

소음 특수건강진단에서의 순음청력검사 방법 및 평가의 적정성 - 청력정도관리 순음청력검사 자료를 중심으로 -

한국산업안전공단 산업안전보건연구원

김규상 · 김소연 · 조영숙 · 정호근

— Abstract —

Appropriateness of the Method and Evaluation in Pure-tone Audiometry in the Special Periodic Health Examination of Noise-exposed Workers

Kyoo Sang Kim, Soyeun Kim, Young-Sook Cho, Ho Keun Jung

Industrial Safety & Health Research Institute, KOSHA

Objective : This study was undertaken to evaluate that noise-exposed workers have been appropriately selected for the special periodic health examination and that pure-tone audiometry has been correctly applied and the results of these have been properly analyzed.

Methods : We obtained health examination data of noise-exposed workers from 48 special periodic health examination agencies. The data consisted of special periodic health examination results and audiograms that had performed examination during the latter half of 1998. We analysed the appropriateness of the subject selection for the second special periodic health examination of noise-exposed workers, the method of pure-tone audiometry, and the evaluation of audiogram.

Results : The screening performance rate is 67.65% in the special periodic health examination of noise-exposed workers. Although 34.29 persons per agency should have had a second examination according to our criteria, only 18.44 persons were actually examined. So a third of subjects were omitted. The air and bone conduction performance rate by each frequency is 75.71 %. 24.29 % persons did not have a bone conduction and were evaluated only by air conduction. The correct use rate of symbols(right, left-unmasked AC, masked AC, unmasked BC, and masked BC) recommended by ASHA(American Speech-Language-Hearing Association) was 70.36 %. Generally air conduction threshold is equal to or higher than bone conduction threshold. In the reverse case, especially if the gap is more than 10 dB(BC-AC > 10), this is considered to be incorrect. When we applied this criteria, the result indicated that it was correct in 75.46 %. The performance rate of air masking was 15.03 %, and bone masking was 26.21 %. 7 among 48 agencies diagnosed NIHL(Noise-Induced Hearing Loss) only by air conduction, 8 performed air masking and 13 did bone masking. When compared with ISO Standard(1964) and Ministry of Labor Standard, the results of evaluation(D₁, D₂) on hearing loss according to hearing loss type and threshold were rather low.

Conclusions : Hearing Quality Assurance Program about periodic special examination agencies and examiners will continue to be needed and also the evaluation of hearing loss should be performed and controlled using accurate criteria. This will reduce the error among examiners and results in individuals by means of a standard that is capable of being accurate and reliable.

Key Words : Appropriateness, Pure-tone audiometry, Noise, Health examination

〈접수일 : 2001년 3월 6일, 채택일 : 2001년 7월 12일〉

교신저자 : 김 규 상(Tel : 032-5100-927) E-mail : kobawoo@kosha.net

서 론

소음성 난청은 현재 우리 나라에서 특수건강진단 결과 유소견자(D₁ 판정) 중 가장 많으며, 또한 소음 특수건강진단 피검사자의 10 % 이상이 소음성 난청 요관찰자(C)로 판정을 받고 있다(김규상 등, 1999). 그리고 이러한 규모만이 아니라 사전에 예방할 수 있다는 관리 측면 때문에 산업보건분야에서 중요한 위치를 차지하고 있는 질환이다. 소음에 의한 청력장애는 초기에 3000~6000 Hz에서 조기청력손실이 있게 되며 일반적으로 4000 Hz에서 가장 흔히 발견된다. 즉, 소음성 난청의 초기에는 고음역에서 청력손실이 있게 되어 비교적 저음역인 일상적인 대화에는 장애를 느끼지 못하기 때문에 본인이 인식하지 못하는 경우가 많으며 근로자 자신이 난청을 알게 될 때는 이미 상당히 진행되었다고 볼 수 있다. 따라서 건강진단을 통한 소음성 난청의 진행을 막는 2차 예방을 위한 조기진단 방법으로서의 청력검사의 유용성이 있다.

그러나 소음성 난청의 판정과 관련한 순음청력검사의 결과에 있어서 그 동안 논란이 많았다. 이는 피검사자의 역치에 대한 기관간, 시기별, 검사자간 결과뿐만 아니라 청력검사방법, 청력검사 환경 및 청력검사기의 보정과 관련한 문제가 지적되었다(김현욱 등, 1994). 특수건강진단기관의 청력검사의 진단방법, 진단기준 및 평가에 대한 표준화 및 질향상을 통하여 청력검사의 정확성과 신뢰성을 높이고 소음성 난청의 올바른 평가와 질병발생을 예방하고자 1996년부터 정도관리 프로그램이 도입되었다. 소음 특수건강진단의 표준화란 청력검사기기뿐만 아니라 청력검사방법, 검사실 환경, 피검자와 판정자 등 종합적으로 청력검사에 영향을 주는 요인에 대한 표준화를 통하여 신뢰성 있는 검사결과를 얻으려는 활동이다. 청력정도판리는 산업안전보건법 제 43조, 동법 시행규칙 제 103조의 2 및 노동부 고시 근로자건강진단 실시기준 제 24조의 2의 3호에 의해 소음성 난청 진단을 위한 청력검사에 대해 적용 실시하고 있다. 1996년 후반기부터 청력검사자를 대상으로 교육 중심으로 실시하다 1999년부터 청력검사 표준화를 위한 청력 검사자에 대한 교육, 소음 특수건강진단 제출 자료의 평가 및 기관 방문조사를 통한 평가 등 세 가지 방법으로 시행하고 있다. 또한 청력검사기의

보정방법, 검사실 환경, 검사자, 청력검사방법 등을 한국산업안전공단의 순음청력검사지침(H-13-99)에 제시하고 있다.

이 연구는 1999년에 실시한 청력정도관리 중 하나인 소음 특수건강진단 자료의 평가를 위해 제출된 각 특수건강진단기관의 소음 특수건강진단에서 소음성 난청을 판단하는데 가장 중요한 청각도(audio-gram) 등의 자료를 통해 2차 소음 특수건강진단 대상자 선정의 적정성, 순음청력검사방법의 적정성 및 판정의 적정성을 살펴보고자 하였다. 대상자 선정과 검사방법의 적정성은 건강진단기관의 진단 과정에 대한 평가로, 판정의 적정성은 2차 건강진단 대상자에 대해 기관에서 판정한 건강관리구분을 청각도상의 청력손실정도와 개별적으로 비교하고 평가하여 소음 특수건강진단에서 순음청력검사의 문제점을 구체적으로 파악하여 검사방법 및 진단의 정확성과 신뢰성을 제고하고자 하였다.

