

Use of Hearing Aids for Moderate-to-Moderately Severe Sensorineural Hearing Loss in Mild Frequency Range: A Report of 3 Cases

Sol Kim¹, Seung-Deok Heo^{2*}

¹ Major in Major in Speech-Language Pathology, Jeonbuk National University Graduate School, Doctoral Student

² Dept. of Speech-Language Pathology, College of Rehabilitation Sciences, Daegu University, Professor

Purpose: Mid frequency sensorineural hearing loss (MFSNHL) requires careful consideration at respective stages including, but not limited to, fitting, fine adjustment, and adaptation of hearing aids to avoid the hearing distortion incurred by off-frequency listening. The current study aims to analyze three cases of MFSNHL retrospectively and investigate audiological rehabilitation with a literature review.

Methods: The participants included 2 school-age children and 1 adult whose hearing threshold level in mid frequency range shows moderate to severe sensorineural hearing loss. Hearing aids were fitted following a suggestion based on the National Acoustic Laboratories-Nonlinear 2 (NAL-NL2). Real ear measurement (REM) and fine adjustment were conducted at the first visit after fitting the hearing aids. The overall hearing performance was observed through the change of unaided and aided hearing ability per case.

Results: The first hearing aid adjustment required a programmable increment at low level (PILL) approach when the mid frequency range showed a severe hearing loss. For the low and high frequency range with little hearing loss, vent, tube diameter, expansion, and off-frequency listening should be taken into account in adjusting the hearing aids. Participants had a good hearing ability at the low frequency range and were hardly aware of their hearing impairment, thus potentially resulting in a lower degree of satisfaction in using the hearing aids.

Conclusion: It can be necessary to provide training in using hearing aids and emotional support. MFSNHL can further lead to worse hearing ability, so audiological follow-up, including the self-screening, is necessary.

Keywords: Mid-frequency, sensorineural hearing loss, hearing aid fitting, off-frequency listening, audiological rehabilitation

Correspondence: Seung-Deok Heo, PhD

E-mail: audiolog@daegu.ac.kr

Received: June 26, 2020

Revision revised: July 09, 2020

Accepted: July 28, 2020

ORCID

Sol Kim

<https://orcid.org/0000-0003-0622-9888>

Seung-Deok, Heo

<https://orcid.org/0000-0001-9386-3865>

1. 서 론

감각신경성 난청은 내이와 청신경의 손상으로 발생한다. 내이의 손상은 기저막(basilar membrane)에서 음의 위상학적(tonotology) 특성으로 배열된 유모세포와 지지세포의 손상으로 흔히 발생하며, 말초 감각기관이 자극을 수용하지 못하면 청신경 세포도 퇴행한다. 이러한 와우 영역에서 손상된 부위를 와우 소실영역(dead regions)이라고 한다(Engström, 1983; Moore, 2001). 소리전달과정에서는 소리 자극이 일정 강도 이상으로 커지면 소실영역의 주변 손상되지 않은 감각세포들이 반응하여 소리를 인지한다. 이로 인해 손상된 주파수 영역에서 소리를 들을 수 있는 것처럼 혼돈하기도 한다(탈 주파수 듣기, off-frequency listening, Baer et al., 2002). 대부분 감각신경

성 난청은 대체로 고음역 손실이 크게 나타나는데, 때로는 중간주파수에서 청력손실이 큰 감각신경성 난청(mid-frequency sensoryneural hearing loss: MFSNHL)이 생기기도 한다. 순음 청력도에서 중간주파수 대역은 회화음의 음소가 70% 이상 분포하여 의사소통 과정에서 중요한 청각적 단서를 제공한다. 이 대역에서 손실은 난청자가 소리를 인지하는 과정에서 소실 영역의 소리를 듣지 못하거나 '탈 주파수 듣기'로 왜곡되기 쉽다.

감각신경성 난청은 대부분 의학적 치료나 외과적 수술로 청력이 증진되기 어려운 경우가 많아서 증폭 장치를 이용하여, 말-언어 의사소통에 도움을 주는 청각언어재활 서비스를 제공한다(Martin & Clark, 2015). 감각신경성 난청의 재활은 청력 손실 정도가 심하면 이식형 증폭기를 사용하기도 하지만 청력 손실이 심하지 않으면 개인용 보청기를 사용한다.

감각신경성 난청은 고음역 손실이 크고, 고음역에서는 누가현상(recruitment phenomenon)이 흔하게 관찰된다. 누가현상은 입출력 특성을 달리하는 증폭을 통해 효과적인 보상이 가능하다. 이러한 증폭 방식은 보청기의 하드웨어 및 소프트웨어

기술적 발전으로 주파수마다 자유롭게 조절이 가능한 덕분이며, MFSNHL의 보상에도 적용할 수 있다.

