



# Tinnitus and Obstructive Sleep Apnea

Jung Min Park<sup>ID</sup>, Jeon Mi Lee<sup>ID</sup>, Ick Soo Choi<sup>ID</sup>, and Seung Jae Lee<sup>ID</sup>

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Goyang, Korea

## 이명과 폐쇄성 수면무호흡

박정민 · 이전미 · 최익수 · 이승재

인제대학교 의과대학 일산백병원 이비인후과학교실

Received February 25, 2024

Revised March 20, 2024

Accepted March 22, 2024

Address for correspondence

Seung Jae Lee, MD  
Department of Otorhinolaryngology-  
Head and Neck Surgery,  
Inje University Ilsan Paik Hospital,  
Inje University College of Medicine,  
170 Juhwa-ro, Ilsanseo-gu,  
Goyang 10380, Korea  
Tel +82-31-910-7254  
Fax +82-31-910-7214  
E-mail log8282@hanmail.net

Tinnitus is a phenomenon of perceiving sounds in the absence of external auditory source, and it greatly influences the quality of patient's life. Although the pathophysiology of tinnitus remains unclear, recent studies have suggested a possible relationship between tinnitus and sleep disorder, mainly obstructive sleep apnea (OSA). In this context, this review study aimed to unravel the possible hypotheses regarding the correlation between tinnitus and OSA and to propose comprehensive mechanisms by which OSA may contribute to the occurrence or exacerbation of chronic tinnitus. Four main hypotheses are: 1) OSA can cause hearing loss, which consequently provokes tinnitus, 2) OSA-induced snoring sound can directly affect auditory organs and cause tinnitus, 3) OSA can worsen sleep quality, which could lead to tinnitus, and 4) tinnitus can be caused by a continuous positive airway pressure machine itself. Further research to evaluate chronic tinnitus with objective testing methods such as neuroimaging modalities or biomarkers is crucial to elucidating the correlation between OSA and tinnitus and apply into clinical treatment.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2024;67(8):423-30

**Keywords** Hypoxia; Obstructive sleep apnea; Sensorineural hearing loss; Snoring; Tinnitus.

## 서론

이명이란 외부의 청각적 자극이 없는 상태에서 소리를 인지하는 현상으로 이과 영역에서 접할 수 있는 흔한 증상 중 하나이다.<sup>1)</sup> 1972년부터 2021년까지 발표된 113개의 논문을 바탕으로 2022년 메타 분석을 진행한 Jarach 등에 따르면 성인의 14%에서 이명을 경험하고, 이명을 겪는 환자의 1%~2%는 심각한 정도의 이명을 호소한다고 보고하였고,<sup>2-4)</sup> 2008년 우리나라 국민건강영양조사(Korea National Health and Nutrition Examination Survey, KNHANES)의 자료에 따르면 국내에서도 성인의 26%, 60대 이상에서는 33%가 이명을 경험한다고 발표하였다.<sup>5)</sup> 비록 Lee 등<sup>6)</sup>에 의하면 80대 이상에서는 이명 발생률이 오히려 감소하였으나 일반적으로는

70대 이하에서는 연령이 증가할수록 이명 발생률이 증가하는 경향을 보이게 되며,<sup>5)</sup> 이명은 삶의 질에 막대한 영향을 끼치는 질환임에도 불구하고 현재까지 이명의 정확한 발생 기전은 알려져 있지 않다.

문제는 이명을 객관적으로 평가할 수 있는 검사법이 아직까지 없으며 이명을 유발하는 원인을 하나의 인자로 규명하기 어렵다는 점이다.<sup>3)</sup> 따라서, 원인을 밝히기 어려운 이명 환자의 치료는 이명 자체보다는 그로 인해 저하된 삶의 질 관리, 인지행동치료(cognitive behavioral therapy) 등과 같은 치료에 집중하는 것이 최근 경향이다.<sup>7,8)</sup> 보다 효과적인 치료를 위해서는 만성 이명을 유발하는 메커니즘에 대한 심화적인 이해가 필요하다.

이명의 생성 기전은 크게 top-down 이론과 bottom-up 이론으로 설명되고 있다.<sup>9)</sup> Top-down 이론은 여러 특정 대뇌 피질 영역이 담당하는 소음 제거 영역이 비활성화(deactiva-

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.

tion of noise-cancelling pathway)되면서 이명 소리를 효과적으로 억제하지 못하게 되어 이명이 악화된다는 이론이며,<sup>10)</sup> 반대로 bottom-up 이론은 감각신경성 난청과 같은 말초 청각 신경계의 손상, 즉 말초 구심성 감각 기관의 차단(peripheral deafferentation)으로 인해 감각 신호가 비정상적으로 생성, 전달 및 처리되면서 이명이 발생한다는 이론을 의미한다.<sup>11)</sup> 이로 인해 과거 이명은 주로 이과적 질환에 의한 증상으로 인식되었지만,<sup>1,12)</sup> 최근 들어 중추 청각 경로의 변화나 다른 신경정신 질환에 의해서도 이명이 발생할 수 있다는 점이 알려지면서 이명은 이과적 질환에 국한된 증상이 아니라 다양한 병태생리학적 원인에 의해 발생할 수 있다는 의견이 최근 널리 인정받고 있다.<sup>13,14)</sup>