대상 및 방법

이 연구는 소음성 난청 진단을 위한 청력검사에 대한 정도관리 중 1999년 소음 특수건강진단 자료의 평가 대상기관인 48개 특수건강진단기관에서 제출받은 자료를 대상으로 하였다. 1998년 하반기에 특수건강진단을 실시한 특수건강진단기관당 근로자수 100~500인 규모의 사업장 1곳의 특수건강진단 결과표, 소음 특수건강진단 개인표, 2차(정밀) 소음 특수건강진단 대상자의 순음청력검사 결과인 청각도 등의 자료를 이용하였다. 이 자료로부터 평가하고자 하는 내용은 ① 2차 소음 특수건강진단 대상자 선정의 적정성, ② 순음청력검사방법의 적정성, ③ 판정의 적정성을 보고자 하였다. 다음에 기술한 표준방법의 적용에 따른 각 특수건강진단기관의 실시율을 적정성의 지표로 보았다.

2차 소음 특수건강진단 대상자 선정의 적정성은 2차 건강진단 대상자 선별기준인 1차 소음 특수건강진단 결과 1000 Hz에서 30 dB 이상 또는 4000 Hz에서 40 dB 이상을 적용한 2차 건강진단 대상자에 해당되는 자의 2차 건강진단 실시율로 평가하였다.

제출한 2차(정밀) 소음 특수건강진단 순음청력검사 결과인 청각도상의 주파수별 기도 및 골도 검사의 실시, 표준표기방법에 따른 역치 표기, 기도 및 골도검

사 결과의 차이, 적절한 기도와 골도 음차폐 실시 여부를 평가하여 실시율로 순음청력검사방법의 적정성을 판단하였다. 2차 건강진단의 좌우측 기도와 골도 검사는 좌우측 주파수별로 최소한 500, 1000, 2000, 4000 Hz의 기도와 골도 검사의 실시 여부로 판단하고, 표준표기방법(audiogram symbol)에 따른 역치 표기는 ASHA(1990) 또는 한국산업안전공단의 순음청력검사지침(H-13-99)에 의한 오디오그램 작성 여부로, 기도청력역치는 골도청력역치보다 같거나 크게 나와야 하는데 골도청력역치가 기도청력역치보다 크게 나오는 경우(골도-기도역치 > 10)에는 잘못 측정하였다고 볼 수 있으므로 이를 기도 및 골도청력검사의 적정성의 기준으로 적용하였다. 기도 및 골도 음차폐는 양귀 사이의 음감쇠(interaural attenuation: IA)를 감안하여 양쪽 귀의 기도역치 차이가 40 dB 이상 차이가 나거나 또는 한쪽 귀의 골도와 기도 청력역치가 40 dB 이상 차이가 나는 경우에는 음차폐 기도검사를, 한쪽 귀의 기도-골도 역치 차이가 10 dB 이상 차이가 나는 경우에는 음차폐 골도검사를 하여야 하는 것으로 정의하여 평가하였다.

소음 특수건강진단 판정의 적정성은 청각도상의 청력역치를 ISO 기준(1964) 적용에 의한 역치에 따른 청력장애 정도와 소음성 난청 유소견자 진단기준인 3분법에 의한 청력손실치, 4000 Hz에서의 역치 및 난청의 유형에 따라 분류하여 특수건강진단기관에서 판정한 건강관리구분과 각각 비교하여 적정성을 살펴 보았다. 자료는 2차 건강진단 대상자 862명에 대해 기관에서 최종적으로 판정한 건강관리구분(A, B, C, D₁, D₂)으로 분류하였다. 건강관리구분에 따른 평가와 판정의 적정성을 보기 위해 청력손실 역치 정도에 대한 구분(정상역, 26 이하; 경도, 27~40; 중등도, 41~55; 중등고도, 56~70; 고도난청, 71~90; 농, 91 dB 이상)은 ISO(1964)의 3분법에 의한 분류를 적용하였으며, 청력손실 정도의 유형 구분은 소음성 난청 유소견자(D₁ 판정) 기준을 고려하여 2차 건강진단 결과 평균청력손실 정도(3분법)로 ㉠ 평균청력손실 30 dB 미만, 4,000 Hz 50 dB 미만, ㉡ 평균청력손실 30 dB 미만, 4,000 Hz 50 dB 이상, ㉢ 평균청력손실 30 dB 이상, 4,000 Hz 50 dB 미만, ㉣ 평균청력손실 30 dB 이상, 4,000 Hz 50 dB 이상(감각성난청), ㉤ 평균청력손실 30 dB 이상, 4,000 Hz 50 dB 이상(전음성난청)으로 분류하였다. 평균청력손실 30 dB 이상, 4,000 Hz 50

dB 이상인 군에서 기도와 골도검사 결과 기도와 골도의 차이(air-bone gap)가 20 dB 이상 차이가 나는 경우에 전음성 난청으로 구분하였다.

결 과

소음성 난청 진단을 위한 청력검사에 대한 정도관리 중 1999년 소음 특수건강진단 자료의 제출 대상기관인 48개 특수건강진단기관에서 제출받은 전체 48개 사업장의 5,233명의 자료를 가지고 적정성 평가를 하였다. 소음 특수건강진단 자료 평가 대상자는 성별로 남자가 4,338명(82.9%), 여자가 895명(27.1%), 2차 건강진단 실시자는 874명(16.7%), 나이는 평균 35.91세, 소음 노출기간은 7.56년이였다(Table 1).

조사 대상자의 소음 특수건강진단 순음청력검사 결과 1차 건강진단만 실시한 근로자의 경우 우측 귀의 1000 Hz 청력역치는 19.12 dB, 좌측은 19.17 dB이었으며, 4000 Hz에서는 각각 20.76, 20.95 dB이었다. 2차 건강진단 대상자중 1차 건강진단 결과는 우측 귀의 1000 Hz는 23.91, 4000 Hz는 49.02 dB로 2차 건강진단 대상자를 포함한 전체 1차 건강진단 결과와 비교하면 4000 Hz의 청력역치 손실이 크며, 좌측 귀의 결과는 우측 귀와 비슷하였다. 1차 건강진단 대상자중 2차 건강진단을 실시한 대상자의 3분법으로 평균청력역치는 우측 19.28, 좌측 19.21 dB이었다. 1000과 4000 Hz의 주파수별 역치를 1차와 비교하였을 때 4000 Hz에서는 차이를 보이지 않는 반면에 1000 Hz의 역치는 6 dB 감소하여 나타났다(Table 2).

