

수은 고노출 지역 초등학생의 수은노출관련 건강영향 연구

김대선 · 안승철 · 정희웅 · 권영민[†] · 최경희

국립환경과학원 환경보건연구과

A Study on Schoolchildren's Mercury Exposure and Related Health Effects in High Mercury Exposure Areas in Korea

Dae Seon Kim, Seung Chul Ahn, Hee-Ung Chung, Young Min Kwon[†], and Kyunghee CHOI

Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research

ABSTRACT

Objectives: According to the 2007 Korea National Environmental Health Survey (KNEHS), some areas in the Gyeongsang Provinces showed very high blood mercury levels in adults. We conducted this project to investigate any related health effects in children due to mercury levels in these areas.

Methods: In total, 1,097 students between grades 3 and 6 at 19 elementary schools were recruited from four areas with high mercury exposure as identified by the KNEHS. Total mercury levels in biological samples were compared with health check-ups performed on the schoolchildren. Biological monitoring, supported by questionnaires, a computerized neurobehavioral test, a posturography test and a personality test, were applied.

Results: Triglycerides showed a significant relation with mercury in blood, urine and hair. Total mercury concentrations were divided into two groups: upper and lower concentration groups based on the median value. In the computerized neurobehavioral test, the upper blood mercury group showed a greater reaction time for color-word vigilance ($p < 0.05$). In the posturography test, the intensity value of the tremor test showed high significant relations with mercury levels ($p < 0.01$).

In the personality test, self-consciousness, misdeeds and family relationships showed significant differences between the upper and lower urine mercury groups ($p < 0.01$), and specific reactions, ego resilience and hyperactivity also showed some differences ($p < 0.1$).

Conclusion: Some items in the neurobehavioral test, posturography test and personality test showed significant relations with biological mercury levels. Therefore, monitoring and appropriate management of students showing high mercury levels are recommended in order to reduce their mercury exposure.

Keywords: Children, Health effect, Mercury

I. 서 론

수은은 주로 실온에서 액상으로 존재하는 성질을 지니는 유일한 금속으로, 주로 원소성 수은, 무기수은, 유기수은의 3가지 형태로 나누어진다.¹⁾ 무기수

은은 토양과 퇴적물 내 미생물의 활동으로 유기형태인 메틸수은으로 전환되며, 유기수은은 지용성이므로 체내 흡수가 용이하고, 담즙을 통해 배설이 되는 하지만 반감기가 길기 때문에 체외 배설이 늦으며 체내에 축적되기 쉽다.²⁾ 메틸수은은 주로 어패류

[†]Corresponding author: Environmental Health Research Division, Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research, Hwangyong-ro 42, Seogu, Incheon, 22689, Korea, Tel: +82-32-560-7137, Fax: +82-32-568-2035, E-mail: u11023@korea.kr

Received: 14 August 2015, Revised: 17 August 2015, Accepted: 18 August 2015

를 섭취함으로써 인체에 축적된다고 알려져 있으며, 심해성포식성 어류에서 주로 높은 함량을 보인다.³⁾

대표적인 수은 노출에 의한 중독 사례로는 1932년 경 일본 큐슈지방에서 발생하여 미나마타병으로 명명된 수은중독 사건이 있었으며, 1964년 일본 니이가타현의 아가노강 하류에서 이와 동일한 사건이 발생하였다. 또한 1970년대 중국 송화강 유역의 폭약원료공장에서 수은 유출사건이 있었으며, 1990년대 아마존강 유역의 금 광산에서 이용된 유기수은이 유출되는 사건이 있었다. 수은 중독은 주로 공장근로자나 광산노동자에게서 일어난다고 인식되어 있었지만, 수은 유출사건 이후 폐기물과 배기가스 등으로 인한 환경매체로의 수은노출이 일반인에게도 수은 중독이 일어날 수 있다고 알려지게 되었으며, 이로 인해 최근의 연구경향은 저농도의 만성독성에 대한 연구에 초점이 맞추어져 가고 있다.⁴⁾ 비직업적 노출집단의 경우 수은에 노출되는 주요 경로는 식품이며, 대부분 어류와 어류 공산품에 의한 것으로 보고되고 있다.⁵⁾ 식품의 중금속 오염은 식품 가공공정에서 발생되기도 하지만, 주로 대기, 수질 등 환경적인 요인에 의해 식품에 축적됨으로써 어류 섭취 등 식생활을 통한 인체 내 수은 노출이 문제시되고 있다.⁶⁾ 최근에는 치과 아말감 치료와 관련하여 수은의 독성에 대한 관심이 증대되었으며, 아말감 치료에 의해 수은이 건강에 영향을 줄 수 있다는 과학적 증거는 아직까지 충분하지 않은 실정이다.⁷⁾

