대치교정지 2005;35(6):433-42

Self-etching primer를 사용하여 교정용 브라켓 접착 시 접착제와 타액오염에 따른 전단결합강도 변화

남 은 혜[a] · 윤 영 아[b] · 김 일 규[c]

본 연구의 목적은 브라켓 접착 시 산부식과 전처리 과정을 결합하여 접착 단계를 단순화시킨 self-etching primer (SEP)를 사용하는 경우 접착제 종류와 타액의 존재 유무에 따른 전단결합강도의 차이에 관하여 비교 연구하는 것이다. 소의 하악 영구 전치를 포매하여 만든 시편을 접착제의 종류에 따라 레진 접착제와 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 이용한 군으로 나누었고, 각각 37% 인산으로 산부식 후 기존의 본딩용 프라이머를 사용하여 접착한 군과, SEP를 사용하여 접착한 군으로 분류하고, 타액 오염 유무에 따라 다시 각 군을 분류하여 전단결합강도를 측정하였다. 그 결과 레진 접착제로 브라켓을 부착한 경우 SEP를 사용하여 접착한 군의 전단결합강도는 인산 처리군에 비해 낮은데 비해, 레진 강화형 글래스 아이오노머를 사용한 경우, 전처리법에 따른 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차가 없었으며, 접착제의 종류에 관계없이 타액 오염이 존재 시에는 SEP를 사용한 군이 인산 처리군에 비해 높은 전단결합강도를 보였다. 이상의 결과에서 SEP를 사용 시 레진 접착제와 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제 모두 임상적으로 사용 가능한 전단결합강도를 보였으며, 특히 타액에 오염된 치면에서도 SEP를 사용하여 브라켓을 접착하는 것은 적절한 결합강도를 얻을 수 있으므로 임상적으로 유용할 것으로 생각된다.

(**주요 단어**: 전단결합강도, Self-etching primer, 접착제, 타액 오염)

서 론

1955년 Buonocore[1]가 산부식 접착법을 개발한 이래로, 1965년 Newman[2]이 에폭시 레진을 사용하여 교정 영역에 적용한 이후 교정용 브라켓의 직접접착술식과 재료는 급속히 발전하였다. 교정용 브라켓의 직접접착술식은 밴드 장치에 비해 심미적이며, 치주건강에 유리하고, 접착과 제거가 간단하면서 시간이 절약되기 때문에 오늘날 대부분의 치료가 직접접착법에 의해 이루어지고 있다.[3,4]

[a] 레지던트, [b] 임상강사, [c] 교수, 인하대학교 의과대학 치과학교실.
교신저자: 김일규
인천시 중구 신흥동 3가 7-206
인하대병원 치과센터 / 032-890-2470
kik@inha.ac.kr
원고접수일: 2005년 4월 22일 / 원고최종수정일: 2005년 8월 16일 / 원고채택일: 2005년 8월 18일

최근 가장 많이 사용되는 교정용 접착 시스템은 법랑질 표면을 산부식 후 프라이머를 적용하고 레진으로 접착하는 3단계 과정을 거친다. 이러한 접착 술식은 각 시술 과정에서 과정의 복잡성으로 인해 오차가 생기기 쉽고, 또한 재료의 특성상 오염되지 않은 법랑질 표면을 요구하는데 비하여,[5] 구강내 환경은 건조가 어렵기 때문에 적절한 접착강도를 얻는데 있어 실패할 수 있다. 특히 접근과 방습이 어려운 대구치 부위나 매복치의 접착, 설측교정장치 접착 시 복잡한 접착단계와 타액, 혈액 및 수분 등에 의한 오염은 임상에서 흔히 직면하는 장치탈락의 원인이 된다.[6,7] 이러한 접착의 실패와 그로 인한 재부착은 술자와 환자에게 있어 진료시간 증가 및 추가비용 소요라는 불이익을 초래하며, 장기적으로도 치료 결과에 부정적인 영향을 미친다.

수복치과 영역에서 개발된 self-etching primer (SEP)[8]는 산부식법을 대체하기 위해 사용이 증가하

고 있으며, 수세와 건조, 프라이머 도포라는 복잡한 과정을 생략할 수 있어, 접착술식 중 일어날 수 있는 오차를 줄이는 장점을 가지며, 산부식된 깊이 전체로 전처리제가 들어감으로써 훌륭한 기계적인 유지를 이룰 수 있다. 따라서 이를 교정용 브라켓 접착에 도입하려는 노력이 계속되고 있으며 최근 교정용으로 개발된 Transbond Plus Self Etching Primer (3M Unitek, California, USA)가 소개되었다.

Transbond Plus Self Etching Primer는 전악을 접착할 수 있는 unit-dose setup 디자인으로 술자에 의한 계량오차 및 성분의 혼합에 의한 오차가 적고, 친수성이므로 습윤한 환경에서도 충분한 결합강도를 보이며, 불소를 함유하여 법랑질 탈회를 감소시킬 수 있다.

2002년 Asgari 등[9]은 교정용으로 개발된 SEP를 이용한 연구에서 임상적으로 유용성이 있으며 브라켓의 접착시간을 줄일 수 있다고 하였고, 2004년 Bishara 등[10]은 교정용 SEP가 통상적인 산부식법에 비해 낮지만 임상적으로 적용가능한 전단결합강도를 보이며, 기존의 혼합형 SEP에 비해 높은 전단결합강도를 보인다고 하였다.

