

어린이에서 구강내 아말감 제거 후 요중 수은농도 변화

진혜정 · 사공준¹ · 송근배² · 전은숙³ · 김기림⁴ · 최연희^{2†}

동의대학교 치위생학과, ¹영남대학교 의과대학 예방의학교실, ²경북대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실, ³춘해보건대학교 치위생과, ⁴경북대학교 치위생학과

Changes in Urinary Mercury Levels after Removal of Amalgam Fillings

Hye-Jung Jin, Joon Sakong¹, Keun-Bae Song², Eun-Suk Jeon³, Ki-Rim Kim⁴, and Youn-Hee Choi^{2†}

Department of Dental Hygiene, Dong-Eui University, Busan 614-714, ¹Department of Preventive Medicine and Public Health, Yeungnam University College of Medicine, Daegu 705-703, ²Department of Preventive Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu 700-706, ³Department of Dental Hygiene, Choonhae College of Health Sciences, Ulsan 689-784, ⁴Department of Dental Hygiene, Kyungpook National University, Sangju 700-706, Korea

The objective of this study is to estimate the relationship between amalgam removal and urinary mercury levels. To measure urinary mercury concentration, urine of participants was collected at baseline, immediately, 24 hours and 48 hours after removal of amalgam restorations. The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics ver. 20.0. The overall mean urinary mercury concentration at baseline, immediately, 24 hours and 48 hours after removal of amalgam restorations was 2.77, 2.75, 2.95 and 4.00 µg/g creatinine, respectively. Logistic regression model shows that the gender leads to increased odds of high urinary mercury concentration in children (odds ratio, OR=1.99), even after adjusting for high amalgam surfaces (OR=1.23) and fish consumption (OR=1.26) at the baseline. Our findings suggest that mercury exposure from dental amalgam adversely impact health and therefore are a health risk.

Key Words: Amalgam removal, Child, Urinary mercury

서론

아말감 충전제는 일반적으로 수은(43~50.5%), 은(40~70%), 주석(12~30%), 구리(12~24%) 등으로 구성되어 있으며¹⁾, 그 중 수은은 실온에서 액상이 되는 독특한 속성으로 아말감 조성물에 중요한 역할을 한다²⁾. 아말감 충전제에서 수은 증기가 분리되는 것은 수복된 아말감 치면 수와 위치, 연령, 씹는 습관 및 아말감 조성물과 상태에 따라 달라진다^{3,4)}. 치과치료 중 아말감 충전, 연마, 제거과정을 통해 아말감으로부터 유리되는 수은은 공기 중에 부유하기 때문에 체내에 영향을 준다고 알려져 있다^{5,6)}. 수은은 독성이 높은 금속원

소이며, 혈액에 의해 운반할 때 인체 장기에 80% 이상이 흡수된다⁷⁾. 치과용 아말감 사용으로 수은이 인체에 미치는 잠재적인 위험이 알려짐에도 불구하고 조작이 용이하고 의료보험 적용으로 인한 저렴한 비용 및 높은 내구성으로 여전히 많이 사용되고 있다.

어린이는 성인에 비해 약한 면역체계와 높은 신진대사로 인해 성인과 동일한 수은의 양이 노출되더라도 심각한 건강 영향을 받을 수 있다. 어린이는 성인에 비해 더욱 취약하며 수은이 장기적으로 노출되었을 때 중추신경계 발달 장애를 초래할 수 있다고 알려져 어린이에서 아말감 사용에 대한 안정성 논란이 계속되고 있다^{8,9)}. 따라서 유럽 일부 국가에

Received: February 12, 2015, Revised: March 30, 2015, Accepted: March 30, 2015

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

†Correspondence to: Youn-Hee Choi

Department of Preventive Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University, 2177 Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu 700-706, Korea
Tel: +82-53-660-6871, Fax: +82-53-423-2947, E-mail: cyh1001@knu.ac.kr

