

수중 복합레진 내의 bis-GMA와 TEGDMA의 구성비가 레진 인레이 법에 의한 부가적 열처리시 복합레진의 표면 및 내부의 중합률 변화에 미치는 영향

*연세대학교 치과대학 보존학교실

**한국과학기술연구원 고분자연구부

박성호* · 정찬문**

Abstract

CORRELATION BETWEEN BIS-GMA : TEGDMA RATIO AND DEGREE OF CONVERSION IN VARIOUS LAYERS OF COMPOSITE AFTER ADDITIONAL HEAT CURING

Seong-Ho Park*, Chan-Moon Chung**

**Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Yonsei University*

***Division of Polymer Science and Engineering, Korea Institute of Science and Engineering.*

The purpose of this study was to evaluate the relationship between monomer compositions and the changes in the degree of conversion in the various layers of composites after additional heat curing. Four types of composites and 3 types of inlay ovens were used in this study. Composite was placed in a 4-mm thick teflon mold, and light cured from the top for 60 seconds. Ten samples were prepared for each composite ; 5 of these were additionally heat cured in an inlay oven as the manufacturer recommended. After light curing or light and heat curing, the samples were sectioned into four parts and assigned to groups A, B, C, or D according to their distance from the light source. These sections were then thinned to 50-70 μ m, and these wafers were analyzed with a Fourier Transform Infrared Spectrometer(FI-IR) to determine the degree of conversion. A standard baseline technique was used to calculate the degree of conversion.

¹³C NMR spectra of bis-GMA, TEGDMA and bis-EMA, were acquired using a Varian

이 논문은 1995년도 학술진흥재단의 연구비지원으로 이루어 졌습니다.

Gemini spectrometer operated at 200 MHz. $CDCl_3$ solvent was used for qualitative analysis.

The degree of conversion was affected by bis-GMA : TEGDMA ratio but it seemed to be also affected by other factors. When the composites were heat cured, significant increases in the degree of conversion were noted throughout the samples, but the amount of increase differed between materials. Thus, clinical performance of a heat-treated composite inlay may be different depending on materials.

I. 서 론

치의학이 도입되어 환자에 대한 체계적인 치료가 이루어진 이후로, 수은과 은을 혼합하여 사용하는 아말감을 이용한 치아의 수복은 가장 보편적인 치료 술식으로서 자리를 잡게 되었다. 하지만 amalgam이 도입된 이래로 끊임없이 일고 있는 인체에 대한 유해성이 다시 제기되고 있고, 최근 들어 전세계적으로 일어나고 있는 환경보존에 대한 영향으로, 유럽에서는 일부 국가에서 amalgam의 사용을 극도로 제한하게 되면서, 이를 대체할 수복물의 하나로 제시되고 있는 것이 복합레진이다. 복합레진은 과거에는 전치부의 심미적인 수복을 목적으로 주로 사용되게 되었으나, 심미적인 수복물에 관한 사회적인 관심이 증가하고, 물리적 성질이 향상되면서 구치부의 충전에도 그 영역을 확장해 가고 있다. 그러나 직접법에 의한 방법 만으로 복합레진을 이용하여 구치부를 충전할 경우, 치과용 합금이나, 아말감에 비하여 마모저항도 등이 낮고^{11,12}, 인접 치아와의 접촉이 적절하게 이루어지지 못하며² 미세 비연누출에 의한 2차 우식이 자주 발생하여⁸, 이러한 문제점을 극복하기 위하여 최근 도입된 것이 간접법에 의한 레진 인레이 기법이다. 이것은 복합레진에 부가적으로 약 120도의 열을 가할 경우 물리적인 성질이 향상된다는 보고¹⁷를 기초로 하여, 특수 제작된 열중합기를 이용하여 복합레진을 중합시키는 기법으로, 현재 구치부의 충전을 위하여 전 세계적으로 사용되고 있으나 이에 대한 임상적, 실험적인 평가는 학자 간에 일치하고 있지 않은 실정이다. 예를 들어, 복합레진을 구치부에 사용할 경우 가장 문제가 되는 복합레진의

마모현상이, 레진 인레이 기법을 통하여 줄어들었다는 보고¹⁶와 별 차이가 없다는 견해¹³가 상존하고 있으며 이러한 차이는 사용하는 복합레진 재료, 열중합 방법 등에 따라서 다르게 보고되고 있다. 이러한 의견의 차가 생기는 원인은 임상연구에서의 많은 변수때문에 생기는 것일 수도 있겠지만, 제조회사마다 사용하는 재료의 성분이 달라서 결국 복합레진의 물성에 중요한 역할을 하는 중합물¹⁶에 각각 다르게 작용했기 때문이라고도 볼 수 있다. 이번 연구를 통하여 수중 복합레진을 광조사기만을 이용하여 중합시킨 경우와 추가적인 열중합을 하여 중합시킨 경우의 각각의 중합률을 포리어 변환 적외선 분광기(FT-IR)를 이용하여 측정하고, ¹³CNMR을 이용하여 각각의 복합레진 내의 bis-GMA와 TEGDMA의 함량비를 분석하여, 둘 사이의 상관관계를 알아보려고 한다.

