

치과위생사들의 요중 수은함량과 관련요인 분석

Determinants of Urinary Mercury Concentration among Dental Hygienists

이명주 · 장봉기^{1*} · 최재호² · 심현주¹ · 이종화¹

Myeong-Ju Lee · Bong-Ki Jang^{1*} · Jae-Ho Choi² · Hyun-Ju Shim¹ · Jong-Wha Lee¹

마산대학 치위생과, ¹순천향대학교 환경보건학과, ²안산대학교 방사선과

Department of Dental Hygiene, Masan University, Korea

¹Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Korea

²Department of Radiological Technology, Ansan University, Korea

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to evaluate the level of urinary mercury and analyze which factors would affect urinary mercury concentration among dental hygienists in dental clinics.

Methods: This study conducted by questionnaire and detection of urinary mercury concentration of 268 dental hygienists working in dental clinics from July to August of 2009. Data collected from two hundred and thirty-five dental hygienists were analyzed by the geometric mean (GM). Analytical results of urine samples with less than 0.3 g creatinine/L and greater than 3g creatinine/L were excluded from statistical analysis.

Results: Urinary mercury concentration of 235 dental hygienists showed the geometric distribution. The arithmetic and geometric means of urinary mercury concentration were 0.996 μ g/g creatinine and 0.755 μ g/g creatinine, respectively. From multiple regression analysis, the number of amalgam filling, the consumption frequency of raw fish and the number of amalgam handling in current workplace was revealed as increasing factors of urinary mercury concentration.

Conclusions: The level of urinary mercury in dental hygienists was higher than in general Korean population. The number of amalgam filling, the consumption frequency of raw fish and the number of amalgam handling in current workplace was revealed as increasing factors of urinary mercury concentration. Therefore using resin materials instead of amalgam in dental clinics is highly desirable.

Key words : Urinary mercury, Amalgam, Dental hygienist

I. 서 론

일본에서 1956년 미나마타병에 의해 그 위해성이 잘 알려진 수은은 인체에 강한 독성을 주는 중금속이다(Travnikov 등, 2002). 수은은 인체 대사에서 어떠한 생리적 역할을 하는지 알려져 있지 않고, 인체가 수은을 능동적으로 배출할 수 있는 기전도 없는 것으로 알려져 있다(Houston, 2007). 특히 수은은 잘 분해되지 않아 생태계에 오랫동안 잔류되면서 공기, 물, 음식물 등에 의해 체내로 흡입, 섭취되어 건강을 위협하고 있다(Agusa 등, 2005). 이러한 수은에 과다 노출되면 호흡기계와 심혈관계 그리고 소화기계 독성을 나타내고(Tschounwou 등, 2003), 인체에 유입된 수은은 화합물의 종류와 관계없이 중추

신경계, 순환기계 등에 작용하여 건강장해를 일으키는 것으로 보고되고 있다(Johnson 등, 2004).

수은을 사용하는 치과용 아말감은 약 150여 년 동안 치과용 충전재의 주 구성성분으로 현재까지 가장 광범위하게 사용되고 있으며(Mutter 등, 2005), 일반인의 경우 수은의 인체 노출은 주로 음식과 치과 아말감 치료 등에 의해 이루어지고 있다(Apostoli 등, 2002).

치과용 아말감 수은 Hg⁰은 액체 또는 기체 상태로 존재하며 산화과정을 거쳐 무기수은 이온(Hg⁺, Hg⁺²)으로 증발되어 체내로 흡입되고, 흡입된 무기수은 이온은 인체 내 박테리아의 작용에 의해 유기수은으로 변화하여 쉽게 혈액으로 이행된다. 이러한 수은은 뇌, 신장, 심장, 폐, 간 등의 장기에 축적된 후 소변, 땀, 머리카락 등으로 배출된다(한국치과재료학 교수협의회, 2008).

수은의 직업적 노출은 요중 수은함량에 영향을 미치는 주된 요인(Apostoli, 2002)으로 알려져 있으나, Apostoli 등(1992)은 치과용 아말감이 환자나 치과종사자들에게 위험을 초래할 만한 강력한 증거는 없다고 했다.

치과용 아말감은 제조과정, 아말감 충전 또는 제거 등으로 인해 직접 수은 증기를 흡입함과 동시에 실온에서

*Corresponding author: Jang Bong-Ki
충남 아산시 신창면 읍내리 646번지
순천향대학교 환경보건학과
Tel: 041-530-1268, Fax: 041-530-1272
E-mail: jangbk@sch.ac.kr

Received: 2011. 3. 30, Revised: 2011. 6. 8.

Accepted: 2011. 6. 9.

발산하는 증기가 진료실의 수은함량을 높여 치과종사자들에게 급성 또는 만성중독을 일으킬 수 있으므로 Harakeh 등(2002)은 아말감의 취급과정에서는 반드시 러버댐(rubber dam)과 워터 스프레이(water spray), 석션(suction)이 이루어져야 하고, 마스크와 보호안경을 착용해야 한다고 하였다.

치과 아말감에 의한 수은 노출이 사회적 이슈가 되면서 아말감 사용에 대한 찬반 의견이 대립하고 있고(오새미, 2009), 이러한 수은 노출에 관한 논란들은 여전히 진행 중이다(Gochfeld, 2003). 치과용 아말감의 유해성에 관한 국외 논문들로서 Woods 등(2007)은 소변 중 수은함량과 아말감 충전 면적 및 충전 시간 간에 높은 상관관계가 존재하며, 수은 중독에 대한 감수성 및 성별에 따른 수은 관리의 필요성을 제기하였다. Bates 등(2004)은 치과용 아말감 노출과 신경계 질환, 신장질환과의 관련성은 제한적이라고 보고하였고, Drasch 등(1994)은 1세에서 5세 사이의 어린이를 대상으로 그 어머니의 치과 치료 정도와의 상관성을 연구한 결과 태아기 때의 노출과 관련이 있다고 하였다. Naleway 등(1985)은 치과의사를 대상으로 한 연구 결과 요중 수은함량은 진료 의사의 일주일당 아말감 충전 및 제거 개수, 진료실 근무 년 수 등과 관련이 있다고 보고하였다.

