

법랑소주 방향에 따른 접착제의 미세전단 결합강도

조영곤* · 김종진

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MICROSHEAR BOND STRENGTH OF ADHESIVES ACCORDING TO THE DIRECTION OF ENAMEL RODS

Young-Gon Cho*, Jong-Jin Kim

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

This study compared the microshear bond strength (μ SBS) to end and side of enamel rod bonded by four adhesives including two total etch adhesives and two self-etch adhesives.

Crown segments of extracted human molars were cut mesiodistally. The outer buccal or lingual surface was used as specimens cutting the ends of enamel rods, and inner slabs used as specimens cutting the sides of enamel rods.

They were assigned to four groups by used adhesives: Group 1 (All-Bond 2), Group 2 (Single Bond), Group 3 (Tyrian SPE/One-Step Plus), Group 4 (Adper Prompt L-Pop). After each adhesive was applied to enamel surface, three composite cylinders were adhered to it of each specimen using Tygon tube. After storage in distilled water for 24 hours, the bonded specimens were subjected to μ SBS testing with a crosshead speed of 1 mm/minute. The results of this study were as follows:

1. The μ SBS of Group 2 (16.50 ± 2.31 MPa) and Group 4 (15.83 ± 2.33 MPa) to the end of enamel prism was significantly higher than that of Group 1 (11.93 ± 2.25 MPa) and Group 3 (11.97 ± 2.05 MPa) ($p < 0.05$).
2. The μ SBS of Group 2 (13.43 ± 2.93 MPa) to the side of enamel prism was significantly higher than that of Group 1 (8.64 ± 1.53 MPa), Group 3 (9.69 ± 1.80 MPa), and Group 4 (10.56 ± 1.75 MPa) ($p < 0.05$).
3. The mean μ SBS to the end of enamel rod was significantly higher than that to the side of enamel rod in all group ($p < 0.05$). [J Kor Acad Cons Dent 30(4):344-351, 2005]

Key words: Microshear bond strength, Enamel rod, Total etch adhesives, Self-etch adhesives, Slabs

- Received 2004. 12. 31, revised 2005. 7. 1, accepted 2005. 7. 3. -

* Corresponding author: Young-Gon Cho

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Chosun University
421 Seosuk-dong, Dong-gu, Gwangju, Korea, 501-825
Tel: 82-62-220-3840, 3845 Fax: 82-62-232-9064
E-mail: ygcho@mail.chosun.ac.kr

I. 서 론

치과영역에서 현재 사용하고 있는 접착시스템은 임상적 적용단계에 따라 산부식 처리, 프라이밍 및 접착 과정을 분리하여 시행하는 3단계 접착시스템과 산부식 처리 후 프라이머와 접착제가 혼합된 단일병 용액을 적용하거나 산부식

※ 이 논문은 2004년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

처리와 프라이밍을 동시에 시행한 후 접착제를 적용하는 2 단계 접착시스템 및 3과정을 한번에 시행하는 단일 단계 접착시스템으로 크게 분류할 수 있다¹⁾. 또한 이는 치질을 산부식 처리하는 방법에 따라 인산을 이용한 total etch 접착시스템과 산성 단량체를 이용한 자가 산부식 접착시스템으로 분류된다^{2,3)}.

법랑질을 탈회하고 치질에 형성된 도말층을 제거하기 위하여 total etch 접착시스템은 대부분 30 - 40%의 인산을 사용하고 있다^{4,5)}. 이러한 농도의 인산은 법랑소주를 선택적으로 탈회시켜 법랑질 표층에 5 - 50 μm 깊이의 미세한 공포를 형성하고⁴⁾, 후에 적용되는 낮은 점도의 레진 접착제에 의해 법랑질과 미세기계적인 유지를 이룬다^{6,7)}. 반면 자가 산부식 접착시스템은 자체 내에 있는 인산이나 인산 유도체와 같은 산성 단량체에 의해 인산보다 얇은 깊이로 법랑질을 탈회시켜 미세유지적인 표면을 제공하고, 동시에 레진 단량체의 침투를 촉진시킨다^{8,9)}.

