



Tinnitus Relief Effect According to the Stimulus Listening Method of Sound Therapy

TaeRim Lee¹, In-Ki Jin²

¹Department of Speech Pathology and Audiology, Graduate School, Hallym University, Chuncheon, Korea

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

Received: March 6, 2023

Revised: July 19, 2023

Accepted: August 5, 2023

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 Hallimdaehak-gil, Chuncheon 24252, Korea

Tel: +82-33-248-2221

Fax: +82-33-256-3420

E-mail: ikjin@hallym.ac.kr

Purpose: This study investigated the tinnitus relief effect of the stimulation listening method in sound therapy. **Methods:** The participants were randomly divided into two groups: 16 in the continuous listening group and 15 in the intermittent listening group. The participants listened to broad-band noise at the mixing point level for 3 months, either continuously for 2 hours or intermittently 4 hours for 30 minutes, depending on the group allocation. The results of this study were confirmed by measuring scores through the Korean version of the Tinnitus Primary Function Questionnaire (K-TPFQ) and visual analog scale (VAS) for tinnitus loudness and annoyance at pretreatment and at 1, 2, and 3 months follow-ups. **Results:** Average scores of the K-TPFQ and VAS for tinnitus loudness and annoyance significantly improved with the duration of sound therapy in both the continuous listening and intermittent listening groups ($p < 0.05$). However, there was no difference between the two groups regarding the stimulation listening method in sound therapy, and no significant interaction effects were confirmed. **Conclusion:** The method of listening to the sound therapy continuously for 2 hours and the method of listening intermittently for 30 minutes had similar tinnitus relief effects.

Key Words: Tinnitus, Sound therapy, Stimulation listening method.

INTRODUCTION

이명(tinnitus)이란 외부의 음향 자극이 없음에도 불구하고 소리를 지각하는 현상으로, 음성 혹은 음악 소리 등을 지각하는 환청(auditory hallucination)과 달리 일반적으로 웅웅-소리, 쉬-소리 혹은 울리는 소리와 같이 알 수 없는 형태의 음향적 특성을 보인다(Langguth et al., 2013). 2022년도에 조사한 전 세계적 성인의 이명 유병률의 경우 14.4% (95% confidence interval [CI], 12.6~16.5%)로 그 범위는 4.1% (95% CI, 3.7~4.4%)에서 37.2% (95% CI, 34.6~39.9%)로 나타났다(Jarach et al., 2022). 이명을 경험하고 있는 대상자는 이명의 존재만으로도 겪는 어려움 외에 이로 인한 이차적인 문제로서의 삶의 질이 저하되는 영향까지 받을 수 있으며, 이러한 문제의 예로는 정서적인 고통과 불안 증세부터 수면장애, 집중력 및 주의

력 저하, 우울증, 혹은 자살 충동까지 다양하게 나타날 수 있다(Langguth et al., 2013).

이명의 부정적인 영향을 줄이기 위해 활용하는 재활법의 예로는 소리 치료(sound therapy)가 있다. 소리 치료란 외부 소리 자극을 청취하여 부정적으로 활성화된 신경가소성(neuroplasticity)의 억제를 유도하는 것에 목적을 둔 재활 방식이다(Ibarra-Zarate et al., 2022). 신경가소성이란 변화하는 환경에 적응하거나 손상으로부터 회복하는 뇌의 능력을 의미하며(Malenka & Bear, 2004; Nyffeler et al., 2006), Jastreboff(1990)가 제시한 신경생리학적 모델에 따르면 이명은 중추의 청각 경로와 변연계 사이의 부정적인 신경가소성의 활성화로 인해 발생한다고 알려져 있다.

여러 선행 연구에서는 소리 치료가 부정적으로 활성화된 신경가소성을 억제하여 이명으로 인한 어려움을 개선한다고 보고하였다. Kutyba et al.(2022)은 이명을 겪는 52명의 환자를 대상으로 6개월간 하루에 최소 30분 이상의 소리 치료를 시행하고, 이명기능지수(Tinnitus Functional Index, TFI)와 이명장애지

수(Tinnitus Handicap Index, THI) 설문지를 통해 이명의 완화 정도를 확인하였다. TFI란 대상자가 8개의 하위 범주(통찰력, 감지, 인지, 수면, 청각, 완화, 삶의 질 및 감정)를 직접 평가하는 자가 보고 설문지이며(Meikle et al., 2012), THI란 이명이 일상 생활 및 심리사회적 기능에 미치는 영향에 대하여 평가하는 자가 보고 설문지이다(Newman et al., 1996; Newman et al., 1998). 연구 결과, 연구 참여자의 54% (52명 중 28명)에서 두 설문지의 평균 점수가 통계적으로 유의미하게 감소하였다. Cuesta et al.(2022)은 이명을 경험하고 있는 성인 83명을 대상으로 4개월간 매일 1시간씩 소리 치료를 진행하였으며, THI를 통해 연구 참여자 중 96% (83명 중 80명)의 평균 점수가 소리 치료 전에 비해 임상적으로 유의미하게 감소한 것을 확인하였다.

소리 치료의 이명 완화 효과는 청취 기간 및 시간에 따라 영향을 받을 수 있다. Li et al.(2019)은 3개월 동안 소리 치료를 진행하여 소리 치료 전, 진행 후 2주, 4주, 8주 및 12주 차마다 THI와 시각아날로그척도(visual analog scale, VAS)를 측정하였다. 연구 결과, 소리 치료 8주 차부터 설문지 점수의 유의미한 차이가 나타났으며 이는 이명의 소리 치료 기간과 소리 치료의 효과 사이의 상호작용을 시사한다. 또한 Jin et al.(2022)은 만성 이명을 경험하고 있는 성인을 대상으로 일일 소리 치료 청취 시간에 따라 1시간, 3시간 및 5시간 그룹으로 나누어 3개월 동안 소리 치료를 진행하였으며, 한국어판 이명주요기능설문지(Korean Version of the Tinnitus Primary Function Questionnaire, K-TPFQ; Shin et al., 2019; Tyler et al., 2014)를 통하여 이명의 완화 정도를 확인하였다. 연구 결과, 3시간과 5시간 그룹은 소리 치료 전후 설문지의 점수가 통계적으로 유의미하게 감소하였으나, 1시간 그룹의 경우 설문지 점수의 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 소리 치료의 일일 청취 시간이 길수록 이명의 완화 효과가 더 크게 나타난다는 것을 시사한다.

