

소음노출수준과 연령이 연차적 청력변동에 미치는 영향

울산대학교병원 산업의학과¹, 대한항공 산업안전보건센터², 부산대학교 의과대학 예방의학 및 산업의학교실³

이지호¹ · 이충렬¹ · 유철인¹ · 양승림² · 김옥현² · 조병만³ · 이수일³ · 김돈균³

— Abstract —

The Effect of Noise Exposure and Age on the Changes of Group Mean Hearing Threshold Level - Annual Follow-up Studies for Seven Years -

Ji Ho Lee¹, Choong Ryeol Lee¹, Cheol In Yoo¹, Seung Rim Yaang²,
Ok Hyun Kim², Byung Mann Cho³, Su Ill Lee³, Don Kyoung Kim³

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Ulsan University Hospital¹
Korean Air Occupational Safety and Health Center²*

Department of Preventive Medicine and Occupational Medicine, Pusan National University³

This study was carried out to evaluate the effect of noise exposure and age on the changes of group mean hearing threshold level(HTL) over 7-year period. For this purpose, consecutive annual audiometric tests were performed from 1991 to 1997, among 718 male employees of a metal product manufacturing factory. The subjects were divided four groups as follows according to noise level category(NLC). NLC-I : officer, exposed noise level was under 60 dB(A) of time weighted average(TWA) ; NLC-II : technical assistant or engineer, they exposed to workplace noise occasionally ; NLC-III : worker, exposed noise level was below 85 dB(A) of TWA, wore hearing protection device(earmuff or earplug) ; NLC-IV : worker, exposed noise level was over 85 dB(A) of TWA, wore hearing protection device(earmuff and earplug).

The results were as follows :

1. The improvement of group mean HTL was continued until the fifth year, showing the peak at the third year. The magnitudes of this learning effect were 1.5~4.6 dB.
2. The mean HTL of each age group tended to increase after the third year and the tendency was more prominent at 4000 Hz.
3. In noise exposed group(NLC-II, III, and IV), mean HTL increased from the third year after decreasing, meanwhile, in noise free group(NLC-I), it was few changed for the entire period. Among the noise exposure group, the mean HTL of NLC-IV was lower than that of NLC-III and NLC-IV.
4. After learning effect, the mean increase of HTL in noise free group(NLC-I) was 0.4

~1.7 dB that suggests aging effect, and that in noise exposure group(NLC-II, III, and IV) was 0.9 ~4.1 dB that suggests noise effect.

5. Statistical analysis of the general linear model implicated that the effect of age was statistically significant at 500, 3000, 4000 and 6000Hz, and the effect of noise exposure was statistically significant at all frequencies except 6000Hz. However, the age*noise interaction was not significant at all frequencies.

From these results, it was concluded that the effect of age and noise exposure seems to affect the mean HTL independently and these two factors contribute to an additive effect for the mean HTL change. Furthermore, more concerns should be needed for hearing conservation of low level exposures without any specific protection.

Key words : Noise exposure, age effect, annual follow-up for seven years

서 론

산업장내 소음은 산업혁명 이후 직업성 청력장애의 가장 중요한 물리적 유해인자로 인식되어 왔으나 그 관리상의 어려운 문제점과 경제적인 부담 등으로 인해 아직도 수많은 근로자들이 소음으로 인한 건강장애로부터 완전한 보호를 받지 못하고 있는 것이 현실이다.

우리나라는 근로자 건강진단 실시 규정이 노동부 고시로 제정되어 여러 차례의 개정을 거듭하면서 직업성 질환의 발견과 예방에 기여하여 왔지만 아직도 직업성 질환의 유소견자 중 소음성 난청자는 1991년 이후 계속 50 % 이상을 점유하고 있는 실정에 있다(노동부, 1995). 이는 소음성난청 유소견자 스스로의 인식부족과 구체적인 사후 관리지침이 제도화되어 있지 않아 사후 관리조치가 미흡하기 때문이라는 이유도 있어 왔지만(임현술 등, 1992; 최장선 등, 1996), 근본적으로는 전체 제조업의 약 46.4 %가 소음부서이고 제조업 종사자들의 10.2 %가 작업장 환경소음에 노출되고 있으므로(한국산업안전공단, 1994) 이들 중에서 소음성난청 환자가 지속적으로 발생할 소지가 있다.

소음작업장 근로자들의 청력은 작업환경 소음 이외에도 노인성 난청, 이독성 약물, 질병, 비직업적 소음노출 등 여러 가지 요인들의 영향을 받게 되므로(Ward, 1980) 이 근로자들의 청력이 저하되었을 때 직업 기인성만을 구분한다는 것이 쉬운 일이 아니며, 소음 노출로 인한 청력저하 정도에도 개인의

감수성에 따라 차이가 있다. 또한 연차적으로 매년 청력검사를 실시하였을 경우 5~10 dB의 청력역치 변화가 있을 때 이것이 소음 노출로 인한 청력감소의 초기 변화인지, 청력검사상의 오차로 인한 것인지 구분한다는 것도 매우 어려운 일이다. 따라서 근로자 개개인의 소음성 난청의 징후를 조기에 발견하는 데는 한계가 있으므로 이들의 청력역치 변동을 올바르게 평가하기 위해서는 집단 평균청력 변화를 평가하여 참고로 할 필요가 있다(Royster와 Royster, 1984). 또한 이러한 평가를 통하여 소음에 노출된 근로자 집단에서 소음성 난청의 징후를 조기에 찾아낼 수 있고, 그 집단에서 실시한 청력관리 서비스의 효과를 확인할 수도 있는 장점이 있다(Royster와 Royster, 1986).

소음에 노출된 근로자 집단을 대상으로 일정기간 동안의 청력 변동의 경향을 파악하고자 할 때는 연령증가로 인한 청력저하를 반드시 고려해야 하며(조병만과 박종욱, 1994), 이러한 연령 증가에 따른 청력 감퇴는 생리적인 요인(presbycusis)과 환경적 요인(sociocusis)에 기인하는 것으로 알려져 있으나(Cohen 등, 1970), 산업장 근로자들에서 이러한 요인을 구분하기 어려우므로 일반적으로 이 두 가지 요인을 포괄한 연령효과(age effect)란 용어로 표현하고 있다(Berger 등, 1977).

소음 작업환경에서 근로자들의 청력장애는 주로 노출 소음수준에 의하지만 연령에 의해서도 영향을 받게되므로 소음성 난청의 문제를 다루고자할 때 연령은 하나의 혼란인자로 작용하게 된다. 즉 한 근로자가 영구적으로 순음 역치이동이 일어날 만큼 충분한

한 기간동안에 산업장 소음에 노출되었다면, 이는 또한 그 기간동안에 연령증가에 의한 생리적인 청력 손실도 반영되었음을 의미하는 것이다(Corso, 1980). 청력손실에 대해 영향을 미치는 이 두 가지 요인의 관계에 대해서는 학자들간에 의견의 일치를 보지 못하고 있다(Ballenger, 1991). Mollica (1969)와 Macrae(1971), Mills(1992) 등은 상가적인 관계(additive)라고 하였지만, Goldner (1953)와 Schmidt(1967)는 상호간에 상승적인 관계(interaction)가 있다고 하였다.

그러나 소음으로 인한 청력손실은 연령의 영향을 받고 있을 뿐만 아니라 인종, 성별에 따라 다르므로 여러 연구자에 의해 소음성난청 역치의 연령보정을 위한 연구가 있어 왔다. 조기 손실 지수(early loss index)를 이용하여 연령보정을 시도하였을 뿐만 아니라(박경희와 맹광호, 1971; 이용환, 1989; 김지용 등, 1993) 우리나라 정상인의 전 연령층에 대한 정상치를 제시하기도 하였다(원종욱 등, 1995; 이원철 등, 1996). 또한 소음 폭로수준별로 청력의 변화를 연차적으로 조사하고 청력관리 프로그램의 유효성을 평가하거나(김옥현 등, 1994) 청력관리실패를 파악하기 위한 전향적인 연구(조병만과 박종욱, 1994)도 있어 왔지만 그 조사기간이 충분하지 못하였다는 제한점 때문에 청력의 변화에 대한 소음노출 수준 및 연령의 영향을 파악하고자 할 때 학습효과(learning effect)로 인한 청력역치 하강으로 인하여 이 두 가지의 효과가 상쇄되어 정확한 영향을 파악하는데 문제점이 있어 왔다.

저자는 7년 동안에 걸친 추적조사에서 얻은 자료를 이용하여 소음노출 수준별, 연령군별 청력변화의 연차적인 경향을 파악하고 학습효과 이후의 청력변화에 대해 소음노출수준과 연령이 어떠한 영향을 미

치는가를 분석 연구하여 향후 소음노출 근로자들의 청력관리를 위한 기초자료를 제공할 목적으로 본 연구를 시도하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

부산지역의 모 금속제품 제조업에서 근무하고 있는 사무실근로자 507명과 소음부서에서 근무하고 있는 현장 남성근로자 1055명을 연구대상으로 하여 그들의 청력변동 사항을 7년간 매년 계속 추적조사 하였다. 추적관찰 중 병가나 개인적인 사유 등으로 인한 휴직 및 퇴직한 근로자 552명과 청력검사시 문진상 청각기 질환, 사격 또는 어학공부나 취미활동 등으로 이어폰이나 헤드폰을 사용한 과거력이 있는 292명을 제외한 718명을 최종분석대상으로 하였다.

