

글레이즈 처리한 다색 리튬 디실리케이트와 지르코니아의 색조비교

황별¹, 지정희¹, 박철수², 신재우¹, 이정환³, 이민호¹, 배태성^{1,*}

¹전북대학교 치과대학 치과생체재료학교실/생체흡수성소재연구소

²전북대학교 치과대학 치과교정학교실 및 구강생체과학연구소

³광주보건대학교 치기공과

Color comparison of glaze-treated multi-coloured lithium disilicate and zirconia

Byeol Hwang¹, Jeong-Hui Ji¹, Cheol-Soo Park², Jaewoo Shin¹, Junghwan Lee³, Min-Ho Lee¹, Tae-Sung Bae^{1,}*

¹*Department of Dental Biomaterials and Institute of Biodegradable Material, School of Dentistry, Jeonbuk National University, Jeonju-si, Republic of Korea*

²*Department of Orthodontics, School of Dentistry, Institute of Oral Biosciences, Jeonbuk National University, Jeonju-si, Republic of Korea*

³*Department of Dental Lab Technology, Gwanju Health University, Gwangju, Republic of Korea*

The purpose of this study was to investigate the effect of glazing treatment of multi-colored zirconia disc and lithium disilicate block on the optical properties. From an Ultra Translucent Multi-Layered (UTML) disc containing 50% cubic crystal and a lithium disilicate-based Amber Mill Direct (AMD) block, the 1.2 mm thick specimens of the upper layer (T), the center (M), and the lower layer (B) were prepared. Three types of paste glaze of InSync Glaze Paste, IPS E,max Ceram Glaze Paste, and Amber Ceram G7 Glaze Paste were applied and fired to a uniform thickness on the surface of the specimen. CIE L^* , a^* , b^* values were measured using a spectrophotometer and contrast and translucency were calculated. The bonding interface with the glaze layer was observed using HR FE-SEM. In the glazed groups, L^* value increased, but a^* value and b^* value decreased. The translucency value measured in the untreated group was statically higher in the AMD groups than in UTML groups ($P < 0.05$). The translucency did not show a significant difference before and after glazing treatment in the UTML group ($P > 0.05$), but significantly decreased compared to the untreated group after glazing treatment in the AMD group ($P < 0.05$). The contrast ratios generally increased after glaze treatment compared to the untreated group. Since the glaze treatment can affect the optical properties of ceramic restorations, the choice of glaze should be considered important for the desired color by the dental technician.

Key words: Zirconia, Lithium disilicate, Optical properties, Glaze

Byeol Hwang (ORCID: 0000-0003-4054-4179)
Jeong-Hui Ji (ORCID: 0000-0001-5744-3572)
Cheol-Soo Park (ORCID: 0000-0002-4896-1607)
Jaewoo Shin (ORCID: 0000-0003-0834-4265)
Junghwan Lee (ORCID: 0000-0002-2065-5632)
Min-Ho Lee (ORCID: 0000-0001-6142-4876)

Correspondence: Tae-Sung Bae (ORCID: 0000-0002-8307-4544)
567 Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do 54896, Republic of Korea
Affiliation: Department of Dental Biomaterials and Institute of Biodegradable Material, School of Dentistry, Jeonbuk National University, Jeonju-si, Republic of Korea
Tel: +82-63-270-4041, Fax: +82-63-270-4040
E-mail: bts@jbnu.ac.kr

Received: Feb. 02, 2021; Revised: Feb. 27, 2021; Accepted: Mar. 03, 2021

서론

치과용 포세린은 색상과 반투명성이 자연치의 법랑질 및 상아질과 매칭이 되어 porcelain jacket crown의 형태로 치과 임상에 도입이 되었다. 하지만 포세린은 고유의 취성이 있어 인장강도가 낮으므로 저작과정에서 낮은 외력이 작용하는 경우에도 쉽게 칩핑(chipping)이나 파절이 일어나는 단점을 보여 널리 보급되지 못하였다(1).

이후 1960년대에 접어들어 포세린의 우수한 심미성과 금속의 높은 파절저항성의 장점을 하나로 결합한 금속-세라믹(metal-ceramic) 수복법이 도입되었는데, 이 역시도 비니어(veneer) 세라믹의 소성과정에서 일어나는 금속제 프레임 워크/framework)의 산화, 금속 색의 차단을 위해 사용하는 불투명재에서 기인하는 명도의 증가와 자연 치아와의 shade matching의 어려움, 치은 변연부에 형성되는 gray line으로 인한 심미성의 감소 및 비니어 파절 등이 문제가 되었다(2, 3). 이 외에도 금속 프레임워크의 주조과정에서 발생하는 왁스 패턴의 변형, 매물재의 팽창과 수축 조절의 어려움 및 사용하는 합금에서 기인하는 생체적합성 등의 문제가 노출되었다(4).

근래 금속을 사용하지 않고 심미 수복물을 제작하기 위해 기계적 성질이 우수한 지르코니아계와 리튬 디실리케이트계의 세라믹 재료가 도입되었고, 더욱이 수복물의 제작 과정에 CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing)방식이 도입되면서 심미적인 측면에서 한계를 보인 금속-세라믹 수복법 대신 심미성이 우수한 세라믹 블록을 사용한 all-ceramic 수복물의 제작이 증가하고 있는 추세이다(5, 6).

지르코니아는 단사정계, 입방정계, 정방정계의 세 가지 결정학적 구조를 갖는다. 상온에서 약 1,170 °C까지의 온도 범위에서는 단사정상으로 존재하지만 그 이상의 온도에서는 정방정상으로 전이가 일어나고, 2,370 °C에서 녹는점, (2,680±15) °C 까지는 입방정상으로 존재한다(7). 치과보철물의 제작에 사용하는 CAD/CAM 용 지르코니아 블록은 이트리아를 3 mol% 첨가하여 안정화한 정방정 지르코니아 다결정체(3Y-TZP)가 주로 사용되고 있다(8). 3Y-TZP는 상온에서 준안정상상태를 유지하지만, 외력이 작용하여 균열이 생성되면 정방정상이 단사정상으로 전이가 되며 파절에

대한 저항성이 증가되므로 굴곡강도가 1,000 MPa 이상에 달한다(9, 10). 하지만 3Y-TZP는 일축성 광학적 이방체이고 결정립계에서 광감쇠가 크므로 광투과성이 불량하여 주로 구치부 영역에 한정하여 적용되고 있다(11).

