

Development of Hearing Aid Gain for Korean Hearing Impaired version 2.0 Considering Levels and Spectra of Korean Conversational Speech, and Preferred Gain

Kyoungwon Lee^{1,2}, Soohyun Ahn^{1,2}, Hyeryeong Jo^{1,2}

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

²HUGS Center for Hearing and Speech Research, Seoul, Korea

Received: October 5, 2020
Revised: November 4, 2020
Accepted: November 17, 2020

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: This study aimed to report the development of Hearing Aid Gain for Korean Hearing Impaired version 2.0 (HAG-K v2.0), the Korean-type hearing aid fitting formula to improve the satisfaction of hearing aids and the communication ability of the Korean hearing impaired. **Methods:** HAG-K v2.0 was compared to NAL-NL2 with real-ear insertion gain (REIG) of the Korean hearing impaired, which was produced by considering most comfortable level and uncomfortable level, the levels and spectra of Korean conversational speech, band importance function, and preferred gain. **Results:** When REIG produced from HAG-K v2.0 was compared to NAL-NL2, it resulted low at HTL 40 and 80 dB HL and the compression threshold of HAG-K v2.0 was higher in all HTL compared to NAL-NL2. And the compression ratio was high at HTL 40 dB HL for NAL-NL2 and at 80 dB HL for HAG-K v2.0. **Conclusion:** HAG-K v2.0 developed in this study is the initial version of the Korean-type hearing aid fitting formula considering the characteristics of Korean conversational speech levels, spectra and preferred gain. With the systematic corrections and supplements for HAG-K v2.0 in the future, the Korean hearing impaired would benefit from this formula in electroacoustic control of the hearing aids.

Key Words: Hearing Aid Gain for Korean Hearing Impaired version 2.0, Hearing aid, Fitting formula, Korean, Hearing Impaired.

INTRODUCTION

난청인이 착용하는 보청기의 입력 음압레벨(sound pressure level, SPL)에 따른 이득과 주파수반응곡선의 초기 조절은 주로 보청기적합공식(hearing aid fitting formula)을 기준으로 조절한다. 선형 증폭기에서 보청기적합공식은 1/2이득법(a half gain rule)을 토대로 Berger, prescription of gain and output (POGO), Libby 1/3 또는 2/3, National Acoustic Laboratories (NAL), desired sensation level (DSL) 등이 개발되었다. 이후 개발된 비선형 증폭기에서는 작은, 보통, 큰 소리에 대한 이득을 효과적으로 각각 조절하기 위해 figure 6 (Fig. 6), independent hearing aid fitting forum (IHAF), National Acoustic Laboratories-non-linear 1 or 2 (NAL-NL1 또는 2), desired

sensation level input/output (DSL I/O) 등의 보청기적합공식이 개발되어 사용하고 있다. 근래에 들어서 보청기 제조사들 또한 자사의 보청기적합공식을 개발하여 보청기의 다양한 전기음향의 초기 조절에 사용하고 있다.

보청기적합공식의 산출에 영향을 주는 요소는 청력역치레벨(hearing threshold level, HTL), 쾌적강도레벨(most comfortable level, MCL) 및 불쾌강도레벨(uncomfortable level, UCL), 상향차폐(upward spread of masking) 등의 청지각적 요소, 연령에 따른 외이도의 용적, 보청기의 형태 등의 실이대커플러차(real-ear to coupler difference), 대화음의 강도와 스펙트럼, 대역중요함수(band importance function) 등 어음의 특성이 있다(Byrne & Dillon, 1986; Byrne et al., 2001; Cox, 1995; Johnson & Dillon, 2011; Kiessling et al., 1996; Killion & Fikret-Pasa, 1993).

하지만 Lee & Kim(2011)의 연구에서 한국어의 음향적 특성이 미국, 유럽 등 서구에서 사용하는 어음(speech sound)과 서

© 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.

로 다르다는 점을 들어 한국 난청인이 사용하는 보청기의 조절에 필요한 보청기적합공식 개발의 필요성을 보고하였다. 이후 한국어의 음향적 특성에 대한 연구에서 Noh & Lee(2012)는 장기평균어음스펙트럼(long-term average speech spectrum), Han & Lee(2020)는 한국어 대화음의 강도 및 이에 따른 스펙트럼이 외국어(International Electrotechnical Commission, 2012)와 차이가 있음을 보고하였다. 그리고 Bang & Lee(2020) 또한 한국 난청인의 선호이득이 NAL-NL2 등 외국의 보청기적합공식과 차이가 있음을 보고하여 한국형 보청기적합공식의 필요성을 보고하였다.

