

## Self-etching primer를 이용하여 접착된 교정용 브라켓의 전단결합강도

안윤표<sup>1)</sup> · 김효영<sup>1)</sup> · 전영미<sup>2)</sup> · 김정기<sup>3)</sup>

본 연구는 6세대 교정용 접착 시스템인 Transbond Plus Self-Etching Primer(3M/Unitek Dental Products, Monrovia, Calif)를 이용하여 법랑질면에 브라켓을 접착하는 방법과, 통상적인 산부식 방법에 의해 브라켓을 접착한 경우의 전단결합강도 차이를 비교·평가하고, self etching primer를 이용하여 브라켓을 접착할 때 치면에 존재하는 수분이 브라켓의 전단결합강도에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

37% 인산용액과 Self-Etching Primer를 이용하여 법랑질을 표면 처리하고 Transbond XT를 이용하여 브라켓을 치면에 부착하였다. 또한 수분의 존재에 따른 전단결합강도의 차이를 평가하기 위해 인공타액을 치면에 도포후 Self-Etching Primer를 사용하여 브라켓을 부착한 후 30분과 24시간에 따른 전단결합강도를 비교 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Self-etching primer군에서 건조군과 습윤군의 전단결합강도는 37%인산처리군의 결합강도보다 낮았다( $p < 0.05$ ). 그러나 Self-etching primer군의 전단결합강도는 임상적으로 유용한 수준의 이상이었다.
2. 모든군에서 24시간군의 전단결합강도가 30분군의 전단결합강도보다 높았으며( $p < 0.05$ ), 이는 브라켓 접착후 일정시간의 경과가 결합강도를 증가시켜 줄을 알 수 있었다.
3. Self-etching primer군에서 습윤군의 전단결합강도는 건조군보다 높은 경향이었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ).
4. ARI 점수의 비교결과 인산처리군에서는 0점과 1점의 빈도가 높았으며, Self-etching primer 건조군과 습윤군에서는 2점과 3점의 빈도가 높아( $p < 0.05$ ) Self-etching primer군이 인산처리군보다 법랑질-레진 접착계면부위에서의 파절이 많이 일어남을 알 수 있었다.

( 주요 단어 : Self-etching primer, 수분, 전단결합강도, 접착제 잔류지수 )

### I . 서 론

Buonocore<sup>1)</sup>가 산부식 접착법을 개발하고 Newman<sup>2)</sup>이 이를 적용하여 교정장치를 치면에 직접 부착한 이후 직접접착술식에 대한 많은 연구가 이루어졌으며, 현재 많은 교정의들이 직접접착술식에 의해 교정장치를 부착하고 있다. 브라켓을 치면에 직접 접착하기 위한 교정용 접착제로서 자외선 중합형의 제1세대 접착제로부터, 가시광선 중합형의 제2세대, 혼합형의

<sup>1)</sup> 전북대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생.

<sup>2)</sup> 전북대학교 치과대학 교정학교실, 구강생체파라연구소 조교수.

<sup>3)</sup> 전북대학교 치과대학 교정학교실, 구강생체파라연구소 부교수.

교신저자 : 김정기

전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14

전북대학교 치과대학 교정학교실 / 063-250-2124

kjgortho@moak.chonbuk.ac.kr

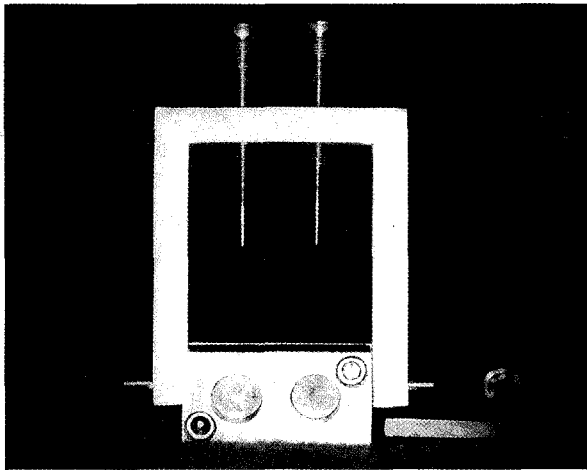


Fig. 1. Acrylic resin block mold

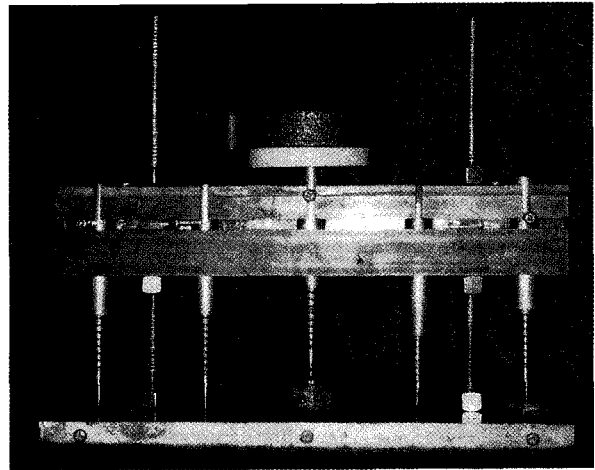


Fig. 2. Bracket bonding device

제3세대, 비반죽형의(no-mix system)의 제4세대, moisture-insensitive primer의 제5세대 접착제 등 다양한 접착재료가 개발되었으며<sup>3-4)</sup> 현재는 비교적 사용 방법이 간편한 비반죽형 접착제 및 충분한 작업시간이 보장되는 광중합형 접착제가 많이 이용되고 있다. 대부분의 교정용 접착 시스템은 접착에 관여하는 3가지 재료(범랑질 처리제, primer, 접착용 레진)로 구성되어 있으며, 브라켓을 치면에 접착하기 위해서는 치면에 대한 산부식, 수세, 건조, priming의 과정을 필요로 한다. 그러나 이러한 복잡한 접착과정은 각 시술과정에서의 오차 및 범랑질 표면 상태의 다양성 등에 의해 다양한 접착 결과를 야기하므로<sup>4,5)</sup>, 보다 정확하고 재현성 있는 접착 결과를 얻기 위하여 접착에 필요한 시술과정을 단순화 할 필요성이 제기되었다.

