

## 근관외동 가봉재 종류에 따른 변연누출의 비교 분석

전남대학교 치과대학 치과보존학교실

윤 창 · 홍석진

Abstract

### COMPARATIVE ANALYSIS OF MARGINAL MICROLEAKAGE IN VARIOUS TEMPORARY SEALING MATERIALS

Chang Yun · Suck - Jin Hong

*Dept. of Conservative Dentistry College of Dentistry, Chonnam National University.*

The roles of temporary sealing materials used in endodontics are impotent. Especially, its marginal sealing properties affect endodontic success and failure in endodontic treatment.

The purpose of this in vitro study was to compare and evaluate the marginal sealing properties of various temporary restorative materials used in endodontic access cavity by using electrochemical method.

Standard endodontic access cavities were prepared in extracted human molar teeth and filled with Caviton, IRM, zinc oxide - eugenol cement. Each specimen was immersed in 1% solution of KCl, and applied a potential of 9V external power supply.

Marginal microleakage and water sorption were measured for marginal sealing effect evaluation in comparison with each group.

A comparative study of the obtained results have led to the following conclusions.

1. The Caviton group showed lower marginal microleakage value than the zinc oxide - eugenol cement and IRM group the 6th day after. The IRM group showed lower marginal microleakage value than the zinc oxide - eugenol cement group from the 6th day to the 12th day. But there was no significant difference between zinc oxide - eugenol cement and IRM group after the 13th day.
2. As time went by, marginal microleakage value was increased in Caviton, IRM and zinc oxide - eugenol cement.

### I. 서 론

근관치료에 있어서 근관외동 가봉재는 근관이 구강내의 타액, 유기물 또는 세균에 의해 오염되는 것을 방지하고, 근관외동내에 삽입한 약제가 구강내로 누출되는 것을 차단하기 위해 치료중인 치아나 근관치료 후 최종 수복물을 장착하기 전까지 근관외동을 폐쇄시키는데 사용되며, 특히 근관외동 가봉재(이하 가봉재)의 변연폐쇄성은 중요한 요소

이다<sup>1-6)</sup>.

근관치료 기간동안 근관외동 가봉재의 변연누출에 의한 실패가 많으므로 변연누출이 적은 가봉재를 선택하여 사용하는 것은 근관치료의 성공률을 높일 수 있는 방법 중의 하나이다. 이에 여러 학자들은 변연누출이 적은 재료를 선택하기 위해 근관외동 가봉재의 변연누출을 연구하였다. Bobotis 등<sup>7)</sup>은 유체 침윤법(fluid infiltration method)을, Chohayeb 와 Bassiouny<sup>8)</sup>는 색소 이용법을 이용하여 온도

변화에 따른 가봉재의 변연누출을 연구한 결과, Cavit®(Premier Dental Products Co., Philadelphia, Pa., U.S.A.)는 우수한 변연폐쇄성을 보였으나 IRM®(The L.D. Caulk Co., U.S.A.)은 상당한 변연누출이 관찰된다고 보고하였다. 또한 Pashley 등<sup>9)</sup>은 산화아연-유지놀 시멘트와 IRM은 시간이 지나면서 변연누출이 증가하였지만 Cavit-G®(Premier Dental Products Co., Philadelphia, Pa., U.S.A.)는 항상 우수한 변연폐쇄능력을 나타낸다고 보고하였다.

Krakow 등<sup>10)</sup>은 사람을 대상으로 한 생체내 실험에서 Cavit와 산화아연-유지놀 시멘트가 거의 동일한 정도의 변연폐쇄성을 보인다고 하였으나, Lamers 등<sup>11)</sup>은 원숭이를 이용한 생체내 실험에서 Cavit가 상당한 변연누출을 보인다고 하여 Krakow 등<sup>10)</sup>의 보고와 상이한 주장을 하였다. 또한 Blaney 등<sup>12)</sup>은 IRM과 Cavit 모두에서 미생물의 침투가 있었다고 보고하였으며 Marosky 등<sup>13)</sup>은 IRM이 산화아연-유지놀 시멘트나 다른 시멘트보다 더 많은 변연누출을 나타낸다고 보고하였다.

