

## 복합레진의 표면거칠기에 따른 투명도와 표면 색상의 차이에 관한 연구

조규정 · 박수정 · 조현구 · 김동준 · 황윤찬 · 오원만 · 황인남\*

전남대학교 치과대학 보존학교실, 치의학연구소

### ABSTRACT

#### INFLUENCE OF THE SURFACE ROUGHNESS ON TRANSLUCENCY AND SURFACE COLOR OF THE DENTAL COMPOSITE RESINS

Kyu-Jeong Cho, Su-Jung Park, Hyun-Gu Cho, Dong-Jun Kim,  
Yun-Chan Hwang, Won-Mann Oh, In-Nam Hwang\*

*Dept. of Conservative Dentistry, School of Dentistry, DSRI, Chonnam National University*

The objectives of this study were to evaluate the effect of surface roughness on the surface color and translucency of the composite resins.

Two composite resins (Esthet-X, Dentsply, Milford, USA and Charisma, Kulzer, Domagen, Germany) were used to investigate the surface color. Charisma was used to investigate the translucency. 40 disc samples (diameter: 8 mm, thickness: 5 mm) were made by each product to measure the surface color. Polymerized each sample's one side was treated by Sof-Lex finishing and polishing system (Group C, M, F, SF). 40 disc samples (diameter: 6 mm, thickness: 1 mm) were prepared to measure the opacity. 1 mm samples were ground one side with #600, #1000, #1500 and #2000 sandpapers. CIE L\*a\*b\* values of each 5 mm thickness samples, and XYZ values of 1 mm thickness samples on the white and black background were measured with spectrophotometer (Spectrolino, GretagMachbeth, Regensburg, Switzerland).

Mean surface roughness (Ra) of all samples before and after surface treatment was measured using the Surface Roughness Tester SJ-301 (Mitutoyo, Tokyo, Japan).

Regardless of type and shade of the composite resin, L\* values measured in group C were higher than others ( $p < 0.05$ ), and L\* value decreased as the Ra value decreased except B3 shade of Esthet-X. But there were no significant difference in a\* values among groups. In control group and SF, highest b\* values were measured ( $p < 0.05$ ), except B1 shade of Esthet-X.

Contrast ratio decreased as the Ra value decreased ( $p < 0.05$ ).

With the above results, difference of surface roughness has influence on surface color and translucency of dental composite resins. [J Kor Acad Cons Dent 31(4):312-322, 2006]

**Key words:** Surface roughness, Surface color, Opacity, Translucency, Composite resin

- Received 2006.4.17., revised 2005.5.29., accepted 2006.6.28.

\* Corresponding Author: In-Nam Hwang

Department of Conservative Dentistry,  
School of Dentistry, Chonnam National University  
5 Hak-dong, Dong-gu, Gwangju, Korea, 501-757  
Tel. 82-62-220-4443 Fax. 82-62-225-8387  
E-mail: hinso@jnu.ac.kr

### I. 서 론

심미 수복에 대한 요구의 증가와 새로운 심미 수복재료들의 출현은 실제 임상에서 기존의 금속성 수복물로 시행되던 많은 예들이 심미 수복물로 대체되게 하였다.

하지만, 부적절한 연마에 의해 거친 표면을 갖는 복합레진

수복물은 수복 후에 표면의 거친 촉감에 의한 환자의 불편감이 생길 수 있으며<sup>1,2)</sup>, 표면 에너지를 높여 치태와 잔사의 침착을 가속화시킴으로써, 치은염 및 이차우식증 등을 유발시킬 수 있으며<sup>3,4)</sup>, 자연치 법랑질과 유사한 색조, 형태 등을 재현하기 어렵다<sup>5)</sup>. 이러한 문제점들을 극복하기 위해서는 가능한 부드러운 면을 만들어 주어야 하는데 Weitman과 Eames<sup>4)</sup>는 복합레진에서 치태축적을 발생시키는 표면 거칠기를 0.7-1.44  $\mu\text{m}$ 라고 보고하였다. Bollen 등<sup>6)</sup>은 구강 내 수복물에 대한 세균 부착의 역치에 해당하는 표면 거칠기의 평균 조도는 0.2  $\mu\text{m}$ 이며, 그 이하인 경우에는 더 이상 세균의 축적이 증가하지 않고 그 이상에서는 거칠기가 증가할수록 치태 축적도 증가한다고 보고하였다. 또한 거친 복합레진의 표면은 색소 침착에 따른 착색과 변색 등으로 색조의 안정성을 저하시킴으로써 수복물을 재수복해야 하는 결과를 초래하기도 한다<sup>7)</sup>.

많은 학자들의 연구에서 보고되었듯이<sup>1-3,8-21)</sup> 복합레진 수복물에서 얻을 수 있는 가장 평활한 면은 기계적인 활택술을 시행하지 않고 matrix strip으로 형성된 표면이다. 하지만 실제 임상에서 matrix strip 만으로 외형을 완성하기는 불가능하며, 적절한 외형 형성을 위해 별도의 연마 과정이 요구된다. 하지만 Hachiya 등<sup>22)</sup>은 중합 수축 중인 복합레진 분자의 자유로운 재배열이 Matrix strip에 의해 방해되어 유발되는 strain 때문에 오히려 변색에 취약하다고 보고하였고, Okazaki와 Douglas<sup>23)</sup>는 Matrix strip으로 형성된 표면은 무기질에 비해 레진 matrix가 많아 쉽게 수분을 흡수하고 이로 인해 높은 변색의 원인을 제공한다고 하였다. 하지만 표면 연마를 시행하면 표면의 organic-inorganic ratio는 증가하나 이는 표면이 거칠어져 biofilm을 증가시키게 된다<sup>24)</sup>.

결론적으로 거친 표면에 의해 발생하는 많은 문제점들을 최소화하기 위해서는 최상의 활택을 얻을 수 있는 연마 방법을 개발하는 것이며, 이전의 많은 연구<sup>25-21)</sup>에서 보고된 것처럼 현재 임상에서 사용하고 있는 다양한 연마 기구들 중에서는 Sof-Lex 디스크와 같은 aluminum oxide 디스크를 건조한 상태에서<sup>25)</sup>, planar motion<sup>26)</sup>으로 사용하는 방법이 가장 효과적일 것이다. 하지만 이 방법도 복합 레진에 한정해 적용되며 자가 중합형 혹은 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트나 컴포머와 같이 복합레진에 비해 표면 연마가 어려운 다른 심미수복 재료에는 matrix strip의 적절한 응용이나 다른 연마 방법의 모색이 더 필요할 것이다<sup>27-31)</sup>. 이외에도 penetrating sealant를 표면에 도포하여 활택을 증진시키는 방법<sup>32)</sup>에 대한 연구, finishing이나 polishing시 표면이나 직하방의 기질적 변화<sup>33)</sup>에 대한 연구, 칫솔질이나 polishing 시 표면 거칠기나 광택의 변화<sup>34-36)</sup>에 대한 연구 등 다양한 연구들이 진행되고 있다.

