



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

소아 환자를 대상으로 한 치과용 차음
어플리케이션에 대한 효용성 연구

연세대학교 대학원

치 의 학 과

한 상 규

소아 환자를 대상으로 한 치과용 차음 어플리케이션에 대한 효용성 연구

지도교수 송 제 선

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2024년 8월

연세대학교 대학원

치 의 학 과

한 상 규

한상규의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 송 제 선 

심사위원 _____ 이 제 호 

심사위원 _____ 이 고 은 

연세대학교 대학원

2024년 6월

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 도와주신 모든 분들께 감사드립니다.

먼저 항상 애정과 관심으로 지도해주신 송제선 교수님께 진심으로 감사드립니다.

또 논문을 심사해주시고 조언을 아끼지 않아 주신 이제호 교수님과 이고은 교수님께도 감사드립니다. 수련기간 동안 많은 가르침을 주신 최형준 교수님, 강정민 교수님께도 감사드립니다.

여기까지 올 수 있도록 응원해주신 가족들에게 사랑하는 마음을 전합니다. 행복한 수련 생활을 함께 했던 동기들인 박상연, 주영서, 황승용 선생님, 응원해주신 의국 선후배들에게도 감사의 말씀을 드립니다.

차 례

그림 차례	ii
표 차례	iii
국문요약	iv
I. 서 론	1
II. 연구 대상 및 방법	5
1. 연구 대상	5
2. 연구 방법	6
3. 통계 분석	13
III. 결 과	15
IV. 고 찰	24
V. 결 론	31
참고문헌	32
영문요약	36

그림 차례

Figure 1. Devices used in the research	7
Figure 2. Heart rate and pulse–pulse interval recording application (Polar sensor logger)	8
Figure 3. Program that converts from pulse–pulse interval to stress index (Kubios HRV Standard)	9
Figure 4. Participant wearing all devices ready for treatment	11
Figure 5. Responses about the necessity of the dental insulation application	19
Figure 6. Comparison of communication score, convenience score between without–ANC and with–ANC	20
Figure 7. Boxplot of stress index and fear score	21
Figure 8. Scatter plot of stress and fear reduction effects according to dental stress and fear level	22

표 차례

Table 1.	General characteristics of participants in this study ·····	20
Table 2.	Correlation coefficients between age, dental visit, stress index (without-ANC), fear score (without-ANC), stress reduction, fear reduction ·····	25

국문요약

소아 환자를 대상으로 한 치과용 차음 어플리케이션에 대한 효용성 연구

<지도교수 송 제 선>

연세대학교 대학원 치의학과

한 상 규

이 연구는 치과용 차음 어플리케이션을 소아청소년의 치과치료에 사용했을 때 스트레스와 공포감 완화에 효과적인지 평가하기 위해 시행되었다. 또한 치과 의사와 환자간의 의사소통 및 치과 치료의 편의성에 미치는 영향을 조사하였다.

2022년 4월부터 2023년 3월까지 60명의 만 7세에서 16세 사이 소아청소년

년을 대상으로 하였다. 모든 연구 대상자는 상악 먼저 초음파 스케일러로 치태 조절을 받았고 상악을 치료받은 뒤에 하악의 치태 조절을 받았다. 차음 어플리케이션은 상악 또는 하악 둘 중 하나에만 무작위로 적용되었다.

차음 어플리케이션을 사용하였을 때의 스트레스 지수는 5.85로 사용하지 않았을 때의 스트레스 지수인 8.43보다 작게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 치과 공포감은 차음 어플리케이션을 사용하지 않았을 때 (2.97)보다 차음 어플리케이션을 사용하였을 때 (1.17) 낮은 점수를 보였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 치과의사와 환자간의 의사소통, 치과 치료의 편의성은 차음 어플리케이션의 유무에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다.

이 연구는 차음 어플리케이션을 소아청소년의 치과치료에 적용하여 평가한 최초의 연구로 스트레스와 공포감 감소에 유의미한 결과를 보였다. 특히 평소 치과치료를 어려워하는 환자에게 더 효과적인 것으로 나타나 임상에서 행동 유도 방법 중 하나로서 치과용 차음 어플리케이션이 사용될 수 있음을 제안하고 있다.

핵심되는 말: 치과소음, 액티브 노이즈 캔슬링, 스트레스 지수, 치과공포감

소아 환자를 대상으로 한 치과용 차음 어플리케이션에 대한 효용성 연구

<지도교수 송 제 선>

연세대학교 대학원 치의학과

한 상 규

I. 서 론

치과 불안과 공포는 소아청소년들의 치과치료 시 부정적인 행동을 유발하고 치과 방문을 회피하게 만드는 요소 중 하나이다(Bedi, et al., 1992; Klingberg, et al., 1995). 소아치과의원에서 치과 불안을 가진 아동의 비율은 약 20%로 나타났으며(Baier, et al., 2004), 청소년보다 유아 및 초등학생에

서 더 높은 비율을 보였다(Grisolia, et al., 2021). 치과 불안과 공포를 가진 아동의 행동 유도를 위해 말-시범-시행법, 모델링, 체계적 탈감작, 긍정적 강화와 같은 전통적인 기술은 효과적이며 현재까지도 사용되고 있다(Machen, 1984).

주의분산법은 치과 자극 자체를 차단하는 것이 아닌, 환자의 관심을 다른 곳으로 돌리는 것이다. 치과 불안과 공포를 유발할 수 있는 자극은 통증 자체가 될 수 있지만 치과 재료의 냄새, 주사나 뽀족한 기구를 보는 것, 대기실에서 기다림, 치과 환경에서 발생하는 소음도 될 수 있다. 이 중 치과 소음은 치과용 핸드피스, 스케일러, 석션 등으로부터 발생하는데 환자를 불안하게 만들어 협조도를 저하시키며 결과적으로 치료의 질을 떨어뜨린다(Muppa, et al., 2013).

