



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

단일충전용 복합레진과 일반 복합레진의
충전 방법에 따른
치수강 내 온도변화 비교



연세대학교 대학원

치 의 학 과

박 은 혜

단일충전용 복합레진과 일반 복합레진의
충전 방법에 따른
치수강 내 온도변화 비교

지도교수 박 성 호

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2015년 6월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

박 은 혜

박은혜의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 박은혜 인

심사위원 박정원 인

심사위원 김광만 인



연세대학교 대학원

2015년 6월 일

감사의 글

나의 목자 되시고, 항상 나의 길을 인도해주시는 하나님 아버지 감사합니다. 삶의 매 순간 복 주시며 승리로 이끌어 주시고, 좋은 의술을 배우고 나눌 수 있게 하심과 부족한 저에게 좋은 스승을 만나게 하셔서 좋은 열매 맺을 수 있게 해주심에 감사합니다.

이 논문이 완성되기 까지 학문적 지도와 따뜻한 배려로 저를 이끌어 주신 박성호 지도교수님께 진심으로 감사 드리며, 바쁘신 와중에도 큰 관심으로 부족한 논문을 세심하게 살펴주신 박정원, 김광만 교수님께 깊이 감사 드립니다.

부족한 저에게 보존학에 입문할 수 있는 기회를 주시고, 보존과 수련 기간 내내 따뜻한 관심과 가르침을 주신 윤태철 교수님께 늘 감사드립니다.

의국 생활 동안 큰 힘이 되어 주신 박민정, 정유주 선배님과 주배운, 우혜문 선생에게도 고마운 마음을 전합니다. 그리고 수련기간 동안 함께 하며 일상을 공유한 모든 일산병원 의국원들에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

마지막으로 지금의 제가 있기까지 사랑과 희생, 믿음으로 저를 키워 주신 사랑하는 부모님과 하나뿐인 동생에게도 사랑하고 감사하다는 말 전하고 싶습니다.

2015년 6월

저자 씀

차 례

그림차례	ii
표 차례	iii
국문 요약	iv
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	4
1. 실험 치아	4
2. 복합레진 충전	9
3. 치수강 내 온도 측정	9
4. 통계 분석	10
III. 결 과	11
IV. 고 찰	13
V. 결 론	18
참고 문헌	20
영문 요약	23

그림 차례

Figure 1. The premolar connected with a thermocouple and plastic tubes for simulating pulpal blood flow	5
Figure 2. X-ray of the premolar with a thermocouple and plastic tubes	6
Figure 3. Schematic diagram of water flow system	10
Figure 4. Intrapulpal temperature change of Sonic fill during light curing	16



표 차 례

Table 1. List of the resins tested in this study	7
Table 2. Intra-pulpal temperature change	12



국문 요약

단일충전용 복합레진과 일반 복합레진의 충전 방법에 따른 치수강 내 온도변화 비교

본 연구의 목적은 단일충전용 복합레진과 일반 복합레진을 각각 단일충전 시와 적층충전 시 치수강 내 온도 변화를 비교하는 것이다.

치아 우식이나 수복물이 없고 두 개의 분리된 치근을 갖는 상악 소구치 10 개를 대상으로 하였고, 치경부에 지름 2 mm의 구멍을 형성한 후 K type 온도 측정단자의 끝부분을 치수강 내부에 위치시켰다. 치근의 협측 치근과 구개측 치근 각각에 플라스틱관을 삽입하여 한쪽은 물이 유입되도록, 다른 한쪽은 물이 유출되도록 하였다. 플라스틱관은 펌프에 연결하여 유량을 조절하도록 하였다. 교합면에 깊이 4mm의 1급 와동을 언더컷 없이 형성하였다(4 mm×2 mm). 3가지의 일반 복합레진과 4가지의 단일충전용 레진을 사용하여 각 레진마다 단일충전과 적층충전 시 치수강 내 온도 변화를 측정하였다. 사용한 레진은 Tetric N ceram, Tetirc N ceram bulk fill, Venus bulk fill, Premisa, Sonic fill, SDR, Filtek Z350XT 이었다. 총 중합 시간은 60초로 하였고, 1Hz의 빈도로 온도를 측정하였다. 레진 중합에 의한 온도 변화를 확인하기 위해 와동형성 후 레진 수복 없이 광중합기를 조사한 균의 온도변화를 측정하여 비교하였

다. 레진 종류간의 차이는 일원배치 분산분석법을 사용하였고, 대비검정을 통하여 단일충전용 복합레진과 일반충전용 복합레진 간의 차이를 분석하였다. 사후검정법으로는 Tukey test 를 사용하였다. 하나의 복합레진에서 충전 방법에 따른 차이는 paired t test를 사용하여 분석하였다.

