

상아질에 대한 단일 단계 접착제의 미세인장 결합강도

조영곤* · 기영재

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MICROTENSILE BOND STRENGTH OF SINGLE STEP ADHESIVES TO DENTIN

Young-Gon Cho*, Young-Jae Kee

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

This study compared the microtensile bond strength (μ TBS) of three single step adhesives to dentin.

Occlusal superficial dentin was exposed in fifteen human molars. They were assigned to three groups by used adhesives: Xeno group (Xeno III), Prompt group (Adper Prompt L-Pop), AQ group (AQ Bond).

Each adhesive was applied to dentin surface, and composite of same manufacturer was constructed. The bonded specimens were sectioned into sticks with an interface area approximately 1 mm², and subjected to μ TBS testing with a crosshead speed of 1 mm/minute. The results of this study were as follows:

1. The μ TBS to dentin was 48.78 ± 9.83 MPa for Xeno III, 30.22 ± 4.52 MPa for Adper Prompt L-Pop, and 26.31 ± 7.07 MPa for AQ Bond.
2. The mean μ TBS of Xeno group was significantly higher than that of Prompt group and AQ group ($p < 0.05$).
3. There was no significant difference between the μ TBS of Prompt group and AQ group. [J Kor Acad Cons Dent 30(4):312-318, 2005]

Key words: Microtensile bond strength (μ TBS), Single step adhesives, Superficial dentin, Interface area

- Received 2004.12.24, revised 2005.2.18, accepted 2005.3.5 -

I. 서 론

상아질 접착제에 대한 지속적인 발전으로 인하여 과거에 비해 보다 심미적이고 보존적인 치아의 수복이 가능하게 되

었다. Total etch 접착제를 사용할 경우 상아질 접착에 있어서 아주 중요한 과정은 상아질을 산부식 처리하여 수산화 인회석과 같은 무기물을 제거한 후 콜라겐 망상구조를 그대로 유지시키는 것이다¹⁾. 이러한 total etch 접착제의 문제점을 해결하기 위하여 2 단계와 단일 단계 (one-step) 자가 산부식 접착제 (self-etching adhesives)가 개발되었다²⁻⁴⁾.

단일 단계 접착제는 하나의 과정에서 치질을 동시에 산처리, priming, 접착시키는 아주 단순화된 접착제이다. 이와 같이 단순한 접착과정은 접착제에 포함된 낮은 pH의 산성 단량체 (monmer)가 치질을 처리 및 priming하고⁵⁾, 동시에 단량체에서 제공된 vinyl 기가 복합레진과 공중합

* 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

※ 이 논문은 2004년도 재단법인 조선대학교 치과대학교육문화재단의 학술연구기금의 지원을 받아 연구되었음.

(copolymerization)을 하기 때문이다. 이러한 접착제의 장점으로는 적용 시간이 적게 걸리고, 세척을 하지 않으며, 특히 상아질 면의 습윤 접착 (wet bonding)과 같은 민감한 술식이 없어지고, 상아질의 탈회 깊이와 혼성화 (hybridization) 깊이 차이로 인한 위험성이 감소된 것이다^{5,6)}. 자가 산부식 접착제의 접착기전은 치면에 있는 화학적인 성분을 변화시켜 접착 레진이 침투됨으로써 발생하는 혼성화에 의한다. 혼성화에 있어서 total etch 접착제와의 주된 차이점은 상아질에 얇은 혼성층 (hybrid layer)과 아주 제한된 레진 테그를 형성하는 것이다⁷⁾.

