

Clinical Usefulness of Otoacoustic Emission Sum in Sudden Sensorineural Hearing Loss Patients

Yong Hyeon No, Gwan Choi, Chan Woo Park, Jae Hwan Kwon and Hwan Ho Lee

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

돌발성 난청 환자에서 Otoacoustic Emission Sum의 임상적 유용성

노용현 · 최 관 · 박찬우 · 권재환 · 이환호

고신대학교 의과대학 이비인후과학교실

Received January 15, 2013

Revised March 28, 2013

Accepted March 29, 2013

Address for correspondence

Hwan Ho Lee, MD, PhD

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Kosin University College of Medicine,

262 Gamcheon-ro, Seo-gu,

Busan 602-702, Korea

Tel +82-51-990-6248

Fax +82-51-245-8539

E-mail ah00ha@naver.com

Background and Objectives Sudden hearing loss remain a controversial issue with respect to its prognostic indicators. In a recent study, the change in distortion product otoacoustic emission (DPOAE) has been shown to provide useful information about its prognosis. The purpose of this study is to evaluate the relationship between the changes of DPOAE and hearing improvement in sudden deafness patients.

Subjects and Method Sixty-one patients underwent pure tone audiometry (PTA) and DPOAE on their first hospital day; among them 35 patients underwent DPOAE after 2 weeks. These patients were divided into mild (≤ 40 dB) group, moderate to moderately severe (41–70 dB) group and severe (≥ 71 dB) group according to their initial hearing thresholds.

Results Of the 22 patients in the moderate to severe group, 11 patients showed a DPOAE response and 5 patients (45%) showed hearing improved. In 11 non-DPOAE response patients, 4 patients (36.4%) had improved. We compared PTA and OAE sum gap results by analyzing 35 patient's initial thresholds with those measured 2 weeks after the therapy. The correlation coefficient between the two group was 0.547 ($p < 0.05$).

Conclusion The results show that OAE sum is an efficient and non-invasive objective method and that it can be used to monitor the effects of treatment in sudden hearing loss patients.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2013;56:212-6

Key Words Otoacoustic emissions · Prognosis · Sudden hearing loss.

서 론

돌발성 난청은 순음청력검사상에서 30 dB 이상의 감각신경성 청력 손실이 3일 이내에 발생하는 경우로 이비인후과 질환 중 응급처치가 필요한 질환 중의 하나이다.¹⁾ 현재까지 정확한 병리기전과 원인이 밝혀져 있지 않으며 이로 인한 치료방법 역시 논란이 있다. 여러 원인들에 기초한 치료법으로 스테로이드, 항바이러스제, 고압 산소 요법, 혈관 확장제 등이 있다. 초기에 발견하여 치료하는 것이 예후에 많은 영향을 미치므로 빠른 진단이 중요하다. 진단은 면밀한 병력 청취가 중요하지만 초기 청력 역치 및 치료 효과 판정을 위해 순음청력검사

(pure tone audiometry), 어음청력검사(speech audiometry), 임피던스 검사(impedance audiometry), 청성뇌간반응검사(auditory brainstem response), 변조어음향방사(distortion product otoacoustic emission) 등이 중요하다. 일반적으로 순음청력검사가 가장 널리 이용되고 있는데 이는 간편하며 순음을 전기적으로 발생시켜 각 주파수별 청력 역치를 측정하여 청력 손실의 정도를 정량적으로 평가할 수 있기 때문이다. 하지만 순음청력검사는 자극음이 들릴시 피검자가 능동적으로 검사를 시행해야 하는 주관적 검사이다. 변조어음향방사는 객관적이고 비침습적이며, 검사시간이 짧으며 와우 외유모세포의 능동적인 미세 진동에 의하여 발생한다고 밝혀져

