



# Effects of Tinnitus Sound Therapy depending on Air- and Bone-Conduction Transducers

Seungyeop Jeong<sup>1</sup>, In-Ki Jin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Speech Pathology and Audiology, Graduate School, Hallym University, Chuncheon, Korea

<sup>2</sup>Division of Speech Pathology and Audiology, Research Institute of Audiology and Speech Pathology, College of Natural Sciences, Hallym University, Chuncheon, Korea

**Received:** March 4, 2020

**Revised:** April 3, 2020

**Accepted:** April 7, 2020

**Correspondence:**

In-Ki Jin, PhD

Division of Speech Pathology and Audiology, Research Institute of Audiology and Speech Pathology, College of Natural Sciences, Hallym University, 1 Hallymdaehak-gil, Chuncheon 24252, Korea

**Tel:** +82-33-248-2221

**Fax:** +82-33-256-3420

**E-mail:** inkijin@hallym.ac.kr

**Purpose:** The purpose of this study was to determine to compare the effects of sound therapy depending on air- and bone-conduction transducers (ACT and BCT). **Methods:** Participants were twenty adults who have diagnosed as subjective tinnitus in this study. All participants conducted a sound therapy using the level of mixing point for three months. Participants were randomly assigned to different groups, such as the ACT group, or BCT group. To identify the effects of sound therapy, Korean tinnitus primary function questionnaire (K-TPFQ) and visual analogue scale (VAS) were administered at pre- and post-treatment (3 months) sessions. **Results:** In a result of mixed model analysis of variance, all subcategories for VAS showed significant decrements of scores to the measurement session (pre- vs. post-session), but there was no different between groups. Also, the overall and all subcategories for K-TPFQ showed significant decrements of scores to the measurement session (pre- vs. post-session), but there was no different between groups. **Conclusion:** As a result of this study, the sound therapy using portable hearing devices with transducers is effective for subjective tinnitus sufferers. Because the transducer type does not significantly affect effectiveness of the sound therapy, therefore, audiologists or hearing professionals may recommend transducers, which the tinnitus sufferer prefers when they consider sound therapy.

**Key Words:** Mixing point, Portable hearing devices, Sound therapy, Tinnitus, Transducer.

## INTRODUCTION

이명(tinnitus)은 외부에서 전달되는 소리 자극과 무관하게 귓속 혹은 머리 내부에서 인지되는 청각적 자극으로 설명할 수 있다(Jastreboff, 1990). 미국과 유럽 국가들의 경우 전체 인구의 약 10~15% 정도가 이명을 경험하는 것으로 나타난다(Baguley et al., 2013). 국내의 경우 2008년도에 이명을 호소하는 성인은 약 10.5%로 나타났으나(Cho et al., 2010), 2011년도에는 성인의 약 21.4%가 이명을 경험하는 것으로 조사되어 이명의 발생률이 3년간 급격히 증가하는 추세를 보였다(Park & Moon, 2014). 이명은 여러 가지 원인 혹은 질병에 의해 나타날 수 있는 증상 중 하나이며, 이명으로 인한 고통은 이명의 크기와 직접적인 연관성이 없어 대상자가 느끼는 불편감에 따라 다양하게 나타날 수 있다.

이명은 체성 소리에 의해 나타나는 객관적 이명과 감각신경성 소리에 의해 나타나는 주관적 이명으로 구분할 수 있다. 예를 들어 객관적 이명은 혈관장애, 근육의 경련, 이관운동성장애 등의 이유로 혈류의 증가 또는 혈관의 협착에 의해 발생한 소리를 이명으로 인지하여 나타날 수 있으며, 대표적으로 박동성 이명이 이에 해당한다. 객관적 이명의 경우 약물치료 혹은 이과적 치료 방법을 통해 원인에 대한 직접적인 치료가 가능하지만(Nam & Ryu, 2018), 주관적 이명의 경우 이명의 발생 기전을 확인하기 어려워 원인에 대한 직접적인 치료는 어려움이 따른다. 주관적 이명은 청력 저하, 소음 노출, 노화 등 다양한 원인에 의해 나타날 수 있지만 정확한 기전은 파악하기 어려우며, 만성으로 진행된 주관적 이명의 경우 말초기관의 손상뿐만 아니라 청각 피질의 부적절한 재구성이 원인 중 하나라고 보고된다(Eggermont & Roberts, 2004). 주관적 이명은 이명의 크기와 상관없이 이명에 대한 직접적인 영향보다 이명으로 인한 수면장애와 같은 이차적인 피해가 이명의 고통을 더욱 증가시키는 것으로 나타난다(Tyler et al., 2014). 주관적 이명을 경험하

© 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.

는 대상자들은 이명으로 인해 수면, 의사소통, 감정, 집중력 등과 같은 주관적인 부분에 대한 어려움 및 고통을 호소할 수 있으며, 감정적인 요소에 의해 사회적 고립감, 우울감, 혹은 자살 충동까지 이어질 수 있다(Heller 2003; Malouff et al., 2011).

주관적 이명을 중재하기 위해 적용할 수 있는 재활 방법은 주로 상담 및 소리치료가 있다. 소리치료는 대상자의 귓속 혹은 머리 내부에서 인지되는 청각적 자극을 외부 소리 자극을 통해 이명을 완화시킬 수 있는 방법이며, 많은 선행연구를 통해 효과를 보고 있다. 소리치료는 임상적으로 1976년 이후 이명을 완전히 차폐하여 이명을 들을 수 없게 하기 위해 시행되었으며(Vernon, 1976), 이후 효과적인 중재를 위해 이명의 신경생리학적 모델을 기반으로 습관화 작용을 위한 소리치료를 시행해 왔다(Jastreboff, 1990). 완전 차폐(total masking)의 경우 단기간에 이명 완화를 기대할 수 있으나 장기적으로 이명재훈련치료의 습관화 작용을 통한 소리치료가 더 효과적인 것으로 보고된다(Henry et al., 2006). 또한 이명재훈련치료는 청력 손실을 가진 대상자에게도 시행할 수 있는 효과적인 방법으로 제시되었다(Del Bo & Ambrosetti, 2007; Jastreboff & Jastreboff, 2000).

이명의 경우 대상자별로 외부 소리 자극에 의한 이명의 청각적 특성이 다양하게 나타나며(Feldmann, 1983), 대상자의 부정적인 감정 요소가 이명재훈련치료에 영향을 미치는 것으로 나타난다(Lee & Lee, 2013). 따라서 효과적인 이명의 중재를 위해서는 개인별로 이명에 대한 청각적 특성을 잘 파악하고, 소리치료를 대한 긍정적인 감정을 유지하도록 해야 한다. 일반적으로 소리치료를 병원이나 센터가 아닌 가정에서 대상자 스스로 시행한다. 청력 손실을 앓고 있는 대상자의 경우 보청기를 통해 소리치료를 시행할 수 있지만(Jastreboff & Jastreboff, 2000), 주관적으로 청력 손실에 대한 불편함을 느끼지 않거나 보청기 착용을 원치 않는 경우 가능한 주변 환경음을 최대한 들을 수 있게 하도록 개방된 형태의 소리 발생기를 통한 소리치료를 권고한다(Ibarra et al., 2018). 최근에는 스마트폰을 포함하여 다양한 휴대용 음향기기(예: CD player, MP3 player)를 통한 소리치료 사례들이 종종 보고되었다(Fukuda et al., 2011). 또한, 다양한 음향기기로 이어폰 혹은 헤드폰을 통한 소리치료 연구가 이뤄지고 있으며, 이명 재활을 위한 다양한 의료기와 동등한 재활 효과를 보고하였다(Folmer & Carroll, 2006; Fukuda et al., 2011; Parazzini et al., 2011).

