

## A Study on the Hearing Protection Effect of Noise-Filtering Earplugs for Dentists

Dayoung Cho<sup>1</sup>, Ikhwan Kim<sup>1</sup>, Taeyang Lee<sup>2</sup>, Seungho Shin<sup>3</sup>, Jinsei Jung<sup>4</sup>, Wonse Park<sup>5</sup>, Je Seon Song<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Pediatric Dentistry and Oral Science Research Center, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

<sup>3</sup>Department of Otorhinolaryngology, Yongin Severance Hospital, College of Medicine, Yonsei University, Yongin, Republic of Korea

<sup>4</sup>Department of Otorhinolaryngology, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

<sup>5</sup>Department of Advanced General Dentistry and Institute for Innovation in Digital Healthcare, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

### Abstract

The aim of this study is to evaluate the effect of noise-filtering earplugs on the hearing ability of dentists wearing them during noise-induced dental procedures. Pure tone audiometry and distortion product otoacoustic emission (DPOAE) tests were conducted at the initial visit and 1 year later to evaluate the hearing ability of the participants. As a result of the study, the pure tone average of the group wearing earplugs decreased significantly compared to the group not wearing earplugs, indicating an improvement in hearing. However, the signal-to-noise ratio of the DPOAE tests did not show a significant difference. These findings suggest that noise-filtering earplugs may have some effectiveness in preventing hearing loss. However, since the 1-year observation period may not be adequate to identify changes in hearing, a follow-up study with an extended follow-up period is necessary. [J Korean Acad Pediatr Dent 2023;50(3):239-251]

### Keywords

Noise-induced hearing loss, Noise-filtering earplugs, Dental noise reduction, Hearing protection

### 서론

소리와 소음은 물리적인 차이가 없다. 다만 소음은 원하지 않는 소리를 의미한다. 소음은 일시적 또는 영구적인 청력 손실을 초래할 수 있다. 일시적인 청력 손실은 소음에 단기적으로 노출되어 발생하며 휴식 후 정상적인 청력으로 돌아온다[1]. 75.0 dB(A) 미만의 소음은

### ORCID

Dayoung Cho

<https://orcid.org/0009-0008-5724-9137>

Ikhwan Kim

<https://orcid.org/0000-0003-4444-532X>

Taeyang Lee

<https://orcid.org/0000-0002-2189-7692>

Seungho Shin

<https://orcid.org/0000-0001-9352-8426>

Jinsei Jung

<https://orcid.org/0000-0003-1906-6969>

Wonse Park

<https://orcid.org/0000-0002-2081-1156>

Je Seon Song

<https://orcid.org/0000-0001-8620-5629>

### Article history

Received March 30, 2023

Revised May 23, 2023

Accepted May 25, 2023

© 2023 Korean Academy of Pediatric Dentistry

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### Corresponding author: Je Seon Song

Department of Pediatric Dentistry and Oral Science Research Center, College of Dentistry, Yonsei University, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Republic of Korea

Tel: +82-2-2228-3176 / Fax: +82-2-392-7420 / E-mail: songjs@yuhs.ac

### Funding information

This study was funded by the Ministry of Health and Welfare of the Republic of Korea with grant no. HI20C1055.

영구적인 청력 손실을 유발할 가능성이 낮으나, 약 85.0 dB(A)의 소음을 수년간 하루 8시간 노출 시 영구적인 청력 손실을 유발할 수 있다[1,2]. 폭발음이나 총소리와 같은 짧은 시간 동안 발생하는 매우 큰 소리는 즉각적이고 심각한 청력 상실을 유발할 수 있다. 주변 환경이나 작업장 등에서 일반적으로 발생하는 약한 소음이라도 오래 노출되면 인식하지 못하는 사이에 청력 민감도가 점진적으로 저하된다[2]. 지속적인 소음은 간헐적인 소음보다 더 큰 영향을 미치는 데, 간헐적인 소음에 의한 청력 손실은 휴식 기간 동안 회복될 수 있기 때문이다[3].

이(耳) 구조를 손상시킬 정도의 충분한 큰 소리는 현재의 의료 기술로 되돌릴 수 없는 청력 손실을 유발할 수 있다. 소음 노출과 관련된 청각 장애는 모든 연령대에서 발생할 수 있으며 종종 말을 이해하는 데 어려움을 초래하거나 이명을 유발할 수 있다[2]. 과도한 소음은 소음성 난청(noise-induced hearing loss, NIHL), 혈압 상승, 업무 능력 저하, 수면 장애, 성가심, 스트레스, 이명, 일시적인 청력 역치 증가 등 많은 부작용을 동반할 수 있다. 이 중 가장 심각한 영향 중 하나는 내이의 돌이킬 수 없는 손상으로 인해 발생하는 NIHL이다. NIHL은 일반적으로 사람 목소리의 주파수 범위를 포함하므로 대화를 방해할 수 있다[4].

한국산업안전보건공단(Korea Occupational Safety and Health Agency, KOSHA)이 제시한 ‘산업안전보건기준에 관한 규칙’에 의하면 소음작업이란 1일 8시간 작업을 기준으로 85.0 dB 이상의 소음이 발생하는 작업을 말하며, 소음에 의한 건강 장애를 예방하기 위해 필요한 조치를 취해야 한다고 규정하고 있다[5]. 치과 진료실에서는 초음파 스케일러, 고속 핸드피스, 저속 핸드피스, 구강 내 흡입기 등의 여러 장비들에 의해 고주파의 소음이 발생하게 된다. 이러한 소음은 치과 의료진에게 지속적인 영향을 미칠 수 있다. 선행 연구에 의하면 치과용 핸드피스의 소리는 85.0 dB(A) 이상으로 미국 산업안전보건공단(Occupational Safety and Health Administration)와 미국 국립 직업안전위생연구소(National Institute for Occupational Safety and Health)가 제시한 소음 기준을 상회하였으나, 노출 시간은 일일 1시간을 넘지 않았기에 8시간-가중평균 소음 수준은 평균 49.33 dB(A)로 KOSHA의 허용 한계인 85.0 dB(A)에 미치지 못했다[6]. 그러나 소아치과 진료실에서는 치과 기구 사용에 따른 소음 외에 겁먹은 환자들의 울음 소리, 비명과 같은 소음이 발생하기 때문에 소음의 크기와 특성이 다른 치과진료실과 차이가 있다. Kwon 등[7]에 의하면 어린

이가 올 때 발생하는 소음은 113.1 dB로 치과 기구를 단독으로 사용하였을 때 발생하는 소음보다 크며 평균 노출 시간은 2.3 시간이었다. 비록 KOSHA가 제시한 기준에 충족되지 않더라도 빈번한 고강도, 고주파 소음에 대한 주의가 필요하다.

