

Effect of Auditory Training with Music for Hearing Aid Users

Pyung Kon Tark¹, Sung Hwan Kim¹, Sungil Park², Soo Bok Lee¹, Hee Won Bae², Ju Hong Park³

¹Department of Speech-Language Therapy & Aural Rehabilitation, Woosong University, Daejeon, Korea

²Park Sungil Aural Rehabilitation and Speech Center, Busan, Korea

³Department of Audiology and Speech Language Pathology, Graduate School of Daegu Catholic University, Daegu, Korea

보청기 착용자의 음악 청능훈련 효과

탁평곤¹ · 김성환¹ · 박성일² · 이수복¹ · 배희원² · 박주홍³

우송대학교 언어치료청각재활학과¹, 박성일 청각재활센터², 대구가톨릭대학교 일반대학원 언어청각치료학과³

Purpose: The purpose of the current study was to evaluate the effect of auditory training with music for hearing aid users. **Methods:** A total of 19 adults (9 for auditory training group and 10 for non auditory training group) with sensorineural hearing loss participated. The training group was involved at three times per a week for ten-weeks period. The auditory training with music was conducted for 30 minutes, and the training with the speech in the noise, i.e., 0 and 6 dB signal-to-noise ratio (SNR) was conducted for 10 minutes. Word recognition scores and sentence perception in the noise conditions (+6 and 0 dB SNR) were measured at pre- and post-training and at 6 months after the training sessions. **Results:** There was no significant difference of the word recognition scores between two groups in the quiet condition. However, under noisy circumstances (at both +6 and 0 dB SNR), the auditory training group showed higher speech perception scores than the non-training group in the post-training and 6 month follow-up tests. **Conclusion:** We suggest that the auditory training with music will be helpful to the adults with hearing aids. However, in order for the auditory training with music to be effective, their motivation should be considered.

Key Words: Auditory training, Hearing aid, Hearing impaired elderly, Music training.

Received: April 11, 2019 / **Revised:** June 16, 2019 / **Accepted:** July 16, 2019

Correspondence: Pyung Kon Tark, Department of Speech-Language Therapy & Aural Rehabilitation, Woosong University, 171 Dongdaejon-ro, Donggu, Daejeon 34606, Korea

Tel: +82-42-630-9224 / **Fax:** +82-42-630-9224 / **E-mail:** imswan@daum.net

INTRODUCTION

현대사회는 경제 수준의 향상과 의학의 발전으로 평균수명이 길어지면서 노인들의 삶의 질에 대한 관심이 증가하고 있으며, 우리나라는 2026년이 되면 노인 비중이 20% 이상인 초고령화 사회가 될 것으로 예상하고 있다(Statistics Korea, 2017). 이처럼 고령화 사회로 진입하면서 노인 관련 문제도 동시에 발생되기 시작하였다(Kim, 2014b). 그중 발병률이 높은 노인성 질환인 치매(dementia)는 노인성 난청(presbycusis)의 영향을 받을 수 있다. 노인성 난청은 청각 기관이 노화되면서 생기는 난

청을 의미하며 흔히 청력역치의 상승과 더불어 중추신경계의 음향 자극의 처리 저하로 말을 구분하는 능력이 저하되는 증상이다(Gates & Mills, 2005). 이로 인해 난청인들이 듣지 못한다고 호소하는 경우가 많으나, 이는 노인성 난청인들이 듣는 어려움뿐만 아니라 언어를 이해하는 어려움이 크다고 할 수 있다.

노인성 난청의 경우 신경세포의 손상에 의한 것으로 현대의 학으로 회복시키기에는 어려움이 있으나 잔존 청력을 활용하는 보청기 중재를 통한 청각재활을 시행한다면 청력 개선 및 말소리 변별력뿐만 아니라 삶의 질에도 긍정적인 효과를 기대할 수 있다(Kim & Yeo, 2015).

하지만 대다수의 보청기 착용자들은 조용한 상황에서는 말 지각/어음 이해도는 높으나 소음 상황에서는 말지각/어음 이해는 저하되는 어려움을 호소한다. 이런 문제점들을 해결하기 위

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

해 보청기의 기능과 음향 기술이 발전했음에도 소음 속에서 말 지각을 향상시키는 데에는 한계가 있어 이에 대한 대안으로 뇌의 가소성을 이용한 청능훈련(auditory training)에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Burk & Humes, 2007).

중추청각계의 가소성에 기인하면(Lavie et al., 2015) 노화 혹은 질환으로 인해 달팽이관의 유모세포 손상이나 뇌의 신경세포가 퇴행하더라도 보청기를 통한 소리 자극을 지속적으로 주게 되면 뇌의 신경세포가 활성화될 수 있다. 난청인들도 이러한 뇌 가소성이 발현될 수 있기 때문에 보청기 착용 후 청능훈련을 실시한다면 일정 시간이 지난 후 긍정적인 효과가 나타날 수 있다(Cappel et al., 2010; Cramer et al., 2011; Kim, 2014a).

