

# 지하철 실내 소음 하에서 음향기기 사용에 따른 음향반사역치와 소음 속 어음인지 변화

## Changes of Acoustic Reflex Thresholds and Speech-In-Noise Perception Using Personal Listening Device Under Subway Interior Noise

한우재,<sup>†</sup> 전현지,\* 마선미\*

(Woojae Han,<sup>†</sup> Hyungi Chun,\* and Sunmi Ma\*)

한림대학교 자연과학대학 언어청각학부, 청각언어연구소, \*한림대학교 일반대학원 언어병리청각학과  
(Received December 30, 2014; revised January 21, 2015; accepted February 5, 2015)

**초 록:** 환경 소음의 무절제한 노출이 청력 손실로 이어질 수 있다는 보고는 익히 알려져 있지만, 지하철 실내 소음과 휴대용 음향기기 음량에 따른 이중 소음 노출에 대한 탑승객들의 청력 손실 여부는 많은 연구들에서 여전히 진행 중이다. 본 연구는 지하철 실내 소음 하에서 탑승객들이 이어폰을 이용하여 개인음향기기 사용 시 음향 반사 역치와 소음 속 어음인지도가 어떻게 변화하는 지 확인하고자 하였다. 20대의 젊은 건청 성인 40명을 대상으로 실험 그룹과 대조 그룹으로 각각 20명씩 구분하였다. 실험 전 모든 대상자에게 5개의 주파수에서 음향반사역치검사와 0, -5 dB SNR에서 문장검사를 실시하였다. 실험 그룹은 60분간 73.45 dBA의 실제 서울도심지하철의 평균 실내 소음 강도를 들으며 개인별 선호 음량으로 이어폰을 통해 좋아하는 음악을 들었고, 대조그룹은 동일강도의 지하철 소음에만 노출된 채 신문 혹은 잡지를 읽었다. 60분간의 지하철 소음 노출 후 음향반사역치검사와 소음 속 문장검사를 재실시하여 기준선과 비교하였다. 소음 노출 전·후 비교 시, 두 그룹 간 음향반사역치는 유의미한 차이가 없었다. 그러나 소음 속 문장 검사 결과에서는 실험 그룹의 어음인지도가 소음 노출 후 유의하게 하락하였다. 본 결과를 근거로 지하철 탑승객이 일정기간 동안 지하철 실내 소음에 노출된 채 반복적으로 음악을 듣는 습관이 지속될 시 일시적인 어음인지력 저하의 위험이 예상 될 것이라고 생각한다.

**핵심용어:** 지하철실내소음, 이중소음노출, 음향반사역치, 한국형 소음속 어음인지도검사, 소음성난청

**ABSTRACT:** Although it is well-known that environmental noise can lead to hearing loss in individuals, the true extent of subway noise effects in the general population remains poorly understood. The purpose of the present study is to see changes of acoustic reflex thresholds and speech perception scores when passengers listen to music presented from their personal listening device in the subway. Forty subjects with normal hearing participated being divided into two groups, experimental and control groups. As a baseline, all subjects were measured by acoustic reflex thresholds in five test frequencies and Korean speech perception in noise (KSPIN) test at 0 and -5 dB SNR. In the experiment, the control group read newspaper or magazine in the subway noise, whereas the experimental group listened to music presented from their smartphone under the subway noise through speakers at 73.45 dBA for 60 min. After completing the experiment, two groups also conducted both acoustic reflex thresholds and KSPIN tests in the same condition as the baseline. The results showed that there was a significant difference of correct percent in speech-in-noise test between experimental and control groups and of that between two signal-to-noise ratios, which means the double noise exposure of 60 min might cause some degradation of speech perception when noise increases compared to only subway noise condition that was not statistically significant difference. We concluded that a risk of some degraded speech perception ability would be expected when passengers have a habit of listening to music in the subway noisy situation for a long duration.

**Keywords:** Subway interior noise, Double noise exposure, Acoustic reflex threshold, Korean speech perception in noise (KSPIN), Noise-induced hearing loss

**PACS numbers:** 43.50.Qp, 43.50.Sr

<sup>†</sup>Corresponding author: Woojae Han (woojaehan@hallym.ac.kr)  
Division of Speech Pathology and Audiology, Hallym University,  
Hallymdaehakgil 1, Chuncheon 200-702, Republic of Korea  
(Tel: 82-33-248-2216, Fax: 82-33-256-3420)

## 1. 서론

환경 소음은 필수불가결한 요소로서 현대인들의 건강에 중요한 영향을 끼치는 요소로 점차 인식되고 있다. 청각장애를 야기하는 소음성난청(noise-induced hearing loss)은 유전적 혹은 선천적 요인이 아닌 사전에 충분히 예방할 수 있는 후천적인 요인에 기인하는 것으로 널리 알려져 있다.<sup>[1]</sup> 소음성난청은 대부분 일정 강도 이상의 소리에 장기간 지속적으로 노출될 때 발생하며, 난청의 정도가 심해지면 대화할 때 상대방의 말소리가 작거나 명료하게 들리지 않아 의사소통 및 학습 장애 등이 발생하는 만큼 사전 예방이 무엇보다 중요하다.<sup>[2]</sup>

