

압축비율에 따른 문장인지도와 음질의 비교

Comparisons of the Sentence Recognition Scores and Sound Qualities as a Function of Compression Ratios

¹한림국제대학원대학교 청각학과, ²보청기프로센터

박승영^{1,2} · 이경원¹

Seung Young Park^{1,2} and Kyoungwon Lee²

¹Department of Audiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

²Hearing Aids PRO Center, Sungnam, Gyunggido, Korea

ABSTRACT

The purpose of the present study was to investigate how the sentence recognition scores (SRSs) in noise are changed as a function of the compression ratios (CRs) and what CR is preferred by the individual listeners in terms of sound quality when speech is presented in quiet. Participants consisted of 31 individuals with sensorineural hearing loss ranging in age from 65 to 85 years (mean = 77.0 years) and divided by two groups according to their hearing aids; hearing aid used or non-used. Korean Standard Sentences mixed with white noise of +6 and 0 dB signal-to-noise ratios (SNR) and varied 1:1, 2:1, and 3:1 CR with attack time of 2 msec and release time of 5 msec were presented in most comfortable level. Results showed that SRSs were significant for the SNRs, but the other variables did not differ significantly on the SRS and sound quality including CR. However, analysis of individual participant data, highest SRS and most preferred sound quality was observed in 2:1 CR. Conclusively, this results may help to determine of compression ratio of non-linear hearing aid for Korean hearing impaired.

Key words: Hearing aid, Compression ratio, Compression threshold, Sentence recognition score, Sound quality, Sensorineural hearing loss, Signal-to-noise ratio

INTRODUCTION

감각신경성난청은 유모세포의 손상으로 청력역치에 비해 쾌적수준 또는 불쾌수준의 증가율이 낮기 때

문에 역동범위가 건청인에 비해서 좁아져 있다(박유진 & 이경원, 2013; 서옥기 외, 2001; Cox et al., 1997; Elberling, 1999). 따라서 감각신경성난청은 청각신호 레벨의 감소, 시간(temporal) 및 주파수(spectral) 해상도의 저하 그리고 중추청각처리 기능의 장애로 인해 단어인지도가 저하되며, 특히 소음 하에서는 '어음의 인지'에 있어서 더욱 어려움을 겪는다(박철호 외, 2008; Dreschler & Plomp, 1985; van Rooij & Plomp, 1990; Van Tasell, 1993; Wilson & Mc Ardle, 2005). 이러한 특징 때문에 감

논문접수일: 2015년 7월 27일

논문수정일: 2015년 10월 2일

게재확정일: 2015년 10월 5일

교신저자: 이경원, 서울시 강남구 역삼로 427
한림국제대학원대학교 청각학과

Tel : (02) 2051-4951, 전송 : (02) 3453-6618

E-mail : leekw@hallym.ac.kr

각각 신경성난청의 좁은 역동범위 및 저하된 어음인지도를 개선하기 위해서는 입력음압이 증가할 때 이득이 감소하는 비선형 보청기를 착용하는 것이 효과적이다(이경원, 2014).

최근의 보청기 기술은 전기·전자 기술의 발전으로 음향피드백과 폐쇄효과의 효과적인 제어를 비롯하여 잡음감소, 방향송화기, 주파수압축(frequency compression or lowering), 양이통신 등에 있어서 많은 개선이 있었다. 그러나 보청기 기술의 많은 발전이 있었음에도 불구하고 다양한 환경에서 낮은 어음이해도를 나타내는 감각신경성난청을 가진 난청인의 보청기적합 시 비선형 보청기의 증폭특성을 이해하고 조절하는 것은 매우 중요하다.

비선형 보청기의 특징은 입출력함수곡선(input-output function curve)으로 설명할 수 있는데 압축역치(compression threshold, CT) 이상에서는 입력음압에 비해서 출력음압의 증가율이 낮게 나타나기 때문에 입력음압이 증가할 때 이득은 점차 줄어든다. 비선형 보청기에서 난청인의 역동범위와 단어인지도를 개선하기 위해 조절할 수 있는 주요 전기음향적 요소는 이득과 최대출력을 비롯하여 CT와 압축비율(compression ratio, CR), 압축시간(attack time)과 해제시간(release time) 등이 있으며, 이들의 적절한 조절을 통해 감각신경성난청의 증폭역치(aided threshold level)를 포함한 역동범위와 어음인지도를 효과적으로 개선할 수 있다(이경원, 2014; 이경원 & 김진숙, 2009).

