

## Empress 2 도재와 레진시멘트의 결합강도에 관한 연구

동아대학교 의과대학 치과학교실, 부산대학교 치과대학 보철학교실\*

김정숙 · 황희성 · 정창모\* · 전영찬\*

### I. 서 론

사회적, 경제적 발전과 더불어 치과보철수복분야에서 환자나 임상가들의 심미성에 대한 요구가 높아지고 생체 친화성이 중시되면서 치과용 도재가 임상에서 널리 사용되고 있는데 도재의 인장강도에 기인하는 파절때문에 금속을 병용한 금속도재관이 사용되어 왔다. 그러나 금속도재관은 금속 구조물이 빛의 투과를 차단하여 비심미적이라는 단점을 가지고 있어서 최근에는 도재로만 제작이 가능한 전부도재관이 각광을 받고 있다.<sup>1)</sup>

IPS-Empress는 백류석 강화형 도재의 한 종류로 백류석 결정은 유리 기질을 강화시키고 미세 균열이 전파되는 것을 막는 역할을 수행한다. Empress는 도재의 수축을 최소화하기 위해 미리 결정화 처리한 결정화유리에 열과 압력을 가하여 성형하는 열가압 방식을 사용하며, 백류석 결정과 유리기질의 열팽창 계수가 다르므로 제작 과정에서 도재의 강도가 증가되는 특성을 보이고, 또한 색조의 재현성이 우수하고 마모도가 자연치와 비슷하여 자연치의 마모를 덜 유발하며 제작과정이 다른 전부도재관에 비해 간단하다는 장점을 가진다.<sup>2,3)</sup> 이런 장점이 있는 반면에, 백류석 결정에 의한 강도 증가에는 한계가 있어 그 적응증이 inlay, onlay, veneer 및 단일관으로 제한된다.<sup>4,5)</sup>

계속가공의치를 제작할 목적으로 1998년에 IPS-Empress 2가 소개되었는데, Empress 2는 기존의 Empress의 단순한 변형이 아니라 전혀 새로운 도재이다.<sup>4,6)</sup> Empress가 30~40%의 결정 용적비를 가진

leucite-reinforced ceramic인데 반해, Empress 2는 lithium disilicate glass-ceramic으로 결정의 용적비율이 60%이상이어서 강도와 파괴인성이 상당히 개선되었다. 결정용적이 높은데도 불구하고 lithium disilicate 결정의 빛굴절률이 유리기질과 유사하여 우수한 빛투과도를 보여 심미적이다. 또한 layering 재료도 개선되었는데, 바늘모양의 fluorapatite 결정이 포함되어 있으며, 이 결정은 모양과 조성이 자연치의 법랑질에서 나타나는 불화석 결정과 유사하여 물리적, 광학적 특성이 자연치와 상당히 유사하다.<sup>4,7,8)</sup>

Culp<sup>9)</sup>와 임<sup>10)</sup>은 Empress 2를 이용한 계속가공의치를 제작하여 만족스런 결과를 얻었다고 보고하였으며, Sorensen 등<sup>11)</sup>은 Empress 2를 이용한 레진접착가공의치를 제작하여 임상적용한 결과 Empress 2가 인레이나 온레이를 이용한 보존적 계속가공의치에도 성공적으로 이용될 수 있다고 하였다.

전부도재관의 내구성에 영향을 주는 요소로는 도재의 물성, 접착제의 종류와 접착 방법, 지대치 상태가 중요하다. 이중 접착체에 관한 연구에 의하면 레진 시멘트를 사용하여 전부도재관을 치아에 접착시킨 것이 종래의 인산아연 시멘트나 글래스아이오노머 시멘트를 사용한 경우에 비해 도재의 결합강도 및 파절 저항성이 개선되었다고 보고되었다.<sup>12-14)</sup> 레진 시멘트의 종류에 따라라도 차이를 보이는데, 정 등<sup>15)</sup>은 Empress 도재관의 접착시 Variolink 시멘트의 경우가 Bistite 시멘트보다 변연누출이 적다고 보고하였다. In-Ceram 도재관 접착시에는 인산 에스테르계 레진 시멘트가 다른 Bis-GMA 레진 시멘트보다 결합

강도가 높다고 Kern 등<sup>16)</sup>과 윤 등<sup>17)</sup>은 보고하였고, 임<sup>18)</sup>은 Lute-it이 Panavia 21과 Super-Bond C&B 보다 변연적합도와 파절강도가 우수하다고 보고하였다. 따라서 전부도재판의 종류에 따라 레진 시멘트도 선택적으로 사용되어야 한다.

도재와 레진 시멘트의 결합력은 도재의 표면처리를 통해 향상되었는데, 표면처리는 크게 알루미늄 분사, 산 식각 등을 이용한 기계적인 것과 실란, 실리카 코팅 등에 의한 화학적인 것으로 나눌 수 있다. 알루미늄 분사<sup>19,20)</sup>나 silane도 결합강도를 증가시켰지만<sup>21-23)</sup>, 많은 선행들은 식각이 레진 시멘트의 결합에 중요하다고 말했다<sup>19,21,24,25)</sup>. Stangel과 Nathanson<sup>21)</sup>은 leucite 결정을 함유하는 장식계 도재와 복합 레진의 결합력을 실험한 결과 도재의 식각이 결합강도에 가장 중요한 요소라고 했다. Calamia 등<sup>26)</sup>과 Lacy 등<sup>23)</sup>은 장식계 도재의 식각재로 여러 산들이 사용될 수 있으나 불화수소산을 사용하였을 때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있다고 하였다. Simonsen과 Calamia<sup>25)</sup>는 레진과 도재간의 인장결합강도는 식각시간이 길수록 향상된다고 하였고 Calamia 등<sup>26)</sup>은 도재의 결합강도를 최대화하기 위해서는 도재종류에 따라 식각농도와 식각시간을 다르게 하여 사용하여야 한다고 하였다.

