

리본형태의 근관에서의 열연화 근관 충전법의 비교 : 근관 충전된 gutta-percha의 무게

김현희 · 조경모 · 김진우
강릉대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

COMPARISON OF WARM GUTTA-PERCHA CONDENSATION TECHNIQUES IN RIBBON SHAPED CANAL : WEIGHT OF FILLED GUTTA-PERCHA

Hyun-Hee Kim, Kyung-Mo Cho, Jin-Woo Kim

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kangnung National University, Kangnung, Korea

The purpose of this study is to evaluate the two warm gutta-percha filling techniques by measuring the weight changes of resin blocks before and after canal filling in ribbon shaped canal. Simulated ribbon shaped root canals in 30 transparent resin blocks were instrumented to #40 using .06 taper Profile. 15 resin blocks were obturated with gutta-percha using cold lateral condensation. Warm lateral condensation using the Endotec II was then accomplished on the same 15 blocks. Another 15 resin blocks were obturated using the System B. All canals were obturated without sealer. The resin blocks were weighed after canal preparation and after each subsequent obturation, and then weight changes of the resin blocks were calculated.

The results were as follows.

1. Warm lateral condensation using Endotec II and continuous wave of condensation using System B produced a denser obturation of gutta-percha compared with conventional cold lateral condensation ($p < 0.01$).
2. There was no significant difference between warm lateral condensation and continuous wave condensation.

In conclusion, the warm gutta-percha condensation techniques like warm lateral condensation and continuous wave condensation can be expected to bring favorable canal obturation results in ribbon shaped canals.

I. 서 론

근관치료는 근관계를 성형하고 소독하는 근관 형성과정과 성형된 근관계를 3차원적으로 밀폐하는 근관 충전 과정으로 이루어져있다. 근관충전은 근관 치료의 마지막 과정으로 구강 또는 치근단 치주조직으로부터의 미생물이나 자극원이 근관계로 침투하는 것을 차단하며, 근관의 세척과 성형과정에서 완전히 제거할 수 없는 근관 내부의 자극원들 또한 차단하여 병변의 재발 및 재감염을 방지하는데 그 목적이 있

다¹⁾.

근관 치료 실패의 가장 큰 원인은 불완전한 근관 충전에 있다고 알려져 왔고, 따라서 비외과적 근관치료의 주목적은 전 근관계의 3차원적인 충전이라 할 수 있다²⁾. 적절한 충전을 위해서는 근관벽에 잘 적합된 치밀한 근관 충전이 필요하며 core material의 부피가 최대화 되어야하고 sealer의 부피는 최소화되어야 한다³⁾.

근관충전을 위해서 많은 방법들이 사용되어지고 있는데 측방가압법은 가장 널리 쓰이는 방법으로 근관내로의 gut-

ta-percha cone의 삽입과 근관장의 유지가 용이하며 특별한 장비나 기구가 필요 없고 임상적으로 만족할 만한 근관 밀폐효과를 보이며 누구나 쉽게 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 gutta-percha cone들이 균질한 접합을 이루지 못하고 단순히 압착됨으로써 근관벽과의 접합성이 다소 떨어 지며 치근단 부에 존재하는 부근관과 측지관을 충전하지 못하고 spreader를 과도하게 사용하는 경우 치근의 수직 파절을 야기할 수 있는 문제점이 지적되고 있다^{4,5)}.

Schilder는 가열된 spreader와 plugger를 사용하여 근관 내에서 gutta-percha를 열 연화 시킨 후 가압하여 충전하는 수직 가압 충전법을 개발하였다. 이로서 보다 균질의 근관충전이 얻어졌지만 열 연화된 gutta-percha층 사이에 여전히 빈 공간이 존재하였고⁶⁾, 치근단 조직으로 gutta-percha가 밀려나가기 쉬우며⁷⁾, 기법이 다소 까다롭고 복잡하다는 단점을 갖는다.

