

## 리튬디실리케이트 세라믹과 표면처리방법에 따른 라미네이트 베니어의 전단결합강도 비교

박상준, 정인성

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

### Comparison of Shear Bonding Strength of Laminate Veneer by Lithium Disilicate Ceramics and Surface Treatment Methods

Sang-Joon Park, In-Sung Chung

Department of Dental Laboratory Science, College of Health Science, Catholic University of Pusan

#### [Abstract]

**Purpose:** This study was to investigate the effect of three different surface treatments on the shear bond strength of lithium disilicate ceramics to enamel.

**Methods:** Totally 60 lithium disilicate ceramic disc specimens were fabricated with IPS e.max press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and Mazic Claro (Vericom, Korea). 30 specimens in each lithium disilicate ceramic were assigned to 3 groups of the each following surface treatment: 1) 50 $\mu$ m airborne particle abrasion+silane, 2) 9.5% hydrofluoric acid etching (HF)+silane, 3) 50 $\mu$ m airborne particle abrasion+9.5% HF+silane. Lithium disilicate ceramic surfaces after surface treatments were AFM examined. The shear bond strength was measured in a universal testing machine at 0.5mm/min crosshead speed. All data were analyzed using a two-way ANOVA and Tukey's test( $\alpha=0.05$ ).

**Results:** The mean surface roughness of lithium disilicate ceramics ranged from 0.178 $\mu$ m to 0.441 $\mu$ m. The mean shear bond strengths ranged from 23.81 $\pm$ 2.78 MPa to 33.99 $\pm$ 4.85 MPa.

**Conclusion:** 1. Mazic Claro showed higher shear bond strength than IPS e.max press at 3 different surface treatments, and no statistically significant was observed. 2. The shear bond strength of IPS e.max press was strongly enhanced as surface treated with 50 $\mu$ m airborne particle abrasion and 9.5% hydrofluoric acid etching. And there was no statistical significance at the shear bond strength of Mazic Claro with surface treatments.

◉ **Key words:** lithium disilicate, surface treatments, shear bond strength, enamel

Corresponding author	Name	정인성	Tel.	051-510-0593, 0599	E-mail	ischung@cup.ac.kr	
	Address	부산광역시 금정구 오륜대로 57 부산가톨릭대학교 치기공학과					
Received	2019. 5. 27		Revised	2019. 9. 16		Accepted	2019. 9. 19

## I. 서론

전부도재관은 내구성이 강하고 안정적인 심미보철로 인정받고 있으나, 치아 삭제량이 많아 치주나 치수 건강에 불리할 수 있다는 지적이 있다(Peumans et al, 1997). 라미네이트는 치아 삭제량이 적은 보존적 보철 치료로서 관심이 높아지고 있다(Cura et al, 2003). 라미네이트 수복재료로 널리 각광받고 있는 리튬디실리케이트 세라믹은 60% 이상의 결정 용적 비율을 가지고 있고 유리 기질과 유사한 빛 굴절률을 보여 화학적 내구성, 생체적합성, 낮은 열전도율, 우수한 강도, 투명성 그리고 내부식성의 특징을 가지고 있다(Guarda et al, 2013).

라미네이트 보철 수복에 있어서 가장 큰 문제점은 파절과 탈락이다. Garber(1993)는 10년 동안 임상관찰 결과 25%의 높은 라미네이트 실패가 발생하였다고 보고하였고, Mark(1991)도 라미네이트 실패 중에 67%가 파절에 의한 것이라고 보고하였다. 라미네이트 보철의 탈락과 직접 연관이 있는 라미네이트 접착은 치아와 레진 그리고 레진과 세라믹 사이의 계면의 결합력이 강해야 한다. 특히 치아와 레진간의 결합력보다는 세라믹과 레진간의 결합력(Fabianelli et al, 2010)이 약하다는 보고가 있어 성공적인 라미네이트 보철수복을 위해서는 세라믹과 레진간의 결합력을 증가시키기 위한 추가적인 표면처리가 필요하다(Pollington et al, 2010).

