

## 비프로그램식 보청기에서 압축역치의 조절을 통한 배경소음의 감소에 대한 사례보고

벨톤히어링  
이 상 연

### ABSTRACT

#### Case Report for Background Noise Reduction by Compression Threshold(CT) Control in Non-Programmable Hearing Aids

Sang Yeon Lee

Belltone Hearing, Seoul, Korea

Most commercial companies currently produced non-programmable digital hearing aids. The key feature of this hearing aids was adopting the WDRC amplification method in ITE (in-the-ear) type hearing aids. They were equipped with the 2-3 trimmers and could be controlled for gain levels, frequency response curves, or OSPL90 properties. The price of the non-programmable hearing aid was relatively lower than programmable ones while the noise reduction and acoustic feedback detection/control were limited in non-programmable ones. This report was for the cases where background noise and internal noise were decreased with compression thresholds in non-programmable digital hearing aids without noise reduction algorithms or expansion functions, which were commonly built in programmable digital hearing aids.

**KEY WORDS :** Compression threshold (CT) · Background noise · Non-programmable hearing aid · Digital hearing aid.

### INTRODUCTION

현재 출시하고 있는 프로그램식(programmable)의 디지털보청기는 광대역압축(wide dynamic range compression, WDRC)에 의한 감각신경성 난청인의 좁은 역동범위(dynamic range)의 정상화, 소음(noise) 및 음향피드백(acoustic feedback)의 효과적인 탐지 및 제어 기술을 통한 신호대잡음비 및 어음분별력의 개선 등에 있어서 효과적이다.<sup>4)7)</sup> 그러나 현재 일부 보청기 제조사에서 출시하고 있는 보청기는 신호의 처리는 디지털이지만 2~4개의 조절기(trimmer)를 부착한 비프로그램식(non-programmable)의 조절방식을 채택하고 있다. 비프로그램식의 디지털 보청기는 프로그램식의 디지털 보청기에 비해 가격이 저렴한 장점은 있지만 조절기를 부착할 수 있는 한계성으

로 인해 청각손실자의 청력 및 어음인지의 상태, 보청기의 착용 및 환경적인 조건 등에 알맞게 조절하기는 어렵다.<sup>3)</sup> 비프로그램식 디지털 보청기의 특징은 채널(channel)이 대부분 2개 이하이며, 음질, 최대출력(OSPL90), 압축역치(compression threshold, CT), 압축비율(compression ratio, CR)등을 조절할 수 있으며, 보청기적합자가 소음 및 음향피드백을 제어할 수 있는 기능이 없다.

일반적으로 프로그램식 디지털 보청기에서 배경소음 또는 내부잡음(internal noise)의 조절은 주로 각 보청기 제조사가 개발한 소음감소(noise reduction) 기능을 사용하거나 확장(expansion)을 이용하여 확장역치 이하 수준의 배경소음을 효과적으로 감소한다.<sup>6)10)</sup> 그렇지만 비프로그램식의 보청기는 보청기적합 소프트웨어를 사용할 수 없으므로 환기구(vent) 또는 저음역 조절기(low cut, LC)를 사용하여 배경소음을 조절한다. 그러나 WDRC 증폭방식의 경우는 외부에서 유입하는 소리의 크기가 작을 경우 보청기의 이득이 최대가 되므로 작은 소리의 말소리 비슷하거나 그 이하인 수준의 주변소음이 더욱 크게 증폭될 수 있다. 이 경우는 환기구 또는 저음역 조절기의 사용을 고려해 볼

논문접수일 : 2008년 10월 16일

심사완료일 : 2008년 11월 25일

교신저자 : 이상연, 143-847 서울 광진구 능동 276-4번지 2층 벨톤히어링

전화 : (02) 2015-0479 · 전송 : (02) 501-1909

E-mail : syleesms@hanmail.net

수도 있지만 CT를 적절하게 조절하여 배경소음 또는 보청기의 내부잡음을 제어하는 것이 효과적일 수 있다.

본고에서는 비프로그램식 디지털보청기에서 음량 및 음질에 만족할 때 저음역 조절기를 사용하지 않고 단지 CT의 조절을 통하여 배경소음 또는 보청기의 내부잡음을 감소함으로써 보청기 착용자의 불편사항을 해결한 사례를 보고하고자 한다.

