

## 초음파로 형성된 치근단 역충전외동의 정확도 및 외벽형태

경북대학교 치과대학 보존학교실

김성교 · 이재환 · 백승무

Abstract

### CLEANLINESS AND WALL MORPHOLOGY OF ULTRASONIC ROOT-END RETROGRADE CAVITY

Sung Kyo Kim, Jae Whan Lee and Seung Moo Baek

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University.*

The purposes of this study were to evaluate the degree of cavity cleanliness and to observe cavity wall morphology when root-end retrograde cavity preparation was done with ultrasonics.

Root resections were done on 20 extracted human maxillary central incisors after canal filling with gutta-percha, and retrocavities were prepared using a slow-speed round bur as a control, and stainless steel ultrasonic tips of power settings of 2 and 6 (Miniendo™, EIE, SA, USA) as experimentals. The degree of the remaining cavity debris and smear layer, and wall morphology were evaluated under the scanning electron microscope.

The results were as follows :

Cavity prepared with ultrasonics of either power setting showed significantly less smear layer than did slow-speed preparations ( $p < 0.01$ ). However, there was no significant difference in canal debris ( $p > 0.05$ ).

Cavity prepared with ultrasonics showed hatched appearance of wall, while slow-speed preparation showed relatively plain one.

Key word : retrocavity, ultrasonics, extracted teeth, cavity cleanliness, debris, smear layer, wall morphology

## I. 서 론

근관치료는 치근으로부터 치근단으로 나오는 유해 자극을 비외과적 또는 외과적 방법으로 폐쇄하여 치근을 생물학적으로 적합한 상태로 만들어 주는데 목적이 있다.

치수 또는 치근단 병소를 치료하기 위해서는 일차적으로 비외과적 방법을 시도하지만 치아가 통상적인 비외과적 근관치료에 대해 좋은 반응을 나타내지 않거나 비외과적 방법에 의해 적절히 치료되지 않는 경우에는 외과적 근관 치료를 고려하게 된다<sup>1)</sup>.

외과적 근관치료의 대표적인 시술인 치근단 수술은 치근단 소파술, 치근단 절제술, 그리고 치근단 역충전 술식으로 구성되는데<sup>2)</sup>, 최근 미세 치근단 수술법이 외과적 근관치료에 도입되면서<sup>3-5)</sup> 시술법에 많은 변화가 초래되었다. 수술 현미경에 의한 시야의 증진 및 치근단에 적합한 미세 기구의 개발 등이 그 대표적인 것이다.

통상적인 근관치료로 해결할 수 없는 치근단 봉쇄를 위해 치근단을 절제한 후 역충전 와동을 형성하고 충전하게 되는데, 이를 위한 치근단 역충전 와동의 형성을 위해 종래의 통상적인 회전식 bur를 이용한 와동의 주된 단점을 보완하기 위해서 초음파를 이용한 역충전와동의 형성 술식이 개발되었다<sup>6-8)</sup> 초음파를 이용한 기구는 치근단에 잘 적합하게 만들어져 있어서 접근이 힘든 시술 부위에서도 치근의 장축에 평행한 근단부 역충전와동을 형성하기가 용이하다. 초음파를 이용하면 치근단 3 mm가 절제된 치근의 근단부에 치근의 외형과 평행하게 근관을 따라 3 mm의 깊이로 제1 급 와동을 형성해 줄 수가 있어 역충전 와동의 요구조건을 충족시킬 수가 있다<sup>9)</sup>.

외과적 근관치료 영역에서 초음파 기구의 사용이 추천되면서 이에 관한 연구가 이루어져와, Waplinton등<sup>10)</sup>과 Devall등<sup>11)</sup>은 초음파 기구의 출력에 따른 상아질 절삭 능력을 연구한 바 있고 Saunders등<sup>12)</sup>, Layton등<sup>13)</sup> Abedi등<sup>14)</sup> Mardrosian과 Glickman<sup>15)</sup> 그리고 Frank등<sup>16)</sup>은 초음파를 이용한 치근단 와동에서의 치근단 균열에 관해 보고한 바 있다. 이어서 최근 이와

김<sup>17)</sup>은 초음파 기구의 출력을 증가시킬 수록 역충전 와동형성 효율이 증가함과 동시에 치아 균열의 발생을 증가시키는 것을 관찰하여, 와동형성 효율과 치아 안전성 측면에서 전체 10 단계 출력 중 제 2 단계의 저출력과 제 6 단계의 중출력을 사용하기를 추천하였다.

