다.

## III. 연구결과

노출에 영향을 미치는 요인을 검토 위하여 생체시료 중 개별 수은농도와 거주환경, 식이, 예방접종 등에서 얻어진 설문결과를 비교 조사하였다. 전국 26개 지역 약 2,000명을 대상으로 혈액과 요에 대한 수은농도를

Table 1. Summary of total mercury exposure level

(blood: ppb, urine: µg/g-creatinine)

Contents	Total	Boys	Girls	p-value
Blood	2.42 ± 1.02(N.D.~17.26) (N=1,974)	2.47 ± 1.11(N.D.~17.26) (N=950)	2.37 ± 0.93(N.D.~8.50) (N=1,024)	0.042
Urine	2.53 ± 1.88(0.17~21.67) (N=1,528)	2.56 ± 1.91(0.19~16.55) (N=751)	2.51 ± 1.85(0.17~21.67) (N=777)	0.630

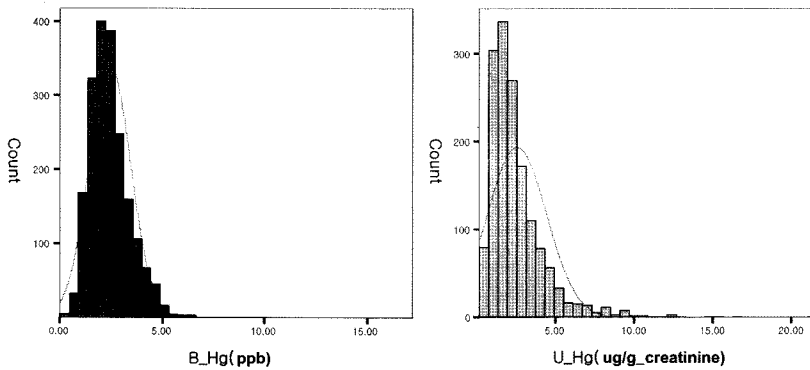
**Table 2.** Level of total mercury exposure (blood: ppb, urine:  $\mu\text{g/g-creatinine}$ )

Contents	Total	Percentile			
		50	75	90	95
Blood	2.42 ± 1.02 (N=1,974)	2.28	2.92	3.75	4.20
Urine	2.53 ± 1.88 (N=1,528)	2.06	3.06	4.56	5.97

조사한 결과, 혈중 수은농도는 N.D.-17.26 ppb(검출빈도: 99.9%) 범위에서 평균  $2.42 \pm 1.02$  ppb, 요중 수은

은 0.17-21.67범위에서 평균  $2.53 \pm 1.88 \mu\text{g/g-creatinine}$ 로 나타났다(Table 1, 2). 그리고 전체 노출수준의 분포는 조사대상자의 대부분이 저농도 수준을 보임으로서 꼬리부분이 저농도로 치우친 우향왜곡 분포를 나타내었다(Fig. 1). 평균 수은농도는 국제 가이드라인의 약 50~60% 수준으로 건강에 크게 영향을 받는 농도는 아니었으나 다만 조사대상 어린이의 약 1%와 0.51%가 독일의 혈중 CHBM I(5 ppb)과 EPA기준(5.8 ppb)를 8%와 0.85%가 CHBM I( $5 \mu\text{g/l}$ )과 CHBM II( $20 \mu\text{g/l}$ ) 요중 노출농도기준을 초과하였다.

