

소리의 종류와 크기에 따른 일과성 청력 역치 상승과 회복의 차이

이채관*

인제대학교 의과대학 환경산업의학연구소, 부산백병원 직업환경의학과

Differences in Temporary Threshold Shift and Recovery Patterns Depending on Sound Type and Pressure

Chae Kwan Lee*

Institute of Environmental and Occupational Medicine, Department of Occupational and Environmental Medicine, Busan Paik Hospital, Inje University, Busan, Korea

ABSTRACT

Objective: This study aimed to investigate the differences in temporary threshold shift (TTS) and recovery patterns according to different types of sound and volume.

Methods: TTS and recovery patterns were assessed for eight students after 30-minute exposure to both 70.0 dB and 90.0 dB of factory noise (noise) as well as music. TTS was measured before exposure and two minutes post exposure, and recovery patterns were evaluated every 10 minutes for one hour. The subjects performed activities of daily life and sleeping times as usual but taking drugs or drinking alcohol were prohibited. The experiment was repeated three times with an interval of at least 16 hours. ANOVA and T-test were carried out using SPSS 19.0 for Windows.

Results: The hearing threshold of all subjects before exposure was less than 30 dB at all frequencies. Mean TTSs of 70 dB noise and 90 dB noise exposure were 0.14 and 4.48 dB ($p<0.001$). Meanwhile, the difference in music was insignificant (-0.63 dB and 0.55 dB, $p=0.063$). A significance in the difference was also found between the mean TTS of music and noise exposure, more obviously at 90.0 dB ($p<0.001$) than at 70 dB ($p=0.232$). The TTS differences were found frequency-wise in terms of sound type. Mean TTS by frequency was higher at 4,000 and 6,000 Hz than at other frequencies, and higher in noise than music at the same sound pressure. The TTS difference in each frequency between both sound types was significant at 90 dB ($p<0.001$). Subjects mostly recovered from TTS in one hour after exposure, but not with 90 dB-noise exposure.

Conclusion: TTS and recovery patterns were different depending on the sound type. When exposed to factory noise, TTS was greater and recovery time was longer compared to music at the same sound pressure. These results suggested that the difference in cognitive processes and psychological factors according to the type of sound causes a change in TTS and recovery.

Key words: Hearing loss, music, noise, recovery pattern, temporary threshold shift

I. 서 론


소리는 음원의 진동에 의해 생성되어 주변의 공기 분자를 움직이는 파동으로, 음원에서 멀리 떨어진 다른 공기 분자로 확산되어 청각 기관에 전달된다. 소리가 사람

의 청력에 미치는 영향은 소리의 강도, 주파수 특성, 노출 시간, 개인의 감수성, 연령, 성별 등 여러 조건에 따라 다르지만, 일정수준 이상의 소리에 장기간 노출되면 청력에 이상이 생긴다(Barlow, 2011). 이러한 청력 이상은 일과성 청력 역치 상승(Temporary Threshold

*Corresponding author: Chae Kwan Lee, Tel: 051-890-676, E-mail: lck3303@daum.net

Institute of Environmental and Occupational Medicine, Department of Occupational and Environmental Medicine, Busan Paik Hospital, Inje University

Received: October 13, 2020, Revised: November 20, 2020, Accepted: December 11, 2020

 Chae Kwan Lee <https://orcid.org/0000-0001-6836-583X>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Shift, TTS) 또는 영구적 청력 손실(Permanent Threshold Shift, PTS)을 초래하게 된다(Choi et al., 1996). TTS란 소리에 대한 취약성 유무를 판단하는 방법으로 소리에 노출된 뒤 생기는 청력역치의 일시적 변화를 의미하며, 일반적으로 노출이 끝나고 2분 뒤 측정된 TTS 값(TTS2)을 사용한다(Choi et al., 2001).

