

유기용제와 소음에 폭로된 근로자들의 청력 손실

김영기 · 이용환[†]

고신대학교 의학부 예방의학교실

Hearing Loss in the Workers Exposed to Organic Solvents and Noise

Young-Kee Kim and Yong-Hwan Lee[†]

Department of Preventive Medicine, Kosin Medical College, Pusan 602-702, Korea

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of organic solvents and noise on hearing loss. We selected organic solvents exposed group of 32 cases, noise exposed group of 31 cases, both noise and solvent exposed group of 31 cases, and control group of 53 cases and studied the relation between exposure level of noise and organic solvents and degree of hearing loss. The results were as follows.

The subjects under investigation were exposed to noise and organic solvents under threshold limit values and the amount of urinary hippuric acid excretion were also under biological exposure indices. In case of noise, both noise and organic solvents exposed group and noise exposed group were more exposed than organic solvents exposed group ($p < 0.05$). When urinary hippuric acid excretion were concerned, both noise and organic solvents exposed group and organic solvents exposed group showed higher values than noise exposed group ($p < 0.05$). In comparison of mean auditory threshold values by frequency, on the air conduction test, both noise and organic solvents exposed group showed significantly higher hearing loss than noise exposed group in 500Hz of right ear, 500 and 2000Hz of left ear ($p < 0.05$). Forty-three cases among 147 subjects were regarded as hearing loss group and average age (42.6 years) of hearing loss group was higher than normal groups average age of 38.0 years. Urinary hippuric acid excretions of hearing loss group were significantly higher than normal group ($p < 0.05$). Thirty-eight percent (12 cases) of noise exposed group, 40.6% (13 cases) of organic solvents exposed group, 51.6% (16 cases) of both noise and organic solvents exposed group, and 3.8% (2 cases) of unexposed group were regarded as hearing losers. Exposed groups showed higher incidence of hearing loss than unexposed group but there were no significant differences among the exposed groups. The variables showing significant correlation with hearing loss were age and the amount of hippuric acid in urinary excretion. When age were adjusted for the purpose of seeing the effects of hearing losses due to organic solvent, urinary excretion of hippuric acids was the only variable with significant correlation with hearing loss ($p < 0.05$). When odds ratio to hearing loss between control and exposed groups was considered, noise exposed group showed 6.1 times (95% CI: 3.3-8.7), organic solvents exposed group showed 7.4 times (95% CI: 3.5-14.6) and both noise and

[†] Corresponding author

organic solvents exposed group showed 17.2 times(95% CI: 5.6-31.8) higher values than unexposed group($p < 0.01$). Above results suggest that health screening test of hearing loss is also needed in organic solvents exposed workers.

Key words – Organic solvents, Noise, Hearing loss

서 론

청력손실은 연령, 유전, 이독성물질(ototoxic substances) 그리고 외적요인인 소음폭로 등에 의해 발생된다[10].

우리나라에서 청력장애는 가장 흔한 직업성 질환의 하나로서 특수건강진단 대상 근로자 중 약 37만 명이 매년 직업관련 청력장애에 대한 건강진단을 받고 있다[11]. 직업성 청력손실은 소음에 과도하게 폭로되어 나타나는 것으로 오랜동안 인식되어 왔지만, 최근에는 유기용제의 폭로에 의해서도 청력장애가 유발될 수 있음이 알려졌다[1, 2, 23]. 유기용제는 중추신경계와 말초신경계 모두에 영향을 미칠 수 있는 신경독성 작용이 있다. 유기용제로 청각기에 대해 와우각 기저부(cochlear basal portion)의 유모세포(hair cell)와 말초신경말단에 손상을 줄 수 있는 것으로 알려져 있고 유기용제와 관련된 효과가 뇌에서도 발견되었기에 청력에 있어서 후미로성 영향(retrocochlear influence)의 가능성 또한 주목되고 있다[1, 16, 29]. 톨루엔, 크실렌, 그리고 스티렌과 같은 유기용제의 이독성(ototoxic) 효과에 대한 자료는 주로 제한된 동물실험과 물질남용자(substance abuser)에 대한 증례보고를 통하여 이루어져 왔다[4, 12, 16, 17, 25, 27]. 그러나 최근 이루어진 역학조사는 직업성 폭로에 의한 유기용제의 청각기에 대한 영향이 강조되고 있으며, 특히 작업환경내에서 유기용제와 소음 등 청각기에 외상성 장애를 가져올 수 있는 여러 가지 인자에 동시에 폭로되는 경우를 포함하고 있다[10].

복합유기용제에 대한 직업성 폭로의 연구는 청각기계통에 있어서 여러 가지 변화를 보고하였는데, 지방축과 방향족 유기용제에 폭로된 근로자들에 대한 연구에서 Ödkvist 등[22, 23]은 뇌간 청력검사(brain stem audiometry)가 아닌 단속된 어음명료도검사(interrupted speech discrimination)와 피질반응 청력검사(cortical response audiometry)에 있어서 이상이 관찰된다고 보고하였고, 용량-반응관계도 확인되었다.