치과용 아말감과 관련한 국내 연구들로는 치과용 아말감 충전재와 대체물질의 안전성에 관한 연구(오새미, 2009), 치과 의료기관 종사자의 치과용 아말감 수은에 대한 인식도 조사(신경희, 2005), 치과의원 종사자들의 체내 수은 축적과 신장 기능과의 관련성에 관한 연구(김혜성, 1999), 구강내 충전 아말감으로부터 유리되는 수은의 체내축적 양상에 관한 연구(김동웅과 송근배, 1998) 등이 있다. 또한 치과종사자와 일반인을 대상으로 비교 연구한 요중 수은함량 검사(김형돈, 1999; 박수빈, 2009), 치과종사자와 치과위생사의 두발 중 수은 함량에 관한 연구(김순주와 남미현, 1991; 황윤숙과 정규철, 1995; 강창수, 2007) 등이 있다. 그러나 아말감을 직접 다루고 있는 치과위생사를 대상으로 연구한 부분은 상당히 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 국내 일부 지역의 여성 치과위생사들을 대상으로 요중 수은함량을 분석하고, 이에 영향을 줄 가능성이 있는 일반적 특성, 근무시 취하는 행동, 식이행태 및 아말감 사용행태 등과의 관련성을 검토하고, 아말감 충전으로 인한 영향을 파악하여 치과위생사들의 수은 노출로 인한 건강장해 예방의 기초 자료로 제공하고자 한다.

II. 대상 및 방법

서울, 경기, 인천지역의 종합병원, 치과병원, 치과의원에 근무하는 여성 치과위생사 268명을 대상으로 설문조사 및 요중 수은함량을 측정하였다.

설문지는 국립환경과학원(2008)에서 자체 개발한 설문지와 신경희(2005)의 논문을 참고하여 사용하였으며, 설문내용으로는 일반적 특성, 근무시 취하는 행동, 식이행태, 근무지 환경, 아말감 사용 행태 등이 포함되었다. 2009년 7월부터 2009년 8월까지 설문 조사 목적과 연구의 취지를 설명하고 응답자 자신이 직접 작성토록 하여 자료를 수집하면서 동시에 요 시료를 채취하였다.

요는 50mL specimen cup에 일시 요를 대상자가 직접 채취하였으며, 중금속 오염의 우려가 없는 별도의 용기에 분주하여 시료 분석시까지 -70°C deep freezer에 냉동보관 하였다. 요중 creatinine농도가 0.3-3g/L의 정상범위를 벗어난 33명을 제외한 235명을 분석대상으로 하였다. 요중 수은 분석에 사용된 기기는 자동 수은 분석기(SP-3DS, Nippon Instrument Co., Japan)를 사용하였으며, 이 장비의 검출한계는 0.001ng이며, $0.01\mu\text{g/L}$ 이하로 검출된 시료의 농도값은 불검출로서 0으로 표기하여야 하나 기하평균 산정을 위해 $0.0001\mu\text{g/L}$ 로 표시하였다. 분석조건은 Table 1과 같다.

모든 요시료는 분석 전에 roll-mixer를 이용하여 1시간 이상 교반하였다. 시료의 분석은 골드아말감법(가열기화법)(국립환경과학원, 2006)을 이용하였으며, 1,000mL volumetric flask에 10mg의 L-cysteine과 2mL의 질산을 첨가한 후 증류수로 표선까지 채워 L-cysteine 용액을 만든 후, 검량선 작성을 위해 Wako사의 1,000ppm Hg용액을 100mL의 volumetric flask에 1mL를 넣고 L-cystein 용액으로 희석하여 10ppm 용액을 만든 후, standard samples를 각각 100mL의 volumetric flask에 0.5, 1, 2, 5, 10ppb로 희석하여 제조한 후 검량선을 작성하였다. 모든 시료는 사전혼합(pre-mix)한 후 sample boat에 첨가제로 BHT (aluminum oxide), MHT{sodium hydroxide: calcium carbonate=1:1(W:W)}를 넣고 100 μL 씩 주입하여 분석하였다.

요중 수은함량과 각 항목별 자료의 통계 분석은 SPSS (Version 18.0)과 EXCEL 프로그램을 이용하였다. 각 변수별 요중 수은함량은 기하평균으로 산출하였으며, 각 독립변수별 기하평균의 차이 검정은 t-test 또는 분산분석(ANOVA; Analysis of variance)으로 하였다. 치과위생사들의 요중 수은함량에 영향을 미치는 독립변수들 간의 상호 관련성을 통제하기 위해 다변량 회귀분석(multiple regression analysis)을 적용하여 요중 수은함량을 종속변수로 하고, 일변량 분석에서 요중 수은함량과 통계학적으로 유의한 관련성을 보인 독립변수들을 선택하여 분석모형에 투입하였다.

Table 1. Analytical condition of mercury analyzer

Method	Gold-amalgam collection method with thermal decomposition by a ceramic tube heater
Carrier gas	Purified dry air
Sample form	Liquid
Heating mode	Standard solution: 0.1mL, mode 1; Urine: 0.1mL, mode 2
Measurement time	6min

III. 결과 및 고찰

1. 연구대상 치과위생사들의 요중 수은 함량에 대한 기술적 자료

대상 치과위생사들의 요중 수은 함량에 대한 기술적 자료들을 Table 2에 나타내었다. 요중 함량에 대한 분석결과는 일반적으로 creatinine을 보정한 값을 사용하는데, 소변은 지나치게 농축되었거나 묽을 경우 요중 농도가 실제와 다르게 나타날 수 있으므로 creatinine이 0.3g/L 미만이거나 3.0g/L를 초과하는 시료는 부적합한 시료로 처리하여야 한다(Calafat 등, 2004; Barr 등, 2005; Meeker 등, 2006). 모든 대상자들의 creatinine을 보정한 수은 함량의 분포는 Fig 1과 같이 정규분포하지 않는 것으로 나타나 각 측정치를 자연대수(ln)화 하여 그 분포를 본 바 Fig 2와 같이 기하정규분포를 나타내었다. 따라서 이후 모든 통계적 검정은 자연대수화한 값으로 하였으며, 각 변수별 항목들의 평균은 기하평균으로 산출하였고, 그 산포성은 기하표준편차로 산출하였다.

본 연구 대상 치과위생사 전체의 요중 수은함량은 산술평균으로 $0.996\mu\text{g/g creatinine}$, 기하평균은 $0.755\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 나타났다. 이 결과는 우리나라 일반인 5,095명을 대상으로 한 조사(국립환경과학원, 2008)에서 18-39세 남녀의 요중 수은의 기하평균치 $0.42\mu\text{g/g creatinine}$ 과 전체 여성의 $0.45\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 훨씬 높은

Table 2. Descriptive data on urinary mercury concentrations of subjects

	After removing outlier of creatinine (unit: $\mu\text{g/g creatinine}$)	Before removing outlier of creatinine (unit: $\mu\text{g/g creatinine}$)	Uncorrected with creatinine (unit: $\mu\text{g/L}$)
A.M	0.996	1.129	0.977
G.M	0.755	0.818	0.669
Median	0.784	0.813	0.730
S.D	1.004	1.389	0.992
G.S.D	2.374	2.428	2.727
Min.	0.00002	0.00002	0.0001
Max.	9.904	16.15	8.660
No.	235	268	268

A.M: Arithmetic mean, G.M: Geometric mean, S.D: Standard deviation, G.S.D: Geometric standard deviation, Min: Minimum, Max.: Maximum.

