



# Change in Preferred Gain, Word Recognition Scores, and Sound Qualities as Hearing Aid Wearing Period

Eunju Koo<sup>1</sup>, Sungkwan Ahn<sup>2</sup>, Kyoungwon Lee<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Audiology and Speech-Language Pathology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Signia Yongin-Suji Hearing Care Center, Yongin, Korea

<sup>3</sup>HUGS Center for Hearing and Speech Research, Seoul, Korea

**Received:** May 30, 2022

**Revised:** July 8, 2022

**Accepted:** July 12, 2022

## Correspondence:

Kyoungwon Lee, PhD  
Department of Audiology and  
Speech-Language Pathology,  
Hallym University of Graduate  
Studies, 427 Yeoksam-ro,  
Gangnam-gu, Seoul 06197, Korea  
**Tel:** +82-2-2051-4951  
**Fax:** +82-2-3453-6618  
**E-mail:** hearing1004@naver.com

**Purpose:** The purpose of this study was to assess the changes in gain, aided threshold, word recognition in noise, and sound quality of hearing aids according to the first wearing period of sensorineural hearing loss (SNHL) to determine the rehabilitation goal and effective adjustments of the electroacoustic parameters. **Methods:** The subjects of this study were 17 SNHL (26 ears) who had no experience in wearing hearing aids, with an average age of 67.5 years, an average pure-tone average of 50.5 dB HL, an average WRS of 68.9%, and a K-IOI-HA (Korean version of International Outcome Inventory for Hearing Aids) score of 25 or higher. The procedure for gain adjustment of the hearing aid was through NAL-NL2 (National Acoustic Laboratories, non-linear version 2) at first adjustment and subjective responses of the subject afterwards. Real-ear insertion gain, aided threshold, WRS in noise, and sound quality evaluation were conducted at week 0 (initial fit), week 2, and week 6 (or final visit). **Results:** The study showed a higher gain in 55 dB sound pressure level at most frequencies and improved aided thresholds at 1,000 Hz and 2,000 Hz as the wearing period increased. WRS also increased in 10 dB and 5 dB signal-to-noise ratios, and the sharpness, occlusion, and loudness of noise were shown to improve despite the increased gain. **Conclusion:** Despite the limitation of gain change with the wearing period, the results of this study expect to aid in setting rehabilitation goals according to the wearing period and adjusting electroacoustic parameters.

**Key Words:** Hearing aid, Real-ear insertion gain, Aided threshold, Word recognition score, Sound quality.

## INTRODUCTION

외이와 중이에 염증, 기형 등 특별한 문제가 없는 감각신경성난청(sensorineural hearing loss, SNHL)은 청력역치레벨(hearing threshold level, HTL) 그리고 일상생활에서 저하된 의사소통 능력과 삶의 질 개선을 위한 보편적인 방법으로 기도보청기(air-conduction hearing aid)의 착용을 고려할 수 있다(Erler & Garstecki, 2002). 그러나 착용한 보청기를 통해 SNHL의 HTL과 의사소통 능력을 개선하기 위해서는 상담, 보청기의 선택, 전기음향과 물리적인 조절 또는 변경, 착용효과의 평가, 청능 훈련, 사후관리 등의 효과적인 청능재활(aural rehabilitation)의 절차(Korean Agency for Technology

and Standards, 2018; International Organization for Standardization, 2020)를 통해 달성할 수 있다.

그리고 청능재활의 절차 중 전기음향의 조절은 보청기로 유입되는 음압레벨에 따른 이득을 주파수별, 즉 반응곡선을 조절하는데 최근에는 대부분 보청기적합소프트웨어(hearing aid fitting software)에 내장한 보청기적합공식(hearing aid fitting formula)을 이용한다. 보청기적합공식은 1944년 Lybarger가 제안한 것으로 HTL의 1/2을 이득으로 산출하는 1/2이득법(half gain rule)을 근간으로 선형 및 비선형 증폭기의 보청기적합공식으로 발전하였다. 최근, 보청기적합 소프트웨어에 탑재하여 사용하고 있는 보청기적합공식은 DSL m[i/o] (desired sensation level multi-stage input-output algorithm), Figure 6, IHAF (the independent hearing aid fitting forum), NAL-NL2 (National Acoustic Laboratories, non-linear version 2)가 있으며, 보청기제조사

© 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.

에서는 자체적으로 보청기적합공식을 개발하여 HTL에 따른 이득의 산출에 이용하고 있다.

하지만 Mueller & Powers(2001), Convery et al.(2019)의 연구에 따르면 보청기를 처음 착용하는 난청인은 보청기를 오랫동안 사용한 경험자에 비해 적은 이득을 선호하며, 사용 기간이 증가함에 따라 선호이득 또한 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. Byrne & Cotton(1988)과 Marriage et al.(2004) 또한 난청인이 보청기를 처음 착용하였을 때 기간이 지남에 따라 보청기의 이득이 증가할 것으로 예측하였다. 그리고 한국의 Lee et al.(2008)의 연구에서는 고막보청기(completely in-the-canal, CIC)와 외이도보청기(in-the-canal)를 착용한 난청인을 대상으로 최초 및 최종 2-cc 커플러 이득을 확인하였는데, 의미 있는 차이는 나타나지 않았지만 모든 주파수에서 60 dB와 70 dB의 음압레벨(sound pressure level, SPL)에 대한 이득이 상승하는 것으로 나타났다.

