

동요치 고정에 사용되는 복합레진의 색품질 평가

정지혜* · 천경준** · 오용희*** · 장훈상****†

*원광대학교 치과대학 치과보철학교실

**전남대학교 치의학전문대학원 치의학과

***대진대학교 산업공학과

****전남대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

Color quality evaluation of composite resins used for splinting teeth

Jung, Ji-Hye* · Cheon, Kyeong Jun** · Oh, Yonghui*** · Chang, Hoon-Sang****†

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University

**Department of Dental Science, School of Dentistry, Chonnam National University

***Department of Industrial Engineering, Daejin University

****Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Chonnam National University

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the color stability of composite resins used for splinting teeth by comparing a self-cure resin cement (Superbond C&B, SB), a flowable composite resin (G-aenial Universal Flo A2, GU), and a composite resin exclusively used for splinting teeth (G-Fix, GF) before and after aging in NaOCl.

Methods: Resin samples were fabricated to a size of 2 mm thickness and 8.5 mm diameter and light-cured with an LED light curing unit (G-Light, n = 12). Immediately after fabrication, CIE L*a*b* values of the resin samples were measured with a spectrophotometer (CM-5) as baseline. Then, the resin samples were immersed in 5% NaOCl at 60 °C and the color was measured after 23 hours every day for 4 days. Data were analyzed with one-way ANOVA followed by Duncan post hoc test (p<0.05), and color differences (ΔE) of resin samples before and after NaOCl aging were also calculated.

Results: For SB, there were no changes in L* and a* values but changes were observed in b* values. For GU, there were no changes in L* and b* values but in a* values. For GF, changes were observed in L*, a*, and b* values. All resin samples showed highest ΔE between baseline and the 1st day of NaOCl immersion. ΔE of SB, GU, and GF was 4.6 - 5.8, 4.9 - 7.9, and 9.9 - 16.9, respectively. GF showed highest color change during NaOCl aging.

Conclusion: The results of this color quality evaluation showed that the composite resin exclusively used

● Received 24 November 2017, 5 December 2017, accepted 6 December 2017

† Corresponding Author(conden@jnu.ac.kr)

© 2017, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

for splinting teeth might be more vulnerable to color change during intraoral service.

Key Words: Color Stability, Composite Resin, NaOCl, Tooth Splinting

1. 서 론

고정(splinting)이란 두 개 혹은 그 이상의 치아를 고정성 혹은 가철성 수복물이나 장치를 이용하여 단단하게 고정시키는 것이다 (Liu et al, 2016). 치조골 소실의 결과로 여러 치아의 동요가 생겼을 경우에, 또는 이환된 치아의 통증과 불편감을 동반한 동요도의 증가를 나타낼 때에도 고정을 통한 치료를 한다 (Bernal, Carvajal, and Muñoz-Viveros, 2002). 치아를 고정하는 방법에는 장치를 제작하거나, wire나 fiber를 이용한 고정, 혹은 복합레진만으로 고정하는 방법이 있다 (Kim et al, 2012). 이들 방법 중 복합레진만으로 고정할 때에는 인성이 높고 유연성이 높아 파절 저항성이 높은 복합레진을 사용한다 (Yoo et al, 2016). 기존에 임상에서 대표적으로 쓰이던 고정용 레진은 자가중합형 레진 시멘트로 작업시간 조절이 힘들고 경화시간이 오래 걸린다는 단점이 있다 (Komine et al, 2004). 따라서 이를 개선한 광중합형 레진이 등장하여 동요치 고정용 레진으로 많이 사용되고 있다. 광중합형 레진은 작업시간 조절이 쉽고 짧은 시간에 고정을 할 수 있다.

