

개방 근첨 치아의 근관 충전방법에 따른 치근단 폐쇄효과에 관한 연구

소 현 · 최호영 · 최경규 · 최기운
경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학 전공

ABSTRACT

THE SEALING ABILITY OF OBTURATION TECHNIQUES IN OPEN APEX

Hyun So, Ho-Young Choi, Kyung-Kyu Choi, Gi-Woon Choi

Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung-Hee University

The purpose of this study was to compare the leakage of four different obturation techniques in conjunction with immediate apical barrier of β -tricalcium phosphate(TCP) in teeth with open apex.

Eighty single-rooted human premolar teeth were prepared and sectioned horizontally, so maximum diameter in apex was 4mm. Apical defects that were similar to open apex, were created with #1/2 round bur and SF104R bur. The apical foramen were opened to a size 80 file extended 3mm beyond the apex. The teeth were placed into the oasis block soaked saline to simulate periapical tissue often associated with pulpless teeth and received apical barriers consisting of TCP followed by obturation using lateral condensation technique, vertical condensation technique, continuous wave technique and thermoplasticized gutta-percha injection technique.

Two unobturated teeth served as positive and negative controls. Teeth were immersed in resorcinol-formaldehyde resin for 5 days at 4°C, and the resin was allowed to polymerize completely for 4 days at room temperature. Teeth were then sectioned horizontally at 1.5mm(level 1), 2.5mm(level 2) and 3.5mm(level 3) from the apex, and examined under a stereomicroscope at $\times 40$ magnification. The photographs were taken at $\times 40$ magnification of the filling in each level and scanned. The leakage length in tooth/resin interface was measured at each of the three levels. Each ratio of leakage was obtained by calculating the ratio of the leakage length of canal wall infiltrated with resin to the total length of the canal and was analyzed statistically(One-way ANOVA and Scheffe test).

The result were as follows :

1. At the level 1, there was the least leakage in the thermoplasticized gutta-percha injection technique group(group 4), but there was statistically significant($p < 0.05$).
2. At the level 2, there was the least leakage in the thermoplasticized gutta-percha injection technique group(group 4), and the most leakage in the continuous wave technique group(group 3). There was statistically significant difference between the thermoplasticized gutta-percha injection technique group and the continuous wave technique group($p < 0.05$).
3. At the level 3, there was the least leakage in the thermoplasticized gutta-percha injection technique group(group 4), but there were no statistically significant differences between other groups($p > 0.05$).

These results suggest that thermoplasticized gutta-percha injection technique which had 1mm apical gutta-percha matrix after the formation of TCP apical barrier, can demonstrate favorable apical sealing.

Key Words : Sealing ability, Thermoplasticized gutta-percha injection technique, Resorcinol-formaldehyde resin, Open apex

I. 서 론

근관충전의 목적은 외부로부터 세균감염과 치근 주위조직으로부터 조직액의 침투를 방지하는데 있다. 따라서 불완전한 근관폐쇄는 근관치료 실패의 주원인으로 간주되고 있다¹⁾. 완벽한 근관충전을 이루기 위하여 중요한 것은 적절한 치근단 협착부로서 이는 근관내에 충전물질을 국한시키고 적절한 충전압을 적용시켜서 치밀한 충전이 되도록 하게 한다. Kuttler²⁾는 근단공에서 0.52~0.66mm에 치근단 협착부가 존재하여 근관충전에 중요한 부위임을 강조한 바 있다. 그러나 미성숙 무수치, 의원성 치근단 천공 및 치근단 병소로 인한 치근 흡수 등으로 인하여 치근단 1/3부위의 치근단 협착부가 정상적으로 발육하지 못한 경우에는 치근단 방향으로 근관이 평행하거나 넓어져서 근관 충전재가 근관내에 국한시키기가 어렵다. 또한 임상에서 근관 협착부위로 무리하게 충전하여 근관충전재가 치근단을 넘어가면 치근단 염증과 치유의 지연 및 술후 동통등이 발생할 수 있으므로 근관충전재는 근관내에 유지하기 위하여 외과적 접근이나 장기간의 근침형성술을 이용하는 것이 중요하다^{3,4)}.

Kaiser와 Frank^{5,6)}가 apical barrier를 유도하는 방법, 즉 근침형성술을 소개하였으며, 다른 학자들도^{7,8)} 근침형성술 시행 후 치근단 부위의 치유양상을 조직학적으로 증명한 바 있다. 그러나 근침형성술은 주기적으로 calcium hydroxide를 교체하여야하며 barrier의 완전성을 확인하기 위하여 여러 차례 치과에 내원해야하는 술식이다. 또한 barrier의 형성여부를 검사할 때 형성된 barrier를 파괴할 수 있고, 장기간의 치료로 말미암아 장착된 임시수복물의 파괴로 재감염될 위험성이 있어 치료기간이 연장되는 단점이 있다. Frank⁹⁾는 apical barrier를 형성시키는 근침형성술에 비하여 치근단 부위의 밀폐가 완벽하였을 경우, 치근단 부위의 치유효과가 더욱 만족스러운 결과를 보였다고 언급하였다.

현재 장기간의 경과가 요구되는 근침형성술에서의 문제점들을 해결하기 위하여 인위적으로 apical barrier를 형성하는 single-visit technique은 calcium hydroxide를 근관내에 충전하여 장기간 경과 후 근침을 형성하는 술식의 대체 방법으로 소개되고 있다. 즉 Pitts 등¹⁰⁾은 1~1.5mm 치근침을 지나 근관형성한 후 calcium hydroxide로 apical barrier를 형성하여 치근단 치유를 유도한 실험에서, barrier로 사용되었던 calcium hydroxide가 대부분의 치아에서 모두 소실되었으며 치근단공 내부에 석회화 물질이 존재하였다고 보고한 바 있다. Holland 등¹¹⁾은 calcium hydroxide로 근관충전한 후, 치근단공 내부에서 세포성 백악질양 석회화가 형성되었고 근관의 직경이 감소되었으며 육아조직이 발견되었다고 보고하였다. 또한 Weisenseel과 Hicks¹²⁾는 개방 근침 치아에서 calcium hydroxide로 apical barrier를 형성한 후에 gutta-percha로 측방가압충전

한 경우, apical barrier를 형성하지 않고 gutta-percha로 측방가압충전한 경우와 비교하여 누출이 적었다고 보고하였고, Schumacher 등¹³⁾은 calcium hydroxide를 이용한 one-visit apexification을 시술한 후의 임상적 성공을 관찰, 보고하여 one-visit으로 시행한 방법은 임상적으로 시술기간이 짧기 때문에 환자와 술자 모두에게 편리한 장점이 있다고 주장하였다. 그러나 calcium hydroxide를 근관내 충전시켰을 경우, 근관내 pH의 변화로^{14,15)} 치근단 주위의 국소환경을 변화시켜 백악질/골화성 치유를 유도하고 파골세포의 활동을 억제한다할지라도 국소적인 괴사¹⁶⁾와 염증을 초래하므로 보다 생체친화성이 있는 재료로 대체가 요구된다고 주장하였다. 또한 Coviello 등¹⁷⁾은 calcium hydroxide는 입자가 작기 때문에 충전압에 저항하기 위한 apical barrier를 형성하기 위하여 2mm이상의 두께가 필요하다고 보고하였다.

