

## 광중합 레진의 색 안정성과 미세경도에 관한 연구

\* 원광대학교 치과대학 치과보존학교실

\*\* 원광대학교 치과대학 치과재료학교실

\*\*\* 원광대학교 치과대학 소아치과학교실

오세홍\* · 임미경\* · 조혜원\*\* · 이광희\*\*\*

Abstract

### A STUDY ON THE COLOR STABILITY AND MICROHARDNESS OF LIGHT CURING RESINS

Se - Hong Oh, D. D. S.\*, Mi - Kyung Im, D. D. S., M. S. D.\*,

Hye - Won Cho, D. D. S., M. S. D., Ph. D.\*\*

Kwang - Hee Lee, D. D. S., M. S. D., Ph. D.\*\*\*

\* *Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University*

\*\* *Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University*

\*\*\* *Department of Pedodontics, College of Dentistry, Wonkwang University*

Tooth colored resin restorative materials are widely used in anterior teeth restorations. The color instability of resin was the main cause of failure in resin restorations. The purpose of this study was to investigate color stability and microhardness of several visible light curing resins. Colorimetric measurements(Tokyo Denshoku Co., Japan) and microhardness tests(Matusuzawa, MXT 70, Japan) were made on six composite resins before and after controlled immersion treatments. The six composite resins were BIS - FILM(BISCO, USA), Durafill(Kulzer, Germany), Helioprogress(VIVADENT, Germany), Palfique(TOKUYAMA SODA, Japan), Silux(3M, USA), Photoclearfil(KURARAY, Japan).

Six light curing resins showed significant color change after 2 weeks. Palfique exhibited the highest  $dE^*$  values and Helio progress presented the lowest  $dE^*$  values. Photoclearfil showed the highest microhardness value. Durafill and Helio progress showed lower microhardness values. Microhardness values were decreased after 8 weeks in Bisfil, Palfique light, and Photoclearfil.

### I. 서 론

복합레진은 우수한 심미성으로 인하여 전치부 수복에 많이 사용된다. 복합레진의 실패 원인은 주로 변연부의 누출과 변색이므로, 색 안정성은 성공적인 레진 수복에 중요한 인자이다. 레진 수복물 변색의 내적 인자로는 레진 재료 자체의 변성으로, 기질의

변성 및 기질과 무기충전재(filler) 간의 경계면의 변성을 들 수 있고, 외적 인자로는 외부 착색인자의 흡착(adsorption)과 흡수(absorption)가 있다<sup>1)</sup>.

표준 색상표와 비교하여 육안으로 변색을 관찰하는 방법은 검사자의 주관성을 배제할 수 없는 단점이 있어서, 최근에는 분광광도계(spectrophotometer)와 색채계측기(colorimeter)를 이용한 방법을 주로

사용하는데 이들 방법은 수복재의 색 변화를 정량적으로 측정할 수 있으며 객관적인 평가가 가능하다<sup>4)</sup>. 이러한 방법은 Caul등<sup>2)</sup>이 직접 수복용 레진(direct filling resin)의 색 변화를 측정하면서 시작되었고 Lee등<sup>3)</sup>이 미국 치과의사협회 규격(ADA specification No. 12)에 지정된 실험조건에서 복합레진의 색 변화를 비교 연구한 이래로 많은 연구가 이루어지고 있다.

Dennison등<sup>4)</sup>은 Munsell의 색표(color tab)를 이용하여 수복용 레진의 색을 계측하고, 다시 굴절분광광도계(reflection spectrophotometry)로 색을 측정 한 뒤 이들이 유의한 상관관계를 갖는다고 보고한 바 있다. Hayashi등<sup>5)</sup>은 복합레진의 변색연구에서 육안비교와 색채계측기 분석(colorimeter analysis)이 일치한다고 보고하였다. Ruyter등<sup>6)</sup>은 금관계속 가공의치(crown bridge)용 레진의 변색에 관한 연구를 보고한 바 있다. 엄 등<sup>7)</sup>과 조 등<sup>8)</sup>, Gross등<sup>9)</sup>, Hayashi등<sup>5)</sup>, Fusayama등<sup>10)</sup>은 레진을 수종의 유색 용액에 담근 뒤 그 변색양상을 관찰한 바 있다. 또한 Caul등<sup>11)</sup>은 빛이 차단된 곳에서 보관하여(dark room storage), Powers등<sup>12)</sup>은 자외선 하에서 가속 노화(accelerated aging)을 시켜, Viohl등<sup>7)</sup>은 환자의 임상증례에서, Cooley등<sup>13)</sup>은 불소가 포함된 복합레진을 증류수에 담가서 색 안정성을 보고한 바 있다.