삭제되지 않은 법랑질에서 total etch 접착시스템의 사용은 일반적으로 자가 산부식 접착시스템보다 높은 결합강도를 나타낸다¹⁰⁾. 몇몇 연구에서 total etch 접착시스템이 자가 산부식 접착시스템보다 법랑질에서 훨씬 우수한 전단 결합강도⁷⁾와 변연봉쇄¹¹⁾를 제공한다고 보고하였다. 이러한 자가 산부식 접착시스템의 낮은 결합강도를 개선하기 위하여 법랑질에 프라이머를 적용하기 전, 인산을 사용하거나¹²⁾ 프라이머를 능동적 (active)으로 적용하는¹³⁾ 실험실적인 연구가 이루어졌다.

그러나 Kanemura 등¹⁴⁾은 삭제된 법랑질에서의 자가 산부식 접착시스템과 total etch 접착시스템의 미세인장 결합강도 간에 통계학적인 차이가 없다고 보고하였고, Hannig 등⁶⁾과 Toledano 등⁹⁾도 법랑질에 대한 이 두 접착시스템의 전단 결합강도간에 차이가 없음을 보고하고 자가 산부식 프라이머는 인산 대신 사용할 수 있다고 하였다. 또한 Perdigao 등¹⁵⁾은 자가 산부식 프라이머만을 적용한 경우와 자가 산부식 프라이머를 적용하기 전에 인산과 같은 부식제를 적용한 경우, 법랑질에 대한 결합강도는 18.1 MPa - 25.9 MPa 범위를 나타내어 자가 산부식 프라이머는 부식제를 사용하지 않아도 법랑질에 우수한 결합강도를 제공한다고 하였다. 법랑질에 대한 미세전단 결합강도에 관한 Shimada 등^{16,17)}의 연구에서 단일병 접착제 (Single Bond)와 자가 산부식 접착제 (Clearfil SE Bond)의 미세전단 결합강도는 모두 42 MPa 정도를 나타내어 두 접착제 간에 통계학적인 차이가 없다고 보고하였다. 이상과 같이 total etch와 자가 산부식 접착시스템의 법랑질에 대한 결합강도는 서로 상반된 연구결과를 나타내고 있다.

법랑소주의 방향은 접착시스템과 법랑질의 결합강도에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Munechika 등¹⁸⁾은 법랑소주의 방향에 따라 40% 인산으로 60초간 부식 처리한

결과, 법랑소주에 수직으로 절단된 군이 평행하게 절단된 군보다 통계학적으로 높은 전단 결합강도를 나타냈다고 보고하였으며, Cavalho 등¹⁹⁾도 Single Bond 접착제를 이용한 미세인장 결합강도 검사에서 이와 동일한 결과를 나타냈다고 하였다. 또한 Ikeda 등⁸⁾은 법랑질 변연에서 법랑소주의 방향과 평행하게 복합레진이 접착되면 법랑질에 미세한 금 (micro crack)이나 수축 간극이 일어날 수 있음을 지적한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 법랑소주 방향에 따른 total etch와 자가 산부식 접착시스템의 결합강도의 차이를 알아보기 위하여, 법랑소주에 수직 또는 평행하게 절단한 시편에 각각 3단계와 2단계 total etch 접착시스템과 2단계와 단일 단계 자가 산부식 접착제를 적용하여 이들에 대한 미세전단 결합강도를 상호 비교하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치관부에 결함이나 수복물이 없는 최근에 발거된 상·하악 대구치 20개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에서는 3단계 접착제인 All-Bond 2, 2단계 접착제인 Single Bond와 Tyrian SPE/One-Step Plus, 단일 단계 접착제인 Adper Prompt L-Pop을 사용하였고, 복합레진은 동일 회사제품인 Micronew와 Filtek Z 250 (색조 A3)를 사용하였다 (Table 1).

접착제와 복합레진의 중합을 위한 광조사기는 Spectrum 800 (Dentsply Caulk, Milford, DE, U.S.A.)을 사용하였고 500 mW/cm²의 광 강도를 이용하였다.

