

## 색상 측정 기기를 이용한 복합레진 적층 수복과 단일 수복의 색상 비교 분석

송영상, 김자현, 이빈나, 장지현,  
장훈상, 황윤찬, 오원만, 황인남\*

전남대학교 치의학전문대학원  
보존학교실, 치의학 연구소

### Colorimetric comparison of single layered dental composite with double layered dental composite

Young-Sang Song, Ja-Hyun Kim, Bin-Na Lee, Ji-Hyun Jang, Hoon-Sang Chang, Yun-Chan Hwang, Won-Mann Oh, In-Nam Hwang\*

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

**Objectives:** This study analyzed the difference in color caused by different thickness in enamel layer of composite resins when applied with single and layering placement technique, and evaluated if the results agreed with the shade guide from the manufacturers to verify reliability of the color matching process of the manufacturers. **Materials and Methods:** For single composite resin samples, 6 mm diameter and 4 mm thickness cylindrical samples were fabricated using Ceram-X mono (DENTSPLY DeTrey) and CIE L\*a\*b\* values were measured with spectrophotometer. Same process was done for layering composite resin samples, making 3 dentinal shade samples, 4 mm thickness, for each shade using Ceram-X duo (DENTSPLY DeTrey) and enamel shade resins were layered in 2 mm thickness and CIE L\*a\*b\* values were measured. These samples were ground to 0.2 mm thickness each time, and CIE L\*a\*b\* values were measured to 1 mm thickness of enamel shade resin. **Results:** Color difference ( $\Delta E^*$ ) between single and layering composite resin was 1.37 minimum and 10.53 maximum when layering thicknesses were between 1 mm and 2 mm and 6 out of 10 same shade groups suggested by manufacturer showed remarkable color difference at any thickness ( $\Delta E^* > 3.3$ ). **Conclusion:** When using Ceram-X mono and duo for composite resin restoration, following the manufacturer's instructions for choosing the shade is not appropriate, and more accurate information for Ceram-X duo is needed on the variation and expression of the shades depending on the thickness of the enamel. (*Restor Dent Endod* 2012;37(2):84-89)

Received December 30, 2011;  
Revised February 13, 2012;  
Accepted February 24, 2012.

Song YS, DDS, MSD, PhD student;  
Kim JH, DDS, MSD, graduate  
student; Lee BN, DDS, MSD, PhD  
student; Jang JH, DDS, MSD, PhD  
student; Chang HS, DDS, PhD,  
Assistant Professor; Hwang YC, DDS,  
PhD, Associate Professor; Oh WM,  
DDS, PhD, Professor; Hwang IN,  
DDS, PhD, Professor, Department of  
Conservative Dentistry, Chonnam  
National University School of  
Dentistry and DSRI, Gwangju, Korea

#### \*Correspondence to

In-Nam Hwang, DDS, PhD.  
Professor, Department of Conservative  
Dentistry, Chonnam National University  
School of Dentistry, 77 Youngbong-ro,  
Buk-gu, Gwangju, Korea 500-757  
TEL, +82-62-530-5819; FAX, +82-62-  
530-5629; E-mail, hinso@jnu.ac.kr

**Key words:** Colorimetric comparison; Composite resin ; Resin shade; Spectrophotometer

### 서론

복합 레진에 의한 치아 수복은 형태와 기능만이 아니라 그 심미성 회복에도 매우 중요한 의미를 가진다. 심미적 치과 치료를 위해서는 사용되는 수복재의 색상과 치아의 색상 차이를 시각적으로 구분하기 힘들 정도가 되어야 한다. 하지만 심미 수복 재료의 우수한 심미성 증진에도 불구하고 치아와 재료 간의 완벽한 색 조화는 이루어내지 못하고 있다. 이는 치아가 갖는 색상과 동일한 색상의 재료를 선택하는 color matching 과정이 시술자의 주관적 판단이 요구되는 치아와 shade guide 간의 육안 비교에 의해 이루어지는 등 비표준화되어 있기 때문이다.<sup>1</sup>

색상을 결정하는 방법에는 현재 임상에서 주로 사용되고 있는 shade guide를 측정하고자 하는 측정물과 육안으로 비교하여 색상을 결정하는 방법과 spectrophotometer와 같은 측정 기기를 이용하는 방법이 있다.<sup>2</sup> 전자는 검사자의 시각 특성이나 훈련 정도 그리고 주관에 따라 결정되기 때문에 객관적이지 못할 뿐만 아니라 광원의 종류, 빛의 양 그리고 주위 색상과 같은 환경적 요소에 의해 변화할 수 있