청능훈련의 필요성이 증가되면서 많은 연구자들이 훈련용 프로그램을 개발하기 시작하였고, 그중 하나는 음악을 이용한 청능훈련 프로그램이다. 음악을 이용한 청능훈련 프로그램은 음악을 통해 음향 정보들을 듣는 것으로, 말소리를 듣는 것과 같이 뇌가 인지하는 공통된 단서이기 때문에 음악훈련을 통하여 청각 기능뿐만 아니라 인지 기능과 주의력 및 기억력 또한 향상시킬 수 있다. 음악이 뇌를 조율(tuning)하여 언어를 지배하는 대뇌피질 영역에서 더 강력한 신경 반응이 나타난다(Elmer et al., 2012). 또한 Patel(2011)은 음악은 음향 영역을 훈련하는 것에 초점이 맞추어져 있고, 말소리처럼 의미에는 집중을 하지 않기 때문에 음악으로 청능훈련을 실시하면 훈련의 진행 속도를 가속화시킬 수 있는 장점이 있다고 주장하였다. Schow & Nerbonne(2013)의 연구에서는 음악적 학습 경험이 없는 60~85세 고령자를 피아노 레슨을 통해 음악 프로그램에 참여시켜 3개월 만에 대조군에 비해 소음에서의 음성 인식 및 인지 기능 향상을 보고하였다.

음악을 이용한 청능훈련 프로그램 중에 The Listening Program® (TLP, Advanced Brain Technologies, Ogden, UT, USA)은 저주파수에서 고주파수까지 조정된 음악을 이용해 청각 뉴런을 자극하여 청각과 두뇌의 기능을 향상시키는 것을 목표로 하는 청지각훈련 프로그램이다. TLP가 기존의 청지각훈련 프로그램과 차별화되고 있는 점은 기도전도, 골전도가 함께 청취 가능한 헤드폰을 사용해 효과적인 청취가 가능하며 이는 청각 과민증 및 청지각훈련에서도 긍정적인 효과가 입증되었다(Lucker & Doman, 2015). 또한 서라운드 제작 공정을 통해 청각의 공간 지각력 인식 발달에도 도움을 준다. TLP 음악의 필터에는 주파수 보상(frequency roll-off) 기술의 적용으로 날카롭거나 불쾌한 소리를 없애 소리에 대한 거부 반응, 어지러움, 수면장애 현상 등에 대한 부작용이 적은 것으로 나타났다. TLP 프로그램을 정서장애와 학습장애 아동에게 매일 30분씩 1개월간 청취시킨 결과 청각처리능력이 향상되었으며, 자폐스펙트럼 아동에게 매일 30분씩 10주간 TLP 훈련을 실시한 결과

에서도 청각처리능력이 향상되는 등 다양한 장애군에게서 청각처리능력에 긍정적인 효과가 있음이 보고되었다(Jay & Alex, 2012).

이외에도 다양한 훈련도구를 이용한 결과 향상된 어음인지와 만족도에서 유의미한 결과를 보였다. 하지만 대부분의 선행 연구들이 10주 이내의 단기간의 연구가 많았고 청능훈련 효과가 지속되는지 확인할 수 없는 한계점을 가지고 있었다. 또한 청능훈련 대상자 대부분이 아동 및 성인들을 대상으로 이루어진 연구가 많아서 실제로 청능훈련 효과가 노인들 및 성인 난청자에게서도 발현될 수 있는지에 대한 연구는 미비하였다. 따라서 본 연구에서는 감각신경성 난청이 있는 성인 및 노인 중 보청기 착용자를 대상으로 10주간의 음악을 이용한 청능훈련을 실시하여 훈련 집단(auditory training group, ATG)과 비훈련 집단(non auditory training group, NATG) 간에 어음인지능력에 대한 개선 효과를 비교하고자 하였으며, 중재 종료 다음 6개월 후까지도 유지 혹은 변화가 있는지를 알아보하고자 하였다.

MATERIALS AND METHODS

연구 대상

본 연구는 2017년 9월부터 2018년 6월까지 마산 소재의 한 이비인후과를 방문한 만 55세부터 80세 이하의 성인 남녀 중 감각신경성 난청을 진단받은 사람을 대상으로 청능훈련 집단(ATG) 9명과 비청능훈련 집단(NATG) 10명, 총 19명을 모집하였다.

본 연구에서 대상자 선별 기준은 다음과 같다. 고막운동성 계측검사(tympanometry)에서 A type의 고막운동성을 나타내고, 순음청력검사 결과 기도-골도 역치 차이(air-bone gap)가 10 dB 이내인 사람들로 선별하였다. 또한 이과적 질환이 있는 사람들을 배제하기 위해 이비인후과 전문의가 이경검사를 실시하였고, 그 후 연구 대상자들을 대상으로 순음청력검사를 실시하여 4분법을 기준으로 청력 손실 정도가 40~80 dB HL인 사람들을 연구 대상으로 최종 선별하였다. 실험을 진행하기 전에 모든 대상자에게 연구 목적 및 시행 방법 등을 설명하였으며, 그 후 연구에 참여하기를 원하는 사람들에게는 연구 동의서를 받았다. 그리고 음악 청능훈련 도중 훈련을 거부하거나 참여가 어려운 경우에는 대상자에서 제외를 하였다. 연구 대상자에 대한 보청기 정보는 Appendix와 같다. 세부적인 청각 정보는 연령, 평균 청력역치, 보청기 착용 전과 후의 어음 이해도와 음장 검사별로 정리하였으며, 연구 대상자 1~9번까지는 ATG 이고, 10~19번까지는 NATG이다(Table 1).