스마트폰과 같은 휴대용 음향기기들의 대중화로 인해 음향기기는 많은 연령층이 사용하고 있으며, 휴대용 음향기와 함께 다양한 형태의 음향 출력 변환기들이 사용되고 있다. 소리치료를 위해 사용하는 재활기기는 의료기기뿐만 아니라 다양한 음향기기 및 변환기를 사용할 수 있으며, 음향 출력 변환기마다 주파수별 강도, 외부 소리에 대한 영향 등 다양한 특성이 나타

난다(Kim et al., 2011; Lee & Lee, 2009). 이명 재활을 위해 일상생활 중 소리치료를 시행할 경우 의사소통을 어렵게 할 수 있으며, 특히 청력 손실이 있는 대상자의 경우 폐쇄형 소리 발생기는 외이도를 차단하여 주변의 청각적 자극을 방해하는 요인으로 작용할 수 있다. 대중적으로 사용되는 음향 출력 변환기는 주로 귓속에 삽입하여 기도 전도 방식으로 소리를 재생하는 형태의 변환기가 사용되며, 기도 전도 방식의 변환기는 대표적으로 귓속형 이어폰이 있다. 귓속형 이어폰의 경우 귓속에 착용하여 환경음을 일부 차단하고 듣고자 하는 음원에 집중하기 용이하다는 장점이 있으나 귓속에 착용하기 때문에 외이도 폐쇄에 의한 주변 환경음 탐지에 취약할 수 있다. 또한 최근에는 이러한 단점을 개선하고자 귓속에 착용하지 않고 귀 근처 골부에 착용하여 골도 전도 방식으로 소리를 전달하는 변환기가 보급되어 사용되고 있다. 골도 전도 변환기의 경우 주로 개방형 이어폰이 대표적으로 사용되며, 외이도를 막지 않아 청취하고자 하는 음원과 더불어 주변 환경음의 청취에도 용이하다는 장점이 있다. 하지만 기도 전도 방식과 달리 골도 전도 방식의 특성상 고주파수의 에너지가 적절하게 전달되지 못한다는 단점이 있다.

고주파수 이명을 가진 대상자의 경우 외부 소리 자극으로 이명에 간섭을 일으키기 위해 고주파수 영역까지 충분히 출력될 수 있는 기기의 선택은 중요한 요소로 작용할 수 있다(Fukuda et al., 2011). Kim et al.(2014)은 이명주파수 부근의 협대역 잡음(narrow-band noise) 그룹과 광대역 잡음(broad-band noise) 그룹으로 나누어 9주 동안의 소리치료 효과를 이명장애지수(tinnitus handicap index) 설문지를 통해 비교한 결과 두 그룹 모두 재활 전후 이명장애지수 점수의 유의미한 감소를 보였으나, 광대역 잡음 그룹의 감소가 더욱 크게 나타나 광대역 잡음을 사용한 소리치료가 더욱 효과적이라 보고하였다. 일반적으로 음향 출력 변환기는 사용자가 선호하는 디자인 혹은 착용감 등에 따라 다양한 형태의 변환기들이 사용되고 있지만, 효과적으로 장기간의 이명 재활을 위해서 사용되는 재활기기의 선택은 중요한 요소이다. 일반적으로 기도 전도 방식의 이어폰(100~16,000 Hz)이 골도 전도 이어폰(100~8,000 Hz)보다 넓은 주파수 대역을 출력하기 용이하다. 하지만 일부 연구에서 골도 전도 방식의 이어폰을 사용한 소리치료의 효과가 보고되었으며(Lee & Lee, 2013), 다양한 휴대용 음향기기 및 변환기를 이용한 소리치료의 효과가 보고되었다(Folmer & Carroll, 2006; Fukuda et al., 2011; Parazzini et al., 2011).

장기간의 재활이 요구되는 소리치료 특성상 대상자가 사용하는 재활기기는 중요한 요소이며(Jastreboff & Jastreboff, 2000), 휴대용 음향기기의 경우 대상자마다 선호하는 변환기가 다양할 수 있다. 특히 다양한 변환기의 형태 중 기도 전도 방식과 골

도 전도 방식의 변환기는 단순히 소리의 전달 방식뿐만 아니라 외에도 폐쇄 유무, 주파수별 소리의 전도성 등 다양한 변환기의 특징들이 나타나고 있으나, 이러한 특징들을 비교하여 변환기 간의 소리치료 효과를 직접적으로 비교한 결과가 부재하다. 따라서 본 연구는 다양한 변환기 중 기도 전도 방식의 변환기와 골도 전도 방식의 변환기를 사용하여 휴대용 음향기기를 통한 소리치료를 시행하고, 소리치료의 효과를 비교하고자 한다.

## MATERIALS AND METHODS

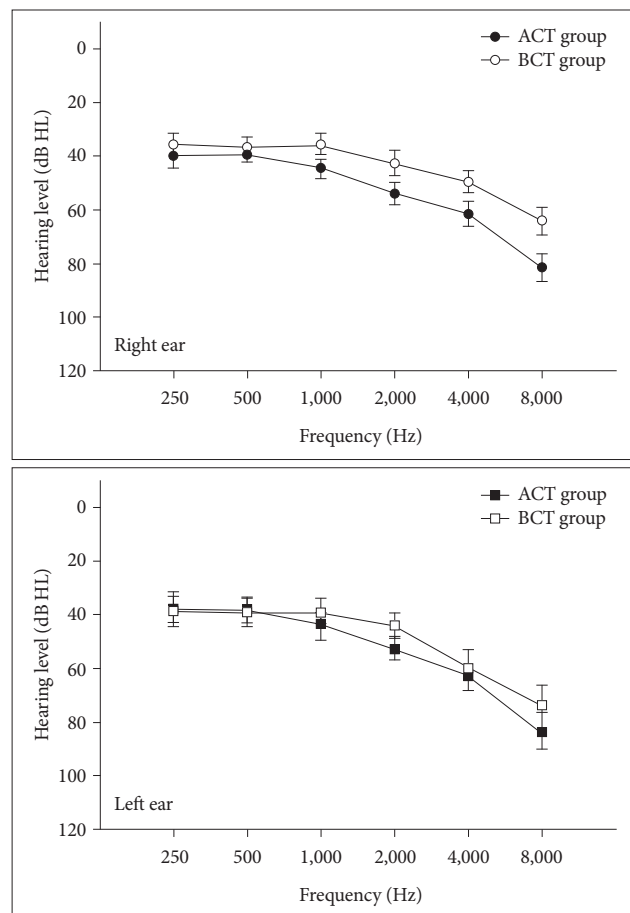
### 연구 대상

본 연구에 참여한 대상자는 이명으로 인해 어려움을 겪고 있는 노인 20명(여성: 8명, 남성: 12명)을 대상으로 진행하였으며, 모든 연구 대상자는 초기 선별 과정을 통해 이과적 질환이 없고, 모든 이명에 대한 치료(예: 약물치료, 소리치료, 심리 상담 등)를 받지 않은 대상, 보청기를 착용하지 않은 대상으로 선별하였다. 선별 과정 이후 대상자는 air-conduction transducer (ACT) 그룹과 bone-conduction transducer (BCT) 그룹으로 무작위로 배정되었으며, 그룹 간 대상자 정보를 Table 1에 제시하였다. 연구에 참여한 대상자의 평균 연령은 ACT 그룹의 경우 75.90[standard deviation (SD): 5.70]세로 나타났으며, BCT 그룹의 경우 72.20(SD: 5.20)세로 나타나 연령에 대한 두 그룹 간 차이는 나타나지 않았다(independent *t*-test; *t* = 1.515, *p* = 0.147). 또한 이명을 경험하고 있는 기간은 ACT 그룹의 경우 평균 13.05(SD: 12.34)년, BCT 그룹의 경우 평균 10.10(SD: 14.38)년으로 나타났으며, 이명 기간에 대해 두 그룹 간 차이는 나타나지 않았다(independent *t*-test; *t* = 0.492, *p* = 0.628).

