



Interaural Comparison of Auditory Brainstem Response in Unilateral Tinnitus Patients

Min Su Kang, Ji Eun Choi, Min Young Lee, and Jae Yun Jung

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Dankook University College of Medicine, Cheonan, Korea

일측 이명 환자에서의 청성뇌간반응 결과의 양이비교 분석

강민수 · 최지은 · 이민영 · 정재윤

단국대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

Received May 17, 2017

Revised June 28, 2017

Accepted July 12, 2017

Address for correspondence

Jae Yun Jung, MD

Department of Otorhinolaryngology-

Head and Neck Surgery,

Dankook University

College of Medicine,

201 Manghyang-ro, Dongnam-gu,

Cheonan 31116, Korea

Tel +82-41-550-3973

Fax +82-41-556-1090

E-mail jjkingy2k@gmail.com

Background and Objectives Tinnitus is a common symptom in otolaryngology. While there have been some animal studies of unique findings in auditory brainstem response (ABR), there have not been much reports related to ABR waves and tinnitus. Recently, some human studies have been reported on the specific characteristics of ABR wave in tinnitus patients. In this study, we compared waveform characteristics of the tinnitus ear with those of non-tinnitus ear in unilateral tinnitus patients.

Subjects and Method A retrospective review was carried out for 101 patients, who had been enrolled from January 2011 to April 2016 for the treatment of unilateral tinnitus. ABR parameters between the tinnitus ear and the normal ear were compared. The entire population was divided into two groups, a right tinnitus group and a left tinnitus group, and each group was compared interaurally.

Results Latency delay and amplitude differences were observed in the ipsilesional wave III, but the ratio differences were not significant. The right tinnitus patient group showed an increased amplitude but no latency delay in the wave III and V. The left tinnitus patient group showed a latency delay in the wave I, III, and V and a decreased amplitude difference in the wave III.

Conclusion When the ABR waveform of unilateral tinnitus patients were compared interaurally, different ABR characteristics were observed between the right and left tinnitus. This may raise the possibility of a different pathophysiologic mechanism between the right and left ear.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2018;61(3):127-32

Key Words ABR · Amplitude ratio · Unilateral tinnitus.

서론

이명(tinnitus)은 외부에서의 소리 자극이 없는 상태에서 청각 신호를 인식하는 증상으로 대부분은 다른 사람이 들을 수 없는 주관적 이명이다. 이명의 병태생리는 아직 확실히 규명된 바가 없으나, 국내에서 시행된 국민건강영양조사에 따르면 12세 이상의 인구 19.7%에서 이명을 경험한 적이 있고, 이 중

29.3%는 생활에 불편할 정도의 이명을 가지고 있다고 보고하였다.^{1,2)} 임상적으로 의미 있는 이명을 가진 환자 중 26.8%가 청력소실을 가지고 있으며,¹⁾ 주로 4, 6, 8 kHz의 고주파 영역의 청력소실과 관련이 있다.³⁾ 또한 청력소실이 있는 환자의 42.8%에서 이명을 호소하는 것으로 알려져 있다.⁴⁾

이명의 기원이 내이 유래의 말초성 질환인지, 뇌 중추신경계를 포함한 중추성 질환인지에 대한 구분은 명확하지 않으나, 이명의 병태생리를 설명하는 세포 기전의 기본적 이론에 의하면 청력소실에 의해 청신경 활성이 감소하여 중추 청각신경계의 억제성 신호가 차단되면, 중추 청각신경계의 신경 과활

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

성이 유발되어 이명이 발생한다고 설명할 수 있다.^{5,6)} 하지만 일부 환자들은 이명에도 불구하고 순음청력검사상 정상청력을 보여 환자 상담 시 이명의 병태생리를 이해시키는 데에 어려움이 따른다.^{7,8)}

과거 동물 실험을 통해 이명이 있는 경우 청성뇌간반응(auditory brainstem response, ABR)의 이상 소견이 확인되었고,⁹⁾ 최근 정상청력을 가진 이명 환자에서 청성뇌간반응의 V파 잠복기(wave V latency) 증가, V파/I파 진폭비(wave V/I amplitude ratio)의 증가 등이 보고되었다.²⁾ 하지만 연구 대상자의 수가 크지 않아 추가 연구가 필요하다.

