

2012년

2012년 2월
박사학위논문

2월

박사학위논문

법랑질의 산부식 처리가 자가부식
접착시스템의 접착에 미치는 영향

배

상

배

법랑질의 산부식 처리가 자가부식 접착시스템의 접착에 미치는 영향

조선대학교 대학원

치의학과

배 상 배

법랑질의 산부식 처리가 자가부식
접착시스템의 접착에 미치는 영향

Effect of pre-etching on intact and ground enamel
using a self-etch adhesive system

2012년 2월 24일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

배 상 배

법랑질의 산부식 처리가 자가부식
접착시스템의 접착에 미치는 영향

지도교수 조 영 곤

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함.

2011년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

배 상 배

배상배의 박사학위 논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 윤 창 룩 인

위 원 전남대학교 교수 오 원 만 인

위 원 조선대학교 교수 김 흥 중 인

위 원 조선대학교 교수 안 종 모 인

위 원 조선대학교 교수 조 영 곤 인

2011년 12월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	iv
1. 서론	1
2. 실험재료 및 방법	3
A. 실험재료	3
B. 실험방법	3
1. 순면 법랑질의 삭제	4
2. 군 분류	4
3. 미세전단 결합강도	5
4. 주사전자현미경 관찰	6
3. 실험결과	8
A. 미세전단 결합강도 결과	8
B. 주사전자현미경적 소견	8
4. 총괄 및 고찰	10
5. 결론	14
참고문헌	16
사진부도	19

표 목 차

Table 1. Materials and manufacturers	3
Table 2. Group classification by conditions of enamel and adhesive systems	4
Table 3. Microshear bond strength (MPa) to enamel	8

도 목 차

Fig. 1. SEM photograph on the interface of enamel and flowable resin	19
Fig. 2. SEM photograph on the dissolution patterns of enamel prism core	20

ABSTRACT

Effect of pre-etching on ground and intact enamel using a self-etch adhesive system

Sang-Bae Bae, D.D.S, M.S.D.

Advisor : Young-Gon Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry,

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to compare the microshear bond strengths (μ SBS) of two adhesive systems (a total-etch and a self-etch) to ground and intact enamel and also to evaluate the effect of pre-etching when using a self-etch adhesive system.

The labial surfaces of 24 extracted bovine incisors were used. For the ground enamel, flat enamel surfaces at labial aspect were ground. However, for intact enamel surfaces, the teeth were polished. The samples were divided into six groups according to ground (GE) or intact enamel (IE), adhesive systems (AdperTM Single Bond (ASB) or AdperTM Easy Bond (AEB)-3M ESPE Dental Products, Seefeld, Germany) and etched or no-etched enamel with 35% phosphoric acid when using AEB; Group 1 : GE+ASB, Group 2 : GE+AEB, Group 3 : pre-etching of GE+AEB, Group 4 : IE+ASB, Group 5 : IE+AEB, Group 6 : pre-etching of IE+AEB. Eighteen ground and intact enamel surfaces were bonded with one of two adhesive systems and a flowable resin (FiltekTM Z 350) using Tygon tubes. Samples were subjected to a microshear bond test. Six ground and intact enamel

surfaces were bonded with one of adhesive systems and a flowable resin, sectioned and observed under scanning electron microscopy.

The results of this study were as follows;

1. The μ SBS of group 1, 3, 4, 6 was significantly higher than that of group 2 and group 5 on ground and intact enamel, respectively ($p < 0.05$).
2. There was significant difference between the μ SBS of group 2 and group 5 ($p < 0.05$).
3. Group 1, 3, 4, 6 showed the close adaptation at the interfaces of enamel and flowable resin, but group 2 and 5 showed big gaps at the interfaces.

It was concluded that a total-etch adhesive system demonstrated higher μ SBS than did a one-step self-etch adhesive system on both of ground and intact enamel. Pre-etching enamel may improve the bond strength of a one-step self-etch adhesive system on both of ground or intact enamel.

1. 서 론

법랑질에 대한 접착술식은 수복치료와 예방치료 분야에서 매우 중요하다.¹ 인산을 이용한 법랑질의 부식처리는 오랫동안 사용되고 있는 접착술식 중 하나이며, 인산은 법랑질 표면을 선택적으로 용해하여 접착제가 침투할 수 있는 미세현미경적인 공포 (pore)를 제공하고 표면적을 증가시켜 접착성 재료와 접착을 이루도록 한다.²⁻⁴

수년 전 접착술식을 단순화하기 위하여 개발된 자가부식 접착시스템 (self-etch adhesive system)은 법랑질의 부식처리를 위해 인산을 사용하지 않고 접착시스템에 포함된 산성 단량체 (monomer)와 물 성분 등에 의해 법랑질을 부식처리하는 방식을 이용하고 있다.⁵ 이러한 접착시스템은 인산을 이용하는 접착시스템에 비해 세척과정이 필요 없고, 술식민감성이 적으며, 사용이 간편하고, 적용시간이 짧아 사용자에게 친숙한 이점을 가지고 있다.^{6,7} 그러나 자가부식 접착시스템은 법랑질을 부식하는 능력이 인산보다 낮고, 여러 연구에서 자가부식 접착시스템으로 접착한 법랑질과 복합레진의 결합강도는 인산을 이용한 접착시스템보다 뚜렷이 낮은 것으로 보고되고 있다.^{8,9}

