

타이타늄 표면 코팅이 도재 결합에 미치는 영향

전남대학교 치의학 전문 대학원 치과보철학교실
*전남대학교 신소재공학부 및 기능성 표면공학연구소

김연미 · 김현승 · 이광민* · 이도재* · 오계정 · 임현필 · 서윤정 · 박상원

I. 서 론

심미성에 대한 관심이 높아지면서 도재수복물이 널리 이용되고 있으며 그중 금속의 견고성과 도재의 심미성을 함께 갖춘 도재전장금관이 가장 대표적으로 사용되고 있다.¹⁻³ 도재용 합금에서도 많은 발전이 있었는데 그중 가장 큰 성과는 순수 타이타늄과 타이타늄 합금의 개발이다.^{4,5}

타이타늄은 우수한 내식성과 생체적합성(biocompatibility), 높은 강도와 귀금속 합금에 비해 경제적이라는 장점 때문에 임플란트 뿐만 아니라, 최근에는 단일 금관이나 계속 가공의치, 금속 알리지기 있는 가철성 국소의치환자에서도 사용범위가 확대되어 귀금속의 대체 금속으로 주목받고 있다.^{6,7}

그러나 타이타늄은 도재와의 결합력이 통상적인 금속-도재 결합력보다 약하다는 문제점이 있다.^{3,4} 이는 도재 소성 온도에서 타이타늄의 산화와 타이타늄 주조시 표면에 형성되는 α -case 층이 주요 요인이다. α -case 층은 타이타늄 주조시 고온에서 매몰재내의 산소가 타이타늄 격자사이로 확산되어 타이타늄 표면에 형성되는 두꺼운 산화층으로 연성과 피로 저항성을 감소시켜 결국 타이타늄-도재 결합력을 저하시킨다.^{6,8}

통상적인 도재의 소결(sintering) 온도는 950°C 이상이다. 하지만 950°C에서 형성된 타이타늄 산화층

은 두껍고 기포와 내부 응력에 의해 비교적 쉽게 금이 가거나 떨어져나가 도재와의 결합에 부적절하다.⁷ 따라서 타이타늄은 660°C~870°C 정도의 용융온도를 갖으며, 타이타늄의 열팽창계수와 유사하거나 약간 낮은 열팽창계수를 갖는 전용도재를 사용한다.⁹⁻¹⁰

도재 소성동안 과도한 타이타늄 산화를 막기 위한 방법으로 다양한 순수 금속과 도재들을 타이타늄 표면에 코팅하는 방법들이 연구되어왔다.

Wang과 Fung 등¹¹은 타이타늄 위에 Cr 코팅을 실시하여 타이타늄의 낮은 산화율을 보고하였다. 또 다른 연구¹²⁻¹³에서는 silver 코팅을 시행하여 타이타늄-도재 결합이 개선되었음을 보여주었다. Wang과 Weltch 등⁷은 타이타늄 위에 Si₃N₄ 코팅을 시행하고 Oshida와 Fung 등¹⁴은 타이타늄 위에 TiN 코팅을 시행함으로써 타이타늄 표면의 질화(nitridation)가 고온에서 타이타늄 산화를 제한하여 도재와의 결합에 효과적이었다고 보고하였다. 최근 Y₂O₃-ZrO₂을 코팅한 타이타늄도 도재와의 결합을 향상시켰다고 보고되었다.¹⁵ 또한 Derand와 Her¹⁶는 주조와 가공 타이타늄에 대한 도재와의 결합에 관한 연구에서 금결합체가 타이타늄-도재의 결합에 비효과적이었다고 보고하였다. Lee 등⁶의 연구에서는 Au sputter 코팅을 시행한 경우 타이타늄 표면에 가장 많은 도재가 부착되었음을 보고하였는데, Au 코팅이 타이타늄 표면과 화학적 결합을 하여 타이타늄-도재와의 결합에

※ This study was supported by second stage Brain Korea 21 project for school of dentistry.

효과적이라고 하였다. 따라서 본 연구에서는 주조 타이타늄과 가공 타이타늄을 각각 Au, TiN 코팅과 Al₂O₃ sandblasting으로 표면처리 후 도재를 축성 소성하여 도재와 타이타늄의 결합력을 2축 굴곡 실험을 통하여 비교하고, 임상적으로 적용 가능성을 평가하고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 금속 시편 제작

주조 타이타늄은 CP-Ti(Grade 2, Kobe still Co., Kobe, Japan)를 13×13×1mm의 아크릴 판형을 제작한 뒤 MgO계 매몰재(Selevest CB®, Selec, Japan)로 매몰 후 원심 주조하였다(n=8).