본 연구의 참여 대상자는 청력검사기(SA 204, Entomed AB, Malmö, Sweden)를 통해 40 dB A 이하의 소음 조건에서 순음 청력검사(pure-tone audiometry)와 이명도검사(tinnitusgram)를 진행하였다. 또한 국제표준기구(International Standard Organization, ISO)의 ISO 7029:2017(ISO, 2017) 기준에 근거하여 연령에 따른 청력역치를 비교하였을 때 청력 손실이 확인되었으나 초기 면담 결과 청력 손실로 인해 일상생활에 불편함을 느끼지 않으며, 보청기 착용을 원하지 않는 대상으로 선별하여 연구를 진행하였다. 순음청력검사 결과 3분법(500, 1,000, 2,000 Hz)의 기도 청력역치 평균)에 의한 청력역치 평균은 ACT

그룹의 경우 우측 45.83(SD: 10.64) dB HL, 좌측 45.00(SD: 13.47) dB HL로 나타났으며, BCT 그룹의 경우 우측 38.17(SD: 11.37) dB HL, 좌측 40.33(SD: 14.74) dB HL로 나타나 우측(independent *t*-test; *t* = 1.557, *p* = 0.137), 좌측(independent *t*-test; *t* = 0.739, *p* = 0.469)의 청력 모두 두 그룹 간 차이가 나타나지 않았다(Figure 1).

모든 대상자의 이명도검사에 대한 주파수 매칭검사(pitch-match test) 및 크기 매칭검사(loudness-match test) 결과와 이명에 대한 특징을 Table 2에 제시하였다. 이명에 대한 특징은 ACT 그룹의 경우 귀뚜라미 소리(cricket-like) 2명, 웅웅거리는



**Figure 1.** Results of audiometric thresholds between ACT group (filled symbols) and BCT group (unfilled symbols). Circle symbols represent right ears' averaged values and square symbols represent left ears' averaged values. ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer.

**Table 1.** Demographic characteristics and duration of tinnitus

Group	Age (mean/SD)	Duration of tinnitus (years; mean/SD)	Gender	
			Male (n)	Female (n)
ACT	75.90/5.70	13.05/12.34	6	4
BCT	72.20/5.20	10.10/14.38	6	4

ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer, SD: standard deviation

**Table 2.** Results of tinnitogram for pitch and loudness and characteristics of tinnitus

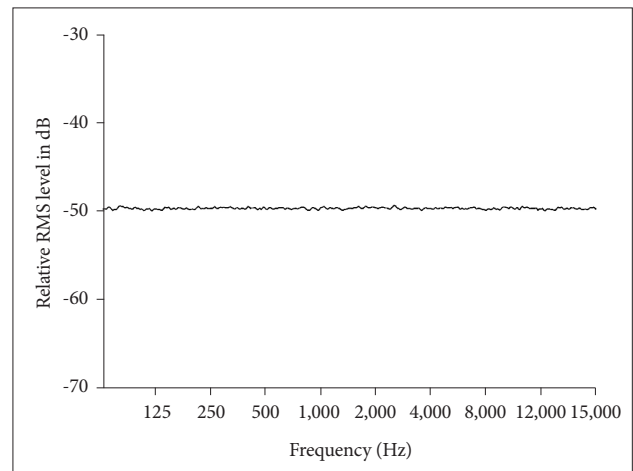
Group	Participant no.	Pitch (Hz)	Loudness (dB SL)	Characteristics of tinnitus
ACT	1	250	15	/fwi:/
	2	8,000	0	/fwi:/
	3	8,000	5	Cricket-like
	4	4,000	10	/wiη:wiη:/
	5	125	5	Other
	6	500	5	Cricket-like
	7	750	5	/wiη:wiη:/
	8	4,000	5	/fwi:/
	9	1,000	10	Other
	10	500	10	/wiη:wiη:/
BCT	11	8,000	10	Other
	12	8,000	15	/fwi:/
	13	8,000	5	/wiη:wiη:/
	14	2,000	20	Other
	15	750	5	/wiη:wiη:/
	16	2,000	10	Other
	17	8,000	5	/wiη:wiη:/
	18	3,000	0	Other
	19	250	0	/wiη:wiη:/
	20	2,000	0	/wiη:wiη:/

ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer, dB SL: decibel in sensation level

소리(/wiη:wiη:/) 3명, '쉬-' 소리(/fwi:/) 3명, 그 외 2명으로 나타났다. BCT 그룹의 경우 왕왕거리는 소리(/wiη:wiη:/) 5명, '쉬-' 소리(/fwi:/) 1명, 그 외 4명으로 나타났다. 주파수 매칭검사 결과 ACT 그룹의 경우 125 Hz에서 1명, 250 Hz에서 1명, 500 Hz에서 2명, 750 Hz에서 1명, 1,000 Hz에서 1명, 4,000 Hz에서 2명, 8,000 Hz에서 2명으로 나타났으며, BCT 그룹의 경우 250 Hz에서 1명, 750 Hz에서 1명, 2,000 Hz에서 3명, 3,000 Hz에서 1명, 8,000 Hz에서 4명으로 나타났다. 또한 크기 매칭검사 결과 ACT 그룹의 경우 평균 7.0 dB SL (SD: 4.22), BCT 그룹의 경우 평균 7.0 dB SL (SD: 6.75)로 나타나 그룹 간 차이가 나타나지 않았다.

**연구 절차**

본 연구는 만성 이명을 경험하고 있는 대상자에게 휴대용 음향기기를 통해 ACT 그룹과 BCT 그룹으로 나누어 광대역 잡음을 이용한 이명 소리치료를 시행하고, 3개월간 소리치료의 효과를 비교하고자 하였다. 변환기 간의 비교를 위해 그룹별로 사용하는 변환기는 대중적으로 사용되는 이어폰 형태를 고려하여 선정하였으며, ACT 그룹의 경우 기도 전도 방식의 변환기 중 대중적으로 사용되는 귓속형(in-ear type) 이어폰(In-Ear Wired Earphone, CAFELE Co., Shenzhen, China)을 사용하도록 하였다. BCT 그룹의 경우 골도 전도 방식의 변환기 중 대중적으로 사용되는 형태의 개방형(open type) 이어폰(Etereo S2, MIJ Co.,



**Figure 2.** Frequency analysis results of broadband noise for sound therapy. RMS: root mean squared.

Chuncheon, Korea)을 사용하였으며, 연구 대상자의 개인별 휴대전화를 사용하여 이명 소리치료를 진행하였다. 또한 모든 대상자에게 소리치료 음원은 휴대전화에 저장하여 사용하도록 하였으며, 휴대전화 및 이어폰 사용법에 대해 충분한 정보를 제공하였다. 소리치료는 두 그룹 간 동일한 조건으로 시행하기 위해 Adobe Audition 3.0(Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA)을 사용하여 소리치료의 음원을 제작하였으며, 소리치료 음원은 44,100 Hz의 샘플링 주기(sampling rate), 스테레오 채널(stereo channel), 32비트의 음원으로 제작하였다. 또한 소리

치료 음원은 주파수 특이성이 없는 광대역 소음을 사용하였으며, 소리치료 음원의 주파수 분석 결과를 Figure 2에 제시하였다.

본 연구의 이명 소리치료는 소리치료 음원의 강도를 혼합점(mixing point) 크기로 시행하였다. 혼합점은 소리치료 음원의 음량을 아주 작은 강도부터 증가시킬 때 이명 대상자가 여전히 이명은 감지하지만 소리치료 음원이 들리기 시작하며 이명과 소리치료 음원이 동시에 인지되는 지점이며(Jastreboff & Jastreboff, 2000), 대상자의 휴대전화기를 사용하여 그룹별 이어폰을 착용하고 최저 강도에서 조금씩 강도를 높여 이명 소리가 최초로 간섭받는 수준에서 소리치료를 진행하였다. 또한 모든 대상자는 충분한 정보 상담을 통해 동등한 소리치료를 시행할 수 있도록 하였으며, 정보 상담은 소리치료 음원의 청취 방법, 혼합점 수준의 강도 설정, 소리치료 환경에 대한 정보를 포함하여 모든 대상자에게 정보를 제공하였다. 또한 모든 대상자에게 다른 소리의 간섭이 큰 상황(예: TV 시청, 야외 활동 등)이 활발한 시간을 제외한 조용한 환경에서 하루 평균 3시간 이상 소리치료를 시행할 수 있도록 권고하였다.

