

## 수중 수산화칼슘 Sealer의 근관폐쇄효과에 관한 전기화학적연구

단국대학교 치과대학 치과보존학교실  
최국렬 · 홍찬의 · 신동훈

### Abstract

#### ELECTROCHEMICAL STUDY ON THE SEALING EFFECT OF CALCIUM HYDROXIDE-BASED SEALERS

Kook-Ryeol Choi, DDS, Chan-Ui Hong, DDS, MS, PhD,  
Dong-Hoon Shin, DDS, MS, PhD

*Dept. of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Dankook University*

The purpose of this electrochemical study was to determine and compare the sealing effect of three commonly used calcium hydroxide-based sealers (Sealapex, Apexit, and CRCS) with that of Roth 801 which is a ZOE-based sealer.

64 single rooted teeth were used in this experiment. After removing the crown, the teeth were divided into 4 groups of 15 in each and obturated with gutta-percha and experimental sealers. 4 teeth were as controls (2 positive and 2 negative).

The results were as follows :

1. During the observation period, all sealers showed varying degree of microleakage.
2. The mean leakage currents according to the electrochemical study of each group showed  $0.418 \pm 0.006\text{mV}$  for Roth 801,  $2.03 \pm 0.035\text{mV}$  for Sealapex,  $3.33 \pm 0.069\text{mV}$  for Apexit and  $6.48 \pm 0.097\text{mV}$  for CRCS group. The positive control group showed 600mV.
3. There were statistically significant difference in mean leakage among experimental groups. ZOE-typed Roth 801 sealer was the lowest, and Sealapex, Apexit, CRCS group in that order showed increased leakage ( $P < 0.05$ ).
4. Roth 801, Sealapex and Apexit group showed increasing leakage with time, but CRCS group showed stable or decreasing leakage tendency.

### I. 서 론

근관치료는 크게 근관외동 형성, 근관형성

및 세척, 근관충전 단계로 나눌 수 있으며, 이중 최종단계인 근관충전은 근관을 밀폐하여 세균과 염증산물이 치근단 조직으로 파급되는

것을 차단하여 치근단조직의 치유를 유도하는 과정으로서 성공적인 근관치료에 중요하다.

근관치료 실패의 주요인은 불완전한 근관충전에서 기인한다고 여러 학자들이 보고한 바 있으며<sup>1-3)</sup>, Grossman<sup>4)</sup>은 근관충전 상태에 따라 예후가 좌우된다고 보고하였다.

통상적으로 근관을 충전할 때 sealer를 사용하는 바, 그 이유는 윤택제기능, 근관 충전재와 근관벽사이의 미세틈 충전기능, 부근관 충전기능등을 들 수 있으며, sealer를 사용하여 근관을 충전한 경우가 sealer를 사용하지 않은 경우보다 근관폐쇄효과가 우수하다고 보고되고 있다.<sup>1,4-6)</sup>.

현재 시판되고 있는 sealer의 종류로는 zinc oxide eugenol계, 레진계, 수산화칼슘계, glass ionomer계 등으로 대별할 수 있으며, 이 중에서 현재까지 가장 널리 사용되어 온 zinc oxide eugenol계에 대해 Tronstad등<sup>7,8)</sup>은 조직에 위해 작용을 가하며, 또한 재료자체의 용해성을 보고한 바 있다.

한편 최근에 많이 소개되고 있고, 또한 본 실험에서 그 폐쇄효과를 평가하고자 하는 수산화칼슘 sealer는 1920년대 Herrman에 의해 치수복조제와 근관 충전용 sealer로서 수산화칼슘을 처음 소개한 이후<sup>9,10)</sup>, 치수의 생활력 보존이나 근관치료 영역에서 근침 형성촉진, 치근흡수 억제, 치근 천공수복, 근관 충전재 목적으로 널리 사용되고 있으며<sup>2,5,10,13)</sup>, 특히 Zmener<sup>2)</sup>는 이상적인 근관 충전용 sealer로 보고한 바 있다<sup>2)</sup>. 또한 Manhart는 Dycal을 근관 충전용 sealer로 사용한 바 있으며<sup>12)</sup>, Pitt Ford와 Rowe<sup>13)</sup>, Tagger와 Tagger<sup>14)</sup>는 생체 친화성이 우수하다고 보고한 반면에 Spanberg는 근관내에서의 높은 용해성때문에 효과적인 근관폐쇄를 기대 할 수 없다고 보고한 바 있다<sup>2)</sup>.

