

## 청력보존프로그램 평가를 위한 표준 역치이동 기준들의 비교: 1개 사업장 코호트의 10년간 추적 조사

울산의대 울산대학교병원 산업의학과, 흉부외과<sup>1)</sup>, 대한항공 산업안전보건센터<sup>2)</sup>  
한국산업안전공단 산업안전보건연구원<sup>3)</sup>

심창선 · 정경숙 · 김유정 · 최나리 · 이충렬 · 이 현 · 정종필<sup>1)</sup> · 김옥현<sup>2)</sup>  
이요원<sup>2)</sup> · 양승림<sup>2)</sup> · 오성수<sup>3)</sup> · 이지호

### — Abstract —

### Comparison of the Standard Threshold Shift Criteria for Evaluating Hearing Conservation Programs

Chang Sun Sim, Kyoung Sook Jeong, Yu Jung Kim, Na Ri Choy, Choong Ryeol Lee, Hun Lee, Jong Pil Jung<sup>1)</sup>, Ok Hyun Kim<sup>2)</sup>, Yo Weon Lee<sup>2)</sup>, Seung Rim Yang<sup>2)</sup>, Sung Soo Oh<sup>3)</sup>, Ji Ho Lee

*Department of Occupational and Environmental Medicine,  
Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery<sup>1)</sup> Ulsan University Hospital, Ulsan, Korea  
Korean Air Occupational Safety and Health Center, Busan, Korea<sup>2)</sup>  
Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA<sup>3)</sup>*

**Objectives:** Workers from a factory was selected to compare 8 standard threshold shift criteria with the Korean diagnostic criteria of noise-induced hearing loss for this cohort study.

**Methods:** From 1990 to 1999, 491 workers at a manufacturing company with complete record of the hearing test covering the range of 0.5~6 kHz for 10 consecutive years were finally selected. Eight standard threshold shift criteria (15 dB once, NIOSH (1972), 10 dB average 3~4 kHz, OSHA STS, AAO-HNS, 15 dB twice, 15 dB 1~4 kHz, OSHA STS twice) along with the Korean standard for diagnosing the noise-induced hearing loss (the average hearing threshold at 0.5, 1 and 2 kHz) were compared to calculate the degree of the threshold shift and the minimum time required to detect the change.

**Results:** Those workers showing at least one positive shift in the 'once' criteria of NIOSH (1972) were 92.5%; the 'average' criteria of 10 dB average 3~4 kHz were 35.8%; 'twice' criteria of 15 dB twice were 44.4%. The duration from the baseline to the year showing the first positive shift was from  $3.2 \pm 3.1$  years (NIOSH, 1972) to  $6.0 \pm 2.1$  years (OSHA STS twice). The percentage of true positive shift ranging from 20.4% (AAO-HNS) to 69.8% (NIOSH, 1972). There were 10 (2%) which met the Korean diagnostic criteria of noise-induced hearing loss.

**Conclusions:** Currently the concept of hearing threshold shift in diagnosing the hearing loss was adopted in Korea thus in this study we determined the validity and the effect of the various hearing threshold shift criteria and showed that NIOSH (1972) criteria was the best of all. In the future, hearing data from various manufacturing workers should be compared to thoroughly evaluate the threshold shift criteria and to establish adequate standard for Korean workers.

**Key Words:** Noise induced hearing loss, Threshold shift criteria, Cohort study.

서 론

소음은 거의 모든 작업 공정에서 발생되고 있으며, 소음성 난청은 작업장에서 유발되는 건강 장애 중 가장 많은 부분을 차지하고 있다(ACOEM, 2003). 실제 2004년 특수건강진단 실시인원 600,164명중 소음성 난청 유소견자(D1)는 1,994명이었지만 28배에 해당하는 55,889명이 직업병 요관찰자(C1)로 존재하고 있으며, 이들을 포함한 380,478명의 근로자가 85 dB(A) 이상의 소음에 지속적으로 노출되고 있어 앞으로 소음성 난청 유소견자는 지속적으로 늘어날 수밖에 없는 상태이다(노동부, 2005).

미국 보건부(NIH, 1990)에 따르면 모든 청력손실의 1/3이 소음에 의한 것이고 대부분이 직업기인성이라고 하였으며, 감각적 손실 중 특히 청력손상이 직업적 손상의 위험률과 직접적인 관련이 있으므로 작업장내 안전과 사고의 예방을 위해 건강한 청력이 필요하다고 역설하고 있다. 우리나라에서도 최근 소음성 난청의 관리를 위해 사업장내 청력보존프로그램의 도입을 법제화 하였고, 2002년과 2004년에는 특수건강진단 정도관리규정을 제정 및 개정하고 청력검사 결과의 타당성을 높이기 위해 검사담당자, 검사환경, 검사기기 등에 대한 정도관리를 실시하고 있다. 또한 2004년부터는 특수건강진단 실무에 종사하는 의사를 대상으로 청각관정교육을 실시하는 등 청력보존프로그램의 시행에 대한 준비를 다하고 있다.

소음성 난청은 노인성 난청 다음으로 감각신경성 난청의 흔한 형태이지만, 연속적이고 적절한 청력보존프로그램에 의해 더 이상의 악화를 막을 수가 있는 예방 가능한 장애이다 (Rabinowitz, 2000). 작업장에서 발생하는 소음성 난청을 예방하기 위해서는 소음이 발생하는 위험요소를 없애는 것이 최선의 방법이다. 그러나 이는 문명의 이기를 버리지 않는 이상 불가능한 일이며, 여러 가지 법적인 규제나 방법 등이 있을 수 있겠지만 어느 한계 이상은 기술적인 문제나 비용 상의 문제로 인해 더 이상 소음을 줄이기는 힘들다. 그래서 근로자 개인의 청력 보호가 현실적으로 소음성 난청 예방의 핵심이 된다(Daniell 등, 2003).

미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)은 8시간 가중 평균 85 dB(A) 이상의 소음에 노출된 모든 근로자에 대해서 청력검사를 하고, 청력보존프로그램을 실시하도록 규제하고 있다. 그리고 고용주는 소음노출이 증가되는 생산이나 공정, 관리에 변화가 있을 때에도 필히 감시를 반복하여야 한다고 규제하고 있다(OSHA, 2002).

