

## 소음성 난청자의 순음청력역치와 어음청취역치 및 청성뇌간반응 역치와의 비교

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

김 규 상

### ABSTRACT

#### A Comparison among Pure-Tone Thresholds, Speech Reception Threshold, and Auditory Brainstem Response Threshold in Noise-Induced Hearing Loss

Kyoo Sang Kim

Industrial Safety & Health Research Institute, KOSHA, Incheon, Korea

Pure-tone thresholds (PTTs), speech reception threshold (SRT), and auditory brainstem response (ABR) threshold were compared in 100 ears with noise-induced hearing loss to examine the accuracy of prediction for hearing thresholds. The 100 subject ears, which were with sensorineural hearing loss and no history of ear disease, were selected from 62 male workers who were exposed to noise in automobile manufacturing factory and suspected of noise-induced hearing loss. PTTs were determined using modified ascending method in 5-dB steps by pure tone audiometry (PTA); threshold for speech were measured as SRT; and ABR thresholds was defined as the lowest stimulus intensity at which V wave could be clearly observed. SRT was lower than the average PTTs, and ABR threshold was higher than PTTs and SRT. Simple regression analysis was carried out to examine the relationship between SRT and the average PTTs and thresholds by frequency by PTA. PTTs in low frequency region (0.5-1 kHz) showed higher association, with explanatory power of more than 70%, and particularly the average PTTs by three division method showed the highest association with SRT. Simple regression analysis for the relationship between ABR threshold and the average PTTs and thresholds by frequency by PTA revealed that PTTs in 2-6 kHz region was more highly associated with ABR threshold.

**KEY WORDS :** Noise-induced hearing loss (NIHL) · Pure-tone threshold · Speech reception threshold · Auditory brainstem response.

### INTRODUCTION

소음성 난청은 현재 우리나라에서 특수건강진단 결과 유소견자(D<sub>1</sub> 판정) 중 가장 많으며, 또한 소음 특수건강진단 피검사자의 10% 이상이 소음성 난청 요관찰자(C<sub>1</sub>)로 판정을 받는다.<sup>3)</sup> 그리고 이러한 규모만 아니라 사전에 예방할 수 있다는 관리 측면 때문에 산업보건 분야에서 중요한 위치를 차지하는 질환이다. 소음에 의한 청력장애는 3~6 kHz 영역에서 조기 청력손실이 있으며 일반적으로 4 kHz

에서 가장 흔히 발견한다. 즉, 소음성 난청의 초기에는 고음역에서 청력손실이 있어 비교적 저음역인 일상적인 대화에는 장애를 느끼지 못하기 때문에 본인이 인식하지 못하는 예가 많으며, 근로자 자신이 난청을 알게 된 때는 이미 상당히 진행되었다고 볼 수 있다. 따라서 청력검사는 소음성 난청의 진행을 막는 2차 예방을 위한 조기진단 방법으로 유용성이 있다.

순음청력검사(pure tone audiometry, PTA)와 같은 주파수 특이적 정보는 청각의 상태를 판정하는데 있어 중요한 변수이며 의학적 치료 및 관리와 청각학적 재활에 있어서도 유용한 자료로 쓰이고 있다. 순음청력검사는 소음 특수건강진단에서 소음성 난청의 선별과 판정에서 기본적인 검사로 활용되고 있다. 그러나 특수건강진단기관의 순음청력검사 방법 및 평가의 적정성<sup>1)</sup>과 순음청력검사 평가의 일

논문접수일 : 2009년 11월 6일

심사완료일 : 2009년 12월 5일

교신저자 : 김규상, 403-711 인천광역시 부평구 기능대학길 25(구 산동 34-4) 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

전화 : (032) 510-0823 · 전송 : (032) 518-0862

E-mail : kobawoo@kosha.net

치도<sup>2)</sup>에서 일치도가 높지 않았으며, 난청 장애에 대한 특수건강진단기관의 과소평가 경향이 뚜렷하여 주관적 검사로서 순음청력검사의 타당도가 중요한 쟁점 사항이라 할 수 있다.<sup>4)</sup>

순음청력검사상의 청력역치는 어음청력검사나 또는 청성뇌간반응(auditory brainstem response, ABR)과 이음향방사(otoacoustic emission) 등의 객관적 검사를 통한 청력역치의 평가로 순음청력검사의 신뢰도를 확인할 수 있다. 실제 난청의 보상 및 법의학적 청각 평가에서 청성유발전위검사가 순음청력검사의 정확성을 확보하기 위한 객관적 검사로 권장되고 있으며,<sup>5)15)</sup> 또한 주관적 검사이지만 어음청력검사가 과장된 청력손실이나 위난청에 대한 선별검사로서 기능할 수 있으며 의의가 크다고 한다.<sup>6)11)</sup> 순음청력역치와 어음청취역치 차이를 이용하여 과대청력손실이나 위난청을 선별하고 확인하기도 한다.<sup>21)</sup> 그리고 이와 같은 청각학적 검사는 역치뿐만 아니라 난청 장애의 유형과 병변의 부위를 파악하는데도 도움을 준다.

또한 주관적 검사를 시행하기 어려운 유소아나 노인, 정신지체자, 비협조적인 환자의 청력역치 평가에서 청성뇌간반응 등의 객관적 청각검사는 청력역치를 추정하는데 흔히 사용된다.<sup>9)12)16)</sup>

이에 본 연구는 소음에 노출되는 자동차 제조업체의 남성 근로자 중 소음성 난청 요관찰자(C<sub>1</sub>)와 유소견자(D<sub>1</sub>)로 진단된 근로자의 어음청취역치(speech reception threshold, SRT), 청성뇌간반응 역치와 순음청력검사의 순음역치와의 차이 및 관계를 분석 비교하고, 청력역치 예측의 정확성을 보고자 하였다. 그리고 현행 소음 특수건강진단 순음청력검사의 제한점을 알아보고, 이에 대한 청각학적 검사의 보완 대책을 제안하고자 하였다.

## MATERIALS AND METHODS

소음에 노출되는 자동차 제조 사업장의 소음성 난청이 의심되는 62명의 남성 근로자 중 귀 질환의 과거력이 없는 감각신경성 난청(sensorineural hearing loss)을 대상으로 100귀를 선정하였다. 조사 대상자의 평균 연령은 38.4세, 연령 범위는 30~49세이었으며, 근무기간은 8~23년으로 평균 14.2년이었다.

