



## 레진 기질의 종류에 따른 광중합복합레진의 색 안정성 평가

유다혜<sup>†</sup>, 정현진<sup>†</sup>, 최성현, 황인남<sup>\*</sup>

전남대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

### Evaluation of the color stability of light cured composite resins according to the resin matrices

Da-Hye Yu<sup>†</sup>, Hyun-Jin Jung<sup>†</sup>, Sung-Hyeon Choi, In-Nam Hwang<sup>\*</sup>

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Chonnam National University, Gwangju, Korea

The purpose of this study was to evaluate the color stability of light cured composite resins according to the resin matrices. Three kinds of resin matrices such as Bis-GMA (Venus<sup>®</sup> Diamond; VD), Silorane (Filtek<sup>TM</sup> P90; P90), and Ormocer (Admira; Ad) were selected. Each of them were used to prepare 30 specimens. The initial CIE L\*a\*b\* values were measured by means of a Spectrophotometer (NF999, Nippon Denshoku, Japan). For accelerated aging process, the specimens were immersed in a circulating water bath with distilled water at 60°C. Spectrophotometric analyses were made after immersion of 8, 16, 24, 41 days and the color difference ( $\Delta E^*$ ) was calculated. The L\* value increased compared with initial L\* value. VD had the greatest L\* value change and Ad had the smallest L\* value change ( $p < 0.05$ ). Ad had the greatest a\* value change and VD had the smallest a\* value change ( $p < 0.05$ ). The b\* value of P90 increased steadily in positive value (+) ( $p < 0.05$ ).  $\Delta E^*$  of Ad had the smallest value and that of P90 had the greatest change with time. According to this study, the value of light cured composite resins was increased with water sorption and color of those changed into greenish and yellowish. And according to the evaluation of color stability, Ad with Ormocer as resin matrices had the best color stability with time in oral environment and P90 with Silorane as resin matrices had the lowest color stability with time. And VD had the greatest initial  $\Delta E^*$ .

**Key words:** bis-GMA, Color stability, Light cured composite resin, Ormocer, Resin matrix, Silorane

### 서론

광중합 복합레진은 치아의 수복에 있어서 이미 가장 보편

적인 수복물의 하나로 자리 잡았으며, 일반인들의 심미적 욕구가 증대됨에 따라 기능과 심미성을 동시에 만족시킬 수 있다는 점에서 그 수요가 증가되었다.

Da-Hye Yu (ORCID: 0000-0002-2838-2974)  
Hyun-Jin Jung (ORCID: 0000-0002-2235-7276)  
Sung-Hyeon Choi (ORCID: 0000-0002-4324-6567)

Correspondence: In-Nam Hwang (ORCID: 0000-0002-5388-1919)  
77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, 61186, Republic of Korea  
Affiliation: Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Chonnam National University, Gwangju, Republic of Korea  
Tel: +82-62-530-5819, Fax: +82-62-530-5629  
E-mail: hinso@chonnam.ac.kr

<sup>†</sup>These authors contributed equally to this work.

Received: May, 24, 2019; Revised: Jun, 21, 2019; Accepted: Jun, 24, 2019

복합레진은 타 수복재료에 비하여 자연치아의 색상과 유사하여 심미적인 만족감을 줄 수 있다. 복합레진을 이용한 수복에서 심미적인 결과를 얻기 위한 가장 중요한 관건은 인접 자연치아의 색상과 얼마나 조화를 이루느냐에 있다. 초기 수복에서 임상되는 자연치아의 색상과 최대한 유사하게 복합레진 수복재료의 색상을 선택하지만 시간이 지남에 따라 수복재료의 변색이 일어난다.

변색의 요인으로 외인적인 영향을 들 수 있는데 Domingos 등에 따르면 흔히 접할 수 있는 커피, 차, 콜라와 같은 음료가 착색에 영향을 미치며 그 중 커피가 광중합 복합레진의 색 안정성에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보고되었다(1). 또한 콜라, 오렌지 주스, 적포도주에 의한 착색의 영향을 연구한 Catelan 등의 연구에서 적포도주가 가장 큰 착색을 일으키는 것으로 보고된 바 있다(2). 이와같은 외인성 착색 뿐만 아니라 레진 기질 자체의 특성, 중합되지 않고 남아 있는 레진 자체의 변성, 타액 성분의 차이, 시간의 흐름과 같은 요인들도 변색을 일으킨다. Mundim 등에 의한 연구에 따르면 이러한 요인들 중 광중합 복합레진의 조성에 따라 레진의 색상 변화가 나타난다는 보고가 있었다(3). 이러한 수복재료의 변색은 피할 수 없는 문제이다. 이에 따라 레진의 색 안정성에 관하여 여러 연구가 보고되었는데 Asmussen은 레진의 색 변화에 영향을 미치는 요인들에 관해 연구하였는데, filler의 양, filler의 크기, photoaccelerator와 중합도, 흡습도와 같은 내인성 인자들과 커피, 차 및 흡연 등과 같은 외인성 인자에 대한 연구들이 시행되었다(4-14).

본 연구에서는 복합레진 수복재료의 변색이 광중합 복합레진의 기질 종류에 따라 다른 양상으로 나타날 것이라고 가정하고 복합레진의 기질로서 Bis-GMA, Silorane, Omocer의 세 가지를 선택하였다. 그 중 Bis-GMA는 치과용 레진의 기질로서 약 30년간 사용되고 있는 단량체이다(15, 16). Bis-GMA는 휘발성 및 중합수축이 적고 경화가 빠르며 2개의 소수성 기능기를 갖는 단량체로 분자량이 크고 안정성이 높으나 점도가 높고 반응성이 낮아 희석 단량체가 필요하다(15).

