

Coloring agent가 지르코니아 색조 재현성에 미치는 영향

김광현 · 노관태 · 배아란 · 우이형 · 김형섭*
경희대학교 치과대학 · 치의학전문대학원 치과보철학교실

Effect of coloring agent on the color of zirconia

Kwanghyun Kim, Kwantae Noh, Ahran Pae, Yi-Hyung Woo, Hyeong-Seob Kim*
Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyung Hee University, Seoul, Republic of Korea

Purpose: The aim of this study was to evaluate the effect of two types of coloring agents and the number of application on the color of zirconia. **Materials and methods:** Monolithic zirconia specimens (15.7 mm × 15.7 mm × 2.0 mm) (n = 33) was prepared and divided into 11 groups. Each experimental group was coded as a1-a5, w1-w5 according to the type of coloring agent and number of application. Specimens with no coloring agent applied were set as control group. The color difference of specimen was measured by using double-beam spectrophotometer, and calculated color difference (ΔE^*_{ab}), translucency parameter (TP). All data was analyzed with two-way ANOVA, multiple comparison Schéffe test, Pearson correlation and linear regression analysis. **Results:** As the number of application increased, values of CIE L* was decreased, but values of CIE b* was increased in both coloring agents. However, there was no significant difference on values of translucency parameter. The color difference range of each group was 0.87 ΔE^*_{ab} to 9.43 ΔE^*_{ab} . **Conclusion:** In this study, type of coloring agent and the number of application did not affect the color difference of zirconia. (*J Korean Acad Prosthodont* 2017;55:18-25)

Keywords: Coloring agent; Zirconia; Color; Translucency; Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)

서론

지르코니아는 현대의 치과학에서 심미적인 수복재료로 널리 쓰이고 있으며 제한적이기는 하나 최근에는 부하를 많이 받는 구치부까지 심미적인 수복을 위해 적용되고 있다.^{1,2} 그러나 투명도와 색조 등 세부적인 측면에서 부족한 부분이 있어 전치부에 적용하는 경우는 흔하지 않다.

따라서 지르코니아를 전치부에 사용할 때는 단일 구조로 이루어진 단일 구조 전부도재관보다는 하부의 지르코니아 코어와 상부 도재로 이루어지는 이중구조 도재관을 이용하여 심미적인 한계를 극복해 왔다. 하지만 상부 도재 축성을 위한 부가적인 소성이 필요하다는 점과 응집파괴에 의한 상부 도재의 파절 및 chipping이 빈번하다는 점이 단점^{3,5}으로 지적됨에 따라 전치부를 단일구조 지르코니아로 수복하려는 노력이 계속되고 있다.⁶

지르코니아에 색조를 부여하는 방법은 크게 두 가지가 있는데, 금속산화물이 첨가된 색소체를 착색시켜 원하는 색조를 얻어내는 방법과 지르코니아 분말의 조성과정에서 색상을 재현할 수 있는 성분을 혼합한 후 반 소결하여, 색조화된 지르코니아 블록을 사용하는 방법이다.^{7,8} 보통 이 두 가지 방법을 적절히 혼합하여 전체적인 색은 후자로, 세부적인 색은 전자의 방법을 이용하여 표현한다.

한편, 지르코니아 소재의 발달로 색조를 재현할 수 있는 coloring agent도 다양하게 출시되고 있다. 색소체의 주요 조성은 금속염, 용제, 산으로 구성되어 있으며 크게 두 가지로 구분될 수 있는데 acid-based coloring agent와 water-based coloring agent로 나눌 수 있다. Acid-based coloring agent는 강산인 hydrochloric acid를 포함하고 산-염기 반응을 이용하여 색조를 부여하고 water-based coloring agent는 산 성분 없이 다공성인 지르코니아에 금속

*Corresponding Author: Hyeong-Seob Kim

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyung Hee University
26, Kyungheedaero, Dongdaemun-gu, Seoul 02447, Republic of Korea
+82 (0)2 958 9340; e-mail, odontopia@khu.ac.kr

Article history: Received February 3, 2016 / Last Revision December 1, 2016 / Accepted January 4, 2017

© 2017 The Korean Academy of Prosthodontics

© 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.

양이온을 침투시켜 색조를 부여한다. 그러나 이들 coloring agent 들이 분광측색적으로 어떤 차이점을 가지고 있는지에 대해서 보고된 결과는 미미하다.

이 연구의 목적은 coloring agent의 종류와 적용 횟수가 지르코니아의 색조에 미치는 영향을 분광측색기를 이용하여 분석하는 것이다. 귀무가설은 다음과 같다.