2차 건강진단 대상자의 선정의 적정성을 선별기준의 적용에 따라 살펴 보았을 때, 1개 특수건강진단기관이 제출한 사업장당 소음 특수건강진단(1차) 대상자는 110명으로 1차 건강진단 대상자 중에서 1000 Hz에서 30 dB 이상자는 14.9명이었으나 이중 2차 건강진단을 실시한 자는 5.3명으로 62.6%만을 선별하여 2차 건강진단을 실시하였으며, 4000 Hz에서 40 dB 이상의 선별기준 적용은 75.7%로 1000 Hz에서 30 dB 이상자에 대한 선별기준 적용 수행률이 4000 Hz에서의 선별기준 적용 수행률보다 낮았다. 전체적으로 2차 건강진단 대상자 선별기준으로서 1차 소음 특수건강진단의 1000 Hz에서 30 dB 이상 또는 4000 Hz에서 40 dB 이상을 적용하면 2차 건강진단 대상자는

Table 1. General characteristics of the study subjects and workers filed audiometric data

Characteristics		frequency(%)
		Total (48 agencies*, 5,233 workers)
Agencies of investigation		
	University hospital	13(27.1)
	General hospital	22(45.8)
Classification of agency	Non-profit organization/Clinic	10(20.8)
	Dispensary	3(6.3)
Workers filed audiometric data		
Sex	Male	4,339(82.9)
	Female	894(17.1)
Type of health examination	1st health examination	4,359(83.3)
	2nd health examination	874(16.7)
Age(years) [†]		35.91(6.14)
Noise exposure duration(years) [†]		7.56(6.14)

* : Special health examination agency

† : mean(standard deviation)

Table 2. Pure-tone audiometric hearing thresholds in the special health examination of noise-exposed workers
mean(SD) dB

Type of health examination	Hearing thresholds on both ear							
	Right				Left			
1st health examination	1000 Hz	4000 Hz	1000 Hz	4000 Hz	1000 Hz	4000 Hz	1000 Hz	4000 Hz
Only 1st health examinees	19.12(7.00)	20.76(10.83)	19.17(7.15)	20.95(10.69)				
Among 2nd health examinees	23.91(12.46)	49.02(16.99)	23.71(11.43)	49.05(17.13)				
All 1st health examinees	19.92(8.36)	25.49(16.04)	19.93(8.20)	25.66(15.95)				
2nd health examination	Right				Left			
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Hearing thresholds	19.81(13.56)	18.00(13.10)	19.99(15.04)	48.22(19.44)	18.97(12.93)	17.97(13.31)	20.72(15.48)	48.44(19.30)
PTA*	19.28(12.59)				19.21(12.25)			

* PTA(Pure-tone average):(500+1000+2000 Hz)/3

기관 평균 사업장당 34.3명이었으나 18.4명만을 대상으로 2차 건강진단을 실시하여 선별기준 적용의 실시율은 67.7 %이었다(Table 3).

2차 건강진단을 실시한 자에 대한 각 주파수별 기도·골도 검사율은 75.7 %이었고, 표준표기방법(오른쪽, 왼쪽 - 비차폐 기도, 차폐 기도, 비차폐 골도, 차

폐 골도검사)에 따른 표기는 70.4 %에서 제대로 표기되고 있었다. 기도 및 골도청력검사의 적정성으로 기도청력역치는 골도청력역치보다 같거나 크게 나와야 하는데 골도청력역치가 기도청력역치보다 크게 나오는 경우(골도-기도청력역치>10)에는 잘못 측정하였다고 볼 수 있는 바 이 기준의 적용시 75.5 %만이 검사결과

Table 3. Appropriateness of screening in pure-tone audiometry in the special health examination of noise-exposed workers

	Workers per agency	2nd health examined workers	Performance rate*
1st health examined workers	110.00(71.78)		
≥ 30 dB at 1000 Hz on 1st health examination	14.94(26.11)	5.25(6.14)	62.57(33.56)
≥ 40 dB at 4000 Hz on 1st health examination	25.77(17.31)	17.94(10.10)	75.69(26.12)
Screened workers†	34.29(29.15)	18.44(10.07)	67.65(30.61)

* : health examined workers/workers applied standard per agency

† : Hearing threshold levels were more than 30 dB at 1000 Hz or more than 50 dB at 4000 Hz

Table 4. Appropriateness of method in pure-tone audiometry in the second health examination of noise-exposed workers

Items	Workers per agency	Complete examinees	Performance rate
Full frequency pure-tone audiometric testing in both ear	18.44(10.07)	13.63(10.24)	75.71(40.03)
Mark on audiometric symbols	19.13(9.81)	14.05(12.88)	70.36(45.80)
Proper air- and bone-conduction testing*	16.71(9.03)	12.46(9.52)	75.46(28.73)
Masking for air-conduction testing	3.27(3.38)	0.38(0.98)	15.03(30.90)
Masking for bone-conduction testing	11.12(7.30)	3.56(7.33)	26.21(42.49)

* : (Bone conduction threshold - Air conduction threshold) ≤ 10 dB

가 적절하였으며, 기도 및 골도 음차폐 검사는 각각 실시 대상자의 15.0 %, 26.2 %만 실시하고 있었다. 48개 기관중 7개 기관(14.6 %)이 2차 검진을 기도순음 청력검사만으로 판정하고 있었으며, 기도 및 골도 음차폐검사는 각각 8개 기관(16.7 %), 13개 기관(27.2 %)에서만 실시하고 있었다(Table 4).

Table 5와 6은 건강진단기관에서 판정한 건강관리구분과 개별적인 순음청력검사상의 실제 청력손실 정도를 비교하여 측정 결과 평가의 적정성을 보고자 한 내용으로서 최종적으로 2차 소음 특수건강진단을 실시한 전체 대상자 885명 중 분석 대상자 862명의 2차 대상자 판정결과는 A/B/C/D₁/D₂ 각각 35명(4.1 %)/74명(8.6 %)/689명(79.9 %)/6명(0.7 %)/58명(6.7 %)으로 전체 대상자 중 소음성 난청 유소견자는 6명(0.11 %)이었다. 기도 순음청력검사만으로 3분법에 의한 ISO기준으로 평가하였을 때, 청력손실 정도는 정상역과 경도난청을 보이는 경우가 우측에서 각각 738명(85.6 %), 67명(7.8 %)이었으며, 좌측은 715명(82.9 %), 94명(10.9 %)이었다. 의사소통장

애의 일반적 기준이 되는 중등도 난청 이상의 청력손실을 보이는 중등도(41~55 dB), 중등고도(56~70 dB), 고도난청(71~90 dB), 농(91 dB 이상)이 우측 귀의 경우 각각 33명(3.8 %), 17명(2.0 %), 6명(0.7 %), 1명(0.1 %)으로 2차 건강진단 대상자 중 6.6 %를 차지하고 있었다. 좌측도 비슷한 결과를 보였다. 질환자로서 일반적인 청력장애의 기준이 되는 어느 한쪽 귀의 경도난청 이상의 비율은 22.9 %로 이는 D₁/D₂ 군에 해당된다고 보여지나 실제로 대다수가 C로 판정되었다(Table 5).

