

# 정상청력 역치를 가지는 일측성 이명환자의 불쾌역치에 대한 개체내 비교 연구

을지대학교 의과대학 을지병원 이비인후과학교실

심현준 · 조용태 · 장동혁

## A Study of Uncomfortable Loudness Level in Unilateral Tinnitus Subjects with Normal Audiogram : Within-Subject Comparisons

Hyun Joon Shim, MD, PhD, Yong tae Cho, MD and Dong Hyuk Jang, MD

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Eulji Medical Center,  
Eulji University School of Medicine, Seoul, Korea

### – ABSTRACT –

**Background and Objectives** : Several studies have demonstrated that tinnitus subjects show significantly reduced sound level tolerance compared with control subjects, but they did not separate into groups with unilateral and bilateral tinnitus in the analyses. To investigate the influence of tinnitus on sound level tolerance, we compared uncomfortable loudness level (UCL) among tinnitus ears (TEs) and non-tinnitus ears (NTEs) of unilateral tinnitus subjects and control ears of normal subjects. Moreover, we compared UCL between tinnitus subjects who complained hyperacusis and those who did not. **Materials and Methods** : Human subjects included 50 unilateral tinnitus subjects (12 males and 38 females) with normal and symmetric hearing thresholds and 64 control subjects. We conducted psychoacoustic measurements of UCLs with 500 Hz and 3,000 Hz pure tones in each ear separately. **Results** : There were no significant differences of UCLs at 500Hz and 3,000 Hz of between TEs and NTEs, but the UCLs at 500 Hz and 3,000 Hz of both TEs and NTEs were lower than those of the control ears. No significant differences of UCLs at 500 Hz and 3,000 Hz were found between tinnitus subjects with hyperacusis and without hyperacusis. The UCL of 500 Hz had significantly negative correlation with the duration of tinnitus and subjective tinnitus loudness. **Conclusions** : These results support the existing hypothesis that tinnitus and hyperacusis are commonly caused by an increase of central gain. Reduced sound level tolerance in not only TEs but also NTEs might imply that the increased central gain affects bilaterally in consequence of loudness balance mechanism by lateral olivocochlear efferents. (J Clinical Otolaryngol 2019;30:189-198)

**KEY WORDS** : Sound level tolerance · Uncomfortable loudness level · Tinnitus · Hyperacusis.

## 서 론

이명이란 외부의 근원이 없이 소리를 느끼는 증상을 말하며, 다양한 청각계의 증상으로 나타날 수 있다. 청각과민은 일반적으로 불편함을 느끼지 않은 주변환경의 소리에 대해 과민한 반응을 느끼는 증상을 의미한다.<sup>1,2)</sup>

설문을 통해서 조사한 일반인에서 청각과민을 호소하는 비율은 5.9~15.2%로 보고되는 반면,<sup>3,4)</sup> 이명환자에서 청각과민이 동반되는 비율은 7.3,<sup>5)</sup> 18.4,<sup>6)</sup> 31%<sup>7)</sup> 그리고 79%<sup>8)</sup>로 보고되고 있어 대체로 이명환자의 경우 일반인에 비해 청각과민이 동반되는 경우가 많다고 볼 수 있다. 또 이명 또는 청각과민을 호소하는 환자를 진료하게 될 때, 이명과 청각과민이 동시에 발생하는 환자를 많이 접할 수 있는데 이것은 두 증상이 같은 원인으로 발생할 가능성을 추정하게 한다.

Hebert 등<sup>9)</sup>은 청력의 단계에 따라 정교하게 매칭된 이명균을 정상군과 비교하여, 이명균의 경우 물리적인 소리의 강도가 증가함에 따라 인지하는 소리크기(loudness perception)가 더 빠르게 상승하여 소리를 더 민감하게 인지하는 것을 보고하였고, 이러한 현상은 정상청력인 경우 더 명확히 나타난다고 하였다. 이명과 청각과민의 관련성은 두 증상 모두 난청으로 인하여 줄어든 입력신호에도 출력 강도를 유지하기 위하여 청각계의 증추성 이득(central gain)이 증가하기 때문에 발생하는 것으로 설명된다.<sup>10,11)</sup> Zeng<sup>10)</sup>은 컴퓨터 모델링을 통하여 청각과민과 이명의 발생기전을 설명하였는데, 그의 active loudness model에 의하면 증추성 이득의 증가로 입력신호가 과도하게 증폭되면 입출력 곡선의 기울기가 가파르게 되면서 청각과민이 발생하고, 가파른 입출력 곡선에 의해 감소된 입력의 역동 범위를 정상화하기 위한 보상기전으로 입력신호가 없는 상황에서도 출력을 만들게 되는 것을 이명의 발생기전으로 설명하고 있다.

이명환자와 정상인의 불쾌역치(uncomfortable loudness level)를 비교한 선행연구에서 정상청력 역치를 가지는 이명군이 정상군에 비하여 평균 불쾌역치가 낮음을 보고한 바 있으나 기존 연구들에서는 이명군이 양측성 이명과 일측성 이명이 섞여 있어서 실험군의 동일성이 떨어지는 문제가 있다.<sup>9,11)</sup> 또한 일측성 이명환자의 이명측귀와 건측귀의 불쾌역치를 비교한 개체내

**Table 1.** Comparison of age in tinnitus group and control group

Ages (years)	Number of subjects	
	Tinnitus group	Control group
10-19	8	2
20-29	14	18
30-39	10	24
40-49	13	4
50-59	4	2
60-69	0	0
70-79	1	0
Total	50	50

비교(within-subject comparison)연구는 기존에 없었다. 만일 불쾌역치에 대한 개인차이가 크다면 개체내 비교(between-subject comparison)보다 개체내 비교의 신뢰도가 더 높을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일측성 이명환자만을 대상으로 그들의 이명측귀와 건측귀의 불쾌역치를 비교하고 대조군의 정상귀의 불쾌역치와 다시 비교하여 이명이 소리크기에 대한 민감도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 본 연구에서는 감각신경성 난청으로 인한 소리크기의 누가 현상과 역동범위의 감소가 불쾌역치에 미치는 영향을 제어하기 위하여 정상청력 역치를 가지는 경우만 대상으로 하였고, 또한 정상청력 역치범위라고 하더라도 양측의 청력역치가 10 dB 이상이라면 달팽이관의 소리 압축기능에 차이가 있을 가능성이 있으므로 순음청력검사에서 측정된 모든 주파수 대역에서 양측 청력 역치가 10 dB 이내의 대칭형 청력을 보이는 경우로 한정하였다.

