

일부 대도시지역 혼합치열기 아동의 아말감 충전물과 뇨중 수은농도: 1년 추적조사

백혜진¹ · 정성화¹ · 최연희²

대구과학대학교 치위생과 · ¹대구한의대학교 보건학부 · ²경북대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실

Correlation between amalgam restorations and urinary mercury level in children for 1 year

Hye-Jin Baek · Seong-Hwa Jeong¹ · Youn-Hee Choi²

Department of Dental Hygiene, Taegu Science University · ¹Faculty of Health Science, Daegu Haany University · ²Department of Preventive Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University

Received : 1 April, 2014
Revised : 27 May, 2014
Accepted : 23 June, 2014

Corresponding Author

Youn-Hee Choi

Department of Preventive Dentistry
School of Dentistry

Kyungpook National University
2177, Dalgubeol-daero, Jung-gu
Daegu 700-412 Korea.

Tel : +82-53-660-6871

+82-10-2737-6207

Fax : +82-53-423-2947

E-mail : cyh1001@knu.ac.kr

ABSTRACT

Objectives : The purpose of this study is to investigate the correlation between amalgam restorations and urinary mercury levels in children for 1 year. Amalgam restoration has been widely used for over 200 years. But released mercury from amalgam can increase the concentration of mercury in the body.

Methods : The subjects were 463 elementary school children. Oral examination, urine sampling, and questionnaire survey were performed at baseline and after 1 year.

Results : Amalgam restoration increased the urinary mercury level to $0.55 \pm 0.13 \mu\text{g/g}$ creatinine. In the regression analysis, variation of urinary mercury excretion were positively associated with amalgam surfaces and fish consumption.

Conclusions : Small amount of mercury release from amalgam restoration was closely associated with increasing urinary mercury level.

Key Words : amalgam restoration, children, urinary mercury level

색인 : 뇨중 수은 농도, 아말감 충전물, 어린이

서론

치아우식증은 우리나라 국민이 가장 많이 경험하는 만성질환 중의 하나이다. 2010년 12세 아동의 영구치우식경험자율은 60.5%로 치열이 완성되는 어린시기에 이미 많은 아동들이 치아우식증에 노출되어 있음을 알 수 있다¹⁾. 치아우식증으로 인해 발생된 결손치질을 충전하는 재료로는 아말감, 레진, 금 및 세라믹 등 다양한 재료가 사용되고 있다. 치과용 아말감은 수은이 포함된 합금형태로 19세기에 처음 소개되어 약 200년 동안 광범위하게 사용되어왔다²⁾. 재료의 강도와 내구

성이 좋고, 사용이 편리하며 경제적이라는 장점으로 여전히 많은 국가에서 사용하고 있지만 아말감 내부에 포함된 수은이 구강내 환경이나 저작활동 등에 의해 유리될 수 있어 논란이 되고 있다³⁾.

수은은 자연계에 존재하는 중금속물질로 유기수은, 무기수은, 금속수은의 형태로 존재한다. 아말감에 포함된 수은은 금속수은의 형태로, 수은 그 자체로는 체내에 흡수가 거의 되지 않지만 기화되면서 수은증기형태로 폐를 통해 흡입되어 체내로 들어오게 된다^{4,5)}. 구강 내 아말감 충전물에서 유리되는 수은은 수은증기형태로도 노출될 수 있지만 구강 내 음식

Copyright©2014 by Journal of Korean Society of Dental Hygiene

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in medium, provided the original work is properly cited.

▶ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NO.20120002524).

이나 음료섭취에 의한 산도차이에 의한 부식이나 저작에 의해서도 노출될 수 있다^{6,7)}.

