

자동차 정비업체 도장공정의 작업환경 및 근로자 노출 실태에 관한 연구

심상호[†] · 정춘화* · 임진숙** · 이형구*** · 김윤신

한양대학교병원 산업의학과, *세명대학교, **강북삼성병원, ***한북대학교
(2009. 3. 27. 접수/2009. 4. 16. 수정/2009. 5. 6. 채택)

A Study of Working Environment for Automotive Painting in Auto Repair Shops and Workers' Exposure to Hazardous Chemicals

Sang-Hyo Sim[†] · Chun-Hwa Jeoung* · Jin-Suk Lim** · Hyung-Gu Lee*** · Yoon-Shin Kim

Department of Occupational and Environmental Medicine, Hanyang University Medical Center

**Department of Occupational Health & Safety Engineering Semyung University*

***Kangbuk Samsung Hospital*

****Department of Social Welfare Hanbuk University*

(Received March 27, 2009/Revised April 16, 2009/Accepted May 6, 2009)

ABSTRACT

The purpose of this paper is to evaluate 1) blood lead levels of workers at auto repair shops as Biological Exposure Indices (BEI) of toxic substances such as lead and toluene that are produced during automotive painting process, 2) the differences depending on personal characteristics of workers who have been exposed to toluene by using urine hippuric acid concentration as a marker and 3) the correlation between the concentration of hazardous chemicals in each work-place and the BEI. All subjects were male with a mean age of 36.2 years. In terms of age, most were in the 30 to 40 age group (13 persons, 48.1%). In relation to the length of work experience, the highest proportion had experience of 10 years or less (18 persons, 66.7%). Twenty three workers were cigarette smokers (85.2%) while 4 (14.8%) were non-smokers. In addition, more than 80% of the workers drank alcohol. Dust concentration and toluene exposure during automotive painting showed no significant difference with age, length of work experience, smoking and drinking while a significant difference ($p<0.05$) has been detected between lead concentration and smoking. The geometric mean of dust concentration, lead concentration and toluene concentration were 0.38 mg/m^3 , 0.0021 mg/m^3 and 1.08 ppm respectively. In addition, the geometric mean of blood lead levels and urine hippuric acid concentration were $1.70 \text{ } \mu\text{g/dl}$ and 0.25 g/g respectively, which were lower than the standard levels suggested by the Ministry of Labor. To determine the influential factors on blood lead and urine hippuric acid concentrations, a correlation analysis has been conducted with variables of air, lead and toluene concentrations, age, length of work experience and amount of cigarette smoking. According to the analysis, a relatively high correlation ($p<0.01$) has been observed between air lead concentration and biological sample concentration.

Keywords: lead, toluene, biological exposure indices, car repair workers

I. 서 론

우리나라의 자동차 정비공장은 자동차의 보급과 함께

최근 급격히 증가하였으며 많은 근로자들이 자동차 정비업에 종사하고 있으나, 대부분의 정비업소는 영세하며 작업환경이 열악하여 근로자들의 건강 문제에 관심을 갖지 않을 수 없게 되었다.¹⁾

자동차 정비업은 판금, 도장, 하체, 등이며 특히 도장은 제품을 더러움이나 부식으로 부터 보호하고, 외관을 아름답게 보이기 위해 도료를 제품 표면에 얇게 칠하고 굳히는 과정으로 이루어지고 있다.

[†]Corresponding author : Department of Occupational and Environmental Medicine, Hanyang University Medical Center

Tel: 82-2-2290-8998, Fax: 82-2-2296-6816

E-mail : sshyo1104@naver.com

자동차 도장시 피막형성제(filmforming materials)는 천연 또는 합성수지로 되어 있으며, 페인트가 마를 때 색소가 표면에 잘 붙어 있도록 하는 역할을 한다. 첨가제는 가소제, 건조제 등으로 도료 안에 소량을 가하여 도료의 성상을 조성하는 성분을 말한다.²⁾ 유기용제 중 신너(Thinner)는 방향족탄화수류(aromatic hydrocabons)의 검출율이 52.9%이고, 신너의 조성 중 톨루엔 등의 방향족탄화수소류의 성분이 약 70% 이상 검출되었다.³⁾

페인트(Paint)는 색소, 피막형성제, 첨가제는 유기용제로 구성되어 있으며, 색소는 20~60%를 차지하고 색상, 불투명, 내구성 및 내부식성 등의 특성을 부여, 충전제 또는 체질안료의 역할을 하며 미세한 분말형태로 분산되는 불용성의 고체물질로서 미국에서는 99% 이상이 무기안료이다.⁴⁾

자동차 진척도료 및 보수용 도료의 제품에 따라 납, 아연, 망간, 니켈, 주석, 구리 등의 중금속이 함유되어 있고, 납은 무기화합물의 형태로서 25% 이상을 차지하는 경우도 있으며, 이는 색소 또는 경화촉진제로 사용된다.²⁾ 중금속 노출로 인해 건강상의 문제를 야기할 수 있다.

