

티타늄에 대한 레진과 도재의 결합 강도에 관한 연구

박지만¹ · 김영순² · 전슬기² · 박은진^{3*}

¹서울대학교 치의학대학원 치과보철과 대학원생, ²이화여자대학교 의학전문대학원 치과보철과 ³대학원생, ³조교수

연구목적: 최근 임플란트 상부보철물의 주재료로서 티타늄의 수요가 증가하고 있고, 급속도로 발전하고 있는 CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing) 기술이 접목되어 티타늄을 절삭하여 제작하는 방법이 주목을 받고 있으며 치과 임상에서 점점 그 영역이 넓어지고 있다. 다만, 하나의 티타늄괴를 절삭하여 만드는 방법의 특성상 기계적 유지력을 얻을 수 있는 비드 등을 형성할 수 없고, 통상적인 재료인 금 합금이나 도재용 합금 구조체에 비해 도재와의 결합력도 떨어지는 것이 보완해야 할 점으로 지적되고 있다. 이에 본 연구는 절삭형 티타늄을 이용한 보철물 제작에 많이 사용되고 있는 열중합의 치상 레진, 간접 복합 레진, 도재와 Grade II 순수 티타늄 사이의 결합 강도를 비교 평가해 보고자 하였다.

연구 재료 및 방법: 지름 9 mm, 높이 10 mm의 Grade II 순수 티타늄 원통형 시편 37개를 3군으로 나누어 각각 직경 7 mm, 높이 1 mm의 열중합 의치상 레진 (Lucitone 199, DENTSPLY Trubyte, York, USA), 간접 복합 레진 (Sinfony, 3M ESPE, Seefeld, Germany), 도재 (Triceram, Dentaurem, Ispringen, Germany)와 결합시켰다. 시편은 5-55℃에서 1000회 열순환 처리 후, 범용 시험기 (Instron, Universal Testing Machine, Model 4465, USA)를 이용하여 1 mm/min의 속도로 하중을 가하여 전단결합강도를 측정하였다. 파절된 단면의 양상을 관찰하고 각 군별 파절양상을 조사하였다. 측정값은 one-way ANOVA와 Scheffe's multiple range test ($\alpha = 0.05$)로 분석하였다.

결과: 열중합 의치상 레진인 Lucitone 199 (17.82 ± 5.13 MPa)의 결합 강도가 가장 높았으며, 도재인 Triceram (12.97 ± 2.11 MPa), 복합레진인 Sinfony (6.00 ± 1.31 MPa) 순으로 감소하였다. Lucitone 199와 Sinfony 군의 파절 양상은 대부분이 부착성 파절인 데에 반해 Triceram 군에서는 복합성 파절이 많았다.

결론: CAD/CAM을 이용한 절삭형 티타늄 구조물 상부에 전장용 심미 재료로는 열중합형 의치상 레진이 가장 강한 결합 강도를 보인다. 기존의 구조체의 유지구 등에서 얻는 강도에 비해 약하고, 부착성 파절이 많은 점 등은 향후 이들 재료와 티타늄간의 결합력을 높이기 위한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것을 시사한다. (대한치과보철학회지 2009;47:46-52)

주요단어: 티타늄, 열중합 의치상 레진, 간접 복합 레진, 도재, 열순환처리, 전단결합강도

서론

순수 티타늄 및 티타늄 합금은 오랫동안 임플란트 고정체의 재료로서 사용되어 왔고, 최근에는 임플란트 상부 구조물, 국소의치 및 단일 치관 등 치과 영역에서 점점 사용범위가 확대되어 가고 있다. 특히 임플란트 고정체를 식립한 후 상부 보철물을 만드는데 주로 사용되었던 금 합금 또는 코발트-크롬 합금의 대체물로서 티타늄이 사용되고 있다. 여기에서 중요한 요소가 상부 재료와 하부 금속사이의 적절한 결합강도를 얻는 것이다.¹

티타늄은 부식에 대한 저항성이 크고 생체 적합성이 우수하며, 낮은 열전도성을 가진다. 또한 비중이 낮은 데에 비하여 강도가 우수하고, 금 합금과 비교하여 가격이 저렴하다.^{2,4} 티타늄은 치과용 합금의 문제점인 금속성 맛을 느끼지 않게 해 주며, 특히 티타늄 구조물은 구강 내에

