

고막형 보청기의 길이에 따른 기능이득의 변화

서옥기 · 신중욱 · 이호기 · 정명현

Comparison of the Functional Gain Differences in CIC by Canal Length

Ok-Ki Suh, M.A., Joong-Wook Shin, M.D.,
Ho-Ki Lee, M.D., Myung-Hyun Chung, M.D.

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the functional gain difference between short and long canal CIC. The difference in canal length is about 2–4 mm. In comparison long canal CIC with short canal CIC, no increment occurs at 0.5 kHz and contribution at 1–4 kHz is approximately 1–3 dB increment due to deep insertion. But there are variable functional gain differences in every frequency. In the t-test, significant difference was found in only 1 kHz. As a result, long canal hearing aid is not absolutely effective in high frequency emphasis but tendency for high frequency emphasis. Their effects are different in every persons. Feedback problem occurred in 3 long canal cases and 1 short canal hearing aid. Among 18 cases, 12 persons wear a long canal hearing aid 6 persons short canal hearing aid. (9(1) : 23-28, 2005)

KEY WORDS : Hearing aids · Ear canal · Hearing rehabilitation.

서 론

보청기 착용이 성공적으로 이루어지기 위하여 고려할 요소는 청력 정도(degree), 청력 형태(type), 나이(age), 성별(sex), 미적 요소(cosmetic appearance) 등이 있다. 보청기가 소형화 되고 많이 보급됨에 따라 그 중 미적인 요소는 더욱 대두되었고 따라서 고막형 보청기가 많이 보급되고 있다. 그러나 고막형 보청기는 귀걸이형(behind the ear)이나 귓속형(in the canal)

보청기에 비해 증폭 정도가 작으므로 선택에 한계가 있다. 따라서 고막형 보청기의 착용 시 적합한 장착(fitting)을 위해 보청기의 수정(modification)이 필요한 경우가 종종 있다. 같은 증폭 정도의 보청기도 귀걸이형, 귓속형, 고막형에서 고막에 미치는 음압의 크기가 다른데 특히 고막형에서 더 큰 증폭 정도를 나타낸다고 보고되어 있다. 또 고막형 보청기에서 송화기(microphone)가 외이도의 입구(aperture)에서 안쪽으로 어느 정도 들어가 위치하는 지에 따라 그 증폭 특성이 달라지며 보청기의 끝부분(sound bore)과 고막(drum)사이의 공간의 크기(residual volume)에 따라 고막에 미치는 영향이 달라 음향학적 이득의 차이가 있음이 보고되어 있다.

본 연구에서는 보청기를 장착하는 과정에서 송화기의 위치는 동일하게 하고 보청기의 길이만 다르게 하

연세대학교 의과대학 이비인후과교실
Department of Otorhinolaryngology, College of Medicine,
Yonsei University, Seoul, Korea
교신저자 : 서옥기, 135-720 서울 강남구 도곡동 146-92
전화) (02) 2019-2586, 전송) (02) 3463-4750
E-mail : entaudio@yumc.yonsei.ac.kr

여 보청기의 끝부분(sound bore)과 고막(drum)사이의 공간의 차이(residual volume)를 변화시킴으로 해서 발생하는 기능이득(functional gain)의 차이를 비교하여 그에 따른 보청기의 효과를 규명하여 임상에 실질적인 도움을 주고자 하였다.

연구배경

귓속형(In the ear), 외이도형(In the canal), 고막형(Canal in the ear) 보청기의 수화기(receiver)의 대부분은 외이도 내의 second band를 기준으로 바깥 1/3 또는 연골부위에 위치한다. 서로 다른 형태의 보청기는 외이도에 서로 다른 길이로 장착되며 그 결과 여러 차이점이 있는 것으로 보고되어 있다. 외이도의 용적, 형태, 보청기 수화기(receiver)의 외이도 내 위치 등이 보청기 효과에 영향을 미치나 모두 똑같은 형태와 위치에 있지 않기 때문에 기대되는 차이점이 모두 같은 시스템(system)에서 동일하게 성취될 수 없다. Agnew는 고막형 보청기에서 외이도 내로 삽입되는 길이(canal length)를 변화시킴에 따라 1) 보청기의 끝이 외이도의 끝부 쪽에 안착될 때 폐쇄효과(occlusion effect)를 감소시킬 수 있으며 2) 보청기와 고막사이의 외이도의 남은 공간(residual volume)이 귓속형(ITC)보다 작아져서 작은 강도로도 좋은 효과를 얻을 수 있어 왜곡을 줄일 수 있고 고주파 증폭기의 headroom capabilities가 커지기 때문에 음질을 향상시킬 수 있으며 3) 송화기(Microphone)가 외이도 안쪽에 위치하므로 피드백(feedback), 바람소리(wind noise)를 감소시키는 효과가 있다고 하였다.¹⁾

따라서 개개인의 보청기 착용에 있어 보청기의 길이(canal length)를 길게 하였을 때와 짧게 하였을 때의 이득의 차이와 특성을 비교 연구하여 길이를 조절함으로써 얻을 수 있는 효과를 추정하여 보다 적절한 장착에 도움이 되고자 하였다.

