

## 분광광도법을 사용한 수종 역충전재의 근단부 폐쇄효과에 관한 연구

이진규 · 박상진 · 최경규 · 최기운\*

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실

### ABSTRACT

#### SPECTROPHOTOMETRIC EVALUATION OF SEALING EFFECTS OF SEVERAL ROOT-END FILLING MATERIALS

Jin-Gyu Yi, Sang-Jin Park, Kyung-Kyu Choi, Gi-Woon Choi\*

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyunghee University

The purpose of this study is to evaluate the sealing effect of several root-end filling materials using spectrophotometric analysis. 180 single root teeth with one canal were instrumented and canal filled. Root resected and root end preparation was made. Teeth were randomly classified to 5 experimental group(MTA, EBA, IRM, TCP, ZOE) and 1 control group according to root-end filling material MTA group used PRO ROOT MTA, EBA group used Super EBA, TCP group used NEW APATITE LINER TYPE II main component of which is  $\alpha$ -tricalcium phosphate(TCP). According to manufacture's instruction experimental material was mixed and re-filled. After 2% methylene blue solution penetration absorbance for each test sample was measured with spectrophotometer (JASCO UV-530, Japan).

The mean absorbance of control and experimental group was as follows:

MTA : 0.092, IRM : 0.226, Super EBA : 0.255, ZOE : 0.374, Control : 0.425, TCP : 0.501 and the result analyzed by Turkey test at  $P=0.05$  level.

Conclusions of this study are as follows:

1. The absorbance increase in following sequence MTA, IRM, Super EBA, ZOE, Control, TCP.
2. MTA showed the least leakage but was not significant with IRM or Super EBA and was significant with control or TCP( $p<0.05$ ).
3. TCP had the most leakage and was not significant with control group.

**Key words** : Sealing effect, Root-end filling materials, Spectrophotometric analysis, Absorbance, MTA, TCP

### I. 서 론

구강내에는 많은 종의 세균이 존재하며 세균에 의해 근관이 감염되면 근관내 세균이나 세균 부산물이 치근단 주위 조직을 자극하여 치근단 병소가 형성된다. 근관치료의 목적은 치근단 병소를 유발시키는 여러 자극원들을 제거하고, 근관을 3차원적으로 완전히 충전하는 것이다. 그러나 근관계의 복잡성으로 인해 근관형성과 세정을 통해 근관내 세균과 세균산물을 제거하지 못하거나 불완전한 근관충전으로

근관내 조직액이 침투하게 되면 근관치료의 실패가 야기된다<sup>1)</sup>. 근관치료가 실패하였으나 재 치료가 어려운 경우, 치근단 수술을 통해 치유를 유도할 수 있으며, 치근단 수술에는 치근단 절제와 치근단 외동 형성 및 역충전의 과정이 있다. 과거 일부 연구자들<sup>2-4)</sup>은 gutta-percha의 cold burnishing이나 치근단 절제만시행한 경우 역충전을 했을 때와 비교 시 유의할 만한 차이가 없음을 보고하며 역충전의 효과에 의문을 제기하기도 하였으나 근관에는 치근단 절제를 시행한 뒤 역충전을 하는 것이 근단부 폐쇄 효과가 양호하다하

여 추천하고 있다<sup>1,5-8)</sup>. 만약 역충전을 시행하지 않을 경우, sealer가 근단부 주변 조직액에 의해 용해되어 장기적으로 근관치료가 실패할 가능성이 있다<sup>9)</sup>. 치근단 절제를 통해, 근관치료를 실패를 일으킬 수 있는 여러 가지 자극 요소들을 제거할 수 있고 근관을 완전히 세척하고 형성할 수 있으며 근관을 3차원적으로 충전할 수 있다면 역충전의 필요성은 없으며 특히 역충전을 위한 기구의 접근이 어렵고 제한된 경우에는 더욱 그러할 것이다. 그러나 근관치료를 시 감염 조직 및 isthmi의 완전한 제거 그리고 3차원적인 근관충전이 항상 가능한 것은 아니다<sup>9)</sup>.

역충전의 주 목적은 근관계를 폐쇄 함으로써 세균의 이동이나 세균 부산물의 확산을 방지하는데 있다<sup>10)</sup>. Gartner와 Dorn<sup>11)</sup>은 이상적인 치근단 역충전재의 요구 조건으로 조직의 용이성, 방사선 불투과성, 체적 안정성, 비흡수성, 수분에 대한 내구성, 상아질에 대한 접착성, 무독성, 생체친화성 등을 제시하였다. 역충전재로 아말감을 사용 시 아말감이 가지는 단점들 즉 수은 독성, 경화 후 팽창, 부식, 조직 착색, 변연누출, 충전 시 주변 조직에 아말감 입자의 분산, 과량의 재료가 흡수되지 않는 등의 문제점이 있어 근관에는 아말감을 잘 사용하고 있지 않다<sup>11)</sup>. Super EBA와 IRM (Intermediate Restorative Material) 같은 강화형 ZOE cement는 일반적으로 임상에서 주로 사용되고 있는 역충전재로 밀폐효과와 임상적 성공률에서 만족할 만한 결과를 보이고 있다<sup>11)</sup>. 이들은 혼합 초기에는 경도에서 중등도의 독성을 보이나 경화가 진행되면서 세포독성은 빠르게 감소하며<sup>12)</sup> 아말감에 비해 변연누출과 세포독성이 적은 것으로 보고되고 있다<sup>13,14)</sup>.