최근 새로운 기술을 주의분산법에 적용하여 치과 불안과 공포를 줄이려는 시도가 제시되었다. 예를 들어 치과치료를 받는 동안 삼차원 영상이 나오는 안경을 착용할 경우 환자들이 손을 들어올리는 빈도가 줄어든다는 보고가 있다(CustÓdio, et al., 2021). 집중을 돌릴만한 새롭고 신비한 시청각 자극은 불안과 공포를 유발하는 시각 및 청각 자극으로부터 소아 환자를 분리한다(Nuvvula, et al., 2015). 청각 분산, 시청각 분산과 같은 행동 유도법은 거의 모든 소아 환자들에게 적용할 수 있고 임상에서 쉽게 실행 가능하며, 안전하

기 때문에 특별한 금기증은 없다(Prado, et al., 2019).

주의분산법과 달리 액티브 노이즈 캔슬링(Active Noise Cancelling, ANC)은 소리 자극을 차단하는 기술이다. ANC는 비행기 탑승객의 청각 보호를 위해 처음 개발되었지만, 음악 청취를 돕는 보조 수단으로도 많이 사용되고 있고, 치과에도 적용할 수 있다. ANC는 중첩의 원리에 기반을 둔 기술로 원치 않은 소리(primary noise)에 진폭은 동일하나 위상이 반대인 파동(anti-noise)을 의도적으로 합성하여 상쇄 간섭을 일으킴으로써 소음을 차단한다(Elliott and Nelson, 1993; Leitch and Tokhi, 1987).

ANC를 치과에 적용하기 위한 몇몇 시도들이 있었다(Kaymak, et al., 2007; Khemwong and Tangsangiumvisai, 2018; Kim, et al., 2022). 그러나 치과 직원의 청각 손실을 예방하기 위한 목적으로 사용되거나(Cho, et al., 2023) 주로 성인을 대상으로 한 연구에 집중되었고(Kim, et al., 2023) 치과 소음에 특히 취약한 소아 환자들에게 적용한 연구는 아직까지 없다.

최근 ANC 기술을 통해 치과 소음을 차단하면서 치과의사와 환자간의 의사소통을 향상시키는 기능이 함께 들어간 어플리케이션이 출시되었다. 이 차음 어플리케이션은 filtering algorithm을 기반으로 마이크를 통해 수집된 치과의사의 목소리만을 선별 후 증강하여 환자의 헤드폰으로 전달해주며 0.4kHz ~ 1.0kHz 저음역대의 소리는 통과시키고 1kHz~10kHz 고음역대의 소리 중 치

과용 핸드피스나 스케일러의 소음 음역대를 집중적으로 차단한다. 어플리케이션의 기능은 환자가 헤드폰을 착용했을 때 이루어지며 헤드폰을 벗으면 기능도 해제된다.

이번 연구에서는 소아 환자의 치과 치료에서 이 치과용 차음 어플리케이션이 스트레스와 치과 공포감을 완화시키는 데 효과적인지 확인하고 소아치과에서의 행동 유도 방법으로서 ANC의 유효성을 평가하고자 한다.

II. 연구 대상 및 방법

이 연구는 연세대학교 치과대학병원 임상 연구 윤리 위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 시행되었다(IRB No: 2-2021-0119).

1. 연구대상

이 연구는 2022년 4월부터 2023년 3월까지 연세대학교 치과대학병원 소아치과에 내원한 만 7세에서 16세 사이 소아청소년 60명을 대상으로 시행되었다. Frankl 행동 평가 3 또는 4등급으로 별다른 행동 유도없이 치과 치료를 받을 수 있는 환자 중 구강위생관리가 불량하여 치태 조절과 칫솔질 교육이 필요한 소아청소년을 연구 대상으로 선정하였다. 선천적으로 청각 손실이 있거나 후천적으로 청각 이상이 존재하는 경우, 청각보조장치를 사용하는 경우, 정신질환이 있는 경우 연구대상에서 제외되었다. 보호자들에게 연구의 내용에 대하여 설명하였으며, 연구 참여에 동의한 대상자들만을 연구 대상에 포함시켰다.

2. 연구 방법

1) 연구 장비

차음 시스템에 필요한 장비는 ANC 기능이 탑재된 MPOW H21 headphone (MPOW, Seoul, Korea) (**Fig. 1-A**), 차음 어플리케이션을 사용하기 위한 태블릿 PC muPAD K10 (Imuz, Gyeonggi-do, Korea) (**Fig. 1-B**), 치과 의사의 목소리를 환자에게 전달하는 데 쓰이는 마이크로 Mamen WMIC-5G Pro wireless microphone (Mamen, Haiwang, China) (**Fig. 1-B**)을 사용하였다. 치과용 차음 어플리케이션은 healingsound (Healingsound, Seoul, Korea) (**Fig. 1-C**)을 사용하였다.

연구 대상자의 신체 반응 데이터를 수집하는 장비는 심박수를 측정하는 Polar Verity Sense sensor (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) (**Fig. 1-D**)를 사용하였으며 수집된 심박수(HR, heart rate)로부터 심박변이도(HRV, heart rate variability) 중 하나인 Pulse-Pulse interval(PPI)를 계산해주는 Polar sensor logger (Polar Electro Oy) (**Fig. 2**) 어플리케이션을 사용하였다. PPI는 Kubios HRV Standard (Kubios Oy, Kuopio, Finland) (**Fig. 3**) 프로그램을 통해 stress index로 변환된다.



Figure 1. Devices used in the research

- (A) Active noise cancelling headphone (MPOW H21)
- (B) Tablet PC (muPAD K10) and wireless microphone (MAMEN WMIC-5G Pro)
- (C) Dental noise insulation application (Healingsound)
- (D) Heart rate sensor (Polar Verity Sense)

Polar Sensor Logger

MAIN
GRAPH

STOP

Timer: **00:00:56**

SDK data select:

☐ ECG

☒ PPI

☐ PPG

☐ ACC

☐ Gyro

☐ Magn

Settings:

☒ Save data

☐ MQTT

MARKER STOP

ID: **ADE9E624**
HR60bpm

Status: **Connected**

Batt. level: **90%**
PPi: 644

Figure 2. Heart rate and pulse–pulse interval recording application
(Polar sensor logger)

