

도재 표면처리가 도재와 도재 수리용 복합레진간 전단결합강도에 미치는 영향

서울대학교 치과대학 보철학교실

고은숙 · 이선형 · 정헌영

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구 성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
 - 참고 문헌
 - 사진 부도
 - 영문 초록

I. 서 론

도재 전장관은 도재의 심미성과 금속의 강도, 정확성, 변연 적합도 등의 장점을 수용한 보철물로서 특히 전치부에서 가장 널리 사용되어 오고 있다. 도재 전장관이나 가공의치를 시술할 때 잘못된 치질 삭제로 인한 치은 퇴축, overcontouring으로 인한 치은 염증, 금속 변연 노출로 인한 심미적 문제, 그리고 도재 파절등 여러 유형의 실패를 경험하게 된다. 이 가운데 도재 파절은 임상에서 그리 드문 일은 아니며 치과의사를 당황하게 하고, 환자에게 경제적, 시간적인 손해를 입힌다. 도재 파절의 원인으로는 잘못된 금속 구조물 설계, 도재와 금속간 불완전한 결합, 열팽창률 부조화로 인한 과도한 응력 발생 등을 들 수 있으며^{1,2)}, 보다 근본적인 원인으로서는 치질 삭제가 부족하여 금속 구조물과 도재를 위한 충분한 공간을 제공하지 못하였음을 들 수 있다.

도재 전장 보철물에 대한 장기간 임상 연구에 의

하면¹⁵⁾, 7년 동안 도재가 파절된 기계적 실패의 빈도는 2.38%이었고, 이는 1977년 Kerschbaum과 Voss가 조사한 10년간 실패율인 2.2%와 거의 일치하는 것이다¹³⁾. 이들은 실패의 원인을 교합 문제와 이갈이 습관, 금속 구조물의 불충분한 두께, 금속 구조물 설계 잘못과 그 외 밝혀지지 않은 요인으로 분석하였고 이 중 교합 문제가 가장 빈번한 파절 원인이었다고 발표하였다¹³⁾.

도재가 파절될 경우, 치관이나 가공의치를 다시 제작하는 것이 바람직하겠으나, 파절된 치관이 국소의치를 위한 surveyed crown이거나 long span bridge의 유지장치인 경우, 혹은 환자의 여러 가지 사정 등으로 인하여 철거와 재제작이 곤란할 경우, 다른 임상적 조건이 만족스럽다면 복합레진을 사용하여 구강 내에서 수리하는 방법을 고려해 볼 수 있다. 가공치 부위에서 파절이 일어날 경우에는 overcasting이나 PFM pin-retained casting을 사용하여 견고하게 수리할 수 있다¹⁶⁾. 도재 파절을 레진으로 수리하기 위하여 개발된 제품들은 대개 도재 표면을 부식시키는 식각제, silane 용액, bonding resin, 그리고 복합레진 등으로 구성되어 있으며, 최근에는 adhesive monomer가 포함된 다양한 제품들이 개발되었다.

1960년대 초에 silane으로 처리한 유리입자를 이용하여 합성수지를 강화하는 방법이 소개된 이래⁹⁾, 의치 제작시 도치를 silane용액으로 처리하여 아크릴릭 의치상에 정착시키려는 시도가 여러 연구자들에 의해 이루어 졌다^{20, 22, 24)}. 1978년 Eames 등이 파절된

도재를 수리하기 위해 silane coupling agent와 함께 복합레진을 사용할 수 있음을 제시하였고¹⁸⁾, Newburg 등은 silane 용액이 도재와 레진간 결합강도를 증가시켰다고 보고하였다²⁹⁾. 이후 silane coupling agent는 꾸준히 개선되어 도재에 대한 결합력이 더 강한 새로운 재료들이 소개되었다^{4, 7, 12, 17, 19, 21)}.

1988년 Lacy 등은 도재 표면을 거칠게 하여 기계적 결합을 시도한 경우 도재에 대한 레진의 결합강도가 증가하지 않았으나, 이 위에 부가적으로 silane 용액을 이용하여 화학적 결합을 시도한 결과 도재와 레진간 결합강도가 유의하게 증가하였다고 보고한 바가 있다²⁵⁾. 반면, 1984년 Calamia 등은 도재 식각을 통한 기계적 결합이 silane 용액을 이용한 화학적 결합보다 도재와 레진 결합에 더 중요한 역할을 담당한다고 하였다¹⁰⁾.

대부분의 연구자들은 레진과 결합될 도재 표면을 abrasives로 grinding하거나 식각시켜서 거칠게 하도록 권장하고 있다^{1, 2, 4, 5, 10, 12, 25, 35, 1)}.

1968년 Semmelman 등은 도치를 의치상에 접촉시킬 때 이를 grinding하여 거칠게 한 경우가 왁스만 제거한 경우보다 결합력이 높았다고 하였고³⁴⁾, 1973년 Jochen은 파절된 도치를 복합레진으로 수리할 때 mounted green stone으로 도치에 불규칙한 면을 부여함으로써 복합레진의 결합 증진을 도모하였다²³⁾. 1977년 Jochen과 Caputo는 여러 abrasives중 거친 다이아몬드로 도재 표면을 거칠게 한 경우가 도재에 복합레진을 접착시키는데 가장 효과적이었다고 보고하였다²⁴⁾. 도재를 기계적으로 거칠게 하기 위해 다이아몬드를 사용하는데 있어서 다이아몬드의 거친 정도에 따른 결합강도의 차이를 직접 비교한 연구는 저자가 고찰한 문헌내에는 없었다. 단지, 1988년 Lacy 등²⁵⁾과 1989년 Bailey⁴⁾가 각각 고운 다이아몬드와 거친 다이아몬드를 사용하여 도재 표면을 거칠게 하여 도재와 레진간 결합강도를 측정할 경우는 있었으나 두 실험의 조건이 다르므로 이들의 결과를 직접 비교하는 것은 불가능하였다.

