

조사광이 통과하는 치질의 두께와 광조사시간에 따른 광중합형 복합레진의 중합률에 관한 연구

황기환 · 장인호 · 이세준 · 이광원
전북대학교 치과대학 치과보존학교실 및 구강생체과학연구소

ABSTRACT

A STUDY ON THE DEGREE OF CONVERSION OF LIGHT CURING COMPOSITE RESIN ACCORDING TO THE THICKNESS OF TOOTH STRUCTURE PENETRATED BY LIGHT AND APPLIED LIGHT CURING TIME

Kee-Hwan Hwang, In-Ho Jang, Se-Joon Lee, Kwang-Won Lee
*Department of Conservative Dentistry & Institute for Oral Bioscience,
College of Dentistry, Chonbuk National University*

Physical properties of composite resins such as strength, resistance to wear, discoloration, etc depend on the degree of conversion of the resin components. The purpose of this study was to evaluate the degree of conversion of the composite resins according to the thickness of tooth structure penetrated by light and applied light curing time. The coronal portions of extracted human teeth (one anterior tooth, three posterior tooth) was embedded by pink denture material. the mounted teeth were cut into three illumination sections (1mm thickness enamel section, 1mm thickness dentin section, 2mm thickness dentin section) and one backing section with cutting wheel. Thin resin films were made by using 6kg pressure between slide glass during 5 minutes.

Thin resin film was light cured on coupled illumination section during 40sec, 80sec and 120sec. each illumination section was coupled as follows; no tooth structure(X), enamel section(E), enamel section + 1mm dentin section(ED1), enamel section + 2mm dentin section(ED2), enamel section + 1mm dentin section + 2mm dentin section(EDD). To simulate the clinical situation more closely, thin resin film was cured against a backing section of tooth structure. The degree of conversion of carbon double bonds to single bonds in the resin films were examined by means of Fourier Transform Infrared Spectrometer. The results were obtained as follows:

1. As curing time was increased, conversion rate was increased and as tooth thickness which was penetrated by curing light was increased, conversion rate was decreased.
2. At all tooth thickness groups, conversion rate between 80sec and 120sec was not significantly increased($P>0.05$).
3. At 40sec group and 80sec, conversion rate between no tooth structure(X) group and 1mm enamel section(E) group was not significantly decreased($P>0.05$).
4. At 80sec group and 120sec, conversion rate between 1mm enamel section(E) group and 1mm enamel section + 1mm dentin section(ED1) group was not significantly decreased($P>0.05$).

I. 서 론

최근 치질을 보존하려는 경향과 함께 가시광선 중합형 복합 레진은 물성이 개선되고 이에 따라 아말감을 대체하는 수복재로 많이 사용되고 있으며 현재 인접면 와동에서도 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 재료의 발달에도 불구하고 중합수축에 따른 미세누출, 교합력에 의한 마모 등의 문제가 여전히 풀리지 않고 있다.

화학중합형 복합 레진은 중합반응이 수복물 전체에 걸쳐 균일하게 이루어지고 온도가 높은 치수쪽으로 중합수축이 일어나며 중합이 수복물의 두께, filler의 종류와 크기, 레진의 광흡수 등에 무관하게 나타난다고 보고되어진다¹⁾. 이에 반해 가시광선 중합형 복합 레진의 경우 수복물의 깊이, 광원의 강도에 따라 중합정도가 다르며²⁾ 중합수축이 광원쪽으로 일어나고³⁾ 이로 인해 중합수축에 의한 미세누출에 따른 민감성이 많이 나타나고 있다.

복합 레진의 물리적 성질은 중합체내에 잔존된 미반응 단량체내의 이중결합과 관계가 있는 것으로 보고된다⁴⁾. 중합률이 낮은 레진은 중합률이 높은 것보다 상대적으로 많은 미반응 이중결합을 갖으며 이 미반응 이중결합이 중합체 기질의 분해반응에 민감하게 작용하여⁵⁾ 레진의 강도, 색안정성, 마모저항도를 저하시키는 물리적 성질변화의 원인 될 뿐만아니라⁶⁾ 생체조직의 자극을 야기한다고 보고되고 있다⁷⁾.

가시광선 중합형 복합 레진을 이용한 인접면 와동의 수복의 경우 중합수축에 따른 미세누출 방지 및 중합률을 증가시키기 위해 clear matrix와 reflecting wedge를 이용하거나 복합레진 적용 시 incremental technique을 사용하고 있으며 광원의 직접적인 도달이 어려운 부위의 경우 화학중합복합 레진을 사용하기도 한다. 그러나 화학중합형 복합 레진의 경우 기포함입, 작업시간의 조절이 불가능하다는 단점이 있다.

