

정상청력인 이명 환자에서의 청성뇌간반응 검사

인제대학교 의과대학 부산백병원 이비인후-두경부외과학교실

박우길 · 이여명 · 허경욱 · 김재룡

Auditory Brainstem Response in Normal Hearing Patients with Tinnitus

Woo Kil Park, MD, Yeo Myung Lee, MD, Kyung Wook Heo, MD, PhD and Jae-Ryong Kim, MD, PhD

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

— ABSTRACT —

Background : The aim of our study is to evaluate the auditory nerve and auditory brainstem function of the normal hearing individuals with tinnitus and without tinnitus using auditory brainstem response (ABR). **Methods** : Twenty three individuals with tinnitus (study group) and 23 without tinnitus (control group) were participated in the study. The ABR parameters [latency of waves I, III, V; interpeak intervals I-III, III-V, I-V; amplitude of wave I, III, V; amplitude ratio between wave V and I (V/I), wave III and I (III/I)] were compared between two groups. **Results** : The ABR results from the normal-hearing individuals with and without tinnitus were within normal limits. However, the study group showed the tendency of prolongation in latencies of waves I, III, V; interpeak interval of I-III, III-V, I-V, even though it was not statistically significant. In addition, the amplitude of wave V and V/I amplitude ratio in the study group were significantly larger than those in the control group. **Conclusions** : Our results suggest that the origin of tinnitus in normal hearing can be auditory brainstem, even though more investigations are needed. Therefore, ABR might contribute to the workup of normal hearing patients with tinnitus. (J Clinical Otolaryngol 2015;26:202-207)

KEY WORDS : Tinnitus · Auditory brainstem response.

서 론

이명은 외부의 소리 자극 없이 소리를 느끼는 것으로, 지금까지 이명의 원인과 병태생리 및 치료법에 대해서 많은 연구가 이루어졌으나 현재까지 명확한 기전이 밝

혀지지 않고 다양한 이론들이 제시되고 있으며, 아직까지 확립된 기준의 치료법이 없다. 이명의 크기와 환자의 불편감 정도는 직접적으로 연관 되지 않아 이명 환자는 다양한 불편감을 호소한다. 예를 들어 큰 소리에도 불편감을 거의 느끼지 않는 환자가 있는 반면, 작은 소리라도 불안과 집중력 장애, 수면의 질 저하 및 우울증이 생기는 경우도 있다.¹⁾

이명에 대한 유병률 조사는 조사기관과 나라마다 다양하지만, 2010년 미국의 성인 14,178명을 대상으로 시행한 유병률 조사에서 미국 성인의 25.3%가 이명을 경험한 적이 있었으며,²⁾ 2008년 국내에서 4,930명을 대상으로 시행한 국가건강영양조사에 의하면 20.27%의 성인이

논문접수일 : 2015년 8월 17일

논문수정일 : 2015년 11월 3일

심사완료일 : 2015년 11월 23일

교신저자 : 김재룡, 47392 부산광역시 부산진구 복지로 75 인제대학교 의과대학 부산백병원 이비인후-두경부외과학교실
전화 : (051) 890-6379 · 전송 : (051) 892-3831

E-mail : jrkim53@hanmail.net

이명을 호소하였고, 이중 60세 이상 인구에서는 32%에서 이명을 경험한 적이 있다고 하였다.³⁾

또 다른 연구에 따르면, 약 85%의 이명 환자는 청력감소를 동반하였고,⁴⁾ 10~15%는 250 Hz에서 8,000 Hz까지의 순음청력검사에서 정상소견으로 확인되었다.^{5,6)} 하지만, 대부분의 이명은 청력감소와 동반되어 발생함으로 인해 이명이 외유모 세포의 변화 등 말초 청각 기관의 문제로 인한 것이라는 이론이 오랜 기간 동안 받아들여져 왔다.^{7,8)} 이에 반해, House 등⁹⁾은 이명 환자에서 청신경 절단 이후에도 이명이 지속된다는 보고를 하였고, 이후 이명의 원인에 대해서 청각 신경이상의 전달로와 중추 신경계의 역할 및 영향 등에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

청성뇌간반응 검사는 청각 전달경로에 대한 신경 활동의 평가와 비정상적인 신경 활동을 식별하는데 유용한 검사이다. 소리 자극을 주었을 때 청신경 말단에서 유발된 활동 전위가 대뇌 청각 피질까지 전달되어 소리를 인지하게 되는데, 이러한 일련의 자극 중 청신경에서 뇌간에 이르는 청각 전달경로에서 발생하는 전위를 기록한 것이 청성뇌간반응 검사로,¹⁰⁾ 이는 이명 환자의 평가에 있어서 청각 전달경로의 부위별 이상 여부를 객관적으로 평가하여 이명의 원인을 감별하는데 있어서 도움이 될 수 있다.

