

In-Ceram 코아의 표면처리 방법에 따른 레진시멘트와의 전단결합강도에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학교실

윤정태 · 이선형 · 양재호

I. 서 론

심미적인 치아 보철치료에 대한 환자들의 요구가 높아지고 생체친화성이 중시되면서 최근 금속도재관에 비해 심미적이고 제작이 간단한 전부도재관들이 임상에 널리 사용되고 있다. 치과영역에서 오래 동안 사용되어져 온 금속도재관은 금속 자체의 낮은 생체친화성과 비귀금속 사용시 발생 가능한 알러지 반응등의 문제점이 있고, 특히 금속 구조물이 빛의 투과를 차단하여 인접치와 부자연스러운 색조 결과를 초래하기도 한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 금속도재관의 장점인 정밀한 적합성과 강도를 가지며, 자연스러운 색조를 얻을 수 있는 전부도재관의 개발이 활발히 이루어졌다¹⁻⁵⁾.

최초의 전부도재관은 1903년 Land⁶⁾에 의해 소개되었으나 약한 물성으로 임상에 널리 사용되지 못하였으며, 1965년 McLean과 Hughes⁷⁾가 aluminous porcelain을 소개하면서 전부도재관에 대한 관심이 다시 일어났다. 1980년대에 Cerestore⁸⁾, Dicor⁹⁻¹¹⁾ 등이 개발되어 사용되어졌으나, 유리의 결정화 과정에서 부가적인 수축을 일으키고, 구강내의 여러 하중 조건에 견딜 수 있는 충분한 강도를 갖지 못하였다.

1985년 Sadoun¹²⁾에 의해 개발된 In-Ceram은 유리침투도재계로서 알루미늄으로 형성된 코아에 유리를 침투시켜 결정화함으로써 그 강도가 현저히 증가하여^{4,13-15)}, Castellani 등¹⁶⁾의 연구에 의하면 파절강도는 금속도재관에 비해 통계학적 유의차가 없다고 보고되었다. 이와 같은 우수한 강도로 인해 In-Ceram

은 임상적으로 단일치 수복 뿐만 아니라 일부 구치부와 전치부의 3개 치아 가공의치 및 수지 접착형 보철물 등으로 그 적용범위를 넓히고 있다^{17,18)}. 그러나, 이러한 외력에 대한 저항이 뛰어난 In-Ceram 수복물의 성공적 사용을 위해서는 접착제와의 강한 결합력이 절실히 요구된다.

In-Ceram과 치아의 결합력은 치질의 적절한 지지^{9,19,20)}, 접착제의 종류²¹⁻²⁴⁾, 도재의 내면 처리^{22,25-30)} 등에 의해 영향을 받는다. 여러 연구에서 도재의 접착시 레진 시멘트를 사용한 경우가 인산 아연 시멘트나 글래스 아이오노머 시멘트를 사용한 경우보다 더 높은 결합강도 및 파절강도를 보였다고 보고하고 있다^{18,31,32)}. 성공적인 접착을 위해서는 치아와 레진 사이의 결합, 레진과 도재 사이의 결합 모두 만족스러워야 한다. 최근 상아질 접착제의 발달로 치아와의 결합력은 크게 향상되었으며³³⁾, 도재와의 결합력은 도재표면의 물리적 처리방법과 접착제의 선택에 영향을 받으며 적절한 도재 표면처리를 통해 치아와 레진 사이의 결합력 이상의 값을 얻을 수 있다.

도재의 표면처리에 따른 레진과의 결합력을 비교, 분석한 연구들이 이어져 왔으며^{22,30,34-39)}, 알루미늄 분사³⁸⁾, 산부식^{40,41)}, 실란 도포⁴²⁻⁴⁸⁾, 실리카 코팅^{22,30,52,66)} 등의 방법이 행하여졌다. Roulet 등⁴⁹⁾은 1995년 산부식이 도재와 레진간의 결합력의 증가 및 유지에 있어서 가장 효과적인 방법이라고 하였으며, 1992년 Lu, Harcourt 등⁵⁰⁾을 포함, 그밖에 많은 연구에서는 산부식만 한 시편보다 산부식 후 실란을 도포한 도재에서 더 높은 결합력을 보였다고 보고하였다. 실

리카 기질의 도재는 알루미늄 분사, 산부식, 실란 도포로 레진과의 결합력이 증가되었으나, 고밀도 유리 침윤으로 5wt. % 미만의 실리카를 함유하는 In-Ceram에서는 산부식이나 실란 도포로 인한 결합력의 증가를 보여주지 못하였다^{22,30)}.

김, 우 등³⁰⁾은 1995년 In-Ceram 코아에서 표면처리에 따른 레진 시멘트와의 결합강도를 비교한 연구에서 알루미늄 분사 후 산부식 처리없이 실리카 코팅한 군이 산부식 처리 후 실란을 도포한 군보다 더 높은 결합력을 보였으며, In-Ceram 코아의 경우 산부식 처리하는 것보다 알루미늄 분사 후 실리카 코팅을 하고 레진시멘트로 접착하는 것이 결합력 증진에 가장 효과적인 방법이라고 주장하였다.

Kern, Thompson 등²²⁾도 1995년 Silicoater MD(Thermal silica coating), Rocatec 시스템(Tribochemical silica coating) 등으로 In-Ceram을 표면처리한 결과, 초기 레진과의 높은 결합력 및 장기간 수중침지(hydration), 열순환(thermocycling) 후에도 안정된 결합력을 보여주었다.

열순환은 구강내에서 일어날 수 있는 한계적 온, 냉 상태를 모방하여 온도 변화에 따른 열팽창계수의 차이로 인한 재료의 물성변화를 평가하는 방법으로, 수중침지와 함께 결합계면의 미세누출, 결합력의 변화등을 관찰하는 연구방법이다. 열순환과 수중침지가 레진시멘트의 결합력에 미치는 영향에 대해서는 상반된 연구 결과들이 상존하고 있다. Nathanson 등¹⁾은 1988년 30개월간 실내온도의 물에 수중침지 후에도 인장결합강도의 변화가 없었다고 보고한 반면, Bailey²⁶⁾, Pratt 등⁵¹⁾은 1989년 수중침지와 열순환 후 결합력의 급격한 감소가 있었다고 보고하였으며, 그 이유로는 도재와 레진간의 열팽창계수의 차이로 열에 의해 응력이 야기되고, 레진의 물 흡수로 인한 결합계면으로의 수분확산으로 결합력이 저하되었기 때문이라고 주장하고 있다. 또한, Chang 등⁵²⁾은 1993년 실리카 코팅을 시행한 시편이 하지 않은 시편에 비해 열순환의 영향을 받는 정도가 낮다고 하였다.

이에 본 연구에서는 실리카 코팅의 일종인 Silicoater 시스템의 기능을 증진시키기 위해 변형 개발된 Siloc 시스템과 Targis Vectris 시스템에서 레진의 methacrylate 군을 활성화시키는 기전을 가진 Targis link로 In-Ceram 시편을 표면처리하여, 수중

침지와 열순환 후의 레진시멘트와의 전단결합강도를 비교 분석한 결과, 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

총 240개의 In-Ceram 시편을 제조자의 지시에 따라 제작하고, 4 가지의 표면처리 시행 후 BIS-GMA 계의 Variolink II와 인산계의 Panavia 21, 2 종류의 접착성 레진시멘트 블록을 제작하여 시편과 접착 후 만능시험기(Model 4201, Instron Co., USA)로 전단결합강도를 측정, 비교 분석하였다(Table 1).

2. 연구방법

1) 시편제작

In-Ceram 시편의 복제모형을 만들기 위해 직경 12.0mm, 두께 1.0mm의 홈이 있는 금속 주모형(Fig. 1)을 만들고 실리콘으로 복제하여 실리콘 몰드를 완성하였다. In-Ceram 전용의 특수 석고를 제조자의 지시대로 혼합하여 실리콘 몰드에서 경화시켜 석고 모형을 제작하였다(Fig. 2).

In-Ceram 알루미늄과 혼합액을 제조자의 지시대로 혼합하여 석고모형에 도포하고 슬립 표면에 stabilizer를 도포한 후, 도재로(Vita Inceramt, Germany)에서 6시간 동안 20℃에서 120℃까지 증가시키고, 120℃에서 1120℃까지는 분당 10℃씩 상승시키고 1120℃에서 2시간 동안 유지시킨 후 서서히 냉각시켜 알루미늄 소결체를 완성하였다. 1차 소성이 끝난 In-Ceram 시편의 접착면에 유리 분말을 증류수와 혼합하여 도포하고 도재로에서 30분간 1100℃까지 빠르게 올리고 6시간 동안 소성함으로써 시편의 유리 침윤을 완성하였다.

2) 표면처리

소성이 완료된 In-Ceram 시편을 표면처리 방법에 따라 4군, 레진시멘트 종류에 따라 2군, 총 8개의 실험군으로 분류하였다(Table 2). 각 군 당 10개의 시편을 제작하였으며, 수중침지와 열순환 후의 결합력 변화를 관찰하기 위해서도 같은 크기의 표본을 사용하였다.