최근에는 MTA(mineral trioxide aggregate)가 역충전재로서 우수한 성질이 보고되고 있다. 즉 MTA는 다른 역충전재와 비교 시 세균누출, 색소누출, 세포독성 등이 적고 변연 적합성이 양호하다고 알려져 있다<sup>15-18)</sup>. 또한 치주인대 섬유와 백악질의 형성이 MTA 주변에서 관찰되고<sup>19)</sup> MTA의 압축강도와 용해성은 강화형 ZOE cement와 유사하나 경화시간은 훨씬 길다<sup>9)</sup>.

최근 치과용 근관 충전 재료로 흡수성 세라믹이 개발되어 사용되고 있다. 이들 중 Hydroxyapatite와 tricalcium phosphate(TCP)는 골이나 연조직과 접촉 시 염증 반응을 유발 시키지 않기 때문에 생체적합성이 우수한 재료로 알려져 있으며<sup>21)</sup> 조골세포를 이용한 실험 결과 TCP 표면에 조골세포의 부착과 확산이 용이하게 발생된다고 보고 되었다<sup>20)</sup>. Himel 등<sup>21)</sup>은 calcium phosphate로 치수강 저의 천공을 수복 시 골 파괴 및 염증의 유발이 적었음을 보고하였다.

치근단 수술시 사용되는 역충전재의 요구 조건 중의 하나는 근단부의 효과적인 폐쇄를 통해 근단부 조직액이나 세균 혹은 세균 부산물이 통과하지 못하게 하는데 있다. 본 실험에서는 MTA (mineral trioxide aggregate), Super

EBA, IRM, NEW APATITE LINER Type II, ZOE cement 와 같은 수종의 역충전재의 근단부 폐쇄효과를 알아보고자 한다. 이 중 NEW APATITE LINER Type II는 tricalcium phosphite가 주성분으로 생체친화성이 좋은 재료로서 base용으로 사용되고 있으며 본 실험에서 역충전재로의 사용 가능성을 근단부 폐쇄효과 면에서 평가해 보고자 하였다. 누출에 대한 평가는 색소침투법과 분광광도법을 이용하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

근관이 하나인 단근치 180개를 NaOCl 용액과 scaler (Dentsply, USA)를 사용하여 치근표면의 유기잔사와 치석을 제거하였다. 근관충전은 gutta percha(Sure dent, Korea) 와 AH 26(Dentsply De Tray, Germany)을 사용하였으며 Ni-Ti hand spreader(Brassler, USA)를 사용하여 근관충전을 시행하였다. 색소침투에 사용할 색소로는 2% methylene blue 용액(Duk san pure chemical co. Ltd, Korea)을 사용하였다. 실험군에 사용된 역충전재로는 MTA (Dentsply Tulsa Dental, USA), Super EBA (Bosworth, USA), IRM (Dentsply DeTrey, Germany), TCP 재제인 NEW APATITE LINER TYPE II (Sankin Kogyok.k, Japan), ZOE cement(Sultan, USA)를 사용하였다(Table 1).

### 2. 실험 방법

#### 1) 시편 및 시료 제작

근관와동 형성을 하고 H-file(Mani Inc, Japan)을 사용하여 근관 형성과 성형을 시행하였다. MAF를 #35로 설정하고 MAF 보다 3단계 큰 번호까지 step back 법을 사용하였고 Gates-Glidden drill (Maillefer, Swiss)을 이용해 coronal flaring을 하였다. Paper point로 근관을 건조시킨 뒤 AH 26 과 gutta percha를 사용해 측방가압법으로 근관 충전을 하였다. 충전된 근관와동은 ZOE로 가봉하고 nail varnish를 3회 도포 하였다. 근단부 3mm를 저속 핸드피스 용 diamond disc로 절단하고 #2 round bur(SSW RA2, USA)를 사용해 3mm 깊이로 역충전 와동을 형성하였다. 임의로 각 군 당 30개씩 치아를 분류한 뒤 제조사의 지시대로 역충전을 시행하여 시편을 제작하였다. 제작된 180개 시편을 대조군과 실험군 별로 2% methylene blue 용액에 근단부만 7일간 담가두었다. 7일 후 시편을 꺼낸 뒤 도포된 nail varnish를 제거하고 근단부로부터 7mm되는 지점에서 저속 핸드피스용 diamond disc로 치근을 절제하였다.