II. 실험재료 및 방법

가. 중합률의 측정

박과 이¹⁴에 의하여 고안된 방법을 이용하여 실험을 하였다(Fig. 1). 두께 1mm의 teflon 4 개를 준비하여, 각각에 직경 5mm의 천공을 한 후, 그 한쪽 면에 Mylar strip을 위치시키고 접착테이프를 teflon에 부착시켰다. titanium coating된 기구를 이용하여 복합레진을 teflon mold에 충전한 후, 4개의 mold를 중첩시켰다. 공기중에 노출된 상부는 cover glass로 덮고 5 kg의 하중 하에 10분간 고정하였다. Efos Cure Rite로 측정결과 400mW의 광도를 나타내는 Max light curing unit(Caulk Co., U.S.A.)의 tip을 cover glass 위에 접촉시켜 60초간 광조

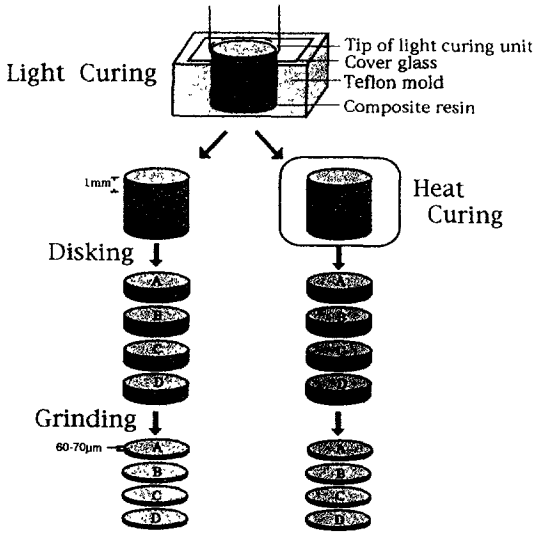


Fig. 1 Schematic diagram of the flow of this study. Inclusion in Groups A, B, C, and D was based on distance from the light source.

사한 후, mold로 부터 분리하였으며, 각각의 복합레진에 대하여 10개의 시편을 제작하여 그중 5개의 시편에 대하여 부가적인 열중합을 하였다. 각 군에 사용된 재료와 열중합의 방법, 기기를 Table 1에 정리하였다.

이상의 과정을 통하여 만들어진 각각의 시편을 diamond bur와 sand paper를 이용하여 50-80µm의 두께로 얇게 하고 이를 건조한 상태에서 보관하였다.

그 중합율을 측정하기 위하여 만들어진 박편을 FT-IR에 부착된 microscope에 위치시킨 후 transmission mode로 측정한 후 이를 absorption mode로 변환하였다. 중합전의 mono-

mer에 대해서는 chlorform을 이용하여 용해시킨 다음 염화나트륨 판에 얇게 접착시키고, FTIR 기기를 이용하여 측정하였다.

중합율은 base line method⁸를 이용하여 계산하였는데, 1938.6cm⁻¹에서 나타나는 methacrylate 기의 C=C와 1609.4cm⁻¹에서 나타나는 aromatic ring에서의 C-C의 흡수도(absorbance)를 기준 점으로부터 비교하여 다음의 식에 의하여 남아 있는 이중결합을 계산하였다.

$$(\% C=C) = \frac{\text{흡수도}(C=C) / \text{흡수도}(C-C) : \text{중합후}}{\text{흡수도}(C=C) / \text{흡수도}(C-C) : \text{중합전}}$$

$$\text{중합률} = 100 - (\% C=C)$$

각군에서, 광중합과 열중합 후의 중합율을 우선 3원배치 분산분석(3-way ANOVA)을 통하여 비교하고 각각의 복합레진에서의 깊이와 추가적인 열중합에 따른 중합률의 변화를 단일 변량반복측정법(univariate repeated measurement)에 의한 2원배치분산분석법(2-way ANOVA)으로 95%의 신뢰도 하에서 분석하였다.

