

## 직업적으로 스티렌에 노출된 근로자의 뇨중 대사산물에 관한 연구

오 세 옥 · 원 정 일\*

가톨릭대학교 산업보건대학원 산업위생학과 · 노동부 작업환경과

### A study on the urinary metabolites of styrene exposed workers

Se-Ug Oh · Jung-Il Won\*

Department of Occupational Hygiene, Graduate School of Occupational Health  
Catholic University, Seoul,

\*Korea work Environmental Division, Ministry of Labour

### Abstract

Mandelic acid is the major metabolite and phenylglyoxylic acid is the minor metabolite of styrene in human. This study was conducted to investigate the correlation between exposure concentration of styrene and concentration of the metabolites in urine. The concentrations of metabolites in urine and exposure concentrations were measured in 60 workers who were occupationally exposed to styrene in FRP industry as well as paint industry and musical instrument manufacturing industry and the concentrations of metabolites in urine were measured in 90 workers not occupationally exposed to styrene for review the background level in the unexposed population. The results obtained were as follows:

1. The mean exposure concentration is  $16.6 \pm 12.2$  ppm (range 0.4-49.9ppm) in the styrene exposed workers.

2. The concentration of mandelic acid in urine collected at the end of shift from worker exposed 8 hours to 50ppm of styrene, based on extrapolation from correlation equations, was 578.5 mg/g creatinine and 176.8 mg/g creatinine for next morning urine, the concentration of phenylglyoxylic acid in urine collected at the end of shift was 291.1 mg/g creatinine, 177.9 mg/g creatinine in next morning urine. In the sum of mandelic acid and phenylglyoxylic acid in the urine, 870.2 mg/g creatinine in urine sampled at the end of shift corresponds to an exposure of 50 ppm of styrene and 366.0 mg/g creatinine for next morning sample corresponds to 50 ppm.

3. The correlation of the degree of exposure with sum concentration of mandelic acid and phenylglyoxylic acid in the urine was better ( $r=0.079$  for end of shift,  $r=0.78$  for next morning) than the correlation with single determinant measurement in urine ( $r=0.75$  for mandelic acid at end of shift,  $r=0.73$  for mandelic acid at next morning,  $r=0.69$  for phenylglyoxylic acid at end of shift,  $r=0.62$  for phenylglyoxylic acid at next morning).

The monitoring of sum concentration of mandelic acid and phenylglyoxylic acid in urine is a valuable indicator of time weighted average daily exposure to styrene. And the exposure standard of urinary metabolites produced by styrene should be set, in distinction urine at the end of shift from urine at next morning.

## I. 서 론

스티렌(styrene:ethenylbenzene: CAS No, 100-42-5)의 증기압은 25°C에서 6.45mmHg로 쉽게 휘발하는 고비점 화합물로서, 지방에는 매우 잘 녹는 반면에 물에는 잘 녹지 않는다(0.3 mg/ml at 20 °C)특성을 갖고 있는 유기용제이다. 스티렌은 butadiene이나 acrylonitrile등과 같은 단체(monomer)들과 쉽게 중합하여 불포화 폴리에스테르 레진 등 여러 종류의 수지를 합성하는데 사용된다. 즉 이러한 합성수지들은 보우트, 자동차 범퍼, 수송관 및 욕조 등을 생산하는데 널리 쓰이고 있는데 이들의 수요가 증가함에 따라 1990sus 스티렌의 세계적 소비량은 총 1,360만톤으로 추정되었다.<sup>1)</sup> 이상과 같이 산업장에서 스티렌이 광범위하게 사용되고 있으나 스티렌의 장기간 폭로시 돌연변이와 발암성을 유발할 수 있는 잠재성 때문에 최근에는 건강장해에 대한 관심이 고조되고 있다.<sup>2)</sup> 또한 동물 및 사람의 스티렌흡수는 비교적 빠르고 전신에 넓게 분포되는데 주로 지방조직에 저장되어 천천히 제거되므로 장기간 반복해서 폭로될 경우 체내에 축적이 이루어지고 이는 주로 7,8-epoxide로 생체변환되어 독성을 일으키게 된다.

