

2007년 2월

박사학위논문

2단계 산부식형 접착제와
이중중합형 복합레진의 적합성에
대한 접착레진의 효과

조선대학교 대학원

치 의 공 학 과

김 중 진

2단계 산부식형 접착제와
이중중합형 복합레진의 적합성에
대한 접착레진의 효과

*Effect of the intermediate bonding resin
on the compatibility of two-step total-etching
adhesives with dual cure composite resin*

2007년 2월 일

조선대학교 대학원

치 의 공 학 과

김 종 진

2단계 산부식형 접착제와
이중중합형 복합레진의 적합성에
대한 접착레진의 효과

지도교수 조 영 곤

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함.

2006년 12월 일

조선대학교 대학원

치 의 공 학 과

김 종 진

김종진의 박사학위 논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 김 동 기 인

위 원 경희대학교 교수 최 경 규 인

위 원 조선대학교 교수 박 주 철 인

위 원 조선대학교 교수 고 영 무 인

위 원 조선대학교 교수 조 영 곤 인

2006년 12월 일

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	4
I. 서 론	6
II. 실험재료 및 방법	9
III. 실험결과	14
IV. 총괄 및 고찰	17
V. 결 론	22
참고문헌	23

표 목 차

Table 1. Compositions of the two-step single-bottle adhesives and activators used in this study. -----	10
Table 2. Classification of the experimental groups. -----	11
Table 3. Instruction for two-step single-bottle adhesives and dual cure activators. -----	12
Table 4. Microshear bond strength(Mpa) in each experimental group. -----	15

도 목 차

Fig. 1. Bar chart showing the Microshear bond strength of each experimental group. -----	15
Fig. 2, 3. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in ON. -----	27
Fig. 4, 5. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in OA. -----	27
Fig. 6, 7. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in OB. -----	27
Fig. 8, 9. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in NN. -----	28
Fig. 10, 11. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in NA. -----	28
Fig. 12, 13. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in NB. -----	28
Fig. 14, 15. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in EN. -----	29
Fig. 16, 17. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in EA. -----	29
Fig. 18, 19. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in EB. -----	29
Fig. 20. Dual cure activators used in this study. -----	30
a. Optibond solo plus activator b. Prime&Bond NT self cure activator	
c. Exite DSC	

ABSTRACT

Effect of the intermediate bonding resin on the compatibility of two-step total-etching adhesives with dual cure composite resin

Jong-Jin Kim, D.D.S., M.S.D.

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

Department of Dentistry

Graduate School, Chosun university

This study was performed to investigate the effect of intermediate bonding resin used to overcome the incompatibility of two-step total-etching adhesives with dual cure composite resin.

Two methods for overcoming incompatibility were investigated : Dual cure activators (Optibond solo plus Activator, Prime&Bond NT Self cure activator, Exite DSC), additional application of the intermediate bonding resin layer(D/E resin). Three two-step total-etching adhesives (Optibond solo plus, Prime&Bond NT, Exite) were used for the adhesion of the dual cure composite resin (MultiCore Flow). Dual cure composite resin was polymerized with a delayed light-activation mode.

Nine groups were tested: 1)ON (Optibond solo plus), 2)OA (Optibond solo plus and activator), 3)OB (Optibond solo plus and bonding resin), 4)NN (Prime&Bond NT), 5)NA (Prime&Bond NT and activator), 6)NB (Prime&Bond NT and bonding resin), 7)EN (Exite), 8)EA (Exite DSC), 9)EB (Exite and bonding resin).

Human molar were sectioned to exposed the occlusal dentinal surfaces of crown with Isomet Low Speed Saw and slabs of 1.2mm thick were made.

Each two-step total-etching adhesives were applied on dentinal surfaces as a instruction of manufacturer and dual-cure composite resin was placed on the dentinal surface using Tygon tubes.

Microshear bond strength was tested at a crosshead speed of 1.0 mm/min. The data were statistically compared using two-way ANOVA, Tukey HSD test. Also fractured interfaces were examined under SEM examination.

The results from this study were as follows:

1. In comparison among groups using Optibond solo plus, μ SBS of the OA group was lower than that of the ON, OB group ($p < 0.05$) and the OB group was measured with the highest bond strength ($p < 0.05$).
2. In comparison among groups using Prime&Bond NT, μ SBS of the NA group was lower than that of the NN group but it was not statistically significant ($p > 0.05$) and the NB group was measured with the highest bond strength ($p < 0.05$).
3. In comparison among groups using Exite, μ SBS of the EA group was higher than that of the EN group ($p < 0.05$). The μ SBS of the EB group was the highest bond strength ($p < 0.05$).
4. In fractured interfaces of the ON, EN group, a large cluster of globular voids representing incompatibility were examined. In the OB, NB, EA, and EB group, no voids were examined and mixed failure of the dual cure composites occurred predominantly.

Because of the incompatibility between adhesives and composites, adhesives must be selected carefully when core was restored by dual cure or self cure composites. Dual cure activators used on purpose to overcome the incompatibility showed mostly ineffective but, the intermediate bonding resin layer was effective to improved bond strength of two-step total-etching adhesives with dual-cure composite resin.

I. 서론

복합레진 코어재는 광중합형, 자가중합형, 그리고 이중중합형의 다양한 중합방법을 취한다. 광중합형 복합레진은 저장의 안정성, 충분한 작업시간, 전환율의 증가, 기포함입의 감소, 그리고 강화된 물리적 성질 등의 여러 가지 장점들을 가지기 때문에 자가중합형이나 이중중합형 복합레진보다 직접 수복물에서 더 많이 사용되고 있다^{1,2)}. 그러나, 자가중합형과 이중중합형 복합레진은 보다 긴 젤화 시간으로 중합 시 발생하는 수축응력이 완화되기 때문에 적층없이 대량으로 사용할 수 있는 장점을 가져 코어재로 쉽게 사용할 수 있다^{3,4)}. 또한 광원 없이 자가중합이 가능하므로 이들은 빛이 도달하기 힘든 간접수복물이나 포스트 하방에서 접착시멘트로도 많이 쓰인다.

복합레진을 위한 접착시스템은 다단계 시스템에서 술식의 단순화 쪽으로 개선이 이루어졌고, 술식이 번거롭지 않아 술자가 손쉽게 사용할 수 있는 단순화된 접착 시스템으로 대체되어가고 있다. 전통적인 다단계 접착시스템은 산부식, 프라이밍, 접착제 적용이 독립된 세 단계로 분리되어 있고, 단순화된 접착시스템은 산부식과 프라이밍이 통합되고 접착제 적용이 분리된 2단계 자가 산부식 시스템(two-step self-etching system), 분리된 산부식 후 프라이밍과 접착제 적용이 통합된 2단계 산부식 시스템(two-step total etching system), 그리고 이 세 과정이 하나로 통합된 단일 단계 시스템(one-step system, all-in-one system)으로 나뉘어 진다. 이런 다양한 접착시스템 간에는 화학적 조성에 큰 차이가 있기 때문에 제조회사의 지시사항이나 제품에 대한 특성을 올바르게 이해하지 못하고 사용했을 때 복합레진과의 접착에서 부적합성(incompatibility)을 초래할 수 있다. 실제로 일부 단순화된 접착시스템과 자가중합형, 이중중합형 복합레진 코어재간의 부적합성이 보고되고 있다⁵⁻¹¹⁾.