나. bis-GMA와 TEGDMA의 함량분석

시편 수복재료를 각각 200g씩 취하여 클로로포름 중에 잘 분산시켰다. 원심분리하여 무기충전제를 제거한 다음 클로로포름을 진공하에서 증발시켜 제거하였다. ¹³C NMR은 Varian Gemini 200 MHz spectrometer 및 용매로서 CDCl₃를 사용하였다. 각 성분의 조성비를 구하기 위하여 ¹³C NMR 시펙트럼의 각 피크를 적분하고 그 적분비를 구하였으며, 적분비의 정확성을 높이기 위하여 pulse width의 값을 3으로 first delay의 값을 5로 설정하였다. 이

Table 1. Descriptions of the composites and heat curing methods

	Groups			
	1	2	3	4
Brand Name	Brilliant Enamel	Charisma	CR Inlay	Z100
Post curing	Light & Heat	Light & Heat	Heat	Light & Heat
Post curing Time	7min	6min	15min	7min
Post curing Temp	120°C	95°C	100°C	120°C
Heating Oven	D.I.500	Light Box	CRC 100	D.I.500

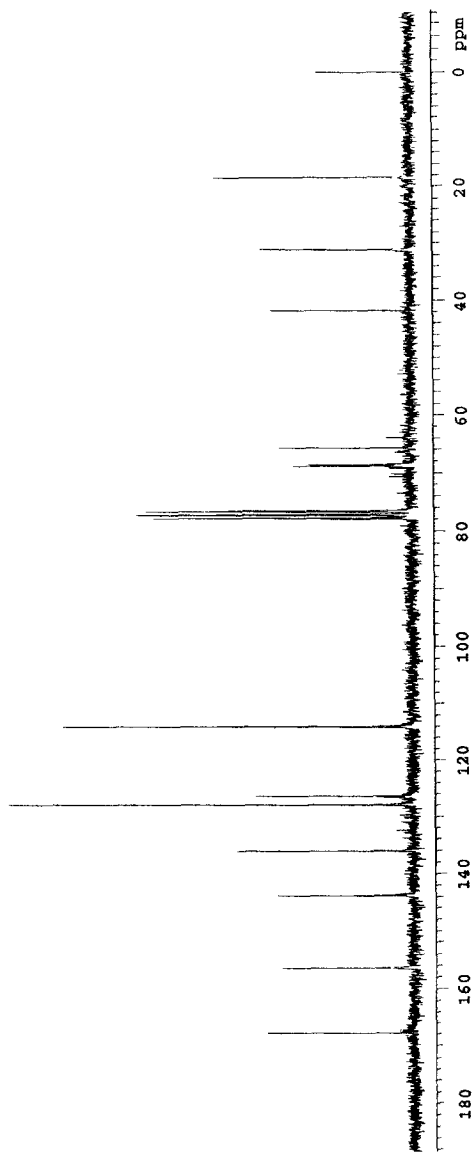


Fig. 2 ¹³CNMR spectrum of bis-GMA

INDEX	FREQUENCY (PPM)	HEIGHT
1	167.685	0.3
2	156.382	0.3
3	143.835	0.3
4	136.022	0.4
5	127.920	0.9
6	126.395	0.3
7	114.061	0.8
8	77.861	0.6
9	77.216	0.6
10	76.579	0.6
11	68.811	0.3
12	68.538	0.2
13	65.671	0.3
14	41.737	0.3
15	31.026	0.3
16	18.312	0.4
17	0.008	0.2