보청기 조절은 가청역치, 역치상 크기 균형 등을 고려하여 출력 음압을 결정하는데, 난청자의 주관적 느낌을 반영한 추가 조절(미세 조절, fine tuning)이 사용 만족도에 많은 영향을 미친다. 미세 조절은 특히 특정 주파수에서 심한 청력손실의 섬세한 보상이 가능하고, 말소리 신호(speech signal)의 해상도를 높여 줄 수 있다. 아울러 이러한 조절은 보청기 사용자의 의사소통 능력 개선과 함께 사용 만족도 및 삶의 질 개선에 기여할 수 있다(Heo, 2017b; Heo, 2018). MFSNHL의 보상은 보청기의 입출력 특성을 달리하여 중간주파수 대역 청력손실을 효과적으로 보상하고, 특히 중간주파수 성분의 소리 듣기와 관련한 미세 조절을 적극적으로 시행하는 것이 중요하다.

이 연구 목적은 MFSNHL의 보청기 청각 언어 재활을 후향적으로 분석하고, 문헌과 함께 효과적인 청각학적 재활에 대하여 고찰하는 데 있다.

II. 증례

1. 증례 1

첫 번째 증례는 초등학교 재학 중인 10세 남자로, 난청과 이명을 주소로 내원하였다. 문진검사에서 청력손실 가족력은 없으나 선생아 청각선별에서 '재검(refer)' 권고를 받은 것으로 확인되었다. 그러나 소리에 대한 반응을 분명하여 재검이나 정밀 검사는 받지 않았고, 초등학교 입학 후, 다양한 대화 상황에서 듣기, 전화 듣기, 경쟁 잡음이 많은 실외 활동에서 듣기에 문제가 나타나 청력손실을 의심하기 시작한 것으로 확인되었다.

이학적 검사에서 양측 고막은 정상이었다.

청각학적 평가는 순음청력검사(pure tone audiometry: PTA), 어음청력검사(speech audiometry: SA), 일과성 유발 이음향방사(transient evoked otoacoustic emission: TEOAE), 변조 이음향방사(distortion production otoacoustic emission: DPOAE), 청성뇌간반응(auditory brainstem responses: ABR) 등을 시행하였다.

PTA상 어음역 주파수 가청역치를 이용한 순음청력손실 평균(3 pure tone average: 3 PTAs)은 오른쪽 50 dB HL, 왼쪽 60 dB HL로 각각 관찰되었다. 그러나 두 귀의 1,000 Hz의 가청역치가 인접한 500 Hz와 비교하여 35~40 dB 정도 크게 낮아졌다가 고음역에서 다시 좋아지는 MFSNHL로 관찰되었다(Figure 1).

SA는 어음청취역치(speech reception threshold: SRT)와 어음이해도(speech discrimination score: SDS)를 확인하였다. SRT는 두 귀 모두 40 dB HL로 각각 관찰되었다. SDS는 두 귀 모두 70 dB HL의 어음강도에서 시행하였고, 오른쪽 72%, 왼쪽 64%로 각각 관찰되었다(Table 1).

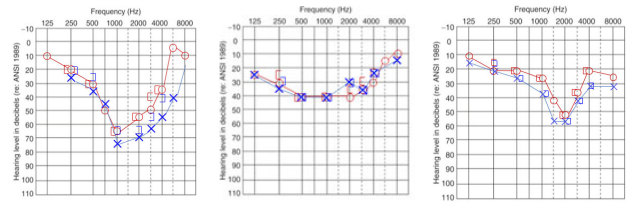


Figure 1. 3 cases of pure tone audiogram with mid frequency sensorineural hearing loss. From the left, case 1, case 2 and case 3. Hearing in case 2 worsened after hearing aid dispensing.

TEOAE는 자극 안정성(stability)이 99% 양호하였으나 반응 재현성(reproducibility)이 12%로 낮았고, 방사음(신호)-대-잡음비(dB signal-to-noise ratio) 평균이 오른쪽 -8.1 dB SNR, 왼쪽 -4.3 dB SNR로 각각 관찰되었다.

DPOAE는 F2 주파수 기준 1,000, 1,400, 2,000, 2,800, 4,000 Hz의 dB의 2F1-F2 변조 유발 음향 강도가 오른쪽 -20.6, -10.0, -7.7, 1.0 dB SNR, 왼쪽 -22.3, -12.1, -1.9, -0.1 dB SNR로 각각 관찰되었다.

ABR click 음을 자극하여 유발하였고, 반응 역치는 오른쪽 40 dB nHL(normal hearing level), 왼쪽 50 dB nHL로 각각 관찰되었다.

이학적 검사, 청각학적 평가, 의학적 판단 등을 근거로 두 귀 모두 중등 고도의 MFSNHL로 판단하였고, 보청기 사용을 결정하였다.

보청기는 8 채널의 디지털(digital signal processing: DSP) 방식 수화기 외이도 삽입 귀걸이형(receiver in the canal behind the ear: RIC-BTE)으로 결정하였다. 저음역 청력을 고려하여 크기가 작은 이개 걸이(ear hook)와 튕립(tulip)형 꽃이(ear tip)를 사용하여 외이도를 개방(open fit)하였다.