Coviello 등¹⁷⁾은 tricalcium phosphate(이하 TCP)는 입자가 크기 때문에 충전압에 대하여 적절한 지지효과를 나타내어 calcium hydroxide의 대체물로 제안하고 있다. Koenigs 등^{18,19)}은 TCP를 직접 치수복조술에 사용했을 경우, calcium hydroxide와 유사한 치근단 치유상을 보고하였으며, 어린 원숭이의 중절치에 개방 근침을 형성하고 근관을 TCP로 충전하였을 경우, 근관내에서 천천히 용해되며 석회화 조직으로 대체된다고 설명하였다. Robert와 Brilliant²⁰⁾는 TCP가 성인의 개방 근침 치아에서 6개월 이내에 치근단 폐쇄를 촉진시키며 calcium hydroxide와 동일하게 개방 근침에서 치근단 폐쇄를 유도한다고 보고하였다. Coviello와 Brilliant¹⁷⁾는 calcium hydroxide나 TCP로 apical barrier를 형성한 즉시 gutta-percha로 근관을 충전하는 one-appointment 치료와 multi-appointment 치료를 임상적으로 비교한 결과, 9개월 후에는 모두 동일하게 성공적인 소견을 관찰하였음을 보고한 바 있으며 Harbert²¹⁾는 TCP를 이용한 one-step apexification 술식에서 7년 후에 임상적으로 치유를 확인하였음을 보고한 바 있다.

현재 근관 충전방법으로 널리 사용되고 있는 측방가압법은 비교적 술식이 간단하고, gutta-percha cone 충전재의 길이조절이 용이하나 gutta-percha cone 사이에 빈 공간이 존재하고 근관벽과 gutta-percha cone 사이가 밀착되지 않으며²²⁾ 과도한 충전압을 가할 경우, 치아파절의 가능성이 있다²³⁾. 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 Schilder²⁴⁾가 수직가압충전법을 소개하여 근관 공간을 삼차원적으로 치밀하게 폐쇄시킬 수 있다고 보고한 바 있다. 그러나 수직가압충전법은 충전과정이 복잡하고 많은 시간이 소요되며 과충전되는 문제 등 충전길이의 조절과 가열시 온도조절이 어렵다는 단점이 있다²⁵⁾. 또한 gutta-percha cone을 chloroform, eucalyptol, halothane과 같은 용매제로 연화시켜 근관충전하는 dipping method는 넓은 근관에서 적절히 이

용되는 방법이었으나, gutta-percha cone이 수축하고²⁶⁾ 과 충전될 확률이 높으며 조직에 대한 독성²⁷⁾ 등을 야기시키는 문제점이 있다.

이상과 같은 단점을 보완하기 위하여 Yee 등²⁸⁾이 1977년에 열연화 gutta-percha 주입법을 소개하였으며 Torabinejad 등²⁹⁾은 in vitro 실험에서 실러와 함께 사용하여 열연화 gutta-percha 주입법으로 근관을 충전할 경우, 측방가압 충전법과 비교하여 동일한 폐쇄효과를 보고하였으며, Weller 등³⁰⁾은 열연화 gutta-percha 주입법으로 충전했을 때 측방가압 충전법과 비교하여 치근면에 대한 우수한 적합성을 보고한 바 있다.

본 연구의 목적은 개방 근침 치아의 근관충전 방법에 따른 치근단 폐쇄효과를 평가하기 위하여 발거한 단근 및 단근관 소구치의 치근단을 개방 근침에서의 모래시계형태로 성형한 다음, β -tri-calcium phosphate를 이용하여 apical barrier를 형성한 후, 측방가압법, 수직가압법, continuous wave 충전법 및 열연화 주입법으로 근관을 충전하여 각 근관충전법간의 미세누출을 비교하여 치근단 폐쇄효과를 평가한 결과, 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험치아

발거된 82개의 단근 및 단근관 소구치를 실험 치아로 사용하였다. 발거된 치아의 치근표면에 부착된 치석과 조직 잔사들은 치석제거술과 치근활택술을 시행하여 모두 제거하였고, 5.25% 차아염소산나트륨 용액에 24시간동안 보관하였다. 근관내 접근이 용이하도록 치관은 557번 bur를 사용하여 백악법랑경계부위에서 치관을 절단, 제거하였다.

2) 근침 및 근관형성

근관형성에 사용된 파일은 K-Flexofile (Maillefer, Swiss)이며 10번에서 80번까지 이용하였다. 노출된 82개의 소구치의 근관 입구는 3번과 4번 Gates-Glidden drills(Maillefer, Swiss)를 사용하여 확대하였으며, 1/2번 round bur와 SF104R bur를 치근단 부위에 사용하여 모래시계모양의 개방 근침을 형성하였다.

3) 근관충전 기구와 재료

TCP(Fluka Chemika., Switzerland)를 이용하여 형성하는 apical barrier는 Messing gun (Vevey, Swiss)과 Endodontic plugger(Hu-Friedy, Chicago, IL, U.S.A.)를 사용하여 형성하였다. 근관충전기구는 측방가압시에는 finger spreader(Pierce Co., Japan)를 사용하였고 continuous wave 충전법시에는 System B와 Buchanan

plugger (Analytic Technology, WA, USA)를 사용하였으며 열연화주입법과 근관의 backfilling은 Obtura II (Texceed, USA)를 사용하였다. 근관의 충전 재료는 Gutta-percha cones(Diadent, Korea)와 Sealapex(KERR, USA)를 사용하였다. Dipping method를 사용한 master cone 제작시 master gutta-percha cone의 연화를 위하여 chloroform(Duksan Pure Chemicals Co., Korea)을 사용하였다.

4) 침투 레진의 준비 및 실험치아의 절단

레진을 침투시키기 위하여 포름알데하이드(Showa Chemical Co., Japan)와 resorcinol (Sigma Chemical Co., Switzerland)을 준비하였으며, resorcinol 용액의 pH는 KOH(Showa Chemical Co., Japan)를 이용하여 8.2로 조절하였다.

2. 실험방법

1) 대조군 및 실험군의 분류

82개의 치관이 절단된 소구치는 10번 K-Flexofile을 삽입하여 근관입구를 확인하였다. 이중 80개의 치아는 무작위로 추출하여 20개씩 4개의 군으로 분류하여 실험군으로 하였으며 나머지 2개의 치아는 대조군으로 사용하였다. 각 군의 근관충전방법은 다음과 같다(Table 1).

