

## 상아질 접착제의 미세누출과 변연부 혼화층

조영곤 · 김영관 · 안종모\*

조선대학교 치과대학 치과보존학교실, 구강내과학교실\*

### ABSTRACT

#### MICROLEAKAGE AND MARGINAL HYBRID LAYER OF DENTIN ADHESIVES

Young-Gon Cho, Young-Kwan Kim, Jong-Mo Ahn\*

*Department of Conservative Dentistry and Oral Medicine\*, College of Dentistry, Chosun University*

The purpose of this study was to compare microleakage and marginal hybrid layer in class V restorations using two one-bottle adhesives and one self-etching adhesive.

Class V cavity preparations with occlusal margins in enamel and gingival margins in dentin were prepared on buccal and lingual surfaces of 30 extracted human molar teeth. Prepared teeth were randomly divided into three treatment groups (n=30) and restored with three adhesives and composites: Single Bond/Filtek Z-250 (Group 1), Prime&BondNT/Esthet·X (Group 2), UniFil Bond/UniFil F (Group 3).

For microleakage, samples were stored in room temperature water for 24 hours, thermocycled, stained with 2% methylene blue dye, sectioned into halves, scored and analysed using Mann-whitney test and Wilcoxon signed rank sum test.

For marginal hybrid layer, samples were sectioned into halves, treated with 10% phosphoric acid for 5 seconds, stored in 5% NaOCL solution for 24 hours, dried and gold coated. Occlusal and gingival margins of each sample were inspected under SEM.

The results of this study were as follows:

1. Microleakage at the occlusal margins was not evident in group 1 and group 2, but it showed in group 3 ( $p<0.05$ ).
2. Microleakage in group 1 and group 3 was significantly lower than in group 2 at gingival margins ( $p<0.05$ ).
3. Microleakage at gingival margins was greater than at occlusal margins in group 1 and group 2, but microleakage at occlusal margins was greater than at gingival margins in group 3 ( $p<0.05$ ).
4. In group 1 and group 2, no gaps at occlusal margins showed. But gaps showed in group 3. Occlusal margins were free from a hybrid layer in all groups.
5. The thickness of the marginal hybrid layers was 2.5~5  $\mu\text{m}$  thick in group 1, 5  $\mu\text{m}$  thick in group 2 and 1.5  $\mu\text{m}$  thick in group 3.
6. There was no correlation between microleakage and thickness of marginal hybrid layer.

In conclusion, the effect of dentin adhesives on microleakage in class V composite restorations was excellent when one-bottle adhesives were applied on enamel margin, and it was good when a self-etching adhesive was applied on dentinal margin. There was no correlation between microleakage and thickness of marginal hybrid layer.

**Key words** : Microleakage, Marginal hybrid layer, One-bottle adhesives, Self-etching adhesive

## I. 서론

Buonocore<sup>1)</sup>가 산부식법을 소개한 이래 치질과 복합레진의 접착에 관한 지속적인 연구와 발전으로 치과계에서 복합레진의 사용이 증대되고 있다. 복합레진의 법랑질에 대한 접착은 인산에 의한 산부식 처리로 오랫동안 유지되지만<sup>2)</sup>, 상아질에 대한 접착은 복잡한 무기질과 유기질때문에 법랑질에 비해 신뢰할 수 없어 계속적인 개선이 요구되고 있다<sup>3)</sup>.

Nakayabashi<sup>4)</sup>의 연구에 의하면 상아질에 대한 복합레진의 접착은 탈회된 상아질 표면의 노출된 콜라겐에 단량체가 침투되고, 이것이 중합되어 혼화층이 형성되므로서 미세 기계적인 접착을 이룬다고 보고하였다.

복합레진과 치질사이에 발생하는 미세누출은 복합레진의 중합수축과 치질과의 열팽창계수 차이로 발생되며, 이는 복합레진과 치질간의 접착을 파괴하여 계면에 간극을 형성한다. 이러한 현상에 의한 임상적인 증상은 술후과민증, 변연착색, 이차우식증 및 수복물의 상실 등으로 나타난다<sup>5)</sup>.

최근에 접착술식을 단순하게 하고, 치료시간을 단축시키기 위해 소개된 5세대 접착시스템이 임상에서 널리 사용되고 있다<sup>6-11)</sup>. 이러한 접착시스템으로는 단일병 접착제(one-bottle adhesive)와 자가 산부식 접착제(self-etching adhesive)가 있다.

단일병 접착제는 4세대 접착제의 분리된 프라이머와 접착제를 단일병에 혼합한 접착제로서 친수성과 소수성의 성분을 포함하고 있다<sup>12)</sup>. 아세톤, 에탄올, 물, HEMA를 포함하는 친수성 프라이머는 산부식 처리된 상아질 표면으로 레진이 침투되도록 하고, 접착제에 있는 단량체가 상아질 표면으로 확산되어 상아질과 레진의 혼화층을 형성하고<sup>13)</sup> 최대의 결합강도를 얻도록 한다<sup>14)</sup>. 또한 최근에는 혼화층을 강화하고, 광중합시 중합수축을 감소시켜 접착력을 증대시키기 위해 접착제에 필러를 첨가한 제품이 소개되고 있다<sup>15)</sup>. 이와 같은 단일병 접착시스템은 total etching과 wet bonding 술식에 기초를 두며<sup>16)</sup>, 우수한 결합강도를 갖는 것으로 보고되고 있으나 아직까지는 술식에 매우 민감한 시스템으로 알려져 있다<sup>9)</sup>.

