

# Effect of Noise Cancelling Devices on Dental Handpieces Using Ear Model

Seunghan Mo<sup>1</sup>, Jungu Kang<sup>2</sup>, Ik-Hwan Kim<sup>1</sup>, Hyung-Jun Choi<sup>1</sup>, Je Seon Song<sup>1</sup>, Yooseok Shin<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>College of Dentistry, Yonsei University

<sup>3</sup>Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

## Abstract

This study intended to evaluate noise level of dental handpieces and the effects of noise cancelling devices. An ear model was designed to measure the level of the noise delivered to the inner ear during dental handpiece operation. The level of noise was measured in various conditions using the ear model and the portable noise meter. Noise level was measured again after applying of 4 different noise cancelling devices to the model ear.

The noise level of dental handpieces was 82.5 - 84.4 dB. When 4 types of noise canceling devices were applied, the noise level reduced to 67.4 - 73.8 dB. All 4 devices had statistically significant effect in reducing the noise of the handpiece.

Considering the intensity and exposure time, noise in dental clinics can cause hearing damage to dentists. For protection from the risk of occupational hearing damages, noise canceling devices can be recommended.

**Key words :** Noise, Dental handpiece, Noise cancelling, Hearing protection

## I. 서 론

소음은 “기계, 시설 등의 사용으로 인하여 발생하는 원치 않는 소리” 로 정의된다. 치과에서는 핸드피스, 구강내 흡인기, 초음파 스케일러 등 여러 장비들이 만드는 불가피한 소음이 존재하고 이는 환자와 의료진 모두에게 부정적인 영향을 미친다[1]. 임상 연구에 따르면 다수의 아이들이 치과치료에 있어 불안, 공포를 호소하는 것으로 나타났으며 이를 일으키는 가장 큰 원인 중 하나는 치과 소음이었다[2,3].

또한 치과종사자인 치과의사, 치위생사, 치과기공사의 경우

치과 소음에 하루 10시간 이상의 지속적인 노출 시간을 가지고 있어 비가역적 청력 손상이 우려된다[4]. Letho 등[5]은 청력 손상에 민감한 사람들은 치과용 드릴과 같은 소음에도 소음성 난청과 같은 점진적 청력 손상이 발생할 수 있다고 하였다. Merrel과 Claggett[6] 또한 치과 소음이 청력 손상을 야기한다는 명백한 증거는 없으나 치과 종사자들에게 청력 손상의 경향이 나타난다고 보고하였다.

최근 소음 환경에서 청력 보호를 위해 보청기에 사용하던 Active Noise Cancelling (ANC) 기술을 이용한 다양한 소음 저감 장치가 개발되어 시판되고 있다[7]. Lin 등[8]의 연구에 의하면 산업

Corresponding author : Je Seon Song

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Korea

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

Co-corresponding author: Yooseok Shin

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Korea

Tel: +82-2-2228-3146 / Fax: +82-2-313-7575 / E-mail: densys@yuhs.ac

Received June 14, 2019 / Revised October 28, 2019 / Accepted August 27, 2019

현장에서 소음 감소를 위해 제작된 ANC headphone은 소음을 30 dB 감소시키고 신호 대 잡음비를 14 dB 증가시켰다고 한다.

현재 치과영역에서 발생하는 소음 환경에 대해 소음 저감 장치들이 실제 어느 정도 효과가 있는지 조사된 연구는 없다. 이에 이 연구에서는 귀 모형을 사용하여 치과 기구에서 발생하는 소음을 측정하고 시판되는 산업용, 생활용 소음 저감 장치를 적용한 결과를 측정하여 소음 차단 효과를 고찰해보고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

연구에서 사용한 치과용 기구와 소음 저감 장치는 다음과 같다(Table 1, Table 2). 대조군으로 사용한 Earplug (3M, Minneapolis, US)는 스펀지 폼 재질의 귀마개이다. 실험군으로 사용한 Quieton (Quieton, Kempele, Finland), QC30 (BOSE, Framingham, US), ALLTALK (Suhyuntech, Suwon, Korea)는 시판중인 제품으로 ANC 기능을 갖춘 이어폰이다. 상기 제품들은 치과 소음 제거가 목적이 아닌 소음이 큰 산업 환경이나 비행기, 지하철 등 일상 생활 속에서 소음을 줄이기 위한 용도로 개발된 상품이다. 제품의 노후화에 따른 오차를 줄이기 위해 새 제품을 사용하였다.

