

## 초음파 다이아몬드 기구로 형성된 치근단 역충전 와동의 정확도 및 외벽형태

경북대학교 치과대학 보존학교실

김성교 · 임춘희 · 권태경

### Abstract

#### CLEANLINESS AND WALL MORPHOLOGY OF ROOT-END RETROGRADE CAVITY MADE BY ULTRASONIC DIAMOND INSTRUMENTS

Sung Kyo Kim, Choon Hee Lim and Tae Kyung Kwon

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry,  
Kyungpook National University, Taegu, Korea*

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

To observe the morphology of retrocavity and to evaluate the degree of cavity cleanliness, root-end resections were done on 20 palatal roots of extracted maxillary first molars after canal filling with gutta-percha. Retrocavities were prepared using either ultrasonic diamond instruments or stainless steel ones of medium power setting of level 6 (Miniendo™, EIE, CA, U.S.A.). Morphology of the cavity, degrees of the remaining canal debris and smear layer were evaluated under the scanning electron microscope.

The results were as follows:

Cavities prepared with ultrasonic diamond instruments showed scratched appearance of wall, while ultrasonic stainless steel preparation showed hatched appearance.

Ultrasonic diamond instruments induced more smear layer than stainless steel ones did ( $p < 0.01$ ) in the cavity. However, there was no significant difference in canal debris ( $p > 0.05$ ).

## I. 서 론

근관치료에서는 치수, 치근단 병소의 원인을 제거한 후 근관을 밀봉하여 근관계와 치근단 조직 사이의 교통을 차단함으로써 병소의 치유에 적합한 환경을 만들어 줌과 동시에 병소의 재발을 도모한다. 비외과적 근관치료만으로 치수, 치근단 병소가 치유되지 않는 경우에는 외과적 근관치료를 시행하게 되는데 이를 위해 최근에는 수술현미경과 초음파 기구 및 미세한 기구들을 이용하는 미세외과적 근관치료가 도입되었다.

성공적인 근관치료를 해 주기 위해서는 근관내 감염된 유기잔사나 괴사조직 등을 제거하여 근관 내벽을 청결하게 하여야 한다. 초음파 기구를 이용하여 근관을 형성한 후 내면의 정화도를 조사한 연구에서 Cunningham 등<sup>1)</sup>은 초음파 기구로 형성된 근관이 수동 화일로 형성된 근관보다 내면이 깨끗하였다고 보고하였으나, Tronstad 등<sup>2)</sup>과 Cymerman 등<sup>3)</sup>은 초음파 화일과 수동 화일로 근관을 형성한 후 근관의 정화능력을 비교해 본 결과 뚜렷한 차이가 없었다고 하였으며 Lumley<sup>4)</sup> 등도 음파 혹은 초음파로 와동형성시 정화도의 차이는 없었다고 하였다. Baker 등<sup>5)</sup>도 초음파 화일과 수동 화일로 근관을 형성한 뒤 잔존잔사, 도말층, 열린 상아세관 등을 검사한 결과 모든 경우에 다 도말층이 생기며 정화능력에는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다고 하였다. Langeland 등<sup>6)</sup>은 어떠한 기구와 방법을 사용해도 근관을 완전히 깨끗하게 할 수는 없다고 하였으며 Reynolds 등<sup>7)</sup>은 수동 화일을 이용한 경우가 초음파 화일의 경우보다 표면이 오히려 더 깨끗하다고 하였다. 치근단 역충전 와동에서도 근관형성의 경우와 마찬가지로 내면이 청결해야 한다. 본 저자들의 이전 연구에서 역충전 와동을 형성하는데 사용된 기구 즉, 초음파 기구와 저속 bur에 따라서 와동의 잔사, 도말층의 량 그리고 형성된 와벽의 전자현미경적 형태가 달리 나타났다<sup>8)</sup>. Wuchenich 등<sup>9)</sup>도 초음파 기구로 치근단 와동을 형성한 경우와 bur를 사용하여 와동을 형성한 경우에 와동의 정화도에 차이가 있다고 하였다.

