

복합레진의 조건등색에 관한 연구

박기정 · 황윤찬 · 김선호 · 오원만 · 황인남*

전남대학교 치과대학 보존학교실, 치의학연구소

ABSTRACT

METAMERISM IN COMPOSITE RESINS UNDER FIVE STANDARD ILLUMINANTS - D₆₅, A, C, FCW AND TL84

Ki-Jeong Park, Yun-Chan Hwang, Sun-Ho Kim, Won-Mann Oh, In-Nam Hwang*

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

This study was done to present a criterion in selection of the most proper light sources and materials by measuring metamerism index(MI) of the light curing composite resins with spectrophotometer. Metamerism is defined when two objects appear to be the same color in one illuminant but different in another. This is due to the fact that they have different spectral curves that fail to match under the second illuminant.

In this study, A1 & A3 shade of five light curing composite resins (Esthet-X, Filteck Z250, Filteck A110, Charisma, Vitaescence) were chosen based on Vita shade. Five samples were made for shade of each product with Teflon mold (diameter: 15mm, thickness: 2mm).

Metamerism index of each samples on a Barium sulfate plate(L*=96.54, a*=0.19, b*=0.01) prepared for sample fixation were measured with spectrophotometer(Miniscan XE plus, Model 4000s, Hunter Lab, USA) by applying standard light source D₆₅, C, Fcw, TL84 and A. Standardization was done with reference standard(X=80.8, Y=85.7, Z=90.8) and light trap. The results were as follows.

1. Different resins with same Vita shade showed recognizable color difference(ΔE^* >2).
2. All composites had MI below accepted value 0.5 between standard illuminant(D₆₅, C, & A) and below 1.5 under fluorescent condition (Fcw & TL84).
3. MI value between D₆₅ and A showed higher value than MI value between other source of light(p<0.01).
4. All resins except Z250 showed MI value that A3 is higher than A1 between D₆₅ and A(p<0.05).

Key words : Metamerism index, Enamel shade composite, Standard illuminant D₆₅, A, C

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 원하지 않았던 결과가 초래될 수도 있으며 환자들에 의해 재수복이 요구되기도 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 문제점들

을 가지고 있으며, 이를 극복하기 위해 좀 더 객관적이고 과학적인 색상 결정 방법을 개발하기 위한 많은 연구들이 이루어졌다¹⁻¹⁵⁾. 1931년 Clark¹⁾이 color tab을 이용해 치아의 색상을 측정된 이래 유사한 육안 비교 방법²⁻⁵⁾과 분광광도계나 색채계측기⁶⁻¹¹⁾, 그리고 디지털 카메라¹²⁾ 등을 이용해 치아와 심미 수복재들의 색상 및 색상 범위가 측정되었으며, 이외에도 수복재료와 shade guide간의 색상 차이^{6,13)}, 동일한 색상의 서로 다른 수복재간의 색상 차이¹⁴⁾, 투명도와 색상간의 관계¹⁵⁾ 등, 정확한 색상의 재현을 위한 연구들은 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 표현된다¹⁶⁾. 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.

본 연구에서는 광원과 수복 재료의 광학적 특성에 의해 동일한 색상의 재료가 서로 다른 색상으로 인지될 수 있는 원인 중의 하나인 조건등색(metamerism)에 관해 분광색채계(Spectrocolorimeter)를 이용해 연구해 보고자 한다. 조건등색이란 분광반사율이 서로 다른 두개의 물체가 특정 광원 하에서 같은 색으로 보이지만 다른 광원 하에서는 다른 색상으로 보이는 현상을 가리킨다¹⁷⁻¹⁹⁾. 치과용 심미 수복재료에서 조건등색에 의한 색상 결정의 오류는 몇 가지 이유에서 발생할 수 있다. 먼저 각각의 수복재료가 제조 회사에 따라 서로 다른 구성 성분으로 제조되며, 일부 제품들은 색상 결정에 사용되는 shade guide가 수복 재료와 다른 재료로 제작되고 있다. 하지만 현재 복합레진이나 shade guide의 조건등색에 대한 연구는 문헌상에서 찾기가 힘든 실정이다. 따라서 본 연구에서는 임상에 사용되는 수중 광중합 복합레진들의 조건등색 여부를 판단하는 기준인 metamerism index를 분광색채계를 이용하여 측정하고 이를 이용하여 색상 결정 및 수복 시 색상 결정의 오류가 발생할 수 있는지 여부를 확인하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료 및 기기

