

## 청력에 대한 연령과 소음 노출의 영향에 관한 5년간 청력역치 변화

채창호 · 김자현 · 손준석\*

성균관대학교 의과대학 삼성창원병원 직업환경의학과

## For 5-years the Longitudinal Study on the Effect of Noise Exposure and Aging to the Changes of Hearing Threshold Level

Chang Ho Chae · Ja Hyun Kim · Jun Seok Son\*

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Samsung Changwon Hospital,  
Sungkyunkwan University School of Medicine*

### ABSTRACT

**Objectives:** This study was carried out to evaluate the effect of noise exposure and aging on changes in hearing threshold level and the relationship between age and noise.

**Materials:** The author selected 274 male shipyard and assembly line workers as the noise exposed group and 582 males not exposed to noise as the general population group. Data were collected from five years of consecutive annual audiometric tests performed from 2008 to 2012.

**Results:** In the general population and noise exposed groups, there was a reverse phenomenon that hearing threshold level for 2009 was lower than that of 2008, which seemed to be due to the learning effect, but from 2010 hearing threshold level increased. In the noise exposed group, the mean hearing threshold level in the left ear was significantly higher than that for right ear. In the general population group, the older was the age, the higher was the hearing threshold level, especially at 4000 Hz. In the general population and noise exposed groups, frequency, age group and noise exposure independently affected hearing threshold level, and there was no relationship between age and noise exposure. Over all frequencies, the change of hearing threshold level was larger in the noise exposed group than in the general population group. In the noise exposed group below thirty years old, the change at 4000 Hz was remarkable.

**Conclusions:** Age and noise exposure seem to affect hearing threshold level independently and contribute to an additive effect on hearing threshold level.

**Key words:** aging effect, hearing threshold level, noise exposure

### I. 서 론

소음성 난청은 근로자 특수건강진단에서 발견되는 직업성 질환 유소견자의 50% 이상을 점유하고 있다 (MoEL, 2014a). 이는 청력보존프로그램 등 예방과 관리조치가 미흡하기 때문이기도 하지만 근본적으로는 전체 제조업의 약 40% 이상이 소음발생부서이고

(MoEL, 2014b), 소음을 줄일 수 있는 효과적인 방법이 현실적으로 적어 상당수의 근로자가 청력 보호구 외에 별다른 대책 없이 소음에 노출되고 있기 때문이다.

소음 작업장 근로자들의 청력은 작업환경 소음 이외에도 노인성 난청, 이독성 약물 및 화학물질, 질병, 비직업적 소음 노출 등 여러 가지 요인들의 영향을

\*Corresponding author: JunSeok Son, Tel : 82-55-290-6274, E-mail: realcatson@naver.com

Department of Occupational and Environmental Medicine, Samsung Changwon Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, 158 Palyong-ro, Masanhoewon-gu, Changwon-si, Gyeongnam 51353

Received: October 6, 2015, Revised: November 30, 2015, Accepted: December 12, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

받게 된다(Toppika et al., 2001). 또한 소음 노출로 인한 청력저하 정도에도 개인의 감수성에 따른 차이가 있어 순수한 직업적 노출로 인한 청력손실 정도를 구분한다는 것이 쉬운 일이 아니다. 현행 근로자 건강검진에서 실시하는 소음작업장의 근로자에 대하여 동일한 기관에서 동일한 기기로 청력검사를 실시하였을 경우에도 청력역치의 변화가 있을 때 이것이 직업적인 소음 노출에 의한 영향인지 다른 원인에 의한 것인지를 판단한다는 것은 매우 어려운 일이다. 또한 피검사자의 절반정도가 청력검사자에 따라서 5 dB(A)정도 차이가 난다는 보고도 있다(Howell & Hartley, 1972). 따라서, 근로자 집단을 대상으로 청력 변화의 경향을 평가해 볼 필요가 있으며, 이를 통하여 청력 보존 프로그램을 통한 직업적 요인에 의한 청력손실의 예방효과를 판단할 수 있다(Royster & Royster, 1986).

소음 작업장 근로자의 청력 변화를 평가하고자 할 때 노출된 소음의 강도와 기간이 가장 중요한 요인이겠지만 인구학적 특성인 인종, 성, 연령 등 내적인 요소도 적지 않은 영향을 미치는 것으로 알려져 있고(Henderson et al., 1993), 특히 연령은 반드시 고려되어야 할 필요가 있다(Cho & Park, 1994; Won et al., 1995).

청력저하는 연령에 의해 감소하는 동시에 소음 노출에 의해서도 감소할 수 있으나 소음 노출과 연령이 청력저하에 기인하는 정도에 대해서는 논란이 있다(Macrae, 1971; Ballenger, 1991).

소음성 난청이 발생하는 데는 장기간이 소요되기 때문에 연령증가에 의한 생리적 청력 감소와 소음 노출에 의한 청력 감소 사이의 관계가 가산적인지 아니면 상승작용이 있는 상호관계인지에 대한 여러 연구들이 있어 왔다. 이것에 관하여, Macrae(1971)와 Mills(1992), Robert(1995), Cruickshanks et al.(2003)은 연령증가와 소음 노출 사이의 관계가 가산적이라고 하였으며, Goldner(1953)은 상승작용이 있는 상호관계라고 주장하였으며 가장 잘 알려진 모델을 제기한 Corso(1980)는 둘 사이의 관계가 제한적으로 가산적(limited additive)임을 주장한 바가 있다. 우리나라에서는 Lee et al.(1999)에 의하면 7년간의 추적조사를 통하여 연령군별, 소음 노출의 수준별 청력역치 변동을 분석한 결과 연령과 소음 노출은 청력역치 변화에 대해 상가적인 영향이 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 소음 노출 작업자들과 소음 비노출군의 개별적인 청력역치 변화를 일정기간 후향적으로 추적조사하여 연령증가와 소음 노출에 따른 청력역치의 변화양상을 관찰하고, 두 군간의 청력역치 변화 차이를 비교하여 청력변화의 가장 중요한 요인인 연령증가와 소음 노출과의 상호관계에 관한 자료를 제공하고자 하였다.