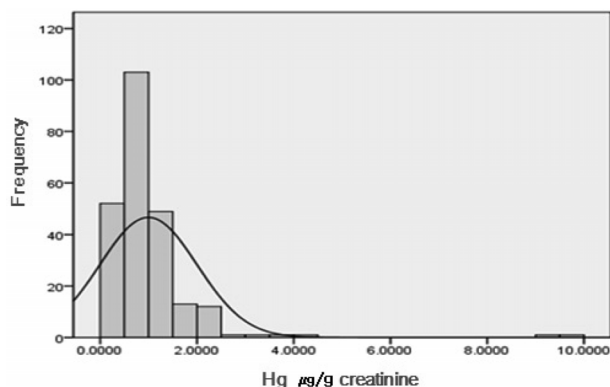


Fig 1. Distribution of urinary mercury concentration after removing outlier of creatinine(N=235).

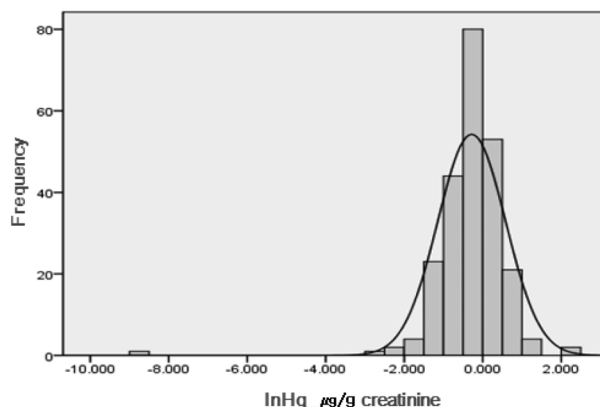


Fig 2. Distribution of natural logarithm of urinary mercury concentration after removing outlier of creatinine.

것으로 나타났다. 미국 Centers for Disease Control (2005)의 보고서에 의하면 16세에서 49세 사이의 일반 여성의 요중 수은함량의 기하평균은 1999-2000년 $0.710\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 본 연구의 기하평균 농도와 비슷하였으나, 2001-2002년 조사 결과인 $0.620\mu\text{g/g creatinine}$ 보다는 본 조사에서 더 높게 나타났다. 또한 Centers for Disease Control(2010)에서는 전체 여성의 요중 수은의 기하평균 함량이 2003-2004년 $0.532\mu\text{g/g creatinine}$, 2005-2006년 $0.552\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 보고한 바, 본 연구 대상자들이 더 높았다.

2. 치과위생사들의 일반적 특성에 따른 요중 수은함량

치과위생사들의 일반적 특성에 따른 요중 수은함량은 Table 3과 같다.

연령에 따른 요중 수은함량은 유의하지는 않았으나, 35세 이상군에서 수은함량이 약간 높게 조사되었다. 김형돈(1999)의 보고에서도 치과위생사와 조무사의 경우 연령이 많을수록 요중 수은함량이 높았으나 유의하지 않았고, 강창수(2007)는 치과의사의 연령이 증가함에 따라 두발증 수은함량이 유의하게 증가되었다고 하였다. 근무기간별로는 8년 이상군에서 요중 수은함량이 약간 높게 나타났으나 유의하지는 않았다. 이는 근무기간이 길수록 아말감 사용량이 많아서 나타나는 결과일 수도 있는데, Naleway 등(1985)과 박수빈(2009)은 치과 근무기간이 증가함에 따라 요중 수은함량이 증가한다고 보고하고 있어, 본 연구결과와는 다소 차이를 보인 것은 규칙적인 수은노출 시 약 6개월 정도 되어야 체내농도가 안정상태에 이르게 되는데(Nilsson 등, 1986), 최근 치과에서 아말감 충전수가 예전에 비하여 급격히 떨어지는 추세에 있어 연령이나 근무기간에 따른 요중 수은함량의 유의한 차이가 나타나지 않는 이유 중의 하나로 생각된다.

치과위생사의 현재 근무지역, 1일 근무시간에 따른 요중 수은함량의 유의한 차이는 없었으나, 현 근무지에 따른 요중 수은함량의 기하평균이 치과의원군은 $0.807\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 치과병원이나 종합병원군의 $0.629\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 높게 나타났는데($p=0.051$), 종합병원이 치과의원에서 보다 아말감 처치를 적게 하는 것도 한 이

Table 3. Urinary mercury concentration of dental hygienist according to general characteristics

			(unit: $\mu\text{g/g creatinine}$)	
General characteristics	No.	G.M.	(G.S.D.)	p-value
Age (yrs.)				
<25	45	0.712	(1.852)	0.344
25-29	118	0.710	(2.637)	
30-34	44	0.806	(2.289)	
≥ 35	28	0.967	(2.171)	
Work duration (yrs.)				
<2	55	0.743	(1.789)	0.697
2-5	71	0.725	(3.176)	
5-8	59	0.721	(2.145)	
≥ 8	50	0.858	(2.136)	
Current workplace				
Dental clinic	172	0.807	(2.004)	0.051
Dental hospital	63	0.629	(3.323)	
Region of work				
Seoul	12	0.789	(1.554)	0.330
Gyeonggi	73	0.666	(3.253)	
Inchon	150	0.799	(1.993)	
Working time(hours)				
≤ 8	97	0.729	(1.554)	0.644
9	80	0.812	(3.253)	
≥ 10	58	0.722	(1.993)	
Previously amalgam fillings in own teeth				
Have not	63	0.612	(3.483)	0.086
Have (1 and over)	172	0.815	(1.935)	
Current amalgam fillings in own teeth				
Have not	136	0.684	(2.659)	0.040
Have(1 and over)	99	0.864	(1.934)	
BMI(kg/m ²)				
Skinny(<18.5)	52	0.794	(1.917)	0.250
Normal (18.5-22.9)	159	0.715	(2.602)	
Obesity(≥ 23)	24	0.968	(1.718)	
Smoking				
No	229	0.758	(2.389)	0.633
Yes	6	0.639	(1.833)	
Drinking				
No	70	0.706	(2.114)	0.445
Yes	165	0.776	(2.484)	
Total	235	0.755	(2.374)	

유로 생각된다.

