

## 수중 수산화칼슘 제재를 이용한 근관충전 후 치근상아질에서의 염기도 변화

전북대학교 치과대학 치과보존학 교실  
서울대학교 치과대학 치과보존학 교실\*

이경하 · 안연실 · 이광원 · 이명종\*

Abstract

### ALKALINITY CHANGE IN ROOT DENTIN FOLLOWING CALCIUM HYDROXIDE DRESSING

Kyung-Ha Lee, Yun-Sil Ahn, Kwang-Won Lee, Myung-Jong Lee\*

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry,  
Chonbuk National University, Seoul National University\**

The pH changes in 4 small cavities prepared at the facial inner dentin and lingual outer dentin of the cervical and apical portion of root filled with calcium hydroxide pastes were investigated. Forty extracted permanent teeth with single canal were instrumented with step-back method, and then 4 small cavities were prepared. Two inner dentin cavities were cut a distance of about 1.0mm from the canal wall and two outer dentin cavities were cut to a depth of about 0.5mm from the root surface. Root canals and prepared cavities were flushed with 17% EDTA, and then irrigated with 5% NaOCl to remove smear layer. Teeth were randomly divided into four groups. Control group was not filled and the remaining other groups were filled with mixture of calcium hydroxide and distilled water, Vitapex® paste and Pulpdent® paste respectively. The pH change of the dentin in each cavity was measured at 0, 1, 3, 7, 14, 21, 28, 60, 90 days with pH microelectrode(WPI Co., USA).

The results were as follows :

1. The groups obturated with Pulpdent® paste and Aqueous calcium hydroxide produced the increased pH level at 1 day and maintained plateau over next 3weeks and decreased after 3weeks.
2. The group obturated with Vitapex® paste observed no significant pH change until 2weeks

“본 연구는 1993년도 서울대학교 병원 임상연구비 지원에 의한 결과임”

and slight increased pH at 3weeks and sequential increasing after 3weeks. But, the pH in the group obturated with Vitapex® paste remained significantly below the pH measured in the other two experimental groups( $P<0.05$ ).

3. All experimental groups showed pH level similar to control group after 28 days.
4. The pH of outer dentin is slightly higher than that of inner dentin. There is no significant difference in pH level between apical and cervical dentin throughout the duration of the experiment, though apical dentin showed slightly higher pH than cervical dentin at 1 day( $P<0.05$ ).

## I. 서 론

수산화칼슘은 항균작용<sup>1)</sup>, 경조직 형성 촉진<sup>2)</sup>, 염증성 치근흡수의 조절<sup>3)</sup>, 세균성 리포폴리사카라이드의 분해를 증대하는 작용<sup>4)</sup> 등을 가지고 있으며, 이러한 장점들로 인해 1920년 Hermann에 의해 소개된 이래 근관치료 영역에서 널리 사용되어져 왔다. 수산화칼슘이 이러한 여러 가지 효과를 나타내기 위해서는 수산화이온과 칼슘이온의 상아세관내로의 확산을 가정해야 하며, Javelete등<sup>5)</sup>은 근침형성술식에서 수산화칼슘을 사용했을 때 칼슘이온은 별다른 역할을 하지 않는다고 보고한 반면 Tronstad등<sup>6)</sup>은 염증성 치근 흡수에 대한 수산화칼슘의 치유효과를 설명하면서 칼슘의 역할을 언급하였다. 그러나 치근 상아질을 통한 칼슘이온의 확산은 아직까지 관찰되지 않았다. 따라서 수산화칼슘으로 인한 여러 효과는 주로 그것의 높은 pH(12.5)와 관련이 있을 것이라 추측되며<sup>7)</sup> 이는 상아세관을 통한 수산화 이온의 확산으로 주위조직의 알칼리화를 야기하여 항균성을 제공하고 파골세포형성을 억제하는 등 치유에 좋은 환경을 조성해주기 때문이라 생각되어진다<sup>8)</sup>.

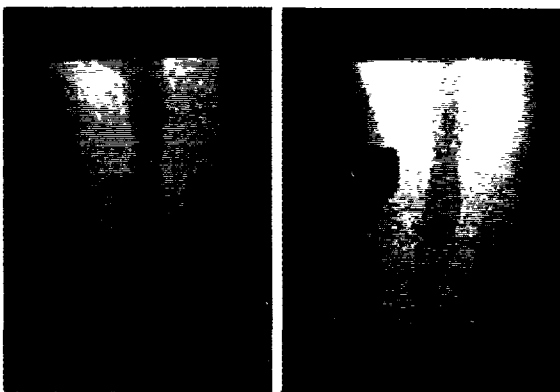
상아질의 투과도에 영향을 미치는 인자들로는 solute flux(용질의 유동성), 용질의 확산계수, 상아세관의 표면적, 농도, 상아질 두께 등이 있다<sup>9)</sup>. 일반적으로 상아질을 통한 확산은 상아세관의 표면적에 비례하며, 상아질의 두께에 반비례한다. 또한, 근관형성중에 근관벽에 형성되는 도말층의 존재는 확산에 대한 장벽으로 작용하여 확산을 25-30% 감소시킨다<sup>9)</sup>. 도말층은 근관