## II. 연구대상 및 연구방법

### 1. 연구대상

연구대상은 2008년 1월 1일부터 2012년 12월 31일까지 일개 대학병원에 내원하여 5년간 매년 근로자 건강검진을 시행한 일개 제조업체 남성근로자 1,327명(소음 노출군 540명, 소음 비노출군 787명)을 대상으로 하였다. 자기기입식 설문지를 통하여 근로자들의 과거력과 소음 노출정도를 확인하였으며, 과거 근무부와 현 근무부를 확인하였다.

연령군별, 소음 노출의 수준별 청력역치 변동을 분석은 연령과 소음 노출은 청력역치 변화에 대해 상가적인 영향이 있다고(Lee et al., 1999) 보고한 연구 논문을 참고하여 청력역치에 대한 변화를 조사하였다.

연차적 청력역치 변화를 보기 위하여 작업환경측정결과서를 통해 기간 내 평균 85 dB(A) 이상의 소음에 노출되어 근무하는 소음 노출군 540명중 청력역치에 영향을 줄 수 있는 과거력이 없고 2008년부터 2012년까지 5년간 주파수별 청력 검사 자료가 정리되어 있는 274명을 연구대상자로 하였다.

소음 비노출군의 평균 청력역치의 변화를 알아보기 위해 소음 비노출군 중 청력역치에 영향을 줄 수 있는 특별한 과거력이 없고 2008년부터 2012년까지 5년간 주파수별 기도 청력역치를 검사하여 자료가 정리되어 있는 582명을 연구대상자로 하였다.

본 연구는 본원의 임상시험윤리위원회 심의를 거친 후 시행하였다.

### 2. 연구방법

소음 노출군의 청력검사는 산업안전보건연구원에 서 주관하는 청력 정도관리를 이수한 3명의 훈련된 검사자에 의해 수행되었다. 청력검사는 높이 1.95 m, 너비 2 m, 길이 2 m의 무반향성 청력부스에서 시행

되었다. 부스 내 소음은 ANSI S3.1 - 1999의 기준에 적합하였으며 청력검사기기는 한국산업안전보건공단의 순음청력검사에 관한 지침(KOSHA, 2014)의 기준을 따라 보정하였다.

순음청력계는 GSI-Arrow(Grason Stadler Inc) Model-61(USA) 3대의 순음청력계를 사용하였다. 검사주파수는 1000, 2000, 3000, 4000 Hz 순으로 측정 한 후 500, 1000 Hz를 측정하였으며, 음압 수준은 30 dB(A)부터 시작하는 하강상승법을 사용하였다. 피검자가 3회 중 2회에 걸쳐 들었다고 반응하였을 때의 음압 수준을 피검자의 청력역치로 하였다.

### 3. 자료분석

자료분석은 SPSS 18.0(SPSS NC, Chicago, IL, USA)을 이용하여 인구 역학적 기술분석 및 집단의 특성에 따른 평균의 차이를 검정하였다. 주파수별 연령군과 측정 년도에 따른 청력역치의 연차적 변화는 반복측정 자료의 분산분석법(repeated measure ANOVA)을 이용하였다. 동일 주파수내에서 양측 귀의 청력역치 차이는 쌍을 이룬 두표본 t-검정을 실시하였다.

## III. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

856명 연구대상자는 모두 남자였으며, 5년간 청력

**Table 1.** Age distribution of subjects

Age	Number of subject(%)	
	GPG*	NEG**
~24	16(2.7)	21(7.7)
25~29	41(7.0)	60(21.9)
30~34	64(11.0)	33(12.0)
35~39	147(25.3)	51(18.6)
40~44	150(25.8)	60(21.9)
45~49	164(28.2)	49(17.9)
Total	582(100)	274(100)

\*GPG : general population group

\*\*NEG : noise exposed group

검사 자료 중 2008년도 자료를 기준으로 연령군을 분류하였다.

소음 비노출군 582명의 평균 연령은 40.3세였고, 45~49세에서 가장 많이 분포하였으며, 소음 노출군 274명의 평균 연령은 36.8세였고, 25~29세와 40~44세에서 가장 많이 분포하였다(Table 1).

작업환경측정자료를 통한 2008년부터 2012년까지의 기간 내 소음 노출군의 소음 노출의 정도는 87.82±5.67 dB(A)(71.6-105.5 dB(A))로 조사되었으며 소음 노출군에게는 정기적으로 청력보호구(귀마개)가 지급되고 있었다.

### 2. 주파수별 연차적 평균 청력역치 변화

소음 노출군(Table 2)과 소음 비노출군(Table 3) 양

**Table 2.** Mean hearing threshold level by five annual tests of noise exposed group on left and right ears

unit : dB HL, (mean±SD)

Frequency (Hz)	Site	Annual audiometric test(year)					Δ2008-2012*
		2008	2009	2010	2011	2012**	
500	Left	13.4±6.4	13.1±6.9	14.5±6.1	14.7±7.0	16.2±8.5	2.8±6.7
	Right	13.8±5.3	12.5±6.4	14.3±6.2	14.4±7.0	15.6±7.3	1.8±6.1
1000	Left	12.3±6.2	11.9±7.2	13.1±7.4	13.1±7.6	15.3±8.3	3.0±7.2
	Right	11.8±7.2	11.6±7.6	12.5±7.4	12.6±8.1	13.4±9.1	1.6±7.5
2000	Left	16.5±12.0	15.9±12.5	18.3±13.1	18.5±13.4	19.6±14.5	3.1±12.8
	Right	15.7±10.7	14.5±11.5	16.4±12.1	16.9±12.2	18.4±13.0	2.7±11.4
3000	Left	36.9±20.4	36.3±20.5	38.4±20.2	38.0±20.3	39.9±20.9	3.0±20.1
	Right	34.8±18.1	34.8±18.1	36.6±17.8	36.8±17.9	38.2±18.2	3.4±17.9
4000	Left	53.9±16.8	53.8±17.0	56.6±16.9	56.5±16.8	58.2±16.5	4.3±16.7
	Right	52.7±13.8	52.8±14.0	54.3±13.9	54.9±13.7	56.8±13.4	4.1±13.5

\*Statistically significant difference between annual audiometric test by repeated measured ANOVA(p<0.001)

\*\*Statistically significant difference between left and right ear on hearing threshold level by paired t-test(p<0.001)

**Table 3.** Mean hearing threshold level by five annual tests of general population group on left and right ears

unit : dB HL, (mean±SD)

