

Research Paper

작업환경중 톨루엔 농도와 근로자 특성에 따른 뇨중 마뇨산 농도의 상관성

이귀영* · 신태수* · 홍상표** · 김광렬*

충북대학교 환경공학과*, 청주대학교 환경공학과**

Correlation of Urinary Hippuric Acid Concentration according to Occupational Exposure Level of Toluene and Worker's Characteristics

Gye-Young Lee* · Taek-Soo Shin* · Sang-Pyo Hong** · Kwangyul Kim*

Department of Environmental Engineering, Chungbuk National University*

Department of Environmental Engineering, Cheongju University**

요약 : 작업환경중 톨루엔 농도와 뇨중 마뇨산 농도와의 상관성에 대하여 54개 사업장에서 일하는 124명의 근로자를 대상으로 연구하였다. 가장 높은 실내 작업장의 톨루엔 농도는 인쇄 공정에서 81.116ppm으로 측정되었으며, 기하평균농도는 12.304 ppm으로 높은 값을 나타내었다. 톨루엔 노출 작업자의 뇨중 마뇨산 농도의 기하평균은 0.714 g/g creatinine으로, 비노출군에 비하여 5배 정도 높게 나타났다. 인쇄 공정 노동자의 평균 뇨중 마뇨산 농도는 다른 공정의 노동자에 비해 가장 높은 1.145g/g creatinine 이었다. 작업자의 노출 톨루엔 농도와 뇨중 마뇨산 농도 사이의 상관계수는 $r=0.624$ ($P<0.01$)로 상관성이 비교적 높은 것으로 나타났으나, 뇨중 마뇨산 농도와 근로자의 성별, 음주 및 흡연, 근무경력 등의 상관성은 낮게 나타났다. 노출 톨루엔 농도 X에 대한 뇨중 마뇨산 농도 Y의 회귀방정식은 $Y = 0.037X + 0.562$ 로 표현할 수 있다. 결론적으로 작업장에서의 톨루엔 노출농도에 따라 뇨중 마뇨산농도가 유의하게 증가함을 알 수 있다.

주요어 : 작업노출농도, 톨루엔, 마뇨산(HA)

Abstract : Correlation between occupational exposure levels to toluene and urinary hippuric acid (HA) concentrations were studied for 124 workers at 54 work places. The highest indoor toluene concentration measured at printing process was 81.116 ppm, and their geometric average concentration was as high as 12.304 ppm. The geometric average concentration of hippuric acid in urine samples from workers who are exposed to toluene was 0.714 g/g creatinine. This is almost five times higher than the average HA concentration from non-exposure workers. Printing workers showed the average HA concentration of 1.145 g/g creatinine from their urine samples. It is the highest concentration among the workers exposed to toluene. The correlation coefficient between

HA concentrations in urine and indoor toluene concentration at work places was relatively high as $r=0.624$ ($P<0.01$). But the correlations of HA with sex, smoking, drinking, age and employment history was relatively low. We can express the regression equation for the urinary HA concentration which is $Y = 0.037X + 0.562$ as exposure toluene concentration is X. The urinary HA concentrations showed significantly increase depend on indoor toluene concentration at work place.

Keywords : Occupational Exposure Level, Toluene, Hippuric acid(HA)

I. 서론

산업현장에서 가장 널리 사용되는 유기용제중 하나인 톨루엔은 휘발성이 강한 방향족 유기화합물로 오일, 합성수지, 페인트 등 용제뿐만 아니라 페놀, 톨루엔이소시아네이트, 트리니트로톨루엔, 염료, 약품, 사카린 같은 화합물 제조에도 사용되고 있다. 섬유나 피혁 원단의 코팅공정, 건축용 내장재 및 자동차 부품 등의 도장공정, 직물, 종이, 플라스틱 등의 인쇄공정, 제재 및 목재가공과 고무, 플라스틱제품 제조업에서의 접착공정, 톨루엔 취급 과정 등과 인쇄기 및 플라스틱 사출기 금형 등 기계세척작업 등에서도 집중적으로 발생되고 있어, 이러한 사업장 근로자들은 상시 톨루엔에 노출되어 있거나 노출 가능성이 매우 높다고 할 수 있다(한국산업안전보건공단, 2010).

