

가시광선의 파장과 광도가 광중합형 복합레진의 경화에 미치는 영향

부산대학교 치과대학 치과보존학교실

이채경 · 허 복

- 목 차 -

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문요약

I. 서 론

아크릴릭 레진의 물리적, 기계적 성질의 단점을 보완한 화학 중합형 복합레진이 개발된 이후 심미적 수복재료로서 그 사용이 급속하게 증가하였다. 그러나 화학 중합형 복합레진은 2개의 paste를 혼합함과 동시에 경화가 진행되는 특성을 가지고 있기 때문에 경화시간이 한정되어 있어서 수복과정에서 술자가 시간적인 제약을 받으며 혼합시 기포가 혼입될 우려가 있다. 이러한 결점을 보완하기 위하여 1970년대 초반에 자외선에 의해 중합 반응이 개시되는 광중합형 레진이 개발되었으나 자외선의 성질에 기인한 생물학적 위해성과 경화 깊이의 한계 때문에 근래에는 가시광선을 복합레진의 경화에 널리 사용하고 있다.¹⁻⁵⁾ 그러나 광중합형 레진의 광선에 의해 표면에서 심부로 경화가 진행되기 때문에 사

용하는 광조사기의 성능과 수복 재료의 성질 및 와동의 크기에 따라 경화 정도가 달라질 수 있다.

따라서 광중합형 레진의 경화 특성에 관한 연구들을 살펴보면 Blankenau등⁷⁾은 광조사기의 파장과 광도를 측정하였으며 Friedman등⁶⁾은 광도와 경화 깊이간의 관계에 대하여, Kilian등⁸⁾, Backer⁹⁾등은 특정한 파장에서의 광도가 경화 깊이에 미치는 영향에 관하여 보고하였다. 경화 깊이를 측정하는데 여러 가지 방법이 있는데 Slijbrant등¹⁰⁾은 색소를 이용해서 경화된 부분과 경화되지 않은 부분을 구분하였으며, Backer등⁹⁾, Kilian등¹⁴⁾, Fan등¹¹⁾, 정등¹²⁾은 경화되지 않은 부분을 예리한 기구로서 긁어 낸(scraping) 후 경화 깊이를 측정하였고, Newman등¹³⁾은 stereoscopic microscope를 사용하여 그 투과도 정도에 따라 구분하여 측정하였다. 그러나 대부분의 연구^{6,8,11,15-32)}에서는 경화의 정도를 나타내는 표면 경도를 기준으로 판정하였다.

경화 깊이는 주형의 광투과성, 크기, 경화시간 등 여러가지 실험조건에 의해서 영향을 받는다. Kilian등¹⁴⁾, Denyer등¹⁵⁾은 광투과성이 좋은 중합체 주형을 사용할 때가 금속 주형을 사용할 때보다 더 깊이 경화된다고 하였으며, Kilian등¹⁴⁾은 주형의 크기가 큰 경우보다 작은 경우에서 더 깊이 경화된다고 보고하였다. Backer등⁹⁾, Watts등¹⁶⁾, Blankenau등⁷⁾, Baharav등¹⁷⁾, Onose등¹⁸⁾, Kanca등¹⁹⁾, Leung등²⁰⁾, 정등¹²⁾은 조사시간을 증가시킴에 따라서 경화깊이가 더

깊어진다고 하였으며, 또 Leung 등²⁰⁾, Watts 등²¹⁾은 경화후 시간이 경과함에 따라 경도가 다소 증가하는 것으로 보아 광조사후에도 경화가 어느 정도 계속 진행된다고 주장하였다.

이상에서 살펴볼 때, 대부분의 연구들에서 광조사기의 파장분포와 광도를 동시에 측정된 연구가 거의 없었으며 또한 광조사기가 복합레진의 경화 깊이에 미치는 영향을 평가하는데 있어서 단편적인 방법밖에 사용하지 않았기 때문에 광조사기의 파장과 광도가 복합레진의 경화에 미치는 영향을 정확히 평가하기에는 미흡했던 점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 현재까지 국내에서 시판된 몇 종류의 광조사기로부터 방출되는 가시광선의 파장분포와 광도를 측정하고 이 조사기를 사용하여 몇 종류의 복합레진을 경화시킨 후 scraping법을 사용하여 경화 깊이를 측정함과 동시에 경화 깊이에 따른 경도를 측정해 보고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 파장 분포 및 광도 측정

현재까지 국내에서 시판된 기종 중에서 9가지 종류를 선택하여 조사하였다. (표 1)

Table 1. The tested nine light units

Unit	Manufacturer
Cure Master A	Nakanisi
Visilux 2	3 M
Spectra Lite	Pentron
Daylight Lamp	Shofu
VCL 200	Demetron
Efos 35	Efos
Optilux	Demetron
Translux	Kulzer
Heliomat	Vivadent

1) 파장 분포 측정

광다중 분석기(Optical Multichannel Analyzer, Princeton Applied Research Corp.)의 감지기에 $25\mu\text{m}$ 의 크기의 entrance slit과 0.18%의 투과율을 가지는 neutral density filter를 장착하고 광조사기의 선단이 filter에 닿게 위치시킨 다음 방출되는 광선 중에서 $340\text{nm}-540\text{nm}$ 의 범위에 속하는 광선의 분포를 조사하였다.