2. 실험방법

(1) 시편제작과 군 분류

실험에 사용된 상·하악 대구치의 치근부를 절단한 후, 시편을 제작하기 위해 각 치관의 협면이나 설면을 cyanoacrylate 접착제 (ALTECO Korea Inc., Pyungtaek-City, Korea)를 사용하여 레진 블록에 접착하였다. 주수 하에서 Isomet Low Speed Saw (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, U.S.A.)를 이용하여 접착되지 않는 치관의 협면이나 설면의 최 외층 법랑질을 편평하게 삭제한 후, digital caliper (Mitutoyo Corp, Japan)로 시편의 두께가 1 mm 간격으로 절단되도록 조정하고 시편을 근, 원심 방향으로 절단하였다. 그 후 각 시편은 주수 하에서 600 grit의 silicon carbide paper로 연마하였다. 절단된 시편 중 협면과 설면 중앙부의 최 외층이 삭제된 시편을 법랑소주의 말단이

Table 1. Group classification by adhesives and composites

Group	Adhesives	Composites	Manufacturers
1	All-Bond 2	Micronew	Bisco. Inc., Schaumburg, IL, U.S.A.
2	Single Bond	Filtek Z 250	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.
3	Tyrian SPE	Micronew One-Step Plus	Bisco. Inc., Schaumburg, IL, U.S.A.
4	Adper Prompt L-Pop	Filtek Z 250	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.

노출된 시편으로 이용하였고, 치관의 협면이나 설면 내측에서 얻어진 시편을 법랑소주의 측면이 노출된 시편으로 이용하였다 (Figure 1). 절단된 시편은 각 군에서 법랑질 말단과 측면이 노출된 시편을 무작위로 각각 7개씩 선택하여 사용된 접착제의 종류에 따라 4개의 군 (1군, 2군, 3군, 4군)으로 분류하였다.

접착제를 적용하기 전 각 시편의 법랑질 표면은 air-water 시린지로 깨끗이 세척하고 건조하였다. 각 법랑질 표면에서 접착제의 적용과 복합레진의 접착은 다음과 같이 제조사의 설명을 따라 시행하였다.

1) 1군 (All-Bond 2)

법랑질 표면을 Uni-Etch (Bisco. Inc., Schaumburg, IL, U.S.A.)로 15초간 산부식 처리하고 철저히 세척하였다. 공기 시린지로 법랑질 표면을 1 - 2초간 공기로 건조한 후, 혼합한 Primer 용액을 3 - 5회 적용하고 5 - 6초간 건조하였다. 접착제를 법랑질 표면에 얇게 바르고 Spectrum 800으로 20초간 광조사 하였다.

접착제가 적용된 법랑질 표면에 내경 0.5 mm, 높이 1 mm의 Tygon tube (Saint-Gobain Performance Plastic Co., U.S.A.)를 위치시킨 다음, Micronew (A3 색조)를 충전하고 30초간 광조사 하였다.

2) 2군 (Single-Bond)

법랑질 표면을 Uni-Etch로 15초간 산부식 처리하고 10초간 세척하였다. 공기 시린지로 법랑질 표면을 1 - 2초간 공기로 건조한 후, Single-Bond를 연속적으로 2회 적용하고 2 - 5초간 가볍게 건조하고 Spectrum 800으로 10초간 광조사 하였다.

접착제가 적용된 법랑질 표면에 내경 0.5 mm, 높이 1 mm의 Tygon tube를 위치시킨 다음, Filtek Z 250 (A3 색조)를 충전하고 20초간 광조사 하였다.

3) 3군 (Tyrian SPE/One-Step Plus)

제조사의 설명서에 따라 Tyrian SPE를 혼합하여 공급된 스폰지에 적신 다음, 법랑질 표면에 1 - 2회 적용하고 10초간 문지렀다. One-Step Plus 병을 3 - 5초간 흔들어 공급

된 용기에 용액을 분배한 후, Tyrian SPE가 적용된 법랑질 표면에 One-Step Plus를 2회 적용하고 최소한 10초간 공기 시린지로 건조하였다. 표면에 광택이 있는가를 확인한 후 10초간 Spectrum 800으로 광조사하였다. 접착제가 적용된 법랑질 표면위에 Tygon tube를 위치시키고 Micronew (A3 색조)를 충전하고 30초간 광조사 하였다.

4) 4군 (Adper Prompt L-Pop)

제조사의 설명에 따라 용액을 혼합하여 공급된 applicator에 중등도의 압력을 가해 접착제를 법랑질 표면에 15초간 문지르면서 적용하였다. 공기 시린지로 접착제를 가볍게 불어 법랑질 표면에 충분히 퍼지도록 한 후, 표면에 광택이 나면 Spectrum 800으로 10초간 광조사하였다. 법랑질 표면위에 Tygon tube를 위치시키고 Filtek Z 250 (A3 색조)를 충전하고 20초간 광조사 하였다.