가공 타이타늄은 1mm 두께의 CP-Ti(Grade 2, Kobe still Co., Kobe, Japan) 판재를 초정밀 와이어 가공기(AP450L®, Sodic Co, Japan)를 사용하여 13×13×1mm 크기로 준비하였다(n=8).

Au-Pd-In alloy는 비교군으로 13×13×1mm의 납형을 제작한 뒤 인산염계 매몰재(Powercast®; Whipmix, USA)로 매몰하고, Au-Pd-In 합금(Cast-3®, Alphadent, Seoul, Korea)를 gas-oxygen torch로 용융시킨 후 원심주조기로 주조하였다(n=8).

2. 표면처리

금속 시편의 종류와 표면 처리 방법에 따라 군을

분류하였다 (Table I).

Au 코팅군은 sputter coater(PS-1200®, ParaOne, Korea)로 40mA, 1000s로 코팅하였고, TiN 코팅군은 AIP (Arc Ion Plating)법 (Hybrid coating system®, 아텍 시스템, Incheon, Korea)으로 300℃에서 N₂ 유량 300sccm를 유입하여 공정압력 7.5mTorr에서 바이어스 -30V, 아크전류 65A로 약 2시간 동안 증착하여 코팅하였다.

3. 도재 소성

각 시편에서 도재가 소성될 표면은 dental air abrasion unit(Denture Sand Blaster®, Hanjin Dental, Seoul, Korea)에서 50μm Al₂O₃ particle(Korox®, Bego, Germany)로 air abrasion되었다. Air abrasion을 위한 기압은 0.6MPa(6bar)에서 유지되었고, 표면과 nozzle사이의 거리는 약 5mm를 유지한 후 약 30초 동안 sandblasting하였다.

타이타늄 시편의 경우 초저용융도재 (Vita Titankeramik®, Vident, Germany)를 표본의 중심에 6mm직경의 원형이 되게 porcelain bonder를 바르고 한층의 opaque porcelain과 두층의 dentin porcelain을 타이타늄 전용 도재로 (Tikrom®, Orotig, Italy)에서 제조회사의 추천 사이클대로 소성하였다 (Table II). 두 번째 dentin porcelain 소성 후 도재의 높이를 1.1mm가 되게 SiC abrasive paper로 연마하였다. 초음파 세척기로 5분간 세척 후 건조시키고 최종 glaze firing을 시행하였다 (Fig. 1).

Table I. Experimental groups of specimens used in study

Groups	Descriptions
1	Cast-titanium, gold coating
2	Cast-titanium, TiN coating
3	Al ₂ O ₃ blasted cast-titanium
4	Wrought titanium, gold coating
5	Wrought titanium, TiN coating
6	Al ₂ O ₃ blasted wrought titanium
7	Au-Pd-In alloy

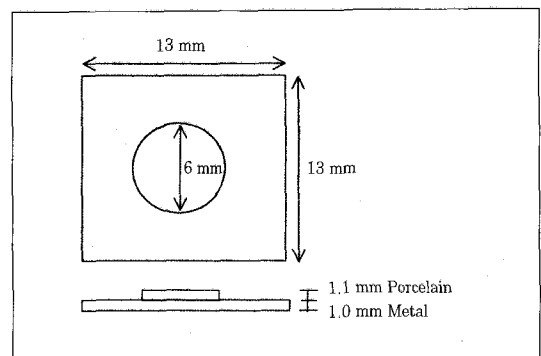


Fig. 1. Dimensions of metal-ceramic specimen.

Au-Pd-In 합금시편에서는 일반 도재 (Creation®, Klema, Austria)를 이용하여 타이타늄 시편에서와 동일하게 표본의 중심에 6mm직경의 원형으로 1.1mm 높이가 되게 통상 적인 도재로(Austromat 300®, Dekema, Germany)에서 제작하였다.

4. 2축 굴곡 실험 (Biaxial Flexure Test)

실험은 특별한 die와 plunger(Fig. 2)를 Load Cell Type의 만능재료시험기(LLOYD-LR50K®, LLOYD instrument LTD, UK)에 장착하여 금속에서 도재가 탈락될 때까지 0.25mm/min의 cross head speed로 압축강도를 가하였다. 실험 후 타이타늄-도재 시편상의 느슨한 도재 조각들은 nylon bristle brush로 제거된 후 10분 동안 deionized water에서 초음파 세척되었다.

