

건청인과 감각신경성난청 성인의 청력역치에 따른 음량증가의 변화

분당재생병원¹ · 한림국제대학원대학교 청각학과²

박 유 진¹ · 이 경 원²

ABSTRACT

A Changes of Loudness Growth as a Function of Hearing Threshold Level in Adults with Normal and Sensorineural Hearing Loss

Yoo Jin Park¹ and Kyoung Won Lee³

¹Pundang Jesaeng General Hospital, Sunghnam City, Kyunggi-do, Korea

²Department of Audiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

The purpose of this study was to examine changes in the most comfortable level (MCL) and the uncomfortable level (UCL) depending on hearing threshold level (HTL) by investigating loudness growth among persons with normal hearing (NH) and sensorineural hearing loss (SNHL) at 500 Hz and 3,000 Hz. Based on the results, this study intended to provide useful data to calculate gain or frequency response curve and SSPL90 or OSPL90 of hearing aid that was used by Koreans with hearing loss. The NH group consisted of 17 persons (17 ears) in total who had the pure tone threshold average of 20 dB HL or less and who were 23-33 years old (average: 27.9 years, SD: 4.0 years). The SNHL group consisted of 117 persons (161 ears) in total who had the HTL of 40-75 dB HL at 500 Hz or 3,000 Hz and who were 19-78 years old (average: 55.1 years, SD: 15.4 years). As for presented tone, 5% frequency-modulated tone was used at 500 Hz and 3,000 Hz. Based on the results of study by Allen (1990), loudness category (LC) for loudness growth test was divided to 7 LCs before the HTL of 40-75 dB for NH and SNHL was divided by 5 dB interval at 500 Hz and 3,000 Hz. The results of this study were as follows. First, at 500 Hz and 3,000 Hz, the MCL of NH was 51.5 and 56.8 dB HL while the UCL was 88.5 dB HL and 88.7 dB HL. Consequently, the MCL at 3,000 Hz was found to be higher by 5.3 dB ($p < .05$). Second, the MCL and the UCL of SNHL persons increased as a function of the HTL. However, slope of regression equation was low in the order of the HTL, the MCL and the UCL. Therefore, it was confirmed that dynamic range became narrow according to increase in the HTL. Third, the MCL showed the higher correlation with the HTL than the UCL. This study was meaningful in that the study intended to measure loudness growth of Koreans with NH and SNHL. The results of this study are expected to have influences on development of hearing aid fitting formula for Koreans with hearing loss.

KEY WORDS : Sensorineural hearing loss (SNHL), Hearing threshold level(HTL), Most comfortable level(MCL), Uncomfortable level(UCL), Loudness growth test(LGT).

INTRODUCTION

유모세포의 손상으로 인해 발생하는 감각신경성 난청 (sensorineural hearing loss, SNHL)의 특징은 누가현

상으로 인해 역동범위가 건청인에 비해서 좁아져 있다. 중도 난청 이하의 경우 쾌적수준(most comfortable level, MCL)은 청력역치(hearing threshold level, HTL)의 1/2 내외의 기울기를 가지고 증가하며, 불쾌수준(uncomfortable level, UCL)은 변화가 거의 없거나, MCL에 비해서 낮은 기울기로 증가한다. 그러나 중도 난청 이상의 경우는 MCL 및 UCL이 좀 더 가파른 기울기를 가지고 증가하며 이때에도 UCL의 기울기는 MCL에 비해서 낮게 나타난다(Schwartz et al., 1988). 결과적으로 SNHL의 HTL이 증가할 때 MCL과 UCL의 증가율이 낮아져 역동범위가 더욱 감소하며, 이로 인해 SNHL의 음량

논문접수일: 2013년 04월 27일

논문수정일: 2013년 06월 11일

게재확정일: 2013년 06월 18일

교신저자: 이 경 원, 200-701 135-841 서울시 강남구 대치동 906-18

한림국제대학원대학교 청각학과

전화: (02)2051-4951, 전송: (02)3453-6618

E-mail: leekw@hallym.ac.kr

증가(loudness growth)의 특징은 건청(normal hearing, NH) 또는 전음성 난청에 비해 비정상적으로 빠르게 증가하는 것으로 나타난다(Allen et al., 1990; Elberling, 1999; Punch et al., 2004; Sammeth et al., 1989). 이러한 이유로 역동범위가 좁은 SNHL이 착용한 보청기에 대한 이득과 최대출력(SSPL90 또는 OSPL90)을 효과적으로 산출하기 위해서는 HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화를 살피는 것이 효과적이다(이경원 & 김진숙, 2009; Byrne & Dillon, 1986; McCandless & Lyregaard, 1983).

