

## 도말층이 가온 수직가압 근관 충전후 치근단 누출에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 보존학교실

권태경 · 김성교

### ABSTRACT

#### EFFECT OF SMEAR LAYER ON THE APICAL LEAKAGE OF WARM VERTICAL CANAL FILLING

Tae-Kyung Kwon, Sung-Kyo Kim

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

The purposes of this study were to observe the difference in the root canal wall after hand instrumentation or engine-driven Ni-Ti instrumentation under the scanning electron microscope, and to evaluate the apical leakage provided by continuous wave of canal filling technique with or without root canal sealer and smear layer.

Twenty recently extracted human maxillary anterior teeth were instrumented with K-type files or engine-driven Ni-Ti files, Quantec series 2000™ and irrigated with 5.25% NaOCl alone or 15% EDTA and final flush of 5.25% NaOCl. After the instrumentation and flushing, teeth were split in half with a knife and a mallet. They were then examined with a scanning electron microscope

Forty-four recently extracted human maxillary anterior teeth were divided into four groups with and without smear layer and then warm vertical canal filling using System-B with or without sealer. The extent of leakage was scored after immersion in India ink for 1 week.

The results were as follows:

1. No significant difference of smear layer was observed between K-type file-instrumented group and engine-driven Ni-Ti file-instrumented group.
2. A group without smear layer showed significantly less apical leakage than a group with

smear layer when sealer was used for the canal filling ( $p<0.01$ ).

3. There was no significant difference between a group without sealer and smear layer and a group without sealer and with smear layer ( $p<0.01$ ).
4. In groups without smear layer, a group with sealer showed significantly less apical leakage than a group without sealer ( $p<0.01$ ).
5. When root canals were irrigated with NaOCl alone, a group with sealer showed significantly less apical leakage than a group without sealer ( $p<0.01$ ).

**Key words** : canal filling, warm vertical, apical leakage, smear layer, scanning electron microscopy, human teeth, Ni-Ti, K-file, System B, sealer

## I. 서 론

근관치료의 성공은 적절한 근관정화와 성형, 그리고 3차원적인 근관충전에 달려있다. 근관내에 존재하는 감염된 치수조직 및 잔사를 제거하면서 효과적인 근관충전을 하기 위해서는 근관성형이 잘 이루어져야 하고 이를 위해서는 근관내 기구조작이 필요하게 된다. 근관치료시에 근관내를 기구조작하게 되면 상아질의 일부, 잔존 치수조직, 그리고 약간의 세균으로 구성된 도말층이 생성된다.

근관내벽의 도말층은 유기질과 무기질의 혼합층으로 되어 있고 표면의 1-2  $\mu\text{m}$  두께의 층과 상아세관내로 수  $\mu\text{m}$  에서 40  $\mu\text{m}$  까지 침투되어 있는 층으로 나뉘어진다고 알려져 있다<sup>1)</sup>. 현재까지 차아염소산나트륨 용액만으로는 이 층을 효과적으로 제거할 수 없다고 알려져 있으며<sup>2)</sup>, 근관형성중에는 차아염소산나트륨 용액으로 근관세척하고 근관형성이 완료되면 순차적으로 EDTA(ethylene diamine tetra-acetic acid)용액과 차아염소산나트륨 용액으로 세척하는 것이 표면의 잔사와 도말층을 제거하는데 효과적이라고 보고되고 있다<sup>3, 4)</sup>.

또한 수동화일을 이용해서 근관형성할 때와 전동화일로 근관형성할 때 생성되는 도말층에 대해서 Czonstkowsky 등<sup>5)</sup>은 전동화일을 이용한 경우가 더 단단한 도말층을 보여주지만 이 또한 EDTA 용액과 차아염소산나트륨 용액으로 제거가 가능하다고 보고하였다.

근관치료와 도말층의 제거 유무와의 관계는 아직까지 논란의 대상이 되고 있다. 근관치료에 있

어서 도말층의 제거는 괴사된 조직과 세균을 제거한다는 효과와 더불어 상아세관내로 약제의 침투를 용이하게 한다는 장점을 가지고 있으며<sup>6)</sup>, 근관내벽과 근관충전물이 긴밀하게 접촉되도록 한다는 장점도 가지고 있다. 그리고 근관충전후 봉쇄효과에 대한 연구에서, Kennedy 등<sup>7)</sup>은 도말층을 제거한 후 sealer와 더불어 chloroform으로 연화된 gutta-perch를 이용하여 측방가압법으로 근관충전할 때 치근단 누출이 감소하였다고 보고하였고, Saunders 등<sup>8)</sup>도 도말층을 제거하고 측방가압충전할 때 치근단 봉쇄효과가 향상된다고 하였다. White 등<sup>9)</sup>은 주사전자현미경적 관찰에서 도말층의 존재가 상아세관내로 근관충전물이 들어가는 것을 방해하였으나 도말층을 제거한 후에는 상아세관내에서 측방가압 충전한 gutta-percha와 sealer를 관찰할 수 있었다고 보고하였다. 그러나 도말층을 제거하는 것은 치아 외부의 세균을 근관내로 더 잘 침투시키고<sup>10, 11)</sup>, 가온 gutta-percha 주입법으로 근관충전시에는 sealer의 사용유무와 관계없이 치근단 봉쇄효과에 영향을 미치지 않는다는 보고도 있다<sup>12)</sup>.

최근에는 가온 수직가압 충전법의 일종으로, 가온하여 gutta-percha를 연화시키면서 수직가압이 가능하도록 고안된 System-B와 Buchanan plugger(Analytic technology, U.S.A.)를 이용한 연속파기법이 소개되었다<sup>13)</sup>. 이 방법은 기존의 수직가압 충전법과는 달리 근침부 5-7 mm를 한번에 충전하고 온도가 유지되는 상태에서 연화된 gutta-percha를 가압할 수 있다는 장점과 근관충전시에 소

요되는 시간을 줄일 수 있다는 장점이 소개되고 있지만, 이 방법에 있어서 도말층이 근관폐쇄에 미치는 영향 등 근관 폐쇄성에 관한 연구는 아직 미비한 상태이다.

본 연구에서는 Ni-Ti 전동화일과 수동 K-화일로 근관을 형성할 경우 생성되는 도말층 및 세척액의 종류에 따른 도말층의 잔존양상을 관찰하고, 가온 수직가압 근관충전시 도말층의 존재유무에 따른 치근단 미세누출을 평가한 바 소기의 결과를 얻었으므로 이에 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

실험대상은 최근에 발거된 64개의 상악 전치로 하였으며, 치근면의 치석이나 조직잔사를 스케일러와 5.25% 차아염소산나트륨 용액으로 제거하고 각 치아를 협설측 및 근원심 방향으로 방사선사진을 촬영하여 형태이상이 없고 단근관이면서 근침형성이 완료된 치아를 시편으로 선택하였다. 모든 치아의 치관은 저속 다이아몬드 절단기(Isomet™, Buehler Co., U.S.A.)를 이용하여 백악법랑경계부 위에서 절단, 제거하였다.

