

치과용 가시광선중합형 복합레진의 잔류단량체 정량분석에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실

최경규 · 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 심미수복재로 사용하고 있는 가시광선중합형 복합레진에 있어서 기질의 주요구성 성분(고분자 단량체)에는, 강도가 높고 분자량이 큰 2,2-Bis-[4-(2-hydroxy-3-methacryloxy propoxy)phenyl] propane(Bis-GMA)과 희석제이며 가교제인 Triethylene glycol dimethacrylate(TEGDMA), 광중합 개시제인 Diketone 약 0.2% 및 환원제인 2-(N,N-dimethyl amine) ethyl methacrylate 약 0.1%가 포함되며, 물리적 성질을 개선하기 위하여 강화형 무기 filler(충전제)입자 및 filler와 기질간에 화학적 결합을 위한 결합제(coupling agent)를 포함한다¹⁻³⁾. 이 중 Bis-GMA와 TEGDMA는 단량체계를 구성하는 주성분으로⁴⁾ 이들의 구조, 구성, 극성화 등은 기질의

물리화학적 성질을 좌우하여 최종 복합레진의 성질을 결정하게 된다⁵⁻⁸⁾.

복합레진을 임상적으로 사용할 때 고려해야 할 사항은 물리화학적 성질과 생물학적 안정성으로 물리화학적 성질은 기계적 강도, 심미성 및 색조의 안정성, 표면경도, 부피안정성 등으로, 단량체가 복합체로의 전환정도가 낮을수록 이상과 같은 물리적 성질은 저하된다. 즉, 약한 기질에서 filler의 이탈가능성은 높으며 물의 침투가 증가되어⁹⁾ 압축강도, 인장강도 및 마모저항 등이 악화될 뿐 아니라⁶⁾ polymer matrix의 소실 및 산화반응에 의해 변색이 유발된다^{7,10)}. 생물학적 안정성(biocompatibility)의 문제점으로는 단량체계로부터 중합이 이뤄지는 과정에서 야기되는 잔류 단량체가 복합레진의 물리적 성질 뿐 아니라 구강연조직 및 치수조직에 악영향을 미치게 된다. Fujisawa등^{11,12)}은 Bis-GMA가 MMA보다 높은 용혈작용이 있으며, 고농도 단량체는 세포막의 liposomes을 용해시키는 성질이 있다고 보고하였고, 정 등¹³⁾은 치수의 주요 구성세포인 섬유아세포에 대한 레진충전제의 세포독성 평가 실험에서 6일째 뚜렷한 세포수 감소를 관찰하였으며, Weaver와 Goebel¹⁴⁾은 의치상레진으로부터 유리되는 단량체가 구강점막을 자극하며 allergy반응도 일으킨다고 보고하였다.

단량체의 중합시 dimethacrylate의 C=C 이

중결합이 C-C 단일결합으로 전환되어 cross-linking network 구조를 이루게 되는데, 중합체로의 전환정도(rate of conversion)가 클수록 분자량이 크고 안정된 분자구조를 갖는 반면, 잔존미반응 이중결합은 pendant methacrylate와 미중합 dimethacrylate 분자를 형성한다. 이러한 잔존미반응 이중결합은 개시제, 환원제, 억제제와 가교제의 양에 의해 영향을 받을 뿐 아니라 단량체 기질내 Bis-GMA 양과 관련이 있다. 즉, TEGDMA의 양이 감소하고 Bis-GMA의 양이 증가하면 conversion 정도는 감소하게 된다^{5,7,15,16}.

레진의 구성성분을 분석하기 위하여 Ruyter와 Sjϕvik⁴, Inoue와 Hayashi¹⁷, Koda 등^{18,19} 및 허 등²⁰이 Gas-Chromatography나 HPLC(high performance liquid chromatography)를 사용하였으며, 이 중 Ruyter와 Sjϕvik⁴는 각종 복합레진의 성분을 정성 및 정량분석시 다양한 형태(mode)의 HPLC가 유용함을 밝혔고, Inoue와 Hayashi¹⁷는 복합레진 중합 후 잔류단량체인 Bis-GMA의 정량분석에 HPLC를 이용하였다. 그 외에도 단량체가 중합체로 전환되는 정도를 측정하기 위하여 Chung²¹과 Ferracane 등^{22,23}은 FTIR을, Ruyter¹⁷와 Vankerckhoven 등¹⁵은 MIR spectroscopy를 이용하여 측정하였다.

