

## 수산화칼슘-유지놀 화합물의 물성

박준철 · 권태경 · 김성교  
경북대학교 치과대학 보존학교실

### ABSTRACT

#### PROPERTIES OF CALCIUM HYDROXIDE-EUGENOL COMPOUND\*

Joon-Chol Park, Tae-Kyung Kwon, Sung-Kyo Kim

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyungpook National University,*

When a zinc-oxide eugenol type sealer was placed in root canals treated previously with calcium hydroxide, acceleration of its setting and the yellowish discoloration were observed clinically. The purpose of this study was to evaluate the properties of calcium hydroxide-eugenol compound. Some physical properties of calcium hydroxide-eugenol compound were compared with a manufactured zinc-oxide eugenol based root canal sealer, Tubli-seal® in terms of water solubility, water sorption, film thickness and microleakage. Solubility and water sorption were determined by the use of the method described in American Dental Association Specification(ADAS) no. 57. Ten samples of each material were prepared into disks 20mm in diameter and 1.5mm in thickness. The samples were immersed in 50ml of distilled water at  $37\pm 1^\circ\text{C}$  for 7 days. The samples were then removed and placed in a desiccator. The values for solubility and water sorption were calculated using differences between the weights of same sample. Film thickness was determined by the use of the method described in ADAS no. 57 too. A small quantity of mixed cement was placed between two glass plates of which thickness was measured previously. 15Kg loading was applied and total thickness of the glass plates and the cement film was measured. The thickness difference was recorded as the material's film thickness. Microleakage was determined with a dye penetration method. Experimental materials were placed between the dentin surface of bovine tooth and the acrylic rod. These units were immersed in Pelican ink (W-Germany) for three days. Dye-penetrated dentin surfaces of bovine tooth were measured using the NIH Image 1.60 Macintosh program.

The results are as follows:

1. Water solubility value of calcium hydroxide-eugenol compound ( $20.98\pm 2.94\%$ ) was statistically higher than those of Tubli-seal® ( $2.52\pm 0.49\%$ ) ( $p<0.05$ ).
2. Water sorption value of calcium hydroxide-eugenol compound ( $59.72\pm 17.75\%$ ) was statistically higher than those of Tubli-seal® ( $3.15\pm 0.76\%$ ) ( $p<0.05$ ).
3. Film thickness value of calcium hydroxide-eugenol compound ( $0.36\pm 0.03\text{mm}$ ) was statistically higher than those of Tubli-seal® ( $0.12\pm 0.1\text{mm}$ ) ( $p<0.05$ ).
4. Dye penetration value after 3 days-immersion of calcium hydroxide-eugenol compound ( $57.63\pm 25.85\%$ ) was statistically higher than those of Tubli-seal® ( $28.05\pm 23.46\%$ ) ( $p<0.05$ ).

**Key Words** : calcium hydroxide-eugenol compound, Tubli-seal, water solubility, water sorption, film thickness, dye penetration, root canal sealer

## I. 서 론

근관치료의 목적은 감염 및 괴사된 치수조직을 제거하고, 체액에 의해 용해되지 않는 불활성재료로 근관을 완전 폐쇄함으로써 근단부 창상의 치유를 유도하여 치아를 보존하는 것이다. 이러한 근관치료는 감염된 치수 유기물 잔사와 세균을 제거하고 근관을 3차원적으로 형성하는 과정과 근관을 3차원적으로 충전하여 근관을 외부 환경과 격리하는 과정으로 크게 나눌 수 있다. 이 때 각 과정에 사용되는 여러 가지 약제와 재료의 특성 및 이들의 상호작용을 잘 파악하는 것은 근관치료의 목적달성에 중요하다.

수산화칼슘은 1920년 Hermann에 의해 소개된 이래 항균작용<sup>1,6)</sup>, 경조직 형성 촉진작용<sup>7,8)</sup>, 염증성 치근흡수의 조절작용<sup>9)</sup> 및 세균성 리포폴리사카라이드의 분해를 증대하는 작용<sup>9,10)</sup> 등으로 인해 근관치료 영역에서 널리 사용되어 왔다. 수산화칼슘의 특성에 관한 보고 중 Byström 등<sup>2)</sup>은 수산화칼슘이 camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol에 비해서 우수한 항균능력을 가진다고 하였으며, Sjögren 등<sup>11)</sup>은 7일간의 근관내 적용으로 근관내 미생물의 효과적인 제거가 가능하며 수산화칼슘의 항균작용은 수산화기에 의한다고 보고하였다. 그리고 수산화칼슘의 연조직 용해작용에 관해서는 Yang 등<sup>12)</sup>, Hasselgren 등<sup>13)</sup> 및 Türkün과 Cengiz<sup>14)</sup>가 연구하여 수산화칼슘이 차아염소산나트륨의 연조직 용해작용을 증가시킨다고 보고하였으며, 세균성 리포폴리사카라이드의 분해를 증대하는 작용에 관해서는 Safavi와 Frank<sup>9)</sup>, Barthel 등<sup>10)</sup>이 연구하여 보고하였다. 또한 근단 주위에서의 경조직 형성의 촉진작용도 보고되었다<sup>7,8)</sup>. 수산화칼슘의 이러한 특징들 중에서 특히 높은 항균성으로 인해 최근에는 근관소독제로의 사용이 널리 추천되고 있으며, 수산화칼슘을 성분으로 하는 근관시멘트도 소개되어 있다<sup>15-17)</sup>.

