

## 접착제에 따른 유동성 복합 레진 수복물의 미세누출 양상에 관한 연구

박지은 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

본 연구는 5급 와동에서 유동성 복합 레진 수복 시 수종의 상아질 접착제에 따른 미세 누출 양상을 비교하고, resin tag 및 혼성층의 형상을 전자 현미경으로 관찰하고 비교 분석하였다. 행동 조절에 어려움이 많은 소아 환자의 접착 수복에서 술식의 간편화 및 시간 단축이 장점으로 부각되고 있는 All-in-one 상아질 접착제의 임상 적용 가능성을 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질 변연에서는 Ⅱ군(AQ Bond Plus)이 가장 높은 미세누출을 보였고 Ⅲ군(AdheSE<sup>®</sup> One), I군(Adper<sup>™</sup> Single Bond 2) 순으로 감소하였으며, Ⅱ군은 I군, Ⅲ군과 통계학적 유의차를 보였고( $p < 0.05$ ), I군과 Ⅲ군 사이에는 유의차가 없었다.
2. 상아질 변연에서는 Ⅱ군, I군, Ⅲ군의 순으로 미세누출이 증가하였고, 각각 통계학적 유의차를 보였다( $p < 0.05$ ).
3. I군과 Ⅲ군에서는 법랑질 변연이 상아질 변연보다 유의하게 낮은 미세누출을 보였으나( $p < 0.05$ ), Ⅱ군에서는 통계학적 유의차를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ).
4. 주사전자현미경 소견에서 Ⅱ군과 Ⅲ군은 resin tag의 형성이 매우 미약하고 불규칙한 양상을 보인 반면, I군에서는 비교적 긴밀하고 균일한 resin tag가 관찰되었다.

이상의 결과를 종합해보면, AQ Bond Plus와 AdheSE<sup>®</sup> One은 처리 과정의 단순화로 인한 시간 절약의 장점을 가지고 있으나 Adper<sup>™</sup> Single Bond 2에 비해 상대적으로 높은 미세누출과 약한 결합력을 보인 본 실험의 결과를 미루어 볼 때, 임상 적용 시 술식과 case에 따른 선택적 사용이 추천되는 바이다.

**주요어** : 미세누출, All-in-one 상아질 접착제

### I. 서 론

치과용 복합 레진은 물성의 지속적인 발전에도 불구하고 수복 과정에서 발생하는 중합 수축으로 인하여 레진/치아 계면에 미세누출이 발생하여 2차 우식, 동통, 치수 변성, 술 후 민감성, 변색 등을 유발할 수 있다<sup>1)</sup>. 이러한 문제점을 개선하고자 많은 연구들이 이루어져 복합레진 물성의 발전과 함께 치아와의 접착에 사용하는 상아질 결합제의 발전 또한 지속적으로 이루어졌다.

1955년 Buonocore<sup>2)</sup>에 의하여 법랑질에 대한 산부식법(acid etching technique)이 처음으로 소개된 이래 상아질 표면처리 방법에 따른 상아질 접착제의 발전은 1960년대 상아질과의 화학적 결합을 얻기 위하여 산부식한 상아질에 레진 단량체를 이용하여 상아질 내 칼슘과의 화학적 결합을 가능하게 한 1세대 상아질 접착제로부터 시작되었다<sup>3)</sup>. 도말층(smear layer)의 칼슘과 인산의 이온 결합을 통해서 결합력을 얻는 2세대, 도말층의 부분적 제거 및 변형을 이용한 3세대 상아질 접착제를 거쳐 1990년대 개발된 4세대 상아질 접착제는 인산(phosphoric

교신저자 : 김 종 수

충남 천안시 안서동 산 29 / 단국대학교 치과대학 소아치과학교실 / Tel: 041-550-1931,2 / E-mail: jskim@dku.edu  
원고접수일: 2008년 3월 17일 / 원고최종수정일: 2008년 5월 15일 / 원고채택일: 2008년 5월 26일

acid)을 이용한 total-etching 술식과 습윤식 상아질 접착법(wet bonding)에 기초하여, 산부식제(etchant), 상아질 전처리제(primer), 접착 레진(adhesive resin)의 3단계로 구성되어 있다<sup>4-8)</sup>. 이러한 4세대 상아질 접착제는 상아질과 복합레진 사이의 결합이 극적으로 증가하였으나, 술식이 복잡하고 시술 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라 술자의 숙련도에 영향을 받는다는 단점이 있다. 5세대 상아질 접착제는 4세대 상아질 접착 시스템을 단순화하여 편의성을 증진시킨 제품으로 산부식제와 상아질 전처리제를 하나로 합한 자가-산부식 전처리제(self-etching primer)와 상아질 전처리제와 접착 레진을 합친 One-bottle system으로 구성되고, 위의 3가지 기본적인 구성성분을 하나로 제공하는 All-in-one 상아질 접착제를 6세대 상아질 접착제라고 한다<sup>9-11)</sup>. 5세대와 6세대 상아질 접착제는 수세 단계가 필요 없어 산부식 후 상아질 내 수분 조절의 어려움을 없애 주며, 사용 단계와 시간을 줄일 수 있다.

치과 수복물의 임상적인 평가에 있어 가장 중요하고 기본적인 것은 치아와 수복물 사이의 미세 누출에 대한 평가이며 행동 조절의 어려움이 많은 소아 환자는 성인 환자에 비해 상대적으로 짧은 시술 시간이 요구되기 때문에 접착 시스템의 발전은 술식의 단순화를 통하여 시술 시간을 줄이는 방향으로 이루어졌다<sup>1,12,13)</sup>.

이에 저자는 새로 개발된 6세대 상아질 접착 시스템인 AdheSE<sup>®</sup> One (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)과 기존의 6세대 상아질 접착 시스템인 AQ Bond Plus(Sun Medical, Japan), 임상에서 널리 사용되고 있는 5세대 상아질 접착제 Adper<sup>™</sup> Single Bond 2(3M/ESPE, USA)를 선정하여 유동성

복합 레진 수복 시 각각의 미세 누출 정도를 서로 비교하고, resin tag 및 혼성층(hybrid layer)의 형상을 전자 현미경으로 관찰하고 비교 분석함으로써 술식의 간편화 및 시간 단축이 장점으로 부각되고 있는 All-in-one 상아질 접착제의 사용이 행동 조절에 어려움이 많은 소아 환자의 접착 수복에 도움이 되고 적용할 만한 가치가 있는지에 대해 평가하고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

#### (1) 대상 치아의 준비

단국대학교 치과대학 부속 치과병원에서 최근에 발거된 치아 중 우식이나 결함이 없는 상·하악 소구치와 대구치를 수거하여 선별하고 치아 표면을 세척한 후 0.1% thymol에 보관하였다. 대상 치아의 표면에 있는 이물질을 스케일러로 제거한 후 불소가 포함되지 않은 퍼미스와 저속 핸드피스에 부착된 러버 컵을 사용하여 치면 세마를 시행하며 실험 전까지 실온의 탈이온수에 보관하였다.

