

어린이의 구강 내 아말감 충전물에 의한 수은노출과 뇨중수은농도: 6개월 추적조사

백혜진¹, 최연희¹, 사공준², 이영은³, 이희경⁴, 진명욱⁵, 송근배¹

¹경북대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실, ²영남대학교 의과대학 예방의학교실, ³대구보건대학 치위생과, ⁴영남대학교 의과대학 치과학교실, ⁵경북대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

Mercury exposure from dental amalgam: a 6 month follow-up

Hye-Jin Baek¹, Youn-Hee Choi¹, Joon Sakong², Young-Eun Lee³, Hee-Kyung Lee⁴, Myoung Uk Jin⁵, Keun-Bae Song¹

¹Department of Preventive Dentistry, Kyungpook National University School of Dentistry,

²Department of Preventive Medicine and Public Health, Yeungnam University College of Medicine,

³Department of Dental Hygiene, Daegu Health College, ⁴Department of Dentistry, Yeungnam University College of Medicine,

⁵Department of Conservative Dentistry, Kyungpook National University School of Dentistry, Daegu, Korea

Received: September 13, 2012

Revised: October 12, 2012

Accepted: October 28, 2012

Corresponding Author: Youn-Hee Choi
Department of Preventive Dentistry,
Kyungpook National University School
of Dentistry, 2-188-1 Samduk-dong,
Jung-gu, Daegu 700-412, Korea
Tel: +82-53-660-6875
Fax: +82-53-423-2947
E-mail: cyh1001@knu.ac.kr

*이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)
의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아
수행된 기초연구사업임(NQ2010-0670000).

Objectives: Dental amalgam is a widely used filling material for oral cavity. The released mercury vapor from amalgam could have systemic adverse effects potentially. The purpose of this study is to evaluate the relationship between dental amalgam and urinary mercury levels in children during a 6-month timespan.

Methods: A total of 525 elementary school children participated in this study. Oral examination was carried out from one dentist. Urine samples collected at baseline and at 6 month were analyzed for mercury and creatinine excretion. Additionally, general characteristics of subjects were surveyed by a questionnaire. The statistical analysis was performed using the SPSS 18.0.

Results: Greater amalgam surfaces were associated to higher urinary mercury levels; this tendency was similar at the 6-month observation after the correct baseline data. In the multivariable model, urinary mercury excretion was only associated with amalgam surfaces positively.

Conclusions: Even a small amount of mercury uptake from dental amalgam has been associated to increase the mercury concentration of urine.

Key Words: Children, Dental amalgam, Mercury, Urine

서 론

치과용 아말감은 결손된 치질을 대체하는 수복용 재료로써 19세기 말에 처음으로 소개되어 현재까지 약 200년 동안 널리 사용되어 왔다¹⁾. 조작이 쉽고 조건만 잘 맞으면 유지력도 좋으며 경제적이란 장점을 가지고 있고, 오랜 기간 사용되면서 안전성과 내구성, 부식저항성 등도 이미 검증되었다²⁾. 하지만 치과용 아말감은 수은을 포함한 여러 금속의 합금형태로 이루어져 있고, 구강 내

에 아말감 충전물이 존재한다면 미량이지만 타액에 용해되거나 저작으로 인해 마모되면서 지속적으로 수은을 유리시켜 인체에 영향을 미칠 수 있다^{3,4)}.

수은은 물이나 공기와 같은 자연 상태에서도 존재하고, 다양한 원소들과 결합시킨 화합물 형태로 일상에서 널리 사용되고 있기 때문에 주변 환경을 통해 인체에 다양한 경로로 섭취될 수 있다. 수은의 노출은 직업적으로나 오염된 생선의 섭취, 그리고 치과용 아말감을 통해 주로 이루어지며, 생선의 섭취와 치과용 아말감

은 각각 유기수은과 무기수은 노출의 주된 경로가 된다^{1,3,5}).

