

일회용 활성탄 마스크 착용에 따른
요중 마노산 농도 변화

연세대학교 보건대학원

산업보건학과

유 춘 재

일회용 활성탄 마스크 착용에 따른
요중 마노산 농도 변화

지도 노 재 훈 교수

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함

2006년 6월 일

연세대학교 보건대학원

산업보건학과

유 춘 재

유춘재의 보건학석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 보건대학원

2006년 6월 일

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 부족한 저에게 바쁘신 와중에도 성심성의껏 지도하여 주신 노재훈 교수님께 진심으로 감사드리며, 세밀한 부분까지 신경써주시고 격려해주신 김광종 교수님과 김치년 교수님께 감사의 마음을 표합니다.

또한, 논문을 쓰는데 많은 조언을 해주신 한강성심병원 산업의학센터 오상용 소장님, 작업환경측정팀의 원종식 팀장님, 최원석 선생님, 김효규 선생님께 감사드립니다.

아울러 통계처리에 힘써주신 최순영 선생님과 분석에 많은 도움을 주신 김기우 선생님, 논문이 완성되기까지 많은 격려를 해주신 김현수 선생님과 고동희 선생님, 정우진 조교, 5학기 저의 동기생 분들께 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로 제가 오늘날 이 자리에 있도록 이끌어주시고 사랑해주신 부모님, 귀여운 여동생, 그리고 11월 저랑 결혼하게 될 세상에서 가장 소중한 저의 여자친구 정현희에게 이 영광을 돌립니다.

차 례

국문 요약	i
I. 서론	1
II. 연구 방법	4
1. 연구 대상	4
2. 실험 방법	4
3. 통계학적 분석 방법	7
III. 연구 결과	8
1. 일반적 특성	8
2. 공기중 톨루엔 농도	10
3. 요중 마노산의 농도 변화	11
4. 공기중 톨루엔 농도와 요중 마노산 농도의 상관관계	13
5. 일회용 활성탄 마스크 착용에 따른 요중 마노산 농도의 감소효과 ...	15
IV. 고찰	16
V. 결론	21
참고 문헌	23
영문 초록	27

표 차 례

Table 1. Operating conditions of gas chromatography for determining the concentration of toluene in air	6
Table 2. Operating conditions of HPLC for urinary hippuric acid analysis	7
Table 3. General characteristics of subjects	9
Table 4. Toluene concentration between respirator non-wearing group and respirator wearing group	10
Table 5. Urinary hippuric acid concentration in respirator non-wearing group and respirator wearing group	12
Table 6. Effect of decrease in urinary hippuric acid concentration dependent on wearing the disposable charcoal respirator	15

그림 차례

- Fig 1. Changes in urinary concentration of hippuric acid
in respirator non-wearing group and respirator wearing group
..... 12
- Fig 2. Correlation between the concentration of toluene in breath zone
air and the concentration of hippuric acid in urine
(Respirator Non-Wearing)..... 13
- Fig 3. Correlation between the concentration of toluene in breath zone
air and the concentration of hippuric acid in urine
(Respirator Wearing).....14

국 문 요 약

본 연구는 일부 톨루엔 취급 근로자가 방독마스크 착용시 정상적인 작업이 어려워 대신 착용하고 있는 일회용 활성탄 마스크의 톨루엔 흡수 차단 효과를 조사하기 위하여 수행되었다. 연구방법은 서울에 소재한 읍셋 및 일부 그라비아 인쇄업체를 대상으로 보호구 미착용일과 착용일을 구분하여 동일 근로자 15명의 공기중 톨루엔 농도를 측정하고 요중 마노산 농도를 분석하였다. 그 결과는 다음과 같았다.

일회용 활성탄 마스크 미착용군에서 공기중 톨루엔 농도의 산술평균은 27.22 ppm이었고, 착용군에서는 37.89 ppm으로, 미착용군보다 착용군의 공기중 톨루엔 농도가 1.39배 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 ($p>0.05$).

보호구 미착용군에서 요중 마노산 농도의 산술평균은 작업 시작 전에 0.97 g/L, 작업 종료 후에 2.10 g/L로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고 ($p<0.05$), 착용군 또한 작업 시작 전에 1.20 g/L, 작업 종료 후에 1.87 g/L로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

보호구 착용군의 작업종료 후 요중 마노산 농도의 산술평균은 1.87 g/L로서, 미착용군 2.10 g/L보다 11.1 % 감소하였으나 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 그러나 작업종료 후 요중 마노산 농도에서 작업전 요중 마노산 농도를 뺀 순수한 요중 마노산 농도 변화량은 보호구 착용군이 0.67 g/L, 미착용군이 1.13 g/L로서 보호구 착용군이 미착용군에 비하여 41.0 % 감소하였고 통계학적으로도 유의하였다($p<0.05$).

이상의 결과로 보아 일회용 활성탄 마스크는 방독마스크와 같이 툴루엔의 호흡기 흡수를 대부분 차단하는 것이 아니라 일부 차단하는 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 따라서, 일회용 활성탄 마스크는 호흡보호구를 착용하지 않고 작업하는 것보다는 일정의 효과가 있다.

핵심되는 말 : 일회용 활성탄 마스크, 툴루엔, 마노산

I . 서 론

산업발달로 유기용제 사용량이 점차 증가하고 있으며, 벤젠에 대한 독성이 알려짐에 따라 산업체에서는 대체 물질로서 톨루엔이 널리 사용되고 있다(심상효 등, 1996). 톨루엔은 20세기 초에는 석탄 건류 과정에서 생산되었으나, 근래에는 석유 정제 과정에서 생산된다. 즉, 원유에 High flash aromatic naphtha 성분으로 포함되어 있으며, 이 밖에 n-heptane을 고온 처리하여 합성하기도 한다. 또한 유기화합물의 열분해과정에서 발생되며, 담배연기에도 소량 포함되어 있다. 톨루엔은 무색 투명하고, 특이한 향기를 가지고 있으며 지방에는 잘 녹고, 물에는 잘 녹지 않는 특징을 지닌 유기용제로 염료, 화약, 안료, 감미료, 표백제, 의약품, 기타 유기화합물의 합성에 사용되고 있다(박홍재 등, 2005). 톨루엔은 한국의 제조업종에서 가장 많이 사용되는 유기용제로 보고(Moon 등, 2001)된 바 있다. 주로 호흡기를 통해 체내로 흡수되며 눈, 피부 및 호흡기 점막의 자극증상을 일으키고 고농도에 노출되면 감각이상, 시력장애, 현기증, 불면, 불안, 경련을 거쳐 허탈, 혼수상태에 빠지기도 하며(Husman, 1980) 장기적이고 반복적인 노출에 의해 신경행동기능 저하(Cherry 등, 1985) 및 뇌병증(Linz, 1986; Fieldman, 1999)을 일으키기도 한다. 톨루엔의 주 인체 침입경로는 호흡기를 통한 흡입이며, 흡입된 톨루엔의 약 15 ~ 20% 정도가 폐를 통해 완전히 배출되고, 나머지 약 80%는 간장에서 흡수되어 산화에 의해 메틸기(methyl)가 수산화 반응(hydroxylation)을 하여 안식향산(benzoic acid)으로 대사된 후 다시 글리신(glycine)과 포함하여 마뇨산이 되어 소변으로 배설된다(Cohr &