Cook¹⁾는 광중합 레진의 중합깊이는 광도 및 시간에 영향

을 받으며 2mm이상의 두께를 갖는 수복물에서 10배 이상의 광조사 시간이 필요하다고 보고하였으며 가시광선을 이용하는 복합 레진은 투과성이 우수하고, 광선의 강도도 자외선에 비해 크기 때문에 3~6mm의 깊이에서도 충분한 중합을 얻을 수 있다⁸⁾고 보고한 바 있다. 또한 Jordan등⁹⁾은 가시광선 중합형 복합 레진의 경우, 순측 혹은 설측 법랑질 통과시 최소 2.5~3.0mm, 최대 4.5mm까지 중합이 가능하다고 보고하였다.

앞선 연구를 토대로 광원의 직접적인 도달이 어려운 와동의 가시광선 중합형 복합 레진 수복 시 치질을 통한 중합이 적절하다면 중합수축에 따른 미세누출 및 중합률 저하의 문제점이 해결될 수 있을 것이다.

이에 중합광이 통과하는 치질의 두께에 따른 가시광선 복합 레진의 중합정도 및 중합시간에 따른 중합률의 변화에 대해 알아보고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

최근 발거된 치아우식증이 없는 구치 및 전치를 이용하여 치아시편을 제작하였다. 레진 시편의 제작에는 현재 많이 사용되고 있는 전치 및 구치부수복용 가시광선중합형 복합 레진인 Z-100(3M Co, U.S.A)을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 치아시편(illumination section and backing section)제작

높이 3cm, 직경 2.5cm인 hole이 형성된 Teflon mold에 의치상 레진을 이용하여 치아우식증이 없이 발거된 2개의 구치를 교합면이 바닥을 향하도록, 1개의 전치를 순면이 바

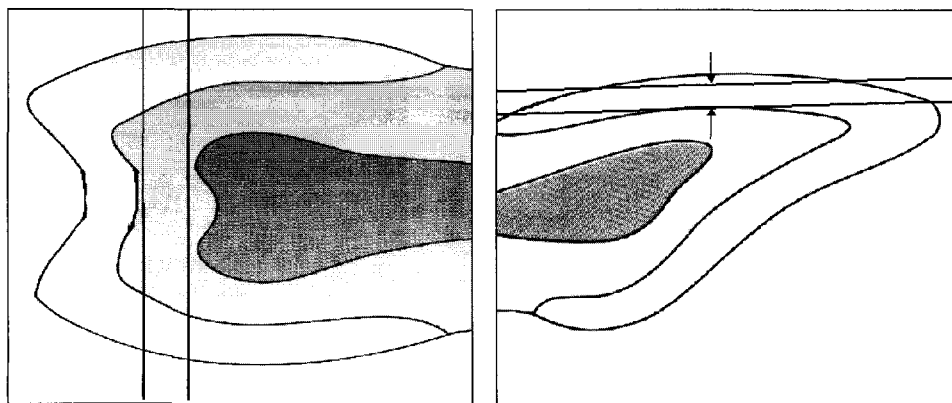


Fig. 1. Schematic diagram of making illumination sections

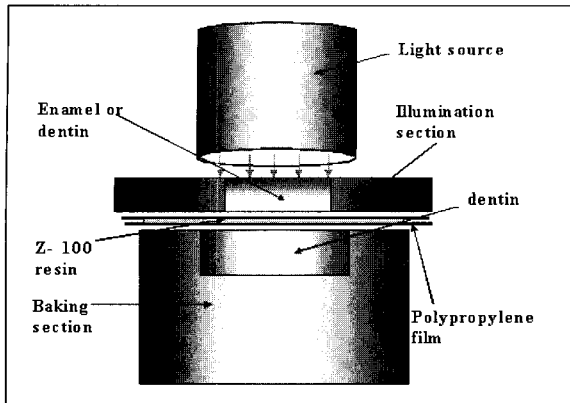


Fig. 2. Schematic diagram of the experimental model

다를 향하도록 각각 매물하여 레진 block을 형성한 후 Fig. 1에서 보여지는 것처럼 diamond saw(South bay technology, Model 650)를 이용하여 각각 1.5mm, 2.5mm, 1.5mm로 절삭한 후 400 grit 연마지를 사용하여 두께가 각각 1mm, 2mm인 상아질 시편과 두께가 1mm인 법랑질 시편을 제작하였다. 제작된 시편은 건조방지를 위하여 식염수에 보관하였다. 같은 방법을 사용하여 1개의 구치를 이용하여 상아질 부위의 천공이 없는 backing section을 제작하였다.