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서는 수은의 노출을 제한하기 위해 유럽 일부 국가에서 아말감 사용을 제한하거나 단계적으로 감소시키고 있다¹⁰⁾. 우리나라에서는 일부 지역 성인을 대상으로 음식섭취로 인한 환경오염노출과 체내 혈중 수은 농도와 연구가 수행되어 아말감 충전으로 인한 인체 내 위해성에 대해 보고되었다¹¹⁻¹⁴⁾. 아말감 치료 과정 중 공기 중에 부유하며 저작과정에서 노출되는 수은보다 더 많이 발생한다는 연구결과가 보고된 바 있으므로 이 연구는 초등학생을 대상으로 구강내 아말감 제거 시 노출되는 수은의 인체내 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 구강내 아말감 제거 시 노출되는 수은은 체내 반감기가 짧은 중금속이며, 요 시료는 아말감 노출로 인한 수은의 양을 확인하는 데 유용하다고 보고된 바 있으므로¹⁵⁾ 생체 시료 중 요를 이용하여 분석하여 개인 변동성을 보정하고자 하였다.

따라서 이 연구는 어린이에서 아말감 제거 시 노출되는 수은에 따라 인체내 요중 수은 농도에 미치는 영향을 조사하고자 하였으며, 성별에 따른 차이점 또한 요중 수은농도가 차이가 날 것으로 예상되어 이에 관련성을 파악하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

경북대학교병원 임상연구윤리심의위원회로부터 연구 승인을 얻은 후 2010년 4월부터 2012년 6월까지 대구광역시 소재 2개 초등학교의 재학생을 대상으로 선정하였다(IRB No. KNUH 10-1056). 초기 검사 결과 아말감 치면수와 요 검사 결과 요중 수은농도가 상대적으로 높은 어린이를 각 학교별 50명씩 대상으로 선정하였다. 이들 중 구강내 아말감 제거를 동의한 대상자는 학교에 방문하여 당일 아말감 제거를 시행한 후 요 시료를 받았다. 요 시료는 초기검진, 아말감 제거 직후, 아말감 제거 후 24시간, 아말감 제거 후 48시간을 받았으며, 이후 요중 수은농도 분석 시 World Health Organization¹⁰⁾이 권고한 creatinine 농도 유효범위 (30~300 mg/dl)를 벗어난 대상자를 제외하여 15명을 아말감 제거에 따른 요중 수은농도 연구의 대상으로 선정하였다.

2. 아말감 제거와 요검사

구강검사를 실시하였던 치과 의사 1인이 고속 및 저속 핸드피스 사용하여 아말감 충전물을 제거하였으며 열이 발생하지 않도록 물을 뿌리고 대용량 흡인기를 사용하여 아말감 제거 시 발생하는 수은 증기 확산을 최소화하였다. 아말감 제거 후에는 임시 충전재를 사용하여 와동을 밀폐하였으

며, 다음 날 레진계 충전재를 이용하여 충전을 실시하였다.

연구대상자는 초등학생으로 48시간 동안 배설되는 소변을 모두 수집한다는 번거로움이 있으므로 현장 요 채취방법을 사용하였다. 요 시료는 요컵(urine cup)을 이용하여 초기 검진 시, 아말감 제거 직후, 아말감 제거 후 24시간과 48시간에 요를 받았다. 요 시료는 약 0.5 ml를 분취하여 즉시 밀폐용기에 담아 아이스박스에 보관하였으며, 분석 전까지 $-50^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 저온냉동고에 보관한 후 분석시료로 활용하였다^{12,13)}. 수은농도는 이후 지역 내 산업의학과에 의뢰하여 분석하였다.

3. 설문조사

연구대상자의 성별과 학년을 파악하였으며 설문조사는 보건교사와 담임교사를 통해 미리 배포하여 검진당일에 수거하였다. 설문조사는 성별, 학년, 부모의 교육수준과 소득수준, 구강위생습관인 일일 칫솔질 횟수와 지난 6개월 치과 방문 여부를 확인하였고, 요중 수은농도에 영향을 줄 것으로 예상되는 껌 저작 횟수와 생선 섭취 빈도는 일주일 1회 이하와 2회 이상으로 구분하여 조사하였다.

