

복합레진 수복 시 재접착 술식이 미세누출에 미치는 영향

이미애 · 서덕규 · 손호현 · 조병훈*

서울대학교 치의학대학원 치과보존학교실

ABSTRACT

INFLUENCE OF REBONDING PROCEDURES ON MICROLEAKAGE OF COMPOSITE RESIN RESTORATIONS

Mi-Ae Lee, Duck-Kyu Seo, Ho-Hyun Son, Byeong-Hoon Cho*

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

During a composite resin restoration, an anticipating contraction gap is usually tried to seal with low-viscosity resin after successive polishing, etching, rinsing and drying steps, which as a whole is called rebonding procedure. However, the gap might already have been filled with water or debris before applying the sealing resin. We hypothesized that microleakage would decrease if the rebonding agent was applied before the polishing step, i.e., immediately after curing composite resin. On the buccal and lingual surfaces of 35 extracted human molar teeth, class V cavities were prepared with the occlusal margin in enamel and the gingival margin in dentin. They were restored with a hybrid composite resin Z250 (3M ESPE, USA) using an adhesive Adper™ Single Bond 2 (3M ESPE). As rebonding agents, BisCover LV (Bisco, USA), ScotchBond Multi-Purpose adhesive (3M ESPE) and an experimental adhesive were applied on the restoration margins before polishing step or after successive polishing and etching steps. The infiltration depth of 2% methylene blue into the margin was measured using an optical stereomicroscope. The correlation between viscosity of rebonding agents and microleakage was also evaluated. There were no statistically significant differences in the microleakage within the rebonding procedures, within the rebonding agents, and within the margins. However, when the restorations were not rebonded, the microleakage at gingival margin was significantly higher than those groups rebonded with 3 agents ($p < 0.05$). The difference was not observed at the occlusal margin. No significant correlation was found between viscosity of rebonding agents and microleakage, except very weak correlation in case of rebonding after polishing and etching at gingival margin ($r = -0.326$, $p = 0.041$). [J Kor Acad Cons Dent 35(3):164-172, 2010]

Key words: Rebonding procedure, Microleakage, Composite resin restoration, Bonding resin, Viscosity

-Received 2010.3.17., revised 2010.4.10., accepted 2010.4.16.-

I. 서론

Buonocore (1995)에 의해 산부식 술식이 도입된 후, 수복치과학은 큰 전환점을 맞이하게 되었다. 치질에 재료를 접착하는 접착 수복 술식이 가능하게 된 것이다.¹⁾ 산부식술이 소개되기 전에는 치질에 재료가 접착하는 능력은 매우 제한되어 있었다. 이후, 접착 수복 술식에 많은 관심을 갖게 되었고 치면에 완벽하게 접착되고 최상의 변연 봉쇄를 제공

*Corresponding Author: **Byeong-Hoon Cho**
Department of Conservative Dentistry,
School of Dentistry, Seoul National University
275-1 Yeongeon-Dong, Jongno-Gu, Seoul, 110-768, Korea
Tel: 82-2-2072-3514 Fax: 82-2-2072-3859
E-mail: chobh@snu.ac.kr

하는 재료를 개발하기 위한 연구들이 계속되었다.

복합레진은 우수한 심미성과 기계적 물성, 높은 용해저항성으로 인해 전치부와 구치부 모두에서 널리 이용된다.²⁻⁴⁾ 그렇지만 이러한 장점에도 불구하고, 복합레진은 중합 시 수축으로 인하여 치아와 수복물 계면에서 미세한 간극이 발생된다.⁵⁾ 이러한 미세간극은 구강 내에서 산, 효소, 이온 등을 침투시킴으로써 미세누출을 일으키고, 술 후 과민증, 수복물 변연부의 변색, 재발성 우식증, 치수염증과 같은 임상적 실패를 야기한다.⁶⁻⁸⁾

중합수축과 미세간극 형성으로 인한 문제점을 최소화하기 위한 노력으로, 새로운 접착 시스템들이 개발되었고, 적층법과 같은 수복 술식이 도입되었으며 광강도를 조절할 수 있는 광중합기의 사용이 추천되기도 하였다.⁹⁻¹³⁾ 그러나 복합레진 수복물에서 미세누출을 완전히 없애는 것은 어려우며, 특히 법랑질 두께가 얇거나 상아질이나 백악질로 구성된 치은측 변연에서 미세누출이 많은 것으로 보고되었다.^{7,14,15)}

복합레진 수복물의 표면과 치아 계면의 미세간극에 저점도의 레진을 침투시켜 수축간극을 봉쇄시키려는 시도가 이루어졌다. 재접착(rebond)이라 불리는 이 술식은 저점도의 레진이 모세관 현상에 의해 치질과 복합레진 사이의 계면으로 침투함으로써 이루어진다.¹⁶⁾ 초기에는 열구 전색제나 접착제를 재접착제(rebonding agent)로서 사용하였다.^{5,8,17)} 그러나 재접착 술식의 성공은 미세 결손부로 침투할 수 있는 재접착제의 능력에 달려 있으며, 이는 모세관 현상과 관련되므로 점도와 젖음성과 직접적으로 연관된다. 따라서 저점도의 레진 시스템 중에서 필요한 효율성을 보이지 못하는 것도 있을 수 있으며, 이는 제조 과정, 희석제, 점도 조절제, 그리고 중합 방법의 차이로 인해 발생한다.⁵⁾ 이러한 근거로 수년 전부터 수복물의 재접착을 위해 특별히 개발된 재료들이 등장하였고 코팅제, 혹은 표면 전색제라고 불리어 왔다. 이들은 낮은 점도와 높은 흐름성을 보이는 레진 재료이다.