벽에 느슨하게 부착된 표층과 세관내로 메워진 하층으로 구성되어 있다<sup>10)</sup>. 따라서 이러한 도말층을 제거함으로써 용질확산을 최대화시킬 수 있다. NaOCl은 우수한 유기용매<sup>11)</sup> 이기는 하지만 단독으로 사용할 때 도말층제거에 거의 효과를 나타내지 못한다고 보고되고 있으며, 이에 McComb과 Smith<sup>12)</sup>는 이러한 도말층제거에 EDTA의 사용을 주장하였다. Yamada등<sup>13)</sup>은 17% EDTA로 전처치 후 5.25% NaOCl로 근관세척시 가장 좋은 제거효과를 나타낸다고 보고하였다. 도말층제거를 위한 또다른 방법으로 NaOCl을 이용한 초음파 근관세척이 제안되었으며, Cameron<sup>14)</sup>은 이러한 방법으로 표층의 도말층은 제거되었으나 상아세관내에 메워진 잔사는 약간 남게된다고 하였다.

수산화이온의 상아세관을 통한 확산을 증명하기 위한 실험으로는 pH indicating solution이나 paper의 사용<sup>6)</sup>, 삭제된 상아질에서의 pH 측정<sup>14)</sup>, 주위 medium에서의 pH 측정<sup>15)</sup> 등이 있다. Tronstad등은 수산화칼슘으로 근관내 dressing을 시행한 원숭이의 1개월 후 조직학적 관찰에서 지시 시약(indicating solution)을 사용한 결과 근관주위 상아질에서의 높은 pH가 표층으로 진행되면서 점차 낮아진다고 하였다. 백악질에서의 pH는 변하지 않았지만, 흡수가 일어난 부위에서는 백악질이 존재하지 않게되고 따라서 증가된 pH를 보이게된다. 치경부 흡수에서 수산화칼슘의 역할과 관련된 연구에서<sup>16)</sup>, 이전에는 표백제에 의해 채워져 있던 근관의 치경부 부위에 수산화칼슘을 위치시켰을 때, 산성의 pH가 점차 알칼리성으로 변화되어지는

것을 pH electrodes나 alkacid test papers를 통해 관찰할 수 있었다. 한편, 수산화칼슘으로 충전된 치아를 증류수내에 보관하고 증류수의 pH를 측정하였을 때 10일까지 pH가 매우 조금씩 변화됨을 보고한 연구<sup>15)</sup>도 있다. 최근에 Wang과 Hume<sup>14)</sup>은 수산화칼슘이 채워진 교합면 와동과 생리식염수가 채워진 치수강 사이에 존재하는 상아질에서의 수산화이온 확산을 pH meter를 이용하여 16일간 측정하였다. 다양한 깊이로 상아질을 삭제해 감으로서, 그들은 와동의 기저부로부터 중간부, 치수부로부터 이동함에 따라 수산화 이온의 확산이 느린속도로 일어남을 관찰하였다. 더 중요한 것은, 그들은 이러한 일련의 실험을 통해 수산화 이온이 상아질내로 확산해 나감에 따라 상아질은 이 이온을 완충할 수 있는 능력을 가진다는 것을 보여주었다.

이에 본 실험에서는 3가지 서로 다른 비경화성 수산화칼슘 호제인 Aqueous calcium hydroxide(수산화칼슘 분말과 증류수의 혼합물), Vitapex® paste, Pulpdent® paste를 사용하여 근관에 충전시킨 후 치경부와 근단부 치근외벽에서의 pH 변화를 microelectrode를 이용하여 측정함으로써 수중수산화칼슘제제의 수산화이온 확산정도를 비교하였다.



A. Before preparation B. After preparation

Fig. 1. Proximal radiographs of 4 cavity

## II. 실험재료 및 방법

40개의 최근에 발치된 단근치를 대상으로 하였으며, 근관치료의 편의를 위하여 근,원심의 상아백악경계를 중심으로 상방의 치관부는 diamond disc를 이용하여 제거하였다. 남겨진 치근에 부착된 잔사와 치석을 ultrasonic scaler를 이용하여 제거하였다. #10 K-flex file을 근관내에 삽입하여 치근단공이 보이기 시작했을 때의 길이보다 1.0mm 짧은 길이를 근관장으로 정하여, 통법에 따라 근관을 형성하되 #40 file을 master file로 하고 그후 단계적으로 #60 file 까지 근관확대를 시행하였으며, 5% NaOCl을 이용하여 근관세척을 병행하였다. 그후, 근관벽에서 치근외면사이의 두께를 알아보기 위하여 협,설측이 노출되도록 방사선 사진을 촬영하였다(그림1). 길이가 1mm, 지름이 1mm인 carbide bur를 이용하여 각각의 치근에 4개의 와동을 형성하되 치경부(CEJ 3mm 하방)와 근단부(apex 3mm 상방)의 협측에는 심부 와동을, 설측에는 표층 와동을 형성하였으며 심부 와동은 근관벽으로부터 1mm 떨어진 깊이까지 형성하고, 표층 와동은 치근외면으로부터 0.5mm 되는 지점까지 형성하였다(그림2). 형성된 심,