직업성으로 유기용제에 폭로되는 근로자들 중 53세-74

세의 3284명의 남자에 대한 단면연구를 실시한 Jacobsen 등[7]의 연구에서는 직업적 유기용제 폭로와 자가 평가된 청력문제들 사이의 연관성이 조사되었는데 복합유기용제에 5년이상 폭로된 경우 청력장애를 일으킬 위험도가 1.4라고 보고하였다. 국내 연구결과를 보면 Shin 등[29]은 순음청력검사기계를 이용하여 골도 및 기도 청력검사를 시행하였는데 유기용제에 따른 고음청력손실자율은 폭로군에서 높게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 발견하지 못했다.

한편 톨루엔과 소음에 연속적으로 폭로시킨 쥐의 경우 톨루엔이나 소음에 단독으로 폭로된 경우보다 더 심한 청력감소를 일으켰으며[8, 9], 직업성 폭로의 경우 조선소 페인트공에서 소음 단독 폭로시 보다 소음과 유기용제에 대해 동시에 폭로 되었을 때 더 큰 청력손실을 볼 수 있었다[1]. 인쇄공장 근무근로자들을 대상으로 유기용제와 소음 폭로에 의한 영향을 조사하기 위하여 Morata 등[19]이 청력검사를 실시한 결과 소음과 톨루엔에 같이 폭로된 근로자들의 청력손실 유발 비교위험도는 약 11로서, 소음단독의 경우 4, 톨루엔이 주성분인 복합유기용제에 단독으로 폭로된 근로자들에 있어서의 5보다 훨씬 더 큰 것으로 조사되었다.

매년 약 10만명 정도가 유기용제 취급과 관련하여 특수건강진단을 받고 있는 우리나라의 실정을 감안할 때[11, 13] 직업성 유기용제 폭로시 나타날 수 있는 이독성에 대한 조사가 하루빨리 이루어져 근로자의 건강관리 대책이 수립되어야 할 것으로 생각된다. 유기용제 폭로가 일어나는 작업환경에서는 고도의 소음폭로 역시 흔하기 때문에 유기용제의 이독성에 관여하는 가장 중요한 요소는 소음과의 상호작용이라 할 수 있다[10]. 이에 일부 유기용제 취급사업장의 유기용제 폭로실태와 근로자들의 소음폭로 수준을 파악함과 동시에 유기용제와 소음폭로시의 상호작용에 대하여 조사함으로써 유기용제 취급 사업장 근로자들에 대한 청각기 계통의 건강진단 실시 필요성에 관한 기초자료를 마련하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상

부산시내 사상공단에 위치한 공장에서 근무하는 유기용제 취급사업장 근무근로자 중 소음폭로 근로자 31명과 유기용제 취급 근로자 32명, 유기용제와 소음동시 폭로 근로자 31명을 폭로군으로, 유기용제와 소음을 포함하여 이독성을 일으키는 물질에 전혀 폭로되지 않은 근로자 53명을 대조군으로 하였다. 유기용제 폭로군의 경우는 폭로기간이 3년 이상이며 소음부서에 근무한 경력이 없는 근로자로 하였다.

2. 연구방법

1) 설문조사

연구대상자들에 대하여 연령, 근무년수, 소음폭로 및 유기용제 폭로의 과거력, 중이염, 이독성 약물치료의 과거력, 군복무력 및 취미생활상 소음폭로력, 귀외상의 과거력, 난청의 가족력, 당뇨병, 고혈압 유무 등을 개인면담을 통하여 조사하여 기록하였다.

폭로군과 대조군 모두에서 당뇨병, 고혈압, 이독성 약물치료의 과거력, 중이염 및 난청의 가족력, 귀외상의 과거력이 있는 사람은 본연구에서 제외되었다.

2) 청력검사 및 이경검사

근로자들의 청력상태를 평가하기위해 이경검사와 순음청력검사를 실시하였는데 소음 30dB이하인 조용한 청력검사실에서 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz에서의 기도청력검사를 실시함으로써 청력손실정도를 폭로군과 대조군간에 비교하였다. 이때 이경검사를 실시하여 고막의 상태를 확인하여 이상이 있는 경우는 연구에서 제외시켰다.

순음청력기(Bentone audiometer GSI 16, U.S.A.)는 검사시행 1주일 전에 보정하였고, 또한 biological calibration check는 조사대상자가 검사 받기 직전 매일 아침에 수행되었다.

1994년 개정된 소음성 난청의 2차 건강진단 대상자 선별기준에 근거하여[6] 양쪽귀 어느쪽이든 기도청력검사상 1,000Hz에서 30dB이상 또는 4,000Hz에서 40dB이상의 청력역치를 보이는 경우를 청력손실자로 분류하였다.

3) 작업환경 측정 및 생물학적 모니터링

유기용제 폭로 근로자들의 폭로 정도를 파악하기 위하여 폭로 근로자 중 일부 근로자에게 활성탄관을 부착시킨 개인 시료 채취기(Personal Air Sampler; Gilian MFG, U.S.A.)를 호흡기 위치에 부착하여 흡입된 유기용제 시료를 채취하였다.