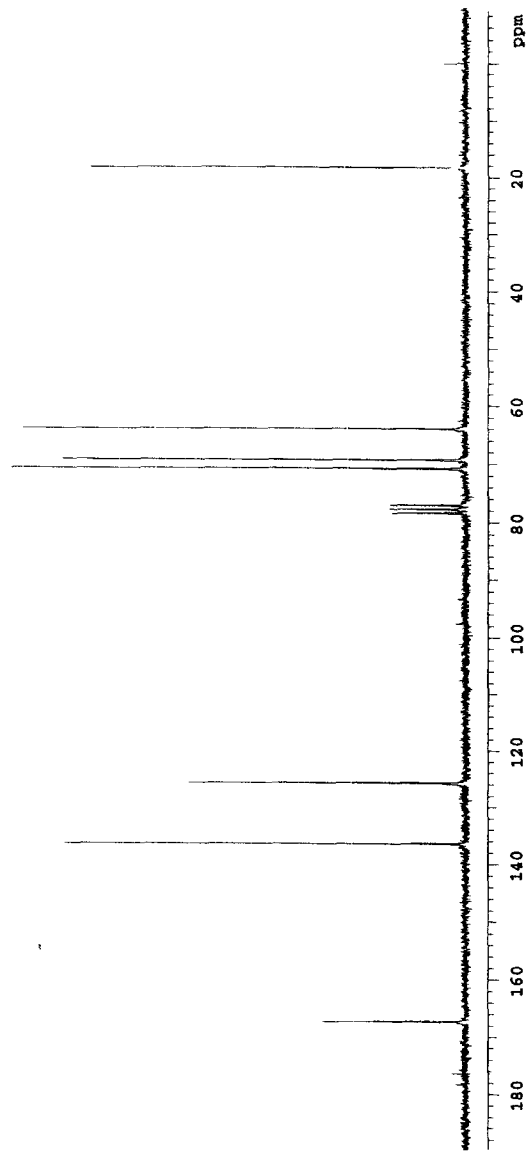


Fig. 3 ¹³CNMR spectrum of TEGDMA

INDEX	FREQUENCY (PPM)	HEIGHT
1	167.329	0.9
2	167.169	0.6
3	136.401	2.6
4	125.766	1.8
5	78.377	0.5
6	77.732	0.5
7	77.087	0.5
8	70.776	3.0
9	69.251	2.7
10	63.933	2.9
11	18.297	2.5
12	0.000	0.2

INDEX	FREQUENCY (PPM)	HEIGHT
1	167.488	0.6
2	156.519	0.2
3	143.683	0.2
4	136.264	0.8
5	136.120	0.3
6	127.867	0.5
7	126.198	0.2
8	125.925	0.8
9	114.197	0.1
10	114.076	0.5
11	78.134	0.5
12	77.497	0.5
13	76.852	0.5
14	70.692	0.8
15	69.190	0.8
16	68.955	0.2
17	68.311	0.2
18	65.739	0.2
19	63.933	0.8
20	41.692	0.2
21	31.034	0.2
22	18.274	1.1
23	0.000	0.1

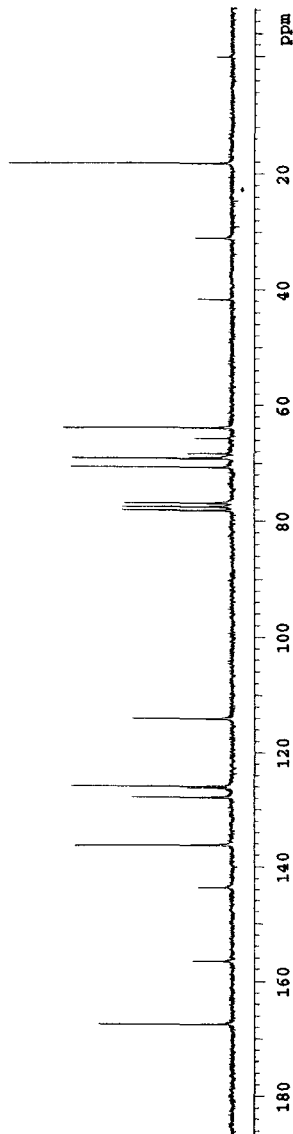


Fig. 4 ¹³CNMR spectrum of mixed bis-GMA and TEGDMA.

The concentrations of bis-GMA and TEGDMA were previously known. This spectrum is acquired to compare the concentrations which were determined from the methods described in the text and the original concentration.

방법의 신뢰성을 확인하기 위하여 bis-GMA (Fig. 2)와 TEGDMA(Fig. 3) 각각의 스펙트럼을 통하여 peak를 분석하고, 또한 농도를 알고 있는 두 혼합물의 스펙트럼을 구하여 적분한 결과 5% 정도의 오차범위를 나타냈다 (Fig. 4) 이 방법에서 적분비를 구하는데 이용한 피크는 bis-GMA의 65.7, 31.0, 18.3ppm, TEGDMA의 63.9, 18.3 ppm, bis-EMA의 65.9, 18.3 ppm이다.

III. 실험결과

가. 중합률의 측정

3원배치 분산분석에서 복합레진의 종류, 중합방법, 광조사기로 부터의 거리에 따라서 중합률이 차이가 있었으나 교호작용(interaction)이 존재하여 2원배치 분산분석을 추가로 시행하였다(Table 2). 2원배치 분산분석에서 중합방법과 광조사기로 부터의 거리에 따라서 중합률은 변하였지만 중합방법과 광조사기로 부터의 거리 사이에는 교호작용이 존재했다(Table 3).

각 군에서의 중합률의 평균값과 군 간의 비교결과를 Table 4와 Fig. 5에 정리하였다.

광조사만 시행하였을 경우, 광조사기로 부터 복합레진이 멀리 위치할수록 중합률은 낮아졌다. Charisma, CR Inlay, Z100의 경우 A군과 B군의 중합률은 C, D군에 비하여 높았다($p < 0.05$). Brilliant의 경우, 중합률은 A군에서 D군으로 갈수록 차례로 낮아졌다($p < 0.05$).

열중합을 추가로 시행한 경우, 광중합 만을 시행한 때보다 중합률이 높아졌으며 A,D군의 중합률이 B,C군에 비하여 높게 나타났다($p < 0.05$).

