

## Copy-milled In-Ceram Alumina core와 Spinell core의 색과 불투명도 비교

전남대학교 치과대학 치과보철학교실

배정선 · 방몽숙

### I. 서 론

도재는 심미성과 생체적합성이 우수하여 도재전장관으로 전치부 보철치료에 가장 널리 사용되고 있으나, 도재전장관은 내부 금속과 불투명한 도재로 인해 빛의 굴절, 산란, 투과 및 투명도가 자연치와 달라 치경부가 불투명하게 되며 암회색의 치은 등 비심미적인 문제점들이 있다<sup>1,2)</sup>.

이러한 비심미적인 문제를 해결하기 위하여 여러 종류의 전부도재관이 사용되고 있다. 근래에 전치부 단일치관 및 가공의치에 사용되는 전부도재관에는 통상적인 In-Ceram Alumina와 In-Ceram Spinell(Vita Zahnfabrik, Germany)<sup>3-11)</sup>이외에도 공업적으로 소결된 도재를 copy-milling하는 Celay시스템(Mikrona AG, Spreitenbach, Switzerland) 등이 있다<sup>12-15)</sup>. In-Ceram Alumina는 85%이상의 aluminum oxide를 함유하여 높은 강도를 가지나 불투명하여 심하게 변색된 지대치나 금속 하부 구조물이 있는 경우 사용되며 In-Ceram Spinell은 우수한 물리적 성질과 빛 전도성을 가지므로 상아질과 거의 유사한 자연스러운 투명도를 나타내어 정상적인 치아 색을 가지는 치관에 사용된다<sup>3-5,16)</sup>.

도재를 이용한 수복시 표면 질감과 색상, 명도, 채도 등의 색요소외에 형광도, 유백광, 투명도 등의 광학적 성질이 자연치와 조화를 이루어야 한다<sup>1,3,4)</sup>. 전치부 심미보철에 있어서 보철물과 자연치아와의 색과 불투명도의 조화는 매우 중요하며 이를 위해서는 정확한 색 측정과 불투명도 조절방법을 인지하는

것이 필수적이다.

색의 측정방법에는 육안적 비교방법과 분광측정기나 색채계측기를 이용한 기계적 측정방법이 있다. 이중 후자의 방법이 보다 객관성있고 색의 정량적 평가가 가능하여<sup>17-20)</sup> 최근 대부분의 연구에서는 후자의 방법이 사용되고 있다<sup>21-25)</sup>. 전부도재관의 불투명도는 도재관의 두께, 사용한 합착제의 색, 불투명도재, 표면광택도 등에 의해 영향을 받는다<sup>26-29)</sup>.

Rosentiel 등<sup>24)</sup>은 여러 가지 종류의 전부도재관의 합착후 색차에 대하여, 심과방<sup>23)</sup>은 In-Ceram coping의 두께에 따른 색차를 보고하였으며 Yaman 등<sup>27)</sup>과 Davis 등<sup>28,29)</sup>은 포슬린 베니어관의 투명도재 양 증가가 색에 미치는 영향에 대하여, Magne와 Belser<sup>16)</sup>은 통상적인 In-Ceram Alumina와 Spinell의 강도와 심미성을 비교하였다. 조<sup>25)</sup>는 In-Ceram Alumina core와 Spinell core의 분광반사율과 색의 차이에 대하여 연구하였으며 Ironside<sup>30)</sup>는 In-Ceram core의 색 및 투광도가 0.5mm 두께에서는 상아질과 유사하다고 하였다. 그러나 Copy-milled In-Ceram core의 종류에 따른 색의 차이 및 투과성의 차이에 관한 연구는 아직 미비한 실정이다.

본 연구는 유리침투와 도재축성이 Copy-milled In-Ceram core의 색과 불투명도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 유리침투 후 3가지 종류의 In-Ceram Alumina core, modified In-Ceram Alumina core 및 In-Ceram Spinell core의 색과 불투명도를 측정하여 비교한 후 동일한 도재를 축성하여 색을 측정하여 비교하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구 재료

본 연구에서는 core를 위해 Alumina blanks와 Spinell blanks, 유리침투를 위해 A1 Alumina 유리분말과 S11 Spinell 유리분말 그리고 도재 축성을 위해 Vitadur  $\alpha^{\circ}$  A1 shade를 사용하였다(Table 1).

### 2. 연구 방법

#### 1) 시편제작

Vita Celay $^{\circ}$  Alumina blanks와 Vita Celay $^{\circ}$  Spinell blanks를 이용하여 두께 0.5mm의 시편을 제작하여 유리침투 및 도재축성에 따라 3개의 군으로 분류하였다. Alumina blanks 시편중 A1 Alumina 유리분말을 침투시킨 것을 1군, S11 Spinell 유리분말을 침투시킨 것을 2군 그리고 Spinell blanks 시편에 S11 Spinell 유리분말을 침투시킨 것을 3군으로 하였다. 모든 군은 유리침투 후 A1 도재를 축성하였고 각 군당 15개의 시편을 제작하였다(Table 2).

