

## 열처리에 따른 복합레진 인레이의 굴곡강도에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실

김용성 · 민병순 · 최호영 · 박상진 · 최기운

### 목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 영문 초록

### I. 서 론

치과용 복합레진은 silicate cements와 unfilled methylmethacrylate의 심미적 직접 수복 대체물로 개발되어<sup>1)</sup> 전치부 우식, 마모 및 파절등으로 인한 손상부위의 수복용으로 주로 사용되었으며<sup>2,3)</sup>, 환자의 심미적요구의 증가와 복합레진의 계속적인 물성의 개선으로 구치부에서도 임상적으로 광범위하게 사용되었지만 구치부에서 교합이 가해지는 부위에서 마모 저항성, 중합수축으로 인한 변연누출, 색조안정성, 기계적물성, 방사선불투과성및 경도등에 있어서 문제가 되었다<sup>4-7)</sup>.

복합레진의 내구성은 siliceous 충전제의 silane 처리와 중합의 차이및 단량체 분자구조 유형의 질과 양에 따라 좌우된다<sup>8)</sup>.

만약 수복물내 중합이 불완전하면 물리적성질이 약화되어 수복의 실패를 야기하고 치수에 염증을 발생시키는데<sup>9-11)</sup>, Ruyter<sup>12)</sup>와 Rueggeberg등<sup>13)</sup>은 중합과정중 수복레진이 공기에 접촉되면 미중합 표면층이 형성되어 중합이 방해 받게 된다고 보고하였고, Salako와 Cruikshanks<sup>14)</sup>, Cook<sup>15)</sup>, Killian과 Mullen<sup>16)</sup>은 복합레진의 중합이 일정한 깊이에서만 자외선 또는 가시광선으로 유도되고 중합의 깊이는 광선의 투과 깊이, 재료의 구성성분, 광원과 노출시간에 좌우된다고 보고하였으며, Wilder등<sup>17)</sup>은 자외선으로 중합한 복합레진의 전환정도(degree of conversion)가 자가중합보다 우수한 결과를 나타냈다고 보고하였으며, Asmussen<sup>18)</sup>은 미중합 이중결합과 경도및 강도간의 상호관련에 대하여 연구 보고하였다.

한편 Brauer등<sup>19)</sup>은 새로운 Amine 촉매제가 제한된 농도내에서만 기계적 성질이 증가된다고 주장하였고, Dulik등<sup>20)</sup>은 복합레진의 구성성분에 함유된 Bis-GMA diluent의 조성과 농도가 물리적 성질에 영향을 미친다고 주장하였다.

그리고 중합된 복합레진에 열을 가하여 2차적인 중합을 유도함으로써 중합의 전환정도를 증가시켜 기계적 성질을 향상시키는 방법으로 열처리 방식이 보고 되었는데<sup>18,21-24)</sup> Bausch

등<sup>25)</sup>, Dionysopolos와 Watts<sup>26)</sup>는 열처리를 시행하면 기계적 성질이 증가되고 Wendt<sup>21,22,24)</sup>는 광중합 후 열처리를 시행할 경우 물리적 성질이 개선됨을 보고하였으며, Peutzfeldt 등<sup>27)</sup>은 열처리한 복합레진의 단량체에 가교침가제를 첨가함으로써 기계적 성질이 향상된다고 주장하였다.

또한 Asmussen과 Peutzfeldt<sup>28)</sup>는 충전제 (filler) 함량은 동일하게 하고 단량체를 변화시킨 4종의 복합레진 시편을 제작하여 다양한 온도에서 1시간 열처리한 결과 인장강도, 굴곡강도 및 탄성율이 약간 증가하였다고 보고하였다.

그러나 McCabe와 Kagi<sup>23)</sup>는 인레이용 복합레진에 열처리를 시행하여도 물성이 증가되지 않아 내구성에는 큰 영향이 없으므로 열처리가 불필요하다고 강조하였고, Peutzfeldt와 Asmussen<sup>29)</sup>은 열처리유무에 관계없이 인레이용 복합레진은 가시광선중합형 복합레진보다 굴곡강도와 탄성율이 현저히 크다고 보고하였다.

Wendt<sup>30)</sup>는 2차적인 중합 목적으로 복합레진을 125°C에서 7.5분간 가열하였을 경우 물리적 성질이 가장 우수하였음을 보고하였으며, Inoue<sup>31)</sup>와 Terachi 등<sup>32)</sup>은 가시광선 중합형 복합레진을 100°C에서 15분간 열을 가할 경우 물리적 성질이 개선된다고 보고하였다.