본 연구의 첫 번째 목표는 대칭형 정상 청력역치를 가지는 일측성 이명환자의 이명측귀와 건측귀 그리고 대조군의 정상귀의 불쾌역치에 차이가 있는지 확인해 보는 것이다. 두번째로 이명환자가 주관적으로 청각과민을 느끼는 경우와 느끼지 않는 경우 불쾌역치의 차이가 있는지 알아보려고 하였다. 더불어 불쾌역치와 이명의 특성과의 상관관계가 있는지 알아보려고 하였다.

## 대상 및 방법

### 대 상

이명군은 청력역치가 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 8 kHz의

주파수에서 20 dB HL 이하이고 각 주파수에서 좌우 청력역치 차이가 10 dB HL 이하를 보이는 일측성 이명환자 50명(평균  $33.82 \pm 14.15$ 세, 남자 12명, 여자 38명)을 모집하였다. 전체 이명 환자의 이명측 평균 청력역치는  $7.85 \pm 3.90$  dB HL, 건측 평균 청력 역치는  $6.74 \pm 3.61$  dB HL로 양측에 평균청력 역치의 차이는 없었다(Fig. 1A, B, Table 2,  $p > 0.05$ ). 두경부에 대한 신체 진찰과 병력청취를 통해 박동성 이명과 체성 이명을 제외하였고, 만성중이염, 후미로성 병변, 내이수종과 같은 질환이 있는 경우, 어지러움증이 동반되는 경우, 이독성 약물을 투약한 과거력이 있는 경우를 대상에서 배제하였다. 대조군으로는 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 8 kHz의 주파수에서 20 dB HL이하의 청력 역치와 각 주파수에서 좌우 청력역치 차이가 10 dB HL 이하를 보이고 지속되는 이명이나 청각과민을 느낀 적이 없는 성인 50명(평균  $31.58 \pm 7.69$ 세, 남자 24명, 여자 26명)을 대상으로 임의의 일측 귀를 선정하여 이용하였고, 대상이 된 정상귀의 평균 청력역치는  $8.55 \pm 3.49$  dB HL이었다(Fig. 1C). 대조군은 이명군과 비교하여 나이와 청력역치는 차이가 없었으나 성별에 차이가 있었다( $p = 0.012$ ). 따라서 이명군과 대조군의 성별에 따라 하위 그룹을 나누어서 성별에 따른 비교를 추가하였다.

또한, 이명환자에서 주관적으로 청각과민 증상을 호소하는 청각과민군과 청각과민을 호소하지 않는 비청각과민군으로 하위 분류를 하여 비교하였다. 이 연구는 연구자들이 속한 기관의 기관윤리심의위원회 승인을 득하였으며(IRB No. 2017-12-005-007) 모든 피험자들에게 문서로 된 동의서를 받고 진행되었다.

### 검사 방법

이명 환자는 첫 방문일에 이명설문지를 작성하였다. 이명의 기간, 이명의 지속시간, 이명의 불편감 등을 기술하도록 하는 설문지와 Beck depression inventory (BDI), Tinnitus Handicap Inventory (THI)를 표시하는 설문지를 이용하였으며, 이명이 생기기 전에 비하여 주변 소음이나 큰 소리에 예민함을 느끼는지에 대하여 유무로 표시하게 하여 청각과민의 호소 여부를 확인하였다. 또한, 순음청력검사기(AC40 ; Interacoustics, Middelfart, Denmark)와 헤드폰(TDH-39P ; Telephonics,

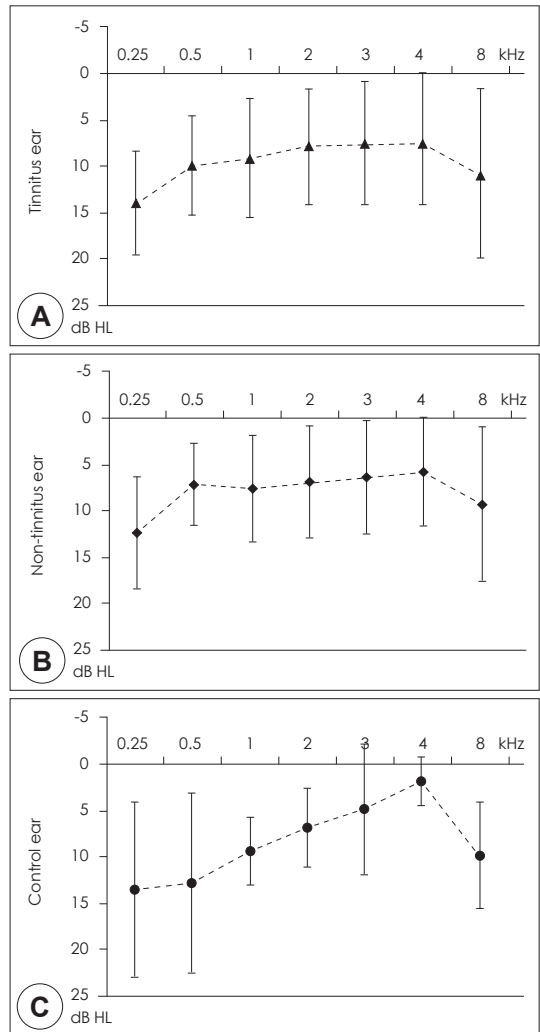


Fig. 1. Mean pure-tone thresholds in tinnitus ears and non-tinnitus ears of tinnitus subjects, and control ears of normal subjects.