그러나 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 SEP와 함께 사용하여, 시술시간을 감소하면서 레진 강화형 글래스 아이오노머의 장점을 얻으려는 시도와 타액에 오염된 환경에서 SEP의 유용성에 대한 연구는 부족한 실정이다.

레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제는 레진 접착제에 비해 물리, 화학적으로 법랑질과 결합하고,[11] 플라스틱에도 결합하며, 브라켓 제거 후 치아 표면에 접착제가 거의 남아있지 않아 제거가 쉽고, 특히 불소를 유리하여 치아의 탈회를 줄이는 장점이 있지만[12,13] 산부식을 거쳐야만 결합력이 증가되는 단점으로 인해,[14,15] 많은 장점에도 불구하고 교정용 접착제로의 사용은 빈번하지 않다.

이에 본 연구는 레진 접착제와 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 사용한 교정용 브라켓 접착 시, 통상적인 산부식법을 이용한 경우와 SEP를 이용한 경우의 전단결합강도를 비교하고, 특히 타액에 오염된 경우의 전단결합강도를 비교하기 위해 시행되었다.

연구재료 및 방법

연구재료

본 실험에서는 인간의 법랑질과 물리적 성질, 조성, 결합강도가 유사한 소의 하악 절치를 사용하였다.[16-18] 160개의 치아를 발거 직후 다이아몬드 디스크로 치관을 절단 분리하여 세척한 후, 증류수에 저장하여 실험에 사용하였다.[19-21]

통상적인 산부식 접착법을 위한 산부식제와 프라이머는 37% 인산과 Transbond XT primer (3M Unitek, California, USA)를 사용하였고, SEP는 Transbond Plus Self Etching Primer를 사용하였다. 교정용 브라켓 접착을 위해, 레진 접착제로 Transbond XT 레진 접착제 (3M Unitek, California, USA)를 사용하였고, 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제로는 Fuji Ortho LC (GC America, Illinois, USA)를 사용하였다. 각 재료의 조성은 Table 1과 같다.

접착제의 중합을 위한 광중합기로는 가시광선 중합방식용 XL-3000 (3M ESPE, Minnesota, USA)을 사용하였으며, 교정용 브라켓은 하악 절치용 .022 슬롯 스탠더드 에지와이즈 금속브라켓(대승, 한국)을 사용하였다.

시편 제작

실험 치아의 고정을 위해 3 cm × 2 cm × 1 cm 크기의 직사각 주형의 바닥면 중앙 부위에 치관의 순면이 하부를 향하도록 양면 테이프를 이용하여 고정시키고, 교정용 레진(Ortho-jet, Lang Dental, Illinois, USA)을 이용하여 매몰하였다. 제작된 시편 내의 순면을 240번, 600번 사포 순으로 급수 연마하여 법랑질 표면을 편평하게 만든 후 시편을 흐르는 물에 세척하였다.

실험군의 분류와 브라켓 접착

160개의 치아를 무작위로 20개씩 8군으로 분류하였다. 통상적인 산부식 접착을 한 경우(P군),통상적인 산부식 후 타액을 적용한 경우(P+S군), SEP를 사용한 경우(SEP군), 그리고 SEP 적용 후 타액을 적용한 경우(SEP+S군)로 전처리를 분류한 후 각각 레진 접착제와 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 사용하여 브라켓을 접착하였다. 접착 직전 매몰된 치아를 불소가 없는 pumice로 low speed handpiece를 이용하여 30초간 치면 세마 후 세척하였다.

P군은 37% 인산으로 30초간 산부식 하고 1분간 수세 건조 후 제조자의 지시에 따라 건조된 치면에 프라이머를 도포한 후 브라켓을 접착하였다. P+S군에서는 P군에서와 동일한 방법으로 산부식 및 프라이머 적용

Table 1. Component of materials used

		Component
Transbond XT		
	Primer	
		Bisphenol A Diglycidyl Ether Dimethacrylate
		Triethylene Glycol Dimethacrylate
		DL-Camphoroquinone
	Adhesive	
		Quartz silica
		Bisphenol A Diglycidyl Ether Dimethacrylate
		Bisphenol A Bis (2-Hydroxyethyl Ether)
		Dimethacrylate
		Methacryloxypropyltrimethoxysilane
		Silica
Transbond Plus Self Etching Primer		
	Etchant component	
		Mono HEMA phosphate
		Di HEMA phosphate
		Amino benzoate
		Butyl hydroxy toluene
		Camphoroquinone
	Primer component	
		Distilled water
		Potassium hexafluorotitanate
		Methylparaben
		Propylparaben
Fuji Ortho LC		
	Powder	
		Fluoroaluminosilicate glass
	Liquid	
		Copolymer of acrylic acid and maleic acid, HEMA, water

후 20대의 건강한 남자에서 채취한 타액을 microbrush를 이용하여 수회 문지른 후 건조 없이 브라켓 접착을 시행하였다.[22,23] SEP군에서는 제조자의 지시에 따라 여분의 물만 제거하고 SEP를 활성화 하여 3초간 도포한 다음, 3-5초간 air blow 후 브라켓 접착을 시행하였다. SEP+S군에서는 SEP군과 동일한 방법으로 SEP 적용 후 타액을 적용하여 브라켓을 접착하였다.

