

이명의 청각학적 진단

인제대학교 의과대학 해운대백병원 이비인후과학교실

백 무 진

Audiologic Evaluation of Tinnitus

Moo-Jin Baek, MD, PhD

Department of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, Inje University, Haeundae Paik Hospital, Busan, Korea

주관적인 이명은 병인, 경과 등 아직까지 밝혀지지 않은 부분이 많고 치료법 개발 노력이 계속되고 있지만 현재까지는 어느 정도 완화(relief) 시키기는 할 수 있지만 완치(cure) 할 수 없는 질환 중의 하나이다. 이명의 기전에 대한 연구 결과들이 효과적인 치료법을 개발하는데 중요하고 아울러 이명을 객관적으로 평가할 수 있는 검사법이 필요하다. 이를 통해 환자의 주관적인 이명의 특성을 파악하고, 결과에 따라 치료를 시작할 것인지 혹은 어떤 치료 방법을 선택 할 것 인지를 결정하고, 이후 치료에 대한 효과를 정량적으로 비교 할 수 있다.¹⁾ 또한 표준화되고 정량화된 이명 검사법에 의한 기록은 다른 연구자들의 경험으로부터 보다 나은 점을 배울 수 있고, 임상인들의 판단 기준을 공유하여 모두에게 도움이 될 수 있다.

이명의 객관적인 평가방법은 1931년 Josephson 및 Wegel이 처음 시도한 것으로 알려져 있고 이 방법이 현재의 pitch match 검사법의 기초가 되었다.^{2,3)} 1960년대에 Reed, Graham과 Newby의 임상 응용에 관한 보고가 있으나 보고자마다 측정방법이 다양하여 결과를 동일한 기준으로 검토하기 어려웠다.^{4,5)} 일본에서는 1981년부터 이명검사 표준화 연구가 시작되어 1984년 '표준이명검사법 1984'가 완성되었고 1993년 '표준이명

검사법 1993'으로 개정되었다. 우리나라에서는 이명에 관한 기준이 없고 연구자가 인용하는 자료에 따라 다른 실정이다.

현재까지의 이명 검사법은 증상을 정량화할 수 있는 방법들이 고안되어 널리 사용되고 있지만 모든 검사들이 환자의 협조를 바탕으로 한다. 그래서 아직까지 객관적인 검사는 존재하지 않는다. 따라서 환자가 자신의 이명을 과장하거나 속이는 경우는 이를 확인할 방법은 없다. 객관적인 청력검사가 임상에서 유용하게 사용되고 있듯이 객관적인 이명검사의 개발이 반드시 필요하며 이에 대한 연구가 진행되고 있다.⁶⁾

본 장에서는 주관적 이명과 관련된 여러 검사 중 임상에서 가장 중요한 청력기기를 이용한 검사에 대한 간략한 방법과 이에 대한 연구 결과들을 알아보자 한다.

청력검사(Audiometric Evaluation)

이명의 검사에서 청력검사는 매우 중요한 부분이다. 난청의 유무와 정도 파악, 청력의 개선 가능한 전음성 난청이 있는지, 미로성 혹은 후미로성 등 난청의 유형을 확인하기 위하여 시행한다. 검사는 기도 및 골도 순음청력 검사, 어음청력검사, 임피던스 청력검사, 이음향방사검사 등이 포함되어야 한다. 또한 일측성의 고음역 난청이 있고 어음 명료도가 낮은 경우는 후미로성 병변을 의심할 수 있는 경우는 ABR을 시행한다.⁷⁻¹⁰⁾ 이러한 검사상 이상 소견이 발견되면 MRI, PET, SPECT 같은 영상학

교신저자 : 백무진, 612-862 부산광역시 해운대구 좌동 1435 인제대학교 의과대학 해운대백병원 이비인후과학교실
전화 : (051) 797-0636 · 전송 : (051) 797-2304
E-mail : mjbaek@inje.ac.kr

적 진단을 추가하여 병변 감별하여야 한다.

이명의 측정(Measurement of tinnitus)

현재 사용하는 방법은 이명의 pitch match(PM), loudness match(LM), minimal masking level(MML), residual inhibition(RI) 등을 청력검사 기기를 이용하여 측정한다. 통상 audiometer를 이용하여 검사 가능하지만 추가적인 장비나 특별히 고안된 tinnitus synthesizer를 이용하는 경우도 있다.

