

울산지역 치과기공사들의 화학적 유해요인 노출 평가 Exposure Assessment of Hazardous Chemical Agents for Dental Technicians in Ulsan City

홍영호 · 최상준*

Youngho Hong · Sangjun Choi*

대구가톨릭대학교 산업보건학과

Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu

ABSTRACT

Objectives: This study was conducted to evaluate the exposure level of hazardous chemical agents for dental technicians in Ulsan.

Methods: We measured airborne total dusts and metals such as Nickel, Manganese, Cobalt, and Chromium in 10 dental laboratories by the NIOSH Methods 0500 and 7300, respectively. Methyl methacrylate (MMA), a key ingredient in acrylic resin, was also monitored using passive samplers for long-term sampling and Tenax tubes for short-term sampling.

Results: Measured levels of all items were below 10% of the Korean exposure limit except for Nickel. The geometric mean concentration and geometric standard deviation of total dust, Nickel, and MMA were 0.14 mg/m³ (2.16), 165.3 µg/m³ (3.31), and 0.2 ppm (2.5) respectively. Airborne Nickel concentration of two dental laboratories exceeded the exposure limit (1000 µg/m³). The major emission sources of Nickel were metal trimming and casting processes.

Conclusions: We found that Nickel, a carcinogen, should be controlled most urgently to protect dental technicians.

Key words : Dental technician, Nickel, Methyl methacrylate, Carcinogen

I. 서 론

치의학 분야에서 치과기공사(dental technician)는 치과 보철물, 충전물 및 치과교정 장치물 등을 섬세한 수작업으로 제작 및 수리하는 것을 주요 업무로 하고 있다. 2009년 기준으로 대한치과기공사협회(<http://www.kdtech.or.kr>)에 등록된 시, 도 업체 수는 2,030 여개소이며, 회원 현황 수는 약 7,200명이지만 미등록 인원과 임시 고용 인력을 합치면 그 수는 더 많을 것으로 추정된다.

치과기공사들은 치과기공물 제작 및 수리 작업 중 귀 금속과 비귀금속류의 금속과 합성수지류, 도재 등의 재료를 이용하며, 석고류, 왁스류, 매몰재류, 연마제류 등의 많은 재료를 사용하기 때문에 다양한 화학적 유해요인에 노출될 가능성이 있다.

치과기공사들의 일반적인 작업과정은 모형(model marking),

납형(wax up), 매몰(investing), 소환(burn-out), 주조(casting), 탈형(devesting), 다듬기(metal trimming), 마무리 연마(polishing) 등으로 구성된다. 전체 작업과정 중 주조와 다듬기 작업 과정에서 금속 먼지 혹은 흙에 노출가능하며 연마 작업 및 도재의 작업 공간(porcelain working room)에서는 먼지 노출이 가능하다.

치과기공사들의 화학적 유해요인에 대한 직업적 노출과 관련하여 코발트 노출에 의한 천식(Wittczak et al., 2003), 장기간 베릴륨 노출에 의한 만성적 베릴륨 질병(Fireman et al., 2003), 메틸메타크릴레이트(methyl methachrylate, MMA) 노출로 인한 후각장애(Braun et al., 2002), 과민성 폐렴(Scherpereel et al., 2004), 알러지 반응(Aalto-Korte et al., 2007) 등이 보고되었다. 특히 최근에는 MMA의 경우 치과 의사와 의료진, 치과기공사들이 주로 착용하는 라텍스 장갑을 투과하는 것으로 보고되고 있어 치의학 분야의 재료 취급시 주의가 필요함을 환기시키고 있다(Thomas et al., 2009).

우리나라의 경우에도 임병철 등(2001)이 치과기공사들의 직업과 관련있다고 추정되는 질병으로 진폐증, 만성기관지염, 천식, 폐렴, 후각장애, 알러지성 피부염, 습진, 접촉성 피부염, 중추 신경장애, 손가락 기능장애, 척추장애,

*Corresponding author: Sangjun Choi
경북 경산시 하양읍 금락1리 330번지,
대구가톨릭대학교 산업보건학과
Tel: 053-850-3738, Fax: 053-850-3738
E-mail: junilane2@cu.ac.kr
Received: 2011. 10. 12., Revised: 2011. 11. 14.
Accepted: 2011. 12. 19.

손가락 관절장애, 안염, 청력저하, 중이염, 눈의 외상, 화상 등을 보고하고 있다. 그러나 치과기공사들의 물리, 화학적 유해요인에 대한 노출평가와 관련된 선행 연구는 소음(남상용, 1993), 먼지(박수철, 2007), 석면(임무혁 등, 2004) 등 매우 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 치과기공사들의 노출 가능한 화학적 유해요인 중 일반 먼지, 금속, MMA 등에 대한 공기 중 노출 수준을 평가함으로써 치과기공사들의 보건관리를 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2010년 7월부터 2011년 3월까지 울산광역시에 등록되어 있는 치과기공소 10개소를 대상으로 화학적 유해요인에 대한 노출평가를 실시하였다. 예비조사를 통해 치과기공사의 기본적인 근무환경 특성을 조사하였고, 작업 특성과 취급 물질 조사를 통해 평가 대상 물질을 선정하였다. 주요 평가 대상 물질은 총 먼지, 니켈, 망간, 코발트, 크롬 등의 금속과 레진의 주요 성분 평가 결과 주성분으로 확인된 MMA였다.

