

Smear layer 처리에 따른 미세누출에 대한 연구

이정민 · 박상혁 · 최기운*

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

THE EFFECT OF SMEAR LAYER TREATMENT ON THE MICROLEAKAGE

Jung-Min Lee, Sang-Hyuk Park, Gi-Woon Choi*

Dept. of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate school of KyungHee University

The purpose of this study was to compare the sealing ability of root canal obturation with or without the treatment of smear layer. Eighty extracted human teeth with one canal were selected. Instrumentation was performed with crown-down technique. After instrumentation, root canals of the NaOCl group and NaOCl-6 group were irrigated with 3% NaOCl. EDTA group and EDTA-6 group were irrigated with 17% EDTA. Then all teeth were obturated using continuous wave obturation technique.

NaOCl group and EDTA group were immersed in methylene blue solution for 84hours. NaOCl-6 group and EDTA-6 group were immersed in methylene blue solution for 6months. The teeth were sectioned at 1.5 mm (Level 1), 3.0 mm (Level 2) and 4.5 mm (Level 3) from the root apex. The length of dye-penetrated interface and the circumferential length of canal at each level were measured using Sigma-Scan Pro 5.0.

1. The mean leakage ratio was decreased cervically.
2. NaOCl group showed higher mean leakage ratio than EDTA group at each level. But there was significant difference at level 1 only ($p < 0.05$).
3. NaOCl-6 group showed higher mean leakage ratio than EDTA-6 group at each level. But there was significant difference at level 1 only ($p < 0.05$).
4. NaOCl-6 group showed higher mean leakage ratio than NaOCl group at each level. But there was significant difference at level 1 only ($p < 0.05$).
5. EDTA-6 group showed higher mean leakage ratio than EDTA group at each level. But there was no significant difference.
6. In NaOCl group and NaOCl-6 group, scanning electron micrographs of tooth sections generally covered with smear layer. In EDTA group and EDTA-6 group, tooth sections showing the penetration of sealers to opened dentinal tubules.

The results suggest that removal of smear layer was effective to reduce the apical microleakage of the root canal. [J Kor Acad Cons Dent 31(5):378-389, 2006]

Key words: NaOCl, EDTA, Smear layer, Mean leakage, Dentinal tubule

- Received 2006.4.4., revised 2006.9.4., accepted 2006.9.7.

* Corresponding Author: **Gi-Woon Choi**

*Dept. of Conservative Dentistry, Division of Dentistry,
Graduate school of KyungHee University,
1, Hoegi Dong, Dongdaemoon Gu, Seoul, 130-702, Korea
Tel: 82-2-958-9336
E-mail: gwchoi@khu.ac.kr*

I. 서 론

근관치료는 근관와동을 형성하고 근관계를 세정 및 형성 후 근관 충전하는 과정으로 이루어진다. 근관 형성은 파일을 사용하여 근관 내 미생물과 괴사 조직을 제거하고 3차원적 근관 충전이 용이한 형태로 근관을 성형하는 과정이다. 근관 내에 기구 조작을 시행하게 되면 상아질 표면에 도말층(smear layer)이 형성된다.

도말층은 상아질 절편, 치수 잔사와 같은 유기질과 박테리아 등으로 구성된 층으로 근관벽을 피개하고 상아세관의 입구를 봉쇄하여 세균의 증식을 위한 장소로 제공하고¹⁾ 근관 세정제 등의 침투를 방해하며²⁾ 근관 충전재와 근관벽 간의 밀접한 봉쇄를 방해하고 상아세관에 존재하는 세균 제거를 위한 근관 내 소독제의 항균 효과를 차단할 수도 있으므로 이에 근관 내 잔존하는 도말층을 제거하기 위하여 근관 세정의 중요성이 강조된다.

도말층의 무기질 성분을 제거하는 세정제로는 구연산, polyacrylic acid 등의 유기산과 ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA), ethylenedioxybis (ethylenediamine) (EGTA)와 같은 킬레이트제가 있다³⁾. 이 중 EDTA는 칼슘 이온 등의 금속이온과 반응하여 수용성 칼슘 킬레이트 화합물을 형성하고, 그람 음성 세균의 세포막에 존재하는 마그네슘 이온이나 lipopolysaccharide (LPS)를 제거한다⁴⁾. 그 결과 도말층의 무기질 성분을 제거하고 살균 및 소독 능력이 우수하여 가장 많이 사용된다.

근관치료시 EDTA 용액으로 도말층을 제거할 경우 근관벽의 상아질 삭편이 제거되고 상아세관이 노출되어 근관벽과 근관충전재가 긴밀하게 접촉되어 근관의 미세누출을 방지할 수 있는 바, 도말층의 제거에 따른 근관의 미세 누출에 미치는 영향에 관한 연구로 Calt와 Serper⁵⁾는 17% EDTA 용액 10ml로 2분간 최종 세정을 시행한 경우 치근의 중간 1/3과 치근단 1/3 모두 도말층이 완전히 제거되었다고 보고하였고 이 등⁶⁾은 17% EDTA 용액 5ml를 30초와 1분 적용 시 치근 중간 1/3에서는 도말층이 완전히 제거되었으나 치근단 1/3부위에서는 2분을 적용한 경우에만 도말층이 완전히 제거되었다고 보고하였다.

도말층의 제거가 근관의 미세누출에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 있는데 Cergneux 등⁷⁾은 도말층을 제거하고 근관 충전을 시행한 경우 근단부의 미세누출이 감소되었음을 단기간의 연구를 통해 보고하였고, White 등⁸⁾은 주사전자현미경으로 관찰한 결과 도말층을 제거하지 않은 경우에는 근관충전재가 상아세관내로 들어가는 것을 방해하였으나 도말층을 제거한 경우에는 상아세관 내로 근관충전재가 침투하여 근관충전재와 상아질 구조간의 적합이 향상되어 근단부 미세누출에 저항하는 능력이 향상됨을 보고하였다. 그러나 도말층을 제거하는 것은 치아 외부의 세균이 근관

내로 침투하는 것을 더욱 용이하게 한다는 보고도 있다⁹⁾.

근관충전의 밀폐효과에 대한 평가는 여러 가지 방법을 통한 미세누출 정도 측정에 의해 이루어지는데, 색소 침투법, 방사선동위원소 침투법, 주사전자현미경이나 현미경을 이용하는 방법, 미생물이나 미생물의 대사산물의 침투도를 검사하는 방법, 전기화학적 방법, 압축공기를 사용하는 방법 및 형광분광법과 분광광도법 등이 있다. 이중 염료에 침지시키거나 원심 분리하는 색소 침투법은 널리 사용되는 방법 중 하나이다.

