

## 상아질의 깊이에 따른 단일 단계 접착제의 결합강도 비교

조영곤\* · 진철희 · 민정범

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

### ABSTRACT

### COMPARATIVE BOND STRENGTH OF SINGLE STEP ADHESIVES TO DIFFERENT DENTINAL DEPTHS

Young-Gon Cho\*, Cheol-Hee Jin, Jung-Bum Min

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University*

This study compared the microtensile bond strength ( $\mu$ TBS) of single step adhesives to different dentin depths.

Superficial or deep dentin was exposed in 30 molar teeth by sectioning immediately under the DEJ or 1.5 mm area from central pit, respectively. After polishing with 600-grit SiC paper, the dentin surfaces were assigned to three groups: AQ group-AQ Bond, L-Pop group-Adper Prompt L-Pop, Xeno group-Xeno III.

The bonded specimens were sectioned into sticks and subjected to  $\mu$ TBS testing with a crosshead speed of 1 mm/minute. The results of this study were as follows:

The  $\mu$ TBS to superficial dentin was higher than that to deep dentin in all group.

The  $\mu$ TBS of Xeno group was significantly higher than that of L-Pop group and AQ group in both superficial and deep dentin ( $p < 0.05$ ). [J Kor Acad Cons Dent 30(4):319-326, 2005]

**Key words:** Microtensile bond strength, Single step adhesive, Dentinal depths, Central pit, Superficial dentin, Deep dentin

- Received 2005.1.6, revised 2005.4.18, accepted 2005.5.12 -

### I. 서 론

치과용 접착제에서 최근의 발전은 접착제를 적용하는데 필요한 시간과 단계를 감소시킴으로써 적용방법을 단순화하는데 집중되고 있다. 이러한 노력의 결과로써 가장 최근에 소개된 단일 단계 접착제 (one-step adhesives) 또는 all-

in-one 접착제는 다른 접착제와는 달리 치질을 처리, priming 및 접착하는 과정을 한번에 수행한다<sup>1-3)</sup>. 이러한 접착제는 적용 후 세척이 필요하지 않고, 특히 total etch 접착제의 적용 시 상아질 표면에 적절한 수분을 유지시켜야 하는 습윤접착술 (wet bonding)과 같은 불필요한 술식을 제거하였다<sup>3,4)</sup>. 또한 상아질의 부식과 함께 진행되는 접착레진의 침투에 의해 nanoleakage가 적게 발생된다고 보고되었다<sup>5)</sup>. 그러나 이러한 접착제는 산과 친수성 및 혐수성 단량체로 구성된 혼합용액을 치면에 동시에 적용하기 때문에 각각의 성분이 발휘하여야 할 기능을 저하시킬 수 있다. 여러 문헌에서 단일 단계 접착제는 다른 접착제에 비해 낮은 결합강도를 나타내는 것으로 보고되고 있다<sup>4,6)</sup>.

\* 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

단일 단계 접착제는 pH가 낮은 산성 단량체와 함께 혼화물을 포함하고 있다<sup>7,8)</sup>. 이러한 성분은 상아질 표면에 있는 도말층을 부분적으로 또는 완전히 용해하면서 하방의 건전한 상아질까지 탈회 시킨다<sup>9)</sup>. 또한 상아질의 처리와 함께 동시에 일어나는 접착레진의 침투로 인하여 상아질에 혼성화 (hybridization)가 형성됨으로써 상아질과 접착제 간에 연속체를 이루게 된다<sup>10)</sup>. 건전한 상아질의 미약한 탈회로 인하여 흔히 단일 단계 접착제는 total etch 접착제에 비해 얇은 두께의 혼화층 (hybride layer)을 형성하게 된다<sup>11)</sup>.

다양한 접착제의 상아질에 대한 결합강도를 측정하기 위하여 여러 가지 방법이 사용되었다. Paulo 등<sup>12)</sup>은 상아질에 대한 각종 접착제의 결합강도를 전단강도, 인장강도 및 미세인장강도의 3가지 방법을 이용하여 측정한 결과, 미세인장강도 측정법은 다른 두 방법에 비해 더 높은 강도와 낮은 변화계수 (coefficient of variation)를 나타내었으며, 측정 방법에 따라 접착제의 결합강도 간에 유의한 차이가 나타나지 않을 수 있다고 하였다. Sano 등<sup>13)</sup>이 1994년에 소개한 미세인장 결합강도 ( $\mu$ TBS) 측정법은 동일한 치아에서 서로 다른 부위나 깊이에 있는 치질에 대한 접착제의 결합강도 측정을 가능하게 하였다<sup>14)</sup>. 또한 결합강도의 측정 시 제작되는 시편에 관하여 Phrukkanon 등<sup>15)</sup>은 미세인장 결합강도는 적은 단면적을 가진 시편이 큰 단면적을 가진 시편에 비해 더 높게 나타났으며, 절단면의 모양은 결합강도에 큰 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

