Journal of The Korean Society of Integrative Medicine, 2019, 7(4), 131~140
https://doi.org/10.15268/ksim.2019.7.4.131
ISSN 2288-1174(Print)
ISSN 2383-9651(Online)

측방 눈 주시가 유발이음향방사 청각기능에 미치는 영향

주 석 희[∓]

세한대학교 특수교육과 교수

The Effects of Eye Lateralization on Transient Evoked Otoacoustic Emissions of Auditory Function

Joo Seokhee, Ph.D[∓]

Dept. of Special Education, Sehan University, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the interrelationship between eye movement and auditory function through the effects of eye lateralization on transient evoked otoacoustic emissions of auditory function.

Methods : 25 subjects with complete set of ears were used in this study, which composed of 12 males and 13 females with pure tone threshold of below 25 ㏈ without otolaryngology were evaluated. Each of the patient has a visual acuity of greater than 1.0 after correction, and has no problems with eye disease, eye movement, and human parallel system. In a dark silent room, the subjects sat on a chair with their heads fixed on a headrest. The tests were performed by asking the patients to look at a fixed red light dot on a light bar in front of them. This light was directed to the front, right and left sides of the subject at an angle of 40 ° In the presence of the stimulus sound in the ipsilateral ear, the transient evoked otoacoustic emissions of the ipsilateral ear was measured at the straight, right and left fixation. In order to evaluate the transient evoked otoacoustic emissions through the efferent auditory pathway, the transient evoked otoacoustic emission values of the contralateral ear were measured at the straight, right and left fixation. These measurements were taken at frequencies of 1 kHz, 1.4 kHz, 2.0 kHz, 2.8 kHz and 4 kHz, respectively.

Results : Transient evoked otoacoustic emissions caused by lateral movement of the eye showed significant changes at 1.4 ㎑ and 2 ㎑ of the afferent pathway of the ipsilateral ear. Also, significant changes were observed at 1.4 ㎑ and 4 ㎑ of the efferent pathway of the contralateral ear.

Conclusion : These results indicated that there is a close relationship between eye movement and auditory cochlea. In the future, further studies considering more diverse subjects and age groups will be needed.

Key Words : contralateral ear, eye movement, ipsilateral ear, transient evoked otoacoustic emissions

[∓]교신저자 : 주석희, opticjoo@sehan.ac.kr

논문접수일 : 2019년 9월 26일 | 수정일 : 2019년 11월 4일 | 게재승인일 : 2019년 11월 15일

※ 이 논문은 2019년도 세한대학교 교내연구비 지원에 의하여 씌어진 것임.

Ⅰ. 서 론

다양한 정보와 지식이 넘치는 현대 사회는 인간이 이를 받아들이고 분석해 내는 특수감각 기관의 기능이 더욱 중요 시 되어 지고 있다. 특히 정보의 대부분이 시각과 청각을 통해 습득되어지게 되며 이 두 가지 기관은 서로 긴밀하게 연관성을 가지고 있다(Lawrence & Carol, 1988).

청각 기능이 약화되었을 때 이뤄지는 시각반응은 망막에 전달된 시각 자극이 시신경 경로를 통하여 대뇌 후두엽에서 만들어지는 전기적 신호를 MRI를 통해 관찰할 수 있는 데, 정상적인 사람보다 이 부분이 더욱 활성화되는 것은 청각의 부족한 부분을 보상하기 위한 상호작용이라고 Aparicio 등(2007)이 주장하였다.

Kekcheev(1946)는 자세와 청각 인지 사이의 상호작용을 연구하였는데 특히, 청취자가 앉아있을 때 청각 감도가 더 높았지만 청취자가 서 있거나 수평 위치에 있을 때는 상대적으로 감도가 저하된다고 하였다. 이것은 자세 변화와 순음 청력 사이의 상관관계를 평가하려고 시도한 초기의 연구 중 하나이다. Corso(1962)와 Macrae(1972)는 서로 다른 신체 위치(서 있거나, 앉거나, 누워있거나, 거꾸로 있거나, 오른쪽 자세, 왼쪽 자세)의 변화에 따라 순음청력이 변화된다고 보고 하였다. 이 현상을 설명하기 위한 몇 가지 가설에는 달팽이관 압력의 증가, 달팽이관으로의 혈액 공급의 변화 및 귓속의 중이근육에 의한 직접 수축이 원인 중의 하나라고 주장하였다.