최근 한국에서의 보청기적합공식 관련 연구를 살펴보면 Kim & Lee(2019)는 다채널 보청기의 압축역치(compression threshold, CT)를 55, 65, 75 dB SPL로 설정했을 때 55 및 65 dB SPL의 CT에서 잡음환경에서의 초성자음인지도가 높게 나타나지만, 55 dB SPL에서는 65 및 75 dB SPL의 CT에 비해 잡음을 크게 느낀다고 하였다. 그리고 Han et al.(2017)은 해제시간 관련 연구에서 한국에서 개발한 다채널 보청기 시제품(prototype)의 CT를 31과 61 dB SPL로 설정했을 때 문장인지역치, 음량의 크기, 날카로움, 명료성, 배경잡음의 크기에는 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 같은 연구에서 해제시간(release time)을 50과 500 ms로 설정했을 때 음량, 음질, 배경잡음에는 차이가 나타나지 않았으나 빠른 해제시간에서 명료도가 더 높게 나타났다고 보고하였다. 그리고 Jeong & Lee(2018)의 연구에서는 70과 600 ms에 비해 250 ms의 해제시간에서 잡음 환경에서의 문장인지도가 높게 나타났다고 보고하였다. 그리고 Jin et al.(2017)과 Han et al.(2017)은 한국어의 음향 특성과 음량증가(loudness growth), 평균 대화음레벨(conversational speech level), 폐쇄효과(occlusion effect)를 고려하여 한국형 보청기적합공식인 Hallym Audiology Institute-version 1 (HAI-v1)을 보고하였으나 현재까지 상용화되지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 한국어 대화음레벨과 스펙트럼 및 선호이득 등 한국어의 음향적 특징과 한국인의 심리음향적 특성을 고려하여 새로운 한국형 보청기적합공식인 한국 난청인을 위한 보청기이득 버전 2.0 (Hearing Aid Gain for Korean Hearing Impaired version 2.0, HAG-K v2.0)을 개발하여 이를 보고하고자 하였다. 본 연구를 통하여 선행 연구에서 개발한 HAI-v1(Jin et al., 2017; Han et al., 2017)을 보완하고, 청능재활 현장에서 한국 난청인이 착용한 보청기 이득의 효과적인 조절 그리고 난청인의 어음인지도, 의사소통 능력 그리고 보청기의 만족도를 개선하는데 도움을 주고자 하였다.

MATERIALS AND METHODS

연구 장비

HAG-K v2.0은 난청인의 MCL과 UCL의 변화는 Park & Lee(2013), 한국어 대화음의 스펙트럼과 강도는 Han & Lee(2020), 대역중요함수는 Lee & Kim(2012)과 Jin et al.(2016), 선호하는 CT와 이득은 Kim & Lee(2019), Han & Lee(2020) 및 Bang & Lee(2020)를 고려하여 HTL에 따른 실이삽입이득(real-ear insertion gain, REIG)을 산출하였다.

HAG-K v2.0의 개발절차

HAG-K v2.0에서 입력 SPL 50 dB에 대한 REIG (REIG for 50 dB SPL input, REIG50), 65 dB에 대한 REIG (REIG for 65 dB SPL input, REIG65), 80 dB에 대한 REIG (REIG for 80 dB SPL input, REIG80)의 산출 절차는 다음과 같다.

첫째, 비선형 증폭방식의 작은(soft), 보통(moderate), 큰(loud) 소리의 입력 SPL은 0.125 kHz에서 8.0 kHz까지 모든 1/2옥타브 주파수에서 50, 65, 80 dB SPL을 기준으로 하였다.

둘째, 이득은 모든 1/2옥타브 주파수에서 REIG50, REIG65, REIG80을 각각 산출하였다.

셋째, 1.5 kHz 이하의 주파수에서 REIG는 Bang & Lee(2020)의 연구 결과인 한국 감각신경성 난청인의 선호이득을 기준으로 REIG를 산출하였으며, CT는 Kim & Lee(2019)와 Han & Lee(2020)의 연구 결과를 기준으로 60 dB SPL 부근으로 설정하였다.

넷째, 압축비율(compression ratio, CR)은 기본적으로 Park & Lee(2013)의 HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화를 사용하였다. 하지만 HTL이 증가할수록 역동범위가 좁아지는 감각신경성 난청인의 특징을 감안하여 HTL을 50 dB HL 이하와 55 dB HL 이상으로 구분하여 REIG를 산출하였다.