연구조사 대상자들을 근무여건과 노출되는 소음수준(noise level category, 이하 NLC로 약함)에 따라 다음과 같이 4개 군으로 분류하여 관찰하였다.

NLC-I : 일반건강진단을 받았던 사무실 근로자들로 구성하였으며, 작업과 관련하여 노출되는 소음수준이 60 dB(A) 미만인 집단.

NLC-II : 소음에 비정기적으로 노출되는 현장 기술지원자 및 검사원 등으로 구성하였으며, 작업과 관련하여 소음발생지역에 수시로 드나들기는 하나 청력보호구를 착용하지 않은 집단.

NLC-III : 현장 근무자들 중 노출 소음수준이 시간가중 평균치(time weighted average : TWA) 85 dB(A) 이하로 노출되는 근로자이며 귀마개 또는 귀덮개를 착용하는 집단.

NLC-IV : 현장 근무자들 중 노출소음 수준이 시간가중 평균치 85 dB(A)를 초과하여 노출되는 근

Table 1. Age distribution by noise level category(NLC) at the beginning of study

Noise level category	Number of subject	Mean age (Range)	Age groups					
			~19	20~24	25~29	30~34	35~39	40~
I	251	29.0(17~47)	20	59	74	29	44	25
II	97	30.2(17~47)	17	10	15	25	16	14
III	191	27.6(17~45)	45	27	43	33	32	11
IV	179	24.6(17~46)	68	36	36	17	14	8
Total	718	27.9(17~47)	150	132	168	104	106	58

로자로서 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용하는 집단.

조사대상자들의 연구 첫해를 기준으로 한 연령범위는 17~47세였으며 전체 평균연령은 27.9세였다. 소음노출 수준별로는 NLC-I군이 251명, NLC-II군이 97명, NLC-III군이 191명, NLC-IV군이 179명이었으며, 연령별로는 19세 이하 군이 150명, 20~24세 군이 132명, 25~29세 군이 168명, 30~34세 군이 104명, 35~39세 군이 106명, 그리고 40세 이상 군이 58명의 분포를 보였다(Table 1).

2. 연구방법

가. 소음 측정

소음 측정은 NIOSH sampling manual(Hinchcliff, 1971)에 따라 Audio Dosimeter(MK-3, Dupont)를 이용하여 근로자의 어깨위 귀 옆쪽에 마이크로폰을 설치하여 하루 6시간 이상 측정하였고, 정기적인 측정과 수시 측정을 병행하였다. Audio dosimeter의 보정은 장비의 사용전후에 음향보정계(acoustical calibrator)를 이용하여 보정하였다.

나. 청력 검사

청력검사는 숙련된 간호사가 측정방법을 충분히 숙지한 뒤 ANSI-standard S3.6-1969의 기준에 적합한 순음청력계(Tracor RA400 Microprocessor Audiometer)를 이용하여 입사시 신체검사 때부터 정기신체검사에서 매년 실시하였다. 청력계는 방음부스안에 설치되었으며, 검사실의 배경소음도 ANSI 53.1-1960(R-191)에 적합하였고 보정은 연 1회씩 정기적인 보정과 직원 중 1인을 대상으로 규칙적인 생물학적 보정을 하였다. 검사주파수는 500, 1000, 2000, 3000, 4000과 6000 Hz였고, 각 주파수에서 0 dB부터 5 dB씩 음압을 증가하면서 계속해서 2회 반응이 있는 음압을 역치로 결정하였다. 순음청력검사는 일시적인 역치이동에 의한 영향을 최소화하기 위해 14시간 이상 소음에 노출되지 않도록 하여 출근과 동시에 검사를 실시하였다.

3. 자료 분석

자료의 분석은 집단 전체의 평균 청력역치의 연차적 변화를 각 측정 주파수별로 파악한 후 각 주파수별로 소음노출수준과 연령증가에 따른 청력역치의 연차적 변화양상을 관찰하였다. 각 집단에서

청력검사의 반복적인 시행으로 인하여 청력역치가 하강하게 되는 학습효과는 실제적인 소음노출 수준 및 연령의 효과를 상쇄시키게 되므로 본 연구에서는 학습효과 이후의 연차적인 변화양상을 관찰하고자 하였으며, 이를 위해서 반복측정 자료의 분산분석법(repeated measures ANOVA)을 이용하였다. 연구기간 동안에 소음노출 수준 및 연령군에 따른 청력역치 변화량을 파악하기 위해 각 주파수별로 학습효과가 나타났던 초기 3~4년 동안의 오디오그램 청력역치 수준 중 최저값과 마지막 오디오그램에서 얻은 청력역치 수준의 차이(최대역치변화량)를 구하였으며, NLC-I군(대조군)에서의 청력역치 변동량과 다른 NLC군과의 차이를 비교하고자 일반선형모델을 이용하여 평균변화량의 차이를 비교하였다. 또한 연령에 의한 영향을 배제하기 위해 연령군별로 층화한 후 소음노출 수준에 따른 차이를 분석하였다. 각 주파수에서 청력역치 변화량에 대한 소음노출수준과 연령의 실제적인 영향은 최대역치변화량을 종속변수로 두고 초기 측정시의 연령과 소음노출 수준을 독립변수로 하여 중회귀분석을 실시하였다. 자료의 정리 및 통계학적 분석은 Foxpro version 3.0과 SAS package release 6.11을 이용하였다.

연구결과

1. 주파수별 청력역치 변화 경향

각 주파수별로 연차적인 평균청력역치의 변화는 Table 2와 Fig. 1에서와 같이 전 주파수에서 일정기간 동안 청력역치가 하강하였다가 최저점에 도달한 이후에 다시 상승하는 경향을 보이고 있다. 즉 주파수별로 평균 청력역치의 감소가 최고로 나타나는 시기는 대부분이 2차 년도와 3차 년도 사이의 변화이며, 청력역치의 최저점에 도달하는 시기는 2000 Hz와 4000 Hz에서는 측정 3년째이고, 1000 Hz에서는 4년째, 500, 3000, 6000 Hz에서는 5년째였다.

2. 각 주파수에서의 연령군별 연차적 청력역치 변화

연차적인 변화양상은 Table 3 및 Fig. 2에서와 같이 전반적으로 2차 년도와 3차 년도에 현저한 역치감소가 있는 후 3~5차 년도에 최저점에 도달하였

Table 2. Mean hearing threshold levels(dB) exhibiting seven consecutive annual test of all subjects(718 persons) at each frequency Mean(SD)

Frequency (Hz)	Annual audiometric test (year)						
	first	second	third	fourth	fifth	sixth	seventh
500	14.2(6.4)	13.1(6.2)	10.3(6.3)	9.6(6.3)	9.6(6.2)	10.1(6.2)	12.0(7.0)
1000	8.0(6.1)	7.8(5.9)	6.5(6.1)	6.2(5.8)	6.7(6.1)	7.5(5.9)	8.3(6.3)
2000	6.8(6.3)	6.9(6.6)	4.8(6.3)	5.5(6.4)	6.2(6.3)	6.9(6.9)	7.4(7.0)
3000	7.1(7.9)	6.3(8.1)	5.1(8.0)	5.0(7.8)	4.9(7.8)	5.4(8.5)	6.0(8.6)
4000	8.1(11.6)	7.2(12.1)	6.6(11.5)	8.4(11.9)	9.1(12.2)	10.0(12.5)	10.7(12.8)
6000	16.0(15.0)	14.3(15.3)	14.3(15.2)	13.8(15.3)	12.8(14.5)	13.8(14.9)	14.8(15.1)

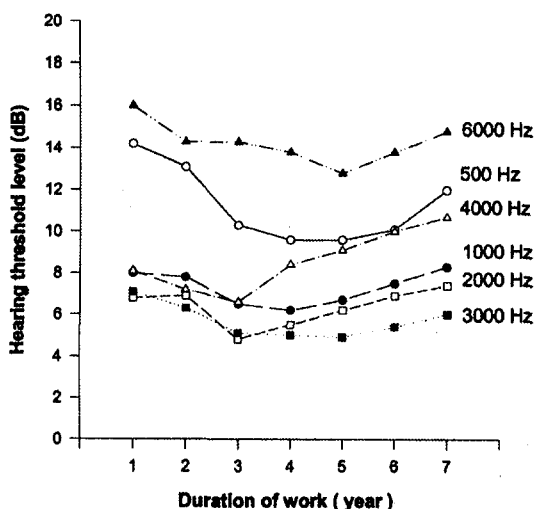


Fig. 1. Mean hearing threshold levels exhibiting seven consecutive annual tests of all subjects(718 persons) at each frequency.

다가 6차 년도 또는 7차 년도에서 다른 연도에 비해 현저하게 증가하는 양상을 보이며, 이러한 변화양상은 통계학적으로 유의하였다($p < 0.05$).

500~2000 Hz 사이의 연령군별 평균청력역치는 19세 미만 군, 20~24세 군, 25~29세 군에서는 각 연령군간에 초기의 역치차이가 관찰기간동안 거의 일정하게 유지되면서 변화하고 있었으나 30~34세 군, 35~39세 군, 40세 이상 군에서는 초기 3~4년 동안에 역치의 감소 및 증가정도가 서로 달라 연차적인 역치수준이 서로 교차되는 양상을 나타내었다.