Endotec(L.D. Caulk/Densply, Milford, DE)은 Martin과 Fischer에 의해 고안된 heated spreader로 측방 가압 충전 중에 gutta-percha를 열 연화시키기 위한 기구이다. 가온 측방 가압 충전법은 통상의 측방가압법으로 충전시 gutta-percha cone들 사이에 존재하는 빈 공간을 제거하고, gutta-percha cone들을 열 연화하여 서로 융합시켜 보다 치밀하고 균질한 덩어리로 만들기 위하여 고안되었다⁸⁾. Kersten은 Endotec을 이용한 근관충전 시 측방 가압법이나 thermomechanical compaction, low temperature injectable thermoplasticized gutta-percha보다 적은 leakage를 나타내었다고 보고 하였다⁹⁾.

최근에는 System B heat source(Analytic Technology Redmond, WA, USA)와 Buchanan plugger(Analytic Technology Redmond, WA, USA)등의 기구를 이용하여 근관을 충전하는 Continuous wave 충전법이 소개되어 사용되고 있다. 이 방법은 gutta-percha에 열을 가한 후 실온의 수직가압 plugger를 사용하는 Schilder의 수직 가압법과는 달리 적정 온도로 가열된 plugger를 근관 내에 삽입하여 gutta-percha를 연화하면서 동시에 치근단부 근관을 한번에 수직 가압하여 충전하는 방법이다. 이 방법은 술자에 의해서 정확한 온도조절과 시간조절이 가능하고 좀 더 쉽게 근관을 삼차원적으로 충전할 수 있다는 장점을 가진다. 또한 불꽃을 사용하는 위험성이 없으며 plugger가 빠르게(1.5초)내에 가열되어 사용하기 편리하며, 가열과 동시에 gutta-percha를 가압하여 한 번에 열과 압력을 줄 수 있게 함으로써 측방관과 부근관들을 효율적으로 충전할 수 있다^{10,11)}. 여기에 Obutra II를 사용하여 근관의 나머지 부위를 충전하게 되면 시간적으로 많이 단축되어 최근 널리 사용되어 지고 있다.

해부학적으로 근관의 내부는 형태가 일정치 않고 부근관과 측지관이 빈번하며 fins, deltas, isthmus 등의 변이가

다양하게 존재한다^{12,13)}. 융합된 치근을 가진 치아에서는 두 근관 사이에 그물망 형태의 연결을 갖는다. 이를 isthmus, corridor¹⁴⁾, 또는 transverse anastomosis¹³⁾라 하며 두 근관 사이에 치수조직이나 치수로부터 유래된 조직을 가진 좁은 리본 형태의 연결부위를 말한다. 이 연결부위가 연속적인 경우 complete isthmus라 하고 불연속적인 경우 partial isthmus라 한다.

Vertucci¹³⁾는 상악 제1대구치 근심 협측 치근을 조사한 결과 52%에서 transverse anastomosis를 관찰하였고 Green¹⁴⁾은 16%, Weller 등¹⁵⁾은 60%에서 isthmus를 관찰 하였다. Green등에 따르면 특히 상악 소구치부, 하악 대구치의 근심 치근부, 상악대구치의 근심협측 치근부, 하악 전치부에서 횡단면이 리본 형태인 근관이 많이 존재한다고 한다¹⁴⁾.

Isthmus는 근관계의 일부분으로 근관 성형, 세척, 충전되어야 한다. 치료되지 않은 isthmus는 근관치료의 실패의 원인이 될 수 있다. 하지만 현재의 근관 치료 기술로도 비외과적 방법으로 isthmus를 성형, 세척, 충전하는 것은 쉽지 않다.