최근 연구자들은 자세변화가 이음향방사(transient evoked otoacoustic emissions)의 진폭 감소와 위상 변화를 유발할 수 있다는 주장이 보고됨에 따라 자세변화와 이음향방사 사이의 상호작용에 관심을 갖기 시작하였다(Antonelli & Grandori, 1986; Kleine 등, 2001; Phillips & Farrell, 1992).

청각기능을 타각적으로 검사하는 이음향방사는 달팽이관의 외유모세포(outer hair cell) 활동에 의해 외이도 쪽으로 발생되는 에너지를 기록한 것으로 일반적으로 외부 소리가 대뇌청각중추까지 전도되는 방향과는 정반대로 나타나는 것이다. 회화음역의 청력역치가 30~40 ㏈ 이상인 경우에는 이음향방사 반응이 잘 나타나지 않으므로 외유모세포의 장애로 인한 미로성 난청 여부를 확인하는 데 유용하게 사용되어진다. 또한 이 검사는 소리의 자극이 달팽이관을 통하여 동측 귀(ipsilateral ear) 대뇌청각피질에 도달하는 동심성신경 전달경로(afferent pathway)와 이와 반대방향으로 발생되는 대뇌청각피질에서 대측 귀(contralateral ear)의 달팽이관에 도달하는 편심성신경 전달경로(efferent pathway)를 파악할 수 있다(Her & Rhu, 2004; Kim 등, 2017).

지금까지 시각, 청각 및 전정기관 간의 상호작용에 관해 여러 연구가 이루어져 왔다. Lewald와 Ehrenstein(1996a, 1996b)과 Otake 등(2007)은 눈의 측면 움직임은 특정한 곳(localize sound)의 소리를 듣는 능력에 영향을 미친다고 하였고, Otake 등(2006)은 안구운동이 주시점을 향하는 몸 중심축의 변화를 유발하여 소리가 발생하는 방향을 변경시키고 전정 자극이 청각 공간을 인지하는 데 영향을 미친다고 하였다. 또한, 시각적 집중이 외유모세포 활동을 억제하고, 대측 귀의 음향자극이 내측 올리브달팽이관삭(medial olivo-cochelar bundle) 편심성 신경반사를 통해 유발이음향방사를 유의하게 감소시킨다는 연구가 보고되었다(Ferber-Viart 등, 1995). 이처럼 이음향방사는 비교적 용이하게 내이도 기능을 살펴볼 수 있어 눈움직임에 따른 청각기능의 변화를 관찰할 수 있는 유용한 검사법으로 활용 가능하다.

지금까지 국내에서는 이음향방사를 이용한 안구의 움직임과 청각기능과의 관계를 평가하는 임상적인 연구는 아직 이뤄지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 안구의 측방주시가 유발이음향방사에 미치는 영향을 통해, 안구운동과 청각기능의 상호 연관성을 구체적으로 파악하고자 하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 연구윤리위원회 승인을 통해 안과질환, 안구운동, 인체평행 시스템에 장애가 없으며 교정 후 시력

이 1.0 이상인 젊은 성인을 연구대상자로 하였고, 이들 가운데 이경검사(otoscopy)와 중이검사(immittance audiometry)를 통해 중이와 외이의 상태를 확인한 후 이비인후과 질환이 없는 순음평균역치(pure tone threshold)가 25 ㏈ 이내인 25명의 양쪽 귀(남 12명, 여 13명)를 대상으로 하였다. 연령평균은 22세, 연령범위는 20~25세였다.

2. 실험방법

1) 주시방법

안구위치에 따른 이음향방사 측정은 양안시 상태에서 고개를 움직이지 않고 두 눈만 움직여 정면 주시, 오른쪽 측면 주시 40 °, 왼쪽 측면 주시 40 °의 펜라이트(pen light) 불빛을 바라보며 실시되었고, 안구운동에 따른 이음향방사 반응강도 차이는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 변화량을 측정하였다.

2) 청각검사

순음청력역치 측정은 GSI 61 audiometer를 이용하였고, 자극음은 TDH-39 headphone을 사용하여 전파되도록 하였다. 중이검사는 GSI사의 TYMPSTAR V2를 가지고 양쪽 귀의 고막운동도(tympanogram)를 검사하여 이상 유무를 점검하였다.

이음향방사의 측정은 먼저 방음실에 마련된 Otodynamic사의 ILO V6 Clinical OAE software를 이용하여 동측 귀(ipsilateral)에 probe를 통해 자극음을 전달한 뒤 이음향방사의 반응정도를 평가하였다. 그런 다음에 대측 귀(contralateral)에 GSI 61 audiometer를 통해서 자극음을 전달한 뒤 이음향방사의 반응 정도를 평가하였다. 자극음은 동측 귀에서 평균 78.6±1.2 ㏈ SPL의 비선형 클릭음(click)으로 음의 지속시간이 80 ㎲, 자극빈도가 초당 50회, 평균가산(sweep)수가 260회 발생되도록 하였다. 대측 귀의 자극음향 종류는 억제효과를 가장 많이 낼 수 있는 약 70 ㏈ SPL의 BBN이었다.

