

초등학생들의 혈중 수은 농도와 신경행동기능과의 관련성

영남대학교 의과대학 부속병원 산업의학과¹⁾, 영남대학교 의과대학 예방의학교실²⁾,
굿모닝병원 산업의학과³⁾, 서울대학교 의과대학 예방의학교실⁴⁾, 조선대학교 의과대학 예방의학교실⁵⁾,
부산대학교 의과대학 양산부산대병원 산업의학과⁶⁾, 단국대학교 의과대학 예방의학교실⁷⁾

사공준^{1,2)} · 전만중²⁾ · 윤성호³⁾ · 홍운철⁴⁾ · 이철갑⁵⁾ · 김영기⁶⁾ · 하미나⁷⁾ · 권호장⁷⁾

— Abstract —

Association of Blood Mercury Level and Neurobehavioral Performance in Korean Elementary School Students

Joon Sakong^{1,2)}, Man-Joong Jeon²⁾, Sung-Ho Yun³⁾, Yun-Chul Hong⁴⁾,
Chul-Gab Lee⁵⁾, Young-Ki Kim⁶⁾, Mina Ha⁷⁾, Ho-Jang Kwon⁷⁾

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Yeungnam University Hospital¹⁾,
Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine, Yeungnam University²⁾,
Department of Occupational Medicine, Good Morning Hospital³⁾,
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Seoul National University⁴⁾,
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Chosun University⁵⁾,
Department of Occupational Medicine, Busan National University Yangsan Hospital⁶⁾,
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dankook University⁷⁾*

Objectives: This study was conducted to examine the effect of blood mercury on neurobehavioral performance in Korean elementary school students.

Methods: We measured the blood mercury concentration in 1,077 elementary school students from Seoul, Busan, Daegu and Gwangju, then the students underwent computerized neurobehavioral test.

Results: The mean concentration of blood mercury of study subjects was 2.10 $\mu\text{g}/\text{L}$. An increased blood mercury was associated with an increased reaction time in digit addition and symbol digit.

Conclusions: The blood mercury concentration of study subjects was very high compared to findings in a foreign country. We found several associations between blood mercury level and neurobehavioral performance.

Key Words: Blood mercury, Elementary school students, Neurobehavioral performance

서 론

소아들은 환경으로부터 빈번한 접촉을 통해 손과 입 등의 신체부위로 많은 환경오염물질에 노출되며, 미성숙하고 약한 면역체계 및 높은 신진대사율로 인해 같은 양의

환경오염물질에 노출되더라도 성인보다 민감하고 심각한 건강영향을 받을 수 있다.

소아들에서 아토피 질환, 소아 천식, 소아 암 등 다양한 질병 및 이상이 환경오염물질에 의해 유발될 수 있으며, 특히 환경오염물질에 의한 신경발달이상은 의학적으

〈접수일: 2010년 7월 26일, 1차 수정일: 2010년 8월 19일, 2차 수정일: 2010년 9월 20일, 채택일: 2010년 9월 28일〉

교신저자: 사 공 준(Tel: 053-620-4614) E-mail: jsakong@med.yu.ac.kr

* 이 연구는 환경부의 지원으로 이루어졌음.

로 주목받아 왔다. 뇌와 신경계는 수정직후부터 시작되어 청소년기에 완성되는 발달과정을 거치는데 이 기간 중 환경오염물질에 노출되면 건강영향이 다른 장기나 기관에 비해 뇌와 신경계에 나타날 가능성이 크다¹⁾. 미국에서 매년 태어나는 신생아의 3~8%가 소아기에 주의력결핍과 이행동장애나 정신발달지연과 같은 신경발달이상을 가지는 것으로 추정되고 있고, 소아들의 신경발달 이상의 상당부분은 환경요인에 기인하는 것으로 생각되고 있다²⁾.

태어나 소아들의 신경발달이상에 영향을 미치는 대표적인 환경오염물질로서 납, 메틸수은, Polychlorinated biphenyls (PCBs) 등이 알려져 있는데 메틸수은의 경우 임신모가 임신 중 지속적으로 메틸수은에 노출되었을 때 본인들은 증상이 없거나 미약하였음에도 불구하고 태어난 영유아들에게서 정신운동장애가 발생하고 눈과 귀가 멀고 경련을 보였으며, 소아의 지능, 언어능력, 집중력 및 기억력이 낮아지고, 정신지체를 유발한다고 보고되고 있다³⁻⁶⁾.