치근단 역충전 와동은 근관에서와 마찬가지로 치근단에 가해질 수 있는 자극을 최소화하기 위해 그 내면이 청결해야 할 필요가 있다. 이러한 필요에 의한 초음파의 정화 능력에 관한 연구로 다소의 보고가 있으나 그 결과는 다양하게 나타나고 있다. 근관형성을 위해 초음파기구를 사용한 연구에서, Mandel등<sup>18)</sup>과 Goldman<sup>19)</sup>은 초음파로 근관형성을 한 뒤 주사전자현미경 하에서 정화 정도를 평가해 본 결과 깨끗한 근관을 얻기 어려웠다고 보고하였으며, Baker등<sup>20)</sup>, Langeland등<sup>21)</sup> 그리고 Cymerman등<sup>22)</sup>은 초음파 화일로 근관형성한 경우와 수동 파일을 이용하여 근관형성한 경우의 근관 정화 능력을 비교해 본 결과, 뚜렷한 차이가 없었다고 하였다. 이와는 달리 Martin등<sup>23)</sup>은 초음파 화일로 근관형성 했을 때에 더욱 더 깨끗한 표면을 얻을 수 있었다고 하였고, Reynolds등<sup>24)</sup>은 수동화일을 이용하여 근관형성을 한 경우에 초음파 화일보다 더욱 더 깨끗한 근관을 얻을 수 있었다고 보고하였다. 치근단 역충전와동 형성을 위해 초음파기구를 사용한 연구에서, 초음파 및 bur로 형성된 치근단 역충전와동을 주사전자현미경 하에서 서로 비교해 본 결과 Wuchnich등<sup>25)</sup>과 Gutmann등<sup>26)</sup>은 초음파로 형성한 경우가 더 깨끗하였다고 보고하였고, Engel과 Steiman<sup>27)</sup> 그리고 Gorman 등<sup>28)</sup>은 상호간 유의한 차이가 없었으며 bur와 초음파를 동시에 사용한 경우가 가장 깨끗하였다고 하였다. 그리고 초음파 기구의 치질삭제 작용은 저속 회전식 bur의 것과 다르므로 형성된 와벽의 형태에도 차이가 있을 것으로 추측된다.

따라서 본 연구에서는 이와 김<sup>17)</sup>의 연구 결과를 바탕으로, 발견된 치아에서 회전식 bur와 저출력 및 중출력의 초음파기구를 이용하여 치근단 역충전와동을 형성하고, 와동형성 방법 및 초음파 출력 단계에 따른 근단와동의 정화

상태 및 외벽형태를 비교 관찰, 분석하여 지전을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 치근단 역충전와동의 형성

최근에 발거한 20개의 상악 중절치 치근으로 하였다. 설면의 와동을 개방한 후 no. 10 stainless steel K-file로 근관의 개방성을 확인하고 근관을 no. 35 크기까지 형성하였으며 근단공 1 mm 부위까지 gutta-percha로 근관을 축방 가압 충전하였다. 충전된 치근의 끝 3 mm를 치아 장축에 직각되게 저속 diamond saw로 주수하에 절단 제거하였으며 절단된 치근단면에 직각되게 3 mm 깊이의 제1 급 역충전와동을 형성하였다.

저속핸드피스에 장착한 no. 2 round bur로 역충전와동을 형성한 균을 대조군으로 하고, 제2 단계의 초음파 및 제6 단계의 초음파로 역충

전와동을 형성한 균을 실험군으로 하였다. 역충전와동 형성에 사용된 저속 핸드피스는 Miniature handpiece (UBECO 사)를, bur로는 no. 2 round bur을 사용하였으며, 초음파 기구는 Miniendo™ (Excellent in Endodontics 사, CA, 미국)를, 초음파 와동형성 기구 tip은 stainless steel로 된 CT-5 및 CT-1 (Excellent in Endodontics 사, CA, 미국)을 사용하였다.

### 2. 주사전자현미경적 관찰

형성된 와동은 생리 식염수로 세척하고 근단을 접착 tape으로 밀봉하였으며 치근 10 mm를 남겨 두고 치관을 절단, 제거하였다. 와동에 손상을 미치지 않도록 주의하면서 diamond disk로 치근의 장축을 따라 구 (groove)를 형성하였으며 날카로운 끝을 구에 대고 치아를 두 쪽으로 분리시켰다. 접착 tape를 제거한 뒤 시편을 건조기에서 24시간 건조시킨 다음, 시편대에 carbon tape으로 고정하고 IB-3 형 ion