열중합을 통하여 증가된 중합률의 정도는 복합레진에 따라 다르게 나타나서, Brilliant 4 % ; Charisma 15.1% ; CR Inlay 7% ; Z100 18.2% 였다.

Table 2. Three-way ANOVA among Composite, Distance from the light source, and Curing Method.

Source	DF	Type III Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Composite(C)	3	11042.91425	3680.97142	35493.50	0.0001
Depth(D)	3	1929.01200	643.00400	9965.48	0.0001
Cure Method(M)	1	19911.20513	19911.20513	99999.99	0.0001
C*D	9	495.27325000	55.03036111	852.88	0.0001
D*M	3	1947.0683750	649.02279167	10058.76	0.0001
C*M	3	3152.48313	1050.82771	10132.53	0.0001
C*D*M	9	477.17937500	53.01993056	821.72	0.0001

Table 3. Repeated measures Two-way ANOVA between distances from the light source and curing methods

Material	Source	DF	Mean Square	F Value
Brilliant	Curing Method(C)	1	2538.004	18582.10*
	Error	18	0.137	
	Distance(D)	3	195.595	2106.74*
	C*D	3	190.479	2501.63*
	Error	54	0.0928	
	Greenhouse-Geisser Epsilon			= 0.8533
Charisma	Huynh-Feldt Epsilon		= 1.0621	
	Curing Method(C)	1	8368.141	99999.99*
	Error	18	0.068	
	Distance(D)	3	242.006	6907.14*
	C*D	3	226.582	6466.92*
	Error	54	0.0350	
CR Inlay	Greenhouse-Geisser Epsilon		= 0.8168	
	Huynh-Feldt Epsilon		= 1.0077	
	Curing Method(C)	1	1311.390	16033.30*
	Error	18	0.082	
	Distance(D)	3	39.1331	879.49*
	C*D	3	33.5101	753.11*
Z100	Error	54	0.0444	
	Greenhouse-Geisser Epsilon		= 0.7330	
	Huynh-Feldt Epsilon		= 0.8855	
	Curing Method(C)	1	10839.168	78042.01*
	Error	18	0.139	
	Distance(D)	3	331.5310	3950.28*
	C*D	3	357.5117	4259.85*
	Error	54	0.084	
	Greenhouse-Geisser Epsilon		= 0.5490	
	Huynh-Feldt Epsilon		= 0.6306	

* F-value was significant at p 0.005 level

Table 4. The degree of conversion (DC) in composites.

		L	L+H
Brilliant	A	70.2(0.5)	74.2(0.3)
	B	63.4(0.4)	72.7(0.2)
	C	59.6(0.2)	72.7(0.2)
	D	55.7(0.1)	74.4(0.3)
Charisma	A	47.0(0.1)	62.2(0.2)
	B	47.0(0.2)	61.1(0.2)
	C	35.3(0.2)	60.9(0.2)
	D	35.1(0.2)	61.9(0.3)
CR Inlay	A	58.0(0.2)	65.3(0.2)
	B	57.9(0.2)	63.0(0.2)
	C	54.1(0.2)	62.7(0.4)
	D	53.9(0.2)	65.2(0.2)
Z100	A	53.0(0.2)	71.2(0.2)
	B	52.9(0.2)	69.4(0.2)
	C	46.0(0.3)	69.3(0.3)
	D	35.5(0.3)	70.7(0.6)

LC, Light cure ; HC, Heat cure.
 Groups A,B,C, and D were based on distance from the light source
 DC in % with standard deviations in parentheses.
 Groups joined by vertical lines were not significantly different at p 0.05 level

