한방안이비인후피부과학회지 제36권 제2호(2023년 5월)
J Korean Med Ophthalmol Otolaryngol Dermatol 2023;36(2):45-59
pISSN 1738-6640 eISSN 2234-4020
http://www.ood.or.kr
http://dx.doi.org/10.6114/jkood.2023.36.2.045

Review Article / 종설

# 이명의 소리치료에 대한 문헌 고찰

이은경[1,2] · 고혜연[1] · 김민희[3]
강동경희대학교병원 한방안이비인후피부과([1]수련의, [3]조교수)
경희대학교 일반대학원 임상한의학과([2]대학원생)

# A Literature Review on Sound Therapy for Tinnitus

*Eun Kyung Lee[1,2] · Hye Yeon Ko[1] · Min Hee Kim[1]*

[1]Dep. of Ophthalmology, Otolaryngology and Dermatology of Korean Medicine, Kyung Hee University Hospital at Gangdong
[2]Department of Clinical Korean Medicine, Graduate school, Kyung Hee University

## Abstract

**Objectives** : The purpose of this study is to analyze the various methods of sound therapy(ST) applied to tinnitus patients and their effectiveness, and to suggest an effective method that can be applied in clinical settings.

**Methods** : Studies published from January 2018 to March 2023 were searched on 5 databases(Pubmed, RISS, OASIS, KISS, KCI). All RCTs that applied sound therapy as a main treatment method were included.

**Results** : 14 studies were included. In 13 studies, sound therapy was statistically significant in improving tinnitus. Basic sound therapy was used in 6 studies(42%), followed by tinnitus rehabilitation therapy(TRT)(n=5, 35%). White noise(n=11, 75%) and nature sound(n=4, 28%) were the most frequently used sound sources. In the case of intensity, mixing point were the most common with 6 studies(42%). The mobile application(n=4) was the most frequently used implement. The application time of sound therapy per day was more than 3 hours(n=7), and the total treatment period was more than 3 months(n=9).

**Conclusions** : Our findings indicate that sound therapy could be considered as an intervention for tinnitus patients. For better use, we suggest a basic type of sound therapy or TRT using white noise or nature sound at the mixing point level provided as a mobile phone application. In addition, the treatment period is recommended to be more than 3 hours/day for 3 months.

**Key words** : Tinnitus; Sound therapy; Tinnitus rehabilitation therapy; Acoustic coordinated rest neuromodulation; Notched sound therapy

*© 2023 the Society of Korean Medicine Ophthalmology & Otolaryngology & Dermatology*
This is an Open Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/license/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Ⅰ. 서 론

이명은 외부의 자극이 없는 상태에서 소리를 인지하는 현상으로, 지속적으로 발생할 경우 사고처리, 감정, 청각, 수면 및 집중력에 기능적 손상을 유발할 수 있으며, 결과적으로 삶의 질에 부정적인 영향을 미치는 질환이다[1]. 국가별 이명 유병률은 4.6-30%에 달하며, 한국의 전반적인 이명 유병률은 19.7%이고, 나이가 들수록 유병률이 증가한다고 밝혀졌다[2]. 이러한 이명을 치료하기 위해 인지행동치료(Cognitive behavior therapy, CBT), 상담(counseling), 약물치료, 경두개자기자극법(Transcranial magnetic stimulation, TMS) 등 다양한 치료 방법들이 활용되고 있으나 아직까지 어떤 치료법도 이명을 명백하게 제거하지는 못한다[3]. 이로 인해 의료인들이 임상에서 개개의 이명 환자를 마주하였을 때 최선의 치료법을 결정 내리기 어려운 실정이다.

이명의 병태생리에 대하여 과거에는 이명이 주로 말초 청각기관의 문제로 인식되었으나, 최근에는 중추신경계와의 관련성을 중심으로 해석하고 있다. Jastreboff의 신경생리학적 모델에서는 조건반사의 생성 원리를 토대로 이명의 발생과 인지에 관여하는 청각 신경경로뿐 아니라 자율신경계나 변연계 등이 이차적인 청각기관으로 작용하여 이명의 유지 및 임상적 경과에 관여하고 있다고 설명한다[4]. 소리는 인식되기 전 대뇌피질 하 중추신경계에서 청각여과기를 통해 중요한 소리만 대뇌피질로 전달되도록 무의식적인 선별 과정을 거치게 되는데, 이러한 여과 과정은 변연계와 연결되어 있어 스트레스, 공포, 분노와 같은 정서의 영향을 받게 된다. 이때 청각경로의 자극이 변연계 반응에 연결되어 부정적인 강화가 발생하면, 변연계의 반응은 다시 청각적 자극을 강화하는 되먹임 현상을 유발한다[5]. 즉, 이명에 대한 부정적인 감정은 조건반사 경로를 통해 부정적 강화를 형성하고, 이러한 부정적 강화의 지속으로 끊임없이 이명을 인식하게 되는 악순환이 일어나게 되는 것이다. 이러한 감정계, 신체 반응계와 청각계로 이어지는 악순환의 고리를 끊어 내기 위해서는 이명의 습관화를 통해 환자가 이명을 더 이상 의식하지 않도록 만들어주는 것이 중요하다. 마치 냉장고의 소음이나 시계소리가 존재하긴 하지만 대상자가 일상생활을 영위하는 데 크게 방해되지 않는 것처럼, 이명 소리의 지각 자체의 변화와는 관계없이 환자로 하여금 이명 소리가 더 이상 괴롭게 느껴지지 않도록 심리적 적응 상태를 만들어 주는 것이다[6].

소리치료(Sound therapy)는 외부의 소리를 통하여 환자로 하여금 이명에 대한 주의를 감소시키고, 안도감을 제공하며, 이명에 대한 습관화를 위하여 고안된 치료법이다[7]. 임상진료 지침에 따르면 소리치료에 대한 권장사항은 국가별로 차이가 존재하며 아직까지 근거가 부족하여 일반적으로 권장되지는 않으나, 지속적이며 환자를 성가시게 하는 이명에 대해서 선택사항으로 고려된다[8]. 소리치료의 효과가 아직 완전하게 입증되지 않았음에도 불구하고 많은 연구들에서 다양한 방식의 소리치료를 환자들에게 적용하고 있었으며, 이를 통해 이명의 호전이 있었음을 보고하고 있었다.

이에 본 연구에서는 이명에 소리치료를 적용한 최근 5년간의 국내외 무작위 비교 임상시험을 분석하여 소리치료의 다양한 방법과 그에 따른 유효성을 분석하고, 임상에서 이명 치료에 적용할 수 있는 효과적인 소리치료 방법을 제시해보고자 한다.