상아질 접착제의 치질에 대한 접착효능을 평가하기 위한 가장 효과적인 방법은 임상적인 평가이다. 그러나 임상적으로 평가하는 방법은 시간이 많이 소요되는 등의 어려움을 가지고 있다. 따라서 상아질 접착제를 평가하기 위해 다양한 실험실적 검사방법들이 시행되고 있으며, 이중 결합강도 검사법은 치질에 대한 접착력을 평가하는데 있어서 효과적인 방법 중 하나로 흔히 이용되고 있다^{1,4,8)}. Sano 등⁹⁾에 의해 소개된 미세인장 결합강도 검사는 같은 치아에서 특정 부위나 다른 깊이에서 측정이 가능하도록 하였다^{8,10)}. 또한 이는 기존의 전단 및 인장 결합강도 검사에 비해 상아질과의 접착제 계면에서 응집성 파절 (cohesive failure)이 뚜렷이 감소되었고¹¹⁾, 접착면적의 감소로 인하여 평균 결합강도가 증가되었다¹⁰⁾. 이러한 이유에 대하여 Sano 등⁹⁾은 미세인장 결합강도 측정을 위한 시편이 전단 및 인장 결합강도 측정을 위한 시편보다 접착계면이 적어 결합부가 적게 존재하기 때문이라고 설명하였다. Toledano 등¹²⁾은 접착제의 상아질에 대한 미세인장 결합강도는 접착제와 접착대상 (substrate)에 따라 다르며, 접착제의 성분에 포함된 필러는 접착에 있어서 중요한 요소가 될 수 있다고 보고하였다. 또한 De Munk 등¹³⁾은 3종의 단일 단계 접착제의 상아질에 대한 평균 미세인장 결합강도는 15.5 MPa에서 23.0 MPa의 범위로 나타났으며, 대부분의 시편에서 접착성 파절 (adhesive failure)이 나타났다고 보고하였다.

단일 단계 접착제는 단순화된 접착과정으로 인하여 최근 임상에서 많이 사용되고 있다. 그러나 이러한 접착제에 대한 미세인장 결합강도의 연구는 3 단계와 2단계 접착제와 비교한 연구가 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 단일 단계 접착제만을 대상으로 하여 상아질에 대한 미세인장 결합강도를 상호 비교하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치관부에 결함이나 수복물이 없는 최근에 발거된 상·하악 대구치 15개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에서는 단일 단계 접착제인 Xeno III, Adper Prompt L-Pop, AQ Bond를 사용하였고, 복합레진은 동일 회사제품인 Spectrum TPH, Filtek Z 250, Metafil CX (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 광강도를 이용하였다.

2. 실험방법

(1) 군 분류

상·하악 대구치 15개의 치아표면에 부착된 연조직과 무기물을 스켈러로 제거한 후, 실험 직전까지 생리식염수에 보관하였다.

투명한 C.B.C. 병 (Complete Blood Count bottle, Sewon Yanghang, Busan, Korea)에 혼합한 경석고를 완전히 채운 다음, 백악법량 경계 하방의 치근을 수직으로 매몰하여 치관부가 노출되도록 하였다. 경석고가 경화된 후, Isomet Low Speed Saw (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, U.S.A.)를 이용하여 각 대구치 교합면 중심구의 상아 법랑경계부 직하방을 지면과 평행하게 절단하여 표층 상아질을 노출시켰다. 노출된 상아질 표면은 주수 하에서 600 grit의 silicon carbide paper로 연마하여 상아질 표면에 도말층이 형성되도록 하였고, 실험 직전까지 증류수에 24시간이 넘지 않도록 보관하였다.

상아질 표면이 노출된 15개의 치아는 무작위로 5개씩 선택하여 사용된 접착제의 종류에 따라 3개의 군 (Xeno 군, Prompt 군, AQ 군)으로 분류하였다. 단일 단계 접착제를 적용하기 전에 각 치아의 상아질 표면은 air-water 시린지로 깨끗이 세척하고 공기 시린지로 건조한 후, 각 군은 다음과 같이 상아질 표면에 단일 단계 접착제와 복합레진을 제조사의 설명서를 따라 사용하였다.