공기 중 노출평가는 치과기공사 개인별로 다양한 작업을 불규칙적으로 수행하기 때문에 평가 대상 물질에 따라 주로 발생 가능 작업이 이루어지는 작업 공간에서 지역시료 채취법으로 수행되었다. 각 평가 대상 물질별 측정 및 분석 방법은 다음과 같다.

2. 근무환경 기본 특성 조사

근무환경의 기본 특성인 근무 인원과 근로자 1인당 평균 면적(작업장 밀도)을 조사하였고, 치과기공소 내의 온도, 습도, 기류, 후드 개구면속도와 제어풍속에 대해 열선풍속계(TSI-8386, TSI社, USA)를 이용하여 측정하였다. 사무실 지면으로부터 150 cm 높이와 작업대 위에서 조도계(ANA-F9, Tokyo photo社, Japan)를 이용하여 조도를 측정하였다. 후드의 제어속도는 모든 후드가 하방형 외부식 후드였기 때문에 개구면에서 상방향 15 cm 떨어진 지점에서 측정하였다.

3. 공기 중 총 먼지 노출 평가

공기 중 총 먼지 시료 채취는 NIOSH 0500 공정시험법에 기초하여 직경 37 mm의 유리섬유 여과지(pore size: 5 μ m)를 장착한 3-piece cassette sampler를 사용하였다. 채취 유량은 2.0 L/min으로 6 시간 이상 실시하였으며, 시료의 채취 전, 후 1차 표준 유량 보정기(Gilibrator 2, Gilian, USA)를 이용하여 보정하였다. 각 측정 대상 기공소 별 총 먼지 측정은 먼지 발생이 많을 것으로 예상되는 polishing room과 porcelain working room에서 실시하였다.

채취 한 시료는 데시게이터에서 1일 동안 보관 한 후, 10 μ g의 분해능(readability)을 갖고 있는 전자저울(Mettler AE-240, USA)을 사용하여 중량분석 하였다. 시료 분석에는 현장 공시료를 활용하여 보정하였다.

4. 공기 중 금속 노출 평가

공기 중 금속 시료 채취는 NIOSH 7300(NIOSH, 2003) 공정시험법에 기초하여 직경 37 mm의 MCE(mixed cellulose ester) 여과지(pore size: 0.8 μ m)를 장착한 3-piece cassette sampler를 사용하여 2.0 L/min의 유량으로 6 시간 이상 실시하였다. 각 측정 대상 기공소 별 금속 측정은 공기 중 금속 먼지 발생이 많을 것으로 예상되는 금속 가공(metal trimming) 작업실과 주조실(casting room)에서 실시하였다.

시료의 분석은 시료를 채취한 여과지를 비커에 넣고 회화용액(HNO₃ / HClO₄ (4:1)) 5 mL을 넣고 유리덮개를 덮은 후 실온에서 30분 정도 방치하였다. 그 후 120 $^{\circ}$ C 정도로 가열한 hotplate에서 용량이 0.5 mL 정도가 될 때까지 증발시켰다. 회화용액 2 mL을 다시 첨가하여 가열시켜 회화용액이 투명해 질 때까지 반복하였다. 희석용액(4% HNO₃, 1% HClO₄)을 이용해 비커에 가해 잔류물을 용해시킨 다음 15 mL용량의 코니컬(conical) 튜브로 옮긴 후 희석용액을 가해 10 mL이 되게 하였다. 표준용액을 이용해 분석대상물질의 표준농도를 제조하여 검량선을 작성하였으며, 시료 제조과정과 동일하게 처리하여 회수를 시험을 하여 보정 하였다. 검량선 범위는 시료의 검출농도 범위를 포함하도록 제조하였으며, 모든 시료 농도는 현장 공시료와 reagent blank 분석을 통해 보정하였다. 전처리된 시료는 ICP-OES (Inductively-coupled plasma optical emission spectrometer, PerkinElmer OPTIMA 7300 DV, USA)를 사용하여 정량분석 하였다. 분석 대상 물질별 기기의 검출한계(IDL)는 망간 0.1 μ g/L, 니켈 0.5 μ g/L, 코발트 0.2 μ g/L, 크롬 0.2 μ g/L이다.

5. 공기 중 MMA 노출 평가

치과기공소에서 주로 사용되는 레진 제품 5가지를 선정하여 성분평가를 실시하였다. 레진 성분 평가는 제조사에서 제공하는 물질안전보건자료(MSDS)를 먼저 검토하였고, 일정량의 시료를 메탄올에 용해한 후 가스크로마토그래피 질량분석기(GC-MSD, Agilent 5973, USA)를 이용하여 정성분석하였다.

