JTD JOURNAL OF TECHNOLOGIC DENTISTRY
https://doi.org/10.14347/jtd.2022.44.4.118
pISSN: 1229-3954 eISSN: 2288-5218
J Tech Dent 2022;44(4):118-125

Original Article

치과용 지르코니아 A3 착색제에 따른 색상 및 반투명도 차이

이주희[1], 박진영[2]

[1]대전보건대학교 치기공학과, [2](주)큐라움

Difference in color and translucency according to dental zirconia A3 colorant

Joo-Hee Lee[1], Jin-Young Park[2]

[1]Department of Dental Laboratory Technology, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon, Korea
[2]Curaum Inc., Seoul, Korea

Article Info
Received August 18, 2022
Revised December 6, 2022
Accepted December 6, 2022

Corresponding Author
Jin-Young Park
Curaum Inc., 64 Baekbeom-ro 79-gil, Yongsan-gu, Seoul 04314, Korea
E-mail: pjy2437@curaum.com
https://orcid.org/0000-0002-8762-6908

Purpose: The color of dental zirconia is very important in terms of aesthetics. To reproduce the color tone, a colorant is applied to zirconia to express the color tone. I would like to point out that the color, brightness, and saturation of the colorant used to express the color A3 may vary depending on the manufacturer.

Methods: Each zirconia block received a total of 25 circular specimens for the experiment. The zirconia specimen was then deposited by colorant type to reproduce the color tone. Color differences and translucency were measured using a spectrophotometer. To compare and analyze the zirconia color according to the type of colorant, one-way ANOVA was used.

Results: For each type of zirconia colorant, there was no statistically significant difference in translucency or b* ($p>0.05$). There was a statistical difference in L* and a* ($p<0.05$).

Conclusion: The ΔE*ab (D65) value is less than 5.5 or less, and the color difference is within an acceptable range.

Key Words: Coloring, Spectrophotometer, Translucency, Zirconia, Dental prosthesis

INTRODUCTION

생활수준의 향상과 사회의 발달은 심미에 대한 욕구를 증가시킨다. 이러한 심미적 욕구의 증가로 심미적인 치과보철의 영역이 확대되고 치아 성형의 의미로까지 확대되어 더욱 고도화된 심미보철을 발전시켜나가고 있다. 이러한 심미보철물은 상실된 기능 회복뿐 아니라 적절한 심미성을 재현할 수 있어야 한다. 특히 심미성에 대한 관심이 증가하면서 전치부 뿐 아니라 강한 응력을 받는 구치부에도 치과용 세라믹을 적용하려는 경향이 증가하고 있다[1]. 즉, 사람들은 아름답고 구강에서의 기능도 우수한 치과보철을 원한다. 이러한 요구는 4차 산업혁명의 사회적인 변화와 맞물려 치과기공 분야에 큰 변화를 가져오게 했고, 변화를 주도한 것은 CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing) 시스템과 3D (three-dimensional) 프린팅 시스템을 이용한 치과보철 제작이라고 할 수 있다. 치과분야의 CAD/CAM 시스템 활용은 많이 안정화되고, 널리 보급되어 있는 상황이다. 이렇게 심미적이면서 기능적일 수 있는 치과보철은 CAD/CAM 시스템과 3D 프린팅 시스템이라는 제작 장비의 발전과 더불어 지르코니아라는 소재의 개발과 적용으로 발전할 수 있었다. 현재도 CAD/CAM을 이용한 고강도 세라믹인 지르코니아 적용이 크게 증가하고 있다[2]. 수작업으로 다루기 어려운 강도의 지르코니아를 CAD/CAM으로 제작 가능하게 된 것이다. 치과용 지르코니아는 심미수복재료로 강한 강도의 장점이 있지만, 세라믹의 범주에 있지만 자연치아와 유사한 색조재현의 어려움이 있는 큰 단점이 있다. 치과용 수복물의 색조는 심미적인 관점에서 매우 중요하다. 백색의 불투명한 지르코니아는 치과용 보철물로 적용하는 경우 자연치 색조재현이 부족하여 완벽하게 심미성을 발휘할 수 없는 단점이 있다[3]. 그러나 많은 재료의 발전으로 색조재현의 어려움을 지속적으로 극복해 나가고 있지만 여전히 자연치아의 색조 재현문제는 기존의 저온융융도재로 재현을 하는

Copyright © Korean Academy of Dental Technology
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

것에 비해서는 부족하다고 할 수 있다[4].

