

수종의 관주용액의 수산화칼슘제재에 대한 칼슘 용출효과

경북대학교 치과대학 보존학교실

서정화 · 박동수

Abstract

Elution of calcium ion from calcium hydroxide products using various root canal irrigants

Jung-Hwa Seo, Dong-Soo Park

Department of Dentistry, The graduate school, Yonsei university

In endodontic treatment, calcium hydroxide has been used as intracanal medicament. Although calcium hydroxide should be removed thoroughly before permanent root canal filling, no effective method for its removal has been reported.

Because of irregularity of root canal walls, root curvatures and anatomic variations, it is insufficient to remove calcium hydroxide from the canal wall only by mechanical instrumentation

Considering the chemical effects of irrigants on calcium hydroxide, Ca⁺⁺ dissolving effect from two calcium hydroxide products is investigated, using distilled water, NaOCl, citric acid and EDTA.

Vitapex[®] 0.1g and calcium hydroxide 0.03g were dissolved in distilled water, 5% NaOCl, 50% citric acid and 17% EDTA respectively, at 1, 3, 5, 10min. time interval. The solution was filtered using filter paper(pore size 5 μ m) and Ca⁺⁺ concentration was determined by ion chromatography. The result were as follows :

1. Distilled water, NaOCl, citric acid and EDTA abstracted more Ca⁺⁺ from calcium hydroxide than Vitapex[®] except NaOCl 1, 5, 10 time interval.
2. EDTA and citric acid abstracted more Ca⁺⁺ from Vitapex[®] and calcium hydroxide than distilled water or NaOCl.

The overall result support the view that water-based calcium hydroxide product is easily removed than oil-based calcium hydroxide product and EDTA, citric acid are more effective in Ca⁺⁺ elution than NaOCl or distilled water.

Key word : calcium hydroxide, Vitapex[®], citric acid, EDTA, sodium hypochlorite, Ca⁺⁺ elution

I. 서 론

수산화칼슘은 근관치료시 근관내 임시약제로 많이 이용되고 있다. 그 치료기전은 아직 명확히 밝혀지지 않았지만, 항균효과, 석회화된 조직의 잠재적 유도로 치근단주위조직의 치유환경 조성, apical weep을 감소시키는 능력, 피사된 조직 용해 등의 성질²⁹⁾로 인해 임시근관충전재의 대부분을 차지하고 있다.

그러나, 근관내에서 사용된 수산화칼슘은 영구근관충전시에 근관의 hermetic sealing을 위해 근관 내에서 완전히 제거되어야 한다³⁹⁾. 만일 수산화칼슘이 완전히 제거되지 못하고 근관내에 남게 되면, 근관충전용 시멘트의 경화를 촉진시켜 정확한 근관충전을 방해할 뿐 아니라²³⁾, 근관내에서 수용성 calcium carbonate를 형성, 근관벽과 충전제사이의 경계부위에 void를 만들게 되고, 결국 장기적 관점에서 근관치료의 성공률을 떨어뜨리게 되므로²⁹⁾ 성공적인 근관치료를 위해 수산화칼슘은 근관 내에서 완전히 제거 되어야 한다.

이제까지 제시된 수산화칼슘 제거방법은 차아염소산나트륨, 식염수, 증류수 등의 관주하에 small instrument로 reaming motion에 의한 기구조작이나, 근관장 길이에서 근관 성형한 가장 큰 file로 reaming하는 것이 추천 되어지고 있다³⁹⁾. 그러나 이러한 방법으로는 수산화칼슘의 완전한 제거가 불가능하다는 보고가 있다.

Porkaew(1990)²⁹⁾은 근관을 수산화칼슘으로 medication한 후 즉방가압법으로 충전한 치아와 근관내 약제를 사용하지 않고 충전한 치아에서의 치근단 누출을 비교하였는데, 수산화칼슘 제거 후 EDXA(Energy Dispersive X-ray Analysis)

로 분석시, 수산화칼슘으로 medication한 군이 medication하지 않은 대조군보다 더 많은 칼슘이온을 나타내어, 결국 위의 제거방법으로는 완전한 수산화칼슘 제거가 어려움을 보고하였다.

Holland(1995)¹⁶⁾는 근관내 임시 충전한 수산화칼슘제거시 file크기를 증가시킴으로써 기계적인 제거효과를 비교하였으나, file크기에 따른 치근단 누출은 별 차이가 없음을 보고하였다.

Margelos(1997)²³⁾는 잔존하는 수산화칼슘이 zinc oxide eugenol(이하 ZOE)의 근관충전용 시멘트와 반응하여 ZnO-eugenol 착화합물(chelate) 형성을 방해하고, 근관충전용 시멘트를 빠르게 경화시켜 시멘트의 점주도를 감소시킴으로써 가타퍼차콘이 완전한 근관장길이에 도달하는 것을 방해함을 보고하였다.

위의 보고에서처럼 아직까지 수산화칼슘의 완전한 제거방법이 없으므로, 수산화칼슘을 가장 효과적으로 제거할 수 있는 방법에 대한 모색이 필요하다.

Margelos(1997)²³⁾은 수산화칼슘 제거시 차아염소산나트륨보다 차아염소산나트륨과 EDTA를 번갈아 관주시 수산화칼슘 제거능력이 더 뛰어난 것을 보고하였으나, 이는 근관벽에 남아있는 수산화칼슘의 표면적으로 비교하였을 뿐, 정확한 양적인 측정은 이루어지지 않았다.

