

고막보청기의 골부 길이에 따른 폐쇄효과의 음향적 그리고 심리음향적 변화

한림국제대학원대학교 청각학과
이수현 · 이경원

ABSTRACT

The Acoustic and Psychoacoustic Changes of Occlusion Effect as a Function of Bony Part Length in CIC Hearing Aid

Soo Hyun Lee and Kyoung Won Lee

Department of Audiology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

Authors tried to find out acoustic and psychoacoustic changes of occlusion effects (OEs) in completely-in-the canal (CIC) hearing aid with 0.8 mm vent as a function of with/without vent and bony part lengths (BLs). 28 adults with normal hearing (mean ages; 24.4 years) were participated as subjects. OEs were measured by real-ear insertion gain (REIG) with CIC hearing aid when producing a vowel 'ee'. Also self questionnaires were measured. The findings were as follows; first, there were no significant differences between with and without vent. Second, when BL was increased, REIG was decreased in 800, 1,000, 1,500, 2,000 Hz. Third, when BL was increased 2 to 8 mm, psychoacoustic OE was decreased. For improving OE in CIC hearing aid with 0.8 mm, BL should be over 6 mm in averages.

Key words: Occlusion effect, Vent, Real-ear insertion gain (REIG), Completely-in-the canal (CIC) hearing aid, Bony part length, Hearing aid

INTRODUCTION

폐쇄효과(occlusion effect)는 청각손실자가 귀속 보청기 또는 귀꽃이를 착용하고 말을 할 때 자신의 목소리가 울려서 들리거나, 불쾌감, 압박감, 답답함 등으로 표현하는 것으로 보청기의 음질 또는 단어인

지도 등에 나쁜 영향을 주며, 보청기 착용 시 적응에 실패하는 원인이 되기도 한다(Dillon, 2001; Dillon et al., 1999; Muller et al., 1996).

폐쇄효과의 발생원인은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 그 중 한 가지는 성대의 울림이 측두하악골(temporomandibular joint)을 울리고, 이 진동이 외이도 주변의 연골 또는 골부로 전달되어 재생성 되는 데, 이때 보청기 또는 귀꽃이 등을 착용하면 재생성된 음압이 외이도 밖으로 배출되지 못하고 고막으로

논문접수일: 2013년 10월 30일
논문수정일: 2013년 11월 26일
게재확정일: 2013년 12월 10일
교신저자 : 이경원, 135-841 서울시 강남구 대치동 906-18
한림국제대학원대학교 청각학과
Tel: (02)2051-4951, Fax: (02)3453-6618
E-mail: leekw@hallym.ac.kr

전달되어 발생한다(Dillon, 2001). 폐쇄효과가 주로 발생하는 주파수 대역은 1,000 Hz 이상의 고주파수 보다는 낮, 피부 등에서의 음향임피던스가 비교적 적은 저주파수 대역이다(Dillon et al., 1991). 그리고 자음보다는 제 1포먼트가 300 Hz 근처인 모음에서 잘 발생하는데, 이 중에서 입 모양이 벌어지는 개모음보다는 폐쇄모음에서 주로 발생한다. 폐쇄효과의 발생원인 중 다른 하나는 중이강과 외이도 내에 기압 차이로 인해서 발생한다. 이는 환기구(vent)가 없는 보청기 특히 고막(completely-in-the canal, CIC)보청기를 착용했을 때 보청기와 고막 사이의 기압이 상승하기 때문에 고막 및 이소골의 움직임이 원활하지 못하여 고주파수 대역의 음향임피던스가 증가하여 발생한다(Kuk & Ludvigsen, 2002).