미국의 경우 도장시 발생될 수 있는 납 노출에 관한 연구는 분무도장 작업시 발생하는 분진을 조사한 결과 측정된 총분진 중 납이 전체의 11%를 차지하는 것으로 보고되었으며,⁵⁾ 국내에서도 자동차 정비업체의 도료에서의 수용성 도료와 유용성 도료의 유해성, 도장 공정 근로자의 납 노출, 유해성에 관한 연구 등이 있다.⁶⁾

근로자가 톨루엔(toluene)에 장기간 노출되면 피부의 건조와 피부염을 일으키며 불안, 불면, 두통의 증상이 나타나고, 고농도에 노출되면 허탈, 혼수상태에 빠지기도 한다.⁷⁾

납(pb) 농도는 고혈압, 심혈관질환, 신장질환, 신경장애 등과 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며,⁸⁾ 혈중 납 농도가 압과도 관련성이 있음을 보고하였다.⁹⁾

그럼에도 불구하고, 그 동안 우리나라에서 이루어진 자동차 정비업체에서 공기 중 납 농도와 유기용제에 노출된 근로자들을 대상으로 혈액과 요검사 소견을 검토한 연구는 미흡한 실정이다.

자동차 정비업체의 도장시 페인트의 종류는 매우 다양하며, 각 페인트에 함유된 성분도 매우 다양하다. 페인트를 취급하는 업종, 도장의 주요 목적, 제조회사 또는 제품 등, 매우 다양한 요인에 따라 함유성분에 차이가 있으므로, 근로자가 노출되는 유해물질 종류와 노출양상을 정확하게 파악하는 것은 근로자 직업병 예방을 위한 개선대책수립에 있어 매우 중요하다.

본 연구의 목적은 도장작업 근로자의 호흡기 위치에서 공기 중 납 농도와 톨루엔 농도를 파악함으로써 이들 페인트 사용에 따른 근로자들의 생물학적 지표에 영향을 미치는 인자들을 예측하는데 있다. 연구결과 얻은 자료는 자동차 정비업체 도장작업 근로자의 유해물질 노출 특성을 파악하는 것은 물론, 향후 이 업종 근로자에게서 발생할 수 있는 잠재적인 직업병을 예방하기 위한 기초 자료로 활용하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구대상은 50인 미만 1급 자동차 정비업체로서, 대체적으로 도장작업시 취급하는 페인트와 희석제의 종류는 다양하였으며, 자동차 회사별로 직접 특정 제품을 사용하도록 요구하거나, 직접 구매를 하는 경우도 있었다.

본 조사는 서울시 S지역 소재하고 있는 자동차 정비업체를 본 연구의 목적과 내용을 설명하고 사업주와 근로자의 협조를 구했으며, 본 연구 협조에 동의한 8개 사업장을 대상으로 방문조사를 실시하였다. 8개 정비업체에서 일하고 있는 근무자 27명을 대상으로 작업환경 측정(공기 중 납 농도와 톨루엔 농도), 작업종료 후 혈액(blood)과 요(urine) 시료 채취와 성별, 나이, 흡연 및 음주여부 등 생활습관에 관한 조사를 2008년 3월 1부터 11월 30일까지 수행하였다.

2. 연구 방법

1) 작업장내 개인별 공기 중 시료채취 및 분석

정비업체의 환경 중 노출실태를 알아보기 위해 환경 모니터링은 공기 중 납(pb) 시료측정은 미국 NIOSH의 공정시험법,¹⁰⁾ cellulose ester membrane filter(직경 37 mm, 공극크기 0.8 μm)에 개인용 시료펌프를 연결하여 약 2 l/min의 유량으로 시료를 포집한 후 이 시료를 질산과 과염소산 혼합액(4:1)으로 회화시킨 후 원자흡광광도계(Atomic absorption spectrometer, Perkin elmer 3300)를 이용하여 분석한 후 공기 중 농도를 산출하였다.

공기 중 톨루엔(toluene) 시료를 채취하기 위해 공기 시료채취기(Permissible air sampling pump, Gilian Instrument Corp.)가 사용되었다. 시료채취에 사용한 활성관 튜브는 톨루엔의 경우 미국 NIOSH의 공정시험법¹¹⁾에 따라, 유량은 0.01~0.2 l/min으로 근로자 호흡기 위치에서 활성탄관(Charcoal tube 100 mg/50 mg, SKC Instrument Corp.)을 사용하여 6시간 이상 채취

후 튜브의 앞뒤를 플라스틱 마개로 밀봉한 뒤 실험실로 옮겨 활성탄관을 꺼뜨려 glass wool을 제거한 후, 앞에 있는 활성탄(100 mg)을 미리 준비한 바이알에 넣고, urethane foam을 제거한 후 뒤에 있는 활성탄(50 mg)을 다른 바이알에 넣고, 1 ml 이황화탄소(CS₂) 넣어 탈착시켰다.

