

## 단측 보청기 착용 시 한국 감각신경성 난청 성인의 2-cc 커플러이득과 NAL-NL1의 비교

한림국제대학원대학교 청각학과,<sup>1</sup> 한림청각언어연구소,<sup>2</sup> 한림대학교 일반대학원 청각학 전공,<sup>3</sup> 인디애나대학교 청각학과<sup>4</sup>  
이경원<sup>1,2,3</sup> · 이재희<sup>1,2,4</sup> · 이정학<sup>1,2</sup>

### ABSTRACT

#### Comparing 2-cc Coupler Gain of Monaural Fitting with Non-Linear Fitting Formulas for Elderly Korean with SNHL

Kyoung Won Lee<sup>1,2,3</sup> Jae Hee Lee<sup>1,2,4</sup> and Jung Hak Lee<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Audiology, <sup>2</sup>Hallym Institute of Audiology & Speech Pathology,  
Hallym Institute of Advanced International Studies, Seoul, Korea,

<sup>3</sup>Graduate Program in Audiology, Hallym University, Chuncheon, Korea,

<sup>4</sup>Department of Speech and Hearing Sciences, Indiana University, Indiana, U.S.A

Since there have been few studies on comparison of spectral and temporal characteristics between Korean and English speech sounds, research to date may not provide a consensus on the effectiveness of the coupler gains specified by the fitting formulas of NAL-NL1 to Korean hearing-impaired listeners. The two goals of this study were : 1) to determine the coupler gains preferred by hearing-impaired listeners as a function of the input level ; and 2) to compare the Korean preferred coupler gains with the coupler gains from NAL-NL1 that are based on English speech sounds. Eighteen hearing-impaired listeners (10 females and 8 males) with sensorineural hearing loss served as subjects. The ages of the subjects ranged from 47 to 88 years (M=67.9 yr, SD=8.7 yr) and their pure tone averaged (PTA) thresholds among 500, 1,000, 2,000, 4,000 Hz were between 42.5 and 75.0 dB HL. To avoid no preference for hearing-aids gains, the preferred coupler gains were examined at least after the three times of hearing-aids adjustments. The preferred coupler gains were measured at the frequencies between 250 and 4,000 Hz, with the conversational level sounds. Results showed that the Korean preferred coupler gains were lower than the coupler gains transferred from the fitting formulas of NAL-NL1, with greater differences in the frequencies below 1,500 Hz. These differences should be considered when fitting the hearing aid for the Korean hearing-impaired.

**KEY WORDS :** Preferred gain · 2-cc coupler gain · Fitting formula.

### INTRODUCTION

청력손실자가 착용하고 있는 보청기에 대하여 청력손실의 종류 및 주파수별 청력손실의 정도에 알맞게 보청기의 이득을 결정하는 것은 매우 어려운 일이다. 영어음 또는 이와 비슷한 어음을 사용하는 미국, 호주, 유럽 등의 경우는 주파수별 청력손실의 종류 및 정도에 알맞은 보청기의 이득을 구하기 위하여 많은 노력을 기울여 왔다. 과거에 Watson &

Knudsen<sup>20)</sup>은 쾌적수준(MCL)을 기준으로, Lybarger<sup>11)</sup>는 역치의 1/2을 이득으로 정하는 1/2 이득법(1/2 gain rule)을 제안하였다. 그 후 1/2역치 처방법(prescription formula)을 근간으로 하는 Berger 처방법,<sup>2)</sup> POGO 처방법,<sup>13)</sup> Libby 1/3, 2/3 처방법,<sup>12)</sup> NAL 처방법,<sup>3)</sup> DSL 처방법<sup>17)</sup> 등이 선형(linear type) 증폭기의 적합공식(fitting formula)으로 등장하였다. 비선형(non-linear type)의 증폭기가 탄생한 이후에는 Fig. 6,<sup>16)</sup> IHAFF,<sup>5)</sup> DSL I/O,<sup>4)</sup> NAL-NL<sup>18)</sup> 등이 비선형보청기의 처방법으로 사용되고 있다.

