

Calcium sulfate-Hydroxyapatite 혼합재의 물성 및 치근천공 치유효과에 관한 연구

*연세대학교 치과대학 보존학교실

**연세대학교 치과대학 치과재료학교실

이승종* · 김경남**

Abstract

THE PHYSICAL PROPERTIES AND HEALING EFFECT OF CALCIUM SULFATE-HYDROXYAPATITE COMPOUND ON ROOT PERFORATION

Seung-Jong Lee* · Kyoung-Nam Kim**

**Yonsei University, Department of Conservative Dentistry*

***Yonsei University, Department of Dental Materials*

Treatment of root perforation elicits special considerations due to its blood-contaminated circumstances. It is known that conventional dental restorative materials are all leaking. Calcium sulfate is the material which react with water to become chemically set. This study, therefore, was performed to develop a new compound containing calcium sulfate and to evaluate its physical and biological characteristics. Three materials were used, IRM, calcium sulfate, calcium sulfate-hydroxyapatite compound. The composition of the calcium sulfate-hydroxyapatite compound was basically 50% of calcium sulfate and 50% of hydroxyapatite mixed with guajacol. The materials were mixed in conventional way and underwent four physical test procedures, setting time, solubility test, compressive strength, and marginal leakage test. All materials were evaluated under the scanning electron microscope to examine the marginal sealing ability. Animal experiment was also performed to test the materials' tissue response. Twenty-four dog's premolars were tested with either furcation perforations or apical retro-fillings. From the results, we found that calcium sulfate possess the good marginal sealing ability. However, calcium sulfate creates many voids which is caused by crystal thrusting action when it reacts with water. It seemed that the voids caused disintegration of the material which eventually lead to tissue reaction. By compoun-

*본 연구는 1995년도 연세대학교 학술연구조성비에 의해 이루어진 것임

ding calcium sulfate and hydroxyapatite, we were able to obtain the better physical properties but it showed larger marginal gap between the material and the root surface. Within the six weeks observation period, both IRM and calcium sulfate-hydroxyapatite compound showed good tissue responses in animal experiment. It is concluded that calcium sulfate would be the material of choice in root perforation repair, but the physical property needs to be further improved.

Key words : calcium sulfate, hydroxyapatite sealer, IRM, root perforation,

I. 서 론

치근천공의 치료나 치근단역충전은 다른수복조건과는 달리 혈액이나 조직액의 접촉이 불가피한 습한 상태에서 이루어진다. 따라서 이러한 종류의 치료의 예후는 어떠한 재료를 사용하느냐에 따라 심각한 영향을 받는다. 천공치료나 역충전에 사용되는 재료는 조직에 독성이 없고 염증반응을 야기하지 않아야하며 경조직의 재생을 유도할수 있어야 하지만 특히 습한 상태에서 재료의 경화가 일어날 때 물성의 변화가 없어야하고 변연부의 밀폐가 보장되어야 한다. 이러한 목적을 위해서는 전통적으로 아말감^{1,2)}이 사용되어져 왔으나 아말감은 과충전에 대한 조절이 어려우며 조직내에서 부식이 되는 등의 문제가 제기되었다. 아말감을 치근천공에 사용하는데 있어 가장 심각하게 제기되고 있는 문제는 아말감이 가지는 변연부누출이다. 이 등³⁾은 치근천공시 습기가 있는 임상상황을 재현한 실험모델에서 아말감이 IRM이나 MTA 시멘트와 비교했을 때 가장 많은 변연부누출을 보였음을 보고한바 있다. 변연부누출은 치근천공을 치료하는데 있어서 가장 중요한 요소로써 Balla 등⁴⁾에 의하면 원숭이 대구치의 치근천공을 아말감이나 tricalcium phosphate, hydroxy apatite 등으로 즉시 처치했을때 어느 재료도 완벽한 밀폐를 이루지 못했고 따라서 어느 재료도 일관성있는 경조직을 형성하지 못하였음을 보고하였다.

Calcium sulfate 제재인 Cavit[®]는 calcium sulfate가 가지는 수분친화성으로 인하여 치근천공을 치료하려는 목적으로 Harris⁵⁾와 Jew 등⁶⁾에

의하여 사용되어졌다. Harris는 치근부천공 임상실험에서 Cavit[®]를 사용한 결과 87%의 우수한성공률을 보고하였고 Jew 등은 Cavit[®]을 사용한후 fibrous encapsulation이 관찰되었음을 보고하였다. Zinc oxide eugenol 계통의 재료는 치과임상에서 쉽게 구할수 있고 조작이 용이하기 때문에 치근천공이나 치근단역충전의 목적으로 많이 사용되어지고 있지만^{7,8)} 천공부위에서의 변연부밀폐는 그다지 우수하지 못한 것으로 나타나 이러한 목적으로 사용하는데 있어서 의문이 제기되고있다⁹⁾.

