

열전대(thermocouple)를 이용한 Buchanan Plugger 표면의 온도상승 분석

조진숙 · 황윤찬 · 김선호 · 황인남 · 최보영[#] · 정영진[#] · 정우남[#] · 오원만^{*}

전남대학교 치과대학 보존학교실, 치의학연구소, 전남대학교 공과대학 기계시스템공학부[#]

ABSTRACT

ANALYSIS OF TEMPERATURE RISE ON THE SURFACE OF BUCHANAN PLUGGER USING THERMOCOUPLE

Jin-Suk Cho, Yun-Chan Hwang, Sun-Ho Kim, In-Nam Hwang, Bo-Young Choi[#],
Young-Jin Jeong[#], Woo-Nam Juhng[#], Won-Mann Oh^{*}

*Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, DSRI,
School of Mechanical Systems Engineering[#], Chonnam Natl. Uni.*

This study was performed to evaluate the actual temperature rise on the surface of Buchanan plugger using thermocouple. The heat carrier system 'System B Heatsource' (Model 1005, Analytic Technologies, Redmond, WA, USA) and the Buchanan pluggers of F, FM, M and ML sizes are used for this study. The temperature was set to 200°C on digital display and the power level on it was set to 10. Five thermocouples were placed in direct contact with the surface of each size of Buchanan's pluggers at 1 mm increments from the tip to the 4 mm length of shank. The heat control spring was touched for 5 seconds, and the temperature rise on the surface of the pluggers were measured at 1 sec intervals for more than 5 seconds with an accuracy of 0.01 using Data Logger. The data were statistically analyzed by one-way ANOVA.

The results were as follows.

1. The position at which the temperature peaked was approximately at 1~2 mm far from the tip of Buchanan plugger ($p<0.01$).
2. The peak temperature was $215.25\pm2.28^{\circ}\text{C}$ in F plugger, $185.94\pm2.19^{\circ}\text{C}$ in FM plugger, $169.51\pm9.12^{\circ}\text{C}$ in M plugger, and $160.79\pm1.27^{\circ}\text{C}$ in ML plugger and the peak temperature was highest in F plugger and followed by, in descending order, FM plugger, M plugger. ML plugger showed the lowest peak temperature ($p<0.01$).
3. The temperature on the pluggers was decreased with the increase of touching time.

This results suggest that the actual temperature on the surface of the pluggers does not correlate well with the temperature set on digital display. Heat concentrates around the tip. The larger plugger reveals lower temperature rise relatively.

Key words : Thermocouple, System B Heatsource, Temperature, Buchanan plugger

I. 서 론

근관치료의 목적은 근관을 적절히 성형, 세척하고 성형된 근관을 근점에서부터 치관부까지 폐쇄하여 근관의 재감염

을 방지하는 것이다¹⁾. 근관충전은 구강이나 치근단 치주조직으로부터 근관계로 통하는 모든 통로를 3차원적으로 밀폐하고, 근관의 세척, 성형 과정 동안 완전히 제거되지 못한 근관 내부의 자극원들을 차단하려는 목적으로 시행된다²⁾.

거터퍼차와 근관충전용 호제(sealer)를 함께 사용하는 근관 충전방법 중 측방가압법(lateral condensation method)²⁾이 널리 사용되어 왔다. 그러나 거터퍼차 콘 사이에 빈 공간이 존재하고, 근관벽에 완전히 접합되지 않아 적절한 충전이 되지 않을 수도 있고, 과도한 측방 충전압에 의해 치근 파절 가능성이 높다는 등의 단점이 지적되고 있다³⁾.