설문조사결과와 생체시료의 수은농도 사이의 독립적



**Fig. 1.** Distribution of blood and urine Hg concentration.

**Table 3.** The influence of factory and road existence on the Hg exposure (blood: ppb, urine:  $\mu\text{g/g-creatinine}$ )

Contents		Yes (N)	No(N)	Total(N)	p-value	
Existence	Factory within 3 km	Blood	2.41 ± 0.98(376)	2.43 ± 1.04(1,565)	2.42 ± 1.03(1,941)	0.785
		Urine	2.79 ± 1.95(302)	2.47 ± 1.86(1,197)	2.53 ± 1.88(1,499)	0.007
	Road Around 100 m	Blood	2.47 ± 0.98(1,003)	2.37 ± 1.07(904)	2.43 ± 1.03(1,907)	0.037
		Urine	2.59 ± 1.94(780)	2.50 ± 1.85(688)	2.55 ± 1.90(1,468)	0.374

**Table 4.** The Hg exposure levels with daily outdoor Playtime (blood: ppb, urine:  $\mu\text{g/g-creatinine}$ )

Contents	Below 1 hr(N)	1-3 hr(N)	3-4 hr(N)	Over 4 hr(N)	p-value
Blood	2.40 ± 0.97(1,111)	2.45 ± 1.08(712)	2.43 ± 0.92(87)	2.66 ± 1.46(34)	0.394
Urine	2.50 ± 1.74(861)	2.52 ± 2.06(550)	2.76 ± 2.05(68)	2.78 ± 1.84(25)	0.638

**Table 5.** The relations between Hg exposure levels and the frequency of some food intake (blood: ppb, urine:  $\mu\text{g/g-creatinine}$ )

Contents		↓ 1 (N)	2 - 3 (N)	↑ 4 (N)	Total(N)	p-value
Meats	Blood	2.40 ± 1.09(1,080)	2.44 ± 0.92(774)	2.57 ± 1.06(81)	2.42 ± 1.03(1,935)	0.295
	Urine	2.62 ± 1.93(820)	2.44 ± 1.74(603)	2.47 ± 2.65(69)	2.54 ± 1.90(1,492)	0.198
Processed Meat	Blood	2.42 ± 1.07(1,351)	2.44 ± 0.93(526)	2.45 ± 0.89(42)	2.43 ± 1.03(1,919)	0.935
	Urine	2.55 ± 1.87(1,046)	2.55 ± 2.00(405)	2.23 ± 1.14(32)	2.54 ± 1.89(1,483)	0.642
Protein Food	Blood	2.62 ± 1.59(159)	2.39 ± 0.96(869)	2.43 ± 0.96(913)	2.43 ± 1.03(1,941)	0.033
	Urine	2.81 ± 2.66(121)	2.55 ± 1.75(653)	2.49 ± 1.87(722)	2.54 ± 1.89(1,496)	0.224

**Table 5.** Continued

Contents		↓ 1 (N)	2 - 3 (N)	↑ 4 (N)	Total(N)	p-value
Seaweeds	Blood	2.47 ± 1.17(656)	2.44 ± 0.97(828)	2.33 ± 0.89(439)	2.43 ± 1.03(1,923)	0.092
	Urine	2.63 ± 2.07(505)	2.55 ± 1.76(638)	2.34 ± 1.75(340)	2.53 ± 1.87(1,483)	0.074
Fruits	Blood	2.46 ± 1.02(386)	2.43 ± 1.11(848)	2.41 ± 0.92(710)	2.43 ± 1.03(1,944)	0.724
	Urine	2.73 ± 2.12(279)	2.49 ± 1.68(661)	2.48 ± 1.95(561)	2.53 ± 1.87(1,501)	0.163
Biscuits	Blood	2.53 ± 1.06(357)	2.41 ± 1.01(841)	2.39 ± 1.03(741)	2.43 ± 1.03(1,939)	0.105
	Urine	2.54 ± 1.73(264)	2.59 ± 1.85(668)	2.50 ± 2.01(562)	2.54 ± 1.89(1,494)	0.706
Fishes	Blood	2.41 ± 1.10(799)	2.43 ± 0.99(905)	2.61 ± 0.97(128)	2.44 ± 1.04(1,832)	0.124
	Urine	2.58 ± 1.78(598)	2.53 ± 2.00(714)	2.64 ± 1.88(101)	2.56 ± 1.90(1,413)	0.830
Clams	Blood	2.45 ± 0.99(1,127)	2.45 ± 0.91(170)	2.37 ± 1.25(18)	2.45 ± 0.98(1,315)	0.954
	Urine	2.57 ± 1.96(865)	2.69 ± 2.03(128)	2.11 ± 1.14(14)	2.58 ± 1.96(1,007)	0.540

