

소음성 난청 예방 메뉴얼

“나에게 꼭 맞는 청력보호구를 사용하세요”

장시간 소음에 손상된 청각세포는 되돌릴 수 없습니다. 하지만 소음성 난청은 막을수 있는 재해입니다.
내 귀에 잘 맞고 현장에 적합한 귀마개를 착용하는 것이 중요합니다.
청력보호구 밀착검사 시스템을 이용하면, 귀마개의 적절한 선택과 밀착여부 확인에 도움을 주며
청력보호구를 올바르게 사용할 수 있습니다.



소음성 난청 예방 메뉴얼

소리와 소음	3
소음성 난청이란?	7
청력보존프로그램	11
청력보호구	13
밀착도 검사	18

소리와 소음

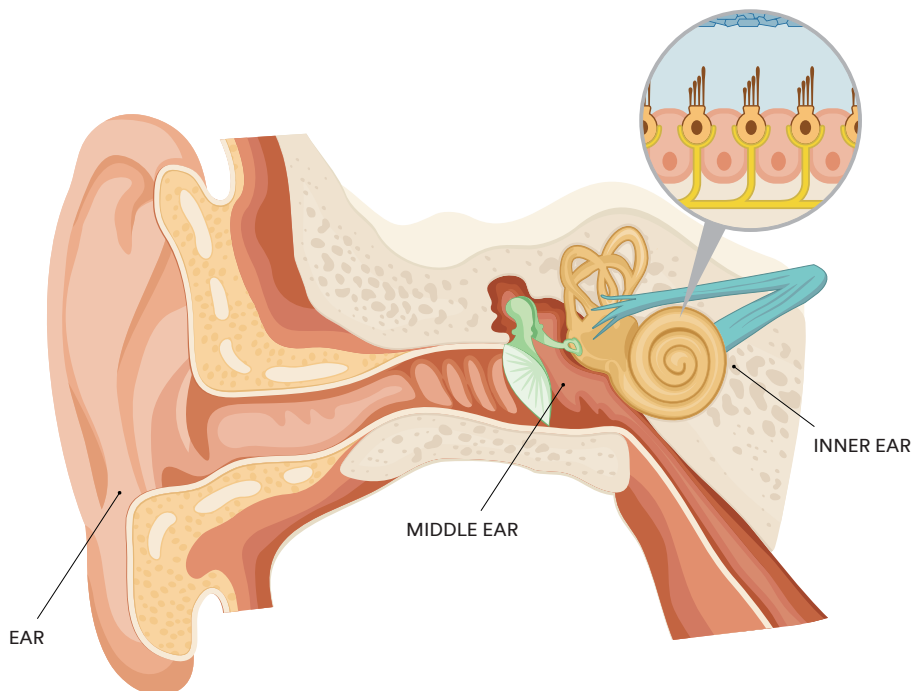
소리는 청각에 의해 감지되는 물리적 현상입니다. 물체의 진동에 의하여 생긴 음파가 귀청을 울려 귀에 들리게 되는 것으로, 소리는 매질 없이 존재할 수 없습니다. 공기로 진동이 전달될 때에는 음이 외이, 중이를 통해 내이로 전달되며, 뼈를 통해 진동이 전달되는 경우에는 음이 측두골을 통해 내이로 전달됩니다. 음의 높낮이와 강도를 통해 소리를 구별하게 되며, 소리 중 원하지 않는 소리를 소음이라고 합니다.

소리의 3요소

- ▶ 주파수에 따른 차이로서 피아노 건반의 낮은 음과 높은 음의 차이와 같은 소리의 고저
- ▶ 음압에 따른 차이로서 동일한 건반을 타격하는 힘의 차이와 같은 소리의 크기
- ▶ 파형의 시간적 변화에 따른 차이로서 피아노음과 바이올린음의 차이와 같은 음색



귀(耳)의 내부 구조

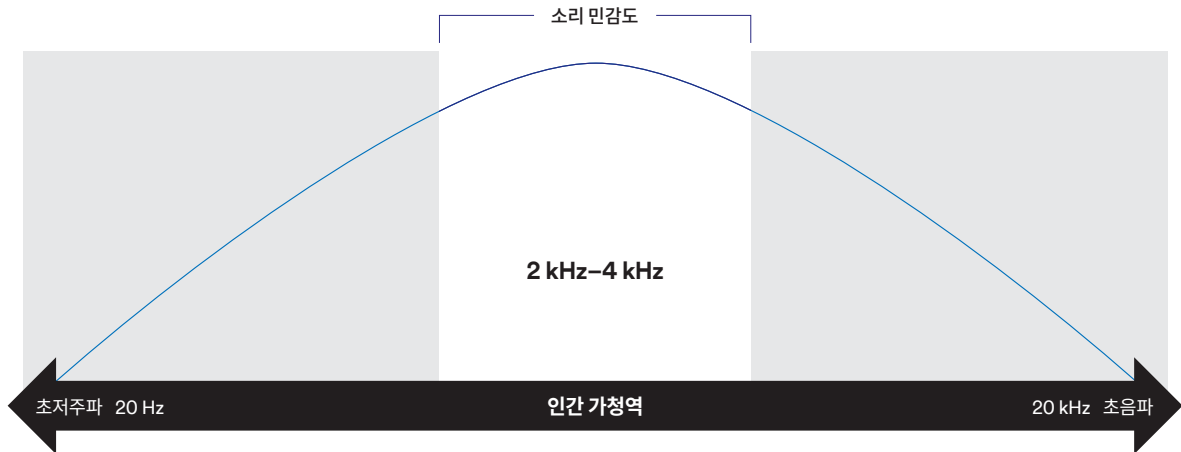


① 외이	• 청각 기관 중 가장 외부에 위치하며 귓바퀴와 외이도로 구성 • 끝부분이 고막과 닿아 있으며 고막에 의해 한 쪽이 막힌 구조	• 3.0~3.8cm의 관 구조 • 2kHz~5.5kHz 범위에서 공명
② 중이	• 고막에서 달팽이관까지의 공간 • 크게 이소골과 유스타키오관으로 구성	
③ 내이	• 귀의 가장 안쪽에 위치 • 청력손실이 진행되는 부분	• 크게 달팽이관과 반고리관으로 나뉨

가청영역

인간의 달팽이관(cochlea)은 대략 20 Hz부터 20,000 Hz까지의 주파수 범위를 지각합니다. 소리에 대한 민감도는 20Hz 또는 20kHz, 양 극단으로 갈수록 감소합니다. 이중 인간의 청력은 2,000 Hz에서 4,000Hz 사이 범위에서 가장 민감하며, 언어를 지각하기 위해서 가장 중요한 영역은 500 Hz에서 3,000 Hz 범위입니다.

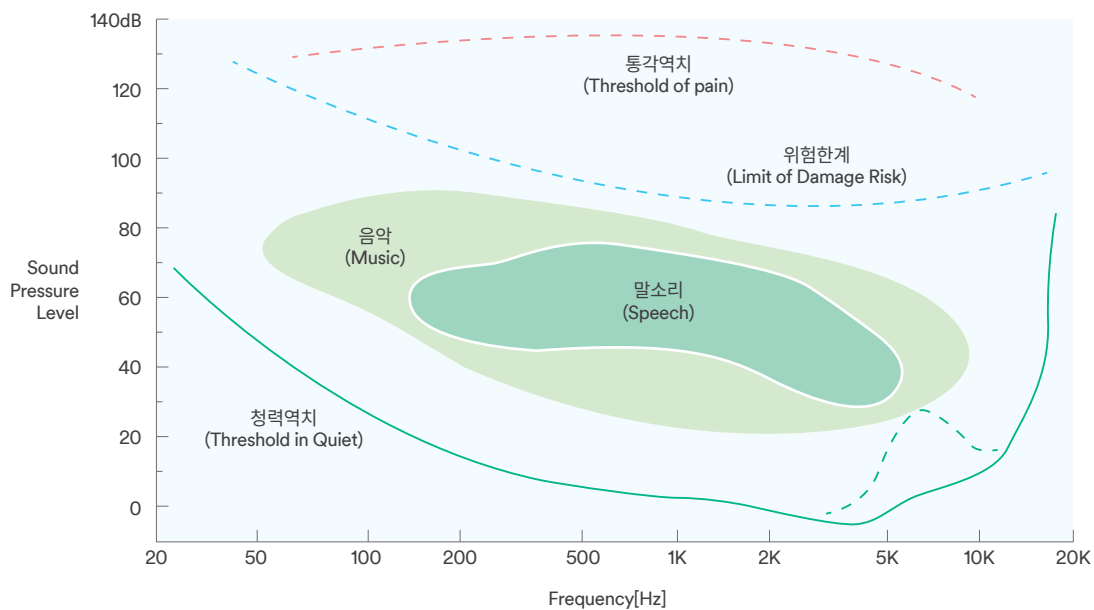
너무 높아서 들을 수 없는 범위를 초음파 범위라고 하며, 우리가 들을 수 없을 정도로 낮은 주파수 범위는 초저주파 범위라고 합니다.