소음 특수건강진단에서 소음성 난청 요관찰자(C<sub>1</sub>)와 유소견자(D<sub>1</sub>)로 소음성 난청이 의심되는 근로자를 대상으로 순음청력검사, 어음청력검사, 중이검사 - 고막운동성 검사(tympanometry), 청성뇌간반응 역치검사를 실시하였다. 소음성 난청 요관찰자는 순음청력검사 결과 평균역치는 30 dB HL 미만이면서 고음역의 역치가 40 dB HL 이상인 경

우, 유소견은 평균역치가 30 dB HL 이상이면서 고음역의 역치가 40 dB HL 이상인 경우로 구분하였다. 소음성 난청 요관찰 귀는 49귀이었으며, 유소견 귀는 51귀이었다.

순음청력검사는 작업시간으로부터 16시간 경과된 시점에서 청력검사를 실시하였다. 최소한 0.5, 1, 2, 3, 4 및 6 kHz 주파수의 기도 및 골도 검사와 필요시 차폐검사를 실시하였다. 순음청력검사의 청력역치는 5 dB 단위의 측정방법의 수정상승법으로 역치를 결정하였다. 그리고 0.5, 1, 2, 3 및 4 kHz 주파수의 청력을 이용한 평균값을 평균 청력역치로 보았다. 어음청력검사의 청력역치는 어음청취역치로 결정하였으며, 청성뇌간반응은 0.1 msec의 짧은 자극지속시간으로 1~4 kHz의 모든 주파수를 자극하는 클릭 자극음을 사용하여 V파를 뚜렷하게 관찰할 수 있는 최소 자극 강도를 청력역치로 평가하였다.

청각검사간의 역치 차이는 순음청력역치를 기준으로 하여 어음청취역치 및 청성뇌간반응 역치와의 차이로 정의하였다.

연구 대상 근로자의 순음청력검사, 어음청력검사 및 청성뇌간반응 역치검사 결과 자료분석은 윈도우용 SPSS 통계 프로그램(Version 17.0)을 이용하였다. 주파수별 순음청력역치와 평균역치, 어음청취역치 및 청성뇌간반응 역치의 기술 통계량과 각 역치간의 차이값과 상관성을 분석 제시하였다. 청각검사 각각의 역치 그래프는 평균 $\pm$ 2SE의 오차막대로 표시하였다. 그리고 어음청력검사와 청성뇌간반응 역치의 순음청력검사의 주파수별 청력역치 및 평균 청력역치에 대한 관계를 각각 단순선형회귀분석을 통해 살펴 보았다. 어음청취역치와 청성뇌간반응 역치의 순음청력역치와의 상호 관계는 산포도로 나타내며 단순 선형 회귀선 적합 모형을 제시하였다. 그리고 마지막으로 어음청취역치와 청성뇌간반응 역치를 이용한 0.5-1-2 kHz의 순음 평균역치 예측은 다중회귀분석을 통하여 모형적합도와 회귀식을 산출하였다.

## RESULTS

자동차 제조 사업체의 소음성 난청 의심자 62명의 100귀에 대한 청각학적 검사로 실시한 순음청력검사, 어음청력검사 및 청성뇌간반응의 청력역치를 비교한 결과, 소음성 난청 요관찰(C<sub>1</sub>)은 0.5, 1, 2 kHz의 순음청력검사 평균역치는 21.09 dB HL, 어음청취역치는 17.53 dB HL, 청성뇌간반응 역치는 33.37 dB nHL이었으며, 소음성 난청 유소견(D<sub>1</sub>)에서는 순음청력역치가 46.67 dB HL, 어음청취역치는 35.94 dB HL, 청성뇌간반응 역치는 55.33 dB nHL이었다. 어음청취역치가 순음청력검사의 평균역치보다 더 좋

게 나타났으며, 청성뇌간반응의 역치는 순음청력검사의 평균역치와 어음청취검사의 역치보다 더 높게 나타났다. 소음성 난청 요관찰과 유소견에서 어음청취역치는 0.5 kHz의 순음청력역치와 비슷하게 나타났다. 그러나 청성뇌간반응 역치는 소음성 난청 요관찰에서는 2 kHz의 순음역치보다 높고 3 kHz의 순음역치보다는 낮게 나타났으며, 유소견에서는 2 kHz의 순음역치와 비슷하게 나타났다(Table 1) (Fig. 1).

주파수별 순음역치와 어음 및 청성뇌간반응 역치와의 차이에서는 소음성 난청 요관찰에서는 0.5 kHz의 순음역치와의 차이가 0.53 dB로 가장 작게 나타났으며, 그 다음으로 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz의 역치의 순이었다. 소음성 난청 유소견에서도 비슷한 결과를 보였다. 그러나 소음성 난청

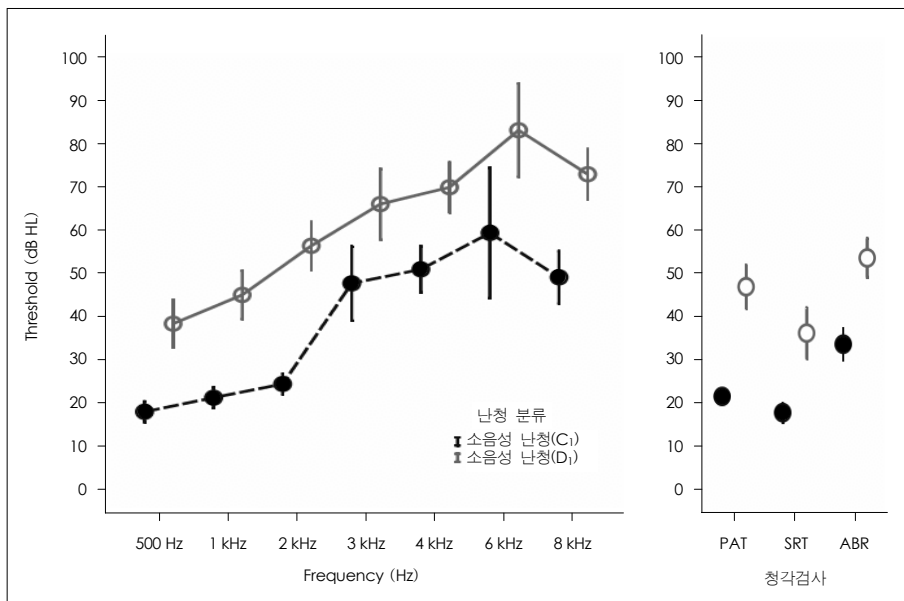
유소견에서는 그 차이가 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 소음성 난청자의 순음 평균역치가 어음청취역치 보다 높게 나타났다. 순음역치와 청성뇌간반응 역치와의 차이는 소음성 난청 요관찰에서는 2 kHz의 역치와의 차이가 -8.88 dB로 가장 작게 나타났으며, 그 다음으로 1 kHz, 0.5 kHz, 4 kHz 역치의 순이었다. 소음성 난청 유소견에서도 비슷한 결과를 보였다. 소음성 난청의 요관찰에서는 2 kHz 이하 대역의 순음역치 보다 청성뇌간반응 역치가 높게 나타났으나, 유소견에서는 2 kHz 이상 대역에서는 순음역치가 청성뇌간반응역치 보다 높게 나타났다(Table 2).

