Color change of lithium disilicate ceramic veneer on different thicknesses with and without glazing

Se-Hoon Kahm¹, Un-Chang Heo², and Sung-Joon Kim^{1*}

¹Department of Dentistry, School of Medicine, Jeju National University, Jeju 63241, Republic of Korea

²School of Medicine, Jeju National University, Jeju 63241, Republic of Korea

(Received Feb 13, 2017; Revised version received Mar 15, 2017; Accepted Mar 15, 2017)

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the translucency and color change of laminate ceramic veneers on different thicknesses before and after glazing. Square-shaped specimens that were 0.3 mm, 0.6 mm and 0.9 mm thick, respectively, were fabricated with the Styleveners (n=30). The color coordinates (CIE L* a* b*) of the specimens were measured before and after glazing with a colorimeter. For a comparison between the 'not glazed' and 'glazed' groups and among the thicknesses, data were analyzed with a paired T-test, one-way ANOVA test and multiple regression analysis using SPSS 18.0 (p=0.05). The translucency parameter (TP) of the 0.3 mm- and 0.6 mm-thick specimens showed statistically significant differences before and after the glazing process. The one-way ANOVA of color difference (ΔE^*) and change of color coordinate (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) were statistically different among samples of different thicknesses. The result of the multiple regression analysis showed that Δb^* , ΔL^* improve ΔE^* . Within the limitations of this study, we conclude that the glazing step changes the translucency of 0.3 mm- and 0.6 mm-thick specimens and the color of lithium disilicate laminate ceramic veneers.

KEY WORDS: Color, Laminate, Lithium disilicate, Thickness, Veneer

서론

심미 수복에 대한 환자의 관심과 요구가 지속적으로 높아지고 있으며, 이에 따라 치료 과정에서 최종 수복물에 대한 예측과 잔존 치질, 인접 치은 조직과 자연스러운 형태와 색조 등이 다각도로 고려되어야 한다. 이러한 상황에서 자연치와 유사한 투과도를 갖는 도재 보철물의 제작에 대한 요구가 커지고 있다. 각각의 치아는 그 형태, 두께, 굴곡, 표면 상태에 따라서 그 특성이 다르며, 상아질이 법랑질을 통해 비치는 양상이 달라서 각각 다른 색조를 갖는다.

특히, 자연치아는 고유의 투명도가 있어 도재 수복물이 그 자연적인 색조와 투명도를 회복하는 것이 필수적이다. 하지만, 투명도가 낮은 상아질과 투명도가 높은 법랑질을 동시에 갖고 있는 자연치의 심미적 특성을 단일 세라믹 수

복재료로 재현하는 것은 쉽지 않다. 자연치아 재현을 위한 심미적 수복물의 제작을 위해서는 치아의 형태와 기능에 필요한 심미적인 색채 과학과 인접 조직과의 조화에 대한 지식이 필요하고[1], 각각의 특성을 갖는 재료를 적층하거나, 목적에 따른 특별한 수복 재료를 선택하는 과정이 필수적이다[2].

전치부의 형태, 색조의 개선과 함께 치질의 보존을 위한 수복 방법으로 색조 안정성과 뛰어난 광학적 특성을 가진 세라믹 라미네이트 비니어(Ceramic Laminate Veneer)가 선호된다. 이러한 수복 재료의 색조는 소성 온도, 소성 횟수, 표면 광택, 세라믹의 두께, 제조사, 하부 구조의 종류 등 다양한 요소에 따라 영향을 받는다[3]. 또한, 사용되는 합착제 종류, 하부 배경 색조, 측정 조명과 재료의 질감에 따라 색조가 달라진다[4]. 도재나 세라믹 제작의 최종 단계이며, 뛰어난 표면 평활도를 얻기 위한 글레이징(glazing) 과정을 통해 보철물은 뛰어난 색조 안정성을 얻게 된다[5]. 이 과정은 보철물을 글레이징 온도에서 1-2분 정도 가열하거나, 약간의 투명한 glass agent를 표면에 적용, 소성하여 이뤄진다[6]. 글레이징은 높은 온도에서 낮은 팽창성의 표면층 형성이 원리이고, 도재의 표면 강도를 증가시키는 결과를 얻는데, 자가 글레이징이 표준화된 방법

