

상아질 접착제에 포함된 활성제의 사용 유무가 자가중합 복합레진의 상아질에 대한 전단결합강도에 미치는 영향

강혜경¹ · 신주희² · 서규원³ · 류재준³

¹고려대학교 임상치의학대학원 심미수복학과 대학원생

²고려대학교 구로병원 보존과 교수, ³고려대학교 임상치의학대학원 심미수복학과 교수

연구목적: 본 연구의 목적은 자가중합 또는 이중중합을 위한 활성제가 포함된 상아질 접착제에서 활성제의 사용 유무가 자가중합 복합레진과 상아질 접착제간의 전단결합강도에 미치는 영향을 평가하는 것이다.

연구 재료 및 방법: 실험을 위하여 우식 및 충전물이 없는 건전한 대구치 50개를 주문제작성 아크릴릭 레진블록에 포매한 후, 모델 트리머로 연마하여 평활한 상아질면을 만든 후, 600grit 실리콘 카바이드 페이퍼로 연마하고 증류수에 보관하였다. 50개의 시편을 10개씩 5개 군으로 나누고, 상아질 접착제를 제조사의 지시대로 도포한 후, 플라스틱 주형을 이용하여 자가중합 복합레진 (Luxacore)을 접착시켰다. 상아질 접착제는 One-Step (OS군), Prime&Bond NT, AdheSE를 이용하였는데 Prime&Bond NT와 AdheSE는 단독으로 사용한 군 (PB군, AS군)과 활성제를 같이 사용한 군 (PBA군, ASA군)으로 다시 나누었다. 증류수에 24시간 보관 후, 인스트론 만능시험기를 사용하여 시편에 1 mm/min의 전단속도로 하중을 가하여 시편이 분리되는 최대 하중을 측정 한 뒤, 단위 면적 당 결합강도 (MPa)로 환산하여 One-way ANOVA를 이용하여 비교, 분석하고 5% 유의수준에서 Tukey HSD 검정을 이용하여 분석하였다.

결과: 각 군의 전단결합강도의 평균을 보면, OS군이 18.6 MPa로 가장 높았고 그 다음이 PBA군 (10.3 MPa)과 ASA군 (10.2 MPa)이었고, PB군과 AS군이 각각 5.9 MPa, 6.0 MPa로 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다.

결론: 본 실험을 통해 Prime&Bond NT와 AdheSE에서 활성제를 같이 사용한 경우, 활성제를 사용하지 않은 경우보다 전단결합강도가 높아짐을 알 수 있었지만, 활성제가 포함되어 있지 않은 One-Step보다는 낮은 수치였다. (대한치과보철학회지 2008;46:511-9).

주요단어: 활성제, 자가중합 복합레진, 상아질 접착제, 화학적 비적합성

서론

치과의사는 임상에서 치아의 파절, 우식 또는 신경치료 등의 이유로 치아가 손상이 된 경우 이를 수복해 주어야 하는데, 이 때 치관부에 위치하는 수복물을 코어라고 하며, 이것은 상실된 치아 구조를 대체하고 최종 보철물을 유지하는 역할을 한다. 코어의 바람직한 물리적 성질에는 높은 압축강도, 체적 안정성, 조각의 용이성, 짧은 경화시간, 치질 및 포스트와 접착 할 수 있는 능력 등이 포함된다.¹ 코어 축조에 많이 사용되는 아말감, 글래스 아이오노머, 복합레진 중, 복합레진은 조각이 쉽고, 심미적이며, 빠른 경화로 인한 즉시 삭제가 가능하기 때문에, 최근에 그 사용 빈도가 계속 높아지고 있다.^{2,3}

복합레진은 중합 방식에 따라 광중합 복합레진과 자가

중합 복합레진으로 분류할 수 있는데, 광중합 복합레진은 자가중합 복합레진보다 물리적으로 우수하고, 조각이 용이하여 심미 수복에서 더 많이 쓰이고 있지만, 코어 축조나 포스트, 인레이 등의 보철물의 장착시와 같이 광원이 도달하지 못하는 경우에는 자가중합 복합레진이나 이중중합 복합레진이 더 많이 쓰이고 있다.⁴ 치관부위를 복합레진으로 광범위하게 수복해주어야 하는 경우, 복합레진과 치아 사이의 접착이 실패하게 되면 중합수축으로 인한 불충분한 변연 봉쇄, 접착 경계면의 미세누출의 문제점이 발생하며, 이것은 결국 최종 보철물의 실패로 연결될 수 있다. 복합레진이 치아의 수복재료로 개발된 후, 그 적용범위가 계속 넓어지면서 치아와 복합레진 사이의 접착이 수복의 성공여부에 매우 중요한 요소가 되었다. 그에 따라 상아질 접착제도 계속 그 단계가 단

