

## 정상청력인에서 나이와 성별에 따른 DPOAE의 특성

The Effects of Aging and Gender on Distortion Product Otoacoustic Emissions

홍 빛 나\* · 남 상 길\*\* · 김 진 숙\*

Bin-Na Hong · Sang-Gil Nam · Jin-Sook Kim

### ABSTRACT

The primary goal of the present study was to explore more detailed evidence for the influence of aging and gender effects on the capability of Korean healthy, ears to generate DPOAEs. DPOAEs were examined in series of human subjects, with clinically normal hearing, ranging in age from 10 to 65 years. All 60 Koreans were divided into 6 age groups. Each age group included 10 participants, 5 females and 5 males. The gender effects on the difference between the absolute amplitude and noise floor value in DPOAEs did not exist. The difference increased as the frequency increased. The aging effects on the difference between the absolute amplitude and noise floor value in DPOAEs did exist. The difference increased as the frequency increased but orderly age effects could not be found. The principle finding was that, when compared between emissions in young and old ears, DPOAEs accurately tracked the systematic deterioration of high-frequency hearing in aging individuals. Such results support the need to reestablish the criterion for interpretation of DPOAEs in the elderly.

**Keywords** : DPOAE, OHC, gender, age

### 1. 서 론

이음향방사(otoacoustic emission : OAE) 측정법은 와우의 외유모세포 운동성에 근거한 반응으로 이독성 약물이나 소음 또는 연령에 따른 외유모세포의 손상을 민감하게 반영한다(Mountani, 1980; Kim, 1984). OAE 중 변조이음향방사(distortion product otoacoustic emission : DPOAE)검사는 청력이 정상인 모든 귀에서 나타나며 빠르고 객관적이며 비 침습적인 방법으로 검사할 수 있기 때문에 다른 OAE 검사보다 임상적 활용 가치가 높다.

DPOAE는 청력의 역치측정, 소음성 난청의 진단 및 추적, 이독성 약물 투여 후 청력의 추적관찰, 메니에르병, 신생아의 청력손실 선별검사 등에 이용되고 있으며 그 유용성은 점차 확대되고 있다.

특히 DPOAE는 건청임에도 불구하고 연령에 따른 반응결과가 달라지므로 피검자의 연령에 따

\* 한림대학교 자연과학대학 언어청각학부

\*\* 대불대학교 보건복지대학 언어치료청각학과

른 보정수치를 임상에 반영하려는 연구들이 진행되어 왔다. 21 세에서 30 세의 정상 44 귀를 측정 한 연구에서는 연령이 높을수록 DPOAE의 고주파수 반응의 진폭이 감소되는 현상이 나타났다 (Lonsbury-Martin 등, 1990). 또 다른 연구에서는 31 세에서 60 세까지의 건강한 귀로 DPOAE를 측정하여 연령에 따른 와우의 변화상태를 체계적으로 연구했는데 이때 연령이 높을수록 역치가 높아지고 DPOAE의 진폭이 감소하는 현상을 보고했다(Lonsbury-Martin 등, 1991). Whitehead 등 (1994)은 성인보다 유소아군에서 진폭이 약 3 dB 높게 측정되며 소음대를 제외한 절대 진폭도 성인보다 신생아군에서 높게 나타난다고 했다. 또한 순음역치결과에서 정상으로 나타난 성인의 경우 연령이 증가할수록 DPOAE 진폭은 감소했고 이는 특히 고주파수대역에서 두드러지게 나타났다. 반면 저주파수대역의 DPOAE는 18 세에서 64 세까지의 연령에서 변화가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 DPOAE가 노인성 난청으로 인한 와우의 기능적 변화를 측정할 수 있음을 보여준다. Dorn 등(1998)은 DPOAE와 연령, 청력역치, 검사주파수에 대하여 연구하여 연령, 청력역치, 검사주파수는 DPOAE 값에 유의한 영향을 주는 요인으로 분석하였고, DPOAE의 진폭은 연령과 주파수와 청력역치가 높아질수록 감소한다고 보고했다. 그러나 연령과 청력역치의 상호작용은 유의하지 않게 나타나 DPOAE의 진폭감소는 단지 연령에 의한 영향이라고 보고했다.