### 실험 1. 근관형성 기구 및 세척액에 따른 근관벽 도말층의 양상

20개의 상악 전치를 5개씩 4개의 군으로 나누어 근관형성을 실시하였으며, 그중 10개의 치아는 K-화일(MANI Inc., Japan)을 이용하여 step-back 방법으로 근관을 형성하였고 나머지 10개의 치아는 Ni-Ti 전동화일인 Quantec series 2000™(Tycom, U.S.A.)을 이용하여 근관을 형성하였다. 전동화일은 제조회사의 지시에 따라 340 rpm으로 고정된 모터(Aseptico Inc., U.S.A.)에 저속 핸드피스(Athoroyr<sup>®</sup>, France)를 장착하여 1번 화일부터 10번 화일까지 순차적으로 사용하였다. 근관 작업장은 10번 K-화일이 치근단공에 나타날 때의 길이에서 1 mm를 뺀 길이로 하였다. 모든 치아의 주치근단 화일은 50번 크기로 하였고 근관세척은 22-gauge needle을 이용하였다. 근관 형성시에는 각각의 화일사용 후 공히 5.25% 차아염소산나트륨 용액 2 ml로 근관을 세척하였다. 근관형성 기구의

종류 및 근관형성 종료후 사용한 근관세척액의 종류에 따라 다음의 4개 군으로 나누어 실험하였다.

A군: 수동 K-화일을 이용하여 step-back 방법으로 근관을 형성하였으며, 근관형성 종료후 15% EDTA 용액 15 ml를 사용하여 10분에 걸쳐 근관을 세척하고 5.25% 차아염소산나트륨 용액 10 ml로 근관을 최종적으로 세척하였다.

B군: 수동 K-화일을 이용하여 step-back 방법으로 근관을 형성하였으며, 근관형성 종료후 5.25% 차아염소산나트륨 용액 10 ml로 근관을 세척하였다.

C군: 전동화일을 이용하여 근관을 형성하였으며, 근관형성 종료후 15% EDTA 용액 15 ml를 사용하여 10분에 걸쳐 근관을 세척하고 5.25% 차아염소산나트륨 용액 10 ml로 근관을 최종적으로 세척하였다.

D군: 전동화일을 이용하여 근관을 형성하였으며, 근관형성 종료후 5.25% 차아염소산나트륨 용액 10 ml로 근관을 세척하였다.

근관형성중 근단공 개방은 10번 K-화일을 근관 작업장보다 1 mm 더 넣어 확인하였으며, 근관형성 완료후 페파포인트로 근관 내를 건조시켰다. 다이아몬드 bur를 이용하여 시편 치근의 협설측 면에 치근장축에 평행하게 유도구를 형성하고 날카로운 조각칼을 구에 대고 치아를 두 쪽으로 분리시켰다. 시편을 치관측 1/3, 중간 1/3 및 근침 1/3로 나누어, 주사전자현미경(S-2300, Hitachi Ltd., Japan)하에서 60배에서부터 3,000배 배율로 근관벽의 도말층 잔존 양상을 관찰하였다.

### 실험 2. 근관세척액에 의한 근관벽 도말층의 잔존유무에 따른 치근단 미세누출

44개의 발거된 상악 전치를 이용하였으며 수동 K-화일을 이용한 step-back 방법으로 근관형성하였으며 각각의 화일마다 5.25% 차아염소산나트륨 용액 2 ml로 근관세척하였다. 근관형성 종료 후 페파포인트로 근관을 건조시킨 뒤 근관충전은 공히 가온 수직가압 충전법으로 하였고, 사용한 근관세척제의 종류와 근관충전시 산화아연유지력 sealer의 사용유무에 따라 다음과 같이 11개씩 4개 군으로 나누어 실험하였다.

제 1 군: 15% EDTA 용액 15 ml를 사용하여 10 분에 걸쳐 근관을 세척한 후 5.25% 차아염소산나트륨 용액 10 ml로 근관을 최종적으로 세척하였고, 근관충전시 sealer를 사용하였다.

제 2 군: 근관세척제는 제 1 군과 동일하게 하였으나 근관충전시에는 sealer를 사용하지 않았다.

제 3 군: 5.25% 차아염소산나트륨 용액 10 ml로 근관을 세척하였고, 근관충전시 sealer를 사용하였다.

제 4 군: 근관형성과 세척방법은 제 3 군과 동일하게 하였으나 근관충전시에는 sealer를 사용하지 않았다.

근관충전방법은 Buchanan이 제안한 연속과 기법<sup>13)</sup>으로 System-B와 Buchanan plugger를 이용하여 충전하였다. 먼저 근관작업장보다 1 mm 짧게 sealer를 근관내벽에 고르게 도포한 후 주치근단 화일 크기에 맞도록 gutta-percha 끝의 크기를 균일화 할 수 있는 게이지(Gauge for Gutta-Percha-Points, Maillefer Co., Switzerland)를 이용하여 비표준화된 gutta-percha(Diamond Dental Industrial Co., Korea)의 크기를 조절한 다음 근관내에 삽입하였다. 근관장의 5-7 mm 까지 도달되는 Buchanan plugger를 fine, fine-medium, medium, medium-large 중에서 선택하여 200°C로 조절한 System-B의 스위치를 눌러 가열시키면서 근관내에 적용시켜 plugger가 근관내벽에 밀착하는 지점 3 mm전까지 진행시켰다. 스위치를 놓은 상태에서 근침부로 plugger를 더 진행시켜 밀착지점 직전까지 진행시키고 5-10초 동안 그 상태를 유지하였다. 1-2초 정도 짧게 열을 가한 후 plugger를 근관내에서 제거하고 나머지 충전되지 않은 부분은 Obtura II(Obtura Co., U.S.A.)를 이용하여 근관충전을 완료하였다. 각 군에서 1개의 시편을 무작위로 선택하여 치아장축으로 절단하여 주사전자현미경관찰을 위한 시편을 준비한 후 근관내벽과 충전물질의 경계면을 관찰하였다.