자가중합형 복합레진의 중합 시스템은 과산화물과 삼차 아민으로 구성된 이원화된 산화환원반응 촉매 시스템이며, 단순화된 접착시스템은 친수성을 높이고, 자가부식 기능을 갖도록 산성의 레진 단량체를 사용하고 있는데, 삼차 아민과 산성 단량체간의 부적절한 화학반응이 부적합성의 원인이 된다⁴⁻⁹⁾. 자가중합형 복합레

진의 삼차 아민은 접착제 표면의 oxygen inhibition layer내의 중합되지 못한 산성 단량체와 산-염기 반응에 의해 더 쉽게 반응한다. 따라서 산성 단량체와 반응한 삼차 아민은 고갈되어 중합에 기여하지 못하고 접착제와 수복재간의 부적합성을 초래하고 결국 수복물의 탈락으로 이어진다고 보여진다. 실제로 Sanares 등¹¹⁾은 산성 레진 단량체에 의해 자가중합형 복합레진의 접착면에 미세한 다공성의 억제층이 형성된 것을 보고하였다.

이런 부적합성을 극복하기 위해 삼원화된 산화환원반응 촉매 시스템이 소개되었고, 단일병 접착제에서 사용되고 있다¹²⁾. 삼원화된 산화환원반응 촉매 시스템에서는 산화환원반응을 위해 aromatic sulphinic acid의 sodium salts를 사용하는데, 단일병 접착제에서는 다른 병에 이를 첨가해 dual cure activator라는 이름으로 별도로 시판하고 있다. Optibond solo plus Activator (Kerr, Orange, CA, USA), Prime&Bond NT의 Self cure activator (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA), Exite DSC (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) 등이 이에 해당한다. 이들은 프라이머와 혼합해서 사용되며 접착제의 이중중합을 가능하게 하고, 자가중합형 복합레진의 접착을 돕는다.

부적합성의 또 다른 기여요인은 형성된 접착제 층이 투과성 막으로 작용한다는 점이다¹³⁻¹⁹⁾. 이는 자가중합형 복합레진이 서서히 중합되는 동안이나 광중합형 복합레진이 지연중합될 때 상아세관액이 접착제 층을 뚫고 복합레진과 접착제사이의 계면에 water blister를 형성하여 접착을 방해하는 것을 말한다. 이런 유체의 이동은 상아질 내의 수분에 의한 것이기도 하지만 습윤접착을 위해 과도하게 남긴 수분 (overwetting)이나 접착층에 잔류하는 용매와도 관련되어 있다^{20,21)}. 특히 친수성인 프라이머가 소수성인 접착제에 혼합된 단일병 접착제나, 단일 단계 접착제를 사용한 경우에 접착층은 투과성이 높기 때문에 이런 현상이 더 심하고, 여기에 잘못된 시술로 인한 잔존 용매나 수분이 많아질 때 더욱 촉진된다. 더욱이 잔존하는 물은 레진의 중합을 방해해 혼성층의 질을 떨어뜨리고 접착층을 약화시킨다^{22,23)}.

이처럼 단일병 접착제가 자가중합형, 이중중합형 복합레진과 함께 사용될 때 산성 단량체와의 부적절한 화학반응, 그리고 중합되는 동안 접착제 층의 투과성으로 인한 접착계면의 water blister 형성을 통해 두 재료 간의 부적합성이 발생한다.

하지만, intermediate bonding resin을 사용하는 다단계 접착제나 2단계 자가 산부식 접착제에서 이런 현상은 심하지 않고 부적합성도 보고되지 않는다^{24,25)}.

이 연구의 목적은 단일병 접착제 사용 시 intermediate bonding resin의 추가적인 적용이 이중중합형 복합레진과의 부적합성 개선에 미치는 효과를 dual cure activator의 사용과 비교 평가하는 것이다. 이에 부적합성이 보고된 세 가지 단일병 접착제에 각각의 dual cure activator를 사용하거나, intermediate bonding resin을 추가로 적용해 이중중합형 복합레진 코어재를 접착시킨 후 미세전단 결합강도 측정과 주사전자 현미경 관찰을 통해 부적합성의 개선에 미치는 영향을 평가하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치관부 우식증이나 수복물 및 미세한 금이 없는 최근에 발거한 상, 하악 대구치를 실험치아로 사용하였다.

접착제는 2 단계 산부식 접착제 (two-step total-etching system)인 Optibond solo plus, Prime&Bond NT, Exite를 사용하였고, 각각의 dual cure activator로 Optibond solo plus Activator, Prime&Bond NT의 Self cure activator, Exite DSC를 사용하였다 (Table 1, Fig. 20). 그리고 D/E resin (Bisco, Schumburg, USA)을 intermediate bonding resin으로 적용하였다 (Table 1). 이중중합형 복합 레진으로는 MultiCore Flow (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)를 사용하였다. 접착제와 복합레진의 중합을 위한 광조사기는 500 mW/cm²의 Spectrum 800 (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA)을 사용하였다.

Table 1. Compositions of the two-step total-etching adhesives and activators used in this study.

Adhesive (manufacturer)	Component	Lot number
Optibond solo plus (Kerr, Orange, CA, USA)	<u>Etchant</u> : 37% Phosphoric acid	31297
	<u>Adhesives</u>	
	: Bis-GMA, HEMA, GDM, GPDM, Etanol, Silicon dioxide	417376
Prime&Bond NT (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA)	<u>Activator</u>	416975
	: BSA, Etanol, Bis-GMA, HEMA	
	<u>Etchant</u> : 34% Phosphoric acid	0407151
Exite (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)	<u>Adhesives</u>	0507000015
	: Di- and Trimethacrylate resins, PENTA, Acetone, Silicone dioxide	
	<u>Activator</u>	050604
D/E resin (Bisco, Schumburg, USA)	: Aromatic Sodium Sulfinate, Acetone, Etanol	
	<u>Etchant</u> : 37% Phosphoric acid	F51944
	<u>Adhesives</u>	
D/E resin (Bisco, Schumburg, USA)	: HEMA, dimethacrylates, phosphonic acid acrylate, Etanol, Silicone dioxide	J01968
	<u>Activator</u>	J03640
	: Brush is coated with initiators.	

Bis-GMA (Bisphenol A diglycidylmethacrylate), HEMA (2-Hydroxyethyl methacrylate), GDM (Glycerol dimethacrylate), GPDM (Glycerol phosphate dimethacrylate), BSA (Benzen sulphonic acid sodium salts), PENTA (Dipentaerythritol penta acrylate monophosphate), UDMA (Urethane dimethacrylate)

2. 실험방법

(1) 군분류

실험군은 먼저 3가지 종류의 2단계 산부식 접착제에 따라 분류한 후 (O: Optibond solo plus, N: Prime&Bond NT, E: Exite), 각각의 2단계 산부식 접착제 군 내에 2단계 산부식 접착제만을 사용한 군 (N), dual cure activator를 함께 사용한 군 (A), 2단계 산부식 접착제 위에 추가로 intermediate bonding resin을 적용한 군 (B)으로 나누어 총 9개 군으로 분류하였다 (Table 2).

Table 2. Classification of the experimental groups.

Group	Adhesive	Activator or bonding resin
ON		None
OA	Optibond solo plus	Activator
OB		Bonding resin
NN		None
NA	Prime&Bond NT	Activator
NB		Bonding resin
EN		None
EA	Exite	Activator
EB		Bonding resin

(2) 시편제작

(가) 치아형성

발거된 대구치의 치근을 고속용 다이아몬드 버를 이용해 절단한 후, 레진블록에 고정하였다. 주수 하에서 Isomet Low speed saw (Buehler, Lake Bluff, USA)를 이용하여 교합면측 상아법랑경계 직하방을 편평하게 절단한 후, 상아질 시편의 두께가 1.2 mm가 되도록 절단하였다. 상아질 표면을 320-grit silicone carbide paper로 연마하여 표준 도말층을 형성하였다.

