



A Feasible Sound Field Measurement in ENT Clinics for Contralateral Routing of Signals Hearing Aids: A Pilot Study

Jae Sang Han^{1*}, Yeonji Kim^{1*}, Eul Seung Hwang¹, Ji Hyung Lim¹,
So Yong Park², Jeong Hae Park¹, Jae-Hyun Seo¹, and Shi Nae Park¹

¹Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul; and

²Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Yeouido St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Contralateral Routing of Signals 보청기 사용자의 보청기 기능이득 확인을 위해
이비인후과 진료 현장에서 적용 가능한 음장검사 방법: 탐색적 연구

한재상^{1*} · 김연지^{1*} · 황을성¹ · 임지형¹ · 박소영² · 박정해¹ · 서재현¹ · 박시내¹

¹가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 이비인후-두경부외과학교실, ²가톨릭대학교 의과대학 여의도성모병원 이비인후-두경부외과학교실

Received June 28, 2023

Revised July 24, 2023

Accepted July 31, 2023

Address for correspondence

Shi Nae Park, MD, PhD
Department of Otorhinolaryngology-
Head and Neck Surgery,
Seoul St. Mary's Hospital,
College of Medicine,
The Catholic University of Korea,
222 Banpo-daero, Seocho-gu,
Seoul 06591, Korea
Tel +82-2-2258-6215
Fax +82-2-2258-1354
E-mail snparkmd@catholic.ac.kr

Jae-Hyun Seo, MD, PhD
Department of Otorhinolaryngology-
Head and Neck Surgery,
Seoul St. Mary's Hospital,
College of Medicine,
The Catholic University of Korea,
222 Banpo-daero, Seocho-gu,
Seoul 06591, Korea
Tel +82-2-2258-6210
Fax +82-2-535-1354
E-mail revivalseo@catholic.ac.kr

*These authors contributed equally
to this work.

Background and Objectives The hearing in noise test (HINT) or sound localization test (SLT) is used as the standardized assessment for contralateral routing of signals (CROS) and bilateral microphones with contralateral routing of signals (BiCROS) hearing aids (HAs). However, implementing HINT or SLT can be challenging in most ENT clinics. In this study, we propose a new feasible method specifically designed for conducting a sound field hearing test for CROS and BiCROS HA users.

Subjects and Method CROS/BiCROS HA users who visited Seoul St. Mary's hospital between 2019 and 2021 were enrolled for the study. SLT was conducted in a sound-proof room equipped with two speakers positioned at a 45° angle from the patient on each side: noise stimuli were presented to the better ear the headphone patient was wearing while signals were presented to the worse ear via the speakers in the room. To validate the sound field test, a correlation analysis was conducted using the Bern benefit in single-sided deafness and the Korean version of the International Outcome Inventory for Hearing Aids (K-IOI-HA) Questionnaires.

Results The aided speech discrimination score was significantly higher in the signal 60 dB HL/masking 50 dB HL condition than 50 dB HL/masking 50 dB HL condition ($p < 0.05$). A significant correlation was found between the gain of sound field speech audiometry and the K-IOI-HA questionnaire ($p < 0.05$).

Conclusion Our novel sound field hearing test for CROS/BiCROS HA users, which presents appropriate noise stimuli via headphones to the better ear, appears to be a feasible approach for CROS/BiCROS HA users.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2023;66(9):584-90

Keywords Hearing aids; Hearing loss, unilateral; Hearing test.

서론

일측성 전농(single-sided deafness) 혹은 비대칭성 난청(asymmetric hearing loss)은 일측이 중등도-고도 이상의 난청이나 반대측은 비교적 정상 범위의 청력을 보이는 난청으로, 일측 청력의 손실로 인해 양이청 효과를 누리지 못하게 되어 소리의 방향성 구분(sound localization) 및 소음 속에서 어음 인지가 어려워진다. 이러한 경우 청각재활 방법으로는 contralateral routing of signals (CROS)/bilateral microphones with contralateral routing of signals (BiCROS) 보청기, 인공와우, 이식형 골전도보청기 등의 청각재활방법이 있다.¹⁾ 이 중 CROS/BiCROS 보청기는 일측성 혹은 비대칭성 감각신경성 난청 환자에서 난청이 있는 귀로 들어오는 소리를 반대쪽 비교적 잘 듣는 귀로 전달하는 보청기로, 환측 귀의 청력을 회복시켜 주지는 않지만 양측에서 들어오는 소리를 들을 수 있어 소음 환경에서 어음 인지를 향상시킨다.²⁾ 그러나 CROS/BiCROS 보청기를 사용하더라도 소리 정보는 여전히 일측 귀에서만 처리되기 때문에 양이 합산(biaural summation), 양이소음억제효과(aiaural squelch), 소리 방향성(sound localization)과 같이 양이청(biaural hearing)을 통해 얻을 수 있는 복잡한 상황에서의 가청능력 향상 효과는 기대하기 어렵다는 한계 또한 가지고 있다.³⁾

