

## 도재 수리시스템에 따른 도재와 복합레진의 전단결합강도

\*고려대학교 임상치의학대학원 고급치과보철학과,

\*\*고려대학교 임상치의학대학원

김경규\* · 신상완\* · 이정렬\* · 김영수\*\*

### I. 서 론

임상에서 도재 수복물은 높은 심미성과 생체 친화성으로 인해 전치부 뿐만 아니라, 구치부에도 많이 이용하고 있다. 비록 도재와 치아 및 금속과의 접착 기술이 발전하였고 새로운 도재의 개발로 예전보다 도재의 강도가 증가했지만 도재 수복물의 파절을 종종 경험할 수 있다. 도재 수복물의 파절률은 2.3%-8%로 보고되고 있으며<sup>1</sup> 상악 전치부에서 가장 많은 파절이 보고되는데<sup>2</sup>, 파절 원인으로는 금속과의 열팽창 계수 차이, 부적절한 디자인, fatigue load, 도재 축성시의 기술적 결함, 교합압, 외상 등이 있다.<sup>2-7</sup> 이렇게 파절된 도재 수복물을 새로 수복 하는 것은 경제적, 시간적으로 많은 어려움이 있다. 따라서 파절 부위가 작고, 기능적으로 문제가 되지 않는 경우 간단히 파절 부위를 수리할 수 있다면 환자에게 큰 도움이 될 것이다.

현재 도재 수복물의 파절 부위를 수리할 수 있는 여러 도재 수리시스템들이 시판되고 있는데 이런 도재 수리시스템들은 다양한 방법으로 도재와 복합레진의 접착력을 증가 시키고 있다. 도재 표면에 bur를 이용한 거칠기 부여, 인산액이나 불산액을 이용한 산 처리 등으로 미세기계적 유지력을 증가시키는 한편 silane couplers를 통해 예전보다 더 강한 화학적 결합을 가능하게 만들었다.<sup>8-10</sup> 또한 silane couplers의 발전에 의해 표면처리를 하지 않는 도재 수리시스템

도 소개되고 있다.<sup>4,11</sup> 각각의 도재 수리시스템마다 서로 다른 표면 처리 방법이나 silane의 사용, bonding의 사용으로 도재와 복합 레진간의 접착력을 증가시키고 있다.

도재 수리시스템에 의한 도재와 복합 레진의 접착력은 수리된 도재 수복물의 재수리 기간을 연장하고, 보철물의 수명을 결정하기 때문에 중요하다. 따라서 그동안 도재 수리시스템의 접착력을 증가시키기 위한 많은 연구가 있었다.<sup>1,3,4,6-18,20-23</sup>

기존의 도재 수리시스템의 연구에서 사용한 도재는 대부분 금속 도재 수복물에 사용하는 feldspathic porcelain(VMK-68 porcelain body, Vident, Menlo Park, CA, USA)이었다.<sup>1,4,9,12-16</sup> 반면 완전 도재관에 사용되는 Pressable porcelain 연구는<sup>8,17,18</sup> 아직 미흡하다.<sup>19</sup> 도재에 따라 도재 수리시스템에 의한 표면처리 결과가 다를 것이고, 결국 도재와 복합 레진간의 접착력에도 차이를 만들 것이다. 따라서 feldspathic porcelain의 연구 결과를 근거로 하여 Pressable porcelain의 파절 수리 시 도재 수리시스템을 선택한다면 좋지 않은 결과를 가져 올 수도 있다.

본 연구는 feldspathic porcelain과 pressable porcelain을 표면처리 방법이 다른 도재 수리시스템을 사용하여 복합레진과 접착 시 전단결합강도의 측정을 통해 각각의 도재 수리시스템의 접착력을 비교 확인하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구 재료

#### 1) 도재

Feldspathic porcelain(Vita Omega<sup>®</sup>900, Vident, Menlo Park, CA, USA)과 pressable porcelain (IPS Empress2 Ingot, Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Germany)를 선택하였다.

#### 2) 도재 수리시스템

도재 수리시스템의 선택 기준은 첫째, 과거 문헌에서 자주 사용된 도재 수리시스템을 선택하였다. 둘째, multi purpose로 사용되는 것은 제외하였고 Porcelain repair kit로 제작된 제품을 우선적으로 선정하였다. 셋째, 현재 국내에서 시판되고 구입이 가능한 제품을 선택하였다. 상기 선택 기준에 맞는 도

재 수리시스템 중 표면처리를 다르게 하는 4종을 선택하였다(Table I).

### 2. 연구 방법

#### 1) 도재 원판 제작

총 88개의 도재 원판을 직경 8mm, 두께 1.5mm로 제작하였다. Feldspathic porcelain disk는 Vita Omega<sup>®</sup>900과 증류수를 혼합하고 putty mold를 이용하여 측정 한 후 제조사의 지시대로 소성하여 제작하였고 pressable porcelain disk는 납형을 제작하여 매몰재에 매몰 후 IPS Empress2 ingot을 이용하여 제조사의 지시대로 열 가압 소성하여 제작하였다. 제작된 도재 원판은 400-grit silicon carbide abrasive(Phoenix Brand<sup>®</sup> Tokyo, Japan), 600-grit, 1200-grit silicone carbide abrasive의 순서로 연마하여 평활한 표면을 형성하였다(Fig. 1).