상아질은 법랑질과 달리 복잡한 구조를 가지고 있으며, 접착제가 접착되는 위치 즉, 표층 또는 심층 상아질에 따라 접착제의 결합강도는 달라질 수 있다. Toledano 등<sup>16)</sup>은 36% 인산으로 처리한 상아질 시편에서 치관부 표층 상아질은 심층 상아질보다 통계학적으로 높은 전단결합강도를 나타내었으며, 심층 상아질에 있는 콜라겐 섬유를 차아염소산나트륨으로 완전히 또는 부분적으로 제거하면 심층 상아질의 결합강도를 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 한편 Akagawa 등<sup>11)</sup>은 Single Bond에서 교합면측 표층 상아질에 대한 전단결합강도 (23 MPa)가 심층 상아질 (13 MPa)에서 보다 뚜렷이 높게 나타났으나, Clearfil Liner Bond 2V는 표층과 심층 상아질 모두에서 비슷한 결합강도 (약 30 MPa)를 나타내었다고 하였다. 또한 Toba 등<sup>17)</sup>은 Single Bond에서 교합면측 상아질에 대한 결합강도는 치수강저 상아질보다 높게 나타났지만 Clearfil SE Bond에서는 두 부위 모두에서 신뢰할 만한 결합강도를 제공하였고, 주사전자 현미경 (SEM) 관찰에서 두 부위는 형태학적으로 다른 구조를 이루었으며 이러한 차이로 인해 두 부위의 상아질에 대한 접착제의 결합강도는 서로 다르게 나타날 수 있다고 보고하였다. Toledano 등<sup>9)</sup>은 치관부 표층 상아질과 심층 상아질에 대한

5가지 접착제의 미세인장 결합강도를 측정한 결과, 상아질에 대한 결합강도는 사용된 접착제와 접착방식에 따라 표층과 심층 상아질에서의 결합강도가 서로 다르게 나타났다고 보고하였다.

최근 접착술식이 단순하고 사용하기 편리한 단일 단계 접착제에 대한 임상가의 관심이 증대되고 있다. 다양한 깊이의 와동에 사용되는 이러한 접착제에 대한 결합강도를 비교한 연구는 아직까지 부족한 실정에 있다. 따라서 본 연구에서는 각각 치관부 표층 상아질과 심층 상아질에 적용된 3종의 단일 단계 접착제에 대한 미세인장 결합강도를 상호 비교하기 위하여 시행되었다.

## Ⅱ. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

치관부에 우식증이나 수복물이 없는 최근에 발거된 상·하악 대구치 30개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에서 접착제는 AQ Bond, Adper Prompt L-Pop 및 Xeno III를 사용하였고, 복합레진은 접착제와 동일회사 제품인 Metafil CX, Filtek Z 250 및 Spectrum TPH (색조 A3)를 사용하였다 (Table 1). 접착제와 복합레진의 중합을 위한 광조사기는 Spectrum 800 (Dentsply Caulk, Milford, DE, U.S.A.)을 사용하였고 500 mW/cm<sup>2</sup>의 광강도를 이용하였다.

### 2. 실험방법

#### (1) 군 분류

상·하악 대구치 30개의 치근을 각각, 경석고가 채워진 C.B.C. 병 (Complete Blood Count bottle, Sewon Yanghang, Busan, Korea)에 수직으로 매몰하여 치관부가 노출되도록 하였다. 표층과 심층 상아질의 정확한 절단을 위하여 매몰된 각 치아는 평행촬영법을 이용하여 방사선 사진을 찍었다.

Isomet Low Speed Saw (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, U.S.A.)를 이용하여 각각 15개씩의 표층 상아질과 심층 상아질을 노출시켰다. 상아질 표면의 노출은 방사선 사진을 참고하여 이루어졌다. 표층 상아질은 교합면 중심구 (central pit)에서 상아법랑경계 직 하방 지점을, 그리고 심층 상아질은 교합면 중심구에서 치수 측으로 1.5 mm 지점을 치아장축 방향에 수직으로 절단하여 노출시켰다. 삭제된 상아질 표면은 편광 입체현미경 (Olympus LG-PS2, Tokyo, Japan) 하에서 잔존 법랑질이나 치수의 노출을 확인하였다.