보청기적합공식은 기도 및 골도 청력역치와 MCL, UCL 등의 청각손실과 관련된 데이터와 실이공명반응(REUR), 실이대커플러차(RECD), 삽입이득기준커플러반응(CORFIG), 송화기위치효과(microphone location effect) 등 개인의 신

논문접수일 : 2008년 2월 26일

심사완료일 : 2008년 4월 15일

교신저자 : 이경원, 135-841 서울 강남구 대치동 906-18

한림국제대학원대학교 청각학과

전화 : (016) 661-2087 · 전송 : (02) 3453-6618

E-mail : leekw@hallym.ac.kr

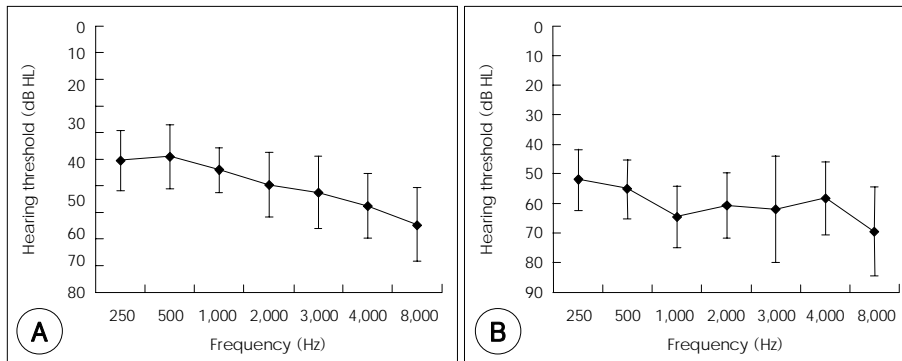


Fig. 1. Means and standard deviations of hearing thresholds for subjects with CIC (A) and ITC (B).

체적인 차이를 고려하여 청력손실의 종류 및 정도에 알맞은 이득 또는 주파수반응곡선을 산출한다.<sup>14)</sup> 특히 프로그램식 보청기(programmable hearing aid)는 개인 또는 평균적인 데이터를 보청기적합공식과 함께 소프트웨어에 내장하여 계산함으로써 보청기적합에 편리함을 주고 있다. 한국의 경우는 대부분 프로그램식 보청기와 함께 보청기적합 소프트웨어를 함께 수입하여 소프트웨어 상에서 기도청력역치를 입력하여 보청기적합에 사용하고 있다. 그러나 한국 난청인에 대하여 대화음의 강도 및 어음의 에너지 분포 등의 어음특성, MCL, UCL, 음량증가(loudness growth perception) 등 심리음향특성, RECD, CORFIG, MLE 등 신체적인 특징에 대한 연구가 부족한 실정에서 영어권에서 개발한 보청기적합공식을 그대로 사용하는 것은 재고할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 보청기적합공식에 대한 연구에 앞서 한국 난청인의 선호이득(Korean preferred gain, KPG)을 2-cc 커플러를 기준으로 확인하고, 이를 영어권의 보청기적합공식인 NAL-NL1과 비교하여 차이가 있는지를 확인하고, 이를 토대로 향후 한국형 보청기적합공식을 개발하는데 도움을 주고자 하였다.

## MATERIALS AND METHODS

### 연구대상

본 연구에 참여한 피검자는 양이에 중이질환이 없으며, 고막운동성검사(tympanometry)에서 A형을 나타내며, 헤드폰(TDH-39)를 사용한 순음역치의 평균은 42.5~75.0 dB HL이었다. 나이는 47~88세(평균; 67.9세, 표준편차; 8.7세)이며, 난청클리닉을 3회 이상 방문하고, 착용한 보청기의 음질 및 대화음의 크기에 만족하는 18명(남 8, 여 10)을 대상으로 하였다. 피검자는 모두 보청기를 착용한 경험이 없었으며, 10명은 고막보청기(CIC), 8명은 외이도보청기(ITC)를 한쪽에만 착용하였다.

