

## 복합레진 색상의 측정 기기에 따른 차이

박수정 · 노은영 · 조현구 · 황윤찬 · 오원만 · 황인남\*

전남대학교 치과대학 보존학교실, 치의학연구소

### ABSTRACT

#### COLOR DIFFERENCE OF THE DENTAL COMPOSITES MEASURED BY DIFFERENT COLOR MEASURING INSTRUMENTS.

Su-Jung Park, Eun-Young Noh, Hyun-Gu Cho, Yun-Chan Hwang, Won-Mann Oh, In-Nam Hwang\*

Dept. of Conservative Dentistry, School of Dentistry, DSRI, Chonnam Natl. Uni.

The objective of this study was to evaluate the effect of color measuring instrument by measuring the color of dental composite resins.

Nine shade light cured composite resin disks were prepared (diameter : 15 mm, thickness : 4 mm). CIE L\*a\*b\* color scale of each disk was measured with 3 different types of spectrophotometer [MiniScan XE plus (Model 4000S, Hunter Lab, USA), CM-3500d (Minolta, Japan) and Specbos 2100 Miniature VIS Reflection spectrometer (Serial No: 319416, JETI Technishe VIS Instrumentic GmbH, Germany)]. Miniscan XE Plus and CM-3500d using identical measuring geometry with different size of viewing aperture. But Specbos 2100 using different measuring geometry.

Within the limitation of this study, there were color difference ( $\Delta E^*$ ) from 2.4 to 7.8 between Miniscan XE Plus and CM-3500d, but L\*, a\*, b\* values showed the high correlation. However, there were great color difference ( $\Delta E^*$ ) in the extent of about 20 between instruments with the different measuring geometry.

Therefore, color scale measured by color measuring instrument should be used as a relative value rather than an absolute value in the field of dentistry. [J Kor Acad Cons Dent 34(3):199-207, 2009]

**Key words:** tooth color, resin color, colorimeter, spectrophotometer, color difference

-Received 2009.3.3., revised 2009.3.26., accepted 2009.4.23.-

### I. 서 론

복합레진을 이용한 치아 수복은 단순한 수복의 개념에 심미성을 부여함으로써 전치부를 비롯한 많은 부위에 심미 수복재로서 사용 빈도가 증가하고 있다. 하지만 치아와 조화를 이루지 못하는 색상의 선택은 구치부와 같이 심미 수복이 중요시되지 않는 부위의 수복에서는 재수복이 요구되지 않을 수 있지만 전치부의 경우 환자들의 요구에 의해 재수

복을 필요로 하게 된다.

이처럼 심미성을 목적으로 하는 부위의 치료는 정확한 색상의 선택이 차지하는 비중이 매우 크다. 하지만 현재 임상에서 사용되는 치과용 shade guide를 사용한 육안 비교에 의한 색상 결정 방법은 정확한 색상 선택에 많은 문제점들을 가지고 있으며, 이를 극복하기 위해 좀 더 객관적이고 과학적인 색상 결정 방법을 개발하기 위한 많은 연구들이 이루어졌다<sup>1-15)</sup>. 1931년 Clark<sup>1)</sup>이 color tab을 이용해 치아의 색상을 측정할 이래 유사한 육안 비교 방법<sup>2-5)</sup>과 분광광도계나 색채계측기<sup>6-11)</sup>, 그리고 디지털 카메라<sup>12)</sup> 등을 이용해 치아와 심미 수복재들의 색상 및 색상 범위가 측정되었으며, 이외에도 수복재료와 shade guide간의 색상 차이<sup>6,13)</sup>, 동일한 색상의 서로 다른 수복재간의 색상 차이<sup>14)</sup>, 및 투명도와 색상간의 관계<sup>15)</sup> 등, 정확한 색상의 재현을 위한 연구들은

\*Corresponding author : **In-Nam Hwang**  
Department of Conservative Dentistry,  
Chonnam National University School of Dentistry  
Yongbong-ro 77, Buk-gu, Gwangju, 500-757, Korea  
Tel. 82-62-530-5819, Fax. 82-62-530-5629  
E-mail : hinso@jnu.ac.kr

다양한 방향으로 이루어지고 있다. 하지만 근본적으로 색상 인식은 여러 단계를 통해 이루어지며, 특히 색을 판단하는 사람의 주관적인 능력과 경험, 그리고 사물의 특성 및 광원에 따라 서로 다르게 인식되고 표현된다<sup>16)</sup>. 따라서 색상의 인식에 있어 주관적인 부분은 표준화가 불가능하다 하더라도 사물 즉 수복 재료와 광원에 대한 고려는 좀 더 다양한 연구와 개발에 의해 많은 부분 표준화가 가능하리라 생각된다.

하지만 현재 가장 과학적인 방법으로 인정받고 있는 측색 기기를 이용한 측정도 많은 문제점들에 의해 적용이 어려운 실정이다. 특히 치아에 접촉하는 측정부의 형태와 크기, 그리고 접촉 시 치아 외형의 굴곡을 보상할 수 있는 방법의 개발들이 측색기를 사용하는데 가장 큰 어려움이다. 또한 기기의 원리에 따라 내부 광원을 사용하여 반사되는 파장을 읽는 방식에서 내부 광원 없이 반사율만을 측정하는 방법 등 다양한 방법이 기기에 적용되고 있어 기기간의 측정 오차를 확인하는 작업도 필요하다.