Empress의 식각농도와 식각시간에 대해 제조사는 5% 불산으로 60초간 식각할 것을 추천하며, Empress 2에 대해서는 5% 불산으로 20초간 식각할 것을 추천하고 있다<sup>27)</sup>. 그러나 Hofmann 등<sup>28)</sup>의 Empress 도재의 표면처리에 관한 연구에서는 5% 불산으로 120초 이상 식각처리해야만 최적의 결합강도를 얻을 수 있다고 하였다. Empress 2에 관해서

는 아직까지 보고된 바가 없다.

본 연구에서는 최근 개발되어 임상上使用되고 있는 Empress 2의 접착시 레진 시멘트 종류와 표면처리가 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 3종류의 레진 시멘트를 사용하여 도재-레진 시편군들의 결합강도를 측정 비교하였고 식각시간에 따른 Empress 2 도재의 미세구조변화를 주사전자현미경으로 관찰하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

Empress 2의 층형성용 ingot(#400)으로 시편을 제작하였고, 식각을 위해 4% 불산(Bisco, Inc., USA)을 사용하였으며, Variolink II (Vivadent, Liechtenstein), Super-Bond C&B(Sun Medical Co., Ltd., Japan), Panavia F(Kuraray Co., Ltd., Japan) 3종류의 레진 시멘트를 사용하였다(Table I).

### 2. 연구방법

#### 1) 시편 제작

제조사의 지시에 따라 매물, 소환, 열가압하여 6×6×1.5mm 크기의 Empress 2 도재 시편을 총 66개 제작하였다.

매물재를 제거하고 diamond disk로 주입선을 제거한 후, Invox liquid로 10분간 초음파세척한 후 건조시키고 #150-#800 grit의 SiC 연마지로 단계적으로

**Table I.** Experimental materials used in this study

Material	Brand name	Composition	Manufacturer
Ceramic system	IPS-Empress 2	Lithium disilicate glass-ceramic	Ivoclar AG, Liechtenstein
	Porcelain etchant	4% Hydrofluoric acid	Bisco, USA
Surface treatment	Monobond-S	3-methacryloxypropyl-trimethoxysilane	Vivadent, Liechtenstein
	Heliobond	Bis-GMA Triethylene glycol dimethacrylate	Vivadent, Liechtenstein
Resin cement	Variolink II	Dual cure composite resin	Vivadent, Liechtenstein
	Super-Bond C&B	Autocure composite resin	Sun Medical, Japan
	Panavia F	Dual cure composite resin	Kuraray, Japan

**Table II.** Experimental groups

Group	Ceramic surface	Resin cement
EV	Etching	Variolink II
ES	Etching	Super-Bond C&B
EP	Etching	Panavia F
NV	No etching	Variolink II
NS	No etching	Super-Bond C&B
NP	No etching	Panavia F

연마한 후, 1bar의 압력으로 알루미나 분사하였다. 완성된 시편중 6개를 제외한 60개를 아크릴릭 레진에 포매하였다.

## 2) 표면 처리

60개의 시편을 3가지 레진 시멘트 종류와 식각여부에 따라 여섯 실험군으로 분류하고 10개의 시편을 한 군으로 하였다(Table II).

30개의 시편을 4% 불산으로 20초 식각후, 1분간 세척하였고, 40초간 건조시켰다. 건조된 도재표면은 silane coupling agent인 Monobond-S(Vivadent, Liechtenstein)로 60초간 처리한 후 건조시키고, 접착성 레진인 Heliobond(Vivadent, Liechtenstein)를 얇게 도포하였다. 나머지 30개의 시편은 식각과정만 제외하고 동일하게 시행하였다.

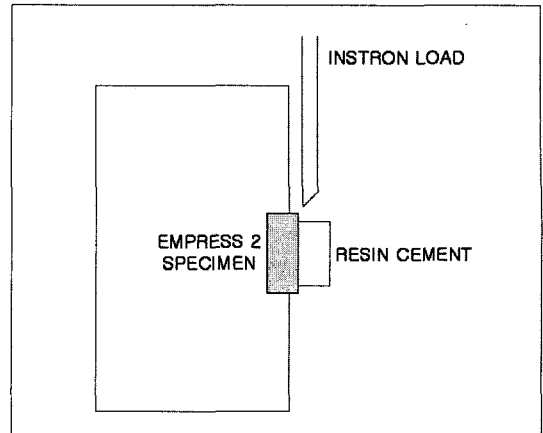
그리고 나머지 5개의 시편은 식각시간에 따른 도재표면의 미세구조 변화를 관찰하기 위해 4% 불산으로 10, 20, 30, 40, 60초씩 식각하고 1개는 식각처리를 하지 않았다.

## 3) 레진 시멘트 접착

표면식각처리와 아크릴릭 레진 포매가 완료된 시편 위에 직경 5mm, 두께 2mm의 플라스틱 링을 고정시킨 후, 제조자 지시에 따라 각 레진 시멘트를 혼합하여, 기포가 생기지 않게 약간 넘치도록 링 안을 채운 다음, 상부에 셀로판지를 덮어 시멘트와 공기를 차단시켰다. 접착이 완료된 직후 시편을 37℃의 항온수조에서 24시간동안 보관하였다.

## 4) 결합강도 측정

결합강도는 하중이 시편과 레진 시멘트 사이의 접착면과 동일한 방향으로 전달되도록 전단 결합강도 측정용 지그에 시편을 고정하여, 만능 시험기(Model



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

4301, Instron Co., England)에서 분당 0.5mm의 cross head speed로 접착면에 하중을 가하여, 축성한 레진 시멘트 블록이 시편과 분리될 때까지의 최대하중을 전단결합강도로 간주하였다(Fig. 1).

## 5) 주사전자현미경관찰

파절이 일어난 60개 시편의 표면의 양상을 관찰하고 6개 시편의 식각시간에 따른 미세 구조 변화를 관찰하기 위해 주사전자현미경(S-4200, HITACHI, Japan)을 이용하였으며 각각 40배율과 5,000배율로 관찰하였다.