NIHL의 한 가지 중요한 특징은 우발적인 소음을 제외하고는 예방할 수 있다는 것이다[2]. 소음을 차단하는 기술로 노이즈 캔슬링(noise cancelling)과 노이즈 필터링(noise filtering) 기술이 있다. 노이즈 캔슬링은 수동 소음 제어(passive noise cancellation, PNC)와 능동 소음 제어(active noise cancellation, ANC) 방법으로 나뉜다. PNC는 소리를 물리적으로 차단하는 물질들을 사용해 외부의 소리를 차단하는 방법이다. 방음벽이나 귀마개 등을 이용하여 소음을 차단하는 것이 이에 해당한다[8]. ANC의 경우 헤드폰에 부착된 센서로 외부의 음파를 감지하고 헤드폰 내부 스피커가 외부의 음파와 파장이 반대되는 음파를 생성해 소음을 상쇄시킨다[9,10]. 그러나 PNC와 ANC는 소음과 함께 필요한 소리(예: 음성)를 구별하지 않고 차단하여 의사소통을 통해 중요한 정보를 교환해야 하는 환경에서 안전과 효율성을 저하할 수 있다. 노이즈 필터링은 소리의 주파수 스펙트럼을 분석하여 원치 않는 잡음을 감지하고, 해당 잡음의 주파수를 제거하여 원하는 음향 신호만을 남겨놓는다. 이 방법은 소리의 품질을 향상시키고 더 정확한 정보를 얻을 수 있게 도와준다[11].

최근 국내외 학계에서 치과 진료 시 발생하는 소음에 대한 연구는 꾸준히 증가하고 있으며 치과 진료실에서 발생하는 소음 수준을 측정한 국내외 연구[6,7,12,13]와 치과 의료진의 청력에 대한 연구는 있으나[14], 실질적으로 치과 진료실 소음을 차단할 수 있는 방법에 대한 연구는 드물며 더욱이 노이즈 필터링 이어플러그를 이용하여 치과외사의 청력 변화를 평가한 연구는 없었다. 따라서 본 연구는 노이즈 필터링 이어플러그가 치과 외사의 청력에 미칠 수 있는 영향에 대해 조사하고자 한다.

## 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 대상

연구 대상자는 G\*Power program (version 3.1.9.4)을 통해 연구 대상자 수를 산출하였다. 이를 multiple linear regression, effect size 0.15, 유의수준 0.05, 검정력 0.80, 변수는 총 5개를 기준으로 설정하였으며, 최소 연구 대상자는 총

43명이 산출되었다[15].

본 연구에 참여한 연구 대상자는 치과의사 51명으로, 소음이 유발되는 진료 시 노이즈 필터링 기능이 있는 이어플러그를 착용한 I 군(실험군) 25명과 이어플러그를 착용하지 않은 II 군(대조군) 26명으로 무작위 배분하였다. 그중 I 군에서 1명, II 군에서 3명이 초진 이후 내원하지 않아 제외되어 총 47명(I 군 24명, II 군 23명)을 대상으로 하였다. 연구 대상은 다음과 같은 선정 기준에 따라 모집하였다.

#### 1) 포함 기준

- (1) 만 30세 이상 60세 이하의 재직 중인 자
- (2) 주 30시간 이상 근무하는 자
- (3) 청각 관련 질환이 없는 자
- (4) 면허 취득 후 최소 3년 이상의 기간이 경과한 자
- (5) 하루 평균 치과 술식을 2회 이상 시행하는 자
- (6) 주 4일 이상 정규 시간(full time) 근무를 조사 시점까지 최소 2년 이상 연속적으로 진행한 자

#### 2) 제외 기준

- (1) 선천적 청력 이상자
- (2) 사고 또는 특정 이유로 후천적 청력 이상을 진단받은 자
- (3) 군대를 현역으로 복무한 자(총기 사용 이력이 있는 자)
- (4) 청력 보조기구를 사용 중인 자

본 연구는 연세대학교 치과대학병원의 임상연구심의위원회(Institutional Review Board, IRB) 심의(IRB No.: 2-2020-0107)를 거친 후 시행하였다.

## 2. 연구 방법

연구 대상자의 청력을 평가하기 위해 순음 청력 검사와 변조이음향방사(distortion product otoacoustic emission, DPOAE) 검사를 초진 시와 1년 후 측정하였다. I 군은 치과 진

료 시 노이즈 필터링 기능이 있는 블루투스 이어플러그(HS-01, HEALINGSOUND, Seoul, South Korea, Fig. 1)를 매번 착용하고 업무를 수행하도록 하였으며, 하루 4시간은 필수적으로 착용하도록 하였다. 청력검사는 청각사 자격증을 소지한 4명의 훈련된 검사자에 의해 수행되었다. 순음 청력 검사는 GSI AudioStar Pro (Grason-Statler, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하였으며 검사방법은 헤드폰(TDH-50P, Telephonics, Farmingdale, NY, USA)을 쓰고 너비 3.0 m, 길이 3.2 m, 높이 2.6 m의 ANSI S3.1-1999의 기준에 적합한 방음 청력 부스(Sontek, Paju, South Korea) 안에서 500, 1000, 2000, 4000 Hz 주파수에서의 청력 역치를 측정하였다. 순음 검사 결과는 6분법(Fig. 2)을 이용해 순음 청력 역치 평균(pure tone average, PTA)을 계산하여 비교하였다. DPOAE 검사는 Echoport ILO292 USB-I (Otodynamics, Hatfield, UK)을 사용하여 측정하였으며 초진 시 결과에서 1년 후 결과를 뺀 신호대잡음비(signal to noise ratio, SNR)의 차이를 이용하여 비교하였다. 1년 후 사후 설문지(Fig. 3)를 통해 노이즈 필터링 이어플러그 착용의 효과에 대한 주관적 평가를 시행하였다.