외국의 경우 청성뇌간반응 검사를 통해 정상청력인 이명 환자에 대한 평가를 다룬 연구들이 있었으나, 국내에서는 정상청력의 이명 환자에서 청성뇌간반응 검사를 시행한 연구가 이루어지지 않았고, 이전 외국의 연구에서도 각각 다양한 결과를 통해 다양한 해석이 이루어지고 있어 본 연구를 진행하게 되었다.

대상 및 방법

대 상

2013년 5월부터 2015년 2월까지 이명을 주소로 내원한 환자를 대상으로 하였다. 환자군은 주관적 이명을 호소하는 환자 중 순음 청력검사를 시행하여 250 Hz에서 8,000 Hz의 모든 주파수에서 25 데시벨 이내의 정상 청력 소견이 확인 된 23명을 대상으로 후향적으로 의무기록을 분석하였다. 이명 환자군은 5명의 남자와 18명의

여자로 나이는 19~64세(평균 35.4세, 표준편차 13.2세)로 구성되었다. 일측성 환자군은 12명, 양측성 환자군은 11명으로 이명이 있는 34개의 귀를 대상으로 연구를 진행하였다. 대조군은 이명이 없고 청력에 이상이 없는 사람을 모집한 후 순음 청력검사를 시행하였다. 대조군 역시 250 Hz에서 8,000 Hz의 모든 주파수에서 25 데시벨 이내의 정상 청력 소견이 확인 된 사람을 환자군과 동일하게 23명으로 선정하고, 성별과 나이를 환자군과 유사하게 22~50세(평균 31.1세, 표준편차 8.1세)인 5명의 남자와 18명의 여자로 선별하였다. 청력검사는 순음청력검사기(Interacoustics Ltd., eclipse, Drejervaenget, Denmark)를 사용하였다.

이명 환자군과 대조군은 이비인후과 이학적 검사상 이상이 없고, 임피던스 고막 검사상 A 소견을 보이는 경우 대상으로 하였고, 이전에 중이염 등의 이과적 질환을 앓았거나, 귀 관련 수술 과거력이 있는 사람, 소음에 자주 노출되는 사람, 청각적 외상을 받은 사람, 메니에르 질환이나 돌발성 난청의 과거력이 있는 사람, 심혈관 질환 및 신경학적 질환을 가진 사람은 대상자에서 제외하였다. 본 연구는 인제대학교 부산백병원 의생명 연구 윤리 심의 위원회의 심사 및 승인을 받은 후 진행 되었다.

방 법

청성뇌간반응 검사는 유발성 전위 검사기(Interacoustics Ltd., eclipse, Drejervaenget, Denmark)를 사용하였다. 환자의 전두정중부에 활성전극을 부착하였고, 기준전극을 검사측 유양돌기에, 접지전극은 반대측 유양돌기에 부착하였다. 클릭음(click)을 이용하여 초당 11.3회의 자극 빈도를 주었으며, 자극음의 극성은 교대상(alternating polarity)을 사용하였다. 필터는 100~3,000 Hz의 주파수 대역통과 필터를 사용하였고, 1,000회 이상 평균 가산하여 유발전위를 기록하였다. 삽입형 이어폰을 사용할 경우 클릭음의 양이감쇄는 약 65 dB 정도로 기도 청성뇌간반응 검사시 차폐가 필요하지 않기 때문에 반대측의 차폐(masking)는 시행하지 않았다.

청성뇌간반응 검사의 결과는 I, III, V파를 명확히 볼 수 있는 90 dB nHL에서 I, III, V파 잠복기(latency)와 I-III, III-V, I-V파간 잠복기(interpeak latency), I, III, V파 진폭(amplitude), 그리고 V파 진폭을 I파 진폭으로 나

누어 계산되는 V/I 진폭비와, III과 진폭을 I과 진폭으로 나누어 계산되는 III/I 진폭비를 구하여 분석하였다.