보청기 장착을 위한 초기조절과 미세 조절을 위한 추적은 모두 3회 시행하였으며, 각 단계마다 검증을 위해 교정 순음(aided PTA) 및 교정 어음청력검사(aided SA)를 시행하였다. 장착 단계에서 보청기 조절은 호주 국립음향연구소(The National Acoustic Laboratories: NAL)의 비선형 보청기 조절 방식(NAL-non linear: NAL-NL2)을 기반으로 하는 제조회사의 조절용 소프트웨어를 이용하였다. 장착 당시 초기조절은 PTA의 주파수별 가청역치를 기반으로 '기본청취'와 '증강청취' 두 가지 방식의 프로그램을 제공하였다.

보청기 추적조절은 소리 되돌림(howling)으로 사용하지 못하였던 '증강청취'에서 이를 보완하였고, 청력손실이 심한 작은 소리(soft tone) 이득을 프로그램으로 높여(programmable increment at low level: PILL) 주면서 사용자의 요구를 반영하였다. 장착 후 추적 청각학적 평가에서 교정 PTAs, SRT, SDS는 모두 나빠지지 않고 개선된 결과를 확인하였다(Table 1).

2차 추적 단계에서는 증폭 음향에 대한 적응을 고려한 음향 이득 및 출력음압의 반영과 주관적 느낌을 추가 반영한 조절을 하였다. 출력음압 등은 전반적으로 높아졌고, 학교에서 듣기가

좋아졌으며 주관적으로 표현한 보청기 사용 만족도가 높아졌다. 추가로 보호자 이해를 돕기 위해 청력도상 장기 추적 음소 평균 스펙트럼(long term average speech spectrum: LTASS)과 실이 계측(real ear measurement) 이득을 비교하여 설명하였다(Figure 2).

2. 증례 2

두 번째 증례는 중학교 재학 중인 13세 여자로, 난청과 이명을 주소로 내원하였다. 이 증례는 청력손실이 중간대역 전반에 걸쳐 관찰되었고, 청력손실이 진행하였다.

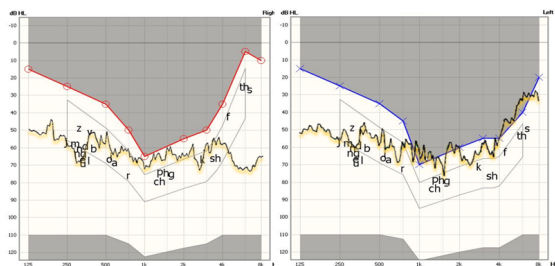
문진 상 청력손실 가족력은 없었으며, 청력손실은 3년 전 인지하였다. 당시 보청기 사용을 권유받았으나 난청아와 가족이 느끼는 불편의 정도와 노출에 따른 미용 상 불이익을 우선 고려하여 착용을 기피하였다. 중학교 진학 이후 다양한 대화 상황에서 듣기, 학교에서 시행되는 영어 듣기 시험에서 어려움을 겪기 시작하여 청력손실과 청력손실 보상에 대해 관심을 가진 것으로 확인되었다.

이학적 검진에서는 두 귀 고막은 정상이었다.

마지막 평가일 기준 11개월 전 시행한 청각학적 평가에서 오른쪽, 왼쪽 귀의 순서로 3 PTAs는 40, 36 dB HL로, TEOAE 평균은 -2.9, 0 dB SNR로, DPOAE 평균은 -13.2, 1.9 dB SNR로, SRT는 40, 35 dB HL로 각각 관찰되었고, SDS는 두 귀 모두 70 dB HL에서 92%로 관찰되었다. click으로 유발한 ABR의 반응역치는 두 귀 모두 30 dB nHL로 관찰되었다.

첫 번째 청각학적 평가 5개월 후 PTA, SA를 반복 시행하였다.

3 PTAs는 오른쪽 48 dB HL, 왼쪽 35 dB HL로, SRT는 오른쪽 40, 왼쪽 35 dB HL로, SDS는 두 귀 모두 65 dB HL에서 오른쪽 84%, 왼쪽 92%로 각각 관찰되었다(Figure 3).



Note. The right ear is on the left, the left ear is on the right. The hearing threshold level is O on the right and X on the left, and the border line between white and gray around 110 HL is uncomfortable loudness level. In contrast to gray, the bright region in a white color is an audible field. LTASS is a V-shaped angled range in a white area, and phoneme symbols are written taking into account frequency and intensity. The lines that are very irregularly drawn are the intensity of average speech energy of users hearing aid.

Figure 2. Comparison between pure tone audiogram and long term average speech spectrum (LTASS).

이학적, 청각학적, 의학적 평가를 근거로 두 귀 보청기 사용

을 결정하였다. 보청기는 두 귀 모두 RIC-BTE로 결정하였고, 19 채널의 DSP 방식으로 결정하였다. 그러나 보청기 장착은 보호자 결정에 따라 오른쪽부터 시작하여 단계적으로 진행하였다. 보청기 조절은 NAL-NL2 기반 제조회사의 조절용 소프트웨어를 사용하였고, 2회 추적하여 미세 조절을 제공하였다. 장착과 추적 단계에서는 aided PT, aided SA를 함께 시행하여 개선된 결과를 확인하였다. 최초 장착한 오른쪽의 교정 청력은 PTAs가 35 dB HL, SRT가 25 dB HL, SDS가 60 dB HL에서 92%로 관찰되었다(Figure 3, Table 1).

