

우치의 근관에서 도말층의 존재가  
수산화칼슘의 상아질 투과에  
미치는 영향

연세대학교 치과대학 치과보존학교실

권병구 · 윤태철 · 박동수

Abstract

THE INFLUENCE OF SMEAR LAYER UPON DENTIN  
DIFFUSION OF CALCIUM HYDROXIDE IN BOVINE TOOTH  
IN VITRO

Byeong-Goo Kwon, Tai-Cheol Yoon, Deong-Soo Park

*\*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Yonsei University*

Eighty two of extracted bovine mandibular incisors were sectioned transversely through the cementoenamel junction(CEJ) and instrumented to a size minimum-# 110 file at the working length by 5.25% NaOCl irrigation. The roots in group 1 were received a final irrigation with 10ml of 17% EDTA followed by 10ml of 5.25% NaOCl, group 2, 10ml of 40% citric acid followed by 10ml of 5.25% NaOCl, group 3, 20ml of 5.25% NaOCl, and control group, 20ml distilled water. Canal walls of four roots in each group and control group were examined by SEM(x3000). Calcium hydroxide was placed into all experimental roots except control group. Each root was placed in nalgen bottle containing unbuffered distilled water. The pH level of the medium surrounding tooth was recorded at 0, one hour, and daily for 1week, then 14days, 21days, and 28days using pH electrode. At 1, 3, 7, 14, 21days, and 28days, four roots from each group were split longitudinally and the ratio change was recorded using spectrofluorometer. The results were followings :

1. The smear layer was totally removed from canal walls in group 1 and 2, but was observed in group 3 and control group.

2. The hydroxyl ion diffused more rapidly through radicular dentin when smear layer was removed from canal walls.
3. The hydroxyl ion derived from calcium hydroxide began to diffuse from the root canal to the exterior surface of the root at 1day, and continued to 1~2weeks.
4. The pH level of dentin near the CEJ was not different in all experimental group regardless of presence of smear layer.

It is clinically advisable to place calcium hydroxide into root canal for 1~2weeks for the purpose of expectation of diffusion of hydroxyl ion.

But, after the placement of calcium hydroxide into root canal, the consequent pH level of external root surface will be futher studied with respect to it's effect on the root and periodontium

Key Words : Calcium hydroxide, pH, smear layer, hydroxyl ion, dentin diffusion, root resorption

## I. 서 론

수산화칼슘은 1930년 Hermann에 의하여 치과영역에 처음 소개된 이래 치수복조술, 치수절단술, 치근침형성유도술, 근관내 소독용으로, 그리고 치근흡수 및 치근천공시 처치등에 다양하게 이용되고 있다.

치근흡수에 대한 수산화칼슘의 사용에 관하여 Andreasen 등<sup>3)</sup>, 미국근관치료학회<sup>2)</sup>, 그리고 Esberard 등은<sup>10)</sup> 근관내로 충전한 수산화칼슘이 염증성치근흡수(inflammatory root resorption)를 줄일 수도 있으며, 탈구된 치아를 재식한 경우 7~14일안에 발수 및 수산화칼슘 충전을 할 것을 추천하였는데 근관내에 충전한 수산화칼슘은 처음 2주동안에 빠른 상아질 투과를 보이며, 치근의 흡수를 막고 치아주위조직의 치유를 위하여 gutta percha에 의한 근관 충전을 1~2주후에 할 것을 권장하였다.

그러나 Cvek 등과<sup>14)</sup> Fuss 등은<sup>23,24)</sup> 염증성 치근흡수를 줄이기 위하여는 탈구된 치아의 근관내로부터 피사된 조직을 즉시 제거하는 것이 가장 중요하고, 성공률을 높이기 위하여 즉시 gutta percha로 충전할 것을 추천하였

으며, 근관내에 수산화칼슘 충전시 치근의 면의 pH는 상승하지 않으며 수산화칼슘은 치근외흡수에 영향을 주지 않는다고 주장하였다.

수산화칼슘의 작용기전은 아직까지 명확하게 밝혀지지는 않았으나 수산화칼슘의 염기성과 연관이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 Tronstad 등은 치근의 흡수가 있는 치아에 수산화칼슘 충전후 치근외면에서 나타나는 염기성은 치근외면에서 파골세포의 활성도를 감소시키고 경조직 형성에 중요한 역할을 하는 alkaline phosphatase를 활성화시킬 수 있다고 하였다.<sup>53)</sup> 치근외면에서 나타나는 염기성은 수산화이온의 상아세관을 통한 투과로 인하여 나타나게 되며 따라서 근관벽 상아세관의 상태에 의하여 영향을 받을 수 있다고 보고되고 있다.

그러므로 치근의 염기성 변화에 영향을 주는 요인으로 근관벽의 도말층을 들 수 있는데 근관치료시 생성되는 도말층은 1975년 McComb과 Smith에 의하여 처음 관찰되었다.<sup>41)</sup> Mader 등은 도말층이 1~2 $\mu$ m 두께로 근관벽에 형성되며 상아세관내에 40 $\mu$ m정도 깊이까지 존재하기도 한다고<sup>39)</sup> 하였으며, 이

도말층의 임상적 의미에 관하여는 많은 논란이 있다. Pashley 등은 근관벽에 도말층 존재시 상아세관을 통한 투과도는 25~30% 정도로 감소가 된다고 보고하였고<sup>46)</sup> 또한 세균의 상아세관으로의 침투를 줄일 수도 있으나 근관내 약제의 상아세관으로의 침투를 막고, 근관 충전물과 근관벽의 긴밀한 접촉을 방해할 수도 있으며 세균이 도말층 자체내에서 존재하기도 한다.<sup>1, 5, 15, 21, 22, 26, 27, 33, 39, 59)</sup>

Yamada 등은 근관치료시 생성되는 도말층은 최종 근관세척제로 17% EDTA 10ml와 5.25% NaOCl 10ml를 사용하여 제거할 수 있다고 보고 하였다.<sup>59)</sup> EDTA의 사용은 Nygaard-Östby에 의하여 처음 보고된 이래 많은 연구가 이루어 졌으며 금속이온과 결합하는 chelating agent이며 제한적으로 작용한다고 보고되고 있다.<sup>1, 7, 10, 13, 27, 28, 40)</sup>

한편 Smith와 Wayman 등은 도말층의 제거에 citric acid의 사용을 주장하였는데, citric acid는 생체의 대사과정에 필수적인 요소로서 여러 연구에 의하면 주위조직에 전혀 무해한 것으로 보고되고 있다.<sup>49)</sup>

근관벽의 도말층과 함께 상아질의 투과에 영향을 주는 요인으로 해부학적인 상아세관의 위치 및 상태이외에, Pashley 등은<sup>45, 46)</sup> 투과가 일어나려는 분자의 크기가 결정적이라고 하였으나 Wang 등은<sup>56)</sup> 분자의 전하가 더욱 큰 영향을 준다고 보고하였다. 또한 치근에서 부위에 따른 상아세관의 상태도 일정하지 않아서 치경부가 치근단부위보다 상아세관의 숫자 및 직경이 크며 이에 따라 상아질의 투과도 치경부쪽이 큰 것으로 알려져 있으나 치근의 각 부위에 따른 상아질의 투과 양상은 유사한 것으로 알려져 있다.<sup>18, 19)</sup>

치근을 둘러싸는 백아질은 근관내 괴사조직이나 세균, 그리고 근관내 약제의 치아주위조직으로 확산에 대하여 불투과성 막으로 역할을 하는 것으로 알려져 있고, 백아질이 건전한 경우 치아주위조직의 손상으로 표면 흡수가 일어나기 전까지는 염증성치근흡수는 일어나지 않을 수 있다고 보고된 바 있으며,<sup>17)</sup> 또한 상아질의 수산화이온에 대한 완충능력

으로 인하여 수산화이온의 상아질을 통한 투과는 매우 서서히 일어난다고 보고된 바 있다.<sup>56)</sup>

한편 근관에 수산화칼슘 충전후 치근상아질에서 pH의 변화를 측정한 연구는 많이 이루어 졌으나 치근에서 직접 pH의 동적인 변화를 측정한 연구는 많지 않으며 치근을 둘러싸는 백아질이 건전한 상태에서 근관벽의 상태에 따라 pH의 변화를 측정한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

이에 본 연구는 백아질이 건전한 발거된 소의 치아에서 수산화칼슘 충전후 도말층 존재유무에 따라 치근상아질의 pH 변화에 대한 영향을 비교 평가하고 치근상아질에서 시간에 따른 pH의 동적인 변화를 치근외면과 치근상아질에서 측정하고자 하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

건전한 82개의 소의 하악전치를 치근부위가 손상이 되지 않도록 조심스럽게 발거하여 즉시 증류수에 넣어 4℃에서 보관하였으며 증류수는 매일 교환하였다. 모든 치아의 치관부를 백아-법랑 경계부위에서 low-speed handpiece의 diamond disk로 절단하여 제거하고 근관장은 file이 근단공을 빠져나올 때까지 근관내로 집어넣은 후 여기에서 0.5 mm를 줄인 길이로 결정하였다. 모든 근관은 최소한 #110 file 크기까지 확대하였으며 근관내 기구조작시에는 5.25% NaOCl로 근관세척을 하였고 최소한 3ml의 NaOCl이 사용되도록 하였다. 기구조작 사이사이에 근단공에 막혀있는 잔사를 #70 file을 이용하여 제거하였다. 실험치아를 최종 근관세척제의 종류에 따라 25개씩 다음의 3군으로 분류하였으며, 나머지 7개의 실험치아는 최종 근관세척제로 20ml의 증류수를 사용하여 대조군으로 하였다.