도재의 식각은 1980년대 초반에 국소적 불소 도포로 인하여 일어나는 도재의 표면 변화 즉, glaze의 상실과 거칠어짐이 보고되면서 연구가 시작되었다^{14, 20, 33, 37, 40, 41)}. 많은 연구자들이 도재에 대한 식각 효과를 도재 laminate veneer와의 접착과 관련하여 연구하였다. 1983년 Simonsen과 Calamia는 도재 식각이

도재와 레진간 결합강도를 유의하게 증가시켰다고 하였고³⁵⁾, 1984년 같은 저자들이 식각된 도재 표면에 silane coupling agent를 도포함으로써 더 강한 결합을 얻었다고 보고하였다¹⁰⁾. 식각제로는 주로 불산이 사용되었으며 초기에는 염산³⁵⁾, 황산¹⁰⁾ 등이 포함된 용액으로 식각한 실험 예들도 보고된 바가 있다. 근래에 불산이 포함된 도재 수리 제품이 소개되었으나 아직 많은 제품들이 인산을 사용하여 도재 표면을 청결히 한 후 도재 파절을 수리하는 방법을 추천하고 있다.

본 연구의 목적은 도재 표면을 고운 다이아몬드와 거친 다이아몬드로 각각 거칠게 하고 이를 인산으로 처리하거나 불산으로 식각시킨 뒤 그 표면을 주사 전자현미경으로 관찰하고 그 위에 도재 수리용 복합레진을 부착하여 전단결합강도를 측정함으로써 도재 표면처리가 도재와 도재 수리용 복합레진간 전단결합강도에 미치는 영향을 평가하는데 있다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에 사용한 재료는 다음과 같다.

- (1) Vintage Dentin Porcelain (Shofu Inc., Japan)
- (2) Porcelain Etchant : 불산 gel (Bisco Inc., U.S.A.)
- (3) Porcelain Primer : silane solution (Bisco Inc., U.S.A.)
- (4) Bonding Resin : unfilled resin (Bisco Inc., U.S.A.)
- (5) Bis-Fil : composite resin (Bisco Inc., U.S.A.)
- (6) Uni-Etch : 인산 gel (Bisco Inc., U.S.A.)

2. 연구방법

(1) 도재 원판 제작

지름 5mm, 높이 3mm의 유연한 원형 plastic mold 내에 혼합한 Vintage dentin powder를 넣고 진동과 흡수지에 의한 수분제거로 압축한 뒤 mold에서 조심스럽게 제거 하여 자동 도재 소성로(KDF Master spirit 120, Japan)에서 제조자의 지시에 따라 소성

하였다. 소성된 도재 원판을 육안으로 검사하여 균열이나 기포가 포함된 것은 실험 대상에서 제외하고, 고운 사포로 한 면을 연마하여 평면이 되도록 하였다. 전단결합강도 측정을 위해 특별히 고안한 zig에 꼭 맞는 크기의 시편을 제작하기 위해, 이것과 같은 크기를 갖는 금속 mold에 epoxy resin을 부어 도재 원판을 매몰하였다. Epoxy resin 매몰제로 인한 도재 표면의 오염을 막기 위해 도재 원판의 한 면에 투명한 양면 테이프를 부착하여 mold의 바닥에 붙이고, mold에 분리재를 바른뒤 epoxy resin을 흘려 부어 원판을 매몰하였다. Epoxy resin에 매몰된 도재 원판을 mold에서 분리하여 양면 테이프를 떼어 내고 테이프 잔여물을 제거하기 위해 99% 메탄올 용액에서 10분간 초음파 세척하였다. 모든 시편은 도재의 수화(hydration)를 위해 실온에서 48시간 동안 증류수에 보관하였다.

(2) 도재 표면처리

위와 같이 제작한 총 48개의 도재 원판을 4군으로 나누어 각군에 12개씩 배정하였다. 1군에서 4군까지 도재 표면은 다음과 같이 처리 하였다.

- 1군 : 도재면을 고운 다이아몬드(Komet, Korea)로 거칠게 한 뒤(Fig.1), 32% 인산 gel로 10초간 처리하고 30초간 물로 세척하였다.
- 2군 : 1군과 같이 거칠게 한 뒤, 8% 불산 gel로 5분간 식각하고 30초간 물로 세척하였다.
- 3군 : 도재면을 거친 Two-Striper 다이아몬드(Premier, Noristown, Pa., U. S. A.)로 거칠게 한 뒤(Fig.1), 32% 인산 gel로 10초간

처리하고 30초간 물로 세척하였다.

°4군 : 3군과 같이 거칠게 한 뒤, 8% 불산 gel로 5분간 식각하고 30초간 물로 세척하였다.

(3) 복합레진 부착

각 군에서 1개의 시편은 주사전자현미경으로 관찰하기 위해 제외하고 나머지 시편의 도재 표면에 silane 용액을 도포하고 1분간 건조시켰다. 그 위에 unfilled resin을 도포하고 20초간 광중합하였다. 결합 면적을 일정하게 하기 위하여 내경이 4mm인 투명한 아크릴릭 관을 도재 표면 위에 sticky wax로 부착하고 복합레진을 1mm씩 2회 관 내에 다져 넣어 60초씩 광중합하였다.

(4) Thermocycling

완성된 시편을 100% 상대습도 하에서 7일간 보관한 뒤 5°C와 55°C사이에서 20시간 동안 thermocycling하였다(30초 잠금시간, 30초 이동시간).

(5) 전단결합강도 측정

도재와 레진의 결합면에 정확하게 평행한 방향으로 전단하중이 가해지도록 하기 위해 특수한 zig를 제작하였다(Fig.2). 만능재료시험기(1127, Instron, Japan)에 zig를 연결하고 시편을 제작리에 위치 시킨 뒤 zig를 조립하여 만능재료시험기가 인장 mode로 작용하면서 전단하중이 가해 지도록 하였다(Fig.3). Crosshead speed는 1mm/min, 최대부하는 50kg으로 하였고 시편이 파절되는 순간의 하중을 전단결합강도로 정하였다.

Table 1. Porcelain surface treatments

Group	Treatments
1	roughening with fine diamond + phosphoric acid
2	roughening with fine diamond + hydrofluoric acid
3	roughening with coarse diamond + phosphoric acid
4	roughening with coarse diamond + hydrofluoric acid

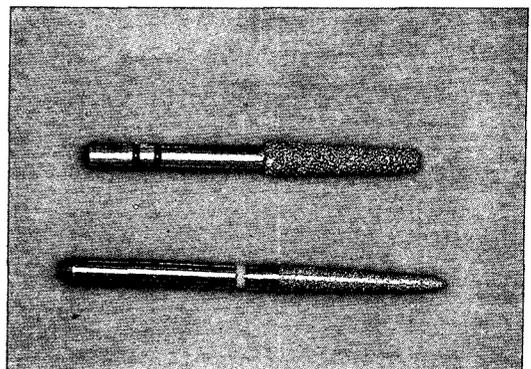


Fig. 1. Diamonds used for porcelain surface roughening.

