

불소바니쉬 적용 후 심미수복재료의 색안정성 평가

장철훈[#], 장동길[#], 이빈나, 장훈상, 황윤찬, 오원만, 황인남^{*}

전남대학교 치의학전문대학원 보존학교실

[#]공동 1저자

Color stability of esthetic restorative materials after application of fluoride varnishes

Chul-Hoon Jang[#], Dong-Gil Jang[#], Bin-Na Lee, Hoon-Sang Chang,
Yun-Chan Hwang, Won-Mann Oh, In-Nam Hwang^{*}

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

^{*}Contributed equally to this work as first authors.

The objective of present study was to compare the color stability of esthetic materials after application of fluoride varnishes. Esthetic restorative materials including composite resin (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, MN, USA), resin modified glass-ionomer (RMGI, Fuji II LC, GC Co., Tokyo, Japan), and giomer (Beautiful Flow Plus F00, Shofu Inc., Kyoto, Japan) were used in this study. Cavity shield (3M ESPE, MN, USA) and V-varnish premium (Vericom, Seoul, Korea) were used as the fluoride varnishes. 30 samples of each restorative materials were prepared, which were divided into 10 each, among three groups. Group I were stored in distilled water, which were used as the control, Group II were applied with Cavity shield and Group III were applied with V-varnish premium. All specimens were stored in the distilled water at 60 °C for 30 days for the accelerated test. Samples were then subjected to colorimetric analysis. Data collected was statistically analyzed using one way ANOVA and Tukey's post-hoc test ($p=0.05$). The color change before and after application of varnish was observed in all experimental groups. Especially RMGI showed highest ΔE^* value ($p<0.05$). The color change according to the accelerated test showed no significant difference in the varnish application group and the control group. Giomer and RMGI applied with Cavity shield showed more color change than V-varnish applied group, despite no significant differences. Present study concludes that color stability of esthetic restoration materials can be affected by application of fluoride varnish. Especially, RMGI showed a large color change compared to the composite resin and giomer, which suggested that careful attention should be paid to clinical application.

Keywords: Fluoride varnish, Composite resin, Giomer, Resin modified glass ionomer cement, Color stability

Chul-Hoon Jang (ORCID: 0000-0002-4978-1819)
Dong-Gil Jang (ORCID: 0000-0001-7818-2164)
Bin-Na Lee (ORCID: 0000-0001-8017-1835)
Hoon-Sang Chang (ORCID: 0000-0002-3019-1528)
Yun-Chan Hwang (ORCID: 0000-0002-7891-9565)
Won-Mann Oh (ORCID: 0000-0001-6480-6191)

*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@jnu.ac.kr

Received: Jul. 23, 2021; Revised: Aug. 30, 2021; Accepted: Aug. 30, 2021

서론

최근 심미성에 관한 관심이 높아지고 있으며 이에 따라 치아 우식증 및 치경부 마모 등으로 수복 치료를 진행하는데 있어 심미수복재료를 사용하는 빈도가 점차 증가하고 있다. 현재 사용되고 있는 심미수복재료에는 복합레진(composite resin), 레진강화형 글라스 아이오노머 시멘트(resin modified glass ionomer cement, RMGI), 글라스 아이오노머 시멘트(glass ionomer cement, GI), 자이오머 시멘트(giommer cement) 등이 있다.

Burrow와 Makinson(1)은 복합레진의 색조변화에 관한 연구에서 모든 복합레진은 태양광이나 음식물 색소 등에 의해 색조변화가 발생될 수 있다고 보고하였으며, Barkmeier와 Cooley(2)는 복합레진의 표면조도가 클수록 색소의 침착이 많아 색조가 심하게 변화하였다고 보고하였다.

심미수복재료의 변색에는 내인성 변색과 외인성 변색이 있는데, 내인성 변색은 레진 기질 자체의 변성, 레진 기질과 무기 충전재 경계면의 변성, 광중합 개시제의 영향 등이 있고 외인성 변색에는 외부착색인자의 흡착 또는 흡수 등이 관련 있다(3). 또한 Satou 등(4)은 재료의 친수성과 소수성의 관계도 수분의 흡수와 변색에 관여한다고 하였다.

우식 고위험군 환자에서는 수복 치료 전후로 치아 우식증을 예방하기 위해 수복 치료 전후로 다양한 불소가 사용된다. 불소는 치아 법랑질 표면의 수산화인회석(hydroxyapatite)과 결합하여, 용해성이 낮은 불화인회석(fluoroapatite)을 생성하여 법랑질의 재광화를 도모하며 치태형성을 방해함과 동시에 미생물의 성장과 대사를 억제하여 항우식작용에 기여한다(5).