*Corresponding author: Sung-Joon Kim

Department of Dentistry, School of Medicine, Jeju National University,
15, Aran 13-gil, Jeju-si, Jeju-do 63241, Republic of Korea
Tel.: +82-64-717-1843, Fax: +82-64-727-3114
E-mail: samuelsj@jejunu.ac.kr, samuelsj@empal.com

이다[7]. 그러나, 라미네이트 비니어는 자가 글레이징을 할 경우 접착면이 글레이징 되는 것이 불필요하므로 바깥면에만 glazing agent를 적용하여 시행한다. 두 방법 모두 글레이징 이후 색 변화가 관찰되고, 이는 고온에서 백류석(Leucite)이나 Lithium disilicate를 포함한 세라믹의 원치 않은 변화에서 유래된 것일 수도 있고, 고온의 소성에 의하여 세라믹 표면에 화쇄류(pyroclastic stream)가 침착되는 양상으로 설명한다[8].

다른 보철물과 비교할 때 라미네이트의 수복 부위는 얇고 교합 등의 조정을 필요로 하는 경우가 다른 보철물에 비해 적으므로, 글레이징 이후 상태가 최종 수복물의 색조가 되는 것이 대부분이다. 기존의 관련 연구로는 수복 대상 치아의 어두운 배경 색조가 비치는 것을 차단하여 자연스럽게 재현하기 위한 광학적 특성에 관한 연구들이 있었고[9-13], 완전 소결된 지르코니아 세라믹(fully sintered zirconia ceramic)에서 글레이징 시행 후 인지할 만한 색차가 나타났다는 보고는 있었으나[14], 라미네이트의 글레이징 전후의 광학적 특성의 변화에 관한 연구는 충분하지 않다. 글레이징 과정을 거치면 Lithium disilicate 성분의 세라믹 비니어의 투명도는 변하였으나 동일 성분의 제품별 차이는 없었다는 연구가 있었다[15]. 또한 단일 두께의 시편 실험에서 글레이징 전후의 색 변화가 발생하고, CIE(Commission Internationale de l'Eclairage, 국제 조명 위원회) $L^*a^*b^*$ 변수 중 yellow-blue 계열의 b^* 와 lightness 인 L^* 가 영향을 끼친다고 보고하였다[16]. 이에 본 연구의 목적은 Lithium disilicate 성분의 세라믹 라미네이트 비니어의 글레이징에 따른 여러 두께에서의 투명도와 색조 변화 양상 등의 광학적인 특성을 알아보기 위한 것이다.

재료 및 방법

Specimen Preparation

시편 제작을 위해 Lithium disilicate 성분의 라미네이트 비니어 수복이 가능한 Styleveners®(STV, The Mint, Seoul, Korea)를 실험에 사용하였다. Styleveners에는 별도의 glazing paste가 없는 관계로 glazing paste로 IPS e.max Ceram Glaze를 도포하여 글레이징 하였다(Table 1). 제조사의 안내된 제작 방법에 따라 시편을 lost wax와 heat pressing technique으로 제작하였다. A1 shade에 해당하는 총 3가지(0.3 mm, 0.6 mm, 0.9 mm) 두께의 한 변이 10 mm인

정사각형의 시편을 mold를 제작하여 각각 10개씩 제작했다(총 30개). 각 시편은 제작 후 글레이징을 하지 않은 상태로 첫 번째 색 측정을 하고, 한쪽 면에만 glazing paste를 도포하여 furnace(Vita Vacumat 40, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)에서 800°C에서 1분간 계류, 글레이징을 시행한 후 두 번째 색을 측정하였다.