순음 평균역치와 어음청취역치와의 차이에서는 소음성 난청 요관찰에서는 0.5, 1, 2 kHz의 3분법에 의한 평균역치

**Table 1.** 조사 대상자의 순음, 어음 및 청성뇌간반응 역치 평균(표준편차)

|               | 청력역치                       | 주파수 (kHz)        |                  |                  |                  |                  |                  |                  | (평균)역치            |
|---------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|               |                            | 0.5              | 1                | 2                | 3                | 4                | 6                | 8                |                   |
| A<br>(N=49)   | 순음청력역치<br>(PTA, dB HL)     | 18.06<br>(8.41)  | 21.33<br>(8.46)  | 24.49<br>(8.49)  | 47.78<br>(18.09) | 51.02<br>(18.85) | 59.44<br>(22.70) | 49.17<br>(21.10) | 21.29*<br>(6.20)  |
|               | 어음청취역치<br>(SRT, dB HL)     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 17.53<br>(7.78)   |
|               | 청성뇌간반응 역치<br>(ABR, dB nHL) |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 33.37<br>(13.00)  |
| B<br>(N=51)   | 순음청력역치<br>(PTA, dB HL)     | 38.43<br>(19.66) | 45.10<br>(20.09) | 56.47<br>(19.73) | 66.13<br>(22.83) | 70.00<br>(20.62) | 83.21<br>(20.25) | 73.02<br>(20.21) | 46.67*<br>(17.45) |
|               | 어음청취역치<br>(SRT, dB HL)     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 35.94<br>(20.37)  |
|               | 청성뇌간반응 역치<br>(ABR, dB nHL) |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 55.33<br>(15.59)  |
| 전체<br>(N=100) | 순음청력역치<br>(PTA, dB HL)     | 28.45<br>(18.28) | 33.45<br>(19.52) | 40.80<br>(22.13) | 59.39<br>(22.84) | 60.70<br>(21.86) | 73.91<br>(23.88) | 61.09<br>(23.79) | 34.23*<br>(18.30) |
|               | 어음청취역치<br>(SRT, dB HL)     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 26.83<br>(17.96)  |
|               | 청성뇌간반응 역치<br>(ABR, dB nHL) |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | 43.25<br>(17.44)  |

\* : 0.5-1-2 kHz의 순음 평균역치. A : 소음성 난청(C<sub>1</sub>), B : 소음성 난청(D<sub>1</sub>)



**Fig. 1.** 조사 대상자의 순음청력역치, 어음청취역치 및 청성뇌간반응 역치.

**Table 2.** 조사 대상자의 순음청력역치와 어음 및 청성뇌간반응 역치와의 차이

|               | Frequency (kHz) | PTA (dB HL)   | PTA - SRT     |        | PTA - ABR      |        |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|--------|----------------|--------|
|               |                 |               | Mean (SD), dB | r      | Mean (SD), dB  | r      |
| A<br>(N=49)   | 0.5             | 18.06 ( 8.41) | 0.53 ( 7.90)  | .526** | -15.31 (16.66) | -.172  |
|               | 1               | 21.33 ( 8.46) | 3.80 ( 8.83)  | .411** | -12.04 (16.42) | -.131  |
|               | 2               | 24.49 ( 8.49) | 6.96 (10.76)  | .129   | -8.88 (12.22)  | .417** |
|               | 4               | 51.02 (18.85) | 33.49 (19.72) | .091   | 17.65 (17.80)  | .423** |
|               | 0.5-1-2         | 21.29 ( 6.20) | 3.76 ( 7.24)  | .483** | -12.08 (14.11) | .053   |
|               | 1-2-3           | 32.41 ( 7.44) | 16.90 ( 8.63) | .650** | -9.54 (10.09)  | .610** |
|               | 1-2-4           | 32.28 ( 7.22) | 14.75 ( 8.95) | .291*  | -1.09 (11.45)  | .480** |
|               | 2-3-4           | 43.33 (12.43) | 27.83 (12.99) | .407   | 1.39 (11.42)   | .588*  |
|               | 1-2-3-4         | 37.85 ( 9.19) | 22.34 (10.36) | .508** | -4.10 (10.09)  | .619** |
| B<br>(N=51)   | 0.5             | 38.43 (19.66) | 2.16 (11.96)  | .822** | -16.15 (20.45) | .283   |
|               | 1               | 45.10 (20.09) | 8.46 (10.11)  | .873** | -9.90 (19.34)  | .350*  |
|               | 2               | 56.47 (19.73) | 19.66 (17.07) | .625** | 1.15 (14.78)   | .589** |
|               | 4               | 70.00 (20.62) | 33.26 (21.25) | .446** | 15.42 (15.74)  | .599** |
|               | 0.5-1-2         | 46.67 (17.45) | 10.09 ( 9.54) | .885** | -8.30 (15.78)  | .473** |
|               | 1-2-3           | 56.18 (19.31) | 21.60 (12.96) | .828** | -2.13 (11.65)  | .691** |
|               | 1-2-4           | 57.19 (17.56) | 20.46 (13.50) | .752** | 2.22 (13.41)   | .615** |
|               | 2-3-4           | 65.11 (20.34) | 30.53 (18.88) | .630** | 6.90 (12.72)   | .678** |
|               | 1-2-3-4         | 60.04 (19.21) | 25.46 (15.27) | .755** | 1.85 (11.85)   | .687** |
| 전체<br>(N=100) | 0.5             | 28.45 (18.28) | 1.35 (10.14)  | .843** | -15.72 (18.54) | .424** |
|               | 1               | 33.45 (19.52) | 6.15 ( 9.74)  | .863** | -10.98 (17.86) | .489** |
|               | 2               | 40.80 (22.13) | 13.37 (15.59) | .700** | -3.92 (14.38)  | .714** |
|               | 4               | 60.70 (21.86) | 33.37 (20.40) | .474** | 16.55 (16.76)  | .628** |
|               | 0.5-1-2         | 34.23 (18.30) | 6.96 ( 9.02)  | .873** | -10.21 (15.00) | .611** |
|               | 1-2-3           | 47.45 (19.66) | 19.88 (11.69) | .844** | -4.97 (11.55)  | .728** |
|               | 1-2-4           | 44.98 (18.37) | 17.63 (11.77) | .782** | 0.55 (12.50)   | .730** |
|               | 2-3-4           | 57.11 (20.64) | 29.54 (16.86) | .682** | 4.79 (12.41)   | .723** |
|               | 1-2-3-4         | 51.89 (19.43) | 24.32 (13.64) | .784** | -0.43 (11.47)  | .733** |