Table 1. Degree of remaining canal debris

| Degree | Criteria  |
|--------|---|
| 1      | Little or no superficial debris covering up to 25% of the specimen                |
| 2      | Little to moderate debris covering between 25 and 50% of the specimen             |
| 3      | Moderate to heavy debris covering between 50 and 75% of the specimen              |
| 4      | Heavy amounts of aggregated or scattered debris covering over 75% of the specimen |

Table 2. Degree of remaining smear layer

| Degree | Criteria   |
|--------|--|
| 1      | Little or no smear layer<br>: covering less than 25% of the specimen<br>: tubules visible and patent   |
| 2      | Little to moderate or patchy amounts of smear layer<br>: covering between 25 and 50% of the specimen<br>: Many tubules visible and patent                |
| 3      | Moderate amounts of scattered or aggregated smear layer<br>: covering between 50 and 75% of the specimen<br>: minimal to no tubule visibility or patency |
| 4      | Heavy smear layer covering over 75% of the specimen<br>: no tubule orifices visible or patent  |

coater (Eiko Co. Japan)에서 3분간 금이온을 증착시킨 뒤 주사전자현미경 (S-2300, Hitachi Ltd., Japan)을 이용하여 가속 전압 20 KV에서 100배로 역충전와동 내벽에 잔존하는 잔사의 양을, 1,500배로 도말층의 분포 정도를 관찰하였으며, 이 두 가지 배율 모두로 와벽의 형태를 관찰하였다.

Gutmann<sup>36)</sup> 등이 사용한 기준(table 1, 2 참조)에 따라 2명의 검사자가 표면잔사의 양과 도말층의 분포 정도를 평가하였으며, 와벽형태의 특징적인 양상을 관찰하였다. 평가자 사이에 평가 결과가 일치하지 않은 경우에는 이후에 다시 관찰 재평가하여 만장일치가 되도록 하였다.

### 3. 실험 결과의 통계적 분석

와동형성 방법에 따른 표면잔사와 도말층 잔존 정도의 비교는 chi-square test를 이용하였다.

## III. 성 적

와동형성 방법에 따른 잔존 표면잔사의 정도는 table 3와 같이 나타났다. 잔존 표면잔사의 정도는 저속 round bur로 와동을 형성한 군, 제2 단계 및 제6 단계 출력의 초음파로 와동을

형성한 군들 사이에서 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ).

와동형성 방법에 따른 잔존 도말층의 정도는 table 4과 같이 나타났다. 잔존 도말층의 정도는 저속 round bur로 와동형성한 군의 경우가 제2 단계 및 제6 단계의 초음파로 와동을 형성한 군의 경우에 비해 유의하게 많이 나타났으며 ( $p < 0.005$ ) 제2 단계와 제6 단계의 초음파로 와동을 형성한 군들 사이에서는 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

와동형성 방법에 따른 와벽의 형태는 fig. 1에서 fig. 6에 나타나 있다. 저속 round bur로 형성된 와동은 비교적 평활한 와벽을 보인 반면, 초음파를 이용하여 형성된 와동의 와벽은 모든 시편에서 계단식의 층을 이루는 양상(hatcheted appearance)을 보였으며, 이 양상은 제6 단계 출력의 초음파를 이용한 경우가 제2 단계의 경우에서보다 더욱 두드러져 나타났다.

## IV. 고 찰

새로운 기구나 재료가 임상에 적용되려면 그들의 장점을 최대한 이용하고 부작용을 방지할 수 있는 연구가 선행되어야 하듯이, 외과적 근관치료에 이용되는 초음파 기구에 대한 연구가 이루어지고 있다. 이와 김<sup>17)</sup>은 초음파 기구

Table 3. Number of teeth with each degree of canal debris

| Prep. Meth.— Degree  | n  | 1  | 2 | 3 | 4 |
|----------------------|----|----|---|---|---|
| Low Speed            | 15 | 10 | 5 | 0 | 0 |
| Ultrasonic, Level 2* | 12 | 10 | 2 | 0 | 0 |
| Ultrasonic, Level 6  | 12 | 11 | 1 | 0 | 0 |

\*Level 2 power setting of ultrasonics.

Table 4. Number of teeth with each degree of smear layer in the canal wall

| Prep. Meth.— Degree  | n  | 1 | 2 | 3  | 4 |
|----------------------|----|---|---|----|---|
| Low Speed            | 14 | 0 | 1 | 12 | 1 |
| Ultrasonic, Level 2* | 12 | 5 | 5 | 2  | 0 |
| Ultrasonic, Level 6  | 12 | 5 | 1 | 4  | 2 |

\*Significant level of difference from others (chi-square test) :  $p < 0.005$ .