치과용 지르코니아에 자연치아색을 표현하는 것은 크게 유색 블록을 사용하는 방법과 무색 블록에 착색제를 사용하여 색을 재현하는 방법이 있다. 유색 블록은 제조회사에서 제작되어 생산되므로 적절한 색조를 선택하여 밀링을 하면 되는 것이다. 제작과정 중 조작으로 색조에 차이를 발생시킬 수 있는 것은 착색제를 도포하여 색조를 표현하는 방법이다[5].

본 연구에서는 지르코니아에 자연치아의 색조 재현의 문제에서 색제가 활용되고 있으나 제조사별로 A3라는 색조를 표현하기 위한 색제의 색상, 명도, 채도가 각기 다를 수 있음을 인지하고 이를 분석해보고자 한다. A3 색상을 선택한 이유는 시중에 판매되는 다양한 착색제를 가진 색상이 A3이므로 선택하였다. 이러한 같은 색의 색제를 사용하였으나 제조사별로 다른 색이 발현될 경우 실제 작업을 하는 치과기공사에게는 혼란과 시행착오를 야기할 수밖에 없으므로 이에 대한 분석은 필요하다고 생각한다. 착색제의 침적 횟수, 침적 시간, 색제의 도포 방법, 색제의 종류 등에 따라 재현되는 색에 차이가 있음은 선행논문을 통해 알 수 있지만[1], 제조사별 A3의 색제에 따른 색상의 차이는 연구된 바 없어 시도하고자 한다.

귀무가설은 지르코니아 착색제에 따라 색상이나 반투명도 차이가 있을 것이다.

MATERIALS AND METHODS

1. 치과용 지르코니아 원형 시편 제작

디자인 프로그램(AutoCAD LT; Autodesk, San Rafael, CA, USA)을 이용하여 지름 12 mm, 높이 1.5 mm의 원형 디스크 형태로 디자인하여 STL (stereo lithography) 파일로 저장하였다. STL 파일을 가지고 HyperDENT 8.2 (FOLLOW-ME! Technology Group, Munich, Germany)를 이용하여 지르코니아 블록(Zircos-E; BIODEN, Seoul, Korea)에 수축률을 적용하고, tool path를 계산하여 NC 파일을 생성한 후 Arum (Arum Dentistry, Daejeon, Korea)장비를 이용하여 착색제 제조사별 지르코니아

Figure 1. Zirconia circular specimens (n=25).

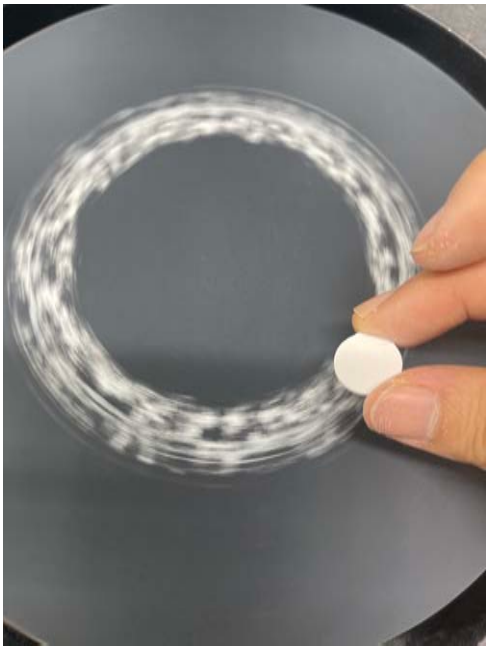

Figure 2. Specimens grinding: 1,500 grit, 2,000 grit.