2) 광도 측정

광도 측정기(Metrologic Radiometer, Metrologic Instrument Inc.)의 감지기에 0.18%의 투과율을 가지는 neutral density filter를 장착하고 광조사기의 선단을 filter에 닿게 위치시킨 다음 방출되는 광선의 광도를 측정하였다.

2. 경화 깊이와 경화 깊이별 경도 측정

Visilux 2, Translux, Optilux, Heliomat, Efos 35 등 5종의 광조사기와 Heliosit, Bisfil M, Durafill, Silux Plus 등과 같은 4종의 광중합형 복합레진을 사용하였다. (표 2).

경화 깊이를 측정하기 위하여 다음과 같은 방법으로 시편을 제작하였다. 즉 양분할 수 있는 원통형 강철 주형(내면의 직경 3mm, 길이 6mm)을 유리판 위에 얹고 양쪽 강철 주형 사이에 Mylar strip을 끼워서 시편의 세로 단면을 얻을 수 있게 하였다. 복합레진을 주형내로 과잉 충전하고 주형의 윗면을 Mylar strip으로 덮고 유리판을 얹어서 압축시킨 다음, 윗 유리판을 제거하고 광조사기가 Mylar strip에 접촉된 상태에서 20초간 조사하였다. (그림 1, 2).

5가지 기종의 광조사기와 4종류의 복합레진으로 총 100개의 시편을 제작하였으며 시편의 조합은 표3과 같다.

1) 경화 깊이 측정

중합되지 않은 부분을 예리한 치과용 조각도로서 제거한 (scraping) 후 Vernier caliper를 사용하여 중합된 부분의 최대 두께를 측정하였으

Table 2. The tested four composite resins

composite resin	manufacturer	shade*	filler content (wt %) & size
Heliosit	Vivadent	32	40 microfine
Bisfil M	Bisco	U	73 fine
Durafill	Kulzer	G	50 microfine
Silux Plus	3 M	G	55 microfine

* 32, slightly darker than universal

U, universal

G, gray

Table 3. Combination of light units and resins

Unit Resin	Heliomat	Visilux 2	Efos 35	Optilux	Translux	Sum
Heliosit	5	5	5	5	5	25
Bisfil M	5	5	5	5	5	25
Durafill	5	5	5	5	5	25
Silux	5	5	5	5	5	25
Sum	20	20	20	20	20	100

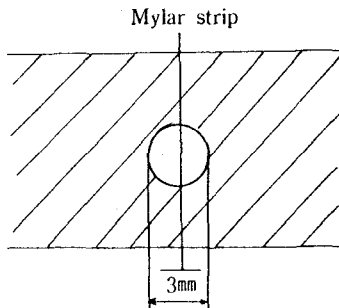


Fig. 1. Cross-section view

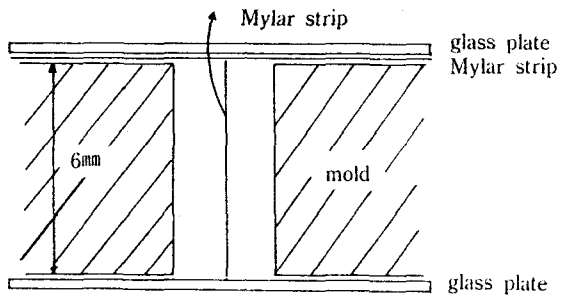


Fig. 2. Longitudinal-section view

며 분산 분석(two-way ANOVA)을 이용해서 평가하였다.

2) 경화 깊이별 경도측정

경도 측정점은 그림 3과 같으며 측정 가능한 부위까지 미세 경도 측정기(Vicker's microhardness tester, Matsuzawa Seiki Co. Ltd.)를 사용하여 측정하였다.

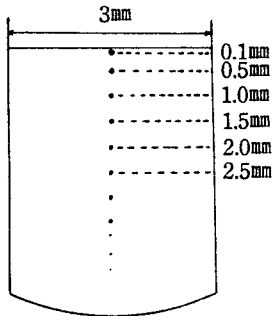


Fig. 3. Location of measured points

III. 연구 성적

1. 파장 분포 및 광도

1) 파장 분포

9가지 기종의 광조사기로 부터 조사된 가시광선을 광다중 분석기를 사용하여 측정한 파장 분포는 그림 4, 그림 5와 같다.