\*\*Low power setting of ultrasonics.

이용시 치근단 역충전 와동 형성의 효율 및 치근단 치질에의 균열 발생에 관해 보고하고 있다. 상기 연구에서, 초음파 기기의 출력을 증가시킬수록 역충전 와동을 형성하는데 소요 되는 시간 및 stroke 수가 감소하는 것으로 나타났다. 제7에서 제 10 단계의 고출력은 저속 회전식 bur나 중출력 또는 저출력의 초음파를 이용한 경우에 비해 유의하게 치아 균열을 많이 발생시키는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 와동 형성 효율 및 치아 안정성 측면에서 상기 연구의 결과에 의해 추천되는 제2 단계 및 제6 단계의 초음파를 이용하여 치근단 역충전 와동을 형성하고 이를 저속 회전식 round bur를 이용한 와동과 비교하여 주사전자 현미경 하에서 와동 잔사 및 도말층의 분포를 검사, 분석하였다.

도말층은 수동 기구나 회전식 전동 기구로 치아 경조직을 자를 때 생기는 일종의 경조직이다<sup>29, 30</sup>. 도말층은 석회화 조직의 무기 입자와 치수 잔사, 조상아세포돌기, 세균 및 혈액 세포와 같은 유기질로 구성되어 있다. 도말층이 형성 되면 분쇄잔사가 각 세관으로 밀려들어가서 도말전색(smear plug)을 형성하며, 이것이 상아세관을 봉쇄하여 상아질의 투과성을 감소시킨다<sup>31, 32</sup>. 기능적으로 이 도말층이 외부에서 상아세관으로 세균이 침투되는 것을 억제시키기도 하지만<sup>33</sup>, 충전물이 상아세관으로 들어가 와동을 봉쇄하는 것을 막아 미세 누출을 일으키는 원인이 되기도 한다<sup>34</sup>. 그리고 잔사는 치근단 충전물의 봉쇄를 방해하여 미세 누출의 원인이 되거나 세균의 저장고 역할을 하기 때문에 치근단 와동을 충전하기 전에 제거되는 것이 추천되고 있다<sup>35</sup>.

근관에서의 초음파 사용에 관해 Sultan과 Pitt Ford<sup>36</sup>는 초음파 파일과 수동 파일을 사용하여 근관을 형성하고 근관 충전 후 세균의 함입을 비교 관찰한 바, 초음파를 이용하여 근관을 형성한 경우가 수동 파일로 근관을 형성한 경우에 비해 세균의 함입이 적었다고 하였고, Vassiliadis 등<sup>37</sup>은 발거치에서 행한 실험에서 근관의 도말층을 화학적으로 제거한 경우가 제거하지 않은 경우에 비해 근관 충전 후 변연 누출이

적었다고 하여 근관내 도말층 제거의 필요성을 강조하였다. 그리고 Kennedy 등<sup>38</sup>은 근관내 도말층을 남겨 둔 경우가 도말층을 제거한 경우에 비해 근관충전후 근단부 미세누출이 현저히 많이 나타났다고 하였다.

초음파로 치근단 역충전와동을 형성할 경우에도 통상적인 방법에 비해 장점을 가진다는 보고들이 있어 왔다. Wuchenich 등<sup>25</sup>은 초음파를 이용하면 더 깊고 깨끗하면서 근관을 따라 평행한 벽면을 가진 와동을 형성할 수 있다고 보고하였다. Gorman 등<sup>28</sup>은 저속 round bur와 초음파로 치근단 역충전와동을 형성한 뒤 주사전자현미경 하에서 잔사와 도말층의 분포 정도를 조사한 바, 잔사는 상기 두 방법 사이에서 차이가 없었으나, 도말층은 초음파로 형성한 와동에서 더 적었다고 하였다. 그리고 Wuchenich 등<sup>25</sup>과 Gutmann 등<sup>26</sup>은 저속 round bur와 초음파로 치근단 와동을 형성하고 주사전자현미경 하에서 잔사와 도말층의 유무를 조사한 결과, 초음파로 형성한 와동이 저속 round bur로 형성한 와동에 비해 잔사 및 도말층의 양 모두 유의하게 적게 나타났다고 보고하였다.