톨루엔의 인체 유입경로는 첫째 호흡기를 통한 흡수로 작업장 내 공기 중으로 확산된 톨루엔이 작업자의 호흡기를 통하여 체내 흡수가 이루어지는 경우, 호흡 시 흡입된 톨루엔의 20%는 호기를 통해 다시 배출되나 80%는 체내 흡수가 되어 주로 간장에서 대사 된다. 둘째 소화기관을 통한 흡수로 톨루엔 취급 중 물이나 음식을 섭취하는 경우 위장 등 소화기관을 통해 흡수된다. 셋째 피부를 통한 흡수로 공기 중 톨루엔에 노출된 눈, 코, 손, 발 등의 피부를 통하여 흡수가 일어난다(Cohr, K.J. 등, 1979). 톨루엔은 인체에 흡수되면 중추신경계 장애를 유발하고 심장 및 혈액독성을 나타내는 것으로 보고되고 있어 근로자의 직업병 문제와 관련하여 주요 관심물질로 다루어져 왔다(이세훈 등, 1988). 따라서 톨루엔이 발생하는 작업장의 경우 근로자의 안전과 관리를 위해 톨루엔 노출에 따른 적절한 평가가 이루어져야 하며, 이를 위해 환경모니터링과 생물학적 모니터링

(Ogata, M. 등, 1970)을 통한 작업자의 톨루엔 노출 평가가 이루어져야 한다. 현재 우리나라에서는 톨루엔 폭로 근로자들의 건강 장애를 예방하기 위하여 작업환경측정과 특수건강진단 시 직업력 및 노출력 조사, 주요 표적기관과 관련된 병력조사, 임상검사 및 진찰, 간담도계, 비노기계, 신경계, 눈, 피부, 비강, 인두검사 등을 실시하고 있으며 생물학적 노출지표 검사로서 뇨중 마노산(HA, Hippuric Acid)배설량을 측정하고 있다(한국산업안전보건공단, 2010).

본 연구에서는 톨루엔을 취급하는 작업장을 대상으로 톨루엔 농도가 작업자의 건강에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 이를 위해 톨루엔을 사용하거나 취급하는 54개 사업장을 선정하여 작업장 내 실내 공기 중 톨루엔의 농도를 측정하고, 근로자들을 대상으로 소변을 채취하여 뇨중 마노산의 농도를 측정함으로써 톨루엔 노출과 마노산 생성에 대한 상관성과 또한 근무경력, 음주, 흡연, 연령 등에 따른 영향 등을 검토하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상으로 자동차정비업, 인쇄업, 접착제 제조업 등 주 공정에서 도장, 배합, 세척, 인쇄, 코팅, 접착 작업을 하는 사업장 54개소를 선정하여 톨루엔을 취급하는 근로자의 작업환경 농도를 측정하였다. 또한 작업장 근로자의 뇨중 마노산 수준 평가를 위해 생산직 근로자 124명과 비노출 군으로 사무직 근로자 20명의 소변을 채취하여 분석하였으며, 이중 음주자와 흡연자는 Table 1에서 보는 바와 같이 각각 96명과 62명으로 나타났다. 이때, 음주자와 흡연자의 판단기준은 연구대상 근로자에게 구한 설문응답

Table 1. General workers' characteristics.

process	gender		age	working experience(yr)	smoking	drinking
	male	female				
office worker ^{a)}	12	8	31.0		8	15
painting	24	2	43.1	9.54	2	6
mixing	17	0	34.8	5.59	8	18
cleaning	5	2	42.9	12.7	9	15
printing	30	0	41.3	10.6	16	24
bonding	15	3	40.7	9.22	18	20
coating	24	2	36.1	6.50	9	13
Total	127	17	Ave. 39.7	Ave. 8.75	62	96