New York, USA)을 이용하여 순음청력역치와 이명의 음조(pitch)와 강도(loudness)를 측정하였고, 500 Hz와 3,000 Hz 순음을 이용하여 불쾌역치를 측정하였다. 불쾌역치 측정은 60 dB HL에서 시작하여 5 dB 간격으로 소리의 강도를 증가시키면서 피험자가 불쾌함을 느끼는 강도에 도달하면 반응하도록 하였으며 115 dB HL를 최고 자극강도로 하여 여기서 반응하지 않으면 120 dB HL을 상한선으로 기록하였다. 이명측의 500 Hz와 3,000 Hz 불쾌역치를 검사한 후 정상측의 500 Hz와

**Table 2.** Comparison of age, pure-tone average (PTA) and characteristics of tinnitus in male and female tinnitus subjects

	Male (n=12)		Female (n=38)		p value
Age (years)	29.42 ± 14.08		35.21 ± 14.06		ns
PTA (dB hearing level)	Tinnitus ears	Non-tinnitus ears	Tinnitus ears	Non-tinnitus ears	ns
	6.88 ± 2.90	6.46 ± 2.81	8.13 ± 4.12	6.84 ± 3.87	
Duration of tinnitus (months)	1.92 ± 1.93		10.42 ± 18.48		ns
VAS of tinnitus loudness	5.00 ± 1.83		5.09 ± 1.77		ns
TAS	51.00 ± 37.25		44.00 ± 32.10		ns
THI score	42.00 ± 26.08		39.82 ± 20.01		ns
Pitch (kHz)	5.00 ± 2.52		2.89 ± 3.04		ns
Loudness (dB SL)	6.43 ± 4.83		7.00 ± 6.57		ns

PTA : pure tone average, VAS : visual analogue scale, TAS : Tinnitus awareness score (the percentage of time during which the patient is aware of tinnitus in one day), THI : Tinnitus Handicap Inventory, ns : not significant (p>0.05)

3,000 Hz 순서로 검사하였다.

### 분 석

이명군의 이명측귀와, 건측귀 그리고 대조군의 정상귀에서 각각 측정된 불쾌역치의 비교는 대응 T-검정방법과 독립 T-검정방법을 이용한 다중비교로 분석하였으며 Bonferroni 교정으로 유의수준을 교정하였다( $\alpha = 0.05/3 = 0.017$ ). 청각과민군의 이명측귀, 비청각과민군의 이명측귀, 대조군의 정상귀의 비교와 청각과민군의 건측귀, 비청각과민군의 건측귀, 대조군의 정상귀의 비교는 일원변량분석을 이용하였다. 또한, Pearson 상관분석을 통해서 불쾌역치와 이명의 성상을 나타내는 여러 인자들과의 상관관계를 분석하였다. 통계 분석프로그램은 SPSS statics version 18(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

## 결 과

### 이명의 특성

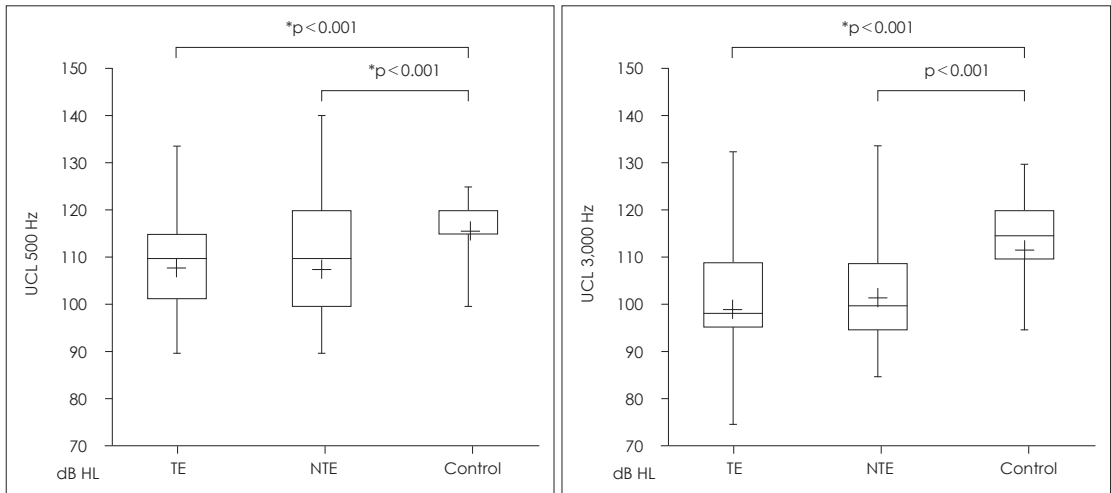
이명의 기간은 평균 8.38 ± 16.49개월 이었고, 이명환자들의 설문에서 기록된 이명의 크기는 평균 5.07 ± 1.76(0~10점), 하루에 이명을 느끼는 기간은 45.56 ± 33.00%, THI 점수는 40.32 ± 21.23점이었다.

### 이명군의 이명측귀, 건측귀 그리고 대조군 정상귀의 비교

이명군의 이명측귀와 건측귀의 500 Hz 불쾌역치 평균값은 각각 108.60 ± 8.69 dB HL, 108.50 ± 9.60 dB HL로 의미 있는 차이가 없었다(p>0.05). 하지만, 대조군 정상귀의 500 Hz 불쾌역치 평균값은 116.90 ± 5.52 dB HL로 이명군의 이명측귀와 건측귀에 비해 모두 유의하게 높게 나타났다(두 비교 모두 p<0.001, Fig. 2). 이명군의 이명측귀와 건측귀의 3000 Hz 불쾌역치 평균값은 각각 101.70 ± 8.18 dB HL, 102.80 ± 9.75 dB HL로 역시 차이가 없었다(p>0.05). 대조군 정상귀의 3,000 Hz 불쾌역치의 평균 값은 112.50 ± 7.78 dB HL로 이명군의 이명측귀 또는 건측귀 보다 더 높게 나타났다(두 비교 모두 p<0.001, Fig. 2).

### 성별에 따른 이명군의 이명측귀, 건측귀 그리고 대조군 정상귀의 비교

대조군과 이명군 사이에 성별의 차이가 있었기 때문에 이명측귀와 건측귀 그리고 정상귀의 비교를 남성과 여성을 따로 다시 시행하였다. 이명 환자 중 남자와 여자의 평균연령은 남자 29.42 ± 14.08세, 여자 35.21 ± 14.06세이며, 성별에 따른 평균 청력역치, 이명 발생 기간, 주관적인 이명의 크기, 하루에 이명을 느끼는 기간, THI 점수는 Table 2에 기록되어 있고 남녀성별에 따른 차이는 없었다(p>0.05). 객관적으로 측정된 이명의 음조와 강도의 경우도 남녀에 따른 차이는 없었다(Table 2,



**Fig. 2.** Comparisons of uncomfortable loudness levels (UCLs) at 500 Hz and 3,000 Hz among the tinnitus ears (TEs), non-tinnitus ears (NTEs), and control ears. \*:  $p < 0.017$ .