CROS/BiCROS 보청기는 일반적인 보청기에서 사용되는 음장검사를 적용할 수 없어 적합(fitting) 및 기능이득(functional gain)을 위해서는 hearing in noise test (HINT)나 sound localization test (SLT)와 같은 특수 검사가 필요하다.^{4,5)} 그러나 한국의 진료 현실상 대부분의 병원에서는 HINT나 SLT를 위한 시설을 갖추고 있지 않아 이들 보청기의 이득을 평가하는데 어려움이 있다. 따라서 저자들은 본 연구에서 CROS/BiCROS 보청기 사용자의 적합확인을 위하여 기본적인 청력검사실만을 갖춘 진료 현장에서도 적용가능한 음장검사법을 제안하고자 본 연구를 계획하였다.

CROS/BiCROS 보청기 음장검사의 문제는 각 검사에 정해진 차폐음의 강도가 없고, 어음명료도 검사의 경우 정해진 자극음 크기가 없다는 점이다. 따라서 본 연구에서 저자들은 각 검사의 차폐음을 정하고, 음장어음명료도 검사의 자극음을 결정하고자 하였다. 또한 본 연구자들이 제시한 검사 방법의 효용성을 확인하기 위하여 설문지 조사를 통한 주관적 만족도와 상관을 평가하였다.

대상 및 방법

연구 대상

연구 대상자는 20세 이상의 성인으로 순음청력검사에서 나쁜쪽 귀의 500, 1000, 2000, 4000 Hz 평균 역치 70 dB 이상인 일측성 전농 또는 비대칭성 난청 환자 중 CROS/BiCROS 보청기 사용자를 대상으로 하였고, 외이나 중이의 기형이 있거나 검사 협조가 어려운 환자는 제외하였다.

본 연구는 두 단계로 진행되었다. 첫 번째 단계로 차폐음과 자극음을 결정하기 위하여 2019년 8월부터 2020년 6월까지 가톨릭대학교 서울성모병원에서 CROS 보청기나 BiCROS 보청기를 착용한 22명의 환자를 대상으로 연구를 진행하였다. 두 번째 단계로 검사 방법과 주관적 만족도와 상관관계를 평가하기 위하여 2020년 6월부터 2021년 12월까지 본 연구에서 제시한 방법으로 음장검사를 시행한 30명의 환자들에게 설문조사를 시행하였다. 본 연구는 임상연구심의위원회의 승인을 받아 진행하였다(승인번호: 20221004-F-281).

모든 대상자들의 나이, 성별, 보청기 타입과 사용시간 등의 임상 정보를 수집하였으며, 순음청력검사 및 어음청력검사, 그리고 보청기 착용 전후의 음장역치검사와 음장어음검사를 시행하였다. 또한 환자의 주관적 만족도를 조사하기 위해 Bern benefit in single sided deafness (BBSS) 및 Korean version of International Outcome Inventory for Hearing Aids (K-IOI-HA) 설문지를 시행하였다. BBSS 설문지는 일측성 전농 환자에게 BAHA 사용 후 효과를 평가하기 위해 Kompis 등에 의해 개발되었으며, 총 10가지 항목에 대해 -5부터 5까지 시각적 아날로그 척도로 평가하게 된다.^{6,7)} 1번부터 9번까지 항목은 특정 상황에서의 질문이고 10번 항목은 전반적인 만족도를 평가하는 항목이다(Hearing rehabilitation of single-sided deafness: benefit and selection criteria of bone anchored hearing aid and contralateral routing of signal hearing aid). 다만, 검증된 한국어판 설문지는 발표된 바가 없어 영문을 한국어로 번역하여 사용하였다. K-IOI-HA는 Chu 등⁸⁾이 표준화한 설문지를 사용하였다. K-IOI-HA는 7개의 질문 항목으로 구성되어 있으며 각 질문은 가장 부정적인 1점부터 가장 긍정적인 5점까지 선택하도록 되어 있다. 전반적인 만족도는 BBSS 설문지의 경우 10번 항목으로, K-IOI-HA의 경우 각 항목의 총점으로 평가하였다.

CROS/BiCROS 보청기를 위한 음장검사 방법

방음실에서 환자의 양측 45°에 스피커를 두고, 좋은 쪽 귀에 헤드폰으로 잡음(noise)을 주고 나쁜 쪽 귀에 스피커를 통해 신호(signal)를 줘서 보청기 없이(unaided) 그리고 보청

기를 끼고(aided) 음장어음검사를 실시하였다(Fig. 1). 차폐는 CROS 또는 BiCROS 보청기의 좋은 쪽 귀에 착용되어 있는 수신 보청기 위에 헤드폰을 착용하여 차폐음을 들려주면서 시행하였다. 헤드폰은 보청기 전체를 덮도록 거치되었고 헤드폰을 착용시킬 때 일시적인 피드백 현상이 있었으나 헤드폰 착용을 완료한 이후에는 피드백 없이 차폐를 진행할 수 있었다.