본 연구에서는 충분한 연구 대상자의 수를 확보하기 위해 대조군을 따로 설정하지 아니하고, 편측 이명을 호소하는 환자들만을 대상으로 병변 측과 건 측의 청성뇌간반응을 비교하였다. 즉, 일측성 이명 환자에서 병변 측과 건 측 귀의 청성뇌간반응상 잠복기(latency), 진폭(amplitude), 진폭비(amplitude ratio) 등을 비교하였고, 이명의 방향(우측/좌측)에 따른 청성뇌간반응과 정상청력에서의 청성뇌간반응을 비교하였다.

대상 및 방법

대 상

2011년 1월부터 2016년 4월까지 일측 비박동성 이명을 주소로 단국대학교병원 이비인후과를 내원한 환자의 의무기록을 후향적으로 검토하였다. 이 중 다음의 선정기준 및 제외기준을 모두 만족시키는 101명을 대상으로 분석하였다. 선정기준은 1) 초진 시 순음청력검사, 이명도검사, 청성뇌간반응검사를 모두 한 달 이내 시행한 경우, 2) 1, 2, 4 kHz에서 골도-기도 청력 간 차이가 10 dB 이하인 경우, 3) 1, 2, 4 kHz에서 좌우의 청력 차이가 10 dB 이하인 경우이며, 제외기준은 청신경 종양의 감별을 위해, 청성뇌간반응검사상 V파 이간 잠복기 차이(interaural wave V latency difference)가 0.2 ms를 초과하는 경우로 하였다.¹⁰⁾

청성뇌간반응(Auditory brainstem response) 검사방법 및 측정지표¹¹⁾

청성뇌간유발 반응검사는 방음실에서 실시되었으며, Auditory evoked potential system, navigation Pro, Version 7.0.0 (Bio-logic[®] System Corp., Mundelein, IL, USA)를 이용해 검사가 진행되었다. 피검자는 양와위로 하고, 활동전극을 전두부에, 기준전극은 동측 이개에, 접지전극은 반대측 이개에 각각 부착하였다. 자극음은 초당 13.3회의 반복으로 교대상 클릭(click)음을 삽입형 이어폰(Bio-logic Insert Earphones 580-SINSE, natus, San Carlos, CA, USA)을 통해 90 dBn

HL의 강도로 주었고, 총 자극음의 횟수는 1000회로 하였다. 모든 전기저항은 5 k Ω 이하로 하되 항상 3 k Ω 이하를 유지하였다. 분석한 측정지표는 다음과 같다. 1) I파, III파, V파의 잠복기 및 진폭, 2) I-III파 간 및 III-V파 간 잠복기(wave I-III, wave III-V interpeak latency), 3) III파/I파 및 V파/I파 진폭비(wave III/I, wave V/I amplitude ratio). 본 연구에서의 진폭은 peak to trough 방법으로 측정하였다.

이명도검사(Tinnitogram)¹²⁾

이명도검사는 이명을 주소로 내원한 초진 시 시행하였다. 검사항목으로 이명주파수검사(tinnitus pitch matching), 강도검사(tinnitus loudness matching)를 실시한 후, 최소 차폐수준(minimal masking level)을 측정하였다. 그 외 환자에 따라 최소 차폐수준상 10 dB의 순음을 1분간 부하한 결과를 측정하여 잔류억제(residual inhibition)검사를 sensation level(dB)로 기록하였다.

통계 분석방법

통계 분석은 SPSS ver. 18.0 for Windows(PASW Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다. 이명의 방향에 따른 환자들의 인구학적 특성, 이명도검사(tinnitogram), 순음청력검사를 비교하기 위해 Independent t-test와 chi-square test를 사용하였다. 또한 병측과 검측 사이에 순음청력 역치를 비교하기 위해 paired t-test를 시행하였다.

청성뇌간반응 결과를 비교하기 위해 건 측과 병 측으로 나누어 paired t-test를 시행하였고, 분석 대상을 1) 전체 환자, 2) 좌측에만 이명이 있는 환자, 3) 우측에만 이명이 있는 환자, 4) 정상청력(250 Hz~8 kHz의 순음청력검사상 기도청력 역치가 모두 20 dB 이하)을 가진 이명 환자로 나누어 분석하였다. 모든 분석에 있어 p -value 0.05 이하인 경우를 의미 있는 차이로 간주하였다.