색의 인식 과정에서도 알 수 있듯이 물체의 색은 광원에서 나오는 빛의 성질, 그것을 받는 물체의 반사 특성, 빛에 대한 관찰자 눈의 감도에 따라 정해지므로, 미리 광원에서 나오는 빛의 분광 분포와 눈에 해당하는 측색기 센서의 분광 감도를 표준화 해두면 두 개의 조건은 일치될 수 있다. CIE에서는 이처럼 광원과 물체의 반사각도 그리고 관찰자의 조건을 표준화해 놓았다. 우리 나라에서는 XYZ계에 의한 삼자극치 표시 방법으로서 KS 한국 산업 규격(KS A 0061)<sup>20)</sup>에 제정되어 있다.

측색 방법에는 크게 두 가지가 있다. 첫 번째가 삼자극치 수광 방식이고 두 번째가 분광 수광 방식이다. 측색 조건은 광원과 측정각, 그리고 광원의 확산 각도에 의해서 결정되게 된다. 측정 반사각은 CIE에서 반사율 측정에 있어 빛의 입사 및 관측 방향에 대한 4개의 표준 기하를 정의해 두고 있다. 측정 기하를 나타낼 때는 (물체 표면에 입사하는 빛의 각도)/(반사되는 빛을 측정하는 각도)로 표시한다<sup>17-19)</sup>.

본 연구에서는 이러한 각 기기의 여러 가지 조건 중 동일한 측색 조건을 사용하는 2종의 기기와 다른 조건을 사용하는 기기 간의 오차를 확인해보고 이러한 측정치를 절대적인 수치로 적용 가능한지 알아보려고 한다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료 및 기기

#### 1) 연구 재료

본 연구에는 Vita shade의 색상을 기초로 하여 현재 임상에서 사용되는 광중합형 복합레진 Filtek™ Z250을 사용하였다 (Table 1).

#### 2) 측정 기기

본 연구에는 동일한 삼자극치 수광 방식을 사용하는 서로 다른 2종의 이동형과 고정형 spectrophotometer인 MiniScan XE plus (Model 4000S, Hunter Lab, USA)와 CM-3500d (Minolta, Japan), 그리고 다른 수광 방식을 사용하는 miniature VIS reflection spectrometer인 Specbos 2100 (Serial No : 319416, JETI Technische Instrumente GmbH, Germany)를 이용하여 광중합 복합레진의 색상을 측정하였다. Specbos 2100은 분광 특성을 측정하는 기기이지만 주문에 의해 제조사에서 측색이 가능한 형태로 제공하였으며, 치아의 측색에 적용하기 위한 거리 고정 접촉 tip을 만들어 연구에 사용하였다.

Spectrocolorimeter인 MiniScan XE plus SAV는 휴대형 측색기로 Xenon flash lamp를 사용하며, 직경 14.3 mm의 Port diameter와 8 mm의 view diameter를 가지며, Diffuse/8°의 수광 방식을 사용한다. 측정 시에는 표준광원 D<sub>65</sub>로 그리고 10° 관찰자로 고정해 측정하였다. 측정된 데이터는 HunterLab Universal 프로그램을 이용해 CIE x,y,z, 및 CIE L\*a\*b\*값으로 변환된다.

Spectrophotometer인 CM-3500d는 고정형 분광광도계로 직경 8 mm의 측정부와 11 mm의 조사 면적을 사용하며, SCI (specular component included) mode로 diffuse/8° 수광 방식을 사용한다. 광원은 pulsed xenon arc lamp를 사용하며, 측정 시에는 표준광원 D<sub>65</sub>로 그리고 10° 관찰자로 고정해 측정하였다.

위의 두 기기와 다른 수광 방식을 사용하는 기기로는 miniature VIS reflection spectrometer인 Specbos 2100을 사용하였다. Specbos 2100은 본체에 illuminating fiber로 광원을 조사하는 광출구와 receiving fiber로부터 반사광을 받는 입구를 가지고 있으며, 이곳에 Duplex-Fiber bundle의 각각의 fiber를 연결하며 이는 다시 하나의 측정 fiber로 합쳐진다(Figure 1). 측정 tip의 직경은 4 mm이며, Fiber가 노출된 실제 측정 부위의 직경은 1 mm이다. 본 기기는 광과장 측정용 기기인데 제조사에서 주문에 의해 색상 측정이 가능하도록 제작되었으며, 색상 측정을 위해 Specbos 4000의 색상 측정용 프로그램과 함께 사용한다. 측정 시에는 표준광원 D<sub>65</sub>로 그리고 10° 관찰자로 고정해 측정하였으며 다른 기기들과 달리 Specbos 2100은 0°/0°의 수광 방식을 사용한다. 측정된 데이터는 Specbos Color 프로그램을 이용해 CIE x,y,z, 및 CIE L\*a\*b\*값으로

**Table 1.** Products, shade, and manufacturers of tested composite resins

Products(Code)	Shade	Manufacturers
Filtek™ Z-250 (Z250)	A1, A2, A3, A3.5, B3,C3, C4, D3, B0.5	3M Dental Products, USA