본 연구에서 시행된 각 검사의 차폐음은 Table 1에 나타내었다. 이후 음장어음명료도 검사의 자극음을 설정하기 위해 50 dB와 60 dB 크기의 단음절어를 사용하여 본 연구에서 비교하였다.

통계 분석은 SPSS software (ver. 24.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 성별은 카이제곱검정을, 나이를 포함한 연속형변수는 Mann-Whitney 검정을, 같은 대상자에서 반복적으로 측정된 연속형 변수에는 Wilcoxon signed rank 검정을 시행하였고, 설문지의 상관관계 분석은 Pearson 분석을 이용하였다. p -value가 0.05 미만인 경우 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

연구 1: 음장검사의 신호음과 차폐음 설정

총 22명의 환자 중 CROS 보청기를 착용한 환자는 13명, BiCROS 보청기를 착용한 환자는 9명이었었다. 전체 환자의 평균 연령은 54.5 ± 16.3 세였으며, 환자들은 평균 17.6 ± 20.7 개월간 보청기를 착용 중이었다. 500, 1000, 2000, 4000 Hz 평균 순음청력검사결과는 CROS/BiCROS 보청기 사용자에서 각각 나쁜 쪽 귀 99.9 ± 13.2 dB HL/ 96.4 ± 16.4 dB HL ($p=0.647$), 좋은 쪽 귀 14.4 ± 9.2 dB HL/ 29.0 ± 8.9 dB HL ($p=0.003$)이었다(Table 2).

음장역치검사 결과는 보청기를 빼고 57.3 ± 8.4 dB HL, 보청기 착용 상태에서 45.2 ± 5.8 dB HL이었고($p=0.001$), 12.1 ± 5.4 dB HL의 이득을 나타내었다. 음장어음청취역치 검사는 보청기를 빼고 86.8 ± 12.0 dB HL, 보청기 착용 상태에서 51.1 ± 21.4 dB HL이었고($p=0.003$), 36.7 ± 19.9 dB HL의 이득을 보였다. 또한 보청기 착용 상태에서 음장역치 검사와 음장어음청취역치 검사 사이의 통계학적 유의미한 차이는 관찰되지 않았다($p>0.05$) (Fig. 2).

음장어음청취 검사 결과 보청기 착용 상태에서 어음명료도는 신호음 50 dB HL/차폐음 50 dB HL에서 $26.7\% \pm 13.8\%$ 로 신호음 60 dB HL/차폐음 50 dB HL에서 $55.9\% \pm 19.0\%$

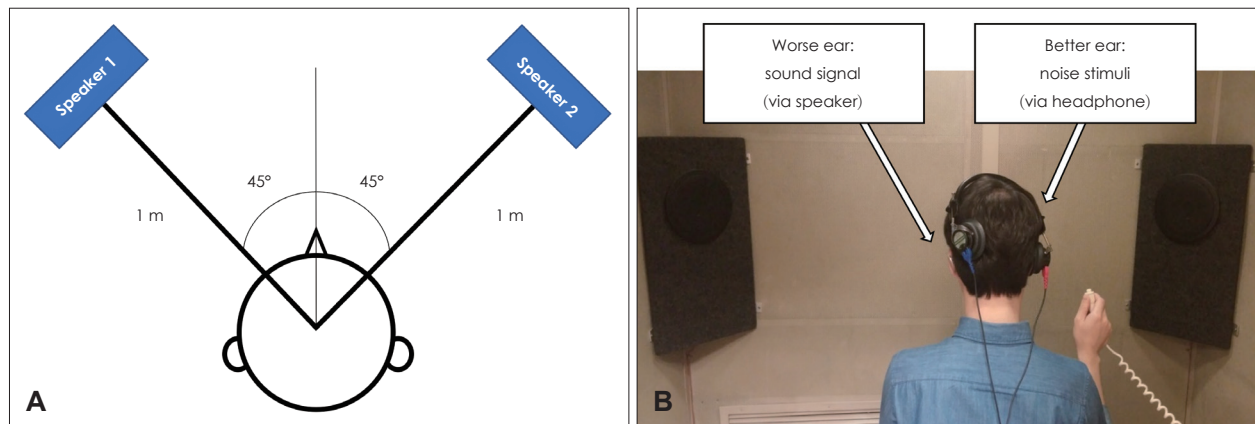


Fig. 1. Clinical settings of the sound field hearing test for verification of contralateral routing of signals/bilateral microphones with contralateral routing of signals hearing aids. A: Two speakers are placed 1 m away from the patient on both sides at 45° from the patient. B: Noise stimuli is given in the better ear via headphone in a soundproof room, while sound signal is given in the affected ear via the speaker.