## MATERIALS AND METHODS

보청기적합 시 청력손실 정도, 종류 및 입력음압에 따른 최초의 이득, 주파수반응곡선 및 OSPL90을 구하기 위하여 National Acoustic Laboratories Australian Hearing Service 사의 보청기적합 소프트웨어(hearing aid fitting software)인 NAL-NL1 (v0.9)를 사용하였다. 소프트웨어 상에 기도 및 골도 청력역치를 입력하였으며, 실이대커플러차(real-ear to coupler difference, RECD)는 소프트웨어에 미리 내장한 예상 값(predict value)을 적용하였다. 또한 RECD값에 따른 이득을 보상하기 위하여 보청기의 형태(type)를 입력하였으며, 보청기적합공식(hearing aid fitting formula)은 NAL-NL1을 사용하여 2-cc 커플러 이득(2-cc coupler gain)을 구하였다. NAL-NL1에 의한 최초 보청기 적합 후 보청기 착용자의 반응에 따라 음량 및 음질을 조절하였다(Fig. 1). 착용한 보청기의 2-cc 커플러 이득은 Frye사의 FONIX 6500CX에서 ANSI S3.42-1992로 분석하였다.

## RESULTS

### 사 례 1

#### 배경정보

57세의 남성으로 약 2년 전부터 난청에 대한 자각증상이

있었으며, 그 당시는 불편함을 느끼지 못해 보청기 착용을 고려하지 않았다. 최근 3개월 전 코감기를 심하게 앓은 후부터 귀가 멍한 느낌이 들어 예전에 비해 청취에 어려움을 느끼게 되었고 다자간 대화, TV 시청 등에 어려움을 느끼고, 2008년 2월 방문하였다. 약 30년 전에 중이염을 앓은 적이 있으며, 현재는 완치된 상태이고, 가족력은 없었다.

#### 청력평가결과 및 해석

순음청력검사결과 우측 귀는 중도에서 고도로, 좌측 귀는 중고도에서 고도로 하락하는 감각신경성난청으로 나타났다. 기도의 평균 순음역치(500, 1,000, 2,000 Hz)는 우측이 61 dBHL, 좌측이 76 dBHL이며, 어음청취역치(SRT)는 우측이 62 dBHL, 좌측이 68 dBHL이고, 단어인지도(WRS)는 우측이 100 dBHL에서 16%, 좌측이 100 dBHL에서 24%를 보였다.

#### 보청기의 처방

청력평가결과를 설명하고 양이 착용을 권유하였으나 경제적 여건 등을 고려하여 우측에만 보청기를 착용하기로 하였다. 보청기는 1 채널, 비프로그램식 디지털 방식의 외이도보청기(ITC)를 처방하였다. 직경 1.2 mm 환기구를 설치하였으며, 부착한 조절기는 음량조절기(volume control, VC), LC, CT 조절기이었다. ANSI S3.22-1996에 의한 보청기의 전기음향적인 특성은 OSPL90은 112 dB SPL, 최대이득 45 dB이었다.

#### 보청기적합 및 제언

##### 1차 보청기적합

보청기 착용 시 착용감은 좋았으며, 음향피드백도 발생하지 않았다. 상대방 목소리의 크기는 적당하였으나 주변의 컴퓨터 소음이 증폭되어 '췌'하는 소리가 불편하다고 하였다. 이에 따라 저음역 조절기로 저주파수 대역의 이득을 낮

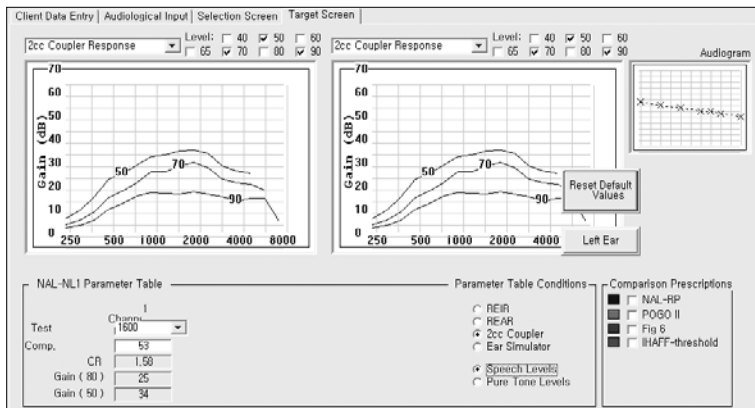


Fig. 1. Example of hearing aid fitting screen on the NAL-NL1 hearing aid fitting software.

