

톨루엔 폭로 근로자의 혈중 톨루엔 및 요중 마뇨산 농도

한국산업안전공단 산업보건연구원

양정선 · 강성규 · 김기웅 · 이종성 · 조영숙 · 정호근

— Abstract —

Blood Toluene and Urine Hippuric Acid Concentrations of Occupationally Toluene-exposed Workers

**Jung Sun Yang, Seong Kyu Kang, Ki Woong Kim,
Jong Sung Lee, Young Sook Cho, Ho Keun Chung**

*Industrial Health Research Institute Korea Industrial Safety Corporation,
Kusan-Dong 34-4, Puk-Ku, Incheon 403-120, Korea*

Toluene in air and blood and hippuric acid in urine were checked for the 41 female workers who are exposed to toluene and have normal liver function in shoe making factories in July, 1993. Toluene in air was sampled with charcoal by personal air sampler at least 4 times and analyzed by gas chromatography. At the end of shift, blood and spot urine were collected with a vacuum tube containing EDTA and a polyethylene bottle for detecting blood toluene and urine hippuric acid and analyzed by gas chromatography and high performance liquid chromatography.

Means of air and blood toluene and urine hippuric acid concentrations were 34.35ppm, 0.360mg/L, and 1.78g/g creatinine, respectively.

Toluene in air showed a good correlation with hippuric acid in urine($r=0.4503$) and toluene in blood($r=0.4596$). The hippuric acid in urine and toluene in blood corresponded to exposure of 100ppm toluene in air were 2.628g/g creatinine and 0.481mg/L.

Blood toluene and urine hippuric acid expected ratio were not correlated to the obesity index and working duration, however increased with age.

Key Words : Toluene in blood, Hippuric acid in urine, Blood toluene expected ratio, Urine hippuric acid expected ratio.

서 론

1. 연구 배경

톨루엔은 벤젠보다 독성이 덜하여 벤젠의 대체 물질로 널리 사용되고 있으나 사용량이 많아짐에 따라 중독의 가능성도 높아지게 되었다.(Anger, 1985) 톨루엔에 장기간 폭로되면 만성적인 두통, 불안 증상을 일으키게 되며 개인의 폭로 정도에 따른 위해도는 대사 능력, 작업 강도, 인종, 비만도, 나이 등에 따라 달라지게 된다.(Lauwreys, 1983) 톨루엔의 생물학적 모니터링에는 요중 마노산을 측정하는 방법이 가장 일반적으로 우리나라에서도 작업 환경 농도 측정과 함께 요중 마노산 측정을 노동부 고시로 하여 사용하고 있다.(노동부, 1992)

그러나 요중 마노산을 측정하는 방법은 마노산이 톨루엔에 폭로되지 않는 근로자들에게서도 배설되며, 인종에 따라 그 양도 상당히 차이가 있으므로 순수하게 톨루엔에 의해 배설되는 양을 정확히 파악하기 어렵다는 단점이 있다.(ACGIH, 1986; Catillina, 1980)

혈액중 톨루엔의 양을 측정하는 방법은 제한된 숙련자가 작업 직후에 실시하여야 한다는 제약이 있지만, 정상인의 혈중에서 톨루엔이 검출되지 않아 흡수량을 정확히 파악할 수 있어 작업장내에서 발생하는 톨루엔 폭로량을 정확히 예측하는 데는 가장 좋은 방법으로 알려져 있다.(Nise, 1988; Brugnone, 1986) 그러나 우리나라 근로자들을 대상으로한 혈중 톨루엔에 대한 보고는 아직 충분히 이루어지지 않고 있다.

2. 연구 목적

저자 등은 경도의 작업이 이루어지고 있고 작업중 톨루엔에 폭로되는 신발공장의 근로자에서 첫째, 생물학적 모니터링 방법으로 유용하게 쓰일 수 있는 혈중 톨루엔 및 요중 마노산의 배설 상태를 파악하고, 둘째, 기중 톨루엔 폭로도와 이들 근로자들의 혈중 톨루엔 및 요중 마노산의 상관관계를 분석하며, 셋째, 혈중 톨루엔 및 요중 마노산의 배설 예측량비에 영향을 미치는 요인들

을 파악하여 우리나라 근로자들에 대한 생물학적 폭로기준 설정 작업의 기초자료를 마련하기 위하여 본 연구를 시도하였다.

