

## 국내시판 본드에 함유된 유기용매의 성분분석

김대병 · 이종권 · 정경자 · 윤여표\* · 김명수\*\*

식품의약품안전청 국립독성연구소, 충북대학교 약학대학\*, 한국과학기술연구원 생체대사연구센터\*\*

### Constituent Analysis of Organic Solvents in Adhesives Sold on Domestic Market

Dai Byung Kim, Jong Kwon Lee, Kyong Ja Jung, Yeo Pyo Yoon\* and Myung Soo Kim\*\*

Korea Food and Drug Administration, National Institute of Toxicology Research Seoul 122-020 Korea

\*College of pharmacy, Chungbuk National University, Chungju 361-763 Korea

\*\*Bioanalysis Biotransformation Research Center, Korea Institute of Science and Technology

P.O.Box 131 Cheongryang Seoul 130-650 Korea

(Received June 26, 1998)

(Accepted August 28, 1998)

**ABSTRACT** : Ingredients and concentrations of organic solvents in 7 kinds of adhesives sold on the domestic market were qualitatively and quantitatively analysed. Vapor concentrations were also analysed to estimate inhalation concentrations when adhesives were abused to get high. Acetone, methyl ethyl ketone, methyl cyclopentane, cyclohexane and toluene were identified to be used in domestic adhesives as solvents. When organic solvents of adhesives were vaporized in the vial at the room temperature for 30 mins, concentrations of organic solvents in the air were in the range of 5,000~140,000 ppm. Among these solvents, toluene, known to have strong hallucination effect, showed 5,000~35,000 ppm. The putative concentration of toluene in case of glue sniffing was estimated to be about 5,000 ppm in consideration of glue sniffing circumstances. Toluene was found in all adhesives in this study, even adhesives which toluene was not described in label.

**Key Words** : Adhesive, Glue sniffing, Toluene, Organic solvent

### I. 서 론

일반적으로 '본드흡입'이라고 일컬어지는 흡입제의 남용은 오랜 역사를 가지고 있다. 에테르나 클로로포름이 마취제로 사용되기 이전에는 환각제로 사용되기도 했으며 이것은 오늘날에도 흡입 환각상태를 즐기는 사람들 사이에 사용되는 것으로 보인다. 거의 모든 종류의 휘발성 유기용매 및 가스는 정도의 차이는 있지만 중추신경계에 영향을 미치며 환각의 목적으로 사용될 가능성이 있다. 본드이외에 가솔린, 페인트 희석제인 신나, 헤어스프레이, 타이프 수정액, 주방용 가스, 라이타 가스(부탄) 등 흔히 우리 일상생활에서 접할 수 있는 용품에 들어있는 가스 및 유기용매가 거의 모두 환각을 목적으로 사용될 수 있다. 따라서 '본드흡입'이라는 용어는 잘못된 것이라고 생각된다.

우리나라의 경우 이러한 남용은 아직 본드 및 부탄 가스에 한정되어 있는 것으로 생각되어지지만 확산될 가능성은 항상 내제되어 있다. 대부분의 사람들은 본드에 함유된 특정물질 즉 톨루엔이 환각작용을 가지고 있다고 생각하고 있으며 톨루엔에 관련된 보고(Hinman, 1987,1984; Bushinell *et al.*, 1985; Takeuchi *et al.*, 1981; Carpenter *et al.*, 1976)가 많이 있으나 톨루엔 이외의 다른 유기용매도 중추신경계에 미치는 영향이 있기때문에 이들 용매의 중추신경계에 미치는 영향 및 여러가지 용매가 동시에 흡입될 때의 영향을 고려해야 한다. 본 연구에서는 국내에서 시판되고 있는 여러 종류의 본드에 함유되어 있는 유기용매의 정량 및 본드가 휘발되어 흡입될 때의 공기 중에 함유되어 있는 유기용매의 농도를 분석하여 본드 흡입시의 유기용매의 종류와 농도를 추정하였으며 동시에 일본에서 시판되고 있는 본드의 구성성분과 비교하였다.