더 적은 중합수축을 갖는 복합레진으로 개발된 silorane 기질의 레진은 siloxane과 oxirane을 결합한 것으로 methacrylate 기질 복합레진보다 낮은 중합수축, 높은 강도, 적은 중합수축 응력, 낮은 굴곡 탄성을, 높은 파절 강도,

느린 쥬화점을 갖는다(16-19).

한편 기존 복합레진의 중합수축 문제를 극복하려는 시도로 만들어진 Omocer 기질의 레진은 화학 분야에서 광학렌즈 등의 표면경화제로 이용되어 오다가 치과용 수복재에 도입된 것으로(18), 'Organically Modified Ceramics'의 약자이며 'Ormosils' (Organically Modified Silicates)로도 알려져 있다(20,21).

색상의 평가는 주관적인 방법과 객관적인 방법이 있는데 그 중 객관적으로 평가하는 방법은 일반적으로 두 가지 색체계가 사용된다: Munsell 색체계와 Commission International de l'Eclairage (CIE) 색체계(22). 본 연구에서 색 안정성은 CIE L\*a\*b\*(국제조명위원회; Commission Internationale de l'Eclairage, L\*, a\*, b\*) 시스템에 따라 Spectrophotometer (NF999, Nippon Denshoku, Japan)를 이용하여 각 시편으로부터 측정된 L\*, a\*, b\* 좌표 사이의 색차( $\Delta E^*$ )에 의해 평가되었다.

CIE 1976 L\*a\*b\* scale은 Adams-Nickersman space의 단순화된 제공근의 변형으로 삼차원의 색 공간에 색을 나타낼 수 있는 좌표로써 측색기로 측정된 3차원 XYZ 값으로부터 산출된 L\*, a\*, b\* 값에 의한 3 차원 직교 좌표를 이용한다. 이러한 CIE L\*a\*b\* scale에서 CIE L\* 값은 물체의 밝기(Lightness)를 측정하는 것으로 CIE L\* 값이 0이면 완전한 검정색, 100이면 흰색을 의미한다. 또한 CIE a\*와 CIE b\*는 색도(Chromaticity)를 측정하는 것으로 CIE a\* 값이 양의 값(+)이면 적색, 음의 값(-)이면 녹색을 나타내고, CIE b\* 값이 양의 값(+)이면 황색, 음의 값(-)이면 청색을 나타낸다(23).  $\Delta E^*$ 는 상대적인 색 변화를 수치로 표현한 것으로 개별의 L\*, a\*, b\* 값보다 더 의미있는 수치이다.

측정된 L\*, a\*, b\* 값으로 대조군 및 실험군의 각 레진 종류간의  $\Delta E^*$ 를  $\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$  공식을 이용해 산출하였고, 색상의 변화 양상과 안정성을 비교, 분석하였다.

본 연구에서는 가속시험을 이용하여 레진 기질의 종류에 따른 광중합복합레진의 색 안정성을 평가해보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구 재료 및 기기

연구 범위로 선택된 레진은 A3 shade의 Bis-GMA를 주요 기질로 사용한 Venus<sup>®</sup> Diamond (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany), Silorane을 주기질로 사용한 Filtek<sup>™</sup> P90 (3M ESPE, St. Paul, MN, U.S.A.), 그리고 Ormocer를 주기질로 사용한 Admira (VOCO, Cuxhaven, Germany)를 사용하였다(Table 1). 레진의 중합을 위한 광중합기(Dr's Light, Good doctors Co., Ltd., Incheon, Korea, wavelength range: 420~490 nm, Light source: High power LED, Light Output: MAX. 1600 mW/cm<sup>2</sup> (±10%))를 준비하였다. 제작된 시편의 색상을 측정하기 위해 분광색채계인 spectrophotometer (NF999, Nippon Denshoku Ind., Japan)와 60℃의 일정한 온도 하에서의 가속시험을 위해 refrigerated bath circulator (MRC-1011D, Mono-Tech Eng Co., Korea)를 사용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 시편의 제작

시편을 제작하기 위하여 두께 2.5 mm의 아크릴 판에 지름 5 mm의 원형 hole을 형성하고 지름 5 mm, 두께 2.5 mm의 원형 시편을 제작하였다. 유리판 위에 hole을 형성한 아크릴판을 올려놓고 선택된 레진을 3회 적층 충전하며 매회 20초씩 광중합하였다. 시편의 개수는 VD, P90, Ad 각각 30개이며 제작한 시편은 서로 섞이지 않게 각각

stainless steel 망에 분류하였다. 시편을 모두 제작한 후 시편의 표면 상태가 색상 측정값에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 #1500 미세사포를 이용해 양면을 모두 연마하여 표면을 매끄럽게 하였다. 연마 시 시편의 두께는 2.5 mm로 유지되면서 시편의 양면에 지문이나 불순물이 묻지 않도록 주의하였다. 제작이 완료된 시편은 stainless steel 용기에 담아 건조된 상태로 실온에 보관하였다.

#### 2) 시편의 초기 색상 측정

본 연구에서는 최대한의 객관성을 확보하기 위하여 Spectrophotometer (NF999, Nippon Denshoku, Japan)를 이용한 색조 측정법을 택하였다.

