



A Study on Improving Speech Perception in Noise and Cognitive-Communication Abilities in Elderly Individuals Wearing Hearing Aids through Web-Based Auditory Training

Hyo Sun Chung, Junghwa Bahng

Department of Audiology and Speech Language Pathology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

Received: December 29, 2023

Revised: January 19, 2024

Accepted: January 19, 2024

Correspondence:

Junghwa Bahng, PhD
Department of Audiology and
Speech Language Pathology, Hallym
University of Graduate Studies, 427
Yeoksam-ro, Gangnam-gu, Seoul
06197, Korea
Tel: +82-70-8680-6933
Fax: +82-2-3453-6618
E-mail: bahng.jh@gmail.com

Purpose: This study aimed to explore the impact of web-based auditory training on speech perception in noise and cognitive-communication abilities in elderly individuals wearing hearing aids. The focus was on addressing communication difficulties commonly experienced by this demographic.

Methods: Twenty participants, with over 6 months of hearing aid use, were divided into a training group (undergoing 8 weeks of weekly 60-minute web-based auditory training) and a non-training group. The training program included tasks like listening to sentences in noise, short and long stories, sentence arrangement, and crossword quizzes. Various assessments, such as Korean Repeat and Recall Test and Brief test Cognitive-Communication Disorders evaluations, were conducted before and after training. The Korean version of Montreal Cognitive Assessment test served as a pre-screening measure for cognitive impairments. **Results:** Significant improvements were observed in the training group's speech perception in noise, recall, and cognitive-communicative abilities post-training. Conversely, the non-training group showed no statistically significant differences.

Conclusion: The findings suggest that web-based auditory training holds promise for enhancing cognition and communication in elderly hearing aid users. Future studies could further explore the comparative effectiveness of auditory training by categorizing participants into face-to-face, remote, and hybrid groups. This research contributes valuable insights into addressing communication challenges in the aging population through innovative training methods.

Key Words: Elderly, Auditory training, Speech perception in noise, Cognition, Communication abilities.

INTRODUCTION

세계보건기구(World Health Organization, 2020)에서는 전 세계의 약 6억 6천 6백만 명의 사람들이 청력손실을 겪고 있으며, 2050년까지 약 9억 명 이상이 난청으로 어려움을 겪을 것으로 예상한다고 보고하였다. 이 중 노인의 인구는 상당수를 차지할 것이며 의료기술의 발전과 건강에 대한 관심 등으로 기대 수명과 평균 수명은 점차 증가하며, 앞으로 노인의 인구 수는 점차 증가하며, 증가폭 또한 더 폭발적으로 늘어날 것으로 예상할 수 있다. 국내 65세 이상 노인 인구의 비율과 수는 다른 국가와 비교하였을 때 더 빠른 속도로 증가하고 있으며 2020년에는

전체 인구의 15.7% (812만 명), 2025년에는 20.3% (1,051만 명), 2040년에는 34.9% (1,722만 명)로 예상하고 있다(Korean Statistical Information Service, 2021).

노인 인구의 증가는 노화와 관련이 있는 여러 가지 질환을 겪고 있는 인구가 늘어날 수 있음을 의미한다. 노화와 관련된 질환 중 대표적으로 청력의 손실을 꼽을 수 있다. 청각장애로 등록된 60세 이상 노인 수는 2010년 179,262명에서 2020년 395,789명으로 증가하였으며, 전체 청각장애인 수에서 60세 이상이 차지하는 비중도 68.8%에서 85.3%로 높아졌다(Korean Statistical Information Service, 2021). 또한 최근 많은 연구에서 노인의 인구에서 청력의 손실과 인지장애에 대한 연구 결과에 따라 청각장애의 재활에 관한 관심이 증가하고 있다.

노화와 난청을 동시에 겪고 있는 난청 노인은 듣기의 어려움으로 인해 의사소통의 문제를 겪게 된다. 정상적인 노화의 과정

© 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.

중에서 이러한 불편함으로 인해 일상생활에서 주변인과의 대화, 직업, 취미 등의 제약을 받을 수 있고 사회활동 감소로 우울감이 증가하기도 한다. 이러한 난청 문제를 해결하기 위해 가장 보편적인 재활의 방법은 보청기의 사용이다. 난청 노인들은 보청기를 착용하게 되는데 조용한 환경에서 듣기 만족도가 높은 반면, 소음이 많아지는 상황에서는 어음을 인지하는 것이 어렵다고 호소한다(Healy & Yoho, 2016). 난청 노인의 소음하 어음인지가 어려운 이유는 일차적으로 말초 청각 손상이 원인이다. 달팽이관(cochlea)의 혈관조(stria vascularis)와 나선인대(spiral ligament)의 퇴화, 청신경(auditory nerve)의 노화, 나선신경절 세포(spiral ganglion cell)의 수축 등이 영향을 끼친다(Mills et al., 2006). 중추청각기능의 퇴화 또한 소음하 어음인지 능력을 저하시킬 수 있다. 노화가 진행되면 음의 고저, 강도, 길이 등을 변별하는 능력이 저하되며(Schneider, 1997), 빠른 말소리 과제(Gordon-Salant & Fitzgibbons, 1999)에서 어려움을 보인다. 또 뇌의 노화에 따른 장기 및 단기 기억력의 감소, 정보처리 속도 저하 등도 영향을 끼치며(Willott, 1996), 작업기억력(working memory)의 감소 또한 소음하 듣기 능력을 저하시키는 요인이다(Borch Petersen et al., 2016; Gordon-Salant & Cole, 2016). 이와 같이 소음하 어음인지는 말초 및 중추청각기능과 인지 기능을 결합한 복합적인 처리 과정이 요구되므로(Schneider et al., 2010) 조용한 상황보다 더 많은 청취 노력이 필요하며 청각적 인지 기능의 향상이 요구된다.

난청 노인의 인지력 향상 및 소음하 어음인지 향상을 위해서는 많은 연구자들은 적극적인 청능훈련을 제안하였다(Gohari et al., 2023). 여러 선행 연구에서는 청능훈련을 시행하였을 때 단어인지도 및 문장인지도 등 어음의 인지 능력뿐만 아니라 소음하 문장에서의 인지 능력이 향상되었음을 보고하였다(Jo et al., 2013; Kim & Lee, 2010, Kim & Lee, 2017; Yeo et al., 2014). 이러한 훈련을 통해서 청자에게 듣기 활동을 통한 청각적 기억력을 요구하여 신경처리 속도의 향상과 함께 소음하 어음인지 또한 증가하였음을 보고하였고(Anderson et al., 2013), 훈련하지 않은 소리에 대한 기억력과 처리 속도에서도 일반적인 향상이 있었음을 보고하였다(Smith et al., 2009). 소음하 어음인지는 말초 및 중추청각기능과 인지기능을 결합한 복합적인 처리 과정이 요구되므로(Schneider et al., 2010) 조용한 상황보다 더 많은 청취 노력이 필요하다.