교신저자: 류재준

425-707 경기도 안산시 단원구 고잔 1동 고대안산병원 치과 031-412-5370, e-mail. koprosth@umitel.co.kr

원고접수일: 2008년 6월 24일 / 원고최종수정일: 2008년 7월 17일 / 원고채택일: 2008년 8월 27일

순화되면서 전통적인 다단계 접착제 (산부식, 프라이머, 접착제)에서 현재의 단일단계 단일용기 자가산부식 접착제까지 계속적인 발전을 해 오고 있으며, 그 화학조성에도 많은 변화가 생기고 있다.^{3,6}

상아질 접착제에 대한 최근의 연구에서 일부 상아질 접착제의 자가중합 복합레진에 대한 화학적 비적합성 (chemical incompatibility)이 보고되고 있다.^{3,7,8} Hagge⁷와 Lindemuth⁷는 9개의 상아질 접착제로 결합된 자가중합 복합레진의 상아질에 대한 결합강도 실험에서 대부분의 파절이 상아질 접착제와 복합레진 사이에서 일어난 것을 확인하고 상아질 접착제와 자가중합 복합레진 사이에 화학적 비적합성이 존재한다고 보고하였다. Moll⁹등도 8개의 상아질 접착제를 이용한 자가중합 복합레진과 광중합 복합레진의 상아질에 대한 전단결합강도 실험에서 대부분의 파절이 상아질 접착제와 레진 사이에서 일어났다고 하였으며 이것은 화학적 비적합성을 나타내는 것이라고 보고하였다. 또한 Sanares⁸ 등도 4가지의 단일용기 접착제를 이용한 상아질에 대한 광중합 복합레진과 자가중합 복합레진의 미세결합강도 실험에서, 광중합 복합레진에서는 각 접착제에 따른 결합강도의 차이가 거의 없었으나, 일부 상아질 접착제에서는 자가중합 복합레진의 결합강도가 광중합 복합레진보다 1/5-1/10정도로 매우 낮게 나온다고 보고하였다.

자가중합 복합레진의 중합은 일반적으로 과산화물과 3차 아민으로 구성된 이원 산화 환원 중합 시스템을 통하여 이루어지는데⁸, 자가중합 복합레진이 중합되는 과정에서 염기성의 3차 아민과 상아질 접착제에 포함된 중합되지 않은 산성의 단량체 사이에서 산-염기 반응이 일어나게 되며^{8,9}, 이 산-염기 반응으로 인해서 상아질 접착제와 자가중합 복합레진 사이에 비적합성이 나타난다고 여겨지고 있다.^{9,10}

자가중합 복합레진과 상아질 접착제 사이의 비적합성

문제를 해결하기 위해서 몇몇 제조사에서는 기존의 접착제에 첨가해서 쓸 수 있는 활성제를 만들어서 자가중합 또는 이중중합의 복합레진의 중합시에 활성제를 상아질 접착제와 함께 쓸 것을 권장하고 있다. 활성제를 상아질 접착제와 혼합하면 광중합형의 상아질 접착제가 이중중합형으로 바뀌게 되어 자가중합 복합레진이나 이중중합 복합레진과 함께 쓰였을 때, 위에서 설명한 비적합성을 없애는 것이다. Oooka¹¹등은 논문을 통해서 이중중합 복합레진을 쓰는 경우, 상아질 접착제도 이중중합형으로 쓰는 것이 좋다고 밝히고 있다.

본 연구는 상아질 접착제와 자가중합 복합레진 간의 화학적 비적합성 문제를 해결하기 위해 제조사에서 만든 활성제의 적용 유무가 자가중합 복합레진과 상아질 간의 전단결합강도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하는데 그 목적이 있다.

연구재료 및 방법

1. 연구 재료

실험 재료로는 시판되는 3종의 상아질 접착제와 1종의 자가 중합형 복합레진을 사용하였다 (Table I). 상아질 접착제의 종류를 보면, One-Step, Prime&Bond NT, AdheSE로, One-Step은 2단계 산부식 단일용기 상아질 접착제이고 Prime&Bond NT도 2단계 산부식 단일용기 산부식 접착제인데, 자가중합 또는 이중중합으로의 전환이 가능하도록 활성제를 포함하고 있다. AdheSE는 2단계 자가산부식형 상아질 접착제로 Prime&Bond NT와 마찬가지로 활성제를 포함하고 있다. 실험에 사용된 각각의 상아질 접착제의 주요 성분은 Table II에 정리하였다. 자가 중합형의 코어용 복합레진으로는 Luxacore를 사용하였다.