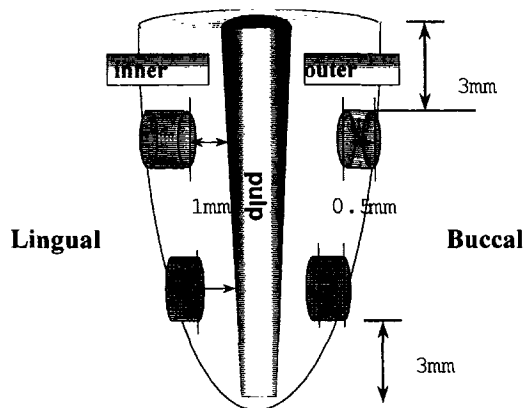


Fig. 2. 4 cavity position on Cross-section position of experimental tooth of experimental tooth

표층 와동과 근관내벽의 도말층을 제거하기 위하여 17% EDTA를 5분간 위치시킨 후 NaOCl로 최종세척하였다. 이 후 각 치아는 10 개씩 4개의 군으로 무작위적으로 분류하여 3 개의 실험군에는 Aqueous calcium hydroxide, Pulpdent® paste, Vitapex® paste으로 근관충전을 시행하였으며, 나머지 한군은 근관충전을 시행하지 않았다. 각 치아들은 생리식염수가 담긴 individual vial에 위치시켜 실온에서 보관하였으며, 0, 1, 3, 7, 14, 21, 28, 60, 90 일째에 pH microelectrode(WPI Co. USA)를 이용하여 각 와동에서의 pH를 조사하였다. 조사시 각 치아는 vial에서 꺼내 saline residue를 제거하기 위해 증류수로 세척하였으며 각 와동에는 증류수를 채워 10분이 경과한 후 pH microelectrode를 위치시켰다. 각 시간별로 수집된 결과는 oneway ANOVA를 사용하여 비교하고 Scheffe

procedure와 t-test에 의해 통계적 유의성을 검증하였다.

### III. 실험결과

치경부 상아질과 근단부 상아질 그리고 표층 상아질과 심부 상아질에서의 시간에 따른 각 실험군들의 pH 변화를 도표 1에 요약하였다. 실험 0일째에 표층 상아질(그림 3, 그림 5)에서의 pH가 심부 상아질(그림 4, 그림 6)에 비해 약간 낮은 수준을 보였지만, 1일 이후부터는 모든 실험군에서 표층 상아질이 심부 상아질에 비해 높은 pH를 보였다. 치경부 상아질과 근단부 상아질간의 i pH는 1일째에 치경부 상아질(그림 3, 그림 4)에서 근단부 상아질(그림 5, 그림 6)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 차이를 보이지만 ( $P < 0.05$ ), 그 이외의 실험기간

Table 1. Mean pH at the 4 cavity position of experimental teeth obturated with various calcium hydroxide preparation

| Dentin & Group  |              | Day     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|--------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 |              | 0일      | 1일   | 3일   | 7일   | 10일  | 14일  | 21일  | 30일  | 60일  | 90일  |      |
| Cervical dentin | Inner dentin | Group A | 7.19 | 7.28 | 6.88 | 6.89 | 7.05 | 7.06 | 7.33 | 7.24 | 6.66 | 7.28 |
|                 |              | Group B | 8.33 | 7.98 | 8.35 | 8.04 | 8.19 | 7.95 | 7.54 | 7.54 | 7.02 | 7.27 |
|                 |              | Group C | 7.72 | 7.55 | 7.95 | 8.52 | 8.55 | 8.44 | 7.20 | 7.65 | 7.17 | 7.32 |
|                 |              | Group D | 7.33 | 7.16 | 7.16 | 7.09 | 7.20 | 7.44 | 7.94 | 7.68 | 7.47 | 7.32 |
|                 | Outer dentin | Group A | 7.21 | 7.24 | 6.94 | 6.92 | 7.00 | 7.07 | 7.21 | 7.11 | 6.64 | 7.26 |
|                 |              | Group B | 8.21 | 8.13 | 8.53 | 8.72 | 8.65 | 8.42 | 7.86 | 7.62 | 7.26 | 7.29 |
|                 |              | Group C | 7.53 | 8.19 | 8.32 | 8.89 | 8.78 | 8.71 | 7.39 | 7.72 | 7.46 | 7.28 |
|                 |              | Group D | 7.48 | 7.07 | 7.14 | 7.27 | 7.40 | 7.56 | 8.07 | 7.81 | 7.61 | 7.22 |
| Apical dentin   | Inner dentin | Group A | 7.28 | 7.29 | 6.88 | 6.92 | 7.07 | 7.08 | 7.32 | 7.21 | 6.67 | 7.28 |
|                 |              | Group B | 8.82 | 8.44 | 8.64 | 8.22 | 8.31 | 7.91 | 7.54 | 7.41 | 6.87 | 7.29 |
|                 |              | Group C | 8.09 | 8.59 | 8.42 | 8.72 | 8.57 | 8.44 | 7.21 | 7.61 | 7.05 | 7.33 |
|                 |              | Group D | 7.30 | 7.23 | 7.21 | 7.38 | 7.33 | 7.54 | 7.91 | 7.67 | 7.41 | 7.27 |
|                 | Outer dentin | Group A | 7.33 | 7.28 | 6.96 | 6.91 | 7.05 | 7.09 | 7.28 | 7.09 | 6.65 | 7.26 |
|                 |              | Group B | 8.43 | 8.83 | 8.65 | 8.59 | 8.55 | 8.33 | 7.66 | 7.51 | 7.12 | 7.30 |
|                 |              | Group C | 7.77 | 8.90 | 8.40 | 8.94 | 8.65 | 8.52 | 7.28 | 7.63 | 7.25 | 7.30 |
|                 |              | Group D | 7.56 | 7.12 | 7.23 | 7.44 | 7.44 | 7.59 | 8.01 | 7.70 | 7.44 | 7.27 |