Table 1. Masking sounds of each sound field tests

| Sound field threshold test | | Sound field speech reception threshold test | Sound field speech discrimination test |
|----------------------------|--|---|--|
| Noise | Narrowband | Speech | Speech |
| Intensity | If the better ear hearing threshold is - < 10 dB: add 15 dB - 15–25 dB: add 10 dB - > 30 dB: add dB | Same as signal sound | 50 dB |

Table 2. Clinical characteristics of the patients

| | Overall (n=22) | CROS (n=13) | BiCROS (n=9) | p-value |
|---|----------------|-------------|--------------|---------|
| Sex (M:F) | 8:14 | 7:6 | 1:8 | 0.074 |
| Age (year) | 54.5±16.3 | 51.8±17.9 | 63.9±10.3 | 0.110 |
| Duration of hearing aid use (month) | 17.6±20.7 | 21.2±24.8 | 12.6±10.7 | 0.512 |
| PTA (dB HL) [†] | | | | |
| Affected ear | 98.5±14.7 | 99.9±13.2 | 96.4±16.4 | 0.647 |
| Normal/better ear | 20.4±11.6 | 14.4±9.2 | 29.0±8.9 | 0.003* |
| Speech reception threshold test (dB HL) | | | | |
| Affected ear | 86.6±11.0 | 84.2±13.8 | 90.0±0.0 | 0.556 |
| Normal/better ear | 20.0±8.3 | 15.8±5.1 | 26.1±8.1 | 0.007* |
| Speech discrimination score (%) | | | | |
| Affected ear | 3.1±5.8 | 2.5±5.6 | 4.0±6.0 | 0.647 |
| Normal/better ear | 96.0±6.1 | 98.5±3.7 | 92.4±7.2 | 0.082 |

Chi-square and Mann-Whitney test, * $p < 0.05$; †average air conduction of 0.5, 1, 2, and 4 kHz. CROS, contralateral routing of signals; BiCROS, bilateral microphones with contralateral routing of signals; M, male; F, female; PTA, pure tone audiometry

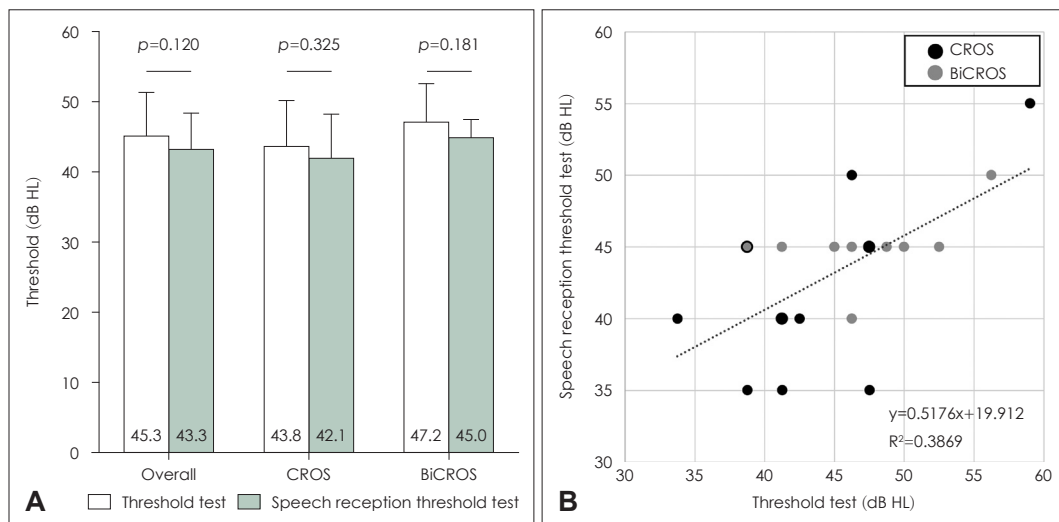


Fig. 2. Comparison of sound field threshold test and sound field speech reception threshold test. A: No statistically significant distinction was found between the two tests, regardless of the type of hearing aids ($p>0.05$, Wilcoxon signed rank test). B: The scatter plot shows a positive correlation between the sound field threshold test and the sound field speech reception threshold test ($R^2=0.3869$). CROS, contralateral routing of signals; BiCROS, bilateral microphones with contralateral routing of signals.

에 비해 유의미하게 낮은 어음명료도를 보였다($p=0.001$).

음장검사의 자세한 결과는 Table 3에 기술하였다.

