

# 불산 처리 시간이 강화형 전부도재관과 레진 시멘트의 전단 결합강도에 미치는 영향

전북대학교 치과대학 보철학교실

김경일 · 최근배 · 안승근 · 박찬운

## I. 서 론

최근 환자들의 심미적 요구 증가로 전부도재관은 임상에서 널리 적용되고 있으며 강도의 증진으로 인하여 전치부 뿐만 아니라 구치부 인레이, 온레이, 전장관으로까지 확대되고 있다.<sup>1,2)</sup>

계속가공의치를 제작할 목적으로 1998년 소개된 IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent AG., Schaan, Liechtenstein)는 기존의 IPS Empress의 단순한 변형이 아닌 lithium disilicate glass-ceramic으로 결정의 용적비율이 60%이상되어 강도와 파괴인성이 상당히 증가하였다.<sup>3,4)</sup> 결정 용적비율이 높은데도 불구하고 lithium disilicate 결정의 빛 굴절률이 유리기질과 유사하여 우수한 빛투과성을 보여 심미적이다. 또한 layering 재료도 개선되었는데, 비늘모양의 fluorapatite 결정을 포함하고 있으며, 이 결정의 모양과 조성이 자연치의 법랑질에서 나타나는 불화석 결정과 유사하여 물리적·광학적 특성이 자연치와 상당히 유사하다는 장점을 가지고 있다.<sup>3,5,6)</sup> 이런 장점을 바탕으로 Empress 2를 이용하여 제작된 계속가공의치나 레진접착가공의치 등이 임상적으로 만족할 만한 결과를 보여주었다.<sup>7,8)</sup>

성공적인 전부도재관 수복에 영향을 주는 요소로는 도재의 물성, 합착, 지대치의 상태 등이 있으며 이 중 합착에 관한 연구에서 전부도재관 합착시 종래의 인산아연 시멘트나 글래스아이오노머 시멘트

보다 레진 시멘트 사용시 도재의 결합강도 및 파절 저항성이 개선되었다고 하였다.<sup>9-11)</sup>

도재와 레진시멘트의 결합강도는 도재의 표면처리에 의해 향상되었으며 알루미늄 분사, 실란적용에 의해서도 결합강도는 증가하였지만,<sup>12,13)</sup> 많은 연구에서 불산 식각이 도재와 레진시멘트의 결합강도에 중요하다고 하였다.<sup>13-15)</sup>

최근 소개되어 임상에서 사용되고 있는 Empress 2의 경우 제조사는 5%불산으로 20초간 식각한 것을 추천하고 있고<sup>16)</sup>, Spohr 등은 10% 불산을 20초이상 적용하였을 때 최적의 결합강도를 얻었다고 하였다.<sup>19)</sup> 그러나 아직까지 Empress 2의 불산처리에 관해서는 연구가 미비한 상황이다.

이 연구에서는 불산처리 시간에 따른 수종의 레진 시멘트와 Empress 2 도재와의 전단 결합강도를 비교하고 이를 통해 Empress 2 도재를 위한 적절한 불산처리 시간과 레진시멘트를 알아보고자 한다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

도재는 layering technique용 IPS Empress 2 ingot 200 (Ivoclar Vivadent AG., Schaan, Liechtenstein)을 사용하였고, 레진 시멘트는 이원 중합형인 Variolink II (Ivoclar Vivadent AG., Schaan,

**Table I.** Material used in this study

	Brand		Manufacturer
Ceramic	IPS Empress 2 Ingot 200 (Layering Technique)		Ivoclar-Vivadent (Liechtenstein)
Resin Cement	Variolink II	Monobond-S Heliobond	Ivoclar-Vivadent (Liechtenstein)
	Panavia F	CLEARFIL PORCELAIN ACTIVATOR CLEARFIL SE BOND PRIMER	KURARAY MEDICAL (Japan)
	Panavia 21	CLEARFIL PORCELAIN ACTIVATOR CLEARFIL SE BOND PRIMER	KURARAY MEDICAL (Japan)
	Super-Bond C&B	Porcelain Liner M	SUN MEDICAL (Japan)
Hydrofluoric acid	10.0 wt% buffered hydrofluoric acid		Tokyo Chemical (Japan)

Liechtenstein)와 Panavia F (KURARAY MEDICAL INC., Okayama, Japan), 자가 중합형인 Panavia 21 (KURARAY MEDICAL INC., Okayama, Japan)과 Super-Bond C&B (SUN MEDICAL CO., Shiga, Japan)를 사용하였다. 불산은 10% 완충 불산 (TOKYO CHEMICAL Co., Tokyo, Japan)을 사용하였다 (Table I).

## 2. 연구 방법

### 1) 시편 제작

도재 시편을 제작하기 위해 10×15×3.5mm 크기의 패턴레진 블록을 제작하였고, 이를 제조사의 추천대로 매몰·소환·열가압하여 총 40개의 도재 시편을 제작하였다. 매몰재를 제거하고 diamond disk로 주입선을 제거한 후, 여분의 매몰재를 제거하기 위해 제조사의 추천대로 Invex liquid (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)에 10분간 침적한 후 10분간 초음파 세척을 시행하였고, 1000 grit SiC 연마지를 이용하여 표면 연마를 시행하였다. 표면 연마 후 1bar의 압력하에서 50 $\mu$ m aluminum oxide를 이용하여 5초간 sandblasting하고 10분간 초음파 세척하였다 (Fig. 1).