### 2. 연구 방법

귀 모형의 내이도에 휴대용 마이크 MM-BSM-9 (Shure, Niles, US)를 이용하여 치과용 기구로부터 발생하는 소음을 측정하였다. 마이크와 귀 모형이 연결되는 부위는 스펀지를 사용하여 밀봉하였고, 외이도 외에는 소음이 유입되지 않음을 확인하였다 (Fig. 1A). 소음 측정은 배경 소음이 40 dB 이하로 배경소음이 최소인 밀폐된 진료실에서 이뤄졌으며 이상적 진료거리인 30.0 cm (Fig. 1B) 거리에서 측정되었다. 소음 크기는 30초간 측정하였고, 30초간 노출된 평균 음압 레벨을 측정값으로 하였다. 각 실험군은 측정 오차를 줄이기 위해 같은 조건에서 10번씩 반복 측정되었다.

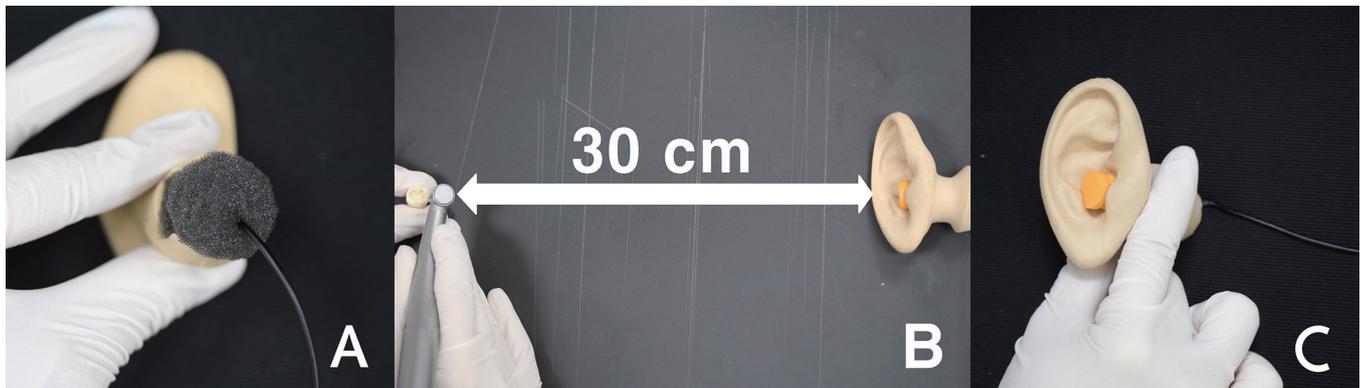
**Table 2.** Noise cancelling devices

Noise Cancelling Devices	Manufacturer	Type
Earplug	3M (Minneapolis, US)	Foam type earplug
Quieton	Quieton (Kempele, Finland)	Active noise cancelling earplug
QC30	BOSE (Framingham, US)	
ALLTALK	Suhyuntech (Suwon, Korea)	

**Table 1.** Handpieces used for evaluation

Handpiece	Manufacturer	Model	Speed (rpm*)
High-speed	Kavo (Allgan, Germany)	GENTLEmini LUX 5000B	300,000
Low-speed	Kavo (Allgan, Germany)	INTRAmatic 20CN	15,000

\*rpm, revolutions per minutes.



**Fig. 1.** (A) The portable microphone was connected to the inner ear of the model and the connection area was sealed with a sponge, (B) The level of noise was measured in various conditions from the distance of 30 cm with a portable noise mete, (C) Noise level was measured again after the application of noise cancelling devices.

1) 치과용 기구의 공기 중 소음 크기 측정  
 고속(#330, diamond) 및 저속 핸드피스(#2 round, polishing stone)에 버를 연결 후 공기 중에서 측정하였다.

2) 치과용 기구의 치아삭제 중 소음 크기 측정  
 발거된 유치를 왁스 블럭으로 고정한 후 고속(#330, diamond) 및 저속 핸드피스(#2 round, polishing stone)로 치아 삭제 시 각각의 소음을 측정하였다.

3) 소음 저감 장치 적용 후 소음 크기 측정  
 귀 모형의 외이도에 Earplug 적용 후 소음을 측정하였다(Fig. 1C). 실험군으로 사용된 소음 저감 장치 적용 후 소음을 측정하였다(Fig. 2). 녹음된 소음은 분석용 프로그램 NoiseTools (CIR-RUS Co., North Yorkshire, UK)를 이용하여 소음의 특성을 분석하였다.