**Table 6.** The influence of preference for fish & clam on the Hg exposure (blood: ppb, urine: µg/g-creatinine)

Contents		Prefer(N)	Don't prefer(N)	Total(N)	p-value
Fishes	Blood	2.46 ± 1.07(1,448)	2.31 ± 0.86(431)	2.42 ± 1.03(1,879)	0.003
	Urine	2.57 ± 1.94(1,117)	2.48 ± 1.78(329)	2.55 ± 1.90(1,446)	0.443
Clams	Blood	2.46 ± 0.99(1,035)	2.38 ± 1.08(773)	2.43 ± 1.03(1,808)	0.093
	Urine	2.63 ± 2.01(785)	2.42 ± 1.74(607)	2.54 ± 1.90(1,392)	0.036

**Table 7.** The relations between Hg exposure level and the amount of fish intake per day (blood: ppb, urine: µg/g-creatinine)

Contents	↓ 1/2 fish(N)	1 Fish(N)	↑ 1 fish(N)	Total(N)	p-value
Blood	2.41 ± 1.06(1,098)	2.42 ± 0.97(565)	2.67 ± 1.07(174)	2.44 ± 1.04(1,837)	0.006
Urine	2.52 ± 1.91(838)	2.67 ± 1.79(438)	2.38 ± 2.23(141)	2.56 ± 1.91(1,417)	0.214

**Table 8.** The influence of Hg-related health cure experience on Hg exposure level(blood: ppb, urine: µg/g-creatinine)

Contents		Yes(N)	No(N)	Total(N)	p-value
Medicine	Blood	2.44 ± 0.94(411)	2.42 ± 1.05(1,527)	2.43 ± 1.03(1,938)	0.772
	Urine	2.52 ± 1.74(322)	2.54 ± 1.93(1,174)	2.54 ± 1.89(1,496)	0.864
Dental Amalgam	Blood	2.38 ± 0.96(299)	2.43 ± 1.03(1,592)	2.42 ± 1.02(1,891)	0.514
	Urine	2.70 ± 2.08(227)	2.49 ± 1.84(1,237)	2.52 ± 1.88(1,464)	0.132
Vaccine in 1yr	Blood	2.45 ± 0.95(916)	2.40 ± 1.09(967)	2.42 ± 1.03(1,883)	0.212
	Urine	2.59 ± 1.72(700)	2.49 ± 2.03(749)	2.54 ± 1.89(1,449)	0.308

인 상관관계를 분석한 결과, 거주지 주변의 도로 존재 여부, 어류선호도 및 빈도가 혈중수은농도와 관련성이 높은 것으로 조사되었으며, 거주지 주변의 공장존재, 식수의 종류, 조개류 선호여부, 6개월내 치과아말감 치료 여부등이 요충 노출수준에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 3~8).

개별 노출요인별로 조사된 유의성을 통제한 후, 전체 노출수준에 미치는 영향을 다중회귀분석을 통해 분석한 결과, 혈중수은의 농도는 거주지 주변의 도로존재여부와 어류선호도가 통계적 유의성을 나타내었으며, 요

**Table 9.** The results of multiple regression analysis

Contents	Variable	Regression coefficient	Std. Error	R-Square
Blood	Intercept	0.745	0.028	0.005
	Road existence	0.044*	0.022	
	Fish prefer	0.047*	0.028	
Urine	Intercept	0.801	0.023	0.004
	Plant existence	0.081*	0.047	
	Dental amalgam	0.087*	0.051	

\* p<0.05.