이러한 연구결과에 근거하여, 법랑질에 대한 자가부식 접착시스템의 접착력을 향상시키기 위해 인산을 이용한 법랑질의 선택적 부식술 (selective etching)이 소개되었다.¹ 이러한 술식은 인산으로 먼저 법랑질을 부식처리한 후 자가부식 접착시스템을 적용하는 방식을 이용한다. 그러나 법랑질의 선택적 부식술은 몇몇 연구에서 자가부식 접착시스템과 법랑질의 결합강도를 향상시키는 것으로 보고하고 있지만, 다른 연구에서는 자가부식 접착시스템의 결합강도를 향상시키지 않는다는 상반된 연구결과를 보고하고 있다.^{7,10,11}

삭제된 법랑질과 삭제되지 않은 건전한 법랑질의 표면은 형태학적인 구조면에 있어서 많은 차이가 있다. 영구치의 법랑질 표면은 약 70%가 무소주 법랑질로 구성되어 있기 때문에 무소주 법랑질은 부식양상과 결합강도에 큰 영향을 미친다.^{12,13} 따라서 법랑질 표면에 대한 접착성 수복재료의 결합력을 향상시키기 위해 무소주 법랑질은 삭제하여야 하므로 법랑질에 대한 접착시스템의 결합강도 연구는 대부분 편편하게 삭제된 법랑질 표면에서 이루지고

있다.^{5,9,14,15} 하지만 치간이개를 심미적으로 수복하는 치료나 교정치료 시 브라켓을 접착하는 술식처럼 법랑질 표면을 전혀 삭제하지 않고 접착시스템만을 이용하여 접착을 얻어내야 하는 임상적인 상황도 발생한다.

삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 대한 결합강도에 관한 비교연구에서 전부식 접착시스템 (total-etch adhesive system)은 법랑질의 삭제 유무에 관계없이 결합강도의 차이를 보이지 않는 반면, 자가부식 접착시스템은 건전한 법랑질에서보다 삭제된 법랑질에서 더 높은 결합강도를 나타낸다고 보고되었다.^{4,5,16}

자가부식 접착시스템 중 단일 단계 (one-step) 자가부식 접착시스템은 치질의 산부식 처리와 프라이밍 및 접착 과정을 하나의 단계에서 완성하는 접착시스템으로써 all-in-one 접착시스템이라고도 한다.^{5,6} 유동성레진 (flowable resin)은 복합레진에 비해 필러의 함량이 적어 기계적 성질이 낮기 때문에 교합면의 작은 우식병소나 마모증과 같은 비우식성 치경부병소의 수복을 위한 수복재와 2급 와동 복합레진 수복물의 이장재로써 사용되고 있다.¹⁷⁻²⁰

삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 대한 결합강도 연구는 대부분 2 단계 접착시스템과 복합레진을 대상으로 이루어졌으며, 단일 단계 자가부식 접착시스템과 유동성레진을 이용한 연구는 매우 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 전 부식 접착시스템과 단일 단계 자가부식 접착시스템과 유동성레진을 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 접착하여 접착시스템에 따른 미세전단 결합강도를 상호 비교하고, 또한 단일 단계 자가부식 접착시스템을 사용하기 전 인산의 부식처리가 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질의 결합강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시행하였다.

2. 실험재료 및 방법

A. 실험재료

최근에 발거된 소의 하악 전치 24개를 실험치아로 사용하였다. 실험재료는 전 부식 접착시스템 Adper™ Single Bond, 단일 단계 자가부식 접착시스템 Adper™ Easy Bond (3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Germany)와 유동성레진 Filtek™ Z 350 (3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.) 및 35% 인산을 함유한 Scotchbond™ Etchant (3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.)를 사용하였다 (Table 1).

접착시스템과 복합레진의 중합을 위해 광조사기 Spectrum 800 (Dentsply Caulk, Milford, DE, U.S.A.)을 사용하였고, 중합 시 500 mW/cm²의 광 강도를 이용하였다.

Table 1. Materials and manufacturers

Materials		Manufacturers
Total-etch adhesive system	Adper™ Single Bond	3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Germany
One-step self-etch adhesive system	Adper™ Easy Bond	3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Germany
Flowable resin	Filtek™ Z 350	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.
35% phosphoric acid gel	Scotchbond™ Etchant	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.

B. 실험방법

고속의 diamond bur를 이용하여 발거된 소의 하악 전치 24개의 설면을 순면과 비교적 평행하도록 삭제한 후, 치근을 절단하였다. 삭제된 전치의 두께는 약 3 mm정도가 되도록 하였다. 24개의 시편 중 18개는 미세전단 결합

강도를 측정하기 위해 사용하였고, 6개는 법랑질과 유동성레진의 계면 및 법랑질 표면을 관찰하기 위하여 사용하였다.