이러한 목적으로 치아에 적용되는 대표적인 불소 도포제로 산성불화인회석 겔(acidulated phosphate fluoride gel: APF gel)과 불소바니쉬(fluoride varnish)가 있는데 이중 APF gel은 도포 도중 섭취할 시 전신적 독성의 가능성이 있으며 복합레진이나 GIC의 유기 성분을 용해시켜 표면 거칠기를 증가시키고 심미성에 영향을 준다는 보고가 있다(6). 반면, 불소바니쉬는 다른 고농도 불소 제재 대비 불소 섭취량이 적고, 적용이 쉽고 빠르며, 송진 성분이 혼합되어 있어 치아 표면에 대한 부착력이 우수하여 장기간 불소를

유리할 수 있다. 그러나 바니쉬의 색상과 성분은 심미수복재료의 특성에 영향을 미칠 수 있는데, Salama 등(7)은 불소바니쉬의 적용이 GIC와 유동성 복합레진의 표면 조도를 유의하게 증가시킨다고 하였다.

복합레진의 색안정성과 관련한 연구에서 Asmussen(8)은 37 °C 물속에 일년간 보관한 경우와 60 °C 물에서 30일간 보관하여 가속시험(accelerated test)을 시행한 결과 양자간의 색상 변화의 정도가 서로 높은 상관 관계가 있음을 보고하였다. 이 보고를 바탕으로 Peutzfeldt와 Asmussen(9)은 인레이/온레이 기법에 사용되는 3가지 복합레진의 색안정성을 자외선 조사 시와 60 °C의 물에 30일간 보관한 경우로 나누어 가속 시험을 시행하였다.

본 연구에서는 임상에서 사용되고 있는 3종의 심미수복재료에 유색과 무색의 2가지 불소 바니쉬를 적용하고 불소바니쉬 재료 색상이 심미수복재료의 색상에 영향을 미치는지 확인하고, 불소바니쉬 도포 후 60 °C 물에서 30일간 보관하는 가속시험(accelerated test)을 통해 도포 1년 후의 내인성 변색 정도를 분광색채계측기로 측정, 분석하여 불소바니쉬가 심미수복재료의 색안정성에 어떠한 영향을 미치는지 평가해 보았다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에는 심미수복재료로서 치과용 복합레진인 Filtek Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, MN, USA), 자이오머인 Beautifil Flow Plus F00 (Shofu Inc., Kyoto, Japan) 그리고 레진강화형 글라스 아이오노머인 Fuji II LC (GC Co., Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 재료의 구성 성분 및 제조사는 다음과 같다(Table 1).

본 실험에 사용된 2종의 불소바니쉬는 황색인 Cavity shield (3M ESPE, MN, USA)와 무색인 V-varnish premium (Vericom, Seoul, Korea)이며, 성분 및 제조사는 다음과 같다(Table 2).

Table 1. The brand names and main components of the esthetic materials

Brand Name (Shade)	Composition	Manufacturer
Filtek Z350 XT (A2)	Bis-GMA Urethane dimethacrylate TEGDMA Bisphenol A ethoxylated dimethacrylate (Bis-EMA) Silica filler Zirconia filler Zirconia/silica cluster filler	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Beautifil Flow Plu (A2)	Bis-GMA TEGDMA S-PRG filler based on fluoroboro-aluminosilicate glass Polymerization initiator Pigments and others	Shofu Inc., Kyoto, Japan
Fuji II LC (A2)	Alumino silicate glass Distilled water Polyacrylic acid 2-Hydroxyethylmethacrylate Urethane dimethacrylate Camphorquinone	GC Co., Tokyo, Japan

Bis-GMA: Bisphenol A Glycidyl methacrylate, Bis-EMA: Bisphenol A ethoxylated dimethacrylate, TEGDMA: Triethyleneglycol dimethacrylate

Table 2. The brand names and main components of the fluoride varnishes

Brand Name	Composition	Manufacturer	Color
Cavity shield	5% NaF, TCP, rosin, xylitol	3M ESPE, MN, USA	Yellow
V-varnish premium	5% NaF, TCP, rosin, xylitol	Vericom, Seoul, Korea	Clear

2. 시편제작 및 가속시험

투명한 아크릴 판에 직경 6 mm, 두께 5 mm의 구멍을 형성하여 아크릴 주형을 제작하였다. 유리판 위에 투명한 Mylar strip과 아크릴 주형을 위치시킨 후 레진 충전용 기구를 이용하여 심미수복재료를 2 mm 가량 충전하고 LED 광중합기(Elipar deep cures, 3M ESPE, USA)를 사용해 20초 동안 광중합 하였다. 이후, 나머지 부위에 다시 수복재료를 충전한 후 Mylar strip과 유리판으로 덮은 후 LED 광중합기를 사용해 양면을 각 40초 동안 광중합 하여 복합레진과 giomer 표본을 각 30개씩 제작하였다. RMGI는 제조사의 지시에

따라 액과 분말을 30초간 혼합하여 몰드에 충전하고 위와 동일한 방법으로 30개의 시편을 제작하였다. 제작된 시편들은 몰드에서 제거 후 4 mm 두께가 되도록 주수 하에서 600, 1000, 1500 grit silicon carbide abrasive paper (Tamiya, Shizuoka, Japan) 순으로 연마하고 다음의 조건에 따라 10개씩 3군으로 분류하였다.