인간의 귀는 0 - 140 dB(A) 정도까지 상당히 다양한 크기의 소리를 들을 수 있는데, 소리에 지속적으로 노출되는 경우 청력 손실이 발생할 수 있는 수준은 85dB이상이지만 경우에 따라 특히 민감한 청력을 가진 사람들의 경우 소음 수준 82dB에도 소음성 난청이 발생할 수 있습니다.

우리가 즉각적인 불편함을 느끼기 시작하는 수준은 약 120dB이며 130dB부터는 통증이 시작됩니다.

그림 인간의 가청역과 소리의 음압 분포



소음과 소음이 미치는 영향



소음작업에 대한 법적 근거

소음의 허용 기준

소리의 세기를 나타내는 단위로는 dB (Decibel, 데시벨)을 사용합니다. 인간이 들을 수 있는 가장 작은 소리의 크기를 '0dB'로 정의하고 크기를 수치화 할 수 있으며, **인간이 들을 수 있는 범위내에서 120dB이상이면 통증을 유발할 수 있습니다.** 우리의 일상 및 작업현장에서 흔히 경험하는 유해한 소음을 앞서 제시된 표에서 확인하세요.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제 512조 <개정 2024. 6. 28.>

1. “소음작업”이란 1일 8시간 작업을 기준으로 85데시벨 이상의 소음이 발생하는 작업을 말한다.
2. “강렬한 소음작업”이란 다음 각목의 어느 하나에 해당하는 작업을 말한다. (표1)
3. “충격소음작업”이란 소음이 1초 이상의 간격으로 발생하는 작업으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 작업을 말한다. (표2)

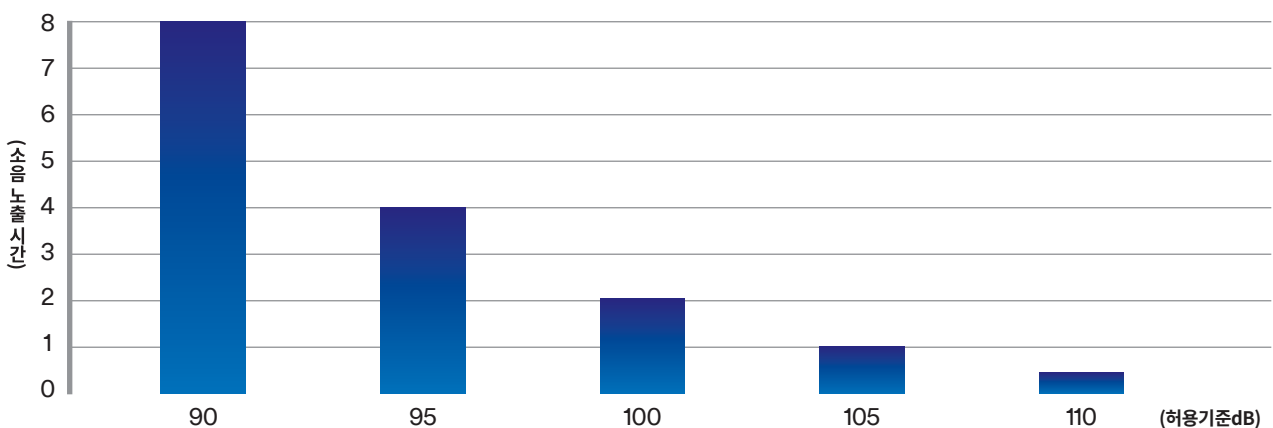
<표1>

소음 노출 시간	허용기준(dB)
8	90
4	95
2	100
1	105
1/2	110
1/4 시간 이하	115

<표2>

1일 소음 노출 횟수	소음수준 dBA
1 백회	140
1 천회	130
1 만회	120

<표3>



소음에 대한 근로자 보호법

산업안전보건기준에 관한 규칙 제 516조

1. 사업주는 근로자가 소음작업, 강렬한 소음작업 또는 충격소음작업에 종사하는 경우 근로자에게 청력보호구를 지급하고 착용하도록 하여야 한다.
2. 제 1항에 따른 청력보호구는 근로자 개인 전용의 것으로 지급하여야 한다.
3. 근로자는 제 1항에 따라 지급된 보호구를 사업주의 지시에 따라 착용하여야 한다.

청력손실

청력손실은 일시적일수도, 영구적일수도 있습니다.

일시적 청력손실

- TTS, Temporary threshold shift
- 강렬한 소음 노출 2시간 이후부터 발생
- 4,000 ~ 6,000Hz 에서 많이 발생
- 20 ~ 30dB 의 청력 손실
- 12 ~ 24 시간 회복 시간 요구
- 청각세포의 피로현상, 경고 신호
- 일시적 코르티기관 손상

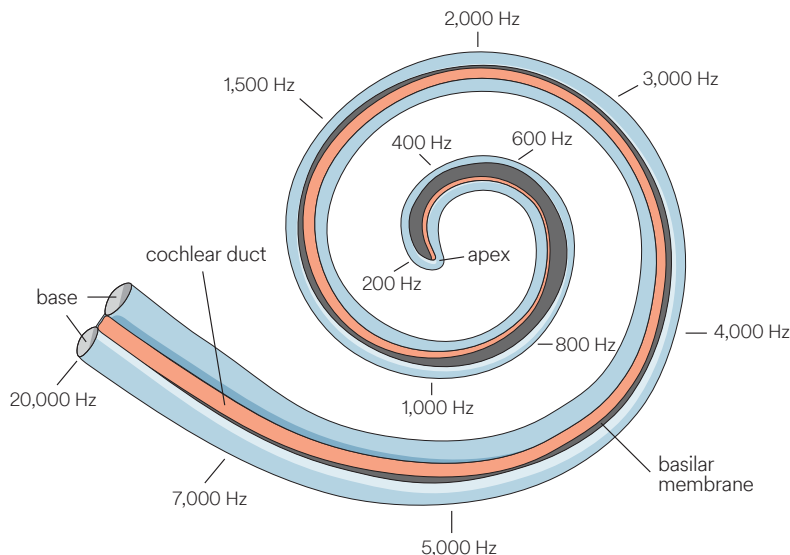
영구적 청력손실

- PTS, Permanent threshold shift
- 충분한 회복 없이 지속적인 소음노출에 의한
- 4,000Hz에서 코르티기관 내 외유모 세포의 불가역적 파괴현상 (C5-dip 현상)
- 불완전한 회복상태 지속에 따른 축적효과

소음성 난청 (NIHL, Noise-induced Hearing Loss)

소음성 난청(NIHL, Noise-Induces Hearing Loss)을 유발하는 소리는 무엇일까요?

소음성 난청은 한 번의 큰 소음 노출뿐만 아니라, 다양한 크기의 소음에 장기간 반복적으로 노출될 때도 발생할 수 있습니다. 유해한 소음에 노출되면 내이의 민감한 섬모 세포와 청각 신경이 손상됩니다.



소음성 난청은 초기에는 저음역보다 고음역에서 청력 손실이 더 심하게 나타납니다. 이는 달팽이관이 주파수에 따라 주로 진동하는 부위가 다르기 때문입니다. 달팽이관의 입구 쪽에 위치한 기저부(base)는 고주파수(높은 음역대)를, 끝 부분에 위치한 첨단부(apex)는 저주파수(낮은 음역대)를 인식합니다.

일반적으로 회화 음역대(500Hz, 1,000Hz, 2,000Hz)에서는 청력 손실이 비교적 천천히 진행되므로, 어음 변별력이 유지됩니다.

그 결과, 초기에는 의사소통에 큰 불편함을 느끼지 않아 청력 손실을 자각하기 어려울 수 있습니다. 그러나 소음에 의한 청력 손실은 돌이킬 수 없는, 비가역적 변화로 진행되며, 점차 저음역대까지 영향을 미치게 됩니다.

따라서 단속적 또는 일시적으로 소음에 노출되거나 충격음에 노출되는 경우, 혹은 지속적으로 소음 환경에 있는 사람들의 초기 청력 변화를 평가하기 위해 일반적인 검사 주파수 외에도 3,000Hz 및 4,000Hz를 포함한 청력 검사를 실시해야 합니다.

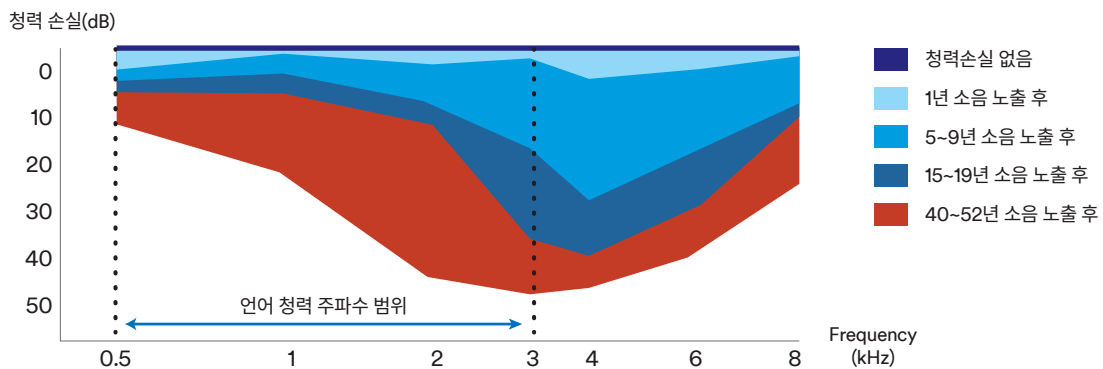
소음성 난청 (NIHL, Noise-induced Hearing Loss)

소음성 난청의 특징

소음성 난청은 지속적인 소음에 노출되었을 경우, 작업자가 소음수준에 적응해가면서, 오랜 기간 인지 할 수 없는 방식으로 천천히 청력이 저하되기 때문에 더욱 위험합니다.