Raptis등<sup>14)</sup>은 흡연에 의한 레진수복물의 변색을 연구하였으며, Cooley등<sup>15)</sup>은 stannous fluoride가 복합레진과 초미세입자형 레진(microfilled resin)의 변색에 미치는 영향에 관해 보고한 바 있다. Bowen등<sup>16,17)</sup>, Dulk등<sup>18)</sup>은 레진 수복물을 자외선에 조사하여 색 안정성을 연구했다. Viohl은<sup>7)</sup>은 자외선 방사기(UV radiometer)로 노화(aging)시켜서 결과를 판

찰하는 것이 다른 요인보다는 실험변수를 제어하는 측면에서 유리하다고 보고한 바 있다. 자외선에 노출시켰을 때 변색을 거의 보이지 않는 레진도 임상에서는 산화에 의해 현저한 변색을 나타낼 수 있으므로 37°C에서 물 속에 보관시키는 방법이 복합레진의 변색 가능성을 측정하는 믿을 만한 방법으로 추천하였다. Asmussen은<sup>19)</sup> 60°C의 물 속에서 1개월 동안 보관하는 가속실험(accelerated laboratory test) 결과 물 속에 오래 보관한 경우와 좋은 상관관계를 가졌다고 보고하였다.

미세경도에 관한 연구에서 광중합 치면 열구 전 색제는 경화된 초기보다 3개월까지 경도가 점차 증가한다는 보고가 있다<sup>20)</sup>. 또한 시편을 만든 직후와 1일 경과 후에는 정도에서 큰 차이가 있지만 1일과 1주일 경과한 후에는 변화가 없다고 보고된 바 있다<sup>21)</sup>.

이에 저자는 수종의 광중합 레진을 증류수에 담은 뒤 색채계측기를 이용하여 색의 변화를 측정하고 미세경도측정기(microhardness tester)를 이용하여 미세경도변화를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

본 실험에 사용된 광중합 레진은 Table 1과 같다. 시편제작은 직경 16mm, 두께 1.0mm인 플라스틱 주형을 이용하였다. 광중합 레진 시편은 각 제품당 5개를 제작하였고, 각 시편은 기포가 생기지 않도록 주의하였다. 주형의 상부와 하부에 slide glass를 놓고, 다시 이의 상부와 하부에 유리연판(mixing slab)을 놓은 다음 주형내에 레진을 충전하였는데

Table 1. Light curing composite resins

Materials	shade	batch no.	manufacturer
BIS-FIL-M	U	039211	BISCO (USA)
Durafill	UO	Sept. 83 139	Kulzer (Germany)
Helio progress	U	260662	VIVADENT (Germany)
Palifique-LIGHT	UO	60 B-367	TOKUYAMASODA Co. (Japan)
Photoclearfil	UL	3308	KURARAY Co. (Japan)
Silux plus	U	5702 U	3 M (USA)

가능한 응축을 최대로 하였으며 C-clamp로 고정하였다. 레진 중합기로는 가시광선 중합기인 Visilux 2 curing unit(3M dental production)를 사용하였다.

색채계측기(Colorimeter, TOKYO DENSHOKU Co., Model No. TC-6FX)를 이용하여 색의 특성을 측정 한 후 증류수가 담긴 비이커에 넣고 빛이 차단된 37°C 호기성 배양기(SHIN SUNG ENG, SH-1008)에 보관시켰다. 시편에는 치실(dental floss silk)을 사용하여 접착재(cyanoacrylate)로 각 시편에 번호를 부착하여 증류수에 부착하여 증류수에 각 시편이 서로 닿지 않고 충분히 접촉할 수 있도록 하였다. 증류수는 1주일마다 한번씩 교환하였으며 증류수에 보관한 뒤 2주, 4주, 12주 후에 각각 색의 특성을 측정하였다. 색채계측기에서 optical fiber unit로 X, Y, Z 삼자극치(tristimulus value)를 측정 한 후 색의 특성 변화(L\*, a\*, b\*, x, y, z, dL\*, da\*, db\*, dE\*)는 색채계측기에 부착된 computer system(NEC PC 9801CV)에 의해 계산된 수치를 이용하였다.