아말감에 의한 수은노출은 미량으로 전신에 미치는 영향에 대해서는 다방면으로 연구되고 있고 여전히 논란이 되고 있다. Hahn 등⁸⁾이 양에게 방사성 수은을 함유한 아말감 충전물을 구강 내 충전하여 폐와 위장, 턱 등 조직 내 수은축적을 확인하였고, 송 등⁹⁾은 실험용 백서에 아말감 파우더를 먹여 신장에 수은이 축적되어 있는 것을 보고하였다. 또한 구강 내 아말감 충전물이 있는 대상자와 없는 대상자에서 혈액, 타액 및 소변중 수은농도를 비교하여 차이를 확인하거나¹⁰⁾, 임신부의 아말감 충전과 양수 내 수은농도의 관련성을 확인한 연구도 있다¹¹⁾. 그리고 직접적인 충전이 아니라도 아말감의 수은증기형태는 치과종사자에서 뇨와 혈중 수은농도 증가에 영향을 미친다고 보고되기도 하였다¹²⁾.

이처럼 구강 내 아말감 충전물의 인체 노출에 대한 다양한 결과들이 보고되고 있지만 여전히 아말감 충전의 위해성에 대한 논란은 계속되고 있다. 특히 성장기 어린이는 성인에 비해 수은노출에 더욱 민감할 수 있고, 많은 연구들이 어린이의 아말감 충전물과 체내 수은농도의 관련성을 보고하고 있다. 다양한 재료들이 아말감 대체 물질로 개발되고 있지만 우리나라에서는 여전히 어린이에서 치아우식 충전용으로 아말감을 많이 사용하고 있다¹³⁾. 따라서 이 연구의 목적은 혼합 치열기 아동인 초등학교 14학년을 대상으로 구강 내 아말감 충전물의 1년간 변화량과 뇨중수은농도 변화량의 관련성을 평가하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상자 선정

어린이의 아말감 충전치면이 뇨중수은농도에 미치는 영향을 파악하기 위해 지리적 접근이 용이한 대구지역의 두 개 초등학교를 편의로 선택한 후, 선정된 학교의 14학년 재학생을 연구대상자로 선정하였다. 학교의 승인을 얻었고, 연구수행 전 학교장과 학급 담임교사의 협조를 얻어 어린이의 부모에게 서면으로 연구사업에 대해 설명하였고, 부모가 참여에 동의한 어린이를 최종 대상으로 하였다. 검진당일 결석하거나, 기타 다른 이유로 검사결과가 불충분한 경우를 제외한 463명을 최종 분석에 이용하였다.

연구시작 전 경북대학병원 임상연구윤리심의위원회(IRB)로부터 연구심사승인을 얻었다(KNUH_10-1056).

2. 연구방법

2010년 3월 학교를 방문하여 연구를 위해 구강검사, 소변검사 및 설문조사를 시행하였다. 구강검사는 한명의 치과외과사가 WHO 기준으로 어린이의 구강건강상태와 충전물 실태를 조사하였다. 소변검사는 검진당일 소변 검사용 컵에 직접 받아오도록 하였으며, 즉시 밀폐용기에 담아 분석 전까지는 $-50^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 에 냉동보관 하였다. 이후 지역 내 대학병원 산업의학과와 분석기관에 의뢰하여 뇨중수은농도와 뇨중크레아티닌농도를 분석하였다. 설문조사에서는 부모 및 어린이의 사회경제적인 특성, 어린이의 칫솔질 및 껌저작 습관과 같은 구강위생습관 및 체내 수은축적과 관련된 생선섭취경향에 대한 정보에 대해 조사하였다. 1년 후 동일한 방법으로 대상자에 대한 추가조사를 실시하였다.

3. 통계분석

수집한 자료는 엑셀 프로그램(MS Office Excel 2007, Microsoft Co, Redmond, USA)을 이용하여 정리하였다. 설문을 통해 조사된 대상자의 인구사회학적 특성 및 구강위생습관에 대해 기술분석을 시행하였고, 아말감 충전물 사용현황을 그래프로 나타내었다.

1년간 아말감 충전변화량과 수은노출변화량의 관련성을 파악하기 위해 1년간 변화량을 계산하였다. 뇨중수은농도의 변화량을 종속변수로 하였고, 아말감 충전치면의 변화량을 감소하였거나 변화없는 그룹과 증가한 그룹으로 나누어 회귀분석을 시행하였다.