청능훈련의 경우 일반적으로 청각전문가와 대상자가 정기적으로 대면하여 훈련을 진행하기 때문에 시간과 거리 그리고 비용의 문제가 발생한다. 많은 선행 연구에서 청능훈련이 효과가 있음을 증명하였음에도 불구하고 보편화되지 못하는 이유가 될 수 있다. 또한 최근 COVID-19 팬데믹으로 인하여 많은 영역에서 대면의 만남을 점차 비대면으로 전환하는 시점에서 예전의 대

면 모델에서의 청능훈련은 앞으로 더욱 어려워질 수 있다. 국외의 경우엔 많은 온라인 기반 청능훈련 도구가 개발되어 대중화되어 사용되고 있다. 가장 대표적이고 오래된 프로그램은 LACE® (Listening and Communication Enhancement)로 난청인들의 어려운 청취 상황에서 듣기 능력 향상과 전략 수집을 목적으로 개발되었다(Saunders et al., 2016). 시간 압축한 문장, 소음 속 문장 등을 사용하여 보청기 사용자들의 말소리 변별력을 향상시키고 집에서도 스스로 훈련할 수 있어 활용도가 높다. 또 다른 웹 기반 청능훈련 프로그램으로 Amplify® (Amplify, St. Louis, MO, USA)가 있다. Amplify의 경우 게임 기반으로 즐겁게 훈련을 진행할 수 있다는 특징이 있다. 12~16주 동안의 훈련으로 보청기에 대한 적응이 용이해졌고 소음 하에서 듣기가 향상되었다고 보고하였다(Tye-Murray, 2021). 이 외에도 영어로 된 웹 기반 청능훈련 프로그램은 여러 가지가 있으며 난청인들은 제공하는 프로그램의 방법에 따라 선택의 기회가 있다. 한국어를 기반으로 한 어플리케이션으로 개발된 상업화하여 출시된 프로그램으로 “메아리” 프로그램이 인공와우 착용자를 대상으로 개발되었다(Meari, 2023). 그러나 보청기 사용자에게 있어서는 소음하 문장 듣기 등 일상생활에서 주로 어려움을 호소하는 듣기 연습이 제공되지 않아 적절하지 않을 수 있다. 또한 기억이나 추론 등의 인지 능력을 요하는 긴 호흡의 듣기 훈련을 포함되어 있지 않다. 그러므로 앞에서 보고한 여러 연구를 통해 개발된 청능훈련의 방법을 포함한 “말귀” 웹 기반 청능훈련을 개발하게 되었고 이러한 훈련을 통하여 보청기 착용 노인의 소음하 어음인지와 함께 인지력의 향상 정도를 살펴볼 필요가 있겠다.

그러므로 본 연구의 목적은 “말귀” 웹 기반 청능훈련 프로그램을 사용하여 보청기 사용 노인의 소음하 어음인지력 향상 및 인지-의사소통의 향상 능력의 효과를 측정하는 데 있다.

MATERIALS AND METHODS

연구 대상

본 연구에는 난청 이외에 이과적 병력이 없는 65세 이상부터 75세 미만의 6개월 이상 보청기 착용자 중 훈련군 10명, 비훈련군 10명 총 20명인 중도 이상의 난청 노인을 대상으로 하였다. 어음인지도와 청력에 따라 실험 결과에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여 훈련군과 비훈련군 간 어음인지도와 청력 연령대가 비슷하게 분포하도록 대상자를 모집하였다. Korean Montreal Cognitive Assessment (K-MoCa; Kang et al., 2010) 검사를 통하여 인지력에 문제가 없는 대상자를 참여자로 최종 선정하였다.

최종 대상자로 선정된 20명 중 10명은 청능훈련군(auditory training group, ATG), 10명은 비훈련군(non-training group, NTG)으로 참여하였다. ATG 10명(남 6명, 여 4명)의 평균 연

령은 71.70세(standard deviation [SD], 14.80), NTG 10명(남 5명, 여 5명)의 평균 연령은 72.00세(SD, 16.75)였다.

전기음향적 보정을 시행한 청력검사기(Harp; Inventis, Padova, Italy)를 사용하여 방음실에서 순음청력검사 및 문장 검사를 실시하였다. ATG의 보청기 착용 pure tone average (PTA)는 오른쪽은 43.06 dB HL (SD, 5.69), 왼쪽은 45.72 dB HL (SD, 8.46)로 나타났다. NTG는 오른쪽 43.60 dB HL (SD, 9.19), 왼쪽 46.67 dB HL (SD, 8.46)로 나타났다. ATG의 word recognition score (WRS)는 좋은 쪽 귀를 기준으로 56.90% (SD, 13.66), NTG는 55.40% (SD, 11.05)로 ATG의 SRS는 좋은 쪽 귀를 기준으로 78.00% (SD, 11.05), NTG는 82.10% (SD, 9.46)로 나타났다. 두 그룹의 훈련 전 나이, 청력의 정도는 통계적으로 유의하게 다르지 않았으나($p < 0.05$) WRS는 통계적으로 유의하게 다르지 않았다.

대상자는 훈련을 실시하기 전 연구의 목적에 대한 설명을 충분히 들었고, 연구 실험 참여에 대한 동의를 하였다. 연구 대상자

정보 및 청력에 대한 자세한 사항은 Table 1에 제시하였다.

연구 절차

훈련의 효과를 평가하기 위해 먼저 기본 검사로 보청기를 착용한 상태에서 PTA, WRS, sentence recognition score (SRS) 검사를 실시하였다. 인지도와 작업기억력의 변화를 측정하기 위해 다음의 평가를 총 2회 훈련 시작 전과 훈련이 끝난 직후인 8주 후에 동일하게 시행하였다.

Korean Repeat and Recall Test (K-RRT; Shim, 2021)의 소음하 문장 듣기와 회상검사, 소음하 청취 노력 능력 평가(Kwak & Han, 2021) 그리고 K-MoCa (Kang et al., 2010), digit span 순방향과 역방향(Kang et al., 2002; Song & Choi, 2006) 보청기 만족도 검사로 K-PHAB 검사(Korean version of Profile of Hearing Aid Benefit-Quick version [K-PHAB-Q]; Kim & Lee, 2020)를 실시하였다. 마지막으로 다른 인지검사와의 상관관계를 알아보기 위하여 BCCD 인지-

Table 1. Information of participants

Subject	Age (yr)	Sex	HA/type	Aided PTA, R/L (dB HL)	Aided WRS/SRS (%)
ATG 1	72	M	Both/RIC	45.0/40.0	56/78
ATG 2	75	M	Both/RIC	50.0/66.3	56/72
ATG 3	71	F	Both/RIC	45.0/56.3	56/75
ATG 4	69	M	Both/RIC	35.0/37.5	40/78
ATG 5	75	F	Both/RIC	45.0/43.8	48/57
ATG 6	75	M	Both/RIC	51.3/41.3	48/75
ATG 7	68	F	Both/RIC	42.5/49.1	48/85
ATG 8	74	M	Both/RIC	40.8/44.1	56/72
ATG 9	71	F	Both/CIC	35.0/37.5	85/96
ATG 10	67	M	Both/RIC	37.5/41.3	76/92
NTG 1	69	M	Both/RIC	31.3/35.0	70/96
NTG 2	71	F	Both/CIC	45.0/40.0	32/75
NTG 3	75	F	Both/RIC	60.0/61.3	48/73
NTG 4	73	M	Both/CIC	33.8/35.0	56/90
NTG 5	67	F	RT/RIC	42.5/-	72/88
NTG 6	71	M	Both/CIC	42.5/45.0	76/92
NTG 7	69	M	LT/RIC	-/43.8	48/73
NTG 8	75	F	Both/RIC	45.0/48.8	48/73
NTG 9	75	M	Both/RIC	42.5/45.0	56/88
NTG 10	75	F	Both/RIC	50.0/66.3	48/73
ATG avg	71.70			43.06/45.72	56.90/78.00
NTG avg	72.00			43.60/46.67	55.40/82.10

HA: hearing aid, PTA: pure tone average of 500 Hz, 2 × 1,000 Hz, 2 × 2,000 Hz, 4,000 Hz, R: right, L: left, WRS: word recognition score, SRS: sentence recognition score, ATG: auditory training group, M: male, RIC: receiver in the canal, F: female, CIC: completely in the canal, NTG: non training group, RT: right ear, LT: left ear, avg: average

의사소통 간편검사(Brief test Cognitive-Communication Disorders [BCCD]; Lee et al., 2021)를 실시하였다.