3종류 레진 시편 각각의 초기 색조 값(CIE L\*a\*b\*)을 측정 후 기록하였다. 색조 측정 전 먼저 감지기를 표준 백색판과 표준 흑색판에 놓고 표준조정을 시행하였다. 측정 시에는 주변 환경의 영향을 최소화하기 위하여 백색 배경판 상에서 각 레진시편의 색조를 측정하였다. 색조 측정 전 레진 시편은 건조된 상태로 유지하였다. 모든 레진 시편 각각의 CIE L\*, a\*, b\* 값을 측정하여 기록하였고 초기 측정값과 가속 시험 후 측정값을 다음의 식으로 계산하여 색차(ΔE\*)를 구하였다.

$$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

#### 3) 가속시험(Accelerated test)

3차 증류수를 순환 항온수조(circulating water bath)의 수조 안에 채우고, 각각 세 종류의 레진 시편이 담긴 3개의 stainless steel 망을 완전히 증류수에 잠기도록 위치시켰다.

Table 1. Materials used in the study

Composite Resin (Code)	Organic Matrix	Filler size	Filler loading	Manufacturer	Batch No.
Filtek <sup>™</sup> P90 (P90)	Silorane	0.47 μm	wt. 76% vol. 55%	3M ESPE, St. Paul, MN, U.S.A.	N152496
Admira (Ad)	Ormocer	0.7 μm	wt. 78% vol. 56%	VOCO Cuxhaven, Germany	1027113
Venus <sup>®</sup> Diamond (VD)	Bis-GMA	5 nm -20 μm	wt. 78% vol. 64%	Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany	010033

Asmussen에 의해 보고된 accelerated test에 따르면 60℃의 물에 1개월 동안 보관하는 것은 37℃의 물에 12개월 동안 보관한 후 얻어진 색 변화와 높은 상관관계가 있다(24). 따라서 수조 내 3차 증류수의 온도는 60℃로 일정하게 유지하였고 각 시편을 수조 안에서 보관하였다. 시편의 변색 요인을 습도에만 제한하기 위하여 그 외 변색을 유발할 수 있는 요인들을 최소화하였다. 각 레진 시편은 stainless steel 용기에 분류하여 보관하였고 증류수가 오염되는 것을 방지하기 위하여 3차 증류수는 2일 간격으로 깨끗한 것으로 교체하였다.

#### 4) 가속시험 후 색상 측정

각 레진 시편을 60℃ 온도의 증류수에 침적시킨 후 각각 8일, 16일, 24일, 41일이 경과한 시기에 CIE L\*, a\*, b\* 값을 측정하였다. 측정 시 수분에 의한 색상 측정값의 오차를 최소화하기 위하여 각 시편을 건조시키고 깨끗한 장갑을 착용한 상태에서 백색 배경판 상에 spectrophotometer를 이용하여 색상을 측정하였다. 색상 측정 전에 먼저 감지기를 표준 백색판과 표준 흑색판에 놓고 표준조정을 시행하였다.

#### 5) 자료 분석

Spectrophotometer를 이용하여 측정된 대조군의 CIE L\*, a\*, b\* 값과 가속시험 8일, 16일, 24일, 41일 경과한 후의 CIE L\*, a\*, b\* 값을 기록하고 평균과 표준편차, 색차( $\Delta E^*$ ) 값을 계산하였다. 가속시험 전과 후의 CIE L\*a\*b\* 값을 one-way ANOVA test로 비교하고 Student-Newman-Keuls Method로 사후 검증하였다.

## 결 과

### 1. 색상 측정 결과

지름 5 mm, 두께 2.5 mm의 원형 시편 각각의 측정된 CIE L\*, a\*, b\* 값으로 평균, 표준편차,  $\Delta E^*$ 를 산출하여 Table 2와 3, Figure 1과 같은 값을 얻었다.

Table 2에서 각 레진 기질의 종류에 따라 각각의 L\*, a\*, b\* 값을 살펴보면, VD, P90, Ad 레진 시편 모두 8일부터

16일 사이에 L\* 값이 감소하다가 16일부터 41일까지 L\* 값이 증가하였다. 또한 Ad의 a\* 값은 시일이 지남에 따라 지속적으로 감소하였으나 VD와 P90의 a\* 값은 증감을 반복하였다. b\* 값의 경우 P90은 지속적으로 b\* 값이 증가하였으나 VD와 Ad는 증감을 반복하였다(p<0.05).

Figure 1에서 볼 때 이와 같은 증감을 명확히 확인할 수 있다. 대체적으로 L\* 값은 초기 값보다 증가하였으며 세 가지 기질의 복합레진 중 VD가 가장 변화량이 크고, Ad가 가장 변화량이 작았다(p<0.05). a\* 값의 경우 세 가지 기질의 복합레진 모두 초기 값보다 감소하였고 초기 값은 양의 값(+)으로 적색 계열이었으나 시일이 지남에 따라 음의 값(-)을 나타내어 녹색 계열에 가까워짐을 확인하였다. 세 가지 기질의 복합레진 중 a\* 값은 Ad가 가장 변화량이 크고 VD가 가장 변화량이 작았다(p<0.05). b\* 값은 P90은 초기 값보다 증가하였고 VD와 Ad는 초기 값보다 감소하였지만 VD와 Ad는 그 변화량이 작을뿐더러 증감을 반복하였으나 P90의 b\* 값은 양의 값(+)에서 지속적으로 증가하였다 (p<0.05).