**Table 3.** Comparison of age, sex, pure-tone average (PTA), characteristics of tinnitus in tinnitus subjects with hyperacusis and without hyperacusis

	With hyperacusis group (n=12)	Without hyperacusis group (n=38)	p
Age (yr)	32.58 ± 12.91	34.21 ± 14.66	ns
Sex (M : F)	2 : 10	10 : 28	ns
PTA (dB) of tinnitus ears	9.63 ± 4.33	7.36 ± 3.68	ns
PTA (dB) of non-tinnitus ears	5.31 ± 2.88	7.22 ± 3.73	ns
Duration of tinnitus (month)	17.00 ± 24.72	5.66 ± 12.12	ns
VAS of tinnitus loudness	6.09 ± 1.64	4.74 ± 1.69	0.025*
TAS	47.27 ± 33.19	45.00 ± 33.42	ns
THI score	47.45 ± 18.44	37.94 ± 21.81	ns
Pitch (kHz)	3.90 ± 3.78	3.43 ± 2.87	ns
Loudness (dB SL)	10.00 ± 8.09	5.88 ± 5.11	ns

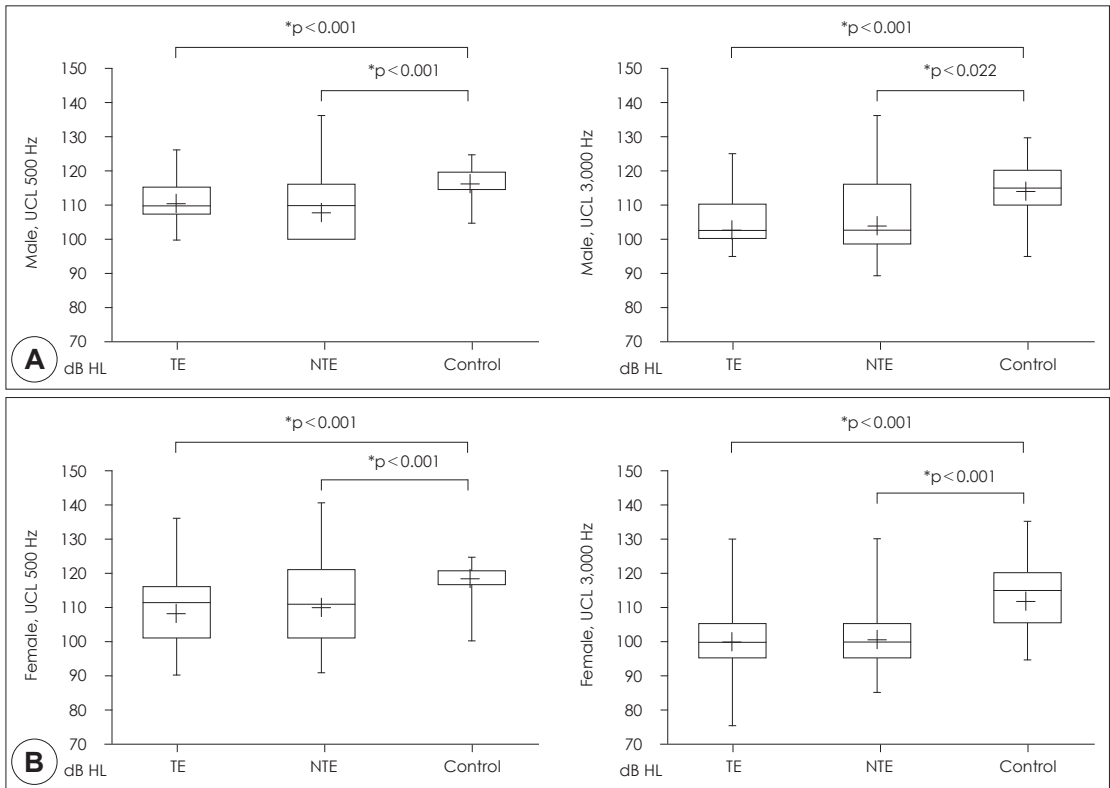
VAS : visual analogue scale, TAS : tinnitus awareness score (the percentage of time during which the patient is aware of tinnitus in one day), THI : tinnitus Handicap Inventory, ns : not significant ( $p > 0.05$ ). \* $p < 0.05$

$p > 0.05$ ).

남자 이명 환자의 이명측귀와 건측귀의 500 Hz 불쾌역치 평균값은 각각  $111.25 \pm 6.08$  dB HL,  $108.75 \pm 8.56$  dB HL로 의미 있는 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 남성 대조군의 정상귀는 500 Hz 불쾌역치 평균값이  $117.29 \pm 4.66$  dB HL로 남자 이명군의 이명측귀와 건측귀에 비해 모두 유의하게 높게 나타났다(각각  $p = 0.005$ ,  $p = 0.004$ , Fig. 3A). 남자 이명군의 이명측귀와 건측귀의 3,000 Hz 불쾌역치 평균값은 각각  $103.75 \pm 6.44$  dB HL,  $105.00 \pm 10.22$  dB HL로 역시 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 남성 대조군의 정상귀의 3,000 Hz 불쾌역치 평균값은  $113.33 \pm 6.70$  dB HL으

로 남성 이명군의 이명측귀보다 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 하지만, 건측귀와 비교했을 때 대조군의 정상귀의 불쾌역치 평균값은 높았으나, Bonferroni 교정으로 유의수준을 교정했을 때 의미있는 결과를 보이지 않았다( $p = 0.022$ , Fig 3A).

여성 이명 환자의 이명측귀와 건측귀의 500 Hz 불쾌역치의 평균값은 각각  $107.76 \pm 9.28$  dB HL,  $108.42 \pm 10.01$  dB HL로 의미있는 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 여성 대조군의 정상귀는 500 Hz 불쾌역치 평균값이  $116.54 \pm 6.29$  dB HL로 여성 이명군의 이명측귀와 건측귀에 비해 모두 유의하게 높게 나타났다(모두  $p < 0.001$ , Fig.



**Fig. 3.** A : Comparisons of uncomfortable loudness levels (UCLs) at 500 Hz and 3,000 Hz among the tinnitus ears (TEs), non-tinnitus ears (NTEs), and control ears in male subjects. B : Comparisons of uncomfortable loudness levels (UCLs) at 500 Hz and 3,000 Hz among the tinnitus ears (TEs), non-tinnitus ears (NTEs), and control ears in female subjects. \* :  $p < 0.017$ .