재현성 있는 타액의 수집을 위해 전신질환이 없는 동일인에게서 얻은 타액을 이용하였고, 타액 수집 1시간 전 양치를 시행 후 타액 수집 시까지 금식을 시행하였다.

브라켓 접착 시, 인장시험기의 crosshead가 브라켓의 중심부에 힘을 가할 수 있도록 육안으로 관찰하고 위치시켰으며, 브라켓에 수직적인 힘을 가하였고, 여분의 접착제는 탐침을 이용하여 제거하였다. 재현성 있는 접착을 위해 한 명의 술자가 브라켓 접착을 시행하였다.

접착제의 중합은 가시광선 중합기 XL-3000을 이용하여 근원심면 각각 20초씩 총 40초간 광중합을 시행하였으며,[24,25] 브라켓이 접착된 레진 블록은 구강 내 환경을 재현하기 위해 37℃ 항온 수조에 24시간 보관하였다.[26]

전단결합강도의 측정

전단결합강도를 측정하기 위하여 KST-S 인장 시험기(경성 시험기, 한국)에 측정 기구의 장축과 브라켓과 치아의 접착 계면이 평행하도록 위치시킨 후, 100 kgf 용량의 load cell을 사용하여, crosshead speed 5 mm/min 조건 하에서 전단결합강도를 측정하였다. 접착이 파절되는 순간의 최대힘을 측정하여,

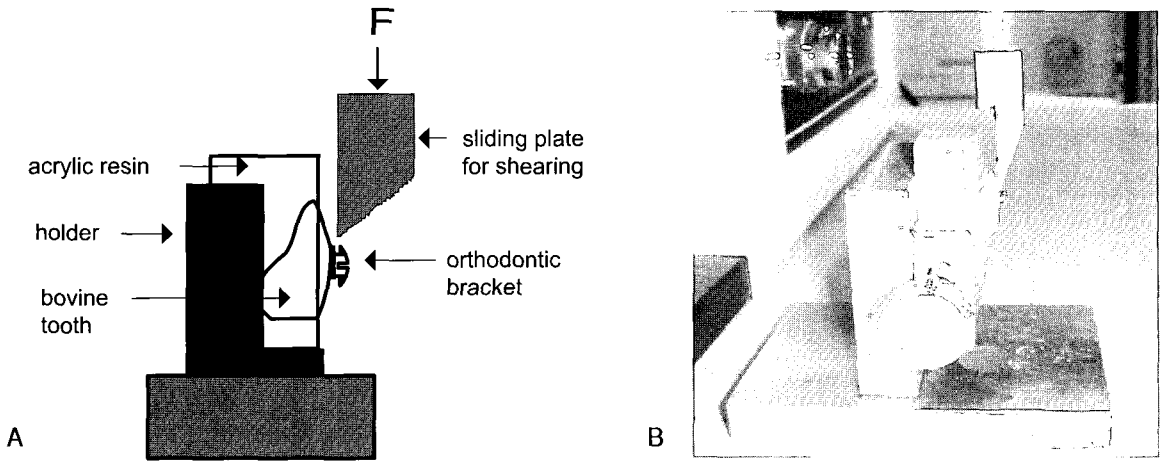

Fig 1. A, Schematic drawing of shear bond strength measurement; **B,** shear bond strength test with testing machine.

Table 2. Descriptive statistics and the results of the Tukey's multiple comparison test comparing the shear bond strengths of the eight groups tested

Group	*Adhesive*	*Shear bond strength (MPa)* (*Mean ± SD*)	*Grouping* ($p < 0.001$)
P	Resin	9.06 ± 2.28	A
P+S	Resin	2.69 ± 1.71	C
SEP	Resin	6.23 ± 1.91	B
SEP+S	Resin	7.01 ± 1.59	B
P	RMGIC	6.40 ± 2.60	B
P+S	RMGIC	2.03 ± 1.02	C
SEP	RMGIC	6.10 ± 1.45	B
SEP+S	RMGIC	7.00 ± 2.02	B

MPa, MegaPascal (N/mm^2); P, phosphoric acid etching; P+S, phosphoric acid etching plus saliva contamination; SEP, self-etching primer; SEP+S, self-etching primer plus saliva contamination; RMGIC, resin modified glass ionomer cement. There was no significant difference in groups with the same letters by Tukey's multiple comparison test.

브라켓의 면적으로 나누어 메가파스칼(MPa) 값으로 환산하였다 (Fig 1).

통계 분석

윈도우용 SPSS 프로그램(SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 각 군의 전단결합강도의 평균과 표준편차를 산출하였다. 접착 방식과 타액 오염 여부에 따른 각 군내의 전단결합강도의 차이를 검증하기 위해 분산 검정(ANOVA)을 시행한 후, Tukey의 다중 비교검정에 의한 사후분석을 실시하였다. 전단결합강도에 대해 접착제의 종류, 접착방식, 타액오염여부가 미치는 영향을 검증하기 위해 일반 선형 모형(general linear model)을 이용한 다변량 분석을 시행하였다.

연구결과

접착제와 타액 오염에 따른 각 군의 전단결합강도의 차이는 Table 2에 나타내었다.

