http://dx.doi.org/10.14368/jdras.2014.30.2.112
ISSN 2233-4084

Original Article

Comparison of shear bond strength according to porcelain build-up methods

Ha-Young Lee, Jin-Hyun Cho, Cheong-Hee Lee*
Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

Purpose: This study compared the shear bond strength of heat pressed and feldspathic porcelain to metal. Through thermocycling, the clinical aspect of heat pressed porcelain fused metal was estimated. **Materials and Methods:** 90 non-precious metal specimens were made (4 × 4 × 8 mm) and divided to three groups. All spicimens were treated and built-up with the porcelain (4 × 4 × 3 mm) by 2 different methods according to group: Group I: Inspiration®, Group II: Ivoclar, IPS Inline®PoM, Group III: GC Initial IQ-One Body®PoM. The half of each group's specimens were thermocycled. All specimens' shear bond strength were measured by Instron universal testing machine. Exact measuring point was far 1 mm from porcelain/metal interface to the porcelain side. For the statistical analysis, 2-way ANOVA was used. **Results:** In no-thermocycling specimens, the shear bond strength showed no statistical significance between each group ($P > 0.05$). In comparison between nothermocycling and thermocycling specimens in each group, the shear bond strength was decreased according to thermocycling, but there was no statistical significance ($P > 0.05$). In thermocycling specimens, there was no statistical significance between each group ($P > 0.05$). **Conclusion:** In feldspathic porcelain and other two types heat pressed porcelain, there was no statistical difference in the shear bond strength of porcelain to metal. The heat pressed porcelain seems to be clinically useful for the aspect of the shear bond strength. **(J Dent Rehabil Appl Sci 2014;30(2): 112-20)**

Key words: shear strength; porcelain

서론

전부 도재관은 심미성, 압축강도, 내마모성 등 우수한 장점을 가지고 있어 전치부에 널리 사용되어 왔으나, 취성이 약하고 인장과 충격에 약해 구치부 특히 long bridge에서의 사용에는 문제점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 장석계 도재의 하부에 금속을 강화한 금속 도재관이 도입되어 지금까지 사용되고 있다.[1,2]

최근에는 도재 축성 방식을 달리하는 열가압성형법이 개발되었고 열가압성형 도재를 금속 도재관에 적용하는 연구가 이루어져 현재 임상에 사용되어지고 있다. 일반적인 금속 도재관의 제작은 금속 위에 도재 성분의 가루를 붓으로 쌓아올려 치아의 형태를 만드는 방법으로 술자의 능력에 따라 보철물의 완성도와 강도의 차이가 심한 반면 press on metal (PoM) 혹은 press to metal (PTM) 즉 열가압법은 고온으로 녹인 주괴를 고압으로 밀어 넣어 wax-up된 치아의 형태를 재현하는 것으로 제작 방식이 간단하여 기공 과정의 오차를 줄일 수 있는데, Gorman 등[3]은 열가압법은 종래의 전통적인 소결법에 비해 제조 공정이 정확하고, 변연 적합도가 우수하고, 굴곡 강도가 높은 장점을 갖는다고 하였다.

Christensen[4]은 임상에서 2년 경과 후 지르코니아 수복

*Correspondence to: Cheong-Hee Lee, PhD
Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University
2177, Dalgubeol dae-ro, Jung-gu, Daegu, 700-705, Republic of Korea
Tel: +82-53-600-7651, Fax: +82-53-427-0778, E-mail: chlee@knu.ac.kr
Received: March 26, 2014/Last Revision: April 20, 2014/Accepted: April 25, 2014

Copyright© 2014 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
©It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

물은 완전한 수복물이 48% 존재한 반면 금속 도재관의 경우 74%나 존재해 우수한 결과를 보였고 특히 열가압법으로 제작한 경우의 파절 개수는 최소였다고 하였으며, Kim[5]은 PTM이 열순환 전과 후, 지르코니아 코아 도재관보다 우수한 결합강도를 보였다고 보고하였다.