레진 성분평가 결과 주 성분으로 확인 된 MMA에 대한 공기 중 노출평가를 실시하였다. 치과기공소의 작업은 주문자 생산방식으로 이루어지기 때문에 불규칙하게 이루어진다. 따라서 수동식 확산 시료 채취기(OVM 3500, USA)를 이용하여 7일간 long-term average (LTA)를 파악하기 위한 측정을 하였다. 또한 단시간 노출 수준을 파악하기 위해 Tenax tube를 이용하여 MMA 발생 작업시 단시간 시료 채취를 추가하였다. LTA 시료 채취는 레진작업이 주로 이루어지는 resin facing 작업 공간과 wax-up 작업 공간으로 나누어 지역시료로 채취하였고, 단시간 시료 채취는 평균 0.25 L/min의 유량으로 resin facing과 wax-up 작업시 각각 20분간 채취하였다.

수동식 채취기로 채취한 시료는 분석을 위해 냉장 보관하였으며, 이황화탄소 2 mL를 주입하여 탈착 후 가스

Table 1. General working conditions of dental laboratories in Ulsan city

Item (unit)	No. of sites	AM±SD*	Range
Number of workers	10	6.3 ± 2.9	3~13
Density of workplace (m ² /worker)	10	15.5 ± 6.4	10.3~36.3
Temperature (°C)	10	21.83 ± 2.25	17.6~25.4
Humidity (%)	10	30.02 ± 9.69	16.2~45
Air current (m/hr)	10	0.183 ± 0.35	0.002~0.96
Illumination (lux)	1.5m over the floor	1279 ± 626.3	80~2160
	On the worktable	1779 ± 589.8	930~2800
Hood (m/sec)	Capture velocity (15 cm)	0.82 ± 0.95	0.24~3.38
	Face velocity	10.09 ± 2.38	4.75~15.4

*AM±SD : arithmetic mean±standard deviation

Table 2. Total dust concentrations in dental laboratories

Sampling site	N	Arithmetic mean	Standard deviation	Geometric mean	Geometric standard deviation	(unit : mg/m ³)
						Range
Polishing room	9	0.22	0.31	0.15	2.40	0.06~0.95
Porcelain working room	7	0.14	0.07	0.12	2.07	0.03~0.24
Total	16	0.19	0.21	0.14	2.16	0.03~0.95

크로마토그래피 질량분석기(GC-MS, Perkin Elmer, Turbomass GOLD, UK)를 이용하여 정량 분석하였다. 단시간 채취 시료는 냉동 보관 후 열탈착기(Perkin-Elmer Turbo Matrix ATD400 thermal desorption, UK) 가 부착된 GC-MS (Perkin Elmer, Turbomass GOLD, UK)를 이용하여 분석하였다.

6. 자료 처리 및 분석

조사 대상 물질별 측정 결과는 Microsoft Excel 프로그램을 이용하여 정리 한 후 기초통계량(산술평균, 표준편차, 기하평균, 기하표준편차, 범위)을 산출하였다. 각 물질별 농도 분포를 파악하기 위해 Sigma plot 11.0 프로그램을 이용하여 대수정규분포도를 작성하였다. 자료의 대수정규분포 여부는 유의수준 0.05에서 Shapiro-Wilk test로 평가하였다.

자료의 분포가 대수정규분포를 할 경우엔 자료를 로그 변환 후 측정장소, 단위 작업 종류 등 변수에 대한 t-test와 상관분석을 실시하였다.

결 과

1. 근무환경 기본 특성

치과기공소 근무환경의 물리학적 특성은 Table 1과 같다. 치과기공소의 평균 근무인원은 6.3명이며, 조사를 실시한 14개 기공소 중 12곳이 10인 미만이었다. 근로자 1인당 평균 작업장 면적은 15.5 m²였다. 치과기공소 현장 작업 환경 조사 시점은 10월경이었고 실내온도는 21.83 ± 2.25°C, 습도는 30.02 ± 9.69%였다. 조도 측정결과 치과기공소의 작업대 위에서는 1,779 ± 589.8 lux, 1.5 m 높이에서는 1,279 ± 626.3 lux로 측정되었다. 실내 기류는 0.183 ± 0.35 m/hr로 조사되었다.

작업대 위에 하방향으로 설치된 원통형 후드 개구면의 면속도는 10.09±2.38 m/s, 개구면 상방 15 cm 위치에서는 0.82±0.35 m/s로 측정되었다.

2. 공기 중 먼지 노출 농도

치과기공소의 공기 중 총 먼지 농도 분포는 Fig. 1과 같으며, Shapiro Wilk test결과(W=0.933 > W_{0.05}=0.887) 대수정규분포를 나타내었으며, 농도 수준은 Table 2와 같았다. 치과기공소 10개소 16개 지점의 평균 총 먼지 농도는 0.19 ± 0.21 mg/m³ 이며 농도 범위는 0.03~0.95 mg/m³로 나타났다. 고용노동부 작업환경측정 관련 화학물질 및 물리적 인자 노출기준(노동부고시 제 2010-44호)에는 기타 분진에 대한 노출기준은 10 mg/m³로 설정되어 있다. 노출기준과 비교할 때 본 조사 결과는 노출기준의 10% 미만으로 나타났다.