황산칼슘은 1958년 Peltier⁹⁾가 골이식재로 사용하여 골손상부위에서 신속한 치유를 보였다고 소개한 이래 꾸준히 치조골재생에 있어서 관심을 받아왔다. Radentz¹⁰⁾ 등은 골연하상에 황산칼슘을 채워서 조절군과 비교한 동물실험에서 황산칼슘은 조절군보다 빠르고 성숙한 치유를 나타냈다고 보고했고 Bahn¹¹⁾도 황산칼슘을 골대체물질로 소개하면서 새로운 골이 형성되는 시간과 일치하는 빠른 흡수 때문에 황산칼슘을 손상이 큰 부위의 치료에 유용하게 사용할수 있고 이물반응이 적어서 염증성 골손상부위의 치료에 효과적으로 사용할수 있다고 보고했다. 황산칼슘이 골조직 내에서 골과 대체되면서 흡수되는 시간은 Bell¹²⁾에 의하면 33일, Peltier⁹⁾에 의하면 45일에서 72일 정도로 보고되고 있다. 또한 Yamazaki 등¹³⁾은 황산칼슘을 정제된 bone morphogenic protein에 첨가했을 때 골형성이 증가함을 보고했고 Sottosanti^{14,15)}는 치주조직재생유도술식에서 효과적인 barrier로써 작용한다고 보고하였다.

Hydroxyapatite는 Smith¹⁶⁾에 의해 골대체물

질로 처음 사용된 이래 강한 압축강도와 변질되지 않는 성질 및 체내에서 분해소실되지 않고 결체조직이나 근육조직과 직접 부착할 수 있는 등 골조직과 유사한 성질을 가지고 있으며 면역학적으로 거부반응이나 염증을 야기하지 않는 등의 이유로¹⁷⁾ 치과임상에서 많은 관심을 끌어들였다. Roane 등¹⁸⁾은 충전된 치근을 아말감으로 충전한 후 파괴된 골조직을 hydroxyapatite를 사용해 치료한 후 21개월간 관찰했을 때 방사선상으로는 임상적으로 양호한 결과를 보고하기도 하였다. 이러한 hydroxyapatite 제제는 근관용 sealer로 사용되기에는 입자가 너무 굵고 경화되지 않으며 과충전된 재료가 흡수되지 않는 등의 문제를 가지고 있었는데 최근에 일본에서 근관충전용 sealer로 개발되었다. Nakagawa 등은¹⁹⁾ hydroxyapatite와 guaiacol을 주 성분으로 하는 hydroxyapatite sealer를 사용하여 근관치료 임상실험을 한 결과 치근단병변이 없는 경우에는 91.4%의 성공률을, 치근단병변이 있는 경우에는 88%의 성공률을 보였다고 보고하였다. 또한 이 hydroxyapatite sealer로 충전한 환자에서는 어떠한 부작용도 보이지 않았음을 보고하였다. 또한 이러한 목적의 재료들에 있어서 가장 중요한 변연누출을 관찰한 실험에서 Minagawa 등²⁰⁾은 7일동안 관찰했을 때 hydroxyapatite와 guaiacol을 사용한 sealer가 FR[®], CRCS[®] 등에 비할때 현저히 적은양의 변연누출을 보였음을 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 수분의 오염이 있는 데에서도 경화가 일어나며 생체에 친화력이 좋고 물리적 성질이 우수한 재료를 개발하기 위하여 calcium sulfate와 hydroxyapatite 제재를 혼합사용했을 때 나타나는 물성, 변연누출 및 조직반응을 calcium sulfate만 사용했을 때 및 기존의 IRM을 사용했을때와 비교관찰하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 재료

본 연구에서 사용한 재료는 다음과 같다.

- 1) IRM
- 2) Calcium sulfate와 생리식염수
- 3) Calcium sulfate-hydroxyapatite 혼합물 (이하 hydroxyapatite 혼합물)

Hydroxyapatite 혼합물의 구성은 기존 hydroxyapatite 근관충전시멘트(Finapec[®], Kyocera Co. Japan)와 calcium sulfate를 혼합한 형태이다.

Powder:

Hydroxy-apatite	25%
Calcium sulfate	50%
Magnesium oxide	10%
Bismuth subcarbonate	12.5%
기타	2.5%

Liquid:

Guaiacol	50%
Rosin	20%
Eucalyptus oil	15%
기타	15%

2. 물성실험

IRM, calcium sulfate 및 hydroxyapatite 혼합물 각각의 재료에 대하여 다음과 같이 경화 시간, 용해도, 압축강도 및 미세누출검사를 시행하였다.