실험 결과는 다음과 같다.

1. 단일충전 시 온도 변화량은

Filtek Z350XT > Sonic fill \geq Venus bulk fill \geq Premisa \geq Tetric N
ceram \geq Tetric N ceram bulk fill , SDR
순서로 컸다. (P<0.05)

2. 적층충전 시 온도 변화량은

Filtek Z350XT > Venus bulk fill \geq Premisa, Tetric N ceram \geq
Sonic fill , Tetric N ceram bulk fill \geq SDR
순서로 컸다. (P<0.05)

3. Premisa와 Venus bulk fill, Filtek Z350XT, Sonic fill 만이 단일충전
시의 온도 변화량이 적층충전 시 보다 유의차 있게 컸다. (P<0.05)

4. 일반 복합레진이 단일충전용 복합레진 보다 광중합 시 치수 내 온도가 더 높
이 상승했다 (p<0.05)

핵심 되는 말 : 단일충전용 복합레진, 적층법, 치수강 온도.

단일충전용 복합레진과 일반 복합레진의 충전 방법에 따른 치수강 내 온도변화 비교

<지도교수 : 박 성 호>

연세대학교 대학원 치의학과

박 은 혜

I. 서론

치수에 가해지는 열 손상은 임상에서 흔하게 접하는 문제 중 하나이다. 치아삭제, 수복 재료들의 중합, 광중합기 등은 와동벽의 온도를 높일 수 있는 잠재적 요인일 뿐만 아니라, 치수강 내 온도를 높일 수 있는 직접적 원인으로 작용할 수 있다(Meredith and Setchell, 1997; Stansbury et al., 1995). Zach 등은 치수강 내의 처음 온도로부터 5.5 °C 상승 만으로도 치아의 15% 정도에서

치수생활력 상실을 초래하고, 11°C 상승은 60%, 16.6°C 상승은 100%에서 치수괴사를 초래한다고 보고하였으며, 동물에서 열전달 방법에 관계없이 적은 온도 상승만으로도 다양한 정도의 치수염이 일어날 수 있다는 조직학적 증거도 밝혀졌다 (Zach and Cohen, 1965).

그러나 사람을 대상으로 한 임상연구에서는 9~15°C의 온도 상승은 3개월 이후에도 조직학적으로 치수 괴사를 일으키지 않는 것을 확인하였다 (Baldissara et al., 1997). 이 연구의 결과는 치아에 열을 가한 후 3개월 뒤에 발치하여서 조직학적으로 관찰한 결과 치수 조직은 5.5°C가 넘는 온도 상승을 손상 없이 견딜 수 있다고 제시하고 있다. 이 연구에서 열은 잠깐 동안만 가해졌고, 열이 발생하는 과정에 노출된 후에 치수가 비가역적인 손상을 입는 임계 온도에 대한 근거는 없다고 하였다.

복합 레진의 발열반응과 광중합기에서 나오는 복사열은 상당한 온도상승을 야기할 수 있다(Lloyd et al., 1986; Masutani et al., 1988; McCabe, 1985; Shortall and Harrington, 1998). Masutani 등은 레진의 중합 반응이 광원보다 온도 상승에 더 큰 영향을 준다고 보고하였다(Masutani et al., 1988).

과거 광중합형 레진의 단점인 중합수축을 극복하고 충분한 중합을 위해 적층법이 널리 사용되어 왔다. 그러나 적층충전법은 공동 발생, 층 간의 오염 발생 위험, 길어지는 진료시간 등의 단점이 있다(El-Safty et al., 2012). 최근에 새로운 모노머들이 개발되었고, 중합을 더 효과적으로 일어나게 하는 개시제들이 소개되었다. 또한, 투명도가 개선되었고(Alrahlah et al., 2014; Goracci et al., 2014), 나노충전재 등의 충전재(Garoushi et al., 2013) 발전으로 인해 앞서 언급된 단점을 부분적으로 극복한 단일충전용 복합레진이 개발되었다. 그 후로 단일충전용 복합레진의 중합양상이나 강도, 접착력(Flury et al., 2014; Jang et al., 2015; Leprince et al., 2014; Tarle et al., 2014) 등에 대한 연구들은 많이 있었지만 중합 시 발열 반응과 치수에 대한 영향 등에 대해서는 그

동안 그 안전성이 확인되지 않았다. 한 번에 충전하는 레진 양이 적층충전 시보다 많기 때문에 레진 중합 시 발생하는 열의 양도 많고, 이로 인한 치수 손상이 우려될 수 있다.

