

도재의 표면처리에 따른 레진시멘트와의 전단결합강도 및 표면상태에 관한 연구

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

박상혁 · 박상진

Abstract

A STUDY OF SHEAR BOND STRENGTH AND SURFACE CONDITION BETWEEN SURFACE TREATED PORCELAIN AND RESIN CEMENT

Sang-Hyuck Park, D.M.D., Sang-Jin Park, D.D.S., Ph.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee Univ.

This study evaluated shear bond strength between porcelain and resin cement according to various surface treatments of porcelain, and surface condition of debonded porcelain. 50 porcelain specimens(Celay block A2M7) and composite resin specimens(Clearfil Photo-Bright) were prepared, and divided into 5 experimental groups according to the treatment method of porcelain surface. 5 experimental groups by surface treatments were as follows:

CONTROL Group : No surface treatment was done on the surface of porcelains.

SAND Group : The surface of porcelains were sandblasted with 50 μ m aluminum oxide for 5 seconds.

HF Group : The surface of porcelains were etched with 8% Hydrofluoric acid for 4 minutes.

SIL Group : The surface of porcelains were coated with silane coupling agent and heated at 100°C for 5 minutes.

SAND+HF+SIL Group : The surface of porcelains were sandblasted with 50 μ m aluminum oxide for 5 seconds and etched with 8% Hydrofluoric acid for 4 minutes, and coated with silane coupling agent and heated at 100°C for 5 minutes.

After surface treatments on the prepared porcelain surface two pastes of Panavia 21[®] were mixed, they were applied between composite resin block and porcelain surface, and then excessive resin cements were removed, and its margin was surrounded with Oxyguard II. All specimens were stored for 24 hours in water at 37°C and tested with Instron testing machine between porcelains and resin cements, and debonded porcelain surfaces were observed under Scanning Electron Microscope(Hitachi S-2300) at 20kvp. The values from each group were compared statistically by Student's t-test.

The obtained results were as follows:

1. The shear bond strength without surface treatment of porcelain was the lowest among all experimental groups($p < 0.05$).
2. The detached porcelain surface with sandblasting alone had more remarkable cracks than with only Hydrofluoric Acid or Silane coupling agent, but showed the lowest value of shear bond strength among surface treated groups($p < 0.05$).
3. When porcelain surface was treated by hydrofluoric acid, it affected shear bond strength more than silane coupling agent, but there were no significant statistical differences($p > 0.05$).
4. When three methods were combined to increase shear bond strength between porcelains and resin cements, its value was the highest than the others($p < 0.05$).
5. In Scanning Electron Micrograph of detached porcelain surface with no treatment, the sample revealed adhesive failure between the porcelain and resin cement whereas detached porcelain surface with combination of three method cohesive failure on the porcelain.

I. 서 론

최근 심미수복재에 대한 관심이 점차 증가함에 따라 자연치와 유사한 색조를 지니고 인체에 무해한 재료로서 치과용 도재가 널리 사용되고 있다. Porcelain laminate, 도재소부전장금관 등과 같은 전치부 수복용으로 사용되는 치과용 도재는 취약하여 쉽게 파절되고 조작하기 힘든 단점에도 불구하고¹⁾, 그 사용빈도가 증가하여 과거에 사용되어온 아말감이나 인레이 같은 구치부 수복물을 대체할 수 있는 구치부 심미수복재로서 관심이 높아짐에 따라 도재인레이에 대한 연구가 활발해지기 시작하였다. 특히 구치부 도재인레이의 경우 저작시 응력이 집중되는 부위에서 도재인레이의 파절가능성에 대한 집중연구가 활발히 진행되고 있다^{2,3)}.

이들 연구 중 CAD/CIM, Celay 등 다양한 도재수복용 system이 소개되어 임상적으로 많이 사용되고 있으며^{4,5)}, 특히 도재의 취약점을 보완하려는데 초점을 맞춰 도재인레이의 임상결과를 위한 연구가 집중되고 있다. 즉 도재인레이의 임상결과는 두가지 방법에 의해 좌우된다. 첫째는 도재인레이의 제작과정에 가장 적합한 와동을 형성하는 것이며^{5,6)}, 둘째는 도재인레이를 레진인레이로 합착시킬 경우 최소한의 간극을 형성하는 와동 내면과의 접착을 얻는 것이다⁶⁾. 이 두가지 요소중 도재인레이와 레진시멘트와의 접착은 도재인레이의 임상결과를 결정하는 가장 중

요한 요소로 여겨진다. 따라서 도재인레이와 레진시멘트사이의 접착력 향상을 위해 도재표면을 산부식 혹은 sandblast로 처리하여 레진시멘트와 기계적인 결합을 형성하거나, 도재표면을 silane coupling agent(이하 silane)로 처리하여 도재와 레진시멘트를 화학적으로 접착시키는 방법이 이용될 수 있다.