Visilux 2, Optilux, Heliomat는 유효 파장 범위(460-480nm)내에 광도가 높은 파장이 분포되어 있었으나 이에 비해 Daylight Lamp, Translux와 Spectra Lite는 분산된 파장 분포를 보였으며 Translux와 Spectra Lite는 이때의 광도도 낮았다. Daylight Lamp는 다른 기종에 비해 파장분포가 500nm 이상에서도 상대적 광도가 높은 파장이 관찰되었으며 다른 기종들이 광조사시 푸른색인 것과는 달리 Daylight Lamp는 녹색이었다.

그리고 각 기종에서 상대적 광도가 최대를 나타낼 때의 파장은 그림 6과 같으며 대부분은 유효 파장 범위에 속하였으나 상대적 광도는 기종에 따라 차이가 있었다.

2) 광도

광조사기에서 조사된 가시광선 전체의 광도를 측정된 결과는 그림 7에서 볼 수 있는 바와 같이 Visilux 2, Optilux, Efos 35 순이었으며 Spectra Lite와 Translux는 가장 낮았다.

2. 경화 깊이 및 경화 깊이별 경도

1) 경화 깊이

분산 분석(two-way ANOVA) 결과, 각 광조사기 기종간 그리고 각 복합레진간에 경화 깊이가 유의한 차이를 보였다. ($p < 0.01$)