Table 3. Multivariate tests by general linear model

Variable	*Type III sum of squares*	*Degree of freedom*	*Mean square*	*F*	*Significance*
Adhesive type	29.903	1	29.903	8.242	.005
Priming method	94.633	1	94.633	26.082	.000
Saliva contamination	205.232	1	205.232	56.565	.000
Priming method and saliva contamination	385.858	1	385.858	106.348	.000
Priming method and adhesive method	25.400	1	25.400	7.001	.009

R square = .570 (adjusted R squared = .288).

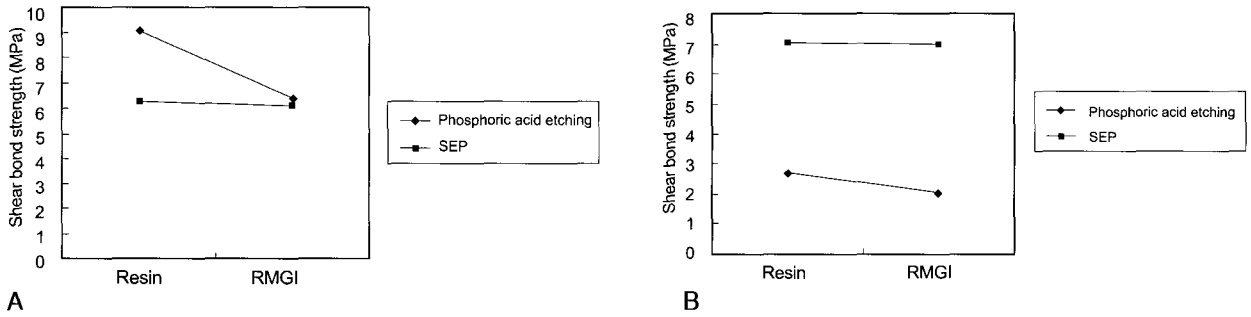

Fig 2. Changes in shear bond strength according to surface treatment; it shown ordinal interaction effect between adhesive types and etching conditions **(A)** without saliva contamination and **(B)** with saliva contamination. *RMGI,* Resin modified glass ionomer; *SEP,* self-etching primer.

레진 접착제 실험군 간의 비교

레진 접착제를 사용한 군 내의 비교에서 타액 오염이 없을 때, 산부식 후 프라이머를 사용한 군(P군)의 결합강도는 9.06 ± 2.28 MPa으로, SEP를 사용한 군(SEP군)의 전단결합강도 6.23 ± 1.91 MPa에 비해 높았다. 타액 오염 시, SEP를 사용한 군(SEP+S군)의 전단결합강도는 7.01 ± 1.59 MPa로, 인산으로 처리한 군(P+S군)의 2.69 ± 1.71 MPa에 비해 타액 오염 하에도 비교적 높은 결합강도를 보였다.

레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제 실험군 간의 비교

레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 사용한 군에서는 타액 오염이 없을 때, 인산 처리 후 브라켓 접착군(P군)이 6.40 ± 2.60 MPa, SEP 처리 후 접착한 군(P+S군)이 6.10 ± 1.45 MPa로, 전처리에 따른 전단결합강도의 차이는 크지 않았다. 타액 오염 시 인산처리군(SEP+S군)의 전단결합강도는 2.03 ± 1.02 MPa로 급격히 낮아졌으나, SEP 사용 시(SEP+S군) 7.00 ± 2.02 MPa로 비교적 높은 결합강도를 보이며, 오염되지 않은 군과 통계적 차이가 없었다.

레진 접착제와 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제 실험군 간의 비교

일반 선형 모형을 이용한 다변량 분석에서 전처리 방법과 타액의 오염 유무, 전처리 방법과 접착제 종류 간에 교호작용이 존재함을 보였다 (Table 3, Fig 2). 타액 오염이 없었던 경우, SEP를 이용한 군의 전단결합강도는 접착제의 종류에 관계없이 일정했으나, 산부식법을 사용한 경우 레진 접착제로 부착한 군에 비해 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 사용한 군의 전단결합강도는 낮았다. 타액 오염이 있었던 경우, 인산처리군의 전단결합강도는 SEP를 사용한 군에 비해

낮았으며, 특히 인산처리군 내에서 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 사용한 군이 레진 접착제를 사용한 군보다 낮은 전단결합강도를 보였다.

총괄 및 고찰

교정치료 시 브라켓의 접착은 치료의 전 과정을 통틀어 치료의 성패를 좌우하는 가장 중요한 과정 중 하나이다.[27] 기존의 인산을 이용하여 레진으로 브라켓을 접착 시 타액과 같은 수분의 오염은 브라켓 접착 시 결합실패를 야기하는 요인으로 작용한다. 산부식된 법랑질에 수분이 침투하면, 접착제의 침투가 방해되어 결과적으로 수적으로나 길이로나 부족한 레진 tag를 형성하게 된다. 그러나 접착제가 친수성이고, 수분의 존재 하에서 완전한 중합이 가능하다면 결합력의 감소에 미치는 영향은 감소할 것이다.[5,27] 이에 따라 수분으로 인한 오염을 극복하기 위해 moisture insensitive primer나 SEP와 같은 친수성 프라이머가 개발되어 왔다.[28,29]