결 과

인구학적 특성 및 청각학적 특성

총 101명의 일측성 이명 환자의 평균 연령은 46.00 ± 16.42 세(11~82세)이며, 남자 43명, 여자 58명을 대상으로 분석하였다(Table 1). 이 중 순음청력검사상 전 주파수에서 정상청력인 자는 27명이었다. 이명도검사상 평균 이명주파수는 5.10 ± 3.15 kHz(0~9), 평균 이명강도는 6.17 ± 6.75 dB HL(-8~36), 평균 최소 차폐수준은 -0.15 ± 9.66 dB SL(-12~33)이었다. 전체 환자 중 이명의 방향이 우측인 경우는 43명, 좌측인 경우는 58명이었으며, 이명 방향에 따른 성별, 나이, 정상청력의 비율, 이

Table 1. Demographics and audiologic feature

	Total (n=101)	Rt. tinnitus (n=43)	Lt. tinnitus (n=58)	p-value
Demographics				
M:F ratio	0.74	0.59	0.87	0.417
Age (year)	46.00±16.42	45.16±16.29	46.62±16.62	0.661
Normal hearing	27 (26.70%)	15 (34.88%)	12 (20.68%)	0.119
Onset (month)	14.89±27.67	18.78±36.63	12.07±18.60	0.233
Tinnitogram				
Pitch (kHz)	5.10±3.15	5.24±3.13	4.98±3.20	0.711
Loudness (dB HL)	6.17±6.75	7.51±8.19	5.05±5.09	0.102
MML (dB SL)	-0.15±9.66	-0.90±8.31	0.51±10.79	0.556
Pure tone thresholds (dB)				
Ipsilesional 1 kHz		13.72±9.51	15.09±11.18	0.520
Ipsilesional 2 kHz		17.21±13.50	18.62±13.37	0.603
Ipsilesional 4 kHz		23.60±18.33	27.16±18.80	0.345
Contralesional 1 kHz		12.79±8.68	14.22±10.16	0.458
Contralesional 2 kHz		16.74±14.13	17.84±13.47	0.692
Contralesional 4 kHz		23.26±19.26	26.29±18.34	0.423

M: male, F: female, MML: minimal masking level, Rt.: right, Lt.: left

Table 2. Audiologic feature: pure tone audiometry

	Ipsilesional	Contralesional	p-value
A) All patient			
1 kHz	14.50±10.47	13.61±9.54	0.026
2 kHz	18.02±13.38	17.38±13.70	0.197
4 kHz	25.64±18.59	25.00±18.70	0.254
B) Right tinnitus group			
1 kHz	13.72±9.51	12.79±8.68	0.146
2 kHz	17.21±13.50	16.74±14.13	0.511
4 kHz	23.60±18.33	23.26±19.26	0.691
C) Left tinnitus group			
1 kHz	15.09±11.18	14.22±10.16	0.096
2 kHz	18.62±13.37	17.84±13.47	0.268
4 kHz	27.16±18.80	26.29±18.34	0.248

명 기간, 이명도검사, 순음청력검사에는 유의한 차이가 관찰되지 않았다(Table 1).

전체 환자를 대상으로 병변 측과 건 측의 순음청력을 비교했을 때, 1 kHz에서 평균 1 dB 미만으로 병변 측이 건 측보다 유의하게 역치가 낮았다($p=0.026$)(Table 2A). 하지만 그 외 주파수별(2 kHz와 4 kHz) 유의한 청력역치의 차이는 관찰되지 않았고, 우측 이명군과 좌측 이명군에서는 모든 주파수에서 병변 측과 건 측의 유의한 청력역치의 차이는 관찰되지 않았다(Table 2B and C).