충전 종료 후 방사선사진을 촬영하여 근관충전상 기포가 없음을 확인하고 sealer의 완전한 경화를 위하여 7일 동안 37°C 항온조에 보관하였다. 시편 치근단 3 mm를 남겨두고 nail varnish로 3회 도포하고 건조시킨 후, 치근단을 통한 색소 침투를 위해 7일 동안 India ink에 침잠시키고 그 후 치

아를 흐르는 물에 24시간 수세하였다. Nail varnish를 제거하고 투명표본을 제작하기 위해 5% 질산용액에 72시간 동안 넣어 탈회시키고 50%, 75% 및 99% 알코올에 시편 치아를 차례대로 침잠시켜 탈수시켰다. Methyl salicylate에 넣어 치아를 투명하게 한 후 광학현미경(동원 Co., Korea)하에서 시편을 관찰하면서 calipers(Mitutoyo Co., Japan)로 침투된 색소의 깊이를 측정하였다.

두 명의 검사자가 침투깊이를 측정하여 두 개의 측정치의 평균값을 그 치아의 색소 침투깊이로 정하였다. 이때 두 검사자에서 측정치가 1 mm 이상 차이가 날 때에는 재측정하였다.

시편내로 침투된 깊이는 일원 변량분석법(One-way ANOVA)을 사용하여 비교 분석하였으며 Duncan's multiple range test로 사후검증하였다.

### III. 성 적

#### 1. 근관형성 기구 및 세척액에 따른 근관벽 도말층의 양상

주사전자현미경 관찰 결과 수동 K-화일이나 전동 Ni-Ti 화일로 근관형성한 군 공히 EDTA 용액을 사용한 군은 근관의 치관측 1/3, 중간 1/3 그리고 근침 1/3 모두에서 도말층이 완전히 제거되어 상아세관의 입구가 깨끗하게 개방되어 있었지만(Fig. 1, 2), 치관측 1/3에서 근침 1/3으로 갈수록 개방되어 있는 상아세관의 수와 크기가 적었다.

차아염소산나트륨 용액만 사용한 군은 근관의 치관측 1/3, 중간 1/3 그리고 근침 1/3 모두에서 도말층으로 덮혀 있어 개방된 상아세관은 발견할 수 없었고(Fig. 3 - 6), 수동 K-화일을 사용한 군과 전동 Ni-Ti 화일을 사용한 군 사이에서는 생성된 도말층의 잔존양상의 차이를 발견할 수 없었다. 차아염소산나트륨 용액만을 근관세척제로 사용한 B군과 D군에서는 치관측 1/3, 중간 1/3 그리고 근침 1/3 순으로 도말층의 증가를 관찰할 수 있었지만 양적으로 유의한 차이를 발견하기는 어려웠다. B군과 D군 공히 상아세관내로 침투되는 도말층의 깊이는 1-2  $\mu$ m 정도로 나타났다(Fig. 7, 8).

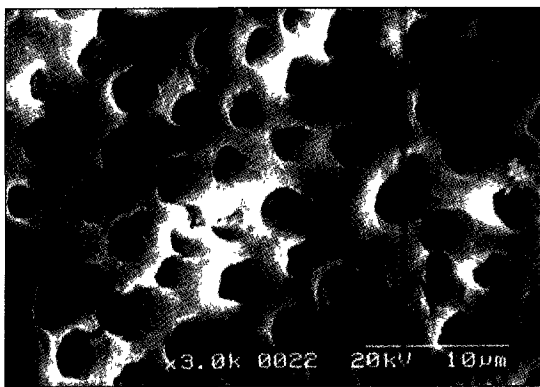


Fig. 1. Scanning electron microscopic view of middle third of canal instrumented with K-type files and irrigated with EDTA and NaOCl ( $\times 3,000$ ). Note absence of smeared layer and open dentinal tubules.

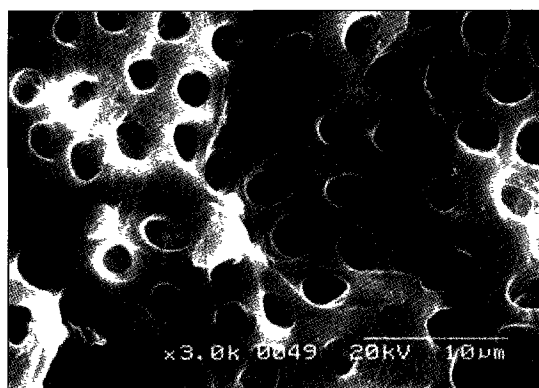


Fig. 2. Scanning electron microscopic view of middle third of canal instrumented with engine-driven Ni-Ti files and irrigated with EDTA and NaOCl ( $\times 3,000$ ). Note absence of smeared layer and open dentinal tubules.



Fig. 3. Scanning electron microscopic view of coronal third of canal instrumented with K-type files and irrigated with NaOCl alone ( $\times 3,000$ ). Coronal region shows large amount of debris and closed dentinal tubules.

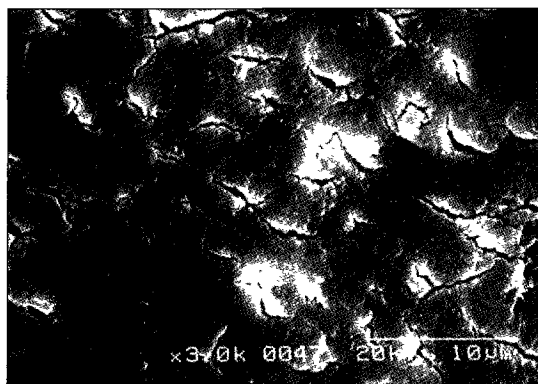


Fig. 4. Scanning electron microscopic view of coronal third of canal instrumented with engine-driven Ni-Ti files and irrigated with NaOCl alone ( $\times 3,000$ ). Coronal region shows large amount of debris and closed dentinal tubules. No particular differences may be observed between Fig. 3 and Fig. 4.



Fig. 5. Scanning electron microscopic view of middle third of canal instrumented with K-type files and irrigated with NaOCl alone ( $\times 3,000$ ). Middle region shows large amount of debris and closed dentinal tubules.



Fig. 6. Scanning electron microscopic view of middle third of canal instrumented with engine-driven Ni-Ti files and irrigated with NaOCl alone ( $\times 3,000$ ). Middle region shows large amount of debris and closed dentinal tubules. No particular differences may be observed between Fig. 5 and Fig. 6.

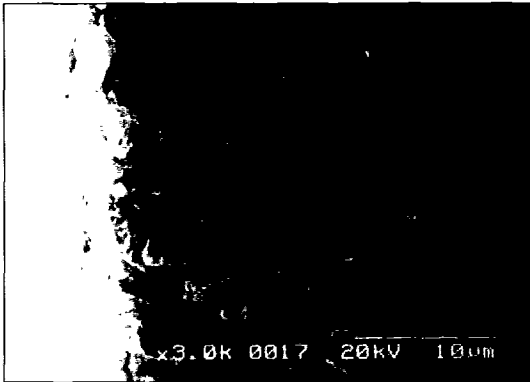


Fig. 7. Scanning electron microscopic view of middle third of canal instrumented with K-type files and irrigated with NaOCl alone ( $\times 3,000$ ). Note the openings of dentinal tubules are obstructed with smear material.