폐쇄효과를 해결하기 위해서는 보청기의 주파수반응 곡선에 대한 전기음향적인 조절과 보청기외형(hearing aid shell)의 물리적인 변경을 생각할 수 있다(이정학 & 이경원, 2005). 폐쇄효과의 전기음향적인 해결 방법은 저음역조절기를 이용하여 저주파수의 이득을 줄이거나, 다채널 보청기의 경우 저주파수 대역의 이득, 압축비율 그리고 압축역치의 조절을 통하여 해결할 수 있다. 물리적인 해결 방법으로는 보청기외형에 환기구를 설치하여 고막 근처에서 생성된 저주파수 음압을 외부로 배출하는 방법(Groth et al., 2006; Kampe & Wynne, 1996; Kiessling et al., 2005)과 보청기외형을 외이도의 골부(bony part)까지 꼭 차게 제작하여 외이도 내에서 재생성되는 음압을 차단하는 골부밀폐 방법을 사용할 수 있다(Carle et al., 2002). 보청기외형 또는 귀꽃이에 환기구를 설치하면 저주파수의 실이삽입이득(real-ear insertion gain, REIG)에 영향을 주는 것으로 알려져 있는데, May & Dillon(1992), Kuk et al.(2009)의 보고에 의하면 환기구의 직경이 클수록 저주파수의 REIG가 감소한다고 하였다. 이는 외이도 내부에서 생성된 음향임피던스가 낮은 저주파수를 환기구를 통해 외이도 밖으로 배출할 수 있기 때문이다(MacKenzie & George, 1989). 그리고 Dillon et al.(1999)의 연구에서는 환기구는 폐쇄효과의 해결에 도움을 줄 수 있다고 하였는데, 직경 1.2 mm 이상의 환기구에서 폐쇄효과를 효과적으로 해결할 수 있으며, 직경 3.0 mm 이상이면 보청기를 통해 들리는 자신의 목소리에 만족한다고 보고 하였다. 보청기의 환

기구와 관련하여 RIE (receiver-in-the ear) 또는 RIC (receiver-in-the canal) 형의 보청기는 음향피드백제어시스템(anti-feedback system)의 발전으로 환기구의 직경을 극대화 하거나 외이도를 최대한 개방할 수 있어서 폐쇄효과의 해결에 효과적이다(Alworth et al., 2010; Kiessling et al., 2005; Lee et al., 2005). 그렇지만 환기구의 직경이 지나치게 큰 경우에는 외이도 밖으로 배출된 음압의 일부가 송화기로 다시 유입되고 재 증폭되어 음향피드백이 발생할 우려가 있다. 폐쇄효과를 해결하기 위한 또 다른 방법인 골부밀폐는 외이도와 밀착되어 있는 보청기로 인해 성대의 진동이 외이도 내의 연골부로 전달되어 재생성하는 것을 방지하는 것이다(Carle et al., 2002). 이 방법은 폐쇄효과의 해결은 물론 음향피드백의 방지에도 효과적이지만, 귀본(ear impression)을 고막 근처의 골부까지 길게 채취하고 제작하여야 하므로 청각 및 보청기 제작 관련 전문가의 숙련된 기술이 필요하다. 또한 지나치게 깊은 보청기의 삽입과 밀폐는 외이도의 형태에 따라 보청기 착용 시 통증을 유발하거나 착용의 불편함을 호소할 수 있으므로 주의하여야 한다.

현재 보청기 시장의 동향을 살펴보면 폐쇄효과의 해결에 효과적인 RIE 또는 RIC형 보청기는 기술과 형태적인 측면에서 많은 발전이 있었음에도 불구하고 청력손실의 정도, 난청인의 심리적인 특성, 보청기의 형태와 가격 등의 이유로 CIC 보청기를 포함한 귀속형의 보청기가 여전히 판매가 이루어지고 있다. 따라서 귀속형 보청기를 착용할 때 발생하는 폐쇄효과를 최소화하기 위해서는 귀본의 채취 그리고 보청기를 제작할 때 등 근본적으로 폐쇄효과를 줄이기 위한 노력이 필요하다. 이에 본 연구에서는 건청 성인이 CIC 보청기를 착용하고 폐쇄효과가 주로 발생하는 폐쇄모음 '이[ee]'를 발성했을 때 환기구의 유무 그리고 골부길이(bony part length, BL)의 변화에 따라 음향적인 측면에서 REIG를 측정하고, 설문지평가를 통한 심리음향적인 폐쇄효과의 변화를 알아보고자 하였다. 이를 통하여 폐쇄효과를 효과적으로 해결하기 위한 최소 BL을 확인하여 CIC 보청기를 포함한 귀속보청기의 제작을 위해 효과적인 귀본의 채취와 보청기외형의 제작에 도움을 주고자 하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구대상