난청인에 대한 MCL의 측정은 보청기의 이득을 효과적으로 결정하기 위한 중요한 요소이다. Lybarger(1944)는 SNHL의 MCL이 청력역치의 1/2 기울기를 가지고 증가하는 특징을 이용하여 HTL의 1/2 값을 이득으로 정하는 1/2이득처방법(a half gain rule)을 제안하였으며, Byrne & Dillon(1986)은 HTL의 0.46배를 이득으로 정하는 NAL처방법을 고안하였다. 이 방법은 SNHL의 MCL을 NH와 비교하여 그 차이를 이득으로 결정하는 것으로 특히 Lybarger의 1/2 이득처방법은 현재까지 탄생한 Berger, POGO, DSL 처방법 등의 선형 그리고 비선형의 보청기적합공식(hearing aid fitting formula)에 영향을 주었다(이경원 & 김진숙, 2009). UCL은 불편강도레벨(loudness discomfort level) 또는 불편역치레벨(uncomfortable threshold level) 등으로도 알려져 있으며, 보청기의 최대출력 또는 비선형 보청기의 압축비율(compression ratio)을 결정하는데 있어서 중요한 역할을 한다(Byrne & Dillon, 1986; Punch et al., 2004). 보청기의 최대출력은 보청기 착용 후 난청인의 UCL 부근에 위치하도록 한다. 현재 주로 사용하고 있는 Fig. 6, NAL-NL1 또는 NAL-NL2, IHAF(threshold version), DSL I/O 등의 보청기적합공식에서는 HTL에 따른 MCL과 UCL을 이용하여 비선형 보청기의 최대출력 또는 압축비율을 산출하고 있다(이경원 & 김진숙, 2009). 따라서 HTL에 따른 음량증가의 변화를 밝히는 것은 매우 중요하다(Byrne et al., 2001; Cornelisse et al., 1995; Cox, 1995).

과거에 보청기의 이득과 최대출력 또는 압축비율을 결정하기 위한 MCL 및 UCL의 측정은 주로 어음 신호를 사용하여 구하였으나(Ventry & Johnson, 1978; Wall & Gans, 1984) 근래에 들어서는 순음, 주파수 변조음(warble tone 또는 FM tone), 어음 등의 다양한 자극음을 이용하여 음량증가검사(loudness growth test, LGT)를 시행하여 구하기도 한다(Cox, 1995; Cox et al., 1997). MCL 및 UCL을 포함한 음량증가는 보통 다양한 주파수 대역에서의 측정이 가능하며, 다채널(multi-channel) 보청기의

적합을 위해서는 각 주파수 밴드 별로 모두 측정한다(Keidser & Grant, 2001). 그러나 시간의 절약 및 검사의 효율성을 기하기 위하여 최소한 저음(bass)과 고음(treble)의 대표적인 주파수인 500 Hz와 3,000 Hz에 대한 음량증가를 측정하는 것이 효과적이다(Cox et al., 1997).

현재 국내에서 수입하여 시판하고 있는 프로그램식 보청기의 적합은 대부분 서구의 NH 및 SNHL의 음량증가 특성을 고려한 보청기적합 소프트웨어를 이용하고 있다. 이와 관련된 국내의 연구로 500 Hz와 3,000 Hz 그리고 어음에 대한 음량증가를 구한 신은영 외(2008)의 연구가 있었으나 SNHL의 HTL에 따른 구체적인 MCL과 UCL의 변화를 제시하지는 못하였다. 그러나 이경원 외(2008a; 2008b)의 연구에서 지적하였듯이 외국의 보청기적합공식은 한국인의 심리음향 및 언어적인 특성을 고려하지 않았기 때문에 한국 난청인의 효과적인 보청기적합을 위해서는 한국 난청인의 HTL에 따른 MCL, UCL을 포함한 음량증가를 확인할 필요가 있다.

본 연구에서는 한국 난청인이 사용하는 보청기의 효과적인 이득과 압축비율 및 압축역치를 산출하기 위하여 SNHL의 음량증가를 500 Hz와 3,000 Hz에서 LGT를 통하여 확인하고, HTL에 따른 MCL과 UCL의 상관관계와 회귀방정식을 구체적으로 구하고자 하였다. 그리고 본 연구에서 구한 MCL과 UCL의 회귀방정식은 향후 한국 난청인을 위한 보청기적합공식을 산출하는데 활용하고자 하였다.

METHODS & MATERIALS

1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자로 NH 그룹은 순음청력평균(pure tone threshold average, PTA)이 20 dB HL 이하이며, 나이는 23-33세(평균: 27.9세, 표준편차: 4.0세)로 총 17명(남 7명, 여 10명, 17 귀)이었다. SNHL 그룹은 500 Hz 또는 3,000 Hz의 HTL이 40-75 dB HL을 나타내는 성인으로서 나이는 19-78세(평균: 55.1세, 표준편차: 15.4세)의 117명(남 74명, 여 43명, 161귀)이었다. 그리고 이경을 통한 육안 관찰 시 고막이 정상조건을 보이고, 고막운동도 검사에서 A형을 나타내며, 그리고 기도와 골도청력의 차이(air-bone gap)가 10 dB 이내인 자를 대상으로 하였다. 대상자 중 중이염, 고막천공 등의 중이 질환, 메니에르씨 병 등 과거 청각 관련 병력이 있는 경우는 본 연구에서 제외하였다. LGT에서 건청인은 좋은 쪽 귀에서 시행하였으며, 난청인 경우는 HTL에 따라 좌우 측을 구분하지 않고 각각 실시하였으며, 500 Hz는 77귀,

Table 1. 연구에 참여한 대상자의 500 Hz와 3,000 Hz의 HTL 별 측정 귀의 수

| Frequency (Hz) | HTL (dB HL) | | | | | | | | Total |
|----------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | |
| 500 | 12 | 12 | 11 | 11 | 9 | 10 | 7 | 5 | 77 |
| 3,000 | 9 | 9 | 12 | 11 | 10 | 11 | 11 | 11 | 84 |

3,000 Hz는 84귀에서 측정하였다. HTL 별 측정 귀의 수는 Table 1과 같다.