또한 도말층은 균질성이 없고 근관벽에 약하게 붙어있는 구조이기 때문에¹⁰⁾ 시간이 경과함에 따라 도말층이 천천히 붕괴되어 충전물과 근관벽 그리고 실러 사이에 틈이 생길 수 있다. 따라서 근관의 밀폐 효과에 대한 도말층의 영향에 대한 연구는 장기적으로 이루어져야 할 것이다.

이에 EDTA 용액의 도말층 제거 효과에 대한 연구를 바탕으로 EDTA를 이용한 도말층 처리가 근관의 밀폐에 주는 영향을 알아보고자 본 연구에서는 Ni-Ti 파일을 이용하여 근관 형성을 하고 EDTA 용액과 NaOCl 용액으로 최종 세정하고 근관 충전 시행한 다음 색소 침투법을 이용하여 치아들의 근관 밀폐효과를 시간에 따라 비교 (즉시 비교와 6개월 후 비교) 평가한 결과를 보고하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험 치아

발거한 단근관의 전치와 소구치 중 만곡이 거의 없으며 근침이 완성된 치아 80개를 실험 대상으로 하였다.

2) 실험 재료 및 기구

본 실험에 사용한 재료 및 기구들은 Table 1, 2와 같다.

2. 실험 방법

1) 실험 치아의 준비

발거한 치아의 치근 표면에 부착된 연조직과 치석을 scaling과 root planing을 시행하여 제거하였고 실험에 사용하기 전까지 0.9% 생리식염수에 냉장 보관하였다.

근관 내 접근을 용이하게 하기 위해 104R diamond bur (Shofu inc., Higashiyama, Kyoto, Japan)을 이용하여 백악-법랑 경계부에서 치관을 절단하여 제거하였다.

2) 근관 성형 및 세정

발수 후 근관 내에 10번 K-file을 삽입하여 치근단공을 확인하고 치근단공까지의 길이에서 0.5mm를 뺀 것을 작업장

Table 1. Irrigation solution to treat the smear layer in this study

Products	Manufacturer	Function & Characteristics
NaOCl	KMC Pharmacy, Seoul, Korea	37℃, 3%
MD-Cleanser	META BIOMED Co., Okcheon, Chungbuk, Korea	17% EDTA 30% ammonia solution 1 - 2% acetyl pyridine chloride Distilled water

Table 2. Materials and instruments used in this study

Products	Manufacturer	Function & Characteristics
Endo-EZE®	Ultradent Product Inc., South Jordan, USA	27 gauge, Flexible irrigator tip
K3™	SybronEndo, CA, USA	Rotary Ni-Ti file
K-file	Maillefer, Ballaigues, Swiss	Hand file
Pro-engine power unit	Sae-Yang Machinery co., Daegu, Korea	Micromotor & handpiece
Heating Mantle	Misung Scientific co., Yangju, Korea	Warmer
Temperature Controller	Misung Scientific co., Yangju, Korea	Keeping temperature at a fixed level
AH-26	Dentsply DeTrey, Germany	Sealer
Gutta-Percha cone	Diadent, Korea	Canal obturation material
System B	Analytic technology, USA	Canal obturation unit
Buchanan Plugger	Analytic technology, USA	Plugger
Obtura- II	Texceed Co, USA	Gutta-percha backfilling

으로 결정하였다¹¹⁾.

근관 성형은 crown-down 방식으로 구동성 K3™ Ni-Ti file을 이용하여 MAR size를 40.06 taper가 되도록 형성하였으며 파일을 교환 할 때마다 10번 K-file로 근단공의 patency를 유지하였다.

근관 발수 및 근관장 측정을 포함하여 파일을 바꿀 때마다 3ml의 37℃ 3% NaOCl 용액¹²⁾으로 세정하여 근관성형동안 총량이 18ml가 되게 하였고, irrigator tip (27 gauge)으로는 Endo-EZE® (Ultradent Product Inc., South Jordan, USA)를 사용하였다.

근관 성형 후 다음과 같이 분류하여 최종 세정 하였다 (Table 3).

3) 실험군의 분류 및 근관충전

80개의 실험 치아를 무작위로 각 군당 20개씩 4개군으로 분류하였다 (Table 3).

NaOCl군과 NaOCl-6군은 37℃ 3% NaOCl 용액 5 ml

로 2분간 최종 세정하였고, EDTA군과 EDTA-6군은 17% EDTA 용액 5 ml로 2분 간 최종 세정하였다.

최종 세정한 치아는 세정제의 화학적 효과를 차단시키기 위해¹³⁾ 생리식염수 5ml로 세척하고 paper point로 건조한 후 AH-26 (Dentsply DeTrey, Germany)과 40.06 taper gutta-percha cone으로 200℃ continuous wave 근관 충전법으로 근관충전을 하였으며, 근관 입구는 IRM (The L.D. Caulk, Dentsply, USA)으로 봉쇄하였다.

근관 충전 후 NaOCl군과 EDTA군은 100% 습도 실온에서 2일간 보관후 미세누출을 평가하였으며 NaOCl-6군과 EDTA-6군은 6개월간 생리식염수에 보관한 다음 미세누출을 평가하였다.

4) 색소 침투

치아의 치근단 3 mm를 제외한 나머지 부분은 nail varnish를 2회 도포하고 2% methylene blue 수용액에 84시간 동안 담궈 색소를 침투시켰다.

Table 3. Classification of experimental groups

Group	n	Irrigating solution	Final flush	
NaOCl	20	37℃ 3% NaOCl	37℃ 3% NaOCl (5ml)	2 min
EDTA	20	37℃ 3% NaOCl	17% EDTA (5ml)	2 min
NaOCl-6	20	37℃ 3% NaOCl	37℃ 3% NaOCl (5ml)	2 min
EDTA-6	20	37℃ 3% NaOCl	17% EDTA (5ml)	2 min

5) 치아의 절단 및 절단면의 관찰

#11 blade를 이용하여 치근면의 nail varnish를 제거하고 epoxy resin에 포매한 다음 Low speed microtome (Isomet, Buehler, USA)을 이용하여 해부학적 근접에서 1.5 mm, 3.0 mm, 4.5 mm 떨어진 위치를 각각 level 1, level 2, level 3로 정하고 수평 절단하였다.

수평 절단한 시편의 절단면을 입체현미경 (Olympus, Japan)으로 120배 확대 관찰하고 사진을 촬영한 다음 SigmaScan Pro 5.0 (SPSS Science, Chicago, IL, USA)를 이용하여 염색액이 침투된 근관 측벽 길이의 합과 전체 근관측벽 길이를 측정하여 근관충전의 누출률을 평가하였다.