#### (2) 상아질 접착 시스템과 복합 레진

대조군으로 5세대 상아질 접착제인 Adper<sup>™</sup> Single Bond 2(3M/ESPE, USA)를 사용하였고, 실험군으로 6세대 상아질 접착제인 AQ Bond Plus(Sun Medical, Japan)와 AdheSE<sup>®</sup> One(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)을 사용하였다(Table 1).

**Table 1.** Dentin bonding agents used in experiment

Bonding adhesives	Composition
Adper <sup>™</sup> Single Bond 2 (3M/ESPE, USA)	BisGMA, HEMA Dimethacrylates Vitrebond polyalkenoic acid copolymer Ethanol / Water 5nm spherical silica particles(10%)
AQ Bond Plus Sun Medical, Japan)	<Base> 4-META Methacryloxyethyl trimellitate acid anhydride Acetone(43%), Water(약 30%) <AQ-sponge> p-Toluenesulfonic acid sodium salt 4 H <sub>2</sub> O(50%) Sodium N-phenylglycinate(50%)
AdheSE <sup>®</sup> One (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)	Bis-acrylamide derivative(40-50%) Water(20-30%) Bis-methacrylamide dihydrogen phosphate Amino acid acrylamide Hydroxy alkyl methacrylamide (20-40%)

충전 재료는 유동성 복합 레진인 Tetric™ Flow(Shade A2, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)를 사용하였으며, 광중합기는 Elipar™ Freelight 2 LED Curing Light(3M/ESPE, USA)를 사용하였다. 광원의 강도는 Radiometer(Dent-America, USA)로 실험 기간 동안 10분마다 측정하여 광량이 일정한지 확인하였다.

2. 연구 방법

(1) 미세누출의 평가

① 치아의 레진 블록 매몰

교정용 아크릴릭 레진에 매몰하기 위한 주형을 제작하여 치아의 백악-법랑 경계부 하방 3 mm까지 블록의 바닥과 교합면이 수평이 되도록 블록 매몰을 시행하였다. 레진이 경화할 때 발생하는 열을 분산시키기 위하여 차가운 탈이온수에 즉시 담근 후 레진의 충분한 경화가 일어날 수 있도록 30분간 방치하였으며, 주형에서 치아 블록을 제거한 후 치아의 탈수를 막기 위하여 실온의 탈이온수에 보관하였다.

② 와동 형성

고속 치아 절삭기에 부착된 #330 고속용 바를 이용하여 치아의 협면에 길이 5 mm, 폭 3 mm, 깊이 1.5 mm의 5급 와동을 형성하였으며, 와동의 치은측 변연은 백악-법랑 경계부 하방 1.0 mm까지 연장하였다.

③ 표본의 배분

접착제와 접착치면에 따라 Table 2와 같이 3개의 군으로 분류하였다.

④ 충전 전 치면 처리

와동 형성이 완료된 표본을 무작위로 군당 15개씩 배분한 뒤 각각의 시편에 형성된 와동과 변연 2 mm까지 제조사의 지시에 따라 상아질 접착제를 적용하였다. I 군에서 산부식은 37% 인산 겔(phosphoric acid gel)인 DenFil™ Etchant-37(Vericom, Korea)을 사용하였다(Table 3).

⑤ 와동 충전 및 연마

Tetric™ Flow로 와동을 충전한 후 20초 동안 광중합 시킨 다음, Sof-lex disc XT(3M/ESPE, USA)로 각 수복물 변연을 균일하게 연마하였다.

⑥ 열 순환 및 색소 침투

중합이 완료된 모든 표본을 탈이온수에 넣어 24시간 동안 37℃로 고정된 항온기에 보관한 후 열 순환기(東京技研, Japan)에 넣고 5℃와 55℃에서 각각 60초 동안 침적시키는 방법으로 총 500회의 열순환을 시행하였다. 그 후 수복물 주위 1 mm를 제외한 전 치면에 네일 바니쉬를 2회 균일하게 도포하여 충분히 건조시키고 2% methylene blue 용액에 침적시켜 37℃로 고정된 항온기에서 24시간 동안 보관하였다.

⑦ 표본 절단 및 단면의 영상 촬영

색소 침투가 완료된 표본을 꺼내어 흐르는 물에 세척하고 건조한 다음, 고속 절단기(METSAW RB 205, R&B, Korea)를 사용하여 다이아몬드 디스크로 절삭하였다. 절단된 시편을 1200, 2500 grit의 실리콘 카바이드 페이퍼로 연마 후 실체 현미경(Nikon, Japan)에 연결된 디지털 카메라로 촬영하였다(×30).

**Table 2.** Distribution of samples according to dentin bonding system

Group	Materials	Enamel			Dentin		
		ML	HL	RT	ML	HL	RT
I	Adper™ Single Bond 2	15	5	5	15	5	5
II	AQ Bond Plus	15	5	5	15	5	5
III	AdheSE® One	15	5	5	15	5	5

**Table 3.** Surface treatment procedures of samples in each group

Group	Procedure
I	15s etching 10s rinse 15s 2-3 coats(rubbing) 5s gentle air blow 10s curing
II	20s coat 5-10s gentle air blow 5-10s strong air blow 10s curing
III	30s coat strong air blow (until no movement the materials) 10s curing

**Table 4.** Scores of dye leakage observed for both substrates

Score	Extent of dye penetration
0	No dye penetration
1	Dye penetration up to half of the cavity depth
2	Dye penetration more than half of the cavity depth
3	Dye penetration arriving to the cavity floor

⑧ 색소 침투 양상의 평가

색소의 침투 정도를 0에서 3까지 4단계의 평가 기준(14)에 따라 평가하였다(Table 4). 미세누출 평가 점수(score)는 각 표본 당 얻어진 2가지의 누출 점수 중 가장 높은 점수를 해당 표본의 미세누출 대표 값으로 취하였다.

또한 침투 정도에 따른 비율을 화상 분석 프로그램 Able Image Analyser 3.6(Mulabs, USA)을 이용하여 각 시편 와동의 상부 법랑질 변연과 하부 상아질 변연에서 색소 침투 길이를 측정하고 이를 와동의 총 길이로 나누어 백분율로 산출하였다.

⑨ 통계 분석

측정된 값은 통계 프로그램 SPSS 15.0(SPSS Inc., USA)을 사용하였다. 침투 정도는 Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney test를, 침투 비율은 One-way ANOVA와 Scheffe test, Independent samples T-test를 시행하여 각 군의 유의성을 검정하였다.

(2) 혼성층(hybrid layer)과 resin tag 관찰

① 혼성층 관찰을 위한 시편 제작

법랑질과 상아질 접착 시스템, 상아질과 상아질 접착 시스템 간에 형성된 계면과 혼성층을 관찰하기 위하여 미세누출의 평가 실험에서와 같은 방법으로 표본을 준비하여 Table 2의 실험 계획에 따라 무작위 배분하였다.