감각신경성 난청	대청성	소음노출 중단시 진행 X
		
연속적 소음 청력손상	소음의 강도, 노출시간, 고주파 피해 증가	
		

100dB 소음에 지속적으로 노출될 경우 청력 손실

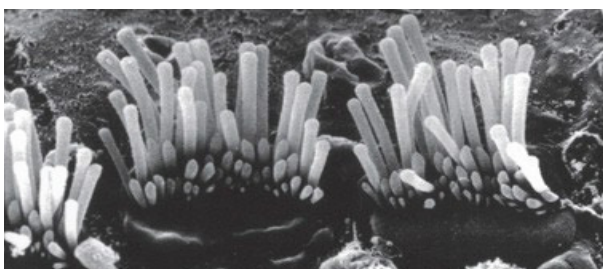


손상된 청각세포는 회복되지 않습니다.

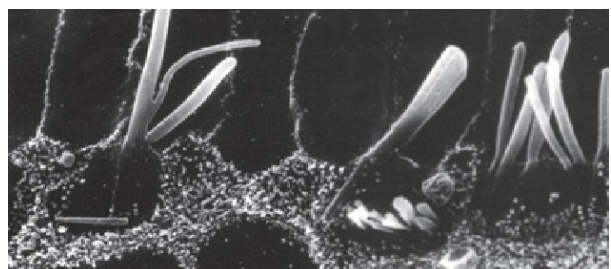
큰 소음은 내이에 있는 “청각세포(유모세포, hair cells)”를 파괴합니다. 우리가 소리를 듣고 인지하는 과정은 달팽이관의 청각세포가 음파(진동)에 반응하는 것에서 시작됩니다.

소리는 공기 중의 음파(진동)를 통해 전달되며, 귓바퀴가 이를 모아 외이, 중이, 내이로 전달합니다. 이후, 달팽이처럼 생긴 달팽이관 내부의 미세한 청각세포들이 진동을 감지하고, 림프액을 통해 신호를 뇌로 전달하게 됩니다.

그러나 소음으로 인해 청각세포가 손상되면 이러한 역할을 수행할 수 없으며, 이로 인해 청력이 저하되거나 손실됩니다.



<건강한 청각세포 : 최소한의 소음 노출 시>



<손상된 청각세포 : 장기간 소음 노출 시>

소음성 난청의 판단기준

<표4>

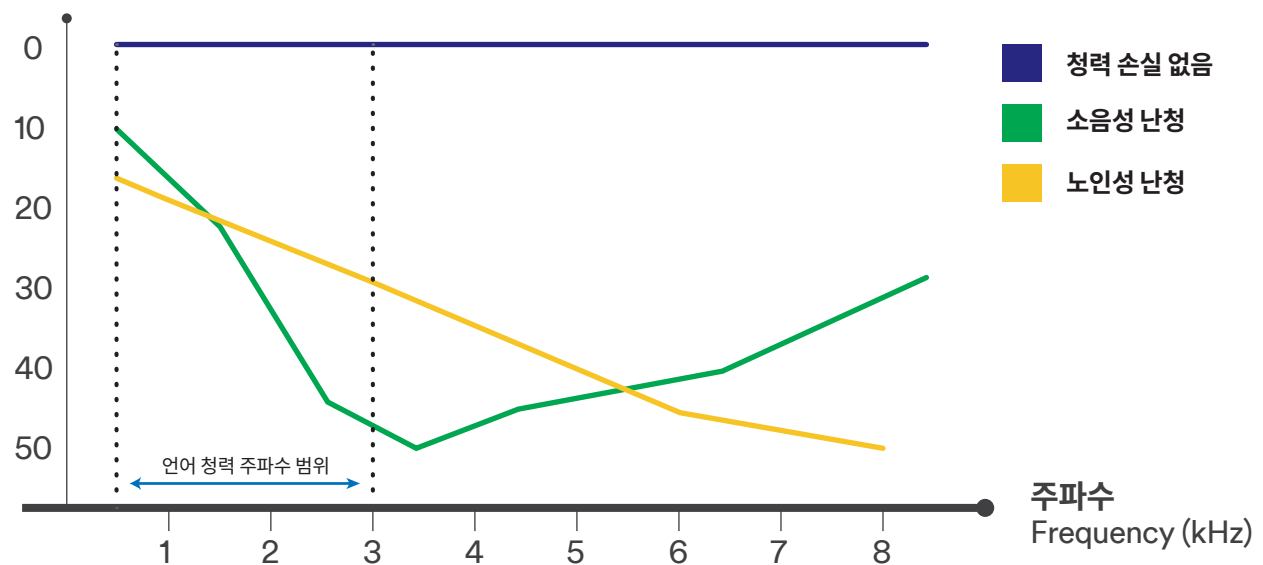
	건강관리구분	판정기준	사후 관리
A	건강자	정상청력, 경미한 이상소견이 있으나 사후관리가 필요 없는 경우	
C1	소음성 난청 요관찰자 (직업성 질환으로 진전될 우려가 있어 추적조사 등 관찰이 필요한자)	청력손실이 있고, 직업력상 소음 노출에 의한 것으로 추정되며 D1에 해당되지 않고 관찰이 필요한 경우	관찰대상자 (건강상담, 보호구 착용, 추적검사, 근로시간단축 등의 사후관리 필요)
C2	일반질병 요관찰자	일반질병으로 진전될 우려가 있어 추적관찰이 필요한 경우	
D1	소음성 난청 직업병 유소견자 (직업성 질환의 소견을 보여 사후관리가 필요한 자)	- 순음어음 청력검사상 4,000Hz의 고음영역에서 50 dB이상 청력손실 있을 것 3분법 (500(a)/1,000(b)/2,000(c)Hz에서의 청력손실치를 (a+b+c)/3) 평균 30dB 이상의 청력손실 - 직업력상 소음노출에 의한 것으로 추정되는 경우	직업병 확진 의료 또는 청력손실자 판정 등의 조치
D2	일반질병 유소견자	일반질병의 소견이 있는 경우	
R	일반 건강진단에서의 질환 의심자, 2차 건강진단 대상자		

소음성 난청과 노인성 난청의 차이

소음성 난청은 높낮이를 나타내는 주파수로 측정하였을 때, 4,000Hz 주변부터 손상이 나타나고 노인성 난청은 6,000Hz 이상의 고주파부터 손상이 되는 특징적인 차이가 나타납니다.

<표5>

청력 손실 (dB)



소음성 난청 현황

지난 10년간 산업 재해 중 소음성 난청의 질병자수는 꾸준히 증가하였고 가장 많은 부분을 차지하고 있습니다. 또한, 산재보상 인정범위가 확대됨에 따라 산업재해 신청 및 인정 건수 역시 증가하고 있습니다.

2023년 소음성 난청으로 유소견자 진단을 받은 근로자는
2023년 전체 직업병 유소견자 중 98.9%(29,289명)를 차지합니다.

2023년도 직업병 유소견자의 전년대비 질병 종류 (2023 고용노동부 근로자 건강진단 실시 결과)

구분			전체	진폐증등 ⁽¹⁾	소음성 난청	유기화합물 중독	산·알칼리, 가스상물질 중독	금속류중독			기타질환 ⁽³⁾
								소계	납	기타 ⁽²⁾	
발생자 (건%)	소계	'23년	227,849 (100.0)	5,559 (2.4)	206,195 (90.5)	5,605 (2.5)	3,996 (1.8)	5,063 (2.2)	225 (0.1)	4,838 (2.1)	1,431 (0.6)
		'22년	195,215 (100.0)	2,951 (1.5)	180,673 (92.6)	4,823 (2.5)	2,627 (1.3)	2,803 (1.4)	174 (0.1)	2,629 (1.3)	1,338 (0.7)
		전년대비 증감률(%)	32,634 (16.7)	2,608 (88.4)	25,522 (89.2)	782 (16.2)	1,369 (52.1)	2,260 (80.6)	51 (29.3)	2,209 (84.0)	93 (7.0)
	직업병 요관 찰자 (C ₁)	'23년	198,221 (100.0)	5,438 (2.7)	176,906 (89.2)	5,541 (2.8)	3,982 (2.0)	4,949 (2.5)	203 (0.1)	4,746 (2.4)	1,405 (0.7)
		'22년	171,659 (100.0)	2,844 (1.7)	157,507 (91.8)	4,716 (2.7)	2,597 (1.5)	2,683 (1.6)	160 (0.1)	2,523 (1.5)	1,312 (0.8)
		전년대비 증감률(%)	26,562 (15.5)	2,594 (91.2)	19,399 (12.3)	825 (17.5)	1,385 (53.3)	2,266 (84.5)	43 (26.9)	2,223 (88.1)	93 (7.1)
	작업병 유소견자 (D ₁)	'23년	29,562 (100.0)	121 (0.4)	29,289 (98.9)	64 (0.2)	14 (0.0)	114 (0.4)	22 (0.1)	92 (0.3)	26 (0.1)
		'22년	23,556 (100.0)	107 (0.5)	23,166 (98.3)	107 (0.5)	30 (0.1)	120 (0.5)	14 (0.1)	106 (0.4)	26 (0.1)
		전년대비 증감률(%)	6,072 (25.8)	14 (13.1)	6,123 (26.4)	▽43 (40.2)	▽16 (53.3)	▽6 (5.0)	8 (57.1)	▽14 (13.2)	0 (0.0)