Visilux 2를 사용한 경우에 경화 깊이가 가장

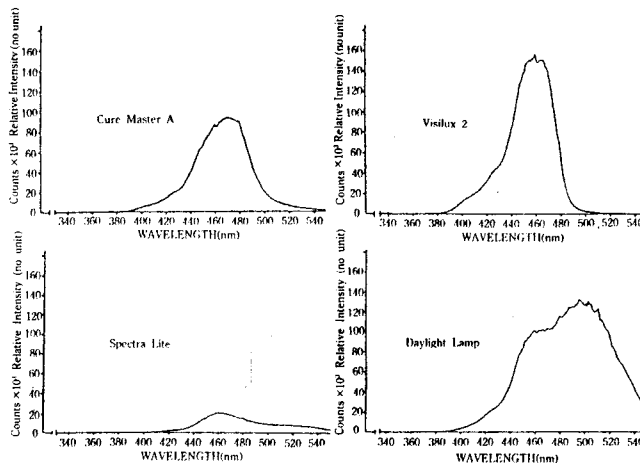


Fig. 4. Wavelength and relative intensity of each tested unit

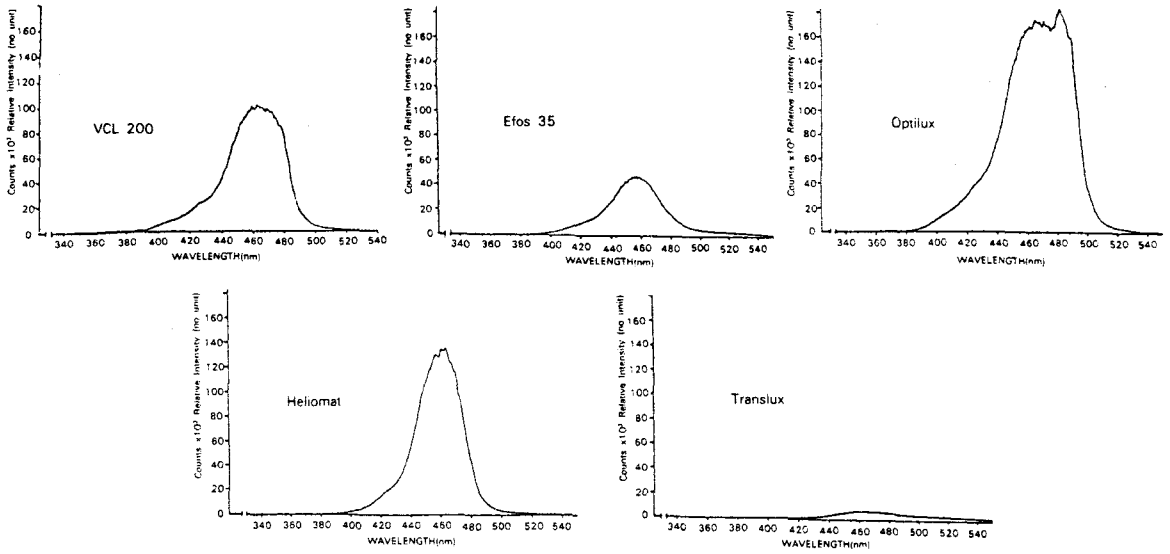


Fig. 5. Wavelength and relative intensity of each tested unit

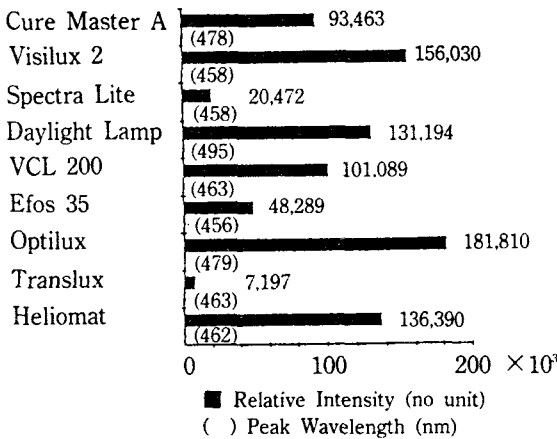


Fig. 6. Peak wavelengths for light units

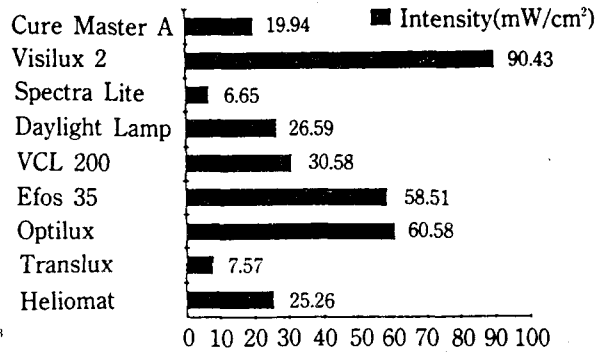


Fig. 7. Intensities for light units

깊었으며 그 다음으로는 Optilux, Efos 35, Heliomat, Translux 순이었다. 각 복합레진간에는 Durafill이 가장 깊었고 그 다음으로는 Bisfil M, Silux, Heliosit의 순이었다. 표 4에서 이들 광조사기와 복합레진간의 조합을 살펴보면 Durafill을 Visilux로 경화시킨 경우가 가장 깊었으며 이에 비해 Heliosit를 Translux로 경화시킨 경우가 가장 얇았다.

2) 경화 깊이별 정도(표 5)

표층으로부터 0.1mm, 0.5mm 떨어진 곳의 정도가 가장 높았으며 심부로 내려갈수록 정도

가 점차 감소하였다.

IV. 총괄 및 고안

1. 파장 분석 및 광도

현재 많은 종류의 광중합형 레진들이 시판되고 있는데, 이들 개개 복합레진들의 장점이 충분히 발휘되려면 적절한 가시 광선의 사용이 필요하다. 특히, 가시 광선의 파장과 광도는 복합레진의 경화에 있어서 매우 중요한 요소이다.

가시 광선의 파장은 400-700nm에 이르며 이

Table 4. Mean curing depth (mm) and standard deviation by scraping method

Unit Resin	Heliomat	Visilux 2	Efos 35	Optilux	Translux
Heliosit	2.64 ± 0.07	3.03 ± 0.12	2.72 ± 0.11	2.86 ± 0.09	1.46 ± 0.18
Bisfil M	2.89 ± 0.73	3.54 ± 0.12	2.85 ± 0.16	3.39 ± 0.21	2.11 ± 0.22
Durafill	3.40 ± 0.17	4.12 ± 0.17	3.84 ± 0.21	3.88 ± 0.12	2.62 ± 0.21
Silux	2.54 ± 0.12	2.98 ± 0.06	2.74 ± 0.12	2.85 ± 0.10	1.78 ± 0.09

Mean ± S.D. unit: mm

범위내에서 여러 가지 색을 띠는데, 이중 424-491nm의 파장 범위내에서는 푸른 빛을 나타내며 491-575nm의 파장 범위내에서는 녹색빛을 나타낸다. 복합레진에 포함되어 있는 photosensitizer가 경화 반응을 개시하기 위해서는 일반적으로 460-480nm 범위의 파장을 가진 가시광선이 필요하다. Blankenau⁷⁾의 연구에 의하면 이 범위내에서 파장이 집중되어 분포하고 있는 경우가 복합레진의 경화에 유효하다고 하였다.

광도는 복합레진의 경화 깊이에 영향을 미치는데 복합레진의 광투과도나 굴절율등에 의해서 광선이 산란되며 경화 깊이가 감소된다.³⁴⁾ 따라서 광투과도가 낮은 복합레진일수록 광도는 경화 깊이를 좌우하는 중요한 요소라 하겠다. Friedman⁸⁾은 광조사기에서 조사되는 가시광선 전체의 광도가 높을수록 경화 깊이가 증가한다고 보고하였다. 그러나 Blankenau⁷⁾은 가시광선 전체의 광도보다는 광중합에 유효한 파장 범위내에서의 광도가 높을수록 경화 깊이가 증가한다고 하였다. 또 Kilian⁹⁾은 468nm의 파장, Watts¹⁰⁾은 470nm의 파장에서의 광도를 측정해서 이때의 광도가 높을수록 경화 깊이가 증가한다고 하였다.

