

상아질의 봉쇄 시기와 표면처리 방법이 미세인장 결합강도에 미치는 영향

강동호^{1,3} · 한종현^{1,3} · 박정원² · 김선재^{1,3*}

¹연세대학교 치과대학 치과보철학교실, ²연세대학교 강남세브란스 치과병원 ³보존과, ³보철과

연구 목적: 본 연구에서는 자가부식 접착제를 이용한 즉시 상아질 봉쇄 (immediate dentin sealing; IDS)와 지연 상아질 봉쇄 (delayed dentin sealing; DDS)에서 상아질 접착제의 결합강도를 비교하고 즉시 상아질 봉쇄에서 접착제 표면의 오염물을 제거하기 위해 사용되는 air abrasion이 상아질에 대한 미세 인장 결합강도에 어떠한 영향을 주는지에 대해 평가하였다.

연구 재료 및 방법: 1개월 이내에 발거된 사람의 건전한 대구치 30개를 6개의 군으로 분리하였고 상아질 접착제로는 자가부식 접착제 Clearfil SE bond (Kuraray, Okayama, Japan)를 사용하였다. 군분류는 치관부를 삭제하여 상아질을 노출시킨 후 즉시 접착제를 도포하고 복합레진 Filtek Z250 (3M ESPE, St Paul, MN, USA)을 충전한 군을 대조군 (Control), 노출된 상아질에 즉시 상아질 접착제를 도포하고 2주 후 재차 접착제를 도포해 복합레진과 같이 광중합하는 즉시 상아질 봉쇄군 (IDS), 상아질 노출 후 상아질 접착을 즉시 시행하지 않고 2주 후 상아질 접착과 복합레진의 충전을 시행하는 지연 상아질 봉쇄군 (DDS)으로 분류하였다. 그 후 Control군에 air abrasion을 시행한 군을 C-A, IDS군에 air abrasion을 시행한 군을 IDS-A군, DDS군에 air abrasion을 시행한 군을 DDS-A군으로 세분화하였다. Control군과 C-A를 제외한 모든 군은 2주간 Femit를 이용한 임시수복기간을 두었으며 대조군과 실험군 모두 미세인장 결합강도 실험 전 24시간동안 증류수에 보관 후 미세인장 결합강도를 측정하였다. 측정된 미세인장 결합강도는 one-way ANOVA를 이용하여 비교 분석하였으며 유의차가 있는 경우 Scheffe test를 이용한 사후검증을 시행하였다.

결과: 1. 자가부식 상아질 접착제인 Clearfil SE bond를 치아 삭제 직후 상아질 접착을 시행하고 2주간 임시수복 기간을 거친 후 접착제를 재도포하고 복합레진을 수복한 군과 치아삭제 후 2주간의 임시수복기간을 거친 후 상아질 접착을 시행하고 복합레진을 수복한 군 사이에 상아질-레진 간 미세인장 결합강도는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$). 2. 자가부식 상아질 접착제인 Clearfil SE bond를 상아질 접착 시행 전 50 μm 크기의 aluminum oxide particle로 air abrasion 처리하는 것은 상아질-레진 간 미세인장 결합강도에 유의한 영향을 주지 않았다 ($P > .05$). (대한치과보철학회지 2010;48:8-15)

주요단어: 즉시 상아질 봉쇄, 지연 상아질 봉쇄, 자가부식 접착제, air abrasion, 미세인장 결합강도

서론

법랑질-레진-도재 결합을 이용하는 porcelain laminate veneer (PLV)는 높은 심미성과 적은 치질의 삭제라는 큰 장점을 가지며 장기적으로 예지성있는 접착수복방법으로 사용되어 왔다.^{1,3} 1990년대 중반에 들어 상아질 접착에 대한 연구가 활발해 지면서 안정적인 레진-상아질 결합에 대한 임상 및 실험결과가 보고되었고 PLV의 적용범위도 현재 법랑질에 제한되지 않고 상아질 접착에까지 그 적응증이 확대되고 있다. 법랑질에 대한 접착은 산부식을 통한 표면의 미세 다공성 구조에 접착성 단량체가 침투함으로써 이루어지며 접착강도에 있어 임상적으로 신뢰할 만한 수준에 이르렀다. 그러나 상아질은 유기질을 포함하는 상아세관의 미세구조와 상아질의 광화 및 습윤의 정도에 따라 다양한 접착의 양태를 보이기 때문에 아직도 접착강도를 정확히 예측할 수 없는 구조로 남아있다. 치질의 삭제와 상아질의 접착 후 바로 복합레진 등을 수복하는 직접수복물과 달리 PLV는 치질의 삭제 후 인상채득과 임시수복물 과정을 거친 다음 상아질 (법랑질) 및 수복물 접착과정을 거치는 간접수복물

이므로 상아질 노출 후 임시수복물 기간동안에 타액에 의한 오염, 변연부 노출에 의한 과민증과 같은 불편감이 초래될 수 있다는 단점이 있다.