1963년 Bowen⁷⁾이 치과용 수복물에 silane의 활용을 소개한 이후 최근에는 그 이용범위가 확대되어 의치상레진에 도치를 매몰하거나, 파절된 도재의 수리 및 도재용 수복물의 합착에 silane을 이용하고 있다.

Newburg와 Pameijer⁸⁾는 도재의 표면에 0.5% γ -methacryloxypropyl trimethoxysilane(γ -MPTS) 용액을 도포한 후 thermocycling을 거쳐 파괴강도를 측정할 때 있으며, Matsumura 등⁹⁾은 도재, 석영 및 알루미늄과 MMA-TBB 레진과 접착시 silane, ferric chloride 및 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride(4-META)의 효과에 대하여 연구하였다.

한편 도재의 표면처리 후 복합레진과의 접착방법에 관한 연구가 계속되었으며¹⁰⁻¹⁴⁾, Lacy 등¹⁰⁾은 도재의 표면을 diamond point로 거칠게 처리하고, 1.23% acidulated phosphate fluoride (APH), 9.5% hydrofluoric acid 및 silane 등을 이용하여 혼합처리한 후 복합레진과의 결합강도를 비교 분석하였다.

Silane의 개발로 인해 최근에는 도재수복물의

부분파괴시 수복물의 재제작없이 구강내에서 수리하기 위한 각종 silane성분의 재료와 도재간의 전단결합강도를 비교 연구한 바 있다¹⁵⁻¹⁷⁾. 이들 연구중 Beck 등¹⁵⁾은 도재-복합레진, 금속-복합레진사이의 전단결합강도를 비교하여 도재-복합레진사이에서 높은 전단결합강도를 나타낸다고 보고하였으며, Wolf 등¹⁶⁾은 도재표면의 파단면을 silane으로 처리하여 복합레진으로 수복 후 저장방법이 전단결합강도에 가장 중요한 영향을 준다고 보고하였다.

Turner와 Sinclair¹⁸⁾는 금속표면과 레진간의 접착에 관한 연구에서 레진 접착성 수복물의 금속표면에 얇은 한 층의 opaque porcelain을 분부하여 효과를 관찰하였으며, Calamia¹⁹⁾는 porcelain veneer, Barrack²⁰⁾은 주조수복물, Calamia²¹⁾는 고강도의 도재수복물, McLaren과 Sorensen²²⁾은 Celay의 임상적 술식과 그 효과에 대하여 보고하였다.

이상의 연구보고를 토대로 본 연구에서는 도재와 레진시멘트간의 결합강도를 증가시킬 수 있는 바람직한 표면처리방법을 규명하기 위하여 도재표면의 처리방법에 따라 도재와 레진시멘트와의 전단결합강도를 측정하였으며, 접착부위가

파괴된 후 도재측 표면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다소의 유의있는 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 실험재료로 도재는 copy milling technique에 사용되는 Celay block(A2M7)을 사용하였고, 광중합형 복합레진으로는 Clearfil Photo-Bright(Kuraray, Co., Japan)를 사용하였으며, 도재와 광중합형 복합레진을 접착시키기 위해 Panavia 21[®] 레진시멘트를 사용하였고, 도재의 표면처리제로는 8% hydrofluoric acid로 Porcelain Etchant(Bisco, Co., USA), silane coupling agent로 Silicoup(Kulzer, Co., Germany)을, 도재표면 형성은 Kavity Prep Master (KPM-101, Premiartech Co., Korea)를 이용하여 거칠게 처리하였다(Table 1).

Table 1. Materials used in this study

materials		compositions	Batch Number	manufacturer
porcelain Celay block(A2M7)		SiO ₂ (61.1%), Al ₂ O ₃ (23%), Na ₂ O(7.8%), K ₂ O(7.4%), CaO(0.6%), TiO ₂ (0.1%)	4372	VITA, Germany
composite resin Clearfil Photo-Bright(XL)		Bis-GMA	51137	Kuraray, Japan
resin cement Panavia21	universal(EX)	silanated barium glass, silanated silica,	PN909	Kuraray, Japan
	catalyst	Bis-phenol A polyethoxy dimethacrylate, 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen	2142	
	Oxyguard II	polyethyleneglycol glycerine sodium benzensulfate	426	
etching agent Porcelain Etchant		hydrofluoric acid(8%)	129040	Bisco, USA
silane Silicoup		A : ethylacetate B : methacryloxypropyltrimethoxysilane	28 904026	Kulzer, Germany

2. 실험방법

1) 시편제작

Celay block을 고속형 diamond point를 이용하여 직경 7mm, 두께 3mm의 크기로 잘라 직경 25mm, 높이 15mm 크기의 원기둥형 블록 상단 중앙에 아크릴릭 레진으로 매몰시킨 후 도재표면을 #150, #320, #400, #600 SiC로 주수하에 순차연마하여 수세 및 건조하여 표면처리를 위한 시편을 제작하였다.