**Table 1.** Group classification, components of single step adhesives and composites

Group	Adhesives	Components	Composites	Manufacturers
AQ	AQ Bond	Base: 4-META, UDMA, water, acetone, initiator Sponge: PTS, polyurethane foam	Metafil CX	Sun Medical Co. LTD., Moriyama, Shiga, Japan
L-Pop	Adper Prompt L-Pop	Red blister: methacrylated phosphoric ester, Bis-GMA, camphoroquinone, stabilizer Yellow blister: water, HEMA, polyalkenoic acids, stabilizer	Filtek Z 250	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, USA
Xeno	Xeno III	Liquid A: HEMA, water, ethanol, BHT, nanofiller Liquid B: Pyro-EMA, PEMF, UDMA, BHT, EPD, camphoroquinone	Spectrum TPH	Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany

4-META: 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride, UDMA: urethane dimeth-acrylate, PTS: p-toluensulfonic acid sodium salt, Bis-GMA: Bisphenol glycidyl methacrylate, HEMA: 2 hydroxyethyl methacrylate, BHT: 2,6-Di-tert-butyl-p hydroxyl toluene, Pyro-EMA: tetramethacryloxyethyl pyrophosphate, PEMF: pentamethacryloxy ethyl cyclophophazen mono fluoride, EPD: p-dimethylamino ethyl benzoate.

각 상아질 표면은 주수 하에서 600 grit의 silicon carbide paper로 연마하였고 실험 직전까지 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

표층과 심층 상아질이 노출된 치아는 각각 5개씩 선택하여 사용된 단일 단계 접착제의 종류에 따라 AQ 군, L-Pop 군 및 Xeno 군으로 분류하였다 (Table 1). 상아질 표면을 air-water 시린지로 깨끗이 세척하고 공기 시린지로 건조한 후, 접착제와 복합레진을 제조사의 설명서에 따라 다음과 같이 표층과 심층 상아질 표면에 각각 접착시켰다.

#### 1) AQ 군

혼합용기에 스폰지를 넣고 AQ Bond 한 방울을 떨어뜨린 후 몇 초간 혼합하였다. 상아질 표면에 충분한 양의 접착제를 2-3회 연속적으로 적용하고 20초간 기다렸다. 공기 시린지로 접착제를 3-5초간 가볍게 불어준 후, AQ Bond를 다시 한번 적용하였다. 접착제가 충분히 건조될 때까지 공기 시린지로 5-10초간 가볍게 불어주고 Spectrum 800으로 10초간 광조사하였다. 접착제가 적용된 상아질 표면위에 Metafil CX (A3)를 2 mm 두께로 축조하고 40초간 광조사한 다음, 다시 2 mm 두께를 축조하여 광조사하였다.

#### 2) L-Pop 군

Adper Prompt L-Pop 접착제를 제조사의 설명에 따라 혼합하고 applicator에 중등도의 압력을 가해 상아질 표면에 15초간 문지르면서 적용하였다. 공기 시린지로 접착제를 가볍게 불어 상아질 표면에 충분히 퍼지도록 한 후, 표면에 광택이 나면 Spectrum 800으로 10초간 광조사 하였다. 접착제가 적용된 상아질 표면위에서의 Filtek Z 250 (A3)의 축조와 광조사는 AQ Bond 군과 동일한 방법을 이용하였다.

#### 3) Xeno 군

Xeno III 용액 A와 B를 혼합용기에 한 방울씩 분배하여 공급된 applicator로 약 5초간 충분히 혼합하였다. 노출된 상아질 표면에 약간의 수분이 남아있도록 공기 시린지로 건조한 후, 충분한 양의 접착제를 적용하고 최소 20초간 기다렸다. 접착제의 흐름성이 없어질 때까지 공기 시린지로 최소 2초간 가볍게 불어 접착제가 상아질 표면에 균일하게 퍼지도록 하고, Spectrum 800으로 10초간 광조사 하였다. 접착제가 적용된 상아질 표면위에서의 Spectrum TPH (A3)의 축조와 광조사는 AQ Bond 군과 동일한 방법을 이용하였다.