한편 일반적으로 사용되고 있는 근관충전법은 gutta-percha와 같은 반 고형의 주 충전재와 함께 근관시멘트로 근관을 폐쇄하는 것이며, 근관시멘트의 병용은 근관충전의 목적을 달성하기 위해 필수적인 과정으로 알려져 있다<sup>18)</sup>. 근관충전시 근관시멘트는 근관폐쇄를 돕고, 주 충전재와 근관벽 사이에 존재하는 작은 틈을 메워 주며, 주 충전재가 잘 도입될 수 있는 윤활제의 역할을 한다. 이상적인 근관시멘트는 치근단조직에 무해하고 항균효과를 가져야 하며, 상아질 및 주 충전재와 접착성이 있어야 하고, 삼입이 용이하고, 작업시간이 충분해야 하며, 충전 후 수축이 없고, 조직액에 용해되지 않고, 제거가 용이해야 한다<sup>19)</sup>. 현재 산화아연유지놀계, 에폭시 레진계 및 수산화칼슘계 시멘트가 임상적으로 사용되고 있다.

최근 근관내 약제로 수산화칼슘을 사용하고 근관충전재료 산화아연유지놀계 시멘트를 사용한 경우 시멘트의 경화가

촉진되고 물성이 변화됨이 보고되었다. Margelos 등<sup>20)</sup>은 수산화칼슘과 유지놀 시멘트의 사용시에 시멘트의 경화가 촉진되는 등의 문제점을 보고하면서, 세척에 의한 수산화칼슘의 제거효과에 관해 수산화칼슘으로 근관투약한 경우 여러 가지 방법으로 근관을 세척한 후에도 근관내에 수산화칼슘이 부분적으로 남아 있다고 하였다. 그리고 Ricucci와 Langeland<sup>21)</sup>은 근관치료 실패의 증례를 보고하면서 그 원인을 근관충전 전에 완전히 제거되지 않은 수산화칼슘에 의한 것으로 추정하였다. 수산화칼슘의 유지놀과의 반응은 이미 여러 연구자에 의해 보고되었는데 1928년에 영국의 Smith<sup>22)</sup>가 산화아연과 유지놀의 반응을 연구하면서 수산화칼슘과 유지놀이 반응한다는 Kirkham과 Raymond의 보고를 인용하였으며, Douglas<sup>23)</sup>는 유지놀과 여러 금속이온과의 킬레이트화능 연구에서 칼슘이온과 유지놀의 반응을 보고하였다. 그리고 Antony 등<sup>24)</sup>은 수산화칼슘과 camphorated parachlorophenol의 반응으로 calcium p-chlorophelolate라는 약한 염이 생성됨을 보고하였다. 그리고 본 연구를 위한 예비실험에서 수산화칼슘과 유지놀의 반응을 FT-IR/FT-Raman Spectrophotometer와 FT-NMR Spectrometer를 이용해 분석한 결과 수산화칼슘 한 분자와 유지놀 두 분자가 결합하는 화합물이 생성됨을 관찰하였다. 이 결과를 바탕으로 산화아연유지놀 근관시멘트의 물성의 변화는 새로운 화합물의 생성으로 인한 것으로 볼 수 있었으며, 근관시멘트 물성의 변화를 충분히 이해하기 위해서는 먼저 새로이 생성된 물질의 물성을 파악하는 것이 중요하다고 생각된다.

이에 본 연구에서는 근관치료시 사용되는 수산화칼슘과 유지놀이 반응하여 형성되는 수산화칼슘-유지놀 화합물을 실험실에서 제작하여 형성된 물질의 물성을 산화아연유지놀계 기성 근관시멘트와 비교, 평가하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

수산화칼슘-유지놀 화합물의 제작을 위해 수산화칼슘은 D.S.P. GR Reagent(Duksan Pharm. Co., Ltd, Korea)를 사용하였고 유지놀은 Solute Eugenol, USP(Dnnger Chemists Inc, U.S.A.)를 사용하였다. 이때 수산화칼슘 분말 및 유지놀 액은 1.13g : 5g의 비율로 혼합하였다.

기성 근관시멘트로는 산화아연유지놀계 시멘트인<sup>18)</sup> Tubli-seal<sup>®</sup>(Kerr, U.S.A.)을 제조회사의 지시에 따라 혼합하였다.

## 2. 실험방법

### 1) 용해도 및 흡수성 측정실험

용해도의 측정을 위해 Tubli-seal<sup>®</sup>과 수산화칼슘-유지놀 혼화물 시편을 ADAS(American Dental Association Specification) No. 57<sup>25)</sup>에 따라 지름 20mm, 두께 1.5mm 되게 각각 10개씩 제작하였다. 제작된 각각의 시편은 초기무게(W<sub>0</sub>)를 측정 후 50ml의 증류수가 담긴 용기에 침잠시켜 37°C의 항온조에서 보관하였다. 7일이 경과한 후 시편을 꺼내어 시편 외부의 물기를 산업용 종이와이퍼(킴와이프스<sup>®</sup>)로 제거하여 시편 외부에 고여있거나 묻어있는 물기는 없도록 하였다. 그 후 시편은 미리 무게를 측정해 둔 왁스판 위에 올려서 그 함의 무게를 측정하였다. 이렇게 측정된 함의 무게에서 왁스판의 무게를 제외한 값을 포화무게(W<sub>s</sub>)로 하였다. 무게를 측정 후 왁스판과 함께 각각의 시편을 건조기에 보관하였고, 시간의 경과에 따른 무게를 연속적으로 측정하여 더 이상 무게의 변화가 나타나지 않는 시점의 무게를 취하여 최종무게(W<sub>f</sub>)로 하였다. 이렇게 측정된 3가지 무게 값으로 용해도와 흡수성을 구한 공식은 다음과 같다.<sup>26,27)</sup>