1) 경화 시간 측정

실온에서 준비된 분말과 용액을 각각의 분말/용액 비로 혼합하여 유리판 위에 놓인 높이 2mm, 지름 15mm의 금속 주형에 채운 뒤 상부를 유리판으로 덮어 매끈하게 만들고 37°C, 100% 상대습도인 항온조내로 옮겼다. 초기경화시간 및 최종경화시간은 종류별로 6개씩 만들어진 시편에 무게 1/4 lb, 끝직경 2.04mm 및 무게 1 lb, 끝직경 1.03mm인 Gilmore needle을 시편 수평면에 수직이 되도록 조심스럽게 내려놓아 혼합시작부터 needle의 압흔이 생기지 않을 때까지 30초 간격으로 측정하였다.

2) 용해도 측정

실온에서 경화시간 측정시와 동일한 비율로 준비된 분말과 용액을 혼합하여 직경 3.8mm, 높이 8mm의 polytetrafluoroethylene(PTFE) 주형에 채운후 유리판으로 한쪽 끝부분을 덮어 매끈하게 만들고 반대편에는 교정용 ligature wire를 삽입하여 시편의 조작을 용이하게 하였다. 이를 37°C, 100% 상대습도인 항온조내로 옮겨 3시간 동안 경화시켰다. 이 후 주형을 분리하여 시편을 제거하고 표면에 결합이 있는지를 면밀히 검사하였다. 결합이 없는 완전한 시편을 종류별로 6개씩 만든 후 최초 혼합시부터 24시간 동안 실온에서 경화시키고 이를 50ml의 증류수가 들어있는 플라스틱 용기에 보관하였다. 증류수에 보관 후부터 24시간후에 시편을 꺼내서 37°C에서 건조시킨 후 전자저울로 무게를 측정하고 다시 증류수에 보관하였다. 이러한 측정을 최초 혼합시부터 7일, 21일에 두차례 더 시행하였으며 실험중간에 증류수를 갈아주지 않았다. 시편을 증류수에 넣을때와 꺼낼 때는 집게로 ligature wire를 잡고 시행하여 시편의 손상이 없도록 유의하였다.

3) 압축강도 측정

용해도 측정시 사용된 동일한 주형과 동일한 방법으로 종류당 6개의 시편을 만들었다. 용해도 시편과 다른점은 ligature wire를 사용하지 않고 시편의 양쪽끝을 모두 유리판으로 매끈하게 만들었다. 혼합 1일 후 증류수가 담긴 플라스틱 용기에 시편을 넣고 24시간 보관후 꺼내어 실온에서 건조시킨 후 만능시험기(Instron 6022, U.K.)를 이용하여 cross-head speed 0.5 mm/min의 조건으로 압축강도를 측정하였다.

4) 미세 누출 검사

발치된 전치와 소구치를 사용하여 통상적인 방법으로 근관성형하고 축방가압충전을 하였다. 고속으로 돌아가는 diamond bur를 이용하여 충분한 세척하에서 치아 장축에 직각으로 치근단 3mm를 절제하고 초음파를 이용하여 깊이 3mm의 역충전와동을 형성하였다. 형성된 와동에 각각의 시편을 역충전하여 100% 습도에서 24

시간동안 보관하였다. 역충전물의 변연부위를 제외하고 전 치아부위에 nail varnish를 3차례 도포하고 1% methylene blue 용액에 치근단 2mm만 닿게하고 48시간동안 유지시켰다. Methylene blue 용액에서 제거 후 흐르는 수돗물에서 8시간동안 보관후 diamond saw를 이용하여 치아장축에 평행하고 역충전물의 중간을 가로지르게 치아를 두조각으로 절단하였다. 절단된 두조각의 시편중 methylene blue 용액이 더 많이 침투한 시편을 선택하여 아래와 같은 기준에 의해 점수를 할당하였다.

점수 0 : 용액이 전혀 침투하지 않은 경우

점수 1 : 용액이 충전물의 1/2 이하로 침투한 경우

점수 2 : 용액이 충전물의 전 깊이까지 침투하였으나 충전물의 기저부를 포함하지는 못한 경우

점수 3 : 용액이 충전물의 전 깊이와 기저부까지 침투한 경우

3. 주사전자현미경 관찰

발치된 상악 전치를 이용하여 미세 누출 검사에서와 같이 근관충전 및 역충전을 하고 100% 습도에서 72시간 동안 보관한 후 diamond saw로 치아 장축에 평행하게 이등분하여 역충전된 충전재와 와동사이의 관계를 주사전자현미경으로 관찰하였다.