Color Measurement

시편의 색 측정을 위하여 분광 측색기인 ShadeEye NCC® Dental Chroma Meter(Shofu inc., Kyoto, Japan)를 사용하였다. ShadeEye-NCC의 분석모드(Analyze Mode)로 각각의 시편을 설정된 배경판에서 3회 측정하여 평균 CIE $L^*a^*b^*$ 수치를 얻었다. 색 측정을 위해 숙련된 1인의 측정자가 Calibrating tip의 영점 조정을 한 후, 시편 중앙부에 균일하게 접촉, 측정하였다. 시편과 배경판 사이에 optical contact을 높이기 위해 접촉 매개물로 British Standard Institution에 준하여 증류수(refractive index of 1.33)를 이용하여 밀착하였다[17]. 각 시편은 백색 타일 배경판($L^*=94.78$, $a^*=-0.78$, $b^*=-2.40$) 위에서 측정하였으며, Translucency Parameter(TP)의 측정을 위해서는 백색과 흑색 배경판이 필요하므로 앞의 측정에서 사용한 백색 타일 배경판($L^*=94.78$, $a^*=-0.78$, $b^*=-2.40$)과 흑색 타일 배경판($L^*=7.58$, $a^*=0.15$, $b^*=-3.15$)을 사용하였다. 1976년 국제 조명 위원회에서 제정, 가장 일반적으로 사용하는 표색계인 CIE $L^*a^*b^*$ system의 3차원 색공간 좌표인 L^* 값은 Lightness로 100은 완전한 백색을, 0은 완전한 검은색을 나타내며 a^* 값은 Red(+)-Green(-), b^* 값은 Yellow(+)-Blue(-)의 요소를 가진 특정 색공간을 의미한다. 글레이징 전후 색차를 나타내는 ΔE^* 는 다음 식으로 계산되었다.

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

각각의 두께의 TP는 다음 식으로 계산되었다.

$$TP = [(L_w^* - L_b^*)^2 + (a_w^* - a_b^*)^2 + (b_w^* - b_b^*)^2]^{1/2}$$

아래 첨자 W와 B는 각각 백색 타일 배경과 흑색 타일 배경에서 측정했음을 나타내며, 측정된 값은 흑색과 백색 배경에서 동일 시편의 색차를 의미하여 숫자가 클수록 투명한 재료이고, 불투명 재료의 경우는 TP가 0이 된다[18].

Statistical Analysis

통계처리는 0.05 유의수준에서 SPSS Win 18.0 program

Table 1. Experimental material and glazing agent manufactured

Material	Classification	Manufacturer	Shade
Styleveners	Pressable lithium disilicate	The Mint LLC (Seoul, Korea)	A1
IPS e.max Ceram Glaze	Glazing paste	Ivoclar Vivadent AG (Schaan, Liechtenstein)	-

(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며, 각각의 두께의 글레이징 전후 차이는 대응표본 T-test를, 글레이징 전후의 각 군 간의 색 변화 차이는 one-way ANOVA로 분석 하였고, 영향을 주는 색좌표의 관련성 분석은 ΔE^* 를 종속변수로 하여 다중 회귀 분석을 시행하였다.

결 과

0.3 mm, 0.6 mm 시편에서 글레이징을 시행한 군과 시행하지 않은 군의 TP는 통계적으로 유의하게 높아진 평균값의 차이를 보였고($p < 0.05$), 0.9 mm 군에서는 통계적인 유의성이 없었다. 0.3 mm, 0.6 mm 군에서 글레이징을 시행한 시편의 TP가 높아졌으며, 0.6 mm 두께의 시편이 0.3 mm 시편보다 더 큰 TP 증가율을 보였다. 평균 TP 증가는 글레이징 전 TP에 비하여 0.3 mm군에서 8.34%, 0.6 mm군에서 25.84%로 나타났으며, 0.9 mm 군에서는 1.01%이었다(Table 2, Fig. 1).