본 연구에는 Vita shade의 색상을 기초로 하여 현재 임상

에 사용되는 5종의 광중합형 복합레진(Charisma, Esthet-X, Filtek Z250, Filtek A110 및 Vitaescence)을 사용하였다(Table 1). Esthet-X, Filtek Z250, Charisma와 Vitaescence는 A1과 A3 shade를 사용하였으며, Filtek A110은 부가적으로 A1과 A3 색상이 아닌 법랑질 색상의 A2E, B2E, 그리고 A3E와 상아질 색상의 A3.5D를 연구 대상으로 하였다.

시편의 색상과 metamerism index 측정을 위해 사용된 Spectrocolorimeter (MiniScan XE plus, Model 4000S, Hunter Lab, USA)는 표준광원 D₆₅를 사용하며, 14.3 mm의 Port diameter와 8 mm의 view diameter를 가지며, Diffuse/8° 방식을 사용한다.

2. 연구 방법

1) 시편 제작

직경 15 mm, 두께 2 mm의 테프론 주형을 이용하여 각 제품의 shade 당 5개의 시편을 제작하였다. 유리판 위에 투명한 셀룰로이드지와 테프론 주형을 위치시킨 후 복합레진을 주입하고 기포가 생기지 않도록 레진 충전 용 기구로 충전하고 윗면에 다시 셀룰로이드지와 유리판을 위치시키고 C-클램프를 사용해 압축하여 여분의 레진을 제거하였다. 압축된 레진은 가시광선 중합기(Optilux 500, 13 mm tip diameter, Demetron, USA)를 사용해 각 면 당 3부분으로 나누어 60초 씩 광중합하였다. 중합된 시편을 주형으로부터 제거한 후 #600과 #1000 사포로 최종 두께가 2.0±0.02 mm 가 될 때까지 주수 하에서 연마하였다. 연마 과정동안 시편의 양면에 지문이나 불순물이 묻지 않도록 주의하였으며, 연마가 끝난 시편은 상온의 증류수에 1주일간 보관하였다.

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

Products (Code)	Shade	LOT No.	Manufacturers
Charisma (C)	A1	010032	Heraeus Kulzer GmbH, Domagen, Germany
	A3	050032	
Esthet-X™ (E)	A1	0006162	DENTSPLY Caulk, Milford, USA
	A3	0007063	
Filtek™ Z250 (Z250)	A1	2LH	3M Dental Products, St. Paul, USA
	A3	2KTJ	
Filtek™ A110 (F)	A2E	1AY	3M Dental Products, St. Paul, USA
	B2E	1AU	
	A3E	1BE	
	A3.5D	1BK	
Vitaescence (V)	A1	4K1B	Ultradent Product Inc., South Jordan, USA
	A3	4QMC	