그 외 일반적인 독성은 신경계, 간, 폐, 그리고 신장에 영향을 주는 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>. 따라서, 우리나라<sup>4)</sup>와 미국정부 산업위생 전문가협회<sup>5)</sup>에서는 작업환경중 스티렌에 대한 허용기준을 50 ppm으로 정하고 있으며, 경피흡수에 대한 유해성이 허용기준에는 고려되지 않는 "Skin"으로 표기하고 있다.<sup>6)</sup> 근로자에 대한 스티렌 폭로 평가방법은 개인용 시료포집기를 이용하여 공기중 환경농도를 측정하는 방법과 스티렌의 대사산물을 이용하는 방법 등이 있다. 이중 공기중 환경농도를 측정하는 것이 간편한 방법이나 작업강도에 따른 개인별 호흡량의 차이에 의해 근로자 실험폭로량과 환경 농도간에는 차이가 나타날 수 있으며, 개개 근로자에 대한 폭로정도 및 건강장해를 평가하는 데는 제한이 있다. 따라서, 각 근로자가 어느 정도 폭로 되고 있는지에 대한 자세한 정보를 얻기 위해서는 생물학적 감시를 환경측정과 병행하는 것이 바람직하다.<sup>7)</sup>

체내에 흡입된 스티렌은 2.6 %가 다시 호기로 배출되고 대부분은 뇨를 통해 56.9 %가 만델린산으로 33.0 %가 페닐글리옥실릭산으로 7.5 %가 마노산으로 배설된다<sup>8)</sup>

노중 대사산물의 측정은 어떤 시간에 뇨를 채취하느냐에 따라 큰 차이를 보이며 스티렌과 같이 비교적 짧은 반감기를 가진 유기용제의 경우는 더욱 그러하다. LaDou<sup>9)</sup>은 노중 만델린산과 페닐글리옥실릭산을 작업종료 후에 측정하는 것을 권유하고 있으나 Heseltine 등<sup>10)</sup>과 Pekari 등<sup>11)</sup>은 다음날 아침 뇨를 권장하고 있다.

미국정부 산업위생 전문가협회<sup>5)</sup>의 BEI는 작업종료 후와 다음날 아침 뇨의 참고치가 제시되어 있으나, 우리나라 노동부의 "근로자 특수건강 진단방법"<sup>12)</sup>에 의하면 스티렌에 폭로된 근로자들에 대한 생물학적 감시 방법으로 노중 만델린산 만 측정하여 진단에 참고를 하도록 되어 있을 뿐이며 소변채취 시간에 대한 정확한 명시가 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 스티렌 폭로 근로자를 대상으로 노중 대사산물인 만델린산(MA) 및 페닐글리옥실릭산(PGA)과 이를 합한 총대사물(MA+PGA)을 작업 종료 후의 뇨와 다음날 아침 뇨를 각각 채취하여 측정하고 이들과 공기중 스티렌 농도와의 상관 관계를 분석하여 우리나라 특수 건강진단 방법 중에 스티렌의 생물학적 모니터링 항목 설정 작업의 기초자료를 제공하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대 상

경인 지역에 소재한 약기, FRP 욕조 및 탱크, 페인트 제조 공장에서 스티렌에 폭로되는 남자 근로자 60 명을 연구대상으로 하였고, 스티렌에 폭로된 경험이 없는 사무직 남자 90 명을 대조군으로 하였다. 이 때 방독마스크를 착용하고 있는 근로자는 폭로군에서 제외하였으며, 간장 질환을 앓고 있는 근로자는 연구대상에서 제외하였다. 폭

Table 1. General characteristics of subjects

	Exposed group	Control group
No. of subject	60	90
Age(yr)	39.1±12.9	32.4±7.8
Work duration(yr)	4.2±4.0	4.6±5.7

Table 2. Frequency distribution of subjects by age

Age(yr)	Exposed group(%)	Control group(%)
20 - 29	18(30.0)	37(41.1)
30 - 39	18(30.0)	36(40.0)
40 - 49	7(11.7)	12(13.3)
> 50	17(28.3)	5(5.6)
Total	60(100)	90(100)

로군과 대조군의 평균 연령과 평균 근로년수는 표 1과 같았고, 조사 대상자들의 연령에 따른 분포는 표 2와 같다.