실험 방법

1. 조사대상

조사대상은 작업장 환경의 기중 농도가 허용농도를 초과한 경우가 있는 사업장 3곳을 선정하여 직접 톨루엔에 폭로되는 근로자 중 저자들의 혈액 채취에 동의하고 간기능에 이상이 없는 여성 근로자 41명을 대상으로 하였다.

2. 조사방법

조사방법은 1993년도 7월 중 주중을 택하여 사전에 사업장에 통보없이 방문하여 사업주와 근로자에게 조사 목적을 설명하고 조사를 실시하였다.

작업장의 기중시료는 조사대상 모두에게 개인용시료포집기를 착용시켜 활성탄관을 이용하여 약 60-70분 간격으로 4회 이상 포집하였다. 유량은 0.21L/min로 하였고 조사직전과 직후 3회의 유량을 측정하여 그 평균치로 유량을 보정하였다. 혈중 톨루엔 시료는 하루 8시간 작업시간이 되는 오후 5시 경에 작업현장에서 근로자의 주정맥에서 즉시 채취하였다. 채혈된 혈액은 냉장보관하여 실험실로 이송하였고 48시간 이내에 분석을 완료하였다. 요중 마노산 시료는 작업이 끝나는 시점에 미리 준비된 플라스틱 용기에 받도록 하여 혈청분리관으로 일정량을 취하였다.

3. 분석 및 실험 방법

1) 시약 및 기기

개인용시료포집기 MSA사 제품을 사용하였으며 가스크로마토그래피는 Hewlett Packard사의 HP5890 series II를 사용하였고 고속 액체크로마토그래피는 Waters사 제품을 사용하였다. 톨루엔 표준품은 Sigma사, 마노산 표준품은 Sigma사 제품을 사용하였다. Creatinine측정은 Roche사의 자동 생화학 분석기를 사용하였다.

2) 기중 톨루엔의 분석

활성탄을 가스크로마토그래피용 바이알에 옮겨 이황화 탄소로 탈착하여 NIOSH법(NIOSH, 1984)에 의하여 가스크로마토그래피로 분석하였다.

3) 혈중 톨루엔 분석

작업 개시로부터 톨루엔 폭로 후 7-8시간 뒤인 오후 5시부터 6시 사이에 혈액을 채취하였다. 혈액은 헤파린 처리된 진공 유리 바이알에 90% 이상 용량으로 취하여 4°C에서 보관하였고 48시간 이내에 분석을 완료하였다. 혈중 톨루엔의 분석은 NIOSH법(NIOSH, 1984)에 의하여 headspace sampler를 사용하여 가스크로마토그래피로 분석하였다.

4) 요중 마뇨산의 분석

채취된 요시료는 NIOSH법(NIOSH, 1984)에 의하여 탈이온수로 희석한후 NIOSH법(NIOSH, 1984)에 의하여 HPLC로 분석하였다. 요중 creatinine은 Roche사의 COBAS MIRA 자동 생화학 분석기를 이용하여 분석하였다.

4. 자료처리 방법

분석은 SPSS/PC+ 프로그램을 이용하였으며 기중, 혈중 톨루엔 농도와 요중 마뇨산 농도는 Kolmogorov-Smirnov 적합도 검정을 하여 정규분포를 확인하고 기중 톨루엔 농도는 그 결과에 따라 대수변환하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 일반적 특성

조사 대상자는 운동화 제조 전문업체의 여성 근로자들로 연령별로는 20대이하가 15명, 30대가 10명, 40대가 16명이었다. 평균 근무기간은 3년이 내가 11명, 7년이내가 16명, 7년 이상이 14명이었다. 전체 근로자 중에서 흡연자나 음주자는 없었다. Broca법을 이용하여 구한 비만도는 -10% 이하가 5명, -10%에서 0%가 14명, 0%에서 10%가 13명, 그리고 10% 이상이 9명이었다(표 1).

