

# 티타늄의 표면처리와 저온용융도재의 글레이징 온도에 따른 티타늄-세라믹 보철물의 전단결합강도와 색조재현성

## Effect of Surface Treatments and Glazing Temperatures on Bond Strength and Color Reproducibility in Titanium-Ceramic Prosthesis

정인성, 이도찬

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

In-Sung Chung(ischung@cup.ac.kr), Do-Chan Lee(onedl@korea.com)

**요약**

티타늄의 표면처리방법과 저온용융도재의 글레이징 온도 변화에 따른 티타늄-세라믹 보철물의 결합강도와 색조재현성에 관해 분석하고자 하였다. 표면처리방법에 따른 결합강도를 비교한 결과, TiN 코팅 처리한 STB1시편이 가장 높게 나타났으며, 전용결합제를 사용한 SB1시편, gold 코팅 처리한 SGB1시편 순으로 나타났다. 글레이징 온도에 따른 결합강도는 글레이징 온도가 770°C인 시편들이 720°C에서 글레이징을 실시한 시편들에 비하여 결합강도가 증가하였으며, 810°C에서 글레이징을 실시한 시편들에서는 결합강도가 감소하는 것으로 관찰되었다. 색조관찰 결과 글레이징 온도가 높아질수록 명도( $\Delta L$ )가 높아졌으며, 티타늄의 표면처리에 의한 색조가 티타늄-세라믹의 색조에 영향을 주었으며, 그 결과 SB1과 SGB3이 색조재현성이 가장 우수한 것으로 평가되었다.

■ **중심어** : | 티타늄-세라믹 보철 | 전단결합강도 | 색조재현성 |

**Abstract**

The bonding strength and color reproducibility of titanium-ceramic prosthesis were analyzed the effect according to the surface treatments of titanium and the glazing temperatures of the low fused porcelain. The result of bonding strength compared with respect to the surface treatments was observed that the STB1 group coated by TiN had strongest boding strength and then came the SB1 group used special bonding agent, the SGB1 group coated by gold in that order. The bonding strength by the glazing temperature was indicated that the group with 770°C of glazing temperature was observed increasing the bonding strength as compared with it of the other group, and the group with 810°C of glazing temperature was observed to be decreased the bonding strength. Glazing temperature increases, the color by the surface treatment of titanium influenced the color of titanium-ceramic on account of getting higher brightness( $\Delta L$ ). As a this result, the SB1 and SGB3 groups was evaluated to has the best color reproducibility.

■ **keyword** : | Titanium-ceramic Prosthesis | Shear Bond Strength | Color Reproducibility |

**I. 서론**

티타늄은 생체친화성과 내식성이 우수하고, 비중이

가볍고, 기계적 특성이 우수하기 때문에 매혹적인 치과 보철재료로 그 사용범위가 확대되고 있으며, 치과용 금합금의 대체 금속으로도 주목받고 있다[1-3]. 그러나

접수번호 : #100928-012

접수일자 : 2010년 09월 28일

심사완료일 : 2010년 11월 02일

교신저자 : 정인성, e-mail : ischung@cup.ac.kr

티타늄은 고온에서 산소와 강하게 반응하여 두꺼운  $TiO_2$  산화물 층을 형성하는 특성은 갖고 있으며, 이 산화물 층은 티타늄의 연성과 피로저항성을 감소시켜 티타늄-세라믹의 결합강도를 약하게 한다[4]. 이 때문에 티타늄-세라믹 보철물의 임상적용은 아직 활발하지 않다[2].

티타늄-세라믹 보철물을 임상에 적용 시 가장 문제점은 티타늄과 세라믹간의 결합강도가 약하다는 점과 색조 재현 시 티타늄의 색이 투과되어 회색에 가까운 색을 나타내며, 광택이 부족하여 색조재현성이 나쁘다는 점을 들 수 있다.

