

Significance of 125 Hz Pure-Tone Thresholds for Acute Low Frequency Sensorineural Hearing Loss

Yong-Hwi An, Eun Sub Lee, Hyo Jeong Kim,
Yong Kyung Kang, Hyeon Sik Oh, and Hyun Joon Shim

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

급성 저주파 감각신경성 난청에서 125 Hz 순음 역치의 중요성

안용휘 · 이은섭 · 김효정 · 강용경 · 오현식 · 심현준

을지대학교 의과대학 을지병원 이비인후과학교실

Received June 5, 2016

Revised July 6, 2016

Accepted July 7, 2016

Address for correspondence

Yong-Hwi An, MD

Department of Otorhinolaryngology-

Head and Neck Surgery,

Eulji Medical Center,

Eulji University School of Medicine,

68 Hangeulbiseok-ro, Nowon-gu,

Seoul 01830, Korea

Tel +82-2-970-8276

Fax +82-2-970-8275

E-mail an0072@hanmail.net

Background and Objectives To analyze the 125 Hz pure-tone thresholds in patients with acute low frequency sensorineural hearing loss (LFHL) and to investigate the value of 125 Hz thresholds for the assessment of LFHL.

Subjects and Method Hearing tests including 125 Hz pure-tone were performed in 91 patients with acute LFHL ≤ 500 Hz and in 46 subjects with normal hearing. Patients with sudden sensorineural hearing loss or Meniere's disease were excluded. Inter-group and intra-group comparison of 125 Hz was made between LFHL and the control groups.

Results There was a significant difference of mean pure-tone thresholds at 125 Hz between the acute LFHL and the normal groups (39.8 ± 8.9 vs. 14.3 ± 6.7 dB). Eight (8.8%) patients in the LFHL group showed normal thresholds at 125 Hz, but all other subjects were normal at 125 Hz in the control group. None with the average hearing thresholds at 250 and 500 Hz ≥ 40 dB had normal threshold at 125 Hz. There was a significant correlation between 125 Hz and other low frequencies in the LFHL group (250 Hz; $r=0.81$, 500 Hz; $r=0.63$).

Conclusion Not all patients with acute LFHL show abnormal hearing threshold at 125 Hz although every subject with normal hearing is within the normal limits at 125 Hz. Threshold assessment should be made at 125 Hz when a mild LFHL exists in the conventional pure tone audiometry.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2016;59(8):583-7

Key Words Auditory threshold · Pure-tone audiometry · Sensorineural hearing loss.

서론

순음청력검사 상 저주파에서만 역치의 증가가 나타나는 급성 저주파 감각신경성 난청(acute low frequency sensorineural hearing loss)은 특발성 돌발성 난청(idiopathic sudden sensorineural hearing loss)의 한 아형으로 여겨지기도 하고, 특히 어지럼증이 동반된 경우에는 메니에르병의 진료 방침에 준하여 치료되기도 한다.^{1,2)} 저주파에서만 갑자기 청력 손실이 발생한 환자는 난청 자체보다는 이충만감 또는 이명을 호소할 때가 많고, 청력 회복에 대한 치료 결과는 더 좋지

만 재발이 더 흔하다는 점에서 전형적인 돌발성 감각신경성 난청과 차이점이 있다.^{1,3)} 어지럼증이 동반되지 않은 급성 저주파 감각신경성 난청은 메니에르병의 초기일 수도 있고, 내림프 수종(endolymphatic hydrops) 중에서 와우에만 수종이 발생한 경우(cochlear hydrops)일 수도 있으며, 저주파를 담당하는 와우의 침부에만 병변이 생긴 돌발성 난청일 수도 있다.

급성 저주파 난청의 진단에 대해 대부분의 임상 연구에서 순음청력검사 상 250, 500 Hz 뿐만 아니라 125 Hz의 역치 증가를 포함하고 있지만,¹⁻⁷⁾ 일부 연구자들은 250 및 500 Hz 모두에서 30 데시벨 이상의 소견이 있을 경우 125 Hz의 역