Group 1 : 10ml of 17% EDTA (pH 7.8) and 10ml of 5.25% NaOCl

Group 2 : 10ml of 40% citric acid (pH 1)

and 10ml of 5.25% NaOCl

Group 3 : 20ml of 5.25% NaOCl

최종 근관세척제 사용후 모든 실험치아를 다시 증류수 10ml를 사용하여 근관세척을 시행한후 paper point로 건조시켰다. 주사전 자현미경 관찰을 위하여 각 군의 1개 치아 및 대조군 1개 치아를 제외한 나머지 78개의 치아중 각 군의 24개 치아에 수산화칼슘을 증류수에 혼합하여 Webber가 설명한 대로<sup>57)</sup> 충전하고 근관의 입구는 약 3mm 두께가 되도록 IRM® (Dentsply, U.S.A.)을 제조회사의 지시대로 혼합후 밀봉하였으며 대조군 6개 치아는 근관충전을 시행하지 않았다. 약 20분간 공기중에 방치하여 IRM® 이 경화된후 치근의 치관부쪽 절단면을 포함하여 약 2~3 mm 정도까지, 그리고 근단공을 포함하여 2~3mm 정도까지 nail varnish를 3회 도포, 건조한후 증류수에 5분간 위치시킨후 각 치아를 40ml 증류수가 들어있는 50ml 크기의 nalgen bottle에 넣고 밀봉하여 4°C에서 보관하였다.

## 2. 주사전자현미경 관찰

근관내 기구조작후 최종 근관세척제에 의한 근관벽의 도말층 제거 여부를 확인하기 위하여 각 군에서 각 1개의 치아 및 대조군 1개의 치아를 임의로 선택하여 치아의 장축을 따라 끌로 절단한후 근관벽의 상태를 주사전자현미경으로 관찰하였다. (S-800, Hitachi, Japan, x3,000)

## 3. pH 측정

주사전자현미경 관찰을 위한 4개 치아를 제외한 78개 실험치아의 pH 측정은 pH electrode (Orion pH/ion meter model 920A, U.S. A.)를 이용하였는데, 각 실험치아를 보관한 용액의 pH를 수산화칼슘 충전후 즉시, 그리고 1시간후에 측정하였으며 처음 1주일엔 매일 측정하고 그후에는 1주 간격으로 4주간 측정하였다.

## 4. Spectrofluorometer

실험치아의 치근상아질에서 pH 변화를 측

정하기 위하여 수산화칼슘 충전후 1일, 3일, 7일, 14일, 21일, 28일째에 각 실험군당 4개 및 대조군 1개의 치아를 임의로 선택하여 치아의 장축에 평행하게 끌로 절단한후 치근상아질의 pH 변화를 spectrofluorometer (Photon Technology International, U.S.A.)를 사용하여 측정하였는데 이 방법은 실험치아의 장축을 따라 평행하게 절단한 치아시편에 pH 변화에 민감하게 반응하는 형광물질 2,7-bis(2-carboxyethyl)-5(6)-carboxyfluorescein (BCECF)를 도포하여 측정하였다. BCECF를 증류수에 녹여 1mM stock solution을 만들어 -80°C에서 보관하였으며 pH 측정 바로 전에 상온에서 녹인후 최종농도가 1μM이 되도록 증류수로 희석하여 절단된 치아표면에 도포하였다. 10초후에 치아절단면에 묻어있는 용액을 부드러운 종이로 제거하고 치아절단면이 cover-glass에 접촉하도록 spectrofluorometer가 연결되어 있는 역상현미경 (inverted microscope, x400)에 올려 놓았다. 치아절단면의 pH는 excitation 파장을 490nm와 440 nm로 하고 emission 파장을 526nm로 하는 두 파장강도의 비율( $F_{490/440}$ )로 구하였으며 치근상아질의 pH를 근관으로부터 치근외면을 향하여 연속적으로 측정하기 위하여 현미경의 초점을 근관쪽에서 치근외면으로 이동시키면서 형광강도의 변화를 측정하고, 통계처리를 위하여 근관벽에 인접한 상아질을 지점1로 하고 백아-상아 경계부위의 상아질을 지점10으로 하여 임의로 균등하게 10개 지점으로 나누고(Fig. 1 참조) 각 지점의 두 파장강도의 비율을 측정하였다.

## 5. 통계처리

pH electrode 및 spectrofluorometer를 사용하여 측정된 결과를 repeated measures ANOVA를 이용하여 통계처리 하였다.

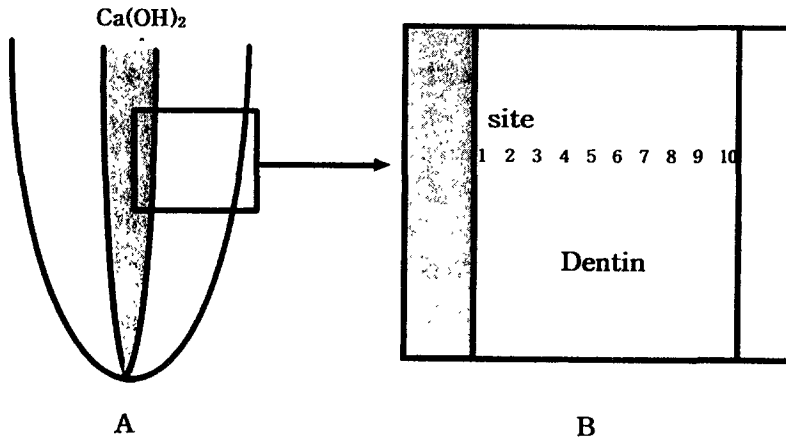


Fig. 1. Schematic drawing of experimental tooth(A), and observed site using spectrofluorometer(B)

### III. 실험결과

#### 1. 주사전자현미경 관찰

##### (1) 1군 (EDTA and NaOCl 세척)

근관벽의 도말층이 제거되어 상아세관 입구부위가 뚜렷하게 관찰되었으나 약간의 도말층이 상아세관 입구 사이에서 관찰되었다(Fig. 2 참조).

##### (2) 2군 (Citric acid and NaOCl 세척)

1군보다 더욱 뚜렷이 상아세관 입구가 관찰되었으며 도말층은 모든 근관벽에서 관찰되지 않았다(Fig. 3 참조).

##### (3) 3군 (NaOCl 세척)

모든 근관벽에서 도말층이 관찰되었으며 간혹 도말층의 사이로 상아세관의 입구가

관찰되었다(Fig. 4 참조).

##### (4) 대조군 (증류수 세척)

3군에서와 마찬가지로 근관벽 표면에 많은 도말층이 관찰되었으며 상아세관 입구는 관찰되지 않았다(Fig. 5 참조).

#### 2. pH 측정

##### (1) 충전 1시간의 pH 변화

근관내 수산화칼슘을 충전한 1군 및 3군, 그리고 대조군에서 충전 1시간후 pH가 충전 직후에 비하여 증가하였으며( $p < 0.05$ ), 2군은 pH의 변화가 거의 없었다(Table 1 참조).

##### (2) 충전 7일간의 pH 변화

1군 및 3군은 수산화칼슘 충전 직후와 비교시 pH가 충전 2일후까지 증가하였고 그

Table 1. The pattern of pH change at one hour

Group	Time	
	0	1 hour
Group 1	6.40	7.55
Group 2	5.62	5.68
Group 3	6.27	7.26
control	6.52	7.24

Table 2. The pattern of pH change for the 1st week

Group \ Time	0	1day	2days	3days	4days	5days	6days	7days
Group 1	6.40	8.09	8.22	8.09	7.99	7.84	7.71	7.49
Group 2	5.62	6.18	6.45	6.46	6.60	6.70	6.72	6.78
Group 3	6.27	8.39	8.40	8.29	8.09	7.87	7.69	7.52
control	6.52	7.56	7.49	7.44	7.41	7.38	7.33	7.32

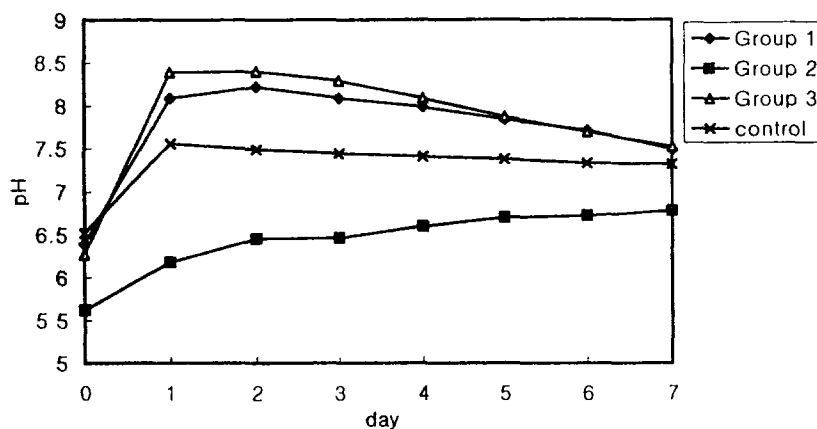


Fig. 6. The pattern of pH change for the 1st week.