한편 상품화된 수산화칼슘계 sealer의 생체 친화성에 대한 연구로 1980년 초부터 사용되어 온 Sealapex에 대해 Tronstad등<sup>7)</sup>, Zmener등<sup>15)</sup>, Briseno등<sup>16)</sup>은 미약한 염증반응을 나타낸다고 보고하였고, Apexit에 대해 Briseno등<sup>16)</sup>은 초기에 높은 독성을 보이다가 점차 독성이 감

소함을 보고하였고, CRCS에 대해 Tronstad등<sup>7)</sup>, Soares등<sup>17)</sup>은 ZOE sealer와 유사한 염증반응을 나타낸다고 보고한 바 있다.

이와 더불어 근관폐쇄효과에 관한 연구도 많이 이루어져, Hovland와 Dumsha<sup>6)</sup>는 ZOE sealer와 Sealapex sealer의 근관폐쇄효과가 유사하다고 보고하였고, Limkangwalmongkol등<sup>18)</sup>은 ZOE sealer와 Apexit sealer간에 근관폐쇄효과의 차이가 없음을 보고하였고, Zmener<sup>2)</sup>는 ZOE sealer와 CRCS sealer간에 근관폐쇄효과가 유사함을 보고하였다.

근관충전 후 변연누출을 평가하기 위한 방법으로는 색소 침투법, 방사선 동위원소법, 미생물의 이용법, 공기압력법, SEM, 전기화학법등이 있으며<sup>19)</sup>, 이 중에서 색소 침투법과 방사선 동위원소법이 가장 많이 사용되고 있으나<sup>20)</sup>, 색소의 pH, 농도, 방사선 동위원소의 종류등 변수에 따른 측정치의 차이가 크고, 정량적 측정이 아닌 정성적 측정이며, 그 측정을 1회밖에 할 수 없는 등의 단점이 있다<sup>20,21)</sup>.

이에 반해 본 실험에서 사용하고자 하는 전기화학법은 Jacobson과 von Fraunhofer<sup>22)</sup>가 미세누출을 신속하고 연속적인 시간동안 정량 측정할 수 있는 방법이라고 전기화학법을 제안하였고, Mattison과 von Fraunhofer<sup>5)</sup>, Delivanis와 Chapman<sup>20)</sup>에 의해 효과적이고 신뢰할 수 있는 방법으로 입증되었으나, Alhadainy등<sup>23)</sup>은 부분적인 누출은 측정이 불가능하다는 단점을 보고한 바 있다.

본 실험의 목적은 ZOE계인 Roth 801 sealer와 수산화칼슘계인 Sealapex, CRCS, Apexit sealer의 근관폐쇄효과를 전기화학법으로 비교, 평가하고자 30일간 누출정도를 정량 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

64개의 발거된 단근치를 실험대상으로 근관치료 과정을 원활히 수행하기 위해 고속용 핸드피스에 #701 fissure bur를 장착해 실험치아의 치관부를 제거하였으며, 치근부분만 5% NaOCl 용액에 1시간 보관 후, 치근표면에 부

Table 1. Number of teeth in each group.

Group	Roth 801	Sealpex	Apexit	CRCS	(-)control	(+)control
No.	15	15	15	15	2	2

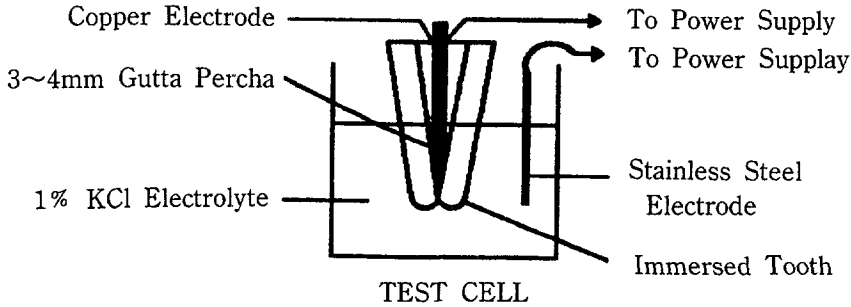


Fig. 1. Schematic drawing of test system

착되어 있는 잔사와 치석을 ultrasonic scaler로 제거하였다.