복합레진 수복물의 표면은 이미 언급되었듯이 matrix

strip으로 형성된 우수한 활택을 임상에서 그대로 유지할 수 없다. Polishing 과정에서 적절한 활택을 얻었더라도 칫솔질 등의 과정에서 다시 거친 표면을 갖게 될 수 있다<sup>34,37)</sup>. 특히 거친 입자를 갖는 복합레진의 경우 이러한 변화는 더 뚜렷이 나타나게 될 것이다. 이처럼 거칠어진 표면은 치태 침착이나 2차 우식 발생과 같은 문제와도 연관되지만 빛의 산란과 반사 정도에도 영향을 미쳐 표면의 색상이나 투명도에도 영향을 미칠 수 있을 것이다. 비록 그 정도가 크지 않아 시각적으로 인지 가능한 색변화<sup>37,38)</sup>를 보이지 않을 수도 있지만, 이러한 광학적 특성에도 어떠한 영향을 미친다면 이는 심미성의 결여에 의해 재수복이나 재활택의 원인이 될 수 있을 것이다.

이러한 가정 하에서 본 연구는 복합레진 표면 색상과 투명도가 복합레진의 표면 거칠기에 따라 어떠한 영향을 받는지 확인하고자 시행하였다.

## Ⅱ. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

본 연구에는 표면 거칠기에 따른 표면 색상 차이를 평가하기 위해 Vita shade code를 사용하는 전치부 수복용 복합레진인 Esthet-X (DENTSPLY Caulk, Milford, USA)의 B1과 B3 shade와 전구치 혼용 혼합형 복합레진인 Charisma (Heraeus Kulzer, Domagen, Germany)의 B1과 A3 shade를 사용하였다 (Table 1). 그리고 표면 거칠기에 따른 투명도의 차이를 평가하기 위한 연구에는 Charisma의 A3색상을 사용하였다.

표면 거칠기의 차이를 부여하기 위해 복합레진 연마 기구인 Sof-Lex finishing and polishing system (3M, ESPE Dental Products, St. Paul, USA)의 4가지 다른 입자 크기의 디스크를 사용하였다. Sof-Lex 디스크는 polyester film에 aluminum oxide입자가 부착된 형태로 저속 치과용 핸드피스에 장착하여 사용하도록 설계되어 있으며, aluminum oxide입자의 크기에 따라 Coarse (Dark orange 색상, 평균 입자 크기 : 100  $\mu\text{m}$ ), Medium (Orange 색상, 평균 입자 크기 : 29  $\mu\text{m}$ ), Fine (Light orange 색상, 평균 입자 크기 : 14  $\mu\text{m}$ ), 및 Superfine (Yellow 색상, 평균 입자 크기 : 5  $\mu\text{m}$ )으로 구성되어 있다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 시편 제작

가) 표면 거칠기에 따른 색상 차이 측정을 위한 시편 제작  
거칠기에 따른 색상 차이를 평가하기 위한 복합레진 시편은 색상 측정 시 배경색의 영향을 줄이기 위해 직경 8 mm,

**Table 1.** Composite resins used in this study

Brand Name (Code)	Shade (batch No.)	Filler composition	Filler size	Manufacturer
Charisma® (CHA)	B1(010039)	Barium-aluminium-	0.02 - 2 $\mu$ m	Heraeus Kulzer GmbH, Germany
	A3(070044)	fluoride glass Ceramic silicium dioxide 64% by volume*	0.02 - 0.07 $\mu$ m	
Esthet-X (EX)	B1(0308205)	barium fluoro alumino	mean particle size < 1 $\mu$ m	DENTSPLY/ DeTrey, Germany
	B3(630024X)	boro silicate glass	nanofiller silica : 0.04 $\mu$ m	

두께 5 mm의 아크릴 주형을 이용하여 각 제품의 shade 당 40개의 원통형 시편을 제작하였다. 유리판 위에 투명한 Mylar strip과 아크릴 주형을 위치시킨 후 복합레진을 2 - 3 mm 주입하고 기포가 생기지 않도록 레진 충전용 기구로 충전하고 가시광선 중합기 (Optilux 501, 13 mm tip diameter, Demetron, USA)를 사용해 60초 동안 광중합한 후, 나머지 부위에 다시 복합레진을 주입하고 윗면에 다시 Mylar strip과 슬라이드 글라스를 위치시키고 압축하여 여분의 레진을 제거하였다. 압축된 레진은 가시광선 중합기 (Optilux 501, Demetron, USA)를 사용해 양면을 각 60초 동안 광중합 하였다.

중합된 시편을 10개씩 4개 군으로 나누고 Mylar strip 제거 후 아무런 표면 연마도 시행하지 않고 색상을 측정할 군을 대조군으로 하고 Sof-Lex 디스크의 거칠기에 따라 C, M, F, 그리고 SF군으로 나누었다. 시편들은 한쪽 면을 약 10000 rpm의 속도로 회전하는 전기 구동 핸드피스에 장착된 4가지 거칠기의 Sof-Lex 디스크로 연마하였다. 이때 거칠기에 따른 Sof-Lex 디스크의 마모 정도와 복합레진 삭제량을 고려하여 가장 거친 Coarse 디스크는 10초, Medium은 20초, Fine은 30초, 그리고 Superfine은 40초 동안 연마하였다. 모든 디스크는 1회 사용 시 10초 동안만 사용하였으며, 이는 디스크의 오랜 사용에 의한 표면 거칠기 변화의 오차를 줄이기 위함이다. 연마된 시편은 표면의 불순물과 연마된 가루를 제거하기 위해 Ultrasonic cleaner (Biosonic UC100, Coltene/ Whaledent, USA)을 이용해 15분 동안 세척한 후 건조시켰다.

#### 나) 투명도 측정을 위한 시편제작

투명도 변화를 평가하기 위한 시편은 직경 6 mm, 두께 1.2 mm의 테프론 주형을 이용해 색상 변화 평가를 위한 시편 제작과 동일한 방법으로 40개의 시편을 제작하였다. 주형으로부터 제거된 시편은 4개의 군으로 나누어 각각 600번,

1000번, 1500번 및 2000번 사포 (Tamiya finishing abrasives, Tamiya Inc., Shizuoka, Japan)으로 한쪽 면을 주수 하에 연마하여 두께  $1.0 \pm 0.02$  mm의 시편을 완성하였다. 연마 시 각 부분이 일정한 두께를 얻을 수 있도록 직경 6.2 mm, 깊이 1 mm의 hole을 가진 직경 8 mm, 길이 100 mm의 금속 막대에 시편을 위치시키고 시계 방향으로 직경 30 mm 정도의 원을 그리며 새로운 사포면에서 10회씩 회전하면서 연마하였다. Mylar strip으로 형성된 면을 가진 대조군은 정확한 두께의 시편 제작에 실패하여 연구에서 제외하였다.