Porkaew(1990)²⁹⁾은 수산화칼슘으로 임시 충전한 치아에서 수산화칼슘제제 종류에 따른 치근단 미세누출비교결과, 임시 충전한 치아에서 임시충전 하지 않은 치아보다 더 적은 치근단 미세누출을 보였으며, 수산화칼슘제제 종류에 따른 누출차이는 없다고 보고하였다. 이는 단기간의 관찰에 따른 결과일 것으로 생각되며, 수산화칼슘제제 종류도 근관충전용 시멘트와의 반

응으로 인해 그 효과가 구별되지 않았으리라 생각된다.

수산화칼슘의 성질과 작용기전, 효과, 충전방법에 대한 연구가 활발히 진행되어져 왔다. 그러나, 영구충전전의 수산화칼슘의 완전한 제거방법에 대한 연구는 미미하며, 잔존하는 수산화칼슘이 치근단 밀폐에 영향을 미쳐 근관치료의 성공률을 떨어뜨린다는 점을 고려해볼 때 이의 완전한 제거는 필수적이다. 이러한 잔존 수산화칼슘은 근관의 형태, 충전 방법, 관주용액의 종류, 수산화칼슘제제의 종류에 의해 영향을 받으며, 근관벽의 불규칙한 면과 해부학적 변이로 인해 기계적인 근관조작만으로는 수산화칼슘의 완전한 제거가 불가능하다고 할 때, 관주용액의 종류나 수산화칼슘제제의 종류에 따른 제거효과를 고려해 볼 수 있다.

관주용액중 EDTA는 금속이온과 반응하여 non-ionic soluble chelate를 형성하며, 이를 근관치료에 이용시 상아질과 결합, calcium chelate를 형성하여 smear layer를 효과적으로 제거하는 성질을 가지고 있어²⁷⁾차아염소산나트륨과 함께 널리 이용되고 있다.

EDTA이외에 요즈음 관심이 증가하고 있는 구연산(citric acid)도 관주용액으로 이용시 항균 효과도 뛰어나고 EDTA와 같은 기전으로 smear layer를 효과적으로 제거하며, EDTA보다 주위조직에 덜 위해하다고 알려져 있다¹²⁾.

수산화칼슘제제는 다양한 성분, 형태로 공급되고 있는데, 수산화칼슘 powder를 여러가지 vehicle과 혼합하여 이용하는 것이 시간이 많이 걸리고 복잡하다는 이유로, 혼합해서 이용하는 수산화칼슘의 단점을 보완하여 제품화된 수산화칼슘제제(Vitapex[®], Calasept[®])가 널리 이용되고 있는데, 이 중 oil-base paste는 water-base 수산화칼슘제제보다 관주와 기구조작으로 제거하기가 더 어려우며, 이러한 premixed paste의 성분이 치근단 밀폐 능력을 더 감소시킬 것으로 고려된다.

이에 본 실험에서는 수산화칼슘의 제거방법 중 기계적인 기구조작이외에, 수산화칼슘에 대한 화학적 용출효과를 고려하여, 근관치료에 널리 이용되는 여러 관주용액의 수산화칼슘제제

종류에 따른 화학적 용출효과를 알아보려고 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 관주용액의 제조

- ① 17% EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid) : disodium salt 170gm, 5N sodium hydroxide 98ml를 증류수에 녹여 1000ml가 되게 만들었다. (0.45M, pH7.3)
- ② 50% 구연산 : citric acid crystal 500g을 증류수에 녹여서 1000ml가 되게 하였다.(2.5M)
- ③ 5% 차아염소산나트륨 : 10% sodium hypochlorite를 2배 희석하여 잘 섞이게 하였다.

2. 실험 방법

가군. : premixed Ca(OH)₂ preparation : Vitapex[®](Neo Dental chemical products Co. Ltd) 0.1g

나군 : calcium hydroxide powder 0.03g (Shinyo pure chemicals Co. Ltd.)

- 1) 비교하고자 하는 관주용액은 다음과 같다.
group A : 증류수
group B : 5% 차아염소산나트륨(NaOCl)
group C : 50% 구연산(citric acid)
group D : 17% EDTA
50ml 용량 비이커에 10ml 메스실린더로 계량한 각 용액 10ml를 준비하였다.
- 2) 준비된 각 관주용액 10ml에 가) Vitapex[®] 0.1g 나) Calcium hydroxide powder 0.03g 을 각각 넣고 stirrer(corning[®])위에서 다음 시간대별로 상온에서 stirring하였다. : 1, 3, 5, 10min.
- 3) 각 시간대에서 녹인 용액을 2호 거름종이 (Toyo[®], pore size 5 μ m)를 이용해 걸러 내었다.
- 4) 걸러진 용액을 증류수로 100배 희석하여

Ion Chromatography로 Ca²⁺의 농도를 측정하였다.(ppm 단위) 이미 농도를 알고있는 Ca ion solution을 이용하여 Ca²⁺농도를 calibration한 뒤 다음과 같은 조건에서 측정하였다.

사용한 Ion Chromatography는 Waters사 제품인 746 Data Module을 이용하였고, 분리column은 IC Pak Cation M/D (Waters사)를, 검출기는 Waters사 432 conductivity detector를 이용하였다. column의 보호를 위해 Milipore Membrane filter(pore size 0.45 μm)로 거르고, pump는 waters사 510 pump, 시료주입은 Hamilton사 제품인 250 μL를 주입할 수 있는 microsyringe를 이용하였다. 이동상(mobile phase)은 1mM EDTA와 5mM HNO₃을 이용하였다. Flow rate는 1.0mL/min., chart speed는 0.5cm/min.이었다.