평균청력손실은 3분법으로 30 dB, 4000 Hz에서의 청력역치는 50 dB의 소음성난청 유소견자 진단기준의 적용에 따른 구분으로 소음 특수건강진단 결과 판정의 적정성을 우측 한쪽 귀를 기준으로 살펴보았을 때, I군(평균청력손실 30 dB 미만이고 4000 Hz 50 dB 미만인 자: 380명, 44.2 %)에 해당되는 청력자의 건강진단 판정은 A: 34명(8.9 %), B: 61명(16.1 %), C: 272명(71.6 %), D₁: 0명, D₂: 13명(3.4 %)이었다. II군(평균청력손실 30 dB 미만이고, 4000 Hz 50

Table 5. Appropriateness of evaluation in pure-tone audiometry in the special health examination of noise-exposed workers
- Comparisons between the hearing loss classification by ISO standard and the health management classification by special health examination agencies frequency(%)

		Right					Total	
		Normal	Mild	Moderate	Moderately -Severe	Severe		Profound
Normal	A	34(5.1)						
	B	63(9.5)	4(13.8)					
	C	564(84.8)	18(62.1)	6(75.0)	3(33.3)	1(25.0)	715(82.9)	
	D ₁		1(3.4)					
	D ₂	4(0.6)	6(20.7)	2(25.0)	6(66.7)	3(75.0)		
	Subtotal [†]	665(77.1)	29(3.4)	8(0.9)	9(1.0)	4(0.5)		
Mild	A							
	B	4(8.5)						
	C	40(85.1)	23(76.7)	5(41.7)	3(60.0)		94(10.9)	
	D ₁		2(6.7)	2(16.7)				
	D ₂	3(6.4)	5(16.7)	5(41.7)	2(40.0)			
	Subtotal [†]	47(5.4)	30(3.5)	12(1.4)	5(0.6)			
Moderate	A							
	B	2(11.8)	1(20.0)					
	C	9(52.9)	2(40.0)	3(60.0)	1(50.0)	1(50.0)	32(3.7)	
	D ₁							
	D ₂	6(35.3)	2(40.0)	2(40.0)	1(50.0)	1(50.0)	1(100.0)	
	Subtotal [†]	17(2.0)	5(0.6)	5(0.6)	2(0.2)	2(0.2)	1(0.1)	
Moderately -Severe	A							
	B							
	C	5(62.5)	1(100.0)	3(60.0)			15(1.7)	
	D ₁			1(20.0)				
	D ₂	3(37.5)		1(20.0)	1(100.0)			
	Subtotal [†]	8(0.9)	1(0.1)	5(0.6)	1(0.1)			
Severe	A			1(33.3)				
	B							
	C			1(33.3)			6(0.7)	
	D ₁							
	D ₂	1(100.0)	2(100.0)	1(33.3)				
	Subtotal [†]	1(0.1)	2(0.2)	3(0.3)				
Total		738(85.6)	67(7.8)	33(3.8)	17(2.0)	6(0.7)	1(0.1)	862(100.0)

* Hearing loss classification by ISO standard - Normal: ≤26, Mild: 27-40, Moderate: 41-55, Moderately-severe: 56-70, Severe: 71-90, Profound: ≥91 dB

** Health management classification by special health examination agencies - A, B, C, D₁, D₂

†: frequency of total 862 second health examinees

dB 이상인 자: 370명, 43.1 %)은 소음에 의한 조기 청력손실을 보여주는 경우로서 A: 0명, B: 11명 (3.0), C: 356명(96.2 %), D₁: 0명, D₂: 3명(0.8 %)이었으며, III군(평균청력손실 30 dB 이상이고 4000 Hz 50 dB 미만인 자: 28명, 3.3 %)에 해당되는 자의 판정에서는 A: 0명, B: 2명(7.1 %), C: 16

Table 6. Appropriateness of evaluation in pure-tone audiometry in the special periodic health examination of noise-exposed workers
 - Comparisons between the applied diagnostic criteria and the health management classification by special health examination agencies
 frequency(%)

		I	II	Right III	IV	V	Total
I	A	34(15.0)					
	B	50(22.0)	7(7.2)	2(16.7)			
	C	143(63.0)	89(91.8)	7(58.3)	4(44.4)	6(50.0)	357(41.6)
	D ₁						
	D ₂		1(1.0)	3(25.0)	5(55.6)	6(50.0)	
	Subtotal [†]	227(26.4)	97(11.3)	12(1.4)	9(1.0)	12(1.4)	
II	A						
	B	6(4.9)	3(1.2)				
	C	114(93.4)	246(98.4)	4(80.0)	8(66.7)	2(100.0)	391(45.5)
	D ₁				1(8.3)		
	D ₂	2(1.6)	1(0.4)	1(20.0)	3(25.0)		
	Subtotal [†]	122(14.2)	250(29.1)	5(0.6)	12(1.4)	2(0.2)	
III	A						
	B	4(33.3)	1(25.0)				
	C	6(50.0)	3(75.0)	4(57.1)	2(18.2)		35(4.1)
	D ₁						
	D ₂	2(16.7)		3(42.9)	9(81.8)	1(100.0)	
	Subtotal [†]	12(1.4)	4(0.5)	7(0.8)	11(1.3)	1(0.1)	
IV	A						
	B	1(7.7)					
	C	7(53.8)	15(100.0)	1(25.0)	14(63.6)	3(75.0)	58(6.8)
	D ₁				4(18.2)		
	D ₂	5(38.5)		3(75.0)	4(18.2)	1(25.0)	
	Subtotal [†]	13(1.5)	15(1.7)	4(0.5)	22(2.6)	4(0.5)	
V	A					1(14.3)	
	B						
	C	2(33.3)	3(75.0)		1(100.0)	4(57.1)	18(2.1)
	D ₁					1(14.3)	
	D ₂	4(66.7)	1(25.0)			1(14.3)	
	Subtotal [†]	6(0.7)	4(0.5)		1(0.1)	7(0.8)	
Total		380(44.2)	370(43.1)	28(3.3)	55(6.4)	26(3.0)	859(100.0)

*I : Hearing threshold levels were less than 30 dB of PTA and less than 50 dB at 4000 Hz

II : Hearing threshold levels were less than 30 dB of PTA and more than 50 dB at 4000 Hz