Schilder¹⁾는 이러한 측방가압법의 단점을 보완하기 위해 가열수직가압법(warm vertical condensation technique)을 제안하였다. 이 방법은 거터퍼차 콘을 근관에 넣고 열과 압력을 가하여 주근관과 함께 부근관까지 충전하고자하는 술식으로 쉽고 편리하게 3차원적 근관충전을 할 수 있으므로 최근에는 사용이 증가되는 추세이다. 그러나 이 술식은 가열기구로 거터퍼차에 열을 가하여 충전하기 때문에 치아 주위조직에 해로운 열 손상을 줄 수 있는 단점이 있다⁴⁾. Hand 등⁵⁾은 불꽃에 가열한 충전기구를 근관내 삽입시에 충전기구의 온도가 380℃를 나타내며 가열수직가압법에 의한 근관충전시 3~4℃의 치근표면의 온도상승이, Marlin과 Schilder⁶⁾는 4℃에서 12.5℃의 근관내의 온도상승이 있음을 보고하였다. Barkhordar 등⁷⁾은 가열가압충전시 근단공으로부터 2 mm 부위에서 4~7℃의 온도상승이 있음을 보고하였다. Eriksson 등⁸⁾은 골조직에 45℃ 이상의 열이 가해지면 골손상을 야기한다고 하였으며, Eriksson과 Albrektsson^{9,10)}에 의하면 치근 표면에서 10℃의 온도상승이 있을 경우 주위 치주조직의 손상을 야기함을 보고하였다.

치근 표면의 온도를 측정하기 위하여 통상 열전대(thermocouple)¹¹⁻¹³⁾를 이용하는 방법과 적외선열화상장치¹⁴⁾를 이용하는 방법이 있는데 주로 열전대가 많이 이용된다.

1994년 Stephen Buchanan이 개발한 continuous wave of condensation technique^{15,16)}은 System B HeatSource (Model 1005, Analytic Technology, Redmond, WA, USA)에 Buchanan plugger를 장착하여 이용하는 변형된 수직가압 근관충전법으로서 술식이 간단하고, 시간이 적게 걸리며, 근단부의 충전이 잘되는 장점이 있다. 그러나 안전성과 효율 및 장기간에 걸친 치료의 성공률과 발생하는 열이 주위 치주조직에 미칠 수 있는 영향에 대한 연구가 부족하다. 또한 System B HeatSource의 디지털 온도계기판(digital temperature display) 상의 온도와 Buchanan plugger 상의 실제 온도가 일치하는지의 심의 여지가 있다.

따라서 Buchanan plugger의 종류에 따라 System B HeatSource의 digital display상의 설정 온도와 Buchanan plugger 표면의 실제 온도에 차이가 있는지 여부와 최대 온도 정도를 평가하고자 열전대를 이용하여 본 연구를 시행하였다.

Ⅱ. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 장치

충전기구로는 새로 구입한 Buchanan plugger의 F (Fine), FM (Fine Medium), M (Medium), ML (Medium Large)를 사용하였다. Plugger는 끝 부분의 지름이 0.5 mm로 일정하지만 경사도는 F plugger가 .06 taper, FM plugger가 .08 taper, M plugger가 .10 taper 및 ML plugger가 .12 taper를 각각 나타낸다. 따라서 plugger는 형성된 근관의 크기나 경사도에 따라 적당한 것을 선택하였다. 전기적 열 전달기구는 System B HeatSource (Model 1005, Analytic Technologies, Redmond, WA, USA)를 새로 구입하여 사용하였다. 디지털 온도계기판의 설정온도는 200℃로 하고 power level은 10으로 하였으며, touch mode를 사용하였다. Plugger 표면의 온도측정을 위하여 직경 0.07 mm의 type T 구리-콘스탄탄 열전대(Omega, Stanford, USA)와 온도 분석을 위한 R7326B data logger (Advantest, Tokyo, Japan)를 사용하였다(Fig. 1). 실험실의 온도는 24℃의 상온에서 본 연구를 시행하였다.

2. 실험 방법

Buchanan plugger 표면의 온도측정을 위해 부착한 열전대의 유지를 돕기 위하여 고정용 레진을 이용하여 resin block을 제작한 후 저속절단기(Isomet™, Buehler LTD, Lake Bluff, IL, USA)를 이용하여 1 mm 두께로 절단하였다. 각 1 mm 두께의 레진 블록에 열전대를 cyanoacrylate cement를 이용하여 고정하여 각각 열전대 사이의 간

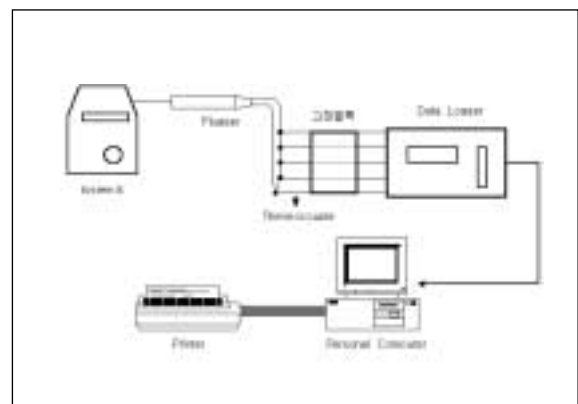


Fig. 1. Schematic illustration of the whole system.