4. 동물실험

위의 세가지 재료가 실제로 치근분지부천공 및 치근단역충전에 어떠한 영향을 미치는가를 관찰하기 위하여 다음과 같은 실험을 시행하였다. 네 마리의 성견을 통상의 방법으로 마취시킨후 24개의 제 2, 3, 4소구치 분지부에 #4 ronud bur를 사용하여 규격화된 천공을 형성하였다. 천공된 분지부는 전자근관장측정기의 저항측정을 이용하여 천공이 되었음을 확인한후 생리식염수를 사용하여 세척하고 소독된 면구로 지혈시켰다. 천공부위는 실제 임상에서와 마찬가지로의 치료방법으로 각각의 재료를 수복한후

6주만에 동물을 희생시켜 탈회 표본을 만든 후 H&E 염색하여 광학현미경 하에서 관찰하였다.

III. 실험결과

1. 물성실험

1) 경화시간 측정

2) 용해도 검사

1일과 7일의 무게를 검사해서 용해도를 평가한 결과 IRM을 제외하고 다른 두 군은 무게가 유의성있게 감소한 것으로 나타났다.

3) 압축강도 검사

압축강도는 IRM이 30.51 N/mm²로 calcium sulfate와 hydroxyapatite 혼합물과 비교할 때 유의성 있게 높았다.

4). 미세 누출 검사

IRM은 다른 재료와 비교할 때 유의성 있게 색소의 침투가 많았다.

2. 주사전자현미경 관찰

발치된 상악 전치를 이용하여 미세 누출 검사에서와 같이 근관충전 및 역충전을 하고 48 시간 동안 실온에서 보관 후 diamond saw로 치아 장축에 평행하게 이등분하여 역충전된 충전재와 와동사이의 주사전자 현미경으로 관찰하였다.

1) IRM

모든 시편에서 재료와 치벽 사이에 틈을 보였다. 또 일부 시편에서는 재료와 치벽이 아닌 재료 자체의 괴리에 의한 틈이 관찰되기도 하였다. 100배의 관찰에서 약 47um 정도의 공간이 있음을 보여준다.(그림 1)

표 2-1. Initial and final setting time (min)

materials	Initial	Final
IRM	9.14 ± 0.26	12.35 ± 0.46
Calcium sulfate	2.34 ± 0.28	4.05 ± 0.55
Hydroxyapatite 혼합물	92.46 ± 0.29	122.25 ± 10.52

Table 2-2. Mean weight (g) of specimens and standard deviation

Time	IRM	Calcium sulfate*	hydroxyapatite 혼합물*
1 day	0.3211 ± 0.0067	0.1651 ± 0.0098	0.2706 ± 0.0033
7 day	0.3158 ± 0.0082	0.0913 ± 0.0133	0.2312 ± 0.0045

Table 2-3. Means of compressive strength (N/mm²)

	IRM	Calcium sulfate	hydroxyapatite 혼합물
strength	*30.51 ± 8.99	11.40 ± 3.95	13.49 ± 2.21

Table 2-4. degree of dye penetration(mm)

	IRM	Calcium sulfate	hydroxyapatite 혼합물
dye penetration	*2.8 ± 1.9	1.2 ± 1.1	1.5 ± 1.2

2) Calcium sulfate

일반적으로 다른 재료군 보다는 틈이 없는 좋은 변연부접합을 보였으나 재료 자체 내에 빈공간이 많이 존재함을 관찰할 수 있었다(그림 2,3). 본 시편에서는 접합부위에서 재료의 일부가 상아세관 내에까지 침투되어 유합을 이루고 있는 것처럼 보인다.

3) Hydroxyapatite 혼합물

전반적으로 변연부접합은 IRM 보다는 우수하였으나 calcium sulfate 보다는 떨어지는 것으로 보였다(그림 4). 본 시편에서 재료와 치벽 사이의 틈은 약 7 μ m 정도이다. 재료자체 내의 빈공간은 calcium sulfate와 비교했을 때 월등히 적어 혼합물 자체의 치밀도는 calcium sulfate 보다는 훨씬 단단한 것으로 보였다.

3. 동물실험 결과 :

1) IRM

시편에 따라 상이한 결과를 보였다. 천공부 충전이 비교적 잘 이루어진 시편에서는 약간의 표재성염증과 상피세포의 증식이 보인 반면 과충전이 발생했던 시편에서는 조직의 파괴와 함께 심한 염증반응을 보이기도 했다(그림 5). 그러나 치근단조직반응은 매우 양호하여 거의 정상적인 골재생과 함께 치근막의 재생도 이루어진 것을 관찰할 수 있었다(그림 6).

2) Calcium sulfate

약간의 과충전이 있었던 시편에서 과충전된 재료는 모두 흡수되었으나 이물반응을 관찰할 수 있었다. 대부분의 시편에서 인접한 치은으로부터 상피세포가 증식되어 들어온 것을 관찰할 수 있었다. 한 개의 시편에서는 천공부변연으로부터 석회화막이 형성된 것을 관찰할 수 있었다(그림 7). 치근단조직반응은 재료와 직접 접촉하는 부위에 염증세포의 침윤과 육아조직의 형성을 관찰할 수 있었다(그림 8).