두께별 글레이징 전후 색차 변화는 Fig. 2에 나타나 있으며, 색차와 각 색 좌표 변화의 one-way ANOVA 결과는 Table 3과 같다. ΔL^* 의 두께별 차이는 0.3 mm 시편에서는 증가하여 밝아진 것으로 나타났으나, 0.6 mm와 0.9 mm 군에서는 어두워져 감소했다. red-green 계열 변화인 Δa^* 의 값은 다른 변수에 비해 가장 적었고, Δb^* 값은 0.3 mm와 0.6 mm 군에서는 감소하여 blue 계열로 변환 것으로 나타났으나 0.9 mm군에서는 증가하여 red 계열로 변화였다. ΔE^* 는 0.3 mm 군에서는 4.17로 가장 컸었으며, 0.9 mm (2.70), 0.6 mm(1.45)의 순이었다. 시편 두께별 ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^* 모두 의 통계적 유의한 평균값의 차이를 보였다($p < 0.05$).

Fig. 1. TP changes of each experimental group; NG: Not Glazed, GZ: Glazed.

0.3 mm, 0.6 mm 0.9 mm와 전체 시편을 대상으로 ΔE^* 에 미치는 색 좌표 요인의 관련성을 분석 하기 위한 다중 회귀 분석 결과는 Table 4와 같다. 0.3 mm군에서 색 좌표의 상관관계는 $R=0.994$ 이었고, 회귀선 설명력 R^2 은 0.987 이었으며, adjusted R^2 은 0.981로 설명력은 98.1%로 높게 나타났다. 관련 평가 요소 중 Δa^* 는 통계적으로 유의하지 않았으며, Δb^* , ΔL^* 이 영향을 미치고 있었다. Δb^* 의 영향력은 -0.239, ΔL^* 의 영향력은 1.086이었다. 0.6 mm 군에서 색 좌표의 상관관계는 $R=0.963$ 이었고, 회귀선 설명력 R^2 은 0.928이었으며, adjusted R^2 은 0.892로 설명력은 89.2%로 나타났다. 관련 평가 요소 중 Δa^* 는 통계적으로 유의하지 않았으며, Δb^* , ΔL^* 이 영향을 미치고 있었다. Δb^* 의 영향력은 -0.540, ΔL^* 의 영향력은 -0.557이었다. 0.9 mm 군에서 색 좌표의 상관관계는 $R=0.998$ 이었고, 회

Table 2. TP values and paired T-test results of specimen between before and after glazing in each thickness

Thickness	Before glazing		After glazing		<i>p</i> -value	Increased percentage
	Mean	SD	Mean	SD		
0.3 mm	47.03	3.65	50.95	3.05	0.035*	8.34
0.6 mm	34.48	1.28	43.39	1.20	0.000*	25.84
0.9 mm	24.70	1.06	24.95	0.70	0.602	1.01

*Significantly different compared to test groups ($p < 0.05$)

Table 3. Changes of color coordinates and one-way ANOVA results of each thickness between before and after glazing

Color coordinate	0.3 mm		0.6 mm		0.9 mm		<i>p</i> -value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
ΔL^*	3.72	1.36	-0.42	0.78	-1.80	0.33	0.000*
Δa^*	-0.23	0.23	0.01	0.14	-0.16	0.18	0.028*
Δb^*	-1.55	0.91	-1.22	0.42	1.96	0.54	0.000*
ΔE^*	4.17	1.24	1.45	0.58	2.70	0.44	0.000*

*Significantly different compared to test groups ($p < 0.05$)

Fig. 2. Color difference of each experimental group before and after glazing.

귀선 설명력 R^2 은 0.995이었으며, adjusted R^2 은 0.993로 설명력은 99.3%로 높았다. 관련 평가 요소 중 Δa^* 는 통계적으로 유의하지 않았으며, Δb^* , ΔL^* 이 영향을 미치고 있

었다. Δb^* 의 영향력은 0.904, ΔL^* 의 영향력은 -0.581이었다. 전체 시편을 대상으로 한 상관관계는 $R=0.823$ 이었고, 회귀선 설명력 R^2 은 0.678이었으며, adjusted R^2 은 0.641로 설명력은 64.1%이었다. 관련 평가 요소는 다른 군과 마찬가지로 Δa^* 는 통계적으로 유의하지 않았으며, Δb^* , ΔL^* 이 영향을 미치고 있었다. Δb^* 의 영향력은 0.467, ΔL^* 의 영향력은 0.896이었다.