본 연구의 목적은 건청인 성인을 대상으로 성별에 따른 DPOAE 반응의 차이를 관찰하고, 연령에 따른 DPOAE의 반응을 체계적으로 관찰하여 그 영향을 분석하고자 했다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구대상

2001년 1월에서 6월까지 대전 소재 박이비인후과를 방문한 10 세부터 65 세의 정상청력을 가진 건강한 성인 60 명의 120 귀를 대상으로 했다. 피검자들은 이과적인 질환의 병력이 없고 125 Hz에서 8000 Hz까지 순음청력검사상 기도와 골도 모두에서 20 dBHL이하의 역치를 나타내고 고막운동 검사상 정상인 A형을 나타내는 사람들로 구성하였다.

### 2.2 검사방법 및 절차

주변소음이 30 dBA 이하인 방음실에서 Interacoustic 사의 Diagnostic Audiometer AD27을 사용하여 기도와 골도 청력을 측정하고 Maico사의 MA610으로 고막운동성 검사를 실시하였다. DPOAE 측정은 Starkey사의 DP2000을 사용하여 두 개의 자극음( $f_1$ ,  $f_2$ )을 프로브 안에 들어있는 한 쌍의 스피커로 전달하고 외이도에서 프로브 안의 스피커와 결합되어 있는 소형의 마이크로폰 시스템으로 측정하였다. DPOAE의 강도는 각 기본 스펙트럼의  $2f_1$ - $f_2$  주파수의 강도를 평균하여 구하였으며 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 kHz의 주파수에서 DP-gram을 측정하였다. 자극음의 주파수 비율 ( $f_2/f_1$ )은 1.22로 설정하였고 자극강도는 65 dBSPL이었다.

2.3 분석방법

결과분석방법은 SPSS 10.0 프로그램을 사용하여 평균, 표준편차 그리고 *t*-test와 ANOVA로 분석했다. 이때의 독립변수는 성별과 연령이고 종속변수는 DPOAE의 상대진폭값으로 한다.

3. 결 과

3.1 성별에 따른 평균청력역치

평균청력역치(puretone threshold average : PTA)에서 PTA는 3 분법으로 0.5, 1, 2 kHz의 역치를 평균한 값이고, PTA-H는 6 분법으로 4 kHz를 포함하고 2와 4 kHz를 두 배로 하여 계산한 값이다(그림 1). 남자와 여자를 각각 좌우귀로 나누어 분석했을 때 남여 모두 우측귀가 좌측귀보다는 낮은 역치를 보였고 남자와 여자의 역치와 PTA와 PTA-H는 거의 비슷했다. *T*-test 분석결과 성별과 좌우귀 그리고 PTA와 PTA-H간에는 의미 있는 차이가 나타나지 않았다( $p < .05$ ).

