대한치과보존학회지 : Vol. 23, No. 1, 1998

근관충전방법에 따른 폐쇄효과의 비교

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

이동경 · 윤수한 · 배광식

Abstract

COMPARISON OF THE SEALING ABILITY OF VARIOUS ROOT CANAL FILLING TECHNIQUES.

Dong-Kyoung Lee, Soo-Han Yoon, Kwang-Shik Bae

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the sealing ability of various canal filling methods.

Palatal roots of ninety extracted human maxillary molar teeth were resected at cemento-enamel junction. Eighty of them were randomly assigned to four experimental groups, ten were served as positive and negative controls.

All canals were prepared to #40 using Profile. Experimental groups were obturated by lateral condensation technique, Thermafil technique, Continuous Wave of Condensation Technique, and down-pack & back-fill technique of Obtura-II, each with root canal sealer. Control groups were not obturated. Teeth were immersed in resorcinol-formaldehyde resin for 5 days at 4℃, and the resin was allowed to polymerize completely for 4 days at room temperature. Teeth were then ground horizontally at 1.5mm(level 1), 2.5mm(level 2), 3.5 mm(level 3) from the anatomical apex and examined with a stereomicroscope at ×40 magnification. The gap between the canal wall and the filling material, which was filled with the resin, was measured at each of the three levels. Each ratio of leakage was obtained by calculating the ratio of the area of the resin to the total area of the canal and was analyzed statistically(Rank-sum test).

The results were as follows :

1. At the level 1, there was the greatest leakage in the Thermafil group and Obtura-II group, and the difference between the Obtura-II group and Continuous Wave of Condensation Technique group was statistically significant($p<0.05$).

본 논문은 1993년도 서울대학교병원 지정진료연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

2. At the level 2, there was the least leakage in the Continuous Wave of Condensation Technique group, but there was no statistically significant difference between each group ($p>0.05$).
3. At the level 3, there was no statistically significant difference between each group($p>0.05$).

Key words : canal filling, sealing ability, Profile, Thermafil, Continuous Wave of Condensation Technique, resorcinol-formaldehyde resin

Ⅰ. 서 론

근관치료의 마지막 단계는 불활성이고 근첨조직에 자극이 없는 재료로 근관계를 밀폐하는 것이며, 상아질-백악질 경계까지 근관을 완전히 밀폐함은 물론 부근관도 밀폐하는 것이 근관치료의 성공에 필수적이다.[1]근관치료 실패의 약 60%가 불완전한 근관충전에 기인하는 등, 치근단 누출을 야기하는 부적절한 근관충전은 근관치료 실패의 가장 주요한 원인이다.[2] 임상가는 근관계를 완전히 밀폐하기 위해서 여러 가지 근관충전방법과 충전재료의 사용에 숙달되어, 복잡다양한 경우에 맞추어 적절한 충전방법과 충전재료를 선택적용할 수 있어야 한다.

복잡한 근관계를 충전하기 위해서 여러 가지 충전법이 개발되어 왔는데, gutta-percha는 가장 많이 쓰이는 근관충전재로서 냉각 측방가압법이 주류를 이루어 왔으나, 화학용매와 같이 사용되어지거나, 여러 열가소성충전법이 소개되었다.[3,8,13]

Schilder[3]는 수직가압법이 매우 우수하다고 하였고, Yee등[4]은 열가소성충전법의 폐쇄효과가 측방가압법만큼 우수하다고 하였으며, Lacombe등[5]의 연구에서는 측방가압법이 열가소성충전법보다 우수한 결과를 보였다고 하였다. Czonstkowsky 와 Michanowicz[6]의 연구에서는 측방가압법과 열가소성충전법 사이에 유의할 만한 차이가 없다고 하였으며, Tragger등[7]은 술자의 기술이 중요한 요소라고 하였다.

1978년 Johnson[8]은 새로운 열가소성충전법을 개발하였는데 연화된 gutta-percha를 입힌 stainless steel file을 근관 내에 충전하는 방법으로 성공적인 결과를 얻었으며, 그 후 이를 개량하여 1988년 Thermafil Endodontic Obturators(Tulsa Dental Products, Oklahoma, U.S.A.)로서 상품화하였다. Beatty등[9]은 발거한 견치에서 염료누출 연구를 통해 Thermafil 충전법이 측방가압법보다 근관폐쇄효과가 우수하다고 보고한 반면, Lares와 ElDeeb[10]은 측방가압법이 근관밀폐효과가 우수하다고 보고하였다. Chohayeb[11]의 연구에서도 Thermafil충전법보다 측방가압법에서 더욱 우수한 결과가 나왔고 Hata등[12]은 통계적으로 유의한 차이가 없다고 하였다.

