- 대한치과턱관절기능교합학회지 22권 3호, 2006 -

도재 수리 시스템의 전단결합강도에 관한 연구

단국대학교 치과대학 보철학 교실

우 수·신수연·조인호

Ⅰ. 서 론

경제적 발달과 더불어 생활과 문화수준의 향상으로 치과에서도 인간의 삶과 질을 높이고자 환자들의 심미적인 요구가 증대해가고 있다. 특히 전치 부에서 심미성이 강조되어 도재를 이용한 도재 전장관이나 도재 라미네이트등이 사용되어 왔다. 치과용 도재는 구강 연 조직과의 적합성 및 마모 저항성이 우수하고 착색이나 변색이 염려가 없으며 자연치와 색상이 유사한 장점이 있으나 충격이나 높은 인장 응력에 파절 되기 쉬운 특성을 가지고 있다.[1,2] 임상에서 이런 상황 발생 시 치과의사에게는 당황함을 주고 환자에게는 경제적, 시간적 손해를 주게 된다.

도재 파절의 원인으로는 도재와 금속의 불완전한 결합, 잘못된 구조물의 설계 열팽창률 부조화로 인한 과도한 응력 발생, 기술적인 잘못을 들 수 있다.[3] 또한 장기간의 임상연구에 의하면 교합 문제가 가장 빈번한 파절의 원인이었다고 한다.[4] 이러한 파절을 해결하는 방법으로 파절된 금속 구조물위에 도재 자켓관을 overcasting하는 방법과 가장 바람직한 방법인 치관이나 가공의치를 재 제작하는 것이 좋지만 파절 부위가 작거나 국소 의치의 surveyed crown이거나 long span bridge의 유지장치인 경우, 환자의 경제적 시간적 문제로 철거 및 재 제작이 곤란한 경우 파절 부위에 레진을 접착시키는 방법을 고려해 볼 수도 있다.[5,6]

이런 경우 복합 레진을 파절된 도재 면에 접착시키는 도재 수리 시스템을 사용하는데 이런 시스템의 표면처리 방법으로 Bowen[7]이 vinylsilane 처리한 silica 입자를 이용하여 합성수지를 강화하는 방법을 소개한 이래 Newburg와 Pameijer[8]가 도재와 복합레진 접착 시 silane coupling agent의 사용으로 접착력이 증가된다고 보고하였다. Selemmlmen 등[9]은 도재 치아를 의치 상에 접착시킬 때 연마하여 거칠게 한 경우가 왁스만 제거한 경우보다 결합력이 높았다고 하였고 Jochen과 Caputo[10]는 도재 면을 거칠게 함으로써 파절 면에 요철을 부여해서 기계적 접착력에 의한 복합레진의 유지력 증진을 보고하였고 Lacy 등[11]은 도재 표면을 거칠게 하여 기계적 결합을 시도한 경우 도재에 대한 레진의 결합강도가 증가하지 않았으나 이 위에 silane 용액을 이용하여 화학적 결합을 시도한 결과 도재와 레진간의 결합강도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. Calamia 등[12]은 산 부식을 통한 기계적 결합이 silane coupling agent을 이용한 화학적 결합보다 도재와 레진 결합에 더 중요한 역할을 담당한다고 하였다. 또한 Simonsen과 Calamia[13]는 도재 산 부식이 도재와 레진 간의 결합강도를 유의하게 증가시킨다고 하였고, 이들과 Horn[14]은 산 부식이나 silane coupling agent처리의 단독 효과보다 산 부식된 도재 표면에 silane coupling agent를 도포 함으로써 더 강한 결합을 얻었다고 보고하였다. Kamada 등[15]은 silane coupling agent로 처리한 경우 인장결합강도가 증가하였으며 인산으로 산 부식 처리 후 silane coupling agent를 도포한 경우가 도재와 레진간에 가장 높은 인장강도를 나타냄을 보고하였다. 그러나 Dent[16]와 Nowlin 등[17]은 silane coupling agent를 이용하여 복합 레진으로 도재 치아를 수복하는 경우 접착력이 약하므

로 최종 수복 물을 다시 장착할 수 없는 경우에 한하여 일시적으로 사용할 수 있다고 보고하였고, Diaz-arnold 등[18]은 구강 내 도재 수리용 레진의 접착력 연구에서 도재의 표면상태와 수복재료에 따라 접착력에 상당한 차이가 있음을 보고하여 접착력에 논란의 여지가 있었다.