동심성 경로를 통한 이음향방사를 평가하기 위하여 자극음을 제시한 동측 귀의 안구운동에 따른 이음향방사값을 측정하였고, 편심성 경로를 통한 이음향방사를 평가하기 위해 자극음을 제시한 반대쪽 귀의 안구운동에 따른 이음향방사값을 측정하였다.

이와 같은 검사는 동측 귀와 대측 귀 모두 일상생활에서 주로 감응되는 1 ㎑, 1.4 ㎑, 2.0 ㎑, 2.8 ㎑, 4 ㎑의 주파수에서 각각 이루어 졌다.

3) 분석방법

본 연구의 자료처리는 Window용 SPSS Ver 20.0을 이용하여 통계분석을 시행하였다. 정규성 검증은 샤피로-윌크 검정(shapiro-wilk test)을 실시하였고, 안구 위치에 따른 이음향방사값은 일원 반복측정 일변량분산분석(One-Way ANOVA with repeated measures)을, 안구운동에 따른 주파수별 이음향방사 반응강도 차이는 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의 수준은 0.05이하에서 분석하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 안구운동에 따른 오른쪽 귀의 동측 이음향방사 반응

안구 위치에 따른 동심성 청각시스템의 기능을 파악하기 위해, 오른쪽 귀에 자극음을 제시하고 정면, 오른쪽, 왼쪽 주시 시 오른쪽귀의 동측 이음향방사 반응강도를 분산분석(ANOVA)한 결과, 오른쪽 귀의 평균값은 정면 주시 상태에서 17.52±6.94 ㏈, 오른쪽 주시 상태에서 18.08±6.58 ㏈, 왼쪽 주시 상태에서 17.08±6.16 ㏈로 나타났다. 안구 위치 간 유의한 차이는 없었지만(p=.672), 오른쪽 주시 상태에서 이음향방사 반응강도가 가장 크게 나타났다(Table 1).

안구운동에 따른 오른쪽 귀의 주파수별 동측 이음향방사 반응강도 차이를 대응분석한 결과, 1 ㎑에서 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.3286 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.8429 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.1714 ㏈로 나타났다. 1.4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.0214 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.8071 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.8286 ㏈로 나타났다. 2 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으

Table 1. Transient evoked otoacoustic emissions of right ear caused by lateral movement of the eye: Ipsilateral ear response (Unit: dB)

	1 ㎑	1.4 ㎑	2 ㎑	2.8 ㎑	4 ㎑	Mean	*p*
S	19.15±8.00	21.27±6.40	18.25±3.45	16.64±4.69	14.63±6.77	17.52±6.94	
R	19.92±7.50	21.31±5.79	19.30±4.08	16.27±5.49	14.13±7.59	18.08±6.58	.672
L	17.75±8.00	18.49±4.95	19.09±4.36	16.10±4.85	13.96±7.22	17.08±6.16	

*p<.05, S; straight ahead, R; right gaze, L; left gaze

로 안구운동 시 0.8143 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.6071 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.2071 ㏈로 나타났다. 2.8 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.3714 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.5429 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.1714 ㏈로 나타났다. 4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.5000 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.6643 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.1643 ㏈로 나타났다. 이 가운데에서 1.4 ㎑의 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 유의한 차이를 확인할 수 있었다(t=2.191, p=.047)(Table 2).

Table 2. Differences in the transient evoked otoacoustic emissions according frequencies of the right ear caused by lateral movement of the eye: Ipsilateral ear response (Unit: dB)

Frequency	Fixation	Paired difference		t	*p*
		Mean	SD		
1 ㎑	Straight-Right	-0.3286	5.7422	-0.214	.834
	Straight-Left	1.8429	5.0172	1.374	.193
	Right-Left	2.1714	4.1451	1.960	.072
1.4 ㎑	Straight-Right	-0.0214	5.8357	-0.014	.989
	Straight-Left	2.8071	6.5769	1.579	.134
	Right-Left	2.8286	4.8314	2.191	.047*
2 ㎑	Straight-Right	-0.8143	4.0029	-0.761	.460
	Straight-Left	-0.6071	3.4033	-0.668	.516
	Right-Left	0.2071	4.1755	0.186	.856
2.8 ㎑	Straight-Right	0.3714	2.9663	0.469	.647
	Straight-Left	0.5429	2.620	0.775	.452
	Right-Left	0.1714	2.1055	0.305	.765
4 ㎑	Straight-Right	0.5000	2.4514	0.763	.459
	Straight-Left	0.6643	3.0467	0.816	.429
	Right-Left	0.1643	1.9405	0.317	.756

