

일부 자동차정비업체 도장공정 근로자의 납 노출

조 상 현 · 이 세 훈^{1)†}

가톨릭대학교 산업보건대학원, 가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾

A Study on Exposure Risk of Auto-repair Shop Painters to Lead

Sang-Hyun Jo · Se-Hoon Lee^{1)†}

Graduate School of Occupational Health, Dept. of Preventive Medicine,
College of Medicine¹⁾, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

This study was conducted to assess concentrations of the total dust and lead concentration in air(PbA), and blood lead (PbB) of the painters in 23 car Auto-repair shops in Kyunggi-do Province. Office workers and workers doing dipping and soldering in an electronic company were participated as negative and positive control group each. Telephone interview was also conducted with 40 environmental monitoring institutions on the items of environmental measurement the automobile maintenance enterprises.

The results obtained from this study were as follows:

1. Dust exposure of painters showed to be 2.56mg/m³ in sanding and 0.93mg/m³ in spraying, and 0.34mg/m³ in control group.

2. The PbA in sanding, spraying, dipping, soldering work, and control were 0.0021, 0.0009, 0.0032, 0.0024, 0.0002mg/m³, respectively. The PbA of sanding, spraying, dipping, soldering work were significantly higher than that of control, but there

was no significant difference of PbA between sanding, spraying and dipping, soldering.

3. Blood lead concentration of the painters, control, dippers, and solders were 3.5, 1.4, 4.8μg/dl and 4.3μg/dl respectively. PbB of the control group was significantly lower than that of the painters, dippers, and solders, but no difference was found between painters and dippers or solders.

4. Among 40 environmental monitoring institutions, only one measures lead together with organic solvents, seven do dust and organic solvents, and one does toluene diisocyanate and organic solvents. None of the institutions measures heavy metal, dust together with organic solvents.

As the result of this study, painters working at the auto-repair shops are potentially exposed not only to dust but also lead. Preventive measures are recommended of the painters in the auto-repair shops from lead exposure.

Key Words : lead, sanding, spraying, painter

I. 서론

도장은 제품을 더러움이나 부식으로 부터 보호하고, 외관을 아름답게 보이기 위해 도료를 제품표면에 얇게 칠하고 굳히

는 과정을 말한다(한국산업안전공단, 1999). 또한 방식성, 내습성, 내수성, 내기후성이나 내유성, 내약품성을 부여하여 녹발생을 방지하고 자유로운 색채와 광택, 평활성, 모양 등을 부여하기 위하여

다양한 색상의 도장작업이 행하여진다(장순익, 1989).

도장의 원료로 사용되는 페인트는 색소, 피막형성제, 유기용제, 첨가제로 구성되어 있으며, 색소는 페인트 중에서 20-60%를 차지하고, 중금속을 이용하는 경우가 많아 건강상의 문제를 야기할 수 있다. 피막형성제는 천연 또는 합성수지로 되어 있으며, 페인트가 마를 때 색소가 표면에 잘

접수일 : 2002년 10월 4일, 채택일 : 2002년 11월 30일

† 교신저자 : 이세훈(서울시 서초구 반포동 505 가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실

Tel : 02-590-1236, Fax : 02-532-3820, E-mail : ashlee@catholic.ac.kr)

붙어있도록 하는 역할을 한다. 유기용제는 신나와 같이 페인트를 녹여서 칠할 수 있도록 하는 물질이며, 첨가제는 가소제, 건조제, 분산제 등으로 도료안에 소량을 가하여 도료의 성상을 조정하는 성분을 말하며 도료에 따라서 전혀 함유되지 않은 것도 있다(한국산업안전공단, 1999; 보건관리대행기관협의회, 2001).

자동차 전착도료 및 보수용도료에는 종류에 따라 납, 아연, 망간, 니켈, 주석, 구리 등의 중금속이 함유되어 있고, 납은 무기화합물의 형태로써 25% 이상을 차지하는 경우도 있으며, 이는 색소 또는 경화촉진제로 사용된다(박승현 등, 2001; 보건관리대행기관협의회, 2001).

납이 함유된 색소들은 도장이 되어있는 상태에서는 인체에 유해성이 거의 나타나지 않지만 도장을 하는 과정에서는 안개 상태로 떠다니며 근로자의 호흡기를 통해 흡입될 수 있으며, 페인트를 칠할 때보다는 연마 작업등 페인트칠을 벗겨내는 경우에 더욱 문제가 될 수 있다(한국산업안전공단, 1999).