^{a)} non exposure group

Table 2. Analytical conditions of toluene by gas chromatography.

parameters	conditions
column	CP WAX 52CB 0.25 μ m 30m \times 0.32mm
column oven temperature	40°C - 80°C - 120°C
injector temperature	210°C
detector temperature	250°C
detector	FID
injection mode	split (25:1)
flow rate	N ₂ (30ml/min), air(300ml/min), H ₂ (30ml/min)

을 근거로 하여 지금까지 5갑 이상의 담배를 피운 사람을 흡연자로 분류하였고 최근 1개월 이상 전혀 담배를 피우지 않은 경우는 금연자로 분류하였으며, 음주자는 일주일에 평균 1일 이상 술을 마시는 경우로 한정하였다.

2. 측정 및 분석방법

(1) 작업환경

작업장에서의 톨루엔 농도 측정은 미국산업안전보건 연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천한 공정시험법(Method No 1501, NOISH, 2003)의 기준에 따라 작업장별로 활성탄관(100mg/50mg)이 부착된 개인 시료 포집기(MSA)를 사용하여 근로자의 작업영역에서 호흡량을 고려하여 유량 0.01~0.05 L/min으로 시료 파과(break-through)가 일어나지 않는 범위 내에서 6시간 정도 채취하였다. 참고로 공정시험법에서 정한 톨루엔의 시료채취 기준은 0.20 L/min 이

하의 유량으로 최소 1에서 최대 8 L의 샘플을 채취하도록 규정되어 있다(NOISH, 2003).

(2) 톨루엔

각 사업장 공정별로 측정된 톨루엔을 분석하기 위해 시료포집기의 활성탄관 양끝을 절단하고 앞 층과 뒤 층을 분리하여 각각의 바이알에 활성탄을 옮긴 후 내부 표준액을 함유된 이황화탄소 용액 1mL로 30분간 탈착시킨 후 상등액 1 μ L를 분취하여 가스크로마토그래피(GC, FID, Varian 3800)로 분석하였다. 이때 탈착효율은 96.1%이었으며 시료주입에 따른 오차를 줄이기 위해 내부 표준액법(internal standard)을 사용 하였다. GC 분석조건을 Table 2에 제시하였다.

(3) 마노산 (Hippuric Acid; HA)

체내 흡수된 톨루엔의 총 노출량을 반영하는 생물학적 모니터링 방법으로 작업자의 뇨 중 마노산 농도를 측정하는데, 뇨 중 마노산의 분석방법에는 GC-FID, HPLC-UV 방법이 있다. 본 연구에서는 전처리 및 분석방법이 간편한 HPLC-UV법(안선희 등,

Table 3. Analytical conditions of hippuric acid by HPLC.

parameters	conditions
column	eclipse XDB C18 5 μ m 4.6mm \times 150mm
column temperature	25°C
mobile phase	KH ₂ PO ₄ 2.3135g/850ml DW + ACN 150ml(pH 3.25)
detector	UV 225nm
pressure	120kg/cm ²
flow rate	1.5ml/min

Table 4. Indoor toluene concentration at 6 work places.

process	No.	range(ppm)	GM ^a (ppm)	GSD ^b	exceeded
painting	26	0.105-33.0	2.26	4.18	0
mixing	17	0.273-29.4	10.5	3.09	0
cleaning	7	0.691-39.4	5.26	5.24	0
printing	30	0.611-81.1	12.3	3.38	3
bonding	18	0.707-49.6	2.99	3.30	0
coating	26	0.589-44.0	4.88	4.39	0
Total	124	0.105-81.1	Ave. 5.39	Ave. 4.32	3

^{a)} geometric mean

^{b)} geometric standard deviation

2000; 대한산업보건협회, 1991)을 이용하였다. 먼저, 뇨중 마노산 분석을 위해 오염되지 않은 깨끗한 혈청분리관으로 근로자의 작업이 끝나기 2시간 전부터 작업이 끝난 직후까지 분석에 필요한 소변을 채취했으며, 대조군의 경우에도 마찬가지로 근무시간 종료 2시간 전부터 근무종료 직후까지 분석용 소변을 채취하였다. 마노산농도는 HPLC(HPLC/Agilent, 1200)-UV법을 이용해 분석하였다(대한산업보건협회, 1991). 이때 검출한계는 0.0225(g/L)이었으며 HPLC의 분석조건은 Table 3과 같다.