*p<.05

2. 안구운동에 따른 왼쪽 귀의 동측 이음향방사 반응

안구위치에 따른 동심성 청각시스템의 기능을 파악하기 위해, 왼쪽 귀에 자극음을 제시하고 정면, 오른쪽, 왼쪽 주시 시 왼쪽 귀의 동측 이음향방사 반응강도를 분산분석(ANOVA)한 결과, 왼쪽 귀의 평균값은 정면 주시

상태에서 19.33±9.91 ㏈, 오른쪽 주시 상태에서 19.95±6.44 ㏈, 왼쪽 주시 상태에서 19.38±7.82 ㏈로 나타났다. 오른쪽 귀에 비해 상대적으로 안구 위치 간 차이가 작았으며 유의한 차이는 없었다(p=.873)(Table 3).

안구운동에 따른 왼쪽 귀의 주파수별 동측 이음향방사 반응강도 차이를 대응분석한 결과, 1 ㎑에서 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 2.1571 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.1857 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.0286 ㏈로 나타났다. 1.4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 3.2350 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.9280 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.3070 ㏈로 나타났다. 2 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.6714 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.4071 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.0786 ㏈로 나타났다. 2.8 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 1.1214 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.3786 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.2571 ㏈로 나타났다. 4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 4.8357 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 4.5071 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.3286 ㏈로 나타났다. 이 가운데에서 1.4 ㎑의 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 3.2350 ㏈,(t=-2.612. p=.021) 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.9280 ㏈증가하고(t=-2.352. p=.035), 2 ㎑의 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.0786 ㏈감소하여 유의한 차이를 확인할 수 있었다(t=2.359. p=.035)(Table 4).

Table 3. Transient evoked otoacoustic emissions of left ear caused by lateral movement of the eye: Ipsilateral ear response (Unit: ㏈)

	1 ㎑	1.4 ㎑	2 ㎑	2.8 ㎑	4 ㎑	Mean	*p*
S	17.83±7.02	20.11±5.61	20.87±7.16	20.21±6.88	19.74±7.14	19.33±9.91	
R	20.34±6.46	23.64±3.79	22.25±5.57	19.09±6.50	14.90±6.10	19.95±6.44	.873
L	20.36±5.81	22.34±5.97	20.17±6.20	18.84±7.28	15.24±6.01	19.38±7.82	

*p<.05, S; straight ahead, R; right gaze, L; left gaze

Table 4. Differences in the Transient evoked otoacoustic emissions according frequencies of the left ear caused by lateral movement of the eye: Ipsilateral ear response (Unit: ㏈)

Frequency	Fixation	Paired Difference		t	*p*
		Mean	SD		
1 ㎑	Straight-Right	-2.1571	4.6180	-1.748	0.104
	Straight-Left	-2.1857	3.8969	-2.099	0.056
	Right-Left	-0.0286	2.9837	-0.036	0.972
1.4 ㎑	Straight-Right	-3.2350	4.6340	-2.612	0.021*
	Straight-Left	-1.9280	3.0680	-2.352	0.035*
	Right-Left	1.3070	4.5500	1.075	0.302
2 ㎑	Straight-Right	-0.6714	5.2359	-0.480	0.639
	Straight-Left	1.4071	5.8601	0.898	0.385
	Right-Left	2.0786	3.2962	2.359	0.035*
2.8 ㎑	Straight-Right	1.1214	3.4779	1.206	0.249
	Straight-Left	1.3786	4.2061	1.226	0.242
	Right-Left	0.2571	2.1230	0.453	0.658
4 ㎑	Straight-Right	4.8357	18.572	0.974	0.348
	Straight-Left	4.5071	18.6074	0.906	0.381
	Right-Left	0.3286	1.7130	0.718	0.486

*p<.05

3. 안구운동에 따른 오른쪽 귀의 대측 이음향방사 반응

안구위치에 따른 편심성 청각시스템의 기능을 파악하기 위해 왼쪽 귀에 자극음을 제시하고 정면, 오른쪽, 왼쪽 주시 시 오른쪽 귀의 대측 이음향방사 반응강도를 분산분석(ANOVA)한 결과, 오른쪽 귀의 평균값은 정면 주시 상태에서 16.47±6.38 ㏈, 오른쪽 주시 상태에서 18.04±6.39 ㏈, 왼쪽 주시 상태에서 16.87±5.93 ㏈로 나타났다. 안구 위치 간 유의한 차이는 없었지만(p=.308), 오른쪽 주시 상태에서 이음향방사 반응강도가 가장 크게 나타났다. Table 1의 자극 귀를 평가하는 동심성 측정값의 17.52±6.94, 18.08±6.58, 17.08±6.16에 비하여 편심성 측정값이 16.47±6.38, 18.04±6.39 16.87±5.93로 낮게 나타나는 억제현상을 확인할 수 있었다(Table 5).