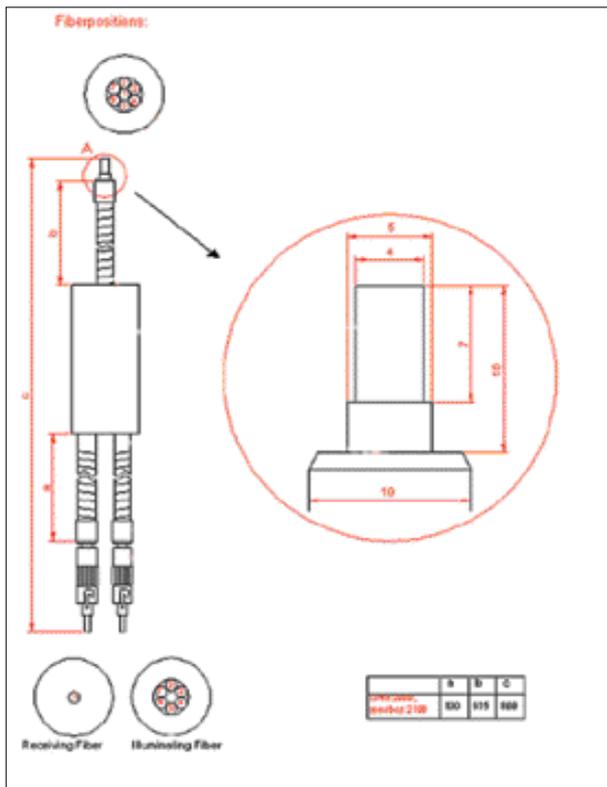


Figure 1. Diagram of the Duplex-Fiber bundle.

로 변환된다. 위의 2종의 측색기는 측정구를 직접 시편에 접촉시킨 상태로 측정을 시행하지만 Specbos 2100은 거리 고정 장치를 이용하여 시편과 3 mm 떨어진 거리에서 측정을 시행하도록 설계되어 있다. 본 연구에서는 제조사에서 제공한 거리 고정 장치 외에 직접 제작한 거리 고정 장치를 사용하였다. 제작한 거리 고정 장치는 길이 7 mm, 내경 4 mm, 그리고 외경 6 mm의 폴리에틸렌 관에 길이 3 mm, 내경 3.8 mm, 외경 5 mm의 반투명 아크릴 관을 부착하여 제작하였다.

## 2. 연구 방법

### 1) 시편 제작

복합레진 시편은 직경 15 mm, 두께 4 mm의 테프론 주형을 이용하여 각 shade 당 1개의 시편을 제작하였다. 유리판 위에 투명한 셀룰로이드지와 테프론 주형을 위치시킨 후 복합레진을 주입하고 기포가 생기지 않도록 레진 충전용 기구로 충전하고 윗면에 다시 셀룰로이드지와 유리판을 위치시키고 C-클램프를 사용해 압축하여 여분의 레진을 제거하고 유리판을 제거한 후 슬라이드 글라스를 위치시켰다. 압축된 레진은 가시광선 중합기(Optilux 501, 13 mm tip diameter, Demetron, USA)를 사용해 각 면 당 5부분으

로 나누어 중앙에서 60초 광중합 후 주변의 4곳을 각각 30초 동안 하였다. 중합된 시편을 주형으로부터 제거한 후 #800, #1000, #1200, #1500, 및 #2000 사포 순으로 최종 두께가  $4.0 \pm 0.02$  mm 가 될 때까지 주수 하에서 연마한다. 연마 과정동안 시편의 양면에 지문이나 불순물이 묻지 않도록 주의하였으며, 연마가 끝난 시편은 빛이 차단된 상온에서 1주일간 보관하였다.

### 2) 색상의 측정

각각의 시편들은 MiniScan XE plus를 이용해 정확한 위치에 시편을 고정하기 위해 제작한 Barium sulfate 측정판 ( $L^* = 96.54$ ,  $a^* = -0.19$ ,  $b^* = 0.01$ )상에 시편을 위치시키고  $D^{65}$  광원 하에서 각 시편의 CIE  $L^*a^*b^*$ 값을 시편 당 4회 측정하여 평균값을 구하였다.

CM-3500d를 이용한 색상 측정을 위해 기기의 측정구에 시편을 위치시키고 MiniScan XE Plus에 사용한 것과 동일한 Barium sulfate 배경판을 위치시킨 후 각 시편 당 4회 색상을 측정하여 평균값을 구하였다.

Specbos 2100을 이용해 색상을 측정하기 위해 MiniScan XE plus에서 사용한 배경판과 동일한 배경판 위에 시편을 위치시키고 제조사에서 제공한 거리 고정 장치를 이용해 오후 2시에서 3시 사이의 북쪽 창을 통해 들어오는 자연광 하에서와 주변 빛을 완전히 차단한 상태로 색상을 측정하였다. 또한 동일한 자연광 하에서 제작한 거리 고정 장치를 이용해 동일 시편들의 색상을 측정하였다.