1982년 Touch N' Heat electric heat carrier가 소개되어, 기존의 Bunsen burner를 이용한 가열시 적절한 열을 갖기 위해서는 15~45초가 소요되던 것을, 1.5초만에 원하는 온도에 도달할 수 있게 되고 냉각되는 시간도 단축되었다. 그 후 1994년 Buchanan은 새로운 가열기구인 System B Heat Source와 Buchanan Plugger를 사용하여, 새로운 열가소성 충전방법인 Continuous Wave of Condensation Technique을 소개하였으며, 이 방법이 충전이 쉽고 근관계를 삼차원적으로 충전할 수 있다고 하였다.[13]

충전의 폐쇄효과 평가는 여러 가지 검출방법을 통한 누출정도 측정에 의해 이루어져 왔는데, 염료를 침투시켜 치아를 쪼개거나[5,9] 투명표본을 만들어 염료의 침투정도를 보는 방법[10,11,14,15], 방사선동위원소[6]나 주사전자현미경[16]등을 이용하는 방법 등이 그것이다. 최근에는 미

생물이나 미생물의 생산물의 침투정도[17,18]를 검사하는 방법도 많이 사용되고 있다. 본 실험에서는 resorcinol-formaldehyde resin을 이용하여 여러 충전방법의 폐쇄효과를 실험적으로 평가하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

90개의 발거된 상악대구치의 구개측 치근을 백악법랑경계에서 절단하여 사용하였으며, 근관의 만곡도를 알기 위하여 모든 치아의 방사선사진을 촬영하였다. Schneider's technique[19]에 따라 치아의 만곡도를 측정한 다음, 만곡도를 고르게 분포시켜 20개의 치아를 한 군으로 네 개의 군으로 나누고 10개의 치아는 대조군으로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 근관형성

10번 K-Flex file(Mani, Nakaakutsu, Japan)로 해부학적인 치근단공 (major foramen)보다 0.5mm 짧게 근관작업장을 정하였다. 모든 근관은 Profile(Maillefer, Ballaigues, Swiss)로 근관형성을 시행하였다. #25과 #30 Profile로 근관작업장의 1/2~2/3되게 근관형성을 한 후, #20 file로 근관작업장의 2/3~3/4되게 근관형성을 시행하고 #15 file로 근관작업장까지 근관형성을 시행하였다. 그 후 #20, #25, #30, #35, #40 file의 순서로 근관작업장까지 근관형성을 시행하였다. 근관세척은 2.5% sodium hypochlorite를 사용하여 시행하였다.

2) 실험군의 분류

근관형성된 치아들은 근관만곡도를 균일하게 배정하여 4개의 실험군으로 나누었으며, 양성대조군과 음성대조군을 두었다. 실험군의 치아들은 다음의 충전법으로 근관충전을 시행한 후, 근관봉함제가 경화되도록 100% 습도에 48시간동안 보관하였다.

- 1군 : 측방가압법으로 충전한 군.
- 2군 : Thermafil(Tulsa Dental Products, Oklahoma, U.S.A.)로 충전한 군.
- 3군 : Continuous Wave of Condensation Technique으로 충전한 군.
- 4군 : Obtura-II (Texceed Coorporation, Costa Mesa, California, U.S.A.)만으로 충전한 군.
- 양성대조군 : 충전을 하지 않음(레진의 침투능력을 검사하기 위해서).
- 음성대조군 : 충전을 하지 않음(nail polish의 폐쇄효과를 검사하기 위해서).

3) 근관충전

- 1군 : 근관형성을 #40까지 시행하였으므로 #40 gutta-percha cone을 master cone으로 근관작업장까지 도달시켜 tugback이 느껴지게 근관내에 적합해 본 후, 근관내에 근관봉함제를 도포한 다음, master cone에 근관봉함제를 묻혀서 근관내에 다시 넣었다. Spreader와 accessory cone을 사용하여 근관충전을 완료하였으며, 잉여충전물은 가열된 기구로 잘라내었다. 근관봉함제는 Sealapex(Kerr Romulus, MI, U.S.A.)를 사용하였다.
- 2군 : 충전하기 전 크기 검증용 kit(size verification carrier)로 근관장을 확인하고 obturator의 크기를 정하였다. 본 실험에서는 plastic core를 가진 Thermafil을 사용하였으며, 선택된 obturator를 정해진 시간동안 가열장치(ThermaPrep oven)에 넣어둔 다음, 근관봉함제를 근관벽에 묻히고, 근관작업장만큼 근관내로 삽입하였다. 근관봉함제는 Sealapex를 사용하였다.
- 3군 : System B heat source(Analytic Technology Redmond, WA, U.S.A.)와 Buchanan plugger(Analytic Technology Redmond, WA, U.S.A.)를 사용하여 충전하였다. 근관작업장보다 4~6mm 정도 덜 들어가서 binding되는 plugger를 선택한 뒤, 근관봉함제를 묻힌 비표준 gutta-percha cone을 근관내에 위치시킨다. "Touch" switch를 눌러 plugger를 가열시켜 gutta percha를 binding point직전까지 파고들

게 하고, "Touch" swich를 끈 후 계속 압력을 가해 gutta percha를 압박하며 binding point까지 도달시킨 후, 다시 "Touch" switch를 눌러 plugger와 여분의 gutta percha를 제거한다. Back-fill은 Obtura-II로 시행하였고, 근관봉함제는 Pulp Canal Sealer EWT를 사용하였다

• 4군 : 두 단계로 나누어 시행하였다. 먼저 근관봉함제를 근관벽에 묻히고, needle을 근관벽에 binding되는 지점까지 넣은 뒤, 180℃까지 연화된 gutta-percha를 주입한다. Needle tip을 꺼내고 plugger를 알콜에 묻혀 다진다. 그 위의 공간에 연화된 gutta percha를 주입하고 plugger로 다지면서 점차적으로 back-fill한다. 근관봉함제는 Pulp Canal Sealer EWT(Kerr MFG Co. Redmond, MI, U.S.A.)를 사용하였다.