표본을 고속 절단기(METSAW RB 205, R&B, Korea)를 사용하여 치아 장축에 평행하도록 협설 방향으로 다이아몬드 디스크로 절삭하고 1200, 2500 grit의 실리콘 카바이드 페이퍼로 연마 후 절단된 시편의 한쪽 면을 35% 인산(phosphoric acid) 용액으로 10초간 적용하여 탈회시킨 다음, 2% 차아염소산 나트륨(sodium hypochloride) 용액으로 60초간 처리하여 단백질을 제거한 후 24시간 건조하였다.

건조된 시편을 수거하여 코팅기 E-1010(Hitachi, Japan)을 이용하여 gold-palladium 코팅을 시행한 후 지름 25 mm aluminum stub에 부착하여 가속 전압 15.0 kV 하에서 주사전자현미경 S-3000H(Hitachi, Japan)로 500배, 1000배, 1500배, 2000배 배율 하에서 관찰하였다.

② Resin tag 관찰을 위한 시편 제작

준비된 치아를 주형을 사용하여 레진에 매몰한 후 Table 2에 따라 무작위로 배분하였다. 법랑질이 5×5 mm, 상아질이 5×5 mm 이상 노출되도록 320, 600 grit 실리콘 카바이드 페이퍼로 연마하고, 이후 1200, 2500 grit 실리콘 카바이드 페이퍼로 최종 활택하였다.

내경 3.0 mm, 높이 2.0 mm의 폴리에틸렌 튜브를 치아 표면에 고정시키고 Table 3의 방법에 따라 치아 표면을 처리한 후 Tetric™ Flow를 충전하고 100g의 추를 5초간 올려 두어 동일한 압력이 가해지도록 한 후 광중합기로 중합하였다.

37℃, 100% 상대 습도에서 24시간 동안 보관한 후 61% 질산(nitric acid) 용액에 24시간 침적하여 치질을 완전히 용해시킨 후 2% 차아염소산 나트륨 용액으로 60초간 처리하여 단백질을 제거한 후 건조하였다. 혼성층 관찰과 같은 조건과 방법으로 주사전자현미경 관찰을 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 미세누출 측정

실체 현미경으로 관찰한 결과, 5세대 상아질 접착제인 Adper™ Single Bond 2와 AdheSE® One는 와동의 법랑질 변연부에서의 미세누출의 양은 매우 적었으나 상아질 변연부에서의 미세누출의 양은 많았다. AQ Bond Plus에서는 법랑질 변연부에서의 미세누출의 양은 많았으나 상아질 변연부에서의 미세누출의 양은 적었다.

각 군의 법랑질과 상아질 변연부에서 미세누출 점수와 평균치는 Table 5와 6에 표시하였다. 법랑질 변연부에서는 I 군에서 0점에 해당하는 시편이 많은 것을 볼 수 있으며, III 군에서는 1점에 해당하는 시편이 많이 관찰되었고 II 군에서 비교적 높은 점수의 시편이 많이 나타났다. 상아질 변연부에서는 II 군에서 0점에 해당하는 시편이 많이 관찰되었고, I 군에서는 비교적 높은 점수의 시편이 많았으며, III 군에서 3점에 해당하는 시편이 많이 나타났다.

화상 분석 프로그램인 Able Image Analyser 3.6(Mulabs, USA)을 이용하여 각 시편 와동의 상부 법랑질 변연과 하부 상아질 변연에서 색소 침투 비율을 측정된 결과 I 군의 법랑질 변연부에서는 10.60%로 나타났으며, 상아질 변연부에서는

**Table 5.** Distribution of microleakage scores and means at enamel margin

Group	Score				No.	Mean	S.E
	0	1	2	3			
Group I	10	2	3	0	15	0.53	0.22
Group II	2	7	6	0	15	1.27	0.18
Group III	4	10	1	0	15	0.8	0.15

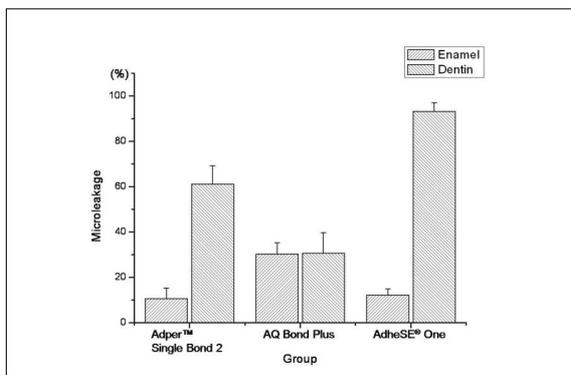
**Table 6.** Distribution of microleakage scores and means at dentin margin

Group	Score				No.	Mean	S.E
	0	1	2	3			
Group I	0	3	5	7	15	2.27	0.21
Group II	7	2	2	4	15	1.2	0.34
Group III	0	0	2	13	15	2.87	0.09

**Table 7.** Mean values of microleakage(ratio) at enamel and dentin margin

Group	Enamel		Dentin		
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	
Group I	10.6	4.74	61.07	8.23	*
Group II	30.21	5.12	30.63	9.04	
Group III	12.23	2.71	93.16	3.83	*

\* : significant differences (p<0.05)



**Fig. 1.** Mean values of microleakage(ratio) at enamel and dentin margin.

61.07%로 나타났다. II군의 법랑질 변연부는 30.21%, 상아질 변연부는 30.63%로 나타났고, III군의 법랑질 변연부는 12.23%, 상아질 변연부는 93.16%로 나타났다. 법랑질 변연부에서의 미세누출은 Adper™ Single Bond 2, AdheSE® One, AQ Bond Plus의 순으로 증가하였고, 상아질 변연부에서의 미세누출은 AQ Bond Plus, Adper™ Single Bond 2, AdheSE® One의 순으로 증가하였다(Table 7, Fig. 1).

법랑질 변연부에서 각 군의 미세누출에 대한 통계학적인 유

의성은 Table 8에 표시하였다. 각 군 간의 미세누출을 비교해 보면 AQ Bond Plus는 Adper™ Single Bond 2와 AdheSE® One보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였고(p<0.05), Adper™ Single Bond 2와 AdheSE® One 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05).

상아질 변연부에서 각 군의 미세누출에 대한 통계학적 유의성은 Table 9에 표시하였다. 각 군 간의 미세누출을 비교해 보면 AdheSE® One은 Adper™ Single Bond 2보다, Adper™ Single Bond 2는 AQ Bond Plus보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였고(p<0.05).

각 군의 법랑질과 상아질간의 미세누출을 비교한 결과 Adper™ Single Bond 2와 AdheSE® One은 상아질 변연부가 법랑질 변연부 보다 높은 미세누출을 보였고, 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05). 한편 AQ Bond Plus는 법랑질 변연부와 상아질 변연부에서 비슷한 정도의 미세누출을 보였고, 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05)(Table 7).