세라믹과 레진간의 표면처리방법으로는 기계적 또는 화학적인 처리방법이 있다. 기계적 처리 방법으로는 다이아몬드 바를 이용한 방법, 샌드 블라스팅 법이 있으며, 화학적 처리방법으로는 산 용액 처리법과 실란 커플링 에이전트 사용법이 있다. 산 처리 방법은 1983년 처음 보고되었으며(Simonsen and Calamia, 1983; Calamia, 1983), 산 처리 방법에 사용된 산으로는 orthophosphoric(OP), sulphuric, nitric, hydrofluoric acids(HF), acidulate phosphate fluoride, ammonium hydrogen difluoride 등이 있고, 이중 HF가 가장 대중적으로 사용되고 있다(Jones et al, 1986; Lacy et al, 1988; Nelson and Barghi, 1989). 불산은 세라믹 표면의 유리기질을 선택적으

로 용해시켜 세라믹표면에 미세 기공을 증대시키고 신장된 결정을 형성하여 레진과 세라믹간의 기계적인 교차연결을 견고하게 한다(Borges et al, 2003; Ramakrishnaiah et al, 2016). 실란커플링 에이전트를 통한 화학적 표면처리 방법은 세라믹의 무기질 부분과 레진 시멘트의 유기질 사이에서 견고한 화학적 결합을 형성하여 젖음성을 향상시키고 접성이 낮은 레진시멘트의 흐름성을 좋게 함으로 해서 세라믹과 레진의 결합력을 향상시킨다(Fabianelli et al, 2010).

다양한 보철재료와 레진간의 결합강도에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있으나, 리튬 디실리케이트 세라믹의 표면처리방법에 따른 전단결합강도 변화를 비교한 연구와 치아에 표면처리된 리튬 디실리케이트 세라믹을 접착하여 전단결합강도를 비교한 연구는 전무하다.

본 연구에서는 임상에서 많이 사용되는 두 종류의 리튬디실리케이트 세라믹을 3 가지 방법으로 표면처리 후 원자력 현미경을 사용하여 표면거칠기를 관찰하고 표면 처리된 시편을 범랑질에 접착시킨 후 전단결합강도를 비교 분석하여 세라믹 종류와 표면처리방법이 리튬디실리케이트 세라믹과 범랑질간의 전단결합강도에 끼치는 영향을 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험재료

자연치는 우식 및 충전물이 포함되지 않은 발치된 인간 소구치 60개를 사용하였다. 리튬디실리케이트 세라믹은 IPS-e.max press(Ivoclar Vivadent-AG, Schaan, Liechtenstein), Mazic Claro(Vericom, Korea)를 사용하였다. 세라믹 표면처리방법은 9.5% 불산(Bisco Inc., USA) 과 50 $\mu$ m Sand-blasting(Renfert, Germany) 처리를 각각 그리고 혼용하여 처리하였고 모든 표면처리에 실란(Bis-Silane, Choice 2, Bisco, USA)을 사용하였다. 접착제로는 광 중합형 레진시멘트인 Choice 2(Bisco Inc., USA)를 사용하였다(Table 1).

Table 1. Materials used in this study

Materials	Manufacturer	Composition
OpaquePS-e.max press (HT, A2)	Ivoclar Vivadent AG Schaan Liechtenstein	Si, Li, K, Zn, P, Al, Tb, Sr, Ce
Mazic Claro (HT,A2)	Vericom, Korea	Si, Li, Zr, K, Zn, P, Al, Tb, Ce
Sand-Blasting	Renfert, Germany	50µm alumina, 2 bar, 10mm, 20 seconds
Hydrofluoric Etchant	Choice 2, Bisco, USA	9.5%Buffered hydrofluoric acid gel
Bis-Silane	Choice 2, Bisco, USA	Ethanol (30-95%) silane (1-10%)
Uni-Etch	Choice 2, Bisco, USA	32% orthophosphoric acid benzalkoniumchloride, xantham gum
All-Bond Resin	Choice 2, Bisco, USA	Bis-GMA<40% Tri-EDMA<30% Urethane dimethacrylate<40%
Veneer Cement	Choice 2, Bisco, USA	Strontium Glass<75% Amorphous Silica<25% Bis-GMA<10%

1) 치아 시편 제작

최근 6개월 이내에 발치된 치아로서 각 치아는 광학현미경 및 SEM 촬영을 통하여 유사한 치밀도를 가진 치아를 선별하였다. 생리식염수에 보관된 치아를 범랑질 내에서 모델 트리머로 지름 3 mm 정도 크기의 평탄한 면을 만들었다. 평탄면을 다시 #320, #800 grid SiC 연마지(Struers GmbH, Willich, Germany)를 이용하여 표면을 연마하고 증류수로 세척 후 37℃ 증류수에 보관하였다(Fig. 1).