아말감에 노출되는 치과 의료기관의 종사자들은 미량의 수은에 지속적으로 노출되기 때문에 일반인보다는 두발이나 뇨중의 수은농도가 높게 나타나고^{6,7}, 중추신경계에 영향을 미쳐 신경행동학적 기능장애가 나타날 수 있다⁸. 또한 어린이는 수은노출에 더욱 취약하여 수은에 노출될 경우 중추신경계 발달장애와 같이 건강을 위협하는 결과를 나타낼 수도 있다⁹⁻¹¹. 반면 직업적인 수은노출도 인체에 영향을 미치지 않는다고 보고되기도 하였다¹²⁻¹⁴. 이처럼 치과용 아말감으로부터 유리되는 수은은 극소량이기 때문에 인체에 미치는 영향에 대해서는 논란이 되고 있다.

아말감으로부터 유리되는 수은은 주로 신장에 축적되거나 혈액이나, 뇨, 타액 등과 같은 체액 내 수은농도에 영향을 미친다. Song 등¹⁵은 실험용 rats에게 아말감 파우더를 먹었을 때 다른 부위에 비해 신장에 많은 수은이 축적되어 있었다고 하였다. 또한 Abraham 등¹⁶은 구강 내 아말감 충전물이 있는 경우에 혈중 수은농도가, Khordi-Mood 등¹⁷은 구강 내 아말감 충전을 한 후에 뇨중수은농도가 높게 나타났다고 하였으며, Kim과 Song¹⁸은 아말감 충전물이 있는 경우 소변과 타액의 수은농도가 유의하게 높게 나타났다고 하였다. 한편 아말감 치면 수은 뇨중수은농도에 영향을 미쳐 구치부 1개의 아말감 치면당 수은농도는 약 6% 정도 증가하고, 아말감 치면이 10개 증가할 때 평균적으로 약 0.6 µg/g creatinine의 뇨중수은농도가 증가한다고 보고되기도 한다^{19,20}.

일부 국가에서는 중금속인 수은의 위해성 때문에 아말감 사용을 제한하거나 감소시키는 법률을 제정하고 있고, 이러한 아말감의 위해성에 대한 논란과 더불어 대체 수복재료의 발달로 아말감 사용이 감소하는 추세이지만, 사용의 편리성과 내마모성 및 높은 생존률 때문에 여전히 많은 국가에서 아말감을 사용하고 있다. 특히 아말감으로부터 유리되는 수은이 소아 인체에 미치는 영향에 대한 논란으로 이와 관련된 연구가 몇몇 진행되고 있으나, 현재까지 아말감 사용에 대한 결론은 일치하지 않은 실정이다. 따라서 이 연구는 성장기 초등학생을 대상으로 구강 내 아말감 충전으로 인한 만성적 수은노출이 소아 인체의 수은 노출에 미치는 영향을 알아보기 위해 체내 아말감 축적을 반영하는 지표인 뇨중 수은 농도와 구강 내 아말감 충전 치면의 관련성을 평가하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상자 선정

경북대학병원 임상연구윤리심의위원회(IRB)로부터 연구심사승인을 얻은 후(IRB NO: KNUH_10-1056), 지역 내 두 개 초등학교의 1-4학년 재학생들을 대상으로 선정하였다. 연구수행 전 학교장과 학급 담임교사에게 협조요청을 하였고, 어린이의 부모에게 연구 사업에 대하여 서면으로 설명한 후 부모가 연구 참여에 동의한 어린이를 대상으로 검진을 실시하였다. 전체 대상자 중 부모가 연구참여에 동의하지 않았거나, 검진 당일 결석해서 검사를

받지 못한 경우, 기타 다른 이유로 검사결과가 한 가지라도 없거나 내용이 불충분한 경우를 제외한 525명을 최종 분석에 이용하였다.

2. 연구방법

구강검사는 WHO 기준에 의거하여 한 명의 치과의사에 의해 수행되었고, 어린이의 구강건강상태와 충전물 실태에 대하여 조사하였다. 소변검사는 검진당일 소변 검사용 컵을 제공한 후 직접 받아오도록 하였으며, 처음 나오는 소변은 흘려버리고 중간부분부터 받아오도록 하여 즉시 밀폐용기에 담아 아이스박스에 보관한 후, 분석 전까지 -50 - -70°C에 저장하였다. 이후 지역 내 대학병원 산업의학과와 분석기관에 의뢰하여 뇨중수은농도와 뇨중 크레아티닌농도를 측정하였고, 크레아티닌을 보정한 수은농도를 계산하였다. 혼합치열기 아동의 급변하는 구강내 상태변화를 반영하기 위해 1차 검사와 2차 검사의 간격은 6개월을 두고 시행하였다.

