

혐기성세균모델을 이용한 봉합제(Sealer)의 미세누출에 관한 연구

배용규 · 오태석* · 윤수한

서울대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실
성균관대학교 의과대학 삼성의료원 치과진료부 보존과*

ABSTRACT

LEAKAGE EVALUATION OF SEVERAL SEALERS USING ANAEROBIC BACTERIAL LEAKAGE MODEL

Yong-Kue Bae, Tae-Suk Oh*, Soo-Han Yoon

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University
Sungkyunkwan University School of Medicine, Department of Conservative Dentistry
The Institute of Oral Health Science, Samsung Medical Center**

The purpose of this in vitro study was to evaluate the sealing ability of three sealers(Sealapex, Pulp canal sealer, AH26) used with continuous wave method using an anaerobic bacterial leakage model.

53 extracted human teeth with straight and single canals were prepared with crown-down pressureless technique using .04, .06 taper Profile(Maillefer, Swiss). Master apical file was maintained as #35 K-file. All canals of the experimental teeth were obturated with continuous wave method using System B(Analytic technology, U.S.A.). The teeth were randomly divided into three experimental groups of 15 and two control groups of 4.

Experimental group 1 was obturated with Sealapex and group 2 with Pulp canal sealer, and group 3 with AH26. A dual chamber anaerobic bacterial leakage model was assembled. Brain heart infusion with yeast extract, hemin, menadion, and the chromogenic indicator bromocresol purple was used as the culture broth for *Fusobacterium nucleatum*(VPI 10197). The specimens were incubated in anaerobic chamber at 37°C and were observed every 2 to 3 days.

The coronal leakage was evaluated through the color change of culture broth in lower chamber for 60 days.

The results were as follows:

1. The incidence of bacterial leakage in group 1 (Sealapex group) was 80%, 53% in group 2 (Pulp canal sealer), 27% in group 3 (AH26).
2. There were statistically significant differences in leakage scores between group 1 and group 2, and between group 1 and group 3, respectively. (P<0.05)
3. There was no significantly difference in leakage score between group 2 and group 3. (P>0.05)

Key Words : Sealer, Anaerobic bacterial leakage model, Continuous wave method, F.nucleatum

I. 서 론

여러 요소들이 근관치료 실패의 원인이 되는 것으로 밝혀

져 왔으며, 불완전한 근관폐쇄, 치관부 및 근단부 미세누출, 과잉충전, 과잉기구조작 및 시술상의 과오 등이 이에 해당된다¹⁾. 그 중에서도 근단부 및 치관부 미세누출이 가장 일반

적인 근관치료 실패의 원인으로 간주된다.

치관부 미세누출은 성공적인 근관치료에 있어서 중요한 역할을 하며, 근관치료중의 치관부밀봉은 타액 속의 미생물 및 구강내 이물에 의한 오염으로부터 근관계를 보호한다. 부적절한 치관부 밀봉은 오염원의 근관내 충전물로의 접근을 용이하게 하며, 수복재료가 분해되거나 치질의 파절이 수복재료와 함께 일어난다면, 충전재가 노출되고 근관의 밀봉 또한 파괴된다²⁾. 치관부 밀봉의 파괴에 따른 미세누출은 결국 근단부 미세누출을 야기시키게 되며 근관치료실패에 이르게 된다. 근관치료에 있어서 봉합제는 gutta-percha cone(G-P cone)과 근관벽 사이의 기포나 작은 틈새를 메우게 되며, 근관의 밀봉효과를 증진시키는 역할을 한다. 또한 봉합제는 부근관을 밀봉시켜 근관내나 상아세관내에 잔존하는 미생물을 배제시키며, G-P cone의 충전이 용이하도록 윤택한 역할을 한다. 특히, 도말층이 제거된 근관에서는 노출된 상아세관으로 봉합제의 유입이 쉽게 일어나며, 상아질에 대한 봉합제의 높은 접착력을 보여준다³⁾. 대부분의 봉합제는 혼합시 독성을 나타내지만 경화시에는 독성이 현저히 감소하게 되며, 조직이나 조직액에 노출 시 대부분이 흡수되는 성질이 있다. 봉합제의 분해산물은 치근단 조직의 세포증식에 위해한 영향을 미칠 수 있기 때문에 근관충전의 한 방법으로 봉합제를 사용하는 것은 바람직하지 않다고 한다²⁾. 봉합제는 주성분에 따라 여러종류로 나눌 수 있으며, 주된 성분으로서 수산화칼슘, Zinc Oxide Eugenol, 레진, 글라스아이오노머, 실리콘 등이 있고, 주로 이러한 성분들이 혼합되어 사용된다. 특히, 수산화 칼슘이 첨가된 봉합제는 높은 pH에 따른 경조직 유도 및 치료효과를 위해 흔히 사용되지만, 높은 용해도⁴⁾와 시간에 따른 pH의 감소 등⁵⁾의 단점이 있다.

여러 연구에 따르면 레진이 주성분인 AH26(Dentsply, U.S.A.)은 다른 종류의 봉합제에 비해서 탁월한 근단부 밀봉능을 갖는다고 보고되고 있으며⁶⁻⁸⁾, ZOE가 주성분으로 되어 있는 봉합제는 항세균작용이 왕성하며⁹⁾, 수산화칼슘제재의 봉합제는 석회화 유도 및 근단부 치유능이 뛰어나다고 보고되고 있다¹⁰⁾.