#### 가. 코아 제작

다이아몬드 디스크를 이용하여 Vita Celay $^{\circ}$  Alumina blanks와 Vita Celay $^{\circ}$  Spinell blanks를 12.0×10.0×0.5mm 크기로 절단하고 도재 시편의 표면을 균일하게 하기위하여 사포 800, 1000 및 1200 grit를 이용하여 수주하에서 편평하게 연마한 후 세척 건조하였다. A1 Alumina 유리분말을 증류수에 섞어서 1군의 Alumina blanks 시편에 도포하였고, S11 Spinell 유리분말을 증류수에 섞어서 2군의 Alumina blanks 시편과 3군의 Spinell blanks 시편에 도포하였다. 유리분말이 도포된 시편을 백금박 위에 놓고 일반 도재소환로에서 A1 Alumina 유리분말 침투를 위해 1110 $^{\circ}$ C, S11 Spinell 유리분말의 침투를 위해 1130 $^{\circ}$ C에서 40분간 위치시켰다. 과도한 유리입자는 Hi-blaster III(Shofu, Japan)를 사용하여 50kg 압력과 50 $\mu$ m크기의 Hi Aluminas(Shofu, Japan)로 분사하여 제거하였고 Vernier Caliper로 시편의 두께가 0.5mm가 되도록 사포로 연마한 후 초음파 세척기에 10분간 세척하였다.

Table 1. Materials used in this experiment

Materials	Brand name	Manufacturer
Alumina blank	VITA CELAY $^{\circ}$ ALUMINA BLANKS (AC-12)	Vita Zahnfabrik, Germany
Spinell blank	VITA CELAY $^{\circ}$ SPINELL BLANKS (SC-11)	Vita Zahnfabrik, Germany
Alumina glass powder	VITA In-Ceram $^{\circ}$ ALUMINA GLASS POWDER	Vita Zahnfabrik, Germany
Spinell glass powder	VITA In-Ceram $^{\circ}$ SPINELL GLASS POWDER	Vita Zahnfabrik, Germany
Porcelain	VITADUR- $\alpha^{\circ}$	Vita Zahnfabrik, Germany

Table 2. Discription of the experimental groups

Group	Core	Porcelain veneering
1	Alumina blanks + A1 Alumina glass powder	A1 porcelain
2	Alumina blanks + S11 Spinell glass powder	A1 porcelain
3	Spinell blanks + S11 Spinell glass powder	A1 porcelain

나. 도재측성

균일한 두께로 도재측성을 위하여 slide glass를 이용하여 주형을 제작하였고 응축기로는 Ceramasonic® (Shofu, Japan)를 사용하였으며, Vernier Caliper로 두께를 점검하였다. Vitadur α® A1 도재를 사용하여 두께가 1mm가 되도록 제조회사의 지시대로 측정하고 수주하에 800, 1000 및 1200 grit의 사포로 연마하고 제조회사의 지시에 따라 self glaze하였다.

2) 색 측정

시편의 색 측정은 유리침투 전, 후 및 도재측성 후 측색색차계(Color & Color difference meter, Model TC-6FX, Tokyo Denshoku Co., Japan)를 이용하여 국제조명위원회(International Commission on Illumination: CIE)에서 규정한 색 공간좌표인 CIE L\*a\*b\* 표색계의 명도지수 L\*, 채도지수 a\*, b\* 값 및 색차(ΔE\*ab)를 구하였다. 본 연구에서 사용한 측색색차계는 XYZ filter방식의 CIE 표준 C광원을 이용하며 측정방법은 2광로 교차측정 방식에 의한 적분구식 0 - 45법이었고 색차계의 측정부가 시편에 접할 수 있는 측정경의 지름은 3mm였다. 색 측정은 감지부에 흡광통을 밀착시켜 영점조정을 하고, 표준 백색판(X=91.31, Y=93.14, Z=109.22)에 감지부를 밀착시켜 표준조정한 후 시편에 광학부를 밀착시켜 측정하였다. 유리침투 전과 후, 그리고 도재측성 후에 측색색차계를 이용하여 동일한 시편에서 서로 다른 3부위를 각 부위에서 각각 3회 측정 후 X, Y, Z 3 자극치에서 다음과 같은 공식에 따라 L\*, a\*, b\* 값을 구하였다.

Y/Y<sub>n</sub> > 0.008856 인 경우

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

X/X<sub>n</sub>, Y/Y<sub>n</sub> 또는 Z/Z<sub>n</sub> > 0.008856 인 경우

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \dots\dots\dots \text{공식}$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \dots\dots\dots \text{공식}$$

Y/Y<sub>n</sub> < 0.008856 인 경우

$$L^* = 903.29(Y/Y_n)$$

X/X<sub>n</sub>, Y/Y<sub>n</sub> 또는 Z/Z<sub>n</sub> < 0.008856 인 경우

$$a^*, b^* \text{는 } 7.787(X/X_n) + 16/116, 7.787(Y/Y_n) + 16/116 \text{ 또는 } 7.787(Z/Z_n) + 16/116 \text{를 공식 ①, ②에 각각 대입하여 구하였다.}$$

임상적인 색변화를 알아보기 위하여 유리침투 전과 후, 도재측성 전과 후의 색차(ΔE\*ab) 그리고 3 종류 사이의 색차를 구하였다. 색차는 두 물체색의 좌표 L\*, a\*, b\*의 차 ΔL\*, Δa\*, Δb\*에 따라 구하였다.