각 시편은 제작 직후 2주, 4주, 8주에 각각 미세경도(microhardness)를 측정하였다. 측정에 사용된 기기는 DIGITAL MICRO HARDNESS TESTER (Matsuzawa. MXT 70)이었고, 하중은 25g, 하중을 주는 시간은 33초였으며 Vickers 경도치(hardness number)를 계측하였다. 각 시편당 3회 측정하였다. 하중을 주는 속도(load applying speed)는 50 $\mu$ /sec

이었다. 제작된 시편은 1일 후에 37°C의 배양기에서 증류수에 보관하였으며, 미생물의 번식을 억제하기 위하여 7일마다 증류수를 교환하였다.

### III. 실험성적

광중합 레진의 색 변화는 Table 2-7에 기록된 바와 같다. dL\*값은 6종의 레진 모두에서 증가를 나타냈다. 단 Durafill에서는 4주군에서 약간 감소되었다. da\*는 Bis-Fil, Durafill, Silux plus에서 증가되었고, Helio progress, Palfique-light, Photoclearfil에서는 감소되었다. db\*는 Bis-fil의 전 군과 Durafill의 4주군을 제외하면 모두 감소되었는데 이 중 Silux plus에서 가장 많이 감소했다. dE\*는 모든 제품에서 증가했는데, Palfique가 14.85로 가장 많이 증가하였고, Durafil, Photoclearfil, Silux plus가 다음 순이었으며, Helio progress가 4.65로 가장 적게 증가하였다. da\*에서 Bis-fil, Durafil, Silux plus는 양으로 나타나 red로 변색됨을 보였다. 또 Helio progress와 Palfique-light, Photoclearfil은 음으로 나타나 green으로 변색됨을 나타냈다. db\*값은 Bis-fil, Durafil은 양으로 나타나 좀더 yellow하게 변색되었고, Helio progress, Palfique-light, Photoclearfil, Silux plus는 음으로 변화되어 blue계열로 변화되었다. 자료의 검증은 one way

Table 2. The results of color change of Bis-Fil with colorimeter

	X	Y	Z	dL*	da*	db*	dE*
control	15.47	17.27	21.02				
2 wks	16.89	17.76	20.96	0.61	5.42	1.15	5.57
4 wks	16.81	17.55	20.71	0.35	6.09	1.15	6.21
12 wks	16.90	17.66	21.07	0.48	6.00	0.74	6.06

Table 3. The results of color change of Durafill with colorimeter

	X	Y	Z	dL*	da*	db*	dE*
control	15.31	17.55	21.01				
2 wks	17.05	17.62	21.09	0.09	9.46	0.01	9.46
4 wks	16.80	17.39	20.871	-0.20	9.32	-0.09	9.32
12 wks	17.19	17.77	21.22	0.27	9.43	0.09	9.44

Table 4. The results of color change of Helio progress with colorimeter

	X	Y	Z	dL*	da*	db*	dE*
control	23.02	23.17	28.93				
2 wks	22.90	24.15	30.20	0.99	-4.81	-0.10	4.91
4 wks	22.57	23.85	29.93	0.69	-5.00	-0.23	5.05
12 wks	22.86	24.05	30.25	0.89	-4.56	-0.34	4.65

Table 5. The results of color change of Palfique-light with colorimeter

	X	Y	Z	dL*	da*	db*	dE*
control	21.65	20.26	26.26				
2 wks	20.22	21.78	28.29	1.66	-13.97	-0.18	14.07
4 wks	20.77	22.69	29.63	2.62	-15.45	-0.45	15.68
12 wks	21.07	22.81	30.15	2.75	-14.56	-0.97	14.85

L\* : degree of lightness or darkness

a\* : degree of red or green

b\* : degeree of yellow or blue

dE\* : total color difference

Table 6. The results of color change of Photoclearfil with colorimeter

	X	Y	Z	dL*	da*	db*	dE*
control	17.80	17.23	21.42				
2 wks	18.54	19.54	25.47	2.76	-8.05	-1.96	8.73
4 wks	17.42	18.38	23.76	1.41	-8.09	-1.56	8.35
12 wks	17.86	18.49	24.54	1.54	-6.31	-2.60	6.99

