



Efficacy of a Closed-Set Auditory Training Protocol on Speech Recognition of Adult Hearing Aid Users

Ji Young Jeong^{1,2}, Junghwa Bahng^{2,3} , and Jae Hee Lee^{2,3}

¹J. W. Hearing Aid Center, Andong; and ²Department of Audiology and Speech-Language Pathology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul; and ³HUGS Center for Hearing and Speech Research, Seoul, Korea

객관식형 청능훈련 프로토콜이 보청기 착용 성인의 어음인지에 미치는 효과

정지영^{1,2} · 방정화^{2,3} · 이재희^{2,3}

장원보청기센터,¹ 한림국제대학원대학교 청각언어치료학과,² 청각언어연구소³

Received September 23, 2019

Revised December 3, 2019

Accepted December 20, 2019

Address for correspondence

Jae Hee Lee, PhD

Department of Audiology and
Speech-Language Pathology,
HUGS Center for Hearing and
Speech Research, Hallym University
of Graduate Studies,
427 Yeoksam-ro, Gangnam-gu,
Seoul 06198, Korea
Tel +82-2-2051-2942
Fax +82-2-3453-6618
E-mail leejaehee@hallym.ac.kr

Junghwa Bahng, PhD

Department of Audiology and
Speech-Language Pathology,
HUGS Center for Hearing and
Speech Research, Hallym University
of Graduate Studies,
427 Yeoksam-ro, Gangnam-gu,
Seoul 06198, Korea
Tel +82-70-8680-6933
Fax +82-2-3453-6618
E-mail bahng.jh@gmail.com

Background and Objectives Auditory training involves active listening to auditory stimuli, and it has garnered attention in recent years because it enhances speech-in-noise recognition and the satisfaction of hearing aids. The purpose of this study was to determine the efficacy of a closed-set auditory training protocol for adult hearing aid users. We also evaluated the retention effect of training at a 1-month follow-up test after the completion of training.

Subjects and Method Twenty-two hearing-impaired listeners who have used bilateral hearing aids for more than two months participated in this study. Out of 22 participants, 12 participants (training group, TG) received an 8-week auditory training while 10 participants did not receive any training (non-training group, NTG). For training, three types of closed-set training materials (environmental sounds, words, and sentences) were used. The training was conducted eight times over eight weeks (one session per week, about one hour per session). The difficulty level was adjusted by controlling the number of closed-set choices and the signal-to-noise ratios. To determine the efficacy of training, open-set speech recognition abilities and subjective hearing aid satisfaction were evaluated.

Results All the open-set speech recognition performances of the TG were enhanced after the closed-set auditory training, while the performance of the NTG was not significantly changed. The auditory training had a positive impact on the TG individuals' subjective satisfaction of hearing aids. The improvement from training was maintained over one month after the completion of the auditory training.

Conclusion The closed-set auditory training protocol might lead to enhanced speech understanding as well as more satisfaction with hearing aids for adult hearing aid users.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2021;64(2):70-6

Key Words Auditory rehabilitation · Closed-set auditory training · Hearing aid user.

서론

청각손실은 65세 이상 고령자의 만성질환 중 하나로¹⁾ 개인
의 일상생활에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 청각손실로 인

하여 소리의 근원을 비롯한 언어의 이해, 방향성 확인 등과
같은 어려움이 발생할 수 있으며,²⁾ 간접적으로는 사회적 고
립,³⁾ 우울,⁴⁾ 몸의 균형,⁵⁾ 심혈관 질환,⁶⁾ 당뇨,⁷⁾ 치매⁸⁾ 등의 문제
와 연관될 수 있다. 청각손실이 있음에도 중재를 받지 않을
경우 본인은 물론 가족, 동료와의 관계에도 부정적인 영향을
미칠 수 있다.⁹⁾

보청기는 대표적인 청력 재활도구 중 하나로 난청인의 귀에

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.

장착하여 소리를 증폭하여 주는 기기이다. 최근 다양한 기술 발전으로 인하여 보청기 착용 후 조용한 상황에서의 가청도 (audibility)와 소리의 질은 향상되었지만 다양한 일상 소음하 어음인지능력은 사용자들이 만족할만큼 개선되지 않았다. 성공적으로 언어를 처리하기 위해서는 말초청각신경이 아닌 중추청각처리 및 인지 시스템에서 음향신호를 코딩하고 통합하여 처리해야 하는데, 보청기를 통한 소리 증폭이 난청과 노화로 인한 중추청각처리 능력 저하를 만족스럽게 보상하지 못하여 다양한 소음 환경에서 의사소통 하는데 한계가 발생한다.¹⁰⁾

보청기만으로 의사소통의 불편함을 해소하지 못한 보청기 사용자에게 청능훈련을 시행할 경우 의사소통 능력이 향상하고 보청기에 대한 만족도가 증가할 수 있다.^{11,12)} 청능훈련은 청각자극에 반응하는 뇌 가소성(brain plasticity)을 기반으로 그 원리를 설명한다. 청각 자극을 집중적으로 제시하는 청능훈련을 시행할 경우 지속적이고 반복적인 청각자극이 새로운 신경네트워크를 생성하고 뇌가 학습하게 되어 결과적으로 뇌 가소성을 꾀할 수 있다.¹³⁾ 인간 혹은 동물을 대상으로 집중적인 듣기 훈련 후 한 행동청각반응 및 청성유발전위 반응을 측정한 결과, 중추청각시스템에 뇌 가소성이 발생하였음을 밝혔다.^{10,14,15)} 청능훈련의 긍정적인 효과와 더불어 청능훈련으로 개선된 어음인지능력이 훈련 종료 약 2개월 후,¹⁶⁾ 4개월 후,¹⁷⁾ 6개월 후¹⁸⁾까지도 유지되어 청능훈련의 효과가 장기적으로 유지될 수 있음이 보고된 바 있다.