Table 1. Materials used in this study

Material	Product name	Description	Manufacturer
Ceramic system	Vita In-Ceram	Crystal: Al ₂ O ₃ Glass: Al ₂ O ₃ , La ₂ O ₃ , SiO ₂ , CaO Mixing liquid Special plaster	Vita Zahnfabrik, Germany
Surface treatment	Monobond-S	3-methacryloxypropyl-trimethosilane	Vivadent, Liechtenstein
	Siloc system	Siloc Pre: Soluble silicic gel Siloc Bond: Methacryloxypropyl-trimethoxysilane	Heraeus Kulzer, Germany
	Targis link	Metal bonding agent	Ivoclar, Liechtenstein
Resin cement	Panavia 21	Autocuring composite resin	Kuraray, Japan
	Variolink II	Dual cure composite resin	Vivadent, Liechtenstein

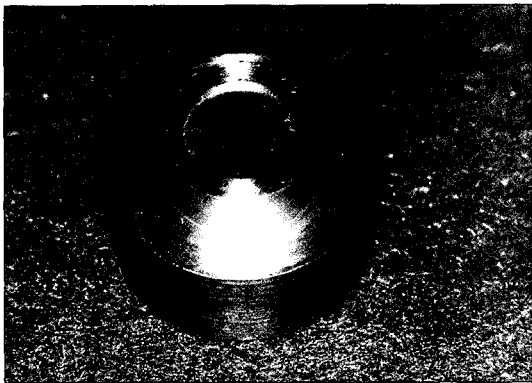


Fig. 1. Master metal die for In-Ceram disk.

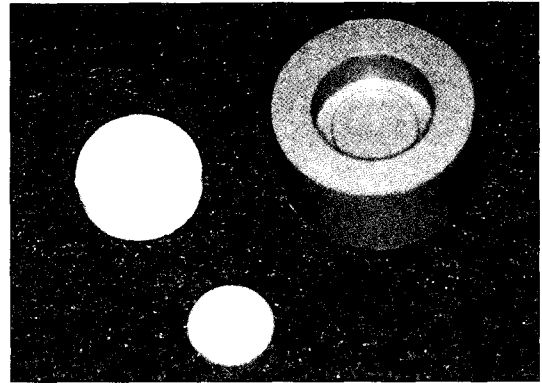


Fig. 2. Silicone mold, Plaster die, In-Ceram disk.

준비된 알루미늄-유리 복합체 시편은 레진 시멘트로 접착하기 전 다음과 같이 4가지의 표면처리를 시행하였다 : (1) 3기압의 압력으로 알루미늄 분사만을 행한 군, (2) 알루미늄 분사 후 Monobond-S로 처리한 군, (3) 알루미늄 분사 후 Siloc으로 처리한 군, (4) 알루미늄 분사 후 Targis link로 처리한 군.

알루미늄-유리 복합체의 표면을 균일화하기 위해 #800~#2000번의 diamond wheel(Shinil Diamond Industrial Co., Korea)로 연마하였고, 모든 시편을

110 μ m 알루미늄 입자로 3기압의 압력으로 15초 동안 1cm 거리에서 알루미늄 분사를 시행한 후, 증류수 중에서 10분간 초음파 세척하였다.

알루미늄 분사 후 실란을 도포한 군과 Targis link를 도포한 군은 시편 표면에 액을 붓으로 균일하게 도포한 후 최소 5분 정도 공기 중에서 건조시키고 Siloc 시스템으로 처리한 군은 우선 Siloc Pre를 시편에 붓으로 균일하게 도포한 후 2분 간 공기 중에서 건조하고 activation chamber에서 program 2(250-

Table 2. Specimen groups assigned to treatment conditions

Group	Treatment Conditions
SV	Sandblasting/Variolink II
SMV	Sandblasting/Monobond-S/Variolink II
SSV	Sandblasting/Siloc/Variolink II
STV	Sandblasting/Targis Link/Variolink II
SP	Sandblasting/Panavia 21
SMP	Sandblasting/Monobond-S/Panavia 21
SSP	Sandblasting/Siloc/Panavia 21
STP	Sandblasting/Targis Link/Panavia 21

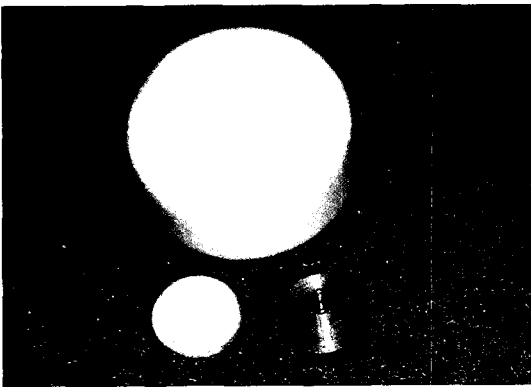


Fig. 4. Teflon ring for bonding of resin cements to In-Ceram.

370℃)로 표면을 활성화시켰다. Siloc Pre를 바른 표면이 완전히 식을 때까지 activation chamber에 두었다가 꺼낸 후 약 4분 정도 방치하고 Siloc Bond도 같은 방법으로 도포하고 최소 5분 동안 공기 중에서 건조시켰다(Fig. 3).

표면처리 후 표면의 변화 양상을 주사전자현미경(S-650, Hitachi, Japan)으로 관찰하였다.

3) 시편의 접착

시편의 중앙부에 직경과 높이가 4mm×3mm의 레진시멘트 블록을 접착하기 위해 In-Ceram 시편을 분할형의 Teflon 링에 고정하였다(Fig. 4). 레진 시멘트는 이중중합형의 Variolink II와 자가중합형의 Panavia 21을 사용하였다. 기저재와 반응재 페이스트를 동일한 길이로 소정량 짜낸 다음 20초간 균일

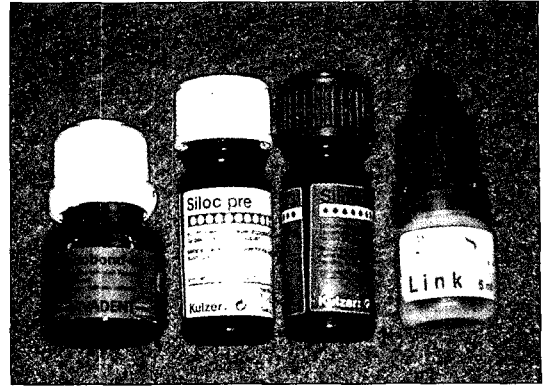


Fig. 3. Monobond-S, Siloc-Pre and Siloc-Bond, Targis link.

하게 혼합하였다. 준비한 복합레진 페이스트를 몰드 내에 기포가 생기지 않게 약간 넘치도록 채우고 상부에 폴리에스터 필름을 개재시킨 상태에서 유리판에 압력을 가하여 여분의 레진을 짜내고 공기와의 접촉을 차단시켰다. 이중중합형의 Variolink II는 12V, 120W의 할로젠 램프를 광원으로 하는 광조사기로 40초간 광중합을 시행하였고, Panavia 21의 경우에는 실내에서 10분간 방치한 후, 폴리에스터 필름을 제거하고 Oxyguard를 접착부위 가장자리에 도포하였다. 접착이 완료된 직후 37℃의 증류수에서 보관하였다. 준비한 시편은 표면처리제와 시멘트의 종류에 따라 Table 2와 같이 분류하였다.

4) 수중침지 및 열순환 후 전단결합강도의 측정

구강환경과 유사한 액상의 조건하에서 수중침지와 열순환이 도재와 레진의 접착력에 미치는 영향을 평가하기 위해 접착이 완료된 시편을 다음과 같이 3개의 실험조건으로 분류하였다 : (1) 37℃의 증류수 중에 24시간 수중침지, (2) 37℃의 증류수 중에 5주간 수중침지, (3) 37℃의 증류수에서 5주간 수중침지 중 5℃ - 55℃에서 매주 2,000회씩 전체 10,000회의 열순환을 시행.

열순환 실험은 5℃에서 유지되는 냉각순환수조(Jeio Tech Co., Ltd., RCB-20, Korea)와 55℃에서 유지되는 외부순환수조(Jeio Tech Co., Ltd., Korea)로 구성된 냉,온수 순환장치를 이용하여 계류시간 15초의 조건에서 시행하였다(Fig. 5). 전단결합강도를 측정하기 위해 만능시험기에 전단강도 시험용의 시편고정장치를 장착한 다음 crosshead speed

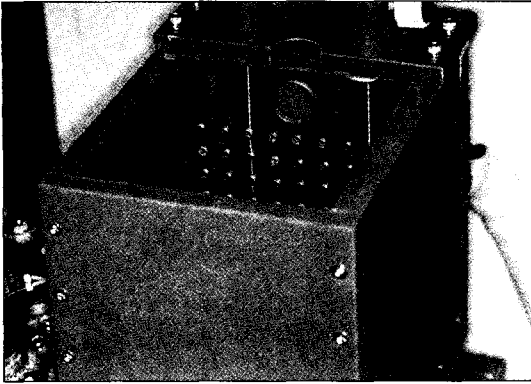


Fig. 5. The equipment for thermocycling.

0.5mm/min의 속도로 접착면에 하중을 가하여 접착 시킨 레진시멘트 블록이 In-Ceram 시편과 분리될 때까지의 최대 하중을 측정하였으며(Fig. 6), 접착계면에서의 파절 양상을 평가하기 위해 파절면을 주사전 자현미경으로 3000배의 배율로 관찰하였다.