이때 활성탄 튜브로 표본을 포집할 때 포집기의 유량보정계(Gilian calibrator, model 712, U.S.A.)로 보정하였는데 포집기의 유량은 0.2 l/min으로 하였고, 포집시간은 7시간 이상 채취하는 것을 원칙으로 하였다. 포집후 튜브가운대를 절단하여 각각의 활성탄(앞층 100 mg, 뒤층 50 mg)을 유리용기(Teflon 마개가 달린)에 옮긴 후 이황화 탄소(CS₂) 1ml를 넣어 2시간 방치하여 흡작된 유기용제들을 추출시켰다. 추출된 액은 마이크로 주사기를 사용하여 그중 1μl를 가스크로마토그래피(Shimadzu, Gas Chromatography 14 A, Japan)에 주입시켜 톨루엔, 메틸에틸케톤, 노르말헥산, 시클로헥산, 그리고 크실렌의 농도를 정성, 정량 분석하였다.

또한 공기중 혼합유기용제의 폭로량 평가는, 유해물질의 허용농도에 따르면, 화학물질이 2종이상 혼재하는 경우 혼재하는 물질간에 유해성이 인체에 서로 다른 부위에 작용한다는 증거가 없는 한 유해작용은 가중되므로 허용농도는 다음식에 의하여 산출되고 산출된 수치가 1을 초과하지 아니하는 것으로 규정하고 있다.

$$C1/T1+C2/T2+C3/T3+\dots+Cn/Tn$$

Cn: 화학물질 각각의 측정농도, Tn: 화학물질 각각의 허용농도

이에 따라 본 연구에서도 혼합유기용제 폭로량 평가에 위 식을 이용하였다[13].

생물학적 폭로지표에 대한 검사는 매 금요일 작업자가 근무교대 종료시 (오후 5시)에 요를 채취하여 즉시 영하 20℃에서 냉동 시킨 후 일주일 이내에 분석하였다. 그리고 이들 근로자들에 있어 톨루엔의 체내대사산물인 요중 마노산(hippuric acid)의 배설량을 측정하기 위하여 고속액체크로마토그래피(Toso Co. CCPM model, Japan)를 이용하여 분석하였다.

소음 폭로근로자들의 폭로 정도를 파악하기 위하여 누적소음폭로량 측정계 (Personal dosimeter; M-28 Noise

Logging Dosimeter, U.S.A.)를 사용하여 각부서별 폭로량을 계산하였다.

3. 통계분석

설문조사와 검사결과에 대한 자료분석은 윈도우용 SPSS 통계 프로그램 (Version 8.0, 1998, U.S.A.)을 이용하였고, 자료에 따라 빈도분석, 교차분석, 분산분석 그리고 상관분석을 이용하여 차이를 95% 신뢰구간으로 유의성을 검정하였다.

청력 상태와 폭로 상황 사이의 연관성 분석이 시행되었고 교차비(odds ratio)를 평가하기 위해 로지스틱 회귀분석을 이용하여 혼란 변수를 보정하였다.

결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 표 1과 같다. 소음폭로군의 평균연령은 42.0세 유기용제 폭로군은 38.9세, 그리고 소음과 유기용제 동시폭로군은 41.4세였고 비폭로군은 36.8세로서 연령에 따른 집단간 차이는 없었다.

소음과 유기용제에 동시에 폭로된 군의 평균 근무기간은 105.5개월로서 유기용제에만 폭로된 군의 평균근무기간 64.7개월 보다 통계적으로 유의하게 길었으나 소음폭로군의 83.1개월, 비폭로군의 87.8개월과는 유의한 차이가 없었다.

담배를 피우지 않거나 과거에는 담배를 피웠으나 한 달 전부터 피우지 않는다고 응답하면 비흡연군으로, 현재 담배를 피우거나 한달전까지 담배를 피웠다면 흡연군으로

분류하였고, 음주는 주당 알코올 섭취량에 따라 36그램 이하를 섭취하는 군을 비음주군으로, 주당 36그램 이상을 음주군으로 분류하였을 때 음주나 흡연상태에서는 그룹간 차이를 관찰할 수 없었다.

2. 작업환경 및 생물학적 대사산물 측정

유기용제에 폭로된 군들에 있어 유기용제의 폭로정도는 표 2와 같으며, 가스크로마토그래피를 이용하여 메틸에틸케톤, 노르말렉산, 시클로헥산, 톨루엔 그리고 크실렌의 농도를 측정하여 시간가중 평균값으로 나타내었다. 유기용제에만 폭로된 군의 경우 톨루엔을 비롯한 유기용제들이 허용기준에 미달되었으며 Cn/Tn-value 역시 0.209로 허용기준 1에 미달하였다. 그리고 소음과 유기용제에 동시에 폭로된 군의 경우는 역시 허용기준에 미달되었으며 Cn/Tn-value도 허용기준 1에 미달하였다.

그림 1은 톨루엔의 대사산물인 요중 마노산 농도에 대해 분석한 결과이다. 각군 모두 참고치 1g/L보다 낮게 배설되었으나 비폭로군의 평균값인 0.27에 비해 유기용제 폭로군은 0.86, 소음, 유기용제 동시폭로군은 0.94로 유의하게 높게 배설되었으며, 소음폭로군 0.46에 비해서도 역시 차이를 보였다.