봉합제와 상아질사이, 봉합제와 G-P cone사이, 혹은 봉합제 자체내에서 미세누출이 일어날 수 있는 데, 충전이 잘된 근관에서는 주로 봉합제의 분해로 인해 미세누출이 일어난다. 그 결과, 근단부 밀봉이 파괴되어 미생물이나 미생물독소의 근단부조직으로의 확산통로를 제공하게 되는 것이다. 이러한 자극원은 근단부 조직으로 침투하여 치근단 병변을 야기하거나 악화시키게 되며, 근관치료실패의 원인이 된다^{3,4)}. 그러므로 치관부 미세누출을 근관치료 실패의 중요한 원인으로 간주할 수 있다.

근관내 충전물의 길이 역시 치관부 밀봉정도에 영향을 미칠 수 있다. 즉 근관내 충전길이가 짧을 때 미세누출이 좀더 쉽게 일어날 수 있다. Post를 위한 공간을 마련한 후에 근

관내 G-P cone의 치관부 쪽에 남아있는 공간은 타액이나 세균의 저장고가 될 수 있다¹¹⁾. Post의 유지를 위해서는 긴 post공간을 필요로 하며 이 경우에도 4~5mm 정도의 gutta-percha가 남아있어야 한다¹²⁾. 본 실험에서는 근관내 충전물의 길이를 post공간과 유사한 정도로 7mm로 유지하였다.

만약 대부분의 근관치료가 미세정, 미충전된 근관에 잔존하는 항원에 의한 것이라면, 근관충전재료는 근관계로부터 치근단부위로의 항원의 침입을 막을 수 있어야 한다.

근관충전재료에 의한 근관밀폐능을 평가하기 위한 여러 가지 방법들이 소개되었다¹³⁾. 그 중에서도 방사선 동위 원소를 이용한 방법¹³⁾과 색소 침투를 이용한 방법⁶⁾이 가장 일반적으로 사용되어 왔다. Torabinejad¹⁴⁾는 충전된 근관의 밀폐능을 알아보기위해 Rhodamine B 형광색소와 공초점 레이저 주사현미경을 사용하였으며, Moorer¹⁵⁾는 유체이동(fluid transport)의 정도를 측정하여 근관충전재료의 미세누출 정도를 평가하였다. Kersten¹⁶⁾은 미생물의 대사산물인 butyric acid와 valenic acid 또는 endotoxin을 미세누출 실험의 추적자로 사용하였다. 방사선 동위원소를 이용한 방법은 미세누출을 측정하는 데 있어서 매우 주관적이며, 양적인 평가에 불과하다. 동위원소의 종류, 광원과 감광유체사이의 거리, 필름의 노출정도가 미세누출평가에 영향을 미칠 수 있다¹⁴⁾. 색소를 이용한 방법 역시 여러 단점을 가지고 있다. 첫째, 방사선 추적자처럼 색소의 크기가 미생물보다 작다. 둘째, 색소를 이용한 미세누출평가는 일차원적으로만 평가되며, 삼차원적인 평가는 곤란하다. 셋째, 색소침투를 이용한 방법은 근관계와 근단부조직사이의 실제관계를 반영하지 못하는 정적인 방법에 불과하다¹⁷⁾. 이와같은 방사선 동위원소와 색소침투를 이용한 방법 대신에 미생물을 이용한 미세누출평가 방법이 최근 각광받게 되었다. 미생물이나 그 대사산물의 미세누출이 치근단 병소의 주원인이라 할 수 있으므로 근관치료분야에서의 미세누출 실험에서는 색소침투나 방사선동위원소를 이용한 방법보다 미생물을 이용한 미세누출 실험이 임상에 훨씬 근접한 방법이라 할 수 있다. Khayat 등¹⁸⁾은 두가지 방법(측방가압법, 수직가압법)에 의해서 충전된 근관에서 타액속의 미생물이 전체 근관을 오염시키는 데 소요되는 시간을 측정하였으며, Torabinejad¹⁹⁾는 미세누출 실험에서 2종류의 미생물(*Staphylococcus epidermidis*, *Proteus vulgaris*)을 추적자로 사용하였다. 이외에도 많은 호기성 및 통기성 세균들이 미세누출의 평가를 위해 사용되었다. Chailertvanitkul²⁰⁾은 치관부 미세누출 실험에서 혐기성 세균인 *Fusobacterium nucleatum*을 추적자로 사용하여 혐기성 세균의 존재와 통증, 부종, 누공, 악취 등의 발현은 양의 관계가 있다고 보고하였다. 특히 감염근관내에서 주로 발견되는 혐기성세균을 추적자로 이용하면 보다 더 임상에 가까운 조건을 제공하므로, 본 실험도 최근 많이 사용되는 연속과충전(Continuous

wave of condensation)방법²¹⁾과 함께 사용된 여러 가지 봉합제 즉, Sealapex(Kerr, U.S.A), Pulp canal sealer(Kerr, U.S.A), AH26(Dentsply, U.S.A)의 근관폐쇄능을 알아보기 위해 혐기성 세균을 추적자로 사용한 혐기성세균모델을 이용하여 미세누출 실험을 하였기에 이를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