※1명의 유소견자가 2가지 이상 질병 판정을 받은 경우 각 판정별 합산하였음

2023년도 업무상질병자 비교표 (2023 산업재해현황분석)

(단위: 명, %)

구분	총계	직업병							작업관련성 질병						
		소계	진폐	난청	금속 및 중금속 중독	유기화합물 중독	기타 화학 물질 중독	기타	소계	뇌·심혈관 질환	근골격계질환				기타
											신체 부담 작업	요통	사고성 요통	기타	
2022년	23,134	9,762	1,679	5,376	32	59	122	2,494	13,372	966	6,629	2,001	3,090	225	461
2023년	23,331	8,937	1,930	5,611	55	27	190	1,124	14,394	899	7,596	2,272	2,932	210	485
증감(%)	197 (0.85%)	-835 (-8.45%)	6,251 (14.95%)	235 (4.37%)	23 (71.88%)	-32 (71.88%)	1,370 (-55.74%)	-1,370 (-54.93%)	1,022 (7.64%)	-67 (-6.94%)	967 (14.59%)	271 (13.54%)	-158 (-5.11%)	-15 (-6.67%)	24 (5.21%)

※업무상질병자는 근로복지공단에서 요양이 승인된 자임

2023년도 세부 업종별 소음성난청 산업재해 현황 (2023 산업재해현황분석)

업종 구분	소음성 난청	업종 구분	소음성 난청
광업 소계	1,448	전기·가스·증기·수도사업 소계	20
석탄광업 및 채석업	1,311	전기·가스·증기·수도사업	20
석회석·금속·비금속 광업 및 기타 광업	137	임업 소계	20
제조업 소계	2,608	임업	20
식품품 제조업	34	어업 소계	0
섬유 및 섬유제품 제조업	126	어업	0
목재 및 종이제품 제조업	113	농업 소계	2
출판·인쇄·제본업	11	농업	2
화학 및 고무제품 제조업	67	금융 및 보험업 소계	8
의약품·화장품·연탄·석유제품 제조업	34	금융 및 보험업	8
기계기구·금속·비금속광물제품 제조업	1,306	기타의 사업 소계	170
금속제련업	104	시설 관리 및 사업지원 서비스업	48
전기기계기구·정밀기구·전자제품 제조업	47	기타의 각종사업	56
선박 건조 및 수리업	734	해외파견자	1
수제품 및 기타제품 제조업	32	전문·보건·교육·여가관련 서비스업	13
건설업 소계	1,286	도소매·음식·숙박업	27
건설업	1,286	부동산업 및 임대업	16
운수·창고·통신업 소계	49	국가 및 지방자치 단체의 사업	7
철도·항공·창고·운수관련 서비스업	44	주한 미군	2
육상 및 수상운수업	3		
통신업	2		
		총계	5,611

2023 산업재해 현황 분석 보고서에 따르면, 소음성 난청으로 인한 산업재해 건수는 제조업(2,608명), 광업(1,448명), 건설업(1,286명) 순으로 많았습니다.

소음성 난청은 한번 발병하면 기존 상태로 되돌리기 어렵기 때문에 발병하기 전에 예방하는 것이 무엇보다 중요합니다.

산업현장에서 소음성 난청이 발생하지 않도록 예방하기 위해서 청력보존프로그램 운영이 필수적입니다.

청력보존프로그램

산업안전보건기준에 관한 규칙 고용노동부령 251호

제 512조

“청력보존프로그램”이란 소음노출 평가, 소음노출 기준 초과에 따른 공학적 대책, 청력보호구의 지급과 착용, 소음의 유해성과 예방에 관한 교육, 정기적 청력검사, 기록·관리 사항 등이 포함된 소음성 난청을 예방·관리하기 위한 종합적인계획을 말한다.

제 517조 (청력보존 프로그램 시행 등)

사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 청력보존프로그램을 수립하여 시행하여야 한다.

1. 근로자가 소음작업, 강렬한 소음작업 또는 충격소음작업에 종사하는 사업장
2. 소음으로 인하여 근로자에게 건강장해가 발생한 작업장

소음성 난청을 예방하기 위한 청력보존 프로그램



소음성 난청은 예방이 최우선입니다.

법의 준수

적합한 청력보호구 선택

소음의 유해성에 대한 경각심부여

교육 및 동기부여

사업장내 체계적인 소음 관리

청력보호구 밀착검사

근로자 개개인 맞춤 상담 및 재확인

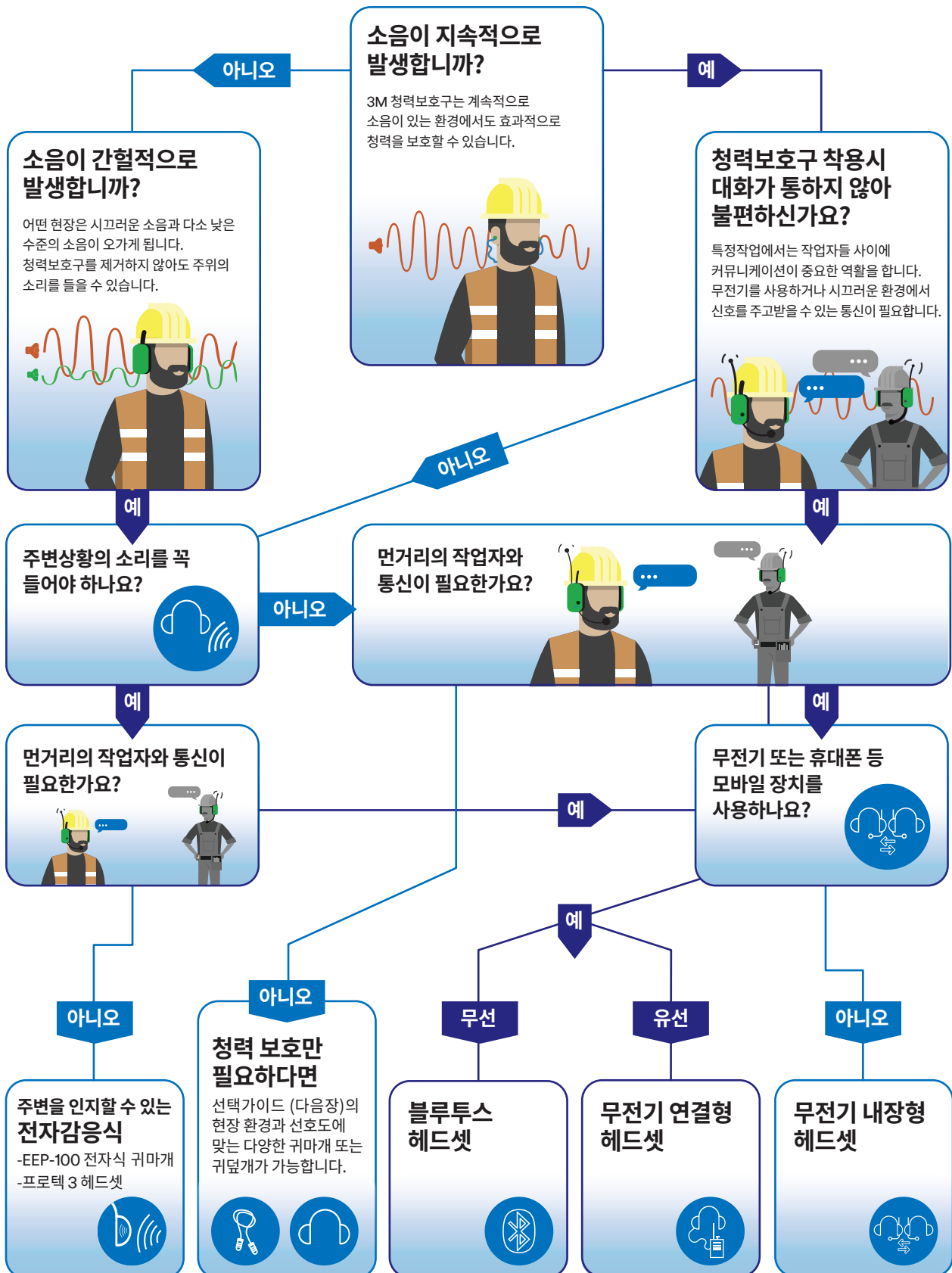


3M 안전 보호구 전문가와 상담하기

소음성 난청 예방을 위한 청력 보호구의 선택 / 교육 / 밀착검사와 상담을 위해 3M 안전보호구 전문가에게 문의하실 수 있습니다.