모든 시편은 지문이나 불순물이 묻지 않도록 주의하였으며, 수분의 영향을 배제하기 위하여 건조 상태로 빛이 차단된 용기에 24시간 보관하였다.

#### 2) 색상 측정

각각의 시편들은 spectrophotometer인 Spectrolino (GretagMacbeth, Regensburg, Switzerland)를 이용해 백색의 배경판 ( $L^* = 96.54$ ,  $a^* = -0.19$ ,  $b^* = 0.01$ )상에 시편을 위치시키고 D65 filter를 적용하여 10도 관찰각도로 각 시편의 CIE  $L^*a^*b^*$ 값을 시편 당 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 색상 측정에 사용한 Spectrolino는 4.5 mm의 측정구를 가지는 45°/0° ring optic DIN 5003 측정기하 방식을 적용한 기기로 표준광 A를 장착하고 있으며 측정구에 D65 필터를 적용하여 측정하였다.

본 연구에서 적용한 CIE  $L^*a^*b^*$  색공간은 측색으로 얻어진 값을 표시하는 방법으로 CIE (국제조명위원회)에서 1976년 정한 것이다. 이 색공간은 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 녹색방

향, 그리고  $b^*$ 의 양의 값은 황색 방향, 음의 값은 청색방향으로의 편향을 의미한다 (Figure 1). 이들 3차원 좌표계를 이용하면 색의 상호관계를 사람의 색감각에 가까운 균등 지각 색공간 (균등한 크기로 지각되는 색차이가 공간 내의 동일한 거리에 대응하도록 의도한 색공간)으로 나타내는 것이 가능하다.

측정된  $L^*a^*b^*$ 값을 통해 거칠기에 따른 색상의 변화 양상을 분석하였으며, 각 군간의 색차 ( $\Delta E^*$ )를 아래의 공식을 이용해 환산하였다.

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

### 3) Contrast ratio의 측정

재료의 투명도는 반대 개념인 contrast ratio의 측정에 의해 결정하였다. Contrast ratio는 측정하고자하는 재료의 시편을 흑색 배경판 위에 올려놓았을 때와 반사율을 이미 알고있는 백색표준판 위에 올려놓았을 때의 분산에 의한 빛의 반사의 비율로 정의한다. 이를 간단한 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$C_R = \frac{r_0}{r_R}$$

R : reflectivity of the white background

$C_R$  : Contrast ratio

$r_0$  : light reflectance of the sample on a black background

$r_R$  : light reflectance of the sample on a white background

Contrast ratio는 재료의 절대적인 특징은 아니며, 백색 배경판의 표면 반사율 (R)과 시편 두께 ( $\theta$ )에 의존한다. 이

러한 이유에서 미국치과의사협회 (ADA)의 직접 수복 레진의 opacity에 대한 규격<sup>40)</sup>을 보면 1 mm 두께의 시편과 magnesium oxide (MgO)의 시감반사율 (luminous reflectance)의 70%에 해당하는 백색 배경판을 사용해 측정된 C0.7로 contrast ratio를 표현한다.

하지만 본 연구는 재료의 contrast ratio의 절대값을 구하고자 하는 것이 아니고 표면 거칠기에 따른 각 군 간의 상대적인 contrast ratio의 차이를 확인하고자 하였기에 본 연구에서는 제작된 1 mm 두께의 복합레진 시편을 백색 배경판 ( $L^* = 94.7, a^* = 1.1, b^* = -0.3$ )과 흑색 배경판 ( $L^* = 16.9, a^* = -0.4, b^* = -0.9$ ) 상에 위치시키고 색상 측정에 사용한 spectrophotometer인 Spectrolino를 이용해 시편의 3자극치 XYZ 값을 측정하고 3자극치 XYZ 값 중에서 Y값 (배경판상에서 시편의 반사강도)을 이용해 contrast ratio를 계산하였다.

### 4) 표면 거칠기의 측정

색상 변화를 평가하기 위해 제작된 시편과 투명도 변화를 평가하기 위해 제작된 시편의 연마 전과 후의 평균 표면 조도값 ( $R_a$ )을 Surface Roughness Tester SJ-301 (Miyutoyo Manufacturing Ltd., Tokyo, Japan)을 사용하여 측정하였다. 측정 길이는 0.8 mm로 하였고, 측정 후 1 mm씩 평행 이동시켜서 각 시편 당 4회 측정 후 평균값을 구하였다.  $R_a$  값은 측정 길이 내의 중심선으로부터 표면 윤곽까지의 모든 절대값들의 평균치로 정의되는 평균 표면 조도값을 나타낸다 (Figure 2).

### 5) 자료 분석

동일한 재료의 동일 색상에서 표면 처리 방법에 따른  $L^*a^*b^*$ , contrast ratio, 및  $R_a$ 값은 one-way ANOVA로 비교분석하고 Student-Newman Keuls method로 사후

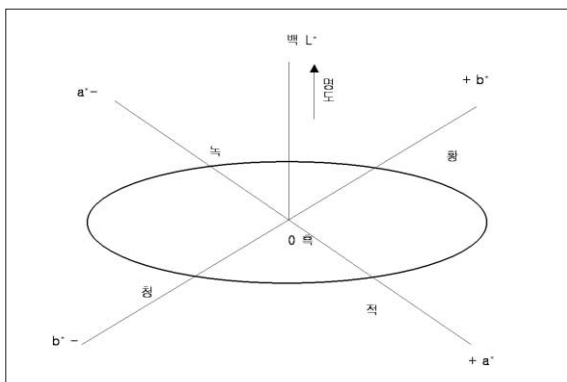


Figure 1. CIE  $L^*a^*b^*$  color system.

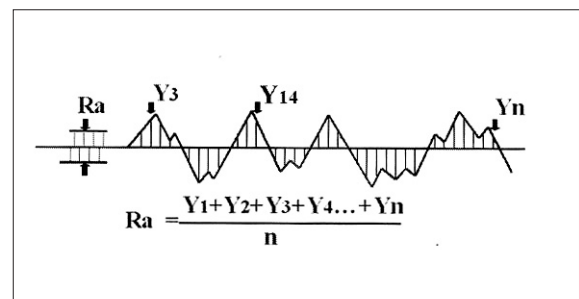


Figure 2. The overall roughness of the surface ( $R_a$  parameter) is defined as the arithmetical average value of all absolute distances of the roughness profile from the centerline within the measuring length.

검증하였다.  $L^*a^*b^*$  값과 Ra, 그리고 contrast ratio와 Ra 값 간의 관계는 선형 및 다항 회귀분석으로 분석하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 색상 측정 결과

1) 복합레진의 표면 거칠기에 따른 색상의 차이  
Spectrolino를 사용하여 측정한 표면 연마에 따른 각 시

편의  $L^*a^*b^*$  값의 평균과 표준 편차는 Table 2와 같다.