일상생활에서 접하게 되는 소리는 크게 음악과 같이 듣기를 “원하는 소리”와 소음과 같이 “원하지 않는 소리”로 나눌 수 있다. 음악의 경우 심리적인 요인에 따라 자발적으로 음원을 찾아서 듣는 반면, 소음은 직업적 또는 환경적 이유 등으로 불가피하게 노출되는 경우가 대부분이다. 따라서 소음과 음악은 노출 시 주관적인 인지 과정과 심리적 요인이 서로 다르게 작용하므로 같은 크기의 소리일지라도 노출된 소리가 소음 또는 음악 인가에 따라 청각 기관을 통하여 나타나는 생리적 반응은 달라질 수 있다(Strasser et al., 2003). 예를 들면, 명상을 위해 음악을 들을 때는 좌측 전두엽이 더 활성화되는 반면, 소음에 노출될 경우에는 우측 전두엽이 더 활성화된다(choi et al., 2001; Reybrouck et al., 2019). 그리고 소음과 음악을 각각 배경음으로 작업을 했을 경우 청각 기관을 포함한 인체의 피로도와 행동에 다르게 영향을 미친다는 보고도 있다(Kim et al., 2008; Kraaijenga et al., 2018). Strasser et al.(2003)은 비슷한 크기의 소음 또는 스피커를 통한 음악에 각각 노출된 사람들 간의 TTS에 차이가 있다는 사실을 근거로, 소리의 종류가 달라도 그 크기가 같으면 물리적인 에너지량이 같으므로 인체에 미치는 영향도 같다는 해석에 문제를 제기한 연구도 있었다(Strasser et al., 2003). 이러한 연구들은 듣기를 원하는 음악, 또는 듣기를 원치 않는 소음과 같이 다른 종류의 소리를 인식하는 과정에는 심리적인 요인이 다르게 작용하여 청각 기관의 피로도가 다르게 나타날 수 있음을 제시하였다(Strasser et al., 2003; Halevi-Katz et al., 2015; Reybrouck et al., 2019).

이 연구에서는 이러한 참고문헌의 내용을 근간으로 “음악”과 “사업장 소음” 두가지 음원을 사용하여 다른 종류의 소리 노출에 따른 TTS와 회복 양상의 차이를 비교하여 다른 소리에 대한 주관적 인지 과정과 심리적 요인의 차이가 청력 역치 변화와 회복에 미치는 영향을 실험을 통하여 연구하고자 하였다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

조사대상은 건강한 20대 대학생 8명이었으며, 남녀 비율은 4:4 이었다. 이들의 음원 노출 전 양쪽 귀의 순음 청력 역치(hearing threshold)는 500, 1000, 2000, 3000, 6000 Hz에서 모두 30 dB 미만, 4000 Hz에서는 모두 25 dB 미만이었으며, 청력 기관의 질환은 없었다. 실험 기간 동안은 식사와 수면시간을 평상시대로 유지하였으며, 약물의 복용이나 음주 등 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 특별한 행동은 금지하였다(Kim et al., 2010). 이 연구는 인제대학교 연구윤리위원회 승인을 받고 수행하였다.

2. 음원 준비, 노출 수준과 노출 방법

음악은 조사대상자들이 평소 즐겨 듣는 음악을 중심으로 선정하였고, 소음은 조선업 사업장을 포함한 5개 사업장에서 녹취한 작업 현장의 소음을 사용하였다. 확보한 2종류의 음원은 GoldWave Digital Audio Editor (GoldWave Inc., Canada)를 사용하여 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz, 3,000 Hz, 4,000 Hz, 6,000 Hz에 대하여 주파수대별 소리의 크기를 상호 동일하게 설정하여 각각 30분 분량을 준비하였다. 노출 수준은 70 dB 이상의 소음에서부터 TTS를 일으킨다는 보고와 OSHA, 1983)과 이를 근거로 미국 산업안전보건청 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA)에서 제정한 소음노출기준(85 dB)을 반영하여 70 dB과 90 dB로 정하였다. 노출 방법은 음악을 들을 때 학생들이 가장 많이 사용하는 이어폰(a-JAYS Four+ earphone, Jays, Sweden)을 사용하였으며, 소리의 크기(dB)는 스마트폰의 소리 조절 기능으로 설정한 후 Edge4 dosimeter(3M, USA)로 실 측정한 후 보정하였다.