6) 주사전자현미경 관찰 및 평가

시편을 #2000-grit SiC paper로 표면을 연마하고, 10% phosphoric acid로 10초간 처리한 다음 흐르는 물에 15초간 수세하고 5% sodium hypochlorite에 5분간 담가두었다. 다시 흐르는 물에서 깨끗이 수세한 후 aluminium stub에 mounting 후 gold ion sputter로 gold coating 처리한 뒤 주사전자현미경 (HITACHI S-2300, Tokyo, Japan)으로 근관충전재와 근관상아질 계면을 1000배로 관찰 후 사진 촬영하였다.

7) 통계 분석

누출률은 전체 근관측벽 길이에 대한 염색액이 침투된 근관측벽 길이의 비율로 계산하였으며, 이를 SPSS 12.0 (SPSS Science, Chicago, IL, USA)을 이용하여 Mann-Whitney test를 이용하여 95% 신뢰구간에서 분석하였다.

Ⅲ. 실험 성적

1. 미세누출

실험군의 평균 누출률과 표준편차 (SD)는 Table 4와 같으며 4개 실험군에서 모두 근단공에서 멀어질수록 누출률이 감소하였다 (Figure 1 - 4). 색소 침투를 시행 후 미세

누출을 평가하기 위해 각각의 치아를 level 1, 2, 3에서 치아를 수평절단 시행 후 입체현미경하에서 120배 확대 촬영한 사진은 Figure 5 - 16에 나타나 있다.

최종 세정제를 달리한 NaOCl군과 EDTA군은 Level 1, 2, 3 모두에서 EDTA군의 누출률이 낮게 나타났으나 Level 1에서만 통계학적으로 유의한 차를 보였다 ($p < 0.05$) (Figure 1). NaOCl-6군과 EDTA-6군 역시 Level 1, 2, 3 모두에서 EDTA군의 누출률이 낮게 나타났으나 Level 1에서만 통계학적으로 유의한 차를 보였다 ($p < 0.05$, Figure 2).

NaOCl군과 NaOCl-6군을 비교 시 Level 1, 2, 3 모두에서 6개월 후 누출률이 증가하였으나 Level 1에서만 통계학적으로 유의한 차를 보였다 ($p < 0.05$, Figure 3). EDTA군과 EDTA-6군을 비교 시에는 Level 1, 2, 3 모두에서 6개월 후 누출률이 증가하였으나 통계학적 유의성은 없었다 ($p > 0.05$, Figure 4).

2. 주사전자현미경 관찰

NaOCl군과 EDTA군의 level 1과 level 2에서 주사전자현미경 관찰을 각각 시행한 결과는 Figure 17 - 20과 같다.

NaOCl군의 level 1 (1.5 mm) 부위에서는 도말층이 상아세관을 피개 하고 있는 양상을 보였으며 이로 인해 sealer와 근관충전재가 상아세관내로 침투하지 못하는 양상을 보였으며 근관 충전재와 근관 상아질 사이에 틈새가 관찰되었다 (Figure 17). Level 2 (3.0 mm) 부위에서도 도말층으로 인해 sealer와 근관충전재가 상아세관내로 침투하지 못하는 양상을 보였으나 근관충전재와 근관 상아질간의 적합은 level 1에 비하여 밀접하게 관찰되었다 (Figure 18).

EDTA군의 level 1 부위에서는 도말층이 제거된 양상을 보였으며 이로 인해 sealer가 상아세관내로 침투하였다. 종종 근관충전재와 근관 상아질 사이에 틈새가 관찰되었으며, 전반적으로 sealer가 상아세관내로 침투하였으나 근관충전재가 상아세관내로 침투한 경우는 거의 관찰되지 않았다 (Figure 19). Level 2 부위 역시 도말층이 제거되어 sealer가 상아세관내로 고르게 침투되었으며 근관 충전재와 근

Table 4. Mean leakage ratio at each level

(Mean \pm SD)

Group	Level 1	Level 2	Level 3
NaOCl	0.46 \pm 0.24	0.18 \pm 0.28	0.07 \pm 0.19
EDTA	0.20 \pm 0.26	0.12 \pm 0.25	0.07 \pm 0.18
NaOCl-6	0.69 \pm 0.32	0.38 \pm 0.41	0.29 \pm 0.37
EDTA-6	0.37 \pm 0.39	0.19 \pm 0.29	0.09 \pm 0.14

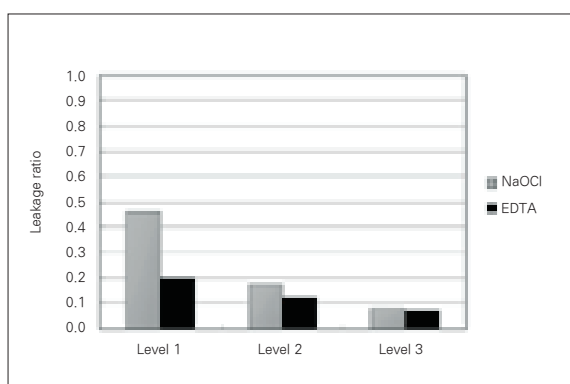


Figure 1. Mean leakage ratio in NaOCl group and EDTA group.

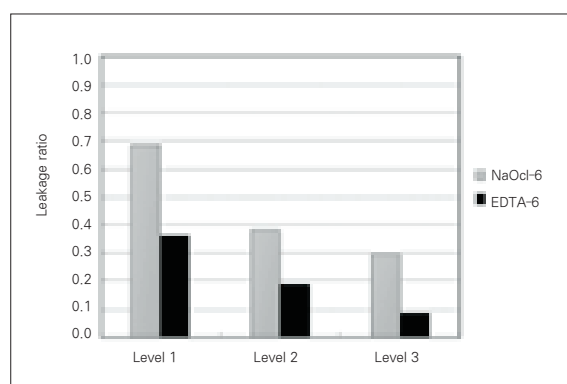


Figure 2. Mean leakage ratio in NaOCl-6 group and EDTA-6 group.

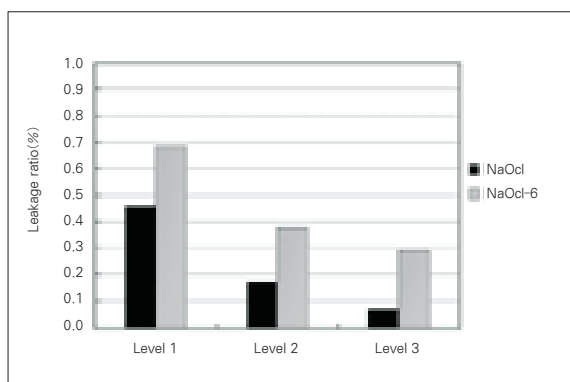


Figure 3. Mean leakage ratio in NaOCl group and NaOCl-6 group.

