

국내 초등학생의 치아 아말감과 혈중 수은 농도의 관련성

영남대학교병원 산업의학과, 영남대학교 의과대학 예방의학교실, 서울대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾,
인하대학교 의과대학 산업의학과²⁾, 단국대학교 의과대학 예방의학교실³⁾

이규화 · 전만중 · 홍윤철¹⁾ · 임종한²⁾ · 하미나³⁾ · 권호장³⁾ · 사공준

— Abstract —

The Relationship Between Amalgam Tooth Fillings and Concentration of Blood Mercury in Elementary School Students in Korea

Kyu-Hwa Lee, Man-Joong Jeon, Yun-Chul Hong¹⁾, Jong-Han Leem²⁾,
Mi-Na Ha³⁾, Ho-Jang Kwon³⁾, Joon Sakong

Department of Occupational and Environmental Medicine, Yeungnam University Hospital
Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine, Yeungnam University
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Seoul National University¹⁾
Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, Inha University²⁾
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dankook University³⁾

Objectives: The adverse health effects of mercury in dental amalgam have not yet been clarified. This study was conducted to examine the effects of dental amalgam on the concentration of blood mercury in Korean children.

Methods: A total of 1,275 students were enrolled in the elementary school in Seoul, Incheon, and Daegu. The number and location of dental amalgam filling of teeth were ascertained by oral examination. Dietary habits-including frequency of seafood intake-and other demographic factors were obtained from the children's parents. The concentration of blood mercury was measured by an atomic absorption spectrophotometer to which a hydride generator was installed.

Results: The geometric mean of blood mercury concentration was 1.91 $\mu\text{g/L}$. It was found that elementary school students in Seoul and the 4th grade elementary school students have the lowest concentration of blood mercury among the study groups. Both linear and secondary linear increase of the concentration of blood mercury, depending on the number of dental amalgam fillings, were statistically significant ($p\text{-trend} < 0.01$, $p\text{-quadratic} < 0.01$). As a result of multiple regression analysis on the blood mercury concentration of elementary school students, the regression coefficient (β) of a dental amalgam filling was found to be 0.027 (standard error = 0.014, $p = 0.048$).

Conclusions: In children, the dental amalgam fillings were significantly contribute to the concentration of blood mercury. To accurately assess the effect of dental amalgam on the concentration of body mercury, further studies using the concentration of urine mercury are needed.

Key words: Dental amalgam, Blood mercury concentration

〈접수일: 2011년 6월 21일, 1차 수정일: 2011년 8월 26일, 2차 수정일: 2011년 9월 27일, 채택일: 2011년 9월 27일〉

교신저자: 사 공 준 (Tel: 053-620-4372) E-mail: jjsakong@gmail.com

* 이 연구는 환경부의 지원으로 이루어졌음.

서 론

수은은 고대부터 연금술의 재료로 이용되었고 각종 질병의 치료에 사용되어 온 중금속이다. 1557년 프랑스 Jean Fernel이 수은을 이노제로 사용한 후 나타난 중독 증상을 보고한 이후 수은은 다양한 건강장애를 야기하였고, 미국 환경 보호국(Environmental Protection Agency)은 가장 위험한 유해폐기물 중 하나로 규정하였다¹⁾.

수은은 금속수은, 무기수은, 유기수은 3가지 형태로 구분되며, 금속수은과 무기수은은 혈압계, 온도계 제조, 건전지 제조, 농약 및 의약품 제조, 치과용 아말감 제조에 사용된다. 우리나라에서는 연평균 18톤 가량이 전량 수입돼 유통되고 있는데, 금·은 등 귀금속 추출, 형광등, 온도나 압력 등 계측기, 가전제품, 전기기기, 치과 의료용 재료 등에 사용된다²⁾. 반면 유기수은은 주로 어류를 통해 섭취되며, 일반인들에서는 주로 음식을 통해 위장관으로부터 흡수된다. 수은의 만성적 노출은 주로 신경계통 손상을 일으켜 떨림, 불안, 기분의 유동성, 건망증, 불면증, 식욕감퇴, 신경과민, 전신피로, 인지장애, 운동장애와 같은 신경정신병적 증상을 유발하고, 신기능 장애 및 근위축, 근경련, 다발성신경염 같은 증상을 유발한다³⁾.

아말감은 수은(50%)과 은(35%), 주석(9%), 구리(6%), 소량의 아연, 팔라듐, 인듐의 합금으로 19세기 말 Black이 치아우식증 결손부위 충전제로 소개된 후 광범위하게 사용되어왔다⁴⁾. 아말감은 잘 깨지는 단점과 유해성에 대한 논란에도 불구하고 다루기 쉽고, 경제적 장점 때문에 현재에도 널리 사용되고 있는 치과용 충전제이다. 아말감 내에 포함된 수은은 아말감이 부식되거나, 저작할 때 소량이 증기형태로 배출되어 폐를 통해 흡수되고 2가의 수은으로 산화되어 혈청 알부민 및 적혈구의 헤모글로빈과 결합한다. 흡수된 수은은 신장을 통하여 수주에서 수달 동안 배출되나 일부는 뇌혈액관문을 통과하여 산화 후 뇌 단백질과 결합하는데 이 경우 체외 배출이 오랜 기간 소요된다고 알려져 있다⁵⁾.