도재와 합금 사이의 계면에서 결합 방식을 잘 이해하고 적절한 결합 강도를 얻는 것은 금속 도재관의 성공에 매우 중요한 부분을 차지한다. 그래서 도재와 합금사이의 결합강도에 대한 연구가 계속되어 왔다.[6,7] 조사는 표준화된 검사와 해석, 결과의 임상적인 상관관계에 기초를 두었지만 도재와 합금의 계면에서는 복합적인 현상이 일어나기 때문에 정확한 측정을 하기가 쉽지 않다.[8-11]

이러한 결합강도를 측정하는 방법에는 pull shear test,[12] push shear test,[12] conical-interface shear test,[13] tension/shear test,[14] three-point flexure test,[15] four-point flexure test,[16] semi-circular arch flexure test,[17] parallel shear test,[18] modified parallel shear test, torsion bond test[19] 등이 사용되어 왔다.[20]

새로운 도재축성방법으로 나온 열가압법이 전통적인 방법에 비하여 금속과 어떠한 강도로 결합하는지에 대한 연구가 부족한 실정이다.

그리하여 열가압법을 이용한 도재의 축성이 금속과 어떠한 결합력을 나타내는지 알아보기 위하여, 전통적인 방법으로 축성된 금속 도재관과 열가압법을 이용해 축성된 금속 도재관의 전단 결합 강도를 비교하고 열순환을 통해 임상적 사용이 유의한가를 평가하였다.

연구 재료 및 방법

1. 실험시편의 제작

1) 재료

금속은 비귀금속 합금(4 all®, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)을 사용하였으며, 도재는 장석계 도재(Inspiration®, Heimerle+Meule GmbH, Pforzheim, Germany), 그리고 두 종류의 열가압성형 도재(IPS Inline® PoM, Ivoclar Vivadent; One Body® PoM, GC Initial IQ, GC, Alsip, IL, USA)를 사용하였다(Table 1).

2) 금속 시편의 제작 및 연마

실험 각 군당 30개씩 모두 90개의 금속 시편을 제작하였다(Fig. 1).

자체 제작한 가로4 × 세로4 × 두께8 mm의 몰드를 이용해 왁스패턴을 만들어 납형을 만든 후, 매몰제(Hi-temp, Whip-mix, Fort Collins, CO, USA)로 매몰하고 제조사의 지시에 따라 소환, 주조하였다. 주조 시편의 도재 피개면은 Sic paper #800 및 #1200으로 연마한 후, 5 μm, 1 μm, 그리고 0.3 μm 크기의 알루미나 페이스터(ALPHA MICROPOLISH®, BUEHLER, Lake Bluff, IL, USA)를 사용하여 순서대로 연마하였다. 그리고 110 μm 알루미늄 옥사이드로 3기압 하에서 2 cm 떨어져서 샌드브라스팅하였다. Degassing을 위하여 950°C에서 5분간 계류시켰다.

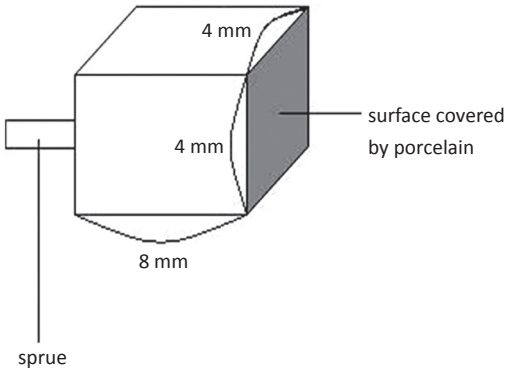

Fig. 1. Metal specimen.

Table 1. Number and characteristics of specimens of each group

Group	Number	Subgroup	Thermocycling	Material
I	15	a	x	Inspiration®
	15	b	o	
II	15	a	x	IPS Inline® PoM
	15	b	o	
III	15	a	x	GC Initial IQ-One Body® PoM
	15	b	o	

3) 오펙 처리

축성될 도재와 일치하도록 실험 Ⅰ군에는 Inspiration A3 오펙(Heimerle+Meule GmbH)을 그리고 실험 Ⅱ군에는 Inline A3 오펙(Ivoclar Vivadent)을, 실험 Ⅲ군에는 오펙 (GC Initial MC Paste, GC)을 각각의 소성 스케줄에 따라 2차에 걸쳐 소성하였다. 실험 Ⅰ군의 A3 오펙은 450ºC 6분 계류 후, 분당상승온도 100ºC로 930ºC에서 2분 계류하여 일, 이차 동일하게 소성하였다. 실험 Ⅱ군의 A3 오펙은 400ºC 8분 계류 후, 분당상승온도 80ºC로 900ºC에서 1분 계류하여 일, 이차 동일하게 소성하였다. 실험 Ⅲ군의 오펙은 paste는 550ºC에서 6분간 계류 후, 분당상승 온도 80ºC로 960ºC에서 1분간 계류하여 일, 이차 동일하게 소성하였다.

