

5급 와동에서 수종의 상아질 접착제에 따른 미세누출의 비교

임연희 · 이희주 · 허 복

부산대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

THE COMPARISON OF MICROLEAKAGE OF CLASS V COMPOSITE RESIN RESTORATIONS WITH VARIOUS DENTIN BONDING SYSTEMS

Yeon-Hee Lim, Hee-Ju Lee, Bock Hur

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study was to evaluate microleakage of six current dentin bonding systems. In this *in vitro* study, class V cavities were prepared on buccal and lingual surfaces of thirty extracted human molars. Each margin was on enamel and dentin/cementum. Experimental teeth were randomly divided into six groups of 5 each. Group 1 : Scotchbond Multi Purpose ; Group 2 : Single Bond ; Group 3 : Prime&Bond NT ; Group 4 : Clearfil Liner Bond 2 ; Group 5 : MAC Bond II ; Group 6 : One up Bond F. The bonding agent and composite resin were applied to class V cavities according to manufacturer's directions. After thermocycling, the specimens were immersed in 0.5% basic fuchsin dye solution for 6 hours and sectioned longitudinally through the center of the restoration with a low speed diamond saw. The degree of microleakage was measured as the extent of dye penetration under the stereomicroscope at $\times 20$. The data were analyzed using one way ANOVA. When significant differences found, multiple comparisons were made using Duncan's Multiple Range Test.

The results of this study were as follows :

1. In all groups, leakage value seen at the enamel margin was significantly lower than that seen at the dentin margin($P<0.001$).
2. At the enamel margin, none of the dentin bonding systems used in this study showed statistically significant difference in leakage values($P<0.05$).
3. At the cementum margin, group 3 showed the highest leakage value, and others were decreased as group 5, 6, 4 in that order, and group 1, 2 showed the lowest leakage value. There was statistically significant difference between group 3 and the other groups except for group 5($P<0.05$).

I. 서 론

물성과 심미성이 우수하고, 마무리 연마 후 표면이 활택한 장점을 가지는 복합레진은 경제적 발전과 환자의 심미적 요구의 증가로 인해 현대 수복학에서 널리 쓰인다. 그러나, 레진중합시 발생하는 수축, 레진과 치아간 열팽창계수의 차이, 그리고 저작시 발생하는 응력에 의한 결합의 실패로 일어날 수 있는 치아와 수복레진 사이의 미세누출¹⁾은 슬후 과민증, 변연 변색, 이차 우식증, 치수 병변 등을 야기할 수 있

다²⁾. 따라서 복합레진과 치아간 결합을 향상시키기 위한 많은 연구가 계속되어 왔다.

1955년 Buonocore³⁾에 의해 법랑질 산부식법이 소개된 이후로 법랑질에 형성된 미세공극에 resin tag를 형성함으로써 법랑질과 레진수복물간의 결합력 및 변연 봉쇄능력은 상당히 우수해졌으나 법랑질과는 다른 물리적, 화학적 구성 성분⁴⁾으로 인해 상아질에 대한 레진의 결합을 얻는 데는 어려움이 있었다. 그러나 1979년 Fusayama 등⁵⁾이 인산에 의한 상아질 산부식 처리가 치수 염증을 증가시키지 않고

오히려 상아질에 대한 레진의 결합을 향상시킨다고 보고한 이후로 법랑질과 상아질 모두를 동시에 산부식하는 total etch 술식이 상아질 접착체에 도입되는 등 상아질 접착에 대한 지속적인 연구로 상아질과 레진수복물간의 결합도 많이 향상되었다.

상아질 표면에 대한 산부식제의 사용으로 상아질과 수복재간 접착을 방해하는 도말층이 제거되고, 상아 세관이 개방되고, 표층의 판간 상아질이 탈회되어 교원 섬유층이 노출된다^{8,9}. 그러나, 이렇게 산부식 처리된 상아질은 상아세액의 유출로 젖은 상태로 남게 되어 소수성(hydrophobic)인 레진 접착제가 잘 침투하지 못하는데, HEMA는 hydroxyethyl기가 친수성(hydrophilic)이어서 상아질과의 결합을 도와주고 methacrylate기가 소수성(hydrophobic)이어서 접착 레진과 공중합할 뿐 아니라 산부식된 상아질에도 포포시 상아질내로 접착제의 침투 및 확산을 용이하게 하므로^{10,11} 상아질과 레진의 결합을 실질적으로 매개하는 접착 강화제의 주성분이 된다. 수분 추적제(water chaser) 역할을 하는 acetone이나 alcohol 같은 용매에 혼합되어 있는 접착강화제의 단량체는 산부식된 상아질의 교원 섬유 망상구조내 수분이 차지하고 있던 미세공간으로 침투하여 hybrid layer를 형성하는데¹², 이 미세기계결합은 상아질과 복합레진 사이의 주된 접착기전이 된다. 산부식 후 상아질면이 건조하면 교원 섬유층의 망상구조를 지지하고 있던 수분이 증발되어 교원 섬유의 수축 붕괴를 야기함으로써 접착 강화제의 완전한 침투를 어렵게 하고, 반대로 수분이 많으면 hybrid layer내에서의 단량체의 중합을 방해하거나 단량체와 경쟁하여 침투를 방해함으로써 결합의 질을 저하시키므로 상아질내 적절한 수분의 존재가 중요하다. 이와 같이 수분에 젖어 있는 교원 섬유 망상구조 사이로 단량체를 침투시킴으로써 보다 완전하고 균일한 hybrid layer를 형성하고자 하는 방법이 wet bonding 술식^{13,14}이다.

