



# Comparison of Loudness Discomfort Level by the Testing Method in Adults With Normal Hearing and in Patients With Sensorineural Hearing Loss

Dong Hyuk Jang<sup>ID</sup>, Jung Ho Choi, Seung Yeon Jeon, Kyung Mi Kim, Dong Hyun Kim, Sol Han, Ji Hye Park, Ka Young Park, Hyo Jung Choi, Hyun Joon Shim, and Yong-Hwi An<sup>ID</sup>

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

## 정상 청력 성인과 감각신경성 난청 환자에서 검사 방법에 따른 불쾌강도 역치의 비교

장동혁 · 최정호 · 전승연 · 김경미 · 김동현 · 한 솔 · 박지혜 · 박가영 · 최효정 · 심현준 · 안용휘

을지대학교 의과대학 노원을지대학교병원 이비인후과학교실

Received December 31, 2022

Revised February 13, 2023

Accepted February 27, 2023

### Address for correspondence

Yong-Hwi An, MD, PhD  
Department of Otorhinolaryngology-  
Head and Neck Surgery,  
Nowon 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 raindrop98@eulji.ac.kr

**Background and Objectives** There are several variations in the technique for measuring loudness discomfort levels (LDL). The aim of this study was to evaluate LDL by measuring pure tone and narrow-band noise (NBN) in adults with normal hearing and in patients with sensorineural hearing loss, and to analyze the correlation of LDL at different frequencies.

**Subjects and Method** Normal listeners (n=41) with the pure tone average of 12 dB HL and patients with hearing loss (n=42) with the pure tone average of 52 dB HL were studied from 2021 to 2022. Pure tone audiometry and LDL test by pure tone and NBN were performed twice in all participants at 250, 500, 1 k, 2 k, 3 k, 4 k, and 8 kHz.

**Results** The LDL test showed some inter-subject variability with the mean being 107.0±9.4 dB, 106.0±11.6 dB by pure tone, and 100.1±6.8 dB, 100.4±6.7 dB by NBN (right and left ear, respectively) in the normal hearing group. There were no significant differences between LDL average by pure tone or NBN between two groups. Two serial tests showed high test-retest reliability. There was no difference in LDL between the two groups at each frequency, except for LDL by pure tone at 8 kHz in the left ear. High correlation of LDL was observed between different frequencies, except between 8 kHz and the other frequencies.

**Conclusion** LDL by pure tone and NBN were consistent with or without hearing loss. High correlation of LDL between different frequencies were shown except at 8 kHz. It might be sufficient to measure LDL once by pure tone only, including 8 kHz.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2023;66(12):798-804

**Keywords** Hearing; Loudness perception; Pure-tone audiometry.

## 서 론

불쾌강도 역치(loudness discomfort level, LDL)란 사람이 음을 지각할 때 음이 불편할 정도로 크게 들리기 시작하는

수준을 말한다.<sup>1-3)</sup> 보청기를 조절할 때에는 어음청취역치와 불쾌강도 역치 사이인 역동범위 내에서 출력되게 하여야 하며, 따라서 정확한 불쾌강도 역치를 측정하는 것은 성공적인 보청기 장착에서 매우 중요한 과정이다.<sup>4,5)</sup> 뿐만 아니라 이명 환자에서 청각과민 여부를 정확히 파악하여 효과적인 이명 재활 훈련 방법을 결정할 때에도 도움이 될 수 있다.<sup>6)</sup>

불쾌강도 역치를 측정하는 검사 방법은 여러 가지가 혼용

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

되어 사용되고 있는데, 먼저 자극음으로 순음, 어음, 다양한 잡음(narrow-band noise, wide-band noise, babble noise)을 사용할 수 있고 주파수도 250, 500, 1 k, 2 k, 3 k, 4 k, 8 kHz 모두에서 검사할 수도 있으며 이 중 일부에서만 검사하는 경우도 있다. 본 병원에서는 연구 목적으로 저주파인 500 Hz와 고주파인 3 kHz 두 개의 주파수에서 검사한 결과를 보고한 바 있다.<sup>7,8)</sup> 불쾌강도 역치를 검사자가 검사 대상자에게 최대한 참을 수 있는 소리 크기에서 반응하게 할지, 불쾌할 정도로 크다고 느껴지기 시작하는 시점에 반응하게 할지, 명확할 정도로 불쾌한 수준에서 반응하게 할지에 따라서 결과가 달라질 수 있으며 검사 횟수도 한번, 혹은 다회 반복하여 검사할 수 있다.<sup>9-11)</sup> 이와 같이 검사자, 혹은 기관 간에 검사방법의 차이가 있는 경우 정확한 평가나 비교가 어려울 수 있어 표준화된 검사방법이 필요할 것으로 생각되지만, 아직까지 불쾌강도 역치를 검사하는 합의된 표준 검사방법은 없는 상태이다.<sup>2,12)</sup>

이에 본 연구에서는 감각신경성 난청이 있는 성인들과 정상청력을 가진 성인들에서 순음과 협대역 소음을 이용하여 불쾌강도 역치검사를 2회씩 시행하여 각 군에서 검사방법에 따른 불쾌강도 역치를 확인하고, 각 군 내에서 주파수들 간의 상관성을 분석하며 2회의 검사-검사간 신뢰도를 확인하여 이를 근거로 표준화된 불쾌강도 역치검사 방법을 모색하고자 하였다.