전체 환자군의 청성뇌간반응 측정지표의 비교

전체 환자를 대상으로 병변 측과 건 측의 청성뇌간반응을 비교하였을 때, 건 측에 비해 병변 측의 III파 잠복기가 통계

Table 3. Auditory brainstem response parameters in all patient (n=101)

	Ipsilesional	Contralesional	Difference	p-value
Latency difference (ms)				
I	1.44±0.12	1.42±0.11	0.01±0.09	0.120
III	3.66±0.19	3.60±0.16	0.05±0.14	0.001
V	5.55±0.26	5.53±0.25	0.01±0.08	0.125
Interpeak latency (ms)				
I-III	2.21±0.17	2.17±0.16	0.03±0.15	0.014
III-V	1.89±0.18	1.92±0.19	-0.03±0.13	0.004
I-V	4.10±0.25	4.10±0.25	0.00±0.11	0.912
Amplitude difference (peak to trough) (μV)				
I	0.26±0.13	0.26±0.15	0.00±0.13	0.757
III	0.29±0.12	0.31±0.13	-0.02±0.12	0.038
V	0.49±0.17	0.48±0.17	0.01±0.17	0.512
III/I	1.45±1.17	1.66±1.60	-0.21±1.47	0.150
V/I	2.87±4.33	2.77±3.02	0.10±3.38	0.756

적으로 유의하게 지연되었다($p=0.001$)(Table 3). 통계적으로 병변 측에서 I-III파 간 잠복기의 유의한 지연이 관찰되고($p=0.014$)(Table 3), III-V파 간 잠복기의 유의한 단축이 관찰되었는데($p=0.004$)(Table 3), 이는 III파 잠복기의 지연에 기인하는 것으로 생각된다. 그 외 I파와 V파의 잠복기, I-V파 간 잠복기의 경우 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 진폭의 경우 건 측에 비해 병변 측에서 III파의 유의한 진폭의 감소가 관찰되었으나($p=0.038$)(Table 3), III파/I파 진폭비의 감소는 통계적으로 유의하지 않았다. 그 외 I파와 V파의 진폭에는 통계적인 차이가 관찰되지 않았다.

Table 4. Auditory brainstem response parameters in right tinnitus patient (n=43)

	Ipsilesional	Contralateral	Difference	p-value
Latency difference (ms)				
I	1.43±0.14	1.44±0.12	-0.01±0.08	0.189
III	3.62±0.17	3.63±0.15	0.00±0.11	0.716
V	5.54±0.23	5.55±0.20	-0.01±0.08	0.430
Interpeak latency (ms)				
I-III	2.19±0.14	2.18±0.15	0.11±0.10	0.499
III-V	1.91±0.18	1.91±0.15	0.00±0.12	0.808
I-V	4.11±0.22	4.10±0.21	0.00±0.11	0.700
Amplitude difference (peak to trough) (μV)				
I	0.28±0.12	0.26±0.16	0.02±0.15	0.326
III	0.34±0.13	0.30±0.13	0.04±0.11	0.018
V	0.55±0.20	0.47±0.16	0.08±0.16	0.001
III/I	1.49±1.22	1.58±1.28	-0.08±1.11	0.620
V/I	2.41±1.83	2.82±3.06	-0.41±3.06	0.385

Table 5. Auditory brainstem response parameters in left tinnitus patient (n=58)

	Ipsilesional	Contralateral	Difference	p-value
Latency difference (ms)				
I	1.45±0.10	1.41±0.11	0.03±0.09	0.003
III	3.68±0.20	3.58±0.16	0.09±0.15	0.000
V	5.55±0.27	5.55±0.28	0.03±0.08	0.006
Interpeak latency (ms)				
I-III	2.23±0.19	2.17±0.17	0.05±0.17	0.015
III-V	1.87±0.19	1.93±0.55	-0.06±0.13	0.001
I-V	4.10±0.27	4.11±0.27	0.00±0.11	0.646
Amplitude difference (peak to trough) (μV)				
I	0.24±0.13	0.26±0.14	-0.02±0.12	0.139
III	0.25±0.11	0.32±0.13	-0.07±0.10	0.000
V	0.44±0.13	0.49±0.17	-0.04±0.16	0.057
III/I	1.41±1.15	1.72±1.81	-0.30±1.69	0.172
V/I	3.22±5.49	2.73±3.02	0.48±3.57	0.304

우측 이명 환자군의 청성뇌간반응 측정지표의 비교

우측 이명 환자를 대상으로 병변 측과 건 측의 청성뇌간반응을 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 잠복기 지연 또는 단축은 관찰되지 않았다(Table 4). 진폭의 경우 건 측에 비해 병변 측의 III파, V파의 진폭이 통계적으로 유의하게 증가되었다(III파; $p=0.018$, V파; $p=0.001$). 하지만 III파/I파 진폭비와 V파/I파의 진폭비는 통계적으로 유의하게 증가하지 않았다(Table 4).