• 5군 : 양성대조군으로써 레진의 침투능력을 검사하기 위해 충전을 하지 않음.

• 6군 : 음성대조군으로써 nail polish의 폐쇄효과를 검사하기 위해 충전을 하지 않고, 근단공까지 nail polish로 폐쇄.

4) 시편의 제작

근관봉함제가 완전히 경화되도록 근관충전된 모든 치아는 상온에서 2일 동안 보관하였다. 치근면으로 레진이 빠져나가지 않게 하기 위하여 치근단 2mm를 제외한 모든 치근면에 nail polish를 도포하였다. 레진의 침투능력을 보기 위하여 양성대조군에도 치근단 2mm를 제외한 전 치면에 nail polish를 도포하였고 nail polish의 폐쇄효과를 보기 위해서 음성대조군에는 전 치근면에 도포하였다.

5) 레진의 침투

레진은 1.3g의 resorcinol을 2ml의 40% formaldehyde용액과 섞어서 만들었다. 사용전에 KOH를 사용하여 pH 8.2로 맞추었다. 중합은 상온에서 한 시간내에 일어나므로 중합을 방지하기 위해서 낮은 온도에 보관하였다(얼음 등을 사용). 레진이 치아에 침투해서 중합이 일어나게 하기 위하여 치아를 4℃에서 5일간 레진에 담궈 둔 후, 레진이 경화되도록 상온에서 4일간 두었다

6) 치아의 연마

표본을 레진에서 제거한 후, nail polish를 완전히 제거한다. Epoxy resin에 매몰한 후 횡으로 연마한다. 연마하는 위치는 해부학적 근첨에서 각각 1.5mm(level 1), 2.5mm(level 2), 3.5mm(level 3) 떨어진 위치이다.

7) 연마면의 관찰

연마된 면을 stereomicroscope(Olympus, Tokyo, Japan)로 관찰하고 사진을 촬영한다. 연마된 면에서 관찰되는 근관벽과 충전물 사이의 갈색으로 염색된 레진의 면적을 컴퓨터를 사용하여 분석한다. 레진의 면적과 근관의 총 면적간의 비율을 구하여 누출률(ratio of leakage)이라 한다. 각 군과 각 부위에서의 평균

Table 1. mean ratio of leakage at 3 levels
(ratio of leakage=leakage area / total area)

group 1	group 2	group 3	group 4	
Level 1	0.075± 0.117	0.105± 0.160	0.018± 0.032	0.095± 0.161
Level 2	0.039± 0.094	0.029± 0.078	0.005± 0.010	0.044± 0.084
Level 3	0.048± 0.109	0.035± 0.120	0.023± 0.050	0.023± 0.081

(Mean± S.D.)

• Group 1 : Lateral condensation
• Group 2 : Thermafil
• Group 3 : Continuous Wave of Condensation Technique
• Group 4 : Obtura-II

누출률(mean ratio of leakage)을 구한다. 각 군의 각 부위에서의 누출률(ratio of leakage)을 Rank sum test를 이용하여 비교하였다.

Ⅲ. 실험성적

양성대조군에서는 레진의 침투가 완전히 이루어졌고 음성대조군에서는 레진의 침투가 전혀 이루어지지 않았다.

Table 1은 각 부위에서의 평균누출률(mean ratio of leakage)을 보여주고 있다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

근관충전의 목적은 근첨에서부터 치관부까지의 전 근관계를 불활성 재료로서 밀폐하여 치근단 및 치근 주위 조직과의 통로를 차단시킴으로서 근관의 재감염을 방지하는데 있으며[20], 변연누출의 정도를 검사하는 것이 근관폐쇄효과를 평가하는 데 널리 이용되는 방법이다. 이러한 근관폐쇄효과검사법에는 색소침투법[5,9,10,11,14,15], 방사선동위원소법[6], 미생물법[17,18], 전기화학법[21], 주사전자현미경법[16] 등 다수가 있으며, 본 실험에서는 근관충전을 한 치아에 resorcinol-formaldehyde resin을 침투시킨 뒤 횡으로 연마하여 근관폐쇄효과를 비교하였다.