본 연구의 결과에서 그림 4와 그림 5를 살펴볼 때 Translux, Daylight Lamp, Spectra Lite등은 파장 분포가 광범위하게 분산되어 있음을 알 수 있다. 특히 Daylight Lamp는 다른 기종에 비해 파장 분포가 500nm 이상에서도 상대적 광도가 높은 파장이 관찰되었으며 광조사시 녹색

빛을 띠었다. 그리고 모든 기종에서 인체에 유해한 350nm 이하의 자외선은 거의 볼 수 없었다. Translux, Spectra Lite, Daylight Lamp를 제외한 나머지 6기종은 비교적 유효 파장 범위(460-480nm)내의 분포를 보였다. Optilux, Visilux 2, Heliomat 경우에는 유효 파장 범위내에서 광도가 높은 분포를 나타내는데 비해 Translux와 Spectra Lite는 광도가 낮은 파장 분포를 보였다.

그림 7에서 볼 때 광도 측정기로 측정된 광도는 Visilux 2가 가장 높았으며 그 다음으로는 Optilux 순이었고 Translux와 Spectra Lite는 역시 낮은 광도를 나타냈다.

이상에서 살펴볼 때 Blankenau⁷⁾의 연구에서 처럼 본 연구에서도 광다중 분석기로 측정된 상대적 광도와 광도 측정기로 측정된 광도가 반드시 일치하지는 않았다. 이 같은 차이는 광다중 분석기로 측정된 광도는 특정한 파장에서의 광도이며 광도 측정기로 측정된 광도는 광조사기에서 조사된 가시광선 전체의 광선이기 때문이다.

2. 경화 깊이 및 경화 깊이별 경도

광중합형 복합레진의 경화 깊이는 임상적으로 중요한 의미를 가진다. 경화가 부적절한 경우는 수복물의 물리적, 기계적 성질이 저하되고 치수에 자극을 줄 우려가 있을 뿐 아니라 수복물의 수명에도 지대한 영향을 미친다. 광중합형 레진

Table 5. Surface hardness (VHN) on longitudinally sectioned surfaces

Resin		Unit				
Heliosit	0.1 (mm)	19.74 (3.30)	23.64 (2.55)	19.56 (0.62)	23.10 (1.06)	11.28 (2.14)
	0.5	19.74 (3.34)	23.78 (2.02)	20.14 (1.80)	24.84 (1.40)	12.42 (3.40)
	1.0	17.24 (2.48)	22.08 (3.23)	18.00 (0.88)	23.54 (0.73)	—
	1.5	13.63 (1.92)	18.64 (2.76)	16.94 (0.96)	19.66 (0.70)	—
	2.0	7.26 (1.25)	13.28 (2.25)	12.74 (1.98)	17.28 (2.47)	—
	2.5	—	10.56 (1.81)	10.40 (1.36)	11.16 (1.45)	—
	3.0	—	—	—	—	—
	3.5	—	—	—	—	—
Bisfil M	0.1	42.76 (4.26)	57.54 (5.36)	52.42 (5.15)	61.48 (4.05)	25.78 (6.49)
	0.5	43.70 (3.18)	57.14 (7.24)	53.06 (6.72)	61.96 (2.42)	26.10 (2.90)
	1.0	38.48 (5.30)	50.76 (10.64)	47.94 (7.01)	58.30 (3.64)	19.74 (2.84)
	1.5	27.66 (3.42)	43.94 (8.32)	39.26 (4.64)	53.82 (5.94)	8.60 (1.46)
	2.0	18.52 (3.58)	32.16 (7.71)	26.42 (6.03)	41.12 (5.77)	—
	2.5	8.8 (1.72)	20.08 (3.64)	—	31.40 (5.61)	—
	3.0	—	11.28 (3.44)	—	30.42 (6.43)	—
	3.5	—	—	—	—	—
Durafill	0.1	30.34 (3.73)	33.32 (4.34)	29.76 (1.50)	23.80 (0.61)	30.60 (5.16)
	0.5	30.52 (3.12)	33.50 (4.71)	28.48 (3.29)	26.22 (1.73)	30.04 (4.56)
	1.0	27.64 (3.67)	28.70 (1.58)	29.98 (3.47)	26.76 (2.40)	26.76 (6.01)
	1.5	28.06 (3.44)	24.58 (4.30)	27.14 (2.23)	26.74 (2.23)	23.22 (4.52)
	2.0	25.74 (2.91)	24.10 (4.91)	24.44 (3.29)	25.38 (1.47)	20.48 (4.37)
	2.5	20.28 (1.47)	19.34 (3.87)	20.04 (1.70)	23.14 (2.24)	—
	3.0	18.96 (3.68)	13.44 (1.81)	13.80 (2.80)	20.06 (2.05)	—
	3.5	—	—	—	—	—
Silux	0.1	49.22 (3.54)	52.16 (7.57)	58.38 (2.26)	43.22 (1.74)	30.94 (9.55)
	0.5	49.96 (4.68)	54.04 (7.83)	59.94 (3.19)	48.06 (2.24)	41.52 (6.19)
	1.0	45.02 (0.87)	50.58 (5.36)	56.30 (3.73)	45.60 (3.81)	34.38 (4.07)
	1.5	39.84 (2.61)	43.52 (5.78)	45.72 (3.68)	43.74 (3.25)	—
	2.0	33.66 (7.11)	37.78 (4.97)	28.06 (3.40)	35.79 (2.49)	—
	2.5	—	26.80 (6.39)	26.90 (2.58)	22.10 (4.02)	—
	3.0	—	—	—	—	—
	3.5	—	—	—	—	—

Mean \pm S.D.