정상적인 근관형태를 가진 53개의 단근치를 사용하였다. 무작위로 각각 15개씩 3군으로 나누었으며, 나머지 8개의

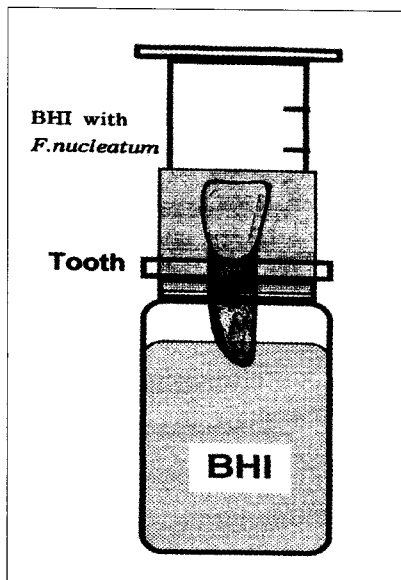


Fig. 1. Diagram of apparatus.

치아는 대조군으로 사용하였고, 모든 치아를 생리식염수에 보관하였다.

2. 실험방법

1) 근관성형 및 근관충진

초기 방사선 사진 촬영하고나서 치수강 개방을 한후 #2, #3, #4, Gates Glidden drill을 사용하여 근관의 입구를 넓혔다. 일정한 직경의 근단공을 확보하기위해 Master Apical File를 #35 Profile(Dentsply, Maillefer, Swiss)로 유지하였으며, 근관내잔사 제거를 위해 매 file 사용 시마다 3.5%의 차아염소산나트륨을 동시에 사용하였다. 작업장은 해부학적 치근단공보다 0.5mm 짧게 #10 K-file을 사용하여 결정하였으며, 매 file 사용 시마다 #15 K-file을 사용하여 근단공의 개방을 확인하였다. 모든 근관을 .04, .06 taper Profile(Dentsply, Maillefer, Swiss)을 사용하여 crown-down pressureless법에서 수정한 방법으로 근관성형을 하였다. 즉, .04 taper Profile을 사용하여 crown-down pressureless법으로 근관성형후 마지막으로 .06 taper Profile를 근관장보다 약간 짧은 위치에서 사용하여 마무리 하였다. 근관충진시에 사용된 봉합제에 따라 다음과 같이 실험군을 분류하였다.

1군: Sealapex(Kerr, U.S.A.)를 봉합제로 사용하였으며, system B(Alytic Technology, U.S.A.)를 이용하여 다음과 같은 연속과 충전법을 이용하여 근관충진하였다.

Tugback이 확인되는 master cone(Medium, Diadent, Korea)에 봉합제를 묻혀 근관내에 삽입후, 네 가지 Buchanan plugger(fine, fine-medium, medium, medium-large)중에서, 근단공에서 4~6mm 떨어진 곳까지 도달하는 plugger를 선택한 후, 200°C로 조절된 systemB의 스위치를 눌러 근관내에 plugger를 적용시키면서 근관벽에

Table 1. Used root canal sealers in this study

Name	Manufacturer	Form	Major constituent	Time		Specific Indication: Usage concerns
				Work	Set	
Sealapex (Group 1)	Kerr Sybron, USA	P/P	Calcium hydroxide	L	L	Osteogenic; Possible dissolution; expands on setting
Pulp canal sealer (Group 2)	Kerr Sybron, USA	P/L	ZOE	S/M	M/S	Silver containing, radiopaque, all technigques
AH26 (Group 3)	Dentsply, USA/ Maillefer, Switzerland	P/L	Resin	L	L	Allergic/mutagenic potential; adhesive; silver containing

L: long, M: moderate, S: short, ZOE: zinc oxide-eugenol, P/P: paste/paste, P/L: powder/liquid.

밀착되기 직전 3~4mm까지 진행시킨 후, 스위치를 놓고 plugger를 누른 상태에서 5~10초간 유지하였다. 이후 250°C로 온도를 조절하고 1~2초 동안 열을 가한후 plugger를 근관내에서 제거하고 충전되지 않고 남은 치관부 부분은 Obtura II(Obtura co., U.S.A.)를 이용하여 충전하였다.

2군: Pulp canal sealer(Kerr, U.S.A.)를 사용하였으며, 연속과충전법을 이용하였다.

3군: AH26(Dentsply, U.S.A.)를 사용하였으며, 연속과충전법을 이용하였다.

양성대조군: 근관충전하지않고 완전 개방시킴.

음성대조군: 근관충전하지않고 nail varnish를 이용하여 근단공까지 폐쇄시킴.

표준화를 위해 근관내의 충전물(gutta-percha)의 길이를 7mm로 유지하였으며, 봉합제의 경화를 위해서 모든 표본들을 실온에서 48시간 보관하였다. 본 실험에 사용된 봉합제는 Table 1과 같다.

2) 혐기성 세균을 이용한 미세누출 측정모델 제작

Fig. 1과 같이 혐기성세균을 이용한 미세누출 측정모델을 5mm irrigation syringe(Boin Medica, Korea)와 20mm scintillation vial을 사용하여 제작하였다. scintillation vial의 마개에 구멍을 뚫은 다음 syringe를 삽입하여 cyanoacrylate cement로 고정하였다. 치아는 syringe의 tip부위에 cyanoacrylate cement와 sticky wax로 고정시킨 다음, 연결부위에 nail varnish를 두 번 도포한다. 치아

의 치근단공을 제외한 부위에 nail varnish를 두 번 도포한 후, 실험모델을 E.O. gas로 소독하였다.