또 하나의 5세대 접착시스템으로 자가 산부식 접착제가 소개되고 있다<sup>17)</sup>. 이 시스템은 법랑질과 상아질을 동시에 처

리하고 priming하는 산성의 phosphonated resin을 포함하고 있으며, 기존의 산부식제와는 달리 처리제(conditioner)를 물로 세척하지 않는 것이 특징이다<sup>18,19)</sup>.

자가 산부식 프라이머(self-etching primer)를 도말층으로 덮힌 치아의 표면에 적용하면 산성의 프라이머는 도말층을 변형하거나 용해하고 또한 법랑질과 상아질 면을 탈회시킨다<sup>20)</sup>. 그 후 적용되는 접착제에 의해 혼화층이 형성된다<sup>20,21)</sup>.

자가 산부식 접착제는 법랑질과 상아질에 우수한 접착을 보였다고 보고되고 있으며<sup>22-24)</sup>, 또한 Latta 등<sup>25)</sup>에 의하면 이러한 접착제는 임상에서도 탁월한 임상적 수행과 높은 유지율을 나타냈다고 보고하였다.

이상과 같이 단일병 접착제와 자가 산부식 접착제는 도말층을 처리하는 방법과 접착술식이 서로 다르며, 이러한 접착시스템을 대상으로 한 미세누출과 변연부 혼화층을 상호 비교한 문헌이 희소한 실정이다. 이에 본 연구에서는 최근에 사용되고 있는 단일병 접착제(2종)와 자가 산부식 접착제(1종)에 대한 5급 와동에서의 미세누출과 변연부 혼화층을 색소침투법과 주사전자 현미경적인 방법을 통해 그 차이를 비교, 평가하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

5급 와동에서의 단일병 접착제와 자가 산부식 접착제의 미세누출과 변연부 혼화층을 상호 비교하기 위하여 치관에 우식병소와 미세균열이 없는 발거된 상, 하악 대구치 30개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에 사용된 접착제와 복합레진은 Table 1에서와 같이 2종의 단일병 접착제(Single Bond, Prime&Bond NT)와 1종의 자가 산부식 접착제(UniFil Bond) 및 접착제와 같은 제조사의 복합레진을 사용하였다. 본 실험에 사용된 접착제의 구성성분은 Table 2에 표시하였다.

**Table 1.** Group classification and adhesives/composite resins used in this study

Group	Adhesive	Composite resin	Manufacturer
1	Single Bond	Filtek Z-250	3M Dental Products
2	Prime&Bond NT	Esthet. X	Dentsply/Caulk
3	UniFil Bond	UniFil F	GC Co.

**Table 2.** Adhesive systems and compositions

Adhesive system	Etchants or self-etching primer	Composition of adhesive
Single Bond	35% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	bis-GMA, dimethacrylates, HEMA, polyalkenoic acid copolymer, initiator, 3%~8% water, ethanol
Prime&Bond NT	34% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	PENTA, UDMA+T-resin+D-resin, butylated hydroxytoluene, 4-ethyl dimethylaminobenzoate, cetilamine hydrofluoride, camphoroquinone, acetone, silica nanofiller
UniFil Bond	polycarboxylic acid monomer, HEMA, ethanol, distilled water	urethane dimethacrylate, dimethacrylate, HEMA, silica filler

2. 실험방법

(1) 5급 와동의 형성

우식병소와 미세균열이 없는 발거된 상, 하악 대구치 30개를 선택하여 치아표면에 부착된 유기물과 무기물을 초음파 칠키제거기를 이용하여 제거한 후 모든 치아는 실험직전까지 생리식염수에 보관하였다. 각 치아는 고속의 #701 carbide bur를 이용하여 협면과 설면에 5급 와동을 형성하였다. 5급 와동의 폭은 교합-치는 방향으로 3~4mm, 근원심 방향으로 8~10mm가 되도록 하였고, 와동의 깊이는 1.5mm로 형성하였다. 교합면측과 치은측 변연은 각각 법랑질과 백악법랑경계부 1mm 하방에 위치하도록 하였고, 각 변연은 치아의 외면에 90도가 되도록 형성하였다. 고속의 bur로 형성된 5급 와동은 다시 저속용 #701 carbide bur를 이용하여 와동벽을 평활하게 하였다.

(2) 군의 분류 및 와동의 충전

와동의 형성이 완료된 30개의 치아는 무작위로 10개씩 선택하여 3개의 군으로 분류하여 다음과 같이 5급 와동에 3종의 접착제와 복합레진으로 수복하였다(Table 1).

가. 1군(Single Bond/Filtek Z-250 군)

공급된 술에 Scotchbond Etchant(35% 인산)를 문혀 와동의 법랑질과 상아질을 15초간 산부식 처리한 후 air-water 시린지로 10초간 세척하고 과잉의 물을 제거하였다. 공급된 술에 Single Bond Adhesive를 충분히 적셔서 와동에 연속적으로 2회 도포한 후 압축공기로 2~5초간 가볍게 불어 건조하고 광조사기 XL-3000(3M Dental Products, U.S.A.)으로 10초간 광중합하였다. 5급 와동에 Filtek Z-

250(Shade A2)을 한번에 충전하고 40초간 광중합하였다.

나. 2군(Prime&Bond NT/Esthet·X 군)

시린지에 들어 있는 Tooth Conditioner Gel(34% 인산)로 와동의 법랑질과 상아질을 15초간 산부식 처리한 후 air-water 시린지로 15초간 세척하고 과잉의 물을 제거하였다. 공급된 술에 충분한 양의 Prime&Bond NT를 충분히 적셔서 와동에 도포하여 20-30초간 기다린 다음, 압축공기로 20~30초간 가볍게 불어 건조하고 광조사기로 10초간 광중합하였다. 와동에 Esthet·X(Shade A2)를 충전하고 40초간 광중합하였다.

