

자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제의 변연 미세누출

조영곤 · 조공철

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MARGINAL MICROLEAKAGE OF SELF-ETCHING PRIMER ADHESIVES AND A SELF-ETCHING ADHESIVE

Young-Gon Cho, Kong-Chul Cho

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

This study evaluated the microleakage performance of four self-etching primer adhesives(Clearfil SE Bond, Clearfil Liner Bond 2, UniFil Bond, and FL Bond) and one self-etching adhesive(Prompt L-Pop). Class V cavity preparations with occlusal margins in enamel and gingival margins in dentin were prepared on both buccal and lingual surfaces of 50 extracted human molar teeth. Prepared teeth were randomly divided into five groups and restored using one of five adhesives and composite resins: Prompt L-Pop/Filtek Z 250(Group 1), Clearfil SE Bond/Clearfil AP-X(Group 2), Clearfil Liner Bond 2/Clearfil AP-X(Group 3), UniFil Bond/UniFil F(Group 4), and FL Bond/Filtek Z 250(Group 5).

Following one day storage in room temperature water, the restored teeth were thermocycled for 500 cycles between 5℃ and 55℃. Marginal microleakage was assessed by dye penetration using 2% methylene blue dye. After 24 hours, the teeth were sectioned longitudinally and evaluated for microleakage under stereomicroscope. The data were statistically analysed by Kruskal-Wallis Test, Mann-Whitney and Wilcoxon signed ranked tests.

The results of this study were as follows:

1. The microleakages at both enamel and dentinal margins were the lowest in group 4, increasing among groups in the following order: group 2, followed by group 5, followed by group 1, and the highest in group 3.
2. At the enamel margins, the microleakage of group 3 was significantly higher than those of groups 2, 4 and 5($p<0.05$), and also the microleakage of group 1 was statistically higher than those of groups 2 and 5($p<0.05$).
3. At the dentinal margins, microleakage of group 3 was significantly higher than microleakages of groups 1, 2, 4 and 5($p<0.05$).
4. Compared with microleakages between the enamel and dentinal margins of each group, groups 1, 4 and 5 at enamel margin and group 2 and group 3 at dentinal margin were higher microleakage. But there was no significant difference between enamel and dentinal microleakages of each group($p>0.05$).

Key words : Marginal microleakage, Self-etching primer adhesives, Self-etching adhesive

I. 서 론

금속 수복물의 대체물로서 심미 수복재의 사용이 증대됨에 따라 이들에 대한 다양한 연구와 함께 재료와 기술의 발전이 이루어지고 있다¹⁾. 치아에 대한 심미 수복재의 성공적인 접착은 수복물의 탈락을 방지하기 위해 반드시 필요하지만, 법랑질과 상아질의 구성성분의 차이와 수복재의 중합수축²⁾에 의한 변연누출의 발생^{3,4)}은 세균과 타액성분의 침투로 인하여 치수 손상, 변연 변색 및 이차 우식증을 일으키는 원인이 되고 있다^{5,6)}.

Buonocore⁷⁾에 의해 소개된 인산을 이용한 법랑질의 산부식법은 법랑질에 대한 복합레진의 우수한 접착을 제공하지만^{8,9)}, 상아질에 대한 접착은 지속적인 상아질 접착제의 개발에도 불구하고 아직도 불완전한 상태에 있다^{4,10,11,12)}.

4세대 상아질 접착제는 치질의 처리(conditioning), priming 및 접착제의 도포와 같은 3단계의 적용과정을 통하여 치질과 복합레진의 접착을 얻게 되었다^{13,14,15)}. 그 이후에 적용과정을 단순화하기 소개된 5세대 접착제인 단일병 접착제(one-bottle adhesives)는 치질을 처리한 후 프라이머와 접착제를 혼합한 단일 용액을 도포함으로써 적용과정을 2단계로 단축하였다¹⁶⁾. 그러나 이러한 4세대와 5세대 접착제의 사용은 total-etching과 wet-bonding 술식에^{17,18,19,20)} 따른 상아질의 과도한 부식, 상아질 습윤과 건조에 대한 민감성 및 부식처리후 세척의 필요성 등이 문제점으로 지적되고 있다. 자가 산부식 프라이머 접착제(self-etching primer adhesives)는 프라이머에 함유된 산과 HEMA 및 물에 의해 치질의 처리와 priming을 동시에 수행한 후 접착제를 도포하는 2단계의 적용과정이 이용된다^{9,21,22,23)}. 또한 최근에 소개된 "all-in-one" 접착제라고 불리는 자가 산부식 접착제(self-etching adhesives)는 처리제, 프라이머, 접착제를 혼합하여 적용과정을 1단계로 단순화하였다^{11,24,25)}. 이러한 접착제는 임상적으로 적용단계를 감소시킬 뿐만 아니라 처리된 치질을 세척하지 않으므로써 술식을 아주 단순화시켰다¹¹⁾. 특히 치질을 세척하지 않는 술식은 total etching과 wet-bonding을 필요로 하는 접착제의 사용시 발생할 수 있는 상아질의 건조로 인한 콜라겐의 붕괴나 over-wetting현상과 같은 임상적으로 술식에 민감한 부분을 피할 수 있도록 하였다²⁶⁾.