### 2) 표면 처리

준비된 도재 시편을 사용할 레진 시멘트에 따라 4군으로 분류한 후 10% 완충 불산을 사용하여 각각

0, 10, 30, 60, 180, 300, 420, 600, 900초 간 불산 처리하고 각 레진 시멘트 제조사가 추천하는 silane coupling agent와 bonding agent를 사용하여 제조사의 지시에 따라 표면 처리하였다 (Table II).

### 3) 레진 시멘트 접착

표면 처리가 완료된 도재 시편에 레진 시멘트를 합착하기 위해 내면 직경 1.6mm, 높이 3mm의 acrylic glass tube를 사용하였고, 제조사의 지시에 따라 레진 시멘트를 혼합하여 기포가 생기지 않게 acrylic glass tube에 채운 후 도재 시편 표면에 수직이 되도록 부착하였다. 부착 후 제조사의 지시에 따라 중합하였고, 부착 2시간 후 acrylic glass tube를 제거하였고 24시간 동안 실온에 방치하였다 (Fig. 2).

### 4) 결합 강도 측정

전단 결합강도 실험 전에 합착된 레진 시멘트 실린더를 광학·현미경(×30) 하에서 검사하여 변연부 gap, 기포, 결함이 있는 시편은 제외하였다. 결합강도는 하중이 도재 시편과 레진 시멘트 사이의 합착면과 동일한 방향으로 전달되도록 전단 결합강도 측정용 지그에 고정된 후, 인스트론 만능 시험기 (model 4201, Instron Co., Massachusetts, USA)에서 분당 1mm의 crosshead speed로 합착면에 하중을 가하여 레진 시멘트 실린더가 도재시편에서 분리될 때까지의 최대 하중을 측정하였다 (Fig. 3, 4).

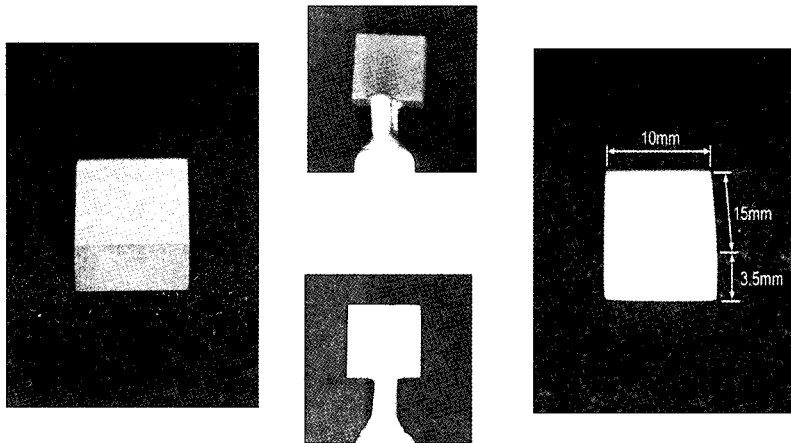


Fig. 1. Resin pattern and completed ceramic specimen.

**Table II.** Cementation procedure of resin cements and etching periods

Cement \ Etching period	0	10	30	60	180	300	420	600	900	
Variolink II	Monobond-S (60s) → Heliobond → Variolink II Base + Catalyst (A3 low viscosity) (2min)									
Panavia F	CLEARFIL SE BOND PRIMER + PORCELAIN BOND ACTIVATOR (60s) → Panavia F A+B paste (2min)									
Panavia 21	CLEARFIL SE BOND PRIMER + PORCELAIN BOND ACTIVATOR (60s) → Panavia21 TC paste									
Super-Bond C&B	Porcelain Liner M (A+B liquid, 60s) & → Catalyst + Polymer (Ivory) + Monomer									

