



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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](#)

2019년

2019년 8월  
석사학위 논문

8월

석사학위논문

# 근관 세정액의 다양한 활성화 방법에 따른 연조직 제거능의 비교

근관 세정액의 다양한 활성화 방법에 따른 연조직 용해능의 비교

성건화

조선대학교 대학원

치의학과

성건화

# 근관 세정액의 다양한 활성화 방법에 따른 연조직 제거능의 비교

Comparison of soft-tissue removal efficiency  
according to various activation methods of root canal  
irrigants

2019년 8월 23일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

성 건 화

근관 세정액의 다양한 활성화  
방법에 따른 연조직 제거능의 비교

지도교수 황 호 길

이 논문을 치의학 석사학위 신청 논문으로 제출함

2019년 4월

조선대학교 대학원

치의학과

성 건 화

## 성건화의 석사학위논문을 인준함

위원장	조선대학교	교수	<u>안 상 건 (인)</u>
위 원	조선대학교	교수	<u>황 호 길 (인)</u>
위 원	조선대학교	교수	<u>민 정 범 (인)</u>

2019년 5월

조선대학교 대학원

## CONTENTS

Table legends .....	ii
Figure legends .....	iii
Abstract .....	iv
I . Introduction .....	1
II . Materials and methods.....	3
III . Results.....	6
IV . Discussion.....	8
V . Conclusion.....	11
References.....	12

## TABLE LEGENDS

Table 1. Average removal time of soft tissue in isthmus ..... 6

## FIGURE LEGENDS

Figure. 1. Root canal model containing isthmus ..... 3

Figure. 2. Soft tissue removal inside the isthmus ..... 4

Figure. 3. Comparison of mean removal time of soft tissue between groups 6



## ABSTRACT

### Comparison of soft-tissue removal efficiency according to various activation methods of root canal irrigants

Sung KunHwa

Advisor : Prof. Hwang HoKeel, Ph. D.

Department of Dentistry,

Graduate School of Chosun University

The aim of this study was to evaluate the soft-tissue removal from groove of root canals by conventional irrigation or sonic, ultrasonic activation of the irrigants.

A simulated root canal block including groove was made with PMMA(Poly-methyl methacrylate). Each block have a groove on one side and two piece combined to form a root canal system. The root canal was 15mm in length, with an apical diameter of 0.3mm and a taper of approximately 0.06. On one side of the block, an groove(length : 4mm, depth : 0.5mm, width : 0.3 mm) was formed at a distance of 2 mm from the apex. Inside Isthmus, chopped pork was placed and irrigation was performed in three different ways. Group 1 (Con) : Conventional needle irrigation (side-vented irrigation needle, Union Tech, Seoul, Korea). Group 2 (EA) : Sonic activation (EndoActivator, Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK, USA). Group 3 (PS) : Ultrasonic activation(EndoSonic PS, SelectD, Seoul, Korea). All groups were soaked with NaOCl five minutes before irrigation . In the EA group and the PS group, activation was performed for 50 seconds, followed by NaOCl irrigation using a side-vented tip for 10 seconds to supplement NaOCl.

All irrigation and activation procedures were recorded using a DSLR camera(D3300, Nikon, Osaka, Japan) and then videos were analyzed to determine the time for the soft tissue degradation. The degradation of the soft tissue was visually confirmed. The results were statistically evaluated using Kruskal-Wallis test and followed by Mann-Whitney post hoc test. The level of significance was set at  $\alpha = 0.05$ .

The results showed that sonic(Group2,  $177 \pm 21$  sec, EA) and ultrasonic(Group 3,  $41 \pm 14$  sec, PS) activation group had significantly effective in removing organic substance from isthmus than treated with conventional irrigation group(Group 1,  $266 \pm 45$  sec, CON). Ultrasonic activation group showed a significantly higher efficiency than sonic activation group.

The use of additional(sonic and ultrasonic) activation protocols enhanced organic substance removal when compared with the use of only conventional syringe irrigation in root canal.