Table 1. Aided hearing profile depending on fitting stage

	PTAs (dB HL)		SRT (dB HL)		SDS (%)	
	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.
Case No. 1.						
Initial fitting	40	47	35	35	68	72
F/u fitting	35	38	30	35	72	76
Final fitting	30	30	30	30	80	76
Case No. 2.						
Initial fitting	35	41	25	35	92	84
F/u fitting	53		40		84	
Final fitting	40	38	35	35	88	88
Case No. 3.						
Initial fitting		23		15		88
F/u fitting		26		15		92
Final fitting		23		15		92

Note. PTAs=3 frequency pure tone average; SRT=speech reception threshold; SDS=speech discrimination score; Lt.=left; Rt.=right.

보청기 장착 후 첫 번째 추적 과정에서 확인한 주관적 반응은 '기본청취' 모드에서 영어 듣기와 친구들의 말소리 듣기에 어려움이 있었고, '증강청취' 모드에서 소리 되돌림과 두통이 생긴 것으로 보고하였다. 추적조절은 특히, 출력음압을 제한하면서 작은 소리 이득을 높였다(PILL). 조절 후 불편이 없어졌으며 주관적으로 표현한 사용 만족도가 높아졌다.

추적 과정에서 청각학적 평가를 시행하여, 오른쪽, 왼쪽의 순서로 PTAs는 60, 56 dB HL로, SRT는 50, 45 dB HL로, SDS는 두 귀 모두 65 dB HL에서 84%로 청력손실이 진행되었다. 이를 검증하기 위해 추가로 시행한 TEOAE 평균은 -8.7, -8.5 dB SNR로, DPOAE 평균은 -13.2, -6.3 dB SNR로, click으로 유발한 ABR은 두 귀 모두 50 dB nHL로 나타나 교차 검증에서도 청력손실이 진행되었음을 확인하였다(Figure 1, 3).

보청기는 오른쪽은 추가 조절하였고, 왼쪽은 신호처리 시간 등을 고려하여 동일한 기종으로 선택하여 조절한 후, 두 귀 균형까지 확인하였다. 이후 맨 귀 및 교정 청력을 PTA와 SA로 감시하였으며, 88%로 낮아지지 않고 유지되었다(Table 1).

3. 증례 3

세 번째 증례는 소음이 없는 회사에서 근무하는 29세 여자로 난청과 이명을 주소로 방문하였다.

문진검사 상 청력손실은 5년 전부터 자각하기 시작했고, 가족력은 없는 것으로 확인되었다. 난청은 대화 및 전화 통화 중

상대방에게 자주 되묻곤 하면서 의심한 것으로 보고하였다.

이학적 검사상 두 귀 고막은 정상이었다. 청각학적 평가는 PTA, SA, TEOAE, DPOAE, ABR을 시행하였다.

3 PTAs는 오른쪽 31, 왼쪽 38 dB HL로 관찰되었으나 가청역치와 살펴보면 1,500, 2,000 Hz가 가장 심하고, 인접 주파수 가청역치와 20에서 35 dB 정도 차이를 보이는 MFSNHL로 관찰되었다(Figure 1). SRT는 두 귀 모두 20 dB HL로 관찰되었다. SDS는 두 귀 모두 65 dB HL 어음강도에서 88%로 각각 관찰되었다.

TEOAE 평균은 오른쪽 8.3, 왼쪽 5 dB SNR로, DPOAE 평균은 오른쪽 2.4, 왼쪽 -4.4 dB SNR로 각각 관찰되었다. ABR은 click을 자극하였으며, 오른쪽 30, 왼쪽 40 dB nHL로 관찰되었다.

이학적, 청각학적, 의학적 평가를 근거로 두 귀 보청기 사용을 권고하였으나 비용 등을 고려하여 왼쪽 귀로 19채널의 DSP 방식의 RIC-BTE를 결정하였다.

장착 당시 조절은 NAL-NL2 기반 제조회사의 조절용 소프트웨어를 이용하였다. 보청기 조절은 특히, 저주파수와 고주파수 대역의 잔존청력을 고려하여 작은 소리 이득을 줄였고, 주파수범위(frequency range)를 좁혔다. 프로그램은 '기본청취'와 '증강청취' 두 가지 방식을 보청기에 저장하였다. 추적 과정에서 '증강청취' 모드 전화 통화 중 소리 되돌림 문제가 나타나 조절로 제거하였다. 추적은 사용자의 요구를 반영한 후, 교정 PTA, SA로 확인하였으며, 청력은 유지되었다(Table 1).

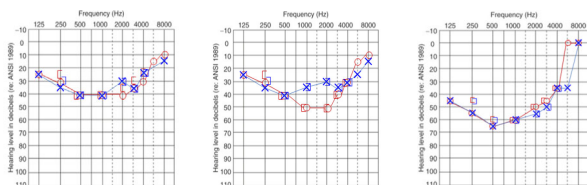


Figure 3. Changes in hearing progression in case 2. The three audiogram are performed before 11, 5 months, and recently.