티타늄과 세라믹의 강한 결합은 세라믹 소성 전 티타늄의 표면처리와 관계가 있다[5]. 표면처리방법 중 티타늄과 세라믹간의 결합강도를 증가시킬 뿐만 아니라, 색조재현성에도 영향을 줄 것이라고 기대되는 gold 코팅은 세라믹 소성 시 티타늄의 산화층과 새로운 화합물인  $Au_2Ti$ 를 형성하는 화학반응을 일으켜 세라믹과의 결합강도를 증가시킨다는 보고와 티타늄 표면에 gold sputter 코팅을 한 다음 낮은 압력의 알곤 분위기에서 세라믹을 소성하면 gold 코팅이 티타늄 표면에서 비 접착성 산소의 형성을 조절하는 분산 방어막 역할을 하여 티타늄과 세라믹간의 결합력을 높인다고 보고하였다[6]. 그리고 티타늄 표면의 질화 코팅은 세라믹을 소성하는 동안 티타늄 산화를 조절하기 위해 티타늄 표면에 질화 코팅을 시행하면 질화 티타늄이 비질화 티타늄보다 약 5배 더 낮은 산화속도를 보였다고 보고하였으며, 질화 코팅 중  $TiN$  코팅은 티타늄 표면을 질화(nitridation)시켜 고온에서 티타늄 산화를 억제함으로써 마모저항이 강한 표면, 낮은 마찰계수, 그리고 화학적 안정성을 제공하여 세라믹과의 결합력을 증가시킨다고 보고하였다[7].

심미보철물은 구조적인 심미성과 색조가 주위조직과의 조화가 요구된다. 심미보철물의 색조는 보철제작을 위하여 구강내의 치아에서 취득하여 기록되어진다. 이러한 색조는 취득과 재현을 통하여 심미보철물의 심미성 평가에 기준이 된다. 심미보철물의 색조재현을 위하여 색조에 대한 정보가 정확히 표현될 수 있도록 과학적 인식이 필요하다[8][9].

심미보철물의 색조재현의 객관적 평가를 위하여 과학적인 측색방법의 표색계가 소개되고 있다[8].

대표적인 표색계는 명도와 채도 그리고 색상을 수치화 한 먼셀 표색계와 명도의  $L^*$ 과 빨강과 녹색범위의  $a^*$  그리고 노랑과 파랑범위의  $b^*$ 을 이용하는 CIE 표색계이다. 현재 치과분야에서 색조 선택 시 표색계를 이용하여 시각적으로 비교하여 판단하는 비색법과 빛의 과정을 이용하는 기계적인 측색법이 사용되고 있다[10].

심미적인 도재용착구조관을 제작할 때 색조의 결정은 세라믹 제조사, 도재 층의 조합과 두께, 색조와 불투명도 등의 재료학적 요소와 치과기공사 술자의 경험과 기교 등의 기술적 요소, 그리고 소성횟수와 응축도 등 치과기공 작업적인 요소들의 조합에 의한 영향으로 이루어지며, 정확한 색조재현이 어려운 것은 이러한 요소들의 결과를 미리 측정할 수 없기 때문이다[11]. 티타늄-세라믹 보철물도 일반적인 심미보철물과 마찬가지로 색조재현이 어렵다는 문제점을 갖고 있다. 특히 티타늄의 색이 투과되어 회색에 가까운 색을 나타내며, 광택이 부족하다는 문제점을 갖고 있다. 그러나 티타늄-세라믹 보철물의 색조재현성에 관한 연구로는 티타늄 표면 코팅 후  $CIE L^* a^*, b^*$ 값을 비교하여  $L^* a^*$ 이 증가하였다는 보고[12]만이 있으며, 티타늄-세라믹 보철의 색조 개선을 위한 도재의 층의 두께, 소성횟수, 글레이징 온도 등에 관한 연구 보고는 거의 없는 실정이므로 이에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 티타늄의 표면처리방법과 저온용융도재의 글레이징 온도 변화에 따른 티타늄-세라믹 보철물의 결합강도와 색조재현성에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 시편 준비

#### 1.1 소재

실험재료로는 도재용착용 합금으로는 대조군으로 사용한 비 귀금속 합금인 VeraBond(Aalbadent, USA)와 시험군으로 주조용 티타늄(Dentaurum, Tritan, Germany)를 사용했으며, 도재용착용 세라믹은 대조군인 비 귀금속

합금은 Vintage(Shofu, Japan)을 사용하였으며 시험군인 티타늄은 전용 저온 용융도재인 Triceram (Esprident-Dentaurum, Germany)을 사용하였다[표 1].