### 2. 색 안정성 평가

$\Delta E^* = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$ 와 같은 공식에 따라 환산한 각 레진 기질의 초기 값과의 색차( $\Delta E^*$ , color difference)로 시일이 지남에 따라 측정된 CIE L\*a\*b\* 값이 임상 적용 시 문제가 되는  $\Delta E^*=3.7$  이상인지 확인하였다 (25). P90은 시일이 지남에 따라  $\Delta E^*$ 가 지속적으로 증가하였고 VD와 Ad는 증감을 반복하였다. 60℃의 3차 증류수에 레진 시편을 보관한 8일 경과 시점까지는 VD가 가장 큰  $\Delta E^*$ 를 보였으나, 8일 후 41일 경과 시점까지는 P90이 가장 큰  $\Delta E^*$ 를 나타내었다. 그 중 Ad는  $\Delta E^*=3.7$  미만으로 세 가지 기질의 복합레진 중 가장 높은 색 안정성을 보였다. VD의 경우 8일 경과 시점부터 41일 경과시점까지  $\Delta E^*=4.4\sim 5.7$  정도의 값을 보이며 임상 적용 시 문제가 되는  $\Delta E^*$ 를 나타내었고, 60℃의 3차 증류수에 보관 시 초기에 가장 큰  $\Delta E^*$ 를 나타내지만 시일이 지남에 따라 더 큰 값을 보이지는 않았다. 반면 P90의 경우는 60℃의 3차 증류수에 보관 시 초기에  $\Delta E^*=4.3$ 으로 VD보다는 작은 값이지만 임상 적용 시 문제가 되는  $\Delta E^*$ 를 나타내었고, 이러한  $\Delta E^*$ 는

**Table 2.** CIE L\*a\*b\* average values and standard deviations of resin composite specimens after accelerating test

		before	8d	16d	24d	41d
	L*	56.13 (1.62)*	61.73 (1.24)	60.36 (1.18)	60.76 (1.34)	61.33 (1.17)
VD	a*	1.00 (0.27)	0.07 (0.25)	0.26 (0.35)	-0.16 (0.32)	-0.05 (0.28)
	b*	9.78 (0.88)	9.17 (0.88)	8.85 (1.02)	8.77 (1.46)	9.29 (1.29)
	L*	59.52 (1.35)	62.04 (0.97)	60.42 (1.15)	61.97 (1.10)	62.81 (0.77)
P90	a*	0.62 (0.25)	-0.45 (0.18)	-0.42 (0.20)	-0.50 (0.16)	-1.11 (0.29)
	b*	9.85 (1.17)	13.15 (1.08)	14.08 (0.92)	15.29 (1.15)	16.96 (0.87)
	L*	57.16 (2.18)	58.53 (1.72)	57.95 (0.88)	59.27 (1.56)	59.41 (1.49)
Ad	a*	0.52 (0.21)	-0.73 (0.39)	-1.12 (0.48)	-1.72 (0.35)	-1.86 (0.80)
	b*	11.69 (1.03)	12.16 (1.00)	12.08 (1.65)	13.30 (1.30)	11.39 (1.43)

\* Standard deviations are in the parentheses.

**Table 3.** Total color difference ( $\Delta E^*$ ) of resin matrices after immersion into distilled water at 60°C compared to initial value

		8 days	16 days	24 days	41 days
	VD	5.710 <sup>c</sup>	4.397 <sup>b</sup>	4.880 <sup>b</sup>	5.325 <sup>b</sup>
$\Delta E^*$	P90	4.289 <sup>b</sup>	4.448 <sup>b</sup>	6.071 <sup>c</sup>	8.029 <sup>c</sup>
	Ad	1.906 <sup>a</sup>	1.860 <sup>a</sup>	3.478 <sup>a</sup>	3.289 <sup>a</sup>

Different letters in the column mean statistically significant differences.

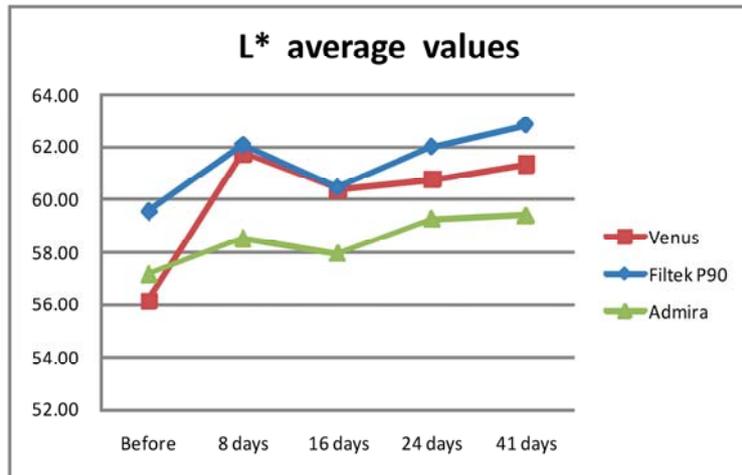
시일이 지남에 따라 지속적으로 증가하여 41일 경과시점에서는  $\Delta E^* \approx 8$ 로 세 가지 기질의 복합레진 중 가장 큰 값을 보였다. 따라서 P90이 가장 낮은 색 안정성을 나타내었다.