Fig. 8. Scanning electron microscopic view of middle third of canal instrumented with engine-driven Ni-Ti files and irrigated with NaOCl alone ( $\times 3,000$ ). Note the openings of dentinal tubules are obstructed with smear material.

Table 1. Linear leakage measurements

Groups	Number of specimens	Apical Leakage (mm)			S.D.
		Minimum Leakage	Maximum Leakage	Mean Leakage	
EDTA/NaOCl w/ Sealer	10	2.09	8.73	4.92	2.14
EDTA/NaOCl w/o Sealer	9	4.19	13.19	9.14	2.66
NaOCl w/ Sealer	9	4.06	10.53	7.28	2.66
NaOCl w/o Sealer	10	4.93	13.42	10.67	2.32

w/=with, w/o=without

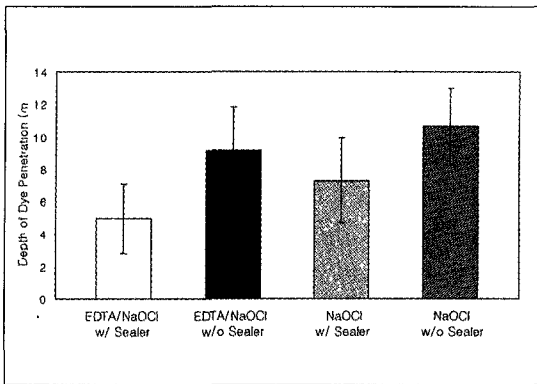


Fig. 9. Apical dye penetration with(w/) or without(w/o) sealer in the presence or absence of smear layer (mean±S.D.).

## 2. 근관세척액에 의한 근관벽 도말층의 잔존유무에 따른 치근단 미세누출

두 명의 검사자가 측정한 누출길이는 Table 1과 Fig. 9에서와 같이 나타났다.

EDTA 용액을 이용하여 도말층을 제거한 제 1 군 및 제 2 군을 차아염소산나트륨 용액만 사용한 제 3 군 및 제 4 군과 각각 비교할 때(Fig. 10 - Fig. 13), sealer를 사용한 제 1 군 및 제 3 군 간에서는 제 1 군이 유의하게 적은 색소침투를 나타냈으며( $p<0.01$ ), sealer를 사용하지 않은 제 2 군 및 제 4 군 간에서는 제 2 군에서 다소 적은 색소 침투를 나타냈으나 통계적 유의성은 없었다( $p>0.05$ ).

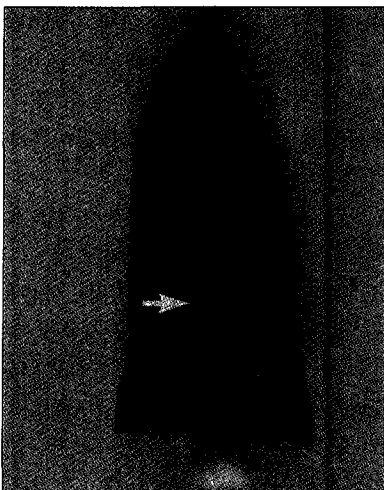


Fig. 10. A root canal of smear layer removed and filled with sealer. India ink dye has penetrated to the level indicated by arrow.

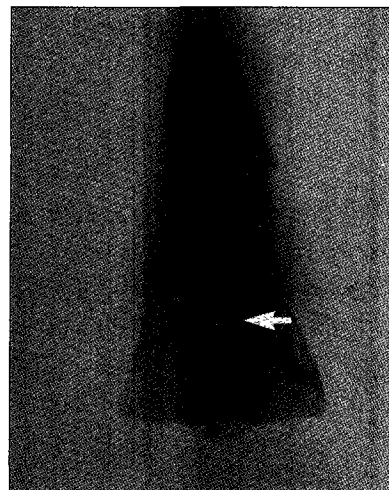


Fig. 11. A root canal of smear layer removed and filled without sealer. India ink dye has penetrated to the level indicated by arrow.

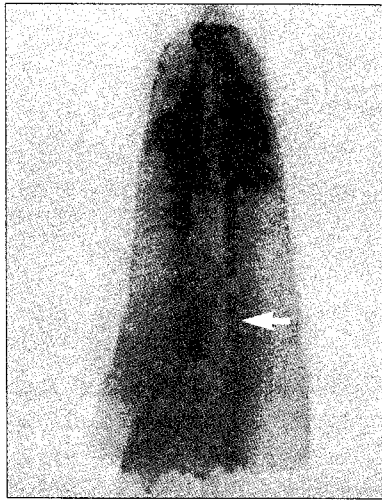


Fig. 12. A root canal of smear layer not removed and filled with sealer. A root canal of India ink dye has penetrated to the level indicated by arrow.

EDTA 용액을 이용하여 도말층을 제거한 제 1 군과 제 2 군에서는 근관충전시 sealer를 사용한 제 1 군이 sealer를 사용하지 않은 제 2 군에 비해 통계적으로 유의하게 적은 색소침투를 나타내었다 ( $p < 0.01$ ).

EDTA 용액을 사용하지 않고 차아염소산나트륨 용액만으로 근관형성한 제 3 군과 제 4 군에서는 sealer를 사용한 제 3 군이 sealer를 사용하지 않은 제 4 군에 비해 통계적으로 유의하게 적은 색소 침투를 보였다 ( $p < 0.01$ ).

#### IV. 고 찰

근관치료중에 기구조작과 근관세척의 목적은 충전하기에 적합한 깨끗하고 잔사가 없는 근관을 형성하는 것이다. 그러나 현재의 방법으로는 근관계 전체를 완벽하게 정화할 수는 없으며, 특히 불규칙하거나 만곡된 근관에서는 더욱 그러하다. 이러한 표면의 잔사 이외에 상아질이 삭제된 후 상아질 벽에 생성되는 도말층은 주사전자현미경으로 관찰이 가능하다<sup>2, 3, 5)</sup>.