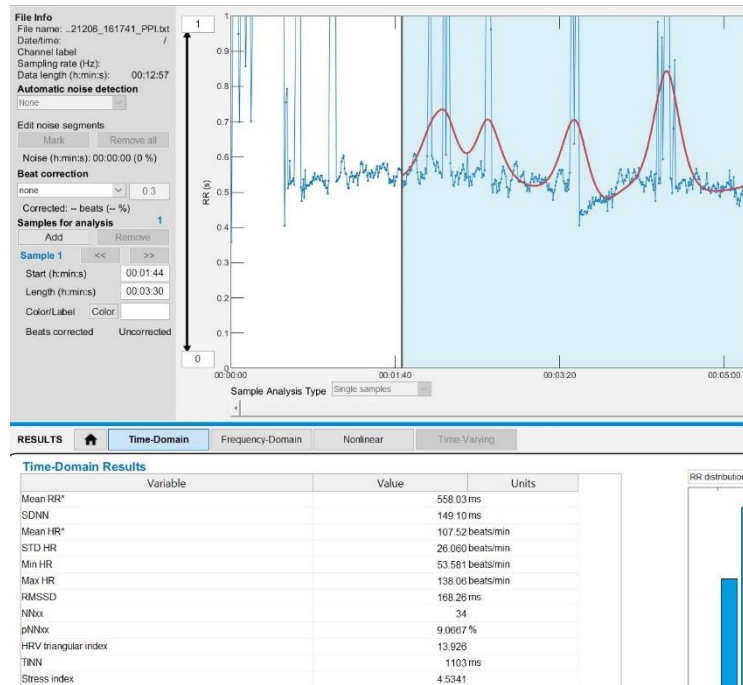


Figure 3. Program that converts from pulse–pulse interval to stress index (Kubios HRV Standard)

2) 임상 절차

모든 연구 대상자들은 상악부터 초음파 스케일러로 치태 조절을 받았고 상악을 치료받은 뒤에 5분의 휴식 시간을 거친 후 하악을 치료받았다. 한 악궁은 차음 어플리케이션을 사용하면서 치료를 받고, 다른 악궁은 사용하지 않으면서 치료를 받았다. ANC를 적용하는 순서는 동전던지기로 정하였다. ANC를 처음부터 적용한 연구 대상자들은 헤드폰을 착용한 상태로 상악의 치태 조절을 받았고 하악은 헤드폰을 착용하지 않은 채로 치태 조절을 받았다. ANC를 나중에 적용한 연구 대상자들은 먼저 헤드폰을 착용하지 않은 채로 상악의 치태 조절을 받았고 하악은 헤드폰을 착용한 상태로 치태 조절을 받았다. 치과 의사는 “아 해보세요” “코로 숨쉬어 보세요” “침 빼 주세요”와 같은 말로 연구 대상자와 소통하였다. 연구 대상자들은 치료를 시작하기 전 Polar Verity Sense sensor를 상완에 착용하여 치료 중 stress index를 측정하였으며 치료가 끝나고 안정된 상태에서도 계속 stress index를 수집하여 baseline 값을 설정하였다. 시각 효과를 배제하기 위해 모든 연구 대상자들은 치과용 홀 타월을 덮은 상태로 치료를 받았다(**Fig. 4**). 술자의 행동 유도 방식과 임상 기술에 따라 연구 대상자가 받는 스트레스와 공포감에 영향을 줄 수 있으므로 한 명의 소아치과 전공의가 모든 연구 대상자의 임상 시험을 진행하였다.



Figure 4. Participant wearing all devices ready for treatment

3) 설문 조사

치료가 끝난 후 연구 대상자들은 설문지를 작성하였으며 질문은 두 가지 종류로 분류된다. 첫 번째는 visual analysis scale (VAS) 문항으로 치과 공포감 점수, 치과의사-환자간의 의사소통 점수, 치과 치료 과정의 편의성 점수를 치과용 차음 어플리케이션을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때 각각 답하도록 하였다. 편의성 점수는 치과치료의 절차를 용이하게 만들어주는 지에 대한 평가로 이루어졌다. 두 번째는 5점 Likert scale로 답하는 문항으로 치과용 차음 어플리케이션의 필요성에 관련한 내용 4가지로 구성되어 있으며 다음과 같다. “치과 소음을 들었을 때 공포감을 느끼시나요?” “치과 장비에서 발생하는 소음으로부터 귀를 보호할 필요가 있다고 생각하시나요?” “차음 어플리케이션이 치료에 도움이 됐나요?” “추후 치과용 차음 어플리케이션을 사용할 의사가 있나요?”

4) 치과용 차음 어플리케이션의 효과를 나타내는 변수

치과용 차음 어플리케이션의 효과는 스트레스와 공포감의 변화를 통해 평가하였다. 이 논문에서는 편의상 차음 어플리케이션의 적용을 with-ANC, 어플리케이션의 해제를 without-ANC로 대체해서 표현하였다, ANC 유무에 따른 stress index와 fear score의 차이 값을 사용하였으며 다음과 같이 표기하였다.

Stress reduction effects

: Δ Stress Index (SI)

: $SI_{(without-ANC)} - SI_{(with-ANC)}$

Fear reduction effects

: Δ Fear Score

: $Fear_{(without-ANC)} - Fear_{(with-ANC)}$

3. 통계 분석

연구 대상자들로부터 산출된 stress index, fear score, communication score, convenience score 에 대해 통계 분석을 진행하였다. Shapiro-Wilk 정규성 검정을 시행하여 정규 분포를 확인하였다. Stress index 의 변화는 반복 측정 분산분석(repeated measures analysis of variance, repeated measures ANOVA)을 시행하여 baseline, with-ANC, without-ANC 3 개 군간의 비교를 진행하였다. ANC 유무에 따른 fear score, communication score, convenience score 간의 차이를 확인하기 위해 대응 표본 t 검정(paired sample t-test)을 시행하였다. Pearson' s correlation analysis 를 시행하여 ANC 의 효과와 연관된 변수를 확인하였다. 모든 통계 분석은 통계 프로그램(SPSS for Windows, version 26.0; IBM Inc., Chicago, USA)을 이용하였고 통계적 유의 수준은 0.05 로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

총 연구 대상자는 60명으로, 남자는 29명, 여자는 31명이었고, 평균 연령은 10.32 ± 2.18 세, 지난 1년 간 치과 방문 횟수는 3.47 ± 1.26 회이다. 연구 대상자의 성별 및 나이 분포, 지난 1년 간 치과 방문 횟수와 관련된 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 치과용 차음 어플리케이션의 필요성에 관한 설문 조사

총 60명 중 6명(10%)이 치과 소음을 들었을 때 공포감을 느낀다고 답하였다(매우 그렇다 또는 그렇다). 43%에 해당하는 26명이 치과 소음으로부터 귀를 보호할 필요가 있다고 답하였다(매우 그렇다 또는 그렇다). 치과용 차음 어플리케이션을 사용한 결과 39명(65%)이 치료를 편하게 받을 수 있어 도움이 됐다고 답하였으며(매우 그렇다 또는 그렇다) 38명(63%)는 추후에도 사용할 의사가 있다고 답하였다(Fig. 5).