외과적 근관치료에서 치근단 역충전 와동을 형성하는데 사용되는 초음파 기구의 재질에 있어

Richman<sup>10)</sup>이 초음파 끝을 이용하여 인접골을 삭제한 뒤 치근을 절제하여 처음으로 초음파를 외과적 근관치료에 이용한 이래 미세 치근단 수술 도입의 초기 단계에서는 주로 스테인레스 스틸 소재의 초음파 기구들이 사용되어져 왔으나 최근에는 다이아몬드를 소재로 한 초음파 기구들이 소개되고 있다.

새로운 기구의 임상적 적용에는 학문적 연구의 뒷받침이 필요하므로 이에 저자는 지난 연구<sup>8)</sup>에 이어 치근단 역충전 와동 형성을 위한 초음파 다이아몬드 기구의 임상적 적용의 타당성 및 특성을 평가하기 위한 연구의 일환으로, 다이아몬드 기구로 형성된 와벽의 형태 및 와동 정화도를 스테인레스 스틸기구의 것과 비교하여 연구한 바 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

각 실험은 동일한 조건 하에서 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구를 동일하게 사용하여 시행되어졌다. 먼저 초음파 기구로 형성된 와동의 와벽형태를 평가하기 위하여 와벽을 전자현미경 하에서 관찰하였으며, 이 두 가지 초음파 기구로 형성된 치근단 역충전 와동내벽의 정화도를 평가하기 위해서 와벽의 잔사량 및 잔존 도말층의 정도를 측정하였다.

실험 대상은 최근에 환자에서 발거된 상악 제1대구치의 실측 치근 20개로 하였다. 역충전 와동형성에 사용된 초음파 발생 기기로는 Miniendo™ (Excellent in Endodontics사, CA, 미국)를 사용하였으며, 초음파 기구 중 스테인레스 스틸기구는 CT-5 및 CT-1 (Excellent in Endodontics사, CA, 미국)을, 다이아몬드 기구로는 S-12(Satelec사, 프랑스)를 사용하였다(Fig. 1, 2 참조).

### 1. 초음파 기구를 이용한 치근단 역충전 와동의 형성

교합면에서 치수강을 개방하고 근관 내로 10번 K-화일로 근관의 개방성을 확인하여 근관의 개방성이 확인된 치근만 실험대상으로 하였다. 각 실험 군마다 치근 위치 및 초기 근단부 근관크기 조건을 균일하게 하였다. 전동 니켈-티타늄 화일

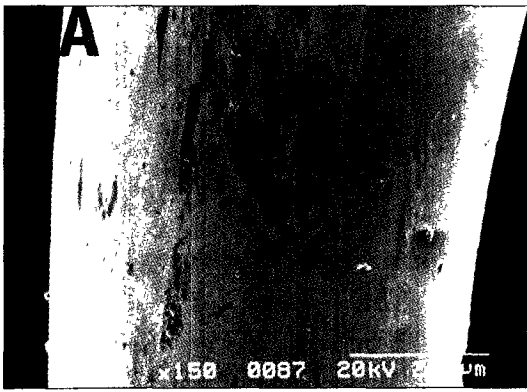


Fig. 1. Scanning electron micrograph of surfaces of ultrasonic instruments (original magnification X150). A, a stainless steel instrument showing a smooth surface. B, a diamond instrument showing a rough surface with diamond particles.

(Quantec<sup>®</sup>, Tycom사, 미국)을 이용하여 근관을 형성하고 gutta-percha 축방가압법을 이용하여 근관을 충전하였다. 저속 다이아몬드 절단기(Isomet<sup>™</sup>, Buehler사, Lake Bluff, IL, 미국)를 이용하여 각 치근의 끝 3mm를 치아 장축에 직각되게 절단, 제거하였고, 초음파 기구를 이용하여 절단된 치근단면에 직각되게 3mm 깊이의 제1 급 역충전 와동을 형성하였다. 초음파 발생기기의 출력은 제2 단계 및 제6 단계로 하였으며, 실험자가 손으로 초음파 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 기구를 근관에 평행하게 근단에 적용하여 역충전 와동을 형성하였다. 이 때 초음파 기구는 Carr<sup>III</sup>가 추천한 대로 최소한의 압력으로 기구 끝을 빠르게 앞뒤로 작동시켰으며, 각 근에 따른 와동형성 시작 시점부터 기구 끝 3mm가 기구의 만곡으로 인해 와동에 더 이상 들어가지 않는 시점까지 와동을 형성하였다.

