

도재층의 두께와 색이 도재수복물의 최종 색조에 미치는 영향

전북대학교 치과대학 치과보철학교실

성동환 · 이임기 · 송진원 · 복원미 · 안승근 · 박찬운

I. 서 론

자연스런 도재 수복물을 제작하기 위해서는 불투명도, 색조 그리고 두께 등의 요소를 다르게 하여 도재층을 제작해야 한다.¹⁾ 이러한 요소들은 미리 그 양을 측정할 수 없고, 심미적인 결과는 ceramist의 경험, 기교, 동기 유발에 달려 있다. 특히 심미 수복물의 최종 색조는 도재층의 조합과 두께, 색조와 불투명도에 의존한다. 그리고 도재의 최종 색조에 영향을 미치는 다른 요인으로는 제조사,²⁻⁴⁾ batch,³⁾ 도재의 소성 회수 그리고 응축 기술 등이 있다.⁵⁻⁷⁾

1990년에 개발된 lithium disilicate glass-ceramic 시스템(IPS-Empress 2)은 작업모형상에서 직접 왁스를 조각하고 매몰하여 소환 구조하여 도재관을 제작한다. 이와 같은 제작방법으로 소환 구조하여 도재관을 제작하므로 형태의 재현성이 좋고 변연 적합도가 우수하다. 또한 채색법(staining technique)과 veneering 도재를 이용하여 도재관 위에 축성하는 축성법(layering technique)을 이용하기 때문에 색조의 재현성이 우수한 장점을 가지고 있다.⁸⁾

그러나 채색법은 오래 사용하면, 저작이나 잇솔질에 의해 채색층이 제거되어 변색이 일어날 수 있는 단점이 있고,⁹⁾ 축성법으로 제작된 도재수복물은 core 층과 veneering 층으로 나눌 수 있는데 이러한 도재층의 색과 두께가 색조에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 충분하지 않은 실정이다. Dozic 등¹⁾은

opaque과 veneering 도재 시스템에서 그것들의 두께 비율 사이에 유의성 있는 상관관계가 있다고 하였고, Vichi 등¹⁰⁾은 도재를 위한 공간이 1.5 mm 까지 감소한다면 기질을 평가할 필요가 있다고 하였으며, Nakamura 등¹¹⁾은 백류석 강화도재를 이용하여 수복물을 제작했을 때, 하부의 metal core의 색을 가리기 위해서는 1.6 mm 이상의 도재 두께가 요구된다고 하였다. Zhang 등¹²⁾은 착색된 치아에서 double-layer veneer의 실험을 했을 때, 27단위 이상의 색차를 관찰하였다고 보고하였다. Douglas 등¹³⁾은 반투명한 전부도재관의 두께를 증가시키는 것은 색조를 맞추는 것을 대해 개선시키지는 못한다고 하였고, Heffernan 등^{14,15)}은 core와 veneering ceramic의 두께가 전체의 투명도에 영향을 미치며, In-Ceram spinell, Empress, Empress 2 그리고 Procera가 평균적인 명도와 투명도를 갖는 치아에 적합하다고 하였다.

이에 본 연구에서는 도재층의 두께와 색이 도재수복물의 최종 색조에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보기 위하여, 비교적 투명도가 높은 lithium disilicate glass-ceramic 시스템(IPS-Empress 2)을 시험 재료로 선택하고, 국제 조명 위원회(Commission Internationale de JE clairage)¹⁶⁾에 의해 개발된 CIE L*a*b*(CIELAB) 색체계의 3가지 빛의 속성으로 표현되는 분광측색 분석(spectrophotometric analysis)을 사용하여 실험하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

Ceramic 시편으로 lithium disilicate glass-ceramic 시스템 (IPS-Empress 2 (Ivoclar, Schaan, Liechtenstein))을 사용하였는데, ceramic core 시편은 shade 100의 Empress 2 ingot을 이용하여 제작하고, dentin porcelain 시편은 dentin powder (shade A1, A2, A3 그리고 A4)를, enamel porcelain 시편은 incisal powder (shade S1)를 사용하였다. 배경으로 흰색, 밝은 회색 그리고 밝은 갈색의 색지를 사용하였다 (Table I).

2. 연구 방법

가) 시편제작

Shade 100의 Empress 2 ingot을 절단하여 직경 10 mm, 두께 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 그리고 1.2 mm의 ceramic core 시편을 제작하였다. Dentin porcelain 시편의 제작을 위해 dentin powder와 liquid를 혼합하여 직경 12 mm와 0.8, 1.0, 1.2 그리고 1.5 mm 두께를 가지는 금속 주형에 주입한 후 응축하고 제조자의 지시대로 도재로에서 소성하였다 (Table II). 180과 220 grit aluminum oxide abrasive paper를 이용하여 직경 10 mm와 5가지의 두께 (0.3, 0.5, 0.7, 0.9 그리고 1.2 mm)로 시편을 제작하였다. Enamel porce-

Table I. Materials used in this study

Material	Manufacturer	Shade	Type
Ceramic core	Ivoclar, Schaan Liechtenstein	100 shade	Leucite-reinforced aluminum oxide ceramic ingot
Dentin porcelain	Ivoclar, Schaan Liechtenstein	A1, A2, A3, A4	Feldspathic-firing ceramic
Enamel porcelain	Ivoclar, Schaan Liechtenstein	S1	Feldspathic-firing ceramic
Back-ground	Jongienara, Korea	White, white gray, white brown	Color paper

Table II. Enamel/dentin material firing schedule

Preheating time	Base Temp.	Rate of rise	High Temp.	Hold time	Vacuum Temp.	Vacuum release Temp.
6 min	403 °C	60 °C/min	800 °C	2 min	450 °C	799 °C

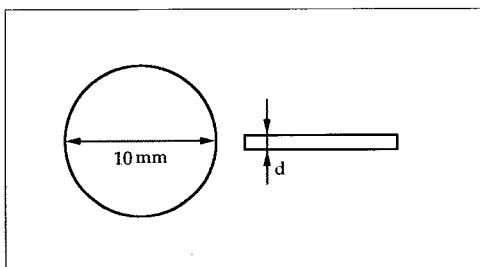


Fig. 1. IPS-Empress 2 disc.