보청기는 1-4채널로 WDRC(wide dynamic range com-

Table 1. Subject information

subject	Age	Sex	Ear	Manufacturer	Type of HA	Channel
1	58	F	R/T	Phonak	CIC	2
2	61	M	R/T	Unitron	CIC	2
3	65	F	R/T	Unitron	CIC	2
4	72	F	L/T	Unitron	CIC	2
5	67	M	R/T	Unitron	CIC	2
6	77	M	R/T	Phonak	CIC	4
7	64	M	L/T	Phonak	CIC	4
8	47	M	L/T	Phonak	CIC	4
9	67	M	L/T	Phonak	CIC	4
10	70	F	L/T	Phonak	CIC	4
11	60	M	R/T	Unitron	ITC	2
12	74	M	L/T	Siemens	ITC	1
13	66	F	L/T	Unitron	ITC	2
14	65	F	R/T	Unitron	ITC	2
15	74	F	L/T	Unitron	ITC	2
16	72	F	R/T	Siemens	ITC	1
17	86	F	R/T	Starkey	ITC	1
18	77	F	L/T	Unitron	ITC	2

pression)로 변환이 가능한 비선형의 보청기였으며, 1.0~1.2 mm의 환기구(vent)를 설치하였다. 피검자의 순음역치의 평균과 표준편차(Fig. 1) 그리고 착용한 보청기(Table 1)는 표로 나타내었다.

### 연구절차

기도 및 골도의 청력역치는 AC 33(Interacoustic) 및 GSI 61(Grason & Stadler), 고막운동도는 TymStar(middle ear analyzer)를 사용하여 확인하였다.

피검자는 보청기적합 조절을 위하여 난청클리닉을 3회 이상 방문하였으며, 처음 방문 시에 순음청력검사, 고막운동성검사 등을 통하여 청력손실의 확인 및 보청기를 주문하였다. 처음 보청기 적합 3주 후에 두번째 보청기 적합을 실시하였으며, 필요에 따라서 1회 이상 더 방문하게 하여 보청기를 조절하였다. 보청기적합 후 폐쇄효과(occlusion effect) 또는 주변소음의 크기, 음향피울림(acoustic feed-

back) 또는 소리의 날카로움 그리고 대화음의 크기를 주관적으로 확인하였으며, 확인 방법은 다음과 같다.

#### 폐쇄효과 또는 소리의 울림

폐쇄효과 또는 주변소음의 확인을 위하여 다음의 세 가지 단계로 구분하여 질문하였다.

- 본인 또는 타인의 목소리가 많이 울린다. 또는 컴퓨터 등 주변소음이 크다.
- 본인 또는 타인의 목소리가 약간 울린다. 또는 컴퓨터 등 주변소음이 조금 크다(그러나 참을만 하다).
- 본인 또는 타인의 목소리가 울리지 않는다. 또는 컴퓨터 등이 신경 쓰이지 않는다(소리가 자연스럽다).

#### 음향되움 또는 소리의 날카로움

음향되움 또는 소리의 날카로움 확인을 위하여 우선 검사자의 귀를 보청기를 착용한 귀에 가까이 대어 확인한 후, 다음의 세 가지 단계로 구분하여 질문하였다.

- ‘삐’ 소리가 너무 크다. 또는 소리가 너무 날카롭다.
- ‘삐’ 소리가 약간 난다. 또는 소리가 날카로운 편이다(그러나 참을만 하다).
- ‘삐’ 소리가 전혀 나지 않는다. 또는 소리가 편안하다(부드럽다).

#### 대화음 크기의 확인

보청기 착용자가 느끼는 대화음의 크기는 보청기적합실 정도의 조용한 상황에서 화자와의 거리를 1~2 m를 유지하고, 일상적인 대화를 하면서 다음의 세 가지 단계로 구분하여 확인하였다.

- 상대방의 말소리가 크다.
- 상대방의 말소리가 편안하다. 또는 적당하다.
- 상대방의 말소리가 작다.

