

# 도재표면의 처리방법과 접착제의 중합방식에 따른 교정용 브라켓의 전단강도의 연구

김 영 주<sup>1)</sup> · 차 경 석<sup>2)</sup> · 이 진 우<sup>3)</sup>

최근에는 교육수준의 향상, 소득증대, 대중매체의 발달 등으로 인하여 성인 교정환자의 수요가 상당히 증가하고 있다. 성인환자는 어린환자에 비해 상대적으로 구강내 도재수복물을 장착하고 있는 경우가 많아 도재치에 대한 교정용 브라켓의 직접접착의 기회도 증가하고 있다. 자연치에서는 법랑질을 산부식하여 비교적 쉽게 접착력을 증진시킬 수 있으나 도재치에서는 임상에서 브라켓이 너무 쉽게 탈락하거나 오히려 도재파절의 위험성이 존재하여 도재치에 대한 효과적인 직접접착법에 대하여 관심을 갖게 되었다. 그러나, 이러한 접착효율에 대한 다양한 연구가 있었으나 아직 정설로 받아들여지는 것은 없는 실정이다. 본 연구는 임상에서 비교적 간단히 이용할 수 있는 몇 가지 방법을 in vitro 상의 실험을 통하여 그 결과를 비교검토하여 효과적인 방법을 제시하고자 시행되었다.

우선 장식형 도재인 Ceramco II로 도재 시편을 제작하였다. 도재의 표면처리방법은 Glazing한 도재 자체를 사용하기 위해서는 무처리하였으며, 거칠기를 부여하기 위해서는 불화수소산으로 산부식하거나 Microetcher II로 Sandblasting, 또는 불화수소산과 Sandblasting을 복합처리하였다. 접착레진은 화학중합형인 Ortho-two와 광중합형인 Transbond를 사용하였다. 모든 시편에는 도재 프라이머를 도포하였다. 실험군은 7가지 군으로 나누어 브라켓의 전단강도를 측정하였다.

1. 도재의 표면처리에 대한 비교에서 Ortho-two군내에서는 불화수소산이나 sandblasting으로 표면거칠기를 부여한 군이 무처리군에 비해 높은 전단강도를 갖는다. Transbond군내에서는 각각의 표면처리에 따른 유의성있는 차이가 없었다.
2. 불화수소산이나 Sandblasting처리군에서는 화학중합형 레진인 Ortho-two가 광중합형레진인 Transbond보다 높은 전단강도를 갖는다.
3. 도재 파절율의 비교에서는 무처리군이 표면거칠기를 부여한 군에 비해 매우 낮은 파절율을 갖는다.
4. E(Transbond + Intact)군의 평균전단강도는 134.4 kg/cm<sup>2</sup> 로 본 실험군중 가장 낮은 것으로 나타났다. 이것은 선학들이 제안한 임상적용가능 전단강도보다 크므로 7가지군 모두 임상적으로 교정력을 가하기에 충분한 전단강도를 갖는다. 그러나, 도재의 파절율을 고려해볼 때 파절율이 상대적으로 낮은 무처리군이 임상적으로 더 효과적일 것으로 사료된다.

주요단어 : 구치회전, 근심삽입법, 원심삽입법, 근심확장법

## I. 서 론

1955년 Buonocore<sup>23)</sup>가 산부식법을 이용하여 치아

의 법랑질에 레진을 결합시키는 직접 접착술을 소개한 이래 레진의 접착력을 증가시키기 위한 꾸준한 연구가 있었다. 직접 접착술은 이전의 밴드를 이용하는 방법에 비하여 시술시간이 적게 소요되며 치간이개가 필요없고 부착과 제거가 쉬우며 구강위생유지에 유리하여 치아의 탈회 가능성을 감소시키고 치은에

<sup>1)</sup> 단국대학교 치과대학 교정학교실 수련의

<sup>2)</sup> 단국대학교 치과대학 교정학교실 교수

<sup>3)</sup> 단국대학교 치과대학 교정학교실 조교수

대한 자극이 적고 치료시간을 줄여주며 치료비용을 감소시키는 장점을 갖는데 특히 심미적인 면에서 유리하여 전치부 브라켓 접착에 유용되고 있다<sup>8,9)</sup>. 최근에는 교육수준의 향상, 소득증대, 문화향상, 대중매체의 발달 등으로 인하여 성인 교정환자의 수요가 상당히 증가하고 있는 추세이다. 그러나 성인의 구강내에는 어린 환자에 비해 도재나 금관보철물을 장착하고 있는 경우가 많고 특히 도재치는 심미성이 요구되는 전치부에 많아서 이에 따라 도재치에 대한 교정용 브라켓의 부착을 피할 수 없다고 하겠다. 그러나 도재전장 구조관 등의 심미성 보철물에서는 기존의 범랑질에 대한 산부식법만으로는 교정장치의 부착을 위한 기계적, 화학적 결합을 얻기 힘들다. 이에 1979년 Ghassemi-Tary<sup>2)</sup>가 구강내에서 도재수복물에 대한 브라켓의 기계적 접착력을 증진시키기 위해 도재표면을 사포로 거칠게 하고 도재 프라이머인 실란을 도포하여 도재에 대한 아르킬릭 또는 복합레진의 화학적 결합을 일으키는 방법을 연구하여 전단강도(shear strength)가 회전, 인장강도보다 크다는 발표를 하였다. 그후 선학들의 다양한 연구가 있었다. 도재의 표면거칠기를 증가시키기 위해 사포, 스톤 바, 다이몬드 바를 이용하였으며 최근에는 Microetcher를 이용한 sandblasting으로 기계적 결합력을 증진시키는 방법을 연구하거나<sup>5-7,10,12,31,36,38)</sup> 불화수소산(Hydrofluoric acid, HF acid)이나 산성불화인산염(Acidulated phosphate fluoride, APF)등 산부식으로 도재표면의 거칠기를 증가시키는 방법<sup>4,10-12,36)</sup>, 프라이머인 실란을 도포하여 화학적으로 접착강도를 증가시키는 방법 등이 다양하게 연구되고 있으며 레진의 종류, 도재의 종류, 산부식 시간과 수세시간 등에 따른 접착강도에 대하여도 연구되고 있다<sup>12,18,37,39-42)</sup>. 대부분의 연구에서 도재수복물의 표면거칠기를 시행하거나 실란 등을 도포한 경우, 접착강도가 증가한다는 보고를 하였다. 그러나, 그 결과는 연구재료의 준비에서 한가지 조건을 부여하는지 또는 두가지 이상의 조건을 부여하는지에 따라 서로 상승효과가 발견되기도 하였지만 이와는 상반되는 보고도 있다. Sorensen등<sup>11)</sup>은 불화수소산을 이용한 장식형 도재의 산부식에서 접착강도가 매우 크게 증가하였으나 실란의 도포가 부식한 도재의 모든 유형에서 뚜렷한 접착강도의 증가를 보이지는 않는다고 보고하였다. Brian Nebbe<sup>4)</sup>는 산부식을 이용하여 도재의 표면거칠기를 시행한 경우 초기 접착강도는 표면거칠기를 시행한 군이 뚜렷하게 컸으나 10분후에는 무처리군이 더 크게 나타났다