훈련 전 선별검사

K-MoCA

경도 인지장애 선별검사인 K-MoCA (Kang et al., 2010)를 대상자에게 실행하였다. 대상자에게 K-MoCA 검사를 시행한 결과, 60대는 23점, 70대는 20점 이상으로 대상자 모두 K-MoCA 정상 기준 범위에 포함되어 인지장애가 없음을 확인하였다.

청능훈련 전후 평가

K-RRT

K-RRT는 소음하 문장인지검사, 회상검사, 청취 노력 설문지 및 작업기억력 검사로 구성되어 있다.

소음하 평가

평가 도구는 먼저 10 dB signal to noise ratio (SNR), 5 dB SNR, 0 dB SNR에서 제시되는 문장(문장 제시 레벨: 65 dB sound pressure level)을 듣고 그대로 따라 말하는 검사이다. 평가 방법은 문장을 반복 없이 1회 들려주고 각 7초의 대답 시간을 제공하였다. 제시 문장은 4개의 문장으로 목표 단어 20개 중 정확하게 따라 말한 단어의 수를 세어서 백분율로 환산하였다.

회상검사

문장을 듣고 따라 말한 후 15초 후에 회상하여 문장 또는 기억나는 단어를 말하게 하였다. 평가 방법은 제시 문장 4개의 문장으로 목표 단어 14개 중 정반응 여부를 표기하여 백분율로 환

산하였다. 측약형 검사 내용은 10, 5, 0 dB SNR의 일상생활 문장으로 된 소음하 문장인지검사 3개와 4문장의 회상검사 1개로 구성되어 있고 검사 시간은 총 7분 30초이다. 측약형 평가 도구 문장과 회상의 내용은 장소, 생활용품, 음식에 관련된 문장으로 구성되어 있다.

소음하 청취 노력 능력 평가

소음하 청취 노력 능력 평가 검사는 소음 하에서 듣기 노력을 얼마나 하였는지 자가 평가하는 검사이다. 10~1점까지 점수가 낮을수록 듣기 능력 향상을 의미한다. 노력해도 듣기 어렵다(10~9점), 듣기 위해서 많은 노력을 하였다(8~7점), 듣기 위해서 보통 노력을 하였다(6~5점), 듣기 위해 조금 노력하였다(4~3점), 노력하지 않아도 듣기 쉽다(2~1점)의 항목으로 평가한다.

숫자폭(forward, backward) 기억력 검사

작업기억력을 평가하기 위하여 숫자폭 검사를 실시하였다. 숫자폭 검사는 Shim(2021)에서 사용한 평가를 사용하였다. 검사자는 2~10개의 숫자 열로 구성된 digit forward와 digit backward를 각 단위당 2회씩 제시하였다. 숫자폭은 대상자가 숫자 열 2개 중 1개라도 맞출 경우 숫자폭을 점점 늘렸다. 두 번 중 두 번 모두 틀릴 경우 해당 전 숫자폭으로 기록하고 검사를 중단하였다. 대상자에게 검사를 실시하기 전 예를 보여주고 검사 방법을 숙지하였다고 생각되면 본 검사를 실시하였다.

K-PHAB-Q

보청기 사용자의 주관적 만족도 검사로 ease of communication (EC), background noise (BN), reverberation (RV), aversiveness of sound (AV), localization (LC) 항목에 대한 주관적 평가를 실시하였다. 총 10개의 문항으로 이루어져 있고

Table 2. Categories of brief of cognitive-communication disorders (BCCD)

Category	Subscale	No. of items	Scores
Cognitive	Attention	2	4
	Visual perception	1	2
	Memory	3	6
	High-level understanding	9	18
	Subtotal	15	30
Communication	Understanding	4	8
	Expression	4	8
	Writing/reading	2	4
	Pragmatic language	2	10
	Subtotal	12	30
Total		27	60

보청기 착용 후 심리 음향적으로 혜택을 평가할 수 있다. 혜택이 많을수록 점수가 낮고 혜택이 적을수록 점수가 높아지게 된다.

BCCD 인지-의사소통 장애 간편검사

청능훈련 전후의 인지력의 변화를 보기 위하여 BCCD 인지검사를 실시하였다. 의사소통 장애 간편검사이다. 내용으로는 주의력, 시지각력, 기억력 고차원적 인지, 이해, 읽기, 쓰기, 화용언어로 구성되어 있다(Table 2). 각 15문항 30점, 12문항 30점으로 총점은 60점이다. 5분 내외로 검사가 가능하여 간편하게 검사할 수 있다.

청능훈련 시행 및 평가 절차

훈련 기간은 총 8회기로 한 회당 60분을 기준으로 실시하였다. 매주 1회 방문하여 보청기를 착용한 상태에서 훈련을 50분 동안 받고 청능훈련 전후로 약 10분간 상담을 진행하였다. 청능훈련은 보청기 성능 분석을 통해 보청기의 성능이 이상이 없음을 확인한 후 대상자가 평상시에 사용하는 보청기 적합 상태에서 시행하였다. 스피커(BR-1500A Plus; Britz, Beijing, China)와 대상자 간의 거리는 1 m로 두었고 편안한 소리(most comfortable level)로 맞춘 후 청능훈련을 실시하였다. 청능훈련은 다음의 재료들을 매주 번갈아 가며 난이도를 조절하면서 실시하였다. 대상자가 못 들을 경우 2~3번 반복해서 들려주었고 그래도 못 들었을 경우 정답을 알려준 뒤 다시 들려주었다. 청능훈련 내용의 구성은 아래의 5가지 영역을 모두 10분 정도씩 골고루 실시할 수 있도록 하였으며 대상자가 60% 정도 맞출 수 있는 수준의 난이도를 선정하여 실시하였다. 80% 이상의 정답률을 보일 경우 난이도의 수준을 상향 조정하였다.

웹 기반 청능훈련 플랫폼

청능훈련에 사용한 웹 기반 청능훈련 플랫폼이 개발 중에 있어 베타버전을 사용하여 청능훈련을 실시하였다. 플랫폼의 내용은 다음과 같다. 소음하 문장 듣기(Yeo et al., 2014), 짧은 이야기 듣기(Lim & Bahng, 2016), 긴 이야기 듣기(Kim & Bahng, 2017), 문장 순서화하기(Kang et al., 2020), 가로세로 퀴즈(Baek & Lee, 2016)로 구성되어 있다. 각각의 훈련 방법은 위의 선행 연구에서 훈련 후 모두 의사소통의 증가에 효과가 있음을 증명하였다.

소음하 문장 듣기는 소음이 포함되어 있는 문장을 들려주고 기억하여 다시 말하게 하였다. 잘 못 알아들을 때에는 2~3회까지 반복하여 들려주고 말하게 하였다. 작은 소음에서 잘하면 큰 소음으로 점차로 변화시키면서 훈련하였다. 소음이 있는 상황 문장을 어려워하는 대상자에게는 소음이 없는 문장을 들려주고 점차로 난이도를 높여 훈련하였다. 1세션당 10문제씩 10회까지 총

100문장으로 구성되어 있다. 본 훈련은 보청기 사용자들이 가장 듣기 어려운 환경을 재현하여 들어야 할 신호에 집중하는 능력을 향상시키는 데 목적이 있다.