표 1. 실험재료의 특성

Brand names	VeraBond	Titanium	Triceram	Vintage
Material type	Ingot	Ingot	powder	powder
Manufacturers	Aalbadent USA	Dentaurum Tritan Germany	Esprident Springen Germany	Shofu Japan
Firing Temp. (°C)	1160-1275	1668	795	930
CTE (×10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	14.0	9.6	9.4-9.5	13.6-15.0

1.2 시편 제작

Ni-Cr 합금과 세라믹간의 전단결합강도 측정을 위한 시편은 가로 10mm, 세로 10mm, 두께 2mm의 납형을 제작하여 VeraBond를 사용하여 통법의 주조과정을 통하여 10개의 주조체를 제작하였고, 직경 50 $\mu$ m의 산화알루미늄을 사용하여 샌드블라스팅한 다음 10분간 초음파 세척을 실시하고, 세라믹을 시편의 중앙부에 직경 5mm, 높이 5mm로 축성하여 소성하는 방법으로 제작하였고, 티타늄-세라믹 간 전단결합강도 측정을 위한 시편은 주조용 티타늄을 사용하여 로스트 왁스 주조법을 적용하여 정사각판형(10mm×10mm×0.5mm)으로 주조한 다음, 3종류의 표면처리방법 즉 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(220 $\mu$ m)를 0.6MPa으로 샌드블라스팅을 실시하고 750°C에서 6분간 열처리를 실시 후 티타늄 전용결합재를 도포하여 소성한 SB군과 샌드블라스팅과 열처리 후 gold 코팅 처리하고 티타늄 전용결합재를 도포하여 소성한 SGB군 그리고 샌드블라스팅과 열처리 후 TiN 코팅 처리하고 티타늄 전용결합재를 도포하여 소성한 STB군으로 분류하여 티타늄의 표면을 처리하고, 3종류의 글레이징 온도에 따라 720°C에서 글레이징을 실시한 시편은 SB1, SGB1, STB1 군으로, 770°C에서 글레이징을 실시한 시편은 SB2, SGB2, STB2 군으로, 810°C에서 글레이징을 실시한 시편은 SB3, SGB3, STB3 군으로 분류하여 세라믹을 시편의 중앙부에 직경 5mm, 높이 5mm로 축성하여 소성하는 방

법으로 각 군당 10개씩 하여 90개를 제작하였다. 그리고 색조 측정 시편은 전단결합강도 시편과 동일 형태와 표면처리법으로 준비하여 도재를 약 1mm의 두께로 축성하고 소성 후 3종의 글레이징 온도로 소성하여 각 군당 10개씩 하여 90개를 제작하였다[표 2].

표 2. 시편분류

군	Descriptions		N
	표면처리	G.T	
CON	① Sand blasting(50 $\mu$ m Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	720	10
SB1	① Sand blasting(220 $\mu$ m Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	720	10
SB2	② Preheating (750°C 1hr / (10°C/min))	770	10
	③ Bonding agent		
SB3		810	10
SGB1	① Sand blasting(220 $\mu$ m Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	720	10
SGB2	② Preheating (750°C 1hr / (10°C/min))	770	10
	③ Gold plating		
SGB3	④ Bonding agent	810	10
STB1	① Sand blasting(220 $\mu$ m Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	720	10
STB2	② Preheating (750°C 1hr / (10°C/min))	770	10
	③ TiN coating		
STB3	④ Bonding agent	810	10

2. 실험 방법

2.1 전단결합강도 측정

표면처리와 글레이징 온도 변화에 따른 티타늄 합금과 도재간의 결합력을 관찰하기 위하여 전단강도 측정 시험을 실시하였다. 전단강도 측정시험은 만능시험기 (MTS 858 Bionix Test system, USA.)에 전단력 측정 전용 jig를 이용하였으며, 하중은 1mm/min의 속도를 가하여 하중을 취득하였다. 측정된 하중은 단면적으로 계산하여 전단력으로 산출하였다.

2.2 색조 측정

티타늄의 표면처리와 세라믹 소성 시 글레이징 온도 변화에 따른 티타늄-세라믹 결합 시편의 색조의 변화를 관찰하기 위하여 색조 측정을 실시하였다. 색조 측정은 기계적 측정방법인 분광측색기(Easyshade compact, VITA, Germany)를 이용하였으며, 분광측색기는 측색 전 색조의 기준조정(calibration)을 실시 후 측색을 실시

하였다. 준비된 시편의 색조측정은 각 시편 당 10회를 위치를 달리하여 측정하였다. 측정결과는 분광측색기에서 CIE표색계 기준으로 산출되어 제시되는  $\Delta E$  수치 결과를 취득하였다.