통상적으로 재접착 술식은 복합레진을 와동에 충전하고 마무리 및 연마한 후, 변연부를 산부식 처리하고 레진 전색제를 적용하여 광조사 하는 방식으로 진행된다. 레진 전색제 사용 시 복합레진 수복물 변연부의 산부식 처리는 미세간극을 막을 수 있는 미세한 입자를 제거하고, 중합된 복합레진에 남아있는 미반응 methacrylate기를 없애기 위해 일반적으로 시행되는 것으로 알려져 있다.^{6,18)} 그러나 이러한 산부식과 수세 과정에서 미세간극에 물 분자가 남게 되면 이는 레진 전색제의 침투를 막을 수 있을 것이다. 또한 마무리 및 연마 과정에서 발생하는 미세 입자들이 미세간극을 막아 전색제의 침투를 막을 수도 있을 것이다.¹⁷⁾ 이러한 점을 고려하면 복합레진 충전 후 마무리 및 연마 전에, 산부식 처리를 하지 않고 레진 전색제를 적용하는 것이 레진 전색

제의 침투를 도와 궁극적으로 미세누출을 줄일 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 복합레진 충전 후 산부식 처리를 하지 않고 레진 전색제를 적용하는 것이 마무리 및 연마 후 산부식 처리를 하고 레진 전색제를 적용하는 경우에 비해 미세누출 감소 효과가 더 클 것이라는 가설을 세웠다. 이러한 가설을 바탕으로 레진 전색제 사용 시 복합레진 수복물 변연부의 연마 및 산부식 처리 유무에 따른 미세누출 감소 효과를 비교하기 위한 실험을 진행하였다. 또한 레진 전색제의 점도와 성분에 따른 효과를 비교하기 위하여 재접착 용도로 상품화된 Biscove LV 표면 전색제와 Scotch Bond Multipurpose adhesive, Experimental adhesive를 적용하여 복합레진 수복물에 대한 미세누출 감소 효과를 비교하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

우식 병소와 미세균열 및 수복물이 없는 발거된 상, 하악 대구치 35개를 실험치아로 사용하였다. 상아질 접착제로 3M ESPE사의 Adper™ Single Bond 2 (SB, total-etch 2-step adhesive system)를, 복합레진으로는 A3 색조의 Z250 (3M ESPE, USA)을 사용하였다. 재접착제로는 BisCover LV (Bisco. Inc., Schaumburg, IL, USA), Scotch Bond Multipurpose Adhesive (SBMP adhesive, 3M ESPE, USA), Experimental adhesive를 사용하였다(Table 1).

접착제, 복합레진 및 재접착제를 중합시키기 위한 광조사기는 Elipar Freelight 2 (3M ESPE, USA)를 사용하였으며, 광의 세기는 1000 mW/cm²이었다.

2. 실험 방법

(1) 와동 형성과 군 분류

각각의 치아는 표면의 연조직을 제거하고 0.5% chloramine-T 용액에 넣어 4℃에서 7일간 보관한 다음 증류수에 넣어 4℃에서 보관하고, 발거 후 6개월 이내에 실험에 사용하였다. 치아의 협설면 치경부에 고속용 카바이트 버(#330, Mani, Inc., Tochigi-Ken, Japan)를 이용하여 5급 와동을 형성하였다. 와동의 교합면측 변연은 법랑질에, 치은측 변연은 백악법랑 경계부 하방의 상아질이나 백악질에 위치시켰으며, 모든 변연은 치아의 외면에 90도가 되도록 형성하였다. 와동의 크기는 교합-치은 폭경 3-4 mm, 근원심 폭경 4-5 mm, 와동의 깊이는 2 mm로 하였다.

수복물은 임의로 다음 7가지 군으로 분류하였다(Table 2).

Table 1. Composition of the materials used in this study

Material	Composition	Manufacturer
Scotchbond Etchant	35% phosphoric acid, colloidal silica	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Single Bond 2	HEMA, Bis-GMA, UDMA, polyalkenoic acid copolymer, ethanol, water, filler (5 nm, 10%)	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Biscover LV	Dipentaerythritol, Diacrylate Esters, Ethanol	Bisco, Schaumburg, IL, USA
Scotchbond Multipurpose Plus	Adhesive: Bis-GMA, HEMA, initiator, amine	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Experimental adhesive	Bis-GMA, TEGDMA, camphoroquinone, ethyl 4-dimethylaminobenzoate	
Z250	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, filler	3M ESPE, St. Paul, MN, USA