청능훈련 및 평가 도구

청능훈련 프로그램

TLP는 미국에서 개발한 청지각훈련 프로그램으로 TLP 음악은 모차르트, 하이든, 비발디, 단치 작곡의 클래식 음악을 각 악기별로 개별적인 방음실에서 연주하여 조합한 고음질(24비트, 192 kHz) 녹음 음악이다. 소리의 전달 방식인 공기전도(air)와 골전도(bone)로 소리를 전달하고, 돌비 서라운드(Dolby Surround, Dolby Laboratories, Inc., San Francisco, CA, USA) 헤드폰을 이용하여 200곡의 음악을 들려준다. 200곡이 수록되어 있는 TLP spectrum에는 각 대역별로 청취자의 발달 수준에 따라 필터링된 음악을 제공한다.

평가 도구

본 연구는 TLP 스펙트럼 음악을 이용해 음악 청능훈련을 실시하였다. 청력검사는 Aurical (Madsen Electronics, Schaumburg, IL, USA) 순음청력검사기기와 TDH 39 (SMART, Minneapolis, MN, USA) 헤드폰을 사용하여 순음청력역치를 측정하였다. 또한 조용한 상황에서의 어음변별능력을 측정하기 위해 30~40 dB sensation level 및 most comfortable level 수준에서 한국표준 일반용 단음절어표(Korean Standard Monosyllabic Word Lists for Adults) (Kim et al., 2008)를 이용하여 단어 인지도(word recognition score, WRS)를 확인하였다. 검

사는 학습 효과를 배제하기 위해 4개의 목록 중 무작위 선택하여 실시하였으며, 전체 문항 중 정반응한 단어 수를 계산하여 얻은 점수에 대해 백분율을 산출하였다. 소음 상황에서의 문장변별능력 측정은 Korean Speech Perception in Noise (K-SPIN) 검사에 포함된 문장을 0 dB signal-to-noise ratio (SNR), 6 dB SNR 조건에서 제시한 후 정확하게 들은 대로 따라하게 하여 정반응한 문장 개수를 백분율로 환산하여 소음하 문장변별능력을 확인하였다. 이때 소음은 다화자 간 소음이 사용되었으며, 이 CD는 표준말을 구사하는 남성의 목소리로 녹음되어 있다 (Han, 2004).

연구 절차

연구 대상자들은 ATG와 NATG로 구분하였고, 모든 연구 대상자들의 음장검사(sound field test) 결과는 가능한 40 dB HL 이하가 되도록 보청기 적합을 실시하였다. ATG는 주 3회씩, 10주간 중재를 실시하였으며(총 30회기), 회기당 30분간의 음악 청능훈련을 실시하였다. 음악은 한 곡당 평균 15분 정도 소요되며, 10주 동안에 60곡에서 70곡을 선정하여 듣게 하였다. NATG는 음악 청능훈련은 실시하지 않고 그 외에는 ATG와 동일하게 시행하였다. 음악 청능훈련의 세부적인 내용은 Table 2와 같다.

청능훈련 실시 중에는 귀지로 인한 외이도의 문제나 보청기 고장이 있는지를 지속적으로 확인하였다. 그리고 주기적으로 음장검사를 실시하여 보청기 이득이 충분히 잘 유지되고 있

Table 1. General and audiological information of the participants

Group	Age	Sex	Education level	Unaided PTA (dB)	Unaided WRS (%)	Aided PTA (dB)	Aided WRS (%)	
ATG	1	75	F	High school	58	65	34	85
	2	67	M	Elementary school	68	60	40	90
	3	70	F	High school	54	65	34	70
	4	61	M	Elementary school	63	85	40	100
	5	69	M	High school	68	65	36	75
	6	59	F	University	55	90	30	100
	7	73	M	High school	60	30	40	75
	8	73	F	Elementary school	59	60	40	80
	9	61	F	Elementary school	68	45	45	95
NATG	10	79	F	-	53	65	40	95
	11	76	M	-	66	70	43	85
	12	76	M	University	63	55	44	65
	13	57	F	High school	48	90	30	95
	14	70	F	Elementary school	58	90	40	90
	15	59	F	High school	51	90	31	95
	16	73	M	Elementary school	48	60	41	70
	17	68	M	High school	53	85	36	95
	18	75	M	Elementary school	68	50	45	85
	19	61	F	High school	64	40	38	95

PTA: pure tone average, WRS: word recognition score, ATG: auditory training group, NATG: non auditory training group

는지를 매번 확인하였고, 보청기 이득이 충분하지 않을 경우에는 보청기 적합(fitting)을 다시 실시하여 충분한 가청력을 확보하도록 하였다. ATG 집단의 모든 대상자들은 한 번에 2곡씩만 청취하도록 중재를 진행하였다.

두 집단을 10주 후, 6개월 주기로 WRS, K-SPIN 검사를 진행하여 평가 기록을 확보하였다. 이때 10주간의 음악 청능훈련 실시 뒤 연구 대상자들의 청각 피로도(fatigue)를 배제하기 위하여 1주 후에 평가를 시행하였다. WRS 검사는 %로 기록하였고, K-SPIN 검사는 점수로 기록하였다. 본 연구에서 ATG 중 1인은 3주째 개인적 사정으로 중도 훈련을 포기하여 총 9명으로 연구를 진행하였다.

평가자 간 신뢰도

본 연구의 검사 진행과 채점은 검사 수행자 1명, 신뢰도 평가는 주 연구자를 포함한 2명이 실시하였다. WRS 검사는 lived voice로 진행을 하기 때문에 처음부터 마지막 검사까지 신뢰도를 확보하기 위해 청능사 1명을 지정하여 모든 검사를 진행하였다.