자가 산부식 프라이머 접착제나 자가 산부식 접착제에 포함된 산성 성분은 phosphate ester나 polycarboxyl 분자를 사용하고 있으며^{9,21,27)}, 이들은 치질의 표면에 있는 도말층을 용해하고 상아질 표층을 탈회한다. 또한 프라이머나 접착제에 함유된 레진 성분이 산에 의해 용해된 도말층이나 탈회된 치질에 침투되어 상아질에 얇은 층의 혼화층을 형성하므로 복합레진과 상아질의 접착이 이루어진다^{14,23,27,28)}.

자가 산부식 프라이머 접착제의 상아질과 법랑질에 대한

접착에 관한 연구가 진행되었다. Hannig등⁹⁾은 법랑질 변연을 갖는 2급 와동에서 인산을 이용한 접착제와 자가 산부식 프라이머 접착제를 이용한 변연 접합성을 비교한 결과 이들간에 통계학적인 차이가 없음을 관찰하고 법랑질에서 자가 산부식 프라이머는 기존의 인산 대체물로서 사용될 수 있음을 시사하였다. 또한 Barkmeier등²⁹⁾도 자가 산부식 프라이머의 법랑질에 대한 결합강도가 상아질보다 통계학적으로 높다고 보고하였다. 한편 Besnault와 Attal¹³⁾은 법랑질과 상아질에 대한 자가 산부식 프라이머 접착제와 인산을 사용하는 4세대 접착제의 미세누출을 평가한 결과 법랑질에서는 자가 산부식 프라이머 접착제가, 상아질에서는 4세대 접착제가 미세누출이 높았다고 보고하였다.

본 연구에서는 발거된 대구치의 협면과 설면에 5급 와동을 형성하여 4종의 자가 산부식 프라이머 접착제와 1종의 자가 산부식 접착제 및 복합레진으로 수복한 후 색소침투법을 이용하여 접착제에 따른 법랑질과 상아질 변연부의 미세누출을 상호 비교 평가하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

치아에 우식병소와 수복물 및 미세균열이 없는 발거된 상, 하악 대구치 50개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에 사용된 접착제와 복합레진은 Table 1에서와 같이 4종의 자가 산부식 프라이머 접착제와 1종의 자가 산부식 접착제 및 동일한 제조사의 복합레진(색조 A3)을 사용하였다.

광조사기는 Spectrum™ 800(Dentsply Caulk, U.S.A.)을 사용하여 500mW/cm²의 광강도를 이용하여 광중합하였다.

2. 실험방법

(1) 시편제작 및 군 분류

발거된 상, 하악 대구치 50개를 선택하여 치아의 표면에 부착된 연조직과 무기물을 scaler를 이용하여 제거한 후, 모든 치아는 실험직전까지 생리식염수에 보관하였다.

각 치아는 고속 엔진용 #701 carbide bur를 이용하여 협면과 설면의 치경부에 5급 와동을 형성한 다음, 저속 엔진용 #701 carbide bur를 이용하여 와동벽을 평활하게 하였다. 교합면측과 치은측 변연은 각각 법랑질과 백악법랑경계부 1mm 하방의 상아질에 위치하도록 하였고, 각각의 변연은 치아의 외면에 90도가 되도록 형성하였다. 5급 와동의 크기는 교합-치은 폭경이 3-4mm, 근원심 폭경이 6-8mm

Table 1. Group classification and self-etching primer adhesives and self-etching adhesive/composite resins used in this study

Group	Adhesives	Composite Resins	Manufacturers
1	Prompt L-Pop	Filtek™ Z 250	3M Dental Products, U.S.A.
2	Clearfil SE Bond	Clearfil™ AP-X	Kuraray Medical Inc., Japan
3	Clearfil Liner Bond 2	Clearfil™ AP-X	Kuraray Medical Inc., Japan
4	UniFil Bond	UniFil® F	GC Corporation, Japan
5*	FL Bond	Filtek™ Z 250	Shofu Inc., Japan

*: Manufacturers of adhesive and composite resin are not same in Group 5.