(4) 크레아티닌

소변이 지나치게 농축되거나 물을 경우 뇨 중 농도가 실제와 다르게 나타날 수 있으므로 이러한 시료는 부적합한 시료로 구분되어야 하는데 통상 크레아티닌 0.3 이하이거나 3.4 이상인 경우를 말한다(한국산업안전보건공단, 2010). 따라서 적합한 시료를 선택한 후 분석으로 얻어지는 값은 크레아티닌으로 보정하였다. 크레아티닌 보정결과는 g/g creatinine으로 나타내었다.

(5) 통계분석

본 연구에서 모든 실험 자료에 관한 통계 분석은 윈도우용 SPSS버전 12.0 프로그램을 이용하였다. 노출 군과 비노출 군에 있어서 뇨중 마노산 농도와 톨루엔 측정치는 정규성 분포를 검정한 결과 대수정규분포로 나타나 기하평균과 기하표준편차 범위 등으로 나타냈다(Ayer, H. E., 1989; 백남원, 1997). 이들 결과의 유의성 검증은 T-Test, ANOVA-Test 방법을 적용하였고 뇨 중 마노산농도와 톨루엔농도 등 계 변수간의 관련성은 상관계수(r)로 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 공정별 톨루엔 농도

조사대상 사업장을 공정별로 6가지(도장, 세척, 인쇄, 접착, 배합, 코팅)로 분류하고 작업 장 내에서 실내 톨루엔 농도를 측정된 결과 Table 4와 같이 나타났다. 톨루엔 농도의 기하평균(GM)은 5.39 ppm, 기하표준편차(GSD)는 4.32로 나타났으며, 공정별 최대농도와 평균농도는 인쇄공정에서 가장 높게 나타

Table 5. Urinary hippuric acid concentration for 124 workers.

process	No	range (g/g crea)	GM ^a (g/g crea)	GSD ^b	exceeded
painting	26	0.130-1.05	0.392	1.77	0
mixing	17	0.250-2.73	1.05	2.03	2
cleaning	7	0.270-2.46	0.677	2.33	0
printing	30	0.210-3.55	1.15	2.19	6
bonding	18	0.120-3.21	0.521	2.93	3
coating	26	0.100-3.53	0.738	2.61	1
control*	20	0.020-0.610	0.131	2.50	
Exposure group**	124	0.100-3.55	Ave. 0.714	Ave. 2.48	12

^{a)} geometric mean

^{b)} geometric standard deviation

* control : non exposure group

** exposure group : painting, mixing, cleaning, printing, bonding, and coating

났다. 참고로 비노출군인 사무실의 톨루엔 농도는 대체로 불검출에서 최대 0.016 ppm의 범위로 나타나 외부 환경요인에 따라 편차가 있는 일반인의 노출수준과 동일한 수준으로 판단되었다.

Table 4에서 톨루엔의 노출기준(고용노동부, 2011) 농도(50 ppm)를 초과한 시료수를 별도로 나타내었는데, 노출기준을 초과한 곳은 전체 124개 중 3개(2.4%)로 모두 인쇄공정에서 채취한 시료였다. 노출기준 농도의 50%이상인 25ppm~49ppm은 15개로 인쇄공정 5개소, 코팅공정 4개소, 세척과 배합공정 각각 2개소, 접착과 도장공정 각 1개소로 나타났으며, 노출기준농도의 10% 이하인 5ppm 미만은 54개소로 나타났다.