치를 추가적으로 측정하는 것을 시행하지 않았다.^{8,9)} American Speech-language-Hearing Association에서 제안한 청력검사 지침서에는 저주파 난청이 있을 때에는 반드시 125 Hz에서의 청력 역치를 확인하도록 권장한 반면,¹⁰⁾ American National Standards Institute에서 발표한 청력검사 표준안에는 125 Hz 역치 측정에 대한 강제성이 없고 특수한 상황에서 검사해 볼 수도 있다고 기술되어 있다.¹¹⁾ 국내에서는 일반적인 외래 환자를 대상으로 하는 순음청력검사에서 125 Hz의 역치는 측정하지 않고 있으며,^{8,9,12)} 일부에서 저주파 난청이 있을 때 부가적으로 확인하기도 한다.¹³⁾ 이에 본 연구에서는 어지럼증을 동반하지 않는 급성 저주파 감각신경성 난청 환자들을 대상으로 하여 125 Hz 순음청력 역치를 분석하고, 125 Hz 역치의 중요성을 조사하고자 하였다.

대상 및 방법

2014년 3월부터 2016년 2월까지 갑작스런 이명, 이충만감, 자가강청 및 난청 등을 주소로 내원한 환자들 중, 어지럼증이 동반되지 않고 고막이 정상 소견이며 청력검사 상 저주파 감각신경성 난청으로 진료를 받은 91명(평균 나이 43.7±15.1세, 범위 18~67세; 남자 32명, 여자 59명; 좌측 45귀, 우측 46귀)의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 급성 저주파 난청의 진단은 내원 1개월 이내에 발생한 증상과 함께 순음청력검사 상 250, 500 Hz의 연속된 2개의 저주파 영역에서 각각 30 데시벨 이상의 일측성 감각신경성 난청을 보이며, 1, 2, 3, 4 kHz의 청력 역치가 각각 25 데시벨 이하의 정상 청력을 보이는 경우로 하였다. 연구 대상으로 16세 이상의 성인이고, 병변의 반대측 귀의 청력은 정상인 환자만을 포함시켰다. 이전에 난청이나 어지럼증 병력이 있는 자, 1 kHz 이상의 청력 감소를 포함한 돌발성 난청의 청각학적 기준을 만족하는 자, 메니에르병, 급성 또는 만성 중이염 및 난청의 가족력이 있는 자는 제외하였다. 이과적 증상 이외의 이유로 입원했던 환자들 중 정상 청력이고 자발적인 신청자였던 성인 46명(평균 나이 39.4±14.0세, 범위 16~74세; 남자 18명, 여자 28명), 92귀의 검사 결과를 대조군으로 이용하였다.

순음청력검사는 순음청력기기(Orbiter 922; GN Otometrics, Copenhagen, Denmark)와 헤드폰(TDH-39P; Telephonics, New York, NY, USA)을 이용하여 125, 250, 500 Hz, 1, 2, 3, 4, 8 kHz의 주파수를 검사하였다. 모든 주파수에서 5 데시벨 상승-하강법에 의해 역치를 구하였고, 모든 환자에서 양측 귀를 대상으로 검사를 진행하였다. 순음청력 평균은 500 Hz, 1, 2, 3 kHz 역치의 합을 4등분하여 소수점 둘째 자리 이하는 버리고 구하였다. 역치가 25 데시벨 이하는 정상, 25 데시벨 초과 및 40 데시벨 이하는 경도(mild) 난청, 55 데시벨까지 중등도(moderate) 난청, 70 데시벨까지 중고도(mod-erately severe) 난청, 90 데시벨까지 고도(severe) 난청, 그 이상은 심도(profound) 난청으로 정의하였다. 급성 저주파 난청 환자군과 정상 대조군의 주파수별 역치의 평균을 비교하였고, 저주파 난청군에서 125 Hz 역치가 나머지 다른 주파수에서의 역치들 및 순음청력 평균에 대해 상관 관계가 있는지에 대해서 분석하였다.

모든 통계적 처리는 SPSS 12.0판(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 실시하였다. 두 군 간의 연령, 성별, 순음청력 역치의 결과를 비교하기 위해 Mann-Whitney U-test를 이용하였고, 저주파 난청군 내에서 순음청력 역치의 비교는 Wilcoxon signed rank test를 이용하였으며, 125 Hz 역치와 나머지 다른 주파수의 역치들은 Spearman correlation coefficient를 통해 통계적인 유의성을 확인하였다. 각각의 변수들은(평균±표준편차)의 형식으로 기술되었고, 유의수준은 0.05 미만을 의미 있는 것으로 해석하였다. 이 연구는 본 병원의 기관윤리심의위원회의 심의를 통과하였다.