**Table 1.** Root-end filling materials used in this study

Product Name	Composition	Manufacturer
PRO ROOT	Tricalcium silicate	DENTSPLY TULSA DENTAL, USA
	Bismuth oxide	
	Dicalcium silicate	
	Tricalcium aluminate	
	Tetracalcium aluminoferrite	
Super EBA	Gypsum	Bosworth, USA
	Zinc oxide	
	Alumina	
	Natural resin	
	Ortho-Ethoxy Benzoic acid	
IRM (Intermediate Restorative Material)	Eugenol	DENTSPLY DeTrey, Germany
	Zinc oxide	
	Polymethylmethacrylate	
	Eugenol	
NEW APATITE LINER	Acetic acid	SNAKIN KOGYOK.K, JAPAN
	$\alpha$ -tricalcium phosphate	
ZINC OXIDE U.S.P.	Zinc oxide	SULTAN, USA
EUGENOL U.S.P.	Eugenol	

절제된 7mm 시편을 잘게 분쇄한 후 20ml의 증류수에 4일간 담가두어 methylene blue를 추출하여 시료를 제작하였다. UV/VIS Spectrophotometer (Jasco UV- 530, Japan)를 사용하여 methylene blue가 추출된 시료의 흡광도를 측정하였다.

## 2) 대조군 및 실험군의 분류

대조군 및 실험군의 분류는 다음과 같다. 대조군은 역충전용 와동형성과 역충전을 시행하지 않은 군이었으며 실험군은 사용된 역충전제에 따라 5개 군으로 분류하였다 ;

MTA 군은 Pro Root로 역충전한 군,

EBA 군은 Super EBA로 역충전한 군,

IRM 군은 IRM으로 역충전한 군,

TCP 군은 New Apatite Liner type II로 역충전한 군,

ZOE 군은 ZOE로 역충전한 군.

대조군 및 실험군 당 30개 치아를 사용하였고, 각 군의 치아를 5개씩 분류하여 6개 그룹으로 나누었다. 본 실험에서 사용한 치아는 단관관을 가지는 단근치로서 상하악 절치, 상하악 견치, 하악소구치, 상악 제 2 소구치등이 포함되어 있다. 따라서 치아를 5개씩 분류할 때는 어느 한 그룹에 특정 치아가 집중되지 않도록 하였다. 5개씩 분류된 치아는 하나의 시료를 만드는데 사용되어 각 군 당 6개 시료가 제작되었다.

## 3) 표준시료 측정 및 흡광도 측정

평행판으로 된 투명한 흡수용기(absorption cell)에 전자파를 흡수하는 물질의 농도가  $c(g/l)$ 이고 두 평행판 사이의 길이 즉, 빛이 통과하는 용액층의 두께가  $b(cm)$  일 때 단색광이  $P_0$ 의 세기로 입사하여 흡수용기 내의 용액층을 통과한 뒤  $P$ 의 세기로 나갈 때 물질의 농도가 균일할 때에는 흡수되는 빛의 세기는 액층의 길이에 비례한다. 이를 Lambert의 법칙 또는 Bouguer의 법칙이라고 한다. 용액층의 길이가 일정할 때 흡수되는 빛의 세기는 용액의 농도에 비례한다. 이것을 Beer의 법칙이라 한다. 이 법칙은 식으로는  $A = \log P_0/P = abc$  로 표시되며;  $A$ 는 시료의 흡광도(absorbance),  $a$ 는 어떤 파장에서 시료의 흡광계수(absortivity),  $b$ 는 흡수용기의 길이 즉 시료의 두께,  $c$ 는 시료의 농도,  $P_0$ 는 시료 통과 전의 빛의 세기 그리고  $P$ 는 시료 통과 후 빛의 세기이다.

흡광도를 이용하여 물질의 농도를 규명할 경우, 우선 정량하려는 성분의 특성 흡수 띠를 찾아야 한다. 이때 용매가 액체인 경우는 ppm 또는 % 등으로 농도단위를 선정하여 용매와 혼합하여 기준물질을 제조하여 검정선(authorized line)을 정한다. 이때 검정선이 일직선이 되도록 농도범위를 선택하도록 한다. 검정선이 작성된 후 시료의 흡광도를 Beer 법칙에 따라 측정한다. 이 실험에 사용된 색소인 2% methylene blue 용액을 여러 농도로 희석하여 검정선을

언어 검정선이 직선적인 관계를 이루는지 확인한 후(Fig. 1) 제작된 시료의 흡광도를 측정하였다.

$A = \log P_0/P = abc$ 에서 a와 b는 계수로서 일정한 수치를 가지므로 c와 A 즉 농도와 흡광도는 서로 정비례 관계를 나

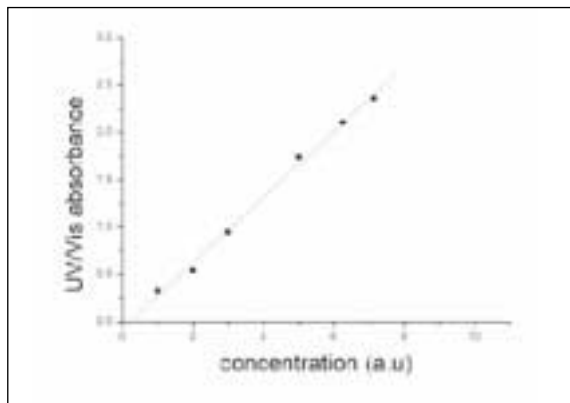


Fig. 1. Authorized line of 2% methylene blue

Table 2. Mean UV/Vis Absorbance of Control and Experimental Group

Group	UV-Vis Absorbance			N
	Mean±S.D	Min	Max	
CON*	0.425±0.174	0.221	0.670	6
MTA	0.092±0.016	0.070	0.113	4
EBA	0.255±0.073	0.143	0.323	5
IRM	0.226±0.028	0.186	0.262	5
TCP	0.501±0.126	0.384	0.751	6
ZOE	0.374±0.076	0.297	0.537	6

\*: control group

타낸다. 시료의 흡광도가 크면 methylene blue의 농도가 높다는 것을 의미하며 그것은 역충전제의 누출이 많았다는 것을 뜻한다.