다. 후자에 의한 색상 측정법은 과학적이며 재현 가능하지만 임상에서 도입해 사용하기에는 실제적으로 어려움이 많다. 그 밖에도 여러 가지 color matching 방법에 따른 차이가 발생할 수 있다.<sup>3-7</sup>

측정된 색상은 여러 가지 색 체계에 의해 표현된다. 그 중 많이 쓰이는 방법으로는 Munsell color order system과 CIELAB system이 있다.<sup>4,8</sup> 전자는 hue, value 그리고 chroma로 색을 표현하는 방법으로 색의 재현이나 전달 시 인지하기가 용이한 반면 후자는 색량과 색차의 분석에 주로 사용되고 있다.

치아의 법랑질과 상아질, 특히 법랑질은 높은 투명도를 가지며 이러한 법랑질의 높은 투명도와 이에 따라 다른 상아질 색상의 표면 색상에 대한 영향은 치아에 생명력을 부여해 주는 중요한 광학적 특성이다. 최근에는 법랑질의 투명도와 색상 특성을 표현할 수 있는 법랑질 레진들이 소개되고 있으며 이들을 적절히 적층 수복함으로써 기존에는 나타낼 수 없었던 색상 특성을 표현하여 심미적 만족도를 증가시킬 수 있게 되었다.<sup>9</sup>

현재 시판되고 있는 광중합 복합 레진의 색상은 제조회사에서 치아 색상에 바탕을 두고 한정된 10내지 20여종이 있다. 하지만 10여종의 색상만으로 치아 색상을 재현하는 것은 불가능하며 많은 연구가들에 의해 측정된 치아의 색상 범위를 재현하기에는 재료들의 색상이 크게 부족하며 여기에 치아의 투명도까지 고려해야 하므로 더욱 어려워진다.<sup>1,3,10-12</sup> 또한 적층 수복 시 배경색의 색상과 적층되는 복합레진의 색상과 투명도는 예상치 못한 결과를 가져올 수도 있다.<sup>1,9</sup>

실제 임상에서 제조사가 제시한 적층 수복 시 단일 수복을 한 경우와 색차가 육안으로 인지될 정도로 차이가 나타난다. 이에 본 연구는 시판되는 복합 레진의 적층 수복이 적층 두께에 따라 어떠한 표면 색상으로 표현되는지를 기기를 이용해 측정해 보고 적층 수복 및 단일 수복의 결과가 제조사들에 의해 제시된 색상표와 같은 결과를 나타내는지를 비교 분석하여 제조사들에 의한 color matching 과정에 대해 신뢰성을 확인해 보고자 한다.

## 연구 재료 및 방법

### 실험 재료

본 연구에는 2종의 광중합형 복합 레진을 사용하였다. 단일 수복을 위해서는 Ceram-X mono (DENTSPLY DeTrey, Konstanz, Germany)를 사용하였고 적층 수복을 위해서는 Ceram-X duo (DENTSPLY DeTrey)를 사용하였다(Table 1).

색측정을 위해 Spectrophotometer (NF-999, Nippon denshoku, Tokyo, Japan)를 사용하였다.

### 실험 방법

투명도 차이를 이용하여 적층 수복이 가능하게 생산 판매되고 있는 광중합형 복합 레진을 선택하여 먼저 배경판으로 사용될 상아질 복합 레진 시편을 제작한 후 색상을 측정하고 제작된 상아질 색상 시편 상에 법랑질 색상 레진을 적층하고 연마하면서 각 두께에서의 색상을 측정하여 제조사에서 제시한 shade guide와 같은 결과를 나타내는지 비교 평가하였다.

#### 1) 시편 제작

단일 수복에 사용될 복합 레진 시편을 4 mm 두께의 disc로 7개의 제시된 shade당 한 개씩 제작하였다. 직경 6 mm, 두께 4 mm의 고무 주형에 복합 레진을 주입하고 기포가 생기지 않게 주의하면서 레진 충전용 기구로 충전하였다. 양측에 얇고 투명한 셀로로이드지를 위치시킨 후 투명한 glass slide를 사용해 양측에서 압축하였다. 압축된 레진은 LED 광중합기(Dr's Light, 1400 mW/cm<sup>2</sup>, GoodDrs, Seoul, Korea)를 사용해 양면에 각각 60초씩 광중합 하였다. 중합이 끝난 시편은 #1200, #1500, #2000 사포를 이용하여 젖은 상태에서 양면을 연마한 후 시편의 양면에 불순물이 묻지 않도록 초음파 세척기로 세척한 후 보관하였다.