이러한 total etch 및 wet bonding 술식을 적용한 4세대 상아질 접착체에 이르러서는 상아질과 복합레진과의 결합력이 극적으로 증가하였다. 그러나 산부식 및 세척, 접착 강화제 도포 및 건조, 그리고 접착제의 도포와 같은 단계를 개별적으로 거쳐야 하므로 술식이 복잡하고 시술시간이 오래 걸릴 뿐 아니라 술자의 숙련도에 따라 결과가 크게 영향을 받는다는 단점이 있어 최근에는 사용단계와 시간을 줄이기 위하여 접착강화제와 접착제를 합한 simplified step system 혹은 one bottle system이라고도 불리는 self priming adhesive system^{15,16}이 소개되었다. 더 최근에는 산부식제와 접착강화제를 합한 self etching primer system¹⁷ 뿐만 아니라 산부식제와 접착강화제 및 접착제를 합한 one step bonding system까지 소개되고 있는데, 후자의 두 상아질 접착제는 수세 단계가 필요없어 산부식 후 상아질내 수분 조절의 어려움을 없애 주는 잇점이 있다.

한편, 수명이 길어지고 잔존치아의 수가 증가함에 따라 치경부 우식 뿐 아니라 마찰력에 의한 마모증이나 화학적 부식에 의한 침식증과 같은 비우식성 치경부 병소가 흔히 관찰되는데, 최근에는 교합력이 가해질 때 치아가 굴곡되면서 치경부에서 발생하는 인장력 혹은 압축력이 백아법랑경계의 얇은 법랑질에서 미세파절을 야기하여 이로 인해 표면 치질이 소실되는 것을 abractions라 하여 특발성 침식증(idiopathic erosion)으로 간주한다^{20,21}. 또 이러한 미세파절은 잇솔질에 의한 마모나 화학적 부식으로 야기되는 치질 소실을 더 촉진시킬 수 있다. 이와 같은 우식성 및 비우식성 치경부 병소의 수복에는 레진 강화형 글래스 아이오노머와 레진계 수복재가 흔히 쓰이는데, Yap 등²²은 수복재에 따른 치경부 병소의 미세누출 연구에서 법랑질 변연에서는 산부식법에 의한 레진 계통의 미세기계결합이 레진 강화형 글래스 아이오노머에 의한 화학적 결합보다 양호한 결과를 보여 주나 상아질 변연에서는 수복재간에 통계적으로 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 또한 장 등²³은 법랑질 변연과 상아질 변연 모두에서 레진계 수복재의 미세기계결합이 레진 강화형 글래스 아이오노머의 화학적 결합보다 더 양호한 결과를 보여주었다.

따라서, 본 실험에서는 현대 수복학에서 치색재로 가장 널리 쓰이는 복합레진으로 우식성 및 비우식성 치경부 병소를 수복할 때 최근에 소개된 self priming adhesive system이나 self etching primer system 및 one step bonding system이 4세대 상아질 접착제만큼 양호한 변연 봉쇄능력을 보이는지 살펴보고자 발거된 치아의 5급 외동에서 이들 몇몇 상아질 접착제를 이용하여 복합레진으로 충전한 후 치아와 수복레진간 미세누출의 정도를 색소 침투법을 이용하여 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

우식증이나 충전물이 없고, 파절이나 손상이 없는 30개의 발거된 사람 대구치를 선택하여 5% NaOCl 용액에 침적시켜서 표면에 부착된 치주인대 등의 연조직을 제거한 후 실험전까지 실온의 생리식염수에 보관하였다. 수복에 사용된 상아질 접착제는 self priming adhesive system인 Single Bond(3M Dental Products, USA)와 Prime&Bond NT(Dentsply Co., Germany), self etching primer system인 Clearfil Liner Bond 2(Kuraray Co., Japan)와 MAC Bond II(Tokuyama Co., Japan), one step bonding system인 One up Bond F(Tokuyama Co., Japan), 그리고 대조군으로 4세대 상아질 접착제인 Scotchbond Multi Purpose(3M Dental Products,

USA)를 사용하였다(Table 1). 충전용 복합레진으로는 A2 색조의 Z 100(3M Dental Products, USA)을 사용하고 상아질 접착제와 복합레진의 중합을 위한 광조사는 Visilux 2(3M Co., USA)를 이용하였다.