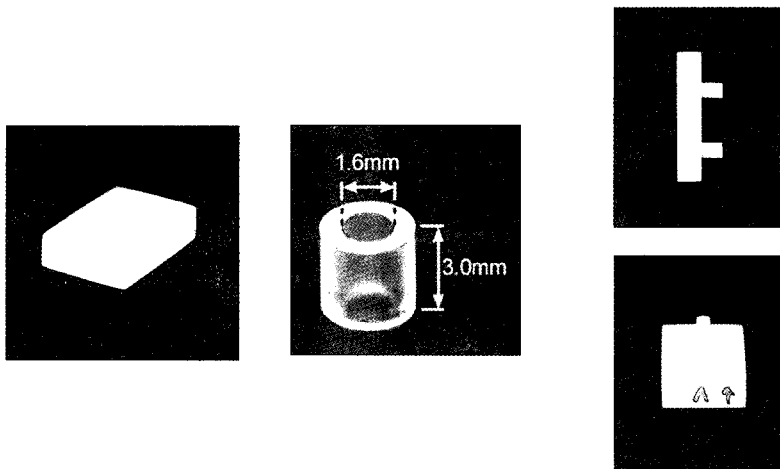
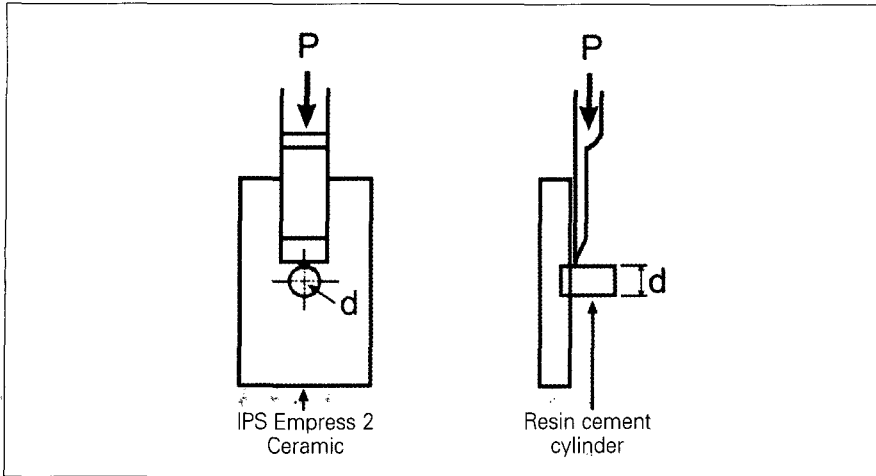
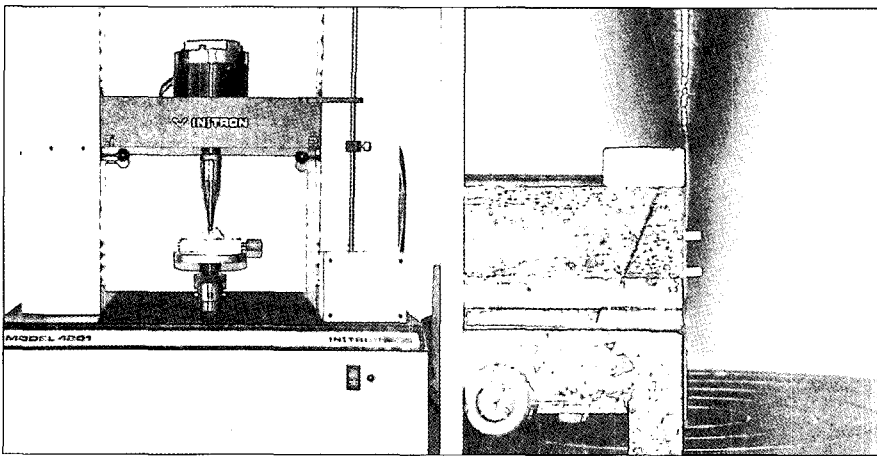


Fig. 2. Cementation of resin cement using acrylic glass tube.



*P*: failure load, *d*: diameter of resin cement cylinder  
**Fig. 3.** Schematic diagram of shear bond testing.



**Fig. 4.** Aligned test specimen on universal testing machine.

5) 주사전자현미경 관찰

불산 처리 시간(0, 60, 300, 600초)에 따른 도재의 표면 형태 관찰과 300초간 불산 처리 시 각 레진 시멘트의 파절 양상을 관찰하기 위해 시편을 골드 코팅한 후 주사전자현미경 (JSM-5900, JEOL Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

6) 통계 처리

실험에서 측정된 최대 전단 하중 값을 전단 결합강

도 산출 공식 ( $\tau=4P/\pi d^2$ )에 대입하여 전단 결합강도를 산출하였다. 각 군의 결합강도의 유의성을 검증하기 위해 SPSS 통계 프로그램 (SPSS 10.0 for Windows, SPSS Inc., illinois, USA)에서 oneway ANOVA test를 시행하였고, Tukey HSD, Bonferroni 다중비교를 이용하여 각 레진 시멘트 군과 불산 처리 시간에 따른 결합강도 사이의 유의성을 사후 검증하였다 ( $p<0.05$ ).

### III. 결 과

#### 1. 전단 결합강도의 측정

Empress 2 도재의 불산 처리 시간에 따른 4종의 레진 시멘트와의 전단 결합강도를 산출한 결과, Variolink II가 가장 높았고 Panavia F, Panavia 21, Super-Bond C&B 순으로 감소하였다. Super-Bond C&B를 제외한 3종의 레진 시멘트는 불산 처리에 의해 전단 결합강도가 증가하였다 (Fig. 5).

Empress 2 도재의 불산 처리 시간에 따른 4종의 레진 시멘트와의 전단 결합강도간의 oneway ANOVA test 결과, Variolink II, Panavia F, Panavia 21은 통계학적으로 유의한 차이가 있었지만 Super-Bond C&B는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (Table III).

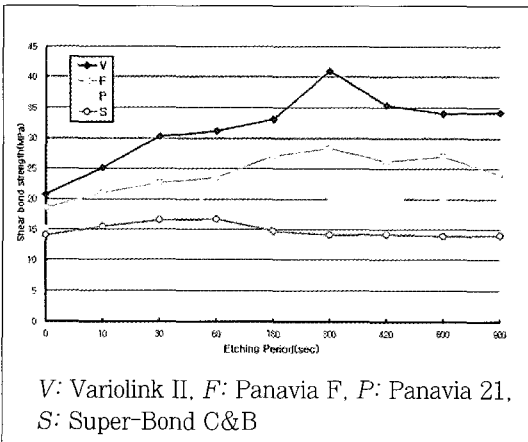


Fig. 5. Shear bond strengths of four resin cements.

