

소음성 난청 진전도 측정을 위한 청력측정법에 관한 연구

A Study on a Hearing Test to Measure Progress of Noise Induced Hearing Loss

권 형 준*, 이 성 태**, 배 명 진*

(Hyung-Jun Kwon*, Sung-Tae Lee**, Myung-Jin Bae*)

*숭실대학교 정보통신공학과, **정보통신융합학과

(접수일자: 2009년 12월 14일; 수정일자: 2010년 2월 5일; 채택일자: 2010년 2월 24일)

최근 노화현상 외에도 소음으로 인한 청력저하를 호소하는 사례가 늘어나고 있다. 특히 멀티미디어의 보급과 휴대용 정보기기의 발달로 지속적인 소음에 장시간 노출되어 청각 세포의 손상이 발생하여 청각 손실이 발생하는 소음성 난청 인구가 증가하고 있는 실정이다. 현재 병원에서 실시하고 있는 순음청력검사는 8000 Hz까지의 주파수대역을 수동으로 조절하며 검사하므로 8,000 Hz 이상의 확장 고주파수에서도 손실을 가져오는 소음성 난청의 경우 회화 영역에 직접적인 영향을 미치지 않아 조기에 청력저하를 파악하여 예방하기에는 부적합한 단점이 있다.

본 논문에서는 12,000 Hz~20,000 Hz 고주파 대역을 이용하여 소음성 난청을 조기에 파악하여 예방하기 위한 청력측정법을 제안하였다. 휴대용 정보기기를 통해 이어폰을 많이 사용하는 20대 남녀 50명을 대상으로 제안한 측정법으로 청력을 측정한 결과 36%가 소음으로 인한 청력 저하를 보였다. 그 중 2%는 청력의 손실정도가 심각함을 보였다.

핵심용어: 소음성 난청, 청력검사, 소음 레벨, 순음 검사

투고분야: 생체 및 의학음향 분야 (15.4)

Lowering of auditory caused by noise is increased, these days. Especially, people who have noise induced hearing loss by permanent exposure to noise are increased according to spread out of multimedia and improvement of information equipment. The pure tone audiometry used in the hospital presently inspect auditory manually up to 8,000 Hz bandwidth. So the case of noise induced hearing loss which suffered from extended high frequency over 8,000 Hz, there is a problem to prevent hearing loss by precognition.

In this paper, we proposed a method to prevent noise induced hearing loss by using extended high frequency bandwidth from 12,000 Hz to 20,000 Hz. We have got a experimental result to fifty of twenties who are often used to earphones through portable equipment. As a result, 36% of twenties show lowering of auditory caused by noise and 2% of them shows severe loss of hearing.

Keywords: Noise Induced Hearing Loss, Hearing Test, Noise Level, Pure Tone Audiometry

ASK subject classification: Biological and Medical Acoustics (15.4)

I. 서론

사람의 가청주파수 범위는 20~20,000 Hz로써 들을 수 있는 소리에 한계가 있다. 또한 나이가 들수록 가청 한계 (upper limiting of hearing)대역이 줄어들며 고음 영역부터 점차 못 듣게 된다 [1-3].

최근 노화현상 외에 소음 등에 대한 노출로 난청을 호

소하는 연령대가 점차 낮아지고 있다. 디지털 기기의 발달로 휴대폰이나 MP3 플레이어 등 항상 휴대하며 이어폰을 끼고 음악을 듣거나 TV를 보는 사람들이 늘어나면서 젊은 나이에도 불구하고 40~50대의 청력상태를 가지는 사람들이 늘고 있다. 소음에 의한 난청의 경우 초기에는 회화 영역은 장애를 받지 않으므로 일상생활에는 지장이 없으나 고주파수 영역에서 저음의 구별이 어려워지게 되고 서서히 진행하면서 어음 분별이 안 돼 특히 사람이 많은 곳이나 소음 환경에서 음의 구별이 어려워져 조용한 곳이나 단 둘이 대화할 때는 잘 듣지만 강연장이나 길거

책임저자: 배 명 진 (mjbae@ssu.ac.kr)
156-743 서울서 동작구 상도동 511 숭실대학교 정보통신공학과
(전화: 02-820-0902; 팩스: 02-814-0608)

리 등 소음이 있는 곳에서는 잘 알아듣지 못한다. 주로 높은 소리를 못 듣는다 차츰 낮은 소리도 못 듣게 되며 결국 청력 상실로 이어질 수 있다.