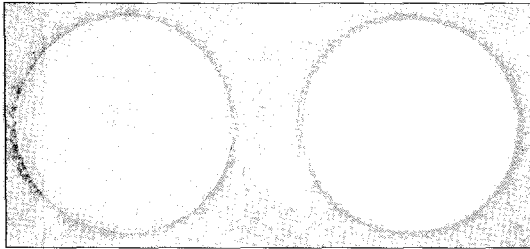
**Table I.** Components of porcelain repair systems

Porcelain repair system	Surface treatment component	Silane coupling agent	Adhesive resin
Porcelain Liner-M	-	Liquid A & Liquid B	
Clearfil Repair	K-Etchant gel	Clearfil se bond primer & Porcelain bond activator	Clearfil se bond bond
Ultradent Porcelain Repair	Ultradent porcelain etch & Etch arrest neutralizer	Ultradent silane	PQ1
Cimara	Cimara grinding burs	Cimara silane coupling	Cimara opaquer liquid

**Table II.** Summary of treatment subgroups

Group	Porcelain repair system	Surface treatment	N
AP/BP	Porcelain Liner M	Silane only	10/10
AC/BC	Clearfil Repair	Phosphoric acid etching+silane	10/10
AU/BU	Ultradent Porcelain Repair	Hydrofluoric acid etching+silane	10/10
ACi/BCi	Cimara	Roughening with a bur+silane	10/10
Total			40/40

AP, AC, AU, ACi: Vita Omega<sup>®</sup>900을 사용한 군  
BP, BC, BU, BCi: IPS Empress2를 사용한 군



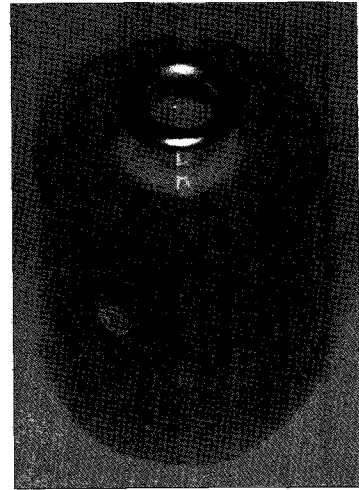
**Fig. 1.** Feldspathic porcelain disks (Omega®900, left) and pressable porcelain disks (IPS Empress2, right).

## 2) 시편 제작

총 88개의 도재 원판 중 80개는 내경이 30mm인 plastic cylinder를 이용하여 acrylic resin (Ortho-Jet, Lang Dental Mfg. Co, USA)으로 embedding하였고 8개는 전자현미경을 통한 표면 관찰을 위해 resin embedding을 하지 않았다. 80개의 원통형 시편과 8개의 도재 원판은 99.8% methanol과 증류수내에서 각각 15분 동안 초음파 세척한 후 도재 종류에 따라 각각 40개씩 Vita Omega®900을 Group A, IPS Empress2를 Group B로 나누었고 4개의 도재 수리 시스템에 적용하기 위해 10개씩 다시 분류하여 모두 8개의 subgroup을 만들었다(Table II).

### Group AP, BP: Porcelain Liner M<sup>o</sup>

준비된 원통형 시편의 도재 부분에 Liquid A: Liquid B를 1:1로 혼합하여 도포하고 균일한 막이 형성되도록 가볍게 건조하였다. adhesive resin(AQ Bond Plus, Sun Medical Co, Kyoto, Japan)을 Sponge Activator를 이용하여 20초간 도포한 후 10초간은 가볍게 10초간은 강하게 바람을 분 후 15초간 광중합기(OPTILUX 501, Kerr Co, USA)를 이용하여 광중합을 시행하였다.



**Fig. 2.** Metal cylinder bonded to a specimen.

### Group AC, BC: CLEARFIL™ REPAIR

준비된 원통형 시편의 도재 부분에 40% 인산액으로 5초간 에칭하고 세척한 후 건조하였다. Silane coupling agent와 activator를 1:1로 혼합하여 얇게 도포하고 5초 후 약하게 건조하였다. 건조된 표면에 adhesive resin을 얇게 도포하고 가볍게 바람을 불어 가능한 균일한 막이 형성되게 한 후 10초간 광중합을 시행하였다.

### Group AU, BU: ULTRADENT® PORCELAIN REPAIR

준비된 원통형 시편의 도재 부분에 9.5% 불산액으로 1분간 에칭하고 중화제를 불산액이 모두 닦히게 도포한 후 철저히 세척, 건조하였다. Silane coupling agent를 얇게 바르고 1분 동안 건조한 후 건조된 표면에 adhesive resin을 얇게 도포하고 가볍게 바람을 불어 최대한 균일한 막이 형성되게 한 후 20초간 광중합을 시행하였다.