세라믹 재료의 제조 기술이 개선되면서 전치부에서 심미 수복이 가능하도록 하기 위해 광투과성이 우수한 글라스세라믹 블록이 도입되었다(12, 13). 장식계 포세린 블록이나 루사이트계 블록은 심미성이 우수하지만 파절강도가 낮기 때문에 높은 응력이 발생하지 않는 부위에 한정하여 제한적으로 사용되고 있다. 그렇지만 리튬 디실리케이트계 글라스세라믹은 굴곡강도가 400 MPa 이상에 달하므로 구치부 교합력에도 저항할 수 있고, HF에 의한 산부식과 실란(silane) 처리가 가능하므로 레진과 높은 결합력을 얻을 수 있기 때문에 전치부와 구치부의 단일치 수복에서 그의 사용이 증가하는 추세이다(14). 또한 심미성이 요구되는 전치부에서 완성된 세라믹 수복물이 자연스러운 색조와 외양을 갖도록 하기 위해 색조와 반투명성을 두께 방향에 따라 다르게 한 다층과 다색의 블록이 도입되었다(15, 16). 단일 구조 다층의 지르코니아 블록에서는 자연 치아를 모방하기 위해 높은 투명도가 요구되는 부위는 광투과성을 증가시키고 반면, 높은 채도가 요구되는 부위는 반투명성을 감소시킨 형태로 블록을 제작하였다.

세라믹 수복물의 제작 시, 완성된 수복물이 자연치와 같은 매끄러운 표면과 광택을 갖도록 하기 위해 글레이징(glazing)을 한다(17). 글레이징을 통해 치태 침착의 방지, 표면 경도와 내마모성의 개선 및 심미성이 향상된다는 보고가 있으며(18), 이러한 연구 외에도 글레이징이 고온에서 용융되어 유리화 되면서 재료 내에서 성분 및 표면 변화 등으로 인해 빛의 산란, 반사, 굴절 등을 변화시켜 투명도와 색조에 영향을 미친다는 보고된 바 있다(19, 20). 그러나 이들 연구들은 주로 3Y-TZP에 한정되었고, 다층 또는 다색의 블록에서 글레이징 처리가 수복물의 색조 변화에 미치는 영향에 관한 연구는 많이 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 치과임상에서 전치부 심미보철을 위해 적용되고 있는 다색의 지르코니아계 Katana UTML 디스크와 리튬 디실리케이트계의 Amber Mill Direct 블록으로 시편을 제작한 다음 글레이징 처리가 광학적 성질에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 본 연구에서 귀무가설은

글레이즈 처리가 다색의 세라믹 블록으로 제작된 세라믹 수복물의 광학적 성질에 영향을 미치지 않는다는 것이다.

재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 Shade A2 CAD/CAM 용의 다층 또는 다색 블록 중에서 전치부 수복용으로 사용되는 지르코니아계의 50% 입방정 함유 Ultra Translucent Multi-Layered (UTML) (Kuraray Noritake Dental Inc, Aichi, Japan) 디스크 블록과 리튬 디실리케이트계의 Amber Mill Direct (AMD) (Hass, Gangneung, Korea) 블록을 사용하였다. 또한 글레이즈 재료로는 InSync[®] Glaze Paste (Jensen Dental, North Haven, CT, USA), IPS E,max Ceram Glaze Paste (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), Amber Ceram G7 Glaze Paste (Hass, Gangneung, Korea)의 세 종류를 사용하였다(Table 1).

2. 시편 제작

1) UTML 시편 제작

UTML 디스크는 소성수축을 고려하여 요구되는 치수보다 20% 크게 절단하고 3등분하여 상층부(T), 중앙부(M), 하층부(B)를 상징하여 3부위에서 15.0 mm×15.0 mm×1.9 mm 크기로 절단한 다음 표면을 균일화하기 위해 #600에서

#1000의 SiC 연마지 단계까지 순차적으로 연마하였다. 이후 지르코니아 소결로(Everest Therm, Kavo Dental GmbH, Biberach, Germany)를 사용하여 제조자가 추천하는 소결 조건에 따라 승온속도 10 °C/min으로 온도를 1,550 °C로 올려서 2시간 동안 유지하였다. 5세트의 지르코니아 시편을 준비한 다음 최종 두께가 1.2 mm가 되도록 #600에서 #1000의 SiC 연마지 단계에 걸쳐서 순차적으로 연마하였다.

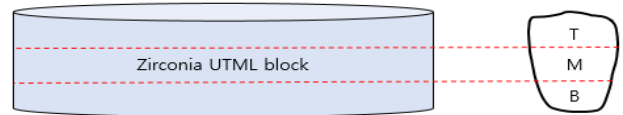


Figure 1. Schematic diagram of zirconia specimen in Top (T, incisal), Middle (M, body), and bottom (B, cervical).

2) AMD 시편 제작

AMD 블록으로 크라운의 상층부(T), 중앙부(M), 하층부(B)를 상징하여 3부위에서 14.0 mm×12.0 mm×1.5 mm 크기의 시편을 절단한 다음 최종 두께가 1.2 mm가 되도록 #600에서 #1000의 SiC 연마지 단계까지 순차적으로 연마하여 5세트의 시편을 준비하였다.

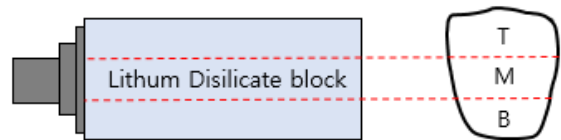


Figure 2. Schematic diagram of lithium disilicate specimen in Top (T, incisal), Middle (M, body), and bottom (B, cervical).

Table 1. Materials used in the study

Material	Brand name	Code	Manufacturer
Block	Katana Zirconia UTML A2	UTML	Kuraray Noritake Dental Inc, Aichi, Japan
	Amber Mill Direct A2	AMD	Hass, Gangneung, Korea
Glaze	InSync [®] Glaze Paste	IG	Jensen Dental, North Haven, CT, USA
	IPS E,max Ceram Glaze Paste	EG	Ivoclar/Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein
	Amber Ceram G7 Glaze Paste	AG	Hass, Gangneung, Korea

3) 글레이즈(glaze) 처리

시편의 표면에 붓을 이용하여 소정의 글레이즈를 균일한 두께로 도포하고 제조자가 추천하는 조건에서 소성하였다 (Table 2).

