

EDTA의 적용 온도와 시간에 따른 도말층의 제거양상

신장식 · 조용범

단국대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

REMOVAL PATTERNS OF SMEAR LAYER
ACCORDING TO APPLICATION TEMPERATURE AND TIME
OF EDTA

Jang-Shik Shin, Yong-Bum Cho

Department of Conservative Dentistry College of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to evaluate the effect of EDTA irrigant according to application time and temperature.

31 human mature extracted teeth with a single canal were sectioned with microtome in 3mm thickness and gained 62 samples of root canals. They were distributed randomly into 6 groups of 10 specimens each and control group of 2 specimens. Each specimen was prepared with GT rotary file (Dentsply, Maillefer Co., Swiss) and irrigated with 3 ml sodium hypochlorite every minute. Then smear layer was removed with EDTA solution (PULPDENT®, PULPDENT Co., USA.) except two control specimens. Specimens of each group were irrigated with 17% EDTA.

The time and temperature of application were as follows:

Table 3. Open sandwich vs Closed sandwich

	Application time	Application temperature	n
Control			2
Group 1	2 minutes	8℃	10
Group 2		22℃	10
Group 3		50℃	10
Group 4	5 minutes	8℃	10
Group 5		22℃	10
Group 6		50℃	10

All specimens were split longitudinally and prepared for examination by scanning electron microscopy. A set of reference micrographs was used to award a debris score as follows: 0 = no smear layer, all tubules clean and open; 1 = no superficial smear layer, tubule openings visible, but some contain debris plug or soft tissue remnants; 2 = moderate smear layer, some tubules open and others closed; 3 = heavy smear layer, most/all tubule openings obscured. Results were evaluated with Kruskal-Wallis test to determine whether there was statistically significant difference among six groups. Pairs of groups were analyzed using the Student-Newman-Keuls Method and Mann-Whitney test..

The results were as follows:

1. Control specimens showed heavy smear layer at the canal walls.
2. Among the groups applied with EDTA for 2 minutes, group 1 showed the heaviest smear layer, and there was statistically significant difference between group 1 and the other groups($p<0.05$).
3. Among the groups applied with EDTA for 5 minutes, group 4 and group 6 showed smear layer, but there was no significant difference between them.
4. Among the groups applied with EDTA for the same temperature, group 1 showed heavier smear layer than group 4, and there was statistically significant difference($p<0.05$).
5. Among the groups applied with EDTA for the same temperature, group 2 showed heavier smear layer than group 5 and group 3 showed heavier smear layer than group 6. But there was no statistically significant difference among them.

From the results above, it could be concluded, EDTA solution is effective in removing of smear layer when it is applied for 5 minutes. If EDTA is applied for 2 minutes, it should be applied above room temperature.

I. 서 론

치아의 근관(root canal)은 단순한 원통모양의 구조물이 아니라 여러 갈래의 측방분지(lateral canal)와 부근관(accessary canal) 등을 갖는 불규칙한 구조로 이루어져 있다. 따라서 이를 단순한 근관(root canal)이 아닌 근관계(root canal system)로 인식하는 것이 보다 바람직하다고 하겠다.

이런 복잡한 근관계에서의 성공적인 근관치료는 기구조작의 적합성, 철저한 근관세척과 소독, 그리고 삼차원적인 근관의 밀폐여부에 달려있다. 이를 위해서 여러 종류의 수동식 또는 전동식의 기구와 근관세척액이 제공되고 있는데, 이들의 목적은 근관충전을 위한 깨끗하고 잘 형성된 근관을 이루고자 함이다. 하지만 현재의 치료 방법으로는 모든 근관을 완전히 깨끗이 하는 것은 불가능하다.

한편 근관내 기구조작을 시행하면 상아질, 치수잔사, 조상아세포돌기, 그리고 때때로 박테리아를 포함하는 도말층(smear layer)이 근관벽에 형성된다. 이는 McComb과 Smith¹⁾가 근관치료 후 주사전자현미경을 이용한 근관벽의 연구에서 처음 보고한 이래 근관치료학 분야에서 많은 사람들의 관심이 되어왔다.