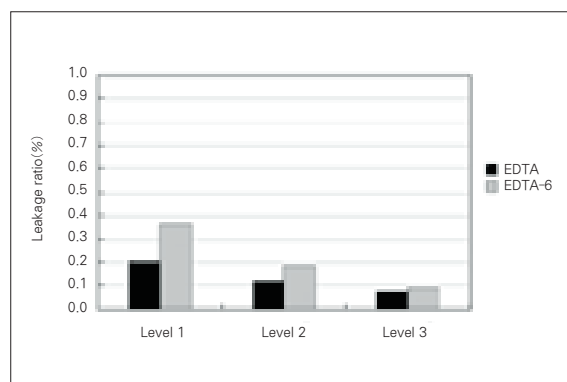


Figure 4. Mean leakage ratio in EDTA group and EDTA-6 group.

관 상아질사이의 적합도 우수하였으나 level 1과 마찬가지로 근관충전재가 상아세관내로 침투한 경우는 거의 관찰되지 않았다 (Figure 20).

NaOCl-6군의 주사현미경 관찰 결과는 NaOCl군의 각 level에서와 마찬가지로 도말층이 상아세관을 피개하고 있었으며 이로 인해 sealer와 근관충전재가 상아세관내로 침투하지 못하는 양상이 관찰되었다. 그러나 level 1 부위에

서는 NaOCl군의 level 1부위에 비해 근관 상아질과 sealer 간에 틈새가 더 많이 관찰되었다 (Figure 21, 22).

EDTA-6군의 level 1에서는 EDTA군에서와 마찬가지로 도말층이 제거된 양상을 보였으며 이로 인해 sealer가 상아세관내로 침투하였다. EDTA 군에 비해서는 적은 양의 침투를 보였다. 종종 근관충전재와 근관 상아질 사이에 틈새가 관찰되었으며 EDTA군의 level 1에서와 유사한 수준이

었다 (Figure 23). Level 2 부위 역시 EDTA군의 경우와 마찬가지로 도말층이 제거되어 sealer가 상아세관내로 침투되었다. EDTA 군과 비교시에는 적은 양의 침투를 보였으나 근관 충전재와 근관 상아질사이의 적합은 우수하였다 (Figure 24).

IV. 총괄 및 고안

근관치료용 삭제 기구로 근관을 성형하게 하면 근관벽의 상아질 표면에 도말층이 형성된다¹⁴⁾. 성공적인 근관치료를 위해서는 근관의 기계적 성형이 필수적이므로 도말층의 형성은 불가피하지만 근관 충전 전에 도말층을 제거해야 하는지는 논란의 대상이 되어 왔다¹⁵⁾. 일부 학자들은 도말층이 상아질의 투과성을 감소시켜 유해한 조직 대사산물이 치주 조직으로 확산되는 것을 방지하고¹⁶⁾, 세균과 내독소의 상아질 침투를 물리적으로 막는 방어벽 역할을 하므로¹⁷⁾ 도말층을 제거하지 않아야 한다고 주장하였다. 그러나 Pashley¹⁸⁾는 생물학적으로 볼 때 도말층의 존재가 미세누출의 통로가 되고, 미생물의 성장과 침투를 위한 배지의 원천이 된다고 하였다. 다른 연구에서는 도말층이 존재한 상태에서 열가소성 gutta-percha와 sealer로 근관충전 한 경우 도말층을 제거 후 근관충전한 경우보다 세균 침투의 빈도가 높게 나타났다¹⁹⁾. 또한 도말층은 상아세관 내에 존재하는 세균에 대한 소독제의 작용을 방해하거나 늦추며²⁾, 도말층이 잔존할 경우 누출이 생긴 근관 충전재 주위에서 분해되고 용해되거나, 산이나 효소와 같은 세균 대사물질에 의해 제거되어 근관충전재와 근관상아질 간의 밀폐를 제한한다면 상아세관이 재감염 될 위험이 항상 존재 한다²⁰⁾. 아직 도말층의 제거 필요성에 관해 논란이 되고 있으나 도말층의 제거 여부에 따른 근관충전 정도 그리고 도말층의 제거 여부가 근관충전의 장기간 예후에 어떠한 영향을 주는지를 평가하기 위해 본 실험을 하였다.

근관 내 미생물을 파괴시키고, 대부분의 치수 조직을 용해시킬 수 있는 NaOCl 용액의 농도는 3~5%이나²¹⁾, NaOCl 용액의 효과를 극대화하기 위해서는 고농도의 용액을 고온에서 사용해야 한다. 5.25% 농도에서 항균 능력이나 조직 용해 능력이 우수한 것으로 알려져 있지만²²⁾ 조직 독성이 강하므로 본 연구에서는 3%의 NaOCl 용액을 사용하였다. 한편 소의 인대에서 추출한 교원질을 이용하여 실온 (21℃)과 체온 (37℃)에서 2.6%와 5.2% NaOCl 용액의 교원질 용해 능력을 비교한 결과 37℃ 2.6% NaOCl 용액과 21℃나 37℃ 5.2% NaOCl 용액 간에 차이가 없었다¹²⁾. 이에 본 연구에서는 NaOCl 용액의 온도는 37℃로 설정하였다.

도말층의 무기질 성분 제거에는 유기산이나 MTAD (a mixture of tetracycline isomer, an acid, and a detergent)도 사용할 수 있으나 산을 사용할 경우 중탄산소다와

같은 중화제를 추가 사용해야 하므로 임상 과정이 복잡하고²³⁾, 중성의 pH에서도 무기질을 탈회시킬 수 있으며²³⁾ 가장 보편적으로 사용되는 17% EDTA 용액을 본 연구에서는 선택하였다.

NaOCl 용액과 EDTA 용액을 병용하여 효과적인 도말층 제거 방법을 찾고자 하는 시도는 이전부터 존재해 왔다. Goldman 등²⁴⁾은 근관 성형 및 세정 과정동안 5.25%의 NaOCl 용액을 사용하고 최종 세정 단계에서 17% EDTA 용액 10 ml로 세정한 뒤 바로 5.25% NaOCl 용액 10 ml로 세정하는 것이 효과적임을 밝혔다. 그러나 최근 Grawehr 등²⁵⁾의 실험에서 EDTA는 NaOCl 용액 존재 하에서도 킬레이트 반응을 일으킬 수 있는 능력이 유지되나 NaOCl 용액은 EDTA의 존재 시 유효 염소 농도가 0.5%에서 0.06%로 현저히 감소되어 조직 용해능력이 감소됨이 밝혀졌다. 이러한 결과로부터 EDTA 용액 사용 후에 NaOCl 용액을 사용하는 것 보다 EDTA 용액 사용 전에 NaOCl 용액을 충분히 사용하는 것이 바람직하다고 판단하여 본 연구에서는 발수 및 근관 성형 과정의 각 단계 마다 3 ml의 NaOCl 용액을 사용하였으며 EDTA 용액으로 최종 세정한 뒤에는 NaOCl 용액을 추가로 사용하지 않았다. 그리고 이 등⁶⁾은 17% EDTA 용액 5 ml를 2분간 적용 시 치근단 1/3 부위의 도말층이 제거 되었다고 보고하여 본 연구에서도 EDTA 군과 EDTA-6군에서는 EDTA 용액을 2분간 사용하였다.