## 2. 방법

### 2.1 조사항목

공기중 스티렌 농도와 폭로군 및 대조군의 만델린산과 페닐글리옥실리산을 기본 항목으로 조사하였다. 폭로군 및 대조군의 나이, 근속년수, 음주, 흡연, 방독마스크 착용여부는 작업환경측정시 일문일답으로 자세하게 조사하였으며, 간장질환여부는 근로자 건강진단 개인표를 이용하여 조사하였다.

### 2.2 소변채취 및 분석방법

소변채취는 일시뇨로 주중에 목요일과 금요일을 택하였고, 소변채취 시간은 작업종료 후인 오후 5-6시, 다음날 오전 9-10시에 각각 1회씩 채취하였다. 뇨중 만델린산과 페닐글리옥실리산 분석은 뇨시료 1 ml와 이동상 1 ml를 혼합한 후 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액 10 µl를 고속액체크로마토그래프 (HPLC, Gilson 801)에 자동 주입하여 분석하였다. Mobile phase는 0.5 mM potassium phosphate (pH 2.5)와 acetonitrile을 90:10으로 배합한 용액을 사용하였고, Flow rate는 1 ml/min으로 하였다. Column은 ODS-80Tm(TSK gel, 4.6 × 150 mm, Japan)을 사용하였고 detector는 (Gilson, 116 UV 254 nm)에서 측정하였다. 측정한 뇨중 대사산물값은 Jaff 방법을 이용하여 크레아티닌으로 보정하였다.

### 2.3 공기중 스티렌 측정 및 분석방법

스티렌 취급 근로자에게 개인시료 포집기(personal air sampler, Gilian 과 MSA형)를 이용하여 근로자 호흡기 위치에서 활성탄관(100 mg/50 mg)에 포집하였다. 이 때 유속은 0.2 l/min 전후로 하였고, 포집시간은 1회당 180 ~ 200분으로 2회 포집하였다. 포집된 활성탄관의 양단을 플라스틱 마개로 봉한 후 실험실에 옮겨 활성탄관을 절단하고 앞층과 뒷층의 활성탄을 분리하여 각각의 초차관에 옮겨 넣은 후 이황화탄소(CS<sub>2</sub>) 1 ml씩을 넣어 30분간 방치하여 흡착된 유기용제를 용출시켰다. 용출액 1 µl를 가스크로마토그래프(GC, Hewlett packard, HP5890II U.S.A.)에 주입시켜 정량 분석을 하였다.

### 2.4 자료 처리 방법

PC/SAS 통계 프로그램을 이용하여 공기중 스티렌 농도와 뇨중 대사산물인 만델린산 (MA), 페닐글리옥실리산 (PGA), 총대사물질 (MA+PGA)과의 관계를 작업 종료 후와 다음날 아침 작업 직전으로 구분하여 상관 및 회귀분석을 실시하였다. 흡연과 음주 유무에 따른 뇨중 만델린산과 페닐글리옥실리산 농도 차이는 t-test를 사용하여 유의성을 검정하였고, 뇨중 대사물질간의 상관관계를 각각 분석하였다.

## III. 결과

공기중 스티렌농도와 뇨중 만델린산, 페닐글리옥실리산간의 상관분석표 3은 공기중 스티렌과 폭로군 및 대조군의 뇨중 대사산물 농도와 범위로서, 본 연구의 공기중 스티렌 농도의 평균값은 16.6±12.2 ppm (0.4-49.9 ppm) 이었다. 폭로군의 작업종료 후 뇨중 MA와 PGA의 평균값은 210.8 mg/g creatinine (2-983 mg/g creatinine), 112.7 mg/g creatinine (2-407 mg/g creatinine) 이었으며, 다음 날 아침 뇨중 MA와 PGA의 평균값은 74.3 mg/g creatinine (1-223 mg/g creatinine), 75.8mg/g creatinine (1-257 mg/g creatinine)이었다. 대조군의 작업종료 후 뇨중 MA와 PGA의 평균값은 1.7 mg/g creatinine, 1.0 mg/g creatinine으로 폭로군과 대조군간의 뇨중 대사산물 농도는 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

