

가청범위압축방식 보청기의 청각학적 이득에 관한 연구

Audiological Benefits in Dynamic Range Compression Hearing Aids

허 승 덕*** · 김 리 석* · 정 동 근** · 고 도 흥*** · 박 병 건*

SeungDeok Heo · LeeSuk Kim · DongKeun Jung · Do-Heung Ko · ByungGun Park

ABSTRACT

Hearing aids play an very important role in aural rehabilitation for hearing impaired person who could not be medically treated. Especially, hearing aids with dynamic range compression (level dependent frequency response: LDFR) method concentrated dynamic output range of receiver into the narrowing dynamic range of sensorineural hearing impaired person. Thus, if aided hearing threshold level is improved and uncomfortable loudness level rises, then the users of hearing aids are favored with extended dynamic range. This study aims to evaluate audiological benefits in dynamic range compression hearing aids. To achieve this, pure tone and speech audiometry were examined to 15 children and 3 adults with narrow dynamic range moderate-to-severe binaural sensorineural hearing loss.

Keywords: hearing aids, aural rehabilitation, dynamic range

1. 서 론

의학적으로 회복이 어려운 난청의 청각재활은 적절한 보청기의 선택이 매우 중요하다. 난청자에게 필수적인 개인 휴대용 보청기는 외형과 장착 부위 그리고 증폭 특성에 따라 다양하게 분류되고 있으며, 증폭 특성에 따라서는 송화기(microphone)로 들어오는 소리 강도와 수화기(receiver)로 나가는 소리 강도가 직선적 관계를 보이는 선형(linear type) 보청기, 선형 보청기처럼 입력음 강도와 출력음 강도가 직선적 관계를 보이거나 강한 소리(loud tone)에 대해서만 일정한 비율로 출력 강도를 낮춰주는 강음압축방식(loud tone compression) 보청기, 그리고 약음(weak tone)은 충분히 증폭하고 강음은 증폭하지 않거나 낮게 증폭하여 다양한 크기의 환경 음을 난청자의 좁은 가청범위에 맞도록 수화기의 출력 범위를 결정하는 가청범위압축방식(dynamic range compression, level dependent frequency response: 이하 LDFR) 보청기 등으로 구분한다[2]. 이들 보청기의 선택은 난청자의 청력 손실 유형(type of hearing loss)에 절대적으로 의존하는데, 특히 LDFR 보청기는 누가현상(recruitment phenomenon)으로 가청범위가 현저하게 좁아진 감각신경성 난청의 청각재활에 유용하다.

* 동아대학교 의과대학 이비인후과학교실

** 동아대학교 의과대학 의공학교실

*** 한림대학교 자연과학대학 언어청각학부

이 연구는 일상적으로 시행되는 순음청력검사와 어음청력검사를 이용하여 LDFR 보청기의 청각학적 이득을 평가하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 대상

순음청력손실평균(pure tone averages; PTAs)이 66-86 dB(평균 78 dB)로 난청 발견 후, 평균 1.5-9 년(평균 3.4 년) 동안 선형 보청기(linear type hearing aid)를 사용하고 있었던 5-11 세(평균 7.6) 사이의 언어 습득 이전(prelingual) 양측 감각신경성 난청 소아 15 명과 PTAs가 51-63 dB(평균 56 dB)로 28-38 세(평균 33 세) 사이의 언어 습득 이후(postlingual) 양측 감각신경성 난청 성인 3 명을 대상으로 하였다. 이들의 LDFR 보청기 사용 기간은 소아군 2-20 개월(평균 8.2 개월), 성인군 2-12 개월(평균 5 개월)이었다.

2.2 가청범위압축방식 보청기

이 연구에 사용한 LDFR 보청기는 두 개의 채널로, 1,600 Hz를 경계로 저음역과 고음역을 구분한다. 저음역은 압축역치(compression threshold, threshold of knee point)와 압축비(compression ratio)를 낮게 하고 압축도달시간(attack time)과 압축해제시간(release time)을 빠르게 압축하는 syllabic compression(fully dynamic compression) 방식을 사용한다. 고음역은 좁은 가청범위에서 출력음압의 불쾌역치 도달 방지와 포화 및 왜곡을 억제하는데 유리한 compression limiting을 개량하여 저음역 채널의 출력음인 환경 음이나 모음이 자음 정보를 상쇄(upward spread of masking)하는 현상을 억제하고 자음 정보를 보다 깨끗하게 들을 수 있도록 저음역에 비해 압축도달시간을 상대적으로 길게 압축하는 adaptive gain compression 방식을 사용하는데, 등골근 반사(acoustic reflex) 잠복시간보다 짧은 압축도달시간 동안 출력음압이 난청자에 불쾌역치 도달할 경우를 대비하여 peak clipping을 추가할 수 있다[1] (MultiFocus®, Oticon A/S, Denmark).