Jin et al.(2022)의 연구를 통해 소리 치료의 일일 청취 시간이 길수록 더 큰 이명의 완화 효과를 기대할 수 있음을 확인하였으나, 일부 대상자에게 장시간의 소리 치료 음원을 중단 없이 지속적으로 청취하는 것은 다소 어려운 수행 조건이 될 수 있다. 이를 위한 대안으로 장시간의 소리 치료 음원을 여러 번 나누어 단속적으로 청취하는 방법이 있을 수 있으나, 단속적인 청취 방법이 지속적인 청취 방법과 비교하여 유사한 이명 완화 효과를 기대할 수 있는지를 확인한 선행 연구는 아직 부재하다. 이때 단속적 청취 자극의 효과를 기대할 수 있는 요소 중 하나는 신경가소성이다. 이명의 소리 치료 재할 방법은 부정적으로 활성화된 신경가소성의 억제를 유도하는 것에 목적을 두고 있으며(Ibarra-Zarate et al., 2022), 신경가소성의 변화를 촉진하는 한 가지 요인은 자극의 반복과 관련이 있다. Nyffeler et al.(2006)은 반복적인 경두개자기전극(repulsive transcranial magnetic

stimulation)을 통해 신경가소성 변화의 지속 여부를 확인하고자 하였다. 연구 결과, 자극의 반복 횟수가 증가함에 따라 도약 안구운동의 잠복기 지속시간이 증가함을 확인하였으며, 이는 동일한 자극 프로토콜을 반복적으로 적용하는 방법이 신경가소성 변화의 지속력을 향상한다는 것을 의미한다. 즉, 자극 간 간격을 둔 단속적 자극(discrete-event stimulation)은 신경가소성 변화의 지속력을 촉진하는 것으로 보인다. 이외에도 30분 이내 간격의 단속적 자극 효과부터 24시간 간격의 단속적 자극 효과까지 다양한 단속적 자극 조건에서 신경가소성의 변화가 오래 지속되는 것으로 나타났다(Bäumer et al., 2003; Karni et al., 1995).

이명 환자를 대상으로 소리 치료를 통해 부정적인 신경가소성의 억제를 유도하여 이명의 어려움을 개선하고, 소리 치료의 이명 완화 효과에 영향을 미칠 수 있는 요소를 확인한 선행 연구는 다양하다. 그러나 소리 치료 음원을 지속적으로 청취하는 방법과 단속적으로 청취하는 방법에 따른 이명 완화 효과를 확인한 연구는 아직 부재하다. 일반적인 신경가소성의 선행 연구는 자극 시간과 휴식 시간을 합하여 약 20분에서 60분 사이로 연구를 진행하였으나, 소리 치료의 선행 연구는 신경가소성의 변화를 통한 이명의 완화 효과를 기대하기 위해서는 적어도 하루 2시간 이상의 소리 치료를 2개월 이상 수행하는 것이 필요하다고 보고하였다(Jin et al., 2022; Li et al., 2019). 이에 따라 본 연구는 소리 치료의 이명 완화 효과가 나타나기 시작하는 2시간을 일일 소리 치료 청취 시간으로 설정하고, 2시간을 30분씩 4회로 나누어 단속적으로 청취하는 방법에서도 신경가소성의 변화로 인한 이명의 유의미한 완화가 나타나는지 확인하고자 하였다.

따라서 본 연구는 동일한 시간 조건에서 소리 치료 음원을 연속적으로 청취한 지속적 청취 그룹과 소리 치료 간 간격을 두고 4회로 나누어 청취한 단속적 청취 그룹의 이명 개선 정도를 비교하여 소리 치료의 자극 청취 방법에 따른 이명의 완화 효과를 확인하고자 한다. 본 연구의 결과는 추후 소리 치료의 수행 방법에 관한 가이드라인을 제시하는 데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

MATERIALS AND METHODS

연구 대상

본 연구는 이명으로 인한 불편함을 호소하는 성인을 대상으로 포함 기준 및 제외 기준을 통해 총 31명(남성 24명, 여성 7명)을 선정하였다. 선별 과정의 절차 및 제외 기준은 Figure 1에 기술하였다. 본 연구에 모집된 연구 참여 희망자는 총 84명이었으며, 1차 선별검사를 통해 이명의 기간이 1년 미만인 대상자(8명), 현재 이명 치료 및 재할을 받는 대상자(3명), 난청이 있거나 보청기

를 착용하고 있는 대상자(20명), 이과적 질환(예: 이석증, 메니에르 등)을 앓고 있는 대상자(3명), 본 기관에 방문하기 어려운 대상자(4명)와 3차례 이상 전화 및 문자를 시도하였음에도 연락이 닿지 않은 대상자(6명)를 제외하여 총 44명이 탈락하였고, 40명이 1차 선별 기준을 통과하였다.

일차적으로 선별된 40명의 연구 참여 희망자는 본 기관을 방문하여 2차 선별검사를 진행하였다. 2차 선별검사를 통해 대상자의 500, 1,000, 2,000 Hz의 평균 역치가 40 decibel hearing level (dB HL)보다 높은 중도 난청 이상의 대상자(5명), Korean version of Tinnitus Primary Function

Questionnaire (K-TPFQ)의 초기 점수가 30점 미만으로 이명으로 인한 고통이 크지 않은 대상자(해당 없음), 본 연구에 대한 설명을 듣고 참여하기 어렵다고 응답한 대상자(4명)를 제외하여 9명이 탈락하였고, 이를 통해 총 31명의 연구 대상자를 모집하였다.

위의 선별 과정을 통해 선정된 31명은 무작위 분배과정(random allocation)을 통해 소리 치료 음원을 연속적으로 청취하는 지속적 청취 그룹 16명(남성 12명, 여성 4명)과 소리 치료 간 간격을 두고 4회 나누어 청취하는 단속적 청취 그룹 15명(남성 12명, 여성 3명)으로 분배하였다. 연구 대상자의 평균 연령은 지속적 청취 그룹의 경우 48.81세(standard deviation [SD], 14.37)였으며, 단속적 청취 그룹의 경우 49.67세(SD, 10.42)였다.

평가 도구

본 연구에서 사용된 평가 도구는 한국어판 이명주요기능설문지(K-TPFQ)와 이명의 크기, 이명으로 인한 짜증에 대한 시각아날로그척도(VAS)로, 둘 모두 자가 보고(평가) 설문지이다. K-TPFQ란 이명으로 인해 발생하는 삶의 질적 저하 정도를 확인할 수 있는 설문지로 '이명으로 인해 중요한 일들에 주의를 집중하기 어렵다', '이명은 마음의 평온을 깨뜨리는 최악의 요인 중 하나이다' 등 집중, 감정, 듣기 능력 및 수면의 네 가지 하위 범주를 평가하는 설문지이다(Shin et al., 2019; Tyler et al., 2014). K-TPFQ는 0에서 100점 사이의 점수로 나타나며 점수가 높을수록 이명으로 인한 고통이 크다고 해석한다. 또한 이명 재활 전후로 대상자의 점수가 13점 이상 변화하였을 경우 임상적으로 의미 있는 변화가 있었다고 해석한다(Tyler et al., 2014; Tyler et al., 2020). 예를 들어 재활 전후로 측정된 K-TPFQ의 점수가 13점 이상 감소하였을 경우 임상적으로 유의미한 완화를 보였다고 판단할 수 있으며, 반대로 13점 이상 증가하였을 경우 임상적으로 유의미한 악화를 보였다고 판단할 수 있다.