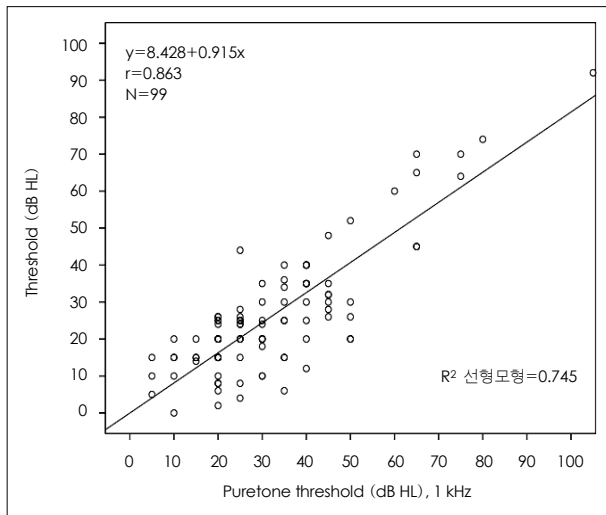
A : 소음성 난청 (C<sub>1</sub>), B : 소음성 난청 (D<sub>1</sub>), PTA : 순음청력역치, SRT : 어음청취역치, ABR : 청성뇌간반응 역치, r : 상관계수, correlation coefficient. \* : p<0.05, \*\* : p<0.05

와의 차이가 3.76 dB로 가장 작게 나타났으며, 그 다음으로 1-2-4 kHz의 평균역치, 1-2-3 kHz의 평균역치, 1-2-3-4 kHz의 평균역치, 2-3-4 kHz의 평균역치의 순이었다. 소음성 난청 유소견에서도 유사한 결과를 보였다. 그러나 소음성 난청 유소견에서는 그 차이가 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 모두 순음 평균역치가 어음청취역치 보다 높게 나타났다. 순음 평균역치와 청성뇌간반응 역치와의 차이는 소음성 난청 요관찰에서는 1, 2, 4 kHz의 3분법에 의한 평균역치와의 차이가 -1.09 dB로 가장 작게 나타났으며, 그 다음으로 2-3-4 kHz의 평균역치, 1-2-3-4 kHz의 평균역치, 1-2-3 kHz의 평균역치, 0.5-1-2 kHz의 평균역치의 순이었다. 소음성 난청 유소견에서는 1-2-3-4 kHz, 1-2-3 kHz, 1-2-4 kHz, 2-3-4 kHz, 0.5-1-2 kHz의 순으로 소음성 난청 요관찰과 다르게 나타났다. 소음성 난청 요관찰과 유소견 모두 0.5-1-2 kHz의 평균역치와는 차이가 가장 크게 났으나 1-2-4 kHz의 평균역치와의 차이가 적게 나타났다. 소음성 난

청 요관찰에서는 대부분 청성뇌간반응 역치가 순음 평균역치보다 높게 나타났으나 소음성 난청 유소견에서는 1-2-4, 2-3-4, 1-2-3-4 kHz의 순음 평균역치가 청성뇌간반응 역치보다 높게 나타났다. 순음청력검사의 주파수별 역치와 평균역치의 어음청취역치 및 청성뇌간반응 역치와의 상관성은 소음성 난청 요관찰에서 고음역의 순음역치와 어음청취역치, 저음역의 순음역치와 청성뇌간반응 역치를 제외하고는 모두 통계적으로 유의하게 나타났다(Table 2). 어음청취검사 역치의 순음청력검사의 주파수별 청력역치와 평균 청력역치에 대한 관계를 단순회귀분석을 통해 살펴본 결과, 0.5 kHz에서부터 1 kHz까지의 저음역의 역치가 70% 이상의 설명력을 보여 더 관련성이 컸으며, 특히 1 kHz의 순음청력역치와 0.5-1-2 kHz의 3분법에 의한 평균 청력역치와의 관련성이 가장 높았다(Table 3) (Fig. 2, 3). 청성뇌간반응 역치의 순음청력검사의 주파수별 청력역치와 평균 청력역치에 대한 단순회귀분석 결과에서는 2 kHz에서부터 6 kHz까지의 각 주파수별 순음청력역치와 1,

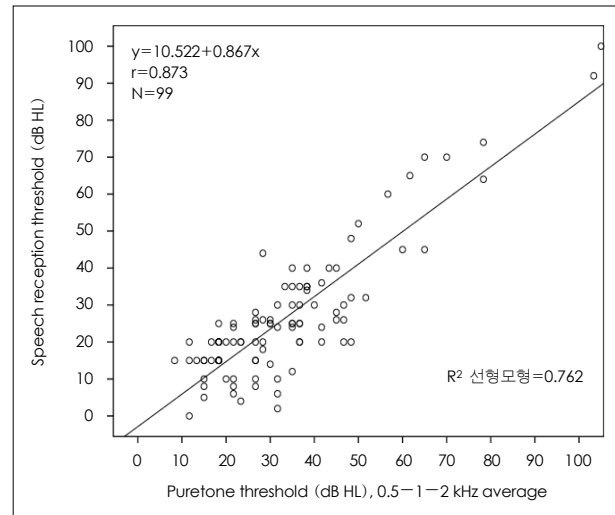
**Table 3.** 순음청력검사서에서 주파수별 순음역치와 평균역치에 대한 어음청취역치의 관계