비선형 보청기의 전기음향적 요소 중 CT는 입력음압과 출력음압 레벨의 증가율이 달라지기 시작하는 지점, 즉 압축이 작동하기 시작할 때의 입력음압 레벨을 말하며 주로 청력손실 정도와 유형 그리고 보청기의 음질 등에 의해 결정된다(Dillon, 1996). 일반적으로 65 dB SPL 이하의 CT는 작은 강도의 소리에 대한 이득이 높기 때문에 자음 등을 쉽게 청취할 수 있으나 주변의 배경소음을 동시에 증폭하여 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)가 저하될 우려가 있다. 그리고 65 dB SPL 이상의 CT는 작은 강도의 소리에 대한 이득이 낮기 때문에 주변의 배경소음이

작아져 SNR을 개선할 수 있으나 작은 강도의 말소리에 대한 이득이 낮아져 어음청취력이 낮아질 우려가 있다(이경원 & 김진숙, 2009; 이소예 & 이경원, 2010). CR은 변화한 입력음압에 대한 출력음압 레벨의 비율을 의미한다. 감각신경성난청의 좁은 역동범위를 고려했을 때 낮은 CR은 높은 강도의 소리는 너무 크게 그리고 작은 강도의 소리는 너무 작게 증폭하여 역동범위의 개선에 어려움이 있다. 그러므로 감각신경성난청의 역동범위에 효과적인 CR은 청력역치의 개선뿐만 아니라 작은 에너지의 소리는 작지만 들을 수 있게, 보통 크기의 소리는 적당한 크기로, 큰 소리는 크지만 불편하지 않게 들을 수 있게 하는 이점이 있다. 따라서 감각신경성난청의 소리인지 특징과 비선형 보청기의 증폭 특성을 이해하고 CR과 CT 그리고 압축시간과 해제시간 등의 전기음향적 파라미터를 조절한다면 난청인의 의사소통능력의 개선에 더욱 도움을 줄 수 있을 것이다(이경원, 2014).

CT, CR과 관련된 선행연구를 살펴보면 최성규(2001)는 청력손실 정도에 따른 주파수별 CR과 CT의 비교에 관한 연구에서 저주파수 대역보다는 고주파수로 올라갈수록 CR이 증가했다고 보고하였다. Barker et al.(2001)과 Bentler & Duve(2000)은 65 dB SPL의 CT와 2:1의 CR을 가진 단채널 보청기를 적합했을 때, 중고도 난청자에게는 너무 낮은 입력음압에서의 압축은 장점보다는 단점이 더 나타난다고 하였다. 그리고 Keidser & Grant(2001)는 높은 CR이 편안한 소리를 들려줄 수는 있지만 작은 어음의 강도를 높여준다고 해서 어음이해도를 높여주는 것은 아니므로 듣기 편안한 소리 또는 SNR에 의해서 CR이 결정된다고 보고하였다.

현재 한국의 경우는 보청기를 포함하여 보청기적합 소프트웨어를 수입하여 한국 난청인의 보청기적합에 사용하고 있다. 그러나 최근 연구에서 한국어의 어음스펙트럼과 대역중요기능은 영어와의 차이가 있음을 보고한 연구가 있었다(이경원 & 김진숙, 2012; Jin et al., 2015). 이에 본 연구에서는 중고도 이하의 감각신경성 난청인으로 보청기를 매일 지속적으로 사용하는 보청기 사용(hearing aid user, HU) 군과

보청기 착용 경험이 없는 보청기 비사용(hearing aid non-user, HNU) 군을 대상으로 소음 하에서 CR에 따른 문장인지도와 선호하는 CR에 대해서 평가하였다. 본 연구에서는 첫째, +6, 0 dB SNR에서 HU와 HNU의 문장인지도는 CR에 따라 차이가 나타나는지, 둘째, 조용한 곳에서 문장을 들려주었을 때 HU와 HNU가 선호하는 CR은 어느 정도인지에 대해서 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과를 통하여 감각신경성 난청을 가진 한국인에 대하여 비전형 보청기를 적합할 때 CR을 결정하거나 보청기적합공식(hearing aid fitting formula)을 산출 시 기초 자료로 활용하고자 하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 육안검사 시 외이도 및 고막의 형태가 정상 소견을 보이고, 중이염 등의 이과적 질환과 약물 복용, 소음 노출, 두부 외상 또는 신경학적 질환 등의 과거력이 없으며, 순음청력검사 시 기골도차(air-bone gap)가 10 dB 이내인 감각신경성 난청인으로 하였다. 대상자의 순음역치평균의 범위는 40.0 ~ 65.0 dB HL, 단어인지도는 50%이상, 연령은 65 ~ 85 세로 총 31 명(남: 18 명, 여: 13 명)이었다.