청능훈련의 효과를 밝힌 다양한 연구에서 훈련 자극음의 종류, 총 훈련 기간, 주당 훈련 횟수, 훈련 절차, 훈련 효과의 정량화 방법 등이 서로 달랐다.¹⁹⁾ 청능훈련 효과를 밝힌 대부분의 연구에서 난청인을 대상으로 보기가 없는 조건에서 (open-set) 무의미음절 혹은 일이음절 단어 등을 듣고 반복하여 따라말하는 훈련을 주로 시행하였다.¹⁹⁾ 이러한 연구 디자인은 특정 자극음에 대한 훈련 효과를 밝히는데 유리한 장점이 있으나 30~50분 가량 동일한 훈련을 반복하게 되어 지루함, 스트레스 등을 유발할 수 있다.²⁰⁾ 특히 어음인지도가 낮은 대상자의 경우 보기가 없는 조건에서 음소를 변별하거나

소음하에서 어음을 인지하는 것이 좌절감을 일으킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 보청기 착용 성인을 대상으로 세 가지 종류의 자극음(환경음, 단어, 문장)을 활용하여 보기가 있는(closed-set) 청능훈련 프로토콜을 시행하였다. 훈련의 효과를 정량화하기 위하여 보기가 없는 조건(open-set)에서 객관적 어음인지도(조용한 상황속 단어인지도, 소음하 단어인지도 및 문장인지도)를 측정하고 주관적 보청기 만족도의 변화를 확인하였다. 청능훈련군과 비훈련군의 결과를 비교하는 것 외에 훈련군의 경우 훈련 종료 1개월에도 재평가를 실시하여 훈련의 효과가 유지되는지 평가하였다.

대상 및 방법

대 상

최소 2개월 이상 양이에 보청기를 사용 중인 난청 성인 22명 (남: 6명, 여: 16명)이 연구 대상자로 참여하였다. 22명 중 12명은 청능훈련군(training group, TG)으로 참여하였고, 나머지 10명은 청능훈련을 받지 않는 비훈련군(non-training group, NTG)으로 참여하였다. 모든 연구 대상자는 난청 외에 다른 이과적 병력이 없었으며, 전기음향학적 보정을 시행한 GSI-PELLO(Grason-Stadler Inc., Eden Prairie, MN, USA)와 DD-45(RadioEar Corporation, New Eagle, PA, USA) 헤드폰을 사용하여 방음실에서 순음청력검사를 실시하였다. Table 1은 TG, NTG 대상자의 평균 나이, 보청기 착용 전후 500, 1000, 2000 Hz 주파수의 양이 평균순음역치(pure tone threshold average, PTA), 보청기 착용 후 일상대화음레벨[65 dB sound pressure level(SPL)]에서 음장 평가로 측정된 양이 단어인지도(word recognition score, WRS), 평균 보청기 사용 시간을 보여준다. 독립표본 t 검정 분석 결과 TG와 NTG 대상자 간 나이, 보청기 착용 전후 측정된 주파수별 청력과 PTA, 보청기 착용 후 측정된 단어인지도, 하루 보청기 착용 시간 모두 통계적으로 유의하게 다르지 않았다($p>0.05$).

훈련을 시작하기 전 보청기 성능분석 장비(Affinity 2.0,

Table 1. Demographic characteristics of TG and NTG

	TG	NTG
Age	72.17 years of age (SD: 8.93)	73.30 years of age (SD: 9.15)
Unaided PTA	Left ear: 57.22 dB HL (SD: 13.66) Right ear: 53.61 dB HL (SD: 11.89)	Left ear: 53.50 dB HL (SD: 7.31) Right ear: 57.33 dB HL (SD: 12.67)
Aided PTA	Left ear: 35.67 dB HL (SD: 5.65) Right ear: 35.68 dB HL (SD: 4.52)	Left ear: 32.82 dB HL (SD: 6.54) Right ear: 34.80 dB HL (SD: 10.30)
Aided WRS at conversational speech level (65 dB SPL)	Left ear: 60.83% (SD: 15.87) Right ear: 56.75% (SD: 14.91)	Left ear: 60.80% (SD: 13.96) Right ear: 61.90% (SD: 17.21)
Daily use of hearing aids	9.25 hours (SD: 2.56)	9.60 hours (SD: 2.37)

TG: training group, NTG: non-training group, PTA: pure tone threshold average, WRS: word recognition score

Interacoustics, Middelfart, Denmark)를 이용하여 대상자의 보청기 적합 상태를 확인하였고 매번 훈련을 시작하기 전 보청기의 이상 유무를 확인하였다. 연구에 참여하기 전 대상자들에게 본 연구의 목적, 방법 및 진행 절차에 대한 설명을 제공하였으며 참여자들의 동의 후에 연구를 진행하였다(IRB: HUGSAUD439175).