올바른 청력 보호구 선택하기

다양한 작업환경에 따라 적절한 귀마개 또는 귀덮개를 선택할 수 있습니다.





청력 보호구 선택 가이드

| 귀마개 타입별 특징

근로자들은 각종 산업 분야에서 다양하고 위험한 소음에 노출되어 있습니다. 하지만 현장에서 중요한 소리는 들어야 합니다. 기계가 작동하는 소리음과 작업자들 간에 대화와 신호를 주고받는 것은 작업자들의 안전과 작업 진행을 위해 중요한 부분입니다. 3M은 시끄러운 현장에서 의사소통이 가능한 제품을 포함하여, 다양한 청력보호구를 제공하고 있습니다.



작은 귀이도



손잡이

장갑 착용 또는 손이 더러운 작업자에게 편리합니다.



물세척

여러 번 착용이 가능합니다.



디스펜서

원터치 프로 디스펜서에 끼우는 대용량(500조) 보틀 타입으로 공급이 가능합니다.



금속탐지가능

식품산업장에서 이물질검사가 필요할 경우 용이합니다.



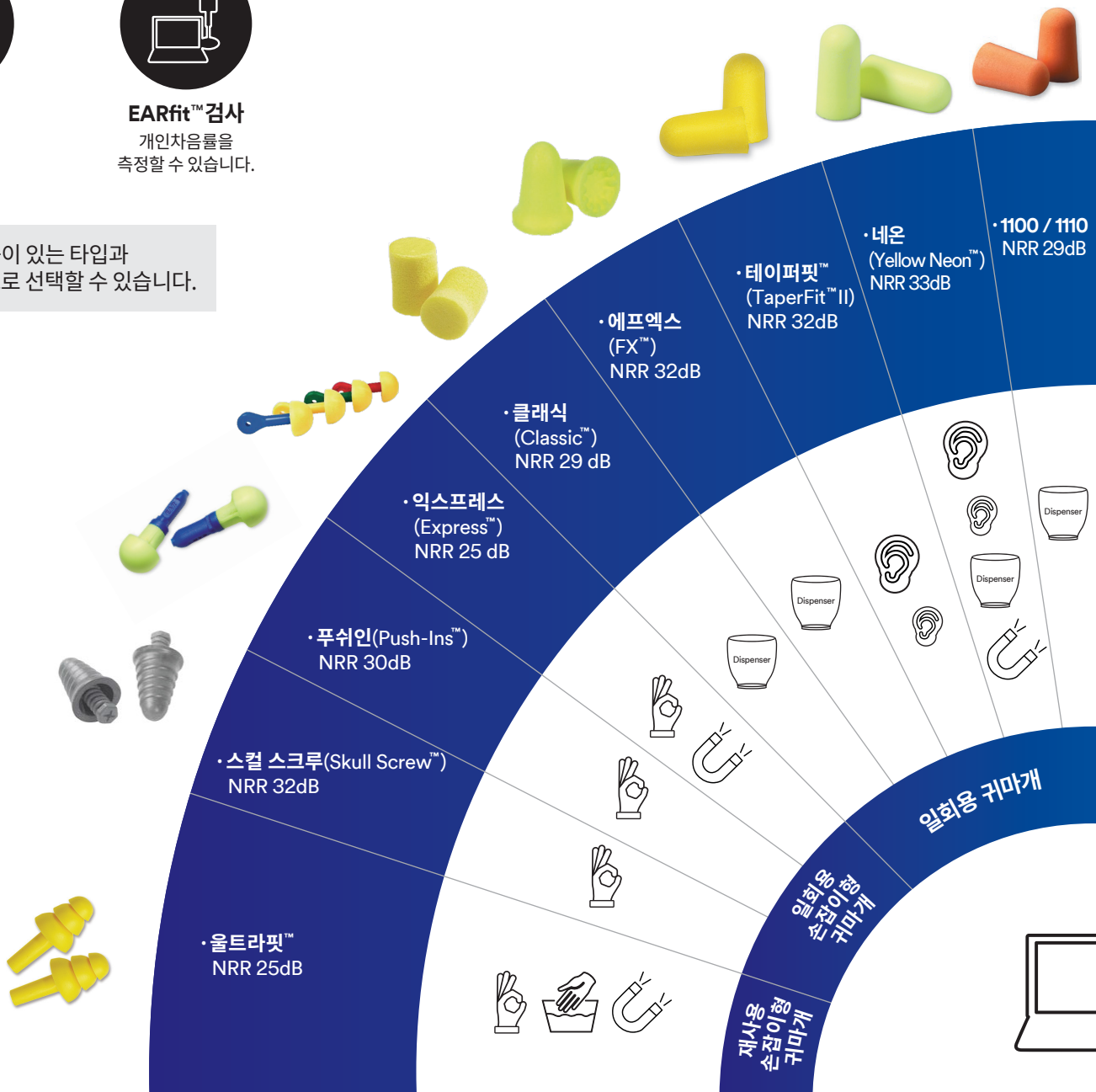
큰 귀이도



EARfit™ 검사

개인차음률을 측정할 수 있습니다.

* 귀마개는 끈이 있는 타입과 없는 타입으로 선택할 수 있습니다.





청력 보호구 선택 가이드

| 귀마개 타입별 특징



주변 인지



FM 라디오



블루투스



무전기

· 차음률의 표시 방법

NRR (미국: Noise Reduction Rate)

SNR (유럽: Single Noise Rating)

· H 시리즈 귀덮개 차음률(NRR)

H6A: 21dB, H9A: 25dB, H7A: 27dB, H10A: 30dB

· X 시리즈 귀덮개 차음률(NRR)

X1A: 22dB, X2A: 24dB, X4A: 27dB, X5A: 31dB

| 귀덮개 타입별 특징

·EEP-100 전자감응귀마개
울트라핏 팁 장착시: SNR 32dB
트리플C 팁 장착시: SNR 36dB
스컬스크루 팁(별도구매) 장착시:
SNR 38dB

· H시리즈¹⁾

· X시리즈²⁾

·프로텍III
슬림형: 21dB
일반형: 26dB

·CH-3
헤드밴드형: SNR 31dB
헬멧부착형: SNR 30dB

·라이트컴프로 III
헤드밴드형: NRR 28dB
넥밴드형: NRR 28dB
헬멧부착형: NRR 25dB

하이브리드

귀덮개

청력보호구 종류 및 특징

| 귀마개

말아쓰는 폼타입 귀마개



- 부드러운 착용감
- 저렴한 가격

- 말아 넣는 과정이 어려움
- 지저분한 손으로 착용시 비위생적

손잡이형 폼타입 귀마개



- 편리한 착용법
- 손으로 팁 부분을 만질 필요가 없어 위생

- 일반 폼타입 귀마개에 비해 상대적으로 비싼 가격

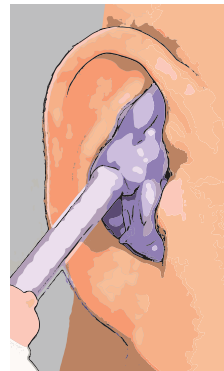
재사용 귀마개



- 편리한 착용법
- 세척이 가능하여 비용 절감 효과

- 폼 타입 귀마개에 비해 낮은 방음 효과

맞춤형 귀마개



- 개별 외이도에 맞게
- 설계하여 착용이 쉬움

- 체중, 나이 등의 이유로 귀의 모양이 점차 변화함에 따라 평생 사용 불가
- 높은 소음 수준 노출에 비적합
- 비싼 가격 수준

| 귀마개

귀덮개



- 내구성 우수
- 세척 및 부품 교체시 재사용 가능
- 편리한 착용
- 사용여부 확인 용이

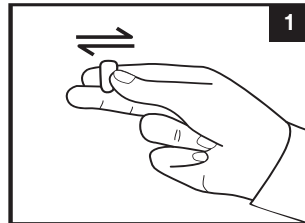
- 동일한 크기로 대부분의 근로자가 사용 가능
- 일관성 있는 차음 효과
- 귀에 염증이 있는 경우에도 사용 가능

- 온도 및 습도가 높은 환경에서는 착용이 불편함

- 귀마개에 비해 무거움 및 착용시 압력 존재

청력보호구 착용 방법

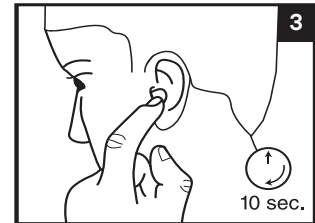
귀마개



깨끗한 손으로 엄지와 검지를 이용하여 귀마개를 굴려 가능한 가늘게 만듭니다.