3) Hydroxyapatite 혼합물

과충전된 재료 자체는 거의 흡수된 상을 보

였고 전체적인 반응은 calcium sulfate와 비슷하였다. 부분적으로 이물반응이 있었으나 심한 염증반응은 없었고 외부와 개통된 부위에서는 상피세포가 증식되어 들어온 것을 관찰할 수 있었다(그림 9). 치근단조직반응은 매우 양호하여 골재생과 치근막의 재생을 관찰할 수 있었다(그림 10).

IV. 총괄 및 결론

치근천공이나 치근단역충전에 사용되는 충전재는 변연부밀폐성이 우수하고 적당한 경도를 가지면서도 빨리 경화되며 조직에 대한 자극이 적어야 한다는 것이다. 경화시간의 측정에서 IRM 및 calcium sulfate 등은 모두 20분 내외의 경화시간을 보여 임상적으로 별 문제를 보이지 않았으나 hydroxyapatite 혼합물에서는 120분 정도가 소요되어 임상적으로 사용하기 위해서는 이러한 경화시간을 줄이는 것이 필요하리라 본다. 용해도 검사에서는 1일과 7일의 무게를 검사해서 용해도를 평가한 결과 IRM을 제외하고 다른 두 군은 무게가 유의성있게 감소한 것으로 나타났다. 이는 calcium sulfate가 골대체물질로 사용되었을 때 빠른 흡수를 보였다는 연구결과^{9,11,12)}를 고려하면 예측되는 결과였다. 따라서 적어도 용해도 면에서는 hydroxyapatite 혼합물로 사용했을 때 calcium sulfate 단독으로 사용했을 때와 비교하여 용해도를 감소시키지는 못하는 것으로 나타났다. 압축강도 검사에서도 IRM이 30.51 N/mm²로 가장 높아 11.40을 보인 calcium sulfate나 13.49를 보인 hydroxyapatite 혼합물보다 유의성 있게 높았다.

그러나 미세 누출 검사에서는 calcium sulfate군이 1.2mm, hydroxyapatite 혼합물 군이 1.5mm로 IRM 군의 2.8mm와 비교할 때 유의성 있게 색소의 침투가 적게 일어난 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 calcium sulfate의 우수한 변연접합도는 주사전자현미경에서도 관찰되었다. 그림 1,2에서 보이는 것과 같이 calcium sulfate와 치아벽 사이에는 대단히 치밀한 접합을 볼 수 있었다. 이러한 이유로는 두가지를 생각해 볼 수 있는데 하나는 calcium sulfate가 경화반응을

일으킬때 상아세관 내에있는 수분과 반응하여 밀접한 접착을 이루지 않았는가 하는 것과 사진에서 보여주듯이 재료가 경화될 때 형성되는 crystal들이 오히려 실질적인 경화팽창을 일으켜 변연부밀착을 도와주지 않았는가 하는 것이다. 따라서 calcium sulfate를 첨가했을 때 변연누출은 확실히 감소했으나 경화강도의 향상이나 경화시간을 줄여야하는 문제는 아직도 해결되어야할 과제로 계속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

동물실험에서는 시편에 따라 상이한 결과를 보였는데 천공부충전이 비교적 잘 이루어진 IRM 시편에서는 약간의 표재성염증과 상피세포의 증식이 보인 반면 IRM의 과충전이 발생했던 시편에서는 조직의 파괴와 함께 심한 염증반응을 보이기도 했다. 그러나 치근단조직반응은 매우 양호하여 거의 정상적인 골재생과 함께 치근막의 재생도 이루어진 것을 관찰할수 있었다. 이것은 IRM이 가지는 유지놀 독성 때문에 치근단에 상당한 조직자극이 되지않겠느냐는 우려^{21, 22, 23}와는 상당히 거리가 있는 결과이다. IRM의 치근단조직 자극에 대한 연구에서 Wennberg 등은²⁴ IRM은 사용 직후에 일시적인 자극이 있으나 1주일이 지나면 자극이 거의 없다고 보고하였고 Blackman 등²⁵은 IRM을 쥐의 조직과 골내에 매식했을 때 14, 30, 80일에서 단지 약간의 염증반응을 보였다고 보고하였다. 본 실험의 결과로 보아도 적어도 경화된 IRM의 유지놀자극이 치근단치유에 그렇게 심각한 문제는 되지 않는 것으로 추측된다.