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

3) 불투명도 측정

불투명도를 검사하기 위해 contrast ratio를 측정하였다. Contrast ratio는 측정하고자 하는 재료의 시편을 흑색 배경판 위에 올려놓았을 때와 이미 알고 있는 백색배경판 위에 올려놓았을 때의 분산에 의한 빛 반사의 비율이다. 수식은 다음과 같다.

$$C_R = R_b/R_w$$

C<sub>R</sub>: contrast ratio

R<sub>b</sub>: light reflectance of the sample on a black background

R<sub>w</sub>: light reflectance of the sample on a white background

시편의 반사율이 3 자극치 Y와 일치하므로 contrast ratio는 각 시편에 대해 백색배경판 위에서 각각 3회 측정된 값의 평균값을 구하여 이를 대표값 Y<sub>b</sub>로 하였고, 흑색배경판 위에서 각각 3회 측정하여 이의 평균값을 구하여 이를 대표값 Y<sub>w</sub>로 하여 다음과 같은 공식에 의해 유리침투 전과 후 각 시편의 C<sub>0.93</sub>를 계산하였다.

$$C_{0.93} = Y_b/Y_w$$

본 연구의 백색 배경판은 측색색차계의 초기화에 사용하는 magnesium oxide 백색 표준판(X=91.31, Y=93.14, Z=109.22)을 사용하였고, 흑색 배경판으로는 무광택의 표준 검정판(X=1.33, Y=1.34, Z=1.2)을 사용하였다.

4) 통계학적 분석

각 군의 L\*, a\*, b\* 불투명도 변화를 검정하기 위해 Paired t-test, 각 군간의 L\*, a\*, b\*, ΔE\*ab, 불투명도 차이를 검정하기 위해 Duncan 다중 비교 분석법을 시행하였다.

### Ⅲ. 연구 성적

#### 1. 색 측정

1) 유리침투 전, 후 및 도재축성 후 L\*, a\*, b\* 명도지수 L\*, 채도지수 a\*, b\*의 평균값과 표준편차는 Table 3과 같다.

유리침투 후 모든 군에서 명도지수 L\*은 감소하였고(p<0.001), 채도지수 a\*는 1군은 감소하였으나(p<0.001) 2, 3군은 유의한 차이가 없었으며 b\*는 1군은 증가하였으나 2, 3군에서는 감소하였다

(p<0.001). 도재축성 후 모든 군의 명도지수 L\*은 감소하였고(p<0.001), 채도지수 a\*는 1군은 증가, 2군은 감소하였고(p<0.05) 3군은 유의한 차이가 없었으며 b\*는 1군은 감소하고 2, 3군은 증가하였다(p<0.001) (Table3, 4).

유리침투 전 명도지수 L\*, 채도지수 b\*는 Alumina blanks가 Spinell blanks에 비해 높게 나타났으나(p<0.05) a\*는 두 종류간에 유의한 차이가 없었다. 유리침투 후 1, 2, 3군 중 L\*값은 2군이 가장 높고 1군이 가장 낮았고(p<0.05), a\*값은 3군이 가장 높고 1군이 가장 낮았으며 b\*값은 1군이 가장 높고 3군이

Table 3. Mean(SD) value of L\*, a\*, b\* before glass infiltration, after glass infiltration and after porcelain veneering

Groups	L*			a*			b*		
	BG	AG	AP	BG	AG	AP	BG	AG	AP
1	98.97 (0.70)	79.04 (0.87)	58.28 (4.88)	-0.29 (0.58)	-1.30 (0.50)	-0.46 (1.07)	2.93 (0.57)	17.72 (0.32)	10.10 (0.35)
2	99.82 (0.41)	86.07 (1.31)	61.79 (0.80)	-0.26 (0.40)	-0.34 (0.77)	-1.13 (0.65)	3.70 (0.33)	3.21 (0.38)	8.45 (0.38)
3	97.97 (0.52)	80.52 (2.59)	61.83 (1.10)	0.06 (0.48)	0.47 (0.94)	0.44 (1.91)	2.26 (0.54)	1.69 (0.39)	7.41 (0.56)

BG: before glass infiltration, AG: after glass infiltration, AP: after porcelain veneering

Table 4. Paired t-test comparison of L\*, a\*, b\* value between before glass infiltration, after glass infiltration and after porcelain veneering

	L*			a*			b*		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BG vs AG	**	**	**	**	NS	NS	**	**	**
AG vs AP	**	**	**	*	*	NS	**	**	**

\*\* Significant at p<0.001, \* significant at p<0.05

Table 5. Duncan's multiple range test of L\*, a\*, b\* value among 3 different groups after glass infiltration and after porcelain veneering

		L*		a*		b*	
		Duncan G	Group	Duncan G	Group	Duncan G	Group
1vs2vs3	AG	A	2	A	3	A	1
		B	3	B	2	B	2
		C	1	C	1	C	3
	AP	A	3	A	3	A	1
		A	2	A,B	1	B	2
		B	1	B	2	C	3

Same letter are not significantly different(A,B,C)

Table 6. Mean(SD) and Duncan's multiple range test for Color difference value( $\Delta E^*_{ab}$ ) among before glass infiltration, after glass infiltration and after porcelain veneering