III. 논의 및 결론

이 연구는 MFSNHL 청각재활을 후향적으로 분석하여 효과적인 청각학적 재활에 대하여 고민하고자 시행하였다.

국내 난청자는 최근 5년간 연평균 5% 정도씩 증가하고 있으며(National Health Insurance Service, 2018), 개인의 청력손실은 계속 진행하여 인공와우 이식이 필요한 경우도 많아지고 있다(Heo, 2019). 일반적으로 청력손실은 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz 가청역치 평균이 5년 동안 6.8 dB 정도 나빠지며(Cruickshanks et al., 2003), 나이가 들수록 더 빠르게 나빠진다(Heo, 2018). 그러나 MFSNHL은 환경적 요인으로 더 빠르게 나빠질 수도 있는데(Birkenbeuel et al., 2019; Moteki et al., 2012; Shah et al., 2005), 이 연구의 1례에서도 추적 과

정에서 3 PTAs가 오른쪽 14, 왼쪽 20 dB씩 빠른 진행이 관찰되었다. 이와 관련해서는 지속적인 의학적, 청각학적 감시가 필요하며(Shah et al., 2005) 청각언어재활 서비스를 제공하는 언어재활사의 역할도 중요하다(Heo & Ahn, 2016). 청각학적 측면에서는 자가 감시를 포함한 스마트 폰 앱이나 설문 등으로 맨 귀 및 교정 청력을 추가로 감시하는 것이 도움 될 수 있다(Heo, 2017b; Heo et al., 2017).

보청기 사용 만족 정도는 난청 자각 정도에 의존하는데, MFSNHL은 저주파수 청력이 비교적 양호한 편이다. 그러나 소리 크기(speech power) 인지에는 저주파수 대역이 대부분 관여한다는 점을 고려하면 MFSNHL 난청자의 자각 정도는 낮을 수 있고, 사용 만족도 낮아질 수 있다. 난청자들이 증폭장치의 사용 불편, 삶의 의미, 안전, 필요한 정보 접근성, 지역 의료서비스, 신체적 건강 등과 관련하여 삶의 질을 낮게 평가한다(Heo, 2018)는 점을 고려하면 보청기 사용에 대한 상담은 물론 정서적 지원도 중요한 것으로 판단된다.

감각신경성 난청은 유모세포 손상과 관련하여 소리 크기를 다르게 지각할 수 있으며, 이를 보상하려면 가청역치뿐만 아니라 역치상 소리도 배려해야 한다(Kuk & Ludvigsen, 1999). 실제로 보청기 사용 만족도는 NAL-NL1으로 조절한 경우, 49%가 만족하였지만 46%가 이보다 낮은 이득을 선호하였다(Keidser et al., 2008). 실제로 보청기는 공식(fitting formulae)에 의존한 조절만으로는 어떠한 경우에도 청력손실을 완벽하게 보상하기 어렵다. 성공적인 보청기 조절을 위해서는 청력손실 특성에 맞는 적절한 공식에 의한 조절과 함께 사용자 요구의 적극적 반영이 필요하며(Heo, 2017b; Keidser et al., 2008; Mueller et al., 2008; Zakis et al., 2007), 이를 통해 음소 오류도 장착 초기부터 개선할 수 있다(No & Heo, 2015). MFSNHL은 대부분 감각신경성 난청이 하강형을 보이는 것(Kim et al., 2016; Teresa et al., 1998; Woo et al., 2016)과 달리 중간 주파수 손실이 더욱 커서 사용자 요구에 더욱 귀 기울일 필요가 있다.

이 연구에서 보청기 조절은 NAL-NL2를 기반으로 하는 제 조사 추천 조절(quick fitting)을 기본으로 하였다. 이 NAL 방식은 감각신경성 난청 보상을 위해 고안된 비선형 보청기 음향 이득 결정법으로, 1,000, 2,000 Hz의 이득을 강조하고, 저음역에 가중치를 적용한다. NAL-NL2도 이를 기본으로 하며, 청력손실이 큰 중간 음역의 주파수에 따라 차이가 있겠으나 1,000과 2,000 Hz 이득의 강조는 유리할 수 있다. 그러나 저음역의 가중치는 불리한 요인이다. 따라서 저음역 청력손실의 보상은 압축비를 역(expansion 조절)로 하여 역치상 강도 특성을 조절하거나 환기기로 저음역 음압을 낮춰 주는 것(Killion, 2003; Kim & Heo, 2016)이 도움 될 수 있다. 이 연구에서는 외이도를 밀폐하지 않는 튜립형 콧이로 저음역 음압을 낮추어 보상하였다. 고음역은 가청범위(dynamic range)로 역치상 출력음압을 달리하거나 유효 주파수범위(frequency range) 제한, 통해도 음관 직경 조절 등으로 조절할 수 있는데, 주파수범위와 이득 조절로 보상하였다. 증례 2의 경우 청력손실이 진행하여 중간대역 전반에서 관찰되어 보청기 유효 주파수범위 밖의 고주파

수 가청역치만 보존된 양상을 보였다. 이러한 경우일지라도 보청기의 증폭음이 듣기를 방해하거나 추가 청력손실로 이어지지 않도록 출력음압 조절과 청력감시가 필요하다.