Table III. Statistical analysis of shear bond strengths of four resin cements

Cement	Mean square	F	Sig.
Variolink II	1095.5	84.3	0.000**
Panavia F	239.1	20.2	0.000**
Panavia 21	72.4	16.3	0.000**
Super-Bond C&B	11.5	2.9	0.094

4종의 레진 시멘트간의 비교에서 Variolink II ( $41.0 \pm 2.4$  Mpa), Panavia F ( $28.3 \pm 2.3$  MPa)는 300초에서 가장 높은 결합강도를 보였고, Panavia 21 ( $21.5 \pm 2.2$  MPa)은 180초, Super-Bond C&B ( $16.7 \pm 1.6$  MPa)는 60초에서 가장 높은 결합강도를 보였다 (Table IV).

#### 2. 불산 처리 시간에 따른 표면형태 관찰

불산 처리시간 (0, 60, 300, 600초)에 따른 표면 형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 불산 처리를 하지 않은 경우 (0초), 즉  $50\mu\text{m}$  aluminium oxide sandblasting 처리만 한 경우 aluminum oxide sandblasting에 의해 도재 표면이 비교적 균일하게 거칠어졌고 (Fig. 6), 60초 불산 처리 시 불산에 의해 유리 기질이 부분적으로 용해되어  $0.5 \sim 5\mu\text{m}$  크기의 lithium disilicate 결정이 노출되었고 일부에서 무정형의 lithium orthophosphate와 기공이 관찰되었다 (Fig. 7). 300초 불산 처리 시 유리 기질이 많이 용해되어 lithium disilicate 결정과 무정형의 lithium orthophosphate, 기공이 많이 관찰되었다 (Fig. 8). 600초 처리 시 표면의 유리 기질이 완전히 용해되어 60초나 300초에 비해 많은 lithium disilicate 결정이 관찰되었으나 무정형의 lithium orthophosphate는 거의 관찰되지 않았고 약간의 기공만 관찰되었다 (Fig. 9).

#### 3. 파절 양상의 관찰

300초 불산 처리 후 각 레진 시멘트의 파절면을 관찰한 결과, Variolink II, Panavia F 시멘트는 혼합 파

Table IV. Maximum shear bond strength and etching times of four resin cements

Cement	Mean (MPa)	SD	Etching Time (Sec)
Variolink II	41.0	2.4	300
Panavia F	28.3	2.3	300
Panavia 21	21.5	2.2	180
Super-Bond C&B	16.7	1.6	60

절이 일어났고, 혼합 파절 부위의 고배율 사진에서 레진 기질내에 존재하는 많은 lithium disilicate 결정 을 관찰할 수 있었다 (Fig. 10, 11). Panavia 21 시멘트는 도재와 레진 계면에서 접착성 파절이 일어났고 (Fig. 12), Super-Bond C&B 시멘트는 혼합 시 발생한 기포로 인해 재료 내부에서 응집성 파절 이 일어났다 (Fig. 13).

#### IV. 고 찰

이 연구에서는 강화형 전부도재판인 IPS Empress 2의 불산 처리 시간에 따른 4종의 레진 시멘트 (Variolink II, Panavia F, Panavia 21, Super-Bond C&B)와의 결합강도를 비교하여 Empress 2를 위한 적절한 불산 처리 시간과 레진 시멘트 시스템을 알아보고자 하였다.

Super-Bond C&B를 제외한 나머지 군에서 불산 식각에 의한 표면적의 증가와 그에 따른 결합강도의 향상이 일어났고, 4종의 레진 시멘트 중에서 Variolink II가 가장 높은 결합강도를 보였다. 불산 처리 시간과 관련하여 4종의 레진 시멘트 모두에서 가장 높은 결합강도를 보이는 일정한 불산 처리 시간은 관찰되지 않았다. 하지만 Variolink II, Panavia F 레진 시멘트는 300초 불산 처리 시 가장 높은 결합 강도를 보였으며, Panavia 21 레진 시멘트는 180초 불산 처리 시 가장 높은 결합강도를 보였다.

법랑질의 산 식각법이 소개된 이래로 레진 시멘트를 수복물의 합착제로 이용하는 방법이 꾸준히 연구 되어 왔으며, 도재와 치아의 합착 시에도 레진 시멘트를 사용함으로써 결합강도와 파절강도가 향상되었음을 여러 선행들이 보고하였다.<sup>9,10</sup> 또한 레진 시멘트는 기계적 성질, 피막 두께, 변연 적합성, 치질과의 화학적 결합이라는 측면에서 만족스러운 결과를 보여주었다.<sup>17</sup>

수복물의 합착에 사용되는 접착성 레진 시멘트는 일반적으로 Bis-GMA 시멘트, 인산 에스테르계 Bis-GMA 시멘트, 4-META 함유 시멘트로 3종류가 있다.<sup>18)</sup> 이 실험에서 가장 우수한 결과를 보인 Variolink II는 Bis-GMA계 이원 중합형 레진 시멘트로 피막 두께가 얇고 조작이 간편하여 임상에서 널리 사용하고 있으며 Empress 2의 합착 시멘트로 제