최근 임상에서 많이 이용되는 자가부식 접착제는 상아질 표면의 지나친 건조에 의한 과민증, 과습윤에 의한 상아질 결합강도 저하와 같은 문제점을 줄였으며, 산부식과 이를 세척하는 과정을 생략함으로써 술식의 단순화를 이루었다.⁴ Perdigao와 Lopes는 치아에 대한 이상적인 접착력, 접착 술식의 단순화 그리고 술자의 술식에 대한 낮은 민감도를 보이는 자가부식 접착제의 장점에 대하여 언급하였다.⁵

Paul 등은 간접수복 시 임시수복 기간 중 임시접착제나 타액에 의한 상아질 표면의 오염에 의해 상아질 접착제의 결합강도가 저하될 수 있으며 이를 막기 위한 dual bonding technique의 필요성을 강조하였다.⁶ Dual bonding technique은 임시수복 전에 먼저 상아질 접착제를 도포 및 중합하고 최종 인상을 채득하며 최종 수복물 장착 전에 다시 접착제를 적용한 후 레진시멘트와 접착제를 동시에 중합하는 방법이다. 이로써 최종 인상채득, 임시수복 과정, 최종 시멘트의 접착 과정에서 발생이 가능한 물리

*교신저자: 김선재

135-270 서울시 강남구 도곡동 강남세브란스 치과병원 보철과 02-2019-1340; e-mail, sunjai@yuhs.ac

원고접수일: 2009년 10월 20일 / 원고최종수정일: 2009년 12월 22일 / 원고채택일: 2010년 1월 4일

적 손상, 온도자극으로부터 치수를 보호할 수 있다고 하였다. Magne 등은 dual bonding technique을 사용한 즉시 상아질 봉쇄 (immediate dentin sealing)를 제안하였는데,⁷ 이 술식은 치아를 삭제하고 임시수복 기간을 거친 후 최종 보철물의 장착 시 상아질 접착제를 먼저 광중합하고 레진시멘트를 이용하여 접착하는 전통적인 상아질 봉쇄와 달리 치아 삭제 후 최종 인상채득 전에 상아질 접착제를 도포 및 중합함으로써 임시수복 기간 동안 노출된 상아질로 인한 과민증과 박테리아의 침입을 막을 수 있고 최종 보철물의 합착 시 시멘트의 압력이나 보철물 변연의 간극에 의한 과민증을 예방하며 최종 보철물의 장착 시 부가적인 마취가 필요하지 않아 환자의 고통을 줄여줄 수 있다고 하였다.⁸

즉시 상아질 봉쇄를 제안한 Magne 등은 임시수복물의 제거 후 오염된 표면의 처리를 위해 air abrasion을 시행하였다. 하지만 air abrasion이 상아질-레진 간 결합강도에 미치는 영향에 대해서는 상이한 결과가 보고되고 있다.

Coli 등은 SEM 관찰 결과 air abrasion을 이용하여 상아질 표면의 거칠기를 증가시키는 전처리 과정이 상아질과 접착제면의 결합강도를 증가시킨다고 보고하였다.⁹ 또한 Hannig 등의 연구에서 aluminum oxide air abrasion이 법랑질과 상아질의 표면 거칠기를 증가시키며 이로 접착제면에 대한 composite의 결합을 증가시킨다는 보고가 있었다.¹⁰ 이와는 반대로 Chaves 등은 자가부식 접착제를 사용하기 전 상아질 전처리로서 air abrasion을 이용한 경우 접착강도에 유의할 만한 변화를 보이지 않는다는 보고를 하였다.¹¹

표면 거칠기 이외에 접착제의 두께에 초점을 둔 연구에서 평균 40 μm의 두께를 보이는 자가부식 상아질 접착제의 표면에 aluminum oxide air abrasion 처리를 할 경우 이로 인한 접착제의 삭제량은 평균 12 - 16 μm 정도이지만 그 범위는 0 - 63 μm 정도로 편차가 크다는 보고가 있었다.¹² 비록 기존 연구에서는 평활면이 아닌 와동에서 그 형태에 따른 삭제량의 차이가 크게 나타났으나, 이러한 술식이 상아질과 접착제면의 결합강도에 어떠한 영향을 주게 될지에 대한 의문이 존재한다.

즉시 상아질 봉쇄와 비교하여 지연 상아질 봉쇄 (delayed dentin sealing)의 단점은 상아질 접착제를 최종 수복물의 장착 전에 중합하기 때문에 중합된 상아질 접착제의 두께가 수복물의 불완전한 장착을 일으킬 수 있다는 것이다.⁷ 중합된 상아질 접착제는 접착표면의 형태에 따라 두께의 차이가 발생하며 볼록한 표면에서는 평균 60 - 80 μm, 오목한 표면에서는 200 - 300 μm의 두께를 보인다.^{13,14} 하지만 인레이가 아닌 PLV와 같은 접착면이 편평한 표면에서는 상아질 접착제의 두께는 큰 문제가 되지 않는다.

Magne 등은 즉시 상아질 봉쇄가 수복물 장착 시 상아질 접착제와 레진 시멘트를 같이 합착 후 광중합을 시행하는 기존의 접착 방법에 비해 높은 결합강도를 보인다고 하였다.⁸ 하지만 최종 수복물의 접착 시 임시수복 기간 동안에 오염된 접착제 표면을 처리하기 위해 air abrasion과 같은 부가적인 술식을 필요

로 한다는 단점이 있다.

본 연구의 목적은 술자의 민감도가 떨어진다고 알려진 자가부식 접착제를 이용한 즉시 상아질 봉쇄와 지연 상아질 봉쇄에서 상아질 접착제의 결합강도를 비교하고 즉시 상아질 봉쇄에서 오염된 접착제의 표면처리를 위한 air abrasion이 상아질에 대한 미세 인장 결합강도에 어떠한 영향을 주는지에 대해 평가하는 것이다.