측정된 결과는 실험조건에 따른 차이를 평가하기 위해 분산분석에 의한 통계적 유의성을 검증하고, 각 군간의 차이를 Turkey 다중범위 검증법에 의해 비교하였으며, 또한 실험조건에 따른 차이를 평가하기 위해 t-test를 행하였다.

Ⅲ. 연구성적

1. 전단결합강도의 측정

In-Ceram의 표면처리 후 Variolink II와 Panavia 21로 접착하여 수중침지와 열순환을 행한 후의 전단결합강도는 Table 3, 4 및 Fig. 7, 8과 같다.

1) Variolink II 접착군

Table 3은 이중중합형의 레진 시멘트 Variolink II로 접착한 실험군을 3종의 저장조건에 따라 처리한 다음 시험한 전단결합강도를 나타낸 것이고, Fig. 7은 결과치를 도시한 것이다. 24시간 수중침지와 5주간 수중침지 후 전단결합강도의 비교에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 장기간 수중침지로 강도가 저하하는 경향을 보였다. 열순환의 효과를 평가하기 위해 수중침지와 동일한 기간(5주간)에 걸쳐서 주당 2000회씩 총 10,000회의 열순환을 시행한 군에서는

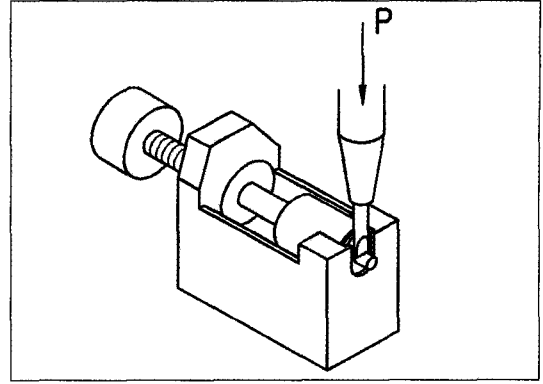


Fig. 6. Diagram of Universal testing machine.

모든 실험군에서 유의한 강도의 감소를 보였다($P<0.01$). 열순환 후의 전단결합강도는 STV군에서 11.2MPa로 최대치를 보였고, SV군에서 5.4MPa로 최소치를 보였으며, 통계적 유의성을 검증한 결과 SV군과 나머지 군 즉 SSV군, SMV군, STV군 사이에서 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).

2) Panavia 21 접착군

Table 4는 자가중합형의 레진 시멘트인 Panavia 21로 접착한 실험군을 3종의 저장조건에 따라 처리한 다음 시험한 전단결합강도를 나타낸 것이고, Fig. 8은 결과치를 도시한 것이다. 24시간과 5주간 수중침지 후 전단결합강도의 비교에서는 SP군에서 5주간 수중침지로 유의한 강도의 증가를 보였고($p<0.05$), 나머지 실험군에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만 강도가 증가하는 경향을 보였다. 열순환 후에는 모든 실험군에서 유의한 강도의 감소를 보였다($P<0.01$). 열순환 후의 전단결합강도는 STP군에서 12.7MPa로 최대치를 보였고, SP군에서 7.7MPa로 최소치를 보였으며, 통계적 유의성을 검증한 결과 STP군과 나머지 실험군 사이에서 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).

3) 레진 시멘트의 종류에 따른 차이

레진 시멘트의 종류에 따른 차이를 비교한 결과(Fig. 9, 10, 11, 12), 알루미늄나 분사군은 24시간 수중침지 조건에서는 상호 유의한 차이를 보이지 않았지만($p>0.05$), 5주간 수중침지 조건과 열순환 후에는 Panavia 21로 접착한 군이 Variolink II로 접착한 군

Table 3. Mean shear bond strength of Variolink II bonding groups

Group	24 hours	5 weeks	5 weeks (10,000 TC)
SV	9.6±2.0	9.3±1.1	5.4±0.8*
SMV	20.0±4.3	16.6±4.9	9.6±1.1*
SSV	22.2±4.2	21.8±4.3	7.7±0.9*
STV	23.8±4.6	22.7±2.5	11.2±1.0*

TC : Thermal cycles * p<0.01

Table 4. Mean shear bond strength of Panavia 21 bonding groups

Group	24 hours	5 weeks	5 weeks (10,000 TC)
SP	13.7±2.8	16.9±1.9	7.7±1.5*
SMP	19.0±3.5	21.9±2.8	10.4±2.3*
SSP	23.4±4.5	24.0±2.8	9.7±1.7*
STP	24.8±4.4	26.3±4.9	12.7±3.2*

TC : Thermal cycles * p<0.01

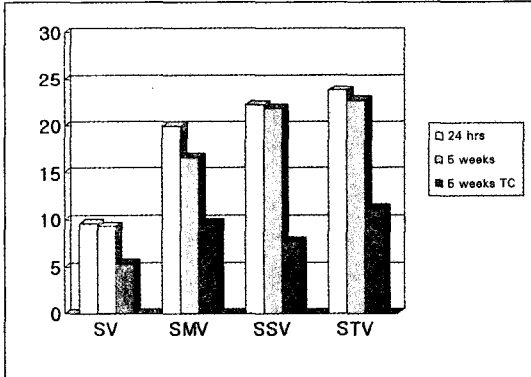


Fig. 7. Mean shear bond strength(MPa) of Variolink II bonding groups in different storage conditions.

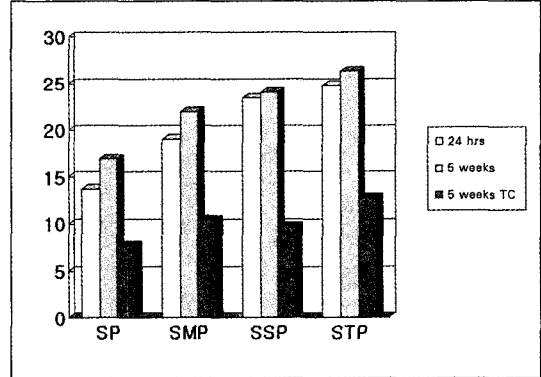


Fig. 8. Mean shear bond strength(MPa) of Panavia 21 bonding groups in different storage conditions.

보다 우수한 전단결합강도를 보여주었다. 실란 처리 군은 5주간 수중침지 후, Siloc 처리군은 열순환 후 Panavia 21로 접착한 군이 Variolink II로 접착한 군보다 더 높은 전단결합강도를 보였다(P<0.05). Targis link로 처리한 군은 모든 실험조건에서 레진 시멘트에 따른 전단결합강도의 차이를 보이지 않았다(Table 5).

2. 주사전자현미경적 관찰

Fig. 13은 In-Ceram 표면에 알루미늄을 분사 한 다음 Monobond-S, Siloc 및 Targis link로 처리한 표면에 대한 주사전자현미경 사진이다. 알루미늄을 분사 한 면에 Monobond-S를 도포한 경우에는 알루미늄 분사로 형성된 요철구조 위에 얇은 층의 실란층

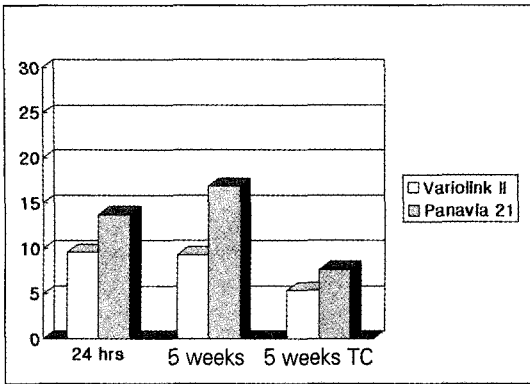


Fig. 9. Comparison between luting agents in sandblasting group.

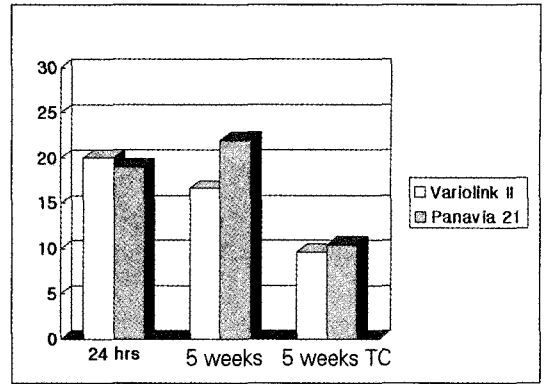


Fig. 10. Comparison between luting agents in Silane treated group.

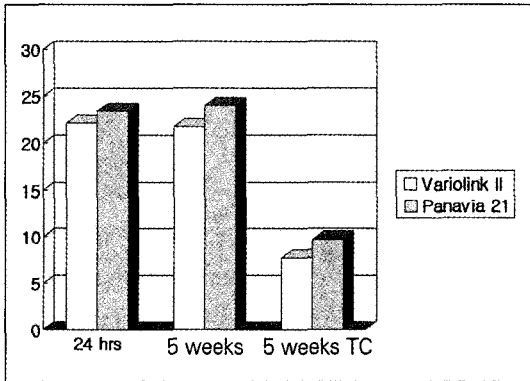


Fig. 11. Comparison between luting agents in Siloc

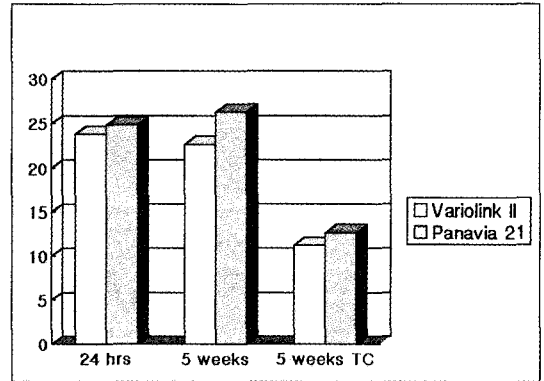


Fig. 12. Comparison between luting agents in Targis link treated group.