짧은 이야기 듣기는 두 개의 문장으로 이루어진 짧은 이야기를 듣고 무엇에 관하여 이야기하는지 정답을 말하게 하였다. 난이도가 쉬워 잘 맞추는 대상자는 난이도를 높여 훈련하였다. 지역(5문제씩 7회), 우리문화(5문제씩 9회), 음식(5문제씩 7회), 기타(5문제씩 7회)의 내용으로 구성되어 있다. 본 훈련은 키워드를 반복해서 듣게 함으로써 문장을 이해할 수 있도록 하는 데 목적이 있다. 또한 키워드를 유추할 수 있도록 하는 관련 단어를 들음으로써 한 번 놓치더라도 당황하지 않고 문장을 끝까지 듣고 이해할 수 있도록 하는 훈련이다.

긴 이야기 듣기는 4~5개의 문장으로 이루어진 여러 가지 주제의 관한 이야기를 듣고 따라 말해본 후 대상자가 문제를 풀고 긴 이야기를 이해할 수 있는지 확인하고 잘 이해하지 못한 경우 문장의 내용을 보면서 다시 점검하였다. 한 세션당 5문제씩 5회까지 훈련이 가능하다. 본 훈련은 강의 등 긴 호흡의 여러 문장을 들을 때 문장의 흐름을 이해할 수 있도록 하는 훈련이다. 청각적 기억력의 확장의 목적이 있다.

문장 순서화하기는 3문장(1회당 5문제 15회), 4문장(1회당 5문제 25회), 5문장(1회당 5문제 11회)으로 구성되어 있다. 대상자가 들려주는 문장을 차례대로 다 듣고 난 후 기억하여 주어진 문장표를 받아 들은 순서대로 배열하게 하고 틀린 경우 다시 듣기를 하면서 정답을 맞췄다. 본 훈련은 문장을 듣고 기억하는 데 목적이 있으나 다 기억하지 못하더라도 문장의 흐름을 이해하여 추론하고 순서를 맞출 수 있게 구성되어 있다.

가로세로 퀴즈는 들려주는 설명을 듣고 첫 번째 레벨부터 세 번째 레벨까지의 힌트를 듣고 빈칸에 들어갈 단어를 말하게 하였다. 첫 번째 힌트부터 점차로 힌트를 늘려가며 정답을 유추하게 하고 정답 확인 후 틀린 내용은 다시 한 번 확인하였다. 1~48번까지 4개의 문제, 49~100번까지 5문제로 구성되어 있다. 본 훈련은 난청인들이 재미있게 훈련을 진행할 수 있도록 게임의 형식을 취하였으며 힌트를 들어가며 키워드를 추론할 수 있는 능력 향상에 목적이 있다.

검사 장비

연구 대상자들의 순음청력검사, 어음인지도 검사, 문장인지도 검사를 하기 위해 보정을 실시한 청력검사기(Harp; Inventis)를 사용하였다.

청능훈련에 사용된 스피커는 Britz사의 브리츠인터내셔널(BZ-SP600X Curved Soundbar; Britz)을 사용하였고 30 W 파워와 4음 임피던스를 가진 스피커를 사용하였다. 반응주파수는 100 Hz에서 20 kHz이며 왜곡률은 5% 이하였다. 음장검사

시 사용한 스피커(JBL CONTROL1 PRO; JBL Professional, Northridge, CA, USA)는 2채널에 150 W 파워와 4옴 임피던스와 최대 출력은 150 W였다. 반응주파수는 80 Hz에서 20 kHz이며 왜곡률은 0.5%였다.

통계 분석

연구 결과는 SPSS 12.0 (IBM, Armonk, NY, USA) 통계 소프트웨어를 사용하여 분석하였다. 본 연구의 표본 크기가 작음을 고려하여 비모수 검정 분석을 실시하였고 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 통해 훈련 전후에 따라 훈련군과 비훈련군으로 나누어 비교하였다. 유의확률은 $p < 0.05$ 인 경우에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

RESULTS

본 연구에서는 총 10명의 ATG, 10명의 NTG 보청기 착용 노인을 대상으로 평가를 시행하였다. 주 1회 60분 8주간 청능훈련을 실시하였다. 훈련 효과를 평가하기 위해 훈련 시작 전과 8주간의 훈련이 끝난 직후에 두 그룹을 대상으로 K-RRT 검사, (소음하 문장인지 0 dB 5 dB 10 dB SNR과 회상검사와 소음하 듣기 노력 평가), 숫자폭 검사(digit span) 그리고 BCCD 검사를 실시하였다. 훈련 후 보청기 만족도 변화를 보기 위해서는 K-PHAB-Q를 평가하였다.

K-RRT

청능훈련에 따른 소음하 어음인지력

ATG 10명 모두 K-RRT 소음하 문장인지검사에서 10 dB SNR, 5 dB SNR, 0 dB SNR에서 소음하 어음인지력이 증가하여 유의미한 차이를 보였다. 훈련군 10명의 소음하 듣기 평

가에서 결과값은 10 dB SNR일 때 훈련 전에는 평균 66.5% (SD, 4.96)이며 훈련 후에는 82.25% (SD, 2.75)로 나타났다. 5 dB SNR일 때 훈련 전에는 59.0% (SD, 5.13)이며 훈련 후에는 83.5% (SD, 2.94)로 나타났다. 0 dB SNR일 때 훈련 전에는 34% (SD, 4.28)이며 훈련 후에는 69.5% (SD, 3.74)로 나타났다. NTG의 소음하 어음인지력 평가 결과는 10 dB SNR일 때 훈련 전에는 평균 79% (SD, 1.68)이며 훈련 후에는 75.5% (SD, 2.37)로 나타났다. 5 dB SNR일 때 훈련 전에는 64.5% (SD, 3.17)이며 훈련 후에는 54.5% (SD, 3.21)로 나타났다. 0 dB SNR일 때 훈련 전에는 28% (SD, 2.17)이며 훈련 후에는 23.5% (SD, 2.31)로 나타났다.

비모수 통계 분석(Wilcoxon signed rank test)을 실시한 결과 ATG는 훈련 전후에 10 dB SNR에서는 $z = -2.689$ ($p = 0.008$)였으며, 5 dB SNR에서는 $z = -2.673$ ($p = 0.005$), 0 dB SNR $z = -2.199$ ($p = 0.005$)로 모두 통계적으로 유의하였다. NTG는 훈련 전후 모두 통계적으로 유의하게 증가하지 않았다. 증가율 비교를 Figure 1에 제시하였다.

청능훈련에 따른 소음하 어음 청취 노력

본 연구에서 훈련군의 대상자들의 소음하 어음 청취 노력은 훈련 전 평균 7.70 (SD, 1.70)이며 훈련 후에는 평균 6.50 (SD, 1.35)이었다. 비훈련군의 소음하 어음 청취 노력은 0주차 평균 7.60 (SD, 1.07)이며 8주차 평균 7.90 (SD, 1.28)이었다. 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($z = -1.796$, $p = 0.072$). 본 훈련 전후 증가율 비교를 Figure 2에 제시하였다.