연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

최근에 발거된 상하악 대구치 중 치관부에 우식, 결합 및 수복물이 없는 30개의 대구치를 실험치아로 사용하였다. 본 실험에서 접착제로는 2단계 자가부식 상아질 접착제인 Clearfil SE bond (Kuraray, Okayama, Japan)를 사용하였고 수복용 복합레진으로는 Filtek Z250 (3M ESPE, St Paul, MN, USA)을 사용하였다. 접착제와 복합레진의 중합을 위한 광조사기로는 Satelec Mini LED (Satelec, Bordeaux, France)를 사용하였고 air abrasion unit으로는 RONDOflex (KaVo, Lake Zurich, Ill, Germany), 임시수복제로는 Fermil (Ivoclar Vivadent, Schraan, Liechtenstein)을 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 군분류

최근 1개월 이내에 발거된 상하악 대구치 30개를 초음파 기구와 큐렛을 이용하여 표면에 부착된 연조직과 무기물을 제거한 후 실험 전까지 0.05% thymol 용액에 보관하였다. 주수 하에 model trimmer를 이용하여 각 대구치 교합면의 표층 상아질을 노출시켰다. 추가로 600 grit silicon carbide abrasive paper (DEERFOS, Incheon, Korea)를 이용, 15초간 표면을 연마하여 상아질 표면에 도말층이 균일하게 형성되도록 하였다.

상아질 표면이 노출된 30개의 치아를 무작위로 5개씩 선택하여 상아질 접착의 방법과 air abrasion의 시행 여부에 따라 1개의 대조군과 5개의 실험군으로 분류하였다 (Table I).

2) 치면 처리 및 충전

각 치아의 상아질 표면은 air-water 시린지로 깨끗이 세척하였고 Clearfil SE bond 프라이머를 적용하기 전에 상아질 표면을 air-water 시린지로 건조하였다. Air abrasion이 필요한 군에서는 50

Table I. Means and standard deviations of microtensile bond strength (MPa)

	Control (n = 40)	C-A (n = 40)	DDS (n = 40)	DDS-A (n = 40)	IDS (n = 40)	IDS-A (n = 40)
Mean	47.1	41.5	45.9	40.5	42.8	44.6
SD	9.3	10.3	13.2	14.4	7.9	8.9

(n = number of specimens)

50 μm 의 aluminum oxide particle을 80 psi 압력으로 약 5 mm 거리에서 근심에서 원심, 협측에서 설측으로 교차하며 10초간 적용하였다. 각 군의 상아질 표면에 대한 처리과정은 Fig. 1에 나타내었다.

① Control 군

0.05% thymol 용액에 보관된 치아의 상아질을 노출 시킨 후 즉시 건조시켰다. 상아질 표면에 제조사의 지시대로 Clearfil SE bond 프라이머를 브러쉬를 이용 20초간 적용하고 air 시린지로 건조시켰다. 그 후 Clearfil SE bond 접착제를 브러쉬에 적셔 표면에 도포한 후, air 시린지로 접착제가 표면에 충분히 퍼지도록 하고 광중합기를 이용하여 10초간 광중합 하였다. 복합레진을 1.5 mm 씩 축조하여 40초간 광중합을 하고 이를 4회 반복하여 레진의 높이를 6 mm가 되도록 하였다. 준비된 치아는 미세인장 결합강도 검사 전까지 24 시간 증류수에 보관하였다.

② C-A 군

치아의 상아질을 노출 시킨 후 RONDOflex (KaVo, Lake Zurich, Ill, Germany)을 이용하여 50 μm 의 aluminum oxide particle을 80 psi 압력으로 5 mm 거리에서 근심에서 원심, 협측에서 설측으로 교차하며 10초간 적용하였다. 이후의 접착과정은 Control 군과 동일하게 적용하였다.

③ DDS 군

자연 상아질 봉쇄군으로 치아의 상아질을 노출 시킨 후 임시 수복제 (Fermit, Ivoclar Vivadent, Schraan, Liechtenstein)를 이용하여 상아질 표면을 임시 수복하였다. 임시로 수복된 치아는 2 주간 생리 식염수에 보관하였고, 2 주 후 임시수복제를 제거하였다. 접착제 표면의 오염 잔사를 제거하기 위해 rubber cup과 pumice를 이용하여 10초간 상아질 표면에 적용하고 air water syringe로 15초간 수세하였다. 이후의 접착과정은 Control 군과 동일하게 적용하였다.

④ DDS-A 군

DDS 군과 동일한 방법으로 처리하였으며 임시수복제를 제거한 뒤 상아질 접착 전에 rubber cup과 pumice 대신 RONDOflex (KaVo, Lake Zurich, Ill, Germany)을 이용하여 상아질의 표면 처리를 하였다. 이후의 상아질 접착과정은 Control 군과 동일하다.

⑤ IDS 군

즉시 상아질 봉쇄군으로 치아의 상아질을 노출 시킨 후 Clearfil SE bond 프라이머를 brush를 이용하여 20초간 적용하였고 air시린지로 건조시켰다. 그 후 Clearfil SE bond 접착제를 brush에 적셔 표면에 도포한 뒤, air 시린지로 접착제가 표면에 충분히 퍼지도록 하였고, 10초간 광중합하였다. Petroleum jelly를 접착표면에 도포한 후 Fermit을 이용하여 상아질 표면을 임시 수복하였다. 임시 수복된 치아는 2 주간 생리 식염수에 보관하였고, 그 후 임시수복제를 제거하였다. 접착제 표면의 오염 잔사를 제거하기 위해 rubber cup과 pumice를 이용하여 10초간 상아질 표면에 적용하고 air water syringe로 15초간 수세하였다. 그 후 상아질 표면에 SE bond 접착제를 브러쉬에 적셔 도포한 뒤, air 시린지로 접착제가 충분히 퍼지도록 하였다. 그 후 광중합은 하지 않고 바로 복합레진을 1.5 mm 축조 한 후 함께 10초간 광중합하였다. 이후의 복합레진 축조과정은 Control 군과 동일하다.