SEP는 본래 상아질 접착용으로 개발된 것으로 산성의 프라이머 용액이 상아질을 탈회하면서 교원섬유와 수산화인회석 결정을 둘러싸게 된다.[8,30,31] 이런 연속적인 산부식과 전처리는 모노머가 상아질로 침투할 수 있게 하여 hybrid layer를 이루며 레진 접착제의 성분이 전처리된 상아질로 확산될 수 있게 한다. 이런 기전으로 인해 SEP는 산부식 과정을 요하는 moisture insensitive primer에 비해 산부식과 전처리를 동시에 할 수 있다는 장점이 있어 교정용으로 사용하기 위한 시도가 이루어졌으며,[32,33] 교정용으로 개발된 Transbond Plus Self Eching Primer가 소개됨에 따라 이를 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다.[34,35]

Bishara 등[32]과 Velo와 Carano[33]는 보존 수복용 SEP인 prompt L-pop (ESPE, Germany)을 각각 인간의 발거된 대구치와 소구치에 적용한 연구에서 7.1 ± 4.4 MPa과 11.55 ± 2.97 MPa의 전단결합강도를 얻어 통상적인 산부착법에 비해서는 낮지만 임상적으로 사용할만한 결합강도를 보임을 보고하였다.

Transbond Plus Self Etching Primer는 교정용으로 소개된 최초의 SEP로서 methacrylated phosphoric acid ester가 주성분으로, phosphoric acid와 methacrylate group이 한 분자로 결합되어 연속적으로 산부식과 전처리를 수행한다. Methacrylated phosphoric acid ester의 phosphate group이 법랑질을 이루는 수산화인회석의 칼슘을 용해하고, 용해된 칼슘이 phosphate group과 결합하면서 수세 없이도 산성이 중화되며 프라이머의 일부로 함입된다. 치아 표면의 활성화된 전처리제는 부식된 법랑질 소주 내로 이동되고, 광중합되면서 프라이머의 모노머가 중합되어 전처리가 이루어진다.

Arnold 등[34]과 Bishara 등[10]은 교정용으로 개발된 SEP를 발거된 인간의 치아에 적용한 연구에서 각각 15초간 SEP를 적용한 경우 8.0 ± 1.3 MPa과 5.9 ± 2.7 MPa의 결합강도를 얻어 기존의 산부식법과 유사하거나 다소 낮은 강도를 얻었다. 또한 안 등[35]의 연구에서 교정용으로 발거된 소구치의 브라켓 접착을 위해 SEP를 이용한 경우 수분의 존재하에서도 11.16 ± 1.42 MPa의 결합강도를 보였으며, 김 등[36]은 증류수와 인공 타액으로 오염된 치면에 SEP를 적용 시 각각 16.20 ± 3.85 MPa, 14.50 ± 3.42 MPa의 전단결합강도를 보여 임상적으로 유용할 뿐만 아니라 타액의 존재 시에도 사용할 수 있는 가능성을 보여주었다.

본 연구에서 레진 접착제와 SEP를 사용한 경우(SEP군) 전단결합강도는 6.23 ± 1.91 MPa이었고, 산부식 후 프라이머를 이용한 경우(P군)에서는 9.06 ± 2.28 MPa이었다. 이는 SEP를 이용한 접착 시 통상적인 레진 접착제와 유사하거나 약간 낮은 강도를 보인 기존의 연구와 다소 차이가 있다. 그러나 타액 오염 시 산부식 후 프라이머를 사용한 군(P+S군)의 전단결합 강도가 2.69 ± 1.71 MPa인데 비하여 SEP를 사용한 경우(SEP+S군)에서는 7.01 ± 1.59 MPa로 오염되지 않은 군과 유사한 강도를 얻어, SEP가 수분의 존재에 영향을 받지 않는다는 기존의 연구[35,36]와 유사한 결과를 보였다.

어느 정도의 전단결합강도가 임상적으로 유용한가에 대해서는 많은 연구들이 있었다. Reynolds와 von Fraunhofer[37]는 임상 교정에서 필요로 하는 브라켓의 최소 결합강도가 5.9 ~ 7.8 MPa이라고 하였고, Keizer 등[38]은 교정용 브라켓이 생리적이고 기계적인 힘을 견디기 위해 2.84 MPa 결합강도가 필요하다고 하였으며, McCarthy와 Hondrum[39]은 요구되는 최소 전단결합강도가 7 MPa이라고 하였다.

이번 연구에서 SEP와 레진 접착제를 사용한 경우 전단결합강도는 6.23 ± 1.91, 7.01 ± 1.59 MPa로, 안 등[35]의 연구에서 보고된 11.16 ± 1.42 MPa에 비해 다소 낮은 결합강도를 보였다. 이는 안 등의 연구가 시편으로 인간의 소구치를 사용하였으며 SEP 적용 전 타액 오염이 이루어진데 비해, 본 연구에서는 시편으

로 소의 하악절치를 사용하였으며, SEP 적용 후 타액 오염이 이루어졌기 때문으로 생각된다. 소의 치아는 인간의 법랑질과 물리적 성질, 조성이 유사한 것으로 보고되었으나, Oesterle 등[16]은 교정용 브라켓 접착 실험을 위한 소의 치아의 유용성에 대한 연구에서 소의 절치의 전단결합강도가 인간에 비해 21 ~ 44% 낮음을 보고하였다. 그러므로 본 연구에서 산부식 후 타액 오염을 시행한 경우(P+S, SEP+S군)를 제외한 나머지 군에서 인간의 법랑질에 적용 시 임상적으로 충분한 전단결합강도를 보일 것으로 생각된다.