3000~6000 Hz 사이의 평균청력역치는 연령군별로 초기의 역치차이가 관찰기간동안 지속적으로 유지되었다. 이 주파수 영역에서의 변화양상은 먼저

3000 Hz에서는 초기역치에서 서서히 감소하였다가 증가하는 비교적 완만한 변화양상이었고, 4000 Hz에서는 연령군별로 초기역치차이가 다른 주파수에 비해 현저하고, 3차 년도 이후에 보다 큰 기울기로 역치가 증가하는 양상이었다. 그러나 6000 Hz에서는 전 연령층에서 5차 년도까지 평균역치의 감소와 증가를 반복하는 파형 곡선을 그리다가 6차 년도 이후에 증가하는 양상이었다.

3. 각 주파수에서의 소음노출 수준별 연차적 청력역치 변화

소음노출수준별 연차적 변화양상은 각 주파수간에 약간의 차이는 있으나 전반적으로는 초기 3~4년 동안 평균역치수준이 감소했다가 다시 증가하는 양상이었으며 통계학적으로도 유의하였다($p < 0.05$).

정상대조군인 NLC-I의 경우 500 Hz와 6000 Hz에서 초기의 평균역치가 각각 3년, 5년 동안에 4.0 dB 감소했던 반면, 그 외의 주파수에서는 연차적인 역치변화가 1.0 dB 미만으로 거의 변화가 없었다. 소음에 노출되었던 NLC-II, III 및 IV군은 500~2000 Hz에서 관찰기간동안 각 군간에 역치수준의 감소 및 증가의 정도가 달라 서로 교차되는 양상을 나타내었지만, 3000 Hz 이상에서는 주파수가 높아질수록 각 군간의 평균역치 차이가 커지는 양상이었으며, 초기검사에서 나타났던 역치 차이가 관찰기간 동안 거의 일정하게 유지되었다. 이러한 경향은 4000 Hz에서 가장 현저하였는데, NLC-I은 거의 변화 없이 일정한 반면 NLC-II, III 및 IV군은 각 군별로 일정한 간격을 유지하면서 3차 년도까지 역치수준이 감소하였다가 지속적으로 증가하였다.

Table 3. Mean hearing threshold levels(dB) exhibiting seven consecutive annual test at each frequency according to age group Mean(SD)

Hz	Age group	No	Annual audiometric test (year)						
			first	second	third	fourth	fifth	sixth	seventh
500	~19	150	11.9(5.7)	11.2(5.9)	7.7(5.1)	7.7(6.2)	8.0(5.1)	8.8(5.2)	10.1(6.0)
	20~24	132	13.9(6.1)	12.7(5.5)	9.4(5.5)	8.7(5.4)	9.1(5.9)	8.8(6.1)	10.9(7.2)
	25~29	168	13.3(6.1)	12.9(6.4)	11.3(6.6)	10.1(6.2)	9.5(5.8)	10.6(6.4)	11.3(6.7)
	30~34	104	15.2(6.2)	14.5(6.0)	11.0(5.8)	10.8(6.7)	10.3(6.7)	10.4(5.9)	13.1(7.0)
	35~39	106	16.4(7.3)	14.4(6.5)	11.8(7.1)	10.2(6.9)	10.5(7.6)	11.3(6.8)	14.0(7.0)
	40~	58	17.0(6.3)	13.5(6.3)	11.8(6.8)	11.5(6.2)	12.5(5.9)	12.8(6.1)	15.3(8.2)
1000	~19	150	6.0(4.9)	5.7(5.1)	3.9(4.6)	4.0(4.6)	4.3(4.6)	5.7(4.8)	6.7(5.2)
	20~24	132	6.4(6.6)	6.5(5.4)	5.2(5.2)	5.3(5.8)	5.8(5.6)	5.7(5.1)	6.6(6.1)
	25~29	168	8.0(5.3)	7.6(6.2)	7.0(6.8)	6.1(5.6)	7.0(5.2)	7.7(5.4)	8.2(6.3)
	30~34	104	9.1(6.4)	9.4(6.2)	7.5(6.5)	7.9(6.7)	7.8(6.8)	8.7(6.4)	10.3(7.1)
	35~39	106	10.3(6.9)	10.0(6.0)	8.6(6.3)	7.8(6.0)	8.8(8.3)	9.2(7.1)	9.6(6.4)
	40~	58	10.1(5.7)	8.0(5.2)	7.9(5.6)	7.5(4.7)	8.4(5.2)	9.9(6.0)	10.1(6.0)
2000	~19	150	4.6(5.2)	5.2(5.9)	3.0(5.4)	3.2(5.0)	3.8(5.0)	4.9(6.0)	4.9(6.0)
	20~24	132	5.2(5.9)	5.7(5.5)	3.2(5.3)	4.2(5.8)	4.7(5.5)	5.2(5.8)	5.5(6.1)
	25~29	168	6.9(6.5)	6.7(7.4)	5.2(6.9)	5.7(6.9)	6.3(6.1)	7.7(7.4)	7.4(7.2)
	30~34	104	7.9(6.3)	8.3(5.9)	5.3(6.2)	6.2(5.9)	7.6(6.8)	7.6(6.4)	8.9(6.7)
	35~39	106	9.3(6.5)	8.3(7.5)	7.1(6.6)	7.4(7.3)	8.3(7.3)	9.3(7.7)	10.1(7.6)
	40~	58	8.8(6.2)	7.5(5.4)	6.4(5.7)	7.8(6.0)	8.5(5.8)	9.7(6.9)	10.5(7.0)
3000	~19	150	3.8(5.4)	2.2(5.5)	1.1(4.4)	1.3(4.6)	0.9(5.3)	1.8(6.2)	1.9(5.9)
	20~24	132	4.6(5.8)	4.4(5.9)	2.6(5.6)	2.5(5.6)	3.1(6.4)	2.7(6.3)	3.3(6.7)
	25~29	168	6.1(7.1)	5.6(7.5)	4.6(7.1)	4.1(7.1)	4.4(6.1)	4.9(7.4)	5.3(6.8)
	30~34	104	9.5(8.0)	8.6(8.2)	7.2(9.0)	7.3(7.9)	7.1(8.5)	7.7(8.8)	8.4(8.6)
	35~39	106	10.9(9.6)	9.3(9.9)	8.4(9.7)	8.0(9.9)	8.0(9.7)	8.6(10.6)	10.0(10.9)
	40~	58	13.0(9.2)	11.0(8.6)	11.1(9.3)	10.9(8.7)	10.9(8.3)	12.4(9.2)	13.0(9.7)
4000	~19	150	2.3(5.8)	0.7(6.2)	0.9(5.5)	2.4(6.3)	3.2(6.6)	3.3(7.4)	4.6(7.8)
	20~24	132	4.2(6.6)	3.6(7.3)	2.3(6.9)	3.7(7.5)	4.0(7.9)	5.7(8.9)	5.7(8.8)
	25~29	168	7.6(11.7)	7.3(12.0)	6.0(11.1)	7.8(11.4)	9.0(11.2)	9.5(11.6)	10.5(12.1)
	30~34	104	11.7(12.8)	10.4(13.4)	9.2(12.3)	11.9(12.7)	12.8(13.8)	14.5(13.1)	14.4(13.6)
	35~39	106	13.8(15.1)	12.0(15.9)	12.4(14.8)	13.8(15.5)	15.1(15.9)	15.6(16.0)	16.9(16.2)
	40~	58	16.4(9.9)	12.8(9.6)	15.6(11.6)	17.0(10.9)	17.8(10.1)	19.9(10.5)	19.8(11.6)
6000	~19	150	9.0(8.8)	6.2(8.6)	6.4(8.0)	6.1(7.9)	6.9(9.6)	6.7(9.2)	8.1(10.6)
	20~24	132	10.9(10.5)	8.3(10.9)	9.2(9.2)	9.2(10.6)	8.5(10.7)	8.1(10.2)	9.6(10.9)
	25~29	168	16.5(16.1)	15.1(16.3)	14.3(16.3)	14.3(16.2)	12.9(14.7)	14.2(15.5)	15.7(15.6)
	30~34	104	19.1(16.0)	16.2(15.2)	17.1(16.5)	15.7(16.9)	14.2(15.1)	17.0(15.1)	16.8(15.2)
	35~39	106	24.3(17.4)	22.4(17.1)	22.7(17.3)	21.4(17.9)	20.0(18.0)	22.1(17.2)	22.8(18.0)
	40~	58	24.0(13.2)	21.8(14.4)	23.1(14.2)	21.7(14.1)	21.0(13.7)	23.2(14.6)	23.5(13.5)

Repeated measures AVOVA : models for mean hearing threshold of annual audiometric tests(p<0.05)

특이할만한 것은 3000~6000 Hz의 주파수영역에 다음으로 낮았으며, 간헐적으로 소음에 노출되었던
 서 소음노출군중 소음노출수준이 가장 높았던 NLC-II의 평균역치 수준이 가장 높게 나타났다
 NLC-IV의 평균역치가 가장 낮고, NLC-III가 그 (Table 4, Fig. 3).