측정된  $L^*$  값은 거친 연마 기구로 표면 처리한 군이 모든 재료와 색상에서 가장 큰 값을 보였으며 연마 기구의 입자가 작아짐에 따라 감소하는 양상을 보였다 ( $p < 0.05$ ).  $a^*$  값은 각 군간에 차이를 보이지 않았으며,  $b^*$  값은 연마 기구의 입자가 작아짐에 따라 증가하는 양상을 보였다 (Figure 3 - 5).

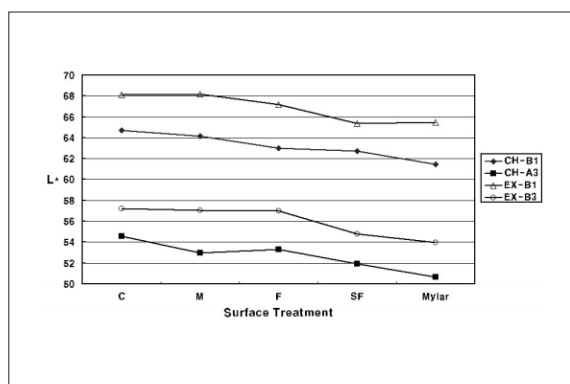
동일한 재료의 동일 색상의 레진에서 표면 연마 후 각 군간의 색차는 Table 3과 같다. 표면 처리를 하지 않고

**Table 2.**  $L^*a^*b^*$  values of the tested materials

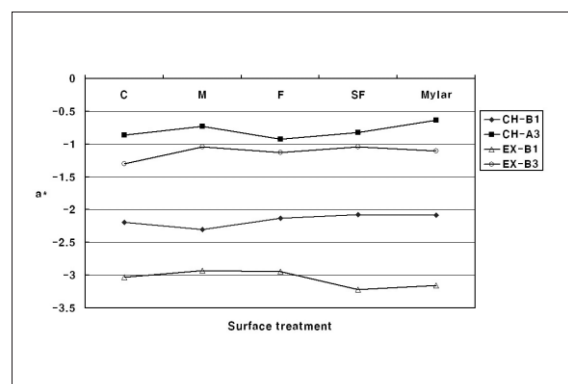
Mean (S.D.), n = 10

		CH-B1	CH-A3	EX-B1	EX-B3
C	$L^*$	64.68 (0.66) <sup>a</sup>	54.58 (0.57)	68.12 (0.45) <sup>a</sup>	57.19 (0.34) <sup>a</sup>
	$a^*$	-2.19 (0.78) <sup>c</sup>	-0.87 (0.14) <sup>b</sup>	-3.03 (0.22) <sup>c</sup>	-1.30 (0.16) <sup>b</sup>
	$b^*$	0.32 (0.09) <sup>f</sup>	-0.02 (0.33)	2.23 (0.39)	1.99 (0.61)
M	$L^*$	64.13 (0.29) <sup>a</sup>	52.98 (0.56) <sup>a</sup>	68.17 (0.38) <sup>a</sup>	57.05 (0.34)
	$a^*$	-2.30 (0.13)	-0.73 (0.12)	-2.93 (0.10) <sup>c</sup>	-1.04 (0.23) <sup>b</sup>
	$b^*$	0.23 (0.27) <sup>f</sup>	0.37 (0.24)	2.54 (0.19) <sup>d</sup>	2.89 (0.43)
F	$L^*$	63.02 (0.35) <sup>b</sup>	53.29 (0.62) <sup>a</sup>	67.17 (0.41)	57.01 (0.34) <sup>a</sup>
	$a^*$	-2.13 (0.05) <sup>c</sup>	-0.92 (0.08)	-2.94 (0.12)	-1.12 (0.14) <sup>b</sup>
	$b^*$	0.85 (0.12)	0.32 (0.20) <sup>c</sup>	2.66 (0.18) <sup>d</sup>	2.72 (0.27) <sup>c</sup>
SF	$L^*$	62.71 (0.27) <sup>b</sup>	51.92 (0.51)	65.38 (0.39) <sup>b</sup>	54.79 (0.35)
	$a^*$	-2.08 (0.08) <sup>d</sup>	-0.82 (0.04) <sup>b</sup>	-3.22 (0.09)	-1.04 (0.16) <sup>b</sup>
	$b^*$	1.01 (0.18) <sup>e</sup>	0.50 (0.13) <sup>c</sup>	2.47 (0.11)	3.21 (0.23)
Mylar strip	$L^*$	61.48 (0.26)	50.66 (0.76)	65.46 (0.51) <sup>b</sup>	53.95 (0.43)
	$a^*$	-2.08 (0.11) <sup>d</sup>	-0.64 (0.18)	-3.15 (0.20)	-1.10 (0.18) <sup>b</sup>
	$b^*$	1.29 (0.26) <sup>e</sup>	1.13 (0.32)	3.44 (0.47)	3.41 (0.36) <sup>c</sup>

Values with same superscripts are not significantly different at  $p < 0.05$  level among different surface treatment of same material.

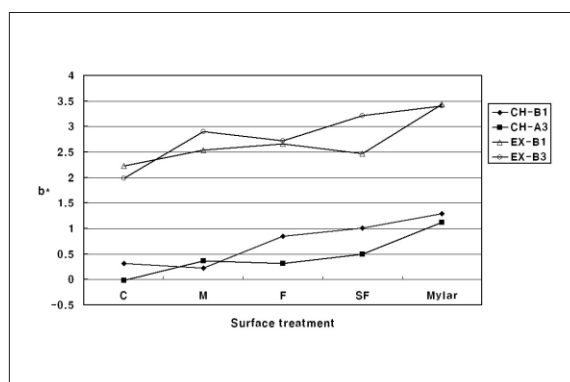


**Figure 3.**  $L^*$  value of the measured specimens.

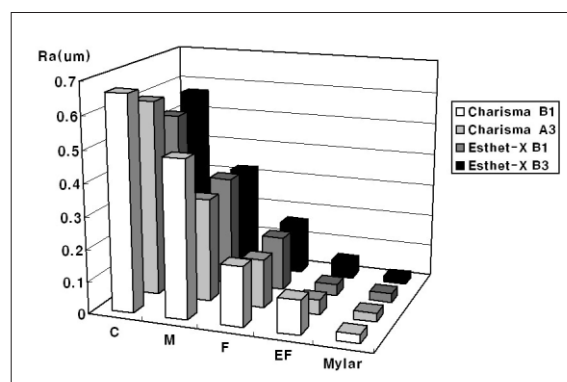


**Figure 4.**  $a^*$  value of the measured specimens.





**Figure 5.**  $b^*$  value of the measured specimens.



**Figure 6.** Surface roughness ( $R_a$ ) of composite resins according to surface treatment.

**Table 3.** EColor difference ( $\Delta E^*$ ) between control group and surface treated groups

	CH-B1	CH-A3	EX-B1	EX-B3
Mylar/SF	1.256	1.425	0.975	0.875
Mylar/F	1.604	2.776	1.894	3.137
Mylar/M	2.866	2.447	2.865	3.145
Mylar/C	3.348	4.093	2.921	3.55