청능훈련 도구 및 절차

청능훈련은 주 1회 8주간(총 8회) 실시하였으며, 각 회당 청능훈련 40분, 상담 20분으로 구성하였다. 환경음,²¹⁾ 단어,²²⁾ 문장²³⁾을 훈련 자극음으로 사용하였고 대상자는 들은 음원을 보기 안에서 고르는(closed-set) 청능훈련을 시행하였다. 본 연구에서 사용한 자극음 중 Ahn과 Lee²¹⁾의 환경음은 청능훈련을 목적으로 개발 및 검증한 것으로 80% 이상의 인지도를 보이는 친숙한 환경음(교통수단, 신체, 동물, 악기에 관련된 소리와 실내외 환경음 등) 총 44개의 음원을 포함한다. 대상자가 각 환경음 음원을 듣고 5개의 보기 중 들은 소리에 해당하는 그림을 고를 수 있도록 제작되어 있다. Ryu 등²²⁾의 단어는 초성 혹은 중성 자음이 서로 다른 일음절 단어 총 300개를 포함하며, 4개의 보기를 이용하여 특정 자음의 인지를 목표로 훈련을 기획하는 것이 가능하다. 마지막으로 Lee 등²³⁾의 문장은 청능훈련을 목적으로 개발한 것으로 50개(주어 10개, 형용사 10개, 목적어 10개, 수사 10개, 동사 10개)의 보기 단어 중 5개의 병렬식 단어 조합으로 문장이 이루어진다. 모든 문장의 길이가 같고 동일한 구조를 가지며, 10⁵개의 조합이 가능하므로 반복된 훈련을 시행해도 문장 자체를 외워서 대답할 가능성이 적다는 장점이 있다.

매 훈련 회기마다 세 가지 자극음(환경음, 단어, 문장 자극음)을 모두 사용하였고 세 가지 자극음의 제시 순서는 무작위로 변경하였다. 청능훈련의 난이도가 너무 쉬울 경우 대상자가 훈련을 지루해 할 수 있고 훈련의 난이도가 너무 어려울 경우 대상자가 좌절감과 스트레스를 느낄 수 있다. 따라서 훈련 시 대상자가 50~80%의 정반응을 보일 수 있는 난이도를 유지하고자 보기의 개수, 듣기 조건(조용한 상황→9→6→3→0 dB 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)) 등을 조절하였다. 훈련 시 대상자가 정반응을 보이지 못한 경우 피드백으로 최대 3회까지 자극음을 들려주었다.

모든 자극음과 어음스펙트럼잡음²³⁾의 실효값(root mean square)이 일정하도록 조절 후(Adobe Audition CC 2015, Adobe System Inc, San Jose, CA, USA) 조용한 상황 및 0, 3, 6, 9 dB SNR에서 자극음을 제시할 수 있도록 음원을 제작하였다. 훈련용 자극음은 대상자로부터 1미터 떨어진 스피커(PISnet SoundBox, SAMJI-IT, Seoul, Korea)와 컴퓨

터(I5 9400F, ASSACOM, Seoul, Korea)를 통해 약 70 dB SPL에서 제시하였다. 청능훈련은 소음측정기(TES-1350A sound level meter, TES Electrical Electronic Corp, Taipei, Taiwan)를 사용하여 소음 레벨이 40 dBA 이하의 방에서 시행하였다.

청능훈련 효과 평가

청능훈련의 효과를 평가하기 위해 TG, NTG 대상자 모두 보청기 착용 후 동일한 시기에 총 3회의 평가를 시행하였다. 훈련에 참여했던 TG 대상자에게는 청능훈련 시작 전인 0주(pre-training), 훈련이 끝난 8주(post-training), 청능훈련이 끝난 한 달 후인 12주(1-month follow-up)에 재평가를 받았다. 훈련을 종료한지 1개월 후 재평가(1-month follow-up)를 시행한 이유는 훈련 종료 1개월 후에 훈련 후 개선된 인지도가 유의하게 감소하지 않고 유지되는지를(retention effect) 확인하기 위함이었다. NTG는 훈련에 참여하지 않았던 대상자이므로 동일한 평가시기(0, 8, 12주)에 재평가만을 시행하였다.

훈련 후 보기없이 측정한(open-set) 어음인지도의 변화를 확인하기 위해 한국어음청각검사²⁴⁾의 녹음된 어음을 이용하여 조용한 상황에서의 단어인지도(WRS), 소음하 WRS, 소음하 문장인지도(sentence recognition score, SRS)를 측정하였다. 소음하 단어인지도 및 문장인지도 측정을 위해 목표 어음과 다화자 배경소음²⁵⁾이 6 dB SNR에서 제시될 수 있도록 제작하였다(Adobe Audition CC 2015, Adobe System Inc). 평가용 음원은 청력검사기(GSI-PELLO, Grason-Stadler Inc., Eden Prairie, MI, USA), 컴퓨터(I5 9400F, ASSACOM), 음장검사용 스피커(JBL Control 1 Pro, JBL professional, Los Angeles, CA, USA)를 통해 65 dB SPL에서 제시하였다.