- 제1군 : 25 ℃의 증류수에 침적하여 48시간 동안 보관하였다.
- 제2군 : Cavity shield를 제조사의 지시에 따라 시편의 윗면과 아랫면에 도포하고 5분간 공기 중에 건조 시킨 후

증류수에 보관하였다. 4시간 뒤 전동칫솔을 이용하여 수주하에 시편의 양면을 10초간 양치질을 시행하였다. 이후 25 °C의 증류수에 침적하여 48시간 동안 보관하였다.

제3군 : V-varnish를 제조사의 지시에 따라 시편 시편의 윗면과 아랫면에 도포 하고 5분간 공기 중에 건조시킨 후 증류수에 보관하였다. 4시간 뒤 전동칫솔을 이용하여 수주하에 시편 양면에 10초간 양치질을 시행하였다. 이후 25 °C의 증류수에 침적하여 48시간 동안 보관하였다

가속시험을 위해 Asmussen(8)의 연구에 근거하여 광선이 차단된 항온수조에서 시편을 60 °C 증류수에 30일간 보관하였으며 증류수는 5일마다 교환하였다.

3. 색측정

대조군인 제 1군은 가속시험 전과 가속시험 도중 15일과 30일까지 3회에 걸쳐 색측정을 시행하였고 실험군인 제2군과 제3군은 바니쉬 도포 전과 바니쉬 도포 후, 가속시험 도중 15일과 30일까지 모두 4회에 걸쳐 색측정을 시행하였다. 이번 연구에서 색측정을 위해 사용된 분광색채계측기(NF999, Nippon Denshoku Industries Co. LTD., Tokyo, Japan)는 표준광원 D65를 사용하며 측정구의 직경은 3.0 mm이며 측정 범위의 직경은 2.0 mm로서 좁은 영역과 굴곡면의 측정이 가능하도록 제작된 기기이다(10). 색측정을 위해 시편의 배면(background)에 백색 표준판(white standard)을 접촉시킨 상태에서 분광색채계측기를 이용하여 시편의 중앙에서 CIE L^* , a^* , b^* 값을 측정하였다. 분광색채계측기는 가시광선에서 반사되는 수치를 변형시켜 색공간 좌표값인 CIE L^* , a^* , b^* 값을 측정하는데 여기서 L^* 값은 명도, a^* 값은 적색과 녹색의 정도, b^* 값은 황색과 청색의 정도를 의미한다. ΔE^* 값은 전체적인 색변화량을 의미하는데 색차 계산식인 $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 로 환산한다. 바니쉬 도포 전의 색측정 값을 바니쉬 도포 후와 가속시험 도중 15일과 30일 후의 값과 비교하여 ΔE^* 값을 구하였으며, 가속시험 전의 색측정 값을 가속시험 도중 15일과 30일 후의 값과 비교하여 ΔE^* 값을 구하였다.

또한, 육안으로 인식 가능한 변색 정도를 인식도

(perceptibility), 임상적으로 허용 가능한 변색 정도를 수용도(acceptability)라 하는데, Ruyter 등(11)이 제시한 임상 허용 상한선 $\Delta E^* = 3.3$ 을 기준으로 본 연구에 사용한 각 재료의 전체 색 변화량 ΔE^* 값이 3.3 이상의 값을 보이는지를 확인하였다.

4. 통계분석

각 수복재료간의 ΔE^* 값은 SPSS 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 one way ANOVA로 비교 분석하고 95% 유의수준에서 Tukey test로 사후 검정하였다.

결 과

분광색채계측기를 이용하여 수복재료의 불소 바니쉬 도포 전과 도포 후, 그리고 가속시험 15일과 30일 후의 L^* , a^* , b^* 값을 측정하였다(Table 3). L^* 값은 giomer에서 가속시험 이후 증가하였고 RMGI에서 바니쉬 도포 및 가속 시험 이후 감소하였다(Figure 1). a^* 값은 giomer에서 가속시험 이후 증가하였고, RMGI에서는 바니쉬 도포 및 가속 시험 이후 감소하였다(Figure 2). b^* 값은 Cavity shield를 적용한 수복재료에서 바니쉬 도포 후 증가하였다가 가속시험 이후 감소하였으며, V-varnish를 적용한 수복 재료에서는 바니쉬 도포 및 가속 시험 이후 감소하였다(Figure 3).