Table 7. The results of color change of Silux plus with colorimeter

	X	Y	Z	dL*	da*	db*	dE*
control	16.89	22.90	25.60				
2 wks	24.03	25.39	29.94	2.48	8.40	-2.15	9.02
4 wks	22.32	23.79	27.80	0.91	7.59	-1.78	7.85
12 wks	22.79	23.74	27.92	0.86	9.94	-2.05	10.18

L\* : degree of lightness or darkness

a\* : degree of red or green

b\* : degeree of yellow or blue

dE\* : total color difference

Table 8. Mean and standard error of Vickers microhardness number of light curing resins

	Bis-fil	Durafill	Helioprogress	Palfique-light	Photoclearfil	Silux plus
control	33.43*	19.56	22.96	40.89	50.13	32.65
	0.80**	0.93	0.52	1.10	2.05	0.80
2 wks	35.54	22.11	24.61	39.91	48.23	33.41
	0.58	0.50	0.67	0.60	1.31	0.61
4 wks	33.19	21.40	23.84	38.95	47.18	32.19
	0.59	0.56	0.51	0.91	0.99	1.29
8 wks	26.53	18.46	21.24	34.33	42.16	30.48
	0.95	0.41	0.45	0.69	0.64	0.75

\* : mean, \*\* : standard error

“\_\_\_\_\_” : decrease of microhardness value in one way ANOVA ( $p < 0.05$ )

ANOVA test로 시행하였으며 2주 후부터 dE\*값의 변화가 나타났다( $p < 0.05$ ).

미세경도 측정결과(Table 8) 시편 제작 직후에 경도는 Photoclearfil이 가장 강하게 나타났고, Durafill과 Helio progress가 가장 약하게 나타났다( $p < 0.05$ ). 2주 후의 경도 순은 초기와 같았으며, 그 경도 값도 비슷하게 측정되었다. 자료의 검증은 one way ANOVA로 95% 신뢰도에서 실시하였다. Bis-fil과 Palfique-light, Photoclearfil은 8주가 경과하면 경도가 감소되었다. Durafil에서는 대조군과 4주군 사이에 경도가 감소하였으나 8주군과는 유의한 차이가 없었다. 반면 Helio progress에서는 경도의 변화가 없었고( $p > 0.05$ ) Silux plus에서는 2주와 8주 사이에 경도가 감소하였다( $p < 0.05$ ).

#### IV. 총괄 및 고찰

Peutzfeldt등<sup>22)</sup>은 인레이(inlay technique)에서 사용되는 3종의 복합레진의 색안정성에 관하여 연구하였다. 자외선에 조사시킨 경우와 물 속에 보관하는 2가지 방법을 사용하였는데, 물 속에서 보관한 경우가 자외선보다 많은 변색을 유발하였지만, 이들 방법간의 상관관계는 없는 것으로 보고했다. 이중 초미세입자형 복합레진이 이들 중 가장 색 안정성이 불량하였으나, 모든 제품들에서 비교적 색 안정성이

있는 것으로 나타났다.

Gross등<sup>9)</sup>은 증류수, 커피, 차에 4종의 복합레진을 담근 뒤, 삼자극치 색채계측기(tristimulus colorimeter)로 변색을 측정하였고, 이중 커피가 가장 심한 변색을 유발하였다고 보고하였다.

엄 등<sup>23)</sup>은 커피 등 7종의 용액을 사용하여 복합레진의 변색을 측정하였는데, Munsell 색차표(color tab)와 육안으로 비교하였다. 이 중 커피가 가장 심한 변색을 유발하였고, 무색의 용액에서는 변색이 나타나지 않았다고 보고하였다. 변색의 양상은 hue는 Y에서 YR로, value는 어둡게, chroma는 강하게 나타난다고 하였다.

김은<sup>24)</sup> 5종의 veneer레진을 증류수에 침적시켜 120일간 경과후 분광광도계로 색 변화를 측정한 결과 5종의 레진 중 4종에서 모두 인지할 만한 색 변화를 보았으며, yellow로 변색됨을 관찰하였다.

Cooley등은<sup>13)</sup> 불소가 함유된 복합레진의 색 안정성 연구에서 6개월간 증류수에 침적시킨 후 lightness와 yellowness가 증가되었다고 보고하였다.