## 6) 통계 처리

측정된 각 군의 결합강도의 유의성을 검증하기 위해 SAS 통계 프로그램(SAS, SAS Institute Inc., USA)에서 two-way ANOVA를 시행하였고, Duncan 다중비교(multiple range test)를 이용하여 군간 유의성을 검증하였다( $p < 0.05$ ).

# III. 연구 성적

## 1. 전단결합강도의 측정

Empress 2 도재 시편에 Variolink II, Super-Bond C&B, 그리고 Panavia F 레진 블록을 접착 후, Instron을 이용하여 레진 시멘트 블록이 시편과 분리될 때의 최대 하중값을 기록하고, 각 군의 평균값을

구한 결과, EV군이 18.284kg, ES군 15.989kg, EP군 12.742kg, NV군 5.866kg, NP군 4.788kg, NS군 2.711kg이었다(Table III, Fig. 2).

레진 시멘트의 종류와 식각여부에 따른 결합강도의 차이에 관한 통계적 유의성을 검증하기 위하여 two-way ANOVA를 시행한 결과, 레진 시멘트 종류와 식각여부에 따라 결합강도에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $P < 0.05$ )(Table IV).

각 군간의 차이를 비교하기 위하여 Duncan 다중 비교를 시행한 결과, 식각군의 결합강도가 비식각군보다 유의성있게 높았으며, 식각군 중에서는 Variolink II가 가장 높았고, Super-Bond C&B, Panavia F의 순이었으며, Panavia F는 나머지 두 군과

유의한 차이를 보였다. 비식각군에서는 Variolink II, Panavia F, Super-Bond C&B의 순으로 높은 결합강도를 보였고, Super-Bond C&B는 나머지 두 군과 유의한 차이를 보였다.

## 2. 파절 양상의 관찰

파절면의 관찰 결과 식각군은 복합 파절(mixed failure)양상이 접착성 파절보다 많았고 높은 결합력을 보이는 균일수복 복합 파절의 비율이 컸으며, Super-Bond C&B와 Panavia F의 경우에는 레진 시멘트에서의 응집성 파절(cohesive failure)양상도 있었다(Fig. 4, 6, 8). 비식각군은 레진 시멘트 종류에

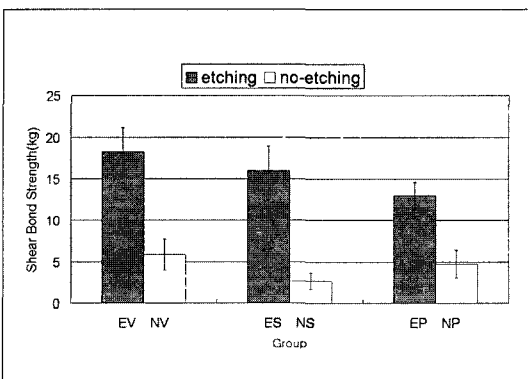
**Table III.** Means and standard deviation of bond strength for groups

Group	N	Mean±SD(kg)	Duncan's grouping*
EV	10	18.284±2.834	A
ES	10	15.989±2.959	A
EP	10	12.970±1.598	B
NV	10	5.866±1.841	C
NS	10	2.711±0.983	D
NP	10	4.788±1.646	C

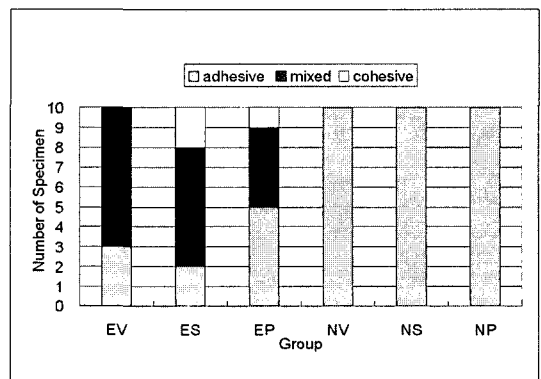
\*Groups with the same letter are not significantly different at  $p=0.05$ .

**Table IV.** Result of two-way ANOVA

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr>F
Etching	1	1887.081	1887.081	406.14	0.0001
Resin	2	124.855	62.428	13.44	0.0001
Etching*Resin	2	81.694	40.847	8.79	0.0005



**Fig. 2.** Shear bond strength of groups.



**Fig. 3.** Distribution of failure modes.

상관없이 모든 시편이 레진 시멘트와 도재간의 계면에서 접착성 파절(adhesive failure)양상을 보였다(Fig. 3). 주사전자현미경 소견에서 도재상에 레진 시멘트는 거의 찾아볼 수 없었다(Fig. 5, 7, 9).

### 3. 식각 도재표면의 주사전자현미경 소견

식각 도재표면의 주사전자 현미경 관찰결과 식각 시간에 따라 표면양상이 다양함을 보여주었다. 비식각 도재는 결정이 보이지 않았다(Fig. 10). 식각한 시편에서는 식각에 의해 glass matrix가 용해되어 lithium disilicate 결정이 보였는데, 10초 식각한 시편은 유리기질의 용해가 덜 되어 결정이 부분적으로 나타났고(Fig. 11), 20초 식각한 시편은 길이 0.5~5 $\mu$ m에 달하는 lithium disilicate 결정이 선명하게 보였다(Fig. 12). 30초, 40초, 60초 식각한 시편은 유리기질 뿐만 아니라 결정도 용해되어 무정형양상을 보였고 큰 기공이 많이 관찰되었다(Fig. 13~15).

## IV. 총괄 및 고안

치과용 도재는 뛰어난 생체 적합성과 심미적 색조 효과는 있으나, 도재의 낮은 인장강도와 파절저항성 때문에 금속도재전장판 형태로 사용되어 왔다. 금속 하부구조물로 인해 도재의 파절문제는 상당히 개선되었으나, 금속에 의한 심미성 저하와 변연치은의 변색, 그리고 주조체 변형 등의 문제가 발생하였다. 이러한 이유로 물성이 크게 개선된 최신 전부도재관 시스템에 관한 관심이 증가되고 있다.