고 보고하였다. Eustaquio<sup>25)</sup>의 연구에서는 green stone bur를 사용하여 표면거칠기를 시행한 군과 시행하지 않은 군 사이에 유의성있는 차이는 없다고 보고하였다. 최근에는 접착강도 증진여부에 대한 접착레진의 중합방식의 평가에 대한 연구<sup>4,13,16,20-22,24,25,28,43)</sup>도 시행되었다. 그 평가도 다양하여 아직까지 정설로 받아들여지는 것은 없다. 광중합방식도 화학중합만큼의 접착강도를 보여 교정장치의 접착에 적합하다는 보고<sup>4,7,13,16)</sup>도 있으며 광중합방식의 어떤 레진은 중합 즉시 교정력을 가해도 된다는 보고<sup>21,24,25)</sup>가 있는 반면 오히려 화학중합방식을 사용한 경우가 광중합방식의 레진보다 매우 높은 강도를 보인다는 보고<sup>20)</sup>도 있었으며 Greenlaw등<sup>28)</sup>은 가시광선중합형 레진이 화학중합형 레진보다 낮은 접착강도를 보이며 교정력의 적용은 중합후 최소 24시간후에 가능하다고 하였다. 그리고 Joseph등<sup>32)</sup>은 화학중합형 레진과 광중합형 레진 사이의 인장강도의 비교에서 둘사이의 유의성있는 차이는 없다고 보고하였다. 이와 같이 도재수복물에 대한 교정용 브라켓접착의 필요성의 증가에 따라 교정장치의 보다 효과적인 접착을 위한 다양한 연구가 시행되었고 그결과 또한 다양하였다.

본 연구는 임상에서 비교적 간단히 이용할 수 있는 몇가지 방법을 실험실상의 실험을 통하여 그 결과를 비교검토하고 효과적인 방법을 제시하고자 시행되었다. 우선 도재의 표면처리에서 표면거칠기 부여방법에 따라 무처리한 Intact군, 산부식처리군, sandblasting군, 산부식과 sandblasting을 복합 시행한 군으로 나누었으며 도재프라이머인 실란은 대부분의 보고에서 접착력을 증진시키는 경향이 있으므로 모든 실험군에 도포하였다. 접착레진은 중합방식에 따라 화학중합과 광중합으로 나누었다. 표면거칠기부여에 대한 각시편의 주사전자 현미경사진을 촬영하였고 연구결과는 통계처리하여 연구결과의 임상적 유용성에 대한 지침을 얻고자 본 연구를 시행하였다.

## II. 연구대상 및 연구방법

### 1. 연구재료

시편제작에 사용된 도재는 장식형도재인 Ceramco II(Ceramco II feldspathic Johnson & Johnson, New Brunswick, NJ)를 사용하였다. 도재시편의 표면거칠기를 증가시키는 방법으로 모든 시편에는 All-Bond 2(Bisco Inc., U.S.A.)에 포함된 8% 불화수소산으로

산부식하거나 Microetcher II(Danville Engineering Inc., U. S. A.)를 이용하여 도재시편에서 약 10mm 떨어져서 4-5초간 sandblasting하였으며 All-bond2의 도재 프라이머를 도포하였다. 레진접착제는 화학중합형인 Ortho-two(Bisco Inc., U. S. A.)와 Curing light XL 3000(3M Unitek, U. S. A.)을 광중합기로 사용하여 광중합형 레진인 Transbond(3M Unitek, U. S. A.)를 중합하였다. 각 단계의 건조는 clean warmer(SE JAE, Korea.)를 사용하였다. 브라켓은 기저부가 다소 편평한 하악 중절치용 스탠다드 에지와이즈 브라켓(RMO, U. S. A.)을 사용하였으며 제작된 시편은 생리식염수에 담아 37°C 항온기인 Chlorozoin Therapy Incubator(Knowell Therapeutic Technologies Inc., Canada)에서 24시간 보관하였다. 브라켓의 전단강도는 만능시험기(M1000EC : Mecmesin corp., England)를 사용하였고 브라켓을 잡아당기기 위한 holder는 016×022" Elgiloy(RMO, U. S. A.)로 제작하였다. 주사전자현미경(JSM 5200, JEOL corp., Japan)을 이용하여 브라켓 기저부의 표면적을 구하였으며 도재시편의 표면거칠기도 평가하였다.

2. 연구방법

(1) 시편 제작

도재시편은 8×40×1.5mm의 Ni-Cr alloy판의 한쪽으로부터 5mm높이를 갖는 장식형도재를 각 실험군당 10개씩 제작하였다. 브라켓을 잡아당길 holder는 016×022" Elgiloy를 구부린다음 고정선의 강도를 증가시키기 위해 열처리한후 아크릴판에 고정용 레진으로 견고하게 부착하였다.

(2) 시편의 표면처리 및 중합방법

각 도재시편과 브라켓은 70%알코올로 소독한 후 건조시켰다. 산부식법은 All-bond 2의 8% 불화수소산으로 5분간 부식시켰으며 sandblasting은 Micro-etcher II를 사용하였다. Sandblasting은 50µm aluminium oxide 입자를 이용하여 도재시편 표면에 10mm 거리를 두고 5초간 분사하였다. 화학중합법은 Ortho-two레진으로 통법에 따른 접착을 시행하였으며 광중합법은 Transbond와 광중합기를 사용하여 도재 시편에 부착된 브라켓의 근심, 원심, 교합면, 치은면에 해당하는 네면에서 각각 10초씩 중합하였다. 모든 시편에는 도재 프라이머를 도포하였으며 각 단계의 건조는 clean warmer를 사용하였다. 도재표면

에 브라켓을 접착시킬 때에는 손가락으로 눌러 빠져나온 여분의 레진을 즉시 제거하였다. 브라켓을 접착시킨 시편은 공기중에 15분간 방치한 후 생리식염수에 담아 37°C 항온기에 전단강도 측정하기까지 24시간동안 보관하였다.

(3) 실험군의 분류

분류	시편의 표면처리 및 사용된 접착레진
A	Intact + Ortho-two
B	불화수소산 + Ortho-two
C	Sandblasting + Ortho-two
D	불화수소산 + Sandblasting + Ortho-two
E	Intact + Transbond
F	불화수소산 + Transbond
G	Sandblasting + Transbond

각 군당 시편수는 10개로 하였다.