근관충전 전에 이러한 도말층의 제거 유무에 관해서는 아직도 논란의 대상이다. Vojinovic 등²⁾은 dentinal plugs가 박테리아와 그의 부산물들의 상아세관내로의 침투를 막는 다 하였고, Diamond와 Carrel³⁾은 도말층이 존재할 때 상아질 내로 박테리아가 침투할 수 없다고 하였다. 반면 Baker 등⁴⁾과 Yamada 등⁵⁾은 근관벽의 기구조작 후에도 도말층과 상아세관 내에 박테리아가 잔존하는 것을 관찰하였다. 또한 Pashley와 Livingstone⁶⁾은 도말층이 albumin과

같은 큰 분자가 통과할 수 있을 만큼의 투과성을 가지는 완전한 차단막은 아니라 하였으며, Uitto 등⁷⁾은 특정한 박테리아에 의해 분비되는 단백질 용해 효소에 의해 도말층의 변성이 일어나고 이로 인해 근관벽과 근관충전제 사이의 틈이 생겨나 다른 박테리아와 그 부산물이 근관벽을 따라 상아세관과 치근단 조직으로의 누출을 허용하게 된다고 하였다. 또한 Pitt Ford와 Roberts⁸⁾는 치근단 역충전 실패시 그 원인으로 도말층의 변성가능성을 강조한 바 있다.

이러한 도말층의 제거를 위해서 그 동안 많은 근관세척제가 연구되어져 왔다. 근관세척제의 역할은 근관내 기구조작의 삭제효과를 향상시키고 이로 인해 발생한 잔사들을 제거하는 것이다. 근관세척제의 효과는 세척제 고유의 화학적 성질뿐만 아니라 양, 온도, 적용시간, 근관세척제의 적용에 사용된 주사바늘의 삽입 깊이, 형태, 크기 그리고 세척제의 표면장력과 유통기간 등에 의해 좌우된다⁹⁾.

가장 흔히 사용되는 근관세척제는 차아염소산나트륨(NaOCl)이다. 이는 유기질을 훌륭히 용해시킬 수는 있지만 도말층이 유기질과 함께 무기질로도 구성되어 있기에 도말층을 완전히 제거할 수 없다고 알려져 있다^{10,11)}. 종종 차아염소산나트륨과 과산화수소를 교대로 사용하는 것이 추천되기도 하지만 이 또한 도말층의 제거에는 효과가 없다¹⁾.

이러한 도말층의 제거에 유용하게 사용되는 근관세척제로는 칼슘 치환체인 EDTA(ethylene diamine tetra-acetic acid)가 가장 많이 사용되고 있다. Seidberg와 Schilder¹²⁾, 그리고 Patterson¹³⁾은 EDTA가 부작용을 최소화하며 상아질을 탈회시키기 위한, 임상적으로는 생체 친화성이 있는 약제라고 하였다. EDTA는 상아질에서 칼슘이온과 반응하여 용해 가능한 형태의 칼슘 치환체를 형성하며, pH는 이러한 EDTA의 효과와 상관관계를 가진다. 만일 pH가 상승하

게 되면 하이드록시아파타이트(hydroxyapatite)로부터 치환을 위한 칼슘 이온이 감소하게 되지만 EDTA의 해리가 더 증가하여 칼슘이온에 대한 친화력은 증가하게 된다. 반면 pH가 낮아지면 칼슘이온은 더 증가하지만 EDTA의 효과는 감소한다. 따라서 이상적인 EDTA의 pH는 6-10 이다¹⁴⁾. 하지만 이러한 EDTA의 적용 시간과 온도에 따른 효과에 대해서는 아직 보고된 바가 없다.

이에 본 연구에서는 EDTA 용액의 적용 시간과 온도를 달리해 이미 형성된 도말층에 적용하여 이들간에 도말층 제거 효과에 차이가 있는지의 여부를 알아보고자 하였으며 유의한 차이를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

최근 발거된 단근치 중 1개의 근관을 갖고 치근침이 폐쇄되어 있으며 이전에 근관치료를 받지 않은 건전한 31개의 치아를 선택하여 5% NaOCl 용액에 5분간 침전시켜 부착된 유기조직 잔사를 제거하였고 실험 전까지 생리 식염수에 넣어 실온 보관하였다.

근관세척제로는 기구조작 사이사이에는 5% NaOCl 용액을 사용하였고 도말층의 제거를 위해서는 17% EDTA 용액인 PULPDENT®(PULPDENT Co., USA)를 사용하였으며 최종 세척제로는 증류수를 사용하였다.

도말층을 형성하기 위한 기구조작에는 회전식 Ni-Ti 파일인 GT™ Profile(Dentsfly, Maillefer Co., Swiss) 중 10 taper 파일을 사용하였다.