2.3 방법

대상자 모두에게 순음청력검사(pure tone audiometry; PTA)를 시행하고 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz 주파수 변조음(frequency modulation tone)으로 불쾌역치(uncomfortable loudness level; UCL)를 구하였다. 육성으로 쾌적 어음 강도(comfortable speech loudness level)를 확인한 후, 어음 명료도(speech discrimination score; SDS)를 구하였으며, 성인군에서는 소증폭 인지도(short increment sensitivity index; SISI) 검사를 추가로 시행하였다. 청각학적 평가를 토대로 장착 후보를 결정하고, 청각재활 상담을 통해 LDFR 보청기 사용을 결정하였다.

음장에서 시행한 교정 최소가청역치(aided hearing threshold level; aided HTL)와 교정 불쾌역치(aided UCL) 그리고 교정 어음명료도(aided SDS)는 장착 직후와 장착 2 개월 정도에 시행하였다. 흔히 들을 수 있는 16 개 환경 음에 대한 선형 보청기와 LDFR 보청기 각각의 청취 소감을 “들

리지 않았다”, “작게 들렸다”, “편하게 들렸다”, “크게 들렸다”, “시끄러워서 불편했다” 등으로 답하게 하였다.

3. 결 과

소아군의 최소가청역치(hearing threshold level; HTL)는 250, 500, 1,000, 2,000 그리고 4,000 Hz 에서 각각 47.7, 65, 84, 85.7, 87.7 dB이었고, 장착 직후와 2 개월 후에 시행한 착용 평가에서 선형보청기의 aided HTL은 34.3, 36, 41, 49, 64.7 dB, LDFR 보청기의 aided HTL은 21.7, 25, 31.7, 35.3, 49.7 dB로 각각 통계적으로 유의하게 개선되었다($p < 0.01$, 그림 1). 선형 보청기에 비교하여 LDFR 보청기의 교정 순음청력손실 평균(aided pure tone average; aided PTAs)은 10.8 dB, aided UCL은 평균 4.6 dB씩 각각 호전되어 교정 가청범위(aided dynamic range; aided DR)가 평균 15.4 dB 유의하게 넓어졌다($p < 0.01$, 그림 2). 어음명료도는 협조가 가능했던 6 명의 소아에서 LDFR 보청기 장착 후 29.5% 호전되었다($p = 0.053$, 그림 4).

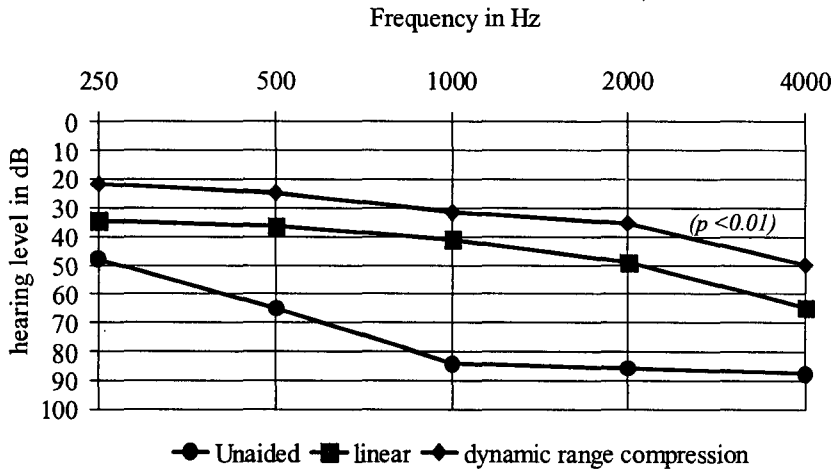


그림 1. 소아군의 최소가청역치(unaided)와 선형(linear) 보청기 및 가청범위압축방식(dynamic range compression) 보청기 착용 후 교정 청력(aided PTA)