(4) 전단결합강도의 측정

구강내의 접착된 브라켓은 전단강도, 인장강도, torsional strength와 이들이 복합된 양태로 영향을 받는데 본 실험에서는 전단강도에 대해서만 측정하였다. 만능시험기의 상단에는 브라켓을 잡아당길 holder가 부착된 판이 고정되고 하단에는 브라켓이 부착된 도재시편을 고정시킨 뒤 1mm/min의 속도로 전단하중을 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고하중을 측정하였다. 이 측정치를 브라켓 기저부의 접착면 면적으로 나누어 평방센티미터당 하중(kg/cm<sup>2</sup>)으로 환산하여 전단결합강도를 구하였다. 브라켓 접착면을 주사전자현미경으로 촬영하여 면적을 구하였다. 하악 중절치용 스탠다드 에지와이즈 브라켓의 면적은 평균 0.117cm<sup>2</sup>으로 산출되었다.

(5) 주사전자현미경 관찰

25kv의 주사전자현미경으로 무처리군, 불화수소산 처리군, sandblasting군, 불화수소산과 sandblasting을 복합처리한 군 등 각각의 도재시편 표면의 texture를 저배율(x350)과 고배율(x1500)에서 각각 관찰하였다. 주사전자 현미경으로 관찰하기 전에 도재시편을 gold-coating하였다.

Table 1. Mean shear bond strengths of each groups

Group	Mean ± S.D.(kg/cm <sup>2</sup> )
A	155.4 ± 26.9
B	187.9 ± 20.3
C	184.4 ± 18.9
D	170.6 ± 28.2
E	134.4 ± 22.8
F	151.8 ± 16.0
G	158.7 ± 26.2

(6) 통계처리

SPSS windows program을 이용하여 각 실험군의 평균 및 표준편차를 산출하였으며 A, B, C, D, E, F, G의 각 7가지군의 평가와 중합방식에 따른 도재표면 처리방법에 대한 평가는 One-way ANOVA를 시행하였고 각 표면처리에 따른 중합방식에 대한 평가에서는 Independent t-test를시행하였다.

III. 연구성적

1. 각 7가지 군간의 전단강도 비교(Table 1, 2, Figure 1)

7가지군의 전단강도의 비교에서 E군은 평균전단강도 134.4 kg/cm<sup>2</sup>로서 B, C, D군의 평균전단강도 187.9, 184.4, 170.0kg/cm<sup>2</sup>에 비하여 유의성있게 낮게 나타났다(p<0.05). F군의 평균전단강도는 151.8kg/cm<sup>2</sup>로서 B군의 평균전단강도 187.9kg/cm<sup>2</sup>보다 유의성있게 낮았다(p<0.05).

2. 각 중합방식에서 도재의 표면처리에 따른 전단강도의 비교(Table 3, 4)

Ortho-two군에서 무처리군은 불화수소산군 및 sandblasting군과의 비교에서 유의성있게 낮은 강도를 보였으며(p<0.05) 다른 처리군간에는 유의성있는 차이가 없었다(p>0.05). Transbond군에서는 각 군간의 유의성있는 차이가 없었다. 즉, Ortho-two에서는 불화수소산이나 sandblasting처리군이 유의성있게 높은 강도를 보였지만 Transbond에서는 표면처리에 관계없이 유사한 전단강도를 보였다.

Table 2. Statistical significance among groups

	A	B	C	D	E	F	G
A							
B					*	*	
C					*		
D					*		
E		*	*	*			
F		*					
G							

\* : significant at 95% level

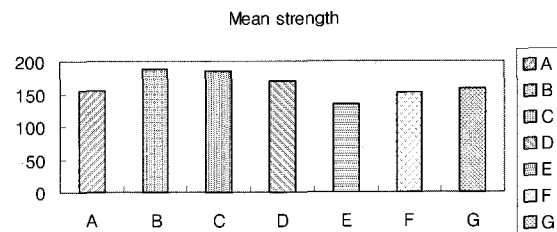


Figure 1. Mean shear bond strengths of each groups (kg/cm<sup>2</sup>)

- A : Intact + Ortho-two
- B : HF + Ortho-two
- C : Sandblasting + Ortho-two
- D : HF + Sandblasting + Ortho-two
- E : Intact + Transbond
- F : HF + Transbond
- G : Sandblasting + Transbond

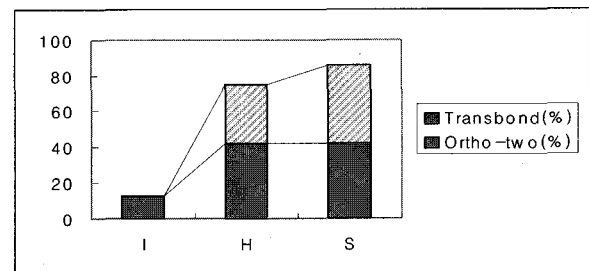


Figure 2. Porcelain fracture rates (%)

- I : Intact
- H : HF
- S : Sandblasting

**Table 3.** Statistical significance among porcelain surface treatments in Ortho-two

	Intact	HF	Sandblasting	HF + Sandblasting
Intact		*	*	
HF	*			
Sandblasting	*			
HF + Sandblasting				

\* : significant at 95% level

**Table 4.** Statistical significance among porcelain surface treatments in Transbond(p<0.05)

	Intact	HF	Sandblasting
Intact	N.S.	N.S.	N.S.
HF	N.S.	N.S.	N.S.
Sandblasting	N.S.	N.S.	N.S.

N.S. : non significance

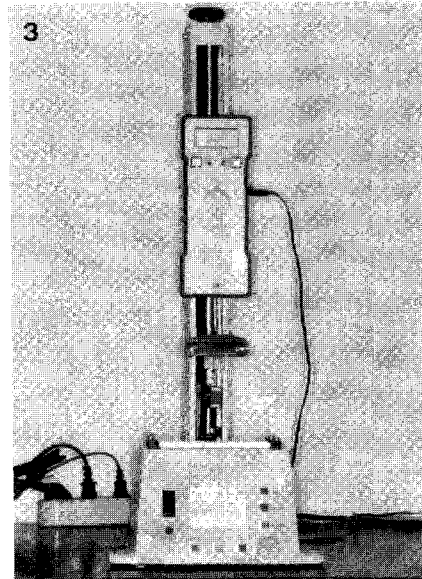
**Table 5.** Statistical comparison between adhesives in the aspect of surface treatments (p<0.05)

Surface treatments	Significance between Ortho-two & Transbond
Intact	N.S.
HF	Sig.
Sandblasting	Sig.