평가자 간 신뢰도(inter-rater reliability)를 산출하기 위하여 본 연구의 주 연구자 1인이 제1평가자로 참여하였고, 제2평가자는 청각학 전공 석사생 1명이 참여하였다. 분석자료는 기준에 따라서 연구 대상자 19명 데이터 중 중 무작위로 20%에 해당하는 4명을 선정하여 분석하였다. 평가자 간 신뢰도를 산출하기 위해서 채점 기준에 따라 채점한 후 일치도(agreement)를 측정하였다. WRS, K-SPIN 일치도는 각각 95%, 98%로 나타났다.

통계 분석

윈도우용 IBM SPSS (version 24.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하였다. 음악을 이용한 청능훈련 후 보청기 착용 효과가 있는지 살펴보기 위하여 집단 간 시점별

문장변별능력, 어음변별능력의 변화는 반복측정 분산분석(repeated measured ANOVA)을 사용하여 분석하였고, Mauchly의 구형성 검정을 실시하여 구형성 가정을 만족시켰다.

RESULTS

조용한 조건하에서 시점에 따른 집단 간의 어음변별능력 비교

조용한 조건하에서의 어음변별능력을 살펴보기 위하여 음장 검사를 통해 집단 간의 시점별로 단어인지도검사를 실시 후 비교하였다. 그 결과 ATG의 단어 인지도는 착용 전 62.8% [standard deviation (SD) = 18.2], 10주 후 62.8% (SD = 20.3), 6개월 후 86.7% (SD = 9.7)로 나타났으며, NATG의 경우 착용 전 69.5% (SD = 18.5), 10주 후 72.5% (SD = 16.0), 6개월 후 87.8% (SD = 9.8)로 나타났다(Table 3). 반복측정 분산분석을 실시한 결과 어음명료도에 대한 집단 간 주 효과가 유의하지 않게 나타났다[F(1, 17) = 0.968, *p* > 0.05]. 또한 집단과 시점 조건이 어음명료도에 미치는 이차상호작용 효과도 유의하지 않게 나타났다[F(2, 34) = 0.678, *p* > 0.01].

Table 3. Group comparison of word recognition scores as a function of time

Group	Unaided HA	After 10 weeks	After 6 months
ATG (n = 9)			
WRS (SD)	62.8 (18.2)	62.8 (20.3)	86.7 (9.7)
NATG (n = 10)			
WRS (SD)	69.5 (18.5)	72.5 (16.0)	87.8 (9.8)

Unit: %. WRS: word recognition score, HA: hearing aid, ATG: auditory training group, NATG: non auditory training group, SD: standard deviation

Table 2. Brief outline of 10-weeks auditory training program with music

Week (session)	Music	Fitting	Contents of auditory training	Environment of wearing hearing aids	PTA and SF
1 (1-3)	6 songs	Automatic	Orientation of hearing aids	Indoor	X
2 (4-6)	6 songs		Indoor noise differentiation	Indoor	X
3 (7-9)	6 songs	Manual	Wearing hearing aids and listening to indoor noise	Quiet outdoors	O
4 (10-12)	6 songs		Wearing hearing aids and listening to environmental sounds	Quiet outdoors	X
5 (13-15)	6 songs	Manual	Adaptation to loud noise	A general environment	O
6 (16-18)	6 songs		Adaptation to loud noise	A general environment	X
7 (19-21)	6 songs	Manual	The habit of looking at the mouth	A general environment	O
8 (22-24)	6 songs		Habituation of using visual cue (mouth)	A general environment	X
9 (25-27)	6 songs	Manual	Conversation with several people	A general environment	O
10 (28-30)	6 songs		Conversation with several people	A general environment	X

PTA: pure tone average, SF: sound field test

두 집단 간의 6 dB SNR에서 K-SPIN을 이용한 문장변별능력 비교

6 dB SNR의 소음하 조건에서 시점별로 K-SPIN 검사를 통한 문장변별능력에 대한 기술 통계 결과 ATG는 착용 전 17.2점(SD = 16.6), 10주 후 60.0점(SD = 16.28), 6개월 후 77.2점(SD = 12.5)으로 나타났으며, NATG는 착용 전 11.9점(SD = 18.8), 10주 후 32.8점(SD = 28.0), 6개월 후 40.0점(SD = 29.9)으로 나타났다(Table 4). 반복측정 분산분석을 실시한 결과 문장변별능력에 대한 집단 간 주 효과가 유의한 것으로 나타났다 [$F(1, 17) = 21.485, p < 0.01$]. 또한 집단과 시점 조건이 문장변별능력에 미치는 이차상호작용 효과도 유의하였다 [$F(2, 34) = 13.522, p < 0.01$]. 이는 이차상호작용 효과는 두 집단 간의 문장변별능력 차이가 착용 전 시점에 10주 시점과 6개월 시점에 유의하게 커져서 나타난 것으로 판단된다.

두 집단 간의 0 dB SNR에서 K-SPIN을 이용한 문장변별능력 비교

0 dB SNR의 소음하 조건에서 시점별 K-SPIN 검사를 통해 문장변별능력을 살펴본 결과 ATG는 착용 전 0.0점(SD = 0.0), 10주 후 18.8점(SD = 10.8), 6개월 후 23.3점(SD = 15.6)으로 나타났으며, NATG는 착용 전 1.0점(SD = 3.16), 10주 후 6.0점(SD = 14.5), 6개월 후 18.4점(SD = 16.4)으로 나타났다(Table 5). 반복측정 분산분석을 실시한 결과 문장변별능력에 대한 집단 간 주 효과가 유의하였지만 [$F(1, 17) = 21.485, p < 0.01$], 집단과 시점 조건이 문장변별능력에 미치는 상호작용 효과는 유의하지 않았다 [$F(2, 34) = 2.816, p > 0.05$].