## 대상 및 방법

2021년부터 2022년까지 노원을지대학교병원 이비인후과를 내원한 19세 이상의 성인 중 양측 귀 4분법 평균 25 dB hearing level (HL) 이하의 청력이 확인된 정상인 41명(평균 나이 51.0±11.0세; 남자 16명, 여자 25명)과 양측 귀 4분법 평균 26 dB 이상의 감각신경성 난청이 확인된 환자 42명(평균 나이 71.3±14.2세; 남자 18명, 여자 24명)을 대상으로 하였다. 18세 이하의 나이, 고막 소견이 정상이 아닌 자, 이명이나 청각 과민이 있는 자, 메니에르 병 등 변동성 청력의 병력이 있는 자, 순음청력검사 상 양측 귀 4분법 평균 10 dB 이상의 차이를 보이는 비대칭성 난청, 기도-골도 역치의 차이가 10 dB 이상의 전음성 난청을 보이는 자는 연구 대상에서 제외되었다.

대상자들에게 순음청력검사와 불쾌강도 역치검사를 시행하였으며, 순음청력기기(MADSEN Astera2; GN Otometrics, Copenhagen, Denmark)와 헤드폰(TDH-39P; Telephonics, New York, NY, USA)을 이용하여 250, 500, 1 k, 2 k, 3 k, 4 k, 8 kHz의 주파수를 검사하였다. 순음청력검사는 모든 대상자에서 양측 귀를 대상으로 모든 주파수에서 5 dB

상승-하강법에 의해 5 dB 스케일로 역치를 구했으며, 순음청력 평균은 500, 1 k, 2 k, 3 kHz 역치의 합을 4등분하여 소수점 둘째 자리 이하는 버리고 구하였다.

불쾌강도 역치검사는 자극음으로 순음과 협대역 소음을 사용하여 좌우 측 각각 2회씩 시행하여 평균을 측정하였으며, 70 dB HL에서부터 시작하여 5 dB 상승법에 의해 5 dB 스케일로 역치를 구했다. 자극음 지속 시간은 1초였으며, 최대 자극 강도는 순음은 120 dB HL, 협대역 소음은 105 dB HL까지 측정된 뒤 반응이 없으면 최대 자극 강도로 표기하였다. 주파수는 순음청력검사와 동일하게 250, 500, 1 k, 2 k, 3 k, 4 k, 8 kHz의 주파수를 저주파에서 고주파의 순서로 측정하였다. 불쾌강도 역치의 평균은 500, 1 k, 2 k, 4 kHz 역치의 합을 4등분하여 소수점 둘째 자리 이하는 버리고 구하였다. 불쾌강도 역치검사 시 대상자는 소리가 불쾌할 정도로 크다고 느껴지기 시작하는 시점에 버튼을 누르도록 안내를 받았으며, 본 병원의 청각사 5인이 일관되게 검사를 시행하기 위하여 동일한 그림과 설명문을 이용하였다(Appendix). 검사 순서는 순음청력검사, 순음을 이용한 불쾌강도 역치검사, 협대역 소음을 이용한 불쾌강도 역치검사 순으로 시행하였다.

본 연구의 모든 통계적 처리는 SPSS ver. 28.0.1 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 실시하였다. 두 검사에 따른 정상군과 난청군의 불쾌강도 역치의 각 주파수별 및 평균의 비교에는 독립표본 T검정을, 동일군에서 순음과 협대역 소음 간의 비교에는 대응 T검정을, 각 군 내에서 주파수 간의 상관관계를 구하기 위해서는 Pearson 상관분석을 이용하였다. 검사-재검사 신뢰도를 확인하기 위해서는 급내상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC)를 이용하였다. 각각의 변수들은 평균±표준편차의 형식으로 기술되었고, 유의수준은 0.05 미만을 의미 있는 것으로 해석하였다. 정상군과 난청군의 주파수별 비교에서는 7개의 주파수군에 대한 검정이므로 본페로니 교정을 이용하여 유의수준은 0.007 미만을 의미 있는 것으로 해석하였다.