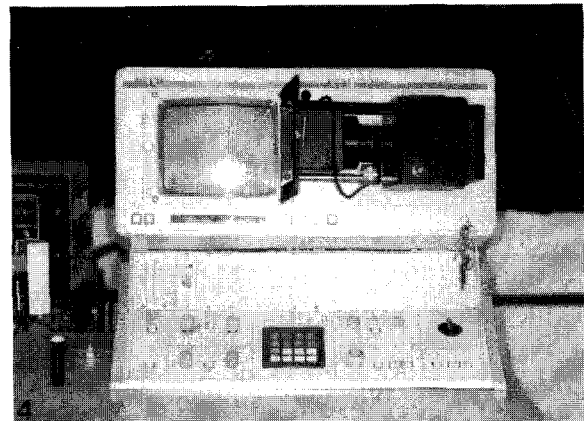
N.S. : non significance

**Table 6.** Porcelain fracture rates(%)

	Ortho-two	Transbond	Mean (Ortho-two & Transbond)
Intact	12.5	0.0	6.7
HF	41.7	33.3	38.1
Sandblasting	41.7	44.4	42.9
HF+ Sandblasting	44.5		44.5



**Figure 3.** Universal Instron(M1000EC: Mecmesin corp., England)



**Figure 4.** Scanning Electron Microscope(JSM-5200, JEOL corp., Japan)

3. 각 표면처리방법에서 Ortho-two와 Transbond의 비교(Table 5)

불화수소산이나 sandblasting군에서는 두 접착레진간에 유의성있는 차이가 있어 Ortho-two는 Transbond에 비하여 큰 전단강도를 보였다(p<0.05). 그러나 무처리군에서는 두가지 접착레진간의 유의성있는 차이가 없었다.

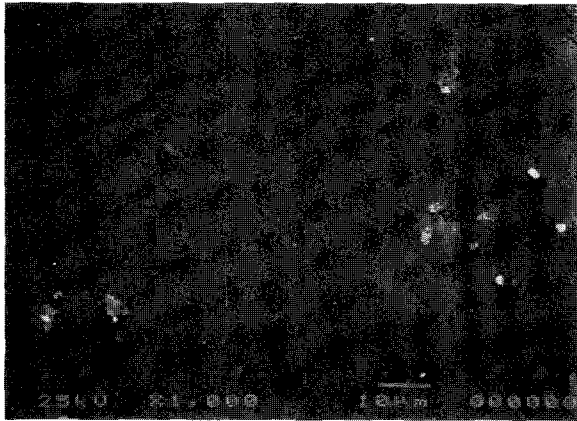


Figure 5. Intact glazed porcelain( $\times 1000$ )

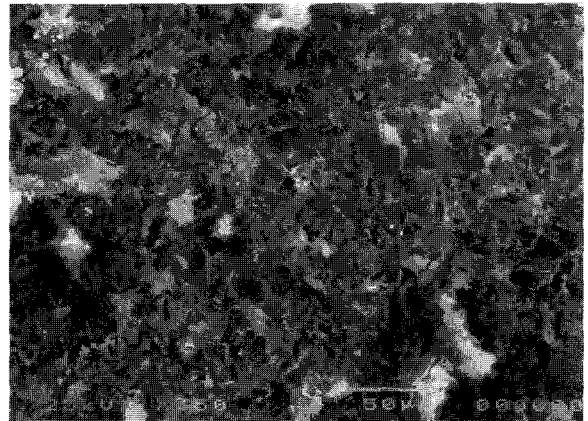


Figure 8. Sandblasting porcelain surface by Micro-etcher II( $\times 350$ )

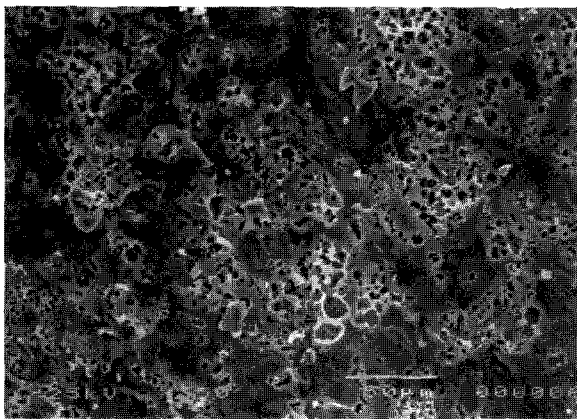


Figure 6. Etched porcelain surface with Hydrofluoric acid( $\times 350$ )

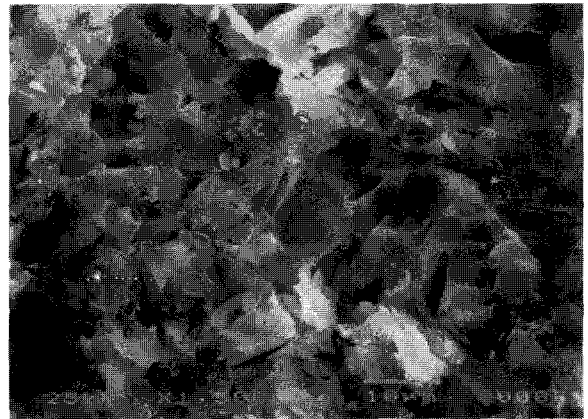


Figure 9. Sandblasting porcelain surface by Micro-etcher II( $\times 1500$ )

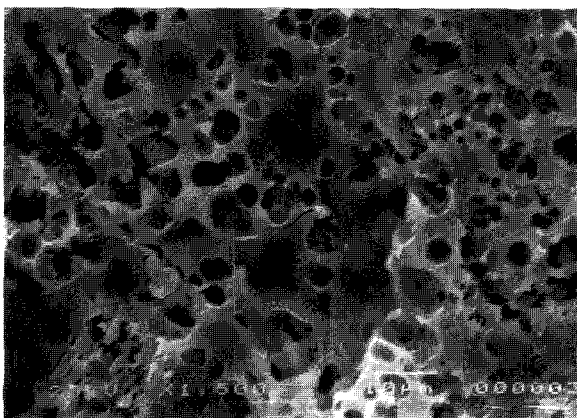


Figure 7. Etched porcelain surface with Hydrofluoric acid( $\times 1500$ )

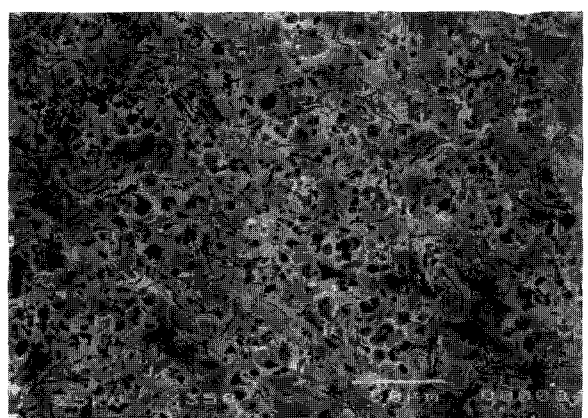


Figure 10. Etched and sandblasted porcelain surface( $\times 350$ )