Stokholm, 1979). 마노산의 반감기는 1~2시간이며 완전히 배설되는 데는 24시간 정도 걸린다(Ogata 등, 1970; Wallen 등, 1986). 톨루엔의 요중 대사산물로는 마노산 이외에 벤조일 글루쿠로나이드(benzoyl glucuronide), 크레졸(cresol)(Pagnotto 등, 1967 ; Cohr 등, 1979 ; Woiwode 등, 1979 ; Takayasi 등, 1987 ; Mattsson 등, 1989) 등이 있으나 각 대사산물의 특성과 측정의 간편성 등을 고려할 때 요중 마노산이 산업장 근로자들의 톨루엔 노출에 대한 생물학적 노출지표로서 주로 이용되고 있다(김준연 등, 1997). 우리나라에서 톨루엔이 함유된 유기용제를 사용하는 인쇄업종은 대부분이 중소기업체로서 이 업종에 종사하고 있는 근로자 수는 전체 근로자의 75.1%로 큰 비중을 차지하고 있다(통계청, 1998). 인쇄업종은 작업환경이 열악하나 공학적 대책인 전체 및 국소환기시설이 미비하기 때문에 소극적 대책인 개인보호구 착용에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 인쇄업체 근로자의 대부분이 보호구 착용방법과 유해물질의 독성 등 보건 지식이 결여되어 있고, 보호구 착용시 답답함과 불편하다는 이유로 개인보호구 착용을 기피하고 있다. 인쇄업체는 잦은 브랑켓 및 압통 세척으로 인해 유기용제가 확산되어 작업장 내의 공기를 오염시키기 때문에 개인보호구의 착용이 대단히 중요하다고 할 수 있다.

작업장에서 발생하는 유기용제의 인체 침입 주경로는 호흡기이며, 호흡용 보호구는 근로자를 유해환경에서 보호해줄 수 있는 최후의 수단 중 하나이다. 그러므로 호흡용 보호구는 충분한 유해물질 제어 능력을 가져야 하며 근로자도 사용에 적극적으로 참여해야만 소기의 성과를 달성할 수 있다(김범석 등, 2001). 인쇄업 근로자에게는 유기용제를 제어할 수 있는 보호구 중 효과가 뛰어난 방독마스크 착용을 권고하고 있으나, 현실적으로

방독마스크를 착용한 상태에서 정상적인 작업을 하기 어렵다. 따라서 일부 인쇄업체 근로자들은 방독마스크보다 유기용제 흡수효과는 적으나, 착용이 편리한 일회용 활성탄 마스크를 착용하고 있는 실정이다. 그러나 일회용 활성탄 마스크의 주 효과는 분진 및 미스트 제어이고 부수적으로 유기용제 냄새 제거의 특성을 가지고 있다. 또한 제조회사에서 현장발생농도가 노출기준 이하인 약취수준의 유기가스에 사용할 것을 권장하고 있으며, 유기가스의 농도가 노출기준을 초과하거나 정기적으로 작업환경측정을 실시하는 작업에서는 사용을 금지하고 있기 때문에 보호구의 제어효과 여부를 확인하지 않고 착용하는 것은 대단히 위험할 수 있다.

따라서, 본 연구는 작업환경이 열악한 읍셋인쇄, 그라비아 인쇄업에 종사하는 근로자들을 대상으로 공기중 톨루엔 농도를 측정하고, 일회용 활성탄 마스크 착용여부(미착용군, 착용군)에 따른 요중 마노산 농도를 분석하여 일회용 활성탄 마스크의 착용효과를 조사하는데 그 목적이 있다.

이에 본 연구의 구체적인 목적으로는,

첫째, 일회용 활성탄 마스크 착용유무에 따른 공기중 톨루엔 농도와 요중 마노산 농도를 비교한다.

둘째, 작업 전후간 요중 마노산 농도의 변화량을 분석하여, 일회용 활성탄 마스크 착용에 따른 요중 마노산 농도의 감소효과를 조사한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구대상은 2006년 3월부터 4월까지 약 2개월 동안 서울 시내에 소재하고 있는 인쇄업종 중 작업량의 변동이 없고 작업방법이 일정한 읍셋인쇄 및 일부 그라비아 인쇄소에서 인쇄작업을 하는 남성 근로자 15명을 대상으로 하였다.

작업전 근로자를 대상으로 톨루엔 대사물질인 마노산 농도에 영향을 줄 수 있는 딸기잼, 건포도, 안식향산 나트륨(sodium benzoate)과 같은 식품 첨가제가 함유된 음료수(콜라, 사이다 등)나 빵 등의 섭취를 금지하게 하였으며(Ogata, 1985; 심상효 등, 1996), 작업종료 후 연구대상자들의 성별, 나이, 근속년수, 체중, 흡연 및 음주여부 등의 내용을 설문조사하였다.

2. 실험 방법

연구대상 근로자들의 평상시 작업이 이루어지는 날에 근로자 각각의 작업위치에서 일회용 활성탄 마스크를 착용하지 않은 상태로 작업(미착용군)이 이루어지게 하고, 다음날 또는 며칠 후 동일한 근로자를 대상으로 한국산업안전공단에서 보호구 성능검정을 필한 A사 제품의 일회용 활성탄 마스크를 착용케 한 후 작업(착용군)이 이루어지게 하였다.