이러한 불규칙한 근관 부위를 충전할 때 열 연화된 gutta-percha가 실온의 gutta-percha보다 잘 가압되어 충전될 것으로 기대할 수 있다. Kerekes 등¹⁶⁾은 불규칙하게 생긴 근관에서 thermomechanical compaction이 측방 가압법 보다 좋은 충전 결과를 나타내었다고 하였고 Kersten 등¹⁷⁾은 타원이나 리본 형태의 근관에서 thermomechanical compaction을 시행한 경우 측방 가압법을 시행한 경우보다 나은 충전결과를 얻었다고 보고하였다.

근관 충전 후 근관 밀폐정도를 평가하기 위하여 색소 침투법이 널리 쓰이고 있으나 염료의 침투거리를 시각적으로 판단해야 하기 때문에 주관적 요소가 들어갈 수 있으며 양적인 평가가 어렵다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하고자 여러 실험방법들이 개발되어 왔고 최근에는 근관 충전의 밀도를 측정해봄으로써 양적인 평가를 시도한 연구방법이 발표되었다¹⁸⁾.

이에 본 연구에서는 리본 형태의 근관모형에서의 수종의 근관 충전법을 비교하기 위하여 근관 충전 전후의 무게 차를 계산하여 충전된 gutta-percha의 무게의 변화량을 측정하여 분석한 결과 몇 가지 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험방법

1. 실험재료

단면이 리본 형태인 근관을 재현해 만든 30개의 투명 레진 모형을 제작하였다.

2. 실험방법

1) 근관 형성

모든 레진 모형을 ProFile .06 taper(Maillefer, Switzerland)를 이용하여 MAF가 #40이 되게 근관 형성을 시행하였고 #40 K-file(Mani, Japan)로 치근단 부분을 마무리하였다. 매 단계마다 30G Max-i-probe tip (Densply, USA)을 장착한 10cc syringe를 이용하여 2ml의 증류수로 세척하였다.

2) 레진 모형의 무게측정

근관 형성 후 상온에서 24시간 건조시킨 레진 모형을 AT201 (Mettler Toledo, Switzerland) 전자저울을 이용하여 0.0001g 단위까지 무게를 측정하였다.

3) 근관 충전

30개의 레진 모형을 무작위로 15개씩 두 군으로 나누었다. 모든 충전에 sealer는 사용하지 않았다.

1군(측방 가압군)

두 개의 #40 표준화 gutta-percha cone(Diadent, Korea)을 삽입하고 Naviflex NT-D11T spreader (Brasseler Co, USA)와 accessory cone (Diadent, Korea)을 이용하여 측방가압을 시행하였다.

2군(가온 측방 가압법)

1군의 무게측정이 끝난 후 Endotec II(Lone Star Technologies, USA) 을 이용하여 가온 측방 가압법을 시행하였다. Condenser tip을 근관 내에 위치시키고 4-5초간 가열하여 tip이 가열된 후 근단 쪽으로 천천히 밀어 넣은 뒤 측방 가압법에서처럼 측방으로 움직여 주었다. 가열을 멈추고 2~3초 후에 condenser tip을 제거하였다. Tip이 제거 되고 나서 생긴 공간에 accessory cone을 넣고 위의 과정을 반복하여 충전하였다.

3군(continuous wave 충전법)

2개의 #40크기의 .06 taper gutta-percha cone

(Diadent, Korea)을 근관에 위치시킨 후 근첨에서 4-6mm에서 binding되는 Buchanan plugger(Alytic Technology Redmond, WA, USA)를 선택하여 System B(Alytic Technology Redmond, WA, USA)의 온도를 200℃로 맞춘 상태에서 down-packing을 시행한 후 열을 가하지 않은 상태로 10초간 서서히 눌렀다. 근단 쪽으로 힘을 주면서 1.5초간 250℃의 열을 가한 후 plugger를 제거하였고 hand plugger로 수직 가압을 시행하였다. 같은 gutta-percha cone을 accessory cone처럼 사용하여 나머지 근관부도 System B를 이용하여 충전하였다.