2. 실험 방법

1) 시편 제작

전전한 30개의 발거된 사람 대구치 협설면에 백아범광경계를 중심으로 교합측 변연은 법랑질에, 치은측 변연은 상아질/백악질에 위치하도록 주수하에서 고속엔진용 No. 701 bur를 이용하여 근원심 폭이 3mm, 교합 치은 폭이 2mm, 깊이가 2mm인 5급 와동을 형성하였다. 1mm 폭의 45° bevel을 법랑질 변연에 형성하였다. 30개의 치아를 5개씩 무작위로 6개의 군으로 나누어 실험 전까지 실온의 생리

식염수에 보관하였다. 산부식 전에 air water spray로 30초간 세척 건조 후 다음과 같이 각각 제조회사의 지시대로 상아질 접착제를 도포하였다(Table 2).

가. 제 1군 (Scotchbond Multi Purpose)

각 치아의 협설면 와동에 35% 인산을 15초간 도포하여 산부식 처리하고 압축된 air water spray를 이용하여 15초간 세척한 후 2초간 과량의 수분을 제거하였다. primer를 1회 도포하고 압축 공기로 5초간 서서히 건조한 후 adhesive를 균일한 층으로 10초간 도포하고 10초간 광중합하였다.

나. 제 2군 (Single Bond)

각 치아의 협설면 와동에 35% 인산을 15초간 도포하여 산부식 처리하고 압축된 air water spray를 이용하여 15초

Table 1. Dentin Bonding Systems used in this study.

Products	Component	Compositions	Manufacturer
SBMP	Etchant	35% phosphoric acid	3M Dent. Prod., USA
	Primer	HEMA, Copolymer of polyalkenoic acid	
	Adhesive	Bis-GMA, HEMA	
Single Bond	Etchant	35% phosphoric acid	3M Dent. Prod., USA
	Adhesive	HEMA, Copolymer of polyalkenoic acid Bis-GMA, GDMA, ethanol, water	
P&B NT	Conditioner	36% phosphoric acid	Dentsply Co., Germany
	Adhesive	PENTA, resin(R-5-62-1), 기타 resin, acetone, Cetylamine hydrofluoride	
Clearfil LB 2	Primer A	Penyl-P, 5-NMSA, ethanol	Kuraray Co., Japan
	Primer B	HEMA, water	
MAC-Bond I	Adhesive	MDP, Bis-GMA, HEMA, microfiller	Tokuyama Co., Japan
	Primer A	MAC-10, phosphonated monomer, HEMA, ethanol	
	Primer B	ethanol, water	
One-up Bond F	Adhesive	MAC-10, Bis-GMA	Tokuyama Co., Japan
	Adhesive A	MAC-10, phosphonated monomer	
	Adhesive B	HEMA, water, fluoroaluminosilicate glass filler	

Bis-GMA – bisphenol-A-glycidyl methacrylate

HEMA – hydroxyethyl methacrylate

GDMA – glycerol dimethacrylate

PENTA – dipentacrythritol penta acrylate phosphoric acid ester

Penyl-P – 2-methacryloyloxyethyl-phenyl-hydrogen phosphate

5-NMSA – n-methacryloyl-5-aminosalicylic acid

MDP – 10-methacryloyloxydecyl-hydrogen phosphate

MAC-10 – 11-methacryloxy-1,1-undecanedicarboxylic acid

간 세척한 후 2초간 과량의 수분을 제거하였다. adhesive를 균일한 층으로 연속하여 2회 도포하고 압축 공기로 5초간 서서히 건조한 후 10초간 광중합하였다.

다. 제 3군 (Prime&Bond NT)

각 치아의 협설면 와동에 36% 인산을 15초간 도포하여 산부식 처리하고 압축된 air water spray를 이용하여 15초간 세척한 후 압축 공기로 과량의 수분을 제거하였다. adhesive를 균일한 층으로 도포한 후 30초간 그대로 두었다가 10초간 광중합하였다.

라. 제 4군 (Clearfil Liner Bond 2)

Primer A와 B 동량을 혼합 용기에 떨어뜨려 5초간 완전히 균일하게 혼합한 후 각 치아의 협설면 와동에 도포하고 30초간 그대로 두었다. 압축 공기로 primer의 휘발성 성분을 증발시켜 표면에 윤기가 있는 것을 확인하고 접착제를 균일한 층으로 도포한 후 20초 광중합하였다.

마. 제 5군 (MAC Bond II)

Primer A와 B 동량을 혼합 용기에 떨어뜨려 완전히 균일하게 혼합한 후 각 치아의 협설면 와동에 도포하고 20초간 방치하였다. 압축 공기로 5~10초간 건조하여 표면에 윤기가 있는 것을 확인하고 접착제를 균일한 층으로 도포한 후 10초간 광중합하였다.