이상과 같이 연구 방법에 따라 근관와동 가봉재들의 변연누출이 상이한 결과로 보고될 뿐 아니라 가봉재 주위에서 일어나는 변연누출에 관한 정량적 연구는 최소 하였다. 이에 저자는 현재 임상에서 많이 사용되고 있는 Caviton, IRM, 산화아연-유지놀 시멘트 등 3종의 근관와동 가봉재에 대해 연속적인 시간동안 측정이 가능하고, 가장 객관적인 방법이라고 보고된 전기화학적 방법<sup>14)</sup>을 이용하여 변연 누출량을 시간 경과에 따라 측정하였고, 가봉재가 경화되는 동안 수분 흡수가 변연누출에 영향을 미침<sup>15)</sup>을 감안하여 수분 흡수율을 측정한다 바 근관와동 가봉재의 변연폐쇄성에 관한 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

사람의 발거된 영구치중 치관부가 치아 우식중에 이환되지 않고 파절이나 균열이 없는 건전한 대구치 30개를 실험재료로 하였으며, 실험대상 근관와동 가봉재로는 Caviton, IRM, 산화아연-유지놀 시멘트(Zinc oxide powder, eugenol) 등 3종으로 하였다 (Tabl 1).

Table 1. Kinds of examined temporary sealing materials

Temporary sealing material	Manufacturer	Country	
Caviton®	G. C. Co.	Japan	
IRM®	The L. D. Caulk Co.	U. S. A.	
ZOE	powder	Moyco Industries Inc.	U. S. A.
	eugenol	Sultan Chemists Inc.	U. S. A.

### 2. 실험방법

#### 1) 실험시편 제작

사람의 발거된 대구치를 5% NaOCl 용액에 24시간 동안 처리한 후 치관과 치근부에 부착된 치석 및 연조직을 제거하였다. 치아 장축에 수직으로 교합면을 편평하게 삭제하고 치근 분지부에 존재하는 부근관을 제거하기 위해 치근 분지부 상방에서 치아 장축에 수직으로 치아를 절단하여 치근부를 제거하였다. 치아시편의 길이는 10mm 이상이 되도록 하였고 교합면 방향에서 표준 근관와동을 형성하였다.

#### 2) 전기화학적 변연누출 측정

제작된 실험시편에 전극을 설치하기 위해서 각 실험시편의 근관와동을 silicone rubber 인상재로 인상을 채득한 후 이를 분리하여 근관와동 인상을 교합면에서 5mm 절단 제거하였다. 치근부에서 근관와동내로 인상을 위치시킨 후 인상재의 중앙에 stainless steel 전선을 교합면 방향으로 0.5mm가 돌출되도록 삽입하여 탐지전극(detector electrode)으로 하였다. 실험시편과 연결된 탐지전극(detector electrode)의 정확한 장착과 위치변화를 방지하기 위하여 치아시편과 전선의 연결부위를 sticky wax로 고정하고, 근관와동의 변연부위를 제외한 모든 치면과 전해액에 잠기는 전선부위는 손톱용 바니시(finger-nail varnish)를 2회 도포하였다.

교합면 방향에서 근관와동내에 소면구를 1.5mm 두께로 넣은 후 산화아연-유지놀시멘트와 IRM은 Pashley 등<sup>9)</sup>이 추천한 분말 내 용액 혼합비율(P/L ratio)에 따라 각각 4:1로 혼합하여 충전하였으며 Caviton은 통법에 의해 충전하였다. 시편수는 각 군당 10개로 하였으며, 충전된 각 가봉재의 두께는 3.5mm로 하였다.

탐지전극이 연결된 각 실험시편과 보조전극(reference electrode)으로 사용한 stainless steel 전선을

전해액인 1% 염화칼륨(KCl) 수용액내로 위치시키고 용기는 밀폐하였다(Fig. 1).

### III. 실험성적

#### 1. 근관와동 가봉재의 시간 경과에 따른 변연누출

모든 충전군의 변연누출은 시간이 경과함에 따라 누출량도 증가하였다. 충전군별로는 Caviton 충전군이 0.18-8.88 mV, IRM 충전군이 0.90-18.71 mV, 산화아연-유지놀 시멘트 충전군이 1.20-23.03 mV의 순이었다(Table 2).