이명 소리치료를 3개월간 시행하였으며, 그룹 간 재활 효과를 확인하기 위해 재활 전후 총 2회의 평가가 이루어졌다. 재활 전후 소리치료에 대한 주관적 평가를 위해 이명주요기능설문지(Korean-tinnitus primary function questionnaire, K-TP-FQ) (Shin et al., 2019)와 시각아날로그척도(visual analogue scale)를 사용하여 평가하였다. 이명주요기능설문지는 20문항으로 구성되어 있으며, 대상자가 이명으로 인해 주관적으로 어려움을 호소할 수 있는 주요 기능 4가지(집중, 감정, 청각, 수면)에 대해 평가할 수 있다. 예를 들어 “나는 이명 때문에 괴롭다”라는 문장에 대해 대상자 스스로 문항별로 0점부터 100점까지 주관적인 수준을 평가하여 이명에 대한 주관적인 수치를 객관적인 수치로 환산하여 확인할 수 있다. 또한 시각아날로그척도는 이명 재활 및 치료 연구에서 이명에 대한 대상자의 주관적인 반응 변화를 측정하기 위한 도구로 보편적으로 사용하는 척도이다(Tass et al., 2012). 시각아날로그척도는 대상자가 주관적으로 느끼는 감각 혹은 감정의 정도를 계량적으로 평가하기 위해 사용하는 평가도구이며, 한쪽 끝은 ‘전혀 아니다’를 뜻하고, 반대쪽 끝은 ‘매우 그렇다’를 뜻하는 일직선의 그래프를 통해 대상자의 주관적 반응을 평가한다. 예를 들어 “이명 소리로 인하여 느끼시는 짜증의 정도를 표시하여 주세요”라는 문장 질문에 대해 시각아날로그척도를 통해 대상자는 스스로 느끼는 반응을 계량적으로 평가하여 검사자에게 객관적 수치로 제시할 수 있다. 따라서 본 연구는 대상자가 이명에 대해 주관적으로 느끼는 정도를 파악하고, 재활 전후에 주관적 평가 결과의 변화를 확인하고자 이명주요기능설문지와 시각아날로그척도를 시행하였다. 또한 본 연구에서는 이명의 크기(loudness),

짜증(annoyance), 인지하는 시간(awareness time)에 대한 시각아날로그척도를 평가하였으며, 이명주요기능설문지와 동일한 100점 척도로 시행하였다.

## 통계 분석

본 연구는 3개월간의 재활 효과를 확인하기 위해 재활 전후 주관적 평가도구인 시각아날로그척도를 통해 이명으로 느껴지는 강도(loudness)와 이명에 대한 짜증(annoyance), 하루에 이명을 인지하는 시간(awareness time)을 평가하였으며, 이명주요기능설문지와 시각아날로그척도 점수를 통해 소리치료 전후의 차이를 비교하여 재활 효과를 확인하였다. 통계 검정을 위해 사용된 소프트웨어는 SPSS (Ver. 25, IBM Corp., Armonk, NY, USA)이며, 재활 전후 반복측정(2)과 그룹(2) 간의 주 효과 및 상호작용을 비교하기 위해 혼합설계의 반복측정 분산분석(mixed model analysis of variance with repeated measures)을 시행하였다. 그룹별로 시각아날로그척도 및 이명주요기능설문지 결과에 대해 그룹 내 차이를 비교하기 위해 대응표본 *t*-검정(paired *t*-test)을 통해 재활 전후 점수의 차이를 확인하였으며, 신뢰 구간 95%의 기준으로 통계적 유의미성을 확인하였다.

## RESULTS

### 시각아날로그척도

본 연구는 이명에 대한 주관적 요인의 변화를 측정하였으며, 주관적 평가로 사용한 시각아날로그척도 결과를 그룹 간 비교를 위해 평균 및 표준편차 값을 Table 3에서 제시하였다. 시각아날로그척도의 결과 이명의 크기에 대해 ACT 그룹의 경우 67.0(SD: 21.11)점에서 50.0(SD: 21.60)점, BCT 그룹의 경우 52.0(SD: 19.32)점에서 44.0(SD: 17.13)점으로 감소하였으며, 전체적으로 평균 59.5(SD: 21.14)점에서 47.0(SD: 19.22)점으로 약 12.5점 감소하였다. 또한 이명으로 인한 짜증에 대한 시각아날로그척도 결과 ACT 그룹의 경우 평균 64.5(SD: 28.72)점에서 평균 49.0(SD: 23.31)점, BCT 그룹의 경우 평균 57.9(SD: 15.42)점에서 평균 38.0(SD: 18.74)점으로 감소하였으며, 전체 평균 61.2(SD: 22.69)점에서 평균 43.5(SD: 21.34)점으로 약 17.7점 감소하였다. 이명을 인지하는 시간에 대한 시각아날로그척도 결과는 ACT 그룹의 경우 평균 75.0(SD: 27.99)점에서 평균 53.0(31.64)점으로 감소하고 BCT 그룹의 경우 62.0(SD: 23.48)점에서 48.0(SD: 18.14)점으로 감소하였으며, 전체적으로 평균 점수가 68.5(SD: 26.01)점에서 50.5(SD: 25.23)점으로 약 18점 감소하였다.

이명 소리치료를 재활 전후에 측정된 시각아날로그척도 및 이명주요기능설문지에 대해 각각 2회 반복측정과 2그룹(group)

**Table 3.** Results of visual analog scales for between-group and within-group differences across the pre- and post-treatment

Group	Loudness		Annoyance		Awareness time	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
ACT	67.0 (21.11)	50.0 (21.60)	64.5 (28.72)	49.0 (23.31)	75.0 (27.99)	53.0 (31.64)
BCT	52.0 (19.32)	44.0 (17.13)	57.9 (15.42)	38.0 (18.74)	62.0 (23.48)	48.0 (18.14)

ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer

조건의 혼합모델 반복측정 분산분석을 시행하였으며, 결과를 Table 4에 제시하였다. 또한 시각아날로그척도 및 이명주요기능설문지에 대해 대응표본 *t*-검정을 통해 그룹 내 재활 전후 차이를 확인하였으며, 그룹 내 재활 전후 결과를 Figure 3에 제시하였다. 시각아날로그척도에 대한 반복측정 이원배치분산분석을 시행한 결과, 이명의 강도[F(1, 18) = 13.489, *p* < 0.05], 짜증[F(1, 18) = 27.866, *p* < 0.05], 인지하는 시간[F(1, 18) = 11.004, *p* < 0.05]에 대해 모두 반복측정에 따른 주 효과는 유의미하게 나타나 이명의 강도, 짜증, 인지하는 시간에 대한 시각아날로그척도 점수가 3개월간의 재활 이후 유의미하게 감소한 것으로 확인되었다. 그룹 간 비교를 위해 재활 전후 반복측정과 그룹의 상호작용을 확인한 결과 이명의 강도[F(1, 18) = 1.748, *p* = 0.203], 짜증[F(1, 18) = 0.430, *p* = 0.520], 인지하는 시간[F(1, 18) = 0.543, *p* = 0.471]에 대해 모든 항목에서 상호작용이 유의미하게 나타나지 않았다. 또한 그룹에 대한 주 효과는 강도[F(1, 18) = 1.637, *p* = 0.217], 짜증[F(1, 18) = 0.894, *p* = 0.357], 그리고 이명의 인지 시간[F(1, 18) = 0.781, *p* = 0.389]에서 모두 유의미하게 나타나지 않았다. 따라서 시각아날로그척도의 혼합모델 분산분석 결과 이명의 강도, 이명으로 인한 짜증, 인지하는 시간에 대한 점수는 3개월간의 재활 결과 유의미하게 감소하였으며, 변환기 유형에 따른 차이는 나타나지 않았다.