인체가 노출된 메틸수은의 정도를 나타내는 지표로 혈중 수은 농도와 모발 수은 농도가 있는데 이 중 최근의 메틸수은 노출이나 단기간의 메틸수은 노출을 반영하는 것은 혈중 수은 농도이고, 장기간의 메틸수은 노출을 반영하는 것은 모발 수은 농도이다⁷⁾.

우리나라의 경우 가임기 여성의 혈중 수은 농도가 미국이나 독일보다 매우 높아서⁸⁻¹⁰⁾ 태아의 신경계에 영향을 미칠 가능성이 높고, 생선 섭취량이 유럽 국가들에 비해 높은 상태이다¹¹⁾. 따라서 메틸수은에 대한 노출량이 높고, 섭취량이 높은 산모에게서 태어난 영유아나 생선 섭취량이 높은 식습관을 가진 가정의 소아에게서 혈중 수은 농도가 높을 가능성이 있다. 그러므로 환경오염물질에 민감한 연령대인 영유아나 소아에서 메틸수은을 반영하는 혈중 수은이 중추신경계를 중심으로 한 신경계 기능에 얼마나 영향을 미치는가에 대한 연구는 매우 필요하다.

이 연구는 대도시 초등학생들을 대상으로 혈중 수은 농도를 측정하여 노출 정도를 평가하고, 컴퓨터 신경행동검사를 실시하여 신경행동기능을 평가하여 혈중 수은 농도가 신경계 기능에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

서울지역 214명, 부산지역 318명, 대구지역 327명, 광주지역 218명의 8개 초등학교 1학년생 1,077명을 최종 연구대상으로 하였는데 가정 통신문을 이용하여 학부모에게 연구 목적을 설명하고 연구 참여에 대한 동의를 받았다. 연구에 참여한 초등학생의 과거 및 현재의 병력을 이용하여 열성질환, 두부외상 및 중추신경계 이상을 초래할

만한 병력이 있는 초등학생은 대상자에서 제외하였다. 또한 예비검사를 수행하지 않은 초등학생은 대상자에서 제외하였으며, 존재할 수 없는 반응속도를 보이는 경우, 오답의 횟수가 현저하게 많은 경우는 대상자에서 제외하였다(Table 1).

2. 연구 방법

1) 설문조사

설문조사를 통하여 부모의 학력 및 직업, 가계수입, 학생의 연령, 거주지역, 학생의 과거병력 등에 관한 자료를 수집하였다.

2) 혈중 수은 농도 측정

혈중 수은 농도의 측정은 전혈 3 ml를 채취하여 수은전용분석기(M-6000A, CETAC, USA)를 사용하여 측정하였는데 측정방법은 Cold vapour generation 방법을 사용하였다⁷⁾.

3) 컴퓨터 신경행동검사

컴퓨터 신경행동검사(한국형 컴퓨터 신경행동검사, ZNC soft, 대한민국)는 각 초등학교의 전산실에 비치된 개인용 컴퓨터를 이용하여 학생당 30~40분 동안 실시하였다. 컴퓨터 키보드에 대한 친숙도의 차이가 검사결과에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 검사에 이용되는 키만 갖춘 컴퓨터 신경행동검사용 키보드를 사용하였고, 컴퓨터 신경행동검사의 수행방법에 매우 숙달된 검사자 7~8인이 검사를 수행하며 검사결과는 컴퓨터 신경행동검사의 해석에 경험이 많은 의사가 검토하였다.

검사자들은 사전에 작성된 검사방법의 설명요령을 이용하여 모든 연구대상자에게 동일한 방법으로 각 검사항목에 대한 검사과정과 자극의 형태 및 키보드를 이용하여 자극에 반응하는 방법을 설명하며 검사방법을 충분히 이해하지 못하는 연구대상자에 한하여 검사자가 추가적인

Table 1. Distribution of elementary school students

Area	Elementary school	N (%)
Seoul	Jungpyong	214 (19.9)
	Busan	158 (14.7)
	Seocheon	55 (5.1)
	Hakjang	105 (9.7)
Daegu	Yeongseon	144 (13.4)
	Daebong	183 (17.0)
Gwangju	Kumho	124 (11.5)
	Baegun	94 (8.7)
Total		1,077 (100.0)

설명을 하도록 하였다.