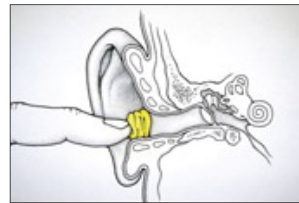
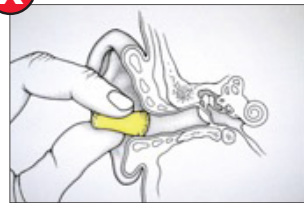


반대편 손으로 귓바퀴를 잡아 당기면서 귀마개를 귓속 끝까지 넣습니다.



귀마개가 충분히 부풀어 오르는 동안 손가락을 떼지 않고 유지합니다.

X 잘못 착용한 예시



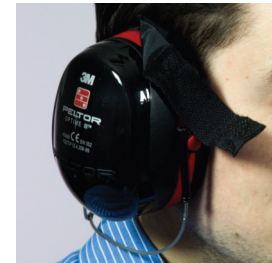
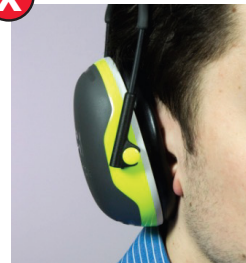
귀덮개



제품에 이상이 없는지를 확인한 후, 머리 크기 및 귀 위치에 맞도록 귀덮개의 양측 조절대의 길이 등을 조정하여 착용합니다.

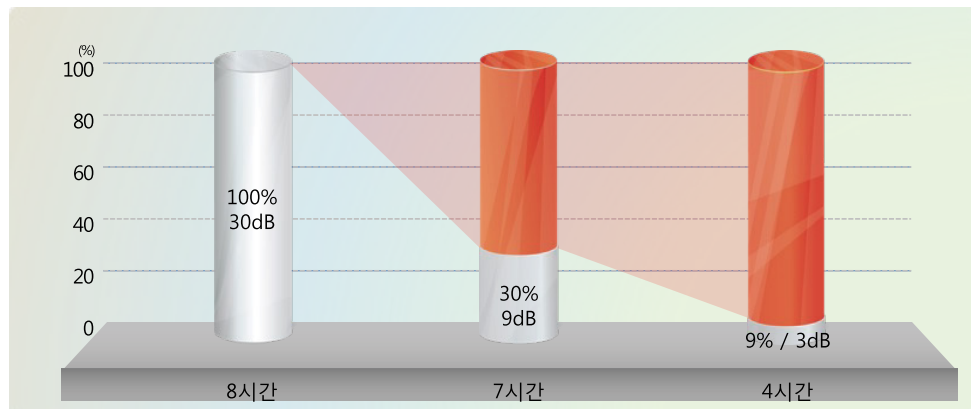
양쪽 귀가 덮개의 안쪽 폼 내에 편안히 위치하도록 합니다.

X 잘못 착용한 예시



착용 시간에 따른 청력보호 수준

조금이라도 착용하지 않으면, 급격하게 효과가 감소합니다.



*본 그래프는 시간가중평균 및 3dB 교환률 개념에 근거하여 교육 목적으로 도식화한 그래프입니다.

소음성난청을 예방하기 위한 청력보호구 밀착도검사의 3단계

청력보존프로그램은 단순히 귀마개나 귀뿔개를 쓴다는 것으로 끝나지 않습니다.
개인마다 다른 형태와 크기의 귀에 잘 맞는 청력보호구가 필요합니다.

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착도검사 시스템은 실험실이 아닌 실제 근무지에서 개인별차음률(PAR)을 얻을 수 있습니다.
테스트를 통하여 개별 근로자에게 적합한 청력보호구를 선정할 수 있으며, 청력손실의 위험으로부터 근로자를 관찰할 수 있습니다.

현장에 맞게 선택한 청력보호구,
그런데 어떻게 내가 사용하고 있는 귀마개 또는
귀뿔개가 잘 보호하고 있는지 알 수 있을까요?

청력보호구 밀착도 검사를 통해서 알 수 있습니다!

01

근로자가 직접 청력보호구를 착용합니다.

근로자의 실제 착용 습관대로 착용하여, 추가적인 교육이 필요한지 판단할 수 있습니다.

02

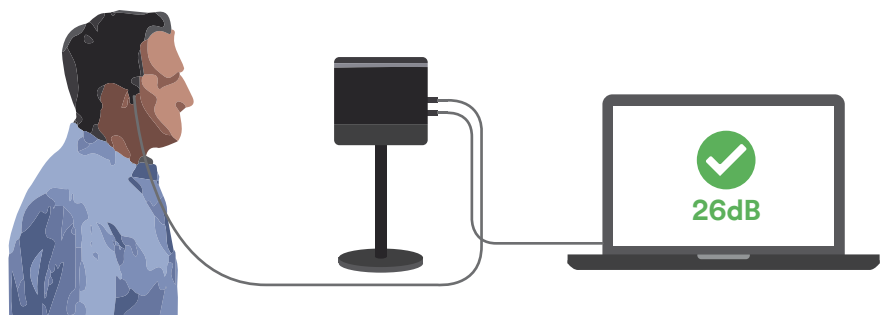
7가지 표준 주파수를 이용하여 청력보호구 밀착도를 효과적으로 측정하고 분석합니다.

F-MIRE Testing 으로 5초동안 7개의 주파수(125Hz-8kHz)를
테스트하여 객관적인 데이터를 얻어냅니다.

03

특허 받은 소프트웨어와 특화된 알고리즘으로 실제데이터를
사용하여 개인별차음률(PAR)을 산출 및 보고서 작성이 가능합니다.

개인별 차음률(PAR)을 측정하여 현재 사용하고 있는 청력보호구가 실제 작업환경에
적합한지 결정하며, 데이터 추적관리가 가능하여 '청력보존프로그램'에 활용할 수 있습니다.



3M™ E-A-Rfit™ 밀착도검사 시스템의 기술적 이해

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착도 검사 시스템(Dual-Ear Validation System)은 소음 감쇠율 측정 시 객관적 방법인 F-Mire(Field Microphone in Real Ear) 기술을 사용합니다.

피시험자는 양쪽 마이크로폰에 연결된 3M™ 청력보호구 테스트용 팁(Probe)을 착용합니다. 소리를 내는 스피커를 피시험자 1m 거리에 놓고, 소리를 발생시킬 때 양쪽 마이크로폰은 외이도 내부와 외부의 소리 크기를 측정합니다. 측정된 값은 5초 이내에 개인 차음률로 계산되어 표시 됩니다.

	F-MIRE (Field Microphone in Real Ear)	REAT (Real-ear Attenuation at Threshold)
방법	피시험자의 외이도 내부와 외부의 소리 크기를 동시 측정	피시험자가 들을 수 있는 최소 음압 수준과 청력보호구를 착용한 상태에서의 피시험자가 들을 수 있는 밀폐 역치의 차이
테스트용 제품	테스트용으로 제작된 제품 필요	기존에 사용하던 제품으로 측정 가능
주파수	여러 주파수 대역을 1번에 측정 가능	주파수 대역별로 각각 측정 필요
시간	짧은 테스트 시간	긴 시간 테스트 필요
특징	피시험자의 청력 민감도와 무관	피시험자의 청력 민감도에 의존
테스트 환경	주변에 소음이 있어도 테스트 가능 (80 dB까지)	매우 조용한 환경에서 테스트 가능

3M™ E-A-Rfit™ 밀착도검사 시스템은 객관적인 측정 시스템으로 피시험자의 반응에 의존하지 않습니다. 또한 충분히 조용한 환경이 필요한 다른 주관적인 REAT 시스템과 다르게 주변 배경 소음이 존재하는 상황에서도 객관적인 테스트가 가능합니다. 3M™ 귀마개, 귀덮개 및 펠터™ 커뮤니케이션 제품군 모두 측정이 가능합니다.