조회사에서 추천하고 있다. 연구방법과 조건에 따라 그 결과의 차이는 있지만 도재와 레진 시멘트간의 전단 결합강도를 비교한 다른 논문들을 살펴보면 Spohr 등은 Bis-GMA계 레진 시멘트인 Rely-X ARC (3M ESPE, Minnesota, USA)가 Empress 2 도재와 높은 결합강도를 보였다고 하였고,<sup>19)</sup> 김 등은 Bis-GMA 시멘트인 Variolink II의 Empress 2에 대한 전단 결합강도가 인산 에스테르계 Bis-GMA 시멘트인 Panavia F보다 높다고 하였다.<sup>20)</sup> 그러나 Kern 등은 In-Ceram 도재판 접착시에는 인산 에스테르계 Bis-GMA 레진 시멘트가 다른 Bis-GMA 레진시멘트보다 결합강도가 높다고 하였고,<sup>21)</sup> 윤 등도 In-Ceram 도재판과 Panavia 21, Variolink II 간의 전단 결합강도 측정 결과 이와 유사한 결과를 보고하였다.<sup>22)</sup> 이를 통해 적절한 결합 강도를 위해서는 전부도재판의 종류에 따라 레진 시멘트를 선택적으로 사용해야 할 필요가 있으며 Empress 2 도재와 Variolink II 레진 시멘트의 사용이 임상적으로 결합 강도를 증진시킬 수 있음을 확인하였다.

Super-Bond C&B 시멘트의 경우, 10% 불산 처리 시간과 전단 결합강도 사이의 통계학적 유의성이 관찰되지 않았으며 파절 양상 관찰 시에도 시편 내부에서의 파절이 관찰되었다. 이는 inorganic filler를 포함하지 않고 TBB (tri-n-butylborane)에 의한 선상 중합으로 유연한 특성을 가지는 Super-Bond C&B cement의 물리적인 성질로 인하여 전단 결합강도 실험 시 cement 시편 자체의 변형 때문이라고 생각한다.<sup>23)</sup>

각기 다른 불산 처리 시간에 따른 Empress 2 도재와 레진 시멘트의 전단 결합강도에서 Variolink II와 Panavia F는 300초간 처리 시, Panavia 21은 180초간 처리 시 유의하게 높은 결합강도를 보였다.

불산의 농도와 실험방법에 따라 차이가 있겠지만 도재의 불산 처리 시간과 레진 시멘트의 결합강도에 관한 연구에서 Simonsen 등은 장석계 도재에 대한 식각 시간이 길어질수록 인장 결합강도가 향상된다고 하였고,<sup>24)</sup> Calamia 등은 도재종류에 따른 식각 농도와 식각 시간이 최대 결합강도를 얻는데 중요하다고 하였다.<sup>25)</sup> 또한 Stangel 등은 장석계 도재의 전단 결합강도는 2.5분간 식각 한 경우가 20분간 식각한 경우보다 2~3배 크다고 하였고,<sup>26)</sup> Sorensen 등도 대

부분의 장석계 도재에서 20% 불산으로 3분간 식각하여 결합강도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다.<sup>27)</sup> Hofmann 등은 Empress 도재의 레진 시멘트와의 전단 결합강도에 관한 연구에서 60초간 처리한 경우의 결합강도는 높지만 120초간 처리한 후의 결합강도와는 비교가 되어 Empress 도재는 120초 이상 식각해야만 최적의 결합강도를 얻을 수 있다고 하였다.<sup>28)</sup> 그러나 Chen 등은 장석계 도재의 불산 처리 시간은 30초가 가장 적절하며 그 이상의 불산 처리는 오히려 결합강도를 저하시킨다고 하였고,<sup>29)</sup> Empress 2 도재의 제조사는 5% 불산으로 20초간 처리할 것을 추천하고 있다. 이는 lithium disilicate 유리 도재의 화학적 내구성이 떨어지는 것을 고려하여 불산 처리시간을 짧게 한 것으로 생각하며 이 연구에서는 주사전자현미경 관찰을 통하여 불산 처리 시간에 따른 Empress 2 도재의 미세구조 변화를 확인하였다.

주사전자현미경 관찰 결과, 300초간 불산 처리한 경우가 60초나 600초간 불산 처리한 경우에 비해 무정형의 lithium orthophosphate 결정이나 기공 등이 더 많이 관찰되어 가장 거칠은 양상을 보였다. 불산의 농도나 점도 등에 따라 달라질 수 있지만 이상의 관찰소견과 lithium disilicate 유리 도재의 내구성을 고려할 때, Empress 2 도재의 불산 처리 시간은 180~300초가 가장 적절하다고 판단하였다.