### 3. 통계 분석

실험결과 자료는  $P=0.05$  유의수준으로 통계프로그램(SPSS Inc., ver 17.0k)을 이용하여 집단 간의 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시 후 사후검정분석(Scheffe)을 실시하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 전단결합강도 측정결과

표면처리와 글레이징 온도 변화에 따른 티타늄과 세라믹간의 결합강도를 관찰한 결과, 전용결합제를 사용하고 770°C에서 글레이징한 SB2시편이 35.55(±9.14)MPa로 가장 높게 나타났으며, Ni-Cr합금의 CON시편(32.77(±4.31)MPa), 전용결합제를 사용하고 810°C에서 글레이징한 SB3시편(30.35(±6.80)MPa), TiN 코팅하고 770°C에서 글레이징한 STB2시편(26.72(±1.07)MPa), TiN 코팅하고 720°C에서 글레이징한 STB1시편(24.08(±1.27)MPa), 전용결합제를 사용하고 720°C에서 글레이징한 SB1시편(20.82(±1.31)MPa), gold 코팅하고 770°C에서 글레이징한 SGB2시편(19.50(±0.65)MPa), TiN 코팅하고 810°C에서 글레이징한 STB3시편(18.84(±2.58)MPa), gold 코팅하고 720°C에서 글레이징한 SGB1시편(17.30(±2.11)MPa), gold 코팅하고 810°C에서 글레이징한 SGB3시편(7.89(±4.56)MPa) 순으로 나타났다[그림 1]. 이상의 결과를 대조군(CON)을 기준으로 통계 분석한 결과 SB1시편, SGB1시편, SGB2시편, SGB3시편, STB3시편과 유의차( $p<0.05$ )가 있는 것으로 관찰되었으며, 다른 시편들과는 유의차( $p>0.05$ )가 없어 유사한 결합강도를 가지는 것으로 판단된다. 그리고 720°C에서 글레이징 처리한 시편들의 표면처리방법에 따른 결합강도를 비교한 결과, TiN 코팅 처리한 STB1시편이 가장 높게 나타났으며, 전용결합제를 사용한 SB1시편, gold 코

팅 처리한 SGB1시편 순으로 나타났다.

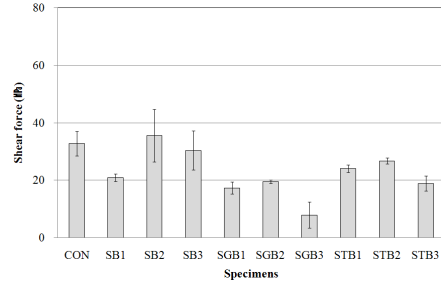


그림 1. 전단결합강도 측정결과( $p<0.05$ )

글레이징 온도에 따른 결합강도는 SB군에서는 720°C에서 글레이징한 SB1시편이 SB2시편과 유의차( $p<0.05$ )가 있는 것으로 분석되었으며, SB3시편은 SB1시편과 SB2시편 간에 유의차( $p>0.05$ )가 없는 것으로 분석되었다. SGB군에서는 SGB1시편과 SGB2시편 간에는 유의차( $p>0.05$ )가 없으며, SGB1시편과 SGB2시편이 SGB3시편과 유의차( $p<0.05$ )가 있는 것으로 분석되었다. STB군에서는 STB1시편과 STB2시편이 STB3시편 간에 유의차( $p<0.05$ )가 있는 것으로 분석되었으며, STB1시편과 STB2시편 간에는 유의차( $p>0.05$ )가 없는 것으로 분석되었다. 이 결과로 글레이징 온도가 770°C인 시편들이 720°C에서 글레이징을 실시한 시편들에 비하여 결합강도가 증가하였으며, 810°C에서 글레이징을 실시한 시편들에서는 결합강도가 감소하는 것으로 관찰되었다.