이러한 현상은 순응효과(acclimatization effect)로 설명할 수 있다. Cox et al.(1996)과 Andersson et al.(1996)에 따르면 청력손실은 나이가 들어감에 따라 서서히 발생하므로 정상 청력을 가진 사람보다 소리를 작게 듣는 것에 익숙해져 있다. 이로 인해 보청기를 처음 착용하는 난청인은 일정 기간 동안 소리를 잘 듣지 못했기 때문에 편안한 소리를 듣는 것에 익숙해지기까지 적응 기간이 필요하다고 하였다. 따라서 보청기를 처음 착용하는 난청인은 보청기에서 증폭한 SPL에 적응하는 데 일정 기간의 시간이 필요하다(Keidser et al., 2008). 실제로 일부 보청기적합 소프트웨어에서는 착용 기간에 따라 다양한 입력 SPL에 따른 이득 즉, 주파수반응곡선에 변화를 주고 있는데 대부분 사용 기간이 증가하면 이득 또한 증가하도록 산출하고 있다.

보청기를 착용하였을 때 도움을 주는 요소는 HTL의 개선뿐만 아니라 말소리의 명료도, 큰 소리를 들을 때의 편안함 등 다양한 요인들에 영향을 미치는 것으로 나타났으며(Hickson et al., 2010), 또한 청력손실의 보상을 통해 듣기 능력의 향상과 개인의 삶의 질을 개선하는 데 많은 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Erlar & Garstecki, 2002). Sim et al.(2020)의 연구에서 보청기 사용자들에게 실시한 보청기 사용 후 개선된 삶의 질에 대한 질문에서 '의사소통 능력의 개선' 항목의 91.1% (103명)가 삶의 질에 대한 긍정적인 변화가 있다고 보고하였다.

하지만 보청기를 착용하였을 때의 순응의 효과와 관련된 연구에서는 서로 상반된 결과를 나타내었다. Saunders & Cienkowski(1997)와 Dawes et al.(2014)의 연구에서는 보청기 착용 후 3개월 동안에 순응의 효과는 나타나지 않았다고 보고한 반면에, Reber & Kompis(2005)의 연구에서는 보청기 착용 후 2주에서 6개월 사이에 어음인지도가 증가한다고 보고하였다. 또한 Wright & Gagné(2021)는 보청기 착용 후 4주 전후에

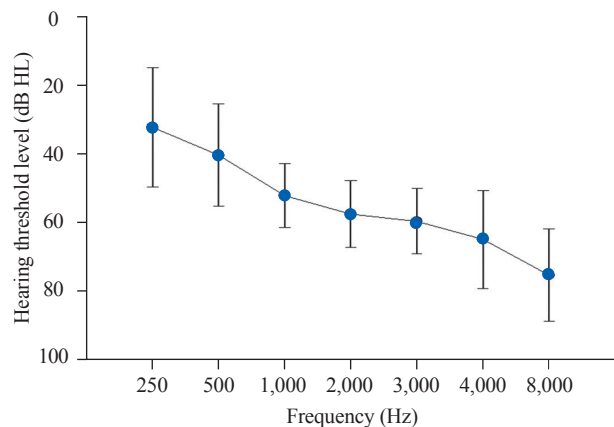
서 소음 하 문장인지역치가 개선되었다고 보고하였다. 그러나 난청인이 보청기를 처음 착용하였을 때 착용 기간에 따른 이득과 HTL, 어음인지도, 보청기의 음질, 심리음향적 변화 등에 대한 종합적인 국내의 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 보청기를 처음 사용하는 대상자의 보청기 착용 기간이 0주, 2주, 6주 이상으로 경과함에 따른 보청기의 이득과 HTL, 단어인지도(word recognition score, WRS), 음질의 변화를 확인하였다. 본 연구의 결과를 통하여 보청기 처음 사용자의 착용 기간에 따른 재활목표의 설정 및 전기음향 파라미터의 조절에 도움을 주고자 하였다. 나아가 보청기 사용자의 의사소통 능력과 보청기의 만족도를 개선하여 삶의 질 개선에 도움을 주고자 하였다.

## MATERIALS AND METHODS

### 연구 대상

본 연구의 대상자는 육안관찰 시 외이도 및 고막의 형태가 정상 소견을 보이며, 기-골도차(air-bone gap)가 500 Hz에서 4,000 Hz의 모든 옥타브 주파수에서 15 dB HL 이내인 경중도에서 고도로 보청기 착용 경험이 없는 SNHL이었다. 대상자의 평균 연령은 67.5세(표준편차: 21.1), 500 Hz, 1,000 Hz 및 2,000 Hz의 평균 순음역치평균(pure tone threshold average)은 50.5 dB HL (표준편차: 7.6)로 고주파수로 갈수록 하강하는 형태를 나타냈으며, 헤드폰 착용 후 쾌적강도레벨에서 측정된 WRS의 평균은 68.9% (표준편차: 16.9)였다. 대상자 수는 17명 (남: 10명, 여: 7명)으로 양이 착용자는 9명, 단이 착용자는 8명으로 총 26귀였다. 그리고 모든 대상자의 K-IOI-HA (Korean version of International Outcome Inventory for Hearing Aids) (Chu et al., 2012) 점수는 25점 이상이였다. 대상자의 성별과 연령, 착용 귀, 주파수별 청력역치는 Figure 1, 그리고 보

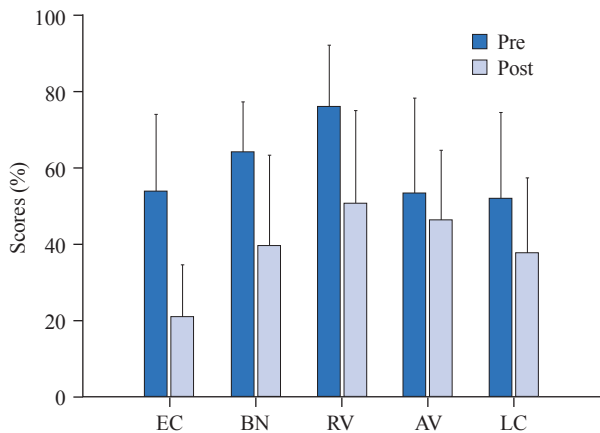


**Figure 1.** Mean and standard deviation of hearing threshold levels for subjects. Bar means standard deviation. HL: hearing level.