본 연구의 목적은 단일충전용 복합레진과 일반 복합레진을 각각 단일충전하였을 때와 적층충전하였을 때의 치수강 내 온도변화를 비교하여 단일충전용 복합레진을 단일충전하여 사용하는 것이 치수에 열손상을 줄 가능성이 있는지 알아보는 것이다.

귀무가설은 다음과 같다.

1. 중합 시 발생하는 치수강 내 온도변화는 단일충전용 복합레진과 일반 복합레진 사이에서 차이가 없다.
2. 중합 시 발생하는 치수강 내 온도변화는 적층충전 방법과 단일충전 방법 사이에서 차이가 없다.

II. 재료 및 실험방법

1. 실험 치아

치아 우식이나 수복물이 없고 두 개의 분리된 치근을 갖는 10개의 상악 소구치를 생리 식염수에 보관하여 사용하였다.

교합면에 깊이 4 mm의 1급 와동을 형성하였다 (근원심 거리 :4 mm, 협설 거리 : 2 mm). 와동은 카바이드 버로 형성하였다(#330, Sybron, DesPlaines, IL)). 와동벽을 언더컷 없이 부드럽고 경사진면을 형성하기 위해 tapered 다이아몬드 버(R0835, Shofu, Japan)로 한번 더 다듬었다.

실험 모델은 Choi 등(Choi et al., 2014)이 사용한 모델을 바탕으로 하였다. 치근을 절반 길이에서 자르고 근관을 노출시켜 플라스틱관을 삽입하였고, 그 관 주변을 Filtek Z350 flowable로 고정하였다. 치아의 구개측면에는 치경부에 지름 2 mm의 구멍을 형성하였다. K type 온도 측정 단자(CHAL-003 ; K type probe OMEGA engineering, INC. Stamford, Connecticut, USA)를 삽입하고 주변을 Filtek Z350 flowable로 고정하였다(Fig 1). 방사선 사진을 채득하여 온도측정단자가 정확하게 위치되었는지를 확인하였고(Fig. 2), 이 온도측정 단자의 반대편 단자는 온도측정계 (Agilent 34970A, Agilent Tech, Santaclara, California, USA)와 연결하였다.

하나의 폴리에틸렌 관을 펌프에 연결하여 치수강에서 물이 배출되게 하였고, 다른 하나의 관은 항온수조에 위치시켜 치수강 내부로 물이 들어올 수 있도록 하였다(Fig.3). 혈류를 재현하기 위해 물의 흐름은 40~50 $\mu\text{L}/\text{min}$ 으로 하였다.



Fig. 1. The premolar connected with a thermocouple and plastic tubes for simulating pulpal blood flow.

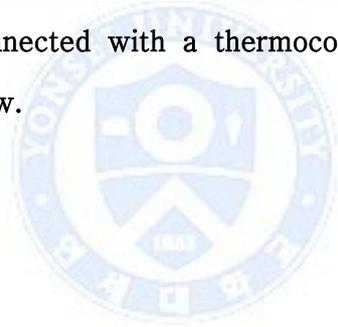




Fig. 2. X-ray of the premolar with a thermocouple and plastic tubes.

Table 1. List of the resins tested in this study

resin	code	Manufacturer	Type	shade	Matrix composition	Filler content (filler size)
Filtek Z 350XT	FXT	3M ESPE	Nano fill composite	A2	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA, PEGDMA	72.5 wt%, 55.6 vol%; (0.04~10 µm)
Tetric N ceram	TN	Ivoclar Vivadent	Nano hybrid composite	A2	dimethacrylates	80 wt%, 55~57 vol%; (0.04~3 µm)
Premisa	PMS	Kerr	Nano hybrid composite	A2	TEGDMA, Bis-EMA,	84 wt%, 70 vol%; (0.04~50 µm)
Venus bulk fill	VBF	Heraeus Kulzer	Flowable bulk fill	universal	UDMA, EBADMA	65 wt%; 38 vol% (0.02 and 5 µm)
SDR	SDR	Dentsply	Flowable bulk fill	universal	SDR-UDMA, TEGDMA EBPADA	68 wt%, 45 vol% (NA)

resin	code	Manufacturer	Type	shade	Matrix composition	Filler content (filler size)
Tetric N ceram Bulk fill	TNB	Ivoclar Vivadent	Non-flowable bulk-fill	Universal A shade	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA	80 wt%, 61 vol%; (0.04~3 μm)
Sonic fill	SF	Kerr	Non-flowable bulk fill	A2	Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA,	83.5 wt %, 83 vol% (NA)

*NA : not available

Bis-GMA : bisphenol A-Glycidyl methacrylate, EBADMA : ethoxylated bisphenol-A-dimethacrylate

UDMA : urethane dimethacrylate, TEGDMA : triethylene glycol dimethacrylate

Bis-EMA : ethoxylated bisphenol-A-dimethacrylate, EBADA : ethoxylated bisphenol A diacrylate