가 되도록 하였고, 깊이는 2.0mm로 하였다.

와동의 형성이 완료된 50개의 치아는 무작위로 10개씩 선택하여 5개의 군으로 분류하고 각 군의 와동에 5종의 접착제 중 하나의 접착제를 도포한 후 복합레진으로 수복하였다. 접착제의 접착력을 향상시키기 위해서 와동에 접착제를 도포하기 전에 모든 와동은 air-water 시린지로 깨끗이 세척하고 과잉의 물은 air 시린지로 제거하였다.

1) 1군(Prompt L-Pop 군)

제조회사의 지시에 따라 용액을 혼합하여 applicator에 접착제가 도달되도록 한 다음, applicator에 중등도의 압력을 가해 접착제를 15초간 문지르면서 와동에 도포하였다. 접착제를 air 시린지로 가볍게 불어 와동의 벽에 충분히 퍼지도록 하고 표면에 광택(gloss)이 나타나면 광조사기 Spectrum™ 800으로 10초간 광조사하였다. 와동에 Filtek™ Z 250을 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

2) 2군(Clearfil SE Bond 군)

공급된 술에 Primer를 적서 와동에 도포하고 20초간 방치한 후 air 시린지로 Primer를 건조하였다. 공급된 술에 Bond를 적서 와동에 도포한 후 air 시린지로 가볍게 불어 와동의 벽에 충분히 퍼지도록 하고 광조사기로 10초간 광조사하였다. 와동에 Clearfil™ AP-X를 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

3) 3군(Clearfil Liner Bond 2 군)

용기에 LB primer A와 LB primer B를 동량 분배하여 스폰지로 3-5초간 혼합하고, 공급된 술에 LB primer를 적서 와동에 도포하고 30초간 방치한 후 air 시린지로 LB primer를 건조하였다. 용기에 LB Bond를 분배하고 공급된 술에 LB Bond를 적서 와동에 도포한 후 air 시린지로 가볍게 불어 와동의 벽에 충분히 퍼지도록 하고 광조사기로 20초간 광조사하였다. 와동에 Clearfil™ AP-X를 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

4) 4군(UniFil Bond 군)

공급된 술에 UniFil Bond Self-Etching Primer를 묻혀 와동에 도포하고 20초간 기다린 다음, air 시린지로 가볍게 불어 건조한 즉시 와동에 UniFil Bond Bonding Agent를 도포하고 광조사기로 10초간 광중합하였다. 와동에 UniFil® F를 한번에 충전하고 40초간 광중합하였다.

5) 5군(FL Bond 군)

용기에 Primer A와 Primer B를 동량 분배하여 micro-brush로 혼합한 후 와동에 Primer를 도포하고 10초간 방치한 다음, air 시린지로 Primer를 건조시켰다. 용기에 Bonding agent를 분배하여 공급된 술에 Bonding agent를 적서 와동에 도포한 후 광조사기로 10초간 광조사하였다. 와동에 Filtek™ Z 250을 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

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

(2) 변연 미세누출의 관찰 및 평가

각 실험치아는 복합레진 수복물 주위를 약 1mm 남겨놓고 전체의 면에 nail varnish를 2겹으로 도포하였다. 복합레진 수복물의 변연부에 색소의 침투를 유도하기 위하여 각 군의 치아는 실온에서 2% methylene blue용액에 24시간 동안 침적시켰다. 각 치아는 흐르는 물에 세척한 후 저속의 diamond disks를 이용하여 각 수복물의 중앙부가 통과되도록 치아의 장축방향에 평행하게 협설방향으로 양분하였다. 각 시편의 절단면은 물이 공급된 상태에서 600 grit silicone carbide papers로 연마하였다.

각 군의 절단된 시편은 각각 협면과 설면에 있는 복합레진 수복물의 법랑질과 상아질 변연부를 20배율의 광학 입체현미경(Olympus LG-PS2, Japan)하에서 색소의 침투도를

다음과 같은 기준에 의하여 관찰하고, 각 치아의 변연 미세 누출 점수로 정하였다.

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

하나의 시편에서 관찰된 협면과 설면에 있는 복합레진 수복물의 법랑질과 상아질 변연부는 각각 색소가 더 많이 침투된 측을 변연 미세누출 점수로 선택하였다.

(3) 통계학적인 분석

각 군간의 변연 미세누출에 대한 상호간의 유의성 검증은 통계분석 프로그램인 SPSS(ver. 7.5)에서 Kruskal-Wallis 검정을 이용하여 시행하였으며, 사후검정은 Mann-Whitney 검정과 Wilcoxon 부호순위 검정을 이용하여 $p=0.05$ 유의수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 실험결과

각 군의 법랑질과 상아질 변연부에서 미세누출 점수와 평균치는 Table 2와 3에 표시하였다. Fig. 1과 2는 각 군의

법랑질과 상아질 변연부에서 얻은 미세누출 점수의 개수를 그래프로 나타낸 것이다.