1) Xeno 군

Xeno III 용액 A와 B를 혼합용기에 한 방울씩 분배하여 공급된 applicator로 약 5초간 충분히 혼합하였다. 제조사의 설명에 따라 공기 시린지를 이용하여 노출된 상아질 표면에 약간의 수분이 남아있도록 건조한 후, 충분한 양의 접착제를 적용하고 최소 20초 동안 기다렸다. 접착제의 흐름성이 없어질 때까지 공기 시린지로 최소 2초간 가볍게 불어 접착제가 상아질 표면에 균일하게 퍼지도록 하고, Spectrum 800으로 10초간 광조사하였다. 상아질 표면위에 Spectrum TPH (A3)를 2 mm씩 축조하고 40초간 광조사하는 과정을 2회 반복하여 복합레진 두께가 약 4 mm가 되도록 하였다.

Table 1. The components and pH of single step adhesives and composites

Adhesives	Components	pH	Composites	Manufacturers
Xeno III	Liquid A: HEMA, water, ethanol, BHT, nanofiller Liquid B: Pyro-EMA, PEM-F, UDMA, BHT, EPD, camphoroquinone,	1.0	Spectrum TPH	Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany
Adper Prompt L-Pop	Red blister: Methacrylated phosphoric ester, Bis-GMA, camphoroquinone, stabilizer Yellow blister: water, HEMA, polyalkenoic acids, stabilizer	1.3	Filtek Z 250	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, USA
AQ Bond	Base: 4-META, UDMA, water, acetone, initiator Sponge: PTS, polyurethane foam	2.5	Metafil CX	Sun Medical Co. LTD., Moriyama, Shiga, Japan

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

2) Prompt 군

제조사에 설명에 따라 Adper Prompt L-Pop 접착제를 혼합하여 공급된 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 광조사하였다. 상아질 표면위에서의 Filtek Z 250 (A3)의 축조와 광조사는 Xeno 군과 동일한 방법으로 하였다.

3) AQ 군

공급된 혼합용기에 스폰지를 넣고 AQ Bond 한 방울을 떨어뜨려 몇 초간 혼합하였다. 상아질 표면에 충분한 양의 접착제를 2-3회 연속적으로 적용하여 20초간 기다린 다음, 공기 시린지로 상아질 표면에 있는 접착제를 3-5초간 가볍게 불어준 후 AQ Bond를 다시 한번 적용하였다. 상아질 표면에 있는 접착제가 충분히 건조될 때까지 공기 시린지로 5-10초간 가볍게 불어주고 Spectrum 800으로 10초간 광조사하였다. 상아질 표면위에서의 Metafil CX (A3)의 축조와 광조사는 Xeno 군과 동일한 방법으로 하였다.

(2) 시편제작과 미세인장 결합강도의 측정

상아질 표면위에 축조된 4 mm 두께의 복합레진과 동일한

두께를 얻기 위하여 저속의 다이아몬드 wheel을 사용하여 복합레진과 치아의 결합계면에서 치근측으로 4 mm 두께의 치질이 남아있도록 절단하였다. Cyanoacrylate 접착제 (ALTECO Korea Inc., Pyungtaek-City, Korea)를 사용하여 치관의 협면이나 설면을 레진 블록에 접착하였다. Isomet Low Speed Saw를 이용하여 주수 하에서 치아의 법랑질과 백악질을 제거한 후, 시편의 두께가 1 mm 간격으로 절단되도록 digital caliper (Mitutoyo Corp, Japan)를 조정하고 시편을 수직으로 절단하였다. 1 mm 두께의 각 시편을 홈이 파진 레진 블록에 위치시키고 cyanoacrylate 접착제로 접착하였다. 레진 블록을 Isomet Low Speed Saw에 장착하고 각 시편이 또 다른 수직 방향으로 1 mm 두께의 간격으로 절단되도록 digital caliper를 조정한 후, 각 시편을 절단하였다. 완성된 각 시편의 상아질과 복합레진 계면의 단면적은 약 1 mm²이었으며, 시편은 막대모양이었다. 각 군 당 20개의 시편을 본 실험에 사용되었다. 제작된 시편은 미세 인장결합강도를 측정하기 직전까지 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

미세인장 결합강도를 측정하기 위하여 각 시편을 testing apparatus에 위치시키고 시편의 양쪽 끝을 Zapit (Dental Ventures of America Inc., Lewis Court, CA, U.S.A)로 접착하였다 (Figure 1). Universal testing machine (EZ