이상의 연구보고를 토대로 저자는 각종 가시광선중합형 복합레진의 중합 후 발생하는 잔류 단량체인 Bis-GMA와 TEGDMA에 대하여 HPLC를 이용하여 정량분석한 결과, 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

Table 1. Visible light-curing resins used in this study

Product name	Manufacturer	Shade	Batch No.
Bis-Fil M	Bisco, USA	Y	109040
Bis-Fil P	Bisco, USA	U	-
Lite-Fil A	Shofu, Japan	U	129019
Lite-Fil P	Shofu, Japan	U	039144
Photo Clearfil Bright	Kuraray, Japan	XL	7306-B
Clearfil Photo Posterior	Kuraray, Japan	UL	1042-B

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 국내에서 시판되는 3종의 전치부 및 3종의 구치부용 가시광선중합형 복합레진 총 6종을 사용하였다(Table 1).

2. 실험방법

1) 시편 및 시료제작

실온에서 두께 2.0mm, 내경 8.5mm의 Teflon 주형에 가시광선중합형 레진을 충전하여 polyester matrix strip으로 피개하고 다시 slide glass로 덮은 후 지압으로 가압하여 여분의 레진을 제거한 후, 12.5mm의 wide diameter lightguide가 부착된 광조사기(Visilux 2, 3M)로 20초간 광중합하여 시편을 제작하였다. 각 실험재료당 8개씩 총 48개의 시편(resin disk)을 제작하여 즉시 무게를 측정 후 10ml ethanol이 들어있는 시험관에 침지시켜 37±0.3°C 항온기에서 5일간 처리하여 시편으로부터 잔류단량체가 추출되도록 하였다.

2) 정량분석

가) 표준시료

복합레진내 미반응 단량체 Bis-GMA와 TEGDMA의 양을 측정하기 위한 검량선(calibration curve)을 얻기 위하여 이용한 표준물질은 Table 2.와 같다. 표준물질을 용매

Table 2. Chemicals used in the investigation

Compound	Abbreviation	Supplier
2,2-Bis [4-(2-hydroxy-3-methacryloxypropoxy) phenyl] propane	Bis-GMA	Bisco Inc., U.S.A.
Triethyleneglycol dimethacrylate	TEGDMA	Aldrich Chemical Co., U.S.A.

인 ethanol에 용해시켜 Bis-GMA는 0.033%, 0.010%, 0.007%, 0.005%, 0.002%로, TEGDMA는 1.000%, 0.100%, 0.010%, 0.005%, 0.002%로 표준시료를 조제하여 HPLC에 주입하여 측정한 후 검량선을 구하였다.

나) 실험시료

시편을 ethanol에 침지시켜 5일간 항온기에서 처리한 각각의 시험관을 잘 흔들어 microsyringe를 사용해서 20 μ l의 시료를 추출하여 HPLC(Automated gradient controller: Model Waters 490 E, Millipore, U.S.A., Pump: Model Waters 510, Millipore, U.S.A.)에 주입하여 시료를 정량분석하였다. 이 때 HPLC의 사용조건은 Table 3.과 같다.

III. 실험성적

단량체 Bis-GMA와 TEGDMA를 ethanol에

Table 3. Reversed phase HPLC, chromatographic conditions

Column:	250 mm x 4.6 mm, μ Bondapak C18, Waters, U.S.A.
Mobile phase:	Pump A H ₂ O Pump B CH ₃ CN 1. Isocratic elution 50% B 2. Gradient elution 50% to 100% B, 20 min, linear gradient
Flow Rate:	1.0 ml/min
Detector:	UV 254 nm, Programmable Multiwavelength Detector

용해시켜 얻은 표준시료를 각 농도당 20 μ l씩 HPLC에 주입한 결과, Peak area(이하 PA라 표기)가 Bis-GMA는 14.49분, TEGDMA는 8.45분 부근에서 retention time(유보시간)이 나타났다(Fig. 1).