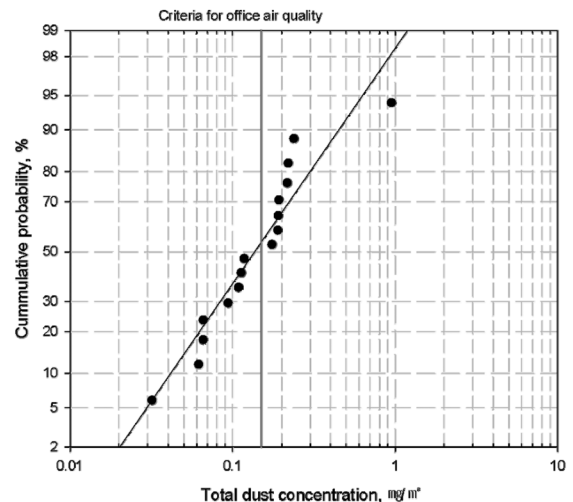


Fig. 1. Log-normal distribution of airborne total dust concentrations.

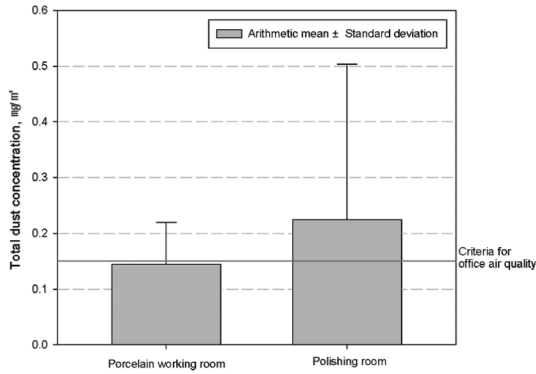


Fig. 2. Comparison of airborne dust concentrations between porcelain and polishing rooms.

작업 공간별로 총 먼지 농도를 비교한 결과 Fig. 2와 같이 polishing room ($0.22 \pm 0.31 \text{ mg/m}^3$) 에서의 측정결과가 porcelain working room ($0.14 \pm 0.07 \text{ mg/m}^3$)에서의 결과보다

높게 나타났다. 그러나 t-test 결과 통계적 유의성은 나타나지 않았다($p = 0.59$).

3. 공기 중 금속 노출 농도

공기 중 망간, 니켈, 코발트, 크롬에 대한 노출 농도는 Fig. 3에서와 같았고, Shapiro Wilk test결과($W_{Mn}=0.918$, $W_{Ni}=0.972$, $W_{Co}=0.919$, $W_{Cr}=0.949 > W_{0.05}=0.901$) 대수정규분포를 나타내었다. 농도 수준을 요약하면 Table 3과 같다.

금속 농도 중 가장 높게 분포한 니켈의 경우 평균 농도는 $315.04 \pm 382.18 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ 였으며, 총 10곳의 치과기공소 중 2곳에서 채취한 2개 시료가 노동부 노출기준($1,000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$)를 초과하였다. 망간, 코발트, 크롬의 농도 수준은 모두 노동부 노출기준(망간; $1,000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, 코발트; $20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, 크롬; $500 \text{ }\mu\text{g/m}^3$)의 10% 미만 수준으로 낮게 나타났다.