Table I. Materials selected for the study

	Products	Manufacturer
Dental adhesive agent	One-Step	Bisco, Schaumburg, USA
	Prime&Bond NT	Dentsply, Milford, USA
	AdheSE	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Etching	ETCH-37	Bisco, Schaumburg, USA
Self-cure core	Luxacore	DMG, Hamburg, Germany

2. 연구 방법

1) 전단결합강도 측정

(1) 시편의 분류

3종의 상아질 접착제로 One-Step군 (OS), Prime& Bond NT군 (PB), 활성제가 포함된 Prime&Bond NT군 (PBA), AdheSE군 (AS), 활성제가 포함된 AdheSE군 (ASA)의 5개 군을 형성하였고 각각의 실험군에 Code를 부여하였다 (Table III).

(2) 시편의 제작

50개의 우식증 및 충전물이 없는 건전한 성인의 대구치를 선택하여 치주인대 및 치석을 제거한 후, 생리 식염수에 보관하여 사용하였다. 실험을 위해 지름 13 mm, 높이 15 mm의 원통형의 와동이 형성된 지름 25 mm, 높이 20 mm의 아크릴릭 레진 블록을 주문 제작하여, 교정용

레진 (Lang Ortho-jet, Lang Dental, Wheeling, USA)을 이용하여 치아를 아크릴릭 레진 블록에 포매하였다 (Fig. 1). 치아 시편을 주수하에 모델 트리머로 치관부위를 연마하여 상아질을 노출시킨 후, 노출된 상아질을 600 grit 실리콘 카바이드 페이퍼로 일정한 방향으로 연마하고 흐르는 물에 세척 후, 증류수에 보관하였다. 각각의 시편에 제조사의 지시대로 상아질 접착제를 도포한 후, 지름 3 mm, 높이 2 mm의 원통형의 플라스틱 주형을 이용하여 자가 중합형의 코어용 복합레진을 치면에 접착시킨 후, 24시간동안 실온의 증류수에 보관하였다 (Fig. 2).

① OS군

상아질을 ETCH-37로 15초 동안 산부식 후 세척, 건조하였다. 이때, 상아질 표면에 약간의 수분이 남아있도록 에어 시린지로 건조하였다. 브러쉬를 이용하여 One-Step을 산부식시킨 상아질에 적용하는데, 처음 적용 후 10초

Table II. Composition of dental adhesive

Bonding system	Components	Ingredients
One-Step	Bonding	Bisphenyl dimethacrylate
		Hydroxyethyl methacrylate
Prime&Bond NT	Bonding	Acetone
		Di-/tri-methacrylate resin
	Activator	Nanofillers-Amorphous Silicon Dioxide
		Dipentaerythritol penta acrylate mono-phosphate
AdheSE	Self-etching primer	Aceton
		Aromatic sodium sulfinate
		Self-cure initiator
	Bonding	Acetone, Ethanol
		Phosphonic acid acrylate
		Bis-acrylamide, water
Activator	Initiators, stabilizers	Initiators, stabilizers
		HEMA, Dimethacrylate
		Silicon dioxide
		Initiators, Stabilizers
		Initiators, Solvents

Table III. Group classification

Group (Code)	Dentin adhesive
Control (OS)	One-Step
Exper.1 (PB)	Prime&Bond NT
Exper.2 (PBA)	Prime&Bond NT + activator
Exper.3 (AS)	AdheSE
Exper.4 (ASA)	AdheSE + activator



Fig. 1. Prepared specimen.

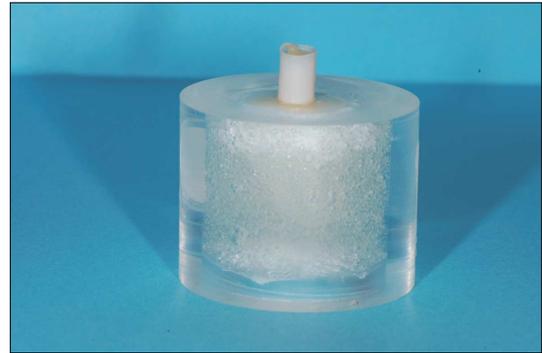


Fig. 2. Prepared specimen with resin core.