다. 3군(UniFil Bond/UniFil F 군)

공급된 술에 UniFil Bond Self-Etching Primer를 문혀 와동의 법랑질과 상아질에 도포하고 20초간 기다린 다음, 압축공기로 가볍게 불어 건조한 즉시 와동의 법랑질과 상아질에 UniFil Bond Bonding Agent를 도포하고 광조사기로 10초간 광중합하였다. 와동에 UniFil F(Shade A2)를 충전하고 40초간 광중합하였다.

각 실험치아의 복합레진 표면은 Sof-Lex disks(3M Co., U.S.A.)로 마무리와 연마한 후 실온의 물에서 24시간 보관하였다. 모든 시편은 열냉각 시험기에서 5℃와 55℃로 500회의 열순환을 시행하였다.

(3) 미세누출의 평가

각 군에서 5개의 치아를 무작위로 선택하여 복합레진 수복물 주위를 약 1mm 남겨놓고 치아의 전체 면에 nail varnish를 2겹으로 도포하였다. 복합레진 수복물의 변연부에 색소의 침투를 유도하기 위하여 분류된 각 군의 치아는 실

온에서 2% methylene blue에 24시간 동안 침적시켰다. 각 치아는 흐르는 물에 세척하고, 저속의 diamond disks를 이용하여 각 수복물의 중앙부가 절단되도록 치아의 협설방향으로 수직으로 절단하여 치아를 양분하였다.

각 군의 절단된 시편은 40배율의 광학 입체현미경(Olympus LG-PS2, Japan)하에서 법랑질과 상아질 변연부를 관찰하여 다음과 같은 기준에 의하여 미세누출을 평가하였다<sup>26)</sup>.

- 0 = 색소침투가 없는 경우
  - 1 = 색소가 교합면 또는 치은와벽의 1/2미만까지 침투된 경우
  - 2 = 색소가 교합면 또는 치은와벽의 1/2 이상 침투되었으나 측벽에는 도달하지 않은 경우
  - 3 = 색소가 측벽까지 침투된 경우
- 관찰된 각 치아의 양측 절단면중 색소의 침투가 더 큰 부위를 선택하여 미세누출 점수로 하였다.

(4) 변연부 혼화층의 평가

각 군에서 5개의 치아를 선택하여 석고를 담은 원형의 작은 플라스틱 용기에 치근부만을 매몰하였다. Diamond Wheel Saw(South Bay Technology Co., U.S.A.)를 이용하여 각 치아의 치관 중앙부에서 근원심 방향으로 수직으로 절단한 후, 다시 저속의 diamond disks로 치경부를 절단하여 치관을 양분하였다.

절단된 시편은 복합레진의 마무리와 연마시 발생된 이물질을 제거하기 위하여 복합레진 표면과 변연을 10% 인산겔(Bisco, Inc, schaumburg, IL 60193)로 5초간 처리한 후 water 시린지로 세척하였다. 그 후 시편은 5% 차아염소산 나트륨 용액에 24시간 동안 침적시킨 다음 흐르는 물에서 세척하였다. 각 시편은 실온에서 건조하고 주사전자 현미경 관찰을 위해 금도금하였다.

고배율의 주사전자 현미경(JSM-840A, Scanning Microscope JOEL Ltd., Japan)하에서 각 시편의 교합면측과 치은측 변연부에서 접착양상과 혼화층을 관찰하여 Polaroid 667 필름(Kodak co., U.S.A.)으로 촬영하였다.

(5) 통계학적인 분석

각 군간의 미세누출 정도에 대한 상호간의 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 SPSS(ver 7.5)에서 Kruskal-Wallis를 이용하여 시행하였으며, 사후검정은 Mann-Whitney test와 Wilcoxon signed rank sum test를 이용하여 p<0.05 수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 실험결과

상아질 접착제와 복합레진을 충전한 5급 수복물의 교합면측과 치은측 변연부의 미세누출은 Table 3과 Fig.1~3에 나타나 있다.

교합면측 변연부에서 1군과 2군은 미세누출을 보이지 않았으며 3군은 미세누출을 보여(Table 3, Fig. 1~3) 1, 2군과 3군간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 4).

치은측 변연부에서 1군은 대부분의 시편(7개)에서 미세누출이 나타나지 않아 2, 3군에 비해 가장 낮은 미세누출을 보였으나(Table 3) 3군과는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 2군은 1군과 3군에 비해 높은 미세누출을 나타냈다(p<0.05)(Table 5).

각 군의 교합면측과 치은측 변연부에서 미세누출을 비교한 결과, 1군은 교합면측과 치은측간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 2군에서는 모든 시편의 교합면측에서 미세누출을 보이지 않았으나 치은측에서 높은 미세누출을 보여 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며(p<0.05), 입체현미경하에서 색소의 침투는 치은측 변연부에서 시작하여 와동의 측벽을 따라 교합면측의 법랑상아경계부위까지 진행되는 양상을 나타내었다(Fig. 2).

3군에서는 치은측이 오히려 교합면측의 변연부보다 미세누출의 정도가 적게 나타나 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 6).

주사전자 현미경하에서 관찰한 각 군의 교합면측과 치은측 변연부에서의 접착양상과 혼화층은 Fig. 4~Fig. 9에 나타나 있다.