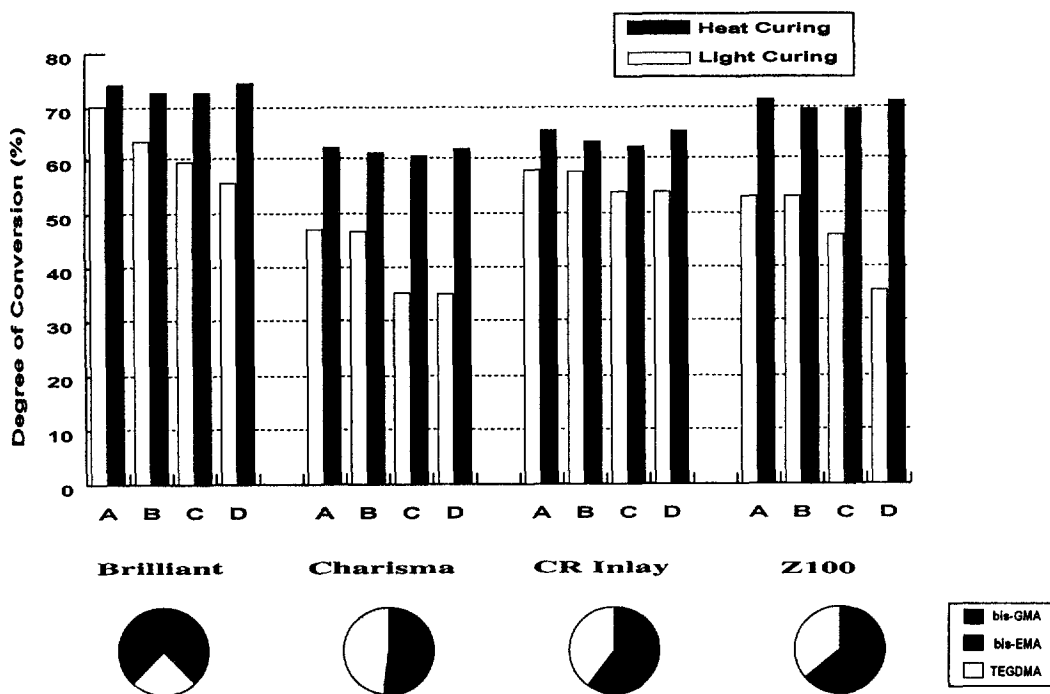


Fig. 5 Changes in degree of conversion and composition ratios of bis-GMA, TEGDMA, and bis-EMA.

나. bis-GMA와 TEGDMA 및 bis-EMA의 함량분석

4가지 시판 제품의 ¹³C NMR 스펙트럼을 분석한 결과 CR Inlay와 Charisma에는 프리폴리머로서 bis-GMA와 TEGDMA가 포함되어 있으며 Brilliant Enamel A1에는 전술한 2가지 성분외에 bis-EMA가 추가로 포함되어 있는 것이 확인되었다. Table 5에 각군에 대한 위의 3가지 프리폴리머의 조성비(중량비)를 나타내었으며, 이것과 각 군의 중합률과의 관계를 Fig. 5에 나타내었다.

Table 5. Weight percent of monomer in each material

Material	% (weight)
Brilliant Enamel A1	bis-GMA : bis-EMA : TEGDMA = 38 : 38 : 24
Charisma	bis-GMA : TEGDMA = 52 : 48
CR Inlay	bis-GMA : TEGDMA = 60 : 40
Z100	bis-GMA : TEGDMA = 64 : 36

IV. 총괄 및 고찰

이번 연구의 결과로 복합레진의 종류에 따라서 중합률은 다르게 나타나며, 추가적인 열중합을 거친 후에 나타나는 중합률의 증가량도 재료에 따라 상이하게 나타나는 것으로 밝혀졌다. 이번 연구에서 bis-GMA에 비하여 TEGDMA의 양이 상대적으로 많을 경우 중합률이 대체적으로 높아지는 것으로 나타났는데(Fig 5). 이는 이전의 연구¹⁶와도 일치하는 결과를 나타낸다.

Brilliant의 경우 다른 종류의 복합레진에 비하여 높은 중합률을 나타냈는데 이것은 그 성분 중에 bis-GMA보다 분자량이 낮고 활동성 있는 bis-EMA가 존재하여, 마치 중합의 과정에서 TEGDMA와 같은 작용을 했기 때문으로 사료된다¹⁴. Charisma의 경우는 예외적으로 bis-GMA의 함량이 52%인데도, bis-GMA의 함량이 보다 높은 CR inlay나 Z100에 비하여 그

중합률이 오히려 낮게 나타났다. 이는 단량제의 조성 외에도, 환원제의 종류, 중합억제제의 양 등에 따라서 중합률이 영향을 받기 때문에 나타난 결과라고 생각되며¹⁶, 이에 대한 부가적인 연구가 필요하리라 사료된다.

광중합시킨 Z100, Charisma, CR inlay에서 A군과 B군의 중합률이 C군과 D군에 비하여 높게 나타났는데, 이것은 2mm 이상의 와동을 복합레진으로 수복할 경우, 반드시 점층법으로 수복하는 것이 필요하며 광중합기는 중합시킬 복합레진의 표면으로 부터 1-2mm 내에 위치시켜야 한다는 것을 암시한다.

CR Inlay를 광중합시켰을 경우 깊이가 깊어지는 데도 중합률의 감소폭이 크지 않은 것으로 나타났다. 일반적으로 복합레진을 투과하는 빛의 양을 감소시키는 산란현상은, 복합레진 내의 filler의 크기가 빛의 파장의 1/2(약 0.25 μm)에 가까와 질수록 심해진다¹⁵고 하는데 Brilliant, Z100, Charisma의 경우 0.6-1.0μm의 filler가 사용되어, 약 10μm의 filler 사용된 CR Inlay에 비하여 산란 작용에 의한 영향을 더 많이 받았을 것이며 깊이에 다른 중합률의 감소폭도 그 만큼 높았을 것이다.