세라믹과 치아 접착 시 과잉 시멘트의 제거를 위하여 치아 표면에 지름 2.5 mm의 구멍이 뚫린 투명 테이프를 붙였다. 외경 18 mm인 플라스틱 원통내면에 아크릴릭 레진 (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany)을 주입하고 치아의 치근부분이 잠기게 묻었다. 전단결합강도 측정 시 하중의 방향과 접착면의 방향이 일치하

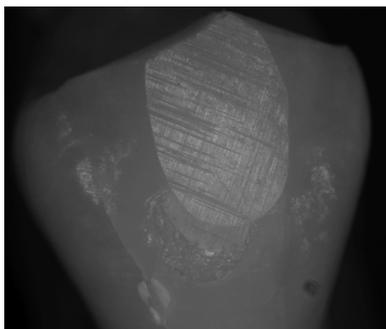


Figure 1. Tooth specimen trimmed.

도록 치아의 평탄면을 서베이어에 밀착시킨 상태에서 레진이 굳을 때까지 기다렸다. 레진으로 포맷된 총 60개의 치아 시편은 밀폐용기에 24시간 보관하였다.

2) 리튬디실리케이트 시편 제작

지름이 2.5 mm인 플라스틱 스프루를 4 mm길이로 단면이 수평이 되도록 다이아디스크로 자른 다음 현미경을 보면서 메스로 잔여 플라스틱을 깔끔하게 제거하였다. 다듬어진 플라스틱 막대 60개를 각 제조사별 지시에 따라 매몰, 소환, 열가압하였다. 매몰재 및 주입선을 제거 한 후 Invex Liquid(Ivoclar, Liechtenstein)에 10분 동안 담그고 2분간 초음파 세척 (Biosonic JR, Whaledent Int, NY)하였다.

최종 세라믹 시편은 확대경으로 크랙이나 chipping이 있는지 확인 후 결점이 있는 경우엔 본 실험에서 제외시켰다. 접착되어질 세라믹 표면은 #320, #800, #1000 grid SiC 연마지 (Struers GmbH, Willich, Germany)로 순차적으로 연마하여 평탄면이 되도록 처리하였다. 세라믹 시편은 37℃ 증류수에 24시간 보관하였다.

3) 리튬디실리케이트 표면 처리

60개의 세라믹 시편을 각 제조사별로 30개씩 두 그룹으로 나누었고 각 그룹은 세 가지 다른 표면처리를 시

행하였다(Table 2). 표면처리방법 중 불산 처리는 9.5% 불산용액을 90초간 산처리 시킨 후 세척하였다. 샌드블라스팅 처리는 50 $\mu$ m 입자크기의 알루미나 샌드를 20초간 실시하였다. 두 가지를 동시에 처리한 경우는 샌드블라스팅 후 불산 처리를 하였다.

Table 2. Surface treatment methods in the experimental groups

Ceramics	Surface Treatment	Groups(n=10)
IPS-e.max press(E)	Sandblasting+Silane	EBS
	HF+Silane	EHS
	Sandblasting+HF+Silane	EBHS
Mazic Claro(M)	Sandblasting+Silane	MBS
	HF+Silane	MHS
	Sandblasting+HF+Silane	MBHS

(Note) HF: Hydrofluoric Etchant

#### 4) 표면 거칠기 측정

표면처리 후 세라믹 표면거칠기는 원자력 현미경 (AFM, XE-100, Park System, Korea)으로 측정하였다.