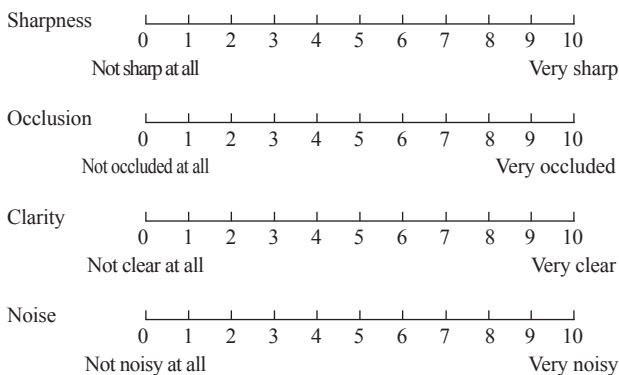
청기 착용 전과 후(최종)의 K-PHAB-Q (Korean version of Profile of Hearing Aid Benefit-Quick version) (Kim & Lee, 2020) 점수는 Figure 2에 나타내었다.

**연구 도구**

기도 및 골도 HTL은 전기음향적 보정을 시행한 청력검사기 Unity-3 (Sivantos GmbH, Erlangen, Germany)와 DDH-49 (Sivantos GmbH)의 헤드폰을 사용하여 실시하였다. 실



**Figure 2.** Korean version of Profile of Hearing Aid Benefit-Quick version score pre and post wearing hearing aids. EC: easy of communication, BN: background noise, RV: reverberation, AV: aversiveness of sound, LC: localization.



**Figure 3.** Rating scales for sharpness, occlusion, clarity of sentence and loudness of noise.

**Table 1.** Type, manufacturer, number of channels and quantity of hearing aids worn by the subjects

HA type	Manufacturer	Number of channels	Quantity
CIC	Oticon	16~48	2
CIC	Signia	16~32	8
RIC	Signia	16~32	16

HA: hearing aid, CIC: completely in-the-canal, RIC: receiver in-the-canal

이삽입이득(real-ear insertion gain, REIG)은 Freefit (GN Otometrics, Copenhagen, Denmark)을 이용하여 국제어음 시험신호(international speech test signal)를 제시하여 측정하였다. 보청기 착용 후, 잡음 하 WRS 평가는 방음실 내 4옴(Ohms)의 라우드스피커(loudspeaker) (Sivantos GmbH)를 통해 백색잡음(white noise)과 한국산업표준 성인용 단음절어(Korean standard monosyllabic word list for adults) (Korean Agency for Technology and Standards, 2018)를 제시하여 측정하였다. 그리고 음질의 평가는 소리의 날카로움(sharpness), 울림(occlusion), 대화음 선명도(clarity), 잡음 크기(loudness of noise) 등 4개의 항목으로 10점 척도로 구성된 음질평가 설문지를 사용하였다(Figure 3).

**보청기**

대상자가 착용한 보청기는 16~48채널로, 귓속형 중 CIC 10개(단אי: 4개, 양אי: 6개), 개방적합보청기 중 외이도내수화기(receiver in-the-canal, RIC) 16개(단אי: 4개, 양אי: 12개)였다. 착용한 보청기의 형태, 제조사, 채널 수 및 수량 등은 Table 1에 나타내었다.

**연구 절차**

**보청기의 이득 조절**

보청기의 이득 조절은 Reber & Kompis(2005)와 Wright & Gagné(2021)의 연구 그리고 실제 청능재활 현장의 상황을 고려하여 보청기 착용 후 0주차, 2주차, 6주차에 시행하였다. 보청기 이득 조절 방법은 첫째, 실이측정 소프트웨어에 대상자의 기도 및 골도 HTL을 입력하였다. 둘째, 청력도와 착용 귀(편측, 양측) 그리고 보청기 형태를 입력한 후 보청기적합공식(hearing aid fitting formula)은 NAL-NL2를 선택하였다. 셋째, 대상자가 보청기를 착용한 후 실이공명반응(real-ear unaided response)과 실이증폭반응(real-ear aided response)의 측정을 통하여 55, 65, 80 dB SPL에 대한 REIG를 확인하여 NAL-NL2의 목표이득(target gain)에 근접하도록 조절하였다. 넷째, NAL-NL2의 목표이득에서 상대방 대화음의 크기, 소리의 둔탁함 또는 날카로움, 주변 잡음의 크기 등 대상자의 주관적인 반응을 확인하였다. 보청기의 입력 SPL에 따른 이득, 주파수반응곡선은 대상자의 답변을 토대로 조절하였으며, 2주차와 6주차에서도 같은 방법으로 조절하였다. 그리고 REIG는 보청기의 환기구, 잡음감소(noise reduction), 음향피드백 제어시스템(anti-feedback system) 등을 보청기 조절 시 설정한 상태 그대로 두고 측정하였다.

**평가 항목**

본 연구에서는 보청기 착용 기간에 따른 전기음향, 심리음향 및 보청기 만족도의 변화를 확인하기 위하여 0주차(처음 착용), 2주차, 6주차(또는 최종 방문)로 구분하여 REIG, 증폭역치 (aided threshold), 잡음 하 WRS 및 음질평가를 실시하였다.