3. 통계 분석

수집된 자료는 SPSS (version 23.0.0, SPSS, Chicago, IL, USA)와 Excel 2010 (Microsoft Inc., Chicago, USA)를 이용하여 분석하였다. 실험군 소음 차이 검증을 위해 비모수적 검정 방식인 Mann-Whitney U test와 Kruskal-Wallis test를 시행하고 Dunn's Post

Hoc test로 사후 검정을 시행하였다. 다중 비교 시 Bonferroni 방법에 의해 보정된 유의수준을 이용하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 공기 중 소음과 치아 삭제 시 발생하는 소음 크기 비교

고속 및 저속 핸드피스에서 공기 중에서 회전시켰을 때 소음과 치아 삭제중 발생하는 소음을 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 3). 치아를 삭제하였을 경우, 고속(#330, diamond) 및 저속 핸드피스(#2 round, polishing stone)에서 모두 공기 중에서 회전시켰을 때보다 통계적으로 유의하게 큰 소음 값이 나타났으며, 평균적으로 4.6 - 6.1 dB의 차이를 보였다.

2. 고속 및 저속 핸드피스에서 발생하는 소음 크기 비교

고속(#330, diamond) 핸드피스와 저속 핸드피스(#2 round, polishing stone)에서 발생한 소음을 비교한 결과 공기 중에서 회전시켰을 때 고속 핸드피스에서 저속 핸드피스보다 통계적으로 유의하게 큰 소음이 나타났다(Table 4). 반면 치아 삭제 중 발생하는 소음의 크기에서는 고속 및 저속 핸드피스 간 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 5). 또한 고속(#330,



Fig. 2. Noise cancelling devices used in this study. (A) Quieton, (B) QC30, (C) ALLTALK.

Table 3. Noise difference between measurement in the air and during the tooth preparation

Condition	In the air (dB)	Tooth prep (dB)	t	p value
High-speed + #330	78.90 ± 1.91	84.41 ± 1.94	-9.15	0.001
High-speed + Diamond	79.32 ± 0.78	83.90 ± 0.91	-14.48	0.001
Low-speed + #2 Round	76.50 ± 1.08	83.84 ± 0.97	-21.49	0.001
Low-speed + Polishing	76.39 ± 0.78	82.46 ± 0.99	-19.20	0.001

p value from Mann-Whitney U test.

diamond) 핸드피스와 저속 핸드피스(#2 round, polishing stone)에서 발생하는 소음에서 버에 따른 소음 차이는 없었다.

### 3. 고속 핸드피스 실험군의 소음감소 효과 평가

고속 핸드피스 실험군의 소음 크기 비교는 Table 6에 나타나 있다. 고속 핸드피스(#330)의 치아 삭제시 발생하는 소음은 84.4 dB였다. 귀 모형에 소음 저감 장치를 적용한 후 치아 삭제시 측정된 소음은 Earplug (73.0 dB)가 가장 높게 나타났으며 QC30 (71.1 dB), ALLTALK (68.1 dB), Qiteon (66.0 dB) 순으로 낮게 나타났다. 실험군 간 비교에서는 Earplug와 ALLTALK, Earplug와

**Table 4.** Noise difference between high-speed and low-speed handpiece during the tooth Preparation

Condition	Noise level (dB)	<i>p</i> value
High-speed + #330	78.90 ± 1.91 <sup>a</sup>	0.005
High-speed + Diamond	79.32 ± 0.78 <sup>a</sup>	
Low-speed + #2 Round	76.50 ± 1.08 <sup>b</sup>	
Low-speed + Polishing	76.39 ± 0.78 <sup>b</sup>	

Values are mean ± standard deviation.

*p* value from Kruskal-Wallis test.

a,b : The same character means no statistical difference.

**Table 5.** Noise difference between high-speed and low-speed handpiece in the air

Condition	Noise level (dB)	<i>p</i> value
High-speed + #330	84.41 ± 1.94 <sup>a</sup>	0.026
High-speed + Diamond	83.90 ± 0.91 <sup>a</sup>	
Low-speed + #2 Round	83.84 ± 0.97 <sup>a</sup>	
Low-speed + Polishing	82.46 ± 0.99 <sup>a</sup>	

Values are mean ± standard deviation.

*p* value from Kruskal-Wallis test.

a : The same character means no statistical difference.