있으나 내, 외부의 소음에 많은 영향을 받고 정량적인 평가가 어렵다는 단점이 있다.²⁾

최근 소개된 이음향방사 에너지 총합(otoacoustic emission sum, OAE sum)은 각 주파수별 변조이음향방사의 결과를 종합하여 정량화되어 표현하는 것으로 치료 효과 비교를 하는 데 있어 정량적인 평가가 가능해졌으며 몇몇 연구들에서는 변조이음향방사 반응 여부에 따라서 돌발성 난청의 예후 예측을 할 수 있다는 보고가 있다.^{3,4)}

본 연구의 목적은 우선 변조이음향방사 반응 여부가 돌발성 난청의 청력 호전의 예후 인자로서 유용성을 알아보고 돌발성 난청 진단 초기와 치료 2주 후 순음청력검사, OAE sum의 비교를 통하여 추적검사로서의 가능성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

대 상

2007년 1월부터 2012년 7월까지 본원 이비인후과에서 일측 돌발성 난청으로 진단되어 입원치료를 받은 61명의 환자를 대상으로 후향적으로 의무기록을 분석하였다. 돌발성 난청은 뚜렷한 원인 없이 순음청력검사 3일 이내에 3개 이상의 연속된 주파수에서 30 dB 이상의 감각신경성 난청이 있는 환자로 정의하였으며 이과적 질환 과거력이 있거나 외상이나 신경학적 이상 소견을 보인 경우, 소음성 난청, 메니에르 질환, 양측성 돌발성 난청 환자는 대상에서 제외하였다.

방 법

2주간 입원하여 몸무게에 따라 prednisolone(Solondo[®], 5 mg/tablets, Yuhan Corp., Seoul, Korea, 1 mg/kg per day)을 감량해가며 사용하였으며 입원 당일과 치료 2주 후에 순음청력검사와 변조이음향방사를 시행하였다. 순음청력검사와 변조이음향방사는 동일한 날짜에 시행하였으며 주위 소음이 15 dB SPL 이하인 방음실에서 시행하였다. 순음청력검사 결과 해석은 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 kHz의 주파수 역치의 평균(4분법)을 기준으로 분석하였다. 순음청력검사는 순음청력검지기(Interacoustics, AC 40, Assens, Denmark), 변조이음향방사는 이음향분석기(Otodynamics Ltd., ILO 292, Hatfield, UK)를 사용하였다. 변조이음향방사시 두 순음이 이어폰을 통하여 좌우를 자극한 후, 발생한 이음향방사를 마이크로폰에서 감지하여 증폭된 후 평균 가산을 거쳐 기록하게 된다. 주파수 비율은 $f_1 : f_2 = 1.22 : 1$ 로 일정하게 유지하였고 f_1 과 f_2 두 주파수의 기하학적 평균은 순음청력검사의 주파수(1, 2, 4, 6 kHz)와 일치하게 하였다. f_1 의 자극음은 75 dB SPL, f_2 는 65 dB SPL이었으며 변조이음향방사는 $2f_1$ - f_2 로 분석하였다. 1개 이

상의 주파수(1.0, 1.4, 2.0, 2.8, 4.0, 6.0 kHz)에서 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)가 3 dB SPL 이상일시 변조이음향방사 반응이 있다고 판정하였으며 모든 주파수에서 3 dB SPL 이하일시 반응이 없다고 판정하였다.

OAE sum은 귀에서 나오는 전체 이음향방사 에너지의 값을 정량화하여 계산하였다. 신호 대 잡음비가 0 dB SPL 이상일시 $\frac{1}{2}$ octave band 값은 Pascals의 압력 단위로 변환 뒤 각 값을 제곱한 후 합을 구하여 다시 제곱근 후 dB SPL로 변환 뒤 OAE sum을 계산하였다. 61명 중 남성은 35명, 여성은 26명이었으며 평균 연령은 48세(12~87세)였다. 난청의 정도는 초기 순음청력검사의 결과에 따라 경도난청군(mild, ≤ 40 dB), 중증도~중증고도난청군(moderate to moderately severe, 41~70 dB), 고도난청군(severe, ≥ 71 dB)으로 분류하였다. 순음청력검사의 역치가 15 dB 이상 증가시 청력 호전으로 판정하였다.