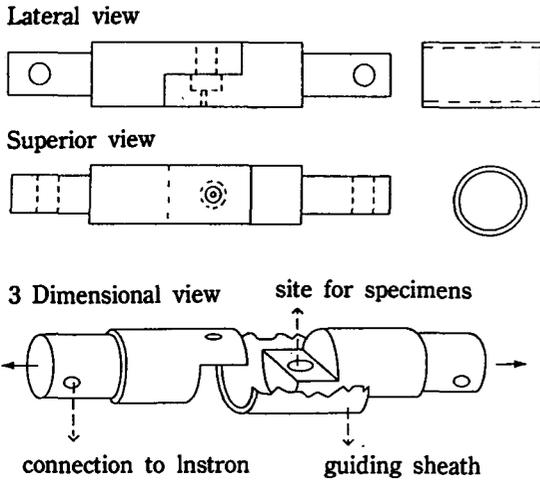


Fig. 2. Diagram of the specially designed zig for testing the shear bond strength.

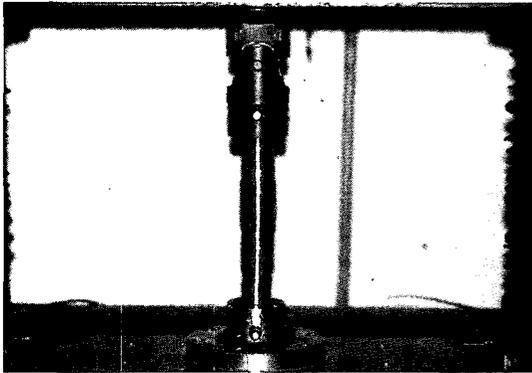


Fig. 3. Testing assembly.

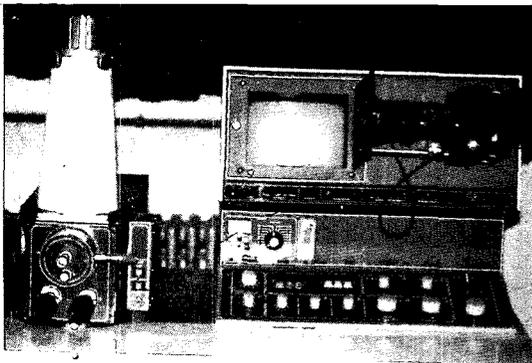


Fig. 4. Scanning electron microscope.

(6) 주사전자현미경적 관찰

실험 조건에 따라 처리한 각 시편의 표면 미세구조를 파악하기 위해 복합레진을 결합시키기 전의 도재 표면을 주사전자현미경 (JSM-T2000, JEOL, Japan)을 사용하여 1000배로 관찰하였고(Fig. 4), 전단결합강도 측정 후 파절면을 10배로 관찰하였다.

III. 연구성적

1. 전단결합강도

도재 표면처리에 따른 도재와 복합레진간 전단결합강도는 Table 2와 Fig. 4에 나타난 바와 같다. 각 시험군 간의 통계적 유의성을 비교하기 위하여 t-test를 시행하였다(Table 3). 고운 다이아몬드로 표면을 거칠게 하고 불산으로 식각한 시험군(2군)이 고운 다이아몬드와 인산으로 처리한 시험군(1군)에 비해 유의하게 큰 결합강도를 가지는 것으로 나타났다($p < 0.01$), 거친 다이아몬드로 표면을 거칠게 하고 불산으로 식각한 시험군(4군)이 거친 다이아몬드와 인산으로 처리한 시험군(3군)에 비해 유의하게 큰 결합강도를 가지는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 고운 다이아몬드와 인산으로 처리한 시험군(1군)과 거친 다이아몬드와 인산으로 처리한 시험군(3군) 사이에서는 결합강도의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.01$), 고운 다이아몬드와 불산으로 처리한 시험군(2군)과 거친 다이아몬드와 불산으로 처리한 시험군(4군) 사이에서도 결합강도의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.01$).

2. 주사전자현미경적 소견

인산으로 처리한 1군과 3군(Fig. 6-a, c)은 약간의 undercut을 지닌 불규칙한 표면을 보였고, 불산으로 식각한 2군과 4군(Fig. 6-b, d)은 많은 구멍과 깊은 undercut을 지니는 거친 표면을 나타내었다. 1군과 3군, 그리고 2군과 4군 사이에서는 표면 미세구조의 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다. 도재와 레진간 결합면 파절양상은 Table 4와 같다. 1군(Fig. 7-a)은 11개의 시편 모두가 3군(Fig. 7-c)은 11개중 10개의 시편이 도재와 레진 사이에서 adhesive failure를 일으켰고 3군에서 1개의 시편은 도재 내에서 cohesive failure를 일으켰다. 2군(Fig. 7-b)과 4군(Fig. 7-d)은

모든 시편이 도재 내에서 cohesive failure 양상을 나타내었다.

IV. 총괄 및 고안

Table 2. The shear bond strength between porcelain and composite resin(kg/cm²)

Group	Mean	S.D.
1	90.62	26.15
2	185.22	21.76
3	96.48	32.75
4	163.43	24.73

Table 3. Statistical analysis(t-test)

Group	1	2	3	4
1				
2	S			
3	NS	S		
4	S	NS	S	

S : p<0.01, NS : p>0.01

Table 4. Modes of failure

Group	Modes of failure	
	Cohesive	Adhesive
1	0	11
2	11	0
3	1	10
4	11	0

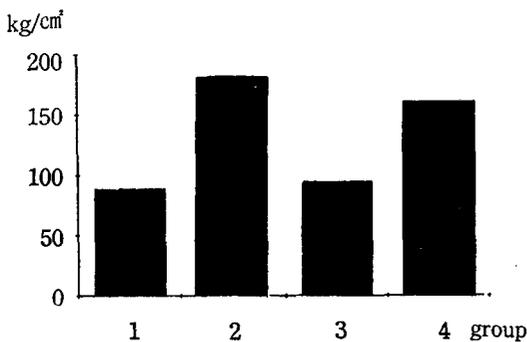


Fig. 5. The shear bond strength between porcelain and composite resin.