2. 실험방법

가. 시편제작

생리 식염수에 보관된 치아를 백악-법랑 경계부(cemento-enamel junction)에서 다이아몬드 디스크를 이용하여 절단한 후 교정용 투명레진(Dentsply, Calk Co., USA)에 포매하였다. 이후 이들 치아들을 500 μ m 두께의 절단용 톱날(Isomet rotary saw, Velnus Co., Japan)이 장착된 박절기(microtome)상에 용융된 실리콘 수지로 고정하여 3mm 두께로 횡절단하였다. 이중 각 치아의 치근 중앙 1/3부위에 해당하는 시편 2개씩을 실험에 이용하였다. 이렇게 만들어진 각 시편에 주사전자 현미경 관찰시 치아의 분리를 위한 2개의 홈을 다이아몬드 디스크를 이용하여 근관에 도달하지 않는 수준까지 형성하였다.

나. 도말층의 형성

도말층의 형성을 위해 회전식 Ni-Ti 파일인 GT™

Profile(Dentsfly, Maillefer Co., Swiss) 중 10 Taper 파일을 Aseptico® 감속모터(Alytic Co., USA)에 장착하여 300rpm의 속도로 3분간 근관확대하였다. 이때 발생하는 상아질삭편의 제거를 위해 매 1분마다 5% NaOCl용액 1ml를 25 게이지 주사바늘이 장착된 주사기를 이용하여 근관세척을 시행하고 원활한 기구조작을 위해 충분한 양의 RC-prep®(Premier Co., USA)을 사용하였다.

다. 도말층의 제거 및 최종 근관세척

62개의 시편 중 2개는 대조군으로 EDTA 용액을 적용하지 않았으며 나머지 60개의 시편은 무작위로 10개씩 6개의 군으로 분류하였다. EDTA의 적용시간과 온도에 따른 실험군의 분류는 Table 1과 같다.

실험 1군은 냉장고에 보관된(8℃) 17% EDTA 용액인 PULPDENT®(PULPDENT Co., USA)용액을 적용한 후 온도의 변화를 막기 위해 2분간 냉장고에 보관하였다. 실험 2군은 진료실내에 보관된(22℃) PULPDENT®용액을 적용한 후 2분간 진료실에 보관했고 실험 3군은 50℃의 항온기에 보관된 PULPDENT®용액을 적용 후 2분간 항온기에 보관하였다. 실험 4군, 5군, 6군은 1군, 2군, 3군과 같은 방법으로 적용시간을 5분으로 늘려 적용하였다. EDTA 용액 적용 후 모든 시편을 증류수를 이용하여 최종 근관세척을 시행하였다.

라. 주사 전자 현미경 관찰

각 시편을 소독된 페이퍼 포인트를 이용하여 조심스럽게 건조시킨 다음 적절한 정도의 건조가 이루어지면 이미 형성된 홈에 췌기와 망치를 이용하여 치아를 조심스럽게 분리하였다. 이후 금도금을 시행하여 주사 전자 현미경(JSM 5200, JEOL Co., Japan)을 이용해 전반적인 도말층 제거양상을 관찰한 다음 가장 대표할 부위를 1000배 확대로 사진을 찍어 통계분석에 이용하였다.

Table 1. EDTA 용액의 적용 시간과 온도에 따른 실험군 분류

적용시간		적용온도	표본수(개)
대조군			2
1군	2분	냉장(8.0℃)	10
2군		실온(22.0℃)	10
3군		고온(50.0℃)	10
4군	5분	냉장(8.0℃)	10
5군		실온(22.0℃)	10
6군		고온(50.0℃)	10

Table 2. 잔존 도말층의 4 단계 성적 산출 기준

성 적	내 용
0	도말층이 존재하지 않는 경우 상아세관이 모두 개방되어 있고 도말층이 완전히 제거됨
1	도말층으로 덮여 있지 않은 경우 상아세관이 관찰가능하지만 일부에서는 도말층에 의해 막혀 있음
2	중등도의 도말층이 덮고 있는 경우 몇몇 상아세관은 개방되어 있으나 그렇지 않은 것도 있음
3	두꺼운 도말층이 덮고 있는 경우 상아세관이 모두 막혀 식별안됨

마. 성적(scoring)

성적은 Gambarini¹⁵⁾에 의해 제안된 4단계 기준에 맞추어 측정하였고 그 내용은 Table 2와 같다.

바. 통계처리

유의성 검정을 위해 Jandel(USA)사의 Sigmasstat. ver. 2.0을 이용하여 통계처리 하였고, 얻어진 자료의 유의성 검정에는 Kruskal-Wallis test를, 같은 시간에서 각 군간의 유의성 검정에는 Student-Newman-Keuls test를, 같은 온도에서 시간에 따른 군간의 유의성 검정에는 Mann-Whitney test를 이용하였다.