연구 2: 주관적 만족도와 의 상관관계 분석

설문조사를 시행한 30명의 환자들의 평균 연령은 59.2 ± 15.0 세였으며, 이 중 남성이 14명, 여성이 16명이었다. 17명은 CROS 보청기, 13명은 BiCROS 보청기 사용자였다. BBSS 설문지 결과 중 전반적인 만족도를 나타내는 10번 항목은 평균 2.9 ± 1.5 점으로 나타났고, CROS/BiCROS 보청기 사용자에게 각각 $2.8 \pm 1.5/3.0 \pm 1.6$ 이었다($p=0.873$). 특정 상황에 대한 질문인 1에서 9번까지 항목 중에서는 8번 항목(여러 사람과 대화하는 상황)이 2.7 ± 1.4 로 가장 높았고, 5번 항목(배경 소

음이 있는 상황에서 대화)이 1.6 ± 2.0 으로 가장 낮았다. K-IOI-HA 설문지 총점은 평균 25.4 ± 4.3 이었고 CROS/BiCROS 보청기 사용자에서 각각 $25.8 \pm 3.8/24.9 \pm 4.8$ 이었다($p=0.897$). 보청기 종류에 따른 설문 점수의 차이는 BBSS 및 K-IOI-HA 설문지의 모든 항목에서 유의미한 차이가 없었다($p>0.05$). 두 설문지의 자세한 결과는 Fig. 3에 나타내었다.

설문지 결과와 음장검사와의 상관관계를 분석하였을 때 BBSS 설문지의 모든 항목에서 유의미한 상관관계가 확인되지 않았다($p>0.05$). K-IOI-HA 설문지의 경우 음장어음청취역치 검사의 이득과 K-IOI-HA 설문 6번 항목(타인에게 끼치는 영향)에서 유의미한 상관관계가 관찰되었으며($r=0.381$, $p=0.041$), 음장어음명료도 검사의 이득은 K-IOI-HA 설문지의 총

Table 3. Comparison of unaided and aided sound field tests

| | Functional gain | Unaided | Aided | p-value |
|---|-----------------|------------|-------------|---------|
| Sound field threshold test (dB HL) [†] | 12.1 ± 5.4 | 57.3 ± 8.4 | 45.2 ± 5.8 | 0.001* |
| Sound field SRT (dB HL) [†] | 36.7 ± 19.9 | 87.9 ± 9.6 | 51.2 ± 19.3 | 0.003* |
| p-value | <0.001* | <0.001* | 0.901 | |
| Sound field SDS (%) [†] | | | | |
| Signal 50 dB HL/noise 50 dB HL | 25.6 ± 13.7 | 1.1 ± 2.8 | 26.7 ± 13.8 | 0.001* |
| Signal 60 dB HL/noise 50 dB HL | 52.1 ± 17.9 | 3.7 ± 5.5 | 55.9 ± 19.0 | 0.001* |
| p-value | 0.001* | 0.041* | 0.001* | |

Wilcoxon signed rank test, * $p < 0.05$; [†]average air conduction of 0.5, 1, 2, and 4 kHz. SRT, speech reception threshold test; SDS, speech discrimination score