3. 색조측정

무처리 군과 글레이즈 처리된 시험군당 상층부(T), 중앙부(M), 하층부(B)의 각각 5개 시편에 대하여 측정을 시행하였다. 색조의 측정을 위해 분광광도계 Color i5 (Gretag Macbeth™ Instrument Co., New Windsor, NY, USA)를 사용하였고, 표준광원 D65 (6503K) 조건에서 SCI (Specular Component Included) 방식으로 표준 백색판($L^* = 95.64 \pm 0.06$, $a^* = -0.32 \pm 0.01$, $b^* = 2.38 \pm 0.01$)과 표준 흑색판($L^* = 0.07 \pm 0.02$, $a^* = 0.05 \pm 0.04$, $b^* = 0.01 \pm 0.05$)의 배경에서 정반사광을 포함하는 방식으로 각 시편의 CIE L^* , a^* , b^* 값을 측정하였다. CIE L^* , a^* , b^* system은 3차원 색상 공간 좌표로서 L^* 값은 밝기로 100은 완전한 백색을, 0은 완전한 검은색을 나타내며 a^* 값은 적색(+)에서 녹색(-)으로의 변이를 나타내고 b^* 값은 황색(+)에서 청색(-)으로의 변이를 나타낸다(21).

반투명도(Translucency Parameter, TP)는 다음의 식(1)을 적용하여 계산하였다.

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

여기에서 아래첨자 b와 w는 각각 백색과 흑색 배경 하에서 측정한 색상 좌표 값이다. TP값 0은 완전히 불투명한 재료에 해당되며, TP값이 클수록 재료의 실제 반투명도가

높아진다(22).

대조비(CR)은 색도좌표 X, Y, Z 값을 얻어서 백색과 흑색 배경에서의 Y 값으로부터 계산하였다. 다음의 식(2)을 적용하여 계산하였다.

$$CR = \frac{Y_b}{Y_w} \quad (2)$$

여기에서 Y_b 와 Y_w 는 흑색과 백색 배경에서 측정된 시편의 빛 반사율(spectral reflectance of light)이다. CR 값은 투명한 재료에서는 0이 되지만 완전하게 불투명한 재료에서는 1.0이 된다(23).

글레이즈 전후의 색차(ΔE_{ab}^*)는 다음의 식(3)을 이용하여 계산하였다.

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

여기에서 ΔL^* 값은 명도의 차이, Δa^* 값은 적/녹색 정도의 차이, Δb^* 값은 황/청색 정도의 차이를 나타내며, 백색과 흑색배경에서 측정된 각 군의 L^* , a^* , b^* 값의 평균치를 이용하여 계산하였다.

4. 미세구조 관찰

각 시험군과 글레이즈 층 사이의 결합계면을 관찰하기 위해 교정용 레진으로 매몰한 후, 저속 절단기를 이용하여 경계면(아주 좁은 면)이 노출되도록 절단하였다. 절단된 시편을 레진에서 분리하고 #800에서 #2000의 SiC 연마지 단계까지 연마하여 9% HF 수용액에 30초 동안 산 부식을 하였고, 증류수 중에서 1분간 초음파 세척하고 20초 동안

Table 2. Firing schedule of glazing

Material	ST (°C)	CT (min)	HR (°C/min)	FT (°C)	HT (min)	V ₁ (°C)	V ₂ (°C)	L (°C)
InSync® Glaze Paste	450	6:00	45	730	1:00	600	729	-
IPS E,max Ceram Glaze Paste	403	6:00	60	770	1:00	450	769	-
Amber Ceram G7 Glaze Paste	400	8:00	35	800	1:30	550	800	690

* ST: standby temperature; CT: closing time; FT: final temperature; HT: holding time; HR: heating rate; V1: vacuum on; V2: vacuum off; L: long-term cooling.

건조하였다. 이어서 각 시편의 표면에 백금을 코팅을 하고 고분해능 주사전자현미경(High Resolution Scanning Electron Microscope: HR FE-SEM, SU8230, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

분석은 0.05 유의수준에서 SPSS Win 25.0 program (IBM, Amonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다.

결 과

5. 통계적 분석

시험군 사이의 통계적 유의성은 one-way ANOVA와 Tukey-multiple comparisons test로 검증하였다. 모든 통계

Table 3은 UTML을 3등분하여 상층부(T), 중앙부(M) 및 하층부(B)의 시편을 준비한 다음 무처리 군과 세 종류의 글레이즈 처리한 UI군, UE군, UA군에 대하여 백색과 흑색

Table 3. Means and standard deviations of CIE L^* , a^* , b^* values for UTML specimens on the different background colors

Group	Measuring Parts	Backgrounds	L^*	a^*	b^*
UTML (Untreated)	T	white	80,45±1,26	0,81±0,16	14,85±0,17
		black	76,09±1,56	-1,10±0,09	9,63±0,39
	M	white	81,66±2,61	0,47±0,56	13,91±0,39
		black	77,34±3,24	-1,21±0,45	8,87±0,79
	B	white	81,53±1,61	-0,56±0,08	11,70±0,09
		black	76,25±1,70	-1,65±0,07	6,37±0,20
UI	T	white	83,89±1,07	0,76±0,07	13,32±1,02
		black	79,84±1,42	-0,91±0,07	9,41±1,07
	M	white	84,32±0,45	0,13±0,20	11,89±0,91
		black	79,99±1,42	-1,15±0,22	7,77±0,07
	B	white	84,99±0,81	-0,13±0,07	10,26±0,67
		black	80,91±0,28	-1,15±0,07	6,29±0,29
UE	T	white	83,11±1,27	0,82±0,07	14,92±1,11
		black	79,34±0,97	-0,91±0,04	10,60±0,86
	M	white	83,89±1,32	-0,06±0,37	12,72±1,41
		black	78,62±1,86	-1,35±0,27	8,62±0,13
	B	white	84,60±0,41	0,13±0,01	10,60±0,47
		black	80,93±0,16	-0,88±0,03	6,77±0,15
UA	T	white	81,44±0,76	0,40±0,16	13,29±0,34
		black	76,99±1,23	-1,11±0,16	8,33±0,02
	M	white	84,67±1,49	0,24±0,30	10,34±0,69
		black	80,09±1,73	-1,01±0,23	6,67±0,43
	B	white	85,83±0,66	0,09±0,26	8,99±0,61
		black	81,31±0,52	-0,87±0,17	5,19±0,06

Table 4. Means and standard deviations of CIE L^* , a^* , b^* values for AMD specimens on the different background colors