전부도재관은 1886년 Land에 의해 최초로 소개되었으나 약한 물성으로 인해 임상에 널리 사용되지 못하였다.<sup>15)</sup> 그 후 1965년 McLean과 Hughes에 의해 aluminous porcelain이 소개되면서, 전부도재관에 대한 관심이 다시 일어났고, 그 후 전부도재관 제작을 위한 여러 가지 재료, 방법들이 개발되었다.<sup>17)</sup>

1980년대에 Cerestore, Dicor 등이 개발되었으나, 유리의 결정화 과정에서 부가적인 수축을 일으키고 기능 하중을 견딜 수 있는 충분한 강도를 갖지 못하였다.<sup>17)</sup>

1988년 Sadoun<sup>29)</sup>에 의해 소개된 In-Ceram은 slip-casting 방법을 이용하여 알루미늄 코어를 제작

하는 방법으로 강도가 높아 제한적인 계속가공의치의 제작도 가능하게 되었다. 그러나 코어의 투명도가 낮아 심미성을 저해할 수 있으며 제작시간이 긴 단점이 있다.

1990년 개발된 Empress 도재는 백류석강화 도재로서 백류석 결정이 유리 기질을 강화하고 미세 균열이 전파되는 것을 막는 역할을 수행한다. 이 시스템은 미리 결정화된 도재(ceramic ingot)를 높은 온도에서 가압(heat-press)하여 수복물을 제작한다. 미리 결정화된 도재를 사용하기 때문에 부가적인 수축이 최소화되어 변연적합성이 우수하고, 자연치와 유사한 빛 투과도를 지니고 있어 매우 심미적이다. 그러나 굽힘강도가 120MPa정도로 계속가공의치로는 사용될 수 없는 것이 단점이었다.<sup>3,4)</sup>

계속가공의치 증례에도 적용할 수 있는 Empress 2가 1998년에 소개되었는데 이는 기존의 Empress와 제작과정은 유사하나 결정종류와 결정의 용적비율이 다르다.<sup>4)</sup> Empress 시스템은 백류석 강화도재이며, 결정 용적비가 30~40%인 것에 반해 Empress 2는 lithium disilicate glass-ceramic이며 용적비가 60%이상이다. 용적비가 높고 결정이 긴밀하게 얽혀 있어 파괴인성과 강도가 상당히 향상되어, 굽힘강도가 350 $\pm$ 50MPa에 달한다. 대개 결정 용량이 높아질수록 강도가 증가되는 반면 도재의 불투명도도 증가하게 되어 심미성에 문제가 될 수 있으나 lithium disilicate 결정의 빛굴절률이 유리기질과 유사하여 결정용적이 높아도 우수한 빛투과도를 보인다. Empress 2의 선팽창계수는 10.6 $\pm$ 0.5 $\times$ 10<sup>-6</sup>/ $^{\circ}$ C으로 Empress(15.0 $\pm$ 0.5 $\times$ 10<sup>-6</sup>/ $^{\circ}$ C)보다 낮아 예전에 사용하던 veneering 재료를 더 이상 사용할 수 없다. 새로운 veneering 재료는 바늘모양의 fluorapatite 결정이 들어있는 sintered glass-ceramic으로 모양과 조성이나 자연치의 법랑질에서 나타나는 불화석 결정과 같아서 물리적, 광학적 특성이 자연치와 유사하다. 즉, 자연치와 유사한 마모도, 반투명도, 형광성, opalescence를 제공한다. 따라서 Empress 2는 강도가 강화됨으로써 다수치 수복에도 적용할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 심미적으로도 많은 임상적인 장점을 보이고 있다.<sup>4,6-8)</sup>

1953년에 Stookey가 처음으로 lithium disilicate glass-ceramic을 소개하였다. lithium disilicate 상의 핵화기전과 결정화되는 역학이 주목을 받았으나,

화학적 내구성이 떨어지는 것이 문제였다.<sup>6)</sup> 1990년 대에 Beall와 Echeverria에 의해 상당한 발전이 있었는데, 이들은 결정상의 핵화개시를 위한 성분과 유리기질을 형성하며 화학적 내구성을 향상시키는 성분들을 첨가하였다.<sup>6)</sup> 이후 Holand와 Schweiger 등<sup>6)</sup>이 이전의 lithium glass-ceramic과 비교하여 화학적 성질이 향상되고 투명도도 뛰어난 Empress 2를 개발하였다.

법랑질의 산 부식법이 소개된 이래로 레진 시멘트를 수복물의 접착제로 이용하는 방법이 꾸준히 연구되어 왔는데, 도재와 치아의 접착에서도 레진 시멘트를 사용함으로써 결합강도 및 파절강도가 향상되었음을 여러 선행들이 보고하였다.<sup>12,13)</sup> 또한 레진 시멘트는 기계적 성질, 피막 두께, 변연 적합성, 치질과의 화학적 결합력에 있어서 만족스러운 결과를 보여주고 있다.<sup>30)</sup> Grossman과 Nelson<sup>12)</sup>은 레진 시멘트가 법랑질, 상아질에 접착되어 수복물을 강화시킨다고 보고하였고, Eden과 Kacicz<sup>14)</sup>는 평균적으로 산부식시킨 도재를 이중경화 레진 시멘트를 이용하여 접착시킨 경우 ZPC로 접착된 도재판보다 2배의 하중에 저항을 나타낸다고 보고하였으며, 여러 연구에서 레진과 도재 사이의 결합력은 각 재료의 cohesive strength보다 강하다고 하였다.<sup>19,21,22,25)</sup> 따라서, 전부 도재판의 파절을 피하고 접착력을 강화하기 위하여 레진 시멘트를 적절히 사용할 필요가 있다.

수복물에 사용되는 접착성 레진 시멘트에는 일반적으로 Bis-GMA 시멘트, 인산 에스테르계 Bis-GMA 시멘트, 4-META 함유 시멘트의 3종류가 있다.<sup>31)</sup> 본 실험에 사용된 시멘트로서, Variolink II는 Bis-GMA계 이중중합형 레진 시멘트로 얇은 피막 두께와 조작성이 간편하여 임상적으로 널리 사용되어지고 있으며 Empress 2의 접착시멘트로 제조회사에서 추천하고 있다.