집단을 대상으로 청력을 평가하는 목적은 소음 노출 근로자에 대한 직업성 청력손실을 조기에 감지하고, 많은 사람들에게 있어서 역치의 큰 변화가 일어나기 전에 적절

한 조치를 취함으로써 직업성 청력손실을 예방하는데 있다(Royster와 Royster, 1986). 주기적인 청력검사를 실시함으로써 근로자의 청력변화에 대한 감시가 가능하고, 검사결과 데이터베이스의 분석을 통해 근로자의 청력 보호를 위한 대책과 교육 동기를 마련하게 된다(OSHA, 2002).

의미있는 역치이동(significant threshold shift)이란 기초 청력검사와 비교하여 일정수준 이상의 청력 역치 이동이 있는 것인데, 일반적으로 청력검사 변이인  $\pm 5$  dB 보다는 커야 한다(NIOSH, 1998). 기초 청력검사(base-line audiogram)는 이후의 청력검사와 비교 기준이 되는 청력검사이며, 85 dB(A) 이상의 소음에 노출된 근로자는 첫 6개월 이내에 기초 청력검사를 실시하고 이후 매년 청력검사를 실시하여야 하는데, 이는 근로자의 청력 악화를 조기에 발견할 수 있기 때문에 중요하다(NIOSH, 1998; OSHA, 2002).

OSHA에서 제시한 표준 청력 역치이동(standard threshold shift, STS)은 기초 청력검사와 비교하여 어느 한쪽 귀에서 2, 3, 4 kHz에 대한 시간에 따른 평균 청력 역치가 10 dB 이상 상승하는 것을 말한다(OSHA, 1983). OSHA 기준 외에도 다양한 역치이동 기준이 있는데, 지금까지 8가지가 알려져 있다(Royster, 1992; 1996). 이러한 청력 역치이동 기준들은 개인의 청력변화의 양을 파악할 수 있고, 작업장 소음의 일시적 또는 영구적 영향, 비직업적 노출 및 상황, 연령과의 연관성 등 청력의 모든 변화에 민감한 특징을 가지고 있어 청력보존 프로그램에서 이용되고 있다(Lane 등, 1985; Daniell 등, 2003).

소음성 난청의 국내 진단기준은 근로자의 청력 절대치만을 가지고 평가를 하기 때문에, 관리기준 이하에서 청력 변화가 발생하더라도 조기에 발견하기가 어렵고, 시간에 따른 근로자의 청력의 변화(악화나 유지)를 알 수가 없는 단점이 있었다. 최근 한국산업안전공단(2006)에서는 소음에 대한 특수건강진단 항목으로 OSHA의 표준역치이동을 계산할 수 있는 2, 3, 4 kHz의 3개 주파수에 대해 1차 검사를 실시하도록 하고, 소음작업장 근무예정 근로자의 배치전 건강진단에서 0.5~6 kHz까지 검사하도록 하는 새로운 기준을 도입하였다. 그러나 지금까지 우리나라 사람을 대상으로 OSHA (1983)의 표준역치이동 기준을 사용하여 그 효용성을 검토한 바는 없고, 현존하는 다양한 역치이동기준들을 적용하여 분석한 선행연구가 없으므로 이에 대한 실제적 적용과 타당성에 대한 검토가 필요한 시점이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 일개 사업장 코호트의 10년간 추적 관찰한 청력검사 자료를 이용하여, 지금까지 알려진 8가지의 다양한 청력 역치이동 기준에 적용해 봄으로써,

첫째 우리나라 근로자의 청력검사결과로 청력보존프로그램의 효과를 측정하는데 실제로 유용한 역치이동 측정방법이 무엇인지를 찾아내고, 둘째 각 기준치의 장단점을 실제적 적용을 통해 파악함으로써 향후 청력보존프로그램의 도입과 활용에 도움이 되고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 부산지역의 일개 금속제조업에서 근무하는 996명의 남성 근로자를 대상으로 하였다. 10년 이상의 청력자료를 가진 근로자 수는 총 754명이었고, 이들 중 기준년도를 1990년으로 설정하여 합당한 청력자료가 있는 근로자 수는 565명이었다. 조사대상자에서 청력자료에 누락이 있거나, 문진상 청각기 질환, 사격 또는 어학 공부나 취미활동으로 이어폰이나 헤드폰을 사용한 과거력이 있는 이들을 모두 제외하였고, 10년간 0.5~6 kHz의 완전한 기도 청력검사 결과와 문진 내용이 있는 491명의 근로자를 최종 분석대상으로 하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 청력검사

청력검사는 숙련된 간호사가 동일한 검사 장소에서 정기 건강진단을 통해 매년 실시하였다. 본 연구에서 사용된 청력계(audiometer)는 Tracor RA400 Microprocessor Audiometer이며 ANSI-standard S 3.6-1996 기준에

적합하였다. 청력계는 방음 부스 안에 설치되어 있으며, 보정은 년 1회씩 정기적인 보정과 직원 중 1인을 대상으로 규칙적으로 생물학적 보정을 하였다. 청력 측정실의 배경 소음은 ANSI S 3.1-1999 기준에 적합하였다. 청력검사는 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 kHz에 대해 실시했고, 각 주파수에서 수정상승법을 이용하여 동일 역치에서 2회 연속 반응이 있는 음압을 역치로 결정하였다. 검사상 청력 역치가 95 dB을 초과하는 값의 경우는 100 dB로 계산하였다. 순음청력검사는 일시적인 역치이동에 의한 영향을 최소화하기 위하여 14시간 이상 소음에 노출되지 않도록 하여 출근과 동시에 검사를 실시하였다.

#### 2) 역치이동 기준

각각의 기준들에 대한 요약은 Table 1에 제시되어 있으며 간략한 설명은 다음과 같다.

(1) 15 dB once 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적 검사기간에 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 kHz의 어느 한 주파수에서라도 15 dB 이상의 변화가 있는 것.

(2) National Institute of Safety and Health (NIOSH, 1972) 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적 검사기간에 0.5, 1, 2, 3 kHz의 주파수에서는 10 dB 이상의 변화나 4, 6 kHz에서는 15 dB 이상의 변화가 있는 것.