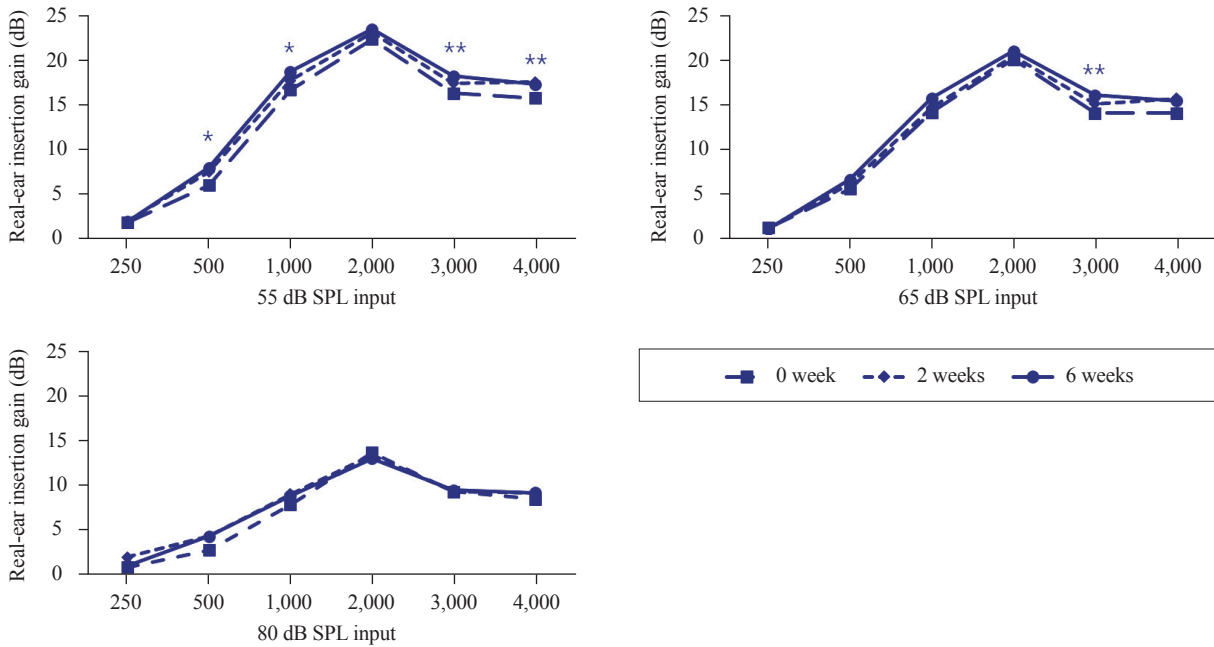
**평가 방법**

평가 방법으로 첫째, REIG는 보청기의 전기음향 조절 시 실이 공명 반응과 55, 65, 80 dB의 입력 SPL에 대한 실이증폭반응을 측정하여 나타난 최종 REIG를 1/2옥타브주파수에서 확인하여 기록하였다. 둘째, 증폭역치는 라우드스피커에서 1 m 떨어진 위치에 대상자를 앉게 한 후 정면(0 degree azimuth)에서 FM음 (frequency modulated tone)을 제시하여 측정하였다. 이때 측정하지 않는 귀는 보청기의 전원을 끄거나(CIC의 경우) 이어플러그(RIC의 경우)를 이용하여 차폐하였다. 셋째, 잡음 하 WRS

는 증폭역치 측정과 같은 배치 조건에서 단음절어 및 백색잡음을 동일한 라우드스피커에서 제시하여 측정하였다. 이때 단음절어는 25 단어를 육성(live voice)으로 제시하였으며, 강도는 50 dB HL, 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)는 10 dB와 5 dB이었다. 이때 백색잡음과 어음을 제시한 라우드스피커의 위치는 얼굴 정면을 기준으로 보청기를 착용한 쪽으로 45도에 해당하는 곳에 배치하였다.

**통계 분석**

3,000 Hz를 포함한 각각의 옥타브 주파수에서 0주, 2주, 6주의 기간에 따른 증폭역치와 55, 65, 80 dB의 입력 SPL에 대한 REIG의 변화를 확인하기 위해서 반복측정 일원분산분석(one-way analysis of variance with repeated measures)과 Bonfferoni 사후분석을 실시하였다. 10 dB와 5 dB SNR에서 0주, 2주, 6주에 따른 WRS의 차이를 확인하기 위해서 반복



**Figure 4.** Change in real-ear insertion gain according to the wearing period (0, 2, and 6 weeks) of hearing aids. \* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$ . SPL: sound pressure level.

**Table 2.** Bonferroni post-analysis results of frequencies with differences between weeks when analysis of variance with repeated measures were performed

	REIG of 55 dB SPL input									REIG of 65 dB SPL input					
	500 Hz			1,000 Hz			2,000 Hz			4,000 Hz			3,000 Hz		
	0 W	2 W	6 W	0 W	2 W	6 W	0 W	2 W	6 W	0 W	2 W	6 W	0 W	2 W	6 W
0 W	-	*		-		*	-		**	-		**	-		**
2 W		-			-			-			-			-	
6 W			-			-			-			-			-

REIG: real-ear insertion gain, SPL: sound pressure level, W: week. \* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$

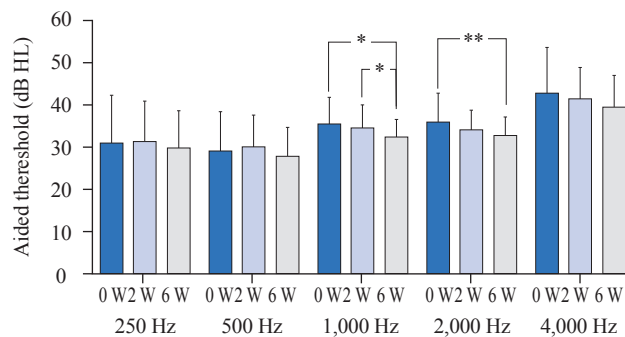
측정 이원분산분석과 Bonfferoni 사후분석을 실시하였다. 그리고 음질은 착용 기간(0, 2, 6주차)에 따른 날카로움, 울림, 선명도, 잡음의 크기의 범주에서 비모수검정을 통하여 차이를 확인하였다. 본 연구에서의 통계 분석은 SPSS version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다.