모든 군에서 각 법랑질 표면에 3개의 복합레진을 접착시켰다 (Figure 1). 제작된 시편은 미세전단 결합강도를 측정하기 직전까지 증류수에 24시간동안 보관하였다.

(2) 미세전단 결합강도의 측정

각 시편을 testing apparatus에 위치시켜 cyanoacrylate 접착제로 접착시킨 후 (Figure 2), Universal testing machine (EZ test, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)의 zig에 고정시켰다. 상부의 복합레진과 하부의 고정부위에 0.3 mm 두께의 교정용 철사 (Tomy International Inc., Tokyo, Japan)를 평행하게 걸고, 법랑질 표면에서 복합레진이 파절될 까지 분당 1.0 mm의 crosshead speed로 전단하중을 가하였다. 각 시편의 파절 시 하중은 MPa 로 환산하였다.

(3) 통계분석

법랑소주 말단과 측면에 대한 각 군의 미세전단 결합강도의 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 SPSS (ver. 10.1)에서 one-way ANOVA를 이용하여 비교 분석하였으며, 사후검정은 Tukey 검정과 독립 2표본 t 검정을 이용하여 $p = 0.05$ 유의수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 실험결과

법랑소주의 말단과 측면에 대한 각 군의 미세전단 결합강도의 평균치는 Table 2와 3에 나타냈다.

법랑소주 말단에 대한 각 군의 미세전단 결합강도는 1군에서 11.93 ± 2.25 MPa, 2군에서 16.50 ± 2.31 MPa, 3군에서 11.97 ± 2.05 MPa, 4군에서 15.83 ± 2.33 MPa를 나타내 2군이 가장 높게 나타냈다 (Table 2). 법랑소주 말단에 대한 각 군의 미세전단 결합강도를 상호 비교한 결과, 2군과 4군은 1군과 3군보다 통계학적으로 높게 나타났으며 ($p < 0.05$), 2군과 4군 간에 그리고 1군과 3군 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$, Table 2).

법랑소주 측면에 대한 각 군의 미세전단 결합강도는 1군

에서 8.64 ± 1.53 MPa, 2군에서 13.43 ± 2.93 MPa, 3군에서 9.69 ± 1.80 MPa, 4군에서 10.56 ± 1.75 MPa를 나타내 2군이 가장 높은 결합강도를 나타냈다 (Table 3). 법랑소주 측면에 대한 각 군의 미세전단 결합강도를 상호 비교한 결과, 2군은 1군, 3군, 4군보다 그리고 4군은 1군보다 통계학적으로 높게 나타났으며 ($p < 0.05$), 1군과 3군 간에 그리고 3군과 4군 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$, Table 3).

모든 군에서 법랑소주 말단에 대한 미세전단 결합강도는 법랑소주 측면에 대한 결합강도보다 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$, Table 4).



Figure 1. Specimens: end of enamel rod (left) and side of enamel rod (right).

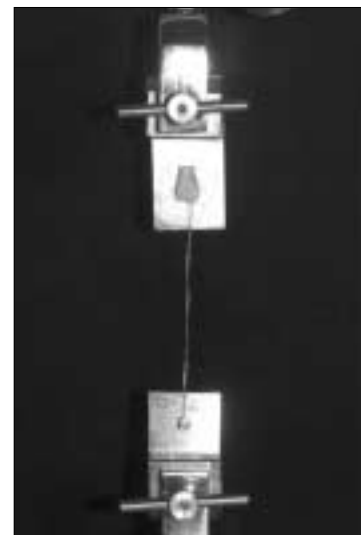


Figure 2. Specimen adhered to the shear testing apparatus.

Table 2. Mean microshear bond strength to end of enamel rod (Unit: MPa, Mean \pm S.D.)

Group	μ SBS	No. of specimens
1	11.93 ± 2.25^a	20
2	16.50 ± 2.31^b	20
3	11.97 ± 2.05^a	20
4	15.83 ± 2.33^b	20

Group 1: All-Bond 2, Group 2: Single Bond, Group 3: Tyrian SPE/One-Step Plus, Group 4: Adper Prompt L-Pop
Superscripts of the other letter indicate values of statistically significant difference by Tukey test ($p < 0.05$).

