

IPS-Empress 도재에 대한 콤포짓트 레진의 전단결합강도

원광대학교 치과대학 치과보존학교실, 치과재료학교실*

윤병식 · 임미경 · 이용근*

Abstract

EFFECTS OF SURFACE TREATMENT AND BONDING AGENTS ON SHEAR BOND STRENGTH OF THE COMPOSITE RESIN TO IPS-EMPRESS CERAMIC

Byeung-Sik Yoon, Mi-Kyung Im, Yong-Keun Lee

Dept. of Conservative Dentistry, Dept. of Dental Materials, College of Dentistry, WonKwang University

Dental ceramics exhibit excellent esthetic property, compressive strength, chemical durability, biocompatibility and translucency. This study evaluated the shear bond strength of composite resin to the new heat-pressed ceramic material(IPS-Empress System) depending on the surface treatments and bonding agents. The surface treatments were etching with 4.0% hydrofluoric acid, application of silane, and the combination of the two methods. Composite resin was bonded to ceramic with four kinds of dentin bonding agents(All-Bond 2, Heliobond, Scotchbond Multi-purpose and Tenure bonding agents). The ceramic specimen bonded with composite resin was mounted in the testing jig, and the universal testing machine(Zwick 020, Germany) was used to measure the shear bond strength with the cross head speed of 0.5 mm/min.

The results obtained were as follows :

1. The mean shear bond strength of the specimens of which the ceramic surface was treated with the combination of hydrofluoric acid and silane before bonding composite resin was significantly higher than those of the other surface treatment groups($p < 0.05$).
2. In the case of All-Bond 2 and Scotchbond Multi-purpose bonding agent group, the surface treatment methods did not influenced significantly on the shear bond($p > 0.05$).
3. Of the four bonding agents tested, the shear bond strength of Heliobond was significantly

lower than those of other bonding agents regardless of the surface treatment methods($p < 0.05$).

4. The highest shear bond strength(12.55 ± 1.92 MPa) was obtained with Scotchbond Multipurpose preceded by the ceramic surface treatment with the combination of 4% hydrofluoric acid and silane.

I. 서론

환자들의 심미적인 요구가 증가함에 따라 최근에 우수한 심미성과 간단한 제작법을 제공하는 새로운 all-ceramic system이 개발되었다. IPS Empress (Ivoclar, Schaan, Liechtenstein)는 1983년 Zurich 치과대학에서 처음으로 소개되었고 백류석(leucite)으로 강화시킨 결정화된 장식도재를 열가압(heat-press technique)하여 전치부와 구치부의 도재관, 인레이, 베니어를 제작할 수 있고 치아색상에 맞추어 도재 주괴(ingot)의 색조를 선택할 수 있기 때문에 심미성과 변연적합성이 우수하다¹⁾.

수십년 전부터 치과용 도재는 손상받거나 상실된 치아를 수복하고 심미성을 향상시켜주는 수복물이었지만 충격에 약해서 부서지고 파절되기 쉽다²⁾. 그래서 파절된 도재 수복물을 수리하는 방법으로 파절된 조각을 수복물에 재부착하거나 도재 베니어를 제작하여 도재에 접착하는 방법 또는 콤포지트 레진을 이용하여 수리하는 방법 등 3가지를 이용한다. 최근 도재와 레진간에 충분한 결합력을 보이는 방법이 개발되어서 콤포지트 레진을 사용하여 구강 내에서 직접 수리하는 방법이 주로 사용되고 있다³⁾.

도재 표면을 처리하는 방법중에 거친 다이아몬드 바를 이용하여 기계적으로 표면을 거칠게 한 후 접착하면 수복강도가 증가하였으며⁴⁾ 다른 방법으로는 산화알루미늄 분말을 분사⁵⁾ 또는 콤포지트 레진의 미세기계적인 유지를 위해 불화수소산으로 도재를 부식시킬 수도 있다⁶⁾. 무기질과 유기질사이를 화학적으로 결합시키는 실란 커플링제(silane coupling agents)는 40년전에 개발되었고⁷⁾ BIS-GMA resin에 silanated filler 입자를 첨가하는 콤포지트 레진을 개발한 Bowen 과 Rodriguez⁸⁾가 처음으로 소개하였다. 실란 커플링제는 도재에 대한 콤포지트

레진의 결합력을 약 25%정도 증가시켰다⁹⁻¹²⁾

도재에 대한 콤포지트 레진의 결합강도는 결합제와 수리에 사용된 콤포지트 레진의 종류에 따라 영향을 받을 수 있는데^{5,13-16)}, 혼합형 콤포지트 레진은 미세입자형 콤포지트 레진보다 높은 접착강도를 나타낸다^{15,16)}. 결합강도에 영향을 주는 다른 요소로는 도재의 구성성분, 부식제의 종류와 농도, 산부식 시간, 실란 커플링제의 종류와 처리방법, 수리후의 열변환처리과정 및 수리후 경과된 시간 등이다¹⁷⁾.