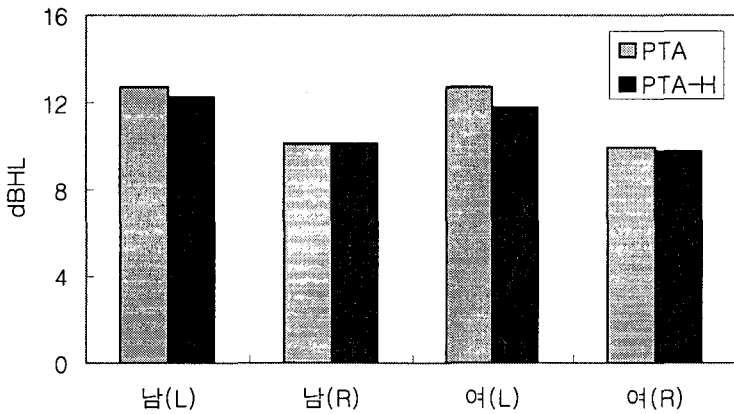


그림 1. 성별에 따른 PTA와 PTA-H

3.2 연령에 따른 평균청력역치

연령대별 평균청력역치를 3 분법과 6 분법으로 분석했을 때 좌우측 모두 60 대 이상의 연령대에서 역치가 높아졌으며, 우측보다는 좌측의 청력역치가 높았다. 특히 좌측에서는 3 분법보다 6 분법의 청력역치가 60대에서 더 높아져서 좌측에서는 60대의 고주파수 청력역치가 높은 것을 확인할 수 있었다(그림 2). 통계분석 결과 왼 귀의 PTA와 PTA-H는 연령별로 의미 있는 차이가 없었으나 오른 귀의 PTA와 PTA-H는 의미 있는 차이를 나타냈다. 사후분석 결과 PTA는 10, 20, 30, 40대와 60 대간에 의미 있는 차이가 나타났고 PTA-H에서는 10, 20, 30, 40, 50 대와 60 대간에 의미 있는 차이가 나타났다. 성별과 연령에 대한 상호작용으로 인한 효과는 나타나지 않았다(ANOVA,  $p < .05$ ).

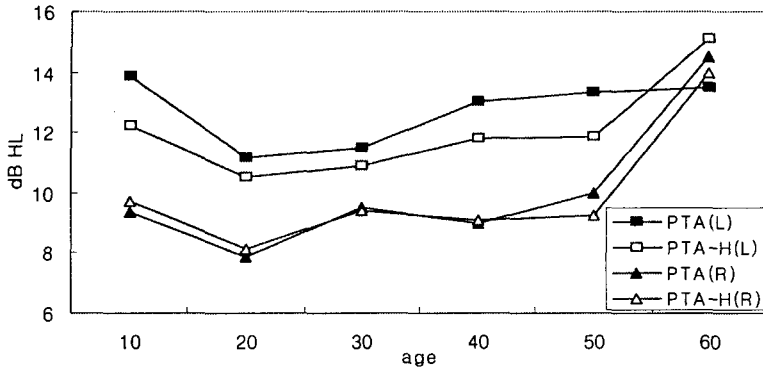


그림 2. 연령대별 PTA와 PTA-H

3.3 성별에 따른 상대진폭값

13 개의 주파수에서 DPOAE를 검사한 결과 상대진폭값은 남녀 그리고 좌우측 귀 모두 주파수가 높아질수록 그 값 역시 높아지다가 대체적으로 4219 Hz 이상의 고주파수에서는 감소하는 것으로 나타났다(그림 3). 우측 귀의 경우 남녀 모두 3328 Hz에서 가장 높은 값을 나타내었고 좌측 귀의 경우 남자는 4219 Hz 그리고 여자는 5297 Hz에서 가장 높은 값을 보였다. 그러나 이러한 차이는 성별과 좌우측 모두 통계적으로 의미 있는 차이는 나타나지 않았다( $t$ -test,  $p < .05$ ).