배양액으로는 Brain Heart Infusion Broth with Yeast extract(5g/L), Hemin(5mg/L) and Menadione (10mg/L)의 배양액(BBL/VWR, Seattle, WA, U.S.A.)을 사용하였고, pH 변화에 따른 색변화를 관찰하기 위해 Bromocresol purple(Sigma, U.S.A.) 20mg/L을 첨가하였다(bpBHI). Vial을 혐기성 세균 배양기에 위치시킨 다음, 2일 동안 산소를 제거하여 혐기성상태가 되게 하였다. 상실(upper chamber)에는 혐기성 세균인 *Fusobacterium nucleatum*(VPI 10197)이 배양된 100µg의 배양액과 멸균된 배양액 3ml를 주입하고 15일마다 3ml의 새 배양액을 보충하였다. 하실(lower chamber)인 20ml scintillation vial에는 Bromocresol purple이 포함된 5ml의 배양액을 넣었다. 실험기간 60일 내내 표본들을 혐기성 세균배양기에서 37°C로 배양하였으며, 미세누출로 인한 세균이나 세균의 대사산물이 하실의 배양액에 도달되어 생기게되는 배양액의 색변화(보라색에서 노란색)및 혼탁되는 시간을 기록한 다음, 그람 염색을 통해 *F. nucleatum*의 존재를 확인하였다²²⁾. 미세누출에 대한 평가기준은 Table 2와 같으며, 각 실험군의 통계처리는 Kruskal-Wallis One Way분석법을 이용하였다.

III. 결 과

양성대조군에서는 하루만에 하실의 색변화를 보였으며, 음성대조군은 실험기간동안 하실의 색변화를 보이지 않았다. 각군에 대한 실험성적은 Table 3, 4 및 Fig. 2에 나타나 있다. 60일 후에 Sealapex군은 80%, Pulp canal sealer군은 53%, AH26군은 27%의 미세누출을 보였다. Kruskal-Wallis One way analysis로 검정한 결과, Sealapex군과 Pulp canal sealer군 사이 및 Sealapex군과 AH26군 사이에서는 통계적으로 유의할 만한 미세누출 차이가 있었으며(P<0.05), Pulp canal sealer군과 AH26군 사이에서는 통계학적으로 유의할 만한 미세누출차이가 없었다(P>0.05).

Table 2. Criteria for leakage scores

Degree of Leakage	Time for Leakage to Occur
0	No leakage at 60 days
1	46~60 days
2	31~45 days
3	16~30 days
4	1~15 days

Table 3. Leakage scores for experimental groups

Group	Number of specimens	Leakage score					Percentage of specimens showing leakage after 60days(%)
		0	1	2	3	4	
1군(Sealapex)	15	3	4	5	2	1	80
2군(Pulp canal sealer)	15	7	1	3	3	1	53 *
3군(AH26)	15	11	0	2	2	0	27 **

* Pulp canal sealer group is significantly different from Sealapex group (P<0.05).

** AH26 group is significantly different from Sealapex group (P<0.05).

Table 4. No. of experimental teeth exhibiting bacterial leakage over time

Time/No. of Teeth exhibiting leakage	Sealapex	Pulp canal sealer	AH26
15 days	1	1	0
30 days	3	4	2
45 days	8	7	4
60 days	12	8	4

IV. 총괄 및 고안

근관치료의 목적은 근단치주염(apical periodontitis)을 예방하거나 치료를 하는 것이라 할 수 있으며, 이는 근관계의 세정 및 성형과 함께 장기적인 미세누출을 막기 위한 3차원적인 근관충전에 의해 이루어진다. 근관충전을 위해서는 봉합제와 함께 사용되는 G-P cone이 가장 많이 추천되며, G-P cone이 성형된 근관의 대부분을 차지하고, 봉합제가 G-P cone과 근관벽 사이를 메우게 된다. 근관계를 통한 미세누출은 4가지의 통로를 통해 이루어진다. 첫째, 근관충전 재료와 근관벽 사이에서의 미세누출이 근단공을 통해서 일어날 수 있다. 둘째, 근관충전재료 자체의 미세누출이 근단공을 통해 일어날 수 있다. 셋째, 노출된 백악질이나 부근관을 통해서 일어날 수 있다. 넷째, 치관부 와동으로부터 미세누출이 일어날 수 있다.

근관충전물을 통한 구강내 미생물의 치근단 누출은 근관 치료에 있어서 실패의 중요한 원인이라 할 수 있으며, 특히 G-P cone과 함께 주로 사용되는 봉합제가 미세누출에 중요한 역할을 한다. 봉합제의 두께, 충전물내의 기포의 존재, 봉합제의 용해도, 상아질과 충전물사이의 열팽창계수의 차이 등이 치관부 미세누출에 영향을 미치는 요소들이라 할 수 있으며²³⁾, 임상적으로 볼 때, 세균이나 세균산물의 미세누출은 주로 봉합제와 도말층의 용해나 분해에 의해 일어난다²³⁾. 근관충전에는 다양한 종류의 봉합제가 사용되며, 대부분이 수산화칼슘, ZOE, 레진등을 주성분으로 하고 있다. 본 실험에서도 3가지 종류의 봉합제 즉, 수산화칼슘이 주성분인 Sealapex(Kerr Sybron, U.S.A.), ZOE가 주성분인 Pulp canal sealer(Kerr Sybron, U.S.A.), 레진이 주성분인 AH26(Dentsply, U.S.A./Maillefer, Switzerland)를 사용하였다. 수산화칼슘은 치근단부의 치유촉진, 미성숙치근의 치근단 형성유도, 외상에 따른 실효치의 치근단 형성, 내흡수-외흡수 등의 치료에 효과적이며, 살균작용을 갖고있다. 수산화칼슘이 주성분인 Sealapex는 수산화칼슘 외에도 barium sulfate, zinc oxide, zinc stearate, titanium dioxide, kerr resins, methylmethacrylate 등을 함유하고 있으며, 수산화칼슘에 의한 근단부 치료효과를 위해 주