\*To whom correspondence should be addressed.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시약 및 재료

시험에 사용한 국내시판 7가지 본드는 시중에서 직접 구입하였으며, 용도 및 성분은 Table 1과 같다. 본드 중 유기용제 검색에 사용한 시약은 Supelco Inc. (Bellefonte, PA, USA)의 Environmental Analytical Standards VOC mix를 선택하였고, 정량시 사용한 acetone, methyl cyclopentane, cyclohexane, toluene, methyl ethyl ketone, cyclohexanone은 Aldrich Co (Milwaukee, WI, USA)에서 구입하여 사용하였다. 기타 시약은 가능한한 최상품을 구입하여 사용하였다.

### 2. 실험 방법

본드 중 성분검색본드 0.5 g을 취하여 CS<sub>2</sub> 15 ml에 용해시켜 5분간 흔들어 준 후 그 중 2 µl를 GC/MS (Gas chromatography/Mass spectrometer)에 주입하여 분석하였다. 사용한 GC/MS는 Hewlett Packard사의 HP 5890 Gas chromatography와 HP 5988 Mass spectrometer였다. GC/MS의 분석조건은 다음과 같다. 칼럼은 Hewlett Packard사의 HP-5(5%-Diphenyl-95%-dimethylsiloxane, 50 m×0.2 mm i.d., 0.33 µm film thickness)를 사용하였다.

칼럼 온도는 40°C에서 5분간 머무른 후 분당 20°C씩 280°C까지 승온후 280°C에서 1분간 항온하였고, 시료 주입부와 transferline 온도는 각각 280°C와 200°C로 하였다. 이동상은 헬륨가스로 분당 0.5 ml씩 흘려 주었고 시료 주입부 split ratio는 100 : 1로 하였다. 총 분석 시간은 18분이었다.

유기용매 함량분석본드 0.5~1 g을 정확히 취하여 15 ml의 CS<sub>2</sub>에 희석하여 잘 흔들어 준 후 가스크로마토

그래프에 1 µl를 주입하여 분석하였고, 내부 표준물질로 Dioxane을 사용하였다. 사용한 분석기기는 Hewlett Packard사의 HP 5890A Gas chromatograph를 이용하였고 검출기는 불꽃 이온화 검출기(Flame Ionization Detector)를 사용하였다. 칼럼은 성분검색에 사용한 HP-5(50 m×0.2 mm i.d., 0.33 µm film thickness)를 사용하였다. 칼럼온도는 40°C에서 5분간 머무른 후 분당 30°C씩 승온하여 250°C까지 올린 후 1분간 항온하였으며, 시료 주입부와 검출기의 온도는 각각 250°C, 300°C로 하였다. 이동상은 질소가스를 사용하였으며 시료 주입부에서 split ratio는 200 : 1로 하였다.

공기 중 유기용매 농도 분석본드 약 0.5 g을 정확히 취하여 20 cc의 vial에 넣고 마개를 한 후 상온(25°C)에서 30분간 방치하여 Hand tight gas syringe를 사용하여 100 µl의 공기를 가스크로마토그래피에 주입하였고, 이때 사용한 기기와 기기조건은 유기용매 함량분석조건과 동일하게 실험하였다. 실험결과는 검체를 duplicate로 하여 평균하여 사용하였다.

## III. 결과 및 고찰

본드흡입은 80년대부터 우리나라에 크게 문제시되고 있다. 외국의 경우에는 19세기 부터 에테르를 흡입하고 환각상태를 즐겼다는 보고가 있는 것으로 보아 그 역사는 오래된 것이다. 청소년들에 의한 가솔린 흡입이 사회문제화 된 1950년대 까지는 문제시될 정도는 아니었다. 그 이후 청소년들은 아세톤, 톨루엔, 트리클로에탄 등 휘발성 유기용매들을 흡입하기 시작하여 크게 확산되었다. 어린이와 청소년들에 의한 유기용매 흡입 양상에 대한 많은 보고서(Anderson, 1990; Anderson *et al.*, 1985; Herzberg and Wolkind, 1983; Skuse and Burrell, 1982; Charles and Miller, 1982)가 쏟아져 나왔으며 또 많은양의 임상적 사례보고