VAS의 경우 대상자가 주어진 문항에 대하여 인지하는 본인의 건강 상태를 자가 평가하여 일직선상에 표시하는 설문지로(Torrance et al., 2001), 본 연구에서는 일직선의 왼쪽 끝을 0점, 오른쪽 끝을 100점으로 설정하여 정도가 약할수록 왼쪽 선상에, 심할수록 오른쪽 선상에 표시하도록 안내하였다. 본 척도를 통해 확인하는 항목으로는 이명의 크기(loudness) 및 이명으로 인한 짜증(annoyance)이 있으며 '이명의 시끄러운 정도를 아래에 표시해주세요', '이명으로 인하여 느끼는 짜증이나 성가심의 정도를 아래에 표시해주세요'라는 문항으로 구성하였다. 이명의 크기 및 짜증에 대한 VAS 항목의 경우 재활 전후로 점수가 15점 이상 감소하였을 때 임상적으로 유의미한 완화가 나타났다고 해석한다(Adamchic et al., 2012).

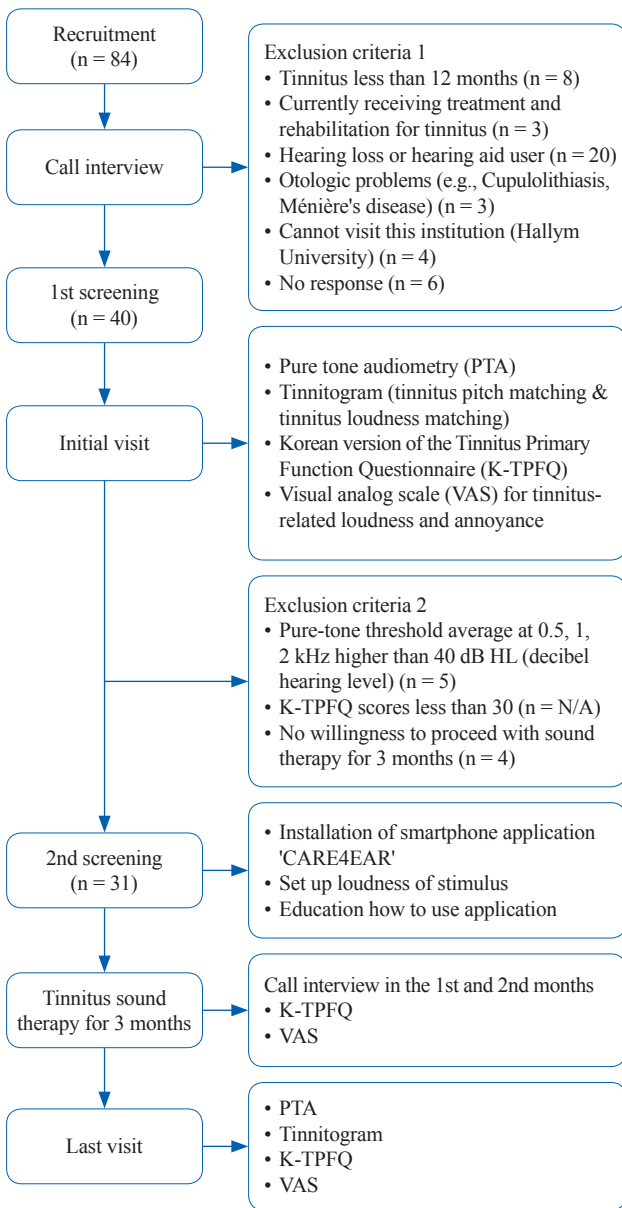


Figure 1. Protocol for this study including exclusion criteria. n: number of participants, N/A: not applicable.

소리 치료 애플리케이션

본 연구의 소리 치료는 이명 소리 치료 애플리케이션 (CARE4EAR; MIJ, Chuncheon, Korea)을 사용하여 진행하였다. 소리 치료 애플리케이션의 화면은 1부터 50까지의 번호가 표시된 음원 버튼과 소리 치료 음원 청취 시간을 2시간 혹은 30분으로 설정할 수 있는 타이머 버튼 그리고 설정한 타이머에 따라 남은 청취 시간을 확인할 수 있는 시간대 표시로 구성하였다. 음원에 표시된 번호의 경우 소리 치료 음원의 강도를 의미하는 것으로, 숫자가 낮을수록 음원의 강도가 작음을 뜻하고 숫자가 높을수록 음원의 강도가 큼을 뜻한다. 본 애플리케이션은 음원을 재생하였을 경우 볼륨 키를 사용하여도 음원의 강도를 조절할 수 없어 매일 동일한 강도로 소리 치료를 진행할 수 있으며, 연구자는 모든 대상자에게 각자 개인별로 맞는 혼합점 강도의 음원 번호를 안내하였다. 본 애플리케이션은 대상자가 설정한 타이머의 시간 동안 음원을 다 청취하였을 경우 '완료'라는 알림창과 함께 음원을 종료한다. 타이머는 애플리케이션을 종료하고 다시 접속하였을 때 초기화되며, 이를 통해 단속적 청취 그룹은 30분의 소리 치료를 완료한 후 다시 애플리케이션에 접속하여 소리 치료를 추가로 진행할 수 있다.

본 소리 치료 애플리케이션은 웹 서버를 통해 대상자가 재생한 음원 강도의 번호, 소리 치료를 시작한 시각과 종료한 시각의 데이터를 기록하며, 이를 통해 연구자는 대상자가 청취한 소리 치료의 강도 및 시간을 확인할 수 있다.

연구 절차

본 연구의 대상자 모집 과정 및 절차는 Figure 1에 제시하였다. 본 연구의 대상자 모집은 7만 명 이상의 이명 환자 회원을 보유한 네이버 카페 '이명 극복 고군분투 성장기(<https://cafe.naver.com/onquest>)'를 통해서 진행하였다. 카페의 게시글을 통해 본 기관의 소개 및 연구 방법에 관해 기술하였으며, 구글 폼 (Google form) 설문지를 사용하여 연구 참여 신청서를 수집하였다. 이후 참여 신청자들을 대상으로 유선(전화) 인터뷰를 통해 1차 선별검사를 시행하였으며, 선정된 신청자들은 초기 검사를 위해 본 기관인 한림대학교를 방문하여 순음청력검사와 이명도검사를 진행하였다. 순음청력검사를 통해 2차 선별검사를 통과한 대상자는 K-TPFQ와 VAS를 작성하였으며, 위 과정은 청각재활센터에서 해당 검사 및 설문지에 대한 인턴 과정을 수료하고 소리 치료 연구를 1년 이상 진행한 경험이 있는 청각학 전공의 석사 과정 재학생을 통하여 진행하였다. 순음청력검사 및 이명도검사는 40 A-weighted decibel (dBA) 이하의 소음 조건을 갖춘 방음실 내에서 청력검사기(GSI-61 Clinical Audiometer; Grason-Statler, Eden Prairie, MN, USA)와 헤드폰(TDH-50; Telephonics Corporation, Farmingdale, NY, USA)을

사용하여 진행하였으며, 설문지 작성은 대상자들이 편안한 환경에서 솔직하게 응답할 수 있도록 연구자와 대상자가 1:1로 있는 환경에서 진행하였다. 연구자는 순음청력검사와 이명도검사, 설문지 작성을 모두 마친 대상자들에게 본 연구의 진행 절차에 대해 안내하였으며, 본 연구에 참여를 희망하는 대상자들에게 연구 대상자 동의서 작성을 요청하였다. 이 과정에서 본 연구에 참여가 어려울 것 같다고 응답한 대상자들은 연구에서 제외하였다.