Table 5. Statistical significances between bonding groups

Group	Storage Conditions		
	24 hours	5 weeks	5 weeks TC
SV SP	NS	**	*
SMV SMP	NS	*	NS
SSV SSP	NS	NS	*
STV STP	NS	NS	NS

** , $P \leq 0.01$; * , $P \leq 0.05$; NS, $P > 0.05$ (NS : not significant)

이 관찰되지만(Fig. 14), Siloc과 Targis link로 도포한 경우에는 알루미늄 분사로 형성된 미세한 요철구조 위에서 접착성 레진 층이 관찰되고 있다(Fig. 15, 16).

파절양상에 대한 주사전자현미경 관찰결과, In-Ceram 자체 내에서의 파절은 관찰되지 않았으며, 수중침지 후 알루미늄 분사 군에서는 In-Ceram의 요철구조가 관찰되는 접착성 파절양상을 보였으며(Fig. 17), 실란 군에서는 결합계면에 실란액과 레진의 충전재 입자가 혼합되어 있는 복합 파절양상을 보였고(Fig. 18), Siloc과 Targis link 군에서는 레진의 충전재 입자가 상당량 관찰되는 응집성 파절양상을 보였다(Fig. 19, 20). 열순환 후에는 Targis link 군에서만 응집성 파절양상을 보였으며(Fig. 24), 실란과 Siloc 군에서는 복합 파절양상이 관찰되었다(Fig.

IV. 총괄 및 고안

심미적 수복물에 대한 요구가 높아지고 생체친화성이 중시되면서 전부도재관을 위한 재료와 술식의 개발이 이루어져 왔다^{9,10,12)}. 전부도재관의 단점인 기공 술식과 물리적 강도를 개선하기 위한 많은 노력으로 금속구조물을 대신할 수 있는 여러 종류의 코아 재료가 개발되었고 상악 전치부의 고정성 가공의 치 뿐만 아니라 수지 접착형 보철물(resin retained fixed partial denture), 인레이, 온레이, 라미네이트 베니어에 까지 그 사용범위가 확대되었다^{17,18)}.

Dicor 등과 같은 주조형 유리도재제는 납형을 때 물, 소환시킨 후 유리를 주조하여 제작하므로 수복물들을 비교적 간편하게 제작할 수 있으나, 유리의 결정화 과정(cerammg)에서 부가적인 수축을 일으키는 단점이 있다⁵³⁾. IPS-Empress와 같은 열가압 도재제는 도재의 결정화과정에서 발생하는 수축을 최소화하기 위해 미리 결정화시킨 유리도재를 가열시킨 후 가압하여 성형하는 것으로 유리의 결정화 과정이 없어 제작이 간편하나, 백류석(leucite) 결정에 의한 강도 증가에 한계를 보이고 있다⁵⁴⁾.

In-Ceram은 유리침투 도재제로써 알루미늄 코아에 유리를 침투시켜 결정화함으로써 그 강도가 현저히 증가되어 전치부 뿐만 아니라 구치부에서도 점차 그 사용이 증가하고 있다^{4,13-15,17,18)}. 이러한 임상적 적용을 위해서는 In-Ceram 코아와 레진시멘트 간의 안정된 결합이 필수적이며, 본 연구에서도 In-Ceram 코아의 표면처리에 따른 레진시멘트와의 결합력을 비교 분석하였고, 구강 내에서 볼 수 있는 한계적인, 냉의 상태를 모방한 수중침지와 열순환 실험을 통해 결합력의 변화를 평가하였다.

도재와 레진시멘트의 결합은 크게 알루미늄 분사, 산부식 등을 이용한 기계적 결합과 실란, 실리카 코팅 등에 의한 화학적 결합으로 나눌 수 있다. 불화 수소산이나 불화 암모늄을 이용한 도재 표면의 산부식이 레진과의 결합력을 증가시켰다는 연구들이 있다^{49,55,56)}. Pape⁵⁷⁾, Kern⁵⁸⁾, Neikes 등⁵⁹⁾은 1991년 유리침투 도재인 In-Ceram에서는 다른 도재와 비교해 볼 때 효과적인 산부식을 얻기가 힘들며 알루미늄 분사로 미세한 유지면을 얻을 수 있다고 보고하고

있으며, Kern 등⁶⁰⁾의 다른 연구에서도 굵은 황산에서 In-Ceram의 산부식이 가능했지만, 모든 표본이 등장성 인공타액에서 150일 보관 후 표층의 알루미늄 입자의 결합이 약해지면서 레진과의 결합에서 실패하였다고 보고하고 있다. In-Ceram 코아는 산부식으로 표면의 기계적 결합력을 얻을 수 없기 때문에 In-Ceram의 기계적 유지를 위해서는 알루미늄 분사가 추천되고 있다.

기존의 치과 도재에서 실란의 도포로 레진과의 결합력이 증가되었다는 연구⁴²⁻⁴⁸⁾도 여러 선학에 의해 입증되었다. 그러나, 기존의 치과 도재는 SiO₂ 성분이 조성비율에 있어서 50-60%를 차지하고 있지만, 고밀도 알루미늄 침투 도재인 In-Ceram에서는 Al₂O₃가 조성비에 있어서 85%를 차지하고 있고, 소량의 SiO₂, La₂O₃, CaO 등이 유리부를 구성하고 있기 때문에 알루미늄 분사 후 실란만의 도포는 레진과 화학적 결합을 이룩하기에는 그 효과가 미약하다고 생각된다.

본 연구에서도 기계적 유지를 위하여 모든 실험군에서 알루미늄 분사를 시행하였으며, 알루미늄 분사만 행한 군을 대조군으로 하여 다른 처리를 부가시킨 군들과 전단결합강도를 비교하였는데 본 연구의 결과에서도 알루미늄 분사만 행한 군과 알루미늄 분사 후 실란을 도포한 군에서는 충분한 결합력을 얻을 수 없었다.

In-Ceram의 부족한 SiO₂ 양을 보충하기 위하여 여러 연구^{22,30,38)}에서 실리카 코팅이 In-Ceram의 표면처리 방법으로 추천되고 있다. 실리카 코팅 처리법은 크게 Silicoater 시스템을 사용하는 thermal 실리카 코팅과 Rocatec 시스템을 사용하는 tribochemical 실리카 코팅으로 분류되며, 원래 금속과 레진의 결합시 두 재료의 서로 다른 열팽창 계수와 레진의 중합 수축으로 발생하는 marginal gap을 방지하여 금속과 레진의 결합을 증진시키기 위한 목적으로 개발되었다. 실리카 코팅 처리로 금속과 레진의 결합력을 증가시키려는 많은 연구⁶¹⁻⁶⁵⁾들이 이어져 왔으며, 이러한 연구들은 도재와 레진의 결합력 향상을 위한 실리카 코팅 연구로 이어졌다.

김 등³⁰⁾은 1995년 In-Ceram 코아 표면을 알루미늄 분사 후 Silicoater MD 시스템으로 실리카 코팅한 군이 실란만을 도포한 군보다 더 높은 결합력을 보였다고 보고하고 있으며, Kern, Thompson 등²²⁾도

1995년 In-Ceram을 Silicoater MD 시스템과 Rocatec 시스템으로 실리카 코팅을 한 경우, 레진의 높은 초기 결합강도를 보여 주었으며, 그 결과는 비 귀금속에 대한 실리카 코팅의 효과와 유사한 결과라고 보고하고 있다. 최근의 연구로는 1999년 Vojvodic 등⁶⁶⁾이 Art Glass 시스템에서 금속과 레진의 결합력을 개선하기 위해 개발된 Kevloc bonding 시스템(Kulzer Co., Germany)을 사용한 결과, 기존의 Silicoater technique에 비해 열순환 전, 후 더 높은 결합력을 보였다고 보고하고 있다.

본 연구에서는 Silicoater 시스템과 기전이 같으며, Kevloc 시스템이 변형 개발된 Siloc 시스템을 사용하여 In-Ceram 표면을 처리한 결과, 24시간, 5주간 수증침지 후 우수한 전단결합강도를 보여주었는데, 이러한 결과는 알루미늄 분사 후 실리카 코팅한 군이 알루미늄 분사 후 실란을 도포한 군보다 더 높은 결합력을 보였다는 여러 연구결과^{22,30)}들과 일치하고 있다.

또 하나의 처리 방법으로 최근에 개발된 Targis Vectris 시스템에서 금속과 레진의 화학적 결합을 위해 사용되는 Targis link로 In-Ceram 표면을 처리한 결과, 24시간, 5주간 수증침지 후 가장 높은 전단결합강도를 보여주었으며, 열순환 후에는 전단결합강도의 감소가 있었지만 다른 실험군들에 비해 안정된 결합력을 보여주고 있다. 이러한 이유로는 Targis link의 인산기에 있는 methacrylate 군이 레진시멘트의 단량체와 반응하여 강력한 copolymer를 형성하는 기전 때문인 것으로 사료된다.