추출된 유기용제들은 auto sampler가 부착된 기체크로마토그래피(GC, Hewlett Packard series 6890II, USA)로 분석하였다.

정확도는 회수율(recovery)로 평가하였으며, 표준곡선 작성은 공전시험관에 표준시료 원액을 각각 1 µl, 2 µl, 4 µl씩 넣고 이황화탄소(CS₂) 1 ml를 넣어 추출시킨 후 표준선을 작성 비교하였다.

2) 혈액 중 납 농도 와 요중 마뇨산 농도 분석

혈중 납 분석¹²⁾은 전혈 0.5 ml를 2.5 ml의 1% Triton X-100으로 희석하여 비 불꽃 원자흡광도계(Atomic absorption spectrometer, Perkin elmer 3300)로 분석하고, 납 표준용액은 1,000 ppm 원자흡광분석용 용액

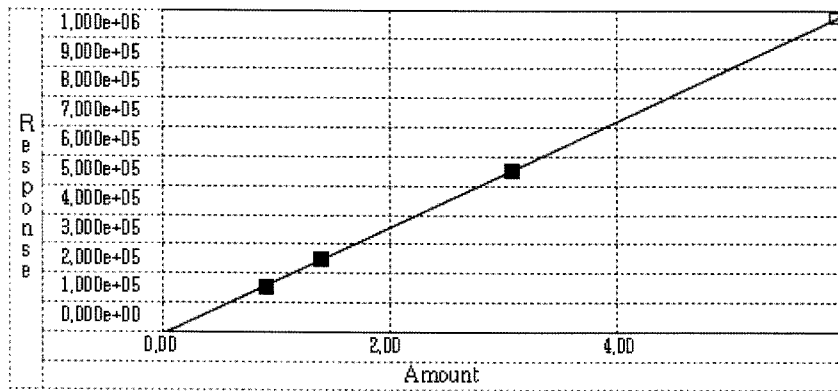
(sigma)을 희석하여 이용하였다. 이때 혈중 납 분석에 있어서 정확성을 도모하기 위하여 3단계 수준의 혈액 표준시료(Lymphocheck® Whole blood Metals Control, Bio-Rad)를 이용하여 정도·관리하였다.

요중 마뇨산 분석은 황 등¹³⁾에 의한 고속 액체크로마토그래피(HPLC, Waters 486, USA)를 이용하여, 작업종료 후 채취한 요 시료를 3,000 rpm에서 5분간 원심 분리하여 상층액을 증류수로 10배 희석한 후 분석하였으며, 모든 소변시료는 자동 생화학 분석기(Astra 8, USA)를 이용하여, creatinine 농도를 측정하고 분석하였다.

$$\text{요중 마뇨산 농도(g/g creatinine)} = \frac{\text{측정치(g/l)}}{\text{크레아티닌(g/l)}}$$

검량선 작성을 위해서 마뇨산(hippuric acid) 표준용액(100 mg)을 증류수(distilled water)에 희석해 가면서 검량선 작성에 필요한 표준용액을 제조하였고, 각 표준용액을 고속액체크로마토그래피(HPLC)에 의해 분석하여 각 성분별 면적을 기준으로 검량선을 작성하였다. Fig. 1과 같다.

Hippuric acid Calibration Curve



Calibration Information			
Processing Method	HP_1	System	UV_Only_S
Type	LC	Name	Hippuric acid
Retention Time	10.000 min	Order	1
R	0.999611	R ²	0.999222
Standard Error	10811.704218		

Hippuric acid Point Table

#	Amount	Response	Calc. Amount	%Deviation	Manual
1	0.7500	125303.175252	0.753223	0.430	No
2	1.5000	236070.503676	1.419069	-5.395	No
3	3.0000	511715.999290	3.076031	2.534	No
4	6.0000	995110.484978	5.981815	-0.303	No

Fig. 1. Typical calibration curves for target hippuric acid analyzed in the study.

3) 통계처리

수집된 자료 분석은 SPSS 13.0 통계프로그램을 이용하여 필요한 통계처리를 실시하였다. 자료 분석 결과 혈중 납농도, 요중 마노산 분포가 좌측으로 치우친(right skewed) 분포를 보여 자연로그치환(natural log transformation)을 실시한 후 기하평균, 기하표준편차, 범위를 구하였다.