표 4는 스티렌 허용기준 50 ppm일 때, 뇨중 대사산물값을 선형회귀식으로 나타낸 것으로 각 독립 변수들의

Table 3. Mean concentrations and ranges of various parameters by styrene exposure workers and non exposure workers

unit: mg/g creatinine

Parameters	Exposure group		Control group	
	Mean ±SD	Range	Mean ±SD	Range
Environmental styrene(ppm)	16.6±12.2	0.4-49.9		
MA(E)	210.8±175.5	2-983	1.7±8.5	0-55
PGA(E)	112.7±94.9	2-407	1.0±2.6	0-13
MA(E)+PGA(E)	323.5±250.1	5-1197	2.8±8.9	0-55
MA(N)	74.3±57.2	1-223		
PGA(N)	75.8±65.4	1-257		
MA(N)+PGA(N)	152.8±110.9	5-430		

MA(E) : mandelic acid in end of shift urine

PGA(E) : phenylglyoxylic acid in end of shift urine

MA(N) : mandelic acid in next morning urine

PGA(N) : phenylglyoxylic acid in next morning urine

S D : standard deviation

선형회귀식은 모두 통계적으로 유의성을 가지고 있었으며, 총대사물질(MA+PGA)결정계수가 만델린산(MA)이나 페닐글리옥실릭산(PGA) 결정계수보다 높게 나타났다.

표 5는 공기중 스티렌 농도와각 뇨중 대사물질간의 상관 계수로서 공기중 스티렌 농도와 뇨중 MA는 작업 종료 후가 ( $r=0.75$ ), 다음날 아침이 ( $r=0.73$ ), 뇨중 PGA는

작업 종료 후가 ( $r=0.69$ ), 다음날 아침이 ( $r=0.62$ ), 총대사물질 (MA+PGA)은 작업종료 후가 ( $r=0.79$ ), 다음날 아침이 ( $r=0.78$ )로 나타났다.

표 6은 흡연과 음주가 조사 대상자의 뇨중 대사산물에 미치는 영향을 t-test를 이용하여 비교해 보았다. 표 6에서와 같이 흡연군과 비흡연군, 음주군과 비음주군간의 각 뇨중 대사산물 농도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 4. Regression equation between styrene concentration and urinary metabolites, and BEI

Biological parameter	Equation	$r^2$	Value at 50 ppm	BEI(ACGIH)
MAE	11.37S+10.02	0.61	578.5*	800*
PGAE	5.31S+25.62	0.49	291.1*	240*
MAE+PGAE	16.69S+35.66	0.66	870.2*	
MAN	3.11S+21.25	0.54	176.8*	300*
PGAN	3.01S+27.40	0.38	177.9*	100*
MAN+PGAN	6.47S+42.47	0.61	366.0*	

S: concentration of breath-zone styrene

\*: unit (mg/g creatinine)

Table 5. Correlation coefficients between urinary metabolites and air styrene

	MA(E)	PGA(E)	MA(E)+PGA(E)	MA(N)	PGA(N)	MA(N)+PGA(N)
EnvirStyrene	0.75	0.69	0.79	0.73	0.62	0.78
MAE		0.68		0.76	0.59	
PGAE				0.58	0.70	
MAE+PGAE				0.75	0.67	0.82
MAN					0.47	

Envir: Environmental

### IV. 고 찰

스티렌은 100-200 ppm의 급성 폭로시에 눈과 상기도의 자극증상을 일으키며, 수백 ppm에서는 술에 취한 것과 같은 증상을 일으킨다. 100 ppm이하의 만성적인 폭로에서는 쇠약감, 두통, 피로, 기억력 감퇴, 현기증 등을 일으키는 물질로 알려져 있으며, 대표적인 만성적인 장애로는 인지 및 행동장애, 인격변화, 정서장애 등이 있다.<sup>13)</sup> 또한 동물실험 결과에서는 변이원성<sup>62)</sup> 및 발암성<sup>1)</sup>이 나타났으나 사람에 대한 역학적인 연구에서는 발암성에 대한 결론을 내리지 못하고 있다.<sup>14)</sup>