도료의 중금속 색소중에 하나인 납에 의한 건강장해는 크게 조혈기능 장애, 위장관 계통의 장애, 신경근육 계통의 장애 등으로 나눌 수 있으며(Zenz, 1998), 염색체의 변이 및 납중독으로 인한 수정력 감소, 유산을 증가 및 선천성 기형을 관찰한 연구도 있다(Ferm, 1967). 또한 Walter (1987)는 납에 의한 DNA 장애에 관한 연구 결과를 보고하였고, 조명행과 김복환(1998)은 납을 Thalidomide 등과 함께 기형을 유발시키는 물질이라고 기술하였다. 직업성 납 노출자의 갑상선 기능변화에 대한 연구(김형수 등, 1999)도 있었으며, 납 노출이 남성호르몬에 미치는 영향(김형수 등, 2001)에서는 납의 생물학적 지표와 일부 성호르몬간에 유의한 상관관계를 보이기도 하였다.

한편 도장작업시 발생될 수 있는 납 노출에 관한 외국 사례로는 미국에서 지역측정을 통해 분무도장 작업시 발생하는 분진을 조사한 결과 측정된 총분진 중 납이 전체의 11%를 차지하는 것으로 보고되었다(Kalman, 1984).

일반인을 대상으로 한 납 노출 평가로는 미국의 일반주택 4200만 가구 가량이 납이 함유된 도료로 도장되어 있고, 이들 가구에 살고 있는 180만 명의 어린이들이 납이 함유된 도료에 노출되고 있어 납에 관한 안전프로그램이 거론되었으며(Potula 등, 2001), 85년된 고등학교 건물을 대상으로 wipe sample 및 혈중 납을 조사한 연구가 있었다(Decker 등, 1999).

국내에서는 자동차 실외도장, 열처리부스 근로자의 납 노출을 보고한 연구와(박희찬, 1995) 자동차 도료의 성분분석과 스프레이 도장, 연마 수정작업시 근로자에게 노출되는 납 농도를 조사한 연구가 있다(박승현 등, 2001). 또한, 굴삭기 제조업체 도장공정을 대상으로 도료의 성분과 근로자의 분진 및 납 노출을 조사한 바가 있었다(이규원, 2001).

그럼에도 불구하고 도장공정에서 발생하는 유기용제에 대한 연구는 그간 활발히 진행되어 왔으나, 납에 대한 연구는 그리 많지 않은 형편이며, 특히 생물학적으로 니터링에 대한 자료는 보고된 적이 거의 없는 실정이다.

본 연구의 목적은 자동차정비업체의 도장공정에서 발생하는 공기중의 분진 및 납 농도와 혈중 납 농도를 조사하여 근로자의 납 노출 실태를 파악하고, 현재 국내 작업환경측정기관에서 도장공정을 대상으로 실시하고 있는 작업환경측정 및 특수건강진단의 현황을 파악함으로써 향후 이 업종 근로자에게 발생될 수 있는 납 노출 위험성을 평가하는 것이다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

경기도 안양시, 군포시, 의왕시에 소재한 자동차정비업체 23개소의 도장공정 근로자를 조사대상으로 하였으며, 일부 전자부품제조업체 수동납땜, 디핑공정 근로자 및 자동차정비업체 하체공정 근로자와 일반사무직 근로자를 양 및 음의 대조군으로 선정하였다.

또한, 국내의 작업환경측정기관 중 무작위로 선정한 40개소를 대상으로 설문조사를 실시하였고, 조사기간은 2001년 8월부터 12월까지이었다.

2. 연구방법

1) 환경시료포집

분진과 납의 시료포집은 National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH) 공정시험법 0500(NIOSH, 1989)에 준하여 멤브레인필터(직경 37 mm, pore size 0.8 μ m, Seoul Sciences, KOREA)를 사용하였다. 필터를 카세트 홀더에 고정시킨 후 개인시료포집기(Gilian, U.S.A.)에 연결하여 노동부 작업환경측정 실시규정(노동부, 1994)에 따라 근로자 호흡기 영역에서 시료를 포집하였다. 개인용시료포집기의 유량을 1.5 l/min으로 하여 6시간 동안 시료를 포집하여 분진과 납을 동시에 구하였다.