다섯째, 폐쇄효과(occlusion effect)는 고주파수 대역에 영향을 주지 않으므로 2.0 kHz 이상의 주파수에서 REIG50, REIG65, REIG80은 모두 1.5 kHz와 같게 나타나도록 산출하였으며, 음향피드백시스템의 작동여부에 대한 사항은 고려하지 않았다.

여섯째, HTL이 20 dB HL 이하인 경우 모든 입력 SPL에 대한 REIG는 모든 1/2옥타브 주파수에서 '0'으로 처리하였다.

일곱째, 0.25 kHz에서 1.5 kHz까지의 기울기(slope: dB/octave)는 Bang & Lee(2020)의 선호이득과 1 kHz 부근에서 높게 나타나는 대역중요함수(Lee & Kim, 2012; Jin et al., 2016)를 고려하여 산출하였다.

HAG-K v2.0에서 1.0 kHz의 HTL에 따른 REIG50, REIG65 및 REIG80에 대한 기울기는 50 dB HL 이하에서는 0.68, 0.52 및 0.33 dB/octave, 55 dB HL 이상에서는 0.56, 0.52 및 0.33

dB/octave이었다. Table 1은 1.0 kHz의 HTL 50 dB HL 이하와 55 dB HL 이상에서 입력 SPL 50, 65, 80 dB에 대한 REIG를 산출하기 위한 수식을 나타내었다.

HAG-K v2.0과 NAL-NL2의 비교

HAG-K v2.0에서 산출한 REIG50, REIG65 및 REIG80은 NAL-NL2 (version 2.15)에서 산출한 REIG와 비교하였다. NAL-NL2의 REIG는 HAG-K v2.0과 마찬가지로 입력 SPL 50 dB에 대한 NAL-NL2의 REIG (REIG50 for NAL-NL2, REIG50-N), 65 dB에 대한 NAL-NL2의 REIG (REIG65 for NAL-NL2, REIG65-N), 80 dB에 대한 NAL-NL2의 REIG (REIG80 for NAL-NL2, REIG80-N)를 각각 산출하였다.

RESULTS

모든 옥타브 주파수에서 40, 60, 80 dB HL의 HTL을 입력했을 때, HAG-K v2.0 (REIG50, REIG65 및 REIG80)과

Table 1. Formula used to calculate REIGs of 1.0 kHz at input sound pressure level of 50, 65, 80 dB in HAG-K v2.0

HTL ≤ 50 dB HL	HTL ≥ 55 dB HL
REIG50 = 0.56 (HTL) - 11.2	REIG50 = 0.68 (HTL) - 18
REIG65 = 0.52 (HTL) - 10.5	REIG65 = 0.52 (HTL) - 10.5
REIG80 = 0.33 (HTL) - 6.6	REIG80 = 0.33 (HTL) - 6.5

HAG-K v2.0: Hearing Aid Gain for Korean Hearing Impaired version 2.0, HTL: hearing threshold level, REIG: real-ear insertion gain

NAL-NL2 (REIG50-N, REIG65-N 및 REIG80-N)에 의해 산출한 REIG는 Figure 1과 같다. Figure 1에서 이득과 0.25 kHz에서 0.5 kHz까지의 기울기 및 CT와 CR을 살펴보면 다음과 같다.

이득과 주파수반응곡선

HAG-K v2.0에서 산출한 보통 크기의 대화음레벨 65 dB SPL에 대한 REIG65는 HTL이 60 dB HL(Figure 1B)일 때는 1.0 kHz에서 3.0 kHz 그리고 40 dB HL(Figure 1C)일 때는 1.0 kHz 이하의 주파수에서 NAL-NL2와 비슷하게 나타났다. 나머지 모든 주파수에서 HAG-K v2.0의 REIG는 NAL-NL2에 비해 낮게 나타났다. HTL이 80 dB HL(Figure 1A)일 때는 모든 주파수에서 HAG-K v2.0의 REIG가 NAL-NL2에 비해 낮게 나타났다. 그리고 0.25 kHz에서 1.0 kHz까지의 기울기는 HTL 40, 60 및 80 dB HL에서 2.0, 4.1 및 6.1 dB/octave로 각각 나타나 HTL 60 dB와 80 dB HL에서 HAG-K v2.0이 NAL-NL2에 비해 높게 나타났다(Figure 1).