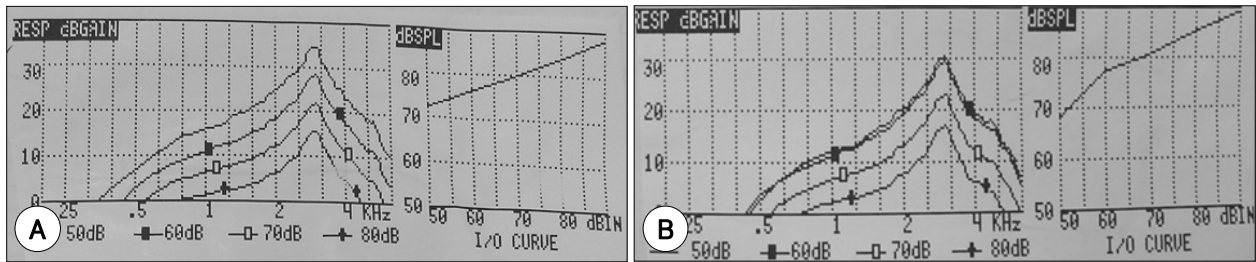


Fig. 2. Electroacoustic analysis of hearing (ANSI S3.42-1992) for case 1. A : 1st fitting. B : 2nd fitting.

추였으며, 3주간의 적응기간을 갖도록 권고하였다. 조절 시 ANSI S3.42-1992에 의해 2-cc 커플러로 분석한 보청기의 특성은 Fig. 2A와 같으며, CT는 50 dB SPL 또는 그 이하이었다. 그리고 최대이득은 입력음압 50 dB SPL에서 34.0 dB 이하, CR은 2,000 Hz에서 약 2.5 : 1이었으며, OSPL90은 약간 상승하였다.

#### 2차 보청기적합

3주간의 적응기간 중 사용 시간이 증가하면서 배경소음이 처음보다 줄어들었으나 여전히 '쌩'하는 소리가 불편했지만 특별히 다른 불편사항을 없었다고 하였다. 이에 따라 CT를 60 dB SPL로 상향 조절하였다(Fig. 2B). 이때 대화음과 비슷한 수준인 60 dB SPL에 대한 이득과 CR은 거의 변하지 않았으나 OSPL90은 약간 증가하였다. 조절 후 보청기 착용자는 배경소음이 들리기는 하지만 불편할 정도는 아니라고 하였으며, 상대방의 목소리의 크기는 비슷하였고, 보청기를 통해서 들리는 음질은 조절 전에 비해 더 깨끗하다고 보고하였다.

## 사 례 2

#### 배경정보

65세 여성으로 약 10년 전 부터 양측에 난청에 대해 인지하고 있었으며, 2003년 교통사고 후 더욱 청취에 어려움이 있었다고 하였다. 4년 전에 집 근처의 의료기 판매점에서 귀걸이형의 보청기를 구입하여 좌측에 착용하였으나 주변의 소음이 너무 시끄럽게 들려서 착용을 포기하였다. 최근에 건강 상태가 악화되면서 가족 간의 대화가 매우 힘든 상태이며, 대부분의 상황에서 청취가 힘들다 것을 느끼고 2007년 11월에 본 센터를 방문하였다. 현재 현기증 증상이 있으며, 왼쪽에 매미우는 소리 등의 다양한 이명이 있으며, 가족력은 없었다.

#### 청력평가결과 및 해석

순음청력검사결과 우측 귀는 중고도에서 시작하여 고도로 하락하다가 4,000 Hz에서 중고도로 상승했다가 다시 고도

로, 좌측 귀는 경도에서 시작하여 중도로 하락하다가 4,000 Hz에서 경도로 상승했다가 다시 중도로 떨어지는 감각신경성난청으로 나타났다. 순음평균역치(500, 1,000, 2,000 Hz)는 우측이 73 dBHL, 좌측이 41 dBHL이었으며, SRT는 우측이 74 dBHL, 좌측이 46 dBHL이며, WRS는 우측이 100 dBHL에서 100%, 좌측이 86 dBHL에서 100%를 보였다.