**Table 6.** Comparison of noise level with high-speed handpiece

Condition	Noise level (dB)	<i>p</i> value
None	84.41 ± 1.94 <sup>a</sup>	0.001
Earplug	73.03 ± 0.73 <sup>b</sup>	
QC30	71.09 ± 1.08 <sup>b</sup>	
ALLTALK	68.12 ± 0.63 <sup>c</sup>	
Qiteon	66.02 ± 0.85 <sup>c</sup>	

Values are mean ± standard deviation.

*p* value from Kruskal-Wallis test.

a,b,c : The same character means no statistical difference.

Quieton, QC30과 Quieton 간 통계적 유의성이 있었다(Table 7).

### 4. 저속 핸드피스 실험군의 소음감소 효과 평가

저속 핸드피스 실험군의 소음 크기 비교는 Table 8에 표기하였다. 저속 핸드피스(round bur)로 치아 삭제시 소음은 83.8 dB였다. 귀 모형에 소음 저감 장치를 적용한 후 치아 삭제시 측정된 소음은 Earplug (73.8 dB), QC30 (71.7 dB), ALLTALK (69.7 dB), Qiteon (67.4 dB)으로 고속 핸드피스 실험군과 같은 순서를 보였다. 실험군 간 비교에서는 Earplug와 ALLTALK, Earplug와 Quieton, QC30과 Quieton 간 통계적 유의성이 있었다(Table 9).

**Table 7.** Multiple comparisons of noise level with high-speed handpiece by using Tukey method

	None	Earplug	QC30	ALLTALK	Qiteon
None					
Earplug	0.001				
QC30	0.010	0.158			
ALLTALK	0.001	0.015	0.327		
Qiteon	0.001	0.001	0.014	0.273	

*p* value from Bonferroni-adjusted Dunn's Post Hoc test.

**Table 8.** Comparison of noise level with low-speed handpiece

Condition	Noise level (dB)	<i>p</i> value
None	83.84 ± 0.97 <sup>a</sup>	0.001
Earplug	73.76 ± 1.30 <sup>b</sup>	
QC30	71.68 ± 1.17 <sup>b</sup>	
ALLTALK	69.67 ± 1.21 <sup>c</sup>	
Qiteon	67.43 ± 0.96 <sup>c</sup>	

Values are mean ± standard deviation.

*p* value from Kruskal-Wallis test.

a,b,c : The same character means no statistical difference.

**Table 9.** Multiple comparisons of noise level with low-speed handpiece by using Tukey method

	None	Earplug	QC30	ALLTALK	Qiteon
None					
Earplug	0.290				
QC30	0.014	0.217			
ALLTALK	0.001	0.042	0.320		
Qiteon	0.001	0.001	0.016	0.297	

*p* value from Bonferroni-adjusted Dunn's Post Hoc test.

#### IV. 총괄 및 고찰

치과의료기관 종사자는 지속적인 소음에 노출되어 있으며, 직업적 청력 손상의 위험이 있다. 소음에 의한 내이 손상의 정도는 소음 크기, 노출 시간, 노출된 사람의 청각 기전의 민감성의 세 요소로서 결정된다[6]. 소음 노출에 의한 와우의 손상 기전은 기계적 손상과 대사성 손상으로 설명하는데, 기계적 손상은 기저막, 와우내막, 내외 유모세포 및 지지세포, 나선 신경절과 혈관조 등에서의 물리화학적 손상과 내이 혈류의 변화 등이다[9]. 최근 들어서는 소음성 난청의 또다른 기전으로 대사성 손상이 주목되고 있는데, 소음에 의한 대사 활동으로 미토콘드리아에서 활성 산소나 활성 질소와 같은 유리기의 과다 생성은 와우 혈류를 감소시키고 세포의 사멸이나 괴사를 야기한다[10,11]. 장기적 소음 노출에 의한 경우, 비가역적 손상이 진행되므로 완치가 어렵고 예방이 최선이다.

내이에 영향을 주는 소음량은 일정 노출 시간의 평균 소음 강도로 표현되는데 이를 Time-Weighted Average (TWA)라고 한다. Occupational Safety and Health Administration (OSHA)에서 근로자의 소음노출 허용기준은 90dB - 8hr TWA로 규정한 바 있다[12]. 이는 8시간 동안 평균 90.0 dB의 소음 노출을 의미한다. 여기에 5.0 dB의 교환율을 적용하여 시간당 허용되는 소음량을 결정하였다. 한편 1998년 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) 지침은 권장 노출한도는 85 dBA - 8hr TWA, 교환율은 3.0 dB로 좀 더 보수적인 기준을 사용하였다[13]. 이에 따르면 80.0 dB에서 5%에서 직업적 난청이 발생할 수 있다고 하였으며 85.0 dB에서는 5 - 15%, 90.0 dB에서는 5 - 25%로 추정하였다. 이 연구에서는 치과영역에서 발생하는 소음 환경에 대해서 소음원인 핸드피스 작동시 발생하는 소음이 어느정도 발생하는지 조사하기 위해 음압 레벨을 측정하였으며, 고속 핸드피스와 저속 핸드피스, 공기중에서 작동시와 치아 삭제 시, 버에 따른 소음의 차이를 비교하였다.