결 과

급성 저주파 감각신경성 난청군 91명과 정상 대조군 46명 간에 연령, 성비는 유의한 차이를 보이지 않았고, 순음청력 평균과 500 Hz 이하의 저주파 청력 역치는 유의한 차이를 보였다(Table 1). 모든 환자들 중 추적 관찰에서 어지럼증이 발생하거나 메니에르병으로 진행된 환자는 없었다. 저주파 난청군에서 500 Hz 이하의 저주파 청력 역치의 평균은 병변

Table 1. Patients characteristics

	LFHL group (n=91)	Control group (n=46)	p-value
Age (years)	43.7±15.1	39.4±14.0	>0.05
Sex (M:F)	32:59	18:28	>0.05
Side (R:L)	46:45	46:46	>0.05
Pure-tone averages (dB)	25.0±5.6	9.5±4.3	<0.05
Mean threshold at low frequencies ≤ 500 Hz (dB)	39.8±8.9	14.3±6.7	<0.001
Progression to Meniere's disease	0	0	>0.05

LFHL: low frequency sensorineural hearing loss, M: male, F: female, R: right, L: left

측 귀 39.8 ± 8.9 데시벨, 정상측 귀 15.6 ± 9.1 데시벨로 양측 간에 유의한 차이를 보였고, 정상 대조군에서 500 Hz 이하의 저주파 청력 역치의 평균은 14.3 ± 6.7 데시벨로 저주파 난청군의 병변측 귀와 유의한 차이를 보였으나 ($p < 0.001$), 저주파 난청군의 정상측 귀와는 유의한 차이를 보이지 않았다. 두 군에서의 순음청력검사를 통한 주파수별 평균 역치의 분포는 Fig. 1과 같다. 125, 250, 500 Hz 저주파 영역뿐만 아니라 1 kHz 순음청력 역치의 평균도 저주파 난청군과 대조군 사이에 유의한 차이를 보였다.

급성 저주파 난청군 91명 중 125 Hz 순음청력 역치의 정도는 병변측 귀에서 정상 8명(8.8%), 경도 55명(60.4%), 중등도 26명(28.6%), 중고도 2명(2.2%), 고도 0명, 심도 0명이었

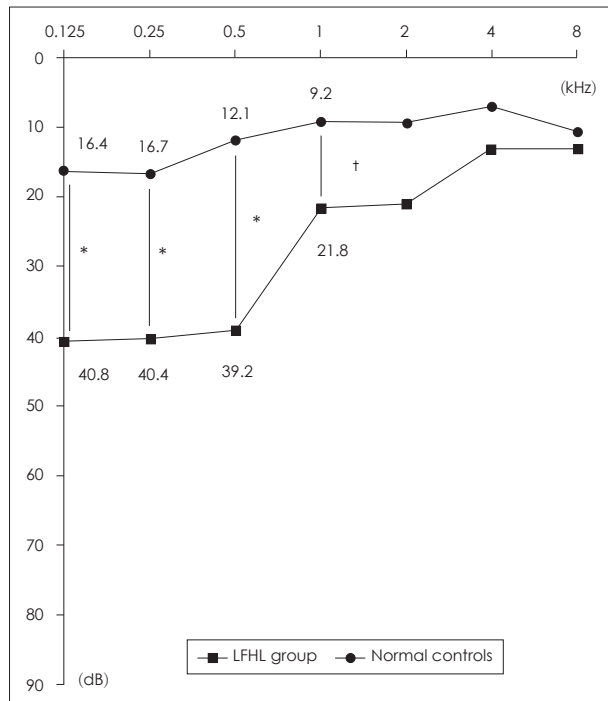


Fig. 1. Comparison of mean pure-tone thresholds between patients with acute low frequency sensorineural hearing loss (LFHL) group (n=91) and normal control group (n=92 ears). Note that differences of thresholds not only at all low frequencies ≤ 500 Hz but also at 1 kHz are statistically significant (* $p < 0.001$, † $p < 0.05$).