본 연구에서는 소음성 난청의 경우 고주파영역의 청각 세포부터 손상되어가는 원리를 이용하여 소음성 난청 진전도 측정을 위한 청력측정법을 제안하였다. 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 청각 구조에 대한 설명을 통해 청각의 특성을 설명하고, 3장에서는 난청 및 청력 측정법을 소개하고 제안한 소음성 난청 예방을 위한 청력 측정법을 설명한다. 4장에서 실험 및 결과를 설명하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 청각 특성

2.1. 청각 구조

귀는 인간의 감각기관 중에서 청각을 담당하고 있다. 인간의 청각기관을 해부학적으로 고찰하면 그림 1과 같이 외이 (outer ear), 중이 (middle ear), 내이 (inner ear)로 나눌 수 있다. 귀는 매우 약한 음파를 청신경의 전기적 신호로 바꾸는 변환기에 해당한다. 외이 (outer ear)는 귓바퀴 (pinna)와 귓구멍 (ear canal), 고막 (ear drum)을 말한다. 중이 (middle ear)는 망치뼈, 모루뼈, 등자뼈로 이루어진 이소관 (ossicle)과 유스타키안관 (Eustachian tube)을 포함한다. 내이 (inner ear)는 달팽이관 (cochlea)이 있는 제일안쪽 부분을 말하는데 와우는 코티(corti)기관을 가지며 액체로 차있고 나선모양이다 [4].

인간이 소리를 인식하는 과정은 그림 2와 같은 과정을 통해 소리를 인간의 뇌로 전달하게 된다.

2.2. 청력손실

청력손실은 다른 장애에 비하여 쉽게 인식되지 않는다. 심지어 청력 손상의 경우라도 지나쳐 버리는 수가 있

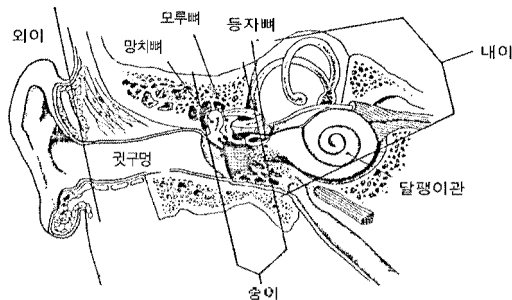


그림 1. 귀의 구조
Fig. 1. Structure of Ear.

다. 사람의 가청주파수 범위는 20~20,000 Hz로써 들을 수 있는 소리에 한계가 있다. 또한 노화가 진행될수록 가청 한계대역이 줄어들며 고음 영역부터 점차 못 듣게 된다. 표 1은 평균치로써 개인차가 있을 수 있으며 연령별 평균최대가청주파수를 나타낸다 [5-7].

노화현상 외에도 인체가 큰 소음에 장기간 노출될 경우 달팽이관 내부의 유모세포가 손상되어 청력이 저하된다. 소음에 의한 유모세포의 손상은 달팽이관의 타원창에 가까운 최외각 유모세포부터 영향을 받음으로써 회화대역 (250~8,000 Hz) 이상의 확장 고주파수에서도 소리를 듣지 못하게 된다. 그림 3은 달팽이관을 펼쳤을 때 음향적 주파수에 공명하는 위치를 나타내고 있으며, 인간의 음성에서 가장 중요한 정보를 담고 있는 3,000 Hz까지의 정보가 반 이상을 차지하고 있다.

유모세포는 재생능력이 있어서 일시적인 손상에 대해서는 부분적으로 24시간 이내에, 전체적으로는 72시간 이내에 회복할 수 있다. 이러한 일시적인 청력손실을 일시적 난청 (noise-induced temporary threshold shift)이라 한다. 그러나 일시적 난청이 자주 반복되면서 유모세포의 재생능력이 현저히 저하되는 현상을 영구적 난청 (noise-induced permanent threshold shift)이라고 한다. 표 2는 미국 노동안전 위생국 (OSHA, Occupational Safety and Health Administration)에 규정되어 있는 음

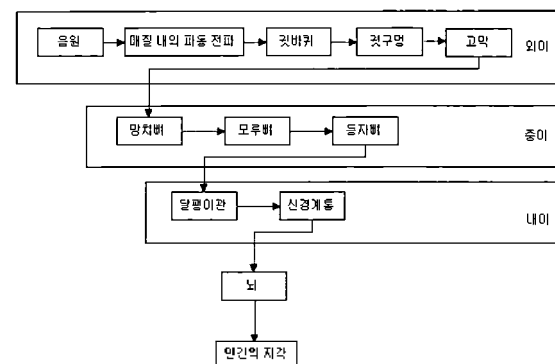


그림 2. 인체의 소리인식과정
Fig. 2. Process of Sound recognition.