#### 보청기의 처방

대상자의 청력손실의 정도 및 형태 등을 고려하여 양이 착용을 권유하였으나 기존 착용에 의한 거부감과 실패의 부담감으로 인해 우측에 1 채널, 비프로그래밍식 디지털 방식의 외이도형의 보청기를 처방하였다. 직경 1.2 mm 환기구를 설치하였으며, 부착한 조절기는 VC, LT, CT 조절기이었다. ANSI S3.22-1996에 의한 보청기의 전기음향적인 특성은 OSPL90은 112 dB SPL, 최대이득 45 dB이었다.

#### 보청기적합 및 제언

##### 1차 보청기적합

보청기의 적합 시 50, 70, 90 dB SPL 입력음압에 대한 이득은 은 보청기 착용 시 상대방의 목소리 크기는 적당하였고, 음향피드백은 발생하지 않았다. 이명은 크기는 약간 줄었으며, 보청기의 음질 등에 있어서 특별히 불편한 점은 없었다고 하였다. 3주간의 적응기간을 갖도록 권고하였다. 조절 시 ANSI S3.42-1992에 의해 2-cc 커플러로 분석한 보청기의 특성은 Fig. 3A와 같으며, CT는 60 dB SPL이었다. 그리고 최대이득은 입력음압 60 dB SPL에서 29.0 dB이었으며, CR은 압축비율은 2,000 Hz에서 약 2.2 : 1이었다.

##### 2차 보청기적합

3주간의 적응기간이 지난 후에 보청기 착용 시 이명은 거의 느끼지 못하지만 '쌩'하는 소리가 매우 거슬리게 들리며, 음식물 씹는 소리가 매우 크게 들리는 것을 호소하였다. 또한 조용한 상황에서 간헐적인 '삐'하는 음향피드백이 발

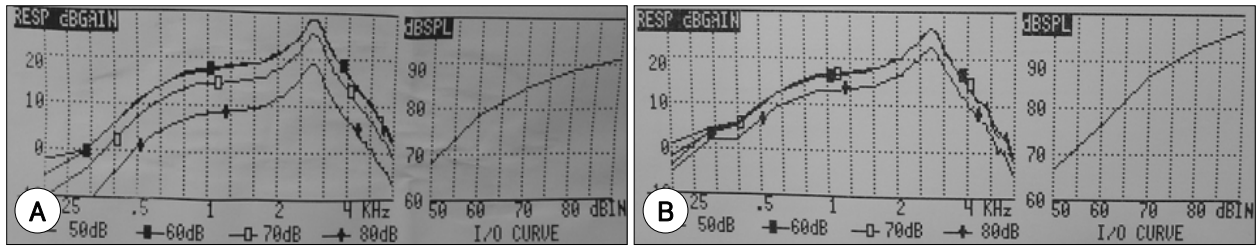


Fig. 3. Electroacoustic analysis of hearing aid (ANSI S3.42-1992) for case 2. A : 1st fitting. B : 2nd fitting.

생한다고 하였다. 음향피드백은 보청기외형(hearing aid shell)에 코팅을 하여 해결하였으며, 잡음에 대한 문제를 해결하기 위하여 CT를 60 dB SPL에서 70 dB SPL로 상승하였다(Fig. 3B). 이때 보청기 착용자는 잡음이 약간 들리기는 하지만 불편한 정도는 아니라고 하였다. 조절 후의 CR은 약 2.2 : 1이었으며, OSPL90은 약간 증가하였다.

## DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

본 사례보고는 현재 일부 보청기 제조사가 개발한 저가의 비프로그램식 디지털 보청기의 착용 시 CT의 조절을 통하여 배경소음 또는 보청기의 내부잡음을 효과적으로 감소시켜서 보청기 착용자의 만족도를 높인 사례를 보고하고자 하였다.

사례 1에서 처음 보청기 적합 시의 CT는 50 dB SPL 또는 그 이하로 전형적인 WDRC의 증폭방식을 보이고 있었으며, 두 번째 보청기 적합 시 CT는 60 dB SPL로 상승하여 50 dB SPL의 입력음압에 대한 이득이 감소하였다. 이때 보청기 착용자가 소음이 감소하였다고 보고한 것은 주변에서 발생하는 컴퓨터의 팬, 바람소리 등의 작은 소음에 대한 이득이 감소하였기 때문이다. 또한 WDRC 증폭방식에 비해서 소리가 깨끗하다고 한 것은 CT를 상승함으로써 대화음 크기의 변동에 따른 주변소음의 변화가 적었고, 처음 보청기 적합 시 최대출력이 너무 낮았기 때문이라고 생각한다.

