

## 병원 내 근로자 중 유기용제를 취급하는 부서에서 벤젠, 크실렌, 톨루엔의 노출 여부에 관한 연구

광양보건대학 임상병리과

오 동 선 · 박 미 숙

### On Exposure of Workers in Sections Handling Organic Solvents within Hospitals to Benzene, Xylene, and Toluene

Dong-Sun Oh and Mi-Suk Park

*Department of Laboratory Technology, Kwang-Yang Health College, Kangyang 545-793, Korea.*

Due to the development and expansion of industries and medical standards, the number of workers who handle organic solvents within hospitals is increasing. The authors in this study intended to investigate the actual conditions of the handling of the solvents and to encourage the recognition that the exposure to such solvents may be possible because of insensitivity to safety. In order to investigate the actual conditions of exposure of workers within hospitals, the experimental group included the three sections (Pathology department, Central Supply Room, and Operating Room), which handle organic solvents most frequently. Meanwhile, university interns were selected to be the control group. This study was conducted between May 1 to May 30, 2007, and urine was taken as samples. Hippuric acid, mandelic acid, methylhippuric acid, and phenylglyoxylic acid were analyzed through gas chromatography, and a total of 52 subjects of the experimental and the control groups were performed of the analysis. As for the results of the analysis of the experimental group, the exposure to benzene was  $42.27 \pm 3.70$  mg/g creatinine, that of xylene was  $1.30 \pm 0.18$  g/g creatinine, and that of toluene was  $2.36 \pm 0.24$  g/g creatinine. Meanwhile, the results of the analysis of the control group showed that the exposure to benzene was  $15.54 \pm 2.85$  mg/g creatinine, that of xylene was  $0.52 \pm 0.02$  g/g creatinine, and that of toluene was  $0.85 \pm 0.20$  g/g creatinine. The amount of exposure to benzene, xylene, and toluene was shown to be under the maximum permitted level, but as for Pathology department, it was required to educate on working conditions, to educate workers on prevention management about their health, and to install fume hood and exhaust system to improve the environments.

**Key Words** : Insensitivity to safety, Gas chromatography, Benzene, Xylene, Toluene, Fume hood, Exhaust system.

## I. 서 론

유기용제는 상온에서는 액체로서 다른 물질을 녹이거나 제거하거나 추출하는 특성을 가지며 거의 모든 작업장에서 사용하는 화학물질이다. 유기용제는 생산과정에서 주된 용도로 사용하기도 하지만, 시설유지 보수 등에

교신저자 : 오동선, (우)545-703, 전남 광양시 광양읍 덕례리 223-1  
광양보건대학  
TEL : 062-370-7571, 010-9663-8084  
Email : jmmods@hanmail.net

도 필요하며 화학물질을 제조, 반응, 세척, 희석, 도장, 추출 등의 용도로 광범위하게 사용 된다(박 등, 2005). 이와 더불어 건강에 대한 위험성이 오래 전부터 인식되어 왔으며 병원 내에서도 유기용제를 취급하는 부서들도 있다(한, 1999). 우리나라에서도 유기용제의 노출로 인한 직업병은 계속되고 있고 그 후유증도 심각하다. 유기용제로 인한 직업병 중 가장 큰 사건은 원진 레이온의 이황화탄소(CS<sub>2</sub>) 중독과 모 전자부품업체에서의 생식독성(n-hexane)이다(박 등, 2005).

산업과 의료 수준이 발달하고 대형화됨에 따라 병원 내에 유기용제를 취급하는 근로자들이 증가하고 있다. 이에 따른 현황과 안전 불감증에서 노출 될 수 있다는 인식을 고취하고자 한다. 유기용제로 많이 사용하는 벤젠, 톨루엔, 크실렌의 요중 대사산물은 페닐글리옥실산, 만델릭산, 마노산, 메틸마노산이다. 대사과정으로 톨루엔은, 톨루엔-벤진알콜-벤즈알데하이드-안식향산-마노산(hippuric acid)으로 대사되며, 크실렌은 크실렌-메틸벤조일산-메틸마노산(methyl hippuric acid)으로 대사되고, 벤젠에 노출되면 33%의 해독작용과 67%의 산화 과정으로 대사되어(문 1987; 김, 1983) indicator인 phenol을 가스크로마토그래피로 측정할 수 있다. 병리과 예서는 조직염색 및 고정작업시 사용하는 시약에 의해 유기용제가 노출되며, 유기용제로는 xylene, methanol, acetone, acetic acid, formaldehyde, ethylene oxide, phenol, benzen, toluene 등이 노출되며, 수술실에서는 methyl methacrylate, ethylene oxide, benzen, toluene, xylene등이 노출되며, 중앙공급실에서는 소독 기구를 소독하고 세척하는 과정에서 발생하는 증기와 ethylene oxide, 기타 소독약품과 세척제, benzen, toluene, xylene등이 노출 된다(김, 1983). 다핵방향족 탄화수소는 벤젠고리가 두 개 이상인 것으로 가장 많이 사용되는 벤젠 치환화합물은 톨루엔, 크실렌이다(허, 1993; 박 등, 2005). 다른 사업장에서 유기용제 즉 벤젠과 크실렌, 톨루엔에 노출되어 발생할 수 있는 백혈병과 중추신경계 장애, 간, 신장, 폐의 장기에 나타날 수 있는 장애를 미연에 방지하며 그에 따른 공학적인 예방대책을 세우고자 한다. 또한 개인의 노출량과 관련성을 검토함으로써 이를 취급하는 근로자들의 건강관리에 일조가 되게 함은 물론 추후 이들 분야의 연구를 기초자료로 제공하고자 시행하였으며, 도움이 되었으면 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대상