도장공정을 연마작업과 스프레이작업으로 분류하여 시료를 포집하였으며, 도장공정에서 발생하는 분진과 납을 비교하기 위해 납 노출이 없는 하체공정을 대조군으로 선정하여 시료를 포집하였다. 또한, 전자부품 제조업체 수동납땜 및 디핑공정에서 발생하는 납을 동일한 방법으로 포집하여 대조군에서 발생하는 납과 비교하였다.

2) 생체시료채취

도장공정 근로자의 혈액 약 2~3ml를 헤파린 처리된 혈액 채취관에 채혈한 후 즉시 혼합하여 4℃에서 냉장보관 하였다. 일반사무직 근로자를 대조군으로 선정하여 혈액을 채취하였으며, 전자부품 제조업체 수동납땜과 디핑공정 근로자도 동일한 방법으로 생체시료를 채취하여 대조군인 일반사무직 근로자와 혈중 납 농도를 비교하였다.

3) 설문조사

도장공정 근로자와 대조군인 사무직 근로자의 나이, 근무년수, 작업시간 등의 일반적인 특성은 시료채취시 문답식의 조사

방법으로 파악하였으며, 국내의 작업환경 측정기관 40개소를 무작위로 선정하여 도장공정에서 실시하고 있는 작업환경측정 및 특수건강진단 항목을 전화를 이용한 문답식의 설문조사로 실시하였다.

4) 시료의 전처리 및 분석

환경시료 포집에 사용된 필터는 시료포집 전 데시게이터에서 24시간 동안 건조시킨 후 전자저울(Sartorius, R200D, Germany)을 이용하여 평량하였다. 시료를 포집한 후의 필터는 포집 전에 실시한 방법과 동일하게 하여 전처리를 하였으며, 시료의 포집 전, 후의 중량 차를 구한 후 평균유량으로 나누어 분진에 대한 분석을 실시하였다.

포집된 환경시료의 납은 NIOSH 공정시험법 7300(NIOSH, 1994)에 따라 전처리

한후 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrometer; AAS, Varian, Spectr AA-300, Australia)를 사용하여 분석하였으며, 분석 기기의 조건은 표 1과 같다.

생체시료는 시료의 손실방지와 안전화를 위해 0.2% (NH₄)₂HPO₄(Diammonium hydrogen phosphate)와 1% Triton X-100으로 이루어진 매질개선제(matrix modifier)로 혈액을 20배 희석하여 표준액 첨가법에 의해 전처리한 후 흑연로 장치가 부착된 AAS를 사용하여 분석하였으며, 분석 기기의 조건은 표 2와 같다.

3. 통계처리

측정을 통해 얻어진 자료의 분석은 SAS(Statistical analysis system, Version 8.1)를 이용하였으며, 각 공정별 측정결과치는 대수정규분포를 이루어 기하평균(Geometric Mean, GM) 과 기하표준편차(Geo-

metric Standard Deviation, GSD)로 제시하였다.

도장, 수동납땜, 디핑공정 근로자에게 노출되는 분진, 납의 노출수준과 대조군인 하체공정 근로자와의 차이 및 일반사무직 근로자와 각 공정 근로자의 혈중 납 농도의 차이를 보기 위해 분산분석(ANOVA)을 시행하였다. 공기중 분진, 납 및 혈중 납 농도의 각 공정별 차이는 다중비교분석(Duncan's multicomparison)을 이용하였다.

또한, 국내의 작업환경측정기관에서 자동차정비업체 도장공정을 대상으로 실시하고 있는 작업환경측정 및 특수건강진단 항목에 대한 내용은 빈도분석을 하였다.

III. 결 과

Table 1. Analytical condition of atomic absorption spectrometer-flame for lead analysis

Items		Condition
Signal	Type Measurement	Atomic Absorption Time Average
Spectrometer	Wave length (nm)	217.0
	Slit width (nm)	0.7
Flame	Type	Air / Acetylene
	Air flow (ℓ/min)	10.0
	Fuel flow (ℓ/min)	2.0
Lamp	Type	HCL
	Current (mA)	10.0
	Background correction	Off
Timing	Read time (sec)	2.5
	Read delay (sec)	0

Table 2. Analytical condition of atomic absorption spectrometer-graphite furnace for blood lead analysis