\*Group A : root canal non-filled group

Group B : root canal obturated with aqueous calcium hydroxide

Group C : root canal obturated with pulpdent paste

Group D : root canal obturated with vitapex paste

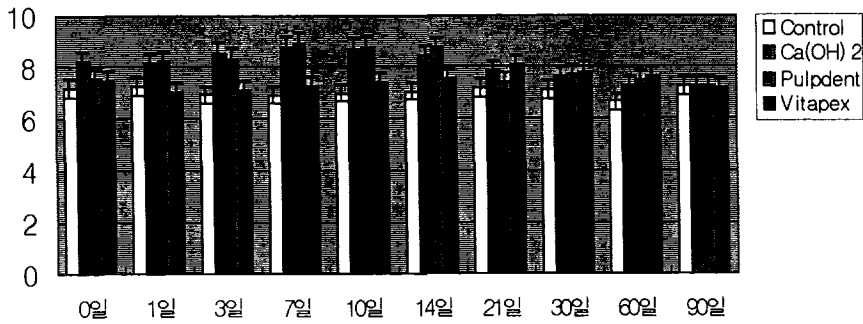


Fig. 3. Mean pH at the cervical outer dentin over 90 days following root canal dressing with various Calciumhydroxide

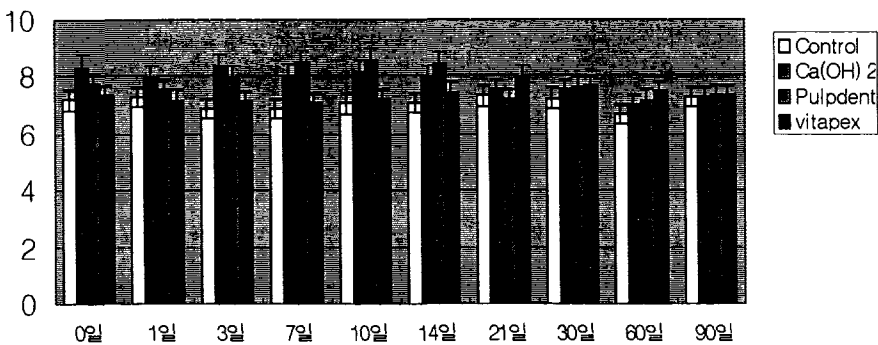


Fig. 4. Mean pH at the cervical inner dentin over 90 days following root canal dressing with various Calciumhydroxide

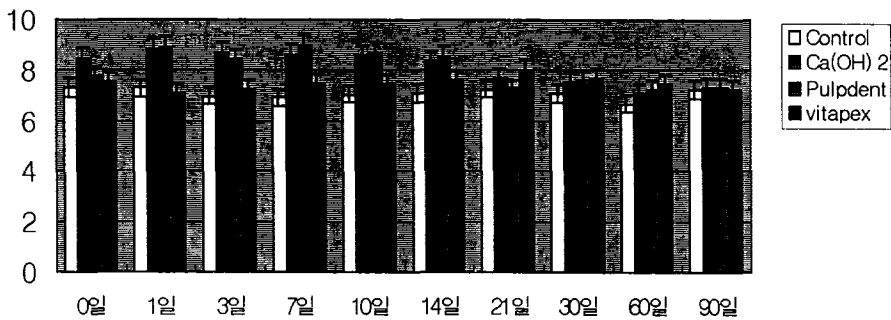


Fig. 5. Mean pH at the Apical outer dentin over 90 days following root canal dressing with various Calciumhydroxide

동안에는 두 부위에서 pH수준에 통계적으로 유의한 차이를 관찰할 수 없었다( $P>0.05$ ).