## Ⅱ. 연구 대상 및 방법

### 1. 문헌 검색 방법

이명의 소리치료에 대한 최근 5년간의 연구 동향을 파악하기 위해 2023년 3월 21일 국내외 전자데이터베이스에서 관련 논문을 검색하였다. 국외 전자데이터베

Corresponding author : Min Hee Kim, Dep. of Korean Medicine Ophthalmology & Otolaryngology & Dermatology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong, 892, Dongnam-ro, Gangdong-gu, Seoul, Korea.
(Tel : 02-440-6235, E-mail : chimie@hanmail.net)
• Received 2023/4/12 • Revised 2023/4/20 • Accepted 2023/4/27

이스로 Pubmed를 사용하였으며, 국내 전자데이터베이스로 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service, RISS), 전통의학정보포털(Oriental medicine Advanced Searching Integrated System, OASIS), 한국학술지인용색인(Korean Citation Index, KCI), 한국학술정보(Korean Studies Information Service System, KISS)를 사용하였다. 검색어는 'Tinnitus', 'Sound therapy', 'Tinnitus rehabilitation therapy', 'Neuromonics', 'Acoustic coordinated rest neuromodulation', '이명', '소리재활' '소리치료'의 단어를 선정하여 조합하였다.

## 2. 선정 및 제외 기준

### 1) 논문 선정 기준

⑴ 이명 환자를 대상으로 하는 무작위 비교 임상시험(RCT)

⑵ 이명에 대한 주요 치료 방법으로 소리치료를 사용한 논문

⑶ 2018년 1월부터 2023년 3월까지 출간된 논문

⑷ 한글 또는 영어로 작성된 논문

### 2) 논문 제외 기준

⑴ 연구 내용이 소리치료와 직접적인 관련이 없는 경우

⑵ 무작위 비교 임상시험(RCT) 이외의 연구설계를 사용한 논문

## 3. 논문 선별 과정

5개의 데이터베이스 검색 결과 Pubmed 145건, RISS 13건, KISS 11건, KCI 12건, OASIS 0건으로 총 181건의 논문을 수집하였으며, 이 중 중복되는 20건을 제외하였다. 이후 161편의 연구의 제목과 초록을 확인하여 이명의 소리치료와 관련 없는 논문 48편을 제외하고 선정 배제 기준에 따라 최종적으로 14편을 분석 대상 연구로 선택하였다(Fig. 1).

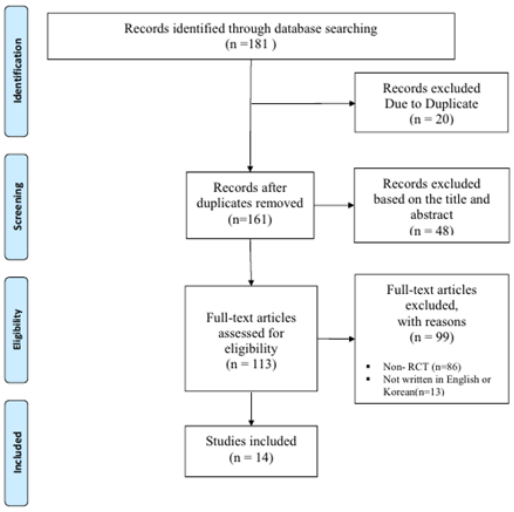


Fig. 1. Flowchart of Searching and Selecting Studies

## 4. 연구 방법

본 연구에 포함된 총 14편의 논문들을 분석하여 현재 시행되고 있는 다양한 소리치료 기법 및 각각의 적용 방법을 포함한 연구의 전반적인 동향을 파악하고, 소리치료의 효과적인 적용을 위한 방법을 제안하고자 하였다.

# Ⅲ. 결 과

## 1. 연구 대상에 대한 분석

본 연구에 수집된 14편의 논문은 모두 무작위 비교 임상시험(RCT)으로, 연구 대상자 수는 최소 19명부터 최대 151명까지 연구별로 다양하였으며, 이들을 두 개 또는 세 개의 군으로 나누어 연구를 진행하였다.

또한, 본 연구에 수집된 14편의 논문 중 11편의 연구가 만성 이명(Chronic tinnitus) 환자를 대상으로 진행되었다. 그러나 논문에 따라 만성 이명에 대한 정의에 차이가 있었는데, 이환 기간이 1년 이상인 경우를 만성으로 정의한 연구가 5편[9-13]으로 가장 많았고, 6개월 이상으로 정의한 연구가 4편[14-7], 3개월 이상으로 정의한

연구가 1편[3], 만성 이명이라고 표기는 하였으나 이환 기간을 따로 정의하지 않은 연구가 1편[18] 존재하였다.

## 2. 소리치료의 방법

각 연구에서 활용된 소리치료 기법 및 기법별 적용 방법은 Table 1에 자세하게 정리되어 있다.

### 1) 소리치료 기법

14편의 연구에서 다양한 소리치료 기법들 간에 비교가 이루어졌다. 자연음(nature sound)이나 광대역소음(Broad band noise, BBN) 등을 활용하여 소리치료만 진행하는 기본적인 형태의 소리치료가 가장 많이 활용되었고(6편)[9,15,17-9,21], 소리치료에 상담을 결합한 이명재활치료(Tinnitus rehabilitation therapy, TRT)를 활용한 연구가 5편[10,12-4,16]으로 그 뒤를 이었다. 그 밖에 노치형 소리를 활용한 연구가 2편[11,14], Acoustic coordination rest neuromodulation(ACRN)[3], binaural beats[20] 등이 각각 1편씩 존재하였다.

### 2) 소리치료 음원의 종류 및 음원의 강도

연구에서 가장 많이 활용된 음원(11편)은 백색소음(white noise)[9-11,13,15,17-9,21]이며, 바람소리, 빗소리, 파도소리, 물 흐르는 소리와 같은 자연음이 4편[14,18,20]에서 활용되었다. 그 밖에 순음(pure tone)[16,17], pink noise[15], speech noise[15], high tone[15], 비발디의 '사계'와 같은 음악[18] 등이 소리치료에 음원으로 사용되었다.

소리치료 음원 강도의 경우, 혼합점(mixing point) 수준으로 적용한 연구가 6편[9-11,14,18,19], 환자가 편안한 정도의 크기(comfortable loudness)로 설정한 연구가 3편[3,14,21] 존재하였고, 완전차폐(total masking)[17], 부분차폐(partial masking)[12]로 설정한 연구가 각각 1편씩 존재하였다.