(3) 10 dB average 3~4 kHz 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적 검사기간에 3, 4 kHz의 평균이 10 dB 이상의 변화가 있는 것.

(4) OSHA STS 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적검사 기간에 어느 한쪽 귀에서 2, 3, 4 kHz의 평균 청력 역치가 10 dB 이상 변화가 있는 것.

**Table 1.** Different threshold shift criteria

Criterion name	Amount	Frequencies (kHz)						Mode	Occurrence
		0.5	1	2	3	4	6		
15 dB once	+15dB	X	X	X	X	X	X	Any Frequency	One year ( 'once' )
NIOSH (1972)	+10dB	X	X	X	X			Any Frequency	One year
	+15dB					X	X		
10 dB average 3~4kHz	+10dB				X	X		Frequency average	One year
OSHA STS	+10dB			X	X	X		Frequency average	One year
AAO-HNS	+10dB	X	X	X				Frequency average	One year
						X	X		
15 dB twice	+15dB	X	X	X	X	X	X	Any Frequency	Two years ( 'twice' ); same ear and frequency
15 dB twice 1~4kHz	+15dB		X	X	X	X		Any Frequency	Two years; same ear and frequency
OSHA STS twice	+10dB			X	X	X		Frequency average	Two years; same ear

(5) The American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery (AAO-HNS) 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적 검사기간에 0.5, 1, 2 kHz의 주파수 평균값이 10 dB 이상의 변화가 있거나, 3, 4, 6 kHz의 주파수 평균값이 15 dB 이상의 변화가 있는 것.

(6) 15 dB twice 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적 검사기간에 2년 연속으로 같은 귀와 같은 주파수에서 0.5~6 kHz 사이의 어느 한 주파수에서라도 15 dB 이상의 변화가 있는 것.

(7) 15 dB twice 1~4 kHz 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적 검사기간에 2년 연속으로 같은 귀와 같은 주파수에서 1, 2, 3, 4 kHz의 어느 한 주파수에서라도 15 dB 이상의 변화가 있는 것.

(8) OSHA STS twice 기준: 기초 청력검사와 비교하여 추적 검사기간에 2년 연속으로 같은 귀에서 2, 3, 4 kHz의 주파수 평균값이 10 dB 이상의 변화가 있는 것.

3) 용어의 정의

(1) 양성 역치이동(positive shift): 기초 청력검사와 비교하여 각각의 추적 검사기간(2~10년)에 각각의 기준을 만족시키는 역치의 발생을 의미.

(2) 진양성 역치이동(true positive shift): 양성 역치이동이 그 다음해 청력검사에서도 지속되는 것을 의미.

(3) 역치이동의 발생(new tags): 기초 청력검사와 비교하여 각각의 추적 검사기간(2~10년)에 처음으로 양성 역치이동이 나타나는 근로자의 퍼센트.

(4) 총 역치이동의 발생(total tags): 기초 청력검사와 비교하여 각각의 추적 검사기간(2~10년)에 처음 또는 중복되어 양성 역치이동이 나타나는 근로자의 퍼센트.

(5) 역치이동 발생의 누적 퍼센트(percent ever tagged): 기초 청력검사와 비교하여 모든 추적 검사기간(2~10년)에 최소한 한 번 양성 역치이동이 나타나는 근로자의 퍼센트.

4) 자료의 분석

개인의 모든 청력 변화를 기초 청력검사와 비교해서 매년의 청력검사에서 해당 기준을 첫 번째로 만족시킬 때를

‘양성 역치이동 확인(positive identification)’으로 정의하고, 이들의 자료 중 그 다음해 청력검사에서 역치이동이 지속되면 ‘진양성’으로 계산하였다. 이러한 방법으로 8가지의 서로 다른 역치이동 기준을 평가하였다 (Royster, 1992).

또한 Royster가 도입한 간접적 추정 방법으로 8가지의 표준 청력 역치이동 기준을 적용하여 기준년도로부터 첫 양성 역치이동이 나타나는 기간과 그 발생 분율을 관찰하였다. 또한 10년 동안 우리나라의 소음성 난청 기준에 대해서도 발생정도를 관찰하였다.

자료의 정리와 분석은 MS 엑셀 및 SPSS 12.0을 이용하였다.

결 과

1. 대상군

기초 년도(1990년)의 평균 나이는 28.6±6.4세였고, 연령 범위는 최소는 18세, 최대는 42세였다. 20대와 30대가 92.6%였다. 근로자 전체는 남자였다. 이들 중 70 dB(A) 이상의 소음 노출군은 287명이었고, 나머지 204명은 70 dB(A) 이하에서 소음에 노출되거나, 일반 사무직이었다(Table 2).

2. 양성 역치이동

기초 청력검사와 비교하여 각각의 추적 검사기간(2~10년)에 처음 양성 역치이동이 나타나는 근로자의 퍼센트를 의미하는 역치이동 발생의 퍼센트, 역치이동 발생의 누적 퍼센트와 처음 또는 중복되어 양성 역치이동이 나타나는 총 역치이동 발생의 퍼센트는 각각 Table 3과 Fig 1A, B에 나타나있다.

각각에서 ‘once’ 기준(모든 주파수 1회 발생)은 15 dB once와 NIOSH (1972) 기준을 가리키며, ‘frequency-average’ 기준(주파수 평균 1회 발생)은 10 dB average 3~4 kHz, OSHA STS, AAO-HNS 기준을 가리키며, ‘twice’ 기준(모든 주파수 2회 연속 발생)은 15

Table 2. General characteristics of subjects at the beginning of study

Age	Noise exposure			Number (%)
	≤ 69 dB (A)	70-84 dB (A)	≥ 85 dB (A)	Total
≤ 29 years	87 (17.7)	116 (23.6)	48 ( 9.8)	251 (51.1)
≥ 30 years	117 (23.8)	94 (19.1)	29 ( 5.9)	240 (48.9)
Total (%)	204 (41.5)	210 (42.8)	77 (15.7)	491 (100)