이 때, 보호구 착용 근로자들에게 마스크 착용시 안면 밀착성을 높여 보호구가 제 효과를 발휘할 수 있도록 개인별로 올바른 마스크 착용법을 교육하였다.

가. 개인별 공기중 톨루엔 농도

톨루엔이 함유된 잉크 및 세척제를 취급하는 근로자를 대상으로 호흡기로부터 30cm 내의 위치에서 NIOSH(1995) 'Method No 1500'에 의해 개인시료 포집기(Model LFS 113DC, Gilian, USA)를 사용하여 공기 중 유기용제 농도를 측정하였다. 포집매체는 활성탄관(앞층, 뒷층 100mg/50mg)을 사용하였고, 개인시료 포집기의 유량은 0.18 ~ 0.2 ℓ /min으로 포집하였다. 이 때, 유량은 포집전(pre-calibration), 포집후(post-calibration)로 각각 3회씩 측정하여 평균값으로 사용하였다.

시료 채취시간은 주간근무자는 오전/오후로 구분하여 6시간 이상 포집하였고, 야간근무자는 휴식 시간 전/후로 구분하여 6시간 포집 후 시료의 양 끝을 플라스틱 마개로 봉한 후, 분석실험실로 옮겼다. 그 후 시료의 앞, 뒷층을 각각의 vial에 담아 이황화탄소(CS_2) 1ml를 취하여 탈착하였다. 탈착된 용액 1 $\mu\ell$ 를 가스크로마토그래피(Gas Chromatography, GC HP 6890N, USA)에 주입시켜 정량분석 하였다(Table 1).

Table 1. Operating conditions of gas chromatography for determining the concentration of toluene in air.

Variance	Conditions
Column	Capillary column HP-FFAP (50 m × 0.32 mm × 0.52 μl)
Injector Temperature	210 °C
Detector Temperature	250 °C
Program	38°C (8min) - (3°C/min) - 50°C (5min) - (5°C/min) - 70°C (5min) - (10°C/min) - 190°C (2 min)
Detector	FID
Flow rate	N ₂ : 30ml/min
	H ₂ : 40ml/min
	Air : 350 ml/min

나. 개인별 요중 마노산 농도

근로자의 urine 시료는 작업환경측정 당일 작업시작 전, 작업종료 후로 나누어 채취하여 분석까지 동결 보관하였다. 동일 근로자를 대상으로 보호구 미착용시 2회, 보호구 착용시 2회 총 4개의 urine을 채취하였다.

요중 마노산 분석은 NIOSH(1995) 'Method No 8301'에 준하여 분석하였다. 즉, urine을 3,000rpm에서 5분간 원심분리하여 상층액을 증류수로 10배 희석하여 고성능액체크로마토그래피(HPLC, Waters 510 Pump, 717 plus Autosampler, 486 Turnable Absorbance Deterctor, USA)를 사용하여 분석하였다(Table 2). 요중 마노산 분석시 요보정은 시료 각각의 요비중으로 보정하였다.

Table 2. Operating conditions of HPLC for urinary hippuric acid analysis.

Variance	Conditions
Column	Symmetry® C ₁₈ 5 μ l (3.9 mm × 150 mm)
Pump	Waters 510
Mobile phase	DDW/Acetonitrile/Glacial acetic acid = 90 /10 / 0.02 %(V/V/V)
Flow rate	0.6 ml/min
Detector	UV, 254 nm
Injection volumn	10 μ l

3. 통계학적 분석 방법

자료의 분석은 SPSS for Windows Release 10.0을 이용하였다. 요중 마노산 농도의 정규성 검정 결과 정규분포였지만, 표본수가 적어 미착용군과 착용군의 톨루엔 농도, 요중 마노산의 농도, 요중 마노산 농도의 변화량을 윌콕슨 부호순위 검정(wilcoxon signed rank test)을 통해 분석하였다. 두 군의 마노산 농도의 산술평균과 표준편차, 기하평균과 기하표준편차를 구하였다. 또한 보호구 미착용군과 착용군의 공기중 톨루엔 농도와 요중 마노산 농도를 상관성을 비교하고자 단순회귀분석을 실시하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 일반적 특성

연구 대상자 총 15명은 전원 남자 근로자였으며, 연령별 분포는 30대 근로자가 10명(66.7%), 40대 근로자가 5명(33.3%)이었다. 인쇄업에 종사한 근속년수는 5년 미만이 3명(20.0%), 5년 이상 10년 미만 근로자가 1명(6.7%), 10년 이상 근로자가 11명(73.3%)으로 10년 이상의 장기 근무자가 대부분이었다.

체중 분포는 60kg 미만이 5명(33.3%), 60kg 이상 70kg 미만이 7명(46.7%), 70kg 이상이 3명(20.0%)으로 연령대별로 고른 분포를 보였다. 대상 근로자 중 흡연자는 12명(80.0%) 이었고, 음주자는 9명(60.0%)이었다.

Table 3. General characteristics of subjects.

General characteristics		No. of subjects (%)
Sex	Male	15 (100)
	Female	0 (0)
Age(yr)	30대	10 (66.7)
	40대	5 (33.3)
Work duration(yr)	< 5	3 (20.0)
	5 - 10	1 (6.7)
	10 ≤	11 (73.3)
Weight(kg)	< 60	5 (33.3)
	60 - 70	7 (46.7)
	70 ≤	3 (20.0)
Smoking	Smoker	12 (80.0)
	Non-smoker	8 (20.0)
Alcohol	Drinking	9 (60.0)
	Non-drinking	6 (40.0)

2. 공기중 톨루엔 농도

연구 대상 근로자가 취급하는 잉크 및 세척제에서 노출되는 공기중 톨루엔 농도는 Table 4와 같다. 보호구 미착용군과 착용군의 공기중 톨루엔 농도를 산술평균으로 분석한 결과, 각각 27.22 ppm, 37.89 ppm으로 보호구 착용군의 공기중 농도가 미착용군보다 1.39배 높았지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

Table 4. Toluene concentration between respirator non-wearing group and respirator wearing group. (unit : ppm)

Organic solvents (TLV)	Respirator Non-Wearing Group (n=15)		Respirator Wearing Group (n=15)	
	Mean	GM	Mean	GM
	(±SD)	(GSD)	(±SD)	(GSD)
Toluene (100)	27.22 (±13.12)	24.16 (1.71)	37.89 (±21.68)	32.78 (1.74)

3. 요중 마노산의 농도 변화

연구대상 근로자들로부터 보호구 미착용군과 착용군에서 각각 2회 채취한 요중 마노산 농도의 평균값과 변화량은 Table 5 및 Fig 1 과 같다.