Targis link는 또한 처리방법에 있어서 Siloc Pre를 바른 후 Siloc unit(activation chamber)에서 고온 활성화 과정을 거쳐야 하는 Siloc 시스템이나 특수 알루미늄 분사 기계에서 실리카 코팅을 해야 하는 Rocatec 시스템에 비하여 단지 붓으로 도포하고 공기 중에서 건조시키므로 기공과정을 단순화시킬 수 있는 장점이 있어 임상적으로 널리 응용될 수 있으리라 사료된다.

구강 내의 온도 범위에 대하여 Peterson⁶⁷⁾은 15°C - 45°C라고 보고하였으며, Michailesco⁶⁸⁾는 17°C - 47°C, Wendt 등⁶⁹⁾은 복합레진이 미세누출에 대한 온도 변화의 효과에 대해 기술하면서 구강내 온도차이를 최저 4°C - 8°C, 최고 45°C - 60°C라고 보고하고 있다. 열순환시 순환조건에 대해 살펴보면 Munks-

gaard⁷⁰⁾, Wendt 등⁶⁹⁾은 15초, Gorden⁷¹⁾은 30초, Fuks 등⁷²⁾은 1분의 계류시간이 적절하다고 주장하고 있다. 본 연구에서는 실험조건을 37°C 항온수조에서 24시간 수증침지, 같은 조건에서 5주간 수증침지, 열순환을 위해서는 Wendt 등⁶⁹⁾의 주장대로 계류시간 15초, 온도범위는 5°C - 55°C 사이에서 1주일 간격으로 2,000회씩 5회, 총 5주간 10,000회의 열순환을 시행하였다.

Nathanson 등¹⁾은 1988년 장기간 실내온도의 물에 수증침지 후에도 도재와 레진간의 인장결합강도의 변화가 없었다고 보고한 반면, Bailey²⁶⁾, Pratt 등⁵¹⁾은 1989년 장기간 수증침지 후 열순환을 시행한 결과, 결합력의 급격한 감소가 있었다고 보고하고 있다. 본 연구에서도 Nathanson 등¹⁾의 연구결과처럼 24시간 수증침지 후와 5주간 수증침지 후의 전단결합강도를 비교해 보았을 때 모든 처리군에서 유의한 결합강도의 변화가 없었으며, Panavia 21로 접착한 군에서는 오히려 전체적으로 결합강도가 증가하는 경향을 보여 주었는데 그 이유로는 수증침지로 미중합 레진의 중합이 촉진된 결과라고 생각된다.

열순환이 레진시멘트의 접착력에 미치는 영향에 대해서 Sparrius⁷³⁾는 1989년 열에 의해 레진의 수축과 팽창이 반복되고 레진의 물 흡수로 결합계면에 압축과 인장응력이 발생되어 결합력이 감소된다고 하였고, Tanaka⁷⁴⁾는 1995년 온도변화가 계속될수록 피로축적으로 인하여 수분이 흡수되고 이 결과 레진 tag의 가수분해가 일어난다고 보고하였다. 본 연구에서는 열순환 후 모든 시편에서 결합력의 감소가 있었으며 이는 열응력이 반복적으로 작용하는 동안 In-Ceram과 레진 사이의 열팽창 계수의 차이로 결합계면으로의 물의 확산이 결합력에 영향을 주었던 것으로 생각된다. 본 연구결과를 살펴 볼 때, 장기간의 수증침지는 레진의 결합력에 영향을 주지 않았지만 열순환은 레진의 결합력에 상당한 영향을 주었으며, 이러한 결과는 레진의 결합력을 평가하는 연구에서는 수증침지 보다 열순환이 더 중요한 실험조건이라 말할 수 있겠다.

도재와 치아의 접착시 기존의 인산아연 시멘트나 글래스 아이오노머 시멘트보다 레진시멘트로 접착시 파절강도 뿐만 아니라 인장, 전단결합강도가 우수하다는 것은 여러 연구^{18,31,32)}에 의해서 입증되었으며, 또한 레진시멘트는 기계적 성질, 피막 두께, 변연

적합성, 치질과의 화학적 결합력에 있어서 만족스러운 결과를 보여주고 있다^{65,66,75-77}). BIS-GMA계 레진시멘트는 얇은 피막 두께와 조작성 간편하여 임상적으로 널리 사용되어지고 있으며, 이중중합형이 개발되면서 그 결합력이 크게 향상되었다. Panavia 레진시멘트는 70wt.% 이상의 충전재를 함유하고 있어 수분 흡수성이 낮고, 온도변화에도 민감하지 않아 중합 수축이 적으며, 낮은 점조도를 가지고 있어 표면의 미세 구조 내로 깊이 침투해 높은 접착강도를 나타내는 장점이 있다⁶⁵).

이러한 이유로 본 연구에서는 자가중합형인 Panavia 21과 이중중합형인 Variolink II 두 종류의 레진시멘트를 사용하여 In-Ceram의 표면처리와 수증침지 및 열순환 등 실험조건에 따른 결합력의 변화를 평가하고자 하였다. 24시간 수증침지 후에는 두 레진시멘트 사이에 유의한 차이를 보이지 않았지만, 5주간 수증침지 후 알루미늄 분사 군과 실란 군에서, 열순환을 시행한 후에는 알루미늄 분사 군과 Siloc 군에서 Panavia 21로 접착한 군들이 Variolink II로 접착한 군들보다 우수한 결과를 보여 주었다. 이러한 결과는 In-Ceram의 표면처리 방법에 따라 레진시멘트의 종류가 결합력에 영향을 미칠 수 있다고 말할 수 있으며, 본 연구에서는 Panavia 21이 Variolink II 보다 모든 시편처리와 실험조건에서 더 높은 결합강도를 보여 주었다.

파절시험 후 주사전자현미경으로 파절면을 관찰한 결과, 알루미늄이 침윤된 In-Ceram은 자체 파절강도가 상당히 높기 때문에 파절은 결합계면이나 레진시멘트 부위에서 이루어졌으며, 알루미늄 분사 군은 모든 실험조건에서 접착성 파절의 양상을 보여주었고 실란 군은 부분적으로 레진의 충전재 입자가 관찰되는 복합 파절양상을 보여주었는데, 이는 온도 변화에 따른 두 재료의 열팽창계수 차이와 수분흡수를 극복하기에는 계면에서의 접착력이 충분치 못한 결과라고 사료되며, 이러한 관찰결과는 1995년 Kern, Thompson 등²²)의 연구결과와도 일치하고 있다. Siloc과 Targis link 군에서는 레진시멘트의 충전재 입자가 상당량 보이는 응집성 파절의 양상을 보여주었는데, 이는 이러한 방법으로 In-Ceram을 표면처리할 경우, 알루미늄 분사 군이나 실란 군보다 레진시멘트와의 결합력이 증가되었음을 의미한다.

연구방법과 조건에 따라 그 결과의 차이는 있지만

금속과 레진시멘트간의 전단결합강도를 비교한 연구들을 살펴보면 1994년 Dixon 등⁶⁵)의 연구에서는 6 - 30MPa로 표면처리에 따라 다양한 결과를 보여 주었으며, 1995년 이 등⁷⁵)의 연구에서는 20 - 30MPa, 조 등⁷⁶)의 연구에서는 14 - 28MPa 정도의 전단결합강도를 보고하고 있으며, 열순환 후에는 대체적으로 그 강도가 감소하는 경향을 보이고 있다^{76,77}). 또한, 레진과 범랑질간의 접착강도에 관한 연구에서는 Livaditis⁷⁸), Craig⁷⁹), Phillips⁸⁰) 등은 10 - 21MPa, Eick 등⁸¹)은 8 - 20MPa 정도로 보고하고 있다.

In-Ceram의 표면처리 후 수증침지, 열순환 등의 실험조건에 따른 전단결합강도의 변화를 관찰한 본 실험에서는 알루미늄 분사 후 Siloc 시스템과 Targis link로 표면처리한 군에서 선학들이 행한 수증침지 후 금속과 레진시멘트, 레진과 범랑질간의 전단결합강도를 비교한 연구^{61-66,78-80}) 결과들에 비하여 뒤지지 않는 성적을 보여 주고 있으며, 열순환 후에도 다른 처리군들에 비해 우수한 전단결합강도를 보여주었다. 이러한 결과는 임상적으로 In-Ceram Alumina 뿐만 아니라, 같은 계통의 유리침윤 도재인 In-Ceram Spinell, In-Ceram Zirconia 및 Cerec, Celay 시스템에 사용되는 같은 성질의 도재에서도 레진과의 결합력을 높이기 위한 표면처리 방법으로 널리 응용될 수 있으리라 사료된다.

그러나 전단결합강도에 크게 영향을 받는 수지 접착형 보철물이나 라미네이트 베니어등에서는 더 우수한 결합력을 얻을 수 있는 표면처리 방법에 대한 연구와 장기간 수증침지, 열순환 후에도 안정된 결합력을 유지하기 위한 더 많은 연구들이 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

In-Ceram 코아의 표면처리 방법과 레진시멘트 종류에 따른 In-Ceram 코아와 레진의 전단결합강도를 비교하기 위하여 피착면을 알루미늄 분사만 한 군을 대조군으로 하여 실란 처리군, Siloc 처리군, Targis link 처리군의 네가지 처리군을 대상으로 하였다. 자가중합형인 Panavia 21과 이중중합형인 Variolink II 두 종류 레진시멘트 블록을 각 처리군 시편에 접착하여 각 군당 10개씩 8개의 실험군으로 분류하였다.