표 1. 연령별 평균최대가청주파수
Table. 1. Average Maximum Audio Frequency with age.

연령대	평균최대가청주파수
50대	12,000Hz
40대	14,000Hz
30대	16,000Hz
20대	17,000Hz
10대	18,000Hz

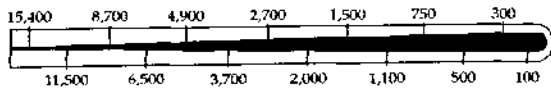


그림 3. 달팽이관의 음향적 주파수 공명위치
Fig. 3. Acoustic Position of Resonance in Cochlea.

표 2. 음압레벨에 따른 허용 청취 시간(OSHA규정)
Table 2. Allowed Hearing Time by Sound Pressure Level.

음압 레벨	85 dB(A)	90 dB(A)	95 dB(A)	100 dB(A)	105 dB(A)	110 dB(A)
1일 허용시간	16 시간	8 시간	4 시간	2 시간	1 시간	30분

압레벨에 따른 1일 허용 청취 시간을 나타낸다. 해당 음압 레벨의 허용시간을 초과할 경우 유모세포가 손상을 입어 청력에 큰 손실을 줄 수 있다.

III. 난청 및 청력측정법

3.1. 난청의 종류

난청이란 어떤 소리들에 대한 민감도가 감소된 것이다. 난청이 미치는 영향은 원인에 따라 달라질 수 있다. 귀의 손상되는 부분에 따라 크게 전음성 난청과 감각신경성 난청, 두 가지 유형이 혼합되어 나타나는 혼합성 난청 세 가지의 형태로 구분 할 수 있다 [8].

3.2. 소음성 난청

괴롭고 원치 않는 큰 소리를 소음이라 하는데 이러한 소음에 의해서 발생하는 감각신경성 난청을 “소음성난청” 이라고 한다. 소리를 감지하는 기관, 즉 달팽이관이 손상된 경우이며 특히 고주파를 감지하는 외유모세포가 주로 손상 받게 된다. 보통 85 dB 이상 소음에 지속적으로 노출될 때는 귀에 손상을 줄 수 있다. 소음에 의한 유모세포의 손상은 일시적인 손상에 대해서는 대부분 회복이 가능하지만 오랜 기간 소음이 지속되거나 수용한도를 넘는 폭음에 노출되면 유모세포는 회복이 불가능할 정도로 손상된다. 소음성 난청은 초기의 경우 고음을 인지하는 기능만 떨어져 조기발견이 어렵고, 일단 그 이하 주파수 까지 난청이 진행된 다음에는 치료방법이 없는 만큼 조기 진단과 예방이 특히 중요하다 [9].

3.3. 기존의 순음 청력 검사 (Pure Tone Audiometry)

순음 청력 검사는 일반적으로 순음검사라고도 하며

청력검사의 가장 기본이 되는 검사이다. 음차, 즉 소리굽쇠에서 발생하는 것과 같은 순음을 진기적으로 발생시켜 각 주파수에 따라 음의 강도를 조절하여 청력 역치를 측정하는 방법으로 청력 손실의 정도와 유형, 양상 등에 대한 정보를 제공하여 준다. 검사의 종류로는 청각경로를 이용하는 기도검사와 골전도를 이용하는 골도검사가 있다.

3.3.1. 검사방법

청력 측정은 좋은 귀를 먼저 검사하고 나쁜 귀를 나중에 검사한다. 사용하는 주파수 대역은 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz, 4,000 Hz, 8,000 Hz의 6개의 주파수대역을 사용하며 청력 역치의 측정은 같은 강도의 음을 들려주어 보통 3번의 검사중 2번의 응답이 있는 때의 강도를 그 주파수의 역치로 결정하고 있다. 검사 방법은 들리지 않는 강도에서 시작하여 들리는 음을 찾는 상승법과, 빈대로 들리는 음에서 시작하여 청력 역치를 찾아내는 하강법, 이 두 방법을 혼합한 혼합법이 있다.