Frequency (Hz)	Site	Annual audiometric test(year)					Δ2008-2012*
		2008	2009	2010	2011	2012	
500	Left	13.4±6.4	13.1±6.9	14.3±5.1	14.5±7.0	14.6±5.6	1.2±6.2
	Right	13.7±6.7	13.5±6.4	14.1±6.1	14.5±5.2	14.8±5.7	1.1±6.3
1000	Left	10.1±8.1	10.0±8.3	10.6±6.3	10.6±8.2	10.7±7.1	0.6±7.4
	Right	10.1±6.2	10.1±7.5	10.5±7.4	10.7±7.6	10.8±5.3	0.7±7.1
2000	Left	9.3±11.0	9.2±11.8	9.9±13.5	10.2±9.5	10.4±12.4	1.1±11.5
	Right	9.1±10.7	9.1±8.7	9.7±11.1	10.1±12.7	10.2±6.7	1.1±9.8
3000	Left	10.9±12.2	10.7±11.5	11.9±12.5	12.4±10.5	12.7±13.4	1.8±12.4
	Right	10.8±11.7	10.3±10.8	11.8±11.8	12.5±11.4	12.7±11.5	1.9±11.5
4000	Left	14.7±12.8	14.5±13.7	15.2±15.9	16.5±16.1	17.0±14.2	2.3±13.5
	Right	14.5±11.8	14.6±12.1	15.4±13.2	16.1±12.7	16.8±13.6	2.3±12.9

\*Statistically significant difference between annual audiometric test by repeated measured ANOVA(p&lt;0.001)

군 모두에서 연차적인 평균 청력역치의 변화는 2008년도에 비해 2009년도에 일부 주파수에서 현저한 차이는 아니었지만 청력역치가 도리어 감소되는 청력역치 역전 현상이 있었으나 2010년도 이후부터는 연차적으로 증가하는 경향을 보였다.

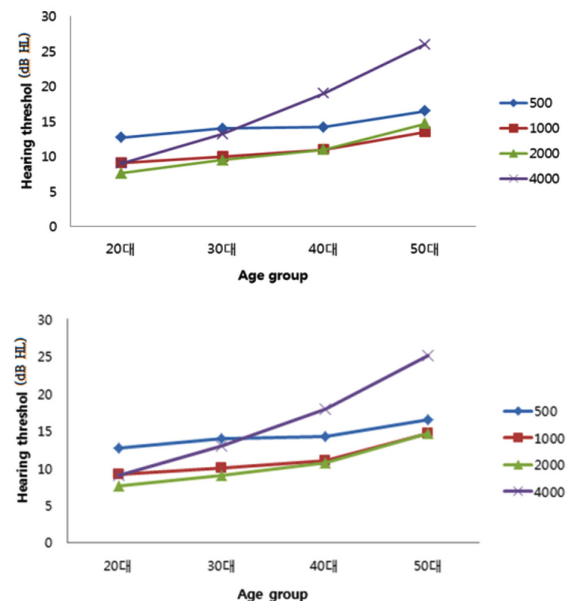
그러나 청력역치의 변화정도에는 차이가 있어 소음 노출군에서 비노출군에 비하여 청력역치의 증가양상이 더 크게 나타났다(p<0.001).

그리고 소음 노출군과 소음 비노출군의 평균 청력역치를 주파수별로 구분하여 비교할 경우 고음역(4000 Hz)의 평균 청력역치는 소음 노출군이 소음 비노출군에 비해 현저히 높았으며 2000 Hz와 1000 Hz에서도 소음 노출군의 청력역치가 높았으나 500 Hz의 평균 청력역치 차이는 낮게 나타났다.

또한 좌이와 우이의 2012년도 청력역치를 비교할 경우, 소음 노출군에서는 좌이의 청력역치가 우이의 청력역치보다 전 주파수에서 통계적으로 유의하게 높았으나(p<0.001) 소음 비노출군에서는 좌, 우이의 청력역치가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.081).

### 3. 소음 비노출군의 연령별 평균 청력역치

2012년도 소음 비노출군의 평균 청력역치를 각각의 주파수에서 연령별로 관찰한 결과, 연령이 증가함에 따라 평균 청력역치는 높아지는 경향을 보이고 특히 그 폭은 4000 Hz에서 가장 컸다(Figure 1).

**Figure 1.** Hearing threshold level by age group on left(top) and right(bottom) ear in population group of 2012 years

### 4. 소음 노출군의 연령군별 연차별 평균 청력역치 변화

소음 노출군의 연차적 청력역치 변화를 각각의 연령군별로 세분하여 보면 Table 4(좌이) 및 Table 5(우이)와 같다.

소음 노출군의 전 연령군에 걸쳐 극히 일부 소견을 제외한다면 대체적으로 연령이 증가함에 따라 좌이 및 우이의 청력역치가 증가되는 양상을 보였다.

**Table 4.** Mean hearing threshold level in five annual tests by age group on left ear in noise exposed group

unit : dB HL, (mean±SD)

