

## 수종의 역충전 재료의 치근단 밀폐력 비교

황윤찬 · 강인철\* · 황인남 · 오원만

전남대학교 치과대학 보존학교실, 구강미생물학교실\*, 치의학연구소

### ABSTRACT

#### COMPARISON OF THE SEALING ABILITY OF VARIOUS RETROGRADE FILLING MATERIALS

Yun-Chan Hwang, In-Chul Kang\*, In-Nam Hwang, Won-Mann Oh  
*Chonnam Natl. Uni., College of Dentistry, Department of Conservative Dentistry,  
Department of Oral Microbiology\*, DRI.*

This study was performed to evaluate the sealing ability of various retrograde filling materials by using bacterial penetration and dye penetration test. One hundred and forty extracted human teeth with single, straight canals and mature apices were collected and used for this study. All canals were instrumented using an engine driven Ni-Ti file (ProFile). After removing 3mm from the apex of tooth, a standardized 3 mm root end cavity was prepared using an ultrasonic instrument. The 70 teeth were randomly divided into 7 groups : 6 groups for retrograde filling using Super-EBA, ZOE, Chelon-Silver, IRM, ZPC and amalgam. The 7th group was used as a negative control. Nail varnish was applied to all external root surfaces to the level of the resected root ends to prevent lateral microleakages. The specimens were then sterilized in an ethylene oxide sterilizer for 24 hours. 2 mm of the resected root was immersed in a culture chamber containing a Trypticase Soy Broth with a phenol red indicator. The coronal access of each specimen was inoculated every 72 hours with suspension of *Proteus vulgaris*. The culture media were observed every 24hours for color change indicating bacterial contamination. The specimens were observed for 4weeks. The remaining 70 teeth were submitted to a dye penetration test. The canals of all teeth were first sealed with AH26 and obturated using an Obtura II system. Root resection, root end preparation and retrograde filling was performed as above. All specimens were suspended in 2% methylene blue dye for 72 hours before being longitudinally split. The degree of dye penetration was then measured using a stereomicroscope at 10 magnification and evaluated.

The results were as follows:

1. In the bacterial penetration, the degree of leakage was the lowest in the Super-EBA, followed by, in ascending order, ZOE, Chelon-Silver IRM and ZPC. The amalgam showed highest bacterial leakage of all( $p<0.01$ ).
2. In the dye penetration, the degree of microleakage was the lowest in the Chelon-Silver and Super-EBA, followed by, in ascending order, IRM, ZPC. The ZOE and amalgam showed the highest microleakage of all( $p<0.05$ ).

These results suggested that the eugenol based cement, Super-EBA, have excellent sealing ability as a retrograde filling material.

**Key words** : Sealing ability, Retrograde filling material

## I. 서 론

근관 치료의 목적은 감염원이 되는 근관계의 모든 유기물 질들을 제거하여 근관을 정화하고 성형한 후 삼차원적으로 근관을 완전히 밀폐시키는데 있다. 그러나 근관이 과도하게 석회화된 경우나 근관에서 기구과절 또는 천공이 발생한 경우 등에서는 적절한 근관성형 및 근관밀폐가 어려워 통상적인 근관치료가 불가능하다. 이러한 경우에 있어서 역충전을 동반한 외과적 치근단 절제술이 필요하게 된다<sup>1)</sup>.

근단부 밀폐가 외과적 근관치료의 성공에 있어서 가장 중요한 요소이기 때문에 근관계로부터 치근단 조직으로의 항원유입을 차단하는데 치근단 역충전재가 사용된다<sup>2,3)</sup>. 이상적인 치근단 역충전재는 조작하기 쉬워야 하고 방사선편적으로 불투과적이어야 하고, 체적이 안정되어야 하며 비흡수성이어야 한다. 또한 수분에 의한 영향이 적어야 하고, 근관 벽에 부착이 잘되어야 하고, 세포독성이 없어야 하고, 부식이 안되고, 전기 화학적으로 불활성이어야 하며 세균침투가 되지 않아야 한다<sup>4,5)</sup>. 그러나 이러한 모든 요구조건을 갖춘 충전재는 아직까지는 없다.

치근단 역충전재의 변연밀폐효과에 대한 연구에는 색소침투법<sup>6, 11)</sup>, 방사선 동위원소법<sup>12)</sup>, 주사전자현미경법<sup>7, 13)</sup>, 전기화학법<sup>14)</sup> 및 세균침투법 등이 있다<sup>15)</sup>. 이들 중 방사선 동위원소법과 색소침투법이 치근단 역충전재의 밀폐력을 평가하는데 있어서 가장 흔하게 사용되어져 왔다. 그러나 방사선 동위원소법의 경우 동위원소의 종류나 방사선원에서의 거리, 현상액 및 필름의 노출정도에 따라 실험결과에 많은 영향을 끼칠 수 있다. 색소침투법에서도 많은 단점들이 있는데 대부분의 색소침투 연구는 누출의 정도를 일차원으로 관찰하기 때문에 전체적인 누출의 정도를 평가하기가 어렵다. 임상적 경우와 비교했을 때 색소침투 연구는 정적이어서 근관계와 치근 주위 조직과의 역동적인 관계를 반영하기가 어렵다<sup>16)</sup>. 또한 색소침투법 및 방사선 동위원소법은 미세누출에 사용되는 분자의 크기가 매우 작아서 삼투와 모세관 작용에 의해 가성 결과를 야기시킬 수 있다.