Group	BG vs AG	Duncan Group	AG vs AP	Duncan Group
1	24.87(0.49)	A	21.15(1.78)	B
2	13.77(1.60)	C	24.89(1.27)	A
3	17.49(2.78)	B	19.63(2.16)	C

Same letter are not significantly different(A,B,C)

Table 7. Mean(SD) and Duncan's multiple range test for Color difference value( $\Delta E^*_{ab}$ ) among 3 different groups after glass infiltration and after porcelain veneering

Group	AG	Duncan Group	AP	Duncan Group
1 vs 2	16.25(0.72)	A	3.51(0.88)	A
1 vs 3	16.52(0.67)	A	4.28(0.64)	A
2 vs 3	6.05(2.48)	B	2.63(1.44)	B

Same letter are not significantly different(A,B)

Table 8. Mean(SD) of contrast ratio before and after glass infiltration

Group	1	2	3
BG	1.00(0.00)	1.00(0.00)	0.98(0.01)
AG	0.83(0.02)	0.75(0.02)	0.75(0.02)

Vertical line : significant at  $p < 0.001$  at paired t-test

가장 낮았다( $p < 0.05$ ). 도재축성 후 1, 2, 3군 중 L\*값은 1군이 가장 낮았고( $p < 0.05$ ) 2군과 3군은 유의한 차이가 없었고, a\*값은 3군이 가장 높고 2군이 가장 낮았지만 1군은 2, 3군과 유의한 차이가 없었으며, b\*값은 1군이 가장 높고 3군이 가장 낮았다( $p < 0.05$ ) (Table 5).

### 2) 색차 ( $\Delta E^*_{ab}$ )

유리침투 전과 후에 13.77 이상의 색차를 나타냈고 1, 2, 3군 중 1군이 24.87로 가장 큰 색차를 나타냈다. 도재축성 전과 후는 19.63 이상의 색차를 나타냈으며 1, 2, 3군 중 2군이 24.89로 가장 큰 색차를 나타냈다( $p < 0.05$ ) (Table 6).

2군과 3군간의 유리침투 후 색차가 6.05, 도재축성 후 색차가 2.63으로 가장 작았고( $p < 0.05$ ) 1군과 2군 그리고 1군과 3군의 색차는 유의한 차이가 없었다 (Table 7).

### 3) 불투명도 측정

유리침투 전 Alumina blanks가 Spinell blanks보다 높은 contrast ratio를 나타냈고 유리침투 후 모든 군에서 유리침투 전에 비해 contrast ratio는 감소하였고( $p < 0.001$ ), 1, 2, 3군 사이에서 1군이 0.83으로 가장 높고( $p < 0.05$ ) 2군과 3군 사이에는 유의한 차이가 없었다( $p < 0.05$ ) (Table 8).

## IV. 총괄 및 고찰

Vita Celay<sup>®</sup> Alumina blanks와 Spinell blanks는 공업적으로 소결된 도재로서 Celay시스템의 high-precision copy-milling unit를 이용하여 기계적으로 모양을 만들어 전부도재 인레이, 부분관, 베니어관 및 전부도재관 제작에 이용된다<sup>12-15,31,32</sup>. 이는 기존의 도재와 특성은 유사하나 기계적인 성질은 더 우수한 것으로 보고되고 있으며<sup>12,15,31</sup>, 또한 이를 이용한 Copy-milled In-Ceram 제작은 Sadoun에 의해 개발된 통상적인 In-Ceram<sup>7</sup> 제작시 필요한 알루미늄 슬립-캐스트 코어에 유리침투화를 위한 10시간의 소성시간이 불필요하고, 유리침투화가 일반 도재소환로에서도 가능하며, 균일한 미세구조를 가진 blanks의 고도의 모세관 효과로 유리침투는 40분 정도 소요되고 유리침투 후 도재축성 과정은 통상적인 In-Ceram과 동일하여 제작시간이 짧은 장점이 있다. In-Ceram Alumina는 알루미늄을 다량 함유함으로써 불투명도

가 증가하여 치아의 삭제량이 적은 경우 심미적인 문제점을 야기하는 단점이 있는 반면, 균열전파가 억제되고 알루미늄과 유리사이의 열팽창 차이로 인해 경계면에 발생하는 압축응력이 외부로부터 작용되는 인장응력의 감소를 가져오므로 강한 장점이 있다<sup>7)</sup>. 최근 자연결정 Spinel( $MgAl_2O_4$ )이 높은 용융온도( $2135^\circ C$ ), 고온에서의 우수한 굴절강도, 낮은 열전도율 등 뛰어난 물성과 빛 전도성을 가지고 있고, 내부의 회토류로 인해 다양한 color spectrum이 관찰되며 색상과 투명성이 상아질과 유사하여 In-Ceram 술식에 접목되어 In-Ceram Spinel로 사용되고 있다<sup>16,33)</sup>. 최근에 In-Ceram의 심미성, 파절강도, 변연적합성 등에 대한 많은 보고가 있으며 단일치관 및 가공의치에 성공적으로 사용되고 있다.