서 저작력에 견딜 수 있는 우수한 기계적 특성을 가지고 있다. 이러한 많은 장점에도 불구하고 티타늄은 재래식 주조 방법으로는 적절한 주조물을 얻기 어려운 문제점이 있다.^{5,6} 티타늄은 용융점이 1668°C로 높고 고온에서 산소, 질소, 수소등과의 친화성이 높아서 쉽게 산화층을 형성할 수 있다. 이렇게 형성한 산화층은 티타늄이 도재와 결합할 경우 결합력을 크게 저하시킬 수 있다.

주조용 티타늄은 진공 상태에서 불활성 기체인 아르곤, 헬륨 가스를 주입하여 티타늄을 용융시킨 다음, 가압 흡인 또는 티타늄 전용 원심 주조 방식으로 주조를 한다. 이 경우에도 내부 기포 및 주조시의 결합 등은 피할 수 없게 된다. 이러한 문제점들을 개선하기 위하여 Andersson은 순수 티타늄 덩어리를 직접 절삭하는 방법인 copy milling spark erosion technique 또는 Procera technique을 고안하여 주조 과정의 여러 문제점을 해결할 수 있게 하였

교신저자: 박은진

158-710 서울 양천구 목동 911-1 이화여자대학교 의학전문대학원 치과보철과 02-2650-5042; e-mail, prosth@ewha.ac.kr

원고접수일: 2008년 9월 29일 / 원고최종수정일: 2008년 12월 22일 / 원고채택일: 2008년 12월 30일

다.^{7,9} 이 방법은 고도의 기술력뿐 아니라 고가의 장비가 필요하고 복잡한 형태의 보철물 제작 시에 납착이 불가능하여 인상 채득에 정확도가 요구되는 등 여전히 개선의 여지가 있다. 그러나 컴퓨터를 이용하여 균등한 질의 보철물 제작이 가능한 CAD/CAM 기술의 발달로 인해, 절삭형 티타늄은 향후 보다 많은 연구와 개발을 통한 무한한 임상 적용이 가능한 분야로 기대되고 있다.

현재 티타늄 하부 구조의 표면에 레진, 도재 등의 재료를 결합시켜 보철물을 제작하는데, 이러한 티타늄과 레진, 도재와의 결합은 기존의 금속-레진 보철물, 금속-도재 보철물에 비하여 연구가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 실제로 Procera Implant Bridge를 제작할 때 사용하는 grade II 순수 티타늄 (commercially pure titanium, CP-Ti)을 이용하여,¹⁰ 현재 사용하고 있는 여러 가지 레진 및 도재와의 결합 방법들을 적용하여, 그 결합강도들을 비교하여 보고자 하였다.

실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

Grade II 순수 티타늄 (Dynamet, Santa Fe Springs, CA, USA) 원통형 시편 (지름 9 mm × 높이 10 mm) 37개를 3개의 실험군으로 나누어, 각각 열중합 의치상 레진 Lucitone 199, 간접 중합 레진 Sinfony, 티타늄 전용 도재인 Triceram을 사용하여 결합시켰다. 이 실험에 사용된 재료는 Table I과 Fig. 1에 정리하였다.

Table I. Materials used in this study

Material	Manufacturer
Grade II commercially pure titanium	Dynamet, Santa Fe Springs, CA, USA
Lucitone 199	DENTSPLY Trubyte, York, USA
Sinfony	3M ESPE, Seefeld, Germany
Triceram	Dentaurum, Ispringen, Germany

2. 실험 방법

(1) 금속 시편의 제작

지름이 9 mm인 긴 원통형 봉의 Grade II 순수 티타늄을 이용하여, 높이 10 mm가 되도록 절삭한 후 기계적 밀링을 하여 37개의 원통형 시편을 제작하였다. 금속 시편의 표면처리는 현재 임상에 실제 적용하고 있는 방법을 기준으로, 각각의 재료가 맞게 제조사가 권유하는 최적의 방법을 선택하였다. 그 상부에 Lucitone 199, Sinfony 및 Triceram을 직경 7 mm, 두께 1 mm의 형태로 결합시켰다.