소음성난청 연구의 화두는 직업적 요인에서 비직업적 요인으로 점차 변화하고 있다. 기존의 소음성난청 연구들은 산업 재해 및 보상과 관련하여 산업체, 공장, 군부대를 중심으로 직업적 소음 노출에 집중해 왔으나, 최근 선진국의 연구 동향을 살펴보면 일반인들의 여가 소음 노출에 대한 관심이 점차 부각되고 있다.<sup>[3]</sup> 따라서 선진국에서는 수년 전부터 각종 기기에 일정 이상 강도의 소음 노출이 누적될 시 일반인들에게 발생 가능한 소음성난청에 대해 권고 기준을 마련해 오고 있다. 유럽에서는 2002년부터 휴대용 음향기기의 음량제한 기준을 100 dBA로 적용해 왔으며, 미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)도 100 dBA에서 2시간 이상 노출되면 청력손실이 발생한다는 허용한계 기준을 법적으로 적용하고 있다. 특히 젊은 층의 취미 활동과 관련하여 휴대용 음향기기와 헤드셋 착용의 소음 노출은 단기적으로는 대화 방해, 수면 방해, 학습 장애, 작업 능력 저하와 신체의 이상 변화에 영향을 미칠 뿐 아니라, 장기적으로는 청력에 유해한 영향을 일으켜 원활한 의사소통 능력을 저해한다.<sup>[3,4]</sup> Le Prell *et al.*<sup>[5]</sup>는 젊은 건청 성인들의 음향기기 사용에 대한 일시적 청력역치 변동과 회복정도를 시뮬레이션을 통하여 연구한 결과, 약 100 dBA 내외의 고강도에서 4시간 정도 음악을 청취한 그룹에서 4,000 Hz 주파수 대역의 뚜렷한 일시적 청력 손실이 나타났다. 비록 일시적 청력 손실 발생 후 4시간 동안의 휴식을 취하여 일정 정도 청력이 회복되었지만, 연구

에 참여한 33명 전원이 청력을 회복하는 데는 약 1주일 정도 소요되었다. 이는 음향기기를 통한 고강도의 노출이 소음성난청을 특징지을 수 있는 청력도의 형태를 보여주었고 노출 기간에 비하여 회복 기간이 상당히 길게 소요됨을 시사하였다.

한편 지하철은 현대인들에게 가장 중요한 대중교통 수단이다. 특히 국내에서는 교통 체증의 급증 및 고유가로 인한 주유비의 부담으로 지하철이 가장 정확하고 편리한 교통수단으로 손꼽히고 있다. 그럼에도 지하철 소음에 대한 정확한 이해와 대비가 부족하다. 하루 지하철 이용객 수가 현저히 높은 국내의 경우, 승용차 이용이 상대적으로 많은 국외와는 달리 지하철 소음에 대한 분석이 제대로 이루어져야 탑승객들의 청력손실을 체계적으로 보호할 수 있겠다. 그러나 환경부에서는 지하철·철도 운행 중 발생하는 소음에 대해 차량 외부에서 발생하는 소음 노출 강도만 경고할 뿐,<sup>[6]</sup> 탑승객의 입장에서 탑승 시간 및 습관 등에 따른 소음 노출 정도에 대하여 정확히 보고되지 않고 있는 실정이다. 더욱이 최근 스마트폰 등 휴대용 음향기기의 급속한 발전으로 지하철 내 탑승객들의 대부분은 이어폰을 착용하고 있다. 또한 IT 세계 최강국인 국내의 휴대폰 음향기기 시장에서도 다양한 기능을 지닌 휴대폰들의 시장 점유율이 해마다 크게 증가하고 있으며, 급속한 디지털화로 인해 영상은 물론 음향기기를 활용한 어플리케이션의 이용과 보급이 전 연령대로 확산되고 있다. 남녀 1,480명을 대상으로 하루 평균 휴대폰 음향기기 사용 시간을 조사한 결과, 1시간 이상 사용자가 전체의 약 60%(1~3시간 48.7%, 3시간 이상 10.8%)로 높게 나타났다.<sup>[7]</sup> 이에 따라 국내에서도 2013년부터 MP3, PMP, 테블릿 기기, 스마트폰 등 음악파일을 재생하는 기능을 지닌 휴대용 음향기기에 대하여 최대 음량 소음도를 100 dBA 이하가 되도록 하는 권고 기준을 마련하고 제조업체들과 자발적 협약을 체결하였고, 2014년부터 권고 기준 및 법률을 제정하였다.<sup>[8]</sup> 그러나 여전히 지하철에서 발생하는 1차적 환경 소음의 수동적 노출과 동시에 개개인의 휴대폰 음향기기와 이어폰 착용을 통한 2차적 유희 소음의 능동적 노출에 대해서는 연구가 부족하다. 더불어 흔히 85~100 dB HL의 음향반사역치(acoustic reflex threshold)<sup>[9]</sup>