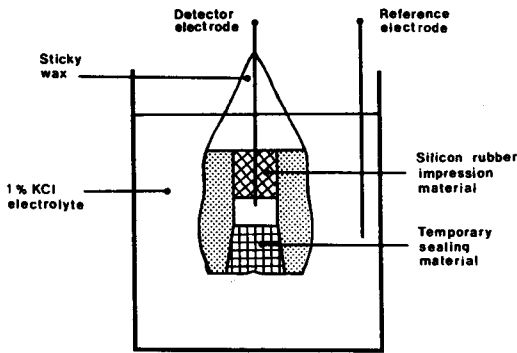
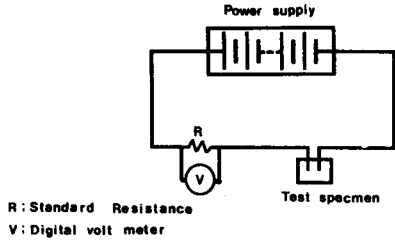


Figure 1. Schematic drawing of test specimen with sealed access cavity and electrodes in position.

탐지전극 및 보조전극은 100Ω의 표준저항기가 장치된 전기공급원의 출력과 연결하고 9V의 정전압을 가해서 충전후 24시간마다 2주동안 Digital multimeter(SOAR Corporation, Model ME-530, Japan)를 이용하여 전압강하를 측정하였다.

#### 3) 수분 흡수율 측정

수분 흡수율을 측정하기 위해 5 mm W×15 mm D×3 mm H의 직육면체형 시편을 각 군당 5개씩 제작하고 증류수에 저장하기 전에 각 시편의 무게를 Analytical balance(Precisa Co., 40 SM-200 A, Swiss)를 사용하여 측정하고 3시간, 24시간 및 72시간 후에 각 시편의 무게를 측정하여 각 시간별로 수분 흡수량을 백분율로 계측하였다.

이상의 측정된 연구 결과는 SAS(Statistical Analysis System) program을 이용하여 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

Table 2. Mean leakage currents by temporary restoration groups with time (Values are mean (mv) ± S.D., N=10)

Day	Caviton	IRM	ZOE Cement
1	0.18±0.56	0.90±1.98	1.20±1.28
2	0.66±1.05	1.45±2.27	2.04±2.27
3	1.37±1.41	2.45±2.73	3.11±2.94
4	1.97±1.67	2.83±2.95	3.55±2.84
5	2.66±2.04	3.67±3.11	4.17±2.96
6	3.07±2.12	4.17±3.20	6.00±3.59
7	4.65±2.89	5.64±3.59	8.83±4.52
8	5.17±2.96	6.12±4.22	11.46±4.93
9	6.19±3.84	7.29±4.55	14.79±6.17
10	6.13±3.28	8.62±5.43	17.05±6.24
11	6.87±3.81	11.40±5.46	19.02±7.04
12	8.30±5.52	14.03±5.40	19.79±7.02
13	8.53±5.55	15.79±7.02	22.00±8.22
14	8.88±5.60	18.71±9.42	23.03±9.15

날짜별 변연누출은 가봉재를 충전한 후 5일까지는 각 군사이에 유의한 차이는 없었다. 6일 이후 14일까지 Caviton 충전군이 산화아연-유지놀 충전군보다 변연누출이 적었으며, 6일 이후 11일까지 Caviton 충전군이 IRM 충전군은 서로 유의한 차이가 없었으나, 12일부터 14일까지는 Caviton 충전군과 IRM 충전군보다 변연누출이 적었다. IRM 충전군은 산화아연-유지놀 시멘트 충전군과 비교하여 6일 이후부터 12일까지는 변연누출이 적었으나, 13일 이후 유의한 차이가 없었다(Fig 2, P<0.05).

#### 2. 근관와동 가봉재의 수분 흡수율

각 군의 시간별 수분 흡수율은 모든 군에서 시간이 경과함에 따라 수분 흡수가 증가하였으며 특히 24시간 이내에 수분 흡수가 많이 일어난 것으로 나타났다. 각 가봉재의 수분 흡수량은 72시간후에 Caviton은 9.16±0.25%, IRM은 7.26±0.71%, 산화아연-유지놀 시멘트는 5.11±0.66%로 Caviton이 가장 많았고 산화아연-유지놀시멘트가 가장 적었다(Table 3).