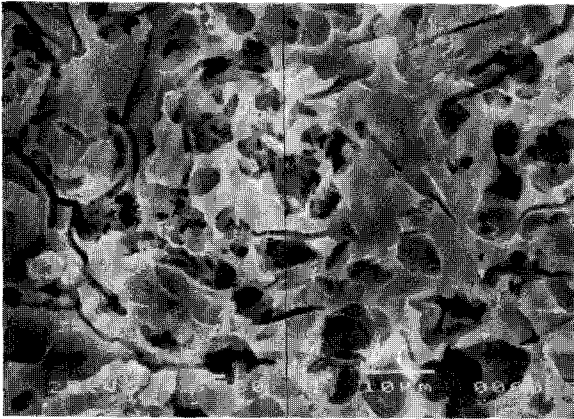


Figure 11. Etched and sandblasted porcelain surface( $\times 1500$ )

#### 4. 도재시편 파절율에 대한 비교(Table 6)

표면처리방법에 대한 비교에서 무처리군을 제외한 나머지군에서는 도재의 높은 파절율을 나타냈다. 무처리군의 경우는 파절이 도재와 레진사이에서 대부분 발생하였으며 나머지 군은 주로 레진과 브라켓사이에서 발생하며 동시에 브라켓 인접부위의 도재파절을 동반하였다.

#### IV. 총괄 및 고안

치과재료의 발달과 심미성에 대한 환자의 요구도가 증가함에 따라 전치부에서의 도재수복물은 더 이상 선택사항이 되지 않게 되었다. 이에따라 교정학영역에서도 도재치에 대한 교정용 브라켓의 직접접착의 수요가 증가하게 되었다. 교정학적인 목적으로 도재표면에 접착을 시도한 보고<sup>4,7,8,10,11,25,33,34,36</sup>는 그리 많지 않으며 그 연구 결과도 다양하여 아직 정설로 받아들여지는 것은 없는 실정이다.

1980년, Tavas<sup>13)</sup>는 가시광선 중합형 레진을 교정용 접착에 최초로 사용하였다. 기존의 자외선 중합형은 화학중합형보다는 브라켓을 정확하게 위치시킬 수 있는 충분한 시간을 부여해주지만 투과력이 불량하여 약 90초씩 중합시켜야 하고 단단한 금속 브라켓에는 추천되지 않으며 플라스틱 브라켓이나 천공된 금속브라켓에만 사용이 가능하고 자외선에 대한 장시간의 노출은 매우 유해한 효과를 일으킬 수 있으므로 임상적용에 문제가 있었다. 이에 가시광선 중합형의 개발이 필요하였다<sup>24,25)</sup>. 자외선에 비하여 가시광선은

매우 일정한 방출을 하므로 자외선에서의 빛의 농도 변화라는 문제점을 감소시키며 중합깊이가 좀 더 깊다는 장점을 보이거나 장치가 비싸다는 단점이 있다. 최근의 광중합법은 가시광선 중합을 의미하며 이 술식은 400-500nm 가시광선을 이용하며 화학중합법에 비하여 다양한 장점을 갖는다. 우선 작업시간이 길기 때문에 브라켓을 이상적인 위치로 부착시킬 때 경험적인 술자에게 특히 유용하며 레진이 경화되기전에 과도한 접착제를 제거하기가 용이하다.

화학중합형과 광중합형에 대한 선행학들의 연구결과도 다양하였다. Joseph등<sup>32)</sup>은 화학중합형인 Concise와 광중합형인 Heliosit의 비교에서 두 재료간 전단강도의 차이는 없다고 보고하였다. Greenlaw등<sup>28)</sup>은 광중합형 레진을 사용한 경우 광중합반응에 의해 브라켓 주위에 우선적으로 생성된 자유기(free radical)가 브라켓 하방의 레진을 중합시키기 위해 분산되는데 시간이 필요하기 때문에 광중합후 적어도 24시간후에 교정선이 들어가야 한다고 하였다. 그러나 Chamda<sup>25)</sup>의 보고에서는 화학중합형 레진인 Concise와 광중합형 레진인 Transbond를 사용하였을 때 중합방식에 따른 유의성있는 차이는 없으며 중합 즉시 교정력을 가해도 된다고 보고하면서 Greenlaw의 연구와의 차이는 자신의 연구와 다른 광중합형 레진인 Heliosit를 사용했기 때문이라고 언급하였다.

본 연구를 위한 도재시편의 제작에서 알루미나형 도재는 alumina 함량이 많아 산부식에 저항이 강하여 교정분야에서의 접착에는 적합하지 않으므로<sup>11,36)</sup> 장석형 도재인 Ceramco II를 사용하였다. 도재시편은 표면을 편평하게 형성하고 비교적 기저부가 편평한 하악 전치용 브라켓을 사용한 것은 접착제의 두께를 일정하게 하여 실험의 오차를 줄이고자 하였기 때문이다. Evans등은 교정장치의 최대 접착강도를 얻기 위해서는 얇으면서도 일정한 접착제의 두께가 추천된다고 하였다.

도재의 부식에 사용된 불화수소산은 17세기 이후 실리카를 용해시키는 능력이 있다고 알려져 왔고 우리의 부식에 이용되어 왔다<sup>37)</sup>. 불화수소산은 산업체 영역 뿐아니라 치과영역에서도 다양하게 사용되어져 왔으며 산성불화인산염보다 부식효과가 크다. 이때 부식된 도재의 깊이는 단지 5-7 $\mu$ m라는 보고가 있다<sup>36)</sup>. 그러나 매우 강산이므로 다루는 동안 시술부위를 조심스럽게 격리해야 한다. 도재의 표면거칠기를 부여하기위한 다른 방법으로 Microetcher II로 Sandblasting을 시행하였는데 최근 Microetcher II의

구강내 사용이 FDA에 의해 승인되었다. 본 연구에서는 50 $\mu$ m aluminum oxide 입자를 갖고 7 Kg/cm<sup>2</sup>의 공기압으로 분사할 수 있는 Microetcher II(Danville Engineering, U. S. A.)를 사용하였다. 그 외에 Green stone bur를 이용한 표면 거칠기의 시행은 sandblasting보다 micro-cracks의 형성가능성이 크므로 시행하지 않았다<sup>36)</sup>.