## 2. 역충전 와동 내벽의 형태 관찰

형성된 와동은 생리 식염수로 세척, 건조하고 와

동에 영향을 주지 않기 위해 근단을 접착 테이프로 밀봉한 다음 치근 10mm를 남겨두고 치관을 절단 제거하였다. 와동에 손상을 주지 않도록 주의하면서 다이아몬드 디스크로 치근의 장축을 따라 구를 형성하였으며 날카로운 끝을 구에 대고 치아를 두 쪽으로 분리시켰다. 접착 테이프를 제거한 뒤, 시편을 건조기에서 24시간 건조시킨 다음 시편대에 카본 테이프로 고정하고 IB-3형 이온 증착기(Eiko사, 일본)에서 3분간 금이온을 증착시킨 뒤 주사전자현미경(S-2300, Hitachi사, 일본) 가속 전압 20KV, 100배 및 1,500배의 배율 하에서 와동의 분리된 양측 내벽의 형태적 양상을 관찰하였다.

## 3. 역충전 와동 내벽의 정화도 평가

상기와 동일한 방법으로 근관의 형성 및 충전, 치근단 절제, 그리고 치근단 역충전 와동형성을 시행하였으며 주사전자현미경 100배의 배율 하에서 역충전 와동의 분리된 양측 내벽에 잔존하는 잔사의 양을, 1,500배의 배율 하에서 도말층의 분포 정

Table 1. Degree of remaining canal debris

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

도를 관찰하였다.

Gutmann<sup>12)</sup> 등이 사용한 기준(Table 1, 2 참조)에 따라 4명의 검사자가 표면잔사의 량 및 도말층의 분포 정도를 평가하였다. 평가자 사이에 평가 결과가 일치하지 않는 경우에는 이후에 다시 평가하여 만장일치가 되도록 하였다.

#### 4. 실험 결과의 통계적 분석

외동벽의 형태는 공통적이고 특징적인 양상을 파악하여 관찰하였으며, 외동형성 방법에 따른 표면잔사와 도말층 잔존 정도는 chi-square test를 이용하여 비교, 분석하였다.

### III. 성 적

#### 1. 초음파 기구의 재질에 따른 역충전 와동 내벽의 형태

초음파 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸

기구로 형성된 치근단 역충전 와동의 외벽 형태는 Fig. 1부터 Fig. 6과 같이 나타났다. 다이아몬드 기구로 형성된 와동의 외벽 형태는 다이아몬드 입자에 의해 굵은 자국이 선명한 양상을 특징적으로 보인 반면, 스테인레스 스틸 기구로 형성된 와동의 외벽은 계단식의 층을 특징적으로 보여 주었다.

#### 2. 초음파 기구의 재질에 따른 역충전 와동 내벽의 정확도

초음파 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구로 형성된 치근단 역충전 와동의 도말층의 정도는 Table 3과 같이 나타났다. 다이아몬드 기구로 형성된 와동에서는 스테인레스 스틸 기구로 형성된 와동에 비해 유의하게 많은 량의 도말층이 나타났다( $p < 0.01$ ).

다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구로 형성된 치근단 역충전 와동의 잔존 표면잔사의 정도는 Table 4와 같이 나타났다. 잔존 표면잔사의 정도는 스테인레스 스틸 기구와 다이아몬드 기구 사이에 유의한 차이를 관찰할 수 없었다( $p > 0.05$ ).