2) 색상과 Metamerism index의 측정

각각의 시편들은 Spectrocolorimeter(MiniScan XE plus, Model 4000S, Hunter Lab, Reston, USA)를 이용해 정확한 위치에 시편을 고정하기 위해 제작한 Barium sulfate 측정판 (L*=96.54, a*=-0.19, b*=0.01)상에 시편을 위치시키고 D65 광원 하에서 각 시편의 CIE L*a*b* 값을 시편 당 4회 측정하여 평균값을 구하였다. 본 연구에서 사용한 CIE 1976 L*a*b* 색공간은 측색으로 얻어진 값을 표시하는 방법으로 1976년 CIE(국제조명위원회)에서 정한 것이다. 이 색공간에서는 측색기로 측색된 3차원 XYZ 값으로부터 산출된 L*, a* 그리고 b*값에 의한 3차원 직교 좌표계를 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 녹색방향, 그리고 b*의 양의 값은 황색 방향, 음의 값은 청색방향으로의 편향을 의미한다. 이들 3차원 좌표계를 이용하면 색의 상호 관계를 사람의 색감각에 가까운 균등 지각 색공간(균등한 크기로 지각되는 색차이가 공간내의 동일한 거리에 대응하도록 의도한 색공간)으로 나타내는 것이 가능하다. 또한 a*와 b*값으로부터 환산된 C*값은 채도를 나타내는 값으로 다음의 공식에 의해 환산된다.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

색상 측정이 끝난 후 Spectrocolorimeter의 설정을 표준 광원 D65에 대한 CIE 표준 광원 C와 A, 그리고 형광을 띄는 Fcw(Fluorescent cool white)와 TL84 간의 Metamerism index(MI)값을 측정할 수 있는 상태로 바꾸었다. 고정 장치 상에서 각 재료의 동일 색상의 시편 중 1개를 무작위로 선택하여 표준 시편으로 정하고 표준광원 D65 하에서 각 색상 시편의 표준값을 측정 결정하였다. 이후 표준값에 대한 각 시편의 MI값을 측정하였다. MI값은 서로

다른 광원에서 얻어진 시편들의 측정값을 다음의 식에 적용하여 환산했다.

$$MI = \sqrt{(\Delta L_{n1} - \Delta L_{n2})^2 + (\Delta a_{n1} - \Delta a_{n2})^2 + (\Delta b_{n1} - \Delta b_{n2})^2}$$

n1 : first illuminant

n2 : second illuminant

Δ = Value sample -Value standard

이 식에서 n1은 첫 번째 기준 광원(D65)을, 그리고 n2는 두 번째 광원(A, C, Fcw와 TL84)을 이른다.

매 측정 전 기기의 표준화를 Reflectance standard (X=80.8, Y=85.7, Z=90.8)와 Light trap을 이용해 시행하였다. 실험 과정 동안 모든 시편은 실온의 증류수에 보관하였다.

MI값은 0.5 미만인 경우 받아들일 수 있는 수치로 인정하며, 0.5 이상 1미만은 받아들일 수 없는 범위이며, 1을 초과하면 새로운 조합이 요구된다. 형광 조건에서는 1.5 이하의 값을 인정 범위로 잡고 있다^{19,22)}.

3) 자료 처리

각 광원간에 측정된 각 복합레진간의 MI값의 차이를 One-way ANOVA와 Student-Newman-Keuls test를 이용해 비교 검정하였다. 그리고 동일 색상의 서로 다른 복합레진간의 색차(ΔE^*)가 육안으로 인지 가능한 2 이상의 값²⁴⁾을 보이는지 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 색상 측정 결과

2mm 두께의 5종의 광중합 복합레진의 색상(CIE L*a*b*)값을 Spectrocolorimeter로 측정하여 Table 2와 같은 값을 얻었다.

Table 2. CIE L*a*b* and C* values of 5 composite resins under D65

	L*	a*	b*	C*
Charisma A1	78.67(0.18)	3.99(0.14)	20.3(0.15)	20.69
Charisma A3	72.79(0.35)	8.12(0.08)	21.55(0.38)	23.02
Esthet-X A1	82.06(0.27)	3.46(0.11)	15.94(0.32)	16.31
Esthet-X A3	72.65(0.75)	5.21(0.19)	18.76(0.79)	19.49
Vitaescence A1	79.52(0.35)	2.84(0.08)	13.91(0.39)	14.20
Vitaescence A3	73.53(0.91)	5.91(0.14)	20.77(1.21)	21.59
Z250 A1	74.89(0.54)	0.27(0.05)	15.19(0.32)	15.19
Z250 A3	71.55(0.30)	7.79(0.03)	22.71(0.32)	24.01
A110 A2E	74.68(0.24)	3.29(0.09)	12.85(0.55)	13.25
A110 A3E	72.44(0.38)	5.21(0.16)	13.57(0.52)	14.53
A110 B2E	74.67(0.26)	3.36(0.10)	12.85(0.64)	13.28
A110 A3.5D	73.42(0.19)	4.71(0.09)	19.68(0.35)	20.23