를 갖는 건청인들은 중이의 이내근의 활동으로 어느 정도의 소음성난청을 예방할 수 있다고 이론적으로 주장하지만, 음향반사와 일시적 역치변동과의 관계를 실험한 기존 연구들은 대부분 짧은 지속 시간을 갖는 100 dB SPL 이상의 고강도의 소음을 노출시켜 청력역치<sup>2)</sup>변화를 분석하였으며,<sup>9)</sup> 실제 환경음 강도 수준에서 역치 손실에 대하여서는 충분히 설명되지 않았다. 그리고 음향반사역치의 손실 여부와 그로 인한 소음 속에서의 어음인지도의 변화 정도를 연결하여 설명한 논문은 국내·외 연구에서 거의 전무한 상태이다.<sup>10)</sup> 그러므로 본 연구에서는 국내의 지하철 이용 실정에 맞춰 지속적인 지하철 소음 하에서 개인용 음향기기 사용 볼륨에 따른 음향반사역치 변화 및 소음 속 어음인지도의 변화를 측정하고자 한다.

본 연구의 가설은 1) 60분간의 1차적 지하철 소음에 노출될 시, 노출되기 이전과 비교하여 음향반사역치 및 소음 속 어음인지도에 변화를 보일 것이며, 2) 1차 지하철 소음 노출과 2차 개인용 음향기기 및 이어폰을 통한 이중 소음 노출시, 노출되기 이전과 비교하여 음향반사역치 및 소음 속 어음인지도에서 유의한 변화를 보일 것이다. 또한 3) 1차 소음만 노출된 그룹과 비교하여, 1차와 2차 소음에 동시에 노출된 그룹은 소음 노출 이전과 비교하여 더 큰 폭의 역치 상승 및 어음인지도의 변화를 보일 것이다. 본 연구의 결과는 그 동안 비자발적 1차 소음과 자발적 2차 소음에 지속적으로 노출되어온 지하철 탑승객들에게 보다 과학적인 경고 지침을 줄 것으로 생각한다.

## II. 연구 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구에 참여한 대상자는 건청 성인 40명(남20, 여20)으로, 모두 20세였다. 대상자는 과거 이과적인 질병이나 관련 기록이 없다고 보고하였다. 고막운동성검사(GSI 33, Grason Stadler, MN, USA) 결과에서는

- 1) 큰소리에 반응하는 이내근의 반사적 수축작용으로써, 3번 자극 중 2번 이상 반응하는 최소소리강도 지점을 음향반사역치로 간주함.
- 2) 개개인이 들었다고 반응하는 최소소리강도로서, 인간의 가청영역과 회화영역 주파수 대역 내에 데시벨로 수치화함.

A형, 순음청력검사(GSI 61, Grason Stadler, MN, USA) 결과에서는 125~8,000 Hz 주파수 범위에서 15 dB HL 이내의 청력역치를 보였고, 해당 검사 주파수에서 기도-골도차는 5 dB HL 이내로 모든 대상자는 정상 청력 범주에 속하였다.

청력선별검사를 통과한 40명의 대상자들을 무작위로 실험 그룹 20명과 대조 그룹 20명으로 구분하였고, 각 그룹은 남녀 비율이 동일하게 10명씩 배치하였다. 실험 전 연구 대상자는 해당 그룹의 실험 설계에 따른 연구 절차를 이해하고 연구동의서를 작성하였으며, 모든 연구 절차는 한림대학교 생명윤리위원회의 심사를 통과하였다(IRB 심의번호: HIRB-2014-95).

### 2.2 연구 절차

실험에 들어가기 전, 40명의 모든 연구 대상자들에게 양 귀의 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz에서 음향반사역치(GSI 33, Grason Stadler, MN, USA) 검사를 시행하여 소음 노출 전 각 주파수별 역치를 기록해 두었다. 또한 연구 대상자들에게 문장으로 구성된 한국형 소음 속 어음인지도 검사(Korean Speech Perception In Noise test, K-SPIN)<sup>11)</sup>를 방음실의 스피커를 통하여 각 대상자의 쾌적수준(the most comfortable level)에서 검사하였다. 쾌적수준의 평균은 54.62 dB HL, 표준편차는 6.14였다. 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)는 기존 젊은 건청인들을 대상으로 실험된 선행연구의 결과를 바탕으로 천장효과를 보이지 않으면서 정상 범주에 속하는 백분율을 고려한 0과 -5 dB SNR에서 검사하였다.<sup>12)</sup> 무작위로 나뉘어 구성된 실험 그룹과 대조 그룹의 소음 노출 전 음향반사역치(250, 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz의 5개 검사주파수)와 소음 하 문장검사(0과 -5 dB SNR) 모두 두 그룹의 독립표본 *t*-검정 시 통계적으로 유의미한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ; Fig. 2와 3의 그룹 비교 참조).