#15 K-flexo file을 근관내에 삽입하여 치근단공에서 보이기 시작했을 때의 길이보다 1.0 mm 짧게 근관장을 정하여, 통법에 따라 #40 file까지 단계적으로 근관을 형성한 후 #2, #3 gate glidden bur를 사용하여 상부근관을 확대한 다음, 64개의 치아중 60개의 치아를 실험군으로 분류하여 각각 15개씩 무작위로 배분하였으며, 4개의 치아는 음성대조군과 양성대조군으로 분류하여 각각 2개씩 배분하였다. 각 군당 치아의 분포는 Table 1 과 같다.

각각의 실험군을 gutta-percha 와 Roth 801 (Roth Int. LTD., Chicago, IL), Sealapex (Kerr Co., Romulus, MI), Apexit (Vivadent Co., Schaan, Liechtenstein), CRCS (Calcibiotic Root Canal Sealer, Hygenic Corp., Akron, OH)를 이용하여 측방 가압법으로 근관을 충전한 반면 대조군은 근관만 형성하고 근관 충전은 시행하지 않았다.

근관충전이 끝난 60개의 실험치아는 근관내의 누출전류를 측정하기 위한 구리전선의 삽입공간을 형성하기 위하여 치근단부에 4 mm의 gutta-percha가 잔존하도록 과잉 gutta-percha

를 근관용 plugger로 제거한 후, sealer가 경화되도록 실험치아를 증류수로 적셔진 거즈가 들어 있는 통에 실온에서 48시간동안 보관하였다.

지름 0.5 mm, 길이 3cm의 절연된 구리전선을 64개 준비하고 구리전선의 양쪽 끝 2 mm씩 절연 피복을 벗겨 낸 다음, 구리전선의 한쪽 끝을 치관부쪽 근관 입구를 통해 gutta-percha에 접촉시킨 후, 방사선 사진을 촬영하여 위치를 보정하였고 치아상방부위의 구리전선 주위를 sticky wax로 고정시켰다. 실험군과 양성대조군은 치근단공 주위를 제외한 모든 치면에 nail varnish로 3회 도포하였으나 음성대조군은 치근단공을 포함한 치면전체에 nail varnish를 3회 도포하였다.

모든 실험치아를 플라스틱 실험용기에 복합 레진으로 고정시킨 후, 치관부의 구리전선을 전기공급원인 Regulated DC Power Supply (Model ED-245B, Korea)의 출력과 연결하고 다른 하나의 출력에는 표준저항기가 부착된 스테인레스 전선을 연결하여, 1% KCl 용액에 담그었으며 전해액의 농도변화를 방지하기 위해 1% KCl 용액을 5일 간격으로 교환하였다(Fig. 1).

근관내로 누출이 발생시 용액이 구리전선에

도달하여 전류가 흐르게 되고 전압 측정기인 614 Electrometer (Keithley Instruments, Inc., USA)로 흐르는 전류의 양을 측정하여 누출의 정도를 평가하였다.

각각의 실험치아와 스테인레스 전선에 매일 100 의 표준저항과 20V의 정전압을 가한 후, 30일간의 누출정도를 정량적으로 측정하여 각 sealer에 의한 근관폐쇄효과 차이를 통계학적으로 비교하기 위하여 Kruskal-Wallis법과 Mann-Whitney법으로 검증하였다.

