

열연화시킨 근관충전방법에 따른 근단폐쇄성에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

백 승 호

ABSTRACT

A COMPARISON OF THE APICAL SEALING ABILITY OF OBTURATION TECHNIQUES BY THERMALLY SOFTENED GUTTA PERCHA

Seung-Ho Baek

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the apical sealing ability of lateral condensation method, vertical condensation method, and MicroSeal obturation system.

Sixty-four extracted anterior teeth were instrumented to #40 using Profile. Three groups of 20 teeth were obturated by lateral condensation technique, vertical condensation technique, and and MicroSeal obturation system. Control group were not obturated. 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 ground horizontally at 1.5mm(level 1), 2.5mm(level 2), and 3.5mm(level 3) from the anatomic apex and examined with a stereomicroscope at X40 magnification. The photographs were taken a at X40 magnification of the filling in each level and scanned. The leakage area, which was filled with the resin, was measured at each of the three levels. Each ratio of leakage was evaluated by calculating the ratio of the area of the resin to the total area of the canal and was analyzed statistically.

The results were as followed:

1. Vertical condensation group had significantly higher percentage of the area which was obturated by gutta percha than other two technique at each level.
2. At the level 1, there was the greatest leakage in the lateral condensation group, but there

was no statistically significant($P>0.05$)

3. At the level 2, there was the least leakage in the MicroSeal group, and the most leakage in the lateral condensation group. There was statistically significant difference between the MicroSeal group and the lateral condensation group($P<0.05$).
4. At the level 3, there was least leakage in the vertical condensation group, and the most leakage in the lateral condensation group. There was statistically significant difference between the vertical condensation group and the lateral condensation group($P<0.05$).

Key words : sealing ability, canal obturation, lateral condensation, vertical condensation, MicroSeal, resorcinol-formaldehyde resin

I. 서 론

3차원적인 근관충전은 성공적인 근관치료를 위하여 가장 중요한 단계이다. Nguyen¹⁾은 이러한 3차원적인 근관충전이 치근단 삼출액이 근관내로 누수(percolation)와 미세누출(microleakage)되는 것을 차단하여 재감염을 일으키지 않을 뿐 아니라, 적절한 생물학적인 환경을 만들어 치유가 될 수 있도록 한다고 보고하였다. 그러나 임상적으로 multicanal, fin, 부근관, delta, isthmus 등과 같은 근관형태의 복잡성으로 인하여 불완전한 근관충전을 하게 된다. 그리하여 Ingle²⁾은 근관치료 실패의 60%가 이러한 불충분한 근관충전에 기인한다고 하였다.

결과적으로 복잡한 근관을 충전하기 위하여 여러가지 근관충전재와 방법들이 개발되어 왔다. 가장 널리 사용되는 근관충전법은 측방가압법이나 근관벽에 완전히 적합되지 못하고, gutta percha cone간의 빈 공간이 존재하며, spreader tracts, 과도한 측방충전압에 의한 치질파절 가능성이 지적되고 있다^{3,4)}.

1967년 Schilder⁵⁾에 의해 소개된 수직가압법은 주 근관뿐 아니라 부 근관까지 gutta percha로 3차원적인 근관충전을 할 수 있는 장점이 있는 반면 충전 과정이 복잡하고, 어렵고, 충전시간이 오래 걸리며, 길이조절이 어려운 단점이 지적되고 있다⁶⁾. 그러나 1982년 Touch N' Heat (Analytic Technology, Redmond, WA, U.S.A.)의 electric heat carrier가 소개되어, 기존의 Bunsen burner를

이용한 가열시 불편한 점을 해소하여 electric heat carrier 사용시 15초의 짧은 가열 시간과 냉각에 필요한 시간이 감소되었다. Touch N' Heat와 Obtura II (Obtura Corp., Fenton, MO, U.S.A.)를 이용한 변형된 수직가압법은 수직가압법시 어려운 적절한 온도문제가 해결되었고 또한 backfill시 Obtura II를 사용함으로써 시간적으로 많이 단축되었다.