### Group ACi, BCi: Cimara Kit

준비된 원통형 시편의 도재 부분에 grinding bur로 처리 한 후 special brushes로 깨끗이 세척하였다. Silane coupling agent는 바람을 불지 않고 2분간 건

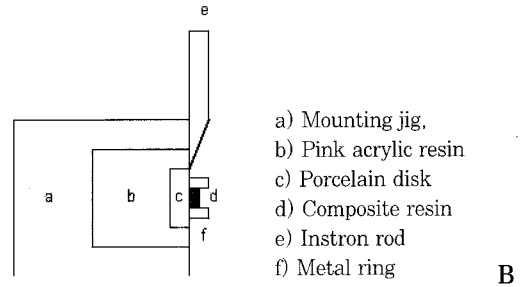
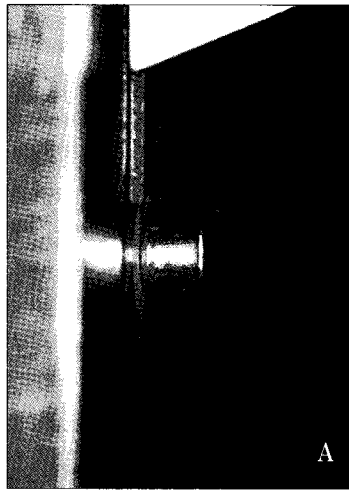


Fig. 3. Picture (A) and schematic representation (B) of shear bond strength testing.

조하였다. Opaquer liquid를 얇게 도포 하고 20초간 광중합을 시행하였다.

각군의 시편중앙에 내경이 4.25mm인 metal cylinder를 이용하여 직경 4.25mm, 높이 3mm로 복합 레진(Z-250, 3M Co. St Paul, MN, USA)을 부착하였고, 2mm마다 적층 충전을 하여 매회 50초씩 광중합하였다(Fig. 2). 80개의 레진이 부착된 시편은 water Bath을 이용하여  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  증류수에서 24시간 보존하였다. AP와 BCi에서 각각 1개씩은 복합 레진이 전단결합강도 측정 전에 탈락하여 실험에서 제외하였다.

### 3) 전자현미경 관찰

Omega®900 disk와 Empress disk를 Clearfil Porcelain Bond(40% 인산액 처리), Ulradent Porcelain Etch.(9.5% 불산액 처리), Cimara Kit(bur 처리)로 다르게 표면 처리하였고, 각각 1개씩은 표면 처리 하지 않았다. 총 8개의 도재 원판의 표면을 전자현미경(Hitachi사 S-4800, 배율×500)을 통해 관찰하였다.

### 4) 전단결합강도 측정

총 78개 레진이 부착된 시편의 전단결합강도를 측정하였다. 전단결합강도 측정은 Universal Testing

Machine을 이용하였고 레진이 부착된 시편을 mounting 하기 위해 mounting jig을 제작하였다. Rod가 최대한 도재와 복합 레진의 접합부위에 힘을 가하도록 장착하였고 최대 하중 1KN, 5mm/min crosshead speed, compression test type으로 도재와 복합 레진의 접합부위에 파절이 일어날 때까지 평행하게 힘을 가했으며 전단결합강도(MPa)를 측정하였다(Fig. 3).

### 5) 통계분석

통계프로그램은 SPSS(for window ver. 10.0)프로그램을 사용하였다. 전단결합강도를 종속변수로 하고 도재 수리 시스템과 도재를 독립변수로 하여 각군의 전단결합강도의 평균을 2 way-ANOVA를 이용하여 분석하였고 95% 신뢰수준으로 하였다. 사후분석은 Duncan방법을 사용하였다.

## III. 결 과

전단결합 강도 측정 전에 탈락한 1개씩을 제외한 각각 39개 중 Group A에서는 1개, Group B에서는 32개에서 도재와 복합 레진의 접합부위에서 파절(adhesive fracture)이 일어났고, Group A에서는 38개, Group B에서는 7개는 도재와 복합 레진의 접합

**Table III.** Statistical analysis of the results of the shear bond strength test by two-way analysis of variance(ANOVA)

Source	Sum of squares	df	Mean square	F	p Value
Corrected model	413.697 <sup>a</sup>	7	59.100	14.120	.000
Intercept	3144.583	1	3144.583	751.311	.000
Porcelain	2.617	1	2.617	0.625	.432
Porcelain repair system	249.930	3	83.310	19.905	.000
Porcelain · Porcelain repair system	155.728	3	51.909	12.402	.000
Error	292.982	70	4.185		
Total	3909.859	78			
Corrected total	706.680	77			

a R<sup>2</sup> = .585(adjusted R<sup>2</sup> = .544)

**Table IV.** Mean shear bond strengths and standard deviation of different surface treatment on feldspathic pressable porcelain and Duncan grouping

Group	Surface treatment on porcelain	Mean & SD(MPa)	Duncan grouping*
AP*BP	No treatment	3.39±1.13	b
AC*BC	Phosphoric acid etching	8.32±2.88	a
AU*BU	Hydrofluoric acid etching	7.02±2.11	a
ACi*BCi	Roughening with a bur	6.77±3.22	a

\* : Different letters designate significantly different groups

부위에서 파절되지 않고 도재에서 파절이 일어났다(Cohesive fracture).