도재 전장 보철물에서 발생한 도재 파절을 복합 레진으로 수리하는 경우 그 성공율은 파절된 도재의 양, 파절 부위, 금속 노출 여부, 그리고 치아 위치 등 여러 가지 요소에 의해 좌우된다고 볼 수 있다¹⁸⁾. Creugers 등은 상악 소구치부 협측 교두 도재 파절을 복합레진으로 수리한 증례를 1년간 연구한 결과, 50% 증례에서 레진이 탈락하는 실패가 발생하였다고 보고한 바 있다¹⁵⁾. 많은 문헌에서 도재와 복합레진간 결합강도가 도재나 복합레진 자체의 강도보다 크다는 것을 보여 주고 있지만^{10, 12, 34, 35, 36)}, 앞의 문헌이나 실제 임상 경험으로 비추어 볼 때, 복합레진을 사용하여 도재를 수리하는 방법에 있어서 레진의 탈락이 여전히 가장 큰 문제로 남아 있음을 알 수 있다.

체의 실험조건에 비하여 구강 내 환경 조건은 도재와 복합레진간 결합강도를 저하시킬 가능성이 더 많다고 볼 수 있는데, 구강 내에서 발생하는 온도 변화와 파절된 도재면의 수화(hydration)가 이에 해당한다고 볼 수 있다.

최근의 한 연구에서는 뜨겁거나 찬 음료의 음용시 구강 내 온도가 0°C에서 67°C까지 변화하였다고 하였는데³¹⁾, 이러한 온도 변화는 열팽창계수가 다른 두 물질간 결합력을 약화시킬 수 있다. Newburg 등과 Cochran 등은 도재와 레진을 결합시킨 시편을 thermocycling한 후에도 도재와 레진간 결합강도가 감소하지 않았다고 보고한 바 있다^{12, 29)}. Newburg 등은 복합레진이 아크릴릭 레진에 비하여 열팽창계수가 낮아서 도재의 열팽창계수와와의 차이가 상대적으로 작게되므로 아크릴릭 레진과는 달리 thermocycling을 하여도 결합력이 감소하지 않았다고 하였다. 그러나 이 실험에서는 thermocycling을 단지 1시간 동안 시행하였기 때문에²⁹⁾, Nowlin 등의 실험에서 알 수 있듯이 두 재료간 결합력을 약화시키기에는 부족한 시간이었다고 사료된다³⁰⁾. Cochran 등은 시편이 레진 내에서 cohesive failure를 일으킨 경우에는 thermocycling 후 도재와 레진간 결합강도가 증가한 것으로 나타났지만 도재와 레진사이에서 adhesive failure를 일으킨 경우에는 thermocycling 후 결합강도가 저하되었다고 하였고, 전자의 경우는 광중합 레진 자체가 시간이 지남에 따라 강도가 증가하였기 때문에 결합강도가 크게 나타났던 것이라고 하였다²⁹⁾. 이런

사실들로 미루어 볼 때 다른 문헌들에서 주장하는 바와 같이 구강 내 온도 변화를 모방하는 thermocycling이 도재와 레진간 결합강도를 저하시킬 것이라고 예상할 수 있다.

1989년 Bailey는 도재에 복합레진을 부착하기 전에 도재를 물속에 저장하여 수화시킨 경우 결합강도가 유의하게 낮아진다고 보고하였는데⁴⁾, 이는 파절되기 전 도재가 구강 내 타액 등에서 충분히 수화되는 임상적 상황을 고려한다면 비수화된 도재면에 레진을 부착시켜 결합강도를 측정된 기존의 연구들은 실제 임상 상황에 비하여 더 큰 결합강도를 나타내는 오류를 범하였다고 볼 수 있다. 따라서 저자는 시편 제작시 레진을 부착하기 전에 도재를 48시간 동안 수화하고 완성된 시편을 20시간 동안 thermocycling하여 구강내 환경을 최대한 모방하였다.

Silane coupling agent를 이용하는 화학적 결합이 도재와 레진간 결합강도를 증가시키고 미세누출을 감소시킨다고 알려져 왔으나^{20, 22, 30)}, 이 결합력은 비교적 약하여 인장응력이나 전단응력이 가해질 때 대개 도재와 레진사이에서 adhesive failure를 일으키는 것으로 나타났다^{21, 28, 29)}. 반면, 도재를 식각시키거나 다이아몬드를 사용하여 도재 표면을 거칠게 함으로써 얻는 기계적 결합은 충분히 강하여 도재나 레진 자체의 강도보다 크다고 알려져 왔다^{10, 12, 26, 35, 36)}. 근래에 air abrasion 방법이 시도되고 있으나 그 효과에 대하여는 여러 연구들에서 상충되는 결과를 나타내고 있으며^{2, 8, 39)}, 구강내에서 이 방법을 사용하려면 별도의 기구가 필요하기 때문에 다이아몬드를 사용하는 방법이 더 널리 사용되고 있다.

도재에 레진을 부착시킬 때 활택한 도재 표면보다는 grinding한 도재 표면에서, 그리고 green stone, carborundum disc 등의 abrasives로 처리한 도재 표면보다는 다이아몬드로 처리한 도재 표면에서 레진의 결합강도가 유의하게 큰 것으로 보고되었다^{24, 34)}. 그러나, 본 실험에서 도재 표면처리를 위해 고운 다이아몬드와 거친 다이아몬드를 각각 사용하고 인산으로 표면을 처리한 1군과 3군 사이에서는 도재와 레진간 결합강도의 차이가 나타나지 않았다. 도재 표면에 대한 인산의 작용에 대하여는 알려진 바가 많지 않으나, 1978년 Newburg 등이 도재 표면을 청결히 하기 위해 33% 인산을 사용한 바가 있고²⁹⁾, Matsumura 등은 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 하였다²⁷⁾. 따라서 1군과 3군 간의 비교를 두 종류의 다이아몬드를 사용하여 도재 표면을 처리한 방법의 비교라고 볼 수 있을 것이다. 즉, 실험에 사용된 다이아몬드의 표면 조도 차이가 도재와 레진간 결합강도에 영향을 미치지 않았다고 해석할 수 있다. 이들을 사용하여 처리한 도재 표면을 육안으로 관찰하였을 때 표면구조의 미약한 차이를 감지할 수 있었으나, 주사전자 현미경으로 1000배 확대하여 관찰해 본 결과 표면 미세구조에 있어서는 차이를 발견할 수 없었다. 종합해 보면, 다이아몬드를 사용하여 도재 표면을 처리할 때 다이아몬드 입자 크기 변화는 도재와 레진간 결합강도에 큰 영향을 주지 못하며 도재 표면의 미세구조도 변화시키지 않는다고 볼 수 있다. 육안으로 관찰 가능한 정도의 표면 상태 차이, 즉 다양한 다이아몬드와 abrasives를 사용하여 얻어지는 도재 표면의 조도 차이는 복합레진 유형, 레진의 flow, filler 입자 크기 등 레진 자체의 특성과 레진 축조 방법 등의 변수가 함께 작용할 때, 결합강도에 영향을 미칠 수 있으리라 사료된다²⁴⁾.

