

유기용제노출이 직업적 청력손실에 미치는 영향

울산대학교 의과대학 산업·환경의학교실

이지호·고영주·이현·강정학·유철인·이충렬·김양호

— Abstract —

Impact of Solvent Exposure on the Occupational Hearing Loss

Ji Ho Lee, Young Ju Go, Hun Lee, Jung Hak Kang,
Cheol In Yoo, Choong Ryeol Lee, Yangho Kim

Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, University of Ulsan

Objectives : This study was to evaluate the impacts of simultaneous exposure to noise and mixed solvents on workers' hearing threshold level(HTL) over five-year period.

Methods : The study was conducted by interview and annual audiometric test on workers in ship building industry from 1994 to 1998. The cases(workers who exposed to noise and mixed solvent simultaneously) were 43 male workers and controls(workers who exposed to noise) were selected by matching method with regard to age, sex, carrier, and noise exposure level. To assess the impacts of solvent exposure on hearing threshold level, with considering other factors, general liner model was used.

Results : 1. The audiogram of all subjects showed typical sensorineural hearing loss pattern. The mean HTLs were increased at high frequency(4000Hz and 8000Hz) for study period.

2. The HTLs of cases were more increased than those of controls at high frequencies(4000Hz and 8000Hz), but there was not statistical significance.

3. The impact of age on the HTL was statistically significant at 250Hz and 500Hz($p<0.05$), and the impact of noise on the HTL was statistically significant at 250Hz, 2000Hz and 4000Hz($p<0.05$), but the impact solvent exposure on the HTL was not significant.

4. The changes in HTLs of cases were higher than those of controls at high frequency, there were not statistical significance at 4000Hz, but only at 8000Hz($p=0.087$).

5. Statistical analysis of the general linear model implicated that the changes in HTL was impacted by noise exposure level significantly($p=0.031$) and impacted by solvent exposure weakly($p=0.087$) at 8000Hz.

Conclusions : The results of this study suggest that workers who simultaneously exposed to noise and mixed solvent were at risk for more affected HTL than those exposed to noise exposure only, but we could not find definitive evidence. Further detailed studies must be made in large number of workers.

Key Words : Solvent, Noise, Hearing threshold.

〈접수일 : 2000년 12월 11일, 채택일 : 2000년 12월 26일〉

교신저자 : 이지호(Tel : 052-250-7284) E-mail : leejh@uuh.ulsan.kr

서 론

산업장 근로자들의 청력저하는 대부분이 소음노출에 의해 초래된다. 그러나 동일한 강도의 소음에 노출되더라도 청력손실의 정도가 다른 것은 소음에 대한 개인적 감수성에 차이가 있기 때문이며, 이는 단순히 소리의 물리적 특성에 의한 것이 아니라 소음과 상호작용을 하거나 청력에 영향을 미칠 수 있는 다양한 내적·외적인자들에 의해 영향을 받고 있기 때문인 것으로 알려져 있다(Morata와 Lemasters, 1995)

산업장에는 청력에 영향을 미칠 수 있는 다양한 물리적 및 화학적 인자가 존재하며 이러한 요인들을 고려함으로써 기존의 청력관리 프로그램을 보다 성공적으로 수행할 수 있다고 하여, 근로자들의 청력저하에 대한 연구가 단순히 소음에 의한 영향만을 고려하던 고전적인 소음성 난청의 관점에서 직업적으로 노출되는 다양한 이독성물질의 영향을 파악하고자하는 직업성 난청의 방향으로 바뀌고 있다(Franks 등, 1989; Phanauf와 Hetu, 1990; Morata 등, 1994; Morata와 Lemasters, 1995).

유기용제가 산업적으로 이용된 것은 적어도 150여년 이상이며, 그 잠재적인 독성은 1863년부터 보고되기 시작하였다. 비록 고도로 산업화된 나라에서는 그 노출수준이 낮아지기는 하였으나 아직도 많은 근로자들이 유기용제에 지속적으로 노출되고 있으며, 우리나라에서도 특수건강진단 대상근로자 676,933명중 157,999명이 유기용제를 취급하고 있어 전체 근로자 중 상당수가 직업적으로 노출되고 있는 실정이다(노동부, 1996). Morata와 Dunn의 보고(1994)에 따르면 미국의 경우 유기용제를 취급하는 근로자 500만명 정도가 소음에 동시에 노출되고 있으며 또한, 산업현장에서 소음은 피할 수 없는 환경 자극 요인인 점을 감안한다면 국내에서도 유기용제를 취급하는 근로자들의 대다수가 소음과 동시에 노출되고 있을 것으로 추정할 수 있다.

청력과 평형감각에 대해 유기용제가 영향을 미칠 것이라는 추정은 약 35년 전부터였으나 실제로 청력독성과 관련된 문제에 관심을 가지게 된 것은 불과 20여 년 정도에 지나지 않으며(Johnson과 Nylen, 1995), 이들의 연구도 대부분이 고농도에 단기간 노출시킨 동물실험과 유기용제의 습관성 남용자의

증례보고에 국한되어 있었다(Malm과 Lying-Tunell, 1980; Metric과 Brenner, 1982; Ehyai와 Freeman, 1983; Lazar 등, 1983; Pryor 등, 1983; Rebert 등, 1983; Johnson, 1993). 이들은 연구결과에서 유기용제가 중추신경 및 말초신경계를 침범하여 청력손실을 유발하며 소음과 상가적 또는 상승적으로 작용한다고 보고하고 있으나 실제로 산업현장에서 노출되는 유기용제는 단일 성분이 아니며, 실험실이 경우와 노출환경이 달라 동물실험에서 나타난 결과를 일반화하기 어려운 문제점이 있다(Morata와 Dunn, 1994).