**Table 3.** New tags\*, ever tags†, total tag‡ results for the each criterion

Criteria	New tags per year (%)										Ever tagged (%)										Total tags each year (%)									
	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10		1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10		1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	
15 dB once	116	57	45	45	52	50	24	8	15	412	116	104	115	151	195	246	195	192	258		116	104	115	151	195	246	195	192	258	
	(23.6)	(11.7)	(9.2)	(9.2)	(10.6)	(10.2)	(4.9)	(1.6)	(3.1)	(83.9)	(23.6)	(21.2)	(23.4)	(30.8)	(39.7)	(50.1)	(39.7)	(39.1)	(52.5)		(23.6)	(21.2)	(23.4)	(30.8)	(39.7)	(50.1)	(39.7)	(39.1)	(52.5)	
NIOSH (1972)	139	81	52	51	71	28	14	3	15	454	139	146	154	201	285	297	220	210	296		139	146	154	201	285	297	220	210	296	
	(28.3)	(16.5)	(10.6)	(10.4)	(14.5)	(5.7)	(2.9)	(0.6)	(3.1)	(92.5)	(28.3)	(29.7)	(31.3)	(40.9)	(58.0)	(60.5)	(44.8)	(42.8)	(60.3)		(28.3)	(29.7)	(31.3)	(40.9)	(58.0)	(60.5)	(44.8)	(42.8)	(60.3)	
10 dB average	10	15	20	17	36	32	18	9	19	176	10	19	25	29	66	82	67	63	85		10	19	25	29	66	82	67	63	85	
3-4 kHz	(2.0)	(3.1)	(4.1)	(3.5)	(7.3)	(6.5)	(3.7)	(1.8)	(3.9)	(35.8)	(2.0)	(3.9)	(5.1)	(5.9)	(13.4)	(16.7)	(13.6)	(10.8)	(17.3)		(2.0)	(3.9)	(5.1)	(5.9)	(13.4)	(16.7)	(13.6)	(10.8)	(17.3)	
OSHA STS	4	10	15	9	21	18	14	5	14	110	4	12	18	14	33	34	37	23	47		4	12	18	14	33	34	37	23	47	
	(0.8)	(2.0)	(3.1)	(1.8)	(4.3)	(3.7)	(2.9)	(1.0)	(2.9)	(22.4)	(0.8)	(2.4)	(3.7)	(2.8)	(6.7)	(6.9)	(7.5)	(4.7)	(9.5)		(0.8)	(2.4)	(3.7)	(2.8)	(6.7)	(6.9)	(7.5)	(4.7)	(9.5)	
AAO-HNS	6	5	11	9	14	13	15	6	14	93	6	6	13	12	25	22	24	16	35		6	6	13	12	25	22	24	16	35	
	(1.2)	(1.0)	(2.2)	(1.8)	(2.9)	(2.6)	(3.1)	(1.2)	(2.9)	(18.9)	(1.2)	(1.2)	(2.6)	(2.4)	(5.1)	(4.5)	(4.9)	(3.3)	(7.1)		(1.2)	(1.2)	(2.6)	(2.4)	(5.1)	(4.5)	(4.9)	(3.3)	(7.1)	
15 dB twice	0	34	18	27	37	46	33	12	11	218	0	34	38	55	85	119	122	100	129		0	34	38	55	85	119	122	100	129	
	(0.0)	(6.9)	(3.7)	(5.5)	(7.5)	(9.4)	(6.7)	(2.4)	(2.2)	(44.4)	(0.0)	(6.9)	(7.7)	(11.2)	(17.3)	(24.2)	(24.8)	(20.4)	(26.3)		(0.0)	(6.9)	(7.7)	(11.2)	(17.3)	(24.2)	(24.8)	(20.4)	(26.3)	
15 dB twice 1-4 kHz	0	4	11	14	17	35	21	8	8	123	0	4	14	24	39	67	69	53	68		0	4	14	24	39	67	69	53	68	
	(0.0)	(0.8)	(2.2)	(2.9)	(3.5)	(7.1)	(4.3)	(1.6)	(1.6)	(25.1)	(0.0)	(0.8)	(2.9)	(4.9)	(7.9)	(13.6)	(14.1)	(10.8)	(13.8)		(0.0)	(0.8)	(2.9)	(4.9)	(7.9)	(13.6)	(14.1)	(10.8)	(13.8)	
OSHA STS twice	0	2	2	3	6	6	6	3	5	33	0	2	3	3	8	14	18	13	18		0	2	3	3	8	14	18	13	18	
	(0.0)	(0.4)	(0.4)	(0.6)	(1.2)	(1.2)	(1.2)	(0.6)	(1.0)	(6.7)	(0.0)	(0.4)	(0.6)	(0.6)	(1.6)	(2.9)	(3.7)	(2.6)	(3.7)		(0.0)	(0.4)	(0.6)	(0.6)	(1.6)	(2.9)	(3.7)	(2.6)	(3.7)	

\*New tags(identification): the percent of employees tagged for the first time in a comparison of each test(2 through 10) back to the baseline test(test1)

†Percent ever tagged: the percent of employees tagged at least once in a comparisons of all tests (2 through 10) back to baseline (test1)

‡Total tags: the percent of employees tagged (either first or repeat) in a comparison of each test(2 through 10) back to the baseline test(test1)

dB twice, 15 dB twice 1~4 kHz, OSHA STS twice 기준을 가리킨다.

10년간의 추적관찰에서 적어도 한 번의 역치이동이 나타나는 근로자의 백분율은 2가지 once 기준에서 15 dB once가 83.9%, NIOSH (1972)가 92.5%로 나타났으며, 3가지의 frequency-average 기준에서는 10 dB average 3~4 kHz가 35.8%, OSHA STS가 22.4%, AAO-HNS가 18.9%이었고, 3가지 twice 기준에서는 15 dB twice가 44.4%, 15 dB twice 1~4 kHz가 25.1%, OSHA STS twice가 6.7%로 나타났다.

### 3. 첫 양성 역치이동이 나타나는 기간

첫 양성 역치이동이 나타나는 기간의 의미는 해당 기준들이 얼마나 빨리 근로자의 청력 역치이동을 발견할 수 있는지는 것인데, 8가지 역치이동 기준에서 첫 NIOSH (1972)가 3.2±2.1년으로 가장 짧았으며, OSHA STS twice 6.0±2.1년으로 가장 길었다(Table 4). 그리고 8가지 역치이동 기준에서 기초년도 검사로부터 첫 양성 역치이동이 나타나는 평균 기간과 양성 역치이동이 나타난 근로자 백분율은 강한 역의 상관관계를 보였다 (Pearson correlation,  $r=0.976$ ,  $p<0.01$ ).