미착용군에서 요중 마노산 농도의 산술평균은 작업 시작 전에 0.97 g/L, 작업 종료 후에 2.10 g/L로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고 ($p<0.05$), 착용군 또한 작업 시작 전에 1.20 g/L, 작업 종료 후에 1.87 g/L로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

일회용 활성탄 마스크의 미착용군과 착용군의 작업 시작 전 요중 마노산 농도의 산술평균값은 각각 0.97 g/L, 1.20 g/L로 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 작업 종료 후 요중 마노산 농도의 산술평균값은 미착용군에서 2.10 g/L, 착용군에서 1.87 g/L로 미착용군이 착용군에 비해 1.13배 높았지만 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p>0.05$). 그러나 작업전과 작업후 마노산 농도의 변화량을 보았을 때, 미착용군이 1.13 g/L, 착용군이 0.67 g/L로 미착용군이 착용군에 비해 1.69배 높았으며 통계학적으로도 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

음주군과 비음주간의 작업 종료시 요중 마노산 농도는 미착용군에서 각각 1.62 g/L, 2.82 g/L로, 착용군에서는 각각 1.29 g/L, 2.73 g/L로 미착용군, 착용군 모두 비음주군이 음주군보다 다소 높은 수준을 보였다.

흡연군과 비흡연군에서는 비흡연 대상자가 적어 요중 마노산 농도의 차이를 통계학적으로 분석하는 의미가 없어 제외시켰다.

Table 5. Urinary hippuric acid concentration in respirator non-wearing group and respirator wearing group. (unit : g/L)

Sampling time	Respirator Non-Wearing Group (n=15)		Respirator Wearing Group (n=15)	
	Mean (\pm SD) (Range)	GM (GSD) (Range)	Mean (\pm SD) (Range)	GM (GSD) (Range)
Beginning of shift	0.97 (\pm 0.49) (0.20-1.84)	0.83 (1.87) (0.20-1.84)	1.20 (\pm 0.43) (0.46-1.82)	1.12 (1.54) (0.46-1.82)
End of shift	2.10 (\pm 1.06) (0.29-4.34)	1.77 (1.99) (0.29-4.34)	1.87 (\pm 1.11) (0.38-4.32)	1.58 (1.86) (0.38-4.32)

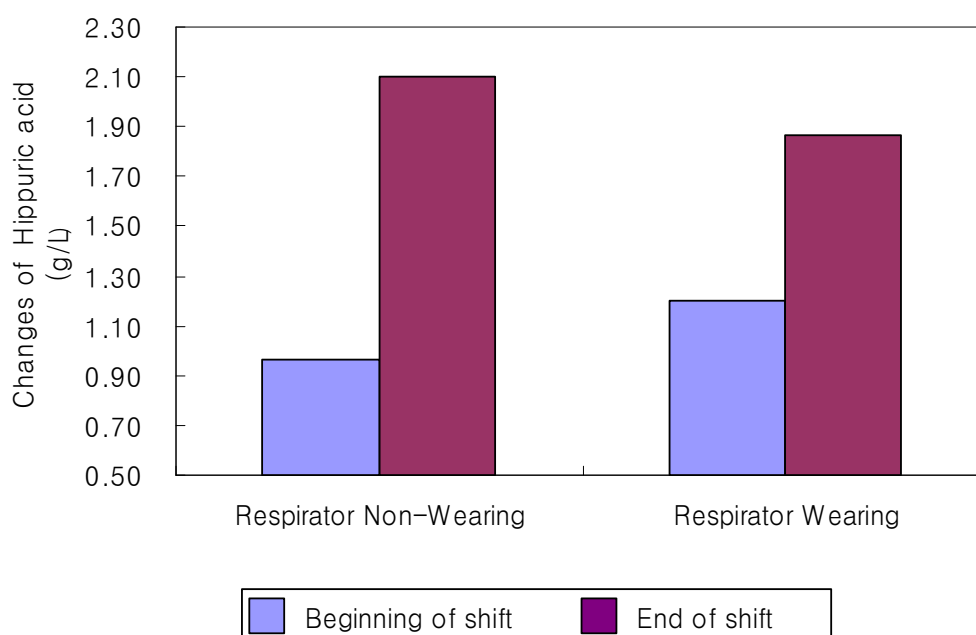


Fig 1. Changes in urinary concentration of hippuric acid in respirator non-wearing group and respirator wearing group.

4. 공기중 톨루엔 농도와 요중 마뇨산 농도의 상관관계

보호구 미착용군에서 공기중 톨루엔 농도와 요중 마뇨산 농도는 유의한 상관관계를 보였고($r=0.516$, $p<0.05$), 요중 마뇨산 농도를 종속변수로 하고 공기 중 톨루엔 농도를 독립변수로 한 회귀방정식은 $Y(\text{요중 마뇨산, g/L}) = 0.042 \times x(\text{공기중 톨루엔, ppm}) + 0.966$ 이었다(Fig 2). 보호구 착용군 또한 유의한 상관관계를 보였고($r=0.621$, $p<0.05$), 회귀방정식은 $Y = 0.032 \times x + 0.661$ 이었다(Fig 3).

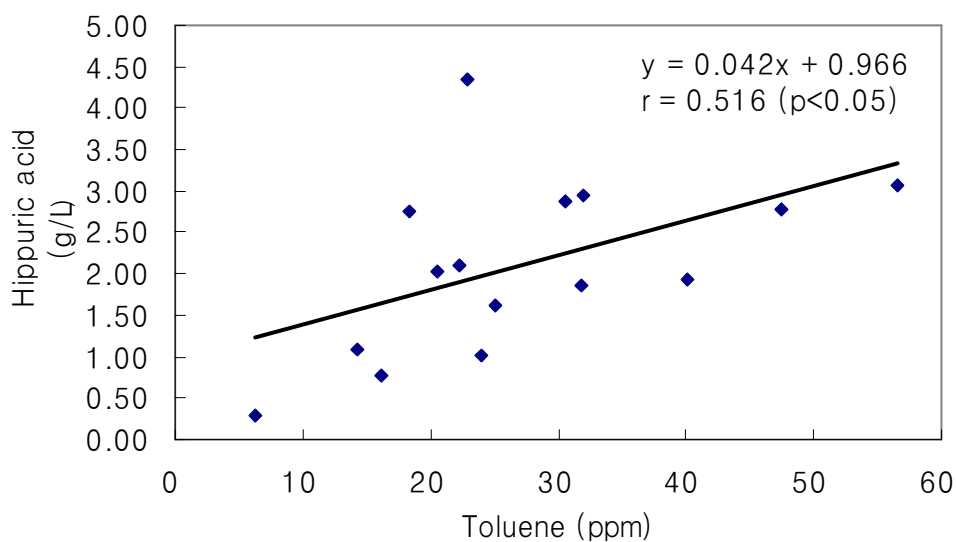


Fig 2. Correlation between the concentration of toluene in breath zone air and the concentration of hippuric acid in urine. (Respirator Non-Wearing)