Table 1. The constituents of commercial adhesives

본드류	용도	성분	규격	비고
A	전기, 차량, 건축, 선박, 금속, 고무, 비닐, 제화, 목재, 초자, 플라스틱 등	고무(10~20%), 합성수지(10~20%), 헥산(40~60%), 케톤(40~50%)	30 ml	톨루엔, 벤젠은 함유되지 않았다고 명기됨
B	경질 P.V.C. 비닐, 각종플라스틱류	합성수지비닐계, MEK, 톨루엔, 아세톤	30 ml	
C	고무, 피혁, 철, 금속, 도기, 석재, 경질플라스틱, 직물	크로로푸렌고무, 웨놀수지, 비닐계합성수지	30 ml	톨루엔, 벤젠은 함유되지 않았다고 명기됨
D	각종플라스틱류	MEK, 톨루엔, 아세톤	250 g	
E	금속, 고무, 비닐, 목재, 석재, 초자, 플라스틱, 섬유, 도기, 기타	클로로푸렌고무, 톨루엔, 싸이클로헥산, 아세톤	250 g	
F	고무, 가죽, 피혁, 금속, 플라스틱, 목재	합성고무, 기타(25%), 유기용매(톨루엔 75%)	250 g	
G	연, 경질 PVC 접착, 금속, PVC파이프 등의 접착	P.V.C 수지, 기타 25% 유기용제(아세톤 외) 75%	250 g	

(Fornazzari *et al.*, 1983; Cooper *et al.*, 1985; Will and McLaren, 1981; Streicher *et al.*, 1981; Williams and Fracs, 1988; Neil *et al.*, 1988; Cunningham *et al.*, 1987; Hamilton *et al.*, 1982; Richard and Harvey, 1980; Alvin *et al.*, 1980)는 유기용매 흡입의 심각성을 지적하고 있다. 그러나 어떤종류의 유기용매에 따른 환각효과 정도가 어떤지에 대한 보고는 거의 없다. 본 실험에 의하면 국내시판 본드에 함유되어 있는 유기용매는 Table 2에 나타난 것과 같이 acetone, methyl cyclopentane, cyclohexane, toluene, methyl ethyl ketone으로 구성되어 있으며 cyclohexanone은 불순물로 생각된다. Naruse (1984)는 일본에서 시판되고 있는 4가지 종류의 본드에 대한 성분을 분석하였다(Table 4). 그 결과를 살펴보면 주로 사용되는 유기용매는 acetone, ethanol, cyclohexane 등 16가지 종류의 유기용매가 가감되어 사용되고 있어 6가지 종류의 유기용매를 가감하여 사용하고 있는 우리나라에서 시판되고 있는 본드와는 매우 다른 양상을 보이고 있으며 특이한 것은 우리나라에서 시판되고 있는 본드에는 톨루엔이 주요 용매로 사용되고 있으며 톨루엔이 함유되지 않았다고 명기된 본드에도 최대 10.8%까지 톨루엔이 함유되어 있는에 반해 일본에서 시판되는 본드에는 최대 0.5% 정도밖에 사용하고 있지 않다는 점이다. 따라서 Naruse가 보고한 일본에서 시판되고 있는 본드를 장시간 흡입했을 때의 결과를 우리나라에서 시판되고 있는 본드에 적용시