## 3. 통계 분석

통계 분석은 SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 분석을 시행하기에 앞서 성별, 연령, 전문과, 일일 소음 노출 시간에 따른 군 간의 차이가 있는지 확인하기 위해 t-test를 시행하였고, 유의미한 차이가 없음을 확인하였다



Fig. 1. Noise-filtering earplugs.

$$\text{Six-frequency Pure Tone Average} = \frac{500 \text{ Hz} + (1000 \text{ Hz} \times 2) + (2000 \text{ Hz} \times 2) + 4000 \text{ Hz}}{6}$$

Fig. 2. Six-frequency Pure Tone Average.



**Table 1.** Subjects characteristics

	Group I n (%)	Group II n (%)	<i>p</i> value
Gender			0.903
Male	14 (58.3)	13 (56.5)	
Female	10 (41.7)	10 (43.5)	
Age			0.203
30 - 39	9 (37.5)	9 (39.1)	
40 - 49	11 (45.8)	12 (52.2)	
50 - 59	4 (16.7)	2 (8.7)	
Specialties			0.706
Pediatric dentistry	13 (54.2)	11 (47.8)	
Advanced General Dentistry	2 (8.3)	3 (13.0)	
Prosthodontics	2 (8.3)	3 (13.0)	
Endodontics	3 (12.5)	1 (4.3)	
Periodontology	1 (4.2)	1 (4.3)	
Oral medicine	1 (4.2)	0 (0.0)	
No specialties	2 (8.3)	4 (17.4)	
Daily noise exposure time			0.707
Less than 1 hour	0 (0.0)	0 (0.0)	
More than 1 hour and less than 2 hours	0 (0.0)	0 (0.0)	
More than 2 hours and less than 3 hours	2 (8.3)	3 (13.0)	
More than 3 hours and less than 4 hours	2 (8.3)	2 (8.7)	
More than 4 hours and less than 5 hours	5 (20.8)	3 (13.0)	
More than 5 hours	15 (62.5)	15 (65.2)	

*p* values from t-test.

Group I: dentists with noise-filtering earplugs; Group II: dentists without noise-filtering earplugs.

**Table 2.** Differences in  $\Delta$ PTA and  $\Delta$ SNR between group I and group II

	Group I Mean (SD)	Group II Mean (SD)	<i>p</i> value
$\Delta$ PTA	-0.799 (2.618)	0.308 (2.353)	0.034
$\Delta$ SNR	0.733 (7.214)	-0.016 (6.946)	0.210

*p* values from t-test.

Group I: dentists with noise-filtering earplugs; Group II: dentists without noise-filtering earplugs; PTA: pure tone average; SNR: signal-to-noise ratio.

**Table 3.** Differences in  $\Delta$ PTA according to various factors

	$\Delta$ PTA Mean (SD)	<i>p</i> value
Gender <sup>†</sup>		0.022
Male	0.438 (2.152)	
Female	-0.772 (2.698)	
Side of ear <sup>†</sup>		0.400
Left	-0.035 (2.559)	
Right	-0.479 (2.528)	
Daily noise exposure time <sup>‡</sup>		0.864
More than 2 hours and less than 3 hours	-0.500 (1.480)	
More than 3 hours and less than 4 hours	0.208 (1.652)	
More than 4 hours and less than 5 hours	-0.602 (3.049)	
More than 5 hours	-0.172 (2.643)	

<sup>†</sup>: *p* values from t-test; <sup>‡</sup>: *p* value from ANOVA.

PTA: pure tone average.

**Table 4.** Multiple Linear Regression Analysis of  $\Delta$ PTA

Variable	$\Delta$ PTA		
	Standardized $\beta$ coefficient (SE)	t value	<i>p</i> value
Intercept	-2.447 (2.121)	-1.153	0.252
Gender			
Male (Ref)			
Female	-1.388 (0.556)	-2.495	0.015
Side of ear			
Left (Ref)			
Right	-0.443 (0.509)	-0.871	0.386
Group			
I (Ref)			
II	1.145 (0.521)	2.195	0.031
Age	0.021 (0.041)	0.505	0.615
Daily noise exposure time			
More than 2 hours and less than 3 hours (Ref)			
More than 3 hours and less than 4 hours	1.383 (0.041)	1.160	0.249
More than 4 hours and less than 5 hours	0.344 (1.193)	0.349	0.728
More than 5 hours	0.324 (0.864)	0.375	0.709

*p* values from multiple linear regression analysis.

PTA: pure tone average; SE: standard error; Ref: reference value; Group I: dentists with noise-filtering earplugs; Group II: dentists without noise-filtering earplugs.



### 3. 노이즈 필터링 이어플러그 착용 1년 후 DPOAE 검사의 변화

첫 내원과 1년 후의 DPOAE 검사 결과를 비교한 결과, SNR은 I 군에서 증가하고, II 군에서는 감소하였으나 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지는 않았다( $p = 0.210$ , Table 2).

성별, 귀의 방향, 주파수, 일일 소음 노출 시간과 같은 여러 요인에 따른 SNR 변화량을 비교한 결과, 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 5).

### 4. 사후 설문지를 통한 노이즈 필터링 이어플러그 착용의 주관적 평가

I 군 중 20명(83.3%)이 이어플러그 사용이 이명 또는 난청 증상을 경감시키는 효과가 있었다고 답하였으며, 23명(95.8%)이 이어플러그 사용이 장기적으로 이명/난청 증상을 예방하는데 효과가 있을 것이라 생각한다고 답했다. 효과가 ‘있었다/있

을 것이다’라고 답한 자는 5점 척도(1점: 약간 효과적 - 5점: 매우 효과적)를 통해 효과의 정도를 평가하였다. “소음으로부터 귀를 보호하는 효과가 어느 정도 있었다”에 대해 “3점”이라고 답한 경우가 가장 많았으며(37.5%), “소음으로부터 예방하는 효과가 어느 정도 있었다”에는 “4점”이라고 답한 경우가 많았다(45.8%). 이어플러그 사용이 업무 후 귀의 피로감을 줄여주는 효과 또한 5점 척도(1점: 전혀 그렇지 않다 - 5점: 매우 그렇다)로 평가하였으며 “그렇다”고 답한 경우가 가장 많았다(50%). 설문지의 결과는 Table 6에 설명되어 있다.