위의 객관적 평가 외에 청능훈련 전후 보청기 만족도의 변화를 확인하기 위해 Korean version of International Outcome Inventory for Hearing Aids(K-IOI-HA)²⁶⁾ 설문지를 시행하였다. K-IOI-HA는 자가 보고형 보청기 사용자의 주관적 만족도 설문 도구이며, 총 7개의 문항(하루 평균 사용시간, 도움의 정도, 사용 후 개선 정도, 보청기 사용의 가치, 보청기 사용 후 불편 정도, 타인에게 미치는 부정적 상황, 삶의 질 개선 정도)으로 이루어져 있으며 구성개념 타당도를 만족한다. 7개 문항당 최소 1점에서 최대 5점의 대답이 가능하여 최대 35점의 점수가 가능하다.

데이터 분석

수집된 결과는 Statistical Product and Service Solution 25.0 (SPSS 25.0 version; IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 반복측정된 이원분산분석(two-way ANO-

VA with repeated measures)을 시행하여, 그룹간 변수(TG vs. NTG), 그룹 내 변수인 평가시기(0, 8, 12주)에 따라 조용한 상황에서의 WRS, 소음하 WRS, 소음하 SRS가 유의하게 달랐는지, 두 변수 간 상호작용(interaction)이 있는지 확인하였다. Mauchly의 구형성 가정이 위배된 경우 Greenhouse-geisser 수정된 F값과 자유도를 보고하였다. Wilcoxon 부호순위 비모수 검정을 통해 두 그룹(TG, NTG) 간 K-IOI-HA 보청기 만족도 설문 결과를 비교하였다. Pearson 상관분석 혹은 Spearman 비모수 상관분석을 통하여 객관적 어음인지도 향상 간 상관성, 객관적 결과와 주관적 설문 결과간 상관성 등을 확인하였다. 모든 분석은 $p < 0.05$ 를 기준으로 유의성을 확인하였고, 유의한 주효과로 다중비교가 필요한 경우 1종 오류의 증가를 조정하기 위해서 Bonferroni correction을 적용하였다.

결 과

평가시기에 따른 평균 어음인지도

보기가 있는 청능훈련 프로토콜의 효과를 평가하기 위해 대상자 모두 동일한 평가시기(0, 8, 12주)에 보기를 제시하지 않고(open-set) 조용한 상황 속 WRS, 소음하 WRS, 소음하 SRS를 측정하였다. 평가시기에 따른 두 그룹의 평균 어음인지도는 Fig. 1에 나타내었다. 먼저 TG 대상자의 인지도를 살펴보면(Fig. 1A), 훈련 전(0주), 훈련 후(8주), 훈련 종료 1개월 후(12주)의 평가시기 순서대로 조용한 상황 속 WRS는 평균 58.79%(표준편차: 13.77), 72.33%(표준편차: 12.67), 72.71%(표준편차: 13.15)이었고, 소음하 평균 WRS는 위의 평가시기 순서대로 52.75%(표준편차: 17.85), 68.79%(표준편차: 20.07), 70.42%(표준편차: 18.87), 마지막으로 소음하 평균 SRS는 위의 평가시기 순서대로 65.75%(표준편차: 24.08), 77.58%(표준

편차: 26.37), 78.71%(표준편차: 26.91)이었다. NTG 대상자의 인지도를 살펴보면(Fig. 1B), 0, 8, 12주의 순서대로 조용한 상황에서의 WRS는 평균 61.35%(표준편차: 13.08), 63.95%(표준편차: 13.03), 65.25%(표준편차: 12.50)이었고, 평균 소음하 WRS는 55.10%(표준편차: 16.69), 59.80%(표준편차: 15.55), 60.15%(표준편차: 15.30), 평균 소음하 SRS는 68.60%(표준편차: 14.79), 71.45%(표준편차: 15.70), 71.65%(표준편차: 15.96)이었다.

평가시기(0, 8, 12주)와 그룹(TG, NTG)에 따른 주효과, 평가시기와 그룹 간 이원상호작용을 확인하기 위해 반복측정된 이원분산분석을 시행하였다. 먼저 평가시기에 따른 주효과는 모든 결과에서 유의하였다[조용한 상황 WRS: $F(1.15, 22.99) = 59.32$; 소음하 WRS: $F(1.33, 26.61) = 53.78$, 소음하 SRS: $F(1.25, 25.00) = 23.02$]. 그룹에 따른 주효과는 모든 결과에서 유의하지 않았다[조용한 상황 WRS: $F(1, 20) = 0.65$; 소음하 WRS: $F(1, 20) = 0.58$; 소음하 SRS: $F(1, 20) = 0.14$]. 평가시기와 그룹 간 이원상호작용은 모든 평가결과에서 유의하였다[조용한 상황 WRS: $F(1.15, 22.99) = 22.56$; 소음하 WRS: $F(1.33, 26.61) = 16.38$; 소음하 SRS: $F(1.25, 25.00) = 8.73$]. 즉 평가시기에 따른 인지도 변화 패턴이 두 그룹간 달랐음을 의미한다.