본 연구는 노원을지대병원 임상연구윤리위원회의 심의를 통과하였다(EMC IRB 15-27).

## 결 과

정상 청력인 41명의 대상자의 평균 순음청력검사 역치는 우측 12.1±5.8 dB, 좌측 12.5±5.5 dB이었고, 난청군 42명의 경우 우측 52.4±17.5 dB, 좌측 51.5±16.7 dB이었으며, 두 군 간에 나이가 유의한 차이가 있었다(Table 1). 순음을 이용한 불쾌강도 역치검사서 정상군과 난청군 간에는 대부분의 주파수에서 유의한 차이가 없었으나 좌측의 8 kHz에서만 난청

군에서 유의하게 더 높은 불쾌강도 역치값을 보였다(Table 2). 협대역 소음을 이용한 불쾌강도 역치검사에서는 모든 주파수 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). 불쾌강도 역치의 평균에 대한 정상군과 난청군 비교에서는 순음 및 협대역 소음 모두 두 군 간의 유의한 차이는 없었지만, 각각의 군 내에서는 협대역 소음보다 순음을 이용한 검사에서 더 높은 불쾌강도 역치를 보였다(Table 3). 각 군의 일측 귀에 대한 주파수 간의 상관분석 중 정상군에서는 순음을 이용한 불쾌강도 역치검사가 좌우측 귀 모두 각각 모든 주파수 간에 강한 상관관계를 보였다(Table 4). 정상군에서 협대역 소음을 이용한

검사상 좌측 귀에서는 순음과 마찬가지로 모든 주파수 간에 강한 상관관계를 보였으나, 우측 귀에서는 순음 검사에 비해 상관성이 약간 낮았으며 특히, 8 kHz에서는 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 5). 난청군에서는 순음을 이용한 불쾌강도 역치검사상 정상군에 비해 좌우측 모두 주파수들 간에 전체적으로 약간 낮은 상관관계를 보였고, 일부 주파수에서 8 kHz와 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 6). 난청군에서 협대역 소음을 이용한 검사에서는 좌우측 모두 비교적 강한 상관관계를 보였고, 순음을 이용한 결과에 비해 상대적으로 고주파에서도 상관성이 높았다(Table 7).

**Table 1.** Comparison of demographic and pure tone average (PTA) between the normal hearing and hearing loss group

	Normal hearing group (n=41)	Hearing loss group (n=42)	p-value
Age (years)	51.0±11.0	71.3±14.2	<0.001
Sex (M:F)	16:25	18:24	0.723
PTA average (Rt., dB)	12.1±5.8	52.4±17.5	<0.001
PTA average (Lt., dB)	12.5±5.5	51.5±16.7	<0.001

두 차례의 검사의 검사-검사 간 신뢰도를 확인하기 위한 급내상관계수(ICC)는 자극음에 상관없이 모든 주파수에서 매우 높은 일치도를 보였다(Table 8).

## 고찰

불쾌강도 역치검사는 청각과민, 이명, 보청기 조절 환자에서 유용하게 사용될 수 있는 검사이지만 검사 과정에서 큰 소

**Table 2.** Comparison of loudness discomfort levels using pure tone stimuli and narrow band noise (NBN) between the normal hearing and hearing loss group

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	8 kHz
Rt.							
Pure tone							
Normal hearing group	101.6±5.9	107.7±9.5	106.9±9.3	106.6±10.5	106.1±12.0	106.8±12.7	100.8±8.7
Hearing loss group	101.9±7.4	105.3±12.3	106.7±11.0	104.3±11.7	106.0±12.9	108.4±12.5	103.5±9.6
p-value	0.857	0.322	0.923	0.343	0.986	0.557	0.177
NBN							
Normal hearing group	91.6±5.4	100.9±7.4	102.3±7.8	97.9±7.1	97.5±7.6	99.3±7.2	89.8±15.4
Hearing loss group	91.5±7.1	98.1±7.0	98.9±7.8	95.7±9.6	99.4±10.1	101.9±9.8	93.7±8.1
p-value	0.962	0.168	0.115	0.338	0.443	0.272	0.293
Lt.							
Pure tone							
Normal hearing group	100.7±9.4	107.2±12.1	106.9±11.7	105.6±12.4	104.5±13.2	104.5±13.1	100.3±9.9
Hearing loss group	100.0±8.0	106.1±10.9	105.4±10.5	105.4±10.2	109.7±9.9	111.2±9.9	106.0±6.3
p-value	0.712	0.657	0.534	0.934	0.047	0.010	0.003
NBN							
Normal hearing group	90.9±4.8	102.1±6.5	102.7±6.7	97.4±8.1	96.7±7.5	99.4±8.1	90.6±5.3
Hearing loss group	92.3±7.1	100.0±9.4	101.0±8.6	96.5±9.5	98.1±9.5	100.0±10.5	91.6±6.5
p-value	0.414	0.340	0.400	0.356	0.547	0.798	0.556

