

# The Relationship of Frequency between Tinnitus and the Maximal Hearing Loss

Hyungtak Doo and Joong Ho Ahn

Department of Otolaryngology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea

## 이명호소 주파수와 최대 난청 주파수간의 상관관계

두 형 탁 · 안 중 호

울산대학교 의과대학 서울아산병원 이비인후과학교실

Received December 20, 2009

Revised April 21, 2010

Accepted May 31, 2010

### Address for correspondence

Joong Ho Ahn, MD  
Department of Otolaryngology,  
Asan Medical Center,  
College of Medicine,  
University of Ulsan,  
388-1 Pungnap 2-dong, Songpa-gu,  
Seoul 138-736, Korea  
Tel +82-2-3010-3717  
Fax +82-2-489-2773  
E-mail meniere@amc.seoul.kr

**Background and Objectives** Tinnitus is most commonly accompanied by hearing loss, so there have been several studies that tried to explain that relationship and to apply it for treatment of tinnitus. In this study, we compared tinnitogram with pure tone audiometry (PTA) in order to evaluate the relationship between the frequency of tinnitus and maximal hearing loss.

**Subjects and Method** One hundred thirty one patients with pure tone-like tinnitus sensation were included in this study. After performing tinnitogram and PTA, we tried to show whether the frequency of tinnitus matched the frequency of the maximal hearing loss. After dividing the patients into two groups (group A: frequency of tinnitus not matching the frequency of the maximal hearing loss, group B: frequency of tinnitus matching the frequency of the maximal hearing loss), we studied the characteristics, including residual inhibition, of these two groups.

**Results** In the patients, there was no significant correlation between the frequency of tinnitus and the maximal hearing loss ( $p=0.131$ ). In comparing the group A and B, we could not show differences in the hearing threshold, residual inhibition, visual analogue scale, and tinnitus handicap inventory score. However, the average duration of tinnitus was statistically prolonged in Group A than in Group B ( $p<0.05$ ). In addition, there were statistically significant relationships between the two frequencies in the group which show less than six month of duration ( $p<0.05$ ).

**Conclusion** From this study, we could not show that a relationship existed between the frequencies of tinnitus and the maximal hearing loss.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2010;53:340-3

**Key Words** Tinnitus · Hearing loss · Auditory cortex · Neuronal plasticity.

## 서 론

이명 환자는 해마다 증가하는 추세로 정도에 따라 수면, 업무, 정신적인 문제까지 환자의 삶의 질에 심각한 영향을 미칠 수 있으며 미국의 경우 인구의 1~3%에 해당한다고 한다.<sup>1)</sup> 또한 이명은 노령의 한 부분이라고 여겨질 정도로 노인성 난청과 흔하게 동반되므로 2000년을 기점으로 고령화 사회에 들어선 한국의 경우도 이와 비슷한 양상을 보일 것으로 생각한다.<sup>2,3)</sup> 따라서 주관적인 이명의 원인파 병소의 위치 그리고 병태생리 및 이에 따른 치료 방법에 대한 연구가

다양하게 진행되어 왔으나 현재까지 이명은 치료가 어려운 질병 중 하나이다.

이명의 발생기전을 설명한 가설 중 감각신경성 난청 후 손실 주파수의 대응(tonotopic) 대뇌반구 청각중추의 자발 흥분 설에 따르면<sup>2,4)</sup> 청력소실이 있는 주파수의 대응 주파수에 해당하는 청각중추로 입력이 감소함에 따라 혹은 흥분 및 억제 신호의 불균형에 따라 해당 주파수의 청각중추의 자발흥분이 증가하고 이의 결과로 이명을 느끼게 된다고 설명하고 있으며, 대뇌피질 청각 가소성(auditory plasticity) 이론은 청력소실에 따라 해당 청력소실 주파수를 표현하는 청각중추의