**Table 3.** Distribution of microleakage scores at occlusal and gingival margins

Score	Occlusal Margin					Gingival Margin				
	0	1	2	3	n	0	1	2	3	n
1	10	0	0	0	10	7	1	0	2	10
2	10	0	0	0	10	0	1	1	8	10
3	1	3	5	1	10	4	6	0	0	10

Group 1 : Single Bond/Filtek Z-250, Group 2: Prime&BondNT/Esthet · X,

Group 3 : UniFil Bond/UniFil F

**Table 4.** Statistical analysis of microleakage at occlusal margin between each group by Mann-Whitney test

Group	1	2	3
1			*
2			*
3	*	*	

Group 1 : Single Bond/Filtek Z-250,  
 Group 2 : Prime&BondNT/Esthet · X,  
 Group 3 : UniFil Bond/UniFil F  
 \* : significant differences (p<0.05)

**Table 6.** Statistical analysis of microleakage at occlusal and gingival margin between each group by Wilcoxon signed rank sum test

Group	1	2	3
Margin			
Occlusal	N	*	*
Gingival	N	*	*

Group 1 : Single Bond/Filtek Z-250,  
 Group 2 : Prime&BondNT/Esthet · X,  
 Group 3 : UniFil Bond/UniFil F  
 N : no-significnat differences,  
 \* : significant differences (p<0.05)

교합면측 변연부에서의 접착양상은 1군과 2군에서 긴밀한 접착을 보여 법랑질과 복합레진 계면에 간극을 보이지 않았으나(Fig. 4, 5), 3군에서는 법랑질과 복합레진 계면에 간극을 보였다(Fig. 6). 또한 모든 군에서 법랑질 변연부에서는 혼화층이 관찰되지 않았다.

치은측 변연부에서 1군은 2.5~5 $\mu$ m 두께의 혼화층이 관찰되었고 복합레진과 상아질 계면에서는 미세한 간극이 관찰되었다(Fig. 7). 2군은 5 $\mu$ m 두께의 혼화층이 관찰되었으며 복합레진과 상아질 계면에 비교적 큰 간극이 나타났다(Fig. 8). 3군은 1, 2군에 비해 비교적 얇은 1.5 $\mu$ m 두께의 혼화층이 관찰되었으며 복합레진과 상아질 계면에 미세한 간극이 관찰되었다(Fig. 9).

IV. 총괄 및 고안

복합레진 수복시 수축응력은 일반적으로 중합과정에서 접착계면에 집중되는 것으로 보고되고 있다<sup>27,28</sup>. 이러한 응력이 치질과 복합레진간에 형성된 결합강도를 초과하게 되면

**Table 5.** Statistical analysis of microleakage at gingival margin between each group by Mann-Whitney test

Group	1	2	3
1		*	
2	*		*
3		*	

Group 1 : Single Bond/Filtek Z-250,  
 Group 2 : Prime&BondNT/Esthet · X,  
 Group 3 : UniFil Bond/UniFil F  
 \* : significant differences (p<0.05)

접착계면에서의 결합이 파괴되어 미세누출이 발생하게 된다.

복합레진과 치질간의 미세누출을 검사하여 변연봉쇄를 개선하기 위한 선학들의 연구가 계속적으로 진행되고 있다. Kidd<sup>29</sup>에 의하면 미세누출은 와동과 수복재간에 세균, 용액, 분자나 이온이 통과되는 것이라고 정의하였다.

미세누출을 평가하기 위해 여러 가지 방법이 이용되고 있다. 이러한 방법에는 세균, 압축공기, 화학적 또는 전기화학적 검사, 방사선 동위원소법, 주사전자현미경 및 색소침투법 등이 이용되고 있다<sup>22,30</sup>. 이 중에서 색소침투법이 가장 흔히 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 5급 와동에서의 미세누출을 평가하기 위해 색소침투법을 이용하였으며, 이러한 미세누출과 혼화층 형성과의 관련성을 알아보기 위해 주사전자 현미경을 이용한 변연부 혼화층을 평가하였다.

최근, 접착술을 간단하게 하기 위한 여러 가지 새로운 접착시스템이 개발되어 임상에서 사용되고 있다. 본 연구에서 사용된 두 가지 형태의 접착시스템은 전통적으로 사용하였던 인산 부식제를 이용하여 치질을 처리한 후 접착제를 적용하는 단일병 접착제와 자가 산부식 프라이머를 이용하여 치질을 처리한 후 접착제를 적용하는 자가 산부식 접착제로써 접착을 위해 두 단계가 요구된다. Van 등<sup>31</sup>의 보고에 의하면 이들은 잘 충전된 혼화층을 형성하여 최적의 결합강도를 제공한다고 하였다.

이러한 접착시스템 중 단일병 접착제는 Fusayama 등<sup>32</sup>이 제안한 인산에 의한 total etching 개념에 의해 탈회된 상아질과 노출된 콜라겐 섬유에 레진 단량체가 침투되어 혼화층을 형성하게 되고<sup>4</sup>, 자가 산부식 접착제는 자가부식 프라이머의 산성 성분이 도말층을 변형시키고 접착제에 의해 하방의 상아질에 얇은 혼화층을 형성한다<sup>20</sup>.

이러한 혼화층의 형성에 관하여 Gallo 등<sup>15</sup>은 접착제에 첨가된 필러, 용매, 접착제의 적용방법 등이 영향을 미친다고 보고하였다.

본 연구에서 변연이 법랑질로 구성된 교합면측은 1군과 2

군 모두에서 미세누출을 전혀 보이지 않았다. Al-Ehaideb와 Mohammed<sup>6)</sup>는 5급 와동에서 Single Bond와 Prime Bond 2.1에 대한 미세누출을 평가한 결과 두 가지 접착제를 사용한 모든 시편(10개)의 법랑질 변연에서 0의 미세누출 점수를 보여 본 논문의 결과와 일치하였다.