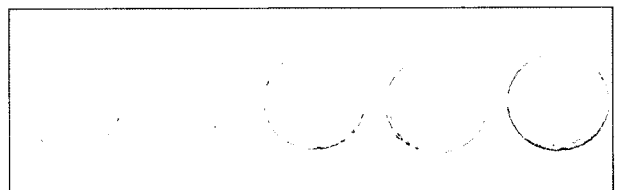


Fig. 2. Ceramic core disc.

lain 시편의 제작을 위해 incisal powder와 liquid를 혼합하여 직경 12 mm, 높이 0.8 mm의 금속 주형에 주입하고 응축하여 제조자의 지시대로 도재로에서 소성하였다(Table II). 180과 220 grit aluminum oxide abrasive paper를 이용하여 직경 10 mm와 0.2 mm 두께로 시편을 제작하였다. Dentin/enamel porcelain의 표면을 균일하게 하기 위해 600, 1000 grit aluminum oxide abrasive paper를 이용하여 표면을 균일하게 다듬었다(Fig. 1~3). 모든 시편을 청결하게 하기 위해 초음파 세척기를 이용하여 10분간 세척하였다.

나) 시편조합

5가지 두께(0.3, 0.5, 0.7, 0.9 그리고 1.2 mm)를 가지는 shade 100의 Empress 2 ceramic core 시편과 4가지 색조(shade A1, A2, A3 그리고 A4)를 가지는 5가지 두께(0.3, 0.5, 0.7, 0.9 그리고 1.2 mm)의

dentin porcelain 시편을 이용하여 두께가 1.2 mm가 되게 조합하고, 조합된 것의 상부에 0.2 mm 두께의 enamel porcelain 시편을 올려놓아 전체 두께가 1.4 mm 되게 하였다. 3가지 배경색(흰색, 밝은 회색, 밝은 갈색)을 시편 하방에 겹치게 하여 총 72가지 조합의 실험군을 얻었다(Table III).

다) 분광측정기에 의한 측정

(1) 측정기구

색조를 분석하는 분광측색기(spectrophotometer(Model Chromaview 300, Spectron Tech Co, Korea))는 XYZ filter 방식의 일광에 해당하는 CIE 표준 D65 광원을 이용하여 주위환경에 영향을 받지 않도록 하였고, 측정방법은 2광로 교조 측정방식에 의한 적분구식 45-0도법이다. 파장영역은 380-760 nm이고 측정경은 1 mm인 장비이다(Fig. 4).

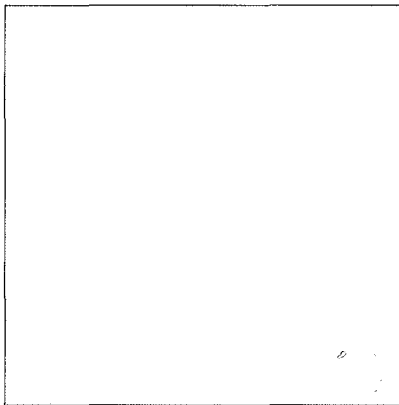


Fig. 3. Dentin porcelain disc.

Table III. Specifications of ceramic core(CC) and dentin porcelain(DP) disc thickness and combinations used in different groups

Group	CC (mm)	DP (mm)	EP (mm)	Total (mm)
I	1.20	0.00	0.20	1.40
II	0.90	0.30	0.20	1.40
III	0.70	0.50	0.20	1.40
IV	0.50	0.70	0.20	1.40
V	0.30	0.90	0.20	1.40
VI	0.00	1.20	0.20	1.40

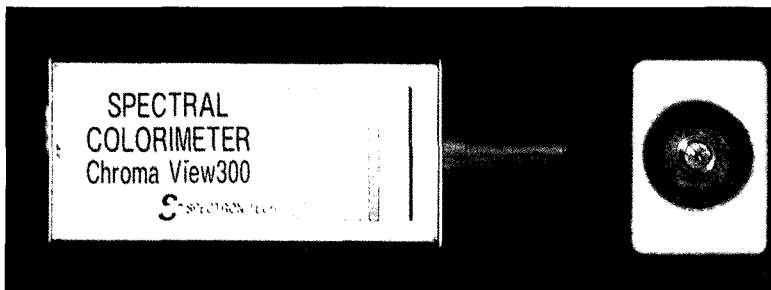


Fig. 4. Spectrophotometer and measuring aperture.

Reference				Sample			
X	78.16	L*	92.81	X	0.00	L*	0.00
Y	82.53	a*	-0.19	Y	0.00	a*	0.00
Z	86.17	b*	1.73	Z	0.00	b*	0.00
C*	1.74	h	96.21	C*	0.00	h	0.00

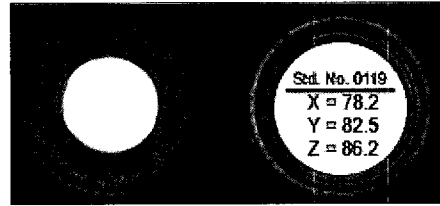


Fig. 5. Calibration of white standard.