Teflon mold내에 직경 3mm, 높이 6mm의 구멍을 형성하여 내면을 광중합형 복합레진(Clearfil Photo-Bright, Kuraray, Co., Japan)으로 채우고 상하 양면에서 유리판으로 압접한 후 Heliolux GT(Vivadent Co., USA)를 이용하여 상하 양면에서 30초씩 광중합하여 레진시멘트 접착용 복합레진 블록을 제작하였다.

2) 실험군의 분류

제작된 50개의 도재 시편을 표면처리 방식에 따라 다음과 같이 각 10개씩 5개의 군으로 분류하였다(Table 2).

CONTROL군은 연마된 표면에 아무런 처리도 하지 않은 군이며, SAND군은 도재표면을 50 μ m aluminum oxide, 120 psi sandblast로 10mm의 거리에서 5초간 처리하여 수세 및 건조하였고, HF군은 도재표면을 8% hydrofluoric acid(Bisco Co., USA)를 이용하여 4분간 처리후 1분간 수세하고 건조한 군이고, SIL군은 도재 시편을 96% 알코올에 침지 후 건조하고 Silicoup A와 B(Kulzer Co., Germany)를 혼합하여 도재표면에 도포한 후 5분간 100 $^{\circ}$ C에서 가열한 군이다.

Table 2. Surface Treatment in Experimental groups

Groups	sandblast	hydrofluoric acid	silane coupling agent
CONTROL	-	-	-
SAND	+	-	-
HF	-	+	-
SIL	-	-	+
SAND+HF+SIL	+	+	+

SAND+HF+SIL군은 위의 세가지 군을 혼합처리한 군으로 도재표면을 50 μ m aluminum oxide, 120 psi sandblast로 10mm의 거리에서 5초간 처리하여 수세 및 건조하고, 8% hydrofluoric acid로 4분간 처리후 1분간 수세, 건조시킨 후 오염을 방지하며 96% 알코올에 침지시키고, 건조 후 Silicoup A+B를 적용 후 5분간 100 $^{\circ}$ C에서 가열한 군이다.

표면처리된 각 군의 시편은 다음과 같은 방법으로 이미 형성된 복합레진 블록을 레진시멘트로 접착시켰다. 2가지 페이스트(Universal과 Catalyst)로 형성되어 있는 Panavia 21 레진시멘트를 동량으로 20초간 균일하게 기포가 생기지 않도록 혼합하여 제작된 복합레진 블록의 한쪽면에 얇게 도포한 후 양면테이프를 직경 3mm가 노출된 도재표면에 접착시켜 정확히 레진과 도재가 접착되도록 하여 200g의 하중을 복합레진 블록 위에 가하였다. 레진시멘트로 접착된 부위는 Oxyguard II를 이용하여 공기를 차단시켜 레진시멘트의 중합을 유도하였다. 5분 경과후 Oxyguard II를 수세하여 제거하였다.

3) 전단결합강도 측정

시편은 실온에서 1시간 경화시킨 후 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 24시간 보관하여 전단결합강도를 측정하였다. 전단결합강도 측정용 고정장치에 레진블록을 고정하여 도재와 레진시멘트 및 복합레진 블록 사이에 전단응력이 가해지도록 한 후 만능 시험기(Instron 4467, USA)에서 분당 1mm의 속도로 하중을 가하고, 기록기에서 하중이 급격히 감소할 때의 하중을 분리하중으로 하여, 이 수치를 단위면적당(MPa)으로 환산하여 시편의 전단결합강도로 하였다.

4) 파절 양상 관찰

전단결합강도 측정 후 도재와 레진시멘트 사이에 파단된 도재면은 주사전자현미경으로 관찰하였다.

파단 시편을 금증착(IB-3 ION coater, Elko Co., Japan)한 후 주사전자현미경(S-2300, Hitachi, Ltd., Japan)으로 가속전압 20 kvp로 시편의 표층을 3000배로 관찰하여 도재와 레진시멘

트와의 파단양상을 관찰하였다.

III. 실험성적

도재의 표면을 처리하지 않았거나, sandblast, hydrofluoric acid, silane 및 sandblast와 hydrofluoric acid와 silane을 순차적으로 처리한 후 Panavia 21 레진시멘트로 이미 제작된 복합레진을 접착시킨 후 24시간 37°C 수조에서 보관하여 전단결합강도를 측정하고 분리된 도재측 파단면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 전단결합강도

측정된 각 군의 전단결합강도는 Table 3과 같다.