추가적으로 부모 및 어린이의 사회경제적 특성, 어린이의 칫솔질 및 껌 저작 습관과 같은 구강위생습관 및 체내 수은축적과 관련된 생선섭취경향에 대한 정보를 설문지를 통해 조사하였다.

3. 통계분석

대상자의 인구사회학적 특성 및 구강위생습관에 대해 빈도분석을 시행하였다. 1차 검사와 6개월 후 2차 검사의 아말감 치면 수에 따른 수은농도를 평가하기 위해 대상자의 분포를 고려하여 아말감 치면을 임의로 4개의 카테고리로 분류하였고(0, 1-5, 6-10, 11+), 크레아티닌이 보정된 수은농도를 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 통해 평균값의 차이를 확인하였고, 아말감 치면 수에 따른 뇨중수은농도의 관련성을 1차 검사의 수은농도 값을 보정한 후 그래프로 나타내었다.

반복측정된 2번의 검사에서 나타난 수은농도를 로그 변환하여 종속변수로 하고, 아말감 치면 수를 분류하여 독립변수로 설정한 후 혼합모형(mixed model)을 통해 뇨중 수은농도에 영향을 미치는 요인들에 대해 평가하였다. 통계프로그램은 SPSS 18.0 (SPSS 18.0K for window, SPSS Inc., Chicago, IL., USA)을 이용하였고, 통계적 유의성 판정을 위한 유의수준은 0.05로 고려하였다.

연구성적

Table 1은 대상자들의 일반적인 특성에 대한 정보이다. 전체 대상자는 남학생 267명(50.9%)과 여학생 258명(49.1%), 전체 525명으로 구성되어 있었다. 1차 검사와 2차 검사를 시행하였다.

Table 2는 대상자들의 아말감 치면 수에 따른 뇨중수은농도를 나타내었다. 1차 검사 시 대상자들의 평균 뇨중수은농도는 1.03 ± 0.02 µg/g creatinine이었고, 6개월 후 2차 검사 시 뇨중수은농도의 평균은 1.23 ± 0.02 µg/g creatinine으로 나타났다. 1차 검사와 2차 검사 모두에서 아말감 치면이 없는 대상자와 비교했을 때 아

Table 1. General characteristics of study participants

Characteristic			Total (N=525)
Gender		Male	267 (50.9)
		Female	258 (49.1)
Household income (won)*		<2,000,000	141 (26.9)
		2,000,000≤ <3,000,000	116 (22.1)
		≤3,000,000	147 (28.0)
Education (yrs)*	Father	≤12	164 (31.2)
		12<	232 (44.2)
	Mother	≤12	224 (42.7)
		12<	175 (33.3)
Job*	Father	Non-manual	238 (45.3)
		Manual	129 (24.6)
		Unemployed	13 (2.5)
	Mother	Non-manual	162 (30.9)
		Manual	38 (7.2)
		Unemployed	198 (37.7)
Brushing frequency*	1≤		38 (7.2)
	2		198 (37.7)
	3≤		189 (36.0)
Dental visit (6 mos)*	No		159 (30.3)
	Yes		259 (49.3)
Chewing gum (1 wk)*	Hardly ever		262 (49.9)
	More than once a week		152 (29.0)
Eating fish (1 wk)*	Hardly ever		80 (15.2)
	1-2		274 (52.2)
	3≤		70 (13.3)

*There were missing values.
Values are number (%).

말감 치면 수가 많아질수록 뇨중수은농도가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($P<0.001$). 결석이나 전학 등으로 1차 검사와 2차 검사의 대상자수에 차이가 있다.

Fig. 1은 1차 검사 시 뇨중수은농도 값을 보정한 2차 검사의 뇨중수은농도를 아말감 치면 수에 따라 그래프로 나타내었다. 아말감 치면 수가 많아질수록 뇨중수은농도가 높아지는 경향을 나타내었고, 추세선을 통해 선형관계를 확인할 수 있었다. 자료를 제시하지는 않았지만 1차 검사와 6개월 후 2차 검사 각각의 값 또한 아말감 치면수가 많아질수록 뇨중수은농도가 높아지는 경향을 나타내었다.