전체적인 색변화량인 ΔE^* 값은 측정된 L^* , a^* , b^* 값을 색차계산식을 이용해 환산하여 결과값을 얻었다. 수복재료에서 바니쉬 도포전의 색측정 값을 바니쉬 적용 및 가속시험 15일 그리고 30일 후의 값과 비교한 ΔE^* 값은 바니쉬 적용 전후의 색 변화 값이 가장 크게 나타났으며 가속시험에 따라 지속적으로 증가하였다(Table 4). 복합레진의 경우 대조군과 실험군에서 ΔE^* 값의 유의한 차이는 관찰되지 않았으며 모두 허용 상한선 이하의 값을 보였다. Giomer의 경우 대조군과 실험군간 ΔE^* 값의 유의한 차이는 없었으나 실험군에서는 가속 시험 30일 이후 허용상한선 이상의 ΔE^* 값을 보였다. RMGI의 경우 실험군에서 대조군과 비교하여 ΔE^* 값의 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 대조군과 실험군 모두 가속 시험 30일 이후 허용 상한선 이상의 ΔE^* 값을

Table 3. The average (SD) CIE L^* , a^* , b^* value of the esthetic material before, after application of fluoride varnish, after 15 and 30 days of acceleration test

	Before application			After application		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
ZC	66,32±0,99	-0,3±0,34	4,65±0,51	66,19±0,99	-0,4±0,37	5,36±0,74
ZV	66,47±1,04	-0,49±0,30	4,69±0,51	66,52±0,93	-0,15±0,40	3,94±0,51
BC	64,49±1,16	0,52±0,66	3,76±0,78	64,29±1,69	0,50±0,76	4,09±1,43
BV	64,50±1,33	0,91±0,46	2,88±1,14	64,91±1,62	1,11±0,90	2,85±1,15
FC	70,23±4,08	2,07±0,59	5,21±1,26	65,13±1,81	1,56±0,72	6,00±1,76
FV	67,88±2,57	2,03±0,40	5,37±1,08	63,50±1,79	1,80±0,41	5,46±1,16
	15 days			30 days		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
ZC	66,41±0,81	-0,52±0,63	5,36±0,80	66,74±1,64	-0,53±0,75	4,15±1,07
ZV	67,30±1,41	-0,25±0,41	4,22±0,38	66,58±1,52	-0,10±0,27	3,03±0,58
BC	64,18±1,18	1,09±0,71	4,20±1,19	65,20±1,08	2,01±0,34	0,40±0,71
BV	64,96±2,03	0,94±0,89	2,61±0,61	65,87±1,68	1,25±0,25	0,03±0,52
FC	63,96±2,29	1,47±0,32	3,52±1,58	64,01±3,71	1,39±0,55	2,04±0,68
FV	63,91±3,12	1,44±0,79	1,67±0,99	63,20±2,26	1,76±0,56	1,54±0,71

ZC : Z350 + Cavity shield, ZV : Z350 + V-varnish premium,
 BC : Beautifil + Cavity shield, BV : Beautifil + V-varnish premium
 FC : Fuji II + Cavity shield, FV : Fuji II + V-varnish premium

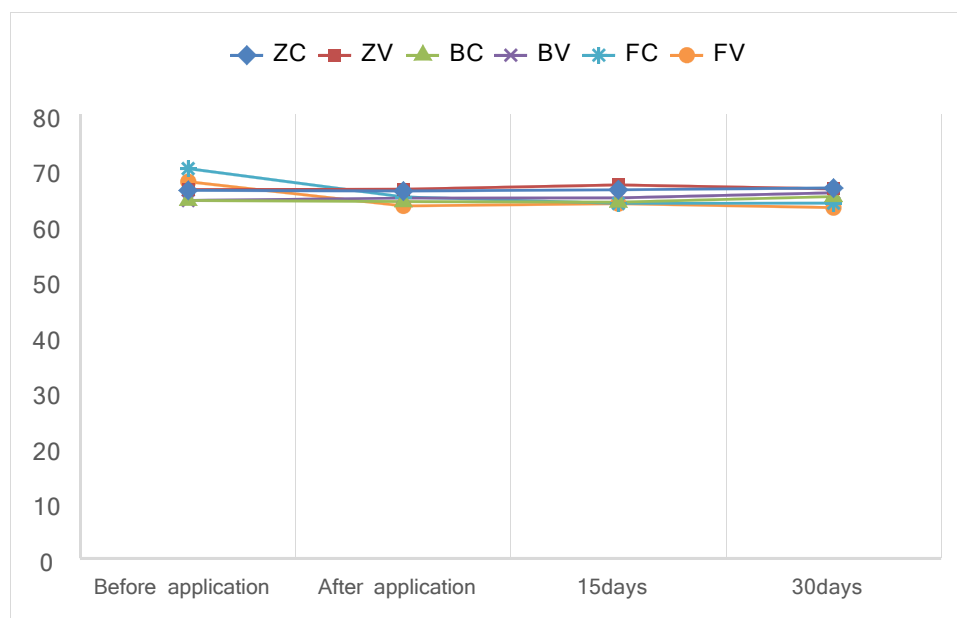


Figure 1. Change of the L^* value of the esthetic material before, after application of fluoride varnish, after 15 and 30 days of acceleration test