Table 2. Margin treatment groups

Class V Composite Resin Restorations	Manufacturer	Manufacture
Group 1	No rebonding	
Group 2	Without finish, polishing & etching, margins rebonded with Biscover LV	Bisco
Group 3	After finishing and polishing, margins etched for 15 seconds with 37% H ₃ PO ₄ then rebonded with Biscover LV	Bisco
Group 4	Without finish, polishing & etching, margins rebonded with Scotchbond Multipurpose	3M ESPE
Group 5	After finishing and polishing, margins etched for 15 seconds with 37% H ₃ PO ₄ then rebonded with Scotchbond Multipurpose	3M ESPE
Group 6	Without finish, polishing & etching, margins rebonded with Experimental adhesive	
Group 7	After finishing and polishing, margins etched for 15 seconds with 37% H ₃ PO ₄ then rebonded with Experimental adhesive	

- Group 1: 대조군, 재접착을 시행하지 않음
 Group 2: 마무리, 연마 및 산부식 없이 바로 Biscover LV로 재접착을 시행
 Group 3: 마무리, 연마 후 37% 인산으로 변연을 산부식 하고 Biscover LV로 재접착을 시행
 Group 4: 마무리, 연마 및 산부식 없이 바로 Scotchbond multipurpose로 재접착을 시행
 Group 5: 마무리, 연마 후 37% 인산으로 변연을 산부식 하고 Scotchbond multipurpose로 재접착을 시행
 Group 6: 마무리, 연마 및 산부식 없이 바로 Experimental adhesive (EA)로 재접착을 시행
 Group 7: 마무리, 연마 후 37% 인산으로 변연을 산부식 하고 Experimental adhesive (EA)로 재접착을 시행

재료를 사용하기 전 각 와동은 air-water 시린지로 깨끗이 세척하였으며, 각 군에서 재료는 제조사의 설명서에 따라 사용하였다.

1) 대조군
 레진 전색제를 사용하지 않는 군으로서, 와동을 공기 시린지로 건조하고 35% 인산인 Scotchbond etchant (3M ESPE, USA)를 15초 동안 적용한 후 15초간 세척하였다. 과량의 수분을 제거한 후 mini-sponge를 이용하여 blot-dry하고 상아질 표면에 2회에 걸쳐 접착제를 도포하고 압축공기를 충분한 시간 동안 약하게 적용하여 건조시켰다. 광중합기로 10초간 광조사하였다. 와동에 Z250 (A3 색조) 복합레진을 한번에 충전(bulk filling)하고 20초간 광조사하였다. 중합된 복합레진 표면은 다이아몬드 버로 마무리하고 Sof-Lex disk (3M ESPE, USA)로 연마하였다(Table 2).

2) 연마 후 산부식하고 전색제를 적용한 군

와동의 복합레진 충전은 대조군의 충전 과정과 같은 방법으로 시행하고 연마하였다. Scotchbond etchant로 수복된 복합레진 표면과 인접 치질 약 1 mm를 포함하여 15초간 산부식 처리하고 세척과 건조하였다. 3종의 전색제를 산부식 처리된 복합레진 표면과 인접치질 부위에 얇게 적용하고 광조사기로 15초간 광조사한 후, 다이아몬드 버로 마무리하고 Sof-Lex disk로 연마하여 변연이 노출되게 하였다. 마무리 및 연마를 시행하여 변연을 노출시킨 것은 전색제에 계면의 미세간극으로는 침투하지 못하고 단지 표면을 커버함으로써 미세누출을 감소시키는 경우를 배제하기 위함이다(Table 2).

3) 연마 및 산부식 없이 전색제를 적용한 군

동일한 재료와 방법으로 와동을 충전하였으나 충전 시 overhanging 되지 않게 최대한 변연을 맞추고 광중합 후 곧바로 3종의 전색제를 적용하였다. 15초간 광조사 한 후에 다이아몬드 버를 이용하여 마무리하고 Sof-Lex disk로 연마하여 변연이 노출되게 하였다(Table 2).

(2) 변연 미세누출의 관찰과 평가

각 치아는 복합레진 수복물과 변연부 약 1 mm를 남겨 놓고 전체의 치면에 nail varnish를 2회 도포하고 건조시켰다. 각 군의 치아는 2% methylene blue 염색용액에 4시간 동안 침적시켰다. 각 치아는 흐르는 물에 세척한 후, 저속 다이아몬드 saw (Isomet, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA)를 사용하여 각 수복물의 중앙부를 통과하도록 협, 설 방향으로 양분하였다. 절단된 치아의 표면은 물이 공급된 상태에서 1000 grit silicone carbide paper로 연마하고 35% 인산 용액에 5초간 넣었다가 수세하여 시편 표면의 도말층을 제거하였다.

40배율의 광학 입체현미경(Olympus JP / BX50, Tokyo, Japan)하에서 각각의 절단된 치아에 있는 복합레진 수복물의 교합면측과 치은측 변연부의 색소 침투 깊이를 측정하였다. 각 시편의 양쪽 면에서 관찰된 2개의 교합면측과 치은측 변연 미세누출 깊이는 색소가 더 많이 침투된 시편을 선택하여 기록하였다.