#### 분석방법

청력손실자가 착용한 보청기의 최초와 최종 적합 시 2-cc

커플러의 이득은 Frye사의 FONIX 6500CX에서 ANSI S3.42-1992로 분석하였으며, NAL-NL1에 의한 이득은 National Acoustic Laboratories Australian Hearing Service의 NAL-NL1(v0.9) 소프트웨어 상에 기도 청력역치를 입력하고 입력음압 60과 70 dB SPL에 대한 2-cc 커플러의 이득을 구한 후, Windows 용 SSPS(11.0)를 사용하여 통계 분석하였다.

## RESULTS

### 최초 및 최종 적합 시 2-cc 커플라이득

보청기 착용시 폐쇄효과와 음향되움에 문제가 없으며, 대화음의 크기에 만족하는 최종(final) 적합의 2-cc 커플라이득을 보청기의 형태 별로 최초(first) 적합과 비교하였다. 최종 적합의 2-cc 커플라이득은 CIC의 경우 60 및 70 dB SPL 입력음압에서 증가하였고(Fig. 2), ITC는 70 dB SPL의 입력음압에서 증가하였으나(Fig. 3) 유의미한 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

### KPG와 NAL-NL1

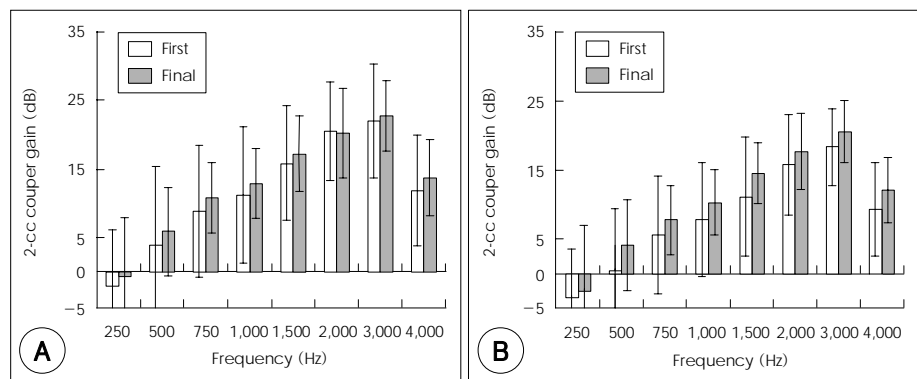
KPG를 2-cc 커플러를 기준으로 NAL-NL1과 비교했을 때, 3,000 Hz를 제외한 모든 주파수에서 유의미한 차이를 보였다( $p<0.01$ ). 2,000 Hz 이하의 주파수에서 입력음압 60 dB SPL은 10.0~16.9 dB, 70 dB SPL은 9.8~15.7 dB로 KPG의 2-cc 커플라이득이 낮게 나타났다(Fig. 4).

## DISCUSSIONS

본 연구에서는 한국 감각신경성 난청인에 대하여 보청기의 최초와 최종 적합 그리고 선호이득과 비선형보청기의 적합공식 중 하나인 NAL-NL1을 2-cc 커플라이득을 기준으로 비교하였다.

본 연구에서는 보청기의 최초와 최종 적합의 2-cc 커플라이득을 비교했을 때 CIC는 입력음압 60과 70 dB SPL

Fig. 2. 2-cc coupler gain of the first and the final fitting for the input level of 60 dB SPL (A) and 70 dB SPL (B) with CIC hearing aid. A : 60 dB SPL input. B : 70 dB SPL input.