Table 1. General characteristics

	Value	Workers	Percent
Factory	A	13	31.7
	B	8	19.5
	C	20	48.8
Sex	male	0	0.0
	female	41	100.0
Age (years)	≤ 30	15	36.6
	31- 40	10	24.4
	41 <	16	39.0
Working duration (months)	≤ 36	11	26.8
	37- 84	16	39.0
	85-	14	34.1
Obesity index	- 10%	5	12.2
	-10- 0%	14	34.1
	0- 10%	13	31.7
	10% -	9	22.0
TOTAL		41	100.0

2. 기중 톨루엔, 혈중 톨루엔, 요중 마뇨산의 분포

작업장 기중 톨루엔 농도는 대수정규분포(K-S $Z=0.452$, $p=0.987$)를 하고 있었고 평균농도는 34.35ppm이었는데 A사가 50.25ppm, B가 44.56ppm, C사가 24.18ppm이었다(그림 1).

근로자들의 요중 마뇨산 농도는 정규분포(K-S $Z=0.844$, $p=0.475$)를 하고 있었으며 평균농도는 1.78g/g creatinine이었는데 A사 근로자가 2.71g/g creatinine, B사 근로자가 2.44g/g creatinine, C사 근로자가 0.91g/g creatinine으로 나타났다(그림 2).

혈중 톨루엔 농도는 정규분포(K-S $Z=0.908$, $p=0.382$)를 하고 있었으며 평균농도는 0.360mg/L이었는데, A사 근로자가 0.487mg/L, B사 근로자가 0.483mg/L, C사 근로자가 0.228mg/L로 나타났다(그림 3, 표 2).

3. 기중 톨루엔과 혈중 톨루엔 및 요중 마뇨산과의 관계

기중 톨루엔 농도와 요중 마뇨산 농도와는 높은 상관관계($r=0.4503$, $F=9.9183$, $p=0.0031$)를 보이고 있었으며 기중 톨루엔 농도 100ppm에 해

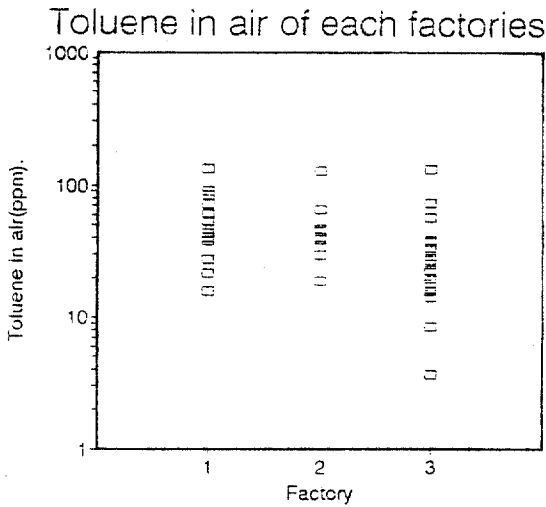


Fig. 1. Toluene in air of the workers in each factories.

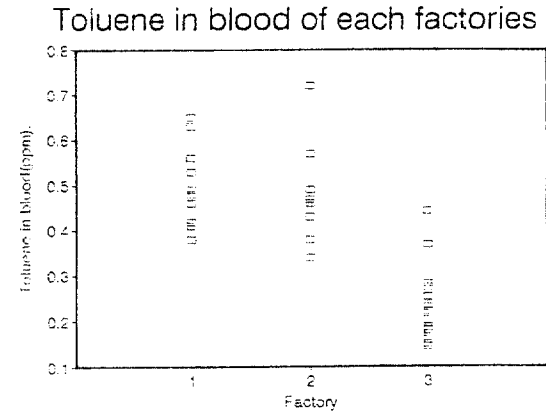


Fig. 2. Toluene in blood of the workers in each factories.