이원상호작용이 유의하였으므로 TG와 NTG 대상군 각각의 결과에서 평가시기에 따른 주효과와 Bonferroni 수정된 다중비교 결과를 확인하였다. TG 대상자의 경우 청능훈련 전(0주) 보다 청능훈련 후(8주) 모든 인지도가 유의하게 향상하였고, 청능훈련 후(8주) 보다 훈련 종료 1개월 후(12주) 인지도에 유의한 변화가 없었다[조용한 상황 WRS: $F(1.07, 11.73) = 53.41$; 소음하 WRS: $F(1.19, 13.14) = 20.28$; 소음하 SRS: $F(1.19, 13.14) = 20.28$]. NTG의 경우 모든 결과에서 평가시기에 따른 유의한 변화가 없었다.

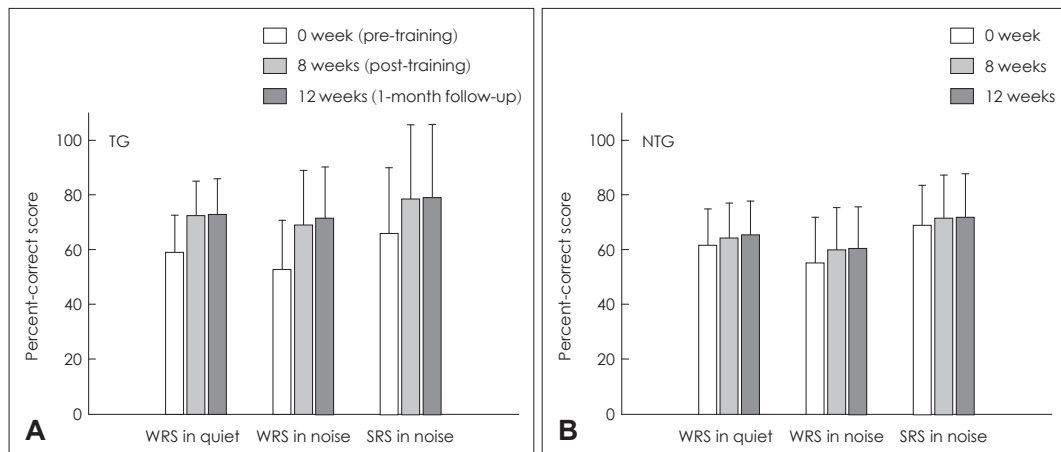


Fig. 1. Mean aided speech recognition scores obtained from three test periods (0, 8, 12 weeks) in TG (A) and NTG (B) (error bar: standard deviations). TG: training group, NTG: non-training group, WRS: word recognition score, SRS: sentence recognition score.

평가시기에 따른 개인별 어음인지도

청능훈련 효과를 확인할 때는 훈련 후 평균 인지도가 증가하였는지를 보는 것 외에 훈련에 참여한 대상자 개개인의 인지도가 모두 향상하였는지를 확인하는 것이 중요하다. 따라서 훈련에 참여한 TG 대상자 12명의 인지도 향상 정도를 Fig. 2에 제시하였다. 인지도 향상 정도는 훈련 후(8주) 측정된 인지도에서 훈련 전(0주) 측정된 인지를 빼 계산하였다.

먼저 조용한 상황에서 측정된 WRS는 평균 13.54% 향상하였고(Fig. 2A), 소음하 WRS는 16.04%(Fig. 2B), 소음하 SRS는 12.7% 증가하였다. 여기서 주목할 점은 12명 대상자 모두 훈련 전보다 훈련 후 조용한 상황의 WRS와 소음하 WRS가 향상하였고, S11을 제외한 11명 대상자 모두 훈련 후 소음하 SRS가 증가하였다. 이 중 S7 대상자의 경우 조용한 상황의 WRS가 27%, 소음하 WRS가 31.5%, 소음하 SRS가 22.5% 향상하여 모든 조건에서 인지도 향상 정도가 비교적 컸던 대