미세누출을 측정하기 위한 실험 중 색소 침투법은 가장 많이 사용되는 방법이다. 색소 침투법은 methylene blue, india ink, procion blue, eosin red, silver nitrate, crystal violet 및 rhodamine B 등의 색소를 치아에 침투시킨 후 수직 절단하여 침투된 색소의 길이를 측정하거나 수평 절단하여 총 근관의 면적에 대한 침투된 색소의 면적비, 혹은 길이비를 측정하는 방법이다.

본 실험에서는 누출물의 편차를 줄이기 위해서 치근단 만곡이 거의 없는 단근관의 치아를 사용하고 구동형 NiTi file로 MAR size를 40번까지 성형하였으며, 근관 충전 전 apical gauging을 통해서 MAR size 40번 이상인 치아는 실험에서 배제하였다.

본 실험에서는 임상적인 상황을 자연스럽게 재현하기 위하여 methylene blue 수용액을 진공을 가하지 않은 상태에서 침투시켰으며, 누출의 평가방법으로는 수평 절단법을 사용하였다. Tamse 등²⁶⁾은 4가지 색소를 이용하여 색소침투 실험을 하여 사용된 색소가 무엇인가보다는 수평 절단법 혹은 투명표본 제작법 등의 누출을 평가하는 방법이 결과에 더 큰 영향을 준다고 보고하였다. 그리고 절단법은 투명표본 제작법에 비하여 세 가지 장점이 있다고 알려져 있다. 첫째 차후의 분석을 위하여 실험 시편을 보존할 수 있으며 둘째 비용이 적게 들며, 셋째 시간이 적게 소모되는 장점이 있다. 그러나 만곡된 치근에서는 정확한 절단이 어렵다는 단

점이 있으며, 수평 절단 시에 치질의 손실을 적게 하고 근단 부로부터의 정확한 거리 측정을 위해서 세심한 주의가 요구되므로 본 실험에서는 치아 절단 시 저속으로 하여 치질의 손실을 줄이고자 노력하였다.

도말층의 존재가 치근단 봉쇄에 영향을 주지 않는다는 의견²⁷⁾도 있으나 도말층을 제거할 경우 치근단 봉쇄가 향상되므로 도말층을 제거해야 한다는 의견⁷⁾도 있다. 또한 도말층을 제거한 군에서 제거하지 않은 군보다 근관충전 후 치관부 미세누출이 적었다고 보고하는 연구도 있다²⁸⁾.

도말층의 존재 여부는 근관벽에 대한 sealer의 적합에 중요한 영향을 미친다. 도말층은 충전물이 상아세관 내로 침투하는 것을 방해하여 도말층을 제거하지 않은 상태에서는 sealer와 충전물이 40-60 μ m까지 상아세관 내로 침투할 수 있다⁸⁾. 이러한 근관충전재의 상아세관 내 침투는 근관충전재와 근관상아질 간의 적합을 우수하게 하여 근관충전재와 근관상아질 간의 접촉면적을 증가시키게 되며 이 과정이 근관충전 후의 근단부 미세누출을 감소시키는데 영향을 미칠 것이라고 볼 수 있다⁸⁾. 만약 미세누출을 막기 위해 상아세관 내로 근관충전재와 sealer가 최대한 침투되어야 한다면, 근관충전 시행 전 도말층을 제거한 뒤 충전을 해야 하며 근관벽의 표면장력은 낮아야 한다.

도말층이 제거되지 않았을 경우 치근단 봉쇄에 대한 연구는 장기간에 걸쳐 평가되어야 한다. 이는 도말층이 균질성이 없고 근관벽에 약하게 붙어있는 구조이기 때문이다¹⁰⁾. 따라서 시간이 지남에 따라 도말층이 천천히 붕괴되어 근관충전재와 근관벽 그리고 sealer 사이에 공간이 생길 수 있기 때문이다.

주사현미경 평가에서 EDTA로 최종 세정을 시행한 경우에는 상아세관내로 sealer 및 근관충전재가 침투한 양상을 보인 반면 NaOCl로 최종 세정을 시행한 경우에 있어서는 상아세관내로 침투 양상을 발견할 수 없었다. 또한 NaOCl 군과 EDTA군의 level 1 부위에서는 근관 충전재와 근관상아질 사이에 틈새가 형성되어 있는 모습을 관찰할 수 있었는데 이러한 점이 level 2, 3에 비해 level 1에서 누출률이 유의성 있게 높게 나타난 원인으로 생각된다.

본 실험의 결과에서 NaOCl 군과 EDTA 군을 비교한 경우 그리고 NaOCl-6 군과 EDTA-6군을 비교한 경우 level 1에서, EDTA 용액으로 최종 세정을 시행하여 도말층을 제거한 EDTA 군과 EDTA-6 군에서 누출률이 유의성 있게 낮게 나타났다. 이는 도말층을 제거할 경우 sealer와 근관충전재가 상아세관 내로의 침투가 가능해져 근관 충전재와 근관 상아질간의 적합이 우수해져 치근단 봉쇄가 좋아진 결과로 볼 수 있다. Level 2, 3에서는 유의성 있는 차이가 나타나지 않았는데 이는 대부분의 치근단 밀폐에 관련된 요인 즉, apical ramification과 측방근관이 치근단 3 mm 부위에 집중되어²⁹⁾ 있기 때문이라고 생각된다.