근로자를 대상으로 한 연구는 아직도 그 수가 제한적인 상태인데, Barregard와 Axelsson(1984)은 4가지 증례보고를 통해 유기용제와 소음에 동시에 노출된 군에서 단순히 소음에 노출된 군에 비해서 신경감음성 난청의 정도가 심하다고 보고하였다. Jacobsen 등(1993)의 보고에서는 5년 이상 유기용제에 노출되면 그렇지 않은 경우에 비해 자기평가 청력손상(self-assessed hearing loss)의 위험이 유의하게 높고, 소음에 노출될 경우에는 유기용제보다 2배의 위험이 있으며, 유기용제에 의한 상가적인 영향은 없다고 하였다. 그러나 이 연구에서는 청력손상과 노출에 대해 모두 자기평가를 근거로 하였다는 제한점이 있다. Morata 등(1993)은 순음청력검사와 등골근 반사를 이용하여 대상자를 정상대조군, 소음에만 노출된 경우, 소음과 톨루엔에만 노출된 경우, 복합유기용제에 노출된 경우로 구분하여 분석한 결과에서 정상대조군에 비해 청력손상의 위험이 유의하게 높았으며, 소음에만 노출된 군에 비해서도 소음과 톨루엔에 동시에 노출된 군과 복합유기용제 노출군에서 위험추정치가 높은 것으로 보고하였다. 또한 Sassi-Kortsak 등(1995)은 소음에 노출된 근로자를 스타이렌에 직접노출, 간접노출, 비노출군으로 나누고 3kHz~8kHz의 주파수영역에서 노출정도에 따른 청력역치와의 관련성을 규명하고자하였으나 유의한 결과를 제시하지 못하였다. 이와 같이 유기용제의 청력독성에 대한 관심이 증가되고 있는 추세이며, 최근에 국내에서도 신혜련 등(1997)이 혼합유기용제 노출군과 대조군을 선정하여 골도와 기도 청력을 비교한 결과 노출군에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 평균청력역치가 높았으나 고음역 손실자율은 양군간에 차이가 없다고 보고하였다. 그러나 저농도 만성효

과에 대해서는 아직도 명확한 결론에 이르지 못하고 있으며, 대부분의 연구가 단면조사에 그치고 있어 결과의 해석에 제한점이 있어 왔다.

따라서 저자는 5년간의 추적조사를 통하여 다음과 같은 내용을 파악함으로써 근로자의 청력관리에 기초자료를 제공하고자 하였다. 첫째, 유기용제와 소음에 동시에 노출될 경우 소음에만 노출된 경우에 비해 청력이 저하되는가? 둘째, 소음과 연령에 대한 영향을 통제하더라도 직업적 유기용제 노출이 청력 역치변화에 영향을 미치는가? 셋째, 유기용제의 노출이 주로 어느 주파수에 영향을 미치며 그 정도는 어떠한가?

대상 및 방법

1. 연구대상 및 기간

울산지역 금속제품제조업체에서 근무하는 남자 근로자로서 1994년에 소음 특수건강진단 2차 정밀검사자 845명중 단순소음에 노출된 자 554명과 소음 및 유기용제에 노출된 자 291명을 연구대상으로 하였다. 이들에 대해 1998년까지 매년 추적검사를 실시하고 병력 및 인적사항에 대해서 개인면담을 실시하였다.

추적검사도중 부서이동, 퇴직, 병가 등으로 근무여건이 달라진 근로자와 진찰 소견 및 문진을 통해 과거병력상 두부외상, 열성질환, 또는 청기질환이 있었던 근로자, 이경검사상 이상이 있거나 회화영역에 청력저하가 있었던 근로자 및 청력역치에 영향을 미칠 수 있는 당뇨병, 빈혈, 고혈압, 간장질환, 신장질환, 고지혈증의 질환이 있었던 자는 연구 대상에서 제외하였다.

그 결과 소음 및 유기용제에 동시에 노출된 근로자들 중 43명이 연구기간 동안 추적이 가능하여 이들을 동시노출군(폭로군)으로 선정하였으며, 이들과 소음노출수준, 근무경력, 연령에 대해 1대 1로 짝지은 근로자 43명을 소음노출군(대조군)으로 선정하여 총86명을 최종분석대상으로 하였다.

2. 청력검사 및 작업환경측정

1) 청력검사

청력검사는 숙련된 검사자에 의해 소음수준 35dB(A) 이하의 표준 방음실에서 순음청력계(ORBITER 922, Denmark)를 이용하여 우측부터

시행하였다. 검사주파수는 250Hz, 500Hz, 1,000Hz, 2,000Hz, 4,000Hz, 8,000Hz였고, 수정상승법을 이용하였다. 청력역치는 피검자가 한 신호수준에서 검사음에 최소한 2번이상 반응을 보이는 가장 낮은 수준으로 정하였다.