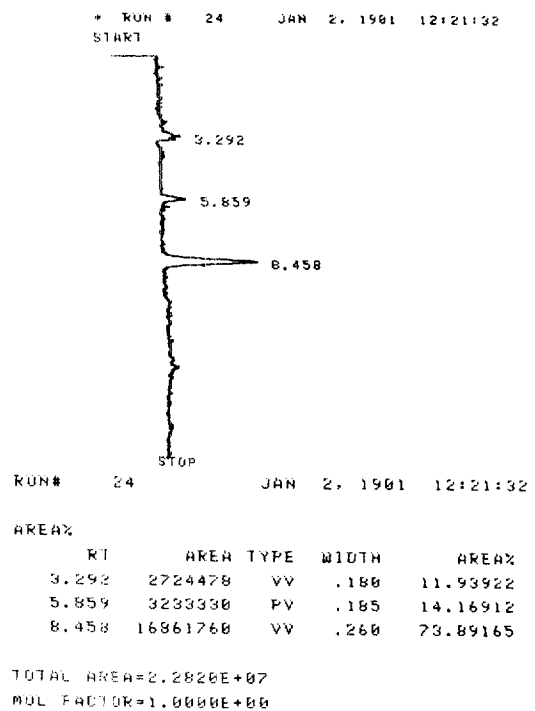
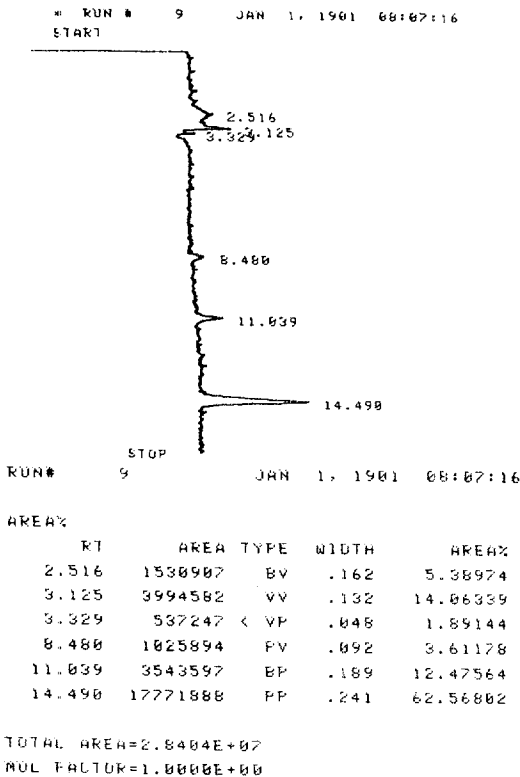


Fig. 1. High-performance liquid chromatograms of the standard solutions: (A) 0.007% Bis-GMA, (B) 0.01% TEGDMA.

표준시료의 각 농도당 얻어진 count area는 Table 4.와 같다. 표준시료 Bis-GMA의 0.002% 내지 0.033% 사이의 용액을 HPLC에 주입함으로써 0.002%일 때 PA가 1,545,362, 0.005%일 때 PA가 10,543,368, 0.007%일 때 PA가 17,771,888, 0.010%일 때 PA가 20,707,344, 0.033%일 때 PA가 70,848,832의 count area를 얻었고, TEGDMA는 0.002% 내지 1.000% 사이에서 0.002%일 때 PA가 2,205,550, 0.005%일 때 PA가 4,585,069, 0.010%일 때 PA가 16,861,760, 0.100%일 때 PA가 56,519,936, 1.000%일 때 PA가 194,584,400의 count area를 얻었다. 이상의 결과를 이용하여 각 표준시료의 검량선(calibration curve)을 얻었고, 가로좌표인 count area의

Table 4. Count area according to each concentrations of the standard solutions by HPLC

Bis-GMA		TEGDMA	
concentration (%)	count area	concentration (%)	count area
0.002	1,545,362	0.002	2,205,550
0.005	10,543,368	0.005	4,585,069
0.007	17,771,888	0.010	16,861,760
0.010	20,707,344	0.100	56,519,936
0.033	70,848,832	1.000	194,584,400

범위가 너무 크게 나타나 이를 log 함수로 표시하였다(Fig. 2).