## (2) 시편제작과 미세인장 결합강도의 측정

상아질 표면에 축조된 4 mm 두께의 복합레진과 동일한 두께를 얻기 위하여 저속의 다이아몬드 wheel을 사용하여 복합레진과 상아질의 접착계면에서 치근 측으로 약 4 mm 지점을 절단하였다. Cyanoacrylate 접착제 (ALTECO Korea Inc., Pyungtaek-City, Korea)로 치관의 협면이나 설면을 레진 블록에 접착하였다. Isomet Low Speed Saw를 이용하여 주수 하에서 치아의 법랑질과 백악질을 제거한 후, 상아세관에 수직으로 접착된 부위를 절단하기 위하여 시편의 중앙부를 선택하여 1 mm 간격으로 수직 절단하였다. 절단된 1 mm 두께의 각 시편을 홈이 파진 레진 블록에 cyanoacrylate 접착제로 접착하였다. 레진 블록을 Isomet Low Speed Saw에 장착하고 또 다른 수직 방향으로 각 시편을 1 mm 간격으로 절단하였다. 이렇게 제작된 각 시편의 상아질과 복합레진 계면의 단면적은 약 1 mm<sup>2</sup>가 되었다. 제작된 시편은 미세인장 결합강도를 측정하기 전까지 증류수에 24 시간 동안 보관하였다.

각 군에서 표층과 심층 상아질에 대한 미세인장 결합강도의 측정을 위한 시편은 각각 20개를 사용하였다. 결합강도 측정 장치에 각 시편을 Zapit (Dental Ventures of America Inc., Lewis Court, CA, U.S.A)로 접착한 후, Universal testing machine (EZ test, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)을 이용하여 상아질과 복합레진의 접착계면이 파절될 때까지 분당 1.0 mm의 crosshead speed로 인장하중을 가하였다.

## (3) 통계 분석

표층과 심층 상아질에서 각 군의 미세인장 결합강도를 비교하기 위한 유의성 검증을 통계분석 프로그램인 SPSS

(ver. 10.1)에서 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였으며, Tukey 검정을 이용하여  $p = 0.05$  유의수준에서 사후검정 하였다. 각 군에서 표층과 심층 상아질의 미세인장 결합강도 비교는 독립 2표본 t 검정을 이용하였다.

## Ⅲ. 실험결과

각 군의 표층과 심층 상아질에 대한 미세인장 결합강도의 평균치와 표준편차는 Table 2에 표시하였다.

표층 상아질에 대한 미세인장 결합강도는 AQ 군에서  $27.58 \pm 8.18$  MPa, L-Pop 군에서  $31.96 \pm 5.44$  MPa, Xeno 군에서  $47.21 \pm 10.58$  MPa를 나타내어 Xeno 군이 가장 높은 결합강도를 나타내었다 (Table 2).

심층 상아질에 대한 미세인장결합강도는 AQ 군에서  $21.03 \pm 6.97$  MPa, L-Pop 군에서  $29.18 \pm 13.25$  MPa, Xeno 군에서  $43.70 \pm 12.58$  MPa를 나타내어 Xeno 군이 가장 높은 결합강도를 나타내었다 (Table 2).

표층과 심층 상아질 모두에서 Xeno 군은 AQ 군과 L-Pop 군보다 통계학적으로 높은 미세인장 결합강도를 나타내었으며 ( $p < 0.05$ ), AQ 군과 L-Pop 군의 미세인장 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 2).

각 군에서 표층과 심층 상아질의 미세인장 결합강도를 비교한 결과, AQ 군에서는 심층 상아질에서 보다 표층 상아질에서 통계학적으로 더 높은 결합강도를 나타내었으며 ( $p < 0.05$ ), L-Pop 군과 Xeno 군 모두에서는 표층과 심층 상아질의 미세인장 결합강도 간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p < 0.05$ ).

**Table 2.** Mean microtensile bond strength to superficial and deep dentin in each group (Unit: MPa, Mean  $\pm$  S.D.)

Group	$\mu$ TBS		No. of specimens
	Superficial dentin	Deep dentin	
AQ	$27.58 \pm 8.18^{a,b}$	$21.03 \pm 6.97^c$	20
L-Pop	$31.96 \pm 5.44^b$	$29.18 \pm 13.25^{b,c}$	20
Xeno	$47.21 \pm 10.58^d$	$43.70 \pm 12.58^d$	20

Superscripts of the other letter indicate values of statistical significant difference at  $p < 0.05$  (by Tukey test, paired t-test).