2. 연구방법

1) 장비 및 신호음

순음 및 어음청력 검사, 고막운동도 검사 그리고 LGT는 청력검사실의 방음실(single wall)에서 실시하였다. 측정장비로 순음 및 어음청력 검사 그리고 LGT는 Madsen Electronics 사의 Oribiter 922 청력검사기와 TDH-39 헤드폰 그리고 고막운동도 검사는 Madsen 사의 Zodiac 901 중이검사기를 사용하였다. 제시음은 저주파수 및 고주파수의 대표적인 500 Hz와 3,000 Hz의 5% 주파수 변조음을 사용하였다. 그리고 LGT를 위한 음량단계(loudness categories, LC)는 Allen(1990)의 연구를 기초로 하여 7단계로 구분하여 실시하였으며, LC의 단계 별 내용은 Table 2와 같다.

Table 2. 음량단계(loudness categories, LC)에 대한 설명

| 음량단계(loudness categories) |
|---|
| 7. 불편할 정도로 크다(Too loud) |
| 6. 크지만 괜찮다(loud but OK) |
| 5. 편하지만 약간 크다(comfort, but little loud) |
| 4. 편하다(comfortable) |
| 3. 편하지만 약간 작다(comfort, but little soft) |
| 2. 작다(soft) |
| 1. 너무 작다(very soft) |

3. 연구절차

검사 전 피검자에게 설명하는 지시문과 자극의 제시방법은 Cox(1997)의 연구를 기초로 하였다. 지시문에 대하여 "헤드폰에서 나오는 소리를 들은 후 그 소리의 크기가 어느 정도인지 종이 위에 적힌 1-7 단계 중에서 해당하는 번호를 고르세요. 검사는 맞거나 틀리는 것을 대답하는 것이 아니고, 소리의 크기를 느껴지는 대로 말씀해 주시면 됩니다."라고 설명하였다. 검사 직전 피검자의 검사 친숙도를 위해 일상적인 대화음을 5-10 dB 간격으로 제시하고, 해당하는 음량을 1-7 단계에서 선택할 수 있도록 연습하였다. 자극의 제시방법은 수정상승법(modified ascending method)으로 HTL 주변에서부터 3 dB 씩 증가하였을 때

피검자의 LC가 증가한 경우 다시 1 또는 2 dB를 무작위로 내려서 해당하는 강도를 기록하였다. 그리고 각 LC에서 신호음의 강도를 감소하였을 때 LC가 변화하면 변화한 LC부터 다시 3 dB 증가 그리고 1-2 dB 줄이면서 LC를 구하였으며, 처음과 수치가 다르다면 아래 LC에서 다음 LC로 넘어가는 마지막 수치를 기록하였다. 그리고 피검자에게 한 번 더 해당 LC의 신호음을 제시하여 해당 LC가 맞는지를 확인하였다. 자극음의 간격은 2초 정도 시간 간격을 두고 다음 자극을 들려주었다. 500 Hz와 3,000 Hz의 음량증가에서 LC 4는 MCL, LC 7은 UCL로 정하였다.

4. 통계분석

검사 주파수 500 Hz와 3,000 Hz 간 각각의 LC 그리고 선형회귀방정식 기울기의 차이는 독립표본 *t* 검정(independent *t*-test)으로 유의수준 .05 이하에서 검증하였다. 그리고 Pearson 상관분석과 선형회귀분석을 시행하여 HTL에 따른 MCL과 UCL의 상관관계와 회귀방정식을 구하였다. 본 연구의 통계분석에 사용한 프로그램은 SPSS Ver. 12.0이었다.

RESULTS

1. NH의 음량증가

NH의 음량증가에서 MCL과 UCL은 500 Hz에서 51.5 dB HL과 88.5 dB HL, 3,000 Hz에서 56.8 dB와 88.7 dB HL로 나타났다. 500 Hz와 3,000 Hz에서 각각의 LC 차이는 LC 4에서만 5.3 dB로 유의미한 차이가 발생하였다($p < .05$). 500 Hz와 3,000 Hz의 LC(dB HL) 그리고 차이는 Table 3에 나타내었다.