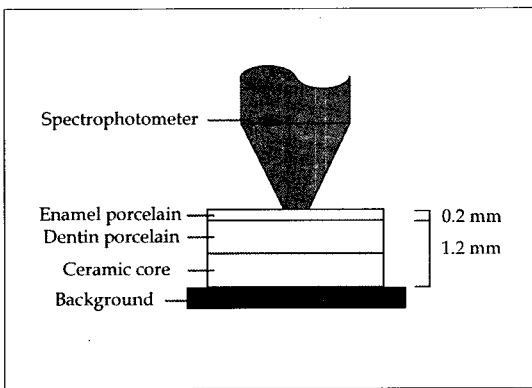


Fig. 6. Schematic representation of assembled discs measured with spectrophotometer.

(2) 측정방법

색조측정을 위하여 광학부에 흡광통을 놓고 영점조정을 시행한 후 광학부에 표준 백색판(X=78.2, Y=82.5, Z=86.2)을 놓고 표준조정을 시행하였다(Fig. 5). 기기의 영점조정과 표준조정이 끝나면 배경 위에 ceramic core 시편을 올려놓고, 그 위에 dentin porcelain 시편을 겹쳐 놓고 가장 위에는 enamel porcelain 시편을 위치 시켰다. 시편과 시편 사이의 접촉 매개물(contact medium)로는 British Standard Institution¹⁷⁾에서 추천하는 증류수(굴절률: 1.7)를 이용하여 시편이 밀착되게 하였다. 시편에 광학부를 밀착시킨 후 분광측색기가 시편에 수직이 되도록 하고, 3회씩 측정하였다(Fig. 6). 측정 후 컴퓨터프로그램을 이용하여 색 공간 좌표인 L*, a*, b* 값을 얻었다.

라) 통계 분석

측정된 결과는 각 군 사이의 차이를 비교하기 위하여 one-way ANOVA와 Tukey 다중범위검증법을 이용하였다. 그리고 시편의 두께와 색조, 시편의 색과 색조 사이의 상관관계를 알아보기 위하여 pearson 표본 상관분석을 이용하였다.

Ⅲ. 결 과

분광측색기를 이용하여 산출된 각 조합의 L*, a*, b* 값을 이용하여 실험군 사이의 차를 계산하여 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 값을 얻고, 다시 다음의 식을 이용하여 평균 색차 값(mean color difference value, ΔE)을 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

배경색에 관계없이 모든 군에서 ceramic core 시편의 두께가 감소할수록 L*값이 감소하였다. L*값은 전체적인 경향을 보았을 때 흰색에서 가장 높았고, 밝은 갈색, 밝은 회색의 순으로 점점 낮아졌다. A1 shade에서 A2, A3, A4 shade로 갈수록 그래프의 기울기가 급해졌다(Table IV, Fig. 7~9).

배경색에 관계없이 모든 군에서 ceramic core 시편의 두께가 감소할수록 a*값이 증가했다. a*값은 전체적인 경향을 보았을 때 흰색에서 가장 높았고, 밝은 갈색, 밝은 회색의 순으로 점점 낮아졌다. A1 shade에서 A4 shade로 갈수록 그래프의 기울기가 급해졌다(Table IV, Fig. 10~12).

배경색에 관계없이 모든 군에서 ceramic core 시편의 두께가 감소할수록 b*값이 증가했다. b*값은 전체

적인 경향을 보았을 때 밝은 갈색에서 가장 높았고, 흰색, 밝은 회색의 순으로 점점 낮아졌다. A1에서 A4 shade로 갈수록 그래프의 기울기가 급해졌다 (Table IV, Fig. 13~15).

Pearson 상관분석 결과 모든 색조와 배경에서

ceramic core 시편 두께와 L*, a*, b* 값 사이에는 통계적으로 유의성 있는 상관관계를 보였다 (Table V).

모든 색조와 배경색에서 ceramic core 시편과 dentin porcelain 시편의 두께 비에 따른 평균 색차값

Table IV. L*, a*, b* value for shade A1, A2, A3 and A4 and background

Color	Group	A1			A2			A3			A4		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
White	I	77.38	-0.56	0.80	77.38	-0.56	0.80	77.38	-0.56	0.80	77.38	-0.56	0.80
	II	77.12	-0.51	0.90	77.04	-0.42	1.00	76.91	-0.30	1.12	76.82	-0.23	1.20
	III	76.84	-0.40	1.07	76.73	-0.32	1.19	76.62	-0.20	1.35	76.48	-0.09	1.45
	IV	76.76	-0.33	1.20	76.53	-0.25	1.35	76.33	-0.09	1.52	76.15	0.05	1.60
	V	76.58	-0.30	1.28	76.40	-0.18	1.45	76.14	0.00	1.64	75.83	0.20	1.75
	VI	76.43	-0.20	1.38	76.21	0.03	1.59	75.87	0.24	1.78	75.62	0.38	1.82
White gray	I	76.15	-1.11	0.15	76.15	-1.11	0.15	76.15	-1.11	0.15	76.15	-1.11	0.15
	II	75.89	-1.03	0.20	75.67	-0.90	0.26	75.44	-0.85	0.37	75.20	-0.76	0.48
	III	75.67	-0.93	0.24	75.40	-0.83	0.34	75.11	-0.73	0.50	74.80	-0.64	0.66
	IV	75.4	-0.79	0.34	75.17	-0.73	0.45	74.72	-0.60	0.64	74.44	-0.55	0.82
	V	75.17	-0.71	0.42	74.83	-0.60	0.58	74.44	-0.43	0.70	74.06	-0.34	0.87
	VI	74.94	-0.70	0.45	74.56	-0.48	0.64	74.06	-0.34	0.80	73.60	-0.18	1.00
White brown	I	76.57	-0.93	1.36	76.57	-0.93	1.36	76.57	-0.93	1.36	76.57	-0.93	1.36
	II	76.20	-0.90	1.44	75.96	-0.80	1.57	75.85	-0.74	1.73	75.52	-0.67	1.80
	III	76.00	-0.83	1.61	75.68	-0.69	1.71	75.35	-0.60	1.90	74.84	-0.50	2.05
	IV	75.80	-0.75	1.69	75.29	-0.67	1.83	74.96	-0.50	2.00	74.57	-0.41	2.15
	V	75.57	-0.70	1.80	75.07	-0.58	1.97	74.60	-0.41	2.18	74.23	-0.37	2.28
	VI	75.29	-0.60	1.80	74.80	-0.44	2.00	74.40	-0.27	2.28	73.89	-0.16	2.50