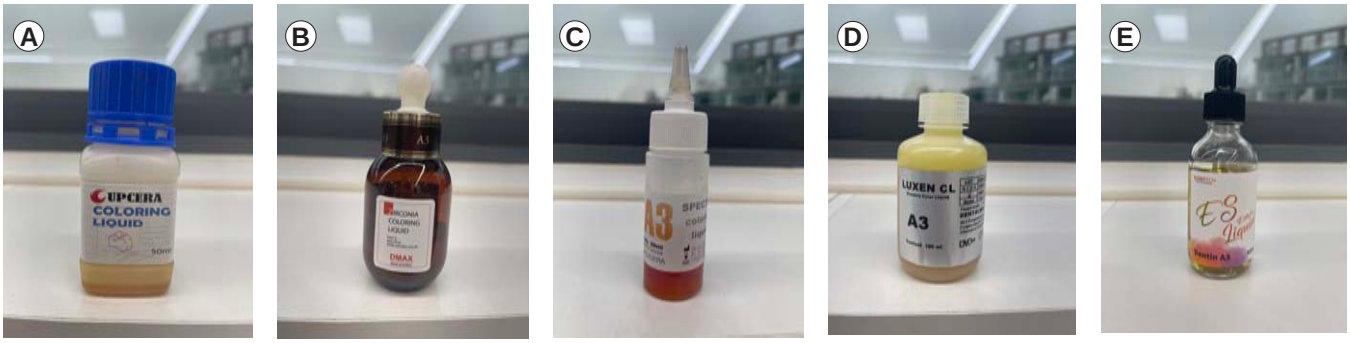

Figure 3. A3 colorants by manufacturer. (A) Upcera, (B) DMAX, (C) Acucera, (D) Luxen CL, (E) Kuwotech.

5개씩 원형 시편을 밀링하였다(Fig. 1). 소성 전 자동연마기(MetPrep3; Allied High Tech Products, Rancho Dominguez, CA, USA)마그네틱 베이스에 1,500 grit, 2,000 grit 입자의 연마종이를 부탁하여 밀링 시 밀링 툴에 의하여 평평하지 못한 부분을 고르게 연마하였다(Fig. 2). 그 다음 치과용 지르코니아 제조사별로 A3 워터베이스 침적액에 30초 정도 침적시킨 후(Fig. 3), 온도 세팅이 가능한 오븐기(DWO-G13SB; Daewoo, Seoul, Korea)를 이용하여 95℃에서 30분간 건조한다(Fig. 4). 소결로(Zirkonofen 600; Zirkonzahn, Gais, Italy)로 14℃/min의 속도로 1,500℃까지 상승시킨 후 1시간 동안 유지하여 소결(sintering)을 시행한다(Fig. 5).

2. 색차 및 반투명도 측정

Spectrophotometer (CM-3600A; Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 CIE L*a*b 및 반투명도 측정을 진행하였으며, 광원은 자외역을 대낮의 햇빛을 기준으로 하며 CIE, ISO의 표준광으로 사용되는 D65 (6503K) 광원을 채택하였고[6,7], 광택 요소를 포함하여 측정하는 SCI 방식으로, 시야각 10°에서 측정하였다(Fig. 6). 색조측정을 위하여 Zero 교정 박스를 이용하여 Zero 교정을 시행하고, 표준백색판을 이용하여 백색 조정한 후, 4 mm의 측정경을 시편에 밀착시켰다. 자동 평균 측정 횟수를 3회로 하여 각 시편당 서로 다른 부위를 5회 측정하여 평균값을 측정하여 구한다.

반투명도 측정은 Spectrophotometer를 이용하여 표준광원 D65의 조건에서 정 반사광 제거방식으로 시편당 총 3번씩 반복 측정하여 구한다.

착색제에 따른 지르코니아 색차(color difference)의 식은 아래와 같이 계산하였다[8,9].

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

Figure 4. Dried zirconia and dryer (DWO-G13SB; Daewoo, Seoul, Korea).

3. 통계 분석

지르코니아 착색제 종류에 따른 색상과 반투명도를 비교 분석하기 위해 one-way ANOVA를 시행하고, 사후검정으로 Tukey test를 실시하였다. 통계분석은 IBM SPSS Statistics ver. 22.0 (IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여 수행하였다. 통계적 판단을 위한 제1종 오류의 수준을 0.05로 하였다.