통 계

Commercial software IBM SPSS Statistics version 21.0(IBM, Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였으며, 환자군과 대조군의 성별과 연령은 Mann Whitney U-test를 시행하였고, 청성뇌간반응 검사 결과 비교는 independent sample t-test를 시행하였다. p value는 0.05이하일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

환자군과 대조군 모두에서 청성뇌간반응을 기록하였으며, Fig. 1은 각 군에서의 대표적인 파형을 보여준다.

성별과 연령 비교

환자군과 대조군의 성별 및 연령은 유의한 차이가 없

었다($p > 0.05$).

잠복기 비교

환자군과 대조군 모두 I, III, V파 잠복기는 정상이었다. I파 잠복기의 경우, 환자군은 평균 1.38 ms(표준편차: 0.12), 대조군은 평균 1.34 ms(표준편차 : 0.13)였고, III파 잠복기의 경우, 환자군은 평균 3.48 ms(표준편차 : 0.23), 대조군은 평균 3.43 ms(표준편차 : 0.21)였으며, V 파 잠복기의 경우 환자군은 평균 5.38 ms(표준편차 : 0.26), 대조군은 평균 5.36 ms(표준편차 : 0.24)였다. 따라서, 환자군에서 대조군에 비해 I, III, V파 잠복기가 약간 연장된 소견을 볼 수 있으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p > 0.05$) (Table 1).

파간 잠복기 비교

환자군과 대조군 모두 I-III, III-V, I-V파간 잠복기는 정상이었다. I-III파간 잠복기에서 환자군은 평균 2.18 ms(표준편차: 0.25), 대조군은 평균 2.10 ms(표준편차 :

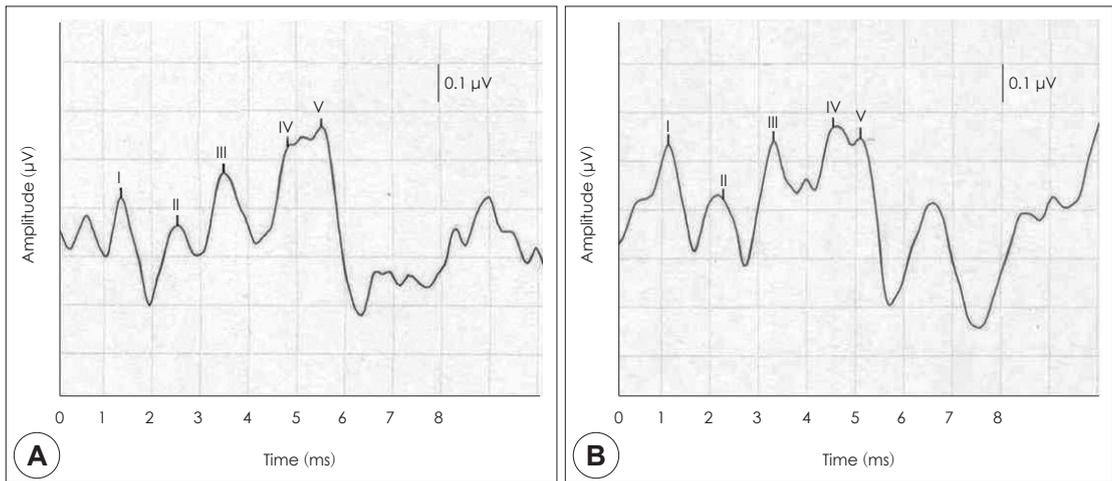


Fig. 1. The typical ABR waveforms recorded in normal hearing individuals with tinnitus (A) and without tinnitus (B). A : The ABR waveform with latencies of I (1.37 ms), III (3.5 ms), V (5.53 ms) and amplitudes of I (0.22 µV), III (0.15 µV), V (0.39 µV). B : The ABR waveform with latencies of I (1.13 ms), III (3.3 ms), V (5.1 ms) and amplitudes of I (0.21 µV), III (0.11 µV), V (0.35 µV).

Table 1. Comparison of the latencies of waves I, III, V between the study and the control group

Variables	Study group			Control group			p value
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
I Latency (ms)	32	1.3759	.1243	46	1.3387	.1311	.211
III Latency (ms)	33	3.4794	.2320	46	3.4315	.2079	.075
V Latency (ms)	33	5.3812	.2633	46	5.3576	.2400	.680

0.17)였고, III-V파간 잠복기에서 환자군은 평균 1.89 ms(표준편차 : 0.19), 대조군은 평균 1.80 ms(표준편차 : 0.16)였으며, I-V파간 잠복기에서 환자군은 평균 4.00 ms(표준편차 : 0.25), 대조군은 평균 3.95 ms였다. 환자군은 대조군에 비해 파간 잠복기의 연장 소견을 보이나 통계적으로 유의하지 않았다($p>0.05$)(Table 2).