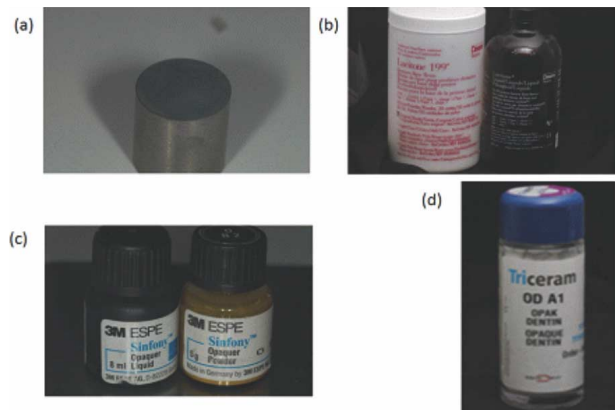


Fig. 1. Materials used in this study.

(a) Grade II CP-Ti disc, (b) Lucitone 199, (c) Sinfony, (d) Triceram

(2) 실험군별 제작

1군은 열중합 의치상 레진 Lucitone 199을 사용하였으며, 티타늄과의 결합력을 높이기 위해 티타늄 표면에 Veradisk를 사용하여 유지구를 형성한 후 110 μ m 알루미나 입자로 압축 공기 분사 (Airsonic aluminum oxide, Hagerwerken, Germany)를 시행하였다. 그 후 금속 primer (Kuraray medical Inc. Okayama, Japan)를 도포하고 레진을 적용한 후, 70°C에서 7시간 중합시켰다.

2군은 티타늄 표면을 110 μ m Rocatec 공기 입자 분사 (Rocatec, 3M ESPE, Seefeld, Germany) 처리 후, 간접 중합 레진 Sinfony를 적용하였다. Rocatec은 세척 및 표면 활성 화용 미세 압축 공기 분사제로 화학적 반응면을 제공한다. 그 상부에 레진 primer (ESPE Sil, 3M ESPE, Seefeld, Germany)를 바르고, 오팩 적용 후 α -중합을 한 다음, 레진 적용 후 β -중합을 하고, 진공상태에서 최종 중합한 후 연마하였다.

3군은 티타늄 전용 도재로 단상 결합 도재 (monophase bonding ceramic)인 Triceram을 이용하였다. 110 μ m 알루미나 입자 압축 공기 분사 처리 후 결합제 (Triceram bonder, Dentaurum, Ispringen, Germany)를 적용하고 소성한 뒤, 오팩 적용 후 소성하고, 상아질 도재를 2번에 나누어 축성 및 소성한 뒤 연마하였다. 이 연구에서 사용된 각 실험군의 표면처리 조건은 Table II에 요약하였다.

Table II. Surface treatment conditions for experimental groups

Material	Surface treatment	Surface conditions
Lucitone 199	Retention groove	Metal primer
Sinfony	Rocatec	ESPE Sil
Triceram	Airborne-particle abrasion	Triceram bonder

(3) 결합강도 측정

구강 내 환경을 재현하기 위하여, 제작된 37개의 시편을 열 순환 장치를 이용하여 5 - 55°C에서 1000회 열처리 시행 후, 범용 시험기를 이용하여 전단 결합 강도를 측정하였다. 500 kg load cell을 이용하여 시편에서 약 2 mm 떨어진 부분에서 cross head speed 1 mm/min의 속도로 접착 계면에 하중을 가하여, 금속과 재료의 분리가 일어나는 시점의 하중을 측정하여 다음의 공식으로 전단 결합 강도를 계산하였다.

전단 결합 강도 (MPa)

$$= \text{측정한 하중 (kg)} \times \{9.8 / (\text{반지름} \times \text{반지름} \times 3.14)\}$$

(4) 파절양상 관찰

전단 결합 강도를 측정한 후 레진 및 도재와 티타늄 사이의 파절 단면을 육안으로 관찰하고 파절양상을 분류하였다. 레진 및 도재 층 내에서 일어난 파절을 응집성 파절 (cohesive failure)로, 티타늄과 상부 전장 재료사이에 일어난 파절을 부착성 파절 (adhesive failure)로, 두 가지가 함께 일어난 경우를 복합성 파절 (combination failure)로 분류하였다.