Table 2. Severity of hearing loss according to thresholds at 125 Hz pure-tone

Category of 125 Hz thresholds	LFHL group (n=91)	Normal control (n=92 ears)
Normal (≤ 25 dB)	8 (8.8%)*	92 (100%)
Mild (26–40 dB)	55 (60.4%)	0 (0%)
Moderate (41–55 dB)	26 (28.6%)	0 (0%)
Moderately severe (56–70 dB)	2 (2.2%)	0 (0%)
Severe-to-profound (>70 dB)	0 (0%)	0 (0%)

*All 8 cases showed mild LFHL with thresholds ≤ 40 dB at both 250 and 500 Hz. LFHL: low frequency sensorineural hearing loss

고, 급성 저주파 난청군의 정상측 귀와 정상 대조군 46명 92 귀는 모두 125 Hz에서 역치가 25 데시벨 이하로 정상 범위 내에 있었다(Table 2). 저주파 난청군 중 125 Hz 역치가 정상이었던 8명은 모두 250, 500 Hz의 순음청력 역치가 각각 40 데시벨 이하인 정도의 저주파 감각신경성 난청을 보였다. 이 8명 중 6명(75%)은 250, 500 Hz의 순음청력 역치가 각각 30 데시벨 이하였고, 특별한 치료 없이 외래 경과관찰 상 2주 이내에 자연 회복(spontaneous recovery)되었다. 125 Hz의 역치가 정상 범위인 저주파 난청군 8명 중 나머지 2명의 250, 500 Hz 역치의 평균값은 각각 32.5, 37.5 데시벨이었다. 250, 500 Hz 순음청력 역치의 평균이 40 데시벨 이상인 환자들 중에 125 Hz의 역치가 25 데시벨 이하의 정상인 경우는 아무도 없었다.

저주파 난청군에서 125 Hz 순음청력 역치는 다른 저주파 들과 유의한 상관성이 있었고, 그 중에서도 250 Hz가 가장 강

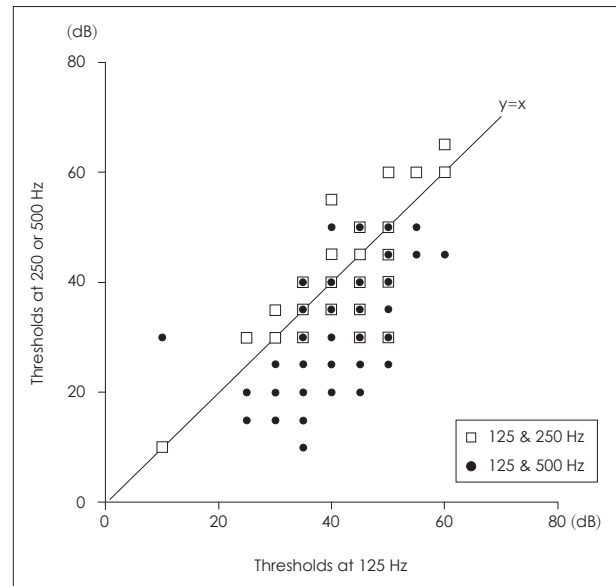


Fig. 2. Relationships between thresholds at 125 Hz and each low frequency of 250 and 500 Hz in low frequency hearing loss group. Pure-tone thresholds at both 250 and 500 Hz are significantly related to that of 125 Hz ($p < 0.001$), and correlation of 125 with 250 Hz ($r = 0.81$) is relatively higher than that with 500 Hz ($r = 0.63$) ($p < 0.001$).

Table 3. Relationships between thresholds at 125 Hz and other frequencies in acute low frequency hearing loss group

	Coefficient	p-value
250 Hz	$r = 0.81$	< 0.001
500 Hz	$r = 0.63$	< 0.001
1 kHz	$r = 0.45$	< 0.05
2 kHz	$r = 0.21$	> 0.05
3 kHz	$r = 0.17$	> 0.05
4 kHz	$r = 0.16$	> 0.05
8 kHz	$r = 0.28$	> 0.05
Pure-tone average	$r = 0.35$	> 0.05

한 양적 선형관계를 보였다($r=0.81, p<0.001$) (Fig. 2). 125 Hz와 500 Hz도 뚜렷한 양적 선형관계가 있었다($r=0.63, p<0.001$). 다른 주파수들 중에서는 1 kHz만이 125 Hz와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고($r=0.45, p<0.05$), 2 kHz 이상의 주파수들 및 순음평균은 125 Hz와 유의한 상관성이 없는 것으로 분석되었다(Table 3).