진폭과 진폭비 비교(Table 3)

I파의 진폭에서 환자군은 평균 0.32 μV (표준편차 : 0.10)로 대조군의 평균 0.34 μV (표준편차 : 0.09)에 비해서 감소된 소견이 보이나 통계적으로 유의하지 않았다 ($p>0.05$). III파의 진폭은 환자군에서 평균 0.35 μV (표준편차 : 0.12)로 대조군의 평균 0.33 μV (표준편차 : 0.11)에 비해서 증가된 소견을 보이나 통계학적으로 유의하지 않았다($p>0.05$). 하지만, V파의 진폭은 환자군에서 평균 0.59 μV (표준편차 : 0.18)로 대조군의 평균 0.52 μV (표준편차 : 0.15)에 비해서 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

III/I 진폭비의 경우 환자군은 평균 1.13(표준편차: 0.54)으로 대조군의 평균 1.07(표준편차 : 0.39)에 비해서 증가된 소견이 보이나 통계적으로 유의하지 않았다($p>0.05$). 하지만, V/I 진폭비는 환자군이 평균 1.98(표준편차 : 0.78)로 대조군의 평균 1.62(표준편차 : 0.60)에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

고 찰

이명의 원인으로 말초 청각계의 이상, 중추 청각신경계의 이상, 또는 말초 청각계와 중추 청각신경계의 복합적 이상 및 청각 신경 전달로의 이상이 제시되고 있다. 초기 연구에서는 말초 청각계의 원인을 강조했으나, 최근 연구에서는 후 미로와 청각 신경 전달로, 중추 신경계의 중요성을 강조하고 있으며,^{11,12)} 청각 전달로에서의 자발적 과반응이나, 중추 청각신경계의 억제와 흥분을 담당하는 전달계의 불균형, 중추 청각신경계의 억제 역할의 하향 조절, 말초 청각계에서 발생한 이명으로 인한 중추 청각신경계의 과활성 등에 의해서 이명이 지속된다는 이론이 널리 받아들여지고 있다.^{13,27)} 이명 환자에서 자기공명영상 검사 등을 통해 뇌혈관성 병변이나 중양학적 원인 감별뿐만 아니라 기능적 자기공명영상 검사를 통해 청신경과 뇌간, 대뇌 영역에서의 자발적 신경 활성의 증가를 확인하는 연구도 이루어지고 있으나,¹⁴⁻¹⁷⁾ 청성뇌간반응 검사는 말초 기관에서 하구(inferior colliculus)까지 연속되는 청각 신경 전달로의 신경 활동을 평가한다는 점에 있어서 연속성을 확인할 수 없는 기능적 자기공명영상에 비해서 장점이 있다.

청성뇌간반응 검사상 I파는 청신경에서 발생하며, III 파는 와우핵(cochlear nucleus)에서, V파는 하구로 가는

Table 2. Comparison of the interpeak latencies of I-III, III-V, I-V between the study and the control group

Variables	Study group			Control group			p value
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
I-III Interval (ms)	32	2.1781	.2509	46	2.0961	.1747	.092
III-V Interval (ms)	33	1.8939	.1932	46	1.8027	.1559	.076
I-V Interval (ms)	32	3.9966	.2472	46	3.9530	.4497	.621

Table 3. Comparison of the amplitudes of wave I, III, V, amplitude ratios between waves V and I (V/I), III and I (III/I) between the study and the control group

Variables	Study group			Control group			p value
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
I Amplitude (μV)	32	.3243	.1027	46	.3355	.0900	.610
III Amplitude (μV)	33	.3465	.1162	46	.3333	.1112	.611
V Amplitude (μV)	33	.5937	.1767	46	.5157	.1480	.037*
V/I Ratio	32	1.9839	.7826	46	1.6198	.5929	.022*
III/I Ratio	33	1.1302	.5446	46	1.0739	.3932	.597