이후는 충전 7일까지 감소하였으며, 2군은 충전 1일후 충전 7일까지 pH가 계속적으로 증가하였다. 그러나 수산화칼슘 충전 5일후부터 7일까지 각 군간의 pH는 유의차가 없었다. 한편 대조군은 1일이후에 계속적으로 pH가 감소하였으나 1일이후와 7일 사이의 pH 변화는 유의차를 보이지 않았다(Table 2, Fig. 6 참조).

### (3) 충전 28일간의 pH 변화

1군은 수산화칼슘 충전 1주이후 충전 2주

까지 pH가 감소하였으나 충전 2주이후 충전 4주까지 다시 pH가 증가하는 양상을 보였으며, 2군은 pH가 충전 1주이후 충전 4주까지 계속적으로 증가하는 양상을 보였고, 3군은 수산화칼슘 충전 1주이후 충전 2주까지 pH가 감소하였으나 충전 3주후 충전 4주까지 약간 증가하였으나, 각 군 모두 충전 1주이후의 pH는 통계적 유의차를 보이지 않았다( $p < 0.05$ ). 대조군은 1주이후에는 pH의 변화가 거의 관찰되지 않았다(Table 3, Fig. 7 참조).

Table 3. The pattern of pH change for 4 week period

Group \ Time	0	7day	14days	21days	28days
Group 1	6.40	7.49	7.09	7.27	7.35
Group 2	5.62	6.78	6.82	7.09	7.16
Group 3	6.27	7.52	7.08	7.26	7.22
control	6.52	7.32	7.09	7.04	7.00

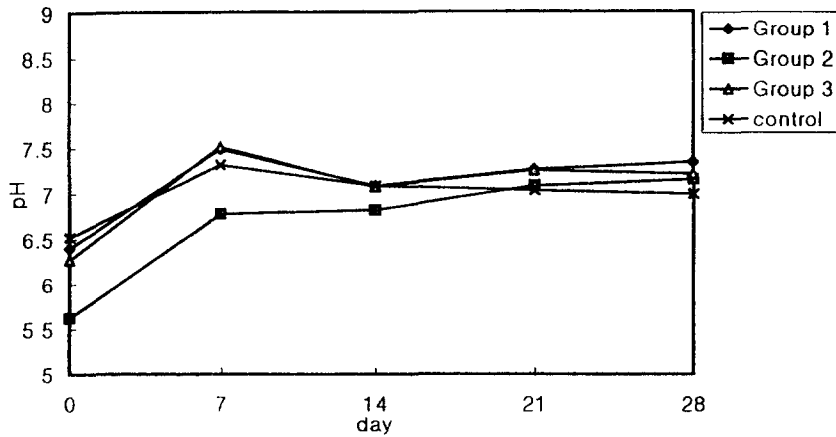


Fig. 7. The pattern of pH change for 4 weeks period

### 3. spectrofluorometer

#### (1) 시간에 따른 각 군의 ratio 변화

수산화칼슘 충전 1일후 1군 및 2군의 ratio 변화 양상은 근관벽에 인접한 상아질(지점1)에서 백아-상아 경계부위의 상아질(지점10)로 이동할수록 ratio가 감소하여 지점1과 지점10간에 유의차를 보였으며( $p < 0.05$ ), 3군은 1군 및 2군에 비하여 ratio는 크게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 변화양상은 거의 유사하였고 각 군간의 지점에 따른 ratio의 통계적 유의차는 없었다. 충전 3일후에는 1~3군의 변화양상은 충전 1일후의 변화와 유사하며 지점1에서의 ratio는 1군 및 3군에서 모든 실험기간중 각각 가장 크게 관찰되었고 1군의 지점10에서의 ratio가 2군 및 3군에 비하여 유의차 있게 크게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 충전 7일후의 변

화도 유사하지만 2군의 지점1에서의 ratio가 2군의 모든 실험기간중 가장 크게 관찰되었고 1군 및 3군에 비하여 유의성 있게 큰 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 3군의 변화정도는 1군 및 2군에 비하여 약간 감소하는 양상을 보였다. 충전 14일후에는 ratio가 모든 군에서 이전의 변화양상에 비하여 지점1에서 지점10까지의 변화정도가 감소하기 시작했으며 충전 21일 후 및 충전 28일에는 지점1에서 지점10까지의 변화가 더욱 감소하는 것으로 관찰되었으며 충전 14일 이후 충전 28일의 각 군간의 ratio 변화는 유의차를 보이지 않았다. 그러나 지점1과 지점10의 ratio는 통계적 유의차는 있었으며( $p < 0.05$ ), 대조군의 경우는 큰 변화를 나타내지 못하는 것으로 관찰되었다(Table 4~9 참조).

Table 4. The pattern of ratio change of 3 groups at the 1st.

Site \ Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Group 1	1.8580	1.7056	1.5538	1.4310	1.3428	1.2585	1.1429	1.0592	0.9748	0.9104
Group 2	1.6842	1.6120	1.5620	1.4904	1.3628	1.2727	1.1386	1.0415	0.8938	0.7790
Group 3	2.2310	2.1521	2.1127	1.9889	1.8422	1.7858	1.6958	1.6114	1.5491	1.5209

Table 5. The pattern of ratio change of 3 groups at the 3rd.

Site Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Group 1	3.3693	2.9118	2.5455	2.1498	1.9018	1.7413	1.6175	1.3370	0.9755	0.7662
Group 2	2.2196	2.0788	1.8816	1.6956	1.4703	1.3182	1.1661	1.0762	0.9296	0.8278
Group 3	2.3943	2.1973	2.0000	1.8593	1.6974	1.6128	1.4719	1.3030	1.1901	1.0633

Table 6. The pattern of ratio change of 3 groups at the 7th.

Site Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Group 1	2.2292	2.1429	1.9108	1.7540	1.6335	1.5873	1.5190	1.2237	0.9275	0.8124
Group 2	3.1638	3.1169	2.7036	2.6255	2.2794	1.9697	1.7021	1.5033	1.2669	1.1168
Group 3	1.8814	1.7802	1.7072	1.5493	1.4029	1.2675	1.1381	0.9013	0.7605	0.6592

Table 7. The pattern of ratio change of 3 groups at the 14th.

Site Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Group 1	1.5212	1.4086	1.3592	1.2746	1.2043	1.1407	1.0633	0.9928	0.8874	0.8450
Group 2	1.8945	1.6477	1.5423	1.3802	1.2536	1.1832	1.0915	1.0283	0.9646	0.8684
Group 3	1.7113	1.4577	1.3241	1.2114	1.1758	1.1196	1.0634	0.9366	0.8380	0.7677

Table 8. The pattern of ratio change of 3 groups at the 21th.

Site Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Group 1	1.2475	1.1059	0.9727	0.9000	0.8129	0.7566	0.7274	0.6371	0.5662	0.4710
Group 2	1.0772	1.0169	0.8303	0.7000	0.6419	0.6419	0.6094	0.5850	0.5234	0.4750
Group 3	1.1197	1.0281	0.9226	0.8033	0.7746	0.7394	0.7254	0.6549	0.5634	0.5141

Table 9. The pattern of ratio change of 3 groups at the 28th.

Site Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Group 1	1.0714	0.9999	0.9745	0.9012	0.8451	0.7958	0.7606	0.7176	0.6565	0.6094
Group 2	1.1197	1.0281	0.9226	0.8033	0.7746	0.7394	0.7254	0.6549	0.5634	0.5141
Group 3	1.1971	1.1578	1.0564	0.9507	0.8099	0.7042	0.6127	0.5564	0.4929	0.4296

#### 4. 각 군의 시간에 따른 ratio 변화

##### (1) 1군(EDTA and NaOCl 세척)

근관내 수산화칼슘 충전 1~3일후 spectrophotometer로 치근상아질의 절단면을 측정시 근관벽에 인접한 상아질(지점1)에서 백아-

상아 경계부위의 상아질(지점10)로 이동함에 따라 ratio가 점차적으로 감소하였으며( $p < 0.05$ ), 이 ratio의 변화정도는 충전 3일후 가장 컸으며 충전 7일이후에서 충전 28일까지 점차 감소하는 양상을 보였다(Table 10, Fig. 8 참조).