이 중에서 HU는 18명으로 연령은 65 ~ 85세(평균; 77.1세, 표준편차: 5.68세)로 1년 이상 보청기를 착용하였으며, HNU는 13 명으로 연령은 70 ~ 85세(평균 연령: 76.8세, 표준편차: 5.34세)로 보청기 착용 경험이 없는 자로 하였다. 그리고 두 그룹은 순음역치평균[F(1, 29) = .289, $p > .05$], 쾌적수준[F(1, 29) = 1.013, $p > .05$], 단어인지도[F(1, 29) = .058, $p > .05$]에서 통계적인 차이는 없었다. 대상자의 성별과 나이, 보청기 사용기간, 검사 귀, 순음역치평균(PTA), 쾌적수준(MCL), 단어인지도(WRS)는 Table. 그리고 옥타브 주파수 별 청력역치의 평균과 표준편차는 Figure 1에 나타내었다.

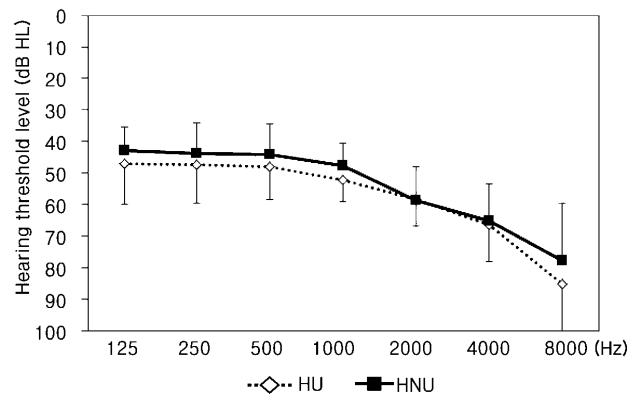


Figure 1. 검사 귀의 HU와 HNU의 옥타브 주파수별 순음청력의 평균과 표준편차

2. 연구 장비 및 재료

외이도의 육안검사는 이경, 기도 및 골도 청력레벨, 단어인지도 및 문장인지도의 평가는 Grason & Stadler 사의 GSI-61 그리고 Siemens 사의 Unity2와 TDH-39 헤드폰을 사용하였다. 검사용 음원은 남성화자가 발화하여 CD에 기록한 한국산업표준 단음절어(Korean Standard - Monosyllabic Word Lists for Adults, KS-MWL-A)와 문장(Korean Standard - Sentence Lists for Adults, KS-SL-A)을 사용하였다(한국산업표준, 2009). 음원의 증폭, CT와 CR의 조절 그리고 백색잡음과의 합성은 Adobe Audition(ver 3.0)을 이용하였다. 음원의 제시는 소음계로 1분간 측정했을 때 소음레벨이 40 dB LAeq 이하인 방음실에서 실시하였다.

3. 음원 제작

음원의 제작을 위해 첫째, 8개 목록의 모든 문장을 Adobe Audition 상에서 -70 dB 이하와 10 msec 이상의 무음구간을 제거한 후, 각 목록의 평균 실효치(root mean square)를 측정하여 각 목록 간의 평균 강도가 일치하도록 조절하였다. 둘째, 1/3 옥타브 주파수에서 진폭이 일정한 백색잡음을 제작한 후 VU meter에서 강도를 확인했을 때 문장과 같게 나타나

도록 진폭을 조절하였다. 셋째, +6과 0 dB SNR이 나타나도록 문장과 백색잡음을 혼합하였다. 넷째, 혼합한 어음을 1:1, 2:1 그리고 3:1의 CR로 변환하였으며, 이때 CT는 Adobe Audition 상에서 광역동범위 압축 방식을 구현하기 위해 제시음압을 기준으로 -30 dB 보다 낮게, 압축시간은 2 msec, 해제시간은 5 msec로 설정하였다. 마지막으로 음원의 맨 앞에는

제시음을 보정하기 위하여 VU meter 상에서 제시음의 강도와 일치하도록 1,000 Hz의 보정음을 삽입하였다. Figure 2는 ‘백화점에 가서 목걸이와 반지를 샀습니다’에 대한 파형을 나타낸 것으로 (A)는 1:1, (B)는 2:1 그리고 (C)는 3:1의 CR이며, 각각의 그림은 위에서부터 잡음이 없는 것, +6 dB SNR, 0 dB SNR에 대한 파형이다.