2) 레진 필름 제작

내경이 4mm, 길이 1mm의 레진을 polypropylene film(SamYangSa Co. Korea)이 놓인 슬라이드 글래스 사이에 놓고 6.0kg/중의 힘으로 5분간 가압하여 동일한 두께의 필름을 제작하였다.

3) 시편의 중합

제작된 레진 시편을 backing section의 중앙부에 위치시킨 후 illumination section을 올려놓은 다음 광조사 시간을 40초, 80초, 120초로 달리하여 3M XL 3000 (3M, U.S.A)을 이용하여 광중합하였다(Fig. 2). 올려놓은 illumination section의 조합에 따라 아래와 같이 분류하여 시행하였다.

- 실험 1군(대조군): 치아 시편없이 중합(X),
 - 실험 2군: 1mm 법랑질 시편(E)만 놓고 중합
 - 실험 3군: 1mm 법랑질 시편(E) + 1mm 상아질 시편(D1)을 놓고 중합
 - 실험 4군: 1mm 법랑질 시편(E) + 2mm 상아질 시편(D2)을 놓고 중합
 - 실험 5군: 1mm 법랑질 시편(E) + 1mm 상아질 시편(D1) + 2mm 상아질 시편(D2)을 놓고 중합
- 각 군에 대해 30개씩, 미중합레진 10개를 포함하여 총

Table 1. The condition of measurement on FT-IR

Accumulation	30		
Resolution	2.00cm ⁻¹	Gain	2.00
mode	% T	Zero filling	on
Depth	0.01	Scan speed	2.0mm/sec

160개의 시편을 제작하여 중합하였다.

4) 중합률의 측정

레진 시편의 중합률을 Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectrometer(JASCO FT/IR-300E, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시편을 0초, 40초, 80초, 120초 광조사한 직후 필름상의 레진 시편을 양면테이프를 이용하여 측정용 tray에 부착시켜 측정대에 위치시킨 다음 Table 1과 같은 조건에서 IR spectrum의 투과율을 측정하였다.

측정된 투과율을 흡수율로 변환한 후 레진의 반응기에 존재하는 탄소-탄소 이중결합(C=C)의 peak인 1638.6cm⁻¹과 벤젠고리내의 탄소-탄소 이중결합(C··C)의 peak인 1608.9cm⁻¹의 흡수율을 기록하였다. 측정된 흡수율을 standard baseline procedure¹⁰⁾를 이용하여 중합률로 계산하였다. 중합률의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{중합률} = (1 - [C=C / C··C] \text{ 중합 후} / [C=C / C··C] \text{ 중합 전}) \times 100$$

III. 실험 결과

Fourier 변환 적외선 분광법을 이용하여 no tooth structure, 1mm enamel, 1mm enamel + 1mm dentin, 1mm enamel + 2mm dentin, 1mm enamel + 1mm dentin + 2mm dentin에서, 미중합, 40초, 80초, 120초의 광조사 시간에 따라 각각 absorbance peak를 얻었다. 측정된 흡수율을 공식에 의해 중합률로 계산하고 중합시간과 통과하는 치질두께에 따른 중합률의 변화는 Kruskal-Wallis test를 이용하여 검증하였고 각 군간 비교는 Turkey HSD test를 이용하여 유의성을 검증하였다(유의수준 P=0.05).

광중합 복합레진의 중합 깊이와 광조사 시간에 대한 중합률의 평균과 표준편차는 Table 2에 표시하였다.

Fig. 3과 Fig. 4에서 보여지는 것처럼 중합시간의 증가에 따른 중합률의 증가와 통과하는 치질의 두께가 증가에 따른 중합률의 감소가 유의성 있게 나타났다(P<0.05).

중합시간의 증가에 따른 중합률의 증가를 살펴보면 enamel section만 올려놓고 중합시킨 군(E)에서는 40초와 80초, 80초와 120초 사이에 통계적으로 유의할만한 중합

률의 증가가 없었다(Table 3).

그외의 모든 군(X, ED1, ED2, EDD)에서는 40초 중합시킨 경우와 80초 중합시킨 경우 사이에 통계적으로 유의할 만한 중합률의 증가가 있었으나(P<0.05) 80초 중합시킨 경우와 120초 중합시킨 경우 사이에서는 통계적으로 유의할 만한 중합률의 증가가 없었다(Table 4).

조사광이 통과하는 치질의 두께에 따른 중합률의 변화를 살펴보면 중합시간이 40초인 경우 illumination section없이 중합시킨 군(X)과 enamel section만 올려 놓고 중합시킨 군(E)사이에 통계적으로 유의할 만한 중합률의 감소가

없었다(Table 5).