Table 10. The pattern of ratio change of Group 1 for 4 weeks period

Site \ Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1day	1.8580	1.7056	1.5538	1.4310	1.3428	1.2584	1.1429	1.0592	0.9748	0.9104
3days	3.3693	2.9118	2.5455	2.1500	1.9018	1.7413	1.6175	1.3370	0.9755	0.7662
7days	2.2292	2.1429	1.9108	1.7540	1.6335	1.5873	1.5190	1.2237	0.9275	0.8134
14days	1.5212	1.4086	1.3592	1.2746	1.2043	1.1407	1.0633	0.9928	0.8874	0.8450
21days	1.2475	1.1059	0.9727	0.9000	0.8129	0.7566	0.7174	0.6317	0.5663	0.4710
28days	1.0714	1.0000	0.9745	0.9012	0.8451	0.7958	0.7606	0.7176	0.6565	0.6094

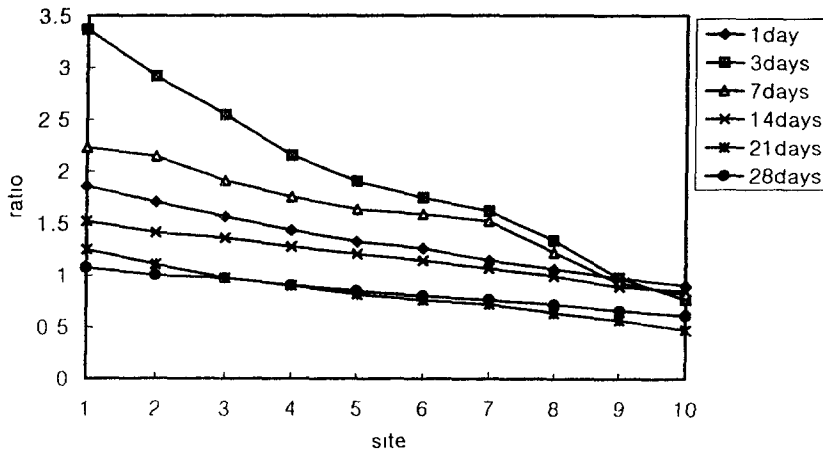


Fig. 8. The pattern of ratio change of Group 1 for 4 weeks period.

(2) 2군 (Citric acid and NaOCl 세척)

2군의 변화양상은 충전 1일후 충전 7일까지 지점에서 지점10까지의 변화정도가 증가하였으며 충전 7일후에서 지점1에서 지점10까지 ratio의 변화정도가 가장 컸으며 그 이후는 변화의 정도가 점차 감소하는 양상을 보였고 충전 21일과 충전 28일은 거의 같은 변화양

상을 보였다(Table 11, Fig. 9 참조).

(3) 3군 (NaOCl 세척)

1군 및 2군의 변화양상과는 약간 다른 양상을 보이는데 지점1에서 지점10까지의 ratio변화정도는 충전 3일후 가장 크게 관찰되었으나 충전 1일후와 유의차는 없었으며 그

Table 11. The pattern of ratio change of Group 2 for 4 weeks period

Site \ Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1day	1.6842	1.6120	1.5620	1.4904	1.3628	1.2727	1.1386	1.0415	0.8938	0.7790
3days	2.2196	2.0788	1.8816	1.6956	1.4703	1.3182	1.1661	1.0762	0.9296	0.8278
7days	3.1638	3.1169	2.7036	2.6255	2.2794	1.9697	1.7021	1.5033	1.2669	1.1168
14days	1.8945	1.6477	1.5423	1.1802	1.2536	1.1832	1.0915	1.0283	0.9646	0.8634
21days	1.0772	1.0169	0.8303	0.7000	0.6424	0.6419	0.6094	0.5850	0.5234	0.4751
28days	1.1197	1.0281	0.9226	0.8033	0.7746	0.7394	0.7254	0.6549	0.5634	0.5141

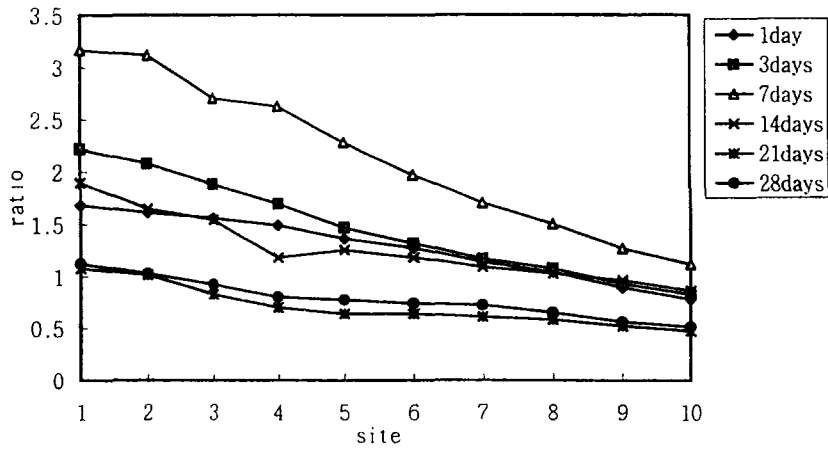


Fig. 9. The pattern of ratio change of Group 2 for 4 weeks period

Table 12. The pattern of ratio change of Group 3 for 4 weeks period

Site \ Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1day	2.2310	2.1521	2.1127	2.0000	1.8422	1.7858	1.6958	1.6114	1.5491	1.5209
3days	2.3943	2.1973	2.0000	1.8593	1.6974	1.6128	1.4719	1.3030	1.1901	1.0633
7days	1.8814	1.7802	1.7072	1.5493	1.4029	1.2675	1.1381	0.9013	0.7605	0.6592
14days	1.7113	1.4577	1.3241	1.2114	1.1758	1.120	1.0634	0.9366	0.8380	0.7677
21days	0.8827	0.8477	0.8027	0.7676	0.7394	0.7113	0.6831	0.6408	0.6056	0.5986
28days	1.1971	1.1578	1.0563	0.9508	0.8100	0.7042	0.6127	0.5564	0.4929	0.4296

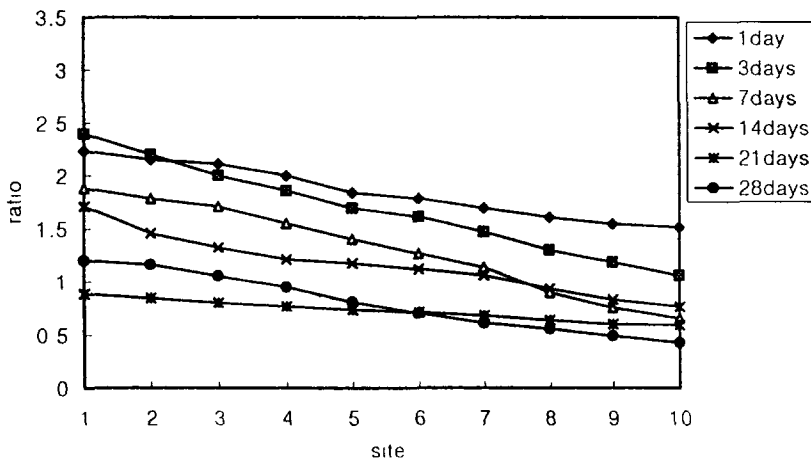


Fig. 10. The pattern of ratio change of Group 3 for 4 weeks period

Table 13. The pattern of ratio change of control group

Site	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ratio	0.9196	0.8684	0.8310	0.7793	0.7606	0.7183	0.6808	0.6244	0.5775	0.5165

이후는 감소하는 경향을 보이지만 통계적 유의차는 없었다. 그러나 지점10에서의 ratio는 충전 1일후를 제외한 모든 관찰 기간 동안 1군, 2군과 큰 차이를 보이지는 않았다 (Table 12, Fig. 10 참조).

#### (4) 대조군(증류수 세척)

대조군은 지점1에서 지점10까지 ratio의 큰 변화를 보이지는 않았다(Table 13 참조).

### IV. 총괄 및 고찰

본 실험에 사용된 pH electrode는 각종 시편의 pH, 이온농도, mv, 해리된 산소의 양을 측정할 수 있는 기기로 온도, 습도등 주위 환경에 비교적 예민한 단점을 지니고 있으나 손쉽고 안정적인 pH 측정이 가능하여 여러 연구에 이용되고 있으며 본 실험에서는 치근외면의 pH를 측정하였다.