그러나 IRM은 본연구의 결과에서도 보인바와 같이 많은 변연부누출을 나타내기 때문에 장기적으로 보았을 때에는 또다른 문제를 야기할 수가 있다. 즉, 부패치수 내에있는 자극원들이 언젠가는 변연부누출을 통해서 치근단에 다시 자극을 줄수 있기 때문이다. 따라서 본 결과에서 보인바와 같은 IRM의 양호한 조직반응이 변연부누출과 관련된 장기적인 관점에서 어떻게 작용하는가에 대하여는 또다른 연구가 필요하리라 본다.

Calcium sulfate는 약간의 과충전이 있었던 시편에서도 과충전된 재료는 모두 흡수되었으나

이러한 부위에는 종창과 이물반응을 관찰할수 있었다. 천공이 인접 치은열구와 연결된 대부분의 시편에서는 인접한 치은으로부터 상피세포가 증식되어 들어온 것을 관찰할수 있었다. 한 개의 시편에서는 천공부변연으로부터 석회화물질이 자라들어온것을 관찰할수 있었는데 이러한 이유가 calcium sulfate가 가지는 경조직형성능력 때문인지 또는 잘 밀폐된 천공부위의 좋은 환경 때문인지는 확실하지 않다. 치근단조직반응은 재료와 직접 접촉하는 부위에 부분적인 염증세포의 침윤과 육아조직의 형성을 관찰할수 있었다. 그림2와 3에서 볼수 있듯이 calcium sulfate는 좋은 밀폐도를 가지는 반면 재료 자체 내에는 경화시 형성되는 결정체의 구조에 의해 많은 빈공간을 가지게 된다. 이러한 공간들은 재료가 조직과 치밀한 접촉을 하는 것을 방해하고 근관내 염증산물들을 치근단조직에 전달할수 있기 때문에 지속적인 자극원으로써 작용할수 있다. 그러나 또한 높은 용해도의 calcium sulfate가 조직액에 의해 분해될 때 발생하는 화학적인 자극도 배제할 수가 없기 때문에 이부분에 대하여도 추후 연구가 필요하리라 본다.

Hydroxyapatite 혼합물에서 과충전된 재료 자체는 거의 흡수된 상을 보였고 전체적인 반응은 calcium sulfate와 비슷하였다. 부분적으로 이물반응이 있었으나 심한 염증반응은 없었고 외부와 개통된 부위에서는 상피세포가 증식되어 들어온 것을 관찰할수 있었다. 치근단조직반응은 매우 양호하여 IRM에서 보는것과 유사한 골재생과 치근막의 재생을 관찰할수 있었다. 본 실험에서 사용한 hydroxyapatite 시멘트는 주제가 hydroxyapatite와 guaiacol인 Finapec APC[®]인데 예비실험에서 hydroxyapatite 시멘트의 용해도는 1주일 관찰기간동안 무시할 만한 정도였고 압축강도는 21.31 ± 2.11 N/cm²로 calcium sulfate와 hydroxyapatite 혼합물보다는 유의차 있게 강했다. 미세누출 검사에서는 Finapec APC[®]은 2.1 ± 1.4 mm로 1.2 ± 1.1 mm인 calcium sulfate나 1.5 ± 1.2 mm인 hydroxyapatite 혼합물보다는 변연부밀폐능력이 다소 떨어지지만 유의성있는 차이는 없는 것으로 나타났다.

본실험을 통해서 저자 등은 calcium sulfate가 우수한 변연부밀폐능력을 가지고 있음을 발견하였다. 그러나 calcium sulfate 자체는 많은 공간을 가지고 있어서 조직액에 용해되기 쉽고 강도가 약하다는 등의 문제를 가진다. 6주간의 동물실험에서 calcium sulfate를 단독으로 사용했을 때에는 치근단부위에 약간의 염증반응을 관찰할 수 있었다. 이의 개선을 위하여 hydroxyapatite 시멘트와 혼합한 결과 물성의 개선은 얻을 수 있었지만 변연부밀폐능력은 약간 감소하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 6주간의 동물실험에서는 IRM, hydroxyapatite 혼합물 모두가 좋은 조직반응을 보여 이러한 변연부밀폐능력은 단기적으로는 치유에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 치근의 천공이 대개는 출혈을 동반하기 때문에 이러한 습기 오염 상태에서 수복을 해야함을 고려하면 경화시 수분의 작용을 필요로 하는 calcium sulfate제제가 차후 치근천공의 치유에 유용하게 사용될 수 있으리라 사료된다.