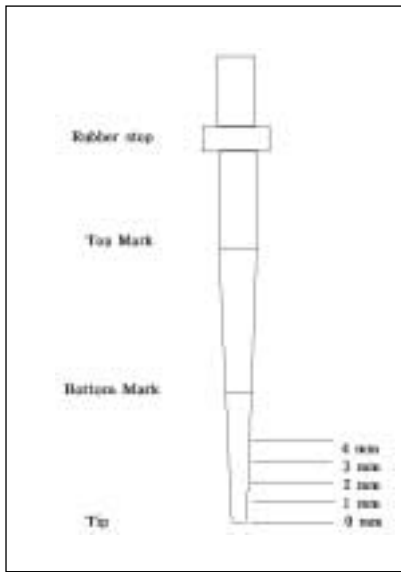


Fig. 2. Schematic illustration of Buchanan plugger with thermocouple.

격이 1 mm 가 되게 하였다(Fig. 2).

5개의 직경 0.15 mm의 type T 구리-콘스탄탄 열전대를 plugger의 선단에서부터 1 mm 간격으로 plugger 표면에 직접 접촉하게 하였다. 각각의 열전대와 plugger의 접촉부 위에는 열전도성을 높이기 위해 열접착제(Thermocoat, Seoul, Korea)를 도포하였다.

Plugger를 System B HeatSource에 장착한 후 실험하는 동안 plugger를 고정시키고 조작이 용이하도록 클램프를 이용하여 스탠드에 고정하였다. 열전대는 두가닥의 다른 금속, 즉 구리-콘스탄탄으로 이루어졌으며 끝 부분에서 열전대를 형성하기 위해 하나로 용접하였고, 한쪽 끝을 Advantest R7326B data logger의 5개 채널에 연결하였다. 이 data logger에 내장된 소프트웨어 프로그램은 5개의 열전대에서 동시에 데이터를 얻을 수 있게 되어있고, 각각의 열전대에서 매초마다 데이터를 기록하도록 하였다(Fig. 3).

Data logger에 내장된 온도 측정을 위한 소프트웨어 프로그램이 작동되는 순간 온도조절 스프링(heat control spring)을 눌러 System B HeatSource에서 plugger에 열을 공급하게 하였다. 온도조절 스프링의 접촉시간은 5초 이상으로 하고 1초 간격으로 데이터를 취득하여 접촉 후 1초에서 5초까지의 데이터를 얻었다. 각각의 plugger에 대해 위와 같은 방법으로 10회 반복 실험하였다. Plugger 종류에 따라 최대 온도상승 부위와 그때의 온도의 평균을 계산하였으며 plugger의 종류와 접촉시간에 따른 표면의 온도변화를 평가하였다.

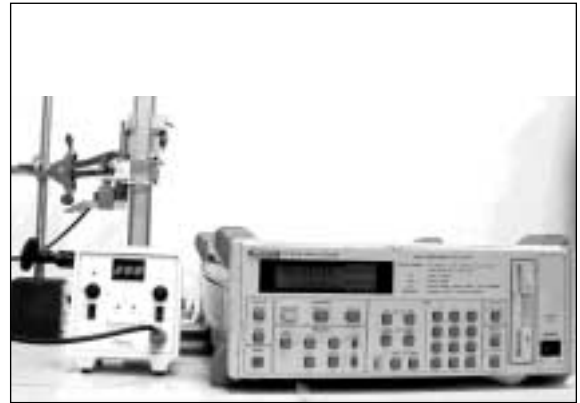


Fig. 3. The fixation device of Buchanan plugger with System B HeatSource and data logger.

3. 통계분석

Plugger의 종류와 접촉시간에 따른 온도변화의 유형과 Plugger 표면의 위치에 따른 온도변화의 유의성을 검정하기 위하여 one-way ANOVA 분석을 시행하였다.

