

작업장 특성에 따른 톨루엔 노출 근로자의 마뇨산 배출 특성

박 흥 재 · 김 형 준 · 정 성 숙 · 이 병 호
인제대학교 환경공학부
(2005년 1월 7일 접수; 2005년 2월 14일 채택)

A Specific Character on the Urinary Hippuric Acid Excretions of Workers Exposed to Toluene in Specific Character of Manufacturing Industry

Heung-Jai Park, Hyung-Joon Kim, Seong-Wook Jeong and Byung-Ho Lee

School of Environmental Science & Engineering, Inje University, Gimhae 607, Korea

(Manuscript received 7 January, 2005; accepted 14 February, 2005)

This study was carried out to investigate the correlation between toluene in air and hippuric acid in human urine, which is based in the results of the health check-in and measure of working environment, was investigated for five years. Toluene in air and hippuric acid in urine were checked 116 workers who exposed to toluene in five type of industry. The Mean concentration of toluene in air by type of industry and every year and sex distinction, had positive correlation. ($p < 0.01$) The Mean concentration of hippuric acid in urine by type of industry, every year, sex distinction, disparity of age and term of duty had positive correlation. ($p < 0.01$)

Key Words : Toluene, Hippuric acid, Urine, Correlation

1. 서 론

톨루엔(toluene : methylbenzene : CAS No. : 108-88-3)은 20세기 초에는 석탄 건류 과정에서 생산되었으나, 근래에는 석유 정제과정에서 생산된다. 즉 원유에 High flash aromatic naphtha성분으로 포함되어 있으며, 이 밖에 n-heptane을 고온 처리하여 합성하기도 한다. 또한 유기화합물의 열분해과정에서 발생되며, 담배연기에도 소량 포함되어 있다¹⁾. 톨루엔은 무색 투명하고, 특이한 향기를 가지고 있으며 지방에는 잘 녹고, 물에는 잘 녹지 않는 특징을 지닌 유기용제로 염료, 화약, 안료, 감미료, 표백제, 의약품, 기타 유기화합물의 합성에 사용되고 있다. 톨루엔은 대부분이 호흡기를 통해 체내에 축적되고 약 3% 정도만이 피부로 흡수된다. 흡수된 톨루엔의 약 20%는 호기를 통해 다시 배출되고 나머지 80%는 주로 간장에서 대사되어 메틸기가 산화되고 카

본산이 된 후 글리신과 포함되어 80%정도가 요중 마뇨산으로 그리고 일부는 크레졸로 배설된다. 따라서 이들 요중 대사산물은 “생물학적 모니터링(biological monitoring)”에 이용될 수 있다. “생물학적 모니터링”이란 생체 시료 중에 함유된 환경오염물질을 정성·정량하여 오염의 정도를 파악하는 것으로, 외기의 공기, 물, 음식물 등의 시료를 정성·정량하여 오염의 정도를 평가하는 “환경모니터링(environmental monitoring)”에 대응한 단어이다. 산업보건 영역에서 모니터링이란 “예방 위생학적 견지에서 건강에 관하여 체계적·계통적으로 조사하여 평가하는 것”이며, 생물학적 모니터링은 처음에는 작업자의 생체시료(혈액, 뇨, 호기 등)중의 화학물질, 대사산물의 정량치로부터 작업자가 흡입한 작업 환경중의 유해화학물질을 구해서 진정한 노출정도, 유해화학물질의 섭취량을 평가하고 생체영향을 추정하는 것으로 양 또는 노출 모니터링이라 한다. 최근 유해 물질의 인간에 대한 초기의 영향을 측정하고, 노출의 정도, 건강 위태도를 평가하여 예방에 도움이 되도록 하는 것도 영향 모니터링으로서 “생물학적 모니터링”안에 추가하게 되었다²⁾. 톨루엔에 폭로

Corresponding Author : Heung-Jai Park, School of Environment Science & Engineering, Inje University, Gimhae 607, Korea
Phone: +82-55-320-3418
E-mail: phjenv@inje.ac.kr