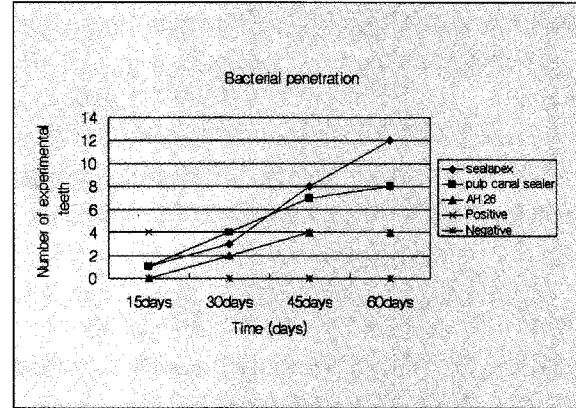


Fig. 2. Comparison of time periods at which bacteria were detected in the lower chamber.

로 사용된다²⁴⁾. 수산화칼슘을 포함하는 봉합제는 주변조직의 산도를 감소시키고 높은 유동성을 가지는 성질로 인해 ZOE를 주성분으로 하는 다른 봉합제들에 비해 만족스러운 생리화학적 성질을 갖는다⁴⁵⁾. 이와같은 Sealapex의 주성분인 수산화칼슘에 의한 치료효과외에 근단부 밀봉에 직접 영향을 주는 Sealapex의 용해성질에 대해서도 연구가 있었다. Caicedo 등²⁵⁾은 Sealapex가 경화 시 팽창하게되고 이는 수분흡수 때문이며, 이로 인해 Sealapex의 용해도가 증가한다고 보고하였다. Tronstad⁴⁾는 Sealapex가 개의 하악골에 식립되었을 때, 시간이 지남에 따라 용해되어 소실된다고 보고하였으며, Tagger²⁶⁾는 경화된 Sealapex가 증류수에서 75분 후에 용해되었다고 보고하였다. 그러나 Sleder 등은 32주간의 장기간에 걸친 누출 실험결과, Sealapex가 ZOE가 주성분인 봉합제(Tubli-seal)에 필적할 만한 우수한 근단부 밀봉능을 가지며, 근단공의 생리적인 석회화를 자극하는 수산화칼슘의 생화학적 효과를 충분히 기대할 수 있다고 보고하였다²⁷⁾. 본 실험에서는 Sealapex가 AH26 이나 Pulp canal sealer만큼의 밀봉능을 보여주지 못했으며, 이 차이는 유의성이 있었다. 이는 Sealapex의 높은 용해도 때문인 것으로 간주 할 수 있으며, 이로 인해 근단부 밀봉이 쉽게 파괴되어 미세누출이 일어났다고 할 수 있다. 봉합제의 표면이 만약 조직액에 노출되지 않는다면 봉합제의 용해도는 무시할 수 있으며, 효과적인 밀봉능을 기대할 수 있다. 본 실험에서는 하나의 G-P cone을 이용한 연속과 충전방법을 사용하였기 때문에 상대적으로 배양액에 노출되는 봉합제의 표면적이 많고, 이로 인해 Sealapex의 용해가 쉽게 일어난 것으로 사료된다. 본 실험의 결과로 본다면, 근관충전 전의 수산화칼슘의 기능(치유와 석회화)에 대한 기대만으로 근관충전후의 이 재료에 대한 장기적인 효과를 낙관하기는 어려우며, 수산화칼슘의 치료효과를 필요로 하는 경우에서만 이 재료를 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 미세누출의 또다른 원인으로 봉

합제의 수축을 고려해볼 수 있다. Grossman²⁸⁾은 시간에 따른 수축정도가 Pulp canal sealer의 경우 다른 재료 (Roth801, AH26)에 비해 적다고 보고하였다. Zinc oxide 와 eugenol을 혼합한 봉합제는 다소의 수축성향을 보이므로 근관충전 시에는 G-P cone과 같은 Semi-Solid을 많이 사용하고 봉합제의 사용을 줄이는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 또한 경화시간과 봉합제의 수축사이에는 상관관계가 있으며, 빨리 경화하는 봉합제가 초기수축이 많이 일어나는 경향이 있다. Schilder²⁹⁾는 가열된 gutta-percha cone이 신체온도인 37°C까지 떨어질 때 G-P cone의 초기 수축이 일어난다고 하였으며, 본 실험에서 사용된 G-P cone도 가열되었기 때문에 초기 수축이 일어났다고 할 수 있으며, 이후 sealer(Pulp canal sealer, AH)의 수축과 함께 미세누출의 원인이 되었을 것으로 추측할 수 있다.