4) 도재의 소성(Fig. 2)

가. 실험 Ⅰ군에서는 두께가 3 mm가 되도록 장석계 도재 Inspiration A3 dentin (Inspiration, Heimerle+Meule GmbH)을 회사가 추천하는 소성스케줄에 따라 두 번에 걸쳐 소성하였다. 도재를 축성하여 1차 소성하고 소성 후 부족분을 축성하여 2차 소성하였으며 소성 후에 형태를 조정하고 그레이징하였다(Table 2).

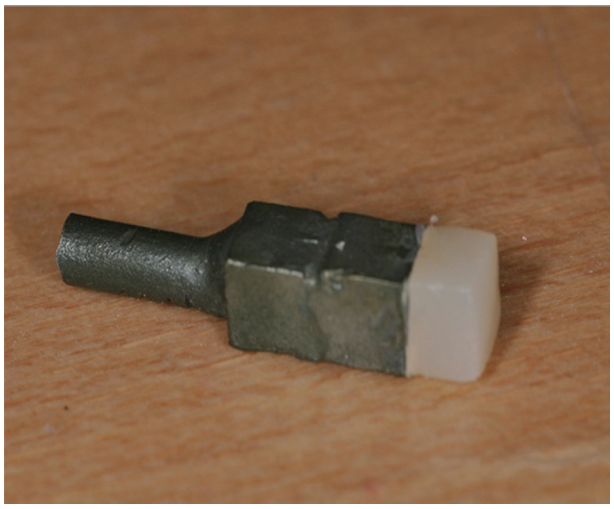

Fig. 2. Final specimen.

나. 실험 Ⅱ군에서는 두께가 3 mm가 되도록 왁스(S-U Ceramo, Schuler-dental, Ulm, Germany)를 사용하여 형성한 후 시편에 주입선을 달고 열가압성형 도재 전용 실리콘 링에 전용매몰재(Press Vest Speed, Ivoclar Vivadent)를 사용하여 제조사가 제시한 매몰재 혼합비율에 따라 매몰한다. 퍼니스에 위치시켜 왁스를 소환한 후, 프레싱 인고트 POM 3번(Ivoclar Vivadent)과 IPS e. max Alox plunger (Ivoclar Vivadent)를 위치시키고, 700ºC로 예열된 프레싱 퍼니스(EP 5000, Ivoclar Vivadent)에 넣고 60ºC/min의 속도로 가열하여 940ºC에서 20분간 계류시킨 후 지정 된 압력과 속도로 압축성형하였다. 가압 프로그램이 완료된 후 매몰용 링을 약 60분간 실온으로 식힌 다음, 60 psi 압력에서 polishing beads를 이용하여 rough divesting을 하고, 15 - 22 psi로 압력을 줄여서 fine divesting으로 매몰재를 제거하였다. 스프루를 제거하고 그레이징하였다(Table 3).

다. 실험 Ⅲ군에서는 두께가 3 mm가 되도록 왁스(S-U Ceramo)를 사용하여 형성한 후 시편에 주입선을 달고 열가압성형 도재 전용 실리콘 링에 전용매몰재(GC MultiPressVest, GC)를 사용하여 제조사가 제시한 매몰재 혼합비율에 따라 매몰하였다. 퍼니스에 위치시켜 왁스를 소환한 후, GC Initial IQ Press pellet과 Alox-press plunger를 위치시키고 800ºC로 예열된 프레싱 퍼니스(EP 5000, Ivoclar Vivadent)에 넣고 60ºC/min의 속도로 가열하여 980ºC에서 20분간 계류시킨 후 지정된 압력과 속도로 압축성형하였다. 가압 프로그램이 완료된 후 매몰용 링을 약 60분간 실온으로 식힌 다음, 60 psi 압력에서 polishing beads를 이용하여 rough divesting을 하고, 15 - 22 psi로 압력을 줄여서 fine divesting으로 매몰재를 제거하였다. 스프루를 제거하고 그레이징하였다(Table 4).