도재의 표면을 아무 처리도 하지 않고 레진시멘트만 도포한 군(CONTROL군)에서는 7.60 MPa로서 모든 실험군 중 가장 낮은 전단결합강도를 나타낸 반면, sandblast로만 처리한 후 레진시멘트로 접착한 군(SAND군)에서는 11.88 MPa로서 비교적 낮은 전단결합강도를 나타내었다.

Hydrofluoric acid로만 처리한 후 레진시멘트로 접착시킨 군(HF군)에서는 22.85 MPa의 전단결합강도를, silane만 도포 후 레진시멘트로 접착시킨 군(SIL군)에서는 21.71 MPa의 전단결합강도를 나타내었으며, sandblast로 처리 후 hydrofluoric acid로 처리한 도재표면에 silane을 도포하여 레진시멘트로 접착시킨 군(SAND+

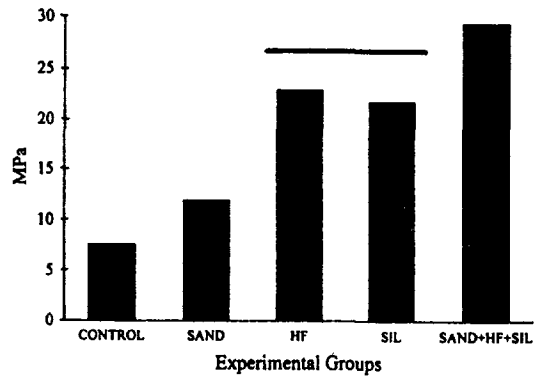


Fig. 1. Shear bond Strengths(MPa) in Experimental groups

HF+SIL)에서는 29.34 MPa의 전단결합강도를 나타내었다.

측정된 결합강도는 t-test 시행한 결과 Fig. 1에서 나타난 바와 같으며 도재의 표면을 아무 처리도 하지 않고 레진시멘트만 도포한 군(CONTROL군)에서 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었으며($p < 0.05$), sandblast 처리 후 hydrofluoric acid로 처리한 도재표면에 silane을 도포하여 레진시멘트로 접착시킨 군(SAND+HF+SIL군)에서 모든 군보다 유의있게 높은 전단결합강도를 나타내었고($p < 0.05$), hydrofluoric acid만 처리한 후 레진시멘트로 접착시킨 군(HF군)과 silane만 도포 후 레진시멘트로 접착시킨 군(SIL군)사이에는 통계학적 유의성이 없었다($p > 0.05$).

2. 주사전자현미경 관찰

CONTROL군 : 도재표면을 아무처리도 하지 않고 레진시멘트로 접착시킨 경우 가장 낮은 전단결합강도를 나타낸 것과 같이 도재의 표면성상에 큰 변화가 없는 접착파괴상이 나타났으며 부분적으로 레진시멘트의 잔사가 미세하게 관찰되었다(Fig. 3).

SAND군 : 도재표면을 sandblast만으로 처리하여 레진시멘트로 접착시킨 경우 도재의 표면 파괴양상을 보이나 레진시멘트의 잔사는 거의 관찰할 수가 없었다(Fig. 4).

Table 3. Shear bond strengths(MPa) in Experimental groups

Groups	N	MEAN	S.D
CONTROL	10	7.60	1.00
SAND	10	11.88	2.39
HF	10	22.85	2.86
SIL	10	21.71	3.66
SAND+HF+SIL	10	29.34	4.26

HF군 : 도재표면을 hydrofluoric acid만으로 처리하여 레진시멘트로 접착시킨 경우 파단된 도재측 표면이 대부분 레진시멘트의 잔사가 부착되어 있는 것이 관찰되었다(Fig. 5).

SIL군 : 도재표면을 silane만으로 도포한 후 레진시멘트로 접착시킨 경우 CONTROL군에서와 비슷한 양상을 나타냈지만 화학적 접착력의 증가로 인해 전단결합강도가 상당히 높게 나타났으며 레진시멘트의 잔사가 많이 증가된 양상이 관찰되었다(Fig. 6).

SAND+HF+SIL군 : 도재의 표면을 sand-blast 처리 후 hydrofluoric acid로 처리하고 silane을 도포하여 레진시멘트로 접착시킨 경우 모든 실험군 중 가장 높은 전단결합강도를 나타내는 전형적인 도재표면의 응집과괴상이 관찰되었으며 파괴된 도재표면 심부까지 레진시멘트의 잔사가 침투되어 있는 양상이 관찰되었다(Fig. 7).

IV. 총괄 및 고안

심미수복재로 많이 사용되는 도재는 파절가능성이 높고¹⁾ 조작하기 어려운 단점에도 불구하고 심미적 치아색조와 물리적 성질의 향상으로 구치부 심미수복재료로 각광을 받고 있는 치과 응용재료다^{2,3,5)}. 본 실험에 사용된 도재는 copy-milling machine에 장착되어 사용되는 Celay block으로서^{3,22)} 타 도재와 달리 일정조건으로 제작되어 도재조직내에 기포형성이 적고 미세한 구조와 입자크기가 작아 마모율이 낮다고 알려져 있다²²⁾. 그러나 Celay system은 경험과 숙련이 요구되고 제작시간이 많이 소요되는 단점이 있으나 최대의 장점은 임상에서 1회 내원으로 도재인레이를 제작할 수 있다는 점이다²²⁾.