과거 본인 치아에 대한 아말감 충전 여부에 따른 요중 수은함량의 기하평균은 과거에 아말감 충전을 한 적이 있는 군이 $0.815\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 과거에 충전을 한 적이 없는 군의 $0.612\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 높게 나타났으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다. 치과용 아말감의 유해성 논란에 따라 과거에 치과위생사 본인의 치아에 1개 이상의 아말감 치료를 한 적이 있었던 비율은 172명(73.2%)이었으나, 아말감 치료 부분을 제거하여 레진 등

다른 치과용 재료로 대체하여, 현재에는 99명(42.1%)으로 현재지 줄었다.

현재 본인 치아에 아말감 충전이 된 것이 있는지에 따른 요중 수은함량의 기하평균은 아말감 충전치아가 1개 이상인 군이 $0.864\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 아말감 충전치아가 전혀 없는 군의 $0.684\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 통계학적으로 유의하게 높았다($p<0.05$). 본인 치아에 대한 아말감 충전 후 혈중, 요중 수은함량에 관한 국외 선행논문으로 Vahter 등(2000)은 아말감으로 치아를 충전한 경우 혈중 수은함량이 높게 나타났다고 하였으며, Mortada 등(2002)은 이집트 성인을 대상으로 혈액과 요를 조사한 결과 아말감 충전과 수은함량과의 유의한 관련성을 보고하였다. 또한 Apostoli 등(2002)은 요중 수은의 기준치를 평가하기 위해 이탈리아 4개 도시 383명을 연구한 결과 요중 수은함량과 아말감 충전량 간의 유의한 상관관계를 보고하였으며, Levy 등(2004)도 아말감 충전군이 비충전군보다 요중 수은함량이 유의하게 높았다고 보고하였다. 치과 아말감 충전 후 유리되는 수은은 인체 내에 분명히 축적이 일어나지만 위해를 줄 정도는 아니라고 하나(Song, 1995), 대부분의 사람은 미량의 수은을 음식물이나 오염된 공기를 통하여 섭취하게 되며, 구강 내 아말감 충전물이 있는 경우는 체내 수은 축적의 위험성이 증가되며(김동웅과 송근배, 1998), 아말감이 치아에 충전되어 있는 치과위생사의 경우는 업무상의 수은 취급으로 인하여 수은 축적의 가능성이 더욱 커진다는 점에서 좀 더 엄격한 수은관리가 필요하다고 생각된다.

본 연구에서는 치아 아말감 충전 면적을 조사하지는 못하였지만, 소변 중 수은함량과 치아 아말감 충전 면적 및 시술 후 경과시간 간에 매우 높은 상관관계가 존재한다고 보고(Woods 등, 2007)한 연구결과를 볼 때, 치아 아말감 충전 면적과 충전 후 경과 시간에 따른 인체내 수은 축적량에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Halbach 등(2008)은 아말감 충전물을 제거한 환자들의 혈액과 소변에서의 수은함량을 연구한 결과 WHO에 의해 제안된 참고치 범위내에 있었다고 보고하였으며, Bege-row 등(1994)도 아말감 제거 후 최대 6일 이내에 소변 중 수은 배출의 양이 평균 30% 증가한다고 했으나, 12개월 후에 다시 측정했을 때는 치과용 아말감 충전을 한 번도 하지 않은 사람들의 소변 중 수은 배출농도와 비슷한 수준이거나 더 낮은 수치를 보였다고 했다.

현재 아말감 충전량이 과거에 비해 대폭 감소하였고, 아말감 대체 물질에 관한 연구도 활발히 이뤄지고 있으나, 치과용 아말감은 조작이 간편하고 비용이 적게 들며 시술시간이 짧다는 등의 장점 때문에 꾸준히 사용되고 있으므로 치과위생사들은 여전히 수은 노출에 대한 관리가 필요할 것으로 여겨진다.

체질량지수(BMI)에 따른 요중 수은의 기하평균 농도는 비만인 군(23kg/m^2 이상)이 $0.968\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 저체중 군(18.5kg/m^2 미만)의 $0.794\mu\text{g/g creatinine}$ 과 정상군($18.5\text{--}23\text{kg/m}^2$ 미만)의 $0.715\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 높게 나타났

나 유의하지는 않았다.

흡연이나 음주여부에 따른 요중 수은함량 또한 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 Apostoli 등(2002)은 흡연이 요중 수은함량에 유의한 영향을 미치는 것으로 조사되어 본 논문과 다소 차이가 있었다. 이는 본 연구에서는 흡연자가 235명중 6명에 불과하고, 흡연량이 많지 않은 여성이며, 설문을 이용한 것으로 정확한 흡연력을 파악하는 데는 한계가 있어, 흡연과 요중 수은함량의 관련성에 대해 설명하기는 다소 무리가 있다.

3. 치과위생사들의 근무 시 취하는 행동에 따른 요중 수은함량

치과위생사들의 근무 시 취하는 행동에 따른 요중 수은함량은 Table 4와 같다.

과거 근무지에서 현재 근무지까지 치과에서의 아말감 충전 갯수의 변화에 따른 요중 수은함량의 기하평균은 아말감 충전 갯수가 증가하였다는 군이 $1.042\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 충전 개수의 변화가 없거나 감소하였다는 군의 $0.732\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 높았으나 유의하지 않았다. 본 연구대상 치과위생사가 근무하는 치과에서 아말감 충전 개수가 변화 없거나 감소되었다고 한 비율이 91.5%로 나타나 현재 아말감 충전은 치과에서 현저하게 줄어들고 있는 추세로 보이며, 아말감 유해성 논란으로 환자의 선호도 또한 감소하는 경향으로 여겨진다.

충전 후 구강 내 남아있는 잔여 아말감을 water spray와 suction을 사용하여 제거하는 군이 기타 방법으로 제거하는 군보다 요중 수은함량이 낮았으나 유의한 차이는 없었다.

아말감 제조시 착용한 가운을 전혀 갈아입지 않는다는 군이 $0.833\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 갈아입는 편인 군의 $0.667\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$). American Dental Association(1999)에서도 수은과 바로 전에 혼합한 아말감에는 피부접촉을 삼가하고, 진료실을 나올 때는 작업 시 입었던 의복을 벗어 두고 나와야 한다고 권고하는 바, 치과위생사들은 가능한 피부와 아말감 접촉을 피하고, 손세척, 아말감 혼화시에 1회용 가운을 착용하거나 즉시 갈아입도록 하는 등 아말감 수은 관리에 관한 교육을 소홀히 하지 말아야 할 것이다.

