

무음향 방음실의 정상청력 이명자에 관한 자발이음향방사

경북대학교 의과대학 이비인후과학교실
김영진・정상득・이태우・조태환・성창섭

Spontaneous Otoacoustic Emissions of Normal Hearers with Tinnitus in the Anechoic Chamber

Young Jin Kim, M.D., Sang Dug Jung, M.D., Tae Woo Lee, M.D.,
Tae Hwan Cho, M.D., Chang Sup Seong, M.D.

*Department of Otolaryngology, School of Medicine,
Kyungpook National University*

= Abstract =

Otoacoustic emissions, discovered by David Kemp, are audio-frequencies that are transmitted from the cochlea to the middle ear and into the external ear canal. Spontaneous otoacoustic emissions(SOAEs) are low-level acoustic signals measured in the ear without any external acoustic stimulation, but it is not clear that SOAEs result from physiological mechanism or certain pathology. Authors investigated 24 normal young adulthood within the 20dB HL who felt tinnitus in the anechoic chamber and then examination of SOAE was done in those people.

The results were as follows :

- 1) SOAEs were recorded in 83.3% of the 24 subjects, 56.3% of 48 ears tested. It showed no difference between the incidence of bilateral type and those of unilateral type.
- 2) The frequency range is between 580Hz and 6040Hz, and the average of frequency is approximately 2100Hz.
- 3) Single emission is present in 15 persons and maximal peak number was 5. The average number of SOAEs per ear was 1.7.

It remains to be understood whether spontaneous emissions reflect normal auditory mechanics or some preclinical sensorineural abnormality.

KEY WORDS : Anechoic Chamber · Tinnitus · SOAE.

서 론

유발이음향방사는 1978년 Kemp¹⁹⁾에 의하여 처음으로 보고되었고, 이는 외이도에서 기록된 비선형 음향방사이다. 이러한 이음향방사는 코

르치기관 내의 미세기계계의 진동이 외이에 투사되는 것으로 간주하게 되었으며^{1,20)}, Zurek³⁷⁾는 각종 동물 및 인간의 이음향방사의 결과를 종합 발표한 바 있다.

이음향방사는 검사방법에 따라서 유발이음

향방사(evoked otoacoustic emission, 이하 EOAE)와 자발음향방사(spontaneous otoacoustic emission, 이하 SOAE)로 대별할 수 있으며 EOAE는 연구자들^{4-7,21,30,34)}에 의하여 유모세포의 기능을 지표로 하는 타각적 검사로서 임상적 응용의 가능성에 대하여 연구가 진행되고 있고, 또한 SOAE는 내이의 생리적 현상인지 아니면 병태적 생리 현상인지에 관하여 연구되고 있는 바 아직까지 뚜렷한 규명은 되지 않은 상태이다.

이에 본 교실에서는 무음향방사실에서 이명을 감지한 정상청력자에 대하여 SOAE를 검토하므로써 이명의 발현기전 및 내이의 생리적, 병태생리적인 연구의 기초적 자료를 얻고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1991년 8월부터 9월까지 본 대학 학생을 대상으로 청력검사 및 이학적 검사를 실시하여 정상 고막 소견을 보이며 순음청력검사 역치가 20dB 이내로서 이명 및 기타 이과적 질환의 과거력이 없는 27명 중에서 주위 소음이 15dB 이하인 무음향방음실내에서 자각적인 이명을 호소하는 24명을 대상으로 하였다.

검사는 역시 무음향방음실 내에서 피검자를 각성상태에 편안하게 눕힌 후 BRUEL & KJAER사의 model 4133 microphone (sensitivity : 12.5mV per N/m², diameter : 0.5 inch, frequency range : 20Hz~40KHz)을 35mm probe에 연결시켜 외이도에 적절히 밀착시켰다. 음자극없이 외이도를 통하여 수신된 음은 동사의 model 2155 전증폭기와 model 2606 측정증폭기로써 10회이상 증폭 가산하였다. 수신신호의 가산 평균값은 analogue/digital 변환기(DT 2821)를 통하여 바꾼 후, IBM computer를 이용하여 fast Fourier transformation (FFT)하여 분석하였고(Fig. 1), SOAE는 소음 level보다 적어도 3dB 이상이고 재현성이 있을 때를 기준으로 하였다.