심미적인 우수성을 보다 중시하는 환자들의 요구에 부응하여 치과용 도재의 사용이 날로 증가되고 있으나 충격에 약해서 임상에서 도재 파절을 자주 경험하고 있다. 도재 표면을 처리하여 콤포지트 레진으로 수리하는 방법이 소개되고 있으나 최근 개발된 IPS-Empress에 대한 콤포지트 레진의 결합강도는 잘 알려지지 않았다.

이에 본 연구는 도재 표면처리방법과 결합제 사용에 따른 IPS-Empress 도재에 대한 콤포지트 레진의 전단결합강도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 실험에서 도재는 IPS-Empress ceramic, 수리재료로 광중합형 콤포지트 레진인 Prisma TPH를 사용하였으며 표면처리에는 4% 불화수소산과 Monobond-S를 사용하였다. 결합제는 AB, HE, SC, TE를 사용하였다(표 1).

2. 연구방법

(1) 도재 시편의 제작

직경 5cm, 두께 0.5mm 원형의 도재를 제작하기

Table 1. Materials studied in this experiment

Code	Product	Batch No.	Manufacturer/Distributor
	Ceramic material		
	IPS-Empress		Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
	Composite resin		
	Prisma TPH	00151	Caulk/Dentsply, Milford, Del.
	Bonding agents		
AB	All-Bond 2	019055	Bisco, INC. U.S.A
HE	Heliobond	800767	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
SC	Scotchbond Multi-purpose	7543	3M, U.S.A.
TE	Tenure	031145101	Den Mat Co. U.S.A.
	Porcelain etching gel		
H	Porcelain etchant(4%)	089206	Bisco, INC. U.S.A
	Silane coupling agent		
S	Monobond-S	801293	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein

위해 제조회사의 지시에 따라 왁스(Green inlay casting wax, hard-type, Kerr, USA)로 납형을 제작하였는데, 납형이 동일한 외형과 두께를 갖도록 실리콘 인상재(President light body, Colten, Swiss)를 이용하여 주형을 만들고 연화된 왁스를 부어 납형을 복제하였다. 복제된 납형은 매몰링 기저부에 위치시켰는데, 이때 각 납형간의 거리는 적어도 3 mm 이상, 매몰링(paper ring)과 납형과의 거리는 10mm가 되도록 하였으며 왁스 주입선의 직경은 3mm, 길이는 10mm가 되도록 하였고 납형과 주입선이 이루는 각도는 45°가 되도록 하였다.

매몰체의 혼합 방법은 IPS Empress 매몰체 액과 증류수 그리고 매몰체 분말의 비율이 30 ml : 12 ml : 200g이 되도록 정확한 양을 계측하여 진공 혼합법으로 60초간 혼합하고 매몰링 하단부터 매몰체를 채웠다. 매몰체가 완전히 경화된 후 매몰링 기저부와 매몰링을 제거하고 매몰체의 기저부를 다듬었다. 매몰체와 ceramic ingot 그리고 alox plunger를 소환로에 넣고 실온에서부터 시작하여 분당 5°C씩 온도를 높여 250°C에서 30분간 계류시키고 다시 온도를 높여 850°C에서 90분간 계류시켰다. Press furnace(IPS-Empress EP500 press furnace, Ivoclar, Liechtenstein)에서 staining 제작법을 위한 프로그램을 선택하여 700°C까지 예열을 시행한 후 IPS Empress ceramic ingot과 alox

plunger를 매몰체에 넣고 press furnace 중앙에 위치시킨 후 가열 및 가압 과정을 시행하였다.

가압과정이 끝난 매몰체를 furnace내에서 꺼내 실온까지 식힌후 매몰체에 alox plunger의 길이를 표시하고 표시선을 따라 매몰체의 일부를 절단했으며, 직경 50 μ m의 glass bead(Shofu Co., Japan)를 이용한 펜 블라스터로 매몰체를 제거하고 마무리하였다. Empress glaze을 혼합하여 도재시편에 붓으로 도포하여 ceramic furnace(Tru-Fire, Jelenko)에서 글레이징하였다. 글레이징 과정은 두 번 반복한 후에 매끈한 표면이 되도록 젖은 400번과 600번 실리콘 카바이드 연마포로 연마하고 시편을 아크릴릭 레진에 포매할 때 도재 표면의 오염을 방지하기 위해 투명한 테이프로 덮었다.

(2) 시편의 표면처리 및 콤포짓트 레진의 접착
60개의 시편을 무작위로 각 20개씩 3개의 군으로 나누어 다음과 같은 표면처리를 하였다.

1군. 도재 표면을 4% 불화수소산으로 5분간 부식하고 1분간 세척한 뒤 공기로 건조시켰다.

2군. 도재 표면에 Monobond-S를 60초간 도포하고 공기로 건조시켰다.

3군. 도재 표면을 4% 불화수소산으로 5분간 부식하고 Monobond-S을 도포하고 건조시켰다.

도재 표면을 처리한 후 5개씩 결합제 종류에 따라 4개의 군으로 나누었다. 결합제의 도포는 제작

회사의 사용설명서를 따랐다(표 2).