3. 음원 노출과 청력 검사

음원 노출 전 안정상태에서 피실험자의 순음 청력 역치(hearing threshold)를 각 주파수대 별로 검사하여 그 값을 기록하였다. 실험 순서에 따라 이어폰(a-JAYS Four+)을 통하여 각 조건의 음원에 30분 동안 노출하였으며, 종료 2분, 10분, 20분, 30분, 40분, 60분 후에 청력검사를 수행하고 노출 전과 비교하여 일과성 역치

Table 1. Strategy of noise and music exposure and TTS assessment

Order No.	Sound type	Sound pressure	TTS assessment (n=8, one-day interval, repeated for 3 times)		
			Pre-exposure	Exposure	Post-exposure (10, 20, 30, 40, 60 min)
1	Music	70 dB	500 Hz	Order 1-2-3-4 For 30 min	500 Hz
2	Noise	70 dB	1,000 Hz		1,000 Hz
3	Music	90 dB	2,000 Hz		2,000 Hz
4	Noise	90 dB	3,000 Hz		3,000 Hz
			4,000 Hz		4,000 Hz
			6,000 Hz		6,000 Hz

변화(TTS) 값을 계산하였다. 검사한 주파수는 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 Hz이었으며, 음원의 노출 순서는 70.0 dB 음악, 70.0 dB 소음, 90.0 dB 음악, 90.0 dB 소음 순이었다. 70 dB 이상의 소음이 발생하는 작업장에서 작업을 한 경우 일정시간 이상의 소음 격리 시간(noise free interval)을 거친 후 청력 검사를 수행해야 정확한 검사가 가능하다는 참고문헌에 근거하여 각각의 음원 노출 실험은 최소 16시간 이상(하루)의 시간차를 두었다(choi et al, 1996). 4가지 조건의 음원에 대하여 순서에 따라 노출과 청력검사 과정을 3회 반복하였다. 구체적인 음원 별 노출 순서와 검사 내용은 Table 1과 같다. 청력검사는 모 대학병원 청력검사실에서 GSI61 순음청력검사기(Grason-stadler, Minnesota, USA)를 사용하여 산업안전보건공단에서 수행하는 특수건강진단 청력정도관리교육 이수자가 수행하였다.

4. 통계분석

각 노출 조건의 TTS 값은 평균과 표준편차로 제시하였으며, 실험군들 간의 비교에는 ANOVA를, 두군 간의 비교에는 t-test를 수행하였다. 통계프로그램은 SPSS (version 19, IBM Corp.)를 사용하였다.

III. 결 과

1. 소리의 종류와 크기에 따른 TTS

소리의 종류와 크기에 따른 4가지 노출 조건에 대한 TTS 평균을 [Figure 1A, B]로 나타내었다. 70 dB 음악의 노출 후 TTS 평균은 -0.63 dB, 70 dB 소음의 TTS 평균은 0.14 dB, 90 dB 음악의 TTS 평균은 0.55 dB, 그리고 90 dB 소음의 TTS 평균은 4.48 dB로 조사되어 90 dB 소음의 TTS 값이 가장 컸다. 그리고 동

일한 크기에서 음악과 소음 간의 노출 후 TTS 값을 비교하면, 소음의 TTS 값이 음악에 비하여 컸으며, 그 차이는 70 dB 노출($p=0.232$)에 비하여 90 dB 노출에서는 유의하였다($p<0.001$). 음악과 소음을 구분하여 각각의 소리 크기에 따른 TTS를 비교하면 소음(70 dB vs 90 dB, $p<0.001$)에서 음악($p=0.063$)에 비하여 차이가 컸다[Figure 1A].