2007년 「국민 생체시료 중 유해물질 실태조사」 결과 경남·북 일부지역 주민의 혈중 수은농도(군위군 고로면 석산리 29.6 µg/L, 영천시 신령면 완전리 26.7 µg/L)가 전국 평균(3.8 µg/L)에 비해 높게 나타났으며,⁸⁾ 2009년 군위군 및 영천시 주민을 대상으로 수은 고노출에 대한 정밀조사결과, 이들 지역에서 오래된 문화로써 명절 및 제사상에 올리는 「뚝배기」라는 상어고기 섭취가 주요 노출원으로 추정되었다.⁹⁾ 이에 당시 「국민 생체시료 중 유해물질 실태조사」에 표본으로 선정된 이 두 지역 부근 주민의 수은노출조사를 위해 2010년에 경북, 경남 전지역에 걸쳐 4,000명의 성인을 대상으로 수은노출조사를 실시하였다. 앞서 언급한 사업들이 성인을 대상으로 한 사업이었기에, 어린이 건강보호차원에서 인체 내 수은노출수준이 높은 성인들이 거주하는 지역의 초등학교 학생들을 대상으로

수은노출 수준에 따른 영향요인을 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 초등학생들의 수은노출수준과 건강지표들 간의 연관성을 확인하고자, 보편적으로 실시되고 있는 건강검진항목, 신경발달 및 반응변화 확인에 사용되는 체위반응검사와 컴퓨터 신경행동검사, 인성지능검사를 실시하였다.^{17,18)} 이를 토대로 수은 고노출 지역 내 건강취약계층의 건강보호 정책수립에 필요한 기초자료를 확보하고자 한다.

II. 조사내용 및 방법

1. 대상지역 및 대상자

경상북도 군위군 10개 초등학교 3~6학년 학생 294명, 경상북도 영천시 5개 초등학교 3~6학년 학생 528명, 경상북도 포항시 2개 초등학교 3~6학년 학생 122명, 울산광역시 2개 등학교 3~6학년 학생 152명을 조사하였고, 모든 조사는 사전에 학생들의 보호자를 대상으로 본 연구에의 참여의사를 확인한 후 동의서를 수령하고 희망자에 한하여 실시하였다.

2. 조사내용 및 방법

본 연구에서는 초등학생들의 수은노출 요인 및 수은이 건강에 미치는 영향을 조사하기 위해 건강검진, 체위반응검사(Posturography), 컴퓨터 신경행동검사(Neuro-behavior Test), 인성지능검사를 실시하였다.

1) 일반 건강검진

일반 건강검진을 위한 시료채취 및 검사는 건강관리협회에 의뢰하여 실시하였고, 혈액 및 요 검사를 위하여 총 15종(혈당, 중성지방, 요단백, 요잠혈 등)에 대하여 분석을 실시하였다.

2) 컴퓨터 신경행동검사

초등학생들에 대한 신경행동학검사는 컴퓨터 신경행동검사 시스템 (Korean Computerized Neuro-Behavior Test System, (주)지엔씨소프트)을 이용하였다.

컴퓨터 신경행동검사는 1980년대 중반부터 개발되기 시작하였으며, 측정의 정확성, 검사방법의 표준화, 자료처리의 용이성 등 컴퓨터가 가지는 고유한 장점을 살리면서 검사자의 주관에 의한 영향을 많이 받

Table 1. Contents of neurobehavioral test using computer

Kinds of test	Areas of test
simple reaction time	- attention & concentration - perception & reaction time
choice reaction time	- attention & concentration - perception & reaction time - visiospatial perception functions
color word vigilance	- abstraction & concept formation - frontal lobe function - attention & concentration
digit classification	- abstraction & concept formation - attention & concentration
digit addition	- reading comprehension - arithmetic reasoning
symbol digit substitution	- visual search - short term memory - perception-motor speed
finger tapping speed	- motor performance - tracking lateralized brain damage - motor coordination - motor steadiness

는 면접식 신경행동검사의 단점을 보완한 것으로, 가장 큰 장점은 검사과정, 즉 자극의 제시와 반응과정을 표준화할 수 있다는 것이다.