Chigira<sup>6)</sup>에 의해 처음 소개된 산성의 primer는 보존 영역에서 상아질 접착용으로 개발된 재료로서, 하나의 산성용액에 범랑질 표면처리제와 접착성 monomer가 혼합되어 있어 범랑질의 산부식에 따르는 수세 건조 및 프라이머 도포과정이 별도로 요구되지 않으므로<sup>6)</sup> 술자의 시술 오차 및 치면 상태에 따른 결합강도의 오차를 줄이는 동시에, 간편한 접착 과정을 제공하며<sup>4,7)</sup>, 수복치과영역에서 사용이 적합한 정도의 임상적 결합강도가 보고되었다<sup>8)</sup>.

이러한 산성의 primer를 이용한 접착 술식은 기존의 산부식 방법에 비해 적은 범랑질 손실을 야기하는 것으로 알려져 있으며<sup>7,8)</sup>, 이를 교정장치의 직접 부착에 이용할 경우 교정치료중 발생할 수 있는 치면의 탈회를 최소화하며 정도에 따른 차이는 있지만 다양

한 정도의 antibacterial activity를 나타내는 등 여러 가지 장점이 보고되고 있다<sup>9)</sup>.

교정장치의 직접 부착을 위한 산성 primer의 유용성이 이처럼 다양하게 제시되고 있지만 이에 대한 임상적, 실험적 검증은 아직 부족한 실정이며<sup>10)</sup>, 특히 범랑질 표면처리 전후의 수분의 존재가 결합강도에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구에서는 6세대 교정용 접착 시스템인 Transbond Plus Self-Etching Primer(3M/Unitek Dental Products, Monrovia, Calif)를 이용하여 범랑질면에 브라켓을 접착하는 방법과, 통상적인 산부식 방법에 의해 브라켓을 접착한 경우사이의 전단결합강도 차이를 비교·평가하고, self etching primer를 이용하여 브라켓을 접착할 때 치면에 존재하는 수분이 브라켓의전단결합강도에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 실험재료

교정치료를 목적으로 발거된 69개의 상하악 소구치중 치관부에 우식병소나 수복물이 없고, 치관 협면의 균열(crack)이 없는 건전한 치아를 이용하였다. 브라켓을 치면에 접착하기 위한 접착제로는 임상적으로 결합강도가 입증된 광중합형 레진인 Transbond XT paste(3M/Unitek Dental Products, Monrovia, Calif)를 사용하였다. 범랑질 표면처리제로는 37%인산용액/Transbond XT Primer(3M/Unitek Dental

Table 1. The composition of material used in this study

Brand	Component	Amount	
Transbond XT Adhesive	Quartz Silica	72-82%	
	Bisphenol A Diglycidyl Ether Dimethacry	10-18%	
	Bisphenol A Bis (2-Hydroxyethyl Ether) Dimethacrylate	6-12%	
	Methacryloxypropyltrimethoxysilane	< 5%	
	Silica	< 5%	
Transbond XT Sealant	Bisphenol A Diglycidyl Ether Dimethacrylate	45-55%	
	Triethylene Glycol Dimethacrylate	45-55%	
	DL-Camphorquinone	< 5%	
Transbond Plus Self Etching Primer	Mono HEMA phosphate	< 39%	
	Di HEMA phosphate	< 39%	
	Etching Compartment	Amino benzoate	< 1%
		Butyl hydroxy toluene	<< 1%
		Camphoroquinone	< 1%
	Primer Compartment	Distilled Water	< 20%
		Potassium hexafluorotitanate	< 1%
		Methylparaben	<< 1%
		Propylparaben	<<< 1%

Products, Monrovia, Calif)와 6세대 접착 시스템인 Transbond Plus Self Etching Primer(3M/Unitek Dental Products, Monrovia, Calif)를 사용하였다 (Table 1). 접착제의 광중합을 위해 가시광선 조사기 (Ortholux XT, 3M, U.S.A)을 이용하였으며, 브라켓은 기저면의 면적이 9.91mm<sup>2</sup> 인 하악 절치용의 standard metal bracket(Micro-Loc, .018 slot, Tomy, Japan)을 사용하였다.

## 2. 실험 방법

### 1) 치아시편의 제작

치아에 부착된 잔사물을 제거한 후 세균증식을 억제하기 위하여 75% 에탄올 용액에 보관하였다. 치과용 고속절삭 다이아몬드 휠을 이용하여 치근을 절단한 후 치관 법랑질 표면에 직경 약 3-4mm의 평활한 면이 형성되도록 협면을 #220 grit의 SiC 연마지(Beuhler, USA)로 연마한 다음, 협설로 치관을 이등분하였다. 레진 블록 제작용 장치(Fig. 1)에 연마된 법랑질 면이 노출되도록 고정하여 아크릴 레진으로 블록을 만든 후, 시편의 길이가 약 12mm가 되도록 원형

의 저속 다이아몬드절단기(Beuhler, USA)로 블록 하단을 표면과 평행하게 절단하였다. 블록을 표면연마용 장치에 고정하고 #320, #400, #600 grit의 SiC 연마지로 연마한 다음, 1 $\mu$ m와 0.3 $\mu$ m의 알루미나(Beuhler, USA)로 마무리 연마하였으며 증류수중에서 10분간 초음파 세척하였다.

### 2) 실험군의 분류

실험에 사용한 69개의 치아 중 66개를 22개씩 3개의 군으로 나누고 다음 세 가지 접착 방법 중 한가지 방법을 적용하여 법랑질 표면처리를 시행한 후 브라켓을 접착하였다. 첫 번째 군(인산처리군)은 37% 인산으로 법랑질 표면을 처리한 후 Transbond XT Primer를 도포하였고, 두 번째 군(SEP 건조군)은 법랑질면을 건조한 다음 Transbond Plus Self-Etching Primer로 표면처리하였고, 세 번째 군(SEP 습윤군)은 인공타액을 치면에 도포한 다음 습윤상태에서 Transbond Plus Self-Etching Primer로 표면처리하였다. 각 군에서 브라켓이 접착된 시편을 2개씩 선택하여 브라켓 기저면에 대해 수직으로 절단한 다음 결합상태를 주사전자현미경으로 관찰하였고, 나머지 20

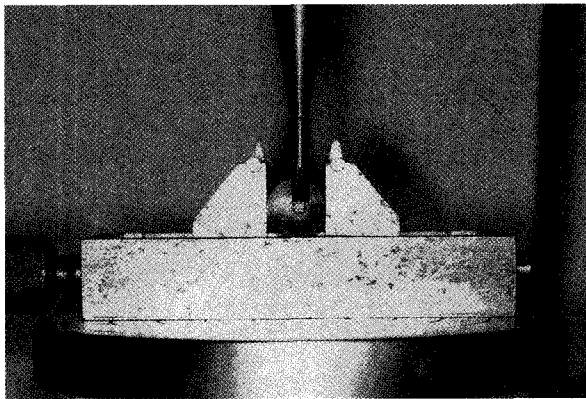


Fig. 3. Testing of shear bond strength

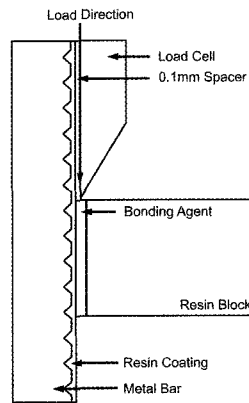


Fig. 4. Force direction in shear bond strength

개 씩의 시편을 10개씩 두 군으로 나누어 각각 브라켓 접착 후 30분과 24시간 후 전단결합강도를 측정하였다.