Mclean<sup>9)</sup>과 Sieber 등<sup>3,4)</sup>은 In-Ceram Spinel의 자연스러운 투명도로 정상적인 치아색을 가지는 치관에서는 적응증이 되나 심하게 변색된 치아나 금속하부 구조물이 있는 치아는 금기증이 된다고 하였다. In-Ceram Spinel은 굴곡강도는 다른 전부도재관에 비해서는 높지만, In-Ceram Alumina 보다는 낮다고 보고되고 있다<sup>3,4,16)</sup>. Magne 등<sup>9,16)</sup>은 전치부의 정상적인 생활치 수복에는 카멜레온 효과(chameleon effect)를 갖는<sup>3)</sup> Spinel이, 밝은 지대치를 명도가 더 낮게 수복하는 경우에는 Alumina에 Spinel system의 유리분말을 침투시켜 하부 구조물의 특성과는 상관없이 원하는 색조와 조화를 이룰 수 있는 modified Alumina가, 심하게 변색된 지대치나 하방의 금속포스트와 코아가 있는 경우에는 Alumina가 적응증이 된다고 하였다.

상실된 치아의 보철수복은 기능회복뿐만 아니라 심미적인 관점에서 자연치의 외형을 재현해야 하고 이때 수복물의 색, 형태, 투명도 및 표면질감을 주의 깊게 조절해야 한다<sup>16)</sup>. 주변 잔존치아의 색을 고려하여 보철 수복물의 색을 선택할 수 있으나 실제로 색을 자연치에 조화시키는 데는 많은 어려움이 있다<sup>12)</sup>.

색 측정에는 육안적 색 측정법과 기계적 색 측정법이 있는데<sup>34)</sup>, 일반적으로 정밀하고 표준화된 후자의 측정법을 채택하고 있으며 이는 분광측정기(spectrophotometer)를 이용하여 이를 색채계 표시로 전환하여 얻는 방법과 3자극 색채계측기(tristimulus colorimeter)를 이용하여 물체에 국제조명위원회(CIE)에서 규정한 표준광원을 조사시켜서 반사광을

3개의 여과기로 분석한 후 수치로 표시하여 3자극치가 3차원의 색공간에서 좌표화되어 대상 물체의 색을 규정하는 방법이 있다. 표색을 위해 보편적으로 이용되는 CIEL\*a\*b\* 표색계의 L\*값은 밝기를 나타내는 명도지수로서 0부터 100까지이며 100은 완전한 백색, 0은 완전한 검정색을 나타내고, a\*b\*값은 채도지수로서 a\*는 -60부터 80까지로 수치가 +이면 적색, 0은 회색, -이면 녹색 그리고 b\*는 -80부터 60까지로서 수치가 +이면 황색, 0이면 회색, -이면 청색을 나타낸다<sup>17-19,35-38)</sup>. 본 연구에서 색 측정에 측색색차계를 사용하였는데 이는 측정시간이 짧고 간단한 조작으로 L\*, a\*, b\*값 및 색차를 알 수 있을 뿐만 아니라 재현성에 있어서 우수한 장점이 있지만 조건동색 현상을 극복하지 못하는 단점이 있다<sup>39)</sup>. 분광측광기나 색채계측기를 이용한 색 변화의 정량적인 평가는 가능하나 임상적으로 유용한 한정범위는 아직 설정되어 있지 않다<sup>37)</sup>. Seghi 등<sup>17-19)</sup>은 치과용 도재에 대한 연구에서 실험실에서 준비된 이상적인 조명하에서 2보다 큰 색차는 대부분의 관찰자들이 쉽게 인지하였으나 1보다 작은 경우에는 인지하지 못하였다고 보고하였다. Goldstein과 Schmitt<sup>38)</sup>는 0.4이상의 색차는 고도의 교육을 받은 사람의 눈으로 색변화 인지가 가능하다고 하였고, O'Brien 등<sup>20)</sup>은 두 shade-guide의 색차가 2이면 임상적으로 수용할 만하고 3.7이상은 관찰자들간에 조화가 잘 이루어지지 않는다고 하였다.

조<sup>25)</sup>는 Alumina 코아의 L\*값이 Spinel 코아에 비해서 약간 높은 수치를 나타냈지만 유의한 수준은 아니었고, a\*값은 유의한 차이가 없었으며 b\*값은 Spinel 코아에 비해 Alumina 코아에서 통계학적으로 높았다고 보고하였는데 본 연구에서는 유리침투 후 모든 군에서 유리침투 전에 비해 L\*값이 감소하여 명도가 감소하였고 1, 2, 3군 사이 A1 Alumina 유리분말을 침투한 1군이 가장 낮아 Alumina core보다 Spinel core가 높게 나타났고, a\*값은 S11 Spinel 유리분말을 침투한 2군과 3군은 유리침투 전과 유의한 차이가 없었지만 A1 Alumina 유리분말을 침투한 1군은 감소하여 더 녹색을 나타냈고, b\*값은 S11 Spinel 유리분말을 침투한 2군과 3군은 유리침투 전에 비해 감소하였지만 A1 Alumina 유리분말을 침투한 1군은 증가하여 1, 2, 3군 사이 가장 높은 수치로 가장 황색을 나타냈다. 이와 같이 L\*, a\*값에서

차이를 나타내는 것은 본 연구와 다르게 조는 B1 Alumina 유리분말과 S11 Spinell 유리분말을 사용하여 비교하였기 때문인 것으로 생각된다. 유리침투 전과 후 사이 색차는 통계적으로 1군이 24.87로 가장 크고, 2군이 13.77로 가장 작은 색차를 나타냈으나 임상적으로는 큰 색차를 나타냈고 1, 2, 3군 사이 색차는 2군과 3군 사이의 색차가 6.05로 가장 작은 색차를 나타냈으나 임상적으로는 큰 색차를 나타냈다.