통계학적 분석

통계학적 분석은 SPSS(Version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 chi-square test, linear regression test를 시행하였고 p value는 0.05 이하일 때 통계학적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

환자 난청 정도는 경도난청군 7명, 중증도~중증고도난청군 22명, 고도난청군 32명이었다. 61명 중 33명(54.1%)에서 2주 후 순음청력검사서 15 dB 이상 청력 호전이 있었으며 28명(45.9%)에서는 청력 변화가 없었다. 각 그룹별로 순음청력검사 청력 호전율은 경도난청군 4명(57.1%), 중증도~중증고도난청군 9명(41%), 고도난청군 19명(59.4%)으로 비교적 고른 분포를 보였다(Table 1). 입원 당일 변조이음향방사의 반응은 경도 난청군에서는 모든 환자가 반응이 있었으며, 중증도~중증고도난청군 11명(50%)이 반응이 있었으며, 고도난청군은 모두 반응이 없었다(Table 2). 중증도~중증고도난청군에서 입원 당일 변조이음향방사의 반응이 있는 환자 11명 중 5명

Table 1. Hearing improvement of mild, moderate to moderately severe and severe group after steroid therapy

	Total number (%)	Number of hearing improvement (%)	
		≥ 15 dB	< 15 dB
Mild	7 (100)	4 (57.1)	3 (42.9)
Moderate to moderately severe	22 (100)	9 (41)	13 (59)
Severe	32 (100)	19 (59.4)	13 (40.6)

(45%)이 치료 2주 후 순음청력검사 15 dB 이상의 호전이 있었으며, 반응이 없던 11명 중에서는 4명(36.4%)이 호전을 보였다($p>0.05$)(Table 3, Fig. 1). 신호 대 잡음비의 진폭이 0 dB SPL을 넘는 주파수가 없다면, OAE sum 값은 측정되지 않

게 된다. 중증도~중증고도난청군에서는 15명의 환자가 OAE sum 값이 측정되었고 7명은 측정되지 않았다. 15명의 OAE sum 값이 측정된 군에서 7명(46.7%)이 15 dB 이상의 청력 호전이 있었고, 7명의 측정되지 않은 군에서는 2명(28.6%)이 청

Table 2. DPOAE responses of mild, moderate to moderately severe and severe group before steroid therapy

	Total number (%)	DPOAE response (%)	
		Positive	Negative
Mild	7 (100)	7 (100)	0 (0)
Moderate to moderately severe	22 (100)	11 (50)	11 (50)
Severe	32 (100)	1 (3.1)	31 (96.9)

DPOAE: distortion product otoacoustic emission

Table 3. Hearing improvement of initial positive DPOAE response versus negative DPOAE response in moderate to moderately severe group

	Total number (%)	Number of hearing improvement (%)	
		≥ 15 dB	< 15 dB
Positive DPOAE response	11 (100)	5 (45)	6 (55)
Negative DPOAE response	11 (100)	4 (36.4)	7 (63.6)