(나) 복합레진의 접착

3가지 종류의 2단계 산부식 접착제와 각각의 dual cure activator를 제조사의 지시에 따라 치아표면에 적용하고 20초간 광조사 하였다 (Table 3). Intermediate bonding resin을 사용한 시편은 3가지 종류의 2단계 산부식 접착제를 각각 적용한 후 20초간 광조사하고, 형성된 접착층 상방에 D/E resin을 도포한 후 air syringe 로 가볍게 불어 표면에 충분히 퍼지도록 한 후 다시 20초간 광조사 하였다.

이중중합형 복합레진은 MultiCore Flow (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)를 사용하였다. 먼저 접착제가 적용된 상아질 표면 위에 내경 0.5 mm, 높이 1 mm의 Tygon tube (Saint-Gobain Performance Plastic Co., USA)를 위치시키고, MultiCore Flow의 base와 catalyst를 automix tip을 이용해 혼합한 후, 충전하였다.

지연중합 상황을 재현하기 위해 이중중합형 복합레진으로 충전된 모든 시편을

30분간 절대 암실에 보관한 후 완전한 중합을 위해 다시 40초간 광조사 하였다. 제작된 시편은 37℃ 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

Table 3. Instruction for two-step total-etching adhesives and dual cure activators.

Adhesive	Procedure
Optibond solo plus (Kerr, Orange, CA, USA)	1.Etch for 15sec 2.Rinse throughly for 15-20sec 3.Gently air dry for 5sec, do not desiccate 4.Shake Optibond solo plus bottle 5.Dispense one drop of Optibond solo plus and one drop of Optibond solo plus activator, mix for 3sec 6.Apply mixture for 15sec 7.Air thin for 3sec 8.Light cure for 20sec
Prime&Bond NT (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA)	1.Etch for 15sec 2.Rinse throughly for 10sec 3.Blot drying 4.Dispense same drops of Self-cure activator and Prime&Bond NT adhesives, mix for 1-2sec 5.Apply mixture for 10sec 6.Gently air dry for 5sec 7.Light cure for 20sec
Exite (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)	1.Etch for 15sec 2.Rinse throughly for 10sec 3.Air dry and Blot drying 4.Apply adhesives for 10sec 5.Apply mixture for 10sec (dual-cure) 6.Air dry for 1-3sec, evacuate for 1-2sec 7.Light cure for 20sec

(3)미세전단 결합강도의 측정

실험 직전 15번 blade를 이용하여 Tygon tube를 제거한 후, 각 시편을 건조하고 cyanoacrylate 접착제 (Alteco, Pyungtaek, Korea)를 이용해 시편을 금속 plate에 부착하였다. 시편이 부착된 plate를 Universal testing machine (EZ test, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)의 하부 jig에 고정하였다. 상부 jig에 부착된 0.3

mm 두께의 교정용 철사를 접착된 복합레진 시편에 밀착하여 평행하게 걸고 복합레진이 상아질 표면에서 파절될 때까지 분당 1.0 mm의 crosshead speed로 전단하중을 가하였다. 측정 후 각 시편의 미세전단 결합강도를 MPa로 환산하였다.

(4) 주사전자 현미경 관찰

먼저 주사전자 현미경 관찰을 위해 복합레진이 파절된 시편을 초음파세척기로 세척하였다. 주사전자 현미경 관찰을 위해 각 시편을 stub에 부착하고 12 KV 전압 하에서 1분간 700Å의 두께로 백금 도금하였다. FE-SEM (S-4700: Hitachi High Technologys Co., Tokyo, Japan)을 사용하여 각 군의 파절면을 고배율로 관찰하였다.

(5) 통계분석

각 실험군의 미세전단 결합강도 측정값에 대한 유의성 검증은 통계 프로그램인 SPSS 10.1하에서 two-way ANOVA를 이용하여 비교 분석하였으며, 사후검증은 Tukey HSD test를 이용하여 이루어졌다.

Ⅲ. 실험결과

1. 미세전단 결합강도

two-way ANOVA를 이용하여 비교 분석하였을때 각 실험군 간에 유의성이 나타났으며 각 실험군의 평균 미세전단 결합강도와 표준편차 그리고 사후검증 결과는 Table 4에 나타나 있고 Fig. 1은 이를 그래프로 보여준 것이다. 2단계 산부식 접착제인 Exite와 intermediate bonding resin을 함께 사용한 EB군의 미세전단 결합강도가 5.46 ± 0.80 MPa로 가장 높게 나타났으며, Prim&Bond NT와 dual cure activator를 함께 사용한 NA군이 가장 낮은 미세전단 결합강도를 보였다 (1.74 ± 0.43 MPa)(Table 4, Fig. 1).

Optibond Solo plus를 사용한 실험군들 간의 비교 시 activator를 사용한 OA군에서 통계학적으로 가장 낮은 결합강도를 보였고 ($p < 0.05$), bonding resin을 사용한 OB군이 통계학적으로 가장 높은 결합강도를 보였다 ($p < 0.05$)(Table 4, Fig. 1).

Prime&Bond NT를 사용한 실험군들 간의 비교 시 activator를 사용한 NA군은 접착제만을 사용한 NN군보다 더 낮은 결합강도를 보였으나 통계학적으로 유의성이 없었으며 ($p > 0.05$), bonding resin을 사용한 NB군이 통계학적으로 가장 높은 결합강도를 나타냈다 ($p < 0.05$)(Table 4, Fig. 1).

Exite를 사용한 실험군들 간의 비교 시 activator를 사용한 EA군은 접착제만을 사용한 EN군보다 통계학적으로 더 높은 결합강도를 보였고 ($p < 0.05$), bonding resin을 사용한 EB군이 통계학적으로 가장 높은 결합강도를 나타냈다 ($p < 0.05$)(Table 4, Fig. 1).

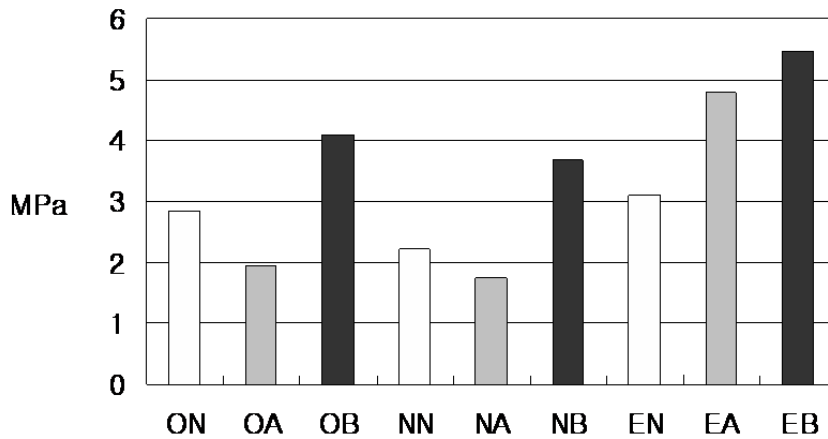
접착제만을 사용한 실험군들 간의 비교 시 NN군이 통계학적으로 가장 낮은 결합강도를 보였고 ($p < 0.05$), ON과 EN군 간에는 EN군에서 더 높은 결합강도를 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 존재하지 않았다 ($p > 0.05$)(Table 4, Fig. 1).

Table 4. Microshear bond strength (MPa) in each experimental group.