**Table 3.** Comparison of average loud discomfort level (LDL) using pure tone stimuli and narrow band noise (NBN)

	Pure tone, Rt.	NBN, Rt.	p-value	Pure tone, Lt.	NBN, Lt.	p-value
Normal hearing group	107.0±9.4	100.1±6.8	0.007	106.0±11.6	100.4±6.7	0.011
Hearing loss group	106.2±11.1	98.7±7.8	<0.001	107.0±9.4	99.4±9.1	0.003
p-value	0.714	0.491		0.678	0.637	

LDL average=(500+1 k+2 k+4 kHz LDL)/4

음으로 인한 불편감, 불안, 이명의 악화와 같은 부작용이 있을 수 있기 때문에 이러한 가능성과 검사로 얻을 수 있는 이득을 고려하여 신중하게 시행되어야 한다.<sup>13)</sup> 본 연구에서는 2회씩의 검사를 시행하는 동안 이러한 부작용들을 최소화하기 위하여 청각과민이 없는 환자들만을 대상으로 하였고, 사전에 충분한 고지 후에 진행하였으며 검사 후 일시적인 이층만감 외에 큰 불편감이나 부작용이 발생한 대상자는 없었다.

기준에 어음청력검사에서 피검자가 불편감, 압박감, 통증

**Table 4.** Correlation coefficients of loud discomfort level (pure tone) at different frequencies in the normal hearing group

r	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	8 kHz
Rt.							
250 Hz	1	0.87**	0.84**	0.78**	0.76**	0.71**	0.78**
500 Hz	0.87**	1	0.93**	0.87**	0.83**	0.76**	0.68**
1 kHz	0.84**	0.93**	1	0.88**	0.84**	0.83**	0.70**
2 kHz	0.78**	0.87**	0.88**	1	0.92**	0.86**	0.71**
3 kHz	0.76**	0.83**	0.84**	0.92**	1	0.94**	0.79**
4 kHz	0.71**	0.76**	0.83**	0.86**	0.94**	1	0.76**
8 kHz	0.78	0.68	0.70	0.71	0.79	0.76	1
Lt.							
250 Hz	1	0.87**	0.81**	0.75**	0.70**	0.69**	0.70**
500 Hz	0.87**	1	0.88**	0.87**	0.84**	0.81**	0.73**
1 kHz	0.81**	0.88**	1	0.89**	0.85**	0.82**	0.67**
2 kHz	0.75**	0.87**	0.89**	1	0.90**	0.87**	0.74**
3 kHz	0.70**	0.84**	0.85**	0.90**	1	0.94**	0.77**
4 kHz	0.69**	0.81**	0.82**	0.87**	0.94**	1	0.76**
8 kHz	0.70**	0.73**	0.67**	0.74**	0.77**	0.76**	1

\*\*p<0.001

**Table 5.** Correlation coefficients of loud discomfort level (narrow band noise) at different frequencies in the normal hearing group

r	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	8 kHz
Rt.							
250 Hz	1	0.74**	0.63**	0.73**	0.68**	0.62**	0.30
500 Hz	0.74**	1	0.90**	0.78**	0.77**	0.67**	0.25
1 kHz	0.63**	0.90**	1	0.84**	0.81**	0.72**	0.15
2 kHz	0.73**	0.78**	0.84**	1	0.92**	0.79**	0.19
3 kHz	0.68**	0.77**	0.81**	0.92**	1	0.90**	0.30
4 kHz	0.62**	0.67**	0.72**	0.79**	0.90**	1	0.43*
8 kHz	0.30	0.25	0.15	0.19	0.30	0.43*	1
Lt.							
250 Hz	1	0.87**	0.83**	0.77**	0.72**	0.67**	0.89**
500 Hz	0.87**	1	0.87**	0.74**	0.69**	0.68**	0.77**
1 kHz	0.83**	0.87**	1	0.77**	0.73**	0.73**	0.68**
2 kHz	0.77**	0.74**	0.77**	1	0.85**	0.84**	0.86**
3 kHz	0.72**	0.69**	0.73**	0.85**	1	0.92**	0.76**
4 kHz	0.67**	0.68**	0.73**	0.84**	0.92**	1	0.74**
8 kHz	0.89**	0.77**	0.68**	0.86**	0.76**	0.74	1