VHN: Vicker's hardness number

은 화학 중합형 레진과는 달리 경화 깊이가 한정되어 있기 때문에 이에 관한 많은 연구가 있는데 Kilian등¹⁴⁾은 2.15mm-8.31mm로 보고 하였다. 경화 깊이는 여러가지 요소에 의해서 영향을 받는데 크게 광조사기에 의한 것과 광중합형 레진 자체에 의한 것으로 나눌 수 있다.³⁵⁾

Blankenau등⁷⁾, Watts등¹⁶⁾, Kilian등⁸⁾은 광조사기의 광원이 경화 깊이에 영향을 미친다고 보고 하였다. Skeeter등²⁸⁾의 연구에 의하면 filler의 크기 및 함량 뿐만 아니라 광도 또한 경화 깊이에 영향을 미친다고 하였다. Backer등⁹⁾의 연구에 의하면 경화 깊이에 가장 큰 영향을 미치는 것은 광원의 특성이 아니라 복합레진의 조성이라고 하였다. Germain등³⁶⁾은 filler의 함량과 크기가 증가할수록 경화 깊이는 증가한다고 하였다. 방등²⁹⁾은 Bisfil M과 Silux의 경화 깊이에 관한 연구에서 filler의 함량과 크기가 큰 Bisfil M이 Silux보다 경화 깊이가 깊었다고 보고 하였다. 또한 Onose등¹⁸⁾, Swartz등²⁴⁾의 연구에 의하면 동일 회사제품의 복합레진간에도 색조에 따라서 경화 깊이에서 상당한 차이를 나타내었다고 보고하였다.

분산 분석(two-way ANOVA)결과, 각 광조사기 기종간 그리고 각 복합레진간 경화 깊이의 유의한 차이를 볼 수 있었다. ($p < 0.01$) 각 기종간에는 Visilux 2가 경화 깊이가 가장 깊었고 그 다음으로는 Optilux, Efes 35, Heliomat, Translux 순이었다. 이와 같은 순서는 표 7에서 처럼 광도가 높은 순위와 일치하였다. Visilux 2는 광다중 분석기로 측정된 결과 (그림 4), 유효 파장 범위내에 광도가 높은 파장이 밀집되어 분포하고 있을 뿐 아니라 광도 측정기로 측정된 광도도 가장 높았기 때문으로 생각된다. 이에 비해 분산된 파장 분포와 매우 낮은 광도를 나타낸 Translux의 경우는 경화 깊이가 가장 얇았다. 동일 조사기 내에서도 사용한 복합 레진에 따라서 경화 깊이의 차이를 볼 수 있었다. Durafill이 가장 깊었고 그 다음으로는 Bisfil M, Silux, Heliosit 순이었다. Bisfil M과 Silux의 결과는 방등²⁹⁾의 연구 결과와 일치하나, Durafill, Heliosit, Silux의 경우는 Newman등¹³⁾의 결과와 일치하지 않았다. 이것은 Newman등¹³⁾의 연

구에서 사용한 복합 레진의 색조와 본 연구에서 사용한 색조가 서로 달랐기 때문으로 생각되었다.

따라서 표 4에서 볼 때, Visilux 2-Durafill 조합인 경우에서 경화 깊이가 4.12mm로 가장 깊었으며 Translux-Heliosit 조합은 1.46mm로 가장 얇았다.

그리고 광조사기와 복합레진을 같은 회사제품을 사용하는 경우와 다른 회사제품과 서로 바꾸어서 사용하는 경우를 비교해 볼때, Newman등¹³⁾ 정등¹²⁾의 연구 결과와 같이 같은 회사제품끼리 사용했을 경우가 반드시 경화 깊이가 최대가 되는 것이 아니라 서로 바꾸어 사용하는 경우에 비해 별다른 차이가 없다는 것을 알 수 있었다.

표 5를 살펴보면, 표층으로 부터 0.1mm, 0.5mm 떨어진 곳의 경도가 가장 높았으며 심부로 내려가면서 점차 경도가 감소하였다. 이는 광중합형 복합레진이 화학중합형 복합레진과는 달리 경화의 정도가 균일하지 않고 심부로 갈수록 경화 정도가 감소된다는 것을 알 수 있었다.

이상에서 보면 광원의 특성이 경화깊이에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었지만 복합레진 자체의 광투과성, 조성등에 의해서도 많이 좌우됨을 알 수 있었다.