(3) 레진 전색제의 viscosity 측정

실험에 사용된 3가지 재접착제의 viscosity를 Rheometer (AR2000, TA instrument Inc., New castle, USA)를 사용하여 측정하였다. 사용된 Geometry는 concentric cylinder 였다.

(4) 통계 분석

각 군의 교합면측과 치은측 변연 미세누출 정도에 대한 각

군 간의 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 윈도우용 SPSS (ver. 12.0K, SPSS Inc., USA)에서 일반선형분석 중 일변량 검정을 이용하여 시행하였으며, 사후검정은 Duncan법을 이용하여 $\alpha = 0.05$ 유의수준에서 분석하였다. 접착제의 점도와 변연 미세누출 정도의 상관관계는 Pearson Product Moment Correlation ($p < 0.05$)을 이용하여 검증하였다.

Ⅲ. 실험 결과

각 군의 미세누출 깊이의 평균 및 표준편차는 Figure 1과 Table 3에 나타내었다.

각 군의 교합면측 변연 미세누출 깊이는 각 군 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다(Figure 1, Table 3).

각 군의 치은측 변연 미세누출 깊이는 대조군에서 가장 높게 나타났으며 Biscover LV군, Scotchbond adhesive군, Experimental adhesive군과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$, Figure 1, Table 3). 재접착을 시행한 3개의 군 간에는 미세누출 깊이에 유의할만한 차이가 없었다(Figure 1, Table 3).

각 군에서 교합면측과 치은측 변연 미세누출 깊이를 비교하여 보면, 대조군에서는 교합면측보다 치은측 변연에서 통계학적으로 더 깊은 색소의 침투를 나타내었으나, 재접착을 시행한 3개의 군에서는 교합면측과 치은측 변연 사이에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Figure 1, Table 3).

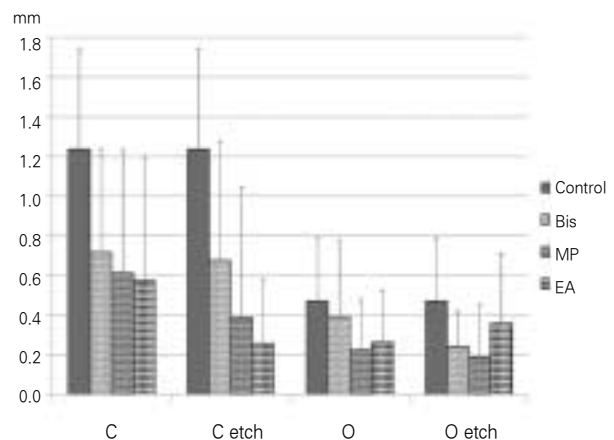


Figure 1. Depth of dye penetration (C, cervical margin of non-etched side; C etch, cervical margin of etched side; O, occlusal margin of non-etched side; O etch, occlusal margin of etched side).

Table 3. The mean microleakage of tested specimens (Mean \pm SD)

Rebonding agent	Viscosity (Pa · S)	Microleakage			
		C	C etch	O	O etch
Control	0.001 [†]	1.24 \pm 0.50		0.47 \pm 0.32	
Bis	0.008	0.72 \pm 0.52	0.68 \pm 0.60	0.39 \pm 0.38	0.24 \pm 0.18
EA	0.093	0.58 \pm 0.62	0.26 \pm 0.32	0.26 \pm 0.26	0.36 \pm 0.35
MP	0.412	0.61 \pm 0.62	0.39 \pm 0.66	0.23 \pm 0.25	0.19 \pm 0.26
Pearson Product	r	-0.226	-0.326	-0.254	-0.246
Moment Correlation	p	0.161	0.041	0.114	0.126

*Bis, Biscove LV; MP, Scotchbond Multipurpose Plus; EA, Experimental adhesive; C, cervical margin of non-etched side; C etch, cervical margin of etched side; O, occlusal margin of non-etched side; O etch, occlusal margin of etched side.

[†]The viscosity of control group was assumed to be 0.001 for calculating correlation coefficient, because the smaller numbers only affected a very small change.

각 군에서 연마 및 산부식 없이 전색제를 적용한 군과 연마 및 산부식 후 적용한 군 사이에는 변연 미세누출 깊이에 유의한 차이를 나타내지 않았다(Figure 1, Table 3).

실험에서 사용한 3 가지 재접착제의 viscosity를 측정 한 결과 Biscove LV의 점도가 가장 낮으며, Experimental adhesive, SBMP adhesive 순으로 점도가 높아졌다 (Table 3). 치은변연에서 연마 및 산부식 후 적용한 군 사이에서만 약한 음의 상관관계($r = -0.326$, $p = 0.041$)를 확인할 수 있었고, 나머지 재접착 조건에서는 재료의 점도와 각 군의 변연 누출 사이에는 유의한 상관관계를 확인할 수 없었다.