그러나 박동<sup>33)</sup>은 열처리 시간에 따른 인장강도, 압축강도 및 팽창변화는 나타나지 않았음을 주장하였다.

한편 Lopes 등<sup>34)</sup>은 인레이용 복합레진을 MOD 와동의 교두강화(cuspal reinforcement) 용으로 사용할 수 있다고 주장하였고, Söderholm<sup>35)</sup>도 복합레진의 굴곡강도에 관한 비교연구에서 복합레진을 인레이용으로 사용가능성을 제시한 바 있다.

이상 선학들의 연구결과를 토대로 저자는 시편되고 있는 인레이용 복합레진에 가열시간과 온도변화에 따른 굴곡강도의 차이와 구치부용 가시광선중합형 복합레진과의 굴곡강도의 차이를 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서는 1종의 구치부용 가시광선중합형 복합레진(Photo Clearfil Posterior)과 3종의 가열중합형 인레이용 복합레진(Brilliant Dentin, Brilliant Enamel, Clearfil CR Inlay) 총 4종의 복합레진을 사용하였다 (Table 1).

### 2. 실험방법

#### 1) 시편제작

ISO 4049<sup>36)</sup> 규격에 따라 길이 25 mm, 폭 25 mm, 두께 2 mm의 특수강으로 제작된 주형 내에 실온에서 가열중합형 인레이용 복합레진과 가시광선중합형 복합레진을 충전하여 polyester matrix strip과 slide glass로 피개하고 가압하여 여분의 레진을 제거한 후, 12.5 mm의 wide diameter light가 부착된 광조사기(Visilux 2, 3M)로 시편의 상면의 중앙과 양 끝에 각각 40초간 광조사하였고 다시 하면에도 상기와 동일한 방법으로 광조사하여 시편을 사용하였다.

#### 2) 대조군 및 실험군의 분류

제작된 시편은 가시광선중합형 구치부용 복합레진을 충전한 8개의 시편을 대조군으로, 3종의 가열중합형 인레이용 복합레진의 종류별로 Brilliant Dentin을 충전한 32개의 시편을 1군, Brilliant Enamel을 충전한 32개의 시편은 2군, Clearfil CR Inlay를 충전한 32개의 시편은 3군으로 하여, 다음과 같이 3종의 가열중합형 인레이용 복합레진의 열처리 방법에 따라 가열중합기(KL 100, Kuraray Co., Japan)를 사용하여 실험군의 시편을 제작하였다.

1군의 총 32개의 시편을 광중합후 100°C, 7분간 가열한 시편 8개(BDL7), 광중합후 100°C, 15분간 가열한 시편 8개(BDL15), 광중합후 125°C, 7분간 가열한 시편 8개(BDH7), 광중합후 125°C, 15분간 가열한 시편 8개

**Table 1.** Composite resins used in this study

Product Name	Cure type	Shade	Batch No.	Manufacturer
Brilliant Dentin	Heat	U	9208993	Coltene, Swiss
Brilliant Enamel	Heat	U	9208960	Coltene, Swiss
Clearfil CR Inlay	Heat	US	0002A	Kuraray Co., Japan
Photo Clearfil Posterior	VLC*	US	000002	Kuraray Co., Japan

(VLC\* : Visible light-cure)

**Table 2.** Heat treatment in four groups

Group	Name of Composite Resins	Code	Heating Temperature(°C)	Heating Time (min)	No. of specimen
CONTROL	Photo Clearfil Posterior	-	-	-	8
1	Brilliant	BDL7	100	7	8
		BDL15	100	15	8
	Dentin	BDH7	125	7	8
		BDH15	125	15	8
2	Brilliant	BEL7	100	7	8
		BEL15	100	15	8
	Enamel	BEH7	125	7	8
		BEH15	125	15	8
3	Clearfil	CRL7	100	7	8
		CRL15	100	15	8
	CR Inlay	CRH7	125	7	8
		CRH15	125	15	8

(BDH15)를 제작하였고, 2군의 총 32개의 시편은 광중합후 100°C, 7분간 가열한 시편 8개 (BEL7), 광중합후 100°C, 15분간 가열한 시편 8개 (BEL15), 광중합후 125°C, 7분간 가열한 시편 8개 (BEH7), 광중합후 125°C, 15분간 가열한 시편 8개 (BEH15)로 제작하였으며, 3군의 총 32개의 시편은 광중합후 100°C, 7분간 가열한 시편 8개 (CRL7), 광중합후 100°C, 15분간 가열한 시편 8개 (CRL15), 광중합후 125°C, 7분간 가열한 시편 8개 (CRH7), 광중합후 125°C, 15분간 가열한 시편 8개 (CRH15)로 총 96개 실험군의 시편을 제작하였다 (Table 2).