Table 2. Firing schedule of feldspathic porcelain

	Pre-heat	Drying time	Heating rate	Final temperature	Hold time
1st firing	400ºC	6 min	60ºC/min	880ºC	1 min
2nd firing	400ºC	6 min	60ºC/min	870ºC	1 min
Glazing	400ºC	6 min	60ºC/min	870ºC	1 min

Table 3. Firing schedule of heat-pressed porcelain (Ivoclar)

	Pre-heat	Hold time	Heating rate	Final temperature	Hold time
Firing	850°C	1 hr			
Glazing	450°C	6 min	60°C/min	800°C	2 min

Table 4. Firing schedule of heat-pressed porcelain (GC)

	Pre-heat	Hold time	Heating rate	Final temperature	Hold time
Firing	850°C	1 hr			
Grazing	450°C	6 min	45°C/min	770°C	1 min

2. 전단결합강도 측정

1) 열순환

Thermocycling기(Thermocycling M/C, Motorclonics)를 사용하여, 실험 Ⅰ,Ⅱ 그리고 Ⅲ군의 각 아군 b의 45개 시편을 5°C와 55°C의 수중에서 각 온도 유지시간 30초, 대기시간 5초의 조건으로 10,000회 열순환시켰다.

2) 전단결합강도 측정

전단결합강도의 측정을 위한 고정장치를 제작한 후, 시편을 고정하고 인스트론 만능시험기(Model 3343: Instron Inc., Canton, MA, USA)를 사용하여 cross head speed 1 mm/min의 속도로 압축력을 가하여 파절 시의 순간 최대 하중을 기록하였다(Fig. 3). 측정 지점은 포세린/금속 경계에서 포세린 쪽으로 1 mm 떨어진 지점으로 하였다.

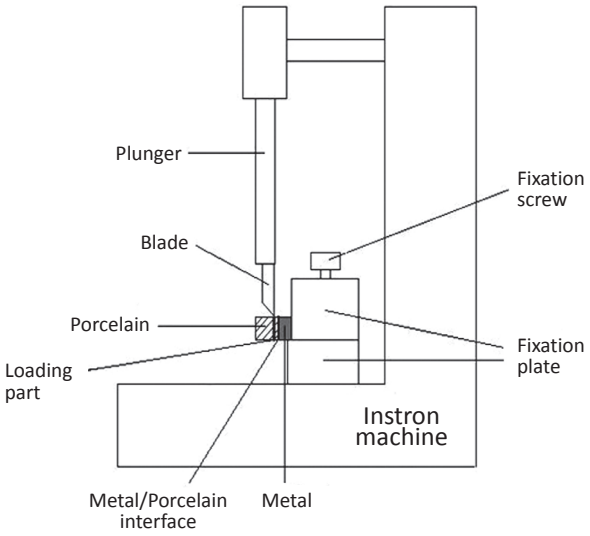

Fig. 3. Assembly for shear bond strength.

3. 통계분석

실험군에 있는 각각의 아군에서 평균과 표준편차를 구하였다.

SPSS 13.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용해 Levene's Test로 통계 처리하여($P < 0.05$) 각 군의 실험결과가 정규분포를 이루는지 확인하였다. 각 군간의 전단 결합 강도에 유의성 있는 차이를 알아보기 위하여 2-way ANOVA를 시행하였다.

결과

1. 전단결합강도(Table 5)

열순환을 하지 않은 시편의 전단결합강도는 모든 실험군에서 유사한 값으로 나타나 통계적 유의성이 없었다($P > 0.05$). 각 실험군에서 열순환 처리 한 시편에서는 전단결합강도의 감소가 나타났으나 통계적 유의성은 없었다($P > 0.05$). 열순환 처리한 시편의 실험군간 전단결합강도 비교에서 실험 Ⅲ군에서 높게 나타났으나 유의한 차이는 없었다($P > 0.05$).

Table 5. Shear bond strength at each group

Group	n	Subgroup	Mean ± SD	Material
I	15	a	42.6 ± 12.80	Inspiration®
	15	b	37.4 ± 8.54	
II	15	a	41.1 ± 18.91	IPS Inline® PoM
	15	b	37.4 ± 15.76	
III	15	a	42.8 ± 14.71	GC Initial IQ-One Body® PoM
	15	b	40.7 ± 14.80	

SD, standard deviation.