Table 3. Mean microshear bond strength to side of enamel rod (Unit: MPa, Mean \pm S.D.)

Group	μ SBS	No. of specimens
1	8.64 ± 1.53^a	20
2	13.43 ± 2.93^c	20
3	$9.69 \pm 1.80^{a,b}$	20
4	10.56 ± 1.75^b	20

Group 1: All-Bond 2, Group 2: Single Bond, Group 3: Tyrian SPE/One-Step Plus, Group 4: Adper Prompt L-Pop

Superscripts of the other letter indicate values of statistically significant difference by Tukey test ($p < 0.05$).

Table 4. Statistical comparison between μ SBS to end and side of enamel rods in each group by t-test

Group	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Enamel				
End of enamel rod	*	*	*	*
Side of enamel rod				

Group 1: All-Bond 2, Group 2: Single Bond, Group 3: Tyrian SPE/One-Step Plus, Group 4: Adper Prompt L-Pop,

* : statistical significant difference

IV. 총괄 및 고찰

일반적으로 법랑질에 대한 결합강도는 발거된 전치를 편평하게 삭제하여 측정한다^{9,13,20}. 이러한 경우 법랑소주의 방향은 치면에 대해 수직으로 절단된다. 그러나 임상에서 복합레진과의 접착은 대부분 법랑소주의 방향과 평행하게 형성된 와동에서 이루어지게 된다⁸. 이와 같이 법랑질에 대한 결합강도는 법랑소주의 방향에 따라 변화될 수 있으므로 법랑소주에 평행하게 형성된 면과 수직인 면을 형성하여 함께 비교하여야 한다.

Sano 등²¹에 의해 미세 결합강도 검사가 개발된 이래, 많은 검사에서 치질에 대한 복합레진의 결합강도는 미세인장 결합강도에 의해 평가되었다^{1,14,22}. 그러나 미세인장 결합강도를 측정하기 위한 작은 시편을 제작하기 위해서는 트리밍 과정이 필요하고, 이러한 과정에서 대부분 무기질로 구성된 법랑질은 잔금 (cracks)이 생기거나 파절이 일어날 수 있다¹⁷. 미세전단 결합강도 검사는 시편 제작 시 트리밍 과정이 필요 없으므로 시편을 쉽게 제작할 수 있다¹⁷. 따라서 본 연구에서는 법랑질에 대한 결합강도를 평가하기 위해 미세전단 결합강도 검사를 이용하였으며, 법랑소주 방향에 따른 접착 시스템의 결합강도를 비교하기 위하여 두 종류의 시편을 제작하였다. 한 종류의 시편은 법랑소주에 수직인 시편을 제작하기 위하여 치관의 협면과 설면 중앙부의 최 외층을 절단하여 법랑소주의 말단시편으로 이용하였고, 법랑소주 방향에 평행한 시편을 제작하기 위하여 치관의 내측 부를 절단함으로써 법랑소주의 측면시편으로 이용하였다.

본 연구에서 법랑소주 방향에 따른 각 접착시스템의 미세전단 결합강도는 모든 군에서 법랑소주의 말단에 복합레진을 접착한 시편 (11.93 ± 2.25 MPa - 16.50 ± 2.31 MPa 범위)이 법랑소주 측면에 복합레진을 접착한 시편 (8.64 ± 1.53 MPa - 13.43 ± 2.93 MPa 범위)보다 통계학적으로 높게 나타났다 (Table 4). 이러한 결과는 인산과 복합레진으로 법랑질에 접착한 시편에서 법랑소주 방향에 수직으로 절단된 시편의 전단 결합강도 ($18 - 19$ MPa)가 평행하게 절단된

시편의 전단 결합강도 ($10 - 11$ MPa)보다 통계학적으로 높게 나타났다고 보고한 Munechika 등¹⁸의 연구결과와 Single Bond와 Z 100을 이용하여 법랑소주에 평행하게 그리고 수직으로 접착한 시편에서 법랑소주에 수직인 시편의 미세전단 결합강도 (24.7 ± 9.6 MPa)가 평행한 시편의 미세전단 결합강도 (11.4 ± 6.3 MPa) 보다 높게 나타나 법랑소주의 방향에 따라 결합강도의 차이가 있음을 보고한 Cavalho 등¹⁹의 연구결과와 유사하였다. 법랑소주에 평행으로 접착한 시편이 수직으로 접착한 시편 보다 결합강도가 낮게 나타난 이유에 대하여 Ikeda 등⁸은 법랑질 사이의 약한 연결로 인한 법랑질 자체의 취약성 때문이라고 하였다.