도재 표면을 처리하고 결합제를 도포한 후 직경 5.0 mm의 젤라틴 캡슐(Elli-Lilly capsule #5) 안에 Prisma TPH을 약 2/3정도 채우고 1분간 중합시켰다. 콤포짓트 레진을 캡슐에 약간 넘치게 채우고 도재의 접착부위에 단단하게 위치시켰다(그림 1). 캡슐 주위의 과량의 콤포짓트 레진은 중합하기 전에 탐침으로 제거하였다. 도재와 콤포짓트 레진의 접착경계부위에 대해 약 45°방향에서 Visilux 2 광중합기(3M Dental Products, St. Paul, MN)로 각 방향에서 40초간 광중합하고 마지막으로 교합면에서 광중합을 하여 총 200초간 광중합을 하였다. 전단결합강도를 측정하기전에 37°C 증류수에 24시간 보관하였다.

(3) 물성측정

인장압축시험기(Universal testing machine, Zwick 020, Germany)를 이용하여 접착부의 전단에 따른 물성을 측정하였다. Load cell의 용량은 50

kg이었으며 전단강도를 측정할 수 있는 시편 홀더와 하중을 가하는 기구를 제작하여 인장압축시험기에 부착하여 사용하였다. 측정시 preload는 100 그램으로 하고 하중을 가하는 속도는 0.5mm/min로 파절될 때까지 전단력을 가하여 전단결합강도(Shear bond strength, SBS), 탄성계수(Elastic modulus, EM), 하중상태에서의 변위(Displacement at Fmax, DP) 및 이때까지 흡수한 에너지의 양(Work up to fracture, TG), 항복강도(0.1% Yield force, YS), 파절시까지의 응력-변형률 곡선(stress-strain diagram)을 만능시험기와 연결된 컴퓨터(Zwick PC Software Z1005, Zwick, Germany)를 통해 측정하였다.

(4) 통계처리

측정치는 통계처리 프로그램인 SPSS/PC+를 이용하여 유의수준 0.05에서 ANOVA와 사후검정인 Scheffe test를 시행하였다.

Table 2. Ceramic surface treatment with resin adhesive systems

System	Agent applied	Procedure
AB	(1)Mix Primer A & B	2 coats to porcelain/air dry 5-6 sec
	(2)Dentin/Enamel Bonding Resin	Air thin/VLC 20 sec
HE	Heliobond	Air thin/VLC 20 sec
SC	Scotchbond Multi-purpose adhesive	Air thin/VLC 10 sec
TE	(1)Mix 2 drops each Tenure A & B	3-5 coats/gently evaporate
	(2)Tenure S	Air thin/VLC 15 sec

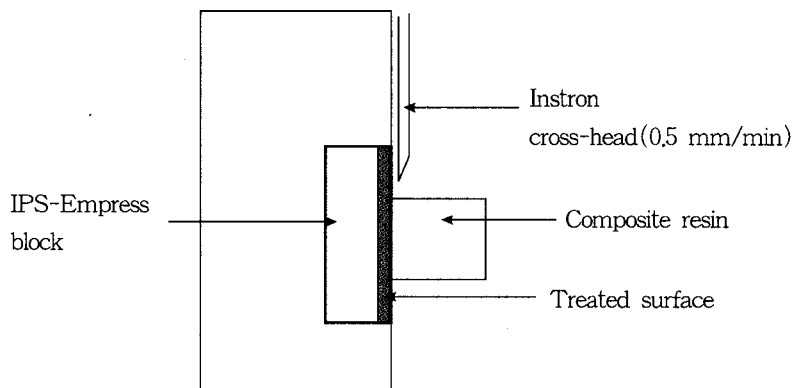


Figure 1. Schematic design for shear bond strength testing of the bonded assembly

Ⅲ. 연구성적

1. 물리적인 성질(표 3)

본 실험에서 IPS-Empress ceramic과 콤포짓트 레진과의 전단결합강도는 4% 불화수소산으로 5분간 산부식하고 실란으로 표면처리한 후 4종의 결합제중 SC를 사용하였을 때 12.55±1.93 MPa로 가장 높게 나타났다. 회귀분석을 통하여 분석한 결과 SBS와 EM, DP, TG, YS 간에는 통계학적으로 유의한 상관관계가 있었다(p<0.05).

2. 실험군의 전단결합강도(그림 2)

1) 동일한 도재 표면에 따른 결합제간의 비교
(1-1) H 로만 도재 표면을 처리한 경우(표 4)
4% 불화수소산으로 5분간 표면처리를 하여 4종의 결합제(AB, HE, SC, TE)간의 전단결합강도를 비교한 결과 AB 접착군이 가장 높았으며(10.42 MPa), 결합제간에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Scheffe 검정(p=0.05)을 시행한 결과 AB 접착군이 TE 접착군이나 HE 접착군보다 유의하게 높았고 SC 접착군은 TE 접착군보다 유의하게 높았다(p<0.05).