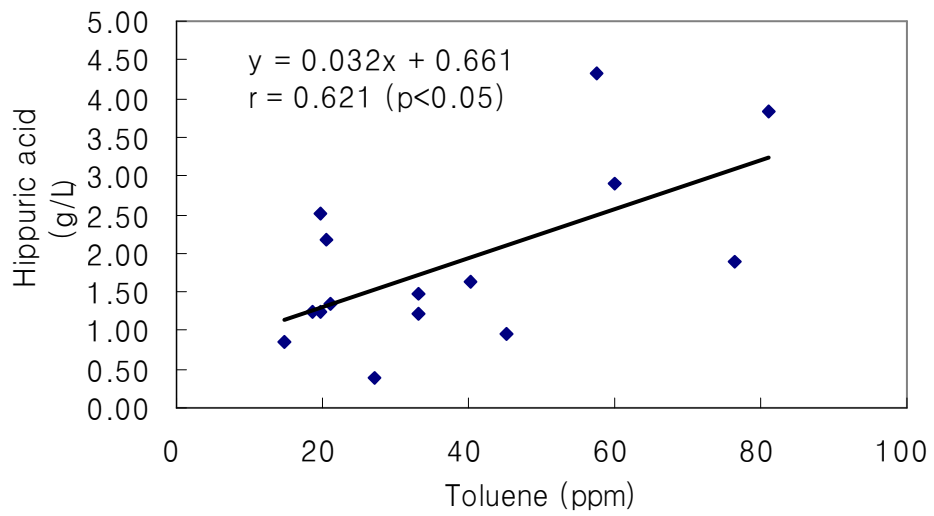


Fig 3. Correlation between the concentration of toluene in breath zone air and the concentration of hippuric acid in urine. (Respirator Wearing)

5. 일회용 활성탄 마스크 착용에 따른 요중 마뇨산 농도의 감소 효과

Table 6. Effect of decrease in urinary hippuric acid concentration dependent on wearing the disposable charcoal respirator.

Sub- jects	Respirator Non-Wearing				Respirator Wearing				Work- place
	Toluene (ppm)	Beginning	End of	Changes	Toluene (ppm)	Beginning	End of	Changes	
		of shift H.A ¹⁾ (g/L)	shift H.A(g/L)	of H.A(g/L)		of shift H.A(g/L)	shift H.A(g/L)	of H.A(g/L)	
A	31.85	1.57	1.87	0.30	76.39	1.07	1.88	0.80	gravure
B	47.51	1.43	2.77	1.35	81.07	1.73	3.84	2.10	gravure
C	30.49	0.45	2.87	2.42	59.92	1.05	2.91	1.86	gravure
D	24.01	0.41	1.03	0.62	45.08	1.49	0.96	-0.53	off-set
E	40.15	1.01	1.94	0.94	40.26	0.46	1.63	1.16	off-set
F	22.28	1.04	2.11	1.07	33.09	1.22	1.47	0.25	off-set
G	56.60	1.15	3.06	1.92	20.54	1.48	2.18	0.71	off-set
H	32.02	1.06	2.94	1.88	19.82	1.82	2.51	0.69	off-set
I	22.87	1.41	4.34	2.93	57.57	1.78	4.32	2.54	off-set
J	20.46	1.24	2.02	0.79	21.05	1.23	1.35	0.12	off-set
K	18.27	1.84	2.76	0.92	33.21	1.27	1.22	-0.06	off-set
L	25.10	0.68	1.62	0.95	19.84	1.32	1.25	-0.07	off-set
M	14.30	0.45	1.08	0.63	27.15	0.48	0.38	-0.11	off-set
N	6.30	0.20	0.29	0.08	18.51	0.99	1.24	0.26	off-set
O	16.06	0.55	0.78	0.02	14.91	0.67	0.85	0.18	off-set
Mean	27.22	0.97	2.10	1.13	37.89	1.20	1.87	0.67	
± SD	13.12	0.49	1.06	0.82	21.68	0.43	1.11	0.90	

작업전 요중 마뇨산 농도와 작업후 요중 마뇨산 농도의 변화량은 보호구 착용군이 0.67 g/L, 미착용군이 1.13 g/L로 착용군이 미착용군에 비해 41.0 % 감소되었다(p<0.05).

1) H.A : Hippuric Acid (마뇨산)

IV. 고 찰

산업이 공업화됨에 따라 유기용제를 사용하는 범위가 광대해지고 종류도 400여종에 달하고 있다. 그 결과 사업장에서 유기용제로 인한 피해현상이 다양하게 일어나고 있으며, 특히 공업용 용제로 널리 사용되고 있는 방향족 화합물인 톨루엔은 작업환경을 오염시키는 물질로 중요시 되고 있다 (Baelum 등, 1985; 박은미 등, 1987). 톨루엔은 벤젠보다 독성이 적어 벤젠의 대체물질로 널리 사용하고 있다(정재훈, 2000).

유기용제에 과도하게 노출되면 일반적으로 눈, 피부 및 호흡기 점막의 자극증상과 함께 중추신경계 억제증상, 어지러움증, 두통, 구역, 지남력 상실, 도취감, 혼돈에 이어 농도가 증가됨에 따라 점진적인 의식의 상실, 마비, 경련, 사망에 까지 이르게 된다. 중추신경계 억제 증상은 유기용제가 갖는 중추신경계의 지방조직에 대한 친화성 때문이며 일반적으로 한꺼번에 다량을 흡입하면 마취작용을 나타내지만 마취되지 않을 정도의 적은 양을 장기간 반복하여 흡입하면 만성중독을 일으킨다(조규상, 1991). 인쇄업종에서는 잉크 및 희석제로 톨루엔을 많이 사용하고 있으며 이소프로필알콜, 석유 등도 겸하여 사용하고 있다.