2. 마노산 농도

(1) 톨루엔 노출 군과 비노출 군과의 비교

톨루엔 노출 근로자의 뇨 중 마노산 농도의 기하평균은 Table 5에서 보는바와 같이 0.714g/g creatinine (0.392~1.15g/g creatinine), 기하표준편차(GSD)는 2.48이었으며, 비노출군의 기하평균 0.131g/g creatinine, 기하표준편차(GSD) 2.50에 비해 노출군의 기하평균농도 값이 5배 정도 높게 나타났다.

(2) 작업 공정별 농도

작업자에게서 채취한 뇨 중 마노산 농도가 생물학적모니터링 노출평가 기준(한국산업안전보건공단,

2010)인 2.5g/g creatinine을 초과하는 작업자는 Table 5에 표시한 바와 같이 전체의 9.7%로 12명(인쇄6명, 접착3명, 배합2명, 코팅1명)이었고, 평가기준 50% 이상인 1.5~2.49g/g creatinine은 20명이었으며, 0.50g/g creatinine 이하인 작업자는 56명으로 나타났다. 이에 따라 마노산 농도는 비정규분포를 가지며 기하평균농도는 0.714g/g creatinine로 기하표준편차(GSD)는 2.48로 나타났다. 작업 공정별 톨루엔 노출 근로자의 뇨 중 마노산 농도 측정 결과는 앞의 Table 5와 같다.

(3) 근무경력에 따른 농도

각 공정별 근무경력에 따른 뇨 중 마노산 농도의 상관성을 분석한 결과 상관계수 $r = -0.110$ 으로 통계적 유의성이 낮게 나타났다. 이와 같이 근무경력과 작업자의 뇨 중 마노산농도와 상관성이 낮게 나타난 것은 인체에 축적되는 중금속과는 달리, 유기화합물은 생물학적 반감기가 짧아 근무경력에 따른 체내 축적과 같은 영향이 적기 때문인 것으로 사료된다.

(4) 연령별 농도

연령에 따른 작업자의 뇨 중 마노산 농도의 상관성을 분석한 결과, 연령과 뇨 중 마노산 농도는 편차가 매우 심하게 나타났으며, 상관계수는 $r = -0.188$ 로 통계적 유의성이 역시 낮은 것으로 나타났다. 연령에 관계없이 농도편차가 심하게 나타나는 이유는 작업자의 보호구 착용 등 개인별 작업습관 때문으로 판단

Table 6. Correlation between urinary hippuric acid concentration according to (a) drinking and (b) smoking status.

Case (a)	No	GM ^a (ppm)	GSD ^b	range	exceeded
current drinkers	96	0.775	2.49	0.100-3.53	11
non drinkers	28	0.539	2.33	0.100-3.55	1
Total	124	Ave. 0.714	Ave. 2.48	0.100-3.55	12
Case (b)	No	GM ^a (ppm)	GSD ^b	range	exceeded
current smokers	62	0.893	2.49	0.100-3.53	7
non smokers	62	0.570	2.13	0.100-3.55	5
Total	124	Ave. 0.714	Ave. 2.48	0.100-3.55	12

^a geometric mean

^b geometric standard deviation

되며, 연령보다는 근무경력에 대한 영향이 더 높은 것을 알 수 있다.

(5) 음주 및 흡연과 뇨중

각 공정별 작업자들의 음주 및 흡연에 따른 뇨중 마노산 농도의 상관성을 Table 6에 제시하였다. 뇨중 마노산 농도는 음주 및 흡연량에 따라 약간 증가하는 것으로 나타났으나, 상관계수는 Table 7에서 보는 바와 같이 음주 r=0.169, 흡연 r=0.220으로 통계적 상관성은 적게 나타났다. 담배 연기에 포함된 미량의 톨루엔에 따라 영향이 있겠으나 미미한 수준이고 음주에 따른 뇨중 마노산 농도의 변화도 낮은 편이었다. 이러한 결과는 일반적으로 톨루엔의 흡수 및 대사는 음주보다는 음식물 및 음료수 등에 포함된 안식향산나트륨에 따라 지배적인 영향을 받는다는 연구결과(정최경희 등, 2006; 이용진, 2004)와 일치함을 알 수 있다.