2. SNHL의 음량증가

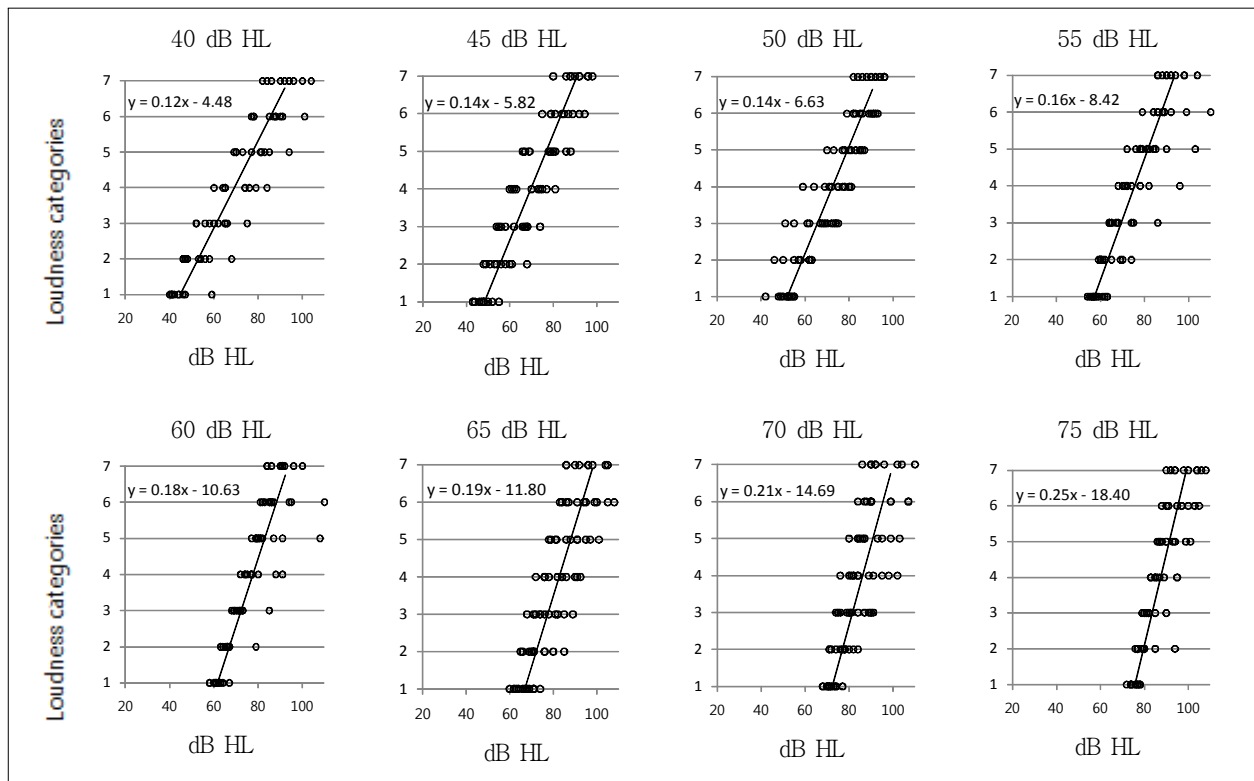
1) 500 Hz와 3,000 Hz의 HTL에 따른 음량증가

(1) 500 Hz

LGT를 통하여 구한 HTL 별 500 Hz의 LC는 Figure 1과 같이 나타났다. HTL에 따른 LC의 회귀방정식 기울기는 40 dB HL에서 0.12로 가장 낮았으며, 이후 HTL에 따

Table 3. 500 Hz와 3,000 Hz에서 NH의 각 LC의 평균(dB HL), 표준편차 그리고 각 LC 간의 차이 (3,000 Hz- 500 Hz)의 차이

| Hz | | loudness categories | | | | | | |
|----------|------|---------------------|------|------|--------|------|------|--------|
| | | 1(HTL) | 2 | 3 | 4(MCL) | 5 | 6 | 7(UCL) |
| 500 | mean | 16.6 | 29.7 | 39.7 | 51.5 | 62.5 | 78.4 | 88.5 |
| | SD | 4.2 | 4.5 | 4.9 | 6.0 | 12.0 | 7.8 | 8.1 |
| 3,000 | mean | 18.1 | 32.0 | 44.2 | 56.8 | 69.2 | 81.3 | 88.7 |
| | SD | 6.3 | 8.9 | 10.0 | 8.3 | 6.8 | 6.7 | 7.6 |
| M. diff. | | 1.5 | 2.3 | 4.5 | 5.3* | 6.7 | 2.9 | 0.2 |

* : $p < .05$ **Figure 1.** 500 Hz에서 40-75 dB HL의 HTL에 따른 음량증가와 회귀방정식(그림 내)

라 증가하다가 75 dB HL에서 0.25로 가장 높은 기울기를 나타냈다.

(2) 3,000 Hz

HTL 별 3,000 Hz의 LC는 Figure 2와 같이 나타났다. HTL에 따른 LC의 회귀방정식 기울기는 40 dB HL에서 0.12로 가장 낮았으며, 이후 45-55 dB HL까지는 0.14로 기울기의 변화가 없었다. 60 dB HL에서는 기울기가 0.20으로 갑자기 증가하였으며 75 dB HL에서 0.26으로 가장 높은 기울기를 나타냈다.

2) 500 Hz와 3,000 Hz 간 음량증가의 차이

각각의 LC에서 500 Hz와 3,000 Hz의 차이를 살펴봐 왔을 때 HTL 45-70 dB HL에서는 모든 LC 간 차이는 나타나지 않았다($p > .05$). 그러나 40 dB HL의 LC 4와 LC 5에서 7.6 dB($p < .001$)와 7.0 dB($p < .05$)의 유의미한 차이를 보였으며, 75 dB HL의 LC 3, 4, 5, 6에서는 각각 4.6, 4.9, 6.5, 6.5 dB로 유의미한 차이를 나타냈다($p < .05$). 그리고 500 Hz와 3,000 Hz의 음량증가에 대한 회귀곡선의 기울기는 모든 HTL에서 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). Table 4에 500 Hz와 3,000 Hz에서 각