동일한 A1 도재축성 후 모든 군은 유리침투 후에 비해 L\*값은 감소하고 1, 2, 3군 사이 1군이 가장 낮고 2군과 3군은 유의한 차이가 없었고, a\*값은 1군은 증가하고 2군은 감소하며 3군은 유의한 차이가 없었으나 3군이 가장 높게 나타났고, b\*값은 1군은 감소하고 2, 3군은 증가하였지만 1군이 가장 황색을 나타냈다. 도재축성 전과 후 사이 색차는 통계학적으로 유리침투 후 가장 작은 색차를 나타냈던 2군이 24.89로 가장 크고, 3군이 19.63으로 가장 작은 색차를 나타냈지만 임상적으로 큰 색차를 나타냈고, 1, 2, 3군 사이 색차는 2군과 3군 사이 색차가 2.63으로 통계학적으로 가장 작은 색차를 나타냈지만 임상적으로 눈으로 인지가 가능한 정도였다. 1, 2, 3군 사이 유리침투 전과 후 사이의 색차보다 동일한 도재축성 전과 후 사이의 색차가 감소되는 결과는 O'Brien 등<sup>40)</sup>의 치과용 body-opaque 도재의 중층효과와 유사한 결과로 생각된다.

불투명도는 빛이 한가지 이상의 상(phase), 즉 연속적인 상이나 분포상을 갖는 재료를 투과시 여러차례의 굴절, 반사와 같은 빛의 산란에 의해 나타난다. 본 연구에서 불투명도는 contrast ratio로 표현하였는데 이는 0-1 사이 수치로 재료의 불투명도가 높을수록 contrast ratio도 높아져 감출 수 있는 능력이 커지게 된다<sup>26)</sup>. 본 연구결과 유리침투 전에 Alumina blanks 시편의 contrast ratio는 1.0으로 Spinell blanks 시편 0.98과 유의한 차이를 나타냈고 유리침투 후에는 모든 군에서 contrast ratio 감소로 불투명도가 감소하였고, A1 Alumina 유리분말을 침투한 1군이 0.83으로 불투명도가 높게 나타났으며, 다른 blanks를 사용하였지만 S11 Spinell 유리분말을 침투한 2군과 3군은 유의한 차이가 없었다. 이는 Vita Celay<sup>®</sup> Alumina blanks의 oxide에는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(99.7%), SiO<sub>2</sub>(0.3%)가 포함되고 Vita Celay<sup>®</sup> Spinell blanks

의 oxide에는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(67~73%), SiO<sub>2</sub>(0.1~1.0%), MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CuO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O 등이 포함되어 Alumina blanks는 Spinell blanks보다 알루미늄이 증가함에 따라 굴절률 차이로 인해 불투명도가 증가하게 되고 Spinell은 입자 크기가 커 밀도가 증가하여 기공을 감소시키므로 불투명도가 감소하게 된 것으로 생각된다. 또한 Vita In-Ceram<sup>®</sup> Alumina glass powder에는 lanthanum aluminosilicate에 sodium과 calcium이 소량 들어있고, Vita In-Ceram<sup>®</sup> Spinell glass powder는 magnesium aluminate를 사용하기 때문에<sup>41,42)</sup> Spinell core가 Alumina core 보다 투명도가 향상되고, modified Alumina core는 Alumina blanks 시편에 Alumina 유리분말을 침투시킨 경우보다는 Spinell 유리분말이 침투되어 투명도가 향상된 것으로 생각된다<sup>3,4,16,43)</sup>. 그리고 동일한 도재축성 후 2군과 3군 사이의 색차가 1군과 2군, 1군과 3군보다 작게 나타났는데 이는 2군과 3군의 유리침투 후 불투명도가 유의한 차이가 없었기 때문인 것으로 생각된다.

Magne와 Belser<sup>16)</sup>는 통상적인 방법을 사용한 modified In-Ceram Alumina의 굴곡강도가 In-Ceram Spinell보다는 크고 In-Ceram Alumina와는 유의한 차이가 없음을 보여주었다. 황 등<sup>44)</sup>은 통상적인 In-Ceram보다 Copy-milled In-Ceram이 높은 파절강도를 나타낸다고 하였으며 본 연구결과는 modified In-Ceram Alumina와 In-Ceram Spinell이 유리침투 후와 도재축성 후 가장 작은 색차를 나타냈고, 유리침투 후 불투명도는 큰 차이가 없었으므로 임상적으로 modified In-Ceram Alumina는 In-Ceram Spinell과 유사한 심미성과 높은 강도로 단일 치관이나 가공의치에 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 A1, S11 유리분말을 사용한 3가지 종류의 core 색과 불투명도를 비교하였으나 다른 색조의 유리분말을 사용시 색과 불투명도에 미치는 영향과 완전도재관의 심미성에 영향을 미치는 시멘트의 색과 도재의 형광도에 대한<sup>4,16)</sup> 연구도 함께 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 유리침투 및 도재축성이 3가지 종류의