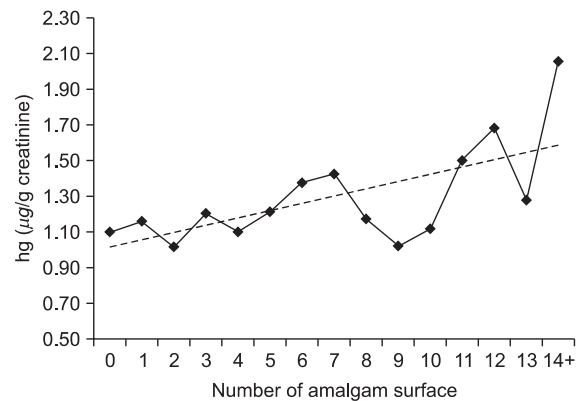
Table 3은 반복측정된 자료를 혼합모형을 이용하여 수은농도에 미치는 요인에 대해 분석하였다. 단변량 모형에서는 아말감 치면과, 6개월 이내에 치과 방문이 각각 뇨중수은농도와 양의 관련성을 나타냈고, 다변량 모형에서는 아말감 치면만이 뇨중수은농도와 양의 관련성을 나타냈다. 한편, 생선섭취는 통계적으로 유의한 수준은 아니지만 뇨중수은농도와 음의 관련성을 나타냈다($P=0.069$).

Table 2. Urine mercury levels according to amalgam surfaces at baseline and 6 month

Amalgam surfaces		N	Hg (μg/g creatinine)	P-value*
			Mean ± SE	
1 st	0	228	0.89±0.03 ^a	<0.001
	1-5	151	0.99±0.04 ^a	
	6-10	76	1.27±0.06 ^b	
	11+	35	1.56±0.08 ^c	
	Total	490	1.03±0.02	
2 nd	0	250	1.11±0.02 ^a	<0.001
	1-5	158	1.18±0.03 ^a	
	6-10	81	1.35±0.06 ^{ab}	
	11+	36	1.98±0.14 ^c	
	Total	525	1.23±0.02	

*The data were analysed by one-way ANOVA.

^{a,b,c}Same letters indicate no significant difference among groups by Dunnett T3.

**Fig. 1.** Urinary mercury levels according to number of amalgam surface at 6 month after adjusted of baseline mercury level.

고 안

2010년 국민구강건강실태조사에 따르면 12세 아동의 영구치 우식 경험률은 약 60%로 여전히 많은 어린이들이 치아우식증을 경험하고 있고²¹⁾, 그와 더불어 아말감의 사용률 역시 높게 나타난다²²⁾. 아말감에서 유리되는 수은은 아주 미량으로 건강에 영향을 미칠 정도는 아니라고 알려져 있지만 그 유해성에 대해서는 지속적으로 논란이 되고 있다.

이 연구는 치과용 아말감에 의해 유리되는 수은이 어린이의 뇨중수은농도에 미치는 영향을 평가하기 위해 일부 초등학교 어린이를 대상으로 연구를 시행하였다. 초등학교 1-4학년 재학생을 대상으로 구강검사와 소변검사를 실시하였고, 동일한 방법으로 6개월 후 재검사하였다. 뇨중수은농도의 평균값은 1차 검사에서는 1.03 μg/g creatinine이었고, 6개월 후 2차 검사에서는 1.23 μg/g creatinine으로 나타났다. 이 수치는 영국의 6-10세 어린이를 대상으로 한 연구에서 0.9-1.2 μg/g creatinine로 나온 것과 유사한 결과이고²³⁾, 크레아티닌을 보정하지 않아서 직접적인 비교는 불

Table 3. Repeated-measures mixed model results for log-transformed creatinine-corrected Hg measurements at baseline and 6 month