Mortensen 등<sup>17)</sup>과 Krakow 등<sup>18)</sup>은 세균침투법이 색소침투법이나 방사선 동위원소법에 비해 미세누출 연구에 있어

서 더 적절하다고 정의하였으며 Goldman 등<sup>19)</sup>도 친수성 재료의 미세누출 연구에 있어서 색소침투법보다는 세균침투법이 더 정확한 방법이 되며 색소분자량이 작으면 위양성 반응의 결과가 나올 수 있다고 하였다<sup>20)</sup>. 또한 치근단 질환이 세균의 성장에 의해 야기되기 때문에 미생물에 의한 세균침투법으로 미세누출을 평가하는 것이 임상적으로 더 적절한 실험방법이 될 수 있으며 특히 친수성재료의 미세누출의 검증에 좋은 방법이 된다고 하였다<sup>17)</sup>. 그러나 미생물을 이용한 미세누출 실험은 정확한 기술을 요하며, 오염에 취약하고 또 어떤 세균은 *in vitro* 실험에서 생활력을 유지하기 어려운 경우도 있다<sup>21)</sup>. 그러므로 세균침투법이 임상적으로 보다 밀접한 관련이 많지만 보다 확실한 평가를 위해서는 색소침투법 등 다른 부가적인 방법도 같이 시행하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 수종의 역충전 재료들의 밀폐효과를 세균침투법과 색소침투법을 이용하여 어떠한 역충전재가 치근단 밀폐에 효과적인가를 비교 평가하고자 하였다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

발거후 생리식염수에 보관된 140개의 단근치를 사용하였으며 근원심측과 협설측으로 두 장의 방사선 사진을 촬영하여 근관 만곡이 심한 치아와 치근단 주변에 부근관이 존재하는 치아들은 제외시켰다. 본 연구에서 사용된 역충전 재료들은 Table 1과 같다.

### 2. 근관성형

치근면에 부착된 치석 및 연조직을 치주 소파용 큐렛으로 제거하였다. 치수강을 3번 고속 핸드피스용 round bur로 개방한 후 barbed broach로 치수를 제거하였다. 각 치아의 치관부를 고속 핸드피스용 fissure bur를 사용하여 치근단으로부터 16mm의 길이로 균일하게 절단하였다. 15번 K-Flexofile<sup>®</sup>(Maillefer, Switzerland)을 근관내에 삽입하여

Table 1. Tested materials

Materials	Manufactures
Super-EBA*	Harry J. Borthworth, U.S.A.
ZOE (Zinc oxide eugenol cement)	Sultan, U.S.A.
Chelon-Silver*	ESPE, Germany
IRM* (Intermediate Restorative Material)	Dentsply Caulk, U.S.A.
ZPC (Zinc phosphate cement)	GC corporation, Japan
Amalgam (Standalloy <sup>®</sup> F)	Degussa S.A., Brazil

방사선 사진을 촬영하고 방사선 사진상의 근첨부에서 1mm 짧은 부위를 작업장 길이로 정하였다. 엔진구동용 기구 (AEU- 17B, Aseptico Inc., U.S.A.)와 Ni-Ti file (ProFile®, Maillefer, Switzerland)을 사용하여 크라운다운법으로 근관을 성형하였다. 먼저 orifice shaper로 치관부 근관을 성형한 후 30번, 25번의 .06 taper file로 근관의 중앙부위까지 근관을 성형하고 30번, 25번의 .04 taper file로 근단부 근관을 성형한 후 주근단파일을 30번으로 하여 3단계까지 스텝백법으로 확장하여 최종 근관성형을 하였다. 근관성형 과정에서 형성되는 상아질 잔사 및 치수 잔사로 인해 근단공이 폐쇄되는 것을 방지하기 위하여 5.25% 차이염소산나트륨으로 수회 세척을 하였으며 근관성형 완료 후에 10번 K-Flexofile<sup>®</sup>로 근첨의 개방을 확인하였다. 근관성형이 끝난 후에 근관 내를 페이퍼 포인트를 사용하여 건조하였다.

### 3. 세균침투법

근관성형이 완료된 140개의 치아들 중 세균침투법을 위해 무작위로 70개의 치아를 골라 치근단으로부터 3mm 부위를 tapered fissure bur로 균일하게 절단하였다. 치근단부 와동은 초음파기구(Suprasson P-Max<sup>®</sup>, Satelec, France)로 #S12/80° tip을 사용하여 30초 동안 3mm의 깊이로 균일하게 형성하였다. 치근단부 와동 형성이 완료된 70개의 치아를 무작위로 각각 10개씩 7군으로 나누어 6군은 각각 Super-EBA<sup>®</sup>, ZOE, Chelon-Silver<sup>®</sup>, IRM<sup>®</sup>, ZPC 및 amalgam을 제조회사의 지시에 따라 역충전하였고 1군은 왁스로 완전히 밀폐하여 음성대조군으로 하였다. 절단된 치근단면을 제외하고 치아의 모든 외면을 nail varnish로 2겹씩 도포하였다.