검사항목으로는 단순반응시간(simple reaction time), 선택반응시간(choice reaction time), 숫자더하기(digit addition), 부호숫자 짝짓기(symbol digit)를 실시하였는데 모든 연구대상자들에게 동일한 순서로 시행되었다. 검사방법과 점수화 과정은 단순반응시간의 경우 화면에 붉은 색의 사각형이 2.5~5초 간격으로 불규칙하게 나타나며 피검자는 사각형이 나타나면 최대한 빨리 키보드의 키를 누른다. 컴퓨터는 화면에 사각형이 나타나는 순간부터 피검자가 키를 누를 때까지의 시간을 0.001초 단위로 측정한다. 사각형은 1분 동안 16번 나타나며 1분의 연습수행 후 1분 동안 검사를 수행한다. 선택반응시간은 화면에 노란색 십자가 도형이 2.5~5초 간격으로 불규칙하게 나타난다. 십자가의 네 팔 중 짧은 팔이 있는 방향을 찾아 동일한 방향의 화살표 키를 최대한 빨리 누른다. 십자가 도형은 1분 동안 16번 나타나며 1분의 연습수행 후 1분 동안 검사를 수행한다. 숫자더하기는 두 개의 일련의 숫자가 수평적 더하기형태로(예: 4+5) 화면에 나타난다. 피검자는 최대한 빨리 계산을 하여 정답을 숫자 키로 입력한다. 8회의 연습수행 후 16회의 검사를 수행하게 된다. 컴퓨터는 정답의 개수와 오답의 개수를 기록하고 각각의 반응에 대한 반응시간을 측정한다. 부호숫자 짝짓기는 화면의 상단에 임의로 짝지어진 부호와 1에서 9까지의 숫자가 나타나며 하단에는 상단과 다른 순서로 배열된 부호와 6개의 빈 칸이 나타난다. 피검자는 상단에 예시된 부호와 숫자의 짝과 일치되게 숫자 키를 이용하여 하단의 빈칸에 숫자를 입력한다. 처음 6회의 연습수행 후 42회의 검사를 수행한다.

3. 자료의 분석

혈중 수은 농도별 신경행동기능 측정값의 비교는 일원

배치분산분석을 이용하였으며, 증가 또는 감소의 선형적 경향성(p trend)과 2차곡선적 경향성(p-quadratic)을 검증하였고, Human biological monitoring (HBM) I 을 기준으로 저농도군과 고농도군으로 나누어 독립표본 t 검정을 이용하여 신경행동기능 측정값을 비교하였다. 혼란변수의 영향을 배제하기 위하여 혈중 수은 농도에 따른 신경행동기능의 비교시 성별, 지역, 어머니의 교육수준, 경제적 수준, 컴퓨터에 대한 친숙도를 보정한 후 신경행동기능 측정값을 비교하였다.

혈중 수은 농도의 증가에 따른 신경행동기능의 변화양상을 관찰하기 위하여 국소가중산점도평활(locally weighted scatterplot smoothing)을 수행하였다.

결 과

1. 대상자의 혈중 수은 농도

연구에 참여한 초등학생들의 혈중 수은 농도는 서울지역이 3.09 $\mu\text{g/L}$ (기하평균 2.86 $\mu\text{g/L}$), 부산지역 2.45 $\mu\text{g/L}$ (기하평균 1.76 $\mu\text{g/L}$), 대구지역 3.08 $\mu\text{g/L}$ (기하평균 2.46 $\mu\text{g/L}$), 광주지역 1.88 $\mu\text{g/L}$ (기하평균 1.57 $\mu\text{g/L}$)이었고, 전체적으로 산술평균은 2.66 $\mu\text{g/L}$, 기하평균

Table 2. Concentration of blood mercury of elementary school students (Unit: $\mu\text{g/L}$)

Area	Numbers of subjects	Blood mercury
		Mean \pm SD (Geometric mean)
Seoul	214	3.09 \pm 1.23 (2.86)
Busan	318	2.45 \pm 1.93 (1.76)
Daegu	327	3.08 \pm 2.26 (2.46)
Gwangju	218	1.88 \pm 1.21 (1.57)
Total	1,077	2.66 \pm 1.86 (2.10)

Table 3. Neurobehavioral performance by concentrations of blood mercury of elementary school students