4) 근관충전 후의 무게변화 측정

각 군의 근관충전 후 레진 모형의 무게를 AT201 전자저울을 이용하여 측정하였다.

5) 표본의 절단 및 관찰

각 군에서 3개의 레진 모형을 선택하여 근첨으로부터 5mm까지 1mm 간격으로 수평 절단을 시행하였다. 절단은 500µm의 두께의 톱날이 장착된 Acutome-50(Struers, Denmark)을 이용하였다. 각각의 절편을 stereomicroscope(Olympus, Japan)을 이용하여 30배로 관찰하였다.

3. 통계처리

각 군에서 충전 전후의 무게차이를 산출하고 이를 SPSS ver 10.0을 이용하여 실험군 사이의 변화량의 차이를 ANOVA로 비교하였으며 Tukey test로 사후 검정 하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 각 군에서 근관충전 후 gutta-percha로 인한 무게 증가량의 평균과 표준편차

각 군의 충전 전 후의 무게 변화량은 측방가압법이 가장 낮게, Continuous wave 충전법이 가장 높게 나타났다. 2, 3군의 1군에 대한 무게변화량의 % 증가량은 Continuous wave 충전군, 가온 측방 가압법순이었다(Table 1).

Table 1. Mean weights of filled gutta-percha

group(n)	canal obturation method	mean weight increase of filled gutta-percha(g)	Std. Deviation	% increase
1 (15)	Cold Lat. con.	6.09E-02	4.45E-03	
2 (15)	Warm Lat. con.	7.38E-02	6.28E-03	21.2%
3 (15)	Continuous wave con.	7.64E-02	6.78E-03	25.5%

Table 2. Comparison of gutta-percha weights between groups(ANOVA)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.056E-03	2	1.028E-03	29.297	.000
Within Groups	1.474E-03	42	3.509E-03		
Total	3.530E-03	44			

	LC	WLC	Con. W. C
LC			
WLC	*		
Con. W. C	*	NS	

* : Significantly different at p < 0.01

Table 3. Post Hoc Test (Tukey HCD)



Fig. 1. Representative photograph of lateral condensation group at the level 1(1mm from the apex) Nonhomogeneous gutta-percha filling containing voids between the gutta-percha cones and the canal walls, as well as in isthmus

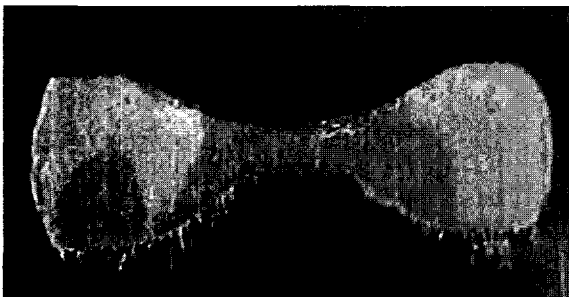


Fig. 2. Representative photograph of warm lateral condensation group at the level 1(1mm from the apex) Homogeneous gutta-percha filling with little void and well filled isthmus

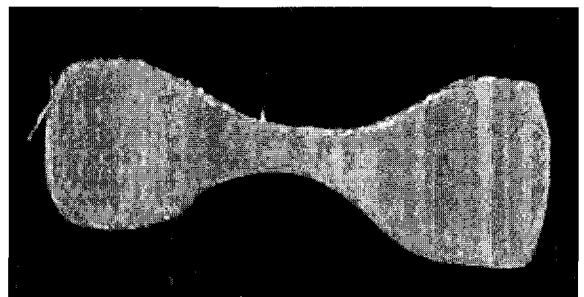


Fig. 3. Representative photograph of Continuous wave condensation group at the level 1(1mm from the apex) Homogeneous gutta-percha filling with little void and well filled isthmus

2. 통계처리

각 군의 충전 전, 후의 무게 변화량에 대한 ANOVA 분석 결과 각 군사이에는 유의성있는 차이가 있었다(Table 2). 각 군사이의 차이를 사후 검정한 결과 gutta-percha로 인하여 증가된 무게는 가온 측방 가압법으로 충전한 2군과 Continuous wave technique으로 충전한 3군에서 측방 가압법으로 충전한 1군보다 높았다(p<0.01). 가온 측방 가압법으로 충전한 군과 Continuous wave technique으로

충전한 군 사이에는 유의성 있는 차이가 없었다(Table 3).