5. 표면 분석

시편의 표면은 EDS(Energy-Dispersive X-ray Spectrometer®, Noran, USA)가 있는 주사전자현미경(SEM ; scanning electron microscope, JSM 5400®, JEOL, Japan)으로 시편의 중심원내의 3.7 × 2.7mm 사각형 내에서 Si 함량을 조사하였고 도재 부착의 시표로서 이용하였다. Si의 원자분율(atomic percentage)은 50µm Al₂O₃ sandblasting과 초음파 세척 후, 도재 첫 번째 층 소성 후, 시편에서 도재 탈

락 후를 검사하였다.

실험 후 각 시편의 부착도재 면적분율(AFAP ; Area Fraction of Adherent Porcelain)이 다음과 같이 계산되었다.

$$AFAP(\%) = \frac{Si_d - Si_t}{Si_p - Si_t} \times 100$$

Si_p : 도재의 첫 번째 층 소성후 Si의 원자분율

Si_d : 도재 탈락후 Si의 원자분율

Si_t : 도재 소성전 Si의 원자분율

6. 통계 분석

통계처리는 one way ANOVA와 Student-Newman Kuels test (SPSS 10.0 for Windows)로 95% 유의 수준에서 통계 처리되었다.

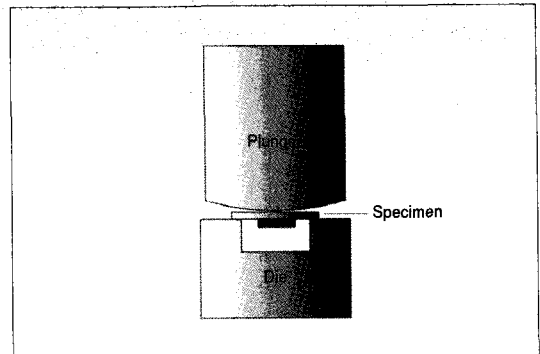


Fig. 2. Schematic diagram of a special die and plunger.

Table II. Settings of the porcelain furnace used for fusing of the Ultra-Low-Fusing dental porcelain in the present Study

Porcelain Layer	Porcelain Furnace Setting
Paste bonder	Heat from 400 to 800 °C at 60 °C/min in vacuum, hold at 800 °C in vacuum for 1 min
Opaque porcelain	Heat from 400 to 790 °C at 110°C/min in vacuum, hold at 790 °C in vacuum for 1 min
First-layer dentin porcelain	Heat from 400 to 770°C at 50 °C/min in vacuum, hold at 770°C in vacuum for 1 min
Second-layer dentin porcelain	Heat from 400 to 770 °C at 50 °C/min in vacuum, hold at 770 °C in vacuum for 1 min
Glaze	Heat from 400 to 790 °C at 60 °C/min in vacuum, hold at 790 °C in vacuum for 1 min

III. 결 과

Fig. 3은 타이타늄의 코팅 전과 후 그리고 Au-Pd-In 합금의 SEM사진으로 타이타늄 시편에서 각 코팅은 주조 타이타늄과 가공타이타늄에서 유사한 코팅 양상을 보였다.

Fig. 4는 2축 굴곡 실험 후 금속 표면을 30배율로 촬영한 SEM사진이다. Fig. 4의 외견은 3부분으로 구분되어지는데 백색 부분은 잔존하는 dentin porcelain, 밝은 회색 부분은 bonding porcelain이나 opaque porcelain이며 검은 부분은 타이타늄이다. 비교군인 7군이 잔존하는 도재가 가장 많고, 3군이 가장 적으며 나머지 1군, 2군, 4군, 5군, 6군은 비슷한 정도이다.

Table III은 도재 탈락 후 Si 성분(weight concentration)을 비교한 결과이다. 주조 타이타늄과 가공 타이타늄에 Au 코팅과 TiN 코팅을 시행한 1군, 2군, 4군, 5군과 가공 타이타늄에 Al₂O₃ sandblasting만을 시행한 6군은 Si 함량이 약 14~17wt.% 나타내었다. 반면, 주조 타이타늄에 Al₂O₃ sandblasting을 시행한 3군은 Si 함량이 7wt.%를 나타내었다. Table IV는 Si 성분의 원자 분율을 나타내었다.

본 연구에서 도재의 첫 번째 층 소성 후와 도재 파절 후의 EDS 분석에서 Si 함량을 비교해 보면, 모든 군에서 도재의 첫 번째 층 소성 후가 더 높은 Si 함량을 보인다. 이는 도재내 파절보다는 금속과 도재의 계면사이 파절이 일어났음을 의미 한다(Table IV). 귀금속이 사용된 7군에서도 동일한 결과를 얻은 것으로 보아, 코팅 방법이 임상에서 사용시 일반 금속-도재간의 결합력과 코팅 처리된 타이타늄-도재간의 결합력의 차이가 크지 않을 것으로 사료된다.

