

작업장에서 톨루엔에 노출된 근로자들의 마뇨산 배설량에 관한 연구

이 병 호 · 김 부 길 · 권 수 자*
기초과학지원연구원 부산분소, *동서대학교 환경공학과, **서라벌대학 간호과
(2001년 2월 20일 접수; 2001년 12월 6일 채택)

A Study on the Urinary Hippuric Acid Excretions of Workers Exposed to Toluene in Working place

Byung-Ho Lee, Boo-Gil Kim* and Su-Ja Kwon**
Busan Branch, Korea Basic Science Institute, Busan 609-735, Korea
*Dept. of Environmental Engineering Dongseo University, Busan 617-716, Korea
**Dept. of Nursing Sorabol College, Kyongju 780-711, Korea
(Manuscript received 20 February, 2001; accepted 6 December, 2001)

This study was carried out to investigate the correlation between toluene in air and hippuric acid in human urine, which is based on the results of the health check-in and the measure of working environment, was investigated for two years. The concentration of toluene in air for the five working places in Yang-San area were ranged from 39.05 ± 10.31 ppm to 4.04 ± 3.38 ppm and the mean value of those was 16.89 ± 14.76 ppm. The mean value was 16.89 ± 14.76 ppm which is below the permissible limit of toluene. The concentration of hippuric acid(HA) in the worker's urine were between 0.47 g/l and 0.76 g/l. There was mutual correlation ($r=0.94$) between the concentration of toluene in air and that of hippuric acid in urine. In case of male workers, the mean value of hippuric acid in urine was 0.56 g/l and the female workers was 0.57 g/l that showed higher than the male's. However, there was no relationship between the workshop and the distinction of sex. From the mean value of toluene in air(T) and that of hippuric acid(H), we obtained the formula, $H=0.3 \log T + 0.235$.

Key word : toluene, hippuric acid

1. 서 론

톨루엔(Toluene : Methylbenzene : CAS No. 108-88-3)은 무색 투명하고 특이한 향기를 가지며 지방에는 잘 녹고 물에는 잘 녹지 않는 특징을 가지고 있는 유기용제로 염료, 향료, 화약, 안료, 감미료, 표백제, 의약품, 기타 유기화합물의 합성에 사용되고 있다. 산업의 발달로 이들의 수요가 증가함에 따라 99년 한 해 우리 나라의 톨루엔 생산량은 약 130만톤을 웃돌아 그 사용량과 사용범위가 넓은 유기

용제 중의 하나이다.

톨루엔은 대부분이 호흡기를 통해 체내 축적되고 약 3% 정도만이 피부로 흡수된다. 흡수된 톨루엔의 약 20%는 호기를 통해 다시 배출되고 나머지 80%는 주로 간장에서 대사되어 메틸기가 산화되고 카본산이 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 시료중에 함유된 환경오염물질을 분석·정량하여 오염의 정도를 파악하는 것으로, 외기의 공기, 물, 음식물 등의 시료를 분석·정량하여 오염의 정도를 평가하는 "환경

Corresponding Author, Byung-Ho Lee, Busan Branch,
Korea Basic Science Institute, Busan 609-735, Korea
Phone : +82-51-325-5772
E-mail : byungho@hanmail.net

모니터링(Environmental monitoring)"에 대응한 단어이다. 산업 보건 영역에서 모니터링이란 "예방 위생학적 견지에서 건강에 관하여 체계적·계통적으로 조사하여 평가하는 것"이며, 생물학적 모니터링은 처음에는 작업자의 생체 시료(혈액, 뇨, 호기 등)중의 화학물질, 대사산물의 정량치로부터 작업자가 흡입한 작업 환경중의 유해 화학 물질을 구해서 진정한 노출 정도, 유해 화학 물질의 섭취량을 평가하고 생체 영향을 추정하는 것으로 양 또는 노출 모니터링이라 한다. 최근 유해 물질의 인간에 대한 초기의 영향을 측정하고, 노출의 정도, 건강 위해도를 평가하여 예방에 도움이 되도록 하는 것도 영향 모니터링으로서 "생물학적 모니터링"안에 추가하게 되었다.