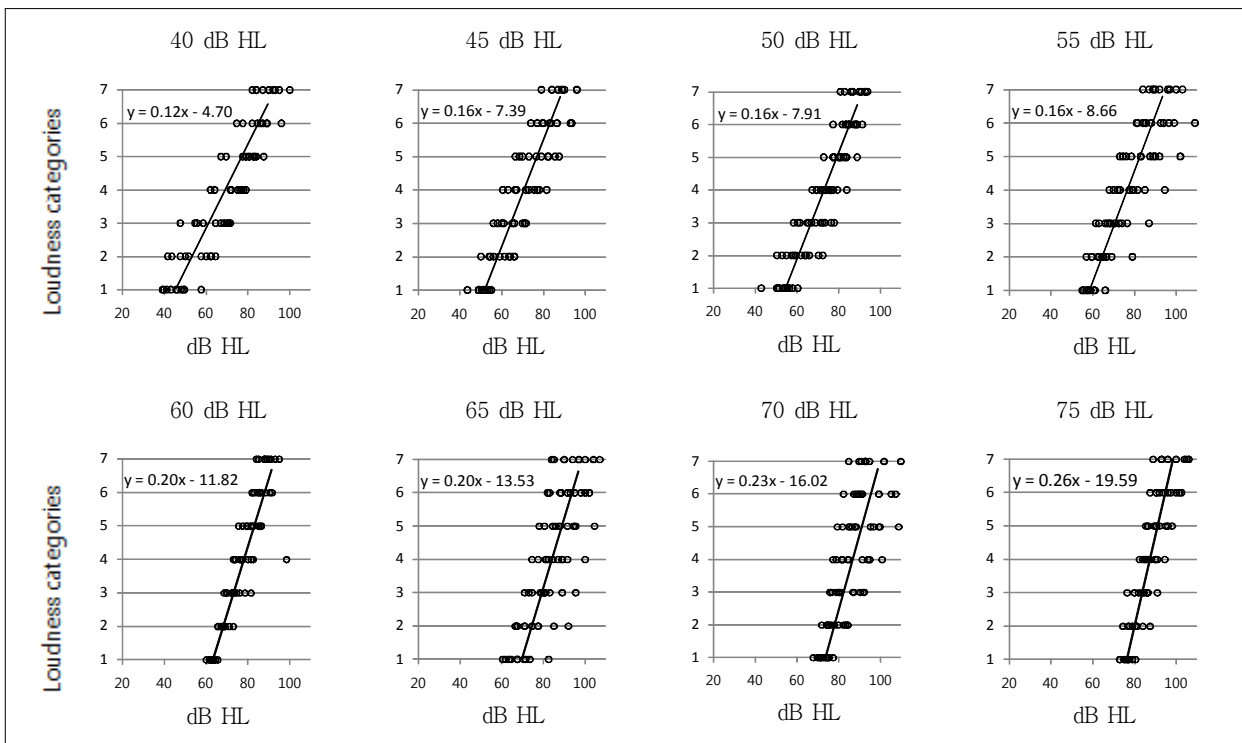


Figure 2. 3,000 Hz에서 40-75 dB HL의 HTL에 따른 음량증가와 회귀방정식(그림 내)

Table 4. 각각의 HTL에서 LC(dB HL)와 선형회귀선 기울기의 차이(500 Hz에서 3,000 Hz를 뺀 값).

| HTL (dB HL) | loudness categories | | | | | | | Slope |
|----------------|---------------------|-----|------|-------|------|------|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 40 | 0.6 | 1.8 | 5.6 | 7.6** | 7.0* | 4.0 | 1.9 | 0.00 |
| 45 | 0.1 | 0.0 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 1.2 | 1.9 | -0.02 |
| 50 | 1.0 | 0.8 | 2.7 | 1.9 | 0.8 | 1.4 | 2.4 | -0.02 |
| 55 | 1.8 | 2.9 | 2.3 | 0.9 | 0.6 | 1.5 | 2.9 | 0.00 |
| 60 | 1.2 | 1.5 | 0.7 | 1.0 | 1.6 | 2.4 | 3.7 | -0.02 |
| 65 | 0.0 | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.5 | 4.7 | 4.5 | -0.01 |
| 70 | 0.3 | 1.3 | 1.8 | 1.9 | 2.6 | 4.0 | 4.7 | -0.02 |
| 75 | 1.5 | 3.6 | 4.6* | 4.9* | 6.5* | 6.5* | 5.7 | -0.01 |

* $p < .05$, ** $p < .01$

각의 LC(dB HL)와 선형회귀방정식 기울기의 차이를 나타내었다.

3) HTL에 따른 MCL과 UCL

Figure 3은 500 Hz와 3,000 Hz의 HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화를 나타낸 것이다. 500 Hz와 3,000 Hz에서 HTL이 40 dB HL에서 75 dB HL로 변화할 때 MCL의 기울기는 0.69와 0.63, UCL은 0.35와 0.32로 UCL이 MCL에 비해서 기울기가 낮게 나타났다. 결과적으로 500 Hz와 3,000 Hz 모두 HTL이 증가할 때 역동범위가 좁아지는 것을 확인하였다.

4) HTL에 따른 MCL과 UCL의 상관관계

HTL과 MCL 그리고 UCL의 상관분석 결과 500 Hz에서 MCL은 $r = .774 (p < .001)$, UCL은 $r = .423 (p < .001)$ 로 나타났으며, 3,000 Hz에서 MCL은 $r = .689 (p < .001)$, UCL은 $r = .440 (p < .001)$ 으로 모두 양(+)적인 상관관계를 나타냈다(Table 5). 그리고 HTL과 MCL의 상관관계는 500 Hz와 3,000 Hz에서 UCL에 비해 모두 높게 나타났다. Table 5에 500 Hz와 3,000 Hz의 HTL에 따른 MCL과 UCL의 Pearson 상관분석 결과를 나타내었다.