근관충전의 폐쇄효과에 관한 대부분의 연구에서는 India ink나 methylene blue같은 염료를 침투시킨 후 근첨에서의 거리를 평가하였다. 하지만 이런 방법은 객관적인 양적 평가라기보다는 주관적인 면이 강하게 작용하는 단점이 있다. 본 실험에 사용된 resorcinol- formaldehyde resin은 법랑질우식에서 cariostatic material로서 Robinson등에 의해 연구되었다[22]. 이 연구에서 레진이 우식병소에 잘 침투되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. Kajimoto[23]는 bovine incisor에서 와동을 형성한 후 복합레진과 와동벽사이의 미세누출의 연구에 resorcinol-formaldehyde resin을 이용하여 성공적인 결과를 얻었다. 본 실험에서는 근관충전과 근관벽사이의 간격에 레진을 침투시켜 레진의 단면적과 근관의 단면적간의 비율을 구함으로써 정량적이고도 통계적인 결과를 낼 수 있었다.

Resorcinol-formaldehyde resin은 실험에 사용된 양성대조군에서 레진이 완전히 침투되었으므로 미세누출연구에 사용될 만한 재료라고 생각되어진다. 상온에서 한 시간 이내에 중합이 일어나며 50℃에서는 1분내에 중합이 일어난다. 이는 pH 8이상에서는 중합율이 증가하고, 친수성이고 점도가 낮고 surface-active하며 항균성이 있으며 고체로 중합되는 장점을 가지고 있다[22].

근첨과 그 주위조직은 근관치료에 있어 가장 중요한 부분이고 근첨공에 대한 해부학적 지식은 근관치료를 수행함에 있어서 필수적이다. 치아의 연령이 증가할수록 백악질의 침착으로 근첨의 위치가 변한다. Kuttler[24]에 따르면 해부학적 치근단공으로부터 minor canal diameter까지의 거리는 25세 이하의 연령에서는 524 μm정도이고 55세 이상의 연령에서는 659μm였다. 본 실험에서는 해부학적 치근단공으로부터 0.5mm짧게 근관작업장을 정하였다. 치아를 횡으로 연마하기 위해 polishing machine(Struers, Copenhagen, Denmark)이 사용되었다. 근첨으로부터 해부학적 치근단공까지의 거리는 치아마다 다르지만 실험결과에 영향을 미칠 정도는 아니라고 생각되므로 해부학적 치근단공을 고려하지 않고 일률적으로 근첨으로부터 1.5mm, 2.5mm, 3.5mm를 연마하였다.

Gutta-percha는 가장 많이 사용되는 근관충전재로서 그 성질이 알려진 것은 오래되지 않았다. 화학적으로 "*trans*" polyisoprene으로서 α상과 β상이 존재하는데 분자량은 104~106정도이며 긴 선형구조로 되어 있다. 이는 "*cis*" polyisoprene인 natural rubber보다 단단하고 brittle하며 탄성이 적다. 열에 관한 성질이 중요한데 gutta-percha는 열이 가해지면 분자의 배열이 달라져서 무정형의 상태가 되며 냉각되면 다시 굳어진다. 상품으로 판매되는 gutta-percha는 β상이며 열을 가하면 β상에서 α상으로 변하고 계속 열을 가하면 α상에서 무정형으로 변한다[24]. Thermafil에 사용된 β상의 gutta-percha는 보통 사용되는 β상의 gutta-percha와 같은 화학조성을 가지고 있으나, 열에 의해 연

화되면 유동성을 가지게 되며 wetting현상을 나타내어 carrier에 부착하게 된다. 이러한 wetting현상은 gutta-percha가 근첨부까지 운반될 수 있게 해준다[14].

대부분의 미세누출에 관한 연구는 *in vitro* 상에서 이루어졌으므로 임상적인 유효성이 의심될 만하다. 하지만, 측방가압법은 임상적으로 90% 정도의 성공률을 보인다고 한다[25]. 1983년 Pitt Ford[26]는 *in vitro*상에서의 폐쇄효과와 *in vivo*상에서의 조직반응사이에서 별 상관관계를 발견하지 못하였다고 하였다.

미세누출실험에서는 사용되는 치아의 길이와 해부학적 모양등이 유사한 것이 좋은데 본 실험에 사용된 치아는 모두 상악대구치의 구개측 근관으로 백악법랑경계에서 절단하여 사용하였다. 치아의 만곡도의 차이를 극복하기 위해 모든 치아의 방사선사진을 촬영하여 Schneider's technique[18]에 따라 만곡도를 측정하고 만곡이 심한 순서로 배열한 후, 각 군에 고르게 분포시켰다.

Schilder[3]는 수직가압법이 근관계를 삼차원적으로 충전할 수 있는 좋은 방법이라고 하였고 Yee등[4]은 염료침투법을 이용하여 열가소성충전법의 폐쇄효과가 기존의 측방가압법만큼 우수하다고 하였다. Scott등[27]은 Thermafil충전법과 측방가압법간에 유의한 차이가 없다고 보고하였고, McMurtrey등[28]은 만곡된 근관에서 Thermafil충전법과 측방가압법간에 유의할 만한 차이가 없다고 하였다. Fabra-Campos[29]는 측방가압법과 Thermafil충전법간에 유의한 차이가 없다고 하였고, Veis등[30]은 열가소성충전법과 측방가압법간의 미세누출에 유의할 만한 차이가 없다고 하였다. Goldberg등[31]은 투명표본법을 이용하여 열가소성충전법과 측방가압법간에 유의한 차이가 없다고 하였고, Michailesco등[32]은 미생물누출연구를 통해 측방가압법과 수직가압법간에 유의한 차이가 없다고 하였다.