세균침투법은 Gish 등<sup>22)</sup>이 실험했던 방법을 이용하였다. E-tube (Axygen<sup>®</sup>, U.S.A.)의 밑부분을 4mm 절단하여 준비된 치아를 E-tube 안에 끼워 넣고 치아와 E-tube 사이의 공간을 utility wax로 채운 후 치아와 E-tube의 연결부위를 PARAFILM<sup>®</sup> (American National Can, U.S.A.)으로 접착한 후 Mix & Fix<sup>®</sup> (Mamong, China)접착제를 사용하여 완전히 밀폐시켰다. 치아가 부착된 E-tube를 15 ml tube (Falcon<sup>®</sup>, U.S.A.)의 마개에 구멍을 뚫어 cyanoacrylate cement로 접착시켰다(Fig. 1). 치아와 E-tube의 연결부위와 E-tube와 15ml tube의 연결부위를 nail varnish로 2겹씩 도포하였다. 실험 직전 준비된 시편을 ethylene oxide gas로 24시간 멸균 소독하였다.

멸균된 배양액(Trypticase Soy Broth<sup>®</sup>, Difco, U.S.A.)을 15ml tube에 13ml씩 넣어 E-tube에 부착된 치아의 근첨이 2mm 정도가 잠기도록 하였다. *Proteus vulgaris*를 각각 10 $\mu$ l씩 치관부와동에 3일 간격으로 접종하였다. *Proteus*

*vulgaris*가 각각의 역충전 재료를 침투하여 증식하게 되면 배양액에 함유된 0.01% phenol red indicator의 색깔이 적색에서 황색으로 변화되어 세균침투가 일어난 것을 알 수 있게 하였다.

각각의 실험군에서 1일에서 28일까지의 세균침투를 관찰하여 세균침투가 일어난 개수를 누적하여 기록하였다.

### 4. 색소침투법

나머지 70개의 치아를 색소침투법에 사용하였다. 페이퍼 포인트를 사용하여 근관충전용 시멘트인 AH26<sup>®</sup> (Dentsply, Germany)을 근관벽에 얇게 도포한 후 근관을 Obtura II<sup>®</sup> (Texceed, U.S.A.)로 열연화 가압 충전하였다. 치근단으로부터 3mm 부위를 tapered fissure bur로 균일하게 절단하였다. 초음파기구로 #S12/80° tip을 사용하여 30초동안 3mm의 깊이로 균일하게 치근단부 와동을 형성한 후 무작위로 각각 10개씩 7군으로 나누어 6군은 각각 Super-EBA<sup>®</sup>, ZOE, Chelon-Silver<sup>®</sup>, IRM<sup>®</sup>, ZPC 및 amalgam을 제조회사의 지시에 따라 역충전하였고 1군은 왁스로 치근단면을 완전히 밀폐하여 음성대조군으로 사용하였다.

절단된 치근단면을 제외하고 치아의 모든 외면을 nail varnish로 2겹씩 도포한 후 밀폐된 용기 속에서 2% methylene blue 용액에 치아를 수직으로 세워 침적시킨 상태에서 대기압 하에서 두었다. 72시간 후 꺼내어 흐르는 물에 1시간 동안 세척한 다음 건조하였다. Nail varnish를 제거한 후 다이아몬드 디스크로 치근을 치아 장축방향으로

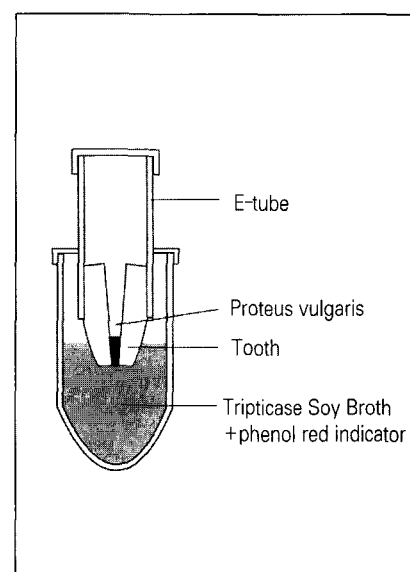


Fig. 1. Schematic drawing of bacterial leakage test model.

이등분하였다. 이등분된 치아를 쌍안 입체 현미경(10, Nikon, Japan)을 이용하여 색소의 선상 침투 정도를 근단 부로부터 최고 치관측 확장 범위까지 0.05mm 단위로 측정하였다.

5. 통계분석

세균의 침투여부와 실험군간의 유의성을 검정하기 위하여 교차분석을 시행하였고 시간의 변화에 따른 각 군들의 세균의 침투정도를 검정하기 위하여 회귀분석을 시행하였다. 색

소침투에 따른 각 군간의 유의성 검정을 위해 일원분산분석법(one way ANOVA) 및 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 세균침투법