장착 단계에서 조절한 NAL-NL2 기반의 제조사 추천 조절은 모두 사용 중 불편이 관찰되었다. 제조사 추천 조절은 보청기 조절에 미숙한 초보자들이 하강형 감각신경성 난청용 보청기 조절을 위해 고안한 것으로, 전문가에 의한 조절과 비교하면 만족도도 낮은 편이다(Amlani et al., 2017). 사용 중 불편은 고음역 가청역치가 중간 주파수 대역보다 좋은 MFSNHL에 적용한 것을 주된 원인으로 볼 수 있다. 따라서 MFSNHL의 보청기 조절은 장착 단계부터 주파수별 가청역치와 역치상 크기 등을 고려한 조절이 필요할 것으로 판단된다. 이 과정에서 음압 단위 청력도(SPLogram)에 보청기가 증폭시킨 LTASS를 실이 측정값으로 확인하는 것은 크게 도움이 될 수 있다. 다만, 이 값들은 어떠한 음향이든 결정법을 사용하더라도 정확하게 일치하지 않으므로 사용자의 주관적 반응을 기초한 미세 조절에 신경을 써야 한다.

와우 소실영역의 소리는 기저막에서 최대 진폭 위치에 있는 손상된 유모세포 대신 주변의 생존한 유모세포를 통해 들을 수도 있다. MFSNHL에서 인접 주파수와의 가청역치 차이는 음향 이득의 차이로 이어지고, 청력손실이 큰 주파수 대역의 높은 출력음압은 와우 기저막에서 생존한 주변의 유모세포 자극으로 이어질 수 있다. 이 때 경계 주파수(cut off frequency)가 3,000 Hz보다 높으면 음향이득 및 출력음압을 제한할 필요가 없지만 이보다 낮으면 경계 주파수 주변의 출력음압을 제한하여, 생존한 저음역과 고음역 청력이 어음이해도 향상에 효과적으로 기여할 수 있게 해야 한다(Moore et al., 2000). 고음역 청력이 보청기 유효주파수 밖에서 양호하다고 할지라도 이들 주파수를 어음역 대역으로 이동시키는 주파수 전위나 주파수 압축 기술의 적용은 피해야 한다.

이상을 요약하면, MFSNHL는 환경적 요인으로 청력이 빠르게 나빠질 수도 있으며, 이러한 변화를 조기에 확인하기 위해서는 자가 감시를 포함한 주기적이고 지속적인 추적관찰이 필요하다. 이 과정에서 언어재활전문가는 청각언어재활 서비스 수혜자와 가장 밀접한 관계를 형성하고 있어서 이들의 작은 청각적 변화도 쉽게 발견할 수 있다. 따라서 언어재활전문가는 문제의 발견과 대응 및 언어 평가 성적을 통한 교차 검증 등으로 매우 중요한 역할을 할 수 있다. 청력은 저음역이 생존하여 난청 자각이 늦어지고 청력손실 보상에 대한 요구가 낮을 수 있다. 이는 보청기 사용과 삶의 질 만족도 저하로 이어질 수 있어서 보청기 사용 상담과 함께 정서적 지원이 필요하다. MFSNHL에서 청각학적 재활은 청력손실이 심한 중간음역의 음향이득을 PILL 조절로 보상하고, 청력이 비교적 양호한 저음역과 고음역의 경우 환기구, 도음관, 확장(expansion) 주파수범위 등을 통해 가청범위를 최대한 활용할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