Table 3. Number of cavity segments with each degree of smear layer on the canal wall

Instrument	n	Degree			
		1	2	3	4
Stainless Steel	20	1	9	6	4
Diamond*	19	0	0	5	14

\*Significant level difference from stainless steel group (chi-square test):  $p < 0.01$ .

Table 4. Number of cavity segments with each degree of canal debris

Instrument	n	Degree			
		1	2	3	4
Stainless Steel	20	18	2	0	0
Diamond	20	18	1	0	1

#### IV. 고 찰

통상적인 방법으로 치근단 부위를 적절히 폐쇄할 수 없으면 외과적인 방법으로 치근단을 폐쇄하여야 한다<sup>13)</sup>. Weine<sup>14)</sup>은 치근단의 병든 부위를 단순히 소파술로 제거하기만 하고 치근단폐쇄가 불완전할 경우에는 외과적 근관치료가 성공하지 못한다고 하여 치근단 폐쇄의 중요성을 강조하였다.

외과적 근관치료에서 치근단 폐쇄를 목적으로 하는 치근단 역충전 와동 형성을 위해 통상적으로 저속 round bur를 사용해 왔으나 최근 초음파 기구를 이용한 와동형성법이 도입되었고, 치근단 역충전 와동을 형성하기 위한 초음파 기구로서 초기에는 스테인레스 스틸 재질로 된 것만 사용되었으나 최근 다이아몬드 재질로 된 것이 소개되고 있다. 본 연구에서는 치근단 역충전 와동의 형성에 있어 다이아몬드 재질로 된 초음파 기구 사용의 임상적 타당성 및 특성을 종합적으로 평가하기 위한 연구의 일환으로 환자 발거치에서 다이아몬드 초음파 기구로 치근단 역충전 와동을 형성하고 와벽의 형태 및 와동의 정확도를 관찰, 평가하였다.

도말층은 기구로 치아의 경조직을 자를 때 생기는 일종의 경조직이다<sup>15)</sup>. Mc Comb과 Smith<sup>16)</sup>가 주사전자현미경을 사용하여 대부분의 치아절삭기구 조작 후 도말층이 형성되거나 분쇄된 잔사가 상아세관으로 밀려들어가 잔사가 세관을 막은 형태로 근관벽을 형성하게 된다는 것을 발견한 이래로 적절히 형성된 근관이라도 도말층이 개재될 수 있음이 인정되었다. 이 도말층이 외부로부터의 세균침입을 억제시키기도 하나<sup>17)</sup> 상아세관내에 미생물을 함유하며 항생물질의 침투를 방해할 뿐 아니라<sup>18)</sup> 충전물질과 상아질 벽 사이에 다공성의 유약한 결합면이 생겨 근관의 폐쇄능력을 저하시키는 원인이 되기도 한다<sup>15,19)</sup>. 초음파 기구로 형성된 역충전 와동의 정확도를 평가하기 위해서 본 연구에서는 출력 제 2단계와 출력 제 6단계 하에서 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 초음파 기구로 치근단 와동을 형성하고 주사전자현미경으로 와동 내벽의 표면 잔사정도와 도말층의 분포를 관찰하였으며 와동 내면의 형태도 함께 관찰하였다. Gorman 등<sup>20)</sup>은 초음파와 통상적인 bur를 사용해서 역충전 와동을 형성한 뒤 잔사 도말층을 조사한 결과 초음

파와 bur를 병행해서 근관을 형성한 경우 도말층과 잔사가 적었다고 했으며 형성된 근관표면의 평활도에는 별 차이가 없었다고 하였다. Ahmad<sup>21)</sup>은 초음파로 근관 형성시 매우 깨끗한 근관이 얻어진다고 하였고 Wuchenich 등<sup>9)</sup>은 초음파 기구가 bur보다 형태학적으로 근관에 더욱 근접할 수 있어서 더 깊고 평행한 와동을 형성할 수 있기 때문에 더 깨끗한 근관을 얻을 수 있다고 하였다. 김 등<sup>9)</sup>의 연구에서는 초음파 스테인레스 스틸 기구로 형성된 역충전 와동이 저속 round bur로 형성된 경우에 비해 도말층의 분포는 적은 것으로 나타났고 잔사의 양에는 유의한 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 본 실험의 결과 잔존 표면 잔사는 다이아몬드나 스테인레스 스틸 초음파 기구로 형성한 와동간에 별 차이가 없이 나타났으나 도말층은 다이아몬드 기구를 사용한 경우 유의하게 많이 나타났다.