근관계를 삼차원적으로 충전하려는 노력은 1967년 Schilder[3]에 의해 처음 시도되었는데 그가 제시한 수직가압법은 heat carrier를 flame에 달구어 적용하므로 시간이 많이 걸리는데다 충전방법이 매우 난해하였다. 그러다가, 1982년 Touch N' Heat electric heat carrier가 소개되어 충전이 빠르고 간편해졌다. 그 후 점점 gutta-percha의 열에 관한 성질에 대해 이해하게 되어 1994년 Buchanan[13]은 새로운 열기구인 System B heat source를 사용한 충전법을 소개하였는데 이를 Continuous Wave of Condensation Technique이라고 하였다. 그는 이 방법이 heat carrier가 일정한 온도를 가지므로 열의 전달을 정확하게 할 수 있을 뿐 아니라, 치근단과 치경부의 부근관의 충전이 잘 되며, post 공간 형성이 쉽고, 제거가 잘 되며, 술식이 쉬워 초보자도 할 수 있으며, 시간이 적게 걸리는 장점이 있다고 하였다.

미세누출실험에서는 근관벽과 충전물 사이의 공간에 tracer가 침투한 정도를 평가하게 되는데 Sprading와 Senia[33]는 공기나 액체가 존재할 경우 제대로 침투가 되지 않아 void가 생겨 실험결과에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. Spångberg등[34]과 Goldman등[35]은 진공상태에서 실험을 하면 이러한 문제를 해결할 수 있다고 하였고 Oliver와 Abbott[36]은 이들의 실험결과를 확인하였다. 하지만 1992년 Peter와 Harrison[37]은 진공상태와 공기가 존재하는 상태에서의 실험결과에서 별다른 차이가 없었다고 보고하였다. 본 실험에서는 레진이 침투하지 못한 공간이 존재하였는데 공기나 액체때문이라고 생각된다. 진공상태에서 실험하면 이러한 공간을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 실험에서는 여러 충전법의 폐쇄효과를 평가하기 위해서 90개의 상악대구치를 백악-법랑경계에서 구개측치근을 절단한 다음, 80개의 근관은 4개의 실험군으로 10개의 근관은 양성 및 음성 대조군으로 사용하였다. 1군은 측방가압법으로, 2군은 Thermafil충전법으로, 3군은 Continuous Wave of Condensation Technique으로, 4군은 Obtura-II만으로 충전하였고 대조군은 충전하지 않았다. 충전 후, resorcinol-formaldehyde resin에 5일간 보관한 다음, 횡으로 연마하여 미세누출을 비교, 관찰하여 다

음의 결론을 얻었다.

1. 근첨에서 1.5mm되는 부위에서는 Thermafil과 Obtura-II에서 가장 많은 미세누출을 보였고, 측방가압법, Continuous Wave of Condensation Technique의 순서로 미세누출을 보였으며, Continuous Wave of Condensation Technique과 Obtura-II로 충전한 군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$).
2. 근첨에서 2.5mm되는 부위에서는 Continuous Wave of Condensation Technique으로 충전한 군에서 가장 우수한 결과가 나타났으나 각 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).
3. 근첨에서 3.5mm되는 부위에서는 각 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

참 고 문 헌

1. Cohen B, Burns RC. Pathway of the Pulp 6th Ed. Mosby. 219, 1994
2. Ingle JI, Beveridge EE. Endodontics. 3rd Ed. Lea & Febiger. 223-307, 1985
3. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. Dent Clin North Am 1967;11 : 723-44
4. Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P. Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded thermoplasticized dental gutta-percha. J Endodon 1977;3 : 168-74
5. LaCombe JS, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GB. A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. J Endodon 1988;14 : 445-50
6. Czonstkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA. Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes. J Endodon 19 85;11 : 71-4
7. Tragger M, Tamse A, Katz A. An improved method of three dimensional study of apical leakage. Quint Int 1983;14 : 981-6
8. Johnson B. A new gutta-percha technique. J Endodon 1978;4 : 184
9. Beatty RG, Baker PS, Haddix J, Hart F. The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration. J Am Dent Assoc 1989;119 : 633-7
10. Lares C, Eldeeb ME. The sealing ability of the Thermafil obturation technique. J Endodon 1990;16 : 474
11. Chohayeb AA. Comparison of conventional root canal obturation technique with Thermafil obturators. J Endodon 1992;18 : 10
12. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FS. Sealing ability of thermoplasticized gutta-percha fill techniques as assessed by a new method of determining apical leakage. J Endodon 1995;21 : 167-72
13. Buchanan, LS. The Continuous Wave of Condensation Technique : A Convergence of Conceptual and Procedural Advances in Obturation. *Dentistry Today* October, 80-85, 1994
14. Barkins W, Montgomery S. Evaluation of Thermafil obturation of curved canals prepared by the Canal Master-U system. J Endodon 1992;18 : 285-9
15. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FS. Sealing ability of Thermafil with and without sealer. J Endodon 1992;18 : 322-26
16. 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 1978;4 : 245-50
17. Michailesco PM, Valcarcel J, Grieve AR, Levallois B, Lerner D. Bacterial leakage in endodontics. J Endodon 1996;22 : 535-