Panavia F는 최근에 소개된 인산 에스테르계 이중중합형 레진 시멘트로 Panavia 21과 도재에 대한 결합강도는 비슷하나, 광활성 촉매제(light-activated)를 함유하고 있어 광중합이 가능하다는 것과 표면 처리된 불화나트륨을 함유하고 있어 불소가 유리된다는 것이 차이점이다. 78wt%의 충전재를 함유하고 있어 압축강도가 높고 수분 흡수성이 낮으며 온도변화에도 민감하지 않아 중합 수축이 적으며 낮은 점조도를 가지고 있어 표면의 미세 구조 내로 깊이 침

투해 높은 접착강도를 나타내는 장점이 있다.<sup>32)</sup>

Super-Bond C&B는 methyl metacrylate 단량체에 접착성 단량체인 4-META가 함유되어 있고 tri-n-butyl borane(TBB)를 촉매제로 사용하는 자가중합형 레진 시멘트이다. 다른 접착 레진 시멘트와 달리 filler가 없어 압축강도와 경도는 떨어지나, 더 flexible한 bonding layer를 허용하여 stress의 분산이 잘 되고, 보철물의 탈락이나 파절없이 충격과 비틀림(torsion)을 잘 견딜 수 있다.<sup>33)</sup>

이와 같은 레진 시멘트를 이용하여 본 연구에서는 Empress 2 도재에 대한 전단결합강도를 측정할 결과, 식각한 군에서는 Variolink II 군과 Super-Bond C&B 군이 Panavia F 군보다 우수한 결과를 보여 주었고, 식각하지 않은 군에서는 Variolink II 군과 Panavia F 군이 Super-Bond C&B 군보다 우수한 결과를 보여 주었다. 이러한 결과로 볼 때 도재 접착시 레진 시멘트 종류가 결합력에 영향을 미칠 수 있다고 할 수 있으며, 접착면 식각처리도 결합력에 영향을 미침을 알 수 있다.

연구방법과 조건에 따라 그 결과의 차이는 있지만 도재와 레진 시멘트간의 전단결합강도를 비교한 다른 연구들을 살펴보면 Kato 등<sup>34)</sup>은 Panavia EX가 P21보다 소성된 도재에 더 큰 결합강도를 보인다고 하였고, Kamada 등<sup>35)</sup>은 Cerec 2 도재에 Super-Bond C&B, Panavia 21, Clapearl, 그리고 Vita Cerec Duo Cement를 접착한 결과 시멘트간에 유의한 차이가 있다고 하였다. 윤 등<sup>17)</sup>은 In-Ceram과 Panavia 21, Variolink II 간의 전단결합강도 측정 결과, 알루미늄 분사했을 때와 실란 처리했을 때 Panavia 21이 더 높은 결합강도를 보였다고 보고하였고, Kern과 Thompson<sup>16)</sup>도 인산 에스테르계 레진 시멘트(P21, PEX)가 conventional Bis-GMA 레진 시멘트보다 인장결합강도 높았다고 보고하였다. 반면 임<sup>18)</sup>은 레진 시멘트간에 유의한 차가 없다고 했다.

주사전자현미경으로 파절면을 관찰한 결과, 비식각군은 모든 시편이 결합계면에서의 접착성 파절양상을 보였다. 식각 시편은 결합계면에서의 파절과 레진 시멘트내의 파절이 혼합된 복합 파절양상을 보였으며 결합강도가 높은 순으로 혼합형 파절 비율이 컸다. 이는 도재와 레진 시멘트의 결합에는 도재 접착면의 식각이 중요하다고 했던 이전의 연구들과 일치하는 것이다.<sup>19,20,24)</sup>

도재와 레진 시멘트의 결합기전은 알루미늄 분사, 산 식각 등을 이용한 기계적 결합과 실란, 실리카 코팅 등에 의한 화학적 결합이 있으며 많은 선행들은 식각이 도재와 레진 시멘트의 결합에 크게 기여한다고 했다.<sup>19,21,24,25)</sup> Stangel과 Nathanson<sup>21)</sup>은 백류석 결합을 함유하는 장식계 도재와 복합 레진의 결합 강도에 대한 식각처리, 레진 시멘트, 실란이나 상아질 접착제의 영향을 실험하여 도재를 식각하는 것이 결합강도를 높이는 주요인이라는 연구결과를 발표했다.

Kern과 Thompson<sup>36)</sup>은 장식계 도재의 sand-blasting에 의한 마모도가 In-Ceram 도재보다 36배 높아서 장식계 도재에는 부피감소와 형태변화 유발 가능성이 있는 sandblasting을 금해야 한다고 하였으므로, 장식계 도재의 미세기계 유지 구조는 접착면의 식각처리를 통해 얻어야 한다. Calamia 등<sup>26)</sup>과 Lacy 등<sup>23)</sup>은 장식계 도재의 식각제로 여러 산들이 사용될 수 있으나 불산을 사용하였을 때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 식각의 기전은 불산이 도재의 silica상과 우선적으로 반응하여 hexafluoro-silicate를 형성하여, 결과적으로, 도재표면은 벌집 모양처럼 되고 이것이 미세유지를 제공한다.<sup>37)</sup> 본 연구에 사용된 Empress 2는 불산이 유리상을 용해하여 결정들이 양형을 이루게 되며 이것이 미세유지를 제공한다.

Sposetti 등<sup>38)</sup>은 식각시간과 불소 이온의 농도, pH, gel의 점조도 등이 도재 식각에 영향을 미친다고 하였고 Simonsen과 Calamia<sup>25)</sup>는 레진과 도재간의 인장결합강도는 식각시간이 길수록 향상되며, Calamia 등<sup>26)</sup>은 도재종류에 따른 식각농도와 식각시간이 최대 결합강도를 얻는데 중요하다고 하였다. Chen 등<sup>39)</sup>은 Cerec 2 도재를 5% 불산으로 식각시간을 다르게 하여 식각한 결과 120초 식각시 최대결합강도를 얻었다고 보고하였다. Stangel과 Nathanson<sup>21)</sup>은 장식계 도재의 전단결합강도는 2.5분간 식각한 것이 20분 식각 시보다 2~3배 크다고 한 바 있다. Sorensen과 Engelman<sup>24)</sup>도 20% 불산으로 3분간 식각하여 대부분의 장식계 도재에서 결합강도가 유의하게 증가하였다고 하였다.