4. 치과위생사들의 식이행태에 따른 요중 수은함량

식이습관에 따른 치과위생사들의 요중 수은함량은 Table 5와 같다. 생선회 섭취빈도가 월 2회 이상 섭취군은 $1.033\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 월 1회 이하 섭취군의 $0.706\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높게 나타났다($p=0.01$), 해조류 섭취빈도가 월 5회 이상 군이 $0.854\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 월 4회 이하인 군의 $0.682\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 생선에 함유된 수은으로 인한 독성이 사회적 관심으로 대두됨에 따라 미국 식품의약청(U.S. Food and Drug Administration)과 환경보호청(Environment Protection Agency)은 거의 모든 생선과 어패류에 수은

Table 4. Urinary mercury concentration by working behavior of dental hygienist

(unit : $\mu\text{g/g creatinine}$)				
	No.	G.M.	(G.S.D.)	p-value
Change of number of amalgam fillings				
Increasing	20	1.042	(1.925)	0.081
Stable or decreasing	215	0.732	(2.403)	
How to treat residue of amalgam in patients' mouths				
Other	96	0.816	(2.038)	0.248
Water spray, Suction	139	0.715	(2.597)	
Change new uniform after using amalgam				
Never	131	0.833	(1.938)	0.050
Sometimes	104	0.667	(2.878)	

Table 5. Urinary mercury concentration by diet behavior of dental hygienist

(unit : $\mu\text{g/g creatinine}$)				
	No.	G.M.	(G.S.D.)	p-value
Frequency of raw fish consumption				
≤ 1 / month	194	0.706	(2.407)	0.010
≥ 2 / month	41	1.033	(2.068)	
Frequency of cooked fish consumption				
Never	17	0.979	(1.527)	0.225
1 / week	131	0.700	2.750)	
≥ 2 / week	87	0.803	1.922)	
Frequency of cooked shellfish consumption				
Never	44	0.793	(1.999)	0.916
1 / month	125	0.745	(1.952)	
≥ 2 / month	66	0.749	(3.427)	
Frequency of seaweed consumption				
≤ 4 / month	129	0.682	(2.698)	0.047
≥ 5 / month	106	0.854	(1.936)	

이 함유되어 있으며, 생선류에 들어 있는 수은으로 인한 위험을 피하려면 각종 어패류를 일주일에 12온스(약 340g) 이상 먹지 말 것과 참치 등과 같이 수은이 많이 함유된 어종은 일주일에 6온스(약 170g) 이상 먹지 말 것을 권고하고 있다. 일본은 다양한 생선 내에서의 수은함량을 조사하고 여러 종의 포식성 개체에 대해서 임신부와 임신을 계획하고 있는 여성에서의 섭취 횟수와 섭취량을 제한하고 있다(Ministry of Health, Labour and Welfare, 2003). 한편 국내에서는 임신부나 가임기 여성에서 생선 섭취에 관한 특별한 지침은 없고 다만 식품의약품안전청에서 심해성 어류와 참치류를 제외한 생선의 총 수은 잔류기준을 0.5mg/kg 으로 정하고 있다(식품의약품안전청, 2006). 또한 Jo 등(2010)은 한국의 연안도시지역에서 293명의 혈중 수은함량과 관련요인을 분석한 결과 생선을 주당 4회 이상 섭취하는 대상자들의 혈중 수은함량은 그렇지 않은 대상자들에 비해 유의하게 높았다고 보고했으며, Kim 등(2006)은 임신부에서 생선 섭취 빈도와 혈중 수은 양에 따른 연구 결과 생선 섭취량에 따라 혈중

수은함량이 유의하게 높았다고 하였다. 본 연구도 생선 섭취량이 증가함에 따라 혈중(김찬우 등, 2010), 모발 중 (Ip 등, 2004), 요중(Apostoli 등, 2002) 수은함량이 높아졌다는 연구와 일치되는 결과를 보였다. 그러나 본 연구에서 회로 먹는 것이 아닌 조리과정을 거친 어류와 조개류의 섭취빈도에 따른 요중 수은함량은 유의한 차이가 없는 것으로 보아 어패류의 조리과정에서 수은화합물의 증발 등에 기인하여 수은함량이 낮아진다는 이원식과 김두희(1994)의 보고와 같은 이유로 유의한 차이가 없었던 것으로 생각된다.

5. 치과위생사들의 아말감 사용 행태에 따른 요중 수은함량

치과위생사들의 아말감 사용 행태에 따른 요중 수은함량은 Table 6과 같다. 현 근무지에서의 아말감 취급 여부에 따른 유의한 차이는 없었으나, 과거 근무지에서의 아말감 취급 여부에 따른 요중 수은함량의 기하평균은 과거 아말감을 취급하였던 군이 $0.815\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 취급하지 않았던 군의 $0.612\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높은 농도를 나타내었다($p<0.05$). 소변중 수은함량은 통상 현재보다는 과거에서의 수은 노출을 더 많이 반영한다고 알려져 있으며, 과거 1일 아말감 취급 횟수가 현재의 1일 아말감 취급 횟수보다 상당히 많았고, 아말감 제조기가 자동식보다 수동식이 많아 아말감 혼화시와 개구시에 누출되는 수은량이 많았던 것도 한 영향으로 생각된다(송경희 등, 1991).

현 근무지에서의 아말감 충전 갯수에 따른 요중 수은의 기하평균 농도는 1일 5개 이상 충전군이 $0.887\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 1일 4개 이하 충전군의 $0.700\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높았다($p<0.05$). 이는 아말감 취급횟수가 증가할수록 두발 중 수은 함량이 증가하였다는 보고(송경희 등, 1991; 강창수, 2007)와 김형돈(1999)의 주당 60개 미만의 아말감을 충전하는 치과의사보다 60개 이상의 아말감을 충전하는 치과의사에서 평균 요중 수은함량이 유의하게 높게 나타났다는 보고 및 Naleway 등(1985)의 주당 25개 미만의 아말감을 충전하는 치과의사보다 76개 이상의 아말감을 충전하는 치과의사에서 평균 요중 수은함량이 2배 증가하였다는 보고에서와 같은 경향이 었다.

따라서 치과에서 아말감 합금과 수은의 연화, 충전, 연마, 아말감의 제거, 잉여 수은의 부적절한 취급과 보관 등에 의해 발생될 수 있는 진료실의 수은 오염 방지 대책 및 아말감과 수은의 관리 및 보관방법 등에 대한 좀 더 폭넓은 교육의 기회가 치과위생사에게 제공되어야 할 것이다.