Group	Measuring Parts	Backgrounds	L^*	a^*	b^*
AMD (Untreated)	T	white	65.95±0.25	4.23±0.08	14.16±0.51
		black	56.02±0.54	-5.36±0.06	-1.25±0.56
	M	white	68.84±0.23	3.36±0.13	13.09±0.45
		black	60.30±0.15	-5.43±0.01	-0.29±0.11
	B	white	70.79±0.56	2.22±0.21	12.25±0.14
		black	64.22±0.66	-4.50±0.02	1.90±0.42
AI	T	white	66.34±0.70	3.85±0.17	11.73±0.26
		black	58.35±1.45	-4.84±0.35	-0.99±1.13
	M	white	68.15±0.91	2.91±0.12	11.03±0.69
		black	62.04±0.39	-4.68±0.24	0.90±0.58
	B	white	70.49±0.96	2.06±0.12	11.99±0.67
		black	63.10±1.40	-4.07±0.17	1.61±0.59
AE	T	white	65.17±0.85	3.63±0.44	10.51±0.84
		black	58.67±0.98	-4.57±0.15	-0.80±0.19
	M	white	68.18±1.38	2.80±0.14	10.03±0.90
		black	63.27±0.18	-4.22±0.06	1.42±0.76
	B	white	70.31±1.01	1.95±0.19	11.28±0.74
		black	65.03±1.27	-3.75±0.16	1.95±0.46
AA	T	white	68.47±1.05	2.28±0.17	8.04±0.34
		black	64.44±0.48	-3.28±0.10	1.53±0.16
	M	white	69.16±1.17	2.66±0.09	10.29±0.21
		black	66.24±0.53	-2.81±0.19	4.28±0.05
	B	white	73.97±0.17	2.28±0.26	10.69±0.33
		black	71.30±0.44	-2.13±0.18	6.21±0.37

배경 하에서 측정된 CIE L^* , a^* , b^* 값이다. UTML 무처리 군과 비교했을 때 각 시편의 상층부(T)에서 하층부(B)로 갈수록 명도를 나타내는 L^* 값은 증가하였고, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^* 값과 황/청색의 정도를 나타내는 b^* 값은 UE군을 제외하고 감소하는 양상을 나타냈다.

Table 4는 AMD의 상층부(T), 중앙부(M) 및 하층부(B)의 무처리 시편과 세 종류의 글레이즈 처리한 AI군, AE군, AA군에 대하여 백색과 흑색 배경 하에서 측정된 CIE L^* , a^* , b^* 값이다. AMD 무처리 군과 비교했을 때 각 시편의 상층부(T)

에서 하층부(B)로 갈수록 L^* 값은 증가하였고, a^* 값은 AA군을 제외하고 감소하였다. b^* 값 또한 감소하는 양상을 나타냈고, 각 군의 하층부(B)에서 가장 높게 나타났다.

Table 5는 UTML과 AMD의 글레이즈 처리 전후의 반투명도(TP) 값을 나타낸 것이다. 무처리 군에서 측정된 반투명도 값은 AMD 군이 UTML군에 비해 유의하게 높게 나타났다 ($P < 0.05$). UTML 군에서는 글레이즈 처리 전후에 유의미한 차이가 나타나지 않았지만($P > 0.05$), AMD 군의 반투명도 값은 글레이즈 처리 후 무처리 군에 비해 유의하게 감소되었

Table 5. Means and standard deviations of TP values

Light Parameter	Group	Measuring Parts	Mean±SD
TP	UTML (Untreated)	T	7.07±0.39
		M	6.86±0.74
		B	7.58±0.15
	UI	T	5.96±0.41
		M	6.17±0.87
		B	5.82±0.28
	UE	T	5.99±0.10
		M	6.09±1.32
		B	5.41±0.45
	UA	T	6.84±0.45
		M	6.03±0.62
		B	6.00±0.30
	AMD (Untreated)	T	20.70±0.87
		M	18.14±0.51
		B	13.98±0.55
	AI	T	17.35±1.66
		M	14.06±1.02
		B	14.14±0.17
	AE	T	15.42±1.02
		M	12.17±0.94
		B	12.23±1.63
	AA	T	9.51±0.37
		M	8.69±0.43
		B	6.83±0.37

다($P < 0.05$). 글레이즈 처리한 UTML 군의 반투명도 값은 상층부(T)에서 5.96~6.84, 중앙부(M)에서 6.03~6.17, 하층부(B)에서 5.41~6.00로서 상, 하부에서 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 글레이즈 처리한 AMD 군의 반투명도 값은 상층부(T)에서 9.51~17.35, 중앙부(M)에서 8.69~14.06, 하층부(B)에서 6.83~14.14로서 무처리 군에 비해 상층부(T)와 중앙부(M)에서는 낮게 나타났지만, 하층부(B)에서는 AI군이 14.14로서 근사하게 높게 나타났다. 글레이즈 처리한 UA군과 AI군의 상층부(T)에서 가장 높고, UE군과 AA군의 하층부(B)에서 가장 낮게 나타났다. 모든 시험군에서 무처리 군에 비해 글레이즈 처리한 UA군과 AI군에서 반투명도 변화가

가장 적었다.

Figure 3, 4 및 5는 각 상층부(T), 중앙부(M), 하층부(B)에서 측정된 UTML과 AMD 군의 글레이즈 전후에 대조비(CR)를 측정된 결과를 도시한 것이다. 글레이즈 처리한 시험군은 무처리 군에 비해 전체적으로 증가하는 양상을 나타내었다. 글레이즈 전후의 대조비 변화 폭은 UTML군보다 AMD군의 시편에서 더 컸다.

Table 6은 UTML과 AMD 군의 글레이즈 전후에 백색과 흑색 배경하에서 색차(ΔE^*) 값을 측정된 결과이다. UTML군 중 UA군의 하층부(B)가 백색배경에서 5.16 ± 2.07 와 흑색배경에서 5.30 ± 2.07 로 가장 높은 값을 나타냈고, UA군의

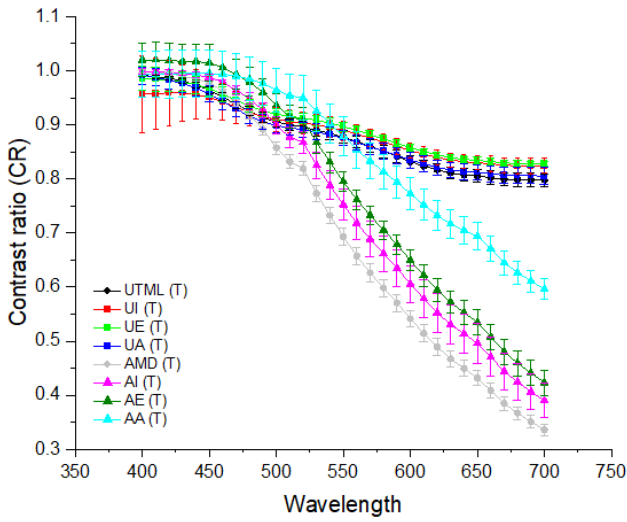


Figure 3. Changes in contrast ratio before and after glazing measured at the top of UTML and AMD specimens.