바. 제 6군 (One up Bond F)

Bonding A와 B 동량을 혼합 용기에 떨어뜨려 핑크색이 되도록 5초간 혼합한 후 각 치아의 협설면 와동에 sponge로 5초간 도포하고 20초간 방치한 후 10초간 광중합하여 핑크색이 사라지는 것을 확인하였다.

모든 군에서 Z 100 복합레진을 한 층으로 약간 과잉충전하고 40초간 광중합하였다. 모든 충전물을 resin composite finishing kit(Shofu Inc., Japan)와 Sof Lex system(3M Dental Products, USA)으로 연마하였다. 모든 실험 치아를 실온의 생리식염수에 24시간 보관한 후 4±1℃와 55±1℃의 수조에서 각각 30초씩 100회의 thermo cycling을 시행하고, 근침을 교정용 자가중합레진(Orthodontic Direct Bonding Paste, Bisco, Inc., USA)으로 봉쇄한 후 수복물과 주변 1mm를 제외한 나머지 표면에 nail varnish를 2회 도포하였다.

2) 색소 침투

0.5% basic fuchsin 색소 용액에 6시간동안 치아를 담구어 두었다가 꺼내어 흐르는 물로 깨끗이 세척하였다. Diamond disc를 이용하여 치아장축에 평행하게 수복물의 중앙부위를 지나도록 치아를 협설로 절단하였다.

3) 현미경적 관찰

Table 3에 표시된 기준에 따라 범랑질 변연과 상아질 변

Table 2. Manufacturer's directions of Dentin Bonding Systems.

Products	Etchant	Primer	Bonding resin
SBMP	15s apply, 15s rinse blot dry or 2s dry	1 coat 5s dry	10s apply 10s light-cured
Single Bond	15s apply, 15s rinse blot dry or 2s dry		2 coats 2-5s gentle dry 10s light-cured
P&B NT	15s apply, 15s rinse air dry(not desiccate)		20-30s apply 10-20s light-cured
Clearfil LB 2		3-5s mix, apply, 30s leave, dry	20s light-cured
MAC-Bond II		mix thoroughly apply, 20s leave, dry	10s light-cured
One-up Bond F			5s mix (pink) 5s apply, 20s leave 10s light-cured (brown)

연에서 입체 현미경(Olympus SZ60, Japan)을 이용하여 $\times 20$ 배율로 색소 침투 정도를 평가하였다.

4) 통계학적 평가

각 군간의 색소 침투 정도에 대한 상호간의 유의성 검증은 ANOVA를 이용하였으며 평균치 사후 검증은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 분석하였다.

III. 실험 결과

6개 군의 변연에 따른 누출의 정도를 Table 4 및 Table 5에 표시하였다.

모든 실험군에서 법랑질 변연이 상아질 변연보다 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였다 ($P<0.001$). 법랑질 변연에서는 제1, 2군이 평균 0.2, 제3, 4, 5, 6군이 평균 0.1의 미세

Table 3. The ratings of the dye penetration

0	no leakage
1	dye penetration up to one-half the distance to axial wall
2	dye penetration beyond one-half the distance to axial wall but short of the axial wall
3	dye penetration to the axial wall

Table 4. Frequency of microleakage scores, mean, and SD at enamel margin

Bonding system	0	1	2	3	n	mean	SD
제 1군(Scotchbond MP)	8	2	0	0	10	0.2	0.42
제 2군(Single Bond)	8	2	0	0	10	0.2	0.42
제 3군(P&B NT)	9	1	0	0	10	0.1	0.32
제 4군(Clearfil LB 2)	9	1	0	0	10	0.1	0.31
제 5군(MAC Bond II)	9	1	0	0	10	0.1	0.31
제 6군(One-up Bond F)	9	1	0	0	10	0.1	0.32

Table 5. Frequency of microleakage scores, mean and SD at cementum margin

Bonding system	0	1	2	3	n	mean	SD
제 1군(Scotchbond MP)	2	4	4	0	10	1.2	0.79
제 2군(Single Bond)	2	4	4	0	10	1.2	0.79
제 3군(P&B NT)	1	0	2	7	10	2.5	0.97
제 4군(Clearfil LB 2)	1	2	7	0	10	1.6	0.70
제 5군(MAC Bond II)	2	1	4	3	10	1.8	1.13
제 6군(One-up Bond F)	0	3	7	0	10	1.7	0.48

Table 6. Statistical analysis of microleakage at cementum margin between groups using Duncan's Multiple Range Test

	제 1군	제 2군	제 3군	제 4군	제 5군	제 6군
제 1군(Scotchbond MP)			*			
제 2군(Single Bond)			*			
제 3군(P&B NT)	*	*		*		*
제 4군(Clearfil LB 2)			*			
제 5군(MAC Bond II)						
제 6군(One-up Bond F)			*			

* : comparison significance at $P<0.05$

누출을 보였으며, 각 군간의 미세누출의 차이는 통계적으로 유의성이 없었다($P < 0.05$). 상아질 변연에서는 제3군이 가장 높은 미세누출을 보였고 제5군, 제6군, 제4군의 순으로 감소하였으며, 제1군과 제2군이 가장 낮은 미세누출을 보였다. 제3군은 제5군을 제외한 나머지 군과 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$) (Table 6).