되는 근로자들에게 그 폭로정도를 파악하는 것으로는 개인용 시료 포집기를 사용하여 작업환경의 톨루엔 폭로량을 파악하여 흡입 가능한 톨루엔 양을 예측하는 방법, 혈액 중의 톨루엔 양을 측정하여 흡수된 양을 간접적으로 파악하는 방법, 혈액 중의 톨루엔 양을 직접 측정하는 방법과 소변 중 대사물질인 마노산을 측정하여 흡수량을 간접적으로 확인하는 방법 등이 있다. 외국에서는 이들 4가지 방법이 모두 사용되는 경우도 있으나 우리나라에서는 작업환경농도 측정과 요중 마노산 측정만을 이용하고 있다³⁾. 작업환경측정은 널리 이용되는 방법이지만 장시간 시료를 채취하여야 하고 고가의 장비를 이용하므로 동시에 여러 작업자를 파악할 수 없는 단점이 있으며, 작업장의 허용농도가 설정되어 있지만 작업자의 작업강도, 작업장의 온도 및 습도, 작업자의 인종, 성별 및 연령, 작업자의 비만도, 영양상태 또는 대사능력에 따라 실제 흡수량 및 독성정도가 달라지는 것을 제대로 반영하지는 못한다. 즉 같은 기중 농도에 폭로되더라도 개개인에 따라 흡수도는 다르며, 위해도 또한 달라지게 된다⁴⁾.

이에 본 연구는 톨루엔 폭로 근로자에게서 첫째, 업종별 톨루엔에 노출되는 양의 비교와, 마노산 배출 정도의 비교, 둘째, 연령 및 근무연한, 성별에 따른 톨루엔, 마노산의 상관관계를 파악함으로써 작업장내의 환경 관리에 일조하게 될 뿐만 아니라 추후 관련 분야의 기초 자료로 제공하고자 본 연구를 시도하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구대상

본 연구는 산업안전보건법 제 42조 및 시행규칙 제 93조에 의거하여 작업환경측정 대상 사업장 중 부산, 경남지역에 위치한 5개 업종의 제조업 사업장 13개소를 대상으로 1998년 1월부터 2002년 12월까지 5년 동안 매년 상, 하반기로 구분하여 조사하였으며 조사대상 사업장의 업종별 분류는 한국 산업표준 분류중 중분류에 의해 실시하였다(Table 1). 근로자수에 따른 규모별 사업장의 수는 Table 2.와 같으며, 특수건강진단의 대상인원은 업종별로 작업을 실시하고 있는 근로자 116명을 대상으로 년 1회 특수건강진단 결과를 기초로 하였다.

2.2. 시료포집 및 분석

2.2.1. 기중 유기용제의 시료포집

기중 유기용제의 측정은 활성탄관(100/50mg. SKC. U.S.A)과 개인시료포집기(personal air sampler, MSA. U.S.A)를 이용하여 약 0.1 l/min의 유량으로 근로자의 호흡기 영역에 장착하여 포집하였다. 측정시간은 오전, 오후로 나누어 각각 3시간씩 포집하였으며, 신발업종, 차량부품업종, 고무제품업종, 인쇄업종, 화학제품업종에서 유기용제에 노출된 근로자를 대상으로 측정하였다. 포집된 시료는 활성탄관의 양끝단을 완전히 밀봉시킨 후 냉동 보관하여 운반하고 분석하였다.

2.2.2. 유기용제의 정성 및 정량분석

활성탄관의 양끝을 절단하여 활성탄을 앞 층과

Table 1. Numbers of factory by type of industry

Type of industry	Number
manufacture of footwear(MF ¹)	2
manufacture of parts and accessories for motor vehicles and engines(MV ²)	3
manufacture of rubber products(MR ³)	2
publishing, printing(PR ⁴)	4
manufacture of chemicals and chemical products(MC ⁵)	2
Total	13

Table 2. General Characteristics

Type of industry	Sex		Age(years)					Working duration(years)				
	male	female	<30	30~39	40~49	50~59	60 ≤	5~9	10~14	15~19	20≤	
MF ¹		23		1	10	12		16	5	2		
MV ²	14	9		1	8	14		6	2	5	10	
MR ³	24	7		10	16	5		6	13	5	7	
PR ⁴	15	2	5	7	3	1	1	10	5	2		
MC ⁵	21	1		6	10	6		7	12	2	1	
total	74	42	5	25	47	38	1	45	37	16	18	

작업장 특성에 따른 톨루엔 노출 근로자의 마노산 배출 특성

뒷 층으로 나누어 각각의 Vial에 투입시킨 후 Carbon disulfide(CS₂, YAKURI, Japan) 1ml를 넣었다. 마개를 완전히 밀봉한 다음 교반기를 이용하여 충분히 교반하고 약 30분간 정치시킨 후 microsyringe(10 μ l, Hamilton, U.S.A.)를 사용하여 상층액 1 μ l를 FID detector(불꽃이온화검출기, flame ionization detector)가 장착된 G.C.(G-3000, Hitachi, Japan)에 주입하여 분석하였다(Table 3). 업종별 사업장의 작업환경 중 주로 근로자에게 노출될 가능성이 있는 유기용제를 G.C.로 분석한 표준용액의 크로마토그램은 Fig. 1과 같다. 온도조건은 45 $^{\circ}$ C에서 등온 분석을 실시하였다.

