

## 보관조건과 열처리에 따른 복합레진의 표면경도에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실

강승훈 · 민병순

### 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 전치부의 심미성을 재형성하는 직접수복물질로 사용되어 왔으며<sup>1)</sup>, 근래에는 물리적 성질의 향상으로 구치부의 수복재료로 널리 사용되고 있다<sup>2,3)</sup>. 그러나 화학 또는 광으로 중합을 유도하는 구치부에 사용된 복합레진은 미반응 단량체의 함량이 잔존하게 되어 물리적 성질 즉 마모<sup>4)</sup> 및 파절<sup>5,6,7)</sup>에 대한 저항력이 약하고 변연부위에서 치질과의 접착강도가 불량할<sup>8)</sup> 뿐만 아니라 색조의 안정성이 낮다<sup>9)</sup>. 따라서 이러한 결점들을 보완하기 위하여 1차 중합된 복합레진에 열을 가하여 2차적인 중합을 유도함으로써 물리적 성질을 향상시키는 방법이 연구되었으며<sup>10)</sup>, 이후 열처리 복합레진 인레이가 임상에 소개되었다<sup>11)</sup>.

초기에 소개된 인레이용 복합레진은 일반 구치

부 충전용 복합레진을 중합시킨 후 열을 가하여 2차적인 중합을 유도함으로써 단지 기계적 성질을 향상시키고자 열처리를 이용하는 방법으로만 보고되었는데<sup>12-15)</sup>, Davidson<sup>16)</sup>은 실온에서 200°C까지 자가중합형 복합레진을 가열시켜 열분석 방법으로 평가한 결과 70°C부근에서 미반응 단량체 부위에서의 부가적인 중합이 시작되고 100°C부근에서 유리성분의 전이(glass transition)가 발생된다는 것을 관찰하였고, Bausch 등<sup>17)</sup>은 수종의 화학중합형 복합레진을 23°C에서 70°C까지 가열온도가 상승함에 따라 미소경도와 인장강도가 증가된다는 것을 보고하였으며, Stanley와 Wendt<sup>18)</sup>은 2차적인 중합 방법으로서 125°C에서 가열시간을 달리하여 복합레진의 인장강도, 경도 및 마모저항성을 관찰한 결과 가열시간이 7.5분인 경우가 가장 우수한 물리적 성질을 나타냈다고 보고하였으나, Terachi 등<sup>19)</sup>은 100°C에서 15분간 가열한 경우가 압축강도, 굴곡강도 및 경도가 높게 나타났음을 보고하였다. 국내의 연구에서는 박과 민<sup>20)</sup>은 수종의 복합레진 시편을 1차 중합후 각각 37°C, 50°C, 75°C, 100°C, 125°C 및 150°C로 가열온도를 달리하였을 경우 150°C에서 가장 높은 인장강도와 압축강도를 보고한 바 있다.

한편 가열중합후 보관조건이나 시간 경과에 따른 복합레진의 경도변화에 관한 연구에서 Kanca<sup>21)</sup>는 23°C 대기중과 37°C 수중에 보관되었던 복

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

Product name	Code	Cure type	Batch No.	Manufacturer
Clearfil Photo Posterior	P	Visible light	000002	Kuraray Co., Japan
Clearfil CR Inlay	C	Heat	0002A	Kuraray Co., Japan
Brilliant Enamel	B	Heat	9208960	Coltene, Swiss

합레진이 경도의 차가 없음을 보고하였다. 또한 Antoniadi와 Kubia<sup>22)</sup>는 광중합 복합레진과 자가 중합 복합레진을 37°C 대기중 및 37°C 수중에서 10분, 24시간, 2주, 4주, 3개월, 12개월 보관 후 경도변화를 관찰한 결과 37°C 대기중에 보관한 경우 복합레진 경도가 높게 나타났으며, 4주까지는 경도가 증가되었음을 보고하였다. Watts 등<sup>23)</sup>은 5종류의 전치부용 광중합 복합레진의 표면경도는 37°C 대기중 보관상태에서 현저히 크게 나타났으며, 1주후에 최고 경도치에 도달했다고 보고하였다. 또 Leung 등<sup>24)</sup>은, 광중합 레진을 37±2°C 수중에 보관해서 10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분, 1일, 7일 간격으로 표면 경도를 측정 한 결과, 1일 후에 최고 경도치에 도달하였음을 보고한 바 있다.

한편 Chung과 Greener<sup>25)</sup>는 충전재의 함량은 구치부 충전용 복합레진의 성질을 좌우하는데 중요한 역할을 담당한다고 보고하였고, Wilson 등<sup>26)</sup>은 Isopast와 같은 micro-fine filler 수복물질은 장기간에 걸친 hardening effect를 나타낸다고 보고하였다.