3. 절단된 레진 모형에서 얻은 절편 관찰

측방 가압법으로 충전된 군에서 gutta-percha cone과 근 관벽 사이, gutta-percha cone들 사이, isthmus부위에 빈 공간이 존재하는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1).

가온 측방 가압법으로 충전한 군과 Continuous wave 충전법으로 충전된 군에서는 master cone과 accessory cone

이 융합된 것을 볼 수 있었고 isthmus부위까지 gutta-percha가 흘러 들어가서 충전된 것을 볼 수 있었다(Fig. 2, 3).

IV. 총괄 및 고찰

Schilder에 의해 수직 가압법이 소개된 이래 gutta-percha를 열 연화하여 충전하기 위한 기술들이 계속 개발되었다. 대표적으로 근관 내에서 gutta-percha를 열 연화하는 Endotec이나 System B같은 장치를 이용하는 방법과 열 연화된 gutta-percha를 주사하는 충전법인 UltraFil (Hygenic Corp., Akron, Ohio), Obtura II(Obtura Corp., Fenton, MO, USA)등이 있다. 또한 운반체에 gutta-percha를 입혀 가열한 후 근관 내로 운반하는 core carrier technique인 ThermaFil Plus(Tulsa Dental Products, Tulsa, Okla)과 회전 기구를 이용하여 가열, 가압하는 thermomechanical compaction 방법인 JS Quick-fil(JS Dental Didgefield, Conn. USA), SuccessFil (Hygenic Corp., Akron, Ohio)등이 있으며 이밖에 accessory cone이 들어갈 부위에 가열 연화시킨 gutta-percha를 회전식 기구를 이용하여 충전하는 Microseal (Tycom, Irvine, CA. USA)충전법 등이 있다.

Hata 등¹⁹⁾은 열연화 충전법과 측방 가압법의 치근단 밀폐 효과를 비교한 연구에서 열연화 충전법이 측방 가압법 못지 않는 우수한 결과를 보였다고 하였으나, La Combe 등²⁰⁾은 측방 가압 충전군이 열연화 충전군 보다 유의성 있게 적은 치근단 누출을 나타냄을 보고하였다. Dulac 등²¹⁾은 열연화 충전법인 Continuous wave 충전법이나 Thermafil 충전법이 lateral canal 등을 효과적으로 충전할 수 있다고 보고하였고, Reader 등²²⁾도 열연화 충전법이 측방가압법에 비하여 isthmus나 lateral canal을 효과적으로 충전할 수 있다고 보고하였다. Buchanan¹⁰⁾은 Continuous wave 충전법으로 측방관이나 부근관등을 효과적으로 충전할 수 있다고 하였으나 Veis 등²³⁾은 열가소성 충전법과 측방가압법간의 미세 누출에 유의할 만한 차이가 없다고 보고하였다.

본 실험에서는 근관 내에서 gutta-percha를 열 연화하는 방법들과 통상의 측방 가압법을 비교 평가함으로써 같은 종류의 gutta-percha로 리본 형태의 근관을 충전할 때 충전 방법의 차이에 따른 충전효과를 비교하였다.

근관충전의 밀폐효과를 평가하기 위한 여러 연구 방법이 있어왔다. 이중 일반적인 방법은 근관충전 후 미세 누출을 평가하는 것으로 누출의 양을 평가하기 위해 색소를 침투시킨 후 치아를 수직으로 양분하거나²⁰⁾, 투명치아표본을 만들거나²⁴⁾, 수평 절단하여 침투 면적을 계산하는²³⁾ 등의 방법들과 미생물을 이용하는 방법²⁵⁾, 방사선동위원소²⁶⁾, resorcinol formaldehyde resin등을 침투시키는 방법¹⁹⁾들이 있다.

