

정상청력을 가진 한국성인의 음량증가의 특성

한림대학교 일반대학원 청각학전공,¹ 한림대학교 자연과학대학 언어청각학부 청각학과,² 한림국제대학원대학교 청각학과³
신은영¹ · 김대영² · 박 한² · 변혜민² · 이성민¹ · 윤지은³ · 이경원^{1,3}

ABSTRACT

Characteristics of Loudness Growth Perception for Korean Adults with Normal Hearing

Eun-Yeong Shin,¹ Dae-Young Kim,² Han Park,² Hye-Min Byun,² Sung-Min Lee,¹ Ji-Eun Yoon³ and Kyoung-Won Lee^{1,3}

¹Graduate Program in Audiology, ²Department of Speech Pathology & Audiology,
Nature Science College, Hallym University, Chuncheon, Korea

³Department of Audiology, Hallym Institute of Advanced International Studies, Seoul, Korea

The purpose of this study was to investigate loudness growth perception including most comfortable level (MCL), uncomfortable level (UCL) for Korean with normal hearing. 48 subjects (24 males and 24 females) with the age ranged 19-24 (M 21.9 yr, SD 1.8) years were participated in this study. Loudness growth test (LGT) were examined by 7 categories using FM tone of 500 Hz, 3,000 Hz and Korean two syllable words. The results of LGT were as follows : 1) There were no significant gender differences in all categories using FM tone of 500 and 3,000 Hz ($p>0.05$). 2) significant differences were noted for FM tone (500 Hz, 3,000 Hz) in MCL and UCL ($p<0.01$). 3) UCL for male's live voice was higher than female's one using Korean two syllable words ($p<0.01$). 4) Comparing LGT with Korean and English showed no significant differences ($p>0.05$). Loudness growth perception data for normals and hearing-impaired listeners should be considered to help hearing aid fitting for the Korean hearing impaired.

KEY WORDS : Loudness growth test · MCL · UCL.

INTRODUCTION

청력손실의 종류 및 주파수별 청력손실의 정도에 따라 보청기의 이득(gain) 및 최대출력(OSPL90) 등을 효과적으로 결정하는 것은 쉽지 않다. 이러한 이유로 주로 영어음을 사용하는 국가에서는 이득 및 OSPL90을 효과적으로 결정하기 위하여 보청기적합공식(hearing aid fitting formula)을 만들어 사용하고 있다. 보청기적합공식의 특징으로 선형증폭기는 청력역치레벨(hearing threshold level, HTL)을 근거로 하여 청력손실자의 쾌적수준(most comfortable level, MCL)을 정상으로 회복하는 것을 목표로 하는 것이 일반적이며,²⁾⁴⁾¹⁷⁾ 비선형증폭기는 감각신경성 난청인의 좁아진 역동범위(dynamic range)를 정상 청력인과 유사한 형태로

확장하는 것을 목표로 하고 있다.⁵⁾⁶⁾¹⁰⁾

보청기적합공식에서 HTL 및 MCL은 보청기의 이득을 산출하기 위해서, HTL 및 불쾌수준(uncomfortable level, UCL)은 보청기의 선형증폭기의 SSPL, 비선형증폭기의 압축비율(compression ratio, CR), 압축역치(compression threshold, CK) 등을 포함한 OSPL90을 산출하기 위하여 필요하다. 특히 비선형증폭기의 적합공식에서 이득과 CR 및 OSPL90의 효과적인 결정을 위해서 난청인의 HTL, MCL 그리고 UCL을 포함한 음량증가검사(loudness growth test, LGT)의 세부적인 데이터가 필요하며,³⁾⁸⁾¹⁵⁾ 미국, 유럽, 호주 등 영어를 사용하는 국가의 경우 정상 청력인 및 난청인의 역치에 따른 음량증가의 표준 지표가 마련되어 있어 보청기의 이득, SSPL 또는 OSPL90, CR 등의 산출에 도움을 주고 있다.¹⁶⁾