컴퓨터를 이용한 검사의 표준화는 의사와 환자와의 교감을 감소시켜 컴퓨터 신경행동검사의 임상적 활용에는 제한적으로 작용하기도 하지만, 많은 양의 자료를 객관적인 방법을 이용하여 구할 수 있어 오차를 줄이고, 공변량의 보정을 통해 보다 견고한 모델을 추정할 수 있다는 역학적 관점에서의 효율성은 집단을 대상으로 하는 역학적 연구에서는 매우 큰 장점이 될 수 있다. 컴퓨터 신경행동검사의 검사종류 및 영역은 Table 1에 나타내었다.

3) 체위반응검사(Posturography)

체위반응검사는 환경독성물질에 의한 중추신경계 이상을 조기에 발견하기 위한 도구로서, 경제적이고 검사시간이 짧으며, 해석이 용이하다. 또한 비침습적이므로 소아들의 전정기능, 손떨림 반응시간 등을 측정하기 편리하다.

체위반응검사는 학교별로 ‘Catsys 2000’ (Danish Product DEvelopment Ltd, Denmark)에 부착된 힘판(force plate)을 이용하여 실시하였다. 검사항목은 스타일러스 펜의 앞 1 cm정도 뒸운 상태에서 연필

을 잡듯이 잡고 측정하는 손떨림 검사, 힘판위에서서 전방을 주시한 상태로 눈을 감고, 눈을 뜬 후 측정하는 체위기록검사, 비규칙적으로 소리를 듣고 버튼을 누르는 반응시간검사 등을 실시하였다.

4) 지능 및 인성검사

인성검사에는 한국아동인성검사(Korean Personality Inventory for Children, KPI-C)를 부분적으로 수정하여 개발한 한국아동인성평정척도(The Korean Personality Rating Scale for Children, KPRC)가 사용되었다. 기존의 KPI-C와 비교하여 KPRC에서는 자폐증 척도가 제외된 대신 사회관계척도가 보완·수정되었으며, 변별력을 높이는 문항이 추가되었다. 인성검사 항목으로는 검사신뢰도, 타인의식, 특이반응, 자아탄력성, 언어발달, 운동발달, 불안, 우울, 신체화, 비행, 과잉행동, 가족관계, 사회관계, 정신증 등을 측정하였다.

지능검사에는 KMIS-E(Korean Multi-Intelligence Scale for Elementary school) 다중지능검사가 사용되었다. KMIS-E 지능검사는 7가지 다중 지능요소 중 언어능력, 수리 논리능력, 공간지각능력 부분을 포함하고 있으며, 5가지 기본정신능력인 어휘력, 수리력, 추리력, 공간지각력, 지각속도를 모두 반영한다. 지능검사 항목으로는 어휘적용능력, 이해력, 수리력, 추리력, 공간지각능력, 도식화능력(도형지각) 등을 측정하였다.

5) 통계처리 방법

본 연구에서는 각 검사별로 참여한 대상자들의 생체시료 중 수은농도 중위수를 기준으로 고저농도군으로 구분하였다. 각 검사별 결과에 대한 분산과 두 그룹 간 각 지표의 유의성은 SPSS 18.0 program을 이용하여 독립표본 t 검정으로 확인하였으며, 생체시료 중 수은농도와 건강검진 결과와의 관련성을 보고자 회귀분석을 실시하였다.

III. 연구결과

1. 지역 및 조사항목별 조사현황

4개 시·군지역 19개 초등학교 학생 1,097명에 대해 조사하였으며, 조사대상 초등학생들에 대한 생체시료 채취 및 각 항목별 조사현황은 Table 2와 같다.