동일한 Vita shade를 사용하는 서로 다른 제품간의 값은 시각적으로 판단 가능할 정도의 색차를 보이고 있다(ΔE^*). 각 시편간의 L*값과 C*값은 Fig. 1과 같으며, a*값과 b*값은 Fig. 2와 같다. C*값은 재료의 채도를 나타내는 값으로 다음의 공식에 의해 환산하였다.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

2. Metamerism index 측정 결과

각 시편의 CIE 표준 광원 D65에 대한 서로 다른 광원간의 MI값은 Table 3과 같다.

MI 값을 측정된 결과, 연구에 사용한 모든 복합레진은 인정할 수 있는 한계치인 0.5 이하의 값을 가졌다. 또한 형광 조건하에서 1.5 이상의 값을 보이는 복합레진도 존재하지 않았다. 색온도 차이가 크지 않은 D65와 C간의 MI값은 색온도 차이가 큰 광원 D65와 A에 비해 작은 MI값을 보였으며($p < 0.01$), 측정에 적용된 모든 광원들간의 MI값도 서로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). D65와 A광원간의 MI값은 Charisma의 A1이 가장 작은 값을 보였으나, 다른 제품에 비해 유의한 차이를 보이지는 않았다. 다른 광원간에 측정된 MI값도 제품간의 유의한 차이는 보이지 않았다. D65와 A간에 측정된 MI값은 Z250을 제외한 모든 레진들에서 A3 색상이 A1 색상보다 큰 MI값을 보였다($p < 0.05$).

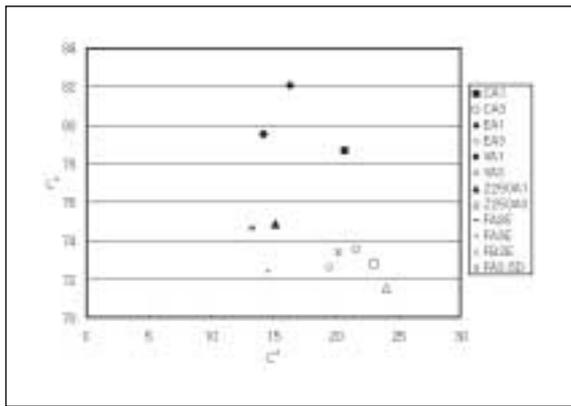


Fig. 1. L* and C* value of the tested composite resins.

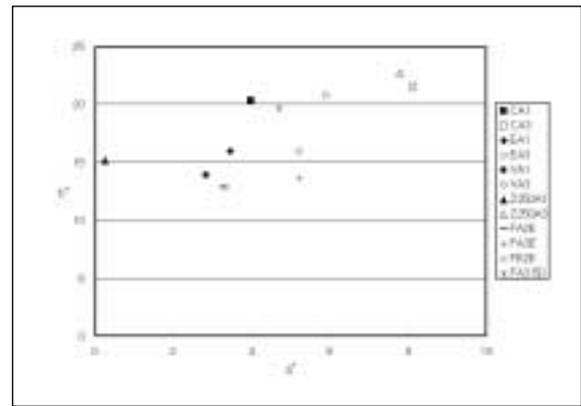


Fig. 2. a* and b* value of the tested composite resins.