2) 근침 및 근관형성

치근단 흡수나 의원성에 의한 개방 근침을 형성하기 위하여 근관과 근침을 다음과 같이 성형하였다. 즉, 치근침 부위를 치근 장축에 수직으로 절단하여 가장 긴 협설 폭경이 4mm가 되게 하였고 10번 K-Flexofile로 근단공에 파일끝이 막 빠져나왔을때의 길이를 측정하였다. K-Flexofile로 근침 3mm넘겨서 20번 파일부터 80번 파일까지 순차적으로 근관을 형성하였으며 근관 기구조작은 5.25% 차아염소산나트륨 용액하에서 시행하였다. 3번과 4번 Gates-Glidden drills로 근관입구를 확대하였으며 1/2번 round bur와 SF104R bur를 이용하여 근침을 역으로 확대하였다.

Table 1. Classification of experimental groups by obturation techniques

Group	N	Obturation Techniques
1	20	Lateral condensation
2	20	Vertical condensation
3	20	Continuous wave obturation
4	20	Thermoplasticized gutta-percha injection

3) 근관충전

(1) Apical barrier 형성

80개의 치아를 식염수에 적신 oasis에 심었고 oasis가 개방 근침에 들어가는 것을 막기 위하여 거즈로 치근단을 감싸서 무수치에서 관찰되는 치근단 조직과 유사한 환경을 만들었다. TCP 분말을 Messing gun에 담아 치근단에 운반하였으며 Endodontic plugger를 이용하여 2mm 두께로 치밀하게 충전하였다. 이는 plugger의 rubber stop을 근관 길이에서 2mm 짧게 하여 2mm 두께의 apical barrier를 얻을 수 있었다. 최종적으로 1mm 두께의 TCP apical barrier를 형성하기 위하여 식염수를 세척액으로 사용하여 90번 파일을 시계방향으로 부드럽게 회전시켜 과잉의 TCP 입자를 제거하였으며 plugger로 TCP를 치밀하게 충전시켰다(Fig. 1). Apical barrier를 형성한 후 근관을 paper point로 건조시키고 90번 파일을 반시계방향으로 회전하여 실러가 근관내벽에 도포하게 하였다. 실러의 혼합은 제조회사의 지시에 따랐다.

(2) 실험군의 근관충전법

1. 측방가압 충전법(1군)

110번 gutta-percha cone을 master cone으로 하여 apical barrier에서 1mm 짧게(개방 근침에서 2mm 짧게) tug-back을 확인하여 적합시켰다. cone을 근관에서 제거하여 끝 2~3mm 정도를 chloroform에 약 2초 정도 담근 후 다시 근관에 삽입하고 apical barrier가 존재하는 상방부위까지 치근침으로 삽입하였다. 근관내에서 10초간 유지하였고 master cone에 길이를 표시한 후 근관에서 제거하였으며 chloroform을 증발시키기 위하여 2분 동안 실온에서 건조시켰다. 근관내에 남아있는 chloroform을 제거하기 위하여 근관을 식염수로 세척하고 paper point로 건조시켰다. 길이를 표시한 master cone의 끝 4~5mm에 실러를 도포하고 apical barrier까지 재위치하였으며 2번, 3번 finger

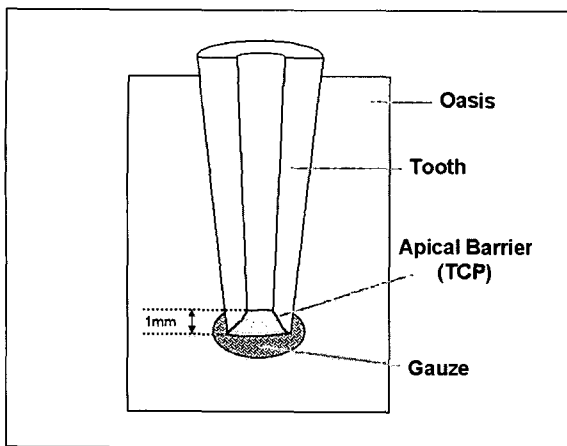


Fig. 1. Apical barrier formation by TCP

spreader와 다수의 accessory cone을 이용하여 측방가압 충전하였다. 통법대로 finger spreader가 근관입구에서 3mm 이상 들어가지 않을 때까지 충전한 후 가열된 기구로 근관입구에서 2mm 정도까지 잉여충전물을 제거하였으며 치근의 근관입구를 임시충전재인 IRM(The L.D. Caulk, Dentsply, U.S.A.)으로 충전하였다.

2. 수직가압 충전법(2군)

Master cone을 삽입하는 과정까지는 1군과 동일하며 삽입한 후 치근침에서 3mm부위(apical barrier에서 2mm부위)를 가열기구로 제거한 후 plugger로 수직가압하였으며 나머지 공간은 연화온도를 160℃로 설정한 Obtura II로 2mm씩 backfilling하였고, plugger로 수직가압충전하였다.

3. Continuous wave 충전법(3군)

근관형성이 완료되고 paper point로 건조시킨 후 근관내에 작업장 길이보다 3~4mm정도 짧게 들어가기 위하여 끝에서 6mm를 절단한 Buchanan plugger (Medium Large)를 제작하였다. Gutta-percha cone gauge를 이용하여 비표준화 gutta-percha cone (Medium)을 MAF 100번이 되도록 절단하였고 실러를 도포한 후 근관내 삽입하였다. System B Heatsource의 온도를 200℃로 설정하고 2초동안 binding point보다 3~4mm 짧게 삽입하였다. 스위치를 끈 상태에서 binding point보다 약 1mm 짧은 곳까지 수직가압한 후 10초간 그 위치를 유지하여 수축을 예방하였다. 다시 1초간 switch를 누르며 plugger와 잉여 gutta-percha를 제거하였고 나머지 공간은 Obtura II로 2mm씩 backfilling하였다.

4. 열연화 주입법(4군)

파일을 이용하여 근관내에 실러를 충전하였고 Obtura II를 사용하여 근침부에 1mm 두께의 gutta-percha matrix를 형성한 후 기포가 형성되지 않도록 2mm씩 backfilling하여 근관을 충전하였다.

4) Resorcinol-Formaldehyde Resin의 침투

4개의 실험군은 근관충전을 완료한 후 근관외동 입구를 IRM으로 폐쇄하고, 모든 치아는 Sealapex의 완전한 경화를 위하여 37℃, 100% 습도하에서 48시간 보관하였다. 이후 치근단공 주위 2mm를 남기고 모든 부위에 nail varnish를 2회 도포하였으며 24시간동안 상온에서 건조시켰다.

2개의 치아중 1개는 충전하지 않았을 때 누출재료에 의한 누출의 발생여부를 판단하기 위하여 양성 대조군으로 사용하였고 나머지 1개는 nail varnish로 완전히 도포하였을 때 nail varnish의 밀폐효과를 확인하기 위하여 음성 대조군으로 사용하였다.