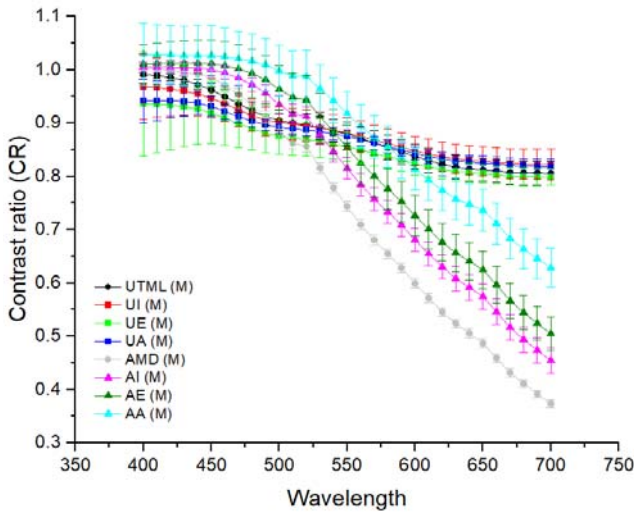


Figure 4. Changes in contrast ratio before and after glazing measured at the middle of UTML and AMD specimens.

상층부(T)가 각각 2.14 ± 0.25 와 2.02 ± 0.33 으로 가장 낮은 값을 나타냈다. AMD군 중 AA군의 상층부(T)의 백색과 흑색 배경에서 각각 6.93 ± 0.65 와 9.11 ± 0.31 로서 가장 높은 값을 나타냈다. AI군의 하층부(B)의 백색배경에서 1.11 ± 0.54 와 AE군의 하층부(B)의 흑색배경에서 1.28 ± 0.81 로 가장 낮은 값을 나타냈다. UTML과 AMD군의 각각의 배경에서 측정된 색차(ΔE^*) 값은 AA군을 제외하고 통계학적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

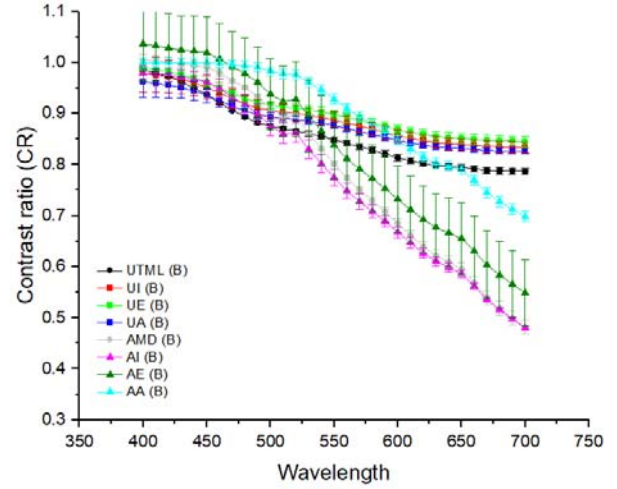


Figure 5. Changes in contrast ratio before and after glazing measured at the bottom of UTML and AMD specimens.

Figure 6은 각 시험군과 글레이즈 층 사이의 결합계면을 관찰하기 위해 표면을 고분해능 주사전자 현미경(FE-SEM)을 이용하여 2,000배율로 관찰한 사진이며 관찰한 결과, 글레이즈 층의 두께가 UI군에서 $15.1 \mu\text{m}$, UE군에서 $22.7 \mu\text{m}$, UA군에서 $26.0 \mu\text{m}$, AI군에서 $20.0 \mu\text{m}$, AE군에서 $32.5 \mu\text{m}$, AA군에서 $31.3 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

고 찰

본 연구에서는 색상과 강도가 그라데이션 되어 있는 AMD 블록과 다층의 UTML 디스크로 제작된 시편의 글레이즈 처리가 광학적 특성에 미치는 영향에 대하여 평가하였다. 실험 결과, 제조사와는 무관하게 글레이즈 처리한 UTML군의 반투명도(TP)는 무처리 군에 비해 유의미한 차이를 보이지 않았지만($P > 0.05$), AMD 군에서는 유의하게 감소된 양상을 나타냈다($P < 0.05$). 대조비(CR)는 무처리 군에 비해 글레이즈 처리한 시험군이 전체적으로 증가하는 양상을 나타내었으므로, 본 연구의 귀무가설은 기각되었다.

근래 치과임상에서 사용되고 있는 다양한 종류의 세라믹 수복재료 중 이트리아 안정화 정방정 지르코니아 다결정체(3Y-TZP)는 다른 세라믹 재료들에 비해 우수한 기계적 특성과 생체적합성을 갖고 있다. 하지만 흰색에서 상아색을 띄는

Table 6. Means and standard deviations of ΔE^* values for UTML and AMD specimens on the different background colors

	Measuring Parts	Group	Backgrounds	Mean \pm SD
UTML	T	UI	white	3,89 \pm 0,67
			black	3,87 \pm 1,49
		UE	white	2,79 \pm 1,28
			black	3,50 \pm 1,10
		UA	white	2,14 \pm 0,25
			black	2,02 \pm 0,33
	M	UI	white	3,54 \pm 2,42
			black	3,32 \pm 2,09
		UE	white	3,40 \pm 2,00
			black	2,54 \pm 1,20
		UA	white	4,96 \pm 2,00
			black	4,12 \pm 1,63
	B	UI	white	3,77 \pm 1,99
			black	4,69 \pm 1,71
		UE	white	3,35 \pm 1,26
			black	4,77 \pm 1,54
		UA	white	5,16 \pm 2,07
			black	5,30 \pm 2,07
AMD	T	AI	white	2,55 \pm 0,56
			black	2,90 \pm 1,48
		AE	white	3,87 \pm 0,77
			black	2,83 \pm 1,11
		AA	white	6,93 \pm 0,65
			black	9,11 \pm 0,31
	M	AI	white	2,32 \pm 0,66
			black	2,25 \pm 0,49
		AE	white	3,36 \pm 1,41
			black	3,67 \pm 0,49
		AA	white	3,14 \pm 0,40
			black	7,94 \pm 0,57
	B	AI	white	1,11 \pm 0,54
			black	1,66 \pm 0,97
		AE	white	1,32 \pm 1,00
			black	1,28 \pm 0,81
		AA	white	3,58 \pm 0,69
			black	8,63 \pm 1,06