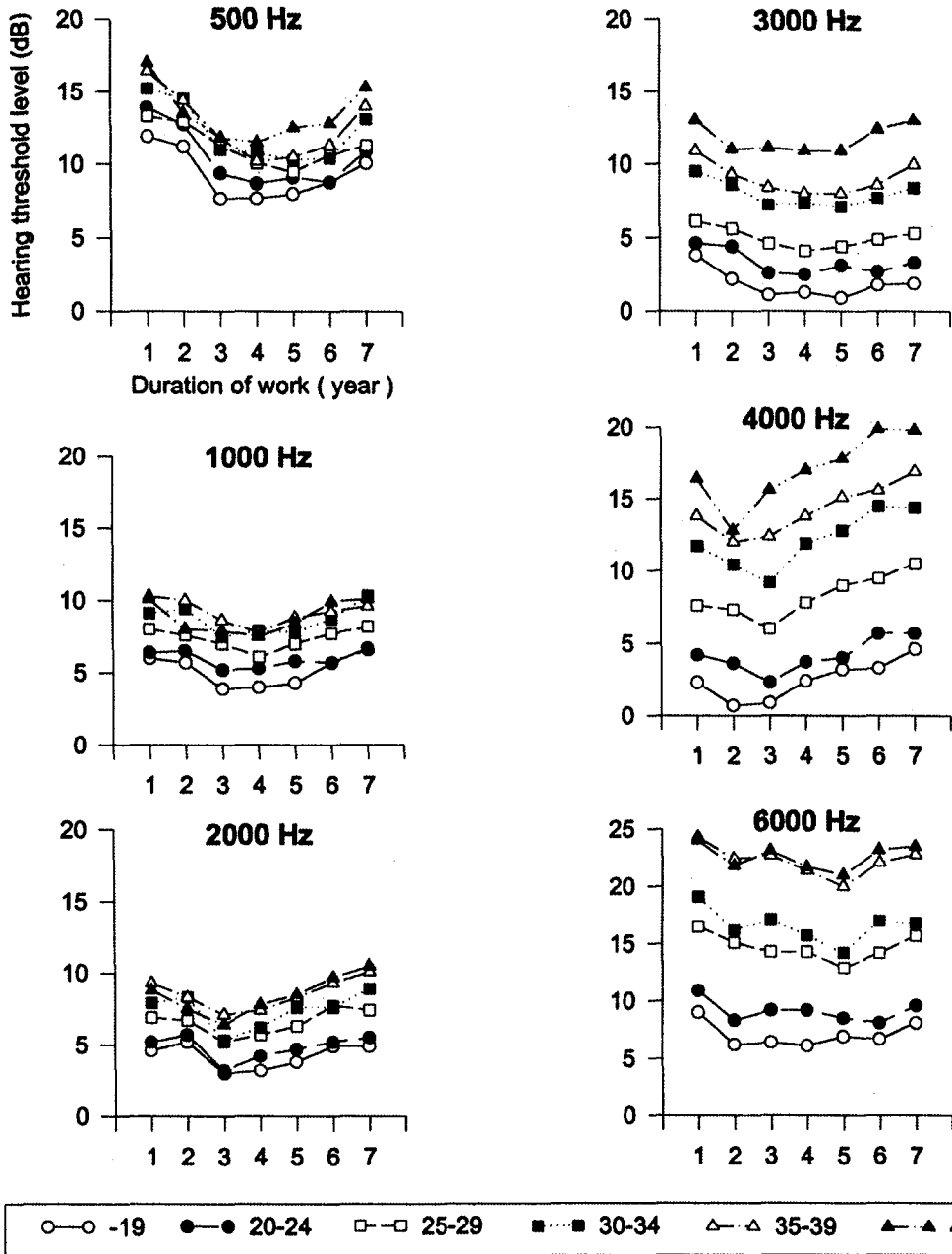


Fig. 2. Mean hearing threshold levels(dB) exhibiting seven consecutive annual tests at each frequency according to age group.

4. 연령군 및 소음수준별 최대 역치 차이의 비교

추적관찰 첫 4년 동안의 최저 청력역치와 마지막 청력역치의 차이를 각 주파수에 따라 소음노출 수준 별로 구분하여 검토한 결과는 Table 5와 같다.

추적관찰 기간동안에 소음에 노출되지 않았던 NLC-I군에서는 회화음역(500, 1000, 2000 Hz)에서 0.42~1.46 dB, 고음역(3000, 4000, 6000 Hz)에서 0.45~1.67 dB의 차이를 보이고 있으며, 이는 학습효과 이후에 순수하게 연령증가에 의한 역

Table 4. Mean hearing threshold levels(dB) exhibiting seven consecutive annual test at frequency according to noise level category Mean(SD)

Hz	Noise level category	No	Annual audiometric test (year)						
			first	second	third	fourth	fifth	sixth	seventh
500	I	251	14.3(7.5)	11.7(6.2)	10.3(6.5)	10.5(5.8)	10.7(6.7)	11.1(6.5)	11.7(7.7)
	II	97	14.9(5.9)	13.4(5.9)	10.1(5.7)	8.7(6.2)	9.5(5.6)	9.8(5.7)	12.4(6.9)
	III	191	14.1(5.9)	14.4(6.5)	10.7(6.6)	9.3(6.1)	8.8(5.7)	9.6(5.9)	11.9(6.4)
	IV	179	13.7(5.7)	13.2(5.7)	10.2(6.1)	9.3(7.3)	9.1(6.2)	9.5(6.1)	12.2(6.7)
1000	I	251	7.5(6.1)	7.0(5.7)	6.6(6.2)	6.3(5.3)	7.2(5.9)	7.5(5.3)	6.9(6.0)
	II	97	8.9(5.5)	8.1(5.5)	6.1(5.5)	6.3(5.7)	6.1(6.1)	7.1(6.1)	9.1(6.1)
	III	191	7.9(6.0)	8.5(6.4)	6.3(6.0)	6.1(5.7)	6.8(5.6)	7.9(6.3)	9.3(6.2)
	IV	179	8.2(6.5)	7.8(5.9)	6.5(6.5)	6.2(6.8)	6.4(7.0)	7.2(6.4)	8.7(6.7)
2000	I	251	6.2(6.3)	5.2(6.3)	5.0(6.2)	6.0(6.2)	6.5(6.4)	7.2(6.8)	6.5(6.6)
	II	97	7.6(5.7)	7.1(6.0)	4.5(5.7)	5.5(6.8)	6.5(5.9)	6.3(6.4)	8.1(7.1)
	III	191	7.3(6.3)	8.5(6.8)	5.2(6.5)	5.4(6.5)	6.3(6.3)	7.5(7.3)	8.4(7.2)
	IV	179	6.6(6.5)	6.9(6.5)	4.3(6.4)	4.7(6.5)	5.4(6.3)	6.2(6.8)	7.3(7.1)
3000	I	251	6.5(7.4)	5.6(7.4)	4.8(7.6)	4.9(7.4)	4.6(6.8)	5.3(7.8)	5.2(7.8)
	II	97	8.8(7.8)	6.7(8.0)	6.2(8.1)	6.0(7.4)	5.8(8.0)	6.8(8.6)	7.7(8.3)
	III	191	7.6(8.0)	7.1(8.3)	5.5(8.1)	5.0(8.1)	5.3(8.5)	6.0(9.3)	6.6(9.1)
	IV	179	6.7(8.7)	6.2(8.8)	4.5(8.5)	4.4(8.4)	4.6(8.3)	4.4(8.5)	5.5(9.3)
4000	I	251	6.7(11.5)	7.0(12.5)	7.4(11.1)	8.0(11.6)	8.3(11.6)	9.0(12.1)	9.0(12.1)
	II	97	10.4(12.2)	8.2(12.3)	8.2(13.3)	10.1(12.7)	10.9(13.7)	11.8(13.7)	12.8(14.2)
	III	191	8.8(11.7)	7.5(12.6)	6.3(11.8)	9.2(12.5)	9.9(12.9)	11.1(13.2)	12.0(13.1)
	IV	179	8.1(11.0)	6.6(11.2)	4.9(10.6)	7.2(11.2)	8.5(11.2)	9.2(11.6)	10.4(12.3)
6000	I	251	17.2(14.6)	16.8(15.0)	14.7(14.4)	13.6(14.5)	13.2(13.9)	14.6(14.7)	14.7(14.5)
	II	97	18.1(17.0)	16.2(16.8)	17.2(18.2)	16.7(18.2)	14.5(16.3)	15.6(16.9)	17.1(17.0)
	III	191	16.9(15.6)	14.4(15.7)	14.9(15.6)	14.5(16.1)	12.9(15.5)	14.4(15.6)	15.3(15.6)
	IV	179	12.4(12.9)	10.5(13.6)	11.5(13.5)	11.6(13.2)	11.2(13.3)	11.2(12.9)	13.3(14.1)

Repeated measures AVOVA : models for mean hearing threshold of annual audiometric tests($p < 0.05$)

치증가량이다.

NLC-I과 비교하여 볼 때 NLC-II군에서는 회화음역에서 2.82~3.83 dB, 고음역에서 2.17~4.84 dB의 차이로 역치증가가 있었으며, 500, 1000, 2000, 3000 및 4000 Hz의 역치증가는 통계학적으로도 유의하였다($P < 0.05$). NLC-III군에서는 회화음역에서 2.70~3.28 dB, 고음역에서 1.37~5.76 dB의 차이로 역치증가가 있었으며 1000, 2000, 4000 Hz의 역치증가는 통계학적으로 유의하였다($P < 0.05$). NLC-IV군에서는 회화음역에서 2.81~3.12 dB, 고음역에서 1.14~5.77 dB의 차이로 역치증가가 있었으며 1000, 2000, 4000 Hz에서의 역치증가가 통계학적으로 유의하였다($p < 0.05$). NLC-

II, NLC-III, NLC-IV군에서의 역치차이는 연령에 의한 역치증가량과 각 소음노출 수준에 따른 역치증가량이 동시에 나타난 결과이다.