20명의 실험 그룹은 지하철 소음에 노출된 채 60분간 개인별 선호 음향에서 발라드 및 댄스 음악을 자유롭게 듣고, 나머지 20명의 대조 그룹은 60분간 지하철 소음에만 노출하였다. 즉 실험 그룹의 경우, 사람이 가장 많이 붐비는 서울도심철도 1~9호선의 출근시간대(오전 7~9시)의 지하철 소음을 실제로 녹음 및 발취하여,<sup>13)</sup> 실험실의 5.1 채널의 스피커를 통

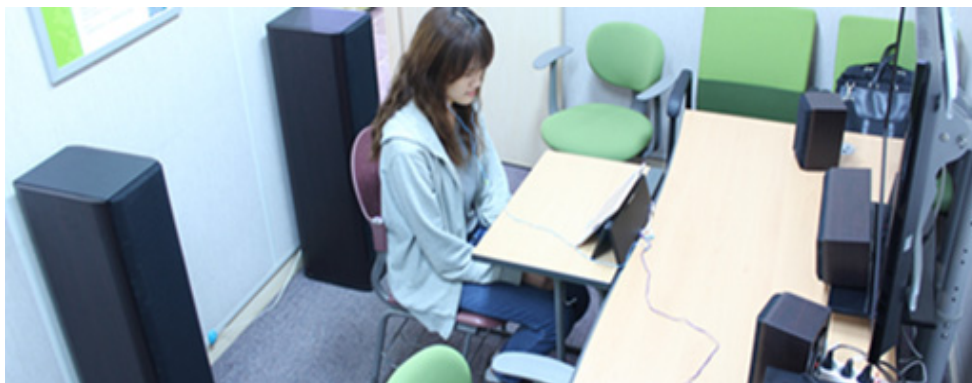


Fig. 1. An example of experimental setting; the subject listened to music presented from her personal listening device under the subway interior noise through 5.1 speakers.

하여 연구 대상자의 앞·뒤로 1차적으로 소음에 노출시키며, 동시에 본인이 가장 선호하는 음량 수준에서 각 개인의 휴대폰 음향기기와 이어폰을 통하여 2차 소음에 노출시켰다(Fig. 1 참조). 사용된 비자발적 1차 지하철 소음은 12.5 Hz에서 20,000 Hz의 주파수 범위에서 평균 73.45 dB LAeq, 표준편차는 2.57이었다. 휴대용 음향기기의 프로그램은 각 대상자들이 흥미롭게 여기는 드라마 및 오락 프로그램을 보거나 혹은 선호 음악을 듣게 하여 지하철 내의 탑승 상황을 가장 자연스럽게 재현하였다. 실험 그룹에 속한 연구 대상자들은 1차 소음에 노출된 채 개인별 희망 볼륨을 자유로이 설정하여 청취하도록 지시하였다. 개인별 희망 볼륨의 측정은 휴대용 음향기기에 연결된 스테레오 타입의 이어폰을 투인원 분리잭과 연결하여 두 개의 이어폰 중 한 개는 대상자의 양 귀에 착용하고 나머지 한 개는 인공 외이도(Brüel & Kjaer #4946 2cc click-on coupler, Denmark)를 통하여 전달된 볼륨 수준을 소음측정기(Brüel & Kjaer, Type #2250 sound level meter, Denmark)에서 주파수별로 저장하고 분석하였다. 20명의 실험 그룹은 평균 89.23 dB(A) (LAFmax 96.74, LAFmin 56.37)로 들었다.

20명의 대조 그룹의 경우, 실험실 내의 동일한 스피커를 통하여 실험 그룹과 같은 음량 수준의 1차 소음을 60분간 듣게 하였지만 휴대용 음향기기를 통한 2차 소음원의 노출은 배제하기 위해 실험실에 구비된 책이나 신문을 읽게 하였다.

60분간의 소음 노출 후, 두 그룹의 모든 연구 대상자들은 양 귀의 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz에서의

음향반사역치 검사 및 0, -5 dB SNR에서 소음하 문장 검사를 다시 측정하고 그 변화를 기록하였다. 이때 소음 하 문장 검사 시 학습효과를 방지하기 위해 문장검사의 목록은 처음의 기준 검사와는 다른 목록을 사용하였다.

### 2.3 자료 분석

지하철 소음 노출 전·후(대조 그룹), 지하철과 유희적 소음의 이중 노출 전·후(실험 그룹), 두 그룹 간의 소음 노출 전·후에 따라 음향반사역치와 소음하 문장 검사의 결과가 유의하게 달라졌는지 확인하였다. 이를 위해 SPSS 통계 프로그램(ver. 20, IBM Inc., Armonk, NY, USA)을 사용하여 반복측정분산분석(repeated measure ANOVA)을 통해 0.05 미만의 통계학적 유의수준으로 분석하였다. 만약  $p < 0.05$  수준에서 유의한 차이를 보이는 경우 Bonferroni correction으로 사후검정을 실시하였다.

## III. 연구 결과

### 3.1 소음 노출 전과 후에 따른 음향반사역치 변화

소음 노출 여부에 따라 음향반사역치는 통계적으로 유의미한 변화가 없었다[F(1, 36)=1.993,  $p=0.167$ ]. 즉, 소음 노출 이전(평균: 92.82 dB HL, 표준편차: 1.20)과 비교하여 60분간의 지하철 실내 소음 노출 후 대상자들의 음향반사역치(평균: 92.00 dB HL, 표준편차: 1.33)는 유의미한 변화를 보이지 않았다.