| 모형                      | 변수        | B      | S.E.  | $\beta$ | p-value | adj R <sup>2</sup> |
|-------------------------|-----------|--------|-------|---------|---------|--------------------|
| I : 0.5 kHz 역치          | Intercept | 5.311  | 1.784 |         | .004    | .707               |
|                         | SRT       | .852   | .055  | .843    | .000    |                    |
| II : 1 kHz 역치           | Intercept | 8.428  | 1.752 |         | .000    | .742               |
|                         | SRT       | .915   | .054  | .863    | .000    |                    |
| III : 2 kHz 역치          | Intercept | 17.828 | 2.788 |         | .000    | .484               |
|                         | SRT       | .834   | .086  | .700    | .000    |                    |
| IV : 3 kHz 역치           | Intercept | 39.936 | 4.006 |         | .000    | .434               |
|                         | SRT       | .705   | .115  | .667    | .000    |                    |
| V : 4 kHz 역치            | Intercept | 45.069 | 3.433 |         | .000    | .216               |
|                         | SRT       | .564   | .106  | .474    | .000    |                    |
| VI : 6 kHz 역치           | Intercept | 51.634 | 6.901 |         | .000    | .393               |
|                         | SRT       | .613   | .157  | .648    | .001    |                    |
| VII : 8 kHz 역치          | Intercept | 43.033 | 3.926 |         | .000    | .230               |
|                         | SRT       | .676   | .125  | .488    | .000    |                    |
| VIII : 0.5-1-2 kHz 평균역치 | Intercept | 10.522 | 1.584 |         | .000    | .760               |
|                         | SRT       | .867   | .049  | .873    | .000    |                    |
| IX : 1-2-3 kHz 평균역치     | Intercept | 26.278 | 2.487 |         | .000    | .706               |
|                         | SRT       | .768   | .071  | .844    | .000    |                    |
| X : 1-2-4 kHz 평균역치      | Intercept | 23.775 | 2.010 |         | .000    | .608               |
|                         | SRT       | .771   | .062  | .782    | .000    |                    |
| XI : 2-3-4 kHz 평균역치     | Intercept | 39.138 | 3.554 |         | .000    | .454               |
|                         | SRT       | .652   | .102  | .682    | .000    |                    |
| XII : 1-2-3-4 kHz 평균역치  | Intercept | 32.450 | 2.841 |         | .000    | .606               |
|                         | SRT       | .705   | .081  | .784    | .000    |                    |

**Fig. 2.** 1 kHz 순음 청력역치와 어음청취역치.

2, 3, 4 kHz의 평균 청력역치와의 관련성이 더 크게 나타났다(Table 4) (Fig. 4, 5, 6, 7). 어음청취검사 역치와 청성뇌간반응 역치의 순음청력검사의 주파수별 청력역치 및 평균 청력역치의 관계에 대한 단순회귀분석 모형은 모두 통계적으로 유의하였다.

다중회귀분석을 통해 어음청취역치와 청성뇌간반응 역치를 이용한 0.5-1-2 kHz의 순음 평균역치 예측은 PTA

**Fig. 3.** 0.5-1-2 kHz 순음 평균역치와 어음청취역치.

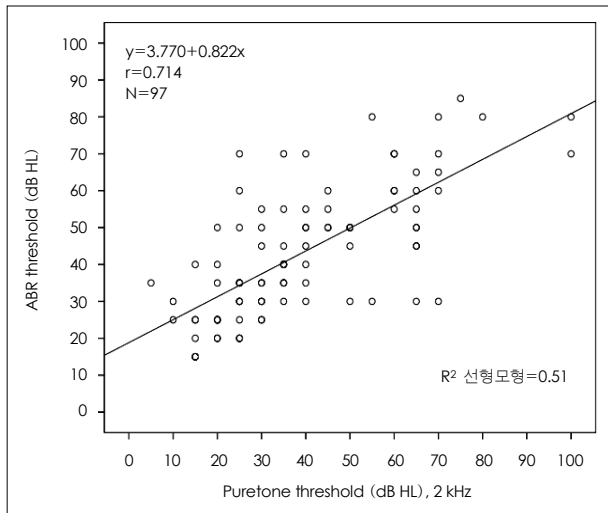
=6.908+0.716 SRT+0.168 ABR 산식으로 모형의 적합도가 73%의 설명력을 갖고 통계적으로 유의하였다(Table 5).

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

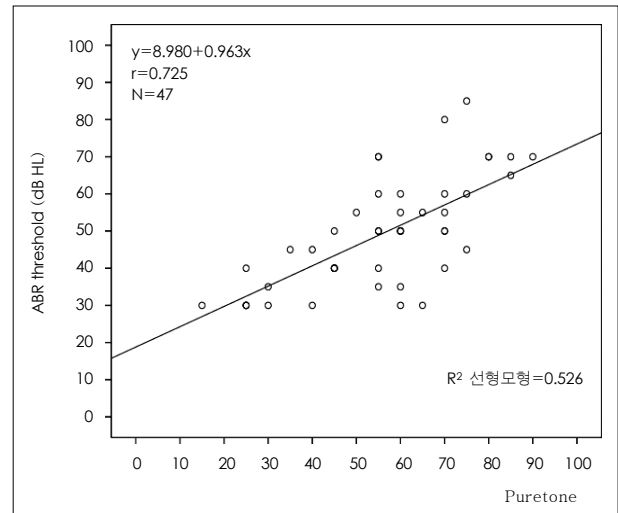
자동차 제조업체의 소음 노출 근로자에 대한 소음 특수건강진단에서 소음성 난청이 의심되는 근로자의 청력역치가

**Table 4.** 순음청력검사서에서 주파수별 순음역치와 평균역치에 대한 청성뇌간반응 역치의 관계

| 모형                      | 변수        | B      | S.E.   | $\beta$ | p-value | adj R <sup>2</sup> |
|-------------------------|-----------|--------|--------|---------|---------|--------------------|
| I : 0.5 kHz 역치          | Intercept | 9.525  | 4.247  |         | .027    | .171               |
|                         | ABR       | .416   | .091   | .424    | .000    |                    |
| II : 1 kHz 역치           | Intercept | 10.556 | 4.279  |         | .015    | .231               |
|                         | ABR       | .502   | .092   | .489    | .000    |                    |
| III : 2 kHz 역치          | Intercept | 3.770  | 3.850  |         | .330    | .505               |
|                         | ABR       | .822   | .083   | .714    | .000    |                    |
| IV : 3 kHz 역치           | Intercept | 8.980  | 7.119  |         | .214    | .516               |
|                         | ABR       | .963   | .136   | .725    | .000    |                    |
| V : 4 kHz 역치            | Intercept | 27.412 | 4.435  |         | .000    | .388               |
|                         | ABR       | .749   | .095   | .628    | .000    |                    |
| VI : 6 kHz 역치           | Intercept | 12.455 | 10.952 |         | .269    | .597               |
|                         | ABR       | 1.036  | .183   | .785    | .000    |                    |
| VII : 8 kHz 역치          | Intercept | 28.891 | 5.582  |         | .000    | .282               |
|                         | ABR       | .746   | .122   | .538    | .000    |                    |
| VIII : 0.5-1-2 kHz 평균역치 | Intercept | 7.951  | 3.590  |         | .029    | .367               |
|                         | ABR       | .580   | .077   | .611    | .000    |                    |
| IX : 1-2-3 kHz 평균역치     | Intercept | 7.072  | 5.566  |         | .210    | .520               |
|                         | ABR       | .759   | .107   | .728    | .000    |                    |
| X : 1-2-4 kHz 평균역치      | Intercept | 13.913 | 3.092  |         | .000    | .528               |
|                         | ABR       | .691   | .066   | .730    | .000    |                    |
| XI : 2-3-4 kHz 평균역치     | Intercept | 13.352 | 6.166  |         | .036    | .512               |
|                         | ABR       | .829   | .118   | .723    | .000    |                    |
| XII : 1-2-3-4 kHz 평균역치  | Intercept | 11.177 | 5.544  |         | .050    | .528               |
|                         | ABR       | .768   | .016   | .733    | .000    |                    |