1. Coloring agent의 적용횟수는 지르코니아의 색조에 영향을 미치지 않는다.
2. Coloring agent의 종류는 지르코니아의 색조에 영향을 미치지 않는다.
3. Coloring agent는 지르코니아의 투명도에 영향을 미치지 않는다.

재료 및 방법

1. 시편 제작

이 연구에서는 단일구조 지르코니아 (Prettau, Zirkozahn GmbH, Gais, Italy)를 사용하였다. 모든 시편들은 직사각형 모양의 pre-sintered zirconia block을 절단기 (IsoMet Low Speed Saw, Buehler,

IL, USA)를 사용하여 일정한 크기 (17.0 mm × 17.0 mm × 2.7 mm)로 절단한 후 1000-grit SiC paper로 평균 2 mm 두께로 균일하게 조정하였다. 시편 두께는 최종적으로 1.98 mm부터 2.09까지의 범위를 나타냈다. Coloring agent로는 Prettau color liquid A3; acid-based coloring agent (Zirkozahn GmbH, Gais, Italy)와 Prettau color liquid Aquarell A3; water-based coloring agent (Zirkozahn GmbH, Gais, Italy)를 사용하였다 (Table 1). 합성 나일론 섬유 붓(No. 156, Hwahong, Hwasung-Si, Gyunggi-Do, Korea)을 사용하여 지르코니아 시편에 바르고 어떠한 외부의 열도 가하지 않고 자연 건조하여 소결 전 온도에 의한 변성이 없도록 하였다. 완성된 시편은 11개 그룹으로 coloring agent의 종류와 적용 횟수에 따라 나누었다 (Table 2). 대조군은 coloring agent를 도포하지 않은 시편으로 Group O으로 정하였다.

모든 시편들은 지르코니아 전용 소환로(Zirkonofen 600, Zirkozahn GmbH, Gais, Italy)에서 제조사의 지시에 따라다음의 과정과 같이 소결하였다: 1450℃까지 3시간 동안 온도를 올리고, 1450℃에서 2시간 동안 유지한 후, 3시간 동안 천천히 식혔다 (Fig. 1, Fig. 2). 소결 후 수축량은 약 20% 정도였으며, 시편의 크기는 디지털 버니어 캘리퍼(Digimicro ME-50HA, Nikon Corp., Tokyo, Japan)로 측정하였으며 평균 15.7 mm (W) × 15.7 mm (L) 였다.

Table 1. Materials used in this study

Material	Brand name	Batch No.	Manufacture
Monolithic zirconia	Prettau	ZB3003C	Zirkozahn GmbH, Gais, Italy
Coloring liquid	Color Liquid Prettau (A3 shade)	CB4044	Zirkozahn GmbH, Gais, Italy
	Color Liquid Prettau Aquarell (A3 shade)	CB4256	Zirkozahn GmbH, Gais, Italy

Table 2. Experimental groups

Group	Number of application	Coloring agent type	Group	Number of application	Coloring agent type
a1	1	acid-based	w1	1	water-based
a2	2	acid-based	w2	2	water-based
a3	3	acid-based	w3	3	water-based
a4	4	acid-based	w4	4	water-based
a5	5	acid-based	w5	5	water-based

Control group was set as O (no coloring agent applied)

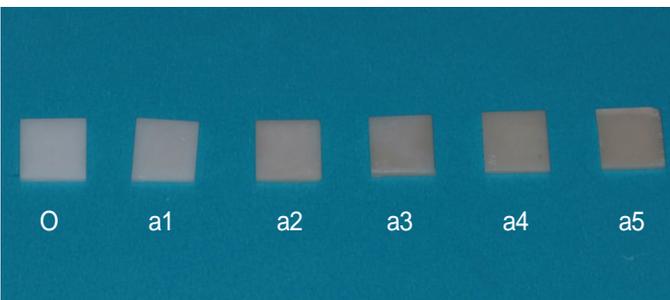


Fig. 1. Specimens applied with acid-based coloring agent.

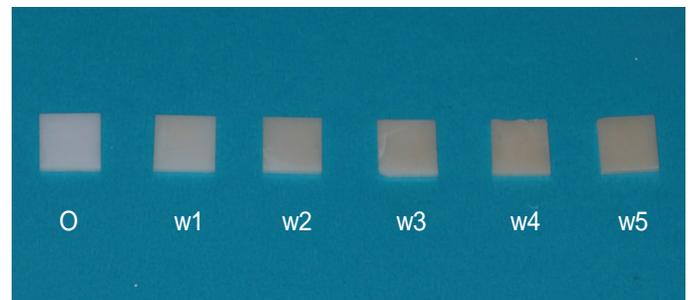


Fig. 2. Specimens applied with water-based coloring agent.