Table 4. Group comparison of speech recognition scores at 6 dB SNR as a function of time

Group	Anaided HA	After 10 weeks	After 6 months
ATG (n = 9)			
Mean (SD)	17.2 (16.6)	60.0 (16.2)	77.2 (12.5)
NATG (n = 10)			
Mean (SD)	11.9 (18.8)	32.8 (28.0)	40.0 (29.9)

Unit: score. SNR: signal-to-noise ratio, HA: hearing aid, ATG: auditory training group, NATG: non auditory training group, SD: standard deviation

Table 5. Group comparison of speech recognition scores at 0 dB SNR as a function of time

Group	Unaided HA	After 10 weeks	After 6 months
ATG (n = 9)			
Mean (SD)	0.0 (0.0)	18.8 (10.8)	23.3 (15.6)
NATG (n = 10)			
Mean (SD)	1.0 (3.16)	6.0 (14.5)	18.4 (16.4)

Unit: score. SNR: signal-to-noise ratio, HA: hearing aid, ATG: auditory training group, NATG: none auditory training group, SD: standard deviation

DISCUSSIONS

본 연구는 음악을 통한 청능훈련이 어음변별력과 문장변별능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 청능훈련은 회기당 40분씩 총 10주(주 3회) 동안 실시하였다. 청능훈련 효과를 분석할 때에는 연구 대상자를 청능훈련 집단(ATG)과 비청능훈련 집단(NATG)으로 구분하여 분석하였다. 연구 결과 음악 청능훈련이 끝난 시점에서 측정된 집단 간 SNR에 따른 문장변별력에서의 차이는 6과 0 dB SNR의 소음 상황에서 유의미한 차이가 나타났으며, 이에 대한 자세한 논의는 다음과 같다.

첫째, 조용한 조건하에서 보청기 착용 전, 10주 후, 6개월 후의 ATG와 NATG 간의 어음변별능력을 비교하고자 음장검사를 통한 단어인지도(WRS)검사를 실시한 결과 두 집단 간에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 즉 방음실 안에서 어음명도도를 평가하였을 때 두 집단 모두 효과가 있는 것으로 나타났으나, 두 집단 간에 유의미한 차이는 없었다($p > 0.05$).

둘째, 보청기 착용 전, 10주 후, 6개월 후의 ATG와 NATG 간의 6과 0 dB SNR의 소음 상황에서 K-SPIN을 이용한 결과 문장변별능력에서 집단 간 주 효과가 모두 유의미한 것으로 나타났다. 이는 보청기를 착용한 성인 및 노인들을 대상으로 청능훈련을 실시한 후 소음 상황에서 어음인지도가 향상되었다고 보고한 선행 연구(Chang & Lee, 2016; Kim & Bahng, 2017; Lim & Bahng, 2016)와 음악을 이용한 청능훈련을 실시하였을 때 효과가 있었다고 보고한 연구들(Elmer et al., 2012; Kraus & Chandrasekaran, 2010; Musiek & Chermak, 2014)과 일치한다고 할 수 있다. 이런 결과는 언어와 음악은 주의 집중 및 기억력과 밀접한 관계가 있으며, 음악가와 비음악가의 뇌 영상 연구에서도 음악가가 신경 네트워크가 더 크게 활성화되는 것과도 관련이 있다고 할 수 있다(Tierney et al., 2008). 음의 고저(pitch) 판단은 우반구 상측두회(superior temporal gyrus)에서(Samson & Zatorre, 1988; Zatorre, 1985), 리듬 판단과 재현은 양반구의 앞쪽 상측두회에서 처리되고, 또한 박자 처리는 좌반구에서, 음색 처리는 우반구에서 우세하게 처리되는 것과 관련이 있다. 즉 음악으로 뇌를 자극하면 좌반구의 언어청각 중추를 활성화시켜 언어 이해력이 향상될 수 있다고 할 수 있다(Lee, 2006). 본 연구에서도 TLP 음악 청취를 하게 한 후 보청기를 착용하고 청능훈련을 실시하였을 때 문장변별력이 향상되었다. 이는 다양한 음악 레슨을 실시한 후 인공와우 착용자들의 단어 및 문장의 어음인지도 그리고 작업 기억력에서 효과가 나타났다고 보고한 연구들(Choi et al., 2017; Seo & Lim, 2007)과도 일치한다고 할 수 있다.

본 연구 결과에서 청능훈련이 끝난 후 조용한 상황에서 ATG의 어음변별능력은 62.8%인 반면 소음 상황(0 dB SNR)에서의

문장변별능력은 18.8%로 나타나 소음 상황에서 보청기 착용자들의 언어 이해력이 많이 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 대부분의 보청기 착용자들이 소음 상황과 대화자 간의 대화에서 보청기 사용에 대한 불만족과 불편함을 호소하는 이유이기도 하다. 이를 보완하기 위해 주파수 압축 보청기 및 소음 제거 알고리즘을 이용한 보청기, 방향성 기술을 사용하여 방향성 변별력 향상 등 보청기의 음향 기술이 발전했음에도 여전히 조용한 환경에서의 보청기 효과는 상승하지만 소음 속에서 어음인지를 향상시키는 데에는 한계가 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 보청기를 착용 후 청능훈련을 실시해야 한다는 연구들이 수행되었고(Burk & Humes, 2007; Ferguson et al., 2014; Kim & Lee, 2010; Noh, 2007; Yeo et al., 2014), 본 연구에서도 TLP를 이용한 청능훈련이 효과가 있음이 증명되었다. 따라서 보청기 착용 후 보청기 적합 외에도 청능훈련을 실시하는 것이 보청기 착용의 효과를 극대화할 수 있다.