### 총괄 및 고찰

본 연구에서는 노이즈 필터링 기능이 있는 이어플러그를 착용한 치과의사군과 착용하지 않은 치과의사군의 1년간 청력 변화를 비교하였다. 순음 청력 검사는 순음을 발생시켜 각 주파수에 따라 음의 강도를 조절하여 기도(air conduction) 및 골도(bone conduction) 청력의 역치를 측정하는 청력 검사이다. 이는 가장 표준적인 청력 검사 방법으로, 이(耳) 질환의 진단을 위한 지표로 사용된다[16]. 우리나라는 장애 판정 기준(보건복지가족부 고시 제2009-227호)에 의해 6분법으로 평균 순음 역치를 계산하여 양쪽 귀 청력 손실이 60 dB 이상일 경우 청력 장애 5급으로 분류하고 있다. WHO는 0 - 20 dB은 정상 청력, 20 - 34 dB은 경도 난청, 35 - 49 dB은 중도 난청, 50 - 64 dB은 중고도 난청, 65 - 79 dB은 고도난청, 80 - 94 dB 이상 심도 난청으로 구분하고 있다[17]. 순음 청력 검사는 자극음이 들렸을 때 피험자가 능동적으로 반응해야 하는 주관적 검사인 반면, DPOAE 검사는 내이의 외유모세포에서 발생하는 신호를 측정하는 객관적인 검사이다. 이 검사를 통해 소리를 감지하는 데 중요한 역할을 하는 외유모세포의 이상 유무를 확인할 수 있으며, 소아, 중환자, 외국인, 복수장애자, 노인 등의 일반적인 주관적 청력 검사로 평가가 어려운 경우에 적절히 사용할 수 있다[18,19]. 높은 SNR은 대상자가 신호를 명확하게 들을 수 있음을 의미한다[20,21].

첫 내원과 1년 후의 순음 청력 검사 결과를 비교하였을 때, I 군에서는 PTA가 감소하였으나, II 군에서는 증가하였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다( $p = 0.034$ ). 이에 성별, 귀의 방향(좌, 우), 일일 소음 노출 시간과 같은 다른 요인들이 PTA에 미치는 영향을 분석하였으며, 그 결과 귀의 방향이나 일일 소음 노출 시간에 대한 차이는 나타나지 않았지만, 남성이

**Table 5.** Differences in  $\Delta$ SNR according to various factors

	$\Delta$ SNR Mean (SD)	<i>p</i> value
Gender <sup>†</sup>		0.637
Male	0.210 (5.847)	
Female	0.500 (7.888)	
Side of ear <sup>†</sup>		0.146
Left	0.800 (7.500)	
Right	-0.067 (6.700)	
Frequency (Hz) <sup>‡</sup>		0.846
1000	-0.012 (8.013)	
1400	1.446 (7.525)	
2000	-0.397 (4.946)	
2800	0.714 (5.599)	
4000	0.099 (7.169)	
6000	0.350 (8.500)	
Daily noise exposure time <sup>‡</sup>		0.623
More than 2 hours and less than 3 hours	0.573 (5.144)	
More than 3 hours and less than 4 hours	-1.679 (7.189)	
More than 4 hours and less than 5 hours	2.619 (6.616)	
More than 5 hours	-0.086 (7.358)	

<sup>†</sup>: *p* values from t-test; <sup>‡</sup>: *p* values from ANOVA.

SNR: signal to noise ratio.

**Table 6.** Subjective evaluation of the effect of noise-filtering earplugs

	n	%
Were noise-filtering earplugs effective at protecting your ears from noise?		
No	4	16.7
Yes		
1 (Slightly effective)	1	4.2
2 (Somewhat effective)	1	4.2
3 (Moderately effective)	9	37.5
4 (Very effective)	7	29.2
5 (Extremely effective)	2	8.3
Were noise-filtering earplugs effective at preventing noise?		
No	1	4.2
Yes		
1 (Slightly effective)	1	4.2
2 (Somewhat effective)	1	4.2
3 (Moderately effective)	8	33.3
4 (Very effective)	11	45.8
5 (Extremely effective)	2	8.3
Do you think noise-filtering earplugs are effective in reducing ear fatigue?		
1 (Strongly disagree)	0	0.0
2 (Disagree)	1	4.2
3 (Neutral)	8	33.3
4 (Agree)	12	50.0
5 (Strongly agree)	3	12.5

여성보다 PTA가 증가하는 것으로 나타났다( $p = 0.022$ ). 이러한 결과는 남성이 여성보다 직업 소음 노출에 영향을 더 많이 받는다는 선행 연구들의 결과와 일치한다[22-26]. 이는 남성과 여성의 호르몬 차이, 특히 내이의 발달 과정과 청각 발달에 중요한 역할을 하는 에스트로겐의 차이일 수 있으며[22,27], 남성과 여성의 근무 시간 또는 작업장 조건이 다를 수 있기 때문에 설명되었다[23]. 따라서 이러한 변수를 통제된 결과를 얻기 위해 다중선형회귀분석을 시행하였으며, 그 결과 II군의 PTA 값이 I군에 비해 유의미하게 증가하였다( $p = 0.031$ ). 이는 성별 요인을 배제하고 분석하여도 I군에 비해 II군의 PTA 값이 유의미하게 증가하였음을 의미한다. 즉 노이즈 필터링 이어플러그를 착용 시 배경 소음의 차폐 효과로 인해 I군에서는 순음 청력 역치가 감소하였으며, 이어플러그를 착용하지 않은 II군에서는 오히려 청력 역치가 증가하여 청력이 감소했음을 나타냈다. 따라서 치과 진료 시 노이즈 필터링 이어플러그를 착용하면 청력 보호에 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다.