\*p<0.05; \*\*p<0.001

**Table 6.** Correlation coefficients of loud discomfort level (pure tone) at different frequencies in the hearing loss group

r	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	8 kHz
Rt.							
250 Hz	1	0.68**	0.59**	0.53**	0.44**	0.50**	0.31*
500 Hz	0.68**	1	0.87**	0.76**	0.71**	0.64**	0.25
1 kHz	0.59**	0.87**	1	0.80**	0.77**	0.70**	0.22
2 kHz	0.53**	0.76**	0.80**	1	0.83**	0.73**	0.30
3 kHz	0.44**	0.71**	0.77**	0.83**	1	0.91**	0.43*
4 kHz	0.50**	0.64**	0.70**	0.73**	0.91**	1	0.44*
8 kHz	0.31*	0.25	0.22	0.30	0.43*	0.44*	1
Lt.							
250 Hz	1	0.89**	0.76**	0.71**	0.63**	0.56**	0.41*
500 Hz	0.89**	1	0.82**	0.79**	0.64**	0.68**	0.42*
1 kHz	0.76**	0.82**	1	0.87**	0.78**	0.71**	0.42*
2 kHz	0.71**	0.79**	0.87**	1	0.83**	0.76**	0.38*
3 kHz	0.63**	0.64**	0.78**	0.83**	1	0.79**	0.47*
4 kHz	0.56**	0.68**	0.71**	0.76**	0.79**	1	0.55**
8 kHz	0.41*	0.42*	0.42*	0.38*	0.47*	0.55**	1

\*p<0.05; \*\*p<0.001

**Table 7.** Correlation coefficients of loud discomfort level (narrow band noise) at different frequencies in the hearing loss group

r	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	8 kHz
Rt.							
250 Hz	1	0.70**	0.59**	0.70**	0.64**	0.69**	0.75**
500 Hz	0.70**	1	0.86**	0.76**	0.75**	0.70**	0.63*
1 kHz	0.59**	0.86**	1	0.80**	0.79**	0.75**	0.58*
2 kHz	0.70**	0.76**	0.80**	1	0.89**	0.84**	0.81**
3 kHz	0.64**	0.75**	0.79**	0.89**	1	0.94**	0.85**
4 kHz	0.69**	0.70**	0.75**	0.84**	0.94**	1	0.85**
8 kHz	0.75**	0.63*	0.58*	0.81**	0.85**	0.85**	1
Lt.							
250 Hz	1	0.82**	0.77**	0.72**	0.73**	0.74**	0.82**
500 Hz	0.82**	1	0.97**	0.92**	0.86**	0.87**	0.81**
1 kHz	0.77**	0.97**	1	0.92**	0.82**	0.85**	0.82**
2 kHz	0.72**	0.92**	0.92**	1	0.92**	0.91**	0.84**
3 kHz	0.73**	0.86**	0.82**	0.92**	1	0.94**	0.83**
4 kHz	0.74**	0.87**	0.85**	0.91**	0.94**	1	0.87**
8 kHz	0.82**	0.81**	0.82**	0.84**	0.83**	0.87**	1

\*p<0.05; \*\*p<0.001

**Table 8.** Intraclass correlation coefficient of two serial tests

	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	8 kHz
LDL by pure tone stimuli							
Rt.	0.97	0.98	0.97	0.98	0.99	0.99	0.98
Lt.	0.98	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99
LDL by narrow band noise							
Rt.	0.99	0.97	0.94	0.95	0.97	0.98	0.98
Lt.	0.98	0.96	0.89	0.96	0.97	0.94	0.97

LDL, loudness discomfort level

등을 느끼는 어음 강도를 불쾌역치(uncomfortable level of loudness, UCL)로 측정하는 것은 보청기 조절의 범위를 결정하는 데 도움을 주지만, 별도의 수가가 없이 어음청력검사 비용에 포함되어 있었다. 이에 대한이과학회 보험위원회에는 순음에 의한 불쾌강도 역치검사의 수가 신설을 제안하였고, 2020년 보건복지부 고시에 의해 순음청력계기에 의한 불쾌강도 역치검사가 국민건강보험 급여 검사로 인정되어 순음청력검사 비용의 70%를 청구할 수 있게 되었다.<sup>14)</sup> 어음에 의한 불쾌역치를 일반적으로 UCL이라고 부르기 때문에, 본 연구에서는 이에 대한 혼동을 피하기 위해 순음에 의한 불쾌강도 역치라고 기술하였고, 일부 연구에서는 UCL과 LDL을 동일하게 취급하기도 한다.<sup>15-18)</sup>

이전의 연구들에서 일반적으로 순음 불쾌강도 역치의 정상 수치는 100 dB HL 정도로 알려져 있다. 국내에서 시행되었던 연구들을 살펴보면 Song과 Lee<sup>11)</sup>는 정상 청력 성인 43명을 대상으로 순음을 이용한 불쾌강도 역치검사에서 1단계를 '고통스럽게 크다', 9단계를 '너무 작다'로 하는 9단계의 음량 범주를 제시하고 3단계인 '불쾌할 정도로 크다'에 해당하는 경우 반응하도록 하여 평균 77.23±12.67 dB HL의 불쾌강도 역치를 보고하였으며, Shin과 Cho<sup>19)</sup>도 같은 기준을 이용하여 정상 청력 성인 20명을 대상으로 평균 60.0-71.8 dB HL의 역치를 보고하였다. 반면 Suh 등<sup>5)</sup>은 정상 청력 성인 73귀를 대상으로 순음을 이용해 소리가 커서 짜증이 날 정도에 반응하게 하여 평균 102-104 dB HL의 불쾌강도 역치를 보고 하였다.