1980년 McSpadden에 의해 소개된 McSpadden Compactor를 이용한 thermomechanical 방법은 빠르고, 근관 폐쇄효과가 뛰어나고, 재료의 근관벽에의 접합성이 뛰어난 장점이 보고되었으나, 근관의 수직파절과 상아질의 삭제, compactor의 파절 및 발생하는 열 등이 단점으로 지적되었다^{7,8,9)}. 최근 이러한 thermomechanical 방법으로 compactor에 열 연화된 gutta percha를 묻혀 사용하는 JS Quick-fill (JS Dental, Didgefield, Conn, USA)과 Multi-Phase II Pac Mac Compactors (NT Company, Chattanooga, Tenn, USA), Master cone과 열 연화된 gutta percha를 함께 사용하는 MicroSeal (Tycom, Irvine, CA, USA.) 등이 개발되어 근관계를 삼차원적으로 빠르고 쉽게 충전할 수 있다고 하였다. 그러나 최근 개발된 이 방법의 근관충전효과에 대한 연구 보고는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 현재 가장 널리 사용되는 측방가압법과 수직가압법 및 최근 사용되고 있는 thermomechanical 방법인 Microseal의 근관폐쇄효과를 resorcinol-formaldehyde resin을 침투시켜 실험적으로 비교 평가하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

최근 발거된 치아중 치근단이 완성되고 방사선 촬영시 정상적인 근관형태를 가진 64개의 단근치를 대상으로 하여 20개의 치아를 한군으로 3개의 군으로 나누고 4개의 치아는 대조군으로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 근관형성

개발된 근관을 통하여 #15 K-file(Mani, Nakaakutsu, Japan)로 해부학적인 치근단공보다 0.5mm 짧게 근관작업장을 정하였다. 모든 근관은 Profile(Tulsa dental product, OH, USA)로 근관형성을 시행하였으며, 치경부 근관은 #3, #4, #5 Gate Gridden Bur를 사용하여 확장하였다. 이때 Master Apical file은 #40 file로 정하였으며, 근관세척은 2.5% 차아염소산 나트륨을 사용하여 시행하였다. 치질잔사에 의해 치근단공이 막히는 것을 방지하기 위해 매 근관형성때마다 #10 file을 patency file로 하여 치근단공을 개방시켰다.

2) 실험군의 분류

실험치아의 근관형성을 완료한 다음 paper point로 근관을 건조시켰으며 3개의 실험군에 각각 20개씩, 양성대조군과 음성대조군에 각각 2개씩의 치아를 무작위로 배정하였다.

각 근관충전법에 따른 실험군 분류는 다음과 같다.

- 1군: 측방가압법으로 충전한 군
- 2군: 수직가압법으로 충전한 군
- 3군: MicroSeal로 충전한 군
- 음성대조군: 충전하지 않고 nail polish로 근단공까지 폐쇄
- 양성대조군: 충전하지 않음

3) 근관충전

- 1군 : 측방가압법으로 근관충전을 한 군으로 #40 gutta percha cone을 master cone으로 작업장 길이까지 도달시켜 tugback을 확인한다. 근관봉

합제로 Sealapex(Keer Romulus, MI, U.S.A.)를 사용하였으며, #40 file로 근관 내에 도포한 다음, master cone에 근관봉합제를 묻혀서 근관내에 다시 넣었다. NiTi finger spreader(Hygiene Corp., Akron, OH, U.S.A.)와 다수의 accessory gutta percha cone을 사용하여 통법대로 spreader가 근관 입구 3-4mm이상 들어가지 않을 때까지 충전한 다음 잉여충전물은 가열된 기구로 잘라내었으며, 수직가압을 추가로 시행하지 않았다.

- 2군 ; 수직가압법으로 충전한 군으로 먼저 근관작업장보다 각각 4mm, 7mm, 10mm 짧은 Schilder plugger를 선택한 다음 Pulp Canal Sealer EWT(Kerr Co, Romulus, MI, U.S.A.)을 근관봉합제로 사용하여 근관벽에 최소한 도포하고, 치근단부 근관까지 삽입되는 비표준화 gutta percha cone(Diadent, Korea)을 근관내에 삽입하였다. Touch N' Heat의 heat carrier tip(Analytic Technology, Redmond, WA, U.S.A.)을 이용하여 gutta percha에 열을 가하고 선택된 plugger로 근침 4mm에 도달할 때까지 근침쪽으로 수직가압을 한다. 근침 3분의 1 부위를 수직가압을 한 후 남은 빈 근관을 열연화 gutta percha 충전법인 Obtura II (Obtura Corp., Fenton, MO, U.S.A.)를 이용하여 근관충전을 완료하였다.