그림 4는 상승법을 나타낸다. 0 dB에서 측정을 시작하여 들리는지 확인하고 들리면 측정값을 저장하고 들리지 않으면 피검자의 역치를 찾기 위해 5 dB 증가 시킨 후 들릴 때까지 반복하며 측정값을 저장한다.

3.3.2. 차폐

청력 검사를 할 때 비검사귀로 소리가 전달되는 현상이 나타날 수 있는데 이것을 crossover 라고 한다. 이러한 현상이 존재할 때 적당한 차폐를 하여 반대쪽 비검사 귀

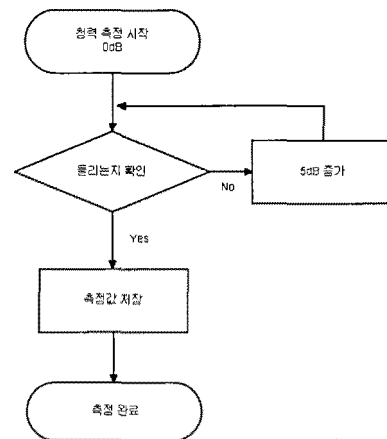


그림 4. 상승법 플로우 차트
Fig. 4. Flow Chart of Ascending Method.

에 불필요한 참어를 막아야 한다. 일반적으로 양쪽 귀의 기도 청력수준이 40 dB 이상 차이가 날 때는 차폐를 하고 다시 검사해야 한다 [10]. 백색잡음은 전 주파수 대역에 걸쳐 거의 같은 정도의 에너지 강도를 가진 차폐음으로써 순음 청력 검사 시 효과적이다. 본 연구에서는 식 (1)과 같은 정규 분포를 가지는 백색잡음을 사용한다.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (-\infty < x < \infty) \quad (1)$$

μ : 평균 = 0, σ : 표준편차 = 1

3.3.3. 검사 결과 판독

검사 결과의 판독은 평균 청력 역치에 의해 피검자의 청력 소실 정도를 판독한다. 평균 청력 역치를 표시할 경우 회화 음역에 속하는 주파수인 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz에서 청력 역치를 합하여 그 평균치로 나타내는 방법이 사회적인 측면에서 타당성과 계산의 편리로 널리 이용되고 있다. 평균 청력 역치를 도출하는 방법은 3분법과 4분법, 6분법이 있다 [11].

식 (2)는 3분법을 식 (3)은 4분법을 나타낸다. (4)는 6분법을 나타낸다.

$$\text{3분법} = \frac{(HT)_{500Hz} + (HT)_{1kHz} + (HT)_{2kHz}}{3} \quad (2)$$

$$\text{4분법} = \frac{(HT)_{500Hz} + 2 \cdot (HT)_{1kHz} + (HT)_{2kHz}}{4} \quad (3)$$

$$\text{6분법} = \frac{(HT)_{500Hz} + 2 \cdot (HT)_{1kHz} + 2 \cdot (HT)_{2kHz} + (HT)_{4kHz}}{6} \quad (4)$$

3분법은 500 Hz와 1,000 Hz, 2,000 Hz를 합하여 3으로 나눈 값을 평균 청력 역치로 결정한다. 4분법은 500 Hz와

표 3. 난청 정도에 따른 청력 손실 구분 (ISO, ANSI 기준)
Table 3. Hearing Loss Classification by degree of difficulty in hearing.

청력 손실 (dB)	표 현 법	
10~25	정상역	Normal limits
26~40	경도난청	Mild hearing loss
41~55	중등도 난청	Moderate hearing loss
56~70	중등고도난청	Moderately severe hearing loss
71~90	고도난청	severe hearing loss
91이상	농	Profound hearing loss

2,000 Hz의 청력 역치와 1,000 Hz의 청력 역치의 2배를 합하여 4로 나눈 값을 평균 청력 역치로 결정하고, 6분법은 500 Hz와 4,000 Hz의 청력 역치와 1,000 Hz, 2,000 Hz의 청력 역치의 각 두 배의 값을 모두 합하여 6으로 나눈 값을 평균 청력 역치로 결정한다. 표 3은 난청 정도에 따른 청력 손실을 구분하는 기준을 나타낸다.