### III. 실험성적

대조군 및 실험군에서 측정된 흡광도는 다음과 같다 (Table 2, Fig.2-8). 대조군은 0.425, MTA 군은 0.092, Super EBA 군은 0.255, IRM 군은 0.226, TCP 군은 0.501, ZOE 군은 0.374 이었다. 흡광도 수치가 가장 낮은 MTA를 1로 가정하면 IRM 군은 약 2.5배, Super EBA 군은 약 2.8배, ZOE 군은 약 4.1배, 대조군은 약 4.6배, TCP 군은 약 5.4배 정도 누출이 더 많았다. 측정된 수치 중 전형적인 methylene blue의 곡선 형태가 아닌 수치는 실험과정이나 측정 과정 중 다른 불순물이 개입되었거나 흡광도에 영향을 줄 수 있는 열이나 빛과 같은 내부 및 외부 자극으로 인해 오차가 생긴 것으로 간주되어 평균치 측정에서 제외하였다.

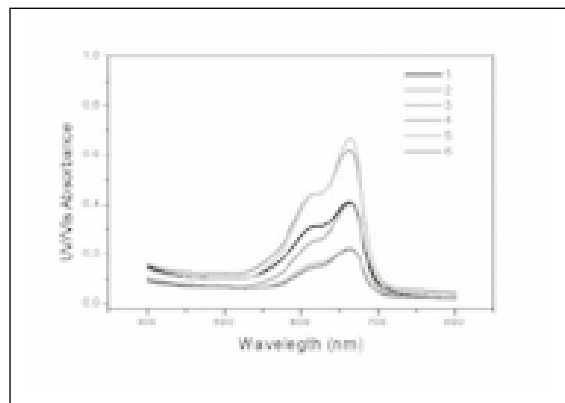


Fig. 2. UV/Vis absorbance of Control

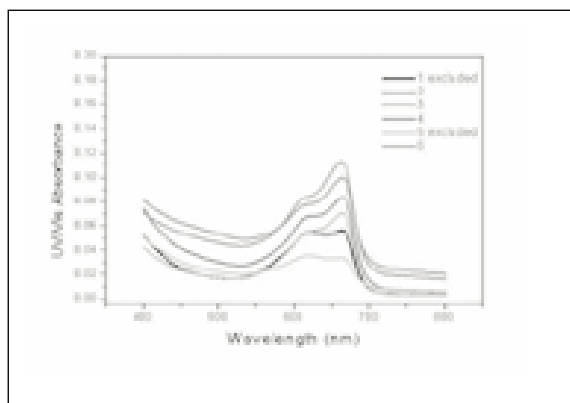


Fig. 3. UV/Vis absorbance of MTA

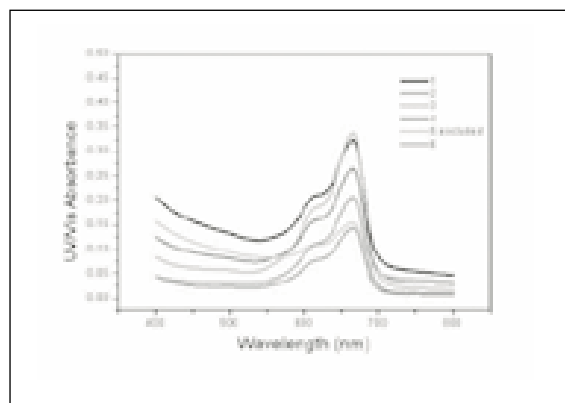


Fig. 4. UV/Vis absorbance of Super EBA

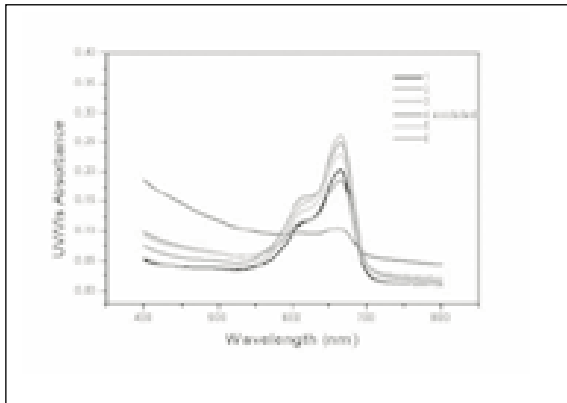


Fig. 5. UV/Vis absorbance of IRM

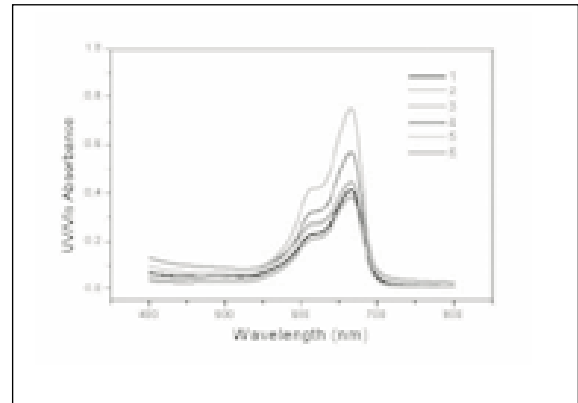


Fig. 6. UV/Vis absorbance of TCP

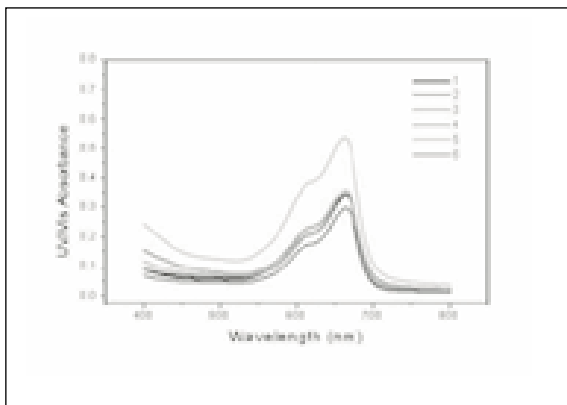


Fig. 7. UV /Vis absorbance of ZOE

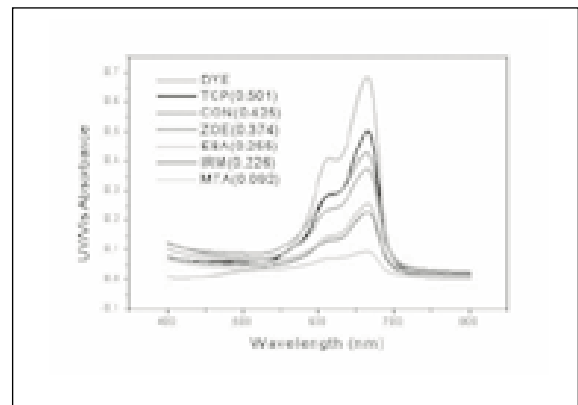