3. 의사소통 및 편의성 점수 비교

치과용 차음 어플리케이션을 사용하지 않았을 때 치과의사-환자 간의

communication score 는 7.82로 나타났으며 치과용 차음 어플리케이션을 사용했을 때 7.57로 다소 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다 ($p=0.522$). Convenience score는 치과용 차음 어플리케이션을 사용하지 않았을 때와 비교하여 사용했을 때 7.22에서 7.70으로 증가하였으나 마찬가지로 통계적인 유의성은 없었다($p=0.161$) (Fig. 6).

4. 스트레스 지수 및 공포감 점수 비교

치료받지 않을 때의 baseline stress index는 3.73으로 나타났고, 치료 시 stress index는 baseline보다 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($p<0.001^*$). 차음 어플리케이션을 사용하지 않았을 때의 stress index는 8.43, 차음 어플리케이션을 사용하였을 때는 5.85로 감소하는 것으로 나타났다. 치과용 차음 어플리케이션의 사용 여부에 따른 stress index 차이는 통계적으로 유의하다($p<0.001^*$). Fear score는 차음 어플리케이션을 적용하지 않을 경우 2.97에서 적용했을 때 1.17로 감소하였으며 유의한 결과로 나타났다 ($p<0.001^*$) (Fig. 7).

5. 치과용 차음 어플리케이션의 효과와 변수들 간의 상관성 비교

스트레스 감소 효과와 상관관계를 보이는 변수는 ANC를 적용하지 않고 치료받을 때의 stress index로 나타났으며 $R=0.753$ 인 양의 상관관계를 보였다

($p < 0.001^*$, **Fig. 8**). 공포감 감소 효과와 상관성을 보이는 변수는 ANC를 적용하지 않고 치료받을 때의 fear score로 나타났으며 $R=0.792$ 인 양의 상관관계를 보였다($p < 0.001^*$, **Fig. 8**). 치과 방문 횟수나 환자의 나이는 치과용 차음 어플리케이션의 효과와 유의한 상관성을 보이지 않았다(**Table 2**)

Table 1. General characteristics of participants in this study

Characteristic	n	%
Gender		
Male	29	48.3
Female	31	51.7
Age (years)		
7 – 9	23	38.3
10 – 12	28	46.7
≥13	9	15.0
Dental visits		
1 – 2	18	30.0
3 – 4	23	38.3
≥5	19	31.7
Total	60	100.0

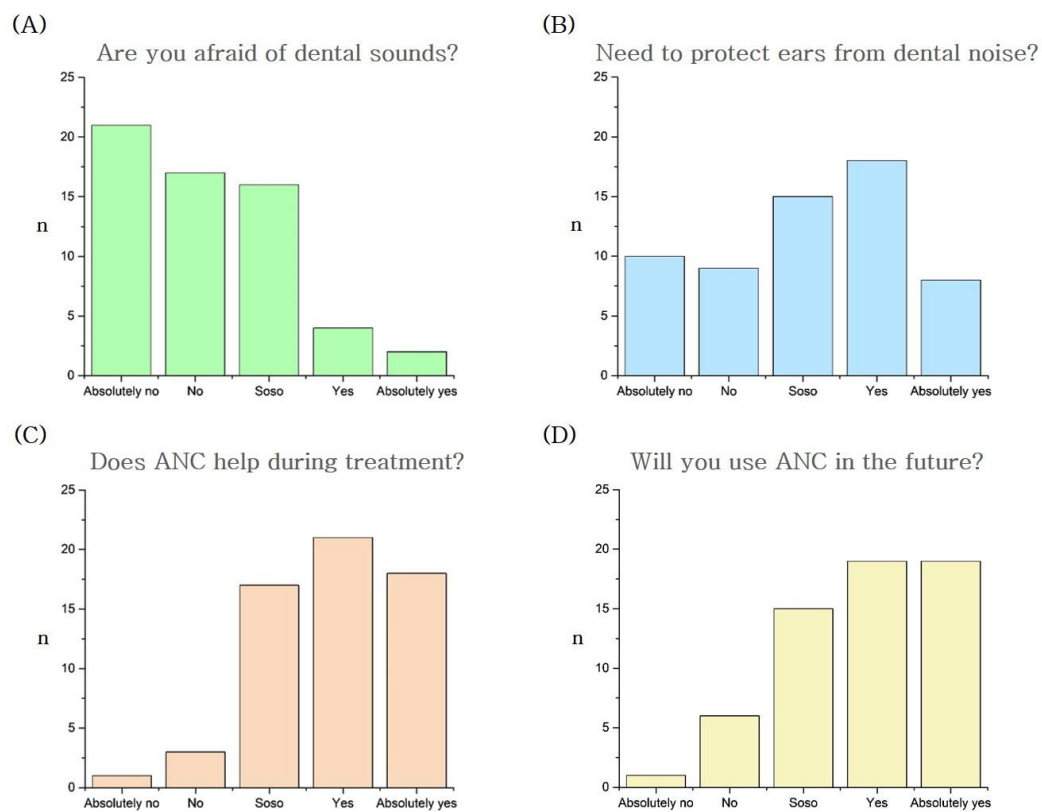


Figure 5. Responses about the necessity of the dental insulation application.

The x-axis shows the answers, whereas the y-axis shows the counts of the persons. The following questions were asked: (A) “Are you afraid of dental sounds?” (B) “Need to protect ears from dental noise?” (C) “Does ANC help during treatment?” (D) “Will you use ANC in the future?”