1.3g의 resorcinol과 2ml의 포르말데하이드 용액을 혼합하여 침투시킬 레진을 준비하였고 급격한 산-염기 반응을

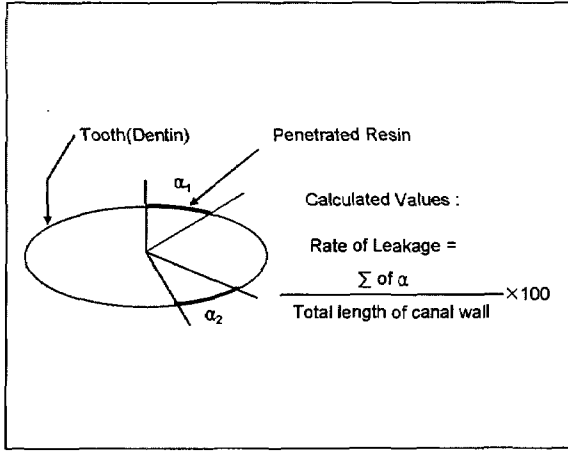


Fig. 2. Mathematical transformation of the obtained values

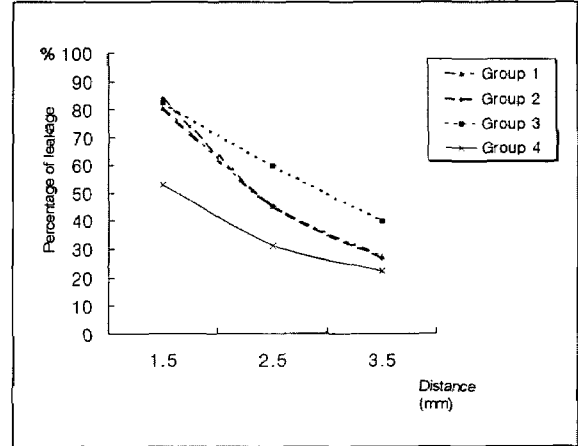


Fig. 3. Comparison of leakage percentage in experimental Groups

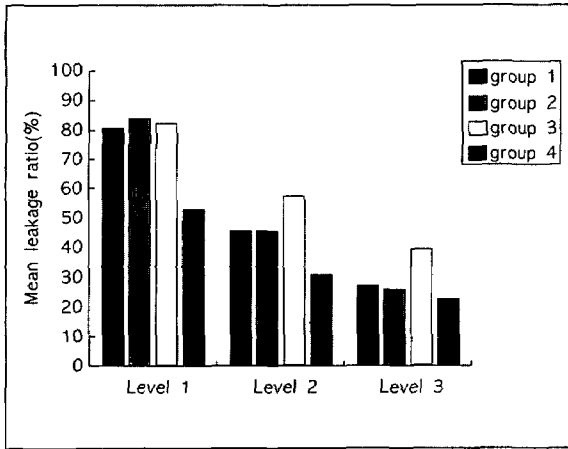


Fig. 4. Mean ratio of leakage(%) at three levels

방지하기 위하여 혼합하기 전에 포름알데하이드를 KOH로 pH를 8.2에 조절하였다. 이 용액에 5일간 보관하여 레진을 치아에 침투시켰으며 레진의 경화를 방지하기 위하여 4℃를 유지하였다. 그 후 근관내에 침투한 레진을 경화시키기 위하여 상온에서 4일간 보관하였다.

5) 치아의 절단 및 절단면의 관찰

Scaler를 이용하여 실험군 및 대조군의 82개 치아의 nail varnish를 제거하고 예폭시 레진(Kumho P&B Chemicals Inc., Korea)에 매몰시킨 후 24시간동안 경화시켰다. Low speed microtome(IsoMet, Buehler Co, U.S.A.)으로 주수하에 해부학적 근침에서부터 치아 장축에 직각으로 1.5mm(Level 1), 2.5mm(Level 2) 및 3.5mm(Level 3) 떨어진 위치에서 각각 3개의 절편을 수평절단하였다. 이때 수평절단시 diamond blade에 의한 손실량은 0.4 ± 0.004 mm이다.

각각 절단된 3개의 절단면을 Stereomicroscope (Olympus, Tokyo, Japan)로 40배 확대, 관찰하여 사진을 촬영하였으며 이를 분석하였다.

6) 누출률 산출 및 통계분석

촬영한 사진을 Computer와 Scanner로 scanning한 후 Sigmascan/Image™ software (Jandel Scientific Software, San Rafael, CA)를 이용하여 각 절단면상의 레진/치아 계면에서, 갈색으로 관찰되는 레진이 침투한 근관 측벽 길이의 합과 전체 근관측벽 길이를 측정하여 백분율로 산출하였으며 이 비율을 누출률(rate of leakage)로 정하였다(Fig. 2). 각 군의 level 1, level 2 및 level 3 등의 세 부위에서의 누출률을 각각 구하였으며, 통계분석을 위하여 통계분석 프로그램인 SPSS ver 8.0으로 one-way ANOVA와 multiple range test인 Scheffe test($p=0.05$)를 이용하였다.

Ⅲ. 실험성적

Table 2는 실험군의 충전 방법에 따른 각 절단면에서의 평균 누출률과 SD값이다. 4개 실험군에서 동일하게 근단공에서부터 멀어질수록 누출률의 감소가 관찰되었다(Fig. 3). 레진의 침투는 각 절단면 모두에서 열연화 주입법으로 충전한 4군이 가장 낮은 누출률을 보였다(Fig. 4). Level 1에서는 열연화 주입법으로 충전한 군(4군)이 가장 낮은 누출률을 보였으며 다른 군과 비교시 통계학적 유의성이 있는 차이를 보였다($p<0.05$). Level 2에서는 열연화 주입법으로 충전한 군(4군)이 continuous wave 충전법으로 충전한 후 Obtura II로 backfilling한 3군과 유의성있는 차이를 보였으나 Level 3에서는 각 군간의 통계학적으로 유의성있는 차이를 보이지 않았다(Table 3, 4, 5, 6). 또한 양성대조군

Table 2. Mean ratio of leakage(%) at 3 levels (leakage length/total length×100)

Group	N	LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3
		Mean±SD		
1	20	80.71±17.63	45.23±26.72	27.25±23.93
2	20	84.00±22.11	45.25±29.48	26.60±27.82
3	20	82.67±17.07	57.20±26.34	39.75±28.94
4	20	52.92±27.84	30.93±21.03	22.29±15.59

Level 1 : 1.5mm from the apex, Level 2 : 2.5mm from the apex, Level 3 : 3.5mm from the apex

Table 4. Statistical analysis of mean ratio of leakage(%) between groups at level 1 : Scheffe test

		Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Level 1	Group 1				*
	Group 2				*
	Group 3				*
	Group 4	*	*	*	

Level 1: 1.5mm from the apex
*statistically significant at p<0.05

Table 6. Statistical analysis of mean ratio of leakage(%) between groups at level 3 : Scheffe test

		Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Level 3	Group 1				
	Group 2				
	Group 3				
	Group 4				

Level 3: 3.5mm from the apex
*statistically significant at p<0.05

은 100%의 누출률을 보였으며 음성대조군에서는 0%의 누출률을 나타내었다.