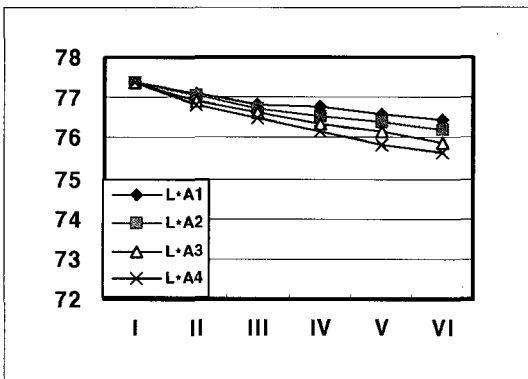


Fig. 7. L* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white background.

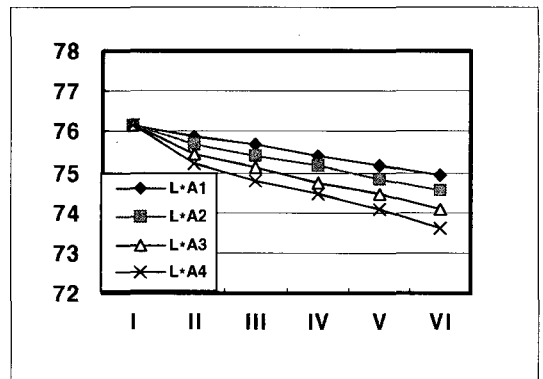


Fig. 8. L* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white gray background.

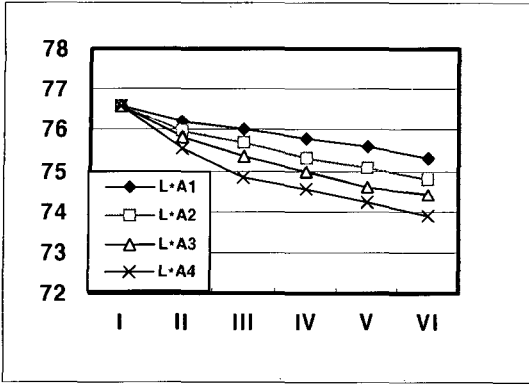


Fig. 9. L* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white brown background.

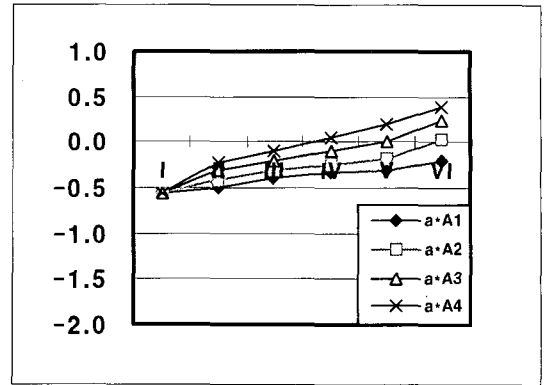


Fig. 10. a* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white background.

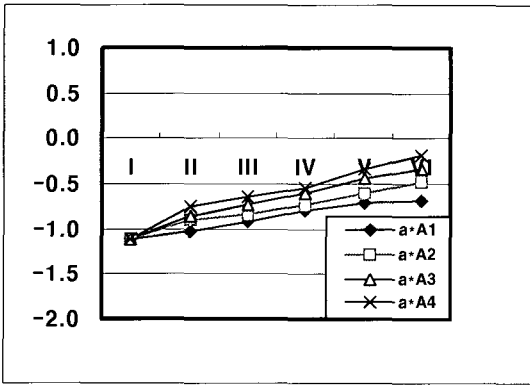


Fig. 11. a* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white gray background.

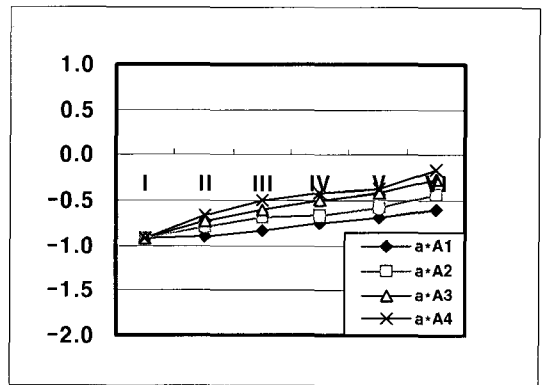


Fig. 12. a* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white brown background.