한국에서는 프로그래밍식 보청기(programmable hearing aid) 뿐만 아니라 보청기적합 소프트웨어(hearing aid fitting software)를 대부분 외국에서 수입하여 사용하고 있으며, 일반적으로 보청기적합 소프트웨어에 청력역치를 입력하여 보청기적합을 시행한다. 그러나 이와 같은 보청기적합 방법

논문접수일 : 2008년 5월 22일
심사완료일 : 2008년 6월 18일
교신저자 : 이경원, 135-841 서울 강남구 대치동 906-18
한림국제대학원대학교 청각학과
전화 : (016) 661-2087 · 전송 : (02) 3453-6618
E-mail : leekw@hallym.ac.kr

은 한국인의 음량증가지각을 포함한 신체, 심리음향, 한국어음 등의 특징을 고려한 것이 아니기 때문에 효과적인 보청기의 적합에 어려움과 한계를 갖고 있다.

이에 본 연구에서는 정상청력을 가진 한국 성인을 대상으로 MCL, UCL 등을 포함한 음량증가의 변화 형태를 알아 보아 보청기의 효과적인 적합 및 평가를 위한 기초적인 자료로 사용하고자 하였다.

MATERIALS AND METHODS

연구대상

본 연구에 참여한 피검자는 양쪽 귀 모두 외이 및 중이에 질환이 없으며, 고막운동도 검사에서 A형을 보이고, 250~4,000 Hz의 모든 주파수에서 청력역치가 20 dB HL 이하인 19~24세(평균: 21.9세, 표준편차: 1.8)의 성인으로 48 귀(남 24명, 여 24명)를 대상으로 하였다.

연구방법

순음청력검사, 이경검사, 고막운동성검사(tympanometry), 500 Hz와 4,000 Hz의 음향반사역치 검사를 실시하여, 등골근반사가 있는지를 확인하여 고막을 포함한 중이의 이상 유무를 확인 하였으며, 청력역치를 포함한 LGT는 삽입이 어폰(EAR-tone 3A)을 사용하여 측정하였다. 피검자의 500과 3,000 Hz의 순음청력역치 및 음향반사역치는 Table 1과 같다.

LGT는 피검자를 위한 지침서를 제작하여 설명한 후, 저주파수 및 고주파수 대역의 대표적인 소리인 500 및 3,000 Hz의 주파수변조(frequency modulation)음과 남·녀 화자가 발생하는 이음절어¹⁾를 이용하여 측정하였다.

LGT의 단계는 역치에서 불쾌수준의 순으로 증가시키며(ascending method) 구하였으며, 각 음량단계 별로 1 또는 3 dB 간격의 수정상승법을 사용하여 측정하였다. 음량의 증가단계(loudness category)는 1) 매우 작다(hearing threshold, HTL), 2) 작다(soft), 3) 편하지만 작다(comfortable, but slightly soft), 4) 편하다(comfortable, MCL), 5) 편하지만 약간 크다(comfortable, but slightly loud), 6) 크다(loud, but OK.), 7) 매우 크다(uncomfortable level,

Table 1. Means and standard deviations of hearing and acoustic reflex thresholds

Frequency (Hz)		Threshold		ART		
		Male	Female	Male	Female	
500	Mean	4.1	5.4	Mean	88.8	86.9
	(SD)	(4.6)	(4.7)	(SD)	(5.2)	(5.1)
3,000	Mean	0.8	0.7	Mean	87.3	85.6
	(SD)	(5.1)	(5.1)	(SD)	(6.3)	(5.2)

UCL) 등 7단계로 구분하여 측정하였다.

통계분석

500, 3,000 Hz의 주파수변조음, 어음 등 신호와 화자의 성별에 따른 LGT를 음량단계 별로 비교하였다. 통계분석은 Windows 용 SPSS(ver 11.0)에서 ANOVA를 시행하였으며, 사후분석은 Scheffe를 사용하였고 대응표본 t-검정을 하였다.