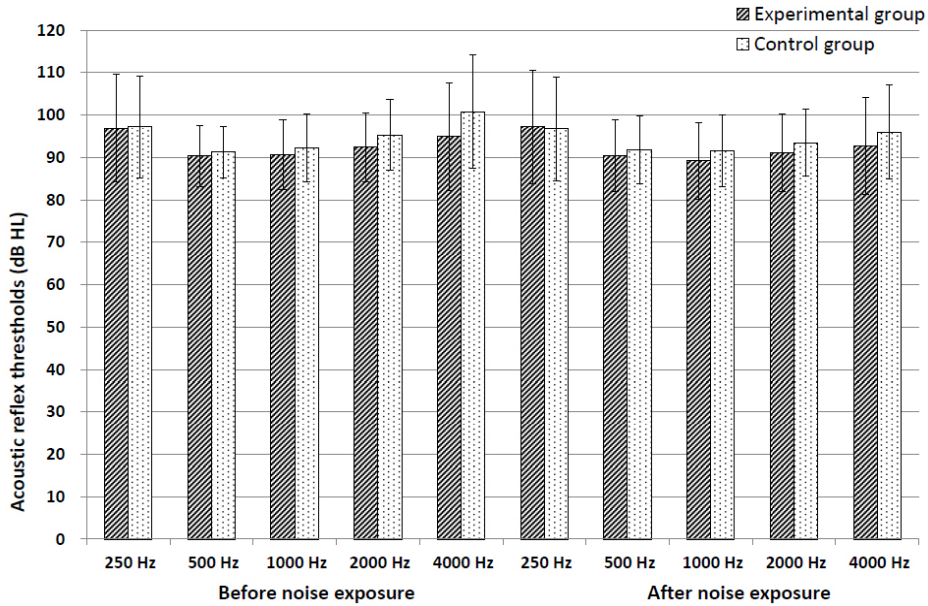


Fig. 2. Mean comparison of acoustic reflex thresholds as a function of frequency before and after noise exposure.

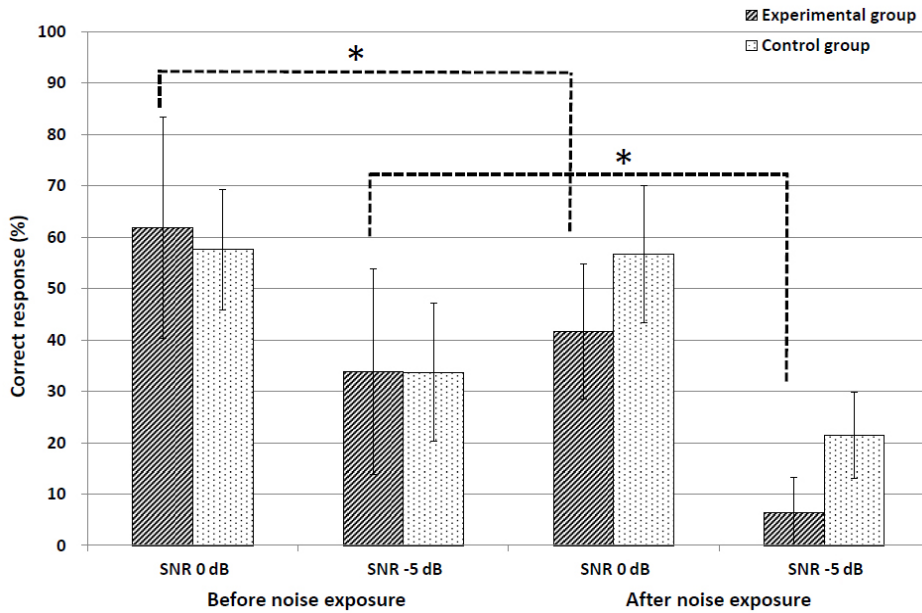


Fig. 3. Mean comparison of Korean speech perception In noise test scores as a function of signal-to-noise ratio before and after noise exposure (\*  $p < 0.001$ ).

그룹간 음향반사역치에 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으나[F(1, 36) = 3.968,  $p = 0.054$ ](실험 그룹 평균: 89.96 dB HL, 표준편차: 1.73; 대조 그룹 평균: 94.86 dB HL, 표준편차: 1.75), 5개의 음향반사 검사 시 주파수에 따라 유의미한 역치 변화를 보였다[F(4, 144) = 18.077,  $p < 0.001$ ]. 사후 분석 결과, 250 Hz에서 96.89 dB HL (표준편차: 1.78)의 역치는 나머

지 4개의 주파수인 500 Hz (평균: 90.12 dB HL, 표준편차: 1.08), 1,000 Hz (평균: 89.69 dB HL, 표준편차: 1.16), 2,000 Hz (평균: 91.54 dB HL, 표준편차: 1.15), 4,000 Hz (평균: 93.81 dB HL, 표준편차: 1.59)에서의 역치보다 유의미하게 높게 나타났다(Fig. 2). 그러나 각 독립변수간의 상호작용은 나타나지 않았다.

### 3.2 소음 노출 전과 후에 따른 소음 속 어음인지도 변화

소음 노출 여부에 따라 소음 하 문장 검사에서는 통계적으로 유의미한 변화를 보였다[F(1, 36)=90.436,  $p < 0.001$ ]. 평균 46.95% (표준편차: 2.26)의 소음 노출 전 문장 검사 점수와 비교하여, 60분간의 소음 노출 후에는 31.60% (표준편차: 1.30)로 약 15.35% 하락하였다.