첫 내원과 1년 후의 DPOAE 검사 결과를 비교하였을 때, I군에서 SNR이 증가하였고 II군에서는 감소하였으나 통계적으로 유의미한 차이를 보이지는 않았다( $p = 0.210$ ). 성별 및 귀의 방향, 주파수, 일일 소음 노출 시간의 여러 요인에 따른 SNR 변화량을 비교한 결과, 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 연구 결과는 비록 통계적으로 유의미하지 않지만, 1년이라는 비교적 짧은 추적 기간에도 불구하고 I군에서는 SNR이 증가하였으며, II군에서는 감소한 결과가 나타났다. 추적 기간을 연장하여 더 오랜 기간 관찰하게 된다면 유의미한 결과를 얻을 가능성을 기대해 볼 수 있다.

본 연구에서는 귀의 방향과 전문과의 차이가 청력 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 반면에 Bali 등[28]은 치과 의사의 청력 손실이 4000 - 6000 Hz에서는 좌측 귀, 6000 Hz에서는 우측 귀가 대조군보다 높다고 보고하였다. Zubick 등[29]의 연구에서는 치과 의사가 대조군보다 4000 Hz에서 더 높은 청력 역치를 보였다. 또한 오른손잡이 치과 의사가 우측보다 좌측

귀의 청력 손실이 더 크다고 하였는데, 이는 소음원의 근접성 때문인 것으로 설명하였다. Shetty 등[25]은 치과 의사의 PTA 검사 결과 좌측 귀가 우측 귀에 비해 청력 손실 정도가 상대적으로 크게 나타나 정도 난청 범위 내로 나타났으며 이음향방사 검사 결과 또한 좌측 귀가 우측 귀보다 더 영향을 받은 것으로 나타났다. 또한 다양한 전문과의 이음향방사 검사를 비교한 결과, 소아치과는 다른 전문과에 비해 청력 손실이 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 치과 장비에서 발생하는 소음과 어린이의 울음소리가 더해지기 때문이라고 주장하였다.

사후 설문지를 통해 노이즈 필터링 이어플러그에 대한 주관적인 평가를 시행한 결과 I 군 중 20명(83.3%)이 이어플러그 사용이 이명 또는 난청 증상을 경감시키는 효과가 있었다고 답하였으며, 23명(95.8%)이 이어플러그 사용이 장기적으로 이명/난청 증상을 예방하는 데 효과가 있을 것이라 생각한다고 답했다. 이어플러그 사용이 업무 후 귀의 피로감을 줄여주는 효과 또한 62.5%의 착용자가 “그렇다” 또는 “매우 그렇다”고 평가했다. 이러한 결과는 이어플러그 착용이 사용자에게 긍정적인 효과를 제공하고 있다는 것을 시사하며, 이어플러그를 통해 청력 보호와 귀의 피로감 완화 등의 효과를 기대할 수 있다.

소음에 의한 청력 손상 정도는 주로 소음의 강도와 노출 기간에 따라 달라진다[1]. 일시적이고 중간 정도의 소음은 일시적인 청력 역치 변위(threshold shift)로 이어질 수 있으며 몇 시간 또는 며칠 후에 회복될 수 있다. 계속해서 유해한 소음에 노출되면 소리를 인지하는 유모세포가 대량 사멸해 영구적인 청력 손실이 발생할 수 있다[30]. 대포 소리와 같은 강력하고 큰 소리에 노출 시 급성 음향 외상(acute acoustic trauma)이라는 심각한 손상을 일으킬 수 있다[31]. 미국 질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention)에 의하면 60 dB은 대화하는 소리와 비슷한 강도로, 청력 손상을 일으키지 않는다. 95 dB은 오토바이의 엔진 소음과 비슷한 강도이며, 50분 이상 노출 시 청력 손상 위험이 있다. 100 dB은 지하철이나 자동차 경적과 비슷한 강도로, 15분 이상 노출 시 청력 손실이 발생할 수 있다. 105 - 100 dB은 5분 이상 노출될 경우 청력 손실이 발생할 수 있으며, 110 dB은 2분 이상 노출될 경우 청력이 손실될 수 있다. 120 dB 이상의 소음은 귀에 즉각적인 손상 및 통증을 일으킬 수 있다[32].

치과 진료 환경에서 발생하는 소음의 수준이 85.0 dB을 초과하는 고강도 소음임에도 불구하고 소음에 노출되는 시간이 적기 때문에 KOSHA가 제시한 기준에는 미치지 못한다[6]. 하지

만 지속적인 소음 노출은 의사소통, 일상 활동 및 수면을 방해하여 정신적 스트레스를 유발할 수 있다[33-35]. 이는 업무의 집중도를 떨어뜨려 생산력 감소 및 직업 불만족 등으로 이어질 수 있다. Van Kempen 등[36]은 1970년에서 1999년 사이에 발표된 소음 노출과 혈압 및 허혈성 심장 질환의 관계에 대한 43개의 역학 연구를 분석한 결과 소음의 노출은 혈압의 상승과 고혈압 및 심근 경색, 허혈성 심장질환의 위험을 증가시킨다고 보고하였다. 그 외의 여러 연구에서도 소음은 뇌졸중, 동맥 고혈압, 허혈성 심장 질환 및 심근 경색과 같은 뇌심혈관 질환의 위험 증가와 관련이 있다고 주장하여 소음의 노출이 난청뿐만 아니라 건강의 문제와도 연관이 있음을 밝혔다[37-39]. 따라서 의료인이 받는 영향으로 인해 업무 능력이 저하되지 않도록 소음 노출에 대한 인식을 개선하고 소음을 감소시킬 대안을 모색할 필요가 있다.

난청은 소음성 외에도 노화에 따른 청각기관의 퇴행성 변화에 의해 노인성 난청이 발생할 수 있다. Kim 등[40]의 연구에 의하면 측정된 모든 주파수(250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz)에서 나이가 증가할수록 청력 역치가 통계적으로 유의하게 증가하였다. 여러 연구에 따르면 소음 노출은 NIHL로 이어지는 것 외에도 노인성 난청을 가속화할 수 있다[41-43]. 특히, 노인성 난청의 동물 모델 연구에서는 소음에 노출될수록 달팽이관의 구조가 노화 과정에 더 취약해진다는 것을 발견했다[43,44]. 이러한 결과는 과도한 소음 자극 후 대사 활동 증가에 따른 미토콘드리아의 기능 장애나 활성산소종(reactive oxygen species) 생성에 따른 산화적 손상 등 여러 가지 요인으로 인해 발생할 수 있다[45].