나머지 3개의 치아 중 하나는 연마 후 아무 처리도 하지 않은 상태의 법랑질 표면을 전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 나머지 두 개의 치아는 각각 산부식 법과 self etching primer에 의한 표면처리 후의 법랑질 표면을 전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

3) 표면처리 및 브라켓의 접착방법

① 인산처리군 (P군). 대조군

치아 표면에 37% 인산을 도포하여 30초간 부식하였으며, 20초간 물을 뿌려 부식산물을 제거한 다음 압축공기로 건조하였다. Transbond XT Primer를 치면과 브라켓 기저면에 도포한 후 광중합 하였으며 그 후 브라켓 기저면에 Transbond XT의 접착용 레진을 적용한 후 치면에 압착하고 Wang<sup>11)</sup> 등이 제안한 바에 따라 브라켓의 각 방향에서 10초씩 40초간 광중합하였다.

② SEP 건조군 (SD군)

건조된 치면에 산과 primer가 포함된 Transbond Plus Self Etching Primer를 제조사의 지시에 따라 3초동안 도포한 후, 2초 정도 압축공기를 사용하여 과잉의 Self Etching Primer를 제거하였다. 그후 브라켓 기저면에 Transbond XT의 접착용 레진을 적용한 후 치면에 압착하고 40초간 광중합하였다.

③ SEP 습윤군 (SW군)

인공타액을 치면에 도포하고 표면이 충분히 젖도록 10초간 기다린 다음 제2군과 동일한 방법으로 브라켓을 접착하였다.

브라켓의 접착은 동일한 실험자에 의해 실행되었고 균일한 하중을 가하기 위해 정하중 장치(Fig. 2.)를 이용하여 10초동안 560g의 하중을 가했으며, 여분의 접착제는 스케일러로 제거하였다.

4) 전단결합강도의 측정

접착이 완료된 후 시편은 실온에서 15분간 보관하였고 전단결합강도 측정 전 까지 37℃의 증류수에 저장하였다. 전단결합강도의 측정을 위해 재료시험기 (4201, Instron Co, USA)에 전단시험용의 시편 고정장치를 부착한 다음 용량 50kg의 load cell을 이용하여 crosshead 속도 0.5mm/min에서 측정하였다. 전단결합강도는 결합력을 브라켓 기저부의 단면적으로 나누어 MPa 단위로 표시하였다(Fig. 3, 4).

5) 접착 파절 표면의 관찰

브라켓 접착 계면에서의 파절양상을 조사하기 위해 전단결합강도 측정후 브라켓 기저면을 실체 현미경(H-III, NiKon, Japan)으로 20배 확대하여 관찰하였으며, 기저면에 잔존하는 레진의 양에 따라 Artun과 Bergland의 접착제 잔류지수(ARI)를 이용하여 점수화 하였다<sup>12)</sup>.

접착제 잔류 지수 (Adhesive Remnant Index)

- 0점 : 브라켓 기저면에 레진이 남아 있지 않은 경우
- 1점 : 브라켓 기저면에 레진이 반 이하 남아 있는 경우
- 2점 : 브라켓 기저면에 레진이 반 이상 남아 있는 경우
- 3점 : 브라켓 기저면에 모든 접착제가 남아 있는 경우

6) 주사전자현미경 관찰

브라켓의 접착후 기저면에 수직으로 절단하여 접

Table 2. Shear bond strength (MPa)

Group	After 0.5h		After 24h	
	Mean ± SD	Grouping	Mean ± SD	Grouping
P	14.17 ± 1.44	B	16.13 ± 0.87	B
SW	11.16 ± 1.42	A	14.20 ± 2.47*	A B
SD	9.81 ± 1.73	A	12.57 ± 2.32*	A

Groups with the same letters are not significantly different from each other

\*Statistically significant difference between 0.5h and 24h group at  $p < 0.05$

Table 3. Frequency distribution of Adhesive Remnant Index

Group	ARI score				Total
	0	1	2	3	
P	3	13	4	0	20
SW	1	6	8	5	20
SD	2	5	6	7	20
Total	6	24	18	12	60

$\chi^2=13.58, p=.035$

착제면을 주사전자현미경을 통해 관찰하였다. 브라켓이 부착된 부위를 레진에 매몰하여 블록을 만든 후 저속 다이아몬드절단기(ISOMET™, Beuhler Ltd, USA)로 시편을 절단하였으며 절단면을 #600, #1000, #2000 grit의 Sic 연마지로 연마한 다음, 1 $\mu$ m, 0.3 $\mu$ m alumina(Beuhler Ltd, USA)로 마무리 연마하고 증류수중에서 10분간 초음파 세척하였다.

또한 치아면의 표면처리후 법랑질 표면의 산부식 양상을 관찰하기 위해 미처리 표면, 37%인산으로 30초간 부식시킨 법랑질 표면 및 self etching primer로 3초간 부식시킨 후 표면의 primer 성분을 제거하기 위해 아세톤용액중에서 30초간 초음파세척한 후의 법랑질 표면을 주사전자현미경(E-1010, HITACHI, Japan)으로 관찰하였다.

7) 통계 처리

SPSS 프로그램을 이용하여 각 군의 전단결합강도의 평균과 표준편차, 최대값과 최소값을 산출하였고, 접착 방식과 경과 시간에 따른 유의성을 검증하기 위해 분산분석을 시행한 다음 Duncan의 다중범위 검증법에 의해 각 군 사이의 차이를 비교하였다. 또한 파절양상 평가를 위해 각 시험군의 파면에서 얻은 ARI score에 대해 chi-square test를 시행하였다.