실험결과를 표준시료의 검량선에 대입하여 각각의 시료 20 μ l내 함유된 각 미반응 단량체의 양을 얻었고(Fig. 3), 그 양을 10ml

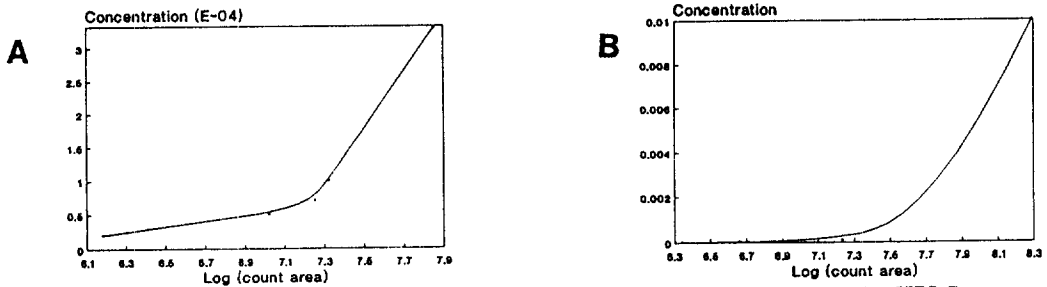


Fig. 2. Calibration curves for quantitation of (A) Bis-GMA and (B) TEGDMA by HPLC.

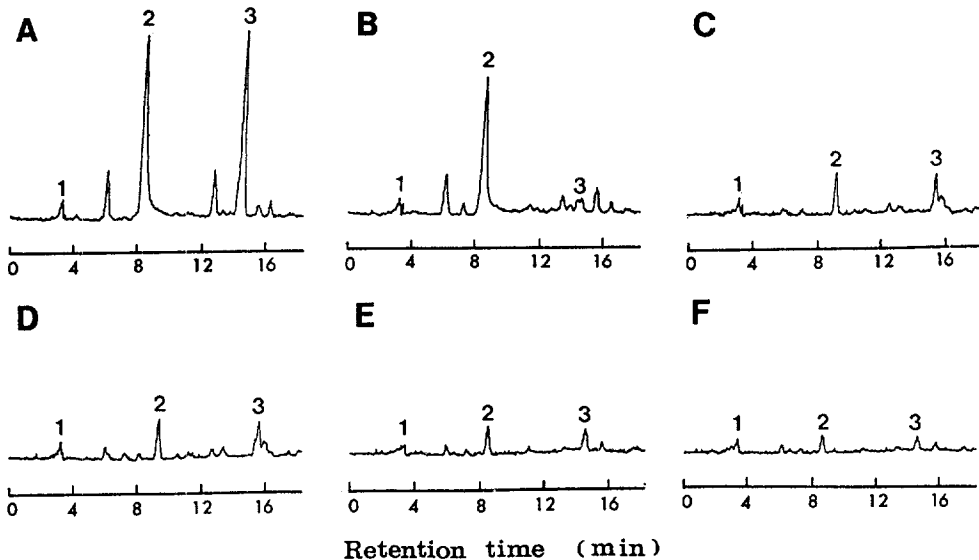


Fig. 3. Typical high-performance chromatograms of (A) Bis-Fil M, (B) Bis-Fil P, (C) Lite-Fil A, (D) Lite-Fil P, (E) Photo Clearfil Bright and (F) Clearfil Photo Posterior. Peaks; 1 = Bis-GMA, 2 = TEGDMA, 3 = Bis-GMA.

ethanol 용액내 시편 무게에 대한 백분율로 환산하면 Table 5.와 같은 미반응 단량체가 추출됨을 알 수 있었다(Fig. 4).

Bis-GMA와 TEGDMA의 양은 Bis-Fil M에서 1.236wt%와 5.794wt%로서 두종의 단량체 모두 가장 높게 나타났고, Bis-Fil P에서 0.101wt%와 3.915wt%, Lite-Fil A에서 0.194wt%와 0.348wt%, Lite-Fil P에서 0.162wt%와 0.319wt%, Photo Clearfil Bright에서 0.196wt%와 0.337wt%, Clearfil Photo Posterior에서 0.114wt%와 0.230wt%이었다. 모든 실험재료에서 Bis-GMA보다 TEGDMA가 많이 검출되었다($p < 0.01$).

Table 5. Percentage of residual monomers related to its original content in specimens

Type of specimen	(N=8, Mean wt%±S.D.)	
	Bis-GMA	TEGDMA
Bis-Fil M	1.236±0.206	5.794±1.637
Bis-Fil P	0.101±0.026	3.915±1.017
Lite-Fil A	0.194±0.008	0.348±0.019
Lite-Fil P	0.162±0.025	0.319±0.026
Photo Clearfil Bright	0.196±0.011	0.337±0.090
Clearfil Photo Posterior	0.114±0.010	0.230±0.045

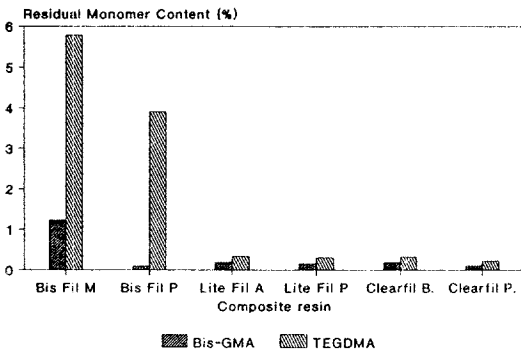


Fig. 4. Percentage of residual monomers related to its original content in specimens.