Table 3. Metamerism index (MI) of the tested composite resins measured under combination of illuminants with D65

	Illuminant C	Illuminant A	Illuminant Fcw	Illuminant TL84
Charisma A1	0.007(0.005)	0.04(0.02)	0.03(0.03)	0.03(0.03)
Charisma A3	0.02(0.02)	0.15(0.13)	0.05(0.03)	0.06(0.04)
Esthet-X A1	0.02(0.02)	0.13(0.12)	0.03(0.008)	0.05(0.03)
Esthet-X A3	0.03(0.02)	0.28(0.23)	0.07(0.05)	0.09(0.03)
Vitaescence A1	0.02(0.02)	0.17(0.09)	0.06(0.02)	0.06(0.02)
Vitaescence A3	0.04(0.05)	0.35(0.38)	0.11(0.12)	0.12(0.11)
Z250 A1	0.03(0.01)	0.28(0.13)	0.08(0.04)	0.13(0.03)
Z250 A3	0.01(0.009)	0.09(0.05)	0.05(0.02)	0.03(0.02)
A110 A2E	0.03(0.02)	0.17(0.11)	0.06(0.14)	0.08(0.02)
A110 A3E	0.04(0.02)	0.28(0.20)	0.08(0.03)	0.09(0.04)
A110 A2E	0.02(0.03)	0.22(0.02)	0.07(0.05)	0.11(0.09)
A110 A3.5D	0.02(0.02)	0.12(0.11)	0.06(0.04)	0.06(0.04)

IV. 총괄 및 고찰

인간의 눈을 통해 인지되고 판단되는 물체의 색은 절대적일 수 없다. 이는 색상을 판단하는 관찰자의 색에 대한 기준, 안구의 특성, 및 색 지각에 대한 훈련 등 다양한 요인들이 색을 결정하는 과정에 관여하기 때문이다. 이외에도 이러한 관찰자의 문제뿐만 아니라 물체의 구조, 구성 성분, 표면 상태 및 광원 등 다양한 외부 조건에 따라 실제 관찰자가 감지하는 색은 다르게 나타날 수 있다.

이러한 색을 판단하는 여러 가지 문제점들에도 불구하고 현재 치과 영역에서 사용하는 색상 결정 방법은 대부분 특정 재료에 맞추어 제공되는 shade guide를 치아와 직접 육안으로 비교 판단하는 비색법을 사용하고 있다. 이런 문제점들을 해결하기 위해 많은 연구자들이 기기를 사용하여 측색하는 방법들을 제안하고 있으며⁶⁻¹²⁾, 실제 객관적 측색이 가능한 colorimeter 등 몇몇 기기들이 소개되고 있다.

본 연구에서는 색상 결정에 영향을 미칠 수 있는 외부적

요인보다는 재료 자체가 갖는 문제점 중 하나인 조건등색 (Metamerism)에 대해 고찰해 보았다. 조건등색이란 분광 반사율이 서로 다른 물체(다른 색상의 물체)가 특정 광원 하에서는 같은 색으로 보이는 현상을 이른다¹⁷⁻²³⁾. 조건등색을 설명하는 예로 Fig. 3에서 보여주듯이 시료 A와 시료 B는 서로 다른 분광 반사율을 가진 물체로 위쪽 그림과 같은 서로 다른 분광반사율 곡선으로 나타난다. 하지만 가운데 그림의 D₆₅ 표준 광원 하에서 두 개의 시료는 동일한 색상으로 보여지지만, 아래의 A 표준 광원 하에서는 다른 색상으로 보여지는 현상을 조건등색이라 일컫는다.