이 연구에서는 10% 불산을 사용하여 불산 처리 시간에 따른 Empress 2 도재와 4종의 레진 시멘트의 전단 결합강도를 측정하였고, 불산 처리 시간에 따른 도재의 미세구조변화를 관찰하였다. 이 연구 결과를 바탕으로 한 적절한 불산 처리 시간과 레진 시멘트의 선택이 Empress 2 도재 수복물의 성공에 큰 영향을 미칠 것으로 생각한다. 그러나 Empress 2 도재 수복물의 임상적 성공을 위해서는 레진 시멘트와 치아와의 결합강도, 열순환이나 수증침적에 대한 고려가 반드시 필요하며 이에 대한 추가적인 연구가 필요하리라 생각한다.

## V. 결 론

불산 처리 시간이 Empress 2 강화형 전부도재와 4종의 레진 시멘트의 전단 결합강도에 미치는 영향을

알아보고 불산 처리 시간에 따른 도재의 미세구조변화를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Empress 2 강화형 전부도재는 4종의 레진 시멘트와 서로 다른 결합강도를 보이며 그 중 Variolink II 레진 시멘트와 가장 높은 결합강도를 보인다.
2. 4종의 레진 시멘트 모두에서 높은 결합강도를 보이는 일정한 불산 처리 시간은 존재하지 않지만 180~300초간 불산 처리 시 비교적 높은 결합강도를 보인다.
3. Empress 2 도재 수복물의 합착 시 적절한 레진 시멘트의 선택과 그에 따른 불산 처리 시간의 결정이 합착에 중요한 영향을 미친다.

## 참고문헌

1. Seiber C. In the light of nature. Quintessence Dent Technol 1993;16:60-8.
2. Christensen JC. Porcelain-fused-to-metal vs. nonmetal crowns. J Am Dent Assoc 1999;130:409-11.
3. Höland W. Materials science fundamentals of the IPS Empress 2 glass-ceramic. Ivoclar-Vivadent Report 1998;12:3-10.
4. Schweiger M, Höland W, Frank M. IPS Empress 2: A new pressable high strength glass-ceramic for esthetic all-ceramic restorations. Quintessence Dent Technol 1999;22:143-151.
5. Severance G. Introducing a lithium disilicate glass-ceramic: IPS Empress 2. Signature 1999;4:1-3.
6. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT. Research evaluations of a lithium disilicated restorative system: IPS Empress 2. Signature 1999;4:4-10.
7. Culp L. Empress 2: First year clinical results. J Dental Tech 1999;16:12-15.
8. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT, Raffiner O, Foser HP. The Empress 2 system for

- conservative all-ceramic bridges. *J Multidiscipl Collab Prothodont* 1999;1: 22-38.
9. Grossman DG, Nelson JW. The bonded Dicor crown [abstract]. *J Dent Res* 1987; 66:206.
  10. Gröten M, Pröbster L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crown. *Int J Prosthodont* 1999;10:169-177.
  11. Eden GT, Kacicz JM. Dicor crown strength improvement due to bonding [abstract]. *J Dent Res* 1987;66:207.
  12. Roulet JF, Söderholm KJM, Longmate J. Effect of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res* 1995;74:381-387.
  13. Thurmond JW, Barkmeier WW, Willwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent* 1994;72:355-359.
  14. Özden AN, Akaltan F, Can G. Effect of surface treatments of porcelain on the shear bond strength of applied dual-cured cement. *J Prosthet Dent* 1994;72:85-8.
  15. Stewart GD, Jain P, Hodges J. Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. *J Prosthet Dent* 2002; 88:277-84.
  16. Anonyms. Empress 2 Instruction for use. Ivoclar-Vivadent AG 2003.
  17. 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
  18. 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..
  19. Spohr AM, Sobrinho LC, Consan S, Sinhoreti MAC, Knowles JC. Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 ceramic. *Int J Prosthodont* 2003;16:277-282.
  20. Jeong-Suk Kim, Hee-Seong Hwang, Chang-Mo Jeong, Young-Chan Jeon. A study on the bond strength of resin cements to Empress 2 ceramic. *J Korean Acad Prosthodont* 2001;39:184-196.
  21. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: Adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995;73:240-249.
  22. Jeong-Tae Yoon, Sun-Hyung Lee, Jae-Ho Yang. The influence of surface treatments on the shear bond strength to In-Ceram core. *J Korean Acad Prosthodont* 2000; 38:129-146.
  23. Anonyms. Super-Bond C&B Instruction for use. SUN Medical Co., 2003.
  24. Simonsen RJ, Calamia JR. Tensile bond strength of etched porcelain. *J Dent Res* 1983;62:297-304.
  25. Calamia JR, Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Hirsch SM. Shear bond strength of etched porcelain[abstract]. *J Dent Res* 1985;64:296.
  26. Stangel I, Nathanson D, Hsu CS. Shear bond strength of composite bond to etched porcelain. *J Dent Res* 1987;66:1460-1465.
  27. Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int J Prosthodont* 1991;4:17-23.
  28. Hofmann N, Handrejck A, Haller B, Klaiber B. The surface conditioning of pressed



ceramics and its effect on the bond strength to composite[abstract]. Schweiz Monatschr Zahnmed 1993;103:1415-1420.  
29. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect

of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. Operative Dent 1998; 23:250-257.

---

**Reprint request to:**

**Seung-Geun Ahn**, D.D.S., M.S.D., Ph.D.  
Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonbuk National Univeresity  
664-14 Dukjin-Dong, Dukjin-Gu, Jeonju, 561-756, Korea  
sgahn@chonbuk.ac.kr

FIGURES ①



Fig. 6. Ceramic specimen micro-etched with 50µm alumina particles for 5 seconds (no etching).