그러나 NLC-II, NLC-III, NLC-IV군에서의 역치변화가 각 NLC군의 서로 다른 연령구성에 의해 실제의 소음노출과는 상관없이 차이를 나타낼 수 있으므로 이를 배제하기 위해 5세 간격으로 연령군을 나누어 관찰기간 동안의 청력역치 변화를 비교하였으며 그 결과는 Table 6 및 Fig 4와 같다. 전 연령군에서 NLC-I군의 청력역치 변화와 비교할 때 동일한 연령군에서도 NLC-II, NLC-III, NLC-IV군에서의 역치변화가 크게 나타남으로서 연령변화 뿐만 아니라 소음노출에 의한 영향이 동시에 작용하고 있

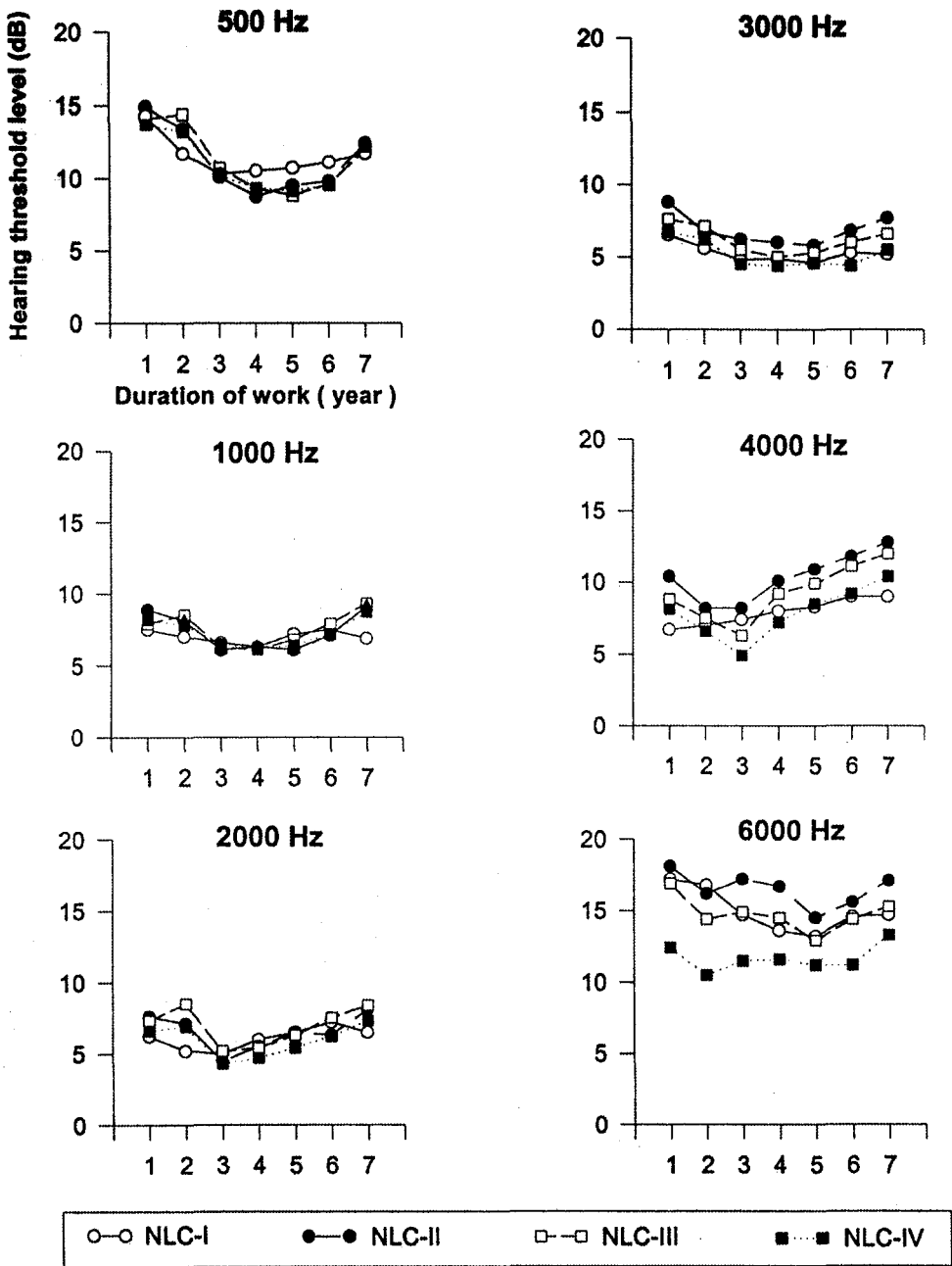


Fig. 3. Mean hearing threshold levels(dB) exhibiting seven consecutive annual tests at each frequency according to noise level category.

있음을 관찰할 수 있었으며 그 차이는 Table 5의 결과와 비슷하였다. 그러나 동일한 연령군내에서 NLC-II, NLC-III 및 NLC-IV군간의 역치변화는 일정한 경향을 보이지 않았다.

5. 청력역치의 변화경향과 연령 및 소음수준의 상호작용

연차적 변화양상에 대한 연령 및 소음노출수준의 영향을 파악하기 위해서 3차년도 이후의 평균역치

Table 5. Comparison of changes in mean hearing threshold(the last audiogram - the best audiogram of first four) at each frequency according to noise level category(NLC) Mean(SD)

Noise level category	No	Frequency(Hz)					
		500	1000	2000	3000	4000	6000
I	251	1.15(7.15)	0.42(4.47)	1.46(4.62)	0.45(5.00)	1.67(5.98)	1.36(8.19)
II	97	3.83(6.28)*	2.82(4.25)*	3.60(5.58)*	2.17(4.28)*	4.84(6.69)*	2.55(7.58)
III	191	2.70(6.54)	3.20(4.57)*	3.28(4.94)*	1.37(4.37)	5.76(6.41)*	2.47(7.66)
IV	179	3.08(7.55)	2.81(4.64)*	3.12(5.57)*	1.14(4.94)	5.77(7.06)*	2.25(8.30)

* p<0.05, by GLM with Scheffe's comparison between NLCs, statistically significant difference between NLC-I with other NLC, but not significant among NLC-II, III, and IV

Table 6. Comparison of changes in mean hearing threshold(the last audiogram - the best audiogram of first four) at each frequency according to age group and noise level category(NLC)

Age group	NLC	No	frequency(Hz)					
			500	1000	2000	3000	4000	6000
~19	I	20	1.58	2.11	1.50	1.20	1.71	1.72
	II	17	2.77	4.35	2.20	3.35	5.41	2.46
	III	45	4.01	3.64	2.59	0.13	4.73	2.94
	IV	68	2.08	2.38	2.46	0.45	4.66	2.58
20~24	I	59	1.21	1.97	2.07	0.34	1.78	0.25
	II	10	3.50	2.50	3.89	0.17	5.28	3.00
	III	27	2.04	2.68	4.95	1.48	5.37	1.94
	IV	36	4.64	3.20	2.70	2.63	6.51	2.21
25~29	I	74	0.44	1.09	2.27	0.69	3.23	1.13
	II	15	2.33	2.34	2.67	2.12	6.00	2.33
	III	43	1.29	3.35	3.03	2.60	7.35	1.91
	IV	36	2.17	2.97	4.39	2.32	5.07	5.24
30~34	I	29	2.42	1.55	4.14	0.69	5.25	0.67
	II	25	4.00	3.60	4.40	2.40	5.80	1.60
	III	33	2.73	4.39	3.63	1.37	6.67	1.06
	IV	17	4.71	3.24	2.65	1.76	7.06	4.12
35~39	I	44	3.49	1.52	3.05	2.45	3.12	1.57
	II	16	5.62	2.25	2.82	1.87	6.25	3.75
	III	32	3.43	2.54	3.07	2.41	6.87	2.18
	IV	14	2.86	2.86	4.38	1.43	9.64	1.07
40~	I	25	2.10	2.50	4.32	1.43	6.38	4.00
	II	14	5.69	4.40	7.01	2.50	8.58	1.79
	III	11	5.91	5.46	6.37	4.54	8.63	0.90
	IV	8	3.75	3.13	5.63	6.88	6.25	4.38

변화에 대해 repeated measures ANOVA를 시행한 결과는 Table 7과 같다.