회상검사 향상 결과

회상검사의 결과 훈련군의 경우 훈련 전 평균 45.70% (SD, 1.72)이며 훈련 후 평균 82.14% (SD, 1.64)였다. 비훈련군의 경우 훈련 전 평균 64.29% (SD, 1.41)이며 훈련 후 평균 61.43%

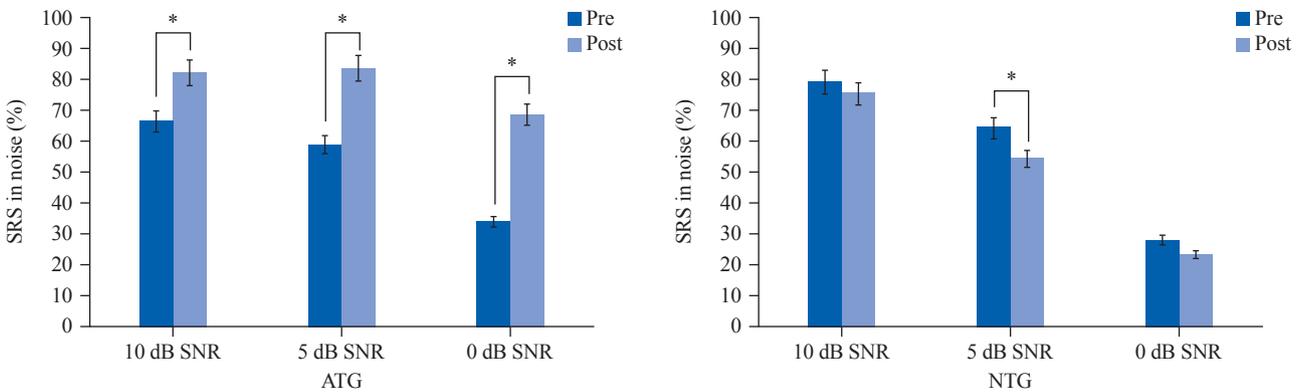


Figure 1. Scores of sentence recognition in noise at pre- and post-auditory training. SRS: sentence recognition score, Pre: pre-auditory training, Post: post-auditory training, SNR: signal to noise ratio, ATG: auditory training group, NTG: non training group. * $p < 0.05$.

(SD, 1.34)였다. 훈련군의 z 값은 -2.816 ($p = 0.005$)으로 통계적으로 유의하였고 비훈련군은 z 값 -1.633 ($p = 0.102$)으로 통계적으로 훈련 전과 후에 유의하지 않은 것으로 나타났다. 본 훈련 전후 증가율 비교를 Figure 3에 제시하였다.

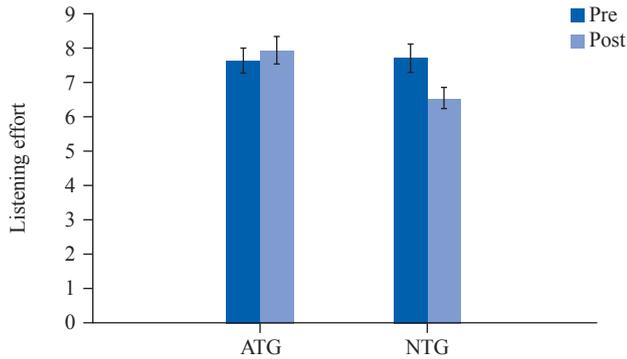


Figure 2. Scores of listening effort at pre- and post-auditory training. Pre: pre-auditory training, Post: post-auditory training, ATG: auditory training group, NTG: non training group.

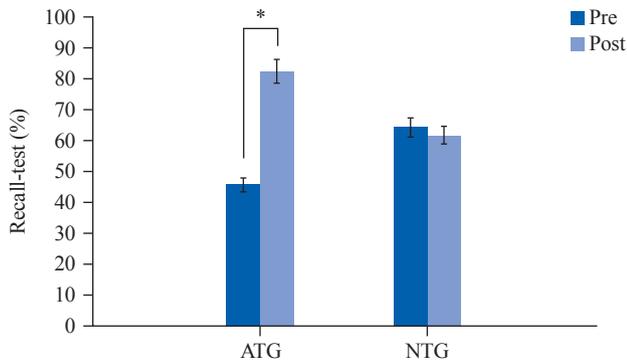
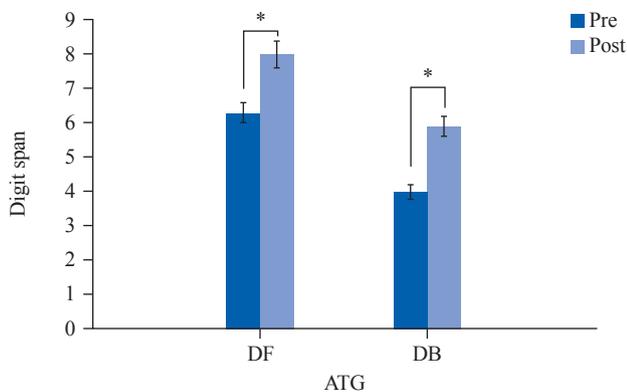


Figure 3. Recall test scores in pre- and post-auditory training. Pre: pre-auditory training, Post: post-auditory training, ATG: auditory training group, NTG: non training group. * $p < 0.05$.



숫자기역폭(digit span) 결과

숫자기역폭 검사는 순방향(forward), 역방향(backward) 검사를 실시하였다. ATG의 경우 훈련 전에는 순방향 숫자폭의 경우 훈련 전에는 평균 6.30 (SD, 0.82)이며 훈련 후에는 평균 8.00 (SD, 1.05)이었다. 역방향 숫자폭의 경우 훈련 전에는 평균 4.00 (SD, 1.70)이며 훈련 후에는 평균 5.90 (SD, 1.19)이었다. NTG의 경우 훈련 전에는 순방향의 경우 훈련 전에는 평균 6.50 (SD, 0.84)이며 훈련 후에는 평균 7.00 (SD, 0.73)이었다. 역방향 숫자폭의 경우 훈련 전에는 평균 4.50 (SD, 0.84)이며 훈련 후에는 평균 4.00 (SD, 0.66)이었다. z 값은 순방향 숫자폭의 경우 -2.859 ($p = 0.004$), 역방향 숫자폭의 경우 -2.913 (SD, 0.004)으로 증가하여 통계적으로 유의하게 나타났다. 비훈련군의 경우 순방향의 경우 $z = -1.134$ ($p = 0.257$), 역방향의 경우 $z = -2.236$ ($p = 0.025$)으로 통계적으로 유의미하지 않았다. 본 훈련 전후 증가율 비교를 Figure 4에 제시하였다.

BCCD 검사 결과

청능훈련 전후의 인지력의 변화를 보기 위하여 BCCD 의사소통 인지 간편검사 도구를 사용하였다. ATG는 훈련 전 42.10 (SD, 3.90)이며 훈련 후 51.50 (SD, 3.77)으로 나타났다. NTG는 훈련 전 45.80 (SD, 3.52)이며 훈련 후 45.30 (SD, 4.11)으로 나타났다. 훈련 후 z 값은 ATG의 경우 -2.818 (SD, 0.05)이며 NTG의 경우 -0.947 (SD, 0.34)로 나타났다. 연구 결과 훈련군과 비훈련군 모두 증가하였다. 그러나 훈련군에 비해 비훈련군은 미미한 증가로 훈련군에서 통계적으로 유의미한 증가가 있는 것에 반하여 비훈련군에서는 유의미한 증가가 없는 것으로 나타났다. 훈련 전후 증가율 비교를 Figure 5에 제시하였다.