최근에 아말감 충전 수는 많은 폭으로 감소하였고(신경희, 2005), Horsted-Bindslev(2004)도 최근 10년 동안 치과용 수은의 사용이 대폭 감소하였으며, 적절한 수거와 조작 및 저장을 하면 치과계에서의 수은 방출을 감소시킬 수 있다고 보고하고 있다. 그러나 김근배 등(2007)의 보고에서 최근 6개월 이내의 아말감 처리율은 한국이 중국보다 높게 조사되어 아직까지도 많은 치과에서 아말

Table 6. Urinary mercury concentration of dental hygienist by handling amalgam

(unit : $\mu\text{g/g}$ creatinine)				
	No.	G.M.	(G.S.D.)	p-value
Dealing amalgam in current workplace				
No	33	0.740	(1.878)	0.887
Yes	202	0.757	(2.455)	
Dealing amalgam in previous workplace				
No	63	0.612	(3.483)	0.024
Yes	172	0.815	(1.935)	
Number of amalgam fillings in current workplace				
≤ 4 / day ¹⁾	160	0.700	(2.520)	0.049
≥ 5 / day	75	0.887	(2.010)	
Number of removing amalgam fillings in current workplace				
≤ 4 /day ¹⁾	121	0.732	(1.921)	0.586
≥ 5 /day	114	0.779	(2.845)	

1) Included no use of amalgam filling or removing

Table 7. Urinary mercury concentration by number of amalgam fillings in workplace by frequency of raw fish consumption of dental hygienist

(unit : $\mu\text{g/g creatinine}$)						
	Frequency of raw fish consumption					
	$\leq 1 / \text{month}$			$\geq 2 / \text{month}$		
	No.	G.M.	(G.S.D.)	No.	G.M.	(G.S.D.)
Current amalgam fillings in own teeth						
Have not	112	0.638	(2.732)	24	0.949	(2.172)
Have (≥ 1)	82	0.812	(1.910)	17	1.164	(1.925)
Tests of between-subjects effects	Frequency of raw fish consumption: $p=0.005$ Current amalgam fillings in own teeth: $p=0.133$ Interaction: $p=0.899$					
Dealing with amalgam in previously work-place						
Have not	54	0.585	(3.804)	9	0.796	(1.479)
Have	140	0.759	(1.840)	32	1.111	(2.192)
Tests of between-subjects effects	Frequency of raw fish consumption: $p=0.049$ Dealing with amalgam previous workplace: $p=0.089$ Interaction: $p=0.833$					
No. of amalgam fillings in current workplace						
$\leq 4 / \text{day}$	132	0.667	(2.642)	28	0.874	(1.869)
$\geq 5 / \text{day}$	62	0.797	(1.870)	13	1.478	(2.273)
Tests of between-subjects effects	Frequency of raw fish consumption: $p=0.005$ No. of amalgam fillings per day: $p=0.026$ Interaction: $p=0.269$					

에 감을 사용하고 있는 것으로 여겨지며, 아말감 사용량이 급격히 감소되는 추세에 있지만, 조금이라도 사용하는 치과수가 현재까지 많아 치과위생사는 아말감 수은 계속 노출되고 있는 것으로 여겨진다. 현 근무지에서의

아말감 제거 갯수에 따른 치과위생사의 요중 수은함량의 기하평균은 1일 5개 이상 제거군에서 약간 높았으나 유의한 차이는 아니었다. 그러나 Smart(1981)는 오래된 아말감을 제거할 때 치과 진료실의 수은 증기가 증가했다고 보고하였으나, 본 연구에서의 결과는 현재 아말감 충전 치아의 제거 갯수 또한 많지 않음으로 해서 나타나는 결과로 생각된다.

6. 치과위생사들의 회 섭취빈도를 통제한 상태에서의 요인별 요중 수은함량

치과위생사들의 회 섭취빈도별로 현재의 본인 치아에 대한 아말감 충전유무, 과거 아말감 충전업무 유무, 현재 1일 아말감 충전 갯수에 따른 요중 수은함량을 Table 7에 나타내었다. 회 섭취빈도별로 현재 본인 치아에 아말감 충전을 하고 있을 때, 과거 아말감 충전업무에 종사한 적이 있을 때, 현재 치과에서 1일 아말감 충전 개수가 5개 이상일 때에 더 높은 요중 수은함량을 보이고 있으나, 유의한 차이를 보인 것은 현재 1일 아말감 충전 개수가 5개 이상일 때였다($p=0.026$). 유의한 교호작용(interaction)을 나타낸 변수는 없는 것으로 나타났다.

7. 치과위생사들의 요중 수은함량에 영향을 미치는 요인들의 다변량분석 결과

치과위생사들의 요중 수은함량에 영향을 미치는 독립변수들간의 상호 관련성을 통제하기 위해 다변량 회귀분석(multiple regression analysis)을 적용하여 요중 수은함량을 종속변수로 하고, 일변량 분석에서 요중 수은함

량과 통계학적으로 유의한 관련성을 보인 독립변수들을 선택하여 분석모형에 투입하여 분석한 다변량 회귀분석 결과는 Table 8과 같이 통계학적으로 유의한 영향을 미치는 요인으로서는 본인 치아의 아말감 충전 유무, 회 섭취빈도, 과거 아말감 충전 일 유무로 나타났다(각각, $p<0.05$). 이들 7개의 독립변수들로 구성된 회귀방정식의 설명력(R^2)은 11.5%였다. 이들 결과들을 종합해 볼 때 치과용 아말감은 치과위생사에게 수은 노출의 지표인 요중 수은함량을 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다. 따라서 현재 치과에서 아말감 사용이 급격히 줄고 있는 추세에 있지만 여전히 사용되고 있으므로, 치과에서의 수은 노출을 줄이기 위하여 아말감 혼화시 1회용 가운의 착용과 적절한 국소배기장치의 설치 및 운용, 치과위생사에게 아말감과 수은의 관리 및 보관방법 등에 대한 교육을 강화하여야 할 것으로 생각된다.