<i>Group</i>	<i>Microshear bond strength (mean ± SD) MPa</i>
ON	2.84 ± 0.65 ^a
OA	1.95 ± 0.53 ^b
OB	4.08 ± 0.57 ^c
NN	2.22 ± 0.60 ^b
NA	1.74 ± 0.43 ^b
NB	3.68 ± 0.50 ^{cd}
EN	3.10 ± 0.62 ^{ad}
EA	4.77 ± 0.63 ^e
EB	5.46 ± 0.80 ^f

The same superscript letters demonstrate no significant differences in each group ($p > 0.05$).

Fig. 1. Bar chart showing the Microshear bond strength of each experimental group.



2. 주사전자 현미경 관찰

각 실험군들의 대표적인 상아질 측 파절면을 1500배로 관찰한 SEM micrograph를 Fig. 2-19에 나타내었다. 2단계 산부식 접착제만을 사용한 군들 중 ON과 EN군에서는 이중중합형 복합레진과의 접착계면에 구상형의 수많은 void가 관찰되었으며 이중중합형 복합레진의 응집형 파괴는 관찰되지 않았다 (Fig. 2, 3, 14, 15). 한편 2단계 산부식 접착제로 Prim&Bond NT를 사용한 NN군에서는 다른 군에서 관찰된 특징적인 void가 존재하지 않았으나 접착형 파괴만이 관찰되었으며 상대적으로 불완전한 접착면을 보여주었다 (Fig. 8, 9).

Dual cure activator를 사용한 군들 중 OA와 NA군에서는 접착형 파괴가 주로 관찰되었는데 상아세관의 폐쇄가 불완전하고 상아질과 접착층이 완전히 분리된 형태가 많았다 (Fig. 4, 10, 11). OA군에서는 ON군과 유사한 형태의 void가 관찰되기도 하였으며 (Fig. 5), EA군에서는 dual cure activator를 사용한 다른 군들과는 달리 이중중합형 복합레진의 응집형 파괴와 접착형 파괴가 혼합된 형태가 많이 관찰되었고 상아세관의 폐쇄도 양호했으며 파절은 대부분 접착층내에서 일어났다 (Fig. 16, 17).

Intermediate bonding resin을 적용한 군들에서는 이중중합형 복합레진의 응집형 파괴와 부분적으로 접착형 파괴가 혼합된 형태가 많이 관찰되었고 void나 불완전한 접착면은 관찰되지 않았다 (Fig. 6, 7, 12, 13, 18, 19).

IV. 총괄 및 고찰

복합레진 사용 이전의 코어재로는 아말감, 주조합금, 글래스 아이오노머 계열의 재료가 많이 사용되었다. 아말감이나 주조합금에 비해 복합레진 코어재는 충전이 쉽고 빠르게 경화되기 때문에 즉각적인 치아형성이 가능하다는 장점을 가진다. 글래스 아이오노머 계열의 코어재는 복합레진에 비해 체적 안정성과 강성 같은 물리적 성질이 떨어진다. 복합레진 코어재는 물리적 성질이 발전되고 접착 시스템이 발전되면서 최근에 그 사용이 증가하고 있다.

복합레진은 광중합, 이중중합, 자가중합 방식의 3가지 중합방식을 취한다. 광중합형 복합레진은 광중합되기 전까지 조작할 수 있어 충분한 작업시간을 갖고 있고, 중합될 때까지 오랜 시간을 기다려야 하는 자가중합형에 비해 짧은 광조사 시간동안 중합된다. 또한 반감기가 길어 저장 안정성이 좋고, 단일 paste형태로 공급되어 혼합 시 기포가 함입될 가능성이 적으며, 높은 전환율을 통해 물리적 성질이 많이 개선되었다²⁶⁾.

복합레진은 중합되는 동안에 수축한다. 중합수축은 제한된 환경에서 응력을 발생시키고 이는 교두를 변형시킬 수 있다. 결과적으로 결합력 이상의 중합수축응력은 치아와 레진 사이의 변연 개방과 미세누출을 발생시켜 수복물의 실패를 초래한다^{27,28)}.

광중합형 복합레진은 자가중합형 복합레진에 비해 중합수축이 더 크며, 광원방향으로 수축이 일어남에 반해 자가중합형 복합레진은 치면방향으로 수축이 일어나 변연 적합도가 우수하고 미세누출이 적다^{29,30)}. 자가중합형 복합레진은 전환율이 낮으며, 긴 젤화 시간을 가져 중합 동안 발생하는 중합수축을 완화시킨다. 또한 자가중합형 복합레진의 혼합과정에 함입된 기포가 중합수축을 감소시키는데, 이는 기포 주변의 oxygen inhibition으로 인해 중합이 억제되면서 유동성을 증가시키기 때문이다^{3,31)}. 그리고 자가중합형 복합레진은 대개 유동성 (flow)을 가진 paste형태로 공급되는데 이런 재료 자체의 유동성 또한 낮은 중합수축에 기여할 것이다. 이 연구에서도 유동성을 가진 코어재인 MultiCore Flow가 사용되었다. 이처럼 이원중합형, 자가중합형 복합레진은 한번에 많은 양을 적용 할 수 있어 코어

재료 많이 사용되어 왔다^{3,4)}. 하지만 낮은 전환율과 복합레진 내부의 기포는 재료의 물리적 성질을 떨어뜨릴 수 있을 것이다.

이중중합형 복합레진은 광중합 방식과 자가중합 방식을 모두 취하는데, 지연중합방식 (delayed cure method)이 이중중합형 복합레진의 이런 특징을 잘 살리는 중합방법으로 생각되며 임상시술 시 지연중합의 상황에 직면할 때가 많다. 이 실험에서도 지연중합을 재현하기 위해 치질에 접착된 이중중합형 복합레진 코어재를 30분간 절대 암실에 보관한 후 광조사하여 완전히 중합시켰다.

하지만 이중중합형 복합레진을 지연중합시키는 동안에 사용된 접착제에 따라 부적합성이 발생할 수 있다. Tay 등⁷⁾은 탈수되지 않은 치면에 2단계 산부식 접착제인 Optibond Solo plus를 사용하여 이중중합형 복합레진을 접착시킨 후 지연중합시켰을 때 두 재료간의 부적합성이 나타났다고 보고하였다.

이 연구에서도 이중중합형 복합레진을 지연중합시켰을 때 사용된 3가지 종류의 2단계 산부식 접착제 모두에서 부적합성을 보였는데, 2단계 산부식 접착제를 사용한 실험군 모두에서 intermediate bonding resin을 적용한 군보다 유의하게 낮은 미세전단 결합강도를 보였고 (Table 4), 이중중합형 복합레진과의 접착계면에 형성된 수많은 구상형의 미세한 void를 통해 이를 확인하였다. 이는 Sanares¹¹⁾등이 2단계 산부식 접착제를 사용해 자가중합형 복합레진을 접착시켰을 때 접착계면에서 관찰한 다공성의 억제층과 일치한다. ON군과 EN군에서는 접착층과 이원중합형 복합레진 코어재 사이에서 파절이 발생했고, 그 계면에 형성된 void를 통해 재료 간의 부적합성에 의한 파절임을 알 수 있었다 (Fig. 2, 3, 14, 15). Prime&Bond NT를 사용한 NN군에서는 전형적인 형태의 void를 관찰할 수 없었지만 다른 군보다 통계학적으로 유의하게 낮은 결합강도를 보였다. 모든 파절이 접착형 파괴양상을 보인 바 낮은 결합강도는 불완전한 접착층 형성에서 기인하는 것으로 보여진다 (Table 4, Fig. 8, 9).