4가지 노출 조건에 대하여 각 주파수대 별 TTS 평균을 [Figure 2B]에 나타내었다. 70 dB 음악 노출의 경우

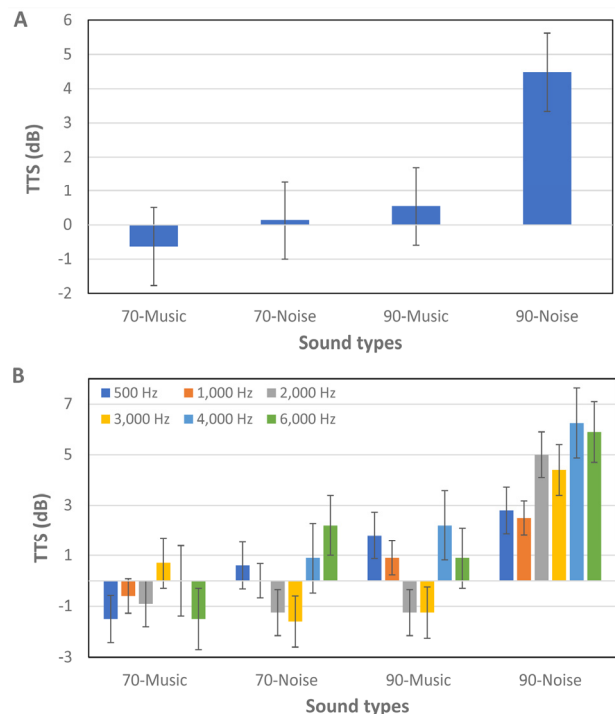


Figure 1. Mean TTS for eight subjects after the exposure to 70 dB/30 min and 90 dB/30 min music and noise according to the exposure strategy. (A) Mean TTS by sound type and sound level. (B) Mean TTS of 4 type of exposure conditions by frequency

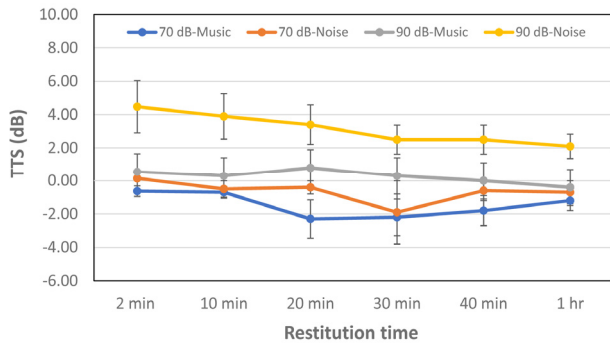


Figure 2. Mean restitution time course TTS for all 8 subjects after the exposure to 70 dB/30 min and 90 dB/30 min music and noise by exposure strategy

3,000 Hz와 4,000 Hz를 제외한 4가지 주파수에서 노출 후에 음의 TTS를 나타내었다. 그리고 70 dB 소음과 90 dB 음악의 경우 2,000 Hz와 3,000 Hz에서는 음의 TTS를, 나머지 주파수들에서는 양의 TTS를 나타내었다. 그러나 90 dB 소음의 경우 모든 주파수에서 양의 TTS를 나타내었다. 주파수대 별 TTS의 변화는 일정한 경향은 없었으며, 음악에 비하여 소음에서, 그리고 소리가 클수록 그 값이 컸으며, 90 dB 노출에서는 500 Hz를 제외한 모든 주파수에서 음악과 소음 간 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.001$) [Figure 1B].