적층 수복의 경우에도 위와 같은 방법으로 먼저 상아질 색상 복합 레진 시편을 4개의 색상(D1, D2, D3, D4)당 3개씩 4 mm의 두께로 제작한 후 제작된 시편에 법랑질 색상 복합 레진(E1, E2, E3)을 제조사의 shade guide에 제시된 대로 적용하여 2 mm 적층하고 광중합하였다(Table 2).

**Table 1.** The two composite resin investigated

Products	Shade	Manufacturer
Ceramix mono	M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7	Dentsply, Germany
Ceramix duo	D1, D2, D3, D4, E1, E2, E3	Dentsply, Germany

M, Ceram-X mono; E, Ceram-X duo enamel shade; D, Ceram-X duo dentin shade.

**Table 2.** Manufacturer's shade guide of Ceram-X mono and duo offered by DENTSPLY DeTrey

	A1	A2	A3	A3.5	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D2	D3	D4
Mono	M1	M2	M5	M6	M7	M1	M2	M6	M6	M3	M4	M4	M7	M3	M5	M4
Duo	E2/ D1	E2/ D2	E2/ D3	E3/ D3	E3/ D4	E1/ D1	E1/ D2	E3/ D3	E3/ D3	E2/ D2	E1/ D3	E2/ D3	E2/ D4	E2/ D2	E2/ D3	E1/ D3

M, Ceram-X mono; E, Ceram-X duo enamel shade; D, Ceram-X duo dentin shade.

### 2) 색측정

시편들의 색을 측정하기 위해서는 배경색의 영향을 받지 않아야 한다. 황과 이의 연구에 의하면 최소 4 mm의 두께에서 배경색의 영향이 최소화 한다고 하였다.<sup>1</sup> 따라서, 본 연구에서는 Ceram-X mono 시편의 경우 4 mm, Ceram-X duo의 경우 4 mm의 상아질 색상 레진 위에 법랑질 색상 레진을 2 mm 적층하여 각각 시편을 제작하였다.

이렇게 준비된 각각의 시편들을 Spectrophotometer를 이용해 CIE L\*a\*b\* 값을 측정하였다. 색 측정은 각 시편당 3번에 걸쳐 시행하였으며, 그 평균값을 채택하였다.

먼저 Ceram-X mono를 이용한 단일 수복 복합 레진 시편의 색상을 측정하였다. 다음으로 Ceram-X duo를 이용하여 제작한 상아질 색상의 복합 레진 시편의 색상을 각각 측정한 후 2 mm 두께로 적층한 법랑질 색상의 레진 시편을 2 mm 두께에서부터 1 mm까지 0.2 mm 간격으로 연마하면서 색상을 측정하였다. 시편을 #1200, #1500, #2000 사포로 젖은 상태에서 연마하고 연마 과정 중에 시편의 양면에 불순물이 묻지 않도록 주의하였으며 최종 연마 후 초음파 세척기로 세척하여 시편의 표면 상태가 측정치에 미치는 영향을 최소화하였다.

### 3) 자료 분석

단일 수복 복합 레진과 두께에 따른 적층 수복 복합 레진의 CIE L\*a\*b\* 간의 색차  $\Delta E^*$  값을 계산하여 제조사에서 적층 수복 시와 단일 수복 시 동일한 색상을 나타낸다고 제시한 색상 군 간의 색차가 시각적으로 인지 가능한 색차 범위  $\Delta E^* \geq 3.3$ 에 해당하는지를 분석하였다.

그리고 단일 수복 복합 레진과 적층 수복 복합 레진의 색차를 제조사에서 제시한 동일 색상 군에 대해 개별적으로 비교하였다.

## 결과

### 단일 색상 측정 결과

본 연구에 사용된 모든 4mm 두께의 복합레진 시편의 색상을 spectrophotometer로 측정하여 Table 3과 같은 CIE L\*a\*b\*의 값을 얻었다.