* : $p<0.5$

외측 슬상체(lateral lemniscus)에서 발생한다.¹⁸⁻²¹⁾ 정상 청력을 가진 이명환자에 대한 청성뇌간반응 연구에서 Lemaire와 Beuter²²⁾는 이명환자에서 I 파의 잠복기가 의미 있게 연장됨을 보여주었고, Kehler 등²³⁾은 I, III, V파 잠복기가 연장됨을 보고하였으며, I파 잠복기의 연장은 코르티 기관의 시냅스가 더디게 진행되는 것을 의미하거나, 일차 청각 신경세포의 신경 전도 속도의 감소, 또는 순음청력검사에서 시행되지 않은 8,000 Hz 이상의 영역에서의 감각신경성 난청을 의미할 수 있다고 제시하였다. Moller 등,²⁴⁾ Ikner와 Hassen²⁵⁾과 Rosenhall과 Axelsson²⁶⁾의 연구에서는 III-V파간 잠복기가 연장됨을 보여주었고, 이는 뇌간으로의 신경 전도 시간의 증가를 의미한다고 하였다. 하지만, 본 연구에서는 Nemati 등¹¹⁾의 연구에서처럼 환자군에서 대조군에 비해 I, III, V파 잠복기와 I-III, III-V, I-V파간 잠복기가 연장된 소견이 보이나 통계적으로 유의하지는 않았다.

청성뇌간반응에서 진폭의 측정은 잠복기의 측정에 비해 검사간 다양성으로 인해 임상에서 제한적으로 사용되고 있다.²³⁾ 하지만 진폭의 측정은 특정 청각 경로에서의 신경 반응이 증가되었는지를 보는데 유용할 수 있다.¹¹⁾ 따라서, 본 연구에서는 I, III, V파의 진폭을 측정하였고, 이에 더해, III/I 진폭비와 V/I 진폭비도 계산하였다. 청각 신경 전달로는 청신경에서부터 신경을 따라 연속되기 때문에 청신경의 손상에 의한 활동성 감소가 이후의 뇌간으로 가는 경로에 영향을 줄 수 있는데, 이러한 영향을 고려하는데 III/I 또는 V/I 진폭비의 측정은 도움이 될 수 있다.^{18,23)} Kehler 등²³⁾의 연구에서는 정상 청력의 이명 환자에서 V/I 진폭비가 증가하였으며, Gu 등¹⁸⁾은 I파 진폭의 감소, V파 진폭의 증가, 그리고 V/I 진폭비와 III/I 진폭비가 증가한다고 하였고, I파 진폭의 감소는 청신경 활동의 감소, V파 진폭의 증가는 하구로 향하는 청각 신호의 증가를 의미하며, III/I 진폭비와 V/I 진폭비의 증가는 청신경 활동의 감소와 더불어 와우핵 내의 spherical bushy cell 경로에서의 신경 활동 증가를 의미한다고 하였다. Nemati 등¹¹⁾도 I파 진폭의 감소와 V파 진폭의 증가를 유의하지는 않으나 관찰하였고, V/I 진폭비는 유의하게 증가되었다고 보고하였다. 또한 그들은 I 파의 진폭 감소가 청력감소를 일으키지 않는 정도의 청신경이나 내유모세포 손상으로 인한 것일 수 있다고 하

였고, V/I 진폭비의 증가는 정상 청력에서의 이명 발생에 있어 청각 전달계 중 뇌간에서의 신경 활동의 자발적 증가를 가능성으로 제시하였다. 본 연구에서는 환자군에서 V파 진폭과 V/I 진폭비가 의미 있게 증가하였으며, 통계적으로 유의하지 않았으나 I파 진폭이 환자군에서 약간 감소하였고, III파와 III/I 진폭비가 환자군에서 증가되었다. 따라서 정상청력을 가진 이명환자에서의 이명은 뇌간, 특히 하구로 향하는 외측 슬상체에서의 신경 활동 증가가 그 원인인 것으로 사료되며, 통계적으로 유의성이 검증되지 않은 결과지만, 본 연구에서의 I파 진폭의 감소 및 III파 진폭의 증가 등도 후후 이명의 발생원인을 찾는 데 도움이 될 수 있는 소견이 될 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 청성뇌간반응 검사는 정상청력의 환자에서 이명을 평가하는데 유용한 검사가 될 수 있을 것으로 생각되며, 좀 더 많은 환자들에서의 추가적인 연구를 하게 된다면 말초 청각 기관 및 청각 신경 전달계의 복합적 원인을 규명하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

중심 단어 : 이명 · 청성뇌간반응.

This work was supported by Grant from Inje University, 2011.