## 2. 주사전자현미경 관찰

### (1) 혼성층 관찰

Fig. 2과 3은 I군의 법랑질 계면과 상아질 변연에서의 혼성

**Table 8.** Statistical analysis of microleakage at enamel margin

	Group I	Group II	Group III
Group I			
Group II	*		
Group III		*	

\* : significant differences (p<0.05)

**Table 9.** Statistical analysis of microleakage at dentin margin

	Group I	Group II	Group III
Group I			
Group II	*		
Group III	*	*	

\* : significant differences (p<0.05)

층을 촬영한 모습으로 매우 명확하게 형성된 혼성층을 보였으며 두께는 약 2~5 μm 정도이고 레진-상아질 계면에서는 상아질관 내로 침투된 resin tag가 관찰되었다.

Fig. 4와 5는 II군의 범랑질 계면과 상아질 변연에서의 혼성층을 촬영한 모습으로 I군에 비해 명확하지 않지만 비교적 균일하게 형성된 혼성층을 보였고 두께는 약 10~12 μm 정도로 관찰되었으며 레진-상아질 계면에서는 미약하게 형성된 resin tag가 관찰되었다.

Fig. 6과 7은 III군의 범랑질 계면과 상아질 변연에서의 혼성층을 촬영한 모습으로 비교적 균일하게 형성된 혼성층을 보였으며 두께는 약 12~15 μm 정도이고 레진-상아질 계면에서는 적지만 길게 형성된 resin tag가 관찰되었다.

(2) Resin tag 관찰

Fig. 8은 I군에서 상아질 접착제로 치면을 처리한 후 형성된 범랑질 표면의 경상을 촬영한 것으로 범랑소주 사이로 명확하게 침투된 상아질 접착제의 모습이 관찰되었고, Fig. 9는 I군의 resin tag를 관찰한 모습으로 매우 조밀하고 곧게 뻗은 resin tag의 모습을 관찰할 수 있다.

Fig. 10는 II군의 범랑질 표면의 경상을 촬영한 것으로 범랑소주 사이로 미약하게 침투한 상아질 접착제의 모습이 관찰되었고, Fig. 11은 II군의 resin tag를 촬영한 모습으로 resin tag의 표면이 매끈하고 부분적으로 공기가 함입된 빈 공간이 관찰되었다.

Fig. 12는 III군의 범랑질 표면의 경상을 촬영한 것으로 II군에 비해 뚜렷하지만 범랑소주 사이로 미약하게 침투한 상아질 접착제의 모습이 관찰되었고, Fig. 13은 III군의 resin tag를 촬영한 모습으로 형성된 resin tag의 수가 I, II군에 비해 적었으며, 혼성층을 통과하지 못한 resin tag들이 다수 관찰되었다.

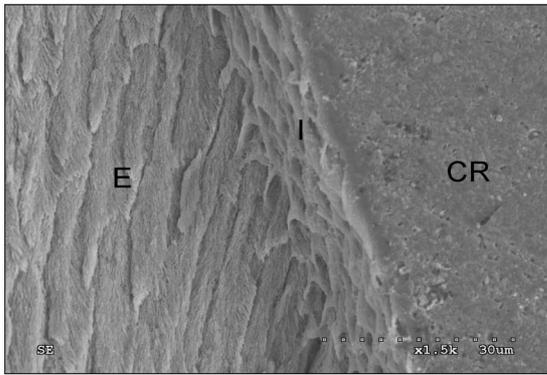
IV. 총괄 및 고안

치과용 복합 레진은 임상 소아치과에서 널리 사용되고 있는 수복 재료로서 수복물과 치아 사이의 계면을 효과적으로 봉쇄하기 위하여 상아질 접착 시스템을 필요로 한다. 복합 레진의 수복 과정에서 발생하는 중합 수축은 수복물과 치아 사이에 미세누출을 야기하고 이로 인해 2차 우식, 동통, 치수 변성, 술 후 민감성, 변색 등을 유발할 수 있어 상아질 접착 시스템은 이를 최소화하기 위한 방향으로 발전하였다<sup>1)</sup>.

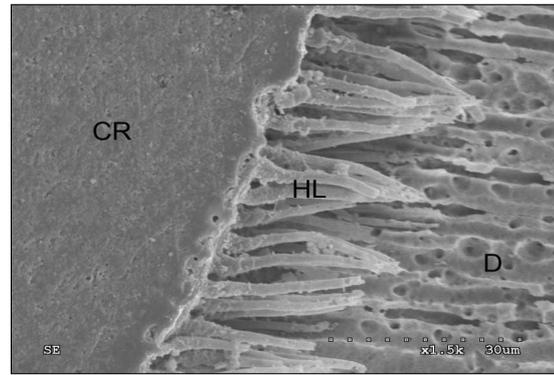
미세 누출의 탐지는 색소 침투법, 방사성 동위원소 침투법, 전기 화학법 및 방사화 분석법 등의 방법으로 확인이 가능하며 이 중 색소 침투법이 가장 흔하게 사용된다<sup>1,12,15)</sup>. 색소 침투법은 간단하고 경제적이며 빠르게 이루어지지만 시편의 판독이 주관적으로 이루어질 수 있다는 단점을 가지고 있어 본 연구에서는 2% methylene blue 용액을 이용한 색소 침투 양상의 평가에서 침투 점수(score) 뿐만 아니라 컴퓨터 화상 분석 프로그램을 이용한 침투 비율(ratio)도 같이 고려하였다.

수복 재료의 결합 효율을 평가하는 방법으로 미세누출의 평가 이외에도 전단 결합 강도의 평가가 이루어질 수 있으나 본 연구에서는 미세누출 양상의 비교와 함께 혼성층과 resin tag의 형성을 함께 고려하기 위하여 실험 설계상 전단 결합 강도의 평가를 배제할 수밖에 없었으며, 차후 연구에서 진행되어야 할 것으로 생각된다<sup>16-18)</sup>.

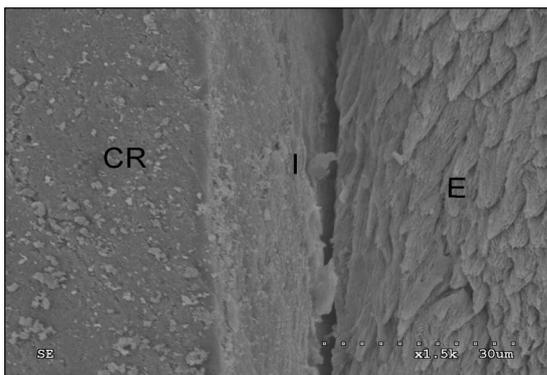
본 실험에서는 충전재로 유동성 복합 레진을 사용하였으며 충전재(filler)의 함량이 적기 때문에 중합 수축은 심하지만 탄성계수가 낮아서 중합 수축 시의 응력을 해소하여 미세누출을 감소시킬 수 있고 흐름성이 좋을수록 수축응력(contraction stress)을 보상하는 역할은 커지게 된다<sup>19,20)</sup>. 흐름성에 영향을 주는 또 다른 요소로 비접착 자유면(free surface)이 있는데,



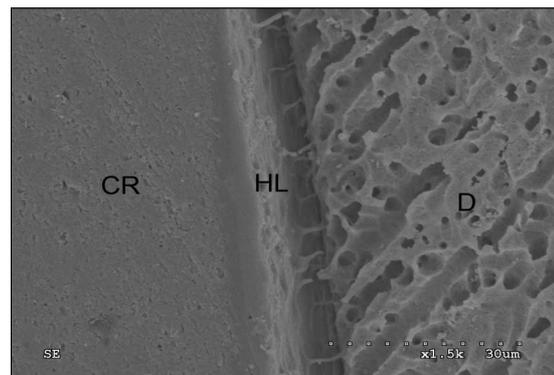
**Fig. 2.** SEM image of resin-enamel interface in Group I ( $\times 1500$ ).