모든 주파수에서 연차적 청력역치변화에 대한 모

델은 통계학적으로 유의하였다. 측정시점간의 변화에 대해 연령은 500, 3000, 4000, 6000 Hz에서 통계학적으로 유의한 영향을 미치고 있었으며, 소음

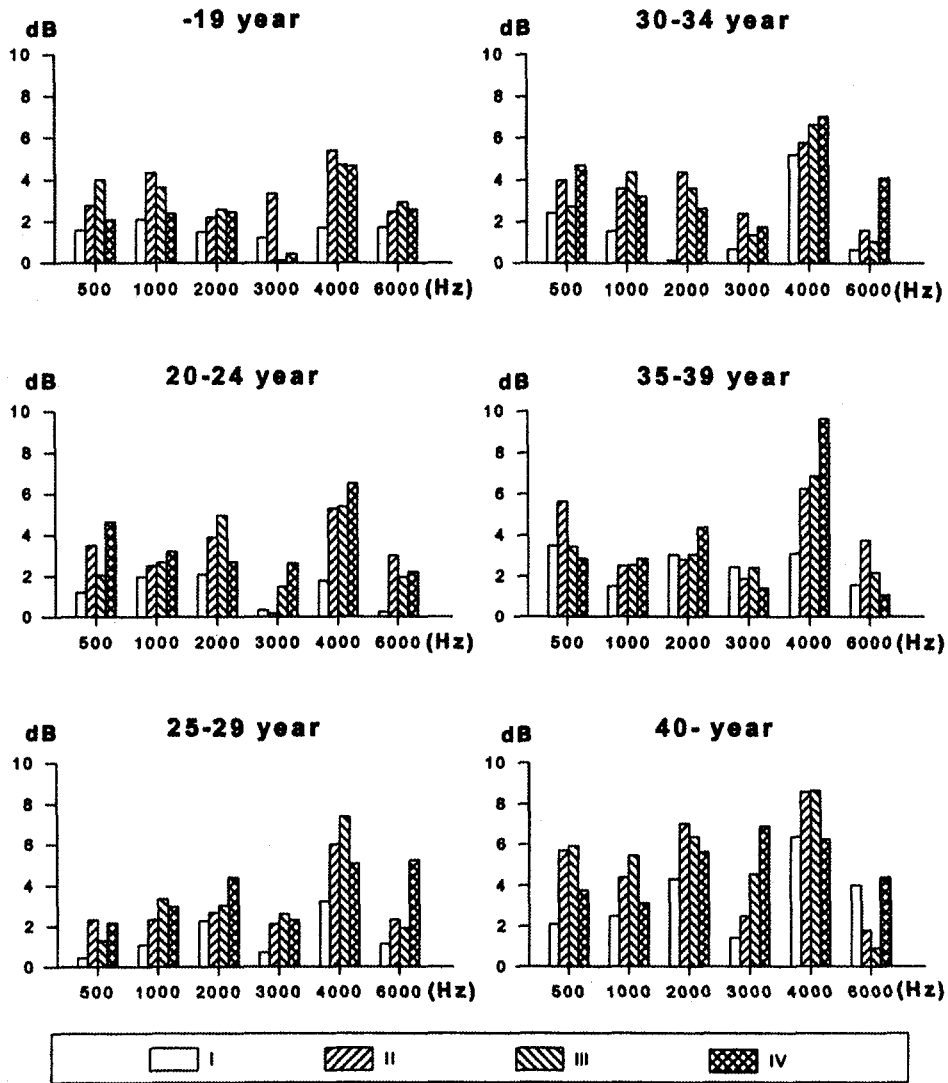


Fig. 4. Comparison of changes in mean hearing threshold(the last value-the best value of first four) at each frequency according to age group and noise level category(NLC).

수준은 6000 Hz를 제외한 모든 측정주파수에서 통계학적으로 유의한 영향을 미치고 있었다. 그러나 청력역치변화에 대해 연령과 소음수준간의 상호작용 변수(interaction variable)는 모든 주파수에서 유의하지 않은 것으로 나타났다. 각 주파수에서의 청력역치의 변화경향에 대해 추세분석을 해본 결과 500, 1000, 2000, 3000 및 4000 Hz는 1차 함수의 변화양상이었고, 6000 Hz에서만 2차 함수의 변화양상을 나타내었다.

6. 청력역치 변동량과 연령 및 소음수준과의 관계

7년 동안의 추적관찰을 통해 각 주파수별로 초기 4년 동안의 최저 청력역치와 7차년도 역치와의 차이를 구하고 이 변화량에 대해 측정시의 연령과 소음수준의 영향을 파악하고자 중회귀분석을 실시한 결과는 Table 8과 같다.

각 주파수별로 전체적인 모델은 통계학적으로 유의하였다. 청력역치 변동량에 대해 연령은 1000 Hz를 제외한 모든 측정주파수 영역에서 통계학적으로

Table 7. Significance levels for repeated measures ANOVA at each frequency for hearing threshold levels as a function of age and noise level category(NLC)

Frequency (Hz)	Model	Age	NLC	Age*NLC
500	0.0001	0.0491	0.0060	0.7035
1000	0.0001	0.1046	0.0001	0.7547
2000	0.0001	0.2838	0.0001	0.1992
3000	0.0001	0.0265	0.0493	0.3815
4000	0.0001	0.0207	0.0001	0.3929
6000	0.0001	0.0138	0.4901	0.3310

유의한 영향이 있었으며, 소음수준은 6000 Hz를 제외한 모든 측정주파수 영역에서 통계학적으로 유의한 영향을 미치고 있었다. 모든 주파수에서 변수의 영향에 대한 추정치가 양의 값으로 나타나 청력역치 변동량을 증가시키는 방향으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

고 찰

소음노출과 연령증가 중 어느 한 요인만 작용하더라도 어느 정도 청력기관의 병태생리학적인 또는 조직병리학적인 이상을 초래하기에 충분하다(Corso, 1980). 즉, 이 두 가지 요인을 제외한 상태에서 개인의 감수성에 영향을 미치는 인자인 성, 눈의 색, 유전적 인자, 생체대사, 결체조직변화, 내이의 혈류량과 멜라닌 색소량, 흡연 등은 잘 통제된 연구에서 소음성난청의 변동에 관해 극히 일부만 설명해 줄 수 있을 뿐이라고 하였다(Henderson 등, 1993). 소음노출과 연령증가는 Corti씨 기관의 외모세포와 내모세포뿐만 아니라 더 나아가서 신경섬유와 신경절세포까지 침범하여 영구적으로 파괴 또는 변화시킨다는 점에서는 상호간에 유사하나, 노인성난청의 경우 외모세포와 내모세포에 국한되지 않고 1차 신경절, 청신경 중추, 뇌측두엽에 이르기까지 그 변화 범위가 보다 더 광범위하다는데 차이가 있다(Gacek과 Schuknecht, 1969). 이러한 소음노출로 인한 청력손실과 노인성난청의 차이점은 오디오그램의 양상으로 구분할 수 있는데 소음노출로 인한 경우에는 청력감소가 일어나는 초기변화에서 특징적인 C5-

Table 8. Results of multivariate regression analysis of initial age and noise level category (NLC) for difference of hearing threshold levels(HTLs) between the best audiogram of first four and last audiogram at each frequency

Frequency (Hz)	Variables	b*	S.E**	p value	β ***
500	age	0.074	0.036	0.037	0.081
	NLC	0.681	0.231	0.003	0.115
1000	age	0.027	0.023	0.249	0.044
	NLC	0.914	0.151	0.000	0.232
2000	age	0.098	0.026	0.000	0.147
	NLC	0.691	0.165	0.000	0.161
3000	age	0.078	0.024	0.003	0.127
	NLC	0.331	0.152	0.001	0.084
4000	age	0.114	0.033	0.001	0.131
	NLC	1.591	0.211	0.000	0.284
6000	age	0.102	0.040	0.011	0.098
	NLC	0.459	0.257	0.075	0.069

* parameter estimate

** standard error

*** standardized estimate

dip 현상이 있다는 것이다. 그러나 오디오그램에서 나타나는 청력수준은 소음노출과 연령증가에 의한 영향뿐만 아니라 이독성 약물, 사회인구학적인 변수와 관련한 개인적 감수성의 영향까지도 반영하게 된다. 그럼에도 불구하고 Ward(1973)는 소음노출과 관련한 청력이상을 추정하는 방법으로는 순음역치이동이 와우기관의 손상을 해석하는데 최상의 방법이라고 하여 소음노출과 연령증가로 인한 청력손실을 연구함에 있어서 순음 오디오그램이 적어도 초기 진단기구로는 타당성 있는 방법이라고 하였다.

집단을 대상으로 소음노출이나 연령에 의한 영향을 오디오그램을 통하여 역치변화를 파악하고자 할 때 자료의 견고성에 영향을 미칠 수 있는 여러 인자들을 고려하여야 한다. 오디오그램의 측정과 관련된 인자로는 청력 측정 기법, 보정, 검사실 배경소음, 검사대상자들의 과거 측정경험 등이며, 구성집단과 관련된 인자로는 연령, 성, 현재 및 과거의 노출력, 학습효과와 사용하고 있는 청력보호구의 종류 등이

다(Royster와 Royster, 1984).