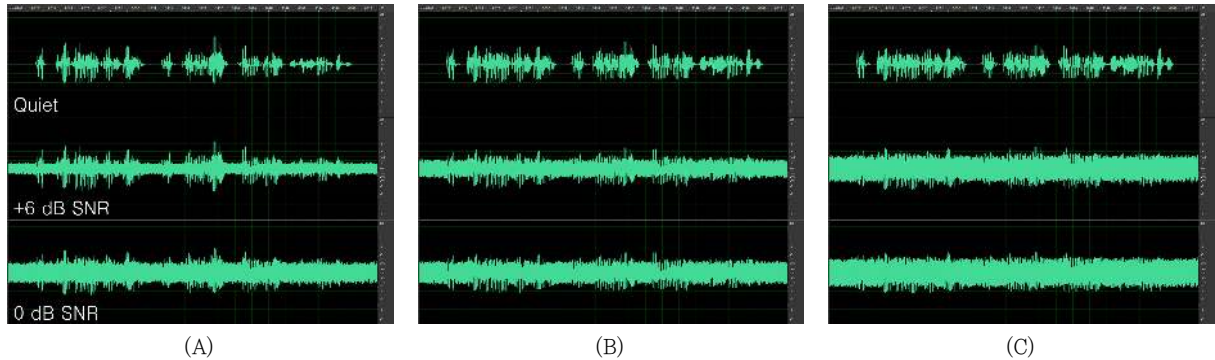


Figure 2. ‘백화점에 가서 목걸이와 반지를 샀습니다’에 대한 파형. (A)는 1:1, (B)는 2:1 그리고 (C)는 3:1의 CR에 의한 파형

4. 연구 절차

1) +6, 0 dB SNR에서 CR에 따른 문장인지도

감각신경성 난청인에게 +6, 0 dB SNR에서 1:1, 2:1, 3:1 CR로 변환한 검사음을 보청기를 착용하지 않은 상태에서 TDH-39 헤드폰을 이용하여 제시하였다. 제시음의 강도는 피검자의 쾌적수준으로 하였으며, 문장인지도는 문장에 대한 학습 효과를 배제하기 위하여 각 조건으로 변환한 48개의 음원파일 중에서 각 음원과 변환 조건이 중복되지 않게 무작위로 선택하여 제시한 후 측정하였다. 측정 귀는 HU의 경우 보청기를 사용하는 귀 또는 양측 착용 시 좋은 쪽 귀를 선택하였으며, HNU의 경우에는 순음청력평균이 좋은 귀 그리고 양측의 청력이 비슷한 경우는 우측

귀에 제시하였다. 문장인지도는 피검자가 문장을 듣고 따라 말하게 하여 정반응한 목표 문장의 수를 백분율로 구하였다.

2) 선호하는 CR의 평가

선호하는 CR을 평가하기 위하여 상기의 1)번 절차에서 사용하지 않은 2개의 음원 중 한 개의 음원을 선택하여 조용한 상황에서 1:1, 2:1, 3:1의 CR로 변환된 음원을 무작위로 들려준 후 질문을 통해 피검자가 느끼는 주관적인 음질의 선호도를 ‘가장 듣기 좋다’에서 ‘가장 듣기 나쁘다’를 5 단계로 구분하여 평가하였다. 음질의 선호도 평가를 위해 Figure 3과 같이 평가용 설문지를 사용하여 확인하였다.



Figure 3. 음질의 선호도 평가를 위한 설문지

Table 1. 대상자의 성별, 나이, 보청기 사용기간, 검사 귀, 순음역치평균(PTA), 쾌적수준(MCL), 단어인지도(WRS).
*PTA는 순음청력역치(500, 1,000, 2,000 Hz)의 평균값임