2) 작업환경측정

① 소음 노출수준

소음측정은 작업환경측정 실시규정(노동부고시 제 93-12호)에 의하여 Audio DosiMeter(dB-307, met-rosonic, USA), Noise Logging Dosimeter(M-27, QUEST, USA), Noise Logging Dosimeter(M-28, QUEST, USA)를 이용하여 각 공정별 소음 측정을 하였으며, 근로자 개인의 노출량을 측정하기 위해 Audio Dosimeter, Noise Logging Dosimeter을 설치하여 작업자의 귀부근 30 cm 이내에 microphone을 설치하고 일중 노출량을 측정하였다.

② 유기용제 노출수준

유기용제의 측정은 Stand Air Sampler(S-50W, SIBATA, JAPAN), Stand Air Sampler(MP-602T, SIBATA, JAPAN) 등으로 기중농도를 측정하였으며, Personal Air Sampler(HFS-513A, GILIAN, USA) Personal Air Sampler(LFS-113, GILIAN, USA)를 사용하여 근로자 호흡기 위치에 charcoal tube를 장착하고 시료공기를 통과시킨 후 charcoal tube에 흡착된 유기용제를 Carbon Disulfide(CS₂) 1.0 ml로 용출하여 Gas Chromatograph로 분석하였으며, 탈착율을 보정하기 위한 방법으로 시료공기를 통과하지 않은 charcoal tube에 분석물질을 일정량 주입하여 24시간 후 유기용제 시료와 같은 조건으로 분석을 실시한 후 시료분석결과에 탈착율을 보정하여 오차를 최소화하였다.

측정된 유기용제의 종류는 Toluene, Xylene, Styrene, Trichloroethylene, MBK, MIBK, Isopropyl alcohol, Ethanol, Methanol, Trimethyl benzene, Acetone, Ethylbenzene, n-Butyl acetate, 1,1,1-trichloroethane, Butyl alcohol, Cumene, Butyl cellulose 등 17종이며, 유기용제 농도는 노출기준(TLV : Threshold Limit Value)에 따라 혼합물 농도를 산출하였다.

3. 자료분석방법

자료의 분석은 우측 귀의 청력역치를 이용하였다. 첫째, 반복측정분산분석법을 이용하여 주파수별 평균청력역치 변화에 대한 유기용제노출, 소음노출 수준, 연령의 영향을 파악하였다.

둘째, 소음노출군과 동시노출군에서 추적기간동안의 청력역치변화량을 각 주파수별로 계산하고 양군간의 각 주파수별 역치변화량의 차이를 paired t-test를 이용하여 검정하였다.

셋째, 청력역치변화에 어떠한 요인이 영향을 미치는가를 파악하기 위해 초기검사값과 최종검사값의 차이를 종속변수로 두고 유기용제노출, 소음노출수준, 연령군을 독립변수로 하여 일반선형모형을 이용하여 분석하였다.

결 과

1. 대상자들의 분포 및 일반적 특성

대상자들의 연구 취해를 기준으로 한 분포는 폭로군과 대조군에서, 소음수준 85dB 미만이 각각 21명이며, 이들의 연령분포는 40세 미만 7명, 40~45세 12명, 45세 이상이 2명이었고, 소음수준이 85dB 이

상인 군에서는 연령이 40세 미만이 3명, 40~45세 6명, 45세 이상이 13명으로 각각 22명이었다. 이들의 연령은 폭로군과 대조군에서 각각 42.5세, 42.5세였으며, 근무경력은 각각 13.7년, 14.1년이었고, 소음수준은 각각 84.5dB, 85.2dB로 양군간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 폭로군에서의 복합 유기용제의 노출평가수준은 0.837 ± 0.922 였다 (Table 1, 2).

2. 주파수별 청력역치 변화양상

조사대상자들의 청력 역치는 Table 2 및 Fig. 1에서와 같이 전형적인 소음성난청의 양상을 나타내고 있다. 주파수별로는 250Hz~2000Hz의 영역에서는 연구기간동안 청력역치의 차이를 보이지 않았으나, 4000Hz 이상에서는 년도별로 점차 증가하는 경향을 보이고 있었으며, 연구기간동안 4000Hz와 8000Hz에서 각각 4.6dB, 6.6dB의 역치이동이 있었다.

3. 유기용제 노출유무에 따른 청력변화양상

폭로군과 대조군에서 주파수별 평균청력역치의 변화를 살펴본 결과 Table 3 및 Fig. 2와 같이 250Hz에서 2000Hz까지는 양군간에 별다른 차이가 없었다. 그러나 4000Hz 이상에서는 폭로군에서 대

Table 1. Distributions of subjects at the beginning of study

Solvent exposure	Noise level (dB)	Age(years)			Total
		~39	40~44	45~	
Yes	<85	7	12	2	21
	≥85	3	6	13	22
No	<85	7	12	2	21
	≥85	3	6	13	22
Total		20	36	30	86

Table 2. General characteristics of subjects

Characteristics	Solvent exposed workers	Controls	Total
Age(years)	42.5±4.6	42.5±4.5	42.5±4.6
Carrier(years)	13.7±4.3	14.1±3.9	13.9±4.1
Noise level(dB)	84.5±3.5	85.2±3.2	84.9±3.4
Solvent exposure*	0.837±0.922		

*Exposure index of mixed organic solvent : total 17 species(Toluene, Xylene, Styrene, Trichloroethylene, MBK, MIBK, Isopropyl alcohol, Ethanol, Methanol, Trimethyl benzene, Acetone, Ethylbenzene, n-Butyl acetate, 1,1,1-trichloroethane, Butyl alcohol, Cumene, Butyl cellulose)

조군에 비해 역치가 높게 나타났고, 4000Hz에서는 평균 2.7dB의 차이로 그 차이가 일정하게 유지되는 양상이었으며, 8000Hz에서는 추적 4년째 7.3dB, 5년째 6.0dB의 역치차이가 있었다. 반복측정분산분석법으로 검정하여본 결과 검사년도별 변화양상은 통계학적으로 유의하였으며 1차 함수 형식을 나타내었다($p < 0.01$).