도재인레이와 같은 심미수복재의 발달과 함께 최근 범랑질 및 상아질과 기계적 결합뿐 아니라 화학적 접착을 이룰 수 있는 다양한 레진시멘트가 연구 개발되고 있다.

Staninec 등²³⁾은 레진시멘트는 인산아연시멘트와 비교하여 두꺼운 피막도를 보이며, 짧은 조작시간, 치수자극 및 파잉 시멘트 제거가 어려운 것이 단점이라고 보고하였다. 본 실험에 사용된

레진시멘트는 2가지 페이스트로 형성된 Panavia 21과 중합촉진제 및 산소차단제로서 Oxyguard II로 구성되어 있다. Panavia 21은 입자크기가 미세한 quartz-filled BIS-GMA이고 monomer에 phosphate ester가 첨가(10-Methacryloxydecyl dihydrogen phosphate)되어 치질, 금속 및 도재에 기계적 결합뿐만 아니라 화학적으로 접착하므로 인산아연시멘트에 비해 수중에서 장시간 보관 후에도 변연누출이 적으며 산소와 접촉시 중합이 지연되므로 도재인레이와 같은 심미수복재의 합착 후 과잉시멘트의 제거가 용이하다는 장점이 있다²⁴⁾.

도재와 레진시멘트와의 접착을 강화시키기 위해 기계적으로 도재표면에 요철을 형성해 주는 방법과 silane을 이용하여 도재표면에 화학적인 변화를 주어 레진시멘트와의 접착강도를 증진시키는 방법이 사용된다. Silane은 도재와 레진시멘트의 접착력에 중요한 결합제의 역할을 하며 대표적인 것으로 γ -methacryloxypropyl trimethoxysilane(γ -MPTS)을 들 수 있다. 그 구조는 Fig. 2에 설명되어 있으며 silane의 methoxy group(Si-OCH₃)과 도재표면의 OH group이 siloxane bond를 형성하여 acid catalysis와 반응개시 후 촉진된다.

Aida 등¹⁴⁾은 차세대의 상품화된 silane을 적의 선분광법을 이용하여 분석한 결과 2개 혹은 3개의 용액으로 이루어져 있으며 이중 하나의 용액은 silane coupler이고, 나머지는 organic acid 성분임을 밝힌 바 있다^{14,16,25)}. 본 실험에 이용된 Silicoup도 Silicoup A(ethylacetate)와 Silicoup B(methacryloxypropyl trimethoxy silane)로 구성되어 있고 즉시 활성화가 시작되며 저장기간은 4주이다.

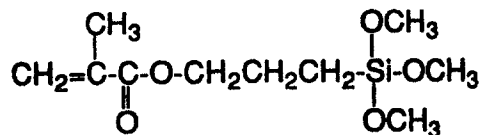


Fig. 2. γ -methacryloxypropyl trimethoxysilane (γ -MPTS)의 구조

Silane은 임상에서 도재인레이와 레진시멘트 사이의 접착강화제로서의 용도 이외에 도재수복물의 파절시 복합레진을 이용한 보존적 수리에도 사용된다. 그러나, silane의 처리방법²⁵⁾, 도재의 표면처리방법²⁶⁾, silane 처리 후 보관기간^{27,28)} 및 silane의 조성^{26,29)} 등에 따라 결합강도가 다양하므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

Pratt 등²⁷⁾은 도재의 파절시 수리용 silane system의 전단결합강도에 미치는 영향을 비교한 연구에서 시간경과에 따라 결합강도가 감소되었음을 보고하였으나 Scotchprime Ceramic Primer(3M Co., USA)는 수중 보관에서 3개월 경과 후에는 다른 silane계통과 비교하여 높은 결합강도를 나타내었음을 보고한 바 있다. 그러나, Park²⁸⁾은 silane의 조성과 silane(γ -MPTS)의 농도를 달리하여 우치와 도재사이의 전단결합강도를 측정하여 24시간 및 1주일간의 수중 보관 후 결합강도의 차이를 보이지 않아 단기간의 수중 보관으로 인해 silane(γ -MPTS) 가수분해를 확인할 수 없었다고 보고하였다. 본 실험에서는 도재표면을 silane으로 도포하여 100°C에서 5분간 가열 후 레진시멘트로 복합레진을 접착시켜 37°C에서 24시간 수중 보관한 SIL군(21.71 MPa)은 hydrofluoric acid로 처리한 HF군(22.85 MPa)에서와 유사한 전단결합강도를 나타내었으며, 주사전자현미경하에서는 파단된 도재표면의 변화는 관찰할 수 없었다. 이는 도재표면이 silane만으로도 레진시멘트와 기계적 결합없이 화학적으로 충분히 접착하며 열처리를 가함으로 인해 hydrofluoric acid로 처리한 경우와 유사한 정도의 높은 전단결합강도를 나타내었다.