3B). 여성 이명 환자의 이명측 귀와 건측 귀의 3000 Hz 불쾌역치의 평균값은 각각  $101.05 \pm 8.63$  dB HL,  $102.11 \pm 9.63$  dB HL로 역시 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 여성 대조군의 정상귀의 3000 Hz 불쾌역치 평균값은  $111.73 \pm 8.71$  dB HL로 여성 이명군의 이명측귀 또는 건측귀 보다 더 높게 나타났다 (모두  $p < 0.001$ , Fig. 3B).

**청각과민군과 비청각과민군의 비교**

전체 이명환자 중에서 주관적으로 증상을 호소한 청각과민군은 12명, 비청각과민군은 38명으로 전체 이명환자 중 청각과민을 동반하는 비율은 24.00%로 나타났다. 청각과민군의 주관적인 이명의 크기는 평균  $6.09 \pm 1.64$ 로 비청각과민군의  $4.74 \pm 1.69$ 에 비해 의미 있게 큰 것으로 나타났으나( $p = 0.025$ ), 나이, 성별, 청력역치, 이명 유병기간, 주관적으로 이명을 느끼는 강도와 기간,

**Table 4.** Correlation analyses of uncomfortable loudness levels (UCLs) at 500 Hz and 3,000 Hz versus various factors

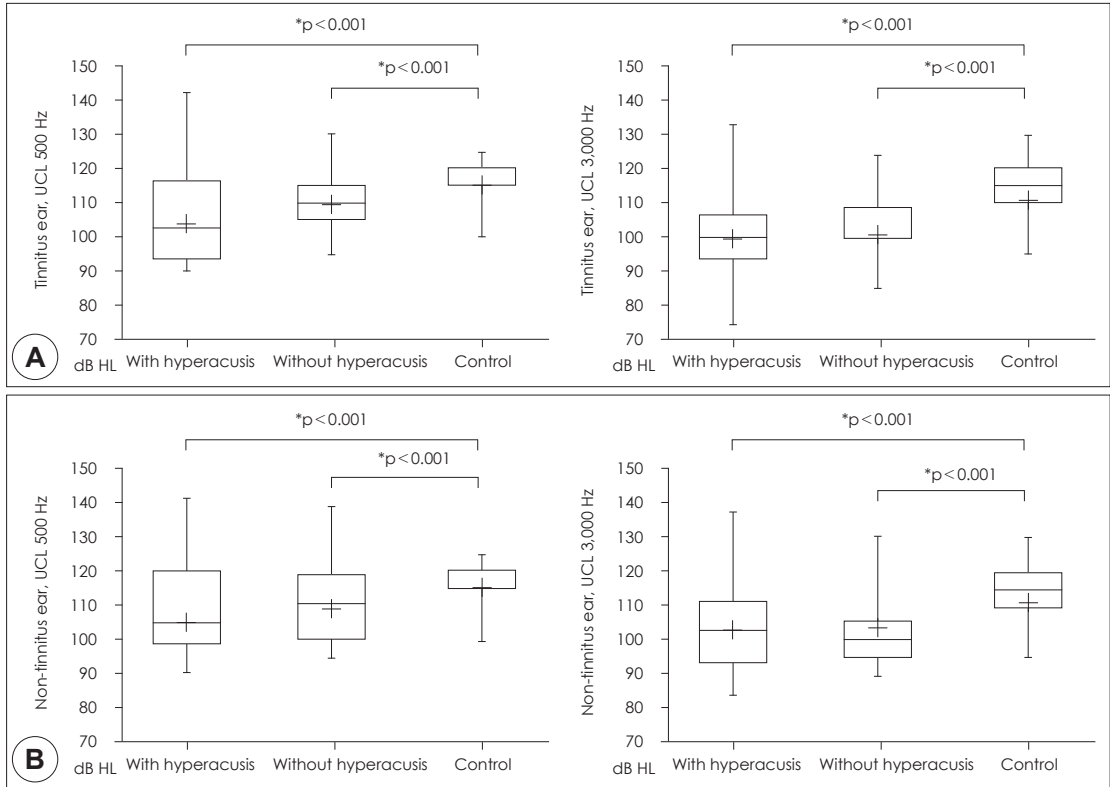
		UCLs at 500 Hz	UCLs at 30,000 Hz
Symptom duration	r	-0.288	-0.176
	p-value	0.043*	0.221
VAS of tinnitus loudness	r	-0.412	-0.153
	p-value	0.005*	0.316
Tinnitus awareness score	r	-0.135	-0.022
	p-value	0.376	0.888
THI score	r	-0.221	-0.257
	p-value	0.150	0.093
Pitch	r	-0.020	-0.036
	p-value	0.929	0.872
Loudness	r	-0.379	-0.229
	p-value	0.082	0.306

\* $p < 0.05$

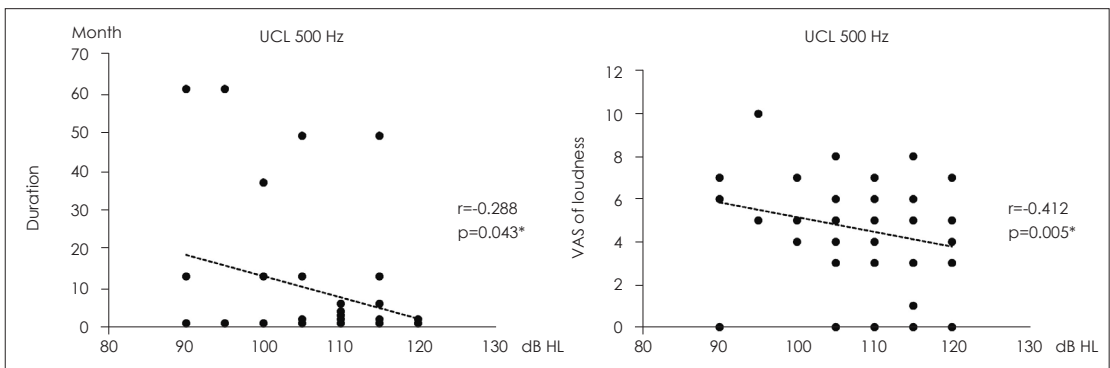
THI 점수, 객관적으로 측정된 이명의 음조와 강도 등은 두 군간에 차이가 없었다(Table 3).