CIE(국제 조명 위원회)에서는 측광, 측색에 필요한 표준 광원의 색온도를 결정할 것을 약속하여 표준광 A, B, C, 및 D를 표준 조명으로 사용할 것을 공포하였다^{17-19,21,22)}. 표준광 A는 2854°K의 색온도를 가지며 CIE 색도판 상의 좌표는 $x=0.4476$, $y=0.4075$ 로, 가스가 채워진 텅스텐 전구의 점등된 빛으로서 백열 전구의 빛을 대표한다. 표준광 B는 4870°K의 색온도를 가지며 색좌표는 $x=0.3485$,

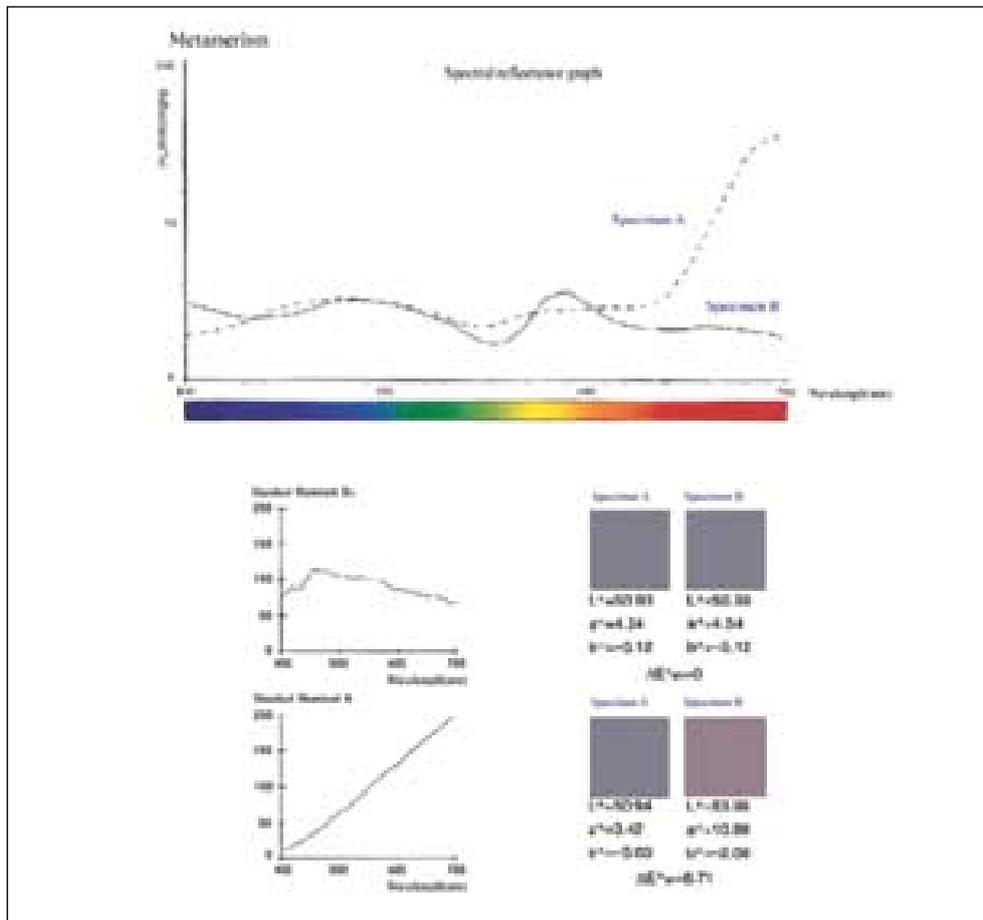


Fig. 3. Metamerism.

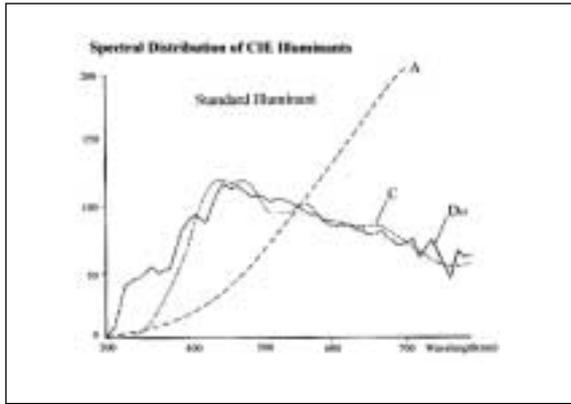


Fig. 4. Spectral Distribution of CIE standard illuminants.