이번 연구에서 고속 및 저속 핸드피스를 공기중에서 작동할 때 소음은 76.4 - 78.9 dB로 측정되었고 이는 종전의 선행연구와 비슷한 결과값을 보였다. Bahannan 등[14]의 연구에서 측정된 소음은 고속 핸드피스 69.7 dB, 저속 핸드피스 72.9 dB였으며, Ji와 Choi[15]의 선행연구에서는 핸드피스 작동시 소음도의 범위는 67.7 - 78.3 dB로 측정되었고, Kwon 등[4]의 연구에서 측정된 소음값은 고속 핸드피스 80.9 dB, 저속 핸드피스 78.7 dB였다.

치아 삭제시 고속 및 저속 핸드피스에서 발생하는 소음은 82.5 - 84.4 dB로 공기 중에서 작동할 때 4.6 - 6.1 dB의 증가를 보였다. Szymanska[16]의 종전 연구에서는 고속 핸드피스에서

공기 중 67.9 dB, 치아 삭제 85.3 dB, 저속 핸드피스에서 공기 중 66.8 dB, 치아 삭제 82.0 dB였다.

Bahannan 등[14]의 연구는 술자의 귀에서 5.0 cm 떨어진 위치에 마이크를 두고 30초간 녹음된 소리의 크기를 분석하였으며 Szymanska[16]는 12 inch (30.5 cm)에서 15초간 측정하였다. Ji와 Choi[15]의 연구, 그리고 Kwon 등[4]은 이 연구와 동일하게 진료기기로부터 30.0 cm 떨어진 지점에서 30초간 발생하는 소음을 측정하였다.

소음 측정은 사용된 핸드피스와 절삭 재료, 진료실의 형태(개방형, 폐쇄형)와 방음 시설 여부, 주변 소음 유무, 측정 거리, 시간대, 날씨 등 소음 측정 환경에 따라 달라질 수 있는데, 연구자간 다소 결과에 차이가 있는 것은 이러한 요소들에 의한 것으로 생각된다.

이 연구는 30.0 cm 떨어진 거리에서 소음을 측정하였는데, 이것은 진료시 치과종사자의 귀의 위치인 30.0 cm를 가정한 거리이다[17]. 또한 작업환경 측정 소음 측정기의 센서부분을 주 작업 근로자의 귀 위치를 중심으로 반경 30.0 cm 이내에 장착한다는 기준에 근거하였다. 그러나 진료 중 술자의 위치가 움직이면 그에 따른 소음의 크기도 변하게 된다. 이론적으로 자유공간에서 거리가 2배 늘어날수록 소리의 크기는 6.0 dB만큼 감소하며 Ji와 Choi[15]의 연구에서 100.0 cm 거리에서 측정된 핸드피스의 소음은 30.0 cm에 비해 6 - 8 dB만큼 감소하였다. 이 연구 모델은 거리나 소음 측정 환경 등 여러가지 변인을 통제하고 단순화하여 소음 저감 장치의 성능을 비교하는데 의의가 있지만, 다양한 변인이 영향을 미치는 실제환경에서 추가적인 검증이 필요할 것으로 생각된다.

이 연구에서 측정된 핸드피스의 소음값은 82.5 - 84.4 dB로 NIOSH에서 제시한 소음 노출의 역치 수준(85.0 dB)에 근접한 것으로 나타났다. 실제 치과진료시 의료진에게 노출되는 소음은 더 클 수 있는데, 특히 소아치과 진료실에서는 어린이의 울음소리라는 부가적 소음원에 의해 소음의 크기가 30 dB 이상 증가한다[4].