또한 실험기간동안 대조군의 pH는 평균 pH 7.07수준으로 다른 실험군들에 비해 현저하게 낮은 수치를 보였다(그림7). 실험군들중,

Aqueous calcium hydroxide와 pulpdent® paste로 근관충전된 군에서는 1일 이후부터 급격한 pH 상승을 보였으며, 상승된 pH는 14일까지 점차 증가되거나 유지되어, 그 후부터 감소를 보인다(그림8, 그림9). Vitapex로 충전된군에

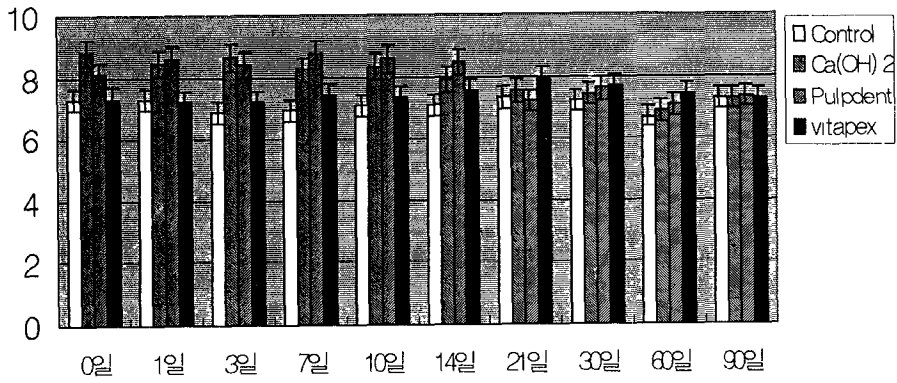


Fig. 6. Mean pH at the Apical inner dentin over 90 days following root canal dressing with various Calciumhydroxide

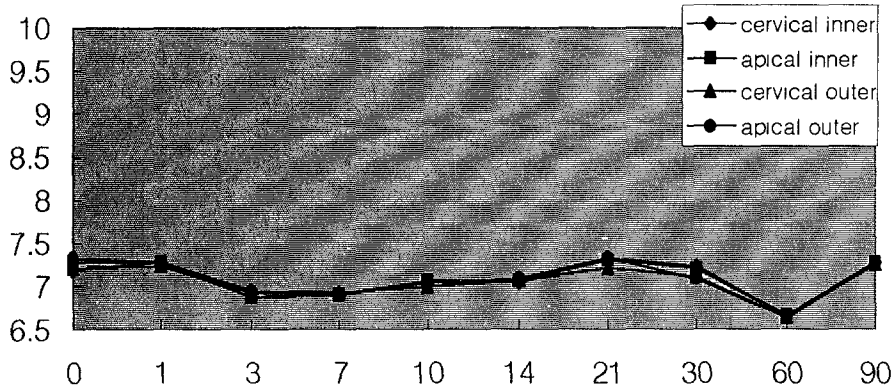


Fig. 7. pH changes in root dentin over 90 days of root canal non-filled group

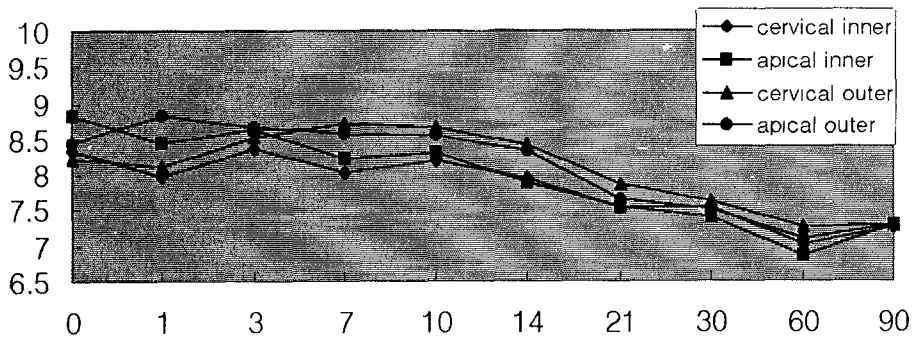


Fig. 8. pH changes in root dentin over 90 days following root canal obtured with mixture of calcium hydroxide powder & distilled water

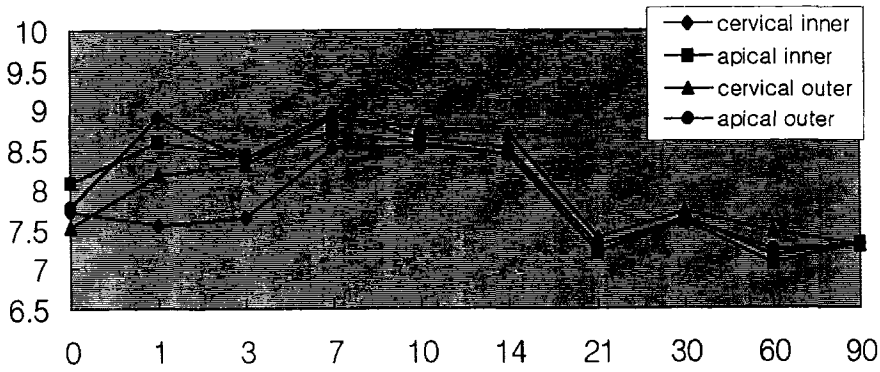


Fig. 9. pH changes in root dentin over 90 days following root canal obturated with Pulpdent paste