1. 순면 법랑질의 삭제

총 24개의 시편 중 12개 시편을 선택하여 Isomet Low Speed Saw (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, U.S.A.)를 이용하여 시편의 순면 법랑질 일부를 삭제한 후, 600 grit silicone carbide (SiC) papers (Buehler R&B Inc., DaeJeon, Korea)에 물을 적신 상태에서 법랑질 표면을 연마하였다. 나머지 12개의 시편은 순면 법랑질을 삭제하지 않았으며, 순면 법랑질 표면은 저속의 rubber cup과 pumice를 이용하여 연마하였다.

2. 군 분류

법랑질 표면을 삭제한 12개의 시편과 법랑질 표면을 삭제하지 않은 12개의 시편을 table 2와 같이 각 군당 4개씩 배정한 후, 접착시스템의 종류와 단일 단계 자가 부식 접착시스템 사용전 법랑질의 인산 부식처리 유무에 따라 1군부터 6군까지 분류하였다.

Table 2. Group classification by conditions of enamel and adhesive systems

Groups	Ground or intact enamel	Etching and no-etching of enamel	Adhesive system	No. of samples
1	ground	etching	ASB	4
2	ground	no-etching	AEB	4
3	ground	etching	AEB	4
4	intact	etching	ASB	4
5	intact	no-etching	AEB	4
6	intact	etching	AEB	4

ASB: AdperTM Single Bond, AEB: AdperTM Easy Bond

1군과 4군은 각각 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 Scotchbond™ Etchant를 20초간 적용한 후 air-water syringe로 15초간 세척 및 건조하여 법랑질 표면을 산부식 처리하였다. 1군과 4군의 법랑질 표면에 Adper™ Single Bond를 문지르면서 적용한 후 air-syringe로 얇게 퍼지도록 하고 광조사기를 이용하여 10초간 광중합하였다.

2군과 5군은 각각 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 제조회사의 설명에 따라 Adper™ Easy Bond를 법랑질 표면에 문지르면서 20초간 적용한 후 약 5초간 air-syringe로 붙어 얇게 퍼지도록 하고 광조사기로 10초간 광중합하였다.

3군과 6군은 각각 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 Scotchbond™ Etchant를 이용하여 1군과 4군과 동일한 방법으로 부식처리한 후, Adper™ Easy Bond를 법랑질 표면에 문지르면서 20초간 적용하고 약 5초간 air-syringe로 붙어 얇게 퍼지도록 하여 광조사기로 10초간 광중합하였다.

3. 미세전단 결합강도

a. 미세전단 결합강도 검사를 위한 유동성레진의 접착

미세전단 결합강도를 검사하기 위하여 각 군당 접착제가 적용된 4개의 시편 중 3개를 사용하였으며, 접착제가 적용된 법랑질 표면에 내경 0.7 mm, 높이 2 mm의 Tygon tube (Saint-Gobain Performance Plastic Co., U.S.A.)를 위치시키고, 색조 A2의 Filtek™ Z 350을 Tygon tube의 안에 충전한 후 광조사기로 20초간 중합하였다. 이러한 방식으로 하여 1개의 시편에 10개의 유동성레진을 접착하여 각 군당 총 30개의 유동성레진을 접착하였다. 각 군의 시편은 미세전단 결합강도를 측정하기 직전까지 실온의 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

b. 미세전단 결합강도의 측정

No. 15 blade로 Tygon tube를 제거한 후 각 군의 미세전단 결합강도를 측정하였다. 미세전단 결합강도의 측정을 위해 시편을 시험장치에 공업용 접착제를 이용하여 부착한 다음, 만능시험기 (EZ test: Shimadzu Co., Kyoto,

Japan)의 jig에 시험장치를 고정하였다. 0.3 mm 두께의 교정용 철사 (Tomy International Inc., Tokyo, Japan)를 시험장치의 상부 고정부위와 하부 유동성레진에 평행하게 위치시킨 다음, 철사가 유동성레진이 접착된 법랑질 표면에 밀착되도록 하여 유동성레진이 파절될 때까지 분당 0.5 mm의 crosshead speed로 전단하중을 가하였다.

c. 통계학적인 분석

법랑질의 삭제유무와 접착시스템의 종류 및 단일 단계 자가부식 접착시스템 사용전 법랑질의 인산 부식처리 유무에 따른 미세전단 결합강도를 분석하기 위하여 통계 package SPSS (ver. 19.0)에서 two-way ANOVA를 실시하였다. 분석결과 이들 모두가 교호작용의 효과가 통계학적으로 나타나 ($p < 0.05$), 추가적으로 one-way ANOVA를 실시하여 6개 군의 미세전단 결합강도를 분석하였고 사후검정은 Duncan의 검정을 이용하여 $p=0.05$ 유의수준에서 분석하였다.