주조와 가공 타이타늄에 대한 도재와의 결합력을 비교해 보면, 주조 타이타늄에서 Al₂O₃ sandblasting한 군은 29.88%, 가공 타이타늄에서 Al₂O₃ sandblasting한 군은 56.51%로 유의한 차이를 보였다 ($p < .05$). 이는 주조 타이타늄 표면에 형성된 α -case 층이 도재와의 결합을 방해하여 가공 타이타늄이 도재와의 결합력이 더 우수한 것으로 사료된다. 하지만 본 연구에서 110 μ m Al₂O₃입자로 sandblasting했던 것을 Dérand 등⁷의 문헌 보고에서처럼 주조 타이타늄에서 250 μ m Al₂O₃입자로 철저히 sandblasting했다면 가공 타이타늄에서 Al₂O₃ sandblasting한 군 뿐만 아니라 코팅 처리한 군들과도 유의한 차이가 없을 것으로 예상되어 이러한 점에서 앞으로의 연구가

Table III. EDS Analyses results (wt.%) on titanium surfaces before & after the porcelain debonding

Group	Method	Ti	Au	N	Al	Si
1	Gold coated on C-Ti	4(0)	96(0)	0	0	0
	Debanded	43(5)	17(4)	0	3(0)	16(4)
2	TiN coated on C-Ti	96(0)	0	5(0)	0(0)	0
	Debanded	57(4)	0	0	2(0)	16(2)
3	Al ₂ O ₃ blasted on C-Ti	89(1)	0	0	2(0)	0
	Debanded	83(3)	0	0	2(0)	6(1)
4	Gold coated on W-Ti	3(1)	97(1)	0	0	0
	Debanded	40(4)	20(3)	0	3(0)	16(4)
5	TiN coated on W-Ti	95(0)	0	5(0)	0	0
	Debanded	56(4)	0	0	3(0)	17(2)
6	Al ₂ O ₃ blasted on W-Ti	89(0)	0	0	2(0)	0
	Debanded	64(5)	0	0	4(0)	14(2)
7	Au-Pd-In alloy	0	99(0)	0	0	0(0)
	Debanded	1(0)	79(5)	0	2(0)	7(1)

Entries are mean values. Standard deviations are in parentheses.

Data were based on analysis of eight specimens.

C-Ti : Cast titanium, W-Ti : Wrought titanium.