법랑질 변연부에서의 미세누출은 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop, Clearfil Liner Bond 2의 순으로 증가하였다(Table 2). 법랑질 변연부에서 각 군의 미세누출에 대한 통계학적인 유의성은 Table 4에 표시하였다. 각 군간의 미세누출을 비교하여 보면 Clearfil Liner Bond 2는 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였고($p<0.05$), Prompt L-Pop은 UniFil Bond, Clearfil SE Bond보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였다($p<0.05$). 그러나 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond간에 그리고 Clearfil Liner Bond 2와 Prompt L-Pop간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

상아질 변연부에서의 미세누출은 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop, Clearfil Liner Bond 2의 순으로 증가하였다(Table 3). 상아질 변연부에서 각 군의 미세누출에 대한 통계학적인 유의성은 Table 5에 표시하였다. 각 군간의 미세누출을 비교하여 보면 Clearfil Liner Bond 2는 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였다($p<0.05$). UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop간에는 통계학적으로 유

Table 2. Distribution of microleakage scores and means at enamel margins

Group	Score				No.	Mean	S.D.
	0	1	2	3			
Group 1 (Prompt L-Pop)	1	8	10	1	20	1.55	0.68
Group 2 (Clearfil SE Bond)	10	4	5	1	20	0.85	0.98
Group 3 (Clearfil Liner Bond 2)	0	4	11	5	20	2.05	0.68
Group 4 (UniFil Bond)	7	9	4	0	20	0.85	0.74
Group 5 (FL Bond)	5	5	10	0	20	1.25	0.85

Table 3. Distribution of microleakage scores and means at dentin margins

Group	Score				No.	Mean	S.D.
	0	1	2	3			
Group 1 (Prompt L-Pop)	8	2	3	7	20	1.45	1.35
Group 2 (Clearfil SE Bond)	10	3	4	3	20	1.00	1.16
Group 3 (Clearfil Liner Bond 2)	2	0	3	15	20	2.55	0.94
Group 4 (UniFil Bond)	12	5	2	1	20	0.60	0.88
Group 5 (FL Bond)	9	3	4	4	20	1.15	1.22

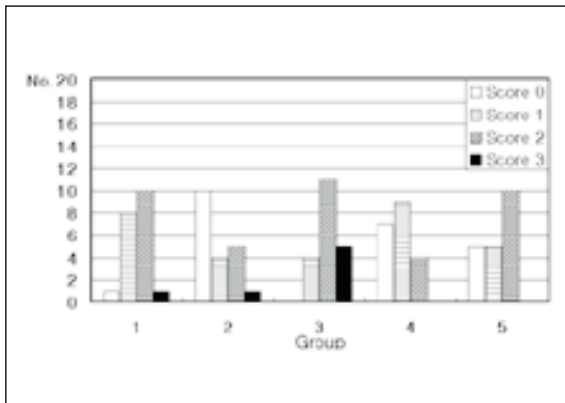


Fig. 1. Numbers of leakage scores of each group at enamel margins

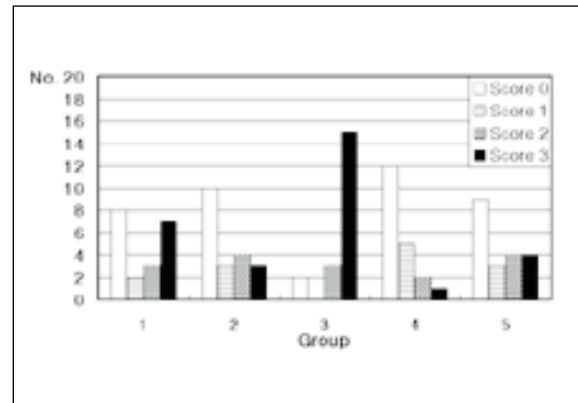


Fig. 2. Numbers of leakage scores of each group at dentin margins

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

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Group 1		*		*	
Group 2			*		
Group 3				*	*
Group 4					
Group 5					

*: significant differences ($p < 0.05$)

Table 6. Statistical analysis of microleakage at enamel and dentin margin between each group by Wilcoxon signed rank sum test

Group	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Enamel	-	-	-	-	-
Dentin	-	-	-	-	-

-: no-significant differences ($p > 0.05$)

의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

각 군의 법랑질과 상아질간의 미세누출을 비교한 결과 UniFil Bond, FL Bond, Prompt L-Pop은 법랑질 변연부가 상아질 변연부 보다 높은 미세누출을 보였으나(Table 2, 3) 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$) (Table 6). 한편 Clearfil SE Bond, Clearfil Liner Bond 2는 상아질 변연부가 법랑질 변연부보다 높은 미세누출을 보였으나(Table 2, 3) 통계학적으로 유의한 차이를 나타내

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

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Group 1			*		
Group 2			*		
Group 3				*	*
Group 4					
Group 5					

*: significant differences ($p < 0.05$)

지 않았다($p > 0.05$) (Table 6).