Ⅲ. 실험결과

System B HeatSource의 200℃ 온도설정에서 가장 높은 온도를 나타낸 부위는 Buchanan plugger의 선단에서부터 1 mm 혹은 2 mm 떨어진 부위였다($p < 0.01$). Plugger의 종류 및 접촉시간에 따른 최고온도와 최고온도의 발현부위는 다음과 같다.

F plugger의 경우, 온도조절 스프링을 1초, 2초, 3초, 4초 및 5초 접촉시 최고온도는 선단으로부터 2 mm 부위에서 $215.25 \pm 2.28^\circ\text{C}$, $205.04 \pm 2.6^\circ\text{C}$, $188.39 \pm 2.57^\circ\text{C}$, $175.16 \pm 2.12^\circ\text{C}$ 및 $164.6 \pm 3.48^\circ\text{C}$ 를 각각 나타냈고 접촉시간이 증가할수록 최고온도는 낮아졌다($p < 0.01$, Table 1).

FM plugger의 경우, 온도조절 스프링을 1초, 2초, 3초 및 4초 접촉시 최고온도는 선단으로부터 1 mm 부위에서 $183.45 \pm 3.39^\circ\text{C}$, $185.94 \pm 2.19^\circ\text{C}$, $179.17 \pm 2.5^\circ\text{C}$ 및 $173.79 \pm 1.99^\circ\text{C}$ 를 각각 나타냈고, 5초 접촉시 최고온도는 선단으로부터 2 mm 부위에서 $171.15 \pm 1.88^\circ\text{C}$ 를 나타냈으며 접촉시간이 증가할수록 최고온도는 낮아졌다($p < 0.01$, Table 2).

M plugger의 경우, 온도조절 스프링을 1초 접촉시 최고온도는 가열시에 선단으로부터 1 mm 부위에서 $152.34 \pm$

Table 1. Temperature changes on the surface of Buchanan plugger (F)

Mean±S.D. (°C), n=10

Time	Distance (mm) from the tip of plugger					
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	
	*	*	*	*	*	
1 sec	160.57±9.94	203.82±1.88	215.25±2.28	206.28±6.43	182.57±2.84	@
2 sec	154.03±9.08	191.24±2.65	205.04±2.6	194.6±5.96	185.11±3.53	@
3 sec	140.89±8.16	175.11±2.12	188.39±2.57	179.67±4.77	174.59±3.21	@
4 sec	129.49±5.71	163.23±1.5	175.16±2.12	168.92±3.15	164.15±2.91	@
5 sec	122.44±4.98	153.76±3.57	164.63±3.48	157.47±6.16	154.52±3.06	@

* : significant difference among time of measurement (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

Table 2. Temperature changes on the surface of Buchanan plugger (FM)

Mean±S.D. (°C), n=10

Time	Distance (mm) from the tip of plugger					
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	
	*	*	*	*	*	
1 sec	147.37±3.11	183.45±3.39	170.11±2.75	139.9 ±4.49	116.44±5.44	@
2 sec	177.17±13.57	185.94±2.19	181.89±1.94	160.42±1.24	142.05±2.29	@
3 sec	146.26±2.61	179.17±2.5	179.11±1.56	161.06±1.05	146.9±1.68	@
4 sec	143.06±2.55	173.79±1.99	175.36±1.5	158.73±1.6	146.6±1.44	@
5 sec	140.16±3.17	168.88±2.41	171.15±1.88	155.37±1.85	146.9±1.68	@

* : significant difference among time of measurement (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

Table 3. Temperature changes on the surface of Buchanan plugger (M)

Mean±S.D. (°C), n=10

Touching time	Distance (mm) from the tip of plugger(mm)					
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	
	*	*	*	*	*	
1 sec	140.01±3.34	152.34±7.63	150.95±10.9	129.37±4.77	109.43±3.93	@
2 sec	146.07±6.37	165.31±5.26	169.51±9.12	148.55±3.9	133.89±3.49	@
3 sec	140.31±5.98	157.97±5.69	164.72±9.78	147.03±3.87	137.58±3.01	@
4 sec	133.62±3.58	152.79±5.39	159.51±7.99	143.99±3.03	135.99±3.73	@
5 sec	130.31±5.98	148.18±6.2	155.45±9.52	141.33±3.7	134.33±3.29	@

* : significant difference among time of measurement (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

7.63℃를 나타냈고, 2초, 3초, 4초 및 5초 접촉시 최고온도는 선단으로부터 2 mm 부위에서 169.51±9.12℃, 164.72±9.78℃, 159.51±7.99℃ 및 155.45±9.52℃를

각각 나타냈으며 접촉시간이 증가할수록 최고온도는 낮아졌다(p<0.01, Table 3).