4. 통계분석

연구대상자의 요중 수은 농도는 정규분포를 따르므로 일반적 특성에 따른 요중 수은 농도는 반복측정 분산분석을 실시하였다. 제거된 아말감 치면수에 따라 요중 수은 농도의 차이가 있을 것으로 예상되어 제거된 아말감 치면수 9개 이하와 10개 이상으로 구분하여 각 시점별 요중 수은 농도를 비교하였다. 선형 회귀분석을 통해 성별에 따른 요중 수은 농도 관련성을 파악하였으며 요중 수은 농도에 영향을 미칠 것으로 예상되는 아말감 치면과 생선 섭취를 보정하였다. 선형 회귀 분석통계분석은 IBM SPSS Statistics ver.

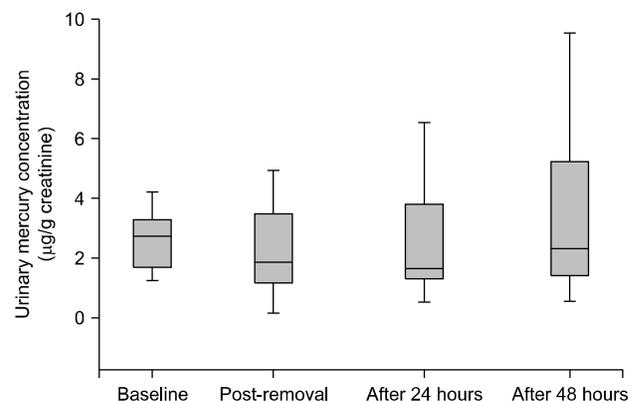


Fig. 1. Mean urinary mercury concentration according to follow-up period.

20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)으로 하였다.

결 과

1. 일반적 특성에 따른 요중 수은 농도

연구대상자의 요중 수은 농도는 초기 검진 시 2.77 µg Hg/g creatinine, 아말감 제거 직후 2.75 µg Hg/g creatinine, 제거 후 24시간 2.95 µg Hg/g creatinine, 제거 후 48시간 4.00 µg Hg/g creatinine이었다(Fig. 1). 아말감 제거 10개 이상인 군에서 초기 검진 시 1.97 µg Hg/g creatinine, 아말감 제거 직후 3.94 µg Hg/g creatinine, 제거 후 24시간 4.17 µg Hg/g creatinine, 제거 후 48시간 5.89 µg Hg/g creatinine이었으며, 아말감 제거 9개 이하인 군에서 초기 검진 시 2.56 µg Hg/g creatinine, 아말감 제거 직후 1.39 µg Hg/g creatinine, 제거 후 24시간 1.56 µg Hg/g creatinine, 제거 후 48시간 1.84 µg Hg/g creatinine이었다(Fig. 2).

성별에 따른 분석 결과, 남학생의 요중 수은 농도는 초기 검진 시 2.55 µg Hg/g creatinine, 제거 직후 1.46 µg Hg/g creatinine, 제거 후 24시간 1.63 µg Hg/g creatinine, 제거

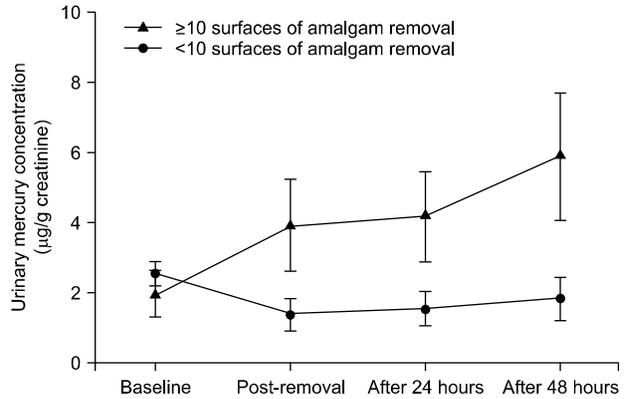


Fig. 2. Mean urinary mercury concentration according to surfaces of amalgam removal.