고 찰

저자들은 선행 연구에서 어지럼증이 동반되지 않은 급성 저주파 감각신경성 난청의 진단 기준을 순음청력검사 상 통상적으로 측정되는 저주파인 250, 500 Hz의 역치 평균이 30 데시벨 이상인 경우로 제시한 바 있다.⁹ 국내의 이비인후과 진료 여건 상 검사의 신속한 진행을 위해 125 Hz를 추가로 시행하지 않는 것이 일반적이고,^{8,12} 저자들이 125 Hz까지 검사했던 예비 연구(pilot study)에서 250 및 500 Hz의 청력 감소가 있으면 예외 없이 125 Hz에서도 청력 감소가 있었기 때문이다. 따라서, 본 연구를 시작하면서 처음에 저자들이 세운 가설은 250 및 500 Hz의 청력 감소가 있는 급성 저주파 난청 환자들은 모두 125 Hz에서도 청력이 떨어져 있다는 것이었다. 하지만, Table 2의 결과에서 알 수 있듯이 91명의 저주파 난청군 중 8명(8.8%)은 125 Hz에서 25 데시벨 이하의 정상 역치를 보였다. 즉, 가설과 달리 일부에서는 125 Hz 역치가 정상이었으므로 모든 저주파 난청 환자가 125 Hz에서 청력의 감소를 보이는 것은 아니었다. 125 Hz 순음역치가 정상 범위에 있었던 8명의 청력검사 자료를 분석해보니, 이들 모두 전부는 250, 500 Hz의 순음청력 역치가 각각 40 데시벨 이하인 정도의 저주파 감각신경성 난청을 보였고, 그 중 6명은 250, 500 Hz의 순음청력 역치가 각각 30 데시벨로 경계성(borderline) 저주파 난청에 해당되었다. 또한 250, 500 Hz 순음청력 역치의 평균이 40 데시벨 이상인 환자들 중에 125 Hz 역치가 정상인 경우는 전혀 없었던 것으로 볼 때 125 Hz의 측정은 250, 500 Hz 상 정도의 급성 저주파 감각신경성 난청에서 진단의 정확성을 위해 필요하고, 중등도 이상의 저주파 난청에서는 125 Hz 역치를 반드시 확인하지 않더라도 임상적으로 별다른 문제가 없을 것으로 예상된다.

돌발성 감각신경성 난청 중에서 순음청력검사 상 저주파 영역에만 국한된 청력의 감소를 나타내는 경우는 문헌에 따라 급성 저음역(acute low tone) 난청,^{1-4,7,14} 급성 저주파(acute low frequency) 난청,^{5,13} 돌발성 저음역(sudden low tone) 감각신경성 난청,¹⁵ 돌발성 저주파(sudden low frequency) 난청,⁶ 와우형 수종(cochlear hydrops),^{13,16} 와우형 메니에르병¹⁷ 등 다양하게 보고되고 있다. 급성 저주파 감각신경성 난청의 정

확한 진단 및 동등한 치료 성적의 비교를 위해서는 청각학적 기준을 엄격하게 적용해야 할 당위성이 있다. Yamasoba 등¹⁾은 125, 250, 500 Hz에서 역치의 총합이 100 데시벨 이상이면 동시에 2, 4, 8 kHz에서 역치의 총합이 60 데시벨 미만인 것으로 규정하였고, Fushiki 등¹⁵⁾은 125, 250, 500 Hz에서 역치의 총합이 80 데시벨 이상이면 반대측 저주파 역치의 총합보다 40 데시벨 이상 크고 동시에 1~8 kHz에서는 양측 귀의 차이가 10 데시벨 이하인 것으로 제시하였다. 이처럼 그동안 연구에 따라 급성 저주파 난청에 대해 각기 다른 기준을 이용해 왔으나, 돌발성 난청에 대한 최근의 임상 진료지침^{18,19)}을 참조하여 본 연구에서는 순음청력검사 상 500 Hz 이하의 연속된 3개의 저주파 영역(125, 250, 500 Hz)에서 모두 30 데시벨 이상의 일측성 감각신경성 난청을 보이는 경우로 제안하는 바이다. 특히 1 kHz의 청력 감소를 동반하는 경우는 돌발성 난청의 청각학적 기준에 해당되고 125 Hz 역치의 분포가 1 kHz의 청력 감소를 동반하지 않는 환자들과는 차이가 있을 것으로 예상되어 이번 연구에서는 제외하였으며, 1 kHz의 청력 감소를 포함하는 급성 저주파 난청 환자들의 125 Hz 순음 역치에 대한 후속 연구가 진행 중에 있다.