열 중합 후의 중합률의 증가폭과 bis-GMA에 대한 TEGDMA의 구성비 간에는 다소 복잡한 양상이 존재해서, A군의 CR Inlay와 Charisma의 경우, bis-GMA의 함량이 상대적으로 높은 Charisma에서 중합률의 증가폭이 작게 나타났지만 (Charisma 15.2%, CR Inlay 7.3%), Z100에서는 bis-GMA의 함량이 높은데도, 열중합과정을 통하여 중합률의 증가를 보였다(18.2%). 이것은 복합레진을 열중합시켰을 경우에도, 광중합의 경우에서와 같이, 단량제의 조성 외에도, 환원제의 종류, 중합억제제의 양 등에 따라서 중합률의 증가율이 영향을 받기 때문에¹⁶ 나타난 결과라고 생각된다. 또한 광중합에서 높은 중합률을 나타낸 Brilliant가 열중합 과정을 통하여 단지 4%의 중합률의 증가가 있었다. 이것은 복합레진에서 나타나는 중합률에 한계가 있기 때문에 나타나는 현상 때문인 것으로 추측된다. 즉, 치과용 복합레진의 bis-GMA는 구조식의 양쪽에 methyl me-

thacrylate기를 가지고 있고, 중합률이 70%라는 것은 30%의 단량제가 남아있다는 것을 의미하는 것이 아니라 단지 30%의 C=C가 남아있다는 것을 나타내기 때문에, 실제로는 거의 모든 단량제가 중합의 상태에 있는 것이다. 따라서 Brilliant의 경우 이미 광중합만으로도 많은 중합이 이루어졌기 때문에 추가적인 열중합에 의하여 얻어질 수 있는 중합률은 다른 복합레진에 비하여 그만큼 적어 졌다고 할 것이다⁴. Ferracane과 Condon⁷은 복합레진을 10분간 열중합을 시킨 경우, 물리적 성질의 증가 정도와 중합률에 있어서 10시간 동안 열중합 시킨 경우와 같다고 보고하였는데 이 경우에도 그 중합률은 80%를 넘지 못했다.

복합레진은 열중합을 통하여 물리적 성질을 향상시킬 수 있다고 보고 되었다. 하지만 임상실험에서는 다소 상이한 결과들이 보고되고 있어서 Charisma를 이용하였을 경우에는 열중합을 한 경우가 광중합만을 한 경우보다 마모율이 낮게 보고되었지만⁶ Brilliant를 이용하였을 경우에는 차이가 없었다⁸. 이번 연구의 결과를 토대로 분석하면, 이러한 차이점 들이 설명된다. 즉 열중합을 통하여 얻어지는 추가적인 중합률이, Brilliant에서는 4%로 나타난 반면에 Charisma에서는 15.2%였다. 여러 변수가 작용할 수 있는 임상실험에서 4% 정도의 중합률의 증가는 나타나지 않을 수 있다.

열중합의 과정을 통하여 annealing 효과도 기대할 수 있다⁴. 이 효과를 얻기 위해서는 복합레진의 중합률이 탄성률에 영향을 주지 않는 범위에서 증가하여야만 한다. 만약 열중합의 과정을 통하여 복합레진의 중합률은 증가하였지만, 탄성률이 증가하여 brittle 해진다면 임상적으로는 오히려 좋지 않은 결과를 나타낼 것이며, 광중합과 열중합 간의 중합률의 차이가 큰 경우에 이와같은 현상이 더 쉽게 일어날 수 있을 것이다.

열중합의 과정을 통하여 복합레진의 중합률이 증가하여 물리적인 성질을 향상시킬 수 있는 것이 밝혀졌지만, 올바른 평가를 위해선 장기적인 임상적 연구가 필요할 것이다. 열중합의 과정을 통하여 중합률이 증가한다는 것은 그

만큼의 중합수축을 필연적으로 동반하여, 만약 그 차이가 클 경우, 임상가들은 복합레진체를 구강내에 적합시키기에 많은 시간을 필요로 할 것이고, 와동과 복합레진체와의 간격은 복합레진보다는 물리적인 성질이 떨어지는 레진 시멘트에 의하여 채워질 것이다⁹.

특히 이러한 임상적인 문제점들은 와동이 복잡한 경우에 크게 나타날 것이다. 이와같은 점을 고려한다면 열중합을 통하여 중합률이 많이 증가하는 재료들은 와동의 형태가 간단하고 상대적으로 높은 교합력을 받는 부위에 사용하는 것이 좋고, 중합률 증가의 폭이 크지 않은 재료들은 와동의 형태는 복잡하지만 비교적 적은 교합력을 받는 부위에 적절할 것이다.