9
18. 배광식. 근관충전의 미세누출과 혐기성세균. 대한치과의사협회지 1996;34 : 847-50
19. Schneider SW. A comparison of canal preparations on straight and curved root canals. Oral Surg 1971;32 : 271-5
20. 임성삼. 임상근관치료학. 의치학사. 131, 1994
21. Osin BA, Carter M. Microleakage of four root canal sealer cements as determined by an electrochemical technique. Oral Surg 1983;56 : 80-8
22. Robinson G, Hallsworth AS, Weatherell JA, Kunzel W. Arrest and control of carious lesions : A study based on preliminary experiments with resorcinol-formaldehyde resin. J Dent Res 1976;55 : 812-8.
23. Kajimoto Y. New microleakage test method utilizing resorcinol-formaldehyde resin. Shika Igaku(J Osaka Odont Soc) 1987; 50 : 334-54.
24. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Oral Surg 1974;37 : 954-61.
25. Selzer S. *Endodontology. Biologic Considerations in Endodontic Procedures,* 2nd edn, 1988;365-6. Lea & Febiger, Philadelphia.
26. Pitt Ford TR. Relation between seal of root fillings and tissue response. Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology 1983;55 : 291-4
27. Scott AC, Vire DE, Swanson R. An evaluation of the Thermafil endodontic obturation technique. J Endodon 1992;18 : 340-3
28. McMurtrey LG, Krell KV, Wilcox LR. A comparison between Thermafil and lateral condensation in highly curved canals. J Endodon 1992;18 : 68-71
29. Fabra-Campos H. Experimental apical sealing with a new canal obturation system. J Endodon 1993;19 : 71-5
30. Veis AA, Molyvdas IA, Lambrianidis TP, Biltes PG. *In vitro* evaluation of apical leakage of root canal filling after in situ obturation with thermoplasticized and laterally condensed gutta-percha. Int Endod J 1994; 27 : 213-7
31. Goldberg F, Massone EJ, Artaza LP. Comparison of the sealing capacity of three endodontic filling techniques. J Endodon 1995;21 : 1-3
32. Michailesco PM, Valcarcel J, Grieve AR, Levallois B, Lerner D. Bacterial leakage in endodontics. J Endodon 1996;22 : 535-9
33. Spradling PM, Senia ES. The relative ability of paste-type filling materials. J Endodon 1982;8 : 543-9
34. Spångberg LSW, Acierno TG, Cha BY. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. J Endodon 1989;15 : 548-51
35. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. Oral Surg 1989;67 : 327-32
36. Oliver CM, Abbott PV. Entrapped air and its effects on dye penetration of voids. Endod Dent Traumatol 1991;7 : 135-8
37. Peters LB, Harrison JW. A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. Int Endod J 1992;25 : 273-8

EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 1. Representative photograph of Obtura-II group at the level 1(1.5mm from the apex) surface showing no leakage.(original magnification ×40)

Fig. 2. Representative photograph of Obtura-II group at the level 1 surface showing some leakage. (original magnification ×40)

Fig. 3. Representative photograph of Obtura-II group at the level 2(2.5mm from the apex) surface showing no leakage.(original magnification ×40)

Fig. 4. Representative photograph of Obtura-II group at the level 2 surface showing some leakage. (original magnification ×40)

Fig. 5. Representative photograph of Obtura-II group at the level 3(3.5mm from the apex) surface showing no leakage.(original magnification ×40)

Fig. 6. Representative photograph of Obtura-II group at the level 3 surface showing some leakage. (original magnification ×40)

Fig. 7. Representative photograph of lateral condensation group at the level 2 surface showing no leakage.(original magnification ×40)

Fig. 8. Representative photograph of lateral condensation group at the level 2 surface showing some leakage.(original magnification ×40)

Fig. 9. Representative photograph of Thermafil group at the level 3 surface showing no leakage. (original magnification ×40)

Fig. 10. Representative photograph of Thermafil group at the level 1 surface showing some leakage. (original magnification ×40)

Fig. 11. Representative photograph of Continuous Wave of Condensation Technique group at the level 2 surface showing no leakage.(original magnification ×40)

Fig. 12. Representative photograph of Continuous Wave of Condensation Technique group at the level 1 surface showing some leakage.(original magnification ×40)

Fig. 13. Positive control showing complete infiltration of resorcinol- formaldehyde resin.(original magnification ×40)

Fig. 14. Negative control showing no infiltration of resorcinol-formaldehyde resin.(original magnification ×40)

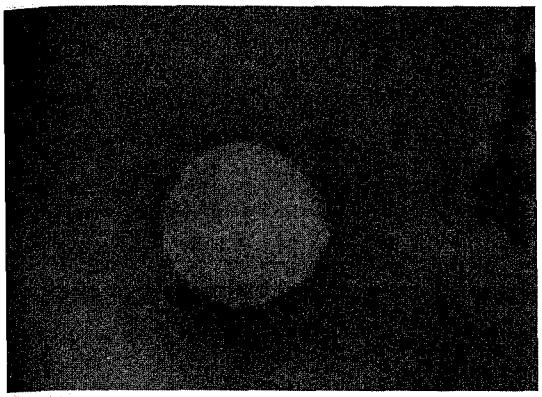

Fig. 1.