청각과민군의 환측귀와 비청각과민군의 환측귀 그리

고 대조군의 정상귀의 500 Hz 불쾌역치 평균값은 각각 104.58±12.15 dB HL, 109.87±7.02 dB HL, 116.90±5.52 dB HL로 청각과민군과 비청각과민군 사이에는 차



**Fig. 4.** A : Comparisons of uncomfortable loudness levels (UCLs) at 500 Hz and 3,000 Hz among the tinnitus ears (TEs) in finitus subjects with hyperacusis, tinnitus ears (TEs) in finitus subjects without hyperacusis, and control ears. B : Comparisons of uncomfortable loudness levels (UCLs) at 500 Hz and 3,000 Hz among the non-tinnitus ears (NTEs) in finitus subjects with hyperacusis, non-tinnitus ears (NTEs) in finitus subjects without hyperacusis, and control ears. \* :  $p < 0.05$ .



**Fig. 5.** Uncomfortable loudness levels (UCLs) at 500 Hz were negatively correlated with symptom duration and visual analogue scale of tinnitus loudness and in the 50 tinnitus subjects.

이가 없었고 두 군 모두 대조군 보다는 낮은 불쾌역치를 보였다(모두  $p < 0.001$ , Fig. 4A). 청각과민군의 환측귀와 비청각과민군의 환측귀 그리고 대조군의 정상귀의 3,000 Hz 불쾌역치 평균값은 각각  $100.00 \pm 11.68$  dB HL,  $102.24 \pm 6.85$  dB HL,  $112.50 \pm 7.78$  dB HL으로 마찬가지로 청각과민군과 비청각과민군 사이에는 차이가 없었고 두 군 모두 대조군 보다는 낮은 불쾌역치를 보였다(모두  $p < 0.001$ , Fig. 4A).

청각과민군의 건측귀와 비청각과민군의 건측귀 그리고 대조군의 정상귀의 500 Hz 불쾌역치 평균값은 각각  $106.25 \pm 11.89$  dB HL,  $109.21 \pm 8.82$  dB HL,  $116.90 \pm 5.52$  dB HL으로 청각과민군과 비청각과민군 사이에는 차이가 없었고 두 군 모두 대조군 보다는 낮은 불쾌역치를 보였다(모두  $p < 0.001$ , Fig. 4B). 청각과민군의 건측귀와 비청각과민군의 건측귀 그리고 대조군의 정상귀의 3,000 Hz 불쾌역치 평균값은 각각  $102.09 \pm 11.77$  dB HL,  $103.03 \pm 9.19$  dB HL,  $112.50 \pm 7.78$  dB HL으로 마찬가지로 청각과민군과 비청각과민군 사이에는 차이가 없었고, 대조군은 청각과민군 건측귀( $p = 0.001$ )와 비청각과민군 건측귀( $p < 0.001$ )보다 높은 불쾌역치를 보였다(Fig. 4B).

### 불쾌역치와 주관적 이명의 정도와 객관적 특성들과의 상관관계

500 Hz 불쾌역치와 이명의 기간과 의미 있는 음의 상관관계를 보였고( $r = -0.288$ ,  $p = 0.043$ ), 500 Hz 불쾌역치와 주관적인 이명의 크기도 유의미한 음의 상관관계를 보였다( $r = -0.412$ ,  $p = 0.005$ , Fig. 5). 500 Hz 불쾌역치와 하루에 이명을 느끼는 기간, THI점수, 객관적인 이명의 음조와 크기 사이에는 의미 있는 상관관계를 보이지 않았다. 3,000 Hz 불쾌역치와 주관적 이명의 정도와 객관적 특성을 나타내는 다양한 인자들 사이에 의미가 있는 상관관계를 보이는 경우는 없었다(Table 4).

## 고 찰

본 연구를 통해서 일측성 이명 환자들은 이명측귀 뿐 아니라 건측귀도 정상인에 비하여 불쾌역치가 낮고, 이명측귀와 건측귀 사이에는 차이가 없다는 점이 밝혀졌

다. Sanchez 등<sup>12)</sup>은 정상청력의 10대 청소년들을 대상으로 오디오부스에서 이명을 느끼는 군과 느끼지 못하는 군의 불쾌역치를 비교하여 이명군이 평균 11.3 dB SPL 낮은 역치를 보인다고 하였으나 이명이 양측성인지 일측성인지 그리고 불쾌역치를 일측귀를 대상으로 측정하였는지 양쪽귀 동시에 측정하였는지 방법에 대한 자세한 언급이 생략되어 있다. Hebert 등<sup>9)</sup>은 일측성과 양측성 이명을 모두 포함한 이명군과 이명이 없는 대조군을 청력 단계를 5단계로 나누어 정교하게 매칭시킨 후 물리적인 소리 강도의 증가에 따라 인지하는 소리 크기의 상승을 함수화하여 이명군에서 더 가파른 소리 크기의 상승을 경험하는 것을 밝혔다. 특히 정상청력을 가진 경우 난청을 수반하는 경우보다 소리 크기의 상승을 더 민감하게 느껴서 정상청력을 가진 이명군의 2 kHz 불쾌역치가 대조군의 2 kHz 불쾌역치보다 낮았지만 난청이 있는 이명군에서는 대조군과 차이가 없다고 보고하였다. 이러한 현상은 저자들이 예상한 대로 난청이 있는 경우 청각계의 압축능력의 감소로 청취할 수 있는 역동범위가 줄어들고 음의 누가현상이 발생하므로 그 자체가 소리 크기에 대한 민감도를 증가시키게 되어 이명에 의한 효과가 희석되는데 기인하는 것으로 생각된다. 본 연구는 이명이 불쾌역치에 미치는 영향을 보다 정확히 평가하기 위하여 정상청력역치를 가진 경우만을 대상으로 하였다. 또한 개체간 비교뿐 아니라 개체내 비교를 하기 위하여 한쪽 귀에만 이명을 느끼지만 양측 달팽이관의 상태가 최대한 유사한 대칭형 정상 청력을 가진 대상자만 포함시키는 엄격한 기준을 설정하였다. 따라서 본 연구에 포함된 이명군의 이명측귀와 건측귀의 불쾌역치의 차이가 있다면 그것은 거의 이명에 의한 것이라고 생각할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구 결과 이명측귀와 건측귀는 양측 모두 대조군의 정상귀에 비해 낮은 불쾌역치를 보이지만 양측귀 사이에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 이명환자에서 나타나는 불쾌역치의 감소가 이명 그 자체의 효과가 아니라 이명의 발생을 유발시킨 개체요인에 의해 발생하였다고 설명될 수 있다. 또 다른 설명으로는 일측 이명이 중추 청각계에서는 양측에 영향을 미쳐 이명측귀와 건측귀 모두의 불쾌역치를 감소시킨다는 추정이 가능하다. Munro 등<sup>13)</sup>은 일측귀를 7일간 귀마개로 막고 지낸 후