치주적인 문제로 인한 치아를 고정시키는 경우는 주로 전치부의 치아에 해당된다. 또한 치주치료 후 치유를 도모하고 치아의 동요도로 인한 저작 시의 불편함을 덜기 위해서 일반적으로 치아 고정을 장기간 시행하게 된다 (Kumbuloglu, Saracoglu, and Özcan, 2011). 전치부는 위치상 심미성이 아주 중요한데, 장기간 고정을 하게 될 경우 심미성에서 중요한 요소인 색의 안정성이 고정재료에 있어서 중요한 고려 사항이 된다. 처음에는 주변 치아와 비슷한 색이겠지만 시간이 지날수록 레진의 색은 여러 환경에 의해 변색이 일어나게 되기 때문에 색 안정성이 높은 재료를 선택하는 것이 중요하다. 하지만 그 동안 수복용 레진에 대한 색안정성 평가 연구는 많이 있었으나 동요치 고정에 사용되는 레진에 대한 색안정성 평가의 연구는 드물었다. 이에 따라 이번 연구에서는 임상에서 동요치 고정에 쓰이는 여러 가지 레진의 색 안정성을 비교, 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 실험방법

우선 시편 제작을 위한 몰드를 만들기 위해 2 mm 두께의 투명 아크릴판(KS M 3811, S Polytech, Jincheon, Korea)을 고속 절단기(CSM-600, Manix, Pyeongtaek, Korea)를 이용하여 가로 40 mm, 세로 20 mm로 절단한 후 탁상드릴(MINI Drill-1, Manix, Pyeongtaek, Korea)을 이용하여 가로 10 mm와 30 mm 지점과 세로 10 mm 지점의 교점에 각각 지름 6.5 mm의 원형 구멍을 2 개 형성하였다. 이후 지름 8.5 mm의 드릴을 이용하여 각 구멍을 확대하였다. 아크릴 판에 형성된 구멍 주위의 미세한 요철을 제거하기 위하여 600CW 사포(Daesung, Seoul, Korea)로 가볍게 연마하였다 (Yun, Jung, and Chang, 2015).

2 mm 두께의 레진시편을 제작하기 위해 슬라이드 글래스 위에 아크릴 몰드를 올리고 자가중합형 복합레진 시멘트(Superbond C&B, SB, Sun Medical, Shiga, Japan), 흐름성 복합레진(G-aenial Universal Flo A2, GC, GU, Tokyo, Japan), 고정용 복합레진(G-Fix, GF, GC, Tokyo, Japan)을 각각 빈 공간에 주입한 후 또 다른 슬라이드 글래스를 몰드 위에 올리고 글래스 슬랩으로 가압하여 레진시편의 두께를 맞춘 후 LED 광중합기(G-Light, GC, Tokyo, Japan)로 10초간 광중합을 시행하였다(Table 1). 이후 슬라이드 글래스를 제거하고 레진시편을 20초간 광

중합하여 각 레진 당 12개의 시편을 얻었다(n = 12). 레진시편을 몰드에서 분리한 후 각 시편의 두께가 2.00 mm가 되도록 레진시편의 가장장리를 중심으로 600 CW 사포로 연마하였다. 레진시편의 두께는 0.01 mm까지 측정이 가능한 버니어 캘리퍼스를 사용하여 확인하였다.

Table 1. Composite resins used in this study.

Composite resin	Group	Resin matrix	Filler	Curing method
Superbond C&B	SB	4-META/MMA, PMMA	Unfilled	Self-cure
G-aenial Universal Flo A2	GU	UDMA, TEGDMA	Nanofiller	Light-cure
G-Fix	GF	Bis-MEPP	Nanofiller	Light-cure

레진시편을 제작한 즉시 분광측색계(CM-5, Konica Minolta, Osaka, Japan)의 측정부위(직경 6 mm)에 레진시편을 올려 놓은 후 각 레진시편의 CIE L*a*b* 값을 측정하여 기준값을 얻었다. 이후 유리병 3 개에 5% NaOCl을 넣은 후 각 레진 당 4 개의 시편을 나누어 담근 후 밀폐하였다. 시편이 담긴 유리병을 수돗물이 담긴 항온수조에 잠길 정도로 넣은 후 온도를 60°C로 맞추고 시효처리하였다. 23 시간 후 레진시편을 유리병에서 꺼내어 paper towel 위에서 1 시간 동안 건조시키고 위에서 설명한 바와 같이 각 레진시편의 CIE L*a*b* 값을 다시 측정하였다. 색조 측정 후 레진시편을 새로운 NaOCl을 넣은 유리병에 담그고 매일 같은 시간에 같은 방법으로 4일 동안 레진시편의 색조를 측정하였다. 또한, 각 복합레진의 하루 단위의 color difference (ΔE)는 각 군의 평균값을 이용하여 다음과 같은 식으로 계산하였다 (Chang and Hong, 2014).

$$\Delta E = [(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2]^{1/2}$$

복합레진의 CIE L*a*b* 값은 유의수준 0.05에서 일원배치분산분석을 이용하여 통계분석하고 Duncan (SPSS Ver 21.0, SPSS, Chicago, IL, USA)으로 사후분석하였다.