$$\text{용해도 (\%)} = (W_0 - W_f) / W_0 \times 100$$

$$\text{흡수성 (\%)} = (W_s - W_f) / W_f \times 100$$

### 2) 피막도 측정실험

피막도는 ADAS No. 57에 따라 두께를 미리 측정해 둔 두 유리판 사이에 Tubli-seal<sup>®</sup> 시멘트와 수산화칼슘-유지놀 혼화물을 위치시킨 다음 15kg의 하중을 적용한 후 전체 두께의 증가를 측정하여 시멘트 및 혼화물의 피막도를 산정하였다. 이때 정하중기를 사용하여 15kg의 하중이 유리판에 수직으로 적용되도록 하였다. Tubli-seal<sup>®</sup>은 ADAS No. 57에서 제시한 대로 혼합한 다음 3분 경과 후 15kg의 하중을 정하중기로 적용시킨 다음 7분 경과 후에 두께를 측정하였으나, 수산화칼슘-유지놀 혼화물군은 경화가 조기에 이루어졌으므로 혼합 후 15초 경과 후에 하중을 적용시킨 다음 7분이 경과한 후에 두께를 측정하였다. 이 측정은 각 3회씩 실시하였다.

### 3) 변연 폐쇄성 측정실험

변연 폐쇄성 측정실험을 위한 재료로는 소에서 발거한 하악전치 20개를 사용하였으며, 저속의 wet trimmer를 이용하여 폭경 5mm 이상의 상아질면이 노출되도록 치아의 순면을 삭제한 뒤 노출된 상아질면을 수분이 있는 상태에서 600번 및 800번 silicon carbide paper로 연마하였다. 연마된 상아질면을 건조시키고 지름 4mm 되는 원형 필름 조각을 상아질 위에 위치시킨 후 나머지 부위를 nail varnish를 얇게 도포하여 주변 상아질을 통한 색소 침투를 배제하

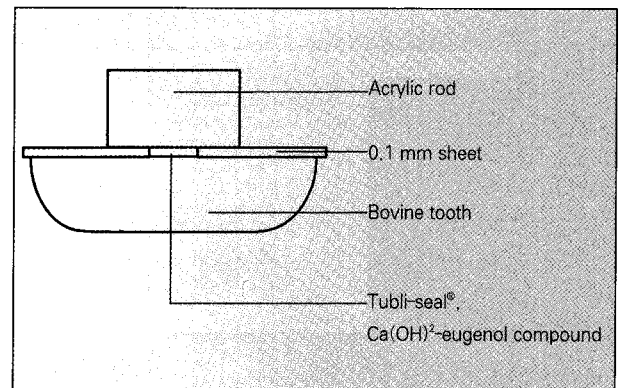


Fig. 1. Microleakage test unit.

였다. 그 후 시편을 무작위로 두 개의 군으로 나누었다. 그리고 직경 7mm의 아크릴 봉을 길이 5mm 되게 절단하고 절단된 면을 600번 및 800번 silicon carbide paper로 연마하였으며 이렇게 만든 아크릴봉 20개가 준비된 우치시편과 짝을 이루도록 하였다. 두께 0.1mm되는 종이를 노출된 상아질면 정도의 크기로 잘라 지름이 4mm인 천공기로 원형의 구멍을 만들고 원형의 구멍이 nail varnish가 도포되지 않은 상아질 위에 위치되도록 올려 놓았다. 혼합한 재료를 적당량 종이 구멍 위에 도포한 후 아크릴봉을 종이 구멍위를 완전히 덮도록 위치시키고 4 1/2 Oz force value를 가지는 5/16" 교정용 elastic을 이용해서 압력을 가하면서 고정하였다(Fig. 1).

고정된 시편을 Pelikan ink(W-Germani)에 침잠시킨 후 3일 경과 시에 꺼내어 흐르는 물로서 24시간 수세하였다. 수세 후 24시간 건조한 다음 각 시편의 상아질면을 일정한 배율이 되도록 사진 촬영하였다. 시편의 색소침투 면적의 비율을 computer program(NIH-image 1.60, Macintosh)상에서 계산하였다. 면적의 측정오차를 줄이기 위하여 면적계산 과정을 각 3회씩 실시하였다.

## 3. 실험결과의 통계적 분석

각 실험에서 구한 측정치는 student's t-test를 이용하여 분석하였다.

## III. 성 적

### 1. 용해도 및 흡수성 측정결과

수산화칼슘-유지놀 화합물과 Tubli-seal<sup>®</sup>의 용해도 및 흡수성은 Table 1과 같이 나타났다.

용해도 및 흡수성 공히, 수산화칼슘-유지놀 화합물이 Tubli-seal<sup>®</sup>에 비해 유의하게 높게 나타났다(p<0.05).

**Table 1.** The result of water sorption and solubility (mean±S.D., n=10)

Materials	Water sorption (%)	Solubility (%)
Ca(OH) <sub>2</sub> -Eugenol compound	59.72±17.75*	20.98±2.94**
Tubli-seal®	3.15± 0.76*	2.52±0.49**

\* Statistically significant (p<0.05). \*\* Statistically significant (p<0.05).

## 2. 피막도 측정결과

수산화칼슘-유지놀 화합물과 Tubli-seal®의 피막도의 측정결과는 Table 2와 같이 나타났다.

## 3. 변연 폐쇄성 실험결과

**Table 2.** The result of film thickness (mean±S.D., n=3)

Materials	Film Thickness (mm)
Ca(OH) <sub>2</sub> -Eugenol compound	0.36±0.03*
Tubli-seal®	0.12±0.01*

\* Statistically significant (p<0.05).