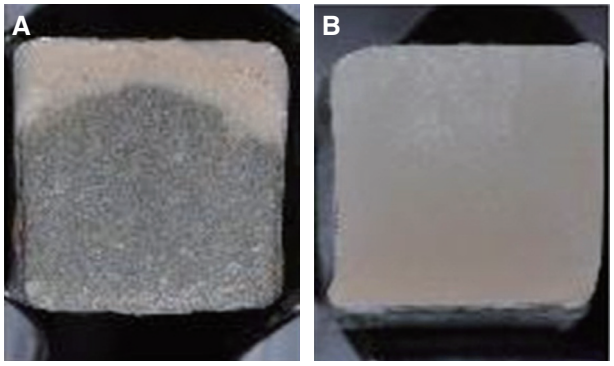

Fig. 4. Fracture surfaces. (A) Cohesive and adhesive failure, (B) Cohesive failure.

2. 파절 표면의 관찰 및 분석

전단력에 의해 파절된 금속 도재간의 파절양상은 대부분의 시편에서 금속면과 도재면이 함께 관찰되는 cohesive failure와 adhesive failure가 혼재된 양상을 보였다(Fig. 4).

고찰

치과에서 환자들이 재료를 선택할 때 환자들은 본인의 치아와 유사한 도재관을 선호했으며 구강 내에서 장시간 사용이 가능한 내구성을 중시했다. 환자들이 도재보철물을 선택했을 때 제작자의 입장에서 치과보철물의 파절을 줄일 수 있는 재료들을 선택하여 내구성을 높여 줌으로써 환자의 구강 보건 향상에 기여할 수 있다고 생각된다. 금속 도재관에서 이런 치과 보철물의 파절은 보통 도재와 금속의 결합 실패로 인해 발생하므로 본 실험에서는 도재와 금속의 전단 결합 강도를 조사하고 열순환 후의 도재와 금속의 전단 결합 강도를 함께 조사해 내구성을 검사하였다.

Ozcan[21]은 금속도재관의 도재 파절에 관한 선행 연구들을 고찰하여 많은 임상연구에서 10년의 사용기간 동안 5 - 10%의 도재 파절율을 보이는 것으로 보고하였으며, 이런 도재의 파절은 도재-금속간의 결합력 부족, 열수축의 부적합, 디자인과 시술자의 기술력 차이, 잘못된 교합 및 충격압 등의 단일 혹은 동시복합적 발생에 의해 도재 및 금속간의 cohesive failure 혹은 adhesive failure의 형태로 나타날 수 있다.[22]

도재와 금속의 결합에 관여하는 요소는 크게 네 가지로 나누어지는데, 여기에는 반데르발스력, 열팽창에 기초한 압축력, 표면 상태에 의한 기계적인 결합력, 금속과 도재의 산화에 의한 화학적인 결합력이 있다. 대부분의 학자들이 결합이 위의 4가지 힘의 조합의 결과라고 생각하나, 상대적으로 어떤 힘이 결합력에 가장 큰 영향을 끼치는 지에 관해서는 의견이 분분하다.[23,24]

그 외에도 금속과 도재의 결합은 보철물 제작 과정에서 도재를 축성하는 두께, 금속하부 구조의 설계, 금속의 표면처리, 탈가스 열처리 조건, 산화피막의 두께, 합금 및 도재의 종류, 도재의 축성방법, 금속의 반복 사용에 따라 영향을 받는다.[25,26]

이러한 금속과 도재의 결합력을 측정하는 방법에는 다양한 방법이 사용되어 오고 있으나,[20] Anusavice 등[27]은 oblique shear test를 제외하고는 Rectangular planar shear test가 이상적인 시험방법에 가깝다고 하여, 본 논문에서는 rectangular planar shear test를 수행하여 도재와 금속 사이의 결합력을 측정하였다.

Kim[28]은 전단결합강도 측정을 위한 시편 제작 시 시편의 직경이 4 mm일 때 3.5 mm 두께의 시편이 사용되었지만, 직경이 5.7 mm일 때는 4 mm 두께의 시편으로 도재와 금속의 계면에서 0.5 mm 지점에 하중을 가하는 것이 적절하다고 하였다. 그러나 이번 실험에서는 하중점이 미끄러지지 않기 위해서 도재와 금속의 계면에서

1.0 mm 지점에 하중을 가하였다.