**Fig. 4.** 2 kHz 순음 청력역치와 청성뇌간반응 역치.



**Fig. 5.** 3 kHz 순음 청력역치와 청성뇌간반응 역치.

검사기관에 따른 순음청력검사 청력역치의 차이를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. ±10 dB의 청력역치 차이를 검사기관간 청력검사 역치 측정의 타당성의 지표로 볼 때 모든 주파수에서 50% 내외만이 적정하게 측정되었을 뿐이었으며, 20~30% 정도는 25 dB 이상의 차이를 보이는 과장된 청력손실을 나타내었다.<sup>4)</sup> 결과적으로 청력검사기관에 따라 주관적 청력검사인 순음청력검사의

부적절성과 더불어 피검자에서 과장된 청력손실을 나타내어, 특수건강진단기관의 순음청력검사의 정확성과 타당성에 있어서 심각한 문제를 가지고 있었다.

실제 소음성 난청으로 인한 산재보상자의 20% 내외에서 과장된 청력손실을 호소하고 청력검사자의 수기 능력에 따라 청력측정에서 역치의 큰 차이를 보이고 있다.<sup>20)22)</sup> 상기 연구 결과에서도 시기적으로 더 늦은 시점에 측정되었지만

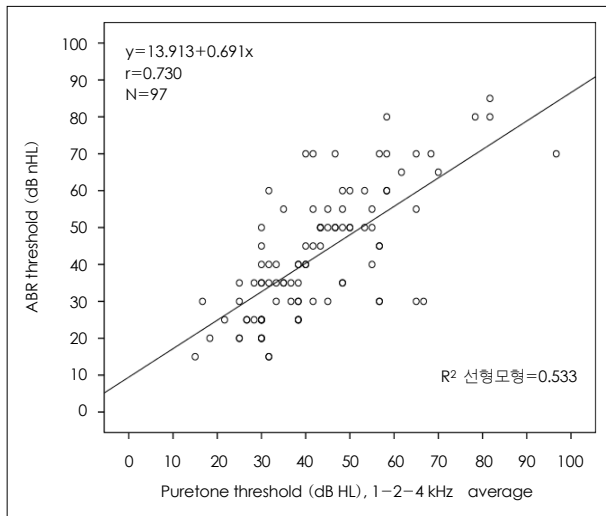


Fig. 6. 1-2-4 kHz 순음 평균역치와 청성뇌간반응 역치.

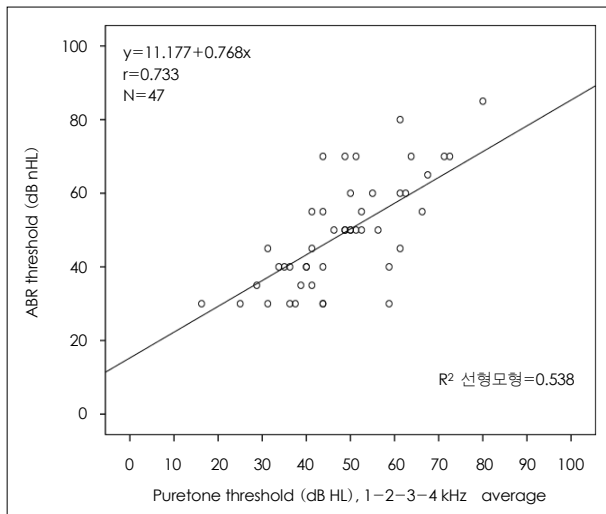


Fig. 7. 1-2-3-4 kHz 순음 평균역치와 청성뇌간반응 역치.

Table 5. 어음청취역치와 청성뇌간반응 역치에 따른 0.5-1-2 kHz 순음 평균역치의 예측

| 변수        | B     | S.E.  | $\beta$ | p-value | adj R <sup>2</sup> |
|-----------|-------|-------|---------|---------|--------------------|
| Intercept | 6.908 | 2.293 |         | .003    |                    |
| SRT       | .716  | .060  | .182    | .006    | .727               |
| ABR       | .168  | .063  | .740    | .000    |                    |

오히려 대학병원 이비인후과의 순음청력검사에서 제일 낮은 청력역치를 보인 점은 일차적으로는 청력검사자(청각사)의 월등한 수기능력으로 보인다. 이는 특수건강진단 기관의 청력검사 결과에서 피검자의 과장된 청력손실 또는 위난청 여부를 검사기관별 검사자, 검사방법, 검사실, 검사시점 등과 관련하여 독립적이며 객관적으로 입증하기는 어려우나 주관적 검사 결과에서 검사자가 제어하지 못한 피검자 요인이 상당한 영향을 미쳤던 것으로 보인다.

순음청력검사의 청력역치의 정확성과 신뢰성과 관련하여

순음청력검사 이외의 주관적 검사로서 어음청력검사나 또는 이음향방사, 청성뇌간반응 등의 객관적 청각검사가 보완적으로 활용되고 있다.

어음청취역치는 검사-재검사의 정확도가 가장 높은 검사 방법으로,<sup>18)</sup> 어음청취역치와 순음 평균역치의 상관성은 임상 청각분야에서 0.878,<sup>10)</sup> 0.882,<sup>7)</sup> 0.85-0.95<sup>19)</sup>로 아주 높으며, 어음청취역치가 순음청력역치보다 8~16 dB 더 민감하다.<sup>19)</sup> 일반적으로 어음청취역치와 순음청력검사의 평균역치의 차이가 10 dB 이상이면 순음청력검사의 신뢰도를 의심해야 하고, 12 dB 이상이면 위난청을 의심할 수 있다고 한다.

청성뇌간반응의 역치는 2 kHz에서부터 4 kHz까지의 고주파수역의 순음청력검사상의 역치와 관련성이 높다고 한다.<sup>13)23)24)</sup> 1 kHz 또는 8 kHz는 비교적 관련성이 낮다고 한다.<sup>13)</sup> 따라서 주관적 검사를 시행하기 어려운 영유아와 아동 등에 대한 검사, 노인성 난청이나 소음성 난청 등의 고음역의 청력손실자나 또는 과도한 청력손실의 문제에 대한 순음청력검사의 정확성을 확인하는 검사로서 활용된다.