IV. 총괄 및 고찰

치정부 병소를 위한 5급 복합레진 수복물의 유지를 위해서는 치아와 수복레진간에 미세누출이 없어야 하고 충분한 결합강도가 요구된다. 또 결합의 질과 지속성은 구강내 온도변화와 교합력이 가해질 때 치아 굴곡에 의해 치정부에서 야기되는 인장력 또는 압축력 등을 견딜 만큼 충분히 뛰어나야 임상적 성공을 기대할 수 있다. 치정부 병소에서 교합측 변연은 법랑질인 반면 치은측 변연은 상아질/백악질인 경우가 흔한데, 인산을 이용한 법랑질의 산부식법이 소개된 이후 복합레진과 법랑질간의 결합은 법랑질에 형성된 미세공극과 resin tag에 의한 미세기계결합에 의해 적절하게 이루어져 법랑질 변연에서는 미세누출을 거의 보이지 않는다. 하지만 상아질에서는 레진과 치아간의 결합을 매개하는 상아질 접착제의 개발이 시도된 이후 이의 발달과 더불어 복합레진과의 결합력이 계속해서 증가하고는 있지만, 아직 미세누출의 빈도 및 깊이는 법랑질과의 결합에 비해 다소 높은 편이다. 4세대 상아질 접착제로 널리 알려진 Scotchbond Multi Purpose와 최근에 소개된 임상술식이 비교적 간단한 수준의 상아질 접착제를 이용하여 5급 복합레진 수복물의 미세누출을 평가한 본 실험에서도 법랑질 변연은 평균 0.1~0.2의 미세누출을 보였으나 상아질 변연은 평균 1.2~2.5의 미세누출을 보여 모든 군에서 법랑질 변연이 상아질 변연보다 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였다 ($P < 0.001$).

이와 같은 결과에도 불구하고 복합레진과 상아질간의 결합은 4세대 상아질 접착제의 등장 이후 이전에 비해 훨씬 향상된 상태이다. Scotchbond Multi Purpose는 널리 알려진 4세대 상아질 접착제중의 하나로 산부식 및 세척, 접착강화제 도포 및 건조, 접착제 도포의 3단계로 거치는 multi step adhesive system이다. 이러한 임상술식을 단순화하려는 노력의 일환으로 동일한 제조회사에서 공급하는 self priming adhesive system이 Single Bond이다. Scotchbond Multi Purpose의 접착강화제와 Single Bond의 priming adhesive는 HEMA 외에 공통적으로 polyalkenoic acid copolymer를 함유하는데, 이는 접착레진의 습윤성을 증가시켜 수분의 유해작용에 저항하게 함으로써 결합을 도와준다²⁴.

Prime&Bond NT는 이전에 소개된 self priming adhe-

sive system인 Prime&Bond를 향상시킨 것인데, 제조회사는 nanometer단위의 filler를 첨가하여 한 번의 도포만으로 충분한 두께를 얻을 수 있을 뿐 아니라 이 filler가 상아세관내로 깊숙이 효과적으로 침투하여 강력한 기계결합을 구현하고 상아세관을 적절히 봉쇄하여 슬루 과민증을 예방할 수 있다고 설명하였다. Pashley 등²⁵은 Prime&Bond와 Single Bond가 Scotchbond Multi Purpose와 유사한 hybrid layer와 결합강도를 보인다고 하면서 이들이 개별적인 접착강화제 없이도 탈회된 상아질내로 침투할 수 있다고 하였다. 그러나 본 미세누출 연구에서 Single Bond는 Scotchbond Multi Purpose와 유의성 있는 차이를 보이지 않았지만 Prime&Bond NT는 상아질 변연에서 가장 큰 미세누출을 보여 MAC Bond II를 제외한 나머지 모든 군보다 유의성 있게 높은 미세누출을 보였는데, 이는 한 번의 도포로도 양호한 결과를 얻을 수 있다는 제조회사의 설명에도 불구하고 한 번의 도포로는 상아질과 복합레진간의 결합에서 적절한 변연 봉쇄능력을 갖기 어려울 수 있고, 나머지 군과는 달리 수분없이 acetone만이 priming adhesive의 용매로 쓰여 상아질이 건조할 경우 습윤상태에 비해 결합력이 급속하게 감소하기 때문으로 사료된다²⁶. 반면 Prime&Bond NT를 제외한 나머지 군들은 접착강화제나 priming adhesive의 용매로 수분을 어느 정도 포함하고 있는데, 상아질이 건조한 경우에는 이들이 acetone based primer/adhesive보다 더 나은 결과를 보인다²⁷. 한편 수분이나 휘발성 용매 모두 접착제의 중합을 방해하므로 primer나 priming adhesive를 적용한 후 이들이 표면에서 제거되도록 하는 것이 필요한 데^{28,29}, 본 실험 결과를 볼 때 압축 공기로 확실히 건조하는 것이 공기 중에 방치한 상태로 자연 건조하는 것보다 더 효과적일 것으로 생각된다.