본 실험에서는 Gorman 등<sup>28</sup>의 보고와 같이, 표면잔사의 정도는 저속 round bur나 저, 중출력의 초음파 군간에 유의한 차이가 없었으나, 도말층의 정도는 초음파로 와동형성한 군이 저속 round bur로 와동형성한 군에서 보다 유의하게 적게 나타났다. 이 결과는 초음파 기구의 진동하는 tip에 의해 세척액이 소용돌이치면서 국소적으로 순환하며<sup>39-41</sup> 물방울이 빠르게 형성되었다가 사라지면서 유체역학적인 전단응력이 생겨 도말층이 제거된 것으로 해석된다. 그럼에도 불구하고 본 실험에서 초음파와 저속 round bur로 형성한 와동 간에 잔사의 정도가 차이가 없었던 이유는 초음파 기구의 tip이 와동형성시 근관에 직접 접촉되어 tip의 진폭을 감소시켜 음향 흐름(acoustic streaming)을 제한했기 때문<sup>39</sup>으로 추측되며 주사전자 현미경 시편 제작을 위해 치아를 종으로 파절시키는 과정에서 다소의 입자가 와동에 들어갔을 가능성도 배제할 수 없다. 그리고 이러한 잔사의 량을 해석하는 연구도 필요할 것으로 생각된다.

치근단 역충전 와동과 충전물 사이에도 근관벽과 충전물 사이<sup>42)</sup>에서와 같이 항상 미세한 공간이 존재할 것으로 생각되는데 이 부위에 와동의 잔사와 도말층은 변연부 폐쇄에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단되므로 본 연구에서 사용한 초음파 기구는 이러한 도말층을 제거하는데 매우 효과적이라고 여겨진다.

본 연구에서 형성한 와동 내벽을 형태적으로 관찰한 바, 저속 round bur로 형성된 와동의 내벽은 비교적 평활한 면을 보인 반면 제 2 단계 및 제 6 단계의 초음파로 형성된 와동의 내벽은 물결치는 파도 모양의 불규칙한 층이 겹쳐져 있는 형태 또는 계단식의 층을 보이는 특이한 양상(hatched appearance)을 관찰할 수 있었다. 그리고 이 양상은 제 6 단계 출력의 초음파를 이용한 경우가 제 2 단계의 경우에서보다 더욱 두드러져 나타났다. 이는, 저속 round bur는 bur의 회전에 의해 bur blade가 치질을 삭제하게 되지만 초음파 기구는 반복되는 in-and-out 방향의 stroke 동작시 초음파의 진동에 의해 치질을 삭제하게 되므로, 이러한 기구의 작용 기전의 차이에 의한 결과로 생각된다. 그리고 초음파 와동 내벽의 이러한 양상은 초음파 tip이 근관벽을 문질러 벗기는 것이 아니라 근관벽을 도려냄으로써 일어나는 현상의 결과라고 한 Guttman<sup>26)</sup>의 해석과 의견을 같이한다. 본 실험은 발거된 치아에서 행하여졌으므로 임상에서와 부분적으로 차이가 있을 수 있을 것이다. 본 실험에서는 저속 round bur를 치근의 장축에 평행하게 위치시키고 일회의 stroke 만으로 치근단 역충전 와동을 형성할 수 있었다. 따라서 이러한 와동형성을 위한 조작의 단순성으로 인해 와벽이 상대적으로 평활하게 나타난 것으로 생각된다. 그러나 실제 임상에서는 저속 round bur를 치근의 장축에 평행하게 위치시킬 수 있는 경우가 존재하지 않는다고 여겨지고<sup>43)</sup> 일회의 stroke 만으로 와동을 완성하기는 어려울 것으로 판단되므로 저속 round bur에 의한 와동의 내벽은 본 연구의 결과보다 더 불규칙할 것으로 추측된다. 그리고 본 연구에서 주안점을 두어 관찰하고자 한 것은 초음파에 의해 형성된 와동의 내벽이므로 여기서 관찰된 그 hatched

appearance가 특이할 만하다.

본 실험의 결과를 전체적으로 종합해 보면, 치근단 역충전와동을 형성하는데 저속 round bur가 가지는 한계를 보완하기 위한 목적으로 초음파 기구를 사용함에 있어, 출력 단계 2 및 6 정도의 중출력을 이용하여 치근단 와동을 형성하면 잔사와 도말층의 잔존 상태로 본 와동의 정확도가 저속 round bur로 형성된 와동보다 우수하다고 여겨지고 와벽은 계단의 층을 나타내는 양상을 띠는다고 보여진다.