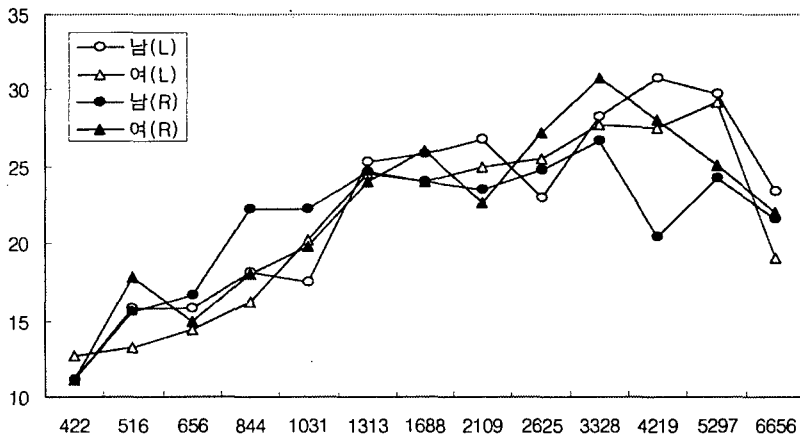


그림 3. 성별에 따른 DPOAE의 상대진폭 값

3.4 연령에 따른 상대진폭값

13 개의 주파수에서 검사한 DPOAE 결과를 6 개의 연령대로 분류하여 상대진폭값을 분석하였다(그림 4, 5). 저주파수와 중주파수에서는 모든 연령대에서 상대진폭값은 비슷했고 이는 좌우측 귀 모두 그러했다. 그러나 고주파수에서는 연령대가 높아질수록 상대진폭값은 점점 낮아졌다. 좌측 귀

에서는 10대에서 40대까지는 고주파수에서 상대진폭값이 높게 나타났으나, 50대와 60대 이상에서는 중주파수보다 고주파수에서 오히려 그 값이 감소하는 경향을 보였다. 우측 귀에서는 50대에서는 3328 Hz까지는 낮은 연령대와 비슷한 값과 형태를 보였으나 그 이상의 주파수에서 급격히 상대진폭값이 낮아졌고, 60대 이상에서는 좌측귀와 마찬가지로 전체적으로 낮은 값을 보였다.

통계적 분석에 따르면 왼 귀와 오른 귀 모두 2625, 3328, 4219, 5297, 6656 Hz의 고주파수에서만 연령에 따른 상대진폭값이 의미 있는 차이가 있는 것으로 나타났다. 사후분석에 따르면 주파수마다 차이가 있었으나 대체적으로 50대와 60대가 그 이하의 연령대보다 의미 있는 차이가 나타났다. 2625와 3328 Hz에서는 60대에서만 의미 있는 차이가 나타났고 그 이상의 주파수에서는 50대와 60대에서 의미 있는 차이가 나타났다. 성별과 연령의 상호작용으로 인한 효과는 나타나지 않았다 (ANOVA,  $p < .05$ ).

순음 청력역치의 경우 왼 귀는 연령에 따른 의미 있는 차이가 나타나지 않았고 오른 귀의 경우 60대에서만 의미 있게 역치가 상승하는 것으로 나타난 반면 DPOAEs는 양 귀 모두 50대 이상에서 고주파수의 상대진폭값이 의미 있게 감소하는 경향이 나타났다. 이는 DPOAEs 검사가 순음 청력역치의 변화 이전에 노화에 따른 와우의 변화를 예측할 수 있음을 보여주는 것으로 사료된다.