전자현미경 관찰 결과는 Group A에서는 불산액 처리군(AU), bur 처리군(ACi), 인산액 처리군(AC), 표면처리하지 않은 군(AP)의 순서대로 거친 표면을 나타냈고(Fig. 4), Group B에서는 불산액 처리군(BU), 인산액 처리군(BC), bur 처리군(BCi), 표면처리하지 않은 군(BP)의 순서대로 거친 표면을 나타냈다(Fig. 5).

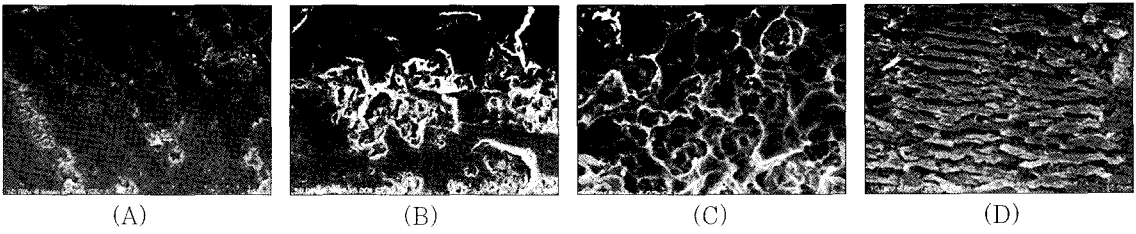
Group A에서는 ACi(8.85±2.29MPa), AC(7.60±2.81MPa), AU(5.53±1.84MPa), AP(4.18±0.86MPa) 차례로 전단결합강도가 나타났다. Group B에서는 BC(9.05±2.90MPa), BU(8.52±1.01MPa), BCi(4.45±2.44MPa), BP(2.68±0.83MPa) 차례로 전단결합강도가 나타났다. 전단결합강도의 결과는 Fig. 6에 나타났다.

전단결합강도의 이원분석 통계결과는 Table III과

같다.

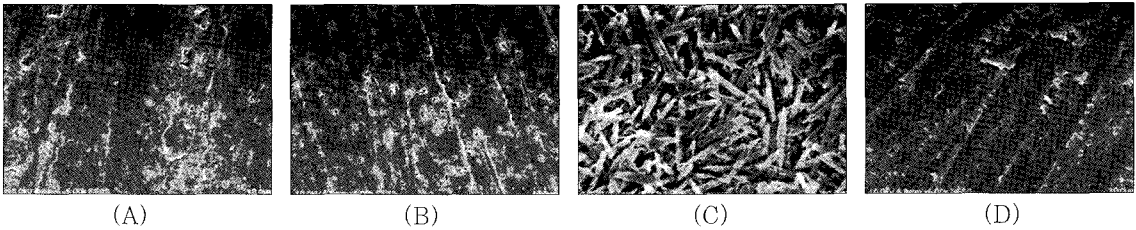
두 개의 도재 간에는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고 도재 수리 시스템의 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05). 도재 수리 시스템의 종류에 따른 통계적 차이를 살피기 위해 Duncan 방법의 결과를 grouping하였다(Table IV).

가장 높은 전단결합 강도를 보인 군은 인산액 처리군 이었고 가장 낮은 전단결합강도를 보인 것은 표면 처리하지 않은 군이었다(Fig. 7). 95% 신뢰도에서 인산액 처리군과 불산액 처리군 그리고 bur 처리군 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었지만 표면처리 하지 않은 군은 위 세군과 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 표면 처리한 군 사이에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 표면처리 하지 않은 군은 표면 처리한 군에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 전단 결합 강도를 보였다(p<0.05).



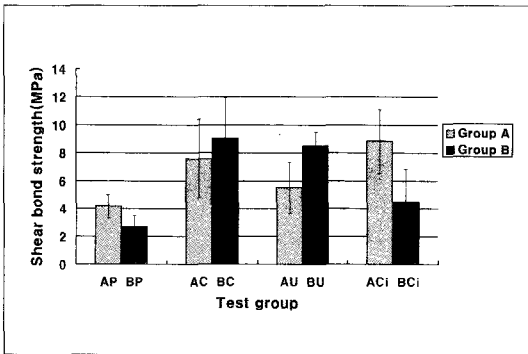
**Fig. 4.** The SEM photomicrographs of 4 treated feldspathic porcelain surface (Omega®900).

- A. No treatment( $\times 500$ ).
- B. Porcelain surface etched by phosphoric acid( $\times 500$ ).
- C. Porcelain surface etched by hydrofluoric acid( $\times 500$ ).
- D. Porcelain surface treated by Voco special burs( $\times 500$ ).