한편 수면장애는 만성 이명 환자의 50%~75%에서 흔하게 동반하는 증상 중 하나이다.<sup>4,15)</sup> 특히 폐쇄성 수면무호흡(obstructive sleep apnea, OSA)은 해외에서는 4%~6% 정도의 유병률을 보이고 국내 연구에서도 성인 남성의 4.5%, 여성의 3.2% 정도에서 동반하는 가장 대표적인 수면 관련 호흡장애 중 하나로,<sup>16,17)</sup> 상기도의 반복적인 완전 또는 부분적 허탈을 일으켜 혈중 산소포화도의 감소를 야기한다.<sup>18)</sup> OSA 환자는 코골이, 저호흡 또는 무호흡, 각성 반응, 야간 배뇨와 같은 수면 중 증상뿐만 아니라 주간 졸림증, 피로감, 우울증, 심혈관계 후유증의 위험 증가, 업무 수행 능력 저하, 삶의 질 저하 등과 같은 다양한 주간 증상을 경험하는데,<sup>18,19)</sup> 최근에는 OSA는 이명을 악화시킨다는 주장도 보고된 바 있다.<sup>20,21)</sup>

최근 이명과 수면장애의 연관성에 대한 관심의 증가로 인해 다양한 연구가 진행되었으나 아직까지 두 가지 질환을 이어주는 구체적인 기전에 대하여는 확립된 바가 없다. 이에 본 문헌에서는 여러 수면장애 중 수면무호흡에 한정하여 이명과 폐쇄성 수면무호흡의 연관성에 대한 기존 연구들을 정리하고 향후 연구 방향에 대해 고찰하고자 한다.

## 본 론

앞서 언급한 대로 이명과 수면무호흡 사이의 정확한 병태생리는 아직 밝혀져 있지 않으나, 밀접한 연관성을 조사한 몇몇 연구 결과에서는 둘의 상호관계를 뒷받침하기 위해 여러 가설이 제안되었다.

### 수면무호흡이 난청을 일으키고, 난청이 결과적으로 이명을 유발된다는 가설

일반적으로 가장 많이 알려진 가설로는 수면무호흡 자체가 난청을 일으키고, 이것이 순차적으로 이명을 유발시킨다는 기전이다.<sup>22)</sup> 즉, 수면무호흡으로 유발된 체내 산소포화도의

감소가 심각한 폐쇄성 수면무호흡을 보이는 환자들의 청각 기능에 영향을 끼칠 가능성이 있다.<sup>23)</sup>

OSA는 정상적인 수면 구조를 변화시켜 만성적인 간헐적인 저산소증(chronic intermittent hypoxia)을 일으키며, 장기적으로 여러 신체에 심각한 결과를 초래한다. 무호흡 또는 저호흡이 장기간 지속되면 산소 공급에 크게 의존하는 청각 경로에 저산소증(hypoxia)이 발생하여 신경 자극의 전달이 손상되거나 저하될 가능성이 있다.<sup>23)</sup> 이는 수면무호흡이 있는 환자들의 혈장에서 과다점성(hyperviscosity)과 함께 저산소 주기(hypoxic cycle)가 관찰되는 점에서 유추해 볼 수 있다.<sup>24)</sup> 이를 근거로, Matsumura 등<sup>25)</sup>은 38명의 남성 환자를 정상군, mild OSA, moderate OSA, severe OSA 군으로 나누어 청력 검사, 고막운동성 검사, 등골근반사검사(acoustic stapedial reflex test)와 청성뇌간반응검사(auditory brainstem evoked response, ABR)를 시행하였을 때, 수면무호흡의 존재 유무와 moderate OSA, wave V의 absolute latency, wave V latency의 변화 사이에 각각 유의미한 상관성을 보였다고 보고하였다. 하지만 이와는 대조적으로 Hwang 등<sup>26)</sup>에 따르면 34명의 수면무호흡 환자와 190명의 정상군 환자의 저음역대 및 고음역대 순음청력역치의 평균과 수면무호흡 사이에서 유의미한 상관 관계를 확인하지 못하였다고 보고하였다. 위 두 가지 연구를 통해 추정할 수 있는 것은 1) 수면무호흡과 이명 사이에 일관된 인과성은 존재하지 않는다는 점과 2) 수면무호흡은 청각 자극의 신경 전도 변화와 상관 관계가 있을 수 있다는 점, 그리고 3) 수면무호흡의 중증도 증가 자체는 순음청력검사, 고막운동성, ABR의 변화에 영향을 끼치지 않는다는 점으로 정리해 볼 수 있다.

Casale 등<sup>27)</sup>은 39명의 수면무호흡 환자와 21명의 수면무호흡이 없는 코골이 환자를 비교 분석하였을 때, 수면무호흡 환자군의 평균 순음청력역치 값이 유의미하게 높았으며, 세부적으로는 4 kHz에서 유의미하게 역치 값이 증가한 것을 확인하였다. 순음청력검사 이외에도 일과성이음향방사(transient evoked otoacoustic emission, TEOAE) 검사의 재현성(reproducibility)과 변조이음향방사(distortion product otoacoustic emission) 검사의 진폭(amplitude), ABR에서 wave I, III, V의 평균 잠복기(latency)가 대조군에 비해 증가되어 있었다. Ekin 등<sup>28)</sup>은 저음역대와 고음역대에서는 난청이 확인되지 않았으나 초고음역대(>8 kHz) 난청을 통해 해당 영역에서 수면무호흡과의 상관성을 확인할 수 있었다고 보고했다. 또한 90% 미만의 저산소포화도 지속시간과 평균 산소포화도, 그리고 초고음역대 난청 사이에서 유의미한 상관 관계를 확인할 수 있었으나 무호흡-저호흡 지수(apnea-hypopnea index, AHI)와 초고음역대 난청 사이에서는 특별한