Concentration of blood mercury ($\mu\text{g/L}$)	N	Reaction time of neurobehavioral test (ms)*			
		Simple reaction time	Choice reaction time	Digit addition	Symbol digit
≤ 0.99	145	447 \pm 105	1,241 \pm 417	2,593 \pm 667	3,832 \pm 692
1.00-1.99	303	439 \pm 114	1,176 \pm 367	2,567 \pm 639	3,787 \pm 658
2.00-2.99	277	457 \pm 121	1,238 \pm 378	2,599 \pm 670	3,864 \pm 693
3.00-3.99	148	456 \pm 118	1,139 \pm 357	2,589 \pm 665	3,777 \pm 697
4.00-4.99	75	446 \pm 136	1,221 \pm 332	2,513 \pm 559	3,714 \pm 736
5.00-5.99	40	416 \pm 126	1,122 \pm 365	2,535 \pm 658	3,972 \pm 642
6.00-6.99	22	453 \pm 122	1,262 \pm 365	2,599 \pm 577	3,851 \pm 628
7.00 \leq	35	449 \pm 132	1,203 \pm 319	2,742 \pm 628	4,186 \pm 705
P-trend		0.81	0.34	0.83	0.18
P-quadratic		0.14	0.48	0.37	0.40

*Adjusted by sex, area, mother's educational level, and economic level.

Table 4. Neurobehavioral performance by level of blood mercury concentration of elementary school students

Area	Concentration of blood mercury*	N	Reaction time of neurobehavioral test (ms)**			
			Simple reaction time	Choice reaction time	Digit addition	Symbol digit
Seoul	Low level	197	471 ± 137	1,225 ± 417	2,533 ± 621	3,867 ± 705
	High level	17	439 ± 151	940 ± 257	2,535 ± 564	4,274 ± 737
	p-value		0.367	0.008	0.992	0.033
Busan	Low level	283	441 ± 119	1,289 ± 403	2,552 ± 635	3,804 ± 698
	High level	35	417 ± 94	1,220 ± 359	2,629 ± 570	3,963 ± 671
	p-value		0.254	0.348	0.517	0.199
Daegu	Low level	287	442 ± 111	1,088 ± 312	2,629 ± 695	3,730 ± 730
	High level	40	459 ± 131	1,225 ± 320	2,666 ± 700	3,976 ± 861
	p-value		0.373	0.010	0.763	0.063
Gwangju	Low level	231	445 ± 105	1,232 ± 401	2,569 ± 693	3,809 ± 720
	High level	5	447 ± 124	1,575 ± 352	2,616 ± 557	3,689 ± 660
	p-value		0.971	0.060	0.880	0.714
Total	Low level	980	448 ± 118	1,204 ± 388	2,574 ± 662	3,796 ± 714
	High level	97	441 ± 123	1,194 ± 350	2,627 ± 618	4,004 ± 762
	p-value		0.547	0.810	0.464	0.008

*Low level: concentration of blood mercury $\leq 5 \mu\text{g/L}$, high level: concentration of blood mercury $> 5 \mu\text{g/L}$.