Table 1. Repeated Measure Concentration Urinary Mercury according to General Characteristics

	n	Baseline	Post-removal	After 24 hours	After 48 hours	p-value
Gender						0.024
Boy	9	2.55±0.93	1.46±1.23	1.63±1.30	2.02±1.60	
Girl	6	3.11±2.58	4.69±4.02	4.93±3.87	6.98±5.56	
Grade						0.081
1	1	1.39	1.43	5.50	5.34	
2	4	3.84±3.00	5.89±5.26	5.33±4.82	8.23±6.77	
3	5	2.63±1.11	1.03±1.05	0.88±0.61	1.12±0.77	
4	5	2.35±0.70	2.57±2.26	2.62±1.14	3.24±1.21	
Education of father (y)						0.681
≤12	4	2.86±0.82	3.69±5.92	3.50±5.46	5.07±7.94	
≥13	9	2.56±2.15	2.53±1.57	3.04±2.02	4.02±2.74	
Education of mother (y)						0.597
≤12	6	2.77±1.07	3.73±4.47	3.70±4.25	4.58±6.30	
≥13	8	2.97±2.18	2.22±1.69	2.59±2.07	3.74±2.94	
Toothbrushing frequency						0.846
≤2/day	5	3.63±2.52	2.92±1.60	3.27±2.27	3.46±2.00	
≥3/day	10	2.35±1.09	2.67±3.65	2.79±3.43	4.28±5.22	
Dental visit (6 mo)						0.240
No	8	2.41±1.09	1.78±1.31	1.89±1.35	3.31±2.94	
Yes	7	3.20±2.27	3.87±4.13	4.16±3.99	4.79±5.70	
Chewing gum						0.518
Hardly ever	13	2.43±0.98	2.60±3.23	2.70±3.08	4.02±4.65	
Occasionally	2	5.04±4.25	3.73±1.68	4.57±2.79	3.86±2.19	
Fish consumption						0.681
Hardly ever	9	2.48±1.04	2.68±3.90	2.81±3.68	3.54±5.26	
Occasionally	6	3.22±2.48	2.85±1.33	3.17±1.95	4.69±2.76	
Total	15	2.77±1.72	2.75±3.05	2.95±3.02	4.00±4.34	

Values are presented as number only or mean±standard deviation.
The data were analysed by repeated measure ANOVA.

Table 2. Regression Analysis of Urinary Mercury Concentration for Gender

	Crude model	Model I	Model II
Baseline	1.23 (0.65 ~ 2.33)	1.23 (0.66 ~ 2.42)	1.26 (0.58 ~ 2.70)
Post-removal	2.80 (0.93 ~ 8.65)	2.85 (0.91 ~ 8.95)	2.88 (0.86 ~ 9.68)
After 24 hours	1.97 (0.90 ~ 4.32)	1.95 (0.88 ~ 4.33)	1.97 (0.87 ~ 4.47)
After 48 hours	1.99 (0.93 ~ 4.28)	2.12 (0.91 ~ 4.95)	2.31 (0.87 ~ 6.11)

Values are presented as odds ratio (95% confidence intervals).

Model I: adjusted for amalgam surfaces, model II: adjusted for amalgam surfaces and fish consumption.

후 48시간 2.02 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$ 이었으며, 여학생의 요중 수은 농도는 초기 검진 시 3.11 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$, 제거 직후 4.69 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$, 제거 후 24시간 4.93 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$, 제거 후 48시간 6.98 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$ 이었으며, 성별에 따른 요중 수은농도는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$; Table 1).