상관 관계를 확인할 수 없었다고 보고하였다. 이러한 상관 관계는 정상군과 수면무호흡 및 코골이를 동시에 호소하는 환자군 사이에서만 확인되었으며, 초고음역대 난청의 경우 수면무호흡 환자들과 일반 코골이 환자들 사이에서는 그 상관 관계가 확인되지 않았다. 따라서 이를 통해 Ekin 등<sup>28)</sup>은 수면무호흡을 보이는 환자들에서 관찰되는 난청은 저산소증보다는 지속적인 소음에의 노출에 의해 발생할 것이라고 추정했다.

Martines 등<sup>29)</sup>은 수면다원검사와 함께 순음청력검사, TEOAE를 시행한 160명의 환자들을 대상으로 네 군(수면무호흡이 없는 일반 코골이 환자군, mild OSA, moderate OSA, severe OSA)으로 나누어 분석하였을 때 모든 환자군에서 0.25-3 kHz 영역에서는 25 dB HL 미만의 정상 청력역치가 관찰되었으나, 6-16 kHz 영역에서는 점진적인 청력역치 감소의 저하를 보였으며, 특히 일반 코골이 환자군과 severe OSA군 사이에서는 3-4 kHz 영역대에서 OAE 반응에 있어 유의한 차이를 보였음을 보고하였다. 이러한 결과를 토대로, severe OSA에서 초기 달팽이관의 손상과 특징적인 고주파 청력 손실의 발생에 있어 만성 야간 간헐적 저산소증(chronic nocturnal intermittent hypoxia)이 핵심적인 역할을 할 가능성이 있다고 추정했다.

한편, 최근 수면다원검사를 통해 측정된 여러 객관적인 수면 관련 인자들과 이명 사이의 상관 관계를 분석한 문헌들이 보고되었다. Chopra 등<sup>30)</sup>은 portable sleep apnea monitoring device (ARES Unicorder 5.2; B-Alert, Carlsbad, CA, USA)를 이용하여 객관적 수면 관련 인자들을 측정하였다. 난청과 관련된 여러 인자들에 대해 통계적 보정을 가한 이후에 상관 관계를 분석하였을 때 수면 중 최저 산소포화도(nadir SpO<sub>2</sub>)가 감소할수록 난청의 심한 정도가 증가하는 용량 의존적 관계(dose-response relationship)를 확인하였고, 이를 통해 저산소성 손상이 수면무호흡과 난청 사이의 상관성을 연결해주는 메커니즘일 것임을 주장하였다. 만성 이명 환자들에서 수면 구조의 변화에 대해 분석한 Attanasio 등<sup>31)</sup>은 18명의 만성 이명 환자군과 15명의 정상군을 비교하였을 때 전체 수면 시간 대비 얇은 수면을 의미하는 수면 단계 1, 2단계를 합한 비율(sleep stage 1+2)은 이명군에서 유의미하게 높았던 반면, 렘(rapid eye movement) 수면 단계의 비율은 정상군에서 유의미하게 높음을 확인하였다. 하지만 이명 불편감 설문지(Tinnitus Handicap Inventory, THI)를 통해 주관적인 이명 불편감 정도를 평가했을 때 이명군에서 렘수면 비율의 감소와 THI 점수의 증가 사이에는 상관 관계를 보이지 않았다. 이를 통해 이명에 영향을 받는 환자들은 대조군에 비해 수면 패턴이 더욱 방해를 받고 더 얇은 수면 양상을 보인다는 것을 입증하였다.

하지만 이 연구들에서 포함된 수면 관련 인자들과 난청 혹은 이명 사이의 상관 관계를 분석하였으나 연구 대상자 수가 상대적으로 적어 통계적인 유의미성을 도출해내기 어렵고 연구의 의미에 한계점이 있음을 드러냈다. 최근 발표한 Weingarten 등<sup>32)</sup>의 전향적 연구에서는 수면클리닉에 내원한 1968명의 환자들에서 수면다원검사를 통해 측정한 객관적인 수면 관련 수치, THI, 수면의 질에 대한 Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), 주간 졸림과 관련된 Epworth Sleepiness Scale (ESS), Insomnia Severity Index 등을 통한 주관적 수면 수치 사이 관계를 비교 분석하였다. PSQI 및 ESS 수치는 수면장애 환자들에서 높은 점수를 보였고, 특히 만성 이명 환자군에서는 이명이 없는 환자군에 비해 두 수치가 모두 유의하게 상승하여, 이명이 심할수록 수면의 질이 떨어지고 주간 졸림증이 증가함을 확인하였다. 또한 이명의 악화를 시사하는 THI와 수면의 질을 시사하는 PSQI 수치 간에 유의한 상관 관계를 보였다. 하지만, 수면 효율(sleep efficiency), 총 수면 시간(total sleep time), 수면 잠복기(sleep onset latency), 입면 후 각성 시간(wake after sleep onset), 수면 중 깨어난 횟수(number of awakenings), 총 각성 횟수(number of total arousals), 총 자발적 각성 횟수(number of spontaneous arousals), 그리고 무호흡-저호흡 지수(AHI)와 같은 객관적인 수면 수치들의 경우 만성 이명의 심각도 정도와는 유의미한 상관 관계를 확인할 수 없었다.