임상술식을 단순화하기 위해 수세 단계가 필요 없는 self etching primer system이 소개된 이후^{17,19}, 이를 사용한 복합레진 수복물과 치아간 결합력과 미세누출에 관한 연구가 많이 보고되었다. Barkmeier 등³⁰은 Clearfil Liner Bond 2를 사용한 썬기 형태의 5급 복합레진 수복물의 변연 누출에 관한 in vitro 연구에서 법랑질과 상아질 변연 모두 미세누출이 거의 없음을 보고하였고, Vargas 등³¹도 별도의 산부식 없이 Clearfil Liner Bond 2를 사용한 5급 복합레진 수복물이 Scotchbond Multi Purpose를 사용한 것에 필적하는 변연 봉쇄를 보인다고 하였는데, 이는 본 실험의 결과와 유사하다.

레진과 인산으로 부식된 법랑질 사이의 전단결합강도는 20~25MPa로 보고되고 있는데^{32,34}, 이 결합강도는 다양한 임상 상황에서 레진 수복물의 성공적인 유지를 보여주고 있다. 그러나 self etching primer는 인산만큼 법랑질을 깊이 부식하지 못하므로 이를 사용한 복합레진 수복물에서 법랑질과의 결합력 및 변연적합성에 대해 논란이 있다.

Nakanuma 등³⁵⁾은 self etching primer system에서 법랑질에 대한 레진의 결합이 상아질에 대한 것과 비교시 충분치 않다고 보고하였고, Kubo 등³⁶⁾도 제조회사의 지시대로 Clearfil Liner Bond 2로 수복한 치경부 레진 수복물의 법랑질 변연에서 누출을 보고하고 이를 예방하기 위해서는 법랑질 변연을 포함하는 병소의 수복시 37% 인산을 함께 사용하도록 추천하였다. 그러나, Phenyl P나 MDP를 포함하는 self etching primer 모두 법랑질과 복합레진간에 양호한 결합을 보인다고 하는 연구³⁷⁾나 self etching primer가 법랑질과 복합레진간 결합에서 인산을 효과적으로 대체한다는 연구^{38,39)}는 법랑질 변연에서 모든 실험군간에 유의성 있는 차이를 보이지 않는다는 본 실험결과와 일치한다.

Miyazaki 등⁴⁰⁾은 self etching primer system과 self priming adhesive system을 사용한 복합레진 수복물에서 레진과 치아간 계면을 SEM 관찰한 결과, 각각 1~1.25 μ m와 4~5 μ m의 interdiffusion zone을 보고하여 self etching primer system의 복합레진 수복물에서 인산으로 부식된 self priming adhesive system에서보다 훨씬 더 얇은 hybrid layer를 보여주었다. 그러나 이러한 얇은 hybrid layer에도 불구하고 많은 연구에서 이들 수복물은 수축력에 저항하여 틈이 없는 수복물을 얻기 위해 요구되는 17~20MPa^{41,43)}과 유사하거나 그 이상의 결합력을 보여주었는데^{30,39,40,44)} 이는 Miyazaki 등⁴⁰⁾이 self etching primer가 도말층을 용해하고 상아질을 탈회하면서 동시에 노출된 교원 섬유층으로 침투하므로 레진 단량체로 둘러싸이지 않는 탈회된 상아질 부분이 존재할 가능성이 거의 없다고 보고한 것이나 Sano 등⁴⁵⁾이 self etching primer system이 다른 접착 system과 비교해 양호한 nanoleakage를 보인다고 보고한 것과 관련해 설명할 수 있을 것이다.