### 두께에 따른 L\*a\*b\* 값의 변화

4 mm 두께의 상아질 색상 복합 레진 시편에 법랑질 색상 복합 레진을 2 mm 두께로 적층 후 측정한 색상과 법랑질 색상 복합 레진을 0.2 mm 단위로 연마한 후 측정한 색상을 살펴보면 L\*값은 E2/D4를 제외하고 모든 시편에서 두께가 감소할수록 증가하였다. a\*값은 E1/D2, E2/D3, E2/D4와 E3/D4에서는 두께가 감소할수록 증가하는 양상을 보였고 E2/D1에서는 감소하는 양상을 보였다. b\*값은 E1/D3을 제외한 대부분의 시편에서 두께가 감소할수록 증가하는 양상을 보였다.

### 색차( $\Delta E^*$ )의 비교

제조사가 같은 색상으로 제시한 단일 수복 복합 레진과 적층 수복 복합 레진의 두께에 따른 색상 차이  $\Delta E^*$ 는 Figure 1과 같다.

제조사에서 동일한 색상을 지닌다고 제시한 10개의 군들 중 6개군

**Table 3.** CIE L\*a\*b\* average values of all composite resin sample, 4 mm thick, investigated with spectrophotometer in this study

	L*	a*	b*
M1	57.14	-0.88	1.65
M2	55.39	-0.27	4.49
M3	57.28	-0.85	2.75
M4	47.12	0.35	3.73
M5	51.41	0.71	3.58
M6	51.65	0.61	6.60
M7	49.43	1.04	5.05
D1	67.92	-0.85	3.14
D2	59.67	0.15	6.82
D3	53.81	1.53	8.15
D4	50.55	2.22	8.01
E1	43.13	-1.54	-0.77
E2	43.95	-1.25	-2.59
E3	37.90	-0.97	-1.73

M, Ceram-X mono; E, Ceram-X duo enamel shade; D, Ceram-X duo dentin shade.

의 색차는 모든 두께에서 시각적으로 인지 가능한 색차 범위( $\Delta E^* \geq 3.3$ )를 넘어 단일 수복 복합 레진과 적층 수복 복합 레진 사이에 색상 차이가 있음을 나타냈다. 다만 M4-E1/D3 사이의 색차를 제외한 대부분에서 약간의 예외는 있었지만 적층 수복 복합 레진의 두께가 감소할수록 단일 수복 복합 레진과 적층 수복 복합 레진 사이의 색차가 감소하는 양상을 보였다. 4개의 군들 중에서도 M4-E1/D3 사이의 색차는 대부분의 두께에서 3.3 이하를 나타냈다.

단일 수복 복합 레진과 적층 수복 복합 레진 사이의 색차에 더 많은 영향을 미치는 것이 상아질 색상인지 법랑질 색상인지를 알기 위해 제조사에서 제시한 두 종류의 복합 레진 사이의 색차를 개별적으로 비교한 결과가 Table 4에 나타나 있다. M1과 D1 사이와 M5와 D3 사이를 제외하고 대부분의 상아질 색상 레진은 제조사에서 색상이 같은 것으로 제시한 단일 수복 레진과 색차가 크지 않았으나 법랑질 색상 레진은 단일 수복 복합 레진과 큰 색차를 나타냈다.

## 고찰

복합 레진을 비롯한 심미 수복 재료의 심미성은 꾸준히 발전해 왔지만 최근 들어 더욱 증가되는 심미 치료에 대한 환자들의 관심과 요구에 맞춰 치아의 색상을 완벽하게 재현하기에는 아직 부족하다. 여러 임상가들과 치과 관련 종사자들이 다양한 색상과 특성을 지닌 재료를 개발하고 새로운 색상 결정 방법 등을 개발하였지만 이러한 노력에도