Guillemin과 Berode<sup>8)</sup>에 따르면 체내에 흡입된 스티렌은 만델린산으로 59.6%, 페닐글리옥실릭산으로 33.0%, 마노산으로 7.5%, 2.5%는 다시 호기중으로 배설한다고 보고하였고, Bardodej와 Bardedejova<sup>15)</sup>와 Elia<sup>16)</sup> 등은 만델린산으로 85%, 10%가 페닐글리옥실릭산으로 배설한다고 보고하였다. 스티렌 폭로 근로자에 대한 중요한 생물학적 모니터링은 뇨중 만델린산 및 페닐글리옥실릭산 외에 혈중 및 뇨중 스티렌과 호기에서 나오는 스티렌을 검사하

는 방법 등이 있으나, 대부분의 연구에서는<sup>17, 18)</sup> 뇨중 만델린산과 페닐글리옥실릭산이 스티렌 폭로에 중요한 지표가 된다고 보고하였다. Mat와 Kenneth<sup>19)</sup>의 연구에서는 공기중 스티렌 농도와 작업종료 후의 뇨중 만델린산(MA)과 r=0.74, 페닐글리옥실릭산(PGA)과 r=0.69, 총대사물질(MA+PGA)과는 r=0.75, 다음날 아침 뇨중 만델린산(MA)과 r=0.82, 페닐글리옥실릭산(PGA)과 r=0.81, 총대사물질(MA+PGA)과는 r=0.85로 작업종료 후 보다는 다음날 아침 뇨의 대사산물이 공기중 스티렌농도와 더 좋은 상관관계를 보였고, 만델린산(MA)이나 페닐글리옥실릭산(PGA) 이 두가지 물질을 합한 총대사물질(MA+PGA)로 평가하는 것이 한가지로 평가하는 것보다 공기중 스티렌 농도와 더 좋은 상관관계가 있다는 것을 보고하였다.

Ong<sup>21)</sup> 등의 연구에서도 작업종료 후의 뇨중 만델린산(MA)과 r=0.83, 페닐글리옥실릭산(PGA)과 r=0.82, 총대사물질(MA+PGA)과는 r=0.86, 다음날 아침 뇨중 만델린산(MA)과 r=0.48, 페닐글리옥실릭산(PGA)과 r=0.62, 총대사물질(MA+PGA)과는 r=0.63으로, 총대사물질(MA+PGA)로 평가하는 것이 어느 한 가지로 평가 하는 것보다 더 좋은 상관관계가 있음을 보고한 것은 Mat와 Kenneth<sup>19)</sup>

Table 6. Urine MA and PGA mean concentration by smoker, non smoker, drinker and non drinker

unit: mg/g creatinine

	Smoker	Non Smoker	Drinker	Non Drinker
MA(E)	221.4±186.9	184.1±144.0	194.8±142.0	227.9±206.6
PGA(E)	110.8±86.5	117.3±116.3	108.0±81.7	117.6±108.5
MA(E)+PGA(E)	332.3±257.9	301.5±235.2	302.9±210.4	345.6±288.8
MA(N)	77.8±59.6	64.4±47.8	68.8±45.7	79.9±67.5
PGA(N)	75.9±56.3	75.4±87.2	71.1±55.8	80.4±75.0
AM(N)+PGA(N)	157.5±108.2	139.8±118.0	140.5±80.5	165.0±135.7

의 연구와 일치되나, 다음날 아침 뇨가 작업종료 후의 뇨보다 더 좋은 상관성이 있다는 것은 상반된 견해를 보이고 있었다.

본 연구에서는 공기중 스티렌 농도와 작업종료 후의 뇨중 만델린산(MA)과  $r=0.75$ , 페닐글리옥실릭산(PGA)과  $r=0.69$ , 총대사물질(MA+PGA)과는  $r=0.79$ , 다음날 아침 뇨중 만델린산(MA)과  $r=0.73$ , 페닐글리옥실릭산(PGA)과  $r=0.62$ , 총대사물질(MA+PGA)과는  $r=0.78$ 로, 공기중 스티렌 농도와 작업 종료 후 뇨중 대사물질간의 상관계수는 Mat와 Kenneth<sup>19)</sup>과 Ong<sup>20)</sup>등의 결과와 일치하고 있으며, 다음날 아침 뇨중 대사물질간의 상관계수는 Ong<sup>20)</sup>등의 연구 결과 보다는 Mat와 Kenneth<sup>19)</sup>의 연구 결과와 일치되고 있었다.