2. 노출 후 1시간 동안 TTS 회복 패턴

4가지 노출 조건에 대하여 노출 전 청력 역치를 기준으로 노출 종료 2분 후, 그리고 10분 간격으로 1시간 동안의 TTS 회복 양상을 [Figure 2]로 나타내었다. 70.0 dB 음악의 경우, 노출 전 청력 역치 평균 대비 노출 종료 2분 후 TTS 평균은 -0.63 dB, 그리고 노출 종료 1시간 후 TTS 평균은 -1.22 dB이었다. 70.0 dB 소음의 경우 노출 전 대비 노출 종료 2분 후 TTS 평균은 0.14 dB, 노출 종료 1시간 후에는 -0.70 dB이었고, 90.0 dB 음악의 경우도 노출 전 대비 노출 종료 2분 후에 0.55 dB, 노출 종료 1시간 후에는 -0.44 dB로 조사되어 노출 종료 1시간 후에는 노출 전 또는 그 이상의 수준으로 회복되었다. 그러나 90.0 dB 소음의 경우 노출 대비 노출 종료 2분 후 TTS 평균은 4.48 dB, 노출 종료 1시간 후에는 2.13 dB로 노출 전 보다 여전히 높은 수준을 유지하였다 [Figure 2].

90 dB 음악과 소음 노출군들 간 각 주파수 별 TTS 회복 양상을 [Figure 3A, B]에 나타내었다. 90 dB 음악의 경우 500 Hz를 제외한 모든 주파수에서 노출 전

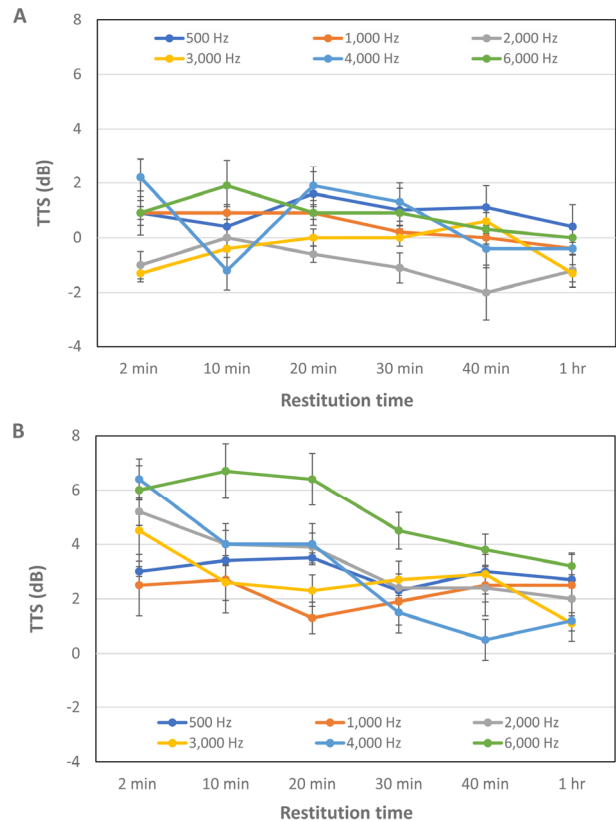


Figure 3. Mean restitution time course TTS by frequencies for all 8 subjects after the exposure to 90 dB/30 min music (A) or Noise (B)

또는 그 보다 낮은 수준으로 회복되었으나 [Figure 3A], 소음의 경우 모든 주파수에서 노출 전 보다 높은 수준을 유지하여 회복 속도가 느렸다 [Figure 3B]. 4가지 조건의 노출 후 따른 회복 과정에서 주파수대 별 TTS 값의 변화에는 일정한 경향은 없었다.

IV. 고 찰

이 연구에서는 소리에 대한 주관적 인지 과정과 심리적 요인이 청력 역치 변화와 회복에 미치는 영향을 조사하기 위하여 음악과 소음을 음원으로 같은 크기로 노출 시 TTS 변화와 회복 양상을 비교하였다. 동일한 크기에서 음악에 비하여 소음 노출 시 TTS가 컸으며, 노출된 소리가 클수록 그 차이도 크게 나타났다. 회복 과정에서는 70 dB 음악과 소음, 그리고 90 dB 음악 노출의 경우 노출 후 1시간 후에는 노출 전 수준 또는 그 이하로 회복되었으나, 90 dB 소음 노출의 경우 1시간 후에도 여전히 TTS 평균이 2.13 dB을 유지하여 회복

이 느렸다. 이러한 결과에 의하면 소리의 종류와 크기 모두 TTS에 영향을 미쳤으나, 동일한 크기에서 비교하면 소리의 종류에 따라 TTS는 차이가 있었다.