## V. 요 약

본 연구의 목적은 초음파를 이용하여 치근단 역충전와동을 형성하는 경우 와동 내벽의 정확도 및 형태를 평가하기 위함이다. 발거된 상악 중절치 20개를 대상으로 근관충전 후 치근단 3 mm를 치아 장축에 직각되게 절단 제거한 다음, 저속의 round bur를 이용한 균을 대조군으로 하고 제 2 및 제 6의 출력 단계의 초음파를 이용한 균을 실험군으로 하여 치근단 역충전와동을 형성하고 주사전자현미경 하에서 근관 잔사 및 도말층의 분포와 와벽형태를 검사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

제 2 및 제 6의 출력 단계의 초음파 기구로 형성한 역충전와동에서는 저속 round bur로 형성한 와동에 비해 도말층의 분포는 적은 것으로 나타났고( $p < 0.01$ ), 근관 잔사의 양에는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ).

저속 round bur로 형성된 와동은 비교적 평활한 와벽을 보인 반면, 초음파로 형성된 와동에서는 계단식의 층을 보이는 와벽의 양상을 나타내었다.

## 참 고 문 헌

1. El-Swiah, J. M. and Walker, R. T. : Reasons for apicectomies. A retrospective study, Endodont. Dent. Traumatol., 12 : 185-191, 1996.
2. Ingle, J. I., Cummings, R. R., Frank, A. L., Glick, D. H., Rubinstein, R. and Rad-

- man, W. P. : Endodontic surgery, In : Ingle J. I. and Bakland. L. K., editors., Endodontics, 4th ed. Baltimore, Williams and Wilkins (1994) pp.689-763.
3. Pecora, G. and Andreana, S. : Use of dental operating microscope in endodontic surgery, Oral Surg, 75 : 751-758, 1993.
  4. Ruddle, C. J. : Surgical endodontic retreatment, Calif. Dent. Assoc. J, 19 : 61-67, 1991.
  5. Kim, S. : Principles of endodontic microsurgery, The Dent. Clin. Nor. Am., 41 : 481-497, 1997.
  6. Glassman, G. D. and Serota, K. S. : Ultrasonic retropreparation : surgical endodontics 2001, Oral health, 82 : 15-17, 1992.
  7. Pannkuk, T. F. : Endodontic surgery : the treatment phase and wound healing. part II, Endodontic Report, 7 : 14-19, 1992.
  8. Carr, G. B. : Microscopes in endodontics, J. Calif. Dent. Assoc., 11 : 55, 1992.
  9. Arens D. : Surgical endodontics. In : Cohen, S. and Burns, R. C., eds. Pathways of the pulp. 5th ed. St. Louis, C. V. Mosby Co. (1991) pp.594-596.
  10. Waplington, M., Lumley, P. J., Walmsley, A. D. and Blunt, L. : Cutting ability of an ultrasonic retrograde cavity preparation instrument, Endodont. Dent. Traumatol., 11 : 177-180, 1995.
  11. Devall, R., Lumley, P. J., Waplington, M. and Blunt, L. : Cutting characteristics of a sonic root-end preparation instrument, Endodont. Dent. Traumatol., 12 : 96-99, 1996.
  12. Saunders, W. P., Saunders, E. M. and Gutman, J. L. : Ultrasonic root end preparation, part 2, microleakage of EBA root-end fillings, Int. Endodont. J., 27 : 325-329, 1994.
  13. Layton, C. A., Marshall, J. G. and Morgan, L. A. : Evaluation of cracks associated with ultrasonic root end preparation, J. Endodont., 21 : 225 (Abstract No. RS 39), 1995.
  14. Abedi, H. R., Van Mierlo, B. L. and Torabinejad, M. : Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex, J. Endodont., 21 : 225 (Abstract No. RS 40), 1995.
  15. Marderosian, J. C. and Glickman, G. N. : Structural changes in root following sonic and ultrasonic root-end preparation, J. Endodont., 21 : 225 (Abstract No. RS 41), 1995.
  16. Frank, D. D., Antrim, L. K. and Bakland, L. K. : Effect of retrograde cavity preparations on root apexes, Endodont. Dent. Traumatol., 12 : 100-103, 1996.
  17. 이재환과 김성교 : 초음파기구의 치근단 역충전와동형성 효율 및 치질에의 영향, 대한치과보존학회지, 1997.
  18. Mandel, E., Machtou, P., and Friedman, S. : Scanning electron microscope observation of canal cleanliness, J. Endodont., 16 : 279-283, 1990.
  19. Goldman, M. A. : Comparison of three methods of cleaning and shaping the root canal in vitro, J. Endodont., 14 : 7-12, 1988.
  20. Baker, M. C., Ashrafi, S. H., and Van Cura, J. E. : Ultrasonic compared with hand instrumentation : a scanning electron microscope study, J. Endodont., 14 : 435-439, 1988.
  21. Langeland, L., Lio, K. and Parscon, E. A. : Work-saving devices in endodontics : efficacy of sonic and ultrasonic techniques, J. Endodont., 11 : 499-510, 1985.
  22. Cymerman, J. J., Jerom, L. A. and Moodnik, R. M. : A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal, J. Endodont., 9 :