### III. 실험성적

각군의 수중 sealer에 따른 근관 누출정도는 ZOE계인 Roth 801군에서 1일째  $0.013 \pm 0.001$  mV, 30일째  $0.447 \pm 0.032$  mV, 수산화칼슘계인 Sealapex군에서 1일째  $0.031 \pm 0.003$  mV, 30일째  $3.062 \pm 0.137$  mV, 수산화칼슘계인 Apexit군에서 1일째  $0.039 \pm 0.004$  mV, 30일째  $4.462 \pm 0.192$  mV, 수산화칼슘계인 CRCS군에서 1일째  $0.446 \pm 0.006$  mV, 30일째  $2.485 \pm 0.079$  mV로 나타났으며, 음성대조군은 전 실험 기간동안 누출을 보이지 않았고, 양성대조군은

전 실험기간동안 평균 600mV를 보여 다른군에 비해 상당히 높은 누출을 나타냈다(1Table 2).

Roth 801군은 평균  $0.418 \pm 0.006$  mV의 누출전류를 나타내었고, 전 실험기간동안 미세한 누출증가를 보였으며, Sealapex군은 평균  $2.03 \pm 0.035$  mV, Apexit군은 평균  $3.33 \pm 0.069$  mV의 누출전류를 나타내면서 전 실험기간동안 서서히 증가하는 추세를 보였으나, CRCS군은 평균  $6.48 \pm 0.097$  mV를 보였으며 10일까지 급격한 누출증가를 보이다가 20일까지는 안정화 추세를 보였으며 그 후부터 점차 감소하는 경향을 보였다. 1일째 Roth 801군, Sealapex군, Apexit군과 CRCS군간에 통계적으로 유의한 차이가 있었으나( $p < 0.05$ ), 10일째 Roth 801군과 CRCS군, Apexit군과 CRCS군간에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었으며( $p < 0.05$ ), 20일째, 30일째는 각 실험군간의 유의할 만한 차이가 없었다(Table 2, 3, Fig. 2).

각 실험군간의 평균 누출정도는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, ZOE 계인 Roth 801 sealer가 가장 낮았고 Sealapex, Apexit, CRCS군의 순서로 누출정도가 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ )(Table 3, 4).

Table 2. Mean leakage currents (mV) of experimental groups.

Group	Day	1	4	7	10	15	20	25	30
Roth 801	Mean	0.013	0.127	0.427	0.353	0.433	0.680	0.487	0.447
	SD	0.001	0.008	0.022	0.022	0.030	0.036	0.030	0.032
Sealapex	Mean	0.031	0.515	1.069	1.961	1.180	2.215	4.030	3.062
	SD	0.003	0.035	0.071	0.121	0.131	0.146	0.247	0.137
Apexit	Mean	0.039	0.723	1.392	1.077	3.469	4.961	6.308	4.461
	SD	0.004	0.034	0.570	0.046	0.164	0.256	0.357	0.192
CRCS	Mean	0.446	6.362	8.054	9.785	9.508	8.715	3.662	2.485
	SD	0.006	0.305	0.341	0.441	0.432	0.401	0.103	0.079

Table 3. Total mean leakage currents (mV) of experimental groups

Group	No. of teeth	Mean $\pm$ SD	Minium	Maxium
Roth 801	15	$0.418 \pm 0.006$	0.013	0.680
Sealapex	13	$2.030 \pm 0.035$	0.031	4.030
Apexit	13	$3.330 \pm 0.069$	0.039	6.970
CRCS	13	$6.480 \pm 0.097$	0.446	10.220