Copy-milled In-Ceram core의 색과 불투명도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Vita Celay® Alumina blanks에 A1 Alumina 유리분말을 칩투시킨 In-Ceram Alumina core를 1군, Vita Celay® Alumina blanks에 S11 Spinell 유리분말을 칩투시킨 modified In-Ceram Alumina core를 2군, Vita Celay® Spinell blanks에 S11 Spinell 유리분말을 칩투시킨 In-Ceram Spinell core를 3군으로 하여 유리칩투 전과 후의 색과 불투명도 및 도재축성 후 색을 측정 비교하였다. 색은 측색색차계로 L\*, a\*, b\*를 측정하여 색차를 계산하였으며 불투명도는 contrast ratio로 나타내어 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유리칩투 후 L\*값은 모든 군에서, a\*값은 1군에서 감소하였고(p<0.001), b\*값은 1군은 증가하였으나 2, 3군은 감소하였다 (p<0.001).
2. 도재축성 후 L\*값은 모든 군에서 감소하였고 (p<0.001), a\*값은 1군은 증가하였으나 2군은 감소하였고(p<0.05), b\*값은 1군은 감소하였으나 2, 3군은 증가하였다(p<0.001).
3. 유리칩투 전과 후 사이에는 13.77 이상의 큰 색차를, 도재축성 전과 후 사이에는 19.63 이상의 큰 색차를 나타내었다.
4. 유리칩투 후와 도재축성 후 1, 2, 3군 중 1군이 가장 낮은 L\*값과 a\*값, 가장 높은 b\*값을 나타냈고 (p<0.05) 유리칩투 후 1, 2, 3군 사이 색차는 2군과 3군 사이가 6.05, 도재축성 후 색차는 2군과 3군 사이가 2.63으로 작게 나타났다.
5. 유리칩투 후 모든 군에서 불투명도는 감소하였고 (p<0.001), 1군의 불투명도가 높게 나타났으며 (p<0.05) 2군과 3군의 불투명도는 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과 유리칩투와 도재축성은 In-Ceram core의 색과 불투명도에 영향을 미치며 임상적으로 modified In-Ceram Alumina는 In-Ceram Spinell과 유사한 심미성으로 심미보철 수복에 사용될 수 있음을 시사한다.

#### 참고 문헌

1. McLean JW. The science and art of dental ceramics vol II. Quintessence publishing Co 1980;21-44.
2. Jones DW. Development of dental ceramics. Dental Clinics of North America 1985;29:621-644.
3. Sieber C. A key to enhancing natural esthetics in anterior restorations: The light-optical behavior of Spinell luminaries. J Esthet Dent 1996;8:101-106.
4. Sieber C, Norbert Thiel, Dipl-chem. Spinell/Luminary Porcelain: Natural Light Optics for Anterior Crowns. QDT 1996:43-49.
5. Mclean JW. New dental ceramics and esthetics. J Esthet Dent 1996;7:141-149.
6. Mclean JW. Mastery in Dentistry. J Esthet Dent 1997;9:208-214.
7. Probster L, Diehl J. Slip-casting Alumina ceramics for crown and bridge restorations. Quintessence Int 1992;16:96-97.
8. Probster L. Survival rate of In-Ceram restorations. Int J Prosthodont 1993;6:259-263.
9. Magne P. Natural and restorative oral esthetics part III: Fixed Partial Dentures. J Ethet Dent 1994;6:15-22.
10. Scotti R, Catapano S, D'Elia A. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. Int J Prosthodont 1995;8:320-3.
11. Dickinson Anthony JG, Moore BK. A comparative study of the strength of aluminous porcelain and all-ceramic crowns. J Prosthet Dent 1989;61:297-304.
12. Groten M, Girthofer S, Probster L. Marginal fit consistency of copy-milled all-ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. J Oral Rehab 1997;24:871-881.
13. Malaren EA, Sorensen JA. High-strength Alumina crowns and fixed parital dentures generated by copy-milling technology. QDT 1995:31-38.
14. Rinke S, Hunls SA. Copy-milled aluminous core ceramic crowns: A clinical report. J Prosthodont 1996;76:343-346.