Subjects	Sex	Age	Used period (month)	Test ear	PTA* (dB HL)	MCL (dB HL)	WRS (%)
1	F	65	121	R	53,3	60	76
2	M	70	99	R	55,0	65	86
3	M	70	95	R	55,0	75	82
4	F	71	80	R	41,7	65	54
5	M	72	28	R	46,7	65	68
6	M	73	18	L	45,0	60	84
7	M	77	20	L	41,7	55	62
8	F	78	49	L	51,7	65	68
9	F	78	34	L	51,7	65	56
10	M	79	124	R	65,0	75	78
11	F	79	116	L	53,3	65	70
12	M	80	127	L	63,3	80	74
13	M	81	16	R	61,7	75	66
14	F	81	70	L	58,3	70	72
15	M	82	15	R	56,7	65	52
16	F	82	57	L	53,3	65	50
17	M	85	27	L	40,0	60	82
18	M	85	18	R	55,0	70	78
mean		77,1	61,9		52,7	66,7	69,9
SD		5,68	42,45		7,31	6,42	11,34
1	M	70	-	L	56,7	75	56
2	F	71	-	R	50,0	55	88
3	F	71	-	R	50,0	55	80
4	M	72	-	R	45,0	60	82
5	M	73	-	L	51,7	60	66
6	F	74	-	R	53,3	60	82
7	F	78	-	R	45,0	65	51
8	M	84	-	L	46,7	55	84
9	M	85	-	R	58,3	55	70
10	M	78	-	L	56,7	75	50
11	M	83	-	R	53,3	75	52
12	F	79	-	L	43,3	55	80
13	F	81	-	L	58,3	65	50
mean		76,8			51,4	63,1	68,8
SD		5,34			5,26	7,78	14,66

5. 통계 분석

+6과 0 dB SNR에서 HU와 HNU의 CR에 따른 SRS의 차이는 three-way mixed ANOVA, HU와 HNU의 CR에 따른 음질의 선호도의 차이는 two-way ANOVA를 실시하였다. 사후검증은 Bonferroni를 실시하여 확인하였으며 유의수준 .01에서 검증하였고 통계 분석에 사용한 소프트웨어는 Window용 SPSS version 17.0이었다.

RESULTS

1. 문장인지도

1) 소음 하에서 CR에 따른 문장인지도

+6과 0 dB SNR에서 HU와 HNU의 CR에 따른 문장인지를 알아보았다. 그룹 간 문장인지도의 평균은 HU가 55.9%(SE: 5.28), HNU가 55.0%(SE: 6.21)로 나타났다. SNR에 따른 문장인지도의 평균은 +6 dB에서 63.3%(SE: 3.90), 0 dB SNR에서 47.6%(SE: 4.66) 그리고 CR에 따른 문장인지도의 평균은 1:1, 2:1, 3:1에서 각각 53.1%(SE: 4.70),

58.9%(SE: 4.27), 54.39%(SE: 4.06)로 나타났다. Table 2에서 문장인지도는 SNR에 따른 차이는 나타났으나[F(1, 29) = 32,847, $p < .01$] 그룹 간[F(1, 29) = .013, $p > .01$] 그리고 CR[F(1,539, 44,624) = 2,652, $p > .01$]에 따른 차이는 나타나지 않았다. 그리고 그룹, SNR 및 CR 간의 상호작용은 나타나지 않았다.

Figure 4에서 +6과 0 dB SNR에서의 문장인지도는 CR이 1:1일 때 60.1%와 46.1%, 2:1일 때 67.3%와 50.5% 그리고 3:1일 때 62.7%와 46.7%로 나타났으며, 모든 CR에서 SNR에 따른 차이($p < .01$)가 나타났다.

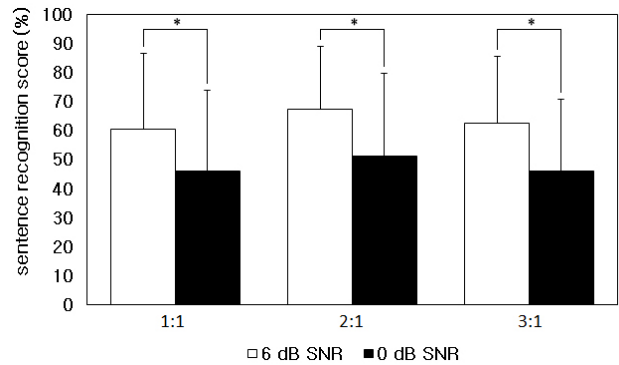


Figure 4. 소음 하에서 CR에 따른 문장인지도(* $p < .01$).

Table 2. +6과 0 dB SNR에서 CR에 따른 HU와 HNU의 문장인지도에 대한 반복측정 삼원분산 분석 결과(* $p < .01$)

		F	df	p	
Main effects	피검자 간 변인	Group (HU, HNU)	.01	1, 29	.91
		SNR (0, +6 dB)	32.85	1, 29	.00*
	피검자 내 변인	CR (1:1, 2:1, 3:1)	2.65	1,54, 44,62	.09
Interaction		Group × SNR	.11	1, 29	.74
		Group × CR	.10	1,51, 44,62	.85
		SNR × CR	.32	2, 58	.72
		Group × SNR × CR	1.06	2, 58	.35

2) 개인 별 문장인지도

Table 3.에서는 6과 0 dB SNR에서 가장 높은 문장인지를 나타내는 CR을 살펴보았다. +6 dB SNR에서는 1:1이 12명, 2:1이 15명, 3:1이 9명 그리고 0

dB SNR에서는 1:1이 10명, 2:1이 15명, 3:1이 11명으로 나타났다.