RESULTS

각 시편의 착색제에 따른 색상과 반투명도 값의 평균은 다음과 같다(Table 1~4; Fig. 7). 지르코니아 착색제에 따른 반투명도나 b*에서는 통계적으로 차이가 없었다($p>0.05$). 그러나 L*, a*에서는 통계적으로 차이가 나타났다($p<0.05$). 지르코니아 착색제에 따른 ΔE값이 5.5 이하이므로, 색변화를 허용할 수 있는 범위 안에 있다(Table 5). 또한 지르코니아별로 색상의 차이를 본 결과, ΔE 값이 많은 차이가 있었던 경우는 LU-AC (5.03), DM-AC (4.78), KU-AC (4.64), UP-AC (4.49) 정도로 나타났으며, ΔE 값이 차이가 미비했던 경우는 KU-LU (0.97), DM-KU (1.55), UP-DM (1.67) 정도로 나타났다(Table 5).

DISCUSSION

인간의 눈을 통하여 색을 인지되고 판단하는 것은 절대적일 수

Figure 5. Sintering furnace (Zirkonofen 600; Zirkonzahn, Gais, Italy).

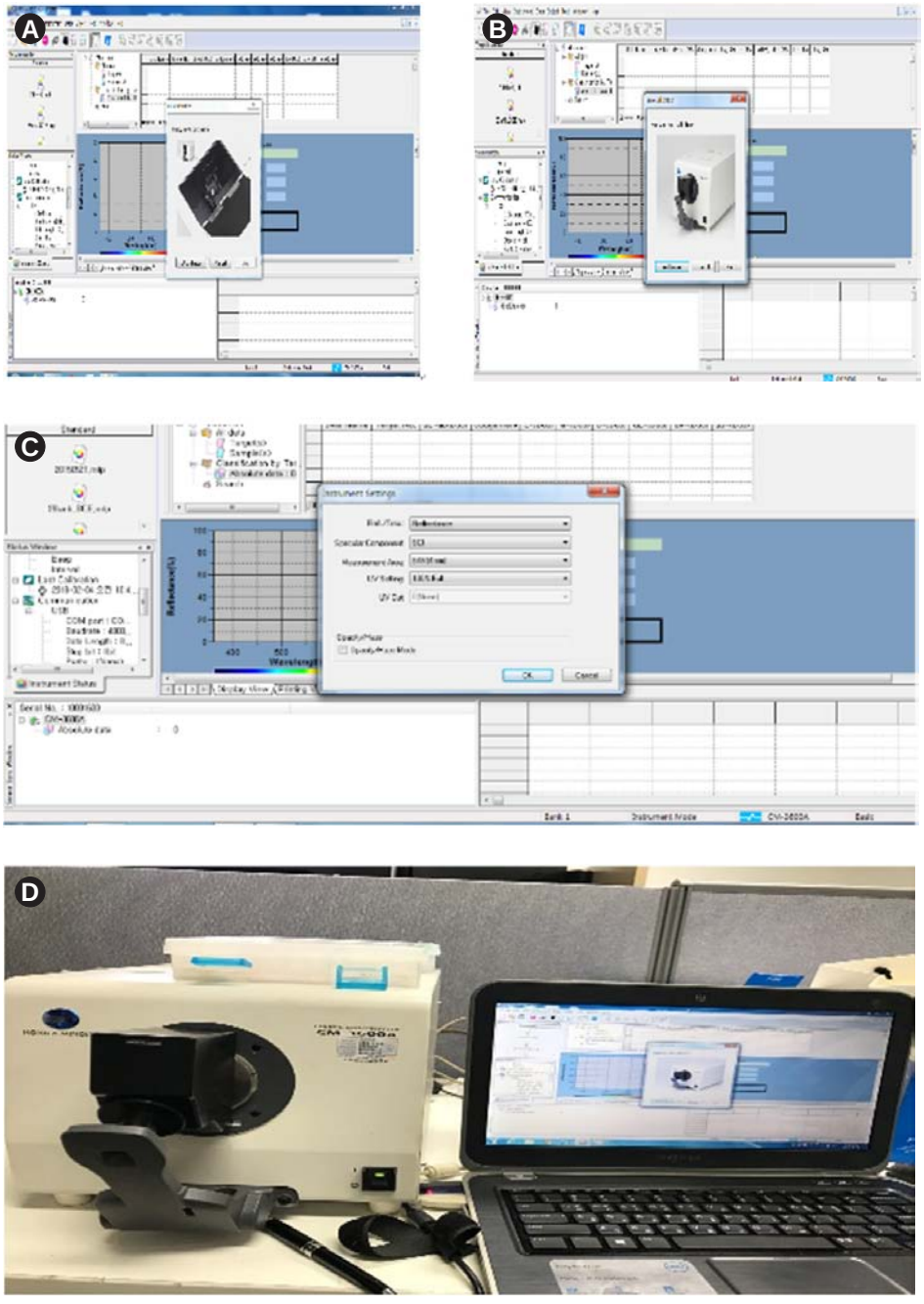

Figure 6. Spectrophotometer Measurement screen. (A) Calibraion/white calibration. (B) Zero calibration. (C) Reflectance. Specular component: SCI, Measurement area: SAV (4 mm), UV (ultraviolet) setting: 100% full, UV cut: none. (D) Spectrophotometer (CM-3600A; Konica Minolta, Tokyo, Japan).

Table 1. Mean±standard deviation of zirconia color according to the type of coloring agent

Shade	Coloring agent	Translucency	L*	a*	b*
A3	UP	80.54±4.18	69.26±1.77	3.20±0.67	17.97±1.41
	DM	75.49±4.53	67.60±0.25	1.69±0.64	16.44±0.83
	AC	74.91±7.13	65.31±0.38	3.12±0.36	16.07±0.78
	LU	75.64±4.19	71.08±1.43	−0.45±0.55	14.82±3.17
	KU	74.11±2.88	69.44±2.59	1.36±1.69	18.15±5.95
	Total	76.14±5.13	68.54±2.53	1.79±1.59	16.69±3.25

UP: Upcera, DM: DMAX, AC: Acucera, LU: Luxen CL, KU: Kuwotech.

Table 2. Translucency according to coloring agent using one-way ANOVA

Source of variation	Sum of squares	df	Mean square	F	p-value
Between group	256.233	4	64.058	2.793	0.37
Within groups	1032.190	45	22.938	-	-
Total	1288.423	49	-	-	-