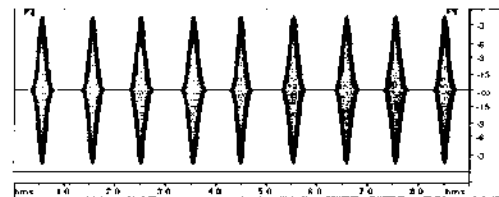
3.4. 제안한 순음 청력 검사(Proposed Pure Tone Audiometry)

3.4.1. 제안한 청력 검사 모델

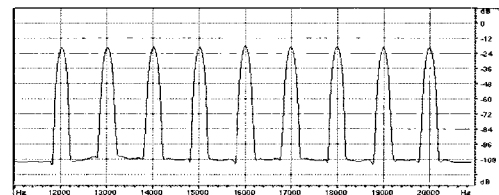
소음에 의한 유모세포의 손상으로 확장 고주파수 (Extended high frequency)의 청력손실을 측정하기 위해 기존의 0~8000 Hz의 회화 영역이 아닌 12,000 Hz~20,000 Hz의 고주파 영역의 주파수를 이용하여 저하 정도를 측정한다. 들려주는 검사음의 길이는 0.5초이다. 그림 5는 제안한 청력 검사 모델의 파형과 스펙트럼을 보여 준다. 스펙트럼의 FFT size=1024, window는 hamming으로 검사음의 각 주파수를 나타낸다.

3.4.2. 검사방법

청력 측정은 오른쪽 귀를 먼저 측정하고 왼쪽 귀를 측정한다. 사용하는 주파수 대역은 12,000 Hz, 13,000 Hz, 14,000 Hz, 15,000 Hz, 16,000 Hz, 17,000 Hz, 18,000 Hz, 19,000 Hz, 20,000 Hz의 9개의 주파수대역을 사용하며 청력 측정 시 검사하는 주파수의 순서는 인간의 최대 가청한계인 20,000 Hz부터 12,000 Hz까지 순차적으로 들려주어 검사한다. 그림 6은 제안한 검사 방법의 플로우



(a) 청력 검사 모델의 파형



(b) 청력 검사 모델의 스펙트럼

그림 5. 제안한 청력 검사 모델
Fig. 5. Proposed Hearing Test Model.

차트를 보여준다.

청력 검사는 60 dB의 20,000 Hz 검사음 1개를 0.5초간 지속하고 1초후 60 dB의 19,000 Hz 검사음 1개를 0.5초간 지속하여 순차적으로 60 dB의 12,000 Hz 검사음까지 자극을 주어 9개의 검사음 중 총 들은 개수(N)를 저장하고 청각연령을 계산한다. 청각연령은 식 (5)에 의해 계산하며 본인의 나이+10세 미만이면 정상, 그 이상이면 소음성 난청이 진행 되고 있는 것으로 판단하여 큰 소음에 장시간 노출을 피하고 소음에 의한 청력의 저하를 조기에 예방한다.

$$\text{청각 연령} = ((10 - \text{총 들은 개수}(N)) \times 5) + 5 \quad (5)$$

식 (5)는 청력 측정 결과 측정된 자신의 청각연령을 나타낸다 [12]. 청력 검사를 실시하여 들려준 9개의 검사음 중 자신의 들은 검사음의 개수 (N)를 10에서 빼준 후 곱하기 5를 하고 더하기 5를 하여 청각연령을 구하게 된다. 청각 연령을 측정하여 청력손실 여부를 확인한 후 청력의 저하 정도를 파악하기 위해 확장 고주파수에서 가청레벨을 측정한다. 30 dB의 20,000 Hz 검사음 1개를 0.5초간 지속하고 1초후 30 dB의 19,000 Hz 검사음 1개를 0.5초간 지속하여 순차적으로 30 dB의 12,000 Hz 검사음까지 자극을 주어 총 들은 개수 (N)를 저장하고 총 들은 개수 N이 T보다 작으면 5 dB 증가하여 다시 반복 수행한다. T는 연령에 따라 저하되는 평균최대가청주파수를 청력 검사시 수행되는 9개의 검사음으로 판별하기 위해 제안한 문턱치로 각 연령별 정상청력이 들을 수 있는 검사음의 총 개수를 나타낸다. 자신의 연령에 따라 문턱치의 개수만큼 검사음을 들을 수 있으면 정상청각연령으로 판정된다. 표 4는 연령별 검사음의 문턱치를 나타낸다.