Table 3. 각 군의 잔존 도말층 성적

군	적용시간	적용온도	성 적	Mean Rank
1군		8℃	0 0 0 1 2 2 2 3 3 3	40.60
2군	2분	22℃	0 0 0 0 0 0 0 1 2 2	33.60
3군		50℃	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1	29.90
4군		8℃	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	27.20
5군	5분	22℃	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	24.50
6군		50℃	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	27.20

Table 5. 5분간 EDTA 용액을 적용한 군간의 유의성 검정 (Student-Newman-Keuls test)

	4군(8℃)	5군(22℃)	6군(50℃)
4군(8℃)			
5군(22℃)			
6군(50℃)			

* Significant difference at $p<0.05$

Ⅲ. 실험 결과

각 실험군에서 측정된 잔존 도말층의 값은 Table 3과 같으며 각 군간에 통계분석은 Table 4-6과 같다.

대조군(Fig. 1)에서는 두꺼운 도말층에 의해 모든 상아세관이 덮여 있는 것이 관찰되었으며 모든 실험군에서 EDTA 용액에 의해 도말층이 제거되는 양상을 보였다(Fig. 3-8). EDTA 용액을 2분간 적용한 군중에서는 8.0℃의 EDTA 용액을 처리한 1군(Fig. 2, 3)의 경우 잔존 도말층이 가장 많이 존재하였으며 이는 22.0℃의 EDTA 용액을 처리한 2군(Fig. 4)과 50.0℃의 EDTA 용액을 처리한 3군(Fig. 5)에 비해 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$). EDTA 용액을 5분간 적용한 군중에서는 8.0℃의 EDTA 용액을 처리한 4군(Fig. 6)과 50.0℃의 EDTA 용액을 처리한 6군(Fig. 8)에서 잔존 도말층이 관찰되었으나 세 군간에 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났으며, 22.0℃의 EDTA 용액을 처리한 5군(Fig. 7)에서는 잔존 도말층이 관찰되지 않았다.

또한 같은 온도의 EDTA 용액을 적용한 1군과 4군에서는 1군이 4군에 비해 잔존 도말층이 유의성있게 더 많이 존재하는 것으로 나타났으며($p<0.05$), 2군과 5군, 3군과 6군에서는 2군이 5군 보다, 3군이 6군 보다 높은 값을 나타냈으나 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다.

Table 4. 2분간 EDTA 용액을 적용한 군간의 유의성 검정 (Student-Newman-Keuls test)

	1군(8℃)	2군(22℃)	3군(50℃)
1군(8℃)			
2군(22℃)	*		
3군(50℃)	*		

* Significant difference at $p<0.05$

Table 6. 같은 온도에서 EDTA 용액의 적용시간에 따른 군간의 유의성 검정 (Mann-Whitney test)

	적용온도	Exact Sig.	유의성
1군(2분)-4군(5분)	8℃	0.011	*
2군(2분)-5군(5분)	22℃	0.280	
3군(2분)-6군(5분)	50℃	0.739	

* Significant difference at $p<0.05$

IV. 총괄 및 고안

성공적인 근관치료는 근관을 완전히 세정하고 소독한 후 삼차원적으로 밀폐시켜야 이루어질 수 있다. 이중 근관의 세정을 위한 기구조작 중에는 상아질, 치수잔사, 조상아세 포돌기, 그리고 때때로 박테리아를 함유하는 도말층이라는 것이 근관벽에 형성되게 된다.

이 도말층의 구조는 주사전자현미경 관찰시 무정형이거나 불규칙하기도하고 구상형을 나타내기도 한다¹⁶⁾. 도말층의 구성성분은 기구조작 초기에는 과사되거나 생활력을 가진 치수로 인해 상대적으로 유기질의 함량이 많지만 점차 그 비중이 감소하고 무기질이 증가한다고 알려져 있다¹⁷⁾. 구성 입자들의 크기는 $0.5 \sim 0.15 \mu\text{m}$ 보다 작고¹⁸⁾, 각각의 입자들은 약 $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 정도의 지름을 갖는 구상형의 작은 입자(subunit)들로 이루어져 있으며¹⁹⁾ 그 두께는 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 정도로 알려져 있지만²⁰⁾, 이는 기구의 유형과 선예도, 그리고 상아질의 상태(상아질이 젖어있는지 혹은 건조되어 있는지)에 따라 달라진다.