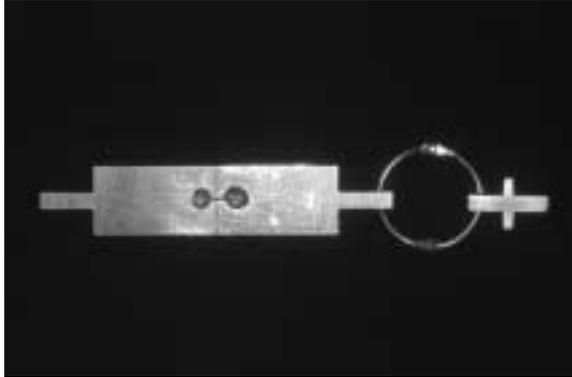


Figure 1. Specimen adhered to the testing apparatus.



Figure 2. EZ test for microtensile bond strength test.

test, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)을 이용하여 (Figure 2) 상아질과 복합레진의 접착면이 파절될 때까지 분당 1.0 mm의 crosshead speed로 인장하중을 가하였다. 파절 시의 하중은 MPa로 환산하였다.

(3) 통계 분석

각 군의 상아질과 복합레진의 미세인장 결합강도에 대한 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 SPSS (ver. 10.1)에서 one-way ANOVA를 이용하여 비교 분석하였으며, 사후검정은 Tukey 검정을 이용하여 p = 0.05 유의수준에서 분석하였다.

III. 실험결과

각 군의 상아질에 대한 미세인장 결합강도의 평균치와 표준편차는 Table 2에 표시하였으며 Figure 3은 이를 그래프로 나타낸 것이다.

각 군의 상아질에 대한 미세 인장결합강도는 Xeno 군에서 48.78 ± 9.83 MPa, Prompt 군에서 30.22 ± 4.52 MPa, AQ 군에서 26.31 ± 7.07 MPa를 나타내 Xeno 군이 가장 높은 결합강도를 나타냈다 (Table 2).

각 군 간의 미세인장 결합강도를 비교한 결과, Xeno 군은 Prompt 군과 AQ 군보다 통계학적으로 높은 인장강도를 나타냈으며 (p < 0.05), Prompt 군과 AQ 군의 인장강도 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (p > 0.05, Table 2).

Table 2. Mean microtensile bond strength of each group (Unit: MPa, Mean ± S.D.)

Group	μTBS	No. of specimens
Xeno	48.78 ± 9.83 ^a	20
Prompt	30.22 ± 4.52 ^b	20
AQ	26.31 ± 7.07 ^b	20

Superscripts of the different letters indicate values of statistical significant difference (p < 0.05, Tukey test).

IV. 총괄 및 고찰

접착제에 있어서의 최근의 추세는 적용하는데 걸리는 시간과 단계를 감소시킴으로써 적용방법을 단순화하는데 집중되고 있다. 단일 단계 접착제는 단순화된 접착과정과 함께 도말층 (smear layer)의 제거와 관련된 술후 과민증의 감소로 인하여 그 사용이 증가하고 있다^{13,14}. 이 접착제는 산성 레진 단량체의 농도를 증가시켜 total etch 접착제 보다 더 산성이 되도록 하였고¹⁵, 또한 사용된 산성의 기능기와 함께 이온성 레진 단량체는 접착제의 침투성을 증가시켜 두 단계 자가 산부식 프라이머 접착제와 다르게 복합레진과 직접 접촉을 이루게 하였다¹⁶.