**Table 4.** Effect of surface treatment by Sof-lex disc on surface roughness

( $R_a$ ,  $\mu m$ )

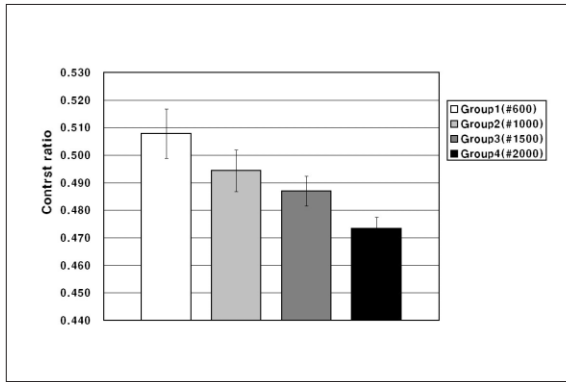
Surface Treatment	Charisma		Esthet-X	
	B1	A3	B1	B3
C	0.663 (0.167)	0.608 (0.184)	0.529 (0.112)	0.568 (0.133)
M	0.487 (0.034)	0.320 (0.066)	0.339 (0.075)	0.323 (0.035)
F	0.185 (0.036) <sup>b</sup>	0.151 (0.021)	0.166 (0.016)	0.161 (0.052) <sup>b</sup>
SF	0.106 (0.017) <sup>a,b</sup>	0.046 (0.01) <sup>a</sup>	0.036 (0.008) <sup>a</sup>	0.054 (0.012) <sup>a,b</sup>
Mylar	0.027 (0.004) <sup>a</sup>	0.028 (0.008) <sup>a</sup>	0.027 (0.004) <sup>a</sup>	0.020 (0.004) <sup>a</sup>

Values with same superscripts are not significantly different at  $p < 0.05$  level among different surface treatment of same material.

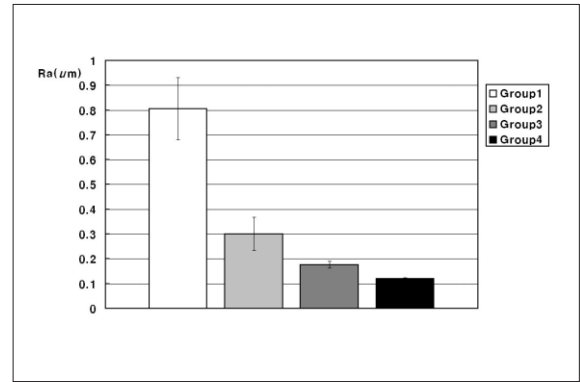
**Table 5.** Contrast ratio and mean surface roughness ( $R_a$ ) resulting from various roughness of sandpaper

	Contrast ratio (S.D.)	$R_a$ ( $\mu m$ , S.D.)
Group 1 (#600)	0.508 (0.009)	0.806 (0.126)
Group 2 (#1000)	0.494 (0.008) <sup>a</sup>	0.301 (0.068)
Group 3 (#1500)	0.487 (0.005) <sup>a</sup>	0.177 (0.001)
Group 4 (#2000)	0.473 (0.005)	0.120 (0.005)

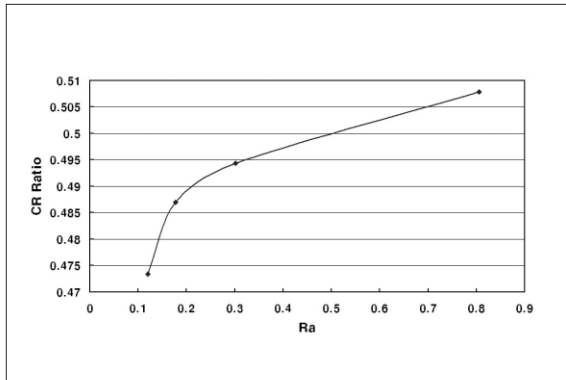
Values with same superscripts are not significantly different at  $p < 0.05$  level.



**Figure 7.** Comparison of contrast ratio resulting from various roughness of sandpaper.



**Figure 8.** Comparison of Ra resulting from various roughness of sandpaper.



$$\text{Contrast ratio} = 0.468 + (0.0941 \times \text{Ra}) + (0.0492 \times \text{Ra})^2$$

$$(R^2 = 0.81, F = 34.2)$$

**Figure 9.** Correlation between contrast ratio and mean surface roughness (Ra).

Mylar strip으로 형성된 표면과 SF 디스크로 연마한 군간에는 시각적으로 인지하기 힘든 색차를 보였으며, 특히 Esthet-X군은 SF 디스크로 연마 시 Charisma에 비해 더 낮은 색차를 보였다 ( $p < 0.05$ ). 그리고 거친 디스크로 연마할수록 연마하지 않은 군과 더 큰 색차를 보였다.

Surface roughness tester로 측정한 각 재료의 평균 표면 조도 (Ra)값은 Table 4와 같다. 모든 군에서 연마하지 않은 군과 SF 디스크로 연마한 군간에는 Ra값이 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, CH-B1군과 EX-B3군은 SF 디스크로 연마한 군과 F 디스크로 연마한 군간에도 유의한 차이를 보이지 않았다.