최종세정을 동일하게 시행 후 6개월간 생리식염수에 보관했던 NaOCl-6군과 EDTA-6군을 각각 NaOCl군과 EDTA군에 비교 시 누출률이 증가하였으며 NaOCl-6군의 level 1 부위의 누출률 증가는 통계학적 유의성을 보였다 ($p < 0.05$). 이는 제거되지 않고 남아있던 도말층이 시간에 따라 붕괴되면서 근관 충전재와 근관 상아질 사이에 틈새가 증가하여 누출이 증가했기 때문으로 사료된다. 만일 좀 더 장기적인 연구를 시행했다면 시간에 따른 더 많은 도말층의 붕괴로 치근단 1/3 부위 외에서도 유의성 있는 차이가 나타날 수도 있을 것이다. 따라서 도말층 붕괴에 의한 근단부 미세누출 평가를 위해 좀 더 장기간의 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 근관 충전 시행 전 도말층 제거 여부에 따른 근관 밀폐효과를 비교 평가하기 위하여 만족이 거의 없으며 근침이 완성된 단근관 치아 80개를 37°C 3% NaOCl 용액 하에서 구동성 Ni-Ti file을 이용하여 MAR size 40번까지 crown-down 법으로 근관 형성 후 최종세정제로 NaOCl을 사용한 군과 EDTA를 사용한 군 그리고 6개월 장기 보관한 NaOCl-6군과 EDTA-6군으로 분류하였다. 모든 치아는 continuous wave 근관충전방법으로 근관 충전을 시행한 후 methylene blue 용액을 이용하여 색소 침투를 시행한 다음 해부학적 근침에서 1.5 mm (Level 1), 3.0 mm (Level 2), 4.5 mm (Level 3) 위치에서 치아를 수평절단 하여 각 부위의 평균 누출률을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 실험군에서 평균 누출률은 치근단부에서 치경부로 갈수록 감소하였다.
2. NaOCl 군의 누출률이 EDTA 군의 누출률 보다 level 1, 2, 3 모두에서 높게 나타났으나 level 1에서만 통계학적 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).
3. NaOCl-6 군의 누출률이 EDTA-6 군의 누출률 보다 Level 1, 2, 3 모두에서 높게 나타났으나 level 1에서만 통계학적 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).
4. NaOCl-6 군의 누출률이 NaOCl 군에 비해 Level 1, 2, 3 모두에서 증가하였으나 level 1에서만 통계학적 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).
5. EDTA-6 군의 누출률이 EDTA 군에 비해 Level 1, 2, 3에서 증가하였으나 통계학적 유의차는 없었다.
6. 주사전자현미경 관찰 결과 NaOCl 군과 NaOCl-6 군은 도말층이 제거되지 않아 상아세관내로 sealer 및 근관충전재가 침투하지 못한 반면, EDTA 군과 EDTA-6 군에서는 도말층이 제거되고 상아세관내로의 sealer와 근관충전재의 침투가 관찰되었다.

이상의 연구결과 근관 충전 시행 전 EDTA를 이용하여 도말층을 제거한 경우 근관충전 즉시와 6개월 후 치근단 1/3 부위의 근단부 미세누출을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume flush with several irrigating solutions. Part 3. *J Endod* 9(4):137-142, 1983.
2. Gutmann JL, Witherspoon DE. Pathways of the pulp. 7th ed., Mosby Inc., St. Louis, Mo. p272, 1998.
3. Ingle JI, Backland LK. Endodontics. 5th ed, BC Decker Inc. Loma Linda, California. p503-505, 2002.
4. Russell AD, Hugo WB, Ayliffe GAJ. Principles and Practice of Disinfection, Preservation, and Sterilization. 3rd ed., Blackwell Science, Malden, MA. p99-100, 1999.
5. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod* 28(1):17-19, 2002.
6. Lee JK, Choi GW. Time-dependent effects of EDTA on removal of smear layer in the root canal system. *J Kor Acad Cons Dent* 2006(In Press).
7. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J* 20(5):228-232, 1987.
8. White RR, Goldman M, Lin P. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod* 10(12):558-562, 1984.
9. 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 Endod* 20(2):78-82, 1994.
10. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: A scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 52(2):197-204, 1981.
11. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of Irrigation with Rotary Instrumentation. *J Endod* 28(12):837-839, 2002.
12. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen- dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral surg Oral Med Oral Pathol* 49(2):175-177, 1980.
13. Berutti E, Marini R. A Scanning Electron Microscopic Evaluation of the Debridement Capability of Sodium Hypochlorite at Different Temperatures. *J Endod* 22(9):467-470, 1996.
14. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod* 13(4):147-157, 1987.
15. Czonstkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA: Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes, *J Endod* 11(2):71-74, 1985.
16. Tucker JW, Mizrahi S, Seltzer S: Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions: Urea, Tublicid Red, and Tubulicid Blue, *J Endod* 2(3):71-78, 1976.
17. Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by strain of proteus vulgaris. *J Endod* 11(9):385-388, 1985.
18. Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl* 3:13-29, 1984.
19. Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings or experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol* 6(4):142-149, 1990.
20. Love RM, Chandler NP, Jenkinson HF. Penetration of smeared or non smeared dentine by Streptococcus gordonii. *Int Endod J* 29(1):2-12, 1996.
21. Ruddle CJ. Pathways of the pulp. 8th ed., Mosby Inc., St. Louis, Mo, p258, 2002.
22. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod* 4(2):60-64, 1978.
23. Patterson SS. *In vivo* and *in vitro* studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral surg Oral Med Oral Pathol* 16:83-103, 1963.
24. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2, *J Endod* 8(11):487-492, 1982.
25. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J* 36(6):411-415, 2003.
26. Tamse A, Katz A and Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *Int Endod J* 31(5):333-337, 1998.
27. Madison S, Krell KV. Comparison of EDTA and sodium hypochlorite on the apical seal of endodontically treated teeth. *J Endod* 10(10):499-503, 1984.
28. Saunders WP, Saunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J* 25(5):145-149, 1992.
29. Syngcuk Kim. Pathways of the pulp. 8th ed., Mosby Inc., St. Louis, Mo, p707-708, 2002.

LEGENDS OF FIGURES

- Figure 5. Photograph of the NaOCl group Level 1 ($\times 120$).
- Figure 6. Photograph of the NaOCl group Level 2 ($\times 120$).
- Figure 7. Photograph of the NaOCl group Level 3 ($\times 120$).
- Figure 8. Photograph of the EDTA group Level 1 ($\times 120$).
- Figure 9. Photograph of the EDTA group Level 2 ($\times 120$).
- Figure 10. Photograph of the EDTA group Level 3 ($\times 120$).
- Figure 11. Photograph of the NaOCl-6 group Level 1 ($\times 120$).
- Figure 12. Photograph of the NaOCl-6 group Level 2 ($\times 120$).
- Figure 13. Photograph of the NaOCl-6 group Level 3 ($\times 120$).
- Figure 14. Photograph of the EDTA-6 group Level 1 ($\times 120$).
- Figure 15. Photograph of the EDTA-6 group Level 2 ($\times 120$).
- Figure 16. Photograph of the EDTA-6 group Level 3 ($\times 120$).
- Figure 17. Photograph of the NaOCl group Level 1 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the gaps between gutta-percha and the surface of root canals. Surface generally covered with smear layer. Gaps were occurring between the smear layer and the gutta-percha.
- Figure 18. Photograph of the NaOCl group Level 2 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the gap-free region between gutta-percha and the surface of root canals. Surface generally covered with smear layer.
- Figure 19. Photograph of the EDTA group Level 1 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the penetration of sealers to opened dentinal tubules. Gap-free region was showing between the sealer and the dentinal tubules. Numerous sealer tags could be seen within the inter-tubular dentin. But, voids were occurring between the sealer and the gutta-percha.
- Figure 20. Photograph of the EDTA group Level 2 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the penetration of sealers to opened dentinal tubules. Gap-free region was showing between the sealer and the dentinal tubules. Numerous sealer tags could be seen within the inter-tubular dentin.
- Figure 21. Photograph of the NaOCl-6 group Level 1 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the gap-free region between gutta-percha and the surface of root canals. Surface generally covered with smear layer.
- Figure 22. Photograph of the NaOCl-6 group Level 2 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the gap-free region between gutta-percha and the surface of root canals. Surface generally covered with smear layer.
- Figure 23. Photograph of the EDTA-6 group Level 1 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the penetration of sealers to opened dentinal tubules. A few sealer tags could be seen within the intertubular dentin.
- Figure 24. Photograph of the EDTA-6 group Level 2 ($\times 1000$); Scanning electron micrographs of tooth sections showing the penetration of sealers to opened dentinal tubules. A few sealer tags could be seen within the intertubular dentin.