상아질에 대한 접착제의 결합강도에 관하여 Paulo 등⁵은 단일, 2, 3 단계 접착제에 대한 미세인장, 전단 및 인장 결

합강도를 각각 측정하여 비교한 결과, 미세인장 결합강도 검사는 다른 두 검사방법에 비해 더 높은 평균 강도와 낮은 변화계수를 나타냈다고 하였고, Phrukkanon 등¹⁰⁾은 시편의 모양과 접착면적에 따른 미세인장 결합강도는 시편의 모양에 따라 차이가 없었으나 1.1 mm의 접착면적을 가진 시편이 3.1 mm의 접착면적을 가진 시편에 비해 통계적으로 높게 나타났다고 하였다. 이상과 같은 연구 결과를 토대로 하여 본 연구에서는 결합강도의 측정을 위해 미세인장 결합강도 검사를 이용하였으며, 적은 1.0 mm²의 접착면적을 가진 막대 모양의 시편을 제작하여 본 실험에 사용하였다.

본 실험에서 상아질에 대한 3종의 단일 단계 접착제의 평균 미세인장 결합강도는 Xeno III가 48.78 ± 9.83 MPa, Adper Prompt L-Pop이 30.22 ± 4.52 MPa, AQ Bond가 26.31 ± 7.07 MPa로 나타나 Xeno III가 다른 단일 단계 접착제에 비해 가장 높은 결합강도를 나타냈다. 단일 단계 접착제의 부식효과는 치질의 무기질 성분과 상호작용하는 산성의 단량체나 유기산 용액과 관련되며⁷⁾, 형성된 도말층을 효과적으로 부식하여 하방의 건전한 치질에 접착하기에 위해서는 충분히 투과되어야 한다^{8,18,19)}. 비록 현재 사용되고 있는 자가 산부식 접착제는 레진 단량체의 산성 농도를 상당히 증가시켰지만¹⁹⁻²²⁾ 도말층이 두꺼운 경우 도말층에 포함된 무기질과 함께 중화되어 하방의 건전한 상아질로 침투되지 못할 수 있다^{20,23)}. 최근의 연구보고에 의하면 침투성이 낮은 자가 산부식 접착제는 두꺼운 도말층을 충분히 부식하지 못하여 전단 결합강도를 감소시킬 수 있음을 보고하고 있다^{18,24)}. 본 연구에서 Xeno 군이 다른 군에 비해 높은 미세인장 결합강도를 나타낸 이유는 Xeno III (pH 1.0)가 Adper Prompt L-Pop (pH 1.3)과 AQ Bond (pH 2.5)에 비해 가장 낮은 pH를 가져 도말층을 효과적으로 제거하고, 성분에 포함된 친수성의 HEMA와 다른 접착제에 포함되지 않은 필러로 인해 (Table 1) 상아질로 접착제가 잘 침투되었기 때문으로 생각된다. 본 연구에서 Xeno 군은 Prompt 군과 AQ 군보다 통계학적으로 높은 미세인장 결합강도를 나타냈으며 (p < 0.05), 이는 상아질에 대한 미세인장 결합강도에서 Xeno III는 48.8 ± 9.0 MPa, AQ Bond는 41.6 ± 4.0 MPa를 나타내어 통계학적인 유의차가 있다고 보고한 Cheong 등²⁵⁾의 연구 결과와 일치하였다.

Adper Prompt L-Pop은 물 기본 접착제로서⁶⁾ 기존의 Prompt L-Pop 성분에 HEMA와 Bis-GMA를 첨가하여 (Table 1) 점성과 접착력을 향상시켰다. 본 연구에서 Prompt 군의 평균 미세인장 결합강도는 30.22 ± 4.52 MPa로서 AQ 군의 평균 결합강도 보다 다소 높게 나타났으나 통계학적인 차이는 나타나지 않았다 (p > 0.05). 이러한 결과는 우치의 상아질에 대한 Prompt L-Pop과 AQ Bond의 평균 결합강도가 통계학적으로 차이가 없다고 보고한 Miyazaki 등²⁶⁾의 연구 결과와 일치하였다. 아주 얇은 접착