톨루엔에 노출된 근로자들에게 그 노출 정도를 파악하는 방법으로 개인용 시료 포집기를 통하여 작업 환경에서의 톨루엔 노출량을 파악하고 흡입 가능한 톨루엔 양을 예측하는 방법, 혈액중의 톨루엔 양을 측정하여 흡수된 양을 간접적으로 파악하는 방법, 혈액중의 톨루엔 양을 직접 측정하는 방법과 요중 대사산물인 마노산을 측정하여 흡수량을 간접적으로 확인하는 방법이 있다. 외국에서는 이들 4가지 방법이 모두 사용되는 경우도 있으나, 우리나라의 경우는 작업환경 농도측정과 요중 마노산 측정만을 이용하는 것이 대부분이다.

작업 환경 측정은 널리 이용되는 방법이지만 장시간 시료를 채취하여야 하고 고가의 장비를 이용하므로 동시에 여러 작업자를 파악할 수 없는 단점이 있다. 또한 작업자의 작업 강도, 작업장의 온도와 습도, 작업자의 인종, 성별 및 연령, 작업자의 비만도, 영양 상태 또는 대사 능력에 따라 실제 흡수량 및 독성 정도가 달라지게 되는 것을 제대로 반영하지는 못한다. 즉 같은 기중 농도에 노출되더라도 개개인에 따라 흡수도는 다르며 위해도 또한 달라지게 된다. 요중 마노산은 소변 채취라는 간단한 방법으로 노출량을 파악하는 것이지만 톨루엔에 노출되지 않는 작업자에게서도 배설되며 시료 포집 시기에 따라서도 상당한 차이를 보이고 있는데, 특히 안식향 산이 함유된 식품을 섭취하게 되면 비폭로자들에서도 배설량이 증가하여 톨루엔에 의한 배설량을 정확하게 파악하기 어렵다는 단점이 있다. 그러므로 각 근로자가 어느 정도 노출되고 있는지에 대한 자세한 정보를 얻기 위해서는 작업 환경 측정과 생물학적 모니터링을 병행하는 것이 바람직하다.

따라서 본 연구에서는 양산 관내에 산재한 톨루엔 사용 사업장을 대상으로 작업 환경 측정과 생물학적 모니터링을 2년간 실시한 자료를 가지고 톨루엔 노출 작업자들의 노출 정도와 요중 마노산의 농도를 분

석·정량하고 두 물질간의 상관 관계를 파악하여 작업 환경 측정에서 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 조사 대상 및 방법

2.1 조사 대상

조사 대상은 톨루엔을 사용하고 있는 양산 지역 사업장 중 톨루엔의 사용량이 대체적으로 많은 5개 사업장을 대상으로 작업 환경 측정 및 작업자들의 요중 마노산을 측정하였고, 요중 마노산의 대조군으로는 입사 대상자를 선정하여 조사하였으며 조사 기간은 1999년부터 2000년까지로 하였다. Table 1은 조사 대상 사업장의 개략적인 특성을 나타낸 것으로 각 사업장 모두 톨루엔을 직접적으로 제조하는 사업장은 없었으며, 톨루엔을 작업장의 일부 공정에서 사용하는 것으로 나타났다. 그리고 직접적으로 톨루엔을 사용하는 사업장은 D 사업장으로 용해 과정에서 톨루엔을 사용하는 것으로 나타났으며, 다른 사업장들은 신나, 페인트, 용매 등의 사용으로 톨루엔에 노출되어있는 실태였다. 따라서 D 사업장을 제외하고는 부분적인 톨루엔 사용량으로 간주하여야 할 것이다. 그리고 톨루엔만을 사용하는 사업장은 C, D 사업장이었고, 다른 A, B, E 사업장은 methyl ethyl ketone, iso-propyl alcohol, xylene 등의 다른 유기용제에도 노출되는 작업환경이었다.