4. 청력역치변화에 대한 유기용제, 연령, 소음수준의 영향

관찰기간동안 유기용제, 연령 및 소음수준이 청력역치변화에 대해 각각 어떠한 영향을 미치는가를 살펴본 결과는 Table 4와 같다. 시간의 변화에 따라 청력역치는 500Hz, 4000Hz, 8000Hz에서 통계적으로 유의한 변화를 나타내었으며, 시간에 따른 청력역치의 변화는 500Hz에서는 소음수준, 2000Hz에서는 연령 및 소음수준에 따라 통계적으로 유의하게 달랐다. 그러나 시간에 따른 영향을 보정한 상태에서 유기용제노출은 검사주파수 전체에 유의한 영향을 미치

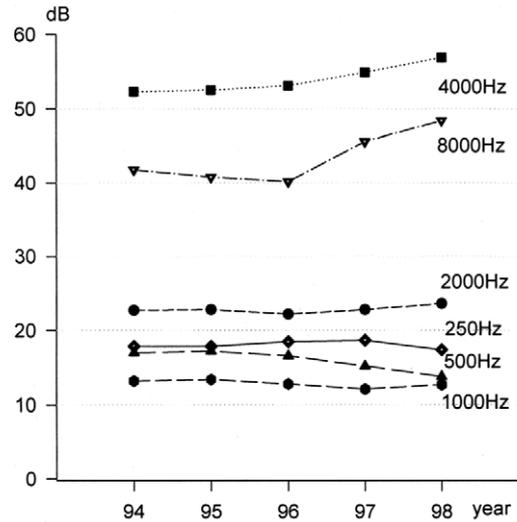


Fig. 1. Annual hearing threshold level at each frequency for all subjects

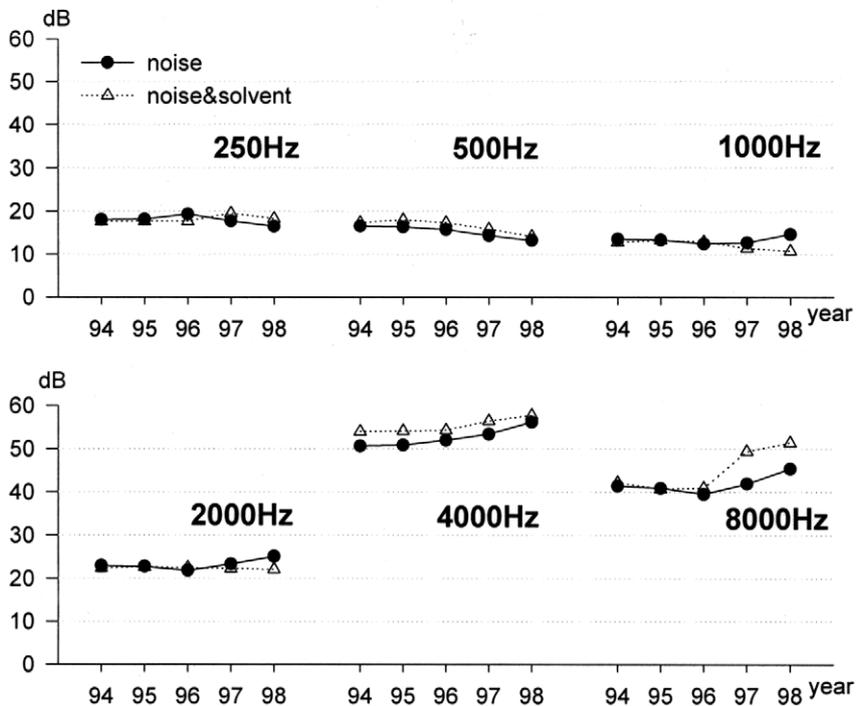


Fig. 2. Mean hearing threshold level exhibiting consecutive annual hearing tests of all subject by solvent exposure

Table 3. Hearing threshold level(dB) exhibiting consecutive annual hearing tests of all subjects

Test year	Solvent exposure	Frequency(Hz)					
		250	500	1000	2000	4000	8000
1994	No	18.1(6.9)	16.6(7.5)	13.6(8.7)	23.0(15.0)	50.7(16.5)	41.4(23.0)
	Yes	17.6(9.0)	17.4(8.3)	12.8(6.6)	22.4(16.5)	54.0(16.9)	42.2(26.3)
1995	No	18.2(7.3)	16.4(7.7)	13.4(8.7)	22.8(14.7)	50.9(16.6)	40.9(22.7)
	Yes	17.7(10.0)	18.0(9.5)	13.3(8.0)	22.7(16.0)	54.1(16.9)	40.7(24.8)
1996	No	19.4(8.3)	15.8(5.8)	12.5(6.0)	21.9(11.8)	52.0(16.8)	39.5(22.0)
	Yes	17.7(9.5)	17.4(8.4)	13.0(7.4)	22.5(16.2)	54.3(15.6)	40.9(23.7)
1997	No	17.8(6.8)	14.4(5.5)	12.8(5.3)	23.4(12.3)	53.4(15.7)	41.9(19.9)
	Yes	19.6(8.0)	15.0(7.2)	11.4(6.0)	22.3(16.2)	56.4(15.1)	49.4(24.0)
1998	No	16.5(7.3)	13.3(6.5)	14.7(7.4)	25.1(14.6)	56.2(16.4)	45.4(20.7)
	Yes	18.3(7.9)	14.3(7.0)	10.8(5.1)	22.1(15.6)	57.7(12.8)	51.4(22.3)

Table 4. Significance levels for hearing threshold levels using repeated measures ANOVA at each frequency as a function of solvent exposure, age group, and noise level, respectively.