실험상의 결과를 실제 임상과 비교할 때, 몇 가지 한계점을 보인다<sup>31,36)</sup>. 첫째, 부착된 브라켓 탈락이 일어날 때까지 지속적으로 증가되는 힘의 적용은 실제 임상에서 일어나는 현상을 대변해주지 못한다. 둘째, 기계상에서 행하여지는 힘의 유형은 임상에서 조심스럽게 적용되는 힘과 같지 않으며 셋째는 온도, 응력(stress), 습도, 산도, plaque 등의 변수가 있는 복잡한 구강환경을 그대로 재현할 수 없다는 것이다. 넷째는 각기 다른 도재의 특성 차이가 있다는 것이다.

실험 결과치에서 표준편차나 오차가 생기는 몇 가지 이유<sup>28,34)</sup>는 다음과 같다. 실험재료 및 기구(testing apparatus)의 조작 및 사용에서 제조회사의 지시를 얼마나 정확히 준수하는가, 측정기구를 정확히 조절하는지, 브라켓이 접착될 시편의 표면차이에 따라서 접착제의 두께가 균일하지 않아서 시편과 브라켓 사이의 긴밀한 접착이 이루어지지 못하거나 접착과정 중에 발생한 기포의 양과 접착시 가해지는 압력의 차이에 따라서도 오차는 발생할 수 있으며 광원의 조도와 투과되는 깊이의 정도 등에 따라서도 오차가 생기게 된다.

전단강도에 대한 연구가 다양한 만큼 선학들이 제안하는 임상적용에 적합한 전단강도에 대한 크기도 다양하다. Reynolds는 실험실내에서의 전단강도가 50kg/cm<sup>2</sup>(4.905N/mm<sup>2</sup>)이면 임상적용에 충분하다고 하였고 Smith등<sup>10)</sup>은 System 1의 범위(약 7.5MN/mm<sup>2</sup>)의 결합력이 임상적으로 성공적이라 하였다. Chamda<sup>25)</sup>는 자연치에 Transbond를 사용한 경우 즉시 측정된 전단강도가 5.38N/mm<sup>2</sup>로서 교정력을 즉시 적용할 수 있는 강도를 나타내며 이는 Tavas등<sup>21)</sup>의 연구와 일치한다고 보고하였다. 또한 24시간 뒤에는 Transbond는 11.46N/mm<sup>2</sup>, Concise는 10.03N/mm<sup>2</sup>라고 보고하였다. McCarty<sup>22)</sup>는 임상에서 요구되는 최소의 접착 강도를 7MPa이라 제안하였고 Newman<sup>9)</sup>은 임상에서 발생할 수 있는 최대하중(including extraneous forces)이 10pounds 또는 200psi라 보고하였다. Garner와 Kotwal<sup>14)</sup>은 전치부의 평균 교합력은 13.9-17.6kg이라 하였으며 Proffit등<sup>34,35)</sup>은 정상 어린

이의 저작력과 구치부 최고 교합력은 각각 9.4kg, 15.5kg이며 정상 성인의 것은 각각 16.2kg, 35.6kg이라고 보고하였다.

본 연구에서 얻은 각군의 평균 전단강도에서 Transbond를 사용한 무처리 도재군(E)이 134.4 kg/cm<sup>2</sup>로 가장 낮은 강도를 보였다. E군은 Ortho-two를 사용한 군 중 B, C, D군보다 유의성있게 낮은 강도를 갖는다. 이는 도재 표면에 대한 거칠기 부여가 기계적 결합을 증진시켜 전단강도의 증진에 영향을 주었다고 생각된다. F군은 B군과의 비교에서 통계학적으로 낮은 전단강도를 나타내었다. C군과는 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었으나 수치상으로 비교해보면 C, D군보다는 낮은 전단강도를 갖는 것으로 보인다. 전체군의 비교에서 전반적으로 Transbond 군이 Ortho-two군보다 낮은 전단강도를 갖는 것으로 나타났으나 이는 Transbond군이 낮다기 보다는 Ortho-two군이 상대적으로 높은 전단강도를 갖는다고 생각할 수 있다. 그리고 E군의 전단강도가 Nebbe등<sup>4)</sup>이 Transbond를 사용하여 무처리한 도재표면에서 브라켓을 접착한후 각각 1, 24시간 후에 얻은 16.96 MPa, 19.36 MPa보다는 낮으나 위에서 많은 선학들이 제시한 성공적인 임상적용 전단강도의 범위를 넘는 높은 강도이다. 그러므로 7가지 실험군 모두 전단강도면에서는 임상적용이 가능하다고 할 수 있다. Brian Nebbe등<sup>4)</sup>은 도재의 표면처리 유무에 대한 전단강도의 비교에서 도재 파절률이 37% 인산으로 거칠기를 부여한 군에서는 71%, 무처리군에서는 36%였다고 보고하였다. 그리고 도재 프라이머인 silane을 처리하고 표면거칠기를 시행하지 않은 무처리 도재에서 Transbond를 사용한 경우 산부식한 자연치에서의 접착강도와 견줄만한 전단강도를 나타낸다고 보고하면서 도재에 손상을 줄 수 있는 표면거칠기 처리보다는 무처리를 추천하였다. 그외에도 silane만을 처리하여 적절한 강도를 얻었다는 보고가 있다<sup>5,6,10)</sup>.

표3의 표면처리에 따른 Ortho-two군의 전단강도의 비교에서 무처리군은 불화수소처리군이나 sandblasting군과 유의성있는 차이를 보이나 불화수소산과 sandblasting 복합처리군과는 유의성있는 차이를 보이지 않았다. 그러나 복합처리군은 무처리군과 비교하여 통계학적인 유의성은 없으나 실제 높은 전단강도를 갖고 있다고 생각된다. 복합처리군이 불화수소산 처리군이나 sandblasting군보다 전단강도가 낮은 이유는 불화수소산에 의해 silica가 용해되어 생긴 미세기공구조(microporosity)와 sandblasting에 의해



형성된 날카롭고 거친 표면이 갖는 기계적 유지 형태가 두가지를 복합처리하는 과정에서 손상되어 각각의 고유 형태를 상쇄시키는 효과를 가져왔기 때문이라고 생각된다. Transbond군내에서는 비록 표면처리군의 전단강도가 무처리군에 비해 수치상으로는 다소 높게 나타났으나 각 처리에 따른 유의성있는 차이는 없었다.

표면처리에 따른 Ortho-two와 Transbond의 비교에서는 무처리군에서는 차이가 없었으나 불화수소산 처리군과 sandblasting군에서는 Ortho-two군이 Transbond군보다 유의성있게 크게 나타났다. 즉 표면처리에서는 Ortho-two군과 Transbond군사이의 유의성있는 차이가 있다.