RESULTS

주파수변조음

500 Hz에서 LGT의 평균은 HTL(음량단계 1)이 10.3 dB HL, MCL(음량단계 4)은 48.3 dB HL, UCL(음량단계 7)은 97.4 dB HL로 나타났다. 피검자의 남·녀 성별 간 LGT에서는 음량단계 1에서 7까지 남성이 9.8~98.3 dB HL, 여성이 10.8~97.5 dB HL로 나타났으나, 모든 음량단계에서 피검자 성별에 따른 LGT의 차이는 유의미하지 않았다($p>0.05$). 3,000 Hz에서 LGT의 평균은 음량단계 1은 7.4 dB HL, 음량단계 4는 50.8 dB HL, 음량단계 7은 91.2 dB HL로 나타났다. 피검자의 남·녀 성별 간 LGT는 음량단계 1에서 7까지 남성이 7.8~91.3 dB HL, 여성이 7.0~91.1 dB HL로 나타났으나, 모든 음량단계에서 피검자의 성별에 따른 차이는 유의미하지 않았다($p>0.05$, Table 2). 그러나 남·녀 전체 피검자를 대상으로 LGT를 비교했을 때, 음량단계 3, 4에서는 3,000 Hz가($p<0.01$), 음량단계 1, 6, 7에서는 500 Hz가 높게 나타났다($p<0.01$, Table 3).

이음절어

남성 화자에 의한 LGT의 평균은 음량단계 1에서 12.0 dB HL, 음량단계 4에서 50.5 dB HL, 음량단계 7에서 97.7 dB HL로 나타났다. 피검자의 남·녀 성별 간 LGT에서는 음량단계 1에서 7까지 남성이 11.9~98.1 dB HL, 여성이 12.0~97.3 dB HL로 나타났으나, 모든 음량단계에서 피검자의 성별에 따른 LGT의 차이는 유의미하지 않았다($p>0.05$). 여성 화자에 의한 LGT의 평균은 음량단계 1에서 12.2 dB HL, 음량단계 4에서 51.6 dB HL, 음량단계 7에서 100.6 dB HL로 나타났다. 피검자의 남·녀 성별 간 LGT에서는 음량단계 1에서 7까지 남성이 12.4~100.3 dB HL, 여성이 11.9~100.8 dB HL로 나타났으나, 모든 음량단계에서 피검자의 성별에 따른 LGT의 차이는 유의미하지 않았다($p>0.05$, Table 4). 그러나 어음을 사용했을 때 음량단계 1에서 7까지 화자가 남성인 경우 12.0~97.7 dB HL, 화자가 여성인 경우 12.1~99.1 dB HL로 나타났으며, 남

Table 2. Means and standard deviations of LGT for gender at each category using FM tone (500 Hz and 3,000 Hz)

FM tone	Subjects	Categories							
		1 (HTL)	2	3	4 (MCL)	5	6	7 (UCL)	
500 Hz	Male	Mean	9.8	21.8	33.9	48.1	63.7	84.6	98.3
		(SD)	(5.7)	(7.8)	(9.0)	(6.9)	(6.6)	(8.0)	(10.7)
	Female	Mean	10.8	22.4	34.4	48.5	64.8	85.2	97.5
		(SD)	(4.5)	(5.6)	(5.9)	(6.9)	(7.8)	(7.2)	(8.0)
	M+F	Mean	10.3	22.1	34.1	48.3	64.2	84.9	97.9
		(SD)	(5.1)	(6.7)	(7.5)	(6.8)	(7.2)	(7.5)	(9.4)
3,000 Hz	Male	Mean	7.8	23.0	37.1	49.4	62.0	79.8	91.3
		(SD)	(5.4)	(7.2)	(8.4)	(8.1)	(8.1)	(8.3)	(9.8)
	Female	Mean	7.0	22.7	38.6	52.3	65.6	81.6	91.1
		(SD)	(5.1)	(7.1)	(7.6)	(7.2)	(6.8)	(5.7)	(6.9)
	M+F	Mean	7.4	22.8	37.9	50.8	63.8	80.7	91.2
		(SD)	(5.2)	(7.1)	(7.9)	(7.7)	(7.6)	(7.1)	(8.4)

Table 3. p-values for differences between 500 Hz and 3,000 Hz at each category

	Categories						
	1 (HTL)	2	3	4 (MCL)	5	6	7 (UCL)
p-value	.001*	.507	.003*	.024**	.722	.000*	.000*

* : p<0.01, ** : p<0.05

성 화자일 경우 여성 화자 보다 전체 음량단계에서 높은 값으로 측정되었다. 또한 음량단계 6과 7에서 여성화자의 LGT가 높게 나타났다(p<0.01, Table 5).