열순환은 구강온도와 유사한 조건 하에서 시편을 위치시킨 다음 구강 내에서 볼 수 있는 한계적 온, 냉의 상태를 모방하여 치아와 수복물 사이에 thermal stress를 가함으로써 구강 내의 온도변화를 시편에 적용시켜 재료의 물성을 평가하는 실험실적 연구방법의 하나이다.[29] 구강 내의 온도 범위에 관해 Baek 등[30]과 Ernst 등[31]은 치아의 인접면에 온도계를 부착해 구강 내에서 나타나는 온도 변화를 측정한 결과 13.7ºC에서 52.8ºC로 통상적인 열순환에 사용되는 5ºC와 55ºC의 온도가 적절한 온도 범위라 하였다. Wendt 등[32]은 유지시간인 15초 이상이면 60초일 때나 120초일 때와 미세누출에 있어서 통계적으로 큰 차이가 없다고 하였다. 또한 Choi 등[33]은 열순환을 2,000회 시행하였을 때 모든 실험군에서 미세누출이 관찰되었다고 하였다. 비록 이 논문에서는 전단결합강도를 측정하였으나 재료의 물리적 성질이 어느 정도 변화하기에 충분한 조건으로 생각하여 30초간의 유지시간을 두고 열순환 횟수를 10,000회로 하였다. 또한 Gale와 Darvell[34]은 열순환 10,000회가 임상적으로 1년과 유사하다고 하였다.

실험 결과에서 실험 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ군 모두 열순환 후 전단결합강도가 감소하였으나 유의할 만한 차이는 없었다. 이 결과는 금속 처리방법과 사용하는 재료에 따라 열순환이 정도의 차이는 있지만, 유의성이 있게 결합강도를 감소시킨다고 보고한 Yoshida 등[35]의 연구 결과와 일치하지 않았다.

열순환 하지 않은 실험 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ군의 아군 a의 전단결합강도를 각각 비교했을 때 큰 차이가 없었다. 또한 열순환 한 실험 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ군의 아군 b의 전단결합강도를 각각 비교했을 때 유의할 만한 차이는 없었지만 Ⅲ군의 전단결합강도가 가장 우수했다. 이는 도재 축성 방식을 바꾸어도 전단결합강도에 큰 차이가 없음을 의미한다. 이 결과는 Kim[36]에 의해 이루어진 비귀금속 합금과 열가압성형 도재의 전단결합강도 비교 연구에서 열가압성형 도재가 유의하게 낮은 전단결합강도를 보였다는 것과는 조금 다른 결과를 보여 주는 것이며, Schweizer 등[37]에 의해 이루어진 열가압성형 도재와 금속간의 결합력과 장석계 도재와 금속간의 결합력 측정을 위한 3점 하중 실험에서 유의한 차이는 없고 유사한 결합력을 보인다고 보고한 것과는 일치하는 연구 결과이다.

이상의 결과로는 열가압성형 도재의 전단결합강도가 장석계 도재의 전단결합강도와 비교했을 때 우수한 값을 기록했으며 제작방법도 열가압성형 도재의 경우 금속상 위에 왁스로 원하는 형태를 제작해 주괴를 넣고 압력을 가해주면 한 번의 압력 사이클로 완벽한 형태의 수복물로 제작가능하다는 장점이 있어 여러모로 종래의 금속 도재관에 비해 유리한 점을 가지고 있다고 할 수 있다.

그러나 Anusavice 등[27]은 금속 도재관의 전단결합강도 실험에서 코어-비니어 계면에서 순수한 전단력만 존재하는 것이 아니라 인장력과 같은 다른 응력이 존재함을 지적하였다. 또한 도재와 금속의 열팽창계수의 차이에 의해 계면에서 잔류 응력이 존재함을 보고하였다. 이에 미루어 보아 전단결합강도 측정법 하나 만으로 코어-비니어 계면의 결합 강도를 평가하는 것은 무리한 일이며 미세인장결합 강도 측정법과 굽힘 강도 측정법과 같은 다른 측정 방법을 병행하여야 정확한 결합강도를 평가할 수 있을 것이다.

또한 본 실험에서는 결합강도의 측정을 통해 열가압성형 도재를 평가했으나 실제 임상에서의 사용에는 결합강도 이외에도 변연적합도, 도재의 색상 등도 중요한 평가기준이므로 이 부분에 대한 접근도 필요할 것으로 사료되며, 시편을 제작해 검사한 실험실적 연구여서 열순환으로 내구성을 검사했으나 실제 임상에서와 같은 효과를 얻기 위해서는 시효검사나 저작과정을 모방한 다양한 조건에서의 검사가 요구되므로 열가압성형 도재의 결합강도를 평가하기 위해서는 보다 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

금속 도재관에서 기존의 장석계 도재와 새로 개발된 열가압성형 도재들의 전단결합강도를 알아보기 위하여 비귀금속 합금으로 금속시편을 제작하고 표면처리를 거친 후 장석계 도재와 두 종류의 열가압성형 도재를 3 mm 두께로 축성하여 실험군 당 30개씩 총 90개의 시편을 제작하였다. 각 실험군의 시편 15개는 열순환을 거친 후 인스트론 만능 시험기를 이용하여 전단결합강도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 장석계 도재와 두 종류의 열가압성형 도재들의 금속과 도재간의 전단결합강도에는 유의할 만한 차이가 없었다.
2. 장석계 도재와 두 종류의 열가압성형 도재 모두 열순환 후 금속과 도재간의 전단결합강도의 감소가

있었으나 유의할 만한 차이는 없었다.