본 조사는 2007년 5월 1일부터 5월 30일까지 한 달간 실시하였으며 실험 군으로는 S대 병원 병리과(Pathology Department) 5 명, 수술실(Operating Room) 12 명, 중앙공급실(Central Supply Room) 9 명 총 26 명과 대조군으로는 현재 실습중인 대학교 2 학년 26 명을 선정하여 연구하였다.

### 2. 방법

검체는 소변으로 하였으며 대상자들 모두 아침 첫 뇨와 오후 5시 경의 소변으로 비교 검토하였다. 검사방법은 가스크로마토그래피(CP-3800, VARIAN, DEUTCH)를 이용한 요 중 마노산, 만델릭산, 메틸마노산, 페닐글리옥실산을 분석하였으며, 사용시약은 SIGMA-ALDRICH(유기산표준시약은 만델릭산, 마노산, [o,m,p]-메틸마노산, 페닐글리옥실산, cinnamic acid), 에틸아세테이트, 클로로포름, MERCH 2차 증류수, 유도체시약(농염산 5 mL + 황산나트륨 10 mg + 페탄올 100 mg)을 사용하였다.

전처리 과정으로는 소변 속의 불순물 제거 및 원하는 물질을 유도하기 위하여 각각 튜브에 시료와 표준용액 0.5 mL을 취한 다음 증류수 0.5 mL, cinnamic acid 100 µL, 0.5 N 염산 200 µL, 2 mL 에틸아세테이트을 넣고 20 분간 진탕혼합 한 다음 3000 rpm, 4 분간 원심분리를 하였다. 원하는 물질을 기기분석의 최상의 조건으로 맞추기 위하여 에틸아세테이트 층 분리, 에틸아세테이트 증발건조(약 2 시간), 유도체 시약 1 mL을 넣고, 60°C에서 40 분간 항온수조에 넣은 다음 실온으로 식힌 후 증류수 2 mL, 클로로포름 1 mL을 20분간 진탕혼합 후 3000 rpm, 4분간 원심분리를 하였다. 클로로포름 층에 흡수된 원하는 물질을 가스크로마토그래피로 측정하였다(Table 1).

### 3. 자료처리방법

실험 군으로는 병리과, 수술실, 중앙공급실, 총 26 명과 대조군은 실습학생 총 26 명을 벤젠, 크실렌, 톨루엔에 대한 실험 군과 대조군을 측정하였고, 통계처리는 수집된 자료를 항목별로 부호화 한 후 SPSS를 이용하여 통계처리 하였다. 일반적 사항은 빈도를 비교하기 위해 대응 표본 T-test를 실시하였다.

**Table 1.** Organic solvent exposure criteria and analyzer reference value

Organic solvent	Sample	Indicator	Method	Reference value	Unit
Xylene	Urine	methyl hippuric acid	HPLC, GC	1.5	g/g creatine
Toluene	Urine	hippuric acid	HPLC, GC	2.5	g/g creatine
Benzene	Urine	phenol	GC	50	mg/g creatine

\* HPLC (high performance liquid chromatography), GC (Gas-chromatography).