Table 3. +6과 0 dB SNR에서 가장 높은 문장인지를 나타낸 대상자의 분포(단, 최고 점수가 같은 경우는 해당 CR에 각각 포함함)

SNR	+ 6 dB SNR			0 dB SNR		
	1:1	2:1	3:1	1:1	2:1	3:1
CR	1:1	2:1	3:1	1:1	2:1	3:1
HU(명)	7	8	6	4	10	7
HNU(명)	5	7	3	6	5	4
합계(명)	12	15	9	10	15	11

2. 선호하는 CR의 평가

1) 선호하는 CR

선호하는 CR의 평균은 HU와 HNU에서 3.93 점(SE: 0.06)과 4.13 점(SE: 0.07)로 나타났으며, CR

1:1, 2:1 그리고 3:1에서는 각각 3.98 점(SE: 0.17), 4.32 점(SE: 0.13), 3.78 점(SE: 0.16)로 나타나서 그룹 간[F(1, 29) = 4.980, $p > .01$] 그리고 CR[F(2, 29) = 2.284, $p > .01$]에 따른 차이는 모두 나타나지 않았다(Table 4 참조).

Table 4. CR에 따른 음질평가 결과의 반복측정 이원분산분석 결과

		F	df	p
Main effects	그룹(HU, HNU)	4.98	1, 29	.03
	CR(1:1, 2:1, 3:1)	2.28	2, 58	.11
Interaction	그룹*CR	.59	2, 58	.56

3) 개인 별 선호하는 CR

Table 5.에서 개인 별 가장 선호하는 CR을 살펴보면 HU는 2:1이 8명, 1:1이 6명, 3:1이 5명의 순이

였으며, HNU는 2:1이 7명, 1:1이 5명이었으며 3:1을 선호하는 피검자는 없었다.

Table 5. HU와 HNU 군에서 대상자가 선호하는 CR의 분포(단, 동점의 경우는 해당 CR에 각각 포함함)

CR	대상자 수(명)		
	착용군	비착용군	합계
1:1	6	5	11
2:1	8	7	15
3:1	5	0	5

DISCUSSIONS

본 연구에서는 감각신경성 난청인으로 보청기를 1년 이상 사용하는 HU 18명과 NHU 13명을 대상으로 +6 dB SNR과 0 dB SNR에서 CR에 따른 문장인지도와 선호하는 음질을 알아보았다. 문장인지도의 결과는 SNR에 따른 차이는 발생했으나($p < .01$), 그룹 간 그리고 CR에 따른 차이는 나타나지 않았다($p > .01$). 또한 선호하는 음질의 평가에서도 그룹 간 그리고 CR에 따른 차이는 나타나지 않았다($p > .01$).

Keidser et al.(2007)의 연구에서 보청기 사용자 중도, 고심도 21 명의 감각신경성 난청인에게 1:1, 1.8:1 그리고 3:1의 CR을 3주 간 평가하였을 때 청력역치가 높을수록 높은 CR을 선호하는 것으로 보고하였고, 김영학(2009) 연구에서는 중도, 중고도 및 고도의 감각신경성 난청인 21 명을 대상으로 1개월마다 총 3회의 보청기적합을 실시하였을 때 최초 적합에 비해서 최종 적합에서 1,000 Hz 이상의 주파수에서 CR이 증가하는 것으로 보고하였다. 즉, HTL이 상승하면 좁은 역동범위 내에서 강도가 작은 소리에서 큰 소리를 모두 들을 수 있는 이점 때문에 CR이 증가한다고 하였다. 본 연구결과에서는 SNR에 따른 문장인지도의 결과만 유의미하였고, 그룹 간 그리고 CR에 따른 문장인지도의 차이는 나타나지 않아서 선행연구와 차이를 나타냈다. 그 이유는 본 연구에서는 제시음을 소프트웨어를 통해 조절하였으며, 보청기를 착용했을 때처럼 다양한 환경에서 충분한 순응기간을 갖지 못했기 때문이다.