사진부도 ①

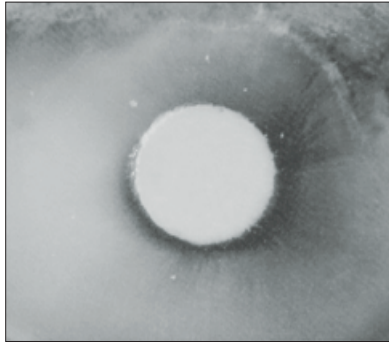


Figure 5

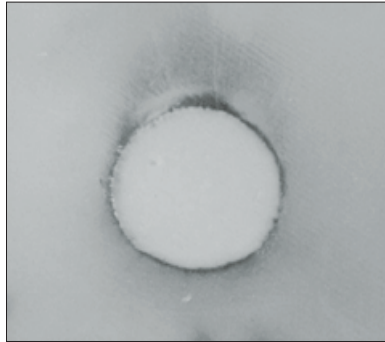


Figure 6



Figure 7

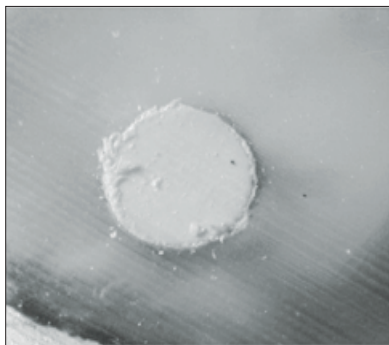


Figure 8

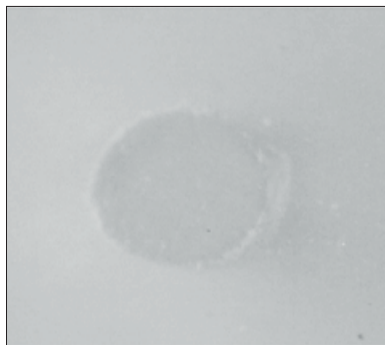


Figure 9

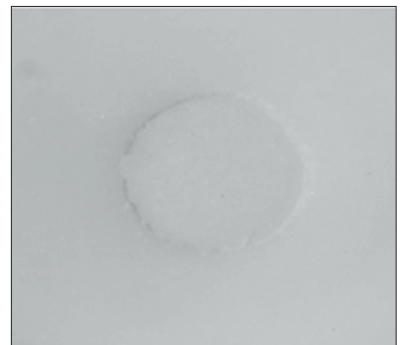


Figure 10

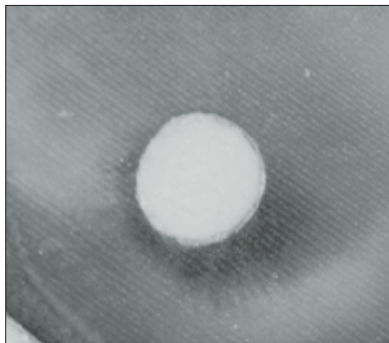


Figure 11

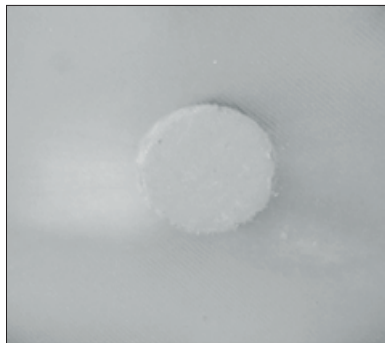


Figure 12

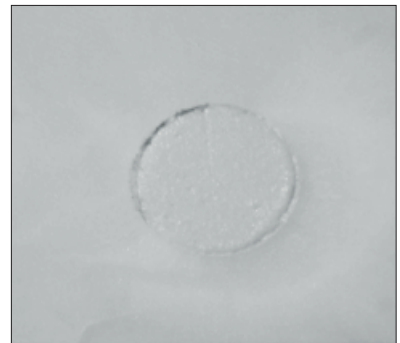


Figure 13

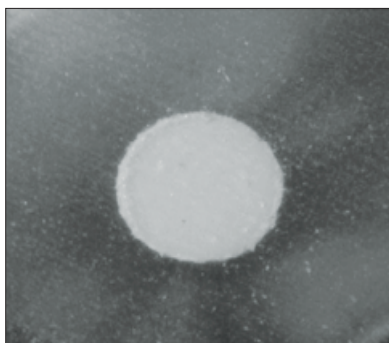


Figure 14

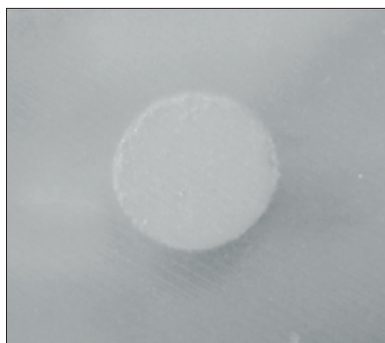


Figure 15



Figure 16

사진부도 ②

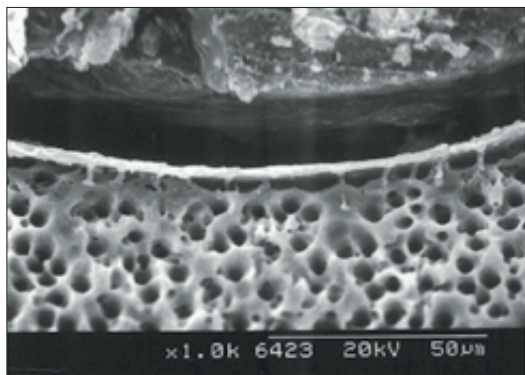


Figure 17

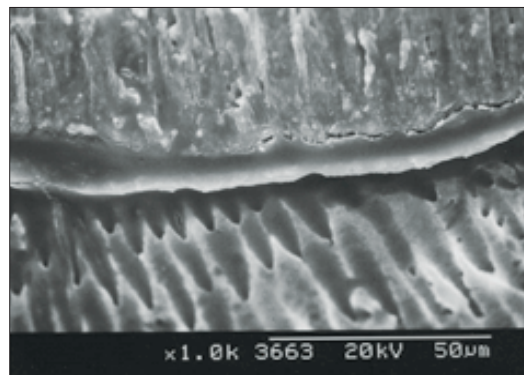


Figure 18

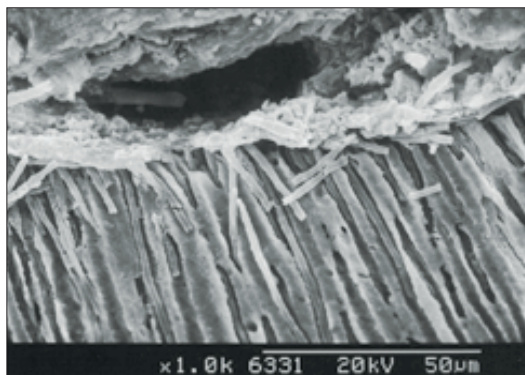


Figure 19

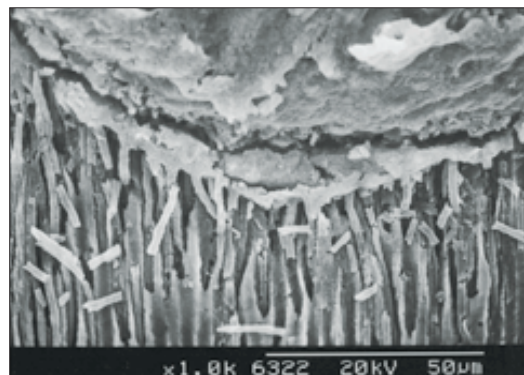


Figure 20

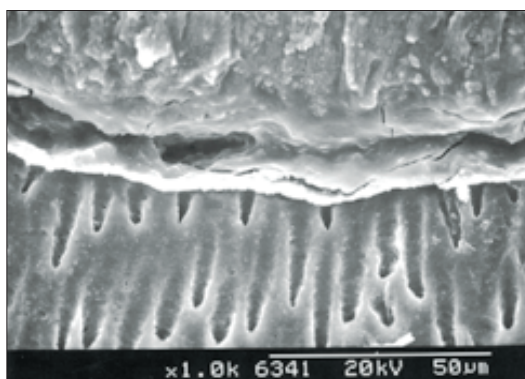


Figure 21

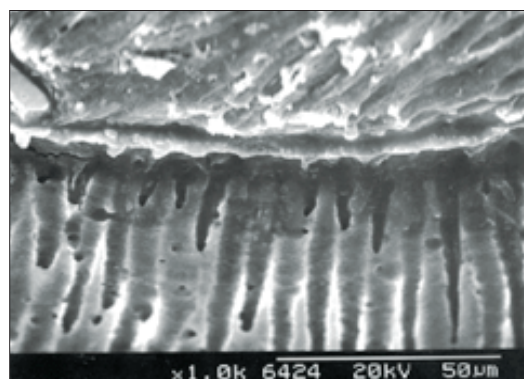


Figure 22

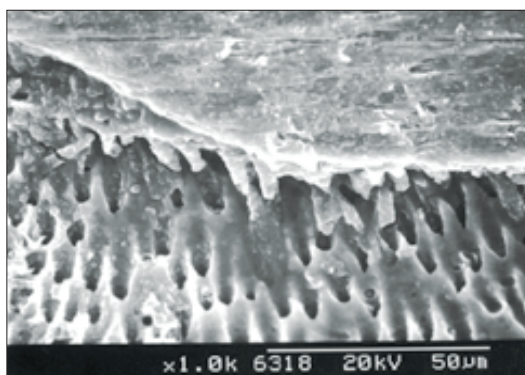


Figure 23

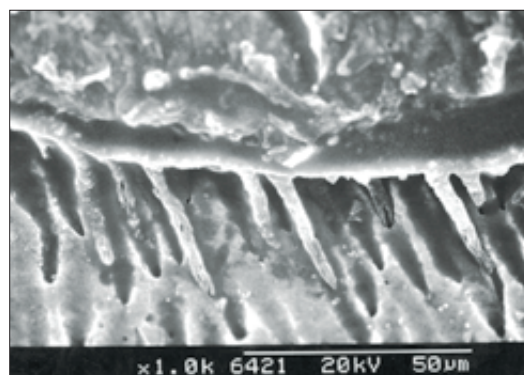


Figure 24

국문초록

Smear layer 처리에 따른 미세누출에 대한 연구