또한 엄 등<sup>7)</sup>은 커피와 차에 의한 resin-based veneering material의 변색연구에서 차에 의한 변색은 유색인자의 표면흡착(surface adsorption)에 기인한 것이며, 커피에 의한 변색은 유색인자의 흡착뿐 아니라 흡수에 의한 것이라고 하였다.

Khan등<sup>2)</sup>은 광중합 의치상 재료(denture base ma-

terial)의 변색, 특성, transverse strength와 미세경도에 관하여 연구하였다. 차에서 색 변화는 초기 34일 동안에는 나타나지 않았으나 40일 경과하면 유의할 만한 색 변화가 있다고 보고했다.

레진 수복물의 변색을 유발하는 인자로서 물을 흡수하는 성질이 있어서 레진은 타액이나 타액의 분해산물, 세균 등을 흡수하여 표면에 침착시킨다<sup>26)</sup>. 색의 안정성을 증가시키기 위하여 최종 표면 연마 후에 glazing agent를 도포하는 술식이 소개된 바 있으나<sup>27)</sup>, 이 술식이 색의 안정성에 거의 영향을 주지 않는다는 견해도 있다<sup>28)</sup>.

Christianson 등<sup>29)</sup>은 초미세입자형 레진이 재래형 레진보다 색 안정성이 우수하다고 한 반면, Phillips 등<sup>30)</sup>과 Ameye 등<sup>31)</sup>은 초미세입자형보다 재래형 레진이 더욱 우수하다고 보고한 바 있다. 화학 중합레진(chemically curing resin)에서는 혼합할 때, 내부에 기포가 포함될 가능성이 많은데, 기포는 레진의 물리적 성질을 감소시킬 뿐만 아니라, 표면을 마모시켜 변색의 위험성을 증가시킨다. 이러한 측면에서는 광중합 레진이 화학중합 레진보다 색의 안정성에서 유리하다고 볼 수 있다. 화학중합 레진이나 광중합 레진에서 부분적으로 중합된 레진이 타액이나 유색 물질과 접촉하면 이들이 이 부위부터 부착되기 시작하여 즉시 오염이 시작된다. 공기와 접촉하고 있는 레진은 아주 느리게 경화하는데, 최종 연마시 이 층을 제거하지 않으면 조기변색의 가능성이 높아진다. 또한 자외선 중합레진이나 광중합 복합레진에서 반응개시제(photo-initiator)인 benzoin alkylether와 camphoroquinone도 색의 안정성을 저해하는 인자로 알려져 있다. 화학중합 레진은 산화시 황갈색으로 변색되는 amine을 포함하고 있으나, 광중합 레진은 amine계층 반응성이 적은 aliphatic amine을 첨가하거나, 또는 amine계를 모두 제거시켜서 더 우수한 색 안정성을 얻고 있다.

색 안정성에 영향을 미치는 인자로서 레진의 화학적 분해를 들 수 있다. 심한 당뇨병 환자에서 생기는 aldehyde와 keton체, 다량의 알코올을 섭취도 변색에 영향을 미친다고 보고된 바 있다. 햇빛은 복합레진에서 색소제로 첨가된 물질을 공격하고, amine을 분해시켜 황갈색의 산화물질을 생성한다<sup>28, 32)</sup>.

색채계측기(colorimeter)에서 정량적으로 얻은 결

과를 해석할 때  $dE^*$ 값의 의미가 중요하다. 색을 표현하는 것은 크게 CIE(International Commission on Illumination) System과 Munsell system이 있다. CIE system은 spectrum의 가시영역에서 표준자료를 수집하고, 삼자극치(tristimulus colorimetry)에 의해 자료를 3차원의 색 공간에서 좌표화하여 대상물체의 색을 규정한다. 색채계측기는 삼자극치(X, Y, Z)를 측정된 뒤 컴퓨터에 연결되어 CIELAB으로 환산한다<sup>24, 25)</sup>.  $L^*$ 는 lightness와 darkness를 나타내며 0은 black, 100은 white를 의미한다.  $a^*$ 는 red와 green의 정도를 나타내며 양이면 red, 음이면 green을 의미한다.  $b^*$ 는 yellow와 blue의 정도를 나타내며 양이면 yellow, 음이면 blue를 의미한다. 전체적인 색변화(total color difference)는  $dE^*$ 로 표시하는데,  $dE^* = [(dL^*)^2 + (da^*)^2 + (db^*)^2]^{1/2}$ 로 구한다.  $dE^*$ 값이 0 내지 2이면 색 변화를 인지할 수 없는 범위이며, 2 내지 3이면 색 변화로 인지되기 시작한다<sup>9)</sup>. 임상적으로 색 변화의 허용한계는  $dE^*$ 값이 3.3 이하로 본다<sup>6)</sup>. 그러나 임상과 실험에서의 측정치간의 명확한 상관관계를 갖기는 힘들다. 일반적으로  $dE^*$ 값이 7 이상이면 구강내에서 현저한 변색을 보이며  $dE^*$ 값이 2 이하이면 색 안정성이 있는 것으로 평가한다<sup>15, 33)</sup>.