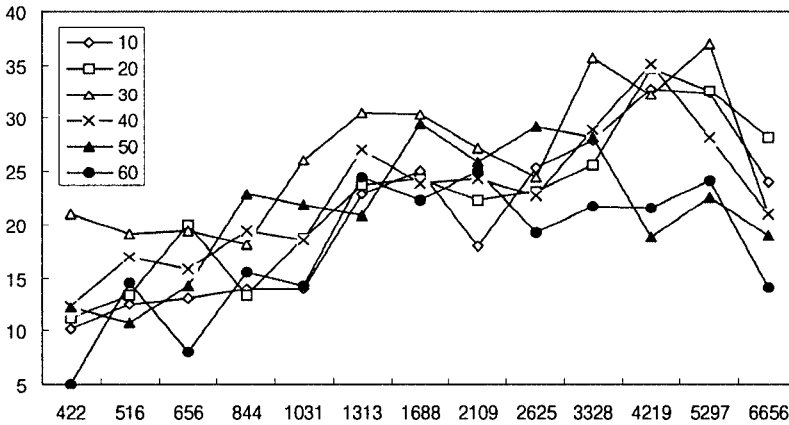


그림 4. 왼 귀의 연령대별 상대진폭 값

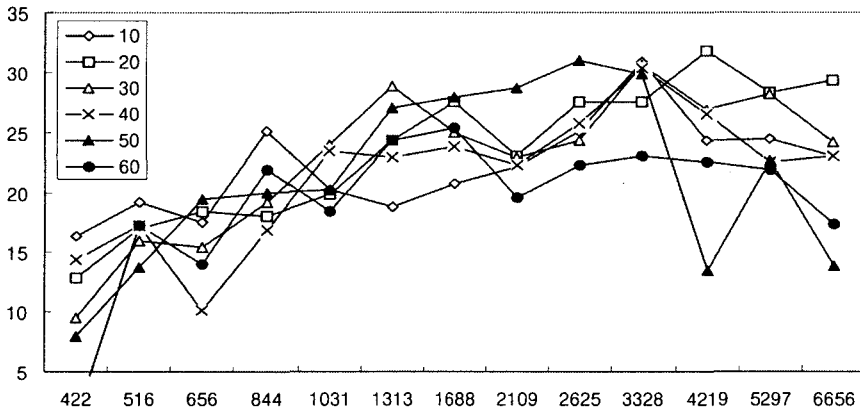


그림 5. 오른 귀의 연령대별 상대진폭 값

#### 4. 고찰

본 연구는 건청인을 대상으로 성별과 연령에 따른 DPOAE 측정의 변화를 살펴보았다. 본 연구에서 DPOAE는 성별에 따른 차이는 나타나지 않았으나 연령에 따른 변화는 나타나 이전의 연구결과들과 일치했다(Lonsbury-Martin 등, 1990; Lonsbury-Martin 등, 1991; Whitehead 등, 1991; Dorn 등, 1998). 이는 순음청력검사에서는 건청인 청력을 나타내어도 나이가 들어감에 따라 변화하는 와우의 상태를 DPOAEs 측정이 감지할 수 있음을 보여주는 것이다.

노인들의 청력손실은 연령이 증가할수록 고주파수부터 청력손실이 증가하는 것으로 알려져 있다(Bunch, 1929; Bunch, 1931). 동물을 통해 연령에 따라 변화하는 와우 상태를 연구한 결과 연령이 증가할수록 와우의 구조물 중 기저부위의 외유모세포가 먼저 손상된다고 한다(Hawkins 등, 1985; Bohne 등, 1990). 동물 실험을 통한 와우의 생리적 변화는 인간을 대상으로 한 연구 결과와 유사하다고 했고 이러한 근거를 바탕으로 동물 실험에서의 와우의 변화를 인간에게 적용시키는 것은 큰 무리가 없을 것으로 판단하고 있다(Schuknecht, 1974; Schuknecht, 1989; Johnson 등, 1972). 이전의 연구결과들을 고려했을 때 본 연구 결과 중 연령이 증가할수록 고주파수영역의 DPOAE 진폭이 감소된다는 것은 노화로 인해 와우의 기저부에 있는 외유모세포의 손실 및 기능 감퇴와 상관이 있는 것으로 판단된다.

OAE의 발생기전 연구 중 DPOAE를 포함한 유발이음향방사(evoked otoacoustic emission : EOAE)는 청각기관의 전체 구조 중 신경부위의 상태와 상관없이 발생되고 측정되는 것으로 알려져 있다. 동물 실험 등을 통하여 구심성 청신경의 활성화와 상관없이 DPOAE가 측정되는 것은 여러 연구자에 의해 증명되었다(Kimberley 등, 1994; Arts 등, 1990; Ohlms 등, 1991). 이러한 결과는 여러 연구자들이 DPOAE 반응은 청신경의 전 단계인 와우관 그 중에서도 특히 와우관의 능동적 활동에 물리적 기전을 제공하는 외유모세포의 운동성에 의거한 반응일 것이라는 이론을 뒷받침하고 있다. 그러므로 나이가 들어갈수록 DPOAE의 반응이 약화되는 현상은 외유모세포의 운동성이 연