Table 5. Transient evoked otoacoustic emissions of right ear caused by lateral movement of the eye: Contralateral ear response (Unit: ㏈)

	1 ㎑	1.4 ㎑	2 ㎑	2.8 ㎑	4 ㎑	Mean	*p*
S	18.21±6.87	19.29±5.76	17.11±4.45	16.17±4.41	13.66±6.05	16.47±6.38	
R	20.32±6.50	20.93±5.56	19.58±4.09	15.7±4.79	13.90±7.53	18.04±6.39	.308
L	18.15±7.21	17.72±6.04	18.32±4.05	15.80±4.90	14.36±6.70	16.87±5.93	

*p<.05, S; straight ahead, R; right gaze, L; left gaze

Table 6. Differences in the Transient evoked otoacoustic emissions according frequencies of the right ear caused by lateral movement of the eye: Contralateral ear response (Unit: ㏈)

Frequency	Fixation	Paired Difference		t	*p*
		Mean	SD		
1 ㎑	Straight-Right	-2.3143	7.0038	-1.236	0.238
	Straight-Left	-0.1357	5.9132	-0.086	0.933
	Right-Left	2.1786	4.3632	1.868	0.084
1.4 ㎑	Straight-Right	-1.5429	5.9216	-0.975	0.347
	Straight-Left	1.6643	6.9822	0.892	0.389
	Right-Left	3.2071	5.3307	2.251	0.042*
2 ㎑	Straight-Right	-1.6786	3.2885	-1.910	0.078
	Straight-Left	-0.4214	3.1332	-0.503	0.623
	Right-Left	1.2571	4.4588	1.055	0.311
2.8 ㎑	Straight-Right	0.4714	2.2879	0.771	0.455
	Straight-Left	0.3714	3.1372	0.443	0.665
	Right-Left	-0.100	2.9602	-0.126	0.901
4 ㎑	Straight-Right	-0.2429	2.2104	-0.411	0.688
	Straight-Left	-0.7071	1.5896	-1.664	0.120
	Right-Left	-0.4643	2.1186	-0.820	0.427

*p<.05

왼쪽 귀에 자극음을 제시한 상태에서 안구운동에 따른 오른쪽 귀의 주파수별 대측 이음향방사 반응강도 차이를 대응분석한 결과, 1 ㎑에서 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 2.3143 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.1357 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.1786 ㏈로 나타났다. 1.4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 1.5429 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.6643 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 3.2071 ㏈로 나타났다. 2 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 1.6786 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.4214 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.2571 ㏈로 나타났다. 2.8 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.4714 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.3714 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.100 ㏈로 나타났다. 4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.2429 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.7071 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.4643 ㏈로 나타났다. 이 가운데 1.4 ㎑의 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 유의한 차이를 확인할 수 있었다(t=-2.515, p=.0042)(Table 6).

4. 안구운동에 따른 왼쪽 귀의 대측 이음향방사 반응

안구위치에 따른 편심성 청각시스템의 기능을 파악하기 위해 오른쪽 귀에 자극음을 제시하고 정면, 오른쪽, 왼쪽 주시 시 왼쪽 귀의 대측 이음향방사 반응강도를 분산분석(ANOVA)한 결과, 왼쪽 귀의 평균값은 정면 주시 상태에서 18.08±7.27 ㏈, 오른쪽 주시 상태에서 19.72±6.63 ㏈, 왼쪽 주시 상태에서 19.24±6.93 ㏈로 나타났다. 안구 위치 간 유의한 차이는 없었지만(p=.352), 오른쪽 주시 상태에서 이음향방사 반응강도가 가장 크게 나타났다. 오른쪽 귀와 마찬가지로 왼쪽 귀도 동심성 측정값의 19.33±9.91, 19.95±6.44, 19.38±7.82에 비하여 편심성 측정값이 18.08±7.27, 19.72±6.63, 19.24±6.93로 낮게 나타나는 억제현상을 확인할 수 있었다(Table 7).