중합시간이 80초인 경우 illumination section이 없는 군(X)과 enamel section만 올려 놓은 군(E), enamel section만 올려 놓은 군(E)과 enamel section과 1mm dentin section을 함께 올려 놓은 군(ED1)사이에서 통계적으로 유의할 만한 중합률의 감소가 없었다(Table 6).

중합시간이 120초인 경우 enamel section만 올려 놓은 군(E)과 enamel section과 1mm dentin section을 함께 올려 놓은 군(ED1)사이에서 통계적으로 유의할 만한 중합률의 감소가 없었다(Table 7).

Table 2. The degree of conversion rate(%) at each groups(MEAN ± S.D.)

치질	시간(sec)		
	40	80	120
X	18.02±1.09	19.39±0.60	19.76±0.58
E	16.80±1.03	17.55±0.66	18.10±0.99
ED1	13.40±0.76	17.05±0.64	17.53±0.64
ED2	11.58±1.39	13.56±0.51	14.22±0.72
EDD	5.14±0.63	10.56± 3.37	10.85±1.64

Table 3. Multiple comparision at E

	40 sec	80 sec	120 sec
40 sec		*	
80 sec	*		*
120 sec		*	

* Not significant difference at P>0.05

Table 4. Multiple comparision at X, ED1, ED2, EDD

	40 sec	80 sec	120 sec
40 sec			
80 sec			*
120 sec		*	

* Not significant difference at P>0.05

Table 5. Multiple comparision at 40 sec

	X	E	ED1	ED2	EDD
X		*			
E	*				
ED1					
ED2					
EDD					

* Not significant difference at P>0.05

Table 6. Multiple comparision at 80 sec

	X	E	ED1	ED2	EDD
X		*			
E	*		*		
ED1		*			
ED2					
EDD					

* Not significant difference at P>0.05

Table 7. Multiple comparision at 120 sec

	X	E	ED1	ED2	EDD
X					
E			*		
ED1		*			
ED2					
EDD					

* Not significant difference at P>0.05

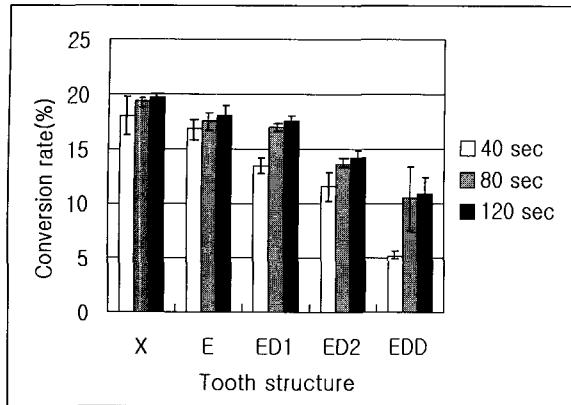


Fig. 3. Conversion rate change according to tooth thickness

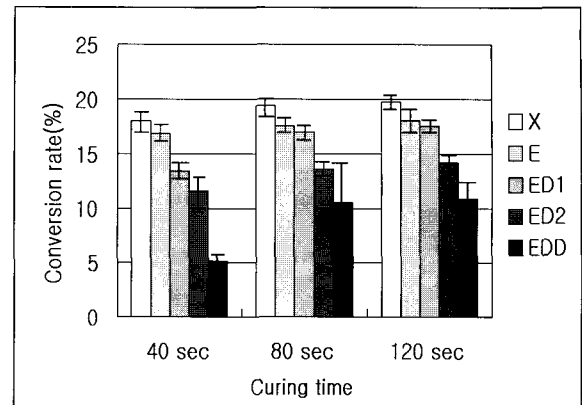


Fig. 4. Conversion rate change according to Curing time

IV. 총괄 및 고안

치과용 복합레진은 1960년대 중반 상업적으로 전치부용 수복재료로 소개되었다¹¹⁾. 그 후로 복합레진은 내구성을 연장시키기 위해 많은 발전을 거듭하여 산부식에 의한 법랑질과의 접촉뿐 아니라 상아질 접착제의 개발과 발전으로 더욱 넓은 범위에 적용되고 있다. 현재 hybrid type의 광중합형 복합레진이 전치와 구치에 모두 사용되고 있다. 그러나 적용부위를 발전시키려는 노력에도 불구하고 현재의 복합레진은 여전히 많은 단점을 가지고 있다. 부적절한 마모저항성, 중합수축으로 인한 변연 적합성 결여가 종종 접하는 문제점이다. 이러한 단점이 복합레진이 1급 및 2급 와동의 수복 시 아말감의 대체용으로 사용되는 것을 방해하고 있다¹²⁻¹³⁾.