## 고 찰

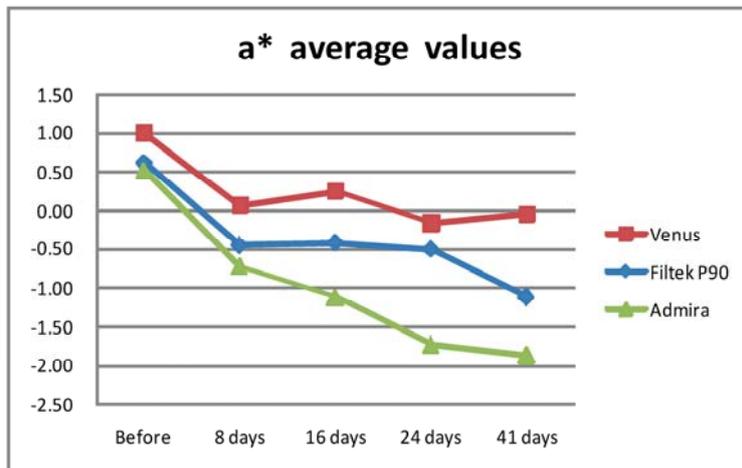
복합레진은 치아 수복재료로서 심미적인 요구를 충족시키며 널리 이용되어 왔고, 구강 내 환경에서 광중합 복합레진의 물성에 관한 많은 연구가 있어왔다. 레진의 물성 중 구강 내에서의 색 부조화와 색 변화에 관한 것은 심미적인

영향이 커 임상적으로 레진을 선택하는데 중요한 관심을 끌었다.

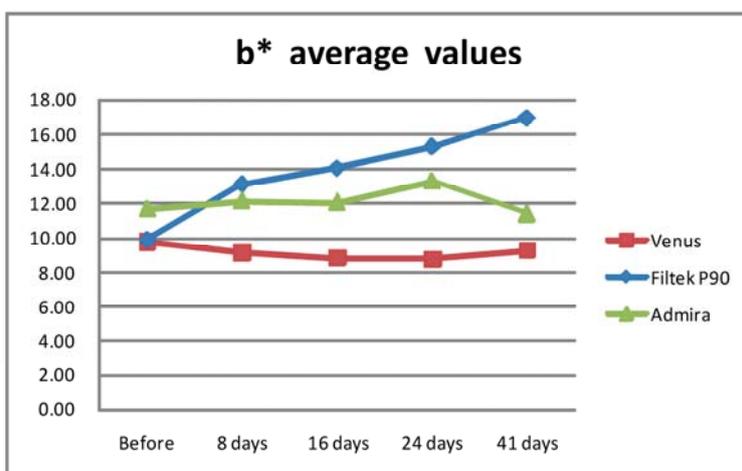
이에 본 연구에서는 레진 기질의 종류에 따른 광중합 복합레진의 색 안정성에 대해 평가하고자 Bis-GMA (Venus<sup>®</sup> Diamond), Silorane (Filtek<sup>TM</sup> P90), Ormocer (Admira)의 세 가지 종류의 기질을 선택하여 색 안정성에 대한 가속시험(accelerated test)을 하였다. 본 연구에서는 구강 내 온도 37°C 환경에서의 장기간의 변화를 단기간 동안 생체 외에서 구현하기 위하여 순환 항온수조에서 60°C로 유지한 증류수를 준비하였고 41일 동안 레진 기질의 CIE L\*a\*b\* 값을 측정 기록하였다.



(a)



(b)



(c)

**Figure 1.** L\*a\*b\* values of resin matrices after accelerating test.  
 (a) L\* values, (b) a\* values, (c) b\* values,

Ortengren 등의 연구에 따르면 복합레진 시편을 37°C 증류수에 보관했을 때, 건조 상태로 보관했을 때보다 낮은 물성을 나타내었다(26). 수분으로 인한 이러한 물성의 저하는 두 가지 방법으로 설명될 수 있다: 첫 번째는 resin-based material의 organic matrix와 같이 수분을 흡수할 수 있는 부분에 의해 시편이 swelling, plasticization 됨으로서 물성이 저하된다는 것이고(27, 28), 두 번째는 복합레진 내부에서 일어나는 화학적 변화로 chemical softening을 보이는 것이다(29).

레진 수분물의 변색을 유발하는 주요 인자로서 물을 흡수하는 성질을 들 수 있으며 복합레진의 수분 흡수는 filler와 기질의 결합 사이나 레진 기질 사이에서 확산에 의해 일어난다(6). Cooley 등에 의한 복합레진의 색 안정성에 관한 연구에 따르면 복합레진 시편을 6 개월간 증류수에 침적시켰을 때 명도가 증가하고 보다 yellowish 해졌다고 보고하였다(30). 일반적으로 레진은 명도가 증가하고 보다 불투명해지는 경향이 있다고 보고되고 있으며(31), 본 연구에서도 모든 종류의 기질에서 L\* 값이 증가하여 명도가 증가하였고 P90의 b\* 값이 양의 값(+)으로 지속적으로 증가함(p<0.05)으로서 황색이 되는 경향을 보였다(Table 2, Figure 1). 세 가지 종류의 기질 중 명도의 증가는 Bis-GMA(VD)가 가장 변화량이 크고 Ormocer (Ad)가 가장 변화량이 작았으며(p<0.05), a\* 값은 Bis-GMA (VD), Silorane (P90), Ormocer (Ad) 모두 음의 값(-)으로 감소하여 녹색에 가까워지는 경향을 나타내었다.