IV. 총괄 및 고안

접착과정시 와동의 세척을 필요로 하지 않는 자가 산부식 프라이머 접착제와 자가 산부식 접착제는 인산을 이용해서 치질을 처리하고 프라이머를 도포하는 접착제에 비해 사용이 간편하고 시간을 절약할 수 있는 장점을 가지고 있다^{15,30,31}. 이러한 접착제의 원리는 법랑질과 상아질의 탈회와 레진의 침투가 동시에 이루어 지도록 하여 치면과 접착제간에 연속체를 형성하는 것이다^{14,30}.

치질과 접착제의 계면을 완전히 접착시키기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있음에도 불구하고, 아직까지 미세누출이 발생되지 않는 접착제는 없다. 미세누출은 수복재료와 치질 사이에 형성된 간극으로 어떠한 물질이 침투 또는 확산된 것을 의미하며, 미세누출에 대한 연구는 일반적으로 접착제가 임상적으로 수용될 수 있는 가를 간단히 평가하는 방법이다^{32,33}.

본 연구에서 법랑질 변연부의 미세누출은 UniFil Bond,

Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop, Clearfil Liner Bond 2의 순으로 증가하였다. 본 연구에서 각 군간의 법랑질 변연부 미세누출을 비교하여 본 결과 Clearfil Liner Bond 2는 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였고($p < 0.05$), Prompt L-Pop도 UniFil Bond, Clearfil SE Bond보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였고($p < 0.05$). 그러나 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond간 그리고 Clearfil Liner Bond 2와 Prompt L-Pop간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

Perdigao등³⁴⁾은 인산을 이용한 접착제와 Clearfil Liner Bond 2의 법랑질 변연부에서의 미세누출을 비교한 결과 Clearfil Liner Bond 2가 보다 많은 미세누출을 보였다고 보고하고, 이는 프라이머의 약한 부식 효과때문이라고 설명하였다. 또한 Ferrari등³⁵⁾은 5급 와동에 Clearfil Liner Bond 2를 30초간 적용한 경우 법랑질 변연부에서 40%의 미세누출을 보였으나 60초간 적용한 경우 법랑질 변연부에 미세누출이 발생하지 않았다고 보고하고, 법랑질에 대한 미세누출을 감소시키기 위해서는 프라이머를 두 번 도포할 것을 제안하였다. 한편 Fritz등⁸⁾은 인산을 이용한 접착제와 Clearfil SE Bond의 법랑질에 대한 인장강도를 평가한 결과 Clearfil SE Bond는 인산을 이용한 접착제처럼 법랑질에 대해 효과적이라고 하였다. 본 연구에서 다른 접착제에 비해 Clearfil Liner Bond 2가 가장 높은 미세누출을 보인 이유는 법랑질에 대한 프라이머의 약한 부식효과와 짧은 적용시간 때문으로 사료된다.

Unifil Bond는 수산화 인회석에 있는 칼슘과 반응하고 접착제와 공중합하는 4-MET를 단량체로 사용한다^{27,36,37)}. Hotta등³⁸⁾은 법랑질 소주가 4-MET 레진에 의해 피개됨을 관찰하고, 4-MET는 법랑질 소주 주변으로 단량체의 침투를 조장하므로써 법랑질에 대한 탁월한 접착을 이룬다고 보고하였다. 본 연구에서 Unifil Bond가 다른 접착제에 비해 법랑질 변연부에서 낮은 미세누출을 보인 이유는 Unifil Bond에 함유된 4-MET때문으로 사료된다.

또한 본 연구에 사용된 Clearfil SE Bond는 Clearfil Liner Bond 2에서 사용하는 Phenyl-P 대신에 MPD를 프라이머에 첨가하여^{15,27)} 치질에 대한 접착을 개선한 재료로서 Unifil Bond와 마찬가지로 법랑질 변연부에서 낮은 미세누출을 보였다. Kubo등³⁹⁾은 5급 와동의 법랑질 변연부에서 Clearfil SE Bond와 Clearfil Liner Bond 2의 미세누출을 비교한 결과 Clearfil SE Bond가 Clearfil Liner Bond 2보다 통계학적으로 우수한 변연 접합성을 나타냈다고 보고하였으며, 이는 본 연구의 결과와 일치하였다.