통계프로그램은 SPSS 18.0(SPSS 18.0K for window, SPSS Inc., Chicago, IL., USA)을 이용하였고, 통계적 유의성 판정을 위한 유의수준은 0.05로 고려하였다.

연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

최종 분석에 이용된 대상자는 463명으로 남자 240명(51.8%), 여자 223명(48.2%)이었다. 가계수입은 무응답자를 제외하고는 200만원 미만인 126명(27.2%), 200만원 이상 300만원 미만인 102명(22.0%), 300만원 이상이 127명(27.4%)으로 나타났다. 아말감 유치면 수는 초기 2.83 ± 0.18 개에서 1년 후 2.09 ± 0.16 개로 감소하였고, 아말감 영구치면 수는 초기 0.29 ± 0.05 개에서 1년 후 검진에서 0.41 ± 0.07 개로 증가하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of study participants Unit : N(%)

Characteristic		Total (N=463)
Gender	Male	240 (51.8)
	Female	223 (48.2)
Household income(won)*	<2,000,000	126 (27.2)
	2,000,000 ≤ <3,000,000	102 (22.0)
	≥3,000,000	127 (27.4)
Brushing frequency*	1 ≤	32 (6.9)
	2	189 (40.8)
	3 ≤	152 (32.8)
Dental visit (6 month)*	No	141 (30.5)
	Yes	221 (47.7)
Chewing gum (1 week)*	Hardly ever	220 (47.5)
	More than once a week	141 (30.5)
Eating fish (1 week)*	Hardly ever	65 (9.5)
	1~2	266 (39.1)
	3 ≤	63 (9.3)

*excepted missing data

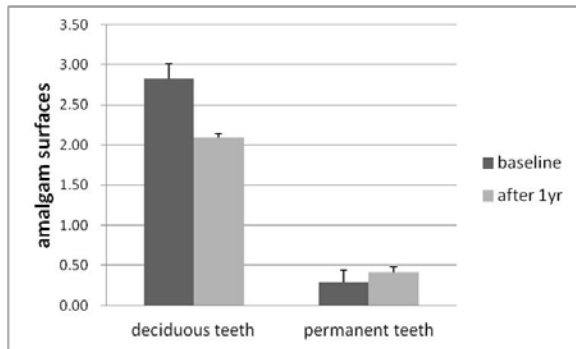


Fig. 1. Number of amalgam filling surfaces

2. 아말감 치면의 변화량과 뇨중수은농도

《Table 2》는 1년간 아말감 치면의 평균 변화량에 따른 뇨중수은농도를 나타냈다. 전체 대상자의 평균 뇨중수은농도는

0.18±0.05 μg/g creatinine 증가하였고, 아말감 충전치면이 감소한 90명의 대상자에서 뇨중수은농도는 평균 0.26±0.12 μg/g creatinine 증가하였으며, 아말감 충전치면의 변화가 없는 191명의 대상자와 아말감 충전치면이 증가한 67명의 대상자에서 뇨중수은농도는 각각 0.01±0.05 μg/g creatinine과 0.55±0.13 μg/g creatinine 증가한 것으로 나타나 전반적으로 미세한 뇨중수은농도의 증가를 확인할 수 있었다. 특히 아말감 충전치면이 증가한 대상자에서 아말감 충전치면이 감소하였거나 변화가 없는 대상자보다 뇨중수은농도의 증가폭이 큰 것으로 나타났다(p<0.001).