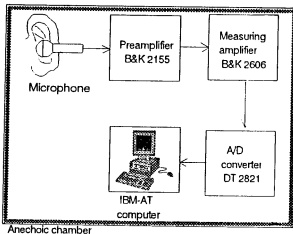


Fig. 1. Block diagram of measuring system

결 과

전체 24명(48 귀)의 피검자 중에서 한 개 이상의 SOAE가 나타난 경우가 20명으로 83.3%의 출현율을 나타내었으나, 출현한 귀로 보면 48귀 중 27귀에서 나타나 56.3%의 출현율을 나타내었으며 이 중 양측성이 7명(14귀), 일측성이 13명(13귀)이었고 일측성 중에는 좌우가 각각 7명, 6명씩이었다(Table 1).

Table 1. Incidence of SOAE in normal hearers

Site	No. of ears	(%)
Unilateral		
Right	6	(22.2)
Left	7	(25.9)
Bilateral	14	(51.9)
Total	27	(100)
Incidence	20/24	(83.3)
	27/48	(56.3)

Peak 주파수 별로는 SOAE가 나타난 27귀 중 단일 peak가 15귀로 가장 많았고, 5개의 peak가 나온 경우도 1귀에서 있었으며 평균 1.7개였다(Table 2, Fig. 2). Peak 주파수 대역별로는 580Hz에서 6040Hz까지 다양하였으나 50% 정도에서 1KHz와 3KHz사이에 분포하였고

Table 2. Peak distribution of SOAE

No. of peak	No. of ears(%)
1	15 (55.6)
2	9 (33.3)
4	2 (7.4)
5	1 (3.7)
Total	27 (100)

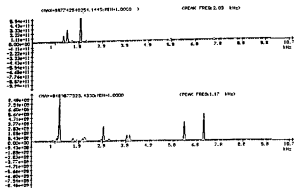


Fig. 2. Examples of SOAE peak.
Upper: single emission, lower: multiple emissions.

평균 주파수는 2100Hz(2088.5)였다(Table 3, Fig. 3).

Table 3. Frequency distribution of SOAE

Range of frequency	No. of ears(%)
500~999Hz	7(25.9)
1000~1999Hz	8(29.7)
2000~2999Hz	6(22.2)
3000~3999Hz	3(11.1)
4000~4999Hz	1(3.7)
5000~5999Hz	1(3.7)
6000~6999Hz	1(3.7)
Total	27(100)

고 찰

이음향방사는 1948년 Gold가 내이수용기에 서 능동적 작용에 의하여 발생되어야 한다는

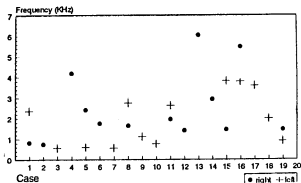


Fig. 3. Frequency distribution of SOAE.

가설을 세웠으나 Kemp¹⁰⁾가 처음으로 내이의 코르치기관은 음을 수용할 뿐 아니라 역으로 음을 방사하는 기관이라는 놀라운 사실을 보고하였는 바, 초기에는 회의적으로 보는 연구자도 있었으나 많은 연구자들^{1,4~7,20,21,30,34,37)}의 추가적 연구가 거듭됨으로써 실재함을 확신하게 되었다.