제작된 시편은 즉시 37°C 증류수에 24시간 보관 한 후 3점굴곡시험을 시행하여 굴곡강도를 측정하였으며, ANOVA를 이용하여 통계 분석하였다.

### 3) 굴곡강도 측정

굴곡강도 측정을 위하여 37°C 증류수에 24시간 보관된 시편을 압축 인장강도 시험기 (universal testing machine, Instron No. 1122)에 지지대 사이의 거리가 20 mm 되는 jig에 시편을 위치시킨 후, 시편의 중앙에 한 점으로 cross head speed 1mm/min로 3점굴곡시험을 시행하여 load cell에 가해지는 하중을 digital indicator로 측정하고, 다음의 식에 의하여 굴곡강도를 환산하였다.

$$\text{Flexural strength} = \frac{3PL}{2BD^2}$$

P : Force at fracture

L : Distance between the supports

B : Breadth of the specimen

D : Depth of the specimen

**Table 3.** Flexural strength obtained from four groups

(unit : MPa)

Group	Code	Mean±S.D.	Duncan's Multiple Range Test
CONTROL	-	145.20± 7.72	
1	BDL7	156.23± 6.87	
	BDL15*	163.58± 3.07	
	BDH7*	169.83± 2.58	
	BDH15*	164.68± 8.45	
2	BEL7*	167.26± 8.31	
	BEL15	164.68± 8.20	
	BEH7*	172.04± 4.78	
	BEH15	161.01± 9.11	
3	CRL7	179.39±10.29	
	CRL15*	195.56± 2.76	
	CRH7	185.64± 7.61	
	CRH15*	190.42± 5.88	

\* : p<0.05

**III. 실험성적**

가열중합형 인레이용 복합레진의 종류별 굴곡강도를 비교한 결과는 Table 3과 같다. Brilliant Dentin은 100°C에서 7분간 열처리한 경우에 비하여 15분간 열처리 할 경우 굴곡강도가 증가하였으나(p<0.05) 125°C에서는 열처리 시간을 증가시켰을 때 오히려 굴곡강도가 감소하였다(p<0.05).

Brilliant Enamel은 100°C 및 125°C에서 7분간 열처리한 경우에 비하여 15분간 열처리 할 경우 굴곡강도가 감소하였으며 125°C에서 열처리 시간에 따른 굴곡강도의 감소는 유의성을 인정할 수 있었다(p<0.05).

Clearfil CR Inlay는 100°C에서 7분간 열처리한 경우에 비하여 15분간 열처리 할 경우 굴곡강도가 증가하였고(p<0.05) 125°C에서도 동일하게 나타났으나 통계학적 유의성은 없었다.

또한 3종의 가열중합형 인레이용 복합레진이 대조군인 가시광선중합형 복합레진에 비하여 굴곡강도가 높게 나타났다(p<0.05) (Table 3).

이상의 결과를 가열처리온도 및 가열시간에 따라 분석한 결과 100°C에서 7분간 가열한 경우 가열중합형 인레이용 복합레진의 굴곡강도는 Clearfil CR Inlay가 179.39±10.29 MPa로

나타났으며 Brilliant Enamel, Brilliant Dentin 순이었다(P,0.05) (Table 4).

**Table 4.** Comparison with flexural strength in three composite resins after heat treatment at 100°C for 7 minutes (unit : MPa)

Group	Code	Mean±S.D.	Duncan's Multiple Range Test
1	BDL7	156.23± 6.87	
2	BEL7*	167.26± 8.31	
3	CRL7**	179.39±10.29	

\* : p<0.05

\*\* : p<0.01

또 100°C에서 15분간 및 125°C에서 7분간 가열한 경우도 굴곡강도의 크기는 Clearfil CR Inlay, Brilliant Enamel, Brilliant Dentin 순이었다(P, 0.05) (Table 5, 6).

그러나 125°C, 15분 가열한 경우 굴곡강도는 Clearfil CR Inlay가 190.42±5.88 MPa로 가장 높게 나타났으며 Brilliant Dentin은 169.83±8.45 MPa, Brilliant Enamel은 161.01±9.11 MPa 순이었다(p<0.05).