Frequency (Hz)	Age group	No	Annual audiometric test(year)					Δ2008-2012*
			2008	2009	2010	2011	2012	
500	~24	21	11.4±4.5	11.7±5.8	12.1±4.4	11.4±4.5	12.9±4.9	1.5±4.8
	25~29	60	12.2±6.2	11.7±7.3	12.4±5.6	12.3±6.3	14.3±8.1	2.1±6.1
	30~34	33	12.3±4.0	11.8±5.3	13.5±4.2	13.3±3.9	15.2±5.1	2.9±4.7
	35~39	51	13.3±8.4	11.9±7.9	14.6±8.0	15.9±10.0	16.9±10.0	7.6±9.1
	40~44	60	13.9±6.3	14.1±7.2	15.4±5.3	16.8±6.5	17.7±10.6	3.8±8.9
	45~49	49	16.0±5.7	16.1±5.5	17.5±6.1	16.3±5.6	18.4±6.6	2.4±5.9
1000	~24	21	7.4±5.4	7.6±5.6	8.8±5.0	8.8±6.5	9.8±4.3	2.4±5.3
	25~29	60	9.0±6.8	10.0±7.1	10.5±6.8	10.0±7.2	10.2±7.0	1.2±7.0
	30~34	33	10.3±5.3	10.2±6.3	11.8±5.7	11.4±3.8	11.4±4.6	1.1±4.9
	35~39	51	11.5±9.8	11.0±9.2	12.8±9.8	14.7±12.8	14.0±12.0	2.5±9.9
	40~44	60	11.6±6.6	12.3±7.4	12.9±5.6	13.1±6.7	15.2±10.4	3.6±8.4
	45~49	49	16.0±5.7	16.1±5.5	17.5±6.1	16.3±5.6	18.4±6.6	2.4±6.2
2000	~24	21	7.1±6.2	6.4±5.0	9.3±4.6	8.3±5.8	9.8±6.2	2.7±5.8
	25~29	60	10.8±10.0	10.6±9.2	12.8±10.8	12.8±10.8	13.2±11.4	2.4±10.5
	30~34	33	13.3±10.2	12.6±9.9	15.9±11.8	16.2±11.0	16.4±11.7	3.1±10.7
	35~39	51	18.1±15.7	19.0±16.7	22.2±16.2	22.2±17.2	23.2±17.3	5.1±16.5
	40~44	60	16.5±9.7	17.3±10.5	19.3±11.4	19.3±11.6	20.4±14.3	3.9±12.3
	45~49	49	22.4±10.9	23.4±11.3	25.5±11.9	26.4±12.1	29.0±12.9	6.6±11.7
3000	~24	21	16.4±13.3	17.4±8.1	20.5±14.2	21.7±14.1	21.4±16.8	5.0±14.8
	25~29	60	30.6±21.7	31.1±22.5	32.7±20.8	32.5±21.7	32.8±21.5	2.2±21.5
	30~34	33	31.2±22.3	32.7±22.0	36.2±21.3	33.9±20.2	36.4±21.6	5.2±21.4
	35~39	51	36.5±18.1	37.1±18.4	38.7±19.6	39.1±18.3	41.8±18.5	5.3±18.4
	40~44	60	37.1±18.0	37.5±17.7	39.9±18.2	38.3±18.7	41.9±19.1	4.8±18.2
	45~49	49	50.4±14.5	50.9±14.4	52.1±14.9	53.6±14.9	54.4±15.3	4.0±14.7
4000	~24	21	44.8±16.7	44.3±17.2	50.7±15.4	50.2±15.6	51.9±17.0	7.1±16.1
	25~29	60	50.4±21.6	51.1±21.2	53.3±20.0	53.7±20.6	54.6±19.9	4.2±20.2
	30~34	33	51.7±16.2	51.7±16.3	52.3±17.2	52.0±16.5	54.9±15.5	3.2±16.5
	35~39	51	54.9±15.2	54.7±14.5	59.2±15.2	58.7±13.4	60.5±14.3	5.6±14.9
	40~44	60	54.0±13.9	55.0±15.6	57.9±17.1	57.8±15.8	59.2±15.7	5.2±15.2
	45~49	49	58.9±13.7	60.1±13.4	61.5±12.3	61.8±14.8	64.2±13.2	5.3±13.8

\*Statistically significant difference between annual audiometric test by repeated measured ANOVA(p&lt;0.001)

이를 40세 미만군과 40세 이상군으로 구분하여 살펴볼 경우, 40세 미만군에서는 회화음역 주파수대(500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz)에서 비교적 청력역치가 낮았을 뿐만 아니라 이러한 주파수에서 연차적 청력역치 변화도 크지 않았다. 그러나 고음역 주파수에서 청력역치 변화는 40세 이상군의 청력역치 변화의 정도와 비슷하거나 도리어 더 큰 것으로 관찰되었다.

한편, 40세 이상군에서는 회화음역 주파수대(500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz)에서 연차적 청력역치 변화가 큰 것으로 관찰되었다.

또한 40세 이상군에서는 2008년도에 비해 2009년도의 청력역치가 감소하는 청력역치 역전 현상이 관찰되지 않았다.

주파수별로 연령군과 측정 연도에 따른 청력역치

**Table 5.** Mean hearing threshold level in five annual tests by age group on right ear in noise exposed group

unit : dB HL, (mean±SD)

Frequency (Hz)	Age group	No	Annual audiometric test(year)					Δ2008-2012*
			2008	2009	2010	2011	2012	
500	~24	21	11.4±5.3	11.0±4.9	11.7±4.8	11.9±5.6	12.6±5.2	1.2±5.1
	25~29	60	12.9±4.9	10.7±7.2	12.1±5.7	12.6±6.6	13.4±6.7	0.5±6.4
	30~34	33	12.3±4.0	11.8±5.3	13.5±4.2	13.3±3.9	15.2±5.1	2.9±4.5
	35~39	51	13.3±8.4	11.9±7.9	14.6±8.0	15.9±10.0	16.9±10.0	3.6±9.2
	40~44	60	14.1±4.7	13.3±6.0	15.9±6.9	16.3±7.5	17.1±8.9	3.0±7.1
	45~49	49	15.9±5.1	15.9±5.1	17.1±5.7	16.2±4.7	19.0±6.1	3.1±5.7
1000	~24	21	8.8±5.0	9.1±5.8	9.8±5.1	11.0±5.0	11.9±4.0	3.1±5.4
	25~29	60	10.3±6.2	9.8±7.6	10.4±7.0	10.3±7.7	13.0±7.5	2.7±7.4
	30~34	33	10.5±5.2	9.9±5.8	10.8±6.1	11.2±4.9	13.0±5.3	2.5±5.3
	35~39	51	13.5±8.5	11.8±8.4	14.6±9.6	13.8±10.8	15.3±9.7	1.8±9.7
	40~44	60	13.3±6.3	13.1±6.2	14.3±6.5	14.3±6.6	17.4±9.8	4.1±7.6
	45~49	49	15.2±4.8	15.6±6.2	16.0±6.0	16.6±4.8	18.3±7.3	3.1±5.8
2000	~24	21	6.9±3.4	6.4±3.9	8.8±4.7	7.6±4.9	9.3±5.1	2.4±4.6
	25~29	60	11.3±5.8	9.4±7.0	10.8±7.6	12.1±9.0	13.3±8.8	2.0±8.5
	30~34	33	11.8±8.9	10.3±7.5	12.4±9.9	13.5±9.1	14.6±9.2	2.8±8.6
	35~39	51	17.7±12.9	15.1±12.3	18.3±13.5	19.2±14.1	19.3±13.5	1.6±13.2
	40~44	60	17.3±10.8	17.6±11.4	18.3±11.5	18.7±11.6	20.3±12.9	3.0±11.5
	45~49	49	23.4±10.2	22.7±13.5	24.7±13.4	24.6±12.8	28.1±14.8	4.7±12.9
3000	~24	21	20.2±19.5	20.0±20.1	23.3±19.8	22.1±21.9	23.8±21.8	3.6±20.3
	25~29	60	29.3±18.6	28.7±19.2	29.7±18.8	31.1±19.8	29.8±18.8	0.5±19.0
	30~34	33	26.4±19.3	27.9±20.2	29.7±19.5	28.9±18.3	30.8±19.5	4.4±19.6
	35~39	51	37.4±19.3	34.5±19.2	37.8±19.5	38.1±19.2	39.7±19.6	2.3±19.4
	40~44	60	34.3±17.7	34.8±18.4	36.3±18.8	36.9±18.8	38.0±19.5	3.7±18.5
	45~49	49	46.3±16.4	45.6±15.8	44.7±16.8	17.0±16.9	48.9±16.2	2.6±16.3
4000	~24	21	43.6±21.5	45.7±23.0	46.0±23.7	45.7±21.1	48.3±22.5	4.7±22.1
	25~29	60	44.8±19.2	45.6±19.1	46.8±20.1	47.8±18.7	49.6±17.9	4.8±19.4
	30~34	33	45.6±22.1	46.4±23.2	47.1±21.8	47.3±20.7	50.5±21.2	4.9±22.3
	35~39	51	53.2±17.2	50.8±17.1	51.6±16.6	52.5±16.2	54.9±16.0	1.7±16.9
	40~44	60	52.8±17.0	54.0±17.8	54.3±18.0	55.1±17.7	58.3±17.5	5.5±17.4
	45~49	49	55.7±15.3	55.3±15.4	55.7±16.3	56.8±16.0	61.2±15.9	5.5±15.8