도말층은 무정형의 불규칙한 층으로 기구조작시 근관벽의 상아질이 전위되거나 연마되면서 생성되는 것으로서 그 성분은 상아질 잔사 및 조상아세

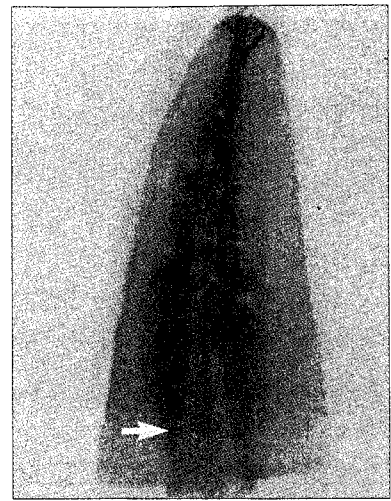


Fig. 13. A root canal of smear layer not removed and filled with sealer. India ink dye has penetrated to the level indicated by arrow.

포 돌기의 일부분과 치수조직 그리고 세균 등이 포함된 유기질과 무기질의 혼합층으로 이루어져 있다<sup>3)</sup>고 하였다.

Mader 등<sup>1)</sup>과 Cameron<sup>10)</sup>은 도말층을 두 층으로 분류하였는데 첫 번째 층은 표면의 도말층이고 두 번째 층은 상아세관내로 침투되는 층이다. 상아세관내로 침투되는 깊이는 40  $\mu\text{m}$  에까지 이른다고 보고되어 있지만, 이러한 도말층이 상아세관내로 침투되는 현상은 기구조작에 의해 이루어지거나 상아세관과 도말층간의 모세관현상에 의한 접착력의 결과라고 볼 수 있으며, Aktener 등<sup>15)</sup>은 기구조작시 계면활성제제를 이용하여 침투깊이를 110  $\mu\text{m}$  까지 증가시켰다고 보고하였다.

Czonstkowsky 등<sup>5)</sup>은 기구조작시 원심력이 증가하면 생성되는 도말층도 더 두껍고 많이 생성된다고 하였고 특히 기구를 회전시켜서 사용하는 경우에는 수동화일로 근관형성하는 경우보다 더 많은 도말층을 생성한다고 하였다. 그러나 Mandel 등<sup>16)</sup>과 Sydney 등<sup>17)</sup>은 Gates-glidden drill이나 전동기구인 Canal Finder System을 사용할 때 수동화일과 비교시 생성되는 도말층에는 차이가 없다고 하였고, 수동화일 종류에 따른 도말층 생성의 차이는 없다고 보고하였다<sup>16)</sup>.

본 연구에서는 근관형성 기구에 따른 도말층 잔



존양상을 주사전자현미경으로 비교한 결과, 수동 K-화일로 step-back법으로 근관형성한 경우와 전동 Ni-Ti 화일로 근관형성했을 경우 공히 5.25% 차아염소산나트륨 용액만으로 근관세척한 경우에는 두 군간의 도말층 잔존양상의 차이를 발견할 수 없었고(Fig. 3 - Fig. 6), 두 군 공히 치관부에서 근침부로 갈수록 도말층의 생성이 증가한다는 것을 관찰할 수 있었다. 수동 K-화일이나 전동 Ni-Ti 화일을 이용하여 근관형성한 군 모두에서 1-2 $\mu$ m 정도의 도말층이 상아세관내로 침투되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 7, Fig. 8). 이러한 결과로 상아질 삭제시에 기구를 회전시키거나 push-pull motion으로 사용할 때 상아세관내로 침투되는 도말층의 깊이는 유사하며 차아염소산나트륨 용액만으로 세척해서는 이 도말층이 제거되지 않고 남아 있다는 것을 확인할 수 있었다. 수동 K-화일 및 전동 Ni-Ti 화일로 근관형성한 군간에 도말층 잔존양상의 차이가 없었던 것은, 근관형성 과정중에 Quantec series 2000™ 화일이 회전하면서 근관내 잔사를 치관부측 근관외로 배출해 내도록 고안되어 있지만 근관내의 잔사나 도말층을 감소시키는 효과가 미흡했던 것으로 사료된다. 치근의 각 부위에 따른 도말층 생성 정도를 관찰한 결과에서는 도말층이나 표면의 잔사가 근침부로 갈수록 증가하였는데 이는 세척액의 도달이 어려워 잔사의 제거가 용이하지 않았을 뿐 아니라, 단위면적당 상아세관의 수와 직경도 근침부로 갈수록 작아지기 때문에 개방된 상아세관을 관찰하기가 어려웠다고 생각된다. 치근단 누출 실험에서 수동 K-화일로만 근관형성한 이유는 주사전자현미경적 관찰에서 수동 K-화일이나 전동 Ni-Ti 화일로 근관형성한 후 생성되는 도말층의 차이가 없었고, Quantec series 2000™ 화일은 기구가 가늘어 전치의 근관형성시에는 회전하는 기구가 모든 근관벽을 삭제하며 근관형성하기에는 부적절하다고 판단되어 수동 K-화일만으로 근관형성하였다.

근관치료시에 도말층을 제거하는 것이 유익한가에 대해서는 아직까지도 논란이 있다<sup>19)</sup>. 도말층이 세균이나 그 부산물의 침투를 막아준다는 연구결과도 있었고<sup>11)</sup>, Gutierrez 등<sup>10)</sup>은 근관충전하지 않은 치아에서 근관세척액으로 EDTA 용액을 사용하여 근관내벽의 도말층을 제거할 때 더 많은 세균침투

가 일어난다고 하였다. Drake 등<sup>11)</sup>은 도말층을 제거하면 세균의 종류에 따라 차이가 있기는 하지만 근관내로 세균 전이증식이 증가한다고 보고하였고 도말층의 존재가 완전하지는 않지만 세균의 방어막 역할을 한다고 하였다.

심하게 감염이 되어 있는 근관의 치료시에는 상아세관내로 세균이 깊이 침투되어 있고 기계적 근관형성 후에도 제거되지 않고 남아있는 세균이 있다. Orstavik과 Haapasalo<sup>20)</sup>는 근관내 약제의 상아세관내 항균작용에 대한 연구에서 도말층의 존재가 근관내의 액체상태의 camphorated monochlorophenol 약제효과를 완전히 봉쇄하지는 않고 지연시키는 역할을 한다고 하였다. 또한 Foster 등<sup>6)</sup>은 근관내를 수산화칼슘으로 충전한 후 치아의벽의 산도와 칼슘이온 농도를 측정할 결과 도말층을 제거한 경우가 제거하지 않은 경우보다 산도와 칼슘이온 농도가 높게 나타났다고 도말층을 제거하는 것이 근관내 약제가 상아세관을 통해 보다 효과적으로 치근의 외면에 침투되어 약제의 효과를 증진시킨다고 하였다. 그러나 도말층을 제거하는 것은 근관내의 약제가 치아 밖으로 침투할 가능성을 증가시키는 한편, 근관충전이 불완전하게 된 경우 열려져 있는 상아세관내로 외부의 세균이나 그 부산물들이 침투해 들어 올 수 있다는 양면성을 가지게 되는 원인을 제공한다는 주장<sup>21)</sup>도 있다.