3. 톨루엔 농도와 마노산 농도의 상관성

작업자의 노출 톨루엔 농도와 뇨중 마노산 농도의 상관성을 분석하여 Figure 1(a)에 제시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 노출 톨루엔 농도와 뇨중 마노산 농도의 상관계수는 r=0.624(P<0,01)로 비교적 높은 상관성을 나타내었으며, 뇨중 마노산 배설량을 Y, 톨루엔 개인 노출농도를 X로 한 회귀방정식은 Y=0.037X+0.562로 톨루엔 노출농도에 따라 뇨중 마노산의 농도도 유의하게 증가함을 알 수 있다.

한편, 산업안전보건연구원에서 최근 개정한 근로자건강진단 실무지침(산업안전보건연구원, 2013)에 따르면 소변중 마노산 농도의 측정은 낮은 톨루엔 농도에서는 생체감시 효과가 적어 50 ppm 이상의 노출에 적용되며, 향후 사용하지 않으려는 경향이 있다고 기술하고 있다. 이에 따라 노출 톨루엔 농도가 50 ppm 이상인 세 개의 시료(2.4%)를 제외하고, 50 ppm 미만의 낮은 톨루엔 농도만을 가지고 뇨중 마노산 농도의 상관성을 분석하여 Figure 1(b)에 제시하였

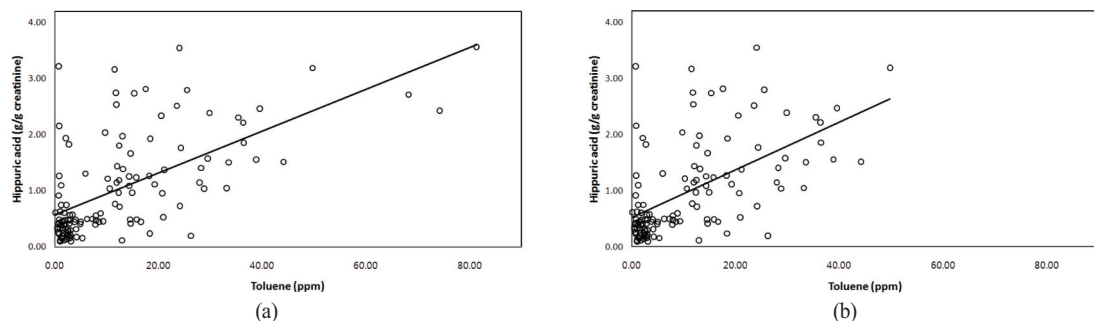


Figure 1. Correlation between occupational exposure toluene level and urinary hippuric acid concentration: (a) toluene level < 100 ppm, (b) < 50 ppm.

Table 7. Correlation coefficient between urinary hippuric acid concentration and various variables.

Variables	Correlation coefficient
Toluene concentration	0.624
Working duration	-0.110
Age	-0.188
Smoking	0.220
Drinking	0.169

는데, 톨루엔 농도와 뇨 중 마노산 농도의 상관계수는 $r=0.570(P<0.01)$, 회귀방정식은 $Y=0.043X + 0.520$ 으로 나타나 전체 시료(124개)를 대상으로 한 경우에 비해서는 상관계수가 낮게 나타났지만 여전히 유의한 상관성을 보임을 알 수 있다.

지금까지 살펴본 근로자의 뇨 중 마노산 생성에 영향을 미칠 것으로 예상되는 작업환경중 톨루엔 농도, 근무경력, 연령, 음주 및 흡연 등 근로자의 특성 등 여러 가지 인자들과의 상관관계를 종합하여 Table 7에 제시하였다. 결과에서 보는 바와 같이 작업자의 뇨출 톨루엔 농도와 뇨 중 마노산농도의 상관계수는 $0.624(P<0.01)$ 로 비교적 상관성이 높게 나타난 반면, 근무경력이나 연령, 음주 및 흡연 등 근로자의 특성에 따른 뇨 중 마노산 생성 농도의 상관성은 통계적 유의성이 낮은 것을 알 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 톨루엔을 취급하는 산업체를 대상으로 업종과 공정에 따라 분류한 54개의 사업장에서 124명의 근로자를 대상으로 작업환경 중 톨루엔 농도와 이들의 대사산물인 뇨 중 마노산 농도를 분석하여 근로자의 특성과 톨루엔 노출농도가 뇨 중 마노산 생성에 미치는 상관관계를 규명하였다.