### 3) 소리치료 도구 및 치료 기간

14편의 연구 중 4편에서 모바일 어플리케이션(mobile application)[9,11,18,21]을 활용하고 있었으며, 3편의 연구에서 소리발생기(sound generator)[10,13,15]를 활용하여 소리치료를 진행하였다. 그 밖에 MP3[20]를 사용하거나, 환자의 핸드폰에 음원을 저장하여 활용[12,17,19]하는 등의 방식을 통해 소리치료를 진행하였다.

1일 소리치료 적용 시간은 하루 3시간이 3편[9,11,18], 최소 3시간 이상 적용하도록 한 연구가 2편[12,19]이었다. 그 외에 하루에 30분씩 총 3회간 시행하도록 한 연구가 2편[16,17], 8시간 이상[13], 5시간[9], 4-6시간[3], 2시간[14], 30분[21], 10분씩[20] 적용한 연구가 각각 1편씩 존재하였다. 총 치료 기간의 경우 3개월이 9편[3,9,12,14-9]으로 가장 많았고, 2편의 연구에서 18개월[10,13], 1편의 연구에서 12개월[11]동안 소리치료를 진행하였다.

## 3. 평가지표에 대한 분석 및 치료의 유효성

각 연구에서 활용된 평가지표 및 치료 결과는 Table 2에 자세하게 정리되어 있다.

### 1) 치료 평가지표

이명에 대한 소리치료의 유효성을 평가하기 위한 지표로는 주관적 지표와 객관적 지표가 활용되었다. 주관적인 평가지표로는 이명 관련 설문지에 해당하는 Tinnitus handicap inventory(THI)가 5편[12,14-7], Korean-tinnitus primary function questionnaire(K-TPFQ)가 4편[9,11,18,19], Tinnitus Questionnaire score(TQ score)가 2편[10,13]에서 활용되었고, 수면 관련 설문지인 Pittsburgh sleep quality index(PSQI)가 1편[16]에서 활용되었다. 또한 이명의 불편함 정도를 주관적으로 평가하기 위한 지표로 Visual analogue scale(VAS)이 6편[9,14-7,19], Tinnitus rating scales(TRS)가 2편[20,21]에서 활용되었다. 객관적인 평가지표로는 Tinnitus loudness matching test가 2편[9,11]에서, Hearing in noise test(HINT)[15]가 1편에서 활용되었으며, 혈압(blood pressure, BP) 및 cortisol, cortisone concentration 등이 각각 1편[21]에서 활용되었다.

Table 1. Characteristics of Clinical Studies of Sound Therapy on Tinnitus

| First author (year) | Treatment intervention(n) | Control intervention 1(n) | Control intervention 2(n) | Control intervention 3(n) | Volume of the sound source | Implement | Duration of treatment |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tong[14] (2022) | TMNMT(60)<br>- Notch-filtered music was made automatically by the software based on the characteristics of patient's tinnitus. | TRT(60)<br>- Sound therapy + counselling (40-60 min/session)<br>- Broad band nature sound : wind, rain, waves | - | - | - TMNMT : Comfortable loudness(75-80dB)<br>- TRT : Mixing point | Mobile platform of music therapist software | 2 hrs/day daily for 3 months |
| Jin[9] (2022) | Sound therapy 1 hr/day(20) | Sound therapy 3 hrs/day(20) | Sound therapy 5 hrs/day(20) | - | Mixing point | APP | 1,3,5 hrs/day daily for 3 months |
| | BBN(white noise, 100-22,050㎐) | | | | | | |
| Hall[3] (2022) | ACRN(50)<br>- ± Two tones of the matched tinnitus pitch. Tones were presented randomly at a cycle repitition rate of 1.5㎐. | Placebo(50)<br>- Four tone stimulation included frequencies in 500-4000㎐ only at a cycle repetition rate of 0.3㎐, but the tinnitus frequency region was excluded. | - | - | Soft but audible listening level | T30 neuro -stimulator | 4-6 hrs/day daily for 12 weeks |
| Formby[10] (2022) | TRT(51)<br>- Sound therapy + counselling<br>- BBN(continuous, low-level) | pTRT(51)<br>- Placebo sound therapy + counselling<br>- BBN below mixing point for the first 40 min of operation, after which the placebo out put began a gradual decay process to silence over the next 30 min of use. | SoC(49)<br>- Counselling | - | Mixing point | Ear-worn SG | 18 months |
| Mondelli[15] (2021) | White noise(9) | Pink noise(9) | Speech noise(9) | High tone(9) | Lowest intensity capable of promoting some tinnitus relief | Hearing aids with SG | 3 months |
| Li[16] (2021) | Observational group(46)<br>- Pure tone ST with 7 octaves | Control group(46)<br>- Pure tone ST with | - | - | Therapeutic sounds were heard while | NR | 30 min/session 3 sessions/day |

| First author (year) | Treatment intervention(n) | Control intervention 1(n) | Control intervention 2(n) | Control intervention 3(n) | Volume of the sound source | Implement | Duration of treatment |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8) | 9 one-third octaves | | | tinnitus was just absent. | | 3 months |
| | + Gaussian noise (noise at a frequency of tinnitus frequency ± 2Kz) + psychological intervention | | | | | | |
| Jin[11] (2021) | Non-notched noise(14) - BBN(white noise, 100-22,050㎐) | Notched noise(16) - Notched BBN, applied a band-reject filter with an ½-octave bandwidth centered at the tinnitus frequency. | | | Mixing point | APP | 3 hrs/day daily for 12 months |
| Jeong[19] (2020) | Air-conduction transducer(10) | Bone-conduction transducer(10) | - | - | Mixing point | Sound file stored on patient's phone | ≥ 3 hrs/day daily for 3 months |
| | BBN(44,100㎐ ampling rate, 32bit) | | | | | | |
| Yoo (2020)[18] | BBN(20) | Nature sound(20) - Running water | Music sound(18) - Vivaldi's 'The four seasons, spring' | - | Mixing point | APP | 3 hrs/day daily for 3 months |
| Jeong[12] (2019) | TRT using Nature sounds(12) - Sound therapy + counselling(4 sessions) - Nature sound : Waves, water of stream | TRT using BBN(7) - Sound therapy + counselling(4 sessions) | | | Partial masking | Sound file stored on patient's phone | ≥ 3 hrs/day daily for 3 months |
| Scherer[13] (2019) | TRT(51) - TC(counseling) + ST(low-level BBN therapy using SG) | Partial TRT(51) - TC + placebo ST - Operation of SG during the first 40 min was identical, after which the placebo output was attenuated at a rate of 1dB per min | SoC(49) - Standard of care | | Just below the point at which the tinnitus and SG noise blended | SG | ≥ 8 hrs/day daily for 18 months |
| Munro[20] | Binaural beats(10) | Ocean waves without alpha | | | 20dB SL above their | MP3 player | 10 min/session |