대상자들의 일반적 특성과 근무기간별, 흡연군과 비흡연군별, 음주군과 비흡연군, 혈중납 농도별, 요중 마노산 농도간의 공기 중 납농도, 톨루엔 농도의 정량적 차이에 대한 비교는 t-test를 이용하였고, 연령, BMI 혈중 연 농도와, 요중 마노산 농도의 정량적 차이는 Analysis of variance(ANOVA)를 이용하여 비교하였다. 또한 공기 중 납과 톨루엔 농도가 혈중 납 및 요중 마노산 관련 생물학적 노출지표에 미치는 영향을 보기 위하여 대상자의 연령, 근무기간, 신장, 체중, BMI, 흡연 및 음주여부, BMI의 교란변수를 통제한 후 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사대상자의 일반적 특성

정비업체의 도장 공정 근로자의 성별, 연령, 체중, 신장 BMI, 근무기간, 음주, 흡연 등이 있으며 각 변수에 대한 분포는 Table 1과 같다.

연구대상자의 일반적 특성을 살펴보면, 27명 전원이 남성이었으며, 연령대별 분포는 40세 이상 6명(22.2%), 30세 미만 8명(29.6%), 30~39세 13명(48.1%) 순으로 나타났다.

체중별 분포는 60~69 kg 11명(40.7%)에서, 신장별 분포는 170 cm 이하 14명(51.9%)으로 가장 많았으며, 체질량지수(Body mass index)별 분포에서는 정상 13명(48.1%), 저체중 9명(33.3%), 과체중 5명(18.6%) 순으로 조사되었다.

근무경력은 10년 이하 18명(66.7%)로 가장 많았으며, 평균 근무기간은 9.3년으로 조사되었다.

현재 흡연여부는 전체 응답자 27명 중 흡연군은 23명(85.2%), 비흡연군은 4명(14.8%)이었으며, 비음주군 5명(18.5%)과 음주군 22명(81.5%)과 분포에 큰 차이를 보였다.

2. 도장 작업자의 공기 중 납, 톨루엔 노출농도

도장부스(열처리부스) 내에서 작업하는 근로자로부터 채취한 개인시료 중 분진(dust), 납(pb), 톨루엔(toluene)의 분석결과는 대수정규분포를 하였다. Fig. 2와 3에서

Table 1. General characteristics of subjects in this study

Unit : number (%)		
Variable	Items	No. of samples (%)
Age group	< 30	8(29.6)
	30~39	13(48.1)
	40 ≤	6(22.2)
Weight, kg	< 59	9(33.3)
	60~69	11(40.7)
	70 ≤	7(25.9)
Height, cm	< 170	14(51.9)
	170 ≤	13(48.1)
BMI [†] , kg/m ²	< 20	9(33.3)
	20~24	13(48.1)
	25~29	5(18.6)
Working duration(years)	< 10	18(66.7)
	10 ≤	9(33.3)
Smoking(current)	smoker	23(85.2)
	non-smoker	4(14.8)
Alcohol drinking(current)	drinker	22(81.5)
	non-drinker	5(18.5)
Total		27(100.0)

[†]BMI : Body Mass Index.

보는 바와 같다.

Table 2는 도장공정의 공기 중 농도 분포는 전체 대상자의 분진 기하평균농도는 0.38 mg/m³(0.11~1.37 mg/m³), 납(pb) 농도는 0.002 mg/m³(0.0003~0.0131 mg/m³)로 조사되었다.

국내·외 연구결과와 비교해 보면 조 등²⁾의 연구에서는 스프레이작업시 분진 노출량이 0.93 mg/m³, 납 농도는 0.009 mg/m³이었으나, 본 연구에서는 공기 중 분진농도는 약 40%, 납 농도 약 20% 정도 차이를 보였다.

본 연구의 톨루엔(toluene) 농도는 1.08 ppm(0.06~7.43 ppm)으로 노동부의 노출기준(50 ppm)¹⁴⁾ 및 ACGIH의 노출기준(50 ppm)을 초과하는 예는 없었다. 박 등¹⁵⁾의 연구보다는 약 20% 정도가 높은 농도 분포를 보였다.

용제류의 경우 산업장에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 것이 신너(Solvent thinner)이며, 페인트 작업시 신너를 적절한 비율로 섞어 사용되며, 주성분은 톨루엔,