PEGDMA : polyethylene glycol dimethacrylate

wt% : weight percentage, vol%; volume percentage

2. 복합레진 충전

매 실험마다 중합된 레진을 쉽게 제거하고, 와동벽에 손상되거나 크기가 커지는 것을 막기 위해 와동은 산부식 혹은 접착을 하지 않고, Liquid strip(Ivoclar vivadent)을 와동벽에 도포한 후에 와동에 레진을 충전하였다. 이 실험에서는 4가지 단일충전용 복합레진과 세가지 일반 복합레진을 비교하였다(Table 1). Base line으로 와동형성 후 레진충전하지 않은 치아에 광조사한 것을 설정하였다.

Bulk 충전 시에는 레진을 와동에 4 mm 깊이로 충전한 후 60초간 광중합하였고, 적층충전 시에는 2 mm 깊이로 충전 후 30초 동안 광중합하고 20초간 나머지 2mm 깊이를 충전하여 30초 동안 광중합 하였다.

광중합기는 LED램프인 Mr. Light(Dent Zar, Tarzana, CA)를 사용하였다.

중합된 레진을 제거할 때는 카바이드 버로 와동의 가운데를 2개로 나눈 후 해켓을 사용하여 제거하였다,

3. 치수강 내 온도 측정

소프트웨어(Agilent BenchLink DataLogger, version 1.4)를 사용하여 1Hz의 빈도로 온도를 측정하였다.

실험은 상온에서 진행하였고, 항온 수조 내의 물의 온도는 39℃, 광중합 시작 전 치수강 내의 온도는 32℃로 설정하였다. 온도의 측정은 광중합 시작과 동시에 시작하였고, 광중합이 끝남과 동시에 온도 측정을 종료하였다.

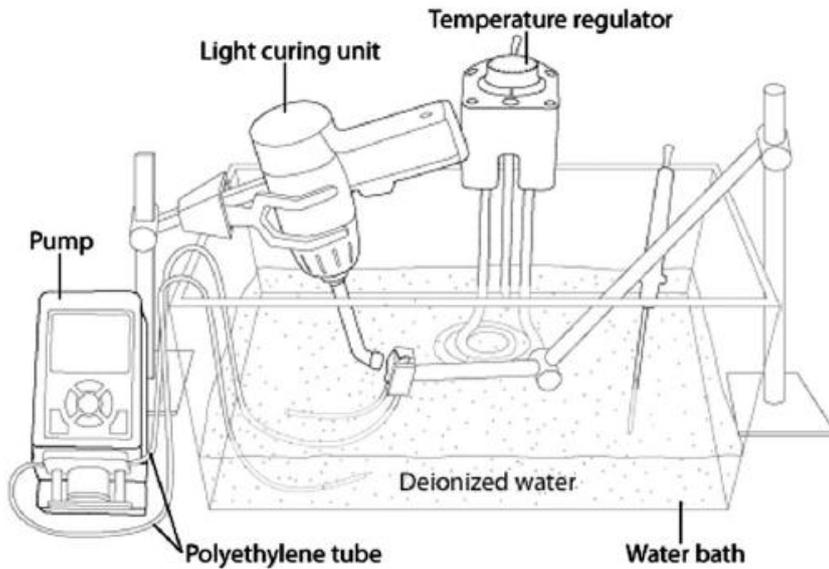


Fig. 3. Schematic diagram of water flow system.

4. 통계 분석

레진마다 단일충전 시와 적층충전 시 치수상 내 온도증가량의 평균값과 표준편차를 구한 후, 단일충전 시의 레진 종류간의 차이, 적층충전 시의 레진 종류간의 차이, 각 레진 종류마다 단일충전 시와 적층충전 시의 차이를 비교하였다. 동일한 충전 방법 내에서 레진 종류간의 차이는 일원배치 분산분석법을 사용하였고, 대비검정을 통하여 단일충전용 복합레진 (SDR, SF, TNB, VBF)과 일반충전용 복합레진(FXT, PMS, TN) 간의 차이를 분석하였다. 사후검정법으로는 Tukey test 를 사용하였다. 하나의 복합레진에서 충전 방법 (단일충전, 적층충전)에 따른 차이는 paired t test를 사용하여 분석하였다. 허용유의수준은 0.05로 하였고 모든 통계분석은 SPSS (ver21.00;SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하여 통계처리 하였다.