### 2. 색조 측정결과

티타늄의 표면처리와 세라믹 소성 시 글레이징 온도 변화에 따른 티타늄-세라믹 결합 시편의 색조의 변화를 관찰한 결과 대조군(CON)으로 설정한 Ni-Cr합금의  $\Delta E$ 값은 13.13(±0.61)로 측정되었다. 그리고 시험군인 SB1시편의  $\Delta E$ 값은 12.19(±0.63), SB2시편은 8.26(±0.35), SB3시편은 8.30(±1.27)이 측정되었다. SGB1시편은 2.53(±0.29), SGB2시편은 10.45(±0.75), SGB3시편은 13.14(±0.46)가 측정되었다. STB1시편은 7.28(±0.96), STB2시편은 3.02(±0.38), STB3시편은 9.57(±1.11)이 측정 산출되었다[그림 2]. 측정 산출된  $\Delta E$ 값은 명도의

$\Delta L$ 과 빨강과 녹색범위의  $\Delta a$  그리고 노랑과 파랑범위의  $\Delta b$ 를 이용하여 산출된다.  $\Delta E$ 값은  $\Delta L$ 값과  $\Delta a$ 값 그리고  $\Delta b$ 값의 제곱근의 합으로 산출되므로 각 값에서의 변화가  $\Delta E$ 값에 영향을 미치게 된다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$

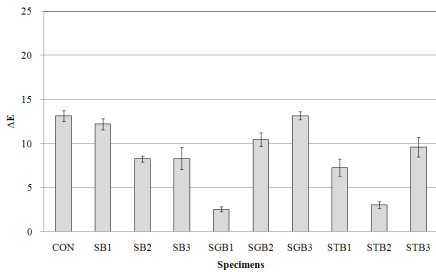


그림 2. 색조 측정결과

표 3. ΔE 산출을 위한 ΔL, Δa, Δb값

색인자 시편	ΔE	ΔL	Δa	Δb
CON	13.1	85.8	3.2	35.5
SB1	12.2	75.4	3.7	39.3
SB2	8.3	76.6	6.3	34.6
SB3	8.3	73.6	6.4	33.6
SGB1	2.5	75.2	4.2	26.5
SGB2	10.5	76.5	7.4	36.3
SGB3	13.1	81.2	7.5	38.3
STB1	7.3	70.7	5.0	35.1
STB2	3.0	76.3	3.4	26.4
STB3	9.6	77.2	3.8	37.2

색조측정 결과에서 각 시편의 글레이징 온도에 따른 색조 변화는 SB군에서 SB1시편이 SB2시편과 SB3시편과 유의차(p<0.05)가 있는 것으로 분석되었다. 그리고 SGB군에서는 SGB3시편이 SGB1시편과 SGB2시편에서 유의차(p<0.05)를 보이며, SGB2시편이 SGB1시편과 유의차(p<0.05)가 있는 것으로 분석되었다.

STB군에서는 STB3시편이 STB1시편과 STB2시편에서 유의차(p<0.05)를 가지며, STB1시편이 STB2시

편과 유의차(p<0.05)를 가지는 것으로 분석되었다.

이러한 결과는 SB군에서는 글레이징 온도가 증가함에 따라 ΔL값의 감소와 Δa, Δb 값의 증가로 인하여 ΔE값인 색조가 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. SGB군에서는 글레이징 온도가 증가함에 따라 ΔL, Δa, Δb 값의 증가로 인하여 색조도 증가하는 것을 관찰할 수 있으며, SGB1시편에서는 Δa, Δb값이 SGB2시편과 SGB3시편에 비하여 낮아 색조 또한 차이가 있는 것으로 관찰되었다. STB군에서는 글레이징 온도가 증가함에 따라 ΔL값의 증가가 관찰되었지만, Δa값의 불규칙적인 감소와 Δb값의 불규칙한 변화로 인하여 색조의 변화 또한 불규칙적인 변화가 있는 것으로 관찰되었다.

색조측정 결과에서 표면처리방법에 따른 색조변화를 관찰하기 위하여 일반적인 글레이징 온도인 720°C에서 제작한 SB1시편과 SGB1시편 그리고 STB1시편을 분석하였다. 그 결과 CON시편이 SB1시편과 SGB1시편 그리고 STB1시편과 유의차(p<0.05)를 관찰할 수 있으며, SB1시편은 SGB1시편과 STB1시편과 유의차(p<0.05)를 관찰할 수 있었다. 그리고 STB1시편이 SGB1시편과 유의차(p<0.05)가 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 표면처리방법의 변화에 의하여 색조의 차이가 나타났음을 의미한다. 전용결합재를 사용한 SB1시편은 CON시편과 유사한 Δa, Δb값을 가지나 ΔL값이 낮아 색조의 차이가 있는 것을 관찰할 수 있었으며, gold 코팅 처리한 SGB1시편은 CON시편에 비하여 Δa값이 높으나 ΔL, Δb값이 낮아 색조의 차이가 있는 것을 관찰할 수 있었다. 그리고 TiN 코팅 처리한 STB1시편은 CON시편과 Δb값은 유사하나 ΔL값은 낮으며, Δa값은 높아 색조의 차이가 있는 것을 관찰할 수 있었다[표 3].