2.2.3. 요중 마노산 분석방법

시료 0.5ml에 증류수 0.5ml를 넣은 후 0.5N hydrochloric acid(OSAKA, Japan) 200 μ l를 넣은 후 ethyl acetate(TEDIA, U.S.A) 2ml를 넣고 약 3분간 교반시

킨 뒤, 3000rpm에서 4분간 원심분리 시킨 후 ethyl acetate(TEDIA, U.S.A)층 1.5ml를 분취하여 N₂ gas로 증발, 건조시켰다. 유도체 시약 1ml를 남은 잔사에 첨가한 후 60 $^{\circ}$ C에서 30분 동안 향온수조에 방치하고 상온에서 식힌 후 증류수 2ml, chloroform(Seoul chemical industry, Korea) 1ml를 넣고 3분간 교반한다. 다시 3000rpm에서 4분간 원심 분리시킨 후 chloroform(Seoul chemical industry, Korea)층 1.5ml를 분취하여 FID detector가 부착된 G.C.에 주입시킨다(Table 3). 온도조건은 100 $^{\circ}$ C에서 1분간 머무른 후 분당 20 $^{\circ}$ C로 승온시킨 뒤 240 $^{\circ}$ C에서 2분간 머무르는 온도 프로그램을 사용하여 분석하였다. 업종별 사업장내에서 톨루엔에 노출된 근로자의 요중 마노산을 G.C.로 분석한 표준용액의 크로마토그램은 Fig. 2와 같다.

2.2.4. 통계분석

수집된 자료는 SPSS통계프로그램을 이용하여 각

Table 3. Operating condition of gas chromatography by Toluene and hippuric acid

Parameters	Conditions	
	toluene	hippuric acid
Detector	FID	
Column	TC - FFAP (30m*0.25mm*0.25 μ l)	DB - 5 (30m*0.25mm*0.25 μ l)
Injector temperature	230 $^{\circ}$ C	
Detector temperature	250 $^{\circ}$ C	
Column oven temperature	45 $^{\circ}$ C	100 $^{\circ}$ C(1min) \rightarrow (20 $^{\circ}$ C/1min) \rightarrow 240 $^{\circ}$ C(2min)
Split ratio	1 : 50	
Column head pressure	1.2kgf/cm ²	

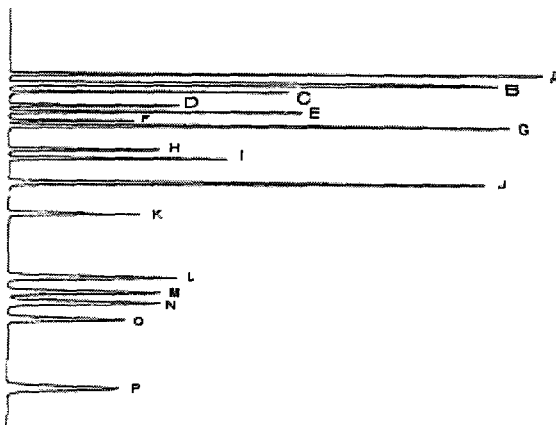


Fig. 1. Chromatogram of organic solvents(A: Pentane, B: Carbon disulfide, C: Acetone, D: 1,1,1-Trichloroethane, E: Methyl ethyl ketone, F: Dichloromethane, G: Benzene, H: Trichloroethylene, I: Methyl isobutyl ketone, J: Toluene, K: Butyl Acetate, L: ethyl benzene, M: m-Xylene, N: p-Xylene, O: 1-Butanol, P: o-Xylene).

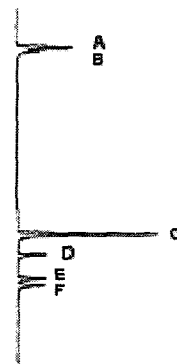


Fig. 2. Chromatogram of urinary organic acids(A: Mandelic acid, B: Phenylglyoxylic acid, C: Hippuric acid, D: o-Methyl hippuric acid, E: m-Methyl hippuric acid, F: p-Methyl hippuric acid).