또한 Rosa와 Perdigo<sup>19)</sup>은 Prime&Bond NT와 복합레진에 대한 법랑질의 전단결합강도를 평가한 결과 법랑질을 인산으로 처리한 군이 인산으로 처리하지 않는 군에 비해 훨씬 높은 결합강도를 초래하였다고 보고하고, 인산은 법랑질을 위한 이상적인 부식제라고 하였다. 본 연구에서 인산으로 와동을 처리한 1군과 2군이 법랑질에서 미세누출을 보이지 않은 이유는 인산에 의해 형성된 법랑질의 부식표면이 미세누출을 방지하는데 효과적이었기 때문으로 사료된다.

한편, 교합면 변연부에서 자가 산부식 접착제를 사용한 3군의 경우 1군과 2군에 비해 통계학적으로 높은 미세누출을 보였다(p<0.05)(Table 4). 이는 자가부식 프라이머의 pH가 단일병 접착제에서 사용한 인산 부식제의 pH보다 높아 법랑질을 부식시키는 능력이 낮았기 때문으로 사료된다<sup>24)</sup>. 본 연구의 결과 법랑질 변연부에서 자가 산부식 프라이머는 인산 부식제에 비해 미세누출을 봉쇄하는 효과가 낮은 것으로 나타났다.

본 연구의 주사전자 현미경하에서 관찰한 교합면측 변연부의 접착양상은 1군과 2군에서 법랑질과 복합레진의 계면에 간극을 보이지 않았으나, 3군에서는 간극을 보였다. 또한 모든 군에서 교합면측 변연부에 혼화층이 관찰되지 않았다(Fig. 4~6).

Hannig 등<sup>17)</sup>은 인산염 유도체인 3종의 자가 산부식 접착제의 2급 와동에서의 변연 접합도(marginal adaptation)를 주사전자 현미경으로 관찰한 결과 법랑질 변연에서 간극이 없는 접합도를 보였다고 보고하여, 본 연구에서 자가 산부식 접착제를 사용한 3군의 교합면측 변연부에 간극이 나타난 결과와는 상이하게 나타났다. 이러한 차이는 본 연구에 사용된 UniFil Bond의 성분에 포함된 폴리카복실 산 단량체(Table 2)가 인산염 유도체만큼 법랑질의 표면을 처리하는데 효과적으로 작용하지 않았기 때문으로 사료된다.

본 연구에서 나타난 치은측 변연부의 미세누출은 1군에 있는 대부분의 시편(7개)에서 미세누출이 나타나지 않아 가장 낮은 미세누출을 보였으나 3군과는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 3, 5).

한편, 본 연구의 치은측 변연부에서 2군에 있는 시편중 8개의 시편이 3의 미세누출 점수를 나타내어 1군과 3군에 비해 훨씬 높은 미세누출을 보였다(p<0.05)(Table 5).

상아질과 접착제 계면에서 혼화층의 형성은 레진과 상아질간의 결합에 중요한 역할을 한다. Prati 등<sup>10)</sup>은 5급 와동에서 접착제에 따른 변연부 혼화층을 주사전자 현미경으로

관찰한 결과, 단일병 접착제(Single Bond)에서는 변연부 혼화층의 두께가 2.0~2.5 $\mu$ m로 나타났으며 자가 산부식 접착제(Clearfil Liner Bond 2V)에서는 1.2 $\mu$ m로 나타나 35%의 인산 부식제를 사용한 Single Bond에서 통계학적으로 두꺼운 변연부 혼화층을 보였다고 보고하였다. Hannig 등<sup>17)</sup>은 3종의 자가 산부식 접착제와 상아질 계면에 대한 주사전자 현미경적인 관찰에서 레진과 상아질 계면간에 형성된 혼화층은 0.8~6.5 $\mu$ m의 다양한 두께를 보였다고 하였다.

본 연구에서 치은측 변연부의 혼화층 두께는 1군에서 2.5~5 $\mu$ m, 2군에서 5 $\mu$ m(Fig. 7, 8), 3군에서 1.5 $\mu$ m로 나타나(Fig. 9) 3군이 1군과 2군에 비해 비교적 얇은 혼화층을 보여 Prati 등<sup>10)</sup>의 연구 결과와 유사하게 나타났다. 그러나 얇은 두께의 혼화층에도 불구하고 3군이 2군보다 미세누출이 적게 나타난 이유는 UniFil Bond의 프라이머에 함유된 산성에 의해 도말층과 상아질 표면이 잘 처리되고 또한 성분중 에탄올과 물이 상아질에 좋은 습윤성(wetting)과 침투성을 반영하여 복합레진과 상아질 간에 비교적 긴밀한 접착을 형성하였기 때문으로 사료된다.

일반적으로 5급 와동에서 복합레진의 법랑질에 대한 접착은 믿을 수 있지만 상아질에 대한 접착은 예측할 수 없는 것으로 알려져 있다<sup>4)</sup>. 본 연구에서 각 군의 교합면측과 치은측 변연부에서의 미세누출을 비교한 결과, 1군과 2군은 교합면측 변연부에서보다 치은측에서 더 높은 누출을 보였다(Table 3). 특히 2군의 경우 치은측 변연부에서 3도의 미세누출 점수를 나타낸 8개의 시편에 대한 색소침투는 변연부에서 시작하여 와동의 측벽을 따라 교합면측의 법랑상아 경계부위까지 진행되는 양상으로 나타났다(Fig. 2).

Rosa와 Perdigo<sup>19)</sup>은 Pime&Bond NT와 복합레진을 이용한 상아질의 전단결합강도를 평가한 결과 상아질을 인산으로 처리하지 않은 군(18.2 $\pm$ 5.9 MPa)이 인산으로 처리한 군(8.1 $\pm$ 3.8 MPa)에 비해 훨씬 높은 결합강도를 초래하였다고 보고하고 Pime&Bond NT적용시 상아질을 인산 부식제로 처리하지 않은 경우 높은 결합강도를 얻을 수 있다고 보고하였다.