유기질 및 무기질 성분의 도말층을 제거하기 위해서는 기존의 차아염소산나트륨 용액만으로는 도말층이 제거되지 않고 킬레이트 제제인 EDTA 용액을 사용하고 최종적으로 차아염소산나트륨 용액을 사용하고 최종적으로 차아염소산나트륨 용액으로 근관을 세척한 경우가 가장 우수한 도말층 제거 효과를 나타낸다고 보고되어 있다<sup>22, 23)</sup>. 또한 킬레이트 제제인 EDTA 용액은 상아질의 hydroxyapatite 결정체에서 유리된 칼슘이온과 결합하여 금속 킬레이트를 형성하고 특히 hydroxyapatite가 풍부한 관주상아질에서는 칼슘이온을 제거하여 상아질을 연화시키고 노출된 상아세관의 직경을 증가시킨다. 그리고 항균작용<sup>24)</sup>도 가지고 있어 근관 세정제로 사용하기에는 많은 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 기구조작 과정중에는 5.25% 차아염소산나트륨 용액으로 세척하고 마지막으로 15% EDTA 용액과 5.25% 차아염소산나트륨 용액

을 순차적으로 사용하여 도말층의 제거정도를 비교 관찰한 결과, 유기성분의 용해능력이 우수한 차아염소산나트륨 용액만으로 근관세척한 경우에는 도말층이 제거되지 않았지만 EDTA 용액으로 세척한 후 마지막으로 차아염소산나트륨 용액으로 세척한 모든 치아에서 도말층이 제거되고 상아세관의 입구가 개방된 것을 관찰할 수 있었다. 그리고 이 결과는 수동 K-화일로 근관형성한 경우나 전동 Ni-Ti 화일로 근관형성한 경우 모두에서 유사하게 나타났다.

구연산을 이용하여 도말층을 제거한 후 상아질의 투과성을 연구한 Pashley 등<sup>21)</sup>의 보고에서 도말층을 제거하면 구연산의 적용시간이 증가함에 따라 상아질 시편의 액체 침투성이 증가된다고 하였으며, Galvan 등<sup>20)</sup>은 H<sub>2</sub>O를 이용한 상아질 투과성 실험에서 도말층을 제거하는 것이 투과성을 증가시킨다고 하였다. 또한 Guignes 등<sup>20)</sup>도 주사전자현미경하에서 도말층이 많이 제거될수록 상아질 투과성이 증가한다고 하였다. 본 실험에서 시편의 치근단 3 mm부위에서 India ink로 검게 착색된 것은 상아질 자체의 투과성이 치근단 누출에 영향을 주었다는 것을 나타내는 요인으로 생각되며, 치근단 누출의 결과에서 상아질 투과성은 치근단공을 통한 누출 이외의 원인으로 누출을 증가시키는 요소가 될 수 있다고 사료된다. 또한 EDTA 용액을 사용한 경우 주사전자현미경하에서 상아세관의 입구가 모두 개방된 것도 상아질 투과성을 증가시켜 치근단 누출을 증가시키는 추가적인 요인으로 작용했을 것으로 생각된다.

근관충전시 도말층을 제거한 경우와 도말층을 제거하지 않은 경우의 누출정도에 대한 연구에 관해 Evans 등<sup>12)</sup>은 가온연화 gutta-percha주입법과 측방가압충전시 도말층의 제거유무가 sealer의 사용에 관계없이 치근단 봉쇄에는 영향을 미치지 않는다고 하였고, Madison 등<sup>26)</sup>과 Tidswell 등<sup>29)</sup>은 도말층 제거 유무가 측방가압 충전후의 치근단 누출에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Saunders 등<sup>30)</sup>은 도말층 제거가 치관부 누출 시험에서 치관부 근관 누출에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한 새로운 가온연화 gutta-percha 근관충전법인 Trifecta™방법을 이용한 치근단 누출<sup>31)</sup>과 치관부 세균 누출 실험<sup>32)</sup>에서 도말층 제거 유무가 누출에 영

향을 주지 않는 것으로 보고되었다. 한편 Gutierrez 등<sup>33)</sup>과 Vassiliadis 등<sup>36)</sup>은 측방가압 충전후 도말층 제거가 치근단 누출을 줄일 수 있다고 하였고, Karagoz-Kucukay 등<sup>34)</sup>과 Behrend 등<sup>35)</sup>은 Thermanfil®을 이용한 근관충전시 도말층의 제거가 치근단 혹은 치관부 누출을 줄일 수 있다고 보고하였다. 한편, 대부분의 연구에서는 어떠한 근관충전법을 사용하더라도 sealer와 같이 근관충전하는 것이 봉쇄 효과가 좋게 나타났고 통상의 측방가압충전법에서는 도말층 제거시 상아세관내에서 sealer만 관찰된 반면 연화 gutta-percha주입법이나 가열 수직가압 충전법에서는 상아세관내로 gutta-percha와 sealer의 침투가 많이 관찰된다고 보고하고 있다<sup>37-39)</sup>. 그러나 사용되는 sealer의 물리적, 화학적 성질의 차이에 따라 상아세관내로의 침투정도에 차이가 나는 것으로 보고되어 있고<sup>40-42)</sup>, 상아세관내로 침투가 많이 된다고 해서 폐쇄능력이 뛰어나다는 것이 입증된 상태는 아니며 상아세관내로의 침투정도와 색소침투의 연관성은 아직 규명하지 못한 상태이다<sup>12, 31, 33, 42)</sup>. 그리고 도말층을 제거하지 않은 상태에서는 근관충전법에 따른 색소침투의 차이가 없는 것으로 보고되어 있고<sup>21, 43, 44)</sup>, 단지 주치근단 화일 크기가 증가할수록 색소침투 양이 증가한다는 보고는 있다<sup>45)</sup>. 본 연구에서는 최근에 소개된 System-B를 이용한 연속파 기법을 이용해서 gutta-percha의 온도를 유지한 상태에서 수직가압을 한 경우, 도말층이 제거되어 상아세관이 열려있는 상태에서 sealer를 사용하여 근관충전한 군이 다른 모든 군에 비해 더 나은 치근단 봉쇄효과를 보였는데, 이러한 결과는 Yared 등<sup>46)</sup>과 Taylor 등<sup>47)</sup>에 의한 통상의 수직가압 충전법을 이용한 실험결과와 일치하는 것이다. 또한 도말층 유무에 관계없이 sealer를 사용한 군이 색소침투가 더 적었다. 이것은 가온 수직가압법으로 충전하여도 연화된 gutta-percha보다 sealer의 유동성이 더 크기 때문에 표면이 불규칙한 근관내벽에 적합하기에는 gutta-percha만으로는 충분하지 못한 것으로 생각된다. 근관충전 후 주사전자현미경적 관찰에서는 도말층 제거 후 sealer와 같이 충전한 경우에는 상아세관내로의 침투를 발견하기 힘들었고, sealer를 사용하지 않은 경우에는 상아세관의 개구부까지 적합되어 있는 gutta-percha 돌기를 관찰할 수 있었지만<sup>42)</sup>