청능훈련 후 주관적 보청기 혜택

대상자의 훈련 전후 주관적 평가로 한국어판 축약 보청기 이

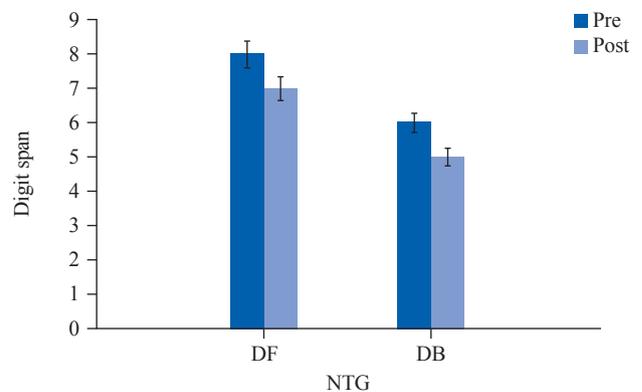


Figure 4. Digit span scores in pre- and post-auditory. Pre: pre-auditory training, Post: post-auditory training, DF: digit span forward, DB: digit span backward, ATG: auditory training group, NTG: non training group. * $p < 0.05$.

득평가 설문 평가(K-PHAB-Q; Kim & Lee, 2020)를 사용하였다. K-PHAB 설문 조사 결과를 비교하기 위하여 비모수 통계 분석(Wilcoxon signed rank test)을 실시한 결과는 다음과 같다.

ATG의 경우, K-PHAB-Q 설문 모든 영역에서 불만족도가 유의하게($p = 0.05$) 감소하였다. 훈련 전에는 평균 EC: 29.95 (SD, 20.07), BN: 76.65 (SD, 10.88), RV: 81.00 (SD, 25.92), AV: 72.20 (SD, 22.38), LC: 65.35 (SD, 23.23)이며, 훈련 후에는 각각 EC: 5.05 (SD, 4.88), BN: 48.10 (SD, 12.58), RV: 66.00 (SD, 19.25), AV: 43.80 (SD, 22.10), LC: 44.30 (SD, 17.37)으로 변화하였다. 비모수 통계 결과 각각 $z = -2.668$ ($p = 0.008$), -2.673 ($p = 0.008$), -2.301 ($p = 0.021$), -2.710 ($p = 0.007$), -2.380 ($p = 0.017$)이었다. NTG의 경우, EC: 34.25 (SD, 17.15), BN: 57.95 (SD, 20.15), RV: 91.80 (SD, 6.8), AV: 68.60 (SD, 20.80), LC: 31.25 (SD, 31.25)이며, 훈련 후에는 EC: 37.30 (SD, 22.83), BN: 61.75 (SD, 17.25), RV: 90.00 (SD, 5.8), AV: 75.30

(SD, 16.99), LC: 51.00 (SD, 27.53)으로 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 통계적으로 모두 유의한 차이는 없었다. 본 훈련 전후 증가율 비교를 Figure 6에 제시하였다.

DISCUSSIONS

본 연구의 목적은 보청기를 사용하고 있는 난청 노인을 대상으로 국내에서 개발된 청능훈련 프로그램을 사용하여 훈련을 실시하고 소음하 어음인지 및 의사소통과 인지의 향상 정도를 보고자 하였다. 청능훈련은 웹 기반 플랫폼을 사용하여 8주간 주 1회 청능훈련을 실시하고 훈련 전과 후에 K-RRT와 BCCD를 이용해서 난청 노인의 인지도가 향상되었는지를 확인하고자 하였다.

본 연구의 결과 청능훈련 후에 K-RRT를 사용하여 소음하 어음인지 검사를 10, 5, 0 dB SNR에서 실시하였을 때 훈련군의 경우 모두 유의하게 변화하였다. 반면에 비훈련군의 경우 훈련 전 후에 5 dB SNR을 제외하고는 모두 유의한 변화가 없어 청능훈련이 소음하 어음인지력의 변화를 줄 수 있음을 증명하였다. 이 결과는 선행 연구의 결과와 일치한 결과이다. 선행 연구에 따르면 8~10주간 소음 상황에서 청능훈련을 실시한 결과 소음하 단어 인지도가 유의미하게 증가하였음을 보고하였다(Kim & Lee, 2010; Kim & Lee, 2017). 특히 소음하 청능훈련은 보청기 착용만으로 소음 상황에서 의사소통의 어려움을 느끼는 대상자들에게 효과적이며(Henshaw & Ferguson, 2013) 소음하 어음인지력은 작업기억력과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다(Akeroyd, 2008). 그러나 본 연구에서 5 dB SNR 상황에서 오히려 비훈련군은 8주간의 시간이 지난 후에 능력이 유의하게 감소하였다. 모든 소음 검사 상황에서 감소한 것이 아닌 특정한 상황에서의 감소이기 때문에 특별한 이유보다는 참여자들이 노인이었기 때문에 평가 당시의 컨디션 등이 영향을 끼쳤을 가능성

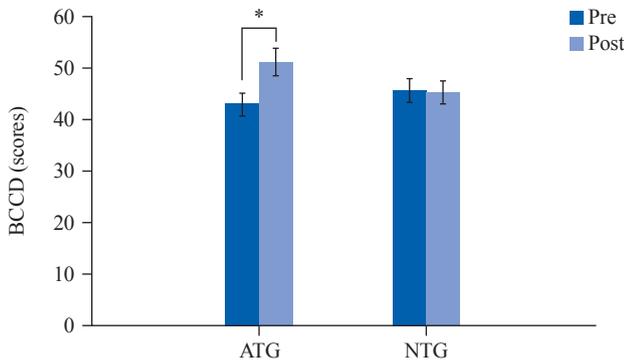


Figure 5. BCCD scores in pre- and post-auditory. BCCD: brief of cognitive-communication disorders, Pre: pre-auditory training, Post: post-auditory training, ATG: auditory training group, NTG: non training group. * $p < 0.05$.

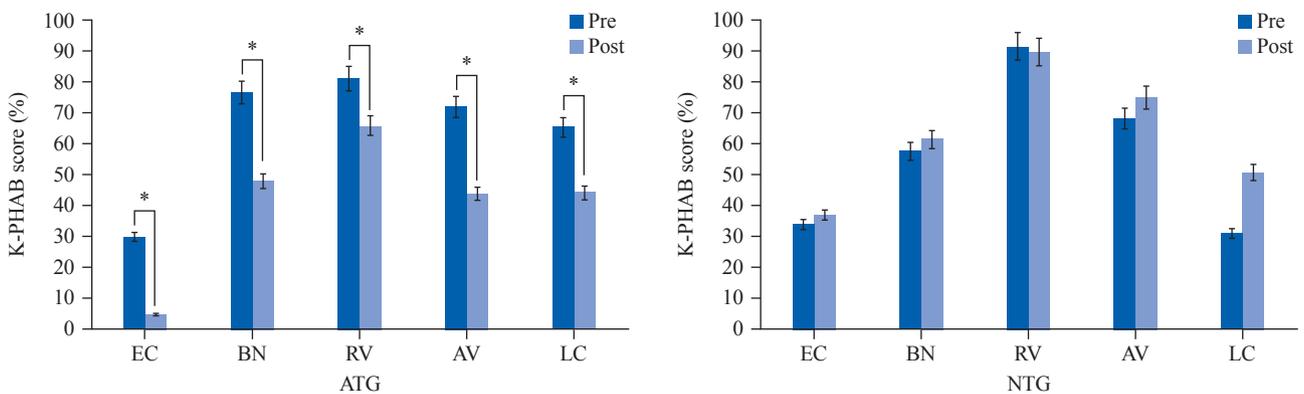


Figure 6. K-PHAB scores in pre- and post-auditory. K-PHAB: Korean version of Profile of Hearing Aid Benefit, Pre: pre-auditory training, Post: post-auditory training, EC: ease of communication, BN: background noise, RV: reverberation, AV: aversiveness of sound, LC: localization, ATG: auditory training group, NTG: non training group. * $p < 0.05$.