CT와 CR

Figure 1에서 50, 65 및 80 dB의 입력 SPL에 따른 REIG의 차이를 토대로 CT와 CR을 유추하여 살펴보면, CT는 모든 HTL에서 HAG-K v2.0이 NAL-NL2에 비해 높게 나타났다. 그리고 CR은 HTL 60 dB HL에서는 HAG-K v2.0과 NAL-NL2가 비슷하게 나타났으나 40 dB HL에서는 NAL-NL2가,

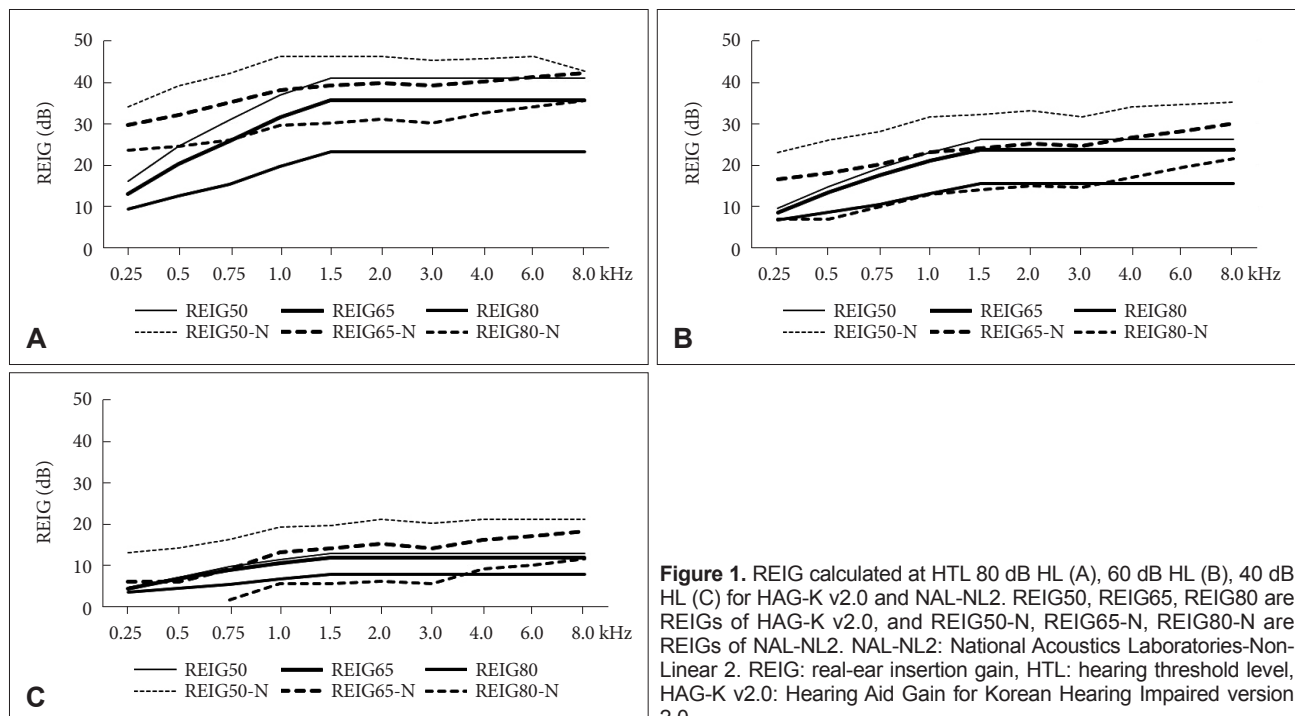


Figure 1. REIG calculated at HTL 80 dB HL (A), 60 dB HL (B), 40 dB HL (C) for HAG-K v2.0 and NAL-NL2. REIG50, REIG65, REIG80 are REIGs of HAG-K v2.0, and REIG50-N, REIG65-N, REIG80-N are REIGs of NAL-NL2. NAL-NL2: National Acoustics Laboratories-Non-Linear 2. REIG: real-ear insertion gain, HTL: hearing threshold level, HAG-K v2.0: Hearing Aid Gain for Korean Hearing Impaired version 2.0.

80 dB HL에서는 HAG-K v2.0이 높게 나타났다. CR은 전체적으로 1.0 kHz 이하의 저주파수로 갈수록 HAG-K v2.0의 CR이 낮아지는 경향을 보였으나, NAL-NL2는 모든 주파수에서 비슷하게 나타났으며, 60 dB HL 이상에서는 HTL과 관계없이 CR이 비슷하게 나타났다.