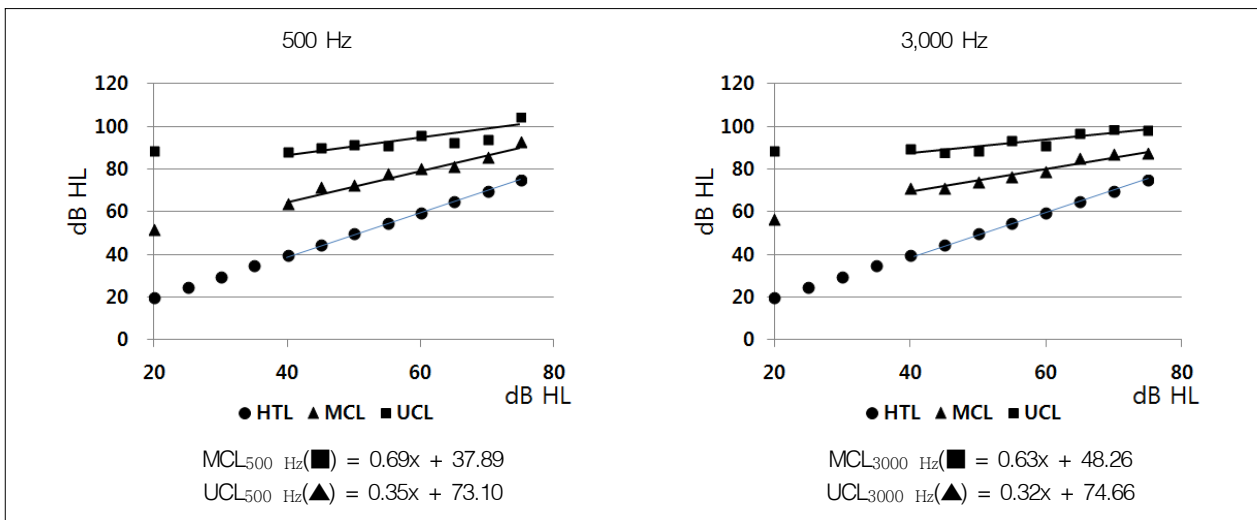


Figure 3. 500 Hz와 3,000 Hz에서 HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화 (그림 아래의 수식은 40-75 dB HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화를 나타낸 선형회귀방정식)

Table 5. 500 Hz와 3,000 Hz의 HTL에 따른 MCL과 UCL의 Pearson 상관분석 결과

| Hz | MCL | | UCL | |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> |
| 500 | .774 | .000 | .423 | .000 |
| 3,000 | .689 | .000 | .440 | .000 |

DISCUSSIONS

본 연구에서는 NH의 17 귀, 40-75 dB HL의 HTL을 가진 SNHL의 161 귀를 대상으로 LGT를 실시하여 500 Hz(77 귀)와 3,000 Hz(84 귀)에서 음량증가를 확인하고 HTL에 따른 MCL과 UCL상관관계와 회귀방정식을 구하고자 하였다.

NH인에게 주파수 변조음 500 Hz와 3,000 Hz를 제시하여 LGT를 시행하였을 때 검사 주파수 간 각각의 LC에서의 차이는 MCL의 5.3 dB($p < .05$)를 제외하고 나머지 LC에서는 발생하지 않았다($p > .05$). Kiessling et al.(1993)은 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz, 4,000 Hz에 해당하는 1/3 옥타브밴드의 협대역잡음을 제시하였을 때 해당 주파수에서 각각의 LC는 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 또한 Cox(1997)는 주파수변조음 500 Hz와 3,000 Hz에 대하여 상승법으로 음량증가를 측정하였는데 두 주파수 간에 유의미한 차이는 나타나지 않았다($p > .05$). 그리고 Beattie et al.(1997)의 연구에서는 검사방법 상승법, 하강법, 무작위법을 이용하여 500 Hz와 3,000 Hz의 음량

증가를 구하였는데, 500 Hz의 음량단계가 3,000 Hz 보다 LC 1, 6, 7 에서 6 dB 정도 높은 결과를 보였지만 LC 2와 3에서는 차이는 없었다. 본 연구에서는 500 Hz의 MCL이 3,000 Hz에 비해서 높게 나타났는데 그 이유로 Allen(1990), Shapiro (1979)의 연구에서 지적했듯이 큰 표준편차로 인해서 MCL이 다양하게 나타났기 때문이다. 그러나 나머지 LC에서는 500 Hz와 3,000 Hz 간에 의미 있는 차이가 나타나지 않아 선행연구와 일치성을 나타냈다.

SNHL인에서 500 Hz와 3,000 Hz의 HTL에 따른 기울기는 40 dB HL에서 모두 0.12로 최소 값을 나타냈다. 그 이후 HTL의 증가에 따라 기울기가 증가하였으며 75 dB HL에서 0.25와 0.26으로 최대 값을 나타냈는데 이는 HTL이 증가할수록 역동범위가 좁아짐을 알 수 있다. 그리고 모든 HTL에서 500 Hz와 3,000 Hz 간 기울기의 차이는 나타나지 않았는데($p > .05$) 이는 각각의 HTL에서 각 LC에서 500 Hz와 3,000 Hz 간 LC의 차이가 없다는 것을 의미한다.

본 연구에서 건청인의 MCL은 500 Hz와 3,000 Hz에서 51.5 dB HL과 56.8 dB HL로 나타났는데, 이를 dB SPL로 환산하면 Cox(1997)의 연구에서 얻은 LGT 결과 값과 비슷한 결과를 나타냈다. 한국의 경우는 신은영 외(2008)가 정상 청각을 가진 한국인들을 대상으로 음량증가를 구하였는데, 500 Hz의 MCL은 많은 차이가 없었으나, UCL은 8.9 dB의 차이를 보였다. 그리고 3,000 Hz의 MCL과 UCL은 모두 3.6 dB의 차이를 보였다. UCL이 신은영 외(2008)의 연구와 차이를 나타낸 것은 연구에 참여한 대상자의 연령이 달랐기 때문으로 보인다. Table 6에