위와 같은 연구 결과에 의거하여 연구의 실천적 함의를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 청능훈련을 받도록 노인성 환자들의 동기를 높이는 것이 중요하다. 청능훈련을 실시하는 다양한 도구와 방법(Chang & Lee, 2016; Lee, 2009; Lee et al., 2017; Lim & Bahng, 2016) 중 본 연구에서는 음악을 통한 청능훈련을 실시하여 어음 이해력 변화 정도를 살펴보았다. 하지만 지금까지 클래식 음악을 접할 기회가 없었던 노인 환자들에게 TLP 클래식 음악을 30분 동안 단순히 청취하게 하는 것은 노인 환자들이 지루함을 느껴 청능훈련 도중 탈락하는 경우가 많이 발생하였다. 결과적으로 본 연구도 처음 시작은 30명이었으나 훈련 도중 탈락자가 발생하여 9명으로 연구가 이루어졌다. 그러므로 TLP 클래식 음악을 듣는 동안 음악 리듬에 맞춰 몸동작 및 손동작을 사용하게 하는 것과 같이 흥미를 유발할 수 있는 방법들을 모색하는 것이 무엇보다 중요하다. 즉 청능훈련 프로그램에 동기를 강화시킬 수 있는 맞춤형 훈련 도구가 필요하다고 사료된다.

둘째, 노인들 혼자서도 쉽게 할 수 있는 청능훈련 프로그램 개발이 필요하다. 연구에 참여한 대상자 대부분이 65세 이상의 노인층으로, 매주 3회 정도 청능훈련을 받기 위해 지속적으로 센터에 방문하는 것을 부담스러워하였다. 따라서 센터에서만 아니라 가정에서도 쉽게 혼자서도 청능훈련을 할 수 있는 프로그램 개발이 필요하다. 현재 집에서 부모의 지도하에 아동 스스로 청능훈련을 실시할 수 있는 컴퓨터 기반 프로그램들이 개발되어서 청능훈련에 활용되고 있다(Cameron & Dillon, 2012; Lee, 2009; Yu & Lee, 2011). 이처럼 노인 환자들이 집에서 혼자서 실시할 수 있도록 스마트폰, 컴퓨터 및 가상현실(virtual reality)을 기반으로 하여 가정용 청능훈련 프로그램 개발이 절실히 필요하다고 사료된다.

셋째, 청능훈련을 실시할 수 있는 센터 및 병·의원 시스템 구축이 필요하다. 본 연구 및 선행 연구에서 밝혔듯이 청능훈련은 보청기 착용 효과에 중요한 영향을 미친다. 하지만 현재 국내에서 보청기 착용자를 대상으로 청능훈련을 실시하는 센터 및 병·의원은 매우 제한적이다. 따라서 보청기를 관리하는 전문가들에게 청능훈련의 필요성을 강조하여 이에 대한 정보 및 구체적인 방법들을 공유할 수 있는 체계적인 시스템 구축이 필요하다. 또한 노인 및 성인 대상자들이 보청기를 구입할 때 청능훈련에 대한 중요성을 각인시켜 청능훈련을 받을 수 있는 동기를 강화시키는 것이 필요하다고 사료된다.

우리 사회에서는 약 30만 명에 해당하는 청각장애에 대한 재활치료는 거의 이루어지지 않고 있는 것이 현실이다. 이는 재활 의료 서비스 공급이 적절하지 못한 이유와 사회적으로 청각재활의 동기 부여가 부족하기 때문이라고 할 수 있다(Ministry for Health & Seoul National University College of Medicine, 2009). 이처럼 청능재활 훈련의 필요성은 선행 연구에서 많이 언급하고 있지만 사회적 참여는 아직 많이 부족한 상태이다. 일부 병·의원 및 보청기 및 청각언어재활센터에서 청능훈련이 일부 이루어지고 있으나, 환자나 재활 담당자도 이러한 부분에 대해서는 아직 인식 및 사회적 공론화가 미비한 상태이다. 이처럼 청능재활에 대한 신뢰성 부족과 재활의료 서비스 체계 부분이 제대로 구축이 되지 않아 병·의원이나 청각언어재활센터 등에서 적극적으로 재활 훈련을 하고 있지 않기 때문에, 많은 청각장애인들이 청능재활의 필요성을 느끼지 못하고 있다. 그리고 보청기를 착용하는 대상자의 연령에 따라 최소한 5~10회(Chang & Lee, 2016; Shin, 2015) 이상으로 장기적인 재활 기간이 필요한데, 대부분의 보청기 착용자들이 노령 인구이다 보니 신체적인 문제점이나 접근성 등의 한계점으로 재활이 순조롭게 진행되지 못하고 있다. 이는 앞의 동기 부족과 관련된 것으로, 재활이라는 것이 단 한 번에 해결이 되지 않으므로 상당한 시간적인 투자가 필요하다. 따라서 이와 같은 문제점의 해결 방법은 가정에서도 혼자서 할 수 있는 청능재활훈련 프로그램 및 도구를 개발하는 것이 필요하다. 최근 개별적 청능훈련 프로그램이 개발된 사례가 있는데 DVD, 스마트폰, 인터넷 등을 이용하여 가정에서 직접 재활을 할 수 있는 훈련 도구들이 소개되고 있다(Baek & Lee, 2016; Yu et al., 2014). 이처럼 보청기 착용자의 주 대상이 노인 인구가 다수이므로 가정에서 할 수 있는 청능재활훈련 프로그램이 계속 보급될 수 있도록 많은 연구와 노력이 필요하다.