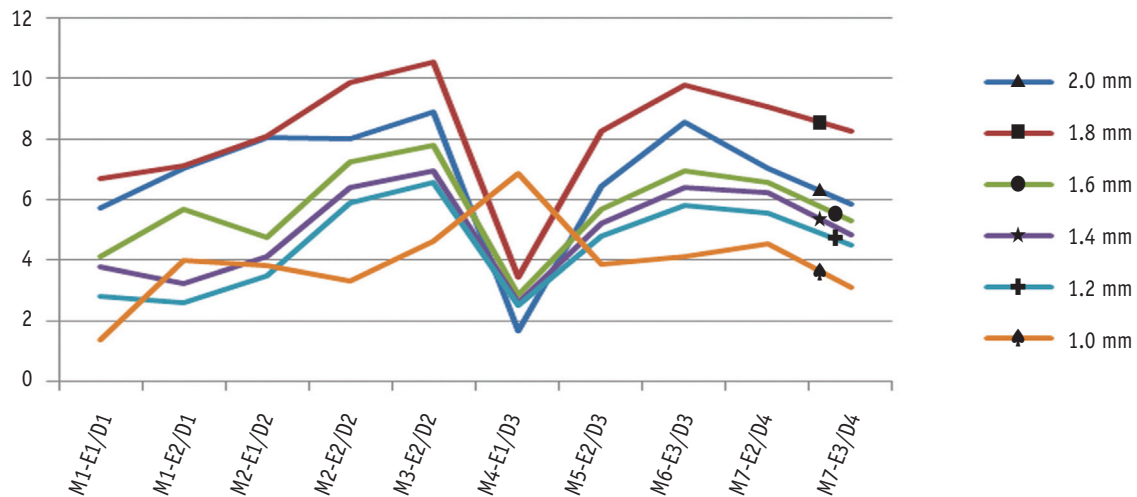


Figure 1. Color differences between single composite and double composite according to the thickness of the double composite.

Table 4. Color differences between Ceram-X Mono and Ceram-X Duo

Mono-Duo	$\Delta E^*$
M1-D1	10.88
M2-D2	4.89
M3-D2	4.82
M4-D3	8.11
M5-D3	5.23
M6-D3	2.81
M7-D4	3.38
M1-E1	14.23
M1-E2	13.86
M2-E1	13.40
M2-E2	13.49
M3-E2	14.36
M4-E1	6.30
M5-E2	9.88
M6-E3	16.15
M7-E2	9.67
M7-E3	13.52

M, Ceram-X mono; E, Ceram-X duo enamel shade; D, Ceram-X duo dentin shade.

불구하고 정확한 색상 및 치아의 광학적 특성을 재현하는 것은 앞으로 도 심미 치과학 영역에서 해결해야 할 문제점으로 남아 있다.

최근 들어 서로 다른 색상의 레진이나 법랑질의 투명도와 색상 특성을 표현할 수 있는 법랑질 색상의 레진을 적층 수복하여 더욱 심미적

인 수복물을 만들 수 있도록 하는 복합 레진이 소개되고 있다. 실제로 적층 수복의 경우 단일 수복의 경우에 비해 고려사항이 많아지고, 시술 과정도 늘어나는 경향이 있다. 하지만 적층 수복의 경우 단일 수복으로 표현할 수 없는 투명도 차이를 이용한 깊이에 대한 느낌을 부여할 수 있다. 또한 단순한 색상의 조합만이 아닌 적층 두께를 이용하여 색상 조절 역시 가능하다. 따라서 본 연구에서는 복합 레진의 적층 수복이 적층 두께에 따라 어떠한 표면 색상으로 표현되는지를 측정해 본 결과 시판되는 적층 수복 복합 레진인 Ceram-X duo와 단일 수복 복합 레진 Ceram-X mono 사이의 색상차가 대부분 육안으로 구분할 수 있는 값인 3.3 이상의 결과를 나타냈다. 다만 M4와 E1/D3 사이의 색차를 제외한 대부분에서 약간의 예외는 있었지만 적층 수복 복합 레진의 두께가 감소할수록 단일 수복 복합 레진과 적층 수복 복합 레진 사이의 색차가 감소하는 양상을 보여 적층 수복 시 얇은 두께의 법랑질 색상 레진의 적층을 시행하면 두 종류의 레진 수복물 사이에 색차를 줄일 수 있으리라고 본다. 또한 본 연구에서는 법랑질 색상 레진을 2.0 mm 두께로 적층하여 1.0 mm까지 연마하는 방법을 사용하였으나 이보다 더 얇은 두께의 적층을 시행하면 단일 수복 시와 적층 수복 시의 색차가 더 줄어들 것으로 사료된다.