IV. 총괄 및 고안

화학 중합형 레진은 연화과정이 필요하여 이로 인한 기포 함입으로 변색이 일어나고 filler 함유량의 제한에 따른 물성의 개선이 어렵

다²⁾. 자외선 중합형 레진은 짧은 파장으로 인하여 가시광선 중합형 레진보다 얇은 깊이에서 중합의 정도는 크나 광의 침투력이 낮으며¹⁾ UV 조사기의 강도 역시 시간경과에 따라 감소되는 단점을 갖는다²⁴⁾. 이와 같은 단점을 개선 보완하기 위하여 가시광선중합형 레진이 출현하여 보편화되었다²⁵⁾.

복합레진의 조성은 무기, 유기 filler, 레진 기질(resin matrix) 및 이들을 연결하는 결합제(coupling agent)로 구성된다. filler는 강도 증진, 부피안정성 및 마모 저항성을 증진할 목적으로 레진기질에 첨가되며, 결합제는 filler 주위를 처리하여 filler와 기질사이에 화학적 결합을 유도하여 filler의 이탈을 방지함으로써 마모, 파괴 및 변색을 방지한다. 그 이외에 개시제, 촉진제 및 억제제를 포함하고 수종의 단량체가 주종을 이루는 레진기질은 복합레진의 물리, 화학적 물성을 좌우하게 된다. 레진기질에 포함되는 단량체에는 고분자 고점도의 Bis-GMA와 그 유도체, 저점도 가교제인 TEGDMA, 상아질과 접착능력을 가지며 quinoid groups을 형성하여 photo-oxidation에 민감하고 urethane dimethacrylate로 구성된 UDMA 등이 있다.

치과용 Bis-GMA계 복합레진의 중합시 모든 단량체가 중합체로 전환되는 것이 바람직하나 중합후 Bis-GMA를 비롯한 여러 미반응 단량체가 존재하게 되는데, 이러한 원인은 분자량이 크고 고점도인 Bis-GMA가 상당량 기질성분에 포함될 뿐 아니라 중합개시후 개시제의 고갈과 가교(cross-linking)의 형성이 급격히 일어나(Gel effect) 반응기의 유동성이 저하되기 때문이다. 이러한 미반응 단량체는 중합 후 유기용매에 침지시 24시간내 대부분 용출된다^{1,17,26,27)}.

미반응 단량체의 잔류는 레진의 화학적 파괴의 주요 원인이며 치수조직에 직접적인 자극과 변성을 초래하는 등 복합레진의 임상적 이용에 제한 요소가 된다. Asmussen⁶⁾은 잔존 이중결합의 양이 클수록 경도 및 기계적 강도가 저하된다고 보고하였고, Pearson과 Longman⁹⁾은 단량체가 복합체로 불완전하게 전환될 때 용해

도가 증가되었다고 보고하였다. Rueggeberg 등^{10,28)}과 Ferracane²⁹⁾은 경도가 잔존이중결합의 양을 측정하는 간접적인 지표가 됨을 주장하여 잔존이중결합 양에 따른 경도의 변화가 현격함을 보고하였고, 또한 미반응 이중결합은 산소와 결합능력이 커서 전단결합강도를 치하시킨다고 하였다.