사후 검증을 위해 대응표본 *t*-검정을 시행한 결과 ACT 그룹의 경우 이명의 강도(*t* = 3.042, *p* < 0.05), 짜증(*t* = 2.590, *p* < 0.05), 인지 시간(*t* = 2.400, *p* < 0.05) 모든 항목에서 유의미한 감소가 나타났다. 또한 BCT 그룹의 경우 짜증(*t* = 6.573, *p* < 0.05), 인지 시간(*t* = 2.409, *p* < 0.05)에서는 유의미한 감소를 보였으나 이명의 강도는 유의미한 차이가 나타나지 않았다(*t* = 2.058, *p* = 0.070). 따라서 이명에 대한 짜증, 인지 시간은 두 그룹 모두 유의미한 감소를 보였으나, 강도의 경우 ACT 그룹에서만 시각아날로그척도 점수가 유의미하게 감소하였다.

**한국어 이명주요기능설문지**

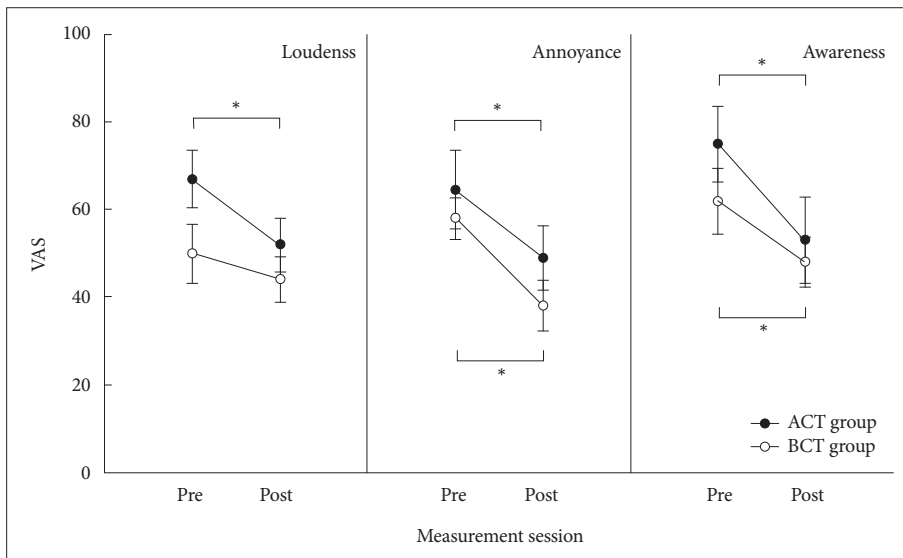
이명주요기능설문지의 전체 점수를 비교한 결과 ACT 그룹의 경우 평균 50.4(SD: 22.66)점에서 평균 37.4(SD: 24.69)점, BCT 그룹의 경우 평균 37.4(SD: 14.76)점에서 평균 22.1(SD: 12.87)점으로 감소하였으며, 전체 평균 43.9(SD: 19.77)점에서 29.7(SD: 20.70)점으로 평균 점수 14.2점이 감소하였다. 또한 이

**Table 4.** Results of mixed model analysis of variance with repeated measures between time (session) and group (transducer) for visual analog scale

Visual analog scale	Variables	Type III sum of squares	df	Mean square	F
Loudness	Inter-group				
	Group	1,102.500	1	1,102.500	1.637
	Intra-group				
	Time	1,562.500	1	1,562.500	13.489*
Annoyance	Inter-group				
	Group	774.400	1	774.400	0.894
	Intra-group				
	Time	3,132.900	1	3,132.900	27.866*
Awareness	Inter-group				
	Group	810.000	1	810.000	0.781
	Intra-group				
	Time	3,240.000	1	3,240.000	11.004*
	Time × group	160.000	1	160.000	0.543

\**p* < 0.05

명주요기능설문지의 하위 범주(집중, 감정, 청각, 수면)에 대한 각각의 점수를 Table 5에 제시하였다. 집중 범주에서 ACT 그룹의 경우 평균 50.0(SD: 26.33)점에서 평균 36.3(SD: 28.13)점으로, BCT 그룹의 경우 평균 34.2(SD: 16.40)점에서 평균 18.3(SD: 11.72)점으로 감소하였으며, 전체 평균 42.1(SD: 22.84)점에서 27.3(SD: 22.91)점으로 14.8점 감소하였다. 감정 범주에서 ACT 그룹은 평균 점수가 52.9(SD: 23.33)점에서 39.8(SD: 27.51)점으로 감소하고 BCT 그룹은 평균 46.8(SD: 17.74)점에서 30.2(SD: 20.22)점으로 감소하였으며, 전체적으로 평균 49.0(SD: 20.41)점에서 평균 35.0(SD: 24.01)점으로 14점 감소가 나타났다. 청각의 경우 ACT 그룹은 평균 51.4(SD: 23.19)점에서 34.5(SD: 18.96)점, BCT 그룹은 평균 36.3(SD: 15.93)점에서 19.1(SD: 14.93)점으로 감소하여 소리치료 전 평균 43.9(SD: 20.86)점에서 소리치료 후 평균 26.8(SD: 18.38)점으로 평균적으로 17.1점이 감소하였다. 또한 수면의 경우 ACT 그룹은 47.2(SD: 27.60)점에서 38.8(SD: 29.79)점, BCT 그룹은 32.2(SD: 22.87)점에서 20.9(SD: 17.24)점으로 감소가 나타났으며, 전체 평균



**Figure 3.** Results of averaged VAS for tinnitus loudness, annoyance, and awareness time between ACT and BCT group. Asterisks represent statistical significance ( $p < 0.05$ ). ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer, VAS: visual analogue scale.

**Table 5.** Results of Korean tinnitus primary function questionnaire for between-group and within-group differences across the pre- and post-treatment

Group	Total		Concentration		Emotion		Hearing		Sleep	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
ACT	50.4 (22.66)	37.4 (24.69)	50.0 (26.33)	36.3 (28.13)	52.9 (23.33)	39.8 (27.51)	51.4 (23.19)	34.5 (18.96)	47.2 (27.60)	38.8 (29.79)
BCT	37.4 (14.76)	22.1 (12.87)	34.2 (16.40)	18.3 (11.72)	46.8 (17.74)	30.2 (20.22)	36.3 (15.93)	19.1 (14.93)	32.2 (22.87)	20.9 (17.24)

ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer

39.7(SD: 25.84)점에서 평균 29.8(SD: 25.41)점으로 감소하였다.

그룹 간 이명주요기능설문지 결과를 비교하기 위해 Figure 4를 통해 그래프를 제시하였으며, 혼합설계의 반복측정 분산분석 결과를 Table 6에 제시하였다. 이명주요기능설문지 결과 전체 점수[F(1, 18) = 43.931,  $p < 0.05$ ]를 포함하여 집중[F(1, 18) = 24.451,  $p < 0.05$ ], 감정[F(1, 18) = 29.476,  $p < 0.05$ ], 청각[F(1, 18) = 38.177,  $p < 0.05$ ], 수면[F(1, 18) = 7.958,  $p < 0.05$ ]의 모든 범주에서 반복측정에 따른 주 효과가 유의미하게 나타났다. 소리치료 전후 이명주요기능설문지의 점수는 유의미하게 감소한 것으로 나타났다.