IV. 총괄 및 고찰

미세누출은 계면을 따라 발생하는 미세한 간극의 형성 때문에 발생한다. 이러한 미세간극은 복합레진 수복물과 치질과의 열팽창계수 차이, 중합수축 및 치질과 접착할 때 생기는 결손부위, 변연부에서 발생하는 미세파절(microcrack) 등으로 인해 형성된다.^{7,19)}

수복물과 치질 사이에 형성된 미세간극을 채우기 위해 Judes 등은 중합된 복합레진 수복물 변연부에 낮은 점도의 레진을 적용하여 미세간극과 미세한 결손부위에 침투하게 함으로써 변연 봉쇄 향상을 시도하였다.²⁰⁾ 재접착을 위한 다양한 종류의 레진 전색제가 개발되어 사용되고 있지만, 복합레진 수복물의 변연 미세누출을 완전히 제거하지 못하고 있다.^{6,21,22,23)} 본 연구에서는 5급 와동에 충진한 복합레진에 성분과 점도가 서로 다른 3종의 레진 전색제를 마무리 및 연마 전에 산부식 처리 없이 적용하거나 마무리 및 연마 후 산부식 처리하고 적용하는 두 가지 다른 술식으로 재접착

과정을 시행하여 법랑질과 상아질 변연의 미세누출 정도를 상호 비교하였다.

교합면측 변연에서는 레진 전색제를 적용하지 않은 대조군과 레진 전색제를 적용한 모든 군에서 미세누출 정도는 유의한 차이를 나타내지 않았다(Figure 1, Table 3). 이러한 결과는 두 가지로 해석할 수 있는데, 첫째는 법랑질 변연에서 레진 전색제를 적용하지 않은 군과 레진 전색제를 적용한 군 모두가 비교적 우수한 변연 봉쇄를 제공하였기 때문이다. 이는 이전의 연구 결과들과도 일치하는 것으로 5급 와동에 대한 복합레진의 접착을 향상시키고 변연 미세누출을 감소시키기 위해서는 가능하면 와동의 변연을 법랑질에 위치시켜야 한다는 것을 확인할 수 있었다.^{6,8,16,24,25)} 다른 이유로는 절단된 치아 시편을 현미경으로 관찰하였을 때 교합면측의 미세누출은 복합레진 수복물과 법랑질 사이의 접착 계면에서 관찰된 경우도 있었지만, 법랑주 사이에서 균열(microcrack)이 생겨 균열선을 따라 메틸렌블루염색액이 침투한 시편도 상당수였는데, 이러한 균열선에는 레진 전색제가 제대로 침투하지 못한 것으로 관찰되었다. 따라서 교합면측 변연에서 전색제를 적용한 경우가 대조군에 비해 유의할만한 미세누출 감소를 보이지 못한 것으로 생각된다. 이러한 와동 변연에 인접한 법랑질 내의 균열선은 임상에서 복합레진 수복 후 종종 관찰되는 white line으로 복합레진 수복물과 법랑질과의 접착력은 중합수축 응력을 버텨내기에 충분하다는 것을 보여준다.^{26,27)} 본 실험의 결과에 비추어 보면 복합레진 수복 후 white line이 관찰될 경우 완전히 제거한 후 복합 레진을 재충진 하여야 하겠다.

치은측 변연 미세누출은 대조군에서 가장 높게 나타났으며 Biscove LV군, Scotchbond adhesive군, Experimental adhesive군과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 이는

재접착을 시행했을 경우 치은측 변연에서 대조군에 비해 유의성 있게 변연 미세누출이 감소한다고 보고한 이전의 연구 결과와 일치하였다.^{6-8,25,28} 전색제를 적용한 3가지 군 사이에는 변연 미세누출 깊이가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉, 재접착 용도로 특수하게 제조된 제품이 아니라도 적절하게 재접착 술식을 시행하였을 경우 재접착을 시행하지 않은 경우에 비해 치은측 변연의 미세누출을 효과적으로 감소시켜 줄 수 있다는 것을 의미한다. 재접착 용도로 특수화된 제품을 레진 접착제와 비교하였던 이전의 연구들도 특수화된 제품 뿐 아니라 레진 접착제들도 치은측 변연의 미세누출을 대조군에 비해 유의하게 감소시켰다는 결과를 보여주었다.^{25,28,29}

본 연구에서는 재접착제의 점도와 성분에 따른 효과를 비교하기 위하여 Biscover LV 레진 전색제와 Scotch Bond Multipurpose adhesive, Experimental adhesive를 사용하였다. 낮은 점도와 특수한 성분의 Biscover LV 레진 전색제를 사용함으로써 재접착 용도로 특수화된 제품의 미세누출 감소 효과를 상아질 접착제와 비교하고자 하였다. 가장 보편적으로 사용되는 4세대 상아질 접착제인 Scotch Bond Multipurpose adhesive를 사용하였고, Scotch Bond Multipurpose adhesive와 비슷한 조성이면서 점도는 낮은 Experimental adhesive를 제작하여 사용하였다. 사용된 3가지 재접착제의 점도는 Table 3과 같았다. 레진 전색제 용도로 특별히 제작된 Biscover LV의 점도가 가장 낮으며, Experimental adhesive, SBMP adhesive 순으로 높아지는 것을 볼 수 있다. 약 10-20 μm 의 수축간극 (contraction gap) 사이로 레진 전색제가 가능한 깊이 침투되도록 하는 것은 미세누출을 감소시키고 변연 봉쇄를 향상시키기 위해 매우 중요하다.¹⁷ 따라서 레진 전색제는 미세한 간극으로 침투될 수 있을 정도로 낮은 점도를 가져야 하며, 이러한 점에서는 점도가 가장 낮은 Biscover LV군에서 가장 낮은 미세누출 정도를 예상하였으나 본 실험에서는 유의한 차이가 없었다. 점도 이외에도 젖음성, 수복재와 재접착제 간에 친화성, 치질과 비슷한 열팽창계수 등이 레진 전색제의 침투에 영향을 줄 수 있다는 것을 고려하여 본 연구 결과를 해석해야 할 것이다.^{5,25}