#### IV. 총괄 및 고찰

접착제의 상아질에 대한 접착은 삭제된 위치, 상아세관의 방향, 사용된 복합레진 등의 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있다<sup>18)</sup>. 본 연구에서는 모든 접착제가 가능한 규격화된 치질에 적용될 수 있도록 하기 위하여 세심한 주의를 기울였다. 본 연구에서 표층과 심층 상아질의 정확한 절단을 위해 매몰된 각각의 치아를 평행법으로 촬영한 방사선사진을 이용하였으며, 절단 후 노출된 상아질 표면은 편광 입체현미경 하에서 잔존 법랑질이나 치수노출을 확인하였다. 또한 사용된 복합레진에 따라 결합강도가 변화할 수 있는 가능성을 배제하기 위하여 각 군에 사용한 접착제와 동일한 제품의 복합레진을 사용하였다. 상아세관의 방향을 고려하여 가급적 상아세관에 수직으로 접착된 시편의 중앙부를 절단하여 미세인장 결합강도 검사에 사용하였다.

실험실적인 검사에서 결합강도의 측정은 다양한 상아질 접착제의 강도를 확인하는데 있어서 효과적인 방법 중 하나이다<sup>15)</sup>. 그러나 기존의 결합강도 검사방법은 큰 접착면을 이용하기 때문에 흔히 상아질에서 응집성 실패 (cohesive failure)를 나타내는 경향이 있었다<sup>18)</sup>. 반면에 아주 작은 접착면을 이용한 미세인장 결합강도 검사법은 접착계면에서 응집성 실패가 감소되어 정확한 강도의 측정을 가능하게 하였다<sup>20)</sup>. 따라서 본 연구에서는 미세인장 검사법을 이용하여 각 접착제의 표층과 심층 상아질에 대한 결합강도를 측정하여 비교하였다.

본 연구에서 AQ 군은 표층과 심층 상아질에서 각각  $27.58 \pm 8.18$  MPa와  $21.03 \pm 6.97$  MPa를 나타내어 모든 군에서 가장 낮은 미세인장 결합강도를 나타내었다 (Table 2). 이는 치관부 심층 상아질에서 AQ Bond의 미세인장 결합강도가  $23.0 \pm 7.4$  MPa로 나타났다고 보고한 De Munk 등<sup>7)</sup>의 연구결과와 유사하였다. Chan 등<sup>21)</sup>은 두꺼운 도말층을 갖는 상아질에서 AQ Bond를 수동적으로 적용하는 것보다 연속적으로 문지르면서 (agitation) 적용하는 경우 미세인장 결합강도가 27% 정도 증가하였다고 보고하였다. 또한 최근의 보고에서 몇몇의 미약한 pH (2.0 이상)를 갖는 단일 단계 접착제는 도말층을 적절히 부식시키지 못하여 낮은 결합강도를 나타내는 것으로 보고되고 있다<sup>22,23)</sup>. 본 연구에서 AQ 군이 가장 낮은 결합강도를 나타낸 이유는 다른 두 접착제에 비해 높은 pH (2.5)와 수동적인 적용으로 인하여 접착제가 도말층과 하방의 건전한 상아질을 적절히 부식시키지 못하였기 때문으로 추측된다.

본 연구에서 L-Pop 군은 표층과 심층 상아질에 대한 미세전단 결합강도는 각각  $31.96 \pm 5.44$  MPa와  $29.18 \pm 13.25$  MPa를 나타내었으며, 이는 AQ 군의 미세인장 결합강도와 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 2). 이러한 결과는 상아질에 대한 Prompt L-Pop과 AQ

Bond의 결합강도 간에 통계학적인 차이 없다고 보고한 Miyazaki 등<sup>10)</sup>의 연구결과와 일치하였다.