연구 대상자 동의서를 작성한 최종 연구 참여자 31명을 대상으로 무작위 분배과정을 통해 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹으로 설정하였으며, 소리 치료 음원을 3개월 동안 하루에 총 2시간씩 그룹에 따라 중단 없이 지속적으로 청취하는 방식과 30분씩 4회 나누어 단속적으로 청취하는 방식으로 안내하였다. 연구자는 대상자들에게 이명 소리 치료 애플리케이션과 무선 골전도 헤드폰(ETEREO ONE; MIJ)을 제공하였으며, 소리 치료 음원을 이명 소리 치료 애플리케이션으로 재생하여 골전도 헤드폰을 통해 청취하도록 안내하였다. 본 연구의 이명 소리 치료 음원은 주파수 특이성이 없는 광대역소음(broad-band noise)을 사용하여 진행하였으며, Adobe Audition 3.0 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA)을 사용하여 44,100 Hz의 샘플링 속도(sampling rate)와 32 bits의 특성을 가진 음원으로 제작하였다. 자극음의 강도 설정은 소리 치료 음원을 대상자의 이명을 완전히 차폐하는 수준부터 재생하여 점점 강도를 낮추는 방식으로 혼합점을 찾아 음원 강도의 번호를 지정하였다. 연구자는 대상자에게 애플리케이션을 통해 지정된 소리 치료 음원의 강도 번호를 선택하여 청취하는 방법과 그룹별 해당하는 타이머를 설정하는 방법, 골전도 헤드폰과 핸드폰을 연결하는 방법 및 애플리케이션 사용 중 주의사항에 대한 교육을 진행하였다. 소리 치료 진행 방법으로는 하루 최대 2시간까지 사용하도록 안내하였으며, 대상자 스스로 이명으로 인하여 성가심을 느끼는 시간에 사용하도록 안내하였다. 또한 30분씩 나누어 듣는 단속적 청취 그룹의 경우 30분의 소리 치료 후 다음 소리 치료 시작 전까지 최소 2시간의 휴식 시간을 갖도록 안내하였다. 연구자는 웹 서버를 통해 설정한 강도 외에 다른 강도로 청취한 대상자, 3일 연속 소리 치료 음원을 듣지 않은 대상자 혹은 단속적 청취 그룹 중 30분의 소리 치료 완료 후 2시간 이내에 소리 치료 음원을 재생한 대상자를 확인하고, 해당 대상자에게 별도로 연락하여 올바른 소리 치료 방식으로 청취할 수 있도록 독려했다.

소리 치료를 진행하고 1개월, 2개월 차에는 연구자가 유선 인터뷰를 통해 대상자의 K-TPFQ와 VAS를 측정하였다. 연구자는 유선 인터뷰의 특성상 대상자가 직접 설문지에 자필 작성을 할 수 없는 상황이므로, 부득이하게 연구자가 대상자의 응답을 듣고 응답 내용을 원본 서류에 대리로 작성하는 것에 대한 동의를 구한 후 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰 방식은 연구자가 설문지

의 문항을 묻고 대상자는 문항에 해당하는 정도를 0~100점 사이의 점수로 응답하는 것으로, 연구자는 대상자에게 0점은 '전혀 그렇지 않다.', 100점은 '매우 그렇다.'를 의미하며 그 중간은 0점에서 100점 사이로 응답할 수 있음을 안내하였다. 소리 치료를 진행한 지 3개월 차에는 연구 대상자가 본 기관을 재방문하여 초기 검사와 동일한 후속 검사를 진행하였다. 연구자는 순음청력검사와 이명도검사를 통해 대상자의 청력 및 이명에 변화가 나타나지 않았는지 확인하였다. 순음청력검사와 이명도검사가 끝난 후 대상자는 K-TPFQ와 VAS를 작성하였으며, 이를 통해 대상자가 인지하는 이명 및 이명으로 인한 불편함 정도의 변화를 확인하고자 하였다. 본 연구는 한림대학교 생명윤리위원회 (Institutional Review Board of Hallym University)로부터 연구의 내용, 목적 및 절차에 대해 승인받은 후 진행하였다(승인 번호 #HIRB-2022-034).

Fisher et al.(2017)은 실험에서 대상자를 무작위로 분배한 이후에는 대상자의 중재 방법의 성실한 수행 여부와 상관없이 어떠한 경우라도, 심지어 중도 탈락 하더라도 모든 데이터를 분석에 포함하여야 한다고 제안하였다. 연구 수행의 불성실성, 중도 탈락의 변수 등을 고려하는 것이 실제 임상에서 해당 중재법을 적용하였을 때의 효과 크기를 예측할 수 있기 때문이다(Shrier et al., 2017). 따라서 본 연구는 치료의향분석(intention-to-treat analysis)을 사용하여 연구에서 무작위로 분배된 모든 대상자의 데이터를 결과에 포함하였으며, 중도 탈락한 대상자의 경우 탈락한 시점에서 우선 인터뷰를 통해 K-TPFQ와 VAS를 측정하였다. 탈락 이후 검사 시점의 데이터는 중도 탈락 대상자의 이전 관찰치를 입력하는 이전 관찰치 적용분석법(last observation carried forward)을 사용하였다(Kim, 2020).

통계 분석

수집한 데이터는 소프트웨어 SPSS version 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석하였으며, 자극 청취 방법과 소리 치료 기간에 따른 K-TPFQ와 VAS의 점수를 비교하여 이명의 완화 효과를 확인하기 위해 반복측정 이원분산 분석(two-way repeated measures analysis of variance)을 시행하였다. 또한 모든 대상자의 설문지 점수 변화를 개별적으로 확인하고, 평가도구별 임상적으로 중요한 최소한의 차이(minimal clinical important difference, MCID) 기준에 따른 이명 완화 정도의 임상적 유의미성을 분석하였다.

RESULTS

본 연구는 이명 소리 치료 전(pre), 1개월 차(1 month [M]),

2개월 차(2 M), 3개월 차(3 M)의 K-TPFQ 및 VAS에 대하여 소리 치료의 자극 청취 방법에 따른 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹에 따른 설문지 점수의 차이, 이명 소리 치료 기간에 따른 설문지 점수의 차이, 두 그룹과 소리 치료 기간에 따른 상호작용 효과를 확인하였으며, 이를 Table 1에 제시하였다.