접착의 실패에는 많은 내적, 외적 요인들이 작용하므로 접착강도의 평균값만의 비교는 재료의 임상적 신뢰도를 알 수 없다. 그 동안 보고되었던 접착강도의 데이터는 일반적으로 정상분포를 보이지 않았다. 따라서 평균 전단결합강도뿐만 아니라 데이터의 분산을 비교하는 것이 그 재료의 신뢰도의 평가에 유용할 것이다. 바로 이러한 목적으로 와이블 식에 의한 분산의 분석은 재료의 신뢰성 평가를 위하여 실시되어 왔다. 이러한 분석 방법은 그 동안 취성 재료의 신뢰성 평가에 많이 이용되어 왔으나 치과 분야의 접착시스템의 신뢰성 분석에 대한 보고가 드물었다.[19]

본 연구의 목적은 다른 표면처리를 하는 수종의 도재 수리 시스템에 대한 도재와 복합 레진 간의 전단결합강도의 측정과 그에 대한 와이블 분석을 통해 신뢰성을 분석하고 도재와 레진의 결합 계면의 미세구조를 관찰하여 도재 수리 시스템의 신뢰도를 평가하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

Ⅱ. 연구 재료 및 방법

1. 실험재료 및 기구

본 실험에 사용된 재료와 기구는 다음과 같다.

(1) 도재 (Porcelain)

Vintage opal 59 porcelain powder(Shofu, Kyoto, Japan)

(2) 도재 수리 시스템 (Porcelain repair system)

1) Super Bond C&B, Porcelain Liner-M (Sunmedical, Moriyama, Japan)
2) Porcerin Repair Kit (Ultradent, South Jordan, U.S.A.)
3) Ceramic Repair (Promedica, Neumünster, Germany)

(3) 복합 레진 (Composite resin)

Spectrom®TPH, Prime & Bond®NT (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany)

(4) 만능 재료시험기 (Instron 8871, Instron cooperation, U.S.A.)

(5) 주사 전자 현미경 (LEO 1455VP, CalZeiss, Germany)

(6) 기타 재료 및 기구

1) 레진 포매 재료 : Acryfix (Strues, Denmark)
2) 표면 연마 기구 : MD-Piano (Strues, Denmark)
3) 항온기 : DS-63 (Yamamoto, Japan)
4) 광 조사기 : Coltolux®75 (Coltene, Mahwah, Germany)

2. 실험군의 분류

실험 시편은 세 종류의 도재 수리 시스템인 A군(Porcelain Liner-M, Super Bond C&B), B군(Porcelain Repair Kit), C군(Ceramic Repair)을 각각 31개씩 제작하고 통상적인 복합 레진 충전 시스템을 하는 D군(Spectrum)을 대조군으로 하여 31개의 실험 시편을 제작하였다(Table 1).

3. 실험 방법

(1) 도재 시편 제작

두께 3mm의 아크릴릭 판에 직경 12mm의 여러 개의 원형의 구멍이 있는 주형을 제작 한 뒤 증류수로 혼합한 Vintage opal 59 powder를 넣고 진동과 흡수지로 수분 제거와 압축을 한 뒤 mold에서 조심스럽게 제거하여 자동 도재 소성로(KDF master excel 21, Japan)를 사용하여 930℃에서 소성 하였다. 도재 원판을 육안으로 검사하여 기포와 균열이 있는 것은 제외하였다. 전단결합강도 측정을 위해 특별히 고안된 zig에 정확하게

Table 1. Classification of experimental groups (n=31)

Group	Materials	Manufacturer	Etchant	Silane	Bonding resin
A	Porcelain Repair	Sun medical	65% phosphoric acid	Porcelain Liner-M	Super-bond C&B
B	Porcelain Repair Kit	Ultradent	9.5% Buffered HF	Silane	PQ1
C	Ceramic Repair	Promedica	-	Coupling Silane	Opaquer liquid
D	Spectum	Densply DeTrey	9.5% Buffered HF	-	Prime & Bond NT

맞는 크기의 시편을 제작하기 위해 이것과 같은 크기의 플라스틱 주형에 도재 원판을 넣고 움직이지 않도록 접착제로 고정 후 에폭시 레진을 부어 도재 원판을 매몰하였다. 만들어진 시편의 한 면이 평면이 되도록 220Grit SiC 연마지로 연마하여 평면이 되게 하였다. 잔여물의 제거를 위해 증류수액에서 10분간 초음파 세척하였다.

(2) 도재 면의 표면처리

위와 같이 제작된 총 124개의 도재 원판을 네 군으로 나누어 도재 표면을 A, B, C군은 도재 수리 시스템의 제조사 지시에 따라 도재 표면 처리를 하고 D군은 대조군으로 복합 레진의 통상적인 방법에 따른 표면 처리를 하였다. 각 군의 도재 표면은 다음과 같이 처리하였다.

A군 : 도재 면을 65% 인산으로 60초간 부식 후 3분간 실란(Porcelain Liner-M)으로 도포 후 접착 레진(Super Bond C&B)으로 5분간 자가 중합하여 접착하였다.