광중합형 복합레진은 기질, filler, coupling agent, 그의 첨가물로 구성되는데 기질의 주요성분은 점도가 높고 분자량이 큰 Bis-GMA와, 회색제이며 가교제인 TEGDMA 같은 difunctional monomer이며 소량의 광중합 개시제와 광감성을 높이기 위한 환원제 및 filler와 기질과의 결합을 위한 coupling agent, 착색제와 보존제등의 구성으로 이루어져 있다고 한다¹⁴⁾. 이러한 복합레진의 물리적 성질은 중합된 수복물에 잔존하는 미반응 단량체의 양과 관계가 깊은데¹⁵⁾ 중합률이 낮은 수복물은 상대적으로 많은 미반응 methacrylate group을 가지고 있다. 이러한 미반응 잔류 단량체는 복합레진의 강도, 색안정성과 마모저항성, 전단결합강도와 같은 물리적 성질을 저하시키며¹⁶⁾ 용해도가 증가되고 고농의 단량체는 세포막의 liposome을 용해시킨다고 보고되고 있다¹⁷⁾.

본 실험에서 사용된 Z-100 resin은 전치 및 구치용 hybrid type의 레진으로 66%의 3.5~0.01 μ m의 zirconia/silica filler와 BIS-GMA/TEGDMA를 레진 기질로 구성되어 있다¹⁵⁾.

복합레진의 중합률 측정법은 다양하여 NMR spectroscopy, MIR spectrometer¹⁶⁾, HPLC¹⁷⁾, UV/Vis spectrophotometer¹⁸⁾, Gas-liquid chromatography, FTIR법 등이 있다. Gas-liquid chromatography¹⁹⁾는 다른 화학적인 측정법보다 간편하고 신속한 것으로 소개된바 있으나 시편제작과정 중 중합체의 분말화에 의해 마찰열이 발생하고 이 마찰열에 의해 추가적인 중합이 유발되어 잔류단량체의 양을 감소시킬 수 있다. 적외선 분광법(IR spectroscopy))은 소량의 시편으로 측정이 가능하고 신속하다는 장점이 있다. 적외선 분광법에 의한 중합률의 측정이 간접적인 정도 측정방법에 의한 결과와도 양호한 상관관계가 있다고 보고되고 있다²⁰⁾. 본 실험에서는 시편의 수가 비교적 많고 중합률의 측정이 즉시 이루어져야 하기 때문에 Fourier 변환 적외선 분광법(FTIR)을 사용하였다. FTIR을 이용한 중합률의 분석법은 window용 pellet의 제작 방법에 따라 복합레진을 분말로 만들어 KBr분말과 혼합하여 pellet을 만드는 KBr법과 시편을 박막형태로 연마하여 박막형태로 만드는 thin wafer법 등이 있다. KBr법은 복합레진 시편을 분말로 만들거나 KBr 분말과 혼합을 위해 분쇄하는 과정 중 탄소 분자간의 결합이 파괴될 수 있는 단점이 있어²¹⁾ 본 실험에서는 Chung과 Greener의 방법²²⁾에 따라 복합레진을 두 개의 slide glass사이에 놓고 압력을 가하여 thin film을 만드는 방법을 사용하였다. FTIR은 광원인 적외선 파장내(4000-400 cm^{-1})에서 중합체 사슬에 포함된 functional group의 분자의 진동특성에 기인한 광선의 흡수원리에 기초한 것으로 특정 functional group의 존재유무를 알 수 있다고 한다²³⁾. functional group내의 특정 원자결합은 진동, 굴곡, 신장운동을 반복하며 공유결합 각각의 신장 진동은 스펙트럼의 특정 진동수에서만 적외선을 흡수한다. 따라서 적외선 분광법의 흡수띠의 전이는 분자내의 진동 변화와 연관되며, functional group의 움직임은 적외선 spectrum내 흡수띠

로 나타나는 특정 진동수를 확인함으로써 알아낼 수 있다고 한다²³⁾.