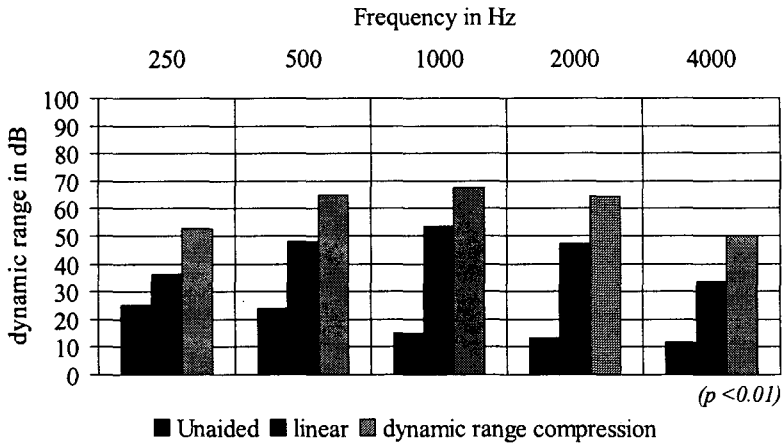


그림 2. 소아군의 맨 귀(unaided) 및 선형(linear) 보청기와 가청범위압축방식(dynamic range compression) 보청기 착용 후 가청범위(dynamic range) 변화

성인의 HTL은 250, 500, 1,000, 2,000 그리고 4,000 Hz에서 각각 36.7, 43.3, 66.7, 60, 53.3 dB이었고, 장착 직후와 2 개월 후에 시행한 착용 평가에서 LDFR 보청기의 aided HTL은 20, 21.7, 28.3, 26.7, 33.3 dB로 개선되었다. aided PTAs는 33 dB, aided UCL은 평균 4.2 dB씩 각각 호전되어 aided DR이 평균 37.2 dB 넓어졌다(그림 3). SISI 검사는 대상자 모두 양성을 보였다. 어음명료도는 LDFR 보청기 장착 후 18% 호전되었다(그림 4).

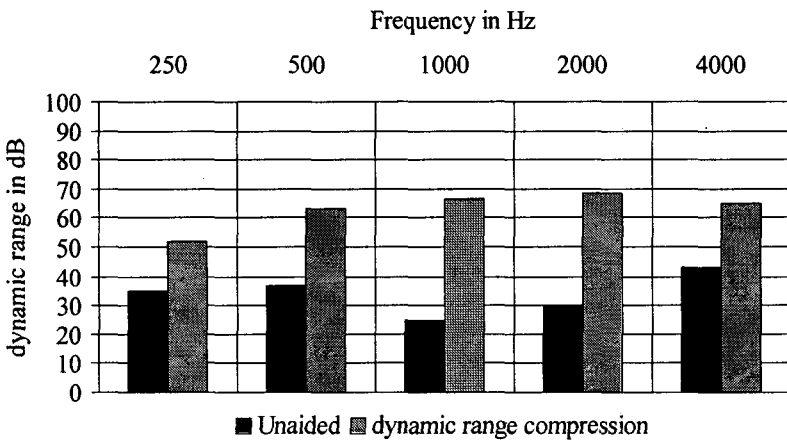


그림 3. 성인군의 맨 귀(unaided)와 가청범위압축방식(dynamic range compression) 보청기 착용 후 가청범위(dynamic range) 변화

흔히 들을 수 있는 16 개 환경 음에 대한 청취 소감은 “들리지 않았다”나 “시끄러워서 불편했다”가 소아군 20.45%와 4.95%에서 5.3%와 0.4%로, 성인군 5.2%와 5.2%에서 4.1%와 0%로 각각 감소했으며, “편안하게 들렸다”가 소아군 37.4%에서 51.9%로, 성인군 43.8%에서 64.6%로 각각 증가

하였다(그림 5).