Table 6. 본 연구, 신은영 외(2008), Cox(1997) 그리고 Beattie et al.(1997)의 연구에서 밝힌 각 LC 별 청력

| LC | 본 연구 | | 신은영 외 (2008) | | Cox (1997) | | Beattie et al. (1997) | |
|----|--------|----------|--------------|----------|------------|----------|-----------------------|----------|
| | 500 Hz | 3,000 Hz | 500 Hz | 3,000 Hz | 500 Hz | 3,000 Hz | 500 Hz | 3,000 Hz |
| 1 | 16.6 | 18.1 | 10.3 | 7.4 | 16.3 | 12.9 | 16.8 | 13.7 |
| 2 | 29.7 | 32.0 | 22.1 | 22.8 | 35.1 | 32.3 | 39.7 | 37.5 |
| 3 | 39.7 | 44.2 | 34.1 | 37.9 | 47.6 | 46.5 | 52.5 | 50.1 |
| 4 | 51.5 | 56.8 | 48.3 | 50.8 | 61.3 | 61.1 | 63.8 | 61.4 |
| 5 | 62.5 | 69.2 | 64.2 | 63.8 | 74.8 | 74.8 | 75.2 | 71.6 |
| 6 | 78.4 | 81.3 | 84.9 | 80.7 | 87.3 | 85.9 | 84.5 | 79.2 |
| 7 | 88.5 | 88.7 | 97.9 | 91.2 | 97.1 | 94.7 | 92.4 | 87.0 |

서 본 연구, 신은영 외(2008), Cox(1997) 그리고 Beattie et al.(1997)의 연구에서 각 음량단계 별 음량증가를 비교하였다. Table 6.에 나타난 4개의 연구에서 한국인에 비해 외국인의 MCL 및 UCL이 각각 8.9 dB, 4.5 dB 정도 더 높게 나타났는데, UCL에 비해 MCL의 차이가 더 많았다. MCL과 UCL은 개개인의 음량증가의 특성을 지니고 있어, 보청기적합 시 이득, 출력을 포함한 압축비율 등의 산출에 매우 중요한 자료로 활용할 수 있다(Punch et al., 2004). 따라서 본 연구의 결과는 한국 난청인이 사용하는 보청기의 이득을 결정할 때 서양의 보청기적합공식을 그대로 사용하는 것은 무리가 있음을 시사한다.

HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화에서 500 Hz와 3,000 Hz의 기울기는 MCL이 0.69와 0.63, UCL이 0.35와 0.32로 나타났다. Schwartz et al.(1988)의 연구에서 중도의 난청까지 MCL의 기울기는 0.5, UCL은 거의 변화가 없었으며, Byrne & Dillon(1986)의 NAL 처방법 연구에서 사용한 MCL의 기울기 0.46과는 차이가 있었다. 기울기의 차이로 미루어 볼 때 한국인은 경도 이하의 난청인은 소리를 작게 듣는 경향이 있으며, 중도 이상의 난청인은 소리를 더 크게 듣는 것으로 풀이할 수 있으며, 이는 중도 이상의 경우 서양인에 비해서 이득과 출력이 더 높아야 할 것으로 생각할 수 있다. 그러나 이경원 외(2008b)가 지적했듯이 한국 난청인의 보청기에 대한 이득을 산출하기 위해서는 한국어음의 스펙트럼 등을 고려하여야 할 것이다.

Elberling (1999)의 연구에서 LC의 기울기는 HTL이 높아짐에 따라 다양하게 증가하였지만 HTL과 LGT의 기울기는 상관관계가 있음을 보고하였다. 본 연구에서 HTL과 MCL의 상관관계는 500 Hz에서 $r=.774(p < .001)$, 3,000 Hz에서 $r=.689(p < .001)$ 로 나타났으며, HTL과 UCL의 상관관계는 500 Hz에서 $r=.423(p < .001)$, 3,000 Hz에서 $r=.440(p < .001)$ 로 나타났다. Sammeth et al. (1989)는 평균순음역치와 MCL 및 UCL의 상관관계를 알아보았는데 평균순음역치와 MCL은 $r=.73$, UCL은 $r=.34$ 로 MCL의 상관관계가 더 높게 나타나 본 연구와 일치성

을 나타냈다.

보청기의 적합 시 이득과 최대출력 또는 압축비율을 효과적으로 산출하기 위해서는 많은 대상자를 통해서 수구한 MCL과 UCL의 회귀방정식이 필요하다. 특히 비선형 보청기의 입출력함수곡선(input/output function curve)의 기울기는 압축비율과 동일하다고 볼 수 있는데 본 연구에서 HTL 별 기울기는 선형적인 형태로 변화를 나타내었으나 대상자 수가 117명 이내이어서 한국 난청인을 위한 보청기적합공식을 유도하기 위해서는 좀 더 많은 대상자 및 효과적인 연구방법을 수립하는 것이 필요하다. 또한 LGT는 여러 연구에서 여러 연구에서 언급하였듯이 일관성이 있으며 표준화된 방법으로 HTL 검사와 비슷한 신뢰도를 가지기 때문에 검사의 타당함과 신뢰성을 가질 수 있지만 (Allen et al., 1990; Cox, 1997) 주관적인 결과이기 때문에 명백하게 그 결과를 정의하기에는 어려운 점이 있다. 따라서 MCL과 UCL의 예측은 정확한 수치보다는 표준편차의 범위 내로 구분해서 생각하는 것이 효과적이다.

CONCLUSIONS

본 연구에서는 NH인과 SNHL인을 대상으로 LGT를 이용하여 500 Hz와 3,000 Hz의 음량증가를 구한 후 HTL에 따른 MCL과 UCL을 확인하여 그 상관관계와 회귀방정식을 구하고자 하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 500 Hz와 3,000 Hz에서 NH의 MCL은 51.5 dB HL과 56.8 dB HL, UCL은 88.5 dB HL과 88.7 dB HL로 나타났으며, 3,000 Hz의 MCL이 5.3 dB 더 높게 나타났다($p < .05$).