5) 위의 실험을 5회 반복 실행, 측정하였다. (N=160)

6) Vitapex[®]와 calcium hydroxide사이의 화학적 용해효과 차이의 유의성은 Wilcoxon rank sum test를 이용하여 분석하였고, 각 4가지 용액간의 수산화칼슘 용출능력 비교와 각 용액에서 시간에 따른 용출 차이는 Kruskal Wallis test 및 Tukey's studentized range test(P=0.05)를 이용하였다.

III. 실험성적

1. 각 용액에서 시간에 따른 Vitapex[®]와 calcium hydroxide의 Ca²⁺농도 측정

각 용액과 시간대에서 Ca²⁺농도를 Wilcoxon rank sum test로 통계 처리한 결과, GroupB(차아염소산나트륨)의 1, 5, 10분에서를 제외하고는 모든 용액과 시간대에서 calcium hydroxide가 Vitapex[®]보다 높은 Ca²⁺농도를 보였다. (p<0.05) (Table 1, 2 & Fig. 1, 2)

Table 1. Ca²⁺elution in Vitapex[®] (단위 : ppm)

sol. time(min.)	D.W.		NaOCl		citric acid		EDTA	
	median	range	median	range	median	range	median	range
1	5.366	8.636	6.796	6.536	54.156	42.883	34.335	20.316
3	9.546	8.610	11.012	7.398	106.997	78.425	58.876	19.977
5	11.190	12.560	14.789	5.042	110.292	62.357	59.400	17.413
10	14.574	10.650	23.481	5.338	127.290	56.209	100.500	62.979

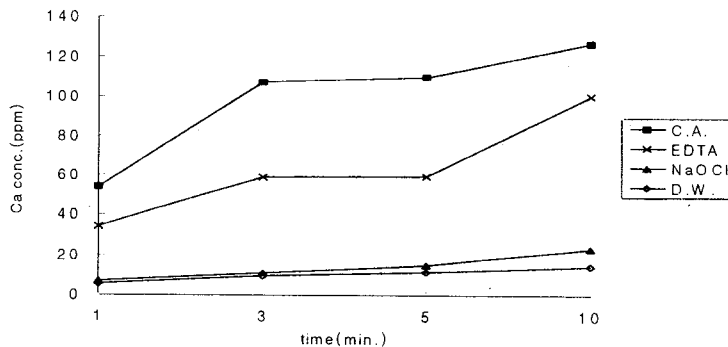


Fig.1 Ca²⁺ elution from Vitapex[®]

Table 2. Ca⁺⁺ elution in calcium hydroxide (단위 : ppm)

time(min.)	D.W.		NaOCl		citric acid		EDTA	
	median	range	median	range	median	range	median	range
1	163.150	76.573	20.919	63.148	780.736	242.240	878.686	253.349
3	197.938	81.472	25.065	78.883	851.774	194.428	885.692	234.310
5	220.342	100.674	26.548	22.341	861.972	200.817	898.984	155.092
10	220.363	89.806	28.521	57.550	880.745	541.225	900.072	133.297

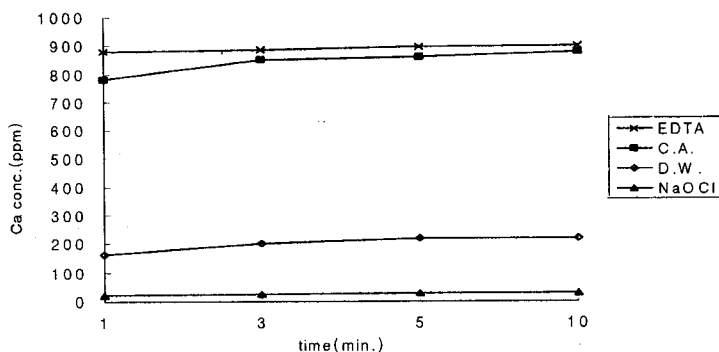


Fig.2 Ca⁺⁺ elution from calcium hydroxide

Table 3. Ca⁺⁺ elution rate in Vitapex[®] and calcium hydroxide (단위 : %)

time(min.)	D. W.		NaOCl		citric acid		EDTA	
	Vitapex [®]	C. H.	Vitapex [®]	C. H.	Vitapex [®]	C. H.	Vitapex [®]	C. H.
1	0.177	5.438	0.224	0.697	1.787	26.025	1.133	29.290
3	0.315	6.598	0.363	0.835	3.531	28.392	1.943	29.523
5	0.369	7.345	0.488	0.885	3.640	28.732	1.960	29.966
10	0.481	7.345	0.775	0.950	4.201	29.358	3.317	30.002

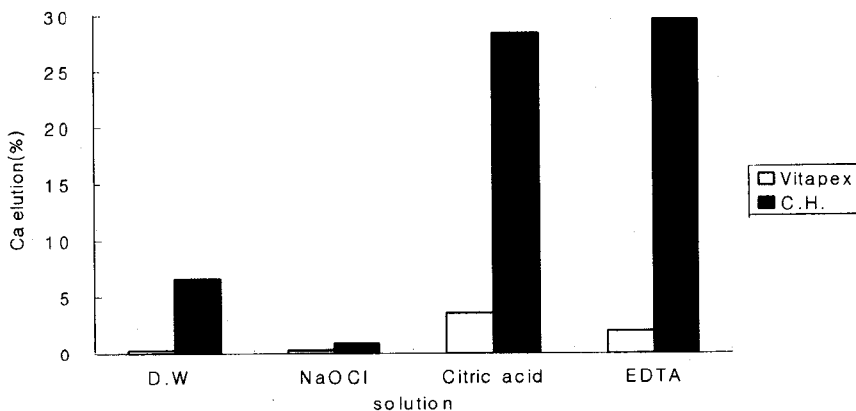


Fig.3 Ca⁺⁺ elution rate(%) in Vitapex[®] and calcium hydroxide in 3min.