**Table 3.** The result of micro leakage after three days-immersion (mean ± S.D., n = 10)

Materials	Microleakage (%)
Ca(OH) <sub>2</sub> -Eugenol compound	57.63±25.85*
Tubli-seal®	28.05±23.46*

\* Statistically significant (p<0.05).

수산화칼슘-유지놀 화합물과 Tubli-seal®의 미세누출량은 Table 3, Fig. 2, Fig. 3과 같이 나타났다. 수산화칼슘-유지놀 화합물군의 미세누출이 Tubli-seal® 군과 비교하여 유의성있게 높게 나타났다(p<0.05).



(A)

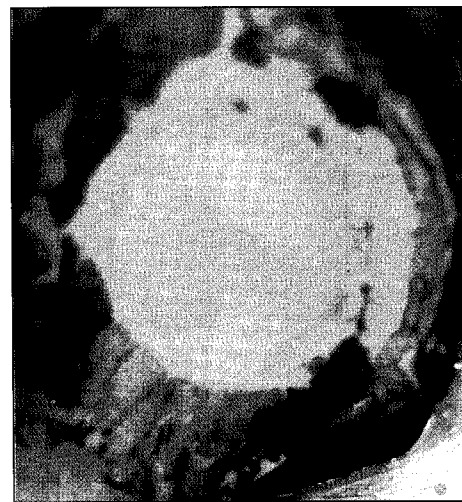


(B)

**Fig. 2.** Representative specimens from calcium hydroxide-eugenol compound group which show dye penetration of 68% dentin area (A), and of 87% area (B).



(A)



(B)

**Fig. 3.** Representative specimens from Tubli-seal® group which show dye penetration of 52% dentin area (A), and of 0% area (B).

#### IV. 고 찰

근관충전에 사용되는 gutta-percha는 근관벽에의 접착성을 가지지 못하므로 gutta-percha 근관충전시에는 근관시멘트를 병용하여야 하며, 근관시멘트를 병용한 경우 치근단 누출이 유의하게 감소한다고 알려져 있다<sup>28,29</sup>. 근관시멘트가 근관충전에 유용하기 위해서는 근관시멘트는 변연을 밀봉할 수 있는 성질을 가져야 하고 조직액에 대해 불용성이어야 하며 수분을 흡수하지 않고 피막도가 낮아야 하는 등의 물성을 가져야 한다<sup>30</sup>. 그리고 ADAS No. 57<sup>25</sup>은 근관시멘트의 피막도, 경화시간 및 용해도 등을 규격화하고 있다. 현재까지 산화아연유지놀계 시멘트, 레진계 시멘트, 수산화칼슘계 시멘트와 glass ionomer계 시멘트가 소개되고 있다.

임상에서 사용이 추천되고 있는 수산화칼슘은 수산화이온<sup>11</sup>의 효과로 인하여 근관내에서 항균작용<sup>1-6</sup>, 세균성 리포폴리사카라이드 분해를 증대하는 작용<sup>9,10</sup>, 치수조직을 용해하는 작용<sup>12-14</sup>을 나타낸다고 보고되고 있으며, 근관 외로는 경조직 형성 촉진<sup>7,8</sup>, 염증성 치근흡수의 조절의 특징<sup>8</sup>을 보임이 보고되고 있다. 그리고 최근에는 수산화칼슘을 함유하는 근관시멘트가 임상에 소개되고 그 물성 및 항균작용<sup>15-17</sup>도 보고되고 있다.

최근에 근관내 약제로 수산화칼슘을 사용한 후에 산화아연유지놀계 근관시멘트로 근관을 충전할 때 시멘트의 경화가 촉진되며, 시멘트가 노란색으로 변색을 일으킴을 관찰할 수 있었다. 수산화칼슘과 유지놀의 반응에 대해서는 이미 1928년에 영국의 Kirkham과 Raymond<sup>22</sup>가 보고한 바 있으며, Douglas<sup>23</sup>는 유지놀과 여러 금속이온과의 킬레이션화 능력을 연구하면서 칼슘이온과 유지놀의 반응을 보고하기도 하였다. 그리고 Antony 등<sup>24</sup>은 수산화칼슘과 camphorated parachlorophenol의 반응으로 calcium p-chlorophenolate라는 약한 염이 발생함을 보고하였다. 유지놀이 페놀화합물의 일종이므로 이 보고로도 유지놀과 수산화칼슘의 반응을 뒷받침 할 수 있다고 하겠다.

Margelos 등<sup>20</sup>은 수산화칼슘을 적용한 근관에서 근관충전 전에 수산화칼슘의 제거효과에 대해 연구하였다. 그는 근관에 lentulo paste carrier를 이용해 수산화칼슘을 투약한 후 근관세척에 따른 수산화칼슘 제거효율성을 실험한 바 차아염소산나트륨과 EDTA로 세척한 군 등 모든 군에서 치근단부에 존재하던 수산화칼슘이 완전히 제거되지는 않았음을 보고하였다. 그리고 Ricucci와 Langeland<sup>21</sup>는 잔존해 있는 수산화칼슘에 의해 근관치료 후 치유가 지연된 것으로 추측되는 증례를 발표하면서 임상적으로 불규칙한 근관내부에서 수산화칼슘의 완전한 제거를 확인하는 것은 불가능하다고 하였다. 결론적으로 수산화칼슘으로 근관을 투약한 경우 부분적인 수산화칼슘의 잔류는 피할 수 없는 것으로

보인다. 따라서, 산화아연유지놀 시멘트의 물성 변화는 근관내에 잔류하는 수산화칼슘과 유지놀이 반응하여 수산화칼슘-유지놀 화합물이 생성됨에 따른 것으로 보이며, 그 물성의 변화를 충분히 이해하기 위해서는 먼저 새로이 생성된 물질의 물성을 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 또 형성된 수산화칼슘-유지놀 화합물은 주 충전제와 근관벽 사이에 존재하게 되고 결과적으로 근관시멘트의 역할을 하게 된다. 따라서 본 실험에서는 이렇게 형성된 수산화칼슘-유지놀 화합물의 물성 중 용해도, 흡습성, 피막도와 변연폐쇄성을 분석함으로써 임상에서 발생하는 산화아연유지놀계 근관시멘트의 물성변화에 관한 기초자료로 삼고자 하였다.