Silane을 포함한 여러가지 도재의 표면처리는 레진시멘트와의 결합강도에 영향을 미치며, Sheth 등³⁰⁾은 silane이 hydrofluoric acid로 처리된 도재표면의 요철을 패쇄하지는 않는다는 것이 주사전자현미경하에서 관찰되었고, 도재표면을 hydrofluoric acid만으로 처리한 경우보다 silane을 부가적으로 도포한 군에서 10배 정도 높은 전단결합강도를 나타내었다고 보고하였다³⁰⁾. 본 실험에서도 SAND+HF+SIL군에서 가장 높은 전단결합강도를 나타내었으며, 주사전자현미경

소견에서는 응집파괴상을 나타내어 Sheth 등³⁰⁾과 Lacy 등¹⁰⁾의 연구와 유사한 결과를 관찰하였다.

그러나, 표면처리된 도재와 이원 중합 레진시멘트간의 전단결합강도에 대한 Özden 등³¹⁾의 연구에서는 diamond point로 도재표면을 연마하고 hydrofluoric acid 처리 및 silane을 도포한 경우(3.98 MPa)에 비해 hydrofluoric acid 처리없이 diamond point만으로 연마 후 silane을 도포한 경우(11.548 MPa)에서 높은 전단결합강도를 나타내어 본 실험과는 상이한 결과를 보고하였으며, Sadoun과 Asmussen³²⁾은 알루미늄 도재를 Porcelain Etchant와 Silicoup으로 표면처리 후 레진시멘트를 접착시켜 접착에너지를 측정 비교하여 hydrofluoric acid가 도재의 주성분인 표면의 aluminum oxide를 부식시키지 못하여 접착에너지는 증가하지 않았으나 silane 도포 후 열처리에 의하여 높은 접착에너지를 나타내었음을 관찰 보고하였다.

Kern 등³³⁾은 가공형 도재인 Inceram의 표면처리 방법에 따른 레진시멘트와의 인장결합강도를 비교한 결과 도재표면을 sandblast만으로 처리한 경우(26.75 MPa)에서 hydrofluoric acid 및 silane등을 도포한 경우(35.42 MPa)에 비하여 현저히 낮은 인장결합강도를 나타내었으며, silane은 도재와 복합레진간의 단기간 결합에는 안정되고, 초기 결합강도를 그대로 유지하였으나 장시간 경과 후에는 결합강도가 현저히 감소하는 반면, tribochemical silica 도포 및 sandblast 처리한 경우에는 시간 경과에 따른 결합강도의 변화는 나타나지 않았다고 보고하였다. Roulet 등³⁴⁾은 가공형 도재를 표면처리한 연구에서 도재표면을 sandblast 처리 후 건조상태에서 보관한 경우(18.1 MPa)에 비해 수중 보관 후 전단결합강도가 50%정도 감소하였고(7.5 MPa), 도재표면을 산부식 처리한 경우에는 수중 보관 후 전단결합강도(24.5 MPa)의 변화는 없었음을 보고하였다. 또한 주사전자현미경으로 관찰한 결과 sandblast로 처리한 도재표면은 “microscopic undercut”의 수가 적은 반면, 산부식 처리한 도재표면은 많은 undercut이 형성되었음을 보고하였다. 이는 표면처리로 변형된 도재의 표면성상

이 전단결합강도에 큰 영향을 주고 있음을 알려 주고 있다.

Hussain 등³⁵⁾에 의하면 도재표면에 대한 산부식은 표면 활택도를 감소시키고 기포를 형성하며 알루미늄나 입자를 표면에 노출시킴으로 도재와 레진시멘트의 결합강도에 역영향을 준다고 보고한 바 있으나, 최근의 연구에 의하면 산의 농도, 도재 소성과정, 산부식 시간등에 따른 도재의 표면성상을 관찰하여 도재와 복합레진간의 전단결합강도에 중요한 역할을 하지만³⁶⁾ 도재 자체의 굴곡강도에는 영향을 주지 않는다고 보고하였다³⁷⁾.