## RESULTS

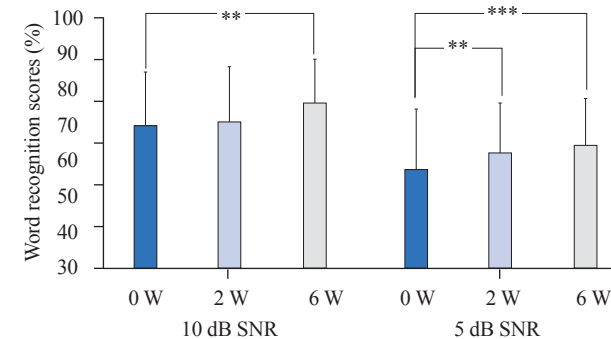
본 연구에서 보청기를 처음 착용하는 난청인의 보청기 착용 기간(0주, 2주, 6주 이상)에 따른 보청기의 이득, 증폭역치, 잡음 하 WRS, 음질의 변화를 살펴보면 다음과 같다.

### 실이삽입이득

55, 65, 80 dB의 입력 SPL에 따른 REIG의 형태는 250 Hz에서 2,000 Hz까지는 증가하다가 3,000 Hz 및 4,000 Hz에서는 감소한 것으로 나타났다(Figure 4). Figure 4에서 착용 기간에 따른 REIG는 55 dB의 입력 SPL의 경우 500 Hz ( $F_{(2, 50)} = 5.259, p < 0.01$ ), 1,000 Hz ( $F_{(2, 50)} = 4.195, p < 0.05$ ), 3,000 Hz ( $F_{(2, 50)}$



**Figure 5.** Change in aided threshold according to the wearing period (0, 2, and 6 weeks) of hearing aids. HL: hearing level, W: week. \* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$ .



**Figure 6.** Change in word recognition scores in noise according to the wearing period (0, 2, and 6 weeks) of hearing aids. W: week, SNR: signal-to-noise ratio. \*\* $p < 0.01$ . \*\*\* $p < 0.001$ .

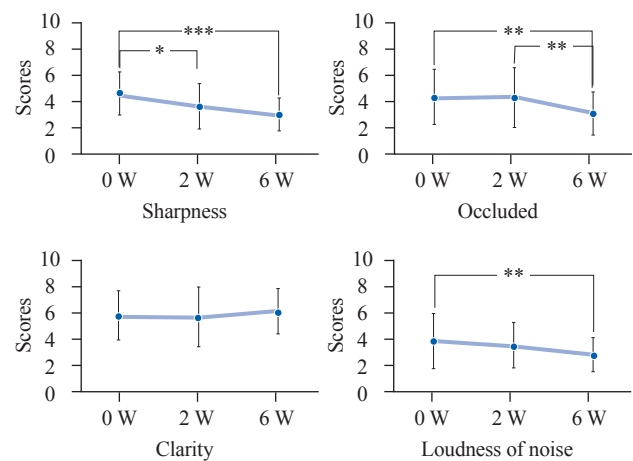
= 5.480,  $p < 0.01$ ), 4,000 Hz ( $F_{(2, 50)} = 5.480, p < 0.01$ )에서 차이가 나타났다. 사후분석 결과는 Table 2에 나타내었으며, 55 dB의 입력 SPL에서 500 Hz는 0주와 2주차 간( $p < 0.05$ ), 1,000 Hz ( $p < 0.05$ ), 3,000 Hz ( $p < 0.01$ ), 4,000 Hz ( $p < 0.01$ )는 0주와 6주차 간에 차이가 나타났다. 그리고 65 dB의 입력 SPL에서는 3,000 Hz ( $F_{(2, 50)} = 6.617, p < 0.01$ )에서만 차이가 나타났는데 사후분석 결과 0주와 6주차 간( $p < 0.01$ )에 차이가 나타났다. 하지만 80 dB의 입력 SPL에서는 모든 주파수에서 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ).

### 증폭역치

Figure 5에 0주, 2주, 6주차의 옥타브 주파수 별 증폭역치를 나타내었으며, 증폭역치는 1,000 Hz 이상의 고주파수 대역에서 500 Hz 이하의 주파수에 비해 높게 나타났다. 그리고 보청기 착용 기간에 따른 증폭역치는 1,000 Hz ( $F_{(2, 50)} = 6.39, p < 0.05$ )와 2,000 Hz ( $F_{(2, 50)} = 6.09, p < 0.05$ )에서 의미 있는 차이가 나타났다. 사후분석 결과 1,000 Hz에서는 0주와 6주차 간( $p < 0.05$ ) 그리고 2주와 6주차 간( $p < 0.05$ ), 2,000 Hz에서는 0주와 6주차 간( $p < 0.01$ )에 차이가 나타났다.