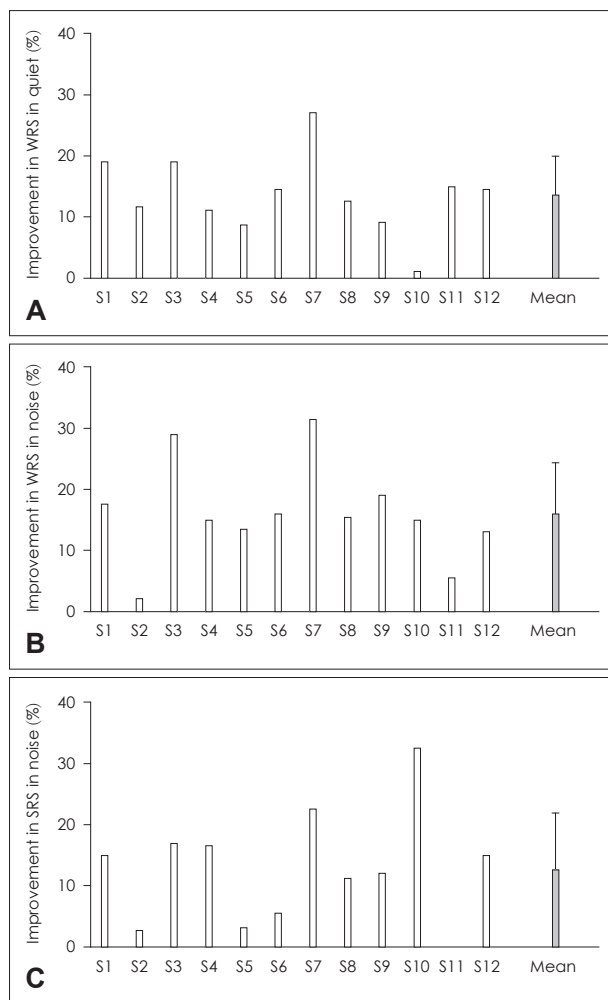


Fig. 2. Individual improvements of training group in speech recognition scores (error bar: standard deviations). S: subject, WRS: word recognition score, SRS: sentence recognition score.

상자 중 하나였다. 각 조건에서 측정된 개인별 인지도 향상 정도 간 상관성이 있는지 Pearson 상관분석을 시행한 결과 유의한 상관성이 관찰되지 않았다($p>0.05$). 즉, 조용한 상황에서 인지도가 많이 향상하였다고 소음상황에서의 인지도가 많이 증가한 것은 아니었다.

평가시기에 따른 주관적 보청기 만족도

본 연구에서는 0주와 8주에 K-IOI-HA²⁶⁾ 설문을 실시하여 훈련 전후 주관적 보청기 만족도의 변화를 확인하였다. TG 대상자의 경우, 훈련 전(0주)에 측정된 평균 K-IOI-HA 점수는 26.4점(표준편차: 1.7), 훈련 후(8주)에 측정된 평균 K-IOI-HA 점수는 29.5점(표준편차: 1.9)으로 3.1점 가량 증가하였다. NTG 대상자의 경우 0주와 8주에 측정된 점수가 각각 27.4점(표준편차: 1.9), 27.7점(표준편차: 2.3)이었다. Wilcoxon 부호 순위 비모수 검정 결과 TG 대상자는 훈련 전(0주)에 비해 훈련 후(8주) K-IOI-HA 점수가 유의하게 증가하였으나($Z=-3.1$), NTG 대상자의 0주와 8주 K-IOI-HA 점수는 유의하게 다르지 않았다($Z=-1.3$).

청능훈련 후 TG 대상자 개개인의 K-IOI-HA 변화를 확인하여 Fig. 3에 나타내었다. 그림을 통해 알 수 있듯이 TG 대상자 12명 모두 K-IOI-HA 점수가 최소 2점부터(S2, S5, S11) 최대 5점(S8) 증가하였다. 주관적 보청기 만족도 변화 정도와 객관적 인지도 변화 정도 간 상관성이 있는지 spearman 상관분석을 시행한 결과 TG 대상자의 K-IOI-HA 변화와 WRS, SRS 인지도 향상 정도 간 유의한 상관성이 없음을 확인하였다($p>0.05$). 이는 훈련 후 객관적 어음인지도 결과가 향상하였을지라도 실제로 대상자가 주관적으로 느끼는 보청기 만족도는 증가하지 않을 수 있음을 의미한다.

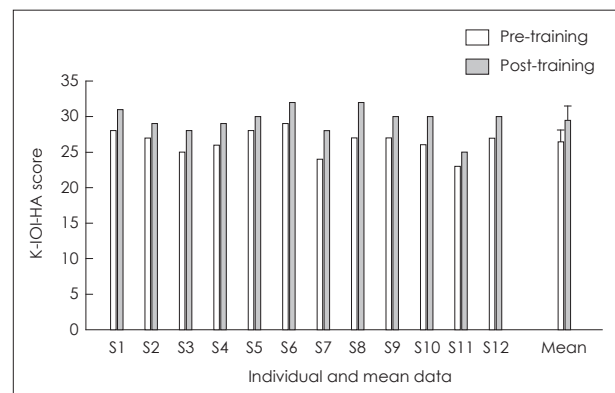


Fig. 3. Individual and mean K-IOI-HA scores of training group obtained from pre-training and post-training tests (error bar: standard deviations). S: subject, K-IOI-HA: Korean version of International outcome Inventory for Hearing Aids.

고찰

보기 없이(open-set) 어음인지평가가 불가능한 경우 보기가 있는(closed-set) 어음인지능력의 평가가 필요하듯이,²⁷⁾ 보기가 없는 청능훈련(open-set auditory training)이 어려운 경우 보기가 있는 청능훈련(closed-set auditory training)이 효과적일 수 있다. 다양한 연구자들이 청능훈련의 긍정적인 효과를 밝혔으며, 각 연구마다 훈련에 참여한 대상군, 훈련 자극음 종류, 훈련 빈도, 회차별 훈련 시간 및 기간, 훈련 절차 및 훈련의 평가 방법 등에는 차이가 있었으나 공통적으로 청능훈련 후 어음인지도가 향상하였다.^{11,12,16-20,28-30)} 본 연구에서는 양이 보청기 착용 성인을 대상으로 보기가 있는 청능훈련 프로토콜을 이용하여 8주간 훈련을 시행하였다. 훈련의 효과를 정량화하기 위해 훈련군과 비훈련군을 대상으로 보기를 제시하지 않고(open-set) 단어인지도와 문장인지를 측정하였고 더불어 주관적 보청기 만족도를 평가하였다.