III. 연구결과

1. 전단결합강도

전단결합강도는 인산처리 24시간군이 16.13 ± 0.87 MPa로 가장 높고 SEP 건조 30분군이 9.81 ± 1.73 MPa로 가장 낮았다. 법랑질 표면 처리 방법에 따른 전단결합강도의 비교에서 SEP 건조 및 습윤 30분군의 결합강도는 각각 9.81 ± 1.73MPa, 11.16 ± 1.42 MPa로서 인산처리 30분군(14.17 ± 1.44MPa) 보다 낮았고( $p < 0.05$ ), SEP 건조 및 습윤 24시간군의 결합강도는 각각 12.57 ± 2.32MPa, 14.20 ± 2.47MPa 로서 인산처리 24시간군(16.13 ± 0.87MPa) 보다 낮았다( $p < 0.05$ ).

시간에 따른 전단결합강도의 비교시 인산처리군과 SEP 건조군, SEP 습윤군 모두 24시간군의 전단결합강도는 각 접착방법에서의 30분군의 전단결합강도보다 높았다( $p < 0.05$ ).

SEP 건조군과 SEP 습윤군의 비교시 SEP 습윤 30분군과 SEP 습윤 24시간군은 각각 SEP 건조 30분군과 SEP 건조 24시간군의 전단결합강도보다 유의성 있는 차이는 아니지만 큰 경향을 보였다( $p > 0.05$ ) (Table 2).

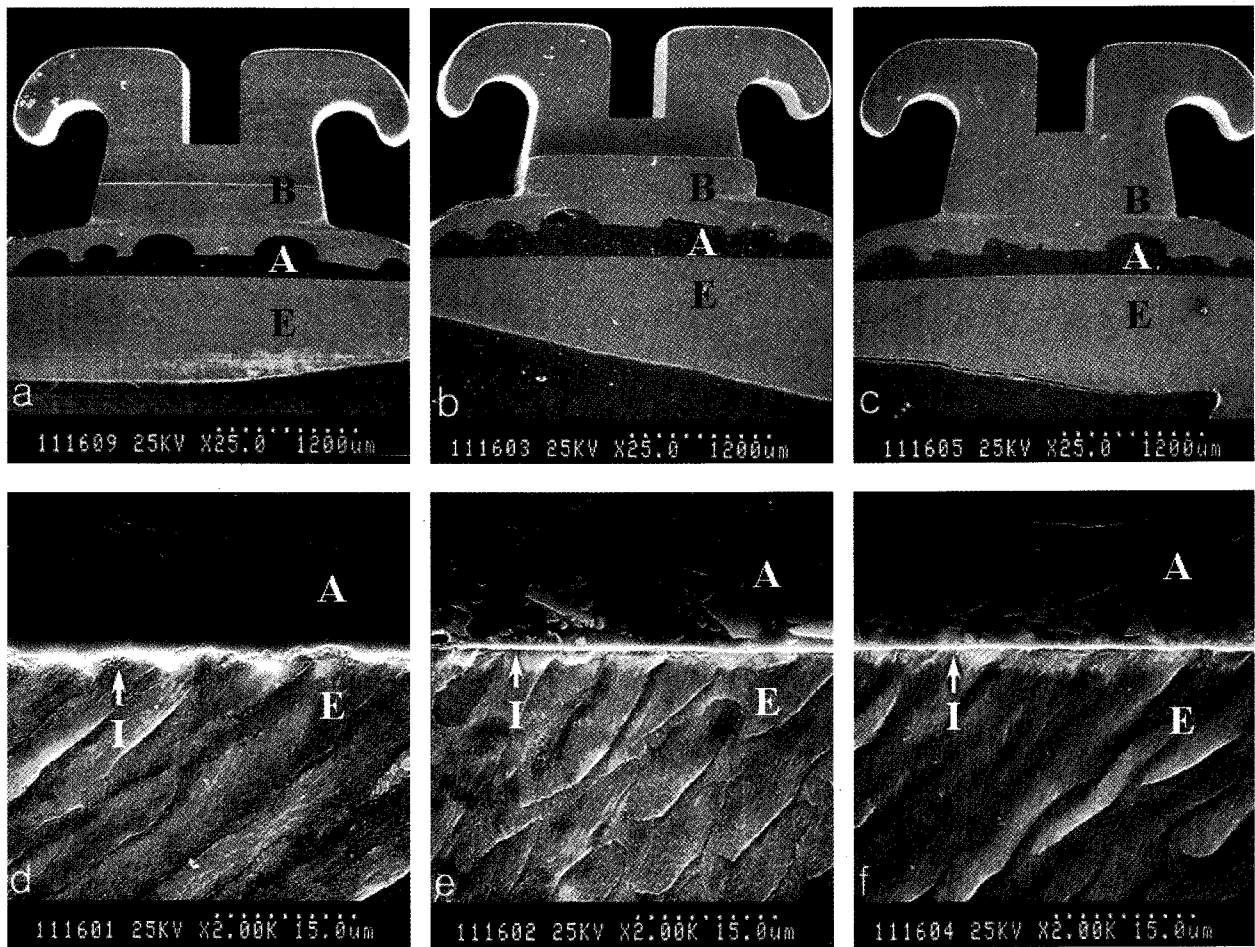


Fig. 5. Cross-sectional SEM image a : Group P(x25), b : Group SD(x25), c : Group SW(x25), d : Group P(x2000) e : Group SD(x2000) f : Group SW(x2000). A : Adhesive resin, B : Bracket, E : Enamel, I (arrow) : Bonding interface