3. 결 과

각 복합레진의 시효처리 전후의 CIE L*a*b* 값은 Table 2에 나타내었다. SB 군의 L* 값과 a* 값은 시간에 따른 차이를 보이지 않았으나(p>0.05) b* 값은 1 일째 레진시편과 4 일째 레진시편이 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). GU 군에서는 L* 값이 기준값과 비교하여 1 일째 유의하게 증가하였고(p<0.05) 그 상태를 쭉 유지하였다. a* 값은 기준값과 비교하여 2 일째와 4 일째의 값이 유의한 차이를 보였고(p<0.05) b* 값에는 변화가 관찰되지 않았다(p>0.05). GF 군에서 L* 값은 기준값과 비교 시 1 일째부터 유의하게 증가하였으며 4 일째 가장 큰 값을 보였다(p<0.05). a* 값도 기준값과 비교 시 1 일째부터 음의 값이 증가하는 양상을 보였다(p<0.05). b* 값은 기준값과 비교 시 1 일째 유의한 차이를 보였으며(p<0.05) 그 이후로 그 상태를 유지하였다.

Table 2. CIE L*a*b* values of composite resins used for splinting before and after aging in 5% NaOCl at 60°C

(A) Superbond C&B (SB)

	Baseline	1 st day	2 nd day	3 rd day	4 th day
L*	26.8±8.0 ^a	31.4±5.1 ^a	31.4±5.2 ^a	31.6±6.7 ^a	32.6±5.4 ^a
a*	-0.4±0.1 ^a	-0.5±0.3 ^a	-0.4±0.2 ^a	-0.5±0.2 ^a	-0.5±0.1 ^a
b*	-0.5±0.4 ^{ab}	-0.3±0.9 ^b	-0.4±0.7 ^{ab}	-0.9±0.5 ^{ab}	-0.9±0.6 ^a

The superscripts with the same letters are not significantly different at α=0.05.

(B) G-aenial Universal Flo A2 (GU)

	Baseline	1 st day	2 nd day	3 rd day	4 th day
L*	58.0±1.3 ^a	62.9±5.0 ^b	63.7±5.8 ^b	65.7±6.1 ^b	63.4±3.7 ^b
a*	-0.6±0.1 ^a	-0.4±0.7 ^{ab}	-0.2±0.4 ^b	-0.4±0.3 ^{ab}	-0.2±0.2 ^b
b*	5.4±0.5 ^a	5.9±1.7 ^a	5.1±3.7 ^a	3.4±4.0 ^a	5.0±3.1 ^a

The superscripts with the same letters are not significantly different at α=0.05.

(C) G-Fix (GF)

	Baseline	1 st day	2 nd day	3 rd day	4 th day
L*	33.9±3.0 ^a	43.8±7.3 ^{b,c}	42.5±5.0 ^b	47.7±4.4 ^{b,c}	50.2±6.7 ^c
a*	-1.3±0.1 ^c	-2.4±0.8 ^{ab}	-2.2±0.4 ^b	-2.7±0.4 ^a	-2.3±0.5 ^{ab}
b*	-9.6±1.2 ^a	-4.2±3.7 ^b	-5.7±2.7 ^b	-5.2±3.1 ^b	-5.4±1.4 ^b

The superscripts with the same letters are not significantly different at α=0.05.

NaOCl에 시효처리하기 전후의 레진시편의 ΔE 값은 Table 3에 나타내었다. ΔE 값은 모든 군에서 1 일째 가장 크게 나타났다. 1 일째 ΔE 값 중에서는 SB 군이 가장 낮은 값을 보였으며 그 이후에는 더 낮은 변화를 보였다. GU 군에서는 1 일째의 ΔE 값이 SB 군과 유사한 정도였으나 시간이 지남에 따라 SB 군보다 더 큰 변화를 보였다. GF 군에서는 1 일째 가장 큰 ΔE 값을 보였으며 3 일째에서도 큰 ΔE 값이 관찰되었다.