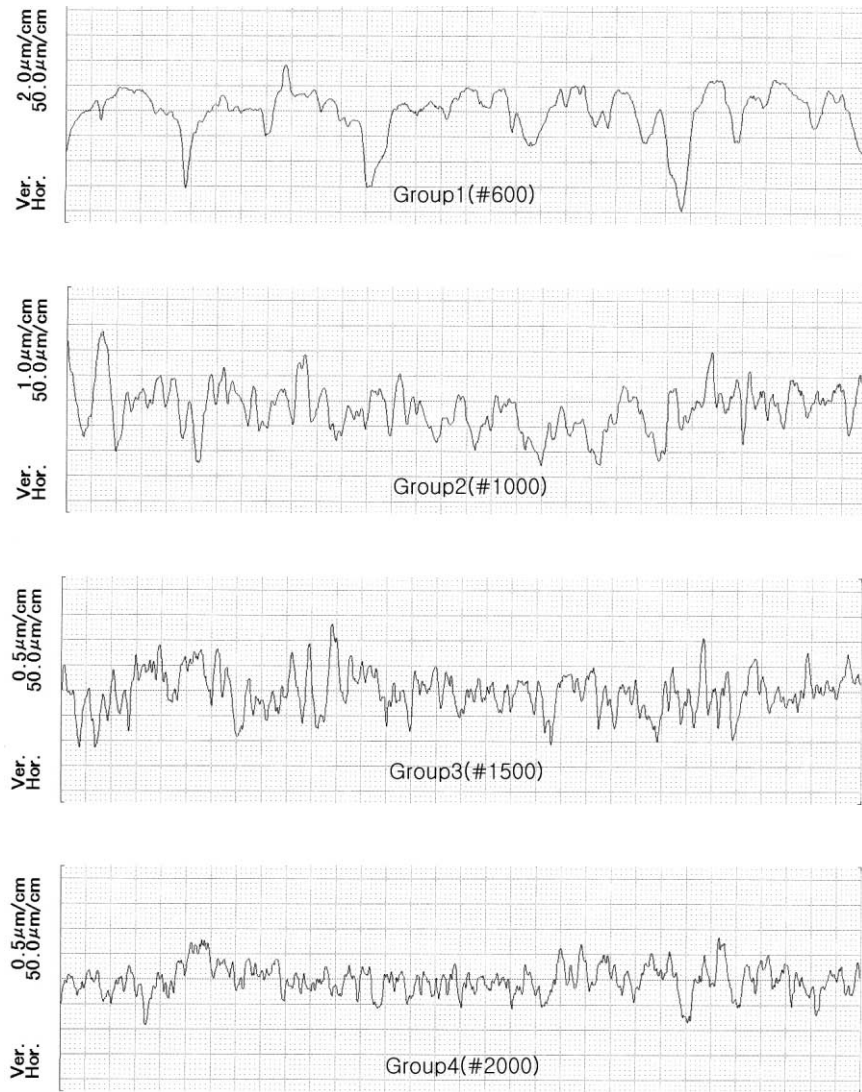
## 2) 표면 거칠기에 따른 투명도의 변화

1 mm 두께의 복합레진 시편의 백색 배경판과 흑색 배경판 상에서 측정한 Y값으로부터 환산된 contrast ratio의 값과 평균 표면 조도 (Ra)값은 다음과 같다 (Table 5).

Contrast ratio는 1000번 사포로 연마한 군과 1500번 사포로 연마한 군간의 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 평균 표면 조도 (Ra)값은 각 군간에 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.05$ ).

## 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. 하지만 이러한 관찰자의 문제뿐만 아니라 물체의 구조, 구성 성분, 물체의 표면 상태 및 광원 등 다양한 외부 조건에 따라 실제 관찰자가 감지하는 색은 다르게 나타날 수 있다. 몇몇 연구<sup>38,39)</sup>에서 보고되었듯이 기기로 측정된 색차와 인간의 눈으로 감지할 수 있는 색차 범위는 2 - 3 이상이다. 본 연구에서 Sof-lex 디스크를 사용해 표면 연마 시 표면 거칠기에 따라 가장 거친 디스크로 연마한 군과 Mylar strip으로 형성된 표면간에는 눈으로 인지 가능한 색차를 보이고 있다. Chung<sup>13)</sup>의 연구에서와 유사하게 본 연구에서도 표면 거칠기가 증가하면 L\*값이 증가되었으며 이는 평균 표면 조도값과도 비교적 높은 상관 관계를 보였다. 하지만 Chung<sup>13)</sup>의 연구에서는 1.2 mm 두께의 시편을 사용하였으며, 이는 황과 이의 연구<sup>41)</sup>에서 언급된 배경색의 영향을 받지 않을 수 있는 시편의 두께에 미치지 못하며, 이를 근거로 Chung의 연구는 표면 거칠기에 따라 표면의 색상이 변화



**Figure 10.** Profile tracing of Charisma A3 according to surface treatment by sandpaper.

된 것과 투명도의 변화에 따른 배경색의 영향이 복합적으로 작용하였으리라 생각된다. 본 연구결과 표면 거칠기의 정도는 투명도와 비교적 높은 상관 관계를 가진다. 따라서 실제 임상에서 발생하는 표면 거칠기의 변화에 따른 색상의 변화는 실제 표면 색상의 변화와 투명도 변화에 따른 배경색의 영향이 복합적으로 작용하여 나타난다고 추론 가능하다.

이전의 많은 연구<sup>18-21)</sup>에서는 Mylar strip을 사용하여 형성된 표면이 가장 낮은 표면 조도값을 보이며, 연마를 시행한 경우 aluminium oxide 디스크를 사용한 경우 가장 낮은 평균 표면 조도값을 보였다고 하였다<sup>5-21)</sup>. 본 연구에서도 연마를 시행하지 않은 군이 가장 낮은 Ra값을 보였으나 통계

적으로 Sof-lex SF 디스크로 연마한 군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 다른 연구에서는 Sof-lex와 같은 aluminium oxide 디스크를 단계적으로 사용하여 굵은 입자를 가진 디스크로 연마 시 발생한 자국이 완전히 제거되지 않아서 일거라 추정하며, 본 연구에서와 같이 SF 디스크를 Mylar strip으로 형성된 면에 바로 적용시 더 낮은 Ra값이 얻어졌으리라 생각된다.

본 연구는 두 가지 가설 하에서 시행되었다. 첫 번째는 shade guide 제작 시 표면의 높은 광택이나 낮은 Ra값을 가지고 제작된 shade guide는 실제 복합레진으로 수복된 표면에서 얻을 수 있는 표면 거칠기와 차이가 날 수 있으며,



표면 거칠기에 따른 표면 색상의 차이가 발생된다면 최상의 조건에서 시행된 shade matching이라 하더라도 오류가 발생할 수 있을 것이라는 가설이다. 두 번째는 구강 내에서 칫솔질 외 다른 많은 요인에 의해 수복물 표면이 마모되어 거칠어진 경우 레진 자체의 변색 등 다른 재수복 요인을 배제 하더라도 마모에 의한 색상 및 투명도 차이에 의해 재수복이 필요할 수도 있으리라라는 가설이다.

첫 번째 가설은 이전의 연구 결과들과 본 연구 결과를 통해 Sof-lex의 SF 디스크에 의해 얻어진 표면의 거칠기 정도라면 Mylar strip과 같은 정도의 표면 거칠기를 가진 주형에 의해 shade guide 제작 시 시각적으로 구분 가능한 색차는 발생되지 않으리라 사료된다.

하지만 두 번째 가설의 경우 칫솔질에 의한 마모는 Cho 등<sup>34)</sup>이 Ceromer와 Z-100에 대한 칫솔질에 의한 마모로 발생하는 표면 거칠기의 변화에 관한 연구에서도 언급하였듯이 칫솔질에 의해서 표면 거칠기는 증가하게 된다. 이 연구에서는 500 g의 하중 하에 20 mm의 이동거리와 150 rpm의 속도로 20,000회 마모를 시킨 결과 혼합형 광중합 복합레진인 Z-100과 ceromer인 Artglass, Targis 및 Sculpture 모두에서 평균 표면 조도 Ra 값이 증가하였으며, 마모 후 Ra 값은 0.19에서 1.44까지로 본 연구에서 Sof-lex F 디스크 이상의 거칠기로 연마한 군과 1500번 이상의 사포로 연마한 군의 Ra값을 보였다. 이는 Weitman과 Eames<sup>4)</sup>와 Bollen 등<sup>6)</sup>이 제시한 치태 침착 등의 문제점도 발생시키지만 표면의 색소 침착, 자체의 변색 등과 복합적으로 작용해 기존의 색상과는 다른 색상의 레진으로 시각적으로도 구분 가능하게 되리라 사료된다.