그리고 잘 알려져 있지는 않으나 spectrofluorometer를 이용하는 방법은 원래 세포내 pH 및  $Ca^{2+}$ 을 측정하기 위하여 쓰여지는 방법으로 본 실험에서는 치근상아질의 pH를 측정하기 위하여 사용하였는데 실험치아를 치아장축을 따라 열이나 수분의 영향없이 한번에 절단하고 이 절단면에 형광을 내는 BCECF액을 증류수에 섞어 적당량을 도포한 후 이 시편을 기기위에서 서서히 이동하여 치근을 직접 관찰하면서 수산화칼슘이 충전된 근관벽으로부터 백아질을 포함한 치근외면까지의 pH 변화를 측정한다.

치근상아질에서 수산화이온의 투과도 측정은 지금까지 pH를 나타내는 지시액이나 종이, 상아질을 갈아서 직접 pH를 측정하거나, 치아를 수용액에 위치하여 pH를 측정하는 간접적인 방법이 사용되어져 왔다.<sup>22, 31, 44, 55, 56)</sup> 그러나 pH를 나타내는 지시액이나 종이 등을

이용하는 방법은 정확한 pH를 얻기보다는 나타나는 색깔에 따라 그 pH의 범위가 0.8~2 정도를 나타내며, 치아를 수용액을 넣어 pH를 간접적으로 측정하는 방법은 pH가 온도나 습도등 주위의 환경변화에 예민하게 반응하며, 치아를 갈아서 상아질의 pH를 측정하는 방법도 열에 의한 pH 변화의 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 spectrofluorometer를 이용하는 방법은 측정하고자 하는 부위의 pH를 정확히 그리고 연속적으로 얻어낼 수는 있으나 실험치아의 절단면이 반드시 편평해야 하는 기술적인 문제가 중요하며, 따라서 이를 해결할 방법만 개선이 된다면 치아에서 일어나는 pH 변화를 알아낼 수 있는 방법인 듯하다. 그러나 본 실험에서는 치근상아질을 완전히 편평하게 절단하여 전 절단면을 coverglass에 밀접시키는 것이 불가능하였고 이에 따른 치근상아질의 pH를 정확히 관찰하기 어려워 단순히 치근면에서의 490nm와 440nm의 파장을 가진 두 파장강도의 비율을 구하였다.

한편 본 실험에 사용된 소의 치아의 선택은 Tagami 등의<sup>52)</sup> 연구에서 밝혀졌듯이 소의 치근상아질의 투과도는 인간의 그것과 유사하다는 보고를 근거로 하였는데 인간의 치근상아질에서 상아세관이 차지하는 비율은 치수에서 가까운 부위의 상아질에서는 7.8%, 그리고 치수에서 멀리 떨어진 백아질 부근에서는 1.9% 정도로 소의 치근상아질의 각 7.7%, 1.9%와 유사하며 소의 치아의 치관부 상아질에서 투과도는 인간의 맹출하지 않은 제3대구치에서의 그것과 비교시 1/6~1/8 정도이나 치근상아질에서의 투과도는 인간의 치아에서와 유사하다.<sup>52)</sup>

근관치료학 영역에서 수산화칼슘은 gutta percha를 이용한 근관충전 이전의 임시충전 재료 수산화칼슘 충전시 치근상아질을 통한

수산화이온의 투과로 인하여 치근외면의 pH가 높아져 치근 및 치아주위조직의 치유를 증진시킨다는 것이다. 그러나 근관내에 수산화칼슘을 충전시키는 기간은 보고에 따라 약간의 차이를 보이고 있다. 1995년 미국근관치료학회의 보고에 따르면<sup>2)</sup> 완전히 성숙된 치아가 탈구된 경우에 수산화칼슘을 6~12개월동안 근관내에 충전시킬 것을 추천하였으나 Hammarström 등은<sup>30)</sup> 염증성치근흡수시 근관내로 충전한 수산화칼슘이 치근흡수를 막을수는 있으나 근관내 수산화칼슘 충전후 이것을 너무 자주 교환해줄 경우 자체의 높은 염기성으로 인하여 오히려 치유과정을 방해할 수 있을 것이라고 보고하였으며, Lengheden 등도<sup>36)</sup> 유사한 실험결과를 보고하였는데 탈구가 되어 재식된 치아에 수산화칼슘을 3주 및 5주동안 위치시킨 결과 5주군에서 치근에 불필요한 replacement resorption이 증가하는 것을 관찰하였다. Esberard 등은<sup>18)</sup> 수산화칼슘을 근관내에 충전하는 경우 수산화이온이 상아질을 통하여 투과가 되며 그 속도는 느리지만 120일 정도까지 이 이온의 투과가 계속적으로 일어나 치근외면에서 pH가 변화한다고 보고하였다.

한편 치근흡수는 산성조건하에서 일어나며 이때 acid hydrolase가 활성화되어 조직의 mineral 성분이 탈회되는데, 수산화칼슘을 충전하면 파골세포로 인해 만들어진 lactic acid 등이 중화되어 mineral 성분의 탈회가 일어나지 않는다. 더우기 치근외면에서의 pH의 상승은 적절한 pH가 5~5.5인 파골세포의 acid hydrolase의 활성도를 낮추게 되며 경조직의 형성에 중요한 역할을 하는 alkaline phosphatase를 활성화시키게 될 수도 있다고 보고되고 있다.<sup>55)</sup> 또한 Sjögren 등은 수산화칼슘을 근관내 소독용으로 사용한 결과 수산화칼슘을 근관내 1주일동안 위치시킨 경우 기구조작후에 근관내 남아있는 세균을 효과적으로 제거할 수 있었다고 하였다.

본 실험에서 주사전자현미경 관찰결과 최종 근관세척제로 17% EDTA 10ml와 5.25% NaOCl 10ml를 사용한 1군과 40% citric acid

10ml와 5.25% NaOCl 10ml를 사용한 2군은 5.25% NaOCl 20ml만을 사용한 3군보다 근관치료후 근관벽의 도말층 제거에 우수한 효과를 갖는 것으로 보여지며, 3군은 최종 근관세척제로 증류수를 사용한 대조군과 거의 같은 정도로 근관벽의 도말층의 제거에 효과적이지 못했다.

여러 보고에 의하면 근관치료시 근관내 기구조작으로 인해 근관벽에 형성되는 도말층은 도말층의 무기질 성분인 상아질과 chelation을 하는 근관세척제에 의하여 제거가 되며 본 실험의 결과는 Yamada와<sup>61)</sup> Baumgartner 등의<sup>5,6)</sup> 연구결과와 유사하다. 한편 Yamada 등은 최종 근관세척제의 사용순서가 근관벽의 도말층 제거에 영향을 준다고 하였으나 Baumgartner 등은 이러한 사용순서는 도말층 제거에 큰 차이를 나타내지 않으며 최종 근관세척제의 양이 도말층의 제거에 영향을 주는 것으로 보고하였다. 또한 Bystrom 등은 15% EDTA와 5% NaOCl을 함께 사용하는 경우 NaOCl을 단독으로 사용할 때보다 우수한 항균작용을 갖는다고 보고하였으며,<sup>10)</sup> 25~50% citric acid는 5.25% NaOCl보다 항균작용은 적지만 NaOCl과 함께 사용할 경우 그 효과가 우수한 것으로 보고되고 있다.<sup>49)</sup>

근관벽의 도말층과 함께 근관치료시 치근 상아질의 투과도를 결정하는 중요한 요소로는 상아질의 두께 및 부위에 따른 상아세관의 상태를 들 수 있다. 근관치료시 필연적으로 상아질의 두께는 감소하게 되며 이에 따라 치근상아질의 투과도에 영향을 주게 된다. 또한 상아세관의 수는 치근의 치관부에서 42,000 tubules/mm<sup>2</sup>, 치근단부위에서는 8,190 tubules/mm<sup>2</sup>로 치관부에서 치근단부위로 감에 따라 감소하며, 상아세관의 직경도 치주인대 부위에서는 1.07μm, 치수부위에서는 1.56μm 로 치수에서 멀어질수록 직경이 좁아드는 갈때기구조를 이룬다.<sup>25)</sup> 그러므로 치근이 흡수되어 백아질이 없는 치근에서는 상아세관을 통한 투과도는 치수부위의 상아질에서는 크게 되며 치수에서 멀리 떨어진 상

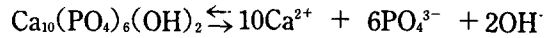
아질에서는 작아지게 되지만, 치근의 치경부, 중앙부, 치근단부위의 투과양상은 유사한 것으로 알려져 있으며,<sup>22,31, 44, 55, 56)</sup> 본 실험의 경우 nail varnish를 도포한 치근의 치경부와 치근단부위를 제외한 치근의 중앙부위를 선택하여 실험 관찰하였다.

Zurbruggen 등은<sup>63)</sup> 근관치료후 치근상아질 내에 약 4%의 근관세척제가 남아 있는 것으로 보고하였는데 본 실험에서는 근관치료도중 사용되는 5.25% NaOCl이 pH에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 최종 근관세척제를 사용한후에 다시 10ml의 증류수를 사용하여 근관을 세척하였으며 Baumgartner 등은<sup>4)</sup> 이와 같은 과정이 근관치료후에 근관세척제로 인하여 근관벽에 남아있을 수 있는 결정체의 제거에 효과적일 수 있다고 하였다.