### 잡음 하 WRS

Figure 6에 10 dB와 5 dB SNR에서 0주, 2주, 6주차의 착용 기간에 따른 잡음 하 WRS의 변화를 나타내었다. 반복측정 이원분산분석 결과 SNR ( $F_{(1, 25)} = 72.628, p < 0.001$ ) 그리고 착용 기간( $F_{(2, 50)} = 17.452, p < 0.001$ )에 따른 차이가 나타났으며, SNR과 착용 기간의 상호작용은 나타나지 않았다( $F_{(2, 50)} = 1.512, p > 0.05$ ). 사후분석 결과 10 dB SNR에서는 0주와 6주차



**Figure 7.** Change in sound qualities according to the wearing period (0, 2, and 6 weeks) of hearing aids. W: week. \* $p < 0.05$ . \*\* $p < 0.01$ . \*\*\* $p < 0.001$ .



간( $p < 0.001$ ), 2주와 6주차 간( $p < 0.001$ ) 그리고 5 dB SNR에서는 0주와 2주차 간( $p < 0.05$ ), 0주와 6주차 간( $p < 0.01$ )에 의미 있는 차이가 나타났다.

### 음질

0주, 2주, 6주의 착용 기간에 따른 보청기의 음질은 날카로움, 울림, 대화음 선명도, 잡음 크기는 Figure 7에 나타내었다. Figure 7에서 날카로움은 0주와 2주차 간( $z = -2.355, p < 0.05$ )과 0주와 6주차 간( $z = -3.778, p < 0.001$ ), 울림은 2주와 6주차 간( $z = -2.623, p < 0.01$ ), 0주와 6주차 간( $z = -3.151, p < 0.01$ ), 잡음의 크기는 0주와 6주차 간( $z = -2.530, p < 0.01$ )으로 착용 기간이 경과할 때 개선된 것으로 나타났다. 하지만 대화음의 선명도는 착용 기간이 증가할 때 주차 간의 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ).

## DISCUSSIONS

본 연구에서는 한국 난청인이 사용하는 보청기의 효과적인 이득 산출과 전기음향의 조절을 위해 보청기를 처음 착용한 감각신경성 난청인을 대상으로 0주, 2주, 6주의 착용 기간에 따른 REIG, 증폭역치, 잡음 하 WRS 그리고 음질의 변화를 확인하고자 하였다.

우선 본 연구 대상자의 K-PHAB-Q의 점수는 소리의 크고 날카로움(aversiveness of sound)을 제외하고 쉬운 의사소통(easy of communication), 배경잡음(background noise), 잔향음(reverberation), 음원탐지(localization)의 범주에서의 보청기 착용 6주 후의 핸디캡이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 보청기 착용으로 인해 다양한 환경에서의 의사소통 능력이 개선된 것으로 볼 수 있다.

본 연구의 결과 REIG는 55 dB의 입력 SPL에서 500 Hz는 0주와 2주차 간( $p < 0.05$ ), 1,000 Hz, 3,000 Hz, 4,000 Hz는 0주와 6주차 간( $p < 0.05$ ) 그리고 65 dB의 입력 SPL에서는 3,000 Hz에서만 0주와 6주차 간( $p < 0.01$ )에 착용 기간이 증가함에 따라 REIG가 증가하는 것으로 나타나 Byrne & Cotton(1988), Marriage et al.(2004) 그리고 Convery et al.(2019)의 연구와 일치성을 나타냈다. 하지만 Marriage et al.(2004)의 연구에서는 착용 기간이 증가함에 따라 고주파수 대역의 이득이 증가하는 것으로 나타났는데 본 연구에서는 고주파수 대역에서 유의한 변화가 나타나지 않았다. 그 이유는 본 연구에서 보청기적합프웨어 상에서 음향피드백으로 인해 이득을 더 이상 높일 수 없는 점 그리고 Foster & Haggard(1987)가 지적했듯이 난청인이 선호하는 이득에 의한 조절의 결과로 보인다. 80 dB의 입력 SPL에서는 모든 주파수에서 차이가 나타

나지 않았는데( $p > 0.05$ ), 80 dB의 입력 SPL에 대한 보청기의 출력 SPL은 난청인의 불편강도레벨(uncomfortable level) 부근으로 볼 수 있기 때문이다(Kiessling et al., 1996; Park & Lee, 2013). 그리고 이득곡선의 형태는 55 dB, 65 dB, 80 dB SPL 모두 250 Hz에서 2,000 Hz까지는 증가하다가 3,000 Hz 및 4,000 Hz에서는 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 보청기의 이득 조절 시 대상자의 주관적 반응을 토대로 조절하였을 때 소리의 날카로움을 줄이고, 음향피드백(acoustic feedback)의 영향을 최소화하기 위함이었다. 이 결과는 Reber & Kompis(2005) 그리고 한국의 SNHL을 대상으로 선호이득을 확인한 Bang & Lee(2020)의 연구에서도 2,000 Hz 또는 그 이상의 주파수에서 REIG가 감소하여 본 연구와 비슷한 경향을 나타냈다.

55 dB의 입력 SPL에서 1,000 Hz, 3,000 Hz 및 4,000 Hz의 REIG가 증가하였음에도 불구하고 1,000 Hz에서는 0주와 6주차 간( $p < 0.05$ ) 그리고 2주와 6주차 간( $p < 0.05$ ), 2,000 Hz에서는 0주와 6주차 간( $p < 0.01$ )에서 증폭역치의 개선이 나타났다. 증폭역치의 변화가 유의하게 있었고 나머지 주파수에서의 증폭역치는 유의하게 다르지 않았다. 이는 착용 대상자마다 선호하는 REIG의 개인차가 컸으며, Hickson et al.(2010)이 보고하였듯이 대상자의 청력 정도, 형태 및 유형과 각 개인의 착용 환경이 결과에 미친 요인으로 볼 수 있다.