Table 3, Fig. 3은 전체 Ca⁺⁺의 양 중에서 용해된 Ca⁺⁺의 양을 %비로 나타내었다.

2. 각 시간대에서 용액의 Ca⁺⁺농도 비교

Vitapex[®]의 경우 모든 시간대에서 구연산, EDTA, 차아염소산나트륨, 증류수순으로 낮은 Ca⁺⁺농도를 보였으며, 1, 3, 5분에서 구연산과 EDTA의 Ca⁺⁺농도는 유의차가 있으나, 10분에서는 유의차가 없었다.(Kruskal Wallis test,

Tukeys studentized range test) 그리고 차아염소산나트륨과 증류수사이에는 1, 3, 5분에서 유의차가 없는 것으로 나타났다. (Table 4)

calcium hydroxide에서는 EDTA, 구연산, 증류수, 차아염소산나트륨순으로 낮은 용해도를 보였으며, EDTA는 모든 시간대에서 구연산과 통계학적 유의차가 없었으나, 구연산, 증류수, 차아염소산나트륨간에는 모든 시간대에서 유의차가 있었다. (Table 5)

Table 4. Comparison of Ca⁺⁺ elution Vitapex[®]

order \ time(min.)	1	3	5	10
1	C. A.	C. A.	C. A.	[C. A. EDTA
2	EDTA	EDTA	EDTA	
3	[NaOCl	[NaOCl	[NaOCl	NaOCl
4	[D. W.	[D. W.	[D. W.	D. W.

[: no significant difference, p>0.05

Table 5. Comparison of Ca⁺⁺ elution in calcium hydroxide

order \ time(min.)	1	3	5	10
1	[EDTA	[EDTA	[EDTA	[EDTA
2	[C. A.	[C. A.	[C. A.	[C. A.
3	D. W.	D. W.	D. W.	D. W.
4	NaOCl	NaOCl	NaOCl	NaOCl

[: no significant difference, p>0.05

Table 6. Comparison of Ca⁺⁺ elution with time interval in Vitapex[®]

sol	D. W.	NaOCl	C. A.	EDTA
time (min.)	[1	[1	1	[1
	[3	[3	[3	[3
	[5	5]		[5
	10]	10		[10
				10

[: no significant difference, p>0.05.

Table 7. Comparison of Ca⁺⁺ elution with time interval in calcium hydroxide

sol	D. W.	NaOCl	C. A.	EDTA
time (min.)	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 3 \\ 5 \\ 10 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 3 \\ 5 \\ 10 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 3 \\ 5 \\ 10 \end{array} \right]$	$\left[\begin{array}{c} 1 \\ 3 \\ 5 \\ 10 \end{array} \right]$

[: no significant difference, p>0.05.

3. 각 용액에서 시간에 따른 Ca⁺⁺농도 비교.

각 용액에서 시간에 따른 Ca⁺⁺농도를 Kruskal Wallis test, Tukeys studentized range test를 이용하여 비교한 결과는 Table 6, 7에 나타나 있다.

IV. 총괄 및 고찰

근관치료시 기계적인 근관조작과 관주는 근관내 세균을 제거하는데 필수적이며, 실제로 위의 과정만으로도 근관내 세균의 대부분이 감소된다. 그러나 치료된 근관의 반은 치료 후에도 여전히 세균이 관찰된다는 보고가 있으며³³⁾, 수산화칼슘이 이의 대안으로 근관내 임시살균약제로 쓰이고 있다. 이외에도 weeping canal이나, 치아외상후의 치료등 여러 임상상황에서 널리 이용되고 있다. 그러나 영구근관충전시에 제거되지 못한 잔존하는 수산화칼슘이 치근단 누출에 영향을 미쳐 근관치료의 성공률을 떨어뜨린다는 점을 고려해볼 때 이의 완전한 제거는 필수적이다. 지금까지 제시된 제거방법은 증류수나 식염수, 차아염소산나트륨의 관주하에서 근관확대에서 이용된 가장 큰 file의 reaming motion으로 근관벽을 instrumentation하는 것이다³⁹⁾. 그러나, 이러한 방법으로는 수산화칼슘의 완전한 제거가 불가능하며, 특히 근관내 벽이 흡수되거나, 심하게 만곡된 근관인 경우는 더욱 제거하기 어렵다.

Porkaew(1990)²⁹⁾은 수산화칼슘으로 medication한 후, 촉방가압법으로 영구 충전한 치아와 medication하지 않고 충전한 치아의 치근단 누

출을 비교하였는데, 이 때 수산화칼슘 제거는 차아염소산나트륨의 관주하에 근관장에서 이용되었던 것보다 하나 더 큰 size의 file(#55)로 기구 조작하였다. 이를 EDXA(Energy Dispersive X-ray Analysis)로 분석시, 수산화칼슘으로 medication한 군이 medication하지 않은 대조군보다 더 많은 Calcium ion을 나타내어, 결국 위의 제거방법으로는 완전한 제거가 어려움을 보고하였다.