Table 3. Mechanical properties of composite resin to ceramic after different surface treatments and application of various bonding agents (n=5)

Bonding agents	Surface treatment	Shear bond strength (MPa)	Elastic modulus (GPa)	Displacement at Fmax (mm)	Work up to fracture ($\times 10^3$ Nm)	0.1% Yield force (gram)
AB	H	10.42 (0.83)*	0.046 (0.010)	0.28 (0.11)	41.98 (16.04)	8.80 (2.52)
	S	10.74 (1.16)	0.049 (0.009)	0.24 (0.06)	34.09 (13.01)	9.36 (0.37)
	HS	10.95 (1.87)	0.057 (0.014)	0.22 (0.07)	31.17 (15.12)	4.60 (3.00)
HE	H	7.07 (0.78)	0.036 (0.012)	0.22 (0.08)	25.81 (10.30)	6.24 (0.80)
	S	4.55 (0.78)	0.037 (0.010)	0.13 (0.03)	8.71 (5.07)	4.32 (0.83)
	HS	8.10 (0.83)	0.046 (0.009)	0.19 (0.03)	18.95 (4.40)	7.51 (1.03)
SC	H	9.54 (2.26)	0.033 (0.011)	0.25 (0.08)	26.16 (12.31)	7.08 (1.18)
	S	11.24 (2.07)	0.058 (0.008)	0.21 (0.06)	30.95 (12.51)	8.88 (1.74)
	HS	12.55 (1.93)	0.059 (0.012)	0.22 (0.04)	28.81 (7.28)	9.51 (2.51)
TE	H	6.02 (0.74)	0.030 (0.006)	0.21 (0.03)	26.49 (7.84)	5.99 (0.70)
	S	9.00 (1.19)	0.030 (0.018)	0.33 (0.08)	32.39 (11.03)	8.44 (0.60)
	HS	10.81 (1.73)	0.044 (0.016)	0.22 (0.07)	24.64 (7.30)	8.10 (1.75)

H, ceramic surface treated with 4% hydrofluoric acid

S, ceramic surface treated with silane coupling agent

HS, Combination of hydrofluoric acid and silane coupling agent

*:Standard deviations are in parentheses

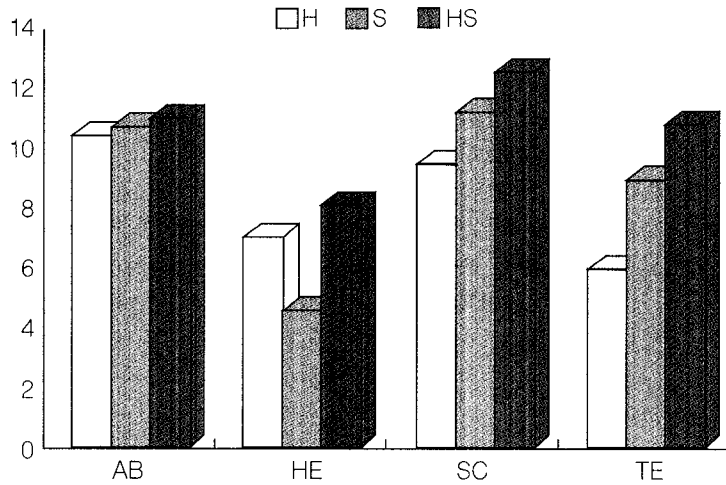


Figure 2. Shear bond strength(MPa) between ceramic and composite resin

(1-2) S 로만 도재 표면을 처리한 경우 (표 5) 실란으로 표면처리하여 4종의 결합제(AB, HE, SC, TE)간의 전단결합강도를 비교한 결과 SC 접착군이 가장 높았으며(11.24 MPa), 결합제간에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Scheffe 검정 ($p=0.05$)을 시행한 결과 HE 접착군은 다른 접착군보다 유의하게 낮았다($p<0.05$).

(1-3) HS 로 도재 표면을 처리한 경우(표 6) 4% 불화수소산으로 부식하고 실란으로 표면처리하여 4종의 결합제(AB, HE, SC, TE)간의 전단결합강도를 비교한 결과 SC 접착군이 가장 높았으며(12.55 MPa), 결합제간에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Scheffe 검정($p=0.05$)을 시행한 결과 HE 접착군은 다른 접착군보다 유의하게 낮았다

($p<0.05$).

2) 동일한 결합제내에서 표면처리에 따른 비교
(2-1) AB 결합제

AB 결합제를 사용한 경우 3가지 표면처리(H, S, HS)방법에 따른 전단결합강도에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Scheffe 검정($p=0.05$)을 시행한 결과 처리군간에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). YS의 경우 HF 처리군이 H 처리군보다 유의하게 높았다($p<0.05$).

(2-2) HE 결합제 (표 7)

HE 결합제를 사용한 경우 3가지 표면처리(H, S, HS)방법에 따른 전단결합강도에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Scheffe 검정($p=0.05$)을 시행한 결과 HS 처리군과 H 처리군은 S 처리군보다 유의하게 높았다($p<0.05$).