두 연구와 본 연구의 공통점은 총대사물질(MA+PGA)로 평가한것이 MA나 PGA 단독으로 평가하는 것보다 공기중 스티렌 농도와 더 좋은 상관성을 나타낸점이고, 총대사물질(MA+PGA)을 스티렌의 생물학적 모니터링으로 권장하고 있는 여러 결과<sup>16, 21, 22, 23, 3)</sup>와 비교해 볼 때 본 연구는 위의 연구들과 일치된 결과를 보였다(표 5). 그러나, 스티렌의 허용기준 50 ppm에 해당되는 뇨중 만델린산(MA), 페닐글리옥실릭산(PGA), 총대사물질(MA+PGA)의 작업 종료 후 농도는 578.5 mg/g creatinine, 291.1 mg/g creatinine, 870.2 mg/g creatinine 이었으며, 다음날 아침 농도는 176.8 mg/g creatinine, 177.9 mg/g creatinine, 366.0 mg/g creatinine으로 미국정부 산업위생 전문가협회<sup>5)</sup> Biological Exposure Indices (BEI) 기준과는 차이를 보이고 있었다(표 4). 그 원인으로는 본 연구에서는 채취된 작업환경시료는 허용기준 50 ppm을 초과되는 공정이 없는 저농도의 환경에서 시료가 채취된 점과 연구 대상 사업장은 소규모 영세 사업으로 작업형태가 주문 생산 방식으로 연구 대상 근로자가 스티렌에 연속적으로 폭로되기보다는 불규칙하게 폭로되는 것으로 사료되므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

## V. 결 론

약기 제조업, FRP 육조 제조업과 페인트 제조업에서 일하는 스티렌 폭로근로자 60명과 비폭로자 90명을 대상으로 작업환경중 스티렌 농도와 그 대사산물인 만델린산(MA), 페닐글리옥실릭산(PGA)을 측정하고 이들을 합한

총 뇨중 대사산물을 산출하여 작업환경 농도와 뇨중 대사산물 측정치간에 상관관계를 분석 비교하였다. 뇨중 대사산물 측정시료는 작업종료 후와 다음날 아침에 각각 채취하였다.

연구결과는 다음과 같았다.

1. 스티렌 폭로 근로자들의 평균 폭로농도는  $16.6 \pm 12.2$  ppm(범위: 0.4-49.9 ppm)이었다.
2. 공기중 스티렌 50 ppm에 해당하는 뇨중 만델린산 농도는 작업종료 후가 578.5 mg/g creatinine, 다음날 아침이 176.8 mg/g creatinine, 뇨중 페닐글리옥실릭산은 작업종료 후가 291.1 mg/g creatinine, 다음날 아침이 177.9 mg/g creatinine, 이 두가지 뇨중대사산물 농도를 합한 값의 경우 작업종료 후가 870.2 mg/g creatinine, 다음날 아침이 366.0 mg/g creatinine 이었다.
3. 공기중 스티렌 농도와 작업종료 후의 뇨중 만델린산 농도와의 상관계수는  $r=0.75$ , 뇨중 페닐글리옥실릭산은  $r=0.69$ , 이 두 대사산물의 합산치는  $r=0.79$ 였다. 다음날 아침의 요중 만델린산 농도와의 상관계수는  $r=0.73$ , 요중 페닐글리옥실릭산은  $r=0.62$  이 두 대사산물의 합산치는  $r=0.78$ 로서 합산치의 상관계수가 만델린산이나 페닐글리옥실릭산 어느한 가지 보다는 컸으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 공기중 스티렌 농도와 아침 뇨중 대사산물농도, 작업종료 후의 뇨중 대사산물농도와의 상관에서는 작업종료 후의 경우가 큰 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이상의 결과로 보아 스티렌에 폭로된 근로자에 대한 생물학적 모니터링은 요중 만델린산과 페닐글리옥실릭산 어느한 가지 보다는 이 두가지를 합한 총 뇨 대사산물을 이용하는 것이 바람직하며, 스티렌 뇨중 대사산물의 참고 기준은 작업종료후와 다음날 아침 뇨로 구분하여 설정하는 것이 바람직하다.