3. 금속과 도재간의 파절양상은 대부분의 시편에서 금속면과 도재면이 함께 관찰되는 cohesive failure와 adhesive failure가 혼재된 양상으로 나타났다.
4. 전단결합력의 관점에서 보았을 때 열가압성형 도재는 임상적으로 유의한 것으로 사료된다.

References

1. McLean JW. Dental ceramics. 1st ed. Chicago; Quintessence Publishing; 1983. p. 13-141.
2. Deany IL. Recent advances in ceramics for dentistry. Grit Rev Oral Biol Med 1996;7:134-43.
3. Gorman CM, McDevitt WE, Hill RG. Comparison of two heat-pressed all-ceramic dental materials. Dent Mater 2000;16:389-95.
4. Christensen GJ. Clinician's report: clinical comparison of PFM and zirconia restorations. 2008 Volume 1 Issue 11.
5. Kim IS, Min KJ. Comparison of dental porcelain baking methods by base-alloy and bonding strength by thermocycling. Doctorate thesis, Graduate School of Keimyung University, 2007.
6. McLean JW. Dental ceramics proceedings of the first international symposium on ceramics. 6th ed. Chicago; Quintessence Publishing; 1983. p. 77-440.
7. Yamada HN. Dental porcelain: the state of the Art-1977. Los Angeles; University of Southern California School of Dentistry Los Angeles; 1977. p. 105-56.
8. Shell JS, Nielsen JP. Study of the bond between gold alloys and porcelain. J Dent Res 1962;41:1424-37.
9. Gilbert JL, Covey DA, Lautenschlager EP. Bond characteristics of porcelain fused to milled titanium. Dent Mater 1994;10:134-40.
10. Hammad IA, Talic YF. Designs of bond strength tests for metal-ceramic complexes: review of the literature. J Prosthet Dent 1996;75:602-8.
11. White SN, Ho L, Caputo AA. Goo E. Strength of porcelain fused to titanium beams. J Prosthet Dent 1996;75:640-8.
12. Moffa JP, Lugassy AA, Guckes AD, Gettleman L. An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part 1. physical properties. J Prosthet Dent 1973;30:424-31.
13. McLean JW, Sced IR. Bonding of dental porcelain to metal. II. The base-metal alloy/porcelain bond. Trans Br Ceram Soc 1973;72:235-8.
14. Weight TA, Bauman JC, Pelleu JB Jr. Variables affecting the strength of the porcelain/non-precious alloy bond, IADR Progr&Abst 1976;55:695-998.
15. Craig RG. Dental materials review. In: O'brien WJ, editor. Dental porcelains. Ann Arbor; University of Michigan Press; 1977. p. 123-35.
16. Caputo AA, Dunn B, Reisbick MH. A flexural method for evaluation of metal-ceramic bond strengths. J Dent Res 1977;56;1051-6.
17. Mackert JR, JR.; Anusavice KJ, Ringle RD, Fairhurst CW. A flexure-shear test for porcelain-fused to metal bonding, IADR Progr&Abst 1976;55:698-700.
18. Civjan S, Huget EF, DeSimon LB, Reisinger RJ. Determination of apparent bond strength of alloy-porcelain systems, IADR Probr&Abst 1974;53:742-8.
19. Carter JM, Al-Mudafar J, Sorensen SE. Adherence of a nickel-chromium alloy and porcelain. J Prosthet Dent 1979;41:167-72.
20. Briggs D, Seah MP. Practical surface analysis. Chichester; John Wiley and Sons Ltd.; 1983. p. 2-183.
21. Ozcan M. Fracture reason in ceramic-fused-to-metal restorations. J Oral Rehabil 2003;30:265-9.
22. Oilo G. Flexural strength and internal defects of some dental porcelains. Acta Odontol Scand 1988; 46:313-22.
23. Ozcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. Int J Prosthodont 2002;15:299-302.
24. Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. J Prosthet Dent 2004; 91:349-55.
25. McLean JW. The science and art of dental ceramics. Chicago; Quintessence; 1979. p. 55-95
26. McLean JW. The science and art of dental ceram-