종합해보면, 이명과 관련된 수면무호흡에 대한 난청의 영향은 아예 관련성이 없는 결론부터 8 kHz 이상의 초고음역대 난청에 영향을 미친다는 결론까지 그 관련성은 연구자에 따라 다르게 보고하고 있다. 즉, 수면무호흡이 난청을 일으키고, 결과적으로 이명을 유발시킬 수 있다는 가설은 정설로 인정받기에 아직까지는 근거가 미약하다.

### 수면무호흡 환자의 코골이 소음에서 이명이 유발된다는 가설

몇몇 문헌에서는 수면무호흡에 의해 발생하는 코골이 소음 자체가 이명을 일으킬 수 있다는 가설을 제시하였다. 여러 동물 모델에서 코골이와 유사한 진동을 가하였을 때 다양한 질환을 일으키는 점이 확인되었는데, Cho 등<sup>33)</sup>은 토끼 모델에서 경동맥에 진동을 가했을 때 아세틸콜린(acetylcholine)에 대한 경동맥 혈관 이완효과(carotid artery vasorelaxation)의 기능 저하 등으로 인해 직접적인 혈관 내피 기능 장애(vascular endothelial dysfunction)와 그로 인한 경동맥의 죽상경화증(carotid atherosclerosis)을 확인하였고, 기니아 피그 모델(guinea pig model)에서 외부에 전자기 진동기(electromagnetic shaker)를 부착하고 측두골에 진동을 가했을 때 순음



청력역치의 변화와 함께 전반적인 청력역치는 고음역대 진동에 상당히 취약하였다는 점을 확인하였다.<sup>34)</sup> 이를 인간에 대입하였을 때 수면무호흡 환자에서 수면 중 발생한 코골이로 유발된 진동이 경동맥과 청각계 등의 주변 조직으로 전달되며 청각 기관의 조직 손상을 유발하고 후속 이명을 유발할 수 있다고 결론지었다.

인간을 대상으로 한 연구에서 Lee 등<sup>35)</sup>과 Chuang 등<sup>36)</sup> 또한 코골이 소리에너지 자체가 수면무호흡 환자들의 총경동맥(common carotid artery)의 내중막(intima-media) 손상과 연관이 있을 수 있음을 보고하였다. Ekin 등<sup>28)</sup>은 수면무호흡 환자들뿐만 아니라 일반적인 코골이 환자들에서도 초고음역대 주파수(>8 kHz)에서 난청의 존재를 확인하였고, 이를 통해 수면무호흡 환자에서 발생하는 간헐적인 혈중 저산소증보다는 코골이로 인해 발생하는 지속적인 소음에 노출되어 이명이 유발될 수 있을 가능성이 높을 것으로 보고했다. Lu 등<sup>37)</sup>은 야간 수면다원검사, 주관적 이명 및 수면 설문지 검사와 함께 경외기도 녹음기기를 통해 코골이 소리 크기(소리에너지, dB)를 직접 측정하여 상관성을 분석하였다. 총 50명의 환자를 33명의 이명군, 17명의 비이명군으로 나누어 분석하였을 때 두 군 사이에서 객관적인 수면 수치(저호흡-무호흡 지수, 평균 산소포화도, 최저 산소포화도)는 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으나, ESS 설문지에서 이명군이 유의미하게 점수가 높은 것을 확인하였다. 각 주파수별 코골이 소리의 크기를 분석하였을 때 이명군에서의 중고음역대(851-1500 Hz) 코골이 소리 크기가 비이명군에 비해 유의미하게 컸음을 확인하였다. 이를 통해 중고주파의 코골이 소리가 와우에 손상을 가하여 잠재적인 이명 발생의 기여 인자가 될 수 있음을 보고하였다. 이러한 결과들을 고려하였을 때 코골이로 인해 발생하는 조직 진동 유발 손상(tissue vibration-induced damage)이 수면무호흡 환자들의 청각계에 직접적인 물리적 자극을 끼쳐 이명으로 발전한다는 기전을 생각해 볼 수 있다.

### 수면무호흡이 수면의 질을 악화시킴으로써 이명이 발생한다는 가설

여러 연구에 따르면, 이명 불편감 정도는 수면의 질과 밀접한 연관되어 있다. Lu 등<sup>38)</sup>의 연구에서는 이명의 심각도는 이명 발생 직전의 수면의 질과 양의 상관 관계가 있음을 확인하였고, 이는 수면장애가 이명의 발생과 지속에 중요한 영향을 끼친다는 것을 시사한다. Koo와 Hwang<sup>20)</sup>의 연구에서는 수면장애가 있는 환자에서 수면장애가 없는 환자들에 비해 이명의 발생 위험이 더 높은 것을 확인하였으며, 수면무호흡이 있는 환자들도 마찬가지로 이명의 위험성이 더욱 증가한다고 보고하였다. 수면의 질 하락은 불안이나 우울과 같은 여러

정신건강학적 질환을 유발하거나 악화시킬 수 있으며, 불안과 우울증의 수준은 이명의 만성화를 예측하는 요인임을 고려했을 때,<sup>32)</sup> 수면무호흡으로 인해 발생하는 수면의 질 하락은 이명과 상당히 밀접한 관계가 있음을 추측해 볼 수 있다.