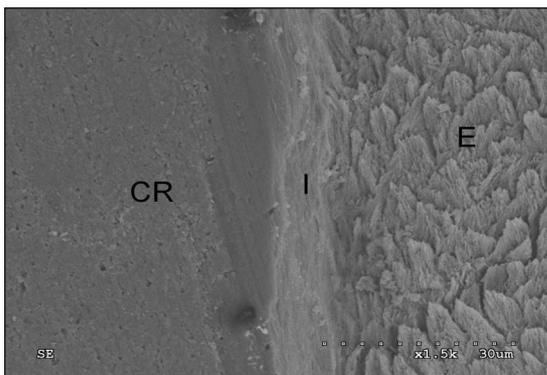
**Fig. 3.** SEM image of resin-dentin interface in Group I ( $\times 1500$ ).



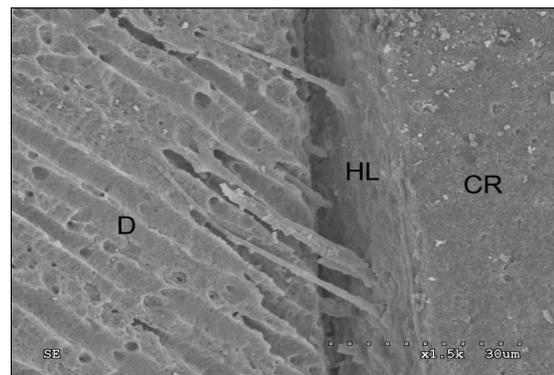
**Fig. 4.** SEM image of resin-enamel interface in Group II ( $\times 1500$ ).



**Fig. 5.** SEM image of resin-dentin interface in Group II ( $\times 1500$ ).

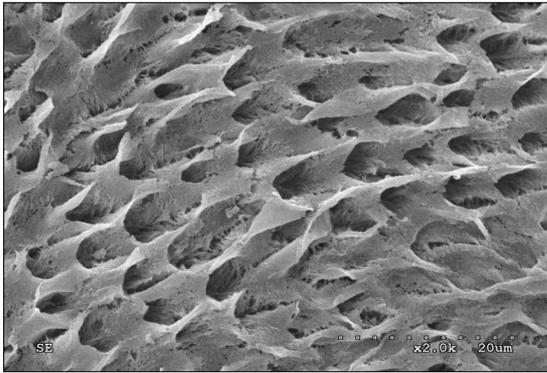


**Fig. 6.** SEM image of resin-enamel interface in Group III ( $\times 1500$ ).

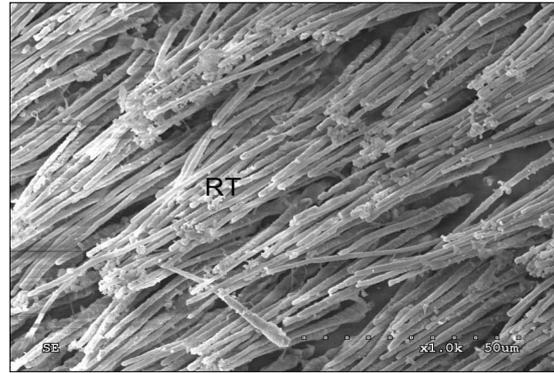


**Fig. 7.** SEM image of resin-dentin interface in Group III ( $\times 1500$ ).

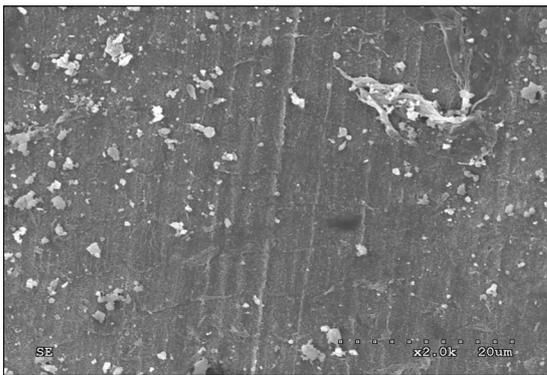
(CR : Composite Resin, I : Enamel / Resin Interface, HL : Hybrid layer, E : Enamel, D : Dentin)



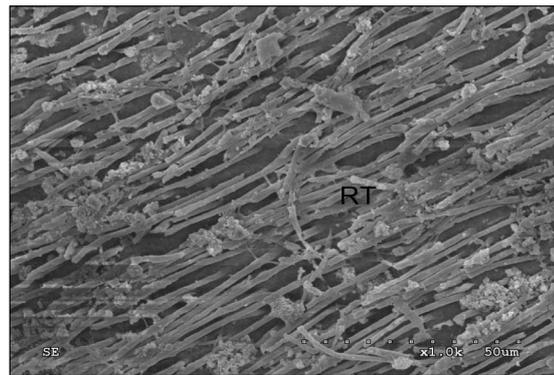
**Fig. 8.** SEM image of enamel surface in Group I ( $\times 2000$ ).



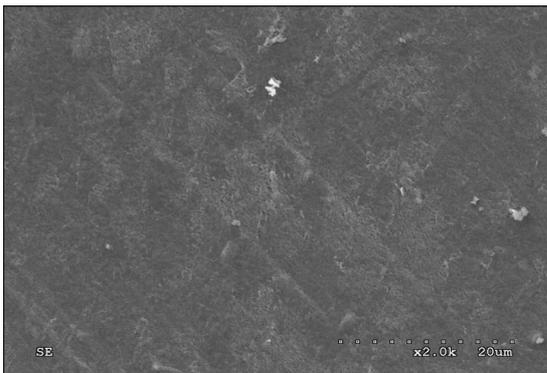
**Fig. 9.** SEM image of resin tag in Group I ( $\times 1000$ ).



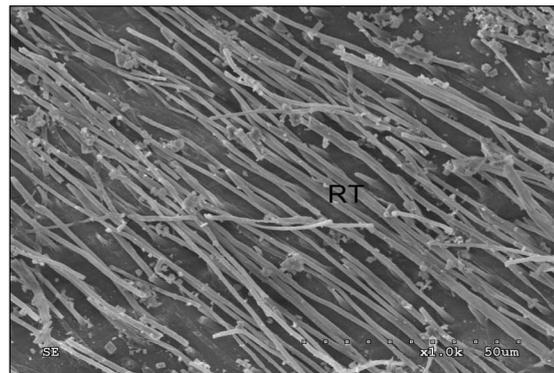
**Fig. 10.** SEM image of enamel surface in Group II ( $\times 2000$ ).