열중합 후, 바깥부분(A, D군)의 중합률이 안쪽부분(B, C군)의 중합률에 비하여 높게 나타났는데, 이와 같은 현상은 열중합기로부터의 열이 복합레진체를 통하여 들어가면서 점점 약해지기 때문으로 사료된다. 따라서 복합레진의 중합률을 좀더 효과적으로 올리기 위한 새로운 방법이 개발되어야 할 것 같다.

복합레진에 있어서 중합률이 중요한 역할을 하지만 어느 재료의 중합률이 높다고 해서 다른 재료보다 우수하다고는 결코 말할 수 없다. 왜냐하면 중합률은 낮더라도 단량제의 조성⁵, filler의 부피비³ 등을 증가시킴으로서 복합레진의 물리적인 성질을 증가시킬 수 있기 때문이다. 따라서 재료를 평가함에 있어서, 중합률이 충분히 높아서 화학적으로 안정된 구조를 갖고, 동시에 물리적으로도 우수한 성질을 갖는 지를 같이 고려하는 것이 중요할 것이다.

V. 결 론

현재 국내에서 시판 중인 몇 종류의 복합레진에서 단량제의 주요 구성 성분을 분석하고, 광중합 및 열중합의 과정을 통하여 변화하는 중합률의 양을 측정하여 그 상관관계를 알아 보았다. 광중합만을 시켰을 경우에 bis-GMA에 비하여 TEGDMA의 양이 상대적으로 많은 재료에서 중합률이 높게 나타났지만, 1개 제품에서 예외적인 결과가 나왔는데, 이는 복합레진

내의 단량제 이외의 구성 성분(화원제, 중합개시제, 중합억제제-) 때문에 영향을 미친 것으로 사료된다. 열중합을 추가로 시킨 경우, 광중합을 통하여 충분한 중합이 이루어진 경우는 중합률의 증가폭이 작게 나타났고 bis-GMA에 비하여 TEGDMA의 양이 상대적으로 많은 재료에서 중합률의 증가 폭이 크게 나타났지만 1개 제품에서 bis-GMA 함량이 높음에도 불구하고 열중합을 통하여 많은 중합률의 증가가 있었다. 이것은 복합레진 내의 단량제 이외의 구성 성분(화원제, 중합개시제, 중합억제제)에 의해서도 중합률이 영향을 받았기 때문으로 사료된다.

VI. 참고문헌

1. Asmussen E. Restorative resins : hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *Scand J Dent Res* 1982 ; 90 : 484.
2. Barnes DM, Blank LW, Thospson VP, Holston AM, Gingell JC. A 5-and 8-year clinical evaluation of a posterior composite resin. *Quintessence Int* 1991 ; 22 : 143-151
3. Chung KH, Greener EH. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil* 1990 ; 17 : 487-94
4. De Gee AJ, Pallav P, Werner A, Davidson CL. Annealing as a mechanism of increasing wear resistance of composites. *Dent Mater* 1990 ; 6 : 266-70.
5. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985 ; 1 : 11-4
6. Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res* 1986 ; 20 : 121-31
7. Ferracane JL, Condon JR. Post cure heat treatment for composite : properties and factography. *Dent Mater* 1992 ; 8 : 290-95.
8. Fuks AB, Chosack A, Eidelman E. A two-year evaluation in vivo and in vitro of class 2 composites. *Oper Dent* 1990 ; 15 : 219-223
9. Heigel JJ, Bell MF, White JN, Application of infrared spectroscopy to the analysis of liquid hydrocarbons, *Anal Chem* 1947 ; 19 : 293-298.
10. Kawai K, Isenberg BP, Leinfelder KF. Effect of gap dimension on composite resin cement wear. *Quintessence Int* 1994 ; 25 : 53-8.
11. Leinfelder KF, Roberson TM. Posterior composite resins. A clinical evaluation. *J Dent* 1983 ; 32 : 276-280
12. Leinfelder KF. Using a composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc* 1991 ; 122 : 65-70
13. O'Neal SJ, Leinfelder KF, Wright WW, Gerbo LR. Clinical evaluation of two types of composite resin inlay system. *J Dent Res* 1991 ; 70 : 1527. p.457
14. Park Seong-Ho, Lee Chung-Suk, The difference in degree of conversion between light-cured and additional heat-cured composites. *Oper Dent* in press
15. Ruyter IE, Øysæd H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand* 1981 ; 40 : 179-92.
16. Suzuki S, Leinfelder KF. In-vitro method for determining resin cement wear. *J Dent Res* 1993 ; 72 : 78, p.113
17. Wendt SL Jr. The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. *Quintessence Int* 1987 ; 18 : 265-71.