\*Statistically significant difference between annual audiometric test by repeated measured ANOVA(p&lt;0.001)

의 연차적 변화의 유의성 여부를 반복측정 자료의 분산분석법(repeated measure ANOVA)을 이용하여 분석한 결과 유의한 차이를 보였다(p<0.001).

500 Hz에서 2000 Hz까지의 회화음역에서는 40세 이상군의 연차적 청력역치 상승정도가 40세 미만군에 비해 두드러지고 4000 Hz와 3000 Hz에서는 두 군 간에 청력역치 상승정도가 비슷함을 보여주고 있다.

## 5. 청력역치 변화에 대한 연령 및 소음 노출과의 관련

2008년에서 2012년의 5년간 소음 노출군과 소음 비노출군에 있어서 개인별 청력역치 변화량을 각 연령군별 및 주파수별로 구분하여 표시한 결과는 Table 6 및 Table 7과 같다.

소음 노출군과 소음 비노출군의 평균 청력역치 변화량의 차이를 비교해 보면 전 주파수 영역에서 소

**Table 6.** Mean hearing threshold change for 5years in noise exposed group and general population group on left ear

unit : dB, (mean±SD)

Age group		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
~24	GPG*	1.4±5.6	0.1±5.1	1.0±4.2	1.7±4.5
	NEG**	1.4±6.7	2.4±4.9	2.6±4.6	7.1±4.9
25~29	GPG*	0.8±7.2	0.5±6.9	0.6±7.5	2.8±7.1
	NEG**	2.0±8.4	1.2±7.2	2.3±7.2	4.2±7.4
30~34	GPG*	0.1±5.9	0.4±4.9	0.5±5.9	2.1±5.7
	NEG**	2.9±6.0	1.1±4.5	3.3±6.0	3.2±5.3
35~39	GPG*	0.2±8.1	0.3±7.9	0.8±8.4	3.4±6.5
	NEG**	3.5±7.8	2.6±8.3	5.1±9.5	5.6±7.5
40~44	GPG*	0.9±5.9	1.2±8.4	1.3±7.5	3.5±7.3
	NEG**	2.3±6.2	3.6±8.9	3.9±8.3	5.2±5.6
45~49	GPG*	1.6±7.7	1.7±4.5	2.7±7.5	5.2±6.9
	NEG**	2.8±7.5	3.3±6.3	6.6±8.3	5.3±8.4

\*GPG : general population group

\*\*NEG : noise exposed group

**Table 7.** Mean hearing threshold change for 5years in noise exposed group and general population group on right ear

unit : dB, (mean±SD)

Age group		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
~24	GPG*	2.5±4.7	1.4±5.1	1.0±4.2	2.3±4.4
	NEG**	1.2±6.1	3.1±4.9	2.4±4.4	4.8±4.9
25~29	GPG*	0.4±7.9	0.1±5.9	0.5±6.9	2.4±5.3
	NEG**	0.5±6.1	2.8±6.6	1.9±7.3	4.8±8.3
30~34	GPG*	0.1±6.8	0.5±8.9	0.4±5.1	2.6±4.9
	NEG**	2.4±5.6	2.6±4.7	2.7±4.2	4.8±5.7
35~39	GPG*	0.1±6.8	0.5±8.9	0.6±7.9	3.3±7.3
	NEG**	0.8±6.5	1.8±9.0	1.7±8.1	4.1±8.2
40~44	GPG*	0.7±7.7	1.1±7.7	1.2±5.1	3.7±6.9
	NEG**	3.0±7.5	4.1±7.6	3.1±6.4	5.6±6.7
45~49	GPG*	1.6±7.3	1.9±6.5	2.1±6.4	4.3±8.1
	NEG**	1.8±6.6	3.1±6.4	4.7±8.9	5.5±9.2

\*GPG : general population group

\*\*NEG : noise exposed group

음 노출군의 청력역치 변화량이 소음 비노출군의 청력역치 변화량 보다 컸다.

40세 미만의 소음 노출군에서 고음역(4000 Hz) 청력역치 변화량이 크게 나타났고, 40세 이상의 소음 노출군에서는 고음역 청력역치 변화량은 동일 연령대 소음 비노출군의 청력역치 변화량과 크게 차이가 없으나 회화음역에서 현저한 차이를 보였고, 소음 비

노출군의 경우 고 연령군 일수록 4000 Hz에서의 청력역치 변화량이 컸다.