- 3군 ; MicroSeal(Tycom, Irvine, CA, USA.)로 충전한 군으로 압력이나 온도에 의해 쉽게 연화되는 MicroFlow Master Cone(Tycom, Irvine, CA, USA.)으로 tugback느낌을 가지면서 작업장까지 도달하게 한 다음, Pulp Canal sealer EWT를 근관벽에 도포하였다. 다시 MicroSeal Master Cone(Tycom, Irvine, CA, USA.)을 삽입한 다음 MicroSeal spreader(Tycom, Irvine, CA, USA.)을 사용하였다. MicroFlow Syringe(Tycom, Irvine, CA, USA.)에 MicroFlow Cartridge(Tycom, Irvine, CA, USA.)를 넣은 다음 MicroSeal Heater(Tycom, Irvine, CA, USA.)에서 가열하여 gutta percha를 제조회사가 지시한대로 연화시킨 후, MicroSeal Condenser(Tycom, Irvine, CA, USA.)를 MicroFlow Cartridge에 넣어 condenser에 gutta percha가 균일하게 묻게하였다. 즉시 condenser를 근관 내에 가능한 근관장 길이 가까이 넣어 engine을 이용하여 5,000-7,000rpm으로 회전시키면서 근침으로 압력을

가하지는 않지만 condenser가 위로 나오려는 힘에 대해서는 저항할 수 있어야 한다. 2초내 한 쪽 벽에 가벼운 힘을 주면서 condenser를 빼내었고, 근관내에서의 충전시간은 총 6초를 넘지 않도록 하였다.

- 4군 : 음성대조군으로 nail polish의 폐쇄효과를 검사하기 위해 nail polish로 근단공까지 폐쇄하였다.

- 5군 : 양성대조군으로 resin의 침투능력을 검사하기 위해 충전하지 않았다.

실험군은 근관충전을 완료한 다음 근관외동을 IRM으로 폐쇄하였으며, 근관봉합제가 경화되도록 상온에서 2일동안 보관하였다. 이후 실험군과 양성대조군은 치근단공 2mm를 제외한 모든 부위에 음성대조군은 치근단공을 포함한 모든 부위에 nail polish를 도포하였다.

4) resin의 침투

침투시키는 resin은 1.3g의 resorcinol을 2ml의 formaldehyde용액과 섞어서 만들었다. 사용전 KOH를 사용하여 pH를 8.2로 맞추었다. 중합을 방지하기 위해 낮은 온도에 보관하였다. resin이 치아에 침투되게 하기 위해 치아를 resin에 담귀 4°C에서 5일간 보관하였고, resin이 경화되도록 상온에서 4일간 두었다.

5) 표본 연마 및 관찰

nail polish를 제거한 후 epoxy resin에 매몰한 후, 해부학적 근침에서 각각 1.5mm(level 1), 2.5mm(level 2), 3.5mm(level3) 떨어진 위치를 횡으로 연마하여 관찰하였다. 각 연마된 면을 stereomicroscope(Olympus, Tokyo, Japan)로 40배로 확대하여 관찰하고 사진촬영을 하였다. 촬영된 사진을 computer에서 scanning하여 연마된 면에서 관찰되는 근관벽과 충전물 사이의 갈색으로 염색된 침투된 resin과 gutta percha 및 sealer의 면적을 Adobe Photoshop 4.0(Adobe System Incorporated, Mountain View, Ca)과 Sigma Scan /Image software ver 1.20 (Jandel Scientific Software, San Rafael, CA)을 이용하여 비교 분석하였다. 침투된 resin의 면적과 근관 총면적간의 비율을 누출률(ratio of leakage)이라 하며, 각 군의 각 부위에서의 누출을 구하여 Rank sum test를 이용하여 비교 분석하였다.

III. 실험결과

실험 결과 각 충전방법에 따른 근관내 gutta percha로 충전된 부분의 비율평균은 table 1 과 같다.

근관내에 gutta percha로 충전된 비율은 level 1에서는 수직가압법, MicroSeal, 측방가압법순으로 나타났으나, level 2와 3에서는 수직가압법, 측방가압법, MicroSeal로 관찰되었다. 유의성 검정결과 통

Table 1. Average percentage and standard deviations of area filled by gutta percha

(gutta percha area / total area)

	측방가압법	수직가압법	MicroSeal 충전법
Level 1	57.53±15.34*	70.69±10.47	69.08±18.09
Level 2	78.72±10.95	79.05±7.47	67.74±13.66
Level 3	75.12±12.86	77.05±11.34	65.90±13.36

* Average±standard deviation

Table 2. Mean ratio of leakage at 3 levels (leakage area / total area)

	측방가압법	수직가압법	MicroSeal 충전법
Level 1	0.065±0.009*	0.028±0.044	0.051±0.083
Level 2	0.048±0.030	0.041±0.054	0.033±0.064
Level 3	0.044±0.025	0.032±0.076	0.038±0.063

* Average±standard deviation

계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. (Level 1: P=0.0417, Level 2: P=0.00454, Level 3: P=0.0323)

table 2는 각 부위에서의 평균 누출률을 보여주고 있다.