Table 7. Transient evoked otoacoustic emissions of left ear caused by lateral movement of the eye: Contralateral ear response (Unit: ㏈)

	1 ㎑	1.4 ㎑	2 ㎑	2.8 ㎑	4 ㎑	Mean	*p*
S	17.93±6.54	20.11±5.62	20.87±7.16	18.8±5.98	14.49±6.73	18.08±7.27	
R	14.84±6.12	22.72±4.32	21.92±6.29	18.08±6.66	14.84±6.12	19.72±6.63	.352
L	18.95±7.35	22.41±5.47	21.26±5.47	18.28±7.37	15.31±6.72	19.24±6.93	

*p<.05, S; straight ahead, R; right gaze, L; left gaze

오른쪽 귀에 자극음을 제시한 상태에서 안구운동에 따른 왼쪽 귀의 주파수별 대측 이음향방사 반응강도 차이를 대응분석한 결과, 1 ㎑에서 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 2.9500 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.9500 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.0000 ㏈로 나타났다. 1.4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 2.3214 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.0071 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.3143 ㏈로 나타났다. 2 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.3429 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.3214, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.6643 ㏈로 나타났다. 2.8 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.7214 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.5214 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.2000 ㏈로 나타났다. 4 ㎑에서는 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 0.3571 ㏈, 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 3.7928 ㏈, 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 0.4714 ㏈로 나타났다. 이 가운데 4 ㎑의 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 유의한 차이를 확인할 수 있었다(t=-2.515, p=.026)(Table 8).

Table 8. Differences in the Transient evoked otoacoustic emissions according frequencies of the left ear caused by lateral movement of the eye: Contralateral ear response (Unit: dB)

Frequency	Fixation	Paired Difference		t	*p*
		Mean	SD		
1 ㎑	Straight-Right	-2.9500	5.9789	-1.846	0.088
	Straight-Left	-0.9500	4.5553	-0.780	0.449
	Right-Left	2.0000	3.7173	2.013	0.065
1.4 ㎑	Straight-Right	-2.3214	4.8602	-1.787	0.097
	Straight-Left	-2.0071	4.0391	-1.859	0.086
	Right-Left	0.3143	4.1838	0.281	0.783
2 ㎑	Straight-Right	-0.3429	5.7492	-0.223	0.827
	Straight-Left	0.3214	5.7492	0.223	0.827
	Right-Left	0.6643	4.0546	-0.613	0.550
2.8 ㎑	Straight-Right	0.7214	2.185	1.235	0.239
	Straight-Left	0.5214	3.0141	0.647	0.529
	Right-Left	-0.2000	2.6112	-0.287	0.779
4 ㎑	Straight-Right	-0.3571	2.5629	-0.521	0.611
	Straight-Left	-3.7928	5.6435	-2.515	0.026*
	Right-Left	-0.4714	2.0912	-0.844	0.414

*p<.05

Ⅳ. 고 찰

지금까지 시각과 청각 기능의 상호관계를 밝히는 국내 연구에서는 시력과 청력의 연관성을 파악하기 위하여 굴절교정된 정상안에서 운무 전과 후의 순음청력역치를 비교한 결과 운무 후의 순음청력역치가 운무 전 보다 더 높게 나타난다고 하였으며(Cho 등, 2009), 노인을 대상으로 한 삶의 질 연구에서 시력과 청력 모두 이상이 있는 경우가 두 감각 기관 중 하나만 이상이 있는 경우보다 삶의 질에서 부정적인 영향을 미친다고 하여 두 감각기관의 상호작용을 확인 할 수 있었다(Kim 등, 2015). 최근 청각 기능을 평가하기 위한 타각적인 방법으로 이음향방사가 널리 사용되고 있는데, 이음향방사는 내측올리브달팽이관삭(medial olivo-cochlear bundle)에 의해 대측 귀(contralateral)의 달팽이관 외유모세포에 연결되는 편심성 신경기능을 검사할 수 있고, 외측 올리브달팽이관삭(lateral olivo-cochlear bundle)에 의해서 자극음을 제공하는 동측 귀(ipsilateral)의 동심성 신경 기능을 평가할 수 있다(Cho 등, 2006). 아직 국내에서는 청각기능을 측정하기 위해 이음향방사가 사용되지만 향후 시각자극의 변화에 따른 달팽이관의 관찰을 통해 시각과 청각기능의 상호 연관성을 평가하기 위하여 유용하게 이용될 수 있다.