그림 2는 각군에 따른 소음수준의 시간가중 평균치를 나타낸 것으로 전체적으로는 소음허용 기준치 이하였으나 소음폭로군에서는 평균 85.6dB, 유기용제군은 67.7dB이었고 소음과 유기용제에 동시에 폭로되는 군은 89.6dB로 가장 높게 나타났으며 비폭로군이 58.2dB로 가장 낮은 수치를 보였다. 비폭로군에 비하여 폭로군에서 높게 측정되었

Table 1. Characteristics of the study population

Variables	Exposed			Unexposed (n=53)
	Noise (n=31)	Solvent (n=32)	Noise & Solvent (n=31)	
Age (years : M±SD ¹⁾)	42.0±9.1	38.9±9.7	41.4±9.2	36.8±10.5
Employment length (months : M±SD ¹⁾)	83.1±61.4	64.7±28.7 ^{a)}	105.5±59.4 ^{b)}	87.8±63.8
Alcohol(%)	18(58.1)	21(65.6)	17(54.8)	26(49.1)
Smoking(%)	16(51.6)	23(71.9)	21(67.7)	38(71.7)

1) M±SD : mean ± standard deviation, a) vs b) : p<0.05

Table 2. Time weighted average (8-hours) of organic solvent concentrations in the solvent exposure, and noise and solvent exposure group (unit : ppm)

Group	MEK ^{a)}	n-H ^{b)}	c-H ^{c)}	Toluene	Xylene	Cn/Tn-value ^{d)}
TLV-TWA ^{e)}	200	100	25	100	100	
Solvent	1.464	0.899	-	18.991	0.316	0.209
Noise and solvent	2.422	2.815	1.376	1.327	2.227	0.080

a) MEK : Methyl ethyl ketone, b) n-H : n-Hexane, c) c-H : cyclohexanone

d) Cn indicates the observed atmospheric concentration, and Tn the corresponding threshold limit of n different solvents in a mixture

e) TLV-TWA : Threshold limit value - time weighted average

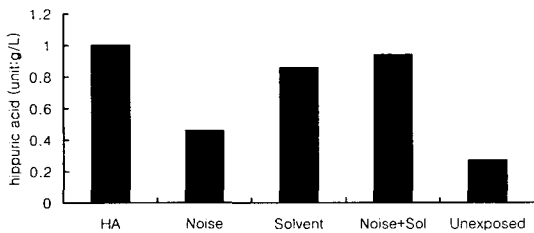


Fig. 1. The result of urinary hippuric acid concentration. HA : reference value of urinary hippuric acid concentration
Sol : solvent

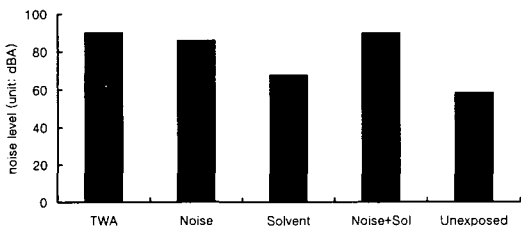


Fig. 2. Eight-hours Time Weighted Average of noise level. TWA : 8-hour time weighted average sound level
SOL : solvent
dBA : sound level measured on the A scale

으며 유기용제폭로군에 비해 소음폭로군 그리고 소음과 유기용제에 동시에 폭로되는 군이 더 높게 나타났다(p<0.05).

3. 각 주파수별 청력손실치

표 3은 주파수별 기도청력을 비교한 것으로 폭로군이 비폭로군보다 오른쪽 귀에서는 500, 1,000, 4,000Hz에서 왼쪽은 250, 1,000, 2,000, 4,000Hz에서 유의하게 청력손실치가 더 컸다(p<0.05).

소음, 유기용제 동시폭로군이 소음군에 비해 청력손실치가 오른쪽의 500Hz, 왼쪽 500, 2,000Hz에서 유의한 차이가 있었고, 유기용제군과의 비교에서는 왼쪽 4,000Hz에서 유의한 청력손실의 차이를 보였다(p<0.05).

전체적으로 볼 때 모든 폭로군에서 비폭군에 비해 평균 청력역치가 높게 나타났으며, 소음이나 유기용제 단독군에 비해 소음과 유기용제 동시폭로군에서 평균 청력역치가 높게 나타나는 결과를 보였다.

4. 청력손실의 관련요인

표 5는 좌, 우 어느쪽이나 1,000Hz에서 30dB이상의 청력손실이 있거나 4,000Hz에서 40dB이상의 청력손실이 있는 경우를 청력손실자로 분류하였을 때 정상군과 청력손실군간의 일반적 특성을 비교한 것으로 전체 147명중 43명이 청력손실군에 해당되었다. 두군간 요인비교에서 연령은 청력손실군이 42.6세로 정상군 38.0세 보다 높았으나(p<0.05), 근무기간에서는 유의한 차이가 없었다. 요증마노산 배설량에서는 청력손실군이 정상군에 비해 유의하게 많이 배설되었으며(p<0.05) 음주와 흡연력에서는 차이를 볼 수 없었다.