마지막으로 본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 소음이 있는 환경에서 어음 분별력을 높이고자 하면 양이 착용이 되어야만 하지만, 본 연구에서는 한쪽 귀로만 착용하였기 때문에 향후 양이 착용을 할 경우 연구 결과가 매우 달라질 수도 있다.

두 번째로는 평가를 할 때 스피커 성능에 따라 그 결과 값이 달라질 수도 있다는 것이다. 일상적인 대화는 스피커로 듣는 것 보다는 성대를 통한 말소리를 듣고 이해하는 것이기 때문에 향후 lived voice로 평가를 할 수 있는 시스템을 만들어 평가할 수 있는 도구의 개발이 필요하다. 또한 TLP라는 고화질로 재생된 음악을 사용 청취해 청능훈련을 하여 상기와 같은 결과를 도출하였으나, 이는 환자가 직접 방문하여야 하는 번거로움이 있고 장비를 구입하기에는 고가이기 때문에 청능훈련 도구로서는 한계점이 있다. 그래서 TLP 프로그램에 내장되어 있는 일반적인 클래식 음악을 이용한 중재를 하여 그 결과를 분석해 보는 것이 필요하다.

중심 단어 : 청능훈련·보청기·노인성 난청·음악훈련.

Ethical Statement

This study was approved by Woosong Institutional Review Board (IRB: 1041549-170711-SB-49).

Acknowledgments

N/A.

Declaration of Conflicting Interests

There are no conflict interests.

Funding

This study was supported by Woosong University Research Institute in 2019 years.

Author Contributions

S.K. wrote this paper. H.B. and J.P. experiments in the clinic. S.L. and S.P. provided statistical analysis. P.T. reviewed the final version of the paper as the corresponding author.

ORCID iDs

Pyung Kon Tark <https://orcid.org/0000-0001-7498-7328>

REFERENCES

- Baek, S. S. & Lee, J. H. (2016). Development of crossword puzzles for auditory training. *Audiology and Speech Research, 12*(2), 103-108.
- Burk, M. H. & Humes, L. E. (2007). Effects of training on speech recognition performance in noise using lexically hard words. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 50*(1), 25-40.
- Cameron, S. & Dillon, H. (2012). *LISN & Learn Auditory Training Software (Version 3.0.0)* [computer software]. Sydney: National Acoustic Laboratories.
- Cappell, K. A., Gmeindl, L., & Reuter-Lorenz, P. A. (2010). Age differences in prefrontal recruitment during verbal working memory maintenance depend on memory load. *Cortex, 46*(4), 462-473.
- Chang, S. & Lee, J. (2016). Development of auditory training tool for adults using sentences. *Audiology and Speech Research, 12*(2), 89-96.
- Choi, J. & Chung, W. H. (2011). Age-related hearing loss and the effects of hearing aids. *Journal of the Korean Medical Association, 54*(9), 918-924.
- Choi, W. J., Oh, S. H., & Bahng, J. (2017). Efficacy of music training on speech recognition and working memory in children wearing cochlear implants. *Audiology and Speech Research, 13*(1), 70-77.
- Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., et al. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain, 134*(Pt 6), 1591-1609.
- Elmer, S., Meyer, M., & Jäncke, L. (2012). Neurofunctional and behavioral correlates of phonetic and temporal categorization in musically trained and untrained subjects. *Cerebral Cortex, 22*(3), 650-658.
- Ferguson, M. A., Henshaw, H., Clark, D. P., & Moore, D. R. (2014). Benefits of phoneme discrimination training in a randomized controlled trial of 50- to 74-year-olds with mild hearing loss. *Ear and Hearing, 35*(4), e110-e121.
- Gates, G. A. & Mills, J. H. (2005). Presbycusis. *Lancet, 366*(9491), 1111-1120.
- Han, S. H. (2004). A study of central auditory processing disorders in presbycusis (Unpublished master's thesis). Hallym University, Chuncheon.
- Jay R., & Alex D. (2012). Auditory hypersensitivity and autism spectrum disorders: An emotional response. *The Journal of Autism and Developmental Disorders, 42*(1), 1-18. [Epub]. [http://www.autismone.org/sites/default/files/LuckerDoman_ASD04%20\(2\).pdf](http://www.autismone.org/sites/default/files/LuckerDoman_ASD04%20(2).pdf).
- Kim, E. Y. (2014a). Compensatory brain plasticity in late adulthood: A review of compensation hypotheses and interventions for cognitive aging. *Korean Journal of Psychology: General, 33*(4), 853-876.
- Kim, H. G. & Lee, K. W. (2010). Effects of word recognition score as a function of auditory training terms for elderly hearing impaired with hearing aid. *Audiology and Speech Research, 6*(2), 159-163.
- Kim, J. K. (2014b). A study on senior human rights in an aging society. *The Social Welfare Management Society of Korea, 1*(1), 1-18.
- Kim, J. S., Lim, D., Hong, H. N., Shin, H. W., Lee, K. D., Hong, B. N., et al. (2008). Development of Korean Standard Monosyllabic Word Lists for Adults (KS-MWL-A). *Audiology and Speech Research, 4*(2), 126-140.
- Kim, N. K. & Bahng, J. (2017). Development of a story based auditory training tool and evaluation of the training efficacy for adult hearing impaired listeners. *Audiology and Speech Research, 13*(2), 133-140.
- Kim, S. H. & Yeo, S. G. (2015). Presbycusis. *Hanyang Medical Reviews, 35*(2), 78-83.
- Kraus, N. & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience, 11*(8), 599-605.
- Lavie, L., Banai, K., Karni, A., & Attias, J. (2015). Hearing aid-induced plasticity in the auditory system of older adults: Evidence from speech perception. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 58*(5), 1601-1610.
- Lee, C. H. (2009). Improvement of hearing problems child education: It is proposal serious game design. *Journal of The Korean Society for Computer Game, 19*, 203-210.
- Lee, J. I., Bahng, J., & Lee, J. H. (2017). Development and verification of auditory training tool for children. *Audiology and Speech Research, 13*(2), 123-132.
- Lee, J. Y. (2006). Neurophysiology and brain-imaging study of music-music & language, music & emotion. *Nangman Quarterly, 18*(3), 69-146.
- Lim, E. H. & Bahng, J. (2016). Preliminary study for development of auditory training tool using story and question. *Audiology and Speech Research, 12*(2), 109-114.
- Lucker, J. R. & Doman, A. (2015). Neural mechanisms involved in hypersensitive hearing: Helping children with ASD who are overly sensitive to sounds. *Autism Research and Treatment, Issue 4*. [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/369035>.
- Ministry for Health. & Seoul National University College of Medicine. (2009). *A Study on the Improvement of Rehabilitation Services for the Disabled (11-1351000-000510-01)*. Sejong: Ministry of Health and Welfare.
- Musiek, F. E. & Chermak, G. D. (2014). *Handbook of Central Auditory Processing Disorder, Vol. 2*. (pp. 185-187). San Diego, CA: Plural Publishing.
- Noh, H. I. (2007). Rehabilitation for the elderly or presbycusis using hearing aids. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, 50*(10), 846-853.
- Patel, A. D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in Psychology, 2*, 142.
- Samson, S. & Zatorre, R. J. (1988). Melodic and harmonic discrimination following unilateral cerebral excision. *Brain and Cognition, 7*(3), 348-