동안 기다렸다가 약 2-3초간 에어 시린지로 가볍게 붙은 다음 한번 더 접착제를 바르고 에어 시린지로 붙어서 균일하게 퍼지도록 한 후 광조사기 (Blue LEX LD-105, MONITEX)로 10초간 광조사하였다. 접착제가 적용된 상아질 표면에 지름 3 mm, 높이 2 mm의 원통형의 플라스틱 주형을 위치시킨 다음, Luxacore를 전용 디스펜서를 이용하여 주형안에 충전하였다.

② PB군

상아질을 ETCH-37로 15초동안 산부식 후 세척, 건조하였다. 이 때 상아질 표면에 약간의 수분이 남아있도록 약 2-3초간 에어 시린지로 건조하였다. 브러쉬를 이용하여 접착제를 산부식 시킨 상아질에 적용한 후 20초 동안 기다렸다가 약 5초 동안 에어 시린지로 여분의 접착제를 제거한 후 광조사기로 10초 동안 광중합하였다. Luxacore의 접착은 OS군과 동일 한 방법으로 시행하였다.

③ PBA군

상아질을 ETCH-37로 15초 동안 산부식 후 세척, 건조하였다. 상아질 표면에 약간의 수분을 남겨두었다. Prime&Bond NT와 활성제를 혼합용기에 한 방울씩 떨어뜨려 브러쉬로 약 5초간 혼합하였다. 상아질 표면에 혼합된 접착제를 도포하고 약 20초간 기다렸다. 다음의 과정은 PB군과 동일하게 시행하였다.

④ AS군

상아질 표면을 세척 후, 건조 시켰다. 프라이머를 브러쉬에 적셔서 약 10초 동안 상아질 표면에 도포하고 20초간 기다렸다. 에어 시린지로 여분의 프라이머를 제거한 후 본딩제를 도포했다. 공기 시린지로 여분의 본딩제를 제거한 후 10초 동안 광조사하였다. Luxacore의 접착은

OS군과 동일하게 시행하였다.

⑤ ASA군

상아질 표면을 세척 후, 건조 시켰다. 브러쉬를 이용하여 프라이머를 약 10초 동안 도포하고 20초 동안 기다렸다. 에어 시린지로 여분의 프라이머를 제거했다. 혼합용기에 AdheSE 본딩제와 활성제를 한 방울씩 떨어뜨려 약 5초 동안 혼합한 후 상아질 표면에 적용시켰다. 다음의 과정은 AS군과 동일하게 시행하였다.

(3) 전단결합강도의 측정

전단결합강도의 측정은 인스트론 만능 시험기 (Instron 6022®, Instron Co., Ltd., UK)를 사용하여 상아질과 자기중합 복합레진 간의 결합강도를 측정하였다. 시편에 1 mm/min의 전단속도로 하중을 가하여 시편이 분리되는 최대하중을 측정 한 뒤, 단위 면적 당 결합강도 (MPa)로 환산하여 통계처리를 시행하였다.

2) 통계 처리

통계처리는 통계처리 프로그램인 SPSS 12.0버전으로 각 군의 측정된 전단결합강도를 One-way ANOVA를 이용하여 비교, 분석하였으며 사후 검정은 5% 유의수준에서 Tukey HSD검정을 이용하여 분석하였다.

결과

각 군의 전단결합강도의 평균치와 표준편차를 보면, OS군에서 18.6 ± 4.07 MPa, PB군에서 5.9 ± 3.32 MPa, PBA군에서 10.3 ± 1.59 MPa, AS군에서 6.01 ± 1.90 MPa, ASA군에서 10.2 ± 2.98 MPa을 나타내었다 (Table IV, Fig. 3). Tukey HSD검정을 이용하여 각 군을 비교, 분석한 결

Table IV. Shear bond strength

Group	Shear bond strength*(MPa)	No. of specimen
OS	18.6 ± 4.07 ^A	10
PB	5.9 ± 3.32 ^C	10
PBA	10.3 ± 1.59 ^B	10
AS	6.0 ± 1.90 ^C	10
ASA	10.2 ± 2.98 ^B	10

*Values are means and standard deviations. Groups containing the same letter superscript are not statistically different.