Table 4. Shear bond strength of composite resin to ceramic surface treated with 4% hydro-fluoric acid for five minutes

	TE	HE	SC	AB
TE(6.02)				
HE(7.07)				
SC(9.54)	*			
AB(10.42)	*	*		

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Table 5. Shear bond strength of composite resin to ceramic surface treated with silane

	TE	HE	SC	AB
TE(4.55)				
HE(9.00)				
SC(10.74)	*			
AB(11.24)	*	*		

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Table 6. Shear bond strength of composite resin to ceramic surface treated with combination of 4% hydrofluoric acid and silane

	TE	HE	SC	AB
TE(8.10)				
HE(10.81)	*			
SC(10.95)	*			
AB(12.55)	*			

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Table 7. Shear bond strength of composite resin to ceramic with Heliobond bonding agent

	S	H	HS
S(4.55)			
H(7.07)	*		
HS(8.10)	*		

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

(2-3) SC 결합제

SC 결합제를 사용한 경우 3가지 표면처리(H, S, HS)방법에 따른 전단결합강도에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Scheffe 검정(p=0.05)을 시행한 결과 처리군간에는 유의한 차이가 없었다(p>0.05).

(2-4) TE 결합제 (표 8)

TE 결합제를 사용한 경우 3가지 표면처리(H, S,

Table 9. Shear bond strength of composite resin to ceramic after different surface treatments regardless of bonding agents

H	8.58(2.25)*
S	8.90(3.12)
HS	10.57(2.28)

*:Standard deviations are in parentheses

	H	S	HS
H			
S			
HS	*	*	

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Table 8. Shear bond strength of composite resin to ceramic with Tenure bonding agent

	S	H	HS
S(6.02)			
H(9.00)	*		
HS(10.81)	*		

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

HS)방법에 따른 전단결합강도에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Scheffe 검정(p=0.05)을 시행한 결과 S 처리군과 HS 처리군이 H 처리군보다 유의하게 높았다(p<0.05).

3) 전체 자료를 가지고 분산분석을 한 결과

(3-1) 표면처리 방법에 따른 비교 (표 9)

결합제를 고려하지 않고 3가지 표면처리(H, S, HS)방법에 따른 전단결합강도는 HS 처리군이 가장 높은 값(10.57MPa)을 보였고 H 처리군과 S 처리군보다 유의하게 높았다(p<0.05).

H 처리군과 S 처리군간에는 유의한 차이가 없었다(P>0.05).

(3-2) 결합제간의 비교 (표 10)

도재 표면처리방법에 관계없이 4종의 결합제(AB, HE, SC, TE)간의 전단결합강도는 SC 접착

Table 10. Shear bond strength of composite resin to ceramic after application of bonding agents regardless of surface treatments

AB	10.75(1.49)*
HE	6.82(1.75)
SC	11.28(2.47)
TE	9.05(2.43)

*:Standard deviations are in parentheses

	HE	TE	AB	SC
HE				
TE	*			
AB	*			
SC	*	*		

(*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

군이 가장 높은 값(11.28 MPa)으로 HE 접착군과 TE 접착군보다 유의하게 높았고, HE 접착군은 다른 접착군보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

치과용 도재는 심미성, 압축강도 및 화학적 내구성이 우수하고 열 및 전기 전도도가 낮으며 생체친화성과 투명성 등이 자연치와 유사한 장점이 있으나 취성이 높고 인장강도가 낮은 결점이 있어 사용범위가 제한되고¹⁸⁾ 충격에 의해 부서지기 쉽고 파절될 수 있다. 성공적인 도재 수리를 위해서는 점도가 높은 완충 불산 겔, 실란, 고도로 연마할 수 있는 심미적인 콤포짓트 레진이 있어야 한다. 구강내에서 파절된 수복물을 제거하는 것은 어렵기 때문에 도재 표면을 거칠게 하여 실란을 도포하고 결합제를 이용하여 콤포짓트 레진으로 수리하는 구강내 수복은¹⁹⁾ 시도할만하다.

도재-레진간 접착은 도재 인레이와 베니어의 접착 또는 도재 수리에 사용된다. 도재-레진간 접착에는 미세한 기계적 결합과 화학적 결합이 있다. 미세한 기계적 접착은 산으로 도재를 부식시켜 도재 표면의 통로를 따라 레진이 스며들게 하여 레진 tag로 결합시킨다⁶⁾. 도재의 미세한 결정의 복잡성으로 일부 요소가 다른것보다 훨씬 산에 잘 반응하게 되어 일부 요소는 다른것보다 더 빨리 녹게 되어 표면을 현미경으로 보면 산봉우리와 골짜기가 겹쳐 있는 것 같이 된다. 가장 널리 사용되는 산은 불화수소산으로 치과용 도재를 매우 빠르게 녹여버리고 뛰어난 3차원적인 구조를 제공해 준다. Sposetti 등²⁰⁾은 부식시간과 불소 이온의 농도, pH, 겔의 점도 등이 도재 부식에 영향을 미친다고 하였다. Lacy 등⁹⁾은 저농도의 산성불화인산염도 불화수소산 용액과 같이 도재를 부식시킬 수 있으나 더 긴 부식 시간이 필요하다고 보고하였고 고농도 불산 용액은 저농도 산성불화인산염으로 대체할 수 있다고 하였다. Stangel 등¹⁹⁾은 산으로 처리하기 전 도재의 초기 표면조도의 영향에 대해 연구하였는데, 저농도 부식 용액을 사용할 때 도재의 초기 표면조도가 크면 반응이 일어날 수 있는 면적이 증가하여 더 많은 표면파괴가 일어나지만, 산부식 시간이 증가됨에 따라 도재 표면이 충분히

파괴되어 이러한 특성이 사라지고 초기 표면조도가 부식 정도에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 한편, 고농도 부식용액을 사용할 때는 초기 조도에 관계없이 균일한 부식 양상을 나타내었다.