Instrument Parameter		Furnace Parameter					
Items	Condition	Step No.	Temp. (°C)	Time (sec)	Gas Flow (ℓ/min)	Gas Type	Read Command
Instrument mode	Absorbance	1	85	5.0	3.0	Normal	No
Calibration mode	STD addition	2	98	40.0	3.0	Normal	No
Measurement mode	Pack height	3	120	10.0	3.0	Normal	No
Lamp current(mA)	10.0	4	250	8.0	3.0	Normal	No
Slit width(nm)	0.5	5	450	7.0	3.0	Normal	No
Wave length(nm)	283.3	6	600	10.0	3.0	Normal	No
Background correction	On	7	600	1.0	0.0	Normal	No
Sample volume(μℓ)	10	8	2200	1.0	0.0	Normal	Yes
		9	2000	2.0	0.0	Normal	Yes
		10	2300	2.0	3.0	Normal	No

1. 도장공정 근로자의 일반적인 특성

시료 채취시 문답식의 조사를 실시하여 자동차정비업체 도장공정 근로자와 대조군인 사무직 근로자의 일반적인 특성을 조사한 결과는 표 3에 나타내었다. 도장공정 근로자의 평균 연령은 34.4세였고, 20대(37.0%)와 30대(37.0%)가 가장 많았다. 도장공정 근로자의 근무년수는 5년 이하가 31.5%, 21년 이상도 11.1%이었으며, 평균 근무년수는 11.4년이었다. 1일 평균 연마작업은 3.8시간이며, 2~5시간 (68.5%)이 가장 많았다. 스프레이작업은 2시간 미만이 66.7%로 가장 높았으며, 평균 2.1시간동안 스프레이작업을 하는 것으로 나타났다.

일반사무직 근로자의 평균 연령은 32.5세, 평균 근무년수는 8.3년이었다.

도장공정에서는 고정적으로 연마작업, 스프레이작업만을 실시하는 근로자는 없으며, 작업물량 등의 당일 작업여건에 따라 연마와 스프레이작업을 하는 근로자가 정해지는 것으로 조사되었다.

2. 도장공정 근로자의 공기중 분진 노출량

도장공정 근로자의 분진 노출량은 연마작업 2.56mg/m³(0.73-10.13), 스프레이작업에서는 0.93mg/m³(0.27-2.09)이었으며, 대조군인 하체공정에서는 0.34mg/m³ (0.04-0.91)이었다(표 4). 연마 및 스프레이작업

근로자의 분진 노출량은 대조군인 하체공정 근로자에 비하여 유의하게 높았다(P < 0.001).

3. 각 공정별 공기중 납 노출량

연마작업 근로자의 납 노출량은 0.0021 mg/m³(N.D-0.0170)이었으며, 스프레이작업 근로자는 0.0009mg/m³(N.D-0.0056), 대조군인 하체공정 근로자는 0.0002mg/m³(N.D-0.0007)로 납 노출을 확인할 수 있었다(표 5). 따라서 자동차정비업체에서는 연마작업 근로자의 납 노출이 가장 높은 것으로 나타났으며, 대조군인 하체공정에서는 23개의 시료 중 17개에서는 납이 검출되지

Table 3. General characteristics of the study subjects

Index		Exposed		Control	
		Frequency(%)	Mean±S.D.	Frequency(%)	Mean±S.D.
Age (yr)	~29	20 (37.0)	25.6±2.2	12 (37.5)	25.9±2.4
	30~39	20 (37.0)	34.8±2.8	15 (47.0)	34.1±2.2
	40~49	10 (18.6)	45.4±3.5	5 (15.5)	43.4±2.9
	50~	4 (7.4)	1.7±1.7	-	-
Total		54 (100)	34.4±9.0	32 (100)	32.5±6.5
Work duration (yr)	~5	17 (31.5)	2.9±1.7	12 (37.5)	3.0±1.4
	6~10	15 (27.8)	8.6±1.5	8 (25.0)	8.0±1.5
	11~20	16 (29.6)	16.1±3.2	12 (37.5)	13.9±3.1
	21~	6 (11.1)	29.7±4.8	-	-
Total		54 (100)	11.4±8.8	32 (100)	8.3±5.3
Sanding time (hr)	~2	11 (20.4)	1.9±0.3		
	2~5	37 (68.5)	4.0±0.8		
	5~	6 (11.1)	6.1±0.5		
Total		54 (100)	3.8±1.3		
Spraying time (hr)	~2	36 (66.7)	1.4±0.5		
	2~4	15 (27.8)	3.0±0.4		
	4~	3 (5.5)	5.0±0.9		
Total		54 (100)	2.1±1.1		