최근에 소개된 Prompt L-Pop은 물을 기본(water-based)으로 하는 접착제로서 접착기전은 phosphoric ester가 법랑질과 상아질 면을 용해하고, 수복제의 광중합

시 레진 기질내로 단량체의 공중합이 일어난다고 주장하고 있다⁴⁰⁾. Rosa와 Perdigao³⁰⁾는 인산을 이용한 접착제와 "all-in-one" 접착제인 Prompt L-Pop의 복합레진에 대한 법랑질의 결합강도를 비교한 결과 인산을 이용한 접착제가 훨씬 높은 결합강도를 나타냈다고 보고하였다. 본 연구에서 Prompt L-Pop이 Unifil Bond와 Clearfil SE Bond보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보인 이유는 약한 법랑질의 부식과 성분의 차이 때문으로 사료된다.

본 연구에서 각 군간의 상아질 변연부 미세누출을 비교하여 본 결과 상아질 변연부에서의 미세누출은 법랑질 변연부에서와 마찬가지로 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop, Clearfil Liner Bond 2의 순으로 증가하였다. 본 연구에서 상아질 변연부에서의 각 군간의 미세누출을 비교하여 본 결과 Clearfil Liner Bond 2는 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였으나($p < 0.05$) UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond, Prompt L-Pop간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

Ogata등²³⁾은 5급 와동에서 Clearfil liner bond 2와 Imperva Fluoro Bond의 프라이머 도포회수에 따른 상아질에 대한 미세 인장결합강도를 비교한 결과, Clearfil liner bond 2는 프라이머를 여러번 도포한 경우 결합강도가 뚜렷이 증가하였고 Imperva Fluoro Bond는 뚜렷한 증가가 없었으며, 이러한 차이는 두 재료에 함유되어 있는 프라이머의 성분과 단량체의 pH, 그리고 점도의 차이때문이라고 하였다. 또한 Yoshiyama등³¹⁾은 Clearfil liner bond 2와 Fluoro Bond의 상아질에 대한 접착관계를 전자현미경으로 비교한 결과, Fluoro Bond의 레진 테그는 Clearfil liner bond 2보다 짧지만 더 큰 직경을 가지고 있으며, 이는 Fluoro Bond가 Clearfil liner bond 2보다 관주 상아질 기질을 더 효과적으로 제거하여 우수한 상아세관의 봉쇄와 혼화층을 제공할 수 있을 것이라고 하였다.

질산은을 이용하여 Unifil Bond, Clearfil SE Bond, Prompt L-pop의 미세누출을 전자현미경으로 비교한 Li등¹⁵⁾의 연구 결과에 의하면 Unifil bond는 상아질내에서 가장 적은 nanoleakage를 보여주었고 Clearfil SE Bond는 혼화층과 세관내에 가장 적은 은의 침투를 보여주어, 혼화층과 접착제에 과도한 은의 침투를 보인 Prompt L-Pop보다 우수한 봉쇄력을 제공하였다고 보고하였다. 또한 Pradelle-Plasse등⁴¹⁾은 5급와동에서 Clearfil SE Bond와 Prompt L-Pop의 미세누출을 비교한 결과 Prompt L-Pop이 상아질 변연부에서 높은 미세누출을 보였으나 Clearfil SE Bond와 통계학적인 차이는 없다고 하여 이들의 연구결과와 본 연구의 결과는 일치하였다.

자가 산부식 프라이머 접착제와 자가 산부식 접착제는 기

본적으로 산이나 물을 가지고 있다^{4,9,23,27,31,41}). 이들의 치질에 대한 접착력은 접착제에 함유된 필러와 프라이머의 pH 농도와 알코올이나 아세톤 같은 용매에 의해 영향을 받을 수 있을 것이다.