화학적 도재-레진간 접착은 X-(CH₂) Si-(OR)의 화학식을 가진 실란 커플링제가 가장 널리 사용되며 무기질과 유기질 표면사이에 화학적 결합을 형성한다²¹⁾. 1963년 Bowen²²⁾은 실란으로 처리된 강화입자로 콤포짓트 레진을 보강하여 수리 재료를 개발, 임상에 적용하였다. 일반적으로 화학적 접착은 미세한 기계적인 접착보다 결합력이 약하다. 근래에는 도재 내면의 처리법으로 불화수소산에 의한 산부식을 생략한 실란처리법이 추천되고 있다²⁴⁾.

그러나 본 실험에서 전체자료를 가지고 분산분석을 한 결과 불화수소산으로 산부식한 군과 실란으로 표면처리한 군간의 전단결합강도에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 이것은 표면형태에 따라 결합력이 달라지므로 도재의 구성성분, 불화수소산의 농도와 부식시간, 실란 커플링제의 종류와 건조방법 및 보관상태가 도재와 콤포짓트 레진의 결합강도에 중요한 영향을 주는 것으로 사료된다. 또한 실란 커플링제의 장기간의 효능에 대해서는 의견대립이 있고 습기상태에서는 결합력이 약하게 된다고 하였다^{23,24,26,28)}.

가장 효과적인 방법은 도재 표면을 불화수소산으로 부식한 후 실란으로 처리한 후 콤포짓트 레진을 부착한 결과, Calamia와 Simonsen^{6,24)}은 14.33 MPa의 인장결합강도를, Hsu¹⁹⁾는 24.03MPa의 전단결합강도를 얻어 임상적용이 가능하다고 보고하였다. 본 실험에서 All-Bond 2는 10.95MPa, Heliobond 8.10MPa, Scotchbond Multi-purpose 12.55MPa, Tenure 10.81MPa로 Scotchbond Multi-purpose가 가장 높은 전단결합강도를 보였고 All-Bond 2, Tenure 순으로 낮아졌으며 Heliobond가 가장 낮은 전단결합강도를 보였다. 또 한 도재 표면의 부식과 실란 커플링제 사용이 도재와 레진사이의 결합강도를 향상시키는데 가장 중요한 요소라 할 수 있다^{6,23)}. 본 실험에서도 결합제와는 상관없이 불화수소산으로 부식하고 실란으로 도재 표면을 처리한 군이 유의성있게 높은 전단결합강도를 나타냈다($p < 0.05$).

실란을 이용한 화학적 결합이 도재와 레진간의 결합강도를 증가시키고 미세누출을 감소시킨다고 하나^{9-12,24}) 이 결합력은 비교적 약하여 인장응력이나 전단응력이 가해질 때 대개 도재와 레진사이에서 계면파절을 일으키는 것으로 나타났다. 반면에 불화수소산으로 부식시킨 모든 시편은 결합면에 전단응력이 가해졌을 때 도재 내에서 응집성 파절을 일으켰으며, 이는 도재와 레진간의 결합강도가 도재 자체의 강도보다 크다는 것을 의미한다^{6,12}). Pratt 등³⁰)은 도재와 레진 접착의 실패는 도재와 콤포지트 레진의 계면이 아닌 도재 내부에서 일어난다고 보고하였고, 본 실험에서도 대부분 도재 내부 또는 도재 내부 및 도재와 콤포지트 레진의 계면에서의 복합된 파절양상을 볼 수 있었는데 All-Bond 2, Scotchbond Multi-purpose, Tenure 모두 도재 내에서의 응집성 파절을 일으켰으며 실란으로 처리한 Heliobond만이 부분적인 계면파절이 일어났다.

도재 종류도 부식의 양상에 영향을 미치는 요인인데, Calamia 등²⁶)은 알루미늄 도재를 부식시킨 후 레진을 부착시켰을 때 장식 도재에 비하여 결합강도가 작았다고 하였다. Yen 등²⁷)도 장식 도재는 부식을 통해 도재와 레진간에 결합강도가 증가하였으나 알루미늄 성분을 많이 함유한 도재내에서는 부식을 하여도 결합강도에 변화가 없었다고 하였다. 이는 알루미늄 성분이 많은 도재에는 상대적으로 glass matrix의 양이 적고, 알루미늄은 화학적 공격에 대한 저항성이 크기 때문이다.

Anthony 등²⁸)은 부식시킨 Dicore 주조형 세라믹 (6.9 MN/m²)에 대한 콤포지트 시멘트의 전단결합강도는 부식시킨 Ceramco II 도재 (12.3 MN/m²)보다 유의성있게 낮았다. 이 연구에서 부식시킨 도재에 대한 콤포지트 시멘트의 전단결합강도는 부식시킨 법랑질에 대한 레진의 결합강도와 유사하다는 다른 연구와 일치한다^{6,23-24}). 재료의 미세구조 차이와 부식후 표면형태가 두 도재 사이의 결합강도 차이를 설명하는 중요한 요소가 될 수 있다²⁶).