연구에서 사용한 CIE 1976  $L^*a^*b^*$  색공간은 측색으로 얻어진 값을 표시하는 방법으로 CIE(국제조명위원회)에서 1976년 정한 것이다. 이 색공간에서는 측색기로 측정한 3차원 XYZ 값으로부터 산출된  $L^*$ ,  $a^*$  그리고  $b^*$ 값에 의한 3차원 직교 좌표를 이용한다. CIE  $L^*a^*b^*$  표색계에서  $L^*$ 는 명도를 나타내는 지수로 '0'은 완전한 검정을 나타내며 값이 증가할수록 명도가 증가함을 의미한다.  $a^*$ 와  $b^*$ 는 색상을 나타내며,  $a^*$ 의 양의 값은 적색 방향, 음의 값은 녹색 방향, 그리고  $b^*$ 의 양의 값은 황색 방향, 음의 값은 청색 방향으로의 편향을 의미한다. 이들 3차원 좌표계를 이용하면 색의 상호관계를 사람의 색감각에 가까운 균등 지각 색공간(균등한 크기로 지각되는 색차이가 공간내의 동일한 거리에 대응하도록 의도한 색공간)으로 나타내는 것이 가능하다.

### 3) 자료 처리

동일한 복합레진의 동일 색상을 측정한 각 기기간의 색차를 구하여 색차( $\Delta E^*$ )가 육안으로 인지 가능한 2 이상의 값<sup>24)</sup>을 보이는지 분석하였다. 동일한 색상 시편의 각 기기에서 측정된  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 값을 paired-t-test로 비교하였으며, 서로 다른 기기간에 그리고 Specbos 2100의 측정 조건간의  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 값을 선형 회귀분석을 통해 분석하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 색상 측정 결과

4 mm 두께의 광중합 복합레진의 색상(CIE L\*a\*b\*)값을 3종의 서로 다른 기기로 측정하여 Table 2와 3과 같은 값을 얻었다.

동일한 수광 방식을 사용하는 MiniScan XE Plus와 CD-3500d간에 모든 색상에서 인지 가능한 ΔE\*=2 이상의 색차를 보인다. 또한 L\*, a\*, 그리고 b\* 모든 값들은 두 기기간에 높은 상관 관계를 보인다.

Specbos 2100에서 제공된 tip과 직접 제작한 tip, 그리고 빛의 차단 여부에 따른 L\*, a\*, 그리고 b\* 값은 각 조건간에 동일 색상에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 낮은 상관 관계를 보인다.

Figure 2에서 Figure 4는 Z-250의 각 기기와 Specbos 2100의 사용 tip 및 측정 환경에 따른 L\*, a\* 및 b\*의 변화 양상을 보여주고 있다. MiniScan과 CD-3500d 간에는 일정한 규칙을 보이는 반면 Specbos의 각 조건에 따른 측정치는 상당 부분은 일정한 변화를 보이나 그렇지 못한 색상의 시편도 관찰된다.

각 기기에 따라 측정된 L\*, a\*, b\*의 값을 이용해 각 기기간, 그리고 측정 조건간의 색차는 Table 4와 5와 같다.

서로 다른 수광 방식을 사용하는 기기간의 색차는 복합레진 모든 색상에서 약 20의 색차를 보이고 있다. 이러한 수치는 제조사에서는 불가능한 색차라고 주장되고 있지만 실제 측정값은 이처럼 큰 색차를 보이고 있다. 동일한 수광 방식의 기기간에도 육안으로 인지 가능한 2 이상의 색차를 보인다.

### Ⅳ. 총괄 및 고찰

특정 물체의 색을 결정하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 육안으로 물체와 표준 색상 tab을 직접 비교하는 비색법과 기기를 사용하여 물체의 색을 측정하는 방법이다. 전자의 경우 대부분 먼셀 색체계의 표준 색상 tab을 이용하여 색을 비교 결정한다. 하지만 이러한 비색법은 측정자의 상태, 광원을 비롯한 주변 환경, 관찰 각도, 및 측정할 물체의 상태 등 다양한 인자들에 의해 측정 오류가 발생할 수 있다. 치과계에서도 이러한 비색법에 의존해 색상을 결정하는 방법이 가장 많이 쓰이고 있으나 여러 학자들이 치과계의 이러한 색상 결정 방법의 문제점들을 지적하고 있다<sup>7,21-24</sup>. 그 중 대표적인 문제점으로 표준 색상 tab으로 사용하는 치과용 shade guide의 오류를 들고 있다. Goodkind와 Loupe<sup>21</sup>의 치과 교육자들을 대상으로 한 설문 조사에서 응답자의 대부분이 제조 회사의 shade guide들이 적절치 못하다고 대답