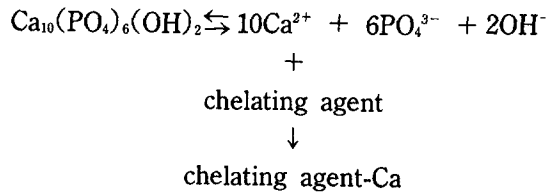
본 실험에서 수산화칼슘 충전후 처음 1시간후에 치아를 pH electrode로 측정한 결과 1군 및 3군에서 pH의 급격한 상승이 일어났는데 이것은 근관내 기구조작 과정중에 사용한 NaOCl을 10ml의 증류수로 세척했음에도 불구하고 NaOCl이 치근상아질에 잔류하여도 말충의 존재유무에 관계없이 치근외면의 pH에 영향을 준 것으로 생각되며 2군에서는 citric acid에 의해 치근상아질에 남아있는 NaOCl이 중화가 되어 pH의 변화가 거의 나타나지 않은 것으로 추측된다. 그러나 수산화칼슘 충전 1일후부터는 각 군에서 pH가 증가되는 것으로 관찰되어 근관내에서 수산화이온이 치근의 상아세관을 통하여 치근외면으로 투과되는 것으로 사료된다. 이와같은 수산화이온의 투과는 충전 1~2주정도까지 비교적 빠르게 진행되며 그 이후는 매우 서서히 진행되는데, 이와같은 결과는 Esberard와<sup>16)</sup> Nerwich의 연구결과와도<sup>44)</sup> 일치하는 것이지만 Esberard와 Nerwich의 연구에서는 백아질이 없는 상태에서 관찰된 결과로 본 실험의 결과와 비교해보면 백아질의 유무에 관계없이 수산화이온의 시간에 따른 투과양상은 유사한 것으로 보인다. 또한 Hasselgren 등은<sup>31)</sup> 근관내 수산화칼슘 충전시 치근 상아질에서의 pH 변화가 충전 1~3일후까지는

증가하였으며 충전 7일후에는 감소하는 것을 관찰하였는데 이것은 본 실험의 결과와 유사하다.

한편 Cury 등에 의하면 상아질내의 수산화인회석은 수용액내에서 다음과 같이 해리된다.<sup>13)</sup>



이때 chelating agent를 사용하면 다음과 같이 반응한다.



본 실험에서 각 실험군의 치아를 완충능력이 없는 증류수에 보관하였는데 시간경과에 따라 실험치아를 넣어둔 증류수의 pH가 감소하였다. Wang 등은<sup>56)</sup> 치아의 수산화인회석은 수소이온에 대하여 강한 완충능력을 갖고 이보다는 약하지만 수산화이온에 대하여도 완충능력을 갖는데 그것은 수산화인회석의 더 적은 음전하를 가진 phosphate를 치환함으로써 일어날 수 있을 것이라고 밝혔으며 따라서 상아질에서의 수산화이온의 투과는 서서히 일어나게 된다고 하였다. 본 실험에서 실험치아를 넣어둔 증류수의 pH가 감소한 것은 치아의 수산화인회석의 해리에 따른 완충효과라고 생각되며 상아질에서의 수산화이온의 투과는 근관벽의 상아세관의 상태와 백아질의 존재여부에 관계없이 상아질에서 수산화이온의 완충이 일어난후 일정한 속도로 일어난다고 볼 수 있다. 상아질에서의 이러한 수산화이온에 대한 완충능력은 수산화인회석의 hydrated layer에서  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ 와 같은 양자공급원에서 부가적인 양자를 제공하는 경우 수산화이온은 상아질에서 흡착이 되어 상아질의 pH는 변하지 않게되며 이러한 완충능력이 포화상

태에 이른 경우 상아세관을 통한 투과가 서서히 진행되게 되는 것이다.

한편 각 군의 치근외면의 pH는 충전 4주 후에는 유의차가 없는 것으로 미루어 볼 때 백아질이 건전한 경우 근관벽의 도말층의 존재여부가 수산화이온의 치근외면으로의 투과에 큰 영향을 주지는 않은 것으로 생각된다. 이와같은 결과는 Fuss 등의<sup>23,24)</sup> 결과와 일치하지만 spectrofluorometer로 관찰한 결과, 시간에 따른 치근상아질의 pH 변화가 일어나는 것으로 볼 때 수산화이온에 대하여 치근백아질이 불투과성 막으로 역할을 하는 것으로 생각되며 치근외면에서 pH가 크게 증가하지 못한 또 다른 요인은 근관내에 충전시킨 수산화칼슘의 시간 경과에 따른 경화를 들 수 있으며 이로 인해 상아세관으로의 침투력이 감소할 수 있다.

본 실험결과 근관내 수산화칼슘 충전시 치근외면의 pH 변화정도는 도말층의 유무에 관계없이, 백아질이 건전한 경우에는 치근외면의 pH 변화정도가 Tronstad 등<sup>53)</sup>, Esberard 등<sup>18)</sup>, Hasselgren 등의<sup>31)</sup> 결과보다 작게 나타났으며 Fuss 등의<sup>23,24)</sup> 결과보다 약간 크게 나타났다. 그러나 생체내에서는 치근상아질에서 수산화칼슘이 완충효과를 거친후 치근외면에 pH를 증가시키더라도 그 이외에 근관이나 상아세관내에 남아있을 수도 있는 세균이나 주위의 조직에서 기원하는 CO<sub>2</sub>의 영향에 의해 pH 효과가 어느정도 상실이 될 수 있으며 그후의 pH가 조직의 치유과정이나 치근흡수에 어떻게, 그리고 어느 정도로 기여할 수 있는지는 앞으로도 계속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

spectrofluorometer로 치근상아질을 관찰한 결과 치근상아질에서 근관벽에 인접한 지점1에서의 ratio의 증가는 도말층이 제거된 1군(EDTA)과 2군(citric acid)에서 충전 1일후부터 일어났고 각각 충전 3일후 및 7일후에 가장 크게 나타났으며 이와같은 차이는 2군의 경우 최종 근관세척제로 사용한 citric acid가 상아세관내에 잔류하여 수산화이온이 투과에도 불구하고 이를 중화하기 위하여 결과

적으로 나타난 ratio의 변화에 영향을 주었던 것으로 생각되며 지점10에서는 모든 관찰기간중 변화가 없었던 것으로 미루어 백아질이 불투과성 막으로 역할을 한 것으로 사료된다. 충전 1주후에는 ratio 변화의 정도는 느려졌으며 충전 2주후에는 그 정도가 더욱 느려졌는데 이것은 Tronstad 등<sup>53)</sup>, Esberard 등<sup>18)</sup>, Foster 등의<sup>22)</sup> 결과와는 다르다. 하지만 본 실험의 실험치아에서 충전 3주이후의 ratio 증가는 대조군과 거의 같은 정도로 나타났는데, Esberard 등은 약 120일 정도까지도 치근상아질에서 pH가 증가한다고 보고하여 본 실험과는 다른 결과를 보였는데 본 실험은 건전한 백아질이 불투과성 막으로 역할을 하여 치근상아질의 pH 변화에 영향을 주거나 실험치아를 제한된 양의 증류수에 계속 보관함으로써 시간이 지남에 따라 증류수에서 수산화이온의 포화가 일어나 더 이상의 pH 변화를 측정할 수 없을 가능성도 배제할 수는 없을 것이다.

한편 도말층이 남아있는 3군(NaOCl)에서는 충전 1일후 ratio 변화정도가 모든 실험기간중 가장 컸던 것으로 미루어 근관내 기구조작시 사용하였던 NaOCl이 도말층이 상아세관입구를 막고 있어 증류수에 의한 근관세척에도 불구하고 상아세관내에 잔류하거나 근관벽의 도말층이 수산화이온의 치근상아질 투과를 방해하였던 것으로 것으로 추측된다. 특히 충전 1일후 지점10에서 ratio가 크게 나타났던 것은 실험도중 최종 근관세척제로 사용한 NaOCl이 치근외면이나 백아-상아 경계부위의 상아질에 잔류하여 ratio 변화에 영향을 끼친 것으로 사료된다. 그러나 그 이외의 기간에서 지점10에서의 ratio는 충전 1일후를 제외한 모든 관찰기간중 변화가 없었던 것으로 미루어 치근을 둘러싼 백아질이 수산화이온의 투과를 막는 것으로 짐작된다.

또한 여러연구에 의하면 최종 근관세척제 사용후에 상아세관내의 smear plug나 calcium phosphate, NaCl 등의 결정체 생성으로 인하여 수산화이온의 치근상아질의 투과에 영

향을 미칠 가능성도 있다고 보고된 바 있다<sup>16)</sup>.