#### 5) 접착

표면처리된 리튬디실리케이트 세라믹 내면에 Bis-Silane A와 B를 섞은 후 세라믹 표면에 1-2회 코팅시킨 다음 30초 대기 후 에어 건조시켰다. 범랑질을 Uni-Etch로 15초간 산부식 시키고 물로 헹군 후 가볍게 에어 건조 시켰다. All-Bond resin A와 B를 혼합 한 후 치아표면에 1-2회 바르고 10초간 에어 건조 시킨 후 10초간 광중합하였다.

세라믹을 치아에 붙이기 전 세라믹 표면에 Porcelain Bonding Resin(Choice 2, Bisco, USA)을 얇게 발랐다. 그리고 veneer cement를 도포 후 헤모스타트를 이용하여 한 사람이 동일한 압력을 가해 치아에 붙였다. 1초간 광 조사 후 과잉된 레진을 제거하고, 네 방향으로 3초간 조사하여 완전히 붙였다. 모든 치아와 세라믹이 접착된 시편은 전단 실험 전 까지 37 $^{\circ}$ C 증류수에 24시간 보관하였다.

## 2. 기기분석

### 1) 전단 결합 강도 측정

만능시험기(Universal Testing Machine STM-5, United Calibration Corp.)로 분당 0.5 mm cross head speed로 전단결합강도를 측정하였다(Fig. 2). 치아에 부착된 세라믹이 분리될 때의 최대하중을 측정하였다.

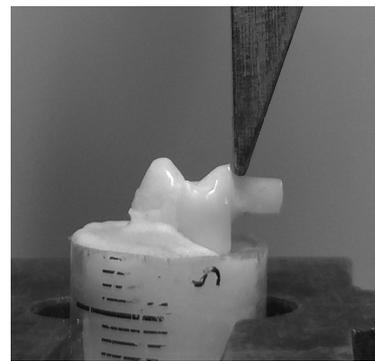


Figure 2. Shear bond testing assembly on universal testing.

### 2) 통계 처리

SPSS WIN 17.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 one-way ANOVA 분석법과 two-way ANOVA 분석법을 사용하였고, 사후 분석으로 Tukey HSD test를 실시하였다(p=0.05).

## III. 결과

### 1. 표면거칠기

표면처리 후 표면거칠기 평균 Ra 값은 Table 3에 나타내었고, AFM 이미지는 Figure 3에 나타내었다.

IPS e.max press 리튬디실리케이트 세라믹의 표면처리 후 표면거칠기 분석결과, EBS군이 0.308 $\mu$ m로 가장 높게 나타났으며, EBHS군 0.254 $\mu$ m, EHS군 0.178 $\mu$ m 순으로 나타났다..

Mazic Claro 리튬디실리케이트 세라믹의 표면처리 후 표면거칠기 분석결과, MBS군이 0.441 $\mu$ m로 가장 높게 나타났으며, MHS군 0.295 $\mu$ m, MBHS군 0.291 $\mu$ m 순으

로 나타났다.

AFM을 통한 표면거칠기 분석결과, 불산처리를 한 시편의 표면은 전체적으로 고르게 언더컷이 형성되었고, 샌드블라스팅된 표면은 깊고 날카로운 구(groove) 형상의 표면을 보였다.