Frankenberger등¹¹⁾은 Prompt L-Pop을 다양한 방법으로 상아질에 도포하여 미세 인장강도를 비교하였는데 제조 회사의 지시에 따라 한번 도포하는 것보다 여러번 포포하거나 필러를 포함시킨 경우 통계학적으로 높은 강도를 얻을 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 사용된 UniFil Bond, Clearfil SE Bond, FL Bond는 microfiller를 함유하고 있으나 Prompt L-Pop는 필러를 함유하지 않아^{15,16,27,31}) 상아질 변연부에서의 미세누출의 차이는 접착제에 함유된 필러의 유무에 의해 영향을 받을 수 있을 것으로 추측되나 이에 대한 연구가 더욱 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Nishida등⁴²⁾은 산성의 프라이머는 도말층을 용해하고 상아질의 무기성분을 탈회시킨다고 보고하였다. 프라이머의 pH는 상아질내로 프라이머의 침투와 용해에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서 사용된 접착제의 pH는 UniFil Bond: 2, Clearfil SE Bond: 2, FL Bond: 2.5, Prompt L-Pop: 1, Clearfil liner bond 2: 1.4로서⁴³⁾ 본 연구에서 접착제의 pH가 2이상인 경우보다 1.4미만인 경우에 높은 미세누출을 보여주어 접착제의 pH 농도에 따라 미세누출의 차이가 있음을 알 수 있었다.

또한 프라이머 용액에 있는 알코올이나 아세톤은 상아질에 대한 확산성을 증가시킬 것이다. 이들은 상아세판에 있는 수분을 추적하며 건조시 물과 함께 증발되므로 레진 성분만이 남게 된다. 본 연구에서 UniFil Bond, FL Bond, Clearfil liner bond 2는 용매로서 에탄올이나 아세톤을 함유하고 있으나, Clearfil SE Bond와 Prompt L-Pop은 용매를 함유하고 있지 않다. 본 연구에서 접착제에 함유된 용매의 유무와 종류에 따른 미세누출의 차이는 알아내지 못하였으나 이러한 요소가 접착제의 미세누출에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료되며, 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

대부분의 연구에서 인산을 이용한 접착제는 법랑질 변연부보다 상아질 변연부에서 더 높은 미세누출을 보인다고 보고되고 있다^{4,44,45)}. Santini등⁴⁶⁾은 자가 산부식 프라이머 접착제를 이용하여 5급 와동을 수복한 후 미세누출을 평가한 결과 법랑질에서는 미세누출이 없으나 상아질에서는 미세누출을 보였다고 보고하였다. 본 연구에서 각 군의 법랑질과 상아질간의 미세누출을 비교한 결과 Clearfil SE Bond, Clearfil Liner Bond 2는 상아질 변연부가 법랑질 변연부보다 높은 미세누출을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). Barkmeier등²⁹⁾, Barkmeier등⁴⁷⁾, Hannig와 Fu⁴⁸⁾는 5급 와동에서 Clearfil Liner Bond 2는 상아질 또는 백악질 변연부에서 법랑질 변연부

보다 높은 미세누출을 보였다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다. 그러나 본 연구에서 UniFil Bond, FL Bond, Prompt L-Pop은 법랑질 변연부가 상아질 변연부보다 높은 미세누출을 보였다($p>0.05$).

본 연구에서 사용된 각 접착제의 법랑질과 상아질 변연부간의 미세누출을 비교하였을 때 통계학적인 차이는 없었으나 변연부의 미세누출은 접착제의 종류에 따라서 법랑질 또는 상아질 변연부에서 더 높게 나타났다. 이는 인산을 이용하는 4세대와 5세대 접착제에서 일반적으로 나타나는 상아질 변연부보다 법랑질 변연부가 우수한 변연봉쇄능을 가지고 있는 것과는 다르게 나타났으며, 이러한 관점에서 볼 때 자가 산부식 프라이머 접착제와 자가 산부식 접착제의 법랑질에 대한 접착력은 보다 개선되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 자가 산부식 프라이머 접착제와 자가 산부식 접착제의 미세누출을 실험실적인 방법을 통하여 상호 비교한 것으로서, 이에 대한 정확한 비교를 위해서는 임상적인 평가가 더 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 5급 와동에서 4종의 자가 산부식 프라이머 접착제와 1종의 자가 산부식 접착제의 법랑질과 상아질 변연부의 미세누출을 상호 비교하였다. 50개의 발거된 상·하악 대구치의 협면과 설면에 5급 와동을 형성하여 무작위로 5개의 군으로 분류하였다. 1군은 Prompt L-Pop과 Filtek Z 250, 2군은 Clearfil SE Bond와 Clearfil AP-X, 3군은 Clearfil Liner Bond 2와 Clearfil AP-X, 4군은 UniFil Bond와 UniFil F, 5군은 FL Bond와 Filtek Z 250으로 와동을 수복하였다.