Table 4. Mean concentration of toluene in air by type of industry and year(1998~2002) (unit : ppm)

Type of industry	Years					Mean
	1998	1999	2000	2001	2002	
MF ¹	10.60±1.33	19.75±6.25	6.39± 1.31	13.17±4.15	10.20±2.67	12.02±1.68
MV ²	6.40±2.32	4.28±0.90	4.70±1.26	2.88±0.67	3.63±0.53	4.38±0.58
MR ³	12.46±3.61	11.71±2.58	14.18±3.64	7.30±1.86	22.42±3.62	13.61±1.49
PR ⁴	15.70±2.91	28.03±8.44	5.55±0.58	7.61±1.95	5.55±1.20	12.49±2.23
MC ⁵	16.67±5.96	12.72±4.72	5.55±2.97	8.47±1.84	3.34±0.68	9.35±1.77

Table 5. Mean concentration of hippuric acid in urine by type of industry and every year (unit : g/ℓ)

Type of industry	Years					Mean
	1998	1999	2000	2001	2002	
MF ¹	1.37±0.12	1.40±0.15	2.05±0.20	1.13±0.29	1.01±0.17	1.39±0.09
MV ²	0.59±0.06	0.81±0.06	0.55±0.06	0.36±0.05	0.51±0.03	0.51±0.03
MR ³	1.10±0.21	1.04±0.10	1.19±0.10	0.67±0.09	1.10±0.22	1.02±0.07
PR ⁴	0.84±0.13	1.01±0.20	1.04±0.23	0.23±0.05	0.25±0.06	0.67±0.08
MC ⁵	0.81±0.09	1.15±0.15	1.78±0.25	0.49±0.06	0.39±0.06	0.93±0.08

업종별로 연도별, 성별, 연령별, 근무연한별로 톨루엔과 마노산의 기하평균, 기하표준편차를 산출하였다.

3. 결 과

3.1. 연도별 평균 기중 톨루엔 및 배출 마노산 농도 분포

본 연구에서 측정된 기중 톨루엔의 농도는 2000년을 기점으로 다소 감소하는 양상을 보이고 있는데 이는 환기 및 배출시설의 증대나 물질 대체와 같은 작업환경의 개선과 생산라인의 자동화에 의한 감소효과로 사료되어진다. 업종에 따른 연도별 기중 톨루엔의 발생농도는 통계적으로 유의한 차가 있었다(p<0.05). 조사된 노중 마노산 농도 역시 2000년을 기점으로 감소되는 경향을 나타내는데 이 또한 기중 톨루엔의 감소 요인과 일치하는 것으로 사료되며, 부가적으로 사업장에서의 근로환경에 대한 인식의 증대로 보호구 착용이 증가한 것이 또 하나의 요인으로 사료된다. 업종에 따른 연도별 노중 마노산 농도는 통계적으로 유의한 차가 있었으나(p<0.01), 기중 톨루엔 농도와 노중 마노산 농도와의 관계는 상관관계가 적은 것으로 파악되며 이는 작업자의 근로 특성 및 개인차 등에 의한 변수로 파악된다.

3.2. 성별 평균 기중 톨루엔 농도 및 배출 마노산 농도

성별에 의한 기중 톨루엔 농도와 노중 마노산 농도의 비교에서는 신발 제조업 생산직의 경우 저임금과 단순 생산직이라는 업종의 특성상 남성 근로자들의 경우, 대체적으로 중량물 취급 작업이 대부분이어서 실질적인 자료가 부족한 관계로 비교가

Table 6. Mean concentration of toluene in air by type of industry and sex distinction (unit : ppm)

Type of industry	Sex		Mean
	Male	Female	
MF ¹		12.02±1.68	12.02±1.68
MV ²	3.21±0.42	8.46±1.69	4.38±0.58
MR ³	11.98±1.47	23.42±4.61	13.61±1.49
PR ⁴	10.26±1.43	19.18±7.73	12.49±2.23
MC ⁵	9.10±1.80	15.71±7.03	9.35±1.77

Table 7. Mean concentration of hippuric acid in urine by type of industry and sex distinction (unit : g/ℓ)