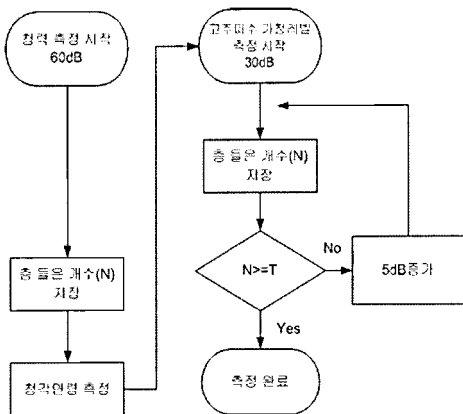


그림 6. 제안한 청력 검사의 플로우 차트
Fig. 6. Flow Chart of Proposed Hearing Test.

IV. 실험 및 결과

4.1. 소음성 난청 측정

제안한 소음성 난청 측정 모델을 이용하여 평소 이어폰으로 음악을 많이 듣는 20대 대학생 50명을 대상으로 5회에 걸쳐 청력 측정 실험을 하였다. 대상자들은 전음성 난청의 가능성을 배제하기 위해 중이염이나 고막, 외이도에 문제가 있는 경우 제외하였고 항생제나 약물치료를 받고 있는 경우도 제외하였다. 양쪽 귀의 구별 없이 가청 여부를 파악하기 위해 무음실에서 스피커를 통해 청력을 측정 하였다. 그림 7은 실험결과를 나타내며 각 해당주파수에서 소리를 들은 피실험자 수를 누적하여 나타낸다.

실험 결과 20대 임에도 불구하고 평균최대가청주파수인 17,000 Hz 이상의 소리를 듣지 못하는 학생이 18명으로 36%가 청력저하 상태로 판단되었다. 16,000 Hz 이상 듣지 못하는 사람도 10명으로 20%에 해당하는 학생이 청력저하를 보였고 40대의 청력수준을 나타내는 14,000 Hz 이상의 소리를 듣지 못하는 학생도 2명으로 청력저하 정도가 심각함을 확인하였다.

4.2. 확장 고주파수 (EHF)의 가청 레벨 측정

청력손실에 따른 소음성 난청 정도를 파악하기 위해 제안한 소음성 난청 측정 모델을 이용하여 30 dB부터 시작하여 확장 고주파수에서의 가청 레벨을 측정하였다.

그림 8은 20대 평균최대가청주파수인 17,000 Hz 이상의 소리를 들을 수 있어 정상 청력으로 판정된 20대의 가청 레벨을 나타낸다. 점선으로 표시된 가청 레벨은 50명의 피실험자 중 17,000 Hz 이상의 소리를 들은 32명의

표 4. 연령별 검사음의 문턱치
Table 4. Threshold of Test Tone by Age.

	10대	20대	30대	40대	50대
T	7	6	5	3	1

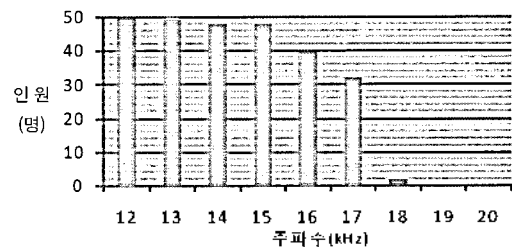


그림 7. 20대 청력 측정 결과
Fig. 7. Result of Hearing Test of Twenties.

가청 레벨의 평균을 나타낸다. 정상적인 20대의 청력의 경우 가청 레벨의 증가가 16,000 Hz부터 시작되어 20대 평균최대가청주파수인 17,000 Hz에서는 최대 60 dB의 가청 레벨을 보였다.

그림 9는 17,000 Hz 이상의 소리를 들을 수 없어 소음성 난청 진행 중으로 판정된 20대의 가청 레벨을 나타낸다.

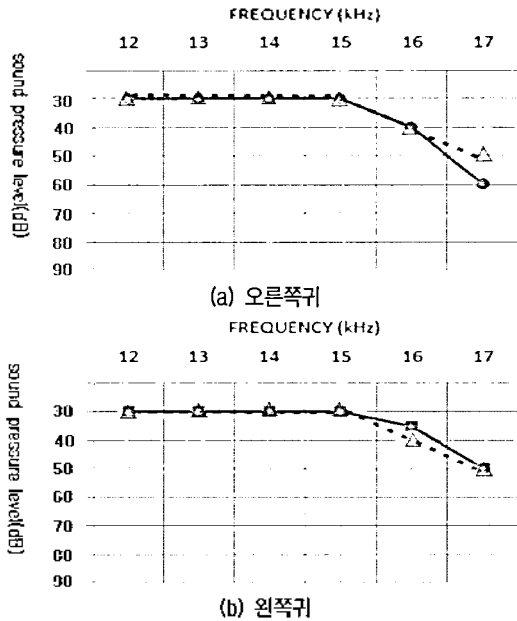


그림 8. 정상 청력으로 판정된 20대의 가청 레벨
Fig. 8. Hearing level decided Normal Hearing Ability of Twenties.