- 327-31, 1983.
23. Martin, H., Cunningham, W. T., Norris, J. P. and Cotton, W. R. : Ultrasonic versus hand-filing of dentin : a quantitative study, *Oral Surg.*, 49 : 79-81, 1980.
  24. Reynolds, M. C., Madison, S., Walton, R. E., Krell, K. V. and Rittman, B. R. J. : An vitro histological comparison of the step-back, sonic and ultrasonic instrumentation technique in some curved root canals, *J. Endodont.*, 13 : 307-314, 1987.
  25. Wuchenich, G., Meadows, D. and Torabinejad, M. : A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers, *J. Endodont.*, 20 : 279-282, 1994.
  26. Gutmann, J. L., Saunders, W. P., Nguyen, L., Guo, I. Y. and Saunders, E. M. : Ultrasonic root-end preparation, part 1. SEM analysis, *Int. Endodont. J.*, 27 : 318-324, 1994.
  27. Engel, T. K. and Steiman, H. R. : Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation, *J. Endodont.*, 21 : 443-446, 1995.
  28. Gorman, M. C., Steiman, H. R. and Gartner, A. H. : Scanning electron microscopic evaluation of root-end preparations, *J. Endodont.*, 21 : 113-117, 1995.
  29. Pashley, D. H. : Smear layer : physiological considerations, *Operative Dentistry*, 3 : 13-29, 1984.
  30. Pashley, D. H. : Smear layer : overview of structure and function, *Proc. Finn. Dent. Soc.*, 88 (suppl 1) : 215-224, 1992.
  31. Pashley, D. H. : Clinical considerations of microleakage, *J. Endodont.*, 16 : 70-77, 1990.
  32. Fogel, H. M. and Pashley, D. H. : Dentin Permeability : effects of endodontic procedures on root slabs, *J. Endodont.*, 16 : 442-445, 1990.
  33. Williams, S. and Goldman, M. : Permeability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*, *J. Endodont.*, 11 : 385-388, 1985.
  34. Mader, C. L., Baumgartner, J. C. and Peters, D. D. : Scanning electron microscopic investigation of the smear layer on root canal walls, *J. Endodont.*, 10 : 477-83, 1984.
  35. Pitt Ford, T. R. and Rogerts, G. J. : Tissue response to glass ionomer retrograde root fillings, *Inter. Endodont. J.*, 5 : 233-238, 1990.
  36. Sultan, M. and Pitt Ford, T. R. : Ultrasonic preparation and obturation of root-end cavities, *Inter. Endodont. J.*, 28 : 231-238, 1995.
  37. Vassiliadis, L., Liolios, E., Kouvas, V. and Economides, N. : Effect of smear layer on coronal microleakage, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 82 : 315-320, 1996.
  38. Kennedy, W. A., Walker III, W. A. and Gough, R. W. : Smear layer removal effects on apical leakage, *J. Endodont.*, 12 : 21-27, 1986.
  39. Ahmad, M., Pitt Ford T. R. and Crum. L. A. : Ultrasonic debridement of root canals : Acoustic streaming and its possible role, *J. Endodont.*, 13 : 490-499, 1987.
  40. Ewen, S. J. : Ultrasonic therapy in periodontics, Springfield, IL, Charles C Thomas (1968) pp.12-32.
  41. Graff, K. F. : Process applications of powerful ultrasonics - a review. *IEEE Symposium on sonics and ultrasonics*. Milwaukee, W. I., (1974) pp.1-14.
  42. Nygaard-Ostby, B. and Hjortdal, O. : Tissue formation in the root canal following pulp removal, *Scand. J. Dent. Res* 79 : 333-349, 1971.
  43. Carr, G. B. : Ultrasonic root end preparation, *The Dent. Clin. Nor. Am.*, 41 : 541-554, 1997.