3. 뇨중수은농도 변화와 관련요인

《Table 3》은 뇨중수은농도의 변화에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위해 관련 요인들을 독립변수로 하여 회귀분석을 시행하였다. 뇨중수은농도의 변화와 관련이 있는 요인으로 아말감 충전치면의 변화를 감소나 변화없음과 증가로 이분하

Table 2. Variation of urinary mercury level according to change of amalgam surface for 12 month

	N	Mean ± SE (μg/g creatinine)	p*
Change of amalgam surface			
Decrease	90	0.26 ± 0.12 ^A	<0.001
Unchange	191	0.01 ± 0.05 ^{AB}	
Increase	67	0.55 ± 0.13 ^B	
Total	348	0.18 ± 0.05	

*The data were analysed by one-way ANOVA

^{A,B} Same letters indicate no significant difference between groups by Tukey

Table 3. Factors affecting the change of urinary mercury level for 1 year by regression analysis

	Model I		Model II	
	B	p	B	p
Change of amalgam surface				
Decrease or Unchanged	ref.		ref.	
Increase	0.677	<0.001	0.672	<0.001
Gender				
Male	ref.			
Female	-0.072	0.618		
Brushing frequency				
1≤	ref.			
2	0.266	0.436		
3≤	0.111	0.753		
Dental visit(6 month)				
No	ref.			
Yes	0.110	0.456		
Chewing gum(1 week)				
Hardly ever	ref.			
More than once a week	-0.019	0.869		
Eating fish(1 week)				
Hardly ever	ref.		ref.	
1~2	0.476	0.024	0.441	0.032
3≤	0.605	0.021	0.585	0.024

여 독립변수에 이용하였고, 성별, 칫솔질 횟수, 최근 6개월간 치과방문여부 1주일간 껌 저작습관 및 생선섭취를 모델에 포함시켰다. Model 1에서는 다른 독립변수를 제외한 아말감 치면 변화량과 생선섭취만이 뇨중수은농도에 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 아말감 충전치면의 감소나 변화없음에 비해 증가한 경우가 뇨중수은농도의 변화와 양의 관련성을, 생선섭취 빈도 또한 거의 먹지 않는 경우와 비교해서 섭취횟수가 많아질수록 뇨중수은농도와 양의 관련성이 있는 것으로 나타났다. 최종모형인 Model 2에서도 아말감 충전치면의 증가와 생선섭취의 증가가 뇨중수은농도의 변화에 통계적으로 유의하게 양의 관련성을 나타내는 변수로 나타났다.

총괄 및 고안

아말감은 저렴하면서도 시술시간이 짧고 사용이 간편하여 우식치아에 대표적인 충전재로 사용되고 있다¹⁴⁾. 특히 영구 치료 교환되는 유치에서 아말감 충전이 더욱 빈번히 이루어지고 있다¹⁵⁾. 아말감에 포함된 수은은 인체 무기수은노출의 원인이 되어 유해할 수 있다^{15,16)}. 하지만 유리되는 수은의 양이 적어 인체에 미치는 영향이 거의 없다고 보고되기도 해서 그 유해성에 대해서는 여전히 논란이 되고 있다^{16,17)}.

이 연구는 구강 내 아말감 충전물의 1년간 변화량이 어린이

의 뇨중수은농도 변화에 미치는 영향을 평가하기 위해 일부 초등학교 어린이를 대상으로 연구를 시행하였다. 연구에 참여한 대상자는 총 463명으로 남학생 240명과 여학생 223명으로 구성되어 있었다. 연구초기 대상자의 평균 아말감 충전치면 수는 유치 2.83개, 영구치 0.29개 이었고, 1년 후에는 유치가 2.09, 영구치 0.41개 이었다. 우리나라 대도시 4개 지역 혼합치열기 아동의 평균 아말감 충전치면 수는 2.8개로 보고되어¹³⁾ 직접적인 비교는 되지 않겠지만 이 연구의 결과 값이 비슷한 수준임을 알 수 있었다.