본 실험결과 백아질이 건전한 소의 치아에서 근관치료시 근관벽에 생성되는 도말층은 그 존재유무가 근관내 수산화칼슘 충전시 치근상아질에서 수산화이온의 투과에 영향을 줄 수 있으나 치근을 둘러싼 백아질은 수산화이온에 대하여 불투과성 막으로 역할을 하는 것으로 나타났다. 치근상아질 내부에서 수산화이온의 투과는 도말층 존재여부와 시간이 지남에 따라 다른 양상을 보이는데, 근관벽으로부터 도말층 제거시 수산화칼슘 충전 1일후부터 약 3~7일 정도까지 비교적 빠르게 투과가 되며 약 1~2주 정도 투과가 일어났지만 그 이후는 느리게 이루어 졌으며, 도말층 존재시에 수산화이온의 치근상아질 투과는 도말층에 의하여 영향을 받아 느리게 일어나는 것으로 생각된다.

따라서 수산화칼슘을 충전하여 주위조직이나 치근의 치유를 유도하기 위하여는 수산화칼슘 충전후 최소 1~2주정도 위치시키는 것이 효과적인 듯하며 그 이상의 기간동안 수산화칼슘을 근관내 위치시키는 것은 수산화이온의 투과를 기대하는 처치에 있어서는 큰 의미는 없는 듯 하며 근관내에 충전된 수산화칼슘에 의하여 나타난 치근외면의 pH가 주위조직이나 치근자체에 미치는 영향 등에 대하여 다른 측면의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

건전한 백아질을 가진 발거된 소의 치아에서 근관치료후 최종 근관세척제에 따라 근관벽의 도말층의 유무에 따라 수산화칼슘을 충전하고 4주간 치근외면 및 치근상아질의 pH 변화를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 최종 근관세척제로 17% EDTA와 5.25% NaOCl을 사용한 1군과 40% citric acid 및 5.25% NaOCl을 사용한 2군에서 근관벽의 도말층이 제거되었으며 5.25% NaOCl을

사용한 3군은 도말층이 제거되지 못하였다.

2. 근관벽의 도말층을 제거한 1군 및 2군에서 수산화이온의 치근상아질 투과는 도말층이 존재하는 3군에 비하여 빠르고 크게 일어났다( $p < 0.05$ ).
3. 수산화칼슘 충전 1일후부터 수산화이온이 근관벽에 가까운 상아질에서부터 백아-상아 경계부위의 상아질로 투과되었으며 이런 투과양상은 충전 1~2주후까지 지속되었으나 그 이후는 투과되지 못하였다.
4. 백아-상아 경계부위의 상아질은 백아질이 건전한 경우 pH 변화가 없었다.

따라서 수산화칼슘을 충전하여 주위조직이나 치근의 치유를 유도하기 위하여는 수산화칼슘 충전후 최소 1~2주 정도 위치시키는 것이 효과적인 듯하며 그 이상의 기간동안 수산화칼슘을 근관내 충전시키는 것은 수산화이온의 투과를 기대하는 처치에 있어서는 큰 의미는 없는 듯하며 생체내에서는 세균이나 주위조직에서 기원하는 CO<sub>2</sub> 등의 영향으로 근관내에 충전된 수산화칼슘에 의하여 나타난 치근외면의 pH가 주위조직이나 치근자체에 미치는 영향 등에 대하여 또 다른 측면의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## VI. 참고 문헌

1. Aktener B.O., Bilkay U. : Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixtures, J Endodon, 19 : 228-31, 1993.
2. American Association of Endodontists. Recommended guideline for treatment of the avulsed tooth, 10, 1995.
3. Andreasen J.O. : Relationship between surface and inflammatory resorption and changes in the pulp after replantation of permanent incisors in monkeys, J Endodon, 7 : 294-301, 1981.

4. Baker N.A. et. al : Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions, *J Endodon*, 1 : 127–135, 1975.
5. Baumgartner J.C. et. al : A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid, *J Endodon*, 10 : 525–531, 1984.
6. Baumgartner J.C., Mader C.L. : A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens, *J Endodon*, 13 : 147–157, 1987
7. Biesterfeld R.C., Tanitor J.F. : A comparison of periapical seals of root canals with RC-prep or Salvizol, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 49 : 532–537, 1980.
8. Blomlöf L., Lengheden A., and Lindskog S. : Endodontic infection and calcium hydroxide treatment. effects on periodontal healing in mature and immature replanted monkey teeth, *J Clin Periodontol*, 19 : 652–658, 1992.
9. Brännström M., Johnson G. : Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces : a scanning electron microscopic investigation, *J Prosthet Dent*, 31 : 422–430, 1974.
10. Byström M., Johnson G. : Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces : a scanning electron microscopic investigation, *J Prosthet Dent*, 31 : 422–430, 1974.
11. Carrigan P.J. : A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location, *J Endodon*, 10 : 359–363, 1984.
12. Cooke H.G., Grower M.F., and del Rio C.D. : Effects of instrumentation with a chelating agent on the periapical seal of obturated root canals, *J Endodon*, 2 : 312–314, 1976.
13. Cury J.A., Bragotto C., and Valdrighi L. : The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin, I. Influence of pH, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 52 : 446–448, 1981.
14. Cvek M. : Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. II. effect on external root resorption in luxated teeth compared with effect of root filling with gutta percha, a follow-up, *Odont Revy*, 24 : 343–354, 1973.
15. Drake D.R., Wiemann A.H., and Rivera E. M. : Bacterial retention in canal walls in vitro : effect of smear layer, *J Endodon*, 20 : 78–82, 1994.
16. Deardorf K.A. : Effect of root canal treatments on dentin permeability, *J Endodon*, 20 : 1–5 1994.
17. Ehnevid H. : Endodontic pathogens : propagation of infection through patent dentinal tubules in traumatized monkey teeth, *Endod Dent Traumatol* 11 : 229–234, 1995.
18. Esberard R.M., Carnes D.L., and del Rio C.D. : Changes in pH at the dentin surface in roots obturated with calcium hydroxide pastes, *J Endodon*, 22 : 402–405, 1996.
19. \_\_\_\_\_ : pH changes at the surface of root dentin when using root canal sealers containing calcium hydroxide, *J Endodon*, 22 : 399–401, 1996.
20. Fogel H.M., Marshall F.J., and Pashley D. H. : Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin, *J Dent Res*, 67 : 1381–1385, 1988.
21. Fogel H.M., Pashley D.H. : Dentin permeability : effects of endodontic procedures on root slabs, *J Endodon*, 16 : 442–445, 1990.
22. Foster K.H., Kulild J.C., and Weller R.N. : Effect of smear layer removal on the



- diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin, *J Endodon*, 19 : 136–140, 1993.
23. Fuss Z., Szajkis S., and Tagger M. : Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents, *J Endodon*, 15 : 362–364, 1989.
  24. Fuss Z. et. al : Intracanal pH changes of calcium hydroxide pastes exposed to carbon dioxide in vitro, *J Endodon*, 22 : 362–364, 1996.
  25. Galvan D.A. et. al : Effect of smear layer removal on the dentin permeability of human roots, *J Endodon* 20 : 83–86, 1994.
  26. Gencoglu N., Samani S., and Gunday M. : Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta percha in the absence or presence of smear layer. : a scanning electron microscopic study, *J Endodon*, 19 : 558–562, 1993.
  27. Goldberg F., Abramovich A. : Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal, *J Endodon*, 3 : 101–105, 1977.
  28. Goldman L.B. : The efficacy of several irrigating solutions for endodontics : a scanning electron microscopic study, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 52 : 197–204, 1981.
  29. Gutierrez J.H., Villena F., and Jofre A. : Diffusion of medicaments within root canal dentin, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 72 : 351–358, 1991.
  30. Hammarström L. : Effect of calcium hydroxide treatment on periodontal repair and root resorption, *Endod Dent Traumatol*, 2 : 184–189, 1986.
  31. Hasselgren G., Kerekes K., and Nellestam P. : pH changes in calcium hydroxide-covered dentin, *J Endodon*, 8 : 502–505, 1982.
  32. Hennequin M., Pajot J., and Avignant D. : Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin, 20 : 551–554, 1994.
  33. Kennedy W.A., Walker III W.A., and Gough R.W. : Smear layer removal effects on apical leakage, *J Endodon*, 12 : 21–27, 1986.
  34. Kehoe J.C. : pH reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth, *J Endodon* 13 : 6–9, 1987.
  35. Klinge B., Nilveus R., and Selvig K.A. : The effect of citric acid on repair after delayed tooth replantation in dogs, *Acta Odontol Scand*, 42 : 351–359, 1984.
  36. Lengheden A., Bloml f L., and Linskog S. : Effect of delayed calcium hydroxide treatment on periodontal healing in contaminated replanted teeth, *J Dent Res*, 99 : 147–153, 1991.
  37. Linskog S., Bloml f L., and Hammarström L. : Cellular colonization of denuded root surfaces in vivo : cell morphology in dentin resorption and cementum repair, *J Clin Periodontol*, 14 : 390–395, 1987.
  38. Loel D.A. : Use of acid cleanser in endodontic therapy, *J Am Dent Assoc*, 90 : 148–151, 1975.
  39. Mader C.L., Baumgartner J.C., and Peters D.D. : Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls, *J Endodon*, 10 : 477–483, 1984.
  40. Madison S., Krell K.V. : Comparison of ethylenediamine tetraacetic acid and sodium hypochlorite on the apical seal of endodontically treated teeth, *J Endodon*, 10 : 499–503, 1984.
  41. McComb D., Smith D.C. : A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures, *J Endodon*, 1 : 238–242, 1975.