Table 1. General characteristics of each working place

Group	Occupation	Number of workers	Toluene usage per month(kg)	Remark
A	전자부품제조	70	4,550	희석, 도장, 세척
B	도료 제품제조	92	12,500	희석
C	비경화 고무 제조	330	60,000	희석
D	석면 제품 제조	143	15,000	용해
E	포장용기 제조	334	575	도장

2.2 조사 방법

작업장의 기중 농도는 사업장의 단위 면적에 대해 적정 Site를 선정하고 개인용 시료 포집기(personal air sampler : MSA, U.S.A)를 착용시키고 활성탄관(coconut shell charcoal tube, 100mg / 50mg : Supel Co, U.S.A)을 이용하여 0.2 l/min의 유량으로 1회당 120~180분씩 2회 포집하였다. 포집된 활성탄관의 양단을 플라스틱 마개로 봉한 후 실험실에 옮겨 활성탄관을 절단하고 앞층과 뒷층의 활성탄을 분리하여 각각의 vial에 옮겨 넣은 후 이황화탄소(CS₂, Aldrich) 1ml를 가하고 30분간 방

작업장에서 톨루엔에 노출된 근로자들의 마뇨산 배설량에 관한 연구

치하여 흡착된 유기용제를 용출시켰다. 탈착한 용액 중 1 μ l를 가스크로마토그래피(GC, Shimadzu GC-14B, Japan)에 주입하였고, 탈착을 실험을 위하여 기지량의 톨루엔을 활성탄판에 직접 주입하고 시료와 동일한 방법으로 탈착시켜 분석하였다. 가스크로마토그래피의 분석 조건은 다음과 같다. 칼럼은 DB-1(100% Dimethylpolysiloxane, 25m \times 0.32mm)을 사용하였으며, 검출기는 불꽃 이온화 검출기(Flame Ionization Detector)를 사용하였다. 칼럼 온도는 70 $^{\circ}$ C에서 분당 7 $^{\circ}$ C의 승온조건으로 140 $^{\circ}$ C까지 승온시켰으며, initial time과 final time은 각각 2분과 3분으로 설정하였다. 시료주입부와 검출기의 온도는 각각 200 $^{\circ}$ C, 250 $^{\circ}$ C로 설정하였다. 이동상으로는 질소가스를 사용하였으며, split ratio는 50:1로 하였다.

소변채취는 일시뇨로 작업환경 측정일로부터 4일 이내에 건강검진을 실시한 시료를 대상으로 하였다. 톨루엔은 반감기가 짧아 작업종료 2시간 이내에 채취하여야 하나, 현장여건상 전체 작업장에 대해 작업종료 2시간 이내에 소변채취를 실시하지는 못하였다. 요중 마뇨산의 측정은 요 0.5 ml를 시험관에 취하고 pyridine 0.5ml를 가해 혼합한 후 여기에 benzenesulfonyl chloride(BSC) 0.2ml를 가하여 vibration mixer에서 약 5초간 진탕·혼합한다. 실온에서 약 30분간 방치한 후 ethanol 3.8ml를 가해 전체를 5ml로 하여 잘 혼합한다. 약간의 혼탁물을 제거하기 위해 3000rpm에서 5분간 원심 분리한 후 투명한 상층액을 취하여 정량하고 ethanol을 대조액으로 하여 흡광광도계(UV-vis spectrophotometer, Shimadzu 1201, Japan)로 410nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 마뇨산 농도를 산출한 후 요비중으로 보정하였다. 요중 고체성분의 배설속도는 굉장히 희석 또는 농축된 뇨를 제외하고, 비교적 일정하게 유지되고 있어, 요중 고형성분의 농도는 요비중으로 표시할 수 있기 때문에, 측정농도를 표준비중으로 보정함으로써, 요배설량의 변동에 따른 영향을 실측치에 비해 작게 할 수 있다. 표준비중은 1.020 보정치(g/L)를 사용하여,

$$\text{측정치 (g/L)} \times \frac{\text{표준비중} - 1.000}{\text{시료의비중} - 1.000}$$

를 이용하여 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

톨루엔 폭로에 의한 작업자들의 신체 자각증상은 졸음, 두통, 오심, 구토, 흉통, 보행장애, 호흡축박, 탈진상태, 시력장애, 의식상실, 적혈구 감소, 전신경

련, 간장, 신장장애 등을 일으켜 비가역적인 중추신경계의 장애를 일으키기도 한다. 유기용제 폭로에 의한 요중 대사산물로는 마뇨산, 만델릭산, 메틸 마뇨산 등으로 유기용제 취급자들의 건강진단에 판정기준 물질로 되어있다. 노동부 예규 제 7호, 8호의 근로자 특수건강진단·실시규정에 의하면 요중 마뇨산 농도가 1.0g/l 미만인 경우는 정상범위 1.0~2.5g/l 미만인 경우는 주위 한계, 2.5g/l 이상인 경우는 선별 한계로 규정하고 있다.