**Table 2.** CIE L\*a\*b\* values of Filtek Z-250 measured by MiniScan XE Plus and Minolta CM 3500d

Measuring Instrument	Shade	L*	a*	b*
MiniScan XE Plus	A1	69.18 (0.02)	-0.74 (0.01)	10.35 (0.02)
	A2	67.74 (0.01)	3.26 (0.04)	16.73 (0.04)
	A3	64.72 (0.02)	5.07 (0.04)	15.79 (0.04)
	A3.5	63.66 (0.02)	7.26 (0.03)	16.68 (0.02)
	B3	66.78 (0.01)	2.77 (0.03)	18.17 (0.06)
	C3	60.71 (0.01)	0.37 (0.02)	9.24 (0.07)
	C4	54.45 (0.02)	0.11 (0.09)	9.94 (0.12)
	D3	64.24 (0.01)	1.56 (0.01)	10.93 (0.03)
	B0.5	80.38 (0.01)	0.04 (0.06)	6.23 (0.01)
	Minolta CM-3500d	A1	65.93(0.06)	-1.97 (0.01)
A2		63.92 (0.06)	-0.02 (0.02)	10.17 (2.51)
A3		61.39 (0.03)	1.89 (0.04)	11.56 (0.03)
A3.5		60.48 (0.03)	3.44 (0.04)	12.82 (0.08)
B3		63.53 (0.01)	0.32 (0.001)	14.18 (0.005)
C3		59.20 (0.03)	-0.68 (0.005)	7.69 (0.03)
C4		53.04 (0.01)	-0.89 (0.02)	8.44 (0.03)
D3		61.89 (0.06)	-0.11 (0.01)	8.31 (0.07)
B0.5		79.59 (0.21)	-1.07 (0.01)	3.72 (0.01)

Standard deviations are in parentheses.

**Table 3.** CIE L\*a\*b\* values of Filtek Z-250 measured by Specbos 2100 according to the used tip and measured condition

Used tip and Measured condition	Shade	L*	a*	b*
Original tip under dark field	A1	48.73(0.02)	0.33(0.07)	0(0.03)
	A2	43.16(0.01)	0.58(0.04)	-0.91(0.02)
	A3	45.82(0.02)	0.65(0.04)	-0.64(0.03)
	A3.5	44.59(0.03)	0.85(0.03)	-0.29(0.06)
	B3	45.97(0.02)	0.42(0.02)	-0.003(0.04)
	C3	50.18(0.04)	0.78(0.03)	-0.003(0.03)
	C4	41.16(0.02)	0.37(0.05)	0.04(0.07)
	D3	48.12(0.03)	0.86(0.03)	0.52(0.01)
	B0.5	55.69(0.06)	-0.21(0.03)	-7.35(0.01)
Original tip under natural light	A1	47.13(0.12)	0.36(0.06)	0.33(0.13)
	A2	43.5(0.03)	0.47(0.02)	-0.6(0.03)
	A3	45.75(0.03)	0.86(0.03)	-0.34(0.04)
	A3.5	47.22(0.03)	1.18(0.04)	0.54(0.04)
	B3	48.20(0.15)	0.65(0.02)	1.45(0.14)
	C3	47.71(0.13)	0.49(0.04)	-0.8(0.03)
	C4	41.62(0.03)	0.24(0.005)	-0.04(0.06)
	D3	50.14(0.04)	0.82(0.06)	1.16(0.03)
	B0.5	56.67(0.02)	-0.32(0.02)	-6.81(0.01)
Handmade tip under natural light	A1	46.95(0.38)	-2.26(0.10)	2.48(0.29)
	A2	42.41(0.07)	-1.74(0.05)	1.99(0.06)
	A3	45.99(0.67)	-0.78(0.24)	0.85(0.49)
	A3.5	44.83(0.13)	-0.11(0.17)	1.14(0.77)
	B3	47.14(0.50)	-1.23(0.14)	1.85(0.09)
	C3	46.98(0.89)	-1.04(0.19)	0.14(0.23)
	C4	40.47(0.52)	-0.12(0.18)	0.47(0.52)
	D3	45.89(1.16)	0.13(0.15)	0.57(0.28)
	B0.5	57.03(0.10)	-2.15(0.11)	-5.45(0.19)

Standard deviations are in parentheses

**Table 4.** Color difference( $\Delta E^*$ ) among different color measuring instruments in the Z-250

	A1	A2	A3	A3.5	B3	C3	C4	D3	B0.5
H/M	4.65	8.25	6.26	6.3	5.69	2.4	2.29	3.89	2.86
H/Dark	22.95	30.38	25.43	26.32	27.73	14	16.57	19.2	28.18
M/Dark	18.82	23.55	19.82	20.76	22.58	11.93	14.6	15.85	26.35
Dark/Light	1.64	0.47	0.37	2.78	2.67	2.62	0.48	2.12	1.12
Dark/HMT	4.01	3.79	2.07	1.74	2.75	3.7	0.95	2.34	3.03
Light/HMT	3.39	3.57	2.04	2.78	2.2	1.95	1.31	4.34	2.31

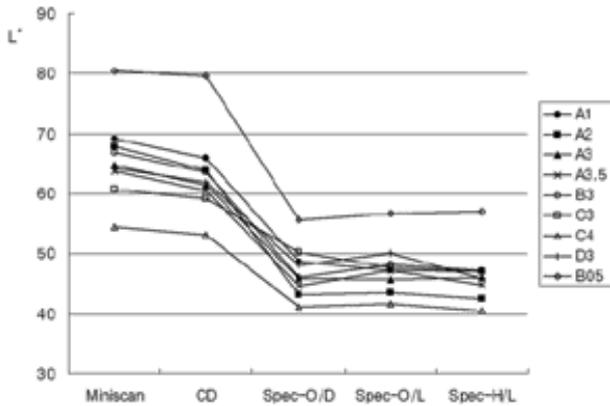
H : MiniScan XE Plus

M : Minolta CD-3500d

Dark : Specbos 2100 with original measuring tip under dark.