층 (adhesive layer)를 형성하는 단일 단계 접착제는 심미적인 관점에서 장점이 될 수 있다. 그러나 Frankenberger 등²⁷⁾의 연구에 의하면 Prompt L-pop은 용매로 사용하는 물을 건조시키는 과정에서 상아질에 dry spots가 발생되어 낮은 결합강도를 나타낼 수 있으므로 여러 번 적용하거나 필러를 포함시켰을 때 접착제의 결합강도가 향상된다고 하였다. 본 연구에서 Adper Prompt L-Pop의 미세인장 결합강도는 제조사의 설명서에 따라 중등도의 압력을 가해 15초간 문지르면서 상아질 표면에 적용하여 얻은 것으로, 만약 여러 번 반복하여 적용하였다면 결합강도가 향상되었을 것으로 생각된다. AQ Bond는 4-META 기본 단일 단계 접착제로서, 이 접착제는 화학중합 복합레진에 대한 적합성 (compatibility)을 향상시키기 위하여 접착 촉진제 (bonding promotor)인 p-toluene 설펜산의 나트륨 염을 함유한 특별한 스폰지로 적용한다²⁵⁾. 본 연구에서 AQ 군 평균 미세인장 결합강도는 26.31 ± 7.07 MPa를 나타내어 De Munk 등¹³⁾의 23.0 ± 7.4 MPa와 Inoue 등²⁸⁾의 21.4 ± 10.6 MPa 연구 결과와 유사하게 나타났다. Tay 등²²⁾은 두꺼운 도말층을 갖는 상아질에서 산도가 높은 (pH - 2.0 이상) 자가 산부식 접착제를 사용할 경우 미세인장 결합강도는 수동적으로 적용한 경우보다 연속적으로 문지르면서 적용하는 경우 27% 정도 증가하였다고 보고하였다. 이러한 연구 결과를 감안한다면 본 연구에 사용된 AQ Bond는 다른 접착제보다 높은 pH를 가진 접착제이므로 제조사의 설명에 따라 접착제를 수동적으로 적용하는 것 보다는 문지르는 방식으로 적용하는 것이 결합강도에 양호한 결과를 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에 사용된 Xeno III는 다른 두 접착제에 비해 높은 결합강도를 나타냈다. 이러한 결과는 단순히 Xeno III 접착제의 낮은 pH와 접착제에 포함된 필러에 의한 것인지 정확히 알 수 없으며 이러한 요소들이 상아질의 결합강도에 직접적인 영향을 미치는 가를 평가하기 위하여 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 상아질에 대한 3종의 단일 단계 접착제의 미세인장 결합강도를 상호 비교하였다. 15개의 발거된 상·하악 대구치의 교합면측에 있는 표층 상아질을 노출시킨 후, 사용된 접착제에 따라 3개의 군 (Xeno 군-Xeno III, Prompt 군-Adper Prompt L-Pop, AQ 군-AQ Bond)으로 분류하여 복합레진을 축조하였다. 각 시편은 Isomet Low Speed Saw를 이용하여 상아질과 복합레진 계면의 단면적이 1.0 mm²이 되도록 절단하여 막대모양으로 제작하였으며, 각 군 당 20개의 시편을 사용하였다.

미세인장 결합강도의 측정은 universal testing machine

의 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 검정을 이용하여 $p = 0.05$ 유의수준에서 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 상아질에 대한 각 군의 미세인장 결합강도는 Xeno 군에서 48.78 ± 9.83 MPa, Prompt 군에서 30.22 ± 4.52 MPa, AQ 군에서 26.31 ± 7.07 MPa로 나타났다.
2. Xeno 군은 Prompt 군과 AQ 군보다 통계학적으로 높은 미세인장 결합강도를 나타냈다 ($p < 0.05$).
3. Prompt 군과 AQ 군의 미세인장 결합강도 간에는 통계학적으로 유의차가 없었다 ($p > 0.05$).