청력보호구 밀착도검사가 필요한이유

| NRR로 차음 성능 예측 (NIOSH 방법)

안전계수
50%



안전계수
75%



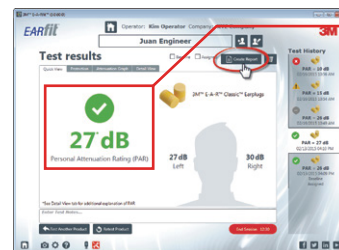
예 제

작업장의 하루 8시간 평균 소음이 95dBA 인 곳에서 NRR값이 27인 귀마개를 착용했을 경우, 예상 차음 효과는?

$$(27-7) \times 50\% = 10\text{dBA}$$

$$95\text{dBA} - 10\text{dBA} = 85\text{dBA}$$

| PAR 차음률 즉시 적용



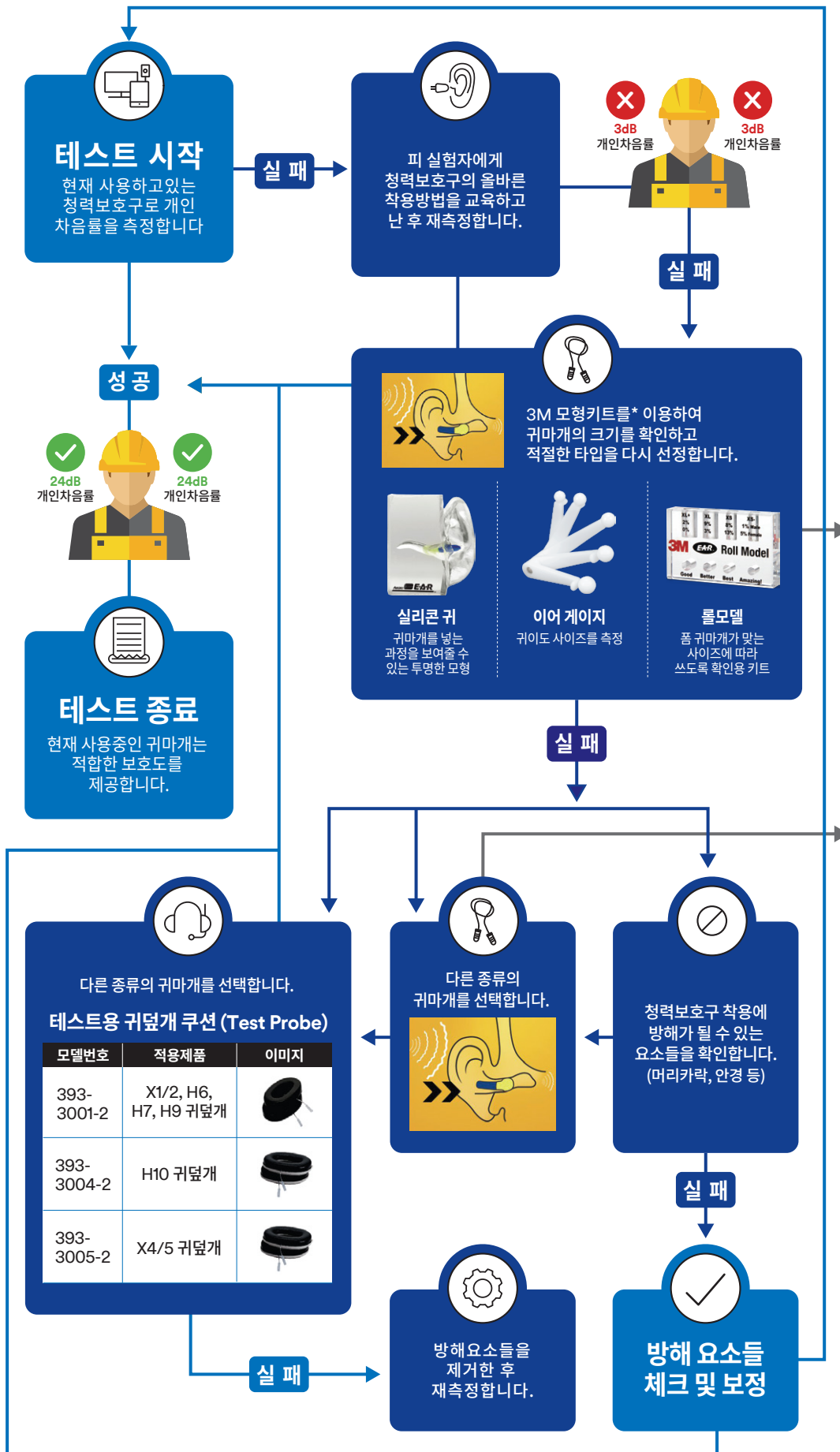
따로 차음률을 계산하지 않고, 바로 PAR을 개인별로 적용 가능함

청력보호구 밀착도 검사의 개인차음률(PAR)의 경우 실제 작업자의 보호구 착용상태를 토대로 계산이 아닌 “측정”한 결과값이기 때문에 바로 적용이 가능합니다.

예 제

NRR - 27dB 의 귀마개의 차음효과는 **85dB**
PAR - 27dB 의 귀마개의 차음효과는 **68dB**
즉, **17dB**의 차이가 발생

3M™ E-A-Rfit™ 밀착도검사 장비는 어떻게 사용하나요?



테스트 플러그의 종류

일반 폼타입

1100



클래식



사이즈 선택형

네온, 일반형



네온, 대형



테이퍼핏



손잡이가 있는 푸쉬핏 타입

푸쉬인즈



익스프레스



귀이도가 비교적 큰 타입

FX

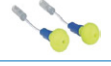


스컬 스크루

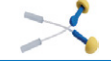


손잡이가 있는 푸쉬핏 타입

푸쉬인즈



익스프레스



스컬 스크루



재사용 귀마개

울트라핏



3M™ E-A-Rfit™ 밀착도검사 시스템의 기술적 이해

| 청력보호구 차음률(NRR, Noise Reduction Rating)

청력보호구는 소음을 줄이기 위해 사용됩니다.

EPA(미 환경청)의 NRR(Noise Reduction Rating)은

얼마나 소음을 감쇠해주는지를 나타내는 지표입니다. 하지만 NRR은 실험실에서 수행한 기술적인 값에 기초하여 이상적인 조건에서 측정한 값으로 개인에게 정확한 보호도를 예측할 수는 없습니다.

| 청력보호구 개인차음률(PAR, Personal Attenuation Rating)

3M™ 청력보호구 밀착검사장비(3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System)는 측정 후 표시되는 개인 차음률 값을 확인할 수 있습니다. 시스템은 작업자의 현장의 노출되는 소음 수준을 고려하여 실제로 어느 정도의 소음 감쇠가 되는지를 알 수 있습니다.

개인차음률값(PAR)은 피실험자가 달성한 소음 감쇠치를 의미합니다.

즉, 청력보호구를 착용 했을 때 외의도 내부와 외부의 소리 크기의 차이를 나타냅니다.

10명의 피실험자를 기반으로 한 평균 감쇠치인 NRR 값과 비교할 때 PAR 값은 실제 사용자의 귀에 맞는 특정 청력보호구 모델이 제공하는 차음률을 알 수 있습니다. 즉, 작업자의 소음 노출 정도에 따른 소음 유해인자로 부터 적절히 보호가 되고 있는지 여부를 결정하는데 활용할 수 있습니다.

또한 개인 차음률 값이 기준 이하로 적절하게 보호가 되지 않을 때에는 해당 작업자를 선별하여, 올바른 착용방법을 교육할 수 있습니다.

작업자가 필요한 소음 감쇠율은 어느정도 일까요?

각 작업자의 목표 개인차음률 값은 각 사업장의 소음 노출 관리 수준과 실제 작업자가 노출되는 유해 소음 수준에 의해 결정됩니다.

예를 들어, 근로자 A의 TWA가 95 dB 이고 회사 노출 한도가 80 dB 인 경우, 근로자 A는 최소 15 dB 이상의 개인차음률 값을 달성해야 통과할 수 있습니다. 만약 근로자 A가 10 dB의 개인차음률 값을 달성하면 실패로 표시됩니다.

예 시

95 dBA	— 시간가중평균치(TWA)
-80 dBA	— 회사노출한도
15 dBA	— 최소목표개인차음률

실패

테스트 결과가 실패(Fail)인 경우, 작업자가 제대로 착용하지 않았거나, 귀이도에 맞지 않는 사이즈를 착용하였을 수 있습니다.



오른쪽 귀
10dB



왼쪽 귀
29dB

합격

테스트 결과가 합격(PASS)로 나온 경우, 작업자는 청력보호구를 잘 착용하였고, 적절히 보호를 하고 있다고 볼 수 있습니다.

중요

개인차음률(PAR)은 청력보존프로그램의 첫 단계입니다. 일단, 작업자의 PAR 을 측정하면, 올바른 청력보호구를 사용하고 있는지, 제대로 사용법 교육을 받았는지를 파악할 수 있습니다.



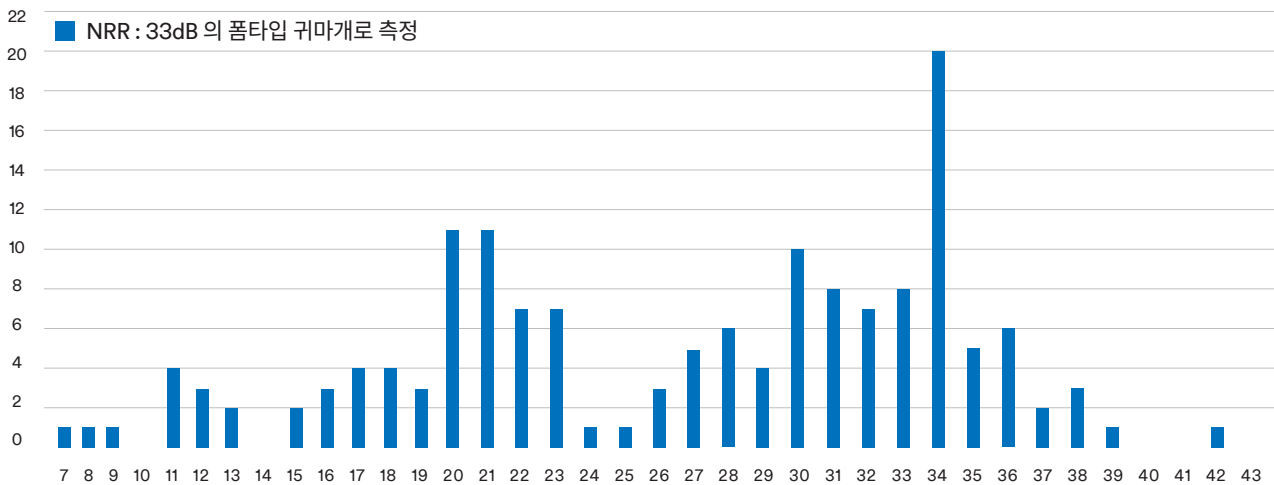
밀착검사의 필요성

모든 근로자는 청력보호구 밀착도 검사가 필요합니다. 왜 밀착도 검사가 필요할까요?