ML plugger의 경우, 온도조절 스프링을 1초, 2초, 3초,

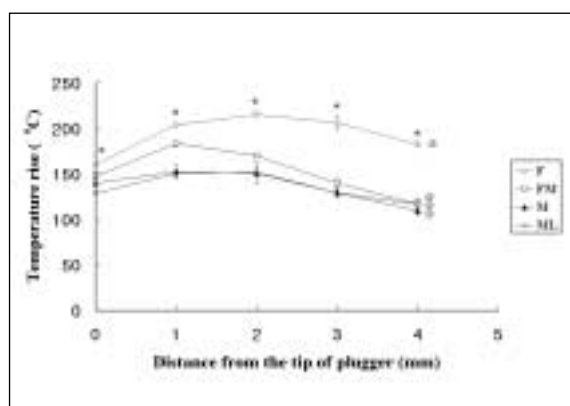
Table 4. Temperature changes on the surface of Buchanan plugger (ML)

Mean±S.D. (°C), n=10

Time	Distance (mm) from the tip of plugger					
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	
	*	*	*	*	*	
1 sec	128.5±1.96	150.94±3.87	151.98±4.35	128.97±2.98	116.88±5.71	@
2 sec	131.99±1.6	156.42±1.68	160.79±1.27	144.11±2.02	134.95±4.02	@
3 sec	125.64±2.19	149.37±1.44	155.3±0.95	144.21±1.14	137.85±3.02	@
4 sec	120.37±1.8	143±1.24	149.79±0.68	141.31±0.97	136.33±2.92	@
5 sec	115.8±2.5	136.55±2.97	144.45±2.46	138.17±2.09	134.87±3.9	@

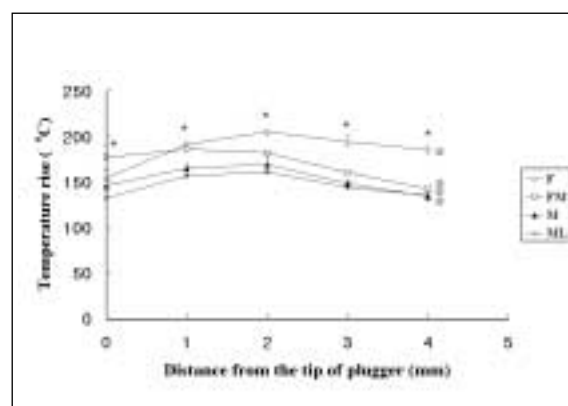
* : significant difference among time of measurement (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

**Fig. 4.** Temperature changes on the surface of Buchanan plugger at 1 sec of touching time (°C). (setting temperature: 200°C, power level: 10).

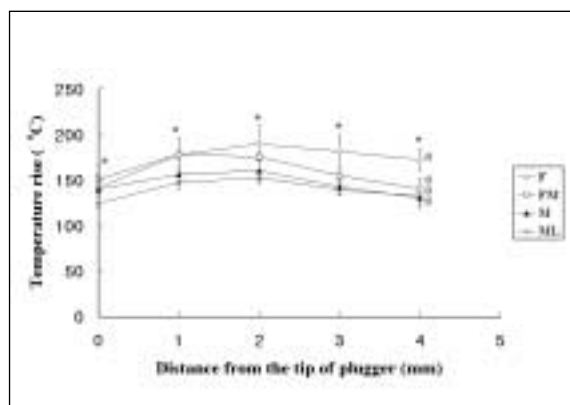
* : significant difference among pluggers (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

**Fig. 5.** Temperature changes on the surface of Buchanan plugger at 2 sec of touching time (°C). (setting temperature: 200°C, power level: 10)