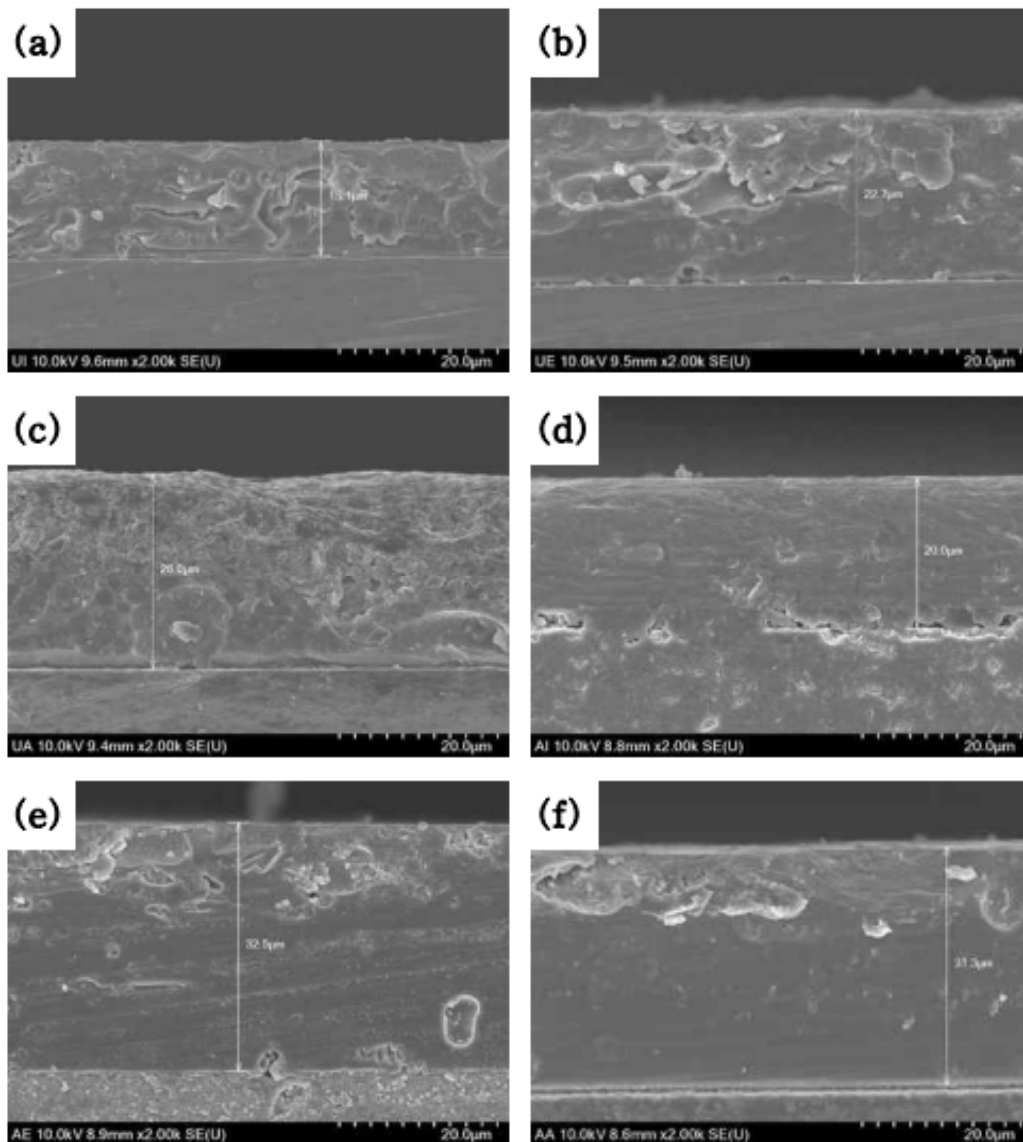


Figure 6. FE-SEM images of the interface between each groups and glaze layer ($\times 2,000$).
 (a) UI: UTML-InSync, (b) UE: UTML-E,max, (c) UA: UTML-Amber G7, (d) AI: Amber Mill-InSync,
 (e) AE: Amber Mill-E,max, (f) AA: Amber Mill-Amber G7.

불투명한 색상을 갖고 있기 때문에 심미성이 요구되는 전치부 영역에서의 사용이 제한되는 등의 문제점을 보였다. 3Y-TZP의 이러한 문제점을 개선하여 색을 매칭시키기 위해 반투명성과 채도를 두께방향으로 변화시킨 Multi-layer zirconia disc와 가소된 블록의 밀링 후 착색하는 방법이 도입되었다(24). 이외에도 리튬 디실리케이트가 함유된 글라스세라믹 재료는 광투과성이 양호하여 심미성이 있으므로 비니어 없이도 전치부에 적용할 수 있고, 굴곡강도가

400 MPa 이상이므로 구치부 교합력에도 견딜 수 있으며, HF에 의한 산부식과 실란(silane) 처리가 가능하므로 레진과의 사이에 강한 합착력을 얻을 수 있는 등의 장점으로 인해 전/구치부의 단일치 수복에 적합한 재료로서 평가되고 있다. 또한 최근에 도입된 리튬 디실리케이트계의 다색 블록은 강도와 색조가 두께방향으로 그래데이션 되어있다(25).

다색 또는 다층의 블록에서는 자연치에서 관찰되는 그래데이션 웨이드를 재현하기 위해, 기본적으로 에나멜로 구성

되어 있는 절단 부위는 가장 반투명하고 치경 부위로 갈수록 점차적으로 채도와 불투명도가 증가하는 구조로 되어있으며, 세라믹 수복물 제작 시 전체적으로 만족스러운 자연치의 질감과 색조의 재현이 가능한 것으로 보고되고 있다(26).

밀링가공과 형태의 수정을 거친 세라믹 수복물은 일반적으로 글레이즈 처리를 통해 최종적으로 완성된다. 제작된 세라믹 수복물의 표면에는 다수의 미세 결합이 존재하므로 교합 및 저작의 과정에서 외력이 작용할 경우, 가장 취약한 결합부에서 응력의 집중을 초래하여 파절이 일어날 수 있다. 하지만 글레이즈를 처리하면 표면의 미세결합이나 기공이 메워져서 외력의 작용 시 응력의 집중이 완화된다(27, 28). 일반적으로 글레이즈는 모재에 비해 열팽창계수가 작으므로 세라믹 수복물에 글레이즈 처리를 하면 세라믹 수복물의 표면에 잔류 압축응력 층이 생성되어 파절에 대한 저항성이 개선된다.