요중 마노산 배설량은 작업장의 톨루엔 농도에 가장 크게 영향을 받지만 신장과 간장에 질환이 있거나 과일이나 야채를 섭취한 경우에도 영향을 받는다고 하며(Ogata, 1985; 심상호 등, 1996), 안식향산과 스티렌, 에틸벤젠 등의 타 유기용제에 노출될 경우에도 요중으로 배설될 수 있으므로 (Clayton, 1978) 톨루엔 노출을 평가하는데 그 정확성이 다소 결여된다는

견해도 있다. 한편 톨루엔의 대사산물에는 마노산을 비롯하여 벤질글루크로나이드(benzyl glucronide), o-, m, p-cresol 등의 여러종이 있지만 m- 및 p-crosol은 정상인에서도 배출되고 그 배설량이 매우 적으며 o-cresol은 정상인에서는 배설되지 않으므로, 새로운 노출지표로 이용하고 있으나 측정의 간편성이나 전체 대사산물의 약 80%를 차지하는 마노산 배설량이 현재까지는 톨루엔 노출에 대한 대표적인 생물학적 지표로 이용되고 있는 실정이다(Ikeda와 Hera, 1980; Brugnone 등, 1986).

본 연구의 결과에서 읍셋인쇄업의 공기중 톨루엔 평균농도는 27.06 ± 12.97 ppm, 그라비아 인쇄업에서 54.54 ± 21.69 ppm으로 30개의 단위작업장소 모두 우리나라 노출기준 100 ppm 미만이었다. 국내에서 연구된 결과를 살펴보면, 황정호 등(2002)의 읍셋인쇄업 톨루엔 평균농도가 13.28 ppm, 박홍재 등(2005)의 인쇄업 평균농도가 12.49 ppm, 김범석 등(2001)의 그라비아 인쇄업 톨루엔 평균농도가 147.52 ppm, 정수영 등(2004)이 56.7 ppm, 최호춘 등(1997)이 23.81 ppm으로 업종간, 사업장간에 상당한 노출 차이를 보이는 것이다.

작업종료 후 요중 마노산 농도(노출기준 : 1.6g/g creatinine)는 보호구 미착용군 15명 중 11명 초과, 보호구 착용군 15명 중 7명이 초과하였다. 이는 아마도 공기중 톨루엔 농도의 차이 때문이라고 사료된다.

인쇄업체에서는 톨루엔이 함유된 잉크 및 희석제를 사용하고 있다. 톨루엔에 대한 근로자의 개인노출을 줄이기 위해서는 설비개선 및 환기장치 강화 설치, 친환경물질 사용 등이 요구되지만 대부분의 인쇄업체는 영세업체이기 때문에 재정적, 기술적인 문제로 인해 보호구를 착용하고 작업에 임하고 있다.

사업주는 산업안전보건법상 근로자에게 호흡용 보호구를 지급할 의무가 있고 근로자 역시 지급된 보호구를 필히 착용하도록 하고 있다(노동부, 2005). 그러나 인쇄업체에서 근무하는 대부분의 근로자는 보호구를 전혀 착용하지 않고 있거나, 보호구 착용시 불편하다는 이유로 형식적인 착용을 하고 있는 실정이다. 설사 보호구 착용을 하고 있는 근로자도 대부분 방독 마스크가 아닌 착용이 편리한 일회용 활성탄 마스크를 착용하고 있다.

따라서, 본 연구는 일부 근로자가 착용하고 있는 일회용 활성탄 마스크의 착용효과를 조사하고자 시도되었다.

본 연구결과에 의하면 일회용 활성탄 마스크 착용군의 작업종료 후 요중 마노산 농도의 산술평균은 1.87 g/L로서, 미착용군 2.10 g/L보다 11.1 % 감소하였으나 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 그러나 작업종료 후 요중 마노산 농도에서 작업전 요중 마노산 농도를 뺀 순수한 요중 마노산 농도 변화량은 보호구 착용군이 0.67 g/L, 미착용군이 1.13 g/L로서 보호구 착용군이 미착용군에 비하여 41.0 % 감소되었고 통계학적으로도 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

또한, 보호구 착용군의 공기중 톨루엔 농도(37.89 ppm)가 미착용군(27.22 ppm)보다 높음에도 불구하고, 착용군의 작업후 요중 마노산 농도(1.87g/L)는 미착용군(2.10g/L)보다 낮은 결과를 보였다. 이는 일회용 활성탄 마스크가 톨루엔의 흡수를 일부 차단하는 효과가 있다는 것을 보여주는 것이다.

보호구 미착용군에서 공기중 톨루엔 농도와 요중 마노산 농도의 상관관계는 $r=0.516(p=0.024)$ 로서 유의한 상관성을 보였다. 이는 인쇄공장 근로자를 대상으로 한 김범석 등(2001)의 연구에서는 $r=0.842$, De Rosa 등

(1987)의 연구에서는 $r=0.88$, Mat와 Femmeth(1987)의 연구에서는 $r=0.714$ 보다는 낮은 수치지만, 유의한 상관성을 보이는 것은 일치하였다.

착용군 또한 $r=0.621(p=0.007)$ 로서 유의한 상관성을 보였다. 이는 일회용 활성탄 마스크가 방독마스크처럼 톨루엔의 호흡기 흡수를 차단하는 효과가 월등하지는 못하다고 예측할 수 있는 것이다.

보호구 미착용군에서 공기중 톨루엔 농도와 요중 마뇨산 농도의 회귀 방정식은 $Y(\text{요중 마뇨산, g/L}) = 0.042 \times x(\text{공기중 톨루엔, ppm}) + 0.966$ 이었고, 보호구 착용군의 회귀방정식은 $Y = 0.032 \times x + 0.661$ 이었다. 여기서의 기울기는 톨루엔 농도 1단위 증가시 요중 마뇨산 농도로서 미착용군이 0.042, 착용군이 0.032로 보호구 착용군이 미착용군에 비해 낮은 수치지만 큰 차이를 보이지는 않았다. 이는 일회용 활성탄 마스크가 톨루엔의 호흡기 흡수를 일부 차단할 수는 있으나 방독마스크와 같이 대부분 차단할 수는 없다고 예측할 수 있다.