청력손실이 진행 중인 20대의 청력의 경우 가청 레벨의 증가가 14,000 Hz부터 시작되어 20대 평균최대가청주파수인 17,000 Hz에서는 최대 80 dB의 가청 레벨을 보였다. 그림 10은 14,000 Hz 이상의 소리를 들을 수 없어 심각한 소음성 난청으로 판정된 20대의 가청 레벨을 나타낸다.

청력손실이 심각한 20대의 청력의 경우 가청 레벨의 증가가 13,000 Hz부터 시작되어 20대 평균최대가청주파수인 17,000 Hz에서는 최대 90 dB의 가청 레벨을 보였다. 제안한 소음성 난청 측정 모델에 의한 확장 고주파수에서의 가청 레벨 측정 결과 정상 청력으로 판정된 20대의 경우 가청 레벨의 증가가 최대가청주파수인 17,000 Hz에 가까운 주파수 영역에서 시작되어 가청 레벨의 곡선의 기울기가 비교적 완만한 것을 확인 하였다. 소음성 난청 진행 중으로 판정된 20대의 경우 가청 레벨의 증가가 약 14,000 Hz~15,000 Hz 대역에서 조금씩 시작되어 최대 가청한계로 갈수록 증가 하였다. 심각한 청력 손실을 보인 소음성 난청으로 판정된 20대의 청력의 경우 12,000 Hz~17,000 Hz의 전 대역에 걸쳐 가청 레벨이 증가함으로써 기울기가 가파르게 나타나는 것을 확인하였다. 젊은 연령대에도 불구하고 청력의 손실이 심각함을 확인하였다. 그러나 각 그룹별 피험자의 8,000 Hz 이하의 일반 청력 검사에서는 청력손실이 25 dB 미만으로 이비인후과 전문의의 정상역 판정을 받아 고주파수에서의 청력저하

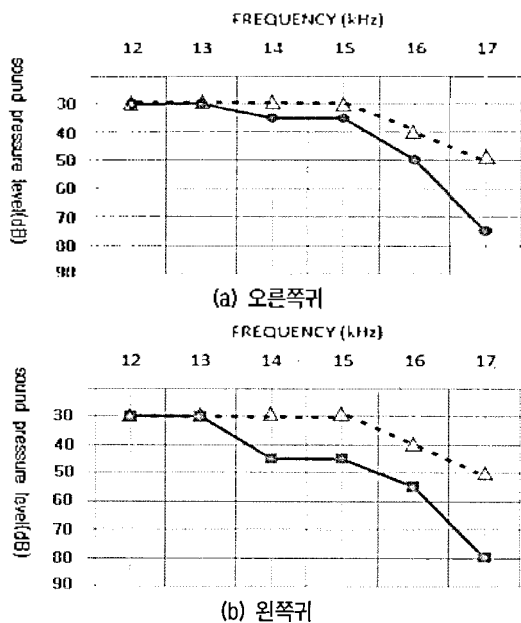


그림 9. 소음성 난청 진행중으로 판정된 20대의 가청 레벨
Fig. 9. Hearing level decided Progressive Hearing Loss of Twenties.

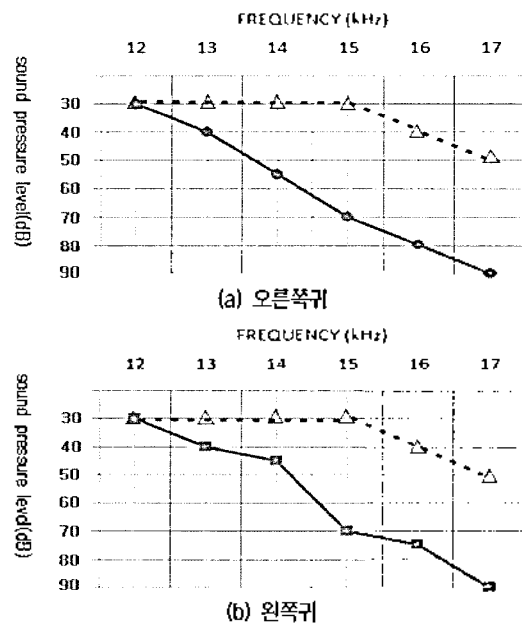


그림 10. 심각한 소음성 난청으로 판정된 20대의 가청 레벨
Fig. 10. Hearing level decided Serious Hearing Loss of Twenties.