본 실험에서 수산화칼슘과 유지놀의 혼합비율은 약 1.13 g : 5g 으로 하였는데 이는 자기공명분광학적 분석에 의한 결과 수산화칼슘-유지놀 화합물이 하나의 수산화칼슘분자에 유지놀 두 개의 분자가 결합한다는 것을 기초로 하였다. 즉 분자량 74의 수산화칼슘과 분자량 164의 유지놀 두 분자의 비율 74 : 328로 계산하여 실험에 적당한 량이 되도록 비율에 맞게 혼합하여 사용하였다. 그리고 본 실험의 초기 계획에서는 순수 산화아연유지놀을 대조군으로 하여 실험하고자 하였으나 시편제작과정에서 순수 산화아연유지놀은 경화수축에 의해서 시편에 균열이 생겨 실험과정을 수행해 줄 수가 없었다. 따라서 기성품의 산화아연유지놀계 근관시멘트인 Tubli-seal<sup>®</sup>만을 대조군으로 하였다.

근관시멘트의 물성에 있어서 경화시간은 매우 중요한 요소 중의 하나이다. Grossman<sup>31</sup>은 너무 짧거나 너무 긴 경화시간 모두 근관시멘트의 물성으로 적당하지 않다고 하였다. 경화시간이 너무 짧으면 근관충전에 필요한 충분한 시간을 확보할 수 없고 또 너무 긴 경우에는 치근단에 자극을 가할 수 있으므로 좋지 않다는 것이다. 그는 적당한 경화시간으로서 구치에서 근관충전 후 확인방사선 사진을 촬영할 수 있는 15분 정도를 추천하였으며 체온과 높은 습도로 인하여 실험실에서보다 근관내 환경에서 더 빨리 경화한다고 하였다. 본 실험에서도 실험의 초기 계획에서는 수산화칼슘-유지놀 화합물의 경화시간을 측정하려 하였으나 실험과정에서 정확한 경화시간을 측정할 수 없었다. 그 이유는 수산화칼슘-유지놀 화합물은 경화 후에도 적당한 강도를 가지지 못하여 Gilmore needle이 계속적으로 흡을 나타내었기 때문이다. 그러나 혼합 후 표면광택의 소실이나 Gilmore needle 침투도의 현저한 변화 등으로 경화시간을 1분 정도로 추정할 수 있었으며 이 화합물의 정확한 경화시간을 측정하기 위해서는 새로운 방법이 필요할 것으로 보인다.

흡수성 측정에서 수산화칼슘-유지놀 화합물은 Tubli-seal<sup>®</sup>에 비해 매우 높은 흡수성을 나타내었다. 이런 높은 흡수성은 수산화칼슘-유지놀 화합물이 높은 다공성을 가지는 결과로 해석할 수 있다고 사료된다. 산화아연과 유지놀이 만나서 이루는 경화의 기전은 아직 정확히 밝혀져 있지 않으나

유지놀 한 분자에 아연 두 분자가 킬레이션결합을 하여 zinc eugenolate라는 결정을 형성하는 것<sup>32)</sup>으로 알려져 있으며, Bayne 등<sup>33)</sup>은 그 결정구조를 주사전자현미경으로 관찰한 바, 경화된 산화아연유지놀 시멘트는 평행육면체인 zinc eugenolate crystal 사이에 반응하지 않은 산화아연 입자가 끼어 있는 구조를 가진다고 하였다. 수산화칼슘-유지놀 화합물이 Tubli-seal<sup>®</sup>에 비해 높은 다공성을 가질 것으로 예상되는 이유는 반응으로 형성된 crystal 사이의 공간을 Tubli-seal<sup>®</sup>은 여러 가지 첨가제가 채워 그 공간을 폐쇄시키는 반면에 수산화칼슘-유지놀 화합물은 그 수산화칼슘과 유지놀의 반응이 거의 완전히 이루어져 남은 공간을 채우지 못할 것이기 때문이다. 이것은 초기 시편의 무게가 수산화칼슘-유지놀 화합물군이 Tubli-seal<sup>®</sup>군에 비해 평균 50% 정도의 수치를 보여 결정사이의 기포가 상대적으로 많았음을 유추할 수 있었다는 점과, 수산화칼슘-유지놀 화합물에 있어서는 흡수성도 높게 나타나 수산화칼슘-유지놀 화합물 시편 제작 시 내부의 기포가 상대적으로 많이 형성되었음을 짐작케 한 점과 연관이 된다. 한편 높은 다공성을 가지는 구조는 그 표면적도 매우 높으리라 예상되므로 본 수산화칼슘-유지놀 화합물이 나타난 높은 용해도를 설명하는 하나의 요소가 될 수 있으리라 생각된다. Tubli-seal<sup>®</sup>군에서 흡수성 결과가 음의 수치를 보인 시편이 있었는데 이는 흡수한 수분보다 많은 용해가 일어났음을 의미한다. 용해도는 용매의 성질과 온도 및 산도에 영향을 받는 것으로 보고되어 있다. 본 실험에서는 ADAS에 따라 37°C의 증류수에서 실험을 실시하였으나 실험환경을 생체와 유사한 조건으로 설정하는 방법으로는 생리 식염수를 사용하는 것도 고려될 수 있을 것으로 사료된다. 또 시편의 제작에 있어서도 von Fraunhofer<sup>34)</sup>가 사용한 폴리에틸렌 튜브 사이에 시멘트를 위치시키는 방법은 임상적으로 근관시멘트의 사용과 유사한 환경을 갖는 실험적 조건을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