분석 결과 어음의 종류나 듣기 조건에 상관없이 청능훈련에 참여한 TG군만 인지도가 향상하여(약 13~16%) 보기가 있는 훈련 프로토콜만을 사용하였음에도 불구하고 보기 없이 측정한 객관적 어음인지도가 긍정적으로 변화하였음을 알 수 있었다. 평균적으로 인지도가 향상한 것뿐 아니라 TG 대상자 대부분이 훈련으로 객관적 어음인지도와 보청기 만족도가 증가하였다. 본 연구와 유사하게 Lee 등¹⁷⁾은 보청기 착용 아동에게 문장을 제시하고 문장 내 단어를 그림 보기를 통해 맞추는 청능훈련을 시행하였다. 분석 결과 그림 보기를 이용한 청능훈련이 유의하게 어음인지를 향상시킬 뿐 아니라 훈련 종료 4개월 후까지 훈련으로 인해 개선된 인지도가 유의하게 변화하지 않았다고 밝혔다.

본 연구에서도 훈련 후 향상된 인지도가 훈련이 종료된 1개월 후에도 유의하게 저하되지 않고 유지됨(retention)을 확인하였다. 이러한 훈련효과의 유지는 다양한 선행연구에서도 확인된 바 있다. 인공와우 착용 성인에게 보기가 있는 조건에서 숫자를 이용하여 훈련을 시행한 결과 훈련 후 소음하 어음 인지가 증가하였고 훈련 종료 1개월후까지 훈련의 효과는 유지되었다.²⁹⁾ 43명의 보청기 착용 성인을 대상으로 재택 청능훈련(at-home auditory training)을 시행한 결과 훈련 종료 후 8개월까지 훈련 효과가 유지되었음을 밝혔다.³⁰⁾ 이와 같이 훈련 종료 후 훈련 효과가 유지되었던 것은 청능훈련으로 인하여 습득한 새로운 기술을 장기기억으로 효과적으로 잘 저장되었다고 볼 수 있다. 학습으로 인한 기억은 뉴런의 시냅스 가소성과 관련이 있으며 뇌 이미지 연구와 전기생리 연구에서 청능훈련으로 인해 중추청각시스템의 가소성이 발생할 수 있음을 증명하였다.¹⁴⁾

본 연구에 참여했던 TG 훈련 대상자 12명 중 S4, S5, S7, S12는 80대 보청기 착용 노인이었다. Fig. 2에 제시한 개개인별 인지도 향상 정도를 살펴보면 80대 보청기 사용자였던 S4, S5, S7, S12 모두 소음하 WRS가 13% 이상 증가하였다. 특히 85세 대상자였던 S7은 훈련 전보다 훈련 후 조용한 상황속 WRS는 27%, 소음하 WRS와 SRS가 32%, 23% 가량 증가하여 가장 많은 향상을 보인 대상자이었다. 본 연구 결과를 통해 청능훈련을 통해서 보청기 착용 노인의 소음하 어음인지 능력도 향상될 수 있다는 것을 확인하였다. 후속 연구에서는 청능훈련을 통한 어음인지능력의 향상 뿐 아니라 노인의 삶의 질, 우울 정도의 변화에 대한 평가가 함께 이루어지면 좋을 것이며, 훈련을 위해 기관을 방문하는 것이 어려운 대상자를 고려하여 재택 청능훈련의 효과를 확인하는 것이 필요하겠다.

Acknowledgments

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019S1A5A2A01039904).

Author Contribution

Conceptualization: Jae Hee Lee, Junghwa Bahng. Data curation: Ji Young Jung. Formal analysis: Jae Hee Lee, Ji Young Jung. Funding acquisition: Junghwa Bahng. Investigation: Ji Young Jung. Methodology: Ji Young Jung. Project administration: Jae Hee Lee. Resources: Junghwa Bahng. Supervision: Jae Hee Lee. Validation: Jae Hee Lee. Visualization: Ji Young Jung. Writing—original draft: Ji Young Jung, Jae Hee Lee. Writing—review & editing: Jae Hee Lee, Junghwa Bahng.