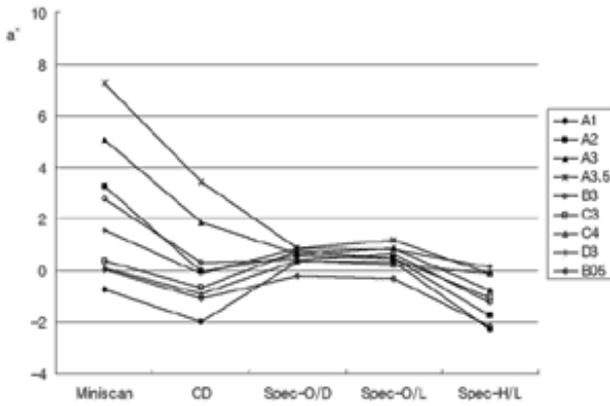
Light : Specbos 2100 with original measuring tip under light.

HMT : Specbos 2100 with handmade measuring tip under light.

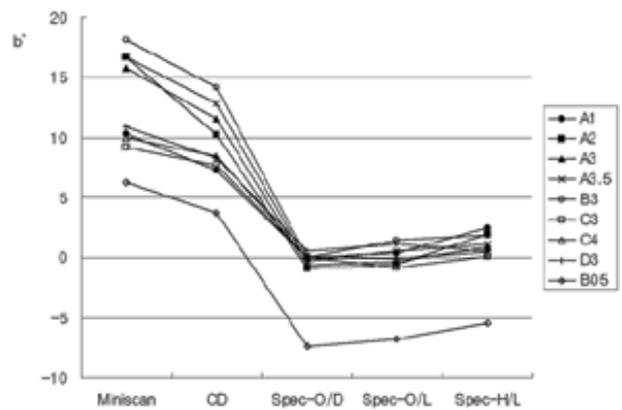


**Figure 2.** L\* value change of the Z-250 according to the measuring instrument and condition. Miniscan: MiniScan XE Plus

CD: Minolta CD-3500d  
 spec-O/D: Specbos 2100 with original measuring tip under dark.  
 spec-O/L: Specbos 2100 with original measuring tip under light.  
 spec-H/L: Specbos 2100 with handmade measuring tip under light.



**Figure 3.** a\* value change of the Z-250 according to the measuring instrument and condition.



**Figure 4.** b\* value change of the Z-250 according to the measuring instrument and condition.

했다(Porcelain : 61%, 복합 레진 : 58%). 또한 85%의 응답자들이 새로운 체계적인 shade guide의 개발의 필요성에 대해 동의했다. 새로운 shade guide에 대한 몇 가지 제안에서도 자연치 색상의 전체 범위를 나타내야한다는 데 대해 90%가 동의했으며, 특정 색상을 결정하는 요소들에 대한 지침을 포함해야한다는 의견에 대해서는 92%, 그리고 hue에 최소한의 영향을 주면서 chroma와 value를 쉽게 변화시킬 수 있는 방법을 갖추어야한다는 의견에 대해서는 96%가 동의했다.

이와 같은 치과용 shade guide를 이용한 비색법의 문제점을 극복하는 방법으로 기기를 이용한 측색법이 소개되고 있다. 기기를 이용한 측색 방법에는 CCD (Charge-coupled device) 카메라를 통해 얻어진 영상을 컴퓨터로 분석하는 방법과 colorimeter나 spectrophotometer를 이용해 직접 물체의 색을 측정하는 방법이 있다. CCD를 통해 얻어진 영상을 컴퓨터로 분석하는 방법은 이미 몇몇 회사에서 상품화하여 치아 색상 결정에 적용되고 있다. 하지만 현재

소개된 대부분의 기기들이 색상 표현을 기존의 치과용 shade guide를 기준으로 표현하고 있고, 치아 순면의 굴곡 등에 의한 오류 등을 보이고 있어 비록 비색법에 비해 정확도는 많은 향상을 보였지만 정확한 색상의 재현에는 아직 많은 문제점을 가지고 있다.

Colorimeter나 spectrophotometer를 이용한 측색 방법도 기기의 특성상 직접 치아에 접촉시켜 측색을 시행하는 것이 불가능하고 치아 표면의 굴곡이나 반투명한 치아 경조직의 특성에 따른 오류를 극복해야하는 문제점을 가지고 있다. 하지만 이러한 측색 기기를 이용한 측색은 객관적이며 재현 가능한 색상을 얻을 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 3종의 측색기를 이용하여 동일한 수광 방식을 사용하는 다른 기기간의 오차와 치아에 적용 가능한 형태의 측정 tip을 가진 다른 수광 방식의 측색기를 이용하여 정확한 측색이 가능하도록 제작한 4 mm 두께의 디스크 형태의 복합레진 시편들의 색상을 측정하였다. 측정 결과 동일한 수광 방식인 diffuse/8° 방식을 사용하는 두 기기 간