| First author (year) | Treatment intervention(n) | Control intervention 1(n) | Control intervention 2(n) | Control intervention 3(n) | Volume of the sound source | Implement | Duration of treatment |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (2019) | - Lt.400㎐, Rt.408㎐ with a binaural beat frequency of 8㎐(alpha frequency) + overlay of ocean waves | frequency(8㎐)(10)<br>- Same ocean waves but without the binaural beat source frequencies. | | | threshold | | 1 session |
| Li[17]<br>(2019) | BBN(14)<br>- Gaussian noise<br>(noise at a frequency of tinnitus frequency ± 2Kz) | The mixed pure tones + BBN(14)<br>- BBN + mixed pure tones of nine different frequencies | | | Total masking | Sound file stored on patient's phone | 30 min/session<br>3 sessions/day<br>3 months |
| Aydin[21]<br>(2019) | BBN(10) | Nature sound(11)<br>- Self-selected nature sound (ocean waves, stream, rain or shower sounds) | | | Comfortable loudness | APP | 30 min/session<br>1 session |

TMNMT: Tailor-Made Notched Music Training, TRT: Tinnitus Retraining Therapy, ACRN: Acoustic Coordinated Reset(CR®) Neuromodulation, ST: Sound Therapy, NR: Not Reported, BBN: Broad Band Noise, SG: Sound Generator, APP: Application

Table 2. Summary of Evaluation Criteria and Outcome

| First author (year) | Evaluation Criteria | Outcome |
|---|---|---|
| Tong[14] (2022) | 1) THI<br>2) VAS | 1) Within-Group Therapeutic Effects : significant differences in THI, VAS in each($p < 0.001$)<br>- TMNMT group : THI(41.50 vs. 21.72, $p<0.001$), VAS(4.29 vs. 3.17, $p<0.001$)<br>- TRT group : THI(40.56 vs. 27.89, $p<0.001$, VAS(4.59 vs. 4.00, $p<0.001$)<br>2) Between-Group Therapeutic Effects : significant time by group interaction($p=0.021$) was detected in the differences of the mean THI scores between two group, indicating that the TMNMT group showed more improvement during the 3-mo tinnitus treatment.<br>- THI score : TMNMT group was 6.90(95% CI, 0.27 to 13.53, $p=0.041$) points less than the score of the TRT group at T1, 6.17(95% CI, -0.71 to 13.04) points at T2 which was significantly different.<br>- VAS : Mean VAS scores in the TMNMT group were significantly lower(Cohen d -0.44, 95% CI, -0.81 to -0.06) at T2, compared with the TRT group. |
| Jin[9] (2022) | 1) Tinnitus loudness matching test(dB SL)<br>2) VAS<br>3) K-TPFQ | Longer daily sound therapy hours were associated to greater effect of sound therapy in the tinnitus loudness level and the total K-TPFQ scores, including the emotion and hearing subcategories. Particularly, the 3-hr and 5-hr groups showed a greater tinnitus relief than the 1-hr group.<br>1) Tinnitus loudness level evaluation : Significant tinnitus interaction between the groups($p<0.05$)<br>- 3-hr group(7.84 vs. 4.94 dB SL, $p<0.05$) / 5-hr group(9.52 vs. 5.57 dB SL, $p<0.05$)<br>2) VAS for loudness : Interaction between groups were not significant($F=2.448$, $p=0.096$).<br>- 1-hr group(70.50 vs. 67.50)/ 3-hr group(69.21 vs. 57.73)/ 5-hr group(63.94 vs. 47.63)<br>3) K-TPFQ : Total K-TPFQ 3-hr, 5-hr group showed significant improvement($p<0.05$). |
| Hall[3] (2022) | 1) THQ | There was no difference in the change on global THQ score between the treatment and placebo groups(adjusted $p=0.85$, unadjusted $p=0.90$). ACRN did not lead to group-mean reductions on tinnitus symptom severity compared to placebo, or over time. |
| Formby[10] (2022) | 1) TQ score | The differences were significant for TRT vs. SOC ($p=0.020$), borderline significant for TRT vs. pTRT ($p=0.057$), but nonsignificant for pTRT vs. SOC ($p=0.285$). |
| Mondelli[15](2021) | 1) THI<br>2) VAS<br>3) HINT | Four noises were equally effective in relieving tinnitus, with no statistically significant differences between the groups.<br>1) THI : difference between pre and post score, group1(-33.33±8.94, $p=0.000$), group2(-43.50±19.26, $p=0.000$), group3(-33.33±20.66, $p=0.001$), group4(-29.55±16.21 $p=0.001$)<br>2) VAS : difference between pre and post score, group1(-3.22, $p=0.000$), group2(-3.37, $p=0.002$), group3(-3.55, $p=0.000$), group4(-3.44, $p=0.000$)<br>3) HINT in silence : difference between pre and post score, group1(-10.44, $p=0.013$), group2(-10.47, $p=0.011$), group3(-10.13, $p=0.004$), group4(-13.40, $p=0.001$) |
| Li[16] (2021) | 1) THI<br>2) VAS<br>3) PSQI | The observation group had better therapeutic effects than that in the control group(91.30% vs 73.91%, $p<0.05$).<br>Patients in the observation group all presented with decreased tinnitus handicap, decreased tinnitus volume and improved sleep quality compared with the control group($p<0.05$). |