도말층은 크게 두 부분으로 구분된다. 첫 번째 층은 표층이고 두 번째 층은 상아세관 내에 함입된 층이다²⁰⁾. 상아세관 내 함입 깊이는 $40 \mu\text{m}$ 정도이며 이는 상아세관과 도말층 입자들 사이의 결합력에 의해 발생된 모세관 현상이나 기구조작의 결과이다²¹⁾.

이러한 도말층은 특히 감염된 근관에서 반드시 제거되어야 하는데 이는 상아세관과 부근관 내로 함입된 박테리아를 제거하고 근관내 약제의 항균작용을 증가시키기 위함이다²²⁾. 또한 도말층은 근관충전제와 상아질 벽 사이의 계면에서 약한 결합을 하고 있고, 그 자체의 다공성의 구조로 인해 삼차원적인 근관의 밀폐에 좋지 않은 영향을 미친다²³⁾.

이러한 기구조작 중에 발생하는 잔사들의 제거를 위해 다양한 근관세척제들이 사용되고 있다. 가장 널리 사용되는 근관세척제로는 차아염소산 나트륨(NaOCl)을 들 수 있다. 차아염소산 나트륨에 물이 혼합되면 hypochlorous acid(HOCl)가 형성된다. 이는 강한 산화제인 chlorine을 포함하고 있다. 이 chlorine은 박테리아의 대사작용에 관여하는 필수 효소의 -SH group에 비가역적인 산화작용을 일으켜 항균효과를 나타낸다. 또한 차아염소산 나트륨은 생활치수나 과사 치수 모두를 용해할 수 있으며 근관내 기구조작시 윤활작용과 상아질 잔사의 제거에 우수한 효과를 가진다. 하지만 도말층의 제거에는 한계를 갖는 것으로 보고되고 있다^{16,17)}.

또한 생리식염수와 과산화수소(H_2O_2)도 근관세척제로 사용되는데 생리식염수의 경우는 단순한 잔사제거 효과만을 가지고 있고, 과산화 수소의 경우에는 거품효과로 인해 잔사제거를 더욱 효과적으로 할 수는 있지만 이들 모두 도말층의 제거에는 도움이 되지 못한다.

이러한 도말층의 제거를 위해 그 동안 citric acid, polyacrylic acid, lactic acid, phosphoric acid, EDTA 등의 수많은 근관세척제들이 연구되어져 왔다.

Wayman²⁴⁾ 등의 연구에 의하면 10%, 25%, 50%의 citric acid 용액으로 근관세척을 시행했을 때 모두 도말층이 제거된 양상을 나타냈고, 이중 10% citric acid 용액과 2.5% NaOCl 용액, 그리고 다시 10% citric acid 용액을 순차적으로 사용한 경우가 가장 우수한 효과를 나타냈다. 그러나 citric acid는 삼차원적인 근관의 충전을 방해하는 침전물을 근관벽에 남겼다.

또한 50% lactic acid를 사용하는 경우에는 전반적으로 도말층이 제거된 깨끗한 근관벽을 보이나 상아세관의 입구가 완전히 개방된 양상을 보이지는 않았다²⁴⁾.

Bitter²⁵⁾는 근관세척제로 25% tannic acid 용액의 사용을 소개하였는데 이는 과산화수소와 NaOCl 의 혼합사용시보다 더욱 깨끗하고 매끄러운 근관벽을 나타내었으며 도말층의 제거에도 효과가 있다고 하였다.

McComb 등²⁶⁾은 5%, 10% polyacrylic acid를 근관세척제로 사용하고 근관벽을 관찰하였는데 이는 단지 접근 가능한 부위에서만 도말층의 제거에 효과를 나타내었다고 하였다.

그러나 이러한 유기산들을 근관세척제로 사용할 경우에는 이들의 낮은 pH로 인해 치근단 주위 조직에 유해작용을 줄 가능성이 있다²⁷⁾.

칼슘 치환제인 EDTA는 도말층을 제거하기 위한 근관세척제 중 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. 이는 상아질의 칼슘 이온과 반응하여 용해 가능한 칼슘 치환체를 형성한다. Fehr와 Nygaard-Ostby²⁸⁾는 EDTA를 5분간 적용시 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 정도의 상아질을 탈회시킨다고 보고하였으나, Fraser²⁹⁾는 근관의 치근단 1/3 부위에서는 이의 사용이 거의 효과가 없다고 보고한 바 있다. 또한 EDTA는 유기산과는 달리 도말층을 제거하는 동안 pH의 변화를 일으켜 상아질의 탈회정도와 용해되는 양을 제한한다고 알려져 있다²⁷⁾.