오염이 일어나는 시기 역시 결합강도에 영향을 준다. Webster 등[22]은 친수성 프라이머 사용 시 타액이 결합강도에 미치는 영향에 대한 연구에서 프라이머 적용 후 오염이 일어난 군이 프라이머 적용 전 오염이 일어난 군에 비해 낮은 결합강도를 보였으며, Cacciafesta 등[23] 역시 일반적인 프라이머와 친수성 프라이머, SEP를 사용했을 때 오염이 전단결합강도에 미치는 영향에 대한 비교 연구에서 친수성 프라이머와 SEP 모두 적용 전 오염이 일어난 군이 프라이머 적용 후 오염이 일어난 군에 비해 높은 결합강도를 보였다. 본 연구에서는 위의 두 연구와 마찬가지로 타액 적용 후 air thinning 과정이 없었으며, 이는 air thinning으로 인해 잔여 수분이 증발함으로써 결합력이 증가되는 SEP의 특성이 감소되어 타액 적용 후 priming 과정을 거친 안 등[35]의 연구에 비해 낮은 결합력을 보인다고 생각된다. 그러므로 프라이머 적용 후 오염이 일어나더라도 건조를 시행하거나, 다시 프라이머를 적용한다면 더 높은 결합강도를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제는 기존의 글래스 아이오노머 접착제의 장점을 살리면서 단점을 해소하기 위해 레진 접착제의 대안으로 개발되었다. 글래스 아이오노머 접착제는 초기 경화 시까지 수분 오염에 민감하며, 짧은 작업시간에 비해 경화시간이 긴 단점[40]으로 인해 교정용 브라켓 접착에는 사용되지 않았다. 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제는 글래스 아이오노머 접착제의 장점을 살리면서 단점을 많이 해소하였지만, 레진 접착제와 마찬가지로 결합강도 향상을 위해서는 산부식 과정이 요구되므로 시술의 복잡성은 여전히 잔존한다.[14,15] 이를 단순화하기 위해 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제와 SEP를 함께 사용하려는 시도가 일부에서 있었는데, Yamada 등[41]은 보존 수복용 SEP와 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 이용한 연구에서 7.9 ± 2.7 MPa의 전단결합강도를 얻어 임상적으로 유용한 결과를 얻었으며, Cacciafesta 등[23]은 브라켓 접착 시, 산부식 후 접착한 군과 교정용 SEP로 전처리 한 군 간의 전단결합강도는 각각 18.98 ± 3.23, 20.53 ± 2.5 MPa로 두 군간에 통계적으로 차이가 없음을 보고하였다.

본 연구 결과 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제 사용 시 단순 산부식 군(P군)과 SEP를 사용한 군(SEP군)의 결합강도는 각각 6.40 ± 2.60, 6.10 ± 1.45 MPa로, 전처리법에 관계없이 유사한 전단결합강도를 보여 통계적으로도 차이가 없었다. 또한 타액 오염 시에도 인산처리군(SEP+S군)에서는 2.03 ± 1.02 MPa로 전단결합강도의 현저한 저하를 보였지만, SEP를 사용한 군은 전단결합강도의 저하를 보이지 않았다. 이는 SEP의 hydroxyethyl methacrylate (HEMA)와 polyalkenoic copolymer가 글래스 아이오노머 접착제의 액체 성분과 유사하게 작용하기 때문으로, SEP 자체가 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제의 결합강도에 영향을 주지 않았을 것으로 생각된다.

접착제 종류에 따라 전처리법이 전단결합강도에 미치는 영향을 살펴보면 본 연구에서는 오염 여부에 관계없이 SEP를 이용한 군이 일정한 결합강도를 나타냈다(SEP, SEP+S군). 또한 전처리방법과 타액의 유무, 접착제의 종류와 전처리방법 간에는 교호작용이 존재하며 전단결합강도에 영향을 미치는 결과를 보였다. 타액 오염이 없을 경우 접착제의 종류와 관계없이 인산부식을 이용한 군이 SEP를 이용한 군보다 더 높은 결합강도를 보였으며, 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제에 비해 레진 접착제에서 전처리법에 따른 전단결합강도의 차가 컸다. 타액 오염이 존재할 경우 SEP를 사용한 군의 결합강도가 인산부식을 이용한 군에 비해 높으며 일정한 결과를 보였다. 이는 SEP가 기존의 산부식법에 비해 수분이나 타액 오염에 영향을 받지 않는다는 사실을 시사하는 것으로, SEP가 본질적으로 친수성이라는 점 때문이라 생각된다. SEP에 포함된 hydroxyethyl methacrylate (HEMA)는 본래 상아질 접착제의 성분으로 친수성이며,[42,43] 수분이 존재하는 법랑질과 상아질 표면에서 강한 결합을 형성할 수 있으므로, 타액이 결합강도를 저해하는 요소로 작용하지는 않을 것으로 생각된다.