Dual cure activator는 빛이 투과하기 어려운 간접수복물 하방에서 접착제의 중합을 돕고 이중중합형, 자가중합형 복합레진과의 부적합성을 개선하기 위해 사용된다. 자가중합형 복합레진의 중합 개시는 과산화물과 삼차 아민간의 산화환원반응을 통해 일어난다^{7,11)}. 이런 자가중합형 복합레진을 2단계 산부식 접착제로 접착시켰을 때 접착층 표면의 oxygen inhibition layer내에 중합되지 않고 남아있는 산

성의 레진 단량체와 삼차 아민간의 산염기 반응이 먼저 일어난다. 이로 인해 접착층과 접촉하는 자가중합형 복합레진내에서 삼차 아민이 고갈되고 중합 억제층이 형성된다. Dual cure activator는 과산화물과 삼차아민간의 이원화된 산화환원반응을 삼원화 (ternary redox catalytic system)시켜준다¹²⁾. 대개 aromatic sulphinic acid의 sodium salts가 이를 위해 사용되는데 oxygen inhibition layer내에 남아있는 미중합 산성의 레진 단량체와 반응해 완전한 중합을 돕고 oxygen inhibition layer형성을 억제하며 자가중합 복합레진내의 삼차 아민이 고갈되는 것을 막는다^{7,11,12,32)}.

이처럼 dual cure activator는 2단계 산부식 접착제와 자가중합 복합레진간의 부적합성을 개선하기 위해 사용되는데 Tay 등⁷⁾의 연구에 의하면 Optibond solo plus Activator의 사용이 약간의 효과가 있지만 부적합성을 완전히 제거하지 못했다고 보고했으며, O'keefe 등³³⁾의 연구에서도 Dual cure Prime&Bond NT와 자가중합형 복합레진간의 부적합성을 보고하였다. 이 연구에서는 activator를 사용한 실험군들 중 OA군은 2단계 산부식 접착제만을 사용한 ON군보다 통계학적으로 유의하게 결합강도가 낮았으며, NA군은 유의한 차이는 없었지만 NN군 보다 더 낮은 결합강도를 보였다. EA군만이 유일하게 EN군보다 통계학적으로 더 높은 결합강도를 보였다 (Table 4). SEM 관찰 결과 OA군에서는 접착형 파괴가 많이 관찰되었으나 일부 시편의 접착계면에서 void가 관찰되었으며 NA군에서는 전형적인 void의 형성은 관찰할 수 없었고 접착형 파괴만이 관찰되었다 (Fig. 4, 5, 10, 11). EA군에서는 응집형과결과 접착형 파괴가 함께 관찰되었다 (Fig. 16, 17). 대부분의 시편에서 전형적인 void형성이 관찰되지 않은 점을 통해 activator의 사용이 부적합성의 개선에 어느 정도 효과적이라고 볼 수 있지만 재료간의 편차가 심하고 일부는 치질에 대한 결합력이 매우 약함을 관찰 할 수 있었다.

Dual cure activator를 사용했을 때 치질에 대한 결합력이 약화되는 원인은 activator 용액에 의한 접착제의 과도한 희석으로 생각된다. 대부분의 2단계 산부식 접착제의 dual cure activator는 용매에 activator첨가해 병 (bottle) 형태로 공급되고 접착제와 activator 용액을 1:1로 혼합해서 사용하는데 이 과정에서 첨가된 activator 용액에 의해 접착제는 희석되어 치질에 적용되는 레진 단량체의 양이 감소되며 상대적으로 용매의 양은 증가한다. 적용되는 레진 단량체의 감소와 용매

의 증가는 접착에 불리한 조건이며, 건조과정을 통해 용매가 적절히 증발된다 할지라도 적용된 레진 단량체의 감소에 의해 접착층은 약해질 것이다. Cho 등²⁰⁾의 연구에 의하면 용매인 acetone의 양이 증가함에 따라 미세인장 결합강도는 낮아짐을 보였는데 이는 접착제 내 용매의 증가가 접착층의 crack을 증가시키고 불완전한 중합을 일으키며 응력에 대한 저항력을 약화시키기 때문이라고 보고하였다. Optibond solo plus Activator와 Prime&Bond NT self cure activator는 단일병 형태로 공급되고 접착제와 1:1의 비율로 혼합해서 사용하는데 이때 접착제의 희석을 예상할 수 있다 (Fig. 20. a, b). 한편 Exite DSC는 단일병 형태가 아닌 activator가 코팅된 브러시를 사용해 접착제의 희석이 방지되기 때문에 Exite만을 사용한 실험군보다 통계학적으로 더 높은 결합강도를 보였고, activator를 사용한 다른 실험군과 비교했을 때에도 통계학적으로 더 높은 결합강도를 보였다 (Table 4, Fig. 20. c). 그러므로 정량적 분석을 통해 접착제의 희석에 대한 좀 더 정확한 평가가 요구된다.

2단계 산부식 접착제와 단일단계 접착제는 친수성을 높이고 자가부식 효과를 갖도록 하기 위해 acidic functional group을 갖는 이온화되는 레진 단량체 (산성의 레진 단량체)를 사용하는데 acidic functional group과 물 분자가 결합되어 접착층내에 물이 존재하게 된다⁷⁾. 이처럼 접착제내에 함유된 물이 부적절한 건조과정 (air-dry)을 통해 적절히 제거되지 못했을 때나, 접착층이 두꺼워질 때에 접착제 심층의 물이 쉽게 증발되지 못하면서 물은 접착층내에 잔류하게 된다³⁴⁾. 이런 단축형 접착제는 친수성의 레진 단량체와 소수성의 점도가 있는 접착 레진이 혼합되어 있어 접착층내의 용매나 물의 제거가 쉽지 않다³⁴⁾. 또한 overwetting된 치면에 과도하게 남아있는 물이 적절히 제거되지 못했을 때에도 많은 양의 물이 접착층 내에 잔류하게 된다^{22,23)}. 이처럼 여러 가지 원인에 의해 잔류하는 물은 접착층내에서 물의 이동 통로로 작용하고 접착층 표면에서 water blister의 형성에 관여한다^{5,6,7,13-19)}.

Water blister형성의 또 다른 통로는 삼투현상 (osmosis)이다³⁵⁾. 접착제의 표층에는 oxygen inhibition layer가 형성되고 이 층에서 물은 쉽게 증발해버리고 중합되지 못한 친수성의 레진 단량체만이 고농도로 남아있게 된다. 이때 접착층 심부와 표층의 농도 차에 의한 삼투압으로 인해 심부에서 표층으로 물이 이동하여

water channel과 blister를 형성한다³⁵⁾.

이처럼 친수성이 높은 접착제를 사용할 때 자가중합형 복합레진이 서서히 중합되는 동안에 접착층의 높은 투과성으로 인하여 water blister 형성이 가능하며 이는 부적합성의 원인이 된다. 접착층의 투과성이 증가하는 현상은 전통적인 다단계의 산부식 접착제나 2단계 자가 산부식 접착제에서는 보고되지 않는다^{5,9)}. 이는 intermediate bonding resin의 사용과 관련이 있다고 본다^{5,9,36)}. 사용되는 bonding resin은 부적합성을 나타내는 접착제보다 산성 레진 단량체의 함량이 적고 소수성이므로 프라이머가 적용된 친수성의 접착층을 차단해 부적합성이 발생하는 것을 막아준다^{5,9)}. 또한 프라이밍과 접착제 적용과정이 분리되어 있어 친수성 프라이머 내의 용매와 물은 건조과정을 통해 쉽게 제거될 수 있다.