Table 3. Mean surface roughness of lithium disilicate ceramics

Group	EBS	EHS	EBHS	MBS	MHS	MBHS
Ra(μm)	0.308	0.178	0.254	0.441	0.295	0.291

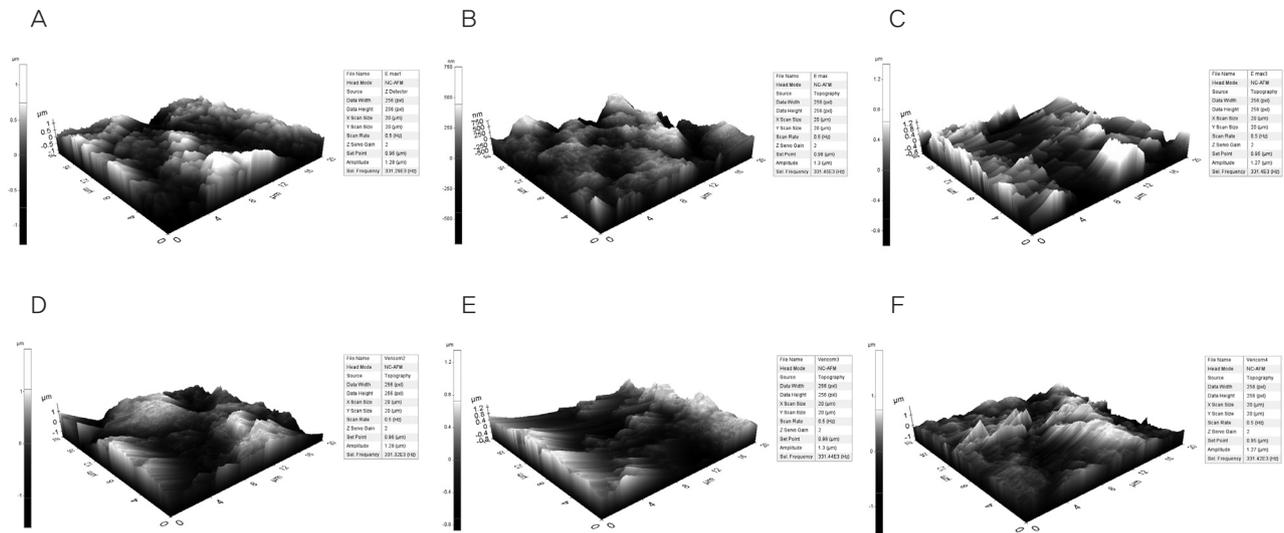


Figure 3. AFM images of lithium disilicate ceramics with surface treatments; (A)EBS (B)EHS (C)EBHS (D)MBS (E)MHS (F) MBHS.

## 2. 전단결합강도

세라믹 표면처리에 따른 범랑질과의 평균 전단결합강도 결과는 Table 4, 5와 Figure 4와 같다.

IPS e.max press 세라믹은 샌드블라스팅 후 불산 및 실란처리를 한 EBHS군이 33.08±4.47 MPa로 가장 높은 결합강도를 보였고, 불산처리 및 실란처리 한 EHS군 31.56±1.59 MPa, 샌드블라스팅과 실란처리 한 EBS군 23.81±2.78 MPa 순으로 나타났다. EHS군과 EBHS군 간의 통계학적 유의차는 없었고(p>.05), EBS군은 EHS, EBHS 두 군과 통계학적 유의차가 있었다(p<0.5).

Mazic Claro 세라믹은 샌드블라스팅 후 불산 및 실란처리를 한 MBHS군이 33.99±4.85 MPa로 가장 높은 결합강도를 보였고, 불산처리 및 실란처리 한 MHS군 31.82±1.58 MPa, 샌드블라스팅과 실란처리 한 MBS군 29.44±2.54 MPa 순으로 나타났다. 집단 간 통계학적 유의차는 없었다(p>.05).

Two-way ANOVA 분석 결과는 Table 6과 같다. 세라믹 종류에 대한 결합강도는 유의차가 없었고(p>.05) 표면처리방법에 대한 결합강도는 유의차를 보였다(p<.05). 세라믹 종류와 표면처리방법간의 상호작용 효과는 유의한 작용을 하지 않는 것으로 나타났다(p>.05).

Table 4. Shear bonding strength of IPS e.max press

Group	shear bonding strength (MPa)	F	p
EBS	23.81±2.78 <sup>b</sup>		
EHS	31.56±1.59 <sup>a</sup>	12.25	0.001
EBHS	33.08±4.47 <sup>a</sup>		

a, b : Different letters mean significant difference at p<0.05 level.

Table 5. Shear bonding strength of Mazic Claro

Group	shear bonding strength (MPa)	F	p
MBS	29.44±2.54a		
MHS	31.82±1.58a	2.39	0.134
MBHS	33.99±4.85a		

a, b : Different letters mean significant difference at p<0.05 level.