Table 2. General characteristics of study subjects

		Students	Blood	Urine	Hair	Health checkup	Neuro-behavior	Posturography	Personality and IQ test
Gender	Male	584	583	581	555	584	301	309	510
	Female	513	510	509	511	513	286	290	460
Grade	Third	247	245	244	238	247	135	139	226
	Fourth	268	267	267	261	268	142	141	235
	Fifth	288	287	288	279	288	163	166	251
	Sixth	294	294	291	288	294	147	153	258
Total		1,097	1,093	1,090	1,066	1,097	587	599	970
Participation rate (%)		100.0	99.6	99.4	97.2	100.0	53.5	54.6	88.4

Table 3. Summary of results on health check-up

(unit : N, (%))

Item		AM±SD	Criteria	Within standard	Exceeding standard
Kidney function	BUN	11.49±2.82	6.2-23.3 mg/dL	1,096 (99.9)	1 (0.1)
	Creatinine	0.69±0.08	0.6-1.2 mg/dL	1,082 (100.0)	0 (0.0)
Diabetes	Glucose(before a meal)	81.38±7.40	70-99 mg/dL	1,073 (99.2)	9 (0.8)
Hyperlipidemia	Total cholesterol	163.45±24.31	98-199 mg/dL	1,019 (94.2)	63 (5.8)
	Triglyceride	90.24±50.39	10-149 mg/dL	959 (88.6)	123 (11.4)
	HDL cholesterol(male)	62.82±9.32	40-99 mg/dL	577 (100.0)	0 (0.0)
	HDL cholesterol(female)	62.04±8.92	50-99 mg/dL	486 (96.2)	19 (3.8)
	LDL cholesterol	82.95±19.95	1-129 mg/dL	1,061 (98.1)	21 (1.9)
Liver function	SGOT(AST)	25.35±6.68	0-33 IU/L	1,033 (95.5)	49 (4.5)
	SGPT(ALT)	17.60±14.38	0-38 IU/L	1,033 (95.5)	49 (4.5)
	γ-GTP(male)	14.88±6.23	0-56 IU/L	576 (99.8)	1 (0.2)
	γ-GTP(female)	13.38±6.24	0-38 IU/L	500 (99.0)	5 (1.0)

AM: arithmetic mean
 SD: standard deviation
 BUN: blood urea nitrogen
 SGOT: serum glutamic oxaloacetic transaminase
 SGPT: serum glutamate pyruvic transferase
 γ-GTP : gamma glutamyl transpeptidase

2. 건강검진 결과

전체 초등학생들을 대상으로 일반적인 건강상태를 가장 쉽게 판단할 수 있는 혈액검사 결과를 기준에 따라 각 항목별로 나누어 살펴본 결과, 총콜레스테롤, 중성지방 등의 검사항목에서 일부 학생들이 기준치를 벗어나는 결과를 나타냈다.

체내 수은 노출수준과 아동들 건강상태와의 관련성을 평가하기 위하여, 각 항목별 결과를 생체시료 중 수은농도의 중위수로 나누어 상하위 그룹간에 비교해본 바, 혈액에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 요 항목의 결과에서 크레아티닌과 저밀도콜레

스테롤에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

건강검진 항목별로 생체시료 중 수은농도에 따라 상관관계를 분석한 결과, 요소질소와 혈중 수은농도, 중성지방과 혈액·요·모발 중 수은농도, 알라닌 아미노 전이효소(ALT)와 혈중 수은농도 항목들에서 상관계수는 높지 않았으나, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

3. 컴퓨터 신경행동검사 결과

컴퓨터 신경행동검사를 실시한 8개 초등학교 학생 587명의 생체시료 중 수은농도를 각각의 중위

Table 4. Correlation coefficient of health check items by mercury level

Items	Blood			Urine			Hair		
	Total	r	p-value	Total	r	p-value	Total	r	p-value
BUN	1,082	0.0055	0.01	809	0.0004	0.59	1,051	0.0021	0.14
Creatinine	1,095	0.0015	0.26	1,066	0.0003	0.60	1,082	0.0004	0.51
Glucose	1,082	0.0004	0.51	809	0.0000	0.99	1,051	0.0000	0.99
Total cholesterol	1,082	0.0022	0.12	809	0.0000	0.99	1,051	0.0008	0.36
Triglyceride	1,082	0.0081	<0.01	809	0.0059	0.02	1,051	0.0054	0.01
HDL cholesterol(Male)	575	0.0014	0.36	447	0.0002	0.76	545	0.0000	0.94
HDL cholesterol(Female)	504	0.0015	0.38	360	0.0056	0.16	503	0.0049	0.11
LDL cholesterol	1,082	0.0008	0.34	809	0.0005	0.52	1,051	0.0001	0.75
SGOT(AST)	1,082	0.0000	0.94	809	0.0002	0.67	1,051	0.0001	0.73
SGPT(ALT)	1,082	0.0041	0.03	809	0.0015	0.26	1,051	0.0010	0.29
-GTP(male)	575	0.0052	0.08	447	0.0026	0.28	545	0.0013	0.39
-GTP(Female)	504	0.0070	0.06	360	0.0070	0.44	503	0.0017	0.35