해부학적 연구는 전자현미경학의 발전과 면역조직학의 응용에 의하여 내이의 기능과 구조적 관계가 보다 심도있게 연구되어 내유모세포와는 달리 외유모세포는 세포 외벽에 표면하조(subsurface cistern)와 시냅스하조(subsynaptic cistern)가 특별히 발달하고 있다는 점¹⁴⁾과 외벽 전체에 수축단백인 actin과 myosin^{13,23)}이 있으며 와우의 신경지배의 특이성이 밝혀졌고³³⁾, Brownell 등¹⁰⁾에 의하여 분리된 단일 유모세포가 통전 및 아세틸콜린에 의하여 수축됨이 밝혀졌다. 와우의 생리에 있어서는 음자극에 따른 내이의 수동적 기능에 의한 선형성 작용만을 주장하는 것과 달리 여러 연구자들^{4,5,21,34)}에 의하여 비선형성의 작용이 있음이 밝혀졌다. 이러한 제 연구 결과를 미루어 볼 때 외유모세포에는 능동적 진동이 있고³⁰⁾ 이는 와우내의 진동계의 제어적 작용을 할 가능성이 있으며²²⁾ 이 능동적 진동계가 외이로 투사되는 것이 이음향방사라고 하였다^{9,25)}.

SOAE는 1979년 Kemp가 외이음에서 현대역의 주파수 분석중 확인되었으며²⁰⁾ 1981년 Zureck가 정상청력자에서 45%가 출현함을 보고하였고³⁶⁾ 그 이후 여러 보고자에 의하면 정상

청력자에서 35%에서 66%의 출현율을 보고하였으며^{3,6,11,35)} 56%의 출현율을 보인 본 연구와 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있다.

자발이음향의 출현율에 미치는 외부영향으로서 Zurek³⁷⁾ 외 몇몇 연구자들^{2,12,33)}에 의하여 연구된 외이 음자극에 의한 억제효과(suppression)는 자발이음향 주파수보다 약간 높은 주파수에서 가장 효과적으로 이루어지며 억제음(suppression tone)이 자발이음향의 주파수보다 저주파수일 경우 억제의 정도는 보다 상승된다고 하였고 고주파의 억제 곡선의 형태는 다양하다고 하였다. 또한 외부음자극에 의해 억제된 자발이음향은 일정시간 뒤 재현되며 재현시간은 자극강도 및 자극지속 시간에 따라서 변화된다고 하였다.^{12,27,32)} 반대측 귀의 자극에 의하여서도 기전을 정확히 단정할 수는 없으나 출현율에 영향을 미친다고 하였다.^{27,32)} 따라서 저자들이 사용한 microphone의 강도의 차이와 FFT 방법에 의한 파형 분석, 또한 실험실의 소음이 15dB SPL이하인 무음향방음실이 외부자극에 의한 억제효과가 제거됨으로 인하여 출현율이 높게 나타난 원인으로써 배제할 수 없다고 생각된다.

자발이음향의 출현은 양측성이 많으며 양측을 비교할 때는 우측에 우위성이 있고 peak주파수의 출현수는 복수 출현이 많으며 대개 2개 내지 3개가 출현한다고 하였으나 본 교실의 경우 양측성이 적었으며 양측의 우위성에 있어서도 큰 차이가 없었고 peak 주파수의 출현수는 1개 내지 2개가 많았다. 주파수 특성은 0.5KHz에서 6KHz까지 다양하나 소아에서는 3KHz에서 4.5KHz 사이에서, 그리고 성인에서는 1KHz에서 2KHz 사이에서 우위성으로 출현한다고 하였는데^{2,12,17,27,31)} 이는 본 교실의 결과와 비교적 유사함을 보여주고 있다.

자발이음향이 생리적인 것인지 병태생리와 관계가 있을 지에 대하여 현재로서는 상반된 견해가 있으나 임상적으로는 이명과의 관계에 있어서 많은 흥미를 갖게 한다. Fritze¹⁰⁾는 정상청력자와 중등도의 난청자와의 자발이음향 출현율의 비교검사에서 중등도의 난청자에서 약 3배의 높은 출현율을 보인다고 하였고 이는

와우내 진동계의 미소장애가 원인이라고 생각하고 순음청력도상 자발이음향주파수에 notch가 인식된 예를 보고하였으며 Ruggero등²⁹⁾은 부분적 외유도세포의 장애에 의하여 와우내 진동계의 기능 이상에 의하여 자발이음향방사와 청력도상의 notch를 설명하고 있다.

이와 반대로 몇몇 연구자들^{8,26)} 난청자에서 오히려 발현율이 낮다고 하였으며, Rebilliard²⁸⁾ 등은 양자에 큰 차이가 없다고 하였다.