Type of industry	Sex		Mean
	Male	Female	
MF ¹		1.39±0.10	1.39±0.09
MV ²	0.58±0.04	0.50±0.05	0.51±0.03
MR ³	0.83±0.05	1.68±0.23	1.02±0.07
PR ⁴	0.68±0.09	0.64±0.14	0.67±0.08
MC ⁵	0.95±0.08	0.46±0.12	0.93±0.08

될 수 없었다. 자동차 업종, 인쇄업, 화학업종에서는 상대적으로 여성 근로자들이 톨루엔에 대한 노출정도가 높은 반면, 마노산 농도가 작게 나타났는데, 이는 여성 근로자들의 작업환경이 남성 근로자들의 작업환경에 비해 톨루엔에 대한 폭로 정도가 높은 세척, 도장, 준비 작업 등의 비전문적인 단순 작업에 투입되어지나, 일반 생활환경에서의 차이로 인해 반감기가 짧은 마노산으로의 배출 농도는 저감되는

작업장 특성에 따른 톨루엔 노출 근로자의 마노산 배출 특성

것이 주요인으로 사료된다. 그러나 고무 제품 제조업의 경우 기중 톨루엔 농도와 노출 마노산 농도가 성별과 관계없이 유의하게 나타나는데, 이는 기중 톨루엔 농도가 상당히 높은 관계로 대사작용이 원활하게 이뤄지지 않아 마노산의 농도가 타 업종에 비해 쉽게 저감되지 않는 것이 원인으로 사료되며, 농도의 분포에 따른 마노산 배출 정도는 추가로 연구되어야 할 것이다. 상기의 결과에서 성별에 따른 노출 및 대사 정도는 작업환경뿐만 아니라 일반적인 생활환경에서의 활동 또한 영향을 미치는 것으로 사료되어지며, 노출 톨루엔 농도에 따른 체내 대사작용에도 임계 수준(Threshold Level)이 있는 것으로 판단되어진다.

3.3. 근로자들의 근무연한에 따른 기중 톨루엔 농도 및 노출 마노산 농도

근무연한별 톨루엔의 발생농도를 보면 신발제조업에서 근무연한이 5년~9년인 근로자의 발생농도는 12.34±2.39ppm, 10년~14년은 10.02±2.52ppm, 15년~19년은 17.47±2.46ppm, 20년 이상은 12.02±1.68ppm로 나타났으며, 자동차부품제조업종은 근무연한이 5년~9년인 근로자의 발생농도는 8.46±1.69ppm, 10년~14년인 근로자는 해당자가 없었으며, 15년~19년은 1.61±0.35ppm, 20년 이상은 3.85±0.52ppm로 나타났으며, 고무제품 제조업종은 근무연한이 5년~9년인 근로자의 발생농도는 28.34±6.59ppm, 10년~14년은 19.70±3.85ppm, 15년~19년은 9.67±2.19ppm, 20년 이상은 10.59±1.73ppm로 나타났으며, 인쇄업종에서는 근무연한이 5년~9년인 근로자의 발생농도는 13.61±1.49ppm, 10년~14년은 13.22±5.09ppm, 15

년~19년은 13.70±2.54ppm, 20년 이상은 9.58±3.06ppm로 나타났으며, 화학제품제조업종은 근무연한이 5년~9년인 근로자의 발생농도는 5.33±1.62ppm, 10년~14년은 7.68±2.10ppm, 15년~19년은 9.55±3.53ppm, 20년 이상은 19.67±8.21ppm로 나타났으며, 화학제품 제조업종을 제외하고는 근무연한이 가장 낮은 5~9년의 근로자가 평균보다 높은 톨루엔 발생농도를 나타내고 있다. 고무제품업종의 5~9년의 근로자는 28.34±6.59ppm로 가장 높은 톨루엔 발생농도를 나타내고 있으며, 자동차부품제조업종의 15~19년 근로자는 1.61±0.35ppm로 가장 낮은 톨루엔 발생농도를 나타내고 있다. 이와 같이 기중 톨루엔 농도는 업종, 작업공정, 노출정도 등의 상황에 따라 각기 다른 농도를 나타내고 있어 업종에 따른 근무연한별 톨루엔의 발생농도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