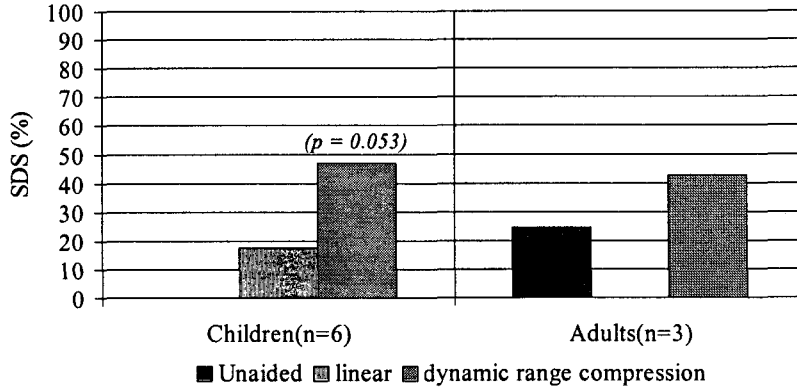


그림 4. 맨 귀(unaided)와 선형(linear) 보청기 및 가청범위압축방식(dynamic range compression) 보청기 사용 후 어음명료도(speech discrimination score) 변화

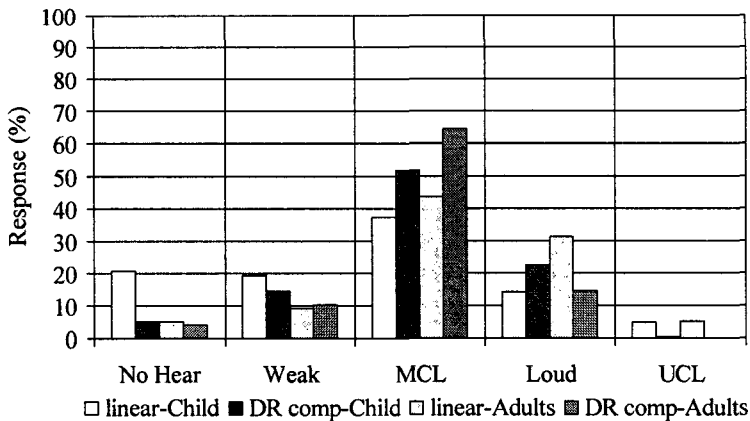


그림 5. 흔히 들을 수 있는 16 개 환경 음에 대한 소아(child) 및 성인군(adults)의 선형(linear) 보청기와 가청범위압축방식(DR comp) 보청기의 청취 소감 응답 분포

4. 고 찰

청각재활에서 보청기 사용 목적은 소리를 정상으로 듣게 하거나 정상에 가깝게 들을 수 있도록 돕는 것으로[1], 보청기 사용 후 청취 여부는 aided HTL로 확인할 수 있다. 저자들의 연구 결과에서 선형보청기에 비하여 LDFR 보청기의 aided HTL이 호전된 것은 증폭기 특성에 의한 차이로 보통 크기(medium loudness, 60 dB SPL)의 소리를 기준으로 음향 이득을 결정하고 이 이득을 작은 소리(weak tone)에서도 적용하는 선형보청기에 비하여 외부 소리 크기별로 음향이득을 다르게 결

정할 수 있는 LDFR 보청기가 약음에 대한 증폭을 충분히 줄 수 있기 때문이다[2]. 특히 DR이 좁은 감각신경성 난청은 UCL 도달을 막기 위하여 강음(loud tone) 이득을 고려하지 않을 수 없고, 입력 음압과 출력 음압이 비례하며, 수화기의 출력 음압 범위가 넓은 선형 보청기 특성상 aided HTL 향상에 제한 요인이 된다. 이러한 한계는 강음에 대하여 쉽게 불쾌감을 느낄 수 있어서 보청기 사용자의 주관적 만족도를 저하시키기도 한다. LDFR 보청기의 aided HTL 호전과 aided UCL 개선은 aided DR을 넓혀 주어 소리에 대한 느낌을 개선하는데 기여한다. 설문 응답 결과에서 두 대상 집단 모두 “들리지 않았다”나 “시끄러워서 불편했다”가 감소하고, “편안하게 들었다”가 증가한 것은 LDFR 보청기에 대한 주관적인 만족 정도가 전반적으로 개선된 것으로 해석할 수 있다.