이명의 부위(Tinnitus localization)

검사를 시행하기 전 환자의 이명의 위치를 파악한다. 이명이 일측 혹은 한쪽이 더 심한 양측 성 이명인 경우 양측 혹은 덜 심한 쪽을 먼저 검사한다. 양측 이명이 동일한 경우는 난청의 정도나 recruitment, diplacusis, pitch discrimination에 영향을 줄 수 있는 조건들을 고려하여 결정한다.

이명 주파수 매칭(Pitch matching, PM)

환자에게 이명음의 높낮이를 찾는 검사임을 설명하고 환자 자신이 느끼는 이명음의 높이와 가장 가까운 음을 찾게 한다. 순음청력기기를 이용하여 이명의 종류가 두가지 이상일 때는 정도가 심한 이명에 대한 것부터 검사한다.

검사음은 125 Hz에서 부터 8,000 Hz, 10,000 Hz, 12,000 Hz의 순음, 협대역 잡음(narrow band noise) 및 백색잡음(white noise)을 사용한다.

이명이 있는 환측 귀를 검사 한다. 이명이 있는 귀의 난청이 심해 적절한 자극음을 주기 어렵거나 주파수 매칭 검사 중에 유사한 음을 찾을 수 없는 경우는 반대측 귀에서 검사를 시행한다. 이명 주파수 자극음의 강도는 순음청력도의 역치상 10~15 dB로 약 2~3초 간 지속 음을 들려준다.

검사 순서는 첫째 125 Hz와 12,000 Hz의 순음을 들려주어 이명의 높낮이를 구별하는지 확인한다. 둘째 비슷하지 않는 쪽을 순음 자극음에서 한단계씩 비슷한 쪽으로 접근해 가며 가장 비슷한 주파수를 찾는다. 셋째 순음에서 비슷한 음을 찾지 못할 때 협대역 잡음을 이용하여 앞과 같은 방식으로 주파수를 찾는다. 넷째 협

대역 잡음에서도 적절한 이명음을 찾지 못할 때는 백색 잡음을 들려준다.

이명 주파수는 약 75%의 환자에서 4,000 Hz 이상이며 이명 치료로 인하여 이명의 크기(loudness)의 변화가 없이도 높이(pitch)가 낮아지는 경우와 여러 가지의 이명음을 가진 경우 치료 후 가장 높은 이명음이 없어지는 것은 치료에서 좋은 결과를 예측할 수 있는 요소이다.¹⁾

이명의 음조(pitch)는 환자가 호소하는 주관적인 표현음(subjective expression)과 연관성이 있다. ‘우-웅’인 경우 이명주파수는 저음역이고, ‘찌-’소리는 중음역, ‘빠-, 찌-’소리는 고음역이나, ‘위- 윙’소리는 거의 전 주파수에 걸쳐 이명주파수가 나타날 수 있다.¹⁾ 이명의 음색과 병변 부위와의 관계에 대한 연구에서 저음성 이명은 말초성 특히 중이성이고, 고음성은 미로성 또는 중추성 이명이라 하고 특히 저음성인 경우는 이관의 병변이 의심된다하였다.¹²⁾

이명 크기 매칭(Loudness matching, LM)

이명 주파수를 측정한 후 환자가 호소하는 이명의 크기를 확인하기 위해 이명 주파수에서 자극음의 크기를 변화시키면서 검사를 시행한다. 이명이 있는 환측 귀에서 시작한다. 이명주파수의 순음 혹은 잡음으로 해당 청력역치에서 5 dB 씩 상승, 하강을 반복하면서 이명음의 크기와 검사음의 크기가 동일하다고 느낄 때의 강도를 구한다. dB Sensation Level(dB SL)로 표시한다. 대부분 이명이 10 dBSL 미만에서 matching이 되는 것으로 알려져 있다.¹⁾