현재까지 복합레진의 경화 깊이에 관한 연구가 많이 진행되어 왔지만 광원이 복합레진의 경화에 미치는 영향에 관한 연구는 부족한 점이 많다고 하겠다. 광조사기의 수명, 전압등에 따라서 파장과 광도가 영향을 받으며 복합레진의 색조도 제조 회사간의 동일한 색조의 선택이 힘들어 제품간의 정확한 경화 깊이의 비교가 힘들었다. 따라서 경화 경화 깊이의 정확한 측정을 위해서는 이와 같은 문제의 해결이 연구 과제가 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

현재까지 국내에서 시판된 9종류의 광조사기를 광다중 분석기와 광도 측정기를 사용하여 파장 분포와 광도를 측정하였다. 이중 Translux,

Heliomat, Efos 35, Optilux, Visilux 2등 5종의 광조사기와 Durafill, Heliosit, Silux, Bisfil M등 4종의 광중합형 복합레진을 사용해서 20초간 조사하여 경화 깊이를 측정한 후 분산분석(two-way ANOVA)을 사용하여 평가하였으며 이와 동시에 깊이별 경도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Visilux 2는 유효 파장 범위내에 광도가 높은 파장이 집중되어 있었을 뿐 아니라 광도도 가장 높았다. 이에 비해 Translux는 파장 분포가 분산되어 있었으며 광도도 가장 낮았다.

2. Visilux 2를 사용한 경우에 복합레진의 종류에 상관없이 경화 깊이가 가장 깊었으며 그 다음으로는 Optilux, Efos 35, Heliomat, Translux 순이었다. ($p < 0.01$)

3. Durafill의 경화 깊이가 다른 복합레진에 비해서 가장 깊었으며 그 다음으로는 Bisfil M, Silux, Heliosit의 순이었다. ($p < 0.01$)

4. 경화 깊이별 경도는 표층으로 부터 0.1 mm, 0.5mm 떨어진 곳의 경도가 가장 높았으며 심부로 내려갈수록 경도가 점차 감소하였다.

REFERENCES

1. Studevart, C.M., Barton, R.E., Sockwell, C.L., Strickland, W.D., The art and science of operative dentistry, 2nd ed. (ST. Louis. Toronto. Princeton: Mosby, 1985), p. 267-273.
2. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment, Status report on micro-filled composite restorative resin. J.A.D.A., 105, 488-492 (1982).
3. Phillips, R.W., Skinner's science of dental materials, 8th ed (Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1982), p. 216-237.
4. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment, Visible light-cured composites and activating units, J.A.D.A., 110, 100-103 (1985).
5. Horn, H.R., Symposium on composite resin in dentistry, D.C.N.A. April, 209-218 (1981).
6. Friedman, J., Hassan, R., Comparison study of visible curing lights and hardness of light-cured restorative materials, J. Prosth. Dent. 52, 504-506 (1984).
7. Blankenau, R.J., Cavel, W.T., Kelsey, W.P., Blankenau, P., Wavelength and intensity of seven systems for visible light curing composite resins: A comparison study, J.A.D.A., 106, 471-474 (1983).
8. Kilian, R.J., Visible light cured composite: Dependence of cure on light intensity, J. Dent. Res. 5, 243 (1979).
9. De Backer, J., Dermaut, L., Bruynooghe, W., The depth of polymerization of visible light-cured composite resins, Quint. Inter., 10, 693-701 (1985).
10. Sijbrant, H.J., Harder, F., De Gee, A.J. and Davidson, C.L., An investigation into the curing of light initiated composites with a color dye indicator, J. Dent. Res., 62, 45 (1983).
11. Fan, P.L., Stanford, C.M., Stanford, W.B., Leung, R., Stanford, J.W., Effects of backing reflectance and mold size on polymerization of photo-activated composite resin, J. Dent. Res., 63, 1245-1247 (1984).
12. 정 세준, 이 명중, 가시광선이 복합레진의 경화에 미치는 효과에 관한 연구, 대한치과 보존학회지, 10, 145-151 (1984).
13. Newman, S.M., Murray, G.A., Yates, Y.L., Visible lights and visible-activated composite resins, J. Prosth. Dent. 50, 31-35 (1983).
14. Kilian, R.J., Mullen, D.J., Light cured composites: Dependence of test results on test parameters, J. Dent. Res., 59, 201 (1980).
15. Denyer, R., Shaw, D.J., Cure evaluation of visible light composites by knoop hardness