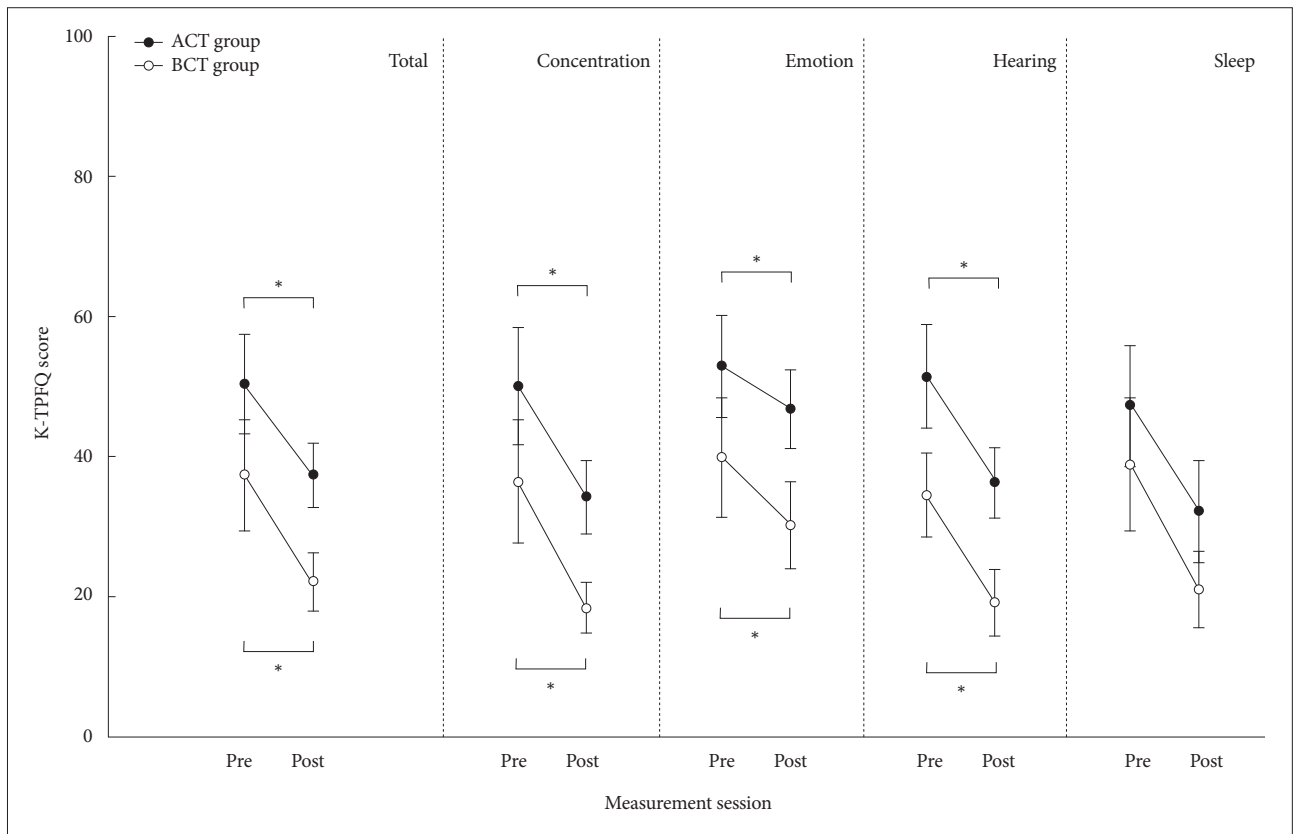
그룹 간 비교를 위해 반복측정과 그룹의 상호작용을 확인한 결과 이명주요기능설문지의 전체 점수에서 반복측정과 그룹의 상호작용은 유의미하지 않았다[F(1, 18) = 0.273,  $p = 0.608$ ]. 또한 하위 범주인 집중[F(1, 18) = 0.135,  $p = 0.718$ ], 감정[F(1, 18) = 0.418,  $p = 0.526$ ], 청각[F(1, 18) = 0.002,  $p = 0.963$ ], 수면[F(1, 18) = 0.174,  $p = 0.681$ ]에서 모두 상호작용은 유의미하지 않은 것으로 나타났으며, 그룹에 대한 주 효과 결과에서도 전체 점수[F(1, 18) = 2.815,  $p = 0.111$ ], 집중[F(1, 18) = 3.338,  $p = 0.084$ ], 감정[F(1, 18) = 0.661,  $p = 0.427$ ], 청각[F(1, 18) = 3.796,  $p = 0.067$ ], 수면[F(1, 18) = 2.435,  $p = 0.136$ ]에서 모두 유의미하지 않았다. 따라서 이명주요기능설문지의 혼합모델 분산분석 결과 3개월 동안의 소리치료를 통해 이명에 대한 중재 효과를 확인하였으

며, 이명으로 인해 어려움을 보인 4가지 주요 기능(집중, 감정, 청각, 수면)의 점수가 재활 이후 유의미하게 감소하였다. 하지만 변환기에 따른 소리치료의 효과는 차이가 나타나지 않았다.

대응표본  $t$ -검정을 통한 사후분석 결과 ACT 그룹의 경우 집중( $t = 3.992$ ,  $p < 0.05$ ), 감정( $t = 3.243$ ,  $p < 0.05$ ), 청각( $t = 4.069$ ,  $p < 0.05$ ) 범주에서 유의미한 감소가 나타났으며, 수면 범주에서는 점수 차이가 유의미하게 나타나지 않았다( $t = 1.786$ ,  $p = 0.108$ ). BCT 그룹의 경우 수면 범주에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았으며( $t = 2.189$ ,  $p = 0.056$ ), 집중( $t = 3.242$ ,  $p < 0.05$ ), 감정( $t = 4.498$ ,  $p < 0.05$ ), 청각( $t = 4.735$ ,  $p < 0.05$ ) 범주에서 유의미한 감소가 나타나 ACT 그룹과 유사한 결과를 보였다. 또한 전체 점수로 비교한 결과 ACT 그룹( $t = 5.201$ ,  $p < 0.05$ ), BCT 그룹( $t = 4.416$ ,  $p < 0.05$ ) 모두 유의미하게 감소하여 두 변환기를 사용한 그룹 모두 이명주요기능설문지 점수가 재활 전후 유의미하게 감소하였다.

## DISCUSSIONS

본 연구는 기도 전도 변환기와 골도 전도 변환기를 사용하여 3개월간 소리치료를 시행하였으며, 이명에 대한 주관적인 변화를 측정하여 변환기 유형에 따른 소리치료 효과를 비교해 소리치료를 위한 음향기기 선택에 중요한 정보를 제공하고자 하였



**Figure 4.** Results of averaged K-TPFQ score for total, concentration, emotion, hearing, sleep between ACT and BCT group. Asterisks represent statistical significance ( $p < 0.05$ ). ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer, K-TPFQ: Korean tinnitus primary function questionnaire.

다. 주관적 변화를 확인하기 위해 시각아날로그척도를 평가한 결과 반복측정에 따른 점수의 차이가 유의미하게 나타났으며, 그룹과 측정 시기에 대한 상호작용은 유의미하게 나타나지 않았다. 또한 이명주요기능설문지 결과 전체 점수뿐만 아니라 4가지의 하위 범주 집중, 감정, 청각, 수면 범주에서 모두 반복측정에 따른 주 효과는 유의미하게 나타났으나 그룹과 반복측정에 대한 상호작용은 나타나지 않았다. 이명주요기능설문지 결과와 시각아날로그척도 결과가 모두 유사하게 나타나 ACT 그룹과 BCT 그룹의 소리치료의 재활 효과는 차이가 유의미하지 않았다.

본 연구는 재활 전후 시각아날로그척도와 이명주요기능설문지 점수의 변화를 비교하여 소리치료의 효과를 확인하였다. 시각아날로그척도와 이명주요기능설문지는 대상자가 주관적으로 느끼는 이명의 정도를 객관적 수치로 나타낼 수 있는 주관적 평가도구이다(Tyler et al., 2014). 본 연구는 변환기 유형이 소리치료에 미치는 영향을 확인하고자 하였으며, 휴대용 음향기기를 이용한 소리치료를 적용하였다. 최근에는 다양한 스마트기기와 음향 장비들의 대중화로 인해 다양한 휴대용 음향기기가 사용되고 있으며, 휴대용 음향기기를 통한 소리치료 사례

가 보고되고 있다(Fukuda et al., 2011). 일반적으로 선행연구 결과 휴대용 음향기기는 소리 발생기와 동등한 이명 중재 효과가 있으며, 의료기기보다 접근성이 쉽고 효과적인 이명 재활 방법으로 보고하였다(Folmer & Carroll, 2006; Fukuda et al., 2011; Parazzini et al., 2011). 또한 본 연구의 결과 재활 전후 주관적 평가 점수가 모든 항목에서 유의미한 감소가 나타났으며, 휴대용 음향기기를 사용한 소리치료가 이명을 효과적으로 중재하는 것으로 나타났다. 또한 변환기 유형에 따른 효과는 직접적인 영향이 없는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과와 선행연구의 결과를 통합하여 해석하면 휴대용 음향기기를 사용한 소리치료는 효과적인 재활 방법으로 적용될 수 있으며(Feldmann, 1983; Jastreboff & Jastreboff, 2000; Lee & Lee, 2013), 변환기의 유형은 소리치료의 재활 효과에 직접적인 영향을 미치지 않아 장기간 재활이 요구되는 소리치료를 위해 대상자의 선호에 따라 변환기 유형을 선택할 수 있을 것이다.