K-TPFQ의 경우, 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹에 따른 설문지 점수의 유의미한 차이는 나타나지 않았으나($F = 2.111, p = 0.157$), 이명 소리 치료 기간에 따른 설문지 점수의 경우 유의미한 차이를 확인하였다($F = 26.061, p < 0.001$). 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹의 소리 치료 기간에 따른 유의미한 상호작용 효과는 나타나지 않았다($F = 0.411, p = 0.674$).

이명의 크기에 대한 VAS의 경우 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹에 따른 설문지 점수의 유의미한 차이는 나타나지 않았으나($F = 3.723, p = 0.063$), 이명 소리 치료 기간에 따른 설문지 점수의 경우 유의미한 차이를 확인하였다($F = 7.696, p = 0.001$). 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹의 소리 치료 기간에 따른 유의미한 상호작용 효과는 나타나지 않았다($F = 0.112, p = 0.895$).

이명으로 인한 짜증에 대한 VAS의 경우 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹에 따른 설문지 점수의 유의미한 차이는 나타나지 않았으나($F = 2.077, p = 0.160$), 이명 소리 치료 기간에 따른 설문지 점수의 경우 유의미한 차이를 확인하였다($F = 16.683, p < 0.001$). 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹의 소리 치료 기간에 따른 유의미한 상호작용 효과는 나타나지 않았다($F = 0.020, p = 0.987$).

본 연구는 그룹별 평균 점수 외 모든 대상자의 개인별 점수를 확인하고, 평가 도구별 MCID 기준을 통해 개인 대상자별 이명 완화 정도의 임상적 유의미성을 분석하고자 하였다. TPFQ의 경우 MCID 기준을 13점으로 제시하고 있으며(Tyler et al., 2014; Tyler et al., 2020), 이명의 크기 및 짜증에 대한 VAS의 경우 MCID 기준을 15점으로 제시하고 있다(Adamchic et al., 2012). K-TPFQ와 이명의 크기, 이명으로 인한 짜증에 대한 VAS의 그룹별 모든 대상자의 세션별 설문지 점수와 세션별 감소 점수를 Tables 2~4에 각각 제시하였다.

지속적 청취 그룹의 경우, 16명의 대상자 중 K-TPFQ와 이명의 크기 및 짜증에 대한 VAS 항목에서 MCID 기준 이상의 개선을 보인 대상자는 설문지에 따라 7~12명이었으며, MCID 기준 미만의 변화를 보인 대상자는 3~9명이었다. MCID 기준 이상의 악화를 보인 대상자는 K-TPFQ에서 1명이었다.

단속적 청취 그룹의 경우, 15명의 대상자 중 K-TPFQ와 이명의 크기 및 짜증에 대한 VAS 항목에서 MCID 기준 이상의 개선을 보인 대상자는 설문지에 따라 8~12명이었으며, MCID 기준 미만의 변화를 보인 대상자는 2~6명이었다. MCID 기준 이상의

Table 1. Result of two-way repeated measures analysis of variance between-group (continuous listening, intermittent listening) and within-group (pre, 1 M, 2 M, and 3 M) for the K-TPFQ and VAS

	Source of variation	Type III sum of square	Degree of freedom	Mean square	F-value	p-value
K-TPFQ scores	Between-group					
	Group	2,267.434	1	2,267.434	2.111	0.157
	Error	31,146.840	29	1,074.029		
	With-group					
	Time	7,504.873	2.091	3,589.019	26.061	0.000
	Time × group	118.489	2.091	56.664	0.411	0.674
	Error	8,351.157	60.641	137.715		
VAS loudness scores	Between-group					
	Group	2,953.314	1	2,953.314	3.723	0.063
	Error	23,002.734	29	793.198		
	With-group					
	Time	3,327.496	2.007	1,658.010	7.696	0.001
	Time × group	48.464	2.007	24.148	0.112	0.895
	Error	12,539.036	58.201	215.445		
VAS annoyance scores	Between-group					
	Group	1,847.521	1	1,847.521	2.077	0.160
	Error	25,794.818	29	889.476		
	With-group					
	Time	7,828.101	2.252	3,476.524	16.683	0.000
	Time × group	9.552	2.252	4.242	0.020	0.987
	Error	13,607.786	65.299	208.391		

M: month(s), K-TPFQ: Korean version of the Tinnitus Primary Function Questionnaire, VAS: visual analog scale

악화를 보인 대상자는 모든 설문지에서 동일인으로 1명이었다.

DISCUSSIONS

본 연구는 이명으로 인한 어려움을 겪고 있는 31명을 대상으로 3개월 동안 동일한 소리 치료 수행 시간 조건인 2시간 하에서 음원을 중단 없이 연속적으로 청취한 지속적 청취 그룹과 소리 치료 간 간격을 두고 30분씩 총 4회 청취한 단속적 청취 그룹으로 나누어 소리 치료의 자극 청취 방법에 따른 이명의 완화 효과를 확인하고자 하였다. 평가 도구로는 K-TPFQ와 이명의 크기, 이명으로 인한 짜증에 대한 VAS를 사용하였으며, 측정 빈도는 소리 치료 전, 소리 치료 1개월, 2개월 및 3개월 차로 총 4회에 걸쳐 확인하였다. 그룹별 소리 치료 시점에 따른 설문지 점수의 변화를 확인하고자 그룹 및 소리 치료 기간별 K-TPFQ와 VAS의 평균 점수를 Figure 2에 제시하였다. 그 결과, 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹 모두 소리 치료 기간이 증가함에 따라 설문지 점수가 유의미하게 감소하며 이명의 완화 효과가 나타났으나, 그룹에 따른 완화 정도의 차이는 나타나지 않았다. 추가적으로

모든 대상자의 설문지 점수 변화를 개별적으로 확인한 결과에서도 그룹별 평균 점수의 비교 결과와 마찬가지로 두 그룹 간 이명의 유의미한 완화를 보인 대상자의 수와 변화가 없는 대상자의 수, 오히려 악화한 대상자의 수에서 큰 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 두 그룹 간 소리 치료를 통한 이명의 완화 효과가 매우 유사하다는 것을 의미한다.