가장 높은 농도 수준을 나타낸 니켈에 대해 동일한 치

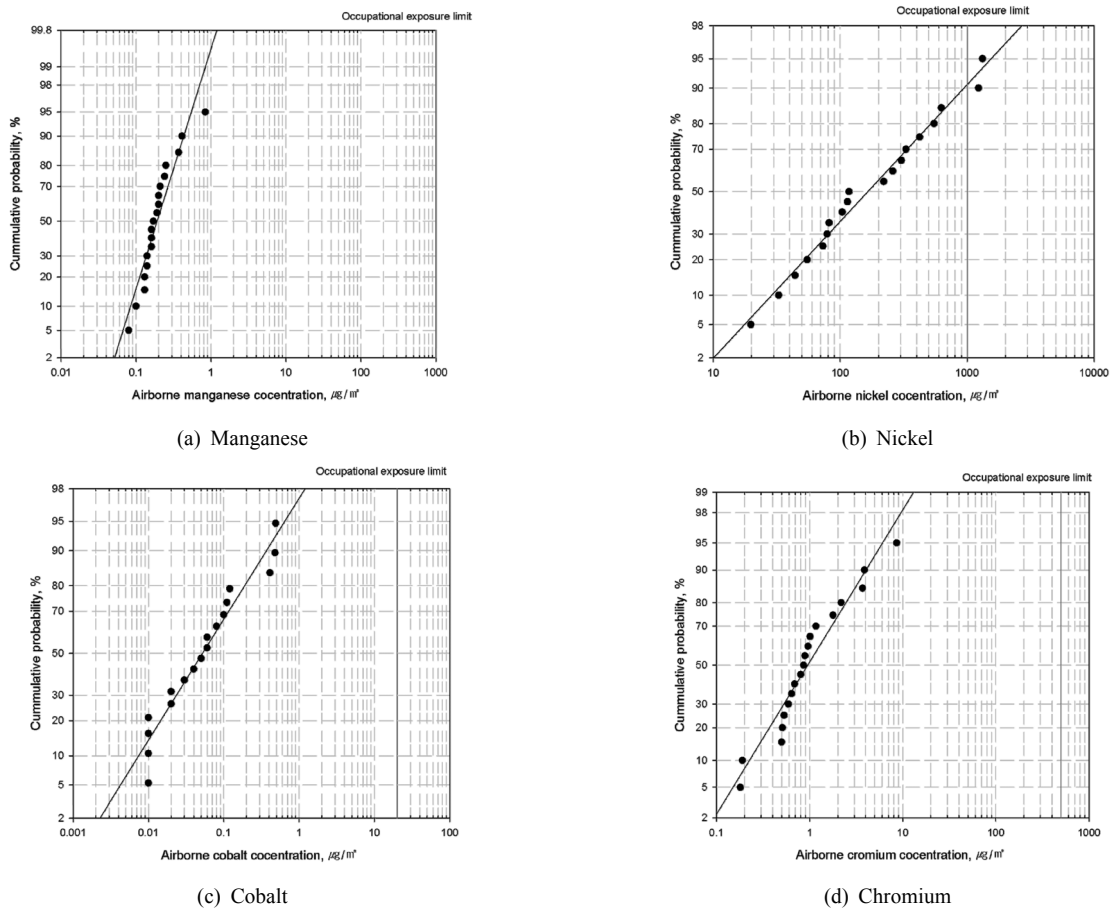


Fig. 3. Log-normal distribution of airborne metal concentrations.

Table 3. Airborne concentrations of metals in dental laboratories

Substance	N	Arithmetic mean	Standard deviation	Geometric mean	Geometric standard deviation	Range
Mn	19	0.23	0.17	0.19	1.71	0.08~0.84
Ni	19	315.0	382.2	165.3	3.31	19.8~1321.9
Co	19	0.11	0.16	0.05	3.71	0.01~0.49
Cr	19	1.56	1.99	0.95	2.63	0.18~8.58

(unit : $\mu\text{g/m}^3$)

Table 4. Identification of components of resin materials using gas chromatography with mass spectrometer

Product	Usage	MSDS*		GC/MS†	
		Chemical name	Amount, %	Chemical name	Quality %
A	Better-fitting temporary crowns & bridges	Isobutyl methacrylate monomer	-	2-methyl-1-propanol	91
		Ethylene glycol methacrylate monomer	-	Methyl methacrylate	91
		N,N-dimethyl-p-toluidine	-	n-butyl methacrylate	72
		Benzophenone-3	-	N,N-3-trimethyl benzenamine	94
		p-Hydroxyanisole	-	Benzophenone-3	76
B	Fast curing orthodontic acrylic resin liquid	Methyl methacrylate	> 95	Methyl methacrylate	91
		N,N-dimethyl-p-toluidine	< 2	N,N-3-trimethyl benzenamine	91
C	Seperating solution	Potassium Alginate	> 60	Toluene	86
		Particulate, NOC	< 30		
D	Acrylic sealing agent	Methyl methacrylate	< 100	Acetone	80
				Methyl methacrylate	91
				Butylated hydroxy toluene(BHT)	97
				1,2-benzenedicarboxylic acid diethyl ester	97
E	Rapid heat-curing denture base material			Methyl methacrylate	91
				N,N-3-trimethyl benzenamine	78
F	Base plate material			Methyl methacrylate	91
				N,N-3-trimethyl benzenamine	94

과기공소의 casting 작업실과 metal trimming 작업실에서 각각 동시에 측정된 니켈 농도 사이의 paired t-test 분석 결과 유의한 차이를 나타내지는 않았다(p = 0.47).

4. 레진 성분 분석 결과

치과기공소에서 주로 사용되는 레진 제품 5가지에 대해 제조사로부터 받은 MSDS와, GC-MS를 이용하여 분석한 결과를 정리하면 Table 4와 같다. 총 5가지 제품 중 MSDS를 확보할 수 있었던 제품은 3가지 였으며, 제품 E, F는 찾을 수 없었다. MSDS가 있는 제품 중 A의 경우 성분별 함량이 제시되어 있지 않았다.

GC-MS를 이용하여 성분 분석한 결과 제품 C를 제외한 4가지 제품 모두 MMA가 GC-MS의 willey library 목록 정보와 91% 일치하며 공통 성분으로 확인되었다.