고 찰

자연스러운 치아 색조의 재현을 위해 각각의 수복재의 투명도와 광학적 특성을 이해하는 것은 필수적인 사항이다. 간접 수복에 사용되는 이상적인 심미 재료는 투명도를 비롯하여, 명도, 채도 색상 등의 각 요소에 대한 이해와 함께 상황에 따른 조절을 할 수 있어야 한다[19]. 강도를 높인 세라믹 재료는 투명도가 낮아지는 경향이 있으므로 [12], 임상적 요구에 따라 강도와 광학적 특성을 고려한 적절한 재료의 선택을 하여야 한다. 장석형 도재(feldspathic porcelain)가 가장 높은 투명도를 나타내지만[4,11], 약한 강도의 보강을 위해 장석형 도재의 glass matrix에 다른 성분을 추가하면 투명도를 저해하여 심미성이 나빠진다. 이와 비교할 때, Lithium disilicate 세라믹의 가장 큰 장점은 강도를 감소시키지 않고도 얇게 만들 수 있고, 높은 투명도의 심미성이 뛰어난 보철물 제작이 가능한 점이다[4]. 또 다른 장점으로 Lithium disilicate는 높은 기계적 강도와 치질과의 접착의 용이성을 제공하는 장점이 있으며, 상당히 낮은 굴절률 특성이 있어 매우 투명도가 높다[20].

본 연구는 Lithium disilicate 성분의 세라믹 라미네이트

Table 4. Multiple regression analysis for color difference (ΔE^*) of each thickness between before and after glazing.

Thickness	Variables	B	Std. Error	β	t	p-value	Dependent Variable: ΔE^*
0.3 mm	ΔL^*	0.993	0.071	1.086	14.075	0.000*	F=156.766 ($p=0.000^*$)
	Δa^*	0.048	0.368	0.009	0.132	0.900	R=0.994, $R^2=0.987$
	Δb^*	-0.326	0.088	-0.239	-3.712	0.010*	Adj. $R^2=0.981$
0.6 mm	ΔL^*	-0.416	0.092	-0.557	-4.500	0.004*	Durbin-Watson=2.199
	Δa^*	0.311	0.513	0.078	0.606	0.567	F=25.673 ($p=0.001^*$)
	Δb^*	-0.746	0.179	-0.540	-4.166	0.006*	R=0.963, $R^2=0.928$
0.9 mm	ΔL^*	-0.769	0.038	-0.581	-20.206	0.000*	Adj. $R^2=0.892$
	Δa^*	-0.036	0.075	-0.014	-0.472	0.654	Durbin-Watson=1.700
	Δb^*	0.734	0.025	0.904	29.506	0.000*	F=414.526 ($p=0.000^*$)
All thickness	ΔL^*	0.488	0.091	0.896	5.361	0.000*	R=0.998, $R^2=0.995$
	Δa^*	-1.149	0.888	-0.173	-1.293	0.207	Adj. $R^2=0.993$
	Δb^*	0.374	0.124	0.467	3.019	0.006*	Durbin-Watson=1.801

*Significantly different compared to test groups ($p<0.05$)