본 실험에 사용한 6종의 복합레진 모두에서  $dE^*$ 값이 임상적 허용 한계를 넘어서 가장 변화가 적었던 Helio progress에서도 4.65의 수치를 보였다. 또한 제품에 따라  $da^*$ 나  $db^*$ 값이 각각 양이나, 음으로 변화여서 변색에 있어서 각기 다른 색으로 변화함을 나타내었다. 이러한 실험자료를 분석함에 있어 먼저 시편 실험시에 색채계측기의 사용에서 백색 도기판의 삼자극치의 측정이 정확히 평균치와 일치된 상태에서 행해졌는지가 중요하다. 색채계측기의 표준수치는 실내 온도나 optical fiber unit의 과열상태 등에 영향을 받으므로 세심한 주의가 필요하다.

Vickers경도는 서로 마주보는 각도(facing angle)가 136°인 pyramidal diamond indenter가 시편 표면에 indentation을 준 뒤 그 직경을 측정하여 나타낸다. 미세경도계는 측정자가 측정에 앞서 먼저 눈을 표준화시키는 것이 중요한 것으로 사료된다. 매회 실험시마다 표준 시편으로 눈을 훈련시킨 다음, 시편을 측정해야 믿을만 하고 재현 가능한 자료를 얻을 수 있다. 복합 레진은 레진 기질에 무기 충전제가

결합되어 있는 형태이므로 indentation을 가한 부위에 따라 다른 측정치를 보일 수 있다. 저자는 비교적 종합이 잘되고 기포가 없으면 고른 면을 지닌 기질로 생각되는 부위를 선택하였다. 미세경도 측정기(Microhardness tester)는 정밀한 기계로 시편의 상하면이 평행해서 indenter가 작용할 때 비스듬이 찍히면 자료의 오차가 생긴다. 본 실험에서 Bis-fil과 Dura-fil, Silux plus 2주군에서는 경도가 증가되어 나타났다. 6종의 제품중 Photoclearfil은 미세경도가 가장 크게 나타났고, 점성(viscosity)도 좋아 임상에서 와동에 적용할 때 쉬운 점이 있지만, 변색도는 중간 정도에 속하였다.

복합 레진을 증류수에 침적시켜서, 색 변화를 관찰하여 임상에 적용하려면 본 실험에서보다 더 긴 시간을 두고 관찰해야 한다고 생각된다. 또한 색채 측정기의 정확한 사용도 중요한 요소의 하나이다. 미세경도는 기기의 정확한 사용과 아울러 시편의 제작시 주의를 기울여서 믿을만한 자료를 얻어야 할 것으로 생각되며 이 부분에 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

우수한 심미성으로 인하여 전치부 수복에 많이 사용되는 6종의 가시광선 중합레진을 증류수에 담근 뒤 37°C에 보관하여 2주, 4주, 12주 후에 색채측정기를 이용하여 색 변화를 측정하여 색의 안정성을 관찰하였다.

또한 각각 초기 2주, 4주, 8주 후에 미세경도 측정기를 이용하여 미세경도와 이의 변화를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 제품에서 2주 이후부터 유의할 만한 색 변화가 나타났다( $p < 0.05$ ).
2. dE\*값은 Palfique에서 가장 컸고, Helio Progress에서 가장 작았다.
3. Bis-fil, Palfique light, Photoclearfil은 8주 후에 미세경도가 감소되었다( $p < 0.05$ ).