⑥ IDS-A 군

실험조건은 IDS 군과 동일하며 임시수복제의 제거 후 오염된 표면을 깨끗이 하기 위해 rubber cup과 pumice 대신 aluminum oxide air abrasion을 사용하였다.

3) 시편의 절단

미세인장 결합강도의 측정을 위해 Low-speed Precision Diamond Saw (Topmet Metsaw-LS, R&B Inc., Daejun, Korea ; 4" Wafering Blade, Allied High Tech Products Inc., Rancho Dominguez, CA, USA)

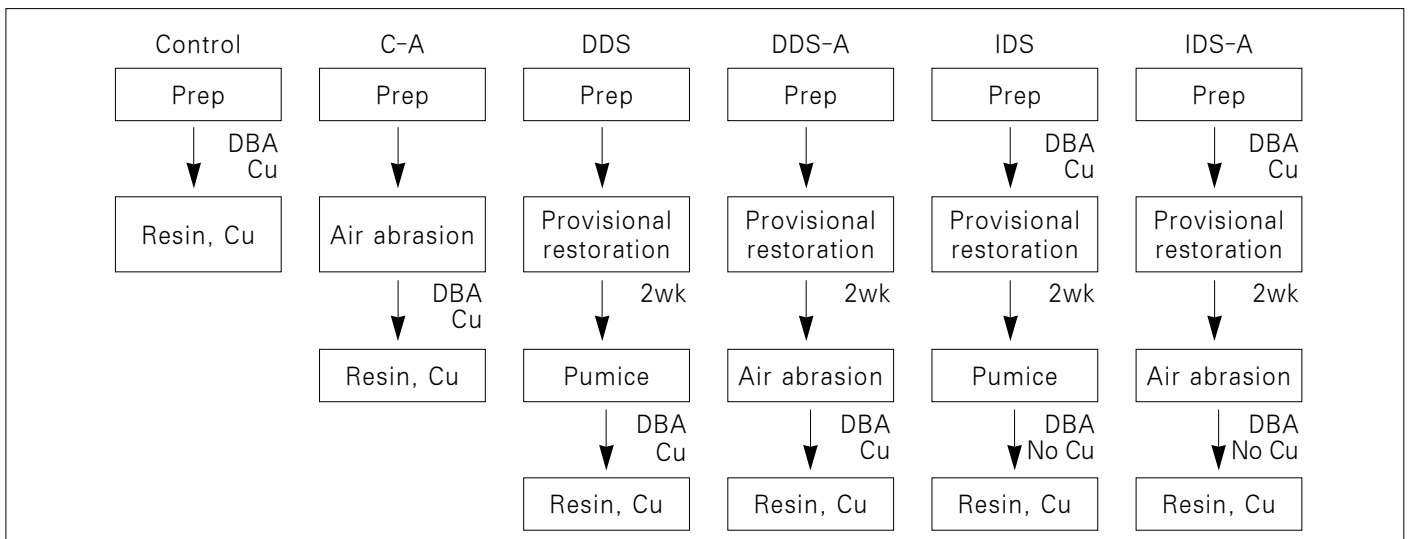


Fig. 1. Flow chart of procedures of each group.

(Prep, preparation; DBA, dentin bonding agent application; Cu, light curing; Resin, composite resin build up)

에 치아를 장착하고 주수 하에서 장축 방향으로 절단하여 단면적 1 mm² (1 mm × 1 mm), 길이 약 10 - 12 mm의 막대 형태 시편을 얻어내었다.

4) 미세인장 결합강도 측정

시편은 표면에 이물질이 묻어 있지 않도록 증류수로 세척한 후 paper towel 위에서 과도한 수분을 제거하고 Microtensile Tester (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)의 test jaw 위에 시편을 올려놓았다. 이 때 시편을 test block key와 평행하게 위치시켜 측방 영향요소가 생기지 않도록 하였으며, cyanoacrylate (Zapit Base, Dental ventures of america inc., Corona, CA, USA)를 시편의 양 끝에 각각 두 방울씩 떨어뜨려 시편의 양끝을 덮은 후, microbrush로 accelerator (Zapit Accelerator, Dental ventures of America inc., Corona, CA, USA)를 Zapit base 위에 소량 적용하였다. 완전히 경화된 후 test block을 microtensile tester에 위치시킨 후 crosshead speed 1 mm/min 로 미세인장 결합강도를 측정하였다. Digital micrometer (ABSOLUTE DIGIMATIC Caliper CD-15CPX, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 각 시편의 가로, 세로 길이를 계측하고 얻은 단면적으로 측정된 미세인장 결합강도를 보정하였다.

5) 파절 양상의 관찰

각 군의 접착계면에서의 파절 양상을 관찰하기 위해 수술용 현미경 (OPMI pico Microscope, Carl zeiss, Germany)을 이용하여 분류하였다. 파절 양상은 접착성 파절 (adhesive failure)에 혼합성 파절 (mixed failure)을 포함시켰으며 응집성 파절 (cohesive failure)은 상아질과 복합레진에서의 파절로 분류하였다.

6) 주사 전자 현미경 관찰

각 군의 표면 상태 및 변화를 관찰하기 위해 총 4개의 시편 (Control군, Con-A군, IDS 군, IDS-A군)을 500 Å의 금도금 후 주사 전자 현미경 (Hitachi S-3000N, Hitachinaka, Japan)으로 1,000배율에서 관찰하였다.