이러한 EDTA는 다양한 물질들과 혼합되어 사용되기도 한다. Urea peroxide가 첨가된 RC-prep[®] (Premier Co., USA)의 사용은 근관내로부터 상아질 잔사의 부유를 증진시킨다. 그러나 지속된 기구조작과 세척에도 불구하고 이 혼합물이 근관내에 잔존하게되고 결국은 치밀한 근관충전을 이룰 수 없게 된다³⁰⁾.

EDTA에 quarternary ammonium bromide를 첨가한 REDTA(Roth International Ltd., Chicago, IL, USA)의 사용은 표면장력은 감소하고 용액의 침투력은 증가하게 된다. McComb과 Smith²⁶⁾는 기구조작시 이를 사용한 결과 근관의 치근단 부위를 제외한 다른 부위에서는 도말층이 존재하지 않았다고 보고하였다.

본 실험의 결과를 살펴볼 때 EDTA 용액은 도말층의 제

거에 우수한 효과를 보였다. GT™ Profile(Dentsfly, Maillefer Co., Swiss)을 이용한 3분간의 근관성형은 대조군 관찰 결과 충분한 양의 도말층을 형성하였다. 도말층의 제거를 위해 사용된 17% EDTA 용액인 PULPDENT®는 이 도말층을 효과적으로 제거하였다. 8℃의 온도는 EDTA 용액을 냉장고에 보관했을 때의 온도를 나타내며(1군과 4군), 22℃는 진료실 내의 온도를 나타낸다(2군과 5군). 또한 50℃는(3군과 6군) 보다 고온에서 보관했을 때를 나타내는 것으로 임의로 정한 온도이다. 이 실험의 결과 1군(2분, 8℃)에서 많은 도말층이 존재하는 이유는(Table 4, 6) 낮은 온도로 인해 EDTA 용액의 활성이 떨어졌고 짧은 시간 적용하여 충분한 반응이 일어날 수 없었기 때문으로 사료된다. 하지만 진료실 온도 이상에서는 짧은 적용시간에도 불구하고 도말층 제거에 효과적이었다.

일반적으로 EDTA용액은 5분간 근관내에 적용이 추천되지만 본 실험의 결과에 의하면 1군(2분, 8℃)과 4군(5분, 8℃)에서만 통계적으로 유의한 차이를 보일 뿐($p<0.05$), 2군(2분, 22℃)과 5군(5분, 22℃), 3군(2분, 50℃)과 6군(5분, 50℃)에서 유의한 차이를 보이지 않아 낮은 온도에 보관되지 않는 이상은 2분간의 적용으로도 충분히 도말층의 제거될 수 있는 것으로 사료된다.

본 실험의 결과는 치근 중앙부 근관벽의 결과로써, 이전에 보고되었던 다수의 논문들을 살펴볼 때 EDTA 용액을 근관 세척제로 사용하는데 있어서 가장 큰 문제점은 치근단 1/3 부위에 이 세척제가 잘 침투되지 않는다는 것이다. 따라서 향후 이러한 치근단 1/3부분에 대한 더욱 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

EDTA 용액의 적용 온도와 시간에 따른 도말층의 제거양상을 알아보기 위해 17% EDTA 용액인 PULPDENT®(PULPDENT Co., USA)를 2분과 5분으로 나누어 각각 8℃, 22℃, 50℃로 적용 온도를 달리하여 적용한 후 주사전 자현미경을 이용하여 도말층의 제거양상을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. EDTA 용액을 적용하지 않은 대조군에서는 두꺼운 도말층이 관찰되었으며, 모든 실험군에서 EDTA는 도말층을 제거하는 효과를 나타내었다.
2. EDTA 용액을 2분간 적용했을 경우에는 1군(8℃)에서 근관벽에 잔존 도말층이 가장 많이 존재하였고 2군(22℃)과 3군(50℃)에서도 잔존 도말층이 관찰되었지만 1군이 2군과 3군에 비해 통계적으로 유의성 있게 잔존 도말층이 많이 보였다($p<0.05$).
3. EDTA 용액을 5분간 적용했을 경우에는 4군(8℃)과 6군(50℃)에서 근관벽에 잔존 도말층이 관찰되었고 5군

(22℃)에서는 잔존 도말층이 관찰되지 않았으나 세 군간 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다.