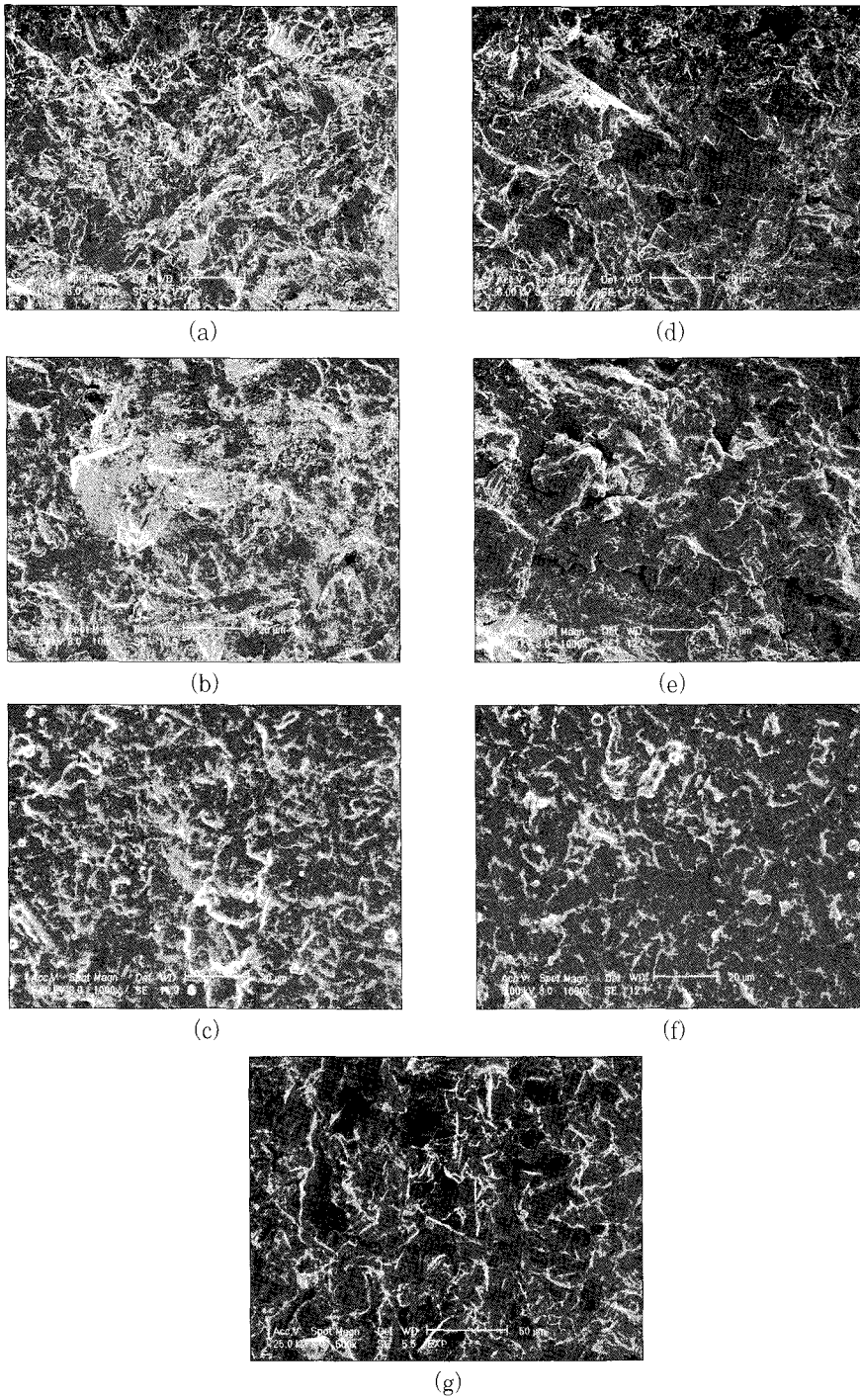


Fig. 3. SEM photomicrographs of surface treated specimens ($\times 500$).
 (a) cast titanium (b) gold coated cast titanium (c) TiN coated cast titanium
 (d) wrought titanium (e) gold coated wrought titanium (f) TiN coated wrought titanium (g) Au-Pd-In alloy