Reference

- Amlani, A. M., Pumford, J., & Gessling, E. (2017). Real-ear measurement and its impact on aided audibility and patient loyalty. *Hearing Review*, 24(10), 12-21.
- Baer, T., Moore, B. C. J., & Kluk, K. (2002). Effects of low pass filtering on the intelligibility of speech in noise for people with and without dead regions at high frequencies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112, 1133-1144. doi:10.1121/1.1498853
- Birkenbeuel, J., Abouzari, M., Goshtasbi, K., Moshtaghi, O., Ronald Sahyouni, R., Moshtaghi, A., . . . Djalilian, H. R. (2019). Characteristics of mid-frequency sensorineural hearing loss progression. *Otology & Neurotology*, 40(5), 497-502. doi:10.1097/MAO.0000000000002232
- Cruikshanks, K. J., Tweed, T. S., Wiley, T. L., Klein, B. E. K., Klein, R., Chappell, R., . . . Dalton, D. S. (2003). The 5-year incidence and progression of hearing loss: The epidemiology of hearing loss study. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 129(10), 1041-1046. doi:10.1001/archotol.129.10.1041
- Engström, B. (1983). Stereo cilia of sensory cells in normal and hearing impaired ears. A morphological, physiological and behavioural study. *Scandinavian Audiology Supplement*, 19, 1-34.
- Heo, S. D. (2017a). A case report of delayed identification of hearing loss and hearing aid fitting failure. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 11(3), 215-221. Retrieved from https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07236694&language=ko_KR
- Heo, S. D. (2017b). Effectiveness of the hearing handicap inventory for elderly (HHIE) in measuring the current state of presbycusis. *Communication Sciences & Disorders*, 22(1), 170-176. doi:10.12963/csd.16359
- Heo, S. D. (2018). Quality of life in hearing impaired youth with amplification system. *Communication Sciences & Disorders*, 23(3), 782-787. doi:10.12963/csd.18502
- Heo, S. D. (2019). Prediction of cochlear implantation possibility in hearing aids users. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 13(1), 27-32. doi:10.21288/resko.2019.13.1.27
- Heo, S. D., & Ahn, Y. J. (2016). Problem case in hearing aid fitting. *The 4th International Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association*, 4, 333-335. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE07522623>
- Heo, S. D., Park, C. H., & Song, B. S. (2017). Comparison of smart phone application based hearing screening and hearing handicap inventory. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 11(1), 73-79. doi:10.21288/resko.2017.11.1.73
- Keidser, G., O'Brien, A., Carter, L., McLelland, M., & Yeend, I.

- (2008). Variation in preferred gain with experience for hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 47, 621-635. doi:10.1080/14992020802178722
- Killion, M. C. (2003). Earworld acoustics. *Seminar in Hearing*, 24(4), 299-312. doi:10.1055/s-2004-815552
- Kim, J. Y., Park, H. S., Jin, S. H., Park, W., Cho, Y. S., Hong, S. H., & Moon, I. J. (2016). Early experience of non-linear frequency compression technology in patients with high-frequency hearing loss. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 59(2), 96-103. doi:10.3342/kjorl-hns.2016.59.2.96
- Kim, M. S., & Heo, S. D. (2016). Effects of vent diameter on real ear acoustics. *Audiology and Speech Research*, 12(4), 204-208. doi:10.21848/asr.2016.12.4.204
- Kuk, F., & Ludvigsen, C. (1999). Variables affecting the use of prescriptive formulae to fit modern nonlinear hearing aids. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 458-465.
- Martin, F. N., & Clark, J. G. (2015). *Introduction to audiology* (12th ed.; S. D. Heo, Trans). Seoul: Pakhaksa.
- Moore, B. C. J. (2001). Dead regions in the cochlea: Diagnosis, perceptual consequences and implications for the fitting of hearing aids. *Trends in Amplification*, 5(1), 1-34. doi:10.1177/108471380100500102
- Moore, B. C. J., Huss, M., Vickers, D. A., Glasberg, B. R., & Alcántara, J. I. (2000). A test for the diagnosis of dead regions in the cochlea. *British Journal of Audiology*, 34(4), 205-224. doi:10.3109/03005364000000131
- Moteki, H., Nishio, S. Y., Hashimoto, S., Takumi, Y., Iwasaki, S., Takeichi, N., . . . Usami, S. I. (2012). TECTA mutations in Japanese with mid-frequency hearing loss affected by zona pellucida domain protein secretion. *Journal of Human Genetics*, 57, 587-592. doi:10.1038/jhg.2012.73
- Mueller, H. G., Hornsby, B. W. Y., & Weber, J. E. (2008). Using trainable hearing aids to examine real-world preferred gain. *Journal of the American Academy of Audiology*, 19(10), 758-773. doi:10.3766/jaaa.19.10.4
- National Health Insurance Service, Il-san hospital. (2018). There are 45% hearing loss patients and those in their 60s and older. Retrieved from http://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&CONT_SEQ=304381&page=224.
- No, B. I., & Heo, S. D. (2015). Characteristics of phoneme listening in first time hearing aids users. *Committee of The 4th International Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association*, 4, 292-293. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE07526651>
- Shah, R. K., Blevins, N. H., & Karmody, C. S. (2005). Mid-frequency sensorineural hearing loss: Aetiology and prognosis. *Journal of Laryngology & Otology*, 119(7), 529-533. doi:10.1258/0022215054352216
- Teresa, Y. C., Ching, H., Dillon, H., & Byrne, D. (1998). Speech recognition of hearing-impaired listeners: Predictions from audibility and the limited role of high-frequency amplification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 103, 1128-1140. doi:10.1121/1.421224
- Woo, S. T., Kim, T. Y., Jung, E. S., Kim, M. N., & Cho, J. H. (2013). Analysis of acoustic canal for the ITE hearing aid of high-frequency response. *Rehabilitation Engineering And Assistive Technology Society of Korea*, 4, 93-95. Retrieved from https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02168575&language=ko_KR
- Zakis, J. A., Dillon, H., & McDernott, H. J. (2007). The design and evaluation of a hearing aid with trainable amplification parameters. *Ear Hear*, 28(6), 812-830. doi:10.1097/AUD.0b013e3181576738

중간 음역 손실이 큰 중등-중등 고도 감각신경성 난청의 보청기 사용 3예

김 솔¹, 허승덕^{2*}

¹ 전북대학교 일반대학원 언어치료전공 박사과정
² 대구대학교 언어치료학과 교수

목적: Mid frequency sensorineural hearing loss(MFSMHL)는 탈 주파수 듣기(off-frequency listening)에 의한 청취 왜곡을 피하기 위해서도 보청기 장착, 미세 조절 그리고 적응과정 등 각 단계마다에서 세심한 배려가 필요하다. 이 연구 목적은 MFSNHL 증례를 후향적으로 분석하고, 문헌과 함께 청각재활에 대하여 고찰하는데 있다.