Table 3. ΔE values of composite resins used for splinting between baseline and NaOCl aging period.

(A) Every day comparison

	1 st day	2 nd day	3 rd day	4 th day
SB	4.6	0.1	0.5	1.0
GU	4.9	1.1	2.6	2.7
GF	11.3	2.0	5.2	2.6

SB: Superbond C&B, GU: G-aenial Universal Flo A2, GF: G-Fix

(B) Comparison between baseline and test day

	1 st day	2 nd day	3 rd day	4 th day
SB	4.6	4.6	4.8	5.8
GU	4.9	5.7	7.9	5.4
GF	11.3	9.5	15.5	16.9

SB: Superbond C&B, GU: G-aenial Universal Flo A2, GF: G-Fix

4. 고 찰

복합레진은 시간이 지날수록 여러 요인에 의해 변색이 일어난다. 특히 전치부를 고정한 경우에는 레진으로 고정된 부위가 광범위하게 노출되기 때문에 변색에 취약할 수밖에 없다. 레진의 변색은 크게 외부적인 요인과 내부적인 요인으로 분류할 수 있다. 외부적인 요인으로는 커피, 차, 음료 등에 의한 변색이 있으며 (Ertas et al, 2006, Malhotra et al, 2011, Kang et al, 2012) 내부적인 요인으로는 주로 레진기질의 변색을 들 수 있다. 레진기질의 불충분한 중합이나 레진기질과 충전제의 종류와 함량, 광개시제의 종류 등이 레진기질의 변색에 영향을 미칠 수 있다 (Kang et al, 2012, Sabatini and Campillo, 2012). 이번 실험에서는 내부적인 요인에 의한 복합레진의 색변화를 측정하기 위해 레진시편을 60°C의 NaOCl에 담겨 시효처리(aging)하는 방법을 사용하였다. 인위적인 시효처리 방법에는 공기 중에 그대로 놔두는 방법, 증류수에 담그는 방법, 음료수에 담그는 방법, 자외선을 이용하는 방법 등이 있으며 이에 부가적으로 온도를 높여서 시효처리를 하는 경우도 있다 (Sabatini and Campillo, 2012, Antonov et al, 2016, Zhang et al, 2009, Vichi, Ferrari, and Davidson, 2004). Sabatini et al (2012)은 증류수에 여러 종류의 레진시편을 1달 동안 담근 후 색 안정성 실험을 하였을 때 색의 차이가 크지 않았다고 하였고, Vichi et al (2004)의 실험에서는 레진시편을 증류수에 1달 정도 담근 후 60°C의 온도로 시효처리를 하였을 때 전체 레진시편의 1/3 정도에서 확실한 변색을 나타냈다고 보고하였다. 또한, Alaa'a et al (2014)의 연구에 의하면 아크릴 레진을 NaOCl에 7일 침지하였을 경우 현저한 색 변화를 보였다고 보고하였다. 이를 볼 때 증류수보다는 NaOCl에서, 낮은 온도보다는 높은 온도에서의 시효처리가 더 효과적임을 알 수 있다. 이번 실험에서 레진을 NaOCl에 넣고 온도를 높인 이유는 더 극한 환경에서 레진의 색 안정성을 알아보기 위함이다. 더 극한 환경을 만들게 되면 실험의 기간을 줄일 수 있고 실험에서 설정한 변인 이외의 다른 변수에 의한 영향을 줄일 수 있다.

이번 실험에서 레진시편을 60°C의 NaOCl에 시효처리를 한지 하루 만에 변화가 나타났다. 변화 양상을 보면 모든 종류의 레진에서 a* 값과 b* 값의 변화는 크지 않았으나 전체적으로 L* 값의 상승이 일어났다. 또한, 시효처리 4일 후에는 레진시편의 표면이 상당히 거칠어진 것이 관찰되었다. 이러한 레진시편의 표면 변화는 색 변화에 영향을