또한 세 가지 종류 기질의  $\Delta E^*$ 를 살펴볼 때, Ormocer (Ad)가 전체 실험 기간 동안 가장 낮은  $\Delta E^*$ 를 나타내었고, Silorane (P90)이 초기부터 실험 종료 시점까지 가장 큰  $\Delta E^*$  변화를 나타내었으며, Bis-GMA (VD)는 초기에 세 가지 종류의 기질 중 가장 큰  $\Delta E^*$ 를 나타내었다.  $\Delta E^*$ 가 증가할수록 색 안정성이 감소하고 Esquivel 등에 따르면 CIE 표색계와 시각적 인지가 일치함이 보고되었다(32).

$\Delta E^*=1$  이상일 때 눈으로 색 변화를 감지할 수 있고(25), Ruyter 등과 Eldiwany 등은  $\Delta E^*=3.3$  이하일 때 임상적 허용 색차의 한계라고 하였으며(10, 33), Shotwell 등은  $\Delta E^*=3.7$  이상일 때 육안으로 판별이 가능할 정도로 색 변화가 커서 임상 적용 시에 문제가 된다고 보고하였다(25). 본 실험에 따르면 세 가지 종류의 기질 중 Ormocer (Ad)만이

$\Delta E^*=3.7$  미만을 보여 임상 적용 시 문제되지 않는다고 판단되었고, 다른 두 가지 종류 기질인 Bis-GMA (VD)와 Silorane (P90)은 모두  $\Delta E^*=3.7$  이상을 보여 임상 적용 시 문제가 될 것이라고 판단되었다.

복합레진의 변색은 내적 요인과 외적 요인에 의해서 야기된다. 내적 요인은 레진 기질의 변색과 filler의 계면 변화와 같은 재료 자체의 변색을 포함하며(3, 12), 기온의 변화와 수분에 담금, 자외선 노출에 의한 것이다(31). 한편 외적 요인은 색소의 흡수, 흡수에 의한 착색을 포함한다(1, 2). 본 연구에서는 외부 변색 요인에 의한 오차를 줄이기 위하여 각 레진 시편을 stainless steel 용기에 보관하였고 3차 증류수는 2일 간격으로 깨끗한 것으로 교체하였으며 시편을 증류수에 담글 때 멸균된 핀셋을 이용하고 시편의 색조 측정 시 깨끗한 장갑을 착용하였다.

복합레진의 기질은 일정 정도의 흡습성을 가지며 흡수된 수분은 기질-필러를 분리시키고 복합레진의 변색을 일으킨다(34). 레진의 색 안정성은 filler의 함량과 크기에 따라 영향을 받는데, Ovsaed 등과 Germain 등에 따르면 filler의 함량이 많을수록 색이 변하였고(5, 6), Ruyter는 filler의 함량이 적거나 matrix의 함량이 많을수록 색 안정성이 불량하다고 보고하였으며(10) Ameye 등과 Pollack 등은 microfill resin이 색 변화가 적다고 보고하였다(7, 35). 그러나 Dietschi 등에 따르면 필러-기질 비율의 작은 차이는 수분 흡수에 큰 차이를 일으키지 않는다고 하였으므로(36), 본 연구에서 사용된 복합레진의 필러 함유량 차이는 1~9% (vol.), 0~2% (wt.)로 필러 함유량의 차이가 변색 정도에 미치는 영향은 매우 작을 것이다.

본 연구에서 실험 8일 경과 후 Silorane-based 복합레진이 Bis-GMA-based 복합레진보다 높은 색 안정성을 나타낸 것은 siloxane group을 포함하는 silorane 분자의 소수성 구조에 기인한 것으로 사료된다. Methacrylate 계열 복합레진은 중합과정 중 인접 단량체가 서로 결합하면서 상호간 거리가 줄어 체적 감소를 일으키는데 반해, silorane 복합레진은 oxirane ring(산소를 포함하는 ring 구조의 분자)을 가진 소수성 siloxane backbone으로 구성되어 선형 반응기(linear reactive groups)를 갖는 methacrylate 레진을 포함하지 않으며, 중합에 관여하는 부위인 oxirane의 ring 구조가 열리면서 공간을 확보하게 되고, 이후에 일어나는 화학적

결합에서 유발되는 부피 감소를 상쇄한다(16, 17, 18, 37). Palin 등의 연구에서는 silorane 레진이 methacrylate-based 복합레진보다 더 낮은 수분흡수율과 확산계수를 갖는다고 보고하였다(38). 수분흡수와 용해도 시험에서 silorane은 methacrylate 레진과 비교하여 더 낮은 용해도를 보였으며 siloxane 그룹의 소수성은 생체액 내에서 silorane의 안정성을 향상시키는 것으로 보였다(19). 또한 silorane 레진은 필러 입자 실란 처리제(silane treatment)의 정도를 감소시키고 젖음성을 증가시켜서 변색에 큰 역할을 하는 실란층의 두께를 얇게 함으로서 실란층의 수분흡수를 감소시키고 필러-기질 결합강도를 증가시켜 결과적으로 용해도를 감소시킨다고 보고하였으며, Bis-GMA의 경우 구조 내에 silane의 높은 비율이 존재하므로(39) 수분흡수가 더 많고 따라서 더 높은 변색율을 보인다고 사료된다.

본 연구에서도 실험 8일 경과 시점까지 P90 (Silorane) 레진이 VD (Bis-GMA)보다 우수한 색 안정성을 나타내었으나 8일 이후부터 실험 종료까지는 VD가 P90보다 더 우수한 색 안정성을 나타내었다. 본 연구와 유사한 조건에서 시행된 Furuse 등의 연구에서도 Silorane 복합레진이 우수한 색 안정성을 보였다고 보고하였다(40). 실험 초기부터 종료까지 일관되게 가장 우수한 색 안정성을 나타낸 것은 Omocer 기질 레진이었다.