Table 6. 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
CeramicBrand (A)	38,567	1	38,567	3,685	.067
SurfaceTreatment (B)	255,966	2	127,983	12,228	.000
A*B	42,892	2	21,446	2,049	.151
Error	251,189	24	10,466		
Total	28716,615	30			

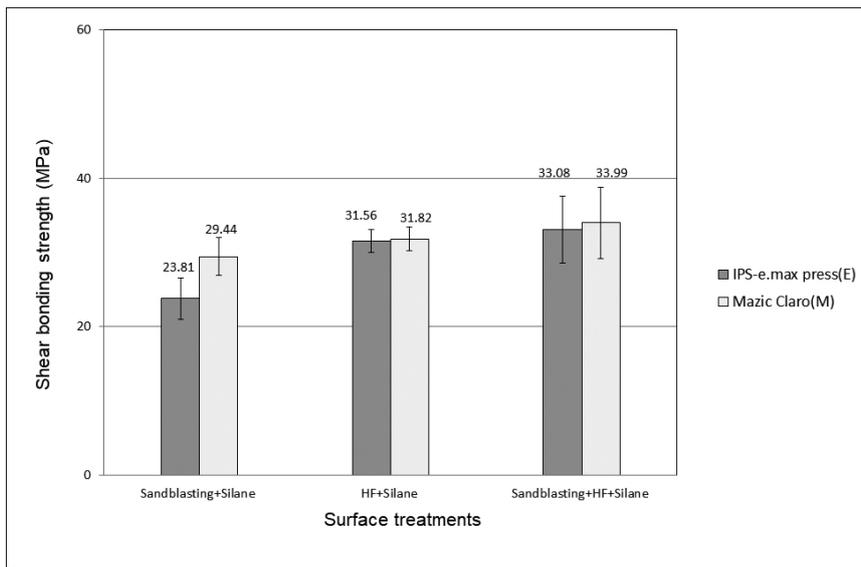


Figure 4. Mean shear bond strength of Lithium disilicate ceramics after surface treatments.

#### IV. 고찰

리튬디실리케이트 세라믹의 종류와 표면처리방법이 법랑질과의 전단결합강도에 미치는 영향에 대해 알아보기 위하여 2 종류의 세라믹을 사용하여 시편을 제작하고 3 가지 표면처리방법으로 표면처리한 후 표면거칠기를 측정하였고, 표면 처리된 시편을 법랑질에 접착시킨 후 전단결합강도실험을 실시하였다.

전단결합강도 시험결과, IPS e-max press 세라믹 시편은 샌드블라스팅 후 불산 및 실란처리를 한 EBHS군이 가장 높은 결합강도를 보였고, 불산처리 및 실란처리 한 EHS군, 샌드블라스팅과 실란처리 한 EBS군 순으로 나타났다. EHS군과 EBS군의 전단결합강도는 유의차 있게 나타났다( $p < .05$ ). Salvio 등(2007)은 IPS Empress 2 세라믹과 레진간의 결합강도 실험에서 10% 불산 표면처리가 50 $\mu$ m 샌드블라스팅 처리한 경우보다

우수한 결합강도를 보였다고 하였고, Ahrari 등(2017)은 IPS e.max CAD와 레진간의 결합강도 실험에서 9.6% 불산을 2 분간 표면처리한 경우가 50 $\mu$ m 입자 크기, 2.5bar 압력으로 샌드블라스팅한 경우보다 결합강도가 높다고 하였다. Guarda 등(2013)은 IPS e.max 세라믹과 레진과의 결합에서 50 $\mu$ m 샌드블라스팅 처리한 것 보다 10% 불산으로 표면처리 했을 때 더 높은 전단결합강도를 보였다고 하였다. 이는 불산이 세라믹 표면의 실리카 성분을 녹여 접착면적을 늘려 레진과의 언더컷을 증대시키는 역할을 한 것으로 판단된다(Freiman and Swanson, 1990). 반면 샌드블라스팅은 불산에 비해 거친 표면을 만들지만 낮은 결합력을 보이는 것은 알루미나 옥사이드 입자가 세라믹표면에 축적되어 레진/세라믹결합에 방해가 된 것으로 판단된다(Pollington et al, 2010). 또한 샌드블라스팅된 표면은 깊고 날카로운 구(groove) 형상을 보이는데 레진이 흘러들어 가지

못하여 유지력이 낮아진 것으로 판단된다.