실제로 상아세관내로 침투되어 있는 gutta-percha를 발견할 수는 없었다. 이것은 연속과 기법으로 근관충전을 하여도 연화된 gutta-percha의 온도가 하강되면서 생기는 수축을 보상하기 어려워 근관내벽과 gutta-percha 사이에 틈이 생기게 된 것으로 추정되며, 온도가 낮은 sealer에 접촉한 gutta-percha는 경화가 시작되면서 상아세관내로 침투하기에는 부적절한 상태가 되기 때문에 본 실험에서 sealer를 사용한 경우 상아세관내에서 gutta-percha 들기를 관찰할 수 없었던 것으로 생각된다.

가온 수직가압 근관충전시 근관내벽과 sealer의 온도가 생체내의 온도보다 낮기 때문에 가온된 gutta-percha의 급격한 온도하강에 따라 유동성이 감소됨으로써 근관내벽과의 이상적인 적합을 얻을 수 없었던 것으로 판단되며, 이러한 결과 역시 본 실험의 치근단 누출정도에 다소의 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 가온 수직가압 근관충전 실험에서는 실험 시편의 온도를 체온과 유사하게 유지시킨 후 근관충전하는 것이 타당한 것으로 보이며, 실제 임상에서는 본 실험결과에서보다는 치근단 누출이 적을 것으로 추정된다.

이상의 결과로 근관벽에 잔존하는 도말층이 가온 수직가압 근관충전시 치근단 봉쇄를 방해하므로 도말층을 제거하는 것이 더 나은 치근단 봉쇄를 얻을 수 있으리라 생각되며, 도말층을 제거하게 되면 개방된 상아세관내로 잘 침투하여 적합될 수 있는 sealer나 근관충전물을 선택하는 것이 중요한 것으로 사료된다. 따라서 개방된 상아세관내로 더 잘 침투되면서 효과적으로 치근단을 봉쇄시킬 수 있는 sealer나 근관충전제에 대한 향후의 지속적인 연구가 있어야 하겠다.

## V. 요약

본 연구는 근관형성시 생성되는 도말층의 존재가 System-B를 이용한 가온 수직가압충전 후의 미세누출에 미치는 영향을 관찰하고자 시행되었다.

최근에 발거된 20개의 상악전치를 이용하여 Ni-Ti 전동화일의 한 종류인 Quantec series 2000™(Tycom, USA)과 수동 K-화일로 근관형성시 생성되는 도말층의 차이와 EDTA 용액 및 EDTA/차아염소산나트륨 용액의 2종 세척액에 따른

도말층의 제거양상을 주사전자현미경으로 관찰하였다. 44개의 상악전치를 이용하여 System-B를 이용한 가온 수직가압충전후의 미세누출의 정도를 근관형성시 생성되는 도말층의 존재유무에 따라 색소침투법과 차아염소화법을 이용하여 비교한 결과 다음과 같다.

- 수동 K-화일이나 전동 Ni-Ti 화일로 근관형성된 군 모두에서 EDTA 용액을 사용한 군은 도말층이 완전히 제거되어 상아세관이 깨끗하게 개방되었지만, 차아염소산나트륨 용액만 사용한 군은 근관의 대부분이 도말층으로 덮혀 있었고 개방된 상아세관은 발견할 수 없었다.
- 수동 K-화일 군과 전동 Ni-Ti 화일 군 사이에는 생성된 도말층의 차이를 관찰할 수 없었다.
- EDTA 용액을 이용하여 도말층을 제거한 경우와 차아염소산나트륨 용액만을 사용한 경우간의 비교에서는, sealer를 사용했을 때에는 도말층을 제거한 경우가 유의하게 적은 색소침투를 나타냈으며( $p < 0.01$ ), sealer를 사용하지 않았을 때에는 EDTA 용액과 차아염소산나트륨 용액으로 세척한 경우가 다소 적은 색소침투를 나타냈으나 통계적 유의성은 없었다( $p > 0.05$ ).
- EDTA 용액을 이용하여 도말층을 제거한 후 sealer사용 유무에 따른 비교에서는 sealer를 사용한 경우에서 통계적으로 유의하게 적은 색소침투를 나타냈다( $p < 0.01$ ).
- EDTA 용액을 사용하지 않고 차아염소산나트륨 용액만으로 근관형성된 후 sealer사용 유무에 따른 비교에서는 sealer를 사용한 경우에서 통계적으로 유의하게 적은 색소 침투를 보였다( $p < 0.01$ ).

## 참고 문헌

1. Mader, C. L., Baumgartner, C. and Peters, D. D.: Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls, J.Endodont., 10: 477-483, 1984.
2. Goldman, L. B., Goldman, M., Kronman, J. H. and Lin, P. S.: Scanning electron microscope study of a new irrigation method in endodon-