본 조사는 유기용제 중 톨루엔을 사용하는 양산 지역 사업장 5곳을 선정하여 기중 톨루엔 농도와 요중 마뇨산 농도를 2년 간 측정·검사하였다. 조사대상 작업자에게 개인시료 포집기를 착용시킨 후 1회당 120~180분간 2회 측정하여 기중 톨루엔 농도를 모두 8시간 가중평균치(TWA: Time Weighted Average)로 환산하여 계산하였다. 그리고 이황화탄소에 의한 톨루엔의 탈착율은 98.92 %로 적용하여 농도를 계산하였다. Table 2는 조사기간 중 5개 사업장의 기중 톨루엔 농도와 작업자의 요중 마뇨산 농도를 나타낸 것이다.

Table 2. Mean Concentration of toluene in air and hippuric acid in urine for the investigation term

Working place	Conc. of toluene in air (ppm)	Mean (ppm) (Mean \pm S.D)	Conc. of hippuric acid in urine	Mean (g/l) (Mean \pm S.D)
A	7.35	4.04 \pm 3.38	0.51	0.47 \pm 0.04
	0.59		0.48	
	4.17		0.43	
B	12.00	7.92 \pm 3.99	0.61	0.51 \pm 0.11
	4.03		0.40	
	7.73		0.54	
C	37.36	24.92 \pm 17.58	0.56	0.56 \pm 0.06
	4.65		0.51	
	33.73		0.62	
D	37.94	39.05 \pm 10.31	0.55	0.76 \pm 0.18
	29.35		0.86	
	49.87		0.88	
E	7.22	8.50 \pm 6.41	0.53	0.52 \pm 0.01
	2.83		0.53	
	15.45		0.52	

조사 기간 중 각 사업장별로 3~4회의 측정이 이루어졌으나, 단일 측정이나 단일 검진시의 시료에 대해서는 대상에서 제외시켜 데이터를 산출하였다. 그리고 작업자의 근무 연수, 나이, 흡연, 음주 유무 등의 변수에 대해서는 고려하지 않았고, 남녀 근로자간의 마뇨산 농도만을 고려하여 비교하였다. 대상 사업장의 기중 톨루엔 농도는 A, B, C, D, E 각 사업장순으로 4.04 \pm 3.38ppm, 7.92 \pm 3.99ppm, 24.92

±17.59ppm, 39.05±10.31ppm, 8.50±6.41ppm으로 나타났으며, 직접적으로 톨루엔을 사용하는 D 사업장의 경우가 가장 높은 수치를 나타내었고, A 사업장의 가장 낮은 수치를 나타내었다. 5개 사업장 모두 TLV-TWA인 100ppm을 초과하지 않았다. 각 사업장의 요중 마노산 평균 농도는 0.47±0.05g/l, 0.52±0.11g/l, 0.56±0.06g/l, 0.76±0.18g/l, 0.52±0.01g/l로 나타났다. 각 사업장의 주의한계 대상자인 1.0~2.5g/l에 해당하는 작업자는 A사업장이 0%, B사업장이 4.57%, C사업장이 2.88%, D사업장이 23.48% 그리고 E사업장의 경우 4.95%로 주의한계를 넘어서는 작업자들과 기중 톨루엔 농도는 유의한 상관관계(r=0.84)를 보이고 있다. 금번 조사에서는 선별단계인 2.5g/l를 넘는 작업자는 나타나지 않았다. 마노산의 경우도 D 사업장이 가장 높은 수치를 나타내었고, A사업장이 가장 낮은 수치를 나타내어 기중 톨루엔 농도와 유의한 상관관계(r=0.94)가 밀접한 것으로 파악된다. Fig. 1은 작업장내의 기중 톨루엔 농도와 작업자의 요중 마노산 농도와 유의한 상관관계를 그래프로 나타내었다. 기중 농도는 허용한계에 못 미치는 수치이나, 요중 농도가 비교적 높게 나타난 집단의 경우 같은 농도에 폭로된 다른 근로자군에 비해 상대적으로 톨루엔에 대한 위해도가 높은 집단인 것으로 나타났다. 이것은 동일한 농도에 노출되더라도 각 개인의 건강상태(식사, 연령, 성), 폭로상태(기중농도, 작업강도), 생활환경(공기, 물, 음식), Life style(업무의 폭로) 그리고 기타 요인들에 의해 유해물질의 대사능력에 차이를 나타내는 것으로 작업장에서 유해물질에의 폭로 가능성을 검토할 때 기존의 작업환경에 대한 분석 결과뿐 아니라 개인별 생체시료의 검사가 필수적임을 나타내고 있다.