대상 및 방법

영동세브란스병원 이비인후과에 내원한 보청기 후보자 13명 18귀(남자 13귀, 여자 5귀)를 대상으로 하

Table 1. Puretone average (dBHL) and Range (dB)

	0.5 k	1 k	2 k	3 k	4 k
PTA average	43	53	53	55	54
Range	20-60	25-65	35-75	25-85	45-85

였다. 그들의 평균청력은 50 dBHL이었다(Table1).

Second band가 잘 나오도록 귀본(impression)을 떼서 보청기 제작을 의뢰하였다. 보청기의 길이를 길게(long), 짧게(short) 두 가지로 제작하였는데 microphone의 위치는 두 보청기 모두 동일하게 aperture에 위치하게 하고 bore의 위치는 긴 것은 second band를 약 2~4 mm 지나게 길게 하였고 짧은 것은 second band에 bore가 위치하게 제작하였다.

총 18개 중 8개는 S사 4개는 O사 3개는 R사 3개는 S사 제품으로 하였다. 두 보청기 모두 같은 프로그램으로 하였고 검사 전 두 보청기를 Phonix 6500 hearing aid analyzer를 이용하여 ANSI 1992규격으로 커플러 이득(coupler gain)을 확인하였다. GSI 10 audiometer를 이용하여 1 dB step으로 wable tone 0.5, 1, 2, 3, 4 kHz 영역에서 음장 검사(free field)를 시행하여 그 차이를 비교하였고 feedback여부와 이물감 등의 불편한 정도를 환자의 반응을 물어 판정하였다. 음장 검사는 0도 azimuth로 1 m거리에 의자에 앉은 상태로 머리를 움직이지 않도록 한 상태로 측정하였다.

결 과

외이도 삽입부위의 길이가 긴 보청기와 길이가 짧은 보청기의 기능이득을 비교했을 때 0.5 kHz에서는 canal이 긴 보청기의 음량 증가 빈도가 39% 음량 감소 빈도가 39%로 같았고 차가 없는 경우가 22%이었다. 1 kHz에서는 길이가 긴 보청기의 음량 증가 빈도가 61% 음량 감소 빈도가 33% 차가 없는 경우가 6%이었다. 2 kHz에서는 음량 증가 빈도가 56% 음량 감소 빈도가 33% 차가 없는 경우가 11%이었다. 3 kHz에서는 음량 증가 빈도가 56% 음량 감소 빈도가 44%이었다. 4 kHz에서는 음량 증가 빈도가 50% 음량 감소 빈도가 33% 차가 없는 경우가 17%이었다. 결과적으로 보청기 길이를 2~4 mm 길게 제작하였을 때 0.5 kHz에

서는 음량 증가와 음량 감소 빈도가 같은 반면 1~4 kHz 영역에서는 음량 증가 빈도가 50~61%인 반면 음량 감소의 빈도가 33~44%를 나타내어 음량 증가의 빈도가 더 높았다(Fig. 1).

길이가 긴 보청기와 짧은 보청기를 착용한 후 역치를 주파수별로 비교한 결과 길이가 긴 보청기에서 0.5

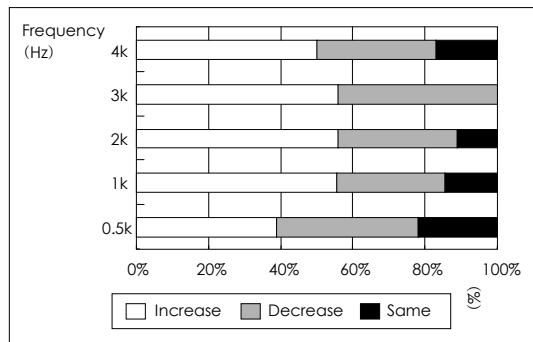


Fig. 1. Gain difference between short and long canal hearing aid.