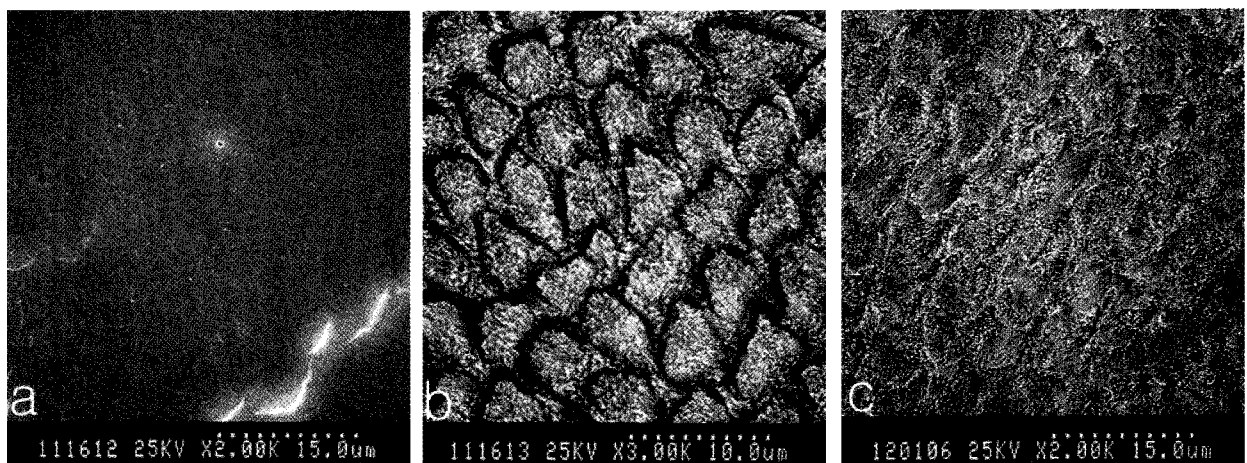


Fig. 6. SEM image of enamel surface with treatment a : Polished enamel surface(x2000) b : Enamel surface after etching with 37% phosphoric acid(x2000) c : Enamel surface after treatment with self etching primer(x2000)

## 2. 접착파절의 양상(ARI score의 비교)

인산 처리군에서는 ARI 점수 0, 1점의 빈도가 높게 나타났으며 self etching primer 건조군과 습윤군에서는 ARI 점수 2, 3점의 빈도가 높게 나타났다( $p < 0.05$ ) (Table 3).

## 3. 주사전자현미경 소견

주사전자현미경을 이용, 시편의 cross-section 단면을 25배와 2000배로 관찰한 결과, 인산처리군에서는 접착 계면에서 치면쪽으로 길이가 길고 두꺼우며 일정한 형태의 요철구조, 즉 resin tag가 관찰되었으나 SEP 건조군과 습윤군은 매우 짧고 얇은 resin tag를 형성하여 전체적으로 평활한 접착 계면이 관찰되었다(Fig. 5). 또한 법랑질 표면 처리 상태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과 인산처리군에서 보다 더 뚜렷한 법랑질 탈회 상태가 관찰되었다(Fig. 6).

## IV. 총괄 및 고찰

산부식법의 개발에 따른 교정용 브라켓의 직접 접착 술식은 고정식 교정장치의 개발에 있어 획기적인 변화와 발전을 가져왔다. 산 용액에 의하여 법랑질 표면을 탈회한 후 프라이머를 도포하는 과정은 법랑질 표면에 대한 접착제의 젖음성과 침투력을 증가시켜 적절한 결합강도를 형성하도록 하는 필수 요소이다<sup>12)</sup>. 그러나 산부식에 의한 법랑질 탈회 과정은 불소가 풍부한 법랑질 표면의 손실을 야기하므로<sup>14)</sup> 치료기간 중 적절한 구강위생관리가 이루어지지 않은 경우 브라켓 주위 법랑질의 탈회 뿐 아니라 치아우식을 유발할 가능성이 크다<sup>15)</sup>. 또한 브라켓 제거시 법랑질의 파절 및 손상<sup>16)</sup>을 유발하며, 탈회된 법랑질 표면 내로 침투된 레진태그(resin tag)는 브라켓 제거 후에도 잔존하여 장기적으로 법랑질 변색을 야기할 수 있다<sup>17)</sup>. 따라서, 임상적으로 유용한 결합강도를 유지하는 동시에 법랑질의 손실을 최소화하여 치료기간중 치아우식의 발생이나 법랑질의 표면 손상에 대한 예방의 필요성이 제기되었다<sup>7)</sup>. 이에 대한 해결책으로서 불소를 유리하는 글래스 아이오노머 시멘트와 불소 유리형 복합레진 등의 사용이 제안되었으나 불소유리형 접착제는 통상적인 교정용 접착제에 비하여 낮은 결합강도를 보이는 것으로 보고되었으며 특히 불소 유리형 복합레진은 불소이온의 유리 농도가 매우 낮아

큰 장점을 지니지 못하는 것으로 평가되었다<sup>18)</sup>. 또 다른 방법으로서 37% 인산을 이용한 통상적 산부식법에 비하여 법랑질 부식 깊이를 줄이는 보존적 방법이 제안되었으며, 10% 말레인산 용액, 10% 인산, 2.5% 질산, 10% 구연산 등과 같은 약산에 의한 법랑질 표면처리법<sup>13,19-21)</sup>과 결정성장 용액에 의한 처리 방법<sup>22)</sup> 등이 이에 포함된다. 본 연구에 사용된 Transbond Plus Self Etching Primer(3M/Unitek Dental Products, Monrovia, Calif)에 포함된 산성성분(Phenyl P)도 법랑질 표면처리를 위한 보존적 재료의 일종이며 종래의 산부식방법 보다 탈회의 정도가 깊지 않은 약한 부식양상을 보이는 것으로 알려져 있으며, 이는 법랑질 미세공포 내로의 Phenyl P의 침투력이 미약하기 때문이거나 또는 탈회시 유리되는 칼슘과 인산이온이 산성 성분내 의해 중화되면서 치면에 침착되기 때문인 것으로 보고되었다<sup>10,23)</sup>.

통상적인 산부식 방법에 의한 브라켓 접착 술식은 산부식, 수세, 건조, priming 등 복잡한 시술과정을 필요로 하므로 긴 시술시간이 요구되며 술자의 숙련도 또는 치면의 수세 및 건조 상태 등 다양한 조건에 의한 여러 가지 시술 오차를 야기할 수 있다. 따라서, 법랑질 표면 처리과정을 단순화함으로써 진료시간을 절약함과 동시에 시술 오차를 감소시켜야 할 필요성이 제기되었으며<sup>7)</sup>, 최근 개발된 Self etching primer는 이러한 필요성을 만족시키는 것으로 평가된다. Self etching primer는 6세대 접착 시스템으로 기존의 산부식 과정과 달리 법랑질 탈회제와 프라이머 성분이 결합되어 있어 한번의 도포만으로 법랑질 부식과 프라이밍을 동시에 시행할 수 있다는 장점을 지닌다(all-in-one adhesive system). 본 연구에 사용된 Transbond Plus Self Etching Primer(3M/Unitek Dental Products, Monrovia, Calif)는 법랑질 탈회를 위한 산성성분(Phenyl P) 뿐 아니라 프라이머 성분(HEMA, dimethacrylate)과 이를 결합시켜주는 methacrylated phosphoric acid esters를 포함하고 있다. 산성 성분이 석회화된 조직을 탈회하고 교원섬유와 수산인회석(hydroxyapatite) 결정을 피막화하여 monomer의 침투를 가능하게 함과 동시에 priming 작용이 일어나면서 중합되므로 법랑질면과 접착제 사이에 틈이 형성되지 않고 연속성이 유지되며 변연봉쇄성과 접착력을 증진시켜준다<sup>7,8)</sup>. 또한 탈회시 유리되는 칼슘과 인산이온에 의해 산성성분이 중화되어, 특별한 수세 과정이 없어도 탈회과정이 스스로 제한되므로, 법랑질 산부식후 프라이머나 본딩에이전트를

도포하는 기존의 방법보다 간단한 기술이 가능한 장점을 지닌다<sup>8,10,19</sup>).