아말감 치면의 변화량에 따라 대상자를 분류하여 연구시작 시점에서 조사한 뇨중수은농도의 평균 값을 구했을 때 아말감 충전치면이 감소한 90명의 대상자에서 초기 $1.12 \pm 0.60 \mu\text{g/g creatinine}$ 에서 1년 후 $1.38 \pm 0.13 \mu\text{g/g creatinine}$, 변화없는 191명의 대상자에서 초기 $0.96 \pm 0.03 \mu\text{g/g creatinine}$ 에서 1년 후 $0.98 \pm 0.05 \mu\text{g/g creatinine}$, 아말감 충전치면이 증가한 67명의 대상자에서 초기 $1.20 \pm 0.07 \mu\text{g/g creatinine}$ 에서 1년 후 $1.75 \pm 0.14 \mu\text{g/g creatinine}$ 로 나타났다. 대상자들의 평균 뇨중수은농도의 변화는 전체적으로는 $0.18 \pm 0.05 \mu\text{g/g creatinine}$ 증가하였고, 아말감 충전치면이 증가한 67명의 대상자에서는 평균 $0.55 \pm 0.13 \mu\text{g/g creatinine}$ 증가하였다. 아말감 충전 치면이 감소하였거나 변함이 없는 대상자들도 전반적으로 미세한 뇨중수은농도의 증가를 확인할 수 있었지만, 아말

감 충전치면이 증가한 대상자에서 아말감 충전치면이 감소하였거나 변화가 없는 대상자보다 뇨중수은농도의 증가폭이 큰 것으로 나타났다. 전반적으로 뇨중수은농도가 증가한 것은 소변검사 전 식이섭취나 환경적인 영향이 뇨중수은농도의 상승에 영향을 미쳤을 것으로 생각되나 이를 감안하고서도 아말감 충전치면이 증가한 대상자에서 뇨중수은농도 증가폭이 큰 것으로 확인되어, 아말감 충전에 의한 수은노출이 뇨중수은농도에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. Khordi-Mood 등¹⁸⁾과 Bellinger 등¹⁹⁾도 아말감 충전물이 없었던 대상자에서 아말감 충전 후 수은농도가 통계적으로 유의하게 증가하였다고 하였고, Link 등²⁰⁾은 아말감 충전 당 뇨중 수은농도는 약 0.3 μg 정도 증가한다고 보고하였다. 또한 Richardson 등²¹⁾은 아말감 충전은 치면당 0.2~0.4 $\mu\text{g}/\text{day}$ 또는 치아당 0.5~1.0 $\mu\text{g}/\text{day}$ 증가한다고 보고하였고, Kingman 등²²⁾은 아말감 치면 10개 증가 시 뇨중수은농도는 평균 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ 상승한다고 하였다. 이 연구에서도 1년간 아말감 충전을 시행한 대상자에서 뇨중수은농도가 증가하였고 전술한 선행연구와 일치하는 결과임을 확인할 수 있었다.

뇨중수은농도의 변화에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 뇨중수은농도의 변화와 관련이 있는 요인으로 아말감 충전 치면의 변화여부와 성별, 칫솔질 횟수, 최근 6개월간 치과 방문여부 1주일간 껌 저작습관 및 생선섭취를 모형에 포함시켜 회귀분석을 시행하였다. 첫 번째 모형에서는 아말감 충전 치면의 감소나 변화없음에 비해 증가한 경우에서, 생선섭취 빈도 또한 거의 안먹는 경우와 비교해서 섭취횟수가 많아질수록 양의 관련성을 나타냈다. 최종모형에서도 아말감 충전 치면의 변화와 생선섭취가 뇨중수은농도의 변화에 통계적으로 유의하게 양의 관련성을 나타내는 변수임을 확인할 수 있었다. 많은 연구들이 뇨중수은농도에 가장 영향을 미치는 요인이 아말감 충전과 생선섭취라고 보고하고 있고²³⁻²⁵⁾ 이 연구 결과는 선행연구들과 유사한 결과를 나타내고 있다. 특히 기존의 연구들은 단면적으로 아말감 충전치면과 뇨중수은농도의 관련성을 본 연구가 대부분이었다면 이 연구에서는 1년간 변화량을 계산하여 관련성을 평가하였고, 아말감 충전 치면의 변화와 뇨중수은농도의 변화의 관련성을 확인할 수 있었다.