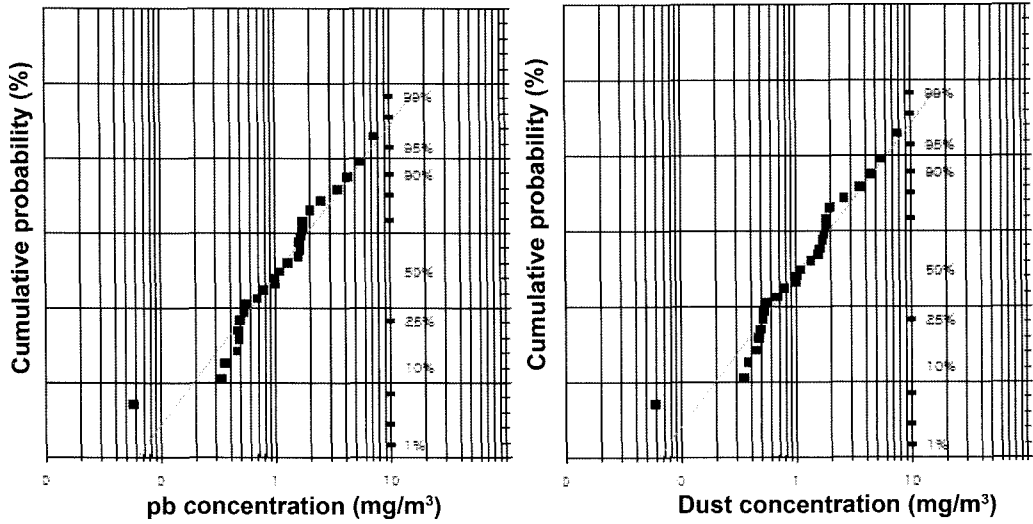


Fig. 2. Distribution of dust and pb concentrations in personal air samples.

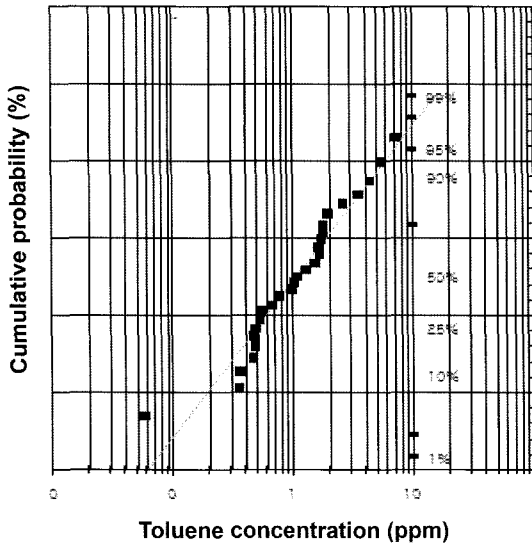


Fig. 3. Toluene concentrations measured from in personal air samples.

Table 2. Concentration of lead & organic solvents in working environment by auto repair shops

Organic solvents	No. of samples	Airborne concentration (mg/m ³ , ppm)		
		Range	GM ^a	GSD ^b
Dust	27	0.11~1.37	0.38	1.78
Pb	27	0.0003~0.0131	0.002	2.29
Toluene	27	0.06~7.43	1.08	2.76

A : Geometric mean, B : Geometric standard deviation.

크실렌 등이었다.^{16,17)}

유기용제는 일반적으로 피부, 점막, 호흡기 자극, 중추신경장애(depression of central nervous system)와 같은 독성이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 톨루엔과 같은 방향족탄화수소화합물은 간 및 신장 장애를 유발할 수 있는 물질도 있다.¹⁸⁾

이상의 결과를 보아 자동차정비업체의 납이 함유된 도료를 사용하고 있으며, 납과 톨루엔에 대한 지속적인 모니터링과 더불어 건강관리와 환경관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

3. 근로자들의 특성에 따른 농도 분포

Table 3은 도장 공정 작업자의 공기 중 납 및 톨루엔 노출수준이 노출근로자의 연령, 근무경력, BMI 등 여러 변수 특성에 따라 어떻게 달라지는지 분석한 결과이다. 연령별 공기 중 납 노출수준은 30세미만 그룹이 0.0015 mg/m³, 30-40세 그룹이 0.0022 mg/m³, 그리고 40세 이상그룹이 0.0030 mg/m³로 연령대가 증가 할수록 노출된 납 농도 수준은 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.27). 톨루엔 경우 30세미만이 0.31 ppm으로 다른 그룹에 비해 약간 높은 수준이었으나 역시 연령대별로 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.06).

BMI별 공기 중 납 농도는 20~24 kg/m² 그룹이 0.0018 mg/m³, 20 kg/m² 그룹이 0.0019 mg/m³, 25~29 kg/m² 그룹이 0.0038 mg/m³ 순으로 조사되었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.21). 톨루엔의 경우 20 kg/m² 그룹에서 0.30 ppm 가장 높은 농도

Table 3. Comparison between exposed concentration of airborne lead, toluene and general characteristics in studied workers