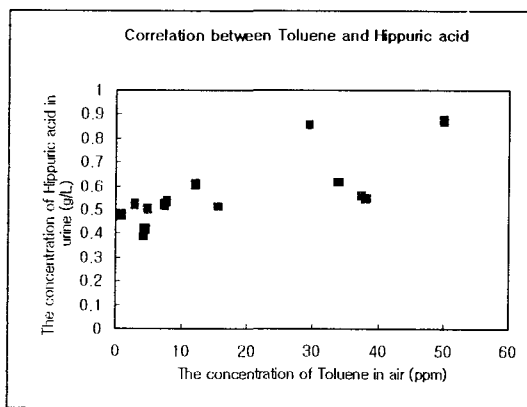


Fig. 1. Correlation between toluene in air and hippuric acid in urine

Table 3. The urinary hippuric acid excretion of male and female in each workshop

Working place (n)	Male (g/l)	n (%)	Female (g/l)	n (%)	Mean (g/l)
A (70)	0.452	59(84.3)	0.527	11(15.7)	0.473
B (92)	0.520	79(85.9)	0.492	13(14.1)	0.515
C (330)	0.561	311(94.2)	0.533	19(5.8)	0.559
D (143)	0.763	133(93.0)	0.752	10(7.0)	0.762
E (334)	0.522	287(85.8)	0.533	47(14.2)	0.523
Ave.	0.564		0.567		0.566

Table 3은 각 사업장별 남녀 근로자를 구분하여 요중 마노산 농도를 평균낸 값이다. 사업장의 근로자 대부분이 남자로 전체의 88.6%를 차지하고 있으며, 전체 평균 농도는 0.564g/l로 나타났다. 여자의 경우는 전체 11.4%를 차지하고 있으며, 전체 평균 농도는 0.566g/l로 나타나 남성 작업자의 경우에 비해 다소 높은 농도 수준을 보이고 있다. 이는 옥 등(1993)의 연구와 유사한 수준으로 나타났다. 그러나 전체 대상 사업장별로는 그다지 유의한 수준을 보이지는 않는다. 그리고 상기 사업장의 입사대상자를 기준으로 선정한 비폭로자의 요중 마노산 농도는 0.203g/l로 나타났다. 이는 톨루엔을 전혀 흡입한 경험이 없는 건강한 사람에서도 요중에 마노산이 배설되고 있기 때문이다. 비폭로자에게서도 마노산이 배설되는 것은 안식향 산과 글리신이 함유되어 있는 식품을 섭취하면 장내 세균에 의하여 산화되어 안식향 산으로 되고 간장 및 신장에서 글리신과 결합하여 마노산으로 배설되기 때문이다. 특히 톨루엔은 페인트 도색이나 제거 작업, 아교나 접착제 사용 등의 작업에서도 비직업성으로 폭로되기도 한다. 본 연구에서 비폭로자의 요중 마노산 배설은 옥 등(1993)의 조사치인 0.31g/l과 김과 김(1981)의 조사치인 0.216g/l, 이 등(1988)의 조사치인 0.44g/l의 범위이다, 다른 연구에서와 약간의 농도차이를 보이는 것은 발생하는 각종 오차에 의해서 나타나는 것으로, 이에 대한 오차요인을 아는 것은 “생물학적 모니터링”을 이해하기 위해 필요한데, 업무상 폭로가 오차요인이 되는 것을 주목해야 한다. 생체 시료에 의한 평가를 곤란하게 하는 측정치의 편차는 편차제공의 합 S로 표시하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3 + S_E$$