- measurement, *J. Dent. Res.* 61, 271 (1982).
16. Watts, D.C., Amer, O., Combe, E.C., Characteristics of visible light activated composite systems, *Br. Dent. J.* 156, 209-215 (1984).
 17. Baharav, H., Cardash, H.S., Helft, M., Effect of exposure time on the depth of polymerization of a visible light-cured composite resins, *J. Oral. Surg.*, 15, 167-172 (1988).
 18. Onose, H., Sano, H., Kanto, H., Ando, S., Hauike, T., Selected curing characteristics of light-activated composite resins, *Dent. Mater.*, 1, 48-54 (1985).
 19. John Kanca, III, Visible light-activated posterior composite resins-A comparison of surface hardness and uniformity of cure, *Quint. Inter.*, 5, 345-347 (1985).
 20. Leung, R.L., Fan, P.L., Johnston, W.M., Post-irradiation polymerization of visible light-activated composite resins, *J. Dent Res.*, 62, 218 (1983).
 - 21) Watts, D.C., Amer, O.M., Combe, E.C., Surface hardness development in light-cured composites, *Dent. Mater.*, 3, 265-269 (1987).
 22. Stillwater, J.C., Louka, A.M., A study on the depth and post-exposure polymerization of light cured composite resins, *J. Dent. Res.*, 62, 218 (1983).
 23. Gress, J.E., Matsumoto, H., Marker, V.A., Okabe, T., Ferracane, J.L., Harvey, G.A., Depth of cure of visible light-cured composite: Clinical simulation, *J. Dent., Res.*, 63, 293 (1984).
 24. Swartz, M.L., Phillips, R.W., Rhodes, B.F., Visible light activated resins-depth of cure, *J.A.D.A.*, 106, 634-637 (1983).
 25. Amer, O.M., Combe, E.C., Watts, D.C., Visible light activated composites 1. Assessment of depth of cure. *J. Dent. Res.*, 62, 418 (1983).
 26. Tirtha, R., Fan, P.L., Dennison, J.B., Powers, J.M., In vitro depth of cure of photo-activated composites, *J. Dent. Res.*, 61, 1184-1187 (1982).
 27. Matsumoto, H., Gress, J.E., Marker, V.A., Okabe, T., Ferracane, J.L., Harvey, G.A., Depth of cure of visible light-cured resin: Clinical simulation, *J. Prosth. Dent.*, 55, 574-578 (1986).
 28. Skeeters, T.M., Timmons, J.H., Mitchell, R.J., Curing depth of visible-light cured composite resin, *J. Dent. Res.*, 62, 219 (1983).
 29. 박 상훈, 박 상진, 민 병순, 최 호영, 가시광선의 치질투과 후 복합레진 경도에 미치는 영향에 관한 연구, *대한치과보존학회지*, 12, 85-93(1986).
 30. John Kanca. III, Visible light-activated composite resins for posterior use-A comparison of surface hardness and uniformity of cure, *Quint. Inter.*, 10, 687-690 (1985).
 31. Leung, R., Fan, P.L., Johnston, W.M., Exposure time and thickness on polymerization of visible light composite, *J. Dent., Res.* 61, 248 (1982).
 32. Backer, J.D., Dermaut, D., Visible light sources and posterior visible light cured resins: A practical mixture, *Quint. Inter.* 17, 635-641 (1986).
 33. Swartz, M.L., Phillips, R.W., Rhodes, B.F., Visible light activated resins-Depth of cure, *J. Dent. Res.*, 62, 270 (1982).
 34. Standish, P.M. Cook. M.D., Photopolymerized composite resins, *J. Dent. Res.* 62, 406 (1983).
 35. Paradee, H. Bassiouny, M.A., Factors determining the surface hardness of visible light activated composite resins, *J. Dent. Res.*, 62, 665 (1983).

– ABSTRACT –

THE EFFECTS OF WAVELENGTH AND INTENSITY OF VISIBLE LIGHT ON THE CURING OF VISIBLE LIGHT CURED COMPOSITE RESIN

Chae-Gyeong Lee, Bok Hur

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study was to assess the effects of wavelength and intensity of light curing units on the curing of composite resin.

The wavelength and intensity of nine units were evaluated with Optical Multichannel Analyzer and Radiometer.

Two-part split stainless steel mold with a cylindrical hole-3.0mm in diameter, 6.0mm in height was prepared.

After placing a Mylar strip between two parts, 100 specimens were made by inserting each of four composite resins into the mold and irradiating for 20 seconds with five light units alternatively.

The curing depths were measured by scraping method and evaluated by two-way ANOVA. And Vicker's hardness measurements were made on the longitudinally sectioned surface at 0.5mm interval.

The results were as follows:

1. Visilux 2 showed a narrow spectral band within the effective wavelength in initiating polymerization and the highest intensity. Translux showed the diffuse spectrum of wavelength and the lower light intensity.
2. Visilux 2 showed the highest curing effect in any composite resin and then followed by Optilux, Efos 35, Heliomat and Translux. ($p < 0.01$)
3. Durafill showed the deepest curing depth in any light unit and then followed by Bisfil M, Silux and Heliosit. ($p < 0.01$).
4. Maximum hardness values showed 0.1mm and 0.5mm under top surface and then gradually decreased with depth.