Gallo 등<sup>12)</sup>은 단일병 접착제를 분배한 직후와 10분 후에 각각 상아질에 적용하여 전단결합강도를 비교한 결과, 용매로서 아세톤을 함유한 접착제가 물이나 에탄올을 함유한 접착제에 비해 분배 10분 후에 훨씬 낮은 전단 결합강도를 보였다고 하였다.

Yoshiyama 등<sup>11)</sup>은 단일병 접착제는 인장결합강도에서 습윤된 상아질이 건조된 상아질보다 통계학적으로 높은 인장결합강도를 나타내었다고 보고하고 접착제 사용시 wet bonding 술식을 사용하도록 하였다.

이상의 연구 결과에서 처럼 본 연구의 치은측 변연부에서 2군이 1군에 비해 높은 미세누출을 보인 이유는 Pime

&Bond NT 사용시 상아질에 대한 인산처리 효과, 용매로서 첨가된 아세톤 성분 및 상아질의 wet bonding시 술식에 더욱 민감하였기 때문에 사료된다.

한편, 본 연구에서 3군의 경우 치은층이 오히려 교합면측의 변연부보다 미세누출의 정도가 적게 나타나 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 6, Fig. 3). 이러한 연구 결과는 Unifil Bond의 경우 프라이머에 함유된 폴리카복실 산 단량체가 범랑질보다는 상아질에 더 우수한 표면처리 효과를 나타냈기 때문에 사료된다.

본 연구의 결과를 요약하면, 서로 다른 접착제와 복합레진으로 수복한 5급 와동에서의 미세누출에 대한 효과는 범랑질에서 단일병 접착제가 자가산부식 접착제에 비해 우수하게 나타났으며, 상아질에서는 자가 산부식 접착제가 2종의 단일병 접착제중 1종의 접착제에서 보다 우수한 미세누출 효과를 나타냈다.

또한 모든 군에서 변연부 혼화층은 교합면측 변연부에서 나타나지 않았으나 치은층 변연부에서 나타났으며, 변연부 혼화층의 두께와 미세누출의 상관관계는 밀접한 관계가 없는 것으로 나타났다.

본 연구는 실험실적인 연구결과로서 임상에서 접착제와 복합레진을 사용할 때 다수의 변수가 존재할 수 있기 때문에 본 실험에 대한 임상적인 평가가 계속적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 5급 와동에서 단일병 접착제(2종)와 자가 산부식 접착제(1종)의 미세누출과 변연부 혼화층을 비교하였다. 30개의 발거된 상,하악 대구치의 헐면과 설면에 5급 와동을 형성하여 무작위로 3개의 군으로 분류하였다. 1군은 Single Bond와 Filtek Z-250, 2군은 Prime&Bond NT와 Esthet.X, 3군은 UniFil Bond와 UniFil F로 와동을 수복하였다.

미세누출을 평가하기 위해 모든 시편을 2% methylene blue에 24시간 침적시킨 다음, 광학 입체현미경하에서 각 시편의 교합면측과 치은층 변연부를 관찰하여 미세누출 점수로 기록하여 각 군간의 유의성을 검증하였다. 또한 주사전자 현미경하에서 각 군에 대한 변연부의 접착양상과 혼화층을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 교합면측 변연부에서 1군과 2군은 모두 미세누출을 보이지 않아 3군과 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).
2. 치은층 변연부에서 1군과 3군은 2군에 비해 통계학적으로 낮은 미세누출을 나타냈다(p<0.05).
3. 1군과 2군에서 치은층 변연부의 미세누출은 교합면측보다 크게 나타났으나, 3군에서 치은층 변연부가 교합면측

보다 적은 미세누출을 나타냈다(p<0.05).

4. 교합면측 변연부에서 1군과 2군은 간극을 보이지 않았으나 3군은 간극을 보였으며, 변연부에서 혼화층은 관찰되지 않았다.
5. 치은층 변연부의 혼화층 두께는 1군에서 2.5~5 $\mu$ m, 2군에서 5 $\mu$ m, 3군에서 1.5 $\mu$ m로 나타나 3군이 다른 군보다 얇은 혼화층을 보였다.
6. 미세누출과 변연부 혼화층의 두께와는 상관관계가 없었다.

본 연구의 결과를 요약하면, 5급 복합레진 수복물에서 접착제의 미세누출에 대한 효과는 범랑질 변연부에서 단일병 접착제가 우수하였으며, 상아질 변연부에서는 자가 산부식 접착제가 양호하게 나타났다. 또한 변연부 혼화층의 두께는 미세누출과 직접적인 관계가 없는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. Buonocore, M.C. : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J. Dent. Res. 34(6):849-853, 1955.
2. Swift, E.J., Perigao, J., Heymann, H.O. : Bonding to enamel and dentin : A brief history and state of the art. Quint. Int. 26(2):95-110, 1995.
3. Zheng, L., Pereira, P.N.R., Nakajima, M., Sano, H., Tagami, J. : Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. Oper. Dent. 26:97-104, 2001.
4. Nakayabashi, N. : Resin reinforced dentin due to infiltration of monomers into the dentin at the adhesive interface. The J. of the Japanese Society for Dental Materials and Devices, 1:78-81, 1982.
5. Reeves, G.W., Fitchie, J.G., Hembree, J.H. Jr., Puckett, A.D. : Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. Oper. Dent. 20(6):230-235, 1995.
6. Al-Ehaideb, A.A., Mohammed, H. : Microleakage of "one-bottle" dentin adhesives. Oper. Dent. 26:172-175, 2001.
7. Gordan, V.V., Vargas, M.A., Cobb, D.S., Denehy, G.E. : Evaluation of adhesive systems using acidic primers. Am. J. Dent., 10(5):219-223, 1997.
8. Nakajima, M., Sano, H., Urabe, I., Tagami, J., Pashley, D.H. : Bond strength of single-bottle dentin adhesives to caries-affected dentin. Oper. Dent. 25:2-10, 2000.
9. Ogata, M., Okuda, M., Nakajima, M., Pereira, P.N.R., Sano, H., Tagami, J. : Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. Oper. Dent. 26:27-35, 2001.
10. Prati, C., Pashley, D.H., Chersoni, S., Mongiorgi, R. : Marginal hybrid layer in class V restorations. Oper. Dent. 25:228-233, 2000.
11. Yoshiyama, M., Urayama, A., Kimochi, T., Matsuo, T., Pashley, D.H. : Comparison of conventional vs self-etching adhesives bonds to caries-affected dentin. Oper. Dent. 25:163-169, 2000.
12. Gallo, J.R., Burgess, J.O., Xu, X. : Effect of delayed application on shear bond strength of four fifth-genera-