| First author (year) | Evaluation Criteria | Outcome |
|---|---|---|
| Jin[11] (2021) | 1) Tinnitus loudness matching test(dB SL)<br>2) K-TPFQ | In both groups, there was a significant decrease in tinnitus loudness and K-TPFQ. Two groups are equally effective at the mixing point in sound therapy for tinnitus relief.<br>1) Tinnitus loudness level - notched noise : 6.56 vs. 4.38 dB SL(p=0.014)/ BBN : 8.21 vs. 5.36 dB SL(p=0.014)<br>2) K-TPFQ - notched noise : 54.41 vs. 22.31(t=6.041, p=0.001)/ BBN group : 47.88 vs. 12.57(t=7.153, p=0.001) |
| Jeong[19] (2020) | 1) K-TPFQ<br>2) VAS | Sound therapy using portable hearing devices with transducers is effective and the transducer type does not significantly affect effectiveness of the sound therapy.<br>1) K-TPFQ - ACT : total score 50.4 vs. 37.4(p<0.05)/ BCT : total score 37.4 vs. 22.1(p<0.05)/<br>between group : Total score[F(1, 18)=0.273, p=0.608]<br>2) VAS - ACT : Annoyance(t=2.590, p<0.05), Awareness time(t=2.400, p<0.05)<br>- BCT : Annoyance(t=6.573, p<0.05), Awareness time(t=2.409, p<0.05)<br>- between group : Loudness[F(1, 18)=1.748, p=0.203], Annoyance[F(1, 18)=0.894, p=0.357],<br>Awareness time[F(1, 18)=0.543, p=0.471] |
| Yoo[18] (2020) | 1) K-TPFQ | Sound therapy for 3 months could be effective in the management of tinnitus(p<0.001). However, no difference in the effect of sound therapy according to the type of stimuli was noted.<br>broad band noise(t=3.622, p<0.001)/ nature sound (t=2.463, p<0.001)/ music sound(t=2.130, p<0.001) |
| Jeong[12] (2019) | 1) THI | Sound therapy using nature sounds was more effective than BBN in a short period of tinnitus rehabilitation.<br>1) Average decrease in tinnitus as shown by THI - nature sound vs. BBN : 15.92%(p<0.05) vs. 8.43%(p=0.061) |
| Scherer[13] (2019) | 1) TQ score | Comparison of changes in mean score from baseline to the 18-month visit showed no difference between treatment groups. Significant improvement was observed at 18 months in all treatment groups on TQ scores for TRT(effect size, -1.32; 95% CI, -1.78 -0.85), partial TRT(effect size, -1.16; 95% CI, -1.56 - -0.76), and SoC(effect size, -1.01; 95% CI, -1.41 - -0.61). |
| Munro[20] (2019) | 1) PAS<br>2) TRS | 1) There was no significant main effect or interaction for the sounds effect on the PAS.<br>2) The addition of binaural beats at 8㎐ to an ocean sound showed no significant group benefits above the ocean sound alone. |
| Li[17] (2019) | 1) THI<br>2) VAS | The mixed pure tones were more advantageous than BBN as the sound therapy for tinnitus patients with normal to mild hearing loss.<br>1) No difference between two groups at the five time points(baseline, 2,4,8,12 weeks of intervention)<br>2) VAS scores of group B were lower than those of group A at 8(p=0.000; 0.003), 12(p=0.008; 0.000) weeks. |
| Aydin[21] (2019) | 1) TRS<br>2) BP<br>3) Cortisol, Cortisone concentration | 1) Both sounds had a similar effect on each of the rating scales(p<0.0005).<br>2) Only BBN showed reduction in BP(SBP : reduction of 7.19㎜/Hg, p=0.001, DBP : reduction of 6.28㎜/Hg, p=0.008). Non-statistically significant changes in heart rate in both groups.<br>3) Changes in cortisol and cortisone concentrations were not statistically significant. |

K-TPFQ: Korean-Tinnitus Primary Function Questionnaire, THQ: Tinnitus Handicap Questionnaire, TQ score: Tinnitus Questionnaire score, THI: Tinnitus Handicap Inventory, VAS: Visual Analogue Scale, HINT: Hearing In Noise Test, PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index, TRS: Tinnitus Rating Scales, PAS: Perceived Arousal Scale, BP: Blood Pressure, SBP: Systolic Blood Pressure, DBP: Diastolic Blood Pressure

### 2) 치료의 유효성

이명에 소리치료의 효과는 포함된 14편의 연구 중 Hall 등[3]의 연구를 제외한 13편에서 모두 유의한 것으로 나타났다. Hall 등[3]의 연구에서는 ACRN과 placebo 간의 치료 전후 이명 증상의 호전 정도를 Tinnitus handicap questionnaire(THQ)를 통해 비교 평가하였는데, 그 결과 환자 개인별 차이는 있을 수 있으나, 그룹별 평균 호전 정도를 비교하였을 때 ACRN은 이명에 유의미한 효과가 없다는 결론을 제시하였다. 그 밖에 13편의 연구에서는 각각의 연구에서 설정한 실험군/대조군에 따라 소리치료 기법 간 유효성에는 차이가 있을 수 있으나, 각각의 기법 자체는 치료 전보다 유의미한 효과를 나타낸다고 결론지었다. Tong 등[14]의 연구에서는, TMNMT와 TRT의 유효성을 비교하였는데, 3개월간 만성 이명에 두 기법을 적용하였을 때 두 그룹 모두에서 이명의 유의미한 호전이 나타났지만, TMNMT가 TRT에 비해 통계학적으로 더 유의미한 효과를 나타냈다고 보고하였다(p=0.041). Jin 등[11]의 연구에서는 non-notched sound therapy(BBN)를 적용한 군과 notched sound therapy를 적용한 그룹 모두에서 이명에 유의미한 효과가 나타났으나, 군 간의 차이는 없었다고 보고하였다. 또한, Munro 등[20]의 연구에서는 파도소리 음원에 binaural beats를 활용한 소리치료군과 binaural beats 없이 파도소리 음원만 사용한 군 간의 치료 효과를 비교하였는데, 두 그룹 모두에서 이명에 유의미한 효과는 나타났으나, 역시 군 간의 차이는 없었다고 보고하였다.

Yoo 등[18]의 연구에서는 BBN과 자연음(running water sound), 음악(Vivaldi's 'The four seasons, spring') 간에 치료에 있어서 유의미한 차이가 있는가를 분석하였는데, 결과적으로 세 음원 모두 유효하나 음원 간 효과에 차이는 없다고 보고하였다. Aydin 등[21]의 연구에서도 Yoo 등[18]의 연구와 동일하게 BBN과 자연음(ocean waves, stream, rain, shower sound) 간에 치료 효과의 차이가 없다고 보고하였다. 그러나 Jeong 등[12]의 연구에서는 TRT에 BBN과 자연음(waves, stream)을 활용하여 두 음원 간 치료 효과의 차이를 분석하였으나 자연음이 BBN보다 더 유효하였다고 보고하였다.

Mondelli 등[15]의 연구에서는 white noise, pink noise, speech noise, high tone의 음원 간에 유의미한 효과 차이가 없었다는 결론을 얻었으며, Li 등[17]의 연구에서는 BBN에 순음(pure tone)을 혼합하여 소리치료를 적용하는 것이 BBN만을 활용하여 치료할 때보다 통계적으로 유의미하다는 결론을 제시하였다.

Jin 등[9]은 소리치료의 1일 적용 기간에 따른 효과의 차이를 분석하였는데, 그 결과 1일 소리치료 적용 시간이 길수록 이명 완화에 있어서 더 큰 효과가 나타난다는 결과를 제시하였다. Jeong 등[19]은 소리치료 적용 방식에 골전도를 활용하는가, 공기전도를 활용하는가에 따른 차이를 분석하였는데, 적용 방식에 관계없이 두 방식 모두 유의미한 효과가 있다는 결론을 제시하였다.