미쳤을 것으로 판단되며 Cho et al (2006)의 연구에서 표면이 거칠어질수록 투명도가 변하여 L* 값의 상승이 일어났다는 연구결과와 일치함을 보였고 Sarac et al (2006)의 연구에서도 레진의 연마방법에 따라 색의 변화가 있다는 연구결과와도 유사하다. 부가적으로, NaOCl의 활성산소에 의한 산화반응의 결과인 표백효과 때문에 레진시편의 L* 값이 증가했음을 추론할 수 있다 (Davi et al, 2010). 산화반응에 의한 레진의 표백 기전은 레진의 색을 결정하는 색소의 산화와 반응활성제인 아민 복합체의 산화의 두 가지 기전으로 설명된다 (Monaghan, Trowbridge, and Lautenschlager, 1992). 즉, NaOCl의 활성산소 이온이 레진기질로 침투하여 레진의 색소와 아민 복합체를 산화시키는 정도가 레진의 색 안정성을 결정한다고 할 수 있다. 이외에도 레진의 수분 흡수성에 영향을 미치는 요소인 레진 기질의 종류, 충전제의 함량과 크기, 레진기질의 점도 등도 레진의 색안정성에 영향을 미칠 수 있다 (Villalta et al, 2006, Yazici et al, 2007, Ortengren et al, 2000). SB는 자가중합형 레진시멘트로 충전제를 함유하고 있지 않으며 GU는 광중합형 flowable resin으로 nanofiller를 함유하고 있다. GF 역시 광중합형이고 nanofiller를 함유하고 있으며 Bis-MEPP를 레진기질로 함유하고 있다. 이런 구성 성분의 차이가 색 안정성의 차이에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

사람이 어느 정도의 색 변화를 인지할 수 있는지에 대한 연구는 다양하다. Shotwell, Razzoog, and Koran (1992)에 의하면 두 물체 사이의 ΔE 값이 3.7 이상이 되면 육안으로 구별이 가능하다고 보고하였고, Eldiwany, Friedl, and Powers (1995)의 경우 ΔE 값이 3.3 이하이면 임상적으로 허용 가능하다고 하였다. 미국치과의사협회 (ADA)에서는 임상적인 기준으로 ΔE 값을 2로 정하였다 (Wozniak, 1987). King and DeRijk (2007)는 일반적으로 ΔE 값이 0 ~ 2 인 경우 인지가 불가능하고 ΔE 값이 2 ~ 3 인 경우 겨우 인지할 수 있고, ΔE 값이 3 ~ 8 인 경우 적당히 인지가 가능하고 ΔE 값이 8 이상인 경우 확연히 인지가 가능하다고 하였다. 또한 일반적인 사람은 ΔE 값이 5 ~ 6 정도일 때 색의 차이를 인지할 수 있으며 훈련된 사람만이 ΔE 값이 3 ~ 4 정도일 때 색의 차이를 인지할 수 있다고 하였다. 이번 실험 결과를 King 등의 연구에 대입해 보면 레진시편을 NaOCl에 담근지 1 일째에는 SB와 GU 군에서 훈련된 사람이 인지할 수 있을 정도의 색 변화가 있었으나 GF 군에서는 일반적인 사람도 인지할 수 있는 색 변화가 있었다. Baseline과 비교 시 SB 군의 경우 4 일째에, GU 군의 경우 2 일째부터 일반적인 사람도 인지할 수 있는 색 변화를 보였으며 GF 군의 경우 1 일째부터 4 일째까지 일반적인 사람도 인지할 수 있는 색 변화를 유지하였다.

5. 결 론

이번 연구에서는 동요치의 고정에 사용되는 복합레진을 60°C의 NaOCl에서 4일 동안 시효처리한 후 색조를 측정 한 결과 고정용 복합레진(GF)이 자가중합형 레진시멘트(SB)나 흐름성 복합레진(GU)보다 색조 안정성이 낮았기 때문에 임상에서 사용할 때 구강 내에서 색 변화의 가능성이 더 크다고 할 수 있다.