주파수변조음 및 어음의 비교

500 Hz와 3,000 Hz 그리고 어음에 대한 LGT를 비교했을 때, 음량단계 3을 제외한 모든 음량단계에서 어음이 높게 나타났으며, 음량단계 1, 5, 6에서 3,000 Hz와 어음 간의 유의미한 차이를 보였다(p<0.01, Fig. 1).

DISCUSSIONS

본 연구에서는 한국 난청인에 대한 보청기의 이득 및 최대출력을 효과적으로 산출하기 위하여 정상청력을 가진 한국 성인의 MCL 및 UCL을 포함한 음량증가의 변화를 살펴보고자 하였다.

본 연구에서 시행한 주파수변조음 500 Hz와 3,000 Hz의 LGT는 Robyn 등¹⁶⁾의 연구와 비교했을 때 한국 성인이 더 높게 나타났는데, 이는 음량증가에 있어서 한국과 외국의 성인 간 심리음향적인 차이가 있음을 보여주고 있다.

화자의 성별에 따른 LGT를 비교했을 때, 한국 성인은 음량단계 6, 7을 제외하고 유의한 차이를 보이지 않았는데 (p>0.01) 그 이유는 남성과 여성화자의 포먼트 및 어음의 주파수 스펙트럼의 차이로 생각되며, 이를 통해 어음을 이용한 HTL 및 MCL 검사 시 화자의 성별은 검사 결과에 영

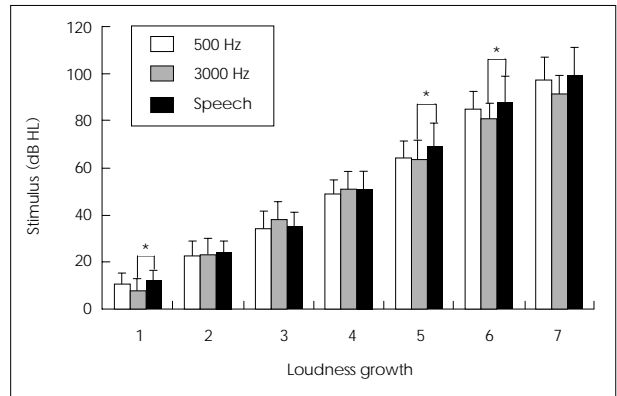


Fig. 1. Loudness growth for 500 Hz, 3,000 Hz and Korean two syllables at the level p<0.01 at each category.

향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

주파수변조음 500 Hz와 3,000 Hz 그리고 어음을 비교했을 때, 어음과 3,000 Hz 간에 더 많은 음량단계에서 유의미한 차이가 나타났다(ANOVA, p<0.01). 따라서 다채널 보청기의 적합을 위한 LGT는 어음보다는 순음을 사용하는 것이 효과적이라고 생각한다. 그러나 대화 등 실생활에서의 보청기착용효과를 위해서는 본 연구의 이음절어 대신 문장을 사용하는 것도 고려해 볼 수 있다.

어음을 사용했을 때의 LGT를 미국 성인과¹⁶⁾ 비교했을 때 모든 음량단계에서 한국 성인이 높게 나타났으나 유의미한 차이는 없었다(p>0.01, Fig. 2).