Fig. 8. Mean UV/Vis absorbance of control and experimental groups

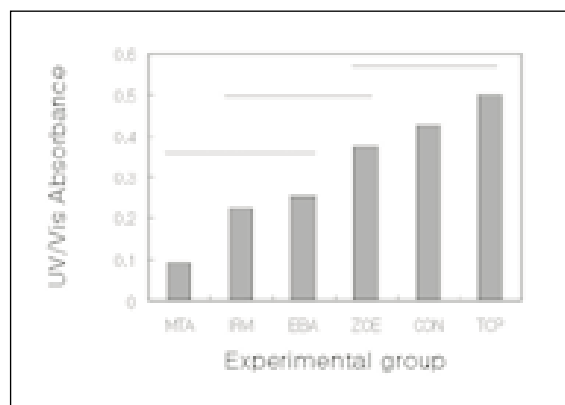


Fig. 9. Comparison of mean UV/Vis absorbance

측정한 대조군 및 실험군의 흡광도에 대한 유의성 검정을 Turkey test로 유의수준  $p=0.05$  에서 시행하였다.

MTA 군은 가장 낮은 흡광도를 보였으며, Super EBA 군, IRM 군과 유의성 있는 차이는 없었으나 ZOE 군, TCP

군과는 유의성 있는 차이를 보였다( $p<0.05$ ). Super EBA 군과 IRM 군은 ZOE 군과 유의성 있는 차이를 나타내지 않았으며, ZOE 군은 대조군이나 TCP 군과 유의성 있는 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 9).

#### IV. 총괄 및 고안

역충전의 주된 목적은 치근단 절제 후 근관을 폐쇄하는 것이다<sup>1)</sup>. 이상적인 역충전재의 조건은 근관충전재의 요구 조건과 유사하다. 즉 근관에 대한 부착성이 높아 근관을 폐쇄하여야 하며, 독성이 없고, 근단부 주위 조직에 대해 친화성이 있어야 하며, 체적 안정성이 있어야 하고, 치아내에서는 비흡수성이나 조직내에서 과량의 재료는 흡수성을 가지며, 경화시 수분의 영향을 받지 말아야 한다. 근단부 조직의 재생을 촉진시키고 세균의 성장을 억제할 수 있어야 하고 또한 부식성이 없어야 하며 조직이 용이하고 방사선 불투과성이어야 한다<sup>11)</sup>.

아말감은 오랫동안 역충전재로 사용되어왔다. 그러나 아말감은 역충전재로 사용 시 변연누출, 치질의 착색, 수은으로 인한 독성, 부식성, 그리고 와동 형성 시 undercut을 형성하여야 하는 등의 단점이 있다<sup>11)</sup>.