시간 경과에 따라 각 군의 세균누출이 된 시편의 수가 증가하였으며 음성대조군에서는 실험기간 동안 전혀 세균누

Table 2. The result and the statistical analysis of the leakage for the test period in bacterial penetration test

period	group							statistics	
	Control	Super-EBA	ZOE	Chelon-Silver	IRM	ZPC	Amalgam	$\chi^2$	$\gamma$
1st day	0	1	2	2	3	5	5	6.667	0.466**
2nd day	0	1	2	2	3	5	5	6.667	0.466**
3rd day	0	1	2	2	3	5	5	6.667	0.466**
4th day	0	3	2	2	3	5	8	11.351*	0.476**
5th day	0	3	2	2	3	6	8	12.500*	0.507**
6th day	0	3	2	2	4	6	8	11.863*	0.515**
7th day	0	3	2	2	4	6	9	15.204**	0.568**
8th day	0	3	3	2	5	8	9	16.800**	0.606**
9th day	0	3	3	2	5	8	10	20.356**	0.663**
10th day	0	3	3	3	5	8	10	18.214**	0.657**
11th day	0	3	3	3	6	8	10	18.384**	0.673**
12th day	0	3	3	3	6	8	10	18.384**	0.673**
13th day	0	3	3	4	6	8	10	16.833**	0.668**
14th day	0	3	3	4	6	8	10	16.833**	0.668**
15th day	0	3	3	4	6	10	10	22.500**	0.749**
16th day	0	3	3	4	6	10	10	22.500**	0.749**
17th day	0	3	3	5	6	10	10	21.504**	0.750**
18th day	0	3	3	5	6	10	10	21.504**	0.750**
19th day	0	3	3	5	6	10	10	21.504**	0.750**
20th day	0	3	3	5	7	10	10	22.105**	0.775**
21st day	0	3	3	5	7	10	10	22.105**	0.775**
22nd day	0	3	3	6	7	10	10	21.758**	0.779**
23rd day	0	3	3	6	7	10	10	21.758**	0.779**
24th day	0	3	4	6	7	10	10	19.500**	0.761**
25th day	0	3	4	6	7	10	10	19.500**	0.761**
26th day	0	3	4	7	8	10	10	20.952**	0.801**
27th day	0	3	4	7	8	10	10	20.952**	0.801**
28th day	0	4	4	7	8	10	10	18.140**	0.759**

Values are number of specimens penetrated by bacteria(Proteus vulgaris)

\* : p<0.05, \*\* : p<0.01

**Table 3.** Linear regression test in bacterial penetration test

Super-EBA	= $2.119+0.048 \times \text{days}$ , $R^2=0.354$ , $p<0.01$
ZOE	= $1.888+0.071 \times \text{days}$ , $R^2=0.792$ , $p<0.01$
Amalgam	= $7.126+0.141 \times \text{days}$ , $R^2=0.521$ , $p<0.01$
IRM	= $2.912+0.188 \times \text{days}$ , $R^2=0.919$ , $p<0.01$
Chelon-Silver	= $0.952+0.212 \times \text{days}$ , $R^2=0.950$ , $p<0.01$
ZPC	= $5.253+0.214 \times \text{days}$ , $R^2=0.833$ , $p<0.01$

**Table 4.** Comparison of total mean leakage in the dye penetration test

	N	Mean±SD	Min.	Max.
Chelon-Silver	10	0.59±0.46	0.20	1.80
Super-EBA	10	1.02±0.48	0.40	1.90
IRM	10	1.38±0.43	1.05	2.30
ZPC	10	1.50±0.77	0.30	2.45
ZOE	10	1.98±0.50	0.75	2.50
Amalgam	10	2.05±0.39	1.50	2.65

(ANOVA:  $p<0.05$ )

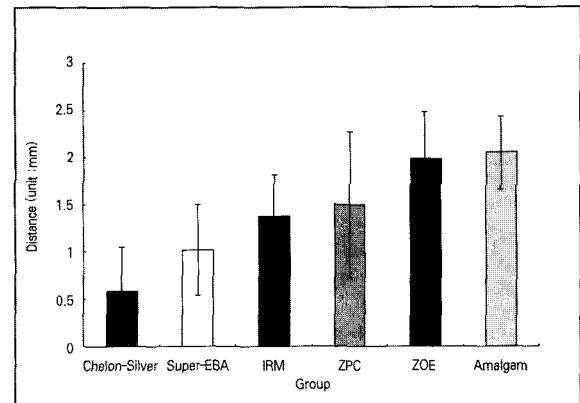
SD: standard deviation

Values are distance of dye penetration (Unit: mm)

Vertical bar represents no significant difference between groups at  $\alpha=0.05$  level.

출이 된 시편이 없었다. 실험 1일째부터 음성대조군을 제외한 모든 군에서 세균의 누출이 시작되어 amalgam은 실험 9일째부터, ZPC는 실험 15일째부터 실험시편 10개 모두에서 세균누출이 관찰되었다. 누출의 정도가 Super-EBA®와 ZOE군에서 가장 적었으며 다음으로 Chelon-Silver® 및 IRM® 순이었다. 세균의 침투여부와 실험군간의 유의성을 검정하기 위하여 1일부터 28일까지 각 군들을 Super-EBA®, ZOE, Chelon-Silver®, IRM®, ZPC 및 amalgam 순으로 배치하여 교차분석을 시행하였다. 교차분석 결과 1일부터 3일까지는 세균누출 여부에 대한 실험군들 사이에는 유의한 차이가 없었으나, 4일째부터는 모든 군에서 유의성 있는 세균누출이 일어났다. 교차분석한 후 각 군들 사이의 연관성을 검정하기 위한  $\gamma$ 값은 1일째에는 0.466( $p<0.01$ )이었으나 7일째에는 0.568( $p<0.01$ ), 14일째는 0.668( $p<0.001$ ), 21일째는 0.775( $p<0.001$ ) 그리고 28일째는 0.759( $p<0.001$ )를 나타내 Super-EBA®, ZOE, Chelon-Silver®, IRM®, ZPC 및 amalgam 순서로 세균의 누출이 컸다(Table 2).