## Ⅳ. 고 찰

이명은 외부 청각 자극의 유무와 관계없이 귀 또는 머리에서 소리가 들린다고 느끼는 청각적 환상지각으로, 증상과 강도가 다양하며 짜증, 수면방해, 집중력 저하, 불안, 우울증 등을 유발하여 환자의 삶의 질에 심각한 영향을 미친다[4]. 특히 환자 자신의 주관적인 증상으로 표현되며, 중추신경계 및 정서와 밀접한 연관성이 있기 때문에 그 치료가 어려운 것으로 알려져 있다. 이에 많은 연구자들이 이명의 치료법에 관심을 가지고 연구해 왔음에도 불구하고, 아직 정확한 기전이나 치료법을 발견하지 못하고 있으며, 아직까지 근본적인 치료법은 없다고 보고되고 있다[22]. 소리치료는 이명에 대한 치료전략 중 하나로 이명 소리의 크기 감소, 불쾌음으로 지각되는 이명 소리를 소리치료 음원으로 대체 및 이명 소리에 대한 집중력 감소 등의 효과를 가진다. 과거에는 백색소음을 지속적으로 가해주는 소리 발생기(sound generator)를 귀에 착용하거나 혹은 보청기에 소리 발생기 기능을 프로그래밍 하여 소리치료를 시행

해 왔으나, 최근에는 모바일 어플리케이션(mobile application)을 활용하여 다양한 방식의 소리치료가 시행되고 있다[23]. 그러나 다양한 소리치료 방법들 중 이명 환자에게 최적화된 소리치료 기법을 적용하는 데 있어 명확한 가이드라인은 없는 상황이다. 이에 본 연구에서는 이명에 소리치료를 적용한 최근 5년간의 국내외 임상연구를 조사하여, 임상에서 활용되고 있는 다양한 소리치료 기법들과 각각의 구체적인 적용 방식을 파악하고, 그 유효성을 분석함으로써 가장 효과적인 소리치료 방법을 확인하고자 하였다.

이명은 발병 기간에 따라 급성과 만성으로 구분할 수 있는데, 일반적으로 이명의 지속 기간이 6개월 미만인 경우를 급성 이명으로 정의하고, 6개월 이상 지속되는 경우를 만성 이명으로 정의한다. 그러나 아직까지 이명의 급만성 구분에 있어서 정확한 기준이 설정되어 있지 않아 각 연구마다 서로 다른 정의를 내리고 있다[24]. 본 연구에 포함된 논문들 역시 만성 이명에 대한 정의의 차이를 나타냈는데, 만성 이명을 대상으로 한 11편의 연구 중 이환 기간을 1년 이상으로 설정한 연구가 5편[9-13]으로 가장 많았고, 6개월 이상으로 정의한 연구가 4편[14-7], 3개월 이상으로 정의한 연구가 1편[3] 존재하였다.

본 연구에 포함된 14편의 연구에서는 일반적인 형태의 소리치료부터 이명재활치료, 노치형 소리치료, ACRN, binaural beats 등 다양한 소리치료 기법들 간에 비교가 이루어졌다. 노치형 소리치료는 청각기관의 억제유발 가소성이론을 기반으로 하는 기법으로, 노치필터를 활용하여 이명 음조의 주파수를 제거하면, 노치의 가장자리 주파수를 코딩하는 뉴런이 활성화되고, 이명 주파수와 관련된 인접한 뉴런을 측면으로 억제하여 결국 청각 피질의 재구성을 촉진하고 이명 증상을 제거하는 치료법이다[25]. ACRN은 이명이 뉴런의 비정상적인 동시화 발성(neural synchronization, hypersynchrony)에 기인한 것이라는 가정하에, 이에 대응하기 위해 환자의 우세한 이명 주파수 좌우에 모인 서로 다른 음조를 반복적으로 연달아 제시함으로써 비정상적인 신경활성을 안정화시킴으로써 이명 증상을 감소시키는 방법이다[3]. binaural beats는 알파파를 유도하기 위해 사용된 방법으로, 알파파는 인간 아주 편안함을 느낄 때 발생하는 뇌파로 명상 상태 같은 심신이 편안한 상태에서 주로 관찰된다. 그러나 인간의 청각기관은 알파파에 해당하는 20㎐ 이하의 소리를 들을 수 없기에 주파수가 거의 비슷한 두 음을 헤드폰을 통해 양쪽 귀로 들을 때 뇌가 두 개의 신호를 통합해 알파파에 해당하는 두 주파수의 차이로 binaural beats를 만들어 들려주면 알파파가 유도되어 심신이 편안한 상태가 된다[26]. 이러한 다양한 소리치료 기법들 간의 유효성을 비교해본 결과, ACRN은 이명 치료에 유효하지 않으며[3], TRT, TMNMT, notched sound therapy, binaural beats는 이명에 통계적으로 유의미한 효과가 있다는 결론을 얻을 수 있었다. 그러나 이들 기법 각각이 광대역잡음이나 자연음을 활용한 일반적인 소리치료(Sound therapy) 기법과 비교하였을 때 더 유의미한 효과를 나타내는가에 대해서는 논쟁의 여지가 남아있었다.

연구에서 가장 많이 활용된 음원(11편)은 백색소음(white noise)[9-11,13,15,17-9,21]으로, 일정한 청각 패턴 없이 주파수별로 동일한 강도의 에너지가 저주파수에서 고주파수에 걸쳐 분포하는 특성을 가진 소음을 의미하며, 광대역잡음(Broad band noise, BBN)과 혼용되어 사용되기도 한다. 이를 장시간 반복적으로 듣고 있으면 청각적인 자극을 잘 느끼지 못하므로 이명의 습관화를 유도하는 역할을 한다. pink noise[15]는 이러한 백색소음을 변형한 것으로, 백색소음에 비해 고주파영역을 약화시켜서 이명 환자가 상대적으로 편안하게 들을 수 있도록 변형한 치료음이다[22,26]. 그 외에는 바람소리, 빗소리, 파도소리, 물 흐르는 소리와 같은 자연음이 4편[14,18,20]에서 활용되었는데, 자연음은 백색소음보다 역동적인 진폭변화가 두드러져 이명 소리에 대한 집중력 분산에 도움이 되며 일반적으로 선호음으로 분류되기 때문에 청취에 거부감이 적다는 장점이 있다. 소리치료에 활용된 음원별 효과를 분석한 결과, 광대역잡음과 자연음, 음악, 순음(pure tone) 모두 이명 치료에 있어 유의미

하다는 결론을 얻을 수 있었다. 그러나 연구에서 가장 많이 활용된 음원인 광대역잡음(11편)과 자연음(4편) 사이의 치료 효과 차이에 대해서는 연구 결과 간의 상충으로 인해 결론을 내리기 어려웠다.