4군은 각 level의 40배 확대한 사진에서 다른 군과 비교하여 충전재는 상아질과의 밀접한 적합성을 보였으나 충전재 중앙에 기포가 발견되기도 하였으며(Fig. 15), 다른 군에서는 apical barrier의 파괴가 관찰되지 않은 반면, 4군에서는 실험치아중 1개에서 apical barrier가 파괴되어 과충전되는 결과를 보였다.

또한 누출양상을 비교해 보았을 때 4군에서는 각 level에서 치아면을 따라 균일하게 퍼진 양상을 보인 반면에 다른 군에서는 일정 부위에 커다란 누출부위가 존재하는 양상을

Table 3. Statistical analysis of leakage percentage in experimental groups

	mean squares	F	Sig.
Level 1	4398.478	9.429	.000
Level 2	2309.072	3.396	.022
Level 3	1129.983	1.862	.043

*Statistically significant at p<0.05
Level 1 : 1.5mm from the apex, Level 2 : 2.5mm from the apex, Level 3 : 3.5mm from the apex

Table 5. Statistical analysis of mean ratio of leakage(%) between groups at level 2 : Scheffe test

		Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Level 2	Group 1				
	Group 2				
	Group 3				*
	Group 4			*	

Level 2: 2.5mm from the apex
*statistically significant at p<0.05

보였다.

IV. 총괄 및 고안

성공적인 근관치료를 위하여 근관을 적절히 세척, 형성하며 불활성이며 안정적이고 생체 적합한 재료로 밀폐해야 한다. 본 연구에서 넓은 개방 근침공을 갖는 근관을 폐쇄하기 위한 다양한 근관 충전방법을 평가하였다. 열연화 주입법은 미성숙 무수치, 의원성에 의한 치근단 천공 및 치근단 병소로 인한 치근 흡수 등과 같이 자연적인 치근단 협착부가 결여된 치아에서 우수한 치근단 폐쇄효과를 나타내며 근관 치료시의 부작용이 최소로 나타나게 한다.

근관충전물로 gutta-percha는 임상적으로 널리 사용되며 불활성, 가소성, 용매 용해성, 체적안정성, 방사선불투과성, 소독용이성 및 제거용이성 등의 장점을 지니고 있다³¹⁾. 그러나, 치근단 협착부가 없거나 치근침에 의원성 천공이 존재하게 되면 치근단 방향으로 충전재에 압력을 가하지 않고는 충전 재료를 적절하게 충전할 수 없기 때문에 근관충전이 어렵다. 또한 치근단으로 과충전된 재료는 치유를 방해하거나 지연시킨다고 알려져 있다³⁴⁾. 일반적으로 임상에서 근관 충전 방법은 master gutta-percha cone을 사용하여 통법적인 측방가압을 하는 것이다. 그러나 master gutta-percha cone이 항상 근관 형성한 치아의 모양과 일치하지 않

고³²⁾ gutta-percha cone과 상아질벽간에 공간은 근관충전 용 실러로 채워진다 하더라도 대부분의 실러는 흡수성이므로 측방가압법에 의한 충전법은 시간이 지남에 따라 치근단 밀폐효과가 약화될 것이다. 또한 master cone과 finger spreader를 이용한 측방가압시 다수의 cone이 압착되어 실러에 의해 연결되는 비균질성 접합을 이룸으로써 근관벽과의 접착성이 떨어지는 단점이 나타나며 치근단부에 존재하는 부 근관 또는 측지관을 충전하지 못하는 단점을 지적하였다³³⁾.

이러한 측방가압법의 단점을 보완하기 위하여 Schilder²⁴⁾는 1967년 수직가압법을 소개하였으며 이 방법은 3차원적으로 근관계를 충전할 수 있어 주 근관뿐 아니라 부근관에 대해 근관폐쇄효과를 증진시켰다. 그러나 그 충전과정이 복잡하여 숙련된 기술이 필요하며 과충전되는 등 길이조절이 어려우며 과도한 열에 의한 치근 주위조직의 손상 등이 단점으로 지적되었다. 또한 가열기구를 alcohol flame에 달궈 사용하므로 시간이 많이 걸리며 carrier의 온도조절이 어려웠다³⁴⁾. 이러한 단점을 보완하고자 1982년 Johan Masreillez에 의하여 Touch'n Heat electric heat carrier가 개발되었고³⁵⁾ 1994년에 Buchanan이 heat carrier의 온도와 가열시간을 정밀하게 조절하는 충전기구인 System B Heatsource를 개발하였으며, 이를 사용하여 수직가압하는 continuous wave 충전법을 소개하였다³⁶⁾. 이 충전법은 gutta-percha의 연화온도와 상태변화를 효과적으로 조절하여 더욱 균질하고 치밀한 근관충전을 얻을 수 있다. 그러나 숙련되지 않으면 근관충전재가 plugger에 함께 부착되어 제거되기 때문에 임상적으로 시간이 더욱 소요하게 된다. 그리고 본 실험과 같은 넓은 근관에 적합한 기성 plugger가 없으며 gutta-percha의 절단 및 가압이 어렵고 넓은 근관일수록 수직가압에 의해서는 근관이 불완전하게 충전되었다.

이러한 단점을 보완하며 개방 근침을 고려하여 본 실험에서는 Obtura II를 이용한 열연화 주입법을 이용하였다. 이는 Veis 등³⁷⁾의 연구에서도 in vitro상에서 측방가압법으로 충전한 것과 열연화주입법으로 충전한 공간에 치근단 누출에는 유의성있는 차이가 없었다고 보고한 결과 본 실험결과와 유사하게 나타났다. Marlin 등³⁸⁾은 열연화주입법으로 충전한 125 case에서 임상적으로 다른 방법에 의한 것보다 충전시간이 짧았다고 보고하였으나, 치근단공을 넘어 과충전되는 경향이 많으므로 개선이 요구된다고 보고하였다. 또한 Ritchie 등³⁹⁾도 열연화주입법에서 견고한 apical barrier의 형성이 필요함을 언급한 바 있다. 따라서 본 실험에서는 TCP 분말로 형성한 apical barrier 상부에 충전재를 가압하기 위한 1mm 두께의 apical matrix를 형성한 후, 나머지 공간은 backfilling하는 방법을 사용하였으며 이는 임상적으로 보다 빠르고 간편하게 시행할 수 있어 시간과 노력을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 본 실험의 결과에

서 나타나듯이 열연화 주입법으로 충전한 근에서 실러는 충전물과 치아간에 균일하게 분포되었으며 근관에 적합성이 우수하였고, 측방가압법, 수직가압법 및 continuous wave 충전법으로 충전한 근에서 가압방법에 따라 불규칙하게 분포되었다.