귀마개를 제거한 직후 피험자들의 양측귀에서 감지하는 소리 크기(loudness perception)를 측정된 결과 양측귀 모두 7 dB 감소하는 현상을 발견하고, 측면 올리브와 우각 반사가 보상적으로 귀마개를 하였던 귀에는 약하게 작용하고 열려 있던 귀에는 강하게 작용함으로써 양측귀의 소리강도 인지의 균형을 맞추게 된다고 설명하였다. 측면 올리브와우각 반사가 양측귀에서 올라오는 입력 신호의 소리강도를 적절히 조절하여 균형을 맞추므로써 소리의 방향 분별력을 유지한다는 동물실험은 이러한 가설을 뒷받침한다.<sup>14)</sup> 이러한 관점에서 보면 일측 청각장애에 어떠한 이상으로 중추성 이득이 증가하여 이명이 발생하면 측면 올리브와우각 반사의 보상적 작용으로 양측 소리 크기 감지는 균형을 찾는 방향으로 변경되므로 이명측 뿐 아니라 건측의 불쾌역치도 감소하게 된다고 설명할 수 있을 것이다. 그러나 건측에 불쾌역치의 감소 자체가 중추성 이득 증가에 의해 발생하는 현상이라고 해석하면 건측의 중추성 이득 증가는 왜 이명을 유발하지 않는가에 대한 의문은 해결되지 않는다.

250 Hz에서 8 kHz의 청력역치를 측정하는 고전적 순음청력검사에서 정상 청력역치를 동반하는 이명은 전체 이명의 7~20%에서 보고 되고 있다.<sup>15-17)</sup> 정상 청력역치를 가지는 이명은 이명이 청각에 미치는 다양한 영향을 측정할 때 동반되는 난청에서 기인하는 부분을 배제할 수 있는 좋은 대상이 되므로 많은 연구자들의 연구 대상이 되어 왔다. 인간의 가청 범위는 8 kHz 이상에도 있으므로 8 kHz 이상의 초고주파수 영역에서 이명이 없는 귀보다 이명측 귀에서 청력역치가 떨어져 있는 경우가 있음을 보고한 연구들은 다수 있었다.<sup>18-20)</sup> 또 외유모세포에만 국한된 미세한 초기 손상이 청력역치에는 변화를 주지 않지만 이명을 유발할 수 있고 이러한 경우 이음향방사의 변화가 측정되기도 하였다.<sup>21-25)</sup> 최근에 동물실험에서 발견되는 low spontaneous rate 신경섬유나 시냅스만 선별적인 손상으로 청력역치 변동 없이 뇌간유발반응에서 I파의 진폭만 감소하는 “hidden hearing loss”가 정상청력을 가지는 이명군을 설명하는 하나의 가설로 제시되기도 하였다.<sup>26,27)</sup> 즉 정상청력을 가지지만 역치상 청력에 기여하는 low spontaneous rate 신경섬유 손상으로 입력신호가 감소되므로 청신경에서 기원하는 I파 진폭은 정상군에 비해 감소하지만 V파 진

폭은 정상크기를 회복하게 되는데 여기서 발생하는 중추성 이득이 이명 발생의 원인이 된다는 것이다. 이러한 맥락에서 중추성 이득의 증가는 이명을 발생시키는 중대한 기전으로 생각되어진다. 본 연구에서 나타난 이명환자의 불쾌역치의 감소가 증가된 중추성 이득의 결과이고, 불쾌역치가 청각과민을 반영하는 지표라고 본다면 본 연구 결과는 중추성 이득의 증가가 이명과 청각과민의 공통된 발생기전임을 주장한 기존 연구들의 가설을 뒷받침하고 있다고 볼 수 있다.

본 연구에서 이명환자에서 주관적 청각과민을 호소하는 비율은 24%로 기존 연구에서 보고한 비율의 중간값 정도에 해당하고 청각과민에 대한 질문이나 설문 방식에 따라 그 응답율을 차이가 많을 것으로 예상된다. 그러나 주관적으로 청각과민을 호소한 환자와 호소하지 않은 환자 사이에 불쾌역치의 차이가 없게 나타난 것은 다소 의외의 결과였다. 청각과민이라는 증상 자체가 소리에 대한 매우 광범위한 증상을 포함하므로 500 Hz와 3,000 Hz 두 가지 순음을 이용한 불쾌역치만으로는 환자가 느끼는 증상을 반영하기에 부족하였다고 추정할 수 있다. 가능한 많은 주파수를 이용하는 것이 좋지만 검사 시간의 제약과 무엇보다 청각과민 환자들은 불쾌역치 검사를 매우 부담스러워 하는 점을 감안하여 일상생활에서 사용하는 음역대중 대표적인 저음과 고음으로 300, 500 Hz 순음을 이용하였다. 다만, 청각과민군과 비청각과민군의 이명측귀에 대한 500 Hz 불쾌역치의 차이는 Bonferroni 교정된 유의수준이 0.091로 나타나 청각과민군이 다소 불쾌역치가 낮은 경향을 보였고 대상자수가 늘어나면 유의한 결과가 나타날 수도 있을 지도 모른다는 예상을 할 수 있다. 이명군의 불쾌역치가 대조군에 비해 낮아지는 일반적인 특성이 청각과민을 호소하는 이명환자들 또는 호소하지 않는 이명환자들에게도 마찬가지로 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 500 Hz 불쾌역치는 주관적 이명의 크기와 음의 상관관계를 보였고, 청각과민을 호소하는 군은 호소하지 않은 경우보다 주관적으로 이명을 더 크게 느끼는 것으로 나타났다. 이것은 청각과민이 있는 경우 이명의 불편감이 더 심하다는 선행연구와 일치하는 결과이다.<sup>5,6,8)</sup>

## 결 론

대칭형 정상 청력역치를 가지는 일측성 이명환자는 정상인에 비하여 큰 소리를 더 민감하게 인지하고 이것은 이명측귀와 건측귀 모두에 해당하는 현상이다. 이러한 결과는 기존의 연구에서 제시한 이명과 청각과민은 중추성 이득의 증가라는 공통된 원인으로 발생한다는 가설을 뒷받침 하고 있다. 일측 이명환자의 건측귀에서도 불쾌역치가 감소하는 사실은 이명이 중추 청각계에서는 양측에 모두 영향을 끼친다는 점을 시사한다.