Eustaquio등<sup>27)</sup>도 인장강도 연구에서 도재 표면을 green stone bur로 거칠기를 부여한 군과 무처리군 사이에 유의성있는 차이는 없다고 보고하면서 도재 표면의 손상을 최소화하기 위해 silane을 도포하고 거칠기를 부여하지 않은 무처리 도재를 추천하였다. 이러한 제안을 하는 이들은 도재의 표면거칠기 부여를 green stone bur나 carbide paper등을 사용하였는데 만약 불화수소나 sandblasting등을 사용하였다면 무처리군과의 비교에서 유의성있는 차이를 얻을 수 있으리라고 생각한다.

각 표면처리에 따른 분류에서 각 군의 도재파절율의 비교는 무처리군이 다른군보다 월등히 낮았다. 만능시험기에서 브라켓이 탈락될 때 무처리군은 도재 시편과 접착레진 사이에서 탈락이 관찰되나 다른 군에서는 접착레진과 브라켓사이에서 주로 관찰되었으며 많은 도재의 파절이 관찰되었다. 표면처리에 따른 주사전자현미경 사진의 비교에서도 무처리한 도재의 평활한 표면에 비해 표면거칠기를 부여한 도재에서는 기계적 결합력을 증진시킬 수 있는 거친 표면을 확실히 관찰할 수 있었다.

각 군의 전단강도는 선학이 제안한 임상에서의 성공적인 전단강도에 적합하지만 실제 임상에서는 오차를 일으키게 하는 많은 환경들이 존재하므로 실질적으로는 전단강도가 감소하리라 예상된다. 그러나, 임상적용 과정에서 앞서 언급한 오차를 줄이기 위한 세심한 주의를 기울인다면 비록 전단강도가 감소되더라도 그 강도는 임상적용에 유용한 범위에 속할 것이라 생각한다. 도재표면 처리방법에서는 도재의 파절을 일으킬 수 있는 거칠기부여보다는 도재 프라이머를 도포한 무처리방법이 효과적일 것이라 생각하며 접착레진의 중합방식에서는 술자 각 개인의 편리

성, 위생사 및 조무사와의 협동성, 환자의 상태에 따라 판단하여 술자를 숙련시키는 것이 중요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

성인 교정환자의 증가에 따라 도재치에 대한 교정용 브라켓의 집착 기회도 증가하였다. 이에 도재표면의 처리방법과 사용되는 접착레진의 중합방식에 따른 브라켓의 전단강도를 비교하고 임상에 적용할 수 있는 효과적인 방법을 알고자 실험을 시행하였다. 도재의 표면처리방법은 무처리하거나 표면거칠기를 부여하기 위해 불화수소산으로 부식시키거나 Micro-etcher II로 sandblasting, 또는 불화수소산과 sandblasting을 복합처리하였다. 모든 도재 시편에는 도재 프라이머를 도포하였다. 접착레진은 화학중합형인 Ortho-two와 광중합형인 Transbond를 사용하였다. 실험군은 7가지 군으로 분류하여 브라켓의 전단강도를 측정하였다.

1. 도재의 표면처리에 대한 비교에서 Ortho-two군내에서는 불화수소산이나 sandblasting으로 표면거칠기를 부여한 군이 무처리군에 비해 높은 전단강도를 보였다. Transbond군내에서는 각 표면처리에 따른 차이가 없었다.
2. 불화수소산이나 Sandblasting처리군에서는 화학중합형 레진인 Ortho-two가 광중합형레진인 Transbond보다 높은 전단강도를 보였다.
3. E(Transbond + intact)군의 평균전단강도는 134.4 kg/cm<sup>2</sup>로 본 실험군 중 가장 낮은 것으로 나타났다. 이것은 선학들이 제안한 임상적용가능 전단강도보다 크므로 7가지군 모두 임상적으로 교정력을 가하기에 충분한 전단강도를 갖는다. 그러나, 도재의 파절율을 고려해볼 때 파절율이 상대적으로 낮은 무처리군이 임상효율성이 더 높을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Alton M. Lacy, Jose LaLuz, Larry G. Watanabe, Mark Dellenges : Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. J. Prosthet Dent 60:288-291, 1988
2. Bahram Ghassemi-Tary : Direct bonding to porcelain : An in vitro study. Am. J. Orthod. 76:80-83, 1979
3. B. B. J. Lovius, N. Pender, S. Hewage, I. O' Dowling,