B군 : 도재 면을 9.5% 불산으로 60초간 부식 후 60초간 실란(Silane) 도포 후 접착 레진(PQ1)으로 15초간 도포하고 기다린 후 20초간 광 중합 조사하여 접착하였다.

C군 : 도재 면을 산 부식 없이 2분간 실란(Couple Silane) 도포 후 접착 레진(Opaquer liquid)으로 20초간 광중합 조사하여 접착하였다

D군 : 도재 면을 9.5% 불산으로 60초간 부식 후 접착 레진(Prime & Bond®NT)으로 20초간 광 중합 조사하여 접착하였다.

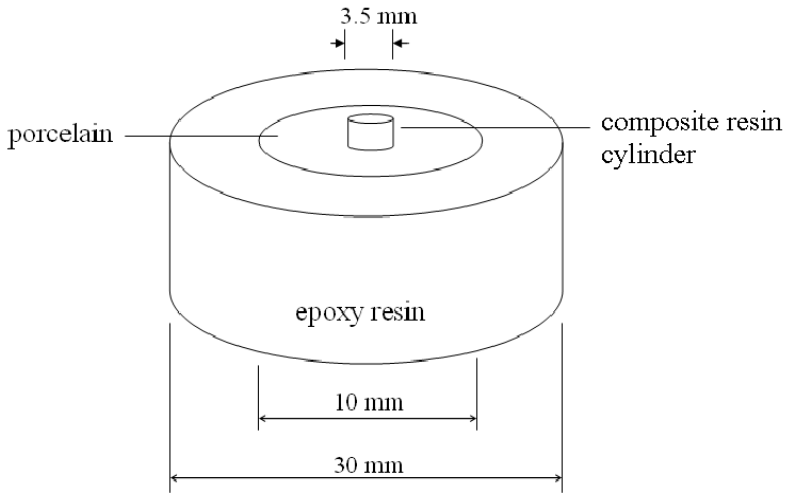


Fig 1. Diagram of experimenal specimen

(3) 복합 레진 부착

표면 처리된 도재 시편 위에 내경이 3.5mm인 투명한 플라스틱 실린더 형을 놓고 복합 레진을 먼저 1mm를 플라스틱 실린더형안에 다져 넣고 광 조사기로 60초간 광 중합한 후 다시 복합 레진 1mm를 플라스틱 실린더형안에 다져 넣은 후 20초간 광 중합하였다. 이렇게 제작된 실험 시편(Fig. 1)을 37℃의 증류수가 있는 항온기에서 48시간 동안 보관하였다.

(4) 전단결합강도 측정

만능 재료시험기(Instron 8871, Canton, USA)에 zig를 연결하고 실험 시편을 zig에 위치시킨 뒤 만능 재료시험기를 ISO TR 11405 1st ed. (Guidance on testing of adhesion)에 근거하여 도재와 레진의 결합 면에 정확하게 평행한 방향으로 전단하중이 가해지도록 하였다(Fig 2). Loading rate는 50N/min이 되도록 하고 시편이 파절 되는 순간의 하중을 전단결합강도로 하였다.

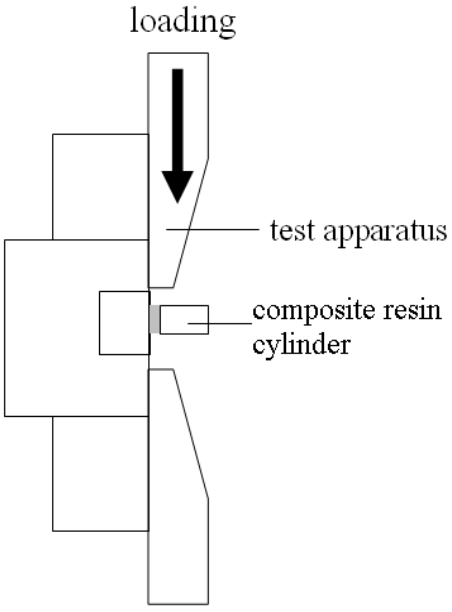


Fig 2. Diagram of experimental specimen in jig

(5) 도재와 레진 간의 계면관찰

전단결합강도 측정 후에 10배 배율의 입체현미경을 이용하여 탈락 양상을 관찰하였다. 탈락 양상을 결합 실패(Adhesive failure), 응집 실패(Cohesive failure), 복합 실패(Complex failure)로 구분하였다. 탈락 시편 및 도재와 레진 간의 계면관찰은 시편을 연마한 후에 주사전자 현미경(SEM)으로 미세구조를 관찰하였다.