**Table 2.** Comparisons of experimental and control group (mean & SD)

Group	Organic solvent	Benzen		Xylene		Toluene		P-value
		Test (M±SD)	Reference	Test (M±SD)	Reference	Test (M±SD)	Reference	
Test group		42.27±3.70	50 mg	1.30±0.18	1.5 g/g	2.36±0.24	2.5 g/g	0.001
Control group		15.54±2.85	50 mg	0.52±0.02	1.5 g/g	0.85±0.20	2.5 g/g	0.001

\* Unit : Benzen mg/g creatine, Xylene, Toluene g/g creatine

### III. 결 과

#### 1. 실험 군과 대조군의 평균과 표준편차

검사대상 세 부서에서는 여러 물질에 노출 될 수 있지만, 병리과 에서는 조직염색과 봉입 과정에서 크실렌에 노출되며, 수술실과 중앙공급실 에서는 톨루엔과 가위류의 소독액 이나, 세척액인 벤젠에 노출될 수 있다. 연구결과는 실험군에서 벤젠 42.27±3.70, 크실렌 1.30±0.18, 톨루엔

2.36±0.24의 평균과 표준편차가 나왔다. 대조군에서는 벤젠 15.54±2.85, 크실렌 0.52±0.02, 톨루엔 0.85±0.20의 평균과 표준편차가 나왔다(Table 2).

#### 2. 실험 군과 대조군의 일반적 특성 및 노출현황

성별, 나이, 근무부서로 구분하여 실험 군과 대조군의 특성은 Table 3과 같이 나타났으며, 여성이 23 명, 나이는 20~29 세가 23 명, 부서에서는 수술실이 12 명으로 가장

**Table 3.** General characteristic of test group & control group

Parameters		Test group		Control group	
		Number	Percent	Number	Percent
Sex	Male	3	11.5	4	15.4
	Female	23	88.5	22	84.6
Age	20-29	23	88.5	25	96.2
	30-39	2	7.7	1	3.8
	40-49	1	3.8	0	0
Palace	P.D	5	19.2		
	O.R	12	46.2		
	C.S.R	9	34.6		
	U.I	0	0.0	26	100
Total		26	100	26	100

\* P.D (Pathology Department), O.R (Operating Room), CSR (Central Supply Room) U.I (University Intern)

**Table 4.** Exposure status of experimental group & control group

Organic solvent	AM PM	Test group		Control group	
		Mean (%)	S.D	Mean (%)	S.D
Benzen	AM	10.38	2.08	4.04	1.31
	PM	37.88	3.84	11.50	2.14
Xylene	AM	0.23	0.02	0.08	0.02
	PM	1.07	0.20	0.45	0.02
Toluene	AM	0.45	0.14	0.20	0.12
	PM	1.91	0.23	0.65	0.20

P<0.001

**Table 5.** Difference of exposure status of experimental group & control group (n = 52)

Organic solvent	AM PM	Difference of test group & control group		
		Mean (%)	SD	p-value
Benzen	AM	6.35	1.92	0.000
	PM	26.38	4.88	0.000
Xylene	AM	0.15	0.23	0.000
	PM	0.62	0.02	0.000
Toluene	AM	0.26	0.18	0.000
	PM	1.26	1.14	0.000

많았다. Table 4, Table 5에서는 실험 군과 대조군의 노출 현황을 오전과 오후로 나누어 검사해 본 결과 오후검사 결과치가 더 높게 나타났다.

#### IV. 고 찰

본 연구결과는 요 중 메칠마노산의 실험군 농도는 1.30 ±0.18 g/g creatinine 대조군에서는 0.52±0.02 g/g creatinine으로 실험군과 대조군간의 유의한 차이가 있었고 (p<0.001), 요 중 마노산의 실험 군 농도는 2.36±0.24 g/g creatinine 대조군에서는 0.85±0.20 g/g creatinine으로 실험군과 대조군간의 유의한 차이가 있었다(p<0.001). 또한 요 중 페놀의 실험군 농도는 42.27±3.70 mg/g creatinine 대조군에서는 15.54±2.85 mg/g creatinine로 실험군과 대조군간의 유의한 차이가 있었다(p<0.001). 다른 사업장의 노출에 대한 현황은 한(1999)의 자료에 의존하여 10

개 사업자의 자동차정비업의 도장 공정에서 유기물질 발생은 상반기와 하반기의 두 번의 검사 결과에서는 톨루엔 6.73, 4.86 ppm, 에틸벤젠 5.275, 3.367 ppm, m-크실렌 3.055, 5.19 ppm, o-크실렌 1.093, 4.049 ppm으로 나타났다. 또한 외국의 경우 Inoue 등(1986)에 따르면, 신발공장 및 인쇄공장 근로자군 에서 이루어진 연구에서 10 ppm농도 페놀에 노출 후 소변에 페놀농도는 47.5 mg/L(측정치), 57.9 mg/g creatinine(크레아티닌에 대한 보정치), 46.6 mg/L (비중1.016에 대한 보정치) 등으로 나타났다 (Ikeda와 Otsuji, 1971; Inoue 등, 1986). 이와 같이 모든 근로자의 개인노출현황을 병원 내부 환경과 자동차정비업의 외부환경. 일본의 신발공장 및 인쇄공장의 내부 환경과 비교한 바, 자동차 사업장 노출과 병원 내의 근로자들의 노출현황은 허용기준 이하였다(Table 6).