봉합제의 수축만 고려하면, 여러 가지 근관충전 방법 중에서, warm-gutta-percha충전법이 가장 추천할 만한 방법이라 할 수 있다. 본 실험에 사용된 에폭시 레진이 주성분인 AH-26은 유의성있게 높은 근단부 밀봉능을 보여주었다. 성분으로는 Epoxy resin, bismuth oxide, titanium dioxide, silver powder 등을 함유하고 있으며, 다른 봉합제에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 즉, 재료의 혼합이 쉬우며, 유동성이 뛰어나고, 충분한 작업시간을 가지며, 뛰어난 방사선 불투과성과 접착능, 생체적합성 및 낮은 용해능 등의 성질을 가지고 있고, 습한 상태의 상아질에도 접착하는 성질이 있다³⁰⁾. 특히 AH26의 높은 접착능은 본 실험에서의 이 재료의 유의성있게 높은 근단부 밀봉에 큰 역할을 한 것으로 간주할 수 있으며, 상대적으로 낮은 접착능을 보이는 Sealapex는 미세누출이 많이 일어난 것으로 사료된다. 봉합제의 피막도 역시 근단부 밀봉에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되고 있다. Wu MK 등³¹⁾은 39 μ m의 피막도를 갖는 AH26이 22 μ m의 피막도를 갖는 Ketac-Endo보다 미세누출이 많이 일어났다고 보고하였다. 즉 피막도가 얇으면 봉합제의 유동성을 증가시켜 근관충전재료와 근관벽사이로 쉽게 흘러들어갈 수 있게 하기 때문이라고 하였다. 따라서 미세누출을 줄이기 위해서는 피막도가 얇은 봉합제를 선택하는 것이 중요한 고려사항이라 할 수 있다. 또한 피막도가 얇으면 조직액에 대한 봉합제의 노출을 줄일 수 있기 때문에 봉합제의 용해도도 줄일 수 있다. Branstetter³²⁾는 AH26, Roth 801, Procosol(Grossman sealer)가 다른 봉합제들에 비해서 상당히 낮은 용해능을 가지지만, G-P cone없이 봉합제만으로 충전하지 않으므로 용해성질은 임상적으로 문제를 일으키지 않는다고 보고하였다. 즉, 봉합제의 용해도 자체가 미세누출의 하나의 원인인자가 될 수 있지만 결국 부적절한 근관충전을 미세누출의 가장 큰 원인으로 간주하였다.

방사선 동위원소나 색소는 세균이나 세균산물보다 작으며, 특히 방사선 동위원소는 이온의 교환, 이온의 확산, 조

직 내에서의 대사과정을 거치므로 정확한 누출정도를 측정하기에는 부적절하며, 미생물학적인 미세누출을 반영하지 못한다고 할 수 있다. 미생물이나 세균산물에 의한 미세누출이 치근단병변의 가장 큰 원인임을 고려하면 미생물을 이용한 미세누출실험이 임상적으로 가장 타당하다고 할 수 있다. Torabinejad¹⁹⁾는 치관부 미세누출을 관찰하기 위해 *Staphylococcus epidermidis*와 *Proteus vulgaris*를 추적자로 사용하여, *S. epidermidis*에 노출된 실험군의 50%가 19일 후에, *P. vulgaris*에 노출된 실험군의 50%가 42일 후에 미세누출이 일어났다고 보고하였다. William³³⁾은 역충전재료로 사용된 poly-HEMA의 근단부 밀봉능을 평가하기 위해 *P. vulgaris*를 추적자로 사용하였으며, poly-HEMA의 친수성 성질로 인한 팽창 때문에 뛰어난 밀봉능을 보인다고 하였다. Chailertvanitkul³⁴⁾은 추적자로 혼합균주 (*Streptococcus sanguis*, *Prevotella intermedia*)를 사용하였으며, *Prevotella* 와 *Streptococcus*는 감염된 근관에서 가장 많이 발견되는 혼합균주라고 보고하였다.

한 개의 용액용기에 실험치아를 담그거나 추적자 용액 (tracer solution)을 치아의 한쪽에 연결하는 방법인 일실법(one chamber method)은 추적자의 침투정도를 평가하기 위해 실험대상을 물리적 또는 화학적 처리를 해야하므로 각 대상에 대한 일정 기간의 단층적인 평가만이 가능하다. 본 실험에서는 Baumgartner와 배 등³⁵⁾이 고안한 모델에 BHI broth를 배양액으로하고 상실에 혐기성 세균을 접종하여 하실(lower chamber)에 나타나는 혼탁도나 Bromocresol purple의 색변화를 관찰함으로써 근관충전의 미세누출을 관찰 하였다. 이 모델의 장점은 여러단계의 경과에 따른 하실의 용액변화를 관찰하고 평가할 수 있는 장점이 있다. 사용된 균인 *Fusobacterium nucleatum*은 구강 내에 상주하는 균주의 일부분이며, 다른 혐기성 및 통기성 균주와 함께 감염근관에서 주로 발견되고, 통증, 부종, 누공 및 악취와 같은 증상과 밀접한 관계가 있다³⁶⁾. Sundqvist³⁷⁾는 치근단 치주염을 보이는 치아에서 여러 미생물의 상관관계를 연구하여, 치근단 치주염을 보이는 근관에서 *Fusobacterium nucleatum*과 *Peptostreptococcus micros* 및 *Porphyromonas endodontalis*와 *Wolinella recta*사이에는 양의 상관 관계가 있다고 보고하였다. Wayman³⁸⁾은 근단 부병변에서 가장 흔히 발견되는 세균이 *F. nucleatum*이라 하였으며, Baumgartner³⁹⁾는 *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*와 함께 *F. nucleatum*은 병인성이 강하고, 사용된 배양액에서 2주 이상 생활력을 유지하며 하루 만에 혼탁도와 Bromocresol purple이 첨가된 배양액의 색변화를 일으킨다고 보고하였다. Moshonov 등⁴⁰⁾은 AH26, Roth801, Ketac-endo의 미세누출을 비교하기 위해 *S. epidermidis*를 사용하였으며, 하실의 색변화가 혼탁도보다 먼저 일어났다고 하였다. 이는 세균의 침투 전에 세균산물의 누출이 먼저 일어난 것이며, 사용된 봉합제가 세균산물