(6) 통계 분석

실험 군 간의 평균 전단결합강도는 One-way ANOVA & Tukey HSD post-hoc multiple comparisons test(SPSS 10.0, U.S.A)로 분석하였다. 그리고 결합강도의 데이터의 분산과 신뢰성 분석은 Two-parameter Weibull analysis(Weibull++ 6.0, ReliaSoft, U.S.A)로 하였다. 동일 조건하에 결과를 크기 순으로 배열할 때 탈락강도가 σ인 재료가 이 응력 하에서 파괴될 확률[P(f)]은 다음과 같은 공식으로 계산되었다.

$$P(f) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^m\right)$$

P(f) 는 누적 실패확률, σ는 탈락강도, σ_0 특성강도 (시편들의 63%가 실패되는 강도값), m은 와이블 계수이다. 더 높은 와이블 계수는 데이터 분산의 기울기가 가파르게 나타나 분산이 작고 실패 거동을 예측할 수 있게 한다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 전단결합강도 결과

도재 수리 시스템에 따른 도재와 복합 레진 간의 평균 전단결합강도의 결과는 Table 2, Fig 3과 같다. A군에서 가장 높은 전단결합강도를 나타내었고 C군에서 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다.

각 군간 데이터에 대한 일원배치분산분석의 결과 각 군 간의 전단결합강도에 서 유의성을 보였으며($p<0.05$), Tukey multiple comparisons test

Table 2. Mean and standard deviation of shear bond strength

Group	Mean	SD
A	15.70	4.08
B	12.79	4.89
C	7.19	2.95
D	9.65	2.17

unit: MPa

Table 3. Tukey multiple comparisons test among each group

Group	A	B	C	D
A				
B	*			
C	*	*		
D	*	*	*	

*: denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

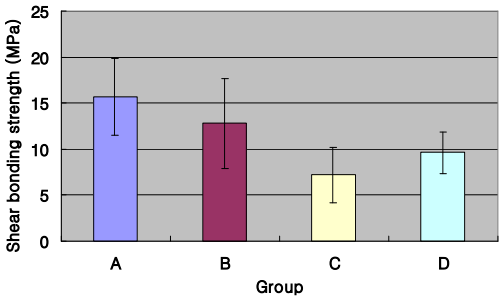


Fig. 3. Graph of results of shear bond strength test

결과 모든 군 간에서 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$)(Table 3).

2. 주사전자현미경적 소견

도재와 레진 간의 계면관찰에서 탈락 양상이 A군에서는 31개의 시편 중 레진에서 응집 실패(cohesive failure in composite resin)가 3개, 복합 실패(complex failure)가 8개, 도재에서 응집 실패(cohesive failure in porcelain)가 20개 나타났으며 B군에서는 도재에서 응집 실패가 29개, 결합 실패(adhesive failure)가 2개가 나타났으며 C군에서는 31개가 모두 결합 실패가 나타났으며 D군에서는 31개가 모두 도재에서 응집실패가 나타났다. 탈락 양상에 대한 주사전자현미경으로 관찰된 모습은 그림(Fig. 4, 5, 6)과 같다.

3. 와이블 분석의 결과

실험군의 전단결합강도의 데이터 분산과 신뢰성 분석에 대한 와이블 분석의 결과는 Table 4와 같다. 와이블 분석의 결과를 나타내는 그래프(Fig. 7)에서 전단결합강도의 데이터 분산의 기울기(m)를 보여주고 있다.

Table 4. Results of Weibull analysis

Groups (n)	Mean (SD)	Weibullm-Parameter	Clofm	S_0(MPa)	CI of S_0 (MPa)	Correlation coefficient
A(31)	15.7(4.1)	4.7	3.5-6.3	17.2	15.9-18.6	0.99
B(31)	12.8(4.9)	2.8	2.2-3.7	14.4	12.6-16.4	0.98
C(31)	7.2(3.0)	2.6	2.0-3.4	8.1	7.0-9.3	0.96
D(31)	9.6(2.2)	4.6	3.6-6.0	10.5	9.7-11.4	0.96

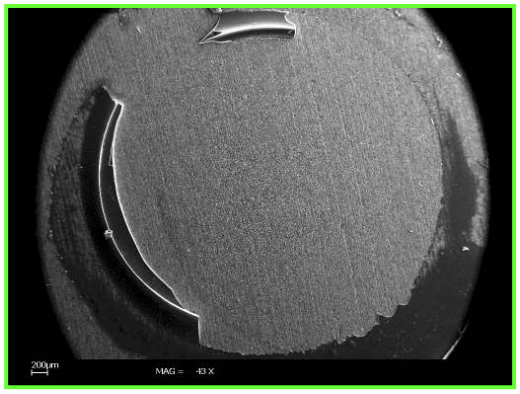


Fig 4. Cohesive failure in porcelain (SEM)