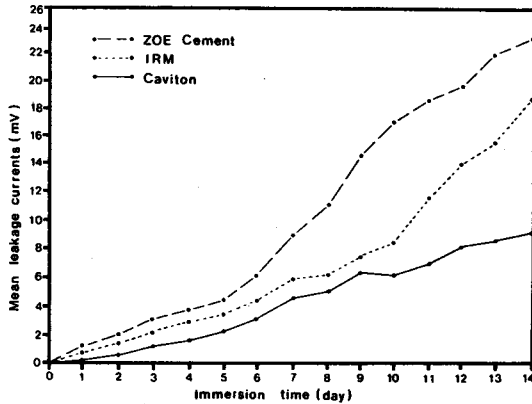


Figure 2. Mean leakage currents for groups

Table 3. Weight percent increase caused by water sorption with time (Unit: Percent. N=5, \*: P<0.01)

	3 hr	24 hr	72 hr
Cavition	5.31±2.21	8.78±0.21	9.16±0.25
IRM	4.24±0.55	6.22±0.55*	7.26±0.71*
ZOE Cement	1.53±0.43	4.31±0.53	5.11±0.66*

#### IV. 총괄 및 고찰

근관치료는 장기간의 치료로서 여러번의 내원이 요구되므로 근관와동 가봉재가 필요하며 이는 구강내에서 단시간동안 사용된다. 따라서 가봉재가 갖추어야 할 압축강도, 타액에 대한 용해도, 심미성, 조작의 용이성, 변연폐쇄성등의 조건중 변연폐쇄성이 가봉재의 선택에 있어서 첫째로 고려되어야 하며, 잘 선택된 가봉재는 근관치료에 많은 도움을 준다<sup>1)</sup>. 또한 근관와동 가봉재의 변연폐쇄성이 근관치료의 성패에 큰 영향을 미친다는 점은 주지의 사실이다. 이에 선택들은 우수한 변연폐쇄성을 갖는 가봉재를 선택하기 위해 가봉재의 변연누출에 대하여 색소를 이용한 연구<sup>8, 16-9)</sup>, 방사선동위 원소를 이용한 연구<sup>13, 20-22)</sup>, 미생물을 이용한 연구<sup>10, 12, 23)</sup>, 유체 침윤법(fluid infiltration method)을 이용한 연구<sup>7, 24, 25)</sup> 및 전기 화학적 방법을 이용한 연구<sup>26, 27)</sup> 등 많은 연구를 시행하였다.

색소 이용법은 수복물 주위의 변연누출을 측정하는데 사용되는 가장 오래된 방법이지만 정량적인 계측을 할 수 없고 진공 상태에서 실험을 해야하기

때문에 결과의 평가에 한계가 있으며, 자가 방사선법도 정량적이고 객관적인 결과를 얻기가 불가능하며 관찰자의 주관에 따라 결과의 현저한 변화를 가져올 수 있다<sup>28-30)</sup>.

본 연구에서 변연누출 측정에 사용된 전기 화학적 방법은 1976년 Jacobson 과 von Fraunhofer<sup>14)</sup>에 의해서 제시되었으며, 이 방법은 수복물의 변연누출을 정량적이며 연속적인 시간동안 측정이 가능하고, 측정결과를 쉽게 비교 분석할 수 있는 장점이 있으며 가장 객관적인 방법이라고 보고되었다. 그러나 이 방법은 전해액내의 염화칼륨 농도가 조금만 변하여도 측정된 값에 많은 변화를 가져올 수 있는 단점이 있어 본 실험에서는 밀폐된 플라스틱 용기를 사용하고, 5일마다 한번씩 전해액을 교환하여 전해액의 농도 변화를 최소한으로 줄였다.