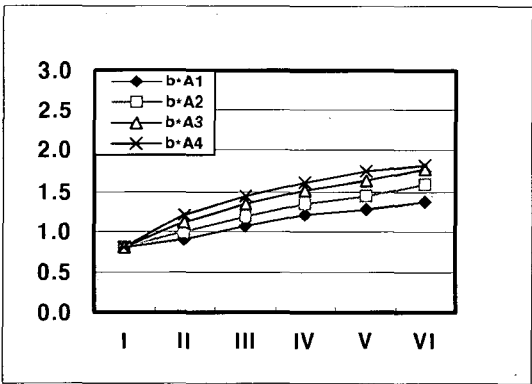


Fig. 13. b* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white background.

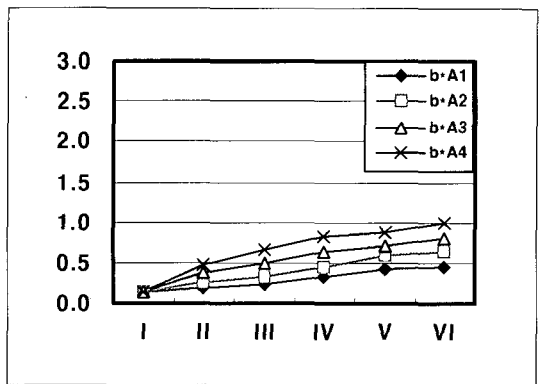


Fig. 14. b* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white gray background.

은 core의 두께 차이가 0.7 mm 이하일 때 2 이하의 값을 보였다(Table V).

색조와 시편간의 두께비가 동일하고 배경이 다른 경우의 평균 색차값은 ceramic core 시편의 두께가 0.7 mm 이상일 때 2 이하의 값을 보였고 채도가 높을 수록 커졌다(Table VI).

배경과 시편간의 두께비가 동일하고 dentin porcelain 시편의 색조가 다른 경우의 평균 색차값은 A1

shade에서 가장 작았고, A1에서 A2, A3, A4 shade 순으로 갈수록 커졌다(Table VII).

IV. 고 찰

색이란 광원으로부터 나오는 광선이 물체에 비추어 반사, 분해, 투과, 굴절, 흡수될 때, 안구의 망막과 시신경이 자극됨으로서 나타나는 시지각의 일종으로, 색채는 단순한 지각과정이 아니고 물리적 광에서부터 생리적, 심리적인 과정을 거치게 되는 시각과정이라 할 수 있다.^{18,19)} 색의 관찰시에 관찰자의 이러한 주관적인 심리요소가 관여함으로서 객관적 평가에 어려움이 있다.

색에 대한 연구에서 큰 어려움 중의 하나는 색에 대한 정량화인데, 색조 평가를 위해 본 실험에서 사용한 분광측색기는 현재로서는 색을 가장 객관적으로 표현할 수 있다고 받아들여지고 있다.²⁰⁾ 이전의 실험에서 색의 평가를 위해 사용된 방법으로는, 여러 전문가의 주관적 시각에 의존할 수밖에 없었다. 분광측색기는 측정된 색을 CIE L*a*b* 값으로 표현하는데, L*은 명도를 나타내며 0에서 100까지의 수로 표시한다. a*는 적색 및 녹색을 나타내는 지표이며 -60부터 +80까지의 수로 표시하며 값이 클수

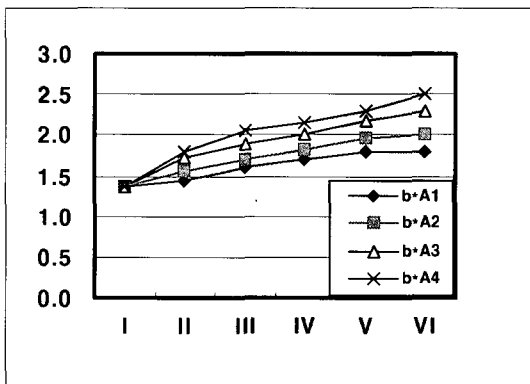


Fig. 15. b* value for shade A1, A2, A3 and A4 at white brown background.

Table V. Pearson correlation coefficients for L*, a*, b* found for shade A1, A2, A3 and A4

L* a* b*	Shade	White		White gray		White brown	
		r	P	r	P	r	P
L*	A1	-0.987	0.000	-0.999	0.000	-0.996	0.000
	A2	-0.985	0.000	-0.988	0.000	-0.996	0.000
	A3	-0.992	0.000	-0.980	0.001	-0.992	0.000
	A4	-0.989	0.000	-0.968	0.002	-0.989	0.000
a*	A1	0.989	0.000	0.987	0.000	0.967	0.002
	A2	0.993	0.000	0.993	0.000	0.996	0.000
	A3	0.994	0.000	0.995	0.000	0.99	0.000
	A4	0.993	0.000	0.983	0.000	0.989	0.000
b*	A1	0.987	0.000	0.962	0.002	0.977	0.001
	A2	0.992	0.000	0.978	0.001	0.991	0.000
	A3	0.983	0.000	0.977	0.001	0.983	0.000
	A4	0.964	0.002	0.977	0.001	0.970	0.001