소리의 크기와 TTS에 대한 기존 이론은 전달되는 물리적 에너지에 비례하여 내이의 외유모세포(outer hair cell)에 영향을 미쳐 나타나는 현상으로 설명하고 있다(Wang et al., 2011). 그러나 소리의 종류에 따른 주관적인 인지 과정, 그리고 심리적 효과를 반영하여 TTS를 조사한 연구는 아직은 부족한 실정이다. 이 연구의 결과에 의하면 동일한 크기에서 음악과 비교하여 소음에 노출될 경우 TTS가 더 컸으며, 회복 양상 또한 90 dB 노출의 경우 소음이 음악 노출에 비해 느리게 진행되었다. 이러한 결과는 소리의 종류가 TTS에 영향을 미칠 수 있으며, 따라서 소리와 TTS의 관계를 단순히 청신경에 전달되는 물리적인 에너지량으로만 평가하기 보다는 소음의 정의에서 명시한 바와 같이 “원치 않는 소리”와 음악과 같이 “원하는 소리”를 구분하는 주관적인 인지 과정과 심리적 효과를 반영하여 평가해야 함을 의미한다.

이 연구에서 수행한 2가지 음원에 대하여 70 dB과 90 dB의 조건에서 노출한 결과 주파수대 별 TTS는 모든 주파수 영역에서의 임상적으로 유의한 TTS 정도인 10 dB 이하(Hellström et al., 1998)이었다. 이는 노출 시간이 30분으로 음악 청취나 사업장에서의 소음 노출 등 실제의 노출 시간에 비하여 짧았기 때문으로 볼 수 있다. 그러나 노출 조건을 실제 생활에서의 노출 조건을 고려하여 확대한다면 음악과 소음 노출에 따른 TTS와 회복 양상, 그리고 청력 손상의 정도에는 차이가 있을 것이며, 음악과 소음 간의 차이도 더 커질 것으로 예상할 수 있다. 아울러 이러한 결과는 같은 소리 일지라도 작업장에서 발생하는 소음이 청력에 미치는 영향이 다른 소리에 비하여 더 크다는 사실을 의미하며, 따라서 작업장에서 청력보호장비 사용의 중요성을 반증하는 결과이기도 하다. 그리고 청소년들의 삽입형 이어폰 사용에 따른 청력손상 평가와 적절한 사용 방법 마련을 위한 기초자료로서 활용 가치가 있을 것으로 생각한다.

1970~80년대 청소년들이 음악을 듣는 방법은 스피커 등을 주로 이용하였다. 그러나 최근 20~30년 전부터는 음향기기의 소형화와 스마트폰 사용이 일반화되면서 주로 삽입형 이어폰을 이용하여 음악을 청취하고 있다. 이러한 문화적인 변화는 청소년들이 개인적으로 선호하는 음악을 타인을 배려하면서도 공간적인 제한을 받지 않고 자유롭게 들을 수 있게 되었다. 그리고 이에

따른 청소년들의 청력 손상에 대한 우려와 함께 이어폰 사용 실태와 청력 손상에 대한 조사가 이루어 지기도 하였다(Arlinger, 1991; Kim et al., 2009; Zhao et al., 2010). 그러나 초기에 이러한 청소년들의 음악 청취에 따른 청력 손상을 평가하는 과정에는 선호하는 음악에 대하여 듣기를 원하지 않는 소음과 같은 기존의 노출 평가 방법을 적용함으로써 소리에 대한 주관적 인지 과정과 심리적 요인에 따른 생리학적 반응의 차이를 반영하지 못하였다. Strasser et al., (2003)은 소음과 음악에 대하여 물리적 에너지 등가 원칙에 따라 동일한 기준을 적용하여 평가할 경우 실제 청신경의 생리학적 피로도나 이에 따른 TTS에 차이가 있음을 보고하였다(Stresser et al., 2003; Halevi-Katz et al., 2015). 이 연구에서도 소리의 종류에 따른 주관적 인지 과정과 심리적 요인의 차이가 청력 역치 변화와 회복에 미치는 영향을 실험을 통하여 비교하였으며, 그 결과는 소리의 종류에 따라 차이를 보여 위 연구자들의 보고한 내용과 유사하였다.