한편 복합레진의 미반응 단량체가 치수조직에 미치는 영향에 관하여는, Bloch 등²⁹⁾은 이 장제를 도포하지 않고 복합레진을 수복한 경우 silicate cement로 수복한 경우와 비슷한 정도의 치수반응을 나타냈다고 보고하였고, Fujisawa 등^{11,12)}은 Bis-GMA가 소수성(hydrophobic)이고 MMA보다 높은 용혈작용을 가지며 고농도 단량체는 세포막의 liposomes을 용해시키는 성질이 있다고 보고하였다. Anderson 등³⁰⁾에 의하면 불완전한 중합으로 발생된 미반응 단량체는 조직액에 쉽게 확산되어 치수의 주요 구성세포인 섬유아세포에 심각한 독성을 나타냈다고 하였다. 정 등¹³⁾도 치수의 섬유아세포에 대한 레진충전재의 세포독성 평가실험에서 6일째 뚜렷한 세포수의 감소를 관찰하였다고 보고하였다. Furuya³¹⁾는 심견 치아의 5급와동에 Bis-GMA와 TEGDMA를 삽입하고 4개월 경과 후 SEM과 TEM 관찰시 조상아세포의 변성과 소실을 확인할 수 있었다.

복합레진내 잔류 단량체의 분석을 위해 과거 NMR spectroscopy를 비롯하여, C=C 이중결합이 C-C 단일결합으로 전환되는 정도를 측정하는 FTIR²¹⁻²³⁾, MIR spectrometer^{1,7,15,32)} 등의 방법이 있고, 성분 분석을 위해서는 Gas-liquid chromatography^{20,33)}, UV/Vis Spectrophotometer¹⁶⁾와 HPLC^{4,17,34)} 등이 이용되었다. 이 중 HPLC는 레진의 성분 측정에 적당한 방법으로, Ruyter와 Sjøvik⁴⁾는 복합레진 구성성분의 정량분석과 정성분석에 이용하였고, Inoue와 Hayashi¹⁷⁾는 9종의 화학중합형 복합레진내 Bis-GMA의 잔류량을 측정하였으며, Miyazaki와 Horibe³⁴⁾는 pendant 이중결합량, 잔류 단량체, 가교형성 및 중합정도의 측정을 위하여 사용하였다.

저자는 예비실험에서 미반응 Bis-GMA의

양을 측정하기 위하여 양 등¹⁶⁾이 사용한 UV/Vis spectrophotometer를 이용하여 Bis-GMA 표준용액의 최고 흡수율을 보이는 파장(λ max)이 276nm와 283nm임을 확인하고 시료를 측정하였으나 매우 불안정한 결과를 보였기 때문에, 본 실험에서는 HPLC를 이용하여 6종의 전치부 및 구치부용 가시광선 중합형 복합레진의 잔류 Bis-GMA와 TEGDMA의 정량분석을 하였다. HPLC는 친수성 물질이 소수성 물질에 비하여 조기 검출되는데, 이에 따라 Bis-GMA가 TEGDMA보다 유보시간이 길게 나타났다. 잔류 Bis-GMA의 양은 Bis-Fil M을 제외한 모든 실험재료에서 0.101~0.194wt%로 Inoue와 Hayashi¹⁷⁾의 화학중합형 복합레진 측정치 0.40~1.21wt%보다 더 적은 양이 검출되었다. 이와같은 결과는 가시광선중합형 레진이 화학중합형 레진에 비하여 단량체의 전환율이 높음을 시사한다.

TEGDMA는 모든 실험재료에서 0.230~5.794wt%로 Bis-GMA의 검출량보다 크게 나타났다($p < 0.01$). 이는 Bis-GMA는 분자량이 크고 점도가 높아 심부의 미반응물이 용출되기가 용이하지 않으나 TEGDMA는 희석제(diluent monomer)로서 심부 미반응물의 용출도 가능하기 때문으로 추측된다.

Bis-Fil M과 Bis-Fil P에서 미반응 단량체의 검출이 많은 이유는 다른 재료가 hybrid type인데 반하여 이들은 microfilled type으로 입도가 작은 microfilled type은 filler를 고농도로 배합하기 어려워 상대적으로 레진기질의 양이 많을 뿐 아니라²⁾ 조사된 가시광선의 산란효과가 커서 심부의 중합정도가 저하된다³²⁾. 또한 미리 중합된 유기 filler를 상당량 포함하기 때문에 미반응 단량체의 용출 가능성이 많기 때문으로 생각된다.

전치부용 복합레진과 구치부용 복합레진간의 미반응 단량체 양은 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 다만 Bis-GMA 양에 있어서 Bis-Fil과 Clearfil에서 구치부용 복합레진에 비하여 전치부용 복합레진에서 많은 양이 검출되었는데($p < 0.01$), 이와같은 결과는 구치부레진보다 전치부레진의 레진기질 함량이 상

대적으로 크기²⁾ 때문에 생각되나 이에 대하여는 계속 연구가 필요하다고 사료된다.