이경을 통한 육안 관찰 시 중이질환 및 고막에 이상이 없으며, 고막운동도검사서 A형을 나타내고,

순음청력검사서 250 ~ 8,000 Hz의 청력역치가 20 dB HL 이하인 28명(28 귀, 남 12, 여 16)을 대상으로 하였다. 본 연구에 참여한 대상자는 건청 성인으로 나이는 20 ~ 30세(평균; 24.4세)이었으며, 피검자 청력의 평균, 표준편차는 Table 1과 같다

Table 1. 대상자의 주파수 별 청력의 평균과 표준편차

		Frequency (Hz)						
		250	500	1,000	2,000	3,000	4,000	6,000
R	Mean	10.9	7.9	6.5	6.1	4.5	6.6	7.0
	SD	5.7	4.6	4.9	4.9	6.7	6.0	6.7
L	Mean	9.5	7.5	6.4	7.0	4.1	5.4	5.5
	SD	5.5	3.9	4.2	5.5	5.1	5.7	7.5

2. 연구 장비

건청을 확인하기 위하여 방음실(22.7 dB L_{Aeq})에서 순음청력평가, 고막운동성도검사, 이경검사를 실시하였다. 순음청력의 평가는 청력검사기 GSI 61(Grason-Stadler Co.)과 TDH-50P 헤드폰, 고막운동도검사는 이미티스 검사기 AT235h(Interacoustics Co.)를 사용하여 측정하였다. CIC 보청기 착용 시 REIG의 변화를 알아보기 위해서 보청기외형에 직경 0.8 mm의 환기구(평균 길이; 21.0 mm), 손잡이, 송화기 및 수화기 튜브, 건전지 덮개를 설치한 모조 CIC 보청기를 제작하여 사용하였다. 모조 CIC 보청기의 제작을 위해 귀본은 외이도의 제 2굴곡부(2nd bend)에서 고막 쪽으로 1 cm 이상 깊게 채취하였으며, 제작 시 수화기 음구의 주위 부분을 가공하지 않도록 하여 골부와 밀착될 수 있게 하였다. REIG는 FONIX 7000 (Frye Electronics Co.)의 실이측정시스템(real-ear measurement system)과 탐침송화기를 사용하여 측정하였다. 실험 시 안정된 REIG를 구할 수 있도록 잡음감쇠수준(noise reduction level)은 '8X'로 하였으며, 신호음의 형태는 'COMPOSITE MODE'로 설정하였다. 외부 스피커에서는 신호음을 발생시키지 않았기 때문에 음원은 'OFF'로 설정하였다. 피험자의 발생음을 측정하기 위해 소음측정기는 B&K 2260 (Brüel & Kjær Co.)을 사용하였다. 또한 심리음향적인 폐쇄 효과의 평가는 울림의 정도를 '자연스럽다'를 '0'에서 '울림이 심하다'를 '8'로 하여 9 단계로 구분한 설문

지를 이용하였다(Appendix 1 참조).

3. 연구 절차

폐쇄효과는 CIC 보청기를 착용하고 폐쇄모음 '이[ee]'를 발생했을 때 환기구의 유무, BL의 변화에 따른 폐쇄효과의 변화를 REIG와 주관적인 설문지를 통하여 측정하였으며, 실험절차는 다음과 같다.

첫째, 탐침송화기를 효과적으로 삽입하기 위하여 고막보청기의 수화기 음구보다 5 mm 길게 한 후 이주(tragus)와 대이주(antitragus)가 만나는 지점을 표시하였다.

둘째, 기준송화기 및 탐침송화기의 보정을 실시한 후 탐침을 표시한 부분이 이주와 대이주가 만나는 지점에 위치하도록 삽입한 후 CIC 보청기를 착용하지 않은 상태에서 실이공명이득(real-ear unaided gain)을 측정하였다.