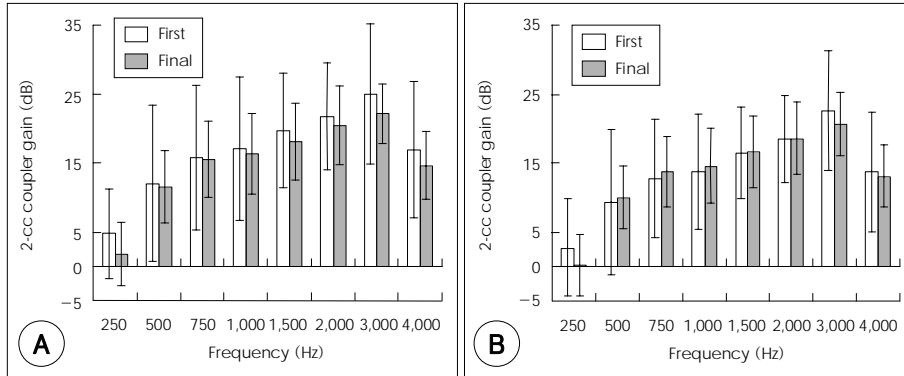


Fig. 3. 2-cc coupler gain of the first and the final fitting for the input level of 60 dB SPL (A) and 70 dB SPL (B) with ITC hearing aid. A : 60 dB SPL input. B : 70 dB SPL input.

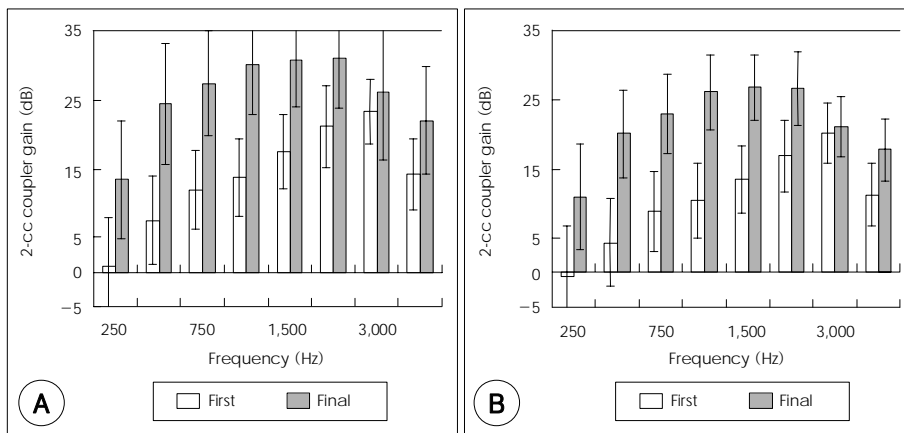


Fig. 4. 2-cc coupler gain of PFG and NAL-NL1 for the input level of 60 and 70 dB SPL. A : 60 dB SPL. B : 70 dB SPL.

Table 2. 2-cc gain differences between the first and the final fit-ting for the input level of 60 dB SPL and 70 dB SPL

HA type	Input level	Frequency (Hz)							
		250	500	750	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000
CIC	60 dB SPL	1.4	2.0	2.0	1.6	1.4	-0.8	0.6	1.9
	70 dB SPL	1.0	3.8	2.1	2.5	3.4	2.0	2.3	2.8
ITC	60 dB SPL	-3.0	-0.5	-0.3	-0.6	-1.5	-1.4	-2.9	-2.3
	70 dB SPL	-2.6	0.6	1.0	0.9	0.1	0.1	-2.0	-0.6

에서, ITC는 입력음압 70 dB SPL에서 2-cc 커플러이득이 증가하였지만 유의미한 차이는 없었다(Table 2). 보청기의 적합 시 DSL [i/o]와 NAL-NL1의 적합공식을 적용하고 있는 Siemens사의 적합소프트웨어(CONNEXX, ver : 3.4~5.4)의 경우는 보청기를 처음 착용하는 경우보다 적응과정을 거친 후의 이득이 높게 설정되어 있어서 차이를 보이고 있는데, 이는 기존의 보청기적합공식을 사용하는 경우 한국인의 신체 및 심리음향적인 특징 그리고 한국어의 특성이 반영되지 않아서 최초 적합 시 목표이득을 효과적으로 설정하기 어려웠기 때문으로 생각한다.