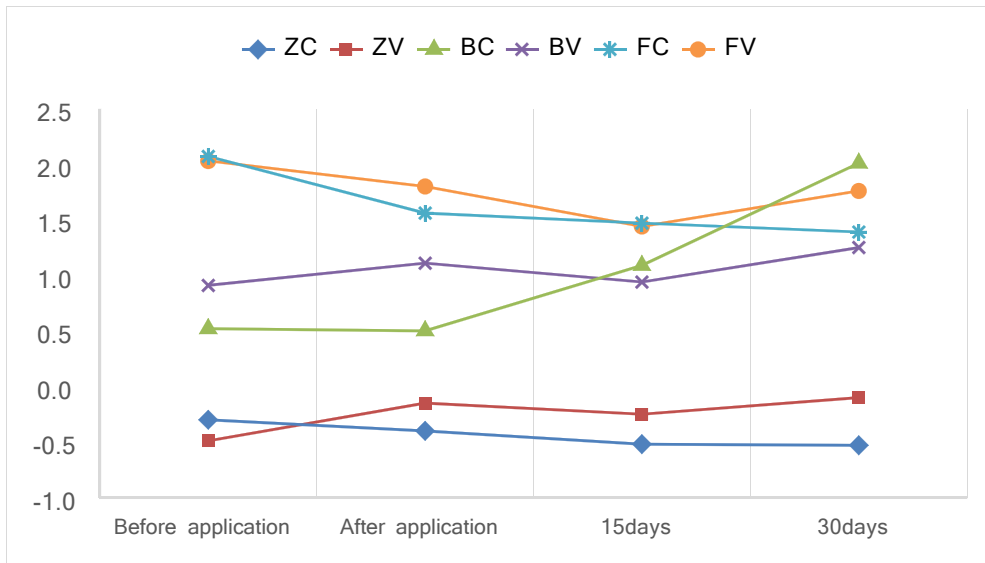


Figure 2. Change of the a^* value of the esthetic material before, after application of fluoride varnish, after 15 and 30 days of acceleration test

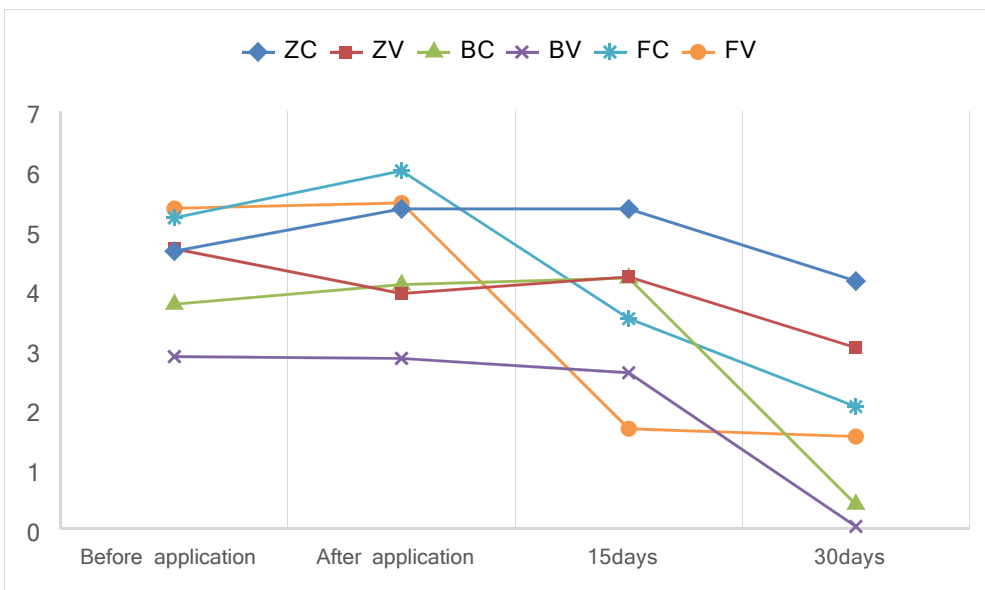


Figure 3. Change of the b^* value of the esthetic material before, after application of fluoride varnish, after 15 and 30 days of acceleration test

보였다. Giomer와 RMGI는 Cavity shield를 적용한 군에서 V-varnish를 적용한 군에 비해 더 많은 ΔE^* 값의 변화를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

3가지 수복재료에서 가속시험 전의 색측정 값을 가속시험 후의 값과 비교한 ΔE^* 값 역시 지속적으로 증가하였다(Table

5). 복합레진의 경우 대조군과 실험군에서 ΔE^* 값의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. RMGI의 경우 대조군과 실험군에서 ΔE^* 값의 유의한 차이는 관찰되지 않았으나, 가속시험 30일 이후 대조군과 Cavity shield 적용군에서 허용 상한선 이상의 ΔE^* 값을 보였다. Giomer의 경우 대조군과 실험군간

Table 4. Total color difference (ΔE^*) of esthetic materials after application of fluoride varnish and acceleration test compared to before application of varnish

	Before/after application	15 days	30 days
Z350	0	1,13±0,63	1,70±0,47
ZC	1,66±0,73	1,70±1,10	2,16±0,96
ZV	1,54±0,73	1,56±1,23	2,17±1,04
Beautifil	0	1,40±1,13	3,02±1,16
BC	2,73±1,11	2,87±0,89	4,15±0,94
BV	2,29±1,37	2,30±1,73	3,33±1,23
Fuji II	0	2,53±2,28 ^a	3,37±1,82 ^a
FC	5,45±2,83	6,80±2,61 ^b	7,33±3,01 ^b
FV	5,11±2,44	6,16±2,28 ^b	6,42±1,96 ^b

*Different letters in the column mean statistically significant differences among same restorative materials and application times ($p < 0,05$).