Characteristic	Log Hg ($\mu\text{g/g creatinine}$)			
	Univariate models		Multivariable model	
	β (SE)	P-value	β (SE)	P-value
Amalgam surfaces				
0	Ref.		Ref.	
1-5	0.064 (0.031)	0.041	0.060 (0.040)	0.132
6-10	0.270 (0.040)	<0.001	0.255 (0.049)	<0.001
11+	0.566 (0.054)	<0.001	0.487 (0.074)	<0.001
Gender				
Male	Ref.			
Female	0.055 (0.030)	0.070		
Household income (won)				
<2,000,000	Ref.			
2,000,000 ≤ <3,000,000	0.003 (0.043)	0.952		
≥3,000,000	0.002 (0.041)	0.962		
Education (yrs)				
Father				
≤12	Ref.			
12<	-0.006 (0.035)	0.861		
Mother				
≤12	Ref.			
12<	0.028 (0.035)	0.424		
Job				
Father				
Unemployed	Ref.			
Manual	-0.113 (0.102)	0.269		
Non-manual	-0.123 (0.100)	0.218		
Mother				
Unemployed	Ref.			
Manual	0.083 (0.064)	0.194		
Non-manual	0.055 (0.037)	0.132		
Brushing frequency				
1 ≤	Ref.			
2	0.006 (0.064)	0.908		
3 ≤	0.007 (0.065)	0.926		
Dental visit (6 mos)				
No	Ref.			
Yes	0.090 (0.035)	0.010		
Chewing gum (1 wk)				
Hardly ever	Ref.			
More than once a week	0.027 (0.035)	0.437		
Eating fish (1 wk)				
Hardly ever	Ref.			
1-2	-0.082 (0.045)	0.069		
3 ≤	-0.088 (0.058)	0.131		

가하지만 미국의 8-18세 청소년의 평균값 $1.48 \mu\text{g/L}$ 와²⁴⁾, 일본의 3-18세 청소년의 평균값인 $1.90 \mu\text{g/L}$ 와도 유사한 수치라고 할 수 있다²⁵⁾. 한편, 연구결과에서 나타난 수은농도는 1차에 비해 2차 때 전반적으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 뇨중수은농도는 아말감 이외의 환경노출이나 검사전날과 당일의 식이섭취의 영향을 많이 받을 수 있기 때문에 이 논문에서는 이러한 현상에 대해서는 명확하게 설명할 수 없었다. 향후 추가연구에서는 구강 내 아말감 이외에도 뇨중수은농도와 관련된 다른 요인에 대한 세부적인 평가가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

아말감 충전 치면수는 뇨중수은농도와 관련성이 있다고 알려져 있다. Levy 등²⁶⁾은 4-8세 아동 60명 중 아말감 충전 치면이 없는 어린이에 비해 있는 어린이가 뇨중 수은농도가 더 높게 나타났다고 하였고, Dunn 등²⁷⁾은 영국의 6-10세 어린이 534명을 대상으로 5년간 진행된 연구에서 뇨중수은농도는 아말감 치면 수와 유의한 용량반응관련성이 있다고 하였다. 이 연구에서는 아말감 치면수가 많아질수록 뇨중수은농도가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다, 이는 1차 검사와 2차 검사 모두 동일한 경향이었으며, 1차 검사의 수은농도를 보정한 후에도 여전히 아말감 충전 치면수와 뇨중수은농도가 선형관계에 있음을 확인할 수 있었다.

한편 Woods 등²⁸⁾은 아말감 충전그룹의 초기 뇨중 수은농도가 $1.5 \mu\text{g/L}$ 에서 아말감 충전 후 2년간 $3.2 \mu\text{g/L}$ 까지 증가하였다가 점차적으로 감소했다고 보고하였다. 아말감 충전물은 충전 직후 많은 양의 수은을 유리하지만 시간이 지날수록 유리되는 수은의 양은 줄어든다. 하지만 이 연구에서는 아말감 충전 시기에 대한 정보를 확인할 수 없어서 시간에 따른 유출량의 차이는 확인하지 못하였다. 또한 이 연구에 참여한 대상자는 혼합치열기 아동들로 유치의 발거와 영구치의 맹출이 이루어지면서 아말감 충전 치면의 변화가 있을 것으로 사료되어 2차 검사 시기를 6개월로 정하여 연구를 진행하였다. 하지만 6개월간의 변화량이 크지 않아 유치와 영구치 각각의 결과를 연구에 반영하지는 않았다.