DPOAE: distortion product otoacoustic emission

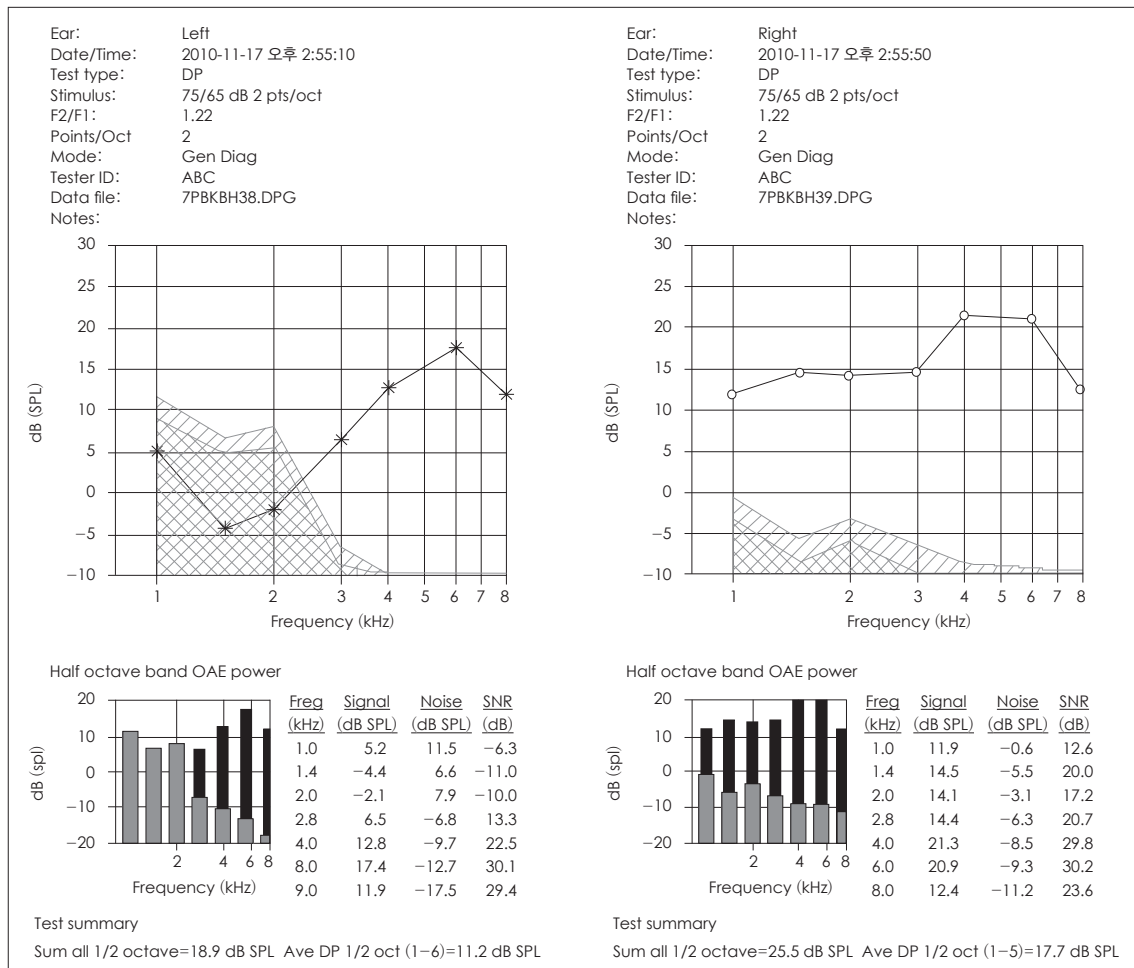
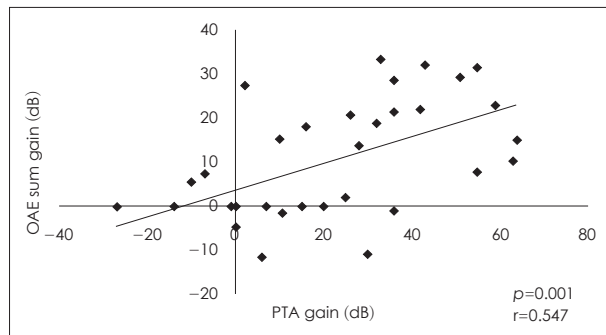


Fig. 1. Distortion product otoacoustic emission (DPOAE) of left sudden deafness hearing loss patient. Left DPOAE graph shows DPOAE response and otoacoustic emission sum value (18.9 dB). SNR: signal to noise ratio.