4. 주사전자현미경 관찰

a. 주사전자현미경 관찰을 위한 유동성레진의 축조

주사전자현미경 관찰을 위하여 각 군당 접착제가 적용된 4개의 시편 중 1개를 사용하였으며, 접착제가 적용된 법랑질 표면에 약 2 mm 두께의 Filtek™ Z 350을 축조하고 광조사기로 20초간 중합한 후, 다시 2 mm 두께의 Filtek™ Z 350을 축조하여 20초간 광중합하였다. 각 군의 시편은 주사전자현미경 관찰을 위한 시편을 제작하기 전에 실온의 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

b. 시편제작과 주사전자현미경 관찰

Acrylate 접착제 (ALTECO Korea Inc., Pyungtaek-City, Korea)와 레진블록을 이용하여 시편을 접착한 후, Isomet Low Speed Saw를 이용하여 시편의 중앙을 절단-치는 방향으로 절단하여 1개의 군에서 2개의 절편을 얻

어냈다. 각 절편의 표면은 600 grit SiC paper로 연마한 후 초음파세척기 (JAC-Ultrasonic 1505, Kodo Technical Research Co., LTD, Whasung, Korea)에서 30초간 세척하였다. 각 시편을 6N HCL에 5분간 탈회하고 물로 세척한 다음 2.5% 차아염소산 나트륨 용액에 15분간 탈 단백하였다.

각 시편은 stub에 부착하여 12 KV 전압 하에서 1분 동안 백금을 700 Å 두께로 도금하였다. FE-SEM (S-4800: Hitachi High Technologies Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 각 군의 법랑질과 유동성레진의 계면을 관찰하였고, 또한 AdperTM Easy Bond를 사용한 2군, 3군, 5군 및 6군의 법랑질 표면의 부식양상을 고배율로 관찰하였다.

3. 실험결과

A. 미세전단 결합강도 결과

삭제된 법랑질에서 1군과 3군은 2군에 비해 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내었고 ($p < 0.05$, Table 3), 건전한 법랑질에서는 4군과 6군은 5군에 비해 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$, Table 3).

삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 동일한 처리방법과 동일한 접착시스템을 사용한 군 간의 미세전단 결합강도를 비교한 결과, 1군과 4군 그리고 3군과 6군은 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나 2군은 5군에 비해 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$, Table 3).

Table 3. Microshear bond strength (MPa) to enamel

Group	μ SBS(mean \pm SD)	No. of measurements
1	34.28 \pm 4.80 ^a	30
2	24.76 \pm 5.95 ^b	30
3	33.03 \pm 2.97 ^a	30
4	30.05 \pm 3.67 ^a	30
5	13.36 \pm 9.17 ^c	30
6	30.43 \pm 3.66 ^a	30

Superscripts of the same letter indicate values of no statistically significant difference by one-way ANOVA and Duncan's test ($p = 0.05$).

B. 주사전자현미경적 소견

각 군의 주사전자현미경적 소견은 다음과 같이 관찰되었다. 1군, 3군, 4군 및 6군은 법랑질과 유동성레진의 계면에서 긴밀한 접착을 이루었고 (Figs. 1A, 1C, 1D, 1F $\times 1,000$), 2군과 5군은 법랑질과 유동성레진의 계면에서

큰 간극이 관찰되었다 (Fig. 1B x1,000, Fig. 1E x400).

2군의 법랑질 표면은 프리즘 코어의 용해가 얇게 관찰되었고, 용해된 표면은 비교적 거칠게 관찰되었다 (Fig. 2A x3,000). 3군의 법랑질 표면은 깊게 용해된 프리즘 코어와 날카로운 프리즘 주변 (peripheries)이 관찰되었고, 다공성의 용해된 표면이 관찰되었다 (Fig. 2B x3,000). 5군의 법랑질 표면은 극히 일부에 국한된 용해가 관찰되었다 (Fig. 2C x3,000). 6군의 법랑질 표면은 3군에 비해 프리즘 코어가 얇게 용해되었고, 명확하고 두꺼운 프리즘 주변과 함께 다공성의 용해된 표면이 관찰되었다 (Fig. 2D x3,000).

4. 총괄 및 고찰

법랑질에 대한 접착시스템의 미세인장 결합강도 검사는 시편제작 시 트리밍과정이 필요하고¹⁶, 트리밍과정 중 법랑소주를 따라 작은 금 (crack)이 갈 수 있어 결합강도 측정 시 결합강도가 감소될 수 있다.²¹ 이와는 대조적으로 미세전단 결합강도 검사는 트리밍과정이 필요 없고 시편의 제작과정이 아주 단순하여 특히 볼록한 표면을 가진 건전한 법랑질에서의 결합강도를 측정하는데 유용하게 이용되고 있다.¹⁶ 따라서 본 연구에서도 삭제된 법랑질에 대한 결합강도뿐 만 아니라 건전한 법랑질에 대한 결합강도를 측정하기 위하여 미세전단 결합강도 검사방법을 이용하였다.

본 연구의 접착시스템의 종류에 따른 결합강도 비교에서, 1군은 2군 보다 그리고 4군은 5군보다 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내어 ($p < 0.05$, Table 3) 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 전 부식 접착시스템 (Adper™ Single Bond)이 단일 단계 자가부식 접착시스템 (Adper™ Easy Bond)보다 높은 결합강도를 나타내었다. 이러한 결과는 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 전 부식 접착시스템 (Single Bond)이 단일 단계 자가부식 접착시스템 (One-Up Bond F)보다 통계학적으로 높은 미세전단 결합강도를 나타내었다고 보고한 Senawongse 등⁴의 연구결과와 일치하였다. 또한 본 연구의 주사전자현미경 소견에서 Adper™ Single Bond를 사용한 1군과 4군은 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질의 계면에서 유동성레진과 긴밀한 접착이 관찰되었는데 (Fig. 1A와 Fig. 1D), 이는 주사전자현미경 소견에서 인산을 이용한 접착시스템 (Single Bond)을 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 적용하여 복합레진과의 계면을 관찰한 결과 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 계면에서 우수한 접착이 관찰되었다고 보고한 Hipolito 등²²의 연구결과와 유사하였다.