복합레진을 구치부 교합면 와동에 사용하는 경우 장기간의 장착여부를 판단하기 위하여 경도의 측정은 중요한 요소가 된다<sup>21,22,27)</sup>. Asmussen<sup>15)</sup>도 복합레진의 표면의 경도는 마모 저항을 평가하는 중요한 요소이며, 경도와 강도가 잔존미반용 이중결합의 양과의 관계에 관한 연구에서 복합레진의 기계적 성질은 중합체에 남아있는 이중결합의 양과 관련되어 있다고 보고했으며, Stanley와 Wendt<sup>13)</sup>는 열을 가했을 때 복합레진의 마모성, 경도, 색안정성이 현저히 개선되었다고 보고하였다. 그러나 Harrison과 Draughn<sup>27)</sup>은, 마모는 복잡한 원인으로 발생되기 때문에 강도나 경도가 높은 복합레진이라고 하더라도 반드시 높

은 마모 저항성을 가졌다고는 할 수 없다고 주장했다.

이에, 저자는 선학들의 연구결과를 토대로 시판되고 있는 인레이용 복합레진과 구치부 충전용 광중합형 복합레진을 이용하여 열처리 유무, 보관 조건 및 보관 시간에 따른 표면경도 변화를 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서는 2종의 가열중합형 인레이용 복합레진 (Clearfil CR Inlay, Brilliant Enamel) 과 1종의 구치부 충전용 광중합형 복합레진 (clearfil Photo Posterior) 으로 총 3종의 복합레진을 사용하였다(Table 1).

### 2. 실험방법

#### 1) 시편 제작

깊이 2.0 mm, 내경 7.0 mm의 원주형 teflon mold를 제작하여 밀면에 유리판을 깔고 실온에서 상기 2종의 가열중합형 인레이용 복합레진 및 1종의 광중합형 복합레진을 충전하여 polyester matrix strip과 유리판으로 압접하고 각 복합레진 제조사의 광조사기를 사용하여 상면에 40초간 광조사하여 총 180개의 시편을 제작하였다.

#### 2) 실험군의 분류

Clearfil Photo posterior, Clearfil CR Inlay 및 Brilliant Enamel를 각각 60개씩 제작하여, 열처리한 시편과 열처리하지 않은 시편으로 분류

**Table 2.** Code of experimental groups divided by under condition of storage and heat treatment

Composite resin	Duration for storage	Storage condition			
		Air at 37° C		Water immersion at 37° C	
		Heat treatment	No heat treatment	Heat treatment	No heat treatment
Clearfil Photo posterior	1hour	P-H-A	P-N-A	P-H-W	P-N-W
	24hours	P-H-A	P-N-A	P-H-W	P-N-W
	7days	P-H-A	P-N-A	P-H-W	P-N-W
Clearfil CR Inlay	1hour	C-H-A	C-N-A	C-H-W	C-N-W
	24hours	C-H-A	C-N-A	C-H-W	C-N-W
	7days	C-H-A	C-N-A	C-H-W	C-N-W
Brilliant Enamel	1hour	B-H-A	B-N-A	B-H-W	B-N-W
	24hours	B-H-A	B-N-A	B-H-W	B-N-W
	7days	B-H-A	B-N-A	B-H-W	B-N-W

C : Clearfil CR Inlay  
 B : Brilliant Enamel  
 P : Clearfil Photo Posterior

A : Air storage  
 W : Water storage  
 H : Heat treatment  
 N : No heat treatment

하고, 분류된 시편은 다시 37° C 대기 보관용과 37° C 수중 보관용으로 15개씩 재분류하였다. 수중 보관시 물은 증류수를 사용하였다. 15개씩 분류된 시편은 보관 시간에 따라 1시간, 24시간 및 7일 군으로 5개씩 재분류해서 각각의 열처리 유무, 보관 조건, 보관 시간 및 충전재 크기에 따라 표면경도를 측정하였다(Table 2).

열처리 방법은 각각의 복합레진 제조회사 지시에 따라 Clearfil Photo Posterior는 Stanley와 Wendt<sup>18)</sup>, Kanca<sup>21)</sup>의 이론에 근거하여 125° C에서 7분간 가열하였고 Clearfil CR Inlay는 Heat-cure unit KL 100 (Kuraray Co., Japan)을 이용하여 100° C에서 15분간 가열하였으며 Brilliant Enamel은 D.I. 500 light/heat curing oven (Coltene Co., Switzerland)을 이용하여 110° C에서 7분간 가열하였다.