Table 5. Total color difference (ΔE^*) of esthetic materials by acceleration test compared to after application of varnish

	15 days	30 days
Z350	1,13±0,63	1,70±0,47
ZC	1,32±0,65	2,09±1,43
ZV	1,38±1,10	1,99±1,10
Beautifil	1,40±1,13	3,02±1,16
BC	1,43±0,45	4,43±1,34
BV	1,51±1,01	3,76±1,26
Fuji II	2,53±2,28	3,37±1,82
FC	2,25±0,90	3,81±1,46
FV	2,53±1,19	2,98±1,11

Table 6. Total color difference (ΔE^*) of esthetic materials after 30 days of acceleration test compared to initial value

	Control	Cavity shield	V-varnish
Z350	1,7±0,47 ^a	2,16±0,96 ^a	2,17±1,10 ^a
Beautifil	3,02±1,16 ^{ab}	4,15±0,94 ^a	3,33±1,26 ^a
Fuji II	3,37±1,82 ^b	7,33±3,01 ^b	6,42±1,11 ^b

*Different letters in the column mean statistically significant differences.

$4E^*$ 값의 유의한 차이는 없었으나, 실험군에서는 가속 시험 30일 이후 허용 상한선 이상의 $4E^*$ 값을 보였다. Giomer와 RMGI는 Cavity shield를 적용한 군에서 V-varnish를 적용한 군에 비해 더 많은 $4E^*$ 값의 변화를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

초기 값에서 가속시험 30일 이후 수복재료간 $4E^*$ 값의 변화량을 비교해보면 대조군에서는 복합레진과 RMGI 사이에서 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$), 바니쉬 적용군에서는 RMGI와 다른 수복재료간 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$, Table 6). 대조군에서는 RMGI에서, 바니쉬 적용군에서는 giomer와 RMGI에서 허용상한선 이상의 $4E^*$ 값을 보였다.

고 찰

수복물의 변색은 수복물을 교체하게 되는 주요한 요인 중 하나이며, 변색으로 인해 수복물을 교체할 때에는 환자와 치과의사 모두 시간과 비용이 들게 된다(12). 따라서 성공적인 심미수복을 위해서는 재료의 우수한 색 안정성이 필수적인데 장기간 사용시 다양한 원인에 의해서 변색이 발생하는 경우도 있다.

RMGI는 GIC와 유사한 양의 불소를 방출하는 잠재력을 가진 것으로 알려져 있으며(13), 불소의 재충전이 가능하여 수복물 주위 불소함량의 증가 및 우식예방 효과를 보인다(14). Douglas와 Craig는(15) 친수성 물질이 소수성 물질보다 변색이 잘된다고 하였는데 RMGI는 친수성 성분인 HEMA 등을 포함하며 복합레진과 giomer에 비해 표면 열화가 일어나기 쉽고 다공성의 구조를 띠고 있어 색상 변화에 취약하다고 하였다(16). 본 연구에서도 RMGI는 불소바니쉬를 적용한 군에서 바니쉬 적용 및 가속시험 이후 유의한 색변화량을 보였으며, giomer와 복합레진에 비해 유의하게 많은 색상 변화를 나타내었다.

Itota 등(17)은 giomer, compomer, RMGI의 불소 방출 및 재충전에 관한 연구에서 giomer가 다른 수복재에 비해 유의하게 더 많은 불소유리를 나타내었다고 보고하였다. Giomer는 최근 개발된 하이브리드 레진계 수복재로 fluoro-aluminosilicate glass filler와 폴리아크릴산 사이의 산-염기 반응을 통해 만들어진 수화 실리카겔을 동결 건조처리하고

가공하여 실란처리 후 pre-reacted glass ionomer (PRG) 필러를 만들어 이를 레진 기질 내에 포함시켜(18), 복합레진의 강도와 심미성을 갖추도록 고안되었다. 이렇게 만들어진 giomer는 지속적인 불소 유리와 재충전이 가능하고 심미적이며 물리적 성질이 우수하여 모든 종류의 와동 수복 시 사용할 수 있다고 알려져 있다(17).

복합레진의 경우 소수성 성분인 Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA 등을 포함하고 있어 수분 흡수율이 낮기 때문에(19) 다른 재료보다 우수한 색 안정성을 보이는 것으로 생각된다.