5. 공기 중 MMA 노출 농도

공기 중 MMA의 농도 수준을 요약하면 Table 5와 같다. MMA의 LTA 평균 농도는 0.31 ± 0.35 ppm, STEL 평균

농도는 1.04 ± 1.76 ppm으로 노동부 노출기준과 비교 할 때, 모든 시료가 8시간 TWA 기준(50 ppm)과 STEL 기준(100 ppm)의 10% 미만으로 나타났다. LTA와 STEL 평가 결과를 resin facing과 wax-up 작업으로 나누어 비교 한 결과 resin facing 작업에 대한 측정결과가 wax-up 작업 결과보다 높게 나타났다. 그러나 작업 종류별 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(LTA; p = 0.10, STEL; p = 0.14).

고 찰

치과기공소 10곳을 대상으로 조사된 평균 근무인원은 6.3 ± 2.9명이었으며, 근로자 1인당 작업장 면적은 15.5 ± 6.4 m²으로 조사 대상 기공소의 80%가 10인 미만의 소규모였다. 평균 기온과 습도는 각각 21.8°C와 30.0%로 온도는 적절했으나 습도는 낮아 건조한 환경 조건이었다. 치과 기공사들의 작업 위치인 바닥면으로부터 1.5 m에서 측정된 평균 조도는 1,279 lux로 노동부의 초정밀작업 요구 조도인 750 lux보다 높게 나타나 양호한 상태였다.

Table 5. Airborne concentrations of methyl methacrylate in dental laboratories

Sampling type	Tasks	N	Arithmetic mean	Standard deviation	Geometric mean	Geometric standard deviation	
						Geometric standard deviation	Range
Long-term average	Resin facing	12	0.52	0.55	0.31	3.18	0.03~1.67
	Wax-up	13	0.20	0.14	0.16	2.24	0.02~0.49
	Others	12	0.20	0.10	0.17	1.88	0.04~0.37
	Total	37	0.31	0.35	0.20	2.50	0.02~1.67
Short-term exposure level	Resin facing	13	1.70	2.29	0.54	8.42	0.003~8.34
	Wax-up	13	0.37	0.50	0.19	3.43	0.03~1.92
	Total	26	1.04	1.76	0.32	5.96	0.003~8.34

치과기공소의 국소배기시설은 작업대 위에 개구면을 갖고 있는 하방형 후드 형태를 나타내고 있으며, 개구면에서의 평균 속도는 10.1 m/s인 반면 개구면으로부터 상방 15 cm 위치에서는 0.82 m/s로 제어속도가 나타나 제어거리가 멀어짐에 따라 급격히 속도가 낮아짐을 나타냈다. 고용노동부에서 권고하고 있는 입자상 물질의 외부식 하방흡인형 후드의 제어속도는 1 m/s이다. 노동부의 권고 제어속도와 비교할 때 제어거리 15 cm에서의 평균 제어속도는 낮은 것으로 나타나 작업 수행시 제어거리를 15 cm 이하로 유지할 필요가 있다.

치과기공소 내의 총 먼지 측정결과 기하평균 농도는 0.14 mg/m^3 로 노동부의 노출기준(10 mg/m^3)의 10% 미만으로 매우 낮게 나타났다. 호흡성 먼지에 대한 사무실 공기관리 유지기준은 0.15 mg/m^3 으로 설정되어 있다. 치과기공소의 작업공간은 일반 사무실과 공간적인 분리가 잘 되어 있지 않기 때문에 사무실 공기관리 유지기준을 만족시킬 필요가 있다. 본 연구에서는 호흡성 먼지를 측정하지 않았기 때문에 직접적으로 비교할 수 없는 한계가 있으나, 평균 총 먼지 농도가 사무실 공기관리 유지기준보다 2배 수준을 나타내고 있어 호흡성 먼지의 농도수준도 높을 것으로 예상되며 보다 정확한 평가를 위해 향후 호흡성 먼지에 대한 조사가 필요할 것으로 판단되었다.

공기 중 망간, 니켈, 코발트, 크롬에 대한 노출 농도 평가 결과 니켈의 기하 평균 농도가 $165.3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 였고, 조사된 총 10곳의 치과기공소 중 2곳에서 채취한 2개의 시료가 기준을 초과하였다.

니켈은 호흡기를 통해 노출될 경우 호흡기계 자극을 주거나 폐렴을 유발할 수 있고, 피부 접촉시 피부를 붉게 만들며 알러지 반응을 나타낼 수 있다. 또한 니켈과 화합물은 호흡기 노출시 폐암과 비강암을 유발할 수 있다. 현재 노동부 노출기준에서는 금속 니켈에 대해서는 발암성 2등급으로 발암 의심물질로 분류하고 있으며, 니켈 가용성 및 불용성 화합물의 경우 1A로 발암 확정물질로 분류하고 있다(고용노동부, 2011). 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서는 공기 중 니켈에 대한 근로자의 노출수준을 1일 10시간 주 40시간 동안 평균 $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 을 초과하지 않도록 관리하도록 제한한바 있다(NIOSH, 1977). 스웨덴의 경우 치과용 casting 합금재료 중 니켈의 함량을 중량 1% 이하로 함유해야 한다고 경고하고 있다(Bergman et al, 1980).