REFERENCES

- 1) Chang JW, 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.
- 2) Shargordsky J, Curhan GC, Farwell WR. Prevalence and characteristics of tinnitus among US adult. *AM J Med* 2010; 123(8):711-8.
- 3) Cho YS, Choi SH, Park KH, Park HJ, Kim JW, Moon IJ, et al. Prevalence of otolaryngologic disease in south Korea: data from the Korea national health and nutrition examination survey 2008. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2010;3(4):183-93.
- 4) Simps JJ, Davies WE. A review of evidence in support of a role for 5-HT in the perception of tinnitus. *Hear Res* 2000; 145(1-2):1-7.
- 5) Axelsson A, Ringdahl A. Tinnitus: a study of its prevalence and characteristics. *Br J Audiol* 1989;23(1):53-62.
- 6) Nicolas-Peul C, Faulconbridge RL, Guitton M. Characteristics of tinnitus and etiology of associated hearing loss: a study of 123 patients. *Inter Tin J* 2002;8(1):37-44.
- 7) Tonndorf J. Stereocilia dysfunction, a cause of sensory hearing loss, recruitment, poor speech discrimination and tinnitus. *Acta Otolaryngol* 1981;91(5-6):469-79.

- 8) Jastreboff PJ. *Phantom auditory perception (tinnitus): mechanisms of generation and perception. Neurosci Res* 1990; 8(4):221-54.
- 9) House JW, Brackmann DE. *Tinnitus: surgical treatment. Ciba Found Symp* 1981;85:204-16.
- 10) Kim LS, Jeong SW. *Hearing threshold prediction using auditory brainstem response and auditory steady-state response in infants and young children. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2011;54(9):592-602.
- 11) Nemati S, Habibi AF, Panahi R, Pastadast M. *Cochlear and brainstem audiologic findings in normal hearing tinnitus subjects in comparison with non-tinnitus control group. Acta Medica Iranica* 2014;52(11):822-6.
- 12) Maruizi M, Ottaviani F, Paludetti G, Almadori G, Tassoni A. *Contribution to the differentiation of peripheral versus central tinnitus via auditory brain stem response evaluation. Audiology* 1985;24(3):207-16.
- 13) Jung DJ, Lee KY. *Mechanism of tinnitus generation. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2014;57(6):357-63.
- 14) Ami M, Abdullah A, Awang MA, Liyab B, Saim L. *Relation of distortion product otoacoustic emission with tinnitus. Laryngoscope* 2008;118(4):712-7.
- 15) Park CW, Ahn KS, Lee SH, Yu YH, Cho SH. *Clinical study with objective methods in tinnitus patients. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 1999;42(6):695-9.
- 16) Berrettini S, Ravercca F, Rousso F, Bruschini P, Sellari-Franceschini S. *Some uncharacteristic clinical signs and symptoms of acoustic neuroma. J Otolaryngol* 1997;26(2):97-103.
- 17) Lanting CP, De Kleine E, Bartels H, Van Dijk P. *Functional imaging of unilateral tinnitus using fMRI. Acta Otolaryngol* 2008;128(4):415-21.
- 18) 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* 2013;13(6):819-33.
- 19) Adams JC. *Neuronal morphology in the human cochlear nucleus. Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1986;112(12):1253-61.
- 20) Fullerton BC, Levine RA, Hosford-Dunn HL, Kiang NY. *Comparison of cat and human brain stem auditory evoked potentials. Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1987;66(6):547-70.
- 21) Melcher JR, Kiang NY. *Generators of the brainstem auditory evoked potential in cat III Identified cell population. Hear Res* 1996;93(1-2):52-71.
- 22) Lemaire MC, Beutter P. *Brainstem auditory evoked responses in patients with tinnitus. Audiology* 1995;34(6):287-300.
- 23) Kehrlle 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.
- 24) Moller AR, Jannetta PJ. *Evoked potentials from the inferior colliculus in man. Electroencephalogy Clin Neurophysiol* 1992;53(6):612-20.
- 25) Ikner CL, Hassen AH. *The effect of tinnitus on ABR latencies. Ear Hear* 1990;11(1):16-20.
- 26) Rosenhall U, Axelsson A. *Auditory brainstem response latencies in patients with tinnitus. Scand Audiol* 1995;24(2):97-100.
- 27) Lee SC. *Brainstem evoked response audiometry and acoustic reflex in high frequency hearing loss. J Clinical Otolaryngol* 1993;4(2):282-92.