Holland(1995)¹⁶⁾는 #40번 file로 근침 성형한 치아에서, 수산화칼슘으로 medication 한 후, 이의 제거시 증류수 관주와 함께 #40, #45, #50, #55, #60, #70번 file의 reaming motion으로 제거한 후의 치근단 누출은 file 크기에 따른 통계학적 유의차가 없음을 보고하였다.

Margelos(1996)²³⁾는 수산화칼슘으로 medication후 ZOE계의 근관충전용 시멘트를 이용하여 영구근관충전시에, 근관내의 잔존하는 수산화칼슘이 zinc oxide보다 더 빨리 eugenol과 반응, 경화되어 가타퍼차콘의 근관장으로의 정확한 삽입을 방해한다고 보고하였다.

수산화칼슘의 제거시 치근관의 불규칙한 면과 해부학적 변이 때문에 기계적 기구조작만으로는 완전한 제거가 불가능하므로, 관주용액의 화학적 효과를 고려해 수산화칼슘을 더 잘 녹여낼 수 있는 방법을 모색하고자 하였다.

근관내의 이상적인 관주용액은 근관내의 피사조직과 잔사제거효과, 항균효과가 뛰어나야 하며, 근관확대를 용이하게 해야하고, 근침 밖으로 빠져나가도 치근단주위조직에 해가 없어야 한다.

현재 근관치료시 이용되고 있는 관주용액으로는 식염수, 과산화수소수, 차아염소산나트륨, EDTA, 구연산(citric acid)등이 있다.

본 실험에서는 근관치료시에 자주 이용되고 있는 차아염소산나트륨이외에 EDTA, 구연산의 수산화칼슘 제거효과를 비교해보았다.

차아염소산나트륨은 피사된 치수조직과 세균 잔사를 용해시키는 능력이 뛰어나며, 항균효과도 다른 어떤 관주용액보다 커서(Harrison, 1984)¹⁴⁾ 근관치료에서 가장 널리 이용되고 있다. 그러나, 차아염소산나트륨은 근관내의 무기물을 용해시키는 능력이 거의 없으며, 근관확대후 남아있는 smear layer에 대한 관심이 증가되면서 이를 효과적으로 제거할 수 있는 EDTA의 사용이 추천되어지고 있다.

EDTA는 1957년 Nygaard-Östby²⁷⁾에 의해 처음 소개되었으며, EDTA의 착화합물 형성효과(chelating effect)에 의해 상아질을 효과적으로 탈회시켜 근관내 기구조작을 용이하게 하며, self-limiting effect로 치아에 damage를 주지 않고, 근관기구에 부식효과가 없음을 보고하였다.

EDTA의 self-limiting effect에 대해서는 논란이 많았으나, Fehr and Nygaard-Östby¹⁰⁾는 EDTA는 근관내 적용후 처음 5분내에 충분한 탈회가 일어나며(상아질 20- 30 μ m), 2일 동안 적용시켜도 상아질 50 μ m이상의 침투는 일어나지 않음을 보여주었고, 근관 내에 10-15 분의 적용으로도 충분한 효과를 볼 수 있다고 하였다. 이는 EDTA가 soluble non-ionic chelate를 형성하는데, 이 금속이온은 chelating agent의 양끝에서 강하게 결합하여 링 구조를 형성하면서 불활성화되어 더 이상의 화학반응을 방지하기 때문이다.

Torneck(1961)³⁷⁾은 Syrian hamster의 epidermis에 EDTAC주입후 48, 96시간후의 조직학적 관찰에서 미약한 염증반응만이 일어나며, 정상적인 치유과정을 방해하지 않음을 보고하여 EDTA의 조직적합성을 보여주었다.

구연산(Citric acid)는 체내 mitochondria에서 생성되는 산물로 여러 대사과정에 이용되며, 치주치료에서 많이 이용되고 있다.

Loel(1975)²⁰⁾는 구연산을 차아염소산나트륨과 병용해서 쓸때, 효과적인 근관관주용액임을 보고하였고, Wayman(1979)³⁸⁾는 근관성형시 5.25% 차아염소산나트륨은 상아세관을 막는데 비해, 10, 25, 50% 구연산은 근관벽 cleansing 효과가 뛰어나며, 상아세관을 열어주는 것을 관찰, 보고하였다.

Goldman¹²⁾은 구연산에 의한 smear layer 제거효과는 EDTA와 유사하며, 구연산이 EDTA보다 세포독성이 더 적음을 보고하였고, Criger(1983)⁸⁾는 산도1인 구연산이 건강한 치주결합조직에 비가역적인 나쁜 영향을 일으키지 않음을 보고하였다.

Yamaguchi(1996)⁴¹⁾은 1M의 구연산이 감염된 근관내 12개 bacteria strains에 대해 항세균효과를 가짐을 보고하였고, Daly(1982)⁹⁾는 구연산(산도1)을 호기성과 혐기성배양에 3분간 적용시 colony의 수가 급격히 감소한다고 보고하였다.