여기서 S_T 는 전반동이고, S_1 은 생체 시료의 개체

작업장에서 톨루엔에 노출된 근로자들의 마뇨산 배설량에 관한 연구

차, S₂는 채집 시기나 보존법에 의한 오차, S₃은 측정 오차에 의한 값, S_E는 오차항이다. 이와 같이 생각하면 전체의 오차를 감소시키기 위해서는 채집, 보존, 측정에 의한 오차 및 생체 오차를 감소시키기 위한 노력이 필요하다고 하겠다. 생체 시료의 개체차란 건강상태(식사, 연령, 성), 폭로상태(기중 농도, 작업장도), 생활환경(공기, 물, 음식), Life style(업무의 폭로) 등에 의한 오차이다, 따라서 같은 기중 농도에 폭로되더라도 개개인에 따라 흡수도는 다르며 위해도 또한 달라지게 되는데 이들 오차가 더해져서 생체 시료 고유의 편차가 발생하기에 조금씩 다른 결과를 보이도 있는 것이다. 이에 따라 환경측정 결과에 비해 생체시료의 측정 결과가 나쁜 경우는 재측정 검토나 업무의 폭로의 검토 또는 작업장소·작업장도에 대한 검토를 하여야 할 것이고, 생체시료 성적에 비해 작업환경측정 결과가 나쁜 경우는 재측정의 검토나 보호구 사용상황 그리고 작업장소·작업 상황 등을 검토해 보아야 할 것이다.

본 연구에서는 금번 조사에서 측정된 기중 톨루엔과 요중 마뇨산의 상관관계를 관계식으로 유추해 보고자, 측정된 기중 톨루엔의 평균값에 대해 Log 함수를 취하고 이에 대해 마뇨산과의 상관성을 알아보았다. 여기서 나타난 톨루엔 농도의 Log 값과 요중 마뇨산의 농도에 대한 상관 계수는 r=0.95으로 나타났고, b=0.3001, a=0.2345로 나타나 다음과 같은 관계식을 유추할 수 있었다.

$$H = 0.3 \text{Log} T + 0.235$$

여기서 H는 근로자의 요중 마뇨산 농도(g/l)이고, T는 기중 톨루엔 농도(ppm)이다.

Table 4. Log function for Concentration of toluene in air and Average Concentration of hippuric acid in urine

Group	Conc. of toluene in air (ppm)	Log value (Conc. of toluene)	Conc. of hippuric acid (g/l)
non-exposure group	-	-	0.20
A	4.04	0.61	0.47
B	7.92	0.90	0.51
C	24.92	1.40	0.56
D	39.05	1.59	0.76
E	8.50	0.93	0.52

이상에서와 같이 본 연구에서 측정된 작업환경시료는 허용기준 100ppm을 초과되는 작업장이 없는 다소 저농도의 환경에서 시료가 채취되었고, 요중 대사산물의 검진시기가 작업장별로 일정하지 않고, 혼합 유기용제에 노출되어 작업장간의 오차가 발생하였을 것으로 판단되므로 단순하게 톨루엔과 마뇨산과의 관계를 추정하기엔 다소 문제점이 있으며, 이에 따른 전체적인 환경 여건에 다른 장기적인 연구가 필요하다고 판단된다.

4. 결 론

양산 관내에 위치한 톨루엔 사용 사업장 중 근로자수가 50명을 넘는 5곳을 대상으로 1999년부터 2000년까지 2년간의 작업환경측정과 건강검진결과를 바탕으로 기중 톨루엔과 요중 마뇨산과의 상관관계를 분석 비교하였으며 결과는 다음과 같았다.