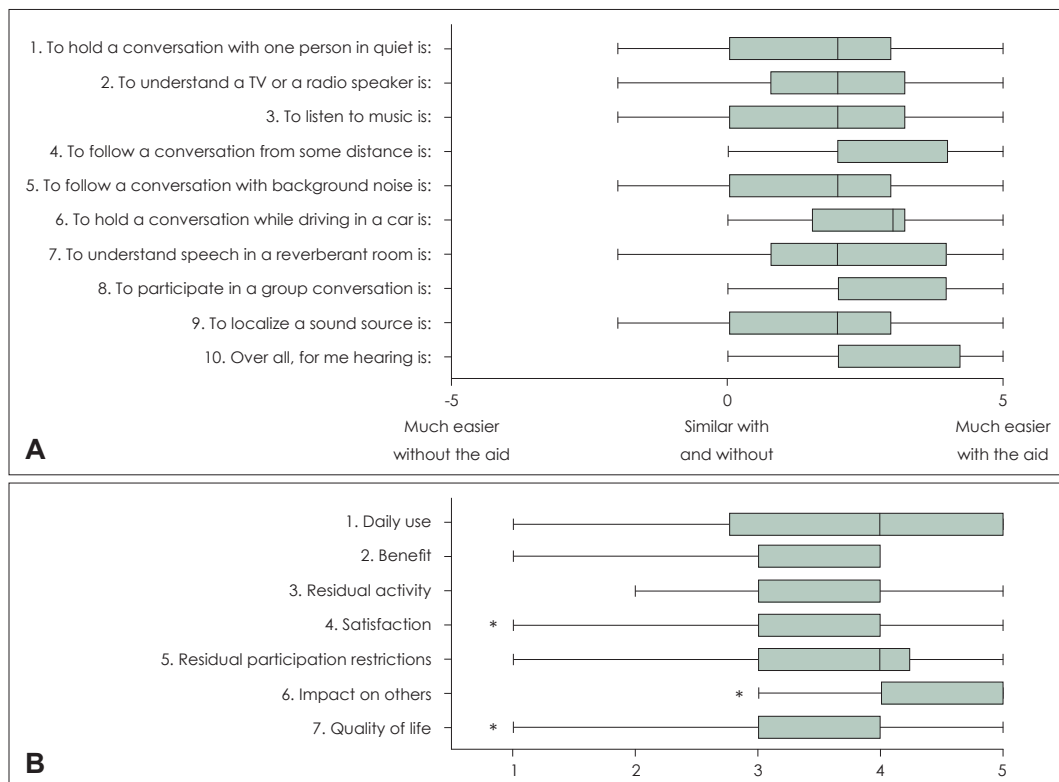


Fig. 3. Questionnaire results of contralateral routing of signals (CROS) and bilateral microphones with contralateral routing of signals (BiCROS) hearing aid (HA) users (n=30). A: The Bern benefit in single-sided deafness (BBSS) questionnaire showed CROS and BiCROS HA users found it somewhat easier to hear in most situations. B: The Korean version of international outcome inventory for hearing aids (K-IOI-HA) questionnaire indicates that CROS and BiCROS HA is useful, and question 4, 6, and 7 showed a significant correlation with the sound field speech audiometry test. Boxes indicate the upper and lower quartiles and the median are marked as vertical lines. Whiskers display the 1.5 interquartile ranges. *Pearson's correlation analysis between questionnaires and gain of sound field speech audiometry test, $p < 0.05$.

점($r=0.481$, $p=0.008$)과 4번(만족도, $r=0.404$, $p=0.031$) 및 7번(삶의 질, $r=0.60$, $p<0.001$) 항목에서 유의미한 상관 관계를 나타내었다. 자세한 상관관계 분석은 Table 4에 정리하였다.

고 찰

CROS/BiCROS 보청기나 이식형골전도 보청기는 환측으로 들어오는 소리를 좋은 쪽 귀로 듣도록 하기 때문에 일반

적인 음장검사법으로 검사할 경우 환자가 보청기를 통해 이득을 얻은 것인지 좋은 쪽 귀로 소리를 듣는 것인지 구분하기 어렵다. 따라서 HINT나 SLT와 같은 검사가 필요하지만,^{4,5)} 시간이 많이 소요되며 현재 국내 대부분의 청력검사실에는 검사가 가능한 시설을 갖추고 있지 않다는 한계가 있었다. 따라서 저자들은 기존 청력검사실의 시설을 이용하면서 비교적 간단하게 시행할 수 있는 검사를 고안하고자 하였다. 이를 위해 좋은 쪽 귀의 적절한 차폐 강도를 찾고 음장어음

Table 4. Correlation analysis between sound field tests and questionnaire surveys

| BBSS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Gain of sound field speech reception threshold | | | | | | | | | | |
| Pearson's r | 0.013 | -0.110 | -0.038 | 0.019 | 0.144 | -0.014 | -0.114 | 0.056 | -0.047 | -0.023 |
| p-value | 0.843 | 0.932 | 0.460 | 0.973 | 0.555 | 0.749 | 0.804 | 0.909 | 0.843 | 0.930 |
| Gain of sound field speech discrimination score | | | | | | | | | | |
| Pearson's r | 0.071 | 0.063 | -0.061 | 0.057 | 0.130 | 0.312 | 0.158 | 0.119 | 0.206 | 0.212 |
| p-value | 0.698 | 0.767 | 0.741 | 0.762 | 0.484 | 0.101 | 0.390 | 0.518 | 0.273 | 0.260 |
| K-IOI-HA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Total | | |
| Gain of sound field speech reception threshold | | | | | | | | | | |
| Pearson's r | 0.249 | 0.117 | 0.027 | 0.164 | 0.232 | 0.381* | 0.210 | | | 0.329 |
| p-value | 0.193 | 0.512 | 0.857 | 0.388 | 0.216 | 0.041* | 0.421 | | | 0.074 |
| Gain of sound field speech discrimination score | | | | | | | | | | |
| Pearson's r | 0.293 | 0.337 | 0.072 | 0.404* | 0.299 | 0.203 | 0.604* | | | 0.481* |
| p-value | 0.124 | 0.071 | 0.720 | 0.031* | 0.102 | 0.298 | <0.001* | | | 0.008* |

Pearson's correlation analysis, * $p < 0.05$. BBSS, Bern benefit in single-sided deafness; K-IOI-HA, Korean version of international outcome inventory for hearing aids

명료도 검사에서는 적절한 신호음의 강도를 결정하는 것이 필요하였으나 선행 연구가 없어 다음과 같은 방법으로 적절한 차폐음과 신호음을 결정하였다.