미세입자형 레진의 경우 레진 자체의 작은 filler의 크기와 많은 matrix 때문에 복합레진이 갖는 inherent polish와 polishing 후에 의해 얻어진 acquired polish 간의 차이가 적어 마모 후에도 위에서 언급한 것과 같은 문제점의 발생이 적거나 지연되었지만, filler의 입자가 큰 복합레진의 경우 inherent polish와 acquired polish간의 차이가 커 위에 언급한 문제점들을 발생시킬 가능성이 커진다<sup>37)</sup>.

본 연구의 결과를 종합해보면 Sof-lex와 같은 연마 기구를 이용해 복합레진 수복 시 얻을 수 있는 표면의 활택 정도는 Shade matching 시 발생할 수 있는 shade guide와 복합레진 수복물의 표면 거칠기 차이에 의한 색차의 오류를 극복할 수 있을 정도의 표면 활택을 얻을 수 있으리라 사료되나, 칫솔질 등과 같은 마모에 의한 표면 거칠기의 변화는 투명도와 색상의 변화를 유발해 시각적으로도 인지가능한 색상의 변화를 초래할 수 있으리라 사료되며, 이후 색상 변화와 투명도 변화간의 상관관계 등의 더 많은 연구를 통해 지속적인 심미성을 유지할 수 있는 방법에 대한 모색이 필요하리라 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 복합레진의 표면 연마에 의한 표면 거칠기 정도가 표면 색상과 투명도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보고자 시행하였다.

혼합형 복합레진인 Charisma (Heraeus Kulzer GmbH, Domagen, Germany)의 B1과 A3 색상과 미세입자형 복합레진인 Esthet-X (DENTSPLY Caulk, Milford, USA)의 B1과 B3 색상으로 거칠기에 따른 색상의 변화를 평가하기 위한 직경 8 mm, 두께 5 mm의 원통형 시편을 제작하고, 복합레진 연마 기구 Sof-Lex finishing & polishing system (3M, ESPE Dental Products, St. Paul, USA)의 서로 다른 거칠기를 갖는 C, M, F 및 SF 디스크로 시편의 한쪽 면을 연마하였으며, 연마를 시행하기 전 Mylar strip으로 압축된 면을 가진 시편을 대조군으로 하였다. 거칠기에 따른 투명도의 변화를 평가하기 위한 직경 6 mm, 두께 1 mm의 시편을 Charisma의 A3 shade로 제작하여, 한쪽 면을 600번, 1000번, 1500번 및 2000번 사포로 연마하였다.

각 시편의 연마 전과 연마 후, 연마면의 색상 변화를 평가하기 위한 CIE L\*a\*b\*값과 투명도 변화를 평가하기 위한 백색 배경판과 흑색 배경판 상에서의 Y값을 spectrophotometer인 Spectrolino를 사용해 측정하고 분석하였으며, 각 시편의 연마 전과 후의 평균 표면 조도 (Ra)값을 Surface Roughness Tester SJ-301을 이용해 측정하여 다음의 결과를 얻었다.

1. L\*값은 재료와 색상에 상관없이 가장 거친 Sof-lex C 디스크로 연마한 군에서 가장 높은 값을 보였으며 ( $p < 0.05$ ), Esthet-X B3군을 제외한 모든 군에서 Ra값과 높은 상관관계를 보이며 Ra값이 감소함에 따라 L\*값도 낮아졌다.
2. a\*값은 표면 거칠기에 따라 특정한 변화 양상을 보이지 않았으며, Ra값과도 상관관계를 보이지 않았다.
3. b\*값은 Esthet-X B1군을 제외한 모든 군에서 Sof-lex SF 디스크로 연마 시 가장 높은 값을 보였으며 ( $p < 0.05$ ), Charisma B1과 Esthet-X B3군에서 Ra값과 비교적 높은 상관관계를 보였다.
4. Contrast ratio는 1000번과 1500번 사포로 연마한 군 간을 제외한 모든 군 간에 유의한 차이를 보였으며 ( $p < 0.05$ ), Ra값과 비교적 높은 상관관계를 보이며 ( $R^2 = 0.801$ ) 표면 거칠기가 감소함에 따라 contrast ratio도 감소하였다.

이상의 결과는 복합 레진의 표면 거칠기는 복합레진의 표면 색상과 투명도에 영향을 미치며, 이는 수복 후 마모에 의해 표면 색상과 투명도의 변화를 초래할 수 있음을 시사한다.