본 연구에서는 보청기의 최초와 최종 적합의 2-cc 커플러이득을 비교했을 때 CIC는 입력음압 60과 70 dB SPL에서, ITC는 입력음압 70 dB SPL에서 2-cc 커플러이득이 증가하였지만 유의미한 차이는 없었다(Table 3). 보청기의 적합 시 DSL [i/o]와 NAL-NL1의 적합공식을 적용하고

Table 3. 2-cc gain differences between KPG and NAL-NL1 for 60 dB SPL and 70 dB SPL input level. Differences were all significant at level  $p < 0.01$  except 300 Hz

Input level	250	500	750	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000
60 dB SPL	12.5	16.9	15.4	16.3	13.3	10.0	2.8	7.9
70 dB SPL	11.6	15.8	14.2	15.7	13.3	9.8	0.9	6.5

있는 Siemens사의 적합소프트웨어(CONNEXX, ver : 3.4~5.4)의 경우는 보청기를 처음 착용하는 경우보다 적응과정을 거친 후의 이득이 높게 설정되어 있어서 차이를 보이고 있는데, 이는 기존의 보청기적합공식을 사용하는 경우 한국인의 신체 및 심리음향적인 특징 그리고 한국어의 특성이 반영되지 않아서 최초 적합 시 목표이득을 효과적으로 설정하기 어려웠기 때문으로 생각한다.

그리고 CIC의 경우 입력음압 60과 70 dB SPL에서 유의미한 차이는 없었지만 250~1,500 Hz의 이득이 증가한 것은 최초 적합 시 폐쇄효과로 인해 저주파수의 이득이 감

소하였다가 적응과정을 통하여 회복된 것으로 생각한다. 이는 처음에는 불편했던 소음 등이 적응과정을 통해서 해소될 수 있다고 보고한 Gatehouse & Killion<sup>9)</sup>의 연구와도 일치성을 보였다.

또한 CIC는 입력음압 60 보다는 70 dB SPL의 2-cc 커플러이득이 더욱 증가하였는데, 이는 최초 적합에 비해서 최후 적합의 압축역치(compression threshold)가 증가하였거나, 압축비율(compression ratio)이 낮아졌기 때문이다. Barker & Dillon<sup>1)</sup>의 연구에서도 중도의 청력손실을 가진 난청인을 대상으로 압축율이 2 : 1인 보청기의 선호하는 압축역치를 알아보았을 때, 40 dB SPL 내외의 낮은 압축역치보다는 65 dB SPL 정도의 압축역치를 선호한다고 보고한 바 있어서 한국 난청인에 대해서는 좀 더 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

한국 난청인의 선호이득을 NAL-NL1과 비교했을 때, 입력음압 60과 70 dB SPL에서 3,000 Hz를 제외한 모든 주파수에서 유의미한 차이가 있었으며, 특히 1,500 Hz 이하에서 더 많은 차이를 보였다. 많은 선행연구에서 보청기적합공식을 산출하기 위해서는 역치를 포함한 음량증가, RECD, 대화음의 스펙트럼 및 강도 등의 특징을 포함해야 한다고 하는데<sup>3)6)7)15)19)</sup> NAL-NL1 소프트웨어는 한국인의 이러한 특징을 고려하지 못한 것으로 생각한다.

난청인에게 알맞은 이득을 구하기 위해서는 보청기 착용 후의 단어인지, 음질, 만족도에 대한 주관적인 평가, 선호이득 등 다양한 각도에서 착용효과를 측정하는 것이 중요하다.<sup>10)</sup> 본 연구에서는 단어, 문장 등에 대한 인지도, 만족도에 대한 주관적인 평가는 실시하지 않았지만 한국 난청인에 대한 선호이득을 확인하여 한국형 보청기적합공식을 개발하기 위한 기초적인 자료로 활용하고자 하였다.

## CONCLUSIONS

본 연구에 참여한 피검자는 47세 이상의 감각신경성 난청인으로 보청기착용 경험이 없으며, 한 쪽에 보청기를 착용하였다. 연구의 결과를 살펴보면, 첫째, 보청기의 최초 및 최후 적합 시 이득의 유의미한 변화는 확인할 수 없었다. 둘째, 한국 난청인의 선호이득을 2-cc 커플러를 기준으로 NAL-NL1과 비교했을 때 3,000 Hz를 제외한 모든 주파수에서 낮게 나타났다.