과, OS군이 나머지 4개 군보다 통계학적으로 높게 나타났다. PB군과 PBA군을 비교해보면 PBA군이 PB군보다 통계학적으로 높게 나타났으며, AS군과 ASA군을 비교해본 결과 ASA군이 AS군보다 통계학적으로 높게 나타났다. PB군과 AS군, PBA군과 ASA군은 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

고찰

최근 임상에서 복합레진의 물성의 개선으로 복합레진의 직접 또는 간접 수복 치료의 빈도가 증가하면서⁴ 상아질에 대한 복합레진 접착의 성공 유무가 수복물의 수명에 매우 중요한 요소로 자리잡고 있다. 그에 따라 접착에서 중요한 역할을 하는 상아질 접착제도 그 기능이 계속 향상되면서 발달하고 있다. 전통적인 3단계 산부식 접착제는 단계별로 산부식, 프라이머, 접착제를 각각 따로 적용한다. 3단계 산부식 상아질 접착제는 복합레진을 사용하는 거의 모든 임상 술식에서 쓰일 수 있지만, 임상가들은 시간의 절약을 위해 과정이 단순한 접착제를 더 선호하게 되면서¹², 상아질 접착제는 그 기능의 향상과 함께 그 단계를 단순화하는 방향으로 발전하였다.³ 3단계 산부식 접착제 다음에 나온 2단계 시스템은 다시 두 가지로 나뉘게 되는데, 하나는 프라이머와 접착제를 한 단계로 합친 2단계 산부식 단일용기접착제이고, 다른 하나는 산부식과 프라이머를 합친 2단계 자가산부식 접착제이다.¹³ 그리고 가장 최근에 나온 것이 단일단계 단일용기 접착제로 산부식, 프라이머, 접착제를 한 용기에 합친 것이다. 단일용기접착제는 사용의 편리성, 시간의 절약 등의 이유로 임상에서 차지하는 비율은 점점 더 늘고 있다. 그러나 상아질 접착제가 단순화되고 그 화학적 조성이 변하면서 2단계 접착제, 단일단계 단일용기 접착제와 자가중합 복합레진간의 화학적 비적합성이 보고되고 있다.^{7,8,10} Cheong¹⁴ 등은 2단계 자가 산부식 접착제를 이용하여 상아질에 이중중합 복합레진을 광중합, 또는 자가중합으

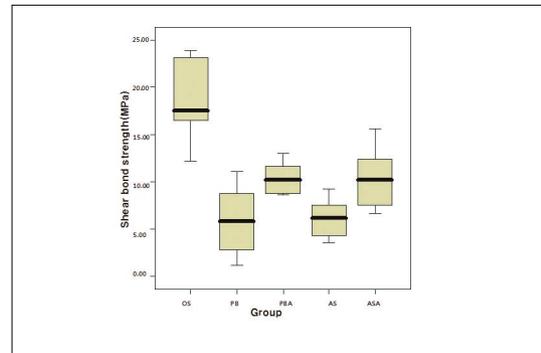


Fig. 3. Shear bond strength. The horizontal line in the box represents the median. The box includes 50%. In box plots, vertical single line represents maximum value and minimum value.

로 중합시켜서 접착시켰을 때, 중합방식에 따른 통계적 차이가 없다고 하였고, Franco¹² 등도 이중중합 레진 시멘트와 상아질 접착제 사이에서 비적합성이 존재하지 않는다고 보고하고 있지만, Tay^{15,16}, Moll⁹ 등은 실험을 통해 자가중합 복합레진과 2단계 상아질 접착제와 단일단계 단일용기 접착제 사이의 비적합성으로 인해 자가중합 복합레진의 결합강도가 광중합 복합레진에 비해 낮다고 보고하였다. 화학적 비적합성의 원인 중 하나는 상아질 접착제와 자가중합 복합레진간의 산-염기 반응이다.^{9,10} 자가중합 복합레진에 포함된 염기성의 3차 아민과 상아질 접착제의 산성의 미중합된 단량체가 만나서 산-염기 반응이 일어나는 것이다. 광중합 복합레진에도 3차 아민이 포함되어 있지만, 일반적으로 광중합 복합레진과 상아질 접착제 사이의 비적합성이 보고되고 있지 않는 이유는 광중합 복합레진의 3차아민은 자가중합 복합레진에 포함된 3차 아민에 비해 핵친화성이 떨어지기 때문이다.¹⁷ 또 자가중합 복합레진은 중합이 서서히 이루어지기 때문에 그만큼 복합레진과 상아질 접착제 사이의 접촉하는 시간이 길지만 광중합 복합레진은 광조사에 의해

바로 중합되기 때문에 산-염기반응이 일어날 시간이 최소화되는 것이다. Tay¹⁵ 등은 광중합 복합레진을 상아질에 적용한 후 즉시중합 또는 지연 중합시켰는데 지연 중합한 실험군이 즉시 중합한 실험군보다 낮은 결합강도를 나타내었다.