단일 단계 자가부식 접착시스템은 접착용액의 pH에 따라 3종의 접착시스템으로 분류된다.²³ 접착용액의 pH가 1.0이하는 강한 접착시스템, pH가 1.0-2.0는 중간 접착시스템, pH가 2.0이상은 미약한 접착시스템으로 분류되며, 이러한 접착시스템의 pH는 치질에 대한 부식효과와 결합강도에 영향을

미칠 수 있다.²³⁻²⁵ 본 연구에서 사용된 Adper™ Easy Bond는 pH가 2.6으로써 미약한 단일 단계 자가부식 접착시스템에 해당되며, 본 연구에서 사용된 전 부식 접착시스템에 포함된 인산만큼 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질을 적절히 탈회하지 못하여 2군과 5군이 각각 1군과 4군에 비해 통계학적으로 낮은 결합강도를 초래하였을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 본 연구의 현미경적 소견에서 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 Adper™ Easy Bond를 적용한 2군과 5군에서 유동성레진과 법랑질 계면에서 큰 간극이 관찰된 소견을 통하여 확인할 수 있었다 (Fig. 1B와 Fig. 1E). 본 연구의 주사전자현미경적인 소견은 Giachetti 등⁶의 연구결과와 유사하였다.

본 연구의 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질의 결합강도 비교에서, 1군과 4군의 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않아 (Table 3) Adper™ Single Bond는 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 간에 결합강도의 차이를 나타내지 않았다. 그러나 2군은 5군보다 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내어 ($p < 0.05$, Table 3) Adper™ Easy Bond는 건전한 법랑질보다 삭제된 법랑질에서 높은 결합강도를 나타내었다. Kanemura 등¹⁶은 Single Bond는 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에서 미세인장 결합강도의 차이를 나타내지 않았다고 하였고, Senawongse 등⁴, Perdigao와 Geraldini⁵은 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 대한 Single Bond 미세인장 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 단일 단계 자가부식 접착시스템의 결합강도는 건전한 법랑질에서 보다 삭제된 법랑질에서 통계학적으로 높게 나타났다고 보고하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 본 연구에 사용된 Adper™ Single Bond가 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에서 미세전단 결합강도의 차이가 나지 않는 이유는 Adper™ Single Bond에서 사용된 인산이 건전한 법랑질 표면에 있는 무소주 법랑질 층을 효과적으로 제거하여 거친 표면을 제공함으로써 접착성 레진이 잘 침투되었기 때문으로 사료된다.

건전한 법랑질은 삭제된 법랑질에 비해 광화가 잘되어 있고 더 많은 불소를 함유한다.¹⁶ 더욱이 건전한 법랑질의 두꺼운 무소주 법랑질 층은 Adper™ Easy Bond에 포함된 산성의 단량체의 침투를 방해하여 법랑질 표면에 부식되지 않은 부위를 많이 남기게 된다 (Fig. 2C). 이에 반해 삭제된 법랑질에

적용된 Adper™ Easy Bond는 법랑질 프리즘 코어를 얇게 용해하고 거친 표면을 제공하여 (Fig. 2A) 접착성 레진이 잘 침투될 수 있도록 한다. 이와 같은 거친 법랑질 표면과 접착성 레진의 침투로 인하여 삭제된 법랑질에서 Adper™ Easy Bond의 결합강도는 건전한 법랑질에서 보다 높게 나타난 것으로 사료된다. 본 연구의 결과, 법랑질에서 Adper™ Easy Bond를 사용할 경우 법랑질에 대한 결합력을 향상시키기 위해서는 반듯이 법랑질을 삭제하여야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 단일 단계 자가부식 접착시스템을 사용할 경우 법랑질의 인산 부식처리 유무에 따른 결합강도 비교에서, 3군은 2군보다 그리고 6군은 5군보다 통계학적으로 높은 미세전단 결합강도를 나타내어($p < 0.05$, Table 3), 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 인산을 이용한 부식처리는 Adper™ Easy Bond의 결합강도를 향상시켰다. 본 연구의 주사전자현미경 소견에서 3군과 6군은 법랑질과 유동성레진의 계면에서 긴밀한 접착을 이루었다 (Fig. 1C와 Fig. 1F). 또한 3군의 법랑질 표면은 깊게 용해된 프리즘 코어와 날카로운 프리즘 주변 및 다공성의 용해된 표면이 관찰되었고 (Fig. 2B) 6군에서는 법랑질의 프리즘 코어가 얇게 용해되었지만, 명확하고 두꺼운 프리즘 주변과 함께 다공성의 표면이 관찰되었다 (Fig. 2D). 이러한 소견은 본 연구에서 3군과 6군이 각각 2군과 5군에 비해 통계학적으로 높은 결합강도를 나타낸 이유를 설명해 줄 수 있을 것이다.