10 dB와 5 dB SNR의 백색잡음 하에서 0, 2, 6주차의 착용 기간에 따른 WRS는 모두 증가하는 것으로 나타났다. Reber & Kompis(2005)는 처음 보청기 사용하는 난청인을 대상으로 6개월 동안 어음인지의 변화를 확인하였는데 이득의 증가는 나타나지 않았으나 착용 기간이 지남에 따라 대상자들의 어음인지 능력이 개선된 양상을 보였다고 하였으며, 이는 순응의 효과라고 하였다. 하지만 본 연구에서는 착용 기간이 증가함에 따라 특정 주파수에서 REIG가 증가하였으며, 증폭역치가 개선되어 Reber & Kompis(2005)와 비교하기에는 한계가 있다. 그리고 본 연구에서의 WRS는 10 dB SNR에서 72.2%로 헤드폰 착용 후 쾌적강도레벨에서의 68.9%와 비슷한 수준으로 나타났다. Ko & Lee(2021)의 연구에서는 양 귀 모두 중도에서 고도의 청력손실자를 대상으로 헤드폰 착용 시 쾌적강도레벨 그리고 보청기 착용 후 대화음레벨(45 dB HL)에서 WRS를 측정하였을 때, 보청기 착용 후의 WRS가 헤드폰을 착용하였을 때보다 낮은 경우가 많았다고 보고하여 본 연구와 차이를 나타냈다. 그 이유는 본 연구에서 보청기 착용 후 제시한 어음레벨이 50 dB HL로 Ko & Lee(2021)의 연구에 비해 높았으며, 잡음의 크기가 40 dB HL로 비교적 낮았기 때문이다.

착용 기간에 따른 소리의 날카로움, 울림, 말소리의 선명도 및 잡음 크기의 음질을 확인하였다. 3,000 Hz 부근의 이득이 증가

하였음에도 날카로움은 개선되는 것으로 나타났다. 또한 500 Hz 부근의 이득이 증가하였음에도 울림 또한 개선되는 것으로 나타났다. 그리고 많은 주파수에서 이득이 증가하였음에도 잡음의 크기는 감소하는 것으로 나타났다. 이는 Reber & Kompis (2005), Wright & Gagné(2021)의 연구에서도 보고하였듯이 처음 보청기를 착용하고 시간이 경과함에 따른 적응의 결과라 할 수 있다. 하지만 말소리의 선명도는 착용 기간에 따른 차이는 나타나지 않았다.

본 연구의 한계점을 살펴보면, 첫째, 보청기의 전기음향 조절 시 객관적인 보청기적합확인(hearing aid verification)보다는 대상자의 주관적인 반응에 의존하였다. Sanders et al.(2015)은 보청기의 이득 조절 시 실이측정 등을 이용한 보청기적합 확인이 필요하다고 보고하였는데, 본 연구의 결과에서 고주파수 대역으로 갈수록 HTL이 증가하였음에도 3,000 Hz와 4,000 Hz의 이득이 감소하는 현상이 나타났다. 둘째, 착용 기간이 증가함에 따라 잡음 하 WRS가 증가하였다. 하지만 Reber & Kompis(2005)의 연구에서 보청기를 처음 착용하는 난청인의 경우 6개월 동안 이득의 증가는 나타나지 않았으나 순응효과에 의해 착용 기간이 지남에 따라 대상자들의 어음인지 능력이 개선되었다고 하였다. 하지만 본 연구에서는 1,000 Hz 이상의 이득이 증가하거나 또는 HTL의 개선이 나타나 잡음 하 WRS의 개선이 순응의 효과인지가 확실하지 않다. 셋째, 편이 또는 양측 착용 등 착용 방법에 따라 보청기의 이득에 차이가 나타날 수 있는데 본 연구에서는 대상자가 많지 않아서 이를 구분하지 않았다. 넷째, 보청기의 이득 조절 시 압축역치(compression threshold), 압축비율(compression ratio), 압축시간(attack time), 해제시간(release time) 또한 보청기의 음질, 단어인지도, 만족도 등에 영향을 주는데(Souza, 2002), 본 연구에서는 이를 고려하지 않았다. 따라서 향후의 연구에서는 이에 대한 변화를 살피는 것 또한 필요할 것이다.

본 연구는 상기의 한계점에도 불구하고 난청인이 보청기를 처음 착용하였을 때 0주, 2주, 6주 또는 그 이상의 착용 기간에 따른 보청기의 이득, 잡음 하 WRS 및 음질의 변화를 살핀 점에 의의가 있다. 따라서 본 연구 결과는 난청인이 보청기를 처음 착용하였을 때 재활목표의 설정 및 다채널 보청기의 전기음향 조절에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다. 아울러 객관적 및 주관적인 보청기의 착용효과 평가(outcome measures)를 통하여 보청기의 이득을 조절하는 것이 효과적이라 하겠다.

**중심 단어** : 보청기, 실이삽입이득, 증폭역치, 단어인지도, 음질.

### Ethical Statement

This study was approved by the Institutional Review Board

of Hallym University of Graduate Studies (IRB # HUGSAUD 674235).

### Acknowledgments

N/A

### Declaration of Conflicting Interests

There is no conflict of interests.

### Funding

This research was completed while being supported by National Research Foundation of Korea (2018R1A2B6001986).