$y=0.3518$ 로, 표준광 A에 Davis-Gibson 필터를 첨부하여 만든 빛으로서 평균 태양의 직사광을 대표한다. 표준광 C는 6770°K 의 색온도를 가지며 표준광 A에 C종의 Davis-Gibson 필터를 첨부하여 만든 빛으로서 푸른 하늘을 포함하는 평균 주광을 대표한다. 표준광 D는 자외역을 포함한 여러 가지 상태의 주광을 가리키며, 그 중 D_{65} 는 약 6500°K 의 색온도를 가지는 자외역을 포함한 평균적 주광을 나타낸다(Fig. 4). 이러한 표준광 외에도 다양한 광원들이 있으며 그 중 본 연구에 적용한 Fcw와 TL84처럼 형광 특성을 띄는 광원들도 있다. 이 중 Fcw는 cool white fluorescent source로부터 발생된 빛이다^{19,20}.

이러한 조건등색은 metamerism index(MI)를 측정하여 평가한다. 일반적으로 MI값이 0.5 이하일 때 서로 다른 광원 하에서도 유사한 색으로 인정될 수 있으며, 0.5에서 1.0 사이의 값을 가지면 인정하기 어렵다. 1 이상의 값을 가지면 재제조가 요구된다¹⁷. 본 연구에 사용된 모든 복합레진들은 모든 광원에서 0.5 이하의 MI값은 나타냈으며, 색온도 차이가 크지 않은 D_{65} 와 C 광원간에 가장 작은 MI값을 보였고, D_{65} 와 A 광원간에 가장 큰 MI값을 보였다($p<0.01$). 형광 조건 하에서는 일반적으로 1.5 이하의 MI값을 가질 때 인정할 수 있으나 본 연구에 사용된 모든 광중합형 복합레진들은 1.5 이하의 값을 보였다. A1 색상과 A3색상간의 비교에서 다른 광원들에서는 색상간에 유의한 차이를 보이지 않았으나($p>0.05$), D_{65} 와 A광원간에 측정된 MI값은 Z250은 A1 색상이 더 큰 MI값을 보인 반면 다른 복합레진들은 A3색상이 더 큰 MI값을 보였다($p<0.05$).

이상의 결과를 종합해 보면 연구에 사용된 광중합 복합레진들은 치과용 조명이나 실내등 하에서 적절한 색상 선택이 이루어진다면 주위 환경 특히 다른 광원 하에서도 유사한 색상으로 인식될 수 있으리라 생각된다. 하지만 백열등과 같이 자연광과 분광 분포가 크게 다른 광원 하에서 색상 결정이 이루어진다면 색상 결정 과정의 실패가 초래될 수 있

으므로 자연광의 분광 특성을 보이는 특수 광원이나 측색을 위해 제조된 기기를 사용해야 하리라 사료된다.

V. 결 론

조건등색(Metamerism)은 특정 광원 하에서 동일한 색상으로 보이는 서로 다른 두 물체가 다른 광원 하에서는 다르게 보이는 현상을 가리키며, 이는 Metamerism index (MI)로 표현된다.