2. 색조측정

색조의 측정은 분광측색기(CM-3500d, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 이루어졌다. CIE, ISO 표준광으로 사용되는 D65 (6503K) 광원에서 SCI (Specular Component Included) 방식으로 시야각 8°로 측정하였다. 색조측정하기 전 검은색인 zero calibration box에서 zero교정과 표준백색판을 이용하여 백색조정하고 시편을 지름 3 mm의 측정판 위에 밀착시켜 측정하였다. 시편 당 평균측정 횟수는 5회로 중앙부를 포함하여 각 모서리 측으로 이동하여 평균값을 구하였다.

색좌표는 Spectra Magic Nx (CM-S9w Minolta Co., Osaka, Japan)을 이용하여 CIE L*, a*, b*를 reflectance mode에서 측정하였다. 각 그룹의 ΔE*는 CIE L*, a*, b*의 측정값의 평균치를 계산하였다.⁹

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

Translucency parameter (TP)는 시편을 검은색과 백색 바탕 위에서 측정한 색좌표값을 이용하여 계산하였다.¹⁰

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

TP값이 0에 근접할수록 불투명한 재질에 가깝고, 값이 클수록 투명한 재질에 속한다.

3. 통계분석

측정된 결과는 통계적 유의성을 검증하기 위하여 SPSS Version 21.0 for WIN (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. Shapiro-Wilk 정규성 검정 및 Levene의 등분산성 검정 결과 데이터가 모수적 특성을 나타내어 이원분산분석(Two-way ANOVA)과 다중검정 Schéffé 테스트를 시행하였다. 각 그룹의 CIE L*a*b*값과 coloring agent의 종류 및 적용 횟수와의 상관관계를 밝히기 위해 Pearson 상관관계분석과 선형회귀분석을 시행하였다.

결과

각 시편의 색좌표 값은 reflectance mode에서 각기 검은색과 백색의 배경판에서 CIE L*, a*, b*를 측정한 결과값이다. 측정된 결과의 평균과 표준편차를 구하였고 이를 Table 3, Table 4에 정리하였다.

CIE L*는 acid-based coloring agent와 water-based coloring agent 모두 적용횟수가 증가할수록 수치가 감소하였다. CIE b*는 적용횟수가 증가할수록 수치가 증가하였다 (Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6). Coloring agent의 적용 횟수가 증가할수록 모든 시편에서 L*값이 감소하는 것은 명도가 감소한다는 것을 의미하고, b*값이 증가한다는 것은 모든 시편에서 노란색 경향이 증가한다는 것을 의미한다. 적용 횟수가 증가하면 a*값의 증가를 나타냈으나 각 그룹 간의 차이는 유의할만한 수준은 아니었고 coloring agent에 의한 유의한 차이도 나타나지 않았다 (Fig. 7, Fig. 8).

CIE L*a*b* 값에 대한 coloring agent와 적용횟수와의 관계는 이원분산분석으로 분석하고 그 결과를 Table 5, Table 6, Table 7에 나타내었다. CIE L*값에 대해서는 coloring agent는 유의수준을 상회하였고(P-value = .204) 적용 횟수는 유의수준 이하였다 (P < .05). 따라서 지르코니아 시편의 명도는 coloring agent의 종류보다는 적용횟수에 영향을 받는 것으로 분석되었다. Coloring agent의 종류와 적용횟수의 상호관계에 대한 분석은 유의수준 이하이므로 관련이 없다고 볼 수 있다 (Table 5).

CIE a*와 CIE b* 값은 coloring agent의 적용 횟수와 종류 모두 유의수준 이하였으며 (P < .05), 따라서 적색-녹색, 청색-황색의 색조 차이는 coloring agent의 종류와 적용 횟수에 영향을 받는 것으로 분석되었다. 적용횟수와 종류의 상호연관성에 대한 분석도 유의수준을 벗어나지 않았기 때문에 두 변수 모두 독립적으로 지르코니아의 색조에 영향을 미치는 것으로 분석되었다 (Table 6, Table 7).