킬 수 없을것으로 생각된다. 본드를 장기간 흡입했을 때의 나타날 수 있는 독성에 대하여 실험하는 것은 본드를 흡입하는 자가 보통 어느정도의 기간동안 흡입을 하는지 흡입당시의 유기용매의 농도는 어느 정도인지에 대한 판단이 곤란하고 여러가지의 유기용매가 혼합된 상태여서 실험실적으로 유기용매 증기의 발생방법이 매우 복잡하고 어렵기 때문에 본드 자체를 장기간 흡입시킨 보고는 거의 없으며 Naruse의 보고가 유일한 것이나 구체적인 발생장치에 대한 언급이 없기 때문에 여기에 대한 연구가 필요할 것이라고 생각된다. 본 실험에서는 흡입할 당시의 농도를 추정할 수 있는 유기용매가 휘발된 후의 공기중의 농도를 측정하여 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 본드 및 유기용매의 종류에 따라 약 5,000~140,000 ppm 정도의 상당한 차이를 보이고 있으며 일반적으로 환각효과가 강하여 문제가 되는 것으로 알려진 톨루엔의 경우 약 5,000~35,000 ppm의 농도 범위를 나타내고 있다. 실제로 환각의 목적으로 흡입하는 경우 비닐백 등에 본드를 넣고 어느 정도 휘발한후 흡입하는 본드흡입의 행태를 감안할 때 포화이하의 농도이지만 5,000 ppm 정도는 톨루엔 흡입이 가능할 것으로 생각된다. 톨루엔 이외의 유기용매들도 상당한 정도로 흡입되는 것으로 추정되며 특히 아세톤의 경우 매우높은 공기중의 농도를 보여주고 있어 여러 가지 유기용매가 동시 흡입되는 경우에 독성은 크게 증폭될 수 있을 것이다. 공기중의 유기용매의 농도비가 본드중에 함유된 유기용매의 비와 다르게 나타나는 것은 각 유기용매의 비점이 모두 다르기 때문

**Table 2.** Percentages of organic solvents contained in adhesives sold on domestic market (Unit: %)

Organic solvents	Adhesives						
	A	B	C	D	E	F	G
Acetone	25.2	22.6	8.2	24.2	7.8	-	23.9
Methyl ethyl ketone	5.0	25.2	16.1	26.2	3.8	4.2	20.1
Methyl cyclopentane	13.8	3.4	8.4	3.5	6.2	3.3	-
Cyclohexane	30.4	2.1	34.5	6.5	15.3	22.1	2.5
Toluene	2.3	26.2	10.8	27.4	38.1	36.1	27.9
Cyclohexanone	0.7	-	-	-	0.5	0.5	-
Total	77.4	79.5	78.0	87.8	71.7	66.2	74.4

**Table 3.** Vapor concentration of organic solvents contained in adhesives sold on domestic market (Unit: ppm)

Organic solvents	Adhesives						
	A	B	C	D	E	F	G
Acetone	140788	22579	25236	63089	35252	-	39846
Methyl Ethyl ketone	-	8187	21287	32750	-	-	13646
Methyl cyclopentane	19515	3538	8427	17741	19959	19959	-
Cyclohexane	27840	-	23122	18875	25953	48546	18875
Toluene	-	5067	5527	25332	23029	34544	23029
Cyclohexanone	-	-	-	-	-	-	-

**Table 4.** Percentages of organic solvent contained in 4 adhesives (Unit: %)

Organic Solvents	Adhesive			
	A	B	C	D
(1) Acetone	10.3	45.1	46.2	15.3
(2) Methyl ethyl ketone	0.3	-	-	-
(3) Methyl isobutyl ketone	-	7.7	-	-
(4) Cyclohexanone	-	9.8	-	-
(5) Ethyl acetate	0.9	-	0.3	-
(6) Isopropyl acetate	-	-	-	7.1
(7) n-butyl acetate	-	4.7	5.1	-
(8) Ethyl alcohol	41.1	-	8.1	-
(9) Isopropyl alcohol	-	-	6.1	-
(10) n-Butyl alcohol	-	-	3.9	-
(11) 2,3-Dimethylbutane+ 2-Methylpentane	-	-	-	0.8
(12) 3-Methylpentane	-	-	-	1.0
(13) n-Hexane	-	-	-	6.8
(14) Cyclohexane	-	-	-	36.3
(15) Methylcyclopentane	-	-	-	1.5
(16) Toluene	-	-	-	0.5
Total	52.6	67.5	69.7	69.3

Note: 1) Values indicate means for 3 adhesives. Bars (-) denote less than 0.1%. Naruse (1984).

에 비점이 낮은 것 일수록 증기의 농도가 상대적으로 높게 나타나는 것이며 흡입 당시의 외부온도에 따라 상당한 변화가 나타날 것으로 추측된다.