### 3) 표면경도 측정

각각의 시편은 각각의 보관조건에 따라 제작, 보관한 후 1시간, 24시간 및 7일 후에 Vickers microhardness tester (MHT-1, Matsuzawa, Japan)를 이용하여 50g의 하중을 10초동안 가하여 압흔을 형성한 후 400배 광학현미경하에서 다음의 식에 의하여 Vickers hardness number를 측정하였다.

$$HV = 0.1891 F/d^2$$

HV : Vickers hardness

F : Test load (N)

d : Mean value of the diagonals of the indentation (mm)

**Table 3.** Vickers hardness number according to heat treatment and storage condition after duration for storage

Composite resin	Duration for storage	Vickers hardness number			
		Air at 37°C		Water immersion at 37°C	
		Heat treatment	No heat treatment	Heat treatment	No heat treatment
Clearfil Photo posterior	1 hour	118.14 ± 7.47	103.58 ± 11.26	108.78 ± 11.63	97.76 ± 6.85
	24 hour	127.92 ± 11.78	116.81 ± 14.72	121.21 ± 8.61	108.02 ± 9.18
	7 days	128.11 ± 9.14	118.98 ± 11.16	121.89 ± 8.33	114.61 ± 10.65
Clearfil CR Inlay	1 hour	130.49 ± 13.36	109.71 ± 12.83	119.87 ± 11.70	107.25 ± 9.40
	24 hours	136.49 ± 14.90	121.76 ± 9.03	123.65 ± 10.77	115.44 ± 8.05
	7 days	141.24 ± 9.41	131.22 ± 9.75	127.27 ± 9.26	120.88 ± 9.42
Brilliant Enamel	1 hour	75.67 ± 4.33	64.68 ± 1.02	64.63 ± 6.48	57.52 ± 1.57
	24 hours	76.84 ± 1.96	70.61 ± 1.16	65.52 ± 4.14	63.53 ± 2.22
	7 days	78.18 ± 1.89	71.52 ± 1.57	66.86 ± 5.56	64.40 ± 1.05

**Table 4.** Vickers hardness number according to heat treatment and storage condition

Composite resin	Vickers hardness number			
	Dry at 37°C		Water immersion at 37°C	
	Heat treatment	No heat treatment	Heat treatment	No heat treatment
Clearfil Photo posterior	124.73 ± 10.57	112.79 ± 13.94	117.29 ± 1.26	106.84 ± 12.65
Clearfil CR Inlay	136.07 ± 13.81	120.90 ± 13.74	123.60 ± 10.88	114.51 ± 9.70
Brilliant Enamel	76.81 ± 3.18	69.50 ± 3.27	65.67 ± 6.05	61.74 ± 2.92

### III. 실험 성적

2종의 가열 증합형 인레이용 복합레진과 1종의 구치부 충전용 광증합형 복합레진의 시편 180개를 열처리 유무, 보관 조건 및 보관 시간에 따라 측정된 표면경도는 Table 3과 같고 열처리 유무, 보관 조건만 측정된 표면경도는 Table 4와 같으며, 통계분석에는 ANOVA를 이용하였다.

37°C 대기 상태로 보관시 열처리된 Clearfil Photo Posterior, Clearfil CR Inlay 및 Brilliant Enamel의 표면경도는 124.73 ± 10.57, 136.07 ± 13.81 및 76.81 ± 3.18로 나타났고, 열처리하지 않은 경우는 112.79 ± 13.94, 120.90 ± 13.74 및 69.50 ± 3.27로 나타났다. 또한, 37°C 수중에 보관시 열처리된 Clearfil Photo Posterior, Clearfil CR Inlay 및 Brilliant Enamel의 표면경도는 117.29 ± 11.26, 123.60 ± 10.88 및 65.67 ±

**Table 5.** Comparison with Vickers hardness number (VHN) in three composite resins according to heat treatment and storage condition

Code	VHN (Mean $\pm$ S. D.)	Duncan's Multiple Range Test
C-H-A	136.07 $\pm$ 13.81	
P-H-A	124.73 $\pm$ 10.57	
C-H-W	123.60 $\pm$ 10.88	
C-N-A	120.90 $\pm$ 13.74	
P-H-W	117.29 $\pm$ 11.26	
C-N-W	114.51 $\pm$ 9.70	
P-N-A	112.79 $\pm$ 13.94	
P-N-W	106.84 $\pm$ 12.65	
B-H-A	76.81 $\pm$ 3.18	
B-N-A	69.50 $\pm$ 3.27	
B-H-W	65.67 $\pm$ 6.05	
B-N-W	61.74 $\pm$ 2.92	