이미 손상된 청각세포는 회복되지 않기 때문에 현재까지 NIHL의 치료법은 없으며, 따라서 예방이 가장 중요하다. 시끄러운 작업장에서 일하는 경우에는 소음 방지 장치를 착용하여 근로자의 청력을 보호해야 한다[46]. NIHL가 이미 발생한 경우에는 진행을 늦추도록 예방해야 한다. 일부 약물은 NIHL을 부분적으로 완화할 수 있다. 이러한 약물에는 외인성 항산화제(exogenous antioxidants), 칼슘 길항제(calcium antagonist) 또는 글루코코르티코이드(glucocorticoid)가 포함된다. 초기 단계에서 개입하는 것이 중요하며, 중증 난청으로 진행될 경우 보청기나 인공와우를 사용해야 한다[47].

KOSHA가 제시한 ‘산업안전보건기준에 관한 규칙’에 의하면 청력 보존 프로그램으로 소음 노출 평가, 소음 노출 기준 초과에 따른 공학적 대책, 청력 보호구의 지급과 착용, 소음의 유해



성과 예방에 관한 교육, 정기적 청력 검사, 기록·관리 사항 등이 포함된 NIHL을 예방·관리하기 위한 종합적인 계획을 제시하고 있다. 치과 내에서 발생하는 소음은 기술적 문제 등으로 소음 자체를 완전히 줄이기는 어려우나 환경 개선을 통해 소음을 줄여 NIHL을 예방해야 한다. 소음이 심한 기계에 대한 방음 시설 또는 장비를 통한 치과 진료실의 환경 개선은 치과 의료계 종사자들의 근무 만족도를 높이고 업무 능력 향상에 도움을 줄 것으로 생각된다.

일반적인 귀마개는 소음을 물리적으로 차단하여 소음으로 인한 청력 손상을 방지할 수 있다. 다양한 제조업체의 귀마개는 0.5 - 8.0 kHz 주파수에서 평균 약 20.0 dB의 즉각적 소음 감소 효과를 보였다[48]. Mohan 등[49]은 영구적인 청력 손실로 이어질 수 있는 청력의 일시적 변화가 축적되는 것을 방지하기 위해 치과의사가 청력 보호장치를 의무적으로 착용해야 한다고 주장하였다. 이러한 귀마개의 착용은 소음으로 인한 청력 손상 방지에 도움을 줄 수 있지만 필요한 소리를 구별하지 않고 물리적으로 모든 소리를 차단하기 때문에 환자 및 보호자와의 의사 소통을 방해할 수 있다.

반면에 노이즈 필터링 이어플러그는 원하지 않는 잡음의 주파수를 감쇄하여 원하는 음향 신호만을 남겨놓는다. 노이즈 필터링은 다양한 종류의 필터를 사용하여 음성과 잡음을 구별하는 데, 저주파 통과 필터(low-pass filter), 고주파 통과 필터(high-pass filter), 대역 통과 필터(band-pass filter), 대역 차단 필터(band-stop filter) 등이 주로 사용된다[50]. 저주파 통과 필터는 주어진 차단 주파수(cut-off frequency) 이상의 주파수 신호를 감쇄시켜 차단 주파수 이하의 신호만 통과시키는 필터이다. 고주파 통과 필터는 주어진 차단 주파수보다 낮은 주파수는 감쇄시키고, 높은 주파수 대역은 통과시킨다. 대역 차단 필터는 두 차단 주파수 사이의 대역을 통과시키고, 그 외의 주파수를 차단하는 필터이다. 반대로 대역 차단 필터는 특정 주파수 대역을 차단하고, 그 외 주파수를 통과시킨다[51]. 음성은 회화 음역대인 500 - 4000 Hz 내에서 발생하는 반면[5], 치과 진료실에서는 4000 Hz 이상 대역의 고주파 소음이 주로 발생한다[52]. 이에 따라 4000 Hz 이하의 저주파 통과 필터나 회화 음역을 통과시키는 대역 통과 필터를 사용하면 의사소통을 방해하지 않으면서 소음을 줄일 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서 사용된 이어플러그와 같이 치과 소음 환경에 특화되어 치과 기계 소음은 차단하고 대화는 명료한 음성으로 전달할 수 있는 장비의 개발 및 발전이 필요할 것으로 사료된다.

이 연구에는 몇 가지 한계점이 있다. 우선, 이 연구의 추적 기간은 1년으로 청력 변화를 관찰하기에는 다소 짧다고 생각된다. 따라서 장기간 추적 관찰을 시행한다면 보다 명확한 결과가 도출될 것으로 생각된다. 또한 각 집단을 대표하기에는 표본의 크기가 상대적으로 작았다는 한계가 있다. 이 연구는 한 가지 종류의 노이즈 필터링 이어플러그에 의한 청력 보호를 연구하였으며, 보다 다양한 보호구 착용에 의한 청력 보호 효과의 비교가 필요할 것으로 보인다. 따라서 향후 이러한 한계점을 보완하여 더 큰 모집단을 대상으로 한 장기 추적 연구가 필요할 것으로 보인다.

이 연구는 노이즈 필터링 이어플러그를 통해 치과의사의 청력 보호 대책을 모색할 수 있는 기초적인 자료를 제공한다는 의의가 있다. 이 연구는 치과 의사의 소음 노출에 대해 인지시키고 소음 감소 대책에 대한 관심도를 증진하는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

## 결론

본 연구는 치과 진료 시 노이즈 필터링 기능이 있는 이어플러그를 착용하고 업무를 수행하여 노이즈 필터링 이어플러그가 치과의사의 청력에 미칠 수 있는 영향에 대해 조사하였다. 순음 청력 검사 결과, 이어플러그를 착용한 I 군은 PTA가 감소하였으나, 착용하지 않은 II 군에서는 증가하였다. 이러한 결과는 노이즈 필터링 이어플러그가 청력 손실을 예방하는 데 효과적일 수 있다는 것을 보여준다. 그러나 1년간의 관찰 기간은 청력 변화를 충분히 확인하기에 어려울 수 있으므로, 추적 기간을 늘린 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

## Acknowledgments

This study was funded by the Ministry of Health and Welfare of the Republic of Korea with grant no. HI20C1055.

## Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

## References

- Occupational Safety and Health Administration : Hearing conservation. Available from URL: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/oha3074.pdf> (Accessed on August 4, 2023).
- National Institutes of Health : Noise and hearing loss. *Consensus Statement*, 8:1-24, 1990.
- Orgler G, Brownson P, Brubaker W, Crane D, Glogrig A, Hatfield T, Hanson R, Houthouser M, Ligo R, Markham T : American occupational medicine association noise and hearing conservation committee guidelines for the conduct of an occupational hearing conservation program. *J Occup Med*, 29:981-982, 1987.
- Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M : The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med*, 48:446-458, 2005.
- Korea Occupational Safety & Health Agency : Occupational safety & health guideline noise and hearing conservation. Available from URL: <https://kosh.or.kr/kosha/data/healthPromotionMediaData.do?mode=download&articleNo=241319&attachNo=117969> (Accessed on March 30, 2023).
- Cho H, Kim I, Cho S, Song JS, Lee J : Assessment of Dental Noise Environment of a Pediatric Dentist. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 48:209-220, 2021.
- Kwon B, Lee J, Kim S, Jeong T : The assessment of noise in the pediatric dental clinics. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 39:267-272, 2012.
- Jain D, Beniwal P : Review paper on noise cancellation using adaptive filters. *Int J Eng Res Technol*, 11: 241-244, 2022.
- Ji Y, Lee K, Park Y : Secondary Path Estimation Algorithm Based on Residual Music Canceller for Noise Cancelling Headphone. *J Acoust Soc Korea*, 34:377-382, 2015.
- Lo AHC, McPherson B : Hearing screening for school children: utility of noise-cancelling headphones. *BMC Ear Nose Throat Disord*, 13:6, 2013.
- Mizukoshi F, Takahashi H : Acoustic notch filtering earmuff utilizing Helmholtz resonator arrays. *PLoS One*, 16:e0258842, 2021.
- Ji DH, Choi MS : Characteristics of noise radiated at dental clinic. *J Korean Soc Environ Eng*, 31:1123-1128, 2009.
- Ramsey R, Greenough J, Breeze J : Noise-induced hearing loss in the military dental setting: a UK legislative perspective. *BMJ Mil Health*, 166:E53-E56, 2020.
- Al-Rawi NH, Al Nuaimi AS, Sadiqi A, Azaiah E, Ezzeddine D, Ghunaim Q, Abbas Z : Occupational noise-induced hearing loss among dental professionals. *Quintessence Int*, 50:245-250, 2019.
- Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG : Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*, 41: 1149-1160, 2009.
- Min MS, You SW : Basic consideration for pure tone audiometry. *Korean J Clin Lab Sci*, 33:266-271, 2001.
- Humes LE : The World Health Organization's hearing-impairment grading system: an evaluation for unaided communication in age-related hearing loss. *Int J Audiol*, 58:12-20, 2019.
- Hong SH : Otoacoustic emissions. *J Clin Otolaryngol*, 19:25-35, 2008.
- Lee JS, Hong SM, Hong SJ, Park IS, Kim YB, Shim MG, Keum BR : Comparison of Distortion Product Otoacoustic Emissions following Stimulus Intensity of Auditory Brainstem Response Test. *Audiol Speech Res*, 11:302-309, 2015.
- Gorga MP, Dierking DM, Johnson TA, Beauchaine KL, Garner CA, Neely ST : A validation and potential clinical application of multivariate analyses of distortion-product otoacoustic emission data. *Ear Hear*, 26: 593-607, 2005.
- Nassiri P, Zare S, Monazzam MR, Pourbakht A, Azam K, Golmohammadi T : Modeling signal-to-noise ratio of otoacoustic emissions in workers exposed to different industrial noise levels. *Noise Health*, 18:391-398, 2016.
- Villavisanis DF, Berson ER, Lauer AM, Cosetti MK, Schrode KM : Sex-based differences in hearing loss: perspectives from non-clinical research to clinical outcomes. *Otol Neurotol*, 41:290-298, 2020.