4. 8℃의 EDTA 용액을 적용한 경우에는 2분간 적용한 1군이 5분간 적용한 4군에 비해 근관벽에서 잔존 도말층이 더 많이 관찰되었으며 이는 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다($p<0.05$).
5. 22℃의 EDTA 용액을 적용한 2군(2분)과 5군(5분), 50℃의 EDTA 용액을 적용한 3군(2분)과 6군(5분) 간에는 2군이 5군 보다, 그리고 3군이 6군 보다 높은 값을 나타냈으나 이는 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과를 토대로 할 때 근관내 기구조작으로 발생하는 도말층의 제거에는 EDTA 용액의 사용이 효과적이라고 생각되어지며, 이러한 EDTA 용액을 5분간 적용할 경우에는 어떠한 온도에 보관하여도 그 효과에는 차이가 없으나 적용시간을 2분으로 줄일 경우에는 EDTA 용액을 실온 이하에 보관하는 것은 피해야 할 것으로 사료되어진다.

참고문헌

1. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. J Endodon 1975;1:238-42.
2. Vojinovic O, Nyborgh H, Brannstrom M. Acid treatment of cavities under resin fillings: Bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. J Dent Res 1973;52:1189-93.
3. Diamond A, Carrel R. The smear layer: a review of restorative process. J Pedodon 1984;8:219-26.
4. Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. J Endodon 1975;1:127-35.
5. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A Scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part III. J Endodon 1983;9:137-42.
6. Pashley DH, Livingstone MJ. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. Arch Oral Biol 1978;23:391-5.
7. Uitto VJ, Haapasalo M, Laakso T, Salo T. Degradation of basement membrane(Type IV) collagen by proteases from some anaerobic microorganisms. Oral Microbiol Immunol 1973;3:97-102.
8. Pitt Ford TR, Roberts GJ. Tissue response to glass ionomer retrograde root fillings. Inter Endod J 1990; 23:233-8.
9. Ingle JJ. Endodontics, 3rd edn. Philadelphia, PA, USA: Lea and Febiger, 178-80.
10. Rubin L, Skobe F, Krakow A, Gron P. The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. J Endodon 1979;5:328-35.
11. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. Inter Endod J 1982;15:187-96.
12. Seidberg BH, Schilder H. An evaluation of EDTA in endodontics. Oral Surg 1974;37:609-20.

13. Patterson S. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of EDTA on human dentin and its endodontic implications. *Oral Surg* 1963;16:83-103.
14. Nikiforuk G, Sreebny L. Demineralization of hard tissues by organic chelating agents. *Science* 1951;114:560.
15. Gianluca Gambarini. Shaping and cleaning the root canal system: a scanning electron microscopic evaluation of a new instrumentation and irrigation technique. *J Endodon* 1999;25:800-3.
16. Brannstrom M, Nordenvall KJ, Grantz PO. The effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an *in vivo* study. *J Dent Res* 1980;59:1127-31.
17. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentrations: SEM study. *Australian Dent J* 1988;33:193-200.
18. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res* 1970;49:1359-68.
19. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentin. *Arch Oral Biol* 1988;33:265-70.
20. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopy investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endodon* 1984;10:477-83.
21. Cengiz T, Aktener BO, Piskin B. The effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *Inter Endod J* 1990;33:193-200.
22. Perez F, Calas P, De Falguerolles A, Maurette A. Migration of a *streptococcus sanguis* strain through root dental tubules. *J Endodon* 1993;19:297-301.
23. Kennedy W, Walker WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endodon* 1986;12:21-7.
24. Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants *in vitro*. *J of Endodon* 1979;5:258-65.
25. Bitter NC. A 25% tannic acid solution as a root canal irrigant cleanser: a scanning electron microscope study. *Oral Surg* 1989;67:333-7.
26. McComb D, Smith DC, Beagrie GS. The results of in vitro endodontic chemomechanical instrumentation-a scanning electron microscope study. *J British Endodontic Society* 1976;9:11-8.
27. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J* 1999;32:32-39.
28. Fehr FR, Nygaard-Ostby. Effect of EDTA and sulphuric acid on root canal dentine. *Oral Surg* 1963;16:199-205.
29. Fraser JG. Chelating agents: Their softening effect on root canal dentin. *Oral Surg* 1974;37:803-11.
30. Biesterfeld RC, Taintor JF. A comparison of periapical seal of root canals with RC-Prep or Salvizol. *Oral Surg* 1980;49:532-7.