**Table 6.** Comparison with Vickers hardness number (VHN) in three composite resins according to heat treatment followed by storage condition

Code	VHN (Mean $\pm$ S. D.)	Duncan's Multiple Range Test
C-H-A	136.07 $\pm$ 13.81	
P-H-A	124.73 $\pm$ 10.57	
C-H-W	123.60 $\pm$ 10.88	
P-H-W	117.29 $\pm$ 11.26	
B-H-A	76.81 $\pm$ 3.18	
B-H-W	65.67 $\pm$ 6.05	

6.05로 나타났고, 열처리하지 않은 경우는 106.84  $\pm$  12.65, 114.51  $\pm$  9.70 및 61.74  $\pm$  2.92로 나타나 인레이용 복합레진과 구치부 충전용 광중합형 복합레진은 보관조건에 관계없이 열처리를 한 경우가 열처리를 하지 않은 경우보다 정도가 높게 나타났다(P<0.05) (Table 5).

보관조건을 달리한 경우, 열처리된 Clearfil CR Inlay와 Brilliant Enamel를 대기중에 보관한 경우의 표면경도는 136.07  $\pm$  13.81 및 76.81  $\pm$  3.18, 수중에 보관한 경우는 123.60  $\pm$  10.88 및

65.67  $\pm$  6.05로 나타났고 열처리된 Clearfil Photo Posterior를 대기중에 보관한 경우는 124.73  $\pm$  10.57, 수중에 보관한 경우는 117.29  $\pm$  11.26으로 나타나 열처리한 인레이용 복합레진과 구치부 충전용 광중합형 복합레진 공히 대기중에 보관한 경우가 수중에 보관한 경우보다 정도가 높게 나타났다(P<0.05) (Table 6).

시간 경과에 따른 복합레진의 표면경도를 평가한 결과, 인레이용 복합레진을 열처리해서 대기 중에 보관한 경우 1시간, 24시간 및 7일 짜의 표

면경도는 각각 Brilliant Enamel은 75.67±4.33, 76.84±1.96, 78.18±1.89이고 Clearfil Photo Posterior는 118.14±7.47, 127.92±11.78, 128.11±9.14이며, 수중에 보관한 경우는 각각 64.63±6.48, 65.52±4.14, 66.86±5.56과 108.78±11.63, 121.21±8.61, 121.89±8.33으로서 보관조건에 관계없이 시간경과에 따른 유의한 차이가 없었지만, Clearfil CR Inlay를 열처

리해서 대기중에 보관한 경우 1시간, 24시간 및 7일 짜의 표면경도는 각각 130.49±13.36, 136.49±14.90, 141.24±9.41으로서 시간경과에 따른 경도의 차이가 나타났다. (P<0.05) (Table 7)

충전재 크기에 따른 복합레진의 표면경도를 비교한 결과, 열처리후 수중에 보관한 경우 Cle-

**Table 7.** Comparison of Vickers hardness number(VHN) over time in three composite resins with heat treatment and at different storage condition

Code	VHN (Mean ±S.D.)	Duncan's Multiple Range Test
C-H-A-7day	141.24 ± 9.41	
C-H-A-24hr	136.49 ± 14.90	
C-H-A-1hr	130.49 ± 13.36	
P-H-A-7day	128.11 ± 9.14	
P-H-A-24hr	127.92 ± 11.78	
C-H-W-7day	127.27 ± 9.26	
C-H-W-24hr	123.65 ± 10.77	
P-H-W-7day	121.89 ± 8.33	
P-H-W-24hr	121.21 ± 8.60	
C-H-W-1hr	119.87 ± 11.70	
P-H-A-1hr	118.14 ± 7.47	
P-H-W-1hr	108.78 ± 11.63	
B-H-A-7day	78.18 ± 1.89	
B-H-A-24hr	76.84 ± 1.96	
B-H-A-1hr	75.67 ± 4.33	
B-H-W-7day	66.86 ± 5.56	
B-H-W-24hr	65.52 ± 4.14	
B-H-W-1hr	64.63 ± 6.48	

**Table 8.** Comparison with Vickers hardness number(VHN) according to filler size of three composite resins after heat treatment

product name	Type	VHN (Mean ±S.D.)	Duncan's Multiple Range Test
Clearfil Photo Posterior	Coarse hybrid	117.29 ± 11.26	
Clearfil CR Inlay	Coarse hybrid	123.60 ± 10.88	
Brilliant Enamel	fine hybrid	65.67 ± 6.05	

arfil Photo Posterior (coarse hybrid type)는  $117.29 \pm 11.26$ , Clearfil CF. Inlay (coarse hybrid type)는  $123.60 \pm 10.88$ , 그리고 Brilliant Enamel (fine hybrid type)이  $65.67 \pm 6.05$ 로 나타나 coarse hybrid type의 경도가 더 높게 나타났다 ( $P < 0.05$ ) (Table 8).