좌측 이명 환자군의 청성뇌간반응 측정지표의 비교

우측 이명 환자를 대상으로 병변 측과 건 측의 청성뇌간반응을 비교하였을 때, 통계적으로 건 측에 비해 병변 측의 잠복기 지연이 관찰되었으며, 이는 I파, III파, V파 모두에서 관

Table 6. Auditory brainstem response parameters in normal hearing tinnitus patient (n=27)

	Ipsilesional	Contralateral	Difference	p-value
Latency difference (ms)				
I	1.38±0.10	1.38±0.09	0.00±0.08	0.813
III	3.60±0.15	3.55±0.14	0.04±0.09	0.015
V	5.45±0.21	5.44±0.19	0.01±0.09	0.300
Interpeak latency (ms)				
I-III	2.22±0.12	2.17±0.14	0.04±0.09	0.023
III-V	1.85±0.15	1.88±0.13	-0.03±0.10	0.134
I-V	4.07±0.22	4.05±0.19	0.01±0.10	0.471
Amplitude difference (peak to trough) (μV)				
I	0.34±0.12	0.37±0.16	-0.02±0.15	0.358
III	0.35±0.13	0.37±0.14	-0.02±0.14	0.328
V	0.55±0.17	0.52±0.17	0.02±0.17	0.404
III/I	1.13±0.56	1.15±0.63	-0.02±0.86	0.865
V/I	1.86±1.10	1.77±1.23	0.09±1.52	0.751

찰되었다(I파; $p=0.003$, III파; $p<0.000$, V파; $p=0.006$)(Table 5). I-V파 간 잠복기는 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았으나, 병변 측에서 I-III파 간 잠복기의 지연이 관찰되고($p=0.015$), III-V파 간 잠복기의 단축이 관찰되어($p=0.001$) I파와 V파의 잠복기의 지연에 기인하는 것으로 생각된다(Table 5). 진폭의 경우, 건 측에 비해 병변 측 III파의 진폭이 유의하게 감소되었으나($p<0.000$), III파/I파 진폭비는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 5).

정상청력 이명 환자군의 청성뇌간반응 측정지표의 비교

정상청력을 가진 이명 환자를 대상으로 병변 측과 건 측의 청성뇌간반응을 비교하였을 때, 통계적으로 건 측에 비해 병변 측에서 III파의 잠복기 지연이 관찰되었다($p=0.015$)(Table 6). 또한 I-III파 간 잠복기에서도 병변 측의 유의한 지연이 관찰되었다($p=0.023$). 그 외에 I파와 V파의 잠복기 또한 진폭에서는 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 6).

고 찰

본 연구는 일측성 이명 환자를 대상으로 청성뇌간반응을 비교한 것으로, 병변 측과 건 측을 비교했을 때, 병변 측 III파의 잠복기 지연 및 진폭 감소를 관찰하였다(Table 3). 이는 250 Hz부터 8 kHz의 순음청력검사상 기도청력 역치가 모두 20 dB 이하인 정상청력을 지닌 이명 환자에서도 비슷한 소견이었으며, 병변 측 III파의 진폭은 건 측과 유의한 차이가 없었으나, 병변 측 III파의 잠복기 지연이 유의하게 관찰되었다(Table 6). 이명 환자에서 청성뇌간반응 결과의 이상 여부는 이전부터 많이 언급되어 왔던 부분이나, 이상 소견이 있는지,

정확히 어떠한 요소가 이상을 보이는지는 이견이 많다. 정상 청력을 보이는 17명의 주관적 이명 환자에서 청성뇌간반응의 이상 소견이 없었다는 연구에서부터,¹³⁾ 1~4 kHz의 청력을 정상인과 매칭하여 비교하였을 때 여성 이명 환자에서 I파의 잠복기 지연을 보고한 연구,¹⁴⁾ 순음청력검사상 500 Hz~8 kHz까지의 주파수에서 25 dB 이상의 청력 역치를 지닌 이명 환자와 정상인을 비교하여 이명 환자에서 I파, III파, V파의 지연을 보고한 연구,¹⁵⁾ 이명을 보이는 남성 환자를 정상 남성과 비교하였을 때, I파의 진폭 감소, V파의 진폭 증가 및 V파/I파의 진폭비의 증가를 보고한 연구²⁾ 정상청력을 보이는 이명 환자에서 I파의 진폭 감소를 보고한 연구¹⁶⁾ 등 다양하다.