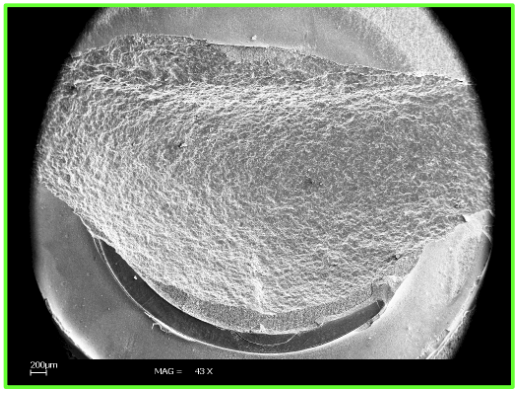


Fig 5. Complex failure (SEM)

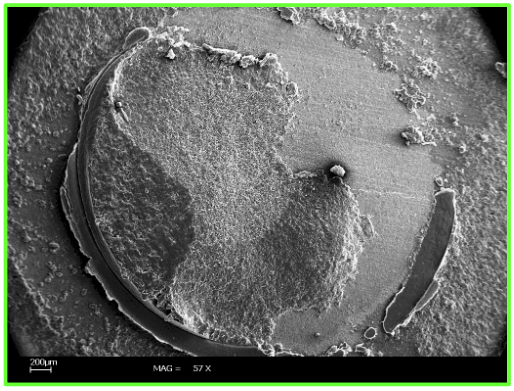


Fig 6. Adhesive failure (SEM)

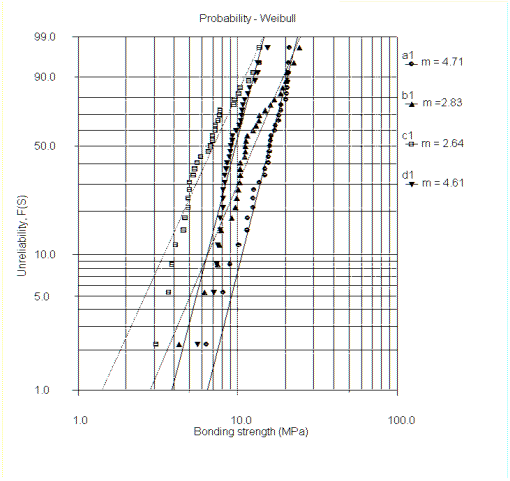


Fig 7. Graph of results of Weibull analysis

A군에서 가장 높은 신뢰성(m-parameter)을 나타내었고 C군에서 가장 낮은 신뢰성을 나타내었다. 95% 신뢰구간에서 A, D군과 B, C군 간에서 유의성이 있다($p<0.05$).

CI : confidence interval at 95%

Ⅳ. 총괄 및 고안

도재의 파절 시 복합 레진으로 수리하는 경우에 그 성공률은 파절 된 도재의 양, 파절 부위, 금속 노출 여부 그리고 치아의 위치 등 여러 가지 요소에 의해 좌우된다고 볼 수 있다.[20] 많은 연구에서 도재와 레진의 결합 실패가 도재와 레진의 인접 면이 아닌 도재 내부에서 일어나 도재와 레진 간의 결합강도가 도재나 레진 자체의 강도보다 크다는 것을 보여주고 있지만,[9,12,13,18,21,22] 실제 임상 경험에 비추어 볼 때, 복합 레진을 사용하여 도재를 수리함에 있어 레진의 탈락이 여전히 가장 큰 문제가 되고 있다. 반면에 도재와 레진의 결합강도가 금속과 레진의 접착보다 더 크다고 하였으므로,[23,24] 도재 전장관 파절시 도재 자체만 파절 되는 경우나 금속의 노출 없이 범위가 작은 경우 등은 구강 내에서 직접 시행할 수 있는 방법으로 수복 레진을 이용한 도재 수리

시스템을 사용 할 수 있다.

파절 면과 레진의 접착을 높이기 위한 표면처리 방법은 파절 면에 화학 처리에 의한 화학적인 방법과 거친 표면을 형성하여 피착 면적을 증가시키는 기계적인 방법으로 크게 구분할 수 있다.