령의 증가에 따라 약화되는 물리적 현상에 따른 것이라고 결론을 내릴 수 있다. 그러나 이러한 현상이 정상순음청력역치 군에서 나타나는 것은 해부구조적으로 구심성 청신경의 대부분이 닿아있는 내유모세포의 자극이 순음청력역치의 반응을 좌우하기 때문이다. 즉, 스테레오실리아가 개막에 닿아있지 않은 내유모세포의 흥분과 역제는 스테레오실리아가 개막에 닿아있는 외유모세포의 운동성에 의한 내림프액의 소용돌이에 의해 내유모세포의 스테레오실리아를 움직이게 하므로 발생한다. 따라서 연령에 의한 외유모세포의 손상이 내유모세포에 닿아있는 구심성 청신경을 자극하여 순음청력역치를 높일 때까지는 시간이 소요되어 연령에 의한 외유모세포의 손상은 DPOAE 반응은 감소시키지만 순음청력역치를 변화시키지 않는다.

외유모세포의 상태를 반영하는 DPOAE 측정은 OAE 반응이 노인성난청을 측정하는데 기여할 수 있음을 보여준다. DPOAE의 발생기전으로 알려진 외유모세포는 내유모세포와 신경요소들과는 해부적 구조상 거리가 떨어져 있다. 그래서 OAE는 청각의 중추신경계의 영향을 받지 않으면서 와우내의 중요감각구조에 미치는 연령증가에 따른 영향을 밝힐 수 있다. DPOAE 측정을 통해 본 연구에서 관찰된 와우의 기능적 손실은 다른 와우 구조물과 상관없이 연령의 증가에 따른 감각세포의 특정적 변화를 보여주는 것이라 할 수 있다. DPOAE의 발생기전이 고주파수 반응과 관련이 있다는 사실은 DPOAE의 임상적 사용에 중요한 가치를 보여주는 것이라 할 수 있다. 고주파수 영역의 외유모세포 손실은 주관적 검사인 순음청력검사에서도 밝히지 못했을 뿐만 아니라 다른 객관적 검사, 예를 들면 중저주파수의 반응에 준거하는 고막운동성 검사나 등골근 반사검사에서도 보여줄 수 없기 때문이다.

연령의 증가에 따른 와우 구조물의 쇠퇴가 퇴보적인 DPOAE 반응으로 기록된 본 연구는 노인의 청력평가지 중요한 논점을 제시한다. 노인의 OAE 평가시 주관적 청력검사와 비교했을 때 건청 노인인에 대해서는 OAE의 기준수치를 재조정할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 재조정된 수치는 임상적으로 노인들의 DPOAE 측정에 적극적으로 이용되어야 할 것으로 생각한다. 그러나 본 연구는 피검자의 수가 적어 DPOAE의 기준 수치를 재조정하기에는 어렵고 앞으로의 후속연구를 통해 연구되어야 할 것이다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구는 우리나라 정상성인에서 성별과 연령에 대한 DPOAE 반응의 효과를 살펴보기 위하여 10대에서 60대까지 성인 남녀 30명씩 총 60명의 120귀의 DPOAE를 분석했다. 그 결과 성별에 따른 청력차이는 존재하지 않았고, 남녀 모두 우측보다 좌측의 청력역치가 높았다. 연령에 따른 청력차이는 나타났고, 60대의 고주파수 청력역치가 특히 높았다. 성별에 따른 DPOAE 상대진폭값의 차이는 존재하지 않았고, 주파수가 상승할수록 그 값은 증가하였다. 연령에 따른 DPOAE 상대진폭값의 차이는 존재했고 50대 이상의 높은 연령에서는 고주파수에서의 상대진폭값은 감소하는 경향이 있었다. 따라서 순음청력검사상 정상청력이라도 연령의 증가에 따른 와우구조의 쇠퇴가 퇴보적인 DPOAE 반응형태로 기록되는 점을 알 수 있었다.