Variables	Items	No. of samples	Airborne pb concentration		p-value	Airborne toluene concentration		p-value
			GM ^a (mg/m ³)	GSD ^b		GM ^a (ppm)	GSD ^b	
Age (years)	< 30	8	0.0015	2.23	0.27	0.31	1.78	0.06
	30~39	13	0.0022	2.31		0.23	2.08	
	40≤	6	0.0030	2.19		0.20	1.81	
Work duration(years)	< 10	18	0.0017	2.21	0.06	0.29	1.87	0.19
	10≤	9	0.0032	2.17		0.18	1.87	
BMI [†] kg/m ²	< 20	9	0.0019	2.32	0.21	0.30	1.97	0.23
	20~24	13	0.0018	2.24		0.25	1.92	
	25~29	5	0.0038	2.11		0.16	1.74	
Smoking (current)	smoker	23	0.0022	2.19	0.42	0.24	1.91	0.06
	non-smoker	4	0.0015	3.13		0.27	2.26	
Alcohol drinking (current)	drinker	22	0.0020	2.47	0.72	0.25	1.93	0.28
	non-drinker	5	0.0024	1.50		0.22	2.05	
Blood lead(β/dl)	< 3.24	19	0.0017	2.08	0.02*	0.26	2.00	0.39
	3.25≤	8	0.0036	2.26		0.22	1.80	
Hippuric acid(g/g, Cr)	< 0.32	17	0.0026	2.35	0.06	0.17	1.73	0.28
	0.33≤	10	0.0014	1.92		0.46	1.21	
Total		27	0.0021	2.29		0.25	1.93	

A : Geometric mean, B : Geometric standard deviation.

[†]BMI : Body Mass Index.

*: Significantly different from control, p<0.05.

Table 4. Comparison between concentration of blood lead, urinary hippuric acid and general characteristics in studied workers

Variables	Items	No. of samples	Blood lead concentration		p-value	Urinary hippuric acid concentration		p-value
			GM ^a (μg/dl)	GSD ^b		GM ^a (g/g, Cr)	GSD ^b	
Age (years)	< 30	8	1.67	1.87	0.96	0.31	1.78	0.49
	30~39	13	1.60	2.32		0.23	2.08	
	40 ≤	6	1.78	2.62		0.20	1.81	
Work duration(years)	< 10	18	1.57	2.15	0.62	0.29	1.87	0.07
	10 ≤	9	1.85	2.35		0.18	1.87	
BMI [†] kg/m ²	< 20	9	1.70	1.51	0.16	0.30	1.97	0.27
	20~24	13	1.32	2.69		0.25	1.92	
	25~29	5	2.90	1.47		0.16	1.74	
Smoking (current)	smoker	23	1.62	2.29	0.67	0.24	1.91	0.77
	non-smoker	4	1.94	1.67		0.27	2.26	
Alcohol drinking (current)	drinker	22	1.60	2.20	0.62	0.25	1.93	0.71
	non-drinker	5	1.95	1.87		0.22	2.05	
Total		27	1.66	2.19		0.25	1.93	

A : Geometric mean, B : Geometric standard deviation.

[†]BMI : Body Mass Index.

분포를 보였으나 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.23).

혈중 납은 박 등¹⁹⁾의 연구에 의하면 직업적으로 노출이 없는 일반 한국 성인에서 혈중 납 농도는 3.24 μg/

dl로 보고하고 있다. 그래서 본 연구는 혈중 납 농도를 3.24 µg/dl 이하 그룹이 0.0017 mg/m³, 3.25 µg/dl 이상 그룹에서는 0.0036 mg/m³로 높은 농도치를 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.02).

우리나라 일반인을 대상으로 요중 마노산 농도에 대한 연구 결과 0.32 g/l로 보고하고 있다.²⁰⁾ 본 연구는 0.32 g/l 이하 그룹이 0.17 g/g, Cr, 0.33 g/l 이상 그룹에서는 0.46 g/g, Cr로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.28).

작업장의 공기 중 톨루엔 농도와 대사산물인 요중 마노산 농도는 미국 산업안전보건청(Occupational safety and health administration, OSHA)의 기중 톨루엔의 8시간 시간가중평균 노출기준(TLV-TWA)인 50 ppm을 근거로 하였을 때 기중 톨루엔의 개인노출평균농도는 약 3.3% 정도 노출로 타 업종에 비해 낮은 농도 분포를 보였다.

Table 4는 대사산물인 혈중 납농도와 요중 마노산 농도를 연령, 근무기간, BMI, 흡연, 음주별 비교한 결과

혈중 납농도는 근무기간별에서 10년 이하 그룹은 1.57 µg/dl, 10년 이상 1.85 µg/dl로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.62). 톨루엔의 경우 10년 이하 그룹이 0.29 g/g, Cr, 10년 이상 그룹은 0.18 g/g, Cr로 10년 이하에서 더 높았으나, 통계적으로 차이를 보이지 않았다(p=0.07).