복합 레진의 두께뿐만 아니라 투명도도 복합 레진의 심미를 크게 좌우하는 중요한 특징이다. 앞서 언급한 바와 같이, 복합 레진은 배경색의 영향을 전혀 받지 않는 두께, 즉 최소 4 mm의 두께에서 측정되어야 한다.<sup>1</sup> 따라서 이번 연구에서는 mono의 경우 4 mm의 두께, duo의 경우 배경색의 영향을 받지 않는 4 mm의 상아질 색상 레진 위에 법랑질 색상 레진을 2 mm 적층하여 실험하였다. 황과 이는 2.8 mm의 두께에서도 배경판의 색상에 따라 색상의 차이가 있다고 하여 특정 두께에서 어느 정도의 투명도를 갖는가 하는 것이 재료의 색상을 결정하는데 중요한 의미를 갖는다고 하였다.<sup>1</sup> 본 연구에서는 복합 레진의 색상을 측정하는 데 있어 배경판을 사용하지 않아서 특히 법랑질 색상 레진의 색상 측정에 중요한 변수로 작용하였을 수도 있다.

재료의 투명도를 측정하는 방법에는 3가지가 있다.<sup>13</sup> 첫 번째는 백



색 배경판과 흑색 배경판 상에서 측정된 재료의 분광 반사율의 비율로 투명도의 반대 개념인 contrast ratio를 측정하는 방법이고, 두 번째는 시편에 입사된 빛의 강도에 대해 직접 시편을 투과한 빛의 강도의 비율인 투과 계수로 투명도를 나타내는 방법이며, 마지막은 직접 투과한 빛에 산란된 빛을 포함해 투과 계수를 환산하는 방법이다.

여러 연구가들 결과에서 보여주듯이 법랑질은 다른 치과용 수복 재료들에 비해 높은 투명도를 갖는다.<sup>3-15</sup> 따라서 복합 레진과 같은 수복 재료를 이용해 치아를 수복하기 위해서는 재료의 투명도와 두께 그리고 배경색을 고려하여 높은 투명도를 가진 법랑질을 통해 비추어 나오는 상아질의 색상을 낮은 투명도를 가진 복합 레진으로 예측, 재현할 수 있어야 한다. 다수의 연구에서 Kubelka-Munk 공식을 이용하여 예측한 레진의 표면 색상이 실제 측정값과 어느 정도 일치함을 보고하였다.<sup>16-19</sup>

본 연구에서는 단일 수복 복합 레진과 적층 수복 복합 레진 사이의 색차에 영향을 더 미치는 것이 상아질 색상인지 법랑질 색상인지를 알기 위해 제조사에서 색상이 같다고 제시한 두 종류의 복합 레진 사이의 색차를 개별적으로 비교한 결과 대부분의 상아질 색상 레진은 제조사에서 제시한 단일 수복 레진과 색차가 크지 않았으나 법랑질 색상 레진은 단일 수복 복합 레진과 큰 색차를 나타내어 적층 수복 시 법랑질 색상 레진의 영향을 더 받는 것으로 여겨진다. 즉 상아질 색상 레진보다 높은 투명도를 지닌 법랑질 색상 레진에 의해 적층 수복의 색상이 영향을 더 많이 받는 것으로 생각된다.

복합 레진 표면의 광택도 또는 연마 정도도 투명도에 영향을 미친다. 이런 이유에서 Ishikawa-Nagai 등은 시편을 제작하는 과정에서 시편의 양면에 투명한 슬라이드 글라스를 위치시켜 최고의 광택을 얻었으며 본 연구에서도 이러한 방법을 사용하였다.<sup>20</sup> 하지만 Crisp 등과 Powers 등이 주장했던 것처럼 재료의 투명도는 시편의 두께에 매우 민감하다.<sup>21,22</sup> 두께와 표면의 광택 중 어느 것이 투명도에 더 많은 영향을 미치는가에 대한 보고는 없지만 본 연구에서는 두께에 더 비중을 두었으며 표면 광택을 최대한 얻기 위해 모든 시편을 2,000번 사포로 최종 연마하였다.

위에서 언급한 여러 가지 변수들이 결국 재료의 투명도에 영향을 미치게 되고 재료의 두께와 배경판의 색상에 의해 관찰자가 시각적으로 판단할 수 있는 색상과 같은 외형적 특성을 갖게 된다.

본 연구의 한계 내에서 시판되는 적층 수복 복합 레진과 단일 수복 복합 레진 사이에는 육안으로 구분 가능한 색차가 존재하였다. 이와 같이 현재 임상에서 사용되는 복합 레진들이 어떤 색상 특성을 갖는지, 또 레진들 사이에 얼마나 색상 차이가 있는지를 정확히 알기 위해 본 연구에 적용한 CIE L\*a\*b\* 체계와 같은 정량적 비교에 바탕을 둔 색상 체계가 치과계에 도입된다면 임상에서 색상 재현에 좀 더 도움이 될 것이다. 또한 경험에 의한 색상의 재현보다 정확한 측정 및 분석 결과를 토대로 색상을 재현할 수 있는 있도록 좀 더 많은 재료에 대해 색상을 표준화하고 광학적 특성에 대한 분석이 필요하리라 생각한다.