근무연한에 따른 마노산 농도를 보면 업종별로 평이한 수준을 보이는 것으로 판단되지만, 대체적으로 5년~9년 정도의 근로자가 마노산 농도가 높은 것으로 나타났다. 이는 오래 동안 톨루엔 취급을 함으로서 표준작업 방법 익숙, 보호구 착용의 생활화, 톨루엔 취급정도가 줄어서 근무연한이 높을수록 마노산 농도가 낮은 것으로 판단된다. 신발업종은 15년에서 19년의 근무연한 근로자의 마노산 농도가 2.42±0.48g/l로 가장 높게 발생되고 있으며, 인쇄업종의 15년에서 19년의 근무연한 근로자의 마노산 농도가 0.36±0.05g/l로 가장 낮게 나타나고 있다. 이는 톨루엔의 취급이 근무연한이 낮을수록 많은 양을 취급하는 것으로 생각되며, 근무연한이 낮을수록 표준작업 방법 미숙, 보호구 착용 미흡 등이 마

Table 8. Mean concentration of toluene in air by type of industry and term of duty (unit : ppm)

Type of industry	Working duration(years)				Mean
	5~9	10~14	15~19	20≤	
MF ¹	12.34±2.39	10.02±2.52	17.47±2.46	12.02±1.68	12.02±1.68
MV ²	8.46±1.69		1.61±0.35	3.85±0.52	4.38±0.58
MR ³	28.34±6.59	19.70±3.85	9.67±2.19	10.59±1.73	13.61±1.49
PR ⁴	13.61±1.49	13.22±5.09	13.70±2.54	9.58±3.06	12.49±2.23
MC ⁵	5.33±1.62	7.68±2.10	9.55±3.53	19.67±8.21	9.35±1.77

Table 9. Mean concentration of hippuric acid in urine by type of industry and term of duty (unit : g/l)

Type of industry	Working duration(years)				Mean
	5~9	10~14	15~19	20≤	
MF ¹	1.35±0.11	1.10±0.13	2.42±0.48		1.39±0.09
MV ²	0.52±0.05	0.50±0.12	0.59±0.08	0.46±0.04	0.51±0.03
MR ³	1.67±0.24	1.00±0.10	0.69±0.08	0.75±0.10	1.02±0.07
PR ⁴	0.76±0.12	0.63±0.10	0.36±0.05	0.67±0.08	0.67±0.08
MC ⁵	0.98±0.14	0.94±0.11	0.67±0.21	0.80±0.22	0.93±0.08

Table 10. Mean concentration of toluene in air by type of industry and disparity of age (unit : ppm)

Type of industry	Age(years)					Mean
	<30	30~39	40~49	50~59	60≤	
MF ¹			21.99±16.48	11.19±1.27		12.02±1.68
MV ²				4.38±0.58		4.38±0.58
MR ³			9.59±1.33	23.68±3.06		13.61±1.49
PR ⁴		10.74±2.33	12.68±2.71	9.64±2.47	19.99±15.13	12.49±2.23
MC ⁵			9.55±3.53	9.29±2.08		9.35±1.77

Table 11. Mean concentration of hippuric acid in urine by type of industry and disparity of age (unit : g/ℓ)

Type of industry	Age(years)					Mean
	<30	30~39	40~49	50~59	60≤	
MF ¹		1.96±0.16	1.13±0.10	1.56±0.15		1.39±0.09
MV ²		0.57±0.17	0.49±0.05	0.52±0.04		0.51±0.03
MR ³		0.93±0.08	1.04±0.11	1.12±0.17		1.02±0.07
PR ⁴	1.01±0.26	0.51±0.08	0.62±0.10	0.96±0.18	0.52±0.17	0.67±0.08
MC ⁵		1.05±0.19	0.92±0.11	0.81±0.14		0.93±0.08

노산 농도가 높게 나타나는 것이라 생각된다. 업종에 따른 근무연한별 마노산 농도는 유의한 차가 있었다(p<0.01).