28일 동안의 시간경과에 따른 각 군의 세균누출의 정도를 검정하기 위하여 회귀분석을 시행한 결과는 Super-EBA®,

**Fig. 2.** Dye penetration of test specimens at 72hours.

ZOE, amalgam, IRM®, Chelon-Silver®, 그리고 ZPC 순으로 시간경과에 따라 세균의 누출이 증가하였다(Table 3).

## 2. 색소침투법

색소침투법에 의한 미세누출 실험에서는 충전 후 72시간 후의 음성대조군에서는 미세누출이 전혀 일어나지 않았으며 Chelon-Silver®에서는  $0.59 \pm 0.46\text{mm}$ , Super-EBA®에서는  $1.02 \pm 0.48\text{mm}$ , IRM®에서는  $1.38 \pm 0.43\text{mm}$ , ZPC에서는  $1.50 \pm 0.77\text{mm}$ , ZOE는  $1.98 \pm 0.50\text{mm}$  그리고 amalgam은  $2.05 \pm 0.39\text{mm}$ 를 나타냈다. Chelon-Silver®와 Super-EBA®에서 미세누출이 가장 낮았으며 두 군간의 유의한 차이는 없었다. 다음으로 IRM®과 ZPC 순으로 미세누출이 증가했으나 Super-EBA®, IRM®과 ZPC사이에는 유의한 차이가 없었다. ZOE와 amalgam에서 미세누출이 가장 높았으나 ZOE와 amalgam사이에는 유의한 차이는 없었다( $p<0.05$ , Table 4, Fig. 2).

## IV. 총괄 및 고찰

근관치료 후 치근단 질환 발생은 불완전한 밀폐에 의한 세균의 서식으로 인해 야기되기 때문에 치근단 절제술 후 근침부의 완벽한 밀폐가 치유여부에 중요한 요소가 된다. 그러나 근침부 충전에 사용되는 역충전 재료들에 따라 밀폐력에 있어서 차이가 나타나기 때문에 적절한 재료를 선택하여 사용하는 것이 중요하다. 이러한 재료들의 밀폐력을 검증하는 데는 미세누출의 정도를 평가함으로써 이루어진다. 본 연구에서는 세균침투법과 색소침투법을 이용하여 Super-EBA®, ZOE, Chelon-Silver®, IRM®, ZPC 및 amalgam (Standalloy®F)의 밀폐력을 평가하였다.

세균침투법에는 *Proteus vulgaris*, *Streptococcus salivarius*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis* 및

*Streptococcus sanguis* 등의 세균이 사용된다. 본 실험에서는 *Proteus vulgaris*를 사용하였는데 그람 음성 간균으로서 매우 운동성이 뛰어나 간단한 배지에서 성장할 수 있고 실험기간을 단축시키는데도 잇점이 있으며 오랜 기간동안 생존이 가능하다. 또한 *in vitro* 실험에서도 효과적으로 사용될 수 있다<sup>23,24)</sup>.

본 연구에 이용된 세균침투법은 여러 번의 예비 실험을 통하여 이루어졌는데, 치아와 E-tube 사이의 부착면 사이로 실험 1일째 모든 균에서 세균의 누출이 발생했다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 치아와 E-tube 사이의 부착면을 utility wax, PARAFILM<sup>®</sup> 그리고 Mix & Fix<sup>®</sup>를 사용하여 삼중으로 폐쇄를 시켰으며 세균 접종시 10 $\mu$ 씩을 각각의 치아의 치관부 외동에만 주입하여 치아와 E-tube 사이를 통해 세균이 누출되는 것을 방지하였다.

본 실험에 사용된 Trypticase Soy Broth<sup>®</sup>는 세균배양에 가장 흔히 사용되는 배양액이다. 세균이 증식하면 배양액의 혼탁도가 증가한다. 단순히 세균침투의 유무를 배양액의 혼탁도를 가지고 확인할 수도 있지만 본 실험에서는 세균침투의 유무를 보다 확실히 알아보기 위하여 배양액에 phenol red indicator를 사용하였다. Trypticase Soy Broth<sup>®</sup>로 세균이 침투하여 증식하게 되면 배양액의 산도가 증가되어 indicator의 색이 적색에서 황색으로 변하게 된다<sup>5)</sup>.

색소침투법은 충전재 안에 함입된 공기로 인하여 색소의 침투가 영향을 받기 때문에 진공이나 혹은 원심분리를 이용하여 색소를 침투시킨다. 그러나 Dickson과 Peters<sup>25)</sup>에 의하면 진공이나 원심분리를 이용하더라도 색소침투의 깊이에 크게 영향을 주지 않는다 하였고 색소침투 깊이의 차이는 주로 실험 방법의 차이에 기인한다고 하여 학자에 따라서 색소침투법에 대한 논란이 있다<sup>26)</sup>. 따라서 본 연구에서는 진공이나 원심분리를 이용하지 않고 단순히 2% methylene blue 용액의 색소침투에 의한 역충전 재료의 밀폐력을 조사하였다.