DISCUSSIONS

본 연구는 한국어의 대화음레벨의 강도와 이에 따른 스펙트럼(Han & Lee, 2020), 한국 난청인의 선호이득(Bang & Lee, 2020), 전기음향의 조절(Jeong & Lee, 2018; Kim & Lee, 2019)에 따른 어음의 인지도가 외국어와 차이가 나타났다는 것에 근거하여 HAG-K v2.0을 개발하였다. 본 연구에서 산출한 REIG를 통하여 보통 대화음레벨의 이득(REIG65), CT 및 CR을 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

REIG65

모든 1/2옥타브 주파수에서 HTL이 60 dB일 때 HAG-K v2.0에서 산출한 보통 크기의 대화음레벨 65 dB SPL에 대한 REIG65는 1.5 kHz에서 3.0 kHz까지는 NAL-NL2와 비슷하게 나타났으나, 1.5 kHz 이하와 3.0 kHz 이상의 주파수에서는 NAL-NL2가 높게 나타났다. Han & Lee(2020)의 연구에서 보통 대화음레벨 65 백분위수(percentile)의 강도는 64.74 dB SPL로 International Electrotechnical Commission(2012)와 비슷하게 나타났으나, 주파수 스펙트럼은 0.25 kHz에서 1.6 kHz까지 한국어음이 외국어음에 비해 높은 강도로 나타났다. Lippmann et al.(1981), Keidser et al.(2011)의 연구에서 보청기의 이득은 보통 크기의 대화음레벨을 난청인의 MCL까지 증폭하는데 필요한 증폭량 또는 음량증가를 고려하여 결정한다고 하였다. 본 연구에서의 REIG65를 NAL-NL2와 비교했을 때 1.5 kHz에서 3.0 kHz 주파수 대역에서는 비슷하게 나타났으나 0.25 kHz에서 1.6 kHz의 주파수 대역에서 낮게 나타난 근거로 볼 수 있다.

그리고 0.25 kHz에서 1.0 kHz까지 HAG-K v2.0에서 산출한 REIG65의 기울기는 NAL-NL2에 비해 높게 나타났다. Han & Lee(2020)의 연구에서 한국어의 65 백분위수에 대한 주파수 스펙트럼은 0.25 kHz에서 1.6 kHz까지 외국어음에 비해 높은 강도로 나타났다. 따라서 HAG-K v2.0은 1.0 kHz 이하의 주파수에서의 이득을 적게 산출한 것으로 나타났다.

그러나 HTL 40 dB와 80 dB HL에서의 REIG65는 모든 1/2 옥타브 주파수에서 NAL-NL2에 비해서 낮게 나타났다. 한국(Han & Lee, 2020)과 해외(International Electrotechnical Commission, 2012)의 연구에서 작은 대화음레벨인 30 백분위

수는 한국어음이 59.67 dB SPL, 외국어음은 55 dB SPL로 보고하여 30 백분위수가 더 높은 한국인의 REIG가 더 낮은 것으로 보인다. 그리고 큰 대화음레벨인 99 백분위수는 한국어음이 79.07 dB SPL과 외국어음은 80 dB SPL로 보고하여 큰 차이는 나타나지 않았다. 하지만 5.0 kHz 이하의 주파수 스펙트럼에서 한국어음의 강도가 외국어음에 비해 높게 나타나는 것을 고려하면 HAG-K v2.0의 REIG가 NAL-NL2에 비해 낮게 나타나는 이유가 될 것이다.

4.0 kHz 이상의 주파수에서 40, 60, 80 dB HTL 모두 HAG-K v2.0의 REIG가 NAL-NL2에 비해 낮게 나타났다. 그 이유는 HAG-K v2.0의 REIG 산출 시 보청기의 음질, 만족도, 단어인지도 등 한국 난청의 선호이득(Bang & Lee, 2020)을 고려하였기 때문이다. 그리고 Figure 2는 Bang & Lee(2020)의 연구와 HAG-K v2.0을 비교한 것으로 같은 HTL에서 3.0 kHz 이상의 주파수에서는 선호이득과 HAG-K v2.0 간의 차이를 나타내고 있다. 그 이유는 Bang & Lee(2020)의 연구에서 보청기의 전기음향적 조절 시 음질 및 착용 만족도를 위주로 조절하였으며, 개방(non-occluded)형과 폐쇄(occluded)형 등 환기구의 직경, 보청기 형태 및 음향피드백제어시스템의 영향을 고려하지 않았기 때문이다. 개방형 보청기의 경우 음향피드백제어시스템의 작동으로 인해 고주파수의 이득이 저하되는 경향이 있다(Aazh et al., 2012)고 하였는데, HAG-K v2.0에서는 한국형 보청기적 합공식의 초기 버전으로 환기구를 설치한 보청기에서 나타나는 음향피드백에 대한 영향을 고려하지 않아서 고주파수의 이득은 저하되지 않도록 산출하였다.