셋째, CIC 보청기의 BL을 8 mm에서 2 mm까지 2 mm단계로 줄이면서 삽입하고 BL을 변경할 때마다 REIG를 측정하였다. BL의 변경 시마다 고무찰흙(putty)을 사용하여 수화기 쪽의 환기구를 막은 상태와 열은 상태로 변경하고 그때마다 폐쇄모음 '이[ee]'를 발생하게 한 후 REIG를 측정하였다. 또한 REIG의 측정이 끝날 때마다 폐쇄모음 '이[ee]'에 대한 음의 울림정도를 말하게 하여 설문지에 표시하였다.

넷째, 이때 성대의 진동이 충분히 외이도 내로 전

달할 수 있으며, 측정값이 안정될 수 있도록 하기 위하여 발생음은 80±2 dB SPL을 유지하고 3초 이상 발생하게 하였다. 소음측정기는 대상자의 입과 같은 높이에서 15 cm의 거리를 유지하였다.

다섯째, 폐쇄모음 ‘이[ee]’를 발생했을 때의 REIG는 1/3 옥타브밴드 근처 주파수인 200, 500, 800, 1,000, 1,500, 2,000, 3,000, 4,000, 6,000 Hz에서 구하였다.

4. 통계분석

CIC 보청기의 환기구 유무에 따른 REIG와 심리음향적인 폐쇄효과의 유의미한 차이를 알아보기 위해 각 주파수 별로 반복측정 이원분산분석(two-way ANOVA with repeated measures)을 시행하였다. 그리고 REIG의 차이가 나타나는 주파수에서 BL 8 mm (BL8), 6 mm (BL6), 4 mm (BL4), 2 mm (BL2) 간 REIG의 유의미한 차이를 나타내는 BL을 확인하기 위해 사후분석(Bonferroni)을

실시하여 유의수준 .05 이하에서 확인하였다. 통계분석에 사용한 소프트웨어는 SPSS (Version 12.0)이었다.

RESULTS

1. 폐쇄효과의 음향적 변화

1) 환기구 유무 그리고 BL에 따른 REIG의 변화

CIC 보청기에서 0.8 mm 환기구의 유무에 따른 REIG는 Figure 1과 같으며, 측정된 모든 주파수에서 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 그러나 BL에 따른 REIG는 800, 1,000, 1,500, 2,000 Hz에서 유의미한 차이가 나타났다($p < .05$). Table 2에 환기구의 유무와 BL에 따른 반복측정 이원분산분석 결과를 나타내었다.