중수은은 거주지 주변의 공장존재여부, 6개월내 치과아말감 치료여부에 유의한 영향을 받는 것으로 조사되었다. 조사대상자의 성별을 통제하지 않고 얻어진 다변량 분석결과는 아래표에 나타내었다(Table 9).

#### IV. 고 찰

본 조사는 전국 26개 지역의 초등학교 학생 약 2,000여명을 대상으로 생체시료 채취 및 설문조사를 실시하였으며 이를 통해 어린이의 평균 노출수준과 노출요인을 도출하였다.

먼저 우리나라 초등학생들의 수은 노출수준은 혈중 평균  $2.42 \pm 1.02$  ppb 요중 평균  $2.53 \pm 1.887$   $\mu\text{g/g}$  creatinine으로 조사되었다. 조사대상의 약 1%와 0.51%가 독일의 혈중 CHBMI와 EPA기준을 각각 초과하였으며, 약 8%와 0.85%가 독일의 요중 CHBMI 5  $\mu\text{g/l}$ 와 CHBM II 20  $\mu\text{g/l}$  기준을 초과하는 것으로 나타났다. 어린이의 평균 노출농도는 미국의 ASTDR이 초등학생을 대상으로 실시한 조사<sup>6)</sup>에서 나타난 혈중 총 수은농도 1.39 ppb와 비교할 때 약 57% 정도 높게 나타났으며 1999년과 2002년 사이에 미국 NHANES (National Health and National Examination Survey)의 1~5세 유아를 대상으로 조사된 평균 혈중 수은농도 2.21 ppb(1.80~3.66)와는 비슷한 수준을 보여 주었다.

일반적으로 요중 수은농도는 장기적 또는 만성적 노출에 대한 가장 정확한 생체지표로 간주되며 약 4  $\mu\text{g/l}$ 의 농도가 일반집단에서 나타나는 배경농도로 알려져 있다.<sup>7)</sup> 본 조사 결과 나타난  $2.53 \pm 1.88$   $\mu\text{g/g}$  creatinine은 일반적 배경농도와 여러 국제기관이 제시한 가이드라인과 비교할 때 약 60% 수준에 머물러 현재 노출수준의 위해성 없는 것으로 보인다. 그러나 식이 습관이 우리나라와 유사한 일본의 4세 이하 어린이를 대상으로 조사된 요중  $1.06 \pm 3.31$   $\mu\text{g/g}$  creatinine수준과 3~18세 어린이의 혈중 2.4~2.7 ppb,<sup>8)</sup> 그리고 미국 뉴욕의 9세 이하 어린이의 요중 노출수준 2.8 ppb<sup>7)</sup> 특히 독일의 6~12세 어린이의 노출수준인 0.7  $\mu\text{g/l}$ 의<sup>9)</sup> 비교하면 각 국가간 식습관에 대한 차이를 고려하더라도 국내 노출수준은 비교적 높은 것으로 판단된다.

본 조사에서는 일반적인 환경노출 요인과 식습관에 대한 설문조사를 통해 이러한 높은 노출과 관련된 원인을 파악하고자 하였다. 환경요인과 노출수준을 항목별 농도비교와 독립검증(t-검증)을 통해 평가한 결과, 거주지주변의 공장존재, 식수의 종류, 조개류 선호여부, 6개월내 치과아말감 치료여부등 다양한 요인이 요중수은의 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 다중회

귀분석을 통해 거주지주변의 공장존재, 6개월내 치과아말감 치료여부가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 요중 수은농도의 대부분은 무기수은으로서 작업장이나 환경중에 존재하는 가스 및 입자상 수은의 노출을 잘 반영하는 것으로 거주환경 등 생활공간의 대기중 노출과 관련성이 높은 것으로 알려져 있다.<sup>10)</sup> 본 조사에서 포함된 거주지 주변의 공장존재여부는 주변 지역의 대기 중 수은농도와 밀접한 관련이 있을 것으로 판단되며 국내 어린이의 요중 수은농도도 이러한 요인과 관련성을 나타냄으로서 그 영향을 받고 있음을 보여준다고 하겠다. 이외에도 북부유럽 등에서 사용이 금지되고 있는 치과아말감의 치료여부도 요중 수은 수은농도에 영향을 미치는 것으로 나타나 치과치료에서의 아말감 사용제한조치도 어린이 수은노출 저감을 위해서는 필요할 것으로 판단된다.