IV. 요약 및 결론

치과에서 아말감을 직접 다루고 있는 치과위생사들의 요중 수은함량에 미치는 영향요인을 분석하고자 여성 치과위생사 268명을 대상으로 2009년 7월부터 2009년 8월까지 설문조사와 요중 수은함량을 분석하였다. 요중 creatinine 농도가 0.3-3g/L의 정상범위를 벗어난 33명을 제외한 235명을 분석대상으로 하여 각 요인 군별 기하평균으로 비교하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대상 치과위생사 235명의 요중 수은함량은 기하평균분포를 나타내었으며, 산술평균은 $0.996\mu\text{g/g creatinine}$, 기하평균은 $0.755\mu\text{g/g creatinine}$ 로 나타났다.
2. 현재 치과위생사 본인 치아의 아말감 충전 여부에 따른 요중 수은함량의 기하평균은 아말감 충전치아가 1개 이상인 군이 $0.864\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 아말감 충전치아가 전혀 없는 군의 $0.684\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 통계학적으로 유의하게 높았다($p<0.05$).
3. 아말감 혼화 및 충전 후 가운을 거의 갈아입지 않는다는 군의 요중 수은함량은 $0.833\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 자주 갈아입는 편인 군의 $0.667\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높았다($p<0.05$).
4. 과거 근무지에서의 아말감 취급 여부에 따른 요중 수은함량의 기하평균은 아말감을 취급하였던 군이 $0.815\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 취급하지 않았던 군의 $0.612\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높았다($p<0.05$).
5. 현 근무지의 아말감 충전 개수가 1일 5개 이상 충전군은 $0.887\mu\text{g/g creatinine}$ 로 1일 4개 이하 충전군의 $0.700\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$).
6. 회 섭취빈도에 따른 요중 수은함량은 월 2회 이상 섭취군이 $1.033\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 월 1회 이하 섭취군의 $0.706\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$).

Table 8. Multiple regression analysis of selected independent variables on urinary mercury concentration of dental hygienist

	Unstandardized		Standardized	t
	B	Std. error	Beta	
(Constant)	-2.270	0.791		-2.870**
Current workplace	0.177	0.124	0.091	1.432
Current amalgam fillings in own teeth	0.246	0.110	0.141	2.235*
Frequency of raw fish consumption	0.315	0.144	0.139	2.197*
Frequency of seaweed consumption	0.180	0.110	0.104	1.639
No. of amalgam fillings at current workplace	0.195	0.118	0.105	1.653
Dealing with amalgam previous workplace	0.258	0.123	0.132	2.103*
Change new uniform after using amalgam	0.203	0.110	0.117	1.851

* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$

Current workplace; 0=Dental hospital, 1=Dental clinic

Current amalgam fillings in own teeth; 0=Does not have, 1=Has(1 or more)

Frequency of raw fish consumption; 0= ≤ 1 /month, 1= ≥ 2 /month

Frequency of seaweed consumption; 0= ≤ 4 /month, 1= ≥ 5 /month

No. of amalgam fillings at current workplace; 0= ≤ 4 /day, 1= ≥ 5 /day

Dealing with amalgam previous workplace; 0=No, 1=Yes

Change new uniform after using amalgam; 0=Sometimes, 1=Never

7. 해조류 섭취빈도가 월 5회 이상인 군의 요중 수은함량은 $0.854\mu\text{g/g creatinine}$ 으로 월 4회 이하인 군의 $0.682\mu\text{g/g creatinine}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았다($p<0.05$).
8. 치과위생사들의 회 섭취빈도별 현재 1일 아말감 충전 개수가 1일 5개 이상일 때에 유의하게 높은 요중 수은의 기하평균 함량을 보였으며($p=0.026$), 유의한 교호작용(interaction)은 모두 없었다.
9. 다변량 분석 결과 본인 치아에 아말감이 현재 충전되어 있을 때, 회 섭취빈도가 많을 때, 과거에 아말감 충전 업무를 수행한 적이 있을 때 치과위생사들의 요중 수은함량을 유의하게 높이는 요인으로 나타났다(각각, $p<0.05$).

이상의 결과에서 볼 때 치과 위생사들의 요중 수은함량에 영향을 주는 요인으로서는 회 섭취빈도 뿐만 아니라 아말감과 관계되는 요인으로 현재 본인 치아의 아말감 충전 여부, 과거에 아말감 충전 업무 수행 여부, 회 섭취빈도를 통제된 상태에서는 현재 1일 아말감 충전 개수가 1일 5개 이상일 때로 나타나 치과용 아말감은 치과위생사에게 수은 노출의 지표인 요중 수은함량을 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다.

따라서 치과에서의 수은 노출을 줄이기 위하여 아말감 혼화과 충전시 1회용 가운의 착용과 철저한 환기 및 국소배기를 실시하고, 치과위생사에게 아말감과 수은의 관리 및 보관방법 등에 대한 교육을 강화하여야 할 것으로 여겨진다.

참고문헌

강창수. 치과종사자들의 두발 중 수은함량의 평가. 석사학위논문, 서울대학교 보건대학원, 2007

국립환경과학원. 생체시료 중 환경오염물질 분석 매뉴얼. 2006

국립환경과학원. 제3차 국민 생체시료 중 유해물질 실태조사. 2008

김근배, 김대선, 이종화, 박희진, 위성승. 국내 초등학생의 체내 총수은 농도 및 노출요인 조사. 한국환경보건학회지 2007;33(5):386-391

김동웅, 송근배. 구강내 충전 아말감으로부터 유리되는 수은의 체내축적 양상에 관한 연구. 대한구강보건학회지 1998;22(1):69-78

김순주, 남미현. 연세대학교 치과대학 치과병원 종사자의 두발 중 수은함량에 대한 연구. 대한소아치과학회지 1991;18(1):163-172

김찬우, 김영옥, 채창호, 손준석, 박승현 등. 우리나라 일부 지역 주민에서 생선 섭취 빈도가 혈중 수은 농도에 미치는 영향. 대한산업의학회지 2010;22(2):114-121

김형돈. 치과종사자들의 요중 수은농도와 이에 관련된 요인. 석사학위논문, 충남대학교 보건대학원, 1999

김혜성. 치과의원 종사자들의 체내 수은 축적과 신장기능과의 관련에 대한 연구. 석사학위논문, 서울대학교, 1999

박수빈. 치과의료기관 근무자들의 아말감 사용과 요중 수은농도의 관련성. 석사학위논문, 영남대학교 환경보건대학원, 2009

송경희, 김두희, 이종영. 치과 진료실내 수은오염도 및 치과의사의 두발 중 수은 함량. 대한산업의학회지 1991;3: 21-31

식품의약품안전청. 한국인의 대표식품 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가. 2006

신경희. 치과의료기관 종사자의 치과용 아말감 수은에 대한 인식 고찰. 대한치과위생학회지 2005;7(1): 67-84

오세미. 치과용 아말감 충전제와 대체물질의 안전성에 관한 연구. 석사학위논문, 전남대학교 치의학전문대학원, 2009

이원식, 김두희. 어패류와 그 제품 섭취양상에 따른 두발 중 총 수은 및 유기수은 함량. 예방의학회지 1994; 27(1):44-58

한국치과치료학교수협의회. 치과재료학. 5판, 서울: 군자출판사; 2008

황윤숙, 정규철. 우리나라 치과위생사의 머리칼속의 수은함량. 대한구강보건학회지 1995;19(3):383-384

Agusa T, Kunito T, Iwata H, Monirith I, Tana TS et al. Mercury contamination in human hair and fish from Cambodia: levels, specific accumulation and risk assessment. Environ Pollut 2005;134(1):79-86