표 6은 군에 따른 청력손실자의 빈도를 분석한 것으로써 소음군은 12명으로 38.7%, 유기용제군은 13명으로 40.6%, 소음과 유기용제 동시폭로군은 16명으로 51.6% 그리고 비폭로군은 2명으로 3.8%의 빈도를 보였다. 비폭로군에 비해 폭로군에서 청력손실자가 많이 발생하였으나 폭로군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

청력손실에 영향을 미치는 요인들에 관한 연관성을 분석한 결과 청력손실과 유의한 상관관계를 보이는 변수로

Table 3. Air conduction threshold level of pure tone audiometer in right ear (unit : dB)

Frequency (Hz)	Exposed			Unexposed mean ± SD
	Noise mean ± SD	Solvent mean ± SD	Noise & Solvent mean ± SD	
250	19.0 ± 7.2	20.8 ± 8.2	22.9 ± 9.2	15.8 ± 5.4
500	18.2 ± 5.3	19.2 ± 6.9	23.4 ± 10.8	13.9 ± 4.9
1000	20.5 ± 6.9	20.9 ± 10.8	23.2 ± 10.8	13.0 ± 5.3
2000	17.4 ± 9.8	18.7 ± 9.9	21.2 ± 9.1	12.7 ± 6.3
4000	24.2 ± 9.7	24.4 ± 7.9	25.9 ± 11.1	15.0 ± 8.5

Table 4. Air conduction threshold level of pure tone audiometer in left ear (unit : dB)

Frequency (Hz)	Exposed			Unexposed mean ± SD
	Noise mean ± SD	Solvent mean ± SD	Noise & Solvent mean ± SD	
250	20.9 ± 6.5	20.2 ± 8.6	23.5 ± 8.3	14.9 ± 4.7
500	18.1 ± 4.8	22.2 ± 9.7	23.7 ± 8.7	14.2 ± 5.0
1000	20.5 ± 6.8	20.9 ± 9.7	21.1 ± 8.6	14.6 ± 5.7
2000	19.8 ± 10.5	20.2 ± 8.8	26.1 ± 7.8	13.1 ± 5.8
4000	25.5 ± 11.4	23.8 ± 9.2	27.1 ± 9.9	15.1 ± 9.0

Table 5. Comparison of variables between normal and hearing loss group

Variables	Normal group (n = 104)	Hearing loss group (n = 43)
Age (years: M ± SD)	38.0 ± 9.9	42.6 ± 9.3*
Employment Length (months: M ± SD)	82.4 ± 56.6	93.1 ± 59.7
Hippuric acid	0.51 ± 0.45	0.75 ± 0.60*
Alcohol (%)	56(53.8%)	26(60.5%)
Smoking (%)	71(68.3%)	27(62.8%)

*Statistical significance was tested by t-test (p<0.05)

는 연령(0.210)과 요중 마노산 배설량 (0.210)이 있었다(표 7). 표 8은 유기용제로 인한 청력손실의 영향을 보기위해 연령을 보정한 후 요중 마노산 배설량과의 상관관계를 구한 것으로 상관관계는 0.20(p<0.05)으로 마노산 배설량이

증가함에 따라 청력손실도 커지는 양상이었다.

5. 청력손실에 따른 교차비

표 9는 청력손실에 따른 교차비분석으로 비폭로군에 비해 소음폭로군은 6.1배(95% CI; 3.3-8.7), 유기용제 폭로군은 7.4배(95% CI; 3.5-14.6) 그리고 동시폭로군은 17.2배(95% CI; 5.6-31.8) 더 컸다(p<0.05).

고 찰

주파수별 청력 손실치의 비교에서 소음과 유기용제 동시 폭로군이 소음이나 유기용제에 단독으로 폭로되는 경우보다 청력손실치가 더 컸는데, 이는 조선소 페인트공들을 대상으로 유기용제와 소음의 중첩된 효과를 연구하여 소음단독 폭로군보다 더 심한 청력손실을 보고한 Barr-

Table 6. Frequency of hearing loss

Classification	Exposed			Unexposed (n=53)
	Noise (n=31)	Solvent (n=32)	Noise & Solvent (n=31)	
Normal	19(61.3%)	19(59.4%)	15(48.4%)	51(96.2%)
Hearing loss	12(38.7%)	13(40.6%)	16(51.6%)	2(3.8%)

Table 7. Simple correlation of factors affecting hearing loss

Factors	Age	Employment length	Alcohol	Smoke	Hippuric acid
Employment length	0.460**	-	-	-	-
Alcohol	0.307**	0.130	-	-	-
Smoking	0.168*	0.181*	0.297**	-	-
Hippuric acid	0.071	0.030	0.010	0.086	-
Hearing loss	0.210*	0.085	0.071	0.041	0.210*

*p<0.05, **p<0.01

Table 8. Partial correlation coefficient of factors related to hearing loss adjusted for age

Variables	Coefficients	P-value
Employment length	0.07	p>0.05
Alcohol	0.01	p>0.05
Smoking	0.07	p>0.05
Hippuric acid	0.20	p=0.015

egård등[1]의 연구와 역시 소음과 복합유기용제에 폭로된 근로자들에서 더 높은 청력장애 유병율을 보고한 Bielski [3]의 연구와는 일치하였으나, 유의한 차이가 없었다고 한 Shin 등[29]의 연구와는 일치하지 않았다. 이는 조사대상자와 청력손실 기준의 차이 때문인 것으로 생각된다.