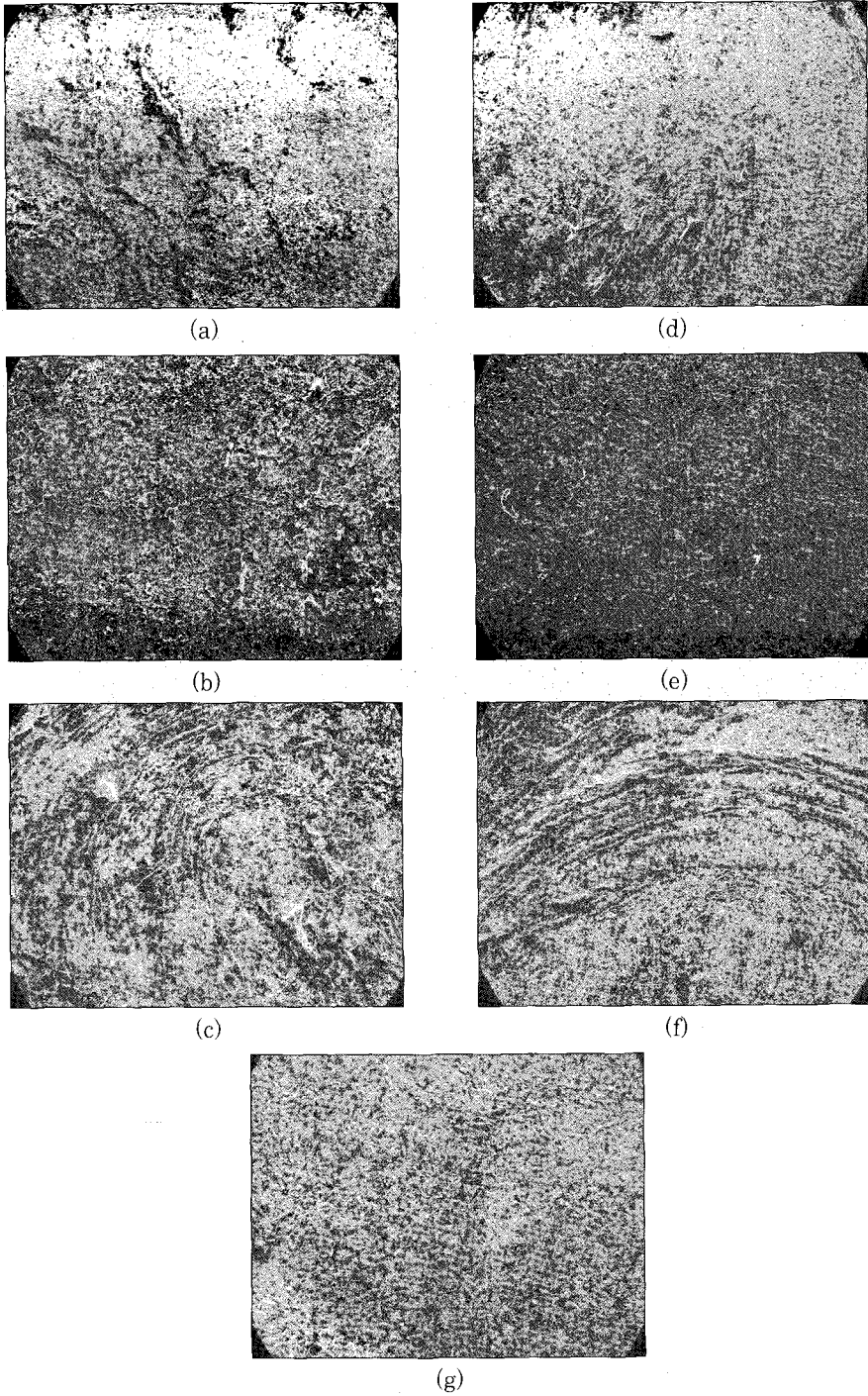


Fig. 4. SEM photomicrographs specimens after porcelain debonding($\times 30$).
(a) Group 1, (b) Group 2, (c) Group 3, (d) Group 4, (e) Group 5, (f) Group 6, (g) Group 7.

Table IV. Silicon atomic percentage at each step during determination of AFAP

Group	After firing of first layer of	After debonding of
	porcelain	porcelain
1	29.58(3.20)	19.98(3.50)
2	27.54(1.57)	18.43(1.30)
3	28.15(2.09)	8.33(1.31)
4	32.75(1.49)	20.74(3.30)
5	29.34(2.34)	18.82(1.36)
6	29.20(2.72)	16.62(2.15)
7	24.76(0.52)	19.17(1.43)

Entries are mean values. Standard deviations are in parentheses. Data were based on analysis of eight specimens.

Table V. Area Fraction of Adherent Porcelain(AFAP%) of all groups

Group	AFAP
1	66.00(10.84)
2	67.38(5.68)
3	29.88(6.16)
4	63.47(10.61)
5	64.67(8.67)
6	50.51(7.47)
7	76.53(7.01)

Entries are mean values. Standard deviations are in parentheses. Data were based on analysis of eight specimens.

더 필요하리라 사료된다. 또한 주조 타이타늄에서 TiN 코팅한 군 (67.38%)이 Au 코팅한 군 (66.0%) 보다 약간 더 높은 AFAP 값을 보여주었고 ($p > .05$), 가공 타이타늄에서도 TiN 코팅한 군 (64.67%)이 Au 코팅한 군 (63.47%)보다 약간 더 높은 AFAP 값을 보여주었는데 ($p > .05$) 이는 TiN이 치과용 도재와 유사한 성분이기 때문인 것으로 여겨진다.

따라서 타이타늄 표면의 코팅 처리가 타이타늄의 산화를 제한하여 도재와의 결합력을 높인다는 것을 뒷받침해주며, 또한 주조 타이타늄에서 타이타늄 표면의 코팅 처리가 기계적 처리보다는 도재와의 결합력을 증진시킴을 보여준다.

Student-Newman Kuels test결과 주조 타이타늄

에서 Al₂O₃ sandblasting을 시행한 3군은 나머지 군들과 통계학적으로 유의한 차이를 보였고 ($p < .05$), 1군, 2군, 4군, 5군, 6군간에는 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p > .05$).