CT와 CR

50, 65, 80 dB의 입력 SPL의 REIG를 토대로 HAG-K v2.0과 NAL-NL2의 CT를 비교해보면, HTL 40, 60, 80 dB HL에

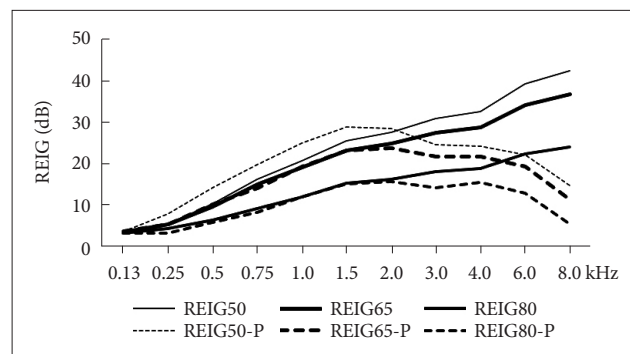


Figure 2. REIG calculated from HAG-K v2.0 and preferred gain of Korean hearing impaired (Bang & Lee, 2020). REIG50, REIG65, REIG80 are REIGs of HAG-K v2.0, and REIG50-P, REIG65-P, REIG80-P are REIGs of preferred gain of Korean hearing impaired (Bang & Lee, 2020). REIG: real-ear insertion gain, HAG-K v2.0: Hearing Aid Gain for Korean Hearing Impaired version 2.0.

서 HAG-K v2.0의 CT가 모든 주파수에서 NAL-NL2에 비해 높게 나타났다. 이는 한국어 30 백분위수의 대화음레벨이 외국 어음에 비해 5 dB 정도 높다는 연구(Han & Lee, 2020) 결과로 비추어볼 때 REIG50은 외국어에 비해 낮게 산출해도 대화 능력은 문제가 없을 것으로 보인다. 그리고 Barker et al.(2001), Souza(2002)의 연구에서 기술하였듯이 비선형 증폭기의 낮은 CT는 주변의 잡음을 어음과 함께 증폭하여 신호대잡음비(signal-to-noise ratio) 및 음질을 나쁘게 할 우려가 있다. 또한 Barker & Dillon(1999), Barker et al.(2001)의 연구에서 중고도의 감각신경성 난청인은 대화음 레벨인 65 dB SPL 부근의 CT를 선호한다고 보고하였다. 따라서 HAG-K v2.0에서 산출한 REIG50 즉, 60 dB SPL의 CT는 신호대잡음비 및 음질의 개선에 유용할 것으로 볼 수 있다.

HAG-K v2.0에서 산출한 CR을 NAL-N2와 비교했을 때 REIG65에서는 비슷하게 나타났다. 그러나 HTL 40 dB HL에서는 NAL-NL2, 80 dB HL에서는 HAG-K v2.0의 CR이 더 높게 나타났다. 비선형 증폭기에서의 CR은 역동범위 즉, HTL과 UCL의 차이에 의해 결정되는데(Souza, 2002) HAG-K v2.0은 HTL이 높을수록 역동범위가 좁아지는 연구(Park & Lee, 2013)를 반영한 것이다. 그리고 Boike & Souza(2000)는 잡음 환경에서의 높은 CR은 경도에서 중도의 감각신경성 난청인이 착용하는 보청기의 음질에 나쁜 영향을 줄 수 있다고 보고하여 HTL이 40 dB HL일 때 HAG-K v2.0에서 산출한 CR은 적절할 것으로 보인다.

HAG-K v2.0에서 산출한 REIG를 한국 난청인의 선호이득(Bang & Lee, 2020)과 비교한 Figure 2를 보면 2.0 kHz 이하의 주파수에서 REIG65 및 REIG80은 비슷하게 나타났다. 그러나 HAG-K v2.0의 REIG50가 선호이득에 비해 낮게 나타났다. 즉, HAG-K v2.0의 CT가 높게 나타나 Han & Lee(2020)의 30 백분위수의 SPL을 뒷받침한 것으로 볼 수 있다.