불규칙한 근관에서 master gutta-percha cone을 적합시키기 위하여 용매제로 chloroform, eucalyptol, xylol등을 사용해왔다. 이러한 용매제로 cone을 dipping하여 불규칙한 근관에 적합한 master gutta-percha cone을 얻을 수 있으나 이러한 방법은 chloroform이 빨리 증발하여 master gutta-percha cone을 수축시켜 충전효과가 부적절하다²⁶⁾. Shaw 등⁴⁰⁾의 연구에서도 chloroform dip technique과 열연화 주입법간에 치근침부를 빠져나간 근관충전재의 과충전 양상은 유사하였으나 chloroform dip technique에서 치근단 누출이 더 컸다고 보고하고 있다. 이러한 dip technique의 단점을 보완하고자 Kerezoudis⁴¹⁾는 개방 근침에서 열을 이용하여 master gutta-percha cone을 적합시키는 방법으로 임상에 적용하였을 경우, 임상적 성공을 보고하였으나 열을 조절하기가 난이하고 숙련되지 않았을 경우에는 소요되는 시간이 많았다고 보고하였다.

현재 치과용 근관충전 재료로 흡수성 세라믹이 개발되고 있다. 이중 calcium phosphate는 blastic cell의 침입을 막는 기질 작용, 세포성 분화와 증식 허용, 경조직을 침착시키는 작용 등이 있으며 Driskell의 연구⁴²⁾에 의하면 흡수성 세라믹은 골로 대체된다고 하였다. 본래 calcium hydroxide (pH=12.0, 입자크기=2~5 μ m)와 TCP (pH=8.6, 입자크기=3~5 μ m)는 one-step apexification에 동일한 용도로 사용되고 있다. 그러나 calcium hydroxide는 입자가 작아서 근관충전물에대한 근관내의 유지효과가 낮아 치근단으로 밀려나가며 넓은 근관에서는 2mm이상의 두께가 필요하다⁷⁾. 그러나 TCP는 입자가 크고 다양하기 때문에 충전압을 지지하는데에 저항력이 있으며 TCP는 대부분의 경우에서 apical barrier로 작용할 수 있으나 치근단부에 한 개 이상의 측벽이 손상되었을 경우에는 apical barrier를 형성하기 어렵다는 단점이 있다. 또한 본 실험에서는 총 80개의 실험치아 중, 열연화주입법을 사용한 1개의 경우에 TCP로 형성한 apical barrier가 파괴되어 과충전되는 양상이 관찰되었으며 임상에 적용시에는 더욱 두꺼운 apical barrier가 필요하리라 사료된다.

근관치료 실패의 주원인은 부적절한 근관충전에 기인하여 부적절한 근관충전을 평가하기 위하여 미세누출을 측정하는 다양한 방법들이 소개되고 있다. 이중 색소침투법⁴³⁾, 방사선 동위원소법⁴⁴⁾, 주사현미경을 사용하는 방법²⁹⁾ 및 액체 수송방법⁴⁵⁾ 등이 있고, 최근에는 미생물 또는 미생물의 생산물의 침투정도를 검사하는 방법⁴⁶⁾ 등이 있으며, 본 실험에서는 resorcinol-formaldehyde resin을 침투시키는 방법을 이용하여 근관폐쇄효과를 평가하였다.

지금까지 근관충전의 폐쇄효과에 관한 연구에서 Indian ink나 methylene blue같은 색소를 침투시킨 후 근침에서의 거리를 평가하는 방법을 주로 사용하였다. 이중 치아를 투명표본으로 제작하여 색소침투법을 이용하는 경우, 근관용 실러인 AH26은 경화 후 회색으로 변하는 경향이 있기 때문에 색이 변한 실러와 잉크를 구별하기가 난이하며, Wu 등⁴⁷⁾의 실험에서 최단침투거리와 최장침투거리간에 77배의 차이가 있었고 따라서 이 방법은 주관적인 면이 강하게 나타나는 단점이 있다. 또한 Veis⁴⁸⁾는 근관충전의 폐쇄효과에 대한 실험에서 색소의 침투깊이를 측정하는 것보다 면적을 측정하는 방법이 누출을 정량적으로 측정할 수 있다고 보고하였다.

본 실험에 사용한 resorcinol-formaldehyde resin 침투법은 법랑질 우식에서 우식정체성 물질로 이용된 바 있으며⁴⁹⁾ Kajimoto는⁵⁰⁾ 복합레진과 와동벽 사이의 미세누출연구에 이용하여 성공적인 결과를 얻었다고 보고하고 있다. 백³⁴⁾의 근관충전방법에 따른 폐쇄효과에 관한 연구에서도 레진 침투법을 이용하여 근관충전물과 근관측벽간에 레진이 침투된 것을 관찰 보고한 바 있다. 본 실험에서 절단면의 치아/레진 계면간의 길이를 측정할 이유는 계면에서의 누출길이를 측정하는 것이 면적을 측정할 방법보다 계속시 정확하고, 군간의 비교시 차이를 쉽게 판별할 수 있다고 판단되었기 때문이다.

이상의 연구보고와 본 연구에서 실험 4개군의 resorcinol-formaldehyde resin의 침투를 통계학적으로 분석한 결과에 의하면 4개 실험군 모두에서 미세누출이 관찰되었고 열연화 주입법을 사용한 4군에서 통계학적으로 유의성 있게 누출률이 적었다. 개방 근침에서 열연화 guttapercha 주입법으로 근관충전을 시행하였을 때 효과적으로 충전할 수 있다고 추측되나 apical barrier가 파괴되고 파충전되는 점에서 향후 이에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 개방 근침 치아에서 근관 충전방법에 따른 치근단 폐쇄 효과를 관찰하기 위하여 82개의 소구치를 대상으로 치근단부에서 치아장축에 직각으로 절단하여 최장 폭경이 4mm가 되게 하였다. 모래시계모양의 개방근침을 성형하기 위하여 #1/2 round bur와 SF104R bur를 이용하였으며 80번 파일을 치근단공에서 3mm 넘겨서 근침을 개방시켰다. 모든 치아는 식염수에 적신 Oasis에 심었으며 TCP를 사용하여 apical barrier를 형성한 후 측방가압법(1군), 수직가압법(2군), continuous wave 충전법(3군), 열연화 gutta-percha 주입법으로 근관충전한 군(4군)으로 나누어 resorcinol-formaldehyde resin을 이용한 미세누출 실험 방법으로 치근단 부위의 평균 누출률을 측정하여

다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 근침 1.5mm 부위의 미세누출은 4군이 가장 낮았고, 2군, 3군, 1군 순으로 낮은 미세누출을 보였으며 각 군 간에 통계학적인 유의성을 보였다($p < 0.05$).
2. 근침 2.5mm 부위의 미세누출은 4군이 가장 낮았고, 3군, 2군, 1군 순으로 낮은 미세누출을 보였고($p < 0.05$) 3군은 4군과 통계학적인 유의성을 보였다($p < 0.05$).
3. 근침 3.5mm되는 부위에서 3군, 1군, 2군, 4군 순으로 낮은 미세누출을 보였으나, 각 군간의 통계학적 차이는 없었다($p > 0.05$).