Table 3. Means and standard deviations in parentheses for CIE L*, a* and b* values of each group over the black background

	L*	a*	b*		L*	a*	b*
O	67.12 (0.31)	-1.63 (0.05)	-4.34 (0.09)	O	67.12 (0.31)	-1.63 (0.05)	-4.34 (0.09)
a1	66.36 (0.08)	-1.68 (0.03)	-3.34 (0.06)	w1	66.57 (0.46)	-2.24 (0.04)	-0.34 (0.22)
a2	65.56 (0.54)	-1.64 (0.03)	-1.4 (0.06)	w2	65.79 (0.13)	-2.26 (0.04)	1.14 (0.06)
a3	64.53 (0.29)	-1.56 (0.03)	-1.26 (0.16)	w3	64.40 (0.51)	-2.15 (0.06)	2.78 (0.17)
a4	63.95 (0.41)	-1.41 (0.06)	1.10 (0.27)	w4	63.84 (1.19)	-2.15 (0.03)	3.44 (0.53)
a5	63.37 (0.48)	-1.38 (0.03)	2.76 (0.16)	w5	62.61 (0.56)	-2.14 (0.04)	3.93 (0.08)

Table 4. Means and standard deviations in parentheses for CIE L*, a* and b* values of each group over the white background

	L*	a*	b*		L*	a*	b*
O	68.63 (0.25)	-1.62 (0.03)	-3.51 (0.07)	O	68.63 (0.25)	-1.62 (0.03)	-3.51 (0.07)
a1	67.69 (0.13)	-1.67 (0.03)	-2.30 (0.07)	w1	67.36 (0.55)	-2.18 (0.08)	0.22 (0.36)
a2	65.96 (0.04)	-1.37 (0.03)	-0.34 (0.13)	w2	66.79 (0.22)	-2.05 (0.07)	2.87 (0.27)
a3	63.43 (0.30)	-1.26 (0.14)	2.35 (0.05)	w3	65.24 (0.27)	-2.09 (0.13)	3.32 (0.18)
a4	62.82 (0.60)	-1.06 (0.17)	2.43 (0.76)	w4	64.02 (0.67)	-1.96 (0.06)	4.81 (0.38)
a5	64.06 (0.10)	-0.96 (0.06)	3.80 (0.18)	w5	63.26 (0.59)	-1.90 (0.04)	4.95 (0.11)

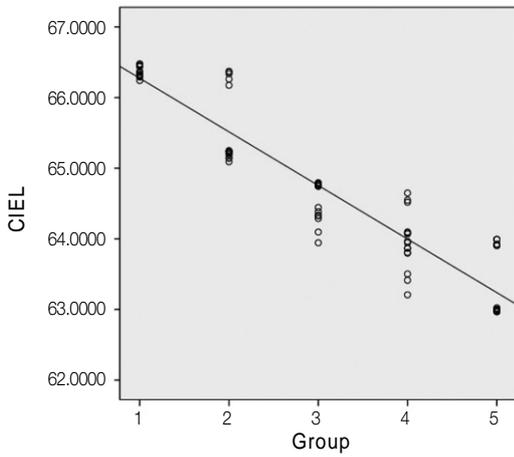


Fig. 3. Linear regression of CIE L* values over black background in the reflectance mode as function of the number of acid-based coloring liquid applications.

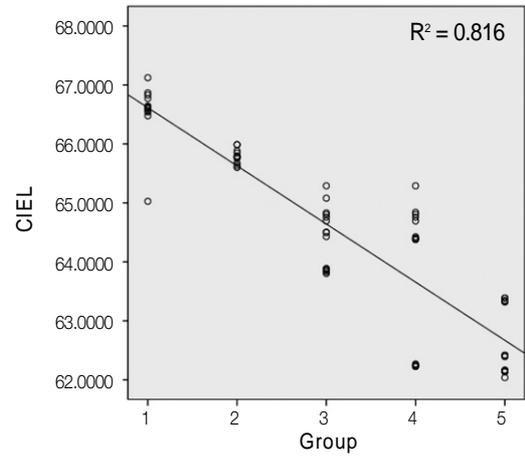


Fig. 4. Linear regression of CIE L* values over black background in the reflectance mode as function of number of water-based coloring liquid application.

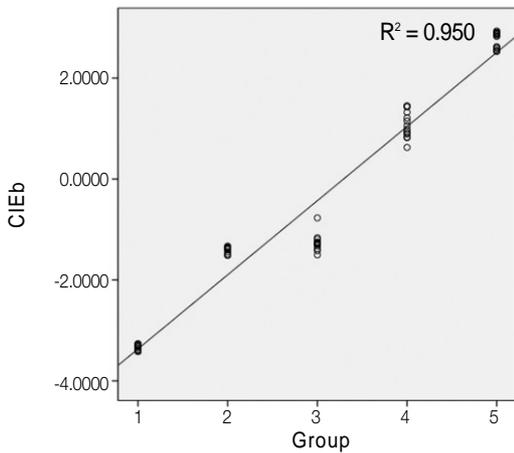


Fig. 5. Linear regression of CIE b* values over black background in the reflectance mode as function of the number of acid-based coloring liquid applications.