Silane coupling agent를 이용하는 화학적 결합이 도재와 레진 간의 결합강도를 증가시키고 미세 누출을 감소시킨다고 알려져 왔다.[8] 이 silane coupling agent가 접착 촉진제로써 고체 표면에 흡착되어 표면을 변화시켜 화학적, 물리적 과정을 통해 상호 접착의 촉진 작용을 하며, 도재 면과 복합 레진에 쉽게 젖어드는 특징을 갖는다.[25] Silane coupling agent의 일반적인 화학식은 $X\text{-}(CH_2)_3Si\text{-}(OH)_3$로써 현재 silane coupling agent로 Y-aminoprophyl triethoxysilane, vinyltriethoxysilane, Y-methacyloxypropyl trimethoxysilane가 도재 수리용으로 사용되고 있으며 그중 Y-methacyloxypropyl trimethoxysilane이 널리 사용되며 이 들의 도재 화학 반응[18,25,26]은 methoxyl group이 계속 가수 분해되어 hydrated silane (HO-Si)으로 되고 이것이 도재 내 filler인 sillica 표면에 있는 hydroxyl group과 반응하여 filler인 sillica와 silane간에 결합이 발생되며 silane coupling agent가 sillica filler와 레진 기질 간에 다리 역할을 하게 된다.[14,27] 이 결합력은 비교적 약하여 인장응력이나 전단응력이 가해질 때 대개 도재와 레진 사이에서 adhehive failure를 일으키는 것으로 나타났다.[8,25] 그러나 여러 연구에서 다양한 adhesive monomer를 사용하여 도재와 레진을 부착시킨 경우에 큰 결합강도를 얻었다고 보고 되고 있다.[2,24,26,27] 또한 도재 면에 대한 레진의 화학적인 결합은 산 부식된 도재 면과 silane사용의 병용으로 레진과의 결합력을 높일 수 있다고 하였다.[14,15,26]

한편 도재를 산 부식시키거나 도재 표면을 거칠게 함으로써 얻는 기계적 결합은 충분히 강하여 도재나 레진 자체의 강도보다 크다고 알려져 왔다.[12,13,22,28] 도재에 레진을 부착시킬 때 활택한 도재 표면보다는 연마한 도재 표면에서 레진의 결합강도가 유의하게 큰 것으로 보고 되었다.[9,10] 한편으로 Matsumura 등[2]은 40% 인산을 사용하여 도재 표면을 처리한 후 주사전자현미경으로 관찰한 결과 인산이 도재 표면의 smear를 부분적으로 제거하는 역할을 하는 것으로 나타났으나, 다이아몬드만으로 처리한 도재 표면에 비하여 결합강도의 증가는 없었다고 하였다. 반면에 도재 표면을 불산으로 산 부식시킨 경우가 다른 산으로 부식한 경우에 비하여 큰 결합강도를 나타내었다.[12,23] 주사전자현미경 소견에서도 불산으로 부식시킨 도재 표면은 인산으로 처리한 도재 표면에 비해 많은 구멍과 많은 undercut을 보여주는데, 이는 불산에 의한 glass matrix의 파괴로 인한 것이다.[29,30] Feldspathic porcelain은 대개 52-68%의 SiO_2를 함유하고 있으며, 불산은 SiO_2를 선택적으로 파괴하여 microporosities를 형성하게 된다.[29] 이 현상의 화학 반응식은 다음과 같다.

$$12HF + 3SiO_2 \rightarrow 2H_2SiF_6 + Si(OH)_4 + 2H_2O$$

그러나 본 실험에서 인산으로 표면처리 하는 도재 수리 시스템(Super Bond C&B)이 불산으로 표면처리 하는 도재 수리 시스템(Porcelain Repair Kit)보다 전단결합강도가 높게 나타났다. 또한 산 부식처리를 하지 않는 도재 수리시스템(Ceramic Repair)은 산 부식처리를 하는 도재 수리 시스템(Super Bond C&B, Porcelain Repair Kit)보다 낮은 전단결합강도를 보여 주었다.

세 군의 도재 수리 시스템의 평균 전단결합강도의 결과에서 A군은 15.7 MPa로 가장 높게 나타났으며 B군은 12.8 MPa로 나타났고 C군은 7.2 MPa로 가장 낮게 나타났으며, 다른 문헌에서 같은 종류의 도재 수리 시스템의 전단결합강도의 비교 시 그 보다 작게 나타났고,[31,32] 거의 유사한 조건의 다른 종류의 도재 수리 시스템의 비교 시 12-17 MPa정도로 비슷한 전단결합강도를 보인다.[12]

주사전자 현미경으로 관찰 시 본 실험에서 산 부식시킨 두 가지 도재 수리 시스템(Super Bond C&B, Porcelain Repair Kit)에서 결합 면에 전단응력이 가해졌을 때 도재 내에서 응집 실패를 일으켰는데, 이는 도재와 레진 간의 결합강도가 도재

자체의 강도보다 크다는 것을 의미한다, 그러나 산 부식하지 않은 도재 수리 시스템(Ceramic Repair)에서는 도재와 레진의 인접 면에서 전부 결합 실패가 나타났고, 또한 불산으로 부식한 도재 수리 시스템(Porcelain Repair Kit)에서도 일부 결합 실패가 나타났다.