신경단위(neuron)가 증가되는 방향으로 재구성화(reorganization)됨으로써 증가된 대응주파수의 신경단위가 주관적 이명의 원인이 된다고 설명하고 있다.<sup>4-6)</sup> 이 이론은 청력소실 즉, 청각중추로의 말초로부터 감소된 자극과 이명 발생과의 관계를 설명하고 있으며 이명을 느끼는 주파수와 청력소실 주파수와의 연관성에 대해서 제시하고 있다. 모든 환자의 경우에서 적용할 수는 없으나 이를 적용한 이명 차폐 치료는 실제로 약 50%의 환자에서 환자들이 호소하는 이명주파수와 차폐 치료시 이명이 억제되는 가장 효과적인 주파수가 유사하다는 보고 등에 근거하여 효과를 기대할 수 있다.<sup>7)</sup> 이 현상을 잔류억제(residual inhibition, RI)라고 하며 이명 차폐 치료시 이명억제 효과를 보는 지표로 사용할 수 있다.<sup>4,8,9)</sup>

본 연구는 환자의 순음청력검사 및 이명도 상의 척도(parameter)를 이용하여 최대 청력소실 주파수와 이명 주파수의 관계에 대해서 알아보고자 하였으며 아울러 두 주파수의 관계가 잔류억제에 미치는 영향에 대해서 분석하였다.

## 대상 및 방법

### 대 상

2008년 1월부터 2008년 12월까지 본원에서 이명을 주소로 내원한 환자 중 순음청력검사(pure tone audiometry, PTA) 및 이명도검사(tinnitusgram)가 시행된 경우를 대상으로 하였다. 순음청력검사상 최대 난청주파수(maximal hearing loss) 또는 이명도검사상 이명 주파수가 8 kHz를 초과하는 경우 및 이명을 순음 주파수로 표현하지 못하는 경우, 순음청력검사상 기도-골도 역치 차이가 10 dB 이상이거나 이명을 호소하는 방향에 25 dB 이상의 청력소실 주파수가 없는 자, 방향이 분명하지 않거나 양측성 이명의 경우, 중이 또는 기타 다른 내이질환이 있거나 중추신경계 병변이 있는 자는 제외하여 총 131명의 환자를 대상으로 하였다.

### 순음청력검사, 이명도검사 및 설문지 조사방법

순음청력검사는 ORBITER922(Madsen®, Taastrup, Denmark)와 GSI61(GSI®, Eden Prairie, Minnesota, USA)을 사용하여 시행하였고, 단위는 5 dB 간격, 역치 측정 방법은 10 dB 하강, 5 dB 상승하여 역치를 확인하는 방식으로 좌우 각각 0.5, 1, 2, 3, 4, 8 kHz에서의 청력역치를 측정하였다.

이명도검사는 측정 주파수별 순음, 협대역 잡음(narrow band noise)을 이용하여 이명 주파수 매칭검사를 실시하였으며, 측정된 이명 주파수의 순음 또는 협대역 잡음을 이용하여 10 dBSL 강하게 60초간 자극을 주는 방법으로 잔류억제검사가 시행되었으며,<sup>10)</sup> 1초 이상의 잔류억제가 있을 때를

잔류억제 양성으로 정의하였다.

모든 대상 환자에서 이명에 대한 설문지검사(Tinnitus Handicap inventory, THI/Visual analogue scale, VAS)가 시행되었다.<sup>11,12)</sup>

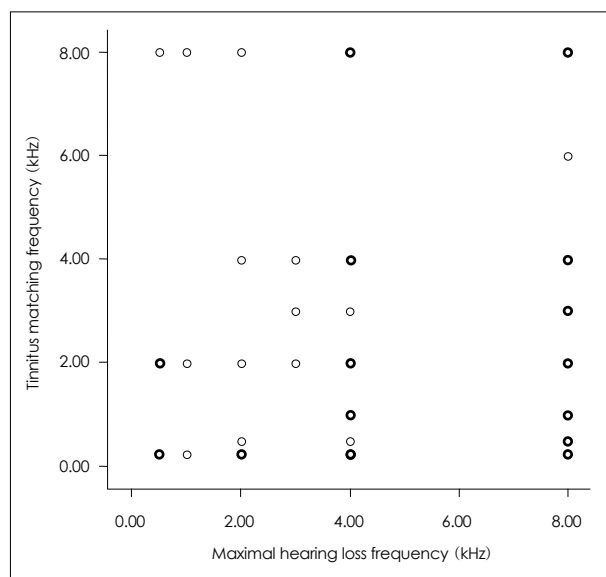
환자군을 순음청력검사상 최대 난청 주파수와 이명도 상 이명주파수가 서로 같은 군 및 같지 않은 군으로 나누어 두 군 간의 잔류억제 정도를 포함한 특성을 비교 분석하였다.