에도 불구하고 청력저하를 파악할 수 없었다.

V. 결론

본 논문에서는 12,000 Hz ~ 20,000 Hz의 고주파 대역을 이용하여 소음성 난청의 진행 정도를 파악할 수 있는 소음성 난청 진단도 측정을 위한 청력측정법을 제안한다. 제안한 측정법은 소음성 난청 진행 여부를 조기에 파악하여 예방함으로써 더 큰 청력저하를 막을 수 있는 장점이 있다. 제안한 측정법을 이용하여 휴대용 기기의 사용이 많은 20대 대학생 50명을 대상으로 소음성 난청 측정 실험 결과 심각한 청력 저하를 보이는 것을 확인하였다. 그러나 청력 손실의 원인이 소음뿐만 아니라 질병이나 외부 손상으로 인해 발생할 수도 있으므로 제안한 청력측정법에 질병이나 외부 손상으로 인한 청력 저하를 판별하여 청력손실 판별 시 빠른 치료나 조치를 취할 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. Zislis T, Fletcher JL, "Relation of high frequency thresholds to age and sex," *J. Aud. Res.*, vol. 6, pp. 133-137, 1965.
2. Fletcher JL, "Reliability of high frequency thresholds," *J. Aud. Res.*, vol. 12, no. 4 pp. 133-137, 1965.
3. Northern JL, Downs MP, Rudmose W, Glorig A, Fletcher JL, "Recommended high frequency audiometric threshold level (8000-18000 Hz)," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 52, pp. 585-595, 1972.
4. Kenneth N. Stevens, "Acoustic Phonetics," *Massachusetts Institute of Technology*, vol. 109, no. 1, pp. 203-212, 1998.
5. Ahmed H, O, Dennis J, H, Badran O, Ismail M, Ballal S, G, Ashoor A and Jerwood D, "High-frequency (10-18 kHz) hearing thresholds: reliability, and effects of age and occupational noise exposure," *Occupational Medicine*, vol. 51, no. 4, pp. 245-258, 2001.
6. 권두현, 배명진, "연령에 따른 주파수 대역의 청력특성 연구," *한국통신학회, 제 20회 신호처리합동학술대회 논문집, KSPC'07*, vol. 20, no. 1, pp. 142-143, 2007.
7. Masayuki Sakamoto, Masashi Sugawara, Kimitaka Kaga and Tomokazu Kamio, "Average Thresholds in the 8 to 20 kHz Range as a Function of Age," *Scandinavian Audiology*, vol. 27, no. 3, pp. 189-192, 1998.

8. 고의경, "난청의 진단," *J. Clinical Otolaryngol*, vol.14, no.2, 2003.
9. Northern JL, Downs MP, Rudmose W, Glorig A, Fletcher JL, "Recommended high frequency audiometric threshold levels (8,000-18,000)," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 52, PP. 585-595, 1972.
10. 대한청각학회편, *청각검사지침*, 학지사, 2008.
11. 신승원, 김경섭, 윤태호, 한명희, 이상민, "PDA 기반의 청력 검사를 위한 데이터베이스 구성," *정보 및 제어학술대회논문집*, pp. 385-387, 2005.
12. 윤성훈, 박태영, 배명진, "음성특성을 이용한 청력연령 측정에 관한 연구," *한국음향학회, 제 23회 음성통신 및 신호처리학술대회 논문집*, 제 KSCSP2006, vol. 23, no. 1, pp. 249-252, 2006.

저자 약력

• 권 형 준 (Hyung-Jun Kwon)



1983년 6월 10일생
 2008년 2월: 한국교육개발원 정보통신공학과 (공학사)
 2008년~현재: 송실대학교 정보통신공학과 (공학석사과정)

• 이 성 태 (Sung-Tae Lee)



2000년 2월: 동아대학교 전자공학과(공학사)
 2008년~현재: 송실대학교 정보통신융합학과 (공학석사과정)
 현재: LG전자 MC연구소 재직중

• 배 명 진 (Myung-Jin Bae)



현재: 송실대학교 정보통신전자공학부 교수
 한국음향학회지 제 26권 제4호 참조