- A. Tomkins : A clinical trial of light activated bonding material over an 18 month period. *Br. J. Orthod.* 14:11-20, 1987
4. Brian Nebbe, Errol Stein : Orthodontic brackets bonded to glazed and deglazed porcelain surfaces. *Am. J. Orthod.* 109:431-436, 1996
  5. David P. Wood, Ronald E. Jordan, David C. Way, Khadry A. Galil : Bonding to porcelain and gold. *Am. J. Orthod.* 89:194-205, 1986
  6. E. C. Kao, K. C. Boltz, W. M. Johnston : Direct bonding of orthodontic brackets to porcelain veneer laminates. *Am. J. Orthod.* 94:458-468, 1988
  7. F. Rezk-Lega, B. Øgaard : Tensile bond force of glass ionomer cement in direct bonding of orthodontic brackets : An in vitro comparative study. *Am. J. Orthod.* 100:357-361, 1991
  8. Georgr F. Andreasen, Mark A. Stieg : Bonding and debonding brackets to porcelain and gold. *Am. J. Orthod.* 93:341-345, 1988
  9. George V. Newman : Epoxy adhesives for orthodontic attachments : Progress report. *Am. J. Orthod.* 51:901-912, 1965
  10. Gerald Anthony Smith, Pamela McInnes-Ledoux, William Ross Ledoux : Orthodontic bonding to porcelain and refinishing. *Am. J. Orthod.* 94:245-252, 1988
  11. John A. Sorensen, Michael J. Engelman, Tony J. Torres, Sean P. Avera : Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int. J. of Prosthodont.* 4:17-23, 1991
  12. J. R. Calamia, R. J. Simonsen : Effect of coupling agent on bond strength of etched porcelain. *J. Dent. Res.* 63:179, 1984
  13. K. D. O'Brien, M. J. F. Read : A visible light-activated direct-bonding material : An in vivo comparative study. *Am. J. Orthod.* 95:348-351, 1989
  14. L. D. Garner, N. S. Kotwal : Correlation study of incisive biting force with age, sex, and anterior occlusion. *J. Dent. Res.* 698-702, 1973
  15. Leonard Gorelick : Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant-composite : A 12-month assessment. *Am. J. Orthod.* 71:542-553, 1977
  16. Lisa King, Robert T. Smith, Stanley L. Wendt, Rolf G. Behrents : Bond strengths of lingual orthodontics brackets bonded with light-cured composite resins cured by transillumination. *Am. J. Orthod.* 91:312-315, 1987
  17. L. M. Trimpeneers, L. R. Dermaut : A clinical trial comparing the failure rates of two orthodontic bonding systems. *Am. J. Orthod.* 110:547-550, 1996
  18. Marc E. Oslen, Samir E. Bishara, Daniel B. Boyer et al. : Effect of varying times on the strength of ceramic brackets. *Am. J. Orthod.* 109:403-409, 1996
  19. Marjorie L. Swartz, Ralph W. Phillips, Barbara Rhodes : Visible light-activated resins-depth of cure. *JADA.* 106:637, 1983
  20. Mark Neil Coreil, Pamela McInnes-Ledoux, William Ross Ledoux : Shear bond strength of four orthodontic bonding systems. *Am. J. Orthod.* 97:126-129, 1990
  21. M. A. Tavas, D. C. Watts : A visible light-activated direct bonding material : An in vitro comparative study. *Br. J. Orthod.* 11:33-37, 1984
  22. Michael F. McCarthy, Steven O. Hondrum : Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. *Am. J. Orthod.* 105:135-141, 1994
  23. Michael G. Buonocore : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling material to enamel surfaces. *J. D. Res.* 34:849-853, 1955
  24. M. J. Read : The bonding of orthodontic attachment using a visible light cured adhesive. *Br. J. Orthod.* 11:16-20, 1984
  25. Rashid Ahmed Chamda, Errol Stein : Time-related bond strengths of light-cured and chemically cured bonding systems : An in vitro study. *Am. J. Orthod.* 110:378-382, 1996
  26. R. Newberg, C. H. Pameijer : Composite resins bonded to porcelain with silane solution. *JADA.* 96:288-291, 1978
  27. Robert Eustaquio, LaForrest D. Garner, B. Keith Moore : Comparative tensile strengths of brackets to porcelain with orthodontic adhesive and porcelain repair systems. *Am. J. Orthod.* 94:421-425, 1988
  28. Rod Greenlaw, David C. Way, Khadry A. Galil : An in vitro evaluation of visible light-cured resins as an alternative to conventional resin bonding systems. *Am. J. Orthod.* 96:214-220, 1989
  29. Roger G. Johnson : A new method for direct bonding orthodontic attachments to porcelain teeth using silane coupling agent : An in vitro evaluation. *Am. J. Orthod.* 78:233-234, 1980
  30. Ronald B. Cooper, Marguerite Goss, Warren Hamula : Direct bonding with light-cured adhesive precoated brackets. *JCO.* 26:477-479, 1992
  31. Tamer Büyükyılmaz, Yngvil Ørstavik Zachrisson, Björn U. Zachrisson : Improving orthodontic bonding to gold. *Am. J. Orthod.* 108:510-518, 1995

32. V. P. Joseph, E. Rosouw : The shear strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resins. *Am. J. Orthod.* 97:121-125, 1990
33. William A. Wiltshire, Sophia D. Janse Van Rensburg : Fluoride from visible light-cured orthodontic adhesive resins. *Am. J. Orthod.* 108:278-283, 1995
34. W. R. Proffit, H. W. Fields : Occlusion forces in normal- and long-face children. *J. Dent. Res.* 62:571-574, 1983
35. W. R. Proffit, H. W. Fields : Occlusion forces in normal- and long-face adults. *J. Dent. Res.* 62:566-570, 1983
36. Yngvil Ørstavik Zachrisson, Björn U. Zachrisson, Tamer Büyükyılmaz : Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. *Am. J. Orthod.* 109:420-430, 1996
37. 고 진환, 이 기수. 도재에 대한 교정용 브라켓 접착 레진의 전단강도에 관한 연구. *대치교정지.* 22:43-65, 1992
38. 김 신근, 성 재현. 도재의 표면처리가 인장접착강도에 미치는 영향. *대치교정지.* 26:301-307, 1996
39. 김 진오, 이 기수. 도재브라켓 접착면의 처리방식이 전단결합강도에 미치는 영향. *대치교정지.* 24:957-967, 1994
40. 김 현덕, 김 종성, 김 정기. 산부식 후 타액오염이 교정용 접착제의 결합강도에 미치는 영향. *대치교정지.* 26:309-316, 1996
41. 김 희균, 이 기수, 박 영국. 인산 부식액의 수세가 교정용 접착레진의 전단결합강도에 미치는 영향. *대치교정지.* 26:497-507, 1996
42. 변 승민, 권 오원. 글라스 아이오노머 시멘트의 인장접착강도. *대치교정지.* 26:317-324, 1996
43. 이 기수, 임 호남, 박 영국, 신 강섭. 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 브라켓 접착후 시간 경과에 따른 전단결합강도의 비교연구. *대치교정지.* 25:605-611, 1995

- ABSTRACT -

### A study on the shear bond strengths of orthodontic brackets according to surface treatments and polymerizing techniques,

Young-Joo Kim, Kyung-Suk Cha, Jin-Woo Lee

*Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University*

As a result of increased education and communication, the field of orthodontics has recently been expanded to include a greater number of adult treatment procedures. With this increased demand for adult orthodontic treatment, a problem that frequently arises is the placement of appliances on teeth restored with porcelain. But conventional acid-etching is ineffective in the preparation of porcelain surface for mechanical retention of orthodontic attachments. Also, it is possible to damage on porcelain.

The purpose of this study was to evaluate the effect of composite bonding materials and the porcelain surface treatment methods on shear bond strength, and to observe the porcelain fracture rates.

To accomplish this purpose, this study was carried out with feldspathic porcelain, Ceram II. Porcelain surface treatment methods were divided into intact glazed porcelain which had not treatment and surface roughening. Surface roughening by etching with Hydrofluoric acid(HF), sandblasting with Microetcher II and compound treatment with etching and sandblasting. Bonding materials were Ortho-two and Transbond. All porcelain specimens were applicated with porcelain primer.

1. In comparison according to porcelain surface treatment, surface roughening groups by HF etching and sandblasting had higher shear bond than intact group. No significant difference was found in Transbond group.

2. Ortho-two group had the higher shear bond strength than that of Transbond group in HF etching and sandblasting.
3. E(Transbond+Intact)group had the lowest shear bond strength in all experimental group. The bond strength was higher than clinically successful bond strength.
4. Non-treated group had very higher porcelain rates than treated group.
5. This study indicates that porcelain surface-roughening may not be necessary to attachment of orthodontic brackets to porcelain surfaces.

KOREA. J. ORTHOD. 1999 ; 29 : 445-456

※ **Key words** : Orthodontic bracket, Shear bond strength.