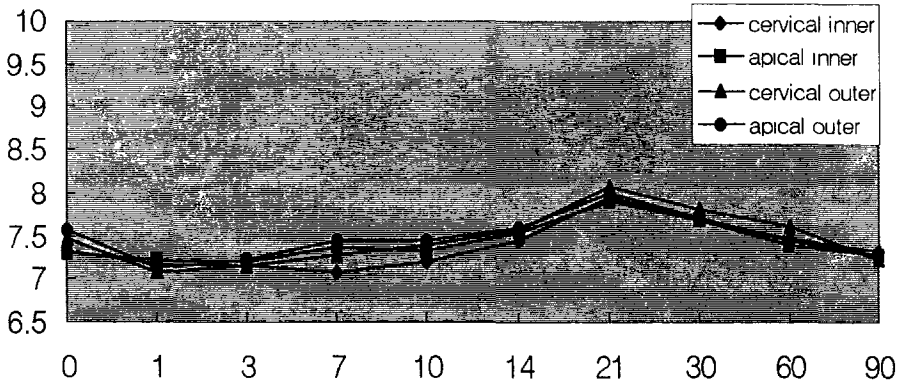


Fig.10. pH changes in root dentin over 90 days following root canal obturated with Vitapex paste

서는 충전직후 2주째까지는 별다른 pH변화를 보이지 않다가 3주째 약간의 상승을 보인 후 점차적인 상승을 보였다(그림 10). 그러나 Vitapex에서 보여지는 상승된 pH수준은 Aqueous calcium hydroxide나 Pulpdent® paste에 비해서는 낮은 수준을 나타내고 있다.

#### IV. 총괄 및 고안

본 실험을 통해 근관내에 충전된 수산화칼슘은 상아세관을 통한 수산화 이온의 확산을 유도하며 이로써 치근표면에서의 pH에 영향을 줄 수 있었다. Aqueous calcium hydroxide와 Pulpdent paste®는 Vitapex paste®에 비해 상당히 빠르게 수산화 이온을 확산시킬

수 있음을 알 수 있는데, 이는 calcium hydroxide와 혼합되는 액체 vehicle의 표면장력과 관련이 있음을 보여준다. Aqueous calcium hydroxide는 sterile water를, Pulpdent paste는 methylcellulose base를 각각 liquid vehicle로 사용하는데 Esberard등<sup>17)</sup>은 CMCP를 vehicle로 사용한 경우 sterile water나 methylcellulose vehicle에 비해 더 빠른 확산을 기대할 수 있다고 하였다. Vitapex paste의 경우 구성성분이 Pulpdent paste에 비해 더 복잡하여 성분들간의 결합력이 더 강하기 때문에 수산화 이온의 자유기 (free radical) 방출속도 및 양이 적으리라 사료된다. Rivera와 Williams<sup>18)</sup>는 특히 glycerin이 수산화칼슘 호제를 만드는데 유용한 액체 용매로 사용될 수 있다고 하였는데 이는 glyce-

rin의 물리적 성질 때문이라 생각된다. glycerin은 용매로서 특히 고농도에서 방부작용(Preservative action)을 가지며<sup>19)</sup>, 수분 친화성으로 인해 호제를 촉촉한 상태로 유지시킬 수 있고, 근관내에서 유효성분으로 작용하여<sup>20)</sup> 물을 액체 용매로 사용했을 때 보다 흐름성이 좋아 근단부 충전이 용이하다. 또한 증발성이 없어 충전후 오랜 시간이 지나도 표면적의 변화를 가져오지 않으며, 부분적으로 수용성을 가지기 때문에 제거가 용이하다. 상아질의 깊이에 따른 pH 변화를 보면 심부 상아질과 표층 상아질간의 pH에 있어서 표층 상아질이 심부 상아질에 비해 약간 높게 나타남을 관찰할 수 있었으나 그러한 차이는 나타내지 않는다. Nerwich등<sup>21)</sup>은 심부 상아질에서의 pH가 표층 상아질에 비해 더 높게 나타난다고 보고하였으며 이에대한 이유로 상아세관의 수 및 밀도와 관련이 있음을 언급하였다. 일반적으로 표층 와동에서 상아세관의 수는 심부 상아질에 존재하는 상아세관의 수보다 적는데, 이는 상아세관이 근관으로부터 치근표면으로 방사되기 때문에 치근 표면으로 갈수록 세관의 밀도가 감소하기 때문이다. 또한 상아세관의 직경도 역시 백악질에 가까워질수록 감소함을 알 수 있다<sup>22)</sup>. Wang과 Hume<sup>14)</sup>은 상아질내 수산화인회석의 완충능력이 관여됨을 보고한 바 있다. 완충능력은 수산화인회석의 수화층(hydrated layer)내에 있는 proton donors ( $H_2PO_4^-$ ,  $H_2CO_3$ ,  $HCO_3^-$ )<sup>23)</sup>가 pH를 변화되지 않는 상태로 지키기 위해 additional proton을 방출함으로써 일어난다. 또한 확산증인 수산화 이온은 상아질내 수화층으로 약간은 흡수되기 때문에 표층 상아질로 갈수록 확산이 감소된다. 상아질의 위치에 따른 pH변화에서 치경부 상아질과 근단부 상아질간의 차이는 통계적으로 유의한 차를 보이지 않았다. 그러나 대부분의 다른 실험들에서 치경부 상아질이 근단부 상아질에 비해 수산화 이온의 이온 속도 및 양이 현저하게 높음을 보고하였다. Nerwich등<sup>21)</sup>은 치경부 상아질이 근단부 상아질에 비해 더 빠른 pH변화를 보인다고 하였고, 치경부와 근단부에서 남겨진 상아질의 양에 차이가 크지 않음을 보고하였으며 이는 주로 이