근관의 정확화를 위한 초음파 기구의 사용에 관해서 Ahmad 등<sup>21)</sup>은 근관 화일을 근관 벽에 직접 접촉시켜서 근관을 형성하는 종래의 방법에서는 화일의 oscillatory motion이 감소되어 음향 흐름이 제한되어 근관을 깨끗하게 형성할 수 없으므로 화일이 자유롭게 진동하도록 핸드피스에 평행하게 앞뒤로 기구를 움직이게 하여 진동이 일어나게 하면서 세척액이 흘러넘쳐 효과적으로 잔사를 제거할 수 있다고 하였다. Cunningham 등<sup>22)</sup>은 초음파 에너지가 용액을 모든 방향으로 밀어내어 이것이 더워지고 소용돌이쳐서 음향흐름이 되어 기계적 기구조작에 의해서는 도달되지 않는 곳에 있는 잔사를 떼어낸다고 하였다. Martin 등<sup>23)</sup>과 Cameron 등<sup>24)</sup>은 초음파 근관치료술식이 근관을 더 깨끗이 정확화하고 도말층을 보다 효과적으로 제거한다고 하였다. 반면 초음파 기구가 도말층 제거에 효과가 없다는 Baker 등<sup>5)</sup>의 보고도 있다. Langeland 등<sup>6)</sup>은 곧은 근관에서는 수동과 음파, 초음파 어느 방법으로도 근관이 깨끗하게 형성되었으나 굽고 불규칙한 근관에서는 어느 방법으로도 근관을 완전히 깨끗하게 할 수 없다고 하면서 완전한 근관의 정확화는 사용하는 기구보다는 치아의 근관형태에 달려 있다고 하였다.

Nedderman 등<sup>25)</sup>은 저속 다이아몬드 saw를 비교군으로 하여 절제된 치근의 표면을 조사하였는 바 cross-cut fissure bur를 고속으로 회전시 구가 나란

히 형성되어 가장 거친 표면을 나타낸 반면 plain fissure bur를 지속적으로 회전시 가장 표면이 매끄럽게 나타났다. 본 실험에서는 다이아몬드 기구로 형성된 와동에서 많은 도말층을 나타내는 것으로 보아 다이아몬드 기구가 상아질 삭제 능력은 우수하나 정화능력이 떨어진다고 할 수 있다. 이는 표면에 거친 다이아몬드 입자가 많이 붙어있는 다이아몬드 bur나 cross-cut fissure bur를 사용한 경우보다 multifluted finishing bur로 치근을 절제할 때 보다 매끄러운 표면을 얻을 수 있다는 Parson 등<sup>6)</sup>의 연구 결과와 일치한다.

초음파 기구로 형성된 와동 외벽의 미세 형태에 관해서, 김 등<sup>8)</sup>은 저속 round bur를 사용한 경우에는 비교적 평활한 외벽을 보여주었고 스테인레스 스틸 기구로 와동을 형성한 경우에는 벽면이 기구에 의해 찌친 "hatched appearance"를 나타내었다고 하였다. 본 연구에서는 다이아몬드 기구로 형성된 외벽의 형태를 스테인레스 스틸 기구의 것과 비교한 바, 다이아몬드 기구로 형성된 외벽은 다이아몬드 입자에 의해 굽힌 것으로 보이는 자국이 선명하게 나타나 있었다. 한편 스테인레스 스틸 기구를 사용한 경우에는 굽힌 자국은 찾아볼 수 없었고 벽에 미세한 충격이 가해진 소견을 보여주어 이전의 연구에서<sup>8)</sup> 보고한 "hatched appearance"의 양상을 보여 주었으며 이 양상은 중출력이 저출력에 비해 두드러져 나타났다. 초음파 기구의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 바 (Fig. 1. 참조), 다이아몬드 기구는 표면에 입자가 붙어 있는 거친 미세 표면을 가지는 반면 스테인레스 스틸 기구는 평활한 표면을 가지고 있었는데, 이런 기구 표면의 미세구조 차이가 각기 특징적인 외벽의 형태를 가지게 하는 것으로 이해된다.