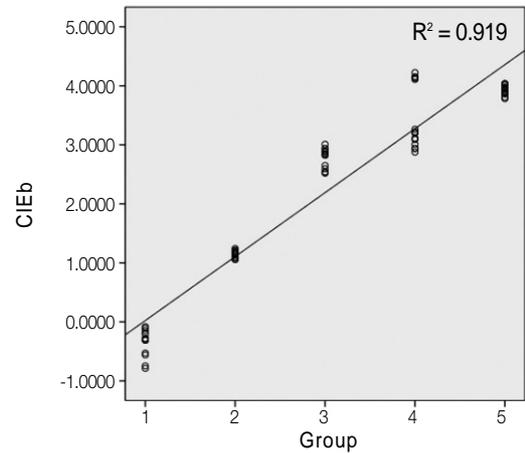


Fig. 6. Linear regression of CIE b* values over black background in the reflectance mode as function of the number of water-based coloring liquid applications.

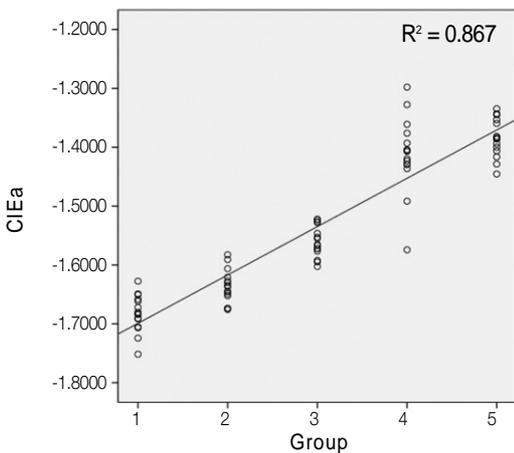


Fig. 7. Linear regression of CIE a* values over black background in the reflectance mode as function of the number of acid-based coloring liquid applications.

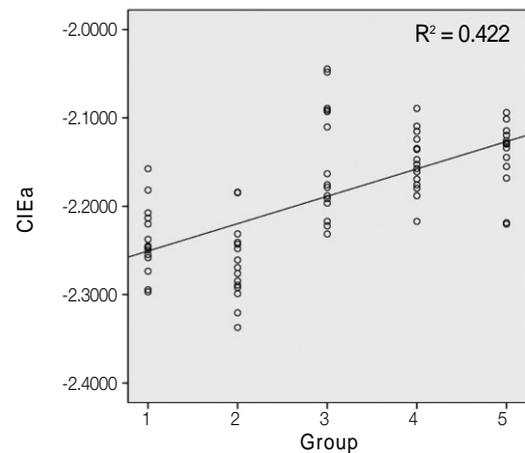


Fig. 8. Linear regression of CIE a* values over black background in reflectance mode as function of number of water-based coloring liquid applications.

Table 5. Relation between coloring agent and number of application in CIE L*

Source	df	Mean square	F	P value
Agent	1	0.488	1.631	.204
Group	4	57.662	192.543	.000
Agent * Group	4	1.191	3.976	.004

Table 6. Relation between coloring agent and number of application in CIE a*

Source	df	Mean square	F	P value
Agent	1	16.028	9074.139	.000
Group	4	0.255	144.461	.000
Agent * Group	4	0.060	34.065	.000

Table 7. Relation between coloring agent and number of application in CIE b*

Source	df	Mean square	F	P value
Agent	1	257.069	5138.217	.000
Group	4	123.305	2464.590	.000
Agent * Group	4	8.171	163.324	.000

Table 8. Color differences between each group (ΔE_{ab})

O-a1	1.26	O-w1	4.08	a1-w1	3.06	a4-w1	3.1
O-a2	3.33	O-w2	5.67	a1-w2	4.55	a4-w2	2.03
O-a3	4.02	O-w3	7.64	a1-w3	6.44	a4-w3	1.89
O-a4	6.3	O-w4	8.46	a1-w4	7.25	a4-w4	2.46
O-a5	8.03	O-w5	9.43	a1-w5	8.19	a4-w5	3.22
a1-a2	2.1	w1-w2	1.67	a2-w1	1.58	a5-w1	4.54
a1-a3	2.77	w1-w3	3.8	a2-w2	2.62	a5-w2	3.04
a1-a4	5.06	w1-w4	4.66	a2-w3	4.37	a5-w3	1.29
a1-a5	6.8	w1-w5	5.82	a2-w4	5.16	a5-w4	1.13
a2-a3	1.04	w2-w3	2.15	a2-w5	6.11	a5-w5	1.59
a2-a4	2.98	w2-w4	3.02	a3-w1	2.34		
a2-a5	4.71	w2-w5	4.23	a3-w2	2.8		
a3-a4	2.43	w3-w4	0.87	a3-w3	4.08		
a3-a5	4.19	w3-w5	2.13	a3-w4	4.79		
a4-a5	1.76	w4-w5	1.32	a3-w5	5.56		