42. Morazin A.D., Vulcain J.M., and Mallet M. B. : An ultrastructural study of the smear layer : comparative aspects using secondary electron image and backscattered electron image, *J Endodon*, 20 : 531–534, 1994.
43. Nakamichi I., Iwaku M., and Fusayama T. : Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test, *J Dent Res*, 62 : 1076–1081, 1983.
44. Nerwich A., Figdor D., and Messer H.H. : pH Changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide, *J Endodon*, 19 : 302–306, 1993.
45. Pashley D.H. : Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion, *J Endodon*, 12 : 465–474, 1986.
46. Pashley D.H. : Consideration of dentine permeability in cytotoxicity testing, *Int Endo J*, 21 : 143–154, 1988.
47. Saunders W.P., Saunders E.M. : Influence of smear layer on the coronal leakage of thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer, *J Endodon*, 20 : 155–158, 1994.
48. Sigurdsson A., Stancill R., and Madison S. : Intracanal placement of Ca(OH)<sub>2</sub> : a comparison of techniques, *J Endodon*, 18 : 367–370, 1992.
49. Smith J.J., Wayman B.E. : An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant, *J Endodon*, 12 : 54–58, 1986.
50. Stern I.B. : An electron microscopic study of the cementum, Sharpey's fibers and periodontal ligament in the rat incisor, *J Anat* 115 : 377–410
51. Sterrett J.D., Bankey T., and Murphy H.J. : Dentin demineralization, the effects of citric acid concentration and application time, *J Clin Periodontol*, 20 : 366–370, 1993.
52. Tagami J. et. al : The permeability of dentine from bovine incisors in vitro, *Arch Oral Biol*, 34 : 773–777, 1989.
53. Tao L, Anderson R.W., and Pashley D.H. : Effect of Endodontic procedures on root dentin permeability, *J Endodon*, 17 : 583–588, 1991.
54. Torneck C.D. : Reaction of hamster tissue to drugs used in sterilization of the root canal, *Oral Surg Oral Med Oral Patho*, 14 : 730–747, 1961.
55. Tronstad L. et. al : pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide, *J Endodon*, 7 : 17–21, 1981
56. Wang J.D., Hume W.R. : Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine, *Int Endo J*, 2 : 17–26, 1988.
57. Webber R.T., Schwiebert K.A., and Cathey G.M. : A technique for placement of calcium hydroxide in the root canal system, *J Am Dent Assoc*, 103 : 417–421, 1981.
58. Weerkam A.H., Uyen H.M., and Busscher H.J. : Effect of zeta potential and surface energy on bacterial adhesion to uncoated and saliva-coated human enamel and dentin, *J Dent Res*, 67 : 1483–1487, 1988.
59. White R.R., Goldman M., and Lin P.S. : The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials, *J Endodon*, 10 : 558–562, 1984.
60. \_\_\_\_\_ : The influence of smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. part II, *J Endodon*, 13 : 369–374, 1987.
61. Yamada R.S. et. al : A scanning electron microscopic of a high volume final flush with several irrigating solutions : part 3,

- J Endodon, 137–142, 1983.
62. Yamaguchi M. et. al : Root canal irrigation with citric acid solution, J Endodon, 22 : 27–29, 1996.
63. Zurbriggen T., del Rio C.E., and Brady

J.M. : Postdebridement retention of endodontic reagents : a quantitative measurement with radioactive isotope, J Endodon, 1 : 298–299, 1975.

## 사진 부도 설명

- Fig. 2. Scanning electron microscopic view of canal wall of Group 1(17% EDTA and 5.25% NaOCl) tooth, superficial smear layer was removed and patent dentinal tubular openings were observed, but some smear layer was remained( $\times 3,000$ ).
- Fig. 3. Scanning electron microscopic view of canal wall of Group 2(40% Citric acid and 5.25% NaOCl) tooth, superficial smear layer was totally removed and patent dentinal tubular openings were observed( $\times 3,000$ )/
- Fig. 4. Scanning electron microscopic view of canal wall of Group 3(5.25% NaOCl), typical smear layer was present and a few of tubular openings were observed( $\times 3,000$ ).
- Fig. 5. Scanning electron microscopic view of canal wall of Control group(Distilled water), typical smear layer was present( $\times 3,000$ ).

사진부도

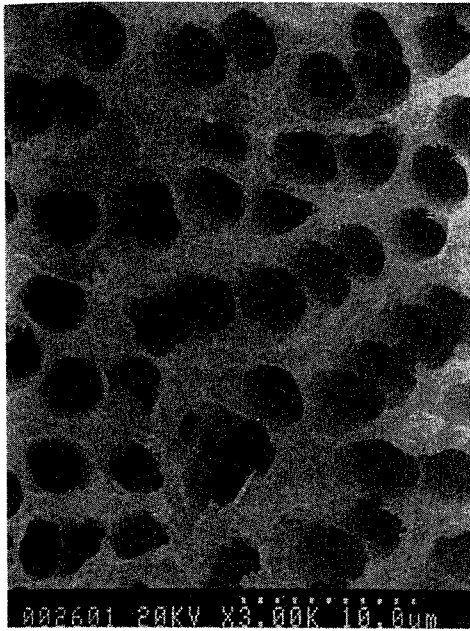


Fig. 2.

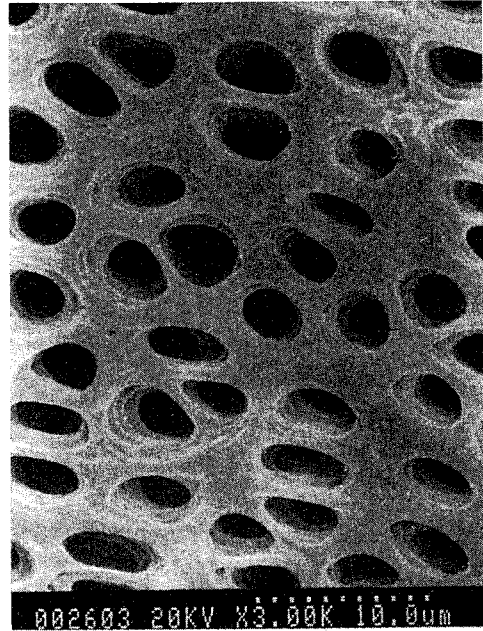


Fig. 3.

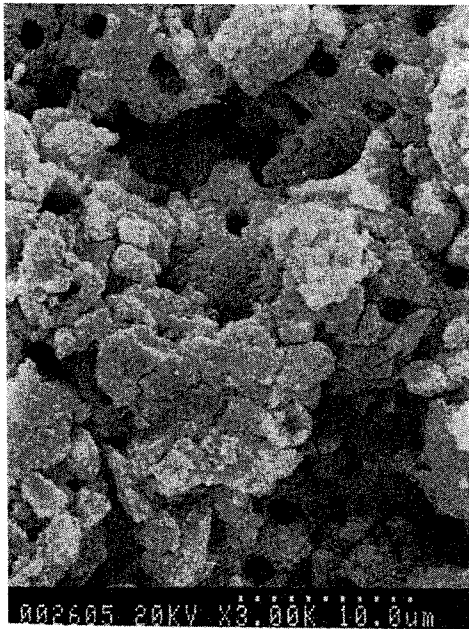


Fig. 4.

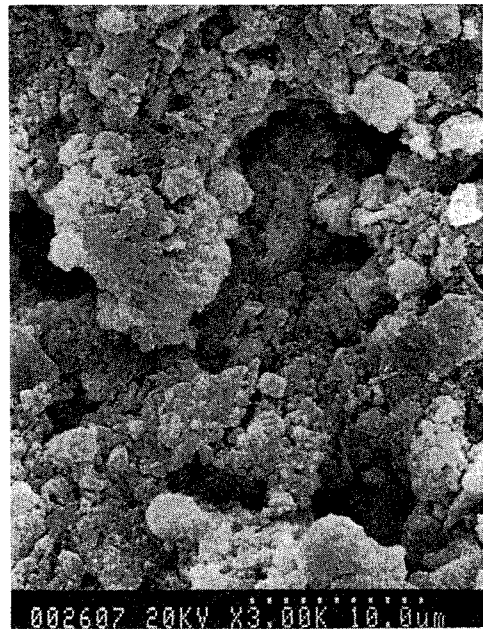


Fig. 5.