본 실험의 결과를 종합해 보면 초음파와 다이아몬드 기구는 다이아몬드 입자에 의해 굽힌 양상을 외벽에 특징적으로 나타내는 반면 스테인레스 스틸 기구는 계단형태의 외벽형태를 특징적으로 나타낸다고 볼 수 있다. 와동의 정화도 측면에서, 와동 잔사의 양에 있어서는 기구의 재질에 따른 차이를 가져오지 않으나 초음파와 다이아몬드 기구는 스테인레스 스틸 기구에 비해 많은 도말층을 남길 수 있다고 생각된다. 본 연구의 방법과 결과는 외과적 근관치료에서 치근단 역충전 와동형성을 위한 초

음파 기구를 선택할 때 다양한 디자인과 재질의 특성을 이해하는데 도움이 되리라 생각한다. 아울러 이러한 초음파 기구의 사용에 따른 와동의 변연 폐쇄 등에 관해서도 지속적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

## V. 요약

치근단 역충전 와동 형성을 위한 초음파 다이아몬드 기구의 임상적 적용의 타당성 및 특성을 평가하기 위한 연구의 일환으로, 다이아몬드 기구로 형성된 치근단 역충전 와동의 외벽 형태 및 와동 정화도를 관찰하여 스테인레스 스틸 기구의 것과 비교하였다.

초음파 기구로 형성된 와동의 외벽형태를 평가하기 위하여 발거된 상악 제 1 대구치 치근에서 근관을 형성하고 gutta-percha로 충전한 다음 근단 3 mm부위를 치아 장축에 직각되게 절제하고 초음파와 다이아몬드 기구 및 초음파 스테인레스 스틸 기구로 역충전 와동을 형성하였으며, 형성된 치근단 역충전 와동내벽의 정화도를 평가하기 위해서 외벽의 잔존 잔사 및 도말층의 양을 측정, 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

다이아몬드 기구로 형성된 와동의 외벽 형태는 다이아몬드 입자에 의해 굽힌 자국이 선명한 양상을 특징적으로 보인 반면, 스테인레스 스틸 기구로 형성된 와동의 외벽은 계단식의 층을 특징적으로 보여 주었다.

다이아몬드 기구로 형성된 와동에서는 스테인레스 스틸 기구 와동에 비해 내벽 도말층의 양이 유의하게 많이 나타났다( $p < 0.01$ ).

## 참고문헌

1. Cunningham, W. T., Martin, H., and Forrest, W. R.: Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg. Oral Med. Oral Path.* 53:401-404, 1982.
2. Tronstad, L., Barnett, F., Schwartzben, L., Frasca, P.: Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endodont.*