Table 5. Results of neuro-behavior test by blood mercury level

Test items	Lower group (N=291)	Upper group (N=292)	Total (N=583)	p-value
	AM±SD	AM±SD	AM±SD	
Simple reaction time (msec)	381.1±122.8	389.2±121.1	385.1±121.9	0.42
Choice reaction time (msec)	546.9±161.3	546.0±120.0	546.5±142.0	0.94
Color word vigilance (msec)	477.9±122.6	499.0±129.3	488.5±126.3	0.04
Digit classification (msec)	732.4±338.0	741.7±313.7	737.0±325.8	0.72
Digit addition (msec)	3832.7±1499.8	3853.2±1581.5	3842.9±1539.9	0.87
Symbol digit substitution (msec)	3188.4±762.8	3218.5±718.1	3203.4±740.3	0.62
Right finger tapping speed (times)	58.5±8.6	58.4±7.9	58.4±8.3	0.83
Left finger tapping speed (times)	53.4±8.6	53.2±8.0	53.3±8.3	0.71

수를 기준으로 상·하위군 분류 후 조사한 결과, 혈중 수은농도와 글자색맞추기 항목에서 상위군의 반응시간이 하위군의 반응시간보다 더 오래 걸렸으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 반면에 요 및 모발 중 수은농도에서는 상·하위군간 유의한 차이를 보이지 않았다.

4. 체위반응검사 결과

체위반응검사를 실시한 8개 초등학교 학생 599명의 생체시료 중 수은농도를 각각의 중위수를 기준으로 상·하위군 분류 후 비교해 본 결과, 혈액 및 모발중 수은농도와 체위반응검사 결과와 관련성을 보이지 않았다. 하지만, 요 중 수은농도와 손떨림 검사의 오른손 center frequency, 왼손 intensity 항목에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01).

5. 인성 및 지능검사 결과

1) 인성검사

인성검사 결과와 각 생체시료 중 수은농도 중위수를 기준으로 하여 상·하위군으로 나누어 조사한 결과, 요 중 수은농도 상위군에 비해 하위군의 타인의 식이 높았고, 비행, 가족관계 정도가 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 반면, 혈액 및 모발 중 수은 농도와의 검사에서는 유의한 차이를 보이는 항목이 없었다.

2) 지능검사

지능검사 T점수 결과와 각 생체시료 중 수은농도 중위수를 기준으로 하여 상·하위군으로 나누어 조사한 결과, 요 중 수은농도 상위군에서 도식 화능력 점수가 통계적으로 유의하게 높았다(p<0.05).

Table 6. Result of posturography test between lower and upper group by urine mercury level

Test items		Lower group (N=227) AM±SD	Upper group (N=228) AM±SD	Total (N=455) AM±SD	P- value	
Hand termor	Right hand	Intensity(mm/s ²)	0.21±0.09	0.20±0.07	0.21±0.08	0.08
		Center frequency(Hz)	4.90±1.28	4.63±1.07	4.77±1.19	0.01
	Left hand	Intensity(mm/s ²)	0.28±0.13	0.25±0.10	0.27±0.12	<0.01
		Center frequency(Hz)	4.52±1.05	4.45±0.95	4.49±1.00	0.49
Reaction time	Right hand	Average reaction time(sec)	0.26±0.05	0.27±0.04	0.26±0.04	0.07
	Left hand	Average reaction time(sec)	0.27±0.04	0.27±0.04	0.27±0.04	0.07
Posturography	Open eyes	Mean sway(mm)	6.28±2.08	6.52±2.39	6.40±2.24	0.26
		Sway area(mm ²)	381.50±240.63	408.47±282.81	395.01±262.67	0.27
		Sway velocity(mm/s)	10.84±3.15	10.68±3.22	10.76±3.18	0.58
		Sway intensity(mm/s ²)	4.85±1.50	4.78±1.57	4.81±1.54	0.60
	Closed eyes	Mean sway(mm)	7.20±2.56	7.33±3.12	7.27±2.85	0.64
		Sway area(mm ²)	596.67±442.65	606.00±482.37	601.34±462.49	0.82
		Sway velocity(mm/s)	14.67±5.40	14.20±5.12	14.44±5.26	0.33
		Sway intensity(mm/s ²)	5.76±2.01	5.80±2.47	5.78±2.25	0.87