III. 결과

단일충전 시 레진 종류에 따른 치수강 내 온도 변화량은 6.44 °C (SDR) ~ 9.65 °C (FXT)의 범위에서 관찰되었고, 온도 증가의 순서는 FXT > SF ≥ VBF ≥ PMS ≥ TN ≥ TNB, SDR (> : P<0.05) 였다.(Table 2)

적층충전 시 온도 변화는 6.23°C(SDR) ~ 9.03 °C (FXT)의 범위에서 관찰되었고, 온도 증가의 순서는 FXT > VBF ≥ PMS, TN ≥ SF, TNB ≥ SDR (> : P<0.05) 였다 (Table 2).

단일충전군이 적층충전군보다 높은 온도 증가를 나타내는 경향이 있었으나 PMS, FXT, VBF, SF를 제외하고는 통계적인 유의차는 없었다(Table 2).

일반 복합레진이 단일충전용 복합레진보다 치수강 내 온도가 더 높게 상승했다 (p<0.05)

빈 와동에 광중합한 군은 평균 온도변화량이 10.38°C이고 표준편차는 0.51이다. 이 값은 모든 레진 그룹보다 유의차 있게 크게 나타났다. (P<0.5)

Table 2. Intra-pulpal temperature change

	Bulk cured Mean temperature change °C (SD)	Incermental cured temperature chage °C (SD)	P value
FXT	9.65(0.16) ^a	9.03(0.30) ^a	<0.001
SF	7.84(0.42) ^b	6.54(0.34) ^b	<0.001
PMS	7.13(0.21) ^c	6.79(0.21) ^b	<0.001
VBF	7.42(0.39) ^c	7.1(0.28) ^b	0.001
TN	6.78(0.20) ^c	6.64(0.44) ^b	0.182
TNB	6.64(0.53) ^c	6.49(0.27) ^b	0.128
SDR	6.44(0.34) ^c	6.23(0.48) ^b	0.250

Same letters in vertical lines indicates statistically same groups (P<0.05)

IV. 고찰

이번 연구를 통하여 일반충전용 복합레진이 단일충전용 복합레진에 비하여 높은 온도변화가 나타나는 것으로 나왔다. 따라서 첫번째 귀무 가설은 기각되었다. 또한 단일충전 시 적층충전 시 보다 온도가 더 높게 나타난 재료들이 있었다. 따라서 두번째 귀무가설도 기각 되었다.

TNB 나 SDR은 단일충전용 복합레진에 비하여 결코 온도 상승이 높지 않았지만 일반 복합레진이 단일충전용 복합레진보다 온도 상승이 더 높다고 나온 것은 FXT 가 다른 복합레진에 비하여 온도 상승이 매우 높았기 때문이라고 사료된다.

일반 복합레진인 FXT가 충전 방법에 상관없이 다른 복합레진들보다 유의차 있게 중합 시 치수강 내 온도 변화량이 크게 나타났다. 실험에 사용한 다른 non flowable resin들과 비교하였을 때 가장 낮은 충전재 부피비를 가지고 있었고, 한번에 중합되는 기질 양이 많아서 열 발생이 높았던 것을 유추할 수 있다. 또한 3M에서 제조된 복합레진은 효율적인 중합을 위해 중합개시활성시스템으로 camphoroquinone과 tertiary amine, iodonium을 포함하고 있다(Park et al., 2002). Oxman에 따르면 iodonium염은 중합의 효율을 높이는데 중요한 역할을 하며, 이 때문에 초기부터 중합이 활발하게 일어나서 다른 레진들에 비해 중합시 발생한 온도 변화량이 컸던 것으로 생각할 수 있다.

나머지 두 일반 복합레진 중에서는 Premise가 Tetric N ceram보다 유의차는 없었지만 온도 변화량이 크게 나타났다. 이는 투과도가 Premise에서 더 크게 나타나는 것이 기여요인일 수 있다(Ryan et al., 2010).

같은 flowable bulk fill resin인 SDR과 VBF의 경우에는 VBF이 온도 증가량이 더 높게 나타났다. 충전재 부피비가 VBF에서 더 높았고, 조성에서 SDR에는 SDR-UDMA가 포함되어 있는데 이것은 기존의 모노머에 비해서 중합반응이 천천히 일어나고 gel point 시점을 늦춰줘서 중합수축력을 줄여주는 역할을 한다(Ilie and Hickel, 2011). 이러한 요소들이 중합반응에 영향을 주어서 온도 상승을 줄여줬을 수 있다. 한편 두 복합레진의 중합에 대한 Jang의 연구에 따르면 4mm 깊이로 충전 후 표면과 바닥의 비커스 경도를 비교해보면 SDR은 바닥이 표면의 94%, VBF은 바닥이 표면의 98%의 경도를 보인다. 또한 선형중합수축량도 VBF이 SDR보다 유의차 있게 높게 나타났다. 이를 통해 VBF이 더 빨리 깊이까지 더 중합이 잘 일어난다는 것을 알 수 있다. 이것이 이 둘 사이 온도 변화량 차이에 기여한 것으로 보인다 (Jang et al., 2015).