SD : Standard Deviation

Table 4. Comparison of concentration total dust in air by sampling site

					(unit : mg/m ³)
Group		N	GM(GSD)	Range	P-value
Control Exposed		23	0.34(1.99)	0.04~0.91	0.0001*
	Spraying	30	0.93(1.58)	0.27~2.09	
	Sanding	38	2.56(1.81)	0.73~10.13	

N : Number of samples, *: compared to control

GM : Geometric mean, GSD : Geometric standard deviation

Table 5. Comparison of lead concentration in air by sampling site

(unit : mg/m³)

Group	N	GM(GSD)	Range	P-value
Control	23	0.0002(2.01)	N.D~0.0007	0.0001*
Exposed	Spraying	30	0.0009(3.48)	N.D~0.0056
	Sanding	38	0.0021(2.80)	N.D~0.0170
Lead worker	Dipping	30	0.0032(2.53)	0.0007~0.0163
	Soldering	118	0.0024(3.29)	0.0002~0.0330

N.D : Not Detected, *: compared to control

않았다. 또한, 양의 대조군인 전자부품 제조업체 디핑공정 근로자와 수동납땜 근로자의 납 노출량은 각각 0.0032mg/m³ (0.0007-0.0163), 0.0024mg/m³ (0.0002-0.0330)이었다.

연마작업 근로자와 양의 대조군인 디핑, 수동납땜 근로자의 납 노출량 간에는 유의한 차이가 없었으나, 연마, 스프레이, 디핑, 수동납땜 근로자의 납 노출량과 대조군인 하체공정 근로자의 납 노출량을 비교하였을 때는 농도가 허용기준 이하로 높지는 않았지만 유의한 차이가 있었다(P<0.001).

4. 각 공정 근로자별 혈중 납 농도

환경시료 포집시에는 연마와 스프레이 작업 근로자로 분류가 되어 시료를 각각

포집하였으나, 근로자가 연마작업과 스프레이작업을 매일 매일의 작업여건에 따라 번갈아 하는 관계로 생체시료 채취시에는 작업에 따라 분류하여 시료를 채취하지 못했다.

도장공정 근로자의 혈중 납 농도는 3.5 µg/dl(1.3-19.7)이었고, 대조군인 일반사무직 근로자의 혈중 납 농도는 1.4µg/dl (N.D-5.7)이었으며, 양의 대조군인 전자부품 제조업체의 디핑과 수동납땜공정 근로자의 혈중 납 농도는 4.8 (1.4-16.3), 4.3µg/dl(0.1-39.0)이었다(표 6).

도장공정 근로자와 양의 대조군인 디핑, 수동납땜공정 근로자의 혈중 납 농도 간에는 유의한 차이가 없었으나, 대조군인 일반사무직 근로자의 혈중 납 농도와 비교하였을 때 혈중 납농도가 높은 편은 아니었지만 유의한 차이가 있었다(P

<0.001).

5. 작업환경측정기관의 측정, 특수건강진단 항목

무작위로 선정한 국내 작업환경측정기관 40개소를 대상으로 자동차정비업체 도장공정에서 실시하고 있는 작업환경측정 및 특수건강진단 항목을 조사한 결과 모든 기관에서 유기용제에 대한 작업환경측정과 특수건강진단을 실시하는 것으로 나타났다. 유기용제와 분진을 측정, 검진하는 기관은 7개소, 유기용제와 납은 1개소로 나타났다. 유기용제와 toluene, 2,4-diisocyanate(TDI)를 측정, 검진하는 기관도 1개소로 나타났다. 도장공정에서 발생하는 유기용제, 분진, 중금속을 모두 측정, 검진하는 기관은 없었다(표 7).

Table 6. Comparison of concentration in blood lead

(unit : µg/dl)

Group	N	GM(GSD)	Range	P-value
Control	32	1.4(1.9)	N.D~5.7	0.0001*
Exposed	Sanding and Spraying	35	3.5(1.9)	1.3~19.7
	Dipping	52	4.8(1.7)	1.4~16.3
	Soldering	95	4.3(3.0)	0.1~39.0

*: compared to control

Table 7. The frequency of measurement on environmental monitoring and special medical examination in industrial health center

Index	Frequency (%)		
	N=40	Workplace monitoring	Special medical examination
Solvents	40	100	100
Solvents+Dust	7	18	18
Solvents+Lead	1	3	3
Solvents+TDI	1	3	3
Solvents+Lead+Dust	0	0	0
Solvents+Lead+Dust+TDI	0	0	0

IV. 고 찰

납은 크게 무기납과 유기납으로 나뉘며, 무기납은 금속납(Pb)과 납의 산화물인 일산화납(PbO), 삼산화이납(Pb₂O₃), 사산화납(Pb₃O₄) 그리고 납의 염류인 아질산납, 질산납, 과염소산납, 황산납, 크롬산납, 인산납, 황화납, 염기성 탄산납, 비산납들이 있으며, 이들 물질의 분진 또는 흡을 비산하는 장소에서 작업하는 근로자들에게는 납중독이 일어날 수도 있다(조규상, 1991).