Frequency(Hz)	Solvent exposure			Age group			Noise level		
	Time	Time * Solvent	Solvent	Time	Time * Age	Age	Time	Time * Noise	Noise
250	0.263	0.135	0.911	0.233	0.149	0.041	0.265	0.082	0.213
500	0.002	0.595	0.311	0.006	0.316	0.023	0.002	0.035	0.307
1000	0.133	0.078	0.373	0.080	0.666	0.748	0.136	0.922	0.601
2000	0.516	0.355	0.781	0.337	0.041	0.130	0.537	0.032	0.011
4000	0.007	0.797	0.412	0.006	0.581	0.370	0.008	0.422	0.041
8000	0.000	0.079	0.511	0.000	0.076	0.715	0.000	0.158	0.065

Table 5. Comparison of changes in mean hearing threshold(the last value-the first value) at each frequency according to solvent exposure.

Frequency (Hz)	Solvent exposed workers(n=43)	Controls (n=43)	p-value*
250	0.63(9.31)	-1.63(9.31)	0.213
500	-3.14(7.64)	-3.37(10.04)	0.910
1000	-1.98(7.00)	1.05(7.12)	0.835
2000	-0.28(8.37)	2.09(9.14)	0.915
4000	3.72(11.60)	5.47(11.74)	0.485
8000	9.23(14.12)	3.98(15.04)	0.088

*p-value calculated by paired t-test

지 못하였고, 연령은 대체적으로 저음역인 250Hz와 500Hz에서 통계학적으로 의미있는 영향이 있었으며, 소음수준은 중·고주파 영역인 2000Hz와 4000Hz에서 통계학적으로 유의한 영향을 미치고 있었다.

5. 유기용제 노출유무에 따른 청력역치변화량의 비교
연구기간동안의 청력역치변화량(최종청력역치-최초청력역치)을 각 주파수별로 계산하고 양군간에 짝지은 t-검정을 실시한 결과는 Table 5와 같다.

Table 6. Results of three way ANOVA of solvent exposure, age group, and noise level for difference of hearing threshold(the last value-the first value) at each frequency using general linear model.

Frequency(Hz)	Model	Solvent exposure	Age group	Noise level
250	0.104	0.243	0.709	0.072
500	0.683	0.905	0.477	0.779
1000	0.373	0.054	0.823	0.756
2000	0.097	0.204	0.046	0.296
4000	0.874	0.496	0.689	0.650
8000	0.019	0.087	0.116	0.031

250Hz~4000Hz에서는 양군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 8000Hz에서만 경계치의 유의성을 나타내었다(p=0.088).

6. 청력역치변화에 대한 유기용제, 연령, 소음수준의 영향

주파수별로 관찰기간동안의 청력역치변화량에 대한 각 요인의 영향을 상호보정한 상태로 관찰하기 위해 일반선형모형을 이용하여 분석한 결과 8000Hz의 경우만 모델이 통계적으로 유의하였다. 여기서 청력역치변화량에 대해 소음수준이 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있었으며(p<0.05), 유기용제 노출은 유의수준이 경계역이었다(p=0.087) (Table 6).

고 찰

산업장 근로자들의 청력손실은 주로 소음에 의해서 유발되지만 인종, 성, 연령, 개인의 감수성, 과거에 경험한 질환 및 사업장에서 노출되는 여러 가지 유해인자에 의해서도 영향을 받게 된다. 따라서 산업장 근로자의 청력손실을 엄격히 구분하자면 단순히 소음에 의한 소음성 난청과 작업환경에서 소음뿐만 아니라 청력에 영향을 미칠 수 있는 다른 인자에 동시에 노출된 직업성 난청으로 구분할 수 있을 것이다. 소음성난청은 소음에 오랜 동안 노출됨으로 인하여 주로 와우의 유모세포의 비가역적인 손상에 의해 초래되는 것으로, 초기 6~10년 사이에 점진적으로 진행되며 그 후에는 느리고 평행하게 되는 경향이 있다. 또한 청력저하경향도 일반적으로 4, 6, 8, 3, 2kHz 순서로 진행되어 특징적인 C5-dip현상을 나타낸다(Morata와 Lemasters, 1995).

연령증가에 의한 노인성 난청은 세포수준에서의

기능장애가 그 원인으로 소음성난청과 달리 외모세포와 내모세포에 국한되지 않고 1차 신경절, 청신경중추, 뇌 측두엽에 이르기까지 그 범위가 더 광범위하다. 주로 고음역에서 시작되고 연령증가에 따라 청력의 고주파수 제한(upper frequency limit)이 커지게 되어 오디오그램상 주파수 증가에 따라 역치가 점차 감소하는 경향을 나타낸다. 그러나 순수한 노인성난청은 어디까지나 이론적인 것이며 현대산업 사회에서는 그 타당성이 부족하다(Rosenhall과 Pederson, 1995).