에도 시각적으로 구별이 가능할 정도의 색차<sup>25,26)</sup>를 보였다. 두 기기간의 차이는 먼저 MiniScan XE Plus는 14.4 mm 직경의 측정구에 8 mm 직경의 측정 면적을 가지나, CM-3500d는 11 mm 직경의 측정구에 8 mm 직경의 측정 면적을 가진다. 또한 CM-3500d는 측색 시 반사 요소를 포함하는 SCI (Specular Component Including) 기하를 사용하였지만 MiniScan XE Plus는 이 부분에 대한 언급이 되어있지 않다. 두 기기간의 측정 오차의 원인을 기기의 구조 차이로 해석하기는 힘들다. 단지 15 mm 직경의 시편을 제작하여 실험에 사용하면서 14.3 mm의 측정구를 사용하는 기기에서 시편 측면으로 산란된 조명의 영향은 이러한 차이에 약간의 영향은 미칠 수 있으리라 생각된다.

Specbos 2100은 optic fiber를 사용하는 기기로 원래의 용도는 측색이 아닌 파장 분석용 기기이다. 이 기기를 주문에 의해 제조사에서 측색이 가능하도록 제작하였으며, 수광 방식도 다른 두 기기와는 다른 0°/0° 방식에 가까운 수광 방식을 사용한다. 또한 이러한 수광 방식을 사용하는 관계로 측정면에서 3 mm 떨어져 측색을 하도록 제작되었다. 이러한 방식은 주변 광원의 영향을 받으며, 측정 면적이 좁기 때문에 색상이 균일하지 않은 표면의 색상 측정 시 측정 부위에 따른 다른 측정치를 보일 수 있으며, 'edge loss'<sup>27)</sup>의 의한 색차도 나타나리라 생각된다. 또한 표면의 반사 능력에 따라 동일한 시편에서도 서로 다른 측정치를 보일 수도 있다. 하지만 본 연구에서 얻어진 결과는 Specbos 2100의 경우 얻어진 측색 결과를 물체의 절대색으로 표시하는 데는 한계가 클 것으로 사료된다.

본 연구에 Specbos 2100을 적용한 이유는 치아의 측색에 적용할 수 있는지를 확인하기 위한 목적도 있지만 이러한 형태의 측색기의 측정 tip을 실제 임상에 적용 시 소독이 가능한 간단한 형태의 측정 tip으로 교체 시 측색에 미치는 영향을 확인하기 위해서 이다. 본 연구에서는 투명한 아크릴 판과 고정을 위해 탄력이 있는 폴리에틸렌 판을 사용하여 측정용 tip을 제작하였다. 측정 결과 색상에 따라 육안으로 인지 가능한 색차 이내의 차이를 보이기도 했지만 4 이상의 색차를 보이는 재료도 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 colorimeter나 spectrophotometer와 같은 기기를 이용한 측색 시 측색치를 절대값으로 표현하기 위해서는 공업 규격 등에 제시되어 있는 것처럼 사용 기기의 특성을 함께 기록해야하며, 치아 측색에 적용하기 위해서는 치아 전용 측색 기기의 개발과 적용이 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 기기에 따른 측색 결과의 차이를 확인하고자 동일한 수광 방식을 사용하는 서로 다른 2종의 이동형과

고정형 spectrophotometer인 MiniScan XE plus (Model 4000S, Hunter Lab, USA)와 CM-3500d (Minolta, Japan), 그리고 다른 수광 방식을 사용하는 miniature VIS reflection spectrometer인 Specbos 2100 (Serial No : 319416, JETI Technische Instrumente GmbH, Germany)를 이용하여 직경 15 mm, 두께 4 mm의 디스크로 제작한 광중합 복합레진의 색상을 측정하였다. Specbos 2100은 분광 특성을 측정하는 기기이지만 주문에 의해 제조사에서 측색이 가능한 형태로 제공하였으며, 치아의 측색에 적용하기 위한 거리 고정 접촉 tip을 만들어 연구에 사용하였다.

3종의 측색 기기를 사용한 측색 결과를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 동일한 수광 방식, 광원 및 관찰자 각도를 적용한 2종의 기기 간에도 동일 색 공간에 2.4에서 7.8까지의 색차( $\Delta E^*$ )를 보였으나,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 값 모두 기기 간에 높은 상관관계를 보였다.
2. 서로 다른 수광 방식을 사용하는 기기 간에는 약 20 정도의 큰 색차를 보이며, 측정된 각 값 간에도 낮은 상관관계를 보였다.
3. Specbos 2100의 제조사에서 제공하는 거리 고정 장치를 이용하여 주변 빛이 차단된 상태와 북쪽 창을 통해 들어온 자연광 하에서 측정된 결과는 0.3에서 2.7까지의 동일 색상간의 색차를 보였으며,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 값 간에도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.
4. 제공된 거리 고정 장치와 제작한 장치를 이용한 측정 결과 동일 시편 간에 0.9에서 5.2까지의 색차를 보였으며,  $L^*$ 값은 높은 상관관계를 보였다.

이상의 결과는 반투명의 치과용 수복 재료나 치아의 측색 시 측색 기기 간에도 색차가 나타날 수 있음을 시사하며, 이는 기기에 대해 측정된 색상을 절대적인 색상으로 적용하기 보다는 상대적인 측정치로 이용하는 것이 바람직하리라 사료된다.