유보시간 3.25분 부근에서 하나의 PA가 나타났는데, 이는 Ruyter와 Sjøvik⁴⁾이 reversed phase HPLC에서 측정한 바 simple aromatic dimethacrylate인 Bis-MA로서 Photo Clearfil Bright를 제외한 대부분의 시료에서 소량 검출되었다. 이외에도 몇몇의 PA가 있었으나 특정 단량체로 확인할 수는 없었다.

이상과 같은 연구에서 치과용 가시광선중합형 복합레진의 중합 후 잔류 미반응 단량체의 존재는 불가피하기 때문에 이를 최소로 하기 위한 연구가 계속되어야 함은 물론 치수에 자극을 주지 않는 단량체의 개발노력이 이루어져야 될 것으로 본다.

V. 결 론

국내에서 시판되는 6종의 전치부 및 구치부 수복용 가시광선중합형 복합레진을 이용하여 각 8개씩 총 48개의 시편을 제작하였다. 시편을 ethanol에 침지시켜 37±0.3°C 항온기에서 5일간 처리한 시료를 HPLC를 이용하여 단량체 Bis-GMA 및 TEGDMA의 잔류량을 정량 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사용된 모든 재료에서 Bis-GMA와 TEGDMA가 검출되었으며, Bis-GMA는 0.101~1.236wt%, TEGDMA는 0.230~5.794wt%로 나타났다.

2. TEGDMA가 Bis-GMA 보다 많이 검출되었다(p<0.01).

3. microfilled type인 Bis-Fil M에서 가장 많은 잔류단량체가 검출되었다.

4. 대부분의 재료에서 전치부용 복합레진과 구치부용 복합레진간에 잔류단량체 양의 차이는 인정할 수 없었다.

REFERENCES

1. Ruyter I.E.: Monomer systems and polymerization. In: Posterior composite resin

dental restorative materials. Vanherle G. and Smith D.C., Eds., Amsterdam: Peter Szulc Publishing Co., pp. 109-126, 1985.

2. 藤井弁次, 平澤 忠, 小野瀬英雄: 光重合レゾンの臨床. 醫齒藥出版株式會社, 2-23, 1990.
3. Bowen R.L.: Compatibility of various materials with oral tissues. I: The components in composite restorations. J Dent Res, 58:1493-1503, 1979.
4. Ruyter I.E. and Sjøvik I.J.: Composition of dental resin and composite materials. Acta Odontol Scand, 39:133-146, 1981.
5. Asmussen E.: Factors affecting the quantity of remaining double in restorative resin polymers. Scand J Dent Res, 90:490-496, 1982.
6. Asmussen E.: Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. Scand J Dent Res, 90:484-489, 1982.
7. Ruyter I.E. and Svendsen S.A.: Remaining methacrylate groups in composite restorative materials. Acta Odontol Scand, 36: 75-82, 1977.
8. Smith D.C.: Posterior composite dental restorative materials. In: Posterior composite resin dental restorative materials. Vanherle G. and Smith D.C., Eds., Amsterdam: Peter Szulc Publishing Co., pp. 47-50, 1985.
9. Pearson G.P. and Longman C.M.: Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by a visible-light curing system. J Oral Rehab, 16:57-61, 1989.
10. Rueggeberg F.A. and Craig R.G.: Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. J Dent Res, 67:932-937, 1988.
11. Fujisawa S., Imai Y., Kojima K. and