본 연구의 HAG-K v2.0과 선행연구인 HAI-v1(Jin et al., 2017; Han et al., 2017)의 REIG를 입력 SPL 65 dB를 중심으로 NAL-NL2 및 DSL5.0과 비교하여 살펴보면 다음과 같다. 입력 SPL 65 dB에 대한 REIG는 HAI-v1의 경우 0.5 kHz 이하와 4.0 kHz 이상에서는 NAL-NL2와 DSL5.0에 비해 낮게 나타났으나, 1.0 kHz와 2.0 kHz에서는 HAG-K v2.0이 높게 나타났다. 그러나 HAG-K v2.0에서는 HTL이 60 dB HL일 때 입력 SPL 65 dB에 대한 REIG는 0.75 kHz 이하와 4.0 kHz 이상에서는 NAL-NL2 및 DSL5.0이 높게 나타났으나, 1.0 kHz와 3.0 kHz에서는 NAL-NL2와 비슷하게 나타났다. 그리고 HAG-K v2.0과 HAI-v1의 CT와 CR을 비교해 보면 CT는 HAG-K v2.0이 60 dB SPL 부근으로 31 dB SPL 부근의 HAI-v1에 비해서 높게 나타났으며, CR은 대부분의 주파수에서

HAI-v1이 HAG-K v2.0에 비해 높게 나타나 차이를 보였다.

본 연구에서는 한국어 대화음레벨과 스펙트럼, HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화와 선호이득 등 한국어의 음향적 특성과 한국인의 심리음향적 특성을 고려하여 한국형 보청기적합공식 HAG-K v2.0을 개발하여 청능재활 현장에서 보청기의 효과적인 조절과 한국 난청인의 어음인지도, 의사소통 능력 그리고 보청기의 만족도를 개선하고자 하였다. Souza(2002), Jeong & Lee(2018) 등이 비선형 증폭기의 해제시간은 어음 및 잡음의 인지에 영향을 준다고 하였다. 하지만 대부분의 보청기 제조사에서 해제시간을 다양하게 설정하며, 한국어음의 인지에 미치는 영향에 대한 연구 또한 부족하여 한국형 보청기적합공식의 초기 버전인 HAG-K v2.0에서는 해제시간을 고려하지 않았다.

본 연구에서 보청기적합공식을 산출할 때 적용한 대부분의 선행연구에서는 성인 및 노인을 대상으로 진행하였기 때문에 HAG-K v2.0은 아동보다는 성인 또는 노인이 착용하는 보청기의 이득을 산출할 때 효과적일 것으로 생각한다. 따라서 향후의 한국형 보청기적합공식 관련 연구에서는 아동, 성인, 노인 등 난청인의 연령, 청각손실의 종류, 형태 및 정도, 개방형과 폐쇄형 등 보청기의 형태와 환기구의 직경, 한국어음의 인지에 효과적인 해제시간, 음향피드백의 활성화 여부, 채널의 수 그리고 난청인의 생활환경을 고려한 보청기 이득을 산출하기 위하여 실생활에서의 대화음과 소음의 강도 및 스펙트럼 등에 대한 연구가 필요하다. 아울러 다양한 환경에서 보청기의 음질, 착용 만족도, 어음인지도 등의 평가를 통하여 HAG-K v2.0을 체계적으로 검증하고 수정 및 보완한다면 한국 난청인이 착용하는 보청기의 전기음향적 조절과 의사소통 능력의 개선에 도움을 줄 수 있을 것이다.

중심 단어 : HAG-K v2.0·보청기·적합공식·한국인·난청인.

Ethical Statement

This study was approved by the Institutional Review Board of Hallym University of Graduate Studies (IRB #HUGSAUD674235).

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. Data curation: Kyoungwon Lee, Hyebyeong Jo. Formal analysis: Kyoungwon Lee. Funding acquisition: Kyoungwon Lee. Investigation: Kyoungwon Lee. Methodology: Kyoungwon Lee. Project administration: Kyoungwon Lee. Writing—original draft:

Kyoungwon Lee. Writing—review & editing: all authors. Approval of final manuscript: all authors.