과 세균의 이러한 순차적인 침투에 영향을 미쳤다고 하였다. Butyric acid는 *F. nucleatum*에 의해 생산되는 주된 세균산물이며 세포증식에 대한 위해한 작용을 가진다⁴¹⁾. Eftimiadi 등⁴²⁾은 butyric acid가 T세포의 증식을 상당히 억제하고, 골흡수능과 관련된 단백질 interleukin-I beta와 cytokine의 증식을 자극한다고 하였다. 본 실험에서도 색변화가 먼저 일어난 것으로 보아 봉합제의 용해에 따른 세균산물의 미세누출이 먼저 일어났다고 추측할 수 있다. 배 등⁴³⁾은 역충전재료로 사용된 MTA의 근단부 밀봉능을 평가하기 위해 *F. nucleatum*을 추적자로 사용하여 45일 동안 관찰하였으며, MTA가 탁월한 밀봉능을 가진다고 보고하였다. Chailertvaitkul 등²⁰⁾은 레진 강화형 글라스아이오노머의 치관부 밀봉능을 평가하기 위해 혼합협기성 균주인 *Anaerobic streptococcus*와 *F. nucleatum*을 추적자로 사용하여 60일 동안 관찰하였으며, Apexit와 Tubliseal EWT의 치관부 밀봉능을 보기 위해 *Prevotella intermedia*와 *Anaerobic streptococcus*를 추적자로 사용하여 90일 동안 관찰한 후 각각 30%(Apexit)와 60%(Tubli-seal EWT)에서 미세누출이 일어남을 확인하였다³⁴⁾.

임상적 관점에서 볼 때, 세균이나 세균산물의 미세누출은 봉합제와 도말층의 용해나 분해에 의한 것이라 할 수 있으므로, 미생물에 의한 근관의 미세누출을 알아보기 위해 타액에 장시간 보관하고 관찰하는 것이 필요하다고 할 수 있다. 타액은 치관부가 수복되지 않은 충전된 근관에서 봉합제에 대해 위해한 영향을 미칠 수 있으며, 타액에 장시간 보관함으로써 봉합제의 용해능이라든가 근단부 밀봉능에 대한 임상적인 평가도 이루어져야 하겠다.

본 실험에서, 모든 군에서 시간이 지남에 따라 미세누출이 계속증가하였다. 그러므로, 봉합제를 사용한 G-P cone의 충전은 단지 미생물의 침투를 지연시킨다고 할 수 있다. 만약 치수강이 오염된다면 치수강은 미생물과 독소의 저장고 역할을 하게 되어 근단부 밀봉이 파괴되고 근관치료는 실패에 이르게 되며, 치수강 저부의 부근관을 통한 미생물과 독소의 침투로 인해 치근분지부 병변을 일으키게 될 것이다. 이는 근관충전이 끝난 후 근관계의 재감염을 줄이기 위해서는 적당한 치관부 수복물이 반드시 필요하다는 것을 시사한다.

V. 결 론

임상에서 주로 사용되는 수산화칼슘이 주성분인 Sealapex, ZOE가 주성분인 Pulp canal sealer, 레진이 주성분인 AH26의 3종류의 봉합제를 사용하여 근관충전후, *Fusobacterium nucleatum*을 추적자로 사용한 협기성세균 모델을 통해 사용하여 60일간 미세누출정도를 관찰하고, 각각의 봉합제에 대한 미세누출정도를 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 실험기간동안 1군(sealapex)에서는 80%, 2군(Pulp canal sealer)에서는 53%, 3군(AH26)에서는 27%의 미세누출을 보였다.

둘째, 1군과 2군 및 1군과 3군 사이에서는 통계학적으로 유의할 만한 미세누출 차이를 보였다($P < 0.05$).

셋째, 2군과 3군 사이에서는 통계학적으로 유의할 만한 미세누출 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

넷째, 모든 군에서 색변화가 혼탁도에 선행되어 관찰되었다.