을 유추해 볼 수 있겠다.

Ease of language understanding (ELU) 모형은 작업기억이 소음하 어음인지력과 연관이 있다는 대표적인 모형이다 (Rönnerberg et al., 2013). ELU에서는 소음 하에서 어음의 신호가 정확하지 않거나 왜곡될 때 장기기억에 저장된 언어 정보를 음운(phonological information), 의미(semantic information), 구문(syntactic information), 운율(prosodic information) 정보를 사용하게 된다. 그러므로 난청인의 경우 소음 하에서 어음의 모호함과 왜곡되게 들리게 되며 청력손실이 없는 자보다 조금 더 많은 작업기억에 의존하여 어음을 처리하여야 한다. 그렇기 때문에 소음하 어음인지력의 저하는 작업기억력의 저하로 이어지게 된다(Arehart et al., 2013; Gordon-Salant & Cole, 2016). 본 연구에서도 선행 연구와 같이 청능훈련을 통하여 작업기억량의 증가가 가능한지를 보기 위하여 훈련 전후에 숫자와 문장을 모두 사용한 작업기억력을 측정하였다. 본 검사에서 사용한 K-RRT의 문장 회상은 음운과 의미 지식을 조합하는 과제로 언어처리의 기억 능력을 반영한다(Shim, 2021). 연구 결과를 볼 때 청능훈련을 통해서 숫자폭의 증가와 회상 능력의 향상이 나타났다. 숫자폭 검사의 경우 순방향, 역방향 모두 훈련군에서 훈련 전후에 유의미한 차이를 보였으며, 문장 회상검사에서도 유의미한 차이를 보였다. 비훈련군에서는 유의미한 차이가 없는 것으로 보아 청능훈련이 작업기억력에 영향을 끼치는 것으로 해석할 수 있다.

소음하 어음인지력과 숫자, 문장 작업기억력은 훈련 후 증가가 있었지만 소음하 청취 노력은 유의한 증가가 없는 것으로 나타났다. 듣기 노력은 어음을 잘 듣기 위해 집중하는 데 들이는 노력을 의미하며 난청으로 인하여 뇌로 전달되는 청각적 신호가 약해지고 이를 보상하기 위해서 조금 더 잘 듣기 위하여 노력을 더하게 된다. 이러한 듣기 노력은 소음 하에서 어음을 들을 때가 조용한 곳에서 들을 때보다 훨씬 더 많이 필요하게 된다. 듣기 노력을 많이 기울이게 되면 신체적, 정신적으로 쉽게 피로해지고 이러한 피로로 인하여 인지 기능에 영향을 끼치게 된다(Ohlenforst et al., 2017). 훈련군에 속한 대상자들의 보고에 따르면 훈련 전에는 듣기 노력을 통해서도 문장을 듣고 이해하기가 어려웠고 특히 소음 속에서 못 알아듣는다는 생각 때문에 듣기 노력을 처음부터 포기하거나 듣다가 포기해버렸던 태도가 훈련 후에는 더 잘 알아듣기 위해서 더 많이 귀를 기울이게 되는 청취 노력을 하는 자세로 바뀌었고 청취 중에도 집중력이 많이 생겼다고 대상자들은 보고하였다. 즉, 여전히 듣기 노력을 하고 있지만 듣기 위한 태도가 바뀌는 효과가 발생하였다. 그러나 본 설문지로는 이러한 대상자들의 태도의 변화는 반영하지 못하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 K-RRT에서 실시하는 숫자폭 검사, 회상검사, 듣기 노력 검사 외에 의사소통 능력과 관련된 인지검사의 변화

를 보기 위하여 인지 의사소통 검사(BCCD)를 실시하였다. 인지력과 청력과 밀접한 관련이 있다는 연구는 많은 연구에서 증명되었다. Fulton et al.(2015)의 체계적 문헌고찰 연구에 의하면 청력의 손실은 인지력의 저하와 유의한 관련이 있으며 청력의 손실이 치매 등의 인지력장애를 일으킬 수 있는 가능성이 있다고 보고하였다. 그러므로 인지력의 저하의 속도를 늦추기 위해서는 청력의 재활이 필요하다고 할 수 있다. 본 연구를 통해서 청능훈련이 인지력 및 의사소통의 향상될 수 있음을 증명하고자 하였다. BCCD는 인지 영역과 의사소통 영역으로 나뉘게 되며 인지력에는 주의력, 시지각력, 기억력, 고차원적 이해를 평가하고 의사소통 영역에서는 이해, 표현/읽기 그리고 화용언어에 대한 영역을 평가한다. 연구 결과 훈련군에서 통계적으로 유의미한 증가가 있었는데 반하여 비훈련군에서는 유의미한 증가가 없는 것으로 나타났다. 사실 청능훈련이 전반적인 인지와 의사소통 능력의 증가로 이어질 수 있다는 증거가 될 수 있다. 그러나 BCCD의 경우 각 영역을 인지력 및 의사소통의 다양한 영역을 간단하게 한두 문항으로 평가하여 보다 자세한 노인의 인지력 및 의사소통의 능력 향상을 보고자 할 경우에는 조금 더 자세한 평가를 실시하여야 할 것이다.

본 연구에서 사용한 웹 기반 청능훈련의 경우 청각전문가와도 실시할 수 있으며 혼자 원하는 장소와 원하는 시간에 훈련을 실시할 수 있는 장점이 있다. 그러나 “말귀” 웹 기반 청능훈련을 임상에서 적극적으로 권장하기 위해서는 여러 가지 후속 연구가 필요하리라 본다. 첫째, 혼자 청능훈련을 실시할 경우 훈련의 정확성, 지속성 등이 문제가 될 수 있기 때문에 후속 연구로는 전문가 없이 웹 기반 청능훈련을 혼자 실시하였을 경우와 전문가와 함께 실시한 경우 그리고 하이브리드로 진행할 경우에 청능훈련의 결과의 차이에 대한 연구가 필요할 것으로 본다. 둘째, 노인들의 경우 스마트 기기의 사용 등에 어려움이 있을 수 있기 때문에 훈련 프로그램 사용의 용이성에 대한 연구도 필요하리라 본다. 셋째, 이 외 훈련 콘텐츠에 대한 다양성, 즉 훈련 대상자들이 흥미로워하는 콘텐츠를 훈련 도구로 사용하였을 때의 효율성 등에 대한 연구도 필요하다.

중심 단어: 노인, 청능훈련, 소음하 어음인지, 인지, 의사소통 능력.

Ethical Statement

This study was approved by the Institutional Review Board of Hallym University of Graduate Studies (HUGSAUD #172504).

Acknowledgments

We thank all participants who participated in this study.

Declaration of Conflicting Interests

There is no conflict of interests.