신호대잡음비에 따라서도 통계적으로 유의미한 변화를 보였다[F(1, 36)=255.589,  $p < 0.001$ ]. 0 dB SNR에서는 54.64% (표준편차: 2.07)의 정반응율을 보였으나, -5 dB SNR에서는 23.91% (표준편차: 1.75)로 증가된 소음 수준에서 약 30% 낮은 어음인지도를 보였다.

그룹간에서도 소음 하 문장 검사 결과의 변화가 통계적으로 유의하게 나타났다[F(1, 36) = 4.280,  $p = 0.046$ ]. 실험 그룹(평균: 35.84%, 표준편차: 2.33)에 비하여 대조 그룹(평균: 42.70%, 표준편차: 2.36)은 약 7% 높은 점수를 보였다. 즉, 1차와 2차의 이중소음에 노출된 실험 그룹이 1차 지하철 소음에만 노출된 대조 그룹에 비하여 7% 정도 낮은 소음 하 문장 검사 결과를 나타내었다.

소음 노출 여부와 그룹간( $p < 0.001$ ), 소음 노출 여부와 신호대잡음비( $p = 0.010$ )에서도 유의한 상호작용이 나타났다. 즉 소음 노출 이전과 이후에 따라 통계적으로 어음인지도의 차이가 없는 대조 그룹(소음 노출 후 0 dB HL에서는 평균 0.9% 감소, -5 dB HL에서는 평균 12.3% 감소)에 비하여, 이중 소음에 노출된 실험 그룹은 소음 하 문장 검사 결과 변화에 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 특히 실험 그룹에서는 소음 노출 후 약 20.23%의 감소를 보인 0 dB SNR에 비하여 -5 dB SNR에서 소음 노출 전과 비교하여 노출 후 약 27.43% 감소하였다(Fig. 3).

## IV. 고찰 및 결론

점차 증가하는 산업화와 현대화로 인하여 대부분의 사람들은 환경 소음에 자연스럽게 노출되고 있지만 이를 예방할 수 있는 과학적 근거를 둔 연구가 국내는 물론 국제적으로도 아직 부족하다. 이에 본 연구는 60분간의 지하철 소음 하에서 개인용 음향기기 사용에 따른 음향반사역치 변화와 소음 하 속 어음인

지도의 변화를 측정하고자 40명의 건청 성인들을 대상으로 실험 그룹과 대조 그룹으로 나누어 시뮬레이션 실험을 실시하였다.

### 4.1 첫 번째 가설 검증

본 연구의 첫 번째 가설인 60분간의 지하철 소음에 노출 후 노출되기 이전과 비교하여 음향반사역치 및 소음 속 어음인지도에서 변화는 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. 1차 소음만 노출된 대조 그룹에서는 소음 노출 전과 비교하여 노출 후 5개의 검사 주파수 모두에서 음향반사역치의 변화가 없었고, 0과 -5 dB SNR의 소음 하 문장 검사에서도 통계적으로 유의미한 변화는 없었다. 즉, 지하철 실내 소음에만 노출될 시에는 청력 저하에 변화가 확인되지 않았다. 이는 현재 가장 자연스러운 지하철 탑승객의 상황을 연출하기 위해 지하철 내의 동일 강도 소음(약 73.45 dB LAeq)을 60분간 사용하였기에, 강한 소음 노출 후 음향반사역치를 비교한 기존 연구들의 결과와는 차이가 있었다. Karlovich *et al.*<sup>[10]</sup>의 연구에서는 7명의 정상 청력인들에게 110 dB SPL의 고강도 소음에 3분간 노출 시킨 후 음향반사역치의 변화를 관찰하였고 노출 전과 비교하여 평균 11 dB의 정도의 차이를 보였다. Gerhardt *et al.*<sup>[10]</sup>의 연구에서는 8마리의 친칠라에게 95 dB SPL의 소음 강도에 8시간의 노출 후 음향반사역치에서의 변화 추이를 관찰한 결과 약 14 dB의 역치 상승을 확인하였다. 즉, Karlovich *et al.*<sup>[9]</sup>의 연구와 같이 고강도 혹은 Gerhardt *et al.*<sup>[10]</sup>의 연구와 같이 장시간의 소음 노출은 유의미한 역치 변화를 나타내어 자연스러운 환경 소음 노출에 따른 역치 변화를 확인한 본 연구의 결과와는 상이했다.