한편, Ferrari 등⁴⁶⁾은 임상과 실험실 실험 각각에서 5급 복합레진 수복시 Clearfil Liner Bond 2의 etching time을 30초와 60초로 달리하여 변연 봉쇄능력을 평가한 결과, Clearfil Liner Bond primer를 60초간 적용하는 것이 임상과 실험실 모두에서 더 적절한 변연 봉쇄를 보인다고 하였고, Sano 등⁴⁴⁾은 Clearfil Liner Bond 2를 한 번 도포시는 상아세관 입구를 완전히 채우지 못하는 좁고 짧은 resin tag가 형성되거나 제조회사가 지시한 시간 이내에 5회 도포시는 더 두꺼운 hybrid layer와 특징적인 funnel cone형태의 굵고 긴 resin tag를 보일 뿐 아니라 결합강도도 증가하였음을 보고하여, self etching primer system의 효과적인 적용시간 및 방법에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

가장 최근에 소개된 One up Bond F는 산부식제와 접착 강화제 및 접착제를 합한 one step bonding system으로 본 실험에 사용된 상아질 접착제 중 가장 간단하게 적용할 수 있다. 또 bonding A와 B를 혼합하면 핑크색이 되었다가

광중합이 완전하게 되면 옅은 갈색으로 변하므로 도포의 균일성 여부 및 중합도를 눈으로 확인할 수 있는 장점이 있을 뿐 아니라 법랑질 변연에서는 미세누출이 거의 없어 양호한 변연 봉쇄능력을 보여주었다. 그러나 상아질 변연에서는 가장 높은 미세누출을 보여준 Prime&Bond NT를 제외한 나머지 다른 상아질 접착제와 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 Scotchbond Multi Purpose만큼 양호한 결과를 보여주지 못했다. 다만 One up Bond F가 보인 가장 낮은 표준편차 값은 진정한 one step으로 인해 접착 결과가 술자의 숙련도에 영향을 별로 받지 않는다는 것을 말해준다. 아직 One up Bond F에 관한 연구가 부족해 임상적 효용성 여부를 예측하기 어려운 바 앞으로 이에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

복합레진 수복시 현재 쓰이고 있는 상아질 접착제는 4세대 상아질 접착제, self priming adhesive system, self etching primer system, 그리고 one step bonding system으로 구분할 수 있다. 이번 실험 결과에 의하면, 법랑질 변연에서는 미세누출이 거의 없었고, 이보다 높은 미세누출을 보인 상아질 변연에서는 Scotchbond Multi Purpose가 비교적 양호한 결과를 보여주었으나 Prime&Bond NT를 제외하고는 다른 제품과 유의한 차이가 없었고 동일한 system이라 하더라도 제품에 따라 상이한 결과를 보여주어 특정 system의 우열을 논하기는 어렵다. 이는 제품마다 성분 및 조성이 다르기 때문으로 생각된다. 따라서 각 제품에 대해 더 많은 연구가 필요하며 더불어 생체 내 실험에 대한 보고도 더 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 5급 와동에서 복합레진 수복시 수종의 상아질 접착제에 따른 미세누출을 비교하기 위해 건전한 30개의 발거된 사람 대구치 협설면에 교합측 변연과 치은측 변연이 각각 법랑질과 상아질에 위치하도록 5급 와동을 형성하여, Scotchbond Multi Purpose, Single Bond, Prime & Bond NT, Clearfil Liner Bond 2, MAC Bond II, One up Bond F 등 6종의 상아질 접착제와 Z 100 복합레진을 사용하여 와동을 수복하였다. Thermocycling을 시행한 후 0.5% basic fuchsin 색소 용액에 6시간 동안 담구어 두었다가 치아장축에 평행하게 수복물의 중앙부위를 지나도록 협설로 절단하여 색소침투를 입체현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 실험군에서 법랑질 변연이 상아질 변연보다 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였다($P<0.001$).
2. 법랑질 변연에서 모든 상아질 접착제간의 미세누출 정도는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($P<0.05$).
3. 상아질 변연에서는 제3군(Prime&Bond NT)이 가장

높은 미세누출을 보였고 제5군(MAC Bond II), 제6군(One up Bond F), 제4군(Clearfil Liner Bond 2)의 순으로 감소하였으며, 제1군(Scotchbond Multi Purpose)과 제2군(Single Bond)은 가장 낮은 미세누출을 보였다. 제3군(Prime&Bond NT)은 제5군(MAC Bond II)을 제외한 나머지 모든 군과 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