치과 임상에서 세라믹 수복물의 색조 평가 시, 일반적으로 색조 견본을 이용한 시각적 매칭법이 적용되고 있지만 객관적인 색조의 평가가 요구되는 경우에는 분광광도계 또는 색차계와 같은 색 측정 장비가 사용된다. 본 연구에서는 색조측정을 위해 분광광도계 Color i5를 사용하여 표준 백색 판과 표준 흑색판 배경 하에서 정반사광을 포함하는 방식으로 L^* , a^* , b^* 값을 측정하였다.

측정한 결과, UTML 군은 무처리 군에 비해 각 시편의 상층부(T)에서 하층부(B)로 갈수록 명도를 나타내는 L^* 값은 증가하였고, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^* 값과 황/청색의 정도를 나타내는 b^* 값은 UE군을 제외하고 감소하는 양상을 나타냈다. AMD 군은 무처리 군에 비해 각 시편의 상층부(T)에서 하층부(B)로 갈수록 L^* 값은 증가하였고, a^* 값은 AA군을 제외하고 감소하였다. b^* 값은 감소하는 양상을 나타냈고, 각 군에서 하층부(B)에서 가장 높게 나타났다. 이는 Ueda 등이 보고한 바와 같이 각 측정 부위마다 서로 다른 L^* , a^* , b^* 값을 나타내는 원인은 기본적으로 배경색의 반사(반투명성)로 인해 백색과 흑색 배경 하에서 ΔE^* 값의 차이를 야기하는 색의 변수로 작용하였기 때문이라고 생각된다(29).

Spink 등이 언급한 바와 같이 세라믹 수복물의 반투명성은 일반적으로 반투명도(TP)와 대조비(CR)로 표현되는데, 이전의 연구들과 마찬가지로 이 두 인자 사이에는 높은

상관관계가 있다(30). 반투명도의 측정은 세라믹 수복재료의 반투명성을 결정하는 신뢰도가 높은 기법으로, 세라믹 재료의 화학적 조성, 미세구조, 평균입경을 포함해서 여러 가지 인자들이 반투명도와 대조비에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서 글레이즈 처리 전후의 반투명도(TP)를 측정한 결과, 리튬 디실리케이트가 지르코니아보다 높게 나타났으며, 글레이즈 처리 후 무처리 군에 비해 감소하는 양상을 나타냈다. 다른 시험군에 비해 대조비(CR)가 다소 낮게 나타난 UE군의 중앙부(M)를 제외하고 글레이즈 처리 후에 전체적으로 증가하는 양상을 나타냈다.

Bayindir 등, Yilmaz 등이 연구한 치과용 세라믹의 색조에 대해 임상적으로 허용 가능한 색차는 ΔE^* (3.7로 보고된 바 있다(31, 32)). 본 연구에서 색차(ΔE^*)는 백색과 흑색 배경에서 측정한 값을 나타내는데, 모든 시험군 중에서 AI군, AE군의 하층부(B)가 1.11~1.66로서 가장 낮아서 임상적으로 허용 가능한 범위를 나타냈다. 허용 오차범위를 초과하는 결과에 대하여, Subaşı 등은 글레이즈의 소성 스케줄, 소성 온도, 계류시간뿐만 아니라 술자에 따른 글레이즈 층의 두께 등 다양한 인자들이 반투명도와 색차에 영향을 미칠 수 있다고 언급하였다(21).

Matsuzaki 등이 연구한 결과(33)와 같이, 재현하고자 하는 수복물과 유사한 반투명성을 지닌 다층 다색 블록은 자연치와 유사한 색을 재현하는데 있어서 임상적으로 유용할 것으로 생각되지만 세라믹 수복물의 외양에는 다양한 변수가 영향을 미치므로 글레이즈 처리에 대한 보다 많은 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

결론

본 연구는 전치부 심미보철을 위해 치과임상에서 적용되고 있는 다색의 지르코니아 블록과 리튬 디실리케이트 블록의 글레이즈 처리가 광학적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 시행되었다. 지르코니아계 UTML block과 리튬 디실리케이트계 AMD block을 크라운의 상층부(T), 중앙부(M) 및 하층부(B)를 상정하여 3부위에서 절단한 후, 최종두께가 1.2 mm가 되도록 연마하여 시편을 준비하였다. 각 시험군의 시편에 세 종류의 paste glaze로 glazing 처리를 하여, 각각의

색조를 CIE L^* , a^* , b^* 색 체계를 이용하여 측정하고 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 글레이즈 처리한 시험군에서 L^* 값은 증가하였고, a^* 값과 b^* 값은 감소하는 양상을 보였다.
2. 글레이즈 처리 전후의 반투명도와 대조비 변화 폭은 리튬 디실리케이트가 지르코니아보다 높게 나타났다.
3. 세 종류의 글레이즈 처리한 리튬 디실리케이트와 지르코니아로 제작된 세라믹 수복물의 색차는 무처리 군에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($P < 0.05$).

결론적으로, 글레이즈 처리는 세라믹 수복물 제작의 마지막 단계로서 광학적 특성에 영향을 줄 수 있으므로 치과기공사가 원하는 색조를 재현하고자 할 때 글레이즈의 선택은 중요하게 고려되어야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 논문은 황별의 2020년도 석사 학위논문의 내용을 발췌 정리하였습니다.

참고문헌

1. McLean JW. The strength and strengthening mechanisms of dental ceramics. In: Dental ceramics, Proceedings of the first international symposium on ceramics. McLean JW, Ed, Chicago: Quintessence Publishing Co., Inc. 1983;83-141.
2. Yamamoto M. Metal ceramics. Chicago: Quintessence 1985;219-91.
3. Piddock V, Qualtrough AJE. Dental ceramics-an update. J Dent. 1990;18(5):227-35.
4. Tuncel I, Turp I, Usumez A. Evaluation of translucency of monolithic zirconia and framework zirconia materials. J Adv Prosthodont. 2016;8(3):181-6.
5. Kosmac T, Oblak C, Marion L. The effect of dental grinding and sandblasting on aging and fatigue behavior of dental zirconia (Y-TZP) ceramics. J Eur Ceram Soc. 2008;28(5):1085-90.
6. Denry I, Kelly R. State of the art of zirconia for dental applications. Dent Mater. 2008;24(3):299-307.
7. 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(2):329-37.
8. Ban S. Reliability and properties of core materials for all-ceramic dental restorations. Jpn Dent Sci Rev. 2008;44(1):3-21.
9. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sand blasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. Dent Mater. 1999;15(6):426-33.
10. Luthardt RG, Holzhueter M, Sandkuhl O, Herold V, Schnapp JD, Kuhlisch E, Walter M. Reliability and properties of ground Y-TZP zirconia ceramics. J Dent Res. 2002;81(7):487-91.
11. Spyropoulou PE, Giroux EC, Razzoog ME, Duff RE. Translucency of shaded zirconia core material. J Prosthet Dent. 2011;105(5):304-7.
12. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic system: Laboratory and clinical performance. Dent Clin North Am. 2011;55(2):333-52.
13. Lambert H, Durand J-C, Jacquot B, Fages M. Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. J Adv Prosthodont. 2017;9(6):486-95.
14. Gresnigt M, Ozcan M, Houten MLA, Schipper L, Cune MS. Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. Dent Mater. 2016;32(5):607-14.
15. Elsaka, Shaymaa E. Optical and mechanical properties of newly developed monolithic multilayer zirconia. J Prosthodont. 2019;28(1):e279-84.