- tion bonding systems. *Oper. Dent.* 26:27-35, 2001.
13. Nakayabashi, N. : Dentinal bonding mechanism. *Quint. Int.* 22(2):73-74, 1991.
  14. Kanca, J. : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am. J. Dent.* 5(4):213-215, 1992.
  15. Gallo, J.R., Comeaux, R., Haines, B., Xu, X., Burgess, J.O. : Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. *Oper. Dent.* 26:44-47, 2001.
  16. Pitter, A.V., Heymann, H.O., Swift, E. Jr., Perdigao, J., Rosa, B.T. : Effect of different re-wetting techniques on dentin shear bond strengths. *J. Esth. Dent.* 12:85-96, 2000.
  17. Hannig, M., Reinhardt, K.J., Bott, B. : Composite-to dentin bond strength, micromorphology of the bonded dentin interface and marginal adaptation of class II composite resin restorations using self-etching primers. *Oper. Dent.* 26:157-165, 2001.
  18. Chigara, H., Yukitani, W., Hasegawa, T., Manabe, A., Itoh, K., Hayakawa, T., Debari, K., Wakumoto, S., Hisamitsu, H. : Self-etching dentin primers containing phenyl-P. *J. Dent. Res.* 73(5):1088-1095, 1994.
  19. Rosa, B.T., Perdigao, J. : Bond strengths of nonrinsing adhesives. *Quint. Int.* 31:353-358, 2000.
  20. Watanabe, I., Nakayabashi, N., Pashley, D.H. : Bonding to ground dentin by a Phenyl-P self-etching primer. *J. Dent. Res.* 73(6):1212-1220, 1994.
  21. Nakayabashi, N., sami, Y. : Bonding to intact dentin. *J. Dent. Res.* 75(9):1706-1715, 1996.
  22. Bakmeier, W.W., Los, A.A., Triolo, P.T. : Bond strength and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. *Am. J. Dent.*, 8:289-293, 1995.
  23. Kanemura, N., Sano, H., Tagami, J. : "Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces." *J. Dent.*, 27:523-530, 1999.
  24. Ogata, M., Harada, N., Yamaguchi, S., Nakajima, M., Pereira, P.N.R., Tagami, J. : Effect of different burs on dentin bond strengths of self-etching primer bonding systems. *Oper. Dent.* 26:375-382, 2001.
  25. Latta, M.A., Barkmeier, W.W., Triolo, P.T., Cavel, W.T., Blankenau, R.J. : One year clinical evaluation of the Clearfil Liner Bond 2 system. *J. Dent. Res.* 76, 162(Abstact #1186), 1997.
  26. Meiers, J.C., Kazemi, R., Meier, C.D. : Microleakage of packable composite resins. *Oper. Dent.* 26:121-126, 2001.
  27. Davidson, C.L., Degee, A.J., Feilzer, A.J. : The competition between the composite-dentin bond strength and polymerization contraction stress. *J. Dent. Res.* 63(12):1396-1399, 1984.
  28. Kemp-Scholte, C.M., Davidson, C.L. : Complete marginal seal of Class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J. Dent. Res.* 69(6):1240-1243, 1990.
  29. Kidd, E.A. : Microleakage: A review. *J. Dent. Res.* 47(5):199-205, 1976.
  30. Bergenholtz, G., Cox, C.F., Loesche, W.J., Syed, S.A. : Bacterial leakage around dental restorations: Its effect on the dental pulp. *J. Oral. Pathology.* 11(6):439-450, 1982.
  31. Van Meerbeek, B., Willems, G., Celis, J.P., Roos, J.R., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherlele, G. : Assesment by Nano-indentation of hardness and elasticity of resin-dentin bonding area. *J. Dent. Res.* 72 (10):1434-1442, 1993.
  32. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N., Iwaku, M. : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J. Dent. Res.* 58(4):1363-1370, 1979