사례 2에서 CT는 처음 보청기적합 시 60 dB SPL이었으나, 두 번째 방문 시는 70 dB SPL로 증가하였으며, 소음 크기에 대한 만족도는 높아졌다. 이때 입력음압 60 dB SPL에 대한 이득이 약간 낮아지고, 최대출력은 약간 증가하였다. 그러나 보청기 착용자는 대화음 크기의 변화는 느끼지 못했는데, 이는 보청기의 이득을 결정하기 위한 한국 대화음의 평균 레벨 또는 음량증가지각(loudness growth perception)과 관계가 있는 것으로 생각한다.<sup>1)</sup> 그리고 매미가 우는듯한 이명이 줄어들었다고 보고한 것은 주변소음의 증폭에 의한 차폐효과로 보인다.

청력손실의 종류 및 정도에 알맞은 이득을 산출하기는

어렵다. 본 사례보고에서 사용한 보청기적합 소프트웨어는 영어를 주로 사용하는 호주에서 개발한 보청기적합 소프트웨어인 NAL-NL1(v0.9)을 사용하였다. 그러나 영어음과 한국어음의 주파수에 따른 스펙트럼 및 NAL-NL1과 한국인의 선호이득에 차이가 있음을 보고하였다.<sup>2)</sup> 따라서 한국어를 사용하는 난청인에 대한 효과적인 보청기적합을 위해서는 한국인의 신체, 심리음향, 한국어 등의 특성에 대한 연구 또는 표준이 마련되어야 할 것으로 생각한다.

또한 난청인이 착용하고 있는 보청기의 안정된 이득 또는 주파수반응곡선을 결정하기 위해서는 수주 또는 수개월의 적응 또는 순응 과정이 필요하지만<sup>5)</sup> 본 사례에서는 3주간의 순응 기간 후에 잡음에 대한 내용을 주관적으로 평가하였다. 그러나 보청기를 통해 들리는 잡음에 대한 효과적인 평가를 위해서는 수주 또는 수개월 이상의 순응기간을 가지고 환경음 또는 소음 내에서의 WRS, 문장인지도(sentense recognition score), 자가설문지평가(self assessment) 등 객관적 및 주관적인 평가를 병행해야 할 필요가 있다고 생각한다.

결론적으로 소음감소 또는 확장을 이용하여 소음의 크기를 조절할 수 없으나 CT를 조절할 수 있는 보청기의 경우 LC 또는 Vent를 이용하여 소음의 크기를 조절할 수 있다. 그러나 본고의 사례 1, 2와 같이 CT의 상승을 통하여 50 dB SPL 내외의 이득을 감소함으로써 작은 대화음의 크기와 비슷한 배경소음 또는 보청기의 내부잡음을 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 생각한다.

중심 단어 : 압축역치 · 배경소음 · 비프로그램보청기 · 디지털보청기.

## REFERENCES

1. 신은영, 김대영, 박 한, 변혜민, 이성민, 윤지은, 이경원. 정상청력을 가진 한국성인의 음량증가의 특성. 청능재활. 2008;4:64-68.
2. 이경원, 이재희, 이정학. 단측 보청기 착용 시 한국 감각신경성 난청 성인의 2-cc 커플러 이득과 NAL-NL1의 비교. 청능재활. 2008;4:69-73.
3. 이정학, 이경원. 보청기평가. 학지사: 서울;2005.
4. Boike KT, Souza PE. Effect of compression ratio on speech recognition and speech-quality ratings with wide dynamic range compression.

- J Speech Hear Res. 2000;43:456-468.
5. Gatehouse S, Killion M. HABRAT: Hearing aid brain rewiring accommodation time. *Hear Instrum.* 1993;44(10):29-32.
  6. Joneson WA. Beyond AGC-O and AGC-I: Thoughts on a new default standard amplifier. *Hear J.* 1993;46:63-69.
  7. Killion MC. Compression distinction. *Hearing Review.* 1996;3:29-32.
  8. Plyler PN, Hill AB, Trine TD. The effects of expansion on the objective and subjective performance of hearing instrument users. *J Am Acad Audiol.* 2005;16(2):101-113.
  9. Venema TH. Programmable and digital hearing aids T.H. Veneman (Ed), *Compression for clinicians* San Diego, CA: Singular;1998. p.87-93.
  10. Venema TH. The many faces of compression. In R.E. sandlin (Ed), *Textbook of hearing aid amplification* San Diego, CA: Singular;2000. p.238-239.