생물학적 기준치는 생체의 생물학적 모니터링을 실시하여 노출정도를 평가하기 때문에 작업장 유해물의 기준치와 관련이 있고, 특히 작업장의 유기용제인 경우 환경농도와 생체시료중의 신진대사물질의 농도를 가지고 생물학적 기준치로 삼는 방법을 많이 사용하고 있다.²¹⁾

4. 혈중 연, 요중 마노산 배설량에 영향을 미치는 변수 분석

작업 종료 직후 혈중 납(pb) 농도와 요중 마노산(hippuric acid)을 종속변수로 하고, 연령, 근무기간, 체중, 신장, BMI, 분진(dust), 공기 중 납(pb) 농도 및 톨루엔(toluene) 농도를 독립변수로 하여 다중회귀분석

Table 5. Multiple regression of blood pb concentration by variables

Variables	β ¹⁾	SE(B) ²⁾	Beta	T value	p-value
Age (years)	.057	.078	.369	.728	0.47
Work duration (years)	-.029	.094	-.144	-.302	0.76
Alcohol drinking	.351	.621	.116	.566	0.57
Smoking	.151	.727	.045	.207	0.83
Height	-.097	.128	-.563	-.754	0.46
Weight	.185	.175	1.620	1.056	0.30
BMI	-.423	.509	-1.165	-.832	0.41
Concentration of pb in air	157.682	77.703	.406	2.029	0.05
Dust	.919	1.013	.210	.907	0.37
(Constant)	12.654	21.993		.575	0.57

1) Regression coefficient.

2) Standard error of B.

Table 6. Multiple regression of urinary hippuric acid concentration by variables

Variables	β ¹⁾	SE(B) ²⁾	Beta	T value	p-value
Age (years)	.011	.009	.545	1.298	0.21
Work duration(years)	-.021	.011	-.783	-1.907	0.07
Alcohol drinking	-.014	.076	-.034	-.186	0.85
Smoking	.009	.084	.019	.104	0.91
Height	.046	.016	1.962	2.895	0.01
Weight	-.061	.022	-3.933	-2.827	0.01
BMI	.151	.062	3.051	2.427	0.02
Concentration of toluene in air	.025	.017	.263	1.459	0.16
(Constant)	-7.156	2.712		-2.638	0.01

1) Regression coefficient.

2) Standard error of B.

(multiple regression analysis)을 시행한 결과, 혈중 납 농도에 통계적으로 유의하게 가장 큰 영향을 준 변수는 작업장 공기 중 납농도($\beta=0.406$), 요중 마노산 농도 경우 체중($\beta=-3.93$), 신장($\beta=1.96$), 그리고 BMI($\beta=3.05$)가 유의한 영향을 미쳤고($p<0.02$), 공기 중 톨루엔 농도 경우는 영향을 주기는 하지만($\beta=0.263$) 통계적인 유의성은 없는 것으로 평가되었다($p=0.16$, Table 5, 6).

IV. 결 론

본 연구는 2008년 3월부터 11월까지 서울시 일부 자동차 정비업체의 도장 공정 근로자를 대상으로 공기 중 납 농도와 톨루엔 농도의 대사산물인 혈중 납 농도, 요중 마노산 농도를 파악하기 위해 작업종료 후 채혈과 소변을 채취하여 비교 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 조사대상 근로자 27명 전원이 남자였으며, 평균 연령은 36.2세였으며, 30~40세가 13명(48.1%)으로 가장 많았다. 평균 신장은 171.3 cm, 체중은 65.2 kg으로, 체질량지수(Body mass index)는 장상은 13(48.1%), 저체중 9명(33.3%), 과체중 5명(18.6%)이었다.

근무경력은 10년 이하가 18명(66.7%)로 가장 많았으며, 평균 근무기간은 9.3 년으로 조사되었다.

2. 도장공정의 공기 중 분진농도는 기하평균 0.38 mg/m^3 ($0.11\sim 1.37 \text{ mg/m}^3$)이고, 납(pb) 농도는 0.002 mg/m^3 ($0.0003\sim 0.0131 \text{ mg/m}^3$)로 나타났으며, 톨루엔(toluene) 농도는 1.08 ppm($0.06\sim 7.43 \text{ ppm}$)으로 우리나라 노동부 노출기준(50 ppm) 미만으로 조사되었다.

3. 정비업체의 공기 중 납농도와 연령, 근무경력, BMI은 음주 및 흡연여부는 차이를 보이지 않았으나, 혈중 납 농도간의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였으나($p=0.02$).

4. 혈중 납(pb) 농도와 요중 마노산(hippuric acid)을 종속변수로 하고, 연령, 근무기간, 체중, 신장, BMI, 분진(dust), 공기 중 납(pb) 농도 및 톨루엔(toluene) 농도를 독립변수로 하여 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행한 결과, 혈중 납농도에 통계적으로 유의하게 가장 큰 영향을 준 변수는 작업장 공기 중 납 농도였다.