**Table 5.** Comparison with flexural strength in three composite resins after heat treatment at 100°C for 15 minutes (unit : MPa)

Group	Code	Mean±S.D.	Duncan's Multiple Range Test
1	BDL15	163.58±3.07	
2	BEL15	164.68±8.02	
3	CRL15**	195.56±2.76	

\*\* : p<0.01

**Table 6.** Comparison with flexural strength in three composite resins after heat treatment at 125°C for 7 minutes (unit : MPa)

Group	Code	Mean±S.D.	Duncan's Multiple Range Test
1	BDH7	169.83±2.58	
2	BEH7	172.04±4.78	
3	CRH7**	185.64±7.61	

\*\* : p<0.01

**Table 7.** Comparison with flexural strength in three composite resins after heat treatment at 125°C for 15 minutes (unit : MPa)

Group	Code	Mean±S.D.	Duncan's Multiple Range Test
1	BDH15	169.83±8.45	
2	BEH15	161.01±9.11	
3	CRH15**	190.42±5.88	

\*\* : p<0.01

#### IV. 총괄 및 고안

복합레진은 환자의 심미적요구의 증가로 전 치부 뿐만아니라 구치부에서도 그 사용이 증가 되는 추세이나<sup>31,37)</sup>, 복합레진은 충전 후 중합 수축으로 인한 미세누출, 불충분한 내마모성 및 강도부족 등의 문제점이 있다<sup>4-7)</sup>.

이런 문제점을 해결하기 위하여 중합된 복합 레진에 2차적으로 열을 가함으로써 물리적성질

의 향상을 유도시키는 방법이 연구 되어왔다<sup>18,21-24)</sup>.

자외선 중합형 복합레진은 짧은 파장으로 인하여 가시광선 중합형 레진에 비하여 빛의 침투력이 낮으며<sup>8)</sup> 시간경과에 따라 강도가 감소 되는 결점이 있어<sup>38)</sup> 가시광선중합형 복합레진이 출현하게 되었다<sup>39)</sup>.

그러나 가시광선중합형 복합레진도 광조사 부위의 중합이 충분하지 못하고 중합의 깊이도 복합레진의 종류에 따라 다양하게 나타났고<sup>16)</sup>, 가시광중합형 복합레진은 광원을 향해 수축이 발생되어 내부응력으로 인한 미세균열이 나타나고 수복물과 와동벽 사이에 변연누출이 발생하게 된다.

그러므로 열을 가하여 중합할 경우 중합수축이 감소되면 내부응력이 감소될 뿐만 아니라 기포발생도 적어지고 미세균열이 작아져서 강도 및 마모저항성이 증가한다<sup>40)</sup>.

강등<sup>41)</sup>은 복합레진의 중합도는 자가중합형, 광중합형, 가열중합형 순이며 자가중합형과 가열중합형은 중합이 균일한 반면, 광중합형 복합레진은 광원으로 부터의 거리가 멀어질수록 중합도는 낮아지므로 완전한 중합을 위해서는 구강밖에서 이차적으로 열을 가하는 것이 매우 바람직하다고 보고하였다.

본 실험에서 광중합형 복합레진보다 가열중합형 복합레진의 굴곡강도가 우수하였는데 이는 중합도 차이에 따른 것으로 사료된다.

즉 Terachi<sup>32)</sup>는 가시광선중합형 복합레진을 가열하여 기계적 성질을 비교 검토한 바 가열 중합에 의하여 물성의 향상이 가능하였고, 특히 100°C, 15분간 가열할 경우 압축강도, 굴곡강도 및 경도 등이 개선됨을 보고하였으며, 자가중합형 복합레진을 가열중합한 경우 촉매인 BPO가 열에 의하여 활성화되어 중합반응이 원활히 되어 기계적물성이 증진되었으며 가시광선중합형 복합레진에 있어서도 광조사 후에도 일부의 미중합 이중결합은 남아 있기 때문에 가열처리를 시행하면 미반응 이중결합반응이 촉진되어 중합율이 높아져 물성향상을 얻을 수 있다고 주장하였고, 가시광선중합형이 자가중합형에 비하여 높은 물성은 가시광선중합형

의 구성성분과 충전제의 함유 때문이라고 보고한 바 있다.