#### IV. 총괄 및 고안

최근에 환자의 심미적 요구 증가로 인한 아말감의 대체 물질로서 구치부 충전재 복합레진의 사용과 개발이 현저히 발달되었으나<sup>28-30)</sup>, 금 인레이나 아말감등에 비해 물리적 성질이 상대적으로 취약하며 임상적으로 수명이 짧은 단점이 있다<sup>31)</sup>.

즉, 구치부용 복합레진은 물리적 성질 중 특히 마모저항성, 색안정성, 변연누출등이 취약하며<sup>1)</sup>, 이중 마모저항성은 표면경도와 밀접한 관련을 지닌다<sup>28)</sup>. 광중합레진에서 표면경도는 중합도와 관련되고<sup>28,32)</sup> 물리적 성질을 반영하게 된다<sup>21)</sup>. 즉, 복합레진의 경도는 열처리, 보관조건, 보관시간, 초기 광조사시간, 2차 추가광조사, 연마, 충전재 함유량 및 중합체의 분자량 등에 의해 영향을 받게된다.

Stanley와 Wendt<sup>18)</sup>는 3가지의 광중합 복합레진을  $125^{\circ}\text{C}$ 에서 2.5분, 5분, 7.5분, 10분 그리고 15분간 열처리한 결과, 열처리한 경우 열처리 시간에는 관계없이 경도와 인장강도가 높아졌으며 마모저항도 7.5분간 열처리한 시편에서 높았음을 보고했다. 또한 Bausch 등<sup>17)</sup>은  $60^{\circ}\text{C}$ 의 열처리 온도에서 복합레진의 미소경도와 인장강도의 향상을 나타내었으며 이는 가교(cross-linking)에 의해 복합레진의 안정성이 유도된다고 보고하였고, Stanley와 Wendt<sup>13)</sup>는 열에 의한 2차 중합으로 경도, 마모도, 색안정성이 현저히 개선된다고 보고하였으며, Peutzfeldt와 Asmussen<sup>33)</sup>은 anhydride를 함유하는 복합레진의 기계적 성질에 영향을 미치는 2차중합 온도와 지속시간 효과를 연구하였는데 적절한 강도와 경도는  $125-150^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간동안 가열시 나타난다고 보고하였다.

한편, 강과 최<sup>34)</sup>는 2급 와동 복합레진 인레이 충전후 변연누출에 관한 연구에서 치경부측의 변연부 누출은 2차적으로 가열 처리한 인레이용 복합레진으로 수복한 경우가 직접 충전한 경우에 비하여 변연부 누출이 작게 나타났다고 보고하였으며, 김과 민<sup>35)</sup>은 열처리한 복합레진 인레이의 굴곡강도에 관한 연구에서 이미 중합된 복합레진을 열처리하면 굴곡강도를 증가시켜 양호한 수복물을 얻을 수 있다고 보고한 바 있다.

McCabe와 Kagi<sup>12)</sup>는, 복합레진을 가열하여도 물리적 성질은 향상시킬 수 없었고 단지 미세누출만 감소되는 장점이 있다고 하였으나 본 연구에서는 인레이용 레진과 구치부 충전용 복합레진 모두 보관조건에 관계없이 열처리를 한 경우가 열처리를 하지 않은 경우에 비하여 경도가 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ).

또한 Kanca<sup>21)</sup>는, 3가지 광중합 복합레진을  $23^{\circ}\text{C}$  대기중과  $37^{\circ}\text{C}$  수중에 저장해서 0, 5분, 1시간, 24시간, 7일간 저장후 경도를 측정한 결과,  $23^{\circ}\text{C}$  대기중과  $37^{\circ}\text{C}$  수중 보관 조건에 따른 경도의 차이는 저장 시간별로 유의할만한 차이가 없었고, 24시간 후 열처리하지 않은 시편의 경도는 광조사후 열처리된 시편의 경도와 비슷했다고 보고했다. Antoniadi와 Kubia<sup>22)</sup>는 4가지 광중합 레진과 4가지 자가중합 레진의 표면경도에 관한 연구에서, Isopast를 제외한 기타의 복합레진은 4주후에 최고경도치를 나타내었으며, P-10을 제외한 모든 복합레진에서  $37^{\circ}\text{C}$  대기중 보관의 경우  $37^{\circ}\text{C}$  수중 보관의 경우에 비하여 경도가 높게 나타났음을 보고하였다.