장기적 소음 노출에 의한 소음성 난청의 경우 비가역적 손상이 진행되므로 치료보다 예방이 중요하다. 청력 보호장구는 귀마개형과 귀덮개형이 있는데 15 - 30 dB의 소음을 감소시키며 귀마개형은 긴밀히 접촉 안되었을 경우 효과가 현저히 떨어진다 단점이 있다[18]. Miranda[19]는 치과용 핸드피스에 의해 만성적인 비가역적 청각 손상이 올 수 있음을 경고하고 사용자 맞춤형 이어플러그나 귀 덮개를 추천했다. The American Council on Dental Materials and Devices는 플러그형 귀마개가 치과소음에 대해 20 - 35 dB의 소음 감소 효과가 있으며 청력보호를 위해 이를 사용할 것을 권유하였다[20]. 1999년 Hinze 등[21]도

귀마개가 치과진료실에서 15 - 30 dB의 소음 감소효과가 있으며 치과외사의 청력 보호를 위해 이를 착용할 것을 제안한 바 있다.

이 연구에서 소음 저감 장치를 적용한 결과 사용된 4종은 모두 치과 소음을 감소시키는 데 유의미한 효과가 있는 것으로 나타났다. 조건별로 차이는 있었지만 최소 10.1 dB에서 최대 18.4 dB까지 소음을 감소시킬 수 있었다. 4종의 장치를 적용하였을 때 측정된 소음은 67.4 - 73.8 dB로 OSHA와 NIOSH의 소음노출 허용기준인 90.0 dB, 85.0 dB 이하로 크게 떨어지기 때문에 청력을 보호하는데 의미 있는 수치라 볼 수 있다. 특히 Foam type earplug는 상대적으로는 가장 낮은 소음 감소 효과를 보였음에도 불구하고 치과소음으로부터 청력을 보호하는데 충분한 효과를 보였기 때문에, 경제성을 고려한다면 좋은 선택이 될 수 있다.

연구에서 사용된 3종의 이어폰(QC30, ALLTALK, Qiteon)은 Ear canal type 이어폰으로 두 가지 방식으로 소음을 감소시킨다. 외이도를 폐쇄하는 고무마개에 의해 소음을 차단하는 Passive Noise Cancelling (PNC)와 간섭을 통해 능동적으로 소음을 감소시키는 ANC이다. PNC의 효과만 있는 foam type earplug를 적용했을 때의 소음크기와 비교하면 고속 핸드피스에서 QC (1.9 dB), ALLTALK (4.9 dB), Qiteon (7.0 dB)만큼 저속 핸드피스에서 QC (2.1 dB), ALLTALK (4.1 dB), Qiteon (6.3 dB)만큼 더 소음을 감소시켰다. 이 차이는 3종의 이어폰의 ANC 효과를 반영한다고 할 수 있는데, 음압이 2 dB 감소시 음향 에너지의 크기가 20% 줄어들고, 소음 허용 한계 시간이 1.2배로 늘어나기 때문에 ANC는 소음에 대해 청력을 보호하는데 다소간 효과가 있다고 생각된다. 다만 소음에 대한 민감도는 환경과 사람에 따라 상대적인 것으로 실제 착용시 어느정도 효과가 있는지를 알아보기 위한 피험자를 대상으로 한 추가 임상연구가 필요할 것으로 보인다. 제품별 차이를 보이는 것은 제작 회사에 따른 ANC algorithm 때문으로 추정된다. 제품별로 ANC algorithm에 따라 주파수 영역대별로 ANC 효과가 차이가 날 수 있는데, 이 연구 결과는 Qiteon 제품이 치과용 핸드피스에서 발생하는 소음의 주파수 영역에서 ANC효과가 클 수 있다는 것을 의미한다. 다만 제한점은 제품별로 각각 다른 방식의 고무마개를 이용하기 때문에 3종의 이어폰 간의 결과값 차이는 이어폰의 형태에 의한 PNC와 ANC 효과가 같이 반영된 결과로 해석해야 할 것이다.

이 연구에서는 귀 모형을 사용하여 치과외사의 귀에서 외이도를 통해서만 소음이 유입되는 환경을 가정하였다. 귀 모형은 의과대학에서 사용하는 진단 실습을 위한 인체 모형에서 분리한 것으로 차음이 되는 실리콘 고무 재질로 되어 있다. 모형 귀의 뒷부분은 스펀지로 밀폐하여 외이도 외에 다른 경로에서 유입되

는 소음을 차단하였다. 소음 측정기에 모형 귀를 적용하였을 때와 적용하지 않은 환경에서 핸드피스의 소음을 측정된 결과 오차범위내에서 차이가 없는 결과값을 보였다.