피막도의 실험에서 수산화칼슘-유지놀 화합물은 Tubli-seal<sup>®</sup>에 비해 높은 피막도를 나타내었다. 피막도 실험을 위해 수산화칼슘-유지놀 화합물군은 ADAS에서 정한바 대로 혼합후 3분을 지키지 못하고 15초 후에 힘을 적용하였는데 이는 수산화칼슘-유지놀 화합물이 혼합후 약 1분 정도에 경화됨을 관찰하였기 때문이었다. 수산화칼슘-유지놀 화합물이 높은 피막도를 나타낸 것은 수산화칼슘-유지놀 화합물이 짧은 시간동안에 결정을 형성하는 성질에서 기인하는 것으로 생각된다. 높은 피막도는 master cone을 위치시키는 과정에 영향<sup>35)</sup>을 미쳐 master cone이 근관작업장까지 도달이 되지 않을 수도 있으며, 또한 높은 피막도 자체가 장기간의 변연누출에 영향을 미치는 것으로 보고<sup>36)</sup>되어 있어 역시 근관충전시 미세누출에 영향을 미칠 수 있으리라 사료된다.

변연폐쇄성의 연구는 여러 가지 방법이 있어, 색소침투를

이용하는 방법, 전기화학을 이용한 방법<sup>37)</sup>, 방사선동위원소를 이용한 방법<sup>38)</sup> 그리고 fluid filtration method<sup>39)</sup> 등이 소개되고 있다. 색소를 이용하는 방법에도 투명 표본법을 이용하거나<sup>40)</sup>, 색분광광도계를 이용하는 방법<sup>41)</sup> 그리고 질편을 만들어 누출의 길이를 측정하는 방법 등이 있다. 그러나 이런 색소침투도의 연구는 실제 실험에서 측정하고자 하는 근관시멘트의 물리적 성질뿐만 아니라 검사방법, 근관형태, 근관형성법, 근단공의 크기, 근관충진법 및 술자의 숙련도의 차이 등이 검사결과에 영향을 미치게 되며, 그 외에도 색소 침잠 시간, 누출평가방법, 누출의 분석, 색소입자의 상대적인 크기 그리고 근관충전후 색소에 침잠하기까지의 경과된 시간 등도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 누출에 영향을 미치는 변수를 최소화하기 위하여 우치 상아질면과 아크릴봉 사이에 근관시멘트를 일정한 두께로 도포한 후에 미세누출을 검사하였다. 그러나 본 실험에서도 각 시편 상아질면과 아크릴봉의 밀접도와 평행도에는 미세한 차이가 있을 수 있을 것으로 보이며 이것이 하나의 변수로 작용할 수 있으리라 생각된다. 그리고 변연폐쇄성 측정을 위한 시편고정시에 교정용 고무줄을 사용하였는데 이는 근관충전시에 가압에 의해 근관벽과 gutta-percha 사이에 약간의 압력이 가해지므로 이를 재현하기 위함이었다. 그리고 색소의 종류는 그 입자의 크기가 비교적 크다고 알려진 india ink를 사용하였다. 또 근관충전시의 임상적 상황과 유사하게 하기 위하여 근관시멘트 혼합 후 바로 색소용액에 침지하였다. 본 실험 시편에서 일어날 수 있는 누출은 근관시멘트와 상아질면, 근관시멘트 자체 그리고 근관시멘트와 아크릴봉 사이이다. 그러나 본 실험에서는 Zmener 등<sup>28)</sup>의 연구에서 누출의 대부분이 근관시멘트와 근관벽 사이에서 일어난다는 보고에 따라 상아질면과 시멘트사이의 누출을 관찰하였다. 본 미세누출실험 결과, 수산화칼슘-유지놀 화합물시편의 경우가 Tubli-seal<sup>®</sup>을 사용한 시편에 비해서 더 많은 색소 침투를 나타내었다. 이 높은 침투도는 수산화칼슘-유지놀 화합물의 높은 흡수성과 함께 상아질과의 불량한 적합성에 그 원인이 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 실험에서 수산화칼슘-유지놀 화합물의 용해도와 흡수성이 Tubli-seal<sup>®</sup>에 비해 매우 높은 수치를 나타낸 것을 고려하면 변연폐쇄성은 상대적으로 큰 차이를 보이지 않은 셈이 된다. 이는 근관시멘트의 단순물성과 임상적용에 따른 요인들의 차이로 해석되며 용해도와 흡수성 그리고 피막도 외에도 변연폐쇄에 영향을 주는 여러 가지 요인들이 작용할 수 있다는 것으로 설명할 수 있다.