TN과 TNB은 같은 제조사에서 만들어지고 조성에 있어서도 많이 유사했다. TNB은 효율적인 중합을 위해서 기존의 광개시제인 camphoroquinone과 370~460nm에 이르는 보다 넓은 파장의 빛을 흡수하고 기존의 camphoroquinone 보다 더 효율적이라고 알려져 있는 Ivocerin (IvocerinTM - dibenzoyl germanium compound) 이라는 새로운 광개시제를 포함하여 중합

깊이를 높였지만(Moszner et al., 2008), 이것이 오히려 투과도를 낮추는 역할을 해서 빛에너지가 충분히 전달되지 못해서 (Bucuta and Ilie, 2014). 온도 변화량을 낮추는 데 기여했을 수 있다

Non-flowable bulk fill resin인 SF과 TNB은 단일충전 시 유의차 있게 SF의 온도 증가량이 높았다. TNB이 prepolymerized filler particle을 많이 포함하고 있어 이러한 온도 증가량 차이가 발생했을 수 있다.

단일충전과 적층충전하였을 때 온도 변화량을 레진별로 살펴봤을 때 중합되는 레진양과 빛에너지가 동일한 조건하에서 PMS와 VBF, FXT, SF은 단일충전 시 유의차 있게 온도 변화량이 컸고, 나머지 레진에서는 유의차는 없었지만 단일충전 시가 온도 변화량이 더 높게 나타났다. 유의차를 보였던 SF의 중합과정 동안의 온도 변화를 살펴보면(Fig.4) 적층충전 시 첫번째 충전 후 20초 동안 치수강 내 온도가 내려가는 것을 볼 수 있다. 치수 혈류 흐름을 재현한 물의 흐름이 온도 하강에 영향을 주었을 것으로 생각할 수 있다.

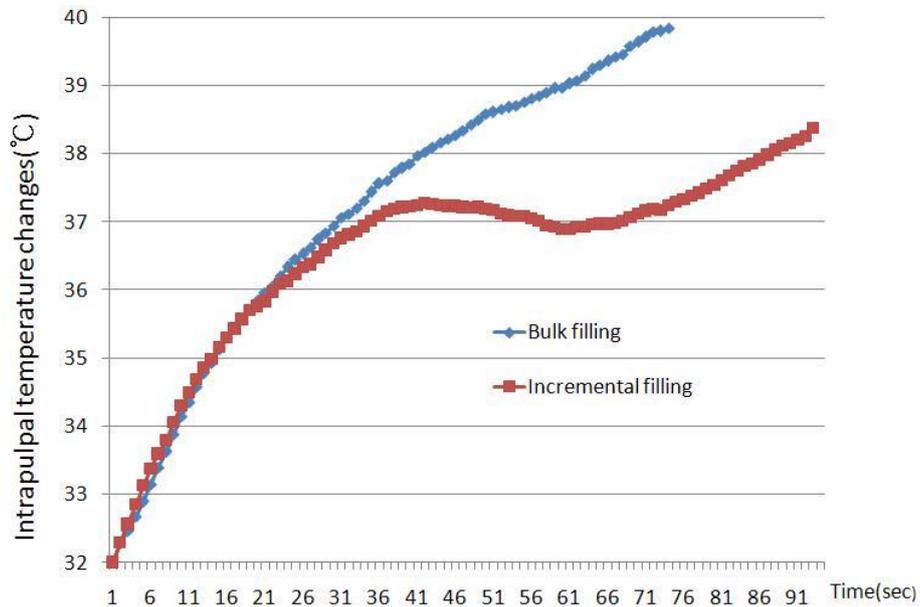


Fig. 4. Intrapulpal temperature change of Sonic fill during light curing.

Pohto는 외부에서 가해지는 치수강 내 온도가 42 °C 이상 넘어가면 치수의 손상이 시작될 수 있다고 하였고, 2분 이상 열자극을 가해 46 °C 이상을 넘어가는 경우 혈류가 중지되어 치수괴사가 발생할 수 있다고 하였다. 이번 실험에서 레진을 사용한 군의 온도 증가량을 살펴보면 가장 높았던 값이 FXT를 단일충전했을 때 나타난 9.5 °C였고, 가장 낮은 값이 SDR을 적층충전했을 때 나타난 6.19 °C 였다. 초기 설정 온도가 32 °C였기 때문에 10 °C 이내의 상승 값은 Pohto의 연구에 비취볼 때 안전하다고 할 수 있다. 또한 사람을 대상으로 한 연구에서도 9~15 °C의 온도 상승은 3개월 이후에도 조직학적으로 치수 괴사를 일으키지 않는다고 하였으므로(Baldissara et al., 1997) 이번 연구에 쓴 모든 레진이 온도적인 측면에서 안전하다고 할 수 있다. 그러나 Zach 등은

치수강 내의 처음 온도로부터 5.5 °C 상승 만으로도 치아의 15%정도에서 치수 생활력 상실을 초래할 수 있다고 하였으므로(Zach and Cohen, 1965) 가능하다면 레진 중합 동안의 치수강 내 온도 상승량에 주의하면서 레진을 사용하는 것이 추천될 수 있다.