본 연구에서 정상군과 난청군의 불쾌강도 역치는 두 검사 방법 모두 평균을 포함하여 대부분의 주파수에서 유의한 차이가 없었다. 이는 감각신경성 난청이 있는 환자에서 난청의 정도가 심해질수록 불쾌강도 역치가 증가하는 결과를 보였던 기존의 연구들과는 차이가 있었는데,<sup>20,21)</sup> 해당 연구들에서는 특히 심고도 난청에서 불쾌강도 역치가 증가하였으나 본 연구의 난청군은 심고도 난청만을 포함한 것이 아니기 때문

에 평균적인 난청의 정도가 심하지 않음에 기인하는 것으로 보인다. 다만 유일하게 좌측 귀에서 순음을 이용하여 검사하였을 때 8 kHz에서만 난청군에서 유의하게 높은 불쾌강도 역치를 보였는데, 이는 우측에서 좌측으로 저주파에서 고주파 순서로 검사했기 때문에 피로도에 의한 차이일 가능성이 있다. 또한 고주파 영역에서 양측 청력의 비대칭이 있었을 수도 있지만, 실제 순음청력검사 비교상 명확한 좌우측 청력의 비대칭은 확인되지 않았다(Fig. 1). 이는 통계적으로는 유의하지만 100 dB 이상에서 불쾌역치 강도 5.7 dB 차이는 임상적인 의미는 없을 것으로 생각된다.

개인 내에서 주파수들 간의 상관성 분석에서는 두 군의 두 가지 방법의 검사 모두에서 대부분의 주파수 간의 높은 상관관계가 확인되었으며 일부 8 kHz의 고주파에서만 상관성이 확인되지 않거나 낮은 상관관계를 보였다. 이러한 주파수 간의 높은 상관관계는 모든 주파수가 아닌 필요한 일부 주파수에서만 검사를 시행함으로써 피검자의 불편감 및 발생할 수 있는 부작용들을 최소화시킴과 동시에 시간 대비 효율성을 높일 수 있는 근거가 될 것으로 생각된다.

순음을 이용한 불쾌강도 역치는 협대역 소음을 이용한 검사에 비해 정상군과 난청군 모두에서 높은 수치를 보였다. 이는 본 연구에서 사용한 청력검사 기기에서 순음의 경우 주파수별로 105-120 dB HL, 협대역 소음의 경우 주파수별로 90-105 dB HL에 최대 자극음의 한계가 설정되어 있어, 순음에 의한 불쾌강도 역치검사에서 더 높은 최대 자극음을 줄 수 있어서 이러한 차이가 반영되었을 것으로 판단된다.

본 연구에서 시행한 2회의 검사 간에는 자극음에 상관없이 모든 주파수에서 높은 일치도를 보였기 때문에 검사 시 발생하는 피검자의 불편감과 부작용 가능성을 고려하여 한 번의 검사로도 충분할 것으로 생각된다. 자극음의 경우 순음과 협대역 소음 모두 두 군 간의 주파수별 차이는 거의 확인되지 않았고 주파수 사이의 상관관계도 유사하였기 때문에 한 가지 자극음으로만 검사하여도 충분할 것으로 생각되며, 더 높