Fraunhofer<sup>36)</sup>는 시간경과와 시편 두께에 따른 복합레진의 경도 변화에 관한 연구에서 24시간까지 복합레진의 경도는 증가하였고, 1mm 삭제한 면의 경도가 삭제하지 않은 표층보다 현저히 높은 경도를 보고했으며, Hirasawa 등<sup>37)</sup>은 복합레진의 수분흡수에 의한 팽창은 중합수축을 보상할 수 있으며, 레진기질내 충전재의 함량이 많을수록 수분흡수와 선 팽창계수(linear coefficient of expansion)는 감소된다고 보고했다.

이러한 복합레진의 경도증가는 광조사 이후에도 복합레진 기질내에서 가교결합(cross lin-

king) 이 계속적으로 발생하기 때문이며<sup>24,38)</sup>, 시간 경과 후 수증 시편의 경도의 감소는 수분흡수로 인한 충전재와 기질간의 탈락(debonding)이나 충전재의 수화(hydrolytic degradation) 때문으로 생각된다<sup>22,39)</sup>.

이 연구에서도 열처리한 인레이용 복합레진과 구치부 충전용 복합레진 공히 대기중에 보관한 경우가 수증에 보관한 경우에 비하여 경도가 높았으며, 열처리한 경우 Clearfil Photo Posterior와 Brilliant Enamel은 시간경과에 따른 경도의 차이가 없었으나 Clearfil CR Inlay의 경우 유의한 차이가 나타났다( $P < 0.05$ ).

한편, Chung과 Greener<sup>25)</sup>는 구치부 충전용 복합레진의 중합정도, 충전재 함량 그리고 기계적 성질 사이의 관계에 관한 연구에서 충전재의 양(volume fraction)과 인장강도의 관계, 충전재의 양(volume fraction)과 경도와의 관계에서 유의한 상관 관계가 존재하기 때문에 충전재의 함량은 구치부 충전용 복합레진의 성질을 좌우하는데 중요한 역할을 담당한다고 보고하였으며, Wilson 등<sup>26)</sup>은 전치부 수복물질의 미소경도에 관한 연구에서 초기복합레진의 표면은 수증 침수시 약해지지만 Isopast와 같은 micro-fine filler 수복물질은 장기간에 걸친 hardening effect를 나타낸다고 보고하였고, 박과 박<sup>40)</sup>은 수증 구치부 충전용 복합레진의 물리적 성질에 관한 실험적 연구에서 충전재의 함량이 증가할수록 압축강도, 압축피로강도 및 경도가 증가한다고 보고하였으며 엄<sup>41)</sup>도 충전재가 많이 혼합된 제품일수록 열팽창 계수가 낮고 경도가 높은 것으로 보고한 바 있다.

이 연구에서 열처리 유무, 보관조건, 보관시간에 상관없이 Clearfil CR Inlay 시편의 표면경도가 타 복합레진보다 가장 크게 나타난 결과는, Clearfil CR Inlay에 사용된 충전재의 종류와 함량이 타 복합레진에 비하여 경도치를 높일수 있는 물성을 지녔기 때문인 것으로 생각된다. 즉 Clearfil CR Inlay의 충전재 크기는 3.5-4.0 m인 coarse hybrid 형이고 86.5% 함량으로 구성된 반면, Brilliant Enamel은 충전재 크기가 0.4-2.0 m이고 함량이 77%인 fine hybrid 형이며,

Clearfil CR Inlay와 Clearfil Photo Posterior를 열처리해서 수증에 보관한 경우 경도에 있어서 유의할 만한 차이가 없었던 이유는 Clearfil CR Inlay와 Clearfil Photo Posterior는 서로 동일 회사 제품으로서 충전재의 크기, 함량 그리고 형태등이 서로 비슷하기 때문인 것으로 생각된다.

이상과 같은 결과로 미루어 보아 이미 중합된 복합레진에 2차적인 중합을 유도하거나 중합된 부위의 강화를 위해 적절한 온도로 열처리하고 보관 조건과 시간을 적절히 조절하며 또 충전재의 종류, 함량 및 크기가 양호한 복합레진을 선택하면 수복물의 수명을 연장시킬 수 있으며 열처리, 보관조건 및 보관시간을 달리한 복합레진의 물리적, 기계적 성질의 변화를 계속 연구하여야 할 것으로 생각한다.