ORCID

Jae Hee Lee <https://orcid.org/0000-0002-4152-6434>
Junghwa Bahng <https://orcid.org/0000-0002-5265-3586>

REFERENCES

- 1) Jung YH, Ko SJ, Kim EJ. Research Report 2013-31-19: A study on the effective chronic disease management. Seoul: Korea Institute for Health and Social Affairs;2013.
- 2) Souza P, Hoover E, Blackburn M, Gallun F. The characteristics of adults with severe hearing loss. *J Am Acad Audiol* 2018;29(8):764-79.
- 3) Sung YK, Li L, Blake C, Betz J, Lin FR. Association of hearing loss and loneliness in older adults. *J Aging Health* 2016;28(6):979-94.
- 4) Mener DJ, Betz J, Genther DJ, Chen D, Lin FR. Hearing loss and depression in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2013;61(9):1627-9.
- 5) Lin FR, Ferrucci L. Hearing loss and falls among older adults in the United States. *Arch Intern Med* 2012;172(4):369-71.
- 6) Friedland DR, Cederberg C, Tarima S. Audiometric pattern as a predictor of cardiovascular status: Development of a model for assessment of risk. *Laryngoscope* 2009;119(3):473-86.
- 7) Bainbridge KE, Hoffman HJ, Cowie CC. Diabetes and hearing impairment in the United States: Audiometric evidence from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2004. *Ann Intern Med* 2008;149(1):1-10.
- 8) Osler M, Christensen GT, Mortensen EL, Christensen K, Garde E, Rosing MP. Hearing loss, cognitive ability, and dementia in men age 19-78 years. *Eur J Epidemiol* 2019;34(2):125-30.

- 9) Vas V, Akeroyd MA, Hall DA. A data-driven synthesis of research evidence for domains of hearing loss, as reported by adults with hearing loss and their communication partners. *Trends Hear* 2017;21:2331216517734088.
- 10) Moossavi A, Aghazadeh J. Efficacy of auditory training in older adults by electrophysiological tests. *Aud Vestib Res* 2019;28(3):146-57.
- 11) Kim J, Lee K. Effects on word and sentence recognition by auditory training using environmental sound for elderly hearing impaired. *Audiol Speech Res* 2017;13(2):115-22.
- 12) Jo YY, Bahng J, Lee JH. Case study of auditory training for an elderly hearing aid users. *Audiol* 2013;9(2):190-4.
- 13) Näätänen R, Schröger E, Karakas S, Tervaniemi M, Paavilainen P. Development of a memory trace for a complex sound in the human brain. *Neuroreport* 1993;4(5):503-6.
- 14) Anderson S, Kraus N. Auditory Training: Evidence for Neural Plasticity in Older Adults. *Perspect Hear Hear Disord Res Res Diagn* 2013;17:37-57.
- 15) Song JH, Skoe E, Banai K, Kraus N. Training to improve hearing speech in noise: Biological mechanism. *Cereb Cortex* 2012;22(5):1180-90.
- 16) Burk MH, Humes LE. Effects of long-term training on aided speech-recognition performance in noise in older adults. *J Speech Lang Hear Res* 2008;51(3):759-71.
- 17) Lee Y, Hwang H, Lee JH. Efficacy of auditory training on speech recognition in children wearing hearing aids. *Audiol Speech Res* 2019;15(4):249-57.
- 18) Burk MH, Humes LE, Amos NE, Strauser LE. Effect of training on word-recognition performance in noise for young normal-hearing and older hearing-impaired listeners. *Ear Hear* 2006;27:263-78.
- 19) Henshaw H, Ferguson MA. Efficacy of individual computer-based auditory training for people with hearing loss: A systematic review of the evidence. *PLoS One* 2013;8(5):e62836.
- 20) Lee JH, Lee SG, Bahng J. Case study of auditory training for long-term users of hearing aids with poor word recognition. *Audiol Speech Res* 2016;12(3):190-4.
- 21) Ahn P, Lee K. Development of environmental sounds for auditory training. *Audiol Speech Res* 2016;12(2):82-8.
- 22) Ryu HD, Shim HY, Kim JS. A study on the relation between Korean consonant perception test (KCPT) and hearing thresholds as a function of frequencies. *Audiol* 2011;7(2):153-63.
- 23) Lee JW, Yi DW, Lee J, Lee JH. A preliminary evaluation of multiple-choice sentences developed for auditory training. *Audiol Speech Res* 2016;12(2):97-102.
- 24) Lee JH, Cho SJ, Kim JS, Jang HS, Lim DH, Lee KW, et al. Korean speech audiometry (KSA). Seoul: Hakjisa;2010.
- 25) Shin JB, Lee JH. Effects of the target talker gender and the number of competing talkers on Acceptable Noise Level (ANL) of Korean normal-hearing adults. *Audiol* 2010;6(2):146-52.
- 26) Chu H, Cho YS, Park SN, Byun JY, Shin JE, Han GC, et al. Standardization for a Korean Adaptation of the International Outcome Inventory for Hearing Aids: Study of validity and reliability. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2012;55(1):20-5.
- 27) Clopper CG, Pisoni DB, Tierney AT. Effects of open-set and closed-set task demands on spoken word recognition. *J Am Acad Audiol* 2006;17(5):331-49.
- 28) Yeo SH, Bahng JH, Lee JH. Efficacy of auditory training using sentences in noise for hearing aid users. *Audiol* 2014;10(1):65-75.
- 29) Oba SI, Fu QJ, Galvin JJ 3rd. Digit training in noise can improve cochlear implant users' speech understanding in noise. *Ear Hear* 2011;32(5):573-81.
- 30) Humes LE, Skinner KG, Kinney DL, Rogers SE, Main AK, Quigley TM. Clinical effectiveness of an at-home auditory training program: A randomized controlled trial. *Ear Hear* 2019;40(5):1043-60.