아말감의 유해성에 대해 세계 보건 기구(World Health Organization)는 치아 아말감에서 유리되는 수은의 양이 3-9 $\mu\text{g}/\text{day}$ 로 매우 적어 건강에 미치는 영향은 무시할만한 수준이라고 하였다⁶⁾. 또한 미국 질병관리예방센터(Centers for Disease Control and Prevention)도 극히 드문 알레르기 반응 이외에는 아말감에 의한 건강영향의 근거가 미약하고, 아말감 대체제의 안정성 역시 완전하지 않으며, 충치환자가 감소하고 있기 때문에 아말감의 사용량이 점차 감소하는 현실을 고려할 때 아말감 사용의 제한은 적절하지 않다고 보고하고 있다⁷⁾. 미국 환경 보호국 역시 미국 질병관리예방센터 보고를 인용하여 아말감의 유해성 증거가 불충분하다고 보고하고 있으며, 미국 치과

의사협회(American Dental Association)도 같은 견해를 보이고 있다^{1,8)}. 즉 미국의 일부기관과 영국, 프랑스, 이태리 등의 국가는 아말감 사용을 제한하고 있지 않다. 그러나 미국의 식약청은 치아 아말감이 임신부와 어린이들에게 신경독성을 유발할 수 있으므로 사용을 제한해야 한다고 하였고, 일본, 노르웨이, 스웨덴 등은 아말감 사용을 금지하고 있으며, 호주나 독일 등은 어린이, 임산부, 신장질환자에게 아말감의 사용을 금지하는 등 국제사회에서 아말감 사용에 대한 통일된 의견은 아직까지 없는 실정이다⁹⁾.

치아 아말감의 건강유해성을 평가하기에 앞서 치아 아말감이 체내 혈중 수은 농도에 어느 정도 영향을 미치는지에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다. 우리나라에서는 체내 중금속이 소아들에게 미치는 건강영향을 평가하기 위해 노출수준을 생물학적 모니터링을 통하여 측정하는 사례는 많은 편이나 전 세계적으로 논란이 되고 있는 아동에서의 치아 아말감과 체내 수은 농도와의 관련성을 평가한 연구는 현재까지 없었다. 이 연구는 서울, 인천, 대구의 초등학생을 대상으로 치아 아말감 수를 측정하고, 개인의 특성, 식습관 등을 파악하며, 혈중 수은 농도를 측정하여 치아 아말감이 혈중 수은 농도에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

이 연구는 환경부 연구사업인 어린이의 환경노출에 의한 건강영향 조사의 일환으로 수행되었다. 이 사업의 조사대상은 서울특별시, 인천광역시, 대구광역시 3곳의 지역단위 연구책임자가 지역의 특성을 대표한다고 판단되는 초등학교 중 연구사업에 자발적으로 참여를 원하는 학교를 편의추출하여 선정하였다. 즉 2006년부터 2007년까지 3개 도시에서 총 7개의 초등학교가 참여하였고, 참여한 초등학교들 중 학생의 과거 및 현재의 병력에서 신장질환의 병력이 있는 학생들은 제외한 1,275명의 초등학교를 연구대상자로 하였다. 가정 통신문을 이용하여 학부모에게 연구목적을 설명하고 연구참여에 대한 동의를 받은 후 학생의 식습관, 부모의 학력, 직업, 학생의 연령, 거주지역, 학생의 과거병력 등에 관한 자료를 수집하였다. 대상 초등학교와 학생들의 분포는 Table 1과 같다.

2. 연구 방법

1) 치아 아말감 수 측정 및 혈중 수은 농도 측정
치아 아말감 수를 측정하기 위하여 구강검사는 치과 위

Table 1. Distribution of elementary school students

City	School	Grade	Number (%)	Total of each city (%)
Seoul	BO	3	97 (7.6)	290 (22.7)
		4	63 (4.9)	
Incheon	CH	1	130 (10.2)	431 (33.8)
	MA	1	120 (9.4)	
	NO	3	111 (8.7)	
		4	48 (3.8)	
Daegu	SE	3	152 (11.9)	554 (43.5)
	DA	1	179 (14.0)	
	YE	1	139 (10.9)	
		3	118 (9.3)	
		4	118 (9.3)	
Total			1,275 (100.0)	1,275 (100.0)