IV. 고 찰

이러한 결과를 종합해 보면, 주조 타이타늄에서 Al₂O₃ sandblasting만을 시행한 군의 낮은 AFAP 값은 타이타늄 주조시 형성되는 두꺼운 산화층인 α -case 층 때문에 나머지 군들과 현저히 낮은 AFAP 값을 보인 것으로 생각된다 ($p < .05$). 반면, 주조 타이타늄과 가공 타이타늄에서 산화층 조절을 위해 코팅 처리한 경우에 Au 코팅은 도재 소성시 타이타늄의 산화층과 새로운 화합물인 Au₂Ti를 형성하는 화학반응을 일으켜 도재와의 결합력을 증진시켰으며, TiN 코팅은 도재 소성시 산소 확산의 방어막으로 작용하여 도재와의 결합력을 증진시켰다. 또한, 코팅 처리한 군들은 비교군인 Au-Pd-In 합금의 AFAP 값과 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 따라서 실제 임상에서도 도재전장금관 수복시 Au나 TiN 코팅된 타이타늄이 사용된다면 증진된 결합력으로 귀금속을 대체하여 경제적인 효과를 얻을 수 있을 것이다. 하지만 타이타늄 코팅 방법이 상용화되지 못해 널리 사용되기는 어려운 실정이므로 앞으로 치과에서 손쉽게 사용할 수 있는 코팅 방법에 대해 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 타이타늄-도재 결합 시 주조 타이타늄과 가공 타이타늄에서 Au 코팅과 TiN 코팅으로 표면 처리 후 타이타늄과 도재와의 결합강도가 증진되는지를 알아보고자 타이타늄 표면에 Au 코팅, TiN 코팅, Al₂O₃ sandblasting을 시행하고, Au-Pd-In 합금과 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 주조 타이타늄의 AFAP 값은 TiN 코팅을 시행한 2군, Au 코팅을 시행한 1군, Al₂O₃ sandblasting을 시행한 3군의 순서였고, 1, 2군과 3군 간에는 통계학적인 유의한 차이가 있었다 ($p < .05$).
2. 가공 타이타늄의 AFAP 값은 TiN 코팅을 시행한 5군, Au 코팅을 시행한 4군, Al₂O₃ sandblasting을 시행한 6군의 순서였지만, 이 군들간에는 통계학적인 유의한 차이가 없었다 ($p > .05$).
3. 주조 타이타늄과 가공 타이타늄의 AFAP 값은 비슷하였지만 ($p > .05$), 주조 타이타늄에서 Al₂O₃ sandblasting한 군만은 통계학적으로 유의하게 낮은 수치를 보였다 ($p < .05$).
4. Au-Pd-In 합금을 사용한 7군이 가장 높은 AFAP 값을 보였다. 사용된 도재가 달라 단순비교는 곤란하지만 타이타늄 군들은 모두 낮은 수치를 보였다.

참고문헌

1. Bagby M, Marshall SJ, Marshall GW. Metal ceramic compatibility: A review of the literature. J Prosthet Dent 1990; 63:21-25.
2. Dent RJ, Preston JD, Moffa JP. Effect of oxidation on ceramometal bond strength. J Prosthet Dent 1982;47:59-62.
3. Park SY, Jeon YC, Jeong CM. Comparison of the bond strength of ceramics fused to titanium and Ni-Cr alloy. J Korean Acad Prosthodont 2003;41:89-98.
4. Cai Z, Bunce N, Nunn ME, Okabe T. Porcelain adherence to dental cast CP

titanium : effects of surface modifications. Biomaterials 2001;22:979-986 (2001).

5. Sadeq A, Cai Z, Woody RD, Miller W. Effects of interfacial variables on ceramic adherence to cast and machined commercially pure titanium. J Prosthet Dent 2003;90:10-17.
6. Lee KM, Cai Z, Griggs JA, Guiatas L, Lee DJ, Okabe T. SEM/EDS Evaluation of Porcelain Adherence to Gold-Coated Cast Titanium. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2004;68B:165-173.
7. Wang R, Welsch G, Monterio O. Silicon nitride coating on titanium to enable titanium-ceramic bonding. J Biomed Mater Res 1999;46:262-270.
8. Pang IC, Gilbert JL, Chai J, Lautenschlager EP. Bonding characteristics of low-fusing porcelain bonded to pure titanium and palladium-copper alloy. J Prosthet Dent 1995;73:17-75.
9. Togaya T, Suzuki M, Tsutsumi A, Ida K. An application of pure titanium to metal porcelain system. Dent Mater J 1983;2:210-219.
10. Kimura H, Horning CJ, Okazaki M, Takahashi J. Thermal compatibility of titanium-porcelain system. J Osaka Uni Dent Sch 1990;30:43-52.
11. Wang RR, Fung KK. Oxidation behavior of surface-modified titanium for titanium-ceramic restorations. J Prosthet Dent 1997; 77:423-434.
12. Könönen M, Varpaveara P, Kivilahti J. Bonding of low-fusing dental porcelain to silver-coated titanium. J Dent Res 1999;78:127(Abst.73).
13. Varpaveara P, Kivilahti J, Könönen M. Comparison of a novel titanium-ceramic system with the commercial systems. J Dent