### 4.2 두 번째 가설 검증

두 번째 가설인 1차 지하철 소음 노출과 2차 개인용 음향기기 및 이어폰을 통한 이중 소음에 노출된 실험 그룹의 경우, 노출되기 이전과 비교하여 음향반사역치에서는 대조 그룹과 동일하게 통계적으로 유의미한 변화는 나타나지 않았다. 평균 89.23 dBA로 개인용 휴대음향기기에 60분간 2차적 소음에 노출되었던 실험 그룹의 연구 대상자들도 음향반사역치에서는 처음의 가설과 달리 변화가 없었다. 이러

한 패턴은 본 연구의 음향기기의 노출 수준과 비슷하였던 Trzaskowski *et al.*<sup>[14]</sup>의 최근 연구에서 뒷받침되어질 수 있겠다. 20명의 젊은 건청 성인을 대상으로 약 86.6 dBA의 볼륨으로 30분간 음악을 청취토록 한 후 청력역치의 변화를 확인하였으나 이음향방사(otoacoustic emission, OAE)검사와 순음청력검사 시 노출 전에 비하여 소음 노출 후에 유의미한 역치 변화는 나타나지 않았다. 그러나 Le Prell *et al.*<sup>[15]</sup>은 250~8,000 Hz 주파수 대역을 평가하는 전형적인 청력검사와 달리 10,000~16,000 Hz의 고주파수 대역의 역치를 평가함으로써, 음향기기의 소음 노출로 인하여 젊은 건청 성인들에게서 3~6 dB HL 정도의 고주파수대역에서 청력 손실 가능성을 간과하지 않도록 권고하였다. 이는 음향반사역치에서의 유의미한 변화는 없었지만, 소음하 문장 검사에서 소음 노출 이전과 비교하여 0과 -5 dB SNR에서 모두 20% 이상의 큰 변화를 보인 본 연구의 결과와 일치성을 보여주었다. 즉, 중이에서의 고막장근의 역할 변화와 무관하게 중이기관을 지나 내이기관에서 소음 노출의 영향을 받아 어음인지도의 변화를 보인 것으로 고려할 수 있겠다. 이는 소음 노출 후 어음인지도 변화 유무를 확인한 Hygge *et al.*<sup>[16]</sup>의 연구에서도 증명되었다. 현재 비행장 주변에 거주하는 아동들의 장기 기억, 읽기 기능, 어음인지도에 있어서 대조 그룹의 아동들에 비해서 낮은 점수를 나타내어 환경 소음에 일정 기간 반복적으로 노출 시 어음인지도에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다.

### 4.3 세 번째 가설 검증

마지막으로 세 번째 가설인 그룹 간 비교에서, 1차 소음만 노출된 대조 그룹과 비교하여, 1차+2차 이중 소음에 노출된 실험 그룹은 소음 노출 이전과 비교하여 더 큰 폭의 어음인지도의 변화를 확인하였다. 더불어 신호대잡음비가 증가할 수록 어음인지도에 부정적인 영향이 보다 크게 나타났다. 이는 소음 노출의 영향으로 저하된 어음인지도 점수는 단기적으로는 20% 정도의 일시적인 손실을 보이지만, 추후 습관적으로 오랜기간 지하철 소음과 휴대용 음향기기를 통한 이중적 소음의 노출은 일상생활 중 소음이 있는 환경에서 대화 시 어음인지도에서 커다란

제한을 줄 수 있겠다. 물론 지하철 탑승객의 이용 시간 정도와 휴대용 음향기기의 사용 볼륨 정도에 따라 개개인의 어음인지도에 미치는 영향이 다르게 나타나겠지만, 본 연구의 결과에서 확인한 것처럼 지하철 소음에만 노출되었을 때의 음향반사역치의 청력손실은 발견되지 않지만, 습관적이고 반복적인 지하철의 환경 소음과 유희용 소음의 이중 노출은 추후 어음인지도가 저하된 소음성난청의 유발 원인이 될 수 있음을 경고할 수 있겠다. 현재의 지하철 실내 소음 수준을 약 67 dB로 저감하는 등 배경소음을 줄여서 인과적으로 탑승객들의 휴대용 음향기기의 볼륨도 줄이는 방법도 간구될 수 있지만,<sup>[17]</sup> 개인 청취 습관의 변화가 보다 효율적인 방법일 수 있겠다.

### 4.4 연구의 한계점 및 후속 연구 제안

본 연구의 제한점으로 소음 노출 전·후 실험 그룹에서의 유의미한 어음인지도의 변화는 목록당 40개의 문장으로 이뤄진 문장검사의 사용으로 정답율에 기회여부를 완전히 배제하기 어렵고, 총 3시간 정도의 긴 실험 참여시간으로 실험 디자인 상 가장 나중에 실시된 소음하 문장 검사 결과에 연구 대상자들의 피로도를 간과할 수 없겠다. 또한 본 결과는 일시적인 변화일 뿐 영구적인 손상이라고 일반화하기에는 추후 후속연구결과를 통하여 뒷받침하여야 하겠다.

본 연구의 수행 결과를 시작으로 현대인의 필수품 중 하나인 휴대폰 음향기기 사용과 관련된 후속 연구로서, 지하철 통근자들의 소음성 난청 정도를 예측할 수 있는 현실적이고 실용적인 연구들이 추진되어야 할 뿐 아니라, 음악소리가 큰 헬스장을 포함하여 일상생활에서 간과되었던 여가 소음에의 노출과 생애주기별 소음 누적량에 따른 난청 정도를 사전에 예측하고 예방책을 강구함으로써 보다 안전하고 건강하게 청력을 보호하며 원활한 의사소통을 누릴 수 있도록 하여야 하겠다. 또한 산업장 근로자나 노인에게서 주로 발생하던 청력손실이 청소년에까지 점차 확대되면서 외국어 공부나 음악 감상용으로 사용되는 개인용 음향기기 및 이어폰 착용과 관련하여 청소년들의 사용시간 제한 지침을 마련하는 등 다양한 소음 관련 연구를 통한 활용방안은 청각장애에 소요되는 사회적 비용 절감효과를 창출하며 나아가

국민의 건강증진 복지정책을 큰 기여할 수 있겠다.