Table 2. Characteristics of elementary school students

(Unit: N(%))

Charateristics	Seoul	Incheon	Daegu	Total
Grade				
1	130 (44.8)	120 (27.9)	318 (57.4)	568 (44.6)
3	97 (33.4)	263 (61.0)	118 (21.3)	478 (37.4)
4	63 (21.7)	48 (11.1)	118 (21.3)	229 (18.0)
Gender				
Male	158 (54.5)	224 (52.0)	287 (51.8)	669 (52.5)
Female	132 (45.5)	207 (48.0)	267 (48.2)	606 (47.5)
Education				
Father				
Middle school	1 (0.3)	2 (0.5)	3 (0.5)	6 (0.5)
High school	24 (8.3)	62 (14.4)	68 (12.3)	154 (12.1)
Collage	103 (35.5)	53 (12.3)	223 (40.3)	379 (29.7)
Missed	162 (55.9)	314 (72.9)	260 (46.9)	736 (57.7)
Mother				
Middle school	2 (0.7)	2 (0.5)	4 (0.7)	8 (0.6)
High school	40 (13.8)	73 (16.9)	118 (21.3)	231 (18.1)
Collage	85 (29.3)	40 (9.3)	178 (32.1)	303 (23.8)
Missed	163 (56.2)	316 (73.3)	254 (45.8)	733 (57.5)
House hold income (ten thousand won/month)				
<100	13 (4.5)	14 (3.2)	37 (6.7)	64 (5.0)
100-199	33 (11.4)	57 (13.2)	115 (20.8)	205 (16.1)
200-299	77 (26.6)	154 (35.7)	174 (31.4)	405 (31.8)
300-399	63 (21.7)	108 (25.1)	125 (22.6)	296 (23.2)
400-499	42 (14.5)	53 (12.3)	56 (10.1)	151 (11.9)
500≤	43 (14.9)	30 (7.0)	15 (2.7)	88 (6.9)
Missed	19 (6.6)	15 (3.5)	32 (5.8)	66 (5.2)
Frequency of fish intake (day/week)				
None	7 (2.4)	13 (3.0)	18 (3.2)	38 (3.0)
1	136 (46.9)	192 (44.5)	278 (50.2)	606 (47.5)
2-3	116 (40.0)	193 (44.8)	216 (39.0)	525 (41.2)
4-5	12 (4.1)	14 (3.2)	21 (3.8)	47 (3.7)
6-7	3 (1.0)	4 (0.9)	7 (1.3)	14 (1.1)
Missed	16 (5.5)	15 (3.5)	14 (2.5)	45 (3.5)
Total	290 (100.0)	431 (100.0)	554 (100.0)	1,275 (100.0)

생사에 의해 수행되었으며 영구치수와 유치수, 아말감으로 치료된 치아의 위치와 수를 구강검사 기록지에 기록하

였다. 혈중 수은에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 음식의 영향을 파악하기 위해 어패류 섭취빈도와 어린이 식생활

을 설문지를 통하여 조사하였으며, 정맥혈 3 ml를 채취 후 헤파린 처리된 vacutainer에 넣어 냉장보관 후 수소화 발생기(hydrate generator)가 장착된 원자흡광광도계(AA-6800, Shimadzu)를 사용하여 측정하였다.

2) 자료의 분석

통계분석은 SPSS 18.0을 이용하였다. 자료의 정규성을 검증하기 위하여 각 항목에 대한 혈중 수은 농도와 치아 아말감 면수에 대해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 자연로그 변환 전의 자료와 자연로그 변환한 값에서 대부분 정규성 검정을 만족하지 못하는 자료가 많았다. 따라서 비 정규성 분포를 나타내는 자료에 적용하기 좋은 부트스트랩¹⁰⁾을 사용하여 지역 및 학년에 따른 혈중 수은 농도 및 치아 아말감 면수의 비교는 일원배치 분산분석으로 분석하였으며, 사후검정은 Boferroni법으로 하였다. 치아 아말감 면수별 혈중 수은 농도를 비교하기 위하여 대비를 이차항으로 설정하여 p-trend와 p-quadratic의 유의확률을 산출하였으며, 다중회귀분석으로 초등학생의 혈중 수은에 영향을 미치는 변수를 확인하였다. 또한 치아 아말감 면수별 혈중 수은 농도의 변화양상을 관찰하기 위하여 국소가중산점도평활(locally weighted scatterplot smoothing)과 2차 선형적합도를 수행하였다.