ics. Chicago; Quintessence; 1980. p. 189-92.
27. Anusavice KJ, Dehoff PH, Fairhurst CW. Comparative evaluation of ceramic-metal bond tests using finite element stress analysis. J Dent Res 1980;59: 608-13.
28. Kim JT. The Effect of laser etching on shear bond strength at the titanium-ceramic interface: a comparative study of four different surface treatments. Doctorate thesis, Kyungpook National University, 2007.
29. Lee SY. The effects of thermocycling on the bone strength between cobalt-chromium alloy and denture base resin. J Prosthet Dent 2000;38:38-49.
30. Baek SH, Chae MS, Lee JH, et al. In vivo evaluation of four posterior composites. J Korean Res Soc Dent Materials 1998;2:106-13.
31. Ernst CP, Euler T, Willershausen B. Approximal temperature increase and decrease during thermocycling in vivo. J Dent Res 1997;76:231.
32. Wendt SL, Mclnnes PM, Dickinson GL. The effect of thermocycling in microleakage analysis. Dent Mater 1992;8:181-4.
33. Choi JY, Choi WH, Bae TS, Lee JJ, Park CW. An evaluation of wear characteristics of thermocycled restorative composites. J Korean Res Soc Dent Materials 2002;29:87-98.
34. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. J Dent 1999:27:88-99.
35. Yoshida K, Taira Y, Sawase T, Atsuta M. Effects of adhesive primers on bond strength of self-curing resin to cobalt-chromium alloy. J Prosthet Dent 1997;77:617-20.
36. Kim SS, Lee MK. Comparative study on shear bond strength of press-to-metal ceramic to porcelain fused non precious metal by surface treatment methods. Masters thesis, Department of Dental Laboratory Science, Graduate School of Life Science, Catholic University of Pusan, 2009.
37. Schweizer DM, Goldstein GR, Ricci JL, Silva NR, Hittelman EL. Comparison of bond strength of a pressed ceramic fused to metal versus feldspathic porcelain fused to metal. J Prosthodont 2005;14: 239-47.

도재 축성 방법에 따른 금속 도재관의 전단결합강도 비교

이하영, 조진현, 이청희*

경북대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

목적: 이 논문의 목적은 열가압법을 이용한 도재의 축성이 금속과 어떠한 결합력을 나타내는지 알아보는 것이다.

연구 재료 및 방법: 90개의 비귀금속 시편(4 × 4 × 8 mm)을 제작하여 세 개의 군으로 나누었다. 모든 시편은 군에 따라 2종류의 다른 방법으로 포세린 축성(4 × 4 × 3 mm)하였다: Group Ⅰ: Inspiration®, Group Ⅱ: Ivoclar, IPS Inline®PoM, Group Ⅲ: GC Initial IQ-One Body®PoM. 각 군의 시편의 반은 열순환시켰다. 모든 시편의 전단 결합 강도는 Instron universal testing machine을 이용하여 측정하였다. 통계학적 분석을 위해, 2-way ANOVA가 사용되었다.

결과: 열순환을 하지 않은 시편의 전단결합강도는 모든 실험군에서 유사한 값으로 나타나 통계적 유의성이 없었다 ($P > 0.05$). 각 실험군에서 열순환 처리 한 시편에서는 전단결합강도의 감소가 나타났으나 통계적 유의성은 없었다 ($P > 0.05$). 열순환 처리한 시편의 실험군간 전단결합강도 비교에서 실험 Ⅲ군에서 높게 나타났으나 유의한 차이는 없었다($P > 0.05$).

결론: 전단결합력의 관점에서 보았을 때 열가압성형 도재는 임상적으로 유의한 것으로 사료된다.

(구강회복응용과학지 2014;30(2):112-20)

주요어: 전단결합강도; 포세린

*교신저자: 이청희
(700-705) 대구광역시 중구 달구벌대로 2177 경북대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실
Tel: 053-600-7651 | Fax: 053-427-0778 | E-mail: chlee@knu.ac.kr
접수일: 2014년 3월 26일 | 수정일: 2014년 4월 20일 | 채택일: 2014년 4월 25일