### 양압기 자체로 인해 이명이 생성된다는 가설

수면무호흡의 원인은 다양하며, 그 원인에 따른 치료법 또한 다르다. 치료법으로 하악 전진 장치(mandibular advancement devices), 체중 감소, 생활 방식 변화, 위치 요법(positional therapy), 설하 신경 자극(hypoglossal nerve stimulation) 및 상기도 수술 등이 있으나, 그중 지속적 기도 양압기(continuous positive airway pressure, CPAP)가 수면무호흡의 가장 효과적인 표준 치료법에 해당한다.<sup>39)</sup> 앞에서 언급한 이명과 수면무호흡 사이의 연관성을 고려했을 때, CPAP를 통한 수면무호흡의 개선은 결과적으로 이명의 호전으로 이어질 수 있는 가능성이 있다. 이는, CPAP가 1) 저산소증 개선 및 청각 기관의 산소화(oxygenation)를 통한 이명 증상의 호전, 2) 수면의 질의 개선을 통한 이명의 개선, 3) 양압기 자체에서 발생하는 소음 자체가 배경소음으로 작용하여 tinnitus masking으로 작용하는 점이 있을 것이다.<sup>22)</sup>

하지만 반대로 양압기 기계 자체의 소음이나 부작용으로 인해 청각 관련 기관이 손상되어 이명이나 기타 이과적 증상이 예상치 못하게 악화될 수 있는 기전 또한 생각해 볼 수 있는데, 1) 6개월 이상 지속적으로 양압기를 착용할 경우 중이의 압력이 비정상적으로 상승하여 결과적으로 양압기의 적정 압력 수치(pressure level)가 증가할 수 있으며,<sup>40)</sup> 2) 과도한 자가 적정(self-titration)으로 인해 중이 내부에 기압성 중이염(barotraumatic otitis media)이 발생할 수 있고,<sup>41)</sup> 3) 양압기 사용 이후에 드물게 어지럼증이나 비정상적인 안진이 새롭게 발생할 수 있다는 점이 이전 문헌에서 보고된 바 있다.<sup>42,43)</sup> 어지럼증의 경우 Yung<sup>44)</sup>의 연구에서는 2명의 single CPAP을 사용하는 환자들에서 정도의 어지럼증이 발생하였고, Lai<sup>45)</sup>는 14명의 환자 중 3명에서 CPAP 사용 후 이명이 악화되었다는 결과를 보고하여, CPAP의 부작용으로 인한 이명의 악화 가능성을 보고했다.

## 결론

비록 이명과 수면무호흡 사이의 상관 관계를 탐구하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있지만, 현재까지 이들 사이의 명확한 인과 관계나 병태생리학적 이해에 대한 확실한 결론은 도출되지 않았다(Table 1). 이러한 상황은 이명과 수면장애, 특히 폐쇄성 수면무호흡의 발생률이 증가하고 있는 현 상황

**Table 1.** Relationship between tinnitus and OSA in previously reported studies

Author	Study type	Number of patients	Tinnitus assessment		OSA assessment		Outcomes
			Objective parameters	Subjective parameters	Objective parameters	Subjective parameters	
Koo, et al., 2017 <sup>20)</sup>	A population-based, case-control study	(n=21798, tinnitus) (n=108990, non-tinnitus)	-	LHID2000 (ICD-9-CM codes)	-	LHID2000 (ICD-9-CM codes)	The risk of tinnitus was significantly higher among middle-aged and elderly patients with sleep apnea
Kum, et al., 2017 <sup>21)</sup>	A prospective study	Total 147 (n=126, OSA) (n=21, simple snoring)	-	THI, PTA	PSG	-	A significant positive correlation between THI and AHI Mean THI score was significantly lower in mild OSAS subgroup compared to moderate and severe OSAS subgroups
Attanasio, et al., 2013 <sup>31)</sup>	A prospective, case-control, nonrandomized study	(n=18, tinnitus) (n=15, non-tinnitus)	-	THI	PSG	Sleep quality questionnaire	A significant alteration of sleep stages in all tinnitus patients No correlation between the decrease of REM and the increase of THI score in the tinnitus group A mild correlation between the increase of light sleep and THI score in the tinnitus group
Weingarten, et al., 2024 <sup>32)</sup>	A prospective cohort study	Total 1968 (n=284, tinnitus)	-	Tinnitus, screener, THI	PSG	PSQI ESS	Chronic tinnitus is associated with significant changes in qualitative sleep (higher PSQI) but no major differences in quantitative (objective) sleep measures
Lu, et al., 2022 <sup>37)</sup>	A case-control study	Total 50 (n=33, tinnitus) (n=17, non-tinnitus)	Intra-ear canal SSE	THI, PTA, tinnitus pitch matching	PSG	ESS	ESS score and intra-ear canal SSE of 851–1500 Hz were significantly higher in the tinnitus group OSA patients with a higher ESS score and daytime sleepiness had a higher risk of tinnitus
Lu, et al., 2020 <sup>38)</sup>	A retrospective study	Total 181 (group A: PSQI <7) (group B: PSQI ≥7)	TEOAE, tympanometry	THI (Mandarin version), PTA	-	PSQI	A positive correlation between THI and PSQI scores for those with PSQI ≥ 7 The tinnitus severity is positively correlated with sleep quality before tinnitus onset