### 4. 진양성 역치이동

진양성 역치이동의 발생을 계산하는 과정에서 마지막 해

에 표준 역치이동이 처음 발생한 경우에는 그 다음해의 발생을 구할 수가 없기 때문에 결과에서 제외시켰다.

진양성 역치이동의 퍼센트(근로자의 퍼센트가 아닌)는 다섯 가지의 once 기준은 AAO-HNS의 20.4%에서 NIOSH (1972)의 69.8%의 범위였고, 3가지 twice 기준에서는 OSHA STS twice의 48.5%에서 15 dB twice의 55%의 범위였다. 진양성 역치이동의 근로자의 퍼센트는 두 가지 once 기준들에서 높았는데, NIOSH (1972)에서 64.6%, 15 dB once에서는 49.1%였다(Table 4).

각각에서 진양성: 위양성 식별의 비는 확인된 역치이동의 비율이 적절함을 보여주는 것으로, NIOSH (1972)가 2.3으로 가장 높았고, 15 dB once가 1.4, 15 dB twice가 1.2 등의 순서였다. 같은 기간 동안 우리나라의 소음성 난청 진단기준에 부합되는 근로자의 수는 10명 (2%)이었다(Table 4, Fig 1A, B).

## 고 찰

소음성 난청이 있다고 하여 노동력에 큰 저하를 가져오는 것은 아니다. 그러나 소음성 난청으로 인해 더 많은 위험을 감수해야하고 사회적 수행능력과 삶의 질이 저하된다면 이는 단순히 개인적인 문제에 그칠 일이 아니다. 소음성 난청을 예방함으로써 귀와 관련된 모든 질환을 치료하는 것보다 청력손실을 더 많이 줄일 수 있다(Dobie, 2001)

이상적인 표준 청력 역치이동이란 시간에 따른 청력의 모든 악화를 실제로 확인할 수 있고, 그 변화를 빨리 확

**Table 4.** Workers with at least one threshold shift in ten years, using different threshold shift criteria (n=491)

Criterion Name	Workers with at least one positive shift (number, %)	Years from baseline to first positive shift (mean ± SD)	Percent of positive shifts estimated to be true positive (number, %)	Percent of Workers estimated to have a true positive shift (%; TP: FP ratio)
<b>'once' criteria</b>				
15 dB once	412 (83.9)	3.6 ± 2.3	241 (58.5)	49.1 (1.4)
NIOSH (1972)	454 (92.5)	3.2 ± 2.1	317 (69.8)	64.6 (2.3)
10 dB average 3-4 kHz	176 (35.8)	5.2 ± 2.3	84 (47.7)	17.1 (0.9)
OSHA STS	110 (22.4)	5.3 ± 2.3	34 (30.9)	6.9 (0.4)
AAO-HNS	93 (18.9)	5.5 ± 2.4	19 (20.4)	3.9 (0.2)
<b>'twice' criteria</b>				
15 dB twice	218 (44.4)	5.1 ± 2.0	120 (55.0)	24.4 (1.2)
15 dB twice 1-4 kHz	123 (25.1)	5.9 ± 1.9	64 (52.0)	13.1 (1.1)
OSHA STS twice	33 ( 6.7)	6.0 ± 2.1	16 (48.5)	3.2 (0.9)
Korea Average 0.5-2 kHz	10 ( 2.0)	5.3 ± 2.3	-	-

\* The percent of workers with at least one positive shift (column 1) were multiplied by the percent of positive shifts estimated to be true positive (column 3) to estimate the percent of workers with a true positive shift (column 4). False positives were determined similarly, using 100% minus the percent of positive shifts estimated to be true positive (column 3).

†TP: FP= true positive to false positive ratio.

인하며, 무작위적 또는 인공적인 변이나 직업적 소음노출 이외의 영향에 의한 변화에 의한 위양성을 최소화하는 것이다(Daniell 등, 2003). 표준 청력 역치이동의 발생을 관찰함으로써 소음 노출 근로자의 예후를 파악하고, 근로자에 대한 교육도구로 활용가능하며, 청력보존프로그램 효과를 측정하는 도구로 사용할 수 있다는데 그 실제적인 가치가 있다(NIOSH, 1998).

소음성 난청에 대한 여러 가지 진단법 및 예방법들이 있으나 우리나라에서 시급한 것은 현재의 기준이 실제로 얼마나 합당한가를 재평가하는 것과 다른 나라의 여러 기준들을 실제 우리의 사업장에 적용시켰을 때 어느 기준이 가장 적합한 지를 평가하여 우리나라만의 기준을 재정립하는 것이다.

최근 미국의 소음성 난청 관리기준은 OSHA STS 기준을 따르고 있지만, 1998년 NIOSH는 소음작업장 근로자의 청력감사에서 의미있는 역치이동의 발견을 위해 향상된 기준으로 '15 dB twice'를 권고한 바 있다. 최근의 OSHA는 근로자의 같은 귀에서 2,3,4 kHz의 평균 청력이 25 dB 이상이면 작업관련성 손상과 질환의 OSHA Log 300에 따라 각각의 표준 역치이동을 기록하도록 기록유지 규정을 바꾸었다(Rabinowitz 등, 2003).

본 연구에서 다루었던 소음성 난청의 관리를 위한 8가지의 표준 청력 역치이동은 그동안 계속 연구되어 왔고, 현재도 비교 검토하는 연구가 지속되고 있다(Dobie, 1983; 2005; Royster, 1992; 1996; Daniell 등, 2003). 그러나 불행히도 지금까지 시간에 따른 청력 악화를 확인하기

위한 청력검사상의 역치이동 기준에 대한 타당성이나 효과를 판단하는 황금률(gold standard)은 없으므로 수년 동안 청력의 연속적인 경과를 모니터링하는 것 이외에는 따로 역치이동 기준의 민감도나 특이도를 계산할 수가 없다. 따라서 현 시점에서는 역치이동 기준의 타당성에 대한 분석은 진양성 또는 위양성의 간접 추정치에 의존할 수 밖에 없는 실정이다(Lane 등, 1985; Daniell 등, 2003; Dobie, 2005).