이상을 종합적으로 보면, 수산화칼슘-유지놀 화합물은 기성 산화아연유지놀계 근관시멘트에 비해 현저히 높은 용해도 및 흡수성, 피막도 그리고 변연누출을 가지며, 이런 점으로 본 이 화합물의 물성은 기존의 근관시멘트의 물성<sup>25)</sup>에 훨씬 못 미치는 것으로 보인다. 그러나 본 실험은 임상에서 수

산화칼슘과 산화아연 유지놀 시멘트가 접촉하는 계면에서 발생 가능하다고 보여지는 수산화칼슘과 유지놀의 순수한 화합물을 실험실에서 제작하여 그 성질을 연구한 것으로, 실제 임상에서 나타나는 영향과는 그 강도에 있어 차이가 있을 수 있다고 생각된다. 그러므로 근관충전 시에 수산화칼슘-유지놀 화합물이 얼마나 생성되는지, 또 그것이 근관충전 후에 치근단 주위조직에 어떤 영향을 주는지, 전체적인 미세누출에는 어느 정도의 영향을 주는지에 대해서는 앞으로 계속 연구해야 할 것이다. 그리고 근관치료시 근관내에 수산화칼슘 투약 후 산화아연 유지놀 시멘트로 도달공을 임시가봉하는 경우에도 수산화칼슘과 유지놀의 접촉이 일어날 수 있으며, 수산화칼슘-유지놀 화합물의 생성은 임시가봉제의 밀봉효과와 저하를 초래할 가능성이 있으므로 도달공 임시가봉시에도 세심한 주의가 필요하다고 생각된다. 그리고 수산화칼슘-유지놀 혼합물이 치근단 조직에 미치는 영향 또한 앞으로 연구되어야 할 것이다. 그리고 근관내에 잔존한 수산화칼슘이 그 자체이전 수산화칼슘-유지놀 혼합물의 상태이던 간에 모두 근관시멘트의 기능을 저하시킬 수 있으므로 근관충전 전에 수산화칼슘의 완전한 제거를 위한 효과적인 방법에 관해서 계속적인 연구가 필요하다고 본다.

## V. 요약

수산화칼슘은 높은 항균성으로 인해 최근에 근관소독제로 사용이 추천되고 있는 약제이다. 본 연구자는 근관내에 수산화칼슘을 투약한 후에 산화아연유지놀계 시멘트로 근관충전을 하는 경우 근관시멘트의 물성의 변화를 경험할 수 있었다. 본 연구의 목적은 수산화칼슘을 근관내에 투약 후 근관충전제로 산화아연유지놀계 시멘트를 사용하는 경우 발생하는 근관시멘트의 물성변화를 알아보기 위함이다. 이를 위하여 수산화칼슘-유지놀 화합물의 물성 중 용해도, 흡수성, 피막도 및 변연폐쇄성을 기성 산화아연유지놀계 근관시멘트인 Tubli-seal®과 비교하여 연구하였다. 용해도와 흡수성의 측정을 위하여 ADAS No. 57 에 따라 지름 20mm 두께 15mm 인 시편을 제작하여 37°C 50ml 의 증류수에 7 일간 침잠후 무게의 변화를 측정하였고, 피막도 측정을 위하여 ADAS No. 57 에 따라 두 유리판 사이에 실험물질을 위치시키고 15 Kg 의 하중을 가한 후에 두께의 증가를 측정하였다. 마지막으로 변연폐쇄성 측정을 위해서는 우치 상아질 면과 아크릴 봉 사이에 실험물질을 위치시킨 후 3일 동안 Pelican ink에 침잠시킨 후 색소의 침투 면적을 계산하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

· 수산화칼슘-유지놀 화합물의 흡수성은 59.72±17.75%로 측정되어 3.15±0.76%로 측정된 Tubli-seal®에 비해 유의하게 높게 나타났다(p<0.05).

· 수산화칼슘-유지놀 화합물의 용해도가 20.98±2.94%

로 측정되어 2.52±0.49%로 측정된 Tubli-seal®에 비해 유의하게 높게 나타났다(p<0.05).

· 수산화칼슘-유지놀 화합물의 피막도가 0.36±0.03 mm로 측정되어 0.12±0.01mm로 측정된 Tubli-seal®에 비해 유의하게 높게 나타났다(p<0.05).

· 수산화칼슘-유지놀 화합물의 미세누출은 3일 동안의 색소 침투면적이 57.63±25.85%로 측정되어 28.05±23.46%로 측정된 Tubli-seal®에 비해 유의하게 높게 나타났다(p<0.05).

## 참고문헌

1. Safavi, K. E., Spangberg, L. S. W. and Langeland, K.: Root canal dentinal tubule disinfection. *J. Endodont.*, 16: 207-210, 1990.
2. Byström, A., Claesson, R. and Sunqvist, G.: The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals, *Endod. Dent. Traumatol.*, 1: 170-175, 1985.
3. Barbosa, S. V., Spangberg, L. S. W. and Almeida, D.: Low surface tension calcium hydroxide solution is effective antiseptic, *Int. Endodont. J.*, 27: 6-10, 1994.
4. Donald, R. A., Terence, M. G., and Carlos, E.: The effect of three vehicles on the pH of calcium hydroxide, *Oral. Sur.*, 54: 560-565, 1982.
5. Haapasalo, M.: Bacteroides spp. in dental root canal infections, *Endod. Dent. Traumatol.*, 5: 1-10, 1989.
6. Staehle, H. J., Thom, C. and Müller, H. P.: Comparative in vitro investigation of different methods for temporary root canal filling with aqueous suspensions of calcium hydroxide, *Endod. Dent. Traumatol.*, 13: 106-112, 1997.
7. Bogaerts, P.: Treatment of root perforation with calcium hydroxide and Super EBA cements: a clinical report, *Int. Endodont. J.*, 30: 210-219, 1997.
8. Foreman, P. C. and Barnes, I. E.: A review of calcium hydroxide, *Int. Endodont. J.*, 23: 283-297, 1990.
9. Safavi, K. E., and Frank, C. N.: Alteration of biological properties of bacterial lipopolysaccharide by calcium hydroxide treatment, *J. Endodont.*, 20: 127-129, 1994.
10. Barthel, C. R., Levin, L. G., Reisner, H. M. and Trope, M.: TNS-α release in monocytes after exposure to calcium hydroxide treated Escherichia coli LPS, *Int. Endodont. J.*, 30: 155-159, 1997.
11. Sjögren, U., Figdor, D., Spangberg, L. and Sundquist, G.: The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intra canal dressing, *Int. Endodont. J.*, 24: 119-125, 1991.
12. Yang, S. F., Rivera, E. M., Walton, R. E. and Baumgardner, K. R.: Canal debridement: Effectiveness of sodium hypochlorite and calcium hydroxide as medicaments, *J. Endodont.*, 22: 521-525, 1997.
13. Hasselgren, G., Olsson, B. and Cvek, M.: Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue, *J. Endodont.*, 14: 125-127, 1988.
14. Türkün, M. and Cengiz, T.: The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanness, *Int. Endodont. J.*, 30: 335-342, 1997.