(5) 통계분석

계측치의 통계 분석을 위하여 SPSS (SPSS 12.0.1 for Windows, SPSS Inc., USA)를 사용하였고, 각 재료간의 결합 강도에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 one-way

ANOVA를 이용하여 각 군의 평균값을 비교한 후, 실험군 간의 비교를 위해 사후 검정으로 Scheffé 검정을 실시하였으며, 유의수준은 0.05로 설정하였다. 각 재료의 시편 형태가 완전한 원형이 아니어서 생기는 오차를 보정하기 위하여 원의 지름을 여러 번 측정하여 가장 긴 값과 가장 짧은 값으로 L/S ratio를 구하였고, L/S ratio에 따라 결합강도의 차이가 있을 것으로 생각되어 이를 통제하기 위하여 모형에 포함한 후 다중회귀분석을 시행하였다.

결과

Lucitone 199의 전단결합강도가 17.82 ± 5.13 MPa로 가장 높았고, 다음으로 Triceram이 12.97 ± 2.11 MPa, Sinfony가 6.00 ± 1.31 MPa 순으로 감소하였으며, 이는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($P < .05$) (Fig. 2). Scheffé 방법에 의한 사후검정 결과, 통계학적으로 유의성이 있었다 ($P < .05$) (Table III). L/S ratio를 모형에 포함하여 다중 회귀 분석을 실시한 것으로 물질간의 결합강도 차이는 Sinfony에 비하여 Lucitone 199는 12.01 MPa 높고, Triceram은 7.60 MPa이 높았다 (Table IV).

각 실험군의 전단결합강도 측정 후 파절된 단면의 양상을 육안으로 관찰하고 (Fig. 3), 각 군별 파절양상을 조사하여 Table V에 나타내었다. 열충합 의치상 레진군과 간접 중합 강화 레진군에서는 부착성 파절이 주를 이루었고, 티타늄용 도재군에서는 복합성 파절이 주를 이루었다.

Table III. One-way ANOVA of intergroup by Scheffé method

Material (1)	Material (2)	Mean Difference (1) - (2)	Std. Error	Sig.
Lucitone 199	Sinfony	11.81973*	1.2838	.000
	Triceram	4.84678*	1.40199	.006
Sinfony	Lucitone 199	-11.81973*	1.2838	.000
	Triceram	-6.97295*	1.38004	.000
Triceram	Lucitone 199	-4.84678*	1.40199	.006
	Sinfony	-6.97295*	1.38004	.000

*Significant difference at 95% survival rate by Scheffé method.

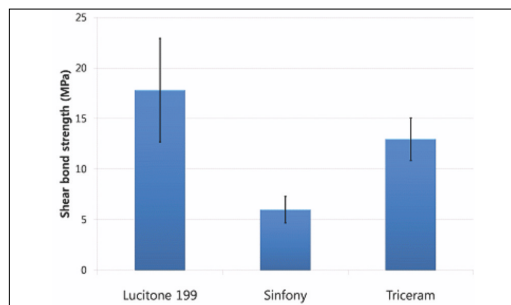


Fig. 2. Shear bond strength of Lucitone, Sinfony, and Triceram.

Table IV. Result of multiple regression analysis

	Mean Difference	SE	t	P-value
Lucitone 199	12.014	1.272	9.447	0.000
Triceram	7.559	1.420	5.325	0.000
Sinfony	-	-	-	-
L/S ratio	53.466	37.348	1.432	0.162

F = 30.181 R² = 0.733 P-value = .000

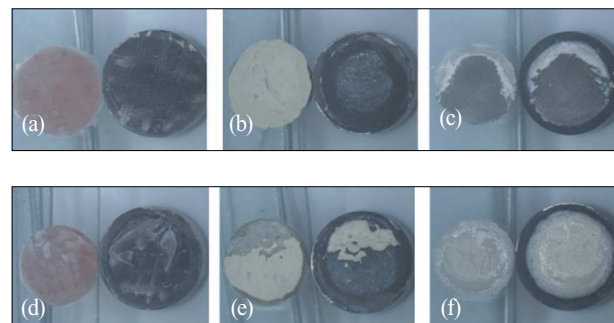


Fig. 3. Bonding failure patterns.