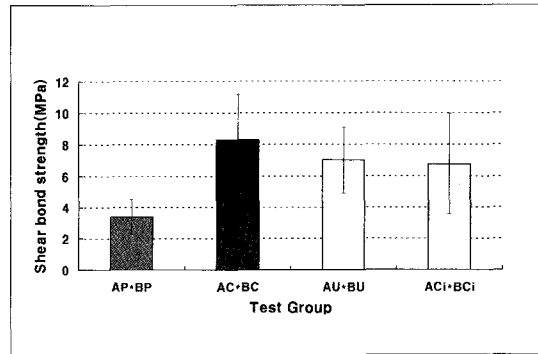


**Fig. 5.** The SEM photomicrographs of 4 treated pressable porcelain surface (IPS Empress2).

- A. No treatment( $\times 500$ ).
- B. Porcelain surface etched by phosphoric acid( $\times 500$ ).
- C. Porcelain surface etched by hydrofluoric acid( $\times 500$ ).
- D. Porcelain surface treated by Voco special burs( $\times 500$ ).



**Fig. 6.** Means of shear bond strengths (MPa) of repair composite resin to the porcelain substrate with four repair systems between feldspathic Porcelain and pressable porcelain.



**Fig. 7.** Mean of shear bond strength (MPa) of four porcelain repair systems.

같은 도재 수리 시스템을 적용할 때 Group A와 Group B에 따른 결과를 비교하면 AP가 BP보다 더 높은 전단결합강도를 보였고, 통계적으로 유의한 차이가 있었다. BC가 AC보다 더 높은 전단결합강도를 보였고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. BU가 AU보다 더 높은 전단결합강도를 보였고, 통계적으로 유의한 차이가 있었다. ACi가 BCi보다 높은 전단결합강도를 보였고, 95% 신뢰도에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

#### IV. 고 찰

심미에 대한 관심이 증가되면서 도재 수복물의 관심과 수요는 점점 증가하고 있다. 하지만 도재 수복물은 accident trauma, impact load, fatigue load, improper design, micro defect 등의 원인으로 파절이 일어난다. 파절부위가 큰 경우 새로운 도재 수복물로 교체가 요구되지만, 파절부위가 작은 경우 파절부위를 간단히 수리할 수 있다면 환자의 경제적, 시간적인 비용을 절약 할 수 있다. 복합 레진을 접착하여 파절 부위를 간단히 수리할 수 있는 다양한 도재 수리 시스템들이 소개되어 이런 어려움을 극복할 수 있게 되었다. 도재 수리 시스템은 에칭이나 bur로 도재 표면을 처리하여 기계적인 유지력을 증가시키고, silane coupling agent와 bonding agent를 통해 화학적인 결합력을 증가시킴으로써 도재와 복합 레진간의 접착력을 높이고 있다. 그 동안 도재 수리 시스템을 이용한 도재와 복합 레진간의 접착력을 증가시킬 수 있는 방법을 찾기 위해 많은 연구가 이루어졌으며 그 중 가장 활발한 연구가 이루어진 것은 도재 표면 처리에 따른 도재와 복합 레진간의 접착력 차이를 비교하는 것이었다.<sup>4,7-14</sup> Stangel 등<sup>21</sup>, Rosen<sup>22</sup>과 Lobel 등<sup>23</sup>은 불산액으로 도재 표면을 처리한 것이 도재와 복합 레진간의 접착 결과가 가장 좋다고 보고하였다. 반면 Kupiec 등<sup>7</sup>, Diaz-Arnold 등<sup>13</sup>과 Leibrock 등<sup>15</sup>은 불산액과 인산액으로 각각의 도재 표면 처리 후 도재와 복합 레진간의 접착력 차이를 비교하였는데 통계적으로 유의한 차이는 없다고 하였다. 이러한 실험들은 대부분 금속 도재 수복물에 사용되는 feldspathic porcelain(VMK-68 porcelain body)을 도재로 사용하였다.<sup>1,3,9,12-16</sup> 현재 VMK-68

porcelain body는 단종 되었기 때문에 본 연구에서는 VMK-68 porcelain body와 같은 제조사의 도재인 Omega®900과 전치부 완전 도재관에 가장 많이 사용되는 IPS Empress2를 사용하였다. 또한 이런 실험들은 도재 표면 처리를 다르게 하고 각각의 도재 수리 시스템을 적용하여 도재와 복합 레진간의 접착력을 비교하는 실험이었다. 현재 도재 수리 시스템의 경우 과거의 이런 실험 결과를 통해 불산 처리, 인산 처리, bur 또는 sandblast를 이용한 거칠기 부여, 도재 표면 처리를 하지 않고 self etching이 가능한 silane coupling agent를 이용하는 등 독자적인 도재 처리 방법을 권고하고 있고, 도재 표면 처리를 할 수 있는 산이나 bur가 repair kit내에 포함되어 있다. 따라서 도재 표면 처리를 다르게 하여 각각 도재 수리 시스템을 적용하는 실험 방법 보다는 각각의 도재 수리 시스템이 권고하는 처리 방법을 이용한 실험이 임상적으로 더 의의가 있다고 생각한다.