Boike & Souza(2000), Hornsby & Ricketts(2001), Souza & Kitch(2001)의 연구에서는 CR이 3:1 이상 증가할 경우 단어인지도와 음질에 나쁜 영향을 준다고 보고하였으나 본 연구에서 1:1, 2:1 및 3:1의 CR에서 CR에 따라 선호하는 음질의 차이는 나타나지 않았다. 이 또한 CR과 마찬가지로 다양한 환경에서 충분한 적응기간을 갖지 못했으며, CR이 3:1 이하였기 때문으로 풀이할 수 있다.

본 연구에서는 대상자의 순응기간을 고려하지 않았다. 그러나 Gatehouse(1992)와 Munro & Lutman

(2003)의 연구에서 난청인의 보청기적합 시 최초 적합에서 6주가 경과한 후 주파수반응곡선에 유의미한 차이가 발생했다고 보고하였다. 또한 음질을 평가할 때 단순히 대상자의 선호도만을 확인하였다. 그러나 음질을 ‘좋다’, ‘나쁘다’ 만을 가지고 평가하기보다는 Narendran & Humes(2003)와 Neuman et al.(1998)의 연구에서 볼 수 있듯이 음질을 ‘명료도’, ‘즐거움’, ‘부드러움’, ‘잡음’ 등으로 구분하여 평가하는 것이 효과적이다. 이러한 두 가지 측면에서 살펴볼 때 본 연구의 연구방법은 제한점으로 남는다. 그러나 국내의 CR에 대한 부족한 연구실정을 감안한다면 한국어를 사용하는 난청인에 대한 보청기적합공식의 산출에 필요한 근거는 마련하였다고 생각한다.

향후 한국어를 사용하는 난청인의 의사소통능력을 개선하기 위한 보청기적합공식을 산출하기 위해서는 연령대, 청력손실의 정도 등을 고려한 이득과 최대출력, CR과 CT 그리고 압축시간과 해제시간 등에 대한 연구가 필수적이다. 아울러 보청기 착용 시 의사소통능력을 극대화하기 위해 보청기의 기술적인 특징을 충분히 이해하고 조절해야 할 것이다.

CONCLUSIONS

본 연구에서는 감각신경성 난청인을 대상으로 한국산업표준 문장을 백색소음과 혼합한 후 CR을 1:1, 2:1 그리고 3:1로 변환하여 들려주었을 때 문장인지도의 차이 그리고 조용한 상황에서 문장을 들려주었을 때 선호하는 CR에 대하여 알아보았다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 문장인지도는 SNR에 따른 차이는 나타났으나($p < .01$) 그룹 간 그리고 CR에 따른 차이는 나타나지 않았다($p > .01$).

둘째, 선호하는 CR은 그룹 간 그리고 CR에 따른 차이는 나타나지 않았다($p > .01$).

상기 결과를 종합하면 CR에 따른 문장인지도에 큰 차이가 나타나지 않았으며, 선호하는 CR 차이가

없는 것으로 나타났다. 다만 개인별 분석에서는 CR 2:1에서 높은 문장인지도 그리고 음질을 선호하는 경향이 있었다. Boike & Souza(2000), Keidser et al.(2007), Munro & Lutman(2003) 등의 다양한 연구에서 언급하였듯이 CR은 단어인지도 또는 문장인지도 그리고 음질에 영향을 줄 수 있다. 따라서 향후의 연구에서는 실제 난청인이 착용하고 있는 보청기를 통해서 효과적으로 CR을 결정할 수 있는 효과적인 연구 방법을 강구하여야 할 것이다. 나아가 한국인의 신체, 심리음향 및 언어적 특성을 고려한 보청기적합공식의 개발에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다.