American Dental Association. Dental mercury hygiene recommendations. J Am Dent Assoc 1999; 130(7): 1125-1126

Aposhian HV, Bruce DC, Alter RC, Dart W, Hurlbut KM et al. Urinary mercury after administration of 2,3-dimercapopropyl-sulfonic acid: correlation with dental amalgam score. FASEB J 1992;6(7):2472-2476

Apostoli P, Cortesi I, Mangili A, Elia G, Drago I et al. Assessment of reference values for mercury in urine: the results of an Italian polycentric study. Sci Total Environ 2002;289(1-3):13-24

Barr DB, Wilder LC, Caudill SP, Gonzalez AJ, Needham LL et al. Urinary creatinine concentrations in the U.S. population: implications for urinary biologic monitoring measurements. Environ Health Perspect 2005; 113(2):192-200

Bates MN, Fawcett J, Garrett N, Cutress T, Kjellstrom T. Health effects of dental amalgam exposure: a retrospective cohort study. Int J Epidemiol 2004; 33(4):894-902

Baum L, Phillips RW, Lund MR. Textbook of Operative Dentistry. 2nd ed., Philadelphia: WB Saunders; 1985

Begerow J, Zander D, Freier I, Dunemann L. Long-term mercury excretion in urine after removal of amalgam fillings. Int Arch Occup Environ Health 1994;66(3): 209-212

Calafat AM, Needham LL, Silva MJ, Lambert G. Exposure to di-(2-ethylhexyl) phthalate among premature neonates in a neonatal intensive care unit. Pediatrics 2004;113(5):e429-434

Centers for Disease Control (CDC). Third national report on human exposure to environmental chemicals. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, 2005, pp. 47-48

Centers for Disease Control (CDC). Third national report on human exposure to environmental chemicals. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, 2010, p. 47

Drasch G, Schupp I, Hofl H, Reinke R, Roeder G. Mercury burden of human fetal and infant tissues. Eur J Pediatr 1994;153:607-610

Gochfeld M. Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption. Ecotoxicol Environ Saf 2003;56(1): 174-179

- Halbach S, Vogt S, Köhler W, Felgenhauer N, Welzl G et al. Blood and urine mercury levels in adult amalgam patients of a randomized controlled trial: interaction of Hg species in erythrocytes. *Environ Res* 2008;107(1):69-78
- Harakeh S, Sabra N, Kassak K, Doughan B. Factors influencing total mercury levels among Lebanese dentists. *Sci Total Environ* 2002;297(1-3):153-160
- Hørsted-Bindslev P. Amalgam toxicity-environmental and occupational hazards. *J Dent* 2004;32(5):359-365
- Houston MC. The role of mercury and cadmium heavy metals in vascular disease, hypertension, coronary heart disease, and myocardial infarction. *Altern Ther Health Med* 2007;13(2):128-133
- Ip P, Wong V, Ho M, Lee J, Wong W. Environmental mercury exposure in children: South China's experience. *Pediatr Int* 2004;46(6):715-721
- Jo EM, Kim BG, Kim YM, Yu SD, You CH, Kim JY, Hong YS. Blood mercury concentration and related factors in an urban coastal area in Korea. *J Prev Med Public Health* 2010;43:377-386
- Johnsson C, Sällsten G, Schütz A, Sjörs A, Barregård L. Hair mercury levels versus freshwater fish consumption in household members of Swedish angling societies. *Environ Res* 2004;96(3):257-263
- Kim IK, Kwon JY, Kim SW, Park YW. The effect of fish consumption on blood mercury levels in pregnant women. *Yonsei Med J* 2006;47(5):626-633
- Levy M, Schwartz S, Dijak M, Weber JP, Tardif R et al. Childhood urine mercury excretion: dental amalgam and fish consumption as exposure factors. *Environ Res* 2004;94(3):283-290
- Meeker JD, Barr DB, Hauser R. Thyroid hormones in relation to urinary metabolites of non-persistent insecticides in men of reproductive age. *Reprod Toxicol* 2006;22(3):437-442
- Ministry of Health, Labour and Welfare. Advice for pregnant women on fish consumption concerning mercury contamination. Available: <http://www.mhlw.go.jp/english/wp/other/councils/mercury/cited> 3 June 2003
- Morata WI, Sohn MA, El-Defrawy MM, Faragat SE. Reference intervals of cadmium, lead, and mercury in blood, urine, hair, and nails among residents in Mansoura city, Nile Delta, Egypt. *Environ Res* 2002;90(2):104-110
- Mutter J, Naumann J, Walach H, Daschner F. Amalgam risk assessment with coverage of references up to 2005. *Gesundheitswesen* 2005;67(3):204-216
- Naleway C, Sakaguchi R, Mitchell E, Muller T, Ayer WA et al. Urinary mercury level in U.S. dentist, 1975-1983: review of health assessment program. *J Am Dent Assoc* 1985;111:37-42
- Nilsson B. Mercury in dental practice II: urinary mercury excretion in dental personnel. *J Dent* 1986;10(6):221-232
- Smart ER. A survey of mercury vapor levels in general dental practice. *International Conference on Mercury Hazards and Dental Practice*, Glasgow, Scotland, 1981
- Song KB. Mercury toxicity from dental amalgam: a review. *J Korean Acad Dent Health* 1995;19(4):419-438
- Tchounwou PB, Ayensu WK, Ninashvili N, Sutton D. Environmental exposure to mercury and its toxicopathologic implications for public health. *Environ Toxicol* 2003;18(3):149-175
- Travnikov O, Ryaboshapko A. Modelling of mercury hemispheric transport and depositions. *MSC-E Technical Report*, 2002
- U.S. Food and Drug Administration. What you need to know about mercury in fish and shellfish (brochure). Available: <http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm110591.htm> [cited 15 September 2009]
- Vahter M, Akesson A, Lind B, Björs U, Schütz A et al. Longitudinal study of methylmercury and inorganic mercury in blood and urine of pregnant and lactating women, as well as in umbilical cord blood. *Environ Res* 2000;84(2):186-194
- WHO (World Health Organization). Methylmercury. *IPCS-Environmental Health Criteria*, No. 101, WHO, Geneva, 1990
- Woods JS, Martin MD, Leroux BG, DeRouen TA, Leitão JG et al. The contribution of dental amalgam to urinary mercury excretion in children. *Environ Health Perspect* 2007;115(10):1527-1531