OSA, obstructive sleep apnea; LHID2000, Longitudinal Health Insurance Database 2000; ICD-9-CM, International Classification of Diseases, 9th Revision, Clinical Modification; THI, Tinnitus Handicap Inventory; PTA, pure tone audiometry; PSG, polysomnography; AHI, apnea-hypopnea index; OSAS, obstructive sleep apnea syndrome; REM, rapid eye movement; PSQI, Pittsburgh Sleep Quality Index; ESS, epworth sleepiness scale; SSE, snoring sound energy; TEOAE, transient evoked otoacoustic emission

에서 이들 사이의 관계에 대한 깊이 있는 이해가 필요함을 시사한다. 따라서, 이명과 수면무호흡 사이의 관계를 더 잘 이해하기 위해, 더 깊이 있는 연구와 지속적인 관심이 요구된다. 이는 이명과 수면무호흡을 겪고 있는 환자들에게 더 효과적인 진단 방법과 치료법을 제공하기 위한 필수적인 단계이다.

기존 연구들에서는 상대적으로 적은 연구 대상자 수로 인한 통계적 오류와, 주로 주관적인 설문지를 활용한 이명 진단 및 평가 방법의 객관성 부족이 한계점으로 지적되고 있다. 이는 이명과 수면무호흡의 연관성을 탐구하는 연구뿐만 아니라, 이명 관련 연구 전반에 걸쳐 흔히 발견되는 문제이다. 최근에는 이명의 객관적인 진단을 위해 기능적 신경영상 기법이 도입되고 있다. 예를 들어, 기능적 자기공명영상(functional MRI)을 사용하여 만성 이명 환자들의 뇌 중격핵 또는 뇌랑하부 영역에서의 serotonergic neuron에 의해 조절되는 serotonergic circuit의 존재를 밝히는 연구가 있었다.<sup>46)</sup> 기능적 근적외선 분광법(functional near-infrared spectroscopy)도 이명과 청각학적, 정신병리학적 질환 사이의 상관 관계를 분석하는 데 사용되며, 이를 통해 이명 환자들의 청각 피질 활성도 변화를 관찰할 수 있다.<sup>47,48)</sup>

이와 더불어, 다양한 신체 바이오마커를 통해 이명을 객관적으로 평가하는 연구도 진행 중이다. 혈액, 침, 소변 등에서 얻은 다양한 바이오마커가 만성 이명 환자들에서 특징적으로 증가하거나 감소하는 패턴을 보이는 것으로 보고되었다.<sup>49)</sup> 이러한 신경영상학적 분석과 바이오마커 연구를 통해 이명의 진단, 중증도 측정, 예후 예측, 치료 결과 평가에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

수면무호흡의 경우, 정확한 발병 시점을 확인하기 어려운 점이 한계로 지적된다. 대부분의 환자는 코골이나 주간졸림증을 통해 수면장애를 의심하게 되고, 수면다원검사를 진행한 후에 수면무호흡으로 진단된다. 이명이나 난청의 악화와 관련하여 발병 기간의 길이가 중요할 수 있으나, 이에 대한 연구는 여전히 부족하다. 추후 연구에서는 수면무호흡의 발병 시점과 이명의 정도 사이의 관계를 더 자세히 조사할 필요가 있다.

임상 현장에서 수면무호흡과 이명을 호소하는 환자들을 자주 마주치는 만큼, 수면다원검사 결과의 정확한 이해 및 해석과 이명의 객관적인 검사법 개발에 대한 연구가 활발히 이루어진다면, 수면무호흡과 이명의 병태생리학적 상관 관계를 더 폭넓게 이해하고 임상 분야에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

## Acknowledgments

This study was supported by the 2023 Inje University research grant (granted to SJL).

## Author Contribution

Conceptualization: Seung Jae Lee. Data curation: Jung Min Park, Seung Jae Lee. Formal analysis: Jung Min Park, Seung Jae Lee. Funding acquisition: Seung Jae Lee. Investigation: Jung Min Park, Seung Jae Lee. Supervision: Jeon Mi Lee, Ick Soo Choi. Validation: Jeon Mi Lee, Ick Soo Choi, Seung Jae Lee. Writing—original draft: Jung Min Park, Seung Jae Lee. Writing—review & editing: Jeon Mi Lee, Ick Soo Choi.

## ORCIDs

Jung Min Park <https://orcid.org/0009-0008-1313-9921>  
 Jeon Mi Lee <https://orcid.org/0000-0003-2793-9045>  
 Ick Soo Choi <https://orcid.org/0000-0003-3538-7252>  
 Seung Jae Lee <https://orcid.org/0000-0002-0390-8415>