### 통 계

통계를 위하여 SPSS version 12.0 K를 사용하였으며 Mann-Whitney U-test를 이용하여 두 군간 척도의 통계적 차이의 유무를 분석하였다. 순음청력검사상 최대 난청주파수와 이명도상 이명주파수의 상관분석을 통해서 상관계수(Pearson 상관계수)측정 및 유의확률을 계산하였다.

## 결 과

131명의 환자 중 남자가 57명 여자가 74명이었으며 평균 나이는 53세, 평균 이환 기간은 35개월이었다. 이명의 방향은 우측 48명 좌측 83명이었으며 좌측 이명호소자가 더 많음을 알 수 있었다. 순음청력검사상 최대 난청 주파수와 음 고저 비교검사상 이명 주파수가 서로 일치하지 않는 군은 95명(72.5%)이었고, 일치하는 군은 36명(27.5%)으로 두 주파수가 서로 일치하지 않는 군이 더 많았다. 또한



**Fig. 1.** The scatter plot of 131 tinnitus subjects of tinnitus matching frequency on tinnitusgram according to the maximal hearing loss frequency on pure tone audiometry. A coordinate expressed by circle with bold includes multiple patients. This figure cannot show the relationship or trend of frequency between tinnitus and the maximal hearing loss ( $p=0.131$ ).

**Table 1.** Demographics and clinical aspects of the tinnitus subjects

|                  | Group A | Group B | p-value |
|------------------|---------|---------|---------|
| Age (year)       | 51.9    | 55.8    | 0.100   |
| Duration (month) | 41.9    | 17.2    | 0.006   |
| Hearing (dB)     | 33.6    | 35.3    | 0.664   |
| RI (sec)         | 14.2    | 17.2    | 0.682   |
| VAS              | 5.7     | 6.1     | 0.385   |
| THI              | 37.9    | 33.9    | 0.434   |

Group A: frequency of finnisus not matched to frequency of the lowest hearing threshold, Group B: frequency of finnisus matched to frequency of the lowest hearing threshold. RI: residual inhibition, VAS: visual analogue scale, THI: finnisus handicap inventory

두 주파수와의 통계적으로 유의한 상관관계는 발견할 수 없었다( $p=0.131$ ) (Fig. 1). 이명도검사상 이명 주파수와 순음청력검사상 최대 난청 주파수가 서로 일치하는 군(group A)과 일치하지 않는 군(group B)에 대하여 통계적인 분석을 시행하였다.

A군과 B군에서 각각 잔류억제(residual inhibition)의 평균은 각각 14.2초 및 17.2초로 두 군간의 유의한 차이를 발견할 수 없었으며( $p=0.682$ ) 잔류억제 유무 여부로 각 군을 평가하였을 때 A군이 95명 중 55명(57.9%), B군이 36명 중 25명(69.4%)으로써 최대 난청 주파수와 이명 주파수가 같은 군이 잔류억제를 측정할 수 있었던 경우가 더 많았으나 통계적으로 유의하지는 않았다( $p=0.156$ ).

평균 청력은 순음청력검사상 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 8 kHz의 청력역치를 산술 평균하여 계산하였으며 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이외에도 평균 나이 및 청력, VAS, THI 등에서도 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수는 없었다. 그러나 평균 이환 기간에서는 이명 주파수와 최대 난청 주파수가 같은 군이 같지 않은 군에 비해 각각 17.2개월, 41.9개월로 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p=0.006$ ) (Table 1).