와이블 분석에서 높은 신뢰성(m-parameter)의 가파른 기울기, 더 적은 분산은 결함이 단순화되어 실패 양상을 더 잘 예측 가능하게 하고, 반면에 낮은 신뢰성은 그룹 안에서 큰 분산을 나타내어 실패 양상을 예측하기가 어렵다. 본 실험에서 전단 결합강도가 가장 높았던 A군이 B, C군들보다 신뢰성(m-parameter)이 높게 나타났다. 도재와 레진 간의 계면관찰 시 탈락 양상에서 결합 실패가 나타난 군이 낮은 신뢰성을 보였다. 그리고 도재 수리 시스템의 B군의 전단결합강도가 대조군인 D군보다 높지만 신뢰성은 B군이 D군보다 낮게 나타난 실험 결과에서 보듯이 전단결합강도가 높다고 반드시 신뢰성이 높게 나타나지는 않는 상관관계가 있었다.

그러므로 앞으로는 이러한 도재 수리 시스템의 전단결합강도를 높이면서 신뢰성이 높은 결과를 보이는 제품의 개발을 위한 연구를 해야 한다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 도재 수리 시스템을 사용하여 도재에 복합 레진의 접착 시 도재 수리 시스템의 전단결합강도를 측정하고 와이블 분석을 통해 결합력의 안정성을 알아보고자 하여 이 실험 안에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 평균 전단결합강도는 A, B, D, C군 순으로 낮게 나타났으며, 각 군간 통계적 유의 성을 보였다($p<0.05$).
2. 전단결합강도에서 도재 수리 시스템인 A, B, C군들과 대조군인 D군간에는 유의성이 있었고($p<0.05$), A, B군은 D군보다 높게, C군은 D군보다 낮게 나타났으며, 또한 산 부식한 도재 수리 시스템인 A, B군이 산 부식하지 않은 도재 수리 시스템인 C군보다 높게 나타났고, 유의성이 있었다($p<0.05$).
3. 접착 계면의 탈락 양상에서 A군은 결합실패가 없었고 다른 실패양상들이 나타났으며, B군은 일부 결합실패가 있었으나 대부분 도재에서 응집실패가 있었고, C군은 모두 결합실패가 있었으며, D군은 모두 도재에서 응집실패가 있었다.
4. 와이블 분석의 95% 신뢰구간에서 A, D군들이 B, C군들보다 높게 나타났으며, 그룹들간에는 유의성이 있었다($p<0.05$).
5. 도재 수리 시스템의 평균 전단결합강도와 신뢰성(m-parameter)이 일치하는 상관관계를 보이지 않았다.

도재 수리 시스템의 접착력의 평가에 통계적인 신뢰성(m-parameter)부분도 전단결합강도와 더불어 중요하므로 전단결합강도가 높은 결과를 보이면서 와이블 분석에서 신뢰성(m-parameter)이 높은 도재 수리 시스템이 임상적으로 접착력에 있어 장기적인 안전성이 높다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Craig RC. Restorative dental material. 8th ed. Mosby Co. 1989, p409-411.
2. Mstsumura H, Kawahara M, Tanaka T, Atsuta M. A new porcelain repair system with a silane coupler, ferric chloride and adhesive opaque resin. J Dent Res 1989;68(5):813-8.
3. Bello, JA, Myers ML, Graser GN, Jarvis RH. Bond strength and microleakage of porcelain repair material. J Prosthet Dent 1985;54(6):788-91.
4. Coorneart J, Adriaens P, DeBoever J. Long-term clinical study of porcelain-fused-to gold restoration. J Prosthet Dent 1984;52(3):338-42.
5. Jochen DG. Repair of fractured porcelain denture teeth. J Prosthet Dent 1973;29(21):228-30.
6. Welsh SL, Schwab JT. Repair technique for porcelain-fused-metal restorations. J Prosthet Dent 1977;38(1):61-5.
7. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc 1963;66(1):57-61.