Jerry 등⁹⁾의 연구결과에 따르면 어음에 의한 음량증가 검사 시 수정상승법으로 MCL부터 측정하였을 경우(30 dB HL 시작, 5 dB 상승, 10 dB 하강) MCL은 51.0 dB HL 정도였다. 반면 UCL부터 측정하였을 경우, MCL은 73.3 dB HL로 UCL부터 측정한 결과와 20 dB 이상 차이를 보였고, UCL은 검사방법의 순서와 상관없이 비슷한 수준의 결과를 보였다. 본 연구에서는 역치에서부터 UCL 순으로

Table 4. Means and standard deviations of LGT for gender of speaker at each category using Korean two syllable words

Speaker	Subjects	Categories							
		1 (HTL)	2	3	4 (MCL)	5	6	7 (UCL)	
Male	Male	Mean	11.9	23.0	35.6	51.3	68.5	87.3	98.1
		(SD)	(4.3)	(4.0)	(5.6)	(8.1)	(10.2)	(12.3)	(13.8)
	Female	Mean	12.0	23.3	34.1	49.7	67.6	86.4	97.3
		(SD)	(4.9)	(5.4)	(5.7)	(6.8)	(9.4)	(10.5)	(11.2)
	M+F	Mean	12.0	23.2	34.8	50.5	68.1	86.8	97.7
		(SD)	(4.5)	(4.7)	(5.6)	(7.4)	(9.7)	(11.3)	(12.5)
Female	Male	Mean	12.4	24.1	35.3	51.5	69.7	88.7	100.3
		(SD)	(4.5)	(5.6)	(6.7)	(8.6)	(11.0)	(11.4)	(13.0)
	Female	Mean	11.9	24.8	35.9	51.8	70.8	89.8	100.8
		(SD)	(4.2)	(5.0)	(5.9)	(7.0)	(8.3)	(8.5)	(10.3)
	M+F	Mean	12.2	24.4	35.6	51.6	70.2	89.2	100.6
		(SD)	(4.3)	(5.3)	(6.3)	(7.8)	(9.6)	(10.0)	(11.6)

Table 5. p-values for differences between male and female speaker at each category

	Categories						
	1 (HTL)	2	3	4 (MCL)	5	6	7 (UCL)
p-value	.708	.072	.430	.311	.074	.008*	.001*

* : p<0.01

구하였으므로 음량증가를 반대 혹은 무작위적인 순서로 하였을 때의 MCL 값은 본 연구의 결과와 차이를 보일 것으로 예측된다.

또한 본 연구에서는 어음을 이용한 LGT 검사 시 여러 명의 여성 및 남성 화자의 어음 자극을 제시하였다. 만약, 여성, 남성 화자의 어음 자극을 CD로 제작하여 동일한 어음 자극을 제시하였다면, 화자의 다양성에 대한 변인은 줄어들 것이라고 생각한다.

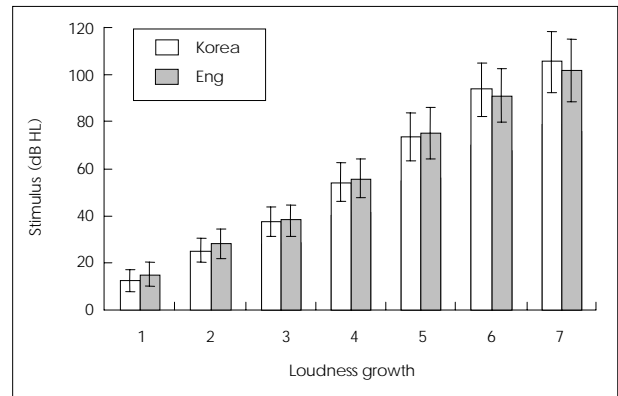
마지막으로 Ellis and Wynne⁷⁾의 연구에 따르면 자극음이 어음이 아닌 경우 아동의 음량증가지각이 성인 보다 더 짧게 표현됨을 알 수 있다. 이는 아동에 대한 음량증가지각이 필요함을 알 수 있고 본 연구결과와 비교하여 아동의 음량증가지각에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 생각한다.

CONCLUSION

본 연구에서는 정상청력을 가진 한국 성인의 HTL, MCL 및 UCL을 포함한 음량증가의 변화를 피검자 및 화자의 성별 그리고 신호의 종류 별로 살펴보고, 이를 영어음을 사용하는 서구인과 비교하고자 하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 주파수변조음을 사용했을 때의 LGT는 모든 음량단계에서 피검자의 성별에 따른 유의미한 차이는 없었다.