## 결론

단일 수복 레진과 적층 수복 레진은 적층 두께가 1 mm에서 2 mm 사이일 때 제조사에서 제시한 동일 색상 간에 최소 1.37, 최대 10.53의 색차( $\Delta E^*$ )를 보였으며 10가지 색상 군 가운데 6군에서 모든 두께에서 시각적으로 확연한 차이를 보였다.

상아질 색상 레진보다 법랑질 색상 레진이 단일 수복 레진과 큰 색

상 차이를 나타내는 양상을 보였다. 다만, 한 군을 제외한 모든 색상 군에서 적층 수복 레진의 경우, 법랑질 색상 레진의 두께가 감소할수록 단일 수복 레진과의 색차가 감소하였다.

또한, M4와 E1/D3 사이의 색차는 5.0 mm를 제외한 모든 두께에서 시각적으로 구분할 수 없는 범위 내였다.

그러므로, Ceram-X mono와 Ceram-X duo를 이용한 복합레진 수복 시 색상 결정에 있어 제조사의 지시에 따른 사용은 적절하지 않으며 Ceram-X duo를 이용한 수복 시 적용되는 법랑질 두께에 따른 색상 변화에 대한 정확한 정보가 필요하리라고 사료된다.

Conflict of Interest: No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References

- Hwang IN, Lee KW. Translucency of light cured composite resins depends on thickness & its influence on color of restorations. *J Korean Acad Cons Dent* 1999; 24:585-603.
- Miller LL. Shade matching. *J Esthet Dent* 1993;5:143-153.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. 3. Color control. *J Prosthet Dent* 1974; 31:146-154.
- Grajower R, Revah A, Sorin S. Reflectance spectra of natural and acrylic resin teeth. *J Prosthet Dent* 1976;36: 570-579.
- Macentee M, Lakowski R. Instrumental colour measurement of vital and extracted human teeth. *J Oral Rehabil* 1981;8:203-208.
- Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for *in vivo* color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1987;58:535-542.
- Cho KM, Shin DH. Color analysis of the natural teeth with a modified intraoral spectrophotometer. *J Korean Acad Cons Dent* 1998;23:223-235.
- O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A one-dimensional color order system for dental shade guides. *Dent Mater* 1989;5:371-374.
- Hwang IN, Park SJ, Kim SW, Kim TG, Youm CM, Cho SJ, Hwang YC, Park YJ, Oh WM. The influence of layering placement of different shade composite resins on surface color. *J Korean Res Soc Dent Mater* 2003;30:325-335.
- Hwang IN, Oh WM. Colorimetric analysis of extracted human teeth and five shade guides. *J Korean Acad Cons Dent* 1997;22:769-781.
- Preston JD. Current status of shade selection and color matching. *Quintessence Int* 1985;16:47-58.
- Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent* 1985;53:105-109.
- Brodbeck RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res* 1980;59:70-75.
- Brodbeck RH, O'Brien WJ, Fan PL, Frazer-Dib JG, Yu

- R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res* 1981;60:1749-1753.
15. Cook WD, McAree DC. Optical properties of esthetic restorative materials and natural dentition. *J Biomed Mater Res* 1985;19:469-488.
16. Grajower R, Wozniak WT, Lindsay JM. Optical properties of composite resins. *J Oral Rehabil* 1982;9:389-399.
17. Yeh CL, Miyagawa Y, Powers JM. Optical properties of composites of selected shades. *J Dent Res* 1982;61:797-801.
18. Miyagawa Y, Powers JM. Prediction of color of an esthetic restorative material. *J Dent Res* 1983;62:581-584.
19. Kubelka P. New contributions to the optics of intensely light-scattering materials. *J Opt Soc Am* 1948;38:448-457.
20. Ishikawa-Nagai S, Sato R, Furukawa K, Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 1: Application of CCM to the opaque layer. *Int J Prosthodont* 1992;5:495-502.
21. Crisp S, Abel G, Wilson AD. The quantitative measurement of the opacity of aesthetic dental filling materials. *J Dent Res* 1979;58:1585-1596.
22. Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of direct restorative resins. *J Dent Res* 1978;57:876-880.