무기납은 호흡기와 위장관계 계통을 통하여 체내에 흡수되며, 5 μ m 이하의 분진이나 흡이 호흡기를 통해 체내에 들어오고, 이중 30-40% 정도가 폐의 혈액을 통해 체내에 흡수되며(김인환 등, 1996), 작업위생의 불량, 근무중 흡연(오염된 담배, 오염된 손가락 등을 통하여), 개인위생 불결 등은 경구를 통한 침입을 증가시켜 전체 노출량을 상당한 정도 가중시키기도 한다(조규상, 1991).

자동차정비업체 도장공정에서는 납이 함유된 도료를 사용하여 스프레이작업을 하고 이들 도료가 도포된 차체를 연마하는 작업을 하고 있으므로 이에 대한 근로자의 공기중 분진, 납 노출량과 혈중 납 농도를 조사하였다.

도장공정 근로자의 분진 노출량은 연마작업 2.56mg/m³, 스프레이작업 0.93mg/m³, 하체공정에서는 0.34mg/m³로 연마작업시 가장 많은 분진이 발생되는 것으로 나타났다. 이는 에어샌더로 연마작업을 한후 차체에 퇴적된 분진을 압축공기로 불어내는 과정에서 다량의 분진이 비산되기 때문인 것으로 추정된다. 더욱이 에어흡입식 샌더기가 비치되어 있으나 작업에 불편하다는 이유로 사용을 하지 않고 있으며, 자체집진시설의 백필터를 규격에 맞지 않는 제품을 사용함으로써 포집기에 포집된 분진이 다시 작업장으로 비산되어 연마작업 근로자에게 다량의 분진이 노출되는 것으로 판단된다.

자동차정비업체 도장공정에서 발생하는 분진을 산업안전보건법에 설정되어 있

는 제3종분진의 노출기준 10mg/m³(노동부, 1998)를 적용하였을 때는 대부분 노출기준보다 낮은 양의 분진이 발생하였으나, 빠테(putty) 연마의 경우에는 다량의 활석이 함유된 분진이 발생되므로 제1종분진의 노출기준 2mg/m³(한국산업안전공단, 2002)를 적용할 경우에는 38개의 연마작업 시료 중 27개가 노출기준을 초과하는 것으로 나타났다. 따라서 자동차 도장공정의 연마작업시 발생하는 분진에는 활석, 중금속 등이 포함되어 있으므로 총분진을 평가하는 것은 의미가 없는 것으로 판단된다.

도장공정 근로자의 공기중 납 노출량은 연마작업 근로자가 가장 많았고, 스프레이, 하체공정 순으로 나타났으며, 대조군인 하체공정의 측정시료 23개중 17개에서는 납이 검출한계 이하로 나타났다. 이는 도료에 함유된 납이 스프레이작업 중 안개상태로 떠다니며 근로자의 입이나 코를 통해 몸안에 흡입될 수 있으며, 페인트를 칠할 때보다는 연마 작업등 페인트칠을 벗겨내는 경우에 문제가 될 수 있다는 주장(한국산업안전공단, 1999)과도 일치한다고 볼 수 있다. 또한, 양의 대조군인 전자부품 제조업체의 디핑과 수동납땜공정 근로자에게 노출되는 공기중 납 농도와 자동차정비업체 도장공정의 연마작업 근로자에게 노출되는 납 농도간에는 유의한 차이가 없었으나, 연마, 스프레이, 디핑, 수동납땜 근로자에게 노출되는 납 농도가 비록 허용기준 이하였지만 대조군인 하체공정 근로자에게 노출되는 납 농도를 비교하였을 때는 유의한 차이를 보였다.