Table 4. Hearing improvement of positive OAE sum versus negative OAE sum in moderate to moderately severe group

	Total number (%)	Number of hearing improvement (%)	
		≥ 15 dB	< 15 dB
Positive OAE sum	15 (100)	7 (46.7)	8 (53.3)
Negative OAE sum	7 (100)	2 (28.6)	5 (71.4)

OAE: otoacoustic emission

**Fig. 2.** Correlation of PTA gain and OAE sum gain. PTA: pure tone audiometry, OAE: otoacoustic emission.

력 호전이 있었다($p>0.05$)(Table 4). 총 61명의 정도, 중증도~중증고도, 고도 난청군의 돌발성 난청 환자에서 입원 당일과 치료 2주 후의 순음청력검사와 OAE sum 모두를 측정환자는 35명이었다. 이들 순음청력검사의 입원 당일과 치료 2주 후 차이는 평균 21.6 dB이었으며 OAE sum의 차이는 평균 10.13 dB이었다. 두 그룹 간의 상관계수는 0.547을 보여 유의한 상관관계가 있었다($p<0.05$)(Fig. 2).

고 찰

변조이음향방사는 와우의 외유모세포에서 발생하여 중이를 거쳐 외이도에서 측정되는 능동적 에너지로 검사의 비침습성과 짧은 검사시간, 안정된 결과 등의 장점을 가지고 있다.²⁾ 임상적으로 유소아의 선별청각검사, 미로성 난청인 이독성 난청, 소음성 난청, 메니에르병 등의 진단, 위난청의 감별, 술 중 내이기능의 감시에 널리 이용되고 있다. 정상 청력인에서 변조이음향방사는 90% 이상에서 발견된다.⁵⁻⁷⁾ 감각신경성 난청 환자에서 난청의 정도에 따른 변조이음향방사의 발현유무는 ILO 88 system을 이용한 Avan과 Bonfils⁸⁾의 보고에서는 30 dB 이상에서, Ohlms 등⁹⁾은 55 dB 이상에서 변조이음향방사가 발견되지 않는다고 보고하였고, Seo 등¹⁰⁾은 60 dB SPL의 자극에서는 40 dB을 경계로 발현율이 급격하게 감소하였다고 하였다. 돌발성 난청 환자들을 분석한 저자들의 결과에서도 변조이음향방사 반응은 40 dB 이하에서는 모든 환자들에서 발견되었다. 41 dB에서 70 dB 사이에서는 22명 중 11명이 발

현되었으며, 이 중 9명은 55 dB 이하에서 발견되었다(Table 2). 변조이음향방사의 발현으로는 대략적인 청력 역치를 설정하는 데 있어서는 도움이 되지만 정량적으로 판단하는 것은 어렵다. 그리고 변조이음향방사의 측정이 검사장비의 민감도, 소음 정도, 마이크로폰 삽입 깊이 등에 의해 영향을 많이 받는 점도 역치 설정의 정확도를 낮추는 요인으로 작용할 수 있다.

여러 보고들에서 돌발성 난청 환자에서 변조이음향방사의 진폭(amplitude)을 이용하여 난청의 정도와 청력 역치의 변화를 분석하려는 시도가 있었다. Nakamura 등¹¹⁾은 돌발성 난청에서 이음향방사와 청력 호전이 강한 연관성을 보인다고 하였으며 Hoth⁴⁾는 많은 사례에서 청력이 호전되더라도 이음향방사는 변하지 않는 경우가 있다고 보고하였다. 하지만 대다수의 연구들에서 변조이음향방사의 진폭을 각 주파수별로 분석하였기에 임상에서 적용하기는 유용하지 않았으며 진폭을 이용한 청력 역치의 설정 역시 동일한 순음청력검사 결과를 보이는 다른 개체 사이의 변조이음향방사의 진폭이 다양하게 측정되어 불가능하였다.¹⁰⁾