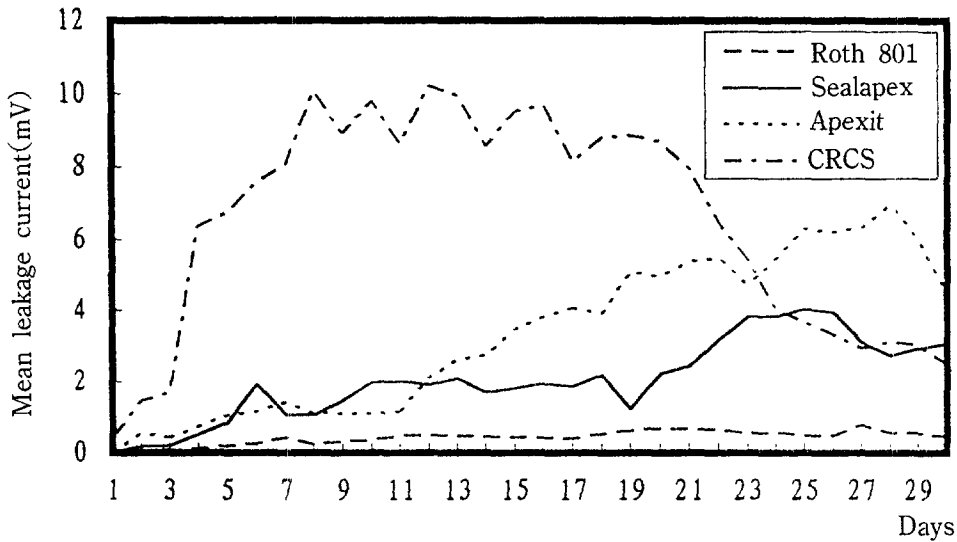


Fig. 2. Linear graph representing mean leakage currents

Table 4. Statistical analysis between experimental groups.

	Roth 801	Sealapex	Apexit	CRCS
Roth 801		**	**	**
Sealapex			*	**
Apexit				**
CRCS				

(Mann-Whitney test)

\* :  $p < 0.05$   
 \*\* :  $p < 0.0005$

#### IV. 총괄 및 고안

성공적인 근관치료를 위해서는 기계화학적 방법으로 형성된 근관내에 세균이나 습기가 침입할 수 없도록 근관을 3차원적으로 완벽하게 폐쇄하여야 하며, 불완전한 근관충전이 근관치료의 주된 실패요인이라고 많은 연구가 보고되어져 왔으며, 따라서 근관치료 영역에서 높은 근관폐쇄성이 요구된다는 점은 주지의 사실이다.

누출을 평가하는 방법에는 여러 방법들이 소개된 바 있으며, 이 중 근관 누출연구의 약 82%가 색소침투법이나 방사선 동위원소법을 이용하였으나<sup>24)</sup>, Delivanis와 Chapman<sup>20)</sup>, Alhadainy등<sup>23)</sup>은 위의 평가방법들이 현저한 한

계성뿐 만 아니라 뚜렷한 오차의 범위에 따라 결과에 부정확한 영향을 줄 수 있다하여 근관 누출을 평가하는데 Jacobson과 von Fraunhofer<sup>22)</sup>가 제안한 전기화학적 방법을 가장 객관적인 방법이라 추천하였다.

Mattison과 von Fraunhofer<sup>5)</sup>는 전기화학적 방법이 외부의 전원공급으로 전해질에 담겨져 있는 두개의 금속물질사이에 전기적 전류가 흐른다는 것을 기초로하여 미세누출의 양을 연속적으로 측정하는데 이용할 수 있다고 보고하였다. 이에 본 실험은 전기화학적 누출 평가방법을 채택하였다.

근관폐쇄를 위한 sealer의 이상적인 요구성질로서는 우수한 근관폐쇄 기능, 방사선 불투과성, 조직액에 불용해성 및 치근단 조직에

무자극성이어야 하며, 살균이나 소독기능이 있어야 하며, 혼합이 쉽고, 경화시간이 적당히 길어야 하며, 필요시 제거하기가 쉬워야 한다. 그러나 현재까지 이러한 요구조건을 충족시키는 재료는 없으며 현재 ZOE계의 sealer가 주로 사용되고 있는 실정이다.

본 실험에서 사용한 ZOE계인 Roth 801 sealer는 평균  $0.418 \pm 0.006$ mV의 누출전류를 나타내었고, 전 실험기간동안 미세한 누출증가를 보여 ZOE sealer의 근관폐쇄성이 우수하다고 보고한 Grossman<sup>45)</sup>의 의견과 일치하였다. ZOE계와 비교, 평가하고자 한 수산화칼슘계인 Sealapex에 대해 Hovland와 Dumsha<sup>6)</sup>는 ZOE계인 Tubliseal과 Procosol을 Sealapex와 비교 관찰한 결과 통계적으로 유의할 만한 차이는 없었다고 하였고, Alexander와 Gordon<sup>25)</sup>도 ZOE계인 Grossman type sealer와 비교한 결과 유사한 근관폐쇄를 나타낸다고 보고하였고, Zmener<sup>2)</sup>도 Tubliseal, Sealapex, CRCS간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 모든 sealer들이 적절한 근관폐쇄성을 보이지 않고 시간이 경과함에 따라 근관폐쇄효과가 감소하였다고 보고하였다.