본 연구에서 사용된 가봉재인 Cavition, IRM, 산화아연-유지닐 시멘트등은 손쉽게 구할 수 있고, 적당한 강도를 가지고 있으며, 경제적인 이유로 임상에서 많이 사용되기 때문에 실험대상으로 하였고, 실험기간은 가봉재가 충전 즉시 구강환경에 노출되어 최대한 2주동안 구강내에 가봉된다는 점에 착안하여 2주동안 시행하였다. 또한 Pashley 등<sup>9)</sup>은 IRM 이 가장 우수한 변연폐쇄성을 나타내는 비율과 임상에서 가장 많이 사용되는 산화아연-유지닐 시멘트의 분말 대 용액 혼합비율을 각각 4:1로 보고하여 본 연구에서도 이 비율을 적용하였으며, Krakow 등<sup>10)</sup>에 의한 연구에서 Cavit와 Cavition 은 변연폐쇄성과 구성 성분이 유사하다고 보고하여 본 연구에서는 Cavition 을 사용하였다. 한편 Webber 등<sup>31)</sup>은 변연누출을 일으키지 않는 Cavit 의 최소 두께가 3.5 mm 라고 보고하여 본 실험에서는 3종의 가봉재 모두 3.5 mm 의 두께가 되도록 시편을 제작하여 사용하였다.

본 연구 결과 Cavition 충전군은 실험기간 동안 IRM 과 산화아연-유지닐 시멘트충전군보다 변연누출은 적었으나 시간의 경과에 따라 점차적으로 증가하는 양상을 보였다. 산화아연-유지닐 시멘트 충전군은 6일부터 Cavition 과 IRM 충전군보다 변연누출이 현저히 증가하였고, IRM 충전군은 Cavition 충전군에 비해 12일 후부터 변연누출이 증가하였다. 3종의 가봉재 모두 날짜의 경과에 따라 변연누출이 증가하였으며 이 결과는 Pashley 등<sup>9)</sup>, Lamers 등<sup>11)</sup>, Marosky 등<sup>13)</sup>, Norman 등<sup>32)</sup>이 시간이

지날수록 가봉재의 변연누출이 증가한다고 보고한 연구 결과와 일치하고 있다. 2주 후의 변연누출은 3종의 가봉재 중 Caviton이 가장 적게 나타나 유체 침윤법을 이용하여 Cavit, IRM, TERM®(Caulk / Dentsply International Inc., Milford, DE., U.S.A.)등을 대상으로 변연누출을 평가한 Anderson 등<sup>24, 25)</sup>의 연구 결과와 유사하였다.

본 연구 결과 근관치료시 가봉재의 변연누출을 고려한 환자의 내원간격은 5일 이내인 경우에는 3종의 가봉재 모두 사용할 수 있고, 산화아연-유지닐 시멘트를 가봉재로 사용한 경우는 6일, IRM을 사용하는 경우는 11일이 넘지 않는 범위 내에서 환자들이 내원하도록 하는 것이 바람직하다고 사료된다. 그러나 내원간격이 2주 이상 길어질 가능성이 있는 경우에는 가봉재로 Caviton의 사용이 추천된다.

또한 본 연구에서는 Caviton의 변연누출이 IRM보다 더 적게 나타났으며, 이는 Bramante 등<sup>20)</sup>, Keller 등<sup>23)</sup>의 IRM이 Cavit보다 변연누출이 적었다고 보고하였으나, 근관약제를 사용하지 않은 본 연구에서는 근관약제에 의한 표면연화의 영향이 없으므로 다른 결과가 나타났다고 사료된다.

근관와동 가봉재의 변연폐쇄성은 주로 수분 흡수에 의해 영향을 받음을 감안하여 3종의 가봉재에 대한 수분 흡수율을 측정된 결과 Caviton은 9.16%, IRM은 7.26%, 산화아연-유지닐 시멘트는 5.11%로 Caviton의 수분 흡수율이 가장 많았고 산화아연-유지닐 시멘트가 가장 적었다. 연구 보고와는 상반된 결과를 보였다. 이들의 연구는 가봉재가 근관약제와 접촉되었을때 변연누출에 영향을 주는 표면연화(Surface softening)가 Cavit보다 IRM에서 더 많이 일어나기 때문에 IRM이 Cavit보다 변연누출이 적었다. 변연폐쇄성 또한 Caviton의 변연폐쇄성이 가장 높았고 산화아연-유지닐 시멘트가 가장 낮게 나타나 수분 흡수가 많은 재료가 변연폐쇄성이 우수하였다. 이는 가봉재가 경화되는 동안 수분 흡수에 의해 일어나는 선펡창계수가 변연폐쇄성을 증진시키며, Cavit의 우수한 변연폐쇄성은 산화아연-유지닐 시멘트에 비하여 선펡창계수가 2배 정도 높기 때문이라고 보고한 Winderman 등<sup>15)</sup>의 보고와 일치한 결과를 보였다. 따라서 Caviton의 우수한 변연폐쇄성은 수분흡수에 의한 높은 선펡창계수 때문인 것으로 사료된다.