Table 7. Result of personality test between lower and upper group by urine mercury level

Items	Lower group(N=217)	Upper group(N=217)	Total (N=434)	p-value
	AM±SD	AM±SD	AM±SD	
Test reliability	49.8±10.5	49.7±10.2	49.8±10.4	0.97
Self-consciousness	51.9±9.6	49.1±11.3	50.5±10.6	<0.01
Specific reaction	45.7±6.2	46.8±7.0	46.3±6.6	0.09
Ego resilience	51.7±9.5	50.0±10.3	50.8±10.0	0.06
Language development	49.6±10.2	50.4±10.9	50.0±10.6	0.45
Physical development	49.3±10.8	49.1±10.9	49.2±10.8	0.86
Anxiety	48.6±9.6	48.6±9.6	48.6±9.6	0.98
Depression	48.9±9.2	49.6±10.8	49.2±10.0	0.44
Somatization	48.0±9.5	48.5±10.3	48.2±9.9	0.58
Misdeed	48.2±10.0	50.7±12.6	49.4±11.4	0.01
Hyperactivity	48.2±9.8	50.0±10.5	49.1±10.2	0.07
Family relationship	49.9±11.1	52.6±11.4	51.3±11.3	0.01
Social relationship	50.3±10.2	49.0±10.5	49.6±10.3	0.22
Phychosis	48.7±10.1	50.0±11.1	49.4±10.6	0.19

공간지각력 및 도식화 능력은 혈중 수은의 경우 상위군에서 더 높은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다(각각 p=0.09). 또한 요 중 수은 상위군에서 언어유추능력 점수가 더 높게 나타났으며(p=0.09), 모발 수은노출 상위군에서 공간지각력이 더 높은 점수를 보였으나 통계적으로 유의하지

는 않았다(p=0.10).

IV. 고 찰

환경독성물질에 의한 중추신경계 이상을 조기에 발견하기 위한 방법으로 사용되는 체위반응검사를 실

Table 8. Results of IQ test(T scores) according to mercury levels of biological samples

Biological samples	Item	Lower group AM±SD	Upper group AM±SD	Total AM±SD	p-value
Blood (µg/L)	Vocabulary ability	48.8±10.4	49.6±9.8	49.2±10.1	0.36
	Verbal analogy	48.2±9.4	49.4±9.9	48.8±9.7	0.14
	Schematization	49.1±9.3	50.4±9.5	49.7±9.4	0.09
	Numeracy	48.3±8.7	48.7±7.9	48.5±8.3	0.57
	Spatial perception	48.6±8.9	49.8±9.0	49.2±9.0	0.09
	Reasoning	49.1±9.6	49.7±8.9	49.4±9.2	0.46
	IQ	97.1±14.6	99.0±14.8	98.0±14.7	0.11
	N	296	297	593	
Urine (µg/g_cr)	Vocabulary ability	48.8±10.1	49.7±10.1	49.3±10.1	0.31
	Verbal analogy	48.0±9.5	49.6±10.1	48.8±9.8	0.09
	Schematization	48.7±9.4	50.4±9.4	49.6±9.4	0.05
	Numeracy	48.3±8.5	48.8±8.5	48.5±8.5	0.47
	Spatial perception	49.1±8.9	49.1±8.7	49.1±8.8	0.98
	Reasoning	48.9±8.7	50.0±9.7	49.4±9.2	0.19
	IQ	97.0±14.0	99.1±15.3	98.0±14.7	0.13
	N	227	227	454	
Hair (µg/g)	Vocabulary ability	49.2±10.3	49.3±9.8	49.2±10.1	0.93
	Verbal analogy	48.7±9.2	48.9±10.1	48.8±9.7	0.81
	Schematization	49.8±9.3	49.7±9.5	49.8±9.4	0.91
	Numeracy	48.3±8.6	48.6±8.1	48.5±8.3	0.68
	Spatial perception	48.6±8.8	49.8±9.1	49.2±9.0	0.10
	Reasoning	49.0±9.2	49.9±9.3	49.4±9.2	0.24
	IQ	97.6±14.3	98.5±15.2	98.1±14.7	0.43
	N	295	296	591	