본 실험에서는 도재 표면처리를 다르게 하는 4개의 도재 수리 시스템을 선택하여 각각의 도재 수리 시스템이 권고하는 표면 처리 방법을 따라 실험 시편을 제작하였다. 불산액으로 표면을 처리하는 도재 수리시스템은 국내에서 시판하는 도재 수리시스템 종류가 적었고, 인산액으로 표면을 처리하는 도재 수리시스템은 도재 수리뿐만 아니라 충치치료, 5급 와동, 파절된 치질수복 등 다양한 곳에 쓰이는 것들이 대부분이었다. 도재 표면 처리를 하지 않는 도재 수리시스템의 경우 C & B Metabond는 주로 금속 표면이 노출된 곳에 사용하기 때문에 배제하였다. Bur를 이용하여 도재 표면 처리를 하는 도재 수리시스템의 경우 Ceramic Repair는 시판 된지 얼마 되지 않아 아직 연구 결과가 부족했고, Silistor의 경우 많은 연구결과가 있었지만 제품이 단종 되어 실험에 사용할 수 없었다.

본 실험의 결과는 95% 신뢰도에서 표면처리 하지 않는 군이 표면 처리하는 군에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 전단 결합 강도를 보였다. Kato 등은 Porcelain liner M과 Superbond C&B(Sun Medical)를 사용하여 thermocycling후 20MPa보다 높은 결과를 얻었다.<sup>11</sup> Chung 등도 Porcelain liner M과 Superbond C&B를 사용하여  $6.8 \pm 2.0$ - $9.7 \pm 1.2$  MPa의 전단결합강도를 얻었다.<sup>4</sup> 제조사에서 adhesive

bonding agent로 AQ Bond Plus와 superbond C&B를 추천하였으나 본 연구는 AQ Bond Plus(Sun Medical)를 사용하여  $4.18 \pm 2.90\text{MPa}$ 를 얻었다. Superbond C&B를 adhesive resin으로 사용한다면 더 높은 전단결합강도를 갖는지 검증할 필요가 있다.

표면 처리를 한 군에서는 주사현미경 사진 상 두 도재 모두 불산액 처리군이 가장 거친 표면을 나타냈지만 가장 높은 전단결합강도를 보인 것은 feldspathic porcelain에서는 bur 처리한 군이었고 pressable porcelain에서는 인산액 처리군이었다. 주사현미경 사진 상 거칠기에는 차이가 많았지만 통계적으로 전단결합 강도의 유의한 차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 도재에 더 거친 표면을 형성한다면 더 큰 micro-retention을 부여하여 복합 레진과의 결합력을 증가시킬 수 있다. 하지만 Leibrock 등은 불산액 처리군이 인산액 처리군에 비해 거친 표면을 나타냈지만, 오히려 인산액 처리군이 더 높은 전단결합강도를 보인다고 주장하였고,<sup>15</sup> Suliman 등은 불산액 처리군이 diamond bur 처리한 군보다 더 거친 표면을 형성하였으나 diamond bur 처리한 군이 더 높은 전단결합강도를 갖는다고 하였으며<sup>12</sup> Chung 등은 불산액 처리군이 sandblast한 군에 비해 통계적으로 유의하게 높은 roughness value를 가졌으나 전단결합강도에는 유의한 차이가 없다고 하였다.<sup>4</sup> Kumbuloglu 등도 Empress 2에 ceramic repair(40% 인산 액 처리), cimara(bur 처리), silister(KI bur 처리)를 이용한 실험에서 bur 처리군이 더 거친 표면을 형성하였으나 인산액 처리군이 통계적으로 유의하게 더 높은 전단결합강도를 보였다고 하였다. 그는 도재의 거친 표면이 반드시 더 높은 전단결합강도를 제공하는 것은 아니며 전단결합강도는 silane coupling agent, 다른 복합 레진 사용과 repair kit내 구성성분과의 화학적 반응에 의해 결정된다고 하였다.<sup>7</sup>

표면이 거친 그룹이 더 높은 전단결합강도를 보이지 않은 이유는 여러 가지가 있겠지만 실험 방법에 의한 한계가 원인일 수 있다. 도재 수리시스템의 연구 방법은 전단결합강도, 인장결합강도 (tensile bond strength), 3-point loading이 있는데 도재의 취성 때문에 인장결합강도와 3-point loading의 경우 표준 편차가 크다. 또한 가장 많은 파절을 보이는 전치

부<sup>2</sup>에서는 주로 전단응력을 많이 받는다. 따라서 전단결합강도 측정<sup>1,4,7-10,12,14-16,18,20</sup> 가장 많이 사용한다. 하지만 전단결합강도 측정의 단점은 도재 내부에서 쉽게 cohesive fracture가 일어난다는 것이다. Chadwick 등은 cohesive fracture의 경우 도재와 복합레진간의 접착력 보다는 도재 자체적인 질에 의한 영향을 받기 때문에 한계가 있다고 하였고, 표면 처리에 의해 약해진 도재에서 파절이 일어나 더 거친 표면을 보여도 더 낮은 전단결합강도를 보일 수 있다고 하였다.<sup>20</sup> Chung 등은 불산액 처리한 도재는 sharp irregularities를 갖고 이곳에 응력 집중되어 도재 자체의 파절을 쉽게 일으킨다고 하였다.<sup>4</sup> 본 실험에서도 불산액 처리군의 경우 대부분 cohesive fracture가 일어났다. 따라서 불산액 처리군이 가장 거친 표면을 형성 했지만, 가장 높은 전단결합강도를 나타내지 못한 이유는 sharp irregularities에 의한 응력 집중으로 도재 내부에 파절이 일어났기 때문인 것 같다.