법랑질에 비하여 상아질은 유기질 성분을 많이 함유하고 있고 상아세관과 상아세관액이라는 특수한 구조를 지니고 있기 때문에 상아질에 대한 복합레진의 접착강도는 법랑질보다 낮다. 이러한 이유로 일반적으로 복합레진 수복물의 상아질 변연은 법랑질 변연보다 높은 미세누출을 나타낸다.⁸ 본 연구에서도 대조군에서 교합면측 보다 치은측 변연에서 통계적으로 더 높은 미세누출을 나타냈다($p < 0.05$, Figure 1, Table 3). 그러나 재접착을 시행한 3개의 군에서는 치은측 변연 미세누출이 교합면측 변연 미세누출과 유의한 차이를 보이지 않았다. 재접착을 시행할 경우 치은측

변연의 미세누출을 줄이게 되어 교합면측 변연과의 상대적인 미세누출 차이가 적어져 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 해석할 수 있다. Estafan 등²⁴)은 5급 복합레진에 적용된 전색제의 교합면측과 치은측 변연에 대한 미세누출 정도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않는다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다.

레진 전색제 적용 전에 복합레진 충전물 변연을 산부식 하는 것은 미세간극을 막을 수 있는 미세한 입자들을 제거하기 위해 필요하다고 여겨져 왔다. 도말층의 형성으로 생기는 작은 입자들은 매우 큰 표면적-부피 비율을 가지기 때문에 산성 용액에 접촉하게 되면 용해되기 쉽다.³⁰ Munro 등은 5급 복합레진 수복물에 산부식을 하고 레진 전색제를 적용한 경우와 산부식을 하지 않고 적용한 경우에서 몇 가지 레진 전색제의 미세누출 감소 효과를 상호 비교하였다.⁶ 연구 결과 재접착 술식 전에 37% 인산으로 산부식 처리하는 것은 하지 않은 군에 비해 전색제의 미세누출 감소 효과를 향상시켜주지는 못했다. 저자는 치은측 변연을 산부식 처리하는 것은 백악질이 떨어져 나가고 상아세관이 열릴 수 있으므로 금기시하여야 한다고 주장하였다. Barone-Smith와 Dickens도 변연부를 다시 산부식 한 군이 산부식 하지 않은 군에 비해 미세누출 점수를 향상시키지 못했다고 발표하였다. 그러나 두 군 모두에서 레진 전색제를 도포하지 않은 대조군에 비해서는 미세누출 정도가 감소하였다고 보고함으로써, 5급 복합레진 수복물에서 미세누출 정도는 충전재가 적게 함유된 저점도의 광중합 레진을 적용함으로써 감소시킬 수 있다고 하였다.³¹

재접착시 시술 순서에 관하여 몇몇 저자들은 레진 전색제는 복합레진의 중합 이후에 적용되어야 하지만 마무리 및 연마 전에 도포하여야 한다고 보고했다.^{17,32} 마무리 및 연마 과정에서 발생하는 미세한 입자들이 미세간극을 막아 레진 전색제의 침투를 막을 수 있기 때문이다. 그렇지만 치아와 복합레진의 열팽창계수 차이 때문에 마무리 및 연마 과정에서 발생하는 열이 변연 간극을 다시 열리게 할 수 있다.³³ 이러한 점에 근거하여 다른 저자들은 수복물을 마무리 및 연마한 후 레진 전색제를 도포할 것을 추천하였다.^{5,34} 그러나 이러한 주장들은 관련된 연구를 통해 유추한 것일 뿐, 각 술식에 대한 정량화된 비교 실험을 시행한 것은 아니었다.

본 실험의 결과, 교합면측과 치은측 변연 모두에서 각각의 레진 전색제를 사용했을 때 두 가지 술식에 따른 미세누출 정도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 와동에 복합레진 충전 후 마무리 및 연마 과정 없이 산부식 하지 않고 레진 전색제를 적용하는 것이 마무리 및 연마 과정 후 산부식 하고 레진 전색제를 적용하는 것에 비해 미세누출을 감소시켜 주지는 못했다.