## I . Introduction

성공적인 근관 치료를 위해서는 근관 내에 존재하는 모든 유기물을 완전히 제거하는 과정이 매우 중요하다. 그러나 근관 내부의 해부학적 복잡성으로 인하여 완벽한 근관계의 세정은 쉽지 않다.<sup>1</sup> 불완전한 근관계의 세정은 근관 치료 이후에도 재감염으로 인한 문제 발생의 원인이 될 수 있다.<sup>1-2</sup>

현대의 근관 치료에서 근관 내부의 유기물의 제거는 Ni-Ti file을 이용한 기계적 제거 과정과 차아염소산나트륨(NaOCl)을 이용한 화학적 세정 과정을 통해 이루어진다. Ni-Ti file을 이용한 세정은 근관의 중앙부에 위치한 유기물의 제거에는 효과적이지만 isthmus와 같이 Ni-Ti file이 직접적으로 접촉하기 어려운 부위의 유기물, 근관 치료 후의 남은 유기물과 무기물이 혼합된 잔사(debris)의 제거에는 제한적인 효과를 갖는다. 이러한 기계적인 접근이 어려운 위치의 유기물과 debris를 제거하기 위하여 근관 세정액이 사용된다.

NaOCl은 근관치료에 사용되는 대표적인 세정액으로 유기조직을 용해시키는 특성과 항 세균성을 가지고 있다.<sup>3-5</sup> 기존의 근관치료는 근관 내에 적용 가능한 크기의 needle을 근관 내에 삽입하고 syringe를 이용하여 NaOCl을 근관 내에 적용 하였다. 그러나 양압(positive pressure)을 이용한 근관내 세정은 vapor lock에 의한 세정액 교환의 한계성을 가지며 isthmus 등과 같은 해부학적 구조물에 대하여 접근성이 떨어진다는 한계점을 가지고 있다.<sup>1</sup> 이를 보완하기 위해 음파(sonic)와 초음파(ultrasonic) 기구를 이용하여 세정액을 활성화 시키고, 이를 통해 세정 효율성을 높이는 방법이 소개되었다.<sup>6-7</sup> Sonic, ultrasonic 기구는 세정 효율성을 증진시키기 위해 진동을 통해 세정액을 활성화(activation)시킨다.<sup>21</sup> 복잡한 근관내 해부학적 구조물의 세정에 관하여 상아질 삭편을 이용한 isthmus 내부의 무기질 제거에 관한 연구는 다양하게 이루어 졌으나 isthmus내에 존재하는 유기물의 제거에 관해서는 연구가 미비한 실정이다.<sup>1,2,8,9</sup>

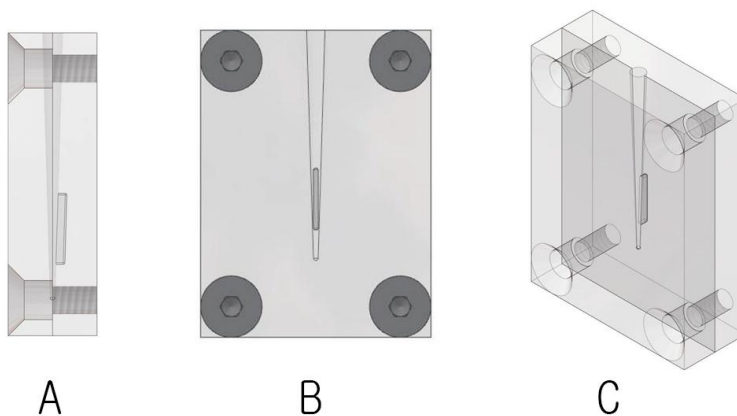
이에 따라 본 연구에서는 근관계의 isthmus내 유기물 세정시 sonic activation system(EndoActivator) 또는 ultrasonic activation system(EndoSonic PS tip)을 이용한 근관 세정과 needle과 syringe를 이용한

근관 세정시 유기물의 제거 효과를 비교해보고 이를 통해 효율적인 근관 세정 방법을 찾고자 하였다.