본 연구에서 검토되었던 역치이동 기준들의 장점 및 단점을 살펴보면, 우선 'once' 기준들의 장점은 1) 초기에 역치이동을 발견할 수 있고, 2) 주파수 평균을 계산할 필요가 없으며, 3) 모든 소음에 민감한 주파수를 포함한다는 것이고, 단점은 추적조사가 불필요한 너무 많은 퍼센트를 포함한다는 것이다. Royster (1996)의 연구에서 예민한 것으로 나온 2가지 'twice' 기준인 15 dB twice 와 15 dB twice 1~4 kHz의 장점은 1) 진양성 역치이동의 발생이 높으며, 2) 역치이동의 지속성을 평가하기 위해 반복 검사할 필요가 없으며, 3) 주파수 평균을 계산할 필요가 없고, 4) 소음에 민감한 모든 주파수를 다 포함한다는 것이고, 단점은 초기에 역치이동을 발견하는 것이 어렵다는 것이다. 그리고 2가지 OSHA STS 및 OSHA STS twice 기준들은 장점보다는 단점이 더 많은 것으로 나타났는데, 그 단점들은 1) 역치이동의 발생이 낮으며, 2) 주파수 평균을 계산해야 하고, 3) 소음에 민감하게 변하는 주파수들을 평균화해서 그 변화를 관찰했다는 것이다.

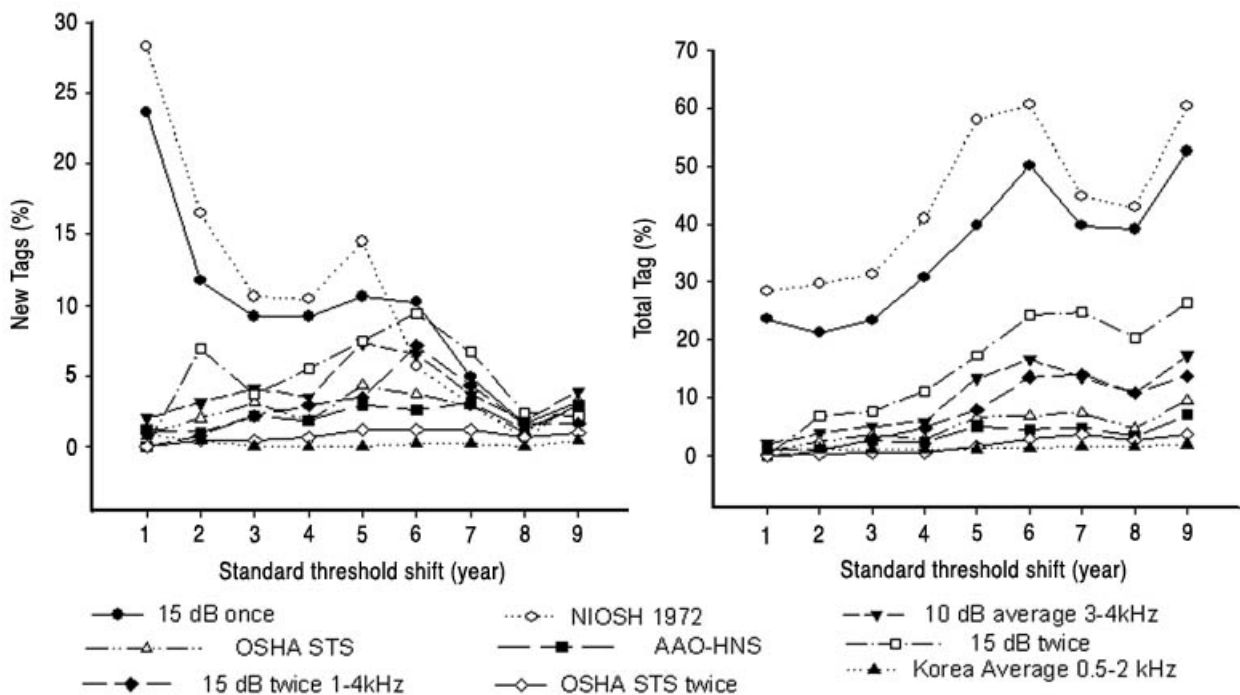


Fig. 1. Percent of new tags (A) and total tags (B) by different criteria.

가장 최근의 연구인 Daniell 등(2003)의 연구 결과는 NIOSH가 제시한 15 dB twice가 가장 예민한 것으로 밝혀졌으나, 본 연구에서는 NIOSH (1972)가 15 dB twice보다 예민한 지표인 것으로 나타났다. 이러한 차이점은 우선 다른 연구(Dobie, 1984; Royster 1992; 1996)에서는 여러 기관의 근로자를 대상으로 시행한 연구들이며, 둘째로 조사 대상이었던 각 기관에서 청력 보존 프로그램의 도입 유무가 불명확했으며, 마지막으로 청력검사 방법 및 주위 배경 환경의 차이가 있을 수 있다는 점에서 기인될 수 있다. 그러나 본 연구는 장기간 단일 장소에서 근무한 동일한 근로자들로 구성된 집단이며, 입사 후부터 지속적으로 청력보존프로그램의 적용을 받아왔으므로 가장 예민한 지표인 NIOSH (1972)에서 가장 높은 양성률이 나타난 것과 같이 기존의 연구결과와 다소 다른 점이 있을 수 있다.

Daniell 등(2003)은 어떠한 단일 기준을 여러 종류의 자료에 적용을 시켰을 때, 자료들 간의 차이가 크기 때문에 기준들 간의 작은 차이는 중요하지 않을 것이라고 하였다. 따라서 작업장에서 근로자의 청력유지에 대해 가장 중요한 것은 어떠한 기준을 가지고 검사를 해서 얼마나 잘 밝혀내느냐 하는 것이 아니라, 합당한 기준을 가지고 그에 대한 대책을 잘 수립하는 데 있다.