Shimada와 Tagami²²는 법랑질의 절단 방향에 따른 자가 산부식 프라이머 (Clearfil SE Bond)와 단일병 접착제 (Single Bond)의 접착효과를 미세전단 결합강도로 비교한 결과, 두 접착제 모두에서 법랑소주의 방향에 수직으로 접착한 경우가 평행한 경우보다 뚜렷이 높게 나타났지만, 자가 산부식 프라이머의 결합강도는 단일병 접착제보다 법랑소주 방향에 덜 영향을 받는다고 보고하여 본 연구의 결과와는 다소 다르게 나타났다.

본 연구에서 법랑소주 말단에 대한 각 군의 미세전단 결합강도는 1군에서 11.93 ± 2.25 MPa, 2군에서 16.50 ± 2.31 MPa, 3군에서 11.97 ± 2.05 MPa, 4군에서 15.83 ± 2.33 MPa로 2단계 total etch와 단일 단계 접착제가 3단계 total etch와 2단계 자가 산부식 접착제 보다 통계학적으로 높게 나타났다 (Table 2). Inoue 등¹은 법랑질에 대한 단일 단계, 2단계, 3단계 접착제의 미세전단 결합강도는 3.2 MPa에서 43.9 MPa까지 다양했으며, 두 단계의 total etch와 자가 산부식 접착제의 미세전단 결합강도는 3단계의 total etch 접착제와 비슷하였으나 단일 단계 접착제는 통계학적으로 낮은 결합강도를 나타냈다 보고하였다. 또한 Shimada 등^{16,17}은 단일병 접착제와 자가 산부식 프라이머 접착제의 미세전단 결합강도 간에 통계학적인 유의한 차이가 없다고 보고하여 본 연구의 결과와는 다르게 나타났다. 법랑질과 복합레진의 접착은 레진 테그에 의해 미세기계적

으로 이루어지므로 법랑질에 대한 레진의 결합강도는 법랑질 면의 탈회정도만을 생각하기 쉽다. 그러나 Gilpatrick 등⁵⁾의 연구에 의하면 법랑질에 대한 복합레진의 전단결합강도는 37% 인산의 부식 시간을 증가시킨다 해도 통계학적인 차이가 없다고 보고하였다. 인산과 비교하여 자가 산부식 프라이머는 아주 적은 법랑질 탈회를 일으킨다^{6,7,10,23)}. 자가 산부식 프라이머가 법랑질의 탈회깊이를 제한하는 이유에 대하여 Yoshiyama 등²⁴⁾은 수산화인회석으로부터 용해된 농도의 칼슘과 인의 이온효과와 나중에 적용되는 접착제의 광조사와 건조 시 물의 증발 때문이라고 하였다.

Adper Prompt L-Pop은 이전의 Prompt L-Pop에 HEMA와 Bis-GMA를 첨가하였다. 이는 산성 단량체로 methacrylate phosphoric acid esters와 polyalkenoic acid를 사용하고 있으며, pH는 1 정도이다^{1,10)}. 또한 Tyrian SPE는 산성 단량체로서 2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid와 Bis-(2-methacryloyloxy) ethyl) phosphate를 포함하고 있으며, pH는 1 이하이다. 따라서 본 연구에서 사용된 자가 산부식 접착시스템(2군과 4군)은 모두 pH 1 정도로 강한 접착제(strong adhesive)에 해당되지만¹⁾ 법랑질에 대한 산부식 효과는 total etch 접착시스템(1군과 3군)에 사용된 인산 부식제(pH < 0.1)보다 훨씬 약하다. 따라서 본 연구에서 법랑소주 말단에 대한 미세전단 결합강도는 자가 산부식 접착제 간에 그리고 total etch 접착제 간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었는데, 이러한 결과는 인산이나 산성 단량체에 의한 법랑질의 부식효과에 의한 것이라기 보다는 법랑질에 침투되는 레진 접착제의 능력차이 때문일 것으로 생각된다.