## II. Materials and Methods

### 1. Isthmus를 포함하는 근관계 모델

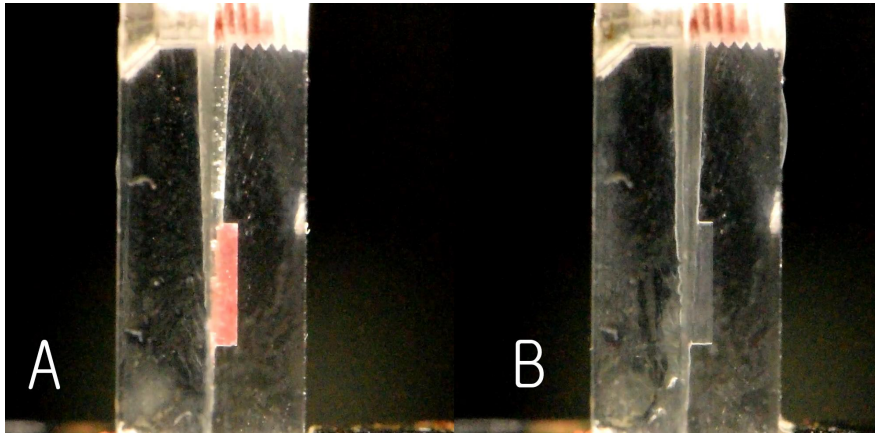
표준화된 근관계와 isthmus를 재현하기 위하여 투명한 레진 block을 제작하였다. Block은 computerized numerical control milling을 통해 PMMA(Poly-methyl-methacrylate)로 제작하였다. Block은 2개의 part로 구성되어 분해, 조립될 수 있도록 디자인 하였다. 각각의 block 내면에는 장축 방향으로 절단되어 있는 근관이 형성 되어 있어서 두 개의 part를 self-tapping bolt를 이용하여 조립할 경우 온전한 근관이 형성될 수 있도록 제작하였다. 결합된 block의 내부에는 0.3mm의 apical diameter, 15mm의 length, 0.06 taper의 근관이 형성되며, block의 한쪽 면에는 근관내의 isthmus를 재현하기 위하여 치근단 부위에서 2mm 떨어진 위치에 4mm의 length, 0.5mm의 depth, 0.3mm의 width를 갖는 groove를 형성 하였다. Block에는 4개의 모서리에 조립을 위한 hole을 형성 하였고 4개의 self-tapping bolts를 이용해 조립과 분해가 가능하게 하였다 (Figure.1).



**Figure 1.** Root canal model containing isthmus

(A) Lateral view of root canal model (B) Frontal view of root canal model (C) Perspective view of root canal model

Ni-Ti file을 이용한 근관 성형(shaping)이 끝난 후, isthmus 내부에 남아 있는 유기물을 재현하기 위하여 groove에는 돼지고기를 분쇄하여 만든 sand-like mixture를 채워 넣었다 (그림.2-A). 총 45개의 모델을 제작 하였으며 3개의 그룹으로 나누어 각 그룹 당 15개씩을 실험에 사용하였다.



**Figure 2.** Soft tissue dissolution inside the isthmus

(A) Before removing the soft tissue inside the isthmus

(B) After removing the soft tissue inside the isthmus

## 2. 근관 세정

근관 세정은 세정액의 활성화 여부와 세정액의 활성화 방법에 따라 3가지 그룹으로 나누어 진행 하였으며 모든 세정 과정에서 세정액은 2.5% NaOCl (Duksan, Seoul, Korea)을 이용 하였다.

분쇄한 돼지고기를 isthmus에 다져넣고 각 block을 self tapping 나사를 이용하여 조립 하였다. 일반적인 근관치료 과정 중 NaOCl에 노출된 연조직을 재현하기 위하여 근관 세정 시작 전에 5분간 NaOCl을 근관 내에 적용하고 soaking 하는 과정을 진행 하였다.

Group 1 (con, n=15)은 side-vented irrigation needle(Union Tech, Seoul, Korea)과 20ml syringe(Sungshin, Seoul, Korea)를 이용하여 근관 세정을 시행 하였다. 기구의 tip은 총 근관장 보다 1mm 짧은 위치까지 위치시킨 후 상하 운동을 반복하며 임상에서와 동일한 방법으로 세정을 진행 하였다. 근관 세정은 isthmus 안의 연조직이 모두 용해되어 관찰되지 않을 때까지 시행하였다.

Group 2 (EA, n=15)는 EndoActivator(Dentsply Tulsa Dental Specialities, OK, USA)를 이용하여 근관 세정을 진행 하였다. EndoActivator전용으로 제공되는 3개 크기의 tip중 본 실험에서는 #25/.04를 사용하여 실험을 진행 하였으며 기구의 tip은 총 근관장보다 1mm 짧은 지점에 위치시킨 후 작동시켰다. 세정은 NaOCl이 근관 내에 들어 있는 상태에서 50초간 EndoActivator를 작동시킨 후 side vented needle과 syringe를 이용하여 10초간 NaOCl용액을 보충하는 과정을 반복 하여 시행 하였으며, isthmus 내부에 모든 연조직이 용해되어 잔사가 관찰되지 않을 때까지 근관 세정을 시행하였다.