또한 구강환경과 유사한 조건하에서 결합력의 변화를 평가하기 위해 (1) 37℃ 증류수에 24시간 수중침지, (2) 37℃ 증류수에 5주간 수중침지, (3) 5주간 수중침지 중 매주 2,000회씩 전체 10,000회의 열순환을 행한 3개의 실험 조건으로 분류하여 전단결합강도를 측정하였으며, 접착계면에서의 파절양상을 평가하기 위해 파절면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 24시간 수중침지 후 알루미늄 분사만 한 대조군은 다른 실험군들에 비해 전단결합 강도가 낮았다($p < 0.01$).
2. 수중침지 시간에 따른 전단결합강도는 모든 군에서 유의한 차이를 보이지 않았지만, Variolink II로 접착한 시편은 전체적으로 감소하는 경향을 보였으며 Panavia 21로 접착한 시편은 전체적으로 결합강도가 증가하는 경향을 보였다.
3. 열순환 후 모든 실험군에서 유의한 전단결합강도의 감소를 보였으나($p < 0.01$), Targis link 군은 열순환 후에도 다른 군들에 비해 높은 결합강도를 보였다($p < 0.05$).
4. 레진시멘트의 종류에 따른 차이를 비교한 결과, 알루미늄 분사 군($p < 0.01$)과 실란 군($p < 0.05$)에서 Panavia 21이 Variolink II 보다 높은 결합강도를 보였다.
5. 파절시험 후 시편에 대한 주사전자현미경 관찰 결과, Targis link 군에서는 레진 부위에서 응집성 파절양상을, 실란과 Siloc 군에서는 복합 파절양상을, 알루미늄 분사 군에서는 In-Ceram과 레진의 접착계면에서 접착성 파절양상을 보였다.

참 고 문 헌

1. Nathanson, D. : Dental porcelain technology, in Garber, D.A., Goldstein, R.E., Feinman, R.A. : Porcelain Laminate Veneers. Chicago, Quintessence Publ. Co., p 30, 1988.
2. Thomas, G.A., Hartsock, T.E., Dossett, J., Mitchell, R.J. : Thermocycling, silanization and tensile bond strength of resin to porcelain. *J. Dent. Res.*, 66(special issue): 207, abstr. no. 808, 1987.
3. Kern, M., Knode, H. and Strub, J.R. : The all porcelain, resin bonded bridge. *Quintessence Int.*, 22: 257-262, 1991.
4. Heinrich, F., Kappert, and Kssenode, H. *In-ceram : Testing a new ceramic material.* Quintessence of dental technology, 1993.
5. Proster, L. and Diehl : Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence International*, 2325-2331, 1992.
6. Kelly, J.R., Nishimura, I., Campbell, S.D. : Ceramics in dentistry : Historical roots and current perspectives. *J. Prosthet. Dent.* 75: 18-32, 1996.
7. Mclean, J.W. : The alumina reinforced porcelain jacket crown. *J. Am. Dent. Assoc.* 75: 621-628, 1967.
8. Sozio, R.B., Riley, E.J. : Shrink-free ceramic. *Dent. Clinics North Am.* 29: 705-717, 1985.
9. Doyle, M.G., Goodacre, C.J., Munoz, C.A., Andres, C.J. : The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crowns. Part 3. *Int. J. Prosthodont.*, 3: 327-340, 1990.
10. Bailey, L.F. and Bennett, R.J. : Dicor surface treatments for enhanced bonding. *J. Dent. Res.*, 67: 925-931, 1988.
11. Tingwey, Y., Blackman, R.B. Baez, R.J. : Effect of acid etching on the flexural strength of feldspathic porcelain and castable glass ceramic. *J. Prosthet. Dent.*, 70: 224-233, 1993.
12. Sadoun, M. : All ceramic bridges with the slip casting technique. 7th international symposium in ceramics, Paris, September, 1988.
13. Seghi, R.R., Sorensen, J.A. : Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int. J. Prosthodont.*, 8: 239-246, 1995.
14. Tuntiprawon, M., Wilson, P.R. : The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns. *Austr. Dent.*

- J., 40: 17-21, 1995.
15. 백승진, 양재호 : 수중 전부도재관의 파절강도에 관한 비교연구. 대한치과보철학회지, 33권, 4호, 611-633, 1995.
 16. Castellani, D., Baccetti, T., Giovannoi, A., and Bernardini, V.D. : Resistance to fracture of metal ceramic and all ceramic crowns. *J. Dent. Res.*, 7: 149-154, 1994.
 17. Sorensen, J.A., Knode, H. and Torres, T.J. : Quintessence of dental technology, 41-46, 1992.
 18. Probst, L. : Survival rate of In-Ceram restorer. *Int. J. Prosthodont.*, 259-263, 1993.
 19. Stangel, I., Nathanson, D., Hsu, C.S. : Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J. Dent. Res.*, 66: 1460-1465, 1987.
 20. 고은숙, 이선형, 양재호, 정현영 : 전부도재관을 위한 지대치의 마무리선 형태와 절단면 삭제량 및 교합력 작용점에 따른 응력분포에 관한 삼차원 유한요소법적 연구. 대한치과보철학회지, 35권, 4호, 742-761, 1997.
 21. Gorodovsky, S. and Zian, O. : Retentive strength, disintegration, and marginal quality of luting cements. *J. Prosthet. Dent.*, 68: 269-274, 1992.
 22. Kern, M., Thompson, V. : Bonding to glass infiltrated alumina ceramic : adhesive methods and their durability. *J. Prosthet. Dent.*, vol. 73: 240-249, 1995.
 23. Kamada K., Yoshida K. : Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. *J. Prosthet. Dent.*, vol. 79: 508-513, 1998.
 24. 임주환 : 접착제 종류에 따른 In-Ceram 도재관의 변연적합도와 파절강도에 관한 연구. 대한치과보철학회지, 36권, 6호, 888-899, 1998.
 25. Newburg, R., Pameijer, C.H. : Composite resins bonded to porcelain with silane solution. *J. Am. Dent. Assoc.*, 96: 288-291, 1978.
 26. Bailey, J.H. : Porcelain-to-composite bond strengths using four organo-silane materials. *J. Prosthet. Dent.*, 61: 174-177, 1989.
 27. O'Kray, K., Suchak, A.J., Stanford, J.W. : Shear strength of porcelain repair materials. *J. Dent. Res.*, 66(special issue): 207, abstr. no.805, 1987.
 28. Sheth, J., Jensen, M., Tolliver, D. : Effect of surface treatment on etched porcelain bond strength to enamel. *Dent. Mat.*, 4: 328-337, 1988.
 29. Tjan, A.H.L., Nemetz, H. : A comparison of the shear bond strength between two composite resins and two etched ceramic materials. *Int. J. prosthodont.*, 1: 73-79, 1988.
 30. 김영숙, 우이형 : Inceram 코아의 표면처리 방법에 따른 레진 시멘트와의 결합강도 및 표면상태에 관한 연구. 대한치과보철학회지, 33권, 4호, 693-704, 1995.
 31. White, S.N., Sorensen, J.A., Kang, S.K., and Caputo, A.A. : Microleakage of new crown and fixed partial denture luting agents. *J. Prosthet. Dent.*, 67: 156-161, 1992.
 32. Tjan, A.H.L., Dunn, J.R., and Grant, B.E. : Marginal leakage of cast crowns luted with an adhesive resin cement. *J. Prosthet. Dent.*, 7: 11-15, 1992.
 33. Retief, D.H., O'Brien, J.A., Smith L.A., Marchman, J.L. : In vitro investigation and evaluation of dentin bonding agents. *Am. J. Dent. (Spec. iss.)* 1:176, 1988.
 34. Giordano, R., Cima, M., Pober, R. : Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. *Int. J. Prosthodont.*, 8: 311-319, 1995.
 35. Hansson, O., Moberg, L-E. : Evaluation of three silicoating methods for resin-bonded prostheses. *J. Dent. Res.*, 101: 243-251, 1993.
 36. Bowen, R.L. : Properties of silica reinforced polymer for dental restorations. *J. Am.*