일반적으로 주관적 이명의 경우 대상자의 심리적 특성에 따라 겪는 고통의 수준이 다양하게 나타나고, 이명으로 인해 어려움을 겪는 부분도 개인별로 다양하게 나타난다(Jastreboff & Jastreboff, 2000; Tyler et al., 2014). 대상자에게 들리는 이명

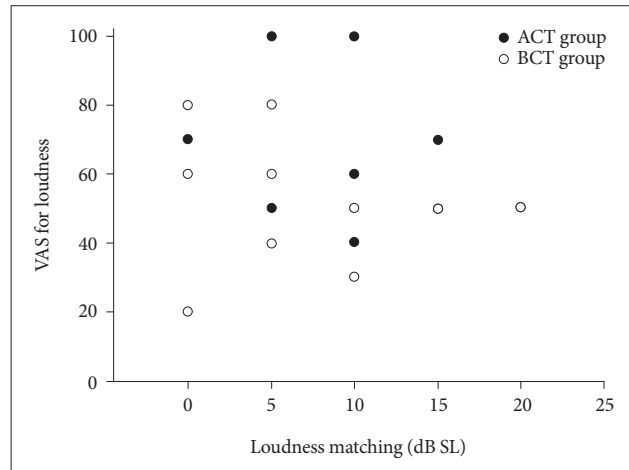


**Table 6.** Results of mixed model analysis of variance with repeated measures between time (measurement session) and group (transducer) for K-TPFQ

K-TPFQ	Variables	Type III sum of squares	df	Mean square	F
Total score	Inter-group				
	Group	1,992.332	1	1,992.332	2.815
	Intra-group				
	Time	1,999.396	1	1,999.396	43.931*
Concentration	Inter-group				
	Group	2,856.100	1	2,856.100	3.338
	Intra-group				
	Time	2,190.400	1	2,190.400	24.451*
Emotion	Inter-group				
	Group	619.369	1	619.369	0.661
	Intra-group				
	Time	2,211.169	1	2,211.169	29.476*
Hearing	Inter-group				
	Group	2,319.529	1	2,319.529	3.796
	Intra-group				
	Time	2,900.209	1	2,900.209	38.177*
Sleep	Inter-group				
	Group	2,709.316	1	2,709.316	2.435
	Intra-group				
	Time	972.196	1	972.196	7.958*
		21.316	1	21.316	0.174

\* $p < 0.05$ . K-TPFQ: Korean tinnitus primary function questionnaire

에 대해 객관적인 강도와 주관적인 강도의 차이를 비교하기 위해 연구 참여 대상자의 강도 매칭검사 결과와 이명 강도에 대한 시각아날로그척도검사 결과를 비교하였으며, Figure 5에 제시하였다. 외부 소리 자극으로 검사하는 강도 매칭 결과와 자가 보고 형식의 주관적 평가도구인 시각아날로그척도 점수를 비교한 결과 0 dB SL로 나타난 4명의 대상자가 느끼는 주관적인 강도 수준은 80%에서 20%까지 다양하게 나타나며, 이명의 주관적 강도 수준이 50%인 4명의 대상자는 강도 매칭검사 결과 각각 5, 10, 15, 20 dB SL로 나타났다. 객관적인 소리강도(dB SL)와 주관적으로 보고하는 이명의 크기를 비교하였을 때 대상자마다 이명에 대해 느끼는 정도가 다양하게 나타났다. 또한 몇몇 선행연구의 보고에 따르면 이명으로 인해 어려움을 겪는 요인은 개인별로 다양하게 나타나며, 개인의 정서가 이명 재화에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Lee & Lee, 2013; Tyler et al., 2014). 따라서 효과적인 이명 재화를 위해서는 대상자 개인별 상담이 중요한 요소로 작용할 것이며, 대상자의 이명 및 청



**Figure 5.** Comparison between VAS and loudness matching results for individual participants. ACT: air-conduction transducer, BCT: bone-conduction transducer, VAS: visual analogue scale, dB SL: decibel in sensation level.

력 상태를 고려하여 개개인의 특성에 맞추어 다양한 의료기기 뿐만 아니라 휴대용 음향기기를 통해 소리치료를 시행할 수 있을 것이다.

본 연구는 몇 가지 요소가 직접 통제되지 않았다는 한계점이 있다. 그룹 간 동질성을 확인하기 위해 무작위로 그룹을 배정한 이후 통계적 검정을 통해 대상자의 나이, 이명의 기간, 청력, 초기 주관적 평가 점수에 대해 그룹 간 유사성을 확인하였으나, 이명 주파수는 직접적으로 그룹 간 동질성 확인이 이루어지지 않았다. 특히, 8,000 Hz의 고주파수 이명이 나타난 대상자는 ACT 그룹의 경우 2명, BCT 그룹의 경우 4명으로 그룹 간 차이를 보인다는 점이 한계점으로 보인다. 하지만 본 연구의 경우에는 대상자의 특성이 그룹에 영향을 미치지 않고, 연구자의 개입을 최소화하기 위해 무작위로 그룹을 배정하였으며, 소리치료가 동등한 조건으로 시행될 수 있는 대상자를 선별하여 연구를 진행하였다. 또한 효과적인 소리치료를 위해 소리치료를 시행하기 전 대상자마다 소리치료 음원을 통해 이명의 간섭이 나타나는 수준을 확인하였으며, 혼합점에 대한 충분한 정보를 제공하여 대상자의 이명 주파수가 충분히 외부 소리 자극에 의해 간섭할 수 있는 수준으로 재화를 진행하였다(Jastreboff & Jastreboff, 2000). 따라서 연구에 참여한 모든 대상자는 소리치료 음원을 통해 충분히 이명의 간섭을 일으킬 수 있도록 하여 3개월간 적절한 소리치료가 이루어졌으며, 개인별 이명 주파수의 영향을 최소화하고자 하였다. 향후 연구는 대상자 개인의 영향이 그룹에 미치는 영향을 최소화하기 위해 더욱 많은 대상자를 통해 연구가 진행된다면 연구의 결과가 더 높은 검정력을 가지도록 할 수 있을 것이다.

본 연구의 대상자들은 모두 매일 3시간 이상의 소리치료를 권고받고 동일한 조건의 소리치료가 시행되었으나, 소리치료 기

간 중 대상자 개개인이 실제로 소리치료를 시행한 시간과 기간에 대한 직접적인 통제가 이루어지지 않았다. 소리치료를 시행한 시간과 실제 재활 기간은 재활에 영향을 미치는 중요한 요소이며, 대상자가 실제로 시행하는 소리치료를 실시간 관찰을 통해 그룹 간 차이를 통제할 필요가 있다. 이러한 점에서 본 연구는 대상자가 실제로 소리치료를 시행한 시간이나 기간을 직접 확인하지 못한 한계점이 있다. 하지만 본 연구는 20명의 대상자가 모두 3개월간의 소리치료를 중도 포기 없이 참여하였으며, 두 그룹 모두 동등한 기준으로 소리치료에 대한 정보 상담을 진행한 이후 대상자가 스스로 시행한 소리치료를 기준으로 소리치료의 효과를 확인하여 그룹 간 차이를 최소화하고자 하였다. 일반적으로 대상자가 가정에서 시행하는 소리치료의 경우 소리치료에 대한 실시간 관찰이 어려운 한계점이 있으나, 이러한 점을 보완하기 위해 향후 연구는 데이터 로깅(data logging) 기능이 추가된 프로그램 혹은 모바일 어플리케이션(application)을 통해 그룹 간 소리치료를 시행한 시간을 직접적으로 통제하고 분석한다면 더욱 직접적인 그룹 간 비교 결과를 도출할 수 있을 것이다.