이와 같은 아말감의 단점으로 인하여 ZOE 계의 충전재가 사용되고 있다. IRM과 Super EBA는 누출 실험이나 독성 실험 등에서 일반적으로 좋은 결과를 나타내고 있다<sup>6,23,24)</sup>. IRM은 되게(thick) 혼합하는 것이 근단부의 충전이 용이하고 폐쇄효과가 증진된다. 또한 서로 잘 응착 되지 않기 때문에 여러 번 충전하는 것보다 한 덩어리로 한번에 충전하는 것이 좋다<sup>11)</sup>. Super EBA는 폐쇄효과가 좋고 조직독성이 적으나 혼합이 어려워 숙련된 혼합이 필요하며<sup>9)</sup> 경화후 고속 핸드피스로 표면을 활택하게 하는 것이 변연적합을 높인다<sup>24)</sup>. 그러나 강화형 ZOE cement는 방사선 불투과성이 gutta percha와 유사하고 수분에 대해 민감하며 생체조직에 대한 자극과 용해되는 단점이 있다<sup>11)</sup>.

MTA는 기존의 역충전재에 비해 몇 가지 장점을 가진다. 혼합과 충전이 쉽고, 반드시 건조된 상황이 아니더라도 사용이 가능하며, 여분의 재료를 제거하기 용이하다. 그러나 긴 경화시간은 단점으로 작용한다<sup>1)</sup>. MTA는 누출 실험에서 폐쇄효과가 높게 나타났으며<sup>1,25)</sup> 혈액이나 수분의 영향을 많이 받지 않고<sup>16)</sup> 세포독성, 조직반응에서도 양호한 결과가 보고되고 있다<sup>17)</sup>.

1983년 Brown과 Chow가 처음으로 calcium phosphate cement에 대해 보고한 이후 Goodell등<sup>26)</sup>은 calcium phosphate cement가 연조직과 경조직 모두에 친화성이 있으며 근단부로 정출된 calcium phosphate cement는 주위 조직의 치유에 나쁜 영향을 주지 않는다고 하였으며 Harbert<sup>27)</sup>는 근단부에 형성된 calcium phosphate cement barrier는 수분에 대한 용해성이 낮아 근단공 부위에서의 경조직 형성에 기질로 작용할 수 있으며, 근단부 폐쇄효과를 향상시킬 수 있다고 보고하였다.

역충전재의 폐쇄효과를 평가하기 위한 방법으로는 색소침투, radioisotope, 세균침투, electrochemical method,

SEM 검사, fluid filtration technique 등을 들 수 있으며 이중 색소침투 방법이 가장 많이 사용되고 있다<sup>28)</sup>. 사용되는 색소로는 methylene blue, eosin, crystal violet, indian ink, rhodamine B 등이 있다. Methylene blue의 분자는 세균의 부산물(예를 들면 butyric acids)의 크기와 유사하기 때문에 색소 침투 실험에서 많이 사용되고 있다<sup>29)</sup>. Ahlberg 등<sup>30)</sup>은 methylene blue는 indian ink에 비해 분자량이 작아서 근관내 충전물을 따라 보다 더 깊이 침투할 수 있다고 하였다.

색소침투 실험에서 색소를 침투시킬 경우 음압이나 혹은 고압이 가해질 필요는 없으며<sup>31)</sup> 수동적 침투가 아닌 것은 근관내 상황을 변화시키기 때문에 보다 정확한 임상적 상황의 재현을 위해서는 수동적 침투가 적절하다고 생각된다.

Goldman 등<sup>32)</sup>과 Spangberg 등<sup>33)</sup> 및 Oliver와 Abbott<sup>34)</sup> 그리고 Peters와 Harrison<sup>35)</sup>은 근관내 공기가 색소의 침투를 방해한다고 하였다. 그러나 Antonopoulos 등<sup>31)</sup>은 Goldman 등<sup>32)</sup>과 Spangberg 등<sup>33)</sup> 및 Oliver와 Abbott<sup>34)</sup> 그리고 Peters와 Harrison<sup>35)</sup>의 연구에서 사용된 방법이 in vivo 상황을 재현하지 못한 단점을 지적하면서, 근관내 공기가 색소침투에 별다른 영향을 주지 않는다고 하였다.

본 실험은 투명표본을 제작하여 침투거리를 측정하는 방법이 아니므로 색소의 선택에 있어서는 근관내 침투효과가 좋다고 알려진 methylene blue를 사용하였다. Methylene blue 용액에 시편을 담가둘 때는 압력이 가해지지 않은 상태에서 진행하였으며 근관내 포함된 공기를 인위적으로 제거하지는 않았고 그것이 실제 임상 상황과 더 근접하리라 생각된다. 또한 Methylene blue를 사용 시 역충전재와 접촉되는 부분에서 색의 변화는 누출의 해석에 혼란을 가져올 수도 있다는 주장<sup>36)</sup>이 있다. 그러나 분광광도법은 누출을 길이가 아닌 색소의 양 자체를 측정하므로 역충전재의 변연폐쇄효과를 보다 정확히 측정할 수 있다.

MTA는 다른 역충전재에 비해 우수한 성질을 나타내고 있다. 대부분의 실험에서 MTA, 강화형 ZOE cement는 아말감에 비해 적은 누출이 일어났다. MTA는 Super EBA와 비교시 폐쇄능력, 변연적합 등에서 유의성 있게 우수한 결과를 보이거나<sup>1,16,25,37)</sup> 혹은 유의성 없는 결과를 보이기도 하였다<sup>38)</sup>. 본 실험에서는 비록 MTA가 가장 좋은 폐쇄능력을 나타냈으나 강화형 ZOE cement와는 유의차가 없었다. 강화형 ZOE cement는 장기적으로 체적의 변화가 일어나기 때문에 실험이 장기간 이루어질 경우 누출이 증가할 수 있으며 그에 따라 보다 더 유의한 차이를 보이는 결과도 얻을 수 있으리라 생각된다.