연마와 스프레이작업 근로자의 생체시료를 각각 채취했어야 하나, 도장공정에서는 당일 작업여건에 따라 스프레이작업과 연마작업을 번갈아 하는 관계로 생체시료를 분리 채취하지 못했다. 도장공정 근로자의 혈중 납 농도는 3.5 μ g/dl, 하체공정 근로자는 1.4 μ g/dl로 나타났으며, 양의 대조군인 전자부품 제조업체의 디핑과 수동납땜 근로자의 혈중 납 농도는 4.8, 4.3 μ g/dl로 나타났다. 도장공정 근로자와 양의 대조군인 디핑, 수동납땜공정 근로

자의 혈중 납 농도간에는 유의한 차이가 없었으나, 대조군인 일반사무직 근로자의 혈중 납 농도와 비교하였을 때는 유의한 차이가 있었다. 이로써 도장공정 근로자의 혈중 납농도를 고려할때 비록 그 농도가 높지는 않았지만 납에 노출되고 있다고 평가된다.

도장 및 디핑, 수동납땜공정 근로자의 혈중 납 농도에 대한 다른 연구 자료가 없는 관계로 비교할 수는 없었으며, 대조군 근로자의 혈중 납 농도(1.4 μ g/dl)는 김정만 등(2000)이 일반인의 혈중 납 농도(남자 3.49, 여자 3.04 μ g/dl)를 조사한 연구와는 다소 차이가 있었다.

무작위로 선정한 국내 작업환경측정기관 40개소를 대상으로 자동차정비업체 도장공정에서 실시하고 있는 작업환경측정 및 특수건강진단 항목을 전화를 이용한 조사를 실시한 결과 40개의 모든 기관에서 유기용제에 대한 작업환경측정과 특수건강진단을 실시하는 것으로 나타났고, 유기용제와 분진을 측정, 검진하는 기관은 7개소, 유기용제와 납을 측정, 검진하는 기관은 1개소로 나타났으며, 유기용제와 TDI를 측정, 검진하는 기관도 1개소가 있었다. 도장공정에서 발생하는 유기용제, 분진, 중금속을 모두 측정, 검진하는 기관은 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 보아 자동차정비업체 도장공정에서는 납이 함유된 도료를 사용하고 있으며, 양의 대조군인 디핑과 수동납땜 공정과 유의한 차이가 없을 정도로 연마작업과 스프레이작업 근로자에게 공기중, 혈중에 납이 노출되고 있는 것으로 확인되었으므로 향후 도장공정에서는 분진과 더불어, 비록 그 노출되고 있는 농도가 높은 편은 아니지만 납에 대한 지속적인 모니터링과 더불어 건강관리와 환경관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 조사는 경기도 일부지역의 5인 이상 50인 미만의 자동차정비업체를 대상으로 하여 시료수가 많지 않았으며, 근로자의 작업조건, 개인특성 등을 보다 자세히 조사하여 측정치와 비교하지 못했다는 제한점이 있었다. 향후 자동차정비업체 도장

공정에서 발생하는 유해인자에 대한 정확한 정보를 얻기 위해서는 좀더 많은 시료를 채취하고 보다 다양한 종류의 유해인자를 분석하고, 근로자의 작업특성 및 조건을 조사하는 연구를 해야 할 것이다.

V. 결 론

경기도 일부지역에 소재한 자동차정비업체 23개소에서 일하는 연마 및 도장공정 근로자를 대상으로 공기중 분진 및 납 노출농도와 혈중 납 농도를 조사하였다. 일부 전자부품제조업체 수동납땜, 디핑공정 근로자 및 자동차정비업체 하체공정 근로자와 일반사무직 근로자를 양 및 음의 대조군으로 선정하였다. 또한, 국내 작업환경측정기관 40개소를 무작위로 선정하여 자동차정비업체 도장공정에서 실시하고 있는 작업환경측정 및 특수건강진단 항목을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 도장공정 근로자의 분진 노출은 연마작업 $2.56\text{mg}/\text{m}^3$, 스프레이작업에서는 $0.93\text{mg}/\text{m}^3$ 이었으며, 대조군인 하체공정은 $0.34\text{mg}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 근로자의 분진 노출은 연마 및 스프레이작업을 대조군인 하체공정과 비교한 결과 유의하게 높은 것으로 나타났다.

2. 연마, 스프레이, 디핑, 수동납땜 근로자에게 노출되는 공기중 납농도는 각각 0.0021 , 0.0009 , 0.0032 , $0.0024\text{mg}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, 대조군인 하체공정 근로자는 $0.0002\text{mg}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 연마, 스프레이, 디핑, 수동납땜 근로자의 납노출농도를 대조군 근로자와 비교하였을 때 유의하게 높았다. 그러나 연마와 스프레이 근로자와 디핑 및 수동납땜근로자 사이의 납노출농도는 차이가 없었다.