Funding

N/A

Author Contributions

Conceptualization: Junghwa Bahng. Data curation: Hyo Sun Chung. Formal analysis: Hyo Sun Chung. Methodology: Junghwa Bahng. Supervision: Junghwa Bahng. Validation: Hyo Sun Chung. Visualization: Hyo Sun Chung. Writing—original draft: Hyo Sun Chung. Writing—review & editing: Junghwa Bahng. Approval of final manuscript: all authors.

ORCID iDs

Hyo Sun Chung <https://orcid.org/0009-0003-3534-0814>

Junghwa Bahng <https://orcid.org/0000-0002-5265-3586>

REFERENCES

- Akeroyd, M. A. (2008). Are individual differences in speech reception related to individual differences in cognitive ability? A survey of twenty experimental studies with normal and hearing-impaired adults. *International Journal of Audiology, 47* Suppl 2, S53-S71.
- Anderson, S., White-Schwoch, T., Choi, H. J., & Kraus, N. (2013). Training changes processing of speech cues in older adults with hearing loss. *Frontiers in Systems Neuroscience, 7*, 97.
- Arehart, K. H., Souza, P., Baca, R., & Kates, J. M. (2013). Working memory, age and hearing loss: Susceptibility to hearing aid distortion. *Ear and Hearing, 34*(3), 251.
- Baek, S. S. & Lee, J. H. (2016). Development of crossword puzzles for auditory training. *Audiology and Speech Research, 12*(2), 103-108.
- Borch Petersen, E., Lunner, T., Vestergaard, M. D., & Sundewall Thorén, E. (2016). Danish reading span data from 283 hearing-aid users, including a sub-group analysis of their relationship to speech-in-noise performance. *International Journal of Audiology, 55*(4), 254-261.
- Fulton, S. E., Lister, J. J., Bush, A. L. H., Edwards, J. D., & Andel, R. (2015). Mechanisms of the hearing-cognition relationship. *Seminars in Hearing, 36*(3), 140-149.
- Gohari, N., Dastgerdi, Z. H., Rouhbakhsh, N., Afshar, S., & Mobini, R. (2023). Training programs for improving speech perception in noise: A review. *Journal of Audiology and Otolaryngology, 27*(1), 1-9.
- Gordon-Salant, S. & Cole, S. S. (2016). Effects of age and working memory capacity on speech recognition performance in noise among listeners with normal hearing. *Ear and Hearing, 37*(5), 593-602.
- Gordon-Salant, S. & Fitzgibbons, P. J. (1999). Profile of auditory temporal processing in older listeners. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 42*(2), 300-311.
- Healy, E. W. & Yoho, S. E. (2016). 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC): *Difficulty Understanding Speech in Noise by the Hearing Impaired: Underlying Causes and Technological Solutions*. Orlando, FL: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Henshaw, H. & Ferguson, M. A. (2013). Efficacy of individual computer-based auditory training for people with hearing loss: A systematic review of the evidence. *PLoS One, 8*(5), e62836.
- Jo, Y. Y., Bahng, J., & Lee, J. H. (2013). Case study of auditory training for an elderly hearing aid user. *Audiology, 9*(2), 190-194.
- Kang, D., Kim, S. H., Yun, D., & Bahng, J. (2020). Auditory training using remembering the order of sentences for the elderly who wear hearing aids: Is it effective for speech perception in noise, working memory and reasoning ability? *Audiology and Speech Research, 16*(2), 124-132.
- Kang, Y., Chin, J. H., & Na, D. L. (2002). A normative study of the digit span test for the elderly. *Korean Journal of Clinical Psychology, 21*(4), 911-22.
- Kang, Y., Park, J., Yu, K. H., & Lee, B. C. (2010). The 20th Annual Rotman Research Institute Conference, The Frontal Lobes: *The Validity of the Korean-Montreal Cognitive Assessment (K-MoCA) as a Screening Test for both MCI and VCI*. Toronto: Metro Toronto Convention Centre.
- Kim, D. & Lee, K. (2020). Development of Korean version of profile of hearing aid benefit-quick version. *Audiology and Speech Research, 16*(3), 196-205.
- 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. & Lee, K. (2017). Efficacy on word and sentence recognition by auditory training using environmental sound for elderly hearing impaired. *Audiology and Speech Research, 13*(2), 115-122.
- 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.
- Korean Statistical Information Service (KOSIS). (2021, November 18). *Status of Disabled Persons: Number of Registered Disabled Persons by Age, Type of Disability, and Gender*. KOSIS. Retrieved from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=202&tblId=DT_1137.
- Kwak, C. B. & Han, W. J. (2021). A Systematic review and meta-analysis for better measurement of listening effort in adults with hearing loss. *Audiology and Speech Research, 17*(1), 1-14.
- Lee, M. S., Kim, B. S., Lim, J. S. (2021). *Brief Test of Cognitive-Communication Disorders (BCCD)*. Seoul: Insight of psychology.
- 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.
- Meari. (2023). *Hearing and Training Digital Solutions*. Meari. Retrieved from <https://www.meari.app/content/63>.
- Mills, J. H., Schmiedt, R. A., Schulte, B. A., & Dubno, J. R. (2006). Age-related hearing loss: A loss of voltage, not hair cells. *Seminars in Hearing, 27*(4), 228-236.
- Ohlenforst, B., Zekveld, A. A., Jansma, E. P., Wang, Y., Naylor, G., Lorens, A., et al. (2017). Effects of hearing impairment and hearing aid amplification on listening effort: A systematic review. *Ear and Hearing, 38*(3), 267.
- Rönnerberg, J., Lunner, T., Zekveld, A., Sörqvist, P., Danielsson, H., Lyxell, B., et al. (2013). The Ease of Language Understanding (ELU) model: Theoretical, empirical, and clinical advances. *Frontiers in*

- Systems Neuroscience*, 7, 31.
- Saunders, G. H., Smith, S. L., Chisolm, T. H., Frederick, M. T., McArdle, R. A., & Wilson, R. H. (2016). A randomized control trial: Supplementing hearing aid use with Listening and Communication Enhancement (LACE) auditory training. *Ear and Hearing*, 37(4), 381-396.
- Schneider, B. (1997). Psychoacoustics and aging: Implications for everyday listening. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 21(2), 111-124.
- Schneider, B. A., Pichora-Fuller, K., Daneman, M. (2010). Effects of Senescent Changes in Audition and Cognition on Spoken Language Comprehension. In Gordon-Salant, S., Frisina, R., Popper, A., & Fay, R. *The Aging Auditory System* (pp.167-210). New York, NY: Springer.
- Shim, S. Y. (2021). Development and application of Korean Repeat and Recall Test (K-RRT). (Doctoral dissertation). Chuncheon: Hallym University.
- Smith, G. E., Housen, P., Yaffe, K., Ruff, R., Kennison, R. F., Mahncke, H. W., et al. (2009). A cognitive training program based on principles of brain plasticity: Results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57(4), 594-603.
- Song, H. J. & Choi, J. Y. (2006). A normative study of the digit span and the spatial span for the elderly Koreans. *Korean Journal of Clinical Psychology*, 25(2), 505-532.
- Tye-Murray N. (2021). A digital therapeutic and hearing health coach for enhancing first-time hearing aid experiences. *Hearing Review*, 28, 25-26.
- World Health Organization. (2020, March 1). *Deafness and Hearing Loss*. World Health Organization. Retrieved from <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- Willott, J. F. (1996). Anatomic and physiologic aging: A behavioral neuroscience perspective. *Journal-American Academy of Audiology*, 7(3), 141-151.
- 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.