이명의 발생기전에 대해 여러 논의가 있어 왔다. 청각신경(auditory nerve)에 문제가 발생하여 이로부터 이명이 초래될 가능성뿐만 아니라, 그보다 상위의 기관에서 이명이 초래될 가능성 또한 제기되었다. 신경차단술에도 호전되지 않는 이명이 존재한다는 점¹⁷⁾과 functional MRI상 이명 환자의 inferior colliculi의 반응이 증가했다는 연구¹⁸⁾가 이를 뒷받침한다. 본 연구에서 청신경종양을 감별하기 위해 V파 이간 잠복기 차이(interaural wave V latency difference)가 0.2 ms를 초과하는 경우 제외하였기 때문에 병 측 V파의 잠복기 지연은 관찰되지 않았으나, 전체 이명 환자군과 정상청력을 가진 이명 환자군에서 병 측 III파의 잠복기 지연이 관찰된 점을 미루어 볼 때, 청각신경보다 상위의 기관에서 이명의 병태생리에 관여함을 알 수 있다.

흥미롭게도 본 연구에서 이명의 방향에 따라 우측 이명 환자군과 좌측 이명 환자군으로 나누어 분석하였을 때, 청성뇌간반응 소견이 다르게 나타났다. 우측 이명 환자의 경우 병 측의 III파와 V파의 진폭이 건 측에 비해 유의하게 증가하였고(Table 4), 좌측 이명 환자의 경우 병 측 III파의 진폭은 건 측에 비해 오히려 감소되었고, 주로 I파와 III파의 잠복기 지연이 관찰되었다(Table 5). 사람의 청각 경로(auditory pathway)는 양측 모두에 존재하고, 동 측 및 반대 측으로 교차하게 되나, 기능상으로는 좌우가 비대칭이며, 대개의 경우 좌측 대뇌의 일차 청각 피질(primary auditory cortex)이 우세를 보이게 된다. 따라서, 본 연구에서 우측과 좌측 이명 환자의 청성뇌간반응 소견이 상이했던 점을 고려했을 때, 우측과 좌측 이명의 병태생리가 다를 수 있음을 시사할 수 있다. 다만 일측성 이명 환자의 청성뇌간반응에 관해 다른 기존 논문이 적어, 추후 후속연구를 통해 검증이 필요할 것이다.

우측 이명 환자에서 관찰된 병 측의 III파와 V파의 증가된 진폭 소견은 파형의 기원을 고려했을 때 뇌간 혹은 그 상위 기관의 과활성화와 관련 있을 것으로 생각할 수 있다. 이명의 시작은 말초신경계에서 시작될 수 있으나, 이명의 지속적

인 발생에 있어 중추신경계의 신경활성이 중요하다는 의견이 받아들여지고 있고,¹⁹⁾ 저하된 말초신경계의 기능저하에 대해 중추신경계의 과활성화가 일어난다는 가설이 제기되고 있다.²⁰⁾ 좌측 이명 환자에서 관찰된 I파와 III파의 잠복기 지연 및 III파의 진폭 감소 소견은 말초 청각 경로(peripheral auditory pathway)에서 지연이 두드러진 것으로 판단된다. 예를 들어 청각신경의 부분적 탈수초화(partial demyelination)가 존재한다면 잠복기 지연으로 나타날 수 있고, 지연된 신호들의 합선전송(ephapic transmission)으로 인해 III파의 진폭 감소 및 이명이 발생될 수 있다.²¹⁾