Self etching primer가 이러한 다양한 장점을 지녔음에도 불구하고 이를 이용한 브라켓 접착을 시행하였을 때 임상적으로 충분한 결합강도를 지니는지에 대한 연구는 아직 미비한 실정이며, 특히 대부분의 연구가 수복치과 영역에서 상아질 접착을 중심으로 이루어짐으로써 다양한 치면상태에 의한 결과의 다양성이 보고되었다<sup>10,19</sup>. 따라서 본 연구에서는 교정용으로 개발된 Self etching primer를 이용하여 법랑질 표면을 처리하고 교정용 접착레진을 이용하여 브라켓을 접착하였을 때의 결합강도를 평가하였으며, 이를 통상적인 산부식 방법에 의한 브라켓 접착시의 결합강도와 비교 하기 위하여 시행되었다.

본 연구 결과 SEP군은 건조한 조건에서나 습윤조건에서 인산처리군보다 낮은 결합강도를 나타내었지만 모든 군에서 임상적으로 사용 가능한 최소 결합강도<sup>24</sup>인 5.9-7.8 MPa보다 높은 결합강도를 나타내었다. 이러한 연구결과는 Bishara<sup>10</sup>의 연구결과와는 차이가 있는 것으로, Bishara의 연구에서는 수복치과용으로 개발된 Self etching primer와 교정용 접착 레진을 이용하여 브라켓의 접착한 후 전단결합강도를 평가하였던 반면, 본 연구에서는 교정용 목적으로 개발된 Self etching primer와, 동일한 제조자에 의해 제조된 교정용 접착레진을 이용하여 브라켓을 접착하였기 때문인 것으로 생각된다.

접착용 레진은 기본적으로 소수성의 특성을 지니므로, 수분의 존재는 레진의 결합강도를 감소시키는 요인으로 작용하여 궁극적으로 접착 실패를 유발할 수 있다. 이러한 수분의 존재에 의한 결합강도의 감소 및 접착 실패를 감소시키기 위해 접착시 수분에 대한 내성을 증가시키기 위한 다양한 성분들의 개발이 이루어졌으며<sup>25</sup>, 제5세대 접착제로 분류되는 Moisture-insensitive primer는 수분에 대한 영향을 어느 정도 극복하는 재료로 평가되고 있다<sup>26</sup>. Moisture-insensitive primer에 포함되어 있는 HEMA는 접착제의 젖음성을 증가시키는 성분으로 친수성의 hydroxyethyl 부분과 소수성의 methacrylate 성분을 동시에 지니, 상아질과 같이 수분이 존재하는 치면 환경에서도 수분에 민감한 소수성 레진 접착제의 접착을 가능하게 하는 역할을 한다<sup>27</sup>. 본 연구결과 인공타액에 의해 치면이 오염된 SEP 습윤군의 전단결합강도는 유의할 만한 차이는 아니었지만 SEP 건조군보다 더 높은 경향을 보였으며, 이는 Self etching primer를 이용하여

법랑질 표면처리를 시행하였을 경우, 통상적인 산부식 방법과는 달리 수분의 존재가 결합강도 감소의 요인으로 작용하지 않았음을 의미하며, 이는 본 연구에 이용된 Self etching primer의 etching 부분에 포함된 HEMA에 의하여 친수성 및 소수성 특성이 동시에 발휘되었기 때문이라고 생각된다<sup>26</sup>. Self etching primer를 이용한 접착에서 수분은 산성 성분(acidic monomer)의 이온화를 위한 필수요소로 작용한다<sup>5</sup>. 따라서, Self etching primer를 이용한 브라켓 접착시 치면의 연마(polishing) 후 치면을 완전히 건조시킬 필요는 없으며 오히려 약간의 수분을 남겨두는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 그러나, 일단 치면의 priming이 완성된 후에는 법랑질 산부식에 의해 생성된 수분 및 primer 성분 내에 포함된 수분, ethanol, acetone 같은 용매 성분들이 소수성의 레진 중합을 방해할 가능성이 있으므로 이를 제거하는 것이 바람직하다<sup>27</sup>. 본 연구에서는 Self etching primer를 도포하고 3초가 경과한 후 약 2초간 부드러운 압축공기를 이용하여 표면을 건조시켜 priming 후의 수분의 영향을 배제하였다.

교정용 접착제의 결합강도 평가에 있어서 결합강도의 측정 시기는 중요한 의미를 지닌다. 처음 브라켓을 부착한 후 초기 배열 호선을 삽입하기까지 약 15~30분 정도의 시간이 소요되며, 광중합 접착제를 이용한 브라켓 접착시 광선의 조사가 종료된 이후에도 지속적인 중합반응이 발생한다는 선행들의 연구 결과를 고려하여 볼 때<sup>28</sup> 브라켓 접착 초기 30분은 상대적으로 낮은 결합강도에 의하여 교정용 호선의 삽입과 동시에 브라켓이 탈락할 수 있는 높은 가능성을 지닌 시기라 할 수 있으므로 이 시기의 결합강도에 대한 평가는 매우 중요하다고 할 수 있다. Wang 등<sup>11</sup>은 일정시간 이상 광선의 조사 시간을 초과시켜도 광중합 접착제의 접착강도가 더 이상 증가하는 것은 아니라고 하였으며 본 연구에서도 Wang 등<sup>11</sup>이 추천하는 40초의 중합시간을 이용하였으며, 광중합 후 15분 동안 실온에서 시편을 보관한 후, 구강내의 습윤한 환경을 재현하기 위하여 전단결합강도의 측정 시기까지 37°C의 증류수 하에 시편을 보관하였다. 본 연구에서 인산처리군과 SEP 건조군 및 SEP 습윤군 모두 30분 군보다 24시간 군에서 더 큰 결합강도를 나타내었다. 이는 Tavassoli와 Watts<sup>28</sup>가 지적한 바와 같이, 광중합 접착제의 중합은 광선 조사 종료 후에도 지속되기 때문인 것으로 생각되며 접착 5분 후보다 24시간 후 더 큰 결합강도를 나타낸다고 했던 이들의 연구와 유



사한 결과이다.