도재 표면을 불산으로 식각시킨 경우는 인산으로 청결히 한 경우에 비하여 유의하게 큰 결합강도를 나타내었다. 주사전자현미경 소견에서도 불산으로 식각시킨 도재 표면은 인산으로 처리한 도재 표면에 비해 많은 구멍과 깊은 undercut을 보여 주었는데, 이는 불산에 의한 glass matrix의 파괴로 인한 것이다^{14, 37, 41)}. Feldspathic porcelain은 대개 52-68%의 SiO₂를 함유하고 있으며, 불산은 SiO₂를 선택적으로 파괴하여 microporosities를 형성하게 된다. 이 현상의 화학 반응식은 아래와 같다⁴⁴⁾.



이러한 기적으로 일어나는 도재-식각은 여러 가지 요인에 의해 그 정도를 달리한다.

Fujimoto 등은 식각에 의하여 발생한 도재 표면의 거친 정도는 불산에 노출된 시간에 비례하여 증가하였다고 하였으나²⁰⁾, Calamia 등¹¹⁾과 Lee 등²⁶⁾은 가장 거친 표면을 얻으려면 특정한 식각제의 농도와 식각 시간을 지켜야 하며, 이 시간을 초과하면 표면이 다시 평탄해지는 양상을 관찰하였다고 보고하였

다.

Sposetti 등은 식각 시간 뿐 아니라 불소 이온의 농도, pH, 그리고 gel의 점도 등이 도재 식각에 영향을 미친다고 하였다³⁷⁾. Lacy 등은 저농도의 acidulated phosphate fluoride gel도 불산 용액과 같이 도재를 식각시킬 수 있으나 더 긴 식각 시간이 필요하다고 보고하였고, 상대적으로 유해한 고농도 불산 용액을 저농도 APF gel로 대체할 수 있다고 주장하였다²⁵⁾.

Stangel 등은 산으로 처리하기 전 도재의 초기 표면 조도가 식각에 영향을 미친다고 하였다. 그는 저농도 식각 용액 사용시 도재의 초기 표면 조도가 크면 반응이 일어날 수 있는 면적이 증가하여 더 많은 표면 파괴가 일어 나지만, 식각 시간이 증가됨에 따라 도재 표면이 충분히 파괴되어 이러한 특성이 사라지고 초기 표면 조도가 식각 정도에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 한편, 고농도 식각 용액을 사용할 때는 초기 표면 조도에 관계 없이 균일한 식각 양상을 보여 주었다고 하였다³⁸⁾. 본 실험에서 거친 다이아몬드와 고운 다이아몬드로 각각 도재 표면을 거칠게 하여 초기 표면 조도를 다르게 부여 하였으나 8% 불산으로 5분간 식각시킨 후 표면을 관찰 하였을 때, 표면 미세구조에 큰 차이가 발견되지 않았다. 이는 본 실험에 사용한 도재인 Vintage dentin porcelain을 8%의 불산 농도로 5분간 식각 시킴으로써 초기 표면 조도의 영향을 배제할 수 있을 정도로 충분히 도재 표면의 파괴가 일어났기 때문인 것으로 사료된다.

도재 종류도 식각의 양상에 영향을 미치는 요인인데, Calamia 등은 aluminous porcelain을 식각시킨 후 레진을 부착시켰을 때 feldspathic porcelain에 비하여 결합강도가 작았다고 하였다¹¹⁾. Sorensen 등도 많은 feldspathic porcelain에서는 식각을 통해 도재와 레진간 결합강도가 증가 하였으나 alumina 성분을 많이 함유한 도재에서는 식각을 하여도 결합강도의 변화가 없었다고 하였다³⁶⁾. 이는 alumina 성분이 많은 도재에는 상대적으로 glass matrix의 양이 적고, alumina는 화학적 공격에 대한 저항성이 크기 때문이다. 도재 전장판의 경우 feldspathic porcelain을 사용하므로 도재 파절시 파절면을 식각시킨 후 복합레진으로 수리하면 높은 결합강도를 얻을 수 있을 것으로 기대되나, alumina 성분이 많은 도재를 사용하여 제작한 보철물에서 도재 파절이 일어난

경우 복합레진의 결합 증진을 위해 파절면을 식각시키는 것은 좋은 방법이 될 수 없다고 사료된다.

이 실험을 통하여 다이아몬드만을 사용하는 방법과 다이아몬드 사용 후 식각시키는 방법을 직접 비교하는 것은 불가능하지만, 도재 표면에 대한 인산의 작용이 크지 않음을 고려한다면, 1군과 2군, 3군과 4군을 비교해 봄으로써 이 두 방법을 비교하는 것을 대신할 수 있을 것이다. 본 연구에서 다이아몬드로 도재 표면을 거칠게 한 후 불산으로 식각시키는 방법을 사용한 시험군이 다이아몬드와 인산으로 도재 표면을 처리한 시험군에 비하여 도재와 레진간 결합강도가 큰 것으로 나타났다. 즉, 다이아몬드 사용 후 도재 표면을 식각시키는 것이 결합강도 증가에 큰 역할을 담당하는 것으로 사료된다.