상아질 접착제와 복합레진 간의 산-염기 반응은 아릴 설펜산 나트륨염 같은 3차 촉매제를 사용하면 해결할 수 있기 때문에¹⁵ 몇몇 제조사에서는 2단계 접착제와 단일단계 단일용기 접착제에 3차 촉매제가 들어간 활성화제를 포함시켜서 자가중합 또는 이중중합 복합레진을 사용하는 경우, 활성화제를 함께 쓰도록 권장하고 있다.^{8,9} 3차 촉매제 또는 보조 개시제로써의 아릴 설펜산 나트륨염이 산성의 레진 단량체와 반응하여 페닐이나 벤젠 설펜 자유 라디칼이 만들어져서 이것이 자가중합 복합레진의 중합이 개시되도록 해준다⁶. Munksgaard¹⁸ 등은 상아질 접착제의 방향성 설펜산염이나 프로페놀 같은 부가적인 첨가제가 결합강도를 증가시킨다고 하였다. 활성화제의 공급은 단일용기로 따로 공급되기도 하고 (Prime&Bond NT, AdheSE), 활성화제 성분이 미리 도포되어있는 브러쉬 형태 (Excite DSC, Ivoclar Vivadent)로 공급되기도 하는데, 일반적으로 활성화제가 접착제와 혼합되면 단량체와 광개시제가 희석되고 솔벤트와 단량체의 비율도 달라지게 된다. Prime&Bond NT의 경우에는 솔벤트의 종류가 아세톤에서 아세톤/에탄올 베이스로 바뀌게 된다.⁹

본 연구에서 코어나 레진 시멘트에서 많이 쓰이는 이중중합 복합레진 대신에 자가중합 복합레진을 선택한 이유는 광중합 또는 이중중합 복합레진의 과산화물-아민 촉매제와 상아질 접착제와의 상호작용을 배제하기 위해서이다.⁹ 본 연구의 실험결과를 보면, Luxacore를 상아질에 접착시킨 각 군의 전단결합강도 중 One-Step을 사용한 군이 가장 높은 결합강도를 나타내었다. 그 다음 결합강도가 높은 것이 활성화제를 함께 사용한 Prime&Bond NT군과 활성화제를 함께 사용한 AdheSE군 이었고, Prime&Bond NT군과 AdheSE군에서 결합강도가 가장 낮게 나타났다.

Sanares⁸ 등은 4가지 단일용기접착제 (Prime&Bond NT, Optibond Solo, Single Bond, One-Step)를 사용한 상아질에 대한 자가중합 복합레진의 미세결합강도 실험에서 상아질 접착제의 pH가 높을수록 결합강도가 증가한다고 보고하고 있다. Sanares의 실험 결과를 살펴보면, pH가 4.3으로 가장 높은 One-Step의 미세결합강도가 33.1 MPa로 가장 높게 나왔고, pH가 2.68로 가장 낮은 Prime&Bond NT가 5.4 MPa로 One-Step보다 약 1/6로 낮게 나왔다. Bolhuis⁵ 등은 pH가 1.8이하의 상아질 접착제를 사용해서

상아질에 자가중합 복합레진을 접착시키는 경우, 그 결합강도는 매우 낮아진다고 하였다. 그의 연구결과를 보면 pH가 상대적으로 높은 All-Bond 2와 One-Step은 자가중합 복합레진에 대한 결합강도가 광중합 복합레진과 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. Bolhuis⁵는 그 이유가 One-Step과 All-Bond 2의 높은 pH때문에 결합면에서 자가중합 복합레진에 포함되어 있는 아민 중에서 적은 양의 아민이 양자화 (protonizing)하였기 때문이라고 밝히고 있다. 특히 All-Bond 2는 pH가 6.1로 거의 중성에 가깝기 때문에 역화학 반응이 아민에 영향을 미치지 않는다고 하였다. Hagge⁷ 등의 논문을 보면, 9개의 상아질 접착제로 결합된 자가중합 복합레진 코어의 상아질에 대한 결합강도 실험에서 4세대 접착제인 All-Bond 2와 5세대 접착제인 One-Step은 비슷한 결합강도를 나타내었다. Swift¹⁹의 논문을 보면, Prime&Bond NT를 단독으로 쓰는 경우와, Prime&Bond NT를 활성화제와 함께 쓰는 경우로 나누어서 자가중합 복합레진과 상아질간의 결합강도를 측정하였는데 Prime&Bond NT를 단독으로 쓰인 경우에는 결합강도가 0 MPa, Prime&Bond NT를 활성화제와 함께 쓴 경우에는 결합강도가 10.7 MPa이었다. 따라서 활성화제의 사용이 자가중합 복합레진과 상아질간의 결합강도의 증가에 기여한다는 것을 Swift¹⁹의 실험을 통해서도 확인할 수 있다. Asmussen²⁰ 등은 일부 상아질 접착제에 포함된 활성화제의 사용이 이중중합 복합레진 시멘트의 자가중합 시, 결합강도를 어느 정도 향상시킬 수 있지만 이중중합 레진 시멘트를 광중합시켰을 때의 결합강도보다는 낮다고 하였다. 또 Moll⁹ 등도 자가중합 복합레진을 상아질에 접착시킬 때, Prime&Bond NT에 활성화제를 혼합해서 사용할 때 이것이 결합강도에 미치는 효과는 미미하다고 하였다.