혈중 수은은 주로 섭취하는 음식으로 인해 유입되는 것으로 알려져 있으나 치과 아말감 및 전통재래식 약 복용, 작업환경으로 인한 노출도 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 음식의 경우 어류섭취가 가장 핵심적인 노출요인으로 꼽힌다.<sup>10)</sup> 우리나라의 경우 생선섭취빈도는 16.57  $\mu\text{g/일}$ 로서 유럽내 다른 나라의 섭취량 4~27  $\mu\text{g/일}$  수준과 비교하면 높은 수준에 해당되어 어류섭취로 인한 인체수은노출은 높을 것으로 추정되어 왔다.<sup>11)</sup> 본 조사에서도 우리나라 어린이의 혈중 평균 수은농도는 평균 2.42 ppb로서 독일의 6-12세 어린이중 생선섭취빈도가 한달에 3회 이상인 어린이를 대상으로 조사된 1.5  $\mu\text{g/l}$ 보다 높은 것으로 조사되었다.<sup>9)</sup> 어린이의 혈중 수은농도는 시료채취의 어려움으로 인해 우리나라 뿐 아니라 외국에서도 흔히 찾아볼 수 없어 노출수준과 그 원인에 대하여 직접적인 비교는 어려우나 앞서 제시한 미국어린이의 노출수준 등에 비하여 높은 수준에 해당한다고 할 수 있다. 일반적으로 알려진 어류섭취 등의 노출요인 외에 우리나라 어린이의 혈중 수은농도에 미치는 요인을 알아보기 위하여 여러 가지 식품별 섭취빈도, 조개류에 대한 섭취특성, 그리고 환경요인에 대하여 상관성을 검토하였다. 어류섭취의 선호도와 섭취량 등이 혈중수은과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났으며 그 외에 거주지 주변의 도로존재 여부와 같은 환경요인도 기여하는 것으로 조사되었다. 2005년 실시된 20세 이상 일반성인을 대상으로 실시된 국민혈중 중금속조사에서도 도로인접지역에 거주하는 조사대상자의 혈중수은이 높게 검출되는 것으로 미루어 우리나라의 경우 자동차의 배기가스등으로 인한 대기환경오염이 혈중수은증가에 기여하고 있는 것으로 추론할 수 있겠다.<sup>12)</sup>

이상에서 언급된 결과를 종합하면 우리나라 어린이의 주요 수은노출원인은 일반적으로 알려진 어류섭취 및 치과아말감치료 외, 거주지 주변의 공장 및 도로존계등 생활환경도 관련이 있다는 것을 알 수 있다. 조사내용의 대부분이 참여자의 설문결과에 전적으로 의존함으로써 밝혀진 요인들의 통계적인 기여도가 대단히 작았다고는 하나 우리나라에서도 대기환경요인이 수은노출에 관련되고 있음을 본 조사를 통해 확인 할 수 있었다. 이번 조사에서 밝혀내지 못한 우리나라 어린이의 수은노출주세와 추가적인 노출요인 파악을 위한 노력이 계속되어야 할 것으로 생각되며, 또한 우리나라 어린이의 상대적으로 높은 노출수준과 국제적으로도 수은의 위해성에 대한 정확한 결론이 도출되고 있지 않다는 점을 고려하여 노출기준치를 초과하는 개인의 노출량과 상대적으로 높은 평균 노출수준을 낮추기 위하여 주된 노출요인으로 지목되고 있는 어류에 대한 섭취제한 권고기준 제시, 치과아말감의 제거 및 사용제한, 대기중 수은오염관리등 국가차원의 정책지원이 필요할 것으로 판단된다.