실험에 사용된 Z-100 resin은 Bis-GMA를 주요 기질로 가지고 있는데, 중앙의 aromatic ring 내의 탄소-탄소 이중결합과 말단의 methacrylate groups내에 탄소-탄소 이중결합을 가지고 있다. 이들 탄소-탄소 이중결합은 각각 1609.4cm^{-1} 와 1638.6cm^{-1} 에서 흡수띠를 나타낸다. 복합레진의 중합 시 methacrylate group내의 탄소-탄소 이중결합이 탄소-탄소 단일결합으로 변화되면서 중합이 일어나며 aromatic ring내의 탄소-탄소 이중결합은 변화가 없어 internal reference로 사용된다. 따라서 중합 전과 중합 후의 methacrylate groups내의 탄소-탄소 이중결합의 비를 측정하면 미반응 단량체의 양을 알 수 있다. Guerra 등²⁴⁾은 탄소고리가 없는 UDMA based resin 의 internal reference로 1537cm^{-1} 이 유용하다고 보고하였다. 실제 측정된 흡수띠는 각각 1610cm^{-1} 과 1635cm^{-1} 이었다. 이는 측정조건에 따라 흡수띠의 범위가 변하기 때문이다.

가시광선 중합형 복합레진의 중합률은 다양하게 보고되고 있다. Chung과 Greener²²⁾는 43.5%~73.8%를, Ruyter¹⁴⁾는 55~73%를, Ferrance과 Greener²⁰⁾는 55~72%를, 김 등²⁵⁾은 Z-100 resin이 35%의 중합률을 보이며 이는 filler인 zirconium이 빛의 투과성에 취약하기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서는 최고 약 20%의 중합률을 보였는데 이는 김 등의 실험에서와 같은 Z-100 resin을 사용하고 backing section으로 조사광의 반사율이 높은 white paper대신 dentin을 사용하였고 각 illumination section를 조합시켰을 때 완전한 밀착이 이루어지지 않았기 때문으로 사료된다.

가시광선 중합형 복합레진의 중합률은 다양한 인자에 영향을 받는다. 대부분의 광중합형 복합레진의 기초가 되는 단량체는 aromatic difunctional monomer인 Bis-GMA이다. Bis-GMA와 희석제의 성분비도 중합률에 영향을 미치는데 Ruyter 등¹⁴⁾은 희석제(HEMA)의 양이 감소할수록 재료의 점도가 높아지고 중합반응 시 free radical의 확산이 원활하게 일어나지 못하므로 중합률이 감소한다고 하였다. 그러나 문 등²⁶⁾은 접착레진의 경우에는 희석제가 많을수록 산소확산을 쉽게 허용하여 두꺼운 중합 방해층을 형성하므로 중합률이 낮게되며 Bis-GMA 함량이 60~70%인 경우가 높은 중합률을 보인다고 하였다. UEDMA와 HEMA와 같은 non aromatic monomer를 사용한 레진은 Bis-GMA와 TEGDMA를 사용한 레진에 비해 viscosity가 낮고 중합 반응의 마지막 단계에서 유연성을 유지하므로 중합률이 높다고 보고된다²⁷⁾. 광중합 복합레진에 첨가되는 중합개시제와 억제제의 농도도 중합률에 영향을 미친다. Asmussen²⁸⁾은 중합억제제의 양이 증가하면 중합률이 감소한다고 보고하였고 Peutzfeldt 등²⁹⁾은 propanal agent를

첨가할 때 중합률이 증가한다고 보고하였다.

Filler의 종류도 중합률에 영향을 미치는데 미세입자형 복합레진은 입자가 작기 때문에 거대 필러인 석영이나 유리형 필러보다 더 많은 빛을 흡수하므로 중합이 어려우며 큰 무기질 필러를 갖는 투명한 복합레진에서 필러의 함유율이 높을수록 중합률이 증가하지만 과도한 필러 함유율은 복합레진을 불투명하게 해 광중합을 어렵게 한다고 보고되고 있다³⁰⁾.

조사광의 종류도 중합에 영향을 미치는데 Tarle 등³¹⁾은 pulse laser로 조사할 때 halogen lamp를 이용하는 light gun을 이용할 때 보다 높은 중합률을 보인다고 보고하였다.

Fan과 stanford³²⁾는 backing reflectance가 중합률에 영향을 줄 수 있다고 보고하였으며 black backing은 흰색인 경우보다 빛의 반사율의 감소에 의해 중합률이 감소한다고 하였다. 본 실험에서는 실제와 동일하게 하기 위해 backing section을 상아질로 제작하였다.