2. 성별에 따른 요중 수은 농도 관련성

요중 수은 농도가 성별과 관련성을 가지는지 파악하기 위하여 선형 회귀분석을 실시하였다. 남학생에 비해 여학생의 요중 수은 농도가 초기 검진 시 1.23배(0.65 ~ 2.33배), 아말감 제거 직후 2.80배(0.93 ~ 8.65배), 아말감 제거 후 24시간 1.97배(0.90 ~ 4.32배), 아말감 제거 후 48시간 1.99배(0.93 ~ 4.28배)로 남학생보다 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다. 교란변수 처리는 회귀분석의 비표준화 잔차를 이용하여 보정한 후 결과에서도 남학생에 비해 여학생에서 요중 수은 농도가 초기 검진 시 1.23배(0.66 ~ 2.42배), 아말감 제거 직후 2.85배(0.91 ~ 8.95배), 아말감 제거 후 24시간 1.95배(0.88 ~ 4.33배), 아말감 제거 후 48시간 2.12배(0.91 ~ 4.95배)로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다. 아말감 치면 수와 생선 섭취 빈도를 보정한 후 남학생에 비해 여학생에서 요중 수은 농도가 초기 검진 시 1.26배(0.58 ~ 2.70배), 아말감 제거 직후 2.88배(0.86 ~ 9.68배), 아말감 제거 후 24시간 1.97배(0.87 ~ 4.47배), 아말감 제거 후 48시간 2.31배(0.87 ~ 6.11배)로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2).

고 찰

아말감 충전, 연마, 제거과정을 통해 아말감으로부터 유리되는 수은은 체내에 영향을 준다고 알려졌다. 이 연구는 구강내 충전된 아말감 제거 과정에서 유리되는 수은이 요중 수은농도에 미치는 영향을 살펴보기 위해 일부 지역 초등학생 15명의 요 시료를 채취하여 수은농도를 평가하여 어린이

의 요중 수은 농도는 초기검진에 비해 아말감 제거 48시간 후까지 시간이 경과됨에 따라 상승하는 경향을 확인하였다.

연구대상자의 요중 수은 농도는 초기 검진 시 2.77 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$, 제거 직후 2.75 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$, 제거 후 24시간 2.95 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$, 제거 후 48시간 4.00 $\mu\text{g Hg/g creatinine}$ 으로 지속적으로 상승하는 경향성이 있었으며, 제거된 아말감 치면수가 10개 이상인 군에서는 지속적으로 상승하였다. 선행 예비연구¹³⁾에서 아말감 제거 후 평균 요중 수은농도가 즉각적으로 상승하였으며, 24시간이 지난 후에도 상승을 유지한다고 보고하였으며 이 연구에서도 시간 · 의존적으로 상승하는 경향성을 확인하였다. Kremers 등¹⁶⁾은 아말감 제거 후 1~3일 경과시점에는 제거 전보다 혈장 내 수은 농도가 증가하였다고 보고하였으며, Molin 등¹⁷⁾은 아말감 충전물을 제거한 후 혈액과 요중 수은 농도를 분석한 결과 아말감을 제거 즉시 3~4배 증가하였으며, 아말감 제거 후 1개월이 경과한 후에야 제거 이전 수준으로 감소하였다고 보고하였다. 아말감 제거과정에서 유리되는 수은증기는 체내에 흡수되어 혈액과 조직 내 결합한 후 체내 축적을 일으켜 일정 시간내 요중 수은 농도를 상승시킨다^{16,17)}. 따라서 아말감 제거로 발생한 수은 증기는 장기간 노출의 인체내 잠재적인 부작용이 있을 것으로 생각된다. 하지만 현재까지 우리나라는 치과용 아말감에서 유리되는 수은의 복용량과 구강내 만성 노출로 인한 인체 안정성을 평가하는 기준이 확립되지 않았다. 이 연구를 통해서 아말감 충전 제거과정에서 유리되는 수은의 양이 미미할지라도 인체내 영향을 미칠 것으로 예상되며, 제거된 아말감 치면수가 많을수록 요중 수은 농도가 높았으므로 치과 종사자들은 조심스럽게 아말감을 다루어야 하겠다¹⁸⁾. 이 연구는 대상자의 구강내 아말감 제거하고 24시간이 지난 후 레진계 충전물을 이용하여 치료를 하였으며, 요 시료는 초기검진, 아말감 제거 직후, 제거 후 24시간과 제거 후 48시간 수거하였다. 아말감 제거 후 48시간을 측정하기 위해서는 한번 더 내원해야 되는 번거로움이 있으므로 레진계 충전물을 한 뒤 방문을 하지 않아 대상자의 방문 순응도가 낮았다. 아말감 제거 후 요

중 수은농도의 변화를 관찰하기 위하여 연구 시작점에서는 2개 학교의 각 50명을 대상으로 연구를 시작하였으나 최종 연구대상자는 15명이었으므로 연구 중도 탈락하지 않도록 지속적인 교육과 내원시점에 대한 보완이 필요할 것으로 보인다.