본 실험 결과 calcium phosphate는 근단부 누출이 가장 심한 것으로 나타났다. 근단부 폐쇄효과와 결여는 우수한 생체친화성에도 불구하고 역충전재로의 사용 가능성에 대해 의문을 제기하게 된다. 이 실험에 사용된 NEW APAT-

ITE LINER TYPE II는  $\alpha$ -TCP가 주성분으로서 TYPE I에 비해 기계적 성질이 강화되었으며 경화시간도 짧아 base 용으로 사용되는 제품이다. 경화 후  $\alpha$ -TCP는 hydroxyapatite로 전환된다<sup>26)</sup>. 역충전재로 사용시에는  $\alpha$ -TCP로부터 전환된 다공성의 hydroxyapatite가 methylene blue 용액에 노출되면서 대조군 보다 높은 미세누출이 일어난 것으로 생각된다.

흡광도 측정시 MTA 군에서 전형적인 methylene blue 용액의 흡광도 곡선의 형태에서 벗어난 시료가 많이 나타난 결과는 MTA 군에 있는 methylene blue 의 양이 다른 군보다 적었기 때문에 소량의 불순물이나 외부 자극 등에 흡광도가 예민하게 반응했기 때문인 것으로 생각되며, 누출이 많이 나타난 TCP군이나 ZOE군에서 오차가 확인된 시료는 없었다.

색소침투를 이용한 누출실험 시 투명표본을 제작하는 경우 Wu와 Wesselink<sup>39)</sup>는 침투거리의 측정에서 주관적인 면이 강하게 나타난다고 주장하였다. 또한 Veis<sup>40)</sup>은 근관충전의 폐쇄효과에 대한 실험에서 색소의 침투길이를 측정하는 것보다 면적을 측정하는 방법이 누출을 정량적으로 측정할 수 있다고 보고하였다. 투명표본을 제작해 누출을 평가하는 방법은 근관내 충전상태를 3차원적으로 관찰하여 그 상태를 평가할 수 있으며 치아의 해부학적 형태가 그대로 유지가 된다. 그러나 시간과 노력이 많이 소요되고 색소의 용해를 유발할 수 있다<sup>29)</sup>.

분광광도법은 이상과 같은 투명표본법에 따른 근관 폐쇄효과에 대한 평가방법의 단점을 개선하고 보다 정량적으로 누출을 측정해보고자 하는 의도로 사용하였으며 차후 미량의 누출을 정확히 분석하기 위해서는 분광광도법 보다 더욱 정확한 측정 기기를 이용하는 것이 필요하며, 실험과정 중 이물질에 의한 측정치의 오차를 경감시키기 위해서는 더욱 표준화되고 정밀한 실험이 이루어져야 할 것이라 사료된다.

## V. 결 론

적절한 근관형성과 근관충전 등과 같이 성공적인 근관치료를 위한 여러 가지 노력에도 불구하고 근관치료의 실패는 일어날 수 있다. 임상에서 근관치료가 실패했으나 재치료가 불가능한 경우, 치근단 절제술과 역충전을 차선택으로 시행한다. 치근단 수술시 실패 가능성을 줄이기 위해서 역충전 과정은 필요하며 이때 사용되는 역충전재의 성질중 근단부 폐쇄효과는 매우 중요한 조건 중 하나이다.

본 실험에서는 생체친화성이 우수한 tricalcium phosphate 성분의 cement의 역충전재로의 사용 가능성을 근단부 폐쇄효과 면에서 알아보려고 분광광도법을 이용하여 수종의 역충전재의 근단부 폐쇄효과를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 흡광도는 MTA, IRM, Super EBA, ZOE, 대조군, TCP 순으로 증가하였다.
2. MTA의 폐쇄효과가 가장 우수하였으며, 강화형 ZOE와 유의성 있는 차이를 보이지는 않았으나, ZOE, TCP와는 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).
3. TCP는 미세누출이 가장 많이 나타났으나 대조군과 비교 시 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다.