Ormocer 기질 레진은 자연 치아 구조와 매우 유사한 열팽창계수를 가지며, 기존의 복합레진에 비해 filler 함량이 적음에도 불구하고 중합수축률이 낮고 마모저항성은 크며 개선된 굴곡 탄성율을 보인다(18, 20). 또한 표면 보전을 (surface integrity)을 연구한 Cavalcante 등에 따르면 건조된 환경, 물, 에탄올에서 7일 간의 보관 기간 동안 Ormocer 기질 레진이 가장 낮은 경도(hardness) 변화율을 보였고 따라서 용매 분해(solvent degradation)에 있어서 다른 재료들보다 더 큰 저항성을 갖는다고 하였다(41).

복합레진은 장기간 동안의 색 안정성 유지가 임상적 성공에 필수적이다. 불량한 색 안정성을 갖는 레진 수복물은 심미성의 저하로 인한 수복물 교체의 한 요인이 된다. 레진의 색 안정성에 대한 연구는 임상적 성공을 높이는 데 중요한 영향을 미칠 것으로 사료되며, 보다 우수한 색 안정성을 갖는 복합레진의 개발도 병행되어야 할 것이다.

## 결론

본 연구에서는 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. L\* 값은 초기 값보다 증가하였으며 VD가 가장 변화량이 크고, Ad가 가장 변 화량이 작았다( $p < 0.05$ ).
2. a\* 값은 초기 양의 값(+)에서 시일이 지남에 따라 VD, P90, Ad 모두 감소하여 음의 값(-)을 나타내었다. 그 중 Ad가 가장 변화량이 크고 VD가 가장 변화량이 작았다 ( $p < 0.05$ ).
3. P90의 b\* 값은 양의 값(+)에서 지속적으로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ).
4. Ad가 세 가지 기질의 복합레진 중 가장 낮은  $\Delta E^*$ 를 나타내었고 P90의  $\Delta E^*$ 가 시일이 지남에 따라 가장 큰 변화를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

이와 같은 본 연구 결과에 따르면 광중합 복합레진은 수분 흡수에 따라 명도가 증가하고 녹색, 황색으로 변하는 경향을 보였다. 또한 색 안정성에 대한 평가에서, 구강 내에서 시간에 따른 색 안정성이 가장 우수한 것은 Ad이며 P90이 가장 낮은 색 안정성을 나타내었고 VD는 초기에 낮은 색 안정성을 보였다.

색 안정성이 우수한 기질의 복합레진을 선택하는 것은 임상적인 성공에 있어서 하나의 중요한 요인이 될 것이며 레진의 색 안정성에 대한 연구는 구강 환경과 유사한 상태에서 다양한 원인들에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Domingos PA, Garcia PP, Oliveira AL, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. J Appl Oral Sci. 2011;19:204-11.
2. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Goiato MC, Santos PH. Color stability of sealed composite resin restorative materials after ultraviolet artificial aging and immersion in staining solutions. J Prosthet Dent.

- 2011;105:236-41.
3. Mundim FM, Garcia L, Sousa AB, Cruvinel DR, Carvalho F. Influence of artificial accelerated aging on the color stability and opacity of composites of different shades. *Minerva Stomatol.* 2010;59:535-41.
  4. Asmussen E. Factors affecting the color stability of restorative resins. *Acta Odont Scand.* 1983;41:11-8.
  5. Germain HS, Swatz ML, Phillips RW, Moore BK, Roberts TA. Properties of microfilled composite resins as influenced by filler content. *J Dent Res.* 1985;64:155-60.
  6. Oysaed H, Ruyter IE. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res.* 1986;65:1315-18.
  7. Ameye C, Lambrechts P, Vanherle G. Conventional and microfilled composite resins. Part I. Color stability and margin adaptation. *J Prosthet Dent.* 1981;46:623-30.
  8. Venz S, Antonucci JM. Effect of photoaccelerators on curing and discoloration of composites. *Dent Mater.* 1987;3:244-46.
  9. Powers JM, Dennison JB, Koran A. Color stability of restorative resins under accelerated aging. *J Dent Res.* 1978;57:964-70.
  10. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3:246-51.
  11. Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composites resins. *J Oral Rehabil.* 1977;4:311-22.
  12. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quint Int.* 1991;22:377-86.
  13. Raptis CN, Powers JM, Fan PL, Yu R. Staining of composite resins by cigarette smoke. *J Oral Rehabil.* 1982;9:367-71.
  14. Brauer GM. Color changes of composites on exposure to various energy sources. *Dent Mater.* 1988;4:55-9.
  15. Lee YS, Choi KK, Park SJ. Effect of resin matrix on degree of conversion and fracture toughness of dental composites. *J Korean Acad Conserv Dent.* 2002;27:77-86.
  16. Ryu SJ, Cheon JH, Min JB. Evaluation of polymerization shrinkage stress in silorane-based composites. *J Korean Acad Conserv Dent.* 2011;36:188-95.
  17. Gao BT, Lin H, Han JM, Zheng G. Polymerization characteristics, flexural modulus and microleakage evaluation of silorane-based and methacrylate-based composites. *Am J Dent.* 2011;24:97-102.
  18. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J.* 2011;56:59-66.
  19. Burke FJ, Crisp RJ, James A, Mackenzie L, Pal A, Sands P, Thompson O, Palin WM. Two year clinical evaluation of a low-shrink resin composite material in UK general dental practices. *Dent Mater.* 2011;27:622-30.
  20. Lee DS, Jung TS, Kim S. Selected mechanical properties of Ormocer restorative materials. *J Korean Acad Pediatr Dent.* 2002;29:362-70.
  21. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. *Int Dent J.* 1998;48:3-16.
  22. Barutcgil C, Harorli OT, Yildiz M, Ozcan E, Arslan H, Bayindir F. The color differences of direct esthetic restorative materials after setting and compared with a shade guide. *J Am Dent Assoc.* 2011;142:658-65.
  23. Mun SH, Park SJ, Cho HG, Hwang YC, Oh WM, Hwang IN. Influence of the color of composite resins applied to lingual surface on the labial tooth color. *J Korean Acad Conserv Dent.* 2009;34:309-23.
  24. Asmussen E. An accelerated test for color stability of restorative resins. *Acta Odontol Scand.* 2000;39:329-32.
  25. Shotwell JL, Razzoog ME, Koran A. Color stability of longterm soft denture liners. *J Prosthet Dent.* 1992;68:836-8.