그러나 환자가 느끼는 주관적인 이명의 크기는 loudness match 검사 결과를 dBSL로 표시한 것보다 dBHL로 측정하였을 때가 환자의 불편함의 정도와 더 연관성이 높다는 연구 결과도 있다.¹³⁾ dBSL로 측정된 이명의 크기는 청력이 정상인 경우보다 난청이 있는 환자에서 실제 이명의 정도가 더 클 수 있는데 이는 난청 환자에서 이명 크기 검사시 loudness recruitment에 의해 절대값이 더 낮게 나타날 수 있기 때문이며 이명의 sensation level 역치가 낮다 할지라도 환자가 느끼는 이명의 크기나 이명으로 인한 불편함의 정도는 더 클 수 있으므로 dBSL로 표현된 이명의 크기는 loudness 라기 보다는 intensity의 의미로 해석하는 것이 바람직

하다. 따라서 dBSL로 표시된 이명의 크기가 동일한 경우라도 환자의 청력이 나쁜 경우는 주관적인 이명의 강도는 청력이 좋은 환자에 비해 높을 수 있다는 것을 알고 있어야 환자의 불편함을 정확히 파악 할 수 있다. 대부분의 이명의 크기가 10 dBSL 이하임에도 불구하고 심한 불편함을 느끼게 되는 것은 loudness recruitment 현상으로 부분적으로 설명할 수 있다.¹⁾

이명 크기 검사는 이명의 크기를 확인할 수 있는 검사이지만 이명이 있음을 확인하는 하는 검사로 이용될 수도 있다. 이명으로 인해 보상을 받길 원하는 경우 이명이 존재하는 지 즉 환자의 증상이 맞는지를 확인해야한다. 이런 경우 환자가 호소하는 이명에 대한 이명 크기 검사를 5~6차례 시행하고 기록하며 여러 가지 방법으로 검사를 해서 역치가 3 dB 이내이면 이명이 있는 것으로 받아들일 수 있다. 또한 이명 치료 약물의 효과를 투여전 후 이명 크기의 변화를 이용하여 분석한 보고도 있다.¹⁾

그러나 청력기기를 이용하여 정확하고 객관적으로 측정하는 이명의 크기와 환자가 느끼는 이명의 크기는 상관관계가 낮다는 보고들이 있다.¹⁴⁾ 이는 검사가 이명이 있는 동측 혹은 반대측에서 측정하였는지, 이명 주파수에서 시행하였는지 혹은 정상 주파수에서 측정하였는지 등 다양한 변수에 따라 결과가 다르게 나타나므로 이명의 psychoacoustic intensity를 정확하게 정량화하는 것은 아직도 해답이 없는 실정이다.¹⁵⁾

최소차폐역치(Minimal masking level, MML)

환자의 이명이 들리지 않게 되는 최소 자극음을 찾기 위한 검사이며 이명 주파수와 크기 매칭 검사 결과를 참고하여 실시한다. 이명이 외부음에 의해 차폐가 된다는 것은 오래전부터 관찰되었고 기록되어 있다. 보통 이명은 환자가 호소하는 이명 주파수 음으로 약 35~50%가 차폐가 이루어진다고 하였다. 따라서 이명의 차폐정도를 검사할 때는 반드시 환자의 이명 주파수의 음을 사용해야 한다.

검사시에는 이명이 있는 귀에 차폐음을 들려준다. 이명 차폐음은 이명 주파수 매칭에서 얻은 이명 주파수의 협대역 잡음을 이용한다. 협대역 잡음을 청력 역치상 5 dB씩 상승시켜 가며 이명이 들리지 않게 되는 차폐음

(complete masking)의 최소값을 구하고 dBSL로 표시한다. 약 5%의 환자에서 이명이 완전히 차폐가 되지 않는데 이 경우는 이명의 크기가 줄어드는 차폐음(partial masking)의 값을 구하기도하고, 또 다른 5%의 환자군에서는 전혀 masking이 되지 않는 경우도 있다. 양측인 경우는 각각의 귀를 독립적으로 검사한다. Vernon 등은 연구에서는 MML이 약 58%의 환자에서 9 dB SL 이하였다.¹⁾

MML은 이명의 정도가 완화된 환자에서 감소하므로 MML의 감소는 이명의 치료가 효과적이었다는 것을 확인해 주는 자료로 사용될 수 있다. 또한 치료 후 MML이 감소한 환자인 경우 주위 환경 소음에 의해서도 이명이 쉽게 차폐가 되는 것을 경험할 수 있어 이후 치료에 큰 도움을 줄 수 있다.