(a) Lucitone 199, adhesive failure (b) Sinfony, adhesive failure (c) Triceram, combination failure (d) Lucitone 199, combination failure (e) Sinfony, combination failure (f) Triceram, cohesive failure

Table V. Bonding failure patterns

Failure	Lucitone 199	Sinfony	Triceram
Adhesive	10	9	0
Cohesive	0	0	1
Combination	3	4	10
Total	13	13	11

고찰

초기에 임플란트를 이용한 고정성 보철물이 소개되었을 때, 추천되는 하부 금속구조물은 Type III 금합금이었다. Type III 금합금은 생체 독성이 없고, 알레르기 반응이 적으며, 부식 저항성, 사용의 편의성, 적절한 강도 등의 이유로 여전히 많이 사용되고 있는 재료 중의 하나이다. 순수 티타늄과 티타늄 합금은 이러한 요구조건에 적합하면서 가볍고 경제적이란 장점도 가지므로, 현재 임상에서 사용이 증가하는 추세이나 임상적 사용 기간이 상대적으로 짧아서 티타늄과 상부 구조물인 레진이나 도재 사이의 결합력에 대한 연구 및 추가 임상 연구가 계속되고 있다.

금속-레진 보철물, 혹은 금속-도재 보철물의 임상적 성공은 두 재료간의 결합의 견고성에 많은 영향을 받는다. 결합력은 물리적 결합이나 화학적 결합, 혹은 두 가지 요인 모두에 의하여 결정된다.¹¹ 물리적 결합은 유지 비드나 유지구에 의한 금속 표면의 처리 또는 표면 거칠기 형성 등으로 얻을 수 있고, 금속과 상부구조의 화학적 결합은 코팅이나 primer system¹²에 의하여 향상될 수 있다. 금속 표면에 적용하는 오팅층은 금속과 레진의 계면에, 레진의 중합 수축 및 두 재료간의 열팽창계수의 부조화에 의하여 발생하는 미세누출을 감소시킬 수 있다. 그러나 화학적 결합은 술자에 따라 결과의 차이가 크며, 두 재료 사이의 결합 층이 오염되면 결합력을 저하시킬 수 있다.¹³ 따라서 물리적 결합과 화학적 결합을 함께 사용하여 결합력을 높이는 것이 보편적이다.

전통적으로 전악 나사 유지형 임플란트 보철물은 금 상부 구조물에 레진치아를 배열한 후 열중합 레진을 온성하여 제작한다. 금 상부 구조물은 왁스 납형 제작 시 유지 비드를 뿌린 후 주조하여 제조하며, 이는 구조물과 열중합 레진의 접착에 부가적인 유지력을 제공한다. 이에 비해 CAD/CAM 방식으로 절삭하여 제조하는 티타늄 구조물은 유지 비드와 같은 모양을 절삭할 수는 없으며, 티타늄과 열중합 레진의 접착력 향상을 위해 유지구를 형성하여 이를 보상한다.

Procera Implant Bridge의 제조사(Nobel Biocare, Göteborg,

Sweden)에서는 티타늄의 상부구조로 열중합 레진 사용을 권장하고 있다. 그러나 기존의 금 구조물과 비교하여 여전히 낮은 결합력을 보인다. 본 연구에서는 열중합 레진과 함께 간접 레진, 티타늄용 도재를 사용하여 그 결합 강도를 비교하였고, 열중합 레진에서 가장 우수한 결과를 얻었다.

Matsumura 등의 연구에 의하면 10 MPa 이상의 전단 결합강도는 임상적으로 만족할만한 강도라고 하였다.^{14,15} 이에 따르면 본 실험에서 Lucitone 199의 결합강도 (17.82 MPa)와 Triceram의 결합강도 (12.97 MPa)는 허용할 만큼 높은 값을 보였으나, Sinfony의 결합강도 (6.00 MPa)는 기준보다 낮은 값을 보였다. 그러나 ISO 10477의 요구조건인 5 MPa에 의하면 Sinfony의 결합강도도 국제 규격의 기준을 만족시킨다고 할 수 있다.