니켈은 치과보철물과 크라운 제작을 위한 합금 재료에 함유되어 있으며, casting과 metal trimming 작업을 통해 공기 중으로 발생 가능하다. 본 연구에서는 casting과 metal trimming 작업이 주로 이루어지는 공간에 대해 나누어 니켈 농도를 측정하여 비교해 보았다. 총 8곳의 기공소의 측정 결과를 비교 할 수 있었으며, paired t-test 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다($p=0.47$). 또한 니켈의 농도 분포를 보면 최소 $19.8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 부터 최대 $1,321.9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 까지 범위가 매우 넓으며 기하표준편차도 3.31로 나타나고 있다. 니켈의 공기 중 노출수준이 노출기준의 50% 수준

이상으로 발생된 기공소 3곳은 근무인원이 5명 혹은 8명이었으며 근로자 1인당 작업장 면적은 $11.6\sim 16.5 \text{ m}^2$ 으로 조사된 기공소들 중 적은 면적을 나타내었다. 따라서 근로자 1인당 작업장 면적이 좁을수록 작업 양과 작업 방법 등에 따라 노출 수준이 높을 가능성이 있다고 판단된다. 따라서 니켈에 노출 가능한 대표적인 작업인 metal trimming과 casting 작업시 적절한 국소배기의 활용과 니켈 노출을 최소화 할 수 있도록 방진마스크의 착용이 요구된다.

치과기공소에서 주로 사용되고 있는 대표적인 레진 제품 5가지에 대해 MSDS 및 성분 분석 결과 주 성분은 MMA인 것으로 나타났다. 주요 성분 중 발암성과 관련해서는 MMA와 BHT 성분에 대한 자료가 보고되고 있다. MMA는 대장암(colon cancer)의 위험성과 관련된 제한된 자료가 보고되었으나 동물실험에서는 발암증거가 나타나지 않았고 IARC에서는 1994년 인체와 동물에 대한 발암 증거가 부족하다고 판단하여 그룹 3으로 분류하고 있다(IARC, 1994). BHT 또한 동물에 대한 발암성 실험 결과 불충분한 발암 증거와 인체에 대한 정보 부족으로 IARC에서 그룹 3으로 분류하고 있다(IARC, 1986). GrouFabrizio 등(2007)은 이탈리아의 치과기공사의 유병율 조사에서 신경계 손상 징후를 보고하였고, Sadoh 등(1999)은 치과기공사의 신경손상으로 MMA의 노출 위험성을 지적한바 있다.

MMA의 공기중 농도 측정 결과 LTA는 $0.02\sim 1.67 \text{ ppm}$, STEL은 $0.003\sim 8.34 \text{ ppm}$ 으로 노동부 노출기준의 10% 미만으로 낮은 수준이었다. LTA와 STEL 평가 결과를 resin facing과 wax-up 작업으로 나누어 비교 한 결과 시료 채취 형태에 관계없이 resin facing 작업에 대한 측정결과가 wax-up 작업 결과보다 높게 나타났다. 그러나 작업 종류별 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(LTA; $p=0.10$, STEL; $p=0.14$).

Golbabaee 등(2005)은 테헤란(이란)의 치과기공소 20곳에서 XAD-2 흡착관을 이용하여 MMA에 대한 개인시료를 채취하여 평가한 결과 MMA의 농도(TWA)는 $290.14\pm 81.55 \text{ mg/m}^3$ 으로 보고하였으며, 본 연구결과와 비교할 때 매우 높은 수준이었다. 본 연구에서는 확산형 수동식 시료 채취기를 이용하여 7일간 지역시료를 채취하였기 때문에 Golbabaee 등의 결과에 비해 낮게 나타났다고 판단되며, 측정당시의 작업량의 차이가 큰 요인이라고 판단된다. 따라서 향후 MMA의 채취 효율이 좋은 XAD-2와 같은 흡착관을 이용하여 개인시료 채취법에 의한 평가가 필요하다고 판단된다.

결론

본 연구는 2010년 7월부터 2011년 3월까지 울산광역시에서 등록되어 있는 치과기공소 10개소를 대상으로 화학적 유해요인에 대한 노출평가를 실시하였다. 각 기공소의 근무인원과 근로자 1인당 작업장 면적, 온도, 습도,

조도 등 기본환경 조건을 조사하였고, 주요 화학적 유해 요인 중 총 먼지와 망간, 니켈, 코발트, 크롬 등의 금속, 그리고 레진의 주 성분인 MMA의 공기 중 노출 농도를 평가하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 치과기공소의 평균 근무인원은 6.3±2.9명이었으며, 근로자 1인당 작업장 면적은 15.5±6.4 m²으로, 조사 대상 기공소의 80%가 10인 미만의 소규모 였다.

2. 기본 환경조건의 평가 결과 온도와 조도는 적절하였으나, 평균 절대습도는 30±9.7%로 건조한 상태였다.