결 과

1. 연구 대상 초등학생들의 특성

각 지역별 초등학생의 수는 서울특별시 290명

(22.7%), 인천광역시 431명(33.8%), 대구광역시 554명(43.5%)이었다. 서울은 1학년이 130명(44.8%)으로 가장 많았고, 인천은 3학년이 263명(61.0%), 대구는 1학년이 318명(57.4%)으로 가장 많았으며, 전체적으로 1학년 568명(44.6%), 3학년 478명(37.4%), 4학년 229명(18.0%)의 순이었다. 성별은 남자가 669명(52.5%), 여자가 606명(47.5%)이었다. 부와 모의 교육수준에 대해서 각각 736명(57.7%), 733명(57.5%)이 무응답이었고, 전문대학이상 졸업자가 각각 379명(29.7%), 303명(23.8%)이었다. 소득수준은 200만원대가 405명(31.8%)으로 가장 많았고, 300만원대 296명(23.2%)의 순이었다. 어패류섭취빈도는 주 1회가 606명(47.5%)으로 가장 많았고, 주 2-3회가 525명(41.2%)의 순이었다 (Table 2).

2. 지역 및 학년에 따른 혈중 수은 농도

전체 연구 대상 초등학생들의 혈중 수은 농도는 기하평균 1.91 µg/L이었다. 지역에 따라서는 서울지역 초등학생은 혈중 수은 농도 기하평균이 1.57 µg/L로 인천지역 초등학생 1.99 µg/L, 대구지역 초등학생 2.04 µg/L보다 낮았다(p<0.001). 학년에 따라서는 1학년 2.26 µg/L, 3학년 1.76 µg/L, 4학년 1.47 µg/L로 1학년이 가장 높았다(p<0.001)(Table 3).

3. 지역 및 학년에 따른 치아 아말감 면수

전체 연구 대상 초등학생들의 치아 아말감 면수는 산술 평균 2.82개(표준편차 3.87)였다. 지역에 따라서는 서울

Table 3. Concentration of blood mercury of elementary school students by city and grades (Unit: µg/L)

City & grade	N	Concentration of blood mercury*	p [†]
City Seoul	290	1.92 ± 1.14 (1.57) [‡]	<0.001
BO	160	1.67 ± 1.08 (1.32)	
CH	130	2.22 ± 1.15 (1.95)	
Incheon	431	2.42 ± 1.45 (1.99) [§]	
MA	120	2.47 ± 1.37 (2.15)	
NO	159	2.67 ± 1.83 (1.93)	
SU	152	2.13 ± 0.91 (1.92)	
Daegu	554	2.64 ± 2.14 (2.04) [§]	
DA	179	3.20 ± 2.18 (2.63)	
YE	375	2.37 ± 2.08 (1.81)	
Grade 1	568	2.74 ± 1.92 (2.26)	<0.001
3	478	2.22 ± 1.63 (1.76) [¶]	
4	229	1.92 ± 1.38 (1.47) [¶]	
Total	1,275	2.40 ± 1.75 (1.91)	

*values are arithmetic mean ± standard deviation (geometric mean), †values were calculated by one way ANOVA with post hoc Boferroni method among cities and grades respectively, ‡, §, ||, ¶ there were no significant differences among same characters in city and grade respectively.

지역 초등학생 치아 아말감 면수의 산술평균은 2.21개(표준편차 3.47)로 인천지역 초등학생 산술평균 2.65개(표준편차 3.90)과 유의한 차이가 없었으나, 대구지역 초등학생 산술평균 3.26개(표준편차 3.99)보다는 유의하게 적었다($p < 0.001$). 학년에 따라서는 1학년이 산술평균 3.35개(표준편차 4.49), 3학년 산술평균 2.54개(표준편

차 3.29), 4학년 산술평균 2.06개(표준편차 3.07)로 1학년이 가장 많았다($p < 0.001$)(Table 4).

4. 치아 아말감 면수에 따른 혈중 수은 농도

연구대상 초등학생들 중 치아 아말감을 한 번도 한 적

Table 4. Number of dental amalgam filling of elementary school students by city and grades

City & grade	N	Number of dental amalgam filling*	p [†]
City Seoul	290	2.21 ± 3.47 [‡]	<0.001
BO	160	1.81 ± 2.76	
CH	130	2.69 ± 4.14	
Incheon	431	2.65 ± 3.90 [‡]	
MA	120	2.44 ± 3.96	
NO	159	3.63 ± 4.48	
SU	152	1.80 ± 2.86	
Daegu	554	3.26 ± 3.99 [§]	<0.001
DA	179	3.82 ± 4.68	
YE	375	3.00 ± 3.59	
Grade 1	568	3.35 ± 4.49	<0.001
Grade 3	478	2.54 ± 3.29	
Grade 4	229	2.06 ± 3.07	
Total	1,275	2.82 ± 3.87	

*values are arithmetic mean ± standard deviation, [†]values were calculated by one way ANOVA with post hoc Boferroni method among cities and grades respectively, [‡], [§], ^{||}, [§]there were no significant differences among same characters in city and grade respectively.