23. Wang Q, Wang X, Yang L, Han K, Huang Z, Wu H : Sex differences in noise-induced hearing loss: a cross-sectional study in China. *Biol Sex Differ*, 12:24, 2021.
24. Nolan LS : Age-related hearing loss: Why we need to think about sex as a biological variable. *J Neurosci Res*, 98:1705-1720, 2020.
25. Shetty R, Shoukath S, Shetty SK, Dandekeri S, Shetty NH, Ragher M : Hearing assessment of dental personnel: a cross-sectional exploratory study. *J Pharm Bioallied Sci*, 12(Suppl 1):S488-S494, 2020.
26. de Oliveira Gonçalves CG, Marques JM, Ribas A, de Lacerda ABM, Lobato DCB, Costa GL, Gonçalves GA : Characterization from hearing thresholds from dentists in a population from Curitiba city/PR, Brazil. *Int Arch Otorhinolaryngol*, 16:32-38, 2012.
27. Shuster BZ, Depireux DA, Mong JA, Hertzano R : Sex differences in hearing: Probing the role of estrogen signaling. *J Acoust Soc Am*, 145:3656, 2019.
28. Bali N, Acharya S, Anup N : An assessment of the effect of sound produced in a dental clinic on the hearing of dentists. *Oral Health Prev Dent*, 5:187-191, 2007.
29. Zubick HH, Tolentino AT, Boffa J : Hearing loss and the high speed dental handpiece. *Am J Public Health*, 70:633-635, 1980.
30. Shi L, Liu K, Wang H, Zhang Y, Hong Z, Wang M, Wang X, Jiang X, Yang S : Noise induced reversible changes of cochlear ribbon synapses contribute to temporary hearing loss in mice. *Acta Otolaryngol*, 135:1093-1102, 2015.
31. Medina-Garin DR, Dia A, Bedubourg G, Deparis X, Berger F, Michel R : Acute acoustic trauma in the French armed forces during 2007-2014. *Noise Health*, 18:297-302, 2016.
32. Centers for Disease Control and Prevention : What Noises Cause Hearing Loss? Available from URL: [https://www.cdc.gov/ncch/hearing\\_loss/what\\_noises\\_cause\\_hearing\\_loss.html](https://www.cdc.gov/ncch/hearing_loss/what_noises_cause_hearing_loss.html) (Accessed on May 14, 2023).
33. Babisch W : Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. *Noise Health*, 5:1-11, 2003.
34. Babisch W : The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise Health*, 4:1-11, 2002.
35. Hahad O, Prochaska JH, Daiber A, Muenzel T : Environmental noise-induced effects on stress hormones, oxidative stress, and vascular dysfunction: key factors in the relationship between cerebrocardiovascular and psychological disorders. *Oxid Med Cell Longev*, 2019:4623109, 2019.
36. van Kempen EE, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BA, de Hollander AE : The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Health Perspect*, 110:307-317, 2002.
37. Hahad O, Krölller-Schön S, Daiber A, Münzel T : The cardiovascular effects of noise. *Dtsch Arztebl Int*, 116:245-250, 2019.
38. Münzel T, Gori T, Babisch W, Basner M : Cardiovascular Effects of Environmental Noise Exposure. *Eur Heart J*, 35:829-836, 2014.
39. Münzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A, Sørensen M : Environmental noise and the cardiovascular system. *J Am Coll Cardiol*, 71:688-697, 2018.
40. Kim S, Jarng S, Shin J, Yeo C, Han Y, Lee J : Age- and Gender- Specific Reference Levels for Hearing Thresholds of Normal Aging in Korean. *J Acoust Soc Korea*, 24:353-357, 2005.
41. Kujawa SG, Liberman MC : Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a missed youth. *J Neurosci*, 26:2115-2123, 2006.
42. Fernandez KA, Jeffers PW, Lall K, Liberman MC, Kujawa SG : Aging after noise exposure: acceleration of cochlear synaptopathy in “recovered” ears. *J Neurosci*, 35:7509-7520, 2015.
43. Fetoni AR, Picciotti PM, Paludetti G, Troiani D : Pathogenesis of presbycusis in animal models: a review. *Exp Gerontol*, 46:413-425, 2011.
44. Wang J, Puel JL : Presbycusis: an update on cochlear mechanisms and therapies. *J Clin Med*, 9:218, 2020.
45. Fetoni AR, Pisani A, Rolesi R, Paciello F, Viziano A, Moleti A, Sisto R, Troiani D, Paludetti G, Grassi C : Early noise-induced hearing loss accelerates presbycusis altering aging processes in the cochlea. *Front Aging Neurosci*, 14:803973, 2022.
46. Keppler H, Ingeborg D, Sofie D, Bart V : The effects of

- a hearing education program on recreational noise exposure, attitudes and beliefs toward noise, hearing loss, and hearing protector devices in young adults. *Noise Health*, 17:253-262, 2015.
47. Ding T, Yan A, Liu K : What is noise-induced hearing loss? *Br J Hosp Med*, 80:525-529, 2019.
48. Tikka C, Verbeek JH, Kateman E, Morata TC, Dreschler WA, Ferrite S : Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss. *Cochrane Database Syst Rev*, 7:CD006396, 2017.
49. Mohan KM, Chopra A, Guddattu V, Singh S, Upasana K : Should dentists mandatorily wear ear protection device to prevent occupational noise-induced hearing loss? A randomized case-control study. *J Int Soc Prev Community Dent*, 12:513-523, 2022.
50. Kalyani V, Jadam K, Padonia K, Gupta E, Kalyani VL : Different Types of Active Universal Filters And Their Various Applications. *J Manage Eng Inform Technol*, 3:48-51, 2016.
51. Välimäki V, Reiss JD : All about audio equalization: Solutions and frontiers. *Appl Sci*, 6:129, 2016.
52. Ji DH, Choi MS : The Noise Characteristics and Appropriate Talk Distance in Dental Clinic. *J Korea Acad Indust Coop Soc*, 14:2516-2523, 2013.

## 치과의를 위한 노이즈 필터링 이어플러그의 청력 보호 효과에 관한 연구

조다영<sup>1</sup> · 김익환<sup>1</sup> · 이태양<sup>2</sup> · 신승호<sup>3</sup> · 정진세<sup>4</sup> · 박원서<sup>5</sup> · 송제선<sup>2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 치과대학 소아치과학교실

<sup>2</sup>연세대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강과학연구소

<sup>3</sup>연세대학교 의과대학 용인세브란스병원 이비인후과학교실

<sup>4</sup>연세대학교 의과대학 이비인후과학교실

<sup>5</sup>연세대학교 치과대학 통합치의학과 및 디지털헬스케어혁신연구소

이 연구는 소음이 유발되는 진료 시 노이즈 필터링 기능이 있는 이어플러그를 착용하고 업무를 시행하여 노이즈 필터링 이어플러그가 치과의를 청력에 미칠 수 있는 영향에 대해 조사하였다. 연구 대상자의 청력을 평가하기 위해 순음 청력 검사와 변조이음향방사 검사를 첫 내원 시와 1년 후 측정하였다. 연구 결과, 이어플러그를 착용하지 않은 군에 비해 이어플러그를 착용한 군의 순음 청력 역치 평균값이 유의미하게 감소하여 청력이 호전되는 모습을 보였다. 그러나 변조이음향검사의 신호대잡음비는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 노이즈 필터링 이어플러그가 청력 손실을 예방하는 데 일부 효과적일 수 있다는 것을 보여준다. 그러나 1년간의 관찰 기간은 청력 변화를 충분히 확인하기에 어려울 수 있으므로, 추적 기간을 늘린 후속 연구가 필요할 것으로 보인다. [J Korean Acad Pediatr Dent 2023;50(3):239-251]

원고접수일 2023년 3월 30일  
 원고최종수정일 2023년 5월 23일  
 원고채택일 2023년 5월 25일

© 2023 대한소아치과학회  
 © 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 4.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

교신저자 송제선

(03722) 서울특별시 서대문구 연세로 50-1 연세대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강과학연구소  
 Tel: 02-2228-3176 / Fax: 02-392-7420 / E-mail: songjs@yuhs.ac