비록 소음이나 유기용제에 단독으로 폭로되는 경우보다 동시에 폭로되는 군에서 차이를 보인 경우는 일부 주 파수에서만 해당되었지만 이것이 소음과 유기용제 사이의 이외상의 상호작용(ototraumatic interaction)의 존재 가능성을 암시하는 것으로 볼 수 있다[19]. 실제로 유기용제 사업장에서 허용기준 이하의 소음폭로시에도 청력손실의 유병율이 증가한 것이 보고되었으며[1,2], 톨루엔 중독자와 동물실험을 통해 톨루엔 폭로가 청력에 영향을 미치는 것으로 밝혀져 있다[4,12,16,17,25,27]. 또한 전체적으로 볼 때, 비폭로군에 비해 폭로군에서 모든 주파수에 걸쳐 평균 청력역치가 높게 나타났는데 이는 소음이나 유기용제로 인한 청력손실이 고음영역에서부터 일어난다는 결과와는

차이를 보였다[7,15,19,21]. 본 연구에서는 산업장 근무 근로자들을 대상으로 집단검진의 목적으로 실시하였으므로 8,000Hz이상의 고주파 음역에 대한 조사가 이루어지지 않아서 고음영역에 대한 결과를 단정적으로 말하기 어려우며 또한 동일한 이유로 골도검사가 행해지지 않았기 때문에 차후 연구가 더 이루어져야 될 부분으로 생각되나 그 외에 유추할 수 있는 원인으로는 첫째, 유기용제나 소음폭로로 인해 건강에 장애를 느낀사람들의 중간이탈로 인해 과소평가 되었거나, 둘째, 평균 근무년수에서 소음폭로군은 83.1개월, 유기용제 폭로군은 64.7개월 그리고 소음과 유기용제에 동시에 폭로되는 군은 87.8개월의 폭로기간이 고음영역에서의 청력손실을 일으키기에는 짧은 기간일 가능성도 있다. 실제로 유기용제에 의한 청력손실을 볼 수 있었던 폭로기간에 관한 연구로는 이황화탄소와 소음에 동시 노출된 경우는 2-3년 정도 폭로된 근로자에서 청력손실을 관찰할 수 있었다는 역학보고가 있고[18], 또 다른 연구에서는 5년 혹은 그 이상의 폭로기간이 걸린다는 연구도 있다[7].

연구대상 작업장에서 사용된 유기용제는 톨루엔, 메틸 에틸케톤, 시크로헥산, 노르말 헥산, 크실렌등인데, 메틸 에틸케톤은 비교적 이독성이 적은 것으로 보고되고 있고, 시크로헥산은의 이독성에 대해서는 연구된 바가 없었다. 쥐를 이용한 실험에서 크실렌은 톨루엔보다는 좀더 이독성이 강한 것으로 보고되고 있고[26], 메틸에틸케톤과 메틸이소부틸케톤은 톨루엔이나 크실렌보다는 독성이 적은

Table 9. Logistic regression for hearing loss

Variables	Beta	Standard error	P-value	Odds ratio	95% confidence interval
Noise	2.779	0.809	0.005	6.105	3.3- 8.7
Solvent	2.859	0.805	0.002	7.447	3.5-14.6
Noise & solvent	3.303	0.805	0.006	17.199	5.6-31.8

것으로 알려져 있으나 아직까지 톨루엔과의 병용효과(combined effect)에 대한 실험은 없다[29]. 본 연구에서 수행된 작업환경 측정 결과 모두 허용기준 미만이었으며, 개인별 요충 마노산 배설량 분석에서도 허용기준을 넘지않았지만 대부분의 유기용제들은 휘발성이 높기 때문에 사용도중 쉽게 확산되며 생체내에서의 분해시간도 비교적 짧기 때문에 실제 폭로량이 적었다고 단정지을 수는 없었다[14].

청력손실에 영향을 미치는 요인에 대한 상관분석에서 청력손실과 유의한 상관관계를 보이는 변수는 연령과 요충마노산 배설량이었으며, 유기용제로 인한 청력손실의 영향을 보기 위해 연령을 보정한 후 편상관분석을 시행한 결과 요충마노산 배설량과 상관관계가 있었다.

로지스틱 회귀분석 결과 교차비(odds ratio)는 비폭로군에 비해 소음폭로군이 6.1배(95% CI; 3.3-8.7), 유기용제 폭로군은 7.4배(95% CI; 3.5-14.6) 그리고 동시폭로군은 17.2배(95% CI; 5.6-31.8) 더 컸으며 이 결과는 Morata 등(19)이 실시한 청력검사결과 소음과 톨루엔에 같이 폭로된 근로자들의 청력손실 유발 비교위험도가 약 11로써, 소음 단독의 경우 4, 톨루엔이 주성분인 복합유기용제에 단독으로 폭로된 근로자들에 있어서의 5보다 훨씬 더 큰 결과를 보인 것과 유사하였고, Jacobsen등[7]의 연구에서 복합유기용제에 5년이상 폭로된 경우 청력장애를 일으킬 위험도가 1.4라는 결과 보다는 컸다. 최근 연구에서 얻어진 청력손실의 교차비(odds ratio)는 연령이 1년 증가할 때마다 1.07배 증가하였고,(95% CI 1.03-1.11), 소변에서 크레아티닌(creatinine)의 그래당 마노산이 1g 증가할 때마다 1.76 배 증가하였다[28]. 그리고 2.5g/g 크레아티닌의 마노산에 대한 ACGIH (American Conference on Governmental Industrial Hygienists)의 TLVs(Threshold Limit Values)에서 평가된 청력손실에 대한 교차비는 4.4이었다. 50ppm의 ACGIH TLV는 톨루엔에 대한 가장 낮은 제한된 값 중 하나인데, 이 농도에서도 교차비는 2보다 컸다[5].