Table 5. Concentration of blood mercury according to numbers of dental amalgam filling

(Unit: $\mu\text{g/L}$)

Values	Numbers of dental amalgam filling				Total (n=1,275)	p-trend	p-quadratic
	0 (n=589)	1-4 (n=364)	5-10 (n=250)	11 ≤ (n=72)			
AM ± SD*	2.41 ± 1.90 [†]	2.18 ± 1.37 [†]	2.50 ± 1.69 [†]	3.11 ± 2.17 [§]	2.40 ± 1.75		
GM †	1.92	1.76	1.98	2.40	1.91	0.001	0.001
Range	0.05~22.89	0.03~8.87	0.05~11.74	0.13~12.67	0.03~22.89		

*arithmetic mean ± standard deviation, [†]geometric mean, [‡], [§]there were no significant differences among same characters.

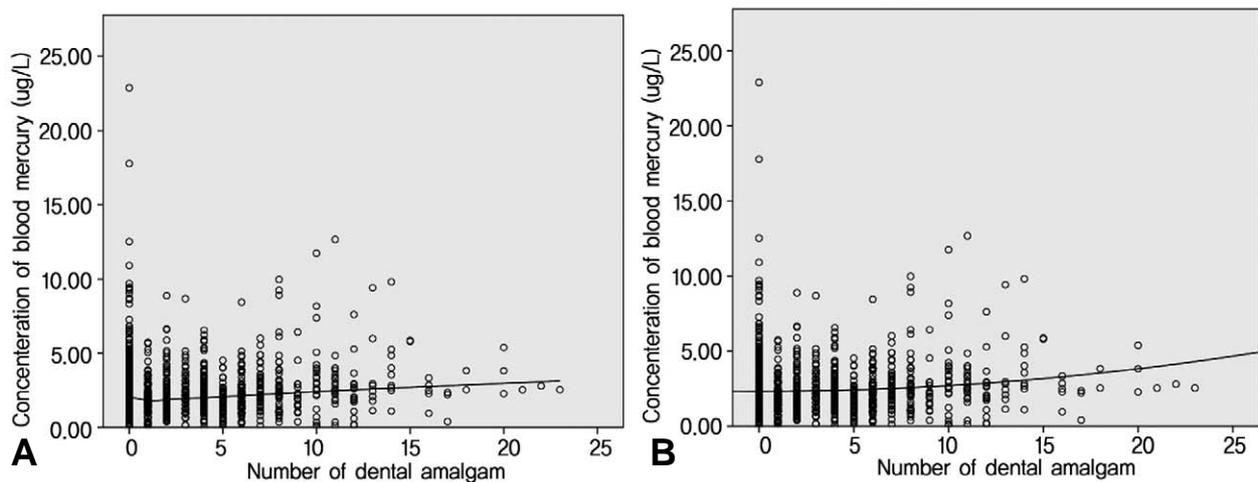


Fig. 1. Locally weighted scatterplot smoothing for concentration of blood mercury (A) and second regression fit for concentration of blood mercury (B) according to the number of dental amalgam filling.

이 없는 학생은 589명(46.2%)이었고, 치아 아말감 면수가 1~4개인 학생은 364명(28.5%), 5~10개인 학생은 250명(19.6%), 11개 이상인 학생은 72명(5.6%)이었다. 또한 치아 아말감 면수가 0개인 초등학생들의 혈중 수은 농도는 기하평균 1.92 $\mu\text{g/L}$ 이었고, 1~4개인 초등학생들은 1.76 $\mu\text{g/L}$, 5~10개인 초등학생들은 1.98 $\mu\text{g/L}$, 11개 이상인 학생들은 2.40 $\mu\text{g/L}$ 이었으며, 치아 아말감 면수에 따른 혈중 수은 농도는 선형적으로나 2차 선형적으로 모두 통계적으로 유의하게 증가하는 경향이 있었다($p\text{-trend}<0.01$, $p\text{-quadratic}<0.01$)(Table 5).

치아 아말감 면수 증가에 따른 혈중 수은 농도의 변화 양상을 관찰하기 위한 국소가중산점도평활(locally weighted scatterplot smoothing)에서 혈중 수은 농도는 치아 아말감 면수가 증가함에 따라 다소 증가하는 양상을 보였으며, 2차 회귀 적합선도 치아 아말감 면수 10개까지는 혈중 수은 농도의 차이가 미미하였으나, 11개부터는 증가하였다(Fig. 1).

5. 초등학생들의 혈중 수은 농도에 대한 다중회귀 분석

초등학생들의 혈중 수은 농도를 다중회귀분석한 결과 치아 아말감 면수, 도시 중 서울, 학년, 주당 어패류 섭취빈도가 혈중 수은 농도에 영향을 미치는 유의한 변수들이었다. 즉 초등학생들의 혈중 수은 농도는 치아 아말감 면수가 1개 많아질수록 0.027배 증가하였고, 어패류를 섭취하는 횟수가 주당 1회 증가할수록 0.303배 증가하였다. 반면 대구 지역의 초등학생들에 비해서 서울 지역의 초등학생들이 0.663배 낮았으며, 학년이 높아질수록 0.242배 감소하였다(Table 6).