김범석 등(2001)은 그라비아 인쇄업에 종사하는 톨루엔 노출 근로자를 대상으로 방독마스크 착용효과를 요중 마뇨산 농도로 평가하였는데 보호구 미착용시와 착용시 톨루엔 농도가 각각 147.52 ppm, 134.56 ppm이었다. 또한, 미착용시와 착용시 작업종료 후 요중 마뇨산 농도가 각각 1.51 g/L, 0.49 g/L이었다. 작업전과 작업후 마뇨산 농도의 변화량을 보았을 때, 미착용군이 1.21 g/L, 착용군이 0.13 g/L로 착용군이 미착용군에 비해 89.3% 감소하였다고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서는 근로자들이 방독마스크 대신 착용하고 있는 일회용 활성탄 마스크(41.0% 감소)가 방독마스크의 착용 효과에 크게 못 미치는 수준인 것을 확인한 것이다.

NIOSH 및 우리나라 노동부에서는 톨루엔 노출 근로자의 생물학적 모

니터링을 위한 시료 채취시점을 정상 작업이 이루어지는 날의 작업 종료시점으로 규정하고 있다(황정호 등, 2002). 그러나 우리나라는 근로자수가 적은 사업장의 근로자는 검진 대상 병원으로 오전이나 점심시간을 이용하여 특수건강검진을 받기 때문에 작업종료 후가 아닌 작업전, 작업중에 시료를 채취하고 있는 실정이다. 이를 보완하여 정확한 시료채취를 위해서는 작업환경측정과 특수건강검진을 병행하는 방법이 최선의 방법이라 할 수 있다. 따라서, 정확한 검진을 위해서는 작업환경측정 당일 작업종료 시점에 소변을 채취하는 것이 바람직하다고 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 대상 사업장 및 연구대상자가 충분하지 않았으며, 톨루엔 외에 사용되는 여러 가지 혼합물질들이 톨루엔 대사에 미치는 영향을 고려하지 못하였다. 따라서, 좀 더 많은 대상자를 대상으로 연구가 이루어져야 하며, 톨루엔 대사산물을 요중 마노산 농도로 제한하지 않고 마노산을 보완할 수 있는 생물학적 지표인 요중 오르토-크레졸(o-cresol)농도와 병행하는 연구가 요구된다.

V. 결 론

일회용 활성탄 마스크 착용 효과에 대한 실험적 자료를 제시함으로써 톨루엔에 노출되는 근로자들의 올바른 보호구 착용을 위해 서울 시내에 소재한 일부 읍셋, 그라비아 인쇄소에서 톨루엔이 함유된 잉크 및 세척제를 취급하는 근로자 15명을 대상으로 본 연구를 수행하였다. 일회용 활성탄 마스크 미착용군과 착용군으로 나누어 공기중 톨루엔 농도와 요중 마노산 농도를 측정, 비교 및 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 인쇄작업의 공기중 톨루엔 농도는 일회용 활성탄 마스크 미착용일과 착용일에서 각각 27.22 ± 13.12 ppm 및 37.89 ± 21.68 ppm으로, 착용일이 미착용일보다 높은 농도였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 ($p>0.05$).

2. 일회용 활성탄 마스크 착용군의 작업종료 후 요중 마노산 농도의 산술평균은 1.87 g/L로서, 미착용군 2.10 g/L보다 11.1 % 감소하였으나 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 그러나 작업전과 작업후 간 마노산 농도의 변화량은 보호구 착용군이 0.67 g/L, 미착용군이 1.13 g/L로서 보호구 착용군이 미착용군에 비하여 41.0 % 감소되었고 통계학적으로도 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

3. 보호구 미착용군과 착용군 모두 공기중 톨루엔 농도와 요중 마노산 농도의 상관관계는 유의하였으며, 미착용군에서 요중 마노산 농도를 종속 변수로 하고 공기중 톨루엔 농도를 독립변수로 한 회귀방정식은 $Y(\text{요중 마노산, g/L}) = 0.042 \times x(\text{공기중 톨루엔, ppm}) + 0.966$ 이었다(Fig 2). 착용군의 회귀방정식은 $Y = 0.032 \times x + 0.661$ 이었다(Fig 3).

이상의 결과로 보아 일회용 활성탄 마스크는 톨루엔의 호흡기 흡수를 방독마스크처럼 대부분 차단하는 것이 아니라 일부 차단하는 것을 확인하였다. 따라서, 일회용 활성탄 마스크는 호흡보호구를 착용하지 않고 작업하는 것보다는 일정의 효과가 있음을 제시한다.

참고 문헌

- 김범석, 박정일, 임현우, 김형아, 오상용. 톨루엔 노출 근로자에서 요중 마노산 배설농도로 평가한 호흡보호구 착용 효과에 관한 연구. 대한산업의학회지 2001; 13(4): 461-469
- 김준연, 김정일, 김인식, 김정만, 김기열. 톨루엔 노출 후 시간경과별 요중 마노산 배설량에 관한 연구. 동아대학교 산업의학연구소, 1997
- 노동부. 산업보건기준에관한규칙, 2003
- 노동부. 산업안전보건법, 2005
- 노동부. 근로자 건강진단 실시기준, 고시 제 2006-1호, 2006
- 노동부. 작업환경측정 및 정도관리규정, 고시 제 2005-49호, 2005
- 박은미, 노재훈, 문영한. 톨루엔에 노출된 근로자의 요중 마노산량에 관한 연구. 예방의학회지 1987; 20(2): 228-235
- 박홍재, 김형준, 정성욱, 이병호. 작업장 톨루엔 노출 근로자의 마노산 배설 특성. 한국환경과학회지 2005; 12(2): 201-207
- 심상효, 박정일, 손정일. 안식향산 함유 식품 섭취가 톨루엔 폭로 근로자들의 요중 마노산 농도에 미치는 영향. 대한산업의학회지 1986; 8(3): 526-534
- 정수영, 강성규, 김대성, 이세훈. 그라비아 인쇄업 근로자의 톨루엔 노출수준과 신경행동기능 평가. 대한산업의학회지 2004; 16(2): 115-128
- 정재훈. 흰쥐에서 톨루엔의 요중 대사물질인 마노산과 오르토-크레졸 배설에 벤젠이 미치는 영향. 연세대학교 보건대학원 석사학위 논문, 2000