산업장 화학물질이 청력에 미치는 영향에 대해 사람을 대상으로 연구한 것은 그 수가 적을 뿐만 아니라 아직도 그 과정이 만성적인지 급성적인지 불확실하다. 대체적으로 유기용제에 의한 영향은 직업적 노출후 2~3년후 나타날 수 있으며, 소음과 동시에 노출될 경우 더 빨라질 수도 있다(Morata, 1989). 그러나 연구자에 따라서는 유의한 영향을 관찰하기 위해서는 5년 이후에야 가능한 것으로 보고하고 있는데(Jacobsen 등, 1993), 이러한 잠복기는 물질의 독성정도와 노출특성에 따라 달라지며 이에 대한 추후 연구가 필요하다.

본 연구에서 대상자들에 대한 전반적인 변화양상은 소음성난청에서 특징적으로 나타나는 C5-dip의 양상이었는데 이는 대상자들의 청력변화에 소음 노출뿐만 아니라 관찰기간 동안의 연령증가, 유기용제 노출 등이 동시에 작용하였으나 소음이 신경감수성 난청의 가장 큰 비중을 차지하는 요인이기 때문이며, Barregard와 Axelsson(1984)의 연구에서도 소음과 유기용제에 동시에 노출되는 경우 청력역치는 보다 저하되지만 그 양상은 전형적인 소음성난청의 양상을 나타낸다고 보고와 일치하는 소견이다. 실제로 연구기간동안 연차적인 변화양상을 주파수별

로 살펴보면 250Hz에서 2000Hz까지는 일정한 경향을 보이지 않으나 4000Hz와 8000Hz에서는 평균청력역치가 점차 증가하는 양상을 보이며, 관찰기간동안 4000Hz에서는 4.6dB, 8000Hz에서는 6.6dB의 차이를 나타내었다.

유기용제의 신경독성은 이미 잘 알려져 있으며 노출 근로자에게 중추신경계 및 말초신경계장애를 일으키게 된다. 동물실험에서 툴루엔의 이독성 영향은 Pryor 등(1983)에 의해 최초로 보고된 이후 계속된 연구에 의하면 총 노출기간보다는 단일의 노출농도가 보다 중요하며, 그 대사산물보다는 툴루엔의 혈중농도가 원인인 것으로 보고되었다(Pryor 등, 1991). 또한 툴루엔은 외유모세포의 세 번째 층에 주로 손상을 초래하고, 노출된 지 5일 이후부터 시작되며, 노출종료 후에도 진행되는 것으로 알려져 있다(Johnson과 Canlon, 1994). 크실렌은 대체로 툴루엔보다 이독성이 강한 것으로 보고되고 있으나 상반된 견해도 있어 이는 이성체의 구성비율에 의한 영향이 있는 것으로 보고 있다(Pryor 등 1987). 스티렌과 트리클로로에틸렌은 툴루엔보다 낮은 주파수인 중주파수 영역을 침범하는 것으로 알려져 있으며 트리클로로에틸렌의 경우 적어도 2000ppm에 노출되어야 청력손실이 초래된다. 이황화탄소와 노말렉산도 청력저하를 초래하며 이는 후미로성 또는 신경독성 기원으로 추측되고 있다. 대부분의 연구에서 단일 유기용제에 노출되는 경우보다 두 가지 이상 동시에 노출되었을 때 청력저하의 정도에 미치는 영향이 커지며, 서로 상가적(additive) 또는 상승적(synergistic)으로 작용하는 것으로 보고되고 있다(Johnson과 Nysten, 1995).

Jacobson 등(1993)은 53~74세의 남자 근로자 3,284명을 대상으로 한 연구에서 복합유기용제에 5년 이상 노출된 근로자에서 청력장애에 대한 비교 위험도가 1.4(95% CI 1.1-1.9)로 유의하게 증가한다고 보고하였으며, Morata 등(1993)은 인쇄소 근로자를 대상으로한 연구에서 대조군에 비해 소음에 노출된 경우 4배, 복합유기용제에 노출된 경우는 5배, 유기용제와 소음에 동시에 노출된 경우에는 11배 정도로 청력저하가 일어날 위험이 큰 것으로 추정하였다.

신혜련 등(1997)은 108명을 대상으로 한 단면조사 연구에서 복합유기용제에 노출된 군에서 비노출군에 비해 기도청력검사상 오른쪽이 8000Hz를 제외한

250, 500, 1000, 2000, 4000Hz에서 통계적으로 유의한 차이가 있다고 하였는데, 본 연구에서 소음노출군과 동시노출군을 비교하여본 결과 500~2000Hz까지는 거의 차이가 없었다. 연구기간 동안 4000Hz에서의 두 군간의 청력역치 차이는 일정하게 유지되는 양상이었고, 4000Hz에서는 평균 2.6dB, 8000Hz에서는 평균 3.1dB 정도로 유기용제와 소음에 동시에 노출된 군에서 청력역치가 높게 나타났으며, 이는 유기용제에 의한 영향으로 추정되며 유기용제의 영향이 고음영역에서 먼저 시작한다는 보고(Morata와 Lemasters, 1995)와 일치하는 소견이었다.