이상의 결과들을 종합해보면 본 실험에 사용된 근관와동 가봉재중 Caviton의 변연폐쇄성이 가장 우수하였고, IRM과 산화아연-유지닐 시멘트는 Caviton에 비해 변연누출은 많았으나 임상에서 환자의 상태에 따라 적절히 선택하면 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 향후 구강내의 환경과 유사한 상황에서 가봉재의 변연폐쇄에 영향을 줄 수 있는 교합압, 온도변화 및 근관약제의 효과 등을 고려하여 가봉재의 변연누출에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

근관와동 가봉재는 근관치료중 근관이 이물질에 오염되는 것을 방지하기 위하여 근관와동을 폐쇄 시키는데 사용되며, 특히 가봉재의 변연폐쇄성은 근관치료의 성패에 지대한 영향을 미친다.

본 연구는 근관와동 가봉재의 변연폐쇄성을 평가하기 위하여 임상에서 많이 사용되고 있는 Caviton, IRM, 산화아연-유지닐 시멘트에 대한 변연누출과 가봉재의 변연폐쇄성에 영향을 주는 수분 흡수율을 측정 비교하였다. 변연누출은 각 치아의 교합면에 표준 근관와동을 형성한 후 3종의 근관와동 가봉재로 충전한 다음 9V의 정전압을 가하고 각각 2주 동안 전기화학적 방법으로 측정하여 변연누출량을 관찰하였고, 또한 각 근관와동 가봉재의 수분 흡수율을 측정하여 근관와동 가봉재의 변연폐쇄성을 비교 분석한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 변연누출은 6일 후부터 Caviton 충전군이 산화아연-유지닐 시멘트나 IRM 충전군보다 낮았으며, 6일부터 12일까지는 IRM 충전군이 산화아연-유지닐 시멘트 충전군보다 낮았으나 13일 후에는 유의한 차이가 없었다.
2. Caviton, IRM, 산화아연-유지닐 시멘트 등 3종의 근관와동 가봉재는 시간의 경과에 따라 변연누출도 증가하였으며 가봉재로는 5일 이내에서 사용하는 것이 효과적이다.
3. 수분 흡수율은 Caviton, IRM, 산화아연-유지닐 시멘트순으로 낮아 수분 흡수율과 가봉재의 변연누출은 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났으며 수분 흡수율이 높은 가봉재의 변연누출이 낮았다.