청성뇌간반응과 순음청력검사의 역치 관계에 대한 연구 결과를 고찰해 보면, 2 kHz에서부터 4 kHz까지의 순음청력검사 청력역치와 청성뇌간반응 역치의 일대일 대응에서 추정값의 표준오차는 11 dB이었으며,<sup>23)</sup> 어음역의 0.5 kHz에서 2 kHz까지의 주파수별 차이는 0.5 kHz가 11.3±8.0, 1 kHz가 10.9±6.2, 2 kHz가 10.9±7.3 dB이었다.<sup>17)</sup> Beattie 등<sup>8)</sup>은 순음역치와의 차이가 주파수가 증가함에 따라 감소하는데, 0.5 kHz와 1 kHz는 25 dB, 2 kHz는 15 dB, 4 kHz는 10 dB에 이른다고 보고하고 있다. 이와 같은 차이의 교정값(correction factor)을 적용한다면 2 kHz에서부터 4 kHz는 ±10 dB, 0.5 kHz에서 1 kHz까지는 ±20 dB 이내일 것으로 90% 이상에서 예측되었다.<sup>8)</sup> Hone 등<sup>14)</sup>은 소음성 난청의 평가 시에 청성유발전위 검사(cortical evoked response audiometry, CERA)의 역치보다 순음 평균역치가 10 dB 이상 나쁘다면 과도한 청력손실의 증거로 보아야 한다고 보고하고 있다.

이 연구에서는 어음청취역치가 주파수별 순음역치와 관련하여 0.5 kHz에서 0(소음성 난청 요관찰) - 2 dB(소음성 난청 유소견)로 그 차이가 크지 않았으나 주파수가 증가함에 따라 순음역치가 어음청취역치보다 크게 나타나 역치 차이가 커진다. 0.5-1-2 kHz의 순음 평균역치가 소음성 난청 요관찰에서는 약 4 dB, 유소견에서는 10 dB 더 민감하였으며, 순음 평균역치와의 관계에서 상관계수가 0.873을 나타내어 기존 연구 결과를 지지하고 있다. 그러나 1-2-3 kHz, 1-2-4 kHz, 2-3-4 kHz, 1-2-3-4 kHz의 순음 평균역치와의 차이는 20~30 dB 이상 차이가 나 감

각신경성 난청으로서의 소음성 난청의 관리나 보상 결정을 위한 판단에서 3 kHz 이상 대역을 포함하는 경우 의사소통장애에 기반한 어음청취역치를 기준으로 볼 때 과대평가할 가능성이 높다.

그리고 청성뇌간반응 역치는 소음성 난청 요관찰에서는 어음역의 0.5 kHz에서부터 2 kHz까지의 각 주파수별 순음청력역치보다 높았으나 유소견에서는 2 kHz의 순음청력역치와 비슷하고, 모두 3 kHz 이상 고음역의 순음청력역치보다는 낮았다. 주파수별 차이는 0.5 kHz에서 15~16 dB이 청성뇌간반응 역치가 순음청력역치 보다 높았으며, 1 kHz에서는 10~12 dB, 2 kHz에서는 소음성 난청 요관찰이 약 9 dB이 높았으나 유소견에서는 오히려 순음청력치가 청성뇌간반응 역치보다 약 1 dB 높게 나타났다. Beattie 등<sup>8)</sup>의 연구와 달리 순음역치와의 차이가 주파수가 증가함에 따라 감소하는데, 2 kHz까지는 그와 같은 경향을 보이나 3 kHz 이상에서는 오히려 순음청력역치가 청성뇌간반응 역치보다 높게 나타난다. 이는 소음성 난청의 특성으로 3~6 kHz 주파수 대역의 조기 청력소실의 영향으로 보인다. 그러나 소음성 난청의 조기 청력소실로서의 요관찰과 경/중도 난청으로 기진행된 유소견을 구분하여 볼 때 역치 차이의 양상은 조금 다르게 나타나고 있다. 이에 대해서는 소음성 난청의 유형별 또는 발전단계별로 구분하여 더 세밀하게 살펴볼 필요가 있다.

주파수별 순음역치와의 차이를 살펴볼 때 소음성 난청에서의 청성뇌간반응 역치는 2 kHz 또는 2 kHz와 3 kHz 대역의 순음역치나 1-2-4 kHz 또는 1-2-3-4 kHz의 순음 평균역치를 가장 잘 반영한다고 볼 수 있다. 청성뇌간반응 역치는 1 kHz 이하 또는 8 kHz의 순음 청력역치와의 상관성이 0.340~0.538로 비교적 관련성이 낮았으나 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz 및 6 kHz의 순음 청력역치와의 상관성은 0.628~0.785로 높게 나타났다. 이는 청성뇌간반응의 클릭 자극음의 특성을 반영하는 결과라 할 수 있다. 개별 주파수 2, 4 kHz 보다 순음 평균역치와 더 일치하는 이유 역시 넓은 주파수 대역을 자극하는 광대역 자극음의 특성을 반영하는 결과라 할 수 있다.

이와 같이 순음청력검사, 어음청력검사 및 청성뇌간반응의 관련성이 기존 연구 결과를 지지하고 있다. 그러나 전음성 난청을 포함한 일반 난청자나 정상 인구집단과 달리 소음성 난청에서는 순음청력검사, 어음청력검사 및 청성뇌간반응간에 주파수별 역치나 순음 평균역치와의 상관성 또는 역치 차이가 다르게 나타나고 또 소음성 난청의 유형이나 난청의 정도에 따라 다를 것으로 보여 이에 대한 광범위한 연구의 필요성이 제기된다.

소음성 난청에서 어음청취역치는 0.5 kHz와 1 kHz의 주

파수별 순음역치나 0.5-1-2 kHz의 순음 평균역치와 상관성이 높고 또 그 역치 차이가 나지 않은 반면, 청성뇌간반응 역치는 1 kHz 이하의 저주파수 순음역치와는 강한 상관성을 보이지 않고 1-2-4 kHz의 순음 평균역치와 상관성이 가장 높고 또 그 역치 차이가 크지 않은 이유는 소음성 난청이 중저주파대 보다 고주파대역에서 청력소실이 더 큰 가파른 청력도를 보이기 때문이다.