중심단어: 보청기, 압축비율, 압축역치, 문장인지도, 음질, 감각신경성난청, 신호대잡음비

REFERENCES

- 김영학. (2009). 감각신경성 난청인이 선호하는 압축역치 및 압축비율의 연구. 한림국제대학원대학교 석사학위논문. 서울.
- 박유진 & 이경원. (2013). 건청인과 감각신경성난청 성인의 청력역치에 따른 음량증가의 변화. *청능재활*, 9(1), 25-32.
- 박철호, 이성희, 심현준, 이승주, 윤상원, & 이경원. (2008). 정상인과 난청인에서 다화자 잡음을 이용한 소음환경 하에서의 50% 인지 신호대잡음비의 비교. *대한이비인후과학회지*, 51(10), 866-871.
- 서옥기, 이정학, 박문서, & 정명현. (2001). 정상인과 감각신경성 난청인에서 불쾌역치와 등골근반사역치의 비교. *대한청각학회지*, 4(2), 148-153.
- 이경원. (2014). 비선형 보청기의 전기음향적 조절에 따른 역동범위, 신호대잡음비 및 자모음비의 변화와 적합. *청능재활*, 10(3), 190-197.
- 이경원 & 김진숙. (2009). 보청기 적합공식과 한국의 연구 고찰. *청능재활*, 5(1), 6-12.
- 이경원 & 김진숙. (2012). 한국 단음절어의 주파수중요기능 연구. *청능재활*, 8(1), 24-33.
- 이소예 & 이경원. (2010). 한국어의 자모음비(CVR)에 따른 무의미음절의 단어인지도 변화. *청능재활*, 6(2), 25-29.
- 최성규. (2001). 청력손실 정도에 따른 주파수 대역별 압축비율과 압축역치 비교. *언어치료연구*, 24(3), 123-134.
- 한국산업표준. (2009). KS I ISO 8253-3:2009. 음향학-청력검사방법-제3부: 어음청각검사. 지식경제부 기술표준원.
- Barker, C., Dillon, H., & Newall, P. (2001). Fitting low ratio compression to people with severe and profound hearing losses. *Ear and Hearing*, 22(2), 130-141.
- Bentler, R. A. & Duve, M. R. (2000). Comparison of hearing aids over the 20th century. *Ear and hearing*, 21(6), 625-639.
- Boike, K. T. & Souza, P. E. (2000). Effect of compression ratio on speech recognition and speech-quality ratings with wide dynamic range compression amplification. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(2), 456-468.
- Cox, R. M., Alexander, G. C., Taylor, I. M., & Gray, G. A. (1997). The contour test of loudness perception. *Ear and Hearing*, 18(5), 388-400.
- Dillon, H. (1996). Tutorial compression? Yes, but for low or high frequencies, for low or high intensities, and with what response times? *Ear and Hearing*, 17(4), 287-307.
- Dreschler, W. & Plomp, R. (1985). Relations between psychophysical data and speech perception for hearing impaired subjects. II. *Journal of the Acoustical Society of America*, 78(4), 1261-1270.
- Elberling, C. (1999) Loudness scaling revisited. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10(5), 248-260.
- Gatehouse, S. (1992). The time course and magnitude

- of perceptual acclimatization to frequency responses: Evidence from monaural fitting of hearing aids. *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, 1258-1268.
- Jin, I., Kates, J. M., Lee, K., & Arehart, K. H. (2015). Derivations of the band-importance function: A cross-procedure comparison (L). *Journal of the Acoustical Society of America*, 138(2), 938-941.
- Hornsby, B. W. & Ricketts, T. A. (2001). The effects of compression ratio, signal-to-noise ratio, and level on speech recognition in normal-hearing listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109(6), 2964-2973.
- Keidser, G., Dillon, H., Dyrland, O., & Hartley, D. (2007). Preferred low and high frequency compression ratios among hearing aid users with moderately severe to profound hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18(1), 17-33.
- Keidser, G. & Grant, F. (2001). The preferred number of channels (one, two, or four) in NAL-NL1 prescribed wide dynamic range compression (WDRC) devices. *Ear and Hearing*, 22(6), 516-527.
- Munro, K. J. & Lutman, M. E. (2003). The effect of speech presentation level on measurement of auditory acclimatization to amplified speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 114(1), 484-495.
- Narendran, M. M. & Humes L. E. (2003). Reliability and validity of judgments of sound quality in elderly hearing aid wearers. *Ear and Hearing*, 24(1), 4-11.
- Neuman, A. C., Bakke, M. H., Mackersie, C., Mackersie, C, Hellman, S., & Levitt, H. (1998). The effect of compression ratio and release time on the categorical rating of sound quality. *Journal of the Acoustical Society of America*, 103(5), 2273-2281.
- Souza, P. E. & Kitch, V. (2001). The contribution of amplitude envelope cues to sentence identification in young and aged listeners. *Ear and Hearing*, 22(2), 112-119.
- van Rooij, J. C. & Plomp, R. (1990). Auditive and cognitive factors in speech perception by elderly listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87(suppl 1), s25-s26.
- Van Tasell, D. J. (1993). Hearing loss, speech, and hearing aids. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 36(2), 228-244.
- Wilson, R. H. & McArdle, R. (2005). Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 42(4), 79-94.