### 참고문헌

- Alvin, H.M., Patricia, A.G., William, D.K., Stephen I.G. and Lewis, L.H. (1980): Fanconi's syndrome and distal renal tubular acidosis after glue sniffing, *Annals Int. Med.*, **92**, 69-70.
- Anderson, H.R., Macnair, R.S. and Ramsey, J.D. (1985): Deaths from abuse of volatile substances; a national epidemiological study, *British Med. J.*, **290**, 304.
- Anderson, H.R. (1990): Increase in deaths from deliberate inhalation of fuel gases and pressurised aerosols, *British Med. J.*, **301**, 41.
- Anderson, H.R., Macnair, R.S. and Ramsey, J.D. (1985): Deaths from abuse of volatile substances: a national epidemiological study, *British Med. J.*, **280(26)**, 304-307.
- Bushnell, P.J., Evans, H.L.I. and Palmes, E.D. (1985): Effects of toluene inhalation on carbon dioxide production and locomotor activity in mice, *Fund. Applied Toxicol.*, **5**, 971-977.
- Carpenter, C.P., Geary, D.L., Myers, R.C., Nachreiner, D.J., Sullivan, L.J. and King, J.M. (1976): Petroleum hydrocarbon toxicity studies, *Toxicol. App. Pharmacol.*, **36**, 473-490.
- Charles, O.H. and Miller, S. (1982): Solvent abuse: A shift to adults, *Int. J. Addict.*, **17(6)**, 1085-1089.
- Christopher, M.F. (1988): Toluene abuse causes diffuse central nervous system white matter changes, *Annals Neurol.*, **23**, 611-614.
- Cooper, R., Newton, P. and Reed M. (1985): Neurophysiological signs of brain damage due to glue sniffing, *Electroencephalo. Clin. Neurophysiol.*, **60**, 23-26.
- Cunningham, S.R., Dalzell, G.W.N., McGirr, P. and Khan, M.M. (1987): Myocardial Infarction and primary ventricular fibrillation after glue sniffing, *British Med. J.*, **294**, 739-740.
- Fornazzari, L., Wilkinson, D.A., Kapur, B.M. and Carlen, P.L. (1983): Cerebellar, cortical and functional impairment in toluene abusers, *Acta Neurol. Scand.*, **67**, 319-329.
- Hamilton, D.V., Thiru, S. and Evans, D.B. (1982): Renal damage and glue sniffing, *British Med. J.*, **284**, 117.
- Herzberg, J.L. and Wolkind, S.N. (1983): Solvent sniffing in perspective, *British J. Hospital Med.*, **72-76**.
- Hinman, D.J. (1987): Biphasic dose-response relationship for effects of toluene inhalation on locomotor activity, *Phar. Bio. Behavior*, **26**, 65-69.
- Hinman, D.J. (1984): Toluene and reverse tolerance to toluene inhalation: effects on open-field behavior, *Phar. Bio. Behavior*, **21**, 625-631.
- Naruse, M. (1984): Effects on mice of long-term exposure to organic solvents in adhesives, *Nagoya Med. J.*, **28**, 183-210.
- Neil, L.R., Kleinschmidt-DeMasters, B.K., Kathleen, A. D., James, N.D., Joseph, T.H., Richard, H.B. and Harvey, R.F. (1980): Hypokalemic periodic paralysis in chronic toluene exposure, *Arch. Neurol.*, **37**, 673.
- Skuse, D. and Burrell, S. (1982): A review of solvent abusers and their management by a child psychiatric out-patient service, *Human Toxicol.*, **1**, 321-329.
- Streicher, H.Z., Gabow, P.A., Moss, S.P., Dwight, K. and William, D.K. (1981): Syndromes of toluene sniffing in adults, *Annals Inter. Med.*, **94**, 758-762.
- Takeuchi, Y., Ono, Y. and Hisanaga, N. (1981): An experimental study on the combined effects of n-hexane and toluene on the peripheral nerve of the rat, *British J. Indust. Med.*, **38**, 14-19.
- Will, A.M. and McLaren, E.H. (1981): Reversible renal damage due to glue sniffing, *British Med. J.*, **283**, 525-526.
- Will, A.M. and McLaren, E.H. (1981): renal damage and glue sniffing, *British Med. J.*, **283**, 1467.
- Williams, D.M.L. and Frcs, M.B. (1988): Hearing loss in a glue sniffer, *J. Otolaryn.*, **17(6)**, 321-324.