3.4. 업종에 따른 연령별 평균 기중 톨루엔 농도 및 뇨중 마노산 농도

업종에 따른 연령대별 기중 톨루엔 농도와 뇨중 마노산 농도 비교 역시 근무연한에 따른 기중 톨루엔 농도와 뇨중 마노산 농도 비교와 비슷한 양상을 나타내고 있다. 이는 대체적으로 이직률이 낮아, 근무연한이 연령대와 유사한 분포를 보이고 있어 이 두 가지의 비교는 유의한 내용으로 파악된다. 연령별 기중 톨루엔 농도는 각각 상이한 차이를 보이고 있으며, 측정자가 누락된 군집도 있으나 특정 연령의 집단에서 톨루엔의 농도가 높게 측정되지는 않아, 업종 및 작업공정 그리고 노출정도에 따라 작업자가 노출되는 톨루엔 농도는 차이를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 마노산 농도는 표준작업 방법 익숙, 보호구 착용의 생활화, 톨루엔 취급정도가 줄어서 연령이 높을수록 마노산 농도가 대체적으로 낮은 것으로 판단된다. 특히 신발제조업의 경우, 마노산 농도가 전체 연령대에서 타 업종의 약 2배에 달하는 수준으로 나타나, 작업장의 작업환경이나 보호구 착용상의 문제점이 가장 큰 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 근로자의 건강에 유해한 영향을 일으키는 톨루엔에 대한 근로자의 노출농도 및 마노산 농도를 파악하여 톨루엔 노출 사업장 근로자의 작업환경에 대한 정확한 평가를 위한 기초 자료를 제공하고자 실시하였으며, 총 116명의 요중 마노산 농

도를 측정하였고, 52개의 시료를 작업장에서 근로자의 호흡위치에서 포집한 톨루엔 측정농도이다. 전체 연구대상에는 남자가 여자보다 많았으며, 톨루엔의 성별 노출농도는 여자가 높게 나타났으며, 마노산의 성별 농도에서도 여자가 높게 나타났다. 이는 여자가 단순한 작업(ex. 본드칠, 단순도장작업, 세정작업 등)에 많이 종사하여 유기용제에 노출되고 있다고 생각되며, 보호구 착용 정도가 남자보다 미흡하고, 표준작업 방법 등이 미흡한 것으로 생각된다. 연령별 분포는 40대, 50대 근로자가 전체 연구대상의 70%를 넘고 있으며, 톨루엔의 연령별 노출농도는 전체 평균 농도보다 40, 50대의 노출농도가 높게 나타났으며, 마노산 농도는 전체평균과 비슷한 발생농도를 보이고 있다. 근무연한별 분포는 5년에서 14년까지의 근로자가 전체연구대상의 70%를 차지하고 있으며, 톨루엔의 근무연한별 측정농도에서도 평균보다 높았으며, 마노산 농도는 전체평균과 비슷한 농도를 보이고 있다. 톨루엔의 취급 뿐 아니라 혼합 유기용제 취급 사업장에서 기중으로 발생하는 혼합 유기용제는 다양한 품목 및 공정으로 그 종류가 수백종에 이르고 있으며 또한 생산 종류나 용도에 따라 복합적으로 발생하는 혼합 유기용제가 근로자에게 노출되는 농도나 양상이 차이가 있겠지만, 공정 및 작업부서에 따라 어떠한 물질이 얼마나 발생되는지 확인이 어려운 실정이므로 직업병의 진단 및 예방의 차원에서 근로자에게 노출되고 있는 혼합 유기용제의 공정과 성분 파악에 대한 연구가 실시되어야 할 것이다^{15,16)}.