본 교실의 경우 높은 발현율을 보였고 대상은 무음향방음실에서 이명을 느낀 자를 대상으로 한 청력검사상 20dB이내의 정상청력자였으며 청력도상에서 notch는 발견할 수 없었다. 따라서 현재로서는 자발이음향방사의 기전이 정상생리현상인지 혹은 병태적 생리 현상인지를 경솔히 단정할 수 없으며 신생아에 대한 검사와 더불어 보다 폭넓고 심도 있는 연구가 요구된다고 생각된다.

요 약

본 교실에서는 무음향방음실에서 이명을 느끼는 정상청력자 24명을 대상으로 SOAE에 대한 검사를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) SOAE가 나타난 경우가 20명으로 83.3%이나 귀로 보면 48귀 중 27귀에서 나타나 56.3%의 출현율을 보였으며 일측성과 양측성 간의 차이는 없었고 일측성에서도 좌우측의 빈도는 거의 같았다.

2) Peak 주파수 특성은 50%가 1KHz에서 3KHz 사이에 분포되었으며 단일 주파수가 15귀였고 1귀에서 5개의 중복 주파수를 가진 경우가 있었으며 평균 1.7개였다.

이상으로 볼 때 SOAE가 정상적 생리현상인지 여부와 임상적 검사의 가능성 검토를 위하여는 향후 SOAE에 미치는 제 인자의 검색과 각종 난청자와의 상관관계를 규명하여야 할 것으로 사료되었다.

References

- 1) Anderson SD, Kemp DT : The evoked mechanical responses in laboratory primates. *Arch Otorhinolaryngol* 244 : 47~54, 1979
- 2) Bargones JY, Burns EM : Suppression tuning for spontaneous otoacoustic emissions in infants and adults. *J Acoust Soc Am* 83 : 1809~1816, 1988
- 3) Bilger RC, Matthies ML, Hammel D, et al : Genetic implications of gender differences and prevalence of spontaneous otoacoustic emissions. *J Speech Hear Res* 33 : 418~432, 1990
- 4) Bonfils P, Piron JP, Uziel A, et al : A correlative study of evoked otoacoustic emission properties and audiometric thresholds. *Arch Otorhinolaryngol* 245 : 53~56, 1988
- 5) Bonfils P, Uziel A : Clinical applications of evoked otoacoustic emissions ; Results in normally hearing and hearing impaired subjects. *Ann Otorhinolaryngol* 98 : 326~331, 1989
- 6) Bonfils P, Uziel A, Narcy P : The properties of spontaneous and evoked acoustic emissions in neonates and children : A preliminary report. *Arch Otorhinolaryngol* 246 : 249~251, 1989
- 7) Bonfils P, Uziel A, Pujor R : Screening for auditory dysfunction in infants by evoked otoacoustic emissions. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 114 : 887~890, 1988
- 8) Bright KE, Glattke TJ : Spontaneous Otoacoustic Emissions in normal listeners. *Am Sp Lang Hear Ass* 26 : 147, 1984
- 9) Brownell WE : Outer hair cell electromotility and otoacoustic emissions. *Ear hear* 11 : 82~92, 1990
- 10) Brownell WE, Bader CR, Bertrand D, et al : Evoked response of isolated outer hair cells. *Science* 227 : 194~196, 1985
- 11) Burns EM, Arehart KM, Campbell SL : Prevalence of otoacoustic emissions in neonates. Abstracts of Fourteenth Min-winter Research Meeting for the Association for Research in Otolaryngology. p 66, 1991
- 12) Dallmayr C : Spontane otoakustische emissionen : Statistik undreaktion auf akustische störtöne. *Acustica* 59 : 67~75, 1985
- 13) Flock A, Chenny HC : Actinfilament in sensory hairs of inner ear receptor cell. *J Cell Biol* 75 : 339~343, 1977
- 14) Flock A, Flock B, Ulfendahl M : Mechanism of movement in outer hair cells and a possible structural basis. *Arch Otolaryngol* 243 : 83~90, 1986
- 15) Frick LR, Matthies ML : Effects of external stimuli on spontaneous otoacoustic emissions. *Ear Hear* 9 : 190~197, 1988
- 16) Fritze W : Registrations of spontaneous cochlear emissions by means of Fourier transformation. *Arch Otorhinolaryngol* 238 : 189~196, 1983
- 17) Fritze W : Spontaneous otoacoustic emissions : their structure and temporal fluctuation. *Abstr Int Symp, Clinical Applications of Otoacoustic Emissions*. Montpellier, 1988
- 18) Fritze W : On the frequency distribution of spontaneous cochlear emissions : in New aspects of cochlear mechanics and inner ear pathophysiology. *Adv Oto Rhino Laryng* vol 44, pp. 22, 1990
- 19) Kemp DT : Stimulated acoustic emissions from the human auditory system. *J Acous Soc Am* 64 : 1386~1391, 1978
- 20) Kemp DT : Evidence of mechanical non-linearity and frequency selective wave