Erickson 등¹은 건전한 법랑질에 대한 4종의 단일 단계 자가부식 접착시스템의 결합강도는 Adper single Bond plus보다 통계학적으로 낮은 결합강도를 나타내었지만, 건전한 법랑질을 인산으로 부식처리한 후 단일 단계 자가부식 접착제를 적용한 경우 인산을 적용하지 않고 제조사의 설명에 따라 단일 단계 자가부식 접착제를 적용한 경우보다 27-86% 까지 결합강도가 증가되어 Adper single Bond plus와 통계적인 차이가 없다고 하였고, 주사전자현미경 소견에서도 인산 부식처리 후 건전한 법랑질에 4종의 단일 단계 자가부식 접착제를 적용한 경우 법랑질에 대한 레진침투 양상이 4종의 접착제 간에 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서도 Adper™ Easy Bond를 적용하기 전에 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 인산을 이용하여

부식처리한 3군과 6군의 미세전단 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 또한 Adper™ Single Bond를 적용한 1군 및 4군의 결합강도와 통계학적인 차이를 나타내지 않아 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 Adper™ Single Bond의 미세전단 결합강도만큼 증가되었다. 이와 같이 Adper™ Easy Bond를 적용하기 전에 법랑질에 인산을 적용한 3군과 6군의 결합강도가 1군과 4군의 결합강도만큼 증가한 이유는 인산의 전처리로 인하여 유동성레진과 복합레진 계면에서의 긴밀한 접촉과 법랑질 표면의 변화된 부식양상에 의한 것으로 사료된다.

본 연구를 종합하여 보면, 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 Adper™ Single Bond는 Adper™ Easy Bond보다 높은 결합강도를 나타내었다. 또한 Adper™ Single Bond는 건전한 법랑질과 삭제된 법랑질 모두에서 결합강도의 차이를 나타내지 않았지만, Adper™ Easy Bond는 건전한 법랑질보다 삭제된 법랑질에서 높은 결합강도를 나타내었다. 인산의 전처리는 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 Adper™ Easy Bond의 결합강도를 향상시켰다.

5. 결 론

이 연구는 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질에 대한 전 부식 접착시스템과 단일 단계 자가부식 접착시스템의 결합강도를 상호 비교하고, 또한 인산의 부식처리가 단일 단계 자가부식 접착시스템의 법랑질에 대한 결합강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시행하였다.

24개의 발거된 소의 전치를 이용하여 절반은 순면 법랑질의 일부를 삭제하여 1군에서 3군까지 배정하였고, 나머지 절반은 순면 법랑질 표면을 건전한 상태로 유지하여 4군에서 6군까지 배정하였다. 법랑질 표면에 1군과 4군은 Single Bond를, 2군과 5군은 Adper™ Easy Bond를, 3군과 6군은 법랑질을 인산으로 부식처리한 후 Adper™ Easy Bond를 적용하였다. 미세전단 결합강도 검사를 위해 각 군당 3개의 시편을 배정하고, 접착제가 적용된 각 군의 법랑질 표면에 Tygon tube를 이용하여 유동성레진 Filtek™ Z 350을 접착하고 24시간동안 증류수에 보관하였다. 각 군의 시편은 universal testing machine을 이용하여 미세전단 결합강도를 측정하고, 각 군의 결합강도는 two-way ANOVA와 one-way ANOVA 및 Duncan의 검정을 이용하여 비교 분석하였다. 또한 주사전자현미경 관찰을 위해 각 군당 1개의 시편을 배정하고, 각 군의 법랑질 표면에 유동성레진을 축조한 후 시편을 제작하였다.

각 군의 결합강도와 현미경적인 소견을 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 1군과 3군은 2군보다, 4군과 6군은 5군보다 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$).
2. 1군과 4군, 그리고 3군과 6군의 결합강도는 통계학적인 차이가 없었으나, 2군은 5군보다 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$).
3. 1군, 3군, 4군 및 6군은 법랑질과 유동성레진 계면에서 긴밀한 접착이 관찰되었고, 2군과 5군은 계면에서 큰 간극이 관찰되었다.

결론적으로, 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 Adper™ Single Bond는 Adper™ Easy Bond보다 높은 결합강도를 나타내었다. 또한

인산의 전처리는 삭제된 법랑질과 건전한 법랑질 모두에서 Adper™
Easy Bond의 결합강도를 향상시켰다.

참고문헌

1. Erickson RL, Barkmeir WW, Kimmes NS. Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dent Mater* 2009;25:1187-1194.
2. Bhad WA, Hazarey PV. Scanning electron microscopic study and shear bond strength measurement with 5% and 37% phosphoric acid. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108:410-414.
3. Gali KA, Wright GJ. Acid etching pattern on buccal surfaces of permanent teeth. *Ped Dent* 1979;1:230-234.
4. Senawongse P, Sattababasuk V, Shimada Y, Otsuki M, Tagami J. Bond strength of current adhesive systems on intact and ground enamel. *J Esthet Restor Dent* 2004;16:107-116.
5. Perdigao J, Geraldeli S. Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent* 2003;15:32-42.
6. Giachetti L, Bambi C, Scaminaci Russo D. SEM qualitative evaluation of four self-etching adhesive systems. *Minerva Stomatol.* 2005;54:415-428.
7. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent* 2006;34:77-85.
8. De Munck K, Van Meerbeek B, Satoshi I, Vargas M, Yoshida Y, Armstrong S, Lambrechts P, Vanherle G. Microtensile bond strengths of one- and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Am J Dent* 2003;16:414-420.
9. Kerby RE, Knobloch LA, Clelland N, Lilley H, Seghi R. Microtensile bond strengths of one-step and self-etching adhesive systems. *Oper Dent* 2005;30:195-200.