Soi 등(2012)은 안구 내 눈 근육과 유모 세포 사이의 상호작용을 평가하기 위해, 안구의 수평위치가 달라짐에 따라 대측 귀 억제에 미치는 영향을 파악하였다. 1, 2, 3, 4, 5 ㎑ 주파수에서 안구 위치가 정면 주시, 오른쪽, 왼쪽의 측방주시를 하는 동안 이음향방사음의 억제를 측정한 결과, 4 ㎑에서 왼쪽으로 측방을 주시하였을 때 유의하게 감소되고(p= 0.003), 신호대 잡음비(sound noise

ratio) 또한 왼쪽 방향으로 주시한 상태가 3.48±4.63 ㏈로 정면의 1.54±4.61 ㏈ 비해 대측 귀 억제효과가 감소된다고 보고하였다(Soi 등, 2012).

본 연구에서는 안구운동에 따른 이음향방사 반응강도 차이를 명확히 분석하기 위하여 오른쪽 귀, 왼쪽 귀를 각각 분류하여 측정하였다. 먼저 안구운동에 따른 동심성 청각시스템의 변화를 파악하기 위하여 오른쪽 귀에 자극음을 주고 동측인 오른쪽 귀의 이음향방사 반응강도 차이를, 왼쪽 귀에 자극음을 주고 동측인 왼쪽 귀의 이음향방사 반응강도 차이를 각각 조사하였다. 그 다음 안구운동에 따른 편심성 청각 시스템의 변화를 파악하기 위하여 오른쪽 귀에 자극음을 주고 대측인 왼쪽 귀의 이음향방사 반응강도 차이를, 왼쪽 귀에 자극음을 주고 대측인 오른쪽 귀의 이음향방사 반응강도 차이를 각각 조사하였다.

오른쪽 귀에 자극음을 제시한 상태에서 안구운동에 따른 동측인 오른쪽 귀의 주파수별 이음향방사 반응강도 차이는 1.4 ㎑의 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 이음향방사음이 2.8286 ㏈ 만큼 감소하여 유의한 차이를 확인 할 수 있었고(p=.047), 왼쪽귀에 자극음을 제시한 동측인 왼쪽 귀의 주파수별 이음향방사 반응강도 차이는 1.4 ㎑의 이음향방사음이 정면에서 오른쪽으로 안구운동 시 3.2350 ㏈(p=.021), 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 1.9280 ㏈ 증가하고(p=.035), 2 ㎑의 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 2.0786 ㏈ 만큼 감소하여 유의한 차이를 보였다(p=.035).

왼쪽 귀에 자극음을 제시한 상태에서 안구운동에 따른 대측인 오른쪽 귀의 주파수별 이음향방사 반응강도 차이는 1.4 ㎑의 오른쪽에서 왼쪽으로 안구운동 시 이음향방사음이 3.2071 ㏈ 만큼 감소하여 유의한 차이를 확인 할 수 있었고(p=.042), 오른쪽 귀에 자극음을 제시한 대측인 왼쪽 귀의 주파수별 이음향방사 반응강도 차이는 4 ㎑의 이음향방사음이 정면에서 왼쪽으로 안구운동 시 3.7928 ㏈ 증가하여 유의한 차이를 보였다(p=.026).

위와 같은 유의한 결과값에 대한 내용을 살펴보면 편심성, 동심성 청각시스템 모두 정면에서 오른쪽으로, 정면에서 왼쪽으로 주시 시 이음향방사음이 증가하고 오른쪽에서 왼쪽으로 주시 시 이음향방사음이 감소하여 안구운동에 따른 이음향방사의 의미 있는 변화를 확인할 수 있었다. 이는 정면보다는 오른쪽, 왼쪽의 측방 주시가 달팽이관의 이음향방사 변화에 많은 영향을 미쳤고, 이 중에 오른쪽 주시가 가장 변화가 큰 것을 알 수 있었다. 또한 1.4 ㎑에서 안구운동 시 이음향방사값의 유의한 변화를 뚜렷이 관찰할 수 있었다. Soi 등(2012)이 안구움직임에 따른 이음향방사음 억제값을 측정하였을 때 1, 2, 3 ㎑에서 억제 변화량이 많았고 4 ㎑에 억제가 감소된다고 하였다. 그리고 Giraud 등(1997)도 성인에게서 내측 올리브달팽이관삭(medial olivo-cochlear reflex)반사가 고주파보다는 2 ㎑이하의 저주파 및 중간주파수에서 편심성 이음향방사값의 변화가 크게 나타난다고 하였는데, 본 연구의 오른쪽 귀에 자극음을 주고 왼쪽귀의 이음향방사음을 관찰하였을 때를 제외하고는 실험의 5가지 주파수 영역 중 비교적 낮은 주파수인 1.4 ㎑, 2 ㎑에서 이음향방사음의 변화가 많았던 것과 일치하였다. 유의미한 차이가 상대적으로 높은 주파수에 비하여 낮은 주파수에서 나타난 것은 사람 가청음역대의 모음소리와 비교적 관련이 있음을 추측할 수 있었다.