학습효과는 청력검사를 받은 경험이 없는 집단에서 청력검사를 반복적으로 시행하였을 때 평균청력역치가 하강하는 현상을 말하며, 통상적으로 2~6회 추적검사동안 지속되며 4~8 dB 정도가 되는 것으로 알려져 있다(Robinson 등, 1973; Robinson 등, 1975; Thomas 등, 1975). 또한 이러한 학습효과가 나타나는 기간동안에는 소음 및 연령으로 인한 영구적 역치이동을 부분적으로 또는 완전히 상쇄시키게 된다(Royster와 Royster, 1984). 본 연구에서의 추적관찰을 통해 살펴본 결과 학습효과는 전주파수에서 2차 년도부터 나타나기 시작하여 3~5년 동안에 역치하강 정도는 1.5~4.6 dB로 나타났다. 그러나 4000 Hz에서 역치변화를 소음노출수준 및 연령군으로 구분하여 보면 연령군별로는 40세 이상에서만 2차 년도에 유의한 역치하강을 보인 후 역치증가 양상이었고 다른 연령에서는 3차 년도까지 학습효과가 진행되었는데 이는 40세 이상에서 이전에 청력검사 경험이 있었던 자들이 많이 포함되었기 때문으로 생각된다. 소음노출 수준별로는 NLC-I군에서는 추적기간동안에 지속적으로 역치가 상승한 것과는 달리 NLC-II, NLC-III 및 NLC-IV군에서는 전혀 다른 양상을 나타내었는데, 이는 순수하게 학습효과로만은 설명하기 어려우며, 일정소음에 지속적으로 노출될 때 청음반사 및 원심성 신경계의 긴장과 와우관의 구조적, 기능적 변화로부터 비롯되어 그후에 노출되는 소음에 대해 일종의 보호효과를 가지게 되는 toughening 현상 때문으로 생각된다(Subramaiam 등, 1991a, 1991b).

본 연구에서 연령군별로 각 주파수에서의 청력변화양상을 보면 회화음역(500, 1000, 2000 Hz)에서는 대체로 3차 년도 이후부터 서서히 증가하여 6, 7차 년도에 그 기울기가 증가하는 양상을 보이고, 고음역(3000, 4000, 6000 Hz)에서는 전 추적기간에 걸쳐 기울기가 완만하게 서서히 증가하는 양상을 보이고 있다. 고음역과 회화음역에서 모두 초기에 측정하였던 연령군간에 청력역치의 차이가 그대로 유지되면서 진행되어 특정 연령군에서 급격한 역치상승을 보이지는 않았다. 또한 노출수준별 청력변화는 NLC-I과 NLC-II, NLC-III, NLC-IV에서 서로 다른 양상으로 변화하고 있는데, 전주파수에서 NLC-I은 비교적 완만한 곡선을 그리면서 진행하다가 다른 NLC에서

청력역치가 급격하게 상승하는 6, 7차 년도에 변화가 거의 없이 일정하게 유지되는 양상을 나타내고 있었다. 이와 같은 변화양상은 Royster와 Royster(1982)가 제안한 학습효과 및 그 이후의 변화경향과 대체적으로 일치하는 것이었다.

집단을 대상으로 청력의 역치변화를 파악함에 있어서 처음 측정한 청력역치와 최종적으로 측정한 청력역치의 차이를 비교하는 방법이 있고(Moselhi 등 1979), 역치변화에 대해 보다 엄격히 자료를 파악하고자 할 때는 초기 3~4회의 측정역치 중 최저역치와 최종 2년 동안의 최저역치를 비교하는 방법이 있다(Savell과 Edwin, 1987). 또한 연차적인 역치변화를 관찰함에 있어서 소음노출로 인한 영향만을 알고자 할 때 소음에 노출되지 않은 대조군을 선정하는데는 여러가지 방법이 있겠으나 내부 대조군을 이용함으로써 청력계의 보정으로 인한 자료의 변화를 방지할 수 있고, 청력검사실 배경소음의 변화로 인한 검사간의 변이와 특정 검사실에서 이용하는 기법에 따른 검사자료의 차이를 최소화할 수 있다(Royster와 Royster, 1986).

본 연구에서는 초기 3~4년 사이에 측정한 청력역치 중 최저치와 최종적으로 측정한 청력역치와의 차이를 비교하여 본 결과, 직업과 관련된 소음에 노출되지 않았던 NLC-I군에서는 회화음역에서 0.42~1.46 dB, 고음역에서는 0.45~1.67 dB의 평균 역치변화를 나타냈는데 이는 연구기간동안 학습효과 이후에 연령증가에 의해 발생한 역치증가로 해석할 수 있다. NLC-I군과 비교하여 NLC-II군에서는 회화음역에서 2.14~4.02 dB, 고음역에서 1.20~4.10 dB 차이였으며 6000 Hz를 제외한 다른 주파수에서의 차이는 통계학적으로 유의하였다. NLC-III군에서는 회화음역에서 1.82~3.94 dB, 고음역에서 0.93~4.10 dB 차이였고 1000, 2000, 4000 Hz에서의 역치증가가 통계학적으로 유의하였다. NLC-IV군에서는 회화음역에서 1.55~3.71 dB, 고음역에서 0.70~3.17 dB의 차이가 있었고 NLC-III군과 같은 주파수에서 유의한 차이를 보였으며, 이는 Pell(1972)의 연구에서 회화음역 0.6~2.7 dB, 고음역 1.8~3.8 dB 결과와 비교할 때 회화음역에서는 약간 높게 나타났으나 고음역에서는 비슷한 결과였다. 그리고 연령증가와 소음노출에 의한 청력역치 변화량 중에서 연령증가에 의한 청력역치

변화량에 해당되는 부분을 NLC-I의 측정치를 기준으로 하여 백분율로 나타내면 500 Hz에서 30.0~42.6 %, 1000 Hz에서 13.1~14.9 %, 2000 Hz에서 40.6~46.8 %, 3000 Hz에서 20.7~39.5 %, 4000 Hz에서 28.9~34.5 % 및 6000 Hz에서 55.1~60.4 %였다. 상기 결과에서 보는 바와 같이 연구기간 동안에 발생하였던 연령에 의한 역치이동은 소음노출로 인한 역치이동량보다 상대적으로 적게 나타났는데 이는 연구대상의 대부분이 노인성난청의 효과가 가속되는 35세이상의 연령에 해당되는 분율이 낮았기 때문이며, 또한 상대적으로 소음에 대한 감수성이 높은 연령의 분율이 높았기 때문이라고 해석할 수 있다(Corso, 1980; Hetu 등, 1977).

소음이 청력에 미치는 영향은 노출된 소음강도에 비례하여 증가하지만 본 연구에서는 작업장 소음에 간헐적으로 노출되었던 NLC-II군에서 대조군에 비해 역치이동이 가장 크게 나타났던 것은 소음수준이 비교적 낮은 작업장에서 오히려 근로자들의 청력관리에 대한 무관심과 함께 청력관리를 위한 여러 가지 조치들이 적절히 시행되지 않고 있을 것이라는 견해(조병만과 박종욱, 1994)와 일치하는 것이다. 또한 연구대상자들 중 실제로 소음 노출작업장에서 근무하는 NLC-III군 및 NLC-IV군은 청력보존 프로그램의 대상이었으므로 거의 모든 대상자들이 청력보호구를 적절히 착용하도록 관리되었으나, 보다 높은 소음에 노출되었던 NLC-IV군이 NLC-III군에 비해 청력역치수준이 더 낮았던 것은 귀마개와 귀덮개를 동시에 사용하는 경우 개개의 보호구 감음효과의 합보다 뛰어나며, 귀마개 단독 사용보다 7~17 dB, 귀덮개 단독 사용보다 3~14 dB 정도 더 큰 감음효과가 있는 것으로 보고한 Berger(1991)의 연구결과로 설명될 수 있으리라 생각된다.

청력역치의 연차적인 변화양상은 전 주파수에서 모델이 통계학적으로 유의하였으며, 영향인자 중의 하나인 연령은 500, 3000, 4000, 6000 Hz에 통계학적으로 유의한 영향을 미치고 있었고, 소음수준은 6000 Hz를 제외한 모든 주파수에서 유의하게 영향을 미치고 있었다. 그러나 연령군과 소음노출수준의 상호작용은 통계학적으로 유의하지 않아 Corso(1976a), Mollica(1969), Macrae(1971), Corso(1976b) 등이 주장하였던 상가적 가설(additivity hypothesis)과 일치하고 있었다. 또

한 본 연구에서 연령변화는 주로 고음역에, 소음수준은 전 주파수영역에 영향을 미치고 있는 것으로 파악되었다. 이러한 통계학적인 유의성에도 불구하고 소음수준 및 연령의 변화가 전 주파수 영역에서 현저하지 않았던 것은 소음성 난청이 대부분 1~5년 사이에 발생하여 10~15년 사이에 두드러지게 청력손실을 진행시키는(ISO, 1975) 반면, 본 연구에서의 추적기간이 7년으로 제한되어 있어서 소음으로 인한 역치증가가 두드러지지 못했고, 연구대상의 연령이 대부분 40세 이하로 국한되어 있어 노인성 난청으로 인한 역치 이동이 크지 않았기 때문이며, 자료자체의 변화가 큰 것도 또 하나의 원인으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 현장에서 노출되고 있는 소음이 그대로 청력기관을 통하여 전달되는 것이 아니라 소음수준에 따른 적절한 보호구를 지급하였기 때문에 노출 소음수준과 직접 청력기관으로 전달된 소음량이 다를 수 있다. 또한 연령구성이 대부분 40세 이하였다는 점과 추적기간이 7년으로 학습효과 이후의 역치변화를 충분히 관찰할 수 없었다는 점들을 들 수 있다.

이상에서 관찰한 바와 같이 집단을 대상으로 연차적인 역치변화를 연구함에 있어서 학습효과, toughening 현상, 비교집단 및 조사집단의 선정, 보호구 착용 등과 같은 여러 인자들에 의해 영향을 받게 되나, 연령과 소음노출이 청력의 역치변화에 미치는 영향은 서로 독립적으로 작용하며 상가적인 효과가 있는 것으로 생각된다. 또한 상대적으로 낮은 소음에 노출되고 있거나 보호구 없이 소음환경에 수시로 노출되는 근로자들의 청력역치가 높은 소음에 노출되는 근로자에 비해 높아져 있음을 감안할 때 이들의 청력관리에 더욱 많은 관심을 기울여야 할 것으로 생각된다.