시하여, 각 생체시료의 수은농도 중위수를 기준으로 상·하위군으로 나누어 비교조사 하였다. 체위반응 검사는 개인별 특성이 결과에 영향을 미칠 수 있는 단점이 있으나,¹⁰⁾ 중추신경기능과 말초신경기능의 측정도구로서 체위반응검사의 타당성과 신뢰도는 여러 연구에서 뒷받침되고 있다.¹¹⁾ 체위반응검사를 통한 기존의 연구에서 인체 내 수은 노출량이 많을수록 손떨림정도가 커지며 통계적으로 유의한 결과가 나타난다고 보고하고 있다.^{10,12)} 또한 동물실험을 통한 중추신경계 이상을 밝힌 연구에서는 수은노출에 따라 반응시간 및 손떨림에 영향을 준다고 밝혔다.¹³⁾ 본 연구에서는 요중 수은농도에 따라 손떨림 정도의 차이가 나타났으며 통계적으로 유의한 것으로 조사되었다(p<0.01).

수은노출이 신경계에 미치는 영향을 세부적으로

평가하기 위하여, 체위반응검사와 별도로 단순반응 시간, 선택반응시간, 글자색 맞추기, 숫자구분, 숫자 더하기, 부호숫자 짝짓기, 손가락 두드리기 등 총 7 가지 항목에 대한 컴퓨터 신경행동검사를 실시하였다. 생체시료 중 수은농도를 상·하위군으로 나누어 비교한 결과, 검사 항목들간 일관된 양상을 나타내지 않았다. 컴퓨터 신경행동검사와 모발 중 수은농도간의 관계에 있어 단순반응시간에 따른 유의한 차이가 있는 것으로 보고되었으나,¹⁴⁾ 본 조사에서는 모발 중 수은농도와 통계적 유의성이 없었으며, 혈 중 수은농도의 경우 글자색맞추기 항목에서 상위군의 반응시간이 하위군에 비해 길었으며 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 소아 또는 어린이를 대상으로 컴퓨터 신경행동검사와 생체시료 중 수은농도를 살펴본 연구는 많지 않으나, 근래에 이르러 유기수은에 의

한 신경행동영향이 보고되고 있다.¹⁵⁾ 추론능력 및 주의집중력을 측정하는 글자색 맞추기 항목에서 상위군의 반응시간이 하위군에 비해 높게 나타나 상위군의 주의집중력이 하위군에 비해 떨어지는 것으로 판단된다.

본 조사에서 초등학생들의 인성검사를 위해 한국 아동인성평정척도(Korean personality rating scale for children)를 사용한 결과, 요중 수은농도와 타인의식, 비행 및 가족관계 항목에서 수은노출 상하위군 간 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p<0.01$), 혈액 및 모발 중 수은농도와 각 인성검사항목과의 유의한 차이를 보이는 항목은 없었다. 또한 지능검사를 실시한 결과, 요 중 수은노출 상위군에서 도식화능력(schematization)점수가 통계적으로 유의하게 높게 나타났으며, 공간지각력 및 도식화능력은 혈 중 수은 상위군에서 더 높게 나타났지만 통계적으로 유의하지 않았다. 인성지능검사의 경우, 보다 정확한 평가를 위해서는 아동의 자기보고와 보호자의 관찰보고, 임상가의 관찰 등 다양한 정보 원천으로부터 자료를 모으는 것이 이상적인데, 이는 자료의 수렴타당도를 높이는데 도움이 될 뿐 아니라 그보다도 더 중요한 것은 동일한 개인에 대해 얻어진 원천이 다른 여러 자료들 간의 비교를 통해 정신병리에 대한 새로운 이해를 얻을 수 있기 때문이다.¹⁶⁾ 본 연구에서는 이를 적용하지 못한 제한점이 있지만, 추후 유사한 연구를 진행하는 경우, 이와 같은 사항을 적용하여 인성검사를 수행하면 더욱 의미있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 조사는 고농도 수은노출지역 초등학교 학생들의 수은노출에 따른 건강영향 여부를 파악하기 위하여 경남·북 4개지역 19개 초등학교 1,097명을 대상으로 생체시료 중 수은농도를 분석하여 건강영향 조사를 수행한 바, 일반 건강검진항목에서는 Triglyceride 가 혈액, 뇨, 모발 중 수은과 관련성을 보였다.