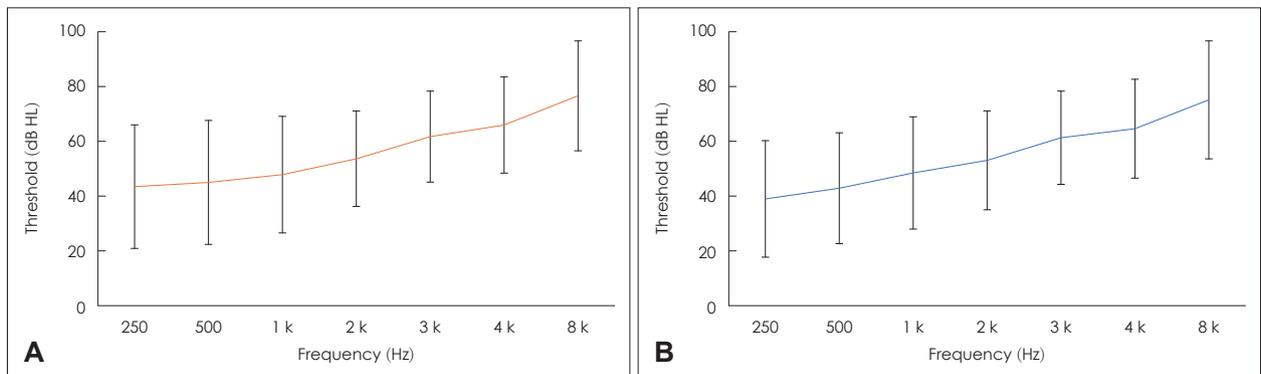


Fig. 1. Pure tone audiometry in the hearing loss group. A: Right ear. B: Left ear.

은 강도의 자극음까지 사용할 수 있는 순음으로 검사하는 것이 더 정확한 결과를 도출할 수 있을 것으로 보인다. 또한 8 kHz를 제외하고는 모든 주파수에서 불쾌강도 역치가 상관관계를 보이므로 임상에서 피검자가 검사에 어려움을 느낀다면 순음청력검사에서 이용하는 모든 주파수에서 검사할 필요 없이 몇 개의 주파수만 시행하여도 대표성을 가질 수 있을 것이며, 이 때 8 kHz에서 측정한 불쾌강도 역치는 다른 주파수에서 측정한 역치와 상관관계를 보이지 않는 경우가 있으므로 검사에 포함시키는 것이 바람직하겠다.

본 연구의 한계점으로 50세 이하의 난청 환자, 70세 이상의 정상 청력인을 모집하기가 어려워져 정상군과 난청군의 나이의 평균이 각각 51세, 71세로 유의한 차이를 보였는데, 이로 인해 두 군의 검사 결과의 차이가 청력뿐만 아니라 나이에 의해서도 영향을 받았을 가능성이 있다. 또한 정상군 41명, 난청군 42명으로 비교적 적은 수의 대상자도 본 연구의 한계점 중 하나이다. 임상적으로 불쾌강도 역치검사는 이명이나 청각 과민이 있는 환자를 대상으로 시행하는 경우가 많지만 본 연구에서는 먼저 일반적인 인구군에 대하여 적절한 검사 방법 및 유효성을 확립하기 위하여 이명과 청각 과민이 없는 정상 청력군과 난청군을 대상으로 연구를 시행하였고, 추후 다양한 증상을 동반한 대상자들에서 후속 연구를 실시할 예정이다.

본 연구에서 청각 과민이 없는 감각신경성 난청 환자와 정상 청력인들 간에 불쾌강도 역치는 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었으며, 순음과 협대역 소음의 2가지 자극음에 관계없이 일관성 있는 결과를 보였다. 주파수 간에도 대부분 좋은 상관관계를 보였으며 2회의 검사는 높은 일치도를 보였다. 따라서 임상적으로는 난청 여부와 관계없이 순음에 의한 검사만 1회 시행해도 충분할 것으로 판단된다. 또한 검사에 어려움이 있을 시 일부 주파수에서만 시행할 수 있지만 8 kHz는 다른 주파수들과 낮은 상관성을 보이므로 8 kHz는 포함하는 것이 바람직할 것이다.

## Acknowledgments

None

## Author Contribution

Conceptualization: Dong Hyuk Jang, Hyun Joon Shim, Yong-Hwi An. Data curation: Kyung Mi Kim, Dong Hyun Kim, Sol Han, Ji Hye Park, Ka Young Park, Hyo Jung Choi. Investigation: Dong Hyuk Jang, Jung Ho Choi, Seung Yeon Jeon. Methodology: Kyung Mi Kim, Dong Hyun Kim, Sol Han, Ji Hye Park, Ka Young Park, Hyo Jung Choi. Supervision: Hyun Joon Shim. Writing—original draft: Dong Hyuk Jang, Yong-Hwi An. Writing—review & editing: Dong Hyuk Jang, Hyun Joon Shim, Yong-Hwi An.