사 진 부 도

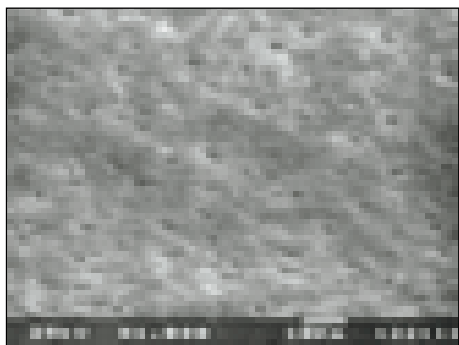


Fig. 1. 대조군의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)

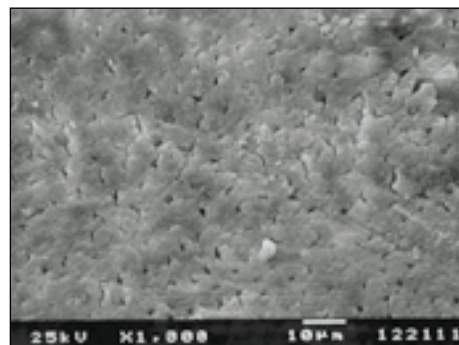


Fig. 2. 1군(2분, 8°C)의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)

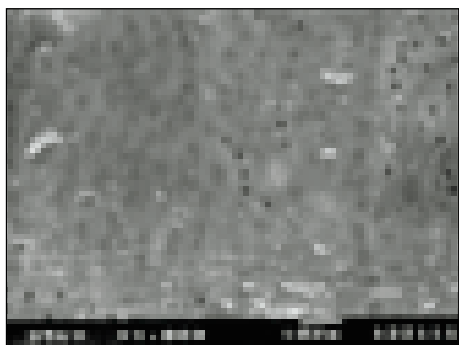


Fig. 3. 1군(2분, 8°C)의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)

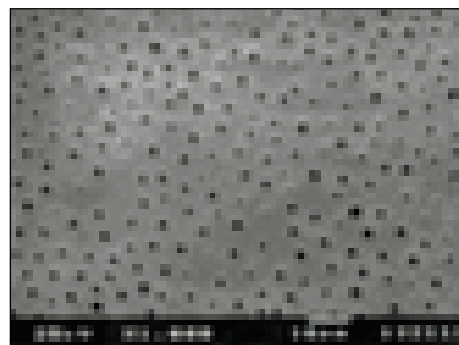


Fig. 4. 2군(2분, 22°C)의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)

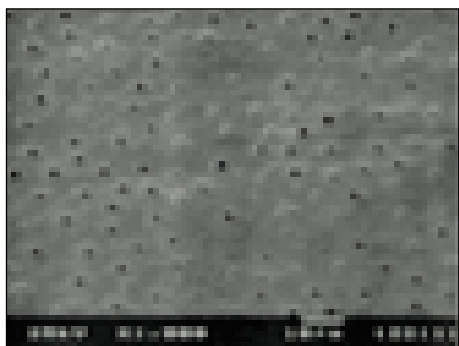


Fig. 5. 3군(2분, 50°C)의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)

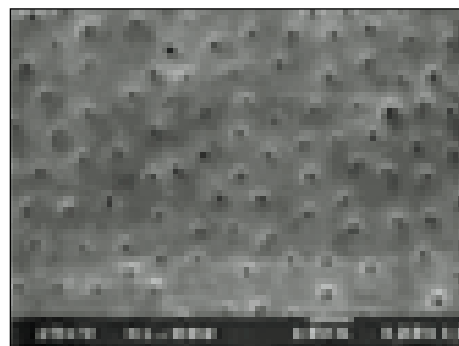


Fig. 6. 4군(5분, 8°C)의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)

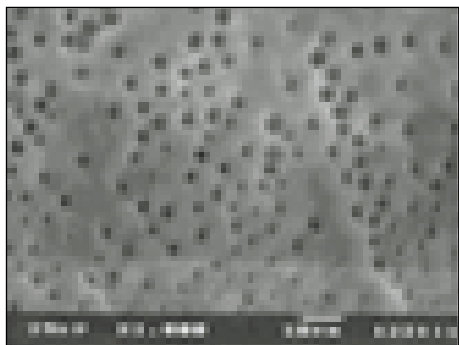


Fig. 7. 5군(5분, 22°C)의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)

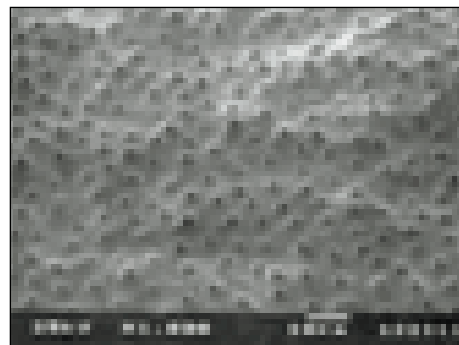


Fig. 8. 6군(5분, 50°C)의 주사전자현미경 사진($\times 1,000$)