- Masuhara E.: Studies on hemolytic activity of bisphenol a diglycidyl methacrylate (Bis-GMA). *J Dent Res*, 57:98-102, 1978.
12. Fujisawa S., Kadoma Y. and Masuhara E.: Action of drugs, and monomers on liposomes. *J Dent Res*, 61(10):1206-1210, 1982.
 13. 정선희·정성수 : 복합레진의 세포독성에 관한 실험적 연구. 대한치과보존학회지, 16(1) : 158-166, 1991.
 14. Weaver R.E. and Goebel W.M.: Reactions to acrylic resin dental prostheses. *J Prosthet Dent*, 64:25-31, 1990.
 15. Vankerckhoven H., Lambrechts P., Beylen M.V., Davidson C.L. and Vanherle G.: Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. *J Dent Res*, 61:791-795, 1982.
 16. 양홍서·박영준 : 복합레진의 조성 변화가 물리적 성질에 미치는 영향에 관한 연구. 대한치과의사협회지, 27 : 185-199, 1989.
 17. Inoue K. and Hayashi I.: Residual monomer (Bis-GMA) of composite resins. *J Oral Rehab*, 9:493-497, 1982.
 18. Koda T., Tsuchiya H., Yamauchi M., Hoshino I., Takagi N. and Kawano J.: High-performance liquid chromatographic estimation of eluates from denture base polymers. *J Dent*, 17:84-89, 1989.
 19. Koda T., Tsuchiya H., Yamauchi M., Ohtani S., Takagi N. and Kawano J.: Leachability of denture-base acrylic resins in artificial saliva. *Dent Mater*, 6:13-16, 1990.
 20. 허성윤 : 가시광선 중합형 레진의 잔류 Camphorquinone 함량에 관한 분석 연구. 경희치대 논문집, 11 : 335, 1989.
 21. Chung K.H.: The relationship between composition and properties of posterior resin composites. *J Dent Res*, 69:852-856, 1990.
 22. Ferracane J.L. and Greener E.H.: Fourier transform infrared analysis of degree of polymerization in unfilled resins-Methods comparison. *J Dent Res*, 63:1093-1095, 1984.
 23. Ferracane J.L.: Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater*, 1:11-14, 1985.
 24. Swartz M.L., Phillips R.W. and Rhodes B.: Visible light-activated resins—depth of cure. *J Am Dent Assoc*, 106:634-637, 1983.
 25. McCabe J.F.: Development in composite resins. *Br Dent J*, 157:440-444, 1984.
 26. Ferracane J.L. and Condon J.R.: Rate of elution leachable components from composite. *Dent Mater*, 6:282-287, 1990.
 27. Asmussen E.: Softening of Bis-GMA based polymers by ethanol and by organic acids of plaque. *Scand J Dent Res*, 99:257-261, 1984.
 28. Rueggeberg F.A. and Margeson D.S.: The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*, 69: 1652-1658, 1990.
 29. Bloch W.W., Austin J.C., Cleaton-Jones P.E., Wilton-Cox H. and Fath L.P.: Pulpal response to a new visible light-cured composite restorative material: Fotofil. *J Oral Patho*, 6:278-287, 1977.
 30. Anderson D.A.F., Ferracane J.L., Zimmermann E.R. and Kaga M.: Cytotoxicity of variably cured light-activated dental composites. *J Dent Res*, 67:226, Abr. 905, 1988.
 31. Furuya K.: Electron microscopic study of canine dentin and odontoblast following the insertion of various composite resin monomers. *Fukuoka-Shika-Daigaku-Gakkai-*

- Zasshi, 16(4):572-99, 1989.
32. Ruyter I.E. and Φysaed H.: Conversion in different depths of ultraviolet & visible light activated composite materials. Acta Odontol Scand, 40:179-192, 1982.
 33. Baker S., Brooks S.C. and Walker D.M.: The release of residual monomeric methyl methacrylate from acrylic appliances in the human mouth: An assay for monomer in saliva. J Dent Res, 67:1295-1299, 1988.
 34. Miyazaki K. and Horibe T.: Polymerization of multifunctional methacrylates and acrylates. J Biomed Mater Res, 22(11):1011-22, 1988.

– ABSTRACT –

QUANTITATIVE ANALYSIS OF RESIDUAL MONOMERS IN VISIBLE LIGHT-CURED RESINS

Kyoung - Kyu Choi, 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 estimate the contents of the residual monomers, such as Bis-GMA and TEGDMA.

In this study, materials used were six kinds of anterior and posterior visible light-cured resins. Resins were placed in disk-shaped Teflon mold (8.5mm in diameter, 2.0mm in thickness), and cured for 20 seconds with visible light source attached wide diameter lightguide.

The specimens were immersed in 10ml ethanol and stored for 5 days at 37°C.

The concentration of residual monomers in eluate solution was analysed by HPLC, and the following results are obtained.

1. The residual Bis-GMA and TEGDMA were detected in all materials used, and the ranges of quantity of the residual Bis-GMA was 0.101-1.236 wt% and that of TEGDMA was 0.230-5.794 wt%.
2. The contents of residual TEGDMA was detected higher than that of residual Bis-GMA ($P < 0.01$).
3. The content of residual monomers was detected to be highest in Bis-Fil M as microfilled type.
4. In most of the materials used, there was no significant difference in the contents of residual monomers between anterior and posterior light-cured resins.