비니어의 글레이징 효과를 각각의 두께에 따른 투명도와 색조 변화를 종속변수로 하여 광학적인 특성을 알아보기 위한 것이다. 시편을 각각 0.3 mm, 0.6 mm, 0.9 mm 두께로 제작한 것은 통상적인 라미네이트 비니어의 두께가 0.3~0.9 mm 범위라는 보고[21]를 고려한 것이다. 0.3 mm와 0.6 mm 군에서는 글레이징 시행 후 투명도가 증가하는 양상을 나타냈으나 0.9 mm군은 투명도 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 얇은 두께에서는 글레이징 과정이 영향을 끼칠 수 있으나, 어느 정도 이상의 두께에서는 효과가 없는 것으로 추론할 수 있다. 0.3 mm군보다 0.6 mm군에서 투명도가 더 증가한 이유로 이미 투명도가 높은 상태의 0.3 mm 군의 천정효과가 나타난 것으로 추측해볼 수 있으나, 이는 향후 연구가 필요하다. 이 결과에 근거할 때, 보철물의 두께에 따라서 글레이징 이후 투명도가 달라지는 양상을 고려하여야 하며, 임상적으로 글레이징 전에 색조를 판단할 경우에는 최종 글레이징 후 투명도가 증가하여 기대했던 색조와 다른 결과가 나타날 수 있음을 고려해야 한다. Heffernan등은 글레이징을 시행하면 각 core material의 비니어링 세라믹의 불투명도(opacity)가 낮아지며, 투명도가 높아진다고 보고하였다[10]. Heffernan등의 실험에서 사용한 Contrast Ratio와 본 연구의 TP와는 투명도 측정법은 다르지만, 같은 결과를 보였다. 수복 재료의 적절한 투명도에 대한 기준은 임상 상황에 따라 다를 수 있다. 전치부에서 자연치 색조를 반영하면서 형태의 변화를 위해서는 투명도가 높은 것이 적합할 것이지만, 수복물 하방의 변색된 치질 또는 불투명한 코어 재료 색조를 차단할 목적이라면 투명도가 낮은 것이 적합하다.

글레이징 이후 색차와 각 색좌표 변화는 각 두께 군에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 수복물 두께에 따른 색좌표의 변화 방향과 색차는 각각 다른 양상을 보여주었다. ΔL^* 은 0.3 mm에서 증가하여 밝아진 양상을 보였으나, 0.6 mm군과 0.9 mm군에서는 감소하여 어두워진 것으로 나타났고, Δa^* 은 그 변화폭이 적어 red-green 계열의 변화가 적었다. Δb^* 는 0.3 mm군과 0.6 mm군에서는 감소하여 blue 계열로 변화하였으나, 0.9 mm군에서는 증가하여 yellow 계열로 변화되었다. Δa^* 과 Δb^* 값은 각 그룹에서 일관된 양상이 보이지 않았는데, 이는 다른 연구에서도 확인되는 양상이었으나[3,22], L^* 의 변화가 각각 다른 이유는 불명확하다. ΔE^* 는 0.3 mm군이 가장 컸으며, 0.9 mm, 0.6 mm군의 순이었다. $\Delta E^*=1$ 의 값은 통제 조건에서 50%의 관찰자가 색 차이를 인지할 수 있는 수준을 나타낸다[23]. 일반 관찰자나 환자가 인지할 수 있는 정도의 ΔE^* 는 2.72로 보고되며[24], 임상적으로 허용되는 ΔE^* 값에 대해서는, $\Delta E^* \leq 3.3$ [25], $\Delta E^* \leq 3.7$ [26]등 다양한 연구가 있다. 이런 문헌들을 참고로 할 때 0.3 mm군에서의 색차는 4.17로 큰 값을 보여 임상적으로 얇은 비니어로

수복시에는 글레이징 전에 시적하는 것은 재고할 필요가 있을 것이다. ΔE^* 에 영향을 미치는 색 좌표 요인분석을 위해 각 두께 시편 군과 전체 두께 시편군을 대상으로 한 결과 모두 ΔL^* , Δb^* 이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 0.6 mm 단일 두께의 다른 두 제조사의 시편을 측정 한 연구[16]와 같은 결과로 나타났으나, 각 영향력은 두께 별로 다른 양상을 보였다.