소리치료 음원 강도의 경우 혼합점(mixing point) 수준으로 적용한 연구가 가장 많았으며(6편)[9-11,14,18,19], 완전차폐(total masking)[17], 부분차폐(partial masking)[12]로 설정한 연구가 각각 1편씩 존재하였다. 다만 분석 대상이 된 연구들에서 소리치료의 강도에 대한 비교를 별도로 진행하지 않아 어떤 강도로 적용하였을 때 가장 효과적인지를 판단하기에는 어려움이 있었다. 완전차폐(total masking)란 이명이 더 이상 들리지 않을 때까지 이명 차폐음의 강도를 높이는 방식으로, 소리치료가 제안된 초창기에는 완전차폐를 주로 권고하였다. 반면, 부분차폐(partial masking)의 경우 이명 소리가 간헐적으로 들리긴 하나 이에 집중하지 않을 정도로 차폐음의 강도를 설정하는 방식으로, 완전차폐가 불가능하거나 완전차폐 수준의 소리 강도가 이명보다 오히려 불편함을 초래할 경우 적용할 수 있다[22]. 혼합점(mixing point)이란 소리치료 음원에 의해 이명 소리가 변화하기 시작하는 지점, 즉 부분차폐가 시작되는 지점을 뜻하며 소리치료 음원과 이명 소리를 동시에 지각할 수 있는 강도로 습관화 효과가 가장 잘 나타나는 지점을 의미한다. 일반적으로 TRT에서 사용되는 소리치료 음원의 강도는 혼합점 수준 혹은 그 이하로 설정하는 것이 원칙이다[27].

소리치료의 1일 적용 시간 및 총 소리치료 기간은 연구별로 상이하였다. 1일 소리치료 시간을 별도로 언급하지 않은 2편의 연구를 제외하고 10편은 최소 1시간 이상씩 매일 소리치료를 적용하도록 하였으며, 그중 7편[3,9,11-3,18,19]의 연구에서 최소 3시간 이상씩 매일 소리치료를 적용하도록 하였다. 총 치료 기간의 경우, 3개월로 설정한 연구가 9편[3,9,12,14-9]으로 가장 많았고, 2편의 연구에서 18개월[10,13], 1편의 연구에서 12개월[11] 동안 소리치료를 진행하였다. 소리치료 1일 적용 시간에 관해서는 Jin 등[9]의 연구 결과에 따라 1일 적용 시간이 길수록 유의미하다는 결론을 얻을 수 있었다. 그러나 분석한 연구들에서 소리치료가 중단되고 난 이후까지 치료의 효과가 지속되는가에 대해서는 보고하지 않아, 치료 이후 그 효과가 얼마간 유지되는지는 알 수 없었다.

포함된 14편의 연구에서 활용한 평가지표를 분석해 보면, 객관적인 평가지표보다는 주관적인 평가지표가 주로 활용되었음을 알 수 있다. 다양한 설문지(THI, TQ, THQ, K-TPFQ)와 VAS, TRS 등을 포함하는 주관적 평가지표는 모두 정신적, 육체적 스트레스 및 불면증, 집중력 저하 등과 같은 이명으로 인한 환자의 주관적인 불편감을 평가하기 위하여 활용되었다. 이는 이명은 대부분 환자가 '주관적으로' 호소하는 증상이며, 이를 객관적으로 진단하는 방법이 아직까지 존재하지 않기 때문인 것으로 생각된다. 다만, 심리 음향학적 접근을 활용한 이명도 검사와 다양한 이명 설문지를 통해 환자가 어떻게 이명을 자각하고 반응하는지에 대한 정보를 얻고, 이를 토대로 환자의 주관적인 호소가 치료에 따라 변함이 있는가를 확인할 따름이다.

본 연구는 연구 대상을 일부 소리치료 기법으로 제한하지 않고 최근 임상에서 활용되고 있는 다양한 소리치료 기법들을 모두 포괄하여, 그 구체적인 활용법과 효용성을 비교 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 또한 최신 연구들만 포함하여 소리치료의 최근 연구 동향을 살펴보아 향후 연구의 기초자료 및 임상적으로 활용할 수 있다는 의미를 가진다. 그러나 분석 대상으로 포함된 연구가 많지 않아, 각 소리치료 기법별 유효성을 비교하는 데 있어서 그 근거를 충분하게 확보하지 못하였다는 점에서 한계가 있다.

결론적으로 본 연구에 포함된 14편의 임상연구를 종합해 보았을 때, 이명 환자에게 소리치료의 임상적 활용 가능성은 충분하다고 사료된다. 포함된 임상연구에서 가장 많이 활용된 방식과 각각의 유효성을 고려해 보았을 때, 백색소음 및 자연음을 활용한 기본적인 형태의 소리치료 및 TRT를 주로 활용해 볼 수 있으며, 소리의 강도는 혼합점(mixing point)으로 설정하고 핸드

폰 어플리케이션을 활용하여 소리치료를 적용할 수 있다. 또한 1일 적용 시간은 1일 최소 3시간 이상으로 설정하고 치료 기간은 최소 3개월 이상을 권장하며, 치료 전후 이명에 대한 평가를 위해서 VAS, THI 등의 다양한 주관적 평가지표를 활용함으로써 이명 및 불면증, 집중력 저하 등 이명으로 인한 환자들의 주관적인 불편감의 호전도를 평가해 볼 수 있을 것이라 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 2023년 3월 12일 기준으로 이명의 소리치료와 관련하여 2018년부터 2023년까지 발표된 총 14편의 국내외 RCT를 분석한 결과 다음의 결론을 도출하였다.

1. 14편의 연구 중 13편에서 소리치료는 이명의 호전에 통계적으로 유의미했으며, 소리치료 기법 간 유효성에 차이가 존재하였다.
2. 소리치료 기법의 경우 자연음, 광대역 소음을 활용하여 소리치료만 진행한 연구가 가장 많았고(6편), 이명재활치료(TRT)(5편)가 그 뒤를 이었다.
3. 소리치료 음원에는 백색소음(11편)이 가장 많이 활용되었고, 그다음으로 많이 사용된 음원은 자연음(4편)이었다. 소리치료 음원 강도의 경우 혼합점 수준으로 적용한 연구가 6편으로 가장 많았다.
4. 소리치료 도구의 경우 모바일 어플리케이션(4편)을 가장 많이 활용하였으며, 1일 소리치료 적용 시간은 3시간 이상(7편)이, 총 치료 기간은 3개월 이상(9편)이 가장 많았다. 1일 소리치료 적용 시간은 길수록 유의미한 효과를 나타낸다.
5. 이명의 호전에 대한 평가지표로는 THI, VAS 등의 주관적 평가지표가 주로 활용되었으며, Tinnitus loudness matching test, HINT와 같은 객관적 평가지표도 일부에서 활용되었다.