실험 결과 중 이전의 연구결과와 비교하여 고찰이 필요한 부분은 70 dB 음악과 소음 노출, 그리고 90 dB 음악 노출 중 일부 주파수에서 음의 값(전체의 22%)을 나타낸 것이다. 이는 음악 또는 소음을 듣고 난 뒤 일부에서 일시적으로 오히려 청력이 좋아졌음을 의미한다. 이러한 결과는 소리에 대한 “컨디셔닝 관련 보호(sound conditioning-related protection)” 현상을 보고한 이전의 연구들과 유사한 결과이다. 소리에 대한 “컨디셔닝 관련 보호 현상”이란 중간 크기의 비외상성 소리에 대한 반복적인 노출이 외유모세포를 자극하여 이어지는 외상성 소리 노출로부터 청신경을 보호한다는 이론을 말한다(Yoshida, 2000; Niu & Canlon, 2002). 이 연구에서도 70 dB의 음악과 소음, 그리고 90 dB의 음악 노출에서 음의 TTS 값을 확인할 수 있었으며, 이는 특히 비외상성 영역으로 볼 수 있는 70 dB에서, 그리고 소음에 비하여 음악노출에서 더 크게 나타나 위 이론과 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 이러한 이론은 아직은 동물실험 결과를 기반으로 보고된 것이 대부분이므로 이를 사람에게 적용하여 하나의 이론으로 설명하기는 어렵다. 그리고 90 dB 소음 노출 시에 4,000 Hz와 6,000 Hz 대역에서의 TTS 값이 다른 주파수에 비해 컸으며, 이는 기존의 소음 노출에 따른 C5-Dip 이론(Lehnhardt, 2009)과 유사한 결과였다. 그러나 90 dB의 음악 노출에서는 이러한 현상은 발견할 수 없어

소음 노출과는 차이가 있었다.

이 연구의 제한점은 첫째로 조사대상자가 20대 남녀 각각 4명씩으로 구성되어 검사 결과에 대한 객관적 신뢰도가 다소 떨어진다는 것이다. 그러나 이 연구는 이러한 제한점을 보완하기 위하여 음원의 준비와 노출 조건, 그리고 노출 후 TTS 검사과정 등의 과정을 청력 노출 근로자들의 특수건강검진 시스템에 준하여 수행하였다. 두번째로는 음악과 소음 간 주파수대 별 구성의 차이이다. 두가지 음원에 대하여 주파수대 별 구성을 음향기기를 사용하여 동일하게 조정된 후 노출 실험에 사용하였으나, 다양한 종류의 악기와 음성으로 제작된 음악은 다양한 주파수들로 구성되는 것에 비해 소음의 경우 상대적으로 단순한 주파수들로 구성되므로 음향기기를 사용하여 조절을 하더라도 실제로 사용한 음원 간에는 주파수대 별 구성에서 다소 차이가 있다는 것이다.