이들 방법들은 현미경이나 방사선 사진 등을 이용한 시각적인 관찰을 통해 결과를 얻는다.

이러한 방법들은 단기간의 실험에서 사용되어, sealer가 용해됨에 따른 근관 충전의 밀폐효과 감소를 고려할 수 없고 isthmus나 불규칙한 해부학적 구조를 가진 치아에서는 객관적인 실험 design이 어렵다는 단점을 가진다. 또한 시각적 관찰을 통한 주관적인 판단이 게재되게 되므로 보다 객관적이고 양적인 평가 방법이 고안되었다²⁷⁾.

Liewehr 등은 측방 가압법으로 충전한 후 같은 근관에서 다시 가온 측방 가압법으로 충전하고 전후의 무게를 비교한 결과 gutta-percha의 density가 증가되었다고 보고 하였다^{18,28)}. 같은 부피내의 충전재의 무게증가는 gutta-percha cone사이나 cone내부의 기포감소로 인한 충전 밀도의 증가를 의미한다. 이는 sealer의 부피를 최소화하고 시간이 지나면서 유출되는 sealer의 양을 적게 하여 근단부와 근관부의 미세 누출을 줄여준다. 또한 전체적인 gutta-percha의 밀도의 증가는 근관부 쪽으로의 미세 누출이 진행되는 것을 억제할 것으로 기대할 수 있다.

본 실험에서는 통상의 충전법으로 충전 시 저충전되기 쉬운 isthmus를 포함하는 두 개의 근관을 가지는 레진 모형을 제작하여 열 연화 충전 시에 보다 치밀한 충전을 얻을 수 있는지를 충전 전후의 무게변화를 측정하여 근관충전의 밀도가 변하는 것을 계산하는 양적인 평가 방법을 사용하였다. 대부분의 연구에서 색소 침투법이 널리 사용되어지나 이는 염료가 침투된 거리를 시각적으로 판단하여 비교하는 것으로 객관적인 양적 평가가 어려운 단점이 있다. 또한 자연치에서는 균일한 형태와 부피를 갖는 isthmus를 얻기 어렵기 때문에 레진모형을 사용하였고 통상의 미세누출실험에서 자연치와 레진모형의 색소 침투양상이 다르기 때문에 무게변화를 측정하여 충전밀도를 비교해 보는 방법을 선택하였다.

Gutta-percha는 자연 상태에서 α -결정형으로 존재하는데 이를 65°C이상으로 가열하면 무정형이 되면서 녹는다. 이를 아주 느린 속도(0.5°C/hr이하)로 냉각시키면 다시 α -결정형으로 돌아가나 보통속도로 냉각시키면 임상에서 일반적으로 사용되는 β -결정형의 gutta-percha가 된다²⁹⁾. α -결정형과 β -결정형 gutta-percha는 기본적으로 같은 화학식을 가지나 결정을 형성하는 구조가 달라 가열과 냉각시 부피변화가 다르다. 본 연구에서는 사용하는 gutta-percha를 통일하기 위해 같은 제조사의 같은 종류의 gutta-percha cone만을 사용하였고 Continuous wave condensation시에도 back filling시 Obtura II를 사용하는 대신 같은 gutta-percha cone을 사용하여 근관의 나머지 부위까지 충전하여 gutta-percha의 종류를 단일화하였다.