이 결과는 도재 식각이 도재와 레진간 결합강도 증가에 매우 효과적임을 보여준 Simonsen³⁵⁾, Calamia¹⁰⁾, Sorensen³⁶⁾ 등의 연구 결과와는 일치하는 면이 있다. 반면, 본 실험의 결과와 반대되는 결과를 보여주는 몇몇 문헌들이 근래에 보고된 바 있다. Lacy 등은 도재 식각이 mechanical roughening에 비하여 우수성을 가지지 못한다고 하였²⁵⁾, Suliman 등은 도재 표면처리가 도재와 레진간 결합강도에 큰 영향을 미치지 않았다고 하였다³⁹⁾. 정 등도 다이아몬드만 사용한 시험군과 다이아몬드와 식각을 병용한 시험군 사이에서 도재와 레진간 결합강도의 차이가 없었다고 보고한 바 있다²⁾. 앞으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

불산으로 식각시킨 모든 시편은 결합면에 전단응력이 가해졌을 때 도재 내에서 cohesive failure를 일으켰는데, 이는 도재와 레진간 결합강도가 도재 자체의 강도보다 크다는 것을 의미한다. 따라서 도재와 레진간 결합강도는 임상적으로 충분하다고 사료된다. 또한, 최근 여러 연구들에서 다양한 adhesive monomer를 사용하여 도재와 레진을 부착시킨 경우 더 큰 결합강도를 얻었다고 보고되고 있으므로^{3, 6, 8, 27, 38)}, 도재 표면을 식각시킨 후, 이러한 재료를 사용하는 것도 고려해 볼 수 있겠다.

복합레진을 부착하여 도재 파절을 수리하는 방법은 레진의 탈락 이외에도 레진의 마모나 변색 등의 이유로 기능적, 심미적 실패를 초래할 수 있다. 따라서 이 방법이 성공하려면 도재와 레진간 결합강도가 증가해야 할 뿐 아니라, 복합레진이 마모, 변색 등에

저항성을 가져야 하고 계면에서의 미세누출도 작아서 기능과 심미성을 만족시킬 수 있어야 한다²³⁾. 미세누출과 결합강도가 반드시 관련이 있는 것은 아니지만, Stangel 등은 도재와 레진의 계면에서 레진의 증합 수축에 의하여 발생하는 틈은 도재와 레진간 전단결합강도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보인다고 하였다³⁸⁾. 따라서 결합강도가 증가하면 미세누출이 어느 정도 감소할 것이라고 기대할 수 있다. 또한, 레진의 마모와 변색은 입자의 크기가 다양한 hybrid형 복합레진을 사용함으로써 감소시킬 수 있을 것이다.

V. 결 론

저자는 도재 표면처리가 도재와 도재 수리용 복합레진간 전단결합강도에 미치는 영향을 알아 보기 위해 도재 표면을 고운 다이아몬드와 거친 다이아몬드로 각각 거칠게 하고, 이를 인산과 불산으로 처리한 뒤 주사전자현미경으로 표면을 관찰하고, 도재 수리용 복합레진을 부착하여 전단결합강도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 불산으로 식각한 도재 표면이 인산으로 처리한 도재 표면에 비하여 유의하게 큰 도재와 레진간 결합강도를 나타내었다($p < 0.01$).
2. 고운 다이아몬드로 거칠게 한 도재 표면과 거친 다이아몬드로 거칠게 한 도재 표면 사이에서는 도재와 레진간 결합강도의 유의한 차이가 발견되지 않았다($p > 0.01$).
3. 도재 처리면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 다이아몬드와 인산으로 처리한 경우에 비하여 다이아몬드와 불산으로 처리한 경우에 더 거친 다공성 표면이 관찰되었다.
4. 파절면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 인산으로 처리한 시험군은 주로 도재와 레진 사이에서 adhesive failure 양상을 나타내었고, 불산으로 식각한 시험군은 모든 시험이 도재 내에서 cohesive failure 양상을 나타내었다.

참고문헌

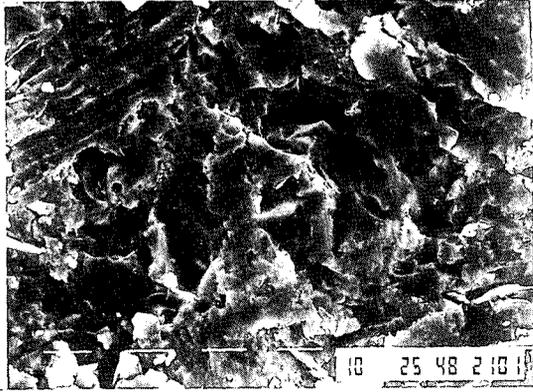
1. 이준규, 계기성 : 부식된 도재와 광중합성 수지와 의 접합강도에 관한 실험적 연구, 대한치과보철학회지, 25 : 363,1987.
2. 정애리, 방몽숙 : 파절된 도재전장관의 표면처리 방법에 따른 수복레진의 접합강도에 관한 연구, 대한치과보철학회지, 29 : 117,1991.
3. Abbasi,J., Bertolotti,R.L., Lacy,A.M., and Watanabe L.G. : Bond strengths of porcelain repair monomers, 「Abstract」, J Dent Res, 67 : 223, 1988.
4. Bailey,J.H. : Porcelain-to composite bond strengths using four organosilane materials, J Prosthet Dent, 61 : 174,1989.
5. Barreto,M.T., and Bottaro,B.F. : A practical approach to porcelain repair, J Prosthet Dent, 48 : 349,1982.
6. Beck,D.A., Janus,C.E., and Douglas,H.B. : Shear bond strength of composite resin porcelain repair materials bonded to metal and porcelain, J Prosthet Dent, 64 : 529,1990.
7. Bello,J.A., Myers,M.L., Graser,G.N., and Jarvis, R.H. : Bond strength and microleakage of porcelain repair material, J Prosthet Dent, 54 : 788,1985.
8. Bertolotti,R.L., Lacy,A.M., and Watanabe,L.G. : Adhesive monomers for porcelain repair, Int J Prosthodont, 2 : 483,1989.
9. Bowen,R.L. : Properties of a silica-reinforced polymer for dental restoration, J Am Dent Assoc, 66 : 71,1963.
10. Calamia,J.R., and Simonsen,R.J. : Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain, 「Abstract」, J Dent Res, 63 : 179,1984.
11. Calamia,J.R., Vaidyanathan,T.K., and Hirsch,S. M. : Shear bond strength of etched porcelain, 「Abstract」, J Dent Res, 64 : 296,1985.
12. Cochran,M.A., Carlson,T.J., Moore,B.K., Richmond,N.L., and Brackett,W.W. : Tensile bond strengths of five porcelain repair systems, Oper Dent, 13 : 162,1988.
13. Coorneart,J., Adriaens,P., and DeBoever,J. : Long-term clinical study of porcelain-fused-to gold restoration, J Prosthet Dent, 51 : 338,1984.