또한 Jacobsen<sup>26)</sup>, Barkhordar와 Bui<sup>27)</sup>, Sleder<sup>28)</sup>, 윤<sup>10)</sup>은 ZOE sealer와 Sealapex사이에 통계적으로 유의성이 없다고 입증한 바 있고, Lim과 Tidmarsh<sup>29)</sup>는 레진계인 AH<sup>26)</sup>과 Sealapex를 전기화학법으로 26주동안 비교 관찰한 결과 통계적으로 차이가 없다고 보고하였다.

본 실험에서 사용한 Sealapex군은 평균  $2.03 \pm 0.035$ mV의 누출전류를 나타내면서 전 실험기간동안 서서히 증가하는 추세를 보였으며, Sealapex군과 Roth 801군간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.0005$ ). 이는 여러 학자들이 연구한 결과와 상반된 것으로 근관형성 및 충전의 차이뿐만 아니라 평가방법의 차이에서 기인된 것으로 사료된다. Osins<sup>30)</sup>은 전기화학법에서 누출정도에 영향을 줄 수 있는 인자로 술자의 개인차, 치근단부의 해부학적 다양성, 전해액의 농도, 잔존치질의 두께 차이등을 보고한 바 있다. 이에 Wu와 Wesslink<sup>24)</sup>

는 근관 충전재의 누출연구에서 오차를 줄이기 위해서는 모든 치근의 길이, 치근단부의 해부학적 구조 및 근관형성후 근점공의 지름이 비슷해야 하며, 실험은 양압을 이용하거나 진공 상태하에서 시행되어야 하며, 실험기간동안 색소의 pH에 대한 연구도 이뤄져야 한다고 하였다.

또다른 수산화칼슘계인 Apexit에 대해 Limkangwalmongkol<sup>18)</sup>은 ZOE계인 Tubliseal과 비교한 결과 통계적 유의성이 없다고 보고하였다.

이에 반해 본 실험에서는 평균  $3.33 \pm 0.069$  mV의 누출전류를 보이면서 전 실험기간동안 서서히 증가하는 추세를 보였으나, Apexit군과 Roth 801군간에 통계적으로 유의적 차이가 있었고( $p < 0.0005$ ), 또한 동일 수산화칼슘계인 Apexit군과 Sealapex군간에도 통계적으로 유의적 차이가 있어( $p < 0.05$ ), Limkangwalmongkol<sup>18)</sup>의 보고와 상반된 결과를 보였다.

수산화칼슘계인 CRCS에 대해 Zmener<sup>2)</sup>, Jacobsen<sup>26)</sup>, Barkhordar와 Bui<sup>27)</sup>는 근관폐쇄 연구에서 ZOE sealer와 CRCS군간에 통계적으로 유의할 만한 차이가 없다고 하였으나, 본 실험에서는 평균  $6.48 \pm 0.097$ mV를 보여 ZOE계인 Roth 801보다 매우 높은 누출을 보였으며( $p < 0.0005$ ), 10일까지 급격한 누출증가를 보이다가 20일까지는 안정화 추세를 보였으며 그 후부터 점차 감소하는 경향을 보인바, 이는 Cohen<sup>12)</sup>이 보고한 누출연구에서 CRCS는 시간이 경과할수록 누출양상이 안정화 또는 감소한다는 보고와 유사하였으며, Alexander와 Gordon<sup>25)</sup>은 Grossman sealer와 Sealapex보다 CRCS가 더 큰 누출을 보인다고 하였다. 또한 본 실험을 통하여 CRCS군과 Roth 801군, Sealapex군, Apexit군간에 근관폐쇄효과에 대해 통계적으로 유의적 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

한편, 1일째부터 비정상적으로 과도한 누출을 보이는 실험치아는 본 실험에서 제외하였는 바, 이유는 Hovland와 Dumsha<sup>6)</sup>가 보고한 바와 같이 이러한 과도한 누출은 근관충전용 sealer의 용해성보다는 부적절한 근관충전에서 기인된

것으로 간주하여 본 실험에서 Sealapex군, Apexit군, CRCS군에서 각각 2개씩 제외하였다.