교정용 접착제의 너무 높은 결합강도는 임상적으로 단점으로 작용할 수 있는데, 궁극적으로 교정치료 완료 후 치면에 부착된 브라켓과 접착제 잔사가 제거되어야 하기 때문이다. 접착제가 치면에 너무 단단하게 결합되어 있을 경우 브라켓을 제거할 때 법랑질의 파절이나 균열 등 표면 손상을 야기할 수 있으며 이를 방지하기 위해서는 브라켓을 제거할 때 브라켓과 접착제 계면 또는 접착제 내부에서의 파절이 접착제와 법랑질 계면에서의 파절보다 바람직하다<sup>29)</sup>. 그러나 브라켓과 접착제 계면 또는 접착제 내부에서의 파절은 장치 제거후 치면에 많은 레진 잔사를 남겨 이를 제거하기 위해 많은 시간을 필요로 하므로 치면에 더 적은 접착제가 잔류하면서 치면의 손상을 방지할 수 있는 방법이 필요하다. Maleic acid나 Self etching primer 등 보존적 법랑질 처리제는 이러한 조건을 만족시키는 것으로서 법랑질 탈회의 깊이를 제한함으로써 법랑질-접착제 계면에서 접착 파절이 발생한다 하여도 최소의 법랑질 손상을 일으키는 장점을 지닌다<sup>7,19)</sup>. 본 연구에서의 접착제 잔류 지수는 Self etching primer를 사용한 후 브라켓을 제거하였을 때 파절 양상에 대한 유용한 정보를 제공한다. SEP 건조군과 SEP 습윤군은 37% 인산처리군보다 높은 접착제 잔류지수를 보였으며 이는 장치 제거시 치면에 적은 양의 접착제가 잔류되어 치면 연마에 더 적은 시간을 필요로 하는 것을 의미한다. 주사전자현미경 관찰에서 37%인산으로 치면을 부식시킨 표본에서는 치면쪽으로 길고 두꺼운 resin tag가 형성되어 균일한 요철을 가지는 접착계면을 형성한 반면 Self etching primer를 사용한 표본에서는 짧고 얇은 resin tag가 형성되어 균일하고 평평한 형태의 접착 계면을 형성한 것이 관찰되었다(Fig. 5). 37% 인산과 self etching primer로 처리된 법랑질 표면에 대한 주사전자현미경 소견 역시 유사한 결과를 보였는데, 연마된 법랑질 표면에서는 아무런 요철이 없이 평활한 면이 관찰된 것에 비해(Fig. 6a) 37% 인산처리된 법랑질 표면은 법랑소주 형태를 따라 뚜렷한 음영을 보이는, 깊은 요철이 균일하게 형성된 것이 관찰되었으며(Fig. 6b), Self etching primer는 법랑소주의 형태가 미약하게 관찰이 되기는 하였으나 짧고 불규칙한 법랑질 탈회 양상을 보였다. 이와 같이, Self etching primer 처리 표면에서의 얇은 법랑질 탈회깊이와 짧은 resin tag 및 균일한 접착 계면은 높은 접착제 잔류지수의 형성에 기여함과 동시에 법랑질 표면으로의 접착제의 침투가

깊지 않으므로 법랑질과 접착제 계면에서 접착 파절이 발생한다 하여도 법랑질 손실을 크지 않게 하는 요인으로 작용한다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 제6세대 접착 시스템인 Self etching primer는 기존의 산부식법에 비하여 다소 낮은 전단결합강도를 보임에도 불구하고 임상적으로 사용 가능한 결합강도를 가지는 것으로 생각되며 기존의 산부식 방법에 비교하여 수분에 대한 영향을 배제할 수 있고 브라켓 제거시 법랑질 손상을 최소로 하면서 레진의 잔류량을 줄일 수 있는 점 등 다양한 장점을 지니므로 통상적인 직접 접착 술식 뿐 아니라 수분의 조절이 어려운 간접 접착술식, 고정식 보정장치의 부착 및 매복치에 대한 교정장치 부착 등의 임상적 시술에서도 충분히 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 건조한 조건과 수분이 존재하는 조건에서 접착 초기 30분과 24시간 후의 전단결합강도만을 평가하였으나, 다양한 기계적, 화학적, 생물학적 특성을 지닌 구강 내 환경을 고려할 때, 다양한 환경 하에서의 평가가 시행되어야 할 것으로 생각되며, 전단력 이외의 힘을 브라켓에 적용하였을 경우 임상적으로 유용한 결합강도를 보이는지에 대한 평가가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한, Self etching primer를 사용함에 있어서 인공타액, 물, 혈액 등의 수분오염의 종류 및 수분오염 정도의 차이가 결합강도에 미치는 영향, 그리고 접착용 레진을 적용하기 전 Self etching primer를 미리 중합시켰는지의 여부에 따른 결합강도의 차이, 동일한 제조자에 의해 제작된 접착제 이외의 접착제에 대해서도 동일한 결과를 나타내는지 등에 대한 더 많은 연구가 시행되어야 할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

Self-etching primer/adhesive로 접착된 교정용 브라켓의 전단결합강도를 평가하기 위해 6세대 교정용 접착 시스템인 Transbond Plus Self-Etching Primer와 37%인산/Transbond XT Primer를 이용하여 법랑질면을 처리한 후 브라켓을 접착하여 전단결합강도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Self-etching primer군에서 건조군과 습윤군의 전단결합강도는 37%인산처리군의 결합강도보다 낮았다( $p < 0.05$ ). 그러나 Self-etching primer군의 전