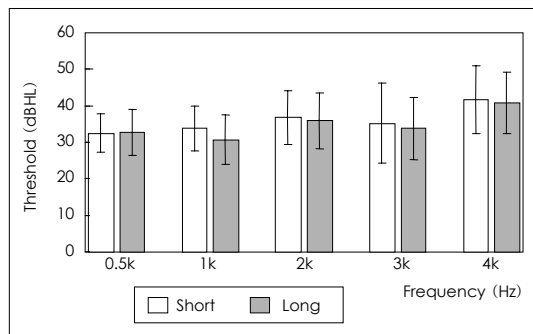


Fig. 2. Threshold in short and long canal hearing aid.

kHz에서는 -0.1 dB로 역치의 차가 없었으며 1 kHz에서 평균 3.2 dB 역치가 낮았으며 3, 2, 4 kHz의 순으로 역치가 낮게 나타났다. 음량이득의 빈도가 높은 주파수는 1 kHz이었으며 3, 2, 4, 0.5 kHz의 순으로 높게 나타났다. 이득의 변동률은 3 kHz에서 가장 크게 나타났으며 4, 2, 1, 0.5 kHz의 순으로 0.5 kHz에서 가장 변동률이 작게 나타났다(Fig. 2). 외이도 내 삽입길이가 긴 보청기와 짧은 보청기의 기능이득을 비교했을 때 1 kHz에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었고 ($p < 0.05$) 0.5, 2, 3, 4 kHz에서는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

피드백은 총 18예 중 짧게 한 경우는 1예에서 길게 한 경우는 3예에서 발생하였다.

고찰

Boyle은 귀의 음향적인 특성을 평행한 두 capacitor로 설명하였는데 한 capacitor는 이도(ear canal)의 잔여 음향 부피(residual acoustic volume)인 C_{vol} 이고 다른 capacitor는 고막(tympanic membrane)과 중이구조물(middle ear structure)의 특성인 C_{tm} 이다. 큰 잔여 부피(large residual volume)를 가진 conventional hearing aid fitting에서는 volume과 반비례하는 impedance가 상대적으로 낮아 hearing aid fitting시 오직 잔여부피만이 factor로 작용한다. 소리는 항상 가장 적은 임피던스 경로를 통과하기 때문에 고막(tympanic membrane)과 중이구조물(middle ear structure)은 영향을 미치지 못한다. 그러나 deep canal 보청기

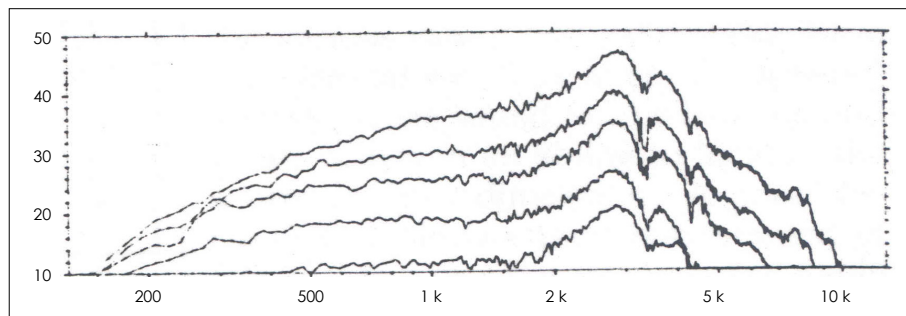


Fig. 3. The effect of reduced volume cavity on Starky tympanette on KEMAR (From low curve up=2 cc, 1 cc, 0.5 cc, 0.25 cc and 0.12 cc).

에서는 잔여부피뿐만 아니라 고막과 중이구조물에 의해 생성되는 임피던스의 복잡한 특성이 반영되며 고막과 중이구조물의 특성은 외이도에서 발생하는 이득과 출력을 결정하는 데 중요한 요소가 된다. 이도가 딱딱한 공간이라면 고막에 닿는 소리는 매우 큰 임피던스를 가져 Cvol의 효과를 결코 제압할 수 없을 정도로 크게 작용하며 그런 경우 Boyle의 법칙은 주파수와 관계없다. 그러나 사람의 고막과 중이구조는 딱딱한 벽으로 된 공간에 비해 낮은 임피던스를 가지므로 그 효과는 주파수 의존적이며 전체 impedance중 reactance component는 특히 고주파에 영향을 미친다.²⁾