한편, 반복측정 분산분석을 시행한 결과 청력역치의 변화에 있어 연령증가 요인과 소음 노출요인은 통계적으로 유의하였으나 연령증가와 소음 노출수준 간의 상호작용은 모든 주파수에서 작아, 우이 모두 유의하지 않는 것으로 나타났다(Table 8).

**Table 8.** Significance levels for repeated measures ANOVA at each frequency for hearing threshold levels as a function of age increasing and noise exposed level (NEL)

Frequency (Hz)	Right			Left		
	Age increasing	NEL*	Age increasing NEL*	Age increasing	NEL*	Age increasing NEL*
500	0.0272	0.0001	0.2745	0.0251	0.0001	0.2357
1000	0.0380	0.0021	0.3142	0.0398	0.0025	0.3142
2000	0.0171	0.0001	0.3425	0.0247	0.0001	0.2984
3000	0.0150	0.0001	0.3214	0.0182	0.0001	0.3011
4000	0.0153	0.0001	0.3521	0.0147	0.0001	0.3780

\*NEG : noise exposed group

#### IV. 고 찰

소음성 난청은 내이 손상에 의한 감각신경성 난청이며, 청력손실이 고음역부터 시작되므로 초기에는 일상생활에 별다른 불편을 느끼지 않다가 점차 회화음역까지 청력손실이 일어나고 회복되지 않는 질환으로 조기 발견, 작업전환 등의 예방적 조치가 최선의 대책이다. 최근 소음성난청의 예방과 치료를 위해 항산화제, 자유 라디칼제거제, 마그네슘, 비타민수액 치료 등이 연구 중이나 아직 식품의약품안전처에서 승인받은 것은 없다(Lee, 2010).

이러한 소음성 난청의 발생은 소음의 음향적 특성, 음압수준, 소음 노출기간, 개인의 감수성에 따라 차이를 보인다(Palmer et al., 2002; Prince, 2002). 또한 인종, 성, 연령 등 인구학적 특성이 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며(Henderson et al., 1993), 이 중 연령증가에 따른 청력손실은 중요한 고려 사항이다.

외국의 자료에는 연령증가에 따른 청력손실에 관한 연구가 많이 있으며(Henderson et al., 1993; Palmer et al., 2002; Prince, 2002) 우리나라에서는 Hermann(1963)이 주장한 조기손실지수(Early Loss Index)를 이용한 연구(Lee, 1989; Kim et al., 1993)와 종합검진자를 대상으로 우리나라 성인의 평균 청력역치를 제시한 연구(Won et al., 1995), 평균 청력을 이용하여 소음 노출과 연령변동을 연구(Lee et al., 1999) 등이 있다.

이번 연구에서 소음 비노출군의 관찰 첫해(2008년) 연령별 주파수 대비 청력역치의 수준은 우리나라 일반 인구집단의 청력수준에 대한 기존 여러 연

구들(Won et al., 1995; Lee et al., 2003; Kim et al., 2010)에서 관찰되었던 우리나라 일반 인구집단 성인 남성의 주파수 대비 연령별 청력역치 평균값과 비슷한 수준이었다.

본 연구에서 전 주파수 영역에서 소음 노출군의 5년간 청력역치 변화량이 소음 비노출군의 5년간 청력역치 변화량 보다 크게 나타났다. 이러한 결과는 기존의 사실과 일치하는 것으로 소음 노출군의 청력역치 변화량에서 소음 비노출군의 청력역치 변화량을 뺀 수치의 상당 부분은 소음으로 인한 청력손실로 볼 수 있을 것이다.

특히 40대 미만의 소음 노출군에서 고음역(4000 Hz) 청력역치 변화가 현저하였으나 40대 이상의 소음 노출군에서는 고음역 청력역치 변화량은 같은 연령대의 소음 비노출군의 청력역치 변화량과 크게 차이가 없고 회화음역에서 현저한 차이가 관찰되었다. 이는 다른 연구결과(Kamal et al., 1989; Kim et al., 2005)와 일치하는 것으로서 소음에 계속 노출될 경우 초기에 영향을 많이 받았던 주파수에서의 청력손실은 완만하게 일어나는 반면 그보다 더 높거나 낮은 주파수에서의 청력손실은 촉진된다는 사실을 확인해 주고 있다.

동일인의 연차적 청력변화를 조사한 이번 연구에서 대부분의 주파수에서 2008년도의 평균청력역치보다 2009년도의 평균청력역치가 좋은 결과를 보였다. 이러한 결과는 소음 노출군이나 소음 비노출군 모두에서 관찰되었으며 40대 이상 연령군에서는 상대적으로 이런 양상이 적었다. 이는 여러 다른 연구(Cho & Park., 1994; Lee et al., 1999)에서 학습효과



로 보고된 현상으로 생각된다. 학습효과는 청력검사를 받은 경험이 없는 집단에서 청력검사를 반복적으로 시행하였을 때 평균 청력역치가 하강하는 현상을 말하며, 통상적으로 4-8 dB(A)정도가 되는 것으로 알려져 있으며 7.5 dB(A)정도 차이가 났다는 보고가 있다(Robinson et al., 1976).

이번 연구에서는 연구대상자 중 2008년에 처음으로 청력 정밀검사를 받았던 178명이 주로 분포하는 40대 미만의 연령군에서 이러한 평균 청력역치의 역전현상이 두드러지게 나타나고 과거 청력검사를 받았던 경험이 있는 연구대상자가 상대적으로 많은 40대 이상 연령군에서 평균 청력역치의 역전현상이 적었다는 사실이 학습효과의 존재를 간접적으로 시사해 준다. 학습효과는 결과적으로 측정오류의 한 범주로 볼 수 있으므로 처음으로 청력검사를 하는 사람에게는 검사방법을 충분히 설명하고 반복 측정 등을 통해 학습효과를 최소화하는 노력이 필요할 것이다.