치근단 역충전 재료로 예전에는 아말감이 많이 사용되었다. 그러나 아말감은 초기 누출, 이차 부식, 수은 독성, 수분에 대한 민감성 그리고 외동내에 침와(undercut)를 형성해야 하는 등의 단점이 있다. 이러한 단점들로 인해서 IRM<sup>®</sup>이나 Super-EBA<sup>®</sup>같은 유지놀 계열의 시멘트가 사용되고 있다. 그러나 유지놀 계열의 시멘트도 역시 수분에 대한 민감성, 용해성, 조작의 어려움 등과 같은 단점들이 보고되어 있다<sup>27)</sup>. 이와 같은 단점을 보완할 목적으로 역충전 재료로서 복합레진, 글래스 아이오노머 시멘트 그리고 MTA (Mineral Trioxide Aggregate) 등이 이용되기도 한다.

Super-EBA<sup>®</sup>는 강화형 ZOE 시멘트 계열로서 강도가 크고 용해도가 낮으며 경화시간이 짧은 등의 물리적 성질이 개선된 재료이다. Super-EBA<sup>®</sup>가 우수한 치근단 밀폐력을 나타냈다고 보고되어 있으며<sup>28,29)</sup> 조직반응 연구에서 생체

친화적인 재료로 밝혀져 있고 유지놀이 함유되어 있기 때문에 항균작용이 있는 것으로 보고 되어 있다<sup>30)</sup>.

Smee 등<sup>8)</sup>은 수종의 역충전 재료의 밀폐력에 대한 비교 연구에서 Teflon<sup>®</sup>과 P-30<sup>®</sup>이 가장 우수한 변연밀폐를 나타냈다고 하였고 Teflon<sup>®</sup>, P-30<sup>®</sup> 및 IRM<sup>®</sup>에 비해 아말감이 가장 낮은 변연밀폐력을 나타냈다고 보고하였다. Bondra 등<sup>31)</sup>도 Super-EBA<sup>®</sup>, IRM<sup>®</sup> 그리고 바니쉬를 도포한 아말감의 변연누출에 관한 비교 연구에서 IRM<sup>®</sup>과 Super-EBA<sup>®</sup>가 아말감에 비해 현저히 적은 변연누출을 보였고 Super-EBA<sup>®</sup>와 IRM<sup>®</sup>사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 이는 유지놀계열의 시멘트가 아말감에 비해 비교적 밀폐력이 우수하다는 것을 의미한다.

Zetterqvist 등<sup>32)</sup>은 아말감과 글래스 아이오노머 시멘트로 역충전시 글래스 아이오노머가 아말감에 비해 훨씬 높은 변연 밀폐력을 보였으며 아말감과 글래스 아이오노머 시멘트 모두 시간 경과에 따른 누출은 유의할 만한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. Schwartz와 Alexander<sup>33)</sup>는 실버 글래스 아이오노머가 아말감보다 더 적은 변연누출을 나타냈음을 보고한 반면 King 등<sup>1)</sup>은 Ketac-silver에서 가장 높은 변연누출을 나타냈다고 보고하였는데 이와 같은 상반된 결과는 Schwartz와 Alexander<sup>33)</sup>의 실험에서는 치근단 외동 형성후 산처리에 의한 상아질의 도말층 제거로 인하여 실버 글래스 아이오노머의 집착능력을 향상시켰고 실버 글래스 아이오노머 충전후 바니쉬의 도포에 의하여 아말감보다 더 적은 변연누출을 나타낸 것으로 사료된다<sup>34)</sup>.

본 세균침투실험 결과 음성대조군에서는 28일 동안 배지의 색깔 변화가 전혀 없었는데 이는 모든 균의 시편에 멸균이 잘 되어 있다는 것을 의미한다. 세균의 침투여부와 실험군 간의 유의성은 교차분석을 이용하여 검증한 결과 실험 3일째까지 실험군간에는 유의한 차이가 없었으나 4일째부터는 유의한 세균침투가 있는 것으로 나타났다. 시간이 경과함에 배지의 색깔이 적색에서 황색으로 변한 시편수가 증가하였고 아말감은 9일째부터는 10개 시편 모두가 변했고 ZPC는 15일째부터 모두 변하였다. 이는 아말감과 ZPC의 밀폐력이 다른 실험재료에 비해 낮다는 것을 의미한다. 글래스 아이오노머 시멘트 계열의 Chelon-Silver<sup>®</sup> 그리고 IRM<sup>®</sup>은 아말감과 ZPC에 비해 비교적 밀폐력이 높은 것으로 나타났다. 이는 Smee 등<sup>8)</sup>과 Schwartz와 Alexander<sup>33)</sup>가 보고한 결과와 유사한 결과를 보였다. Super-EBA<sup>®</sup>와 ZOE군은 28일째에도 10개 시편중 3개 밖에 변하지 않아 세균누출에 대한 밀폐력이 가장 우수한 것으로 나타났으며 이는 Bates 등<sup>26)</sup>의 보고와 유사하여 유지놀계열의 시멘트가 우수한 역충전 재료임을 시사하였다. 특히 본 연구에서 ZOE군의 세균누출이 낮았는데 이는 재료에 포함된 유지놀의 항균작용으로 인해 미생물이 성장할 수 있는 환경이 형성되지 않은 것으로 생각되며 이에 대한 더 많은 연구가 필