Rocatec은 물리적 (embedded silane) 및 화학적 (reactive groups and methacrylic groups) 결합을 동시에 얻어 상부 레진의 유지를 향상시키는 혼성 접착 시스템이다. 본 실험에서 Sinfony의 결합강도가 낮게 나온 이유는 물리적 결합력을 회사 권장 시스템인 Rocatec을 이용한 표면 거칠기에만 의존했기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 이 경우에도 열중합 레진에서 적용한 유지구를 이용했다면, 결합되는 표면적이 증가하고 유지력도 증가하여 더 높은 결합강도가 측정되었을 것으로 예상해 볼 수 있다.

티타늄 상부 구조물을 제작하는 데에는 주조하거나 절삭하는 두 가지 방법이 있다. Boning과 Walter는 주조된 티타늄 상부 구조물에서 α -case층을 제거하는 것이 도재와 티타늄의 결합에 중요한 역할을 한다고 하였다. 이러한 α -case층이 제거된다면 티타늄의 제작 방법에 따른 결합력의 차이는 없다고 하였다. Adachi¹⁶ 등은 도재와 티타늄의 결합력 저하의 주요한 원인은 금속과 금속 산화층의 낮은 결합력에 의한다고 하였다. Kimura¹⁷ 등은 이러한 문제를 해결하기 위하여 진공소성 대신 아르곤 기체의 사용에 대하여 언급하였다. 아르곤 기체 소성은 티타늄의 상대적으로 두꺼운 산화층을 제거하여 도재-티타늄의 결합력을 향상시킨다. 본 실험에서는 진공소성의 방법을 사용하였고, 아르곤 기체를 사용하였다면 더 좋은 결합력을 기대할 수 있었을 것으로 사료된다.

수복물은 구강 내 환경에서 지속적인 온도 변화를 겪는다. 열 순환 장치는 구강 내 환경에서의 시간변화를 모의 실험하는 가장 일반적인 방법이다.¹⁸ 열 순환 장치는 레진의 중합수축으로 인해 야기된 응력을 이완시켜, 레진-금속 간, 레진-레진 치아 간의 결합에 유해한 영향을 끼친다.¹⁹ 열 순환 장치는 또한 고온에서 복합레진 내로의 수분의 흡수를 촉진하며, 실란 결합의 가수분해를 발생

시키며, 금속과 레진 사이의 열팽창계수의 차이의 결과로 결합 층에 응력을 야기한다. 최근의 연구에서는 1000회의 열 순환이 많이 사용되며, 이에 본 실험에서는 구강 내 환경의 재현을 위하여 5 - 55℃에서 1000회 열 순환 처리를 시행하였다.

티타늄 원판에 부착한 각 재료의 시편 형태는 완전한 원형이 아니어서 이것 때문에 생기는 오차를 보정하기 위하여 37개 시편에서 원의 지름을 여러 번 측정하여 가장 긴 쪽과 가장 짧은 쪽의 수치를 대입하여 L/S ratio를 만들었다. L/S ratio를 통제하기 위하여 다중 회귀 분석을 실시한 결과 Sinfony는 Lucitone 199보다 결합강도가 12.01 MPa 낮았고 Triceram보다는 7.60 MPa 낮았으며 이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($P < .05$).

본 연구에서 파절면을 관찰한 결과 Lucitone 199군과 Sinfony군에서는 대부분의 경우에서 부착성 파절 (adhesive failure)을 보였고, Triceram에서는 주로 복합성 파절 (combination failure)이 관찰되었다. 주로 부착성 파절을 보인 점은 여전히 티타늄과 상부 전장 재료와의 결합강도가 낮다는 것을 보여 주며, 복합성 파절에서 오팍 층과 상부 레진 및 도재와의 경계부위에서 파절이 일어나는 것으로 보아 오팍과 상부 구조물간의 결합력을 증대시키는 방안이 필요할 것으로 사료된다.