Table 3. L, a, b according to coloring agent using one-way ANOVA

Source of variation	Sum of squares	df	Mean square	F	p-value
L*					
Between group	191.058	4	47.764	17.372	<0.001
Within groups	123.725	45	2.749	-	-
Total	314.783	19	-	-	-
a*					
Between group	89.628	4	22.407	29.468	<0.001
Within groups	34.217	45	0.760	-	-
Total	123.844	49	-	-	-
b*					
Between group	77.014	4	19.260	1.974	0.115
Within groups	439.123	45	9.758	-	-
Total	516.164	49	-	-	-

Table 4. Multiple comparison

(I) Coloring agent	(J) Coloring agent	Mean difference (I-J)	Standard error	Significant	95% CI	
					Lower bound	Upper bound
UP	DM	5.04800	2.14185	0.146	−1.0380	11.1340
	AC	5.63000	2.14185	0.082	−0.4560	11.7160
	LU	4.89200	2.14185	0.169	−1.1940	10.9780
	KU	6.42200*	2.14185	0.034	0.3360	12.5080
DM	UP	−5.04800	2.14185	0.146	−11.1340	1.0380
	AC	0.58200	2.14185	0.999	−5.5040	6.6680
	LU	−0.15600	2.14185	1.000	−6.2420	5.9300
	KU	1.37400	2.14185	0.967	−4.7120	7.4600
AC	UP	−5.63000	2.14185	0.082	−11.7160	0.4560
	DM	−0.58200	2.14185	0.999	−6.6680	5.5040
	LU	−0.73800	2.14185	0.997	−6.8240	5.3480
	KU	0.79200	2.14185	0.996	−5.2940	6.8780
LU	UP	−4.89200	2.14185	0.169	−10.9780	1.1940
	DM	0.15600	2.14185	1.000	−5.9300	6.2420
	AC	0.73800	2.14185	0.997	−5.3480	6.8240
	KU	1.53000	2.14185	0.952	−4.5560	7.6160
KU	UP	−6.42200*	2.14185	0.034	−12.5080	−0.3360
	DM	−1.37400	2.14185	0.967	−7.4600	4.7120
	AC	−0.79200	2.14185	0.996	−6.8780	5.2940
	LU	−1.53000	2.14185	0.952	−7.6160	4.5560

Dependent variable: translucency.
UP: Upcera, DM: DMAX, AC: Acucera, LU: Luxen CL, KU: Kuwotech.
*The mean significant difference by the Tukey HSD test (p<0.05).