III : Hearing threshold levels were more than 30 dB of PTA and less than 50 dB at 4000 Hz

IV : Hearing threshold levels were more than 30 dB of PTA and more than 50 dB at 4000 Hz
 (sensorineural hearing loss)

V : Hearing threshold levels were more than 30 dB of PTA and more than 50 dB at 4000 Hz
 (conductive hearing loss)

[†] : frequency of total 859 second health examinees

명(57.1%), D₁: 0명, D₂: 10명(35.7%)이었고, IV군(평균청력손실 30 dB 이상이고 4000 Hz 50 dB 이상인 자로 감각신경성난청인 자: 55명, 6.4%)은 현재 D₁ 판정기준에 해당되는 자이나 A: 0명, B: 0명, C: 29명(52.7%), D₁: 5명(9.1%), D₂: 21명(38.2%)이었으며, V군(평균청력손실 30 dB 이상이고 4000 Hz 50 dB 이상인 자로 전음성난청인 자: 26명, 3.0%)은 A: 1명(3.8%), B: 0명, C: 15명(57.7%), D₁: 1명(3.8%), D₂: 9명(34.6%)이었다. III군과 V군은 현재 기준으로 D₂에 해당하는 일반 난청장애에 해당된다고 볼 수 있으나 50% 이상이 C로 판정을 받았다(Table 6).

고 찰

순음청력검사시 청력측정에 영향을 미치는 제반 요인으로 청력검사실의 배경소음수준, 청력검사기의 음향보정상태, 청력검사자의 검사방법 중 헤드폰의 유형, 헤드폰의 위치, 헤드폰 착용 부위의 방해물(머리카락, 안경, 귀고리 등), 헤드밴드의 장력, 신호음의 주기, 신호음의 종류 등과 피검자 요인으로 생리학적인 요인(이명, 소음노출로 인한 일시적 난청), 반응요인(역치의 이해 부족, 알콜 또는 약물 등의 영향)과 고의적인 목적의 위난청(malingering) 및 보상심리 등을 들 수 있다(Morrill, 1986). 즉, 검사 결과를 얻는 과정 중 청력검사기의 정확성, 검사실 환경, 검사자가 사용하는 검사방법, 그리고 피검 근로자의 협조 등이 검사의 신뢰도에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

청력검사에서 피검자에 대한 정확한 청력역치를 구하는데 중요한 요인인 청력검사자의 청력검사방법을 표준화한 상태에서는 청력검사실의 검사 환경이 청력 검사 결과 청력역치 결정의 정확성에 중요한 요인으로 작용하며, 저음역의 청력검사가 주변 환경 소음의 영향을 더 많이 받는다고 알려져 있다(Staloff, 1993). 이는 소음 특수건강진단의 1차 검사(필수항목)에서 4000 Hz에서 보다 1000 Hz 검사 영역에서 더 심각하게 영향을 받을 수 있음을 보여 준다. 김규상 등(2000)의 연구에서도 일반 환경에서 1000 Hz의 청력역치가 10 dB 이상 증가하여 나타난 반면 4000 Hz에서는 거의 차이를 보이지 않고 있다. 주변환경 소음이 큰 경우에서도 역치의 증가가 1000 Hz에서 더 크게

나타남을 알 수 있다. 4000 Hz역의 0 dB의 감음치와 헤드폰의 감쇠효과가 1000 Hz역보다 더 크기 때문이다. 4000 Hz에서의 청력 역치 결과는 근로자에 대한 소음 특수건강진단 순음청력 필수검사에서 배경음이 크게 영향을 주지 못하여 난청장애의 선별검사로서 적정하게 기능한 반면에, 1000 Hz에서의 청력 역치 결과는 근로자에 대한 일반·특수건강진단 순음청력검사 1차 건강진단 또는 필수검사서에서 난청장애의 선별검사로서 타당성이 배경음의 수준과 관련이 아주 클 수 있음을 알 수 있다. 이와 같은 사업장내 일반 환경에서의 건강진단은 결국 전체 1차 검진 수진근로자에 대한 2차 검진 대상자의 비율을 높여 2차 건강진단 대상자를 선별하는데 있어 특이도가 낮아지는 방향으로 영향을 미친다. 이런 이유로 현재까지 많은 건강진단기관들이 소음특수건강진단 1차 검진에서 측정된 청력값에서 5~10 dB를 감해주는 방법을 이용하기도 한다(노재훈 등, 1994). 원종욱 등(2000)은 위양성으로 불필요하게 선별된 근로자의 시간적 손실과 2차 건강진단 결과와의 타당도와 관련하여 1차 검진의 민감도를 유지하면서 특이도를 높일 수 있는 방법으로 검사결과에서 10 dB를 차감하여 줄 때 효과적으로 민감도의 감소 없이 특이도를 증가시킬 수 있을 것으로 보았다. 그러나 이 방법은 배경음으로서 주변환경 소음이 기준 이상인 경우 경도난청(27~40 dB) 피검자의 청력역치 검사 결과에서 차감하였을 시에 위음성으로 선별되지 않을 가능성이 있으며, 배경음의 수준, 피검자의 청력수준, 정밀검사를 위한 선별기준 등이 복합적으로 영향을 미치기 때문에 이처럼 단순하지는 않다.

이 연구는 이와 같은 청력검사실의 배경음 수준에 의해 피검자인 근로자의 청력역치 결정에 영향을 미치는 요인에 대해 조사와 평가를 하지 않고, 기실시된 소음 특수건강진단 대상 사업체 근로자의 소음 특수건강진단 자료를 바탕으로 2차 건강진단 대상자의 선정, 2차 건강진단에서 실시하는 순음청력검사와 검사 결과에 따른 평가의 적정성을 살펴 보았다. 분석 대상 자료가 1999년 자료이기 때문에 특수건강진단과 관련하여 1999년 8월의 개정 또는 신설되기 전의 산업안전보건법시행규칙제100조(검사항목 및 실시방법), 근로자건강진단실시기준(노동부고시 제 97-63호) 및 한국산업안전공단의 순음청력검사지침(H-13-99)에 의해 소음 특수건강진단의 2차 건강진단 대상자 선별기준, 2차 건강진단의 순음청력검사

방법, 차폐방법, 오디오그램 표시방법 및 D_1 기준을 적용하였다. 순음청력검사지침은 1996년부터 실시한 특수건강진단기관에 대한 청력정도관리와 1995년 노동부의 연구용역으로 수행한 이원철(1995)의 소음 특수검진의 표준화 방안이 토대가 되어 1999년에 한국산업안전공단에서 청력검사의 보정 점검방법, 검사실 환경, 검사자, 청력검사방법에 대해 제시하고 있다(한국산업안전공단, 1999).