## V. 결 론

저자는 가열중합형 인레이용 복합레진과 구치부 충전용 광중합형 복합레진을 사용하여 열처리 유무, 보관조건 및 보관 시간에 따른 표면경도를 평가하기 위해 가열중합형 인레이용 복합레진으로서 Clearfil CR Inlay와 Brilliant Enamel를 사용하였고, 구치부 충전용 광중합형 복합레진으로서 Clearfil Photo Posterior를 사용하여 가열중합형 인레이용 복합레진과 구치부 충전용 광중합형 복합레진에 열처리 유무를 달리하여 37°C 수증과 37°C 대기중에 보관한 후 1시간, 24시간, 7일 후에 표면경도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인레이용 복합레진과 충전용 복합레진 모두 보관조건에 관계없이 열처리 후 경도가 높았다( $P < 0.05$ ).
2. 열처리한 복합레진은 대기중에 보관할 경우 수증에 보관한 경우에 비하여 경도가 높게 나타났다( $P < 0.05$ ).
3. 열처리한 경우, Clearfil Photo Posterior와 Brilliant Enamel은 시간 경과에 따른 경도의 차이가 없었으나( $P > 0.05$ ), 대기중에 보관한 Clearfil CR Inlay는 유의한 경도의 차이가



나타났다( $P < 0.05$ ).

4. 복합레진의 경도는 coarse hybrid type이 fine hybrid type보다 더 크게 나타났다( $P < 0.05$ ).

## REFERENCES

1. Raptis C.N., Fan P.L. and Powers J.M. : Properties of microfilled and visible light-cured composite resins. *J. Am. Dent. Assoc.*, 99 : 631-633, 1979.
2. Blankenau R. J., Kelsey I. W. P. and Cavel W. T. : A direct posterior restorative resin inlay technique. *Quint. Int.*, 5 : 515-516, 1984.
3. James D. F. : An esthetic inlay technique for posterior teeth. *Quint. Int.*, 7 : 725-731, 1983.
4. Kusy R. P. and Leinfelder K. F. : Pattern of wear in posterior composite restorations. *J. Dent. Res.*, 56 (5) : 544, 1977.
5. Oppenheim M. N. and Ward G. T. : The restoration of fractured incisors using a pit and fissure sealant resin and composite material. *J. Am. Dent. Assoc.*, 89 : 365-368, 1974.
6. Stahl G. J. and O'Neal R. B. : The composite resin dowel and core. *J. Prosthet. Dent.*, 33(6) : 642-648, 1975.
7. 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(4) : 407-416, 1975.
8. Hirsch L. and Weinreb M. N. : Marginal fit of direct resin restoration. *J. Am. Dent. Assoc.*, 56 : 13, 1958.
9. Powers J. M., Fan P. L. and Raptic C. N. : Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging. *J. Dent. Res.*, 59(12) : 2071-2074, 1980.
10. Cook W. D. : Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composite. *J. Dent. Res.*, 59 : 800-808, 1980.
11. Wendt S. L. and Leinfelder K. F. : The clinical evaluation of heat-treated composite resin inlays. *J. Am. Dent. Assoc.*, 120 : 177-181, 1990.
12. McCabe J. F. and Kagi S. : Mechanical properties of a composite inlay material following post-curing. *Br. Dent. J.*, 171 : 246-248, 1991.
13. Stanley L. and Wendt J. R. : The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. II. Wear, hardness, and color stability. *Quint. Int.*, 18(5) : 351-356, 1987.
14. Stanley L. and Wendt J. R. : The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. *Quint. Int.*, 18 (4) : 265-271, 1987.
15. Asmussen E. : Restorative resins : hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *Scan. J. Dent. Res.*, 90 : 484-489, 1982.
16. Davidson C. L. : Structural changes in composite surface material after dry polishing. *J. Oral Rehabil.*, 8 : 431-439, 1981.
17. 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.
18. Stanley L., and Wendt J. R. : Time as a factor in the heat curing of composite resins. *Quint. Int.*, 20(4) : 259-263, 1989.
19. Terachi M., Ujigo Y., Muraki T., Sato K., Takemaru A., Utsumi S., Matsumura K. and Inoue K. : A study on composite resin inlay. *Japan J. Conserv. Dent.*, 32 : 95-101, 1989.
20. 박연홍, 민병순 : 구치부용 복합레진 가열시 물리적 성질의 변화에 관한 실험적 연구. *대한치과보존학회지.*, 14 : 41-56, 1989.
21. Kanca J. : The effect of heat on the surface hardness of light-activated composite resins. *Quint. Int.*, 20 : 899-901, 1989.
22. Antoniadis M. H., Kubia E. K. : Surface hardness of light-cured and self-cured composite resins. *J. Prosthet. Dent.*, 65 : 215-220, 1991.
23. Watts D. C., Amer O. M. and Combe E. C. : Surface hardness development in light-cured composites. *Dent. Mater.*, 3 : 265-269, 1987.
24. Leung R. L., Fan P. L. and Johnston W. M. : Post-irradiation Polymerization of Visible Light-activated Composite Resin. *J. Dent. Res.*, 62 (3) : 363-365, 1983.