본 연구에서는 5종의 광중합 복합레진(Charisma, Esthet-X, Filtek A110, Filtek Z250, Vitalescence)을 두께 2mm, 직경 15mm의 테프론 주형에 충전 후 광중합하고 1000번 사포로 마무리 후 Spectrocolorimeter를 사용해 MI값을 서로 다른 5종의 광원간에 측정하였다. 본 연구에 사용된 광원은 CIE 표준광인 D_{65} , A, C, 및 형광 특성을 갖는 Fcw와 TL84이다. 측정된 결과를 분석해본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 동일한 Vita shade를 사용하는 서로 다른 레진들 간에 시각적으로 인지 가능한 색차를 보였다(ΔE^*2).
2. 표준광인 D_{65} 와 A 및 D_{65} 와 C 간에 측정된 MI값은 모든 시편에서 인정 가능한 0.5 이하의 값을 보였다. 또한 형광 조건을 가진 광원들(Fcw와 TL84)과 표준광 D_{65} 간에 1.5 이상의 값을 보이는 복합레진도 존재하지 않았다.
3. 광원간의 색온도 차이가 큰 D_{65} 와 A에서의 MI값은 다른 광원간의 MI값보다 큰 값을 보였다($p<0.01$).
4. D_{65} 와 A간에 측정된 MI값은 Z250을 제외한 모든 레진들에서 A3 색상이 A1 색상보다 큰 MI값을 보였다($p<0.05$).

이상의 결과, 본 연구에 사용된 복합레진들은 인정 가능한 범위의 MI값을 보였지만 광원간의 색온도 차이가 큰 경우 다른 광원들 간에 비해 높은 MI값을 보이고 있다. 이는 복합레진 수복을 위한 색상 선택 시 적절한 광원을 사용하면 조건등색에 의한 문제는 크지 않지만, 진료실이나 작업 광원의 부적절한 선택은 색상 선택의 실패를 초래할 수 있으리라 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 and Kao EC : Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimeter. *J Dent Res* 68(5):819-822,1989.

6. 황인남과 오원만 : 발거된 자연치와 5종 shade guide의 색채 계측기를 이용한 색상 비교. *대한치과보존학회지* 22(2):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 and Schwabacher WB : A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurement of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent* 53:105-109,1985.
9. Schwabacher WB and Goodkind RJ : Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guide. *J Prosthet Dent* 64(4):425-431,1990.
10. Yeh CL, Powers JM and Miyagawa Y : Color of selected shades of composites by reflection spectrophotometry. *J Dent Res* 61(10): 1176-1179,1982.
11. 조경모와 신동훈: 구내용 분광광도계를 이용한 자연치의 색상 분석. *대한치과보존학회지* 23(1):223-235,1998.
12. 이문영과 신동훈 : 디지털 카메라를 이용한 치아색상 측정. *대한치과보존학회지* 23(1):325-333,1997.
13. Kim HS and Um JM : A study on color differences between composite resins and shade guides. *대한치과보존학회지* 21(1):107-120,1996.
14. 조경이, 황인남, 최홍란과 오원만 : 분광색채계측기를 이용한 Vita shade 광중합형 복합레진의 색상 비교. *대한치과보존학회지* 23(1):424-432,1998.
15. 황인남과 이광원 : 광중합복합레진의 두께에 따른 투명도 차이가 수복물의 색상에 미치는 영향. *대한치과보존학회지* 24(4): 604-613,1999.
16. Swepston JH and Miller LL : Esthetic matching. *J Prosthet Dent* 54:623-625, 1985.
17. Robertson AR : Colorimetry. *Rep Prog Phys* 41:471-510,1978
18. Thornton WA : How strong metamerism disturbs color spaces. *Color Research & Application* 23(6):402-407, 1998.
19. MiniScan XE plus users guide. HunterLab
20. 박은주 : 색채 조형의 기초. 제2판, 서울, 미진사, p56-194, 1996.
21. 박도양 : 실용색채학. 증보판, 서울, 반도출판사, p99-120, 1992.
22. 한국 공업 규격. KS A 0065.
23. Grajower R, Revah A and Sorin S : Reflectance spectra of natural and acrylic resin teeth. *J Prosthet Dent* 36(5):570-579,1976.
24. Seghi RR, Hewlett ER and Kim J : Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 68:1760-1764,1989.

황 인 남

전남대학교 치과대학 보존학교실
광주광역시 동구 학동 전남대학교 치과대학 보존학교실 501-757
Tel : 062-220-4443 Fax : 062-225-8387
E-mail : hinso@jnu.ac.kr