고 찰

본 연구는 수은의 독성에 민감한 어린이들을 대상으로

치아 아말감 면수를 정량화하여 혈중 수은 농도와의 관계를 국내에서 최초로 알아보고자 하였다. 다중회귀분석에서 학년이 낮을수록, 치아 아말감 면수가 증가할수록 혈중 수은 농도가 증가하였는데 이는 치아 아말감 면수가 가장 많은 1학년이 혈중 수은 농도도 가장 높았고, 반면 가장 적은 4학년이 혈중 수은 농도가 가장 낮은 결과와 일치하였다. 또한 치아 아말감 면수가 가장 많은 대구 지역 초등학생들의 혈중 수은 농도가 가장 높았고, 가장 적은 서울 지역 초등학생들의 혈중 수은 농도가 가장 낮은 결과와 일치하고 있다.

외국에서 아말감과 체내 수은 농도를 측정된 다양한 연구가 있었는데 Bellinger 등은 534명의 6~10세 어린이를 아말감 치료군과 레진 치료군 두 군으로 나누어 치료한 후 체내 수은 농도를 측정된 결과 치료전보다 요중 수은 농도가 아말감 치료군은 0.9 $\mu\text{g/g cr}$, 레진 치료군은 0.6 $\mu\text{g/g cr}$ 으로 나타났으나 두 군간에는 큰 차이가 없었다고 보고하였다¹¹⁾. 반면에 DeRouen 등은 8~10세의 리스본 어린이 504명을 아말감 치료군과 레진 치료군으로 나누어 추적관찰한 결과 아말감 치료군이 레진군보다 요중 수은 농도가 1.0~1.5 $\mu\text{g/g cr}$ 정도 높았다고 보고하였다¹²⁾. 또한 Factor-Litvak 등의 연구에서는 치아 아말감 면수와 요중 수은농도는 선형관계를 나타냈으며 ($r=0.46$, $p<0.01$), 치아 아말감이 없을 경우 요중 수은은 0.75 $\mu\text{g/g cr}$ 인데 반해 치아 아말감이 15개 이상일 경우 2.90 $\mu\text{g/g cr}$ 라고 보고하였다¹³⁾. 또한 Kingman 등의 미군 1,127명을 대상으로 한 코호트 연구에서는 치아 아말감 노출과 크레아티닌 보정 요중 총수은 농도와의 관계는 $r=0.43(p<0.001)$, 크레아티닌 보정 요중 무기수은 농도와의 관계는 $r=0.43(p<0.001)$, 혈중 총수은 농도와의 관계는 $r=0.09(p=0.005)$, 혈중 무기수은 농도와의 관계는 $r=0.15(p<0.001)$ 로 통계적으로 유의하다고 보고하였다¹⁴⁾.

국내에서는 Kim 등이 우리나라 어린이들의 요중 수은 농도에 대해 거주지 주변의 공장의 존재와 6개월 내 치아

Table 6. Multiple regression analysis for blood mercury concentration of elementary school students (N=1,275)

Predictor variables	β^*	SE [†]	p	95%CI [‡]
(Constant)	2.106	0.254	<0.001	1.607~2.605
Number of dental amalgam filling	0.027	0.014	0.048	0.000~0.054
City of residence, Daegu vs. Seoul [§]	-0.663	0.130	<0.001	-0.918~-0.409
City of residence, Daegu vs. Incheon	-0.113	0.114	0.322	-0.336~0.110
Grade [¶]	-0.242	0.041	<0.001	-0.324~-0.161
Gender, female vs. male ^{**}	-0.088	0.097	0.369	-0.279~0.104
Household income (ten thousand won/month)	0.068	0.040	0.088	-0.010~0.146
Frequency of fish intake (n/week)	0.303	0.073	<0.001	0.159~0.446

*regression coefficient, [†] standard error of β , [‡] confidence interval, [§]Seoul = 1; Daegu = 0, ^{||}Incheon = 1; Daegu = 0, [¶]4 grade = 2; 3 grade = 1; 1 grade = 0, ^{**} male = 1; female = 0.

아말감 치료 여부가 가장 큰 영향을 미치는 인자라고 보고하였다¹⁵⁾.

앞에서 국외, 국내 기존 문헌의 내용에서 살펴본 바와 같이 치아 아말감 면수와 혈중 수은 농도가 유의한 경향성이 있으면서 증가하는 이 연구의 결과는 다른 나라에서 수행된 대규모 역학연구의 결과와 일치한다. 다만 전세계적으로 치아 아말감이 혈중 수은 농도를 증가시키는데 대해 논란이 있는 만큼 추가적인 연구가 필요하다.