이상과 같은 연구결과를 토대로 본 연구에서는 도재의 표면을 8% hydrofluoric acid로 4분간 처리한 군에서 도재표면을 처리하지 않은 군과 비교하여 현저히 높은 전단결합강도를 나타내었으며, 파단된 도재표면을 주사전자현미경으로 관찰해 본 결과 hydrofluoric acid로 인해 도재표면과 레진시멘트간의 기계적 결합력이 증가되어 레진시멘트층으로 덮혀있는 도재표면을 관찰할 수 있었다. 즉, 레진시멘트가 복합레진보다 hydrofluoric acid로 처리한 도재와 더욱 강하게 결합한 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 도재표면을 sandblast로 처리한 경우 도재와 레진시멘트와의 결합강도에 큰 영향을 미치지 못하는 반면 hydrofluoric acid와 silane이 접착력을 증가시키는 주된 작용을 하여 도재와 레진시멘트와의 전단결합강도를 증가시키는 것으로 판단되며, 앞으로 레진시멘트와 치아간의 결합강도, 도재인레이와 치질사이의 간극을 최소화하는 방법, 레진시멘트의 치수반응 및 도재인레이의 표면처리방법을 보다 개선하려는 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 도재인레이의 표면처리 방법에 따른 레진시멘트와의 접착력을 관찰하기 위하여 50개의 도재시편을 제작하여 표면처리 방법에 따라 5개의 군으로 나누어 어떤 표면처리도 하지 않은 군을 CONTROL군, sandblast만 처리한 군을 SAND군, hydrofluoric acid로만 처리한 군

을 HF군, silane만으로 처리한 군을 SIL군, sandblast 처리 후 hydrofluoric acid 처리 후 silane으로 도포한 군을 SAND+HF+SIL군으로 나누어 레진시멘트로 접착시킨 후 전단결합강도를 측정하고 파단된 도재면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도재표면을 아무 처리도 하지 않은 CONTROL군은 모든 실험군에서 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다($p < 0.05$).
2. SAND군은 표면처리한 군 중에서 낮은 전단결합강도를 나타내었으나($p < 0.05$), hydrofluoric acid(HF군)와 silane으로 처리한 경우(SIL군)와 비교하여 도재표면은 뚜렷한 요철형성을 관찰할 수 있었다.
3. HF군은 SIL군에 비해 높은 전단결합강도를 나타내었으나 통계학적 유의성은 없었다($p > 0.05$).
4. SAND군, HF군, 및 SIL군에 비해 SAND+HF+SIL군에서 높은 전단결합강도를 나타내었다($p < 0.05$).
5. CONTROL군에서 도재 파단면의 특이한 변화가 관찰되지 않았고, 접착파괴상이 관찰되었으며, SAND+HF+SIL군에서는 도재 내면에서의 응집파괴상이 관찰되었다.

REFERENCES

1. Brackett SE., Leary JM., Turner KA., Jordan RD. : An evaluation of porcelain strength and the effect of surface treatment. *J Prosthet Dent*, 61 : 446-451, 1986.
2. Qualtrough AJE., Wilson NHF., Smith GA. : The porcelain inlay : A historical review. *Oper Dent*, 15 : 61-70, 1990.
3. Banks RG. : Conservative posterior ceramic restorations : A literature review. *J Prosthet Dent*, 63 : 619-626, 1990.
4. Mörmann WH. : CAD/CIM in Aesthetic Dentistry. Chidago, Berlin, London, São Paulo, Tokyo, Moscow, Praha and Warshaw : Quintessence Publishing Co. 1996.
5. Eidenbenz S., Lehner CR., Schärer P. : Copy milling Ceramic Inlays From Resin Analogs : A Practi-