참고문헌

1. Toledano M, Perdigao J, Osorio E. Influence of NaOCL deproteinization on shear bond strength in function of dentin depth. *Am J Dent* 15:252-255, 2002.
2. 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.
3. Medina VO, Shinkai K, Shirono M, Tanaka N, Katoh Y. Histopathologic study on pulp response to single-bottle and self-etching adhesive systems. *Oper Dent* 27:330-342, 2002.
4. Toba S, Veerapravati W, Shimada Y, Nikaido T, Tagami J. Microshear bond strengths of adhesive resins to coronal dentin versus the floor of the pulp chamber. *Am J Dent* 16:51A-56A, 2003.
5. 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.
6. Perdigao J, Frankenberger R, Rosa BT, Breschi L. New trends in dentin/enamel adhesion. *Am J Dent* 13:25D-30D, 2000.
7. Miyazaki M, Mikitake S, Onose H, Moore BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 11:118-122, 1998.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater* 11:117-125, 1995.
12. 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.
13. 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.
14. Brunton PA, Cowan AJ, Wilson MA. A three-year evaluation of restorations placed with smear-layer-mediated dentin bonding agent in non-cariou cervical lesions. *J Adhes Dent* 1:333-341, 1999.
15. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, Van Meerbeek B. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 3:237-245, 2001.
16. Perdigao J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am* 46:277-301, 2002.
17. Ikemura K, Koura Y, Endo T. Effect of 4-acryloxyethyltrimellitic acid in a self-etching primer on bonding to ground dentine. *Dent Mater J* 15:132-143, 1996.
18. Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N. Bonding to dentin with a self-etching primer: The effect of smear layer. *Dent Mater* 17:122-126, 2001.
19. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 17:296-308, 2001.
20. Camps J, Pashley DH. Buffering action of human dentin in vitro. *J Adhes Dent* 2:39-50, 2000.
21. Nakabayashi N, Saimi Y. Bonding to intact dentin. *J Dent Res* 75:1706-1715, 1996.
22. Tay FR, Pashley DH, Peters MC. Adhesive permeability affects composite coupling to dentin treated with a self-etch adhesive. *Oper Dent* 28:610-621, 2003.
23. 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.
24. Watanabe I, Saimi Y, Nakabayashi N. Effect of smear layer on bonding to ground dentin-Relationship between grinding condition and tensile bond strength. *J Jpn Soc Dent Mater Devices* 13:101-108, 1994.
25. Cheong C, King NM, Pashley DH, Ferrari M, Toledano M, Tay FR. Incompatibility of self-etch adhesives with chemical/dual-cured composites: two-step vs one-step systems. *Oper Dent* 28:747-755, 2003.
26. Miyazaki M, Iwasaki K, Onose H. Adhesion of single application bonding systems to bovine enamel and dentin. *Oper Dent* 27:88-94, 2002.
27. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, Lopes M. "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives- a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 17:373-380, 2001.
28. Inoue H, Inoue S, Uno S, Takahashi A, Koase K, Sano H. Micro-tensile bond strength of two single-step adhesive systems to bur-prepared dentin. *J Adhes Dent* 3:129-136, 2001.

국문초록

상아질에 대한 단일 단계 접착제의 미세인장 결합강도

조영근* · 김영재

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

본 연구는 상아질에 대한 3종의 단일 단계 접착제의 미세인장 결합강도를 상호 비교하였다. 15개의 발거된 상·하악 대구치의 교합면측에 있는 표층 상아질을 노출시킨 후, 사용된 접착제에 따라 3개의 군 (Xeno 군-Xeno III, Prompt 군-Adper Prompt L-Pop, AQ 군-AQ Bond)으로 분류하여 복합레진을 축조하였다. 각 시편을 막대모양으로 제작하였고, 각 군 당 20개의 시편을 이용하여 미세인장 결합강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 상아질에 대한 각 군의 미세인장 결합강도는 Xeno 군에서 $48.78 \pm 9.83 \text{ MPa}$, Prompt 군에서 $30.22 \pm 4.52 \text{ MPa}$, AQ 군에서 $26.31 \pm 7.07 \text{ MPa}$ 로 나타났다.
2. Xeno 군은 Prompt 군과 AQ 군보다 통계학적으로 높은 미세인장 결합강도를 나타냈다 ($p < 0.05$).
3. Prompt 군과 AQ 군의 미세인장 결합강도 간에는 통계학적으로 유의차가 없었다 ($p > 0.05$).

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