본 연구에서 사용된 지표들에 근거하여 각각의 기준을 비교하여 보면, 우선 '역치이동의 발생'은 사업장에서 기초 청력검사와 비교하여 매년 재검사 및 추적검사를 해야 할 필요가 있는 인원을 의미하며, 전반적인 발생률은 15 dB once와 NIOSH (1972)가 높았고, OSHA STS twice가 가장 낮았다. '역치이동 발생의 누적 퍼센트'는 사업장에서 기초 청력검사와 비교하여 주어진 기간 동안에 재검사 및 추적검사를 해야 할 필요가 있는 인원을 의미하며, OSHA STS twice가 6.7%로 가장 낮았고, NIOSH (1972)가 92.5%로 가장 높았다. '총 역치이동의 발생'은 사업장에서 기초 청력검사와 비교하여 주어진 기간 동안에 누적된 청력 역치이동의 발생으로 청력 보존 프로그램의 효과를 평가할 수 있으며, OSHA STS twice가 가장 낮았으며, 15 dB once와 NIOSH (1972)가 높게 나타났다.

본 연구에서는 Royster (1992)가 시행했던 것과 마찬가지로 연령을 보정하지 않았는데, 만약 연령을 보정했다면 역치이동 발생의 퍼센트를 감소시켰을 수도 있었을 것이다. 그러나 본 연구의 목적은 서로 다른 기준들의 상대적인 비교이고, Adera 등(2000)의 연구에 의하면 시간에 따른 변이를 보는 데는 학습 효과나 연령보정이 의미가 없을 수도 있으므로, 연령 보정의 유무와는 상관없이 결과는 유사할 것이다.

소음성 난청의 예방대책 중 청력보존은 청력의 저하유

무에 상관없이 현재의 상태를 유지하는 것을 의미하고, 예방은 청력손실을 방지하는 것을 의미한다(NIOSH, 1996). 산업장에서 발생하는 소음성 난청을 예방하려 할 때 가장 효과적인 방법은 청력보존프로그램을 수행하는 것이다. 청력보존프로그램은 소음측정, 공학적 관리, 청력보호구 착용, 청력검사 및 이학적 판정, 근로자에 대한 보건 교육 및 훈련 등을 주요 내용으로 하고 있다. 일반적으로 공학적 관리가 가장 효과적이지만 현실적으로 기술적, 비용적 관계가 있기 때문에 개개인의 청력보존에 비중을 두게 된다(Suiter, 1993; Niland와 Zenz, 1994; Koo 등, 1998).

소음성 난청은 예방이 가능하다는 측면에서 관리의 중요성이 더욱 강조되고 있으며 2003년 미 청각학회는 소음에 의한 직업성 난청예방을 위한 6가지 실행지침을 제시하였는데 요약하자면 첫째, 유해한 소음에 대한 현실적 정의가 필요하다. 85 dB(A)의 허용노출수준(PEL)과 3 dB 교환율(exchange rate)을 권고한다. 둘째, 정확한 청력역치를 측정할 수 있는 적절한 방법론적 요구, 즉 청력검사자, 검사기기, 검사실 환경 및 측정주파수의 구성을 규정하고 기초청력과 매년검사를 실시한다. 셋째, 기초청력치로부터 의미있는 변화를 확인할 수 있는 지침서를 이용한다. Royster (1992, 1996)는 OSHA의 표준역치이동(STS)보다는 15 dB twice를 권고한다. 의미있는 역치변화가 있다면 본인과 회사에 알리고, 청력보호구 사용에 대한 재훈련, 임상검사를 위한 의뢰와 30일 이내 추적검사를 실시한다. 넷째, 교육대상에 적절한 교육방법 및 재료. 청력손실 예방프로그램은 교육과 훈련에 따라 승패가 좌우되므로 목표로 삼는 태도, 행위, 믿음을 동기화할 수 있는 단순히 정보를 제공하는 차원 이상의 역동적이고 적절한 교육과 훈련을 실시한다. 다섯째, 청력보호구의 감쇄율은 현실적으로 측정된 값에 근거하여 계산되어야 한다. 제품에 표시된 감쇄율에 대해 일반적으로 7 dB를 뺀 값을 실제 감쇄율로 적용할 것을 권고한다. 여섯째, 청력보호구는 개별적이거나 최소한 소그룹에 대해 적절하게 제공해야 한다. 소음성 난청의 주요원인은 잘 맞지 않은 청력보호구와 착용순응도 저하 때문이므로 적절한 교육과 함께 안락함, 편이성, 비용과 의사소통이 고려된 보호구를 선택해야 하는 것 등으로 언급하고 있다(American Academy of Audiology, 2003). 그러나 아직 우리나라에는 의미있는 역치이동을 확인하기 위해 역치이동기준을 비교하여 연구하거나 청력보호구 선택에서 그 감쇄율을 얼마나 정해야할 지에 지침이 제시되지 않은 상태이며 향후 우리나라 사람을 대상으로 한 자료를 통해 보완이 뒤따라야 할 부분이다.

이 연구의 제한점은 입사당시 청력치를 기준 청력으로 한 것이 아니라, 1990년 청력검사를 기준으로 해서 청력



역치이동의 변화를 보았기 때문에 근로자의 입사년을 기준으로 한 자료가 아니라 본 연구 대상의 사업장이 청력보존프로그램을 적용하고 있었기 때문에 청력보존 프로그램을 시행하지 않은 다른 사업장과 직접적인 비교가 곤란한 점이 있다는 것이다.

본 연구에서는 근로자의 양성 역치이동, 첫 역치이동이 나타나는 기간, 진양성으로 추정되는 근로자의 퍼센트를 모두 고려했을 때, NIOSH (1972) 기준과 15 dB once 기준이 다른 기준에 비해 예민하고도 신뢰성 있는 결과를 나타내었다. 이처럼 다양한 역치이동기준을 평가해봄으로써 지금까지 우리나라의 자료로 분석한 적이 없었던 역치이동기준을 파악할 수 있었다. 그러나 청력보존프로그램을 적용과 평가를 위한 역치이동기준은 작업장의 실정에 맞게 선택해야 하며, 보다 중요한 것은 기준을 적용하여 얻은 결과를 개선시키기 위해 얼마나 적절한 대책을 세우고 실천하는가에 달려있다. 향후 다양한 청력검사결과 데이터베이스에 적용하여 청력보존 프로그램의 평가와 시행에 적합한 역치이동기준을 찾고 적절한 대책을 보완해가는 연구가 지속적으로 필요하리라 생각된다.