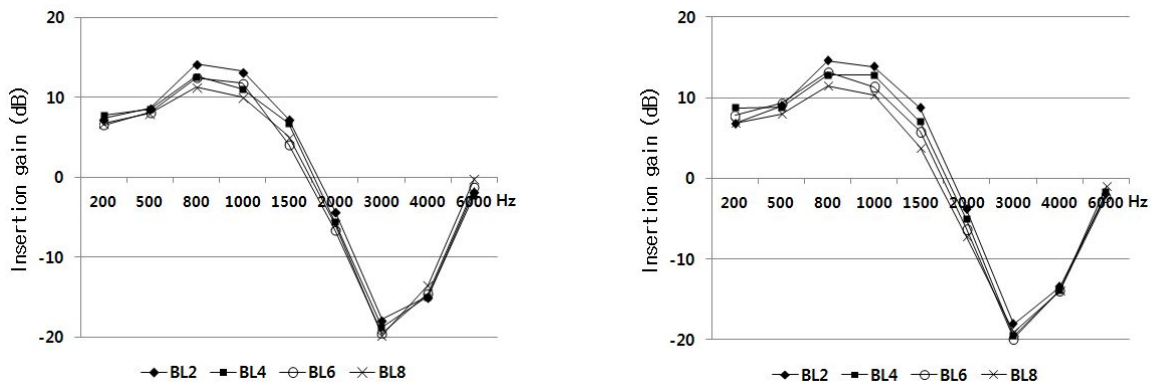


Figure 1. CIC 보청기의 환기구 유무와 BL에 따른 REIG 좌측; 환기구가 있을 때, 우측; 환기구가 없을 때

Table 2. 환기구의 유무와 측정 주파수에서 BL에 따른 REIG의 반복측정 이원분산분석 결과

Frequency (Hz)	Main Effects					
	Vent			BL		
	F	df, error	p-value	F	df, error	p-value
200	1.40	1, 27	.248	1.81	3, 81	.152
500	1.89	1, 27	.181	0.80	3, 81	.496
800	1.10	1, 27	.303	9.31	3, 81	.000
1,000	1.55	1, 27	.224	7.66	3, 81	.000
1,500	1.07	1, 27	.310	8.96	3, 81	.000
2,000	0.02	1, 27	.883	4.15	3, 81	.039
3,000	0.11	1, 27	.745	1.14	3, 81	.337
4,000	1.02	1, 27	.322	0.13	3, 81	.939
6,000	1.95	1, 27	.174	2.20	3, 81	.094

Table 3. 환기구가 있을 때 BL에 따라 REIG의 차이를 나타내는 주파수와 사후분석(Bonferroni)을 실시했을 때 차이를 나타내는 BL의 짝 비교(Diff.)

Frequency (Hz)	F-value	df, error	p-value	Diff.
800	5.21	3, 81	.004	BL8 < BL2
1,000	4.12	3, 81	.009	BL8 < BL2
1,500	4.49	3, 81	.046	BL8 < BL2

Table 4. 환기구가 없을 때 BL에 따라 REIG의 차이를 나타내는 주파수와 사후분석(Bonferroni)을 실시했을 때 차이를 나타내는 BL의 짝 비교(Diff.)

Frequency (Hz)	F-value	df, error	p-value	Diff.
800	5.49	3, 81	.002	BL8 < BL2
1,000	5.14	3, 81	.003	BL8 < BL2
			.032	BL8 < BL4
1,500	8.38	3, 81	.000	BL8 < BL2
			.021	BL6 < BL2
2,000	3.94	3, 81	.011	BL8 < BL2

2) BL에 따른 REIG의 변화

(1) 환기구가 있을 때

환기구가 있을 때 800, 1,000, 1,500 Hz에서 BL2의 REIG가 BL8에 비해서 유의미하게 높게 나타났다 ($p < .05$). 환기구가 있을 때 BL에 따라 REIG의 차이를 나타내는 주파수와 사후분석(Bonferroni)을 실시했을 때 차이를 나타내는 BL의 짝은 Table 3에 나타내었다.

(2) 환기구가 없을 때

환기구가 없을 때 800, 1,000, 2,000 Hz에서 BL2의 REIG가 BL8에 비해서 유의미하게 높게 나타났다 ($p < .05$). 그리고 1,500 Hz에서의 REIG는 BL4가 BL8, BL2가 BL8, BL2가 BL6에 비해서 높게 나타났다 ($p < .05$). 환기구가 있을 때 BL에 따라 REIG의

차이를 나타내는 주파수와 사후분석(Bonferroni)을 실시했을 때 차이를 나타내는 BL의 짝은 Table 4에 나타내었다.

2. 심리음향적인 폐쇄효과의 변화

환기구의 유무 그리고 BL에 따른 심리음향적인 폐쇄효과의 변화를 비교했을 때 환기구의 유무 [$F(1, 27)=9.38, p < .05$]와 길이 [$F(3, 81)=16.75, p < .05$]에 따른 유의미한 차이가 모두 나타났으나, 환기구와 BL에 의한 상호작용은 없었다 [$F(3, 81)=0.11, p > .05$]. Figure 2에서 BL이 8 mm일 때 폐쇄효과가 가장 적게 나타나 ‘소리가 자연스럽다’고 응답하였으며, BL이 짧아질수록 폐쇄효과는 증가하여 ‘소리가 울려서 들린다’고 응답하였다. 그리고 모든 BL에서 폐쇄효과는 환기구가 있을 때가 없을 때보다 적게 나타났다.