## REFERENCES

- 1) Lee SJ, Park J, Lee SY, Koo JW, Vanneste S, De Ridder D, et al. Triple network activation causes tinnitus in patients with sudden sensorineural hearing loss: a model-based volume-entropy analysis. *Front Neurosci* 2022;16:1028776.
- 2) Jarach CM, Lugo A, Scala M, van den Brandt PA, Cederroth CR, Odone A, et al. Global prevalence and incidence of tinnitus: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Neurol* 2022;79(9):888-900.
- 3) Langguth B, Kreuzer PM, Kleinjung T, De Ridder D. Tinnitus: causes and clinical management. *Lancet Neurol* 2013;12(9):920-30.
- 4) Lee HJ, Shim YJ, Chang M. [Tinnitus and cognitive decline]. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2023;66(10):641-5. Korean
- 5) Cho YS, Choi SH, Park KH, Park HJ, Kim JW, Moon IJ, et al. Prevalence of otolaryngologic diseases in South Korea: data from the Korea national health and nutrition examination survey 2008. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2010;3(4):183-93.
- 6) Lee HM, Han KD, Kong SK, Nam EC, Park SN, Shim HJ, et al. Epidemiology of clinically significant tinnitus: a 10-year trend from nationwide health claims data in South Korea. *Otol Neurotol* 2018;39(6):680-7.
- 7) Fuller T, Cima R, Langguth B, Mazurek B, Vlaeyen JW, Hoare DJ. Cognitive behavioural therapy for tinnitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2020;1(1):CD012614.
- 8) Lee HY, Jung DJ. Recent updates on tinnitus management. *J Audiol Otol* 2023;27(4):181-92.
- 9) Vanneste S, Alsaman O, De Ridder D. Top-down and bottom-up regulated auditory phantom perception. *J Neurosci* 2019;39(2):364-78.
- 10) De Ridder D, Vanneste S, Langguth B, Llinas R. Thalamocortical dysrhythmia: a theoretical update in tinnitus. *Front Neurol* 2015; 6:124.
- 11) De Ridder D, Vanneste S, Weisz N, Londero A, Schlee W, Elgoyhen AB, et al. An integrative model of auditory phantom perception: tinnitus as a unified percept of interacting separable subnetworks. *Neurosci Biobehav Rev* 2014;44:16-32.
- 12) Song JJ, Park J, Koo JW, Lee SY, Vanneste S, De Ridder D, et al. The balance between Bayesian inference and default mode determines the generation of tinnitus from decreased auditory input: a volume entropy-based study. *Hum Brain Mapp* 2021;42(12):4059-73.
- 13) De Ridder D, Vanneste S, Song JJ, Adhia D. Tinnitus and the triple network model: a perspective. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2022; 15(3):205-12.
- 14) Haider HF, Bojić T, Ribeiro SF, Paço J, Hall DA, Szczeppek AJ. Pathophysiology of subjective tinnitus: triggers and maintenance.