**Adjusted by sex, area, mother's educational level, and economic level.

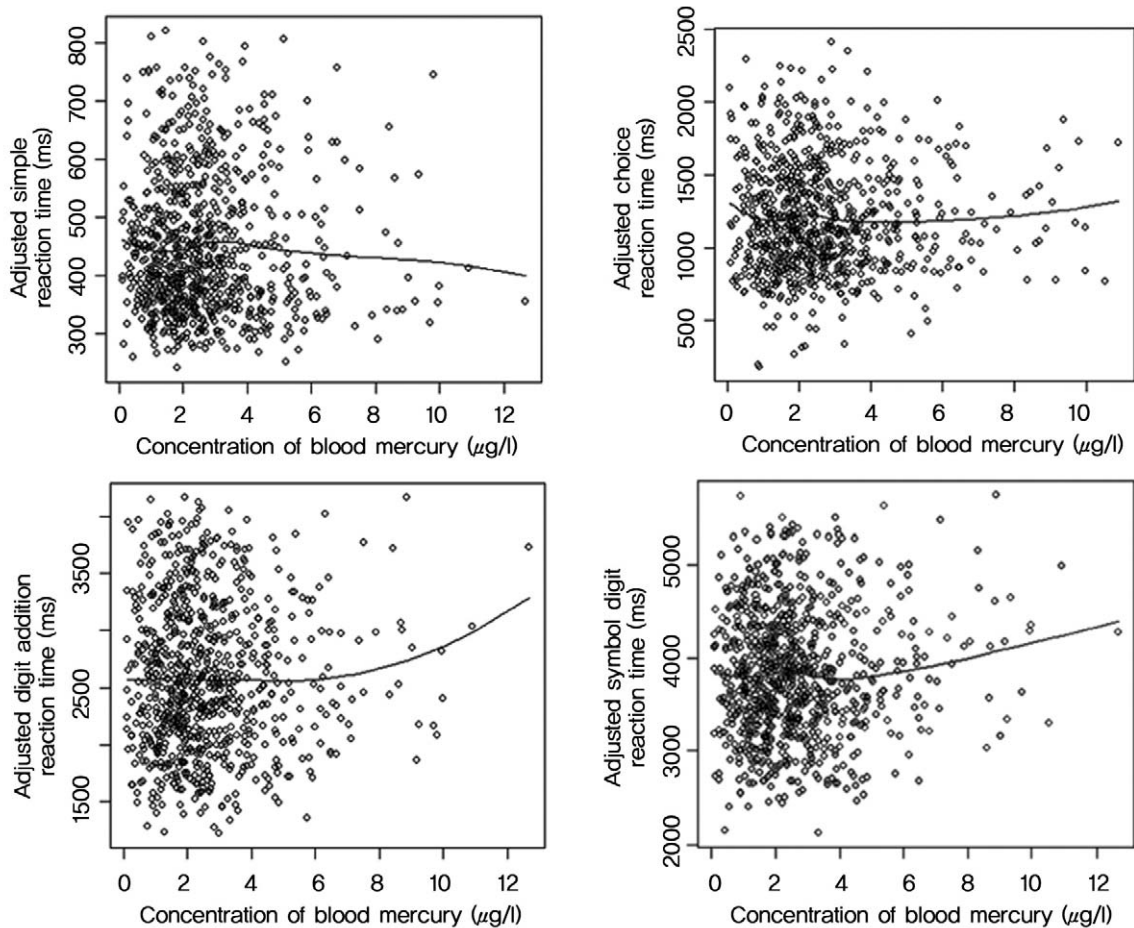


Fig. 1. Neurobehavioral performance and concentration of blood mercury by LOWESS.

은 2.10 $\mu\text{g/L}$ 이었다(Table 2).

2. 혈중 수은 농도에 따른 신경행동기능

관련변수(성별, 지역, 어머니의 교육수준, 경제적 수준)의 영향을 보정한 후 혈중 수은 농도에 따른 신경행동검사의 결과는 혈중 수은 농도가 증가할수록 선형적이나 2차곡선적 경향성이나 유의한 경향성을 나타내지 않았다(Table 3).

3. 혈중 수은 농도의 수준별 신경행동기능

HBM I 을 기준으로 혈중 수은 농도가 5 $\mu\text{g/L}$ 이하인 저농도군과 5 $\mu\text{g/L}$ 초과인 고농도군으로 나눈 후 신경행동검사 성적을 비교해보면 전체적으로 부호숫자 짝짓기 검사에서 고농도군의 반응시간이 증가하였다(Table 4).

4. 국소가중산점도평활을 이용한 혈중 수은 농도에 따른 신경행동기능의 변화양상

혈중 수은 농도의 증가에 따른 신경행동기능의 변화양상을 관찰하기 위한 국소가중산점도평활(locally weighted scatterplot smoothing)의 결과에서 4가지 신경행동검사 중 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기에서 일정 수준의 혈중 수은 농도 이후부터 혈중 수은 농도가 증가함에 따라 보정된 반응시간이 증가하는 경향이 나타났으며, 반응시간이 증가하기 시작하는 혈중 수은 농도는 숫자더하기에서 7 $\mu\text{g/L}$, 부호숫자 짝짓기에서 4 $\mu\text{g/L}$ 로 나타났다(Fig. 1).

고 찰

소아들의 환경오염물질에 대한 체내 농도 분포와 건강 영향에 대한 관심이 최근 증가되고 있는데 독일에서는 4th German Environmental Survey (GerES IV)의 초점을 소아들에게 두고 진행하였으며¹²⁾, 미국은 National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES)를 통해 소아들의 환경오염물질에 대한 체내 농도를 조사하고 있다⁸⁾. 그러나 우리나라에서는 18세 이상 성인의 경우는 국민 생체시료 중 유해물질 실태조사를 통하여 지속적으로 조사를 진행하고 있지만⁹⁾ 소아들의 경우에는 전국규모로 진행된 조사는 드물다. 따라서 이 연구에서는 우리나라 전국적인 분포의 대상으로 평가하기 위하여 서울, 부산, 대구, 광주의 초등학교 학생들을 대상으로 하여 연구를 진행하였다.