먼저 차폐음은 다음과 같은 과정으로 통하여 결정되었다. 첫 번째로 음장어음청취역치 검사의 차폐 방법을 결정하였는데 자극음의 종류는 일반 어음검사와 동일한 회화 잡음으로 하였으며,⁹⁾ 차폐 강도는 신호음이 스피커에서 출력되므로 좋은 쪽 귀의 기도 청력을 완전 차폐하기 위해 신호음과 동일한 강도의 회화 잡음으로 하였다. 다음으로 음장역치검사의 건축 귀의 차폐음을 결정하였다. 일반적인 순음청력검사와 동일한 협대역 잡음(narrowband noise)을 사용하였고,¹⁰⁾ 차폐 강도는 먼저 30 dB로 시도하였다. 그러나 음장역치검사의 역치가 음장어음청취역치보다 높아 음장어음청취역치 검사를 바탕으로 유사한 값이 나오도록 음장역치검사의 차폐음을 반복 수정하여 Table 1에서 제시한 방법이 가장 유사한 것으로 생각되어 연구에 적용하였다. 실제로 본 연구에서도 Fig. 2와 같이 음장역치검사와 음장어음청취역치 검사의 보청기 착용시 역치가 비슷함을 확인할 수 있었다.

음장어음명료도 검사의 차폐음의 강도는 50 dB 및 60 dB를 고려하였다가 50 dB로 결정하였다. 그 이유는 좋은 귀의 청력이 정상인 경우 쾌적수준(most comfortable loudness level)이 50~55 dB로 형성되는데 60 dB의 차폐음을 검사 중에 지속적으로 들려주는 것이 피검자에게 피로도가 높았기 때문이다.¹¹⁾

다음으로 음장어음명료도 검사의 자극음을 결정하는 것이 필요하였다. 따라서 본 연구에서 50 dB와 60 dB 크기의 단음절어를 자극음으로 하여 비교하였고, 그 결과 60 dB 크기의 자극음에서 보청기 사용의 효과가 더 명확하게 나타나

는 것을 확인하였다. 연구자들은 음장어음명료도 검사의 자극음 크기는 60 dB이 적절할 것으로 생각하였는데, 그 이유는 보청기 사용 후 청력 개선 결과가 크게 나타나는 것이 진료실에서 좀 더 긍정적인 상담으로 이어질 것으로 생각했기 때문이다. CROS/BiCROS 보청기는 가격, 미용적 문제, 사회적인 시선 등의 이유로 착용에 대한 거부감을 드러내는 환자가 많고, 적응증이 되는 일측성 전농 혹은 비대칭성 난청 환자의 경우 정상측 귀로 의사소통이 가능하기 때문에 양측 난청이 있는 환자에 비해 보청기 착용률이 떨어진다고 알려져 있다.^{12,13)} 따라서 CROS/BiCROS 보청기 처방시 세심한 상담이 필요한데, 좀더 효과적인 결과를 나타내는 60 dB 자극음을 사용한 결과를 제시하는 것이 상담시 유리할 것으로 생각되었다. 또한 본원에서는 음장검사시 자극음을 60 dB로 정하였기 때문에 동일하게 하는 것이 검사간의 통일성을 위해 적절할 것으로 생각하였다.

이후 저자들이 제시한 음장검사 방법이 보청기 사용자들의 주관적 만족도와 상관성이 있는지 확인하기 위하여 설문조사를 시행하여 분석하였다. BBSS에서는 모든 항목에서 유의미한 상관 관계를 확인할 수 없었다. BBSS의 경우 일측성 난청 환자들이 어려움을 겪는 환경에서 보청기로 얻는 이득에 대한 질문으로 구성되어 있는데,⁶⁾ 본 연구에서 시행한 음장검사는 특정 상황에서의 보청기 사용의 이득을 평가하기 위한 것이 아니라 나쁜 쪽 귀에서 보청기로 얻을 수 있는 이득을 평가하는 방법이므로 유의미한 상관관계가 나타나지 않았을 것으로 생각된다. 따라서 소음하 환경에서 어음분별력이나 소리 방향성 등을 평가하기 위해서는 HINT나 SLT가 추가로 필요할 것이다. K-IOI-HA 경우, 본 연구에서 시행한 음장검사에서도 더 많은 어음분별력의 이득을 얻은 경우 만족

도가 유의미하게 높아지는 것을 확인할 수 있었는데, 이것은 K-IOI-HA가 특정 상황이 아니라 전반적인 생활의 만족도를 평가하기 위한 설문지이기 때문으로 생각된다.¹⁴⁾ 따라서 본 연구에서 제시하는 음장검사 방법은 CROS/BiCROS 사용으로 얻을 수 있는 소음하 환경에서 어음분별력이나 소리 방향성을 평가하는 것에는 한계가 있으나, 보청기 적합 조절 과정에서 환자들의 전반적인 만족도를 향상시키기 위한 검증 방법으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 HINT와 같은 검사 장비를 갖추지 못한 국내 대부분의 이비인후과 진료 현장에서 추가적인 설비가 필요없이 CROS/BiCROS 보청기 사용 환자에게 비교적 간단한 방법으로 시행할 수 있는 음장검사 방법을 최초로 제시하였다는 의미가 있다. 하지만 본 연구는 탐색적 연구로 수행된 만큼 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫 번째로는 대상자 수가 상대적으로 적다는 점이다. 두 번째는 본 연구에서 제시한 방법을 HINT나 SLT와 같은 검증이 된 결과와 비교하지 못하였다는 점이다. 따라서 향후 본 검사법의 유용성을 보다 정확하게 검증하기 위해 HINT나 SLT가 가능한 연구 환경에서 더 많은 수의 환자를 대상으로 한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