ORCID iDs

Kyoungwon Lee <https://orcid.org/0000-0002-1297-6436>
 Soohyun Ahn <https://orcid.org/0000-0002-7117-2331>
 Hyeryeong Jo <https://orcid.org/0000-0002-6631-7815>

REFERENCES

- Aazh, H., Moore, B. C. J., & Prasher, D. (2012). The accuracy of matching target insertion gains with open-fit hearing aids. *American Journal of Audiology, 21*(2), 175-180.
- 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.
- Barker, C. & Dillon, H. (1999). Client preferences for compression threshold in single-channel wide dynamic range compression hearing aids. *Ear and Hearing, 20*(2), 127-139.
- Barker, C., Dillon, H., & Newall, P. (2001). Fitting low ratio compression to people with severe and profound hearing losses. *Ear and Hearing, 22*(2), 130-141.
- Boike, K. T. & Souza, P. E. (2000). Effect of compression ratio on speech recognition and speech-quality ratings with wide dynamic range compression amplification. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 43*(2), 456-468.
- Byrne, D. & Dillon, H. (1986). The National Acoustic Laboratories' (NAL) new procedure for selecting the gain and frequency response of a hearing aid. *Ear and Hearing, 7*(4), 257-265.
- Byrne, D., Dillon, H., Ching, T., Katsch, R., & Keidser, G. (2001). NAL-NL1 procedure for fitting nonlinear hearing aids: characteristics and comparisons with other procedures. *Journal of the American Academy of Audiology, 12*(1), 37-51.
- Cox, R. M. (1995). Using loudness data for hearing aid selection: The IHAF approach. *The Hearing Journal, 48*(2), 10, 39-44.
- Han, W., Lee, J., Kim, J., Lee, K., & Kim, D. (2017). Preferred Compression Threshold and Release Time in Quiet and Noisy Conditions for Elderly Korean Hearing Aid Users. *Journal of Audiology and Otology, 21*(3), 133-139.
- Han, Y. K. & Lee, K. (2020). A study on the Korean conversation speech level and spectrum in sound-treated environment. *Audiology and Speech Research, 16*(2), 133-139.
- International Electrotechnical Commission. (2012). *Electroacoustics—Hearing Aids—Part 15: Methods for Characterising Signal Processing in Hearing Aids with a Speech-Like Signal (IEC 60118-15:2012)*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- Jeong, J. & Lee, K. (2018). Changes of non-sense syllabic word scores and preferences as a function of release time on multi-channel hearing aids. *Audiology and Speech Research, 14*(4), 250-258.
- Jin, I. K., Lee, J., Lee, K., Kim, J., Kim, D., Sohn, J., et al. (2016). The Band-Importance Function for the Korean Standard Sentence Lists for Adults. *Journal of Audiology and Otology, 20*(2), 80-84.
- Jin, I. K., Lee, K., Kim, J., Kim, D., Sohn, J., & Lee, J. (2017). Comparison of a hearing aid fitting formula based on Korean acoustic characteristics and existing fitting formulae. *Audiology and Speech Research, 13*(3), 216-221.
- Johnson, E. E. & Dillon, H. (2011). A comparison of gain for adults from generic hearing aid prescriptive methods: impacts on predicted loudness, frequency bandwidth, and speech intelligibility. *Journal of the American Academy of Audiology, 22*(7), 441-459.
- Keidser, G., Dillon, H., Flax, M., Ching, T., & Brewer, S. (2011). The NAL-NL2 Prescription Procedure. *Audiology Research, 1*(1), e24.
- Kiessling, J., Schubert, M., & Archut, A. (1996). Adaptive fitting of hearing instruments by category loudness scaling (ScalAdapt). *Scandinavian Audiology, 25*(3), 153-160.
- Killion, M. & Fikret-Pasa, S. (1993). The 3 types of sensorineural hearing loss: Loudness and intelligibility considerations. *The Hearing Journal, 46*(11), 31-36.
- Kim, S. & Lee, K. (2019). Changes of Consonant Recognition and Sound Quality as a Function of Compression Threshold on Multi-Channel Hearing Aids. *Audiology and Speech Research, 15*(1), 23-29.
- Lee, K. W. & Kim, J. S. (2011). Suggestion of hearing aid gain for Korean hearing impaired (HAG-K). *Audiology and Speech Research, 7*(2), 119-123.
- Lee, K. W. & Kim, J. S. (2012). The study of frequency importance function of the Korean monosyllabic words. *Audiology and Speech Research, 8*(1), 24-33.
- Lippmann, R. P., Braida, L. D., & Durlach, N. I. (1981). Study of multichannel amplitude compression and linear amplification for persons with sensorineural hearing loss. *The Journal of the Acoustical Society of America, 69*(2), 524-534.
- Noh, H. & Lee, D. H. (2012). Cross-language identification of long-term average speech spectra in Korean and English: toward a better understanding of the quantitative difference between two languages. *Ear and Hearing, 33*(3), 441-443.
- 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.
- Souza, P. E. (2002). Effects of compression on speech acoustics, intelligibility, and sound quality. *Trends in Amplification, 6*(4), 131-165.