양성대조군은 전 실험기간을 통해 평균 600 mV의 누출전류를 보여 실험군에 비해 상당량의 누출정도가 측정되었으며, 음성대조군은 전 실험기간동안 누출전류가 흐르지 않았다.

이상의 실험결과에 의하면 각 실험군간의 누출정도는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, ZOE계인 Roth 801 sealer가 수산화칼슘계인 Sealapex, Apexit 및 CRCS에 비해 낮은 누출을 보였고( $p < 0.0005$ ) Sealapex, Apexit, CRCS군의 순서로 누출정도가 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 또한, Roth 801군, Sealapex군, Apexit군은 시간이 경과함에 따라 누출정도가 증가함을 보였으나, CRCS군은 안정화 또는 감소하는 경향을 나타냈다.

본 실험은 30일동안의 누출결과를 토대로 평가하였으나, 좀 더 오랜기간동안 관찰하여 누출의 추이를 살펴보는 것이 필요할 것으로 생각되며, 전기화학법으로 누출을 평가하는데 있어 전해액의 농도가 조금만 변하여도 측정된 전류값에 많은 변화를 가져올 수 있으므로 시간 경과에 따른 농도를 평가하여 전해액의 교환 시기도 고려되어야 할 것으로 사료되는 바이다.

## V. 결 론

근관폐쇄효과가 우수한 것으로 알려진 ZOE계 Roth 801 sealer와 수산화칼슘계 Sealapex, CRCS, Apexit sealer의 근관폐쇄효과를 비교, 평가하고자 64개의 단근치를 선택하여 15개씩 4개군으로 나눈 다음 수중 sealer를 이용하여 측방 가압법으로 근관충전하고 4개치아는 대조군으로 사용하여 30일간 전기화학법으로 누출정도를 정량 측정하여 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 재료들은 관찰기간동안 정도의 차이는 있으나 모두 근단누출을 보였다.
2. 각 군의 전기화학적 연구결과에 따른 평균 누출정도는 Roth 801군이  $0.418 \pm 0.006$  mV, Sealapex군이  $2.03 \pm 0.035$  mV, Ape-

xit군이  $3.33 \pm 0.069$  mV, CRCS군이  $6.48 \pm 0.097$  mV를 나타냈으며, 양성대조군은 600mV를 나타냈다.

3. 각 군간의 평균 누출정도는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, ZOE계인 Roth 801 sealer가 가장 낮았고 수산화칼슘계인 Sealapex, Apexit, CRCS군의 순서로 누출정도가 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).
4. Roth 801군, Sealapex군, Apexit군은 시간이 경과함에 따라 누출정도가 증가함을 보였으나, CRCS군은 안정화 또는 감소하는 경향을 나타냈다.

## 참고 문헌

1. Ingle JJ, Taintor JF. Endodontics. 3rd ed. Philadelphia : Lea & Febiger, 1985 ; 26-50.
2. Zmener O. Evaluation of the apical seal obtained with two calcium hydroxide based endodontic sealers. Int Endod J 1987 ; 20 : 87-90.
3. 김용덕, 조규중. 가온 측방가압 근관충전법의 폐쇄효과. 대한치과 보존학회지 1994 ; 19 : 429-45.
4. Grossman LI, Oliet S, Del Rio CE. Endodontic practice. 11th ed. Philadelphia : Lea & Febiger, 1988 ; 242-70.
5. Mattison GD, von Fraunhofer JA. Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. Oral Surg 1983 ; 55 : 402-7.
6. Hovland EJ, Dumsha TC. Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. Int Endod J 1985 ; 18 : 179-82.
7. Tronstad L, Barnett F, Flax M. Solubility and biocompatibility of calcium-containing root canal sealers. Endod Dent Traumatol 1988 ; 4 : 152-9.
8. Barnett F, Trope M, Rooney J, Tronstad L. In vivo sealing ability of calcium hydro-