저자들은 본 연구를 통해 CROS/BiCROS 보청기 사용자들에게 기존의 청력검사시설을 이용하여 비교적 간단하게 검사할 수 있는 새로운 음장검사 방법을 제시하였다. 본 검사 방법은 HINT나 SLT와 같은 검사가 불가능한 환경에서 CROS/BiCROS 보청기의 조절 및 상담 과정에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 본 연구는 탐색적 연구라는 한계가 있으므로 기존 검사법과의 대규모 비교 연구를 통한 검증이 추후 필요할 것으로 생각된다.

Acknowledgments

None

Author Contribution

Conceptualization: Shi Nae Park. Data curation: Eul Seung Hwang, Jeong Hae Park, Ji Hyung Lim. Formal analysis: Jae Sang Han, Yeonji Kim. Methodology: Eul Seung Hwan. Supervision: So Yong Park. Validation: So Yong Park. Visualization: Jae Sang Han, Yeonji Kim. Writing—original draft: Jae Sang Han, Yeonji Kim. Writing—review & editing: Jae-Hyun Seo, Shi Nae Park.

ORCIDs

Jae Sang Han <https://orcid.org/0000-0001-7728-1232>

Yeonji Kim <https://orcid.org/0000-0003-3127-5827>

Ji Hyung Lim
So Yong Park
Jae-Hyun Seo
Shi Nae Park

<https://orcid.org/0000-0003-4828-1510>
<https://orcid.org/0000-0001-6419-1000>
<https://orcid.org/0000-0002-8443-8581>
<https://orcid.org/0000-0002-7614-9413>

REFERENCES

- 1) Marx M, Mosnier I, Vincent C, Bonne NX, Bakhos D, Lescanne E, et al. Treatment choice in single-sided deafness and asymmetric hearing loss. A prospective, multicentre cohort study on 155 patients. *Clin Otolaryngol* 2021;46(4):736-43.
- 2) Finbow J, Bance M, Aiken S, Gulliver M, Verge J, Caissie R. A comparison between wireless CROS and bone-anchored hearing devices for single-sided deafness: A pilot study. *Otol Neurotol* 2015;36(5):819-25.
- 3) Snapp H. Nonsurgical management of single-sided deafness: Contralateral routing of signal. *J Neurol Surg B Skull Base* 2019; 80(2):132-8.
- 4) Appachi S, Specht JL, Raol N, Lieu JEC, Cohen MS, Dedhia K, et al. Auditory outcomes with hearing rehabilitation in children with unilateral hearing loss: A systematic review. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2017;157(4):565-71.
- 5) Lin LM, Bowditch S, Anderson MJ, May B, Cox KM, Niparko JK. Amplification in the rehabilitation of unilateral deafness: Speech in noise and directional hearing effects with bone-anchored hearing and contralateral routing of signal amplification. *Otol Neurotol* 2006;27(2):172-82.
- 6) Kompis M, Pfiffner F, Krebs M, Caversaccio MD. Factors influencing the decision for Baha in unilateral deafness: The Bern benefit in single-sided deafness questionnaire. *Adv Otorhinolaryngol* 2011;71:103-11.
- 7) Park MN, Yoo SY, Chun YM, Moon IS, Kim SH. Hearing rehabilitation of single-sided deafness: Benefit and selection criteria of bone anchored hearing aid and contralateral routing of signal hearing aid. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2013; 56(6):339-45.
- 8) 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.
- 9) Lawson GD, Peterson ME. Speech audiometry. San Diego, CA: Plural Publishing;2011.
- 10) Valente M. Pure-tone audiometry and masking. San Diego, CA: Plural Publishing;2009.
- 11) Punch J, Joseph A, Rakerd B. Most comfortable and uncomfortable loudness levels: Six decades of research. *Am J Audiol* 2004;13(2): 144-57.
- 12) Kochkin S. MarkeTrak VII: Obstacles to adult non-user adoption of hearing aids. *Hear J* 2007;60(4):24-51.
- 13) Ryu NG, Moon IJ, Byun H, Jin SH, Park H, Jang KS, et al. Clinical effectiveness of wireless CROS (contralateral routing of offside signals) hearing aids. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2015;272(9): 2213-9.
- 14) Cox RM, Alexander GC. The international outcome inventory for hearing aids (IOI-HA): Psychometric properties of the English version. *Int J Audiol* 2002;41(1):30-5.