## V. 결 론

국내 26개 지역의 초등학교 4·6학년이 재학중인 어린이를 대상으로 인체수은노출수준을 조사한 결과, 평균 노출농도는 혈중  $2.42 \pm 1.02$  ppb, 요중  $2.53 \pm 1.88$   $\mu\text{g/g creatinine}$ 로 나타났다. 평균 노출수준은 국제 가이드라인의 약 50~60%로서 건강에 크게 영향을 미칠 농도는 아니었다. 조사대상 어린이의 약 1%와 0.51%가 독일의 혈중 CHBM I(5 ppb)과 EPA(5.8 ppb) 기준을 각각 초과하였으며, 약 8%와 0.85%가 독일의 요중 CHBM I(5  $\mu\text{g/l}$ )과 CHBM II(20  $\mu\text{g/l}$ ) 기준을 초과하였다. 개별 노출요인과 노출농도를 단변량 및 다중회귀분석을 통해 비교 검토한 결과, 혈중수은의 농도는 일반적으로 알려진 노출원인 어류특성 이외에도 거주지 주변의 도로존계여부등과 환경요인이 일부 영향을 미쳤으며, 요중수은은 거주지 주변의 공장존계여부등의 거주환경이외에 6개월내 치과아말감 치료여부에서도 유의한 영향을 받는 것으로 조사되었다.

## 참고문헌

1. 황인담, 기노석, 정인호, 이정상, 이재형 : 수은 중독에 관한 실험적 연구. 한국환경위생학회지, **14**(1), 103-113, 1988.
2. Ewers, U., Krause, C., Schulz, C. and Wilhelm, M. : Reference values and human biological monitoring values for environmental toxins. Report on the work and recommendations of the Commission on Human Biological Monitoring of the German Federal Environmental Agency. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **72**, 255-260, 1999.
3. Ronchetti, R., Zuurbier, M., Jesenak, M., Koppe, J. G., Ahmed, U. F., Ceccatelli, S. and Villa, M. P. : Children's health and mercury exposure. *Acta Paediatrica. Supplementum*, **95**, 36-44, 2006.
4. 윤충식, 임상혁, 하권철 : 고농도 수은 노출자의 혈중 및 뇨중 수은 농도 변화에 관한 연구. 한국환경위생학회지, **27**(3), 71-80, 2001.
5. Kim, E. H. : Mercury Biogeochemical Cycling and bioaccumulation in aquatic environments : A review. *Korea Journal of Environmental Health*, **33**(3), 180-183, 2007.
6. ASTDR. 1997. Review of mercury health services' blood mercury data for selected parishes in Louisiana various parishes, Louisiana, [http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/variousparishes/rom\\_toc.html](http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/variousparishes/rom_toc.html)
7. ASTDR. 1999. Toxicological profile for Mercury, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html>
8. Tsuda, M., Hasunuma, R., Kawanishi, Y. and Okazaki, I. : Urinary concentration of heavy metals in healthy Japanese under 20 years of age: a comparison between concentration expressed in terms of creatinine and of selenium. *The Tokai Journal of Experimental and Clinical Medicine*, **20**(1), 53-64, 1995.
9. Wilhelm, M., Schulz, C. and Schwenk, M. : Revised and new reference value for arsenic, cadmium, lead and mercury in blood or urine of children: Basis for validation of human biomonitoring data in environmental medicine. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, **209**, 301-305, 2006.
10. Mahaffey, K. R., Clickner, R. P. and Bodurow, C. C. : Blood Organic Mercury and Dietary Mercury Intake: National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 and 2000. *Environmental Health Perspectives*, **112**(5), 2004.
11. 수은의 인체노출 및 건강영향에 관한 연구(I). 국립환경과학원, 2005.
12. 국민 혈중의 중금속 농도 조사·연구. 환경부, 2005.