각 부위에서의 평균 누출률은 Level 1에서 측방가압법, MicroSeal, 수직가압법 순으로 높았으나, Level 2에서는 측방가압법, 수직가압법, MicroSeal 순으로, Level 3에서는 측방가압법, MicroSeal, 수직가압법순으로 관찰되었다. 유의성 검정결과 통계적으로 Level 2와 Level 3에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.(Level 1: P=0.336, Level 2: P=0.0460, Level 3: P=0.0181)

한편 음성대조군인 경우 미세누출이 전혀 보이지 않는 반면에 양성대조군인 경우는 전 근관을 통하여 누출을 보였다.

IV. 총괄 및 고찰

근관충전에 따른 근관폐쇄 효과를 평가하기 위하여 근관충전 후 미세누출 정도를 검사하는 방법이 널리 이용되고 있다. 이러한 미세누출 정도의 평가는 methylene blue와 같은 염료를 침투시켜 치아를 쪼개거나, 투명표본을 염료의 침투정도를 보는 색소침투법¹⁰⁻¹⁵⁾, 방사선동위원소법¹⁶⁾, 주사현미경 등을 이용하는 방법¹⁷⁾이 있고, 최근에는 미생물 또는 미생물의 생산물의 침투정도를 검사하는 방법^{18,19)}등 다수가 있으며, 본 실험에서는 resorcinol-formaldehyde resin을 침투시켜 황으로 절단 연마하여 근관폐쇄효과를 평가하였다.

대부분의 연구에서 색소침투법이 널리 사용되고 있으나 이는 염료가 침투된 거리를 측정비교하는 것으로 객관적인 양적 평가가 어려운 단점이 있다. 본 실험에서 사용된 resorcinol-formaldehyde resin 방법은 Roninson등²⁰⁾에 의해 범람질우식에서 cariostatic material로 사용되었으며, resin이 우식병소에 잘 침투되어 있는 것이 관찰되었다고 보고하였으며, Kajimoto²¹⁾는 복합resin과 와동벽사이의 미세누출의 연구에 resorcinol-formaldehyde resin을 이용하였다. 이등²²⁾의 근관충전에 따른 폐쇄효과에 관한 연구에서도 근관벽과 근관충전물사이에서 resin이 침투된 것을 관찰 보고한 바 있다. 이러한 연구보고들

과 본 실험에서 양성대조군은 resin이 완전히 침투된 결과로 보아 resorcinol-formaldehyde resin은 근관충전후 미세누출에 관한 연구에서 사용할 수 있고, 근관충전물과 근관벽사이에서 resin을 침투시킴으로서 황으로 절단하여 관찰시에 색소침투법과 달리 누출된 양의 변화가 없으며, computer에서 scanning을 하여 resin의 단면적과 근관의 단면적간의 비율을 구함으로써 정량적이고 통계적인 결과를 낼 수 있는 실험재료로 사료된다.

지난 수십년 동안 측방가압법, 수직가압법, thermomechanical compaction technique과 injected warm gutta percha방법 등 몇 가지의 근관충전법이 개발되었다. 그러나 현재 가장 널리 사용되고 있는 근관충전법은 규격화된 master gutta percha cone과 accessory cone을 사용하는 측방가압법이며, 여러 연구등²³⁻²⁵⁾에 의하면 측방가압시 다수의 cone들이 단순히 압착되어 sealer에 의해 연결되는 비균질성 접합을 이룸으로써 근관벽과의 접촉성이 다수 떨어지는 단점을 보이며, 치근단부에 존재하는 부근관 또는 측지관을 충전하지 못하는 단점을 지적하였다.

이러한 측방가압법의 단점을 보완하고자 Schilder²⁶⁾는 수직가압법을 소개하였는 바, 이 방법은 3차원적으로 근관계를 충전할 수 있어 주근관뿐 아니라 부근관에 대해 근관폐쇄효과를 증진시켰다. 그러나 그 충전과정의 복잡하여 숙련된 기술이 필요하며, 과충전이 되는 등 길이조절이 어려우며 만곡된 근관에서는 plugger가 도달하지 못하여 충분한 가압이 어렵고, 과도한 열에 의한 치근주위조직의 손상등이 단점으로 지적되었다. 또한 heat carrier를 alcohol flame에 달궈 사용하므로 시간이 많이 걸리며, carrier의 온도조절이 어려웠다. 1982년 Touch N' Heat electric heat carrier가 소개된 후, 충전이 빠르고 간편하여졌고, 근침부 3-4mm 충전후 나머지 빈 근관 내를 Obtura II system을 사용하면 쉽고 빠르게 backfill을 할 수 있게 되었다. 이에 본 연구는 현재 많이 사용되는 변형된 수직가압법을 사용하였다.