## ORCIDs

Dong Hyuk Jang <https://orcid.org/0000-0003-1678-4703>  
Yong-Hwi An <https://orcid.org/0000-0001-8240-1673>

## REFERENCES

- 1) Silverman S. Tolerance for pure tones and speech in normal and defective hearing. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1947;56(3):658-77.
- 2) Stephens SD, Blegvad B, Krogh HJ. The value of some suprathreshold auditory measures. *Scand Audiol* 1977;6(4):213-21.
- 3) Shim YJ, Kim GR. Loudness discomfort levels for pure tones and for speech in presbycusis. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 1982;25(4):625-31.
- 4) Mueller HG, Bentler RA. Fitting hearing aids using clinical measures of loudness discomfort levels: An evidence-based review of effectiveness. *J Am Acad Audiol* 2005;16(7):461-72.
- 5) Suh OK, Lee JH, Park MS, Chung MH. Comparison of the uncomfortable loudness level with the acoustic reflex threshold in normal and sensory-neurally hearing-impaired ears. *Korean J Audiol* 2000;4(2):148-53.
- 6) Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Tinnitus retraining therapy (TRT) as a method for treatment of tinnitus and hyperacusis patients. *J Am Acad Audiol* 2000;11(3):162-77.
- 7) Shim HJ, An YH, Kim DH, Yoon JE, Yoon JH. Comparisons of auditory brainstem response and sound level tolerance in tinnitus ears and non-tinnitus ears in unilateral tinnitus patients with normal audiograms. *PLoS One* 2017;12(12):e0189157.
- 8) Shim HJ, Cho YT, Oh HS, An YH, Kim DH, Kang YS. Within-subject comparisons of the auditory brainstem response and uncomfortable loudness levels in ears with and without tinnitus in unilateral tinnitus subjects with normal audiograms. *Otol Neurotol* 2021;42(1):10-7.
- 9) Dirks DD, Kamm C. Psychometric functions for loudness discomfort and most comfortable loudness levels. *J Speech Hear Res* 1976; 19(4):613-27.
- 10) Berger K, Varavass D, Votter D. Test-retest reliability of MCLs, UCLs and ARTs. *Hearing Instruments* 1982;33:16-9.
- 11) Song W, Lee J. Test-retest reliability of uncomfortable loudness level using an instructional set. *Commun Sci Disord* 2003;8(1):287-99.
- 12) Bornstein SP, Musiek FE. Loudness discomfort level and reliability as a function of instructional set. *Scand Audiol* 1993;22(2):125-31.
- 13) British Society of Audiology. Uncomfortable loudness levels. 2011 [cited 2020 May 6]. Available from: URL: <https://www.thebsa.org.uk/resources/determination-uncomfortable-loudness-levels/>.
- 14) 보건복지부. 「건강보험 행위 급여·비급여 목록표 및 급여 상대가치점수」 일부개정. 2020 [cited 2020 May 6]. [https://www.mohw.go.kr/react/jb/sjb0406vw.jsp?PAR\\_MENU\\_ID=03&MENU\\_ID=030406&page=101&CONT\\_SEQ=352770](https://www.mohw.go.kr/react/jb/sjb0406vw.jsp?PAR_MENU_ID=03&MENU_ID=030406&page=101&CONT_SEQ=352770).
- 15) Cho YT, An YH, Jang DH, Kim DH, Kim NY, Kim HJ, et al. The relation of sound level tolerance to tinnitus ears in human. *J Int Adv Otol* 2022;18(1):1-7.
- 16) Park SN, Yeo SW, Cho CE, Park SY, Chang KH, Yang MJ, et al. Hyperacusis in patients with tinnitus-audiometrical evaluation & clinical characterization. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2002;45(10):946-51.
- 17) Aazh H, Moore BCJ. Incidence of discomfort during pure-tone audiometry and measurement of uncomfortable loudness levels among people seeking help for tinnitus and/or hyperacusis. *Am J Audiol* 2017;26(3):226-32.
- 18) Enzler F, Fournier P, Noreña AJ. A psychoacoustic test for diagnosing hyperacusis based on ratings of natural sounds. *Hear Res* 2021;400:108124.
- 19) Shin EY, Cho SH. Most comfortable level, uncomfortable level, and dynamic range with stimulus type. *Audiol* 2014;10(2):149-57.
- 20) Shapiro I. Evaluation of relationship between hearing threshold and loudness discomfort level in sensorineural hearing loss. *J Speech Hear Disord* 1979;44(1):31-6.
- 21) Park YJ, Lee KW. A changes of loudness growth as a function of hearing threshold level in adults with normal and sensorineural hearing loss. *Audiol* 2013;9(1):25-32.

## □ Appendix □

Instruction handed out to the subjects of loudness discomfort level test

1. 너무 작다		<p>이 검사는 소리가 불편할 정도로 크게 느껴지는 수준을 측정하는 것입니다.</p> <p>소리가 점점 커집니다.</p> <p>앞의 표에서 7번 단계와 같이 <b>소리가 불쾌할 정도로 크다고 느껴지는 시점</b>에 버튼을 눌러주세요.</p>
2. 작다		
3. 편하지만 약간 작다		
4. 편하다		
5. 편하지만 크다		
6. 크지만 괜찮다		
7. 불쾌할 정도로 크다		
8. 몹시 불쾌하다		
9. 고통스럽게 크다		