현재 역충전재로 많이 사용되고 있는 MTA와 강화형 ZOE cement (SuperEBA, IRM)는 근단부 폐쇄효과 면에서 다른 재료에 비해 우수한 것으로 나타났으나 TCP의 근단부 폐쇄효과는 떨어지는 것으로 나타나 우수한 생체친화성에도 불구하고 역충전재로의 사용은 좀더 학문적 뒷받침이 되는 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Torabinejad M, Watson TF and Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endodon*, 19:12:591-595, 1993.
2. Rapp EL, Brown CE Jr and Newton CW. An analysis of success and failure of apicoectomies. *J Endodon*, 17:10:508-512, 1991.
3. Kaplan SD, Tanzilli JP, Raphael D and Moodnik RM. A comparison of the marginal leakage of retrograde techniques. *Oral Surg.*, 54:5:583-585, 1982.
4. Bramwell JD and Hicks ML. Sealing ability of four retrofilling techniques. *J Endodon*, 12:3:95-100, 1986.
5. Carr GB and Bentkover SB. Surgical endodontics. p.608-656 In. Cohen S, Burns RC, editors. Pathways of the pulp, CV Mosby Co, St Louis, 1998.
6. King KT, Anderson RW, Pashley DH and Pantera EA Jr. Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. *J Endodon*, 16:7:307-310, 1990.
7. Tuggle ST, Anderson RW, Pantera EA Jr and Neaverth EJ. A dye penetration study of retrofilling materials. *J Endodon*, 15:3:122-124, 1989.
8. Vertucci FJ and Beatty RG. Apical leakage associated with retrofilling techniques: a dye study. *J Endodon*, 12:8:331-336, 1986.
9. Johnson BR. Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surg.*, 87:4:398-404, 1999.
10. Fogel HM and Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *J Endodon*, 27:7:456-458, 2001.
11. Gartner AH and Dorn SO. Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am*, 36:2:357-378, 1992.
12. Pitt Ford TR, Andreasen JO, Dorn SO and Kariyawasam SP. Effect of various zinc oxide materials as root-end fillings on healing after replantation. *Int Endodon J*, 28:6:273-278, 1995.
13. Wu MK, Kontakiotis EG and Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod*, 24:8:557-560, 1998.
14. Zhu Q, Safavi KE and Spangberg LS. Cytotoxic evaluation of root-end filling materials in cultures of human osteoblast-like cells and periodontal ligament cells. *J Endodon*, 25:6:410-412, 1999.
15. Fischer EJ, Arens DE and 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*, 24:3:176-179, 1998.
16. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ and Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endodon*, 20:4:159-163, 1994.
17. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR and Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endodon*, 21:10:489-492, 1995.
18. Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA and Kariyawasam SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endodon*, 23:4:225-228, 1997.
19. Zhu Q, Haglund R, Safavi KE and Spangberg LS. Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. *J Endodon*, 26:7:404-406, 2000.
20. Barkhordar RA and Meyer JR. Histologic evaluation of a human periapical defect after implantation with tricalcium phosphate. *Oral Surg*, 61:2:201-206, 1986.
21. Himel VT, Brady J Jr and Weir J Jr. Evaluation of repair of mechanical perforations of the pulp chamber floor using biodegradable tricalcium phosphate or calcium hydroxide. *J Endodon*, 11:4:161-165, 1985.
22. Dorn SO and Gartner AH. Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endodon*, 16:8:391-393, 1990.
23. Szeremeta-Browar TL, VanCura JE and Zaki AE. A comparison of the sealing properties of different retrograde techniques: an autoradiographic study. *Oral Surg*, 59:1:82-87, 1985.
24. Fitzpatrick EL and Steiman HR. Scanning electron microscopic evaluation of finishing techniques on IRM and EBA retrofillings. *J Endodon*, 23:7:423-427, 1997.
25. Torabinejad M, Falah Rastegar A, Kettering JD and Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root and filling material. *J Endodon*, 21:3:109-112, 1995.
26. Goodell GG, Mork TO, Hutter JW and Nicoll BK. Linear dye penetration of a calcium phosphate cement apical barrier. *J Endod*, 23:3:174-177, 1997.
27. Harbert H. One-step apexification without calcium hydroxide. *J Endodon*, 22:12:690-692, 1996.
28. Chong BS, Pitt Ford TR and Watson TF. The adaptation and sealing ability of light-cured glass ionomer retrograde root fillings. *Int Endodon J*, 24:5:223-232, 1991.
29. Oliver CM and Abbott PV. Correlation between clinical success and apical dye penetration. *Int Endodon J*, 34:8:637-644, 2001.
30. Ahlberg KM, Assavanop P and Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and india ink in root-filled teeth. *Int Endodon J*, 28:1:30-34, 1995.
31. Antonopoulos KG, Attin T and Hellwig E. Evaluation of the apical seal of root canal fillings with different methods. *J Endodon*, 24:10:655-658, 1998.
32. Goldman M, Simmonds S and Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg*, 67:3:327-332, 1989.
33. Spangberg LS, Acierno TG and Yongbum Cha B. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J Endodon*, 15:11:548-551, 1989.
34. Oliver CM and Abbott PV. Entrapped air and its effects on dye penetration of voids. *Endod Dent Traumatol*, 7:3:135-138, 1991.
35. Peters LB and Harrison JW. A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. *Int Endod J*, 25:6:273-278, 1992.
36. Wu MK, Kontakiotis EG and Wesselink PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *J Dent*, 26:7:585-589, 1998.
37. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD and Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endodon*, 21:6:295-299, 1995.
38. Fogel HM and Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *J Endodon*, 27:7:456-458, 2001.
39. Wu MK and Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Endod Dent Traumatol*, 26:37-43, 1993.
40. Veis A, Lambrianidies T and Nicolaou A. Area-metric analysis of dye leakage for evaluation of sealing ability of root canal obturation techniques. *Endod Dent Traumatol*, 12:222-226, 1996.
41. Brown WE and Chow LC. A new calcium phosphate setting cement. *J Dent Res*, 62:672, 1983.

## 최 기 운

경희대학교 치과대학 교수

서울특별시 동대문구 회기동 1번지 경희대학교 치과대학 보존학교실

Tel : (02) 958-9335

E-mail : gwchoi@khu.ac.kr