### Author Contributions

Conceptualization: Kyoungwon Lee, Eunju Koo. Data curation: Eunju Koo, Sungkwan Ahn. Formal analysis: Eunju Koo. Funding acquisition: Kyoungwon Lee. Investigation: all authors. Methodology: Kyoungwon Lee, Eunju Koo. Project administration: Kyoungwon Lee. Resources: Kyoungwon Lee. Supervision: Kyoungwon Lee. Visualization: Kyoungwon Lee, Eunju Koo. Writing—original draft: Eunju Koo. Writing—review & editing: all authors. Approval of final manuscript: all authors.

### ORCID iDs

Eunju Koo <https://orcid.org/0000-0002-4403-3272>  
Sungkwan Ahn <https://orcid.org/0000-0002-1937-8877>  
Kyoungwon Lee <https://orcid.org/0000-0002-1297-6436>

### REFERENCES

- Andersson, G., Palmkvist, A., Melin, L., & Arlinger, S. (1996). Predictors of daily assessed hearing aid use and hearing capability using visual analogue scales. *British Journal of Audiology*, 30(1), 27-35.
- Bang, E. & Lee, K. (2020). A study on the preferred real-ear insertion gain of multi-channel hearing aid for the Korean with sensorineural hearing loss. *Audiology and Speech Research*, 16(2), 85-94.
- Byrne, D. & Cotton, S. (1988). Evaluation of the National Acoustic Laboratories' new hearing aid selection procedure. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31(2), 178-186.
- Chu, H., Cho, Y. S., Park, S. N., Byun, J. Y., Shin, J. E., Han, G. C., et al. (2012). Standardization for a Korean adaptation of the international outcome inventory for hearing aids: Study of validity and reliability. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 55(1), 20-25.
- Convery, E., Keidser, G., Hickson, L., & Meyer, C. (2019). Factors

- associated with successful setup of a self-fitting hearing aid and the need for personalized support. *Ear and Hearing*, 40(4), 794-804.
- Cox, R. M., Alexander, G. C., Taylor, I. M., & Gray, G. A. (1996). Benefit acclimatization in elderly hearing aid users. *Journal of the American Academy of Audiology*, 7(6), 428-441.
- Dawes, P., Munro, K. J., Kalluri, S., & Edwards, B. (2014). Acclimatization to hearing aids. *Ear and Hearing*, 35(2), 203-212.
- Erler, S. F. & Garstecki, D. C. (2002). Hearing loss- and hearing aid-related stigma: Perceptions of women with age-normal hearing. *American Journal of Audiology*, 11(2), 83-91.
- Foster, J. R. & Haggard, M. P. (1987). The four alternative auditory feature test (FAAF)--linguistic and psychometric properties of the material with normative data in noise. *British Journal of Audiology*, 21(3), 165-174.
- Hickson, L., Clutterbuck, S., & Khan, A. (2010). Factors associated with hearing aid fitting outcomes on the IOI-HA. *International Journal of Audiology*, 49(8), 586-595.
- International Organization for Standardization (ISO). (2020). *ISO 21388:2020. Acoustics-Hearing Aid Fitting Management (HAFM)*. Geneva: ISO.
- Keidser, G., O'Brien, A., Carter, L., McLelland, M., & Yeend, I. (2008). Variation in preferred gain with experience for hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 47(10), 621-635.
- Kiessling, J., Schubert, M., & Archut, A. (1996). Adaptive fitting of hearing instruments by category loudness scaling (ScalAdapt). *Scandinavian Audiology*, 25(3), 153-160.
- 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.
- Ko, Y. & Lee, J. H. (2021). Clinical importance of sound-field speech recognition test for measurement of hearing aid benefit. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 64(5), 310-320.
- Korean Agency for Technology and Standards (KATS). (2018). *KS I 0562:2018. Acoustics-Hearing Aid Fitting Management*. Eumseong: KATS.
- Lee, K. W., Lee, J. H., & Lee, J. H. (2008). Comparing 2-cc coupler gain of monaural fitting with non-linear fitting formulas for elderly Korean with SNHL. *Audiology*, 4(1), 69-73.
- Marriage, J., Moore, B. C., & Alcántara, J. I. (2004). Comparison of three procedures for initial fitting of compression hearing aids. III. Inexperienced versus experienced users. *International Journal of Audiology*, 43(4), 198-210.
- Mueller, H. G. & Powers, T. A. (2001). Consideration of auditory acclimatization in the prescriptive fitting of hearing aids. *Seminars in Hearing*, 22(2), 103-124.
- Park, Y. J. & Lee, K. W. (2013). A changes of loudness growth as a function of hearing threshold level in adults with normal and sensorineural hearing loss. *Audiology and Speech Research*, 9(1), 25-32.
- Reber, M. B. & Kompis, M. (2005). Acclimatization in first-time hearing aid users using three different fitting protocols. *Auris, Nasus, Larynx*, 32(4), 345-351.
- Sanders, J., Stoody, T., Weber, J., & Mueller, H. G. (2015). Manufacturers' NAL-NL2 fittings fail real-ear verification. *Hearing Review*, 21(3), 24-32.
- Saunders, G. H. & Cienkowski, K. M. (1997). Acclimatization to hearing aids. *Ear and Hearing*, 18(2), 129-139.
- Sim, S., Lee, J., & Kim, J. (2020). A study of Korean hearing aid satisfaction survey based on MarkeTrak VIII. *Audiology and Speech Research*, 16(1), 48-57.
- Souza, P. E. (2002). Effects of compression on speech acoustics, intelligibility, and sound quality. *Trends in Amplification*, 6(4), 131-165.
- Wright, D. & Gagné, J. P. (2021). Acclimatization to hearing aids by older adults. *Ear and Hearing*, 42(1), 193-205.