Group 3 (PS, n=15)는 EndoSonic PS(SelectD, Seoul, Korea)를 이용하여 passive Ultrasonic Irrigation(PUI)을 시행하였다. EndoSonic PS tip은 EMS ultra scaler와 결합시켜 사용 하였으며 제조사에 따르면 이 기구의 진동 주파수는 30 kHz이다. EndoSonic PS tip은 근관장 보다 1mm 짧은 지점에 위치시킨 후 작동 시켰으며 Group 2와 동일한 방법으로 실험을 진행 하였다.

모든 그룹의 세정 과정은 DSLR 카메라 (D3300, Nikon, Tokyo, Japan)로 녹화 하였으며 녹화된 영상은 PC로 전송하여 영상 분석을 통해 isthmus내부의 연조직이 완전히 제거되는데 걸리는 총 시간을 측정 하였다(Figure 2-A,B.).

### 3. 통계 분석

모든 통계 분석은 SPSS (SPSS Statistics Subscription 1.0, Chicago, IL, USA)프로그램을 사용하여 분석 하였다. 연조직 용해에 걸린 평균 시간의 그룹간 유의성 차이는 95%의 유의수준에서 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney U-test를 사용하여 분석 하였다.

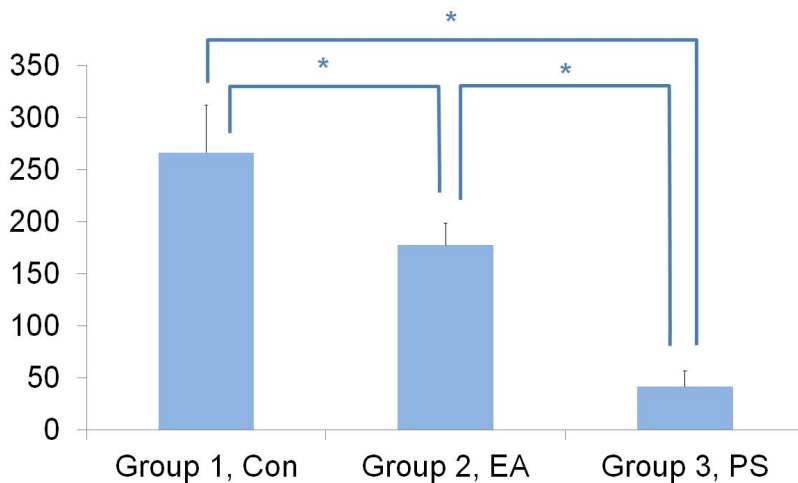
### III. Results

각 실험군 에서 연조직이 제거 되는데 걸리는 평균 시간을 Table 1.에 나타내었고, 각 군 사이의 통계적 유의성에 대한 분석 결과를 Figure 3.에 나타내었다.

**Table 1.** Average removal time of soft tissue in isthmus

Group	Mean $\pm$ SD (sec)
Group 1 (Con)	266 $\pm$ 45 sec
Group 2 (EA)	177 $\pm$ 21 sec
Group 3 (PS)	41 $\pm$ 14 sec

con, conventional irrigation; EA, EndoActivator; PS, EndoSonic PS



**Figure 3.** Comparison of mean removal time of soft tissue between groups con, conventional irrigation; EA, EndoActivator; PS, EndoSonic PS

3가지 방법으로 근관세정을 실행한 결과 Ultrasonic 기구와 sonic 기구를 이용하여 근관세정액을 활성화 시킨 그룹이 side-vented needle과 syringe만



을 이용하여 근관세정을 시행한 그룹에 비해 유의하게 짧은 irrigation time 을 나타내었다( $p < 0.01$ ). Ultrasonic 기구를 이용하여 근관 세정액을 활성화 시킨 그룹과 sonic 기구를 이용하여 세정액을 활성화 시킨 그룹간의 비교에서는 ultrasonic 기구를 사용한 그룹이 sonic 기구를 사용한 그룹에 비해 유의하게 짧은 근관 세정 시간을 나타내었다( $p < 0.01$ ).