3. 화학적 유해요인들의 공기 중 노출농도를 평가한 결과 니켈을 제외한 모든 항목의 노출수준이 노동부 노출기준의 10% 미만이었으며, 총 먼지와 MMA의 기하평균 농도 및 기하표준편차는 각각 0.14 mg/m³ (2.16)과 0.2 ppm (2.5)이었다.

4. 니켈의 공기 중 기하평균 농도와 표준편차는 165.3 µg/m³ (3.31)으로 노동부 노출기준의 16% 수준이었고, 조사된 총 10곳의 치과기공소 중 2곳에서 채취한 2개의 시료가 기준을 초과하여 가장 관리가 요구되는 물질로 확인되었다.

5. 니켈의 농도 분포는 최소 19.8 µg/m³부터 최대 1,321.9 µg/m³까지 범위가 매우 넓어 작업 양과 작업 방법 등에 따라 노출 가능 농도의 변이가 매우 크다는 것을 알 수 있었으며, 노출기준의 50% 이상 수준으로 검출된 기공소 3곳은 근무인원이 5명 혹은 8명이었으며 근로자 1인당 작업장 면적은 11.6~16.5 m²으로 조사된 기공소들 중 적은 면적을 나타내었다. 따라서 근로자 1인당 작업장 면적이 좁을수록 작업 양과 작업 방법 등에 따라 노출 수준이 높을 가능성이 있다으며 니켈에 노출 가능한 대표적인 작업인 metal trimming과 casting 작업시 적절한 국소배기의 활용과 니켈 노출을 최소화 할 수 있도록 방진마스크의 착용이 요구되었다.

참고문헌

고용노동부. 노동부고시 제 2010-44호: 작업환경측정 관련 화학물질 및 물리적 인자 노출기준. 2010.
 고용노동부. 노동부고시 제 2011-13호: 작업환경측정 관련 화학물질 및 물리적 인자 노출기준. 2011.
 남상용. 치과기공사의 작업공정별 소음에 관한 연구. 대한치과기공학회지 1993;15(1):27-41
 박수철. 치과기공사의 분진노출수준 및 개인보호구착용 실태. 영남대학교 환경보건대학원 석사 학위 논문. 2007.
 임무혁, 이승권, 정인호. 대구지역 내 일부 치과기공소의 공기 중 석면농도. 한국산업위생학회지 2004; 14 (3): 264-269
 임병철, 민경진. 우리나라 치과기공사의 직업성 질병과 관련요인에 대한 조사연구. 보건교육·건강증진학회지 2001; 18 (2): 141-56
 Aalto-Korte K, Alanko K, Kuuliala O, Jolanki R. Methacrylate and acrylate allergy in dental personnel. Contact Dermatitis 2007; 57 (5): 324-30

Bergman M, Bergman B, Soremark R. Tissue accumulation of nickel released due to electrochemical corrosion of non-precious dental casting alloys. J Oral Rebabii 1980; 7: 330
 Braun D, Wagner W, Zenner HP, Schmahl FW. Disabling disturbance of olfaction in a dental technician following exposure to methyl methacrylate. Int Arch Occup Environ Health. 2002 Oct;75 Suppl:S73-4. Epub 2002 Sep 5.
 Fabrizio E, Vanacore N, Valente M, Rubino A, Meco G. High prevalence of extrapyramidal signs and symptoms in a group of Italian dental technicians. BMC Neurology 2007; 7 (24): 1-5
 Fireman E, Haimsky E, Noiderfer M, Priel I, Lerman Y. Misdiagnosis of sarcoidosis in patients with chronic beryllium disease. Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis. 2003; 20 (2): 144-8
 Golbabaei F, Mamdouh M, Jelyani KN, Shahtaheri SJ. "Exposure to Methyl Methacrylate and Its Subjective Symptoms Among Dental Technicians, Tehren, Iran", International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2005; 11 (3): 283-289
 International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans; Volume 60. Some industrial chemicals. 1994. p. 445
 International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans; Volume 40. Some naturally occurring and synthetic food components, furocoumarins and ultra-violet radiation. 1986. p. 161
 National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard-occupational exposure to inorganic nickel. US Department of Health, Education, and Welfare, Washington, DC: US Government Printing Office, DHEW; 1977. p. 77-164.
 National Institute for Occupational Safety and Health. Manual of analytical methods (NMAM) 7300, Fourth edition; 2003.
 Sadoh DR, Sharief MK, Howard RS. "Occupational exposure to methyl methacrylate monomer induces generalized neuropathy in a dental technician", British Dental Journal 1999; 186 (8): 380-381
 Scherpereel A, Tillie-Leblond I, Pommier de Santi P, Tonnel AB. Exposure to methyl methacrylate and hypersensitivity pneumonitis in dental technicians. Allergy 2004; 59 (8): 890-892
 Thomas S, Padmanabhan TV. Methyl methacrylate permeability of dental and industrial gloves. N Y State Dent J 2009; 75 (4): 40-42
 Wittczak T, Walusiak J, Krakowiak A, Palczyński C. Occupational asthma and interstitial cobalt-induced changes in a dental technician: a case report. Med Pr 2003; 54 (2): 159-64