우리나라의 소음 특수건강진단은 소음에 노출되는 작업부서 전체 근로자에 대해 실시한다. 소음 특수건강진단은 1차로 양쪽 귀에서 1000과 4000 Hz의 순음기도청력검사를 대부분 원외인 사업장내의 일정한 장소에서 이루어진다. 그리고 이 검사 결과를 토대로 순음청력검사중 1000 Hz에서 30 dB 또는 4000 Hz에서 40 dB 이상의 청력손실을 보이는 경우에 2차로 양측귀의 500, 1000, 2000 및 4000 Hz의 기도 및 골도 순음청력검사를 실시하여 평가한다. 이와 같은 1차 검사로서 1000 Hz는 평균역치 손실을, 4000 Hz는 소음 노출로 인한 조기 청력손실을 주기적인 건강진단으로 조기에 선별하는 의미를 가진다 하겠다. 그러나 1차 검사는 적절한 검사실 배경 소음하에서도 정량적인 검사가 아닌 정성검사로써 정상과 이상 여부만을 가릴 뿐이며 또한 난청의 유형도 구분하지 못하기 때문에 각 주파수별 기도·골도의 순음청력검사를 시행하는 2차 검사로써 역치손실 정도와 난청의 유형을 정확히 판단할 수 있다.

소음 특수건강진단 대상인 85 dBA를 기준으로 30대 10년 소음 노출 근로자에서 4분법((500, 1000, 2000, 3000 Hz의 역치의 합)/4)에 의한 평균청력역치가 25 dB 이상이 1%, 90 dBA의 경우는 3%, 95 dBA의 경우는 10%이나(Johnson, 1978), 1차 소음 특수건강진단에서는 평균청력역치를 반영하는 1000 Hz의 역치 평균(표준편차)이 19.1(7.0) dB이고 33.4%가 25 dB을 초과하였다. 그리고 2차 건강진단 대상자 중 1차 건강진단과 2차 건강진단에서 1000 Hz와 4000 Hz를 비교할 때 1000 Hz에서 6 dB, 4000 Hz에서 1 dB 미만으로 차이가 있었다. 전체적으로 1차 건강진단에서 10 dB 내외로 감해주고 있으나 검사실의 배경 소음의 영향으로 1000 Hz에서 역치가 높게 나타나고 있다고 할 수 있다. 2차 건강진단 선별기준을 적용하였을 때 소음 특수건강진단 1차 건강진단 실시자의 31.2%에 이르렀으나 실제 2

차 건강진단을 실시한 자는 16.7%로 대상자의 67.6%만이 2차 건강진단 대상자로 선별되었다. 1차 건강진단 대상자 중 1000 Hz에서 30 dB 이상자는 특수건강진단기관 평균 1개 사업체의 110명 중 14.94명이었으나 2차 건강진단을 실시한 자는 5.3명, 4000 Hz에서 40 dB 이상자는 25.8명으로 2차 건강진단을 실시한 자는 그 중 17.9명으로 1000 Hz에서의 선별기준을 적정하게 적용하지 않았다. 1차 건강진단 대상자 중 56.4%가 1000 Hz에서 30 dB 미만으로서 4000 Hz에서 40 dB 이상이고, 18.7%가 1000 Hz에서 30 dB 이상이고 4000 Hz에서 40 dB 이상이었으며, 24.9%가 1000 Hz에서 30 dB 이상이나 4000 Hz에서 40 dB 미만으로 이 군에서 2차 건강진단 실시의 누락이 많았다. 전체적으로 1차/2차 건강진단 대상자의 1000 Hz와 4000 Hz의 청력역치를 보면 검사실의 배경 소음과 일과성 청력역치 상승으로 인해 정확성에 문제가 있겠지만 4000 Hz에서의 조기 청력손실의 문제가 크다고 하겠다.

2차 건강진단은 1차 건강진단에서 선별된 비정상 청력역치를 보이거나 4000 Hz에서 소음으로 인한 조기청력손실을 갖는 자에 대한 정밀청력검사의 의미를 갖는다. 따라서 0 dB의 청력을 측정할 수 있는 청력검사실(ANSI S3.1-1991)에서 각 주파수별로 기도와 골도 검사를 실시하여야만 정확한 역치손실과 난청의 유형을 판단할 수 있다. 그러나 각 주파수별 기도·골도 검사율은 75.7%이었고, 48개 기관 중 7개 기관(14.6%)이 2차 검진을 기도순음청력검사만으로 판정하고 있었다. 이와 같은 기도순음청력검사만으로는 전음성 난청과 감각신경성 난청을 구분하지 못한다. 청각도의 표준표기방법은 ASHA(1990)의 검사 주파수 대역(frequency in herz: Hz), 역치 음압(hearing level in decibels: dB)의 청각도(audiogram)에 좌우측의 기도골도의 차폐/비차폐와 반응/비반응에 따른 표기를 적용하였을 때 적용율은 70.4%를 보였다.

기도 순음청력검사시 외이도를 통해 들어온 소리는 중이에서 약 35 dB의 증폭효과가 나타난다. 골도 순음청력검사의 골진동자를 통해 바로 와우에 전달되는 경우 이 중이에서 증폭되는 35 dB를 기도 순음상의 0 dB에 해당하는 7.5 dBSPL(ANSI S3.6-1989)에 더해 42.5 dBSPL(ANSI S3.43-1992)을 골도 순음의 0 dB 기준값으로 설정하였다. 따라서 청각로상

의 어디에 병변이 있다 하더라도 기도청력역치는 골도청력역치보다 같거나 크게 나오며, 이 차이는 외이와 중이 영역의 병변으로 인한 역치손실에 기인한다고 볼 수 있다. 이러한 이론적 배경하에 골도청력역치가 기도청력역치보다 크게 나오는 경우(골도-기도청력역치 > 10)에는 잘못 측정하였다고 볼 수 있는바 이 기준의 적용시 75.46 %만이 검사결과가 적정하였다. 이는 검사실 환경의 배경음 수준, 골도 검사기의 음향보정의 이상이나 검사방법(골진동자의 위치 등) 또는 피검자의 반응에 왜곡이 있었기 때문으로 사료된다.