- xide-containing root canal sealers. *Endod Dent Traumatol* 1989 ; 5 : 23-6.
9. Rothier A, Leonardo MR, Bonetti I, Mendes AJ. Leakage evaluation in vitro of two calcium hydroxide and two zinc oxide-eugenol-based sealers. *J Endodon* 1987 ; 13 : 336-8.
  10. 윤수한. Sealapex의 근관폐쇄효과에 관한 실험적 연구. *대한치과 보존학회지* 1993 ; 18 : 497-500.
  11. Holland R, Souza V. Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *J Endodon* 1985 ; 11 : 535-43.
  12. Cohen T, Gutmann J, Wagner M. An assessment in vitro of the sealing properties of Calciobiotic Root Canal Sealer. *Int Endod J* 1985 ; 18 : 172-8.
  13. Pitt Ford TR, Rowe AHR. A new root canal sealer based on calcium hydroxide. *J Endodon* 1989 ; 15 : 286-9.
  14. Tagger M, Tagger E. Periapical reactions to calcium hydroxide-containing sealers and AH26 in monkeys. *Endod Dent Traumatol* 1989 ; 5 : 139-46.
  15. Zmener O, Guglielmotti MB, Cabrini RL. Biocompatibility of two calcium hydroxide-based endodontic sealers : a quantitative study in the subcutaneous connective tissue of the rat. *J Endodon* 1988 ; 14 : 229-35.
  16. Briseno BM, Willershausen B, Doz P. Root canal sealer cytotoxicity with human gingival fibroblasts. III. Calcium hydroxide-based sealers. *J Endodon* 1992 ; 18 : 110-3.
  17. Soares I, Goldberg F, Massone EJ, Soares IM. Periapical tissue response to two calcium hydroxide-containing endodontic sealers. *J Endodon* 1990 ; 16 : 166-9.
  18. Limkangwalmongkol S, Burtscher P, Abbott PV, Sandler AB, Bishop BM. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *J Endodon* 1991 ; 17 : 495-19.
  19. 임미자, 이명중. 충전후 방사능에 의한 변연 누출측정에 관한 실험적 연구. *대한치과보존학회지* 1988 ; 13 : 69-77.
  20. Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg* 1982 ; 53 : 410-6.
  21. Mattison GD, von Fraunhofer JA, Delivanis PD, Anderson AN. Microleakage of retrograde amalgams. *J Endodon* 1985 ; 11 : 340-5.
  22. Jacobson SM, von Fraunhofer JA. The investigation of microleakage in root canal therapy. *Oral Surg* 1976 ; 42 : 817-23.
  23. Alhadainy HA, Elsaed HY, Elbaghdady YM. An electrochemical study of the sealing ability of different retrofilling materials. *J Endodon* 1993 ; 19 : 508-11.
  24. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J* 1993 ; 26 : 37-43.
  25. Alexander JB, Gordon TM. A comparison of the apical seal produced by two calcium hydroxide sealers and a Grossman-type sealer when used with laterally condensed gutta-percha. *Quintessence Int* 1985 ; 9 : 615-21.
  26. Jacobsen EL, BeGole EA, Vitkus DD, Daniel JC. An evaluation of two newly formulated calcium hydroxide cements : a leakage study. *J Endodon* 1987 ; 13 : 164-9.
  27. Barkhordar RA, Bui T, Watanabe L. An evaluation of sealing ability of calcium hydroxide sealers. *Oral Surg* 1989 ; 68 : 88-92.
  28. Sleder FS, Ludlow MO, Bohacek JR. Long-term sealing ability of calcium hydroxide sealer. *J Endodon* 1991 ; 17 : 541-3.



29. Lim KC, Tidmarsh BG. The sealing ability of Sealapex compared with AH26. *J Endodon* 1986 ; 12 : 564–6.
30. Osins BA, Carter JM, Shih-Levine M. Microleakage of four root canal sealer cements as determined by an electrochemical technique. *Oral Surg* 1983 ; 56 : 80–8.
31. Ray H, Seltzer S. A new glass ionomer root canal sealer. *J Endodon* 1991 ; 17 : 598–603.