25. Chung K.H. and Greener E.H. : Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J. Oral Rehabil.*, 17 : 487-494, 1990.
26. Wilson G.S., Davies E.H. and Fraunhofer J.A. : Micro-hardness characteristics of anterior restorative materials. *Brit. Dent. J.*, 148 : 37-40, 1980.
27. Harrison A. and Draughn R.A. : Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resins - Is there a relationship? *J. Prosthet. Dent.*, 36 : 395-398, 1976.
28. Simonsen R.J. and Kanca III, J. : Surface hardness of posterior composite resins using supplemental polymerization after simulated occlusal adjustment. *Quint. Int.*, 17(10) : 631-633, 1986.
29. Eakle W.S. : Increased fracture resistance of teeth - Comparison of five bonded composite resin systems. *Quint. Int.*, 17 : 17-20, 1986.
30. Erickson R.L. : Introductory remarks. In G. Vanherle (eds.) : *Posterior Composites Resin Dental Restorative Materials*. St. Paul Minn, 3M Co., PP.15-18, 1985.
31. Osborne J.W., Gale E.N. and Ferguson G.W. : One year and two year evaluation of a composite resin vs. amalgam. *J. Prosthet. Dent.*, 30(5) : 795-800, 1973.
32. Dewald J.P. and Ferracane J.L. : A Comparison of Four Modes of Evaluating Depth of Cure of Light-activated Composites. *J. Dent. Res.*, 66 (3) : 727-730, 1987.
33. Peutzfeldt A., Asmussen E. : Effect of temperature and duration of post-cure of selected mechanical properties of resin composites containing carboxylic anhydrides. *Scan. J. Dent. Res.*, 100 : 296-298, 1992.
34. 강현숙, 최호영 : 2급 와동 복합레진 인레이용 충전 후 변연누출에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 17 : 191-205, 1992.
35. 김용성, 민병순 : 열처리에 따른 복합레진 인레이의 굴곡강도에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 18 : 84-94, 1992.
36. Fraunhofer J.A. : The Surface Hardness of Polymeric Restorative Materials. *Br. Dent. J.*, 130 : 243-245, 1971.
37. Hirasawa T., Hirano S., Hirabayashi S., Harashima I. and Aizawa M. : Initial Dimensional Changes of Composites in Dry and Wet Conditions. *J. Dent. Res.*, 62(1) : 28-31, 1983.
38. Hansen E.K. : After polymerization of visible light activated resins : surface hardness vs light source. *Scan. J. Dent. Res.*, 91 : 406-410, 1983.
39. Papadogianis Y., Boyer D.B. and Lakes R.S. : Creep of conventional and microfilled dental composites. *J. Biomed. Mater. Res.*, 18 : 15-24, 1984.
40. 박선재, 박상진 : 수중 구치부 충전용 복합레진의 물리적 성질에 관한 실험적 연구. *대한치과보존학회지*, 8 : 27-44, 1986.
41. 엄정문 : 수중복합레진의 경도측정에 관한 실험적 연구. *대한치과보존학회지*, 4(1) : 35-38, 1978.

– ABSTRACT –

**A STUDY ON SURFACE HARDNESS OF COMPOSITE RESINS ACCORDING TO STORAGE CONDITION AND HEAT TREATMENT**

**Seung-Hoon Kang, D. M. D., Byung-Soon Min, D. D. S., Ph. D.**

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

The purpose of this study was to evaluate the surface hardness of composite resins according to heat treatment, storage condition and storage time.

In this study, two kinds of composite resin inlays and one kind of conventional posterior composite resin were used as experimental materials.

One hundred eighty composite resin specimens were constructed from composite resin inlays and conventional posterior composite resin.

The conditions of this study were heat treatment, storage condition and storage time.

Hardness readings were taken from the top surface of each samples using the Vickers microhardness tester (MHT-1, Matsuzawa, Japan).

The following results from this study were obtained :

1. Regardless of storage condition, both composite resin inlay and conventional posterior composite resin have a higher surface hardness under heat treatment than not.
2. Composite resins with heat treatment have a higher surface hardness under dry storage than under water immersion.
3. In case of Clearfil Photo Posterior and Brilliant Enamel with heat treatment, there was no significant difference with time, but Clearfil CR Inlay with heat treatment, there was statistical difference after 24 hours.
4. Surface hardness of composite resins with coarse hybrid type was higher than that of composite resin with fine hybrid type.