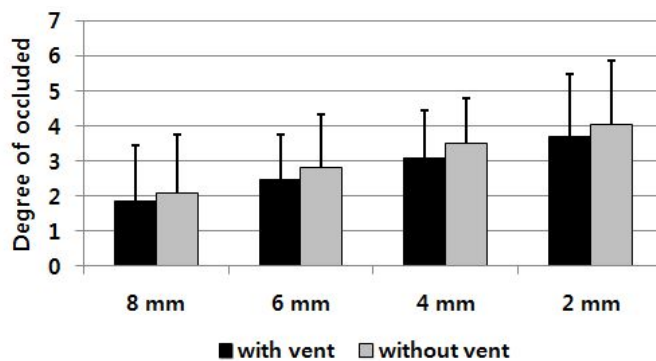


Figure 2. 환기구의 유무와 BL에 따른 심리음향적인 OE의 변화

Table 5. 환기구의 유무 그리고 BL에 따른 REIG의 사후분석(Bonferroni) 결과

	환기구가 있을 때				환기구가 없을 때			
	BL8	BL6	BL4	BL2	BL8	BL6	BL4	BL2
BL8	-				-			
BL6	*	-				-		
BL4	**	*	-		***		-	
BL2	**	**		-	***	*		-

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

BL에 따른 심리음향적인 폐쇄효과를 사후분석을 통하여 알아보았다. 환기구가 있을 때 BL에 따른 폐쇄효과의 차이는 BL8의 경우 나머지 모든 BL과 의미 있는 차이를 나타냈으며($p < .05$), BL6는 BL4, BL2와 차이를 나타냈다($p < .05$). 그리고 환기구가 없을 때 BL8은 BL4와 BL2, BL6는 BL2와 차이를 나타냈다($p < .05$). Table 5에 환기구가 있을 때와 없을 때 각 BL에 따른 REIG의 사후분석 결과를 나타내었다.

DISCUSSIONS

골부밀폐를 통한 폐쇄효과의 해결은 보청기외형에 의한 외이도 밀폐의 정도가 중요하며, BL의 변화를 통하여 이를 수 있다. 본 연구에서는 환기구가 없는 CIC 보청기에서 BL을 변화했을 때 폐쇄모음 '이[ee]'에 대한 폐쇄효과의 변화를 음향 및 심리음향적인 측면에서 알아보았는데, 음향적인 변화는 REIG, 심리음향적인 변화는 본인 목소리의 울림 정도를 표시할 수 있는 설문지를 이용하여 확인하였다.

CIC 보청기에서 환기구의 유무에 따른 REIG는 측정된 모든 주파수에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). Lee et al.(2005)의 연구에서는 외이도 길이(canal length)가 18 mm인 고막보청기에서 직경 0.8 mm의 환기구는 REIG에 영향을 주지 않는다고 보고하여 본 연구와 일치성을 나타냈다. 그러나 같은 연구에서 환기구의 길이만 5 mm 정도 줄이면 폐쇄효과가 감소한다고 보고하여 본 연구와 차이를 보였는데, 차이를 보인 이유로 본 연구에서는 BL과 환기구의 길이를 동시에 줄였기 때문에 저주파수 에너지가 외이도 밖으로 배출되기도 하지만 재생성되는 음압도

비슷하게 증가하기 때문이다. 환기구의 유무와 관계 없이 BL이 8 mm로 가장 길 때 1,000 Hz 그리고 그 부근의 주파수에서 REIG가 가장 많이 감소하였다. 김민희 외(2004)의 연구에서는 직경 1.13 mm의 환기구를 설치한 외이도보청기는 환기구가 없을 때보다 500 Hz 이하에서 더 큰 REIG의 감소를 나타냈으며, Lee et al.(2005)의 연구에서도 환기구의 길이가 짧을 때 800 Hz 이하에서 더 큰 REIG의 감소를 나타냈다고 보고하여 본 연구와 차이가 있었다. 그 이유로 선행연구의 경우 BL은 그대로 하고 환기구의 유무와 직경만 고려했기 때문이다. BL 간 REIG의 유의미한 차이는 환기구가 있을 때 800, 1,000, 1,500 Hz, 환기구가 없을 때 800, 1,000, 1,500, 2,000 Hz에서 BL8이 가장 낮게 나타났으며 BL이 2 mm에서 8 mm로 길어질수록 REIG는 감소하였다. 이는 BL이 길수록 외이도에서 재생성된 진동이 고막 쪽으로 전달되는 것을 방해하기 때문으로 보이며, Pirzanski(2005)의 보고된 연구와 일치성을 보였다.