ANC=Active Noise Cancelling

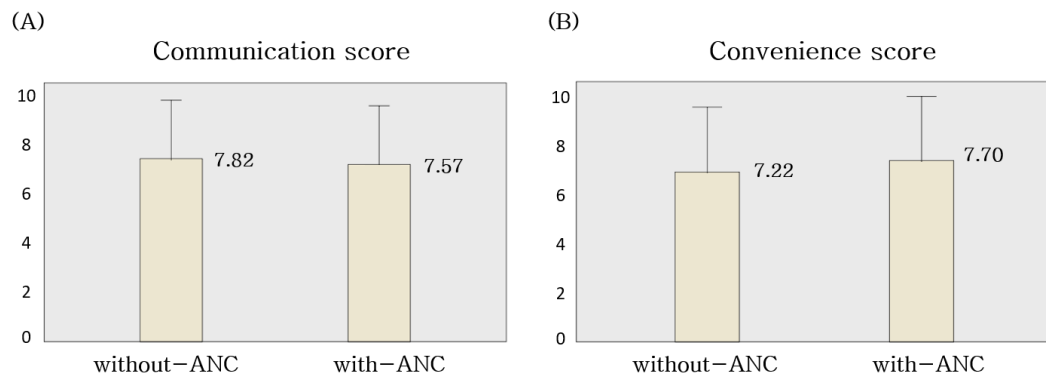


Figure 6. Comparison of communication score, convenience score between without-ANC and with-ANC.

(A) The communication score decreased slightly from 7.82 (without-ANC) to 7.57 (with-ANC), but shows no significant difference ($p=0.522$). (B) The convenience score increased slightly from 7.22 (without-ANC) to 7.70 (with-ANC), but shows no significant difference ($p=0.161$).

p value from paired sample t-test
Error bar: mean $\pm$ standard deviation.

ANC=Active Noise Cancelling

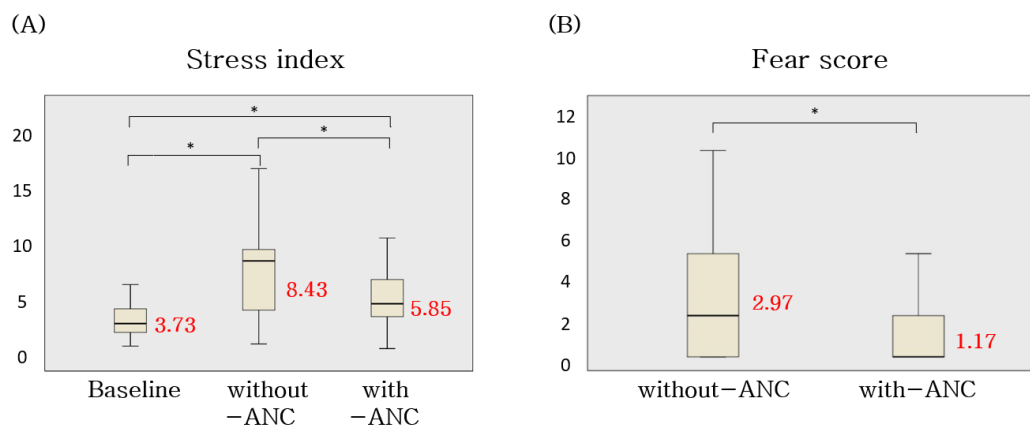


Figure 7. Boxplot of stress index and fear score.

(A) Stress index increased from 3.73(Baseline) to 8.43(without-ANC). Stress reduced from 8.43 to 5.85 when ANC applied. The stress index was higher during treatment than baseline, whether or not they were using ANC. All these stress index values show statistically significant differences ($p < 0.001^*$). (B) Fear score decreased from 2.97 (without-ANC) to 1.17(with-ANC) during treatment. There was also a significant difference in the patients' fear score according to the presence or absence of ANC ($p < 0.001^*$).

* $p < 0.05$, p values from repeated measures analysis of variance (A)

* $p < 0.05$, p values from paired sample t-test (B)

ANC=Active Noise Cancelling

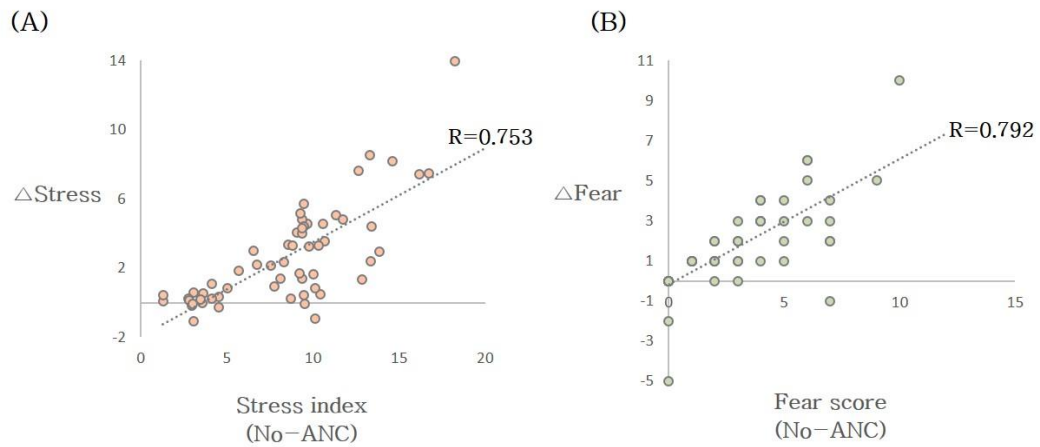


Figure 8. Scatter plot of stress and fear reduction effects according to dental stress and fear level.

(A) Patients with high stress index (without-ANC) have a good stress reduction effects ($p<0.001^*$, $R=0.753$) (B) Patients with high fear score (without-ANC) have a good fear reduction effects ($p<0.001^*$, $R=0.792$)

* $p<0.01$, p values from Pearson's correlation test

R: Pearson's correlation coefficient

ANC=Active Noise Cancelling

Table 2. Correlation coefficients between age, dental visit, stress index(without-ANC), fear score(without-ANC), stress reduction, fear reduction

	Age	Dental visit	Stress index (without-ANC)	Fear score (without-ANC)	Stress reduction	Fear reduction
Age						
Dental visit	0.112					
Stress index (without-ANC)	0.335**	0.048				
Fear score (without-ANC)	- 0.198	- 0.105	- 0.153			
Stress reduction	0.010	- 0.022	0.753**	- 0.203		
Fear reduction	- 0.187	- 0.161	- 0.097	0.791**	- 0.158	

All values from Pearson's correlation test

** : Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

IV. 고찰

치과용 차음 어플리케이션을 소아청소년의 치과치료에 사용했을 때 스트레스와 공포감이 줄어들었다. 특히 평소 치과치료 시 스트레스와 공포감이 높아 치과치료를 어려워하는 환자에게 효과가 큰 것으로 나타났다. 치과의사와 환자간의 의사소통 및 치과 치료의 편의성은 차음 어플리케이션 사용 유무에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다.