수은농도에 영향을 미칠 수 있는 요인은 아말감 치면을 포함하여 성별, 생선섭취, 성별, 껌 저작 등이 주로 알려져 있다. Kang과 Lee²⁹⁾는 교합면 아말감 수와 혈중 수은농도는 여성에서 더 높은 상관관계가 있다고 하였고, Dunn 등²⁷⁾과 Maserejian 등²³⁾은 껌 저작이 뇨중수은농도와 관련성이 있다고 하였으며, Levy 등²⁶⁾은 생선섭취가 뇨중수은농도와 관련성이 있다고 보고하였지만, 이 연구에서는 아말감 치면을 제외한 모든 혼란변수는 뇨중수은농도와 관련성이 없는 것으로 나타났다. 특히 생선섭취는 통계적으로 유의한 수준은 아니었지만, 뇨중수은농도와 음의 관련성을 나타내어 기존의 연구와는 차이가 있었다.

이 연구는 일부지역에 국한하여 대상자를 선정하고 조사하였기 때문에 연구결과를 일반화시키기에는 다소 무리가 있고, 아말감 치면과 뇨중수은농도의 인과적인 관련성을 확인할 수는 없었다. 또한 아말감 충전시기에 따라 유리되는 수은의 양이 다르게 나타날 수 있지만 이를 반영하지 못하였다. 하지만 이러한 제한점에도 불구하고 이 연구는 어린이에서 아말감과 뇨중 수은농도의 관련성 분석을 위해 6개월간 추적조사를 실시하였고, 아말감 치면과

뇨중수은농도의 관련성을 확인한 연구로 의미가 있겠다.

구강 내 충전된 아말감은 미량이지만 수은을 유리시킨다. 이 연구에서 나타난 뇨중 수은농도는 선행연구들과 유사한 수준으로 인체에 영향을 미치는 정도는 아니라고 사료된다. 하지만, 아말감 충전이 뇨중수은농도를 상승시킬 수 있다는 것을 확인하였고, 특히 수은노출에 민감한 어린이의 경우 아말감 노출이 전체 수은노출의 총 양을 증가시키는 결과로 나타날 수 있어 주의가 필요하다.

결론

일부지역의 초등학교 1-4학년 525명을 대상으로 연구시작시점과 6개월 후 구강검사와 소변검사를 실시하였고, 아말감 치면과 뇨중수은농도의 관련성에 대해 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1차 검사와 6개월 후 2차 검사 모두 아말감 치면수가 많아질수록 뇨중수은농도가 높게 나타났고, 1차 검사의 수은농도를 보정한 2차 검사 결과에서도 아말감 충전 치면수와 뇨중수은농도가 관련성이 있음을 확인할 수 있었다.

2. 단변량 모형과 다변량 모형 모두 아말감 치면은 뇨중수은농도에 영향을 미치는 요인으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해보았을 때, 구강 내 아말감 충전물은 미량이라도 수은을 유리시켜 체내 수은농도의 변화에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 수은노출에 민감한 어린이에게는 미량의 수은이라도 인체에 영향을 미칠 수 있기 때문에 추가적인 연구를 통해 아말감의 안전성 여부에 대한 확인과 인체에 안전한 적절한 기준치를 제시할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. World Health Organization. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Geneva:World Health Organization;2003;4-5.
2. Faculty Council of Korean Dental Material. Dental materials. 6th ed. Seoul:Koonja publishing Inc;2011:220-222.
3. Clarkson TW, Magos L. The toxicology of mercury and its chemical compounds. Crit Rev Toxicol 2006;36:609-662.
4. Newman SM. Amalgam alternatives: what can compete? J Am Dent Assoc 1991;122:67-71.
5. Johnsson C, Schütz A, Sällsten G. Impact of consumption of freshwater fish on mercury levels in hair, blood, urine, and alveolar air. J Toxicol Environ Health A 2005; 68:129-140.
6. Zolfaghari G, Esmaili-Sari A, Ghasempouri SM, Faghizadeh S. Evaluation of environmental and occupational exposure to mercury among Iranian dentists. Sci Total Environ 2007;381:59-67.
7. Ritchie KA, Burke FJ, Gilmour WH, Macdonald EB, Dale