**Fig. 11.** SEM image of resin tag in Group II ( $\times 1000$ ).



**Fig. 12.** SEM image of enamel surface in Group III ( $\times 2000$ ).



**Fig. 13.** SEM image of resin tag in Group III ( $\times 1000$ ).

(RT : Resin Tag)

중합 초기에 소성변형(plastic deformation)의 저장고(reservoir) 역할을 한다<sup>21)</sup>. 이 때 흐름성은 자유면과 접착면의 비율인 C-factor에 의해 결정이 되고 C-factor가 클수록 중합 수축을 보상하는 흐름성은 작아지고 접착 계면에서 수복물의 수축응력은 증가되며 상아질 접착제의 봉쇄능력은 저하된다<sup>22,23)</sup>. 이러한 관점에서 범랑질과 상아질 변연부 모두를 가진 상자 모양(box-shaped)의 5급 와동을 선택하여 실험하였다.

본 연구에서 사용된 상아질 접착제는 One-bottle system인 Adper™ Single Bond 2와 All-in-one system인 AQ Bond Plus, AdheSE® One이다. Adper™ Single Bond 2는 1997년 소개된 Single Bond에 nanofiller를 첨가하여 기존의 제품에 비해 범랑질과 상아질에 대한 투과성 증가, 향상된 결합력, 슬 후 민감성의 감소를 보고하였다. AQ Bond Plus는 기존의 AQ Bond의 물성을 개선한 제품으로 광중합기 종류에 관계없이 사용 가능하고 3 μm의 얇은 필름막(film thickness)으로 우수한 접착을 제공하며 우식 영향 상아질(affected dentin)에도 강한 접착력을 보인다고 하였다. AdheSE® One은 5세대 상아질 접착제인 AdheSE를 기초로 하여 제조사에서 고안한 VivaPen이라는 전달용기를 사용하는 6세대 상아질 접착제로 개발되었으며 한 번의 조작으로 빠르고 쉽게 균질한 상아질 접착제를 치아에 도포할 수 있다.

범랑질은 무기성분이 86 vol%로 표면은 매끄럽고 구조와 성분에 있어 균질한 반면 상아질은 무기성분이 45 vol%로 범랑질에 비해 함량이 적고 수산화인회석의 배열도 불규칙하며 결합 부위는 상아세관에 의해 치수와 연결되어 세관 내 유체에 의해 25~30 mmHg 정도로 약하긴 하지만 지속적인 치수내압이 발생하여 외부로 유체가 방출된다<sup>24)</sup>. 이러한 조성과 구조적 차이로 인해 치아에 대한 레진의 결합은 상아질에서 범랑질에 비해 현저히 떨어진다. 또한 치아 삭제 시 형성되는 도말층(smear layer)이 와동 외벽에 형성되어 초기에는 상아질과 강하게 접착하지만 점차 느슨해져 변연 누출의 원인이 된다<sup>24,25)</sup>. Eick 등<sup>7)</sup>은 범랑질에서의 결합 강도가 상아질에 비해 훨씬 강하고 안정적이라고 하였으며, Santini 등<sup>26)</sup>은 와동의 형태나 접착제의 종류와 상관없이 범랑질 변연에서는 미세누출이 관찰되지 않았으나 상아질 변연에서는 미세누출이 관찰되었다고 보고하였다. 본 실험에서도 Adper™ Single Bond 2와 AdheSE® One을 사용한 균의 상아질 변연부에서 범랑질 변연부에 비해 높은 미세누출을 보였다( $p < 0.05$ ). 그러나 AQ Bond Plus를 사용한 균에서는 범랑질과 상아질 변연부에서 비슷한 정도의 미세누출을 보였는데( $p > 0.05$ ), 이는 AQ Bond Plus의 구성 성분인 4-META(4-Methacryloxyethyl Trimellitate Anhydride)가 도말층으로 침투하여 치아 기질을 탈회시키고 혼성층(hybrid layer)을 형성함으로써 범랑질과 상아질 모두에서 강한 결합을 이루었기 때문으로 생각된다.

실험에 사용된 상아질 결합제는 용매로서 I 군은 에탄올(ethanol)과 물(water), II 군은 아세톤(acetone)과 물, III 군은 물을 각각 함유하고 있었다. 아세톤이나 물은 상아질로 레진

단량체를 운반하는 역할을 하며 Kanca<sup>8)</sup>는 높은 증기압을 가진 에탄올이나 아세톤 같은 용매를 사용한 전처리 단량체의 적용이 상아질 표면으로 이상적인 레진 침투를 위한 필수 단계이며 아세톤을 사용했을 때 가장 강한 결합 강도를 나타낸다고 하였고, Gwinnett<sup>27)</sup>는 아세톤이 미세기계적 유지를 증가시키기 위해 상아질로 레진의 침투를 더 깊고 완전하게 하도록 한다고 하였다. 본 실험의 상아질 변연에서 아세톤과 물을 함유한 AQ Bond Plus에서 가장 적은 미세누출을 보였으며, 에탄올과 물을 함유한 Adper™ Single Bond 2, 물을 함유한 AdheSE® One의 순으로 미세누출이 증가하였다( $p < 0.05$ ). 실험에 사용된 상아질 접착제는 모두 습윤식 상아질 접착법(wet bonding system)을 필요로 하는데, 산부식 후 상아질 표면의 과도한 건조는 콜라겐 망상 구조의 수축과 붕괴를 야기하여 탈회된 상아질로 전처리 단량체의 침투를 억제한다<sup>8,28)</sup>. Tay 등<sup>29,30)</sup>은 결합 전 상아질에 정확한 양의 물이 있어야만 효과적인 결합을 얻을 수 있다고 하여 이를 “window of opportunity”라고 하였으며 이와 반대로 과도한 수분이 존재할 경우 소수성 레진과 친수성 레진을 분리하여 수포나 기포 등을 형성하고 결과적으로 결합력을 약화시켜 상아세관의 밀폐를 불완전하게 하는 현상은 “over-wet phenomenon”이라고 하였다. 또한 Van Meerbeek 등<sup>31)</sup>은 상아질 접착제에 포함된 용매의 종류에 따라 상아질 표면의 수분의 정도에 민감하게 반응한다고 하였으며, 물을 용매로 하는 상아질 결합제에서 건조되고 붕괴된 교원질을 재수화(re-hydration)시키고 re-wetting시켜 교원 섬유 사이로 전처리 단량체를 확산시키는 self re-wetting이라는 효과를 보인다고 보고하였다. 본 실험에서 사용된 상아질 접착제는 용매로 모두 물을 포함하고 있어 상아질 표면의 과도한 건조에 따른 실험적 오차를 최소화하였다.