V. 참 고 문 헌

1. Aguirre R, ElDeeb ME, ElDeeb M. Evaluation of the repair of mechanical furcation perforations using amalgam, gutta-percha, or indium foil. *J Endodon* 12 : 249-56, 1986.
2. ElDeeb M, ElDeeb M, Tabibi A. An evaluation of the use of amalgam, cavite and calcium hydroxide in the repair of furcation perforations. *J Endodon* 8 : 459-466, 1982
3. Seung-Jong Lee, Mehdi Monsef, Mahmoud Torabinejad : Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforation. *J Endodontics* 19 : 541-544, 1993
4. Balla R, LoMonaco CJ, Skribner J, and Lin LM. Histological study of furcation perforations treated with tricalcium phosphate, hydroxyapatite, amalgam and Life. *J Endodon* 17 : 234-8, 1991.
5. Harris WE. A simplified method of treatment for endodontic perforations. *J Endodon* 2 : 126-34, 1976.
6. Jew RC, Weine FS. A histologic evaluation of periodontal tissues adjacent to root perforations filled with Cavite®. *Oral Surg* 54 : 124-35, 1982
7. Bramante CM, Berbert A. Root perforations dressed with calcium hydroxide or zinc oxide and eugenol. *J Endodon* 13 : 392-5, 1987.
8. Oynick J, Oynick Tamara. Treatment of endodontic perforations. *J Endodon* 11 : 191, 1985
9. Peltier LF. The effect of the addition of plaster of paris to autogenous and homogenous bone grafts in dogs. *Surg Forum* 8 : 571, 1958
10. Radentz WH, Collings CK. The implantation of plaster of paris in the alveolar process of the dogs. *J Periodontol* 36 : 357-64, 1965
11. Bahn SL. Plaster : A bone substitute. *Oral Surg* 21 : 672-8, 1966
12. Bell WH. Resorption characteristics of bone and plaster. *J Dent Res* 39 : 727, 1960
13. Yamazaki Y, Oida S, Akimoto Y. Response of the mouse femoral muscle to an implant of a composite of bone morphogenetic protein and plaster of paris. *Clin Ortho* 234 : 240-9. 1988
14. Sottosanti JS. : Calcium sulfate; A biodegradable and biocompatible barrier for guided tissue regeneration. *Compend. Don. Ed.* 13 ; 226-234, 1992
15. Sottosanti JS. : Calcium sulfate is a safe, resorbable barrier adjunct to implant surgical procedures. *Dental Implantology Update* 4 : 69-73, 1993
16. Smith L : Ceramic plastic material as a

- bone substitute. Arch Surg 87 : 653, 1963
17. Bhaskar SN, Cutright DE, Knapp MJ, Beasley JD, Perez B and Driskell TD : Tissue reaction to intrabony ceramic implants. Oral Surg 31 : 282 ; 1971
 18. Roane JB and Benenati FW : Successful management of a perforated mandibular molar using amalgam and hydroxyapatite. J Endodon 13 : 400, 1987
 19. Nakagawa KI, Ariizumi Y, Aoki H, Yamaguchi K, Ito A, Asai Y. Clinical evaluation of a new hydroxyapatite root canal sealer "Finapec APC" in root canal filling. Japan J Conservat Dent 31 : 594 ; 1988
 20. Minagaawa M, Yamaguchi K, Tobe O, Yuzawa K, Yoshida T : Experimental studies on the sealing properties of various kinds of root canal sealers in vitro. Shikwa Gakuho 89 : 669,1989
 21. Hume WR : Effect of eugenol on respiration and division in human pulp, mouse fibroblasts and liver cells in vitro. J Dent Res 63 : 1262-1265 ; 1984.
 22. Hume WR : In vitro studies on the local pharmacodynamics, pharmacology and toxicology of eugenol and zinc oxide-eugenol. Int Endo J 21 : 130-134, 1988
 23. Meryon SD : An in vitro study of factors contributing to the blandness of zinc oxide-eugenol preparations in vitro. Int Endo J 21 : 200-204 ; 1988.
 24. Wennberg and Hasselgren G. Cytotoxicity evaluation of temporary filling materials. Int Endodon J. 14 ; 121-124, 1981
 25. Blackman R, Gross FM, and Seltzer S. An evaluation of the biocompatibility of a glass ionomer-silver cement in rat connective tissue. J Endodon 15 ; 76-79, 1989