이 연구는 일부지역에 국한하여 대상자를 선정하고 조사하였기 때문에 연구결과를 일반화시키기에는 다소 무리가 있고, 전체 대상자 중 아말감 치면이 감소하거나 변화가 없는 대상자에 비해 아말감 치면이 증가한 대상자의 비율이 상대적으로 낮게 나타났다는 제한점이 있다. 연구에 참여한 초등학교는 구강보건실이 설치되어 있어 적극적으로 구강질환의 예방처치를 실시하고 있고 이러한 점이 아말감 치면의 증가

를 더디게 한 이유로 생각된다. 연구에 참여한 대상자의 아말감과 레진 충전치면은 각각 초기 0.29개에서 1년 후 .41개로 레진은 초기 0.29개에서 1년 후 0.50개로 증가폭이 적었으나, 실란트 치면의 경우는 초기 4.66개에서 1년 후 7.11개로 증가하여 대부분의 맹출된 영구치면에서 실란트 충전이 시행된 것을 확인 할 수 있었다. 또한 뇨중수은농도에 영향을 미치는 요인은 아말감 충전과 생선섭취가 주로 알려져 있지만 그 이외에도 개인의 식습관이나 생활환경에서 노출될 수 있는 추가적인 조사가 부족하였다. 하지만 이러한 제한점에도 불구하고 이 연구는 기존 단면연구들과 달리 혼합치열기 어린이를 1년 동안 추적하여 아말감 치면의 변화량과 뇨중수은농도 변화량의 관련성을 확인한 연구로 의미가 있겠다.

결론

이 연구는 혼합치열기 아동의 구강내 아말감 충전치면이 뇨중수은농도에 미치는 영향을 파악하기 위해 지역 내 두 개 초등학교 14학년 재학생 463명을 대상으로 선정하여 구강검사와 소변검사를 실시하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 아말감 충전치면이 증가한 대상자에서 아말감 충전치면이 감소하였거나 변화가 없는 대상자보다 뇨중수은농도의 증가폭이 크게 나타났다.
2. 아말감 충전치면의 증가와 생선섭취 횟수가 많은 경우에서 뇨중수은농도와 양의 관련성을 나타냈다.

아말감에서 유리되는 수은은 극히 미량이라 인체에 영향을 주는 정도는 아니지만^{26,27)}, 수은노출에 민감한 어린이의 경우 미량의 수은노출이라도 전체 수은노출의 총 양을 증가시킬 수 있기 때문에 어린이에서 아말감 사용에 대한 기준치 설정 등 대책이 필요할 것이고 향후 이를 뒷받침할 후속연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

References

1. Ministry of health and welfare. 2010 Korean national oral health survey: II. Survey Report, Seoul: Ministry of Health and Welfare; 2010: 178, 201.
2. World Health Organization. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Geneva: World Health Organization; 2003: 4-5.
3. Faculty Council of Korean Dental Material, Dental materials, 6th ed, Seoul: Koonja publishing Inc; 2011: 220-2.
4. Skare I, Engqvist A. Human exposure to mercury and silver