당하는 요중 마노산의 농도는 2.628g/g creatinine 이었다(그림 4). 기중 톨루엔 농도와 혈중 톨루엔 의 농도와는 높은 상관관계($r=0.4596$, $F=$

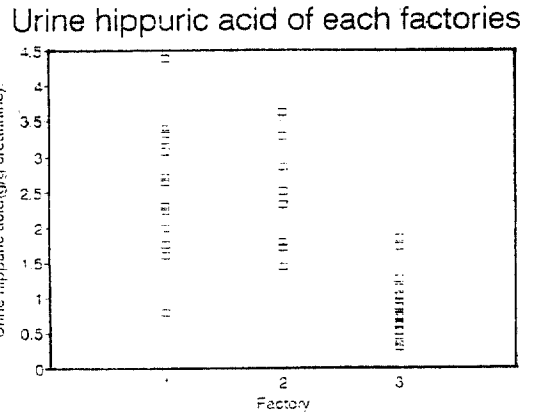


Fig. 3. Hippuric acid in urine of the workers in each factories.

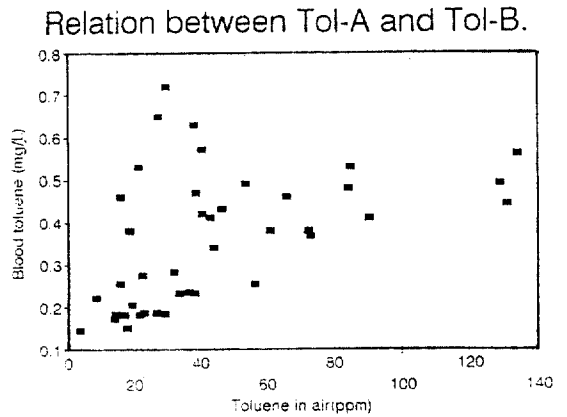


Fig. 4. Correlation between the concentration of air toluene and blood toluene of 41 workers occupationally exposed to toluene.

10.4417, $p=0.0025$)를 보이고 있었으며 기중 톨루엔 농도 100ppm에 해당하는 혈중 톨루엔의 농도는 0.481mg/L이었다(그림 5).

Table 2. Toluene in air and blood and hippuric acid in urine

Factory	Toluene in air	Toluene in blood	Hippuric acid in urine
	G.M.±G.S.D.(Range)	Mean±S.D.(Range)	Mean±S.D.(Range)
A	50.3±1.85(15.9-134.0)	0.487±0.090(0.380-0.650)	2.71±0.938(0.79-4.39)
B	44.6±1.75(18.9±128.9)	0.483±0.119(0.340-0.720)	2.44±0.779(1.44-3.62)
C	24.2±2.15(3.7±130.8)	0.228±0.073(0.144-0.444)	0.91±0.485(0.37-1.84)
Total	34.4±2.13(3.7-134.0)	0.360±0.156(0.144-0.720)	1.78±1.108(0.37-4.39)
F ratio	5.2067	43.4296	29.4253
P value	.0100	.0000	.0000

Relation between Tol-A and Tol-U

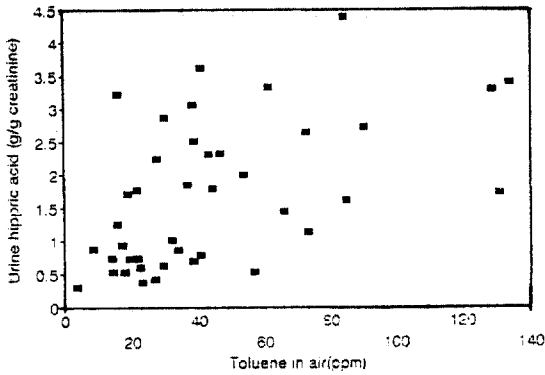


Fig. 5. Correlation between the concentration of air toluene and urine hippuric acid of 41 workers occupationally exposed to toluene.