Hofmann 등<sup>28)</sup>은 pressed ceramic의 표면상태가 콤포지트 레진과의 결합강도에 미치는 영향을 연구하였는데 식각하지 않은 도재 시편에 접착한 콤포지트

레진의 전단강도는 낮고 60초간 부식한 후의 결합강도는 비교적 높지만 120초간 부식한 후의 전단강도와는 비교할 만 하였다. 이로써 Empress 도재는 120초 이상 부식해야만 최적의 결합강도를 얻을 수 있다고 하였다. 임상적으로는 Empress에 대해 5% 불산으로 60초 식각을 추천하고 Empress 2는 20초 식각을 추천하고 있는데 lithium disilicate 유리 도재의 화학적 내구성이 떨어지는 것을 고려한 것으로 사료되며 본 연구에서는 주사전자현미경 관찰을 통하여 식각시간의 차이에 따른 Empress 2의 미세구조변화를 확인하였다.

주사전자현미경 관찰 결과, 20초 식각한 시편에서 가장 뚜렷하게 lithium disilicate 결정이 보였는데, 10초 식각한 시편에서는 유리기질이 부분적으로 용해되어 결정이 드러나기 시작하였고, 30초 이상 식각한 시편들에서는 결정까지 용해되어 파괴되는 무정형 양상을 보였고, 기공의 수와 크기도 점점 커졌다. 이러한 관찰조건을 종합하여 볼 때 Empress 2 도재는 20초 식각이 가장 적합한 것임이 확인되었다.

본 연구는 Empress 2 도재의 레진 시멘트에 따른 결합강도를 알아보려 하였고 부가적으로 식각이 결합강도에 미치는 영향과 식각시간에 따른 도재의 미세구조변화를 알아보려 하였는데, 본 연구 결과는 이전의 연구결과 및 제조사 지시사항과 일치하여 적절한 식각방법과 레진 시멘트 선택이 Empress 2 도재 수복물의 성공에 중요한 영향을 미칠 것으로 확인되었다.

## V. 결 론

본 연구에서는 최근 개발되어 임상에 사용되고 있는 Empress 2의 접착시 레진 시멘트의 종류와 표면 처리가 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 3종류의 레진 시멘트를 사용하여 도재-레진 시편군들의 전단결합강도를 측정하였다. 더불어, 식각시간에 따른 Empress 2 도재의 미세구조변화를 관찰하였다.

본 연구 결과는 아래와 같았다.

1. 레진 시멘트의 종류에 따른 차이를 비교한 결과, 식각한 군에서는 Variolink II와 Super-Bond C&B가 Panavia F보다 높은 결합강도를 보였으며, Variolink II와 Super-Bond C&B간에는 유

의한 차이가 없었다( $p < 0.05$ ).

2. 식각군의 결합강도가 비식각군보다 3~5배정도 높았다.
3. 레진 시멘트 종류에 상관없이 식각군은 복합 파절양상이 많았고, 결합강도가 높은 균일수록 복합 파절의 비율이 컸으며, 비식각군은 접착성 파절양상을 보였다. 그리고, 20초 식각한 도재가 가장 뚜렷한 lithium disilicate 결정구조를 보여주었으며 이로 미루어 20초가 가장 적절한 식각시간이라 사료된다.

## REFERENCES

1. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent* 1973;29:416-426.
2. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Schärer P. Heat-pressed ceramics: Technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992;5:9-16.
3. Mackert JR, Russell CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont* 1996;9:261-265.
4. Höland W. Materials science fundamentals of the IPS Empress 2 glass-ceramic. *Ivoclar Vivadent Report* 1998;12:3-10.
5. Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res* 2000;53:297-303.
6. Schweiger M, Holand W, Frank M et al. IPS Empress 2: A new pressable high-strength glass-ceramic for esthetic all-ceramic restorations. *Quintessence Dent Tech* 1999;22:143-151.
7. Severance G. Introducing a lithium disilicate glass-ceramic: IPS empress 2. *Signature* 1999;4:1-3.
8. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT. Research evaluations of a lithium disilicate restorative system: IPS Empress 2. *Signature* 1999;4:4-10.
9. Culp L. Empress 2 ; First year clinical results. *J Dental Tech* 1999;16: 12-15.
10. 임주환. IPS Empress 2 시스템과 CosmoPost 시스템의 제작과정 및 임상증례. *치과임상* 2000;8:634-642.
11. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT, Raffener O, Foser HP. The empress 2 system for conservative all-ceramic bridges. *J Multidiscipl Collab Prothodont* 1999;1:22-38.
12. Grossman DG, Nelson JW. The bonded Dicor crown [abstract]. *J Dent Res* 1987;66:206
13. Groten M, Prübster L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1997;10:169-177.
14. Eden GT, Kacicz JM. Dicor crown strength improvement due to bonding [abstract]. *J Dent Res* 1987;66:207.
15. Won-Yeob Jung, Sang-Chun Oh, Jin-Keun Dong. A study on the microleakage of the IPS-Empress ceramic crown according to margin types and resin cement. *J Korean Acad Prosthodont* 1998;36:789-804.
16. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: Adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995;73:240-249.
17. Jeong-Tae Yoon, Sun-Hyung Lee, Jae-Ho Yang. The influence of surface treatments on the shear bond strength of resin cements to In-Ceram core. *J Korean Acad Prosthodont* 2000;38:129-146.
18. Ju-Hwan Lim. Marginal fidelity and fracture strength of In-Ceram crowns according to various resin cements. *J Korean Acad Prosthodont* 1998;36:888-899.