재료의 변색을 관찰하는 방법에는 육안으로 표준 색상표와 비교하는 방법과 분광광도계(spectrophotometer)나 색채계측기(colorimeter)를 이용하여 색상을 객관적인 수치로 측정하는 방법이 있다. 전자의 방법은 검사자의 주관성을 배제할 수 없다는 단점이 있으나 후자의 방법은 재현성, 민감도 및 객관성이 우수하다는 장점이 있다. 분광색채계측기를 이용하여 색상을 측정하는 방법은 여러 가지가 있는데 이중 1978년 국제조명위원회에서 제시한 방법이 현재까지도 널리 사용되고 있다. CIE L^*, a^*, b^* 표색계에서 L^* 값은 인간의 시각에서 인지하는 것과 동일한 밝기(lightness/명도)를 나타내며 0-100까지의 단계로 이루어져 있고 0은 검정을 나타낸다. a^* 값은 색도 다이어그램으로 $+a^*$ 는 적색, 0은 회색 그리고 $-a^*$ 는 녹색 방향을 나타낸다. b^* 값은 색도 다이어그램으로 $+b^*$ 는 황색, 0은 회색 그리고 $-b^*$ 청색 방향을 나타낸다. $4E^*$ 값은 상대적인 색변화를 수치로 표현해주어 각각 개별적인 값보다 더 의미 있는 수치라고 볼 수 있다(20). Bagheri 등(21)은 수복재료의 색변화를 야기하는 주요 요인은 L^* 값에 있다고 하였으며 이번 실험에서도 색변화는 주로 L^* 값의 감소로 인해 나타났다.

실험에 사용된 2가지 불소 바니쉬는 동일한 성분을 가지나, Cavity shield를 적용한 수복재료에서 불소바니쉬 적용 후 b^* 값의 증가를 확인할 수 있었으며 이는 무색의 V-varnish에 비해 황색을 띠는 Cavity shield의 색상으로 인한 영향으로 생각된다(Table 3). 하지만 바니쉬 적용 및 가속시험에 따른 $4E^*$ 값은 Cavity shield를 적용한 giomer와 RMGI에서 V-varnish를 적용한 군에 비해 더 많은 변화를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 4, 5).

본 연구에서는 불소바니쉬의 적용이 수복재의 장기간의 색안정성에 미치는 영향을 평가하기 위해 60 °C 증류수에서

30일간 보관하였는데 이전의 연구에서도 37 ℃에서 12개월 간 보관한 경우와 유사한 결과를 보인다고 하였다(8). 본 연구에서 유사한 레진 기질의 복합레진과 giomer는 가속 실험 후 대조군과도 색변화량에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만 친수성 경향이 큰 레진 기질을 사용하는 RMGI는 더 큰 증가를 보여 불소바니쉬 적용 직후에는 불소바니쉬에 의해 색변화가 초래되지만 이후의 색변화는 레진 기질의 색변화에 의한 것으로 사료된다. 그러나 본 연구는 여러 가지 외부 요인들을 배제한 상태에서 단순히 고온의 증류수에 보관 시 발생하는 내인성 변색(22)을 관찰한 실험이므로 실제 임상에서는 더 많은 변색이 초래될 것으로 예상되며, 임상에서 불소바니쉬 적용 시 심미수복재료의 변색 가능성에 대한 사전 고지가 필요하리라 사료된다.

결론

본 연구에서는 불소바니쉬 적용 후 심미수복재료의 색안정성을 평가해 보았다.

실험 결과 모든 실험군에서 바니쉬 적용 후 색 변화가 관찰되었으며 그 중 RMGI의 ΔE^* 값이 다른 재료들에 비해 유의하게 크게 나타났다($p < 0.05$). 이후 가속시험에 따른 변화량은 바니쉬 적용군과 대조군에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 Cavity shield를 적용한 giomer와 RMGI는 V-varnish를 적용한 군에 비해 더 많은 색 변화를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

결론적으로 심미수복재료에 대한 불소 바니쉬의 적용은 색안정성에 영향을 미치며, 특히 RMGI는 복합레진과 giomer에 비해 큰 색변화를 보여 임상 적용 시 주의가 필요하리라 사료된다.