360.

- Schow, R. L. & Nerbonne, M. A. (2013) *Introduction to Audiologic Rehabilitation*. (3rd ed.). Boston, MA: Pearson.
- Seo, Y. R. & Lim, D. (2007). Application of musical therapy for aural rehabilitation of children with cochlear implants. *Audiology and Speech Research*, 3(2), 116-121.
- Shin, E. Y. (2015). Aural rehabilitation program in the elderly. *Audiology and Speech Research*, 11(4), 263-281.
- Statistics Korea. (2017). *Estimated Future Population-2015-2065*. Statistics Korea. Retrieved from http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1009.
- Tierney, A. T., Bergeson-Dana, T. R., & Pisoni, D. B. (2008). Effects of early musical experience on auditory sequence memory. *Empirical Musicology Review*, 3(4), 178-186.
- Yeo, S., Bahng, J., & Lee, J. H. (2014). Efficacy of auditory training using sentences in noise for hearing aid users. *Audiology and Speech Research*, 10(1), 65-75.
- Yu, J., Chun, H., Song, C. G., & Han, W. (2014). Case study of speech perception enhancement in hearing-impaired adult by auditory training program of mobile device. *Audiology and Speech Research*, 10(2), 158-168.
- Yu, J. G. & Lee, G. M. (2011). Multimedia auditory training design for hearing-impaired children. *Journal of The Korean Society for Computer Game*, 24(2), 53-62.
- Zatorre, R. J. (1985). Discrimination and recognition of tonal melodies after unilateral cerebral excisions. *Neuropsychologia*, 23(1), 31-41

□ **APPENDIX** □**The Hearing Aid's Specification and Related Information of the Participants (n = 19)**

	Group	Type	Model name/company	Channel	Fitting formula
1	ATG	ITC	LOONA/Hansaton	8 CH	NAL-NL2
2	ATG	ITC	LOONA/Hansaton	8 CH	NAL-NL2
3	ATG	ITC	Jam/Hansaton	24 CH	NAL-NL2
4	ATG	ITC	EY3/ReSound	8 CH	NAL-NL2
5	ATG	CIC	TST6/Beltone	12 CH	BAFA
6	ATG	CIC	TST6/Beltone	12 CH	BAFA
7	ATG	RIC	PR05M/Beltone	9 CH	BAFA
8	ATG	CIC	AY3/Beltone	8 CH	BAFA
9	ATG	ITC	AY3/Beltone	8 CH	BAFA
10	NATG	ITC	AY3/Beltone	8 CH	BAFA
11	NATG	ITC	Jam/Hansaton	24 CH	NAL-NL2
12	NATG	ITC	Sterling/Rexton	12 CH	NAL-NL2
13	NATG	CIC	EY3/ReSound	8 CH	NAL-NL2
14	NATG	ITC	AY4/Beltone	10CH	BAFA
15	NATG	CIC	LS5/ReSound	12 CH	NAL-NL2
16	NATG	ITC	LT5/ReSound	12 CH	NAL-NL2
17	NATG	CIC	Sterling/Rexton	16 CH	NAL-NL2
18	NATG	CIC	AY3/Beltone	8 CH	BAFA
19	NATG	RIC	LND17/Beltone	17 CH	BAFA

ATG: auditory training group, NATG: non auditory training group