중심단어 : 변조이음향방사, 외유모세포, 성별, 연령

### 참 고 문 헌

- Arts, H. A., Norton, S. J., & Rubel, E. W. 1990. "Influence of perilymphatic tetrodotoxin and calcium concentration on hair cell function." *Association for research in Otolaryngology 13th ARO mid-winter meeting*.
- Bohne, B. A., Gruner, M. M., & Harding, G. W. 1990. "Morphological correlates of aging in the chinchilla cochlea." *Hearing Research*, 48, 79-93.
- Bunch, C. 1929. "Age variations in auditory acuity." *Archives of Otolaryngology*, 9, 625-636.
- Bunch, C. 1931. "Further observations on age variations in auditory acuity." *Archives of Otolaryngology*, 13, 170-180.
- Dorn, P. A., Piskorski, P., Keefe, D. H., Neely, S. T. & Gorga, M. P. 1998. "On the existence of an age/threshold/frequency interaction in distortion product otoacoustic emissions." *Journal of the Acoustic Society of America*, 104, 964-967.
- Hawkins, J. E., Miller, J. M., Rouse, R. C., Davis, J. A. & Rarey, K. 1985. "Inner ear hispathology in aging rhesus monkeys." New York, Liss, 137-154.
- Johnson, L. G. & Hawkins, J. E. 1972. "Sensory and neural degenerations with aging, as seen in microdissections of the human inner ear." *Annals of Otolology, Rhinology and Laryngology*, 81, 179-183.
- Kim, D. O. 1984. "Functional roles of the inner- and outer-hair-cell subsystems in the cochlea and brainstem." In C. I. Berlin. *Hearing Science: Recent Advances*, San Diego, College Hill.
- Kimberley, B. P., Hernadi, I., Lee, A. M. & Brown, D. K. 1994. "Predicting pure tone thresholds in normal and hearing-impaired ears with distortion product emission and age." *Ear and Hearing*, 15(3), 199-209.
- Lonsbury-Martin, B. L., Harris, F. P., Hawkins, M. D., Stagner, B. B. & Martin, G. K. 1990. "Distortion-product emissions in humans: I. Basic properties in normally hearing subjects." *Annals of Otolology, Rhinology and Laryngology*, 99, 3-13.
- Lonsbury-Martin, B. L., Whithead, M. L. & Martin, G. K. 1991. "Clinical applications of otoacoustic emissions." *Journal of Speech and Hearing Research*, 34, 964-981.
- Mountani, D. C. 1980. "Changes in endolymphatic potential and crossed olivocochlear bundle stimulation alter cochlear mechanics." *Science*, 210, 71-72.
- Ohlms, L. A., Lonsbury-Martin, B. L. & Martin, G. K. 1991. "Acoustic distortion products: separation of sensory form neural dysfunction in sensorineural hearing loss in humans and rabbits." *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 104, 159-174.
- Schuknecht, H. F. 1974. "Pathology of the ear" Cambridge, Harvard University Press, 388-403.
- Schuknecht, H. F. 1989. "Pathology of presbycusis." *Geriatric Otorhinolaryngology*, Philadelphia, Decker.
- Whitehead, M. L., Stagner, B. B., Lonsbury-Martin, B. L. & Martin, G. K. 1994. "Measurement of otoacoustic emissions for hearing assessment." *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, APR/May, 210-226.



접수일자: 2004. 10. 28

게재결정: 2004. 11. 28

▲ 홍빛나

강원도 춘천시 옥천동 1번지 한림대학교 (우: 200-702)

한림대학교 자연과학대학 언어청각학부

Tel: +82-33-248-2213

Fax: +82-33-256-3420

E-mail: habina2@hanmail.net

▲ 남상길

전라남도 영암군 삼호읍 산호리 72번지 (우: 526-702)

대불대학교 보건복지대학 언어치료청각학과

Tel: +82-61-469-1316

E-mail: namskok@hananet.net

▲ 김진숙

강원도 춘천시 옥천동 1번지 한림대학교 (우: 200-702)

한림대학교 자연과학대학 언어청각학부

Tel: +82-33-248-2213

Fax: +82-33-256-3420

E-mail: jskim@hallym.ac.kr