19. Roulet JF, Söderholm KJM, Longmate J. Effect of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res* 1995;74: 381-387.
20. Thurmond JW, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent* 1994;72:355-359.
21. Stangel I, Nathanson D, Hsu CS. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J Dent Res* 1987;66:1460-1465.
22. Calamia JR, Simonsen RJ. Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain[abstract]. *J Dent Res* 1984;63:179
23. Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellings M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 1988; 60:288-291.
24. Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain *Int J Prosthodont* 1991;4:17-23.
25. Simonsen RJ, Calamia JR. Tensile bond strength of etched porcelain [abstract]. *J Dent Res* 1983;62:297.
26. Calamia JR, Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Hirsch SM. Shear bond strength of etched porcelains[abstract]. *J Dent Res* 1985;64:296.
27. Anonymous. Empress 2 Instruction for use. Ivoclar AG. 1998.
28. Hofmann N, Handrejk A, Haller B, Klaiber B. The surface conditioning of pressed ceramics and its effect on the bond strength to composites [abstract]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1993;103:1415-1420.
29. Sadoun M. All ceramic bridges with the slip casting technique. 7th International Symposium in ceramics, Paris, September, 1988.
30. Dixon DL, Breeding LC, Hughie ML, Brown JS. Comparison of shear bond strengths of two resin luting systems for a base and a high noble metal alloy bonded to enamel. *J Prosthet Dent* 1994;72:457-461.
31. Tai-Jin Yang, Ju-Hwan Lim, In-Ho Cho. A study of tensile bond strength according to varied treatment methods of non-precious metal surface and resin cements. *J Korean Acad Prosthodont* 1996;34:335-348.
32. Anonymous. Panavia F technical information. Kuraray co., Ltd. 2000.
33. Anonymous. Super-Bond C&B manual. Sun medical co., Ltd. 1999.
34. Matsumura H, Kato H, Atsuta M. Shear bond strength to feldspathic porcelain of two luting cements in combination with three surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997; 78:11-17.
35. 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: 508-513.
36. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994;71:253-461.
37. Yen TY, 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: 224-233.
38. Sposetti VJ, Shen C, Levin AC. The effect of topical fluoride application on porcelain restorations. *J Prosthet Dent* 1986;55:677-682.
39. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent* 1998;26:53-58.

## 사진부도 설명

- Fig. 4. SEM photomicrograph showing bond failure of EV group( $\times 40$ ).  
Fig. 5. SEM photomicrograph showing bond failure of NV group( $\times 40$ ).  
Fig. 6. SEM photomicrograph showing bond failure of ES group( $\times 40$ ).  
Fig. 7. SEM photomicrograph showing bond failure of NS group( $\times 40$ ).  
Fig. 8. SEM photomicrograph showing bond failure of EP group( $\times 40$ ).  
Fig. 9. SEM photomicrograph showing bond failure of NP group( $\times 40$ ).  
Fig. 10. SEM photomicrograph showing Empress 2 ceramic's surface without etching( $\times 5000$ ).  
Fig. 11. SEM photomicrograph showing Empress 2 ceramic's surface after 10 second etching( $\times 5000$ ).  
Fig. 12. SEM photomicrograph showing Empress 2 ceramic's surface after 20 second etching( $\times 5000$ ).  
Fig. 13. SEM photomicrograph showing Empress 2 ceramic's surface after 30 second etching( $\times 5000$ ).  
Fig. 14. SEM photomicrograph showing Empress 2 ceramic's surface after 40 second etching( $\times 5000$ ).  
Fig. 15. SEM photomicrograph showing Empress 2 ceramic's surface after 60 second etching( $\times 5000$ ).

---

### Reprint request to:

Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, Collage of Dentistry, Pusan National University  
1-10, Ami-dong, Seo-Gu, Pusan, 602-739, Korea.