7) 통계분석

자가부식 접착제의 적용 시점과 air abrasion을 이용한 표면처

리에 따른 미세인장 결합강도간의 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 SPSS version 13.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)에서 one way ANOVA를 이용하여 유의수준 5%에서 분석하였으며, 사후 검정은 Scheffé test를 이용하였다.

결과

측정 후 보정된 각 군의 미세인장 결합강도를 Table I에 표시하였으며, 이를 그래프로 Fig. 3에 나타내었다.

전자 주사 현미경 관찰 결과 aluminum oxide air abrasion을 시행한 C-A와 IDS-A에서 상아질 표면의 거칠기가 증가된 양상이 관찰되었으나 (Fig. 4), 상아질에 대한 미세인장 결합강도의 차이를 알아보기 위한 one-way ANOVA 및 Scheffé test를 통한 사후 검증 분석 결과 모든 군에서 통계학적으로 유의할 만한 미세인장 결합강도의 차이는 없었다 (P > .05).

미세인장 결합강도를 측정 후 관찰한 접착계면의 파절 양상은 Table II에 나타내었다. 즉시 상아질 봉쇄군인 IDS와 IDS-A 군은 다른 군보다 많은 접착성 파괴 (adhesive failure) 양상이 관찰되었다. 즉시 상아질 봉쇄군을 제외한 군 중 air abrasion을 시행한 C-A와 DDS-A에서는 각각 Control과 DDS에 비해 더 많은 접착성 파괴 양상이 관찰되었다. 하지만 IDS와 IDS-A를 비교 시 접착성 파괴 시편의 수는 air abrasion을 시행한 IDS-A에서 보다 많이 관찰되었다.

Fig. 4A는 600 grit silicon carbide abrasive paper로 처리한 시편으로 표면에 사선방향의 규칙적인 결합이 관찰되고 도말층이 균일하게 분포되어 상아세관이 폐쇄되어 있는 모습을 보이고 있다. Fig. 4B는 air abrasion을 시행한 상아질 표면으로 Fig. 4A에 비해 거친 표면 형태를 보이고 도말층의 존재와 함께 상아세관이 폐쇄되어 있는 모습이다. Fig. 4C는 즉시 상아질 봉쇄군인 IDS 군의 시편으로 접착제의 표면에 pumice에 의한 불규칙적인 결합이 관찰된다. Fig. 4D는 IDS 2W-A 시편으로 air abrasion에 의해 접착제의 표면 거칠기가 증가되어 있는 모습이며 역시 상아세관은 관찰되지 않았다.

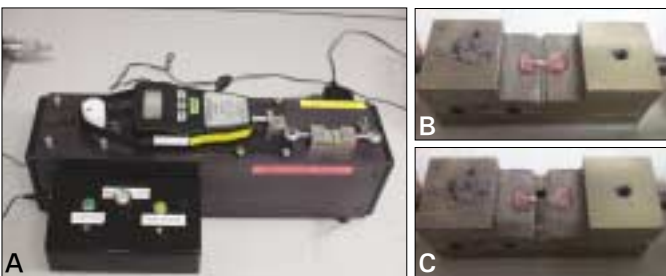


Fig. 2. Microtensile test.

A, microtensile tester; B, before the test; C, after the test

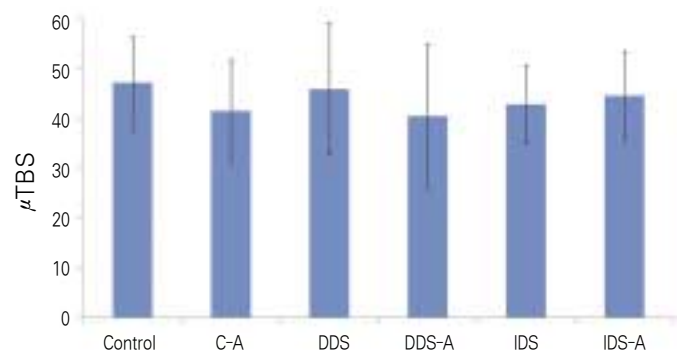


Fig. 3. Microtensile bond strength (MPa) of each group.

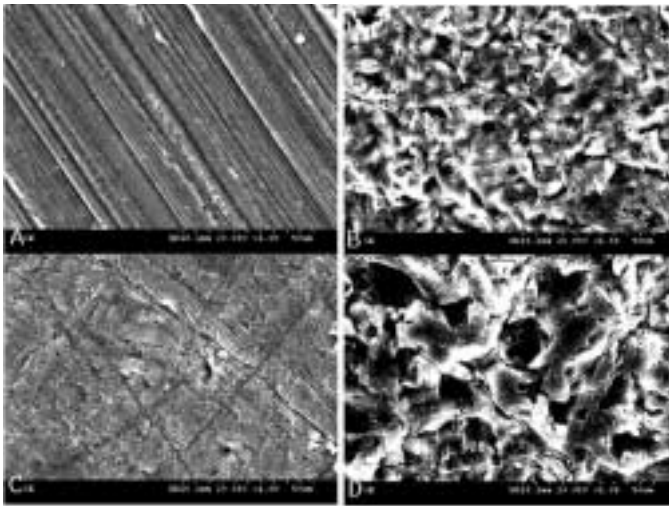


Fig. 4. SEM illustrating surface of each specimen.