비록 본 연구에서 레진 전색제 사용이 치은측 변연에서 변연 미세누출을 유의할만하게 감소시켰지만, 재접착을 시행

한 경우에도 복합레진 수복물의 변연 미세누출을 완전히 방지하지는 못하였다. 레진 전색제와 접착제 역시 레진이기 때문에 중합시 수축이 일어나게 된다는 것을 고려해야 한다. 게다가 일부 반응하지 않은 methacrylate group이 수복물표면에 남아 레진 전색제나 접착제와 반응할 수도 있다.³²⁾

본 연구를 종합하면, 5급 복합레진 수복물에서 마무리 및 연마 과정 없이 산부식 하지 않고 레진 전색제를 적용하는 것이 마무리 및 연마 과정 후 산부식 하고 레진 전색제를 적용하는 것에 비해 미세누출을 감소시켜 주지는 못하여 본 연구의 가설은 거부되었다. 또한 5급 복합레진 수복물의 교합면측 변연에 대한 레진 전색제의 미세누출 감소효과는 크지 않았지만, 치은측 변연의 미세누출은 Biscover LV와 Scotchbond adhesive, Experimental adhesive에 의해 유의하게 감소됨을 볼 수 있었다. 재접착 용도로 특화된 제품이 아니더라도 낮은 점도의 레진으로 적절히 재접착을 시행한다면 5급 복합레진 수복물의 치은측 변연에서 미세누출 감소 효과를 얻을 수 있을 것이다.

V. 결 론

1. 교합면측 변연 미세누출 깊이는 각 군 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다.
2. 치은측 변연 미세누출 깊이는 대조군에서 가장 높게 나타났으며 Biscover LV군, Scotchbond adhesive군, Experimental adhesive군과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).
3. 각 군에서 교합면측과 치은측 변연 미세누출 깊이를 비교하여 보면, 대조군에서는 교합면측보다 치은측 변연에서 통계학적으로 더 높은 미세누출 깊이를 나타내었으나($p < 0.05$), 재접착을 시행한 3개의 군에서는 교합면측과 치은측 변연에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.
4. 각 군에서 연마 및 산부식 없이 전색제를 적용한 군과 연마 후 산부식 하고 전색제를 적용한 군 사이에는 변연 미세누출 깊이에 유의한 차이를 나타내지 않았다.

참고문헌

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34(6):849-853, 1955.
2. Burgess JO. Dental materials for the restoration of root surface caries. *Am J Dent* 8(6):342-351, 1995.
3. Ferracane JL. Using posterior composites appropriately. *J Am Dent Assoc* 123(7):53-58, 1992.
4. Htang A, Ohsawa M, Matsumoto H. Fatigue resistance of composite restorations: effect of filler content. *Dent Mater* 11(1):7-13, 1995.

5. Tjan AH, Tan DE. Microleakage at gingival margins of Class V composite resin restorations rebonded with various low-viscosity resin systems. *Quintessence Int* 22(7):565-573, 1991.
6. Munro GA, Hilton TJ, Hermes CB. *In vitro* microleakage of etched and rebonded Class 5 composite resin restorations. *Oper Dent* 21(5):203-208, 1996.
7. Ramos RP, Chimello DT, Chinelatti MA, Dibb RG, Mondelli J. Effect of three surface sealants on marginal sealing of Class V composite resin restorations. *Oper Dent* 25(5):448-453, 2000.
8. Reid JS, Saunders WP, Chen YY. The effect of bonding agent and fissure sealant on microleakage of composite resin restorations. *Quintessence Int* 22(4):295-298, 1991.
9. Kubo S, Yokota H, Hayashi Y. Effect of low-viscosity resin-based composite on the microleakage of cervical restorations. *Am J Dent* 16(4):244-248, 2003.
10. Torstenson B, Oden A. Effects of bonding agent types and incremental techniques on minimizing contraction gaps around resin composites. *Dent Mater* 5(4):218-223, 1989.
11. McLean JW, Powis DR, Prosser HJ, Wilson AD. The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. *Br Dent J* 158(11):410-414, 1985.
12. Marais JT, Dannheimer MF, Germishuys PJ, Borman JW. Depth of cure of light-cured composite resin with light-curing units of different intensity. *J Dent Assoc S Afr* 52(6):403-407, 1997.
13. Unterbrink GL, Muessner R. Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 23(3):183-189, 1995.
14. Jayasooriya PR, Pereira PN, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J. The effect of a "resin coating" on the interfacial adaptation of composite inlays. *Oper Dent* 28(1):28-35, 2003.
15. Pameijer CH, Wendt SL, Jr. Microleakage of "surface-sealing" materials. *Am J Dent* 8(1):43-46, 1995.
16. May KN, Jr., Swift EJ, Jr., Wilder AD, Jr., Futrell SC. Effect of a surface sealant on microleakage of Class V restorations. *Am J Dent* 9(3):133-136, 1996.
17. Torstenson B, Brannstrom M, Mattsson B. A new method for sealing composite resin contraction gaps in lined cavities. *J Dent Res* 64(3):450-453, 1985.
18. Vankerckhoven H, Lambrechts P, van Beylen M, Davidson CL, Vanherle G. Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. *J Dent Res* 61(6):791-795, 1982.
19. Koo BJ, Shin DH. The effect of C-factor and volume on microleakage of composite resin restorations with enamel margins. *J Kor Acad Cons Dent* 31(6):452-459, 2006.
20. Judes H EI, Lieberman R, Serebro L. Rebonding as a method of controlling marginal microleakage in composite resin restoration. *New York Journal of Dentistry* 52:137-143, 1982.
21. Cho YG, Kim MH, Lee MG. Effect of resin sealants on the reduction of microleakage in composite restorations. *J Kor Acad Cons Dent* 31(4):282-289, 2006.
22. Dickinson GL, Leinfelder KF. Assessing the long-term effect of a surface penetrating sealant. *J Am Dent Assoc* 124(7):68-72, 1993.
23. Erhardt MC, Magalhaes CS, Serra MC. The effect of rebonding on microleakage of class V aesthetic restorations. *Oper Dent* 27(4):396-402, 2002.