초등학교 1학년생을 대상으로 연구를 진행하여 혈중 수

은 농도를 측정된 결과 혈중 수은 농도의 기하평균은 2.10 $\mu\text{g/L}$ (산술평균 2.66 $\mu\text{g/L}$)이었다. 이는 Kim 등¹³⁾이 보고한 우리나라 전국 26개 초등학교 4, 5학년생 2,000여명을 대상으로 한 조사에서의 혈중 수은 농도 산술평균 2.42 $\mu\text{g/L}$ 와는 비슷한 결과였지만 독일 GerES IV의 6~12세 참고치 0.8 $\mu\text{g/L}$ ¹²⁾와 미국 NHANES (2003-2006) 6~11세의 기하평균 0.44 $\mu\text{g/L}$ ⁸⁾와 비교하면 매우 높았다. 혈중 수은 농도는 최근 또는 단기간의 수은 노출을 반영하며 개개인의 섭취 정도가 기간에 따라 변동성이 있기 때문에 장기간의 노출 수준을 잘 반영하지 못하는 한계점을 가지고는 있지만 메틸수은에 오염된 생선의 섭취와 밀접한 관련성이 있다⁷⁾. 우리나라 성인의 생선 섭취량은 16.57 $\mu\text{g/일}$ 로서 유럽 국가들의 4.27 $\mu\text{g/일}$ 보다 매우 높기 때문에¹¹⁾ 소아들 역시 생선 섭취량이 높을 가능성이 있다. 따라서 생선 섭취를 선호하는 소아들일 경우 오염된 생선에 의한 수은 노출이 이 연구에서 소아의 높은 혈중 수은 농도의 원인일 가능성이 있으나 이 연구에서는 소아들의 식이 섭취력을 조사하지 않아서 결론을 내릴 수는 없었다.

혈중 수은 농도의 대부분을 차지하는 메틸수은은 소아의 중추신경계에 이상을 야기할 수 있는데 저농도의 메틸수은이 소아들의 중추신경계에 미치는 영향에 대한 연구에서 수은 농도는 지능지수와 역상관관계를 보인다고 하였다. 즉 Axelrad 등¹⁴⁾은 임신모의 모발 중 수은 농도가 1 $\mu\text{g/g}$ 씩 증가함에 따라 출생아의 지능지수는 0.18 씩 감소하고 Cohen 등¹⁵⁾도 임신모의 모발 중 수은 농도가 1 $\mu\text{g/g}$ 씩 증가함에 따라 출생아의 지능지수는 0.7 씩 감소한다고 보고하였다.

지능지수 외에 신경행동검사를 이용하여 메틸수은이 중추신경계에 미치는 영향에 대한 연구들도 보고되고 있는데¹⁶⁻¹⁹⁾ 신경행동검사시 소아를 대상으로 하는 면접식 신경행동검사는 많은 시간이 소요되고, 다수의 숙련된 검사자가 필요하여 경제적 제약이 따르며, 검사의 총 점수만을 이용해야 하는 단점이 있어서 역학적 연구에서는 활용하기가 어렵다. 반면 이 연구에서 사용된 컴퓨터를 이용한 컴퓨터 신경행동검사의 경우 검사과정 중 자극의 제시와 반응과정을 객관적인 방법으로 표준화할 수 있고, 단기간에 많은 양의 자료를 구할 수 있으며, 검사자와 검사과정에서 발생할 수 있는 오차와 편견을 줄이고, 공변량의 보정을 통해 보다 견고한 모델을 추정할 수 있어 소아를 대상으로 하는 대규모의 연구에서 큰 장점이 될 수 있다.