이환 기간이 6개월 이내의 환자들을 상대적으로 이환 기간이 짧은 군으로 정의하였을 때 이는 61명이었으며 이들 군에서는 두 주파수가 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다( $p=0.008$ ).

## 고 찰

현재까지 알려진 주관적 이명에 대한 치료는 약물치료, 신경절 차단 요법, 수술요법, 차폐요법, 기타 자기장 요법 및 이명 재훈련 치료 등 다양하나 아직 효과가 만족할 수준이라고 볼 수 없고 많은 기간을 요구할 수 있으며 치료 성적에 대한 예측도 어렵다.<sup>2,13)</sup>

이명의 약 88%에서 난청이 동반됨을 보고된 것처럼 이명의 가장 흔한 동반증상이 난청이며, 이명은 다양한 원인의

난청과 밀접한 관련이 있음이 알려져 있다.<sup>2,4,14)</sup> 또한 서론에서 제시한 대로 재구성화 이론 및 청각가소성 이론은 이에 대한 근거를 제공할 수 있다. 따라서 순음청력검사상 최대 난청 주파수와 이명도상의 이명 주파수와의 일치 또는 유의한 상관관계를 기대할 수 있으며 이미 보고된 바도 있었으나, 본 연구에서는 두 주파수가 일치하지 않는 환자 군이 더 많았으며 두 주파수 간의 관계에 대하여 통계적인 유의성이 없었다. 또한 상기 이론 및 이명과 난청의 원인적 연관성에 근거하여 최대 난청 주파수와 이명 주파수가 일치하는 환자 군(group B)이 일치하지 않는 환자군(group A)보다 잔류억제의 정도가 더 클 것을 기대하였으나 통계적인 유의성을 보이지 않았으며, 잔류억제의 유무도 두 군 간의 차이가 없어 상기 이론을 직접적으로 뒷받침할 수 있는 결과를 얻지 못하였다. 따라서 이명 주파수와 최대 난청 주파수의 일치 여부로 이명 차폐치료 효과를 평가할 수 있는 지표인 잔류억제의 정도를 예측할 수 없었다. 실제 난청 환자에서 보청기 사용으로 이명이 호전되는 것이 알려져 있어<sup>13-16)</sup> 난청에 따른 청각 자극의 감소가 이명 발생의 중요한 원인임을 뒷받침하고 있으나 본 연구에서 이명 주파수와 최대 난청주파수가 유의한 상관관계를 보이지 않아 이에 대한 직접적인 근거를 제시할 수는 없었다.

통계분석이 이루어진 다른 척도 중 유일하게 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이를 보인 것은 이명의 이환 기간이며( $p=0.006$ ) 이명주파수와 최대 난청주파수가 일치하지 않는 군이 이환 기간이 더 긴 것으로 나타났다. 또한 131명의 환자 중 이환 기간이 6개월 이내인 환자들을 대상으로 시행한 두 주파수 간의 상관관계 분석이 통계적으로 유의한 결과를 보였다( $p=0.008$ ).

이는 이환 기간이 짧은 즉, 비교적 최근에 이명이 발생한 환자 군은 상기 이론 및 난청과 이명 사이의 알려진 원인적 연관성을 근거로 예측한 바 처럼 최대 난청주파수와 이명주파수가 서로 연관성을 가지고 있다는 것으로 설명될 수 있다. 그리고 이명 주파수와 최대 난청 주파수가 다른 군 즉, 상대적으로 이명의 이환 기간이 길었던 환자 군에서는 시간