이 실험에서도 각 접착제 내에서 intermediate bonding resin을 사용한 실험군이 다른 실험군에 비해 통계학적으로 더 높은 결합강도를 나타내었는데 이는 intermediate bonding resin층이 부적합성을 효과적으로 차단하기 때문인 것으로 생각된다. Cheong 등⁵⁾도 2단계 자가 산부식 접착제를 사용했을 때 부적합성이 나타나지 않았다고 보고하면서 사용되는 intermediate bonding resin층이 더 중성에 가깝고 투과성이 더 낮기 때문이라고 설명했다.

접착시스템의 발달로 인해 술자가 이용하기 쉽도록 술식이 단순화된 여러 가지 종류의 접착제들이 소개되었다. 이들 다양한 접착제들 간에는 화학적 조성에 큰 차이가 있기 때문에 그 특성을 올바르게 이해하고 접착제의 선택에 신중을 기해야 한다. 특히 이중중합형이나 자가중합형 복합레진을 사용할 때 접착제의 선택은 매우 중요하며 재료간의 부적합성에 대한 고려가 필요하다. 이 연구에서 지연중합되는 이중중합형 복합레진 코어재를 3종류의 2단계 산부식 접착제를 사용하여 접착시켰을 때 두 재료 간에 부적합성이 나타났으며, 이들 접착제층 위에 추가적으로 적용된 intermediate bonding resin층은 이런 부적합성을 효과적으로 차단하였다. 하지만 부적합성의 개선을 위해 사용된 dual cure activator는 재료에 따라 서로 다른 결과를 보여주었다. 향후 이런 부적합성을 최소화하기 위해 많은 연구가 필요할 것으로 사료되며 이는 수복재의 안정된 접착에 크게 기여할 것이다.

V. 결 론

이 연구에서는 2단계 산부식 접착제 사용 시 intermediate bonding resin의 추가적인 적용이 이중중합형 복합레진과의 부적합성 개선에 미치는 영향을 dual cure activator의 사용과 비교 평가하기 위해 부적합성이 보고된 세 가지 2단계 산부식 접착제에 각각의 dual cure activator를 함께 사용하거나, intermediate bonding resin을 추가로 적용해 이중중합형 복합레진을 접착시켰다. 그 후 미세전단 결합강도를 측정하고 주사전자 현미경 관찰을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Optibond solo plus를 사용한 실험군들 간의 비교 시 activator를 사용한 OA군이 가장 낮은 결합강도를 보였고 ($p < 0.05$), bonding resin을 사용한 OB군이 가장 높은 결합강도를 보였다 ($p < 0.05$).
2. Prime&Bond NT를 사용한 실험군들 간의 비교 시 activator를 사용한 NA군은 접착제만을 사용한 NN군보다 더 낮은 결합강도를 보였으나 유의성이 없었으며 ($p > 0.05$), bonding resin을 사용한 NB군이 가장 높은 결합강도를 나타냈다 ($p < 0.05$).
3. Exite를 사용한 실험군들 간의 비교 시 activator를 사용한 EA군은 접착제만을 사용한 EN군보다 더 높은 결합강도를 보였고 ($p < 0.05$), bonding resin을 사용한 EB군이 통계학적으로 가장 높은 결합강도를 나타냈다 ($p < 0.05$).
4. 파절면에 대한 주사전자 현미경 관찰에서 2단계 산부식 접착제만을 사용한 실험군에서 부적합성을 나타내는 void가 관찰되었으나 intermediate bonding resin을 적용한 실험군에서는 void가 관찰되지 않았고 이중중합형 복합레진의 응집형 파괴가 주로 관찰되었다.

이중중합형이나 자가중합형 복합레진을 사용할 때 접착제의 선택은 매우 중요하고 부적합성에 대한 고려가 필요하다. 부적합성의 개선을 위해 사용된 dual cure activator는 접착제 마다 차이를 보였으나 2단계 산부식 접착제층 위에 추가적으로 적용된 intermediate bonding resin은 개선 효과를 나타내었다.

참 고 문 헌

1. Asmussen E. Factor affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. *Scand J Dent Res* 90:490-6, 1982.
2. Hu X, Marquis PM, Shortall AC. Two-body in vitro wear study of some current dental composites and amalgams. *J Prosthet Dent* 82:214-20, 1999.
3. Feilzer AJ, Gee AJ, Davidson CL. Setting stresses in composites for two different curing modes. *Dent Mater* 9:2-5, 1993.
4. Fusayama T. Indications for self-cured and light-cured adhesive composite resins. *J Prosthet Dent* 67:46-51, 1992.
5. Cheong C, King NM, Pashley DH, Ferrari M, Toledano M, Tay FR. Incompatibility of Self-etch Adhesive with Chemical/Dual-cured Composites: Two-step vs One-step Systems. *Oper Dent* 28:747-755, 2003
6. Tay FR, Pashley DH, Yiu CKY, Sanares AME, Wei SHY. Factors Contributing to the Incompatibility Between Simplified-step Adhesive and Chemically-cured or Dual-cured Composites. Part I. Single-step Self-etching Adhesive. *J Adhes Dent* 5:27-40, 2003.
7. 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* 5:91-105, 2003.
8. Suh BI, Fengb 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* 5:267-282, 2003.
9. Hagge MS, Lindemuth JS. Shear bond Strength of an autopolymerizing core buildup composite bonded to dentin with 9 dentin adhesive systems. *J Prosthet Dent* 86:620-623, 2001.
10. Castellon P, Burgess JO. Shear bond strength of four core materials to

- dentin bonded with light-cured or dual-cured adhesive. *Am J Dent* 17:401-403, 2004.
11. Sanares AME, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. *Dent Mater* 17:542-556, 2001.
 12. Nyunt MM, Imai Y. Adhesion to dentin with resin using sulfinic acid initiator system. *Dent Mater J* 15:175-182, 1996.
 13. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 30:371-382, 2002.
 14. Yiu CKY, Hiraishi N, Chersoni S, Breschi L, Ferrari M, Prati C, King NNM, Pashley DH, Tay FR. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. II. Differential permeability reduction with an oxalate desensitiser. *J Dent* 34:106-116, 2006.
 15. Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, Lai CNS. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *J Dent* 32:611-621, 2004.
 16. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, Pashley DH. Fluid Movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res* 83:843-848, 2004.
 17. Chersoni S, Suppa P, Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, Huang C, Prati C, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. In vivo and in vitro permeability of one-step self-etch adhesives. *J Dent Res* 83:459-464, 2004.
 18. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res* 81:472-476, 2002.
 19. Tay FR, Pashley DH, Hiraishi N, Imazato S, Rueggeberg FA, Salz U, Zimmermann J, King NM. Tubular occlusion prevents water-treeing and through-and-through fluid movement in a single-bottle, one-step self-etch adhesive model. *J Dent Res* 84:891-896, 2005.
 20. Cho BH, Dickens SH. Effects of the acetone content of single solution

- dentin bonding agents on the adhesive layer thickness and the microtensile bond strength. *Dent Mater* 20:107–115, 2004.
21. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, de Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, Kaga M, Pashley DH. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dent Mater* 22:560–568, 2006.
 22. Pashley EL, Zhang Y, Lockwood PE, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. *Dent Mater* 14:6–10, 1998.
 23. Ikeda T, Munck JD, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H, Lamrechts P, Meerbeek B. Effect of evaporation of primer components on ultimate tensile strengths of primer-adhesive mixture. *Dent Mater* 21:1051–1058, 2005.
 24. King NM, Tay FR, Pashley DH, Hashimoto M, Ito S, Brackett WW, Garcia GF, Sunico M. Conversion of one-step to two-step self-etch adhesives for improved efficacy and extended application. *Am J Dent* 18:126–134, 2005.
 25. Carvalho RM, Pegoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NRFA, Pashley DH. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilise self-etching primers to dentine. *J Dent* 32:55–65, 2004.
 26. Kinomoto Y, Torii M, Takeshige F, Ebisu S. Comparison of polymerization contraction stresses between self- and light-curing composites. *J Dent* 27:383–389, 1999.
 27. Jordan RE, Suzuki M, Davidson DF. Clinical evaluation of a universal dentin bonding resin: preserving dentition through new materials. *J Am Dent Assoc* 124:71–76, 1993.
 28. Supattriya Chutinan, Jeffrey A. Platt, Michael A. Cochran, B. Keith Moore. Volumetric dimensional change of six direct core materials. *Dent mater* 20:345–351, 2004.
 29. Krejci I, Lutz F. Marginal adaptation of class V restorations using different restorative techniques. *J Dent* 19:24–32, 1991.