## 감사의 글

본 연구는 2013년도 한림대학교 교비연구비(HRF-201312-020)에 의하여 수행하였음.

## References

1. R. A. Dobie, "Prevention of noise-induced hearing loss," Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg. **121**, 385-391 (1995).
2. M. W. Skinner, "Speech intelligibility in noise-induced hearing loss: effects of high-frequency compensation," J. Acoust. Soc. Am. **67**, 306-317 (1980).
3. J. H. Chung, C. M. Des Roches, J. Meunier, and R. D. Eavey, "Evaluation of noise-induced hearing loss in young people using a web-based survey technique," Pediatr. **115**, 861-867 (2005).
4. P. E. Brookhouser, D. W. Worthington, and W. J. Kelly, "Noise-induced hearing loss in children," Laryngoscope, **102**, 645-655 (1992).
5. C. G. Le Prell, S. Dell, B. Hensley, J. W. Hall III, K. C. M. Campbell, P. J. Antonelli, G. E. Green, J. M. Miller, and K. Guire, "Digital music exposure reliably induces temporary threshold shift (TTS) in normal hearing human subjects," Ear Hear. **33**, e44-58 (2012).
6. Official Website of Ministry of Environment, Republic of Korea. "Guideline of evaluation scope for environment influence (air quality, stench, noise, vibration)," [http://me.go.kr/home/web/policy\\_data/read.do?pagerOffset=470&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=92&orgCd=&seq=4964](http://me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?pagerOffset=470&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=92&orgCd=&seq=4964) (in Korean), (2013).
7. E. Kim, "Problems of Usage of Earphones, PCPs on Hearing in Adolescents" (in Korean), J. of Kr. Soc. of School Health, **22**, 107-118 (2009).
8. Korea Ministry of Government Legislation, Ministry of Environment, Republic of Korea. "Management of noise and vibration (No. 45-3): Maximum volume limit of portable listening device" (in Korean), (2014).
9. R. S. Karlovich, H. A. Osier, H. N. Gutnick, R. G. Ivey, and K. Worf, "The acoustic reflex and temporary threshold shift: temporal characteristics," J. Speech Lang. Hear. Res. **20**, 565-573 (1977).
10. K. J. Gerhardt, W. Melnick, and J. A. Ferraro, "Reflex threshold shift in chinchillas following a prolonged exposure to noise," J. Speech Lang. Hear. Res. **22**, 63-72 (1979).
11. J. Kim, S. Pae, and J. Lee. "Development of a test of Korean Speech Intelligibility in Noise (KSPIN) using sentence materials with controlled word predictability" (in Korean), Korean J. Speech Sci. **7**, 37-50 (2000).
12. W. Han, J. Kim, J. Lee, and H. Kim. "Effects of age on speech perception ability in everyday life" (in Korean), Korean J. Audiol. **7**, 63-69 (2003).
13. J. Yu, D. Lee, and W. Han, "Preferred listening levels of mobile device programs in subway noise," in Proc. Audiology Now 2014, Orlando, FL. (2014).
14. B. Trzaskowski, W. W. Jedrzejczak, E. Pilka, M. Cieslicka, and H. Skarzynski, "Otoacoustic emissions before and after listening to music on a personal player," Med. Sci. Monit. **20**, 1426-1431 (2014).
15. C. G. Le Pell, C. Spankovich, E. Lobarinas, and S. K. Griffiths, "Extended high-frequency thresholds in college students: effects of music player use and other recreational noise" J. Am. Acad. Audiol. **24**, 725-739 (2013).
16. S. Hygge, G. W. Evans, and M. Bullinger, "A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren" Psychol. Sci. **13**, 469-474 (2002).
17. S. Kim, "A study on the volume of portable sound systems and background noise for the prevention of hearing loss: focusing on the subway interior noise" (in Korean), (Master thesis, University of Seoul, 2012).

## 저자 약력

### ▶ 한 우 재 (Woojae Han)



2011년 8월: Univ. of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) 청각학전공 (박사)  
2011년 9월 ~ 현재: 한림대학교 언어청각학부 청각학전공 조교수  
<관심분야> 말지각, 언어인지, 소음예방

### ▶ 전 현 지 (Hyungi Chun)



2013년 2월: 한림대학교 언어청각학부 청각학전공 (학사)  
2013년 3월 ~ 현재: 한림대학교 일반대학원 언어청각병리학과 석사과정  
<관심분야> 말지각, 전기생리

### ▶ 마 선 미 (Sunmi Ma)



2014년 2월: 한림대학교 언어청각학부 청각학전공 (학사)  
2014년 3월 ~ 현재: 한림대학교 일반대학원 언어청각병리학과 석사과정  
<관심분야> 청각학, 말지각, 소음