- tic treatment, *Oral Surg.*, 48: 79-83, 1979.
3. Goldman, M., Goldman, L. B., Cavaleri, R., Bogis, J. and Lin, P. S.: The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2, *J. Endodont.*, 8: 487-492, 1982.
  4. White, R. R., Goldman, M. and Lin, P. S.: The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials, *J. Endodont.*, 10: 558-562, 1984.
  5. Czonstkowsky, M., Wilson, E. G. and Holstein, F. A.: The smear layer in endodontics, *Dent. Clin. Nor. Am.*, 34: 13-25, 1990.
  6. Foster, K. H., Kulild, J. C. and Weller, R. N.: Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin, *J. Endodont.*, 19: 136-140, 1993.
  7. Kennedy, W. A., Walker III, W. A. and Gough, R. W.: Smear layer removal effects on apical leakage, *J. Endodont.*, 12: 21-27, 1986.
  8. Saunders, W. P. and Saunders, E. M.: The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer, *Int. Endodont. J.*, 25: 245-249, 1992.
  9. White, R. R., Goldman, M. and Lin, P. S.: The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials, part II, *J. Endodont.*, 13: 369-374, 1987.
  10. Gutierrez, J. H., Villena, F., Jofre, A. and Amin, M.: Bacterial infiltration of dentin as influenced by proprietary chelating agents, *J. Endodont.*, 10: 448-454, 1982.
  11. Drake, D. R., Wiemann, A. H., Rivera, E. M. and Walton, R. E.: Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer, *J. Endodont.*, 20: 78-82, 1994.
  12. Evans, J. T. and Simon, J. H. S.: Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer, *J. Endodont.*, 12: 101-107, 1986.
  13. Buchanan, L. S.: The continuous wave of obturation technique: 'centered' condensation of warm gutta percha in 12 seconds, *Dentistry Today*, Jan., 1996.
  14. Cameron, J. C.: The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study, *J. Endodont.*, 9: 289-292, 1983.
  15. Aktener, B. O., Cengiz, T. and Piskin, B.: The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study, *J. Endodont.*, 15: 588-590, 1989.
  16. Mandel, E., Machtou, P. and Friedman, S.: Scanning electron microscope observation of canal cleanliness, *J. Endodont.*, 16: 279-283, 1990.
  17. Sydney, G. B., Batista, A., Estrela, C., Pesce, H. F. and Melo, L. L.: SEM analysis of smear layer removal after manual and automated handpiece root canal preparation, *Braz. Dent. J.*, 7: 19-26, 1996.
  18. Prati, C., Selighini, M., Ferrieri, P. and Mongiorgi, R.: Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth, *J. Endodont.*, 20: 174-179, 1994.
  19. Tao, L., Anderson, R. W. and Pashley, D. H.: Effect of endodontic procedures on root dentin permeability, *J. Endodont.*, 17: 583-588, 1991.
  20. Orstavik, D. and Haapasalo, M.: Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules, *Endodont. Dent. Trauma.*, 6: 142-149, 1990.
  21. Sen, B. H., Wesselink, P. R. and Trk n, M.: The smear layer: a phenomenon in root canal therapy, *Int. Endodont. J.*, 28: 141-148, 1995.
  22. Baumgartner, J. C. and Mader, C. L.: A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens, *J. Endodont.*, 13: 147-157, 1987.
  23. Berutti, E. and Marini, R.: A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures, *J. Endodont.*, 22: 467-470, 1996.

24. Yoshida, T., Shibata, T., Shinohara, T., Gomyo, S. and Sekine, I.: Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant, *J. Endodont.*, 21: 592-593, 1995.
25. Pashley, D. H., Michelich, V. and Kehl, T.: Dentin permeability: effects of smear layer removal, *J. Prosth. Dent.*, 46: 451-457, 1981.
26. Galvan, D. A., Ciarlone, A. E., Pashley, D. H., Kulild, J. C., Primack, P. D. and Simpson, M. D.: Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots, *J. Endodont.*, 20: 83-86, 1994.
27. Guignes, P., Faure, J. and Maurette, A.: Relationship between endodontic preparations and human dentin permeability measured in situ, *J. Endodont.*, 22: 60-67, 1996.
28. Madison, S. and Krell, K. V.: Comparison of ethylenediamine tetraacetic acid and sodium hypochlorite on the apical seal of endodontically treated teeth, *J. Endodont.*, 10: 499-503, 1984.
29. Tidswell, H. E., Saunders, E. M. and Saunders, W. P.: Assessment of coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and a glass ionomer root canal sealer, *Int. Endodont. J.*, 27: 208-212, 1994.
30. Saunders, W. P. and Saunders, E. M.: Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer, *J. Endodont.*, 20: 155-158, 1994.
31. Lloyd, A., Thompson, J., Gutmann, J. L. and Dummer, P. M. H.: Sealability of the Trifecta™ technique in the presence or absence of a smear layer, *Int. Endodont. J.*, 28: 35-40, 1995.
32. Chailertvanitkul, P., Saunders, W. P. and Mackenzie, D.: The effect of smear layer on microbial coronal leakage of gutta-percha root fillings, *Int. Endodont. J.*, 29: 242-248, 1996.
33. Gutierrez, J. H., Herrera, V. R., Berg, E. H., Villena, F. and Jofre, A.: The risk of intentional dissolution of the smear layer after mechanical preparation of root canals, *Oral Surg.*, 70: 96-108, 1990.
34. Vassiliadis, L., Liolios, E., Kouvas, V. and Economides, N.: Effect of smear layer on coronal microleakage, *Oral Surg. Oral Med. Oral Path.*, 82: 315-320, 1996.
35. Karagöz, K. I. and Bayirli, G.: An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer, *Int. Endodont. J.*, 27: 87-93, 1994.
36. Behrend, G. D., Cutler, C. W. and Gutmann, J. L.: An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings, *Int. Endodont. J.*, 29: 99-107, 1996.
37. Michanowicz, A. E., Czonstkowsky, M. and Plesco, N. P.: Low-temperature (70°C) injection gutta-percha: a scanning electron microscopic investigation, *J. Endodont.*, 12: 64-67, 1986.
38. Reader, C. M., Himel, V. T., Germain, L. P. and Hoen, M. M.: Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal, *J. Endodont.*, 19: 404-408, 1993.
39. Gutmann, J. L.: Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of a dentinal smear layer, *Int. Endodont. J.*, 26: 87-92, 1993.
40. Rawlinson, A.: Sealing root canals with low-viscosity resins in vitro: a scanning electron microscopy study of canal cleansing and resin adaptation, *Oral Surg.*, 68: 330-338, 1989.
41. Oksan, T. B., Aktener, O., Sen, B. H. and Tezel, H.: The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study, *Int. Endodont. J.*, 26: 301-305, 1993.
42. Sen, B. H., Piskin, B. and Baran, N.: The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage, *Int. Endodont. J.*, 29: 23-28, 1996.
43. Dalat, D. M. and Spanberg, L. S. W.: Comparison of apical leakage in root canals obturated with various gutta-percha techniques using a dye vacuum tracing method, *J. Endodont.*,

- 20: 315-319, 1994.
44. Tagger, M., Katz, A. and Tamse, A.: Apical seal using the GPII method in straight canals compared with lateral condensation, with or without sealer, *Oral Surg. Oral Med. Oral Path.*, 78: 225-231, 1994.
45. Yared, G. M. and Bou Dagher, F. E.: Apical enlargement: influence on the sealing ability of the vertical compaction technique, *J. Endodont.*, 20: 313-314, 1994.
46. Yared, G. M. and Bou Dagher, F.: Sealing ability of the vertical condensation with different root canal sealers, *J. Endodont.*, 22: 6-8, 1996.
47. Taylor, J. K., Jeansonne, B. G. and Lemon, R. R.: Coronal leakage: Effects of smear layer, obturation technique, and sealer, *J. Endodont.*, 23: 508-512, 1997.