Table 9. Means and standard deviations in parentheses for translucency parameter of each group

Group	Mean	SD
O	1.55	(0.59)
a1	1.43	(0.14)
a2	0.84	(0.13)
a3	7.22	(0.69)
a4	2.26	(3.47)
a5	0.95	(0.29)
w1	0.89	(1.51)
w2	2.08	(0.42)
w3	0.58	(0.34)
w4	2.95	(0.71)
w5	1.28	(0.74)

각 그룹 간의 색조차이는 0.87에서 9.43 ΔE_{ab} 였다 (Table 8). ΔE_{ab} 값이 가장 작은 그룹 간은 W3-W4 이었으며, 가장 큰 그룹 간은 O-W5 이었다. 대조군에 비하면 Johnston과 Kao¹¹의 연구에 의한 임상적으로 유의한 색 차이보다 높은 값을 나타내었으나, 두 그룹 간에서는 임상적으로 유의하지 않았다.

두 coloring agent의 TP 값의 평균과 표준편차를 Table 9에 나타내었다. 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($P > .05$).

각 coloring agent의 적용 횟수에 대한 CIE L*, a*, b*의 상관관계를 도식화하였다. 두 coloring agent에서 모두 적용 횟수와 CIE L* 과 b*의 값의 상관관계가 있었으며, L*은 적용 횟수가 증가할수록 감소하였고, b*는 증가하였다 (Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8).

고찰

이 연구의 목적은 기존의 acid-based coloring agent와 water-based coloring agent간의 분광측색적인 정도의 차이와 적용횟수에 대한 차이가 있는지 알아보는 것이다. 분광측색적인 차이를 알아보기 위해 CIE 표색계를 사용하였다. CIE L*a*b* system은 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 표색계이며¹² L*은 명도를 나타내고 a*는 적색과 녹색의 정도를, b*는 청색과 황색의 정도를 나타낸다. 색차의 정도는 ΔE 값으로 알 수 있는데 색차값의 임상적으로 유의한 정도에 대해서 이전의 많은 연구가 있었다. Johnston과 Kao¹³는 ΔE 가 3.7 이하이면 임상적으로 허용 가능하다고 하였으며, Crispin 등¹⁴은 ΔE^* 값이 2일 때를 육안으로 식별 가능하다고 보고하였으며, O'Brien 등¹⁵은 ΔE^* 값이 1이하일 경우 색이 일치하고 2 이하일 경우 임상적으로 허용 가능한 수치라고 보고하였다.

연구에서 사용된 지르코니아 시편은 Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)용 블록을 사용하였으며 단일구조 지르코니아 크라운을 상정하여 제작하였다. 소결 후 지르코니아 시편의 두께는 2.0 mm로 균일하게 하였는데 이는 Yu 등¹⁵의 연구에서 밝혀졌듯이, 두께가 투명도에 미치는 영향을 최소화하고자 함이다. 두께가 조절된 시편에서 색조에 영향을 미치는 다른 요소는 시편의 표면의 거칠기 이므로 Kim 등¹⁶의 연구에 의하면 SCI 측정방법일 경우 CIE L*a*b* 수치의 차이가 나타나지 않으므로 ΔE^* 수치도 인지 가능한 색상차를 나타내지 않기 때문에 표면의 거칠기에 의한 영향은 미비하다고 볼 수 있다.

이 연구에서 사용한 coloring agents의 색조는 A3였다. Yu 등¹⁵에 의하면 인간 상아질의 색조는 A3에 근접한 경로 알려져 있어 이전의 연구와 비교가 가능하기 때문이다. 또한 Lee 등¹⁷의 연구에 의하면 VITA shade tab A3의 standard illuminant D65 하에서 CIE L*a*b*의 값은 50.69, 0.42, 9.65였다. 다른 연구에 의하면 A3 색조의 비니어 레이어드 세라믹 크라운의 값은 60.29, 0.71, 13.96이었다.¹⁸ 이 연구에서의 A3 coloring agent를 3번 적용한 결과는 acid-based coloring agent에서 64.53, -1.56, -1.26 이었고, water-based coloring agent에서 64.40, -2.15, 2.78 이었다.

제조사의 지시에 의하면 coloring agent는 정해진 색조를 얻기 위해서 3번 이상 적용하라고 되어있는데 3번 이상 적용한 그룹간의 ΔE^* 차이가 3.7 이하인 것으로 보아 coloring agent를 3번 이상 적용하면 일정 수준의 색조에 도달하며 그 이상 적용하여도 임상적으로 유의한 차이를 보이지 않으므로 제조사의 지시는 타당해 보인다.