Chu등의 연구[11]에 따르면 두께의 변화는 직접적으로 세라믹 수복물의 명도에 영향을 끼치게 된다. 두께가 증가함에 따라 TP가 낮아지는 경향을 보인다고 하였으나 [4,8,13], 글레이징으로 재료 표면의 평활도가 변화될 경우에는 명도가 가장 큰 변화를 보인다고 하였고[9], 이는 TP 값의 변화에 영향을 주었다고 연관 지을 수 있다. 또한 이 과정은 표면 평활도를 높이고 내부 공극율을 감소시켜 굽힘강도(flexural strength)를 증가시킨다고 알려져 있다[19]. 0.3 mm 보다 0.6 mm 두께 시편의 TP 증가율이 더 컸던 것에 대한 가능한 설명으로, 시편이 두꺼울수록 더 깊게 글레이징 효과가 나타났거나, 글레이징 이후 높아지는 TP는 두께와는 무관하게 어느 정도의 한계치가 있다는 설명이 있다[15]. 본 실험의 0.9 mm 시편에서는 통계적 유의성이 없었던 것으로 보아, 일정 두께 이상의 시편에서는 TP변화가 미미한 것으로 가정할 수 있다. 이는 코어 재료에 비니어링을 시행하여 두께가 1.5 mm인 시편에서는 glazing 효과가 시편 투명도의 유의한 차이를 보이지 않았다는 연구[27]와 일치한다.

글레이징 과정 외에도 라미네이트 세라믹의 임상 과정과 가공 과정은 여러 단계를 거치며, 단계에 따라서 최종 색조에 영향을 주게 된다. 연구에 따르면, 비니어 표면에 접착을 위한 Sandblasting과 레이저 조사를 시행한 군이 더 불투명한 결과를 보였고, 불산 처리를 한 비니어는 TP가 영향을 받지 않았으며, 비니어의 두께가 얇을 때 더 큰 영향을 받는다고 하였다[28]. 그러므로 실제 임상 환경에서는 접착의 각 과정 이후 색 변화에 대한 고려가 필요하다.

본 연구는 Lithium disilicate 성분의 A1 shade의 Styleveners로 제작한 한정된 연구이며, 제작 시편 두께의 종류도 불연속적이며 제한적이다. 또한 글레이징 시행 후 투명도와 색조 변화를 정량적으로 예측하는 데에는 한계가 있다. 향후 다양한 성분의 재료, glazing agent 종류에 따른 영향, 여러 색조, 다양한 두께에서의 TP와 색변화의 예측 가능한 모델 등 다양한 임상 상황에 관한 연구가 필요할 것이다.

Lithium disilicate 성분의 라미네이트 비니어 세라믹의 각 두께에 따른 글레이징 전후에 따른 TP와 색조 변화를 측정 한 결과, TP는 0.3 mm와 0.6 mm 군에서 통계적으로 유의하게 높아져 투명해진 것으로 나타났다. 색차와 각 색좌표 변화는 각 두께 군에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, ΔE^* 에 영향을 미치는 색 좌표 요인분석을

위해 한 결과 ΔL^* , Δb^* 이 영향을 미치는 것으로 나타났다.

감사의 글

This research was supported by the 2016 scientific promotion program funded by Jeju National University.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no competing interests.