참고 문헌

1. Seltzer S : The penetration of micro organism between the tooth and direct resin filling. Am J Dent Assoc 51 : 560 566, 1955.
2. Philips RW : Skinner's Science of Dental Materials 8th ed. Philadelphia : WB Saunders Co., p58, 1982.
3. Fortin D : Microleakage of three new dentin adhesives. Am J Dent 7(6) : 315 317, 1994.
4. Reeves GW : Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. Oper Dent 20 : 230 235, 1995.
5. Buonocore MG : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J Dent Res 34 : 849, 1955.
6. Reifeis PE : An in vitro shear bond strength study of enamel/dentin bonding systems on enamel. Oper Dent 20 : 174 179, 1995.
7. Fusayama T : Non pressure adhesion of a new adhesive restorative system. J Dent Res 58 : 1364 1370, 1979.
8. Joynt RB : Dentin bonding agents and the smear layer. Oper Dent 16 : 186 191, 1991.
9. Erickson RL : Bonding to tooth structure: A comparison of glass ionomer and composite resin systems. J Esth Dent 6 : 227 243, 1994.
10. Nakabayashi N : Effect of HEMA on bonding to dentin. Dent Mater 8 : 125 130, 1992.
11. Nakabayashi N : Dentin adhesion of "modified" 4 META/MMA TBB resin : function of HEMA. Dent Mater 8 : 259 264, 1992.
12. Nakabayashi N : Hybrid layer as a dentin bonding mechanism. J Esth Dent 6 : 133 138, 1991.
13. Kanca J : Effect of resin primer solvents and surface wetness of resin composite bond strength to dentin. Am J Dent 5 : 213 215, 1992.
14. Gwinnett AJ : Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. Am J Dent 5 : 73 77, 1992.
15. Ferrari M : Bonding mechanism of three "one bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. Am J of Dent 10(5) : Oct : 224 230, 1997.
16. Tjan AHL : Bond strength of multi step and simplified step systems. Am J Dent 9(6) : 269 272, 1996.
17. Chigira H : Self etching dentin primers containing Phenyl P self etching primer. J Dent Res 73 : 1088 1095, 1994.
18. Wang T : Effect of 2 (methacryloyloxy) ethyl phenyl hydrogen phosphate on adhesion to dentin. J Dent Res 70 : 59 66, 1991.
19. Watanabe I : Bonding ground dentin by a Phenyl P self etching primer. J Dent Res 73 : 1212 1220, 1994.
20. Lee WC, Eakle WS : Possible role of tensile stress in ethiology of cervical erosive lesions of teeth. J Prosthet Dent 52 : 374 380, 1984.
21. Haines D : Behavior of tooth enamel under load. J Dent Res 42 : 885 888, 1963.
22. Yap CC : Marginal sealing ability of three cervical restorative systems. Quint Int 26 : 817 820, 1995.
23. 장현주, 이희주, 허복 : 췌기 형태의 5급 와동에서 수복재료에 따른 변연 미세누출의 비교. 대한치과보존학회지 25 : 56 62, 2000.
24. Saunders : Microleakage of bonding agents with wet and dry bonding techniques. Am J Dent 9(1) : 34 36, 1996.
25. Pashley DH : Resin infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. Oper Dent 23 : 185 194, 1998.
26. Kulton : Moist bonding vs dry bonding for three dental bonding systems. J Dent Res 75 : Abstr 2999, 1996.
27. Santini A : Microleakage of resin based composite restorations using different solvent based bonding agents and methods of drying acid etched dentin. Am J Dent 12 : 194 200, 1999.
28. Miyazaki M : Influence of dentin primer application methods on dentin bond strength. Oper Dent 21 : 167 172, 1996.
29. Miyazaki M : Influence of self etching primer drying time on enamel bond strength of resin composites. J of Dentistry 27 : 203 207, 1999.
30. Barkmeier WW : Bond strength and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. Am J Dent 8 : 289 293, 1995.
31. Vargas MA : Evaluation of acidic primers in microleakage of Class 5 composite resin restorations. Oper Dent 23 : 244 249, 1998.
32. Swift EJ : Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art. Quint Int 26 : 95 110, 1995.
33. Barkmeier WW : Effects of 15 vs 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. Oper Dent 11 : 111 116, 1986.
34. Gilpatrick RO : Resin to enamel bond strengths with various etching times. Quint Int 22 : 47 49, 1991.
35. Nakanuma K : Evaluation of new type of commercially available adhesive systems effect of total treatment for enamel and dentin. J Conserv Dent 39 : 304 314, 1996.
36. Kubo S : Effect of enamel etching with phosphoric acid on marginal sealing of current adhesive systems. J Dent Res 75 : 394(Abstr 3015), 1996.
37. Hayakawa T : Influence of self etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. Dent Mater 14 : 99 105, March, 1998.
38. Meerbeek BV : Effects of a self etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. Am J Dent 10 : 141 146, 1997.
39. K J Reinhardt : Self etching primer vs phosphoric acid: An alternative concept for composite to enamel bonding. Oper Dent 24 : 172 180, 1999.
40. Miyazaki M : Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two step bonding systems. Am J Dent 11 : 118 122, 1998.
41. Davison CL : The competition between the composite dentin bond strength and the polymerization contraction stress. J Dent Res 63 : 1396 1399, 1984.
42. Munksgaard EC : Dentin polymer bond promoted by Gluma and various resins. J Dent Res 64 : 1409 1411, 1985.

43. Feilzer A : Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res 66 : 1636-1639, 1987.
44. Sano H : Effect of dentin primer application on regional bond strength to cervical wedge shaped cavity walls. Oper Dent 24 : 81-88, 1999.
45. Sano H : Leakage within the hybrid layer. Oper Dent 20 : 19-25, 1995.
46. Ferrari M : Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. Am J Dent 10 : 66-70, 1997.