V. 결 론

이 연구는 소리 노출 시 주관적 인지 과정과 심리적 요인의 차이가 청력 역치 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 원하지 않는 소리로 사업장 소음과 원하는 소리로 선호하는 음악을 음원으로 각각 70 dB과 90 dB에 30분간 노출한 후 일과적 청력 역치 변화(TTS)와 회복 양상의 차이를 비교하였다. 동일한 크기에 노출될 경우 음악에 비하여 소음 노출 시 TTS가 크게 나타났으며, 노출된 소리가 클수록 그 차이도 크게 나타났다. TTS의 회복 양상은 70 dB 음악과 소음, 그리고 90 dB 음악 노출의 경우 노출 종료 1시간 후에는 노출 전 수준으로 회복되었으나, 90 dB 소음 노출의 경우 1시간 후에도 여전히 높은 TTS 유지하여 느린 회복 양상을 나타냈었다. 이러한 결과는 소리의 종류에 따른 주관적 인지 과정과 심리적 요인이 TTS와 회복에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 그리고 이러한 결과들은 다양한 노출 환경에 따른 청력 손상 평가와 적절한 노출 관리방안 마련을 위한 자료로 활용할 수 있을 것이다.

References

- Arlinger SD. Normal hearing threshold levels in the low-frequency range determined by an insert earphone. *J Acoust Soc Am* 1991;90:2411-2414
- Barlow C. Evidence of Noise-induced Hearing Loss in Young People Studying Popular Music. *Medical Problems of Performing Artists* 2011;26:96-101
- Choi MJ, Lee JH, Kim WS. The Influence of Meditation Music and Noise on Frontal Cortex. *Proceedings of The Korean Society for the Noise and Vibration Engineering*. 2001. P. 669-701
- Choi SH, Ha MN, Han SH, Choi YS, Sung JY et al. Noise-Induced Temporary Threshold Shift and its Recovery in Industry. *Ann Occup Environ Med* 1996;8(2):320-329
- Halevi-Katz DN, Yaakobi E, Putter-Katz H. Exposure to music and noise-induced hearing loss (NIHL) among professional pop/rock/jazz musicians. *Noise Health* 2015;17:158-164
- Hellström P, Axelsson A, Costa O. Temporary threshold shift induced by music. *Scandinavian audiology. Supplementum*, 1998;48:87-94
- Kim JY, Shin HJ, Lee IJ. The Effect of Noise and Background Music on the Trunk Muscle Fatigue during Dynamic Lifting and Lowering Tasks. *J Ergon Soc Korea* 2008;27(3):15-22
- Kim MG, Hong SM, Shim HJ, Kim YD, Cha CI et al. Hearing Threshold of Korean Adolescents Associated with the Use of Personal Music Players. *Yonsei Med J* 2009;50:771-776
- Kim SC, Park KS, Kim KW. The Study on Affecting Subject Accomplishment by Noise. *J Ergon Soc Korea* 2010;29(1):121-128
- Kraaijenga VJC, Munster JJCMV, Zanten GAV. Association of behavior with noise-induced hearing loss among attendees of an outdoor music festival. A secondary analysis of a randomized clinical trial. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2018;144: 490-497
- Lehnhardt, E., The C5-dip: Its interpretation in the light of generally known physiological concepts. *Int J Audiol* 2009;6(1):86-95
- Niu X, Canlon B. Protecting against noise by sound Conditioning. *J Sound Vib* 2002; 250:115-118
- OSHA. OSHA safety and health standards. 29 CFR 1910. 95. Occupational Safety and Health Administration, revised, 1983 <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>
- Reybrouck M, Podlipniak P, Welch D. Music and Noise: Same or different? What our body tells us. *Front Psychol* 2019;10:1153. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01153>
- Strasser H, Irle H, Legler R. Temporary Hearing Threshold Shifts and Restitution after Energy-Equivalent Exposures to Industrial Noise and Classical Music. *Noise Health* 2003;5:75-84

Wang, H, Yin S, Yu Z, Hunag Y, Wang J. Dynamic changes in hair cell stereocilia and cochlear transduction after noise exposure. *Biochem Biophys Res Commun* 2011;409(4):616-621

Yoshida N, Liberman MC. Sound conditioning reduces noise-induced permanent threshold shift in mice. *Hear Res* 2000;148(1-2):213-219

Zhao F, Manchaiah VKC, French D, Price SM. Music exposure and hearing disorders: An overview. *Int J Audiol* 2010;49:54-64

<저자정보>

이채관(교수)