연구대상 소음 노출군의 최종 연도 청력역치에서 좌이의 청력역치가 우이의 청력역치보다 전 주파수에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 이는 좌, 우측 청력역치 차이를 연구한 다른 연구와 동일한 결과이다. 좌측 귀의 청력역치 증가가 우측 귀보다 심한 원인에 대해서는 사격의 과거력 등이 보고된 바 있으나 사격의 과거력이 없는 근로자를 대상으로 한 연구에서도 좌측 귀의 청력역치 증가가 심한 것으로 보고되었다(Chung et al., 1983; Axelsson et al., 1987; Pirilä et al., 1992).

Chung et al.(1983)은 이러한 좌측 귀의 청력역치 증가가 심한 것을 “ear effect”로 명하였으며 남성에서 “ear effect”가 크다고 하였다. “ear effect”는 노인성 난청과 다른 병리적 기전을 가지고 있으며 기본적으로 소음에 의한 것으로 보고되었다(Pirilä et al., 1992). 또한 Simpson et al.(1993)은 기초 청력자료와 3년 뒤 추적자료를 비교하여 평균 청력역치 증가가 좌측 귀가 심하다고 보고하여 좌측 귀가 소음에 대한 감수성이 더 예민하다고 하였다. 이번 연구에서도 소음 비노출군의 좌, 우이 평균 청력역치 차이는 뚜렷하지 않았으며 주파수에 따라 우이의 평균 청력역치가 더 높은 결과도 관찰되어 소음 노출군의 좌이의 청력역치가 우이의 청력역치보다 유의하게 높은 현상은 소음과 관련된 요인으로 판단된다.

소음 노출군과 소음 비노출군의 연차적 청력역치 변화에서 연령증가에 따른 연차적 청력역치간에 유의한 차이가 있었고 소음 노출여부에 따른 두 군의 청력역치간에도 유의한 차이가 관찰되었으나 연령증가와 소음 노출의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 연령증가와 소음 노출이 청력역치 변화에 대해 각각 독립적으로 영향을 미치며 가산적 효과가 있었다. 이는 Macrae(1971)와 Corso(1980), Mills(1992), Robert(1995), Cruickshanks et al.(2003)이 주장한 연령과 소음의 가산적 가설과 일치하고 있으며 우리나라에서 Lee et al.(1999)이 보고한 연령과 소음 노출은 청력역치 변화에 대해 상가적인 영향이 있다는 것과 거의 같은 결과이다.

본 연구의 소음 노출군 자료는 소음특수검진을 통해 얻어진 자료이다. 그러므로 현행 우리나라 소음특수검진의 문제점을 살펴볼 수 있는 자료이기도 하다. 소음특수검진의 목적은 작업환경 소음으로 인한 건강장애의 조기 확인과 그의 진행을 예방하는 것이라 할 수 있다(Paik, 1993). 하지만 현재의 소음 특수검진은 일회적 단면조사로 관리 등급만을 판정하기 때문에 청력역치의 변동에 기초한 청력보존프로그램과는 거리가 있다(Lim et al., 1992). 본 연구의 소음 노출군 자료에서도 젊은 연령대에서 주로 고음역을 중심으로 상대적으로 큰 청력역치의 변동을 보이고 있으나 3분법에 의한 소음성 난청 유소견 판정기준에는 미치지 못하는 청력손실 수준이었으므로 보다 적극적인 조치가 없었다. 따라서 소음 노출자의 청력손실을 초기에 효과적으로 예방하기 위해서는 청력역치의 변동에 기초한 청력보존프로그램의 실시가 바람직하다고 생각된다.

본 연구는 자료 수집을 통한 후향적 연구로 연구대상자의 군복무시 소음 노출정도나 청력의 수준과 2008년 이전 과거 소음 노출에 대한 자료가 불충분하였고, 연구 대상 기간 동안의 개별적인 소음 노출의 정도를 세분화하여 정리하지 못하였고, 실제 소음 노출 시 착용하게 되는 다양한 보호구착용에 의한 소음 감소 수준을 고려할 수 없어 반영하지 못한 제한점이 있다. 또한 5년간의 추적관찰기간이 청력역치 변화를 관찰하기에는 다소 짧았다고 생각한다. 따라서 향후 이러한 제한점을 보완한 보다 큰 규모의 소음 노출군 청력역치 변화 연구가 계속되어야 할

것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 소음 노출 작업자들과 비노출 작업자들의 개별적인 청력역치 변화를 일정기간 후향적으로 추적조사 하여 연령증가와 소음 노출에 따른 청력역치의 변화양상을 관찰하여 청력저하의 가장 중요한 요인인 연령증가와 소음 노출과의 상호관계에 관한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

소음 노출군의 연차적 청력역치 변화를 보기 위하여 일개 대학병원에서 계속적으로 특수검진을 받은 일개 제조업 사업장의 생산직 근로자 중 2008년에서 2012년까지의 5년간 주파수별 청력 검사자료가 정리되어 있는 274명을 대상으로 하였다.

소음 비노출군은 같은 사업장의 비소음 부서에서 근무하는 근로자 중 소음 노출군과 동일한 기간(2008-2012년)에 매년 주파수별 기도 청력검사를 받은 582명을 대상으로 하였다.

연구결과는 다음과 같다.

1. 소음 노출군과 소음 비노출군의 연차적 청력역치 변화에서 학습효과에 의해 대부분의 주파수에서 2008년도에 비해 2009년도의 평균 청력역치가 낮아진 청력역치 역전현상이 관찰되었고, 2010년도 이후는 연차적으로 높아지는 양상을 나타내었다.

2. 소음 노출군에서 좌이의 청력역치가 우이의 청력역치보다 전 주파수에서 통계적으로 유의하게 높았다.

3. 소음 비노출군의 평균 청력역치는 연령이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였고, 특히 그 폭은 4000 Hz에서 가장 컸다.

4. 소음 노출군과 소음 비노출군 모두 주파수간, 연령군간의 청력역치에 유의한 차이가 있었고, 연차적 청력역치간에도 유의한 차이를 보였으나 연령증가와 소음 노출의 상호작용은 관찰되지 아니하였다.

5. 소음 노출군과 소음 비노출군의 5년 관찰기간의 연차적 청력역치 변화에서 전 주파수 영역에서 소음 노출군의 연차적 청력역치 변화량이 소음 비노출군보다 크게 관찰되었다. 특히, 젊은 40대 미만의 소음 노출군에서 고음역(4000 Hz) 청력역치 변화가 현저하였으나 40대 이상의 소음 노출군에서는 고음역 청

력역치 변화량은 같은 연령대의 소음 비노출군의 청력역치 변화량과 크게 차이가 없었으나 회화음역대에서는 차이를 나타내었다.