연구결과, 개방 근침 치아에서 TCP를 이용한 1mm두께의 apical barrier 상방에 1mm의 apical matrix를 형성한 후 열연화 주입법으로 근관을 충전하는 방법이 가장 우수한 치근단 밀폐효과를 나타내었다.

참 고 문 헌

1. Dow PR, Ingle JI : Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 8:1100-1104, 1955.
2. Kuttler Y : Microscopic investigation of root apices. *J endodon*, 50:544-52, 1955.
3. Shaw MJ, Setchell DJ : Adverse reactions to endodontic material. *Br Dent J*, 153:102-5, 1982.
4. Rappaport HM, Lilly GE, Kapsimalis P : Toxicity of endodontic filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 18:785-802, 1964.
5. Kaiser HJ : Management of wide open apex canal with calcium hydroxide, presented at 21st annual meeting of the American Association of Endodontics, Washington, DC, April 17, 1964.
6. Frank AL : Table clinic, 21st annual meeting of the American Association of Endodontics, Washington, DC, April 19, 1964.
7. Narang R, Wells H : Experimental osteogenesis in periapical areas with decalcified allogenic bone matrix. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 35:136-43, 1973.
8. Nevins A, Finkelstein F, Laporta R, Borden BG : Induction of hard tissue into pulpless open apex teeth using collagen-calcium phosphate gel. *J Endodon*, 4:76-81, 1978.
9. Frank AL : Calcium hydroxide: The ultimate medication? : *Dent Clinic North Am.*, 23:691-703, 1979.
10. Pitts DL, Jones JE, Oswald RJ : A histological comparison of calcium hydroxide plugs and dentin plugs used for the control of gutta-percha root canal filling material. *J Endodon*, 10:283-93, 1984.
11. Holland R, Souza V : Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *J Endodon*, 11:535-43, 1985.
12. Weisenseel JA, Hicks ML, Pelleu GB : Calcium hydroxide as an apical barrier. *J Endodon*, 13:1-5., 1987.
13. Schumacher JW, Rutledge RE : An alternative to apexification. *J endodon*, 10:529-31, 1993.
14. Tronstad L, Andreassen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I : pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J endodon*, 7:17-21, 1981.
15. Javelet J, Torabinejad M, Bakland LK : Comparison of two pH levels for the induction of apical barriers in immature teeth of monkeys. *J endodon*, 11:375-378, 1985.

16. Hammarstrom L, Blomlof LB, Feiglin B, Lindskog S : Effect of calcium hydroxide treatment on periodontal repair and root resorption. *Endod Dent Traumatol*, 2:184-9, 1986.
17. Coviello J, Brilliant JD : A preliminary clinical study on the use of tricalcium phosphate as an apical barrier. *J endodon*, 5:6-13, 1979.
18. Hella AL, Koenigs JF, Brilliant JD, Melfi RC : Direct pulp capping of permanent teeth in adult primates using a resorbable form of tricalcium phosphate ceramic. *J endodon*, 1:95-101, 1975.
19. Koenigs JF, Hella AL, Brilliant JD, Melfi RC, Driskell TD : Induced apical closure of permanent teeth in adult primate using a resorbable form of tricalcium phosphate ceramic. *J endodon*, 1:102-6, 1975.
20. Robert SC, Brilliant JD : Tricalcium phosphate as an adjunct to apical closure in pulpless permanent teeth. *J endodon*, 1:263-9, 1975.
21. Harbert H : One-step apexification without calcium hydroxide. *J endodon*, 22:690-692, 1996.
22. Brayton SM, Davis SR, Goldman M : Gutta-percha root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 35:226-231, 1973.
23. Tamse A : Iatrogenic vertical root fracture in endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol*, 4:190-196, 1988.
24. Schilder H : Filling the root canal in three dimensions. *Dent Clin North Am*, 11:723-744, 1967.
25. Brothman P : A comparative study of the vertical and lateral condensation of gutta-percha. *J endodon*, 7:27-30, 1981.
26. Keane KM, Harrington GW : The use of a chloroform-softened gutta-percha master cone and its effect on the apical seal. *J endodon*, 10:57-63, 1984.
27. Morse DR, Martell B, Pike CG, Fantasia J, Esposito JV, Furst ML : A comparative tissue toxicity evaluation of gutta-percha root canal sealers. Part II. forty-eight-hour findings. *J endodon*, 10:484-6, 1984.
28. Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P : Three-dimensional obturation of root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *J endodon*, 3:168-74, 1977.
29. Torabinejad M, Skobe Z, Trombly PL, Krakow AA, Gron P, Marlin J : Scanning electron microscopic study of root canal obturation using thermoplasticized gutta-percha. *J endodon*, 4:245-50, 1978.
30. Weller RN, Kimbrough WF, Anderson RW : A Comparison of thermoplastic obturation techniques: Adaptation to the canal walls. *J endodon*, 23:703-706, 1997.
31. Grossman LI : *Endodontic Practice*. Philadelphia: Lea&Febiger 242-243, 1988.
32. Weine : The effect of preparation procedures on the original canal shape and on apical foramen shape. *J endodon*, 1:255-62, 1975.
33. Baumgardner KR, Krell KV : Ultrasonic condensation of gutta-percha: An in vitro dye penetration and scanning electron microscopic study. *J endodon*, 16:253-9, 1990.
34. 백승호 : 열연화시킨 근관충전방법에 따른 근단폐쇄성에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 23:607-614, 1998.
35. Jerome CE : Warm vertical gutta-percha obturation: A technique update. *J endodon*, 20:97-99, 1994.
36. Buchanan, LS : The continuous wave of obturation technique : 'Centered' condensation of warm gutta percha in 12 seconds : *Dentistry Today*, Jan, 1996.
37. Veis A, Molyvdas IA, Lambrianidis TP, Beltes PG : In vitro evaluation of apical leakage of root canal fillings after in situ obturation with thermoplasticized and laterally condensed gutta-percha. *International endod J*, 27:213-17, 1994.
38. Marlin J, Krakow A, Desiliets RP, Gron P : Clinical use of injection molded thermoplasticized dental gutta-percha. *J endodon*, 7:277-81, 1981.
39. Ritchie GM, Anderson DM, Sakumura JS : Apical extrusion of thermoplasticized gutta-percha used as a root canal filling. *J endodon*, 14:128-132, 1988.
40. Shaw M, Setchell DJ : Adverse reactions to endodontic material. *Br Dent J*, 3:102-5, 1982.
41. Kerezoudis NP, Valavanis D, Prountzos F : A method of adapting gutta-percha master cones for obturation of open apex cases using heat. *International endodontic Journal*, 32:53-60, 1999.
42. Driskell TD, Hassler CR, Tennery VJ, McCoy LR, Clark W : Calcium phosphate resorbable ceramics : a potential alternative to bone grafting. *J Dent Res*, 52:123, 1973.
43. Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E : A clearing technique for the study of root canal systems. *J endodon*, 6:421-4, 1980.
44. Czonszkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA : Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes. *J endodon*, 11:71-4, 1985.
45. Wu MK, Degree AJ, Wesselink PR : Leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *International endodontic Journal*, 27:304-308, 1994.
46. Michalesco PM, Valcarcel J, Grieve AR, Levallois B, Lerner D : Bacterial leakage in endodontics: An improved method for quantification. *J endodon*, 22:535-9, 1996.
47. Wu MK, Wesselink PR : Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Endod Dent Traumatol*, 26:37-43, 1993.
48. Veis A, Lambrianidis T, Nicolaou A : Area-metric analysis of dye leakage for evaluation of sealing ability of root canal obturation techniques. *Endod Dent Traumatol*, 12:222-26, 1996.
49. Robinson C, Hallsworth AS, Weatherell JA, K nzel W : Arrest and control of carious lesions: A study based on preliminary experiments with resorcinol-formaldehyde resin. *J Dent Res*, 55:812-8, 1976.
50. Kajimoto Y : New microleakage test method utilizing resorcinol-formaldehyde resin. *J Osaka Odont Soc*. 50 : 334-354, 1987.