또한 미중합 이중결합의 감소 및 중합체의 구조를 안정시키기 위하여 Wendt<sup>21,22,24)</sup>는 가열효과에 대한 연구에서 광중합 후 복합레진의 전환증가를 위해 2차적인 중합을 목적으로 바로 열처리를 시행할 경우 간접인장강도, 마모저항성, 경도 및 색조안정성은 증가한 반면 압축강도는 증가하지 않았고 수축은 다양하게 발생되었다고 보고하여 구강외에서 2차적 열을 가함으로써 복합레진내 미중합 레진기질의 양이 감소되고 중합정도가 증가되었기 때문이라고 설명하였으며, 박등<sup>33)</sup>은 1차 중합된 복합레진에 2차적으로 50°C, 75°C, 100°C, 125°C, 150°C, 175°C 및 200°C에서 5분 및 10분간 가열할 경우 2차적인 중합을 유도하거나 중합된 부위를 강화시켰기 때문에 압축강도와 인장강도는 증가하였다고 주장하였다.

그리고 Bausch등<sup>25)</sup>은 열과 같은 외적인 요소는 단량체의 활성도, chain length와 중합체의 구조에 영향을 줄 수 있다고 하였는데 이는 복합레진을 약 68°C로 가열하였을 때 내열반응(endothermic reaction)이 발생하고, 복합레진을 glass transition 이하로 온도가 상승되면 미반응 반응기와 유리기의 분산이 증가될 수 있기 때문에 최상의 물리적 성질을 위해서는 열을 가해 chain이 길어지게 한 후 가교(cross-linking)에 의해 고정되어 물성이 향상된 것이라고 하였다.

또 Dionysopolos와 Watts<sup>26)</sup>는 dynamic mechanical thermal analyser를 이용하여 인레이용 복합레진을 7분간 120°C까지 가열하여 레진의 내부구조 변화를 관찰하였는데 열처리를 시행하면 내부 분자상태가 활성화되어 중합정도가 증가함으로 더욱 견고해지고 안정된 상태로 되어 물리적, 기계적 성질이 개선된다고 보고하였고, Davidson<sup>42)</sup>은 3가지 자가중합형 복합레진을 사용하여 실온에서 200°C까지 상승시켜 복합레진내의 구조변화에 대한 thermal analysis를 실행한 결과 70°C 부근에서 미반응 레진내부에서 새로운 반응이 시작되는 것을 관찰하였으며 100°C부근에서 glass transition이

발생되며 70°C부근에서 endothermic energy가 급격히 상승되며 200°C부근에서 이러한 현상이 반복된다고 보고하였다.

이와같이 복합레진에 열처리를 시행하면 새로운 반응의 시작 즉 전환정도의 증가와 이미 중합된 부위의 가교의 강화로 복합레진의 물리적 성질이 향상됨을 알 수 있다.

또한 Greener와 Bakir<sup>43)</sup>은 수종의 구치부용 복합레진을 thermal analyzer와 rheovibron으로 glass transition을 측정한 결과 glass transition이 90°C에서 120°C 사이에 발생하였다고 보고하여 이 온도에서 충전제와 레진 기질사이의 결합력이 증가된다고 하였으며, 60°C미만의 가열 경우에는 내마모성이 현저히 감소된다고 하였다.

Brilliant Dentin에서는 125°C, 7분간 열처리한 것이 100°C, 7분에 비하여 굴곡강도가 높았으나 그의 실험군에서 동일 온도, 동일 시간 열처리에 따른 굴곡강도의 차이는 통계학적 유의성이 없었다.

이는 Greener와 Bakir<sup>43)</sup>의 주장과 같이 glass transition이 각 재료에서 다양하게 발생하였기 때문으로 사료된다.

그러나 Asmussen과 Peutzfeldt<sup>28)</sup>는 4종의 복합레진을 1시간 열처리한 결과 인장강도, 굴곡강도 및 탄성율이 단지 9% 정도만 증가하였음을 보고하였고 kagi<sup>23)</sup>는 복합레진을 가열하여도 물리적 성질은 향상시킬 수 없었고 다만 미세누출을 감소시킬 수 있는 장점이 있다고 하였다.

한편 藤井弁次등<sup>44)</sup>은 충전제의 함량이 많을수록 기계적 성질이 향상되고 굴곡강도도 또한 충전제의 함유량에 비례한다고 하였다.

본 실험에서 열처리 온도와 가열시간에 따른 인레이용 복합레진에서 Clearfil CR Inlay가 굴곡강도가 가장 높게 나타난 결과는 Clearfil CR Inlay에 사용된 충전제의 종류와 함량이 타 인레이용 복합레진과 다르기 때문으로 사료된다.