심리음향적인 폐쇄효과의 평가에서는 본인 목소리의 울림 정도를 폐쇄모음 '이[ee]'에 대하여 '0'을 '자연스럽다.'에서 '8'을 '울림이 심하다.'로 0에서 8까지 9 단계로 구분하여 평가하였다. 환기구의 유무에 따른 폐쇄효과의 평가에서 음향적으로는 REIG의 차이가 나타나지 않았으나 심리음향적으로는 차이가 나타났다($p < .01$). 그 이유로 음의 울림, 답답함 등으로 표현하는 폐쇄효과는 저주파수에 대한 REIG 외에도 중이강과 외이도 내의 기압 차에 의한 고막의 음향적 어드미턴스(admittance)의 변화를 생각할 수 있다. 즉, 직경이 작은 환기구는 고막 근처에서 생성된 음압을 보청기 외부로 배출하기에는 충분치 않지

만(Lee et al., 2005) 고막 근처에 생성된 높은 공기 압을 보청기 외부로 배출하여 음향적 어드미턴스를 증가할 수 있다. 그러나 본 연구에서 음향적으로 측정된 REIG는 이를 반영하지 못한 것이 환기구의 유무에 따른 REIG의 차이가 나타나지 이유로 볼 수 있다. 심리음향적인 폐쇄효과 평가의 결과를 통해 BL이 8 mm인 경우의 REIG는 환기구가 있을 때는 BL6 그리고 BL4와 BL2, 환기구 없을 때는 BL4 그리고 BL2와 차이가 나타났다($p < .05$). 그리고 BL2와 BL4는 환기구의 유무와 관계없이 폐쇄효과의 차이가 나타나지 않았는데 ($p > .05$), 이는 폐쇄효과를 해결하기 위해서는 고막보청기의 BL이 적어도 6 mm 이상이 되어야 함을 시사하고 있다.

본 연구에서는 0.8 mm의 환기구를 설치한 CIC 보청기 착용 시 발생하는 폐쇄효과의 변화를 확인하기 위하여 폐쇄모음 ‘이[ee]’를 실험에 사용하였다. 그러나 폐쇄효과의 효과를 실제적으로 측정하기 위해서는 일상생활의 대화음 강도를 포함하여 표준화 된 문장을 사용하여 측정하는 것이 필요하다. 또한 주파수 특성이 포함된 문장을 사용한다면 음향 및 심리음향적인 폐쇄효과의 측정에 더 많은 도움을 줄 것이다. 그리고 기본 주파수에 차이를 나타내는 남성과 여성, 연령, 청력손실의 정도 등을 고려하여 폐쇄효과를 측정하는 것도 의미 있는 연구가 될 것으로 생각한다.

CONCLUSIONS

본 연구에서는 20 ~ 30세의 건청 성인 28명을 대상으로 고막보청기의 골부 길이를 8, 6, 4, 2 mm로 변경하여 0.8 mm 환기구의 유무와 골부의 길이에 따른 폐쇄효과의 변화를 음향 및 심리음향적으로 살펴 보았으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 고막보청기의 0.8 mm 환기구 유무에 따른 폐쇄효과의 변화는 음향적인 측면에서는 나타나지 않았으나 심리음향적인 측면에서는 환기구가 있을 때의 폐쇄효과가 적게 나타났다.

둘째, 800, 1,000, 1,500 Hz에서 골부길이가 증가할 때 고막보청기의 환기구 유무와 관계없이 실이 삽입이득은 감소하였다.