다른 원인으로 silane의 적용을 생각할 수 있다. Silane coupling agent의 작용은 도재와 복합레진간의 접착력을 증가시키고,<sup>7-9,17</sup> chemical covalent와 hydrogen bond를 제공한다. 실험에 사용된 repair kit의 silane coupling agent의 차이는 도재와 복합레진간의 결합에 영향을 주는데<sup>7</sup> Repair kit마다 silane coupling agent의 화학적 조성과 농도가 약간씩 차이가 날 수 있기 때문이다. 따라서 도재 수리시스템마다 표면의 거칠기를 부여 하는 방법뿐만 아니라 서로 다른 조성의 silane, adhesive bonding agent도 전단결합강도 결과에 영향을 줄 수 있다.

같은 도재 수리시스템을 적용할 때 도재에 따른 결과를 비교하면 Porcelain Liner M, Cimara으로 처리한 경우 feldspathic porcelain이 pressable porcelain 보다 더 높은 전단결합강도를 보였고 Clearfil Repair, Ultradent Porcelain Repair로 처리한 경우 pressable porcelain이 feldspathic porcelain 보다 더 높은 전단결합강도를 보였으며 Clearfil Repair를 제외한 나머지 3개의 결과는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 파절된 도재가 다른 경우 도재 수리시스템의 접착력도 차이가 날 수 있다.

본 실험에서는 불산 액과 인산 액 처리 전에 도재 표면 처리를 하지 않았다. Leibrock 등은 산 처리 전



에 diamond bur의 사용이 인산 액이나 불산 액 단독 처리 보다 접착력을 증가 시킨다고 하였다.<sup>15</sup> Kupiec 등은 aluminum oxide air abrasion후 불산 액 처리가 불산 액 단독 처리보다 더 높은 전단 결합 강도를 보인다고 주장 하였다.<sup>8</sup> Suliman 등은 불산 액 단독 처리보다 diamond bur로 처리한 후 불산 액 처리가 접착력을 증가 시킨다고 하였다.<sup>12</sup> 산 처리 전 bur 처리나 sandblast 처리를 하는 경우 더 높은 전단결합 강도를 갖는지 검증 할 필요가 있다.

요약하면 도재 수리시스템에 의해 표면 처리한 도재에서 더 높은 전단 결합 강도를 보였지만 표면 처리한 경우에서 더 거친 도재 표면을 형성한다고 반드시 더 높은 전단결합강도를 보이는 것은 아니며, 동일한 도재 수리시스템이라도 도재의 종류에 따라 전단결합강도가 다르게 나타나므로 각각의 도재 특성에 따른 도재 수리시스템의 선택적 적용이 필요할 것으로 생각한다.

## V. 결 론

1. 표면처리한 군이 표면 처리하지 않은 군보다 통계적으로 유의하게 높은 전단 결합 강도를 보였다(p<0.05).
2. 표면 처리한 군중에서 도재표면처리가 거친 군이 반드시 높은 전단결합강도를 보이지는 않았다.
3. 인산액 처리군은 두 도재 간에 통계적으로 유의한 전단결합강도의 차이가 없었으나, 표면처리를 하지 않은 군과 bur처리 군은 feldspathic porcelain이, 불산액 처리군은 pressable porcelain이 통계적으로 유의하게 높은 전단결합강도를 보였다(p<0.05).

## 참고문헌

1. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent* 2001;86:526-31.
2. 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.
3. Zhukovsky L, Godder B, Settembrini L, Scherer W. Repairing porcelain restorations intraorally: techniques and materials. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17,18, 20, 22 passim; quiz 30.
4. Chung KH, Hwang YC. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997; 78:267-74.
5. Denehy G, Bouschlicher M, Vargas M. Intraoral repair of cosmetic restorations. *Dent Clin North Am* 1998;42:719-37.
6. Burke FJ. Repair of metal-ceramic restorations using an abrasive silica-impregnating technique: two case reports. *Dent Update* 2002;29:398-402.
7. Kumbuloglu O, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Intra-oral adhesive systems for ceramic repairs: a comparison. *Acta Odontol Scand* 2003;61:268-72.
8. Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent* 1996; 76:119-24.
9. Pameijer CH, Louw NP, Fischer D. Repairing fractured porcelain: how surface preparation affects shear force resistance. *J Am Dent Assoc* 1996;127:203-9.
10. Lee JY, Im EB. A shear bond strength of resin cements bonded to pressable porcelain with various surface treatments. *J Korean Acad Prosthodont* 2003;41:379-386.
11. Kato H, Matsumura H, Tanaka T, Atsulta M. Bond strength and durability of porcelain bonding systems. *J Prosthet Dent*