우리나라에서 유기용제 노출로 인한 직업병은 계속되고 있지만 병원 내 근로자들의 노출에 대한 유의한 차이는 없었다. 조사과정 중 수술실과 중앙공급실은 별다른

**Table 6.** Comparison of this experimental test and different work

Organic solvent Group by	Toluene		Benzen		xylene	
	Test	Reference	Test	Reference	Test	Reference
Test group	2.36±0.24	2.5	42.27±3.70	50	1.30±0.18	1.5
Central group	0.85±0.20	2.5	15.54±2.85	50	0.52±0.02	1.5
Automotive repair (fist half of the year)	6.73	50			3.055	100
Automotive repair (second half of the year)	4.86	50			5.19	100
Shoes factory(in japan)			57.9	50		

Unit : Benzen mg/g creatinine, Xylene g/g creatinine, Toluene g/g creatinine, Automotive repair (ppm)

문제점이 발견되지 않았으나 병리과는 업무의 특정상 사용되어지는 유기용제의 노출에 대한 대책이 요구된다. 검사작업대에 설치된 배기장치는 외부기류의 영향을 많이 받을 수 있으며 벽면에 설치된 팬에 의해 기류 흐름이 ‘작업대-작업자의 호흡영역-환기팬’ 으로 되어 작업자의 호흡영역보다 환기팬의 배기속도가 클 경우 포름알데히드 노출이 이루어 질 수 있다(노동부, 1993). 염색작업은 병리조직 표본의 관찰을 위한 작업으로 95% 에탄올, 크실렌, 1% 염산 등이 사용된다. 염색과정에서 사용되는 시약이 담긴 통은 평상시에는 뚜껑을 닫은 상태이나 작업 시 뚜껑을 열고 검체가 포함된 유리슬라이드를 일정시간 동안 담가놓은 작업을 할 때 유기용제에 노출될 가능성이 있다. 봉입작업은 조직상이나 염색상에 변화를 주지 않고 표본을 오랫동안 투명하게 유지하기 위한 작업으로 점도가 높은 용액과 굴절율이 좋은 용액을 슬라이드 절편에 바르고 커버글라스를 덮어 밀폐시킨다. 문제점으로는 여름철의 경우 작업과정 중 창문의 개방을 통해 전체 환기량이 클 경우에는 어느 정도 효과를 볼 수 있으나, 겨울철의 경우 창문을 닫고 작업을 할 경우 노출될 가능성이 높다. 관리대책은 검사실에서 개인의 노출에 대한 근로자들의 건강상의 예방관리에 대책의 하나로 근로자들의 교육과 전체 환기의 보강과 해당물질 취급 시 보호구 착용과 후드설치가 요구 된다. 또한 제한점은 근로자의 연령과 성별에 따른 병원 특성상 실험군과 대조군의 선정 시 한계가 있다. 원내에서 유기용제를 취급하는 근로자들이 유기용제에 노출되는 개인노출과 타 사업장에

서 발생하는 노출현황과 외국사례를 비교하여 원내의 미진한 환경을 개선하고 그에 따른 공학적인 예방대책을 세우며, 개인의 노출량과 관련성을 검토함으로써 이를 취급하는 근로자들의 건강관리에 일조가 되게 함은 물론 안전 불감증을 고취하며 추후 이들 분야의 기초자료를 제공하며 도움이 되었으면 한다.

### 참 고 문 헌

1. Ikeda M, Otsuji H. Phenobarbital-induced protection against toxicity of toluene and benzene in the rat. *Toxicol Appl Pharmacol* 20(1):30-43, 1971.
2. Inoue O, Seiji K, Kasahara M, Nakatsuka H, Watanabe T, Yin SG, Li GL, Jin C, Cai SX, Wang XZ, Ikeda M. Quantitative relation of urinary phenol levels to breathzone benzene concentrations: a factory survey. *Br J Ind Med* 43(10):692-697, 1986.
3. 김정만, 유기용제 작업장의 환경관리, 한국의 산업의학 22(1) : 12-18, 1983
4. 노동부 작업환경측정실시규정, 노동부고시 제93-12호, 1993.
5. 문영환, 유기용제 중독, 대한의학협회지 30(10): 1072-1077, 1987.
6. 박동욱, 허용, 김판기. 산업 독성학, 초판 1쇄, p 110 ~ 128, 한국방송통신대학교출판부, 2005.
7. 한용수, 유기용제 취급산업장의 작업공정에 따른 유

기용제 폭로실태에 관한 조사연구, 광양대학 논문집 제 6호 488-489, 1999.

8. 허인회. 독성학, 초판 1쇄, p 108~140, 신일상사, 1993.