결론적으로 CAD/CAM을 이용한 절삭형 티타늄 구조물 상방에 전장용 심미 재료로는 열중합형 의치상 레진이 가장 강한 결합 강도를 보이는 것으로 나타났으며, 이는 간접수복 강화형 레진 및 티타늄용 도재와 비교 시 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 다만, 절대적 수치는 기존의 주조체 유지구 등에서 얻는 값에 비해 낮고, 부착성 파절이 많은 점 등은 향후 이들 재료와 티타늄간의 결합력을 높이기 위한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것을 시사한다.

결론

최근 티타늄이 치과 임상의 많은 분야에서 사용되고 있다. 본 논문은 티타늄을 이용한 보철물 제작에 많이 사용되는 열중합 레진, 간접 복합 레진, 도재와 Grade II 순수 티타늄 사이의 결합 강도를 측정 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Lucitone 199 (17.82 ± 5.13 MPa)의 전단결합강도가 가장 높게 나타났고, Triceram (12.97 ± 2.11 MPa), Sinfony (6.00 ± 1.31 MPa)의 순이었으며, 이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($P < .05$). 즉, 티타늄의 상부구조로 열중합형 의치상 레진의 사용이 가장

추천된다.

2. L/S ratio를 보정값으로 하여 다중 회귀 분석 결과 Sinfony는 Lucitone 199보다 결합강도가 12.01 MPa 낮았고 Triceram보다는 7.60 MPa 낮았으며 이는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($P < .05$).
3. 전단 결합 강도 측정을 완료한 후 레진 및 도재의 분리 시 파절면의 형태를 살펴본 결과 열중합형 의치상 레진 군과 간접수복 강화형 레진 군에서는 부착성 파절이 주를 이루었고, 티타늄용 도재 군에서는 복합성 파절이 주를 이루었다.

이는 구강 내 환경의 완벽한 재현이 어려운 제한적 상황 하에서 얻어진 결론이며, 향후 주기적 하중을 시행하는 등, 보다 유사한 구강 환경의 재현을 통한 실험과 임상 적용의 장기적 관찰이 필요할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

저자들은 본 실험에 많은 도움을 주신 서울대학교 치의학대학원 치과생체재료학 교실 임범순 교수님, 장백치과기공소 최석연 소장님께 깊은 감사사를 드립니다.

참고문헌

1. Taira Y, Yanagida H, Matsumura H, Yoshida K, Atsuta M, Suzuki S. Adhesive bonding of titanium with a thione-phosphate dual functional primer and self-curing luting agents. *Eur J Oral Sci* 2000;108:456-60.
2. Kasemo B. Biocompatibility of titanium implants: surface science aspects. *J Prosthet Dent* 1983;49:832-7.
3. Reclaru L, Meyer JM. Study of corrosion between a titanium implant and dental alloys. *J Dent* 1994;22:159-68.
4. Lautenschlager EP, Monaghan P. Titanium and titanium alloys as dental materials. *Int Dent J* 1993;43:245-53.
5. Cecconi BT, Koeppen RG, Phoenix RD, Cecconi ML. Casting titanium partial denture frameworks: a radiographic evaluation. *J Prosthet Dent* 2002;87:277-80.
6. Low D, Sumii T, Swain M. Thermal expansion coefficient of titanium casting. *J Oral Rehabil* 2001;28:239-42.
7. Andersson M, Bergman B, Bessing C, Ericson G, Lundquist P, Nilson H. Clinical results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta Odontol Scand* 1989;47:279-86.
8. Bergman B, Nilson H, Andersson M. A longitudinal clinical study of Procera ceramic-veneered titanium copings. *Int J Prosthodont* 1999;12:135-9.
9. Lovgren R, Andersson B, Carlsson GE, Odman P. Prospective clinical 5-year study of ceramic-veneered titanium restorations with the Procera system. *J Prosthet Dent* 2000;84:514-21.