실제 이 연구를 통해 기존의 타 연구처럼 어음청취역치와 청성뇌간반응 역치를 이용하여 순음 평균역치를 예측하는데 있어서 설명력이 더 증가하는 결과를 보여주지 못하고 있다. 즉, 다른 난청 유형과 달리 소음성 난청자에 있어서는 평균역치를 예측하는데 있어서 단일한 어음청취역치를 이용한 경우 보다 더 큰 설명력을 보여주지 못하고 있다. 앞으로 소음성 난청의 이와 같은 주파수 특이적인 역치 특성을 고려하여 특정한 주파수에서 청력민감도를 반영할 수 있는 주파수 특이적 tone burst (TB) 자극을 통한 청성뇌간반응 검사나 청성지속반응(auditory steady-state response, ASSR)을 이용한 검사를 통한 순음 역치와의 관련성 연구가 필요하다.

소음 노출 근로자의 어음청력검사와 객관적 청력검사인 청성뇌간반응의 청력역치 결과와 순음청력검사의 청력 결과와 비교할 때, 순음청력검사는 주관적 검사로서 어음청력검사보다 신뢰성과 위난청의 문제가 있을 수 있으며 대체로 역치의 과대평가 가능성이 있다. 이는 어음청취역치와 청성뇌간반응 역치와의 차이를 통해서 확인되며, 특히 순음청력검사는 피검자의 과장된 청력손실뿐 아니라 검사자의 수기능력과도 관련되어, 현재의 난청자에 대한 평가에서 주관적 검사인 순음청력검사만으로는 난청장애의 판정과 관련한 시시비비의 소지를 남길 수 있다. 따라서 보상 및 범의학적 청각 평가만이 아니라 작업전환, 직업병 확진 의뢰 등 사후관리를 요하는 소음성 난청자(D<sub>1</sub>)에 대해서는 주관적 검사이지만 검사 결과의 신뢰성이 높은 어음청력검사와 순음청력검사의 정확성과 타당성을 확보하기 위한 청성뇌간반응 등의 객관적 검사를 추가 시행하는 방법을 고려해야 할 것이다.

중심 단어 : 소음성 난청 · 순음청력역치 · 어음청취역치 · 청성뇌간반응.

## REFERENCES

1. 김규상. 모 자동차 제조업체 근로자의 청력-순음청력검사 방법 및 평가의 적정성. 산업보건. 2004;197:16-24.
2. 김규상, 강동목, 김형수, 최용휴, 강성규, 조수현. 모 자동차 제조업체 근로자의 청력-순음청력검사 평가의 일치도. 산업보건. 2004a;198:11-18.



3. 김규상, 김양호, 최정근, 박정선, 문영한. 소음특수건강진단 자료를 이용한 순음청력검사 평가. *예방의학회지*. 1999;32(1):30-39.
  4. 김규상, 이경중, 임종한, 이철갑, 강성규, 이상준, 조수현. 모 자동차 제조업체 근로자의 청력-검사기관에 따른 순음청력검사 역치의 차이. *산업보건*. 2004b;199:10-21.
  5. Alberti PW, Hyde ML, Riko K. Exaggerated hearing loss in compensation claimants. *J Otolaryngol*. 1987;16(6):362-366.
  6. Alberti PW, Morgan PP, Czuba I. Speech pure tone audiometry as a screen for exaggerated hearing loss in industrial claims. *Acta Otolaryngol*. 1978;85(5):328-331.
  7. Bamford JM, Wilson IM, Atkinson D, Bench J. Pure tone audiograms from hearing-impaired children. II. Predicting speech-hearing from the audiogram. *Br J Audiol*. 1981;15(1):3-10.
  8. Beattie RC, Garcia E, Johnson A. Frequency-specific auditory brainstem responses in adults with sensorineural hearing loss. *Audiol*. 1996;35(4):194-203.
  9. Chien CH, Tu TY, Shiao AS, Chien SF, Wang YF, Li AC, Yang MJ. Prediction of the pure-tone average from the speech reception and auditory brainstem response thresholds in a geriatric population. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2008;70(6):366-372.
  10. Coren S, Hakstian AR. Predicting speech recognition thresholds from pure tone hearing thresholds. *Percept Mot Skills*. 1994;79(2):1003-1008.
  11. Gold S, Lubinsky R, Shahar A. Speech discrimination scores at low sensation levels as a possible index of malingering. *J Aud Res*. 1981;21(2):137-141.
  12. Gorga MP, Johnson TA, Kaminski JR, Beauchaine KL, Garner CA, Neely ST. Using a combination of click- and tone burst-evoked auditory brain stem response measurements to estimate pure-tone thresholds. *Ear Hear*. 2006;27(1):60-74.
  13. Gorga MP, Worthington DW, Reiland JK, Beauchaine KA, Goldgar DE. Some comparisons between auditory brain stem response thresholds, latencies, and the pure-tone audiogram. *Ear Hear*. 1985;6(2):105-112.
  14. Hone SW, Norman G, Keogh I, Kelly V. The use of cortical evoked response audiometry in the assessment of noise-induced hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003;128(2):257-262.
  15. Hyde M, Alberti P, Matsumoto N, Li YL. Auditory evoked potentials in audiometric assessment of compensation and medicolegal patients. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1986;95(5):514-519.
  16. Johnson TA, Brown CJ. Threshold prediction using the auditory steady-state response and the tone burst auditory brain stem response: a within-subject comparison. *Ear Hear*. 2005;26(6):559-576.
  17. Kodera K, Yamane H, Yamada O, Suzuki JI. Brain stem response audiometry at speech frequencies. *Audiol*. 1977;16(6):469-479.
  18. Laukli E, Fjermedal O. Reproducibility of hearing threshold measurements. Supplementary data on bone-conduction and speech audiometry. *Scand Audiol*. 1990;19(3):187-190.
  19. Picard M, Banville R, Barbarosie T, Manolache M. Speech audiometry in noise-exposed workers: the SRT-PTA relationship revisited. *Audiol*. 1999;38(1):30-43.
  20. Rickards FW, De Vidi S. Exaggerated hearing loss in noise induced hearing loss compensation claims in Victoria. *Med J Aust*. 1996;163(7):360-363.
  21. Schlauch RS, Arnce KD, Olson LM, Sanchez S, Doyle TN. Identification of pseudohypacusis using speech recognition thresholds. *Ear Hear*. 1996;17(3):229-236.
  22. Sulkowski W, Sliwinska-Kowalska M, Kowalska S, Bazydło-Golinska G. Electric response audiometry and compensational noise-induced hearing loss. *Otolaryngol Pol*. 1994;48(4):370-374.
  23. van der Drift JF, Brocaar MP, van Zanten GA. The relation between the pure-tone audiogram and the click auditory brainstem response threshold in cochlear hearing loss. *Audiol*. 1987;26(1):1-10.
- Wang YF, Tu TY, Kuo BI, Li AC, Yang MJ, Shiao AS. Confirming pure-tone thresholds by auditory brainstem response in the geriatric population. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2002;65(4):164-171.