향후 청력손실의 종류, 형태 및 종류 별로 선호이득을 포함하여 한국인의 신체적인 특징 및 심리음향적인 특성 그

리고 한국어음의 특성을 구체적으로 확인하여 보청기적합공식을 개발한다면 보청기적합에 효과적인 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

중심 단어 : 기대 이득 · 2-cc 커플러 이득 · 적합공식.

## REFERENCES

1. Barker C, Dillon H. Client preferences for compression threshold in single channel wide dynamic range compression hearing aids. *Ear & Hear.* 1999;20(2):127-139.
2. Berger K. Prescription of hearing aids: A rationale. *J Amer Audiol Soc.* 1976;2:71-78.
3. Byrne D, Dillon H. The National Acoustics Laboratories' (NAL) New procedure for selecting the gain and frequency response of a hearing aid. *Ear & Hear.* 1986;7(4):257-265.
4. Cornelisse L, Seewald R, Jamieson D. The input/output formula: a theoretical approach to the fitting of personal amplification devices. *J Acoust Soc Amer.* 1995;97(3):1854-1864.
5. Cox RM. Using loudness data for hearing aid selection: The IHAFF approach. *The Hear J.* 1995;48(2):10, 39-44.
6. Cox RM, Alexander GC, Taylor IM, Gray GA. The contour test of loudness perception. *Ear Hear.* 1997;18(5):388-400.
7. Cox RM, Flamme GA. Accuracy of predicted ear canal speech levels using the VIOLA input/output-based fitting strategies. *Ear Hear.* 1998;19:139-148.
8. Dillon H. NAL-NL1: A new prescriptive fitting procedure for non-linear hearing aids. *The Hear J.* 1999;52(4):10-16.
9. Gatehouse S, Killion M. HABRAT: Hearing aid brain rewiring accommodation time. *Hear Instrum.* 1993;44(10):29-32.
10. Jenstad LM, Bagatto MP, Seewald RC, Scollie SD, Cornelisse LE, Scicluna R. Evaluation of the desired sensation level [input/output] algorithm for adults with hearing loss: the acceptable range for amplified conversational speech. *Ear Hear.* 2007;28(6):793-811.
11. Lybarger SF. (inventor). US Patent application (SN 543, 278):1944.
12. Libby R. The 1/3-2/3 insertion gain hearing aid selection guide. *Hear Instrum.* 1986;3:27-28.
13. McCandless GA, Lyregaard PE. Prescription of gain/output (POGO) for hearing aids. *Hearing Instrum.* 1983;34(1):16-21.
14. Mueller HG. Fitting hearing aids to adults using prescriptive method: an evidence-based review of effectiveness. *J Am Acad Audiol.* 2005;16:448-460.
15. Keidser G, Grant F. Comparing loudness normalization (IHAFF) with speech intelligibility maximization (NAL-NL1) when implemented in a two-channel devices. *Ear Hear.* 2001;22:501-515.
16. Killion MC, Fikret-Pasa S. The 3 types of sensorineural hearing loss: loudness and intelligibility considerations. *The Hear J.* 1993;46(11):31-36.
17. Seewald R, Ramji K, Sinclair S, Moodie K, Jamieson D. Computer-assisted implementation of the desired sensation level method for electroacoustic selection and fitting in children: Version 3.1. User manual. London, Ontario: The University of Western Ontario;1997.
18. Smeds K. Is normal or less than normal overall loudness preferred by first-time hearing aid users? *Ear Hear.* 2004;25(2):159-172.
19. Stelmachowicz PG, Mace AL, Kopun JG, Carney E. Long-term and short-term characteristics of speech: implications for hearing aid selection for young children. *J Speech Hear Res.* 1993;36:609-620.
20. Watson N, Knudsen V. Selective amplification in hearing aids. *J Acoust Soc Amer.* 1940;11:406-419.