성별에 따라 요중 수은 농도의 평균값을 비교하기 위해 반복측정 분산분석을 한 결과 남학생에 비해 여학생은 요중 수은 농도가 평균값이 유의하게 높았으며, 남학생은 초기 검진시에 비해 아말감 제거 후 요중 수은농도가 감소하는 경향이 있었으나 시간·의존적으로 감소하지는 않았다. 선형 회귀분석에서 남학생에 비해 여학생은 요중 수은 농도가 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다. Nicolae 등¹⁹⁾의 연구에서 캐나다 6~79세를 대상자의 아말감 노출에 따른 요중 수은 농도를 조사한 결과 남성에 비해 여성에서 요중 수은농도가 약간 높았다고 보고하였다. 현재까지 성별에 따른 요형성과 수은 처리 메커니즘 차이가 밝혀진 바 없으나 여성은 남성에 비해 수은 보존 가능성이 더 큰 것으로 생각된다. 성별에 따른 대상자 수가 적어 검정력이 낮아 결과를 제시하기 조심스러운 부분이 있으나 반복측정 분산분석에서 초기검진, 아말감 제거 직후, 아말감 제거 후 24시간, 아말감 제거 후 48시간 모두 평균 요중 수은 농도는 남학생에 비해 여학생에서 요중 수은 농도가 높은 것으로 확인하였다.

이 연구는 대상자 수가 적어 정확한 아말감 치면수와 요중 수은농도와의 관련성을 통계적으로 논하기에 검정력이 약하므로 향후 대상자 수를 늘려 아말감 제거와 요중 수은 농도와의 관련성에 대한 연구가 필요하다. 또한 사용된 아말감의 양, 치면수, 충전된 시기 등을 고려하여 수은의 양과 인체내 흡수되는 양에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다. 이 연구는 제거한 아말감 치면수가 많을수록 요중 수은 농도가 높게 나타나 아말감 내 수은 증기 노출은 인체 건강에 잠재적인 영향을 미칠 수 있으므로 치과종사자는 아말감을 다루는 과정에서 조심스럽게 다루어야 한다. 또한 아말감 충전과 제거 대상자는 리버덴과 대용량 흡인기를 사용하여 수은노출에 대한 인체보호를 해야 할 것이다

요약

이 연구는 초등학교 15명을 대상으로 어린이에서 아말감 제거시 노출되는 수은에 따라 인체내 요중 수은 농도에 미치는 영향과 성별에 따라 요중 수은 농도의 관련성을 조사하고자 하였다. 연구대상자의 평균 요중 수은 농도는 초기 검진 시 2.77 µg Hg/g creatinine, 제거 직후 2.75 µg Hg/g creatinine, 제거 후 24시간 2.95 µg Hg/g creatinine, 제거

후 48시간 4.00 µg Hg/g creatinine으로 높아지는 경향을 보였다. 성별에 따라 남학생에 비해 여학생에서 요중 수은 농도가 초기 검진시 1.23배(0.65~2.33배), 아말감 제거 직후 2.80배(0.93~8.65배), 아말감 제거 후 24시간 1.97배(0.90~4.32배), 아말감 제거 후 48시간 1.99배(0.93~4.28배)로 높은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다. 아말감 치면수와 생선 섭취를 보정한 후 남학생에 비해 여학생에서 요중 수은 농도가 초기 검진시 1.26배(0.58~2.70배), 아말감 제거 직후 2.88배(0.86~9.68배), 아말감 제거 후 24시간 1.97배(0.87~4.47배), 아말감 제거 후 48시간 2.31배(0.87~6.11배)였다. 이 연구에서 남학생에서 초기 검진시에 비해 아말감 제거 후 평균 요중 수은 농도가 감소하였으나 시간·의존적으로 지속적으로 감소하지 않았으며, 선형 회귀분석에서는 성별에 따른 통계적으로 유의한 차이가 없으므로 향후 대상자 수를 늘려 통계적인 검정력을 높일 필요가 있겠다. 이 연구에서 아말감 내 수은 증기 노출은 인체 건강에 잠재적인 영향을 미치는 것을 확인하였으므로 아말감을 제거하는 과정에서 주의해야 할 필요성이 있다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NO. 2013R1A1A3010434).