- 1996;75:163-8.
12. Suliman AH, Swift EJ Jr, Perdigao J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent* 1993; 70:118-20.
  13. Diaz-Arnold AM, Wistrom DW, Aquilino SA, Swift EJ Jr. Bond strengths of porcelain repair adhesive systems. *Am J Dent* 1993; 6:291-4.
  14. Berksun S, Saglam S. Shear strength of composite bonded porcelain-to-porcelain in a new repair system. *J Prosthet Dent* 1994;71:423-8.
  15. Leibrock A, Degenhart M, Behr M, Rosentritt M, Handel G. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *J Oral Rehabil* 1999;26:130-7.
  16. Tulunoglu IF, Beydemir B. Resin shear bond strength to porcelain and a base metal alloy using two polymerization schemes. *J Prosthet Dent* 2000;83:181-6.
  17. Highton RM, Caputo AA, Matyas J. Effectiveness of porcelain repair systems. *J Prosthet Dent* 1979;42:292-4.
  18. Williamson RT, Mitchell RJ, Breeding LC. The effect of fatigue on the shear bond strength of resin bonded to porcelain. *J Prosthodont* 1993;2:115-9.
  19. Nlatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003;89:268-74.
  20. Chadwick RG, Mason AG, Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems -what are we really testing? *J Oral Rehabil* 1998;25:610-5.
  21. Stangel I, Nathanson D, Hsu C S. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J of Dent Res* 1987;66:1460-5.
  22. Rosen H. Chairside repair of ceramometal restorations. *J Can Dent Assoc* 1990; 56:1029-33
  23. Lobell A, Nicholls JI, Kois JC, Daly CH. Fatigue life of porcelain repair systems. *Int J Prosthodont* 1992;5:205-13.

---

**Reprint request to:**

**Swan-Wan Shin**, D.D.S., M.P.H., Ph.D., MSc.  
Department of Prosthodontics, Graduate School of Clinical Dentistry, Korea University  
97, Gurodonggil, Guro-Gu, Seoul, 152-703, Korea  
swshin@korea.ac.kr

## ABSTRACT

# SHEAR BOND STRENGTHS OF COMPOSITE RESIN TO PORCELAINS AMONG PORCELAIN REPAIR SYSTEMS

Kyoung-Kyu Kim, D.D.S., D.M.D., Sang-Wan Shin, D.D.S., M.P.H., Ph.D., M.Sc.,  
Jeong-Yeol Lee, D.D.S., D.M.D., Ph.D., Young-Su Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Advanced Prosthodontics, Graduate School of Clinical Dentistry, Korea University*

**Purpose:** This in vitro study evaluated shear bond strengths of surface treatment porcelains with four porcelain repair systems simulating intraoral bonding of composite resin to feldspathic porcelain or pressable porcelain.

**Material and methods:** Eighty Porcelain disks were prepared. Group A: forty disk specimens were fabricated with Feldspathic Porcelain(Omega<sup>®</sup>900, Vident, Menlo Park, CA, USA). Group B: forty disk specimens were fabricated with Pressable Porcelain(IPS Empress 2 ingot, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Germany).

Each groups was divided into 4 subgroups and composite resin cylinders were bonded to specimen with one of the following four systems: Clearfil Porcelain Bond(L. Morita, Tustin, CA, USA), Ultradent Porcelain Etch.(Ultradent, Salt Lake City, UT, USA), Porcelain Liner-M(Sun Medical Co., Kyoto, Japan), Cimara Kit(Voco, Germany).

After surface conditioning with one of the four porcelain repair systems, substrate surfaces of the specimen were examined microscopically(SEM).

Shear bond strengths of specimens for each subgroup were determined with a universal testing machine (5mm/min crosshead speed) after storing them in distilled water at  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  for 24 hours. Stress at failure was measured in MPa, and mode of failure was recorded.

Differences among four repair systems were analyzed with two way ANOVA and Duncan test at the 95% significance level.

**Results:** In the scanning electron photomicrograph of the treated porcelain surface, hydrofluoric acid etched group appeared the highest roughness.

The shear bond strength of the phosphoric acid etched group was not significantly( $p>0.05$ ) different between feldspathic porcelain and pressable porcelain. But in no treatment and roughened with a bur group, the shear bond strength of the feldspathic porcelain was significantly higher than that of the pressable porcelain. In hydrofluoric acid etched group, the shear bond strength of the pressable porcelain was significantly higher( $p<0.05$ ).

**Conclusion:**

1. Treatment groups showed significantly greater shear bond strengths than no treatment group ( $p < 0.05$ ).
2. Group with more roughened porcelain surface did not always show higher shear bond strengths.
3. In phosphoric acid etched group, there was no significant difference in shear bond strength between feldspathic porcelain and pressable porcelain ( $p > 0.05$ ). However in the other groups, there were significant differences in shear bond strengths between feldspathic porcelain and pressable porcelain ( $p < 0.05$ ).

---

**Key words :** Porcelain repair system, shear bond strength, feldspathic porcelain, pressable porcelain