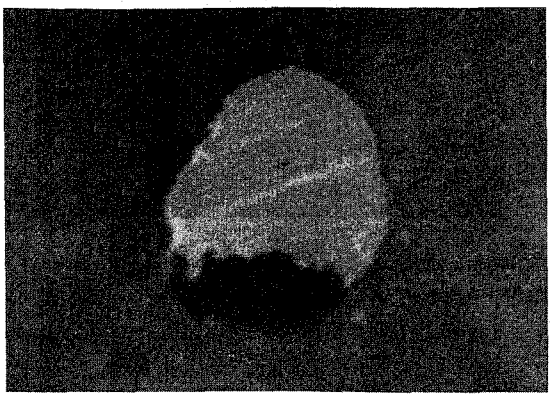

Fig. 2.

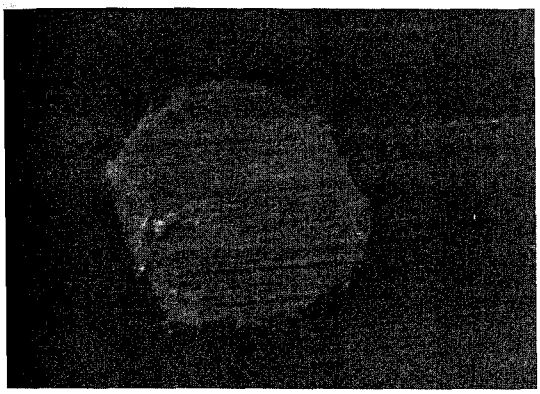

Fig. 3.

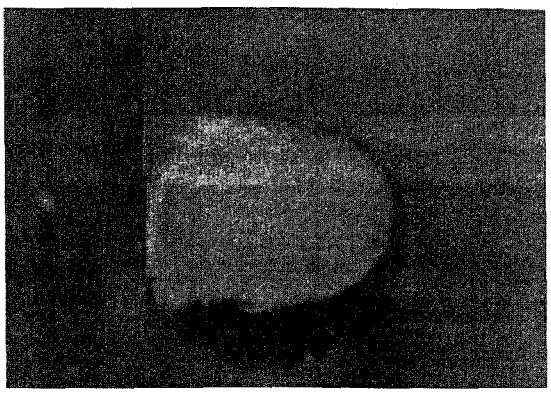

Fig. 4.

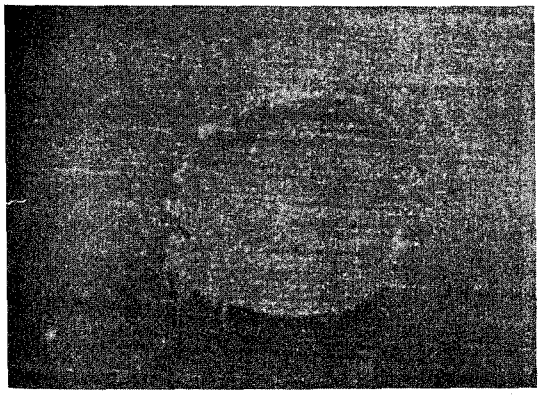

Fig. 5.

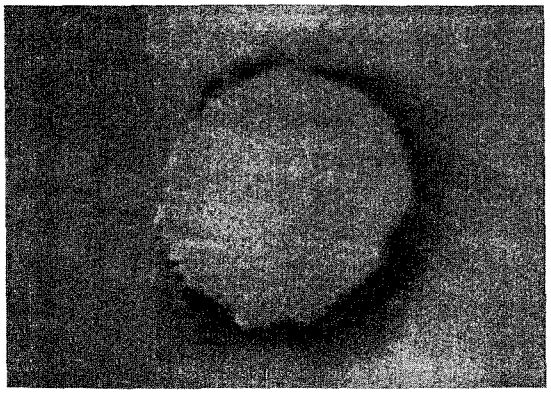

Fig. 6.