요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 아말감의 초기누출이 심한 이유로 바니쉬를 도포하지 않은 점에 그 원인을 찾아 볼 수 있을 것으로 사료되는데, 실제 임상에서 치근단부 와동면에 바니쉬를 도포하는 것이 어려울 것으로 생각되어 본 실험에서는 도포하지 않았다. Tronstad 등<sup>12)</sup>, Mattison 등<sup>14)</sup> 그리고 Tuggle 등<sup>35)</sup>은 바니쉬가 아말감의 치근단 밀폐를 향상시키는 것으로 보고하였으나 Vertucci와 Beatty<sup>36)</sup> 그리고 King 등<sup>1)</sup>은 색소침투법을 이용하였을 때 아말감 단독의 충전시와 바니쉬 도포후 아말감 충전에 있어서 밀폐 정도의 유의한 차이가 없는 것으로 보고하여 학자에 따라 논란의 여지가 있다. 그러나 아말감 충전시 일반적으로 바니쉬가 변연누출을 감소시키는 것으로 보고되어 있다<sup>37)</sup>.

28일 동안 시간 경과에 따른 세균누출 정도를 검정하기 위하여 회귀분석한 결과, Super-EBA<sup>®</sup>, ZOE, amalgam, IRM<sup>®</sup>, Chelon-Silver<sup>®</sup> 및 ZPC 순으로 기울기(slope)가 증가하였다. 이는 Super-EBA<sup>®</sup>와 ZOE가 시간이 경과함에 따라 ZPC가 가장 크게 나타났음을 의미한다. 특히 시간 경과에 따른 세균누출이 아말감에서 낮게 나타났는데 이는 실험 9 일째에 10개 시편 모두에서 세균의 누출이 일어나 28일간의 회귀분석에서는 기울기가 낮게 나타난 것으로 사료된다.

본 연구의 색소침투 실험에서는 Chelon-Silver<sup>®</sup>와 Super-EBA<sup>®</sup>가 미세누출이 가장 적게 나타났으며 IRM<sup>®</sup>과 ZPC가 그 다음으로 미세누출이 적었으며 ZOE와 아말감이 가장 미세누출이 심하였다. 특히 세균침투법의 결과와 약간의 차이가 나는 이유로는 색소침투법에서는 72시간 후에 측정된 결과이어서 측정된 시간 요소가 다르고, 두 누출실험방법이 전혀 다르기 때문에 결과가 약간 다르게 나타날 수 있다고 사료된다. 그러나 두 누출실험 모두에서 Super-EBA<sup>®</sup>가 우수한 밀폐력을 보였고 아말감이 가장 낮은 밀폐력을 보였다.

본 실험을 근거로 치근단 절제 후 역충전시 Super-EBA<sup>®</sup>가 미세누출을 낮출 수 있는 우수한 재료이며 아말감은 미세누출을 심하게 야기하기 때문에 역충전재료로는 바람직하지 못한 재료로 생각된다. 그러나 Super-EBA<sup>®</sup>와 더불어 새로운 역충전 재료에 대한 많은 연구가 필요하며, 특히 미세누출과 함께 생체적합성에 관한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

치근단 역충전 재료의 미세누출의 차이와 누출 변화량을 보기 위해 세균침투법을 이용하여 28일간 관찰하였으며 미세누출을 비교 분석하였고 색소침투법을 이용하여 72시간째의 미세누출을 정선적으로 측정하여 평가한 후, 비교 분

석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 세균침투법을 사용하여 미세누출을 살펴본 결과 Super-EBA<sup>®</sup>에서 세균의 누출이 가장 적었으며 다음으로 ZOE, Chelon-Silver<sup>®</sup>, IRM<sup>®</sup>, ZPC순이었고 amalgam에서 가장 높은 세균의 누출을 보였다(p<0.01).
2. 색소침투법을 사용하여 미세누출을 살펴본 결과 Chelon-Silver<sup>®</sup>와 Super-EBA<sup>®</sup>에서 색소침투정도가 가장 낮게 나타났으며 다음으로 IRM<sup>®</sup>, ZPC, 순이었고 ZOE와 amalgam에서 가장 높은 색소침투를 보였다(p<0.05).

이상의 결과는 역충전시 유지능계열의 Super-EBA<sup>®</sup>가 밀폐력이 가장 우수한 재료임을 시사하였다.