메틸수은이 소아의 중추신경계에 미치는 영향에 대해 컴퓨터 신경행동검사를 포함한 다양한 신경학적 검사를 통해 조사한 기존의 대규모 역학연구 결과를 보면 출생 전에 어머니를 통해 노출된 메틸수은의 경우 Seychelle 제도 연구를 제외한 대부분의 연구에서 언어능력, 주의

요 약

력, 기억력, 운동속도, 시공간적 기능에 영향을 미친다고 보고하고 있다^{4,5,20,21}). 그러나 최근에 실시된 출생 후 식이를 통해 노출된 메틸수은이 중추신경계에 미치는 영향에 대한 연구결과에서는 몇몇 신경학적 검사에서 연관성은 있었지만 인과관계를 증명하지는 못했다²²). 이 연구에서는 최근 노출된 메틸수은에 대해 중추신경계가 미치는 영향 중 숫자더하기, 부호숫자 짝짓기 검사에서는 연관성이 있었지만, 단순반응시간과 선택반응시간 검사에서는 연관성이 없었다. 또한 숫자 더하기, 부호숫자 짝짓기 검사에서는 일정 수준의 혈중 수은 농도 이후부터 농도가 증가함에 따라 반응시간이 증가하는 경향이 나타났는데, 특히 반응시간이 증가하기 시작하는 혈중 수은 농도는 숫자더하기에서 7 µg/L, 부호숫자 짝짓기에서 4 µg/L 수준으로 나타났다. 독일 환경청 Human biological monitoring (HBM) 위원회에서 제시한 일반 인구집단이 수은 노출로 인한 건강 영향이 없는 제한 수준인 HBM I 이 5 µg/L²³인 점과 이 연구결과를 종합하면 HBM I 제한수준 부근이나 초과시에 신경행동기능의 저하가 나타나기 시작할 가능성을 제시한다.

한편 신경행동기능 평가시 보정해야 할 변수에 대한 연구는 매우 드물어서 지능검사시 보정해야 하는 변수를 보정할 변수로 선정하였다. Wasserman과 Factor-Litvak²⁴은 소아들의 지능을 비교할 때 가정환경수준으로 The home observation for the measurement of the environment scale을 측정하여 보정하는 것이 필요하다고 보고하는 등 사회경제적 수준은 소아들의 지능수준에 관여하는 중요한 변수이므로 신경행동검사의 비교에 반드시 고려되어야 하나 가정방문을 통한 자료의 수집은 우리나라에서 수행하기가 현실적으로 어려워 가구별 사회경제적 수준의 대리 측정치로 부모의 수입과 학력을 이용하였다. 또한 Wasserman과 Factor-Litvak²⁴은 소아들의 지능을 비교하는 데 있어서 소아 부모의 IQ에 의한 혼란효과를 보정해야 한다고 하였으나 이 역시 우리나라에서 수행하기는 현실적으로 어려워 지역, 어머니의 교육수준, 설문조사를 통한 가계수입, 아동들의 성별, 컴퓨터에 대한 친숙도만을 보정한 후 혈중 수은 농도에 따른 신경행동기능을 비교하였다.

이 연구는 단면조사 연구로서 우리나라 소아들의 혈중 수은 농도와 신경행동기능과의 관련성에 대한 기초조사로서의 의미를 가진다. 향후 외국^{4,5,20}의 경우처럼 임신모 및 출생아에 대한 대규모 코호트를 구축하여 지속적인 추적관찰 연구를 진행한다면 우리나라에서 메틸수은이 소아들의 신경계에 미치는 영향을 보다 타당하게 평가할 수 있을 것이다.

목적: 이 연구는 우리나라 초등학생들의 혈중 수은 농도를 측정하고, 컴퓨터 신경행동검사를 실시하여 혈중 수은 농도가 신경행동기능에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

방법: 서울, 부산, 대구, 광주지역의 초등학생 1,077명을 대상으로 혈중 수은 농도를 측정하고, 컴퓨터 신경행동검사(단순반응시간, 선택반응시간, 숫자더하기, 부호숫자 짝짓기)를 실시하였다.

결과: 연구대상자들의 평균 혈중 수은 농도는 2.10 µg/L였다. 신경행동검사 중 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기에서 일정 수준의 혈중 수은 농도 이후부터 혈중 수은 농도가 증가함에 따라 반응시간이 증가하는 경향이 나타났으며 반응시간이 증가하기 시작하는 혈중 수은 농도는 숫자더하기에서 7 µg/L, 부호숫자 짝짓기에서 4 µg/L였다.