- cable Approach With the CELAY System. *Int J prosthodont*, 7 : 134-142, 1994.
6. Sjögren G. : Marginal and internal fit of four different types fo ceramic inlays after luting. *Acta Odontol Scand*, 53 : 24-28, 1995.
 7. Bowen RL. : Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc*, 66 : 57-64, 1963.
 8. Newburg R., Pameijer CH. : Composite resin bonded to porcelain with silane solution. *J Am Dent Assoc*, 96 : 288-291, 1978.
 9. Matsumura H., Nakamura M., Nakabayashi N., Tanaka T., Mitsuru A. : Effect of a Silane Coupling Agent and Ferric Chloride on the Bonding of Porcelain, Quartz and Alumina with 4-META/MMA-TBB Resin. *Dent Mater*, 6 : 135-139, 1987.
 10. Lacy AM., LaLuz J., Watanable LG., Dellinges M. : Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent*, 60 : 288-291, 1988.
 11. Hayakawa T., Horie K., Aida M., Kanaya H., Kobatashi T., Murata Y. : The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. *Dent Mater*, 8 : 238-240, 1992.
 12. Suliman AH., Swift EJ., Perdigao J. : Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent*, 70 : 118-120, 1993.
 13. Thurmond JW., Barkmeier WW., Wilwerding TW. : Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent*, 72 : 355-359, 1994.
 14. Aida M., Hayakawa T., Mizukawa K. : Adhesion of composite to porcelain with various surface condition. *J Prosthet Dent*, 73 : 464-470, 1995.
 15. Beck DA., Janus CE., Douglas HB. : Shear bond strength of composite resin porcelain repair materials bonded to metal and porcelain. 64 : 29-33, 1990.
 16. Wolf DM., Power JM., O'keefe KL. : Bond strength of composite to porcelain treated with new porcelain repair agents. *Dent Mater*, 8 : 158-161, 1992.
 17. Appeldoorn RE., Wilwerding TM., Barkmeier WW. : Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair system. *J Prosthet Dent*, 70 : 6-11, 1993.
 18. Turner CH., Sinclair L. : Sprayed Opaque Porcelain as a Retentive Surface for Resin-Bonded Restorations. *Int J Prosthodont*, 3 : 384-390, 1990.
 19. Calamia JR. : Etched porcelain veneer : the current state of the art. *Quint Int*, 1 : 5-12, 1985.
 20. Barrack G. : Etched cast restoration. *Quint Int*, 1 : 27-34, 1985.
 21. Calamia JR. : High-Strength porcelain bonded restoration : anterior and posterior. *Quint Int*, 20 : 717-726, 1989.
 22. McLaren EA., Sorensen JA. : Fabrication of conservative ceramic restorations using copy-milling technology. Chicago, Quint Publing Co, 17 : 19-25, 1994.
 23. Staninec M., Giles WS., Saiku JM., Hattori M. : Caries Penetration and Cement Thickness of Three Luting Agents. *Int J Prosthodont*, 1 : 259-263, 1988.
 24. Tjan AHL., Dunn JR., Grant BE. : Marginal leakage of cast crowns luted with an adhesive resin cement. *J Prosthet Dent*, 67 : 11-15, 1992.
 25. Matsumura H., Kawahara M., Tanaka T., Atsuta M. : A new porcelain repair system with a silane coupler, ferric choride, and adhesive opaque composite. *J Dent Res*, 68 : 813-818, 1989.
 26. Bailey JH. : Porcelain-to-composite bond strengths using four organosilane materials. *J Prosthet Dent*, 61 : 174-177, 1989.
 27. Pratt RC., Burgess JO., Schwartz RS., Smith JH. : Evaluation of bond strength of six porcelain repair system. *J Prosthet Dent*, 62 : 11-13, 1989.
 28. Park SJ. : Hydolysis of Silane Coupling Agent. *Jpn J Conserv Dent*, 39 : 789-794, 1996.
 29. Diaz-Arnold AM., Aquilino SA. : An evaluation of the bond strengths of four organosilane materials in response to thermal stress. *J Prosthet Dent*, 62 : 257-260, 1989.
 30. Shet J., Jensen M., Tolliver D. : Effect of surface treatment on etched porcelain bond strength to enamel. *Dent Mater*, 4 : 327-337, 1988.
 31. Özden N., Akaltan F., Can G. : Effect of surface treatments of porcelain on the shear bond strength of applied dual-cured cement. *J Prosthet Dent*, 72 : 85-88, 1994.
 32. Sadoun M., Asmussen E. : Bonding of resin cements to an aluminous ceramic : A new surface treatment. *Dent Mater*, 10 : 185-189, 1994.
 33. Kern M., Thompson VP. : Bonding to glass infiltrated alumina ceramic : Adhesive methods and

- their durability. *J Prosthet Dent*, 73 : 240-249, 1995.
34. Roulet JF., Söderholm KJM., Longmate J. : Effects of Treatment and Storage Conditions on Ceramic/Composite Bond Strength. *J Dent Res*, 74 : 381-387, 1995.
35. Hussain MA., Bradford EW., Charlton G. : Effect of Etching on the Strength of Aluminous Porcelain Jacket Crowns. *Br Dent J*, 147 : 89-90, 1990.
36. Stangel I., Nathanson D., Hsu CS. : Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J Dent Res*, 66 : 1460-1465, 1987.
37. Yen TW., Blackman RB., Baez RJ. : Effect of acid etching on the flexural strength of a feldspathic porcelain and a castable glass ceramic. *J Prosthet Dent*, 70 : 224-233, 1993.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 3.** Scanning Electron Micrograph of detached porcelain surface with no surface treatment($\times 3000$)
- Fig. 4.** Scanning Electron Micrograph of detached porcelain surface with $50\mu\text{m}$ aluminum oxide sandblasting($\times 3000$)
- Fig. 5.** Scanning Electron Micrograph of detached porcelain surface with 8% Hydrofluoric Acid($\times 3000$)
- Fig. 6.** Scanning Electron Micrograph of detached porcelain surface with silane coupling agent($\times 3000$)
- Fig. 7.** Scanning Electron Micrograph of detached porcelain surface with $50\mu\text{m}$ aluminum oxide sandblasting followed by 8% Hydrofluoric Acid, silane coupling agent($\times 3000$)

논문사진부도