16. Hamed JG, Bakry SI, Hussein SA, Al Abbassy FH. Evaluation of biaxial flexural strength and translucency of multichromatic translucent zirconia and lithium disilicate ceramics. *Alex Dent J.* 2018; 43(2):86-93.
17. Yilmaz C, Korkmaz T, Demirkoprulu H, Ergun G, Ozkan Y. Color stability of glazed and polished dental porcelains. *J Prosthodont.* 2008;17(1):20-4.
18. Kim SJ, Kahm SH. Translucency of ceramic veneers on glazing effect. *J Kor Acad of Prosthodont.* 2015; 53(2):138-43.
19. Sim JH, Lee JB, Hwang SS. Effect of glazing on the flexural strength of lithium disilicate glass ceramics. *Kor J Dent Mater.* 2019;46(4):185-94.
20. Kim HK, Kim SH, Lee JB, Han JS, Yeo IS. Effect of polishing and glazing on the color and spectral distribution of monolithic zirconia. *J Adv Prosthodont.* 2013;5(3):296-304.
21. Subaşı GM, Alp G. Effects of Different Glaze Treatments on The Optical Properties and Roughness of Lithium Disilicate Ceramics. *Cumhur Dent J.* 2019;22 (1):48-55.
22. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont.* 1995;8(1):79-86.
23. Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD-CAM ceramic systems. *J Dent.* 2014; 42(9):1202-9.
24. Mi-Gyoung Park. Effect of coloring and thickness on the color and translucency parameter of translucent zirconia. *Korean J Dent Mater.* 2020;47(1):11-22.
25. Kurtulmus-Yilmaz S, Ulusoy M. Comparison of the translucency of shaded zirconia all-ceramic systems. *J Adv Prosthodont.* 2014;6(5):415-22.
26. Kolakarnprasert N, Kaizer MR, Kim DK, Zhang Y. New multi-layered zirconias: composition, microstructure and translucency. *Dent Mater.* 2019;35(5): 797-806.
27. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD. The effect of glaze on porcelain strength. *Dent Mater.* 1992;8(3): 203-7.
28. Nam MG, Park MG. Changes in the flexural strength of translucent zirconia due to glazing and low-temperature degradation. *J Prosthet Dent.* 2018;120 (6):969 e1-6.
29. Ueda K, Güth J, Erdelt K, Stimmelmayer M, Kappert H, Beuer F. Light transmittance by a multi-coloured zirconia material. *Dent Mater J.* 2015;34(3):310-4.
30. Spink LS, Rungruanganut P, Megremis S, Robert Kelly J. Comparison of an absolute and surrogate measure of relative translucency in dental ceramics. *Dent Mater.* 2013;29(6):702-7.
31. Bayindir F, Ozbayram O. Effect of number of firings on the color and translucency of ceramic core materials with veneer ceramic of different thicknesses. *J Prosthet Dent.* 2018;119(1):152-8.
32. Yılmaz 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(6):427-33.
33. Matsuzaki F, Sekine H, Honma S, Takanashi T, Furuya K, Yajima Y, Yoshinari M. Translucency and flexural strength of monolithic translucent zirconia and porcelain-layered zirconia. *Dent Mater J.* 2015;34(6): 910-7.

글레이즈 처리한 다색 리튬 디실리케이트와 지르코니아의 색조비교

황별¹, 지정희¹, 박철수², 신재우¹, 이정환³, 이민호¹, 배태성^{1,*}

¹전북대학교 치과대학 치과생체재료학교실/생체흡수성소재연구소

²전북대학교 치과대학 치과교정학교실 및 구강생체과학연구소

³광주보건대학교 치기공과

본 연구의 목적은 다색의 지르코니아 블록과 리튬 디실리케이트 블록의 글레이즈 처리가 광학적 특성에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 지르코니아계 50% 입방정 함유 Ultra Translucent Multi-Layered (UTML) disc와 리튬 디실리케이트계 Amber Mill Direct (AMD) block을 크라운의 상층부(T), 중앙부(M), 하층부(B)를 상정하여 최종 두께가 1.2 mm가 되도록 준비하였다. 세 종류의 paste glaze (InSync[®] Glaze Paste, IPS E.max Ceram Glaze Paste, Amber Ceram G7 Glaze Paste)를 시편의 표면에 균일한 두께로 적용하고 소성하였다. CIE L^* , a^* , b^* 값은 분광 광도계를 사용하여 각 시편의 상층부, 중앙부 및 하층부에서 각각 3회씩 측정하여 분석하였다. HR FE-SEM을 이용하여 모재와 글레이즈 층과의 결합계면을 관찰하였다. 글레이즈 처리한 실험군에서는 L^* 값은 증가하고, a^* 값과 b^* 값은 감소하였다. 무처리 군에서 측정된 반투명도 값은 UTML보다 AMD군에서 통계학적으로 유의하게 더 높았다($P < 0.05$). 반투명도는 UTML군에서는 글레이즈 처리 전후 유의한 차이를 보이지 않았지만($P > 0.05$), AMD군의 글레이즈 처리 후 무처리 군에 비해 유의하게 감소되었다($P < 0.05$). 대조비는 글레이즈 처리 후 무처리 군에 비해 전반적으로 증가한 양상을 보였다. 결론적으로, 글레이즈 처리는 세라믹 수복물 제작의 마지막 단계로서 광학적 특성에 영향을 줄 수 있으므로 치과기공사가 원하는 색조를 재현하고자 할 때 글레이즈의 선택은 중요하게 고려되어야 할 것으로 생각된다.

색인 단어 : 지르코니아, 리튬디실리케이트, 광학적특성, 글레이즈