소음노출과 연령은 어느 한가지만 작용하더라도 청력기관에 영향을 초래하기 충분하다. 소음작업환경에서 근로자들의 청력장애는 주로 노출 소음수준에 의하지만 연령에 의해서도 영향을 받게 되므로, 청력의 변화에 대한 연구를 시행할 때 반드시 고려하여야한다(이지호 등, 1999). 본 연구에서 소음수준별로 85dB 미만군과 85dB 이상 90dB 미만의 두 군에서 구분하여 청력역치를 비교하여본 결과 85dB 이상으로 노출된 군에서 전 주파수영역에서 평균역치수준이 높게 나타났으며, 2000Hz 이상에서는 약 7dB 정도의 차이를 나타내었다. 또한 연령군별로도 고연령군에서 다소 높게 나타났는데 40~44세 군과 45세 이상 군에서는 비슷한 양상이나 39세 이하 군에 비해 전반적으로 역치수준이 높게 나타났고 상대적으로 높은 연령군에서 주파수 영역이 넓게 역치저하의 소견이 있었다. 이와 같은 양상은 이지호 등(1999)의 연구에서 소음노출수준과 연령에 의한 영향을 연차적으로 관찰한 결과와 비슷한 양상이었다. 조사대상 사업장의 경우 1979년부터 소음노출 근로자에 대해 청력보호구를 지급하였으며, 1991년부터는 청력보존 프로그램을 실시하여 청력보호구를 제한없이 공급하고, 유해인자가 소음인 작업부서에서는 착용여부를 철저히 감시하였기에 청력보호구 착용여부에 대해서는 달리 조사하지 않았다. 그러나 청력보호구의 착용은 전적으로 작업자에 달려 있으며, 임현술 등(1992)과 최장선 등(1996)이 지적한 바와 같이 1990년대 초기에도 근로자들의 인식부족과 소음성난청 유소견자의 구체적인 관리지침이 없어 청력보존프로그램을 적용 받지 못한 실정이었으며, 본 연구대상자들의 평균근무경력이 13.9년인 것으로 미루어볼 때 소음에 의한 청력손실은 이미 많이 진행

된 것으로 생각할 수 있다.

유기용제의 노출이 실제로 청력에 영향을 미치는가를 파악하기 위해 관찰기간 동안의 청력역치변화량을 종속변수로 두고 소음노출수준과 연령을 상호보정하여 분석한 결과에서 유기용제는 8000Hz에서만 청력역치를 증가시키는 경향을 보이는 정도였는데($p=0.087$), 이는 복합유기용제의 노출평가지수가 0.837로 다소 노출되고는 있으나 상대적으로 소음노출수준이나 연령에 비해 그 영향이 미미하기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 유기용제에 의한 청력변화가 주로 8000Hz 이상의 영역에서 현저하게 나타난다는 보고(Johnson과 Nylen, 1995)를 반영해주는 소견으로 해석될 수 있을 것이다.

본 연구의 경우 관찰기간이 짧고, 유기용제에 노출이 시작된 시점과 관찰기간이 일치하지 않아 정확한 해석은 내리기 힘들다. 유기용제는 청력에 미치는 중요변수들을 고려한 상태에서도 청력에 영향을 미치는 것으로 생각되며, 향후 이에 대한 추가적인 연구와 이독성물질에 의한 영향을 조기에 발견하기 위해서 검사주파수 영역도 확대할 필요할 것으로 생각된다. 또한 근로자의 청력관리를 위해서는 소음뿐만 아니라 산업장에서 동시에 노출되는 다양한 이독성물질의 영향에도 더욱 관심을 기울여야 할 것이다.

요 약

목 적 : 산업장에서 노출되는 유기용제가 청력역치에 어떠한 영향을 미치는가를 5년 동안의 추적조사를 통하여 파악하고자 하였다.

방 법 : 유기용제와 소음에 동시에 노출된 근로자 43명과 소음노출수준, 연령, 근무경력을 짝짓기 한 소음노출군을 대상으로 문진과 이경검사, 소음노출수준, 유기용제노출수준을 조사하였다.

결 과 : 1. 전체 근로자의 각 주파수별 청력역치 변화양상에서 500Hz~2000Hz에서는 추적기간 동안 현저한 변화가 없었고, 4000Hz 및 8000Hz에서는 역치가 증가하는 경향을 나타내었다.

2. 유기용제와 소음에 동시에 노출된군에서 소음노출군에 비해 4000Hz 이상에서 청력역치가 높게 나타났으나, 통계적인 유의성은 없었다($p<0.05$).

3. 반복측정분산분석법으로 각 주파수별 평균청력역치의 연차적 변화에 미치는 영향을 분석한 결과

유기용제 노출은 통계적으로 유의한 영향이 없었으나($p>0.05$), 소음노출수준은 250Hz, 2000Hz 및 4000Hz에서, 연령은 250Hz와 500Hz에서 통계학적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p<0.05$).

4. 소음노출군과 동시노출군 각각에서의 청력역치 변화량을 paired t-test로 비교한 결과 250Hz~4000Hz에서는 통계학적 유의성이 없었으며($p<0.1$), 8000Hz에서만 경계치($p=0.0884$)의 유의성을 나타내었다.