## 참 고 문 헌

1. IARC : Allyl compounds, aldehydes, epoxides and peroxides, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Lyon, 36, 245-263, 1985.

2. WHO : International programme on chemical safety Styrene, Geneva, world Health Organization Environmental Health Criteria, 26, 1983.
3. Guillemain MP, Berode M : Biological monitoring of styrene, A review. Am Ind Hyg Assoc J 49:497-505, 1988.
4. 노동부 : 유해물질 허용농도, 1991.
5. American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Threshold Limit Values for Chemical Substances and physical Agents and Biological Exposure Indices, ACGIH, 1993.
6. IARC : Styrene oxide, IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Lyon, 4, 229-223, 1982.
7. Kneip TJ, Crable JV : Methods for biological monitoring, Washington, American public Health Association, 1988.
8. Guillemain MP, Bauer D : Human Exposure to Styrene III, Elimination Kinetics of Urinary Mandelic and Phenylglyoxylic Acids after Single Experimental Exposure, Int Arch Occup Environ Health, 44, 249-263, 1979.
9. LaDou J : Occupational Medicine, Appleton and Lange. London, Prentice Hall International, 1988.
10. Heseltine E, Peltonene K, Sorsa M, Vainio H : Assessment of the health hazards of 1,3-butadiene and styrene, J Occup Med, 35(11), 1089-1095, 1993.
11. Pekari K, Nylander-French L, Pfaffli P, Sorsa M, Aitio A : Biological monitoring of exposure to styrene-assessment of different approaches, J Occup Med Toxicol, 2, 115-126, 1993.
12. 노동부 : 근로자 특수건강진단 방법 및 직업병관리기준, 1994.
13. Sullivan JB, Krieger GR : Hazardous materials toxicology, clinical principles of environmental health Baltimore, williams & wilkins, 1992.
14. Stengel B, Youranchet A. Boiteau HL, Harousseau H, Manderean L., Hemon D : Hematologic findings among styrene-exposed workers in the reinforced plastic industry, Int Arch Occup Environ Health 62, 11, 1990.
15. Bardodej Z, Bardedejova E : Biotransformation of ethylbenzene, styrene and alphamethylstyrene in man, Am Ind HygAssoc J, 38, 371-377, 1977.
16. Elia VJ, Anderson LA, MacDonald TJ, Carson A, Buncher CR, Brooks SM : Determination of urinary mandelic and phenylglyoxylic acids in styrene exposed workers and a control population, Am Ind Hyg Assoc J 41, 922-926, 1980.
17. Engstrom K. Styrene : In Biological monitoring and surveillance of workers exposed to chemicals, Edited by A Aitio, V Riihimaki, H Vainio. Washington Hemisphere Publishing Corporation, 99-110, 1984.
18. Sollenberg J, Bjurstrom R, Wrangskog K, Vesterberg O : Biological exposure limits estimated from relations between occupational styrene exposure during a workweek and excretion of mandelic and phenylglyoxylic acids in urine, Int Arch Occup Environ Health, 60, 365-370, 1988.
19. Mat H HO, H Kenneth Dillon : Biological Monitoring of Exposure to Chemicals, New York, A Wiley - Interscience Publication, 155-168, 1987.
20. Ong CN, Shi CY, Chia SE, Chua SC, Ong HY, Lee BL, Ng TP, Teramoto K : Biological monitoring of exposure to low concentration of styrene, Am J Ind Med, 25, 719-730, 1994.
21. Ikeda M, Koisumi A, Miyasaka M, Watanabe T : Styrene exposure and biological monitoring in FRP boat production plants, Int Arch Occup Environ Health, 49, 325-339, 1982.
22. Droz PO, Guillemain MP : Human styrene exposure. V. Development of a model for biological monitoring, Int Arch occup Environ Health, 53, 19-36, 1983.
23. Ho MH, Dillon HK : Biological monitoring of exposure to chemicals, New York, John Wiley & sons, 1987.