사진부도 설명

- Fig 1. Scanning Electron Microscopic view of IRM. Left, $\times 200$ and right, $\times 1,000$. The width of gap measured about 15 microns.
- Fig 2. Scanning Electron Microscopic view of calcium sulfate, at $\times 70$.
- Fig 3. $\times 300$ magnification of the same specimen in Fig 2. The interface of the material and dentin seems to be intimately adhered. Note that there are many voids inside the material.
- Fig 4. Scanning Electron Microscopic view of calcium sulfate-hydroxyapatite compound at $\times 400$. The gap measured about 7.5 microns.
- Fig 5. Furcation of IRM, $\times 40$. Severe inflammation can be seen in area where over-extrusion of the material took place.
- Fig 6. Apex of IRM, $\times 40$. Well lined periodontal ligament with nicely regenerated alveolar bone is observed.
- Fig 7. Furcation of calcium sulfate, $\times 100$. Barrier-like mineralized tissue was grown underneath the furcation repair. Underlying connective tissue contains many newly formed blood vessels and fibroblasts.
- Fig 8. Apex of calcium sulfate, $\times 40$. Moderate inflammation is observed with granulomatous tissue.
- Fig 9. Furcation of calcium sulfate-hydroxyapatite compound, $\times 40$. None to mild inflammation with overlying epithelial infiltration is observed.
- Fig 10. Apex of calcium sulfate-hydroxyapatite compound, $\times 40$. Well lined periodontal ligament with nicely regenerated alveolar bone can be seen.

사진부도 1

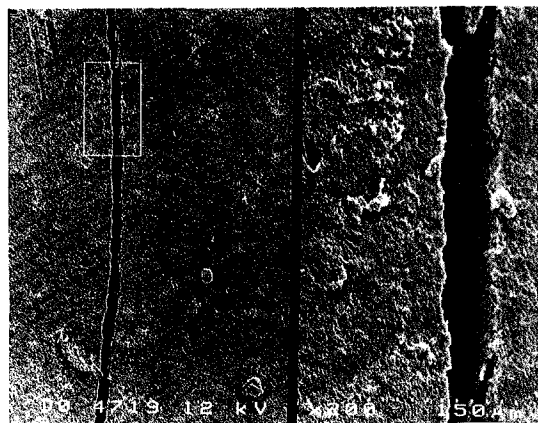


Fig. 1

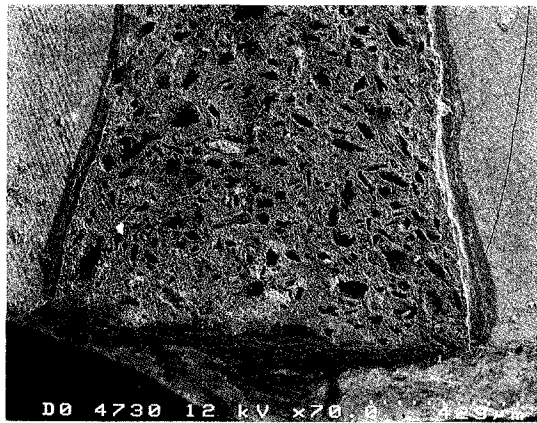


Fig. 2

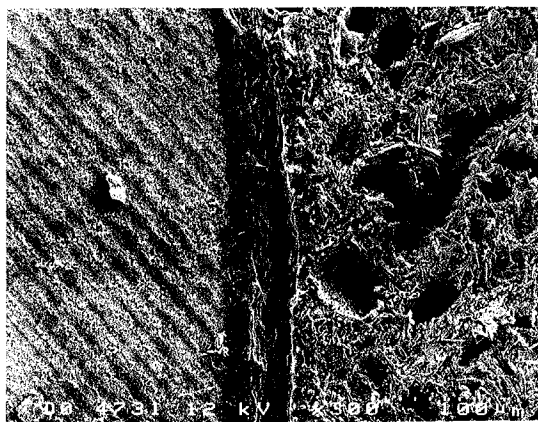


Fig. 3



Fig. 4

사진부도 2

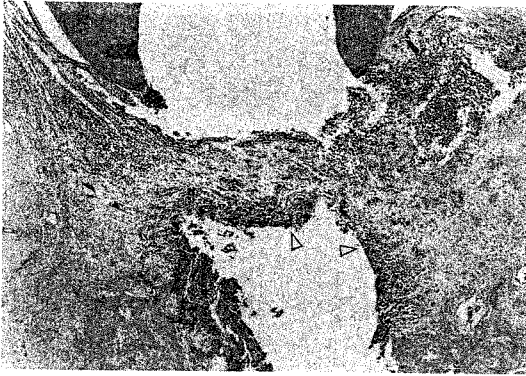


Fig. 5



Fig. 6

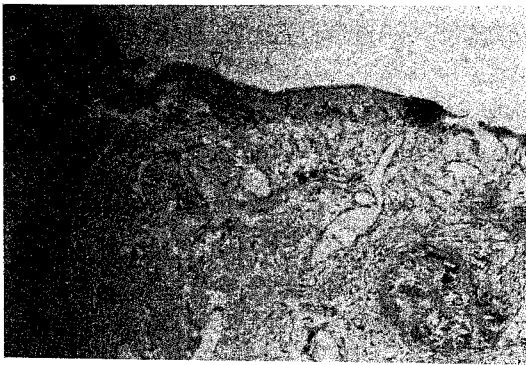


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10