이상의 결과를 보아 유기용제 폭로근로자 뿐아니라 유기용제와 소음에 동시 폭로 근로자들의 청각기 장애 가능성에 대한 건강진단이 필요할 것으로 생각된다.

Morata[20]의 연구에 따르면, 기존의 청력보존 프로그램은 화학물질에 대한 폭로를 고려하지 않았기 때문에 소음부서 뿐아니라 유기용제에 폭로되는 근로자들을 청력보존 프로그램에 포함시킬 것을 권고하고 있다. 유기용제

를 취급하는 근로자들에 대한 주기적 청력검사는 조기에 청력장애를 발견하도록 할 수 있을 것이며 관련된 유해인자에 대한 폭로를 줄일 수 있을 것이다.

연구의 제한점으로는 단면조사 연구로서 개개인의 폭로량을 측정할 수 없었기에 폭로정도에 따른 청력역치의 차이를 알수 없었고, 취미 생활력이나 약물사용력등과 같은 청력에 영향을 미칠 수 있는 인자들을 과거의 기억에 의존하여 조사하였기에 이로인한 편견을 배제하지 못하였다는 점이다.

본 연구에서는 대상자들에 대해 8,000Hz의 기도 청력검사와 골도 청력검사 그리고 중이의 상태를 정확히 평가할 수 있는 고막운동성계측(tympanometry)을 시행하지 못한 것은 집단검진의 특성상 근로자들의 근무조건으로 인해 작업장에 가서 검사를 수행할 수 밖에 없었으며 검사장비를 이동시킬 수 없었던 제한점 때문이다. 비록, 8,000Hz와 골도검사등을 포함하여 연구를 수행하는 것이 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있지만 4,000Hz도 고주파수 음역대 검사이며 기도청력검사만으로도 어느 정도의 청력손실을 평가할 수 있었을 것으로 생각된다. 앞으로 이러한 제한점을 보완하여 더 큰 규모의 역학조사가 이루어져서 소음과 유기용제간의 상호작용에 의한 이독성의 정확한 관련성이 규명되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

유기용제와 소음의 폭로가 청력손실에 미치는 영향을 알아보기 위해 유기용제 폭로군 32명, 소음 폭로군 31명, 소음과 유기용제에 동시에 폭로된 군 31명 그리고 대조군 53명을 대상으로 소음과 유기용제 폭로 정도와 청력손실치를 계산하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 조사 대상자들은 소음과 유기용제에 허용기준치 이하로 폭로되었으며, 요충 마노산 배설량도 참고치 이하로 배설되었다. 소음의 경우 소음과 유기용제 동시 폭로군과 소음 폭로군이 유기용제 폭로군보다 높았으며($p<0.05$) 요충 마노산은 소음과 유기용제 동시폭로군과 유기용제 폭로군이 소음폭로군보다 배설량이 더 많았다($p<0.05$).

2. 주파수별 기도청력은 소음과 유기용제 동시 폭로군이 소음군보다 우측귀의 500Hz, 좌측귀의 500, 2000Hz에서 유의하게 더 높은 청력손실치를 나타내었고($p<0.05$),

유기용제군과의 비교시에는 왼쪽귀 4000Hz에서 청력손실이 유의하게 더 높았다($p < 0.05$).

3. 조사 대상자 147명중 43명이 청력손실군에 해당되었으며 청력손실군의 연령이 42.6세로 정상군 38.0세 보다 더 높았으며 요증마노산 배설량도 유의하게 더 많았다($p < 0.05$).

4. 청력손실자는 소음군에서는 대상자의 38.7%(12명), 유기용제군 40.6%(13명), 소음과 유기용제 동시폭로군은 51.6%(16명), 그리고 비폭로군은 3.8%(2명)의 빈도를 보였으며 비폭로군에 비해 폭로군에서 청력손실자가 많이 발생하였으나 폭로군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

5. 청력손실과 유의한 상관관계를 보이는 변수는 연령과 요증마노산 배설량이었으며, 유기용제로 인한 청력손실의 영향을 보기위해 연령을 보정하였을 때는 요증마노산 배설량만이 상관관계를 보였다($p < 0.05$).

6. 대조군과 폭로군사이의 청력손실에 대한 교차비에서는 비폭로군에 비해 소음폭로군은 6.1배(95% CI; 3.3-8.7), 유기용제 폭로군은 7.4배(95% CI; 3.5-14.6) 그리고 동시폭로군은 17.2배(95% CI; 5.6-31.8)로 더 컸다($p < 0.01$).