둘째, HTL에 따른 MCL의 기울기는 500 Hz가 0.69, 3,000 Hz가 0.63, 그리고 UCL의 기울기는 500 Hz가 0.35, 3,000 Hz가 0.32 나타나 HTL이 증가할수록 역동 범위는 좁아짐을 확인하였다.

셋째, HTL과의 상관관계는 MCL이 UCL에 비해서 높게 나타났다.

NH 또는 SNHL에 대한 음량증가의 데이터는 난청인의 청각손실을 평가하거나, 보청기의 이득, SSPL 90 또는 OSPL90, 압축비율의 계산 등 효과적인 보청기적합공식의 산출에 적용할 수 있다. 따라서 난청인의 HTL에 따른 MCL과 UCL의 변화에 대해서 신뢰도를 높이거나 표준화하는 것은 매우 중요하다. 본 연구의 대상은 NH 및 HTL이 40-75 dB HL인 SNHL이었으며, HTL 별 최대 검사 귀는 12 귀였다. 그러나 HTL에 따른 MCL과 UCL을 표준화하거나 신뢰도를 높이기 위해서는 다양한 검사 자극과 방법 그리고 HTL 별 충분한 대상자가 필요하다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 한국의 NH 및 SNHL에 대한 음량증가의 형태를 측정을 시도했다는 점에서 그 가치를 찾을 수 있으며, 이를 토대로 향후 한국 난청인을 위한 보청기적합공식의 개발에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대한다.

중심단어 : 감각신경성난청, 청력역치, 쾌적수준, 불쾌수준, 음량증가검사

REFERENCES

- 이경원 & 김진숙. (2009). 보청기적합공식과 한국의 연구 고찰. *청능재활*, 5(1), 6-12.
- 이경원, 이재희, & 이정학. (2008a). 단측 보청기 착용 시 한국 SNHL 성인의 2-cc 커플러이득과 NAL-NL1의 비교. *청능재활*, 4(1), 69-73.
- 이경원, 이재희, & 이정학. (2008b). 한국어음을 이용한 대화자잡음의 개발시안. *청능재활*, 4(1), 24-27.
- 신은영, 김대영, 박한, 변혜민, 이성민, 윤지은, 이경원. (2008). 정상 청력을 가진 한국성인의 음량증가의 특성. *청능재활*, 4(1), 64-68.
- Allen, J. B., Hall, J. L., & Jeng, P. S. (1990). Loudness growth to 1/2-octave bands (LGOB) - Procedure for the assessment of loudness. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 745-753.
- Beattie, R. C., Huynh, R. C., Ngo, V. N., & Jones, R. L. (1997). IHAFF loudness contour test: Reliability and effects of approach mode in normal-hearing subject. *Journal of American Academy of Audiology*, 8, 243-256.
- Byrne, D. & Dillon, H. (1986). The National Acoustic Laboratories (NAL) new procedure for selecting the gain and frequency response of a hearing aid. *Ear and Hearing*, 7, 257-265.
- Byrne, D., Dillon, H., Katsch, R., Ching, T., & Keidser, G. (2001). NAL-NL1 procedure for fitting non-linear hearing aids: Characteristics and comparisons with other procedures. *Journal of the American Academy of Audiology*, 12, 37-51.
- Cornelisse, L., Seewald, R., & Jamieson, D. (1995). The input/output formula: A theoretical approach to the fitting of personal amplification devices. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 1854-1864.
- Cox, R. M. (1995). Using loudness data for hearing aid selection: The IHAFF approach. *Hearing Journal*, 48(2), 10,39-44.
- Cox, R. M., Alexander, G. C., Taylor, I. M., & Gray, G. A. (1997). The contour test of loudness perception. *Ear and Hearing*, 18, 388-400.
- Elberling, C. (1999). Loudness scaling revised. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 248-260.
- Keidser, G. & Grant, F. (2001). Comparing loudness normalization (IHAFF) with speech intelligibility maximization (NAL-NL1) when implemented in a two-channel device. *Ear and Hearing*, 22, 501-511.
- Lybarger, S. F. (1944). U.S. Patent Application SN 543.278. In: Dillon H. (2002). *Hearing Aids*. New York, Thieme. p. 236.
- McCandless, G. A. & Lyregaard, P. E. (1983). Prescription of gain/output (POGO) for hearing aids. *Hearing Instrument*, 34(1), 16-17, 19-21.
- Punch, J., Joseph, A., & Rakerd, B. (2004). Most Comfortable and uncomfortable loudness level : Six decades of research. *American Journal of Audiology*, 13, 144-157.
- Sammeth, C. A., Birman, M., & Hecox, K. E. (1989). Variability of most comfortable and uncomfortable loudness level to speech stimuli in the hearing impaired. *Ear and hearing*, 10, 94-99.
- Schwartz, D. Lyregaard, P., & Lundh, P. (1988). Hearing aid selection for severe-to-profound hearing loss. *The Hearing Journal*, 41(2), 13-17.
- Ventry, I. M. & Johnson, J. I. (1978). Evaluation of a clinical method for measuring comfortable loudness for speech. *Journal of Speech and Hearing Disorder*, 43, 149-159.
- Wall, L. & Gans, R. E. (1984). Test-retest reliability of a forced-choice procedure for determining most comfortable loudness level for speech. *Ear and Hearing*, 5, 118-122.