26. Ortengren U, Elgh U, Spasenoska V, Milleding P, Haasum J, Karlsson S. Water sorption and flexural properties of a composite resin cement. *Int J Prosthodont*. 2000;13:141-7.
27. Nambu T, Watanabe C, Tani Y. Influence of water on the transverse strength of posterior composite resins. *Dent Mater*. 1991;10:138-48.
28. Soderholm KJ. Leaking of fillers in dental composites. *J Dent Res*. 1983;62:126-30.
29. Yang KH, Kim JR. Hydrolytic degradation of dental composite resins. *J Korean Acad Pediatr Dent*. 2000;27:370-8.
30. Cooley RL, Sandoval VA, Barnwell SE. Fluoride release and color stability of a fluoride-containing composite resin. *Quintessence Int*. 1988;19:899-904.
31. Powers JM, Bakus ER, Goldberg AJ. In vitro color change of posterior composites. *Dent Mater*. 1988;4:151-4.
32. Esquivel JF, Chai J, Wozniak WT. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. *Int J Prosthodont*. 1995;8:479-85.
33. Eldiwany M, Friedl KH, Powers JM. Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent*. 1995;8:179-81.
34. Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G. Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. *Oper Dent*. 2007;32:406-11.
35. Pollack BF, Blitzer MH. Discoloration in composite and microfill resins. *Gen Dent*. 1984;32:130-3.
36. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dent Mater*. 1994;10:353-62.
37. Palin WM, Fleming GJ, Nathwani H, Burke FJ, Randall RC. In vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites. *Dent Mater*. 2005;21:324-35.
38. Palin WM, Fleming GJ, Burke FJ, Marquis PM, Randall RC. The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. *Dent Mater*. 2005;21:852-63.
39. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. *Eur J Dent*. 2009;3:50-6.
40. Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC. Colour-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging. *J Dent*. 2008;36:945-52.
41. Cavalcante LM, Schneider LF, Silikas N, Watts DC. Surface integrity of solvent-challenged ormocer-matrix composite. *Dent Mater*. 2011;27:173-9.

## 레진 기질의 종류에 따른 광중합복합레진의 색 안정성 평가

유다혜, 정현진, 최성현, 황인남\*

전남대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

본 연구는 레진 기질의 종류에 따른 광중합복합레진의 색 안정성을 평가하기 위하여 시행되었다. 각기 다른 기질로서 Bis-GMA (Venus<sup>®</sup> Diamond; VD), Silorane (Filtek<sup>™</sup> P90; P90), Ormocer (Admira; Ad)의 세 가지 종류의 레진을 선택하였다. 각 레진으로 30개의 시편을 제작하고, 시편들 각각의 초기 색상값(CIE L\*a\*b\*)을 Spectrophotometer (NF999, Nippon Denshoku, Japan)를 이용하여 측정하였다. 가속 시험(accelerated test)을 위해 순환 항온수조 안에 3차 증류수를 채운 후 60℃를 유지하고 시편들을 담근 후 8일, 16일, 24일, 41일 경과 후 각 시편의 색상 값을 측정하고 색차( $\Delta E^*$ , color difference)를 산출하였다. L\* 값은 초기 값보다 증가하였으며 VD가 가장 변화량이 크고, Ad가 가장 변화량이 작으며( $p < 0.05$ ), a\* 값은 Ad가 가장 변화량이 크고 VD가 가장 변화량이 작았다. P90의 b\* 값은 양의 값(+)에서 지속적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). Ad가 세 가지 기질의 복합레진 중 가장 낮은  $\Delta E^*$ 를 나타내었고 P90의  $\Delta E^*$ 가 시일이 지남에 따라 가장 큰 변화를 나타내었다. 본 연구 결과에 따르면 광중합복합레진은 수분 흡수에 따라 명도가 증가하고 녹색, 황색으로 변하는 경향을 보였다. 또한 색 안정성에 대한 평가에서, 구강 내에서 시간에 따른 색 안정성이 가장 우수한 것은 Ormocer를 기질로 사용한 Ad이며, Silorane을 기질로 사용한 P90이 가장 낮은 색 안정성을 나타내었다.

**색인 단어 :** 광중합 복합레진, 레진 기질, 색 안정성

---