## 요 약

**목적:** 1개 사업장 코호트를 대상으로 기존에 제시된 8 가지 청력 역치이동 기준과 국내 소음성 난청 진단기준을 비교하여 그 활용성 정도를 파악하고자 하였다.

**방법:** 1990년부터 1999년까지 일개 제조업체에 종사하는 10년 연속 0.5~6 kHz의 완전한 청력검사 결과를 가지는 491명의 근로자를 최종 분석 대상으로 하였다. 외국의 8가지 청력역치이동 기준(15 dB once, NIOSH(1972), 10 dB average 3~4 kHz, OSHA STS, AAO-HNS, 15 dB twice, 15 dB 1~4 kHz, OSHA STS twice) 및 우리나라의 소음성 난청 진단기준(3분법)을 적용하여 연구 기간 내 역치이동 정도와 최초로 나타나는데 걸리는 시간에 대한 결과를 비교하였다.

**결과:** 양성 역치이동이 적어도 한 번 나타나는 근로자들은 'once' 기준에서는 NIOSH (1972)가 92.5%, 'Average' 기준에서는 10 dB average 3~4 kHz가 35.8%, 'twice' 기준에서는 15 dB twice가 44.4%로 나타났다. 첫 양성 역치이동이 나타나는 기간은 NIOSH(1972)가 3.2±3.1년, OSHA STS twice는 6.0 ± 2.1년 이었다. 진양성 역치이동의 퍼센트는 20.4%(AAO-HNS)~69.8%(NIOSH, 1972)의 범위였다. 같은 기간 동안 대상 근로자 중 우리나라 소음성 난청 진단기준에 부합하는 사람은 10명(2%)이었다.

**고찰:** 일개 사업장을 대상으로 여러 가지 청력 역치이동 기준을 적용하여 각 기준들의 타당성과 활용가능성을

평가한 결과 NIOSH (1972)기준과 15 dB once기준이 비교적 예민한 지표인 것으로 나타났다. 앞으로 다양한 사업장의 자료에 대해 각 기준을 적용해 봄으로써 어느 기준이 우리나라 근로자의 청력변동을 평가하는데 용이하고도 타당한지 지속적인 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- 노동부. 2004년 근로자 건강진단 실시결과. 2005.
- 한국 산업안전공단 산업안전보건연구원. 근로자 건강진단 실무지침. 제1권 특수건강진단 개요 2006.
- Adera T, Amir C, Anderson L. Time trend analysis of hearing loss: An alternative approach to evaluating hearing loss prevention programs. *AIHAJ* 2000;61:161-5.
- American Academy of Audiology. Preventing noise-induced occupational hearing loss. Available: <http://www.audiology-online.com> [cited 29 November 2003].
- American College of Occupational and Environmental Medicine (ACOEM). Noise-induced hearing loss. *J Occup Environ Med* 2003;45(6):579-81.
- Daniell WE, Stover BD, Takaro BK. Comparison of criteria for significant threshold shift in workplace hearing conservation programs. *J Occup Environ Med* 2003;45(3):295-304.
- Dobie RA. Reliability and validity of industrial audiometry: Implications for hearing conservation program design. *Laryngoscope* 1983;93:906-27.
- Dobie RA. Medical-legal evaluation of hearing loss. Singular Thomson learning . Canada 2001. pp1-8.
- Dobie RA. Audiometric threshold shift definitions: Simulations and suggestions. *Ear & Hearing* 2005;26:62-77.
- Koo JW, Park CY, Chung CK, Lee KS, Yim HY, Phee YG, Oh SY, Ham WS. The effects of knowledge and attitude about noise on hearing conservation behavior and hearing loss. *Korean J Occup Environ Med* 1998;10(4):476-83. (Korean)
- Lane CL, Dobie RA, Crawford DR, Morgan MS. Standard threshold shift criteria-An investigation of the most reliable indicator of noise-induced hearing loss. *J of Occup Med*. 1985;27(1):34-42.
- National Institute of Health(NIH). Noise and hearing loss. NIH consensus development conference consensus statement 1990.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Preventing occupational hearing loss, A practical guide. Cincinnati, OH. NIOSH Publications Dissemination. 1996.
- NIOSH. Criteria for a recommended standard, Occupational noise exposure revised criteria. Cincinnati, OH. NIOSH Publications Dissemination. 1998.
- Niland J, Zenz C. Occupational hearing loss, noise and hearing conservation. In: Zenz C, Dickerson OB, Horvath EP. (eds)

- Occupational Medicine. Mosby, Chicago, 1994. pp 258-96.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 1910.95 CFR Occupational noise exposure: Hearing conservation amendment ; Final rule. Occupational Safety and Health Administration. Federal Register. 1983;48:9738-85.
- OSHA. Occupational injury and illness recordkeeping and reporting requirements; Final rule. Occupational Safety and Health Administration. Federal Register. 2002;67:44037-48.
- Rabinowitz PM. Noise-induced hearing loss. Am Fam Physician 2000;61:2749-56, 2959-60.
- Rabinowitz PM, Slade M, Dixon-Ernst C, Sircir K, Cullen M. Impact of OSHA final rule-recording hearing loss: An analysis of an industrial audiometric dataset. J Occup Environ Med 2003;45(12):1274-80.
- Royster JD, Royster LH. Using audiometric data base analysis. J Occup Environ Med 1986;28(10):1055-68.
- Royster JD. Evaluation of different criteria for significant threshold shift in occupational hearing conservation programs. Raleigh, NC: Environmental Noise Consultants; 1992.
- Royster JD. Evaluation of additional criteria for significant threshold shift in occupational hearing conservation programs. Raleigh, NC: Environmental Noise Consultants; 1996.
- Suiter AH. Hearing conservation. In: Berger EH, Ward WD, Morrill JC, Royster LH. (eds) Noise and hearing conservation manual. American Industrial Association, Virginia, 1993. pp 1-18.