5. 요인들의 영향을 보정한 상태에서 관찰하기 위해 관찰기간동안의 청력역치변화량을 종속변수로 두고 일반선형모형을 이용하여 주파수별로 관찰한 결과 8000Hz에서만 모델에 통계학적 유의성이 있었으며($p<0.05$), 여기서 소음노출수준이 통계학적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났고($p<0.05$), 유기용제노출은 경계수준이었다($p=0.087$).

결 론 : 청력에 대한 유기용제의 영향이 소음과 연령에 비해 상대적으로 미미하여 명확한 결론에 이르지 못하였으나, 다소 영향이 있는 것으로 생각되어 유기용제의 영향에 대한 추가연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 보다 효과적인 근로자들의 청력관리를 위해서는 소음 외 산업장에서 동시에 노출되는 여러 유해물질들을 고려하여야 할 것이다.

참고문헌

- '95 근로자 건강진단 실시결과. 노동부, 1996.
- 이지호, 이충렬, 유철인, 양승림, 김옥현, 조병만 등. 소음노출수준과 연령이 연차적 청력변동에 미치는 영향. 대한산업의학회지 1999;11(2):137-152.
- 신혜련, 이종영, 우극현, 김진석. 비디오테이프 제조업체 근로자에서의 유기용제 폭로가 청력에 미치는 영향. 예방의학회지 1997;30(1):61-67.
- 임현술, 김현, 정해관. 철강공장 근로자중 난청 유소견자의 관리실태에 관한 조사. 대한산업의학회지 1992;4(2):190-198.
- 최장선, 송재석, 원종욱, 강종두, 차봉석 등. 소음성난청 유소견자들의 관리실태. 대한산업의학회지 1996;8(2):272-281.
- Barregard L, Axelsson A. Is there an ototraumatic interaction between noise and solvents? Scand Audiol 1984;13:151-155.
- Hyai A, Freeman FR. Progressive optic neuropathy and sensorineural hearing loss due to chron-

- ic glue sniffing. *J Neurol Neurosurg Psychol* 1983;46:349-351.
- Franks JR, David RR, Krieg EF. Analysis of hearing conservation program data base : Factors other than workplace noise. *Ear Hear* 1989;10:273-280.
- Jacobsen, P, Hein HO, Suadicani P, Parving A, Gyntelberg F. Mixed solvent exposure and hearing impairment : An Epidemiological study of 3284 men. The Copenhagen male study. *Occup Med* 1993;43:180-184.
- Johnson AC, Canlon B. Toluene exposure affects the functional activity of the outer hair cell. *Hear Res* 1994;72:189-196.
- Johnson AC, Nylen PR. Effects of industrial solvents on hearing. *Occup Med : State of Art Review* 1995;10(3):623-640.
- Johnson AC. The ototoxic effect of toluene and the influence of noise, acetyl salicylic acid, or genotype. *Scand Audiol* 1993: supplement 39
- Lazar RB, Ho SU, Melen O, Daghestani AN. Multifocal central nervous system damage caused by toluene abuse. *Neurology* 1983;33:1337-1340.
- Malm G, Lying-Tunell U. Cerebellar dysfunction related to toluene sniffing. *Acta Neurol Scand* 1980;62:188-190.
- Metrick SA, Brenner RP. Abnormal brainstem auditory evoked potentials in chronic paint sniffers. *Ann Neurol* 1982;12:553-556.
- Morata TC, Dunn DE, Kretschmer LW, Lemasters GK, Keith RW. Effects of occupational exposure to organic solvents and noise on hearing. *Scand J Work Environ Health* 1993;19:245-254.
- Morata TC, Dunn DE. Occupational exposure to noise and Ototoxic organic solvents *Arch Environ Health* 1994;49(5):359-365.
- Morata TC, Lemasters GK. Epidemiologic considerations in the evaluation of occupational hearing loss. *Occup Med : State of Art Review* 1995;10(3):641-656.
- Morata TC. Study of the effects of simultaneous exposure to noise and carbon disulfide on worker's hearing. *Scand Audiol* 1989;18:53-58.
- Phaneuf R, Hetu R. An epidemiological perspective of causes of hearing loss among industrial workers. *J Otolaryngol* 1990;19:31-40.
- Pryor G, Rebert C, Kassay K, et al. The hearing loss associated with exposure to toluene is not caused by a metabolite. *Brain Res Bull* 1991;27:109-113.
- Pryor GT, Dickinson J, Feeney E, Rebert CS. Transient cognitive deficits and high-frequency hearing loss in weanling rats exposed to toluene. *Neurobehav Toxicol Teratol* 1983;5(1):53-57.
- Pryor GT, Dickinson J, Howd RA, Rebert CS. Neurobehavioral effects of subchronic exposure of weanling rats to toluene or hexane. *Neurobehav Toxicol Teratol* 1983;5:47-52.
- Pryor GT, Rebert CS, Howd RA. Hearing loss in rats caused by inhalation of mixed xylenes and styrene. *J Appl Toxicol* 1987;7:55-61.
- Rebert CS, Sorenson SS, Howd RA, Pryor GT. Toluene induced hearing loss in rats evidenced by the brainstem auditory evoked response. *Neurobehav Toxicol Teratol* 1983;5(1):59-62.
- Rosenhall U, Pedersen KE. Presbycusis and occupational hearing loss. *Occup Med: State of Art Review* 1995;10(3):593-607.
- Sass-Kortsak AM, Corey PN, Robertson JM. An investigation of the association between exposure to styrene and hearing loss. *Ann Epidemiol* 1995;5:15-24.