Michailescu등²⁸⁾은 미생물누출연구를 통하여 측방가압법과 수직가압법간에 유의한 차이가 없다고 보고하였고, Veis등²⁷⁾과 Goldberg등²⁸⁾은 열가소성 충전법과 측방가압법간의 미세누출에 유의할만한

차이가 없다고 주장하였다. Brothman⁶⁾은 radiograph를 통한 분석에서는 수직가압법이 측방가압법보다 더 우수한 것처럼 보이나, 절단하여 관찰한 결과 치근단 3분의 1에서는 측방가압법이 미세하게 우수한 것으로 관찰된 반면, 치근 중간 3분의 1에서는 비슷한 것으로 보고하였다. 본 연구에서 평균 누출률은, 실험 결과 각 level에서 대체로 측방가압법이 가장 높은 것으로 관찰되었으며, 특히 2.5mm와 3.5mm에서는 통계적으로 유의할만한 차이를 보였으며, 근관폐쇄효과는 측방가압법이 가장 떨어지는 것으로 평가되어 앞에서 언급한 여러 연구와 차이를 보였다. 근관내 gutta percha가 차지하는 비율을 측정한 결과 수직가압법이 측방가압법보다 높았으며, 사용한 sealer가 측방가압법에서는 Sealapex, 수직가압법에서는 Pulp Canal Sealer EWT를 사용하였으므로 다른 연구와 상이한 결과가 나타난 것으로 사료된다. 수직가압법은 형성된 근관의 형태에 따른 차이가 관찰되었는데, 원형으로 형성된 근관에서는 거의 누출을 보이지 않았으나, 불규칙한 근관이나 fin모양의 근관에서는 많은 누출이 관찰되었다. 측방가압법에서는 형성된 근관의 모양에 관계없이 비슷하였으나, gutta percha cone 사이에서 누출이 관찰되었다. 이는 ribbon shaped canal에서는 측방가압법인 경우 더 잘 충전되었고, 둥근 근관에서는 수직가압법인 경우 더 좋은 충전을 관찰하였다고 보고한 Brothman⁶⁾의 연구와 일치하였다.

1997년 소개된 MicroSeal은 1979년 McSpadden compactor를 이용한 thermomechanical compaction 방법이 발전된 것으로 low fusing gutta percha cone인 MicroSeal mastercone과 열연화된 alpha phase gutta percha를 condenser에 문혀 사용하는 방법이다. MicroSeal에 관한 연구는 거의 발표되지 않았는데, 초기 thermomechanical compaction 방법에 관한 많은 연구^{7,8,9,20,30)}에서의 결과는 견해차이가 많으나 대체로 긍정적으로 평가하였다. 이 방법은 빠르며, 근관을 비교적 잘 폐쇄시키며, 재료의 접합성이 좋은 것으로 보고하였으나, compactor의 파절과 상아질의 삭제, 치아의 수직파절과 같은 문제점이 제기되어왔다^{31,32)}. 현재 MicroSeal system을 이용한 충전법에서는 제조회사에 의하면 Nickel-Titanium compactor를 사용하여 기구의

파절과 만곡된 근관에서의 접근이 용이하게 하였으며, MicroFlow alpha type gutta percha를 사용함으로써 근관의 폐쇄성을 향상시켰다고 주장하였다.

본 연구에서는 근관내 gutta percha가 차지하는 비율은 수직가압법과 측방가압법보다 낮았으며, 특히 근침 2.5mm, 3.5mm에서는 통계적으로 유의성이 있는 것으로 관찰되었으나, 누출률은 각 부위에서 측방가압법보다 낮아 근관폐쇄가 좋은 것으로 관찰되었고, 수직가압법보다 근침 1mm, 3.5mm에서는 누출률이 높았으나, 근침 2.5mm에서는 낮은 것으로 관찰되어 비슷한 정도를 보였다.

이상의 연구보고와 본 실험의 결과에 의하면 세 실험군 모두 다소의 차이는 있지만 미세누출이 관찰되었고, 변형된 수직가압법은 충전시간도 빠르고 충전효과도 만족스러웠으며, MicroSeal을 이용한 방법도 근관 폐쇄효과 측면에서는 측방가압법에 비교하여 만족할만하여 향후 이에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 실험에서는 64개의 단근치 근관을 실험대상으로 NiTi file로 근관형성을 한 다음, 60개의 치아를 측방가압법으로 충전한 군과 수직가압법으로 충전한 군 및 MicroSeal으로 충전한 군 등 3개군으로 분류하고, 4개의 치아는 음성대조군과 양성대조군으로 사용하였다. 충전후 근관폐쇄효과를 위해 resorcinol-formaldehyde resin에 5일간 보관하여, 절단 연마하여 미세누출을 비교, 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 근관내 gutta percha로 충전된 부분의 비율은 수직가압법군이 가장 높았으며, MicroSeal군이 낮은 것으로 나타났으며, 근침 2.5mm와 3.5mm에서 통계적으로 유의성이 있는 것으로 나타났다. (P<0.05)
2. 근침 1.5mm 되는 부위에서 측방가압법군이 가장 많은 미세누출을 보였으며, MicroSeal군, 수직가압법군 순으로 미세누출을 보였으나, 각 군간의 통계학적인 차이는 없는 것으로 나타났다. (P>0.05)
3. 근침 2.5mm되는 부위에서는 미세누출의 정도