즉 Clearfil CR Inlay의 충전제 크기는 3.5-4.0 $\mu$ m인 coarse hybrid형이며 함량이 86.5%인데 비하여 Brilliant Dentin은 충전제 크기가

0.3-1.5 $\mu$ m이고 함량이 78%이고 Brilliant Enamel은 충전제 크기가 0.4-2.0 $\mu$ m, 함량이 77%인 fine hybrid형 복합레진<sup>23)</sup>이기 때문으로 인한 차이이고, Brilliant Dentin과 Brilliant Enamel간의 굴곡강도의 차이가 없게 나타난 것은 충전제의 형태와 함량이 유사하기 때문으로 사료된다.

한편 Wendt<sup>30)</sup>는 복합레진을 2차적인 중합목적으로 125°C에서 가열시간을 달리하여 복합레진의 인장강도, 경도및 마모저항성을 비교평가한 결과 7.5분에서 물리적 성질이 가장 우수하였음을 보고하였으나, Terachi<sup>32)</sup>는 100°C, 15분간 가열할 경우 압축강도, 굴곡강도및 경도등이 개선됨을 보고하였다.

한편 박등<sup>33)</sup>은 열처리 장단에 따른 압축강도, 인장강도및 팽창변화는 타나나지 않았다고 주장하였다.

본 실험에서는 Brilliant Dentin은 100°C, 15분, 125°C, 7분 및 15분이 100°C, 7분에 비하여 굴곡강도가 높았고 Brilliant Enamel은 7분간 열처리한 경우 15분간 열처리한 것에 비하여 굴곡강도가 높게 나타났고 Clearfil CR Inlay에서는 15분 열처리 한 것이 7분에 비하여 굴곡강도가 더 높게 나타났다.

이는 Wendt<sup>30)</sup>는 복합레진을 7.5분간 가열하였을 경우 물리적 성질이 가장 우수하였다고 보고하였으나 Inoue<sup>31)</sup>와 Terachi<sup>32)</sup>는 15분간 가열처리하였을 경우 물리적 성질이 우수하다고 보고하여 가열시간에 대해서는 계속 연구해 볼 문제이다.

본 실험에서 인레이용 복합레진의 굴곡강도를 측정하는 것은 재료의 강도를 평가하는데 가장 적절한 방법이라고 Presser등<sup>45)</sup>의 주장에 따른 것이다.

이상과 같은 결과로 미루어보아 이미 중합된 복합레진에 2차적인 중합을 유도하거나 중합된 부위의 강화를 위해 열처리를 시행하면 굴곡강도를 증가시켜 양호한 수복과 수복물의 수명을 연장시킬 수있다고 사료된다.

저자는 가열중합형 복합레진과 가시광선중합형 복합레진을 사용하여 가열 온도와 가열 시간에 따른 굴곡강도를 평가하기 위하여 대조군으로 가시광선중합형 구치부용 복합레진인 Photo-Clearfil Posterior를 사용하였으며 실험군은 가열중합형 인레이용 복합레진을 사용한 군으로 1군은 Brilliant Dentin, 2군은 Brilliant Enamel및 3군은 Clearfil CR Inlay를 사용하여 가열온도 100°C및 125°C와 가열시간 7분및 15분간에 따라 굴곡강도를 측정한 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 가열 온도 및 가열 시간에 관계없이 실험군의 복합레진이 대조군에 비하여 높은 굴곡강도를 나타내었다.
2. 100°C에서 7분간 열처리하였을 경우 굴곡강도는 3군, 2군, 1군의 순으로 높게 나타났으며(p<0.05), 15분간 열처리하였을 경우에는 3군, 2군, 1군 순이었으나 1군과 2군간에는 차이가 없었다(p>0.05).
3. 125°C에서 7분간 열처리하였을 경우 3군, 2군, 1군의 순으로 굴곡강도가 높게 나타났으나 1군과 2군간에는 유의한 차이는 없었고(p>0.05), 15분간 열처리하였을 경우에는 3군, 1군, 2군의 순이었으며 1군과 2군간에는 차이가 없었다(p>0.05).
4. 가열 온도와 가열 시간에 관계없이 3군(Clearfil CR Inlay)에서 가장 높은 굴곡강도를 나타내었다(p<0.05).