- Dent. Assoc., 66: 57-64, 1963.
37. Hofman, N. and Haller, B. : Shear strength of composite luted to ceramics. A comparison of three ceramic materials. Quintessence Publishing, 1991.
 38. Kern M, Thompson V. : Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic : Volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J. Prosthet. Dent.*, vol. 71: 453-461, 1994.
 39. Bertolotti, R.L., Lacy, A.M. and Watanabe, L.G. : Adhesive monomers for porcelain repair. *Int. J. Prosthodont.*, 99: 530-543, 1989.
 40. Nathanson, D., Vongphantuset, R. and Herault, R.L. : Bond strength of luting resin to etched glass ceramic in vitro. *J. Dent. Res.*, 71 [Abstract 86], 1992.
 41. Calamia, J.R., Simosen, R.J. : Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. *J. Dent. Res.* 63: 179, Abstract No. 79, 1984.
 42. Wolf, D.M., Powers, J.M., O'Keefe K.L. : Bond strength of composite to porcelain treated with new porcelain repair agents. *Dent. Mat.* 8: 158-161, 1992.
 43. Diaz-Arnold, A.M., Schneider, R.L., Aquilino, S.A. : Bond strengths of intraoral porcelain repair materials. *J. Prosthet. Dent.* 61: 305-309, 1989.
 44. Lacy, A.M., Laluz, J., Watanabe, L.G. : Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J. Prosthet. Dent.* 60:288-291, 1988.
 45. Nowlin, T.P., Barghi N., Norling B.K. : Evaluation of the bonding of three porcelain repair systems. *J. Prosthet. Dent.* 46: 516-518, 1981.
 46. Beck, J.H., Janus, C.E., Douglas H.B. : Shear bond strength of composite resin porcelain repair materials bonded to metal and porcelain. *J. Prosthet. Dent.* 64: 529-533, 1990.
 47. Eames, W.B., Rogers, L.B., Feller, P.R. : Bonding agents for repairing porcelain and gold. *Oper. Dent.* 2: 118-124, 1977.
 48. Eikenberg, S., Shurteff, J. : Effect of hydration on bond strength of a silane-bonded composite to porcelain after seven months. *Gen. Dent.* Jan.-Feb. 58-61, 1996.
 49. Roulet, J.F., Soderholm, K.J.M., Longmate J. : Effect of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J. Dent. Res.* 74: 381-387, 1995.
 50. Lu, R., Harcourt, J.K. : An investigation of the composite resin/porcelain interface. *Aust. Dent. J.* 37: 12-19, 1992.
 51. Pratt, R.C., Burgess, J.O., Schwartz, R.S. : Evaluation of bond strength of six porcelain repair systems. *J. Prosthet. Dent.* 62: 11-13, 1989.
 52. Chang, J.C., Powers, J.M., Hart., D. : Bond strength of composite to alloy treated with bonding systems. *J. Prosthodont.* 2: 110-114, 1993.
 53. Scharer, P., Sato, T. and Wohlwend, A. : A comparison of the marginal fit of three cast ceramic crown systems. *J. Prosthet. Dent.* 59: 534-542, 1988.
 54. Wohlwend, A. : The Empress Technique : The new technique for the fabrication of the full ceramic crown, inlay and veneers. *Quintessenz Zahntech.* 16: 966-978, 1990.
 55. Soresen, A., Engleman, J., Tores, J. : Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int. J. Prosthodont.* 4: 17-23, 1991.
 56. Hayakawa, T., Horie, K., Murata, Y. : The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. *Dent. Mat.* 8: 238-240, 1992.
 57. Pape, F.W., Pfeiffer, P. and Marx, R. : Bond strength of etched In-Ceram to enamel. *Zarnarzt Welt.* 100: 450-453, 1991.
 58. Kern, M., Thompson, V.P. : Tensile bond strength of new adhesive systems to In-cer-

- am ceramic.[Abstract] J. Dent. Res. 72: 369, 1993.
59. Neikes, M.J., Kern, M. and Strub, J.R. : Tensile bond strength of two silicoating systems(silicate/silanization) on the Al₂O₃ ceramic In-Ceram.[Abstract] J. Dent. Res. 71: 533, 1992.
 60. Kern, M., Neikes, M.J. and Strub, J.R. : Tensile strength of the bond to In-ceram after varying modes of surface conditioning. Dtsch. Zahnärztl. Z. 46: 758-761, 1991.
 61. 박동원, 임오남, 우이형, 최부병 : 금속면의 표면처리 방법에 따른 금합금과 전장레진간의 전단결합강도에 관한 연구. 대한치과보철학회지. 33권, 4호, 685-692, 1995.
 62. 양태진, 임주환, 조인호 : 비귀금속합금 처리방법과 레진시멘트 종류가 접착인장강도에 미치는 영향에 관한 연구. 대한치과보철학회지. 34권, 2호, 335-348, 1996.
 63. 이청희, 조성암 : 도재소부용 비귀금속 합금의 표면처리가 금속과 도재간의 전단결합강도에 미치는 영향. 34권, 3호, 533-538, 1996.
 64. Kourtis, S.G. : Bond strengths of resin-to-metal bonding systems. J. Prosthet. Dent. 78: 136-145, 1997.
 65. Dixon, D.L., Breeding, L.C., Hughie, M.L. : Comparison of shear bond strengths of two resin luting systems for a base and high noble metal alloy bonded to enamel. J. Prosthet. Dent. 72: 457-461, 1994.
 66. Vojvodic, D., Jerolimov, V., Celebic, A. : Bond strengths of silicoated and acrylic resin bonding systems to metal. J. Prosthet. Dent. 81: 1-6, 1999.
 67. Peterson, E.A., Philips, R.W., Swartz, M.L. : A comparison of physical properties of four restorative resins. J. Am. Dent. Assoc. 73: 1324, 1966.
 68. Michalesco, P.M., Grieve A.R., Abadie, M.J.M. : An vivo recording of variations in oral temperature during meals. J. Prosthet. Dent. 71: 214, 1995.
 69. Wendt, S.L., McInnes, P.A., Dickinson, G.L. : The effect of thermocycling in microleakage analysis. Dent. Mat. 8: 181, 1992.
 70. Munksaard, E.C., Itoch, K.J., Rgensen, K.D. : Dentin polymer bond in resin fillings tested in vitro by thermo- and load-cycling. J. Dent. Res. 64: 144, 1985.
 71. Gorden, M., Plasschaert, A.J.M. : Microleakage of four composite resins over a glass ionomer cement base in class V restorations. Quintessence Int. 12: 817, 1985.
 72. Fucks, A.B., Herschfield, Z., Grajower, R. : Marginal leakage of cervical resin restorations with a bonding agent. J. Prosthet. Dent. 54: 654, 1985.
 73. Sparrius, O., Grossman, E.S. : Marginal leakage of composite restorations in combination with dental and enamel bonding agents. J. Prosthet. Dent. 61: 678, 1989.
 74. Tanaka, T., Kamada, T., Matsmura, H. : A comparison of water temperatures for thermocycling of metal-bonded resin cements. J. Prosthet. Dent. 74: 345, 1995.
 75. 이선형, 양재호, 정현영, 장일성 : 접착성 레진 시멘트와 범랑질 및 니켈-크롬 합금간의 전단결합강도. 35권, 2호, 365-372, 1997.
 76. 조미숙, 양재호 : 유지형태와 접착제 종류에 따른 수지 접착형 수복물과 범랑질간의 전단결합강도 및 파절양상에 관한 연구. 대한치과보철학회지. 33권, 4호, 662-684, 1995.
 77. 강건구, 정관호 : Thermocycling이 금속과 레진 시멘트간의 결합강도에 미치는 영향. 대한치과보철학회지. 34권, 2호, 233-245, 1996.
 78. Livadtis, G.J., Thompson, V.P. : Etched castings : An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. J. Prosthet. Dent. 47: 52, 1982.
 79. Craig, R.G. : Restorative dental materials. 7th ed. St louis, Mosby Co. 225, 1985.
 80. Phillips, R.W. : Skinner's science of dental materials. 8th ed. W.B. Saunders Co. 216,

1982.
81. Eick, J.D., Robinson, S.J., Cobb, C.M. : The
dental surface : its influence on dental ad-

hesion. Quintessence Int. 24: 571-582,
1993.

사진부도 설명

- Fig. 13. In-Ceram surface after sandblasting (SEM $\times 3000$).
Fig. 14. In-Ceram surface after sandblasting and silane application (SEM $\times 3000$).
Fig. 15. In-Ceram surface after sandblasting and Siloc treatment (SEM $\times 3000$).
Fig. 16. In-Ceram surface after sandblasting and Targis link treatment (SEM $\times 3000$).
Fig. 17. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting after 5 weeks hydration($\times 3000$).
Fig. 18. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting and silane group after 5 weeks hydration($\times 3000$).
Fig. 19. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting and Siloc group after 5 weeks hydration($\times 3000$).
Fig. 20. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting and Targis link group after 5 weeks hydration($\times 3000$).
Fig. 21. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting group after thermocycling($\times 3000$).
Fig. 22. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting and silane group after thermocycling($\times 3000$).
Fig. 23. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting and Siloc group after thermocycling($\times 3000$).
Fig. 24. SEM photomicrograph showing bond failure of sandblasting and Targis link group after thermocycling($\times 3000$).