일반적으로 신경가소성의 선행 연구들은 자극 간 간격을 둔 단속적 자극이 지속적인 자극보다 신경가소성 변화의 지속력을 더욱 향상한다는 것을 보고하였다(Bäumer et al., 2003; Karni et al., 1995; Nyffeler et al., 2006). 그러나 본 연구 결과는 2시간의 소리 치료를 중단 없이 청취한 지속적 청취 그룹과 4회로 나누어 반복적으로 청취한 단속적 청취 그룹 모두 소리 치료를 통해 이명의 완화를 확인하였으며, 두 그룹 간 완화 정도의 차이는 나타나지 않았다. 이에 관해 설명할 수 있는 이유로 다음과 같은 몇 가지 사항을 고려해볼 수 있다. 첫째, 두 그룹은 소리 치료의 수행 시간과 기간에 따른 꾸준한 자극 노출로 인해 이명의 완화 효과가 나타났을 가능성이 있다. 일반적으로 이명의 소리 치료 효과는 소리 치료의 수행 시간과 기간이 증가할

Table 2. Individual scores of the Korean version of the Tinnitus Primary Function Questionnaire (K-TPFQ) scores at pre, 1 M, 2 M, and 3 M sessions

Group	PN	K-TPFQ scores						
		Pre	1 M	2 M	3 M	Pre-1 M	Pre-2 M	Pre-3 M
C	10	68.00	39.50	30.00	13.50	28.50	38.00	54.50
	16	82.00	19.00	49.00	27.50	63.00	33.00	54.50
	2	49.50	18.00	10.55	5.00	31.50	38.95	44.50
	13	60.50	30.75	31.25	22.75	29.75	29.25	37.75
	12	53.50	41.00	40.00	21.50	12.50	13.50	32.00
	1	47.00	38.00	28.50	17.50	9.00	18.50	29.50
	3	63.50	62.00	54.00	34.50	1.50	9.50	29.00
	8	66.00	44.50	45.25	42.50	21.50	20.75	23.50
	7	91.75	73.50	80.00	70.75	18.25	11.75	21.00
	6	80.00	71.75	65.00	63.50	8.25	15.00	16.50
	9	70.50	62.00	67.75	54.00	8.50	2.75	16.50
	5	37.50	20.00	25.50	22.50	17.50	12.00	15.00
	15	63.00	56.50	61.00	57.00	6.50	2.00	6.00
	14	68.00	62.25	74.60	66.25	5.75	-6.60	1.75
	4	34.50	34.50	31.25	37.75	0.00	3.25	-3.25
11	33.00	62.00	38.00	48.50	-29.00	-5.00	-15.50	
	Mean	60.52	45.95	45.73	37.81	14.56	14.79	22.70
	SD	17.11	18.71	19.80	20.40	19.43	14.26	19.81
	SE	4.28	4.68	4.95	5.10	4.86	3.57	4.95
I	30	73.00	61.50	42.00	32.50	11.50	31.00	40.50
	22	81.50	63.75	60.00	43.00	17.75	21.50	38.50
	21	78.50	66.50	51.50	45.25	12.00	27.00	33.25
	18	32.50	16.50	8.75	0.35	16.00	23.75	32.15
	17	66.00	55.25	37.50	35.50	10.75	28.50	30.50
	23	57.00	31.00	36.50	27.50	26.00	20.50	29.50
	29	79.20	69.50	67.50	51.50	9.70	11.70	27.70
	26	53.00	43.75	39.00	27.50	9.25	14.00	25.50
	27	76.00	84.50	72.00	51.50	-8.50	4.00	24.50
	19	79.50	71.50	67.50	61.00	8.00	12.00	18.50
	24	69.00	66.75	51.50	52.00	2.25	17.50	17.00
	25	86.50	74.00	77.50	71.50	12.50	9.00	15.00
	20	49.50	52.00	60.00	46.50	-2.50	-10.50	3.00
	28	64.00	66.00	69.75	72.50	-2.00	-5.75	-8.50
	31	55.50	41.25	70.00	70.00*	14.25	-14.50	-14.50
	Mean	66.71	57.58	54.07	45.87	9.13	12.65	20.84
	SD	14.84	17.94	18.56	19.49	8.78	14.10	16.29
	SE	3.83	4.63	4.79	5.03	2.27	3.64	4.21

M: month(s), PN: participant number, C: continuous listening, SD: standard deviation, SE: standard error, I: intermittent listening. *Last observation carried forward

Table 3. Individual scores of the visual analog scale (VAS) for loudness at pre, 1 M, 2 M, and 3 M sessions

Group	PN	VAS loudness scores							
		Pre	1 M	2 M	3 M	Pre-1 M	Pre-2 M	Pre-3 M	
C	2	80	15	30	20	65	50	60	
	4	85	50	40	40	35	45	45	
	10	70	50	60	40	20	10	30	
	1	60	50	40	40	10	20	20	
	16	80	50	80	60	30	0	20	
	3	60	70	50	45	-10	10	15	
	5	45	40	30	30	5	15	15	
	9	80	70	70	70	10	10	10	
	11	80	80	90	70	0	-10	10	
	12	50	50	50	40	0	0	10	
	15	80	70	70	70	10	10	10	
	6	70	70	70	70	0	0	0	
	7	70	90	90	70	-20	-20	0	
	8	60	45	50	60	15	10	0	
	13	50	60	50	50	-10	0	0	
	14	30	60	40	40	-30	-10	-10	
		Mean	65.63	57.50	56.88	50.94	8.13	8.75	14.69
	SD	15.80	17.80	19.57	16.35	22.72	18.30	17.93	
	SE	3.95	4.45	4.89	4.09	5.68	4.58	4.48	
I	17	90	65	50	40	25	40	50	
	18	60	50	20	15	10	40	45	
	22	80	50	50	50	30	30	30	
	23	80	50	50	50	30	30	30	
	29	80	80	60	55	0	20	25	
	19	80	50	60	60	30	20	20	
	21	80	60	70	60	20	10	20	
	26	80	70	60	60	10	20	20	
	24	70	70	60	60	0	10	10	
	30	80	100	70	70	-20	10	10	
	25	70	60	70	70	10	0	0	
	27	90	90	90	90	0	0	0	
	28	50	60	80	50	-10	-30	0	
	20	80	80	80	90	0	0	-10	
	31	60	95	100	100*	-35	-40	-40	
		Mean	75.33	68.67	64.67	61.33	6.67	10.67	14.00
		SD	11.26	16.95	19.22	21.25	19.06	22.82	22.54
	SE	2.91	4.38	4.96	5.49	4.92	5.89	5.82	

M: month(s), PN: participant number, C: continuous listening, SD: standard deviation, SE: standard error, I: intermittent listening. *Last observation carried forward

Table 4. Individual scores of the visual analog scale (VAS) for annoyance at pre, 1 M, 2 M, and 3 M sessions