본 실험에서 Vitapex[®]와 calcium hydroxide의 Ca⁺⁺용출효과 비교시, calcium hydroxide가 Vitapex[®]보다 잘 녹는 것으로 나타났다. (statistically significant, p<0.05) 또한, 시간에 따른 용해도의 특성도 현저한 차이를 보여 Vitapex[®]의 경우 시간증가에 따라 점차적으로 Ca⁺⁺농도가 증가하였으나, calcium hydroxide에서는 처음 1분의 Ca⁺⁺농도가 10분 후의 Ca⁺⁺농도와 유의차가 없었다. 이 결과는 수산화칼슘제제에 따른 치근단 누출을 비교한 Porkaew의 실험결과와 다른데, Porkaew²⁹⁾는 여러 종류의 수산화칼슘제제로 medication한 후, 5.25%차아염소산나트륨의 관주하에 근침성형에 이용된 file보다 하나 더 큰 file(#55)로 제거한 후 측방가압법을 이용해 충전하여, medication하지 않은 군과의 치근단 누출을 비교한 결과, medication하지 않은 군의 치근단 누출이 더 크게 나타났으며, 수산화칼슘제제 종류에 따른 누출차이는 없는 것으로 보고하였다. 이는 치아의 해부학적 형태에 따른 변이, 근관충전후 단기간의 관찰기간(2주), 잔존하는 수산화칼슘의 근관충전용 시멘트와의 반응등 여러 변수를 배제하지 못한 결과로 생각된다. Vitapex[®]는 calcium hydroxide외에도 iodoform과 silicone oil을 첨가한 물질로서,

iodoform은 감염의 치료목적과 함께 방사선 불투과성을 높이는 역할을 하고, silicone oil은 정상온도에서 무취, 무미, 무색의 물질로서 화학적으로 불활성이다. 이것의 기능은 방수작용, 윤활작용, insulation의 역할을 하며, 조직액이나 혈액에 의해 충전제가 용해되는 것을 방지한다.⁴⁴⁾ 이러한 첨가물이 근관임시충전후 제거되지 않고 남아있을 때, 치근단 누출에 어떤 역할을 하는지에 대한 보고는 아직까지는 없다. 그러나, oil-base paste가 water-base paste보다는 제거가 어려울 것으로 예측되며, silicone oil이 Ca⁺⁺을 emulsion형태로 둘러싸고 있다면, 위 실험에 쓰인 각 용액이 Ca ion과 접촉, 반응하는데 calcium hydroxide보다 많은 시간이 필요할 것으로 사려되며, 실험결과에서처럼 시간에 따른 점차적인 증가를 보일 것으로 고려된다.

수산화칼슘에 대한 여러 관주용액의 Ca⁺⁺농도 비교에서는 Vitapex[®]와 calcium hydroxide 모두에서 EDTA와 구연산이 통상적으로 근관치료에 쓰이고 있는 차아염소산나트륨보다 유의차 있는 높은 Ca⁺⁺농도를 보였다. 이는 비록 비교하는 방법은 다르지만, EDTA가 차아염소산나트륨보다 수산화칼슘 제거에 더 큰 효과가 있다고 보고한 Margelos²³⁾의 실험결과와 일치한다.

용액의 용해도는 용액의 산도, 온도 등에 의해 영향받으며, Nikiforuk(1953)²⁶⁾은 산도에 따른 EDTA의 탈회효과에 대해 보고하였는데, EDTA의 탈회효과는 산도6-7사이에서 탈회효과가 강력하고, 산도7.5 이상에서는 그 효과는 같으나 작용시간이 길어지며, 산도6 이하에서는 급격히 떨어진다고 보고하였고, 또한 EDTA의 농도에 따른 탈회속도는 EDTA 0.1-0.5M까지는 농도가 증가할수록 반응속도가 증가하나, 0.5M 이상에서는 그 속도를 크게 변화시키지 않음을 보고하였다. 이러한 관점에서 볼 때, 근관치료시 EDTA는 중성 산도에서 효과가 강하나, disodium EDTA는 $Ca^{++} + Na_2H_2Edt \rightarrow Na_2(Ca-Edt) + 2H^+$ 로 되어 상당한 산도저하를 가져와 그 효과가 감소될 수 있으나²⁶⁾, Ca(OH)₂에서는 OH⁻가 해리되면서 산도를 그대로 유지할 수 있다. 실제로 Vitapex[®]나 calcium hydroxide를 녹인 EDTA용액의 산도측정시 원래 EDTA의

산도7.3에서 약간 증가된 산도7.4-7.9를 보인다.

Goldman¹²⁾은 구연산의 smear layer 제거효과가 EDTA와 유사함을 보고하였고, Yamaguchi(1996)⁴¹⁾는 구연산과 EDTA의 탈회능력을 비교하였는데, 0.5M, 1M, 2M의 구연산을 60분 처리한 경우, 0.5M EDTA를 120분 적용했을 때와 같은 결과를 얻음으로써, 구연산이 EDTA보다 탈회효과가 뛰어난 것을 보고하였다. 본 실험에서도 2.5M구연산이 0.45M EDTA보다 Vitapex[®]에서 더 높은 용해도를 보이고 있다. 수산화칼슘은 염기성 물질로서 중성산도인 EDTA와 반응 시에는 산도가 증가되면서 더 이상의 이온화가 일어나지 않으나, 구연산 첨가 시에는 용액의 산도가 감소되면서 Ca(OH)₂의 해리가 활발히 일어나고, 증가된 Ca ion은 구연산과 산-염기반응과 chelation에 의해 결합하게 되어 위의 결과가 나온 것으로 사려된다.

차아염소산나트륨은 EDTA나 구연산에 비해 수산화칼슘에 대한 용해효과가 매우 낮게 나타나, calcium hydroxide에 대한 Ca⁺⁺농도(10분 기준)는 EDTA가 전체 Ca⁺⁺농도의 30.0%, 구연산이 29.3%인데 비해 0.9%의 낮은 값을 보인다. 이러한 결과로 볼 때, 임상에서 수산화칼슘 제거시 차아염소산나트륨 보다는 구연산이나 EDTA를 관주용액으로 이용하는 것이 더 효과적일 것으로 생각된다.