기도 및 골도 음차폐는 양귀 사이의 음감쇠를 감안하여 양쪽 귀의 기도역치가 40 dB 이상 차이가 나거나 또는 한쪽 귀의 골도와 기도 청력역치가 40 dB 이상 차이가 나는 경우에는 음차폐 기도검사를, 한쪽 귀의 기도-골도 역치 차이가 10 dB 이상 차이가 나는 경우에는 음차폐 골도검사를 하여야 하는 것으로 정의하였다. 양귀 사이의 음감쇠는 순음청력검사에 사용하는 헤드폰(supraural earphones)으로 기도검사시에 각 주파수별로 조사한 결과, 연구자(Liden 등, 1959; Chaiklin, 1967; Coles와 Priede, 1968)마다 약간의 편차가 있으나 Coles와 Priede(1968)의 연구를 토대로 Martin(1972)이 제안한 기준을 적용하였다. 기도 및 골도 음차폐검사는 가장 낮은 적정성을 보였는데, 음차폐는 정밀 순음청력검사 실시 대상자의 정확한 역치와 난청의 유형을 판별하는 데 중요한 검사방법으로서 의미가 크다. 즉, 시행하여야 할 기도음차폐 검사를 시행하지 않을 경우에는 역치가 과소평가될 가능성이 있으며, 한쪽 귀가 정상 또는 전음성 난청일 경우에 골도 음차폐 검사를 실시하지 않는다면 다른 일측은 동일한 골도 역치를 보여 난청의 유형을 감별하지 못한다.

난청의 유형과 역치에 따른 청력장애의 평가는 소음 특수건강진단결과 평가의 적정성(ISO 기준(1964)적용에 의한 청력손실 비교)과 소음 특수건강진단결과 판정의 적정성(소음성 난청 유소견자 진단기준의 적용에 따른 비교)을 살펴 보았다. 5,233명의 소음 특수건강진단 실시자 중 2차 건강진단 대상자 862명에 대한 판정구분은 기관에서 최종적으로 판단한 건강관리구분(A, B, C, D₁, D₂)으로 분류하였다. D₁ 판정기준은 현재 기도 순음청력검사상 4000 Hz의 고음 영역에서 50 dB 이상의 청력손실이 인정되고, 삼분법(500(a),

1000(b), 2000 Hz(c))에 의한 청력손실정도로서 (a+b+c)/3 평균 30 dB 이상의 청력손실이 있고, 직업력상 소음 노출에 의한 것으로 추정되는 경우로 정하고 있다. 이 연구는 청각도만을 가지고 분석하였으나 소음 노출 근로자에 대한 건강진단으로서 직업력상 소음 노출력을 갖고 있으며, 정밀 건강진단으로서의 순음청력검사 결과가 평가에서 절대적으로 차지하는 의미가 크기 때문에 평가의 적정성 판단은 할 수 있다. 따라서 제한적이지만 특수건강진단기관이 최종 판정한 결과와 비교하였을 때 특히 질환자(D₁, D₂)의 판정이 과소평가 되어 있었다. 1985년에 도입된 소음성 난청 유소견자의 기준은 1989년에 인정범위를 확대하였으나 판정에 대한 문제제기와 보상기준 등 여타의 진단 기준에 비해 15배, 280배 정도의 많은 유소견율을 보인다는 연구보고(문영한 등, 1991; 김지용 등, 1993) 등으로 판정기준 개정의 필요성이 인정되어 1994년에 개정되어 현재에 이르고 있다. 1989년의 기준은 순음청력정밀검사상 3000 Hz 이상의 고음영역(4000 Hz)에서 50 dB 이상의 청력손실 기준은 소음성 난청을 조기 발견하고 관리하는 기준으로서 가장 예민하다고 볼 수 있었다. 그러나 판정 결과에 대한 시시비비로 D₁ 기준의 변화가 1994년에 이루어졌지만 현재도 이 연구 결과와 같이 적정한 판정을 하지 못하고 있다. 이와 같은 결과는 질환자의 판정과 관련하여 질환자로 판정받은 근로자의 경제적 손실, 정부의 사업주에 대한 행정적 조치 압력, 사업주의 특수건강진단기관으로서 수검기관의 변동 등 여러 요인이 복합적으로 작용하여 한 단계 낮은 판정이 이루어지지 않았는가 추정된다. 현재의 D₁ 기준은 소음성 난청의 조기진단과 관리를 위한 기준이라기 보다는 이미 진행된 소음성 난청자로 보아야 하며, 오히려 평균청력역치가 정상역인 20 dB 미만이지만 4000 Hz에서 40~50 dB의 청력손실을 보이는 C를 대상으로 회화음역의 청력을 보호하는 것이 소음 노출 근로자들에 대한 가장 중요한 예방대책일 것이다. 이와 더불어 현재의 D₁ 기준과 업무상장애 인정기준과의 관련하여 동일한 기준을 설정하거나 또는 연령을 보정한 상태에서 소음으로 인한 표준역치변동의 적용 등 합리적인 개선 방법을 검토하여야 할 것이다.

소음 노출 근로자에 대한 소음 특수건강진단에서 소음성 난청의 초기 청력손실의 진단과 장애보상의 판단을 위한 절대적인 위치를 점하는 순음청력검사

가 청력검사실의 배경 환경소음수준과 청력검사기의 음향보정 상태의 적정성을 제외하더라도 1차 청력검사, 2차 청력검사 대상자의 선정, 2차 청력검사로서 기도·골도 순음 청력검사방법 등과 청력검사 결과 판정의 적정성에서 문제가 많음을 알 수 있었다. 따라서 특수건강진단기관에 대한 청력정도관리와 청력검사자의 질관리가 지속적으로 필요할 뿐더러 판정에서의 여러 장애 요인을 검토하여 적정하게 판정하여 관리될 수 있게끔 하여야 할 것이다. 그리고 더불어 순음청력검사의 정확성과 신뢰성을 확보할 수 있는 제반 기준을 설정하여 검사자간, 검사자내 피검자의 역치 결과의 오차를 줄여 나가야 할 것이다.

요 약

목 적 : 이 연구는 각 특수건강진단기관의 소음 특수건강진단에서 소음성 난청을 판단하는데 가장 중요한 청각도(audiogram) 등의 자료를 통해 2차 소음 특수건강진단 대상자 선정의 적정성, 순음청력검사방법의 적정성 및 판정의 적정성을 평가하였다.