Group	PN	VAS annoyance scores							
		Pre	1 M	2 M	3 M	Pre-1 M	Pre-2 M	Pre-3 M	
C	2	80	10	30	20	70	50	60	
	10	65	40	40	20	25	25	45	
	1	70	60	40	30	10	30	40	
	13	60	40	30	30	20	30	30	
	5	45	50	30	20	-5	15	25	
	3	50	60	45	30	-10	5	20	
	9	80	70	70	60	10	10	20	
	12	60	50	50	40	10	10	20	
	16	80	50	70	60	30	10	20	
	4	50	30	35	40	20	15	10	
	6	80	70	70	70	10	10	10	
	7	80	80	80	70	0	0	10	
	8	60	45	50	50	15	10	10	
	14	70	60	60	60	10	10	10	
	15	80	70	70	70	10	10	10	
	11	80	90	90	80	-10	-10	0	
		Mean	68.13	54.69	53.75	46.88	13.44	14.38	21.25
	SD	12.63	19.79	19.37	20.57	18.95	13.89	15.76	
	SE	3.16	4.95	4.84	5.14	4.74	3.47	3.94	
I	22	100	50	50	40	50	50	60	
	18	60	30	20	15	30	40	45	
	17	80	70	50	40	10	30	40	
	19	100	60	60	60	40	40	40	
	23	80	50	50	40	30	30	40	
	24	70	70	40	40	0	30	30	
	27	90	90	80	60	0	10	30	
	29	90	70	60	60	20	30	30	
	21	80	60	55	55	20	25	25	
	20	70	90	80	60	-20	-10	10	
	30	80	100	70	70	-20	10	10	
	25	60	40	90	60	20	-30	0	
	26	50	50	60	50	0	-10	0	
	28	60	50	60	60	10	0	0	
	31	80	50	100	100*	30	-20	-20	
		Mean	76.67	62.00	61.67	54.00	14.67	15.00	22.67
		SD	14.96	19.71	20.15	18.73	20.31	24.28	21.78
	SE	3.86	5.09	5.20	4.84	5.24	6.27	5.62	

M: month(s), PN, Participant number, C: continuous listening, SD: standard deviation, SE: standard error, I: intermittent listening. *Last observation carried forward

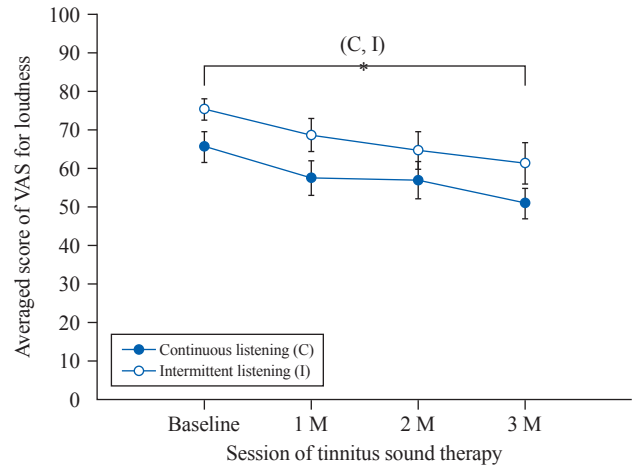
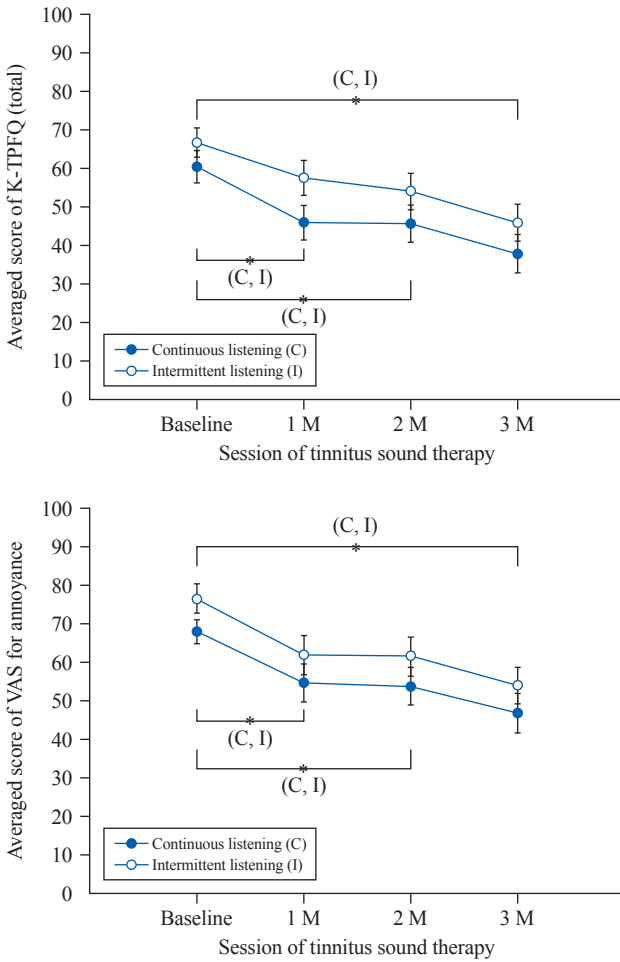


Figure 2. Averaged scores of the K-TPFQ and VAS for the two groups at baseline, 1 M, 2 M, and 3 M sessions. K-TPFQ: Korean version of the Tinnitus Primary Function Questionnaire, M: month(s), VAS: visual analog scale. *Statistical significance ($p < 0.05$).

에 따라 이명의 완화 효과 역시 높아지는 것을 보고하였다. Jin et al.(2022)은 소리 치료의 일일 청취 시간을 1시간, 3시간 및 5시간으로 나누어 3개월 동안 소리 치료를 진행하였으며, 3시간 그룹부터 통계적으로 유의미한 개선이 나타나 일일 청취 시간이 증가함에 따라 이명의 완화 효과 역시 높아지는 것을 보고하였다. 이때 일일 청취 시간을 기준으로 1시간, 3시간 및 5시간 그룹의 실제 음원 청취 시간은 각각 평균 42분 33초, 2시간 25분 04초 및 3시간 27분 46초로 보고하였다. 또한 Li et al.(2019)은 3개월 동안 소리 치료를 진행하여 2개월 차부터 이명의 유의미한 완화가 나타날 수 있음을 시사하였다. 본 연구의 자극 시간 및 기간은 하루에 2시간씩 총 3개월로 지속적 청취 그룹과 단속적 청취 그룹 모두 소리 치료를 꾸준히 진행하였으므로 자극 방법의 차이와 관계없이 이명의 완화 효과에 큰 영향을 받았을 가능성이 있다. 둘째, 본 연구의 단속적 자극 방법이 신경가소성의 선행 연구 결과와 유사한 변화를 유도하기에는 자극 간의 시간 차이로 인한 한계가 있을 수 있다. 일반적인 신경가소성의 선행 연구는 짧은 간격으로 빠르게 반복되는 자극을 사용하였으며, 자극 시간과 휴식 시간을 합하여 약 20분에서 60분 동안 연구를

진행하였다(Karni et al., 1995; Nyffeler et al., 2006). 그러나 본 연구의 단속적 청취 그룹의 경우 간격 없이 지속적으로 재생되는 광대역소음을 하루에 30분씩 총 4회 청취하며, 3개월 동안 연구를 진행하였다. 또한 본 연구의 소리 치료 자극 간 휴지기는 최소 2시간으로, 0.1초에서 40초 사이의 휴지기를 설정한 타 분야의 신경가소성 선행 연구와는 차이가 존재한다(Karni et al., 1995; Nyffeler et al., 2006). 이러한 차이로 인해 본 연구의 단속적 자극 방법은 선행 연구와 유사한 신경가소성의 변화를 유도하기에는 큰 영향을 미치지 못하였을 가능성이 있다. 따라서 추후에는 자극음 내에 짧은 간격의 휴지기를 설정하거나 자극 간 휴식 시간을 초간 간격부터 시간 내의 간격까지 다양한 간격으로 나누는 후 이명의 완화 정도를 비교하여 최적의 신경가소성 변화를 유도할 수 있는 자극 조건을 찾는 연구가 필요할 수 있다.