30. Itoh K, Yanagawa T, Wakumoto S. Effect of composition and curing type of composite on adaptation to dentin cavity wall. *Dent Mater J* 5:260-266, 1986.
31. Alster D, Feilzer AJ, Gee DE, Mol A, Davidson CL. The dependence of shrinkage stress reduction on porosity concentration in thin resin layers. *J Dent Res* 71:1619-1622, 1992.
32. Imai Y, Kadoma Y, Kojima K, Akimoto T, Ikakura K, Ohta T. Importance of polymerization initiator systems and interfacial initiation of polymerization in adhesive bonding of resin to dentin. *J Dent Res* 70:1088-1091, 1991.
33. O'Keefe KL, Power JM. Adhesion of resin composite core materials to dentin. *Int J Prosthet* 14:451-456, 2001
34. Zheng L, Pereira PNR, Nakajima M, Sano H, Tagami. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent* 26:97-104, 2001.
35. Tay FR, Lai CNS, Chersoni S, Pashley DH, Mak YF, Suppa P, Prati C, King NM. Osmotic blistering in enamel bonded with one-step self-etch adhesives. *J Dent Res* 83:290-295, 2004.
36. Landuyt KLV, Peumans M, Munck JD, Lambrechts P, Meerbeek BV. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater* 22:533-544, 2006.

Fig. 2, 3. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in ON (X 15,000).

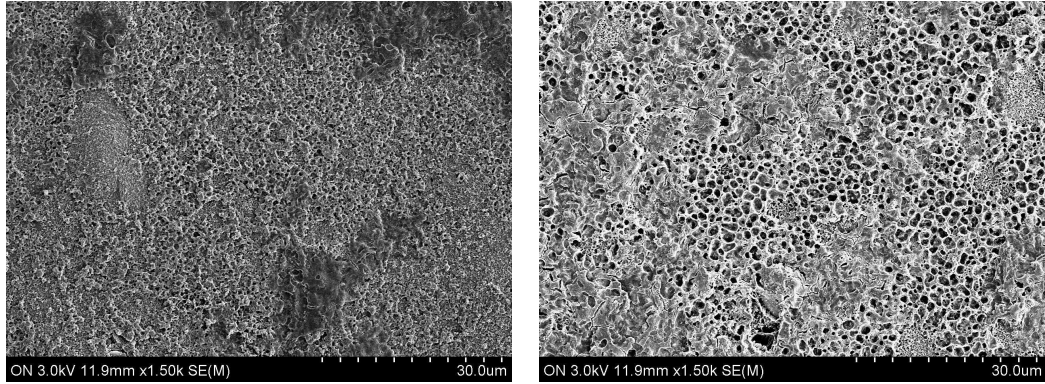


Fig. 4, 5. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in OA.

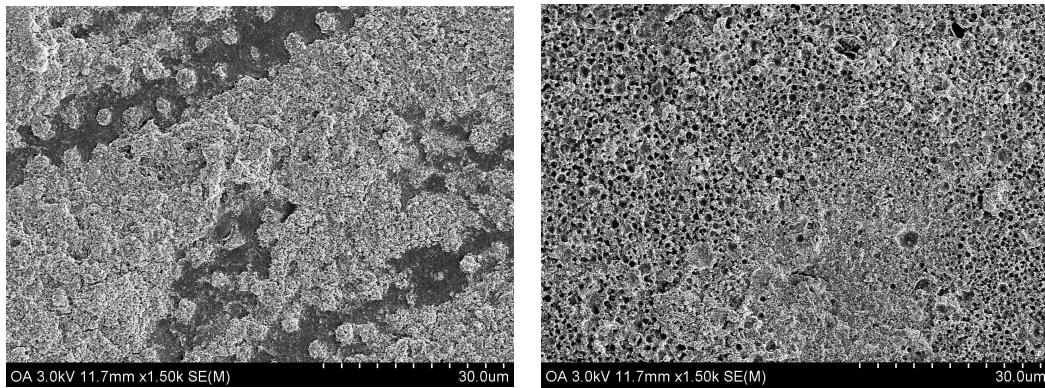


Fig. 6, 7. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in OB.

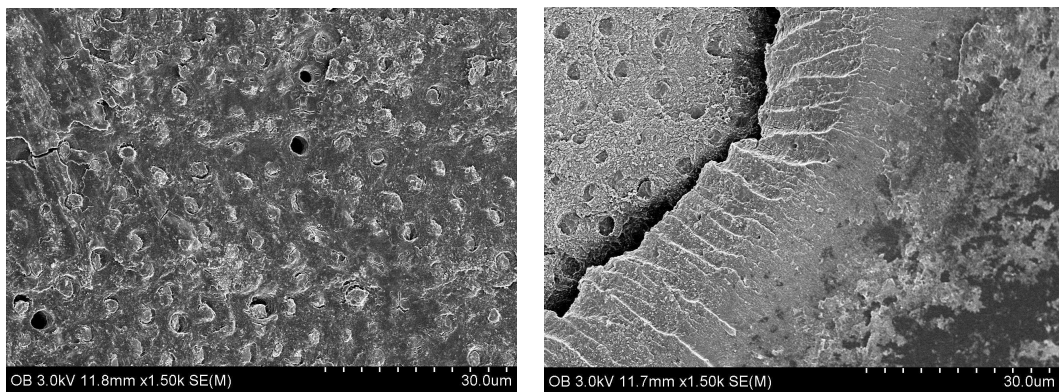


Fig. 8, 9. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in NN.

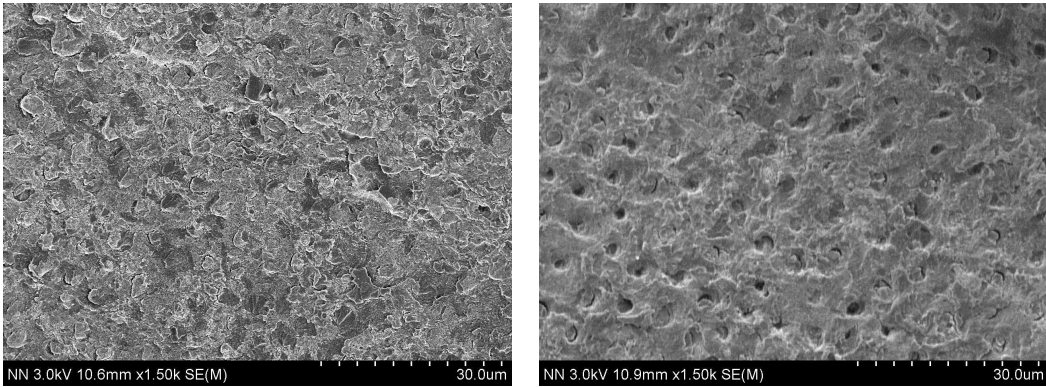


Fig. 10, 11. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in NA.