PB군과 AS군, PBA군과 ASA군을 각각 비교해 보았을 때, 활성화제의 사용 유무와 상관 없이 상아질 접착제의 종류에 따른 결합강도의 차이는 보이지 않았다. 전통적인 3단계 산부식 접착제나 2단계 자가 산부식 접착제의 경우, 3차 아민이 포함된 복합레진이 접착제에 의해 프라이머에 포함된 산성의 단량체와 직접 닿지 않기 때문에 산소저해층의 미중합된 산성의 단량체와 복합레진이 직접 접촉하게 되는 2단계 산부식 단일용기 접착제나 단일단계 단일용기 접착제보다 산-염기 반응이 적게 일어날 수 있다.¹⁶ 본 연구에서는 2단계 산부식 단일용기 접착제인 Prime&Bond NT와 2단계 자가 산부식 접착제인 AdheSE를 비교했을 때 유의한 차이는 없었다.

Suh¹⁶와 Tay¹⁷는 상아질 접착제와 자가중합 복합레진 간의 비적합성의 또 다른 원인을 중합된 접착층의 투과성

때문이라고 하였다. 이 접착층이 반투과성막으로 작용해서 상아질의 수분이 삼투압에 의해 이동하게 되며 이것은 낮은 결합강도의 원인이 된다는 것이다. Tay¹⁸ 등은 활성제의 사용이 비적합성 문제를 해결할 수 있지만 접착층의 투과성^{16,17} 때문에 자가중합 복합레진의 상아질에 대한 결합강도는 낮아진다고 하였다.

본 연구를 통해 여러 논문에서 언급한 상아질 접착제와 자가중합 복합레진 간의 화학적 비적합성을 다시 확인할 수 있었으며 활성제의 사용이 결합강도를 높이는 데 기여한다는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 3종의 상아질 접착제와 1종의 자가중합 복합레진을 사용하여 실험하였기 때문에 앞으로 더 다양한 종류의 상아질 접착제와 자가중합 복합레진을 포함한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

1. 5개의 군중 One-Step을 사용한 OS군의 전단결합강도가 통계학적으로 가장 높게 나타났다. OS군을 PBA군, ASA군과 비교했을 때는 약 1.8배 높은 결합강도를 나타내었고, OS군을 PB군, AS군과 비교했을 때는 약 3배의 높은 결합강도를 나타내었다.
2. Prime&Bond NT와 AdheSE는 활성제의 사용으로 결합강도가 모두 약 1.7배 향상되었으나, One-Step보다는 낮은 수치였다. 즉, 활성제의 사용이 결합강도를 어느 정도 증가시키지만, 그 효과는 크지 않았다.
3. 활성제가 포함된 Prime&Bond NT와 AdheSE의 결합강도를 비교해 보면, 활성제의 혼합 유무와 상관없이 제품간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