References

1. Bharti R, Wadhvani K, Tikku A, Chandra A: Dental amalgam: an update. *J Conserv Dent* 13: 204-208, 2010.
2. Okabe T. Mercury in the structure of dental amalgam. *Dent Mater* 3: 1-8, 1987.
3. Ucar Y, Brantley WA. Biocompatibility of dental amalgams. *Int J Dent* 2011: 981595, 2011.
4. Bittner AC, Echeverria D, Woods JS, et al.: Behavioral effects of low-level exposure to Hg0 among dental professionals: a cross-study evaluation of psychomotor effects. *Neurotoxicol Teratol* 20: 429-439, 1998.
5. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Methylmercury. Summary and conclusions of the 67th Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. WHO Technical Report Series 940 (in press). Retrieved July 19, 2013, from www.who.int/ipcs/

- food/jecfa/summaries/summary67.pdf(2006).
6. Berglund A, Molin M. Mercury vapor release from dental amalgam in patients with symptoms allegedly caused by amalgam fillings. *Eur J Oral Sci* 104: 56-63, 1996.
 7. Lorscheider FL, Vimy MJ, Summers AO. Mercury exposure from "silver" tooth fillings: emerging evidence questions a traditional dental paradigm. *FASEB J* 9: 504-508, 1995.
 8. Needleman HL. Mercury in dental amalgam a neurotoxic risk? *JAMA* 295: 1835-1836, 2006.
 9. Fuks AB. The use of amalgam in pediatric dentistry. *Pediatr Dent* 24: 448-455, 2002.
 10. World Health Organization. Environmental health criteria 1: Mercury. World Health Organization, Geneva, pp.94-131, 1976.
 11. Kim CW, Kim YW, Chae CH, et al.: The relationship between fish consumption and blood mercury levels in residents of Busan metropolitan city and Gyeongnam province. *J Agric Med Community Health* 37: 223-232, 2012.
 12. Jeon ES, Jin HJ, Kim EK, Im SU, Song KB, Choi YH. The impact of amalgam exposure on urinary mercury concentration in children. *J Dent Hyg Sci* 14: 7-14, 2014.
 13. Jin HJ, Kim EK, Woo GJ, Im SU, Song KB, Choi YH. Impact of amalgam removal on urinary mercury concentration in children: a pilot study. *J Korean Acad Dent Health* 37: 194-199, 2013.
 14. Jung YS, Sakong J, An SY, et al.: The relationship between dental amalgam fillings and urinary mercury concentration among elementary school children in a metropolitan area. *J Dent Hyg Sci* 12: 253-258, 2012.
 15. Arndt T. Urinary-creatinine concentration as a marker of urine dilution: Reflections using a cohort of 45,000 samples. *Forensic Sci Int* 186: 48-51, 2009.
 16. Kremers L, Halbach S, Willruth H, et al.: Effect of rubber dam on mercury exposure during amalgam removal. *Eur J Oral Sci* 107: 202-207, 1999.
 17. Molin M, Bergman B, Marklund SL, Schutz A, Skerfving S: Mercury, selenium, and glutathione peroxidase before and after amalgam removal in man. *Acta Odontol Scand* 48: 189-202, 1990.
 18. Yoon SU, Nam IS. Behaviors-based safety management of dental professionals on dental amalgam and resin. *J Dent Hyg Sci* 13: 97-104, 2013.
 19. Nicolae A, Ames H, Quinonez C. Dental amalgam and urinary mercury concentrations: a descriptive study. *BMC Oral Health* 13: 44, 2013.