중심 단어 : 음향 수준 허용도 · 불쾌역치 · 이명 · 청력 과민.

## REFERENCES

- 1) Nondahl DM, Cruickshanks KJ, Wiley TL, Klein R, Klein BE, Tweed TS. Prevalence and 5-year incidence of tinnitus among older adults: the epidemiology of hearing loss study. *J Am Acad Audiol* 2002;13(6):323-31.
- 2) Baguley DM. Hyperacusis. *J R Soc Med* 2003;96(12):582-5.
- 3) Andersson G, Lindvall N, Hursti T, Carlbring P. Hypersensitivity to sound (hyperacusis): a prevalence study conducted via the internet and post. *Int J Audiol* 2002;41(8):545-54.
- 4) Paulin J, Andersson L, Nordin S. Characteristics of hyperacusis in the general population. *Noise Health* 2016;18(83):178-84.
- 5) Hiller W, Goebel G. Factors influencing tinnitus loudness an annoyance. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2006;132(10):1323-30.
- 6) Guimarães AC, Carvalho GM, Voltolini MM, Zappellini CE, Mezzalana R, Stoler G, et al. Study of the relationship between the degree of tinnitus annoyance and the presence of hyperacusis. *Braz J Otorhinolaryngol* 2014;80(1):24-8.
- 7) Hébert S, Canlon B, Hasson D. Emotional Exhaustion as a Predictor of Tinnitus. *Psychother Psychosom* 2012;81(5):324-6.
- 8) Dauman R, Bouscau-Faure F. Assessment and amelioration of hyperacusis in tinnitus patients. *Acta Otolaryngol* 2005;125(5):503-9.
- 9) Hebert S, Fournier P, Norena A. The auditory sensitivity is increased in tinnitus ears. *J Neurosci* 2013;33(6):2356-64.
- 10) Zeng FG. An active loudness model suggesting tinnitus as increased central noise and hyperacusis as increased non-linear gain. *Hear Res* 2013;295:172-9.
- 11) Norena AJ. An integrative model of tinnitus based on a central gain controlling neural sensitivity. *Neurosci Biobehav Rev* 2011;35(5):1089-109.
- 12) Sanchez TG, Moraes F, Casseb J, Cota J, Freire K, Roberts

- LE. Tinnitus is associated with reduced sound level tolerance in adolescents with normal audiograms and otoacoustic emissions. *Sci Rep* 2016;6:27109.
- 13) Munro KJ, Turtle C, Schaette R. Plasticity and modified loudness following short-term unilateral deprivation: evidence of multiple gain mechanisms within the auditory system. *J Acoust Soc Am* 2014; 135(1):315-22.
- 14) Darrow KN, Maison SF, Liberman MC. Cochlear efferent feedback balances interaural sensitivity. *Nat Neurosci* 2006;9(12):1474-6.
- 15) Sanchez TG, Medeiros IR, Levy CP, Ramalho Jda R, Bento RF. Tinnitus in normally hearing patients: clinical aspects and repercussions. *Braz J Otorhinolaryngol* 2005; 71(4):427-31.
- 16) Barnea G, Attias J, Gold S, Shahar A. Tinnitus with normal hearing sensitivity: extended high-frequency audiometry and auditory-nerve brain-stem-evoked responses. *Audiology* 1990;29(1):36-45.
- 17) Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Tinnitus retraining therapy for patients with tinnitus and decreased sound tolerance. *Otolaryngol Clin North Am* 2003;36(2):321-36.
- 18) Shim HJ, Kim SK, Park CH, Lee DH, Yoon SW, Ki AR, et al. Hearing abilities at ultra-high frequency in patients with tinnitus. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2009;2(4):169-74.
- 19) Kim DK, Park SN, Kim HM, Son HR, Kim NG, Park KH, et al. Prevalence and significance of high-frequency hearing loss in subjectively normal-hearing patients with tinnitus. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2011;120(8):523-8.
- 20) Fabijańska A, Smurzyński J, Hatzopoulos S, Kochanek K, Bartnik G, Raj-Kozia D, et al. The relationship between distortion product otoacoustic emissions and extended high-frequency audiometry in tinnitus patients. Part 1: normally hearing patients with unilateral tinnitus. *Med Sci Monit* 2012;18(12):CR765-70.
- 21) Shiomi Y, Tsuji J, Naito Y, Fujiki N, Yamamoto N. Characteristics of DPOAE audiogram in tinnitus patients. *Hear Res* 1997;108(1-2):83-8.
- 22) Onishi ET, Fukuda Y, Suzuki FA. Distortion product otoacoustic emissions in tinnitus patients. *Int Tinnitus J* 2004; 10(1):13-6.
- 23) Gouveris H, Maurer J, E Mann W. DPOAEgrams in patients with acute tonal tinnitus. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;132(4):550-3.
- 24) Job A, Raynal M, Kossowski M. Susceptibility to tinnitus revealed at 2 kHz range by bilateral lower DPOAEs in normal hearing subjects with noise exposure. *Audiol Neurootol* 2007;12(3):137-44.
- 25) Ami M, Abdullah A, Awang MA, Liyab B, Saim L. Relation of distortion product otoacoustic emission with tinnitus. *Laryngoscope* 2008;118(4):712-7.
- 26) Kujawa SG, Liberman MC. Adding Insult to Injury: cochlear nerve degeneration after “Temporary” noise-induced hearing Loss. *J Neurosci* 2009;29(45):14077-85.
- 27) Schaette R, and McAlpine D. Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model *J. Neurosci* 2011;31(38):13452-7.