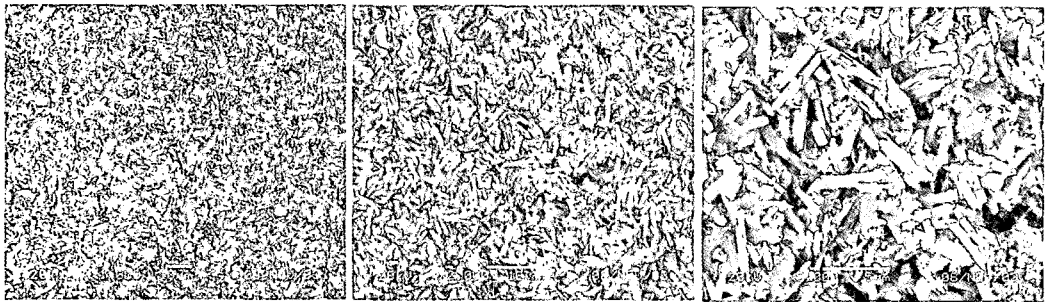


Fig. 7. Ceramic specimen etched with 10% HF for 60 seconds.

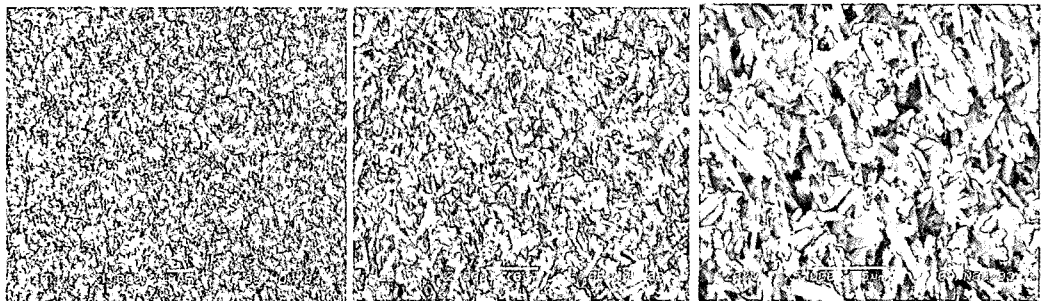


Fig. 8. Ceramic specimen etched with 10% HF for 300 seconds.

FIGURES ②

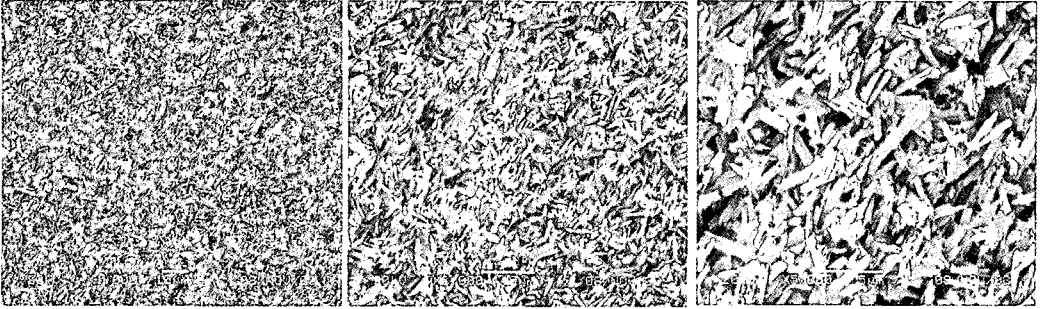


Fig. 9. Ceramic specimen etched with 10% HF for 600 seconds.

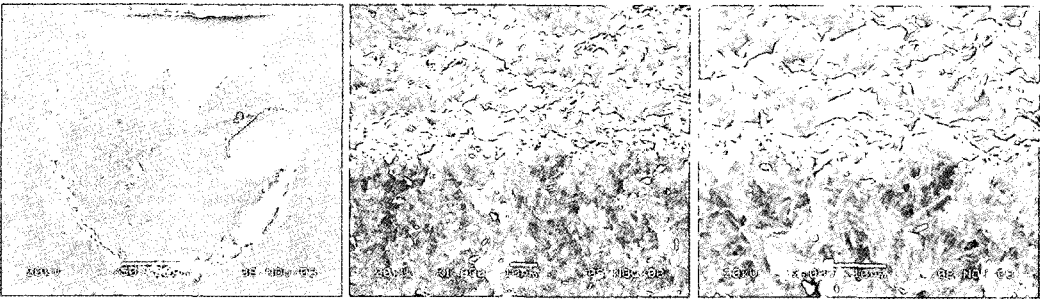


Fig. 10. Failure pattern of Variolink II resin cement.