결 론

소음 작업장에서 근무하고 있는 근로자들을 대상으로 1991년부터 1997년까지 7년 동안의 추적관찰을 통하여 청력역치의 변화경향과 소음노출 수준 및 연령의 영향을 파악함으로써 향후 소음작업장 근로자들의 청력관리를 위한 기초자료를 제공하고자 연구를 시도하였다.

인용문헌

연구대상은 일개 금속제품제조업 근로자들로 사무직 근로자 251명과 현장근로자 567명으로 총 718명이었으며 이들을 소음노출 정도에 따라 NLC-I군(사무실 근로자, 60 dB(A) 미만으로 노출), NLC-II군(기술지원자 및 검사원, 소음 현장에 수시로 출입), NLC-III군(현장근로자, 85 dB(A) 이하로 노출, 귀마개 또는 귀덮개 착용) 및 NLC-IV군(현장근로자, 85 dB(A)를 초과하여 노출, 귀마개와 귀덮개 동시착용)으로 구분하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 학습효과는 2차 년도부터 3~5년에 걸쳐 나타나고 있었으며 그 범위는 1.5~4.6 dB였고 대부분 2, 3년째에 유의한 역치감소를 보였다.

2. 연령군별 청력변화 양상은 3차 년도 이후부터 역치가 증가하는 경향이었고, 이러한 경향은 4000 Hz에서 더욱 현저하게 나타났다.

3. 소음노출수준(NLC)별 변화양상에서 소음 비노출군(NLC-I)은 관찰기간동안 역치변화가 거의 없었으나, 소음 노출군(NLC-II, III 및 IV)은 3차 년도 이후부터 증가하는 양상이며, 상대적으로 높은 소음에 노출되었던 NLC-IV군에 비해 NLC-III, NLC-II의 역치수준이 관찰기간동안 계속 높게 나타났다.

4. 학습효과 이후 정상대조군(NLC-I)의 역치증가는 0.4~1.7 dB였으며, 소음 노출군(NLC-II, III 및 IV)의 역치증가는 0.9~4.1 dB로 이는 각각 이는 연령증가 및 소음노출에 의한 것으로 생각된다.

5. 일반 선형모델을 통한 분석결과 청력역치변화량에 대해 연령은 500, 3000, 4000, 6000 Hz에, 소음노출수준은 6000 Hz를 제외한 전 주파수에 통계학적으로 유의한 영향을 미치고 있었으며, 연령과 소음노출수준의 상호작용의 영향은 통계학적으로 유의하지 않았다.

이상의 결과에서 청력변화에 영향을 미치는 연령증가와 소음노출수준은 상호 독립적으로 청력역치의 변화에 영향을 미치며 상가적 효과가 있었다 또한 상대적으로 낮은 소음에 노출되거나 보호구 없이 소음작업장에 수시로 출입하는 근로자들의 청력관리에 보다 많은 관심이 필요하리라 생각된다.

김옥현, 이수일, 김돈균, 조병만, 양승립, 청력보존 관리를 위한 5년간 전향적 조사 항공우주의학 1994;4(1): 106-120.

김지용, 임현술, 정해관, 문옥륜, 철강공장 근로자를 대상으로 살펴본 소음성 난청 진단기준에 관한 조사. 예방의학회지 1993;26(3):371-386.

노동부. 제 25회 노동통계연감 1995.

박경희, 맹광호. 소음으로 인한 직업성 난청에 관한 조사 연구. 한국의 산업의학 1971;10(4):1-20.

원종욱, 안연순, 노재훈. 소음성 난청진단에 있어 연령보정의 효과. 예방의학회지 1995;28(3): 651-662.

이용환. 산업장 소음환경과 근로자 청력손실에 변동에 관한 조사. 예방의학회지 1989;22(3): 337-354.

이원철, 박정일, 구정완, 김현욱, 오민화, 장성실, 허성욱, 이영규. 한국인의 성별, 연령별 가청역치 수준 The 10th Japan-Korea Joint conference on occupational health Japan Saporu. 1996:abstract.

임현술, 김현, 정해관 철강공장 근로자중 난청 유소견자의 관리실태에 관한 조사. 대한산업의학회지 1992;4(2): 190-198.

조병만, 박종욱. 소음폭로근로자들의 청력변동. 대한산업의학회지 1994;6(1):32-41

최장선, 송재석, 원종욱, 강종두, 차봉석, 노재훈. 소음성 난청 유소견자들의 관리실태. 대한산업의학회지 1996;8(2):272-281.

한국산업안전공단. 93제조업체 작업환경실태조사 1994.

American National Standards Institute. Criteria for background noise in audiometer rooms. Standard 531-1960, New York NY(1960).

Ballenger JJ. Disease of nose, throat, ear, head and neck. 14th ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1991 :1053-1068.

Berger EH, Royster LH, Thomas WG. Hearing levels of nonindustrial noise exposed subjects. J Occup Med 1977;19(10):664-670.

Berger EH, Ward WD, Morrill JC, Royster LH. Noise & Hearing Conservation Manual 4th Ed. Virginia: American Industrial Hygiene Association, 1991.

Cohen A, Anticaglia J, Jones HH. Sociococcus hearing loss from non-occupational noise exposure. Sound Vibration 1970;4(11):12.

Corso JF, Wright HN, Valerio M. Auditory temporal summation in presbycusis and noise exposure. J Geront 1976;31:58-63.

Corso JF. Presbycusis as a complicating factor in

- evaluating noise-induced hearing loss. Effects of noise on hearing. Raven Press, New York 1976:497-524.
- Corso JF. Age Correction Factor in noise-induced hearing loss: A quantitative model. *Audiology* 1980;19:221-232.
- Gacek RR, Schuknecht HF. Pathology of presbycusis. *Int. Audiology* 1969;8:199-209.
- Goldner AJ. Deafness in shipyard workers. *Archs. Otolar.* 1953;57:287-309.
- Henderson D, Subramaniam M, Boettcher FA. Individual susceptibility to noise-induced hearing loss : An old topic revisited. *Ear & Hearing* 1993;14(3):152-168.
- Hetu R, Dumont L, Legare D. 775 at 4kHz among school-age children following continuous exposure to a broadband noise. *J Acoust Soc Am* 1977;62 Suppl. 1:s96.
- Hinchcliff R. Presbycusis in the presence of noise-induced hearing loss in occupational hearing loss. London Academic Press 1971.
- ISO 1999. Acoustic-Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes 1975.
- Macrae JH. Noise induced hearing loss and presbycusis. *Audiology* 1971 ; 10 : 323-333
- Mills J. Noise induced hearing loss. Philadelphia, Mosby Year Book 1992:237-245.
- Mollica V. Acoustic trauma and presbycusis. *Int. Audiology* 1969;8:305-311.
- Moselhi M, Y M El-Sadik, El-Dakhakhny. 4 six-year follow up study for evaluation of the 85dB(A) safe criterion of noise exposure. *Am Ind Hyg Assoc J* 1979;40(5):91-93.
- Pell S. An evaluation of a hearing conservation program—a five year longitudinal study. *Am Ind Hyg Assoc J* 1972;33:82-91.
- Robinson DW, Shipton MS, Whittle LS. Audiometry in industrial hearing conservation - II NPL Acoustics Report Ac 71, 1975.
- Robinson DW, Shipton MS, Whittle LS. Audiometry in industrial hearing conservation - I NPL Acoustics Report Ac 64, 1973
- Royster JD, Royster LH. "Evaluating the effectiveness of hearing conservation program by analyzing group audiometric data." Paper presented at Speech-Language-Hearing Association Conversation. Toronto, Ontario. 20 Nov. 1982.
- Royster LH, Royster JD. Audiometric data base analysis concepts. The NIOSH conference on medical screening and biological monitoring for the effects of exposure in the Workplace, Cincinnati, July 1984.
- Royster JD, Royster LH. Using audiometric data base analysis. *J Occup Med* 1986;28(10) 1055-1068.
- Savell JF, Edwin H. Toothman group mean hearing threshold changes in a noise-exposed industrial population using personal hearing protectors. *Am Ind Hyg Assoc J* 1987;48(1):23-27
- Schmidt PH. Presbycusis. *Int. Audiology* 1967; 6 suppl 1:1-36.
- Subramaniam M, Campo p, Henderson D. The effect of progressive resistance to noise. *Hear Res* 1991a;52:181-188.
- Subramaniam M, Campo p, Henderson D. Development of resistance to hearing loss from high frequency noise. *Hear Res* 1991b;56:65-68.
- Thomas WG, Royster LH, Scott CE. Practice effects in industrial hearing screening. *J Am Aud Soc* 1975;1(3):126-130.
- Ward WD. Noise-induced hearing loss. Research since 1973, in Noise as a public health problem, proceedings of the Third International Congress. Rockville, MD. American Speech-Language-Hearing Association, report No. 19, 1980.
- Ward WK. Noise-induced hearing damage: in Paparella and Shumrick, *Otolaryngology* Saunders, Philadelphia 1973: 2:377-390.