1. 이준규, 계기성 : 부식된 도재와 광중합성 수지

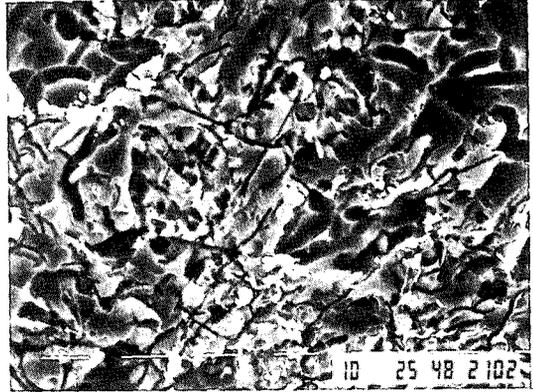
14. Copps,D.P., Lacy,A.M., Crutis,T., and Carman,J. E. : Effects of topical fluorides on five low-fusing dental porcelains, *J Prosthet Dent*, 52 : 340, 1984.
15. Creugers,N.J., Snoek,P.A., and Kayser,A.F. : An experimental porcelain repair system evaluated under controlled clinical condition, *J Prosthet Dent*, 68 : 724,1992.
16. Dent,R.J. : Repair of porcelain-fused-to-metal restorations, *J Prosthet Dent*, 41 : 661,1979.
17. Diaz-Arnold,A.M., Schneider,R.L., and Aquilino,S.A. : Bond strengths of intraoral porcelain repair materials, *J Prosthet Dent*, 61 : 305, 1989.
18. Eames,W.B., and Rogers L.B. : Porcelain repairs : after one year, *Oper Dent*, 4 : 175,1979.
19. Ferrando,J.P., Graser,G.N., Tallents,R.H., and Jarvis,R.H. : Tensile strength and microleakage of porcelain repair material, *J Prosthet Dent*, 50 : 44,1983.
20. Fujimoto,J., Clark,A., and Louie,K. : Effect of topical fluorides on surface characteristics of glazed porcelain, 「Abstract」, *J Dent Res*, 59 : 520,1980.
21. Highton,R.M., Caputo,A.A., and Matyas,J. : Effectiveness of porcelain repair system, *J Prosthet Dent*, 42 : 292,1979.
22. Hsu,C.S., Stangel,I., and Nathanson,D. : Shear bond strength of resin to etched porcelain, 「Abstract」, *J Dent Res*, 64 : 296,1985.
23. Jochen,D.G. : Repair of fractured denture teeth, *J Prosthet Dent*, 29 : 228, 1973.
24. Jochen,D.G., and Caputo,A.A. : composite resin repair of porcelain denture teeth, *J Prosthet Dent*, 38 : 673,1977.
25. Lacy,A.M., LaLuz,J., Watanabe,L.G., and Dellingeres,M. : Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite, *J Prosthet Dent*, 60 : 288,1988.
26. Lee,J.G., Moore,B.K., Avery,D.R., and Hovijitra, S.T. : Bonding strengths of etched porcelain discs and three different bonding agents, *J Dent Child*, 53 : 409,1986.
27. Matsumura,H., Kawahara,M., and Atsuta,M. : A new porcelain repair system with a silane coupler, ferric chloride, and adhesive opaque resin, *J Dent Res*, 68 : 813,1989.
28. Myerson,R.L. : Effects of silane bonding porcelain of acrylic resins to porcelain on porcelain structure, *J Am Dent Assoc*, 78 : 113,1969.
29. Newburg,R., Pameijer,C.H. : Composite resin bonded to porcelain with silane solution, *J Am Dent Assoc*, 96 : 288,1978.
30. Nowlin,T.P.,Barghi,N., and Norling,B.K. : Evaluation of the bonding of three porcelain repair systems, *J Prosthet Dent*, 46 : 516,1981.
31. Palmer,D.S., Barco, M.T., and Billy,E.J. : Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids, *J Prosthet Dent*, 67 : 325,1992.
32. Paffenbarger,G.L., Sweeney,W.T., and Bowen, R.L. : Bonding porcelain teeth acrylic resin denture bases, *J Am Dent Assoc*, 74 : 11018,1967.
33. Schlissel,E.R., Melnick,D.R., and Ripa,L.W. : In vitro effect of topical fluorides on porcelain surface, 「Abstract」, *J Dent Res*, 59 : 495,1980.
34. Semmelmen,J.O., and Kulp,P.R. : Silane bonding porcelain teeth to acrylic, *J Am Dent Assoc*, 76 : 70,1968.
35. Simonsen,R.J., and Calamia,J.R. : Tensile bond strength of etched porcelain, 「Abstract」, *J Dent Res*, 62 : 297,1983.
36. Sorensen,J.A., Englman,M.J., Torres,T.J., and Avera,S.P. : Shear bond strength of composite resin to porcelain, *Int J Prosthet*, 4 : 17,1991.
37. Sposseti,V.J., Shen,C., and Levin,A.C. : The effects of topical fluoride application on porcelain restoration, *J Prosthet Dent*, 55 : 677,1986.
38. Stangel,I., Nathanson,D., and Hsu,C.S. : Shear strength of the composite bond to etched porcelain, *J Dent Res*, 66 : 1460,1987.
39. Suliman,A.A., Swift,A.J., and Perdigao,J. : Effect of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite to porcelain, *J Prosthet Dent*, 70 : 118,1993.

40. Thompson,V.P., Binkley,T.K., and Quesenberry,B. : Topical fluoride etching of glazed porcelain : A significant effect, J Dent Res, 59 : 496,1986.
41. Wunderlich,R.C., and Yaman,P. : In vitro effect of topical fluoride on dental porcelain, J Prosthet Dent, 55 : 385,1986.
42. Yamamoto,m. : Metal-ceramics, Quintessence Publishing Co.,Inc.,Chicago, 1985.