10. Van Meerbeek B, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Peumans M. A randomized controlled study evaluating the effectiveness of a two-step self-etch adhesive with and without selective phosphoric-acid etching of enamel. *Dent Mater* 2005;21:375-383.
11. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B. Self-etching primer vs phosphoric acid; An alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent* 1999;24:172-180.
12. Ripa I.W, Gwinnett AJ, Buonocore MG. The "prismless" outer layer of deciduous and permanent enamel. *Arch Oral Biol* 1966;11:41-48.
13. Hobson RS, Rugg-Gunn AJ, Booth TA. Acid-etch patterns on buccal surfaces of human permanent teeth. *Arch Oral Biol* 2002;47:407-412.
14. Kiremitci A, Yalcin F, Gokalp S. Bonding to enamel and dentin using self-etching adhesive systems. *Quintessence Int* 2004;35:367-370.
15. Gregoire G, Ahmed Y. Evaluation of the enamel etching capacity of six contemporary self-etching adhesives. *J Dent* 2007;35:388-397.
16. Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent* 1999;27:523-530.
17. Gallo JR, Burgess JO, Ripps AH, Walker RS, Bell MJ, Turpin-Mair JS, Mercante DE, Davidson JM. Clinical evaluation of 2 flowable composites. *Quintessence Int* 2006;37:225-231.
18. Gallo JR, Burgess JO, Ripps AH, Walker RS, Maltezos MB, Mercante DE, Davidson JM. Three-year clinical evaluation of two flowable composites. *Quintessence Int* 2010;41:497-503.
19. Celik C, Ozgünlaltay G, Attar N. Clinical evaluation of 2 flowable

- resins in non-carious cervical lesions: two-year results. *Oper Dent* 2007;32:313–321.
20. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N. Effect of flowable composite lining on microleakage and internal voids in Class II composite restorations. *J Adhesive Dent* 2007;9:189–194.
 21. 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 prism in human teeth. *J Dent Res* 1984;63:1079–1082.
 22. Hipolito V, de Goes MF, de Oliveira Carrihoc MR, Chan DCN, Daronch M, Sinhoreti MAC. SEM evaluation of contemporary self-etching primers applied to ground and unground enamel. *J Adhes Dent* 2005;7:203–211.
 23. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. Part I. Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001;73:296–308.
 24. Brackett WW, Ito S, Nishitani Y, Haisch LD, Pashley DH. The microtensile bond strength of self-etching adhesives to ground enamel. *Oper Dent* 2006;31:332–337.
 25. Tay FR, Pashley DH, King NM, Carvalho RM, Tsai J, Lai SCN, Marquezini Jr L. Aggressiveness of self-etch adhesives on unground enamel. *Oper Dent* 2004;29:309–316.