이정민 · 박상혁 · 최기운*

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

본 연구는 도말층 제거 여부에 따른 근관 밀폐효과를 평가하기 위해 단근관 치아를 3% NaOCl 하에서 Ni-Ti file을 이용하여 crown-down 법으로 근관 형성 후 최종세정제로 NaOCl을 사용한 군과 EDTA를 사용한 군, 6개월 보관한 NaOCl-6군과 EDTA-6군으로 분류하였다. Continuous wave법으로 근관 충전 시행 후 색소 침투를 시행한 다음 해부학적 근침에서 1.5 mm (Level 1), 3.0 mm (Level 2), 4.5 mm (Level 3)에서 수평절단 하여 누출률을 측정하였다.

1. 모든 실험군에서 평균 누출률은 치근단부에서 치경부로 갈수록 감소하였다.
2. NaOCl 군의 누출률이 EDTA 군보다 level 1, 2, 3에서 높게 나타났으나 level 1에서만 통계학적 유의차를 보였다 ($p < 0.05$).
3. NaOCl-6 군의 누출률이 EDTA-6 군보다 Level 1, 2, 3에서 높게 나타났으나 level 1에서만 통계학적 유의차를 보였다 ($p < 0.05$).
4. NaOCl-6 군의 누출률이 NaOCl 군에 비해 Level 1, 2, 3에서 증가하였으나 level 1에서만 통계학적 유의차를 보였다 ($p < 0.05$).
5. EDTA-6 군의 누출률이 EDTA 군에 비해 Level 1, 2, 3에서 증가하였으나 통계학적 유의차는 없었다.
6. 주사전자현미경 관찰 결과 NaOCl 군과 NaOCl-6 군은 도말층이 제거되지 않아 상아세관내로 sealer 및 근관충전재가 침투하지 못한 반면, EDTA 군과 EDTA-6 군에서는 도말층이 제거되고 상아세관내로의 sealer와 근관충전재의 침투가 관찰되었다.

이상의 연구결과 EDTA를 이용하여 도말층을 제거한 경우 근관충전 즉시와 6개월 후 치근단 1/3 부위의 근단부 미세누출을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

주요어: NaOCl, EDTA, 도말층, 평균 누출율, 상아세관