없다. 이는 색상을 판단하는 관찰자의 색에 대한 안구의 특성, 기준, 색 지각에 대한 인지 등 다양한 요인들이 색을 결정하는 데 관여하기 때문이다[10].

귀무가설은 지르코니아 착색제에 따라 색상이나 반투명도 차이가 있을 것이다. 실험결과, 이 귀무가설은 채택되었다.

이러한 색을 판단하는 여러 문제가 발생하지만, 현재 치과 영역에서 자연치아의 색조 재현의 색채로 활용되고 있는 제조사별 색조를 표현하기 위한 색상, 명도, 채도, 반투명도가 다름을 인지하

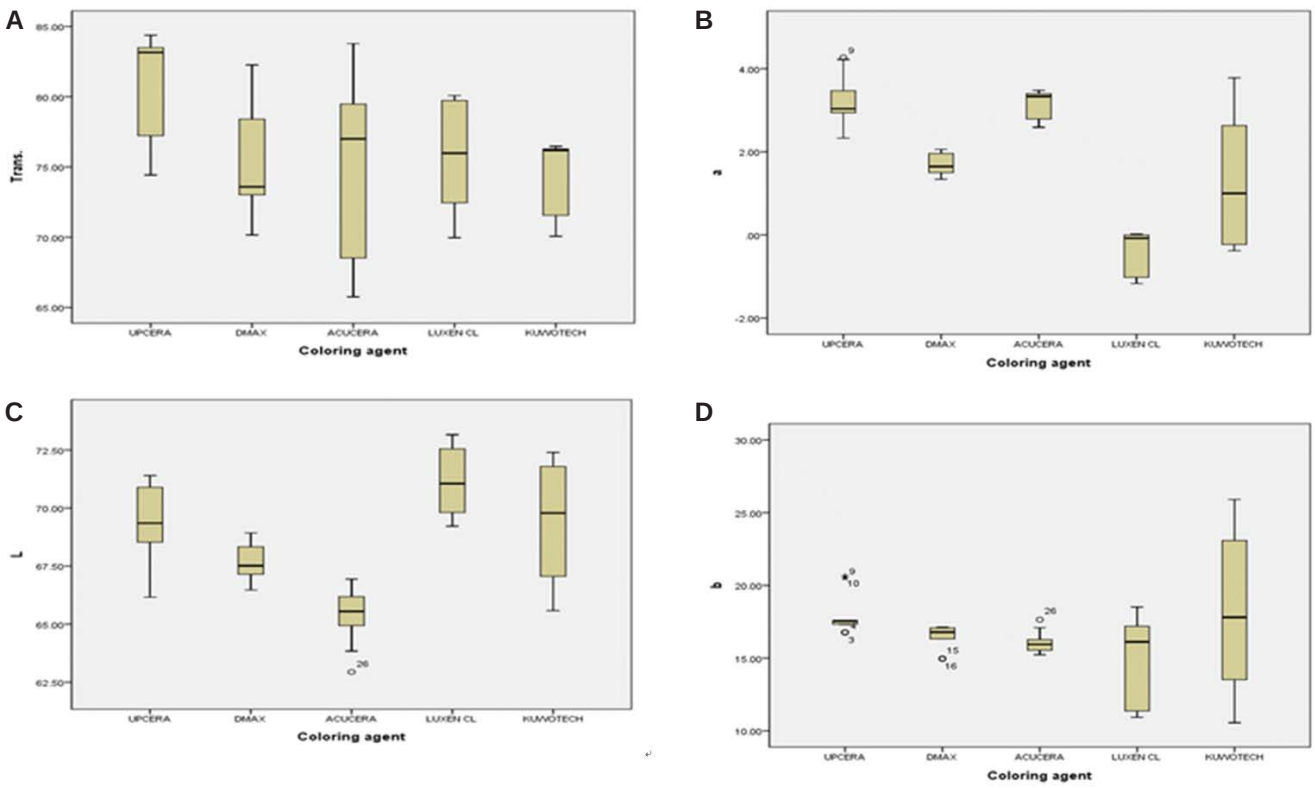

Figure 7. Mean value of translucency, L*, a*, b* in coloring agent. (A) Translucency according to Coloring agent. (B) a* According to Coloring agent. (C) L* According to Coloring agent. (D) b* According to Coloring agent.