통과되는 레진의 두께 및 치질의 두께도 중합률에 영향을 미친다. Standlee 등³³⁾은 가시광선중합은 범랑질을 통해 일어날 수 있지만 광을 직접 조사한 경우의 1/3~2/3정도만 중합되므로 다른 방법이 없을 때만 사용되어야 한다고 하였으며 Weaver 등³⁴⁾은 3mm 두께의 치질 통과 시까지는 임상적으로 허용할만한 중합률을 갖는다고 보고하였고 Jordan 등⁹⁾은 가시광선 중합형 레진의 경우, 순측 혹은 설측 치질 통과 시 복합레진이 최소 2.5~3.0mm, 최대 4.5mm까지 중합이 가능하다고 보고하였다. 그러나 통과되는 치질의 두께 및 두께내에 분포하는 범랑질과 상아질의 종류에 따른 중합률을 정량화하지는 못했다. 본 실험에서는 실험의 표준화를 위해 범랑질편 1mm, 상아질편을 각각 1mm, 2mm씩 두께별로 제작하였다. 40초 조사한 경우와 80초 조사한 경우에는 X group과 E group에서 중합률의 유의할 만한 감소가 없었다. 이는 범랑질편을 통과하는 경우 중합률의 감소가 적음을 나타내는 것으로 이는 범랑질이 빛에 대해 반투과성이며 사용된 시편의 두께가 얇기 때문으로 사료된다. 그러나 120초 조사한 경우에는 유의할 만한 중합률의 감소가 있었다. 이는 실험상의 오류에 의한 결과로 여겨지며 illumination section을 시편에 올려놓을 때 특정부위가 중앙에 오도록 하지 못하였기 때문으로 사료된다. 120초 조사한 경우에서 X group과 E group사이에서 중합률의 유의할 만한 감소가 없다고 가정한다면 1mm 범랑질을 통한 광조사는 복합레진을 중합시키기에 충분하다고 할 수 있다. 80초 조사한 경우와 120초 조사한 경우 E group과 ED1 group 사이에 통계적으로 유의할 만한 감소가 없었다. 이는 1mm enamel을 통해 40초간 조사한 경우 중합률의 유의할 만한 감소가 없는 것과 마찬가지로 조사시간을 2~3배 연장시키면 1mm enamel과 1mm dentin층을 통해 적절히 광중합이 일어날 수 있음을 보여준다. 이는

Standlee 등의 연구와 같은 결과이다. 이는 Weaver의 연구에 비해 적은 치질의 양이지만 조사시간을 2배~3배 연장하면 2mm정도의 치질을 통한 중합이 가능함을 보여준다.

V. 결 론

조사광이 통과하는 치질의 두께와 광조사 시간에 따른 광중합형 복합레진의 중합률의 변화를 연구하기 위하여 최근에 발거된 우식이 없는 구치와 전치를 이용하여 범랑질과 상아질 삭편을 일정한 두께로 제작하여 illumination section과 backing section을 만들고 illumination section을 조합하여 backing section 위의 resin filme에 올려 놓은 다음 각각 40초, 80초, 120초 중합한 후 FTIR을 이용하여 중합률을 계산하고 Kruskal-Wallis test와 Duncan test를 이용하여 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 조사광이 통과하는 치질의 두께가 증가할수록 중합률은 감소하였고, 광조사시간이 증가할수록 중합률은 증가하였다(P<0.05).
2. 모든 치질의 두께에서 80초 조사한 경우와 120초 조사한 경우 사이에 통계적으로 유의할 만한 중합률의 증가가 없었다(P>0.05).
3. 40초와 80초 조사한 경우 X group과 E group사이에서 통계적으로 유의할 만한 중합률의 감소가 없었다(P>0.05).
4. 80초와 120초 조사한 경우 E group과 ED1 group사이에서 통계적으로 유의할 만한 중합률의 감소가 없었다(P>0.05).

이상과 같이 치질을 통한 중합은 중합률의 감소가 나타나므로 다른 방법이 없을 경우에만 시행되어야 하며 1mm enamel을 통과할 경우 중합시간의 증가없이 가시광선 중합형 복합레진의 적절한 중합이 가능하며 1mm enamel과 1mm dentin을 통과할 경우 중합시간을 2배이상 증가시키면 적절한 중합이 가능하리라 사료된다.

참고문헌

1. Cook, W.D.: Factor affecting the depth of cure of UV-polymerized composites. *J. Dent. Res.* 59:800-808, 1980.
2. Reinhardt, K.J., VAhl, J.: Zur Frage der Aushärtung und photo polymeriaierbarer kpmposiste in Unterschritten. *Dtsch. Zan-naerztl.* 36:8-10, 1981.
3. Inai Y. et al.: The importance of polymerization initiator system and interfacial initiation of polymerization in adhesive bonding of resin to dentin. *J. Dent. Res.* 70:1088, 1991.
4. Ruyter, I.E., Svendsen, S.A.: Remaining methacrylate group in composite restorative materials. *Acta Odontol.*