24. Estafan D, Dussetschleger FL, Miuo LE, Kondamani J. Class V lesions restored with flowable composite and added surface sealing resin. *Gen Dent* 48(1):78-80, 2000.
25. Ramos RP, Chinelatti MA, Chimello DT, Dibb RG. Assessing microleakage in resin composite restorations rebonded with a surface sealant and three low-viscosity resin systems. *Quintessence Int* 33(6):450-456, 2002.
26. Prati C, Valdre G, Mongiorgi R, Bertocchi G, Savino A. Changes in enamel and dentin interface around composite class V restorations. *J Dent Res* 71:1014, 1992.
27. Staninec M, Mochizuki A, Tanizaki K, Jukuda K, Tsuchitani Y. Interfacial space, marginal leakage, and enamel cracks around composite resins. *Oper Dent* 11(1):14-24, 1986.
28. Owens BM, Johnson WW. Effect of new generation surface sealants on the marginal permeability of Class V resin composite restorations. *Oper Dent* 31(4):481-488, 2006.
29. Cho YG, Choi HY. Effect of Bisconver™ on the marginal microleakage of composite resin restoration. *J Kor Acad Cons Dent* 30(5):355-362, 2005.
30. Pashley DH. Clinical considerations of microleakage. *J Endod* 16(2):70-77, 1990.
31. Barone-Smith CE, Dickens SH. Effect of surface sealing on the microleakage of bonded restorations. *J Dent Res* 78:155 abst #394, 1999.
32. Hansen EK, Asmussen E. Marginal adaptation of posterior resins: effect of dentin-bonding agent and hygroscopic expansion. *Dent Mater* 5(2):122-126, 1989.
33. Yu XY, Wieczkowski G, Davis EL, Joynt RB. Influence of finishing technique on microleakage. *J Esthet Dent* 2(5):142-144, 1990.
34. Garcia-Godoy F, Malone WF. Microleakage of posterior composite restorations after rebonding. *Compendium* 8(8):606-609, 1987.

국문초록

복합레진 수복 시 재접착 술식이 미세누출에 미치는 영향

이미애 · 서덕규 · 손호현 · 조병훈*

서울대학교 치의학대학원 치과보존학교실

복합레진 수복시, 일반적으로 연마, 산부식, 수세 및 건조 단계를 거쳐 저점도 레진을 적용하는 재접착 술식을 통해 예상되는 수축간극을 봉쇄한다. 그러나, 이 과정은 재접착제 적용 이전에 물이나 잔사가 간극을 매워버릴 수 있어 그 효과가 의심된다. 본 실험에서는 연마 단계 이전, 즉 복합레진을 중합한 직후에 재접착제를 도포한다면 변연누출을 더 줄일 수 있을 것이라는 가설을 검증하고자 하였다. 실험을 위해 35개의 발거한 대구치에서 협면과 설면에 교합면 변연은 범랑질에, 치은측 변연은 상아 질에 위치하는 5급 와동을 형성하였다. 와동은 Z250 (3M ESPE, USA)로 충전하였고, 접착제로는 Adper™ Single Bond 2 (3M ESPE)을 사용하였다. 재접착제로는 Biscover LV (Bisco, USA) 레진 전색제와 ScotchBond Multi-purpose system (3M ESPE)의 접착제, 및 점도가 낮은 실험용 접착제를 연마 전 또는 일련의 연마 및 산부식 후 수복물의 변연에 적용하였다. 2% 메틸렌 블루 용액에 네 시간 동안 침적한 뒤 교합측 및 치은측 변연에서의 색소 침투 깊이를 광학 입체 현미경으로 측정하였다. 재접착제의 점도와 변연미세누출의 상관관계도 평가하였다. 재접착 술식, 재접착제, 및 변연의 위치, 그 각각에서는 통계적으로 유의한 차이를 관찰할 수 없었다. 그러나, 재접착 술식을 시행하지 않은 대조군의 경우에는 세 가지 재접착제를 사용한 재접착군에 비해 치은측 변연에서 미세누출이 통계적으로 유의하게 크게 나타났다($p < 0.05$). 대조군과 재접착군의 미세누출의 차이는 교합측 변연에서는 관찰되지 않았다. 연마 및 산부식 후 치은변연에 재접착제를 적용한 경우에서 약한 음의 상관관계($r = -0.326$, $p = 0.041$)를 보인 경우를 제외하고는, 재접착제의 점도와 미세누출은 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

주요단어: 재접착 술식, 미세누출, 복합레진 수복, 접착레진, 점도