## IV. Discussion

근관치료 후에도 isthmus 내부에는 제거되지 않은 치수 잔사나 박테리아 등이 남아 있을 수 있다, 이는 치료 후 재감염의 원인이 될 수 있으며 결과적으로 근관치료의 실패를 야기할 수 있다.<sup>10</sup> 기존의 근관 치료용 syringe와 needle을 이용한 세정액의 근관내 적용은 치근단 부위와 복잡한 해부학적 구조에서 효율성이 떨어지는 것으로 알려져 있다.<sup>11,12</sup> 이를 개선하기 위하여 음파와 초음파를 이용한 세정액의 활성화 방법이 개발 되었다. 다양한 연구 결과에 따르면 세정액을 음파와 초음파를 통해 활성화 하는 경우, 근관 세정력이 상승되고 항 세균능도 향상되는 것으로 알려졌다.<sup>15-17</sup>

EndoActivator는 음파 진동을 발생시키는 handle 부위와 근관 내에 기구를 적용 시키는 polymer tip으로 구성되어 있으며 음파 에너지를 근관내로 전달하여 세정액을 활성화 시킨다. EndoSonic PS tip은 passive ultrasonic irrigation system으로 초음파 기구에 연결하여 사용 하며 근관 형성과 세정을 동시에 시행하는 active ultrasonic irrigation system과 달리 근관 벽을 손상시키지 않으며 세정액의 효율성을 향상시키는 장점이 있다.<sup>13,14</sup> 음파와 초음파를 이용한 근관 세정은 acoustic streaming과 cavitation작용을 통해 세정액의 효율성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. Acoustic streaming은 진동하는 기구 주위에 유체의 순환 또는 와류현상을 발생시킨다. Cavitation은 유체 내부에 공기방울을 형성 하거나 공기방울의 확장, 수축 또는 파열을 일으키는 것을 의미한다.<sup>2</sup> 이와 같은 acoustic streaming과 cavitation 작용을 통해 근관내의 세정액이 활성화되고 결과적으로 세정 효율이 증가하게 되며 측방관이나 isthmus와 같은 복잡한 해부학적 구조물에서의 연조직 용해 효율을 증가시키는 결과를 가져온다.<sup>18</sup>

기존의 발거된 치아를 이용한 실험방법은 다양한 근관 형태로 인하여 표준화된 결과를 얻기 어려웠고 치아의 불투명성으로 인하여 근관내의 물질이 제거되는 과정을 실시간으로 관찰하기 어렵다는 문제가 있었다. 이를 해결하기 위하여 본 실험에서는 근관계와 isthmus를 재현한 PMMA block을 제작 하였다. PMMA 근관 모형은 근관의 기계적 성형에 사용된 Ni-Ti file의 종류에 따른 영향을 배제할 수 있고, NaOCl과 화학적으로 반응하지 않기 때문에 연조직의 용해만을 관찰할 수 있다는 장점이 있다.<sup>20</sup> 또 PMMA 소재의 투명성으로 인하여 isthmus 내부에 물질이 기계적, 화학적으로 제거되는 과정을 육안으로 관찰 할 수 있는 장점이

있다. 이전의 연구들은 isthmus와 같은 복잡한 해부학적 형태에 축적된 상아질 잔사의 제거와 같은 무기질의 기계적 제거 효율에 대하여 평가하였으나 본 연구에서는 돼지고기를 사용함으로써 기계적 제거와 더불어 연조직의 화학적 용해 과정도 평가해 볼 수 있게 되었다.<sup>19</sup> 이는 근관 세정시에 연조직과 근관내 세균, 상아질 잔사의 혼합체의 기계적 제거와 더불어 NaOCl에 의한 연조직의 용해 가능성도 평가해볼 수 있는 실험 방법이라 생각된다. 그러나 본 연구방법역시 화학적 용해능과 기계적 제거능을 명확히 구별하여 측정하기는 어렵다는 한계점을 갖는다. 그러므로 세정액의 활성화가 세정액의 기계적 제거능을 제외한, 화학적 용해능에 미치는 효과에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 실험에서 초음파 및 음파 기구를 이용한 근관 세정액의 활성화는 syringe와 needle을 이용한 기존의 근관세정 방법에 비하여 유의하게 높은 효율성을 보이는 것으로 나타났다. 초음파 기구와 음파 기구의 비교에서는 초음파를 이용한 세정액의 활성화가 음파를 이용한 경우에 비해 높은 효율성을 보였다. 이는 isthmus 내의 무기질 제거시에 초음파 또는 음파를 이용한 세정액의 활성화가 기존의 근관세정의 방법에 비해 효과적이라는 기존의 연구와 일치하는 결과였다.<sup>8</sup>