- 조규상. 산업보건학. 수문사, 1991
- 최호춘, 김강윤, 안선희, 정규철. 일부 그라비아 인쇄업 근로자의 혼합 유기 용제 노출농도. 한국산업위생학회지 1997; 7(1): 71-86
- 통계청, 산업생산연보, 1998
- 황정호, 김주자, 이경재, 노재훈, 원중욱, 김치년, 이혜진. 톨루엔 노출 근로자의 생물학적 노출지표로서의 요중 마노산, 톨루엔 및 오르토-크레졸 비교. 한국산업위생학회지 2002; 12(2): 79-87
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Based on the Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Cincinnati, Ohio: ACGIH, 2004
- Baelum J, Andersen I, Lundqvist GR. Response of solvent-exposed printers and unexposed controls to six-hour toluene exposure. Scand J Work Environ Health 1985; 11: 271-280
- Brugnone F, Ros ED, Perebelli L. Toluene concentrations in the blood and alveolar air of workers during the work shift and the morning after. Brit J Ind Med 1986; 43: 56-61
- Cherry N, Hutchins H, Pace T, Waldron HA. Neurobehavioral effects of repeated occupational exposure to toluene and paint solvents. Brit J Industr Med 1985; 42: 291-300
- Clayton GD, Clayton PE, Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3rd edition, Wileyinter science 1978: 157-158
- Cohr KJ, Stokholm J. Toxicological review. Scand J Work Environ and Health 1979; 5: 71-90

- De Rosa E, Brugnone F, Bartolucci GB. The validity of urinary metabolites as indicators of low exposure to toluene. *Int Arch Occup Environ Health* 1985; 56(2): 135-145
- Feldman RG, Ratner MH, Ptak T. Chronic toxic encephalopathy in a painter exposed to mixed solvents. *Environ Health Perspect.* 1999; 107(5): 417-422
- Husman K. Symptoms of car painters with long term exposure to a mixture of organic solvents. *Scan J Work Environ Health* 1980; 6: 19-32
- Ikeda M, Hera I. Evaluation of the exposure to organic solvents by mean of urinalysis for metabolites. *Jpn J Ind Health* 1980; 22: 3-16
- Linz DH, de Gormo PL, Morton WE, Wiens AN, Coull BM. Organic solvent-induced encephalopathy in industrial painters. *J Occup Med* 1986; 28(2): 119-125
- Mat HO, Kenneth DH. Biological monitoring of exposure to chemicals, organic compounds. New York, A Wiley Interscience Publishers 1987: 101-103
- Mattsson JL, Alnee RR, Gorzinski SJ. Similarities of toluene and o-cresol neuroexcitation in rats. *Neurotoxicol Teratol* 1989; 11(1): 71-75
- Moon CS, Lee JT, Chun JH, Ikeda M. Use of solvents in industries in Korea: experience in Sinpyeong-Jangrim industrial complex. *Int Arch Occup Environ Health.* 2001; 74(2): 148-152

- National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods. Cincinnati, Ohio: NIOSH, 1995
- Ogata M, Tomokuni K, Takatsuka Y. Urinary excretion of hippuric acid and m- or p-methyl hippuric acid in the urine of persons exposed to vapours of toluene and m- or p-xylene as a test exposure. *Brit J Industr Med* 1970; 27: 43-50
- Ogata M. Indices of biological monitoring with special reference to urinalysis for metabolites of organic solvents. *Jpn J Ind Health* 1985; 27: 229-241
- Pagnotto LD, Lieberman LM. Urinary hippuric acid excretion as an index of toluene exposure. *Amer Ind Hyg ass J.* 1967; 28: 129-134
- Takahashi S, Kagawa M, Liagaki O. Metabolic interaction between toluene and ethanol in rabbits. *Arch Toxicol* 1987; 59(5): 307-310
- Wallen M. Toxicokinetics of toluene in occupationally exposed volunteers. *Scand J Work Environ & Health* 1986; 12: 583-588
- Woiwode W, Wordarz R, Drysch K, Weickardt H. Metabolism of toluene in man: gas chromatographic determination of o-, m- and p-cresol in urine. *Arch Toxicol* 1979; 43: 93-101

Abstract

Urinary variation of hippuric acid concentration dependent on wearing the disposable charcoal respirator

Chun Jae You

Department of Occupational Health

Graduate School of Public Health

Yonsei University

(Directed by Professor Jaehoon Roh, M.D., Ph.D.)

This study was carried out to analyze the effect on desorption of toluene by the disposable charcoal respirators instead of gas & vapor respirators for toluene using workers. For this study, measurement of toluene concentration in atmosphere and concentration of hippuric acid in urine were performed on 15 workers who had been employed in offset printing and some of gravure printing companies in Seoul, and the result was as follows.

In the disposable charcoal respirators non-wearing group, the arithmetic mean of toluene concentration in atmosphere was 27.22 ppm, and that of the respirator wearing group was 37.89 ppm. This result

indicates that although the toluene concentration in atmosphere in the respirator non-wearing group was 1.39 times higher than that in the respirator wearing group, there was no statistically significant difference($p>0.05$).

In the respirator non-wearing group, the arithmetic mean of urinary hippuric acid concentration was 0.97 g/L before the work started and 2.10 g/L after the work completed. This result indicated a statistically significant difference($p<0.05$). Also, in the respirator wearing group, those values were 1.20 g/L and 1.87 g/L, respectively, before the work started and after the work completed and this result indicated a statistically significant difference($p<0.05$).

The arithmetic mean of urinary hippuric acid concentration in the respirator wearing group after the work completed was 1.87 g/L, which was decreased by 11.1% compared with 2.10 g/L in case of the respirator non-wearing group, and this result was not considered to indicate a statistically significant difference($p>0.05$). The variations in hippuric acid concentration between before the work started and after the work completed, however, are 0.67 g/L and 1.13 g/L in the respirator wearing group and in the respirator non-wearing group, respectively. The hippuric acid concentration in the respirator wearing group was decreased by 41% compared with that in the respirator non-wearing group and this result indicated a statistically significant difference($p<0.05$).

From the above result, it was found that the disposable charcoal respirators does not desorb the toluene mostly, but only partially. Accordingly, it is concluded that the disposable charcoal respirators has a certain effect compared to the case without using any regular protective respirators.

Keyword : disposable charcoal respirators, toluene, hippuric acid