부위에서의 상아질 투과성과 관련이 있다고 하였다. 이를 뒷받침 해 주는 증거는 Marion등<sup>24)</sup>에 의한 실험에서 언급되었는데 그는 근단부의 상아세관의 직경이 치경부에 비해 작다고 하였고, Carigan등<sup>25)</sup>은 근단부가 치경부에 비해 더 적은 수의 상아세관을 가진다고 하였다. 상아질을 통한 확산 운동은 상아세관을 경유해서 일어나고, 상아세관의 수와 직경의 제곱에 비례하기 때문에 이들 요소는 확산에 지대한 영향을 줄 수 있다. 이상과 같이 수산화칼슘은 상아질내에서 수산화이온의 방출을 유도하는데 이에 관여되는 기전은 다음과 같은 과정을 통해 이루어질 것이라 생각되어진다. 확산 초기에 수산화 이온은 circumpulpal dentin을 통해 확산되며 이 시기에는 이들 이온을 완충하거나 흡수할 만한 충분한 상아질이 존재하지 않기 때문에 주로 상아질의 투과성이 중요한 기전으로 작용할 것이다. 그러나 상아질내로의 확산이 진행됨에 따라 상아세관의 직경은 감소하게 되고 상아질의 완충작용이 증가함에 따라 확산은 장애를 받게 되며 이러한 상아질의 장애를 극복함으로써 최종적으로 치근표면에서의 pH변화를 야기하게 된다. 우치 치수의 생화학적 연구<sup>26)</sup>에 의하면 pH 12.1 level에서 alkaline phosphatase와 lactic dehydrogenase의 활성이 완전히 억제됨을 알 수 있었고, pH 10.2에서는 이들 효소의 활성이 미약하나마 감소되어짐을 보고하였다. 본 실험에서 조사된 가장 높은 pH는 10.32로서 위 연구결과를 토대로 유추하여 보았을 때 효소활성도가 약간은 감소될 수 있으리라 생각되며, 또한 수산화 칼슘이 치유를 촉진시키는데 이용되어지는 제재라 할지라도 그것의 가장 직접적인 효과는 인접조직의 부분괴사를 야기한다는 것이며 이러한 작용은 부분적으로 높은 염기도가 효소활성의 억제를 유도하고 이를 통해 매개되어진다는 사실이다. 그러나 상아질을 통한 수산화 이온의 확산은 본 실험에서도 명확히 관찰되었으며 이를 근거로 근관치료영역에서의 수산화칼슘 적용은 여러 치료부분에서 응용되어질 수 있으리라 사료된다.



## V. 결 론

수중의 비경화성 수산화칼슘제재를 이용하여 근관을 충전한 후 치근의 협설측 치경부와 근단부에 4개의 와동을 형성하고 와동 내에서의 pH 변화를 시간경과에 따라 관찰하였다. 단근관을 갖는 발거된 40개의 영구치에 Step-back 방법을 이용하여 근관을 형성한 후 4개의 와동을 형성하였다. 2개의 심부 와동은 근관벽으로부터 1mm 떨어진 깊이까지 형성하고, 표층와동은 치근외면으로부터 0.5mm되는 지점까지 형성하였다. 형성된 와동과 근관내벽의 도말층을 제거하기 위하여 17% EDTA를 위치시키고 5% NaOCl 용액으로 세척하였다. 각 치아는 10개씩 4개의 군으로 무작위적으로 분류하여 대조군은 근관충전을 시행하지 않았으며 다른 3개의 실험군에는 Aqueous calcium hydroxide와 Pulpdent® paste 그리고 Vitapex® paste로 근관충전을 시행하였다. 각 와동에서 상아질내의 pH 변화를 pH microelectrode을 이용하여 0, 1, 3, 7, 14, 21, 28, 60, 90일째에 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Aqueous calcium hydroxide와 Pulpdent® paste로 근관충전된 군에서는 1일째에 빠른 pH 상승을 나타냈으며, 다음 3주째까지는 일정한 pH 수준을 보이다가 3주후부터는 감소하였다.
2. Vitapex® paste로 근관충전된 군에서는 2주째까지 유의한 pH변화를 나타내지 않았으며 3주째에 약간 상승된 pH 수준을 보이다가 3주후부터는 점차적으로 감소하였다. 그러나 Vitapex® paste로 충전된 군에서의 pH 수준은 다른 두 수산화칼슘 제재들에서 측정된 pH 보다 유의하게 낮았다( $P < 0.05$ ).
3. 모든 실험군에서 근관내 수산화칼슘으로부터 야기되어 나타난 상승된 pH는 28일 이후부터 대조군과 유사한 수준( $7.08 \pm 0.22$ )으로 변화되었다.
4. 치근 상아질의 위치(치경부와 근단부)와 깊이(심부상아질과 표층상아질)에 따른 비교에서, 위치에 따른 pH차이는 관찰할 수 없었으며, 깊이에 따른 pH차이에서 표층 상아