## REFERENCES

1. Bowen R.L., Menis D.L., Setz L.E. and Jennings K.A.: Theory of polymer composites. In G. Vanherle et al. (eds.): Posterior Composites Resin Dental Restorative Materials. St. Paul Minn, 3M Co., pp. 95-105, 1985.
2. Oppenheim M.N. and Ward G.T.: The resto-

- ration of fractured insiors using a pit and fissure resin and composite material. *J Am Dent Assoc*, 89:365-368, 1974.
3. Leinfelder K.F., Sluder T.B., Sockwell C.L., Strickland W.D. and Wall J.T.: Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. *J Prosthet Dent*, 33:407-416, 1975.
  4. Biederman J.D.: Direct composite resin inlay. *J Prosthet Dent*, 62:249-253, 1989.
  5. Leinfelder K.F.: Posterior composite resins *J Am Dent Assoc*, 60 (special issue): 21-26, 1988.
  6. Burgoyne A.R., Nicholls J.I. and Brudvik J.S.: In vitro two-body of inlay-onlay composite resin restoratives. *J Prosthet Dent*, 65:206-214, 1991.
  7. Montes-G G.M. and Draughan R.A.: Surface stresses induced by rapid temperature changes in composite restorations. *J Dent Res*, 62 (special issue): 285 (abs. No. 1046), 1983.
  8. Ruyter I.E.: Monomer system and polymerization. In G. Vanherle et al. (eds.): *Posterior Composites Resin Dental Restorative Materials*. St. Paul Minn, 3M Co., pp. 109-135, 1985.
  9. Tirtha R., Fan P.L., Dennison J.B. and Powers J.M.: In vitro depth of cure photoactivated composites. *J Dent Res*, 61:1184-1187, 1982.
  10. McKinney J.E. and Wu W.: Effect of degree of cure on hardness and wear of three commercial dental composites. *J Dent Res*, 62 (special issue): 285 (abs. No. 1047), 1983.
  11. Ruyter I.E. and Svendsen S.A.: Remaining methacrylate group in composite restorative materials. *Acta Odontol Scand*, 36: 75-82, 1978.
  12. Ruyter I.E.: Unpolymerized surface layers on sealants. *Acta Odontol Scand*, 39:27-32, 1981.
  13. Rueggeberg F.A. and Margeson D.H.: The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*, 69: 1652-1658, 1990.
  14. Salako N.O. and Cruickshanks-Boyd D.W.: Curing depths of materials polymerized by ultraviolet light. *Br Dent J*, 146:375-379, 1979.
  15. Cook W.D.: Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composite *J Dent Res*, 59:800-808, 1980.
  16. Killian R.J. and Mullen T.J.: Light cured composite: Dependence of test results on test parameters. *J Dent Res*, 59 (special issue): 318 (abs. No. 203), 1980.
  17. Wilder A.D., May K.N. and Leinfelder K.F.: Five year clinical study of UV-polymerized composites in posterior teeth. *J Dent Res.*, 63 (special issue): 337 (abs. No. 1497), 1984.
  18. Asmussen E.: Restorative resins: hadness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *J Dent Res*, 90:484-489, 1982.
  19. Brauer G.M., Dulik D.M., Antonucci J.M. Termini D.J. and Argentar H.: New amine accelerators for composite restorative resins. *J Dent Res*, 58:1994-2000, 1979.
  20. Dulik D., Bernier R. and Brauer G.M.: Effect of diluent monomer on the physical properties of Bis-GMA-based composites. *J Dent Res*, 60:983-989, 1981.
  21. Wendt S.L.: The effect of used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. *Quintessence Int*, 18: 265-271, 1987.