셋째, 고막보청기의 0.8 mm 환기구의 유무와 관계

없이 골부의 길이가 2 mm에서 8 mm로 증가할 때 심리음향적인 폐쇄효과는 감소하였다.

0.8 mm의 환기구를 설치한 골부밀폐 형의 고막보청기는 음향적인 측면에서 골부의 길이가 길수록 1,000 Hz 내외 주파수의 실이삽입이득이 감소하고 심리음향적인 측면에서도 폐쇄효과는 감소하였다. 그리고 0.8 mm의 환기구를 설치한 고막보청기의 골부 길이는 길수록 심리음향적인 측면에서 폐쇄효과의 해결에 도움을 줄 수 있다. 그러나 폐쇄효과를 효과적으로 해결하기 위해서는 골부의 길이가 평균적으로 6 mm 이상이어야 함을 건청 성인 대상자를 통하여 간접적으로 확인하였다.

중심단어: 폐쇄효과, 환기구, 실이삽입이득, 고막보청기, 골부길이, 보청기

REFERENCES

- 김민희, 이정학, 이경원, & 조창진. (2004). 발성음 ‘이’에 대한 외이도보청기의 환기구효과. *대한청각학회*, 8(2), 104-108.
- 이정학 & 이경원. (2005). *보청기평가*. 서울: 학지사.
- Alworth, L. N., Plyler, P. N., Reber, M. B., & Johnstone, P. M. (2010). The effects of receiver placement on probe microphone, performance, and subjective measures with open canal hearing instruments. *Journal of the American Academy of Audiology*, 21, 249-266.
- Carle, R., Laugesen, S., & Nielsen, C. (2002). Observations on the relations among occlusion effect, compliance and vent effect. *Journal of the American Academy of Audiology*, 13, 25-37.
- Dillon, H. (1991). Allowing for real ear venting effects when selecting the coupler gain of hearing aids. *Ear and Hearing*, 12, 406-416.
- Dillon, H. (2001). *Hearing Aids*. New York, NY: Thieme.
- Dillon, H., Birtles, G., & Lovegrove, R. (1999). Measuring the outcomes of a national rehabilitation program: Normative data for the Client Oriented Scale of Improvement (COSI) and the Hearing Aid

- User's Questionnaire (HAUQ). *Journal of the American Academy of Audiology*, 10, 67-79.
- Groth, J., Jespersen, C. T., Kiessling, J., Brenner, B., & Jensen, O. D. (2006). The occlusion effect in unilateral versus bilateral hearing aids. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 763-773.
- Kampe, S. D. & Wynne, M. K. (1996). The influence of venting on the occlusion effect. *Hearing Journal*, 49(4), 59-66.
- Kiessling, J., Brenner, B., Jespersen, C. T., & Jensen, O. D. (2005). Occlusion effect of earmolds with different venting systems. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(4), 237-249.
- Kuk, F. & Ludvigsen, C. (2002). Ampclusion management 101: Understanding variables, *Hearing Review*, 9(8), 22-32.
- Kuk, F., Keenan, D., & Lau, C. (2009). Comparison of vent effects between a solid earmold a hollow earmold. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20, 480-491.
- Lee, S. Y., Lee, K. W., & Lee, J. (2005). A study of the occlusion effect for completely-in-the-canal hearing aids as a function of the vent length and residual volume. *Korean Journal of Audiology*, 9(2), 175-179.
- MacKenzie, K. & George, G. (1989). The real ear effect of adjusting the tone control and venting a hearing aid system. *British Journal of Audiology*, 9(23), 93-98.
- May, A. & Dillon, H. (1992). A comparison of hearing-aid gain using functional, coupler and probe-tube measurement. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 29(2), 218-226.
- Muller, H. G., Bright, K., & Northern, J. (1996). Studies of the hearing aid occlusion effect. *Seminars in Hearing*, 17, 21-32.
- Pirzanski, C. Z. (2005). In taking ear impressions, longer is better. *Hearing Journal*, 50(7), 32-36.