## 사진부도 설명

### Legend of photographs

- Fig. 1. Microleakage in group 1 (Single Bond/Filtek Z-250)  
Microleakage did not showed at occlusal margin(Do).  
Microleakage of degree 1(D1) was showed at gingival margin ( $\times 15$ ).
- Fig. 2. Microleakage in group 2 (Prime&Bond NT/Esthet · X)  
Microleakage did not showed at occlusal margin(Do).  
Microleakage of degree 3(D3) showed at gingival margin ( $\times 15$ ).
- Fig. 3. Microleakage in group 3 (UniFil Bond/UniFil F)  
Microleakage of degree 2(D2) showed at occlusal margin.  
Microleakage of degree 1(D1) showed at gingival margin ( $\times 15$ ).
- Fig. 4. SEM of occlusal margin in group 1 ( $\times 500$ )  
Close adaptation between interface of resin(R) and enamel(E) was evident and no gaps showed at occlusal margins. Hybrid layer was free.
- Fig. 5. SEM of occlusal margin in group 2 ( $\times 500$ )  
Close adaptation between interface of resin(R) and enamel(E) was evident and no gaps showed at occlusal margins. Hybrid layer was free.
- Fig. 6. SEM of occlusal margin in group 3 ( $\times 500$ )  
Tiny gaps(g) between interface of resin(R) and enamel(E) showed. Hybrid layer was free.
- Fig. 7. SEM of gingival margin in group 1 ( $\times 500$ )  
Thickness of the marginal hybrid layers(h) was  $2.5\sim 5\mu\text{m}$  and tiny gaps(g) between interface of resin(R) and dentin(D) showed.
- Fig. 8. SEM of gingival margin in group 2 ( $\times 500$ )  
Thickness of the marginal hybrid layers(h) was  $5\mu\text{m}$  and wide gaps(g) between interface of resin(R) and dentin(D) showed.
- Fig. 9. SEM of gingival margin in group 3 ( $\times 500$ )  
Thickness of the marginal hybrid layers(h) was  $1.5\mu\text{m}$  and tiny gaps(g) between interface of resin(R) and dentin(D) showed.

사진부도 ①

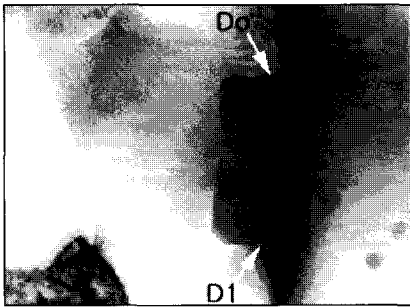


Fig. 1

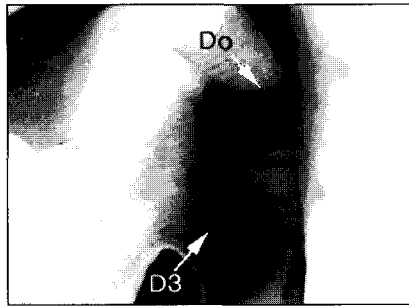


Fig. 2

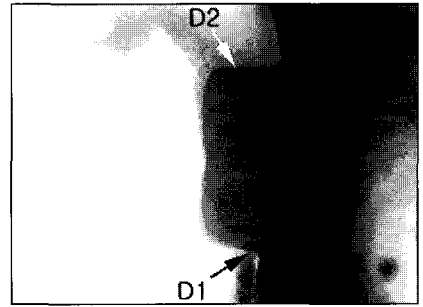


Fig. 3

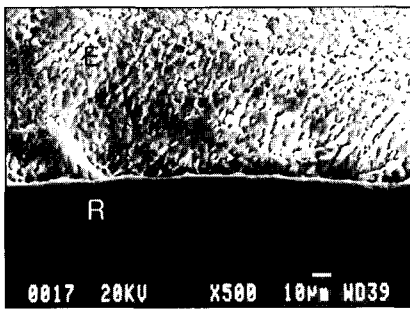


Fig. 4

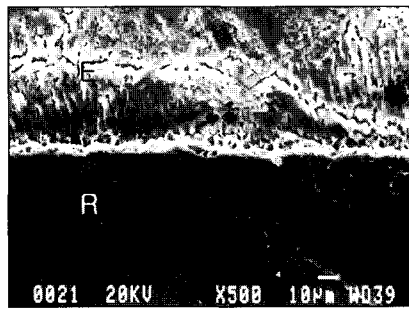


Fig. 5

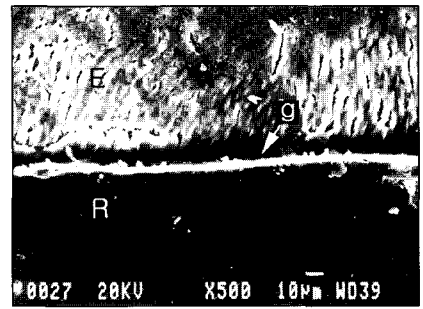


Fig. 6

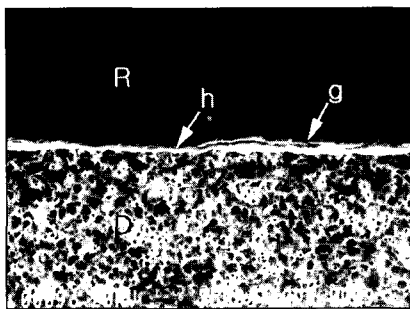


Fig. 7

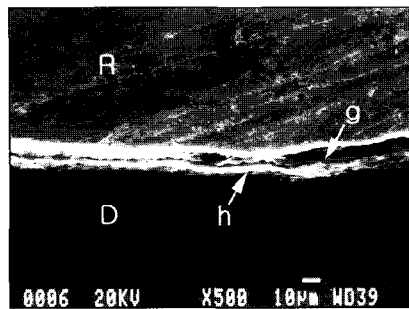


Fig. 8

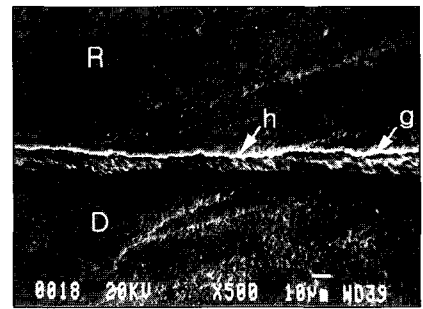


Fig. 9