8. Newburg R, Pameijer CH. Composite resin bonded to porcelain with silane solution. J Am Dent Assoc 1978;96(2):288-91.
9. Semmelman JO, Kulp PR. Silane bonding porcelain teeth to acrylic. J Am Dent Assoc 1968;76(1):69-73.
10. Jochen DG, Caputo AA. Composite resin repair of porcelain denture teeth. J Prosthet Dent 1977;38(6):673-9.
11. Lacy AM, Labuz J, Watanabe LG, Dellinges M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. J Prosthet Dent 1988;60(3):288-91.
12. Chadwick RG, Mason AG, Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems - what are we really testing?. J Oral Rehabil 1998; 25(8):610-5.
13. Simonsen RJ, Calamia JR, Tensile bond strength of etched porcelain. J Dent Res 1983;62(3):297-81.
14. Horn HR. Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel. Dent Clin North Am 1983;27(4): 671-84.
15. Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. J Prosthet Dent 1998;79(5):508-13.
16. Dent RJ. Repair of porcelain-fused-to-metal restorations. J Prosthet Dent 1979;41(6):661-4.
17. Nowlin T, Pbarghi N, Norling BK. Evaluation of the bonding of three porcelain repair systems. J Prosthet Dent 1981;46(5):516-8.
18. Diaz-Arnold AM, Schneider RL, Aquilino SA. Bond strengths of intraoral porcelain repair materials. J Prosthet Dent 1989;61(3):305-9.
19. Robin C, Scherrer SS, Wiskott HW, de Rijk WG, Belser UC. Weibull parameters of composite resin bond strengths to porcelain and noble alloy using the Rocatec system. Dent Mater 2002;18(5):389-95.
20. Eames WB, Rogers LB. Porcelain repair: retention after one year. Oper Dent 1979;4(2):75-7.
21. Calamia JR, Simonsen RJ. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. J Dent Res 1984;63(2):179-82.
22. Cochran MA, Carlson TJ, Moore BK, Richmond NL, Brackett WW. Tensile bond strengths of five porcelain repair systems. Oper Dent. 1988;13(4): 162-7.
23. Lim HS, Heo SJ, Cho IH. Restorative resin retention of surface treatment of PFM repair. The J korean academy of prosthodontics. 1992;30(1):73-84.
24. Beck DA, Janus CE, Douglas HB. Shear bond strength of composite resin porcelain repair materials bonded to metal and porcelain. J Prosthet Dent 1990;64(5):529-33.
25. Highton RM, Caputo AA, Matyas J. Effectiveness of porcelain repair systems. J Prosthet Dent 1979;42(3):292-4.
26. Stangel I, Nathanson D, Hsu CS. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. J Dent Res 1987;66(9):1460-5.
27. Bertolotti RL, Lacy AM, Watanabe LG. Adhesive monomer for porcelain repair. Int J Prosthodont 1989;2(9):483-9.
28. Sorensen JA, Englman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain. Int J Prosthet Dent 1991;4(1):17-23.
29. Copps DP, Lacy AM, Crutis T, Carman JE. Effects of topical fluorides on five low-fusing dental porcelain. J Prosthet Dent 1984;52(3):340-3.
30. Della Bona A, Noort R. Ceramic surface preparations for bonding. Am J Dent 1998;11(6):276-80.
31. Hisamatsu N, Atsuta M, Matsumura H. Effect of silane primers and unfilled resin bonding agents on repair bond strength of a prosthodontic microfilled composite. J Oral Rehabil 2002;29(7):644-8.
32. Pameijer CH, Louw NP, Fischer D. Repairing fractured porcelain: how surface preparation affect shear force resistance. J Am Dent Assoc 1996;127(2):203-9.

Corresponding Author: In-Ho Cho
Dept. of Prosthodontics, School of Dentistry, Dankook University. San 7-1, Shinbu-dong, Cheonan, Choongnam. 330-180

ABSTRACT

Shear Bond Strength of Porcelain Repair Systems

Soo Woo, Soo-Youn Shin, In-ho Cho

Department of Prosthodontics, Collage of Dentistry, Dankook University

Need of porcelain-repair system is largely demanding as dental porcelain restorations are increased in clinical dentistry. This study investigated shear bond strength of commercial porcelain-repair systems on dental porcelain and their reliability. Experimental groups were as follows; Group A Super Bond C&B, Group B Porcelain repair kit, Group C Ceramic repair, and Group D Spectrum system as a control. Porcelain disks were fired and embedded in epoxy resin. Porcelain surface were ground using 220 grit SiC disk, then cleaned in ultrasonic bath. Then porcelain specimens were treated with each repair system. A clear polystyrene cylinder 3.5 mm in internal diameter was filled with composite resin. Then the resin cylinder was polymerized with a visible light curing unit. Thirty one specimens at each group were prepared and stored at 37℃ distilled water for 48 h. Specimens were tested in an Instron testing machine according to ISO TR 11405.

Mean shear bond strength and standard deviation of each group was 15.7±4.1 MPa (Group A), 12.8±4.9 MPa (Group B), 7.2±3.0 MPa (Group C) and 9.6±2.2 MPa (Group D). ANOVA and Tukey HSD post-hoc test showed that there were significant differences between groups ($p<0.05$). Data of bond strength were analyzed with two-parameter Weibull distribution. Confidence interval of Weibull modulus (m-parameter) at 95% of Group A (3.5-6.3) and Group D (3.6-6.0) were significantly higher than Group B (2.2-3.7) and Group C (2.0-3.4). There was little correlation between mean shear bond strength and Weibull modulus. Results indicated that acid-etching of porcelain surface increased porcelain-resin shear bonding strength.

Key words : porcelain repair, shear bond strength, Weibull modulus