그러나 귀 모형을 적용하는 것은 외이도를 통해 고막에 전달되는 음악의 크기의 측정에는 효과적이거나 실제 소리의 전달은 외이 외에 골도를 통해서도 전달되며 이는 모델에서 배제한 부분이다. 이는 실제 고막에 전달되는 소음의 크기는 더 클 수 있으며 이어폰 소음 저감 장치의 소음 차단 능력도 더 낮을 수 있음을 의미한다. 실이 측정은 보청기 피팅을 위해 환자의 귀에 실리콘 프로브 튜브를 삽입하여 고막에 전달되는 음압을 측정하는 방식이다. 이 연구 결과를 기초로 하여 실이 측정을 사용한 후속 연구를 진행한다면 실제 고막에 전달되는 소음과 소음 저감 장치 적용 후의 효과를 더 효과적이고 신뢰할 만하게 측정할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 이 연구는 치과에서 발생하는 여러 소음원 중 하나의 핸드피스만을 작동한 것으로 실제 치과환경에서는 핸드피스와 구강내 흡인기, 주변 제어의 소음, 아이 울음소리 등 복합적인 소음으로 인해 소음의 크기와 질이 달라지기 때문에 임상에서 소음 저감 장치를 적용할 경우 결과에 차이가 있을 것으로 생각된다. 특히 소아치과 영역에서 어린이의 울음소리가 포함된 경우 치과 소음의 크기는 증가할 수 있기 때문에, 연구 조건과 많은 차이를 보일 수 있다. 따라서 실제 치과 진료실에서 발생하는 소음의 크기와 소음 저감 장치의 임상적 효과에 대한 보다 정교하게 설계된 후속연구가 필요하다.

또한 소음 저감 장치는 소음에 의한 청력 손상 가능성으로부터 치과외사를 보호하는 반면, 환자 및 보호자와의 소통을 저해할 수 있다. 소음 저감 장치를 치과 임상 환경에서 적용하기 위해서는 이에 대한 임상적 연구와 치과 소음 환경에 특화된 제품의 보완 및 개발이 필요할 것이다.

## V. 결 론

치과용 핸드피스에서 발생하는 소음을 평가하고 시중에 유통되는 4종의 소음 저감 장치의 소음 차단 효과를 고찰하고자 귀 모형을 사용한 연구를 진행하였다. 측정 결과, 고속 및 저속 핸드피스에서 치아 삭제시 발생하는 82.5 - 84.4 dB로 NIOSH에서 제시한 소음 노출의 역치 수준에 근접한 것으로 이는 장시간 노출될 경우 직업적 청력 손상을 초래할 수 있음을 뜻한다. 4종의 소음 저감 장치를 적용하였을 때 측정된 소음은 67.4 - 73.8 dB로 4종 모두 핸드피스에서 발생하는 소음을 감소시키는데 유의미한 효과가 있었으며 그 중에서 Qiteon 제품의 소음 감소 효과가 가장 우수하였다. 소음 저감 장치를 적용할 경우 OSHA와

NIOSH의 소음노출 허용기준(90 dB, 85 dB)보다 크게 떨어지기 때문에 청력을 보호하기 위해 소음 저감 장치 사용을 권장할 수 있는 근거가 될 수 있다.

장시간의 치과 소음 노출에 의한 청력 손실은 비가역적 손상이 진행되므로 치료보다 예방이 중요하다. 따라서 치과 소음 환경에 대한 체계적인 검토와 치과 의료기관 종사자의 청력 보호 장치 임상 적용에 대한 후속연구가 필요할 것으로 보인다.