#### IV. 논의 및 결론

티타늄-세라믹 보철물의 내구성은 티타늄과 세라믹의 강한 결합과 연관성이 있으며, Craig와 Powers는 티타늄과 세라믹의 강한 결합은 세라믹 소성 전 티타늄의 표면처리와 관계가 있음을 강조하였다[5]. 본 연구에서

는 3종의 표면처리방법과 3종의 글레이징 온도변화에 따른 티타늄-세라믹 보철물의 결합강도와 색조재현성에 대해 분석하고자 하였다.

티타늄과 세라믹의 전단결합강도를 측정된 결과, 표면처리방법에서는 TiN 코팅 처리한 STB1시편이 가장 높게 나타났으며, 전용결합재를 사용한 SB1시편, gold 코팅 처리한 SGB1시편 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 코팅과 전용결합재를 사용한 군이 결합강도가 높았다는 보고[3][13][14]와 일치한다. 이상의 결과에서 티타늄과 세라믹의 결합강도를 증가시키기 위해서는 gold 코팅보다는 TiN 코팅이 바람직하고, 전용결합재 사용과 TiN 코팅과는 유의차가 없는 것으로 나타나 코팅방법을 사용하지 않고 전용결합재만 사용하는 방법도 고려해 볼 필요가 있다고 판단된다.

글레이징 온도에서는 글레이징 온도가 770°C인 시편들이 720°C에서 글레이징을 실시한 시편들에 비하여 결합력이 증가하는 것으로 관찰되었으며, 810°C에서 글레이징을 실시한 시편들에서는 결합력이 감소하는 것으로 관찰되었다. 이와 같은 결과는 800°C이하에서 양질의 접착성 산화물 층이 형성되며, 800°C이상에서는 다공성 산화물 층이 형성되어 접착성이 나쁘다는 보고와 특히 750°C에서는 치밀하고 접착성이 강한 산화물 층을 형성하여 결합강도가 강하다는 보고와 일치한다 [15]. 이상의 결과에서 글레이징 온도를 720°C가 아닌 770°C로 50°C 높이는 방법도 고려해 볼 필요가 있다고 생각된다.

티타늄의 표면처리와 도재소성 시 글레이징 온도 변화에 따른 티타늄-세라믹 결합 시편의 색조의 변화를 관찰하기 위하여 분광측색기를 이용하였다. 분광측색기는 CIE 표색계 기준의  $\Delta E$ 값 측정하여 색조를 분석하는 방법이다. 색조 측정 결과 대조군(CON)으로 설정한 Ni-Cr합금의  $\Delta E$ 값은 13.13( $\pm 0.61$ )로 측정되었다. 티타늄에 전용결합재를 도포한 후 3종의 글레이징 온도로 소성한 SB군의 SB1시편의  $\Delta E$ 값은 12.19( $\pm 0.63$ ), SB2시편은 8.26( $\pm 0.35$ ), SB3시편은 8.30( $\pm 1.27$ )의 색조가 측정되었다. 그리고 티타늄에 gold 코팅한 다음 3종의 글레이징 온도로 소성한 SGB군의 SGB1시편의  $\Delta E$ 값은 2.53( $\pm 0.29$ ), SGB2시편은 10.45( $\pm 0.75$ ), SGB3시편

은 13.14( $\pm 0.46$ )가 측정되었다. 그리고 티타늄에 TiN 코팅한 다음 3종의 글레이징 온도로 소성한 STB군의 STB1시편은 7.28( $\pm 0.96$ ), STB2시편은 3.02( $\pm 0.38$ ), STB3시편은 9.57( $\pm 1.11$ )이 측정되었다.