1982년 Nakabayashi 등<sup>4)</sup>은 탈회된 치아 표면에 전처리 단량체가 침투, 중합되어 형성된 구조물을 혼성층이라고 명하였으며 레진과 상아질의 결합력에 가장 주된 역할을 한다. 혼성층은 상아세관과 긴밀히 접착하고 내산성이 강하며, 수복물의 보호 장벽의 역할을 한다<sup>32,33)</sup>. 또한 탄력성이 높아 복합 레진의 중합 수축과 관련된 스트레스를 경감시키고 치수 자극에 대한 예방 효과가 있다<sup>34)</sup>.

혼성층의 두께는 상아질 접착 시스템에 따라 다양하게 나타나는데, 5세대 상아질 접착 시스템은 약 1~2 μm 정도이고, 6세대에서는 8~16 μm 정도로 나타난다고 하였다<sup>35-37)</sup>. 정확한 혼성층의 두께를 규정하기는 어려우나 본 연구에서는 Adper™ Single Bond 2의 경우 약 2~5 μm, AQ Bond Plus는 10~12 μm, AdheSE® One은 12~15 μm 정도로 관찰되었으며 기존의 연구들과 유사한 결과를 나타낸다<sup>35-37)</sup>. 이러한 양상은 Fig. 10의 주사전자현미경 사진에서 혼성층을 통과하지 못한 것처럼 보이는 표면에 아주 짧게 보이는 resin tag들과 연관되어 보이며 이 짧은 resin tag들은 두꺼운 도말층을 원활하게 통과하지 못한 전처리제의 결과라고 생각된다. 이는 resin tag가 가늘고 길게 보이는 Fig. 12와도 연관된다고 볼 수 있다. 반면 Fig. 8

에서는 산부식 후 도말층을 제거하였기 때문에 혼성층의 두께가 매우 얇고 상아세관 내로 resin tag가 쉽게 들어갈 수 있어 매우 굵고 뚜렷한 resin tag를 관찰할 수 있는 것으로 생각된다.

Retief 등<sup>38)</sup>과 Gwinnett<sup>39)</sup>는 혼성층이 상아질 결합력의 2/3 정도를 담당하고 나머지 1/3은 상아세관 내로 침투된 resin tag에 의존한다고 하였다. 본 연구의 resin tag 관찰을 위한 주사전자현미경 사진에서 Adper™ Single Bond 2는 매우 조밀하고 곧게 뻗은 resin tag의 모습을 보여주었으며, AQ Bond Plus와 AdheSE® One는 형성된 resin tag의 수가 Adper™ Single Bond 2보다 적었고 굵기도 더 가늘어 보였다. 전처리된 법랑질의 모습을 보여주는 주사전자현미경 사진에서는 Adper™ Single Bond 2에서 법랑소주 사이로 명확하게 침투된 상아질 접착제의 모습을 관찰할 수 있었으나 AQ Bond Plus와 AdheSE® One에서는 법랑소주 사이로 미약하게 침투된 상아질 접착제의 모습을 관찰할 수 있었다. One-bottle system인 Adper™ Single Bond 2는 별도의 산부식 과정에 의해 탈회된 법랑소주 사이로 상아질 접착 레진이 침투하였기 때문에 생각되며 AQ Bond Plus와 AdheSE® One의 경우에는 별도의 산부식 과정 없이 법랑질을 탈회시키기에는 비교적 높은 pH(AQ Bond Plus : pH 2.5, AdheSE® One : pH 1.5)의 상아질 접착제를 적용하기 때문으로 생각된다.

미세누출의 연구에서 흔히 발생할 수 있는 문제점은 모든 와동벽에서 균일하게 미세누출이 일어나지 않으며 이것을 총체적으로 확인하기 어렵다는 점이다. 본 연구에서도 시편의 중앙부를 한 번 절삭하여 얻어진 단면의 영상을 기준으로 미세누출의 정도를 평가하였기 때문에 구체적인 노출 경로의 파악이 어려웠으며 입체적 관찰 부족과 같은 단점을 피할 수 없었다. 1995년 소개된 질산은(silver nitrate)을 이용한 nanoleakage 평가는 이러한 문제점을 극복하여 입체적인 미세누출 탐지를 가능케 하므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다

최근 상아질 접착제의 개발 방향은 적용이 간편하고 술자의 기법에 따른 오차를 줄일 수 있으며 적용 시간을 줄이는 등 주로 임상적인 편리성에 맞춰지고 있다<sup>43)</sup>. 본 연구에서는 5세대와 6세대 상아질 접착제에 따른 미세누출의 차이를 알아보고자 하였으며 그 결과 6세대 상아질 접착제인 AQ Bond Plus와 AdheSE® One에서 5세대 상아질 접착제인 Adper™ Single Bond 2보다 훨씬 높은 미세누출을 관찰할 수 있었다. 하지만 소아 환자의 경우 전치부 수복이나 인접면 수복 시 법랑질과 상아질 변연을 모두 갖는 경우가 많고 조작의 편이성과 시술 시간의 단축이라는 측면에서 볼 때 법랑질과 상아질 변연 모두에서 비교적 양호한 결과를 보이는 6세대 상아질 접착제인 AQ Bond Plus의 사용이 유리할 것으로 생각되며, 이에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 5급 와동에서 유동성 복합 레진 수복 시 수종의 상아질 접착제에 따른 미세누출 양상을 비교하고, resin tag 및 혼성층의 형상을 전자 현미경으로 관찰하고 비교 분석함으로써, 행동 조절에 어려움이 많은 소아 환자의 접착 수복에서 술식의 간편화 및 시간 단축이 장점으로 부각되고 있는 All-in-one 상아질 접착제의 임상 적용 가능성을 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질 변연에서는 Ⅱ군(AQ Bond Plus)이 가장 높은 미세누출을 보였고 Ⅲ군(AdheSE® One), Ⅰ군(Adper™ Single Bond 2) 순으로 감소하였으며, Ⅱ군은 Ⅰ군, Ⅲ군과 통계학적 유의차를 보였고(p<0.05), Ⅰ군과 Ⅲ군 사이에는 유의차가 없었다(p>0.05).
2. 상아질 변연에서는 Ⅱ군, Ⅰ군, Ⅲ군의 순으로 미세누출이 증가하였고, 각각 통계학적 유의차를 보였다(p<0.05).
3. Ⅰ군과 Ⅲ군에서는 법랑질 변연이 상아질 변연보다 유의하게 낮은 미세누출을 보였으나(p<0.05), Ⅱ군에서는 통계학적 유의차를 보이지 않았다(p>0.05).
4. 주사전자현미경 소견에서 Ⅱ군과 Ⅲ군은 resin tag의 형성이 매우 미약하고 불규칙한 양상을 보인 반면, Ⅰ군에서는 비교적 긴밀하고 균일한 resin tag가 관찰되었다.

이상의 결과를 종합해보면, AQ Bond Plus와 AdheSE® One는 처리 과정의 단순화로 인한 시간 절약의 장점을 가지고 있으나 Adper™ Single Bond 2에 비해 상대적으로 높은 미세누출과 약한 결합력을 보인 본 실험의 결과를 미루어 볼 때, 임상 적용 시 술식과 case에 따른 선택적 사용이 추천되는 바이다.