잔존 억제 검사(Residual inhibition, RI)

이명의 차폐를 위해 충분한 자극을 준 후 이명의 크기가 일시적으로 작아지는 현상을 잔존억제라 한다. 순음 청력검사 기기를 이용하여 이명주파수의 순음이나 협대역잡음을 이용하여 이명 최소차폐역치 보다 10 dB SL 강하게 60초간 자극을 준 후 중단 하였을 때 완전히 혹은 부분적으로 이명이 줄어든 시간을 측정한다.

Complete RI는 차폐 후 이명이 완전히 사라지는 경우이며, 이명의 강도가 줄어들었다가 다시 원래 크기로 복귀한 경우는 Partial RI이라 한다. 검사시 거의 대부분(88% 이상)에서 RI를 경험하게 되어 이명이 잠시라도 사라진 것을 느끼게 된다. 검사 결과는 Complete RI 후 Partial RI가 동반되는 즉 완전히 없어졌다 다시 서서히 나타나서 원래 수준으로 돌아가는 경우가 가장 많고, partial RI만 있는 경우, RI가 전혀 없는 경우, 완전히 안들리다 갑자기 원래 수준으로 회복되는 complete RI만 있는 경우 순으로 빈도가 높다.

RI 시간은 complete RI와 partial RI의 합으로 계산한다. 차폐 시간을 배로 한다고 해서 RI가 길어지지 않으며 masking level을 10 dB의 다른 강도로 엮을때(5, 15, 20 dB 등)도 RI duration은 길어지지 않는다. RI의 기전이 아직 까지 완전히 밝혀지지 않았으나 많은 연구자들이 이명 치료에 많은 도움이 될 것으로 예상되는 RI duration의 연장을 위해 연구 중에 있다.

청각과민증 검사(Hyperacusis)

이명환자에게 흔히 동반되는 외부 소리에 대한 과민 증상인 청각과민증은 감각신경성 이명 환자의 이명과 동반한 불편감을 증가시키는 증상으로 문진과 함께 청각학적으로 평가할 수 있다. 특히 이명재훈련치료를 이명의 치료법으로 고려할 경우 환자의 분류 및 소리 치료법의 선택을 위해 중요한 평가 항목이다.

순음청력검사기기를 이용하여 500 Hz 이상의 각 주파수대에서 순음청력역치상 30~50 dB부터 시작하여 환자가 자극음에 대해 장시간 들을 수 없는 불쾌하게 느끼는 소리로 표현하는 불쾌 수준에 이를 때까지 2.5~5 dB 씩 자극음을 상승시키면서 검사한다. 대개 평균 불쾌지수가 90~100 dB HL 이상일 때 청각학적으로 청각과민증을 배제할 수 있다.

순음청력검사(Pure tone audiometry)

이명과 관련된 여러 임상적 이상소견 중 가장 연관성이 많은 것은 난청이다. 원인 불명의 감각신경성 난청에서 소음성난청, 두부 외상 후 난청, 돌발성 난청, 메니에르병, 이경화증 등 다양한 종류의 난청이 이명과 밀접한 연관성이 있다. 특히 돌발성 난청처럼 갑자기 청력이 저하된 경우가 이환측 귀에 이명의 빈도가 더 높으며(100%) 난청이 심할수록 이명이 동반될 가능성이 높다.¹⁶⁾ 그러나 난청의 정도와 이명으로 인한 불편함의 연관성과 난청이 이명을 발생시킨 원인인지에 대해서도 아직 논란의 대상이 되고 있다.¹⁷⁾

난청의 유무와 형태를 정확히 파악하는 것은 이명의 발생 원인인 감각신경성난청과 관련되어 있음을 확인하는데 도움을 주며 이명 환자에게 이명 발생기전 및 원인을 설명하는데 도움이 된다. 기타 이명재훈련치료와 보청기, 소리발생기 등을 사용하기 위한 기본적인 자료를 얻는데 필수적인 검사이다.