이상의 결과로 볼 때 유기용제 폭로 근로자에 대해서도 청력장애에 대한 건강진단이 실시되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Barregård, L. and Axelsson, A. 1984. Is there an ototraumatic interaction between noise and solvents?, *Scand. Audiol.*, **13**, 151.
2. Bergström, B. and Nyström, B. 1986. Development of hearing loss during long term exposure to occupational noise, *Scand. Audiol.*, **15**, 227.
3. Bielski, J. 1990. Health condition of workers exposed to synthetic varnishes and noise, Proceeding of the Fourth International Conference on the Combined Effects of Environmental Factor Baltimore, September 30-October 3.
4. Ehyai, A. and Freeman, F. R. 1983. Progressive optic neuropathy and sensorineural hearing loss due to chronic glue sniffing, *J. Neurol. Neurosurg. Psychol.*, **46**, 349.
5. Eller, P. M. 1994. Manual of analytical methods, pp. 94-113, 4th ed.
6. Industrial Health Research Institute. 1998. The Fourth Hearing Conservation Manual, pp. 198-199, Korean Industrial Safety Corporation.
7. Jacobsen, P., Hein, H. O., Suadicani, P., et al. 1993. Mixed solvent and hearing impairment ; an epidemiological study of 3284 men, *Occup. Med. (Oxf.)*, **43**, 180.
8. Johnson, A. C., Juntunen L., Nylén P., Borg E. and Höglund G. 1988. Effect of interaction between noise and toluene on auditory function in the rat, *Acta Otolaryngol.*, **105**, 56.
9. Johnson, A. C., Nylén, P., Borg, E. and Höglund, G. 1990. Sequence of exposure to noise and toluene can determine loss of auditory sensitivity in the rat, *Acta Otolaryngol.(Stockh.)*, **109**, 34.
10. Johnson, A. C. and Nylén, P. 1995. Effect of industrial solvents on hearing, *Occupational medicine, State of the Art Reviews*, **10(3)**, 623.
11. Korean Industrial Health Association. 1992. Annual report on the Industrial health surveillance.
12. Lazar, R. B., Ho, S. U., Melen, O. and Daghestani, A. N. 1983. Multifocal central nervous system damage caused by toluene abuse, *Neurology*, **33**, 1337.
13. Lee, C. U., Lee, J. T., Chung, U. W., Sohn, H. S., Moon, D. H., Chun, J. H., Kang, J. H., Lee, C. H., Kim, H. D., Kim, J. H. and Jung, K. O. 1995. Neuroendocrine effects in occupational solvents exposure, *Korean J. Occup. Med.*, **7(2)**, 362.
14. Lee, H. M., Kim, M. S., Choi, S. N., Yoon, E. K. and Park, J. S. 1997. Health risk assessment and analysis on the volatile organic compounds in some workplace, *Korean J. Preventive Medicine*, **30(3)**, 530.
15. Lozano, M. A., Morata, T. C., Dunn, D. E., Engel, T., Krieg, E. F., Durao, A. and Costa, T. R. S. 1997. Hearing loss from combined exposures among petroleum refinery workers, *Scand. Audiol.*, **26(3)**, 141.
16. Malm, G. and Lying-Tunell, U. 1980. Cerebellar dysfunction related to toluene sniffing. *Acta Neurol. Scand.*, **62**, 188.
17. Metrick, S. A. and Brenner, R. P. 1982. Abnormal brainstem auditory evoked potentials in chronic paint sniffers, *Ann. Neurol.* **12**, 553.
18. Morata T. C. 1989. Study of the effect of simultaneous exposure to noise and carbon disulfide on hearing, *Scand. Audiol.*, **18**, 53.
19. Morata, T. C., Dunn, D. E., Kretschmer, L. K., Lemasters, G. K. and Keith, R. W. 1993. Effects of occupational exposure to organic solvents and noise on hearing, *Scand. J. Work Environ. Health*, **19**, 245.

20. Morata, T. C. 1997. Toluene-induced hearing loss among rotogravure printing workers, *Scand. J. Work Environ. Health*, **23**, 289.
21. Muijser, H., Hoogendijk, E. M. G. and Hooisma, J. 1988. The effects of occupational exposure to styrene on high frequency thresholds, *Toxicology*, **49**, 331.
22. Ödkvist, L. M., Bergholtz, L. M., Åhlfeldt, H. et al. 1982. Otoneurological and audiological findings in workers exposed to industrial solvents. *Acta. Otolaryngol. Suppl.(Stockh.)*, **386**, 249.
23. Ödkvist, L. M., Arlinger, S. D., Edling, C., Larsby, B. and Bergholtz, L. M. 1987. Audiological and vestibulooculomotor findings in workers exposed to solvents and jet fuel, *Scand. Audiol.*, **16**, 75.
24. Pryor, G. T., Dickinson, J., Howd, R. A. and Rebert, C. S. 1983. Neurobehavioral effects of subchronic exposure of weaning rats to toluene or hexane. *Neurobehav. Toxicol. Teratol.*, **5**, 47.
25. Pryor, G. T., Dickinson, J., Howd, R. A. and Rebert, C. S. 1983. Transient cognitive deficits and high-frequency hearing loss in weanling rats exposed to toluene, *Neurobehav. Toxicol. Teratol.*, **5(1)**, 53.
26. Pryor, G. T., Rebert, C. S. and Howd, R. A. 1987. Hearing loss rats caused by inhalation of mixed xylene and styrene, *J. Appl. Toxicol.*, **7(1)**, 55.
27. Rebert, C. S., Sorenson, S. S., Howd, R. A. and Pryor, G. T. 1983. Toluene induced hearing loss in rats evidenced by the brainstem auditory evoked response, *Neurobehav. Toxicol. Teratol.*, **5(1)**, 59.
28. Rosenhall, U. and Pedersen, K. E. 1995. Presbycusis and occupational hearing loss, *Occupational medicine, State of the Art Review*, **10(3)**, 593.
29. Shin H. R., Lee J. Y., Woo K. H. and Kim J. S. 1997. Effect of organic solvents on hearing in video tape manufacturing workers. *Korean J. Preventive Medicine*, **30(1)**, 61.