Table 5. Color difference (dE*) of zirconia of coloring agent

Target	Data name	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	ΔE
Target	UP	68.63	2.91	17.07	
1	DM	68.73	1.26	17.29	1.67
2	AC	64.17	3.26	17.33	4.49
3	LU	70	−0.04	18.06	3.39
4	KU	69.92	1.09	17.91	2.38
Target	DM	68.43	1.42	17.75	
1	AC	64.04	3.26	17.3	4.78
2	LU	69.71	−0.02	18.05	1.94
3	KU	69.8	0.95	18.33	1.55
Target	KU	69.8	0.94	18.28	
1	LU	69.83	−0.01	18.09	0.97
2	AC	66.93	2.63	15.05	4.64
Target	LU	69.76	0.05	18.17	
1	AC	65.86	2.8	16.58	5.03

UP: Upcera, DM: DMAX, AC: Acucera, LU: Luxen CL, KU: Kuwotech.

고 있으나 그에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 지르코니아 A3 착색을 제조사별 색상과 반투명도의 차이에 대하여 연구하였다.

선행연구를 보면[11], 착색제의 건조유지시간이 길수록 명도가 밝게 나타나는 경향이 있다고 보고하고 있으며, 본 연구에서는 지르코니아의 색상 b*, 반투명도는 착색제의 종류간 큰 차이가 없었지만, L* 명도와 색상 a*가 차이를 보였다. 즉, 제조사별로 사람의 눈에 가장 민감하게 드러나는 명도에 차이를 보였고, 제조사별 적색 색상의 차이를 보이거나 녹색 경향을 보이는 착색제도 있었다.

L* 수치는 0 (검정)에서 100 (흰색)으로 표현되며 명도를 나타낸다. a* (양의 방향이 적색, 음의 방향이 녹색) 수치는 –60에서 +80까지 표현되며, b* 수치는 –80에서 +60까지로 황색과 청색의

정도를 나타내고, (+)는 황색, (0)은 회색, (–)는 청색을 나타낸다[12-14].

색을 객관적으로 표기하기 위해 CIE L*a*b* 표색계가 사용된다. 두 물체의 색차(ΔE*ab)는 측정된 CIE L*a*b*값을 이용하여 계산되며 색상 공간에서 두 색상 사이의 최소 거리를 의미한다. 이러한 객관적인 수치가 실제 임상에서는 관찰자가 색차를 인지하거나 임상적으로 허용할 수 있는 정도에 따라 달라진다. 50%의 관찰자가 색변화를 인지할 수 있는 색차는 2.6이고 50%의 관찰자가 색변화를 허용할 수 있는 색차는 5.5라고 보고되고 있다[15]. 이는 ΔE* ab>2.6일 때 50%의 관찰자가 치아와 인접 수복물 간의 색상차이를 인지할 수 있는 것을 의미하고, ΔE* ab<5.5일 때 50%의 관찰자가 수복물로서 임상적으로 색상차이를 허용할 수 있는 것을 의미한다.

ΔE*의 값이 1 이하일 경우 육안으로 구별할 수 없고, 색의 일치가 우수하고 2 이하일 경우 임상적으로 받아들여질 만하며, 3.7 이상일 경우에는 임상적으로 육안 상 확연히 구별될 수 있다[16-18]. 본 연구에서는 제조사별 같은 색상의 착색제를 사용하여 지르코니아끼리 색차를 비교한 결과, ΔE* 5.5 이하를 보여 임상적으로 허용할 수 있는 범위에 있는 수치를 보였다.

Table 5를 보면 Kuwotech-Luxen CL (KU-LU)의 두 시편은 ΔE* 값이 0.97로 육안으로 식별이 어려울 뿐만 아니라 색이 거의 일치한다고 볼 수 있다.

Upcera-DMAX (UP-DM) 시편 DM-LU 시편, DM-KU시편은 ΔE* 값이 1-2사이 값을 보이므로 육안으로 식별이 어렵고 임상적으로 받아들여진다고 할 수 있다.