(A, Control; B, C-A; C, IDS; D, IDS-A; magnification × 1,000)

Table II. Failure mode analysis of tested specimens (%)

Failure type	Control (n = 40)	C-A (n = 40)	DDS (n = 40)	DDS-A (n = 40)	IDS (n = 40)	IDS-A (n = 40)
Adhesive	50	80	62.5	72.5	90	82.5
Cohesive in resin	10	7.5	10	5	0	2.5
Cohesive in dentin	40	12.5	27.5	22.5	10	15

(n = number of specimens)

고찰

본 연구에서는 자가부식 상아질 접착제인 Clearfil SE bond를 이용하여 즉시 상아질 봉쇄와 지연상아질 봉쇄에서의 미세인장 결합강도를 비교 평가하였고, 자가부식 접착제를 이용한 상아질 접착 시 air abrasion이 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 aluminum oxide particle를 이용하였다. 임시 수복물을 제작하기 전 상아질 접착제의 표면에 petroleum jelly를 도포하였고 이를 pumice와 air abrasion을 이용하여 제거하였다. 사용된 petroleum jelly는 상아질에 대한 결합강도에 영향을 미치지 않으며,^{8,17} 본 연구의 Control 군과 DDS 군, Control-A 군과 DDS-A 군의 비교에서도 petroleum jelly가 상아질에 대한 결합강도에 영향을 주지 않았다. 임상에서의 상황을 재현하기 위해 지연 상아질 봉쇄군과 즉시 상아질 봉쇄군에서 임시수복물을 제거한 후 aluminum oxide particle를 이용한 air abrasion을 시행하였다. 그 결과 즉시 상아질 봉쇄와 지연상아질 봉쇄의 미세인장 결합강도는 차이는 없었으며 air abrasion을 이용한 표면처리도 미세인장 결합강도에 영향을 주지 않았다.

Air abrasion은 임상에서 다양한 이점을 바탕으로 광범위하게 사용되고 있다.¹⁵ Air abrasion의 적용은 상아질 표면의 거칠기를 증가시키고 상아질 표면의 오염물질을 적은 고통으로 비교적

손쉽게 제거해 준다. Coli 등은 상아질 표면의 거칠기 증가는 상아질과 레진의 결합강도에 긍정적인 영향을 준다고 하였다.⁹ 하지만 Oliveira 등은 SE bond의 적용에 앞서 상아질 전처리로 aluminum oxide의 사용이 상아질에 대한 composite의 접착강도에는 영향을 주지 않는다고 보고하였고,¹⁶ Chaves 등도 자가부식 접착제의 사용에 있어 aluminum oxide를 이용한 상아질 전처리는 결합강도에 영향을 주지 않는다는 결과를 보고한바 있다.¹¹ 본 연구에서도 상아질에 대한 aluminum oxide air abrasion의 적용이 composite의 상아질에 대한 결합강도에 유의한 차이를 발생시키진 않았다. 하지만 air abrasion을 적용한 C-A 군과 DDS-A 군에서 Control 군과 DDS 군에 비해 유의하지는 않으나 낮은 결합강도가 나타났고 파절양상의 관찰에서 air abrasion을 시행한 군의 접착성 파괴 양상이 조금 더 많이 관찰되었다. 반면 즉시 상아질 봉쇄군인 IDS와 IDS-A에서는 비슷한 정도의 접착성 파절양상이 관찰되었는데 이는 air abrasion의 시행 전 상아질 표면에 존재하는 접착제가 SEM 관찰결과와 같이 air abrasion에 의해 형태적 변화가 일어났지만 상아질에 대한 접착제의 결합강도에는 변화가 없었기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구와 air abrasion이 결합강도에 영향을 준 다른 연구들을 비교 시 그 결과에 차이가 나타나는 원인으로서는 air abrasion unit에 사용된 aluminum particle의 크기, air abrasion의 분사압력, 적용거리, 지속시간, 사용된 상아질 접착제의 성질 등을 생각해볼 수 있다. 본 연구에서는 제조사의 지시대로 임상에서 가장 많이 사용되는 압력 (80 psi)과 거리 (5 mm)를 이용하였고 particle size 50 μm의 aluminum oxide를 사용하였다. 여러 연구에서 사용된 다양한 실험조건들은 매우 다양하며 그 결과에 큰 영향을 주지는 않았고,^{11,12,16} 이를 근거로 제조사의 지시 안에서 이루어진 조건이라면 air abrasion 적용방법의 차이는 큰 의미가 없다고 생각된다.

결합강도의 증가에 air abrasion이 긍정적인 영향을 준다는 Coli의 연구에서 상아질 접착제로는 산부식수세 접착제인 All bond 2 (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)가 사용되었다. Oliveira의 연구에서는 자가부식 접착제인 Clearfil SE bond (Kuraray, Okayama, Japan)가 사용되었고 상아질에 대한 결합강도가 air abrasion의 적용 전후를 비교 시 유의할 만한 차이를 보이지 않았다. 하지만 동 실험에서 Unifil bond (GC Corp. Tokyo, Japan)를 상아질 접착제로 사용한 경우에는 상아질에 대한 결합강도가 air abrasion 적용 후 유의하게 증가하였다고 보고하였다.¹⁶ 이러한 결합강도의 차이는 상아질 접착 시스템의 성분에 의해 발생하는 것으로 생각된다. SE bond primer의 산도는 pH = 2.0이고 Unifil bond primer의 산도는 pH = 2.2이다. 이러한 산도의 차이는 도말층에 대한 침투능력에 차이를 발생시키며 상아질에 대한 결합강도에 영향을 줄 수 있다. 또한 프라이머나 접착제에 포함되어 있는 기능성 모노머와 같이 상아질 접착제의 성분 차이에 의해서도 결합강도에 영향을 줄 수 있다. 자가부식 접착 시스템 사이에도 air abrasion에 의한 결합강도의 차이가 발생하는 것을 근거로 air abrasion에 의한 표면의 거칠기보다 상아질 접착제의