결론: 연구대상자들의 혈중 수은 농도는 외국의 결과에 비해 매우 높았다. 신경행동검사 항목 중 숫자더하기 및 부호숫자 짝짓기 검사에서 혈중 수은 농도와 관련성이 있었다. 그러나 인과관계를 증명하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 1) Rodier PM. Developing brain as a target of toxicity. *Environ Health Perspect* 1995;103(Suppl 6):73-6.
- 2) Weiss B, Landrigan PJ. The developing brain and the environment: an introduction. *Environ Health Perspect* 2000;108(Suppl 3):373-4.
- 3) Amin-Zaki L, Majeed MA, Elhassani SB, Clarkson TW, Greenwood MR, Doherty RA. Prenatal methylmercury poisoning. Clinical observations over five years. *Am J Dis Child* 1979;133(2):172-7.
- 4) Crump KS, Kjellström T, Shipp AM, Silvers A, Stewart A. Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance: benchmark analysis of a New Zealand cohort. *Risk Anal* 1998;18(6):701-13.
- 5) Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sorensen N, Dahl R, Jørgensen PJ. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratol* 1997;19(6):417-28.
- 6) Harada M, Akagi H, Tsuda T, Kizaki T, Ohno H. Methylmercury level in umbilical cords from patients with congenital Minamata disease. *Sci Total Environ* 1999;234(1-3):59-62.
- 7) WHO. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. 2008. Available: [http://www.who.int/foodsafety/en/\[cited 6 April 2010\].](http://www.who.int/foodsafety/en/[cited 6 April 2010].)
- 8) Caldwell KL, Mortensen ME, Jones RL, Caudill SP,

- Osterloh JD. Total blood mercury concentrations in the U. S. population: 1999-2006. *Int J Hyg Environ Health* 2009;212(6):588-98.
- 9) Son JY, Lee J, Paek D, Lee JT. Blood levels of lead, cadmium, and mercury in the Korean population: results from the second Korean national human exposure and bio-monitoring examination. *Environ Res* 2009;109(6):738-44.
 - 10) Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M, Seifert B. German environmental survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. *Int J Hyg Environ Health* 2002;205(4):297-308.
 - 11) National institute of environmental research. Study on the mercury exposure and health risk assessment(I) (translated by Yun SH). 2005.(Korean)
 - 12) Schulz C, Angerer J, Ewers U, Heudorf U, Wilhelm M. Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German environmental survey on children 2003-2006 (GerES IV). *Int J Hyg Environ Health* 2009;212(6):637-47.
 - 13) Kim GB, Kim DS, Lee JH, Park HJ, Wee SS. Survey on the total mercury exposure of school children in Korea. *Kor J Env Hlth* 2007;33(5):386-91.(Korean)
 - 14) Axelrad DA, Bellinger DC, Ryan LM, Woodruff TJ. Dose-response relationship of prenatal mercury exposure and IQ: an integrative analysis of epidemiologic data. *Environ Health Perspect* 2007;115(4):609-15.
 - 15) Cohen JT, Bellinger DC, Shaywitz BA. A quantitative analysis of prenatal methylmercury exposure and cognitive development. *Am J Prev Med* 2005;29(4):353-65.
 - 16) Nielsen U, Dahl R, White RF, Grandjean P. Computer assisted neuropsychological testing of children. *Ugeskr Laeger* 1998;160(24):3557-61.
 - 17) Dahl R, White RF, Weihe P, Sørensen N, Letz R, Hudnell HK, Otto DA, Grandjean P. Feasibility and validity of three computer-assisted neurobehavioral tests in 7-year-old children. *Neurotoxicol Teratol* 1996; 18(4):413-9.
 - 18) Rohlman DS, Lucchini R, Anger WK, Bellinger DC, van Thriel C. Neurobehavioral testing in human risk assessment. *Neurotoxicology* 2008;29(3):556-67.
 - 19) 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):657-65.
 - 20) Myers GJ, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Palumbo D, Cernichiari E, Sloane-Reeves J, Wilding GE, Kost J, Huang LS, Clarkson TW. Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *Lancet* 2003;361(9370):1686-92.
 - 21) Debes F, Budtz-Jørgensen E, Weihe P, White RF, Grandjean P. Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at age 14 years. *Neurotoxicol Teratol* 2006;28(3):363-75.
 - 22) Myers GJ, Thurston SW, Pearson AT, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Cernichiari E, Clarkson TW. Postnatal exposure to methyl mercury from fish consumption: a review and new data from the Seychelles child development study. *Neurotoxicology* 2009; 30(3):338-49.
 - 23) Ewers U, Krause C, Schulz C, 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. *Int Arch Occup Environ Health* 1999;72(4): 255-60.
 - 24) Wasserman GA, Factor-Litvak P. Methodology, inference and causation: environmental lead exposure and childhood intelligence. *Arch Clin Neuropsychol* 2001;16(4):343-52.