한편 혈중 수은은 어류 섭취가 가장 핵심적인 노출요인으로 여겨지고 있는데¹⁶⁾, 이 연구에서 나타난 혈중 평균 수은 농도는 2.40 $\mu\text{g/L}$, 기하평균 1.91 $\mu\text{g/L}$ 로 Kim 등이 보고한 우리나라 어린이들의 혈중 평균 수은 농도 2.42 $\mu\text{g/L}$ 와 비슷하였다¹⁷⁾. 그러나 독일의 6-12세 어린이 중 생선섭취빈도가 3회/월 이상인 어린이들을 대상으로 조사한 결과인 1.5 $\mu\text{g/L}$ 보다 높게 나타났는데 우리나라의 높은 어류섭취량과 연관이 있을 것으로 여겨진다¹⁸⁾. 즉 우리 나라에서는 생선섭취량이 16.57 $\mu\text{g/일}$ 로서 유럽 국가들의 4.27 $\mu\text{g/일}$ 과 비교하면 높은 수준에 해당되어 어류섭취로 인한 인체수은노출은 높을 것으로 추정되어지는데¹⁷⁾, 이 연구의 다중회귀분석에서 주당 어패류 섭취빈도가 증가할수록 유의하게 혈중 수은 농도가 증가하는 것으로 미루어 알 수 있다. 또한 혈중 수은 농도에서 EPA와 CDC는 5.8 $\mu\text{g/L}$ 이상에서 건강영향이 나타날 수 있다고 하였는데¹⁾, 혈중 수은 농도 기하 평균은 1.91 $\mu\text{g/L}$ 로서 기준치 이하였지만 1,275명 중 48명은 5.8 $\mu\text{g/L}$ 이상으로 건강영향이 나타날 수 있는 수치였다¹⁸⁾.

이 연구의 제한점은 대상자의 연령대가 유치 탈락기(6~12세)에 해당하므로 치아 아말감 면수의 측정값이 불안정할 수 있다는 점이다. 즉 체내 수은의 반감기를 고려할 때 혈중 수은 농도는 치아 아말감이 제거된 후에도 얼마동안 유지되므로 검사 시점 수일 전에 아말감을 한 치아가 탈락된 경우 혈중 수은 농도는 유지되는데 반해 치아 아말감의 면수는 적게 측정될 수 있다. 또한 혈중 수은은 금속, 무기 및 유기 수은을 모두 포함하고 있으나 유기 수은이 대부분을 차지한다고 알려져 있다^{16,19)}. 이러한 혈중 유기수은의 대부분은 어패류 등의 식품을 섭취하여 체내로 흡수된 수은이므로 치아 아말감이 혈중 수은 농도 증가에 기여하는 부분을 본 연구와 같은 단면조사연구를 통하여 측정하기는 어렵다. 그러므로 치아 아말감이 체내 수은 농도에 기여하는 정도를 측정하기 위해서는 동일인에서 치아 아말감의 변화와 체내 수은 농도의 변화를 동시에 관찰하기 위한 추적관찰이 필요하다. 또한 치아 아말감과 같은 금속수은의 만성적 노출을 평가하기에는 금속수은 및 무기수은에 의한 대사물로 대부분을 차지하고 있는 요중 수은이 보다 유리하므로 향후 요중 수은의 측정을 실시하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 그리고

어류섭취 영향을 조사하는 과정에서 양적인 고려없이 주당 어류 섭취 횟수만을 조사하여 어류 섭취의 영향을 제한적으로 반영한 단점이 있다. 여러 제한점으로 인해 본 연구의 결과가 미흡하지만, 치아 아말감 면수와 혈중 수은 농도가 유의한 상관관계를 보인점, 정량적으로 치아 아말감 면수를 측정하여 혈중 수은 농도와 비교한 역학연구로의 의미가 중요한 것으로 생각된다. 따라서 치아 아말감이 혈중 수은 농도에 기여하는 정도를 측정하기 위해서 앞으로 코호트 연구와 같은 추가적인 연구가 필요하며, 치아 아말감에 대한 건강영향평가 연구도 동시에 진행되어야 할 것으로 생각된다. 또한 현재 아말감이 경제적 장점 때문에 치과용 충전제로 사용되고 있지만 혈중 수은 농도에 영향을 미치고 있고 일부에서는 건강영향을 줄 만큼 혈중 수은 농도가 높아지므로 아말감을 대신하여 레진을 사용하여야 할 것이다. 특히 성장발달기에 있는 소아나 청소년에서는 아말감 사용을 지양하는 교육도 함께 이루어져야 한다.