본 연구는 톨루엔을 취급하는 근로자들의 직업병 예방을 위한 대책 마련은 물론 이들이 근무하는 작

업환경 관리에 일조가 되게 함은 물론 이에 종사하는 근로자들의 건강증진에 기여할 기초 자료로 제공하고자 1998년부터 5년간 5업종 116명을 대상으로 작업환경측정 및 특수건강진단의 자료를 대상으로 조사한 결과 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 1998년부터 2002년 까지 5년간 업종별로 작업환경측정을 통하여 톨루엔을 측정한 결과 고무제품 제조업에서 가장 높은 평균 기중 톨루엔 농도를 나타내었으며, 노중 평균 마노산 농도는 신발제품 제조업에서 가장 높은 농도를 나타내었다.
- 2) 성별에 따른 톨루엔의 농도와 마노산 농도는 남자보다 여자가 다소 높은 농도를 나타내었다.
- 3) 연령별 분포는 40대와 50대 근로자가 전체 연구대상의 70%이상을 차지하고 있으며, 톨루엔의 노출농도도 전체 평균 농도보다 40대와 50대 근로자의 노출농도가 높게 나타났으며, 마노산 농도는 전체 평균농도와 비슷한 수준을 보이고 있다.
- 4) 근무연한별 분포는 5년에서 14년까지의 근로자가 전체 연구대상의 70%를 차지하고 있으며, 이 분포의 근로자가 전체 평균농도보다 높은 수준의 농도를 나타내고 있으며, 마노산 농도는 전체 평균농도와 비슷한 수준을 보이고 있다.
- 5) 상기의 결과들에서 업종별, 성별, 연령대별, 근무연한별로 기중 톨루엔 농도와 노중 마노산 농도의 분포는 각기 다른 결과를 나타내고 있으나, 공통적인 사항은 대체적으로 작업 보호구를 착용하고 있는 집단에서의 노출 기중 톨루엔에 대한 마노산 농도가 상대적으로 적게 나타나는 경향을 보이고 있다. 또한 작업장내 당해 공정에서 후드나 덕트 등의 정성적인 환기시설 설치 역시 작업자들의 톨루엔 노출에 대한 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 고무제품 제조업과 신발제품 제조업은 톨루엔에 직접적으로 노출되는 업무를 행하므로 타 업종에 비하여 높은 평균농도를 나타내고 있으며, 남자근로자 보다는 여자근로자들이 단순작업에 종사하는 경우가 많으므로 상대적으로 높은 농도에 노출되는 것으로 판단된다. 그러므로 본 연구가 부산, 경남지역 제조업 사업장의 업종별 톨루엔 노출 실태를 연구하였지만, 사업장에서 톨루엔만을 사용하는 것은 아니며, 대부분 혼합된 유기용제를 사용하고 있으며, 업종별로 취급량과 사용량, 작업방법 등이 다르고, 작업환경측정의 조건(ex. 기온, 습도 등), 특수건강진단을 실시할 때의 조건(ex. 기온, 요일 등)이 다르므로 추후 우리나라 전역의 유기용제 취급 사업장을 대상으로 더욱 광범위한 연구 검토가 이루어져야 할 것으로 생각되며, 본 연구에서 상대적으로 높은 평균 농도를 보이는 고무제

품 제조업 및 신발제품 제조업과 남자근로자보다는 여자근로자에게 적극적이고 체계적인 작업환경 관리와 건강관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 1999, 근로자 건강진단 실무지침: 유해인자별 건강장해, 한국산업안전공단, 106pp.
- 2) 이병호, 김부길, 권수자. 2001, 작업장에서 톨루엔에 노출된 근로자들의 마노산 배설량에 관한 연구, 한국환경과학회지, 10(6), 445-450.
- 3) 노동부, 1992, 작업환경측정고시.
- 4) Lauwreys, R. P., 1983, Industrial chemical exposure; Guidelines for biological monitoring. Biochemical publications, Davis, CA, 56pp.
- 5) Apostoli, P. f. and L. P., Brugnone. 1982, Bio-monitoring of occupational toluene exposure, Int. Arch. Occup. Environ. Health, 50, 153.
- 6) 양정선, 강성규, 정호근. 1993, 신발제조업 근로자의 톨루엔 노출정도에 따른 혈중 톨루엔 농도 분석, 약학회지, 37(5), 458-462.
- 7) 최호춘, 오도석, 오세민, 정규철, 1993, 도료제조업 근로자들의 복합유기용제 폭로농도에 관한 연구, 한국 산업위생학회지, 3(2), 177-187.
- 8) Anger, J., 1985, Biological monitoring of worker exposed to organic solvents-past and present. Scand J Work Environ Health, 11, 45.
- 9) Lauwreys, R. R., 1986, Documentation of threshold limit values and biological exposure indices, Cincinnati.
- 10) 양정선, 강성규, 김기웅, 이종성, 조영숙, 정호근, 1993, 톨루엔 폭로 근로자의 혈중 톨루엔 및 요중 마노산 농도, 한국산업위생학회지, 3(2), 188-193.
- 11) 정규철, 1995, 산업중독편람, 신광출판사, 875-878pp.
- 12) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 1999, 근로자 건강진단 실무지침: 유해인자별 건강장해, 한국산업안전공단, 107-108pp.
- 13) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 1999, 근로자 건강진단 실무지침: 유해인자별 특수건강진단 방법, 한국산업안전공단, 83pp.
- 14) 이재선, 이종태, 문덕환, 손병철, 이동영, 이채연. 1994, 유기용제 취급 산업장의 작업공정에 따른 유기용제 폭로 실태에 관한 조사연구, 인체의학, 15(4), 695-708.
- 15) 문덕환, 김정하, 김필자, 박명희, 황용식, 이채관, 이창희, 2001, 제조업 산업장의 유기용제 노출에 관한 연구. 한국산업위생학회지, 11(3), 219-228.