15. Rinke S, Hunls SA, Jahn L. Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1995;8:303-310.
16. Magne P, Belser U. Esthetic improvements and in vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. *Int J Prosthodont* 1997;10:459-466.
17. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990;69:1180-1183.
18. Seghi RR, Johnston WM. Performance Assessments of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68:1755-1759.
19. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-1764.
20. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A New, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990;69:1762-1764.
21. 백성기, 장완식, 양재호, 이선형. 도재전장주조관에 사용되는 도재의 색차에 관한 실험적 연구. *대한치과보철학회지* 1987;25(1):41-54.
22. 조신석, 양홍서. 금속 종류가 전장 레진 및 도재의 색차에 미치는 영향. *대한치과보철학회지* 1994;32:9-21.
23. 심직현, 방몽숙. 지대치 코어 재료와 In-Ceram coping의 두께가 In-Ceram의 색에 미치는 영향. *대한치과보철학회지* 1995;33:634-644.
24. Rosenstiel SF, Porter SS, Johnston WM. Colour measurements of all ceramic crown systems. *J Oral Rehab* 1989;16:491-501.
25. 조병완. In-Ceram Alumina core와 In-Ceram Spinell core의 분광반사율의 차이에 대한 연구. *대한치과 의사협회지* 1994;34:733-741.
26. Inokoshi S, Burrow MF. Opacity and Color changes of tooth-colored restorative materials. *Operative dentistry* 1995;28:73-80.
27. Yaman P, Riaz S, Dennison JB, Razzoog ME. Effect of adding opaque porcelain on the final color of porcelain laminates. *J Prosthet Dent* 1997;77:136-340.
28. Davis BK, Aquilino SA, Lund PS. Colorimetric evaluation of the effect of porcelain opacity on the resultant color of porcelain veneers. *Int J Prosthodont* 1992;5:130-136.
29. Davis BK, Aquilino SA, Lund PS. Subjective evaluation of the effect of porcelain opacity on the resultant color of porcelain veneers. 1990;3:567-572.
30. Ironside JG. Light transmission of a ceramic core material used in fixed prosthetics. *QDT* 103-105, 1993.
31. Eidenbenz S, Lehner CR, Scharer P. Copy milling ceramic inlays from resin analogs: practicable approach with the Celay system. *Int. J Prothodont* 1994;7:134-42.
32. Kawai K, Hayashi M. Marginal adaptability and fit of ceramic milled inlays. *JADA* 1995;126:1414-1419.
33. Materdomini D, Friedman M. The contact lens effect: Enhancing porcelain veneer Esthetics. *J Esthet Dent* 1995;7:99-103.
34. 한국 공업 규격 KS A 0066. 물체색의 측정 방법.
35. 한국 공업 규격 KS A 0061: X Y Z색 표시계 및 X<sub>10</sub> Y<sub>10</sub> Z<sub>10</sub> 색표시계에 따른 색의 표시방법.
36. 한국 공업 규격 KS A 0065. 표면색의 시감 비교 방법.
37. Esquivel JF, Wozniak WT. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. *Int J Prosthodont* 1995;8:479-485.
38. Goldstein GR, Schmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. *J Prosthet Dent* 1993;69:616-619.
39. 김공주. 색채과학. 제2판. 서울. 대광서림 1991:P18-30.
40. O'Brien WJ, Fan PL, Groh C. Color difference coefficients of body-opaque double layers. *Int J Prosthodont* 1994;7:56-61.
41. Pober RL, Giodano RA, Campbell SD, Pelletier LB. Compositional analysis of In-

- Ceram infusion glass(abstract). J Dent Res 1992;71:253.
42. 황정원, 양재호, 이선형, 정현영. Copy-milled Celay In-Ceram 전부 도재관의 파절강도에 관한 연구. 대한치과보철학회지 1997;35:417-429.
43. Carrier DD, Kelly JR. In-Ceram failure behavior and core-veneer interface quality as influenced by residual infiltration glass. J Prosthodont 1995;4:237-242.

## ABSTRACT

# COMPARISON OF COLOR AND OPACITY OF COPY-MILLED IN-CERAM ALUMINA CORE AND SPINELL CORE

Jeong-Sun Bae, D.D.S., Mong-Sook Vang, D.D.S., Ph.D.

*Department of prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University*

This study was performed to evaluate effect on color and opacity of 3 different copy-milled In-Ceram cores by glass infiltration and porcelain veneering. Color was evaluated by the CIEL\*a\*b\* readings were recorded with a Colorimeter, Color difference value( $\Delta E^*_{ab}$ ) was calculated and opacity was represented by the contrast ratio. The variance of each color parameter ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), color difference value, and opacity change after glass-infiltrated and after veneered with porcelain was compared.

Three experimental groups were fabricated as follows.

Group 1 (Alumina core) : 15 Alumina blanks was infiltrated with originally marketed glass (A1) and veneered with porcelain(A1)

Group 2 (modified Alumina core) : 15 Alumina blanks was infiltrated with its associated glass(S11) and veneered with porcelain(A1)

Group 3 (Spinell core) : 15 Spinell blanks was infiltrated with originally developed glass(S11) and veneered with porcelain(A1)

The results were as follows:

1. After glass infiltration,  $L^*$  value showed decrease,  $a^*$  value showed decrease only group 1( $p < 0.001$ ) and  $b^*$  value showed increase on group 1, increase on group 2, 3( $p < 0.001$ ).
2. After porcelain veneering,  $L^*$  value showed decrease( $p < 0.001$ ),  $a^*$  value showed increase on group 1, decrease on group 2( $p < 0.05$ ) and  $b^*$  value showed decrease on group 1, increase on group 2, 3 ( $p < 0.001$ ).
3.  $\Delta E^*_{ab}$  between before and after glass infiltration was more than 13.77, and between after glass infiltration and after porcelain veneering more than 19.63.
4. After glass infiltration and porcelain veneering, Alumina showed the lowest  $L^*$ ,  $a^*$  value and highest  $b^*$  value among 3 different groups ( $p < 0.05$ ).  $\Delta E^*_{ab}$  between group 1-2, 1-3 was higher than that of group 2-3.
5. After glass infiltration, opacity showed decrease, Group 1 had the highest opacity( $p < 0.05$ ), but no significant differences between group 2 and 3.

Above results suggest that glass infiltration and porcelain veneering effects on color and opacity of In-Ceram core, and that modified In-Ceram Alumina uses single crowns or bridges like In-Ceram Spinell.