- amplification in the cochlea. Arch Oto-rhinolaryngol 224 : 37~45, 1979
- 21) Kemp DT, Bray P, Alexander L, et al : Emission cochleography-practical aspects. Scand Audiol Supp 25 : 71~83, 1986
- 22) Kim DO : Active and nonlinear cochlear biomechanics and the role of the outer-hair-cell subsystem in the mammalian auditory system. Hear Res 42 : 143~156, 1986
- 23) Macarthy JC, Comis SD : Is myosin in the cochlea a basis for active-motility. Nature 28 : 491~492, 1980
- 24) Penner MJ, Burns EM : The dissociation of SOAEs and tinnitus. J Speech Hear Res 30 : 396~403, 1987
- 25) Plinkert PK, Giffer AH, Zenner HP : Tinnitus associated spontaneous otoacoustic emissions : Active outer hair cell movements as a common origin. Acta Otolaryngol 110 : 342~347, 1990
- 26) Probst R, Lonsbury-Martin BL, Martin GK, et al : Otoacoustic emissions in ears with hearing loss. Am J Otolaryngol 8 : 73~81, 1987
- 27) Rabinowitz WM, Widin GP : Interactions of spontaneous otoacoustic emissions and external sounds. J Acoust Soc Am 76 : 1713~1720, 1984
- 28) Rebilliard G, Abbou S, Lenoir M : Les oto-émissions acoustiques II. Les oto-émissions spontanées : Résultats chez des sujets normaux ou présentant des acouphènes. Ann Oto Lar 104 : 363~368, 1987
- 29) Ruggero MA, Rich NC, Freyman R : Spontaneous and impulsively evoked otoacoustic emissions : Indicators of cochlear pathology ? Hear Res 10 : 283~300, 1983
- 30) Rutten WLC : Evoked acoustic emissions from within normal and abnormal human ears : comparison with audiometric and electrocochleographic findings. Hear Res 2 : 263~271, 1980
- 31) Schloth E : Akustische Aussendungen des menschlichen Ohres (otoakustische Emissionen), Dissertation, München, 1982
- 32) Schloth E, Zwicker E : Mechanical and acoustical influences on spontaneous oto-acoustic emission. Hear Res 11 : 285~293, 1983
- 33) Spondlin N : Neural connection of outer hair cell system. Acta Otolaryngol 87 : 381~387, 1979
- 34) Tanaka Y, O-uchi T, Arai Y, et al : Otoacoustic emission as an indicator in evaluating inner ear impairment. Acta Otolaryngol 103 : 644~648, 1987
- 35) Wier CC, Norton SJ, Kincaid GE : Spontaneous narrow-band otoacoustic signals emitted by human ears. A replication. J Acoust Soc Am 76 : 1248~1250, 1984
- 36) Zurek PM : Spontaneous narrow-band signals emitted by human ears. J Acoust Soc Am 69 : 514~532, 1981
- 37) Zurek PM : Acoustic emission from the ears : A summary of results from humans and animals. J Acoust Soc Am 78 (1) : 340~344, 1985