- IM, Hamilton RM, et al. Mercury vapour levels in dental practices and body mercury levels of dentists and controls. *Br Dent J* 2004;197:625-632.
8. Ngim CH, Foo SC, Boey KW, Jeyaratnam J. Chronic neurobehavioural effects of elemental mercury in dentists. *Br J Ind Med* 1992;49:782-790.
9. Counter SA, Buchanan LH. Mercury exposure in children: a review. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004;198:209-230.
10. Bellinger DC, Trachtenberg F, Barregard L, Tavares M, Cernichiari E, Daniel D, et al. Neuropsychological and renal effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *JAMA* 2006;295:1775-1783.
11. DeRouen TA, Martin MD, Leroux BG, Townes BD, Woods JS, Leitão J, et al. Neurobehavioral effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *JAMA* 2006;295:1784-1792.
12. Thygesen LC, Flachs EM, Hanehøj K, Kjuus H, Juel K. Hospital admissions for neurological and renal diseases among dentists and dental assistants occupationally exposed to mercury. *Occup Environ Med* 2011;68:895-901.
13. Hilt B, Svendsen K, Syversen T, Aas O, Qvenild T, Sletvold H, et al. Occurrence of cognitive symptoms in dental assistants with previous occupational exposure to metallic mercury. *Neurotoxicology* 2009;30:1202-1206.
14. Wright B, Pearce H, Allgar V, Miles J, Whitton C, Leon I, et al. A comparison of urinary mercury between children with autism spectrum disorders and control children. *PLoS One*. 2012;7:e29547. DOI:10.1317/journal.pone.0029547.
15. Song KB, Lee YE, Jeong SH, Kim HY, Kwon HK. Mercury distribution and concentration in rats fed powdered dental amalgam. *Arch Oral Biol* 2002;47:307-313.
16. Abraham JE, Svare CW, Frank CW. The effect of dental amalgam restorations on blood mercury levels. *J Dent Res* 1984;63:71-73.
17. Khordi-Mood M, Sarraf-Shirazi AR, Balali-Mood M. Urinary mercury excretion following amalgam filling in children. *J Toxicol Clin Toxicol* 2001;39:701-705.
18. Kim DE, Song KB. Mercury accumulation in human tissues from restored dental amalgam. *J Korean Acad Oral Health* 1998;22:69-80.
19. Dye BA, Schober SE, Dillon CF, Jones RL, Fryar C, McDowell M, et al. Urinary mercury concentrations associated with dental restorations in adult women aged 16-49 years: United States, 1999-2000. *Occup Environ Med* 2005;62:368-375.
20. 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;77:461-471.
21. Ministry of health and welfare. 2010 Korean national oral health survey: II. Survey Report. Seoul:Ministry of Health and Welfare;2010:191.
22. Oh AE, Choi YH, Jin HJ, Park JH, Kim YS, Keun HJ, et al. Current status of the types of dental filling and preventive materials among children in mixed dentition. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 2010;11:1483-1491.
23. Maserejian NN, Trachtenberg FL, Assmann SF, Barregard L. Dental amalgam exposure and urinary mercury levels in children: the New England Children's Amalgam Trial. *Environ Health Perspect* 2008;116:256-262.
24. Geier DA, Carmody T, Kern JK, King PG, Geier MR. A significant relationship between mercury exposure from dental amalgams and urinary porphyrins: a further assessment of the Casa Pia children's dental amalgam trial. *Biomaterials* 2011;24:215-224.
25. Suzuki T, Hongo T, Abe T, Matsuo N, Inoue N. Urinary mercury level in Japanese school children: influence of dental amalgam fillings and fish eating habits. *Sci Total Environ* 1993;136:213-227.
26. Levy M, Schwartz S, Djik M, Weber JP, Tardif R, Rouah F. Childhood urine mercury excretion: dental amalgam and fish consumption as exposure factors. *Environ Res* 2004;94:283-290.
27. Dunn JE, Trachtenberg FL, Barregard L, Bellinger D, McKinlay S. Scalp hair and urine mercury content of children in the Northeast United States: the New England Children's Amalgam Trial. *Environ Res* 2008;107:79-88.
28. Woods JS, Martin MD, Leroux BG, DeRouen TA, Leitão JG, Bernardo MF, et al. The contribution of dental amalgam to urinary mercury excretion in children. *Environ Health Perspect* 2007;115:1527-1531.
29. Kang SI, Lee HC. The effects of amalgam restorations on blood mercury levels among the amalgam recipients dental personnel. *Inje Med J* 1999;20:503-512.