## REFERENCE

1. Um CM, Ruyter IE : Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. Quintessence International 22 : 377, 1991.

2. Caul HJ, Schoonover IC : The color stability of direct filling resins. JADA 47 : 448, 1953.
3. Led HL, et al. : Handbook of dental composites, Lee pharmaceuticals. Seouth E 1 Monte, 1973, pp. 99-100.
4. Dennison JB, Powers JM, Koran A : Color of dental restorative resins. J Dent Res 57 : 557, 1978.
5. Hayashi H, Maejima K : In vitro study of discoloration of composite resins. J Prosth Dent 32 : 66, 1974.
6. Ruyter IE, Nilner K, Moller B : Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent Mater 3 : 246, 1987.
7. Um CM, Ruyter IE : Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. Quintessence Int 22 : 377, 1991.
8. 조영곤, 천재식 : 수중 복합수지의 색채 변화에 관한 실험적 연구. 치과연구 14 : 59, 1984.
9. Gross MD, Moser JB : A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. J Oral Rehab 4 : 311, 1977.
10. Fusayama T, Hirano T, Kono A : Discoloration test of acrylic resin fillings by an organic dye. J Prosth Dent 25 : 532, 1971.
11. Caul HJ, Schoonover IC : The color stability of direct filling resins JADA 47 : 443, 1953.
12. Powers JM, Dennison JB, Korean A : Color stability of restorative resins under accelerated aging. J Dent Res 57 : 964, 1978.
13. Cooley RL, Sandoval VA, Barnwell SE : Fluoride release and color stability of a fluoride-containing composite resin. Quintessence Int 19 : 89, 1988.
14. Raptis CN, Powers JM, Fan DL : Staining of composite resins by cigarette smoke. J Oral Rehab 9 : 367, 1982.
15. Cooley RL, Barkmeier WW : Staining of composite and microfilled resin with stannous fluoride. J Prosth Dent 49 : 346, 1983.
16. Bowen RL, Argentar H : Amine accelerators for

- methacrylate accelerator systems. *J Dent Res* 50 : 923, 1971.
17. Bowen RL, Argentar H : Deminishing discoloration in methacrylate accelerator systems. *JADA* 75 : 918, 1967.
  18. Dulk DM : Evaluation of commercial and newly-synthesized amine accelerators for dental composites. *J Dent Res* 58 : 1308, 1979.
  19. Asmussen E : An accelerated test for color stability of restorative resins. *Acta Odontol Scand* 39 : 329, 1981.
  20. Young KC, Cummings, et al. : Microhardness studies on the setting characteristics of fissure sealants. *J Oral Rehab* 5 : 187, 1978.
  21. Watts DC, Amer O, Combe EC : Characteristics of visible-light cured composite resins. *J Dent Res* 62 : 218, 1983.
  22. Peutzfeldt A, Asmussen PA : Color stability of three composite resins used in the inlay/onlay technique. *Scand J Dent Res* 98 : 257, 1990.
  23. 임정문, 이명중 : 복합레진의 변색에 관한 실험적 연구. *대한치과 의사협회지* 15 : 845, 1977.
  24. 김영해 : Veneer resin의 색 안정성에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 16 : 1, 1991.
  25. Khan Z, Fraunhofer JA, Razavi R : The staining characteristics, transverse strength, and microhardness of a visible light-cured denture base material. *J Prosthet Dent* 57 : 384, 1987.
  26. Oysaed H, Ruyter IE : Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res* 65 : 1315, 1986.
  27. Joran R : Composites and microfill resins, lecture. Greater New York Dental Meeting Nov. 1981.
  28. Pollack BF, Blitzer MH : Discoloration in composite and microfill resins. *General Dentistry*. March - April, pp. 130-133, 1984.
  29. Christenson G : Microfill resin compared to composite resin : Results of a three-year study. *Clin Res Assoc News* 6 : +, 1982.
  30. Phillips RW : Science of dental materials. Philadelphia, WB, Saunders. p. 237, 1982.
  31. Ameye C, et al. : Color stability, marginal adaptation of composite resins. *J Prosthet Dent* 46 : 623, 1981.
  32. Horn HR : Practical considerations for composite resins and acid etching. *Dent Clin North Am* 25 : 365, 1981.
  33. Dijkken JWV : A clinical evaluation of anterior conventional microfilled, and hybrid composite resin filling. *Acta Odontol Scand* 44 : 357, 1986.