22. Wendt S.L.: The effect of heat used secondary cure upon the physical properties of three composite resins. II. Wear, hardness, and color stability. *Quintessence Int*, 18: 351-356, 1987.
23. McCabe J.F. and Kagi S.: Mechanical properties of a composite inlay material following post-curing. *Br Dent J*, 171:246-248, 1991.
24. Wendt S.L.: Effect of heat on the physical properties of composite resins. *J Dent Res*, 65 (special issue): 220 (abs. No. 458), 1986.
25. Bausch J.R., Lange C. and Davidson C.L.: The influence of temperature on some physical properties of dental composites. *J Oral Rehabil*, 8:309-317, 1981.
26. Dionysopolos P and Watt D.C.: Dynamic mechanical properties of an inlay composite. *J Dent*, 17:140-144, 1989.
27. Peutzfeldt A. and Asmussen E.: Influence of carboxylic anhydrides on selected mechanical properties of heat-cured resin composite. *J Dent Res*, 70:1537-1541, 1991.
28. Asmussen E. and Peutzfeldt A.: Mechanical properties of heat treated restorative resins for use in the inlay/onlay technique. *Scand J Dent Res*, 98:564-567, 1990.
29. Peutzfeldt A. and Asmussen E.: Mechanical properties of three composite resins for the inlay/onlay technique. *J Prosthet Dent*, 66: 322-324, 1991.
30. Wendt S.L.: Time as a factor in the heat curing of composite. *Quintessence Int*, 20: 259-263, 1989.
31. Inoue K., Utsumi S. and Matsumura K.: Characteristics of composite resin inlay. *Adhesive Dentistry*, 6:235-241, 1988.
32. Terachi M., Ujigo Y., Muraki T., et al.: A study on composite resin inlay. *Japan J Conser Dent*, 32:95-101, 1989.
33. 박연홍, 민병순, 최호영, 박상진 : 구치부용 복합레진 가열시 물리적 성질의 변화에 관한 실험적 연구. *대한치과보존학회지*, 14 : 41-56, 1989.
34. Lopes L.M.P., Leitao J.G.M and Douglas W.H.: Effect of a new resin inlay/onlay restorative material on cuspal reinforcement. *Quintessence Int*, 22:641-645, 1991.
35. Sonderholm K-J.M.: Flexure strength of repaired dental composites. *Scand J Dent Res*, 94:364-369, 1986.
36. ISO 4049: Resin based dental filling materials, International Organization for Standardization, 1988.
37. Erickson R.L.: Introductory remark. In G. Vanherle et al. (eds.): *Posterior Composites Resin Dental Restorative Materials*. St. Paul Minn, 3M Co., pp. 15-18, 1985.
38. Swartz M.L., Phillips R.W. and Rhodes B.: Visible light-activated resins-depth of cure. *J Am Dent Assoc*, 106:634-637, 1983.
39. McCabe J.F.: Developments in composite resins. *Br Dent J*, 157:440-444, 1984.
40. Jensen M.E. and Chan D.C.: Polymerization shrinkage and microleakage. In G. Vanherle et al. (eds.): *Posterior Composites Resin Dental Restorative Materials*. St. Paul Minn, 3M Co., pp. 243-262, 1985.
41. 강현숙, 최호영 : 2급 와동 복합레진 인레이용 충전 후 변연누출에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 17 : 191-205, 1992.
42. Davidson C.L.: Structural changes in composite surface material after drying polishing. *J Oral Rehabil*, 8:431-439, 1981.
43. Greener E.H. and Bakir N.: Glass transition temperatures in posterior composites. *J Dent Res*, 65 (special issue): 219 (abs. No. 450), 1986.

44. 藤井弁次, 平澤 忠, 小野瀬英雄: 光重合モツソ  
の臨床. 醫齒藥出版株式會社, 2-23, 1990.
45. Prosser H.J., Powis D.R. and Wilson A.D.:  
Glass - ionomer cement of improved flexu-  
ral strength. J Dent Res, 65:146-148, 1986.

## A STUDY ON FLEXURAL STRENGTH OF COMPOSITE RESIN INLAY ACCORDING TO HEAT TREATMENT

Yong - Seong Kim, Byung - Soon Min, Ho - Young Choi,  
Sang - Jin Park, Gi - Woon Choi

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University*

The purpose of this study was to evaluate flexure strength of composite resin inlay according to heat treatment and duration in comparasion with visible light-cured resin.

In this study, materials were used 1 visible light-cured resin and 3 kinds of composite resin inlays.

Control group was visible light cured resin (Photo Clearfil Posterior) and experimental groups were composite resin inlays (Brilliant Dentin, Brilliant Enamel and Clearfil CR Inlay).

Experimental groups were divided 3 groups:

First group was Brilliant Dentin and second group was Brilliant Enamel and third group was Clearfil CR Inlay.

Used experimental groups were calculated flexural strength according to heat treatment and duration.

The following results were obtained:

1. Experimental groups were higher flexural strength than control group.
2. At 100°C when heat treatment carried out 7 minutes flexural strength elevated third group, second group, first group in turn and when heat treatment carried out 15 minutes flexural strength elevated third group, second group, first group in turn but no difference was showed between first and second group.
3. At 125°C when heat treatment was carried out 7 minutes flexural strength elevated third group, second group, first group in turn and when heat treatment was carried out 15 minutes flexural strength elevated third group, first group, second group in turn but no difference was showed between first and second group.
4. In spite of heat treatment and duration the third group was highest flexural strength in the others groups.