같은 적용 횟수의 시편에서 두 coloring agent 간의 색조 차이를 비교해보았을 때, a3과 w3의 ΔE^* 의 값이 4.06으로 임상적으로 유의한 결과를 나타내었고 다른 그룹은 유의한 결과를 보이지 않았다. 3번 적용한 그룹의 ΔE^* 값의 편차를 분석해보면 CIE L*a*b*의 세 좌표 중 b*의 영향을 가장 많이 받는 것으로 나타났으며, 청색-황색 계열을 나타내므로 water-based coloring agent가

acid-based coloring agent에 비해 황색 계열의 coloring agent임을 알 수 있었다. 그 이유는 coloring agent의 pH의 차이 때문에 사용하는 금속염이 다르기 때문이며 따라서 두 coloring agent를 사용함에 있어 이러한 색조 차이를 충분히 고려해야 할 것으로 생각된다.

Coloring agent의 종류와 적용 횟수에 따라 translucency parameter (TP)와의 연관성은 없는 것으로 분석되었다. 따라서 단일구조 지르코니아의 투명도는 coloring agent의 영향을 받지 않는다는 이전 연구¹⁹를 뒷받침하나 이와는 대조적으로 특정 지르코니아에서 반대되는 결과를 보이기도 하였다.²⁰ 그러나 대부분의 연구들에서는 지르코니아의 투명도에 영향을 미치는 인자로 두께를 거론하고 있고 Pecho 등²¹의 연구에서는 비색조 지르코니아, 색조 지르코니아, 인간의 상아질과 소의 상아질을 0.5 mm 두께에서 비교하였고, 이들의 유의한 차이점을 찾지 못하였다. Yu 등¹⁵은 1 mm 두께의 소의 법랑질과 상아질, 인간의 법랑질과 상아질을 비교하였고 Kim¹⁹은 2 mm 두께에서 지르코니아 블록의 TP는 불투명한 것으로 보고하였다. 또한 이 연구에서도 두 coloring agent 모두 유의한 차이를 보이지 않았다.

단일구조 지르코니아 수복물의 색조를 부가하는 방법은 dipping²²과 brushing이 있다. 이 연구에서는 brushing technique을 사용하였고 이는 크라운의 내면보다는 외면의 색조를 부가하게 된다. 크라운의 외형에 색조를 부가하였을 시 생길 수 있는 문제점은 장착 후 교합조정이나 마모가 발생한 면에서 색조가 부여된 수복물의 두께가 감소할 우려가 있다.²³ 두께가 감소하였을 시 색조의 변화는 이전의 연구¹⁹에서 보고되어 왔다. 그러나 시편의 두께를 coloring 전에 조절하여 측정할 결과가 대부분이고 coloring 후 시편의 두께를 조절하여 색조를 측정할 연구는 아직까지 없기 때문에 이에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

이 연구의 결과로 미루어보아 coloring agent의 적용횟수가 지르코니아의 색조에 영향을 미치지 않았다. L*값과 b*값에 대해서는 유의할 만한 차이를 보였으나 a*값에 대해서는 적용횟수가 증가하여도 유의한 차이를 보이지 않았다. Coloring agent 종류가 지르코니아에 색조를 미치지 않는다는 귀무가설도 기각되었다. L*와 a*에 대해서는 coloring agent의 종류가 영향을 미치지 못하나 b*에 대해서는 유의한 차이를 나타냈다. 따라서, coloring agent는 그 종류에 따라 지르코니아에 각기 다른 색을 표현한다고 볼 수 있다. 마지막으로 단일구조 지르코니아의 투명도는 coloring agent의 종류와 적용횟수에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이를 요약하면 다음과 같다.

1. Coloring agent의 적용횟수가 증가할수록 지르코니아의 명도는 감소하고 황색계열은 증가했다.
2. Coloring agent간의 색조차이는 황색계열에서 나타났다.
3. Coloring agent는 지르코니아의 투명도에는 영향을 미치지 않았다.