참고문헌

1. Cohen S, Hargreaves KM. Pathway of the pulp. 9th edition. Mosby 2006, p807-11.
2. Cohen BI, Paquillo MK, Condos S, Deutsch AS. Four different core materials measured for fracture strength in combination with five different designs of endodontic posts. J Prosthet Dent 1996;76:487-95.
3. O'Keefe KL, Powers JM. Adhesion of resin composite core materials to dentin. Int J Prosthodont 2001;14:451-6.
4. Castellon P, Burgess JO. Shear bond strength of four core materials to dentin bonded with light-cured or dual-cured adhesive. Am J Dent 2004;17:401-3.
5. Bolhuis PB, de Gee AJ, Kleverlaan CJ, El Zohairy AA, Feilzer AJ. Contraction stress and bond strength to dentin for compatible and incompatible combinations of bonding systems and chemical and light-cured core build-up resin composites. Dent Mater 2006;22:223-33.
6. Oliveira SS, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW Jr. The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. Dent Mater 2003;19:758-67.
7. Hagge MS, Lindemuth JS. Shear bond strength of an autopolymerizing core buildup composite bonded to dentin 9 dentin adhesive systems. J Prosthet Dent 2001;86:620-3.
8. Sanares AM, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. Dent Mater 2001;17:542-56.
9. Moll K, Schuster B, Haller B. Dentin bonding of light- and self-curing resin composites using simplified total- and self-etch adhesives. Quintessence Int 2007;38:27-35.
10. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM, Wei SH. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etching adhesive. J Adhes Dent 2003;5:27-40.
11. Oooka S, Miyazaki M, Rikut A, Moore BK. Influence of polymerization mode of dual-polymerized resin direct core foundation systems on bond strengths or bovine dentin. J Prosthet Dent 2004;92:239-44.
12. Franco EB, Lopes LG, D'Alpino PH, Pereira JC, Mondelli RF, Navarro MF. Evaluation of compatibility between different types of adhesives and dual-cured resin cement. Adhes Dent 2002;4:271-5.
13. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. J Dent 2002;30:371-82.
14. 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 2003;28:747-55.
15. Tay FR, Suh BI, Pashley DH, Prati C, Chuang SF, Li F. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive. J Adhes Dent 2003;5:91-105.
16. Suh BI, Feng L, Pashley DH, Tay FR. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. J Adhes Dent 2003;5:267-82.
17. Tay FR, Pashley DH, Peters MC. Adhesive permeability affects composite coupling to dentin treated with a self-etch adhesive. Oper Dent 2003;28:610-21.

18. Munksgaard EC, Irie M, Asmussen E. Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins. *J Dent Res* 1985;64:1409-11.
19. Swift EJ Jr, Perdigão J, Combe EC, Simpson CH 3rd, Nunes MF. Effects of restorative and adhesive curing methods on dentin bond strengths. *Am J Dent* 2001;14:137-40.
20. Asmussen E, Peutzfeldt A. Bonding of dual-curing resin cements to dentin. *J Adhes Dent* 2006;8:299-304.

Effects of activators contained in adhesives on dentin bond strengths

Hye-Kyung Kang¹, DDS, Joo-Hee Shin², DDS, MSD, PhD,

Kyu-Won Suh³, DDS, MSD, PhD, Jae-Jun Ryu³, DDS, MSD, PhD

¹Graduate student, Department of Esthetic Restorative Dentistry, Graduate School of Clinical, Korea

²Clinical Assistant Professor, Restorative Dentistry, Korea University Medical Center, Korea

³Professor, Department of Esthetic Restorative Dentistry, Korea University, Graduate School of Clinical, Korea

Statement of problem: An incompatibility between the initiator systems of self-curing composite resins and light-curing adhesives was supposed recently. **Purpose:** The purpose of the study was to evaluate the influence of activators for self/dual bonding on dentin shear bonding strengths. **Material and methods:** Fifty human molars were divided into 5 groups. A flat dentin surface was created for each tooth. A self-curing composite resin (Luxacore) was bonded with the following adhesives (n = 10); One-Step, Prime&Bond NT, AdheSE, Prime&Bond NT and AdheSE were also used in combination with activators. Shear bond strengths were measured after 24 hours of water storage. The specimens were loaded in shear in the Instron until failure at a 1 mm/min crosshead speed. Data were compared using one-way ANOVA and Tukey HSD test ($\alpha = 0.05$). **Results:** The dentin adhesive systems in order of decreasing median bond strength were One-Step > Prime&Bond NT with activator, AdheSE with activator > Prime&Bond NT, AdheSE. Among adhesives, One-Step had the highest bond strength. Prime&Bond NT with activator had higher bond strengths than Prime&Bond NT that was used alone, and so was AdheSE. **Conclusion:** Shear bond strengths were increased in Prime&Bond NT and AdheSE when these were used with activators comparing used without activators. But using activators was not effective clinically comparing One-Step. (*J Kor Acad Prosthodont* 2008;46:511-9).

Key words: Activator, Self-cure composite resin, Adhesive, Chemical incompatibility

Corresponding Author: **Jae-Jun Ryu**

Korea University Ansan Hospital, Gojan 1-Dong, Danwon-Gu, Gyunggi-Do, 152-707, Korea

Tel.: +82 31 412 5370

E-mail: koprosth@unitel.co.kr

Article history

Revised June 24, 2008 / Last Revision July 17, 2008 / Accepted August 27, 2008.