분광측색기를 이용하여 색조측정 결과는  $\Delta E$ 값의 차이에 따라 색조의 차이를 평가하는 방법으로 선행연구에 의하면  $\Delta E$ 값이 3.7 이상의 차이를 가질 때 육안으로 판별이 가능할 정도로 색조차이가 나타나는 색조이며 [16], 치과 임상적 허용색차의 한계는  $\Delta E$ 값이 3.3 이상의 차이에서 다른 색조라고 보고되었다[17]. 하지만 다른 연구에서는  $\Delta E$ 값이 1 이하의 차이를 가져도 눈으로 색변화를 감지할 수 있으며, 2 이하일 경우 임상적으로 허용색차의 한계라고 보고되었다[18]. 이러한 연구들에 의하여 미국치과의사협회(ADA)는 색조의 기준 체시를 위하여  $\Delta E$ 값이 2 이상인 경우 색조의 차이가 나타난다고 기준 값으로 규정하여 현재 사용하고 있다[19].

선행연구의  $\Delta E$ 값에 대한 보고된 것과 같이 본 연구에서도  $\Delta E$ 값이 2 이하인 경우 동일 색조로 정의하여 분석하면 대조군인 CON시편의  $\Delta E$ 값(13.13( $\pm 0.61$ ))과 유사한 색조를 가지는 시편은 SB1시편과 SGB3시편이 동일한 색조로 판단되며, 다른 시편들의 색조는 차이가 나는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 티타늄 표면을 전용결합재로 처리하고 720°C에서 글레이징 한 시편과 티타늄 표면을 gold 코팅 처리하고 810°C에서 글레이징 한 시편이 색조재현이 우수한 것으로 판단된다.

그리고 색조측정 결과에서 각 시편의 표면처리방법에 따른 색조변화를 분석결과 다음과 같은 영향이 있는 것을 알 수 있었다. 일반적인 표면처리 방법의 시편인 SB1시편은 CON시편과 유사한  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ 값을 가지나  $\Delta L$ 값이 낮아 색조의 차이가 있는 것을 관찰할 수 있으며, gold 코팅 처리한 SGB1시편은 CON시편에 비하여  $\Delta a$ 값이 높으나  $\Delta L$ ,  $\Delta b$ 값이 낮아 색조의 차이가 있는 것을 관찰할 수 있었다. 그리고 STB1시편은 CON시편과  $\Delta b$ 값은 유사하나  $\Delta L$ 값은 낮으며,  $\Delta a$ 값은 높아 색조의 차이가 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 영향은 각 시험군의 티타늄 합금의 표면색조에 의한 것으로 판단된다. SB군은 티타늄 합금의 금속색조를 가지는 표면으로 소성온도의 증가에 따라 어두운 색조의 금속산

화물이 세라믹 측으로 확산하여  $\Delta L$ 값 감소의 원인으로 판단되며[20], SGB군은 티타늄 합금의 표면에 Au 처리에 의한 노란색의 표면으로 소성온도의 증가에 따라 산화물에 의한 영향으로 없으나 온도증가에 따라 도재의 유리화에 의하여  $\Delta L$ 값이 증가하고 이로 인하여 색조의 증가가 일어난 것으로 판단된다[21]. 그리고 STB군은 티타늄 합금 표면에 TiN처리를 통하여 생성된 노란색의 TiN막으로 이루어진 표면이 소성온도의 상승으로 인하여 붉은색으로 변화하여  $\Delta a$ 값과  $\Delta b$ 값의 불규칙한 변화로 색조에 영향을 미치는 것으로 판단된다[22].