ORCID

Kwantae Noh <http://orcid.org/0000-0003-3480-7737>Ahran Pae <http://orcid.org/0000-0001-8758-0754>Hyeong-Seob Kim <http://orcid.org/0000-0002-0964-0288>

References

1. Spear FM, Kokich VG. A multidisciplinary approach to esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007;51:487-505.
2. Suárez MJ, Lozano JF, Paz Salido M, Martínez F. Three-year clinical evaluation of In-Ceram Zirconia posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2004;17:35-8.
3. Beuer F, Stimmelmayer M, Gernet W, Edelhoff D, Gün JF, Naumann M. Prospective study of zirconia-based restorations: 3-year clinical results. *Quintessence Int* 2010;41:631-7.
4. Choi YS, Kim SH, Lee JB, Han JS, Yeo IS. In vitro evaluation of fracture strength of zirconia restoration veneered with various ceramic materials. *J Adv Prosthodont* 2012;4:162-9.
5. Triwatana P, Nagaviroj N, Tulapornchai C. Clinical performance and failures of zirconia-based fixed partial dentures: a review literature. *J Adv Prosthodont* 2012;4:76-83.
6. Marchack BW, Sato S, Marchack CB, White SN. Complete and partial contour zirconia designs for crowns and fixed dental prostheses: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2011;106:145-52.
7. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. *J Prosthodont* 2008;17:401-8.
8. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent* 2002;88:4-9.
9. Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). *Colorimetry, CIE 015*. 3rd ed. Vienna: CIE Central Bureau; 2004.
10. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont* 1995;8:79-86.
11. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-22.
12. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent* 2000;83:166-70.
13. Crispin BJ, Hewlett E, Seghi R. Relative color stability of ceramic stains subjected to glazing temperatures. *J Prosthet Dent* 1991;66:20-3.
14. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990;69:1762-4.
15. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontol Scand* 2009;67:57-64.
16. Kim IJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effect of surface topography on the color of dental porcelain. *J Mater Sci Mater Med* 2003;14:405-9.
17. Lee YK, Yoon TH, Lim BS, Kim CW, Powers JM. Effects of colour measuring mode and light source on the colour of shade guides. *J Oral Rehabil* 2002;29:1099-107.
18. Lee YK, Cha HS, Ahn JS. Layered color of all-ceramic core and veneer ceramics. *J Prosthet Dent* 2007;97:279-86.
19. Kim HK, Kim SH. Effect of the number of coloring liquid applications on the optical properties of monolithic zirconia. *Dent Mater* 2014;30:229-37.
20. Spyropoulou PE, Giroux EC, Razzoog ME, Duff RE. Translucency of shaded zirconia core material. *J Prosthet Dent* 2011;105:304-7.
21. Pecho OE, Ghinea R, Ionescu AM, Cardona Jde L, Paravina RD, Pérez Mdel M. Color and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. *J Dent* 2012;40:e34-40.
22. Shah K, Holloway JA, Denry IL. Effect of coloring with various metal oxides on the microstructure, color, and flexural strength of 3Y-TZP. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008;87:329-37.
23. Beuer F, Stimmelmayer M, Gueth JF, Edelhoff D, Naumann M. In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dent Mater* 2012;28:449-56.

Coloring agent가 지르코니아 색조 재현성에 미치는 영향

김광현 · 노관태 · 배아란 · 우이형 · 김형섭*

경희대학교 치과대학 · 치의학전문대학원 치과보철학교실

목적: 이 연구의 목적은 coloring agent의 종류와 적용 횟수가 지르코니아의 색조에 미치는 영향을 알아보는 것이다.

재료 및 방법: 단일구조 지르코니아(15.7 mm × 15.7 mm × 2.0 mm)를 준비하여 완성된 시편은 11개 실험군 그룹으로 coloring agent의 종류와 적용 횟수에 따라 a1-a5와 w1-w5로 나누었다. 색조의 측정은 분광측색기를 이용하여 이루어졌다. Coloring agent를 적용시키지 않은 그룹을 대조군으로 설정하였다. 각 그룹의 색차의 정도(ΔE^*_{ab})와 translucency parameter (TP)를 분석하였다. 측정치는 two-way ANOVA, multiple comparison Schéffe test, Pearson correlation와 linear regression analysis를 이용하여 분석하였다.

결과: Coloring agent의 적용횟수가 증가할수록 두가지 종류 모두에서 지르코니아의 명도는 감소하고 황색계열은 증가했다. Coloring agent는 지르코니아의 투명도에는 영향을 미치지 않았다. 각 그룹 간의 색조차이는 0.87 ΔE_{ab} 에서 9.43 ΔE_{ab} 였다.

결론: Coloring agent의 종류와 적용 횟수는 지르코니아의 색조 차이에 영향을 미치지 않았다. (*대한치과보철학회지 2017;55:18-25*)

주요단어: Coloring agent; 지르코니아; 색조; 투명도; Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)

* 교신저자: 김형섭

02447 서울시 동대문구 경희대로 26 경희대학교 치과병원 치과보철학교실

02 958 9340: e-mail, odontopia@khu.ac.kr

원고접수일: 2016년 2월 3일 / 원고최종수정일: 2016년 12월 1일 / 원고채택일: 2017년 1월 4일

© 2017 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.