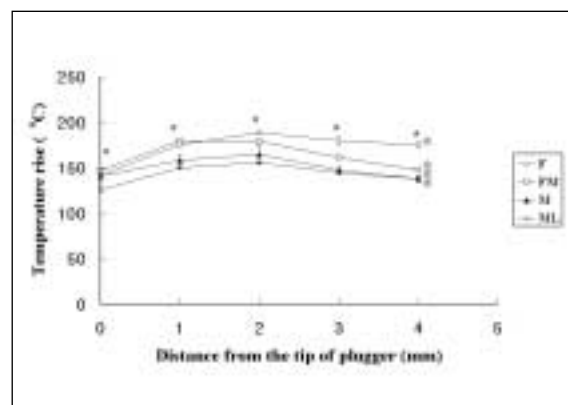
* : significant difference among pluggers (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

**Fig. 6.** Temperature changes on the surface of Buchanan plugger at 3 sec of touching time (°C). (setting temperature: 200°C, power level: 10)

* : significant difference among pluggers (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

**Fig. 7.** Temperature changes on the surface of Buchanan plugger at 4 sec of touching time (°C). (setting temperature: 200°C, power level: 10)

* : significant difference among pluggers (p<0.01).

@ : significant difference among distances (p<0.01).

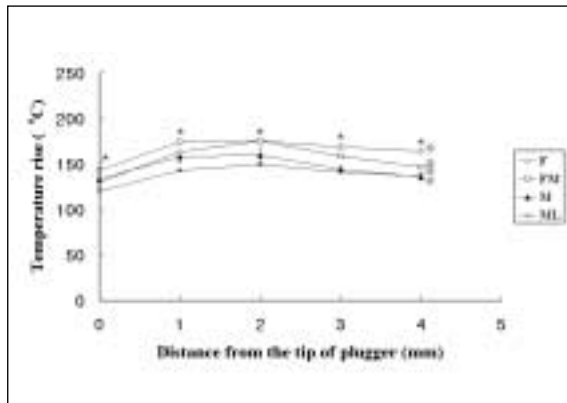


Fig. 8. Temperature changes on the surface of Buchanan plugger at 5 sec of touching time (°C). (setting temperature: 200°C, power level: 10)

* : significant difference among pluggers ($p < 0.01$).

@ : significant difference among distances ($p < 0.01$).

4초 및 5초 접촉시 최고온도는 선단으로부터 2 mm 부위에서 $151.98 \pm 4.35^\circ\text{C}$, $160.79 \pm 1.27^\circ\text{C}$, $155.3 \pm 0.95^\circ\text{C}$, $149.79 \pm 0.68^\circ\text{C}$ 및 $144.45 \pm 2.46^\circ\text{C}$ 를 각각 나타냈고 접촉시간이 증가할수록 최고온도는 낮아졌다($p < 0.01$, Table 4).

온도조절 스프링을 1초, 2초, 3초, 4초 및 5초 접촉시 최고온도는 F plugger에서 가장 높았으며 FM, M 및 ML plugger 순으로 낮아졌다(Fig. 4-8).

IV. 총괄 및 고안

근관치료의 성공을 위해서는 성형된 근관계를 3차원적으로 밀폐해야 한다. 이러한 근관충전의 목적을 달성하기 위하여 여러 가지 재료 및 방법들이 사용되고 있는데 그중 열을 이용한 수직 가압법이 근관계의 3차원적인 밀폐를 위해 많이 사용되고 있는 충전법이다.

열을 가하여 근관 충전시 과도한 열은 치근막에 손상을 줄 수 있기 때문에 주위가 필요하다. 따라서 가열된 충전기구를 사용시 충전기구 표면의 실제 온도를 측정하는 것이 중요하다. 치근 표면의 온도를 측정할 수 있는 방법으로 열전대(thermocouple)¹¹⁻¹³⁾가 많이 쓰이는데 열전대의 원리는 서로 다른 두 금속의 접점에서 열전기적 효과에 의해 기전력이 발생하는 것을 이용하며 매우 정확한 것으로 보고되어 있다.

그러나 열전대는 접촉된 표면에서만 온도측정이 가능하며 넓은 부위의 온도측정을 위해선 더 많은 열전대들을 장착해야 한다. 또한 정확한 온도측정을 위해서는 열전대와 표면 사이의 접촉이 적절해야 한다¹³⁾.

하지만, 많은 열전대들을 장착하는 것은 열전대로의 열전달을 유도하여 Buchanan plugger의 정확한 온도분석에 오히려 방해가 될 수 있다. 이는 열전대가 표면의 온도를 측정하는 역할을 하는 동시에 표면의 열을 방출하게 하는 역할도 하기 때문이다.