본 연구의 결과는 3개월 동안 하루에 총 2시간씩 꾸준히 소리 치료를 진행할 경우, 자극 청취 방법과 관계없이 대상자의 대부분에서 이명의 완화 효과가 나타남을 보여주었다. 이러한 연구 결과는 추후 청각 전문가들이 이명으로 인해 고통을 앓고 있는 대상자들에게 이명 소리 치료 방법을 고려할 때 적어도 하루에

2시간 이상, 3개월 이상의 꾸준한 소리 치료를 진행할 경우 이명의 완화 효과에 도움을 얻을 수 있다는 상담 자료로 활용 가능할 것이다. 또한 소리 치료의 자극 청취 방법에 대한 여부는 대상자의 상황 및 선호에 따른 수행을 권고할 수 있을 것이다.

중심 단어: 이명, 소리 치료, 자극 청취 방법.

Ethical Statement

The study was approved by the Institutional Review Board of Hallym University (HIRB-2022-034).

Acknowledgments

N/A

Declaration of Conflicting Interests

There are no conflicts of interest.

Funding

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (NO. 2023R1A2C1002929).

Author Contributions

Conceptualization: In-Ki Jin. Data curation: all authors. Formal analysis: TaeRim Lee. Funding acquisition: In-Ki Jin. Investigation: all authors. Methodology: all authors. Project administration: In-Ki Jin. Resources: TaeRim Lee. Software: TaeRim Lee. Supervision: In-Ki Jin. Validation: TaeRim Lee. Visualization: TaeRim Lee. Writing—original draft: all authors. Writing—review & editing: all authors. Approval of final manuscript: all authors.

ORCID iDs

TaeRim Lee <https://orcid.org/0000-0002-4115-7712>

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

REFERENCES

- Adamchic, I., Langguth, B., Hauptmann, C., & Tass, P. A. (2012). Psychometric evaluation of visual analog scale for the assessment of chronic tinnitus. *American Journal of Audiology, 21*(2), 215-225.
- Bäumer, T., Lange, R., Liepert, J., Weiller, C., Siebner, H. R., Rothwell, J. C., et al. (2003). Repeated premotor rTMS leads to cumulative plastic changes of motor cortex excitability in humans. *NeuroImage, 20*(1), 550-560.
- Cuesta, M., Garzón, C., & Cobo, P. (2022). Efficacy of sound therapy for tinnitus using an enriched acoustic environment with hearing-loss matched broadband noise. *Brain Sciences, 12*(1), 82.
- Fisher, L. D., Dixon, D. O., Herson, J., Frankowski, R. F., Hearron, M. S., & Peace, K. E. (2017). Intention to treat in clinical trials. In: Peace, K. E. *Statistical Issues in Drug Research and Development* (pp.331-350). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ibarra-Zarate, D. I., Naal-Ruiz, N. E., & Alonso-Valerdi, L. M. (2022). Binaural sound therapy for tinnitus treatment: A psychometric and neurophysiological evaluation. *American Journal of Otolaryngology, 43*(1), 103248.
- Jarach, C. M., Lugo, A., Scala, M., van den Brandt, P. A., Cederroth, C. R., Odone, A., et al. (2022). Global prevalence and incidence of tinnitus: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Neurology, 79*(9), 888-900.
- Jastreboff, P. J. (1990). Phantom auditory perception (tinnitus): Mechanisms of generation and perception. *Neuroscience Research, 8*(4), 221-254.
- Jin, I. K., Choi, S. J., Ku, M., Sim, Y., & Lee, T. (2022). The impact of daily hours of sound therapy on tinnitus relief for people with chronic tinnitus: A randomized controlled study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 65*(8), 3079-3099.
- Karni, A., Meyer, G., Jezard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G. (1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature, 377*(6545), 155-158.
- Kim, J. A. (2020). Review of intention-to-treat analysis in randomized controlled trials. *Therapeutic Science for Rehabilitation, 9*(2), 27-38.
- Kutyba, J., Gos, E., Jędrzejczak, W. W., Raj-Koziak, D., Karpiesz, L., Niedzialek, I., et al. (2022). Effectiveness of tinnitus therapy using a mobile application. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 279*(3), 1257-1267.
- Langguth, B., Kreuzer, P. M., Kleinjung, T., & De Ridder, D. (2013). Tinnitus: Causes and clinical management. *The Lancet Neurology, 12*(9), 920-930.
- Li, Y., Feng, G., Wu, H., & Gao, Z. (2019). Clinical trial on tinnitus patients with normal to mild hearing loss: Broad band noise and mixed pure tones sound therapy. *Acta Oto-Laryngologica, 139*(3), 284-293.
- Malenka, R. C. & Bear, M. F. (2004). LTP and LTD: An embarrassment of riches. *Neuron, 44*(1), 5-21.
- Meikle, M. B., Henry, J. A., Griest, S. E., Stewart, B. J., Abrams, H. B., McArdle, R., et al. (2012). The Tinnitus Functional Index: Development of a new clinical measure for chronic, intrusive tinnitus. *Ear and Hearing, 33*(2), 153-176.
- Newman, C. W., Jacobson, G. P., & Spitzer, J. B. (1996). Development of the tinnitus handicap inventory. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 122*(2), 143-148.
- Newman, C. W., Sandridge, S. A., & Jacobson, G. P. (1998). Psychometric adequacy of the Tinnitus Handicap Inventory (THI) for evaluating treatment outcome. *Journal of the American Academy of Audiology, 9*(2), 153-160.
- Nyffeler, T., Wurtz, P., Lüscher, H. R., Hess, C. W., Senn, W., Pflugshaupt, T., et al. (2006). Extending lifetime of plastic changes in the human brain. *The European Journal of Neuroscience, 24*(10), 2961-2966.
- 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.

Shrier, I., Verhagen, E., & Stovitz, S. D. (2017). The intention-to-treat analysis is not always the conservative approach. *The American Journal of Medicine*, *130*(7), 867-871.

Torrance, G. W., Feeny, D., & Furlong, W. (2001). Visual analog scales: Do they have a role in the measurement of preferences for health states? *Medical Decision Making*, *21*(4), 329-334.

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.

Tyler, R. S., Perreau, A., Powers, T., Watts, A., Owen, R., Ji, H., et al. (2020). Tinnitus sound therapy trial shows effectiveness for those with tinnitus. *Journal of the American Academy of Audiology*, *31*(1), 6-16.