근관 세정의 효율성은 세정액의 화학적인 조직 용해 능력과, 세정액과 세정기구에 의한 기계적인 근관 세정능력이 조합되어 결정된다.<sup>15</sup> 본 실험에서 ultrasonic 기구를 이용한 근관 세정 효율성이 다른 두 그룹에 비해 높은 것으로 나타났다. 영상 분석 결과 이러한 차이는 ultrasonic 기구의 근관내 기계적 제거 능력이 다른 그룹들에 비해 뛰어나기 때문인 것으로 보인다. 반면에 needle과 syringe를 이용한 그룹과 sonic 기구를 이용한 그룹에서는 화학적인 세정 능력이 기계적인 세정에 비하여 주된 근관 세정 요소로 작용한 것으로 관찰되었다. 그러나 이 실험의 결과는 isthmus라는 구조에 한정적인 결과이며, 다양한 NaOCl의 농도와 실험 조건에 따라 달라질 수 있으므로 추가적인 연구가 필요하다. 더 정확한 비교를 위해서는 더 많은 표본과 isthmus를 포함하는 해부학적 다양성을 가진 모델을 대상으로 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다. 또 이번 실험에서 근관 치료 후, Isthmus안에 남아 있는 연조직을 재현하기 위하여 돼지고기를 사용하였으나 실제 근관치료 과정에서 isthmus내부에는 잔존 pulp tissue, 상아질의 잔사와 세균 등이 혼합되어 있는 상태로 이는 임상상황을 정확하게 재현하지 못했다는 한계가 있을 수 있다. 마지막으로 본 실험에 사

용된 PMMA block은 표준화된 근관계 형태의 재현에 용이하나 근관치료의 성공과 실패에 밀접하게 연관된 것으로 알려진 dentinal tubule이 재현되지 않았기 때문에 이와 관련된 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. Conclusion

본 실험에서 ultrasonic 기구와 sonic 기구를 이용하여 근관 세정액을 활성화시킨 경우에 needle과 syringe만을 이용하여 근관 내를 세정하는 경우에 비하여 더 효율적으로 isthmus내의 유기물을 제거하였다. 따라서 근관 세정시 ultrasonic 또는 sonic 기구의 사용은 근관치료의 성공률을 높여주는데 기여할 수 있을 것이다.

## References

1. Nagendrababu V, Jayaraman J, Suresh A, Kalyanasundaram S, Neelakantan P. Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clin Oral Investig* 2018;22:655-670.
2. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod* 2010;36:143-146.
3. R Moorer W, Wesselink p. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite, p187-196.
4. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics* 1978;4:60-64.
5. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983;55:307-312.
6. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2010;36:1558-1562.
7. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J* 2008;58:329-341.
8. Plotino G, Grande NM, Mercade M, Cortese T, Staffoli S, Gambarini G, et al. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *J Appl Oral Sci* 2019;27:e20180045.
9. Karade P, Chopade R, Patil S, Hoshing U, Rao M, Rane N, et al. Efficiency of Different Endodontic Irrigation and Activation Systems in Removal of the Smear Layer: A Scanning Electron Microscopy Study. *Iran Endod J* 2017;12:414-418.
10. De-Deus G, Barino B, Zamolyi RQ, Souza E, Fonseca A, Fidel S, et al. Suboptimal Debridement Quality Produced by the

- Single-file F2 Protaper Technique in Oval-shaped Canals. *Journal of Endodontics* 2010;36:1897-1900.
11. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod* 1978;4:140-146.
  12. Burlison A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod* 2007;33:782-787.
  13. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod* 2002;28:837-839.
  14. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 2003;29:674-678.
  15. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 2004;37:607-612.
  16. Rodig T, Sedghi M, Konietschke F, Lange K, Ziebolz D, Hulsmann M. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J* 2010;43:581-589.
  17. Guo X, Miao H, Li L, Zhang S, Zhou D, Lu Y, et al. Efficacy of four different irrigation techniques combined with 60 degrees C 3% sodium hypochlorite and 17% EDTA in smear layer removal. *BMC Oral Health* 2014;14:114.
  18. Forghani M, Afshari E, Parisay I, Garajian R. Effect of a passive sonic irrigation system on elimination of *Enterococcus faecalis* from root canal systems of primary teeth, using different concentrations of sodium hypochlorite: An in vitro evaluation. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2017;11:177-182.
  19. Kim J-H, Kim J-W, Cho K-M, Park S-H. The efficacy of ultrasonic irrigation technique on debris removal during root canal

- treatment. *Journal of Dental Rehabilitation and Applied Science* 2017;33:97-105.
20. Khalap ND, Kokate S, Hegde V. Ultrasonic versus sonic activation of the final irrigant in root canals instrumented with rotary/reciprocating files: An in-vitro scanning electron microscopy analysis. *J Conserv Dent* 2016;19:368-372.
  21. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004;37:672-678.