4. 혈중 톨루엔, 요중 마노산 대사물과 연령, 비만도 및 근무기간과의 관계

혈중 톨루엔의 예측량과 요중 마노산의 배설예측량비(배설량/배설예측량)는 비만도나 근무기간과는 무관하였으나 연령이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다(Table 3; $r=0.4596$, $F=10.4417$, $p=0.0025$; $r=0.4503$, $F=9.9183$, $p=0.0031$). 다중회귀분석

결론

1993년 7월 부산과 마산지역의 운동화 제조사업장에서 작업중 접촉제로서 톨루엔을 직접 사용

하는 접착작업 여성근로자 중 간기능에 이상이 없는 41명에 대해 기중 톨루엔 농도 및 신진대사 물질에 대한 조사를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

작업장 기중 톨루엔 농도는 대수정규분포(K-S $Z=0.452$, $p=0.987$)를 하고 있었고 평균농도는 34.35ppm이었고, 요중 마노산 농도는 정규분포(K-S $Z=0.844$, $p=0.475$)를 하고 있었으며 평균농도는 1.78g/g creatinine, 혈중 톨루엔 농도는 정규분포(K-S $Z=0.908$, $p=0.382$)를 하고 있었으며 평균농도는 0.360mg/L이었다.

기중 톨루엔 농도와 요중 마노산 농도와는 높은 상관관계($r=0.4503$)를 보이고 있었으며 기중 톨루엔 농도 100ppm에 해당하는 요중 마노산의 농도는 2.628g/g creatinine이었다. 기중 톨루엔 농도와 혈중 톨루엔의 농도와는 높은 상관관계($r=0.4596$)를 보이고 있었으며 기중 톨루엔 농도 100ppm에 해당하는 혈중 톨루엔의 농도는 0.481mg/L이었다.

혈중 톨루엔의 예측량과 요중 마노산의 배설예측량비(배설량/배설예측량)는 비만도나 근무기간과는 무관하였으나 연령이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다.

참고 문헌

- 노동부 : 근로자 특수건강진단 방법 및 직업병관리 기준, 1989
 Anger J: *Biological monitoring of workers exposed to*

Table 3. Blood toluene and urine mandelic acid expected ratios by age, working duration and obesity index.

Item	Class	Workers	BER		UER	
Age (years)	~ 30	15	0.83 ± 0.370	$F=3.572$	0.76 ± 0.609	$F=3.642$
	31- 40	10	0.92 ± 0.248	$p<0.05$	0.88 ± 0.452	$p<0.05$
	41-	16	1.20 ± 0.484		1.29 ± 0.577	
Obesity index	~10%	5	0.83 ± 0.237	$F=0.658$	0.61 ± 0.322	$F=1.278$
	10~ 0%	14	1.04 ± 0.438	$p<0.05$	1.06 ± 0.658	$p>0.05$
	0~ 10%	13	0.93 ± 0.507		0.92 ± 0.681	
	10%~	9	1.12 ± 0.344		1.22 ± 0.416	
Working duration (months)	~ 36	11	1.02 ± 0.309	$F=0.940$	0.98 ± 0.575	$F=1.885$
	37- 84	16	0.89 ± 0.473	$p>0.05$	0.81 ± 0.527	$p>0.05$
	85-	14	1.10 ± 0.435		1.22 ± 0.655	
		41	1.00 ± 0.422		1.00 ± 0.599	

- organic solvents—past and present. Scand J Work Environ Health 1985 ; 11:45*
- Lauwreys RR : *Documentation of threshold limit values and biological exposure indices, Cincinnati, 1986*
- Catillina P and Chamoux A : *Study of urinary excretion of hippuric acid in workers exposed to low atmospheric toluene concentrations. Arch de Maladies Professionnelles 1980 ; 41:141*
- Nise G : *Toluene in venous blood during and after work in rotogravure printing. Int Arch Occup Environ Health 1988 ; 60(1):31*
- NIOSH : *NIOSH manual of analytical methods. Cincinnati, 1984*
-