Table VI. ΔE value for different ceramic core/dentin porcelain ratios

EP	CC/DP	CC/DP	White				White gray				White Brown			
			A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
0.2	1.2/0.0	0.9/0.3	0.3	0.4	0.6	0.8	0.3	0.5	0.8	1.1	0.3	0.5	0.8	1.1
0.2	1.2/0.0	0.7/0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	0.5	0.8	1.2	1.5	0.5	0.8	1.2	1.5
0.2	1.2/0.0	0.5/0.7	0.8	1.1	1.4	1.6	0.8	1.1	1.6	1.9	0.8	1.1	1.6	1.9
0.2	1.2/0.0	0.3/0.9	1.0	1.2	1.6	2.0	1.1	1.5	1.9	2.3	1.1	1.5	1.9	2.3
0.2	1.2/0.0	0.0/1.2	1.2	1.5	2.0	2.2	1.3	1.8	2.3	2.8	1.3	1.8	2.3	2.8
0.2	0.9/0.3	0.7/0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5
0.2	0.9/0.3	0.5/0.7	0.5	0.6	0.7	0.8	0.6	0.6	0.8	0.9	0.6	0.6	0.8	0.9
0.2	0.9/0.3	0.3/0.9	0.7	0.8	1.0	1.2	0.8	0.9	1.1	1.3	0.8	0.9	1.1	1.3
0.2	0.9/0.3	0.0/1.2	0.9	1.1	1.3	1.5	1.0	1.2	1.5	1.8	1.0	1.2	1.5	1.8
0.2	0.7/0.5	0.5/0.7	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4
0.2	0.7/0.5	0.3/0.9	0.3	0.4	0.6	0.8	0.6	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8	0.8
0.2	0.7/0.5	0.0/1.2	0.6	0.7	1.0	1.0	0.8	1.0	1.2	1.3	0.8	1.0	1.2	1.3
0.2	0.5/0.7	0.3/0.9	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4
0.2	0.5/0.7	0.0/1.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.5	0.7	0.7	0.9	0.5	0.7	0.7	0.9
0.2	0.3/0.9	0.0/1.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5

Table VII. ΔE value for 6 groups tested between background colors

Group	between white and white gray				between white and white brown				between white gray and white brown			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
I	1.5	1.5	1.5	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3
II	1.5	1.6	1.7	1.9	1.1	1.3	1.3	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4
III	1.5	1.7	1.8	1.9	1.1	1.2	1.4	1.8	1.4	1.4	1.4	1.4
IV	1.7	1.7	1.9	2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.4	1.4	1.4	1.3
V	1.7	1.8	2	2	1.2	1.5	1.7	1.8	1.4	1.4	1.5	1.4
VI	1.8	2	2.1	2.3	1.3	1.5	1.6	1.9	1.4	1.4	1.5	1.5

Table VIII. ΔE value for 6 groups tested between shade A1 and others

Group	White			White gray			White brown		
	A1-A2	A1-A3	A1-A4	A1-A2	A1-A3	A1-A4	A1-A2	A1-A3	A1-A4
I	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
II	0.2	0.4	0.5	0.3	0.5	0.8	0.3	0.5	0.8
III	0.2	0.4	0.6	0.3	0.6	1.0	0.4	0.7	1.3
IV	0.3	0.6	0.8	0.3	0.8	1.1	0.5	0.9	1.4
V	0.3	0.6	1.0	0.4	0.8	1.3	0.5	1.1	1.5
VI	0.4	0.8	1.1	0.5	1.0	1.5	0.6	1.1	1.6

록 적색을, 값이 작을수록 녹색을 나타낸다. b^* 는 황색과 청색의 정도를 나타내는 지표로 범위는 -80부터 +60까지이며 값이 클수록 황색을 값이 작을수록 청색을 나타낸다. 이를 이용하여 색을 정량화 하였고, 그 위치의 거리 차이를 이용하여 색 차이를 정량적으로 평가하여 사용하였다.^{2,5)}

한편 ΔE 값에 대한 해석에 대하여 많은 연구가 있어왔는데, Crispin 등²¹⁾은 ΔE 값이 2일 때를 육안으로 식별 가능한 기준점으로 삼아, 2 이상인 경우는 식별 가능한 색의 변화가 존재한다고 보고하였고, O'Brien 등²²⁾은 ΔE 의 값이 1 이하일 경우 나안으로 구별할 수 없고, 2 이하일 경우 임상적으로 받아들여질 만하며, 3.7 이상일 경우에는 임상적으로 육안으로 확연히 구별될 수 있다고 하였다. 이와 같은 연구결과를 토대로 미국 치과 의사 협회²³⁾는 ΔE 값이 2일 때를 색차를 구별할 수 있는 기준값으로 규정하고 있다.

Seghi 등^{24,25)}은 인간의 색 감각은 피로도, 나이, 감정 상태 등에 의해 제한을 받지만 2개의 물체의 색 차이를 인지하는 능력은 매우 높아서 아주 작은 색 차이도 감지할 수 있다고 하였다. 하지만 이러한 색 차이의 양과 정도를 구분하는 능력은 전문가와 비전문가 사이에 차이가 크다고 보고하면서, $\Delta E < 1$ 일 때는 사람의 눈으로는 색 차이의 구별을 할 수 없으며 기계적인 방법에 의해서만 색 차이를 구별할 수 있고, $1 < \Delta E < 2$ 일 때는 숙련된 전문가에 의해서만 구별이 가능하며 $\Delta E > 2$ 일 때는 비전문가에 의해서도 색 차이의 구별이 가능하므로 ΔE 값이 2 이하이면 임상적으로 받아들일 만하다고 보고하였다.