본 연구 결과 연령증가와 소음 노출이 청력역치 변화에 대하여 각각 독립적으로 영향을 미치며 가산적 효과가 있었다. 또한 소음 노출군에서 연령효과를 보정하면 40세 미만군에서 고음역 청력역치 변화가 현저하고 40세 이상군에서는 회화음역에서 청력역치 변화가 크게 관찰되었다. 이는 소음에 계속 노출될 경우 초기에 영향을 많이 받았던 주파수에서의 청력손실은 완만하게 일어나는 반면 그보다 더 높거나 낮은 주파수에서의 청력손실은 촉진된다는 것을 제시하는 결과이다.

## References

- American National Standards Institute. Maximum permissible ambient noise levels for audiometric test rooms. ANSI S3.1.;1999. p. 1-16
- Axelsson A, Aniansson G, Costa O. Hearing loss in school children. A longitudinal study of sensorineural hearing impairment. Scand audiol 1987;16(3):137-143
- Ballenger JJ. Disease of nose, throat, ear, head and neck. 14<sup>th</sup> ed Philadelphia. Lea&Febiger.;1991. p. 1053-1068
- Cho BM, Park JO. The changes of hearing threshold level in noise-exposed workers. Korean J Occup Environ Med 1994;6(1):32-41
- Chung DY, Mason K, Gannon RP. The ear effect as a function of age and hearing loss. J Acoust Soc Am 1983;73(4):1277-1282
- Corso JF. Age correction factor in noise induced hearing loss: A quantitative model. Audiology 1980;19(3):221-232
- Cruikshanks KJ, Tweed TS, Wiley TL, Klein BE, Klein R et al. The 5-year incidence and progression of hearing loss: the epidemiology of hearing loss study. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2003;129(10):1041-1046
- Goldner AJ. Deafness in shipyard workers. AMA Arch Otolaryngol 1953;57(3):287-309
- Hermann ER. An audiometric approach to noise control. Am Ind Hyg Assoc J 1963;24:344-356
- Henderson D, Subramian M, Boettcher FA. Individual susceptibility to noise induced hearing loss: an old topic revisited. Ear Hear 1993;14(3):152-168
- Howell RW, Hartley BP. Variability in audiometric recording. Br J Ind Med 1972;29(4):432-435

- Kamal AA, Mikael RA, Fairs R. Follow up of hearing thresholds among forge hammering workers. *Am J Ind Med* 1989;16(6):645-658
- Korea Ministry of Employment and labor. 2013 Korea worker's health check results. KOSHA;Ulsan.;2014a. p. 100-176
- Korea Ministry of Employment and Labor. 2014 Manufacture workplace survey(2014-Health-1070). KOSHA;Ulsan.;2014b. p.219-237
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Standards for pure tone audiometric testing(KOSHA Guide H-56-2014). KOSHA;Ulsan.;2014. p.1-11
- Kim JY, Lim HS, Cheong HK, Moon OR. A study on diagnostic criteria of noise-induced hearing loss among workers in an iron foundry. *Korean J Prev Med* 1993;26(3):371-386
- Kim KS, Lee JH, Cho BM, Yang SR, Kim OK et al. Evaluation and prediction of hearing thresholds in noise exposed worker. *Korean Academy of Audiology* 2005;1:67-79
- Kim S, Lim EJ, Kim HS, Park JH, Jarng SS et al. Sex differences in a cross sectional study of age-related hearing loss in Korean. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2010;3(1):27-31
- Lee JH. Occupational disease of noise exposed worker. *Hanyang med Rev* 2010;30(4):326-332
- Lee JH, Lee CY, Yoo CI, Yaang SR, Kim OH et al. The effect of noise exposure and age on the changes of group mean hearing threshold level. *Korean J Occup Environ Med* 1999;11(2):137-152
- Lee JH, Kim JS, Oh SY, Kim KS, Cho SJ. Effects of age on hearing thresholds for normal adults. *Korean J Audiol* 2003;7(1):15-23
- Lee YH. A survey on the changes in industrial noisy environment and hearing loss of workers. *Korean J Prev Med* 1989;22(3):337-354
- Lim HS, Kim H, Jung HK. A study on the status of management among workers diagnosed as hearing loss in an iron foundry. *Korean J Occup Environ Med* 1992;4(2):190-198
- Macrae JH. Noise induced hearing loss and presbycusis. *Audiology* 1971;10(5):323-333
- Mills J. Noise induced hearing loss. Philadelphia, Mosby year book.;1992. p. 237-245
- Paik DM. Occupational diseases, its recognition and diagnosis - A review on the current practice in Korea. *Korean Journal of Public Health* 1993;30(1):73-84
- Palmer KT, Griffin MJ, Syddall HE, Pannett B, Cooper C et al. Raynaud's phenomenon, vibration induced white finger and difficulties in hearing. *Occup Environ Med* 2002;59(9):640-642
- Pirilä T, Jounio-Ervasti K, Surri M. Left-right asymmetries in hearing threshold levels in three age groups of a random population. *Audiology* 1992;31(3):150-161
- Prince MM. Distribution of risk factors for hearing loss: implications for evaluating risk of occupational noise-induced hearing loss. *J Acoust Soc Am* 2002; 122(2):557-567
- Robert A. Prevention of Noise-Induced Hearing Loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1995;121(4):385-391
- Robinson DW, Shipton MS, Whittle LS. Audiometry in industrial hearing conservation-II. *J Occup Environ Med*;1976. p. 432
- Royster JD, Royster LH. Using audiometric data base analysis. *J Occup Med* 1986;28(10):1055-1068
- Simpson TH, McDonald D, Stewart M. Factors affecting laterality of standard threshold shift in occupational hearing conservation program. *Ear Hear* 1993;14(5): 322-331
- Toppila E, Pyykkö I, Starck J. Age and noise induced hearing loss. *Scand Audiol* 2001;30(4):236-244
- Won JU, Ahn YS, Roh JH. The effects of adjustment on the diagnosis of noise induced hearing loss. *Korean J Prev Med* 1995;28(3):651-662