ANC를 적용한 헤드폰은 기본적으로 차단하고자 하는 primary noise를 감지하는 reference microphone, 반대 파형의 anti-noise를 발생시키는 loudspeaker, 노이즈 캔슬링이 이루어지는 수준을 평가하는 error microphone으로 구성되어 있다(Kuo, et al., 2006). 이번 연구에 사용된 ANC 헤드폰은 multi-reference controller 전략을 사용한 기기로 오른쪽과 왼쪽 reference microphone이 각각의 ear cup에 들어있고, 다양한 소리 환경에서 여러 참조 신호를 사용하여 더 효과적인 감쇠가 이루어진다(Cheer, et al., 2019). 치과용 헤드폰은 사람의 목소리(1kHz)와 대중교통 소음(10kHz)을 주로 차단하는 상용화된 제품(Kim, et al., 2022)과 다르게 치과 환경에서 발생하는 고주파 영역인 1kHz, 4kHz, 8kHz(Choosong, et al., 2011; Sorainen and Rytönen, 2002)를 집중적으로 차단할 뿐만 아니라 저주파 영

역의 주변 ambient noise도 함께 차단하는 hybrid ANC 기술을 적용했다 (Kuo and Morgan, 1999).

이번 연구에서는 소아청소년들이 초음파 스케일러로 치료받았을 때 ANC의 적용 유무에 따른 효과를 확인해보고자 하였다. 환자들은 물 분사, 진동에 의한 통증, 소리 3가지로 초음파 스케일링에 불편감을 느낀다(Trenter and Walmsley, 2003). 환자를 힘들게 하는 3가지 자극 중 ANC는 소리의 영향을 줄여 도움을 준다. 소리는 공기 전도나 골전도 방식으로 전달되는데 ANC는 공기 전도 소리는 상쇄하지만 골전도 소리는 차단하지 못하므로 정확하게는 공기 전도 소음을 줄였을 때의 효과를 평가하였다.

심장 박동 간격의 변화량을 의미하는 심박변이도(Heart rate variability, HRV) (Berntson and Cacioppo, 2004)는 스트레스의 객관적인 지표로서 사용될 수 있다(Michels, et al., 2013; Taelman, et al., 2009). Neuroimaging mapping을 통해 HRV와 내측 전두엽 피질 활성화도 간의 상관성이 밝혀지면서 (Thayer, et al., 2012) HRV의 variation이 낮을 경우 교감신경이 활성화되어 high stress level로 나타나고 반대로 HRV의 variation이 높을 경우 부교감신경이 활성화되어 low stress level가 된다는 사실이 알려졌다(Kim, et al., 2018). 이 사실을 근거로 HRV를 이용한 stress index를 측정하는 연구들이 진행될 수 있었다. HRV는 R-R interval(RRi)을 통해서 평가되는데, RRi이란

심전도의 연속된 두 R wave간의 시간 간격을 의미한다(Berntson and Cacioppo, 2004). 편의를 위해 photoplethysmography의 일종인 Polar Verity Sense sensor로 측정된 pulse-pulse intervals (PPis)가 HRV를 평가하는 매개변수로 사용되었다(Sun, et al., 2020). PPi는 심박도의 연속된 두 peak간의 시간 간격으로 일반적으로 RRi와 동일한 값을 갖고 있다(Celka, et al., 2020). 이렇게 수집된 PPi는 Kubios HRV Standard 응용 프로그램을 통해 stress index로 변환된다(Sahoo, et al., 2019; Tarvainen, et al., 2014).

설문조사에서 치과 소리에 공포를 느낀다는 6명(10%)의 참가자의 평균 나이는 9.5세로 나타나 전체 평균 나이인 10.3세 보다는 다소 낮게 나타났다. 치과용 차음 어플리케이션이 치과치료 시 도움이 되어 추후에도 사용하고 싶다는 참가자는 절반을 다소 넘긴 약 65%로 나타났다. 이는 치과 소리에 크게 공포를 느끼지 않는 참가자도 치과용 차음 어플리케이션이 유용하다고 평가한 결과이다.

이번에 사용된 치과용 차음 어플리케이션은 치과 소음은 차단하지만, 인식된 사람 목소리 영역은 차단하지 않고 술자의 마이크를 통해 환자의 헤드폰으로 전달되어 의사소통을 향상시키도록 설계되었다. 따라서 ANC를 적용하였을 때 communication score가 개선될 것이라고 예상하였으나 실제로는 유의미한 차이가 없었다. 그 이유로는 평소 scaling 시 의사소통에 큰 제한을 느

끼지 않기 때문에 ANC를 적용해도 큰 차이를 보이지 않았을 것으로 생각된다.

Convenience score는 ANC를 적용하였을 때 약간 증가하였으나 유의미한 차이를 보이지 않았다. ANC headphone을 통해 주변음과 치과 소음이 차단되어 조용하고 차분한 분위기에서 치료를 받을 수 있어서 편했다고 답한 부류도 있었지만 소수의 연구 대상자들은 너무 조용해서 신경이 쓰이거나 headphone의 연결선이 몸에 닿거나 걸린다는 의견을 냈다. 이러한 요소들로 인해 치과용 차음 어플리케이션이 완전히 편하게 느껴지지 않는 수 있었다.

ANC 여부에 관계 없이 치료를 받을 때 stress index는 치료를 받지 않을 때보다 높게 나타났다. 이는 예상했던 결과로 치과 치료는 환자들에게 힘든 과정으로 스트레스를 유발한다. 치료를 받은 경우 중에서는 ANC를 적용하였을 때 stress index가 낮게 나타났다(**Fig. 7**). ANC 적용과 비적용 사이의 washout time은 5분으로 다소 짧은 경향이 있지만 첫 치료 후 충분히 안정된 상태를 확인한 후 두 번째 치료를 시작했다. 스트레스 수준과 마찬가지로 ANC를 사용하였을 때 fear score가 낮게 나타났다(**Fig. 7**). 결과적으로 치과용 차음 어플리케이션을 적용하였을 때 스트레스와 공포감이 줄어드는 효과가 있다.