- Res 2000;79:271(Abst.1022).
14. Oshida Y, Fung L, Isikbay S. Titanium-porcelain system. Part II: Bond strength of fired porcelain on nitrided pure titanium. *Biomed Mater Eng* 1997;7:13-34.
 15. Cai Z, Carrasco L, Okabe T. Porcelain adherence to titanium cast in oxide-coated patterns. *Trans Soc Biomater* 2002;25:103.
 16. Dérand T, Herψ H. Bond strength of porcelain on cast vs wrought titanium. *Scand J Dent Res* 1992;100:184-188.
 17. Ringle RD, Mackert JR Jr, Fairhurst CW. An X-ray spectrometric technique for measuring porcelain metal adherence. *J Dent Res* 1983;62:933-936.
 18. Kimura H, Horning CJ, Okazak Mi. Oxidation effect on porcelain titanium interface reaction and bond strength. *Dent Mater J* 1990;9:91-99.
 19. Adachi M, Mackert JR Jr, Parry EE, Fairhurst CW. Oxide adherence and porcelain bonding to titanium and Ti-6Al-4V alloy. *J Dent Res* 1990;69:1230-1235.
 20. Atsü S, Berksun S. Bond strength of three porcelain to two forms of titanium using two firing atmospheres. *J Prosthet Dent* 2000;84:567-574.
 21. Anusavice K. Meta-Ceramics and dental ceramics for the 21st century. *Proceeding of international Symposium on titanium in dentistry* 1995;3:137-154.
 22. Papazoglou E, Brantley WA, Carr AB, Johnston WM. Porcelain adherence to high-palladium alloys. *J Prosthet Dent* 1993;70:386-394.

Reprint request to:

Sang-Won Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University
8, Hak-Dong, Dong-Gu, Gwangju, Korea
psw320@chonnam.ac.kr

ABSTRACT

EFFECTS OF TITANIUM SURFACE COATING ON CERAMIC ADHESION

Yeon-Mi Kim, D.D.S., Hyun-Seung Kim, Ph.D., Kwang-Min Lee, Ph.D. *,
Doh-Jae Lee, Ph.D. *, Gye-Jeong Oh, B.S., Hyun-Pil Lim, D.D.S., Yoon-Jung Seo, B.S.
Sang-Won Park, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam University

**Division of Materials Science and Engineering, Research Institute for Functional Surface,
Chonnam National University*

Statement of problem: The adhesion between titanium and ceramic is less optimal than conventional metal-ceramic bonding, due to reaction layer form on cast titanium surface during porcelain firing.

Purpose: This study characterized the effect of titanium-ceramic adhesion after gold and TiN coating on cast and wrought titanium substrates.

Material and method: Six groups of ASTM grade II commercially pure titanium and cast titanium specimens (13mm × 13mm × 1mm) were prepared (n=8). The conventional Au-Pd-In alloy served as the control. All specimens were sandblasted with 110 μ m Al₂O₃ particles and ultrasonically cleaned for 5min in deionized water, and dried in air before porcelain firing. An ultra-low-fusing dental porcelain (Vita Titankeramik) was fused on titanium surfaces. Porcelain was debonded by a biaxial flexure test at a cross head speed of 0.25mm/min. The excellent titanium-ceramic adherence was exhibited by the presence of a dentin porcelain layer on the specimen surface after the biaxial flexure test. Area fraction of adherent porcelain (AFAP) was determined by SEM/EDS. Numerical results were statistically analyzed by one-way ANOVA and Student-Newman-Keuls test at $\alpha=0.05$.

Results: The AFAP value of cast titanium was greatest in the group 2 with TiN coating, followed by group 1 with Au coating and the group 3 with Al₂O₃ sandblasting. Significant statistical difference was found between the group 1, 2 and the group 3 ($p<.05$). The AFAP value of wrought titanium was greatest in the group 5 with TiN coating, followed by the group 4 with Au coating and the group 6 with Al₂O₃ sandblasting.

Conclusion: No significant difference was observed among the three groups ($p>.05$). The AFAP values of the cast titanium and the wrought titanium were similar. However the group treated with Al₂O₃ sandblasting showed significantly lower value ($p<.05$).

Key words : Titanium, Au and TiN Coating, Titanium-Ceramic Adhesion