어떤 접착제는 점도를 개선하고 중합 시 발생하는 수축응력을 완화하기 위하여 필러가 포함되어 있다. Miyazaki 등<sup>24)</sup>은 결합강도를 증가시키고 접착제의 기계적인 성질을 개선하기 위하여 10%의 필러가 필요하다는 것을 입증하였다. 본 연구에서 nanofiller를 함유한 Xeno 군은 표층과 심층 상아질에서 각각  $47.21 \pm 10.58$  MPa와  $43.70 \pm 12.58$  MPa를 나타내어 필러를 함유하지 않는 AQ 군과 L-Pop 군보다 통계학적으로 높은 미세인장 결합강도를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ) (Table 2). 필러를 함유한 접착제는 혼화층과 복합레진 사이에 두꺼운 중간층 (intermediate layer)을 형성하며<sup>25)</sup>, 이러한 중간층은 복합레진이 광중합될 때 레진과 상아질 계면에서 발생하는 수축응력을 완화시킨다<sup>26,27)</sup>. 더욱이 인장강도를 측정할 때 검사장치의 장축에 대한 각 시편의 정렬은 항상 검사장치의 장축에 정확히 평행하게 위치시키기 어렵다. 따라서 보다 두꺼운 접착층은 시편을 위치시킬 때 발생하는 미약한 변위를 스스로 수정하여 인장강도 측정 시 응력을 분산시킴으로써<sup>28)</sup> 높은 결합강도를 나타낸 것으로 생각된다.

본 연구에서 L-Pop 군과 Xeno 군은 AQ 군에 비해 높은 결합강도를 나타낸 반면 큰 표준편차를 나타내었다. Adper Prompt L-Pop과 Xeno III의 pH는 각각 1.3과 1.0이다. 따라서 광중합 후 높은 산도의 미중합 단량체는 산소 저해층에서 비교적 고농도로 남아있기 때문에<sup>29,30)</sup> L-Pop 군과 Xeno 군에서 큰 표준편차를 나타내는 것을 알 수 있었다.

현재의 접착시스템은 그들의 조성, 접착방식, 적용술식의 차이로 인하여 표층 상아질과 심층 상아질에서 다양한 결합결과를 나타낸다. 표층 상아질과 심층 상아질은 형태학적인 차이를 보이며<sup>11)</sup>, 상아질의 깊이에 따라 상아질을 구성하고 있는 상아세관의 수, 관주 상아질, 관간 상아질은 아주 다르다<sup>31)</sup>. 일반적으로 심층 상아질에 대한 결합강도는 표층 상아질보다 낮은 것으로 인식되고 있다<sup>32)</sup>. 본 연구에서 AQ 군은 심층 상아질에서 보다 표층 상아질에서 통계학적으로 높은 결합강도를 나타내었으며 ( $p < 0.05$ ), L-Pop 군과 Xeno 군은 모두 심층 상아질에서 보다 표층 상아질에서 높은 결합강도를 나타내었지만 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 2). 상아질에 대한 복합레진의 결합강도는 혼화층, 레진테그 형성, 표면접착 (surface adhesion)에 의해 결정된다<sup>33)</sup>. 이러한 요소 중 표면접착은 전체적인 결합강도에서 가장 중요한 요소가 될 것이다. 심층 상아질은 표층 상아질에서 보다 적은 관간 상아질을 가지고 있고, 또한 상아질에 대한 높은 침투성 (permeability)과 젖음성 (wetness)은 표면접착을 낮게 한다<sup>16,32)</sup>.

본 연구의 L-Pop 군과 Xeno 군이 각각 표층과 심층 상아질에서 비교적 비슷한 결합강도를 나타낸 이유는 이들이 가

지고 있는 비슷한 pH 때문으로 생각된다. Fuentes 등<sup>34)</sup>은 표층 상아질과 심층 상아질의 미세경도를 측정한 결과 이들 간에 정도차이는 있었지만 통계학적인 유의성이 없어 표층과 심층 상아질의 접착계면에서 발생하는 응력분포 간에 차이가 없을 것이라고 보고하였다. 또한 Fernandes 등<sup>27)</sup>은 표층과 심층 상아질에 대한 접착제의 미세인장 결합강도 간에 통계학적인 차이가 없다는 것을 알아냈으며, Toledano 등<sup>9)</sup>도 자가 산부식 접착제는 표층과 심층 상아질 모두에서 비슷한 미세인장 결합강도를 보였다고 보고하여 본 연구의 결과와는 부분적인 일치를 보였다.