본 연구에서 법랑소주 측면에 대한 각 군의 미세 전단결합강도는 1군에서 8.64 ± 1.53 MPa, 2군에서 13.43 ± 2.93 MPa, 3군에서 9.69 ± 1.80 MPa, 4군에서 10.56 ± 1.75 MPa를 나타내어 2단계 total etch 접착제가 다른 군보다 통계학적으로 높게 나타났다. 다른 군에 비해 특히 4군의 미세인장 결합강도는 법랑소주의 말단에 비해 측면에서 현저한 감소를 나타냈다. 이러한 이유에 대하여서는 정확히 알 수 없었으며, 이에 대한 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구를 종합하여보면 법랑소주 방향에 따른 미세전단 결합강도는 법랑소주 측면보다는 말단에 접착한 경우가 모든 접착시스템에서 통계학적으로 높게 나타났으며, 법랑질에 대한 결합강도는 2단계 total etch 접착시스템이 다른 시스템에 비해 비교적 높게 나타났다. 본 연구는 단지 미세전단 결합강도만을 이용한 것으로서 이들 접착시스템에 대한 보다 정확한 평가를 위해서는 여러 가지 실험적인 방법이나 임상적인 연구에 의한 비교를 통해 이루어질 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 법랑소주의 말단과 측면에 대한 3단계, 2단계 및 단일 단계 접착제의 미세전단 결합강도를 상호 비교하였다. Isomet Low Speed Saw를 이용하여 발거된 상·하악 대구치를 근, 원심 방향으로 1 mm 두께가 되도록 절단하였다. 시편 중 협면과 설면 중앙부의 최 외층을 법랑소주의 말단이 노출된 시편으로 이용하였고, 내측에서 얻어진 시편을 법랑소주의 측면이 노출된 시편으로 이용하였다.

사용된 접착제에 따라 4개의 군(1군: All-Bond 2, 2군: Single Bond, 3군: Tyrian SPE/One-Step Plus, 4군: Adper Prompt L-Pop)으로 분류하였다. 각 군당 법랑소주의 말단과 측면이 노출된 시편을 각각 7개씩 선택하여 각각의 접착제와 Tygon tube를 이용하여 복합레진을 접착하였다.

미세전단 결합강도의 측정은 universal testing machine의 testing apparatus에 접착시킨 시편의 복합레진에 얇은 고정용 철사를 평행하게 걸고 법랑질과 복합레진의 접착면이 파절될 때까지 분당 1 mm의 crosshead speed의 전단하중을 가하여 시행하였다.

각 군의 미세전단 결합강도에 대한 유의성 검증은 one-way ANOVA와 Tukey 검정 및 t 검정으로 $p = 0.05$ 유의수준에서 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑소주 말단에 대한 미세전단 결합강도는 2군과 4군이 1군과 3군보다 통계학적으로 높게 나타났다($p < 0.05$)
2. 법랑소주 측면에 대한 미세전단 결합강도는 2군은 1군, 3군, 4군보다 그리고 4군은 1군보다 통계학적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).
3. 모든 군에서 법랑소주 말단에 대한 미세전단 결합강도는 법랑소주 측면에 대한 결합강도 보다 통계학적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).

참고문헌

1. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, Van Meerbeek B. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to enamel. *Am J Dent* 16:329-334, 2003.
2. Cardoso PFC, Meloncini MA, Placido E, Lima JDO, Tavares AU. Influence of the substrate and load application method on the shear bond strength of two adhesive systems. *Oper Dent* 28(4):388-394, 2003.
3. Dickens SH, Milos MF. Relationship of dentin shear bond strengths to different laboratory test designs. *Am J Dent* 15:185-192, 2002.
4. Franchi M, Breschi L. Effects of acid-etching solutions on human enamel and dentin. *Quintessence Int* 26:431-435, 1995.
5. Gilpatrick RO, Ross JA, Simonsen RJ. Resin-to-enamel bond strengths with various etching times. *Quintessence Int* 22:47-49, 1991.

6. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B. Self-etching primer vs phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent* 24:172-180, 1999.
7. Hara AT, Amaral CM, Pimenta LAF, Sinhoreti MAC. Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel. *Am J Dent* 12:181-184, 1999.
8. Ikeda T, Uno S, Tanaka T, Kawakami S, Komatsu H, Sano H. Relation of enamel prism orientation to microtensile bond strength. *Am J Dent* 15:109-113, 2002.
9. Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez M.A. Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent* 14:205-210, 2001.
10. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. part II : etching effects on unground enamel. *Dent Mat* 17:430-444, 2001.
11. Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M. Efficacy of self-etching primer on sealing margins of class II restorations. *Am J Dent* 16:37-41, 2003.
12. Torii Y, Itou K, Nishitani Y, Ishikawa K, Suzuki K. Effect of phosphoric acid etching to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent* 15:305-308, 2002.
13. Miyazaki M, Hinoura K, Honjo G, Onose H. Effect of self-etching primer application method on enamel bond strength. *Am J Dent* 15:412-416, 2002.
14. Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent* 27:523-530, 1999.
15. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, Van Meerbeek B. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 10:141-146, 1997.
16. Shimada Y, Kikushima D, Tagami J. Micro-shear bond strength of resin-bonding systems to cervical enamel. *Am J Dent* 15:373-377, 2002.
17. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow MF, Nakaoki Y, Tagami J. Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Oper Dent* 27:403-409, 2002.
18. Munechika T, Suzuki K, Nishiyama M, Ohashi M, Horie K. A comparison of the tensile bond strengths of composite resins to longitudinal and transverse sections of enamel prisms in human teeth. *J Dent Res* 63(8):1079-1082, 1984.
19. Cavalho RM, Santiago SL, Fernandes CA, Suh B, Pashley DH. Effect of prism orientation on tensile strength of enamel. *J Adhes Dent* 2(4):251-257, 2000.
20. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Long-term effect of dentin primers on enamel bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent* 25:11-19, 2000.
21. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho RM, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of micro-tensile bond test. *Dent Mater* 10:236-240, 1994.
22. Shimada Y, Tagami J. Effects of regional enamel and prism orientation on resin bonding. *Oper Dent* 28:20-27, 2003.
23. Shimada Y, Iwamoto N, Kawashima M, Burrow MF, Tagami J. Shear bond strength of current adhesive systems to enamel, dentin and dentin-enamel junction region. *Oper Dent* 28(5):585-590, 2003.
24. Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, Jonson MH, Pashley DH. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 75:1404-1413, 1996.

국문초록

법랑소주 방향에 따른 접착제의 미세전단 결합강도

조영곤* · 김종진

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

본 연구는 법랑소주의 말단과 측면에 대한 3단계, 2단계 및 단일 단계 접착제의 미세전단 결합강도를 상호 비교하였다. 발거된 상·하악 대구치를 근, 원심 방향으로 1 mm 두께가 되도록 절단하였다. 시편 중 협면과 설면 중앙부의 최 외층을 법랑소주의 말단이 노출된 시편으로 이용하였고, 내측에서 얻어진 시편을 법랑소주의 측면이 노출된 시편으로 이용하였다.

사용된 접착제에 따라 4개의 군 (1군: All-Bond 2, 2군: Single Bond, 3군: Tyrian SPE/One-Step Plus, 4군: Adper Prompt L-Pop)으로 분류하였다. 각 군당 법랑소주의 말단과 측면이 노출된 시편을 각각 7개씩 선택하여 각각의 접착제와 Tygon tube를 이용하여 복합레진을 접착한 후, universal testing machine에서 분당 1 mm의 crosshead speed의 전단하중을 가하여 미세전단 결합강도를 측정하였다. 각 군의 미세전단 결합강도를 통계학적으로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑소주 말단에 대한 미세전단 결합강도는 2군과 4군이 1군과 3군보다 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$)
2. 법랑소주 측면에 대한 미세전단 결합강도는 2군은 1군, 3군, 4군보다 그리고 4군은 1군보다 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$).
3. 모든 군에서 법랑소주 말단에 대한 미세전단 결합강도는 법랑소주 측면에 대한 결합강도보다 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$).

주요어: 미세전단 결합강도, 법랑소주의 말단, 법랑소주의 측면, 3단계 접착제, 2단계 접착제, 단일 단계 접착제