색조관찰 결과 글레이징 온도가 높아질수록 명도( $\Delta L$ )가 높아져 티타늄의 처리에 의한 표면의 색조가 티타늄-도재의 색조에 영향을 미치게 된다. 그래서 합금의 표면의 색상이 밝은 SGB군의 글레이징 온도가 높은 SGB3시편이 색조가 우수하며, SB군에서 글레이징 온도가 높아져 합금의 어두운 산화물의 확산이 야기되지 않는 SB1시편의 색조가 우수한 것으로 평가된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J. C. Wataha, "Biocompatibility of dental casting alloys :a review," J Prosthet Dent., Vol.83, pp.224-234, 2000.
- [2] M. Kononen and J. Kivilahti, "Fusing of dental ceramics to titanium," J Dent Res., Vol.80, pp.848-854, 2001.
- [3] I. A. Hussaini and K. A. A. Wazzan, "Effect of surface treatment on bond strength of low-fusing porcelain to commercially pure titanium," J Prosthet Dent., Vol.94, pp.350-356, 2005.
- [4] I. C. Pang, J. L. Gilbert, J. Chai, and E. P. Lautenschlager, "Bonding characteristics of low-fusing porcelain bonded to pure titanium and palladium-copper alloy," J. Prosthet Dent., Vol.73, pp.17-25, 1995.
- [5] R. G. Craig and J. M. Powers, Restorative dental materials, 11th ed., Mosby Inc. St. Louis, 2002.
- [6] K. M. Lee, Z. Cai, J. A. Griggs, L. Guistas, D. J. Lee, and T. Okabe, "SEM/EDS evaluation of porcelain adherence to gold-coated cast titanium," J Biomed Mater Res Part B, Appl Biomater 68B, pp.165-173, 2004.
- [7] Y. Oshida, L. Fung, and S. Isikbay, "Titanium-porcelain system Part II: Bond strength of fired porcelain on nitrided pure titanium," Biomed Mater Eng, Vol.7, pp.13-34, 1997.
- [8] S. J. Chu and D. P. Tarnow, "Digital Shade analysis and verification," Pract Proced Aesthet Dent, Vol.13, No.2, pp.129-136, 2001.
- [9] H. E. Kim, I. H. Cho, J. H. Lim, "Shade analysis of anterior teeth using digital shade analysis system," J Korean Academy of Prosthodontics, Vol.41, pp.565-581, 2003.
- [10] 류소영, 임주환, 조인호, "도재전장주조관에 사용되는 도재의 색안정성에 관한 연구", 대한치과보철학회지, 제38권, pp.73-84, 2000.
- [11] 김웅철, 이병기, 이태정, 김치영, 치과도재기공학, 신흥인터내셔널, 1997.
- [12] 이승희, 티타늄 표면 코팅 후 색상이 도재의 색조에 미치는 영향, 전남대학교 대학원 치의학과 석사학위 논문, 2005.
- [13] 김연미, 김현승, 이광민, 이도재, 오계정, 임현필, 서윤정, 박상원, "타이타늄 표면 코팅이 도재결합에 미치는 영향", 대한치과보철학회지, 제45권, 제5호, pp.601-610, 2007.
- [14] 최택휴, 박상원, 방몽숙, 양홍서, 박하옥, 임현필, 오계정, 김현승, 이광민, 이경구, "타이타늄의 표면개질에 따른 도재결합특성", 대한치과보철학회지, 제45권, 제2호, pp.169-80, 2007.
- [15] M. Yan, C. T. Kao, J. S. Ye, T. H. Huang, and S. J. Ding, "Effect of preoxidation of titanium on the titanium-ceramic bonding," Surface & coatings technology, 2007 (in press).

- [16] J. L. Shotwell, and ME. A. Razzog, "Color stability of long-term soft denture liners," J prosthet Dent, Vol.68, pp836-383, 1992.
- [17] M. Eldiwany and K. H. Fridel, "Color stability of light-cured and post-cured composites," Am J Dent, Vol.8, pp.179-181, 1995.
- [18] W. J. O'Brien, C. L. Groh, and K. M. Boenke, "A new, small-color-difference equation for dental shades," J Dent Res, Vol.69, pp.1762-1764, 1990.
- [19] W. T. Wozniak, "Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides," American dental association, Chicago, pp.1-2, 1987.
- [20] 박창근, *반복소성이 치과용 도제의 색에 미치는 영향*, 가천의과대학교, 석사논문, 2006.
- [21] 곽동주, 노재경, 문희경, 박명자, 선금자, 신무학, 임시덕, 최석순, 최용석, *치과도재기공학*, 정문각, 1996.
- [22] 김성민, 오승천, 한정훈, 이상율, "TiN 컬러코팅에 미치는 공정변수의 영향", 한국표면공학회 추계학술대회 논문집, pp.161-163, 2007.

이 도 찬(Do-Chan Lee)

정회원



- 2010년 2월 : 부산가톨릭대학교 치기공학과(학사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 대학원 치기공학과(석사과정)

<관심분야> : 치기공학

저 자 소 개

정 인 성(In-Sung Chung)

정회원



- 1999년 2월 : 부산대학교 대학원 무기재료공학과(공학박사)
- 1981년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 교수

<관심분야> : 치과재료, 의용재료, 생체재료, 무기재료