어음청력검사(Impedance audiometry)

난청 동반 여부의 평가, 소리치료를 위한 보청기 착용의 가용범위 선정 및 이명 환자에게 흔히 동반되는 청각과민증의 보조적 진단을 위한 불쾌역치의 관찰을 위해 시행한다. 특히 이명재훈련치료를 시에 난청이 동반된 이명 환자의 소리치료를 위해 보청기 처방이 필요하므

로 보청기 처방 및 선택에 필요한 검사이다.

임피던스 청력검사

갑자기 발생한 이명 혹은 박동성이명은 급성 혹은 삼출성 중이염 등으로 인한 전음성 난청 발생 시 이명이 동반되는 경우가 많다. 고막 검사와 함께 이를 뒷받침하는 고막운동성 계측은 순음청력검사와 함께 전음성 난청이 발생하였는지를 확인할 수 있어 이와 이명의 연관성을 확인할 수 있다. 특히 객관적 이명 중 구개근경련(palatal myoclonus) 혹은 중이근경련(middle ear myoclonus)에 의한 이명의 경우 불규칙적이고 빠른 동요를 고막반응곡선에서 관찰하기도 한다.

개방성 이관으로 인한 이명의 경우 고막운동성계측 시 반대편 코를 막고 크게 호흡하게 하여 호흡과 일치하는 고막반응곡선의 큰 동요를 관찰할 수 있어 이학적 검사와 함께 진단에도 도움을 준다.

등골근 반사검사(Stapedial reflex test)

고막운동성 계측과 중이의 상태, 청력 역치 평가에 이용하며 이명 환자에서 청각과민증이 동반되는 경우 등골근 기능장애가 이명의 직접적인 원인이 되므로 이를 확인한다.

청성뇌간반응검사(Auditory Brainstem Response audiometry, ABR)

청신경 종양 등의 후미로성 질환을 감별하는데 필요하며 비교적 객관적이고 비침습적인 방법이다. 이명이 있는 환자에서는 ABR 파형의 모양 변화가 관찰됨이 보고되었고,¹⁸⁾ I-III, III-V, I-V IPL의 이상, I파의 연장,^{19,20)} 혹은 I, III, V 연장 및 III-V IPL 연장^{20,21)} 등이 보고되었다. 이러한 ABR 결과와 이명과의 상관관계가 보고자마다 다양한 결과가 산출되는 것은 이명의 기원이 다르고, ABR recoding 방법, 대조군 선정에 차이 등 여러 요인이 관여한다.

이명 환자에서 ABR에 특별한 이상 소견이 관찰되지 않았다는 보고도 있는데, 이명이 발생하는 것은 간질(Epilepsy)과 비슷한 기전으로 청각계의 비정상적인 자발 과흥분(abnormal spontaneous hyperactivity)에 의해 야기 되는데 검사 시 주어지는 유발 음자극에 의

해 중추 청각계의 과흥분(hyperactivity)이 차폐(masking)되어 이상의 정도가 예상한 것보다 덜 심하게 나오거나 정상으로 나오는 것으로 설명한다.²¹⁾

Kehrle 등²¹⁾의 연구에서 무난청성 이명 환자와 정상 청력 대조군을 연구한 결과 무난청성 이명군에서 약 53%는 정상 ABR이었지만 대조군에 비해 I, III, V파의 잠복기가 연장, III-V IPL 증가, V/I ratio 증가 등의 차이가 있었다. 즉 ABR 결과가 정상 범위라도 양군 간에 차이는 관찰 할 수 있었다. 이를 토대로 I 파의 연장은 말초청각계의 이상이 있을 가능성이 많고 III-V IPL의 증가는 뇌간(brainstem)의 이상이 있을 가능성이 많으며 이는 이명의 기원은 청각경로상 한 곳 이상에서 발생하고 처음 내이의 이상이 뇌간으로 진행되는 것으로 분석하였다.

그러나 아직까지는 이들 가능성에 대한 확실한 증거는 없으며 이에 대한 연구는 계속 이루어져야 할 것이다.

이음향방사(Otoacoustic emission, OAEs)

이음향방사는 정상 와우 외유모세포에서 자극없이 자발적(Spontaneous OAEs)으로 혹은 소리 자극에 반응(Evoaked OAEs)해서 나타나는 비교적 낮은 강도의 방사음이다. 와우 외유모세포의 상태를 평가할 수 있어 와우의 기능저하와 관련된 이명의 기전을 연구하는데 많이 이용되고 있다.