방법: 이 연구는 중간 주파수 대역의 청력이 경도부터 중등고도까지의 감각신경성 난청을 가진 2명의 학령기 아동과 1명의 성인을 대상으로 하였다. 보청기는 국립음향연구소 비선형 처방법(national acoustic laboratories-nonlinear 2: NAL-NL2)을 기본으로 하는 제조사 추천 방식으로 조절하여 난청자에게 장착하였다. 실이 측정(real ear measurement: REM)과 미세 조절은 보청기를 장착한 후 처음 방문하였을 때 시행하였다. 결과는 증례별로 맨 귀(unaided) 및 교정(aided) 청력의 변화 등을 통하여 전반적인 청각적 수행력을 관찰하였다.

결과: 첫 보청기 조절은 청력손실이 심한 중간 주파수 대역의 경우 programmable increment at low level (PILL) 접근해야 한다. 청력손실이 적은 저음역과 고음역의 경우 환기구(vent), 도음관 직경(tube diameter), 확장(expansion), 탈 주파수 듣기를 배려한 조절이 필요하다. 이 연구 참여자들은 저음역 청력이 좋아서 난청을 쉽게 자각하기 어렵고, 난청 자각 정도가 낮아서 보청기 사용 만족도도 낮아질 수 있다.

결론: 따라서 보청기 사용 방법 교육과 함께 정서적 지원이 필요할 수 있다. MFSNHL는 청력이 추가로 나빠질 수 있으며, 자가 청각선별을 포함한 청력 추적이 필요하다.

검색어: 중간 주파수, 감각신경성 난청, 보청기 조절, 탈 주파수 듣기, 청각재활

교신저자 : 허승덕(대구대학교)

전자메일 : audiolog@daegu.ac.kr

게재신청일 : 2020. 06. 26

수정제출일 : 2020. 07. 09

게재확정일 : 2020. 07. 28

ORCID

김 솔

<https://orcid.org/0000-0003-0622-9888>

허승덕

<https://orcid.org/0000-0001-9386-3865>

참고 문헌

- 국민건강보험공단 일산병원 (2018). “『난청』 정기적인 이비인후과 검사를 통해 필요시 보청기, 청각 재활 등의 치료를 받아야.” http://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&CONT_SEQ=304381&page=224.
- 김진률, 박희성, 진선호, 박우리, 조영상, 홍성화, 문일준 (2016). 고주파수 난청 환자에서 보청기의 비선형 주파수 압축 기술의 임상적 초기 경험. **대한 이비인후과 학회지 두경부 외과학**, 59(2), 96-103.
- 김민성, 허승덕 (2016). 환기구 직경이 실이 음향에 미치는 영향. **한국청각 언어 재활학회지**, 12(4), 204-208.
- 노복임, 허승덕 (2015). 생애 첫 보청기 사용자의 음소 청취 특성. **제4회 한국 언어치료학회·한국언어청각임상학회 공동학술대회 발표 논문집**, 4, 292-293.
- 우승탁, 김태윤, 정의성, 김명남, 조진호 (2013). 귀속형 보청기를 위한 가장 고주파 이득의 음향 튜브 특성 해석. **한국재활복지공학회 학술대회 논문집**, 4, 93-95. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02168575&language=ko_KR
- 허승덕 (2017a). 청력손실과 보청기 조절 오류의 발견 지연 1례 보고. **재활복지공학회논문지**, 11(3), 215-221. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07236694&language=ko_KR
- 허승덕 (2017b). Hearing Handicap Inventory for Elderly (HHIE)로 확인한 노인성 난청 실태. **Communication Sciences & Disorders**, 22(1), 170-176.
- 허승덕 (2018). 증폭장치 사용 청년의 삶의 질. **Communication Sciences & Disorders**, 23(3), 782-787.
- 허승덕 (2019). 보청기 사용자의 인공와우 이식 가능성 예측. **재활복지공학회논문지**, 13(1), 27-32.
- 허승덕, 박찬호, 송병섭 (2017). 스마트 폰 애플리케이션 기반 청각선별과 설문 청각선별의 비교. **재활복지공학회논문지**, 11(1), 73-79.
- 허승덕, 안예진 (2016). 보청기 조절 문제 증례. **제20회 한국언어치료학회 학술대회 논문집**, 20, 333-335.
- Martin, F. N., & Clark, J. G. (2015). **청각학 개론** (제12판; 허승덕 역). 서울: 박학사.