조사대상 사업장을 공정별로 6가지(도장, 세척, 인쇄, 접착, 배합, 코팅)로 분류하고 작업 장 내에서 공기 중 톨루엔 농도를 측정하고 결과 톨루엔 농도의 기하평균(GM)은 5.40ppm, 표준편차(GSD)는 4.32이었으며, 인쇄사업장의 경우 기준농도(50ppm)를 초과한 곳이 3개소로 최고 81.1ppm 까지 나타났다. 톨루엔 노출 근로자의 뇨 중 마노산 농도의 기하평균은

0.714g/g creatinine (0.392~1.15g/g creatinine)로, 비노출군의 기하평균 0.131g/g creatinine에 비해 5배 정도 높게 나타났다. 작업자의 뇨출 톨루엔 농도와 뇨 중 마노산 농도의 상관계수는 $r=0.624(P<0.01)$ 로 상관성이 비교적 높은 것으로 나타났으며, 뇨 중 마노산의 농도(Y)와 톨루엔 개인 노출농도(X)의 회귀방정식은 $Y=0.037X+0.562$ 임을 알 수 있었다.

작업자에게서 채취한 뇨 중 마노산 농도가 생물학 적모니터링 노출평가 기준인 2.5g/g creatinine을 초과하는 작업자는 조사대상 작업자 124명 중 12명(인쇄6명, 접착3명, 배합2명, 코팅1명)이었고, 1.5g/g creatinine~2.49g/g creatinine은 20명이었으며, 뇨출농도가 높은 인쇄, 코팅, 접착공정 순으로 많이 나타났다. 근무경력, 연령, 음주 및 흡연 등 근로자의 특성에 따른 뇨 중 마노산 농도의 상관성은 통계적 유의성이 낮은 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 2013년 충북대학교 학술연구 지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

인용문헌

- 대한산업보건협회. 1991. 요중 마노산, 메틸마노산 및 만델산의 측정; 고속액체 크로마토그래프법, 산업보건, 37, 21-26.
- 박홍재, 김형준, 정성욱, 이병호. 2005. 작업장 특성에 따른 톨루엔 노출 근로자의 마노산 배출 특성, 한국환경과학회지, 14(2), 201-207.
- 백남원. 2003. 산업위생학개론, 신광출판사, 61-66.
- 산업안전보건연구원. 2013. 근로자건강진단 실무 지침, 산업안전보건연구원.
- 안선희, 최호춘. 2000. 가스 크로마토그래프를 이용한 요중 마노산, 만델릭산, 메틸마노산, 페닐글리옥실산 분석, 산업보건, 152, 49-56.
- 이성수, 안규동, 이병국, 남택승. 1989. 톨루엔 사용 근로자의 폭로량과 요중 마노산 배설량,