Daniel Ling은 저음역에 잔청(residual hearing)이 있는 전농(profoundly deaf) 소아들을 대상으로 선형 보청기, 주파수 범위 확장 방식(extended low frequency) 보청기 그리고 주파수 전위(frequency transposition) 보청기 사용 후 어음이해도 변화를 관찰한 연구에서 모음 이해도는 유의하게 좋아졌으나 자음 이해도는 체계적인 청능 훈련(auditory training), 더 좋은 청력, 효과적인 보청기 사용 등에 의해 좋아질 수 있다고 보고하였다[3]. 따라서 보청기 장착 직후 aided SDS는 맨 귀 SDS와 비교하여 낮아지지 않으면 후보 보청기가 적절한 것으로 판단한다. 선형 보청기와 LDFR 보청기 착용 평가를 직접 비교한 저자들의 결과는 효과적인 보청기 사용만으로 aided SDS가 개선하였음을 보여 준다. 다만, Sharon 등이 정상 청력을 가진 성인을 대상으로 청각 보호용 귀마개인 ear plugs와 muffs가 HTL과 SDS에 미치는 영향에 관한 연구에서 HTL은 저음역에서 최대 30dB 정도 감소되고, SDS 특히, 자음이해도가 4% 낮아진 것으로 보고하면서 귀마개가 주는 감소의 영향보다 배경 잡음의 종류나 검사 어음의 신호대잡음비(signal-to-noise ratio)가 크게 영향을 미치는 것으로 보고하였다[4]. 따라서 잡음 환경에서의 SDS를 평가(hearing in noise test; HINT/speech perception in noise test; SPIN)하는 후속 연구가 필요하다. 하지만 저자들의 결과는 LDFR 보청기가 주는 청취 환경 개선에 따른 청각학적 이득과 사용 기간 연장에 따른 중추 청각 기관의 가소성(plasticity)을 고려한다면 언어 습득 및 발달 그리고 청각 언어 재활에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 예측할 수 있다.

5. 결 론

가청범위압축방식 보청기는 외부 소리를 크기별로 다르게 증폭할 수 있어서 가청범위가 좁은 감각신경성 난청자에게 장착시킬 경우 교정 최소가청역치를 낮게 하고, 교정 불쾌역치를 높게 하여, 교정 가청범위를 넓혀준다. 아울러 선형 보청기로는 들을 수 없었거나 불편하게 들었던 환경 소리들을 난청자의 가청범위에서 들을 수 있게 해주어 증폭음에 대한 보청기 사용자의 주관적 만족 정도를 높여 주며, 소음이 없는 일상적 검사 환경에서 교정 어음명료도를 개선시켜 준다.

이러한 청각학적 이득은 중추 청각 기관의 가소성에 도움이 되고 언어 습득 및 발달 그리고 청각 언어 재활에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 허승덕, 김리석. 1994. 보청기 지식 4. 동아대학교병원, 68-71.
- [2] 허승덕, 유영상. 2004. 청각학 3판(2쇄). 동아대학교출판부, 325-326, 334-341, 376-386.
- [3] Daniel Ling. 1969. Speech Discrimination by Profoundly Deaf Children Using Linear and Coding Amplifiers. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, Volume AU-17*, No. 4, 298-303.
- [4] Sharon M. Abel, Deborah L. Spencer. 1999. Speech understanding in noise with earplugs and muffs in combination. *Applied Acoustics, Volume 57, Issue 1*, 61-68.

접수일자: 2004. 4. 3.

게재결정: 2004. 4. 26.

▲ 허승덕

부산시 서구 동대신 3가 1 (우: 602-715)
 동아대학교병원 이비인후과
 동아대학교 의과대학 의공학교실
 Tel: +82-51-240-5422
 E-mail: audiolog@donga.ac.kr

▲ 김리석

부산시 서구 동대신 3가 1 (우: 602-715)
 동아대학교 의과대학 이비인후과학교실
 Tel: +82-51-240-5428
 E-mail: klsolkor@chollian.net

▲ 정동근

부산시 서구 동대신 3가 1 (우: 602-714)
 동아대학교 의과대학 의공학교실
 Tel: +82-51-240-2868
 E-mail: dkjung@daunet.donga.ac.kr

▲ 고도홍

강원도 춘천시 한림대학교길 39 (우: 200-702)
 한림대학교 자연과학대학 언어청각학부
 Tel: +82-33-248-2212
 E-mail: dhko@hallym.ac.kr

▲ 박병건

부산시 서구 동대신 3가 1 (우 602-715)
 동아대학교 의과대학 이비인후과학교실
 Tel: +82-51-240-5423
 E-mail: parkbyunggun@lycos.co.kr