이번 실험에서는 빈 와동에 광조사한 군의 온도 상승량이 가장 높게 나타난 것에 반해, 비슷한 실험방법으로 연구한 Choi의 논문에서는 empty 군이 가장 낮은 온도 상승을 보였고(Choi et al., 2014), Masutani의 연구도 레진의 중합이 광원에 의한 온도 상승 보다 더 큰 영향을 준다고 보고하였다(Masutani et al., 1988). 원인을 고찰해보면 Choi의 연구에서는 5급 와동을 형성하고 치아의 협측 상아질벽에 온도 측정 단자를 위치시켰기 때문에 와동의 직하방에 온도 측정 단자가 위치될 수 있었고, 와동에서 발생하는 중합열에 직접적으로 영향을 받을 수 있었다. 이에 반해 본 실험에서는 1급 와동을 형성하였는데, 온도 측정 단자는 협측 상아질벽에 위치시켜서 와동의 직하방이 아니었으므로 레진에 의한 중합열에 영향이 상대적으로 적었던 것이 원인이었을 것 같다. 후속 연구를 하게 된다면 와동의 형태에 맞게 온도 측정 단자를 위치시키는 것이 더 정확한 결과를 얻는데 도움이 될 것 같다.

V. 결론

이번 연구의 결과

1. 단일충전 시 온도 변화량은

Filtek Z350XT > Sonic fill \geq Venus bulk fill \geq Premisa \geq Tetric N
ceram \geq Tetric N ceram bulk fill, SDR
순서로 컸다. (P<0.05)

2. 적층충전 시 온도 변화량은

Filtek Z350XT > Venus bulk fill \geq Premisa, Tetric N ceram \geq
Sonic fill, Tetric N ceram bulk fill \geq SDR
순서로 컸다. (P<0.05)

3. Premisa와 Venus bulk fill, Filtek Z350XT, Sonic fill 만이 단일충전
시의 온도 변화량이 적층충전 시 보다 유의차 있게 컸다. (P<0.05)

4. 일반 복합레진이 단일충전용 복합레진 보다 광중합 시 치수 내 온도가
더 높이 상승했다 (p<0.05)

이번 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 레진 중합 시 발생하는 치수강 내의 온도 변화량은 단일충전용 복합레진과 일반 복합레진 사이에 차이가 없다. 다만 레진 종류 사이에는 차이가 있다.

2. 단일충전 방법이 적층충전 방법 보다 치수강 내 온도 변화량이 크거나 같다.
3. 일반 복합레진이 단일충전용 복합레진 보다 광중합 시 치수강 내 온도 변화량이 더 크다.



References

- Alrahlah A, Silikas N, Watts DC: Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater* 30(2): 149-154, 2014.
- Alshali RZ, Salim NA, Sung R, Satterthwaite JD, Silikas N: Qualitative and quantitative characterization of monomers of uncured bulk-fill and conventional resin-composites using liquid chromatography/mass spectrometry. *Dent Mater*, 2015.
- Baldissara P, Catapano S, Scotti R: Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: a preliminary study. *J Oral Rehabil* 24(11): 791-801, 1997.
- Bucuta S, Ilie N: Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig* 18(8): 1991-2000, 2014.
- Choi SH, Roulet JF, Heintze SD, Park SH: Influence of cavity preparation, light-curing units, and composite filling on intrapulpal temperature increase in an in vitro tooth model. *Oper Dent* 39(5): E195-205, 2014.
- El-Safty S, Silikas N, Watts DC: Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater* 28(8): 928-935, 2012.
- Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A: Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater* 30(10): 1104-1112, 2014.
- Ilie N, Hickel R: Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater* 27(4): 348-355, 2011
- Garoushi S, Sailyoja E, Vallittu PK, Lassila L: Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dent Mater* 29(8): 835-841, 2013.