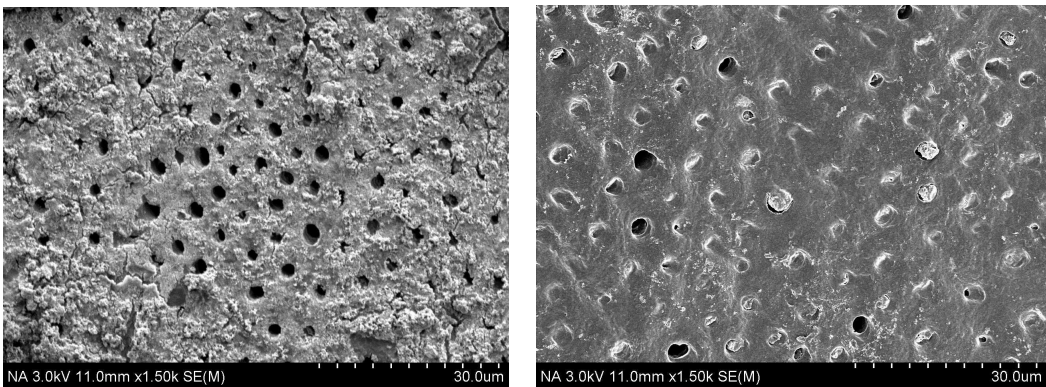


Fig. 12, 13. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in NB.

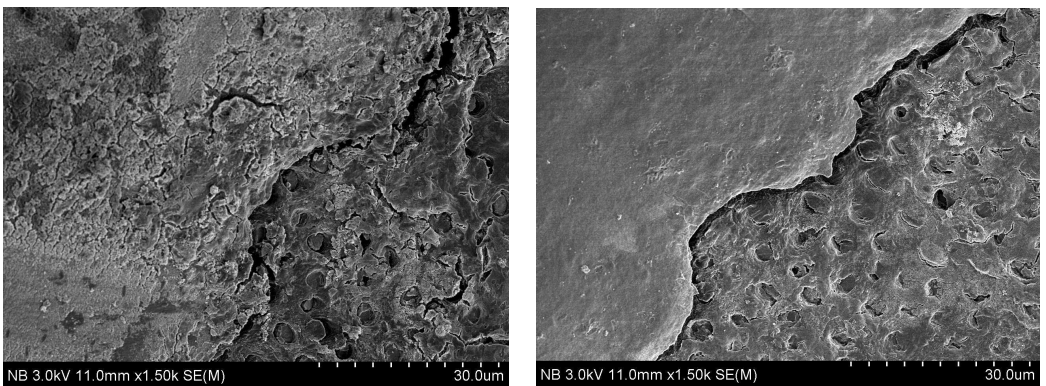


Fig. 14, 15. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in EN.

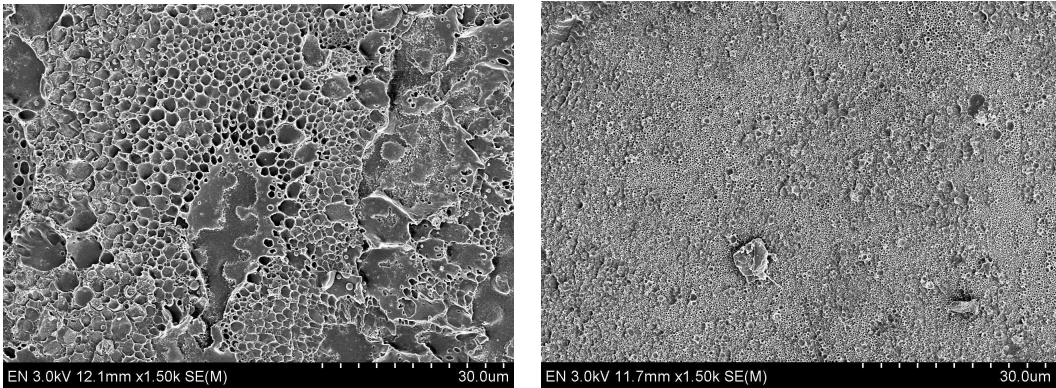


Fig. 16, 17. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in EA.

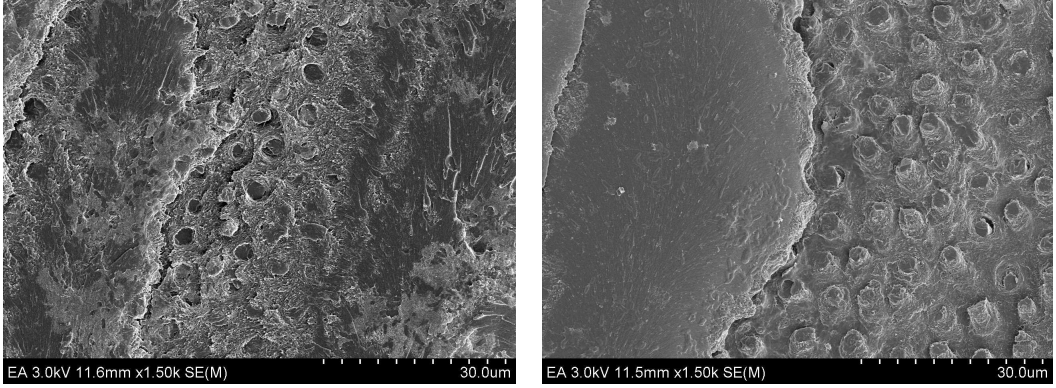
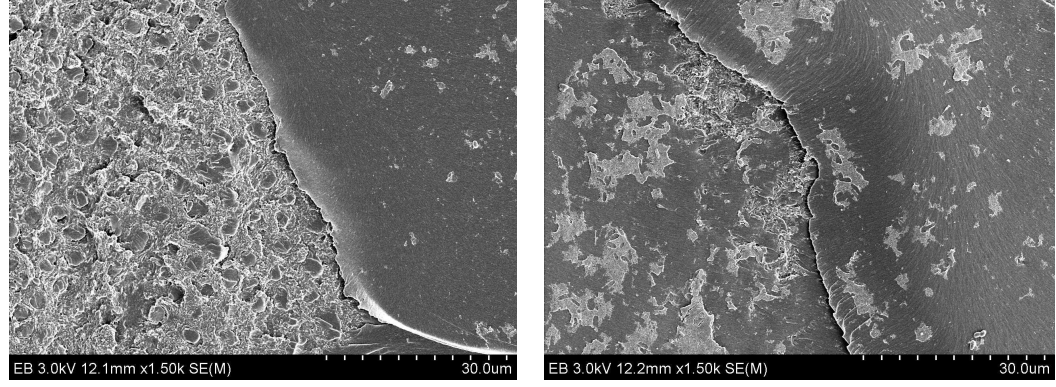


Fig. 18, 19. SEM micrograph of representative fractured dentin surface in EB.





a



b



c

Fig. 20. Dual cure activators used in this study.

- a. Optibond solo plus activator
- b. Prime&Bond NT self cure activator
- c. Exite DSC

저작물 이용 허락서

학 과	치의공	학 번	20057591	과 정	박사
성 명	한글: 김 종 진 한문 : 金 鍾 鎭 영문 : Kim Jong Jin				
주 소	경남 진해시 진영읍 여래리 711-11				
연락처	055)345-7765	E-MAIL			
논문제목	한글 : 2단계 산부식형 접착제와 이원중합형 복합레진의 적합성에 대한 접착레진의 효과				
	영어 : Effect of the intermediate bonding resin on the compatibility of two-step total-etching adhesives with dual cure composite resin				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함.
다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(O) 반대()

2007년 2 월 일

- 31 -

저작자: 김 종 진 (서명 또는 인)