## 참고문헌

- Lui JL, Low T. The surface finish of the new microfill restorative materials. *J Oral Rehab* 9:67-82, 1982.
- von Noort R, Davis LG. The surface finish of composite resin restorative materials. *Br Dent J* 10:360-364, 1984.
- Toledano M, De La Torre FJ, Osorio R. Evaluation of two polishing methods for resin composites. *Am J Dent* 7:328-330, 1994.
- Weitman RT, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *JADA* 91:101-106, 1975.
- Strassler HE. Polishing composite resins. *J Esthet Dent* 4:177-179, 1992.
- Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 13:258-269, 1997.
- Chan KC, Fuller JL, Hormati AA. The ability of foods to stain two composite resins. *J Prosthet Dent* 43:542-545, 1980.
- 문은재, 권혁춘. Microfill, Hybrid 복합레진 연마 후 표면조도와 광반사율에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 19:513-533, 1994.
- 이재용, 신동훈, 전구치, 겸용 혼합형 복합레진의 두 가지 연마법에 따른 표면 조도. *대한치과보존학회지* 28:369-377, 2003.
- Park SH, Noh BD, Ahn HJ, Kim HK. Celluloid strip-finished versus polished composite surface: difference in surface discoloration on microhybrid composite. *J Oral Rehab* 31:62-66, 2004.
- Wilson F, Heath JR, Watts DC. Finishing composite restorative materials. *J Oral Rehab* 17:79-87, 1990.
- Hondrum SO, Fernandez R Jr. Contouring, finishing, and polishing class 5 restorative materials. *Oper Dent* 22:30-36, 1997.
- Chung KH. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater* 10:325-330, 1994.
- Ozgunaltay G, Yazici AR, Gorucu J. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehab* 30:219-224, 2003.
- Roeder LB, Tate WH, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of packable composites. *Oper Dent* 25:534-543, 2000.
- Yap AUJ, Lye KW, Sau CW. Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Oper Dent* 22:260-265, 1997.
- Setcos JC, Tarim B, Suzuki S. Surface finish produced on resin composites by new polishing systems. *Quint Int* 30:169-173, 1999.
- Bouvier D, Duprez JP, Lissac M. Comparative evaluation of polishing systems on the surface of three aesthetic materials. *J Oral Rehab* 24:888-894, 1997.
- Yap AUJ, Sau CW, Lye KW. Effect of finishing/polishing time on the surface characteristics of tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehab* 25:456-461, 1998.
- Filho HN, D'Azevedo MTFS, Nagem HD, Marsola FP. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. *Braz Dent J* 14:37-41, 2003.
- Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effect of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable resins. *Dent Mater* 19:12-18, 2003.
- Hachiya Y, Iwaku M, Hosoda H, Fusayama T. Relation of finish to discoloration of composite resins. *J Prosthet Dent* 53:811-814, 1984.
- Okazaki M, Douglas WH. Comparison of surface layer properties of composite resins by ESCA, SEM, and X-ray diffractometry. *Biomaterials* 5:284-290, 1984.
- Carlen A, Nikdel K, Wennerberg A, Holmberg K, Olsson J. Surface characteristics and in vitro biofilm formation on glass ionomer and composite resin. *Biomaterials* 22:481-487, 2001.
- Dodge WW, Dale RA, Cooley RL, Duke ES. Comparison of wet and dry finishing of resin composites with aluminum oxide discs. *Dent Mater* 7:18-20, 1991.
- Fruits TJ, Miranda FJ, Coury TL. Effect of equivalent abrasive grit sizes utilizing differing polishing motions on selected restorative materials. *Quint Int* 27:279-285, 1996.
- Powers JM, Tate WH. Surface roughness of composites and hybrid ionomers. *Oper Dent* 12:53-58, 1996.
- St Germain HA, Meiers JC Jr. Surface roughness of light-activated glass-ionomer cement restorative materials after finishing. *Oper Dent* 21:103-109, 1996.
- Pedrin D, Candido MSM, Rodrigues AL Jr. Analysis of surface roughness of glass-ionomer cements and compomer. *J Oral Rehab* 30:714-719, 2003.
- Wilder AD Jr, Swift EJ Jr, May KN Jr, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent* 28:367-373, 2000.
- Yap AUJ, Wong ML, Lim ACY. The effect of polishing systems on microleakage of tooth-coloured restoratives. Part 2: composite and polyacid-modified composite resins. *J Oral Rehab* 27:205-210, 2000.
- Bertrand MF, Leforestier E, Muller M, Pegurier LL, Bolla M. Effect of surface penetrating sealant on surface texture and microhardness of composite resins. *J Biomed Mater Res* 53:658-663, 2000.
- Ferracane JL, Condon JR, Nitchem JC. Evaluation of subsurface defects created during the finishing of composites. *J Dent Res* 71:1628-1632, 1992.
- Cho LR, Yi YJ, Heo SJ. Effect of tooth brushing and thermal cycling on a surface change of ceromers finished with different methods. *J Oral Rehab* 29:816-822, 2002.
- O'Brien WJ, Johnston WM, Fanian F, Lambert S. The surface roughness and gloss of composites. *J Dent Res* 63:685-688, 1984.
- Campbell PM, Johnston WM, O'Brien WJ. Light scattering and gloss of an experimental quartz-filled composite. *J Dent Res* 65:892-894, 1986.
- HF Albers. Tooth-colored restoratives. 8th ed., Alto books, Santa Rosa, CA, p10:1-10:22, 1996.
- Grajower R, Revah A, Sorin S. Reflectance spectra of natural and acrylic resin teeth. *J Prosthet Dent* 36:570-579, 1976.
- 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.
- Report of Councils and Bureaus. New American Dental Association Specification No. 27 for direct filling resins. *JADA* 94:1191-1194, 1977.
- 황인남, 이광원. 광중합복합레진의 두께에 따른 투명도 차이가 수복물의 색상에 미치는 영향. *대한치과보존학회지* 24:604-613, 1999.

## 국문초록

### 복합레진의 표면거칠기에 따른 투명도와 표면 색상의 차이에 관한 연구

조규정 · 박수정 · 조현구 · 김동준 · 황윤찬 · 오원만 · 황인남\*

전남대학교 치과대학 보존학교실, 치의학연구소

본 연구는 복합레진의 표면 연마에 의한 표면 거칠기가 표면 색상과 투명도에 어떤 영향을 미치는가를 알아보고자 시행하였다.

Charisma (Heraeus Kulzer GmbH, Domagen, Germany)의 B1과 A3, Esthet-X (DENTSPLY Caulk, Milford, USA)의 B1과 B3 레진으로 거칠기에 따른 표면 색상을 평가하기 위한 직경 8 mm, 두께 5 mm의 시편을 제작하고, Sof-Lex finishing & polishing system (3M, ESPE Dental Products, St. Paul, USA)의 C, M, F, 및 SF 디스크로 시편의 한쪽 면을 연마하였으며, 연마 전 Mylar strip으로 압축된 면을 대조군으로 하였다. 거칠기에 따른 투명도의 차이를 평가하기 위한 두께 1 mm의 시편을 Charisma의 A3로 제작하여, 한쪽 면을 600, 1000, 1500 및 2000번 사포로 연마하였다.

각 시편의 연마 전과 후, 연마면의 CIE L\*a\*b\*값과 1 mm 시편의 백색 과 흑색 배경판 상에서의 Y값을 spectrophotometer인 Spectrolino (GretagMacbeth, Regensburg, Switzerland)를 사용해 측정 분석하였으며, 각 시편의 연마 전과 후의 평균 표면 조도 (Ra)값을 Surface Roughness Tester SJ-301 (Mitutoyo, Tokyo, Japan)로 측정했다.

L\*값은 재료와 색상에 상관없이 가장 거친 Sof-lex C 디스크로 연마한 군에서 가장 높은 값을 보였으며 ( $p < 0.05$ ), Esthet-X B3군을 제외한 모든 군에서 Ra값이 감소함에 따라 L\*값도 낮아졌다. a\*값은 표면 거칠기에 따라 특정한 변화 양상을 보이지 않았으며, b\*값은 Esthet-X B1군을 제외한 모든 군에서 Sof-lex SF 디스크로 연마 시 가장 높은 값을 보였으며 ( $p < 0.05$ ), Charisma B1과 Esthet-X B3군에서 Ra값과 비교적 높은 상관 관계를 보였다.

Contrast ratio는 1000번과 1500번 사포로 연마한 군간을 제외한 모든 군 간에 유의한 차이를 보였으며 ( $p < 0.05$ ), 표면 거칠기가 감소함에 따라 contrast ratio도 감소하였다 ( $R^2 = 0.801$ ).

**주요어:** 복합레진, 표면 거칠기, 표면 색상, 투명도, 표면 거칠기와 표면 색상, 표면 거칠기와 투명도