Reprint request to:

Sun-Hyung Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry,
Seoul National University

사진부도 ①

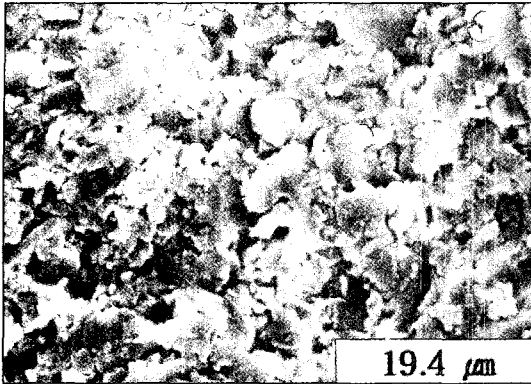


Fig. 13

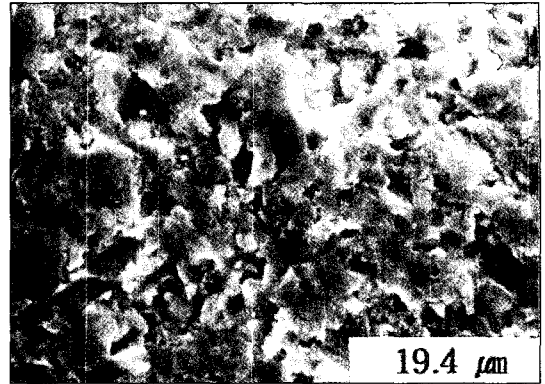


Fig. 14

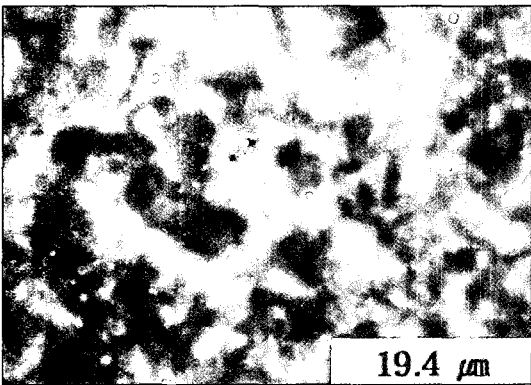


Fig. 15

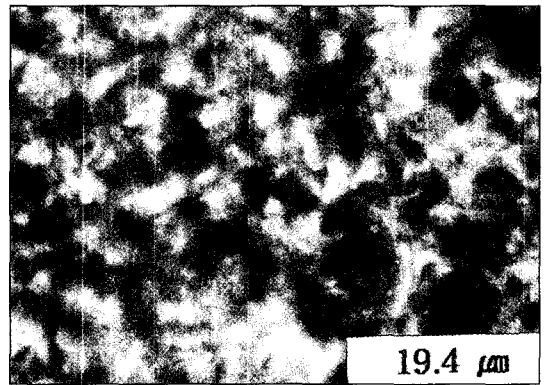


Fig. 16

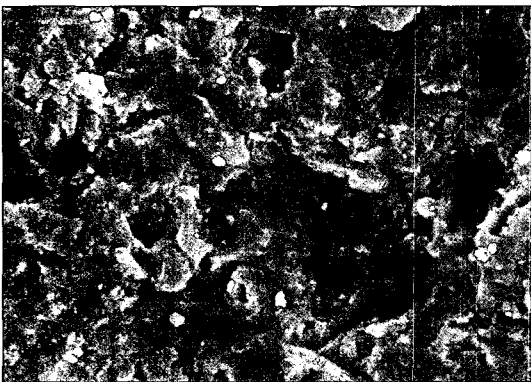


Fig. 17

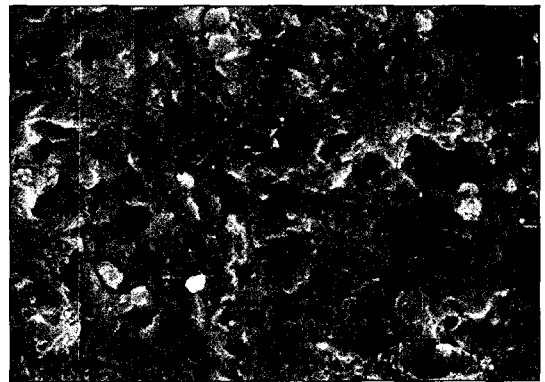


Fig. 18

사진부도 ②

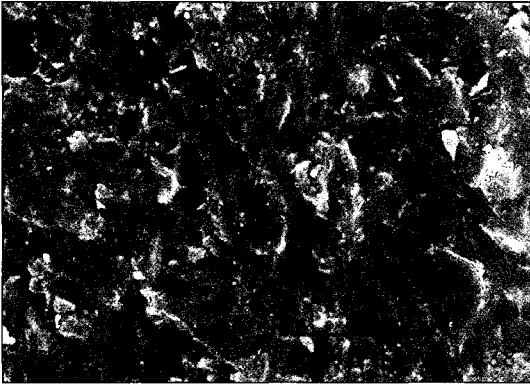


Fig. 19



Fig. 20

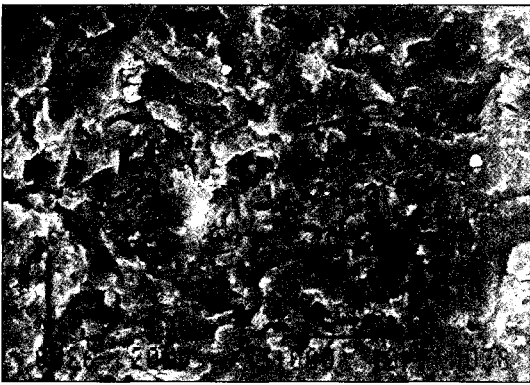


Fig. 21

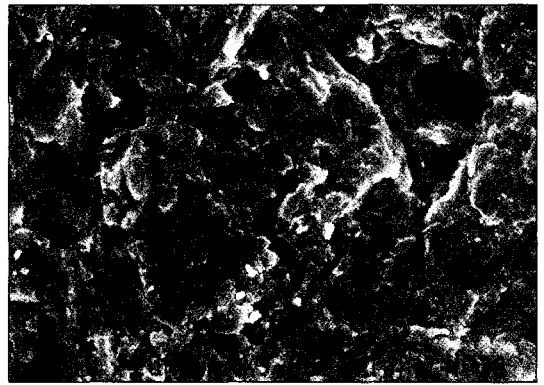


Fig. 22

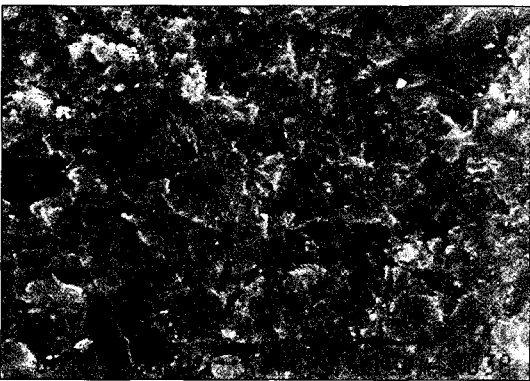


Fig. 23

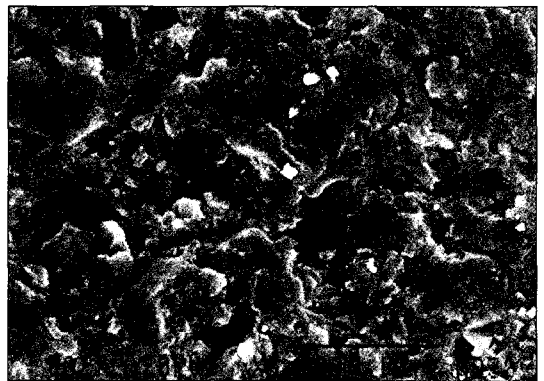


Fig. 24

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF SURFACE TREATMENTS ON THE SHEAR BOND STRENGTH OF RESIN CEMENTS TO IN-CERAM CORE

Jeong-Tae Yoon, Sun-Hyung Lee, Jae-Ho Yang

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

An increasing demand for esthetic restorations has led to the development of new ceramic systems. In-Ceram, a glass-infiltrated alumina ceramic has three to four times greater flexural strength than other ceramic glass material. Because of its high strength, In-Ceram has been suggested as inlay, crown, laminate veneer and core material for resin bonded fixed partial dentures. This clinical application requires a stable resin bond to In-Ceram core.

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength between In-Ceram core and resin cements according to various surface treatments and storage conditions.

The surface of each In-Ceram core sample was subjected to one of the following treatments and then bonded to Panavia 21 or Variolink II resin cement. : (1) sandblasting with 110 μ m aluminum oxide powder, (2) sandblasting and silanization, (3) sandblasting and Siloc treatment, (4) sandblasting and Targis link application.

Each of eight bonding groups was tested in shear bond strengths after the following storage times and thermocycling. : A) 24 hours storage in distilled water at 37 $^{\circ}$ C, B) 5 weeks storage in distilled water at 37 $^{\circ}$ C, C) 5 weeks storage in distilled water at 37 $^{\circ}$ C and thermocycled 2,000 thermocycling for every 10 days (totally 10,000 thermocycling) in 5 $^{\circ}$ C - 55 $^{\circ}$ C bath.

The bond failure modes were observed with scanning electron microscope (SEM).

The results were as follows :

1. The shear bond strengths of sandblasting group were significantly lesser than the other groups after 24 hours water storage.
2. No significant difference of bonding strengths was found between storage time conditions (24 hours and 5 weeks). The shear bond strengths showed a tendency to decrease in Variolink II bonding groups and to increase in Panavia 21 bonding groups.
3. After thermocycling, the shear bond strengths of all groups were significantly decreased ($p < 0.01$) and Targis link group exhibited significantly greater strengths than the other groups ($p < 0.05$).
4. Panavia 21 bonding groups exhibited significantly greater bonding strengths in sandblasting group ($p < 0.01$) and silane group ($p < 0.05$) than Variolink II bonding groups.
5. In observation of bond failure modes, Targis link group showed cohesive failure in resin part and silane group and Siloc group showed complex failure and sandblasting group showed adhesive failure between In-Ceram and resin.

Key Words : In-Ceram, Resin cement, Shear bond strength, Sandblasting, Silane, Siloc, Targis link, Water storage, Thermocycling