각 용액에서 적용시간에 따른 수산화칼슘의 제거효과 비교는 임상조건을 고려해 1, 3, 5, 10분에서의 효과를 비교하였는데, EDTA의 경우, Vitapex[®]에서는 1분에서 10분까지의 용해도는 시간이 지남에 따라 점차 증가하는 양상을 보이며, calcium hydroxide에서도 유의차는 없지만 점차 증가하는 양상을 보이고 있다. Ca⁺⁺농도 증가는 EDTA의 self-limiting property를 고려해 볼 때 EDTA나 Ca ion중 한쪽이 모두 소모될 때까지 진행될 것으로 사려되며, EDTA는 모든 금속과 1대1로 반응하는데, 본 실험에서는 Ca⁺⁺1mmole, EDTA가 4.5mmole이므로 Ca⁺⁺과 chelation할 EDTA는 충분하다.

본 실험결과를 임상조건에 맞추어 고려해 볼 때, calcium hydroxide를 여러 vehicle과 혼합하여 쓰는 것이, 상품화되어 나오는 수산화칼슘제

재보다 제거효과면에서는 더 뛰어나며, 제거시간은 Vitapex[®]의 경우, 차아염소산나트륨은 1, 3분 사이, 3, 5분 사이에 유의차가 없고, 5분과 10분 사이에는 유의차가 있으므로 임상에서 약 10분간의 적용이 적당하다고 생각되며, 구연산은 3, 5, 10분 사이에 유의차가 없으므로 임상에서 3분간의 적용이면 충분하다고 생각된다. EDTA는 1, 3, 5분 사이에 유의차가 없고 5, 10분 사이에 유의차가 있으므로 10분의 적용이 가장 적절하다고 생각되어진다. calcium hydroxide는 EDTA와 구연산은 모든 시간대에서 유의차가 없기 때문에 1분의 적용으로도 충분한 효과를 기대할 수 있다.

여기서 고려해야 할 것은 관주용액으로 이용한 EDTA나 구연산이 근관 내에 잔존할 경우 치근단 누출에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 것인데, EDTA의 경우, EDTA remnant가 영향을 주거나, 또는 smear layer 제거로 인한 누출 증가가 있을 수 있는데, Madison(1984)²¹⁾은 관주용액으로 차아염소산나트륨만 이용한 경우와 차아염소산나트륨과 REDTA로 관주한 경우의 치근단 누출을 2% methylene blue로 비교시 두 group간의 유의차가 없음을 보고하였고, Kennedy (1986)¹⁷⁾는 smear layer 제거 후 가타퍼차콘을 이용한 측방가압법으로 근관 충전한 군이 smear layer가 그대로 남겨진 군에서보다 치근단 누출이 더 적음을 보고하여, smear layer 제거가 치근단 누출을 증가시키지 않음을 증명하였다.

Yamada(1983)⁴⁰⁾은 근관치료시 구연산과 차아염소산나트륨을 병용하여 관주했을 때, 근관내의 유기물과 무기물은 깨끗이 제거되었으나, crystal 형성과 잔존세균을 관찰한 것을 보고하였다. 이에 EDTA나 구연산이 치근단 누출에 어떠한 기전으로, 얼마나 영향을 미치는가에 대한 보다 많은 연구가 필요하리라 사료되며, 본 실험에서는 근관치료에 이용되는 관주용액의 수산화칼슘에 대한 화학적 용출효과를 고려하였는데, 이러한 방법 외에 수산화칼슘을 근관 내에서 완전히 제거할 수 있는 적절한 방법에 대한 모색이 활발히 이루어지길 바란다.

V. 결 론

근관내 임시충전제로 Vitapex[®], calcium hydroxide를 사용한 후 제거를 위해, 증류수, 차아염소산나트륨, EDTA, 구연산으로 관주했을 때 용출되어 나온 Ca⁺⁺의 농도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Vitapex[®]와 calcium hydroxide의 Ca⁺⁺용출 효과 비교시, 차아염소산나트륨 1, 5, 10분을 제외한 모든 용액과 모든 시간대에서 calcium hydroxide가 Vitapex[®]보다 유의차 있게 높은 Ca⁺⁺용출을 보였다.
2. 증류수, 차아염소산나트륨, EDTA, 구연산의 Ca⁺⁺용출능력 비교시, Vitapex[®]와 calcium hydroxide 모두에서 EDTA와 구연산이 증류수나 차아염소산나트륨보다 유의차 있게 높은 Ca⁺⁺용출을 보였다.

이상의 결과로 수산화칼슘을 근관 내 임시약제로 사용했을 때, oil-base 수산화칼슘제제보다 water-base의 수산화칼슘제제를 이용하는 것이 이의 제거에 더 용이하며, 관주용액은 차아염소산나트륨보다는 EDTA나 구연산의 사용이 더 효과적임을 발견하였다.