- Scand. 36:75-82, 1978.
5. Grassie, N.: Chemistry of high polymer degradation process. Bulter worth pub. 255:1956.
6. Ruyter, I.E., Oyased, H.: Compressive creep of light cure resin based restorative materials. *Acta Odontol. Scand.* 40:359-364, 1982.
7. Inoue, K., Hayashi, I.: Residual monomer(Bis-GMA) of composite resin. *J. Oral. Rehab.* 9:493-497, 1982.
8. Cook, W.D.: Spectral distributions of dental photopolymerization source. *J. Dent. Res.* 61:1436-1438, 1982.
9. Jordan, R.: Esthetic composite bonding, technique and materials. 20: 2nd edit.: Mosby Year Book
10. Heigl, J., Bell, M. and White, J.: Application of infrared spectroscopy to the analysis of liquid hydrocarbon. *Analytical chemistry.* 19. 293.
11. Bowen, R.L.: Dental filling material comprising vinylsilane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl methacrylate. US Patent 1962, 3, 066, 112.
12. Full, C.A., Hollander, W.R.L: The composite resin restoration. A literature review part III. what the future holds. *J. Dent. Child* 60: 57-60, 1993.
13. Rerracnace, J.L.: Using posterior composites appropriately. *J. Am. Dent. Assoc* 123:53-58, 1992.
14. Ruyter, I.E.: Monomer systems and polymerization. In: posterior composite resin. dental restorative materials Vanherle, G. and Smith, D.C., Eds., Amsterdam: Peter Szule Publishing Co., pp 109-126, 1985.
15. Mannual of Z-100 composites.
16. Ruyter, I. E., Oysaed, H.: Conversion in different depth of ultraviolet and visible light actived composite materials. *Acta Odontol. Scand.* 40:179-192, 1982.
17. Peter, K., Ralf, K.: Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization. *American J. of Dent.* vol 11, No 1: 17-23.
18. 양홍서, 박영준: 복합레진의 조성변화가 물리적 성질에 미치는 영향에 관한 연구, *대한치과보존학회지*, 27:185-199, 1989.
19. Swarz, M.L., Phillips, R.W., Rhodes, B.: Visible light activate resins-depth of cure. *J. Dent. Res.* 61:270, 1982.
20. Ferrance, J.L., Greener, E.H.: Fourier transform infrared analysis of polymerization in unfilled resins. methods comparision *J. Dent. Res.* 63:1093, 1984.
21. 김덕, 민병순, 최호영, 박상진, 최기운: 아르곤 레이저에 의한 복합레진의 중합 시 물성변화에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 23(1):1-20, 1998.
22. Chung, K., Greener, E.H.: Degree of conversion of seven visible light-cured posterior composites. *J. Oral Rehab.* 15:555-560, 1988.
23. Koenig, J. L.: Fourier transform infrared spectroscopy of polymers 89-147, *Advances in polymer science.*
24. Guerra, R. M. et al: FTIR monomer conversion analysis of UDMA-based dental resins. *J. Oral Rehab.* 23:632-637, 1996.
25. 김경현, 권오승, 김현기, 백규철, 엄정문, 권혁춘: 수종의 광중합 복합레진의 중합깊이와 광조사시간에 따른 중합률에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 22:1:35-53, 1997.
26. 문은재, 김병현, 조병훈, 권혁춘: 실험적 접착레진의 단량체 조성비에 따른 중합률 및 전단결합강도에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 24:1: 1999.
27. Anne Peutzfeldt: Resin composite in dentistry ; the monomer systems *E. J. oral Sci.* 105:97-116 1997.
28. Asmussen, E.: Factors affecting the quantity of remaining double bond in restorative resin polymers.

- J. Dent. Res. 90:490-496, 1982.
29. A. Peutzfeldt: Quantity of remaining double bonds of propanal-containing resins J. Dent. Res. 73(10):1657-1662, 1994.
30. Eliades, G.G., Vougiouklais, G.J., Caputo, A.A.: Degree of double bond conversion in light cured composites. Dent. Mat. 3:19-25, 1987.
31. Z. Tarle, A. Meniga, M. Ristic, J. Sutalo, G.Pichler, C.L. Davidson: The effect of the photopolymerization method on the quality of composite resin samples. J. Oral. Rehab. 25:436-442, 1998.
32. Fan, P.L., Stanford, C.M.: Effect of backing reflectance and mold size on polymerization of photo-activated composite resin. J. Dent. Res. 63:1245-1247, 1984.
33. Standlee, J.P., Caputo, A.A., Hokama, S.N.: Light cured composites. Calif. Dent. J. 16:25-28, 1988
34. Weaver, W.S., Blank, L.W., Pelleu, G.B.: A visible light activated resin cured through tooth structure. Gen. Dent. 36:136-137, 1988.