## 참고문헌

1. Clark EB. An analysis of tooth color. *J Am Dent Assoc* 18:2093-2103, 1931.
2. Clark EB. Tooth color selection. *J Am Dent Assoc* 20:1065-1073, 1933.
3. Hayashi T. Medical color standard. V. Tooth crown. Tokyo, Japan Color Research Institute, 1967.
4. Miller LL. Organizing color in dentistry. *J Am Dent Assoc* (Special Issue) December:26-40, 1987.
5. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimeter. *J Dent Res* 68:819-822, 1989.
6. 황인남, 오원만. 발거된 자연치와 5종 shade guide의 색채 계

- 측기를 이용한 색상 비교. *대한치과보존학회지* 22:769-781, 1997.
7. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II: Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent* 29:556-566, 1973.
  8. Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurement of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent* 53:105-109, 1985.
  9. Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guide. *J Prosthet Dent* 64:425-431, 1990.
  10. Yeh CL, Powers JM, Miyagawa Y. Color of selected shades of composites by reflection spectrophotometry. *J Dent Res* 61:1176-1179, 1982.
  11. 조경모, 신동훈. 구내용 분광광도계를 이용한 자연치의 색상 분석. *대한치과보존학회지* 23:223-235, 1998
  12. 이문영, 신동훈. 디지털 카메라를 이용한 치아색상 측정. *대한치과보존학회지* 23:325-333, 1997.
  13. Kim HS, Um JM. A study on color differences between composite resins and shade guides. *대한치과보존학회지* 21:107-120, 1996.
  14. 조경이, 황인남, 최홍란, 오원만. 분광색채계측기를 이용한 Vita shade 광중합형 복합레진의 색상 비교. *대한치과보존학회지* 23:424-432, 1998.
  15. 황인남, 이광원. 광중합복합레진의 두께에 따른 투명도 차이가 수복물의 색상에 미치는 영향. *대한치과보존학회지* 24:604-613, 1999.
  16. Swepston JH, Miller LL. Esthetic matching. *J Prosthet Dent* 54:623-625, 1985.
  17. 문은배. 색채의 활용. 서울, 도서출판 국제, p215-271, 2002.
  18. 박은주. 색채 조형의 기초. 제2판, 미진사, 서울, p56-194, 1996.
  19. 박도양. 실용색채학. 증보판, 반도출판사, 서울, p99-120, 1992.
  20. 한국 공업 규격. KS A 0061.
  21. Goodkind RJ, Loupe MJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 1988. *J of Prosthet Dent* 67:713-717, 1992.
  22. Culpepper WD. A comparative study of shade matching procedures. *J Prosthet Dent* 24:166-173, 1970.
  23. O'Neal SJ, Powell WD. Color discrimination and shade matching ability of third year dental student. *J Prosthet Dent* 63:174, 1984
  24. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Plasschaert AJ. A new method for matching tooth colors with color standard. *J Dent Res* 64:837-841, 1985.
  25. Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tee staining of four composite resins. *J Oral Rehab* 4:311-322, 1977
  26. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 68:1760-1764, 1989.
  27. Bolt RA, Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window color measurement particularly of teeth. *Phy Med Biol* 39:1133-1142, 1994.

국문초록

## 복합레진 색상의 측정 기기에 따른 차이

박수정 · 노은영 · 조현구 · 황윤찬 · 오원만 · 황인남\*

전남대학교 치과대학 보존학교실, 치의학연구소

본 연구에서는 동일한 수광 방식을 사용하는 2종의 이동형과 고정형 spectrophotometer인 MiniScan XE plus (Model 4000S, Hunter Lab, USA)와 CM-3500d (Minolta, Japan), 그리고 다른 수광 방식을 사용하는 miniature VIS reflection spectrometer인 Specbos 2100(JETI Technische Instrumente GmbH, Germany)를 이용하여 직경 15 mm, 두께 4 mm의 디스크로 제작한 광중합 복합레진의 색상을 측정하였다. Spcebos 2100은 분광 특성을 측정하는 기기이지만 주문에 의해 제조사에서 측색이 가능한 형태로 제공하였다.

3종의 측색 기기를 사용한 측색 결과를 분석한 결과, 동일한 수광 방식, 광원 및 관찰자 각도를 적용한 2종의 기기 간에도 동일 색상에서 2.4 - 7.8까지의 색차( $\Delta E^*$ )를 보였으나,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값은 기기 간에 높은 상관관계를 보였다.

서로 다른 수광 방식을 사용하는 기기 간에는 약 20 정도의 큰 색차( $\Delta E^*$ )를 보이며, 측정된 각 값 간에도 낮은 상관관계를 보였다.

이상의 결과는 반투명의 치과용 수복 재료나 치아의 측색 시 측색 기기간에도 색차가 나타날 수 있음을 시사하며, 이는 기기에 대해 측정된 색상을 절대적인 색상으로 적용하기 보다는 상대적인 측정치로 이용하는 것이 바람직하리라 사료된다.

**주요단어:** 치아색상, 레진색상, 측색기, 색차