최근에 우수한 심미성과 간단히 제작할 수 있는 여러가지 새로운 all-ceramic system이 소개되어 도재관, 인레이, 베니어를 제작할 수 있다. 1983년 Zurich 대학에서 Heat-press technique(IPS Empress System)을 개발하였다. 이 실험에 사용된

글라스-세라믹 재료는 기본적으로 SiO₂ 63%, Al₂O₃ 17.7, K₂O 11.2, Na₂O 4.6, B₂O₃ 0.6, CeO₂ 0.4, CaO 1.6, BaO 0.7, TiO₂ 0.2 wt%의 구성비를 갖는 장식 도재이며, 세라믹의 결정체 부분은 백류석으로 구성되어 있다¹⁾.

Dong 등¹⁾은 IPS-Empress system의 굴곡강도는 160-180MPa이며 파절강도는²⁹⁾ 힘이 가해지는 방향에 따라 차이가 있는데 staining 제작법을 통해 제작된 IPS-Empress 도재관의 파절강도는 814N, layering 제작법으로 제작된 경우는 750N 이고 In-Ceram 도재관은 964N 이다. Hofmann 등³⁰⁾은 pressed ceramic의 표면상태가 콤포지트 레진과의 결합강도에 미치는 영향을 연구하였는데 부식하지 않은 도재 시편에 접착한 콤포지트 레진의 전단강도는 낮고(11.3±9.9MPa), 60초간 부식한 후의 결합강도(46.9±6.1MPa)는 비교적 높지만 120초간 부식한 후의 전단강도(58.3±9.1MPa)와는 비교할만 하였다. 이로써 연마에 의한 표면층의 기계적인 제거는 추천되지 않고 IPS-Empress ceramics는 120초이상 부식해야만 최적의 결합강도를 얻을 수 있다.

치과용 접착제는 콤포지트 레진을 광물화된 치아구조에 접착시키기 위해 처음으로 소개되었고 최근 신세대 접착시스템은 여러 하부구조에 접착할 수 있는 다용도 결합제(multipurpose system)이다³⁰⁾. 이것은 콤포지트 레진을 상아질 뿐만 아니라 도재, 콤포지트 레진, 금속과 아말감에도 접착시킬 수 있다.

Kanca는²⁹⁾ 샌드블라스트 처리된 도재에 All-Bond 2를 사용한 콤포지트 레진과의 전단결합강도가 27.4 MPa라고 보고하였다. 도재를 실란처리한 후에 primer B(biphenyldimethacrylate or BPDm)을 사용하였지만 도재 수복시의 All-Bond 2 지시에 따르면 노출된 도재면에만 primer A & B를 도포한다. 이런 친수성 레진을 도재에 도포하여 수복강도를 향상시켰다. 다용도 결합제는 conventional unfilled resin보다 하나 이상의 친수성인 단량체를 갖고 있다. All-Bond 2의 Dentin/Enamel Bonding Resin system은 소수성 레진의 Bis-GMA와 urethane dimethacrylate을 추가하여 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)을 함유하고³⁰⁾ Scotchbond Multi-purpose는 HEMA, Bis GMA을 함유하고 있

다. 본 실험에서 All-Bond 2와 Scotchbond Multi-purpose를 이용한 접착군은 도재 표면처리방법에 상관없이 다른 접착군보다 유의하게 높은 전단결합강도를 나타냈다($p < 0.05$).

실험에 사용된 결합제중 Heliobond는 다른 결합제보다 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈다($p < 0.05$).

본 연구를 통하여 IPS-Empress ceramic의 표면 처리와 결합제가 콤포짓트 레진과의 전단결합강도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 콤포짓트 레진으로 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, 콤포짓트 레진이 마모, 변색 등에 저항성을 가져야 하고 계면에서의 변연누출도 작아서 기능과 심미성을 만족시킬 수 있어야 하겠다.

V. 결 론

치과용 도재는 심미성, 압축강도 및 화학적 내구성이 우수하며 생체친화성과 투명성 등 자연치와 유사한 장점이 있으나 인장강도가 낮고 취성이 높아 취성파괴에 민감한 단점이 있다. 본 연구는 최근에 개발되어 사용되고 있는 IPS Empress system의 표면처리와 결합제에 따른 콤포짓트 레진과의 전단결합강도를 측정하였다. 표면처리는 4.0% 불화수소산으로 5분간 산부식, 실란으로 1분간 도포 그리고 불화수소산으로 부식하고 실란으로 처리하는 3가지 방법을 사용하였고 결합제는 All-Bond 2, Heliobond, Scotchbond Multi-purpose, Tenure를 사용한 후 콤포짓트 레진을 접착하고 인장압축시험기상에서 도재와 콤포짓트 레진사이에 하중을 가해 전단결합강도를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 불화수소산으로 부식하고 실란으로 도재 표면을 처리한 군이 다른 처리군에 비해 전단결합강도가 유의하게 높았다($p < 0.05$).
2. All-Bond 2와 Scotchbond Multi-purpose는 도재 표면처리방법에 따른 전단결합강도에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

3. 4종의 결합제간의 전단결합강도를 비교하면 All-Bond 2, Scotchbond Multi-purpose, Tenure가 Heliobond보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).
4. IPS-Empress 도재와 콤포짓트 레진과의 전단결합강도는 도재 표면을 불화수소산으로 부식하고 실란으로 처리한 후 Scotchbond Multi-purpose 결합제를 사용한 군이 12.55 ± 1.92 MPa로 가장 높은 결합강도를 나타냈다.