## 참 고 문 헌

1. Grossman, L.I. : Endodontic practice. 11th ed. pp. 232 - 233, Philadelphia and Febiger, 1988.
2. Weine, F.S. : Endodontic therapy. 3rd ed. pp. 328 - 329, The C.V.Mosby Company, 1982.
3. Teplitsky, P.E. and Meimaris, I.T. : Sealing ability of Cavit and TERM as intermediate restorative materials. J. Endod., 14 : 278 - 282, 1988.
4. Gilles, J.G., Huget, E.F. and Stone, R.C. : Dimensional stability of temporary restoratives. Oral Surg., 40 : 796 - 800, 1975.
5. Tamse, A., Ben - amar, A. and Gover, A. : Sealing properties of temporary filling materials used in endodontics. J. Endod., 8 : 322 - 325, 1982.
6. Oppenheimer, S. and Rosenberg, P.A. : Effect of temperature change on the sealing properties of Cavit and Cavit - G. Oral Surg., 48 : 250 - 253, 1979.
7. Bobotis, H.G., Anderson R.W. and Pashley D.H. : A microleakage study of temporary restorative materials used in endodontics. J.Endod., 12 : 569 - 572, 1989.
8. Chohayeb, A.A. and Bassiouny, M.A. : Sealing ability of intermediate restoratives used in endodontics. J. Endod., 11 : 241 - 244, 1985.
9. Pashley, E.L., Tao, L. and Pashley, D.H. : The sealing properties of temporary filling materials. J. prosth. Dent., 60 : 292 - 297, 1988.
10. Krakow, A.A., deStoppelaar, J.D. and Gron, P. : In vivo study of temporary filling materials used in endodontics in anterior teeth. Oral Surg., 43 : 615 - 620, 1977.
11. Lamers, A.C., Simon, M. and Von Mullem, P.J. : Microleakage of Cavit temporary filling material in endodontic access cavities in monkey teeth. Oral Surg., 49 : 541 - 543, 1980.
12. Blaney, T.D., Peters, D.D., Setterstrom, J. and Bernier, W.E. : Marginal sealing quality of IRM and Cavit as assessed by microbial penetration. J. Endod., 7 : 453 - 457, 1981.
13. Marosky, J.E., Patterson, S.S. and Swarte, M. : Marginal leakage of temporary sealing materials used between endodontic appointments and assessed by calcium<sup>45</sup> in vitro study. J. Endod., 3 : 110 - 113, 1977.
14. Jacobson, S.M. and Fraunhofer, J.A. : The investigation of microleakage in root canal therapy. Oral Surg., 42 : 817, 1976.
15. Widerman, F.H., Eames, W.B. and Serene, T.P. : The physical and biologic properties of Cavit. J.A.D.A., 82 : 378 - 382, 1971.
16. Parris, L. and Kapsimalis, P. : The effect of temperature change on the sealing properties of temporary filling materials. Part I. Oral Surg., 13 : 982 - 989, 1960.
17. Parris, L., Kapsimalis, P., Cobe, H.H. and Evans, R. : The effect of temperature change on the sealing properties of temporary filling materials. Part II. Oral Surg., 17 : 771 - 778, 1964.
18. 노철진, 임성삼 : 근관와동 가봉제의 변연누출에 관한 실험적 연구. 대한치과보존학회지, 12 : 17 - 23, 1987.
19. Massler, M. and Ostrovsky, A. : Sealing qualities of various filling materials. J. Dent. Child., 21 : 228 - 234, 1954.
20. Bramante, C.M., Berbert, A. and Bernardinelli, N. : Temporary sealing materials evaluation of sealing property with<sup>131</sup>I. Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent., 31 : 10 - 13, 1977.
21. Kapsimalis, P. and Evans, R. : Sealing properties of endodontic filling materials using radioactive polar and nonpolar isotopes. Oral Surg., 22 : 386 - 393, 1966.
22. Going, R.E., Massler, M. and Dute, H.L. : Marginal Penetrations of dental restorations as studied by crystal violet dye and I<sup>131</sup>. J.A.D.A., 61 : 285 - 300, 1960.
23. Keller, D.L., Peters, D.D., Setterstrom, J. and Bernier, W.E. : Microleakage of softened temporary restorations as determined by microorganism penetration. J. Endod., 7 : 413 - 417, 1981.
24. Anderson, R.W., Powell, B.J. and Pashley, D.H. : Microleakage of three temporary endodontic restorations. J. Endod., 14 : 497 - 501, 1988.
25. Anderson, R.W., Powell, B.J. and Pashley, D.H. :

- Microleakage of temporary restorations in complex endodontic access preparations. *J. Endod.*, 15 : 526 - 529, 1989.
26. Lim, K.C. : Microleakage of intermediate restorative materials. *J. Endod.*, 16 : 116 - 118, 1990.
27. 한충경, 양홍서 : 역행충전시 수복재와 와동 형태에 따른 변연누출의 정량적 분석. *대한치과보존학회지*, 15 : 97 - 105, 1990.
28. Delivanis, P.D. and Chapman, K.A. : Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg.*, 53 : 410 - 416, 1982.
29. Mattison, G.D., Fraunhofer, J.A., Delivanis, P.D. and Anderson, R.N. : Microleakage of retrograde amalgams. *J. Endod.*, 11 : 340 - 345, 1985.
30. Fraunhofer, J.A. and Hammer, D.W. : Microleakage of composite resin restoration. *J. Proth. Dent.*, 51 : 209, 1984.
31. Webber, R.T., del Rio, C.E., Brady, J.M. and Segall, R.O. : Sealing quality of a temporary filling material. *Oral Surg.*, 46 : 123 - 130, 1978.
32. Norman, R.D., Swartz, M.L. and Phillips, R.W. : Studies on film thickness, solubility and marginal leakage of dental cements. *J. Dent. Res.*, 42 : 95 - 98, 1963.