가 측방가압법군, 수직가압법군, MicroSeal군 순으로 보였고, 측방가압법군과 MicroSeal군 사이에서 통계학적 유의성이 있는 것으로 나타났다.(P<0.05)

4. 근접 3.5mm되는 부위에서는 측방가압법군, MicroSeal군, 수직가압법군 순서로 미세누출이 낮았으며, 측방가압법군과 수직가압법군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. (P<0.05)

참 고 문 헌

1. Nguyen NT. Obturation of the root canal system. Pathway of the pulp. 6th ed. St. Louis; Mosby, 1994:219-71
2. Ingle JI, Beveridge EE. Endodontics, 31 Ed, Lea & Febiger, 223-307, 1985
3. Brayton SM, Davis SR, Goldman M. Gutta percha root canal fillings. Oral Surg 1973;35:26-31
4. Weller RM, Kimbrough WF, Anderson RW. A comparison of hermoplastic obturation techniques:Adaptation to the canal walls, J Endodon 1997;23:703-6
5. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. Dent Clin North Am 1967; 723-44
6. Brothman P, A comparative study of the vertical and lateral condensation of gutta percha. J Endodon 1981;7:27-30
7. Harris GZ, Dickey DJ, Lemon RR, Leubke RG, Apical seal:McSpadden vs lateral condensation, J Endodon 1982;8:273
8. Kersten HW, Fransman R, Thoden van Velzen. Thermomechanical compaction of gutta percha. I. A comparison of several compaction procedures. Int Endod J 1986;19:125-134
9. Lugassy AA, Yee F. Root canal obturation with gutta percha: a scanning electron microscope comparison of vertical compaction and automated thermatic condensation. J Endodon 1982;8:120
10. LaCombe JS, Campbeli 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
11. 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
12. Lares C, Eldeeb ME. The sealing ability of the Thermafil obturation technique. J Endodon 1990;16 :474
13. Chohayeb AA. Comparison of conventional root canal obturation technique with Thermafil obturators. J Endodon 1992;18 : 10
14. Barkins W, Montgomery S. Evaluation of Thermafil obturation of curved canal prepared by the Canal Master-U system. J Endodon 1992;18:285-9
15. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FI. Sealing ability of Thermafil with and without sealer. J Endodon 1992;18:322-2
16. Czonstkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA. Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes, J Endodon 1985;11: 71-4
17. Torabinejad M, Skobe Z, Trombly P1 Krakow AA, Gron P, Marlin J. Scanning electron microscopic study of root canal obturation using thermoplasticized gutta percha. J Endodon 1978;4:245-50
18. Michalesco PM, Valcarcel J, Grieve AI Levallois B, Lerner D. Bacterial leakage in endodontics. J Endodon 1996;22: 535-9
19. 배광식. 근관충전의 미세누출과 혐기성세균. 대한치과의사협회지 1996;34 : 847-50
20. Robinson G, Hallsworth AS, Weatherell JA, Kunzel PJ. Arrest and control of carious lesions : A study based on preliminary experiments with resorcinol-formadehyde resin. J Dent Res 1976;55:812-8.
21. Kajimoto Y. New microleakage test method utilizing resorcinol-formaldehyde resin. Shika Igaku(J Osaka Odont Sec) 1987;50 : 334-54.
22. 이동경, 배광식, 윤수한. 근관충전방법에 따른 폐쇄효과의 비교. 1998;

23. Cailleteau JG, Mullaney TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *J Endodon* 1997;23:394-6
24. Mann SR, McWalter GM. Evaluation of apical seal and placement control in straight and curved canals obturated by laterally condensed and thermoplasticized gutta percha *J Endodon* 1987;13:10-7
25. Baumgardner KR, Keith VK. Ultrasonic condensation of gutta percha: An in vitro dye penetration and scanning electron microscopic study. *J Endodon* 1990;16:253-9
26. Michalesco PM, Valcarcel J, Grieve AR, Levallois B, Lerner D. Bacterial leakage in endodontics. *J Endodon* 1996;22: 535-9
27. 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 Ended J* 1994;27 : 213-7
28. Goldberg F, Massone EJ, Artaza LP. Comparison of the sealing capacity of three endodontic filling techniques. *J Endodon* 1995;21: 1-3
29. Chaisrisookumprojn S, Rabinowitz JL. Evaluation of ionic leakage of lateral condensation and McSpadden methods by autoradiography. *J Endodon* 1982;8:493
30. Saunders EM. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta percha II. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *Int Endod J* 1990;23:268
31. O' Neill KJ, Pitts DL, Harrington GW. Evaluation of the apical seal produced by McSpadden compactor and by lateral condensation with a chloloform-softened primary cone. *J Endodon* 1983;9:190
32. Page ML, Hargreaves KM, ElDeeb M., Comparison of concentric condensation technique with laterally condensed gutta percha. *J Endodon* 1995;21:308