- Dent. Traumatol., 1:69-76, 1985.
3. 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.*, 9:327-331, 1983.
  4. Lumley, P. J., Waplington, M., Walmsley, A. D. and Blunt, L.: Cutting ability of an ultrasonic retrograde cavity preparation instrument, *Endod. Dent. Traumatol.*, 11:177-180, 1995.
  5. 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.
  6. Langeland, K., Liao, K. and Pascon, E. A.: Work-saving devices in endodontics: efficacy of sonic and ultrasonic technique, *J. Endodont.*, 11:499-510, 1985.
  7. Reynolds, M. C., Madison, S., Walton, R. E., Krell, K. V. and Ritman, 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.
  8. 김성교, 이재환과 백승무: 초음파로 형성된 치근단 역충전 와동의 정확도 및 와벽형태, 대한치과보존학회지, 22(2):536-545, 1997.
  9. Wuchenich, G., Meadows, D. and Torabinejad, M.: A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers, *J. Endodont.*, 20:279-282, 1994.
  10. Richman, M. J.: The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection, *J. Dent. Med.*, 12:12-18, 1957.
  11. Carr, G. B.: Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery, *Endodontic Report*, 7:6-9, 1992.
  12. 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.
  13. Ingle, J. I., Cummings, R. R., Frank, A. L., Glick, D. H., Rubinstein, R. and Radman, W. P.: Endodontic surgery, In: Ingle, J. I. and Baklanad, L. K., editors., *Endodontics*, 4th ed. Baltimore, Williams and Wilkins (1994) pp.689-763.
  14. Weine, F. S.: *Endodontic therapy*. 5th ed., Mosby (1996) pp.524-531.
  15. Pashley, D. H.: Smear layer: Overview of structure and function, *Proc. Finn. Dent. Soc.*, 88 (suppl. 1):215-224, 1992.
  16. McComb, D. and Smith, D. A.: A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures, *J. Endodont.*, 1:238-42, 1975.
  17. Williams, S. and Goldman, M.: Permeability of the smeared layer by a strain of *Proteus mirabilis*, *J. Endodont.*, 11:385-388, 1985.
  18. Sjögren, U. and Sundqvist, G.: Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation, *Oral Surg. Oral Med. Oral Path.*, 63:366-370, 1987.
  19. Cergneux, M., Ciucchi, B., Dietschi, J. M. and Holz, J.: The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation, *Int. Endodont. J.*, 20:228-232, 1987.
  20. Gorman, M. C., Steiman, H. R. and Gartner, A. H.: Scanning electron microscopic evaluation of root-end preparations, *J. Endodont.*, 21:113-117, 1995.
  21. 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.
  22. Cunningham, W. T. and Martin, H.: A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system, *Oral Surg. Oral Med. Oral Path.*, 53:527-531, 1982.
  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. Cameron, J. A.: The use of ultrasonics in the removal of the smear layer:a scanning electron microscope study, *J. Endodont.*, 9:289-292, 1983.
25. Nedderman, T. A., Hartwell, G. R. and Portell, F. R.: A comparison of root surfaces following apical root resection with various burs:scanning electron microscopic evaluation, *J. Endodont.*, 14:423-427, 1988.
26. Parsons, M. D. and Stanek, A. H.: A qualitative SEM evaluation of root-end resections, *J. Endodont.* (in press).



### Legends for figures

- Fig. 2. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with a ultrasonic stainless steel tip:irregular dentinal wall and little amounts of superficial debris are seen (x 100).
- Fig. 3. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with a ultrasonic diamond tip:scratched lines and little amount of cavity debris are seen (x 100).
- Fig. 4. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with a ultrasonic stainless steel tip:many tubule orifices are visible or patent and little amounts of smear layer are seen (x 1,500).
- Fig. 5. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with a ultrasonic diamond tip:no tubule orifices visible or patent and variable amounts of smear layer are seen (x 1,500).
- Fig. 6. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with a ultrasonic stainless steel tip:cavity wall shows crushed and hatcheted appearance (x 1,500).
- Fig. 7. Scanning electron micrograph of dentinal wall after retrograde cavity preparation with a ultrasonic diamond tip:dentinal cavity wall shows many short indentations and long groove-like scratched appearances (x 1,500).