흥미롭게도 본 연구에서는 1 kHz에서의 청력 감소를 보이는 환자들을 제외했음에도 불구하고, 급성 저주파 감각신경성 난청에서 1 kHz 역치가 500 Hz 이하의 저주파 역치들과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. Fig. 1에서 저주파 난청군과 정상 대조군의 주파수별로 비교했을 때 125, 250, 500 Hz의 역치 평균이 난청군에서 높게 나타나는 것은 당연하다고 볼 수 있지만, 특이하게 난청군의 1 kHz 역치 평균은 21.8 데시벨로 수치 상 정상 범위이면서도 정상군 평균값인 9.2 데시벨보다 유의하게 높게 나타났다. Table 3에서 저주파 난청군 내에서 125 Hz 역치와 나머지 다른 주파수들과의 상관관계를 조사했을 때 250, 500 Hz의 역치가 125 Hz의 역치와 유의한 상관성이 있는 것은 예측된 결과였으나, 1 kHz 역치도 125 Hz의 역치와 뚜렷한 선형관계를 보이는 것은 예상외의 결과였다. 본 병원의 청력검사실에서는 500 Hz와 1 kHz 기도 역치의 차이가 20 데시벨 이상인 경우 중간-옥타브(mid-octave) 주파수인 750 Hz를 측정하여 급성 저주파 감각신경성 난청의 정확도를 높일 수 있도록 설정되어 있는데, 본 연구의 결과로 제시되지는 않았지만 저주파 난청군 91명 중 54명(59.3%)에서 750 Hz의 역치가 측정되었고, 평균은 30.7 ± 8.1 데시벨이었으며, 1 kHz와 마찬가지로 125 Hz 역치와 유의한 상관성이 있는 것으로 분석되었다. 이는 와우의 기저부는 고주파, 첨부는 저주파에 잘 반응하는 구조적 특성인 tonotopic organization을 고려할 때, 1 kHz 역치가 정상인 급성 저주파 난청에서도 750 Hz와 1 kHz 순음을 전달하는 능력

이 정상보다 떨어진다고 볼 수 있다. 즉, 저주파를 주로 담당하는 와우 내 유모세포들(hair cells)이 750 Hz 및 1 kHz의 소리 전도에도 일정 부분 기여하고 있음을 의미한다.

본 연구의 한계점들 중 하나는 91명의 급성 저주파 난청 환자들 중 48명(52.7%)이 순음청력검사 상 500 Hz 이하의 저주파 역치 평균이 경도 난청이고 82명(90.1%)이 중등도 이하의 난청이어서, 중고도 난청 이상의 심한 저주파 청력 감소에서의 125 Hz 역치를 정확하게 평가하지 못한 것이다. 순음청력 역치의 오차 범위를 10 데시벨 미만으로 볼 때, 청력검사를 초진 시 1회만 시행하여 30 데시벨 이하의 경계성(borderline) 저주파 난청이 포함된 것도 연구 결과에 편향(bias)을 주었을 가능성이 있다. 125, 250, 500 Hz 각 주파수에서 30 데시벨 이상의 일측성 감각신경성 난청이 있을 때를 급성 저주파 난청으로 제한한 바, 본 연구에서 250과 500 Hz에서 역치가 30 데시벨 이상이면서 125 Hz 역치가 25 데시벨 이하의 정상 범위를 보인 8명은 추후 급성 저주파 난청에 대한 연구에서 제외해야 하는 배제 기준(exclusion criteria)에 해당된다. 후향적으로 의무기록을 검토하였기 때문에 전향적인 맹검 연구를 통해 추가 검증이 필요하고, 또한 추적 관찰(follow-up) 없이 첫 청력검사만 비교된 바, 2개월 이후의 후속 청력검사를 시행하여 125 Hz 역치를 재확인하여 저주파 난청의 치료 결과와 함께 분석하는 것도 중요할 것이다.