15. Bezerra Da Silva, L. A., Leonardo, M. R., Da Silva, R. S., Assed, S. and Guimaraes, L. F. L.: Calcium hydroxide root canal sealers: evaluation of pH, calcium ion concentration and conductivity, *Int. Endodont J.*, 30: 205-209, 1997.
16. Hovland, E. J. and Dumsha, T. C.: Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex, *Int. Endodont. J.*, 18: 179-182, 1985.
17. Fuss, Z., Weiss, E. I. and Shalhav, M.: Antibacterial activity of calcium hydroxide-containing endodontic sealers on *Enterococcus faecalis* in vitro, *Int. Endodont. J.*, 30: 397-402, 1997.
18. Cohen, S. and Burns, R. C.: Pathways of the pulp. 7th edition., St. Louis, C. V. Mosby Co., pp.264-268, 1998.
19. Branstetter, J. and Von Fraunhofer, J. A.: The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature, *J. Endodont.*, 8: 312-316, 1982.
20. Margelos, J., Eliades, G., Verdelis, C. and Palaghias, G.: Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: A potential clinical problem, *J. Endodont.* 23: 43-48, 1997.
21. Ricucci, D. and Langeland, K.: Incomplete calcium hydroxide removal from the root canal: a case report, *Int. Endodont. J.*, 30: 418-421, 1997.
22. Smith, D. C.: The setting of zinc oxide/eugenol mixtures, *Br. Dent. J.*, 106: 313-319, 1958.
23. Douglas, W. H.: The metal oxide/eugenol cements. I. the chelation power of the eugenol type molecule, *J. Dent. Res.*, 57: 800-804, 1978.
24. Anthony, D. R., Gordon, T. M. and del Rio C. F.: the effect of three vehicles on the pH of calcium hydroxide, *Oral. Surg.*, 54: 560-565, 1982.
25. ADA specification., No. 57.: For endodontic filling materials.
26. Kawano, F., Dootz, E. R., Koran III, A. and Craig, R. G.: Sorption and solubility of 12 soft denture liners, *J. Prosthet. Dent.*, 72: 393-8, 1994.
27. Yap, A. and Lee, C. M.: Water sorption and solubility of resin-modified polyalkenoate cements, *Journal of Oral Rehabilitation*, 24: 310-314, 1997.
28. Zmener, O., Spielberg, C., Lamberghini, F. and Rucci, M.: Sealing properties of new epoxy resin-based root-canal sealer, *Int Endodont J.*, 30: 332-334, 1997.
29. Evans, J. T. and Simons, J. H.: Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the smear layer and root canal sealer, *J. Endodont.*, 12: 101-107, 1986.
30. Kazemi, R. B., Safavi, K. E. and Sp ngberg, L. S. W.: Dimensional changes of endodontic sealers, *Oral. Surg.*, 76: 766-771, 1993.
31. Grossman, L. I.: Physical properties of root canal cements, *J. Endodont.*, 2: 166-175, 1976.
32. Moore and Phillips: Elements of Dental Materials, 5th ed., 서울, 군자출판사 pp.429-437, 1995.
33. Bayne, S. C., Pfaffenbach H. E. and Marshall, G. W.: SEM Identification of zinc eugenolate crystals in postoperatively collected ZOE cements, *J. Dent. Res.*, 56: 1264, 1977.
34. Von Fraunhofer, J. A. and Branstetter, J.: The physical properties of four endodontic sealer cements, *J. Endodont.*, 8: 126-130, 1982.
35. rstavik, D.: Seating of gutta-percha points: effect of sealers with varying film thickness, *J. Endodont.*, 5: 213-218, 1982.
36. Kontakiotis, E. G., Wu, M. K. and Wesselink, P. R.: Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study, *Int. Endodont. J.*, 30: 307-312, 1997.
37. Cohen, O., Gutmann, J. L. and Wagner, M.: An assessment in vitro of the sealing properties of calciobiotic canal sealer, *Int. Endodont. J.*, 18: 172-178, 1985.
38. Orahod, J. P., Cochran, A., Swartz, M. and Newton, C. W.: In vitro study of marginal leakage between temporary sealing materials and recently placed restorative materials, *J. Endodont.*, 12: 523-527, 1986.
39. Anderson, R. W., Powell, B. J. and Pashley, D. H.: Microleakage of three temporary endodontic restorations, *J. Endodont.*, 14: 497-501, 1988.
40. Robertson, D. C. and Leeb, I. J.: The evaluation of a transparent tooth model system for the evaluation of endodontically filled teeth, *J. Endodont.*, 8: 317-21, 1982.
41. Douglas, W. H. and Zakaliasen, K. S.: Volumetric assessment of apical leakage utilizing a spectrophotometric dye recovery method, *J. Dent. Res.*, 60 (Special issue A): 438(Abstr. No. 512), 1981.