둘째, 주파수변조음을 사용했을 때의 LGT는 음량단계 3, 4(MCL)에서 3,000 Hz, 음량단계 1, 6, 7(UCL)에서 500

**Fig. 2.** Comparison of Korean and English in loudness growth.

Hz가 높게 나타났다.

셋째, 이음절어를 사용했을 때의 LGT는 여성화자가 남성화자를 사용했을 때보다 음량단계 6, 7(UCL)에서 높게 나타났다.

넷째, 이음절어를 사용했을 때의 LGT는 영어음을 사용하는 서구인과 비교했을 때, 모든 음량단계에서 유의미한 차이는 없었다.

본 연구를 통하여 MCL, UCL 등에 대한 한국인과 서구인의 음량증가의 지각에 차이점이 있음을 확인하였다. 따라서 보청기적합 시 외국의 보청기적합 소프트웨어를 그대로 사용하기 보다는 신체, 심리음향, 대화음 등에 대한 한국인의 표준지표를 마련하고, 이에 알맞은 보청기적합공식의 개발이 필요할 것으로 생각한다.

중심 단어 : 라우드니스 증가 검사 · MCL · UCL.

REFERENCES

1. 함태영. 어음 청력 검사어표와 명료도 검사의 실험 성적. 군진

- 의학. 1962;9(2):38-41.
- Berger K, Hagberg E. Gain usage based on hearing aid experience and subject age. *Ear Hear.* 1982;3:235-237.
 - Byrne D. Hearing aid selection for the 1990s: Where to? *J Amer Acad Audiol.* 1996;7:377-395.
 - Byrne D, Dillon H. The National Acoustic Laboratories' (NAL) new procedure for selecting the gain and frequency response of a hearing aid. *Ear Hear.* 1991;7:257-265.
 - Cornelisse LE, Seewald RC, Jamieson DG. The input/output formula: a theoretical approach to the fitting of personal amplifications devices. *J Acoust Soc Am.* 1995;48(10):39-44.
 - Dillon H. NAL-NL1: A new prescriptive fitting procedure for non-linear hearing aids. *Hear J.* 1999;52:10-16.
 - Ellis M, Wynne M. Measurements of Loudness Growth in 1/2-Octave Band for children and Adults with Normal Hearing. *Amer J Audiol.* 1999;8:40-46.
 - Grey H, Dyrlund O. Putting loudness scaling to work: Moving from theory to practice. *Hear J.* 1996;49(3):49-54.
 - Jerry P, Brad R, Antony J. Effects of Test Order on Most Comfortable and Uncomfortable Loudness Levels for Speech. *Amer J Audiol.* 2004; 13:158-163.
 - Killion MC, Fikret-Pasa S. Three types of sensorineural hearing loss: loudness and intelligibility considerations. *Hear J.* 1993;46:31-36.
 - Killion M, Staab W, Preves D. Classifying automatic signal processors. *Hear Instrum.* 1990;41(8):24-26.
 - Lybarger SF. (inventor). US Patent application (SN 543, 278):1944.
 - Olsen SO, Rasmussen AN, Nielsen LH, Borgkvist BV. The relationship between the acoustic reflex threshold and levels of loudness categories in hearing-impaired listeners. *Audiol.* 1999;38:308-311.
 - Punch J, Joseph A, Rakerd B. Most comfortable and uncomfortable loudness level: six decades of research. *Amer J Audiol.* 2006;13:144-157.
 - Ricketts T. Fitting hearing aids to individual loudness-perception measures. *Ear Hear.* 1996;17:124-132.
 - Robyn M, Genevieve C, Izel M, Ginger A. The Contour Test of Loudness Perception. *Ear Hear.* 1997;18:388-407.
 - Watson N, Knudsen V. Selective amplification in hearing aids. *J Acoust Soc Amer.* 1940;11:406-419.