최근에 소개된 System B HeatSource는 새로운 형태의 전기적인 가열기구로서 디지털 온도계기관(digital temperature display)과 다양한 resistor control을 가지고 있으며 사용자가 원하는 온도를 설정할 수 있게 되어 있다¹⁶⁾. 그러나 디지털 온도계기관 상에 온도가 설정되었다 하더라도 열이 Buchanan plugger로 전달되는 동안 열손실에 나타날 수 있어 제조회사에서 제시한 온도와 실제 설정해서 사용하는 온도와는 일치하지 않을 수 있다고 보고되어 있다^{13,14)}.

Buchanan이 소개한 Continuous wave of condensation technique¹⁵⁾은 System B HeatSource와 전기적으로 가열한 plugger를 함께 사용하여 근관을 충전하는 술식으로서, System B HeatSource의 설정온도는 200°C 로 하며 power level은 10에 둔다. 본 연구에서는 실험시 설정온도를 200°C 로 정하여 설정온도와 plugger 표면에서 측정되는 실제 온도와의 차이를 확인해 보고자 하였다. 또한 실제 임상에서 적용되는 시간과 유사하게 plugger를 5초 이상 가열하여 매초 각각의 온도 값을 측정하였다.

본 연구 결과 System B의 설정온도와 실제 Buchanan plugger에서 측정되는 온도는 일치하지 않았다. 각각의 plugger의 종류에 따른 시간별로의 온도분포는 plugger의 종류에 상관없이 선단에서 1 mm 혹은 2 mm 떨어진 부위에서 가장 높은 온도 값을 나타냈으며, 최고온도를 나타내는 부위에서 멀어질수록 온도는 낮아졌다. F plugger의 1초와 2초에서 얻은 온도 값을 제외하고는 System B의 설정온도인 200°C 에는 미치지 못했다. 이는 plugger 내부로 공급되는 열량은 내부의 온도를 200°C 로 유지하게 하지만 대류에 의한 효과와 부착된 열전대에 의해 표면의 열이 방출되어 plugger 표면의 온도가 떨어지는 것으로 추정되며 최 등¹⁴⁾의 연구와 유사한 결과를 얻었다.

온도는 선단에서 1~2 mm 떨어진 부위에서 가장 높게 측정되었고 최고온도를 나타내는 부위에서 멀어질수록 감소하는 양상을 보이는데 이는 실제로 선단을 절단해보면 열선이 plugger의 선단까지 들어가지 않고 에서 약간 떨어져 있기 때문에 이런 결과가 나온 것으로 생각된다. 너무 많은 열전대의 장착은 열전대간의 열확산이 일어나 정확한 온도 측정이 불가능하게 되는 열전대의 특성을 고려하여, 본 실험에서는 열이 집중되는 plugger 선단 부위에서부터 5개의 열전대만을 장착하여 시행되었는데 plugger 표면에서 보다 넓은 부위의 온도 변화양상을 파악하기 위해서는 다른 열측정 방법들을 이용한 연구가 더 필요하리라 사료된다.

각각의 plugger 표면의 온도분포를 비교 분석한 결과 F plugger에서 FM plugger, M plugger 및 ML plugger 순으로 plugger의 크기가 증가할수록 같은 가열시간에서 온도가 낮아지는 결과를 나타냈다. 이것은 열용량의 차이 때문에 같은 에너지를 공급하였을 때 큰 사이즈가 열용량이 크므로 온도상승이 늦게 나타났다.

Touch mode에서 사용시 온도조절 스프링의 접촉시간이 증가할수록 모든 plugger의 표면 온도가 감소하였는데 이는 처음 접촉 시만 plugger의 선단 부위에 열 에너지가 많이 전달되고 접촉시간이 증가해도 열 에너지의 전달이 많지 않음을 의미하며 최 등¹⁴⁾의 연구와 유사한 결과를 얻었다.