Mazic Claro 세라믹은 샌드블라스팅 후 불산 및 실란처리를 한 MBHS군이 가장 높은 결합강도를 보였고, 불산처리 및 실란처리 한 MHS군, 샌드블라스팅과 실란처리 한 MBS군 순으로 나타났다. IPS e.max press 실험군과 유사한 결과를 보였으나, MHS군과 MBS군의 유의차는 없었다( $p > .05$ ). Olympus castable ceramic(Olympus co., Japan)은  $Li_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $SiO_2$ , F 로 구성된 세라믹이며 레진간의 결합강도 실험에서 불산처리시 23.3 MPa, 샌드블라스팅처리시 22.6 MPa로 두 표면처리 결과가 (Shimada et al, 2002) 본 연구와 유사하다. 이는 세라믹 표면처리에 따른 결합력은 세라믹을 구성하는 원소와 비율에 따라서 달라 질 수 있다고 판단된다. 표면거칠기 측정결과 MBS군이 EBS군 보다 높은 Ra값이 나타났는데 이는 같은 입자크기의 샌드블라스팅 표면처리시 표면거칠기가 높을수록 결합강도는 높은 것으로 판단된다. 그리고 Two-way ANOVA 분석 결과 세라믹 종류에 대한 결합강도는 유의차가 없었다( $p > .05$ ).

Oh and Shen(2003)은 3 종류의 세라믹과 레진간의 결합강도 실험에서 모든 세라믹에서 50  $\mu m$  알루미나샌딩과 5% 불산처리를 병행한 표면처리의 경우가 가장 높은 결합강도를 보였다고 하였다. Kansu and Gokdeniz(2011)은 IPS Empress(Ivoclar Vivadent AG, Schaan Liechtenstein) 와 IPS Empress 2(Ivoclar Vivadent AG, Schaan Liechtenstein) 2 가지 세라믹의 전단결합강도실험에서 50  $\mu m$  알루미나샌딩처리 후 9.6% 불산 표면처리를 한 경우가 가장 높은 결합강도를 보였고 IPS Empress 보다 IPS Empress 2의 결합강도가 높게 나왔는데 이는 세라믹의 미세구조가 결합강도에 영향을 미친다고 보고하였다. 본 연구에서도 2 가지 리튬디실리케이트 세라믹 모두 샌드블라스팅과 불산을 병행 표면처리한 경우가 가장 높은 결합강도를 보였다. 이는 샌드블라스팅 표면처리로 깊은 골짜기 형태의 표면이 형성되고 불산에 의해 표면이 녹아 표면거칠기는 낮아지나 단위면적당 유지구의 수는 늘어나고 레진이 잘 흘러들어갈 수 있는 표면이 형성된 것으로 판단된다.

Soares 등(2005)은 세라믹과 레진간의 결합강도 실험에서 100 $\mu m$ 입자 샌드블라스팅 표면처리 보다 50 $\mu m$ 입자 샌드블라스팅 표면처리 시 더 높은 결합강도를 보인다고 하였다. 작업시간 단축을 위해 매물제 제거과정에서 100 $\mu m$  입자 샌드블라스팅을 사용하는데 세라믹과 레진간의 결합강도 향상을 위해 추가적인 50 $\mu m$  입자 샌드블라스팅이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구는 리튬디실리케이트 세라믹을 직접 치아에 붙여 결합강도를 실험하였다. 세라믹을 치아에 붙이는 과정에서 동일한 압력을 가하지 못한 실험적 한계로 인해 레진시멘트의 두께가 일정하지 못한 부분에 대한 결과치 오차가 발생할 수 있었다. 그리고 구강환경을 고려한 열순환 후의 결합강도 비교실험 및 파절면 관찰 등 추가 실험이 필요하다고 판단된다.