방 법 : 1999년의 청력정도관리의 소음 특수건강진단의 자료 평가 대상기관인 48개 특수건강진단기관에서 1998년 하반기에 특수건강진단을 실시한 근로자수 100-500인 규모의 특수건강진단기관당 사업장 1곳의 특수건강진단 결과표, 소음 특수건강진단 개인표, 2차(정밀) 소음 특수건강진단 대상자의 순음청력검사 자료를 제출받아 2차 소음 특수건강진단 대상자 선정의 적정성, 순음청력검사방법의 적정성 및 판정의 적정성을 분석 평가하였다. 대상자 선정의 적정성은 1999년 현재 2차 건강진단 대상자 선별 기준을 적용한 2차 건강진단의 실시 여부, 순음청력검사방법의 적정성은 주파수별 기도 및 골도 검사 실시, 표준표기방법에 따른 역치 표기, 기도 및 골도 검사 결과의 차이, 적정한 기도 및 골도 음차폐 실시 여부의 평가를 통해 간접적으로 판단하였다. 소음 특수건강진단 판정의 적정성은 특수건강진단기관에서 판정한 구분을 ISO 기준(1964)적용에 의한 역치에 따른 청력장애 정도와 소음성 난청 유소견자 진단기준인 3분법에 의한 청력손실치, 4000 Hz에서의 역치 및 난청의 유형의 적용에 따라 각각 비교하여 적정성을 살펴 보았다.

결 과 : 2차 건강진단 대상자 선별기준에 따른 2차

건강진단 대상자는 기관 평균 사업장당 34.3명이었으나 18.4명만을 대상으로 2차 건강진단을 실시하여 선별기준 적용의 실시율이 67.7 %로 1/3의 대상이 2차 건강진단에서 누락되었다. 2차건강진단 대상자에 대해 각 주파수별 기도·골도 검사율은 75.7 %로 24.3 %가 골도검사를 시행하지 않고 기도검사만으로 평가 판단하였다. 표준표기방법(오른쪽, 왼쪽 - 비차폐 기도, 차폐 기도, 비차폐 골도, 차폐 골도검사)에 따른 표기에서 70.4 %에서 제대로 표기되고 있으며, 기도 및 골도청력검사의 적정성으로 기도청력역치는 골도청력역치보다 같거나 크게 나와야 하는데 골도청력역치가 기도청력역치보다 크게 나오는 경우(골도-기도청력역치>10)에는 잘못 측정하였다고 볼 수 있는바 이 기준의 적용시 75.5 %만이 검사결과가 적정하였으며, 기도 및 골도 음차폐 검사는 각각 실시 대상자의 15.0 %, 26.2 %만 실시하고 있었다. 48개 기관 중 7개 기관(14.6 %)이 2차 검진을 기도순음청력검사만으로 판정하고 있었으며, 기도 및 골도 음차폐검사는 각각 8개 기관(16.7 %), 13개 기관(27.2 %)에서만 실시하였다. 난청의 유형과 역치에 따른 청력장애의 평가는 소음 특수건강진단 결과 평가의 적정성(ISO 기준(1964)적용에 의한 청력손실 비교)과 판정의 적정성(소음성 난청 유소견자 진단기준의 적용에 따른 비교)을 특수건강진단기관이 최종 판정한 결과와 비교하였을 때 질환자(D₁, D₂)의 판정이 과소평가되어 있었다.

결 론 : 특수건강진단기관에 대한 청력정도관리와 청력검사자의 질관리가 지속적으로 필요하며 판정에서의 여러 장애 요인을 검토하여 적정하게 판정하여 관리될 수 있게끔 하여야 할 것이다. 그리고 순음청력검사의 정확성과 신뢰성을 확보할 수 있는 제반 기준을 설정하여 검사자간, 검사자내 피검자의 역치 결과의 오차를 줄여 나가야 할 것이다.

참고문헌

김규상, 김소연, 김진숙, 이정학, 정호근. 순음청력검사의 신뢰도와 정확도에 영향을 미치는 요인. 대한청각학회지 2000;4(2):154-162.
김규상, 김양호, 최정근, 박정선, 문영한. 소음 특수건강진단 자료를 이용한 순음청력검사 평가. 예방의학회지 1999;32(1):30-39.
김규상, 조영숙, 강성규. 검사실 배경음의 특성과 수준이 청

- 력역치 결정에 미치는 영향. 대한청각학회지 2000;4(2): 109-116.
- 김지용, 임현술, 정해관, 문옥륜. 철강공장 근로자를 대상으로 살펴본 소음성 난청 진단기준에 관한 조사. 예방의학회지 1993;26(3):371-386.
- 김현욱, 정치경, 김형아, 노영찬, 장성실. 소음부서 근로자 특수건강진단 실태 및 문제점. 대한산업의학회지 1994;6(2):276-88.
- 노재훈, 정상혁, 김규상, 안연순, 원종욱. 특수건강진단기관의 표준화 및 내실화 방안에 관한 연구. 한국산업안전공단 산업보건연구원, 1994.
- 문영환, 이경중, 노재훈, 신동천. 소음폭로 근로자의 건강관리 기준에 관한 연구. 대한산업의학회지 1991;3(1):1-10.
- 원종욱, 방문규, 송중호, 정선아, 송재석, 노재훈. 소음 특수건강진단 1차검사의 민감도와 특이도에 영향을 미치는 일과성 역치 상승과 주변환경 소음의 영향. 대한산업의학회지 2000;12(2):269-276.
- 이원철, 박정일, 김현욱, 구정완. 소음 특수검진의 표준화 방안. 노동부, 1995.
- 한국산업안전공단. 순음청력검사지침(H-13-99). 한국산업안전공단, 1999.
- American National Standards Institute. Standard reference for the calibration of pure-tone bone-conduction audiometers. ANSI S3.43, 1992. New York: American National Standards Institute, 1992.
- American National Standards Institute. Maximum permissible ambient noise for audiometric testing. ANSI S3.1, 1991. New York: American National Standards Institute, 1991.
- American National Standards Institute. Specification for audiometers. ANSI S3.6, 1989. New York: American National Standards Institute, 1989.
- American Speech-Language-Hearing Association. Guidelines for audiometric symbols. ASHA 1990;20(Suppl 2):25-30.
- Chaiklin JB. Interaural attenuation and cross-hearing in air conduction audiometry. J Aud Res 1967;7:413-424.
- Coles RRA, Priede VM. Problems in crosshearing and masking. Institute of sound and vibration research, Annual report, 26, South Hampton, England, 1968.
- International Standard ISO-1999. Acoustics-Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced impairment. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1990.
- Johnson DL. Derivation of presbycusis and noise-induced permanent threshold shift(NIPTS) to be used for the basis of a standard on the effects of noise on hearing. Technical Report 78-128, Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1978.
- Liden G, Nilsson G, Anderson H. Narrow band masking with white noise. Acta Otolaryngol 1959;50:116-124.
- Martin FN. Clinical audiometry and masking. Bobbs-Merrill, Indianapolis, IN, 1972.
- Morrill JC. Hearing measurement. In: Noise and hearing conservation manual(ed. Berger EH, Ward WD, Morrill JC, Royster LH), 4th ed. American Industrial Hygiene Assoc., 1986:233-92.
- Staloff RT, Staloff J. Occupational hearing loss. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Inc., 1993:73-92.