## ORCID

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

Hyung-Jun Choi <https://orcid.org/0000-0002-3315-6912>

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

## References

1. Setcos JC, Mahyuddin A : Noise levels encountered in dental clinical and laboratory practice. *Int J Prosthodont*, 11: 150-157, 1998.
2. Muppa R, Bhupatiraju P, Panthula P : Comparison of anxiety levels associated with noise in the dental clinic among children of age group 6-15 years. *Noise Health*, 15:190-193, 2013.
3. Murthy VA, Spandana K : A clinical study of effect of hyperpyrexia on otoacoustic emissions in children. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 70:438-449, 2018.
4. Kwon BM, Lee JH, Kim S, Jeong TS : The assessment of noise in the pediatric dental clinics. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 39:267-272, 2012.
5. Lehto TU, Laurikainen ET, Johansson R, et al. : Hearing of dentists in the long run: a 15-year follow-up study. *Community Dent Oral Epidemiol*, 17:207-211, 1989.
6. Merrell HB, Claggett K : Noise pollution and hearing loss in the dental office. *Dent Assist J*, 61:6-9, 1992.
7. Na WS, Kim KW, Suh MW, et al. : Effect of active noise cancelling earphones on preferred listening level when listening to portable music players in noisy environments. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg*, 55:415-421, 2012.
8. Lin JH, Li PC, Young ST, et al. : Industrial wideband noise reduction for hearing aids using a headset with adaptive-feedback active noise cancellation. *Med Biol Eng Comput*, 43:739-745, 2005.
9. Spondlin H : Primary structural changes in the organ of Corti after acoustic overstimulation. *Acta Otolaryngol*, 71: 166-176, 1971.
10. Ohlemiller KK, Wright JS, Dugan LL : Early elevation of cochlear reactive oxygen species following noise exposure. *Audiol Neurootol*, 4:229-236, 1999.
11. Henderson D, Bielefeld EC, Harris KC, Hu BH : The role of oxidative stress in noise-induced hearing loss. *Ear Hear*, 27:1-19, 2006.
12. OSHA : Occupational noise exposure : hearing conservation amendment; final rule. *Fed Reg*, 48:9738-9785, 1983.
13. Sriwattanatamma P, Breyse P : Comparison of NIOSH noise criteria and OSHA hearing conservation criteria. *Am J Ind Med*, 37:334-338, 2000.
14. Bahannan S, el-Hamid AA, Bahnassy A : Noise level of dental handpieces and laboratory engines. *J Prosthodont*, 70:356-360, 1993.
15. Ji DH, Choi MS : Characteristics of noise radiated at dental clinic. *Korean J Soc Environ Eng*, 31:1123-1128, 2009.
16. Szymanska J : Work-related noise hazards in the dental surgery. *Ann Agric Environ Med*, 7:67-70, 2000.
17. Valachi B, Valachi K : Preventing musculoskeletal disorders in clinical dentistry: strategies to address the mechanisms leading to musculoskeletal disorders. *J Am Dent Assoc*, 134:1604-1612, 2003.
18. Mlynski R, Kozlowski E : Noise reduction at the shooting range by means of level-dependent hearing protectors. *Med Pr*, 70:265-273, 2019.
19. Miranda FJ : Protect your hearing. Dental office sounds may be hazardous to your health. *J Okla Dent Assoc*, 75:38-39, 1985.
20. Council on Dental Materials and Devices : Noise control in the dental operator. *J Am Dent Assoc*, 89:1384-1385, 1974.
21. Hinze HF, DeLeon C, Mitchell WC : Dentists at high risk for hearing loss: protection with custom earplugs. *Gen Dent*, 47:600-603, 1999.

국문초록

## 귀 모형을 이용한 치과 핸드피스에 대한 소음 저감 장치의 효과 분석

모승한<sup>1</sup> 대학원생 · 강준구<sup>2</sup> 대학생 · 김익환<sup>1</sup> 대학원생 · 최형준 교수<sup>1</sup> · 송제선<sup>1</sup> 교수 · 신유석<sup>3</sup> 교수

<sup>1</sup> 연세대학교 치과대학 소아치과학교실

<sup>2</sup> 연세대학교 치과대학

<sup>3</sup> 연세대학교 치과대학 보존과학교실

이 연구는 치과 핸드피스의 소음 수준과 소음 저감 장치의 효과를 평가하기 위한 것이다. 귀 모형은 치과용 핸드피스 작동 중에 내이에 전달되는 소음의 수준을 측정할 수 있도록 설계되었다. 소음의 크기는 귀 모형과 휴대용 소음 측정기를 사용하여 다양한 조건에서 측정되었다. 시판되는 4종의 소음 저감 장치를 귀 모형에 적용한 후 같은 조건에서 소음 수준을 측정한 뒤 비교하였다.

치과 핸드피스의 소음 수준은 조건에 따라 약 82.5 - 84.4 dB이었다. 4종의 소음 저감 장치를 적용했을 때 소음은 67.4 - 73.8 dB로 감소했다. 4종의 장치 모두 핸드피스의 소음을 줄이는데 유의한 효과가 있었다.

강도와 노출 시간을 고려할 때, 치과 소음은 치과 의료진에게 청력 손상을 일으킬 수 있다. 직업적 청력 손상 위험을 예방하기 위해 소음 저감 장치 사용을 고려할 수 있다.