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1. Representative photograph of lateral condensation group at the level 1 (1,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 2. Representative photograph of lateral condensation group at the level 1 (1,5mm from the apex) surface showing leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 3. Representative photograph of vertical condensation group at the level 1 (1,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 4. Representative photograph of vertical condensation group at the level 1 (1,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 5. Representative photograph of Microseal group at the level 1 (1,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 6. Representative photograph of Microseal group at the level 1 (1,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 7. Representative photograph of lateral condensation group at the level 2 (2,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 8. Representative photograph of lateral condensation group at the level 2 (2,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 9. Representative photograph of vertical condensation group at the level 2 (2,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 10. Representative photograph of vertical condensation group at the level 2 (2,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 11. Representative photograph of Microseal group at the level 2 (2,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 12. Representative photograph of Microseal group at the level 2 (2,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 13. Representative photograph of lateral condensation group at the level 3 (3,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 14. Representative photograph of lateral condensation group at the level 3 (3,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 15. Representative photograph of vertical condensation group at the level 3 (3,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 16. Representative photograph of vertical condensation group at the level 3 (3,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 17. Representative photograph of Microseal group at the level 3 (3,5mm from the apex) surface showing no leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 18. Representative photograph of Microseal group at the level 3 (3,5mm from the apex) surface showing some leakage, (original magnification $\times 40$)
- Fig. 19. Positive control showing complete infiltration of resorcinol-formaldehyde resin (original magnification $\times 40$)
- Fig. 20. Negative control showing no infiltration of resorcinol-formaldehyde resin (original magnification $\times 40$)

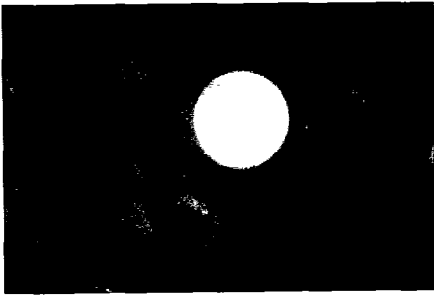


Fig. 1.

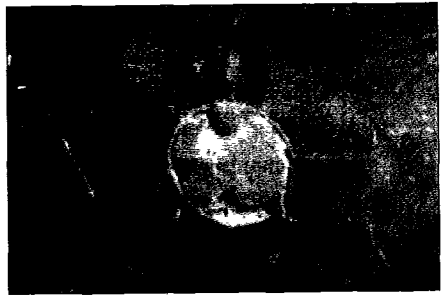


Fig. 2.

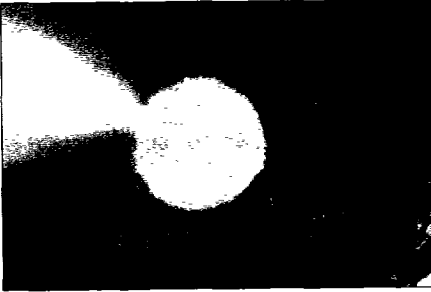


Fig. 3.

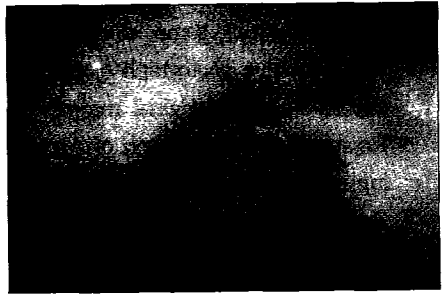


Fig. 4.

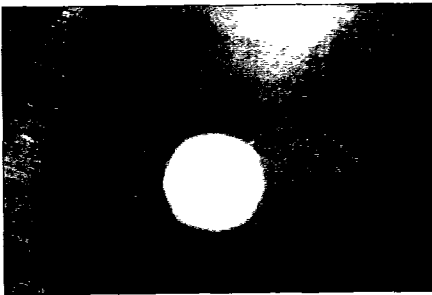


Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

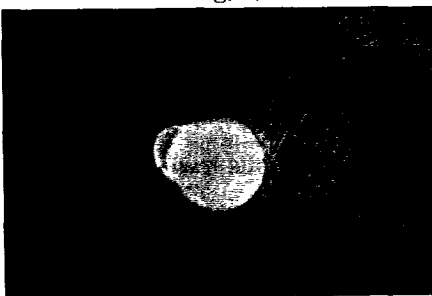


Fig. 9.