이런 이론적인 배경에 의하면 수화기를 안쪽으로 깊게 하여 잔여부피를 작게 하면 전 주파수에 걸쳐 이득이 증가되는 효과가 있으며 폐쇄효과(occlusion effect), 피드백(feedback)의 발생감소 등의 효과가 있다. Residual volume을 평균 2,000 mm³에서 작게는 120 mm³ 정도로 줄임으로 음압의 증가를 가져 오는데 예를 들어 KEMAR에서 residual volume을 2 cc에서 0.12 cc로 줄일 경우 2 cc에서의 peak gain은 20 dB이나 residual volume을 반씩 줄임에 따라 6 dB씩 증가하여 0.12 cc에서는 peak gain이 45 dB로 증가한다(Fig. 3). 그러나 딱딱한 벽으로 된 공간(hard walled cavity)인 KEMAR와는 달리 실지 귀에서는 약간 다른 효과를 나타낸다. 상대적으로 저항이 작은 고막에 의해 외이도 부피(ear canal volume)를 감소시키는 효과뿐 아니라 중이 부피(Air filled middle ear cavity)와 평행하여 이득이 변화하는 효과가 있다.

주파수가 증가함에 따라 고막의 탄성(reduced compliance)이 감소 되기 때문에 주파수가 증가함에 따라 외이도 부피에 비해 중이부피의 효과는 감소한다. 따라서 깊이가 깊어짐에 따라 저주파보다 고주파의 증폭이 효과적이다. Sullivan(1989)는 Full concha type과 canal type의 보청기에서 canal length를 길게 함에 따른 증폭 효과가 1~5 kHz범위에서 8 dB의 효과가 있다고 하였다.³⁾ 보청기를 깊이 설계할 때 똑 같은 디자인이나 형태로 보청기를 만들 수 있는 것이 아니다. 따라서 보청기를 장착한 후의 효과는 외이도 내의 보청기의 위치에 따라 달라질 수 있다. 수화기를 더 안쪽으로 위치하게 함으로써 얻을 수 있는 효과는 모델, 실지측

정, 가정에 의한 세가지 관점에서 각각 설명될 수 있다.

M.C.Killon(1993)은 수화기(Receiver)를 깊게 삽입하여 외이도 부피(ear canal volume)를 0.7 cc에서 0.1 cc로 감소함에 따라 저주파 영역은 4.7 dB 고주파 영역은 12 dB의 이득 효과가 있음을 가정적인 계산을 이용하여 보고하였다. 그러나 외이도의 복잡한 임피던스는 무시한 계산이었다. Philips사(1994)는 수화기 위치에 따른 모델을 제시하였으며 ITC에 비해 CIC에서 저주파 200~500 Hz에 2.2 dB 고주파 2~5 Hz에서 4.6 dB의 이득이 있다고 하였다. ITC에 비해 Peritympanic H/A는 저주파 200~500 Hz에 5.0 dB 고주파 2~5 kHz에서 9 dB의 이득이 있다고 보고하였다.⁴⁾

본 실험에서 CIC 보청기의 canal length를 2~4 mm 길게 하여 음량 이득 효과를 보청기 착용 후 역치로 비교하면 0.5 kHz에서 -0.1 dB 1 kHz 3.2 dB 2 kHz 0.9 dB 3 kHz 1.4 dB 4 kHz 0.8 dB이었다. Philips나 M.C.Killon의 연구결과에서 모든 주파수에서 음량 이득을 보이며 저주파보다는 고주파에서 더 큰 음량 이득을 보인 것과는 다르게 저주파인 500 Hz에서는 음량 이득이 없었으며 1 kHz이상의 주파수에서만 음량 이득을 보였다. 음량 이득의 크기는 주파수의 고저와 관계 없이 1 kHz, 3 kHz, 2 kHz, 4 kHz순으로 음량 이득을 나타내었으며 그 차이는 최대 3.2 dB이었다. 1 kHz이상의 주파수에서 고르게 이득효과를 나타내어 저주파를 제외한 중고주파의 영역의 이득효과를 나타내었으나 t-test결과 1 kHz에서만 유의한 차이를 나타내었고(p<0.05) 1 kHz를 제외한 나머지 주파수에서는 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 또한 개개인에 따라 이득효과를 나타내는 주파수가 다양하였으며 실지 보청기 길이를 2~4 mm길게 처방 함으로써 얻을 수 있는 효과는 크지 않아 여러 연구에서 보고한 바와는 그 효과의 차이가 있었다. 따라서 길이를 수정한 보청기를 실제로 착용함에 있어 기능 이득이나 실이 이득의 측정으로 주파수별 증감효과를 확인하여 보청기를 착용할 필요성이 있다.