Sealer를 이용한 충전에서 시간이 지남에 따라 sealer는 용출되므로 gutta-percha의 밀도를 증가시키는 충전을 함

으로써 sealer의 양을 최소화하는 것이 바람직하다. 통상의 측방 가압법의 사용 시 부가적인 accessory cone이 더 이상 들어가지 않던 근관에 Endotec II를 이용한 가온 측방 가압법으로 충전한 결과 gutta-percha 가연화되고 가압되어 isthmus부위로 흘러 들어가게 되었다. 또한 cone사이의 공간도 없어지면서 부가적인 accessory cone이 더 들어가게 되어 측방 가압법에 비하여 보다 치밀한 gutta-percha의 충전을 얻게 되었다.

측방 가압법에 비하여 Continuous wave 충전법으로 충전한 gutta-percha무게도 유의성있게 증가하였는데 이는 열 연화와 수직 가압이 동시에 이루어지게 되어 gutta-percha cone들이 isthmus부위에 흘러 들어가게 되어 보다 많은 양의 gutta-percha가 근관에 충전되었음을 의미한다. 또한 gutta-percha cone들이 서로 융합되어 균질한 덩어리를 이루게 되었다. 따라서 측방 가압법으로 충전 시 저충전되거나 sealer만으로 충전되기 쉬운 불규칙한 해부학적 구조의 충전도 가온 측방 가압법과 Continuous wave 충전법으로 충전시 효과적으로 이루어 질 수 있음을 알 수 있었다.

이를 토대로 볼 때 리본 형태의 근관 충전시 가온 측방 가압법이나 Continuous wave technique과 같은 열 연화 충전법이 보다 양호한 충전 결과를 가져올 것으로 생각된다.

무엇보다도 근단부의 폐쇄정도가 근관충전에 있어 중요한데 본 실험방법에서는 전체적인 밀도는 알 수 있으나 근단부 폐쇄정도를 평가하기는 어려웠다. 따라서 앞서 언급한 여러 평가방법들과 병행하여 실시하는 것이 보다 정확한 평가가 되리라 생각 된다.

이를 위해서는 리본 형태를 갖는 자연치아를 CT 등 방사선 사진들을 통하여 선택한 후 부피를 실측하고 동일한 조건을 갖는 자연치를 선별하여 isthmus를 갖는 치아에서 여러 가지 근관 충전법을 시행한 후의 근관충전도를 미세누출 검사법과 밀도 변화를 이용하여 평가하는 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

Ismuth를 포함하고 단면이 ribbon shape인 근관을 재현해 만든 30개의 투명 레진 모형을 제작하고 Profile .06 taper를 이용하여 MAF가 #40이 되게 근관을 형성한 뒤 각각의 무게를 측정 후 15개씩 두 군으로 분류하였다.

1군은 측방가압법으로 근관 충전하였고 2군은 1군의 근관에 가온 측방 가압법을 적용하였고 3군은 Continuous wave technique으로 근관 충전한 후 레진 모형의 무게를 측정하여 충전된 gutta-percha로 인한 증가량을 계산하였다. 세 군간의 비교를 ANOVA와 Tukey HCD를 이용하여 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 근관 충전 후 Gutta-percha로 인한 무게 증가량은 가온 측방 가압법으로 충전한 군과 Continuous wave technique으로 충전한 군에서 측방가압법으로 충전한 군보다 통계적으로 유의성 있게 크게 나타났다($p < 0.01$).
2. 가온 측방 가압법으로 충전한 군과 Continuous wave technique으로 충전한 군 사이에는 유의성 있는 차이가 없었다.