jeonyc@hanmir.com

Explanation of Figures ①

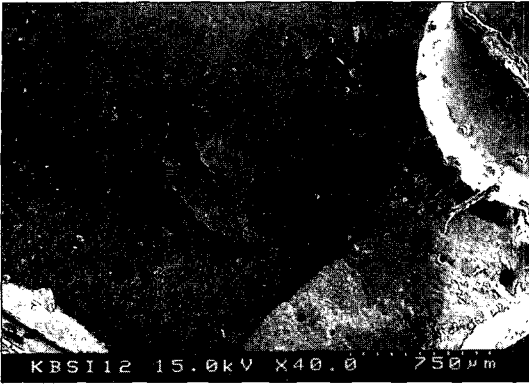


Fig. 4

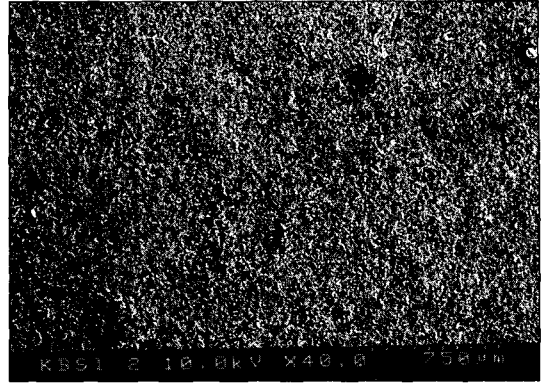


Fig. 5



Fig. 6

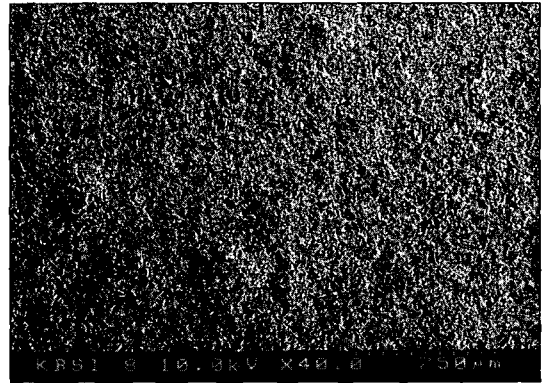


Fig. 7

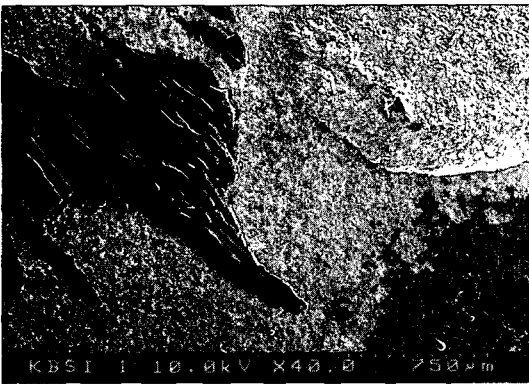


Fig. 8

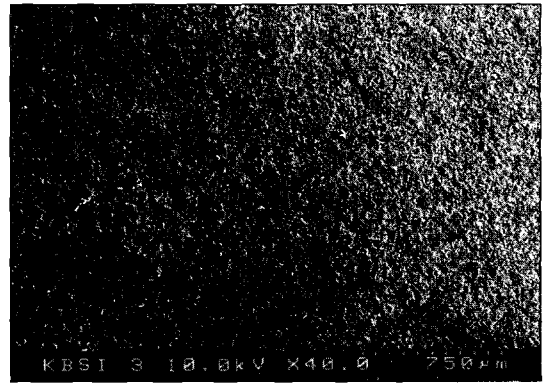


Fig. 9

Explanation of Figures ②

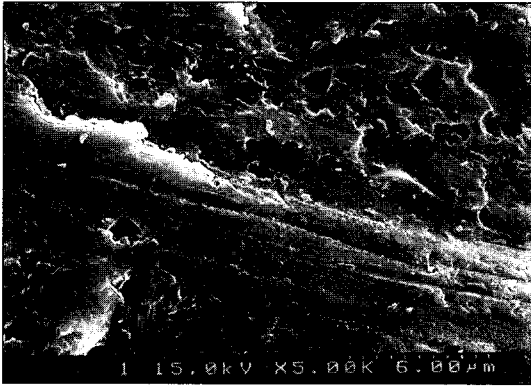


Fig. 10



Fig. 11



Fig. 12

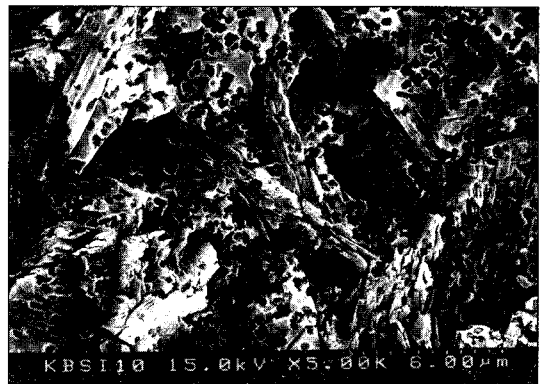


Fig. 13

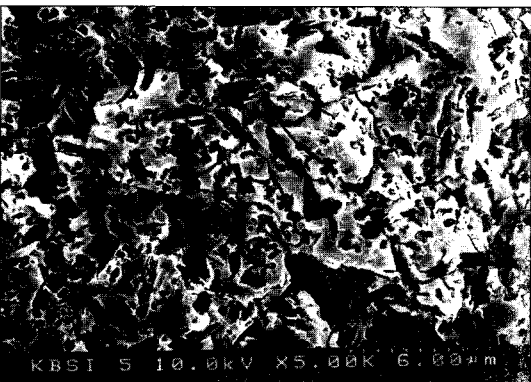


Fig. 14

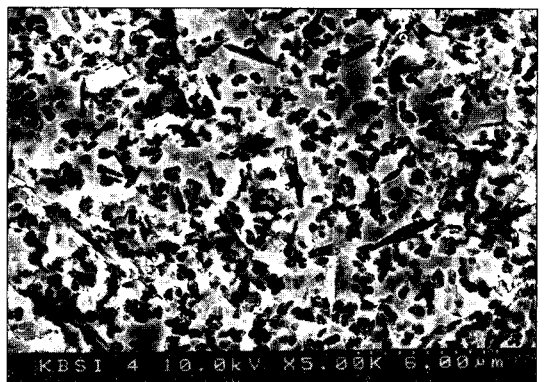


Fig. 15

## ABSTRACT

### A STUDY ON THE BOND STRENGTH OF RESIN CEMENTS TO EMPRESS 2 CERAMIC.

Jeong-Suk Kim, Hee-Seong Hwang, Chang-Mo Jeong\*, Young-Chan Jeon\*

*Department of Dentistry, Collage of Medicine, Dong-A University*

*Department of Prosthodontics, Collage of Dentistry, Pusan National University\**

The objective of this study was to investigate the influence of resin cements and ceramic etching on shear bond strength of Empress 2 ceramic and observe the change of microstructure of ceramic according to etching time.

Sixty-six square ceramic specimens( $6 \times 6 \times 1.5$ mm) were prepared. 6 specimens were etched with different etching times(0, 10, 20, 30, 40 and 60 seconds) and observed by means of a scanning electron microscope(SEM). Other sixty specimens were divided into 6 groups with 10 specimens in each group. 3 groups were etched with 4% hydrofluoric acid and each groups was bonded with 3 resin cements(Variolink II, Super-Bond C&B, Panavia F). Each specimen was subjected to a shear load in an Instron at a cross-head speed of 0.5mm/min and was observed with SEM after mechanical testing to establish modes of failure.

The results were as follows:

1. Within etched groups, Variolink II and Super-Bond C&B exhibited significantly greater bonding strengths than Panavia F( $p < 0.05$ ).
2. Bond strength of etching groups had three to five times greater than that of no-etching groups.
3. All of no-etching groups showed adhesive failure and etching groups mostly showed mixed failure. And, 20-second etching specimen showed the most distinct lithium disilicate crystal, so it is considered that 20-second etching is optimal time for bonding.

---

**Key words** : IPS-Empress 2, Shear bond strength