다섯째, 미세누출의 장기적인 관찰과 평가를 위한 협기성 세균모델의 활용가능성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- Ingle JI, Bakland LK. Endodontics. 4th ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1994. p.25-44.
- Saunders W, Saunders E. Coronal leakage as a cause of failure in root canal therapy: a review. Endod Dent Traumatol 1994;10:105-108.
- Gutmann TL: Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. Int Endod J 1993;26:87.
- Tronstad L, Barnett T. Solubility and biocompatibility of calcium hydroxide-containing root canal sealers. Endod Dent Traumatol. 1988;4:152-159.
- Kontakiotis E, Panopoulos P. pH of root canal sealers containing calcium hydroxide. Int Endod J 1996;29:202.
- Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. J Endod 1987;13:109.
- Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE. Human saliva coronal microleakage in obturated root canal: An in vitro study. J Endod 1991;17:324-330.
- Oguntebi BR, Shen C. Effect of different sealers on thermoplasticized gutta-percha root canal obturations. J Endod 1992;18:363-366.
- Al-Khatib ZZ, Baum RH, Morse PR. The antimicrobial effect of various endodontic sealers. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology 1990;70:784-790.
- Holland R, Demello W, Nery MJ. Reaction of human periapical tissue to pulp extirpation and immediate root filling with calcium hydroxide. J Endod 1977;3:63-67.
- Steven P, David R. Coronal leakage: Bacterial penetration through obturated canals following post preparation. JADA 1994;125:1369-1372.
- Schnell FJ. Effect of immediate dowel space preparation on the apical seal of endodontically filled teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1978;45:470-477.
- Marshall F J, Massler M. The sealing ability of pulpless teeth evaluated with radioisotopes. J Dent Med. 1961; 16: 172-184.
- M Torabinejad, TF Watson. Sealing ability of a Mineral Trioxide Aggregate when used as a root-end filling material. J Endod 1993;19:591-595.
- W.R Moorer, P.R. Wesselink. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endo J 1993;26:203-208.
- Kersten et al. A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine. Int Endodon J 1988;21:191-199.

17. Matloff IR, Jensen JR, Singer L. A comparison of methods used in root canal sealabilities studies. *Oral Surg* 1982;53:203-208.
18. Khayat A, Lee S-J, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod* 1993;19:458-461.
19. Torabinejad M, Ung B. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990;16:566-569.
20. D. Chailertvanitkul, W.P Saunders. An evaluation of microbial coronal leakage in the restored pulp chamber of root-canal treated multirooted teeth. *Int Endod J* 1997;30:318-322.
21. Buchanan LS. The continuous wave of condensation technique: A convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *Dentistry today*. 1994;oct:80-85.
22. Bae KS, et al. Development of an anaerobic bacterial leakage model. *J Endod* 1998;24:233-235.
23. E.M Saunders, W.P Saunders. Long-term coronal leakage of JS Quickfill root fillings with Sealapex and Apexit sealers. *Endod Dent Traumatol* 1995;11:181-185.
24. Sriwalee Linkangwalmongkol et al. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *J Endod* 1991;17:495-499.
25. Caicedo R, von Fraunhofer J. The properties of endodontic sealer cements. *J Endodon* 1988;14:527-534.
26. Tagger M, Tagger E. A release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxides. *J Endod* 1988;14:588-591.
27. Sleder FS, Ludlow Mo. Long-term sealing ability of a calcium hydroxide sealer. *J Endod* 1991;17:541-543.
28. Ghassan M. et al. Sealing ability of the vertical condensation with different root canal sealers. *J Endod* 1996;22:6-8.
29. Schilder H, Goodman A. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surg* 1985;59:285-296.
30. McComb D, Smith DC. A preliminary microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1:238-242.
31. Wu MK et al. Leakage of AH26 and Ketac-Endo used with injected warm gutta-percha *J Endod* 1997;23:331-336.
32. Sleder FS, Ludlow MO. Long-term sealing ability of a calcium hydroxide sealer. *J Endod* 1991;17:541-543.
33. William L. et al. A comparative bacterial microleakage study of retrofilling materials. *J Endod* 1982;8:355-359.
34. P. Chailertvanitkul, et al. Coronal leakage in teeth root-filled with gutta-percha and two different sealers after long-term storage. *Endod Dent Traumatol* 1997;13:82-87.
35. 배광식, 근관충전의 미세누출과 혐기성세균. *대치 협회지* 1996;34(12):847-850.
36. Haapasalo M. *Bacteroides* spp in dental root canal infections. *Endod Dent Traumatol* 1989;5:1-10.
37. Sundqvist G. Association between microbial species in dental root canal infection. *Oral Microbiology and Immunology* 1992;7:257-262.
38. Wayman BE, Murata SM. A bacteriological and histological evaluation of 58 periapical lesions. *J Endod* 1992;18:152-155.
39. Baumgartner JC, Falkler WA. Experimentally induced infection by oral anaerobic microorganism in a mouse model. *Oral Microbiology and Immunology*. 1992;7:253-256.
40. Moshonov J. Bacterial penetration preceded by pH changes in in vitro leakage studies. *J Endod* 1995;21:223.
41. Grenier D, Maryland D. Cytotoxic effects of culture supernatants of oral bacterial and various organic acids on vero cells. *Canadian Journal of Microbiology*. 1985;31:302-304.
42. Eftimiadi C. et al. Divergent effect of the anaerobic bacteria by-product butyric acid on the immune response: suppression of T-lymphocyte proliferation and stimulation of interleukin-I beta production. *Oral Microbiology and Immunology* 1991;6:17-23.
43. J.C Baumgartner, Bae et al. Perforation repair comparing Mineral Trioxide Aggregate and Amalgam using an