생체시료 중 수은농도의 중위수를 기준으로 상·하위군으로 나누었을 때, 컴퓨터 신경행동검사의 글자색 맞추기 항목에서, 혈중 수은농도의 상위군의 반응시간이 하위군에 비해 늦은 것으로 나타났다.

체위반응 검사에서는 요중 수은농도와 손떨림 항목 및 반응시간 검사에서 농도간 차이를 보였다.

14가지 인성검사 항목에서는, 요 중 수은농도와 타인의식, 비행 및 가족관계 항목에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

본 조사지역 초등학생의 경우, 2007년 국민환경보건기초조사에서의 성인처럼 혈중 수은의 고노출 경향을 보이지는 않았지만, 독일 인체모니터링 위원회에서 제시하는 건강검진과 의료감시가 필요한 기준(HBMII)을 초과하는 초등학생이 일부 확인되었기에, 향후 이 지역 및 기준초과 학생들에 대해 수은노출을 저감시킬 수 있도록 노력과 관리가 필요하다고 사료된다.

References

1. Ministry of environment. Survey of the domestic distribution and emission status of mercury. 2009.
2. Kim PG, Park ME, Sung KY, Lim ST, Oh SM. Comparative study on distribution of heavy metals of the surface sediments in east/west oceanic dumping areas. *Econ Environ Geol*. 2009; 42(2): 121-131.
3. Myers GJ, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Palumbo D, Cernichiari E. Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *Lancet*. 2003; 361: 1686-1692.
4. Farhana Z, Shamim JR, Soghra KH, Rizwan HK. Low dose mercury toxicity and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2005; 20(2): 351-360.
5. Ministry of Food and Drug Safety. Methylmercury in foods. 2007.
6. Kim HY, KIM JI, KIM JC, Park JE, Lee KJ, Kim SI, et al. Survey of heavy metal contents of circulating agricultural products in Korea. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 2009; 41(3): 238-244.
7. Vearrier D, Greenberg MI. Care of patients who are worried about mercury poisoning from dental fillings. *J Am Board Fam Med*. 2010; 23(6): 797-798.
8. National Institute of Environmental research. The Korea National survey for environmental pollutants in human body, 2007.
9. National Institute of Environmental research. Assessment of mercury exposure and health in

- Gyeongsangbul-do. 2009.
10. Despres C, Beuter A, Richer F, Poitras K, Veilleuz A, Ayotte P, et al. Neuromotor functions in inuit preschool children exposed to Pb, PCBs, and Hg. *Neurotoxicology and Teratology*. 2005; 27: 245-257.
 11. Counter SA, Buchanan LH. Mercury exposure in children: a review. *Toxicology and applied Pharmacology*. 2004; 198: 209-230.
 12. Iwata T, Sakamoto M, Feng X, Yoshida M, Liu XJ, Dakeishi M, et al. Effects of mercury vapor exposure on neuromotor function in Chinese miners and smelters. *Int Arch Occup Environ Health*. 2007; 80: 381-387.
 13. Schoen D. The health effects of methylmercury: A literature review, Cree Board of Health and Social Services of James Bay. 2004; JOM1E0.
 14. Lim SA, Sakong J, Paec DM. Hair mercury levels and neurobehavioral function in children. *Epidemiology*. 2007; 18(5): 116.
 15. Rohlman DS, Anger WK, Tamulinas A, Phillips J, Bailey SR, McCauley L. Development of a neurobehavioral battery for children exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology*. 2001; 22(5): 657-665.
 16. Jo SM, Park HY, KIM JH, Hong CH, Hwang ST. Study of standardize Korean personality rating scale for children; KPRC. *The korean journal of Psychology*. 2006; 25(3): 825-848.