최근 각 주파수별 변조이음향방사의 진폭을 종합하여 나타난 OAE sum이 계산되어 변조이음향방사의 결과에 포함되어져 나온다. 신호 대 잡음비가 0 이상인 주파수 항목의 수치를 이용하여 계산되어지기 때문에 모든 주파수에서 신호보다 잡음이 크다면 OAE sum이 측정되지 않는다. OAE sum은 반응 발현 여부가 아닌 dB SPL 형태로 측정되기 때문에 정량적으로 분석이 가능해졌다. 저자들의 연구 결과, 돌발성 난청 환자에서 치료 전후 순음청력검사와 OAE sum의 변화값 사이에는 유의한 상관관계가 있었으며 순음청력검사가 15 dB 이상 호전된 군에서 OAE sum이 호전될 확률은 80%였다(Fig. 1). 순음청력검사는 환자가 순음이 들릴시 직접 손으로 눌러서 신호를 보내야 하는 주관적 검사이나 변조이음향방사는 마이크로폰을 귀에 삽입하면 자동적으로 검사되는 객관적 검사이다. 같은 청력 정도를 가지고 있는 환자라도 변조이음향방사의 진폭이 개체별 차이가 크기 때문에 OAE sum 역시 다르게 나올 수 있다.¹⁰⁾ 이로 인하여 환자끼리의 상호 비교와 변조이음향방사를 통한 청력 역치값의 설정은 불가능하더라도 같은 환자에서의 치료 반응 정도를 보는 추적검사로서는 의미를 가질 수 있다. 또한 순음청력검사가 불가능한 장애인, 뇌경색 등 뇌질환 환자, 고령이나 소아 환자에서는 OAE sum을 이용한 변조이음향방사가 돌발성 난청에서 치료 추적검사로써 대안이 될 수 있다. 10세 이하의 소아에서도 돌발성 난청이 발생한 보고들이 많고 특히 6세 미만에서도 보고되고 있는 것을 보면 OAE sum은 유용하게 사용되리라 기대한다.¹²⁻¹⁴⁾

변조이음향방사의 반응 여부로 돌발성 난청의 예후를 추정하는 데 대해서는 논란이 있다. 지난 20년간 다수의 연구들이

돌발성 난청에서 이음향방사의 역할에 대하여 보고하였고, 특히 변조이음향방사 반응이 좋은 예후인자를 나타낸다고 보고한 경우가 많았다.^{3,4,15-17)} 하지만 통계학적으로 의미가 있는 경우는 적었다. Schweinfurth 등¹⁷⁾은 돌발성 난청 환자에서 변조이음향방사의 반응이 나타날시 스테로이드 치료 후 호전되는 빈도가 높아졌으며 변조이음향방사의 반응이 없을 시 청력이 호전되지 않는 경향이 있다고 하였지만 환자군의 수가 적어서 통계학적으로 증명되지는 않았다고 보고하였으며, Park 등³⁾은 순음청력검사가 55 dB 이상인 군에서 변조이음향방사 반응이 있을시 좋은 예후를 의미한다고 보고하였다. Hoth⁴⁾는 초기 이음향방사의 값과 예후와 연관이 있다고 하였다. 저자들의 결과 역시 변조이음향방사의 반응이 있는 군이 반응이 없는 군에서보다 청력 역치가 호전되는 경향이 컸지만 통계학적으로는 의미가 없었다. 변조이음향방사의 반응 여부보다 OAE sum의 측정 여부에 따라 돌발성 난청 후 청력 역치가 호전되는 경향이 더 컸다.