UP-LU 시편은 ΔE* 값이 3.39를 보여 관찰자의 50%가 색을 인지할 수 있다.

ΔE* 값이 3.7 이상이면서 5.5 이하인 시편은 UP-AC (Acucera) 시편, DM-AC 시편, KU-AC 시편, LU-AC 시편은 육안으로 확연히 구별이 되며 색상에 차이가 임상적으로 허용 가능하다.

이 논문의 한계점은 지르코니아 색상과 반투명도의 경우 세라믹의 두께 표면의 질감, 세라믹의 조성과 같은 요인들에 영향을 받으나 이에 대한 연구가 없다는 점이다. 따라서, 후속연구에서는 색에 영향을 주는 요인의 변수를 추가한 연구가 필요하다고 생각한다.

CONCLUSIONS

지르코니아 착색제에 따른 제조사 간 색차 ΔE*ab (D65) 값이 5.5 이하이므로, 제조사별 착색제가 적용된 지르코니아는 색 변화를 허용할 수 있는 범위 안에 있다.

FUNDING

Research fund was supported by Daejeon Health Institute of Technology.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was conducted as a result of research by the Curaum Corporate Departmental Research Center.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Joo-Hee Lee, https://orcid.org/0000-0003-2137-9809
Jin-Young Park, https://orcid.org/0000-0002-8762-6908

REFERENCES

1. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. Aust Dent J. 2011;56 Suppl 1:84-96.
2. Santos GC Jr, Boksman LL, Santos MJ. CAD/CAM technology and esthetic dentistry: a case report. Compend Contin Educ Dent. 2013;34:764, 766, 768 passim.
3. Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. J Oral Rehabil. 2010;37:641-652.
4. Seok SH, Lee YM, Lee SH, Moon HR, Yang HC, Lim BS. Evaluation of leaching components and color stability for colored dental zirconia with various coloring liquids. Korean J Dent Mater. 2014; 41:185-195.
5. Lee JH, Park JY, Kim DY. Difference of translucency according to drying time after staining of dental zirconia. JKAIS. 2021;22:124-130.
6. Baek K, Woo YH, Kwon KR, Kim HS. Spectrophotometric analysis of the influence to shade of zirconia core on the color of ceramic. J Korean Acad Prosthodont. 2008;46:409-419.
7. Pae A, Baik J, Woo YH, Kim HS, Choi DG. Spectro-

photometric analysis of the influence of zirconia core on the color of ceramic. J Korean Acad Prosthodont. 2005;43:466-477.
8. Choi W, Lee S, Jih M, Sung M, Lee N. Color comparison of maxillary primary anterior teeth and various composite resins using a spectrophotometer. J Korean Acad Pediatr Dent. 2022;49:1-13.
9. Ragain JC Jr, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. Color Res Appl. 2000;25:278-285.
10. Oh YJ, Park SJ, Kim DJ, Cho HG, Hwang YC, Oh WM, et al. Proposal of new dental color-space for aesthetic dental materials. J Korean Acad Conserv Dent. 2007;32:19-27.
11. Lee JH, Park JY, Kim HJ, Moon YH, Kim WC. Effect of coloring agent dryness on zirconia color. JKAIS. 2018;19:176-182.
12. Kong MC. A study on color and flexural strength according to coloring and sintering temperature of preshaded zirconia block [master's thesis]. Busan: Catholic University of Pusan, 2017.
13. International Commission on Illumination. Colorimetry: technical report. 3rd ed. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 2004.
14. Oh GJ. Effects of infiltration of metal chloride solution on coloration, mechanical properties, and the biocompatibility of sintered zirconia [doctoral dissertation]. Gwangju: Chonnam National University, 2011.
15. Ha HS, Lim BS, Rhee SH. Effect of resin cement color on the color of commercially available zirconia crown. Korean J Dent Mater. 2018;45:233-242.
16. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. Dent Mater. 1997;13:179-185.
17. Lee HJ, Kim JH, Kim WC, Kim JH, Kim HY. Comparative study of color reproducibility of zirconia using a dipping method and coating method. J Korean Acad Dent Technol. 2013;35:185-192.
18. Kim K, Noh K, Pae A, Woo YH, Kim HS. Effect of coloring agent on the color of zirconia. J Korean Acad Prosthodont. 2017;55:18-25.