REFERENCES

- Alaa'a MS. Effect of 5.25% sodium hypochlorite on color stability of acrylic and silicone based soft liners and a denture base acrylic resin. *J Indian Prosthodont Soc.* 2014;14(2):179-86.
- Antonov M, Lenhardt L, Manojlovic D, Milicevic B, Zekovic I, Dramicanin MD. Changes of Color and Fluorescence of Resin Composites Immersed in Beer. *J Esthet Restor Dent.* 2016;28(5):330-8.
- Bernal G, Carvajal J, Muñoz-Viveros C. A review of the clinical management of mobile teeth. *J Contemp Dent Pract.* 2002;3(4):10-22.
- Chang H-S, Hong S-O. Effects of layering technique on the shade of resin overlays and the microhardness of dual cure resin cement. *Braz Oral Res.* 2014;28(1):1-6.
- Cho KJ, Park SJ, Cho HG, Kim DJ, Hwang YC, Oh WM, Hwang IN. Influence of the surface roughness on translucency and surface color of the dental composite resins. *Restor Dent Endod.* 2006;31(4):312-22.
- Davi LR, Peracini A, Ribeiro Nde Q, Soares RB, da Silva CH, Paranhos Hde F, de Souza RF. Effect of the physical properties of acrylic resin of overnight immersion in sodium hypochlorite solution. *Gerodontology* 2010;27(4):297-302.
- Eldiwany M, Friedl K, Powers J. Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent.* 1995;8(4):179-81.
- Ertas E, Guler AU, Yucel AC, Koprulu H, Guler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J.* 2006;25(2):371-6.
- Kang A, Son S-A, Hur B, Kwon YH, Ro JH, Park J-K. The color stability of silorane-and methacrylate-based resin composites. *Dent Mater J.* 2012;31(5):879-84.
- Kim YI, Kim MJ, Choi JI, Park SB. A multidisciplinary approach for the management of pathologic tooth migration in a patient with moderately advanced periodontal disease. *Int J Periodont Rest Dent.* 2012;32(2):225-30.
- King KA, DeRijk WG. Variations of L* a* b* Values among Vitapan® Classical Shade Guides. *J Prosthodont.* 2007;16(5):352-6.
- Komine F, Tomic M, Gerds T, Strub JR. Influence of different adhesive resin cements on the fracture strength of aluminum oxide ceramic posterior crowns. *J Prosthet Dent.* 2004;92(4):359-64.
- Kumbuloglu O, Saracoglu A, Özcan M. Pilot study of unidirectional E-glass fibre-reinforced composite resin splints: up to 4.5-year clinical follow-up. *J Dent.* 2011;39(12):871-7.
- Liu X, Zhang Y, Zhou Z, Ma S. Retrospective study of combined splinting restorations in the aesthetic zone of periodontal patients. *Brit Dent J.* 2016;220(5):241-7.
- Malhotra N, Shenoy RP, Acharya S, Shenoy R, Mayya S. Effect of Three Indigenous Food Stains on Resin-Based, Microhybrid-, and Nanocomposites. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(4):250-7.
- Monaghan P, Trowbridge T, Lautenschlager E. Composite resin color change after vital tooth bleaching. *J Prosthet Dent.* 1992;67(6):778-81.
- Ortengren U, Elgh U, Spasenoska V, Milleding P, Haasum J, Karlsson S. Water sorption and flexural properties of a composite resin cement. *Int J Prosthodont.* 2000;13(2):141-7.
- Sabatini C, Campillo M, Aref J. Color stability of ten resin-based restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2012;24(3):185-99.
- Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C, Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent.* 2006;96(1):33-40.
- Shotwell J, Razzoog M, Koran A. Color stability of long-term soft denture liners. *J Prosthet Dent.* 1992;68(5):836-8.
- Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater.* 2004;20(6):530-4

- Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent.* 2006;95(2):137-42
- Wozniak W. Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides. Chicago: American Dental Association. 1987:1-2.
- Yazici AR, Celik C, Dayangac B, Ozgunaltay G. The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. *Oper Dent.* 2007;32(6):616-22.
- Yoo JI, Kim SY, Batbayar B, Kim JW, Park SH, Cho KM. Comparison of flexural strength and modulus of elasticity in several resinous teeth splinting materials. *J Dent Rehabil Appl Sci.* 2016;32(3):169-75.
- Yun J, Jung J-H, Chang H-S. Color evaluation of low viscosity bulk-fill resin with composite resin capping layer. *J Dent Rehabil Appl Sci.* 2015;31(4):294-300.
- Zhang X, Zhang F, Chen C, Xie H. Effects of ultraviolet aging on color and translucency of composite resin cements. *West China J Stomatol.* 2009;27(2):175-7.