본 연구의 제한점으로는 현재 향후 돌발성 난청의 예후인자로 알려진 발병 후 치료 시점과 당뇨나 고혈압 등의 동반 질환력이 청력 회복에 미치는 영향 등에 관하여 체계적인 조사가 부족했다는 것을 지적할 수 있으며 이는 향후 추가 연구를 통해 보완할 예정이다. 또한 지연성 청력 회복을 보이는 경우가 있기 때문에 OAE sum이나 변조이음향방사의 반응 여부가 예후인자로서 유용성을 가지기 위해서는 2개월 이상의 추적 검사 기간이 필요할 것으로 생각된다.¹⁸⁾

REFERENCES

- 1) Wilson WR, Byl FM, Laird N. The efficacy of steroids in the treatment of idiopathic sudden hearing loss. A double-blind clinical study. Arch Otolaryngol 1980;106(12):772-6.
- 2) Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. Br Med Bull 2002;63:223-41.
- 3) Park H, Lee Y, Park M, Kim J, Na B, Shin J. Short-term changes of hearing and distortion product otoacoustic emissions in sudden sensorineural hearing loss. Otol Neurotol 2010;31(6):862-6.
- 4) Hoth S. On a possible prognostic value of otoacoustic emissions: a study on patients with sudden hearing loss. Eur Arch Otorhinolaryngol 2005;262(3):217-24.
- 5) Musiek FE, Smurzynski J, Bornstein SP. Otoacoustic emissions testing in adults: an overview. Am J Otol 1994;15(suppl 1):21-8.
- 6) Lonsbury-Martin BL, Harris FP, Stagner BB, Hawkins MD, Martin GK. Distortion product emissions in humans. I. Basic properties in normally hearing subjects. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl 1990; 147:3-14.
- 7) Rasmussen AN, Osterhammel PA. A new approach for recording distortion product oto-acoustic emissions. Scand Audiol 1992;21 (4):219-24.
- 8) Avan P, Bonfils P. Frequency specificity of human distortion product otoacoustic emissions. Audiology 1993;32(1):12-26.
- 9) Ohlms LA, Lonsbury-Martin BL, Martin GK. Acoustic-distortion products: separation of sensory from neural dysfunction in sensorineural hearing loss in human beings and rabbits. Otolaryngol Head Neck Surg 1991;104(2):159-74.
- 10) Seo YI, Yoon TH, Won JY, Chung JW, Lee KS. Distortion product otoacoustic emissions in normal and sensorineural hearing loss ears. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg 1997;40(8):1197-204.
- 11) Nakamura M, Yamasoba T, Kaga K. Changes in otoacoustic emissions in patients with idiopathic sudden deafness. Audiology 1997;36(3): 121-35.
- 12) Ishikawa M, Tanaka K, Hosoi H, Tanaka H, Tusta Y, Minamitani H, et al. Sudden onset sensorineural hearing loss in children. Practica Otologica 1991;suppl 4:32-6.
- 13) Chon KM, Goh EK, Lee IW, Cho KS. Clinical observation of sudden deafness in children. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg 2002; 45(5):456-61.
- 14) Tieri L, Masi R, Marsella P, Pinelli V. Sudden deafness in children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 1984;7(3):257-64.
- 15) Lalaki P, Markou K, Tsalighopoulos MG, Daniilidis I. Transiently evoked otoacoustic emissions as a prognostic indicator in idiopathic sudden hearing loss. Scand Audiol Suppl 2001;(52):141-5.
- 16) Sakashita T, Minowa Y, Hachikawa K, Kubo T, Nakai Y. Evoked otoacoustic emissions from ears with idiopathic sudden deafness. Acta Otolaryngol Suppl 1991;486:66-72.
- 17) Schweinfurth JM, Cacace AT, Parnes SM. Clinical applications of otoacoustic emissions in sudden hearing loss. Laryngoscope 1997; 107(11 Pt 1):1457-63.
- 18) Kang WS, Kim YH, Park KH, Seo MW, Son EJ, Yoo SY, et al. Treatment strategy for sudden sensorineural hearing loss. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2011;54(10):675-82.