ORCID

Se-Hoon Kahm 0000-0001-6945-8480

Un-Chang Heo 0000-0001-8489-4635

Sung-Joon Kim 0000-0003-0603-4036

References

- Ryu SY, Lim JH, Cho IH. A study on the color stability of porcelain for porcelain fused to metal crown. *J Korean Acad Prosthodont* 2000;38:73-84.
- Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004;32:3-12. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>.
- Al Ben Ali A, Kang K, Finkelman MD, Zandparsa R, Hirayama H. The Effect of Variations in Translucency and Background on Color Differences in CAD/CAM Lithium Disilicate Glass Ceramics. *J Prosthodont* 2014; 23:213-220. doi: 10.1111/jopr.12080.
- Barizon KT, Bergeron C, Vargas MA, Qian F, Cobb DS, Gratton DG, Geraldini S. Ceramic materials for porcelain veneers: part II. Effect of material, shade, and thickness on translucency. *J Prosthet Dent* 2014;112:864-870. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.05.016.
- Yilmaz C, Korkmaz T, Demirköprülü H, Ergün G, Ozkan Y. Color stability of glazed and polished dental porcelains. *J Prosthodont*. 2008;17:20-24. doi: 10.1111/j.1532-849X.2007.00237.x.
- Wiskott. Fixed prosthodontics: principles and clinics. London: Quintessence publishing Co. Ltd; 2011. p. 670-671.
- Choi BB. Contemporary Fixed Prosthodontics 3rd Edition. Seoul: Jisung; 2003. p. 645.
- Yilmaz K, Gonuldas F, Ozturk C. The effect of repeated firings on the color change of dental ceramics using different glazing methods. *J Adv Prosthodont* 2014;6:427-433. doi: 10.4047/jap.2014.6.6.427.
- Obregon A, Goodkind RJ, Schwabacher WB. Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations. *J Prosthet Dent* 1981;46:330-340. doi: 10.1016/0022-3913(81)90222-5.
- Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002;88:10-15. doi: 10.1067/mpr.2002.126795.
- Chu FC, Chow TW, Chai J. Contrast ratios and masking ability of three types of ceramic veneers. *J Prosthet Dent* 2007;98:359-364. doi: 10.1016/S0022-3913(07)60120-6.
- Spear F, Holloway J. Which all-ceramic system is optimal for anterior esthetics? *J Am Dent Assoc* 2008; 139:S19-S24. doi: 10.14219/jada.archive.2008.0358.
- Baek KW, Kim SJ. Thickness and translucency of opaque shade composite resin for masking effect. *J Korean Dent Assoc* 2011;49:203-210.
- Sinmazisik G, Demirbas B, Tarcin B. Influence of dentin and core porcelain thickness on the color of fully sintered zirconia ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2014;111:142-49. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.09.016.
- Kahm SH, Kim SJ. Translucency of ceramic veneers on glazing effect. *J Korean Acad Prosthodont* 2015;53:138-143. doi: 10.4047/jkap.2015.53.2.138.
- Kahm SH, Lee BJ, Seo MS, Kim SJ. Color difference of lithium disilicate ceramic veneer on glazing effect. *Oral Biology Research* 2016;40:124-128. doi: 10.21851/obr.40.3.201609.124.
- British standard specification for dental porcelains for jacket crowns. BS5612. London: British Standard Institution; 1978.
- Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont* 1995;8:79-86.
- Santos MO, do Amaral FL, França FM, Basting RT. Influence of translucence/opacity and shade in the flexural strength of lithium disilicate ceramics. *J Conserv Dent* 2015;18:394-398. doi: 10.4103/0972-0707.164053.
- McLaren EA, Cao PT. Ceramics in dentistry—part I: classes of materials. *Inside Dent* 2009;5:94-103.
- Bagis B, Turgut S. Optical properties of current ceramics systems for laminate veneers. *J Dent* 2013;41:e24-e30. doi: 10.1016/j.jdent.2012.11.013.
- Lee YK, Yu B, Lim HN. Lightness, chroma, and hue distributions of a shade guide as measured by a spectroradiometer. *J Prosthet Dent* 2010;104:173-181. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60116-3.
- Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979;4:83-91.

- doi: 10.1111/j.1520-6378.1979.tb00094.x.
24. Ragain JC, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Res Appl* 2000;25:278-285. doi: 10.1002/1520-6378(200008)25:4<278::AID-COL8>3.0.CO;2-F.
 25. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3:246-251. doi: 10.1016/S0109-5641(87)80081-7.
 26. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-822.
 27. Kurtulmus-Yilmaz S, Ulusoy M. Comparison of the translucency of shaded zirconia all-ceramic systems. *J Adv Prosthodont* 2014;6:415-422. doi: 10.4047/jap.2014.6.5.415.
 28. Turgut S, Bagis B, Ayaz EA, Korkmaz FM, Ulusoy KU, Bagis YH. How will surface treatments affect the translucency of porcelain laminate veneers? *J Adv Prosthodont*. 2014;6:8-13. doi: 10.4047/jap.2014.6.1.8.