- Front Neurosci 2018;12:866.
- 15) Fioretti AB, Fusetti M, Eibenstein A. Association between sleep disorders, hyperacusis and tinnitus: evaluation with tinnitus questionnaires. *Noise Health* 2013;15(63):91-5.
  - 16) Franklin KA, Lindberg E. Obstructive sleep apnea is a common disorder in the population-a review on the epidemiology of sleep apnea. *J Thorac Dis* 2015;7(8):1311-22.
  - 17) Cho I, Kim H, Yi KI, Kim SD, Mun SJ, Cho KS. [Comparative analysis of automatic versus fixed positive airway pressure therapy for severe obstructive sleep apnea]. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2020;63(3):108-13. Korean
  - 18) Hong SE, Kim B, Lee BC, Lee MC, Choi IJ, Ahn J. [Association between obstructive sleep apnea and chronic dizziness: results of the Korean national health and nutrition examination survey 2019–2021]. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2023;66(12): 815-23. Korean
  - 19) Kim HY, Jang MS. [Improving compliance for continuous positive airway pressure compliance and possible influencing factors]. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2014;57(1):7-14. Korean
  - 20) Koo M, Hwang JH. Risk of tinnitus in patients with sleep apnea: a nationwide, population-based, case-control study. *Laryngoscope* 2017;127(9):2171-5.
  - 21) Kum NY, Alluşoğlu S, Çetin MA, Kundi FCS, Yağmur AR, Çolak M, et al. Is there a relation between sleep apnea, tinnitus, and hearing loss? *J Contemp Med* 2023;13(2):288-93.
  - 22) Gunenkov A, Pchelenok E, Kosyakov S. Can CPAP be an option for treating tinnitus patients with obstructive sleep apnea syndrome? Review. *Scr Sci Med* 2020;52(1):7-11.
  - 23) Sheu JJ, Wu CS, Lin HC. Association between obstructive sleep apnea and sudden sensorineural hearing loss: a population-based case-control study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;138(1): 55-9.
  - 24) Shamsuzzaman AS, Gersh BJ, Somers VK. Obstructive sleep apnea: implications for cardiac and vascular disease. *JAMA* 2003;290(14): 1906-14.
  - 25) Matsumura E, Matas CG, Magliaro FCL, Pedreño RM, Lorenzi-Filho G, Sanches SGG, et al. Evaluation of peripheral auditory pathways and brainstem in obstructive sleep apnea. *Braz J Otorhinolaryngol* 2016;84(1):51-7.
  - 26) Hwang JH, Chen JC, Hsu CJ, Liu TC. Association of obstructive sleep apnea and auditory dysfunctions in older subjects. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2011;144(1):114-9.
  - 27) Casale M, Vesperini E, Potena M, Pappacena M, Bressi F, Baptista PJ, et al. Is obstructive sleep apnea syndrome a risk factor for auditory pathway? *Sleep Breath* 2012;16(2):413-7.
  - 28) Ekin S, Turan M, Arisoy A, Gunbatar H, Sunnetcioglu A, Asker S, et al. Is there a relationship between obstructive sleep apnea (OSA) and hearing loss? *Med Sci Monit* 2016;22:3124-8.
  - 29) Martinez F, Ballacchino A, Sireci F, Mucia M, La Mattina E, Rizzo S, et al. Audiologic profile of OSAS and simple snoring patients: the effect of chronic nocturnal intermittent hypoxia on auditory function. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016;273(6):1419-24.
  - 30) Chopra A, Jung M, Kaplan RC, Appel DW, Dinces EA, Dhar S, et al. Sleep apnea is associated with hearing impairment: the Hispanic community health study/study of Latinos. *J Clin Sleep Med* 2016; 12(5):719-26.
  - 31) Attanasio G, Russo FY, Roukos R, Covelli E, Cartocci G, Saponara M. Sleep architecture variation in chronic tinnitus patients. *Ear Hear* 2013;34(4):503-7.
  - 32) Weingarten JA, Islam A, Dubrovsky B, Gharanei M, Coelho DH. The association of subjective and objective sleep measures with chronic tinnitus. *J Clin Sleep Med* 2024;20(3):399-405.
  - 33) Cho JG, Witting PK, Verma M, Wu BJ, Shanu A, Kairaitis K, et al. Tissue vibration induces carotid artery endothelial dysfunction: a mechanism linking snoring and carotid atherosclerosis? *Sleep* 2011;34(6):751-7.
  - 34) Sutinen P, Zou J, Hunter LL, Toppila E, Pykkö I. Vibration-induced hearing loss: mechanical and physiological aspects. *Otol Neurotol* 2007;28(2):171-7.
  - 35) Lee GS, Lee LA, Wang CY, Chen NH, Fang TJ, Huang CG, et al. The frequency and energy of snoring sounds are associated with common carotid artery intima-media thickness in obstructive sleep apnea patients. *Sci Rep* 2016;6:30559.
  - 36) Chuang HH, Liu CH, Wang CY, Lo YL, Lee GS, Chao YP, et al. Snoring sound characteristics are associated with common carotid artery profiles in patients with obstructive sleep apnea. *Nat Sci Sleep* 2021;13:1243-55.
  - 37) Lu CT, Lee LA, Lee GS, Li HY. Obstructive sleep apnea and auditory dysfunction-does snoring sound play a role? *Diagnostics (Basel)* 2022;12(10):2374.
  - 38) Lu T, Li S, Ma Y, Lai D, Zhong J, Li G, et al. Positive correlation between tinnitus severity and poor sleep quality prior to tinnitus onset: a retrospective study. *Psychiatr Q* 2020;91(2):379-88.
  - 39) Pataka A, Kotoulas SC, Gavrilis PR, Karkala A, Tzinis A, Stefanidou A. Adherence to CPAP treatment: can mindfulness play a role? *Life (Basel)* 2023;13(2):296.
  - 40) Sivri B, Sezen OS, Akbulut S, Coskuner T. The effect of continuous positive airway pressure on middle ear pressure. *Laryngoscope* 2013;123(5):1300-4.
  - 41) McCormick JP, Hildrew DM, Lawlor CM, Guittard JA, Worley NK. Otic barotrauma resulting from continuous positive airway pressure: case report and literature review. *Ochsner J* 2016;16(2): 146-9.
  - 42) Ingelstedt S, Ivarsson A, Tjernström O. Vertigo due to relative overpressure in the middle ear. An experimental study in man. *Acta Otolaryngol* 1974;78(1-2):1-14.
  - 43) Endara-Bravo A, Ahoubim D, Mezerhane E, Abreu RA. Alternobaric vertigo in a patient on positive airway pressure therapy. *J Clin Sleep Med* 2013;9(12):1347-8.
  - 44) Yung MW. The effect of nasal continuous positive airway pressure on normal ears and on ears with atelectasis. *Am J Otol* 1999;20(5): 568-72.
  - 45) Lai JT. Continuous positive airway pressure (CPAP) treatment outcome in chronic tinnitus of unknown: a preliminary study. *J Hear Sci* 2017;7(2):108.
  - 46) Rauschecker JP, Leaver AM, Mühlau M. Tuning out the noise: limbic-auditory interactions in tinnitus. *Neuron* 2010;66(6):819-26.
  - 47) Shoushtarian M, Bravo MMG, Datta S, Fallon JB. Multimodal assessment of tinnitus using functional near-infrared spectroscopy and psychophysiological measures. *Int J Audiol*. In press 2024.
  - 48) Zhai T, Ash-Rafzadeh A, Hu X, Kim J, San Juan JD, Filipiak C, et al. Tinnitus and auditory cortex; using adapted functional near-infrared-spectroscopy to expand brain imaging in humans. *Laryngoscope Invest Otolaryngol* 2020;6(1):137-44.
  - 49) 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.

정답 및 해설

답 ③

- 해설 ① 주로 청소년기의 남자에서 호발하며 이유는 전두동이 지속적으로 성장하며 판간정맥이 확대되는것과 관련있다.  
② 뇌농양이 의심되면 요추천자는 뇌헤르니아의 위험이 있어서 금기이다.  
④ 항생제는 2주간 정맥주사하고 4주 정도 경구 투여한다.  
⑤ 일반적으로 전두동이 가장 흔하게 두개내 합병증을 유발하며 다음으로 사골동, 접형동, 상악동 순이다.  
참고 문헌: 대한이비인후과학회. 이비인후과학:비과. 개정2판. 파주: 군자출판사;2018. p.345-55.