## 참고문헌

1. King KT, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA : Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. *J Endodon* 16:307-310, 1990.
2. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH : Bacterial leakage of Mineral Trioxide Aggregate as compared with Zinc-Free Amalgam, Intermediate Restorative Material and Super-EBA as a root end filling material. *J Endodon* 24:176-179, 1998.
3. Harty FJ, Parkins BJ, Wengraf AM : The success rate of apicectomy. A retrospective study of 1016 cases. *Br Dent J* 129:407-413, 1970.
4. Gartner AH, Dorn SO : Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am* 36:357-379, 1992.
5. Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ : A comparison of MTA, Super-EBA, Composite and Amalgam as root end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J* 32:197-203, 1999.
6. Abdal AK, Retief DH, Jamison HC : The apical seal via the retrosurgical approach. part II. An evaluation of retrofilling material. *Oral Surg* 54:213-218, 1982.
7. Abdal AK, Retief DH : The apical seal via the retrosurgical approach. part I. A preliminary study. *Oral Surg* 53:614-621, 1982.
8. Smee G, Bolanos OR, Morse DR, Furst ml, Yesilosoy C : A comparative leakage study of P-30 resin bonded ceramic, Teflon, Amalgam and IRM as retrofilling seals. *J Endodon* 13:117-121, 1987.
9. Kaplan SD, Tanzilli JP, Raphael D, Moodnik RM : A comparison of the marginal leakage of retrograde techniques. *Oral Surg* 54:583-585, 1982.
10. Kimura JT : A comparative analysis of zinc and non-zinc alloys used in retrograde endodontic surgery. Part 1 : Apical seal and tissue reaction. *J Endodon* 8:359-363, 1982.
11. Zidan O, ElDeeb ME : The use of a dentinal bonding agent as a root canal sealer. *J Endodon* 11:176-178, 1985.
12. Tronstad L, Trope M, Doering A, Hasselgren G : Sealing ability of dental amalgams as retrograde fillings in endodontic therapy. *J Endodon* 9:551-553, 1983.
13. Harrison JW, Todd MJ : The effect of root resection on the sealing property of root canal obturations. *Oral Surg* 50:264-272, 1980.

14. Mattison GD, von Fraunhofer JA, Delivanis PD, Anderson AN : Microleakage of retrograde amalgams. *J Endodon* 11:340-345, 1985.
15. 이재용, 조인호, 홍찬의, 신동훈 : 역행충전시 와동형성 기구 및 수복재에 따른 변연누출에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 18:187-196, 1993.
16. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR : Bacterial leakage of Mineral Trioxide Aggregate as a root-end filling material. *J Endodon* 21:109-112, 1995.
17. Mortensen DW, Boucher NE Jr, Ryge G : A method of testing for marginal leakage of dental restoration with bacteria. *J Dent Res* 44:58-63, 1965.
18. Krakow AA, deStoppelaar JD, Grøn P : In vivo study of temporary filling materials used in endodontics in anterior teeth. *Oral Surg* 43:615-620, 1977.
19. Goldman LB, Goldman K, Kronman JH, Letourneau JM : Adaptation and porosity of poly-HEMA in a model system using two microorganisms. *J Endodon* 66:863-866, 1980.
20. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD : In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endodon* 16:566-569, 1990.
21. Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF, Wilson RF : Sealing ability of potential retrograde root filling materials. *Endod Dent Traumatol* 11:264-269, 1995.
22. Gish SP, Drake DR, Walton RE, Wilcox L : Coronal leakage : Bacterial penetration through obturated canals following post preparation. *JADA* 125:1369-1372, 1994.
23. Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL : An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. *Int Endod J* 29:99-107, 1996.
24. Williams S, Goldman M : Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *J Endodon* 11:385-388, 1985.
25. Dickson SS, Peters DD : Leakage evaluation with and without vacuum of two gutta-percha fill techniques. *J Endodon* 19:398-403, 1993.
26. Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Ørstavik D : Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J* 32:370-375, 1999.
27. Torabinejad M, Higa RK, Mckendry DJ, Pitt Ford TR : Dye leakage of four root end filling materials : Effects of blood contamination. *J Endodon* 20:159-163, 1994.
28. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE : Longitudinal sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate as a root end filling material. *J Endodon* 22:575-578, 1996.
29. Dorn SO, Gartner AH : Retrograde filling materials: A retrospective success failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endodon* 16:391-393, 1990.
30. Yaccino JM, Walker III WA, Carnes DL, Schindler WG : Longitudinal microleakage evaluation of Super-EBA as a root end sealing material. *J Endodon* 25: 552-554, 1999.
31. Bondra DL, Hartwell GR, Macpherson MG, Portell FR : Leakage in vitro with IRM, high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials. *J Endodon* 15:157-160, 1989.
32. Zetterqvist, Anneroth G, Nordenram A : Glass ionomer cement as retrograde filling material. *Int J Oral Maxillofac Surg* 16:459-464, 1978.
33. Schwartz SA, Alexander JB : A comparison of leakage between silver glass ionomer cement and amalgam retrofillings. *J Endodon* 14:385-391, 1988.
34. 이형일, 손호현 : 초음파 기구에 의한 치근단 와동형성후 역충전의 밀폐성에 대한 연구. *대한치과보존학회지* 18:197-204, 1993.
35. Tuggle ST, Anderson RW, Pantera EA, Neaverth EJ : A dye penetration study of retrofilling materials. *J Endodon* 15:122-124, 1989.
36. Vertucci FJ, Beatty RG : Apical leakage associated with retrofilling technique : A dye study. *J Endodon* 12:331-336, 1986.
37. zata F, Erdilek N, Tezel H : A comparative sealability study of different retrofilling materials. *Int Endod J* 26:241-245, 1993.