내유모세포의 장애시도 청각장애가 올수 있고 이명이 동반될 수 있으므로 최근에는 내이유모세포의 기능을 검사하는 방법(TEN test)을 OAEs에 추가하여 정상 청력에서 이명을 호소하는 환자의 잠재된 와우 손상(outer and inner hair cell damage)을 검사하는 방법도 보고되어 이명의 연구에 이용되고 있다.²²⁾

보고자마다 결과에 차이가 있지만 일반적으로 이명 환자에게서는 정상인에 비해 자발이음향 방사의 높은 발현율 및 변조 이음향방사음의 진폭상승이 흔히 관찰되는 소견으로 알려져 있다. 자발이음향방사(spontaneous otoacoustic emission, SOAE)는 이명과 가장 많은 관련성이 있을 것으로 보고되고 있으나 아직 확실치 않다.^{23,24)} SOAE가 이명의 원인임을 증명하려면 차폐에 의해 이명이 소실되면 SOAE도 소실되어야 하며, 이명의 pitch와 SOAE의 주파수는 동일해야 한다는 적어도

두 가지 기준을 만족해야한다. 국내 보고에서 이명이 없는 정상청력자에서 22.4%, 이명이 있는 환자의 경우 약 60%의 발현율을 보였지만 이명 주파수와 SOAE 주파수는 일치하지 않았다.²⁵⁾

이명 환자에서 유발 이음향 방사(evoaked otoacoustic emission, EOAE)를 이용한 연구에서 prolonged emission이 관찰되었고 이는 EOAE가 이명의 원인이 아니지만 이명과 EOAE는 동일한 병리에 의해 발생할 것이라 분석하였다.²⁶⁾

Distorsion product otoacoustic emission이 무난청성 이명군에서 정상청력 대조군에 비해 amplitude가 감소하였고 이는 이명이 있는 귀와 없는 귀는 와우에서의 signal processing이 서로 다르기 때문이라 제시하였다.²⁷⁾ 실험에서 외유모세포의 50% 이상이 손실돼야 청력검사(behavioral audiometry)에서 역치의 변화가 관찰되지만 이보다 경미한 경우는 청력검사상 정상이나 와우 외유모세포의 기능에 민감한 DPOAE에서는 역치 감소를 확인 할 수 있다. 따라서 무난청성 이명의 경우 정상 청력군에 비해 DPOAE의 변화가 있을 수 있고 기능이 떨어진 와우 외유모세포가 존재함을 의미한다.

그러나 amplitude level가 오히려 높게 나오는 보고도 있어 일정한 pattern은 없으나 무난청성 이명 환자에서는 정상 청력인에 비해 middle frequency range에서 amplitude level이 감소하며 high frequency range에서는 level 증가하는 것처럼 frequency range에 따라 amplitude level이 달라지는 경향이 있다. 이외에도 나이 등도 이명 환자에서 DP level의 감소를 초래하는 변수가 될 수 있다.²⁷⁾

청성지속반응검사(Auditory steady state response, ASSR)

이명의 중추 기원(central origin)에 대한 특히 non-auditory system의 기능을 밝히기 위해 Auditory steady state response를 이용한 연구에서 central auditory system과 non auditory cortex의 global tinnitus network의 존재를 처음으로 보고하였고²⁸⁾ 이는 향후 이명의 기전에 대한 연구에서 central origin에 대한 연구가 진행되어야 하리라 생각된다.

중심 단어 : 이명 · 청각학적 진단.