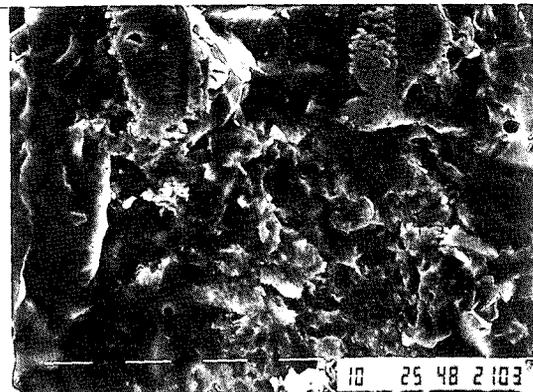
논문사진부도 ①



a



b



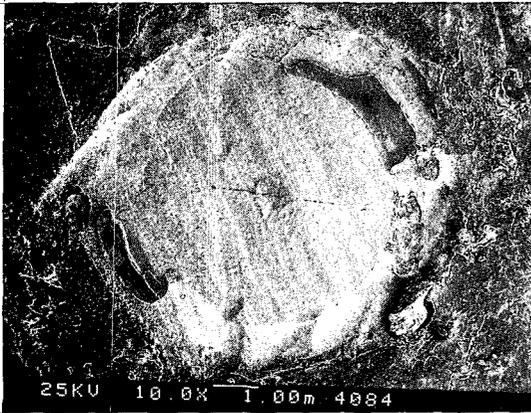
c



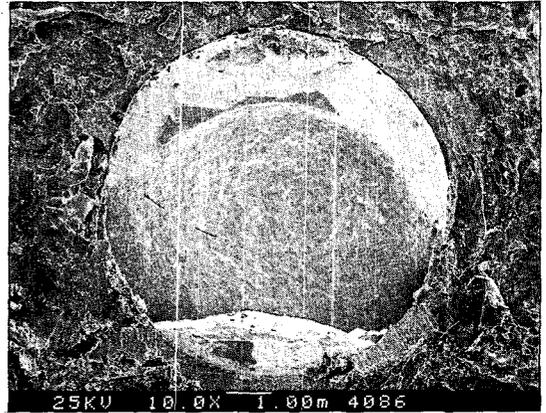
d

Fig. 6. Porcelain surface treated with
a) a fine diamond and phosphoric acid,
b) a fine diamond and hydrofluoric acid,
c) a coarse diamond and phosphoric acid,
d) a coarse diamond and hydrofluoric acid,
(SEM×1000).

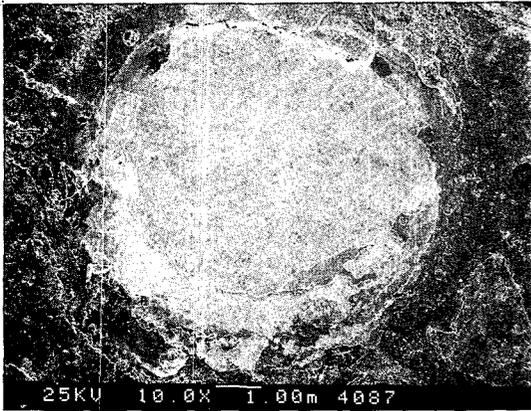
논문사진부도 ②



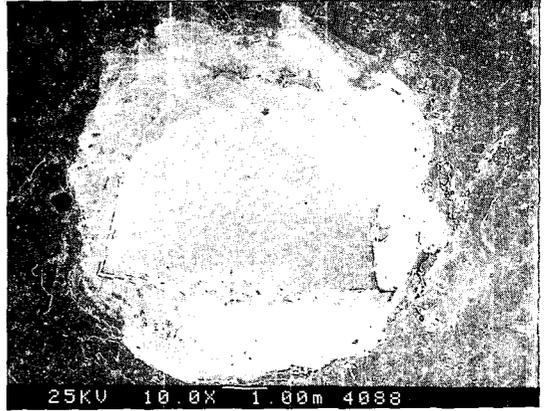
a



b



c



d

Fig. 7. a) and c) Adhesive failure at the interface between porcelain and composite resin, b) and d) cohesive failure within porcelain, (SEM×10).

EFFECT OF PORCELAIN SURFACE TREATMENTS ON THE SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN PORCELAIN AND COMPOSITE RESIN

Eun-Sook Koh, Sun-Hyung Lee, Heon-Young Chung

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

Most investigators recommended that porcelain surface should be roughened with abrasives and/or be etched with acid in repairing the fractured porcelain with composite resin. This study was designed to evaluate the effect of porcelain surface treatments on the bond strength between porcelain and composite resin by measuring the shear bond strength and observing the porcelain surface with SEM.

48 porcelain disc were fabricated with Vintage porcelain and embedded in epoxy resin with the test surface exposed. The specimens were divided four groups at random and the test surfaces of the four groups were prepared as follows :

Group 1 : Porcelain surface was roughened with a fine diamond and treated with 32% phosphoric acid gel for 10 seconds.

Group 2 : Porcelain surface was roughened with a fine diamond and etched with 8% hydrofluoric acid gel for 5 minutes.

Group 3 : Porcelain surface was roughened with a coarse diamond and treated with 32% phosphoric acid gel for 10 seconds.

Group 4 : Porcelain surface was roughened with a coarse diamond and etched with 8% hydrofluoric acid gel for 5 minutes.

All specimens were washed for 30 seconds. A representative specimen of each group was selected and the porcelain surface was observed with SEM at 1000 magnification. Remaining specimens were silanated, bonded with composite resin, thermocycled, and shear-tested on specially designed zig connected to Instron machine.

The results were as follows :

1. The shear bond strength of the group etched with hydrofluoric acid was significantly higher than that of group treated with phosphoric acid($p < 0.01$).
2. The shear bond strength of the group roughened with a fine diamond was not significantly different from that of the group roughened with a coarse diamond($p > 0.01$).
3. SEM examination of prepared porcelain surfaces revealed that the surface etched with hydrofluoric acid showed numerous microporosities, undercut, and rougher surface than the surface treated with phosphoric acid.

4. All specimens etched with hydrofluoric acid showed cohesive failure within porcelain, but specimens treated with phosphoric acid mainly showed adhesive failure between porcelain and composite resin.

Key words : porcelain repair, composite resin, porcelain surface treatment, shear bond strength.