본 연구 결과 SEP 사용 시 레진 접착제와 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제 모두 임상적으로 사용할 수 있는 수준의 전단결합강도를 보였으며, 타액의 존재 시에는 더욱 사용할 수 있는 전단결합강도를

보였다. 따라서 SEP를 이용하여 타액의 오염을 조절하기 어려운 대구치 부위의 접착이나 설측장치의 부착 시에도 적절한 결합강도를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 또한 SEP는 불소를 함유하고 있으므로 교정치료 시 나타날 수 있는 법랑질의 탈회 및 백색 반점의 형성을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

하지만 본 연구가 실험실에서 이루어져 구강 내 환경과는 많은 차이가 있을 것이고 브라켓 접착 시 치아 면에 압접시키는 압력을 일정하게 유지하지 못했다는 한계가 존재한다. 또한 매복치 접착 시 흔히 직면하는 혈액의 오염에 대해서도 임상적으로 수용할 만한 결합강도를 보이는가에 대해서는 더 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

산부식과 전처리 과정을 결합하여 접착 단계를 단순화시킨 SEP 사용 시, 접착제의 종류에 따른 전단결합강도에 관하여 비교하고, 타액의 영향을 연구하기 위해, 소의 하악 절치의 법랑질 표면에 금속 브라켓을 부착한 후 인장시험기를 통해 전단결합강도를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 레진 접착제로 브라켓을 부착한 경우, SEP를 사용하여 접착한 군의 전단결합강도는 산부식 후 프라이머를 사용하여 접착한 군에 비해 낮았으나, 타액 오염 존재 시 SEP를 이용한 군이 산부식 후 프라이머를 이용한 군에 비해 높은 전단결합강도를 보였다.
2. 레진 강화형 글래스 아이오노머 접착제를 사용한 경우, 전처리법에 따른 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차가 없었으나, 타액 오염 존재 시 SEP를 사용한 군의 전단결합강도가 인산 처리 군에 비해 높았다.
3. 접착제의 종류에 관계없이 타액 오염이 존재 시 SEP를 사용한 군이 산부식 후 프라이머를 이용한 군에 비해 높은 전단결합강도를 보였다.

이상의 결과에서 SEP를 사용 시 접착제의 종류에 관계없이 임상적으로 사용할 수 있는 수준의 전단결합강도를 보였으며, 특히 타액이 오염된 치면에서 SEP를 사용하여 브라켓을 접착하는 것은 적절한 결합강도를 얻으면서도 사용이 간편하고 시술 시간을 단축시킬 수 있으므로 임상적으로 유용할 것으로 판단된다.

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: progressive report. Am J Orthod 1965;51:901-12.
3. Proffit WR. Contemporary orthodontics. St Louis: Mosby; 2000. p. 397-402.
4. Tavas MA, Salem NS. Glass ionomers for direct bonding: an in vitro assessment. Br J Orthod 1990;17:223-8.
5. Itoh T, Fukushima T, Inoue Y, Arita S, Miyazaki K. Effect of water, saliva and blood contamination on bonding of metal brackets with a 4-META/MMA/TBB resin to etched enamel. Am J Dent 1999;12:299-304.
6. Xie J, Power JM, McGuckin RS. In vitro bond strength of two adhesives to enamel and dentin under normal and contaminated conditions. Dent Mater 1993;9:295-9.
7. Benderli Y, Gokce K, Buyukgokcesu S. In vitro shear bond strength of adhesive to normal and fluoridated enamel under various contaminated condition. Quintessence Int 1999;30:570-5.
8. Chigara H, Koike T, Hasegawa T, Itho K, Wakumoto S, Hyakawa T. Effect of the self-etching dentin primers on the bonding efficacy of a dentin adhesive. Dent Mater J 1989;8:86-92.
9. Asgari S, Salas A, English J, Powers J. Clinical evaluation of bond failure rates with a new self-etching primer. J Clin Orthod 2002;36:687-90.
10. Bishara S, Oonsombat C, Ajlouni R, Laffoon J. Comparison of the shear bond strength of 2 self-etching primer/adhesive systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004;125:348-50.
11. Kent BE, Lewis BG, Wilson AD. The properties of a glass ionomer cement. Br Dent J 1973;135:322-6.
12. Cook PA, Youngson CC. An in vitro study of the bond strength of glass ionomer cement in the direct bonding of orthodontic brackets. Br J Orthod 1988;15:247-53.
13. Chadwick SM, Gordon PHH. An investigation into the fluoride release of a variety of orthodontic bonding agent. Br J Orthod 1995;22:29-33.
14. Larmour CJ, Stirrups DR. An ex vivo assessment of a resin-modified glass ionomer cement in relation to bonding technique. J Orthod 2001;28:207-10.
15. Cacciafesta V, Jost-Brinkmann PG, Subenberger U, Miethke RR. Effects of saliva and water contamination on the enamel shear bond strength of a light glass ionomer cement. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998;113:402-7.
16. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel in bonding studies. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998;113:514-9.
17. Nakamich I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. J Dent Res 1983;62:1076-81.
18. Smith HZ, Casko JS, Leinfelder KF, Utley JD. Comparison of orthodontic bracket bond strength; human vs bovine enamel. J Dent Res 1976;55:153-367.
19. Alexendre P, Young J, Sandrik JL, Bowman D. Bond strength of three orthodontic adhesives. Am J Orthod 1981;79:653-60.
20. 임병철, 황현식. 브라켓 간접부착술식시 레진 베이스의 표면 처리가 전단결합강도에 미치는 영향. 대치교정지 1998;28:1-15.
21. 서미영, 황현식. 간접부착술식시 치면과 레진 베이스의 간격 및 접착제에 따른 결합강도. 대치교정지 2001;31:459-65.
22. Webster MJ, Nanda RS, Duncanson MG, Khajotia SS, Sinha PK. The effect of saliva on shear bond strengths of hydrophilic bonding system.

Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;119:54-8.
23. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Baluga L, Scribante A, Klersy C. Use of a self-etching primer in combination with a resin-modified glass ionomer: Effect of water and saliva contamination on shear bond strength. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124:420-6.
24. Leung RL, Fan PL, Johnson WM. A mathematical model for post-irradiation hardening of photoactived composite resins. Dent Mater 1985;1:191-4.
25. Wang MN, Meng CL. A study of bond strength between light-and self-cured orthodontic resin. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992; 101:350-4.
26. Fox NA, McCabe JF, Buckley JG. A critique of bond strength testing in orthodontics. Br J Orthod 1994;21:33-43.
27. Zachrisson BJ. A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. Am J Orthod 1977;71:173-89.
28. Grandhi RK, Combe EC, Speidel TM. Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with a moisture-insensitive primer. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;119:251-5.
29. Rajagopal R, Padmanabhan S, Gnanamani J. A comparison of shear bond strength and debonding characteristics of conventional, moisture -insensitive, and self-etching primers in vitro. Angle Orthod 2004;74: 264-8.
30. Barkmeier WW, Los SA, Triolo PT Jr. Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. Am J Dent 1995;8:289-93.
31. 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.
32. 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 Dentofacial Orthop 2001;119:621-4.
33. Velo S, Carano A. Self-etching vs. traditional bonding systems in orthodontics: an in vitro study. Orthod Craniofacial Res 2002;5:166-9.
34. Arnold RW, Combe EC, Warford JH. Bonding of stainless steel brackets to enamel with a new self-etching primer. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122:274-6.
35. 안윤표, 김효영, 전영미, 김정기. Self-etching primer를 이용하여 접착된 교정용 브라켓의 전단결합강도. 대치교정지 2003;33:51-61.
36. 김유신, 이형순, 이현정, 전영미, 김정기. Self-etching primer/adhesive를 사용한 교정용 브라켓 접착시 오염이 전단결합강도에 미치는 영향. 대치교정지 2004;34:439-47.
37. Reynolds IR, von Fraunhofer JA. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1975;2:171-8.
38. Keizer S, ten Cate JM, Arends J. Direct bonding of orthodontic brackets. Am J Orthod 1976;69:318-27.
39. McCarthy MF, Hondrum SO. Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1994;105:135-41.
40. 고영무, 김경남, 김광남, 김교한, 김형일, 박영준 등. 치과 재료학. 3판 서울: 군자 출판사; 2001. p. 244-7.
41. Yamada R, Hayakawa T, Kasai K. Effect of using self-etching primer for bonding orthodontic brackets. Angle Orthod 2002;72:558-64.
42. Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA. Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. Am J Dent 2001;14:205-10.
43. Sonis AL. Effect of a new bonding agent on bond strength to saliva-contaminated enamel. J Clin Orthod 1994;28:93-4.

- ORIGINAL ARTICLE -

Change in shear bond strength of orthodontic brackets using self-etching primer according to adhesive types and saliva contamination

Eun-Hye Nam, DDS, MS,[a] Young-Ah Yoon, DDS, MSD,[b] Il-Kyu Kim, DDS, MSD, PhD[c]

The purpose of this study was to evaluate and compare the shear bond strength of orthodontic brackets depending on the variety of adhesives and whether saliva exists, by using self-etching primer (SEP). Groups were divided according to the type of adhesive into resin adhesive (Transbond XT) and resin-modified glass ionomer cement (Fuji Ortho LC). One group of resin adhesive used XT primer after etching with 37% phosphoric acid, and the other group used self-etching primer. One group of resin-modified glass ionomer cement only used etching for bonding, and the other group used SEP. Each of the groups were also classified by whether saliva was contaminated or not, and then the shear bond strength was measured. The results showed that when using resin adhesive, the shear bond strength of SEP was lower than the XT primer. In the resin-modified glass ionomer cement groups, the shear bond strength which depends on the priming method, did not have a meaningful difference statistically. When saliva was contaminated, the group which used SEP, regardless of the adhesive variety, had a greater shear bond strength than the normal priming group. From these results, SEP showed a shear bond strength that is possible to be used clinically, regardless of the adhesive variety. It can especially be clinically useful to use SEP to bond brackets even on tooth surfaces contaminated with saliva, because it offers the appropriate bonding strength as well as shorter treatment time and easy application.

Korean J Orthod 2005:35(6):433-42

※ **Key words**: Shear bond strength, Self-etching primer, Adhesive, Saliva contamination

[a] Resident, [b] Clinical Instructor, [c] Professor, Department of Dentistry, College of Medicine, In-Ha University
Reprint requests: Il-Kyu Kim
Department of Dentistry, In-Ha University Hospital, 7-206 Shinheung-Dong 3 Ga, Chung-Gu, Incheon 400-711, Korea
+82 32 890 2470
kik@inha.com
Received April 22, 2005; Last Revision August 16, 2005; Accepted August 18, 2005