참고문헌

1. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scherer P: Heat-pressed ceramics: technology and strength. Int J Prosthodont 1992;5:9-16.
2. Appeldoorn RE, Wilwerding TM, Barkmeier WW: Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. J Prosthet Dent 1993;70:6-11.
3. Rada RE: Intraoral repair of metal ceramic restorations. J Prosthet Dent 1991;65:348-50.
4. Ferrando JMP, Graser GN, Tallents RH, Jarvis RH: Tensile strength and microleakage of porcelain repair materials. J Prosthet Dent 1983;50:44-50.
5. Bertolotti RL, Lacy AM, Watanabe LG: Adhesive monomers for porcelain repair. Int J Prosthodont 1989;2:483-9.
6. Stangel I, Nathanson D, Hsu CS: Shear bond strength of the composite bond to etched porcelain. J Dent Res 1987;66:1460-5.
7. Bjorksten J, Yaeger LL: Vinyl silane size for glass fabric. Mod Plast 1952;29:124-8.
8. Bowen RL, Rodriguez MS: Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. J Am Dent Assoc 1962;64:378-87.
9. Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellings M: Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. J Prosthet Dent 1988;60:288-91.
10. Sheth J, Jensen M, Tolliver D: Effect of surface treatment on etched porcelain and bond

- strength to enamel. *Dent Mater* 1988;4:328-37.
11. Diaz-Arnold AM, Schneider RL, Aquilino SA: Porcelain repairs: an evaluation of the shear strength of three porcelain repair systems. *J Dent Res* 1986;66:Abstr.#805.
 12. Newburg R, Pameijer CH: Composite resin bonded to porcelain with a silane solution. *J Am Dent Assoc* 1978;96:288-91.
 13. Cooley RL, Tseng EY, Evans JG: Evaluation of a 4-META porcelain repair system. *J Esthet Dent* 1991;3:11-3.
 14. Barkmeier WW, Latta MA: Shear bond strength of Dicor using resin adhesive systems and light activated cement. *J Esthet. Dent* 1991;3:95-9.
 15. Gregory RL, Hagen CA, Powers JM: Composite resin repair of porcelain using different bonding materials. *Oper Dent* 1988;13:114-8.
 16. Gregory WA, Moss SM: Effect of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Oper Dent* 1990;15:18-22.
 17. Tylka DF, Stewart GP: Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent* 1994;72:121-7.
 18. Dunn B, Levy MN, Reisbick MH: Improving the fracture resistance of dental ceramic. *J Dent Res* 1977;56:1209.
 19. Hsu CS, Stangel I, Nathanson D: Shear bond strength of resin to etched porcelain [Abstract]. *J Dent Res* 1985;64:296.
 20. Sposetti V, Shen C, Levin A: The effect of topical fluoride application on porcelain restorations. *J Prosthet Dent* 1986;55:677-82.
 21. Diaz-Arnold Am, Schneider RL, Aquilino SA: Bond strengths of intraoral porcelain repair materials. *J Prosthet Dent* 1989;61:305-9.
 22. Bowen RL: Properties of silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1963;66:57-64.
 23. Shortall AC, Fayyad MA, Williams JD: Marginal seal of injection-molded ceramic crowns cemented with three adhesive systems. *J Prosthet Dent* 1989;61:24-7.
 24. Calamia JR, Simonsen RJ: Effects of coupling agents on bond strength of etched porcelain. *J Dent Res* 1984;63:162-362.
 25. Calamia JR, Vaidyanathan J, Vaindvanathan TK, Hirsch SM: Shear bond strength of etched porcelains. *J Dent Res* 1985;64:Abstr.#1096.
 26. Roulet JF, S derholm KJM, Longmate J: Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res* 1995;74(1):381-387.
 27. 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* 1993;70:224.
 28. Anthony HL, Harold N: A comparison of the shear bond strength between two composite resins and two etched ceramic materials. *Int J Prosthodont* 1988;1:73-79.
 29. Pröbster L: Compressive strength of two modern all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1992;5:409-414.
 30. Hofmann N, Handreck A, Haller B, Klaiber B: The surface conditioning of pressed ceramics and its effect on the bond strength to composite. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1993;103(11):1415-20.
 31. Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW: Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent* 1996;76:119-24.
 32. Kanca J: Dental adhesion and the All-Bond system. *J Esthet Dent* 1991;3:129-32.
 33. Pratt RC, Burgess JO, Schwartz RS: Evaluation of bond strength of six porcelain repair system. *J Prosthet Dent* 1989;62:11-13.