이 지나면서 청각중추의 가소성 및 재구성화가 진행됨에 따라 이명을 느끼는 주파수가 변화했을 것이라고 예상해 볼 수 있으며 또한 시간이 지나면서 두 주파수 간의 상관관계가 점점 약해졌을 것이라고 생각할 수 있다.<sup>4-6,17)</sup> 즉, 본 연구의 결과가 앞서 제시된 이명과 청력소실의 관계를 따르고 있으나, 시간이 흐름에 따라 청각중추의 가소성에 의하여 청각중추의 주파수별 대응(tonotopic frequency map)은 지속적으로 변화할 수 있다는 가정을 내릴 수 있다. 따라서 본 연구를 통하여 두 주파수 간의 관계에 대한 분석 및 예측에서 시간적인 변수를 고려해야 하며 앞서 제시되었던 두 가설에는 시간적 변수를 추가하여야 할 것을 제안할 수 있다. 추가하여, 두 주파수 간의 일치 여부를 통해 잔류억제의 정도를 예측할 수는 없었으므로 이환 기간 역시 잔류억제 정도의 예측인자가 될 수 없다는 것을 보여주고 있다.

이를 보다 명확히 하기 위해서 이명에 대한 증례별 분석 및 청력검사와 이명도, 이명 차폐치료를 이용한 장기적인 추적관찰 연구를 통해 이명 주파수의 변화 즉, 청각중추의 가소성에 따른 재구성화를 증명할 수 있으며, 이명 차폐치료 효과 즉, 잔류억제의 분석을 통하여 이에 대한 예측 인자를 알 수 있을 것이다.

## REFERENCES

- 1) Dobie RA. Depression and tinnitus. *Otolaryngol Clin North Am* 2003; 36(2):383-8.
- 2) Shulman A, Goldstein B. Subjective idiopathic tinnitus and palliative care: a plan for diagnosis and treatment. *Otolaryngol Clin North Am* 2009;42(1):15-37, vii.
- 3) Statistics Korea. Population and housing census;2005.
- 4) Eggermont JJ, Roberts LE. The neuroscience of tinnitus. *Trends Neurosci* 2004;27(11):676-82.
- 5) Herraiz C, Diges I, Cobo P, Aparicio JM. Cortical reorganisation and tinnitus: principles of auditory discrimination training for tinnitus management. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2009;266(1):9-16.
- 6) Neuman AC. Central auditory system plasticity and aural rehabilitation of adults. *J Rehabil Res Dev* 2005;42(4 Suppl 2):169-86.
- 7) Vernon JA, Meikle MB. Tinnitus: clinical measurement. *Otolaryngol Clin North Am* 2003;36(2):293-305, vi.
- 8) Norena A, Micheyl C, Chéry-Croze S, Collet L. Psychoacoustic characterization of the tinnitus spectrum: implications for the underlying mechanisms of tinnitus. *Audiol Neurotol* 2002;7(6):358-69.
- 9) Roberts LE. Residual inhibition. *Prog Brain Res* 2007;166:487-95.
- 10) Go EK, Lee SK, Kim HJ, Park SN, Park CW, Song JJ, et al. Practical manual of hearing test. 1<sup>st</sup> ed. Seoul, Korea: Hakjisa;2008. p.15-86.
- 11) Newman CW, Jacobson GP, Spitzer JB. Development of the Tinnitus Handicap Inventory. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1996;122(2):143-8.
- 12) Kim JH, Lee SY, Kim CH, Lim SL, Shin J, Chung WH, et al. Reliability and validity of a Korean adaptation of the Tinnitus Handicap Inventory. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2002;45(4):328-34.
- 13) Han BI, Lee HW, Kim TY, Lim JS, Shin KS. Tinnitus: characteristics, causes, mechanisms, and treatments. *J Clin Neurol* 2009;5(11):11-9.
- 14) Chon KM. Diagnosis and treatment of tinnitus. *J Clin Otolaryngol* 1996;7(2):326-39.
- 15) Folmer RL, Martin WH, Shi Y, Edlefsen LL. Tinnitus sound therapies. In: Tyler RS, editor. Tinnitus treatment. 1st ed. New York: Thieme;2006. p.176-86.
- 16) Searchfield GD. Hearing aids and tinnitus. In: Tyler RS, editor. Tinnitus treatment. 1st ed. New York: Thieme;2006. p.161-75.
- 17) Möller AR. Symptoms and signs caused by neural plasticity. *Neurol Res* 2001;23(6):565-72.