- 단결합강도는 임상적으로 유용한 수준의 이상이었다.
2. 모든군에서 24시간군의 전단결합강도가 30분군의 전단결합강도보다 높았으며( $p < 0.05$ )이는 브라켓 접착후 일정시간의 경과가 결합강도를 증가시켜 줄을 알 수 있었다.
  3. Self-etching primer군에서 습윤군의 전단결합강도는 건조군보다 높은 경향이였으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ).
  4. ARI 점수의 비교결과 인산처리군에서는 0점과 1점의 빈도가 높았으며, Self-etching primer 건조군과 습윤군에서는 2점과 3점의 빈도가 높아( $p < 0.05$ ) Self-etching primer군이 인산처리군보다 법랑질-레진 접착계면부위에서의 파절이 많이 일어남을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Buonocore MG. A Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J Dent Res 1955 : 34 : 849-53.
2. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments : progress report. Am J Orthod. 1965 : 51 : 901-12.
3. Proffit WR, Fields, Jr HW. Contemporary Orthodontics. 2nd edition. Mosby.
4. Miller RA. Laboratory and clinical evaluation of a self-etching primer. J Clin Orthod. 2001 : 35 : 42-5.
5. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II : etching effects on unground enamel. Dent Mater. 2001 : 17 : 430-44.
6. Chigira H, Koike T, Hasegawa T, Itoh K, Wakumoto S, Hayakawa T. Effect of the self etching dentin primers on the bonding efficacy of a dentin adhesive. Dent Mater. J. 1989 : 8 : 86-92.
7. Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 2001 : 119 : 621-4
8. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. Am J Dent. 1997 : 10 : 141-6.
9. Imazato S, Imai T, Ebisu S. Antibacterial activity of proprietary self-etching primers. Am J Dent. 1998 : 11 : 106-8.
10. Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Jakobsen JR. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1999 : 115 : 24-8
11. Wang WN, Meng CL. A study of bond strength between light-and self-cured orthodontic resin. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1992 : 101 : 350-4.
12. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1984 : 85 : 333-40
13. Triolo PT Jr, Swift EJ Jr, Mudgil A, Levine A. Effect of etching time on enamel bond strengths. Am J Dent. 1993 : 6 : 302-4.
14. Lehman R and Davidson CL. Loss of surface enamel after acid etching procedures and its relation to fluoride content. Am J Orthod. 1981 : 80 : 73-82.
15. O'Reilly MM and Featherstone J. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances : An in vivo study. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1987 : 92 : 33-40.
16. Zachrisson BU and Arthun J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. Am J Orthod. 1979 : 75 : 121-27.
17. Gwinnett AJ. Histological changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents. Arch Oral Biol. 1971 : 16 : 731-8.
18. Ashcraft DB, Staley RN, Jakobsen JR. Fluoride release and shear bond strengths of three light-cured glass ionomer cements. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1997 : 111 : 260-5.
19. Bishara SE, Gordan VV. Effect of an acidic primer on shear bond strength of orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1998 : 114 : 243-7.
20. Aasen SM, Ario PD. Bonding systems : A comparison of maleic and phosphoric acids. J Dent Res 1993 : 72 : 137(Abstr 269).
21. Bery TG, Barghi N, Knight GT, et al. Effectiveness of nitric NPG as a conditioning agent for enamel. Am J Dent. 1990 : 3 : 59-62.
22. 이영준, 박영국. Crystal growth에 의한 법랑질 표면처리가 교정용 브라켓 접착체의 전단결합강도에 미치는 영향. 대치교정지 1997 : 27 : 839-52.
23. Finger WJ, Fritz U. Laboratory evaluation of one component enamel/dentin bonding agents. Am J Dent. 1996 : 9 : 206-10.
24. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod. 1975 : 2 : 171-8.
25. Bishara SE, Olsen ME, Damon P, Jakobsen JR. Evaluation of a new light-cured orthodontic bonding adhesive. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1998 : 114 : 80-7.
26. Grandhi RK, Combe EC, Speidel TM. Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with a moisture-insensitive primer. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2001 : 119 : 251-5.
27. Miyazaki M, Hirohata N, Takagaki K, Onose H, Moore BK. Influence of self-etching primer drying time on enamel bond strength of resin composites. J Dent. 1999 : 27 : 203-7.
28. Tavas MA, Watts DC. A visible light activated direct bonding material : an in vitro comparative study. Br J Orthod. 1984 : 11 : 33-7.
29. Britton JC, McInnes P, Weinberg R, Ledoux WR, Retief DH. Shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1990 : 98 : 348-53.

- ABSTRACT -

## Shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded with Self-Etching Primer

Yun-Pyo Ahn, Hyo-Young Kim, Young-Mi Jeon, Jong-Ghee Kim

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, Institute of Oral Bioscience, Chonbuk National University*

The purpose of this study was to evaluate the effects of a self-etching primer on the shear bond strength of orthodontic brackets and on the failure pattern of bracket-adhesive interfaces in dry or wet condition. Brackets were bonded to extracted human teeth according to one of three experimental protocols. In the Group P, teeth were etched with 37% phosphoric acid. After the Transbond XT Primer was applied onto the etched surfaces, the brackets were bonded with Transbond XT(3M, Unitek, Monrovia, Calif) and light cured for 40 seconds. In the Group SD, a self-etching primer(3M, Unitek, Monrovia, Calif) was placed on the enamel for 3 seconds and gently evaporated with air, as suggested by the manufacturer. The brackets were then bonded with Transbond XT as in the Group P. In the Group SW, artificial saliva was applied to the enamel surface for 10 seconds to allow complete hydration of the surface before application self-etching primer. The brackets were then bonded following the procedures of Group SD. Each group was divided into 2 sub-groups(0.5h, 24h) according to debonding time. Shear bond strengths were measured by Instron universal testing machine. After debonding, the teeth and brackets were examined under scanning electron microscope and assessed with the adhesive remnant index.

The result obtained were summarized as follows ;

1. The shear bond strengths were high enough to use clinically in all testing groups, but the shear bond strengths of Group SD and SW were significantly lower than Group P( $p < 0.05$ ).
2. With respect to comparison of debonding time, 24h debonding samples exhibited heigher shear bond strength than 0.5h debonding samples in Group P, SD and SW( $p < 0.05$ ).
3. In the self etching primer groups(Group SD and Group SW), there was no significant difference in mean shear bond strength between under dry and wet state( $p > 0.05$ ).
4. There was a greater frequency of ARI score of 0 and 1 with the Group P. On the other hand, there was a higher frequency of ARI scores of 2 and 3 with Group SD and Group SW( $p < 0.05$ ),.

KOREA. J. ORTHOD. 2003 : 33(1) : 51-61

**Key words** : Shear bond strength, Adhesive remnant index, Self-etching primer