REFERENCES

- 1) Vernon JA, Meikle MB. *Tinnitus: clinical measurement. Otolaryngologic Clinics of North America* 2003;36(2):294-305.
- 2) Josephson EM. *A method of measurement of tinnitus. Arch Otolaryngol* 1931;14:282-83.
- 3) Wegel RL. *A study of tinnitus. Arch Otolaryngol* 1931;14:158-65.
- 4) Reed GF. *An audiometric study of two hundred cases of subjective tinnitus. Arch Otolaryngol* 1960;71:84-94.
- 5) Graham JT, Newby HA. *Acoustical characteristics of tinnitus. Analysis. Arch Otolaryngol* 1962;75:162-7.
- 6) Suh MW, Lee HJ, Kim JS, Park IY, Jung JY, Oh SH. *Psychoacoustic characteristics of prepulse gap in tinnitus patients: a preliminary study to develop an objective test detecting tinnitus. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2011;54(1):48-54.
- 7) Lockwood AH, Salvi RJ, Burkard RF. *Tinnitus. N Engl J Med* 2002;347(12):904-10.
- 8) Lockwood AH. *Tinnitus. Neurologic Clinics* 2005;23(3):893-900.
- 9) Crummer RW, Hassan GA. *Diagnostic approach to tinnitus. Am Fam Physician* 2004;69(1):120-6.
- 10) Seidman MD, Standing RT, Dornhoffer JL. *Tinnitus; current understanding and contemporary management. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2010;18(5):363-8.
- 11) Chon KM, Cho KS, Kim JD, Lee JC, Lee IW, Goh EK. *Relation between subjective expression and pitch in tinnitus. Korean J Otolaryngol* 2005;48(8):961-6.
- 12) Fukuyo K. *Standard tinnitus test 1984 of Japan an it is evaluation. J Otolaryngol Head Neck Surg* 1993;9:16-2.
- 13) Choles RR, Baskill JL, Sheldrake JB. *Measurement and management of tinnitus. J Laryngol Otol* 1984;98(12):1171-6.
- 14) Figueiredo RR, Rates MA, Azevedo AA, Oliveira PM, Navarro P. *Correlation analysis of hearing thresholds, validated questionnaires and psychoacoustic measurements in tinnitus patients. Braz J Otorhinolaryngol* 2010;76(4):522-6.
- 15) Hiller W, Goebel G. *Factors Influencing Tinnitus Loudness and Annoyance. Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2006;132(12):1323-30.
- 16) Park SN, Yeo SW, Park KH, Park SY, Cheun BC, Song CE, et al. *The characteristics and the changes of tinnitus according to the recovery of hearing loss in the patients with sudden hearing loss. Korean J Otolaryngol* 2004;47(3):222-6.
- 17) Pinto PC, Sanchez TG, Tomita S. *The impact of gender, age and hearing loss on tinnitus severity. Braz J Otorhinolaryngol* 2010;76(1):18-24.
- 18) Shulman A, Seitz MR. *Central tinnitus-diagnosis and treatment: observations of simultaneous binaural auditory brain responses with monaural stimulation in the tinnitus patients. Laryngoscope* 1981;92(12):2025-35.
- 19) Lemaire MC, Beutter P. *Brainstem auditory evoked responses in patients with tinnitus. Audiology* 1995;34(6):287-300.
- 20) Ikner CL, Hassen AH. *The effects of tinnitus on ABR latencies. Ear Hear* 1990;11(1):16-20.
- 21) 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.
- 22) Thabet EM. *Evaluation of tinnitus patients with normal hearing sensitivity using TEOAEs and TEN test. Auris Nasus Larynx* 2009;36(6):633-6.
- 23) Zurek PM. *Spontaneous narrowband acoustic signals emitted by human ears. Acoustic Soc Am* 1981;69(2):514-23.
- 24) Penner MJ. *An estimate of the prevalence of tinnitus caused by spontaneous otoacoustic emissions. Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990;116(4):418-23.
- 25) Chang SO, Koh TY, Kim CD, Kim DH. *Spontaneous otoacoustic emission in subjects with tinnitus and sensorineural hearing loss. Korean J Otolaryngol* 1994;37(5):866-71.
- 26) Norton SJ, Schmidt AR, Stover LJ. *Tinnitus and otoacoustic emission: is there a link? Ear Hear* 1990;11(2):159-66.
- 27) Ozimek E, Wicher A, Szyfter W, Szymiec E. *Distortion product otoacoustic emission (DPOAE) in tinnitus patients. J Acoust Soc Am* 2006;119(1):527-38.
- 28) Schlee W, Weisz N, Bertrand O, Hartmann T, Elbert T. *Using Auditory steady state responses to outline the functional connectivity in the tinnitus brain. PLoS One* 2008;3(11):1-7.