성분 및 기전에 의해 이러한 결합강도의 차이가 발생하는 것으로 생각되며 이에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

Stavridakis는 즉시 상아질 봉쇄에서 상아질 접착제 표면의 오염을 제거하기 위해 air abrasion을 이용한 실험을 하였다. 이 실험에서 그는 air abrasion이 상아질 접착제를 완전히 제거하지는 못하며 상아질에 대한 결합강도를 떨어뜨리지 않는다는 결과를 보고하였다.¹² 본 연구에서도 즉시 상아질 봉쇄군 중 air abrasion을 시행한 IDS 2W-A가 자연 상아질 봉쇄군 중 air abrasion을 시행한 DDS 2W-A와 상아질 결합강도에서 유의한 차이를 보이지 않아 같은 결과를 보였다.

즉시 상아질 봉쇄군에서 최종 수복 전에 pumice로 상아질 표면을 세척한 IDS 2W 군은 aluminum oxide air abrasion을 이용한 IDS 2W-A 군과 결합강도에서 유의한 차이를 보이지 않았는데 상아질 접착제의 오염을 제거하기 위한 두 가지 방법 모두 상아질 결합강도에 유의한 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

Stavridakis 등의 연구에서 Optibond FL (Kerr, Orange, CA, USA)의 접착제 두께는 보철물 변연부에 103 μm 정도를 보였으며 이를 근거로 Magne 등은 즉시 상아질 봉쇄에서는 최종 인상 전에 상아질 접착제를 적용하고 중합시킴으로써 최종 보철물의 장착 시 보철물 변연부에서 상아질 접착제의 두께에 의한 보철물의 부정확한 적합을 예방할 수 있다고 주장하였다.^{12,17,18} 하지만 Stavridakis의 연구 모델은 인레이 및 온레이 보철물에 대한 모델이었으며 porcelain laminate veneer와 같은 보철물 변연의 깊이가 적은 모델이 아니었다. 따라서 임상에서 최종보철물의 종류와 형태에 따라 즉시 상아질 봉쇄의 장점은 시간과 비용이라는 측면에서 그 의미가 퇴색될 수 있다.

즉시 상아질 봉쇄군에서 최종 수복 시 상아질 접착제를 레진과 같이 중합시킬 경우 접착레진의 두께로 인한 팽창의 방해와 레진의 중합 수축이 발생하고 이로 인하여 상아질 접착제와 접착레진 사이에 간극이 발생한다는 보고가 있다.^{18,19} 이러한 간극은 단기적으로는 결합강도의 차이를 발생시키지 않더라도 장기적으로는 상아질 접착에 불리한 요소로 작용할 수 있다.

본 연구에서 즉시 상아질 봉쇄군인 IDS와 IDS-A는 Control 군과 미세인장 결합강도에서 차이를 보이지 않았다. 이를 근거로 접착제의 free radical에 의한 접착제간의 결합강도는 2 주 후에도 유지가 된 것을 알 수 있었다. 본 실험과 동일한 접착제를 사용한 즉시 상아질 봉쇄에 대한 연구에서 Magne 등은 즉시 상아질 봉쇄 시행 12 주 후에도 접착제의 free radical에 의해 결합강도가 유지 된다고 하였다.⁸ 하지만 Magne의 실험에서 사용된 air abrasion에는 표면에 실리카 층을 형성해 주는 Cojet (3M ESPE, St Paul, MN, USA)이 포함되어 있어 그 결과의 신뢰도가 떨어진 다. 즉시 상아질 봉쇄와 air abrasion에 대한 장기간의 연구는 아직 부족하며 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

즉시 상아질 봉쇄가 상아질 표면의 오염을 방지하고 술 후 과민증의 발생을 예방하며 상아질 접착 과정에서 혼성층의 함몰을 억제함으로써 비교적 안정된 결합강도를 제공하지만 도

재-레진-상아질의 장기간 결합강도에 대한 연구가 미흡하고 미세인장 결합강도가 자연 상아질 봉쇄와 차이를 보이지 않으며 술식이 복잡하고 부가적인 장비와 재료가 필요함을 감안할 때 즉시 상아질 봉쇄에 대한 임상적인 이점은 크지 않다고 생각된다. 상아질 전처리로써의 air abrasion 역시 환자의 통증을 줄여주고 술자의 편의성을 도모하는 장점이 있으나 자가부식 상아질 접착제인 Clearfil SE bond에 적용하는 경우 상아질의 결합강도와 관련된 장점은 크지 않다고 생각된다.

결론

이 연구에서 2 단계 자가부식 접착제인 Clearfil SE bond를 이용하여 즉시 상아질 봉쇄와 자연상아질 봉쇄의 미세인장 결합강도 차이를 비교하였으며 간접수복 방식에서 상아질 표면의 오염을 제거하기 위해 사용되는 air abrasion이 미세인장 결합강도에 어떠한 영향을 주는지 알아보려고 하였다. 이와 같은 일련의 연구 과정을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

자가부식 상아질 접착제인 Clearfil SE bond를

1. 치아 삭제 직후 상아질 접착을 시행하고 2 주간 임시수복 기간을 거친 후 접착제를 재도포하고 복합레진을 수복한 군과 치아삭제 후 2 주간의 임시수복기간을 거친 후 상아질 접착을 시행하고 복합레진을 수복한 군 사이에 상아질-레진 간 미세인장 결합강도는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$).
2. 상아질 접착 시행 전 50 μm 크기의 aluminum oxide particle로 air abrasion 처리하는 것은 상아질-레진 간 미세인장 결합강도에 유의한 영향을 주지 않았다 ($P > .05$).