본 연구에서 일측성 이명 환자를 대상으로 청성뇌간반응을 비교하여, 중추신경계의 변화 소견을 확인하였고, 이명의 병태생리가 이명의 방향에 따라 다를 수 있음을 시사하였다. 하지만 뇌 자기공명영상을 시행하여 청신경종양을 감별하지 못하였고, 이명의 특성을 보정하지 않고 분석한 제한점이 있다. 따라서 추후 이명의 방향에 따른 병태생리를 알아보기 위해 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Park GY, Choi JE, Cho YS. Traumatic ossicular disruption with isolated fracture of the stapes suprastructure: comparison with incudostapedial joint dislocation. *Acta Otolaryngol* 2014;134(12):1225-30.
- 2) Gu JW, Herrmann BS, Levine RA, Melcher JR. Brainstem auditory evoked potentials suggest a role for the ventral cochlear nucleus in tinnitus. *J Assoc Res Otolaryngol* 2012;13(6):819-33.
- 3) Davis AC. The prevalence of hearing impairment and reported hearing disability among adults in Great Britain. *Int J Epidemiol* 1989;18(4):911-7.
- 4) Joo YH, Han KD, Park KH. Association of hearing loss and tinnitus with health-related quality of life: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *PLoS One* 2015;10(6):e0131247.
- 5) Kral A, Majernik V. On lateral inhibition in the auditory system. *Gen Physiol Biophys* 1996;15(2):109-27.
- 6) Brozoski TJ, Spire TJ, Bauer CA. Vigabatrin, a GABA transaminase inhibitor, reversibly eliminates tinnitus in an animal model. *J Assoc Res Otolaryngol* 2007;8(1):105-18.
- 7) Yoo SY, Kim TS, Moon IS, Park SN, Shin JE, Lee HK, et al. Current Trends in the Treatment of Subjective Tinnitus at University Hospitals in Korea. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2013;56(5):266-77.
- 8) Chang J, Kim TS, Nam EC, Moon IS, Park MK, Park SN, et al. Current trends in the assessment of patients with tinnitus and the proposal of tinnitus assessment in Korea. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2014;57(10):671-86.
- 9) Dehmel S, Eisinger D, Shore SE. Gap prepulse inhibition and auditory brainstem-evoked potentials as objective measures for tinnitus in guinea pigs. *Front Syst Neurosci* 2012;6:42.
- 10) Godey B, Morandi X, Beust L, Brassier G, Bourdinière J. Sensitivity of auditory brainstem response in acoustic neuroma screening. *Acta Otolaryngol* 1998;118(4):501-4.
- 11) Kim CS, Jun SH, Kim LS, Kim HK. Clinical study on auditory brainstem response. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 1985;28(3):279-83.
- 12) Moon IH, Lee KS, Han YH, Sung JY, Choi IS, Park JY, et al. Tinnitus masking effects using various kinds of sound and music. *Korean J*

- Otolaryngol-Head Neck Surg 1999;42(2):173-83.
- 13) Barnea G, Attias J, Gold S, Shahar A. Tinnitus with normal hearing sensitivity: extended high-frequency audiometry and auditory-nerve brain-stem-evoked responses. *Audiology* 1990;29(1):36-45.
- 14) Ikner CL, Hassen AH. The effect of tinnitus on ABR latencies. *Ear Hear* 1990;11(1):16-20.
- 15) Kehrle HM, Granjeiro RC, Sampaio AL, Bezerra R, Almeida VF, Oliveira CA. Comparison of auditory brainstem response results in normal-hearing patients with and without tinnitus. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;134(6):647-51.
- 16) Schaette R, McAlpine D. Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model. *J Neurosci* 2011;31(38):13452-7.
- 17) Brackmann DE, Barrs DM. Assessing recovery of facial function following acoustic neuroma surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1984;92(1):88-93.
- 18) Lanting CP, De Kleine E, Bartels H, Van Dijk P. Functional imaging of unilateral tinnitus using fMRI. *Acta Otolaryngol* 2008;128(4):415-21.
- 19) Jung DJ, Lee KY. Mechanism of tinnitus generation. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2014;57(6):357-63.
- 20) Noreña AJ. An integrative model of tinnitus based on a central gain controlling neural sensitivity. *Neurosci Biobehav Rev* 2011;35(5):1089-109.
- 21) Lenarz T, Schreiner C, Snyder RL, Ernst A. Neural mechanisms of tinnitus. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1993;249(8):441-6.