OSHA(미 노동청)규정에 따르면, NRR이 이상적인 조건에서 청력보호구의 소음 감쇠치를 나타는 좋은 지표이지만, 청력보호구를 사용할 때 개인에게 실제로 나타나는 감쇠치를 알 수 있는 것은 아닙니다. 동일한 청력보호구에 대해 작업장의 개인별 감쇠치가 광범위할 수 있다는 연구 자료가 있습니다.

2008년 연구에 따르면, 근로자의 개인 차음률이 광범위하게 분포되어 있습니다. 일부 근로자는 NRR이 예상하는 것 보다 더 높은 차음률을 보이는 반면, 다른 근로자는 훨씬 낮은 차음률을 보입니다. (표 7)

<표7> 실제 밀착도 측정 결과



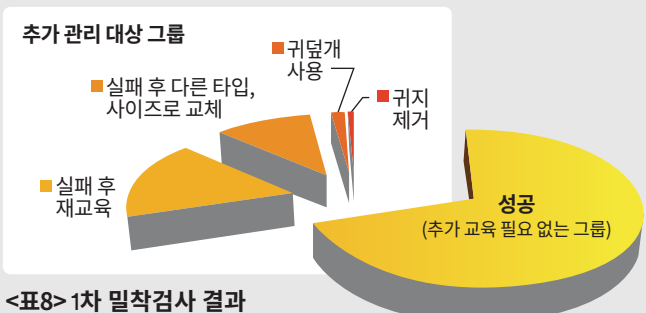
출처: Methods of Fit Testing Hearing Protectors, with Representative Field Test Data. Berger, E.H., Voix, J., and Hager, L.D.. 9th Congress of the Int. Commission Biological Effects of Noise, edited by B Griefahn, Mashantucket, CT, 71-78 (2008).

밀착도 검사를 통해 적합한 청력보호구를 찾습니다.

구분	NRR/SNR/차음률	3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System
의미	청력보호구가 가지고 있는 차음 성능 보호구 자체의 성능을 의미	청력보호구를 착용하였을 때 개인에게 나타나는 차음률로 개인마다 착용 방법에 따라 다르게 나타남
대상	제품	개인

이러한 광범위한 변동 범위의 주요 원인은 청력보호구를 착용할 때의 개인 숙련도의 차이입니다. 2013년 한 연구에 따르면, 327명의 숙련된 사용자 중 17%가 재 교육을 받은 후에야 적절한 차음 효과를 나타낼 수 있었습니다.

다른 주요 원인은 개인마다 귀이도의 크기 또는 모양의 차이로 인해 작업자가 다양한 보호구를 착용해 보고 적절한 모델을 찾아 착용해야 한다는 결과가 나왔습니다.



출처: Smith, P.S., Lusk, S.L., & Monaco, B. (2014). Attitudes towards use of hearing protection devices and effects of an intervention on fit-testing results. Workplace Health & Safety, 62(12), 491-499.

3M 청력보호구 밀착도 검사 시스템

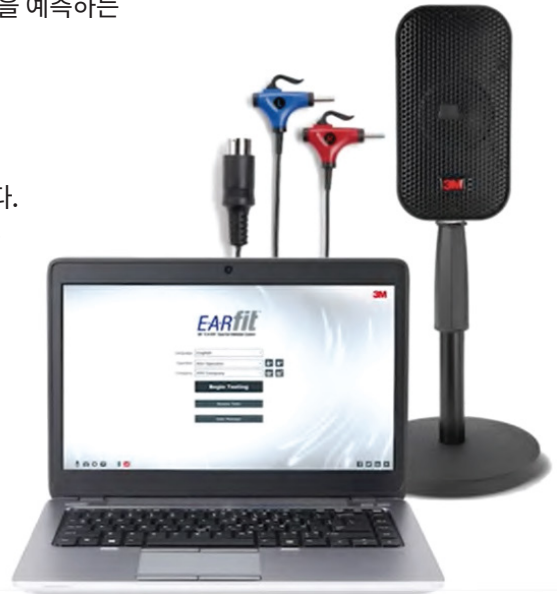
3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System은 청력보호구의 차음률을 예측하는 미국 국가 표준 기준인 ANSI/ASA S12.71-2018을 따릅니다.

ANSI/ASA S12.71-2018 이란?

개인청력보호구의 차음률을 예측하는 시스템의 미국 국가표준기준입니다. 이 기준에는 장비 제조업체의 청력 밀착도 검사시스템으로부터 정확하고 투명한 결과를 보고하는데 적용해야 하는 기준이 포함되어 있습니다.

또한 실험실에서 REAT(Real-Ear Attenuation at Threshold)방법을 통해 측정된 차음률로 부터 예측된 차음률과 청력밀착도 검사 시스템을 비교하여 평가하는 기준이 포함되어 있습니다.

일반적으로청력 밀착도 검사 시스템에서 사용되는 용어는 FAES(Field Attenuation Estimation System) 입니다. 이 기준은 청력 밀착도 검사를 수행하기 위한 다양한 기술과 방법을 인정하고 사용하는 밀착도 검사방법에 따른 FAES의 최소 요구사항 구분합니다. 이 기준은 세계 최초의 기준입니다.



3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System

3M 청력보호구 밀착도 검사 시스템에 내용과 법규(ANSI/ASA S12.71-2018)에 대한 좀더 자세한 자료는 3M 담당자를 통해 문의해주세요.

청력보호구 밀착도 검사 관련 영상

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착검사 특징



<https://youtu.be/5hpy93LqHSc>

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착검사 준비



<https://youtu.be/ftRaq-PMuLE>

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착검사 소프트웨어 설정 및 측정



<https://youtu.be/MK7ywDRCFRA>

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착검사 보고서 생성



<https://youtu.be/fXJ4cOrhKYM>

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착검사 결과해석



<https://youtu.be/cFRNIewxsdk>

3M™ E-A-Rfit™ 청력보호구 밀착검사 관리방법



<https://youtu.be/fX7fm8m2KDc>

청력밀착도 검사 프로그램의 관리

일반적으로, 청력밀착검사 장비는 청력보존프로그램을 관리하는 전문가들에 의해 진행 및 관리됩니다.

주요 사용자

- 보건관리자
- 현장 안전 담당자
- 직업 건강 간호사
- 3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System의 사용 및 작동 교육을 받은 인력

상담 신청하기

청력보존프로그램에 대해
3M 안전보호구 전문가와
상담하기



3M™ E-A-Rfit™ 청력밀착도 검사 시스템을 도입한 기업 (글로벌 기업 사례)

The companies shown on this page are all 3M global customers.



청력밀착도 검사의 주요 장점

3M 청력보호구 밀착검사 (3M™ E-A-Rfit™ Dual-Ear Validation System) 시스템을 사용해야 하는 이유는 무엇일까요?
다음과 같이 청력보존프로그램에 이용하면 다양한 장점을 이용할 수 있습니다.

01

청력손실이 발생하기 전에 청력보호구로 제대로 보호받지 못하고 있는 근로자를 파악할 수 있습니다.

02

청력보호구가 올바르게 착용하는 것이 개별차음률, 즉 자신에게 직접적으로 미치는 효과를 직원이 직접 체험할 수 있는 교육의 기회를 만들 수 있습니다.

- 테스트 직후 개인 차음률을 확인할 수 있습니다.
- 개인별로 밀착 정도를 관찰하고 교육합니다.
- 귀마개 착용법을 재 교육하고 재 착용한 후 개인차음률이 개선된 것을 확인할 수 있습니다.
- 청력보호구를 올바르게 착용하면 작업자가 그 차이를 느낄 수 있습니다

03

개별적으로 테스트된 보호도에 따라 청력보호구를 선택하여 지급할 수 있습니다.

04

청력에 변화가 있는 직원이 올바르게 착용하는 법을 훈련하고 이후 청력 손실이 더이상 일어나지 않도록 방지할 수 있습니다.

05

청력손실예방에 대한 모범사례를 만들 수 있습니다





한국쓰리엠주식회사
산업안전사업팀

서울시 영등포구 의사당대로 82 하나증권빌딩, 한국쓰리엠 20층
고객상담실 : 080-033-4114
이메일: Kr-Hearing@mmm.com
www.3msafety.co.kr/Hearing