### Legends for figures

- Fig. 1. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with slow-speed no. 2 round bur : smooth dentinal wall and moderate amounts of superficial debris are seen (x 100).
- Fig. 2. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with slow-speed no. 2 round bur : no tubule orifices visible or patent and variable amounts of smear layer are seen (x 1,500).
- Fig. 3. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with level 2 power setting of ultrasonics : irregular dentinal wall of hatcheted appearance and little amounts of superficial debris are seen (x 100).
- Fig. 4. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with level 2 power setting of ultrasonics : crushed dentinal wall and minimal tubule orifice are visible or patent and moderate amounts of smear layer are seen (x 1,500).
- Fig. 5. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with level 6 power setting of ultrasonics : irregular dentinal wall of severely hatcheted appearance and little amounts of superficial debris are seen (x 100).
- Fig. 6. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with level 6 power setting of ultrasonics : severely crushed dentinal wall and many tubule orifices are visible or patent and little amounts of smear layer are seen (x 1,500).

사진부도

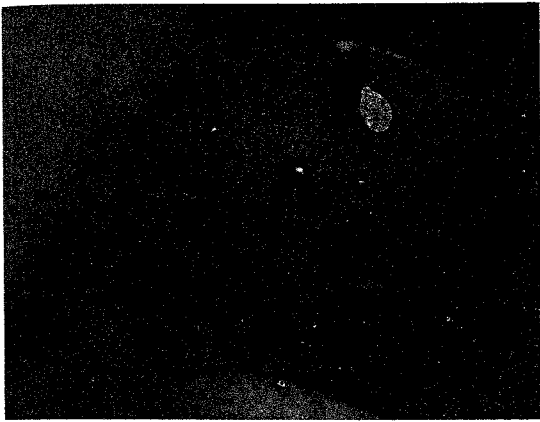


Fig. 1.



Fig. 2.

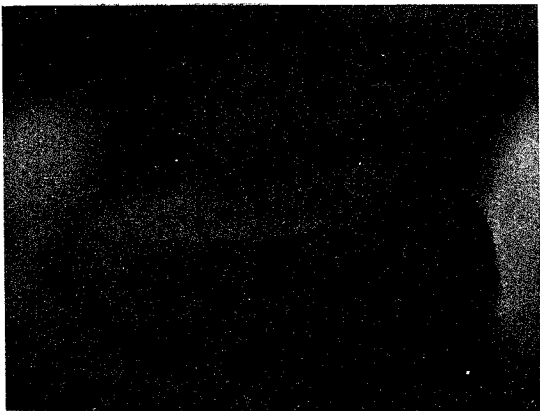


Fig. 3.

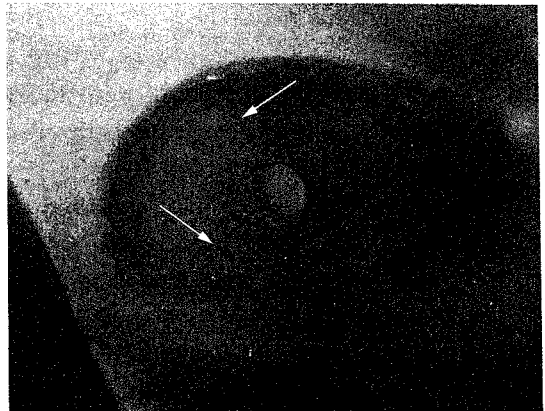


Fig. 4.

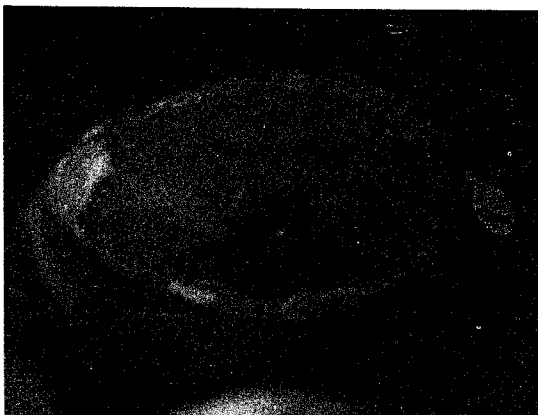


Fig. 5.

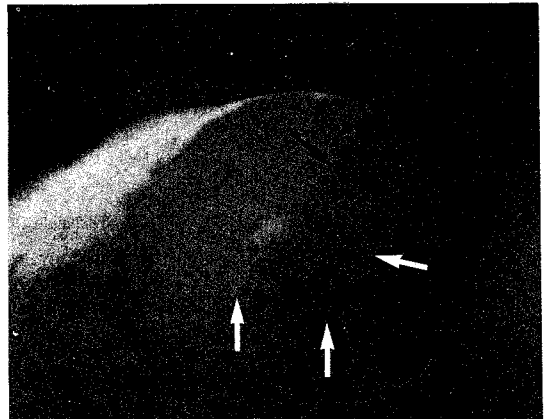


Fig. 6.