사업장별 기중 톨루엔 농도는 A사업장이 4.04±3.38ppm로 가장 낮은 수치를 보였으며, B사업장이 7.92±3.99ppm, C사업장이 24.92±17.59ppm, D사업장이 39.05±10.31ppm로 가장 높게 측정되었으며, E사업장이 8.50±6.41ppm로 나타났다. 그리고 전체 사업장의 평균은 16.89±14.76ppm으로 저농도의 사업장인 것으로 판단된다. 또한 사업장별 요중 마뇨산 농도는 A사업장이 0.47g/l로 가장 낮은 수치를 나타내었고, B사업장이 0.52g/l, C사업장이 0.56g/l, D사업장이 0.76g/l로 가장 높은 수치를 보였으며, E 사업장이 0.52 g/L로 나타났다. 여기서 기중 톨루엔 농도와 마찬가지로 A사업장이 가장 낮게 나오고, D사업장이 가장 높게 나와 상호간 유의한 상관관계(r=0.94)가 있었다. 그리고 요중 마뇨산의 남녀 근로자간의 농도는 남자 근로자가 0.564g/l로 나타났고, 여자 근로자 0.567g/l로 나타나 여자 근로자가 높은 수치를 보였으나, 각 사업장별 남녀의 수치를 비교해 보면 유의한 관계가 없는 것으로 판단된다. 이는 대사산물인 마뇨산의 생체시료 오차와 관련되어진 것으로 판단되며 이에 따라 장기적인 연구가 필요하다.

본 연구에서 측정된 기중 톨루엔 농도와 요중 마뇨산 농도와의 상관관계를 파악하기 위해 1년간의 기중 톨루엔의 평균 농도값에 Log 함수를 취하여 요중 마뇨산과의 관계식을 유도한 결과 다음과 같은 관계식을 유도할 수 있었다.

$$H = 0.3 \text{Log} T + 0.235 \quad (r = 0.95)$$

여기서 H는 근로자의 요중 마뇨산 농도(g/L)이고, T는 기중 톨루엔 농도(ppm)이다.

참 고 문 헌

- 1) 경제기획원 조사통계국, 1999.
- 2) 특수건강진단기술협의회, 작업환경측정기술협의회, 1990, 유기용제 건강진단의 길잡이.
- 3) 옥치상 등, 1995, 신발 작업장에서 Toluene 폭로 근로자들의 자각증상에 의한 건강상태평가 및 노중 Hippuric acid 배설량, 한국환경과학회지, 4(5), 517~526.
- 4) 이채언 등, 1988, 톨루엔 폭로 근로자들의 요중 마노산 배설량, 예방의학회지, 21(2), 374~379.
- 5) 양정선 등, 1993, 신발 제조업 근로자의 톨루엔 노출정도에 따른 혈중 톨루엔 농도분석, 약학회지, 37(5), 458~462.
- 6) 노동부, 작업환경 측정고시, 1992.
- 7) Ogata, M. et al., 1962, Toluene concentration in air and urinary hippuric acid measured by paper chromatography and mass screening examination method, Acta Med. Okayama, 16, 283~293.
- 8) Tomokuni, K. and Ogata, M., 1972, Direct colorimetric determination of hippuric acid in urine, Clin. Chem., 18, 349~351.
- 9) Breimer, D.D. et al., 1974, Gas chromatographic determination of chioral hydrate trichloroethanol and trichloroacetic acid in blood and in urine employing headspace analysis, J. Chromatogr., 88, 55~63.
- 10) Ogata, M., Kira, S., Shimada, Y., Osaki, H., Sugihara, R., and Fujii, T., 1980, Comparison of several methods for the measurement of urinary hippuric acid as index of toluene exposure, Acta Med. Okayama, 34(6), 361~366.
- 11) Ogata, M., 1984, Estimation of solvent concentration in ambient air from urinary metabolite levels of workers exposed to solvents, Industrial Health, 22, 319~324.
- 12) Ogata, M., 1987 Simultaneous determination of urinary creatinine and metabolites of aromatic organic solvents by automated high performance liquid chromatography, Industrial Health, 25, 103~112.
- 13) Pagnotto, L.D. et al., 1967, Urinary hippuric acid excretion as an index of toluene exposure, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 18, 129.
- 14) 장성훈, 1995, 톨루엔, 크실렌 폭로량과 생물학적 지표들과의 상관성 연구, 대한산업의학회지, 7(2), 295~305.
- 15) 문영환, 노재훈, 톨루엔 취급 근로자의 건강장해, 예방의학회지, 19(2), 177~182.
- 16) Carrison A., 1992, Exposure to toluene uptake distribution and elimination in man, Scan J Work Environ Health, 8, 43~55.