참고문헌

1. Belser UC, Magne P, Magne M. Ceramic laminate veneers: continuous evolution of indications. *J Esthet Dent* 1997;9:197-207.
2. Gürel G. Porcelain laminate veneers: minimal tooth preparation by design. *Dent Clin North Am* 2007;51:419-31.
3. Giachetti L, Bertini F, Bambi C. An 8-year follow-up of a fractured endodontically treated incisor restored with a modified laminate veneer. *Dent Traumatol* 2008;24:104-7.
4. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215-35.
5. Perdigão J, Lopes M. Dentin bonding—questions for the new millennium. *J Adhes Dent* 1999;1:191-209.
6. Paul SJ, Schäfer P. The dual bonding technique: a modified method to improve adhesive luting procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:536-45.
7. Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J Esthet Restor Dent* 2005;17:144-54; discussion 155.
8. Magne P, So WS, Cascione D. Immediate dentin sealing supports

- delayed restoration placement. *J Prosthet Dent* 2007;98:166-74.
9. Coli P, Alaeddin S, Wennerberg A, Karlsson S. *In vitro* dentin pretreatment: surface roughness and adhesive shear bond strength. *Eur J Oral Sci* 1999;107:400-13.
 10. Hannig M, Fenerling T. Influence of air-abrasion treatment on the interfacial bond between composite and dentin. *Oper Dent* 1998;23:258-65.
 11. Chaves P, Giannini M, Ambrosano GM. Influence of smear layer pretreatments on bond strength to dentin. *J Adhes Dent* 2002;4:191-6.
 12. Stavridakis MM, Krejci I, Magne P. Immediate dentin sealing of onlay preparations: thickness of pre-cured Dentin Bonding Agent and effect of surface cleaning. *Oper Dent* 2005;30:747-57.
 13. Magne P, Douglas WH. Porcelain veneers: dentin bonding optimization and biomimetic recovery of the crown. *Int J Prosthodont* 1999;12:111-21.
 14. Pashley EL, Comer RW, Simpson MD, Horner JA, Pashley DH, Caughman WF. Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Oper Dent* 1992;17:13-20.
 15. Goldstein RE, Parkins FM. Air-abrasive technology: its new role in restorative dentistry. *J Am Dent Assoc* 1994;125:551-7.
 16. de Oliveira MT, de Freitas PM, de Paula Eduardo C, Ambrosano GM, Giannini M. Influence of Diamond Sono-Abrasion, Air-Abrasion and Er:YAG Laser Irradiation on Bonding of Different Adhesive Systems to Dentin. *Eur J Dent* 2007;1:158-66.
 17. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2005;94:511-9.
 18. Magne P, Douglas WH. Porcelain veneers: dentin bonding optimization and biomimetic recovery of the crown. *Int J Prosthodont* 1999;12:111-21.
 19. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Variability in microleakage observed in a total-etch wet-bonding technique under different handling conditions. *J Dent Res* 1995;74:1168-78.

Influence of air abrasion and different dentin sealing techniques on microtensile bond strength to dentin

Dong-Ho Kang^{1,3}, DDS, MSD, Chong-Hyun Han^{1,3}, DDS, MSD, PhD, Jung-Won Park², DDS, MSD, PhD, Sunjai Kim^{1,3*}, DDS, MSD, PhD

¹Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

²Department of Conservative Dentistry, ³Department of Prosthodontics, Dental Hospital, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the effect of various methods of dentin bonding agent application and air abrasion pretreatment on microtensile bond strength between dentin and resin, using a self-etching adhesive system. **Material and methods:** Thirty freshly extracted human molars were obtained and divided into 6 groups of 5 teeth. A 2-step self etching adhesive system (Clearfil SE Bond) was used for all groups. The control specimens were prepared using a direct immediate bonding technique. The delayed dentin sealing specimens were prepared using an indirect approach without dentin prebonding. The immediate dentin sealing specimens were prepared using dentin prebonding immediately following preparation. Immediate dentin sealing teeth and delayed dentin sealing teeth had provisional restorations using Fermit for two weeks. Then all specimens of each group were divided into two groups of three, depending on air abrasion pretreatment. Composite "crowns" were incrementally built on and specimens were stored in water for 24 hours. All teeth were prepared for a microtensile bond strength test. Bond strength data were analyzed with a one-way ANOVA test, and post hoc comparison was done using the Scheffe's test. **Results:** The mean microtensile bond strengths of all groups were not statistically different from each other. **Conclusion:** When preparing teeth for indirect restorations, IDS and DDS with Clearfil SE bond, have no difference on the microtensile bond strength between dentin and resin. Air abrasion pretreatment did not affect the microtensile bond strength when using IDS and DDS with Clearfil SE bond. (*J Korean Acad Prosthodont 2010;48:8-15*)

Key words: Immediate dentin sealing, Delayed dentin sealing, Clearfil SE bond, Microtensile bond strength

*Corresponding Author: Sunjai Kim

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 134 Sinchon-dong, Seodamun-gu, Seoul, 120-749, Korea

+82 2 2019 1340: e-mail, sunjai@yuhs.ac

Article history

Received October 20, 2009/ Last Revision December 22, 2009/ Accepted January 4, 2010