## VI. 감사의 글

본 연구는 2023년도 경희대학교 신임교수 정착연구지원(No. 20231182)을 받아 수행된 연구임.

## ORICD

Eun Kyung Lee
(https://orcid.org/0000-0003-3529-1912)

Hye Yeon Ko
(https://orcid.org/0000-0001-8128-3820)

Min Hee Kim
(https://orcid.org/0000-0002-6593-2410)

## References

1. Bhatt JM, Lin HW, Bhattacharyya N. Prevalence, Severity, Exposures, and Treatment Patterns of Tinnitus in the United States. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg. 2016;142(10):959-65.
2. Park KH, Lee SH, Koo JW, Park HY, Lee KY, Choi YS, et al. Prevalence and associated factors of tinnitus: data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. J Epidemiol. 2014;24(5):417-26.
3. Hall DA, Pierzycki RH, Thomas H, Greenberg D, Sereda M, Hoare DJ. Systematic Evaluation of the T30 Neurostimulator Treatment for Tinnitus: A Double-Blind Randomised Placebo-Controlled Trial with Open-Label Extension. Brain Sci. 2022;12(3):317.
4. Jastreboff PJ. Phantom auditory perception (tinnitus): mechanisms of generation and perc

eption. Neurosci Res. 1990;8(4):221-54.
5. Jastreboff PJ, Gray WC, Gold SL. Neurophysiological approach to tinnitus patients. Am J Otol. 1996;17(2):236-40.
6. Kim DC, Shin JB, Lee KJ, Jin IK. Rehabilitation options for subjective tinnitus. Audiology and Speech Research. 2017;13(1):1-8.
7. Sheppard A, Stocking C, Ralli M, Salvi R. A review of auditory gain, low-level noise and sound therapy for tinnitus and hyperacusis. Int J Audiol. 2020;59(1):5-15.
8. Fuller TE, Haider HF, Kikidis D, Lapira A, Mazurek B, Norena A, et al. Different Teams, Same Conclusions? A Systematic Review of Existing Clinical Guidelines for the Assessment and Treatment of Tinnitus in Adults. Front Psychol. 2017;8:206.
9. Jin IK, Choi SJ, Ku M, Sim Y, Lee T. The Impact of Daily Hours of Sound Therapy on Tinnitus Relief for People With Chronic Tinnitus: A Randomized Controlled Study. J Speech Lang Hear Res. 2022;65(8):3079-99.
10. Formby C, Yang X, Scherer RW. Contributions of Counseling and Sound Generator Use in Tinnitus Retraining Therapy: Treatment Response Dynamics Assessed in a Secondary Analysis of a Randomized Trial. J Speech Lang Hear Res. 2022;65(2):816-28.
11. Jin IK, Choi SJ, Ku M. Notched and Nonnotched Stimuli Are Equally Effective at the Mixing-Point Level in Sound Therapy for Tinnitus Relief. J Am Acad Audiol. 2021;32(7):420-5.
12. Jeong SY, Heo SH, Oh HY, Yoo JE, Jin IK. Tinnitus Rehabilitation Effects Using Partial Masking with Nature Sounds. Audiology and Speech Research. 2019;15(1):30-7.
13. Scherer RW, Formby C. Effect of Tinnitus Retraining Therapy vs Standard of Care on Tinnitus-Related Quality of Life: A Randomized Clinical Trial. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg. 2019;145(7):597-608.
14. Tong Z, Deng W, Huang X, Dong H, Li J, Zhao F, et al. Efficacy of Tailor-Made Notched Music Training Versus Tinnitus Retraining Therapy in Adults With Chronic Subjective Tinnitus: A Randomized Controlled Clinical Trial. Ear Hear. 2022 DEC 8.[Online ahead of print]
15. Mondelli M, Cabreira AF, Matos IL, Ferreira MC, Rocha AV. Sound Generator: Analysis of the Effectiveness of Noise in the Habituation of Tinnitus. Int Arch Otorhinolaryngol. 2021;25(2):e205-12.
16. Li F, Zhang Y, Jiang X, Chen T. Effects of different personalised sound therapies in tinnitus patients with hearing loss of various extents. Int J Clin Pract. 2021;75(12):e14893.
17. Li Y, Feng G, Wu H, Gao Z. Clinical trial on tinnitus patients with normal to mild hearing loss: broad band noise and mixed pure tones sound therapy. Acta Otolaryngol. 2019;139(3):284-93.
18. Yoo JE, Ku MS, Choi SJ, Jin IK. Effects of Tinnitus Sound Therapy Depending on Stimulating Sound. Audiology and Speech Research. 2020;16(4):305-13.
19. Jeong SY, Jin IK. Effects of Tinnitus Sound Therapy depending on Air- and Bone-Conduction Transducers. Audiology and Speech Research. 2020;16(2):104-14.
20. Munro BA, Searchfield GD. The short-term effects of recorded ocean sound with and wit

hout alpha frequency binaural beats on tinnitus perception. Complement Ther Med. 2019;44:291-5.
21. Aydin N, Searchfield GD. Changes in tinnitus and physiological biomarkers of stress in response to short-term broadband noise and sounds of nature. Complement Ther Med. 2019;46:62-8.
22. Jeong SY, Heo SH, Oh HY, Yoo JE, Jin IK. Methods and Application of Sound Therapy for Tinnitus Rehabilitation. Audiology and Speech Research. 2019;15(1):1-10.
23. Tyler RS, Owen RL, Bridges J, Gander PE, Perreau A, Mancini PC. Tinnitus Suppression in Cochlear Implant Patients Using a Sound Therapy App. Am J Audiol. 2018;27(3):316-23.
24. Kang DW, Kim SS, Park DC, Kim SH, Yeo SG. Objective and Measurable Biomarkers in Chronic Subjective Tinnitus. Int J Mol Sci. 2021;22(12):6619.
25. Pantev C, Okamoto H, Ross B, Stoll W, Ciurlia-Guy E, Kakigi R, et al. Lateral inhibition and habituation of the human auditory cortex. Eur J Neurosci. 2004;19(8):2337-44.
26. Lee YR, Park DG, Kim HW. A Mobile System for Tinnitus Diagnostics and Therapy using Various Sound Stimuli. Journal of Korea Multimedia Society. 2018;21(11):1317-26.
27. Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Tinnitus Retraining Therapy (TRT) as a method for treatment of tinnitus and hyperacusis patients. J Am Acad Audiol. 2000;11(3):162-77.