본 연구의 결과는 이명 재활에 초점을 두고 이명에 대한 평가를 통해 이명 재활의 효과는 확인하였으나, 변환기 종류에 따른 부수적인 영향(예: 의사소통 문제, 착용감 등)에 관해서는 확인하지 않아 임상에서 나타날 수 있는 다양한 요소들을 포함하지 못한 한계점이 있다. 또한 대상자가 변환기와 연결하여 사용했던 휴대용 음향기기(예: 스마트폰)는 통제하지 않았으며, 연구에 사용된 두 변환기의 경우 외이도 폐쇄 여부뿐만 아니라 소리 전달 경로, 출력되는 주파수별 에너지가 다르게 나타난 점을 통제하지 못하였다. 하지만 이명재훈련치료의 경우 이명의 습관화 작용에는 외부 소리 자극을 통한 청각적 간섭이 가장 중요한 요인이다(Jastreboff & Jastreboff, 2000). 따라서 본 연구의 모든 대상자는 습관화 작용을 위해 이명에 대한 간섭이 일어나는 혼합점 수준의 강도로 소리치료를 시행하여 청각적 간섭은 일정하게 통제하였다. 향후에는 변환기 종류에 따른 부수적인 특징들을 고려하여 후속연구를 진행한다면 소리치료에 사용되는 변환기의 선택에 있어서 더욱 정확한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구의 결과는 기도 전도와 골도 전도 방식의 변환기 모두 소리치료에 효과적인 것으로 나타났으나, 변환기 유형에 따른 소리치료 효과는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 효과적인 이명 재활을 위해 청각 전문가는 대상자의 이명 및 청력 상태를 고려하여 다양한 의뢰기기뿐만 아니라 휴대용 음향기기를 통해 소리치료를 시행할 수 있으며, 변환기 유형을 선택할 시 장기간 재활을 위해 대상자의 선호와 선택을 충분히 반영하여 변환기를 선택할 수 있을 것이다.

**중심 단어** : 혼합점 · 휴대용 음향기기 · 소리치료 · 이명 · 변환기.

### Ethical Statement

The study was approved by the Institutional Review Board of Hallym University (HIRB-2019-064).

### Acknowledgments

N/A

### Declaration of Conflicting Interests

There are no conflict of interests.

### Funding

This work has supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (NRF-2018 R1C1B6003765).

### Author Contributions

All authors contributed equally to this work. I.J. designed experiments, analyzed data, and wrote the paper; S.J. performed experiments, analyzed data, and wrote the paper. Also, the authors discussed the results together and implications and commented on the manuscript at each stage.

### ORCID iDs

Seungyeop Jeong

<https://orcid.org/0000-0002-9966-5736>

In-Ki Jin

<https://orcid.org/0000-0002-0834-5981>

## REFERENCES

- Baguley, D., McFerran, D., & Hall, D. (2013). Tinnitus. *The Lancet*, 382(9904), 1600-1607.
- Cho, Y. S., Choi, S. H., Park, K. H., Park, H. J., Kim, J. W., Moon, I. J., et al. (2010). Prevalence of otolaryngologic diseases in South Korea: Data from the Korea national health and nutrition examination survey 2008. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 3(4), 183-193.
- Del Bo, L. & Ambrosetti, U. (2007). Hearing aids for the treatment of tinnitus. *Progress in Brain Research*, 166, 341-345.
- Eggermont, J. J. & Roberts, L. E. (2004). The neuroscience of tinnitus. *Trends in Neurosciences*, 27(11), 676-682.
- Feldmann, H. (1983). Time patterns and related parameters in masking of tinnitus. *Acta Oto-Laryngologica*, 95(5-6), 594-598.
- Folmer, R. L. & Carroll, J. R. (2006). Long-term effectiveness of ear-level devices for tinnitus. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 134(1), 132-137.
- Fukuda, S., Miyashita, T., Inamoto, R., & Mori, N. (2011). Tinnitus retraining therapy using portable music players. *Auris Nasus Larynx*, 38(6), 692-696.
- Heller, A. J. (2003). Classification and epidemiology of tinnitus. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 36(2), 239-248.
- Henry, J. A., Schechter, M. A., Zaugg, T. L., Griest, S., Jastreboff, P. J., Vernon, J. A., et al. (2006). Clinical trial to compare tinnitus masking and tinnitus retraining therapy. *Acta Oto-Laryngologica*, 126(Sup 556), 64-69.
- Ibarra, D., Tavira-Sanchez, F., Recuero-Lopez, M., & Anthony, B. W. (2018). In-ear medical devices for acoustic therapies in tinnitus treatments, state of the art. *Auris Nasus Larynx*, 45(1), 6-12.
- ISO. (2017). ISO 7029:2017. *Acoustics-Statistical Distribution of Hearing Thresholds Related to Age and Gender*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Jastreboff, P. J. (1990). Phantom auditory perception (tinnitus): Mechanisms of generation and perception. *Neuroscience Research*, 8(4), 221-254.
- Jastreboff, P. J. & Jastreboff, M. M. (2000). Tinnitus retraining therapy (TRT) as a method for treatment of tinnitus and hyperacusis patients. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11(3), 162-177.

- Kim, B. J., Chung, S. W., Jung, J. Y., & Suh, M. W. (2014). Effect of different sounds on the treatment outcome of tinnitus retraining therapy. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 7(2), 87-93.
- Kim, K. W., Jung, J. Y., & Suh, M. W. (2011). Effects of earphone style and noise environment on listening levels when using portable music players in the laboratory. *Communication Sciences and Disorders*, 16(3), 408-415.
- Lee, K. S. & Lee, S. P. (2009). Correlation between the headphone's acoustical characteristics and subjective preferences. *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, 28(2), 96-106.
- Lee, S. & Lee, J. (2013). Effects of personal affects on tinnitus retraining therapy. *Audiology*, 9(1), 66-73.
- Malouff, J. M., Schutte, N. S., & Zucker, L. A. (2011). Tinnitus-related distress: A review of recent findings. *Current Psychiatry Reports*, 13(1), 31-36.
- Nam, E. C. & Ryu, Y. J. (2018). A case of pulsatile tinnitus caused by idiopathic intracranial hypertension in the female obese patient. *Audiology and Speech Research*, 14(1), 55-58.
- Parazzini, M., Del Bo, L., Jastreboff, M., Tognola, G., & Ravazzani, P. (2011). Open ear hearing aids in tinnitus therapy: An efficacy comparison with sound generators. *International Journal of Audiology*, 50(8), 548-553.
- Park, R. J. & Moon, J. D. (2014). Prevalence and risk factors of tinnitus: The Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2010-2011, a cross-sectional study. *Clinical Otolaryngology*, 39(2), 89-94.
- Shin, J., Heo, S., Lee, H. K., Tyler, R., & Jin, I. K. (2019). Reliability and validity of a Korean version of the tinnitus primary function questionnaire. *American Journal of Audiology*, 28(2), 362-368.
- Tass, P. A., Adamchic, I., Freund, H. J., von Stackelberg, T., & Hauptmann, C. (2012). Counteracting tinnitus by acoustic coordinated reset neuro-modulation. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 30(2), 137-159.
- Tyler, R., Ji, H., Perreau, A., Witt, S., Noble, W., & Coelho, C. (2014). Development and validation of the tinnitus primary function questionnaire. *American Journal of Audiology*, 23(3), 260-272.
- Vernon, J. (1976) The use of masking for relief of tinnitus. In Silverstein, H. & Norrell, H. *Neurological Surgery of the Ear: Volume II* (pp. 104-118). Birmingham: Aesculapius Publishing.