질이 심부 상아질에 비해 유의하게 높게 나타났다( $P < 0.05$ ).

## References

1. Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated para-monochlorophenol camporated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol* 1985 ; 1 : 170-5.
2. Holland R, Mello W, Nery MJ, Bernabe DFE, Souza V. Reaction of human periapical tissue to pulp extirpation and immediate root canal filling with calcium hydroxide. *J. Endod* 1977 ; 3 : 63-7.
3. Tronstad L. Root resorption-etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol* 1988 ; 4 : 241-52.
4. Safavi KE and Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *J. Endod* 1993 ; 19 : 76-8.
5. Javelet J, Torabinejad M, Badland LK. Comparison of two pH levels for the induction of apical barriers in immature teeth of monkeys. *J. Endod* 1985 ; 11 : 375-8.
6. Tronstad L, Anderasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Rils I. pH changes in dental tissues after root filling with calcium hydroxide. *J. Endod* 1981 ; 7 : 17-21.
7. Tronstad L. *Clinical endodontics*, NewYork ; Thieme, 1991 ; 103-6.
8. Pashley DH. Consideration of dentin permeability in cytotoxicity testing. *Int Endod J.* 1988 ; 21 : 143-54.
9. Pashley DH, Livingston MJ, Reeder OW, Homer J. Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentin in vitro. *Arch Oral Biol* 1978 ; 23 : 1127-33.
10. Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer : a scanning

- electron microscope study. *J. Endod* 1983 ; 9 : 288–92.
11. Lester KS, Boyde A. Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J* 1977 ; 143 : 359–67.
  12. Mc Comb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J. Endod* 1975 ; 1 : 238–42.
  13. Yamada R, Aramas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions. Part 3. *J. Endod* 1983 ; 9 : 137–42.
  14. Wang JD, Hume WR. Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentin. *Int Endod J.* 1988 ; 21 : 17–26.
  15. Fuss Z, Szajkis S, Tagger M. Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents. *J. Endod* 1989 ; 15 : 362–4.
  16. Kehoe JC. pH reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth. *J. Endod* 1987 ; 13 : 6–9.
  17. Esberard RM, Carnes DL, del Rio CE. Changes in pH at the dentin surface in roots obturated with calcium hydroxide pastes. *J. Endod* 1996 ; 22 : 402–5.
  18. Rivera EM, Williams K. Placement of calcium hydroxide in simulated canals ; Comparison of glycerin versus water. *J. Endod* 1994 ; 20 : 445–8.
  19. Osol A, Hoover JE, eds. *Remington's Pharmaceutical Sciences*. 15ed. Easton, PA : Mace Publishing Co., 1975 ; 243 : 1255.
  20. Walton RE, Torabinejad M. Cleaning and Shaping. In : Pedersen D, ed. *Principles and practice of endodontics*. Philadelphia : WB Saunders, 1989 : 208.
  21. Nerwich A, Figder D, Messer HH. pH changes in root dentin over a 4-weeks period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J. Endod* 1993 ; 19 : 302–6.
  22. Tidmarsh BG, Arrowsmith MG. Dentinal tubules at the root ends of apicoected teeth : a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1989 ; 22 : 184–9.
  23. Jenkins GN. *The physiology and biochemistry of the mouth*. 4th ed. Oxford ; Blackwell Scientific Publications, 1978 : 54–112.
  24. Marion D, Jean A, Hamel H, Kerebel L, Kerebel B. Scanning electron microscopic study of odontoblasts and circumpulpal dentin in a human tooth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991 ; 72 : 473–8.
  25. Carigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *J. Endod* 1984 ; 10 : 359–63.
  26. Gordon Tm, Ranly DM, Boyan BD. The effects of calcium hydroxide on bovine pulp tissue ; Variations in pH and calcium concentration. *J. Endod* 1985 ; 11 : 156–60.