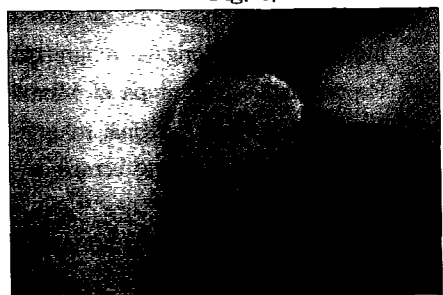


Fig. 10.

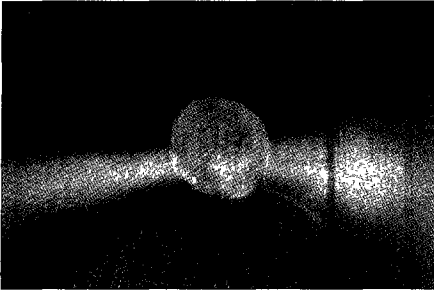


Fig. 11.



Fig. 12.

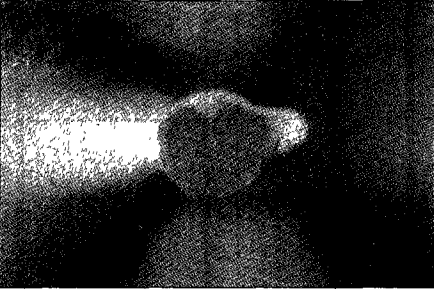


Fig. 13.



Fig. 14.

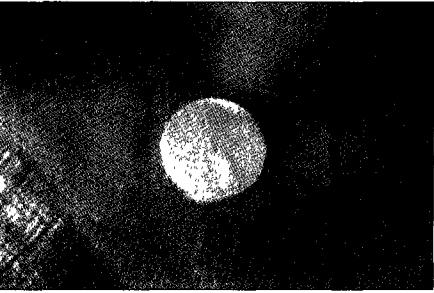


Fig. 15.

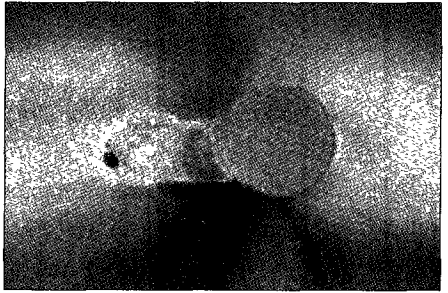


Fig. 16.

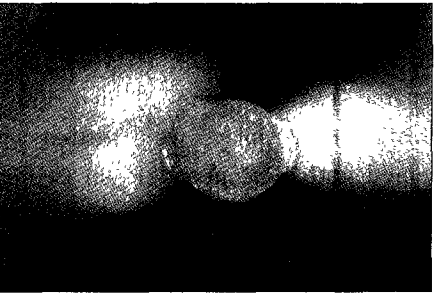


Fig. 17.

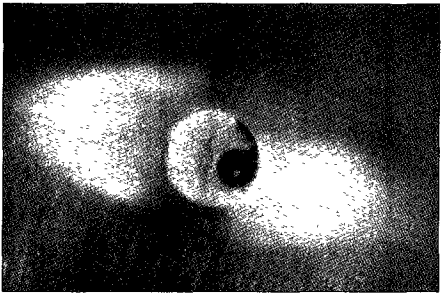


Fig. 18.

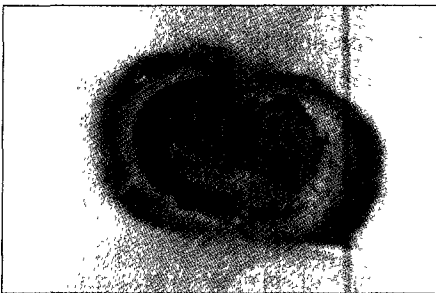


Fig. 19.

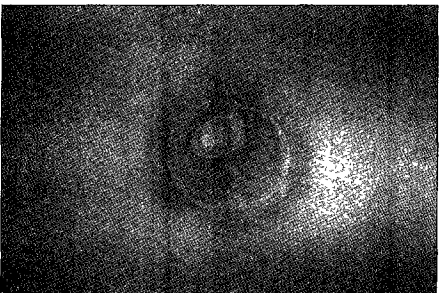


Fig. 20.