참고문헌

1. Burrow MF, Makinson OF. Color change in light-cured resins exposed to daylight. *Quintessence Int.* 1991;22(6):447-52.
2. Barkmeier WW, Cooley RL. Evaluation of surface finish

- of microfilled resins. *J Esthet Restor Dent.* 1989;1(4):139-43.
3. 김혜진, 김광준, 조혜원, 진태호. 수중 복합레진의 색안정성에 관한 연구. *대한치과보철학회지.* 2002;40(1):79-86.
4. Satou N, Khan A, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dent Mater.* 1989;5(6):384-7.
5. 배익현, 김재문, 정태성 등. 글라스 아이오노머 수복재의 불소 유리 및 재흡수 양상. *대한소아치과학회지.* 2005;32(1):136-43.
6. Adair S. Current fluoride therapy in dentistry for children. *Curr Opin Dent.* 1991;1(5):583-91.
7. Salama FS, Schulte KM, Iseman MF, Reinhardt JW. Effects of repeated fluoride varnish application on different restorative surfaces. *J Contemp Dent Pract.* 2006;7(5):54-61.
8. Asmussen E. An accelerated test for color stability of restorative resins. *Acta Odontol Scand.* 1981;39(6):329-32.
9. Peutzfeldt A, Asmussen E. Color stability of three composite resins used in the inlay/onlay technique. *Eur J Oral Sci.* 1990;98(3):257-60.
10. Park SJ, Lee HY, Nah MY, Chang HS, Hwang YC, Hwang IN, et al. The evaluation of color and color difference according to the layering placement of Incisal shade composites on the body composites of the indirect resin restoration. *Restor Dent Endod.* 2011;36(1):37-49.
11. Ruyter I, Nilner K, Möller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246-51.
12. Mjör IA. The reasons for replacement and the age of failed restorations in general dental practice. *Acta Odontol Scand.* 1997;55(1):58-63.
13. Robertello FJ, Coffey JP, Lynde TA, King P. Fluoride release of glass ionomer-based luting cements in vitro. *J prosthet Dent.* 1999;82(2):172-6.

14. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Papadogiannis Y, Konstantinidis A. Artificial secondary caries around two new F-containing restoratives. *Oper Dent*. 1998; 23(2):81-6.
15. Douglas W, Craig R. Resistance to extrinsic stains by hydrophobic composite resin systems. *J Dent Res*. 1982;61(1):41-3.
16. Autio-Gold J, Barrett A. Effect of fluoride varnishes on color stability of esthetic restorative materials. *Oper Dent*. 2004;29(6):636-41.
17. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater*. 2004;20(9):789-95.
18. Gonulol N, Ozer S, Sen Tunc E. Water sorption, solubility, and color stability of giomer restoratives. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(5):300-6.
19. Morães R, Garcia J, Wilson N, Lewis S, Barros M, Yang B, et al. Improved dental adhesive formulations based on reactive nanogel additives. *J Dent Res*. 2012; 91(2):179-84.
20. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2005; 94(2):118-24.
21. Bagheri R, Burrow M, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent*. 2005;33(5):389-98.
22. Hwang IN, Oh WM. An Accelerated test for color stability and opacity change of light curing composite resins. *Restor Dent Endod*. 1993;18(1):215-26.

불소바니쉬 적용 후 심미수복재료의 색안정성 평가

장철훈[#], 장동길[#], 이빈나, 장훈상, 황윤찬, 오원만, 황인남^{*}

전남대학교 치의학전문대학원 보존학교실

[#]공동 1저자

본 연구의 목적은 불소바니쉬 적용 후 심미수복재료의 색안정성을 평가해보는 것이다. 연구에 사용된 심미수복재료는 치과용 복합레진인 Filtek Z350 XT (3M ESPE, MN, USA), 자이오머인 Beautifil Flow Plus F00 (Shofu Inc., Kyoto, Japan), 레진강화형 글라스아이오노머 시멘트(RMGI)인 Fuji II LC (GC Co., Tokyo, Japan)이다. 각 심미수복 재료 당 30개의 시편을 제작하여 10개씩 3개의 군으로 나뉘었다. 대조군과 두 종의 불소바니쉬인 Cavity shield (3M ESPE, MN, USA)와 V-varnish premium (Vericom, Seoul, Korea)를 각각 적용한 군으로 설정하였으며, 가속시험을 위해 60 ℃의 증류수에서 30일간 보관하였다. 분광색채계측기를 이용하여 바니쉬 적용 전, 후 및 가속시험 15일, 30일 후 CIE L^* , a^* , b^* 값을 측정하여 색변화량(ΔE^*)을 산출하였다. 결과 값은 One-way anova로 비교 분석한 뒤 95% 유의수준에서 Tukey test로 사후 검증을 실시하였다. 실험 결과 모든 실험군에서 바니쉬 적용 후 색 변화가 관찰되었으며 그 중 RMGI의 ΔE^* 값이 다른 재료들에 비해 유의하게 크게 나타났다($p < 0.05$). 이후 가속시험에 따른 변화량은 바니쉬 적용군과 대조군에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 Cavity shield를 적용한 giomer와 RMGI는 V-varnish를 적용한 군에 비해 더 많은 색 변화를 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 결론적으로 심미수복재료에 대한 불소 바니쉬의 적용은 색안정성에 영향을 미치며, 특히 RMGI 복합레진과 giomer에 비해 큰 색변화를 보여 임상 적용 시 주의가 필요하리라 사료된다.

색인 단어 : 불소바니쉬, 색안정성, 복합레진, 레진강화형 글라스 아이오노머 시멘트, 자이오머