참 고 문 헌

1. Aktener B.O. : Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixture. J. Endodon., 19:228-31, 1993
2. Aryeh Y.K. : New chemotherapeutic agent for root canal treatment. Oral Surg., 46: 283-95, 1978
3. Baker N.A., Paul D.E. : Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solution, J.Endodon, 1:127-35, 1975
4. Brauer G.M. : The reaction of metal oxides with *o*-ethoxybenzoic acid and other chelating agents. J. Dent. Res., 37:547-60, 1958
5. Bystrom A. & Sundqvist G. : The anti-

- bacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int. Endodon. J.*, 18:35-40, 1985
6. Carson M.L., Baumgartner J.C. : Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J. Endodon.*, 10:477-83, 1984
 7. Cooke III H.G., Marvin F.G. : Effects of instrumentation with a chelating agent on the periapical seal of obturated root canals. *J. Endodon.*, 10:312-4, 1976
 8. Criger M., Renvert S. : The effect of topical citric acid application on surgically exposed periodontal attachment. *J. Periodontol.*, 18:303-5, 1983
 9. Daly C.G. : Antibacterial effect of Citric acid application to periodiseased root surfaces in vitro. *J. Clin. Periodontol.*, 9:386-92, 1982
 10. Frithjof R. Fehr von der, Nyggard-Ostby B. : Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentin. *Oral Surg.*, 16:199-205, 1963
 11. Goldberg F., Maria I. B. : Analysis of the effect of ethylenediaminetetraacetic acid on the apical seal of root canal fillings. *J. Endodon.*, 11:544-7, 1985
 12. Goldman L.B., Goldman M. : The efficacy of several irrigating solutions for endodontics : A scanning electron microscopic study. *Oral Surg.*, 52:197-204, 1981
 13. Harris B.M., Stanley L.W. : The effects of a petroleum-based ointment and water-based cream on apical seal. *J. Endodon.*, 13:122-5, 1987
 14. Harrison J.W. : Irrigation of the root canal system. *Dent. Clin. North Am.*, 28:797-808, 1984
 15. Hennequin M., Pajot J. : Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *J. Endodon.*, 20:551-5, 1994
 16. Holland R. A., Murata S.S. : Apical leakage following root canal dressing with calcium hydroxide. *Endod. Dent. Traumatol.*, 11:261-3, 1995
 17. Kennedy W.A. : Smear layer removal effects on apical leakage. *J. Endodon.*, 12:21-7, 1986
 18. Lee H. L., Swartz M. L. : An adhesive dental restorative material. *J. Dent. Res.*, 50:125-32, 1971
 19. Lee H. L., Swartz M. L. : Sealing of developmental pits and fissures in vitro study. *J. Dent. Res.*, 50:133-40, 1971
 20. Loel A.D. : Use of acid cleanser in endodontic therapy. *J. Am. Dent. Assoc.*, 90:148-51, 1975
 21. 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
 22. Malooley J., Patterson S.S. : Response of periapical pathosis to endodontic treatment in monkeys. *Oral Surg.*, 47:545-54, 1979
 23. Margelos J., Eliades G. : Interaction of calcium Hydroxide with Zinc Oxide-Eugenol Type Sealers : a potential clinical problem. *J. Endodon.*, 23:43-8, 1997
 24. Meryon S.D. : Smear layer removal agents : A quantitative study in vivo and vitro. *J. Prostho. Dent.*, 57:174-9, 1987
 25. Nicholson R. : Autoradiographic tracings utilizing Ca45-labeled ethylenediaminetetraacetic acid. *Oral Surg.*, 26:563-6, 1968
 26. Nikiforuk G. : Demineralization of hard tissues by organic chelating agents at neutral pH. *J. Dent. Res.*, 32:859-67, 1953
 27. Nyggard-Ostby B. : Chelation in root canal therapy. *Odont. Tidskr.*, 65:3-11, 1957

28. Patterson S.S. : In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetraacetic acetate on human dentin and its endodontic implication. *Oral Surg.*, 16:83-103, 1963
29. Porkaew P.H. : Effects of calcium hydroxide paste as an intracanal medication on apical seal. *J. Endodon.*, 16:369-74, 1990
30. Rosenfeld E.F., James G.A., Buckner S.B. : Vital pulp response to sodium hypochlorite. *J. Endodon.*, 4:140-6, 1978
31. Seidberg B.H., Schilder H. : An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surg.*, 37:609-20, 1974
32. Smith J.J., Wayman B.E. : An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *J. Endodon.*, 12:54-8, 1986
33. Sjogren U., Spangberg L. & Sundqvist G. : The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *Int. Inter. Endodon.*, 24:119-25, 1991
34. Shubich I. : Release of calcium ions from pulp-capping materials. *J. Endodon.*, 4:242-4, 1978
35. Stephen Y., Negel C. : Pulpal effect of citric acid applied topically to root surfaces. *Oral Surg.*, 56:317-20, 1983
36. Stewart G.G., Peter K. : EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *J. Am. Dent. Associ.*, 78:335-8, 1969
37. Torneck : Reaction of hamster tissue to drugs used in sterilization of the root canal. *Oral Surg.*, 14:730-47, 1961
38. Wayman B.E., Kopp W.M. : Citric and lactic acid as root canal irrigants in vitro. *J. Endodon.*, 5:258-65, 1979
39. Webber H.T., Ken A.S. : A Technique for placement of calcium hydroxide in the root canal system. *J. Am. Dent. Associ.*, 103:417-21, 1981
40. Yamada R.S., Annabelle A. : A Scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solution : Part3. *J. Endodon.*, 9:137-42, 1983
41. Yamaguchi M., Yosida K. : Root canal irrigation with citric acid solution. *J. Endodon.*, 22: 27-9, 1996
42. Zeer Ram : Chelation in root canal therapy. *Oral Surg.*, 49:64-74, 1980
43. Zurbruggen T. : Postdebridement retention of endodontic reagents : a quantitative measurement with radioactive isotope. *J. Endodon.*, 9:298-9, 1975
44. 이승중 : 치과임상. 13:7-11, 1993