사진부도

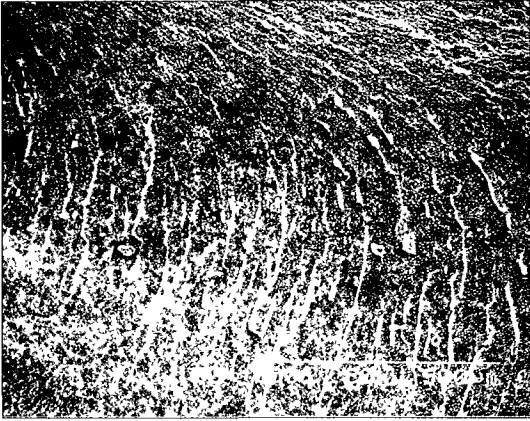


Fig. 2

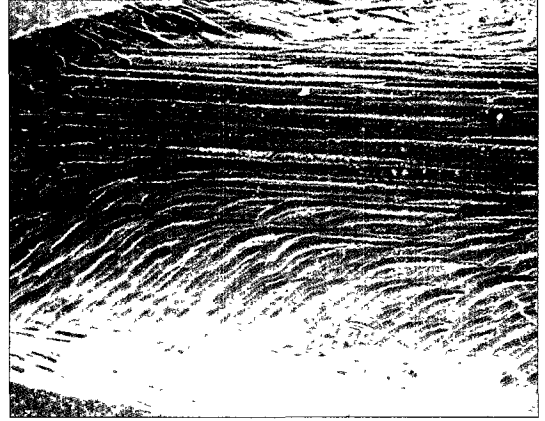


Fig. 3

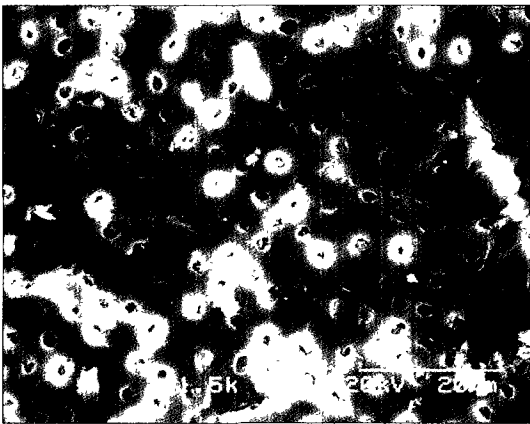


Fig. 4

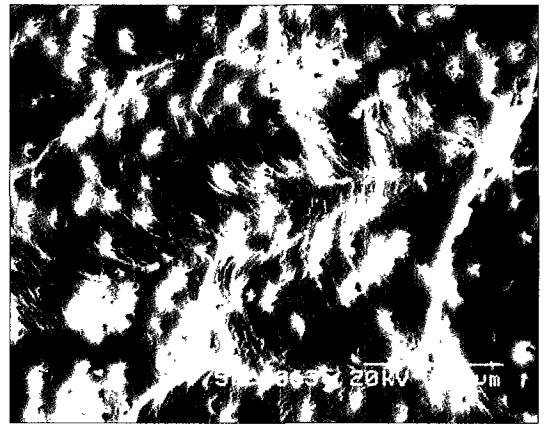


Fig. 5

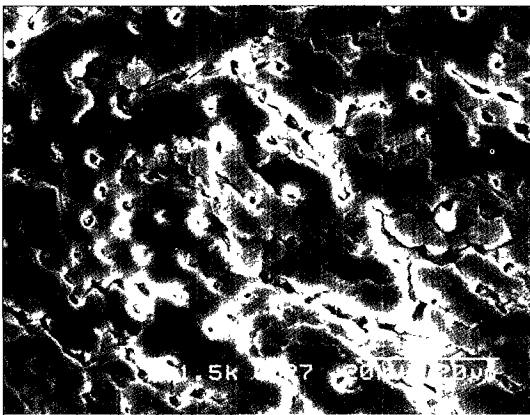


Fig. 6

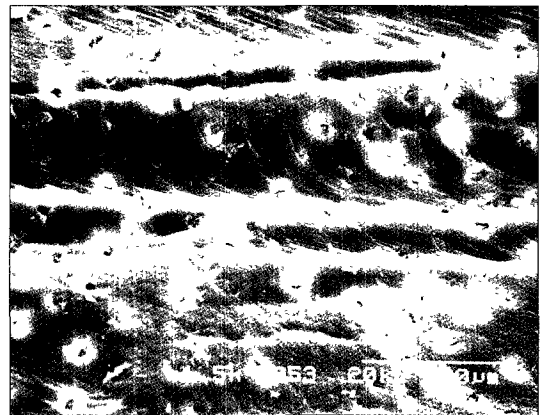


Fig. 7