모든 두께 군에서의 L^* 값은 배경색에 관계없이 A1 shade에서 가장 높았고, A2, A3 그리고 A4 shade 순으로 낮아졌다. Ceramic core 시편의 두께가 증가함에 따라 L^* 값은 유의성 있게 증가하는데, 이것은 core가 opaque하고 명도가 높기 때문이다. 모든 두께 군에서의 a^* 값은 배경색에 관계없이 A4 shade에서 가장 높았고, A3, A2 그리고 A1 shade 순으로 낮아졌다. 이는 A1 shade에서 red 색소가 가장 적고, A4 shade로 갈수록 red 색소가 가장 많이 들어 있기 때문이다. 모든 두께 군에서의 b^* 값은 a^* 값과 유사한 양상을 보였다.

Table V는 ceramic core/dentin porcelain의 두께 비율과 색상 조합 사이에서 통계적으로 유의성 있는

상관관계를 보여주고 있다. 명도(L^*)는 ceramic core 시편의 두께가 감소할 때 같이 감소하는 강한 양의 상관관계를 보여주고 있다($P < .01$). 또한 적녹채도지수(a^*)와 황청채도지수(b^*)는 ceramic core 시편의 두께가 감소할 때 증가하는 강한 음의 상관관계를 보여주고 있다($P < .01$). 이러한 상관관계는 배경색이나 dentin porcelain 시편의 색조에 관계없이 일정한 상관관계를 나타내고 있다($P < .01$). 이 사실은 1.4 mm의 사용 가능한 공간에서 ceramic core와 dentin porcelain의 두께를 조합함으로써 보철물의 색조를 조정할 수 있는 가능성을 보였기 때문에 중요하다.

이 연구에서 ΔE 는 도재 두께 조작의 임상적 효과를 보여주기 위하여 이용되었다. 상이한 ceramic core/dentin porcelain 두께 군들은 모든 색조와 배경에서 비교되었다(Table VI). Ceramic core의 두께 차이가 0.4 mm 이하일 때 ΔE 가 1보다 작고 육안으로 구별이 불가능하였다. 색조에 따른 차이를 살펴보면 A1 shade에서는 배경이 흰색인 경우, core의 두께 차이가 0.9 mm 라도 1 이하의 값을 나타냈으며, 배경이 밝은 회색과 밝은 갈색인 경우 0.7 mm의 두께 차이에서도 1 이하의 값을 보였다. 그리고 shade가 A2에서 A4로 갈수록 채도가 높아지기 때문에 두께 차이가 0.5 mm 이하에서도 색차값이 1 이하의 값을 보였으며, A4에서는 두께 차이가 0.3 mm 이하라도 1과 2 사이의 색차값을 나타냈다. Core가 opaque하고 명도가 높기 때문에 dentin porcelain의 채도가 낮은 경우에는 명도가 크게 낮아지지는 않지만, dentin porcelain이 A4로 갈수록 채도가 높아지고 명도는 낮아지기 때문에 전체적인 색차는 커지게 되는 것으로 생각된다.

변색된 치아에서 변색된 상아질이 최종 색조에 어떤 영향을 미치는 지를 알아보기 위하여 시편의 두께와 dentin porcelain의 shade를 동일하게 하고 배경색만을 다르게 하여 색차값을 관찰하였다(Table VII). 그 결과 배경색의 차이에 따른 색차값은 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다($P < .05$). 다만, core의 두께가 0.3 mm 이하인 경우 색차값은 2 이상을 나타내며, 숙련되지 않은 사람도 자세히 관찰한다면 색의 차이를 인지할 수 있었다. 따라서 변색의 정도를 정량화할 수는 없지만, core의 두께가 증가한다면 도재수복물 하부의 변색을 충분히 가릴 수 있거나,

또는 자세히 관찰하지 않는다면 색의 차이를 구별할 수 없을 것으로 보인다.

Dentin porcelain의 shade 차이에 따른 영향을 알아보기 위하여 시편의 두께와 배경을 동일하게 하고 dentin porcelain의 A1 shade에서의 L^* , a^* , b^* 값과 A2, A3 그리고 A4 shade에서의 L^* , a^* , b^* 값을 이용하여 그것들 사이의 색차값을 계산하였다(Table VIII). 그 결과 A1-A2, A1-A3, A1-A4 사이의 색차값은 모두 2 이하의 값을 보였다. 그러나 A1-A2의 값과 A1-A3 및 A1-A4 사이의 색차값의 크기는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P>.05$). 이는 색공간에서 A1과 A2의 거리가 가장 가깝고, A3와 A4 쪽으로 갈수록 멀어지는 것을 의미하는데, 이 거리를 줄이는 것이 색차를 감소시키는 방법이다. 그 방법으로는 실험에서 보이는 것과 같이 core의 두께를 증가시키고, 차이가 있는 dentin porcelain의 두께를 감소시키는 것이라 생각된다.

본 연구를 통해 저자는 도재수복물의 최종 색조가 도재층의 두께와 색에 영향을 받으며, 그 정도가 적지 않기 때문에 심미성을 중요시하는 최근의 경향을 고려할 때 주의 깊게 선택해야만 임상적으로 만족할 만한 도재수복물을 제작할 수 있을 것으로 사료된다.

이후의 연구에서는 dentin porcelain의 shade 뿐만 아니라 ceramic core의 shade도 dentin porcelain의 shade에 비슷하게 변화시키고, 전체 색조에 영향을 크게 줄 수 있는 배경색도 그것의 L^* , a^* , b^* 값을 정량화하여 실험하였을 때, 조금이나마 더 임상적인 상황에 가까운 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

V. 결 론

도재층의 두께와 색이 도재수복물의 최종 색조에 어떠한 영향을 미치는 지 알아보기 위하여 IPS-Empress2의 ceramic core 시편과 dentin porcelain 시편 그리고 enamel porcelain 시편을 조합하고 흰색, 밝은 회색, 밝은 갈색 위에 겹쳐 분광측정기를 이용하여 측정된 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 값에서 평균 색차값(mean color difference value, ΔE)을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조합된 도재층의 전체 두께가 1.4 mm 이하일 경우

도재층의 두께비와 L^* , a^* , b^* 값 사이에는 유의성 있는 상관관계가 있었다($P<0.05$).