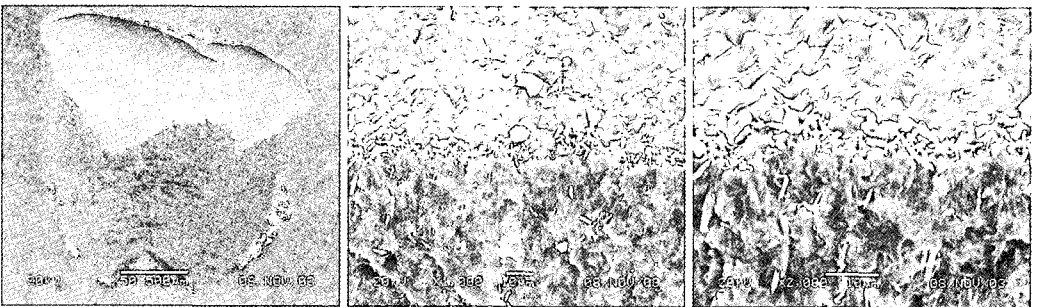


Fig. 11. Failure pattern of Panavia F resin cement.

FIGURES ③

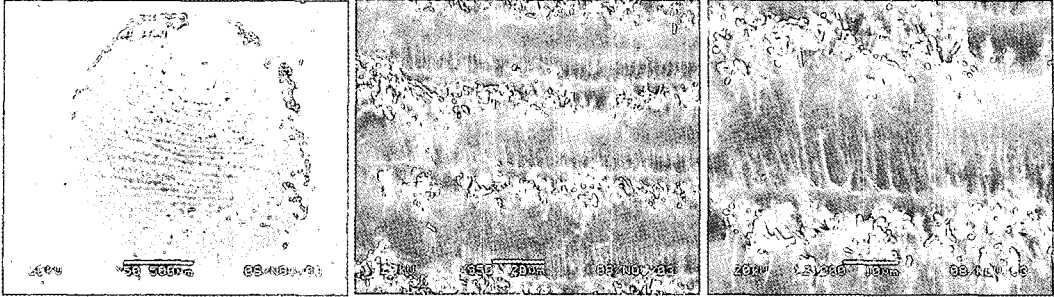


Fig. 12. Failure pattern of Panavia 21 resin cement.

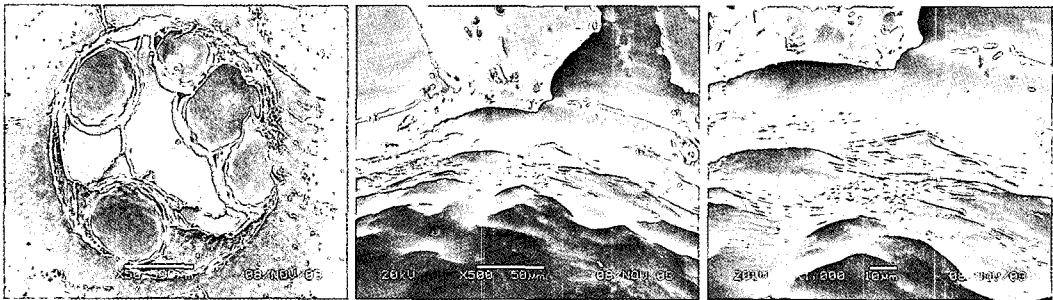


Fig. 13. Failure pattern of Super-Bond C&B resin cement.

## ABSTRACT

# EFFECT OF ETCHING TIME ON SHEAR BOND STRENGTH OF RESIN CEMENTS TO REINFORCED ALL-CERAMIC CROWNS

Kyoung-Il Kim, D.D.S., Keun-Bae Choi, D.D.S., M.S.D.,  
Seung-Geun Ahn, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Charn-Woon Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonbuk National University*

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the effects of etching time on shear bond strength of four resin cements to IPS Empress 2 ceramic.

**Material and Methods:** Forty rectangular shape ceramic specimens (10×15×3.5mm size) were used for this study. The ceramic specimens divided into four groups and were etched with 10% hydrofluoric acid for 0, 10, 30, 60, 180, 300, 420, 600, and 900 seconds respectively. Etched surfaces of ceramic specimens were coated with ceramic adhesive system and bonded with four resin cement (Variolink II, Panavia F, Panavia 21, Super-Bond C&B) using acrylic glass tube. All cemented specimens were tested under shear loading until fracture on universal testing machine at a crosshead speed 1mm/min; the maximum load at fracture (kg) was recored. Shear bond strength data were analyzed with oneway analysis of variance and Tukey HSD tests ( $p < .05$ ). Etched ceramic surfaces (0-, 60-, 300-, and 600-seconds etching period) and fracture surfaces after shear testing were examined mophologically using scanning electron microscopy.

**Results:** Ceramic surface treatment with 10% hydrofluoric acid improved the bond strength of three resin cement except for Super-Bond C&B cement. Variolink II (41.0±2.4 MPa) resin cement at 300-seconds etching time showed ststistically higher shear bond strength than the other resin cements (Panavia F: 28.3±2.3 MPa, Panavia 21: 21.5±2.2 MPa, Super-Bond C&B: 16.7±1.6 MPa). Ceramic surface etched with 10% hydrofluoric acid for 300 seconds showed more retentive surface texture.

**Conclusion:** Within the limitation of this study, Variolink II resin cement are suitable for cementation of Empress 2 all-ceramic restorations and etching with 10% hydrofluoric acid for 180 to 300 seconds is required to enhance the bond strength.

---

**Key words :** Etching time, Shear bond strength, Resin cement, All-ceramic crown