Ogata 등<sup>18)</sup>은 접착제가 상아세관에 평행하게 접착된 시편은 수직으로 접착된 시편에서보다 통계학적으로 높은 미세인장 결합강도와 두꺼운 혼화층을 나타냈다고 하였다. 본 연구에서 각 접착제는 상아세관의 방향에 수직으로 접착되었기 때문에 수평으로 접착된 경우보다 낮은 접착강도를 나타내었을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서 나타난 결합강도치는 본 연구에서 사용된 접착제간의 상대적인 비교에만 적용하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

이상의 연구결과를 종합하여 보면, 표층과 심층 상아질 모두에서 Xeno III는 다른 접착제보다 가장 높은 결합강도를 나타내었다. 또한 모든 접착제는 심층 상아질에서 보다 표층 상아질에서 더 높은 결합강도를 나타내었으나 이들 간에 통계학적인 유의성은 접착제의 종류에 따라 다르게 나타났다.

## V. 결 론

본 연구는 단일 단계 접착제의 표층과 심층 상아질에 대한 미세인장 결합강도의 차이를 평가하기 위해서 시행되었다. 발거된 상·하악 대구치의 교합면측에 있는 표층 상아질과 심층 상아질을 각각 15개씩 노출시킨 후, 사용된 접착제에 따라 AQ 군, L-Pop 군, Xeno 군으로 분류하여 복합레진을 축조하였다. 각 시편은 Isomet Low Speed Saw를 이용하여 상아질과 복합레진 계면의 단면적이 1.0 mm<sup>2</sup>이 되도록 절단하여 제작하였으며, 각 군 당 20개의 시편을 사용하였다.

미세인장 결합강도의 측정은 universal testing machine의 장치에 시편의 양쪽 끝을 Zapit로 접착한 후, 상아질과 복합레진의 접착계면이 파절될 때까지 분당 1.0 mm의 crosshead speed로 인장하중을 가하여 시행하였다. 각 군의 미세인장 결합강도에 대한 유의성 검증은 one-way ANOVA와 Tukey 검정 및 독립 2표본 t 검정을 이용하여  $p = 0.05$  유의수준에서 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 표층 상아질에 대한 미세인장 결합강도는 AQ 군에서  $27.58 \pm 8.18$  MPa, L-Pop 군에서  $31.96 \pm 5.44$  MPa,

Xeno 군에서  $47.21 \pm 10.58$  MPa를 나타내었다.

2. 심층 상아질에 대한 미세인장 결합강도는 AQ 군에서  $21.03 \pm 6.97$  MPa, L-Pop 군에서  $29.18 \pm 13.25$  MPa, Xeno 군에서  $43.70 \pm 12.58$  MPa를 나타내었다.
3. 표층과 심층 상아질 모두에서 Xeno 군은 AQ 군과 L-Pop 군보다 통계학적으로 높은 미세인장 결합강도를 나타내었으며 ( $p < 0.05$ ), AQ 군과 L-Pop 군의 미세인장 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.
4. 각 군에서 표층과 심층 상아질의 미세인장 결합강도는 AQ 군에서는 심층 상아질에서 보다 표층 상아질에서 통계학적으로 더 높게 나타났으며 ( $p < 0.05$ ), L-Pop 군과 Xeno군에서는 표층과 심층 상아질의 미세인장 결합강도 간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p < 0.05$ ).

## 참고문헌

1. Cho YG, Jeong JH, Ki YJ, Choi HY, Jin CH, Yoo SH, Kim JU, Park BC. Marginal microleakage of single step adhesives. *J Kor Acad Cons Dent* 29:162-169, 2004.
2. Frey O. Creating a reliable bond. An all-in-one system. *Am J Dent* 13:85-87, 2000.
3. Perdigao J, Frankenberger R, Rosa BT, Breschi L. New trends in dentin/enamel adhesion. *Am J Dent* 13:25D-30D, 2000.
4. Haller B. Recent development in dentin bonding. *Am J Dent* 13:44-50, 2000.
5. Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent* 3:133-138, 1991.
6. Fritz UB, Finger WJ. Bonding efficiency of single-bottle enamel/dentin adhesives. *Am J Dent* 12:277-282, 1999.
7. De Munck J, 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* 16:414-420, 2003.
8. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I. Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 17:296-308, 2001.
9. Toledano M, Osorio R, Ceballos L, Fuentes MV, Fernandes CAO, Tay FR, Carvalho RM. Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. *Am J Dent* 16:292-298, 2003.
10. Miyazaki M, Iwasaki K, Onose H. Adhesion of single application bonding systems to bovine enamel and dentin. *Oper Dent* 27:88-94, 2002.
11. Akagawa H, Nikaido T, Takada T, Burrow MF, Tagami J. Shear bond strengths to coronal and pulp chamber floor dentin. *Am J Dent* 15:383-388, 2002.
12. Paulo EC, Cardoso PEC, Braga RR, Carrilho MRO. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dent Mater* 14:394-398, 1998.

13. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 10:236-240, 1994.
14. Terada RSS, Carvalho RM, Fernandes CAO, Pashley DH. Mapping bond strength of flat dentin surfaces. *J Dent Res* 77:8205 (Abstr. No. 1226), 1998.
15. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater* 14:212-221, 1998.
16. Toledano M, Perdigao J, Osorio E, Osorio E. Influence of NaOCl deproteinization on shear bond strength in function of dentin depth. *Am J Dent* 15:252-255, 2002.
17. Toba S, Veerapavati W, Shimada Y, Nikaido T, Tagami J. Micro-shear bond strengths of adhesive resins to coronal dentin versus the floor of the pulp chamber. *Am J Dent* 16:51A-56A, 2003.
18. Ogata M, Okuda M, Nakjima M, Pereria PNR, Sano H, Tagami J. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. *Oper Dent* 26:27-35, 2001.
19. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness hardness, and Ca-concentration vs bond strength of dentin adhesives. *Dent Mater* 8:229-233, 1992.
20. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater* 11:117-125, 1995.
21. Chan KM, Tay FR, King NM, Imazato S, Pashley DH. Bonding of mild self-etching primers/adhesives to dentin with thick smear layers. *Am J Dent* 16:340-346, 2003.
22. Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N. Bonding to dentin with a self-etching primer: The effect of smear layers. *Dent Mater* 17:122-126, 2001.
23. Watanabe I, Saimi Y, Nakabayashi N. Effect of smear layer on binding to ground dentin-Relationship between grinding condition and tensile bond strength. *J Jpn Soc Dent Mater Devices* 13:101-108, 1994.
24. Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, Onose H, Moore BK. Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. *Dent Mater* 11:234-238, 1995.
25. Erickson RL. Mechanism and clinical implications of bond formation for two dentin bonding systems. *Am J Dent* 2:117-123, 1989.
26. Armstrong SR, Boyer DB, Keller JC. Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. *Dent Mater* 14:44-50, 1998.
27. Fernandes CAO, Carvalho RM, Shono Y, Pashley DH. Bond strengths of adhesives to dentin as an array. *J Dent Res* 77:205 (Abstr. No. 798) 1998.
28. Gallo JR, Comeaux R, Haines B, Xu X, Burgess JO. Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. *Oper Dent* 26:44-47, 2001.
29. Sanares A, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH. Chemical-cured composite weakens bonding of adhesives by surface interaction. *J Dent Res* 79:356 (Abstr. No. 1700), 2000.
30. Suh BI, Tay FR, King NM, Pashley DH. Effect of delayed activation of light-cured composites on all-in-one adhesives. *J Dent Res* 80:50 (Abstr. No. 116), 2001.
31. Pashley DH. Dentin: A dynamic substrate. A review. *Scann Microsc* 3:161-176, 1989.
32. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater* 6:45-50, 1990.
33. Gwinnett AJ. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 6:7-9, 1993.
34. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res* 66A:850-853, 2003.

## 국문초록

### 상아질의 깊이에 따른 단일 단계 접착제의 결합강도 비교

조영곤\* · 진철희 · 민정범

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

본 연구는 단일 단계 접착제의 표층과 심층 상아질에 대한 미세인장 결합강도의 차이를 평가하기 위해서 시행되었다. 발거된 상·하악 대구치의 교합면측에 있는 표층 상아질과 심층 상아질을 각각 15개씩 노출시킨 후, 사용된 접착제에 따라 AQ 군, L-Pop 군, Xeno 군으로 분류하여 복합레진을 축조하였다. 각 시편은 상아질과 복합레진 계면의 단면적이 1.0 mm<sup>2</sup>이 되도록 절단하였고, 각 군 당 20개의 시편을 사용하였다.

각 군의 미세인장 결합강도의 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 표층과 심층 상아질 모두에서 Xeno III는 다른 접착제보다 가장 높은 결합강도를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 또한 모든 접착제는 심층 상아질에서 보다 표층 상아질에서 더 높은 결합강도를 나타내었으나 이들 간에 통계학적인 유의성은 접착제의 종류에 따라 다르게 나타났다.

**주요어:** 미세인장 결합강도, 단일 단계 접착제, 표층 상아질, 심층 상아질, 복합레진