## 참고문헌

1. Alani AH, Toh CG : Detection of microleakage around dental restorations: a review. Oper Dent, 22:173-85, 1997.
2. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res, 34:849-53, 1955.
3. Buonocore M, Wileman W, Brudevold F : A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. J Dent Res, 35:846-51, 1956.
4. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E : The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res, 16:265-73, 1982.
5. Kugel G, Ferrari M : The science of bonding: from first to sixth generation. J Am Dent Assoc, 131:20-25, 2000.

6. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, *et al.* : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res*, 58:1364-70, 1979.
7. Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, *et al.* : Current concepts on adhesion to dentin. *Crit Rev Oral Biol Med*, 8:306-35, 1997.
8. Kanca J 3rd : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent*, 5:213-5, 1992.
9. Watanabe I, Nakabayashi N : Bonding durability of photocured phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. *Quintessence Int*, 24:335-42, 1993.
10. Ferrari M, Goracci G, Garcia-Godoy F : Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *Am J Dent*, 10:224-30, 1997.
11. Silveira de Araujo C, Incerti da Silva T, Ogliaeri FA, *et al.* : Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract*, 7:26-33, 2006.
12. Raskin A, D'Hoore W, Gonthier S, *et al.* : Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. *J Adhes Dent*, 3:295-308, 2001.
13. 박현정, 김종수, 김용기 : 유동성 복합 레진을 적용한 예방적 레진 수복물의 미세 누출 양상에 관한 비교 연구. *대한소아치과학회지*, 27:419-30, 2000.
14. Piva E, Meinhardt L, Demarco FF, *et al.* : Dyes for caries detection: influence on composite and compomer microleakage. *Clin Oral Investig*, 6:244-8, 2002.
15. Scherer W, Kaim JM, Weiner E, *et al.* : Third generation dentin bonding agents: a microleakage study. *J Esthet Dent*, 2:33-5, 1990.
16. Vargas MA, Cobb DS, Denehy GE : Interfacial micromorphology and shear bond strength of single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater*, 13:316-24, 1997.
17. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B : Self-etching primer vs phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent*, 24:172-80, 1999.
18. Ernest CP, Holzmeier M, Willershausen B : In vitro shear bond strength of self-etching adhesives in comparison to 4th and 5th generation adhesives. *J Adhes Dent*, 6:293-9, 2004.
19. Crim GA, Mattingly SL : Evaluation of two methods for assessing marginal leakage. *J Prosthet Dent*, 45:160-3, 1981.
20. Kemp-Scholte CM, Davidson CL : Complete marginal seal of Class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J Dent Res*, 69:1240-3, 1990.
21. Davidson CL, de Gee AJ : Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res*, 63:146-8, 1984.
22. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL : Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res*, 66:1636-9, 1987.
23. Davidson CL, Feilzer AJ : Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent*, 25:435-40, 1997.
24. Nör JE, Feigal RJ, Dennison JB, *et al.* : Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res*, 75:1396-403, 1996.
25. Phillips RW : Advancements in adhesive restorative dental materials. *J Dent Res*, 45:1662-7, 1966.
26. Santini A, Ivanovic V, Ibbetson R, *et al.* : Influence of cavity configuration on microleakage around Class V restorations bonded with seven self-etching adhesives. *J Esthet Restor Dent*, 16:128-35, 2004.
27. Gwinnett AJ : Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. *Am J Dent*, 5:127-9, 1992.
28. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, *et al.* : Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int*, 24:618-31, 1993.
29. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH : Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater*, 12:236-44, 1996.
30. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH : The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent*, 9:43-8, 1996.
31. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, *et al.* : A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *J Dent Res*, 77:50-9, 1998.
32. Perdigao J, Swift EJ Jr, Denehy GE, *et al.* : In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J Dent Res*, 73:44-55, 1994.

33. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, *et al.* : Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. *J Dent Res*, 73:629-36, 1994.
34. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, *et al.* : Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res*, 71:1530-40, 1992.
35. Prati C, Chersoni S, Mongiorgi R, *et al.* : Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. *Oper Dent*, 23:185-94, 1998.
36. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ, *et al.* : Field-emission scanning electron microscopy of resin-dentin interface morphology of seven dentin adhesive systems. *J Adhes Dent*, 2:259-69, 2000.
37. Tay FR, Carvalho R, Sano H, *et al.* : Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J Adhes Dent*, 2:99-116, 2000.
38. Retief DH, Mandras RS, Russell CM, *et al.* : Phosphoric acid as a dentin etchant. *Am J Dent*, 5:24-8, 1992.
39. Gwinnett AJ : Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent*, 6:7-9, 1993.
40. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, *et al.* : Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent*, 20:18-25, 1995.
41. Li H, Burrow MF, Tyas MJ : Nanoleakage patterns of four dentin bonding systems. *Dent Mater*, 16(1):48-56, 2000.
42. Prati C, Chersoni S, Acquaviva GL, *et al.* : Permeability of marginal hybrid layers in composite restorations. *Clin Oral Investig*, 9(1):1-7, 2005.
43. 오소희, 김종수, 권순원 : 수종의 One-bottle 상아질 결합제의 전단 결합 강도에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 28:553-65, 2001.

## Abstract

### THE STUDY ON THE MICROLEAKAGE PATTERN OF FLOWABLE COMPOSITE RESIN RESTORATIONS ACCORDING TO THE TYPE OF ADHESIVE MATERIALS

Ji-Eun Park, Jong-Soo Kim, Seung-Hoon Yoo

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University*

This study was performed to evaluate the quality of newly offered dentin bonding system (AdheSE<sup>®</sup> One) by comparing the degree of microleakage measured with those of several conventional adhesive materials (AQ Bond Plus and Adper<sup>™</sup> Single Bond 2). The quality of hybrid layer and resin tags was analyzed by observing restoration/tooth interface under SEM.

All-in-one system is in the limelight for having advantage of reducing chair time of children with difficult behavior pattern. Therefore the possibility of clinical application of All-in-one system was evaluated.

The results obtained are as follows:

1. At the enamel margin, group II (AQ Bond Plus) showed the highest value of microleakage, and the other groups showed decreased value in order of group III (AdheSE<sup>®</sup> One) and I (Adper<sup>™</sup> Single Bond 2). There was statistically significant difference between group II and the others ( $p < 0.05$ ), and no statistical difference was found between group I and III.
2. At the dentin margin, microleakage value was increased in order of group II, I, III and significant difference between all groups ( $p < 0.05$ ).
3. In group I and III, microleakage value measured at the enamel margin was significantly lower than that seen at the dentin margin ( $p < 0.05$ ), and there was no statistical difference in group II.
4. Resin tags observed under SEM were very weak and tangled in group II and III while the strong and thick tags were observed in group I.

In conclusion, careful case selection and accurate clinical application is recommended in using AQ Bond Plus and AdheSE<sup>®</sup> One, giving consideration of the results showing its higher microleakage and weaker strength than Adper<sup>™</sup> Single Bond 2.

**Key words** : Microleakage, All-in-one system