## V. 결론

표면처리방법과 세라믹 종류가 리튬디실리케이트 세라믹과 범랑질과의 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 IPS e.max press와 Mazic Claro 리튬디실리케이트 세라믹을 사용하여 시편을 제작한 다음 50  $\mu m$  샌드블라스팅 표면처리 방법, 9.5% 불산 표면처리 방법, 50 $\mu m$  샌드블라스팅처리 후 9.5% 불산 표면처리 방법으로 표면처리하여 표면거칠기를 비교하였다. 그리고 표면처리된 시편을 범랑질에 접착시킨 후 전단결합강도를 측정한 결과는 다음과 같다.

1. 세라믹 종류에 따른 전단결합강도는 모든 표면처리 방법에서 Mazic Claro가 IPS e.max press 보다 높은 것으로 나타났으며, 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2. IPS e.max press에서는 50 $\mu m$  샌드블라스팅처리 후 9.5% 불산으로 표면처리한 방법이 가장 높게 나타났으며, Mazic Claro에서는 표면처리에 따른 전단결합강도의 유의한 차이가 없었다.

## REFERENCES

- Ahrari F, Boruziniat A, Mohammadipour HS, Alirezaei M. The effect of surface treatment with a fractional carbon dioxide laser on shear bond strength of resin cement to a lithium disilicate-base ceramic, *Dental research*, 14, 195–202, 2017.
- Borges GA, Sophr AM, DeGoes MF. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics, *The Journal of prosthetic dentistry*, 89, 479–488, 2003.
- Calamia JR. Etched porcelain veneer: The current state of the art, *Quintessence Int*, 16, 5–12, 1985.
- Cura C, Saracoglu A, Cotert HS. Effect of different bonding agents on shear bond strength of composite-bonded ceramic to enamel, *The Journal of prosthetic dentistry*, 89, 394–399, 2003.
- Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin, *Journal of Dentistry*, 38, 39–43, 2010.
- Freiman SW, Swanson PL. Fracture in polycrystalline ceramics, *Deformation Processes in Minerals, Ceramics and Rocks*, 1, 72–78, 1990.
- Garber D. Porcelain laminate veneers: Ten years later Part I, Tooth preparation, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 5, 57–62, 1993.
- Guarda GB, Correr AB, Goncalves LS, Costa AR. Effect of surface treatment, thermocycling, and cyclic loading on the bond strength of a resin cement bonded to a lithium disilicate glass ceramic, *Operative dentistry*, 38, 208–217, 2013.
- Jones GE, Boksman L, McConnell RJ. Effect of etching technique on the clinical performance of porcelain veneers, *Quintessence of Dental Technology*, 10, 635–637, 1986.
- Kansu G, Gokdeniz B. Effects of different surface treatment methods on the bond strengths of resin cements to full ceramic systems, *The journal of dental sciences*, 6, 134–139, 2011.
- Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite, *The Journal of prosthetic*, 60, 288–291, 1988.
- Nelson E, Barghi N. Effect of APF etching time on resin bonded porcelain, *Journal of Dental Research*, 68, 271, 1989.
- Oh W, Shen C. Effect of surface topography on the bond strength of a composite to three different types of ceramic, *The Journal of prosthetic dentistry*, 90, 241–246, 2003.
- Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. The 5-year clinical performance of direct composite additions to correct tooth form and position Part II. *Clinical Oral Investigations*, 1, 12–18, 1997.
- Pollington S, Fabianelli A, Van NR. Microtensile bond strength of a resin cement to a novel fluorcanasite glass-ceramic following different surface treatments, *Dental materials*, 26, 864–872, 2010.
- Ramakrishnaiah R, Alkheraif AA, Divakar DD, Matinlinna J, Vallittu P. The effect of hydrofluoric acid etching duration on the surface micromorphology, roughness, and wettability of dental ceramics, *Int J Mol Sci*, 17, 822, 2016.

- Salvio LA, Correr-Sobrinho L, Consani S, Sinhoreti MA. Effect of water storage and surface treatments in the tensile bond strength of IPS Empress 2 ceramic. *Journal of prosthodontics*, 16, 192-199, 2007.
- Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dental materials*, 18, 380-388, 2002.
- Simonsen RJ, Calamia JR. Tensile bond strength of etched porcelain. *Journal of Dental Research*, 62, 297, 1983.
- Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory processed composite restorations: A literature review. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 17, 224-235, 2005.