1개월 이내에 발생한 급성 저주파 감각신경성 난청이 있는 모든 환자에서 순음청력검사 상 125 Hz 역치가 비정상을 보이는 것이 아니고, 경도의 저주파 난청이 있는 일부에서 125 Hz 역치가 25 데시벨 이하의 정상 값을 나타낸다. 반면, 정상 청력인 대상자들은 모두 125 Hz에서 역치가 정상 범위 내이다. 따라서, 일반적인 청력검사에서 125 Hz 역치를 측정하는 것은 임상적으로 큰 의미가 없으며, 급성 저주파 난청 환자에서 40 데시벨 이하의 경도 난청을 보일 때 125 Hz 역치를 평가함으로써 진단의 정확성을 더 높일 수 있을 것으로 보인다. 또한 향후 많은 대상자들에 대해 전향적인 환자-대조군 연구를 시행하여 좀 더 보편적인 검사 결과를 비교하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Yamasoba T, Kikuchi S, Sugawara M, Yagi M, Harada T. Acute low-tone sensorineural hearing loss without vertigo. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1994;120(5):532-5.
- 2) Imamura S, Nozawa I, Imamura M, Murakami Y. Clinical observations on acute low-tone sensorineural hearing loss. Survey and analysis of 137 patients. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1997;106(9):746-50.
- 3) Fuse T, Aoyagi M, Funakubo T, Sakakibara A, Yoshida S. Short-term outcome and prognosis of acute low-tone sensorineural hearing loss by administration of steroid. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2002;64(1):6-10.
- 4) Suzuki M, Otake R, Kashio A. Effect of corticosteroids or diuretics in low-tone sensorineural hearing loss. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2006;68(3):170-6.
- 5) Alatas N. Use of intratympanic dexamethasone for the therapy of low frequency hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2009;266(8):1205-12.
- 6) Selivanova OA, Gouveris H, Victor A, Amedee RG, Mann W. Intratympanic dexamethasone and hyaluronic acid in patients with low-frequency and Ménière's-associated sudden sensorineural hearing loss. *Otol Neurotol* 2005;26(5):890-5.
- 7) Morita S, Suzuki M, Iizuka K. A comparison of the short-term outcome in patients with acute low-tone sensorineural hearing loss. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2010;72(6):295-9.
- 8) Oh YS, Kim KS, Choi H, Kim KJ. Acute low tone sensorineural hearing loss: consideration for progression to Meniere's disease. *Res Vestib Sci* 2010;9(1):16-20.
- 9) Kwak MY, Yu KK, Kang YK, Yoon SW, Shim HJ, An YH. Intratympanic steroid and oral diuretics combination therapy for acute low frequency sensorineural hearing loss without vertigo. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2015;58(1):19-24.
- 10) Guidelines for manual pure-tone threshold audiometry. *ASHA* 1978; 20(4):297-301.
- 11) Flamme GA, Deiters K, Needham T. Distributions of pure-tone hearing threshold levels among adolescents and adults in the United States by gender, ethnicity, and age: results from the US National Health and Nutrition Examination Survey. *Int J Audiol* 2011;50 Suppl 1:S11-20.
- 12) Roh KJ, Lee EJ, Park AY, Choi BI, Son EJ. Long-term outcomes of acute low-tone hearing loss. *J Audiol Otol* 2015;19(2):74-8.
- 13) Hong SK, Nam SW, Lee HJ, Koo JW, Kim DH, Kim DR, et al. Clinical observation on acute low-frequency hearing loss without vertigo: the role of cochlear hydrops analysis masking procedure as initial prognostic parameter. *Ear Hear* 2013;34(2):229-35.
- 14) Wu CL, Young YH. Vestibular evoked myogenic potentials in acute low-tone sensorineural hearing loss. *Laryngoscope* 2004;114(12):2172-5.
- 15) Fushiki H, Junicho M, Aso S, Watanabe Y. Recurrence rate of idiopathic sudden low-tone sensorineural hearing loss without vertigo: a long-term follow-up study. *Otol Neurotol* 2009;30(3):295-8.
- 16) Hillman TM, Arriaga MA, Chen DA. Intratympanic steroids: do they acutely improve hearing in cases of cochlear hydrops? *Laryngoscope* 2003;113(11):1903-7.
- 17) Claes GM, De Valck CF, Van de Heyning P, Wuyts FL. Does 'cochlear Ménière's disease' exist? An electrocochleographic and audiometric study. *Audiol Neurotol* 2013;18(1):63-70.
- 18) Stachler RJ, Chandrasekhar SS, Archer SM, Rosenfeld RM, Schwartz SR, Barrs DM, et al. Clinical practice guideline: sudden hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;146(3 Suppl):S1-S5.
- 19) 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.