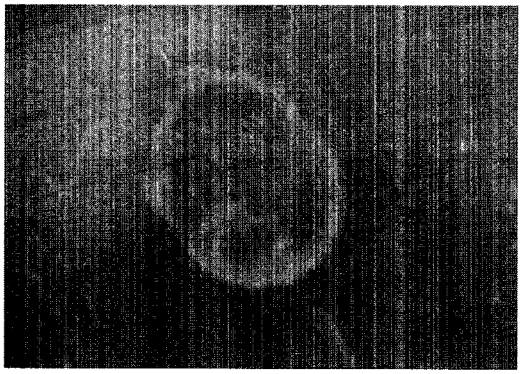

Fig. 7

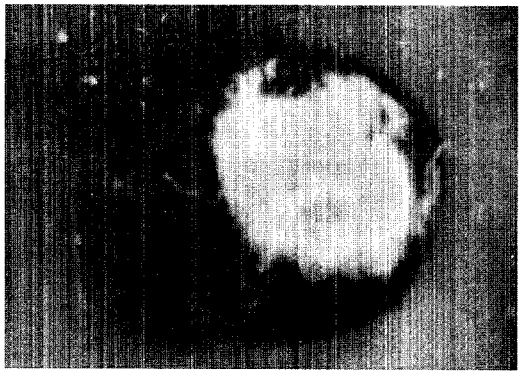

Fig. 8

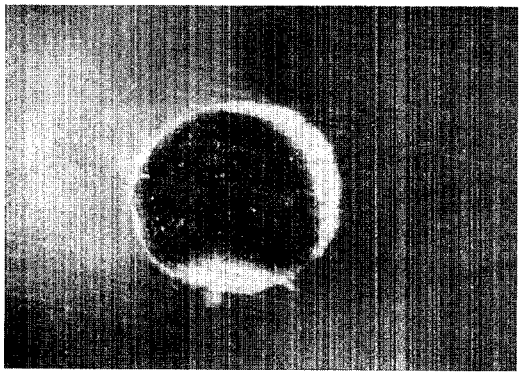

Fig. 9

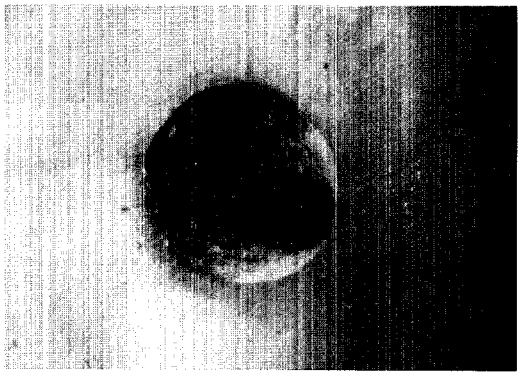

Fig. 10

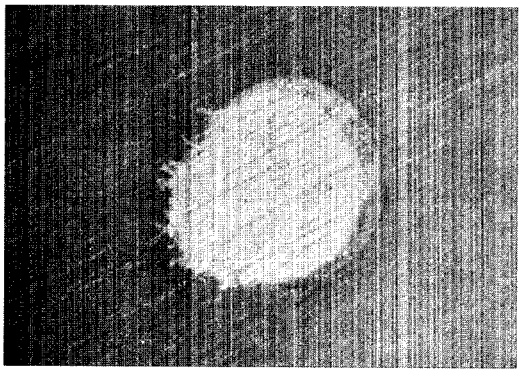

Fig. 11

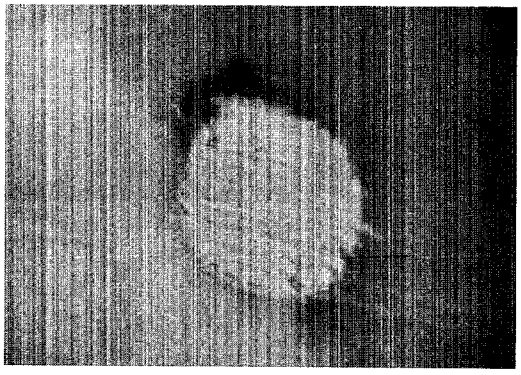

Fig. 12

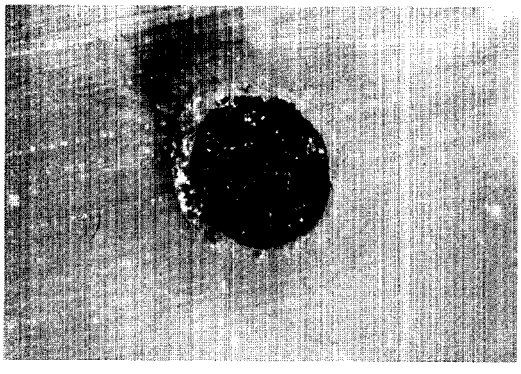

Fig. 13

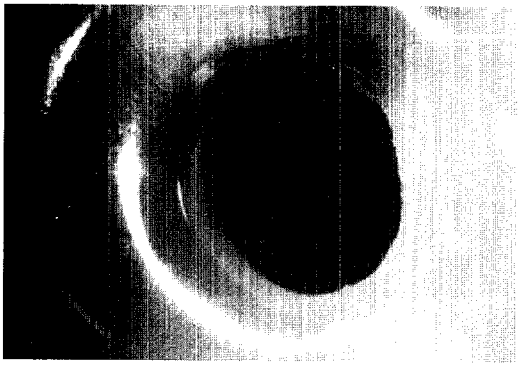

Fig. 14