요중 마노산 농도 경우 체중, 신장, 그리고 BMI가 유의한 영향을 미쳤고($p<0.02$), 공기 중 톨루엔 농도 경우는 영향을 주기는 하지만 통계적인 유의성은 없는 것으로 평가되었다.

이상의 결과를 보아 자동차정비업체 도장 공정에서는

납이 함유된 도료를 사용하고 있으며, 근로자에게 공기 중, 혈중에 납이 노출되고 있는 것으로 확인되었으므로 향후 도장 공정에서는 분진과 더불어, 비록 그 노출되고 있는 농도가 높은 편은 아니지만 납에 대한 지속적인 모니터링과 더불어 건강관리와 작업환경관리가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Lee, K. S., Lee, M. G., Cho, Y. C. : Laboratory findings and subjective symptoms of car repair workers. *Korean Society of Environmental Health*, **24**(2), 80-87, 1998.
2. Jo, S. H., Lee, S. H. : A study on exposure risk of auto-repair shop painters to lead. *Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **12**(3), 187-194, 2002.
3. Won, J. I., Lee, K. M. : An analysis of ingredient and the states of measurement of airborne mixed organic solvents. *Korean Journal of Occupational Health*, **33**(2), 28-34, 1994.
4. Burgess, W. A. : Recognition of health hazards in Industry. A review of materials and process. John Wiley and Sons, Inc. New York. 1981.
5. Tsaih, S. W., Korrick, S., Schwartz, J., Amarasiriwardena, C., Aro, A., Sparrow, D., Hu1, H. : Lead, diabetes, hypertension, and renal function: The normative aging study. *Environmental Health Perspective*, **112**(11), 1178-1182, 2004.
6. Go, H. S. : A comparison of health hazard effects by solvent-based and water-based painting materials. *Hanyang University Graduate School Engineering*, 2007.
7. Husman, K. : Symptoms of car painters with long-term exposure to a mixture of organic solvents. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, **6**(1), 19-32, 1980.
8. Kalman, D., Schumacher, R., Covert, D., Eaton, D. L. : Biological availability of lead in a paint aerosol. I: Physical and chemical characterization of a lead paint aerosol. *Toxicology Letters*, **22**(3), 301-306, 1984.
9. Lustberg, M., Silbergeld, E. : Blood lead levels and mortality. *Archives of Internal Medicine*, **162**(21), 2443-2449, 2002.
10. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods. 3th ed. Method No. 0500. NIOSH, 1989.
11. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods. NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1995.
12. Fernandez, F. J. : Micromethod for lead determination in whole blood by atomic absorption, with use of the graphite furnace. *Clinical Chemistry*, **21**, 558-561, 1975.

13. Hwang, J. H., Kim, J. J., Lee, K. J., Roh, J. H., Won, J. W., Kim, C. N., Lee, H. J. : Comparison of urinary hippuric acid toluene and o-cresol as biological exposure indices for workers exposed to toluene. *Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **12**(2), 79-87, 2002.
14. Ministry of labor, Exposure level of chemical substances and physical factors, 64-65, 2007.
15. Park, J. K., Jung, S. J., Park, J. S., Chung, H. K. : Field comparison of two monitoring methods for air-born organic solvents in the paint spray process. *Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **12**(2), 126-134, 2002.
16. Kim, K. J., Park, W., Kim, J. C. : Analysis of thinners and measurement of organic solvents in air of painting workplace. *Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **1**(1), 8-15, 1991.
17. Inoue, T., Takeuchi, Y., Hisanaga, N., Ono, Y., Iwata, M., Ogata, M., Saito, K., Sakurai, H., Hara, I., Matsushita, T., Ikeda, M. : Nationwide survey on organic solvent components in various solvent products: Part 1. Homogeneous products such as thinners, degreasers and reagents. *Indust Health*, **21**(3), 175-184, 1983.
18. Scott, R. : Chemical hazards in the workplace. Lew is publishers, Inc., Chelsea, Michigan, 1989.
19. Park, J. U., Oh, S. W., Kim, S. H., Kim, Y. H., Park R. J., Moon, J. D. : A study on the association between blood lead levels and habitual tobacco and alcohol use in Koreans with no occupational lead exposure. *Korean Society of Occupational & Environmental Medicine*, **20**(3), 165-173, 2008.
20. Kim, J. J., Ham, J. O., Ahn, K. D., Lee, B. K., Nam, T. S., Paik, N. W. : A study on urinary hippuric acid and subjective symptoms in toluene exposed workers. *Korean Society of Occupational & Environmental Medicine*, **1**(2), 206-217, 1989.
21. Brugnone F., Rosa, E. D., Perebelli, L. : Toluene concentration in the blood and alveolar air of workers during the work shift and the morning after. *British Journal of Industrial Medicine*, **43**, 56-61, 1986.