10. Bonnard P, Hermans M, Adriaenssens P, Daelemans P, Malevez C. Anterior esthetic rehabilitation on teeth and dental implants optimized with Procera technology: a case report. *J Esthet Restor Dent* 2001;13:163-71.
11. Ciftci Y, Canay S, Hersek N. Shear bond strength evaluation of different veneering systems on Ni-Cr alloys. *J Prosthodont* 2007;16:31-6.
12. Ohkubo C, Watanabe I, Hosoi T, Okabe T. Shear bond strengths of polymethyl methacrylate to cast titanium and cobalt-chromium frameworks using five metal primers. *J Prosthet Dent* 2000;83:50-7.
13. Yoshida K, Kamada K, Taira Y, Atsuta M. Effect of three adhesive primers on the bond strengths of four light-activated opaque resins to noble alloy. *J Oral Rehabil* 2001;28:168-73.
14. Matsumura H, Yanagida H, Tanoue N, Atsuta M, Shimoe S. Shear bond strength of resin composite veneering material to gold alloy with varying metal surface preparations. *J Prosthet Dent* 2001;86:315-9.
15. 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.
16. 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;69:1230-5.
17. Kimura H, Horng CJ, Okazaki M, Takahashi J. Oxidation effects on porcelain-titanium interface reactions and bond strength. *Dent Mater J* 1990;9:91-9.
18. Doerr CL, Hilton TJ, Hermes CB. Effect of thermocycling on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomers. *Am J Dent* 1996;9:19-21.
19. Kim JY, Pfeiffer P, Niedermeier W. Effect of laboratory procedures and thermocycling on the shear bond strength of resin-metal bonding systems. *J Prosthet Dent* 2003;90:184-9.

The study on the shear bond strength of resin and porcelain to Titanium

Ji-Man Park¹, DDS, MSD, Yeong-Soon Kim², DDS, Sul-Gi Jun², DDS, Eun-Jin Park^{3*}, DDS, PhD, MMSc

¹Graduate Student, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University

²Graduate Student, ³Assistant Professor, Department of Dental Prosthodontics, School of Medicine, Ewha Womans University

Statement of problem: Recently, titanium has become popular as superstructure material in implant dentistry because titanium superstructure can be easily milled by means of computer-aided design and manufacture (CAD/CAM) technique. But retention form such as nail head or bead cannot be cut as a result of technical limitation of CAD/CAM milling and bond strength between titanium and porcelain is not as strong as that of conventional gold or metal alloy. **Purpose:** The objective of this study was to evaluate the shear bond strength of three different materials: heat curing resin, composite resin, porcelain which were bonded to grade II commercially pure Titanium (CP - Ti). **Material and methods:** Thirty seven CP - Ti discs with 9 mm diameter, 10 mm height were divided into three groups and were bonded with heat curing resin (Lucitone 199), indirect composite resin (Sinfony), and porcelain (Triceram) which were mounted in a former with 7 mm diameter and 1 mm height. Samples were thermocycled for 1000 cycles at between 5 - 55°C. Shear bond strength (MPa) was measured with Instron Universal Testing Machine with cross head speed of 1 mm/min. The failure pattern was observed at the fractured surface and divided into adhesive, cohesive, and combination failure. The data were analyzed by one-way ANOVA and Scheffé's multiple range test ($\alpha = 0.05$). **Results:** Lucitone 199 (17.82 ± 5.13 MPa) showed the highest shear bond strength, followed by Triceram (12.97 ± 2.11 MPa), and Sinfony (6.00 ± 1.31 MPa). Most of the failure patterns in Lucitone 199 and Sinfony group were adhesive failure, whereas those in Triceram group were combination failure. **Conclusion:** Heat curing resin formed the strongest bond to titanium which is used as a CAD/CAM milling block. But the bond strength is still low compared with the bond utilizing mechanical interlocking and there are many adhesive failures which suggest that more studies to enhance bond strength are needed. (*J Korean Acad Prosthodont* 2009;47:46-52)

Key words: Titanium, Heat curing resin, Indirect composite resin, Porcelain, Thermocycling, Shear bond strength

Corresponding Author: Eun-Jin Park

Department of Dental Prosthodontics, School of Medicine, Ewha Womans University, 911-1 Mok-6-dong, Yangcheon-gu, Seoul, 158-710, Korea

+82 2 2650 5042: e-mail, prosth@ewha.ac.kr

Article history

Revised September 29, 2008 / Last Revision December 22, 2008 / Accepted December 30, 2008.