2. Ceramic core 시편의 두께가 0.7 mm 이상일 때, 배경의 색이 최종 색조에 미치는 영향이 가장 적었다.
3. Ceramic core 시편의 두께가 0.7 mm 이상이고 도재수복물의 전체 두께는 최소 1.4 mm 일 때, 평균 색차값이 2 보다 작았다.

참고문헌

1. Alma Dozic, Kleverlaan CJ, Meegdes M, Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2003; 90:563-70.
2. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
3. O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of color variation on firing porcelain. *Dent Mater* 1991;7:170-3.
4. Hammad IA, Stein RS. A qualitative study for the bond and color of ceramometals. Part II. *J Prosthet Dent* 1991; 65:169-79.
5. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979;42:96-105.
6. Barghi N, Richardson JT. A study of various factors influencing the shade of bonded porcelain. *J Prosthet Dent* 1978;39: 282-4.
7. Barghi N. Color and glaze: effects of repeated firings. *J Prosthet Dent* 1982; 47:393-5.
8. Mackert JR Jr, Russell CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont*

- 1996;9:261-5.
9. Jacobs SH, Goodacre CJ, Moore BK, Dykema RW. Effect of porcelain thickness and type of metal-ceramic alloy on color. *J Prosthet Dent* 1987;57:138-45.
 10. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent* 2000;83:412-7.
 11. Nakamura T, Saito O, Fuyikawa J, Ishigaki S. Influence of abutment substrate and ceramic thickness on the colour of heat-pressed ceramic crowns. *J Oral Rehabil* 2002;29:805-809.
 12. Zhang F, Heydecke G, Razzoog ME. Double-layer porcelain veneers: effect of layering on resulting veneer color. *J Prosthet Dent* 2000;84:425-31.
 13. Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent* 1999;82:143-9.
 14. 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.
 15. 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;98:10-5.
 16. International standard ISO 7491. Dental materials-determination of colour stability of dental polymeric materials(1st de.). ISO 7491, 1985.
 17. British standard specification for dental porcelains for jacket crowns. BS 5612. London: British Standard Institution: 1978.
 18. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent* 1973;29:416-24.
 19. Swepston JH, Miller AW 3rd. Esthetic matching. *J Prosthet Dent* 1985;54:623-5.
 20. Rosenstiel SF, Porter SS, Johnston WM. Colour measurements of all ceramic crown systems. *J Oral Rehabil* 1989;16:491-501.
 21. Crispin BJ, Hewlett E, Seghi R. Relative color stability of ceramic stains subjected to glazing temperatures. *J Prosthet Dent* 1991;66:20-3.
 22. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990;69:1762-4.
 23. Wozniak WT. Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides. American dental association, Chicago. p.1-2, 1987.
 24. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68:1755-9.
 25. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-4.

Reprint request to:

Seung-Geun Ahn, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonbuk National University
664-14 Dukjin-Dong, Dukjin-Gu, Jeonju, 561-756, Korea
sgahn@chonbuk.ac.kr

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF PORCELAIN LAYER THICKNESS AND COLOR ON THE FINAL SHADE OF CERAMIC RESTORATIONS

Dong-Hwan Seong, D.D.S., Im-Gi Lee, D.D.S., M.S.D.,
Jin-Won Sohng, D.D.S., M.S.D., Won-Mi Bok, D.D.S. M.S.D.,
Seung-Geun Ahn, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Charn-Woon Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonbuk National University

Statement of problem: Ceramic restorations should be made of porcelain layers of different opacity, shade, and thickness in order to provide a natural appearance. Lithium disilicate glass-ceramic system has superior color reproducibility, because it uses the ceramic ingot which is similar to teeth shade and uses the staining technique and layering technique.

However, staining technique has a fault of discoloration. Also, porcelain is divided core and dentin layer, it is not enough to study about the influence of porcelain layer thickness and shade on the shade of ceramic restorations.

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the influence of porcelain layer thickness and color on the final shade of ceramic restorations.

Materials and method: The CIE L*a*b*(CIELAB) values of 72 assembled specimens, each consisting of 3 discs (enamel porcelain 0.2 mm/dentin porcelain - 1.2, 0.9, 0.7, 0.5 or 0.3 mm/ceramic core - 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 or 1.2 mm, diameter is 1.0 mm) were evaluated with a spectrophotometer (Model Chromaview 300, Spectron Tech Co, Korea) for the shade A1, A2, A3 and A4. Distilled water (refractive index: 1.7) was used to attain optical contact between the layers. White, white gray, and white brown backgrounds were used to assess the influence of the background on the final shade. And the mean color difference value(ΔE) was calculated.

Results and conclusion: The results obtained from this study were as follows.

1. There was a significant correlation between the thickness ratio of the ceramic core/dentin porcelain system and L*, a* and b* values when the total thickness of specimen combination was smaller than 1.4 mm ($P < 0.05$).
2. The specimen which the ceramic core thickness was more than 0.7 mm had the best masking effect against background colors.
3. The mean color difference value(ΔE) is smaller than 2 ($\Delta E < 2$) when the ceramic core thickness was larger than 0.7 mm and the total thickness of specimen was more than 1.4 mm.

Key words: Ceramic restoration, Spectrophotometer, Porcelain layer thickness