사진부도

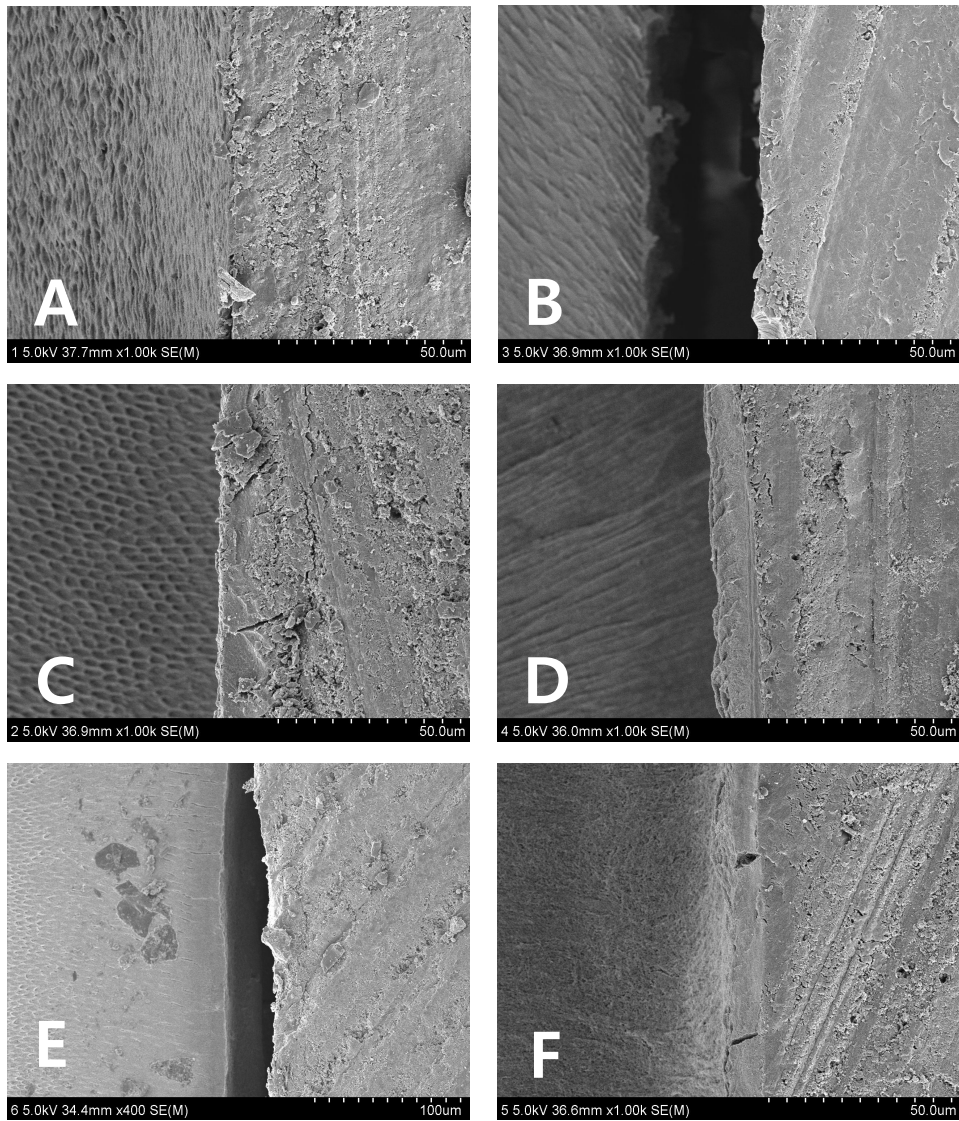


Fig. 1. SEM photograph on the interface of enamel and flowable resin. A: showing the close adaptation between ground enamel and Adper™ Single Bond in group 1 (x1000). B: showing the gap between ground enamel and Adper™ Easy Bond in group 2(x1000). C: showing the close adaptation between pre-etched ground enamel and Adper™ Easy Bond in group 3(x1000). D: showing the close adaptation between intact enamel and Adper™ Single Bond in group 4(x1000). E: showing the gap between intact enamel and Adper™ Easy Bond in group 5(x400). F: showing the close adaptation between pre-etched intact enamel and Adper™ Easy Bond in group 6(x1000).

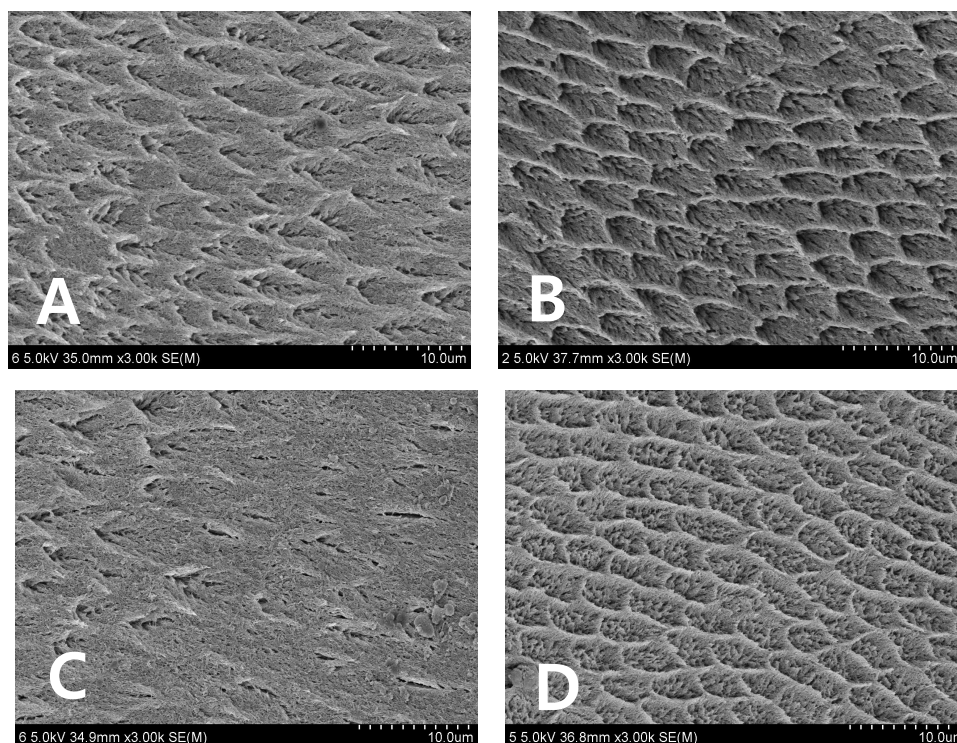


Fig. 2. SEM photograph on the dissolution patterns of enamel prism core. A: showing the shallow and rough dissolution of enamel prism core after applied Adper™ Easy Bond on ground enamel in group 2(x3000). B: showing the deep, porous dissolution and sharp peripheries of enamel prism core after applied Adper™ Easy Bond on pre-etched ground enamel in group 3(x3000). C: showing the limited dissolution of enamel prism core after applied Adper™ Easy Bond on intact enamel in group 5(x3000). D: showing the shallow, porous dissolution and thick peripheries of enamel prism core after applied Adper™ Easy Bond on pre-etched intact enamel in group 6(x3000).