ANC가 치과치료 시 효과적임을 밝혀낸 후, 더 큰 효과를 얻을 수 있는 조

건을 알아내고자 했다. 연구 시작 전에는 나이가 어린 소아일수록 소리 자극의 강도가 세게 느껴질 수 있으므로 ANC의 효과가 좋을 것이라고 예상했지만 나이는 ANC의 효과와 연관이 없는 것으로 나타났다. 치과 방문 횟수 또한 ANC의 효과와 관련이 없는 것으로 나타났다. 따라서 ANC의 효과는 나이나 치과 방문 횟수보다 소아청소년 환자의 개별적인 기질의 영향이 더 크다.

산점도에 나타난 스트레스 및 공포감 감소 효과는 평소 ANC 없이 치과치료 시의 stress 및 fear 수준과 양의 상관관계를 보였다(Fig. 8). 즉 ANC없이 치과치료를 받을 때 스트레스를 많이 받는 환자들에게서 스트레스 감소 효과가 크게 나타났다. 마찬가지로 ANC없이 치과치료를 받을 때 심한 공포를 느끼는 환자들에게서 공포감 감소 효과가 크게 나타났다. 해당 결과는 치과용 차음 어플리케이션의 적용 대상을 특정한다. 치과치료 시 스트레스를 많이 받고 공포감이 큰 아이들이 ANC를 적용한다면 효과적으로 치과치료를 받을 수 있다는 것을 시사한다.

치과 소음을 주제로 한 최신 연구에서 성인이 스케일링을 받을 때 ANC를 적용한다면 소음으로 인한 주관적인 불편과 통증이 줄어든다는 결과를 보고하였다(Kim, et al., 2023). 소아청소년은 치과 불안을 가지는 비율이 성인보다 높게 나타나므로(Grisolia, et al., 2021) 소아청소년을 대상으로 ANC의 효과를 평가하는 연구가 필요했다. 지난 연구들과는 달리 이번 연구에서는 기존의

성인 모델이 아닌 소아청소년을 대상으로 한 ANC의 효과를 스트레스 지수라는 더 객관적인 자료로 평가했다. 추가로 ANC의 효과가 잘 나타나기 위한 조건을 찾아 치과치료 시 적용 대상을 특정하였는데 평소 치과치료를 어려워하는 소아청소년에게 더 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 이번 연구는 임상에서 행동 유도 방법 중 하나로서 치과용 차음 어플리케이션이 사용될 수 있음을 밝혔다는 것에 의의가 있다.

이 연구에는 몇 가지 한계점이 있다. 첫 번째는 연구 대상자에 따라 구강위생상태가 다양하여 술식 시간을 동일하게 조절하지 못했다. 치석이 있는 연구 대상자의 경우 술식 시간이 길어졌으며 그로 인해 stress index나 fear score에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 두 번째는 연구 대상자의 연령이 낮아 설문지 내용을 잘 이해하지 못하는 경우 치과의사가 설문 내용을 설명하는 개입 과정이 있었다. 이 경우 설문 답변의 결과가 달라질 가능성이 있다. 마지막으로 더 정확한 데이터를 수집하기 위해서는 ANC를 적용하여 치료한 경우와 ANC를 적용하지 않고 치료한 경우의 washout time이 24시간 이상이어야 한다. 하지만 환자를 치료함에 있어 환자의 건강 증진이 이루어지도록 노력해야 한다는 선행의 원칙을 지키기 위해 짧은 washout time을 설정할 수 밖에 없었다. 후속 연구에서는 이러한 한계점을 보완한 연구 디자인으로 진행되어야 할 것이다. 이번 연구에서는 초음파 스케일러를 사용할 때의 차음 어플리케이션의 효과만을 조사했지만 다음 연구에서는 high-speed 또는 low-speed

핸드피스와 같은 치과용 드릴을 사용하였을 때의 효과를 조사하여 입증한다면
ANC의 활용 범위가 더 넓어질 것으로 생각된다.

V. 결론

치과용 차음 어플리케이션을 소아청소년의 치과치료에 사용했을 때 스트레스와 공포감 완화에 효과적인지 평가하였다. 차음 어플리케이션을 사용하였을 때 스트레스와 공포감이 줄어들었으나 치과의사와 환자간의 의사소통 및 치과 치료의 편의성은 유의한 차이를 보이지 않았다. 이 연구는 치과용 차음 어플리케이션을 소아청소년의 치과치료에 적용하여 평가한 최초의 연구로 특히 평소에 치과치료를 어려워하는 환자에게 더 효과적인 것으로 나타나 임상에서 행동 유도 방법 중 하나로서 치과용 차음 어플리케이션이 사용될 수 있음을 제안하고 있다.

참고문헌

- Baier K, Milgrom P, Russell S, Mancl L, Yoshida T: Children's fear and behavior in private pediatric dentistry practices. *Pediatric dentistry* 26(4): 316–321, 2004.
- Bedi R, Sutcliffe P, Donnan P, Barrett N, McConnachie J: Dental caries experience and prevalence of children afraid of dental treatment. *Community dentistry and oral epidemiology* 20(6): 368–371, 1992.
- Berntson GG, Cacioppo JT: Heart rate variability: Stress and psychiatric conditions. *Dynamic electrocardiography*: 57–64, 2004.
- Celka P, Charlton PH, Farukh B, Chowienczyk P, Alastruey J: Influence of mental stress on the pulse wave features of photoplethysmograms. *Healthc Technol Lett* 7(1): 7–12, 2020.
- Cheer J, Patel V, Fontana S: The application of a multi-reference control strategy to noise cancelling headphones. *The Journal of the Acoustical Society of America* 145(5): 3095–3103, 2019.
- Cho D, Kim I, Lee T, Shin S, Jung J, Park W, et al.: A Study on the Hearing Protection Effect of Noise-Filtering Earplugs for Dentists. *Journal of the Korean Academy of Pediatric Dentistry* 50(3): 239–251, 2023.
- Choosong T, Kaimook W, Tantisarasart R, Sooksamear P, Chayaphum S, Kongkamol C, et al.: Noise exposure assessment in a dental school. *Safety and health at work* 2(4): 348–354, 2011.
- Custódio NB, Cademartori MG, Azevedo MS, Mendes MdA, Schardozim LR, Costa LRdRSd, et al.: Efficacy of audiovisual distraction using eyeglasses during dental care: a randomized clinical trial. *Brazilian Oral Research* 35: e26, 2021.