본 실험의 결과를 토대로 할 때 리본 형태의 근관 충전시 가온 측방 가압법이나 Continuous wave technique과 같은 열연화 충전법이 보다 양호한 충전 결과를 가져올 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Nguyen NT. Obturation of the root canal system. Pathway of the pulp. 6th ed. St. Louis: Mosby 219-71, 1994.
2. Dow PR and Ingle JI : Isotope determination of root canal failure. Oral Surg 8:1100-4, 1955.
3. Schilder H : Filling root canals in three dimensions. Dent. Clin. North. Am. 11: 723-44, 1967.
4. Brayton SM, Davis SR and Goldman M : Gutta-percha root canal fillings, an in vitro analysis. I. Oral Surg 35:226-31, 1973.
5. Dang DA and Walton RE : Vertical root fracture and root distortion : effect of spreader design. J Endodon 15:294-301, 1989.
6. Brothman P : A comparative study of the vertical and lateral condensation of gutta-percha. J Endodon 7:27-30, 1981.
7. Larder TC, Prescott AJ and Brayton SM : Gutta-percha: a comparative study of three methods of obturation. J Endodon 2:289-94, 1976.
8. Endotec. Endotec Thermal Endodontic Condenser System. Clinical manual, 1987.
9. Kersten HW, Fransman R and von Velzen T : Thermomechanical compaction of gutta-percha. I. A comparison of several compaction procedures. Int Endod J 19:125-33, 1986.
10. Buchanan LS : The continuous wave of condensation technique : A convergences of conceptual and procedural advance in obturation. Dentistry Today 80-5, 1994.
11. System B heat source model 1005 Instruction guidelines. Analytic Technology Corp, Redconde, WA, USA.
12. Davis SR, Brayton SM and Goldman M : The morphology of the prepared root canal : a study utilizing injectable silicone. Oral Surg 34:642-8, 1972.
13. Vertucci FJ : Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg 58:589-99, 1984.
14. Green D : Double canal in single roots. Oral Surg 35:689-96, 1973.
15. Weller RN, Niemczyk SP and Kim S : Incidence and position of the canal isthmus. I. Mesiobuccal root of the maxillary first molar, J Endodont 21:380-383, 1995.
16. Kerestes K and Rowe AHR : Thermomechanical compaction of gutta-percha root filling. Int Endod J 15:27-35, 1982.

17. Kersten H, Fransman R and von Velzen T : Thermomechanical compaction of gutta-percha II: A comparison with lateral condensation in curved root canal. *Int Endodon J* 19:134-40, 1986.
18. Nelson EA, Liewehr FR and West LA : Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *J Endodon* 26:748-50, 2000.
19. Hata G, Kawazoe S, Toda T and Weine FS : Sealing ability of thermoplasticized gutta-percha filling technique as assessed by a new method of determining apical leakage. *J Endodon* 21:167- 72, 1995.
20. LaCombe JS, Campbell AD, Hicks ML and Pelleu GB : A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha technique. *J Endodon* 14:445-50, 1988.
21. DuLac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ and Hatton JF : Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *J Endodon* 25:376-80, 1999.
22. Reader CM, Himel VT, Germain LP and Hoen MM : Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J Endodon* 19:404-8, 1993.
23. Veis AA, Molyvdas IA, Lambrianidis TP and Beltes PG : In vitro evaluation of apical leakage of root canal filling after in situ obturation with thermoplasticized and laterally condensed gutta-percha. *Int Endodon J* 21:213-7, 1994.
24. Lares C and Eldeeb ME : The sealing ability of the thermafil obturation technique. *J Endodon* 16:474, 1990.
25. Michailesco PM, Valcarcel J, Grieve AR, Levallois B and Lerner D. : Bacterial leakage in endodontics. *J Endodon* 22: 535-9, 1996.
26. Czonstkowsky M, Michanowicz A and Vazquez JA : Evaluation of an injection of thermoplasticized low temperature gutta-percha using radioactive isotopes. *J Endodon* 11:71-4, 1985.
27. Liewehr FR, Kullid JC and Primack PD : Obturation of C-shaped canal using an improved method of warm lateral condensation. *J Endodon* 19:474-7, 1993.
28. Liewehr FR, Kullid JC and Primack PD : Improved density of gutta-percha after warm lateral condensation. *J Endodon* 19:489-491, 1993.
29. Friedman CM, Sandrik JL, Heuer MA and Rapp GW : Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *J Endodon* 5:233-8, 1979.