요 약

목적: 치아 아말감의 유해성에 대해서는 아직 명확하게 밝혀져 있지 않다. 따라서 이 연구는 우리나라 어린이들에게서 치아 아말감이 혈중 수은 농도에 미치는 영향을 평가하고자 실시하였다.

방법: 서울특별시, 인천광역시, 대구광역시의 초등학교 1,275명을 대상으로 수소화 발생기가 장착된 원자흡광광도계를 이용하여 혈중수은농도를 측정하고, 아말감으로 치료된 치아의 위치와 수를 구강기록지에 기록하였다. 그리고 어패류 섭취빈도와 식습관에 대해서는 설문지 조사를 실시하였다.

결과: 대상자들의 혈중 수은 농도의 기하 평균은 1.91 $\mu\text{g/L}$ 이었다. 서울지역과 4학년에서 혈중 수은 농도가 상대적으로 낮았으며, 치아 아말감 면수에 따른 혈중 수은 농도는 선형적 증가와 2차 선형적 증가 모두 통계적으로 유의하였다($p\text{-trend}<0.01$, $p\text{-quadratic}<0.01$). 혈중 수은 농도에 미치는 영향을 분석한 다중 회귀분석에서 치아 아말감 면수는 회귀계수가 0.027(표준오차=0.014, $p=0.048$)이었다.

결론: 어린이들에게서 치아 아말감 면수가 많을수록 혈중 수은 농도가 유의하게 증가하였다. 치아 아말감이 체내 수은 농도에 미치는 영향을 정확하게 평가하기 위해서는 요중 수은 농도를 이용한 추가적인 연구가 필요하며, 치아 아말감으로 인한 체내 수은 농도 증가에 대한 건강영향평가를 실시할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 1) U.S. Environmental Protection Agency. Mercury. Available: <http://www.epa.gov/mercury/exposure.htm#dental> [cited 2 October 2010].
- 2) Ministry of Environment. Serum concentrations of heavy metals in the national survey. Available: <http://webbook.me.go.kr/DLi-File/F005/000/151341.pdf> [cited 5 November 2005]. (translated by Lee KH). (Korean)
- 3) Lewis R. Metals. In: Ladou J (eds) Current occupational & environmental medicine. 4th ed. McGraw-Hill companies. New York. 2007. pp 427-9.
- 4) Anderson MH, McCoy RB. Dental amalgam: the state of the art and science. *Dent Clin North Am* 1993;37(3): 419-31.
- 5) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public health statement mercury. Available: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html> [cited 7 May 2008].
- 6) WHO. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Available: <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf> [cited 7 May 2008].
- 7) Centers for Disease Control and Prevention. Dental amalgam use and benefits. Available: <http://www.cdc.gov/OralHealth/publications/factsheets/amalgam.htm> [cited 7 May 2008].
- 8) American Dental Association. Amalgam. Available: http://www.ada.org/prof/resources/positions/doc_policies.pdf [cited 10 May 2008].
- 9) U.S. Food and Drug Administration. Questions and answers on dental amalgam. Available: <http://www.fda.gov/cdrh/meetings/090606-summary.html> [cited 7 May 2008].
- 10) Henderson AR. The bootstrap: A technique for data-driven statistics. Using computer-intensive analyses to explore experimental data. *Clinica Chimica Acta* 2005;359:1-26.
- 11) Bellinger DC, Trachtenberg F, Barregard L, Tavares M, Cernichiari E, Daniel D, McKinlay S. Neuropsychological and renal effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *JAMA* 2006;295(16): 1775-83.
- 12) DeRouen TA, Martin MD, Leroux BG, Townes BD, Woods JS, Leitão J, Castro-Caldas A, Luis H, Bernardo M, Rosenbaum G, Martins IP. Neurobehavioral effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *JAMA* 2006;295(16):1784-92.
- 13) Factor-Litvak P, Hasselgren G, Jacobs D, Begg M, Kline J, Geier J, Mervish N, Schoenholtz S, Graziano J. Mercury derived from dental amalgams and neuropsychologic function. *Environ Health Perspect* 2003; 111(5):719-23.
- 14) Kingman A, Albertini T, Brown LJ. Mercury concentrations in urine and whole blood associated with amalgam exposure in a US military population. *J Dent Res* 1998;77(3):461-71.
- 15) 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)
- 16) Mahaffey KR, Clickner RP, Bodurow CC. Blood organic mercury and dietary mercury intake: National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 and 2000. *Environ Health Perspect* 2004;112(5):562-70.
- 17) Ministry of Environment. Serum concentrations of heavy metals in the national survey. Available : <http://webbook.me.go.kr/DLi-File/F005/000/151341.pdf> [cited 2 November 2005].(translated by Lee KH). (Korean)
- 18) Wilhelm M, Schulz C, 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. *Int J Hyg Environ Health* 2006;209:301-5.
- 19) WHO. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Geneva. Switzerland. 2008. pp 47-8.