- Elliott SJ, Nelson PA: Active noise control. *IEEE signal processing magazine* 10(4): 12–35, 1993.
- Grisolia BM, Dos Santos APP, Dhyppolito IM, Buchanan H, Hill K, Oliveira BH: Prevalence of dental anxiety in children and adolescents globally: A systematic review with meta-analyses. *International Journal of Paediatric Dentistry* 31(2): 168–183, 2021.
- Kaymak E, Atherton M, Rotter K, Millar B: Dental drill noise reduction using a combination of active noise control, passive noise control and adaptive filtering. 2007.
- Khemwong J, Tangsangiumvisai N: A two-step adaptive noise cancellation system for dental-drill noise reduction. *Engineering Journal* 22(4): 51–66, 2018.
- Kim HG, Cheon EJ, Bai DS, Lee YH, Koo BH: Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investig* 15(3): 235–245, 2018.
- Kim I-H, Cho H, Song JS, Park W, Shin Y, Lee KE: Assessment of real-time active noise control devices in dental treatment conditions. *International journal of environmental research and public health* 19(15): 9417, 2022.
- Kim J-W, Lee B-A, Park Y-S, Chung J, Choi S-H, Kim Y-T: Efficacy of active noise-canceling headphones in patients undergoing ultrasonic scaling. *Journal of Periodontal & Implant Science* 53(4): 269, 2023.
- Klingberg G, Berggren U, Carlsson SG, Noren JG: Child dental fear: cause-related factors and clinical effects. *European journal of oral sciences* 103(6): 405–412, 1995.
- Kuo SM, Mitra S, Gan W-S: Active noise control system for headphone applications. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 14(2): 331–335, 2006.
- Kuo SM, Morgan DR: Active noise control: a tutorial review. *Proceedings of the*

- IEEE* 87(6): 943–973, 1999.
- Leitch R, Tokhi M: Active noise control systems. *IEE Proceedings A (Physical Science, Measurement and Instrumentation, Management and Education, Reviews)* 134(6): 525–546, 1987.
- Machen JB: Parental acceptance of pediatric dentistry behavior management techniques. *Pediatr Dent* 6(4): 193, 1984.
- Michels N, Sioen I, Clays E, De Buyzere M, Ahrens W, Huybrechts I, et al.: Children's heart rate variability as stress indicator: association with reported stress and cortisol. *Biol Psychol* 94(2): 433–440, 2013.
- Muppa R, Bhupatiraju P, Duddu M, Penumatsa NV, Dandempally A, Panthula P: Comparison of anxiety levels associated with noise in the dental clinic among children of age group 6–15 years. *Noise and Health* 15(64): 190–193, 2013.
- Nuvvula S, Alahari S, Kamatham R, Challa R: Effect of audiovisual distraction with 3D video glasses on dental anxiety of children experiencing administration of local analgesia: a randomised clinical trial. *European archives of paediatric dentistry* 16: 43–50, 2015.
- Prado IM, Carcavalli L, Abreu LG, Serra-Negra JM, Paiva SM, Martins CC: Use of distraction techniques for the management of anxiety and fear in paediatric dental practice: A systematic review of randomized controlled trials. *International Journal of Paediatric Dentistry* 29(5): 650–668, 2019.
- Sahoo TK, Mahapatra A, Ruban N: Stress index calculation and analysis based on heart rate variability of ECG signal with arrhythmia. In: 2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT). IEEE. 2019. p. 1–7.
- Sorainen E, Rytönen E: High-frequency noise in dentistry. *AIHA journal* 63(2): 231–233, 2002.

- Sun C-K, Liu C-C, Liu W-M, Wu H-T, Huang R-M, Liu A-B: Compatibility of pulse-pulse intervals with R-R intervals in assessing cardiac autonomic function and its relation to risks of atherosclerosis. *Tzu Chi Medical Journal* 32(1): 41-46, 2020.
- Taelman J, Vandeput S, Spaepen A, Van Huffel S: Influence of mental stress on heart rate and heart rate variability. In: 4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering: ECIFMBE 2008 23-27 November 2008 Antwerp, Belgium. Springer. 2009. p. 1366-1369.
- Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA: Kubios HRV--heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed* 113(1): 210-220, 2014.
- Thayer JF, Ahs F, Fredrikson M, Sollers JJ, 3rd, Wager TD: A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci Biobehav Rev* 36(2): 747-756, 2012.
- Trenter SC, Walmsley AD: Ultrasonic dental scaler: associated hazards. *J Clin Periodontol* 30(2): 95-101, 2003.

Abstract

A Study on the Effectiveness of Dental Sound Insulation Application in Pediatric Patients

Sang Kyu Han

Department of Dental Science

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Je Seon Song)

This study was conducted to evaluate the effectiveness of a dental sound insulation application for dental treatment in pediatric patients in reducing stress and fear. Additionally, it investigated the impact of the application

on communication between dentists and patients, as well as the convenience of dental treatment.

From April 2022 to March 2023, a total of 60 children and adolescents aged 7 to 16 years were enrolled. All participants received dental treatment with an ultrasonic scaler, and the dental sound insulation application was randomly applied.

When using the application, the stress index was lower at 5.85 compared to 8.43 when not using it, showing a statistically significant difference. Furthermore, the dental fear score was lower when using the application (1.17) compared to not using it (2.97), with a statistically significant difference. There was no significant difference in communication between dentists– patients and the convenience of dental treatment based on the presence or absence of the dental sound insulation application.

This study, the first to evaluate the application of active noise cancelling system in pediatric dental treatment, demonstrated significant reductions in stress and fear. It suggests that the dental noise cancelling system could be used as one of the behavior guidance methods, particularly for pediatric patients who typically find dental treatment difficult.

Key words: Dental noise, active noise cancelling, stress index, dental fear