본 실험을 근거로 System B의 설정온도와 열전대를 이용하여 plugger 표면에서 직접 측정되는 온도는 차이가 있음을 알 수 있으며 실제 표면의 온도분포는 “continuous wave of condensation” 방법에서 권고되는 온도와 일치하지 않았다. 또한 plugger 표면에서 보다 넓은 부위의 온도 변화양상을 파악하기 위해서는 다른 온도측정 방법들을 이용한 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 실험에서는 System B HeatSource의 digital display 상의 설정온도를 200℃로 하고 열전대를 사용하여 Buchanan plugger의 종류와 부위 및 접촉시간에 따라 plugger 표면의 실제 온도상승을 측정하여 평가한 후, 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Buchanan plugger 종류에 따라 선단으로부터 1 mm 혹은 2 mm 부위에서 최고 온도가 나타났다($p<0.01$).
2. 최고온도는 F plugger의 경우 $215.25\pm 2.28^{\circ}\text{C}$ 를, FM plugger의 경우 $185.94\pm 2.19^{\circ}\text{C}$, M plugger의 경우 $169.51\pm 9.12^{\circ}\text{C}$, ML plugger의 경우 $160.79\pm 1.27^{\circ}\text{C}$ 를 나타내어 최고온도는 F plugger에서 가장 높았으며 FM, M 및 ML plugger 순으로 낮아졌다($p<0.01$).
3. 온도조절 스프링의 접촉시간이 길어질수록 plugger 표면의 온도는 감소하였다.

이상의 실험결과는 plugger는 제조회사에서 추천한 설정온도와 실제 측정온도가 일치하지 않고 선단 근처에 열이 집중되도록 고안되어 있으며, Plugger의 크기가 커질수록 온도 상승이 적어지는 것을 시사한다.

참고문헌

1. Schilder H : Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 11:723-744, 1967.
2. Nguyen NT : Obturation of the Root Canal System. Pathways of the Pulp. 6th ed., St. Louis, Mosby Co., 219-271, 1994.
3. Jurcak JJ, Weller RN, Kulild JC and Donley DL : *In vitro* intracanal temperatures produced during warm lateral condensation of gutta-percha. *J Endod* 18:1-3, 1992.
4. Lee FS, Van Cura JE and BeGole E : A comparison of root surface temperatures using different obturation heat source. *J Endod* 24:617-620, 1998.
5. Hand RE, Hugel EF and Tsaknis PJ : Effect of a warm gutta-percha technique on the lateral periodontium. *Oral Surg* 42:395-401, 1976.
6. Marlin J and Schilder H : Physical properties of gutta-percha when subjected to heat and vertical condensation. *Oral Surg* 36:872-879, 1973.
7. Barkhordar RA, Goodis HE, Watanabe L and Koundjian J : Evaluation of temperature rise on the outer surface of teeth during root canal obturation technique. *Quint Int* 21:585-588, 1990.
8. Eriksson AR, Albrektsson T, Grane B and McQueen D : Thermal injury to bone : a vital-microscopic description of heat effect. *Int J Oral Surg* 11:115-121, 1982.
9. Eriksson AR and Albrektsson T : The effect of heat on bone regeneration. *Oral Surg* 42:705-711, 1984.
10. Eriksson AR and Albrektsson T : Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury : a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 50:101-107, 1983.
11. Romero AD, Green DB and Wucherpfennig AL : Heat transfer to the periodontal ligament during root obturation procedures using an in vitro model. *J Endod* 26:85-87, 2000.
12. Weller RN, Jurcak JJ, Donley DL and Kulild JC : A new model system for measuring intracanal temperatures. *J Endod* 17: 491-494, 1991.
13. Floren JW, Weller RN, Pashley DH and Kimbrough WF : Changes in root surface temperatures with *in vitro* use of the System B HeatSource. *J Endod* 25:593-595, 1999.
14. 최성아, 김선호, 황윤찬, 윤창, 오병주, 최보영, 정우남, 정선와, 황인남과 오원만 : 적외선열화상장치를 이용한 Buchanan plugger 표면의 온도상승 분석. *대한치과보존학회지* 27:370-381, 2002.
15. Buchanan LS : Continuous wave of condensation technique. *Dentistry Today* 1:60-64, 1996.
16. Analytic Technology Corp. Instruction guidelines for system B HeatSource model 1005, Glendora, California, USA, 1997.

오 원 만

전남대학교 치과대학 보존학교실

광주광역시 동구 학 1동 전남대학교 부속병원 보존과

Tel : 062) 220-5459 Fax : 062) 225-8387

E-mail : wmoh@chonnam.ac.kr