- 예방의학회지, 22(4), 480-485.
- 이세훈, 김형아, 이병국, 이광묵. 1988. 톨루엔 폭로근로자의 요중 마노산 및 o-cresol 배설 농도와 자각증상, 한국의 산업의학, 27(2), 4-11.
- 이용진. 2004. 저 농도 톨루엔 폭로자에서 식이요소가 마노산 배설에 미치는 영향, 대한직업환경의학회지, 16(4), 475-487.
- 이채언, 신해림, 조병만, 문덕환. 1988. 톨루엔 폭로 근로자들의 요중 마노산 배설량, 예방의학회지, 21(2), 374-379.
- 정최경희, 장성훈, 김형수, 오원기, 고상백, 이진세, 박수경. 2006. 톨루엔 및 크실렌 노출 근로자에서 안식향산나트륨 섭취에 따른 요중 대사산물 농도의 시간적 변화, 대한직업환경의학회, 18(3), 163-170.
- 한국산업안전보건공단. 2010. 근로자건강진단 실무지침, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원.
- Ayer HE. 1989. Occupational Air Sampling Strategies, In Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. ACGIH. Cincinnati, Ohio.
- Cohr KJ, Stockholm J. 1979. Toluene A Toxicological Review, Scand, J. Work Environ & Health, 2(71).
- NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health). 2003. NIOSH Manual of Analytical Method No 1501, Fourth Edition. Cincinnati, Ohio. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>.
- Ogata M, Tomokuni K, Takatsuka Y. 1970. Urinary Excretion of Hippuric Acid in The Urine of Persons Exposed to Vapours of Toluene and m- or p-Xylene as a Test of Exposure, Brit. J. Ind., 27, 43-50.

References

- An S, Choi H. 2000. Analysis of Hippuric Acid, Mandelic Acid and Methylhippuric Acid in Urine by Using Gas chromatograph, Industrial Health, 152, 49-56.
- Ayer HE. 1989. Occupational Air Sampling Strategies, In Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants, ACGIH. Cincinnati, Ohio.
- Back N. 2003. Introduction to Industrial Hygiene, Shinkwang Publishing Co., 61-66.
- Cohr KJ, Stockholm J. 1979. Toluene A Toxicological Review, Scand, J. Work Environ & Health, 2(71).
- Jung-Choi K, Chang S, Kim H, Oh W, Koh S, Lee K, Park S. 2006. Effect of Sodium Benzoate on Change of Urinary Hippuric Acid and Methyl Hippuric Acid among Workers Coexposed to Toluene and Xylene, Korean J Occup Environ Med, 18(3), 163-170.
- Korea Occupational Safety & Health Agency. 2010. Practical Guidelines on the Medical Examination of Worker, Occupational Safety & Health Research Institute.
- Korean Industrial Health Association. 1991. Measurement of Hippuric Acid, Methylhippuric Acid, and mandelic acid in Urine; High Performance Liquid Chromatographic Determination. Industrial Health, 37, 21-26.
- Lee C, Shin H, Cho B, Moon D. 1988. Urinary Hippuric Acid Excretion in Toluene Exposed Workers, Journal of Preventive Medicine and Public Health, 21(2), 374-379.
- Lee S, Kim H, Lee B, Lee G. 1988. Urinary Excretion of Hippuric Acid and o-Cresol

- and Subjective Symptoms Among Workers Occupationally Exposed to Toluene, Korean Industrial Medicine, 27(2), 4-11.
- Lee S, Ahn K, Lee B, Nam T. 1989. A Study on Relationship between Exposure to Toluene and Excretion of Hippuric Acid in Urine with Male Solvent Workers, Journal of Preventive Medicine and Public Health, 22(4), 480-485.
- Lee Y. 2004. Effect of Soft Drink on Urinary Hippuric Acid Excretion in Workers Exposed to Low dose Toluene, Korean J Occup Environ Med, 16(4), 475-487.
- NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health). 2003. NIOSH Manual of Analytical Method No 1501, Fourth Edition. Cincinnati, Ohio. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>.
- Occupational Safety & Health Research Institute. 2013. Practical Guidelines on the Medical Examination of Worker, Occupational Safety & Health Research Institute.
- Ogata M, Tomokuni K, Takatsuka Y. 1970. Urinary Excretion of Hippuric Acid in The Urine of Persons Exposed to Vapours of Toluene and m- or p-Xylene as a Test of Exposure. Brit. J. Ind.. 27. 43-50.
- Park H, Kim H, Jeong S, Lee B. 2005. A Specific Character on the Urinary Hippuric Acid Excretions of Workers Exposed to Toluene in Specific Character of Manufacturing Industry, Journal of the Environmental Sciences, 14(2), 201-207.