3. 도장공정 근로자의 혈중 납 농도는 $3.5\mu\text{g}/\text{dl}$, 대조군에서는 $1.4\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었으며, 전자부품 제조업체의 디핑과 수동납땜 근로자에서는 4.8 , $4.3\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었다. 도장, 디핑, 수동납땜 근로자의 혈중 납 농도를 대조군인 일반사무직 근로자의 납 농도와

비교하였을 때 유의한 차이가 있었지만 도장근로자와 디핑 및 수동납땜 근로자와의 사이에는 차이가 없었다.

4. 설문조사를 실시한 모든 기관에서 유기용제에 대한 작업환경측정과 특수건강진단을 실시하는 것으로 나타났고, 유기용제와 분진을 측정, 검진하는 기관은 7개소, 유기용제와 납을 측정, 검진하는 기관은 1개소로 나타났으며, 유기용제와 TDI를 측정, 검진하는 기관도 1개소로 나타났다. 도장공정에서 발생하는 유기용제, 분진, 중금속을 모두 측정, 검진하는 기관은 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 자동차정비업체 도장공정 근로자는 비록 그 농도가 높지는 않으나 납에 노출되고 있으므로 향후 도장공정에서는 분진, 납에 대한 지속적인 모니터링, 건강관리 및 환경관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

김인환, 김종배, 이순자, 이종수, 장영호 등. 산업위생관리. 동화기술; 1996. (48-58쪽.)
김정만, 안정모, 김원술, 김정일, 신해림 등. 한국인의 연, 망간, 알루미늄 및 실리콘의 혈중 농도. 예방의학회지 2000;33:157-164
김형수, 박윤철, 최재욱, 노우환, 김대성 등. 일부 직업성 무기연 납성 노출자의 갑상선 기능에 대한 연구. 대한산업의학회지 1999;11:153-160
김형수, 장성훈, 이원진, 최재욱, 박종태 등. 연 폭로가 남성호르몬에 미치는 영향. 대한산업의학회지 2001;11: 44-54
노동부. 작업환경측정실시규정. 노동부고시 제95-25호; 1994
노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출 기준. 노동부고시 제97-65호; 1998
박승현, 정지연, 이광용, 이나루, 정시정 등. 자동차 전차도장공정 차체 수정 작업에서 발생하는 분진의 건강위해도 평가. 한국산업안전공단; 2001

박희찬, 김윤신. 일부자동차 정비업체의 도장공정 작업자의 납농도 노출에 관한 연구. 한양대학교 환경과학대학원 1995

보건관리대행기관협의회. 산업위생핸드북; 2001. (99-110쪽.)

이규원. 도장작업자의 납중독예방 대책사례. 작업환경측정기관협의회; 2001. (59-67쪽.)

장순익. 도장실무가이드. 세화; 1989.

조규상. 산업보건학. 수문사; 1991. (285-298쪽.)

조명행, 김복환. 기초독성학. 영지문화사; 1998. (259-262쪽.)

한국산업안전공단 산업보건연구원. 업종별 산업보건편람. 1999

한국산업안전공단: <http://www.kosha.or.kr/korea/minwon/index.htm>. 2002

Decker JA, Malkin R, Kiefer M. Exposures to lead-based paint dust in an inner-city high school. American Industrial Hygiene Association Journal 1999;60: 191-194

Ferm VH, Carpenter SJ. Developmental malformations resulting from the administration of lead salts. Exp Mol Pathol 1967;7:208-213

Kalman D, Schumacher et al. Biological Availability of Lead in a Paint Aerosol, Physical and Chemical Characterization of a Lead Paint Aerosol. Tox Lett 1984;22:301-306

National Institute Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods. 3th ed. Method No. 0500. NIOSH; 1989.

National Institute Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th ed. Method No. 7300. NIOSH; 1994.

Potula V, Hegarty-Steck M, Hu H. Blood lead levels in relation to paint and dust lead levels. American Journal of Public Health 2001;91:1973-1974

Walter RF, Knoxville T, Aif F, Stephen S,

Frank B, Ernest B, Opendra KS.
Elevated urinary excretion of β -aminoisobutyric acid and exposure to

inorganic lead. Arch Environ Health
1987;42:96-99
Zenz C. Occupational medicine. principles

and practical applications. 2ed Ed.
Chicago. Year Book Medical Publishing Inc.; 1998. p. 547-582.