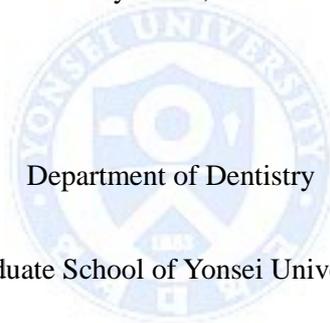
- Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, et al.: Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater* 30(6): 688-694, 2014.
- Jang JH, Park SH, Hwang IN: Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent* 40(2): 172-180, 2015.
- Kim JJ, Moon HJ, Lim BS, Lee YK, Rhee SH, Yang HC: The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 80(2): 332-338, 2007.
- Kramer N, Lohbauer U, Garcia-Godoy F, Frankenberger R: Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent* 21(3): 135-142, 2008.
- Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G: Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* 42(8): 993-1000, 2014.
- Lloyd CH, Joshi A, McGlynn E: Temperature rises produced by light sources and composites during curing. *Dent Mater* 2(4): 170-174, 1986.
- Masutani S, Setcos JC, Schnell RJ, Phillips RW: Temperature rise during polymerization of visible light-activated composite resins. *Dent Mater* 4(4): 174-178, 1988.
- McCabe JF: Cure performance of light-activated composites by differential thermal analysis (DTA). *Dent Mater* 1(6): 231-234, 1985.
- Meredith N, Setchell DJ: In vitro measurement of cuspal strain and displacement in composite restored teeth. *J Dent* 25(3-4): 331-337, 1997.
- Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V: Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater* 24(7): 901-907, 2008.

- Park SH, Krejci I, Lutz F: Microhardness of resin composites polymerized by plasma arc or conventional visible light curing. *Oper Dent* 27(1): 30-37, 2002.
- Park YJ, Chae KH, Rawls HR: Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. *Dent Mater* 15(2): 120-127, 1999.
- Pohto, M. and A. Scheinin (1958). "Microscopic Observations on Living Dental pulp II. The Effect of Thermal Irritants on the Circulation of the pulp in the Lower Rat Incisor." Acta Odontologica Scandinavica **16**(3): 315-327.
- Ryan EA, Tam LE, McComb D: Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *J Can Dent Assoc* 76: a84, 2010.
- Shortall AC, Harrington E: Temperature rise during polymerization of light-activated resin composites. *J Oral Rehabil* 25(12): 908-913, 1998.
- Stansbury JW, Dickens B, Liu DW: Preparation and characterization of cyclopolymerizable resin formulations. *J Dent Res* 74(4): 1110-1115, 1995.
- Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Taubock TT: Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig*, 2014.
- Zach L, Cohen G: PULP RESPONSE TO EXTERNALLY APPLIED HEAT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 19: 515-530, 1965.

ABSTRACT

Comparison of pulpal temperature increase when bulk filling and incremental filling bulk fill resin and conventional resin

Eunhye Park, D.D.S



Department of Dentistry

Graduate School of Yonsei University

(Directed by Prof. Sungho Park, D.D.S., M.S.D., Ph. D.)

The purpose of this study is to compare the pulpal temperature change when bulk filling and incremental filling bulk fill resin and conventional composite resin.

10 extracted intact human maxillary premolar teeth with two separated roots were used. A 2mm sized hole was made on the cervix of the tooth and a K type thermocouple was inserted into the pulp chamber. The tip of a temperature sensor was positioned on the pulpal dentinal wall of the buccal side of a maxillary premolar. Plastic tubes were inserted in the palatal and

buccal root of the tooth, one for water inflow and the other for water out flow. Polyethylene tubes were connected from the plastic tubes to a pump to control the flow rate. After preparation of Class I cavity (4 mm × 2 mm), intra-pulpal temperature change was measured when bulk filling and incrementally filling resins. Resins used at this study were Tetric N ceramic, Tetric N ceramic bulk fill, Venus bulk fill, Premisa, Sonic fill, SDR, Filtek Z350XT. Total curing time was 60 seconds. The temperature was measured at 1 Hz frequency. Light curing on empty cavity was used as base line.

The results are as follows:

1. Intra pulpal temperature change when bulk filling resins

: Filtek Z350XT > Sonic fill ≥ Venus bulk fill ≥ Premisa ≥ Tetric N ceramic ≥ Tetric N ceramic bulk fill, SDR (P < 0.5)

2. Intrapulpal temperature change when incrementally filling resins

: Filtek Z350XT > Venus bulk fill ≥ Premisa, Tetric N ceramic ≥ Sonic fill, Tetric N ceramic bulk fill ≥ SDR (P < 0.5)

3. Premisa and Venus bulk fill, Filtek Z350XT, Sonic fill showed higher intrapulpal temperature change when bulk filling resins than incrementally filling resins (P < 0.5)

4. Conventional composite resin showed higher temperature change than bulk fill composite resin when light curing

Key words: Bulk fill resin, Incremental filling, Intra pulpal temperature