- released from dental amalgam restorations. *Arch Environ Health* 1994; 49: 384-94.
5. Sandborgh-Englund G, Elinder CG, Johanson G, Lind B, Skare I, Ekstrand J. The absorption blood levels, and excretion of mercury after a single dose of mercury vapor in humans. *Toxicol Appl Pharmacol* 1998; 150: 146-53.
 6. Baek HJ, Kang KH, Kim JH. An experimental study on the effect of children's range beverage on bovine enamel. *J Korea Acad Ind Coop Soc* 2009; 10: 2523-9.
 7. Olstad ML, Holland RI, Wandel N, Pettersen AH. Correlation between amalgam restorations and mercury concentrations in urine. *J Dent Res* 1987; 66: 1179-82.
 8. Hahn LJ, Kloiber R, Vimy MJ, Takahashi Y, Lorscheider FL. Dental "silver" tooth fillings: a source of mercury exposure revealed by whole-body image scan and tissue analysis. *FASEB J* 1989; 3: 2641-6.
 9. 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: 307-13.
 10. Kim DE, Song KB. Mercury accumulation in human tissues from restored dental amalgam. *J Korean Dent Health* 1998; 22: 69-80.
 11. Luglie PF, Campus G, Chessa G, Spano G, Capobianco G, Fadda GM, et al. Effect of amalgam fillings on the mercury concentration in human amniotic fluid. *Arch Gynecol Obstet* 2002; 271: 138-42.
 12. Samir AM, Aref WM. Impact of occupational exposure to elemental mercury on some antioxidative enzymes among dental staff. *Toxicol Ind Health* 2011; 27: 779-86. <http://dx.doi.org/10.1177/0748233710397420>.
 13. Oh AY, Choi YH, Jin HJ, Park JH, Kim YS, Kwon HJ, et al. Current status of the types of dental filling and preventive materials among children in mixed dentition. *J Korea Acad Ind Coop Soc* 2010; 11: 1483-91.
 14. Ekstrand J, Björkman L, Edlund C, Sandborgh-Englund G. Toxicological aspects on the release and systemic uptake of mercury from dental amalgam. *Eur J Oral Sci* 1998; 106: 678-86.
 15. Ganss C, Gottwald B, Traenckner I, Kupfer J, Eis D, Mönch J, et al. Relation between mercury concentrations in saliva, blood, and urine in subjects with amalgam restorations. *Clin Oral Investig* 2000; 4: 206-11.
 16. Kim JW. A Study on occurrence of porosity and leakage of mercury in dental amalgam's inside. *J Korean Soc Dent Hyg* 2010; 10: 531-40.
 17. McParland H, Warnakulasuriya S. Oral lichenoid contact lesions to mercury and dental amalgam—a review. *J Biomed Biotechnol* 2012; 2012: 589569. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/589569>.
 18. Khordi-Mood M, Sarraf-Shirazi AR, Balali-Mood M. Urinary mercury excretion following amalgam filling in children. *J Toxicol Clin Toxicol* 2001; 39: 701-5.
 19. 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: 1775-83.
 20. Link B, Gabrio T, Piechotowski I, Zöllner I, Schwenk M. Baden-Wuerttemberg Environmental Health Survey(BW-EHS) from 1996 to 2003: toxic metals in blood and urine of children. *Int J Hyg Environ Health* 2007; 210: 357-71.
 21. Richardson GM, Wilson R, Allard D, Purtill C, Douma S, Gravière J. Mercury exposure and risks from dental amalgam in the US population, post-2000. *Sci Total Environ* 2011; 409: 4257-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.035>.
 22. 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: 461-71.
 23. Castaño A, Sánchez-Rodríguez JE, Cañas A, Esteban M, Navarro C, Rodríguez-García AC, et al. Mercury, lead and cadmium levels in the urine of 170 Spanish adults: a pilot human biomonitoring study. *Int J Hyg Environ Health* 2012; 215: 191-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.09.001>.
 24. Abdelouahab N, Vanier C, Baldwin M, Garceau S, Lucotte M, Mergler D. Ecosystem matters: fish consumption, mercury intake and exposure among fluvial lake fish-eaters. *Sci Total Environ* 2008; 407: 154-64.
 25. Batářiová A, Speváčková V, Benes B, Cejchanová M, Smlíd J, Cerná M. Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209: 359-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.004>.
 26. Baek HJ, SaKong J, An SY, Lee HK, Song KB, Choi YH. Association between amalgam removal and urinary mercury concentration: a pilot study. *J Korean Soc Dent Hyg* 2012; 4: 431-8.
 27. Brownawell AM, Berent S, Brent RL, Bruckner JV, Doull J, Gershwin EM, et al. The potential adverse health effects of dental amalgam. *Toxicol Rev* 2005; 24: 1-10.