사진부도 설명

Photographs in $\times 40$ magnification by stereomicroscope.

- Fig. 5. Representative photograph of group 1 at 1.5mm level
- Fig. 6. Representative photograph of group 1 at 2.5mm level
- Fig. 7. Representative photograph of group 1 at 3.5mm level
- Fig. 8. Representative photograph of group 2 at 1.5mm level
- Fig. 9. Representative photograph of group 2 at 2.5mm level
- Fig. 10. Representative photograph of group 2 at 3.5mm level
- Fig. 11. Representative photograph of group 3 at 1.5mm level
- Fig. 12. Representative photograph of group 3 at 2.5mm level
- Fig. 13. Representative photograph of group 3 at 3.5mm level
- Fig. 14. Representative photograph of group 4 at 1.5mm level
- Fig. 15. Representative photograph of group 4 at 2.5mm level
- Fig. 16. Representative photograph of group 4 at 3.5mm level

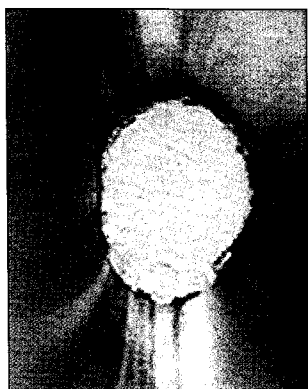


Fig. 5



Fig. 6

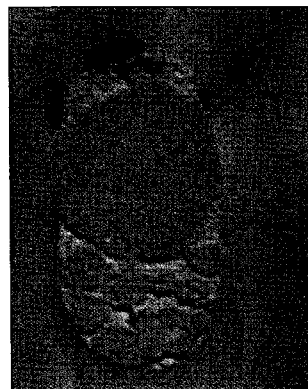


Fig. 7

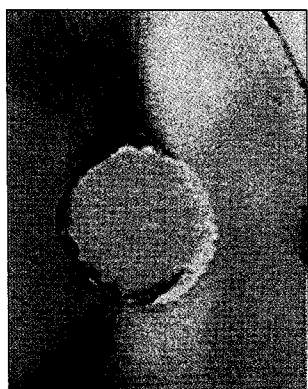


Fig. 8

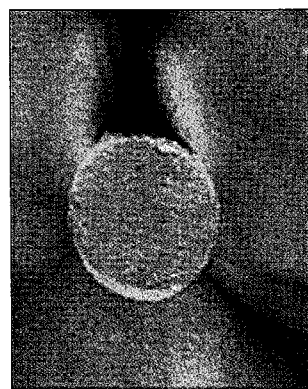


Fig. 9

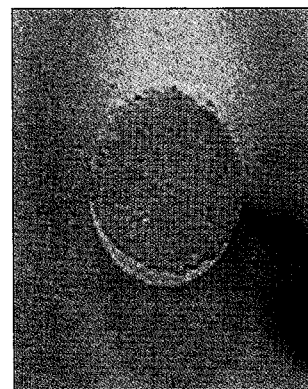


Fig. 10

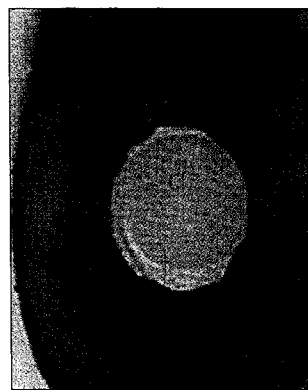


Fig. 11

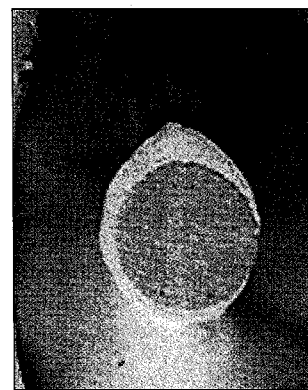


Fig. 12

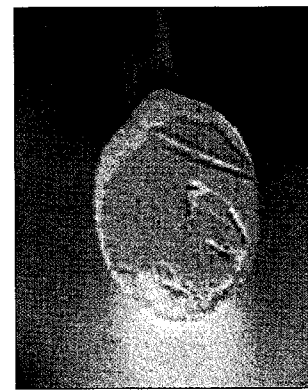


Fig. 13

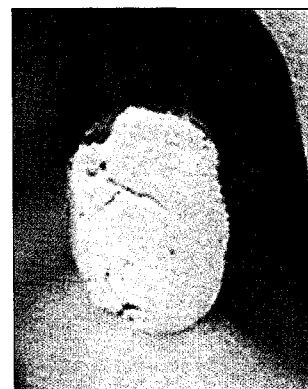


Fig. 14

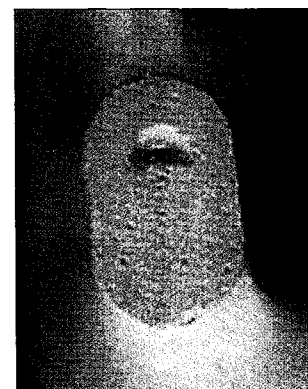


Fig. 15



Fig. 16