특정 주파수이지만 안구의 움직임에 따라 청각감각기관인 달팽이관의 변화가 나타났다는 것이 큰 의미가 있으며, 향후 실험 대상자 수와 연령을 확대하고 전반적인 주파수별 변화를 상세히 평가하는 후속 연구가 필요하다고 생각된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구의 결과를 통해 안구의 측방움직임에 따른 이음향방사음이 동측 귀를 살펴보는 동심성 청각시스템에서는 1.4 ㎑와 2 ㎑에서 유의한 변화가 나타났고, 대측 귀를 살펴보는 편심성 청각시스템에서는 1.4 ㎑와 4 ㎑에서 유의한 변화가 나타났다. 따라서 안구의 움직임과 청각의 달팽이관 사이에는 상호 밀접한 관련성이 있다고 판단되어 진다. 앞으로 본 연구를 기반으로 사시안과 같은 안구위치 이상이 소음성 난청 청각기능에 미치는 영향을 임상연구를 통해 밝혀 나가고자 한다.

참고문헌

Aparicio M, Gounot D, Metz-Lutz M(2007). Phonological processing in relation to reading: an fMRI study in deaf readers. Neuroimage, 35(3), 1303-1316.

Antonelli A, Grandori F(1986). Long term stability influence of the head position and modelling considerations for evoked otoacoustic emissions. Scand Audiol Supplmentum, 25(1), 97-108.

Cho SJ, Joo SH, Lee GJ, et al(2009). A comparison of pure-tone thresholds to the pre and post fogging after refractive correction in normal eyes. Korean Opt, 14(3), 88-93.

Cho SJ, Cho SH, Choi MG(2006). Effect of contralateral stimulus on the transient evoked otoacoustic emmissions in normal hearing. Audiology, 2(2), 160-164.

Corso J(1962). Bodily position and auditory thresholds. Percept Mot Skills, 14(3), 499-507.

Ferber-Viart C, Duclaux R, Collet L, et al(1995). Influence of auditory stimulation and visual attention on otoacoustic emissions. Physiol Behav, 57(6), 1075-1079.

Giraud AL, Garmier S, Micheyl G, et al(1997). Auditory efferents involved in speech in noise intelligibility. Neuroreport, 8(7), 1779-1783.

Her SD, Rhu YS(2004). Audiology. 3rd ed, Busan, Dong-a University Publish, pp.267.

Kekcheev KK(1946). Night vision: how better to see in the dark. Moscow, Nauka, pp.10.

Kleine E, Wit HP, Avan P, et al(2001). The behavior of evoked otoacoustic emissions during and after postural changes. J Acoust Soc Am, 110(2), 80-973.

Kim GS, Kim GS, Kim HG, et al(2017). Introduction to audiology. 3rd ed, Seoul, Hakjisa, pp.163.

Kim KS, Sin EY, Joo SH(2015). The effects vision and hearing function on the quality of life in the elderly. Korean Vision Science, 17(4), 415-429.

Lawrence K, Carol K(1988). Spatial disparity affects visual-auditory interactions in human sensorimotor processing. Brain Res, 122(2), 247-252.

Lewald J, Ehrenstein W(1996a). Auditory-visual shift in localization depending on gaze direction. Neuroreport, 7(12), 1929-1932.

Lewald J, Ehrenstein W(1996b). The effect of eye position on auditory lateralization. Exp Brain Res, 108(3), 473-485.

Macrae J(1972). Effects of body position on the auditory system. J Speech Hear Res, 15(2), 330-339.

Otake R, Saito Y, Suzuki M(2007). The effect of eye position on the orientation of sound lateralization. Acta Otolaryngol Suppl, 127(559), 7-34.

Otake R, Kashio A, Sato T, et al(2006). The effect of optokinetic stimulation on orientation of sound lateralization. Acta Otolaryngol, 126(7), 718-723.

Phillips A, Farrell G(1992). The effect of posture on three objective audiological measures. Br J Audiol, 26(6), 339-345.

Soi D, Brambilla D, Berardino F, et al(2012). Effect of eye lateralization of on contralateral suppression of transient evoked otoacoustic emissions. Acta otorhinolaryngologica Italica, 32(3), 170-174.