보청기 길이를 길게 함으로써 얻을 수 있는 효과 중 피드백을 감소시키는 효과는 여러 연구에서 보고되었으나²⁻⁵⁾ 본 연구에서 보청기 길이를 2~4 mm길게 하여 피드백여부를 비교한 결과 총 18예 중 4예에서 피

드백이 발생하였는데 짧게 한 경우에는 1예에서 길게 한 경우는 3예에서 피드백이 발생하여 오히려 길게 한 경우에서 피드백이 더 발생하였다. 이는 보청기 길이를 2~4 mm 정도 길게 함으로써 피드백의 감소에 별 영향을 미치지 않음을 알 수 있으며 오히려 길게 하는 경우 수화기가 이벽에 닿음으로써 피드백을 발생시키는 경우가 있음이 추측된다.

이전의 연구들이 서양인을 대상으로 이루어졌으므로 한국인과 해부학적 차이와 보청기 제작상의 차이가 있으나 보청기의 길이를 길게 하였을 때의 효과는 예측 보다는 그 효과가 미미하고 안정적이지 못하다. 오히려 착용상의 불편함을 호소하는 경우나 피드백 발생빈도가 더 높아 보청기의 길이를 2~4 mm 길게 하는 것은 별 의미가 없다.

결 론

1) 보청기 길이를 2~4 mm 길게 하여 두 보청기의 기능 이득의 평균을 비교한 결과 0.5 kHz에서 -0.1 dB 1 kHz 3.2 dB 2 kHz 0.9 dB 3 kHz 1.4 dB 4 kHz 0.8 dB의 차이를 나타내었다. 0.5 kHz에서는 이득의 차이가 없었으며 1 kHz이상의 중고주파 영역에서는 평균 1~3 dB의 이득차가 고르게 있었다.

2) T-test결과 1 kHz에서만 유의한 차이가 있었고 (p<0.05) 0.5, 2, 3, 4 kHz에서는 유의한 차이가 없었다

(p>0.05).

3) 개개인에 있어 주파수와 정도에 따라 이득효과가 달랐다.

4) 18예 중 보청기 길이를 길게 한 3예에서 짧게 한 1예에서 피드백이 발생하였으며 길게 한 경우에 피드백의 발생률이 더 높았다.

5) 18예 중 12예는 보청기 길이가 긴 보청기를 착용하였고 6예는 짧은 보청기를 착용하였으며 피드백과 편안한 정도가 선택 요소로 많이 작용하였다.

중심 단어 : 고막형 보청기 · 기능이득 · 청력재활.

참고 문헌

- 1) Agnew J. Acoustic advantages of deep canal hearing aid fittings. *Hearing instruments* 1994;45 (8):22-5.
- 2) Marshall C. *CIC handbook*. Singula, 1997.
- 3) Staab WJ. A fitting rationale for deep fitting canal hearing instruments. *Hearing Instruments* 1991;42 (1):6-10.
- 4) Staab WJ. Introduction to deep canal principles. *Seminars in Hearing*. 1996:173-19.
- 5) William KV, Laura AM. Exploring the deep canal fitting advantage. *Hearing Instruments* 1993;44 (12):26-7.
- 6) Sullivan RF. Custom canal and concha hearing instruments: A real ear comparison. *Hearing instruments* 1989;40 (4):23-29.
- 7) Sandlin RE. *Textbook of hearing aid amplification*. Singular, 1999.
- 8) Dillon. *Hearing aids*. Thieme, 2001.
- 9) Sandlin RE. *Hearing instrument science and fitting practices*. NIHIS, 1996.

□ 부 록 □

Means of puretone thresholds with long and short hearing aid

Frequency Threshold	500 Hz		1 kHz		2 kHz		3 kHz		4 kHz	
	Short	Long	Short	Long	Short	Long	Short	Long	Short	Long
	35	33	23	25	41	44	64	53	51	52
	34	37	33	29	51	51	56	43	66	61
	38	38	40	33	40	35	30	36	50	43
	40	50	45	44	46	40	35	30	45	43
	29	29	26	28	31	26	35	31	31	32
	21	22	29	30	30	35	22	16	34	35
	33	32	33	32	36	34	29	30	45	37
	36	36	42	42	43	41	36	37	40	37
	30	28	34	20	22	22	17	19	26	25
	36	35	35	31	35	32	30	32	34	35
	29	27	34	24	44	45	38	42	51	51
	29	28	40	24	42	45	44	42	44	51
	31	35	31	37	38	45	39	38	45	47
	40	31	31	29	25	32	35	37	37	38
	33	31	27	29	31	32	34	37	38	38
	39	40	34	35	41	37	44	40	47	41
	27	29	24	19	34	28	35	30	38	41
	27	27	36	35	36	30	40	35	37	38
Average	32.5	32.6	33.8	30.6	36.8	35.9	35.2	33.8	41.6	40.8
SD	5.2	6.3	6.1	6.8	7.4	7.8	10.9	8.6	9.2	8.5