각 시편의 복합레진 표면은 Sof-Lex disks로 마무리와 연마를 시행하였고, 24시간 동안 실온의 물에 보관한 후, 모든 시편은 열냉각 시험기에서 5℃와 55℃에서 500회의 열순환을 시행하였다. 수복물의 변연부에 색소의 침투를 유도하기 위하여 모든 시편을 2% methylene blue에 24시간 동안 침적시킨 다음, 광학 입체현미경하에서 각 시편의 법랑질과 상아질 변연부의 색소 침투를 관찰하여 미세누출 점수(0, 1, 2, 3)로 기록하고 각 군간의 유의성을 검정하였다. 이상의 실험을 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 법랑질 변연부에서의 미세누출은 4군, 2군, 5군, 1군, 3군의 순으로 증가하였으며 3군은 2군, 4군, 5군보다 그리고 1군은 2군, 4군보다 통계학적으로 높은 미세누출을 나타내었다($p<0.05$).
2. 상아질 변연부에서의 미세누출은 4군, 2군, 5군, 1군, 3군의 순으로 미세누출이 증가하였으며, 3군은 4군, 2군, 5군, 1군보다 통계학적으로 높은 미세누출을 나타내었다($p<0.05$).

3. 각 군의 법랑질과 상아질 변연부의 미세누출 비교에서 1군, 4군, 5군은 법랑질 변연부에서, 2군과 3군은 상아질 변연부에서 높은 미세누출을 나타냈으나 각 군에서 법랑질과 상아질 변연부의 미세누출은 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

참고문헌

1. Perdigao J, Frankenberger R, Rosa BT, Breschi L : New trend in dentin/enamel adhesion. *Am J Dent* 13: 25-30, 2000.
2. Davidson CL, Degee AJ, Feilzer AJ : The competition between the composite-dentin bond strength and polymerization contraction stress. *J Dent Res* 63(12):1396-1399, 1984.
3. Choi KK, Condon JR, Ferracane JL : The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J Dent Res* 79(3): 812-817, 2000.
4. Pradelle-Plasse N, Nechad S, Tavernier B, Colon P : Effect of dentin adhesives on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage. *Am J Dent* 14(6): 344-348, 2001.
5. Bergenholtz G, Cox CF, Loesche WJ, Syed SA : Bacterial leakage around dental restorations: Its effect on the dental pulp. *J Oral Pathology* 11(6): 439-450, 1982.
6. Brannstrom M : The cause of post-restorative sensitivity and its prevention. *J Endo* 12: 475-481, 1986.
7. Buonocore MC : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *J Dent Res* 34(6): 849-853, 1955.
8. Fritz UB, Diedrich P, Finger WJ : Self-etching primers-an alternative to the conventional acid etch technique? *J Orofac Orthop* 62(3): 238-245, 2001.
9. Hannig M, Reinhardt K-J, Bott B : Self-etching primer vs phosphoric acid: An alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent* 24: 172-180, 1999.
10. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, Meyer JM : Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent* 29(1): 55-61, 2001.
11. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, Lopes M : "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives-a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 17(5): 373-380, 2001.
12. Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA : Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent* 14(4): 205-210, 2001.
13. Besnault C, Attal JP : Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II composite restorations. *J Dent* 30(1): 1-6, 2002.
14. Gordan VV, Vargas MA, Cobb DS, Denehy GE : Evaluation of acidic primers in microleakage of class 5 composite resin restorations. *Oper Dent* 23: 244-249, 1998.
15. Li H, Burrow MF, Tyas MJ : The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater* 18(2): 111-119, 2002.
16. Yoshiyama M, Urayama A, Kimochi T, Matsuo T, Pashley DH : Comparison of conventional vs self-etching adhesives bonds to caries-affected dentin. *Oper Dent* 25: 163-169, 2000.
17. 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.
18. Nakayabashi N : Dentinal bonding mechanism. *Quint Int* 22(2): 73-74, 1991.
19. Nakayabashi N, Sami, Y : Bonding to intact dentin. *J Dent Res* 75(9): 1706-1715, 1996.
20. Pitter AV, Heymann HO, Swift E Jr, Perdigao J, Rosa BT : Effect of different re-wetting techniques on dentin shear bond strengths. *J Esthet Dent* 12: 85-96, 2000.
21. Hayakawa T, Kikutake K, Nemoto K : Influence of self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. *Dent Mater* 105: 99-105, 1998.
22. Miyasaka K, Nakabayashi N : Combination of EDTA conditioner and phenyl-P/HEMA self-etching primer for bonding to dentin. *Dent Mater* 15(3): 153-157, 1999.
23. Ogata M, Nakajima M, Sano H, Tagami J : Effect of dentin primer application on regional bond strength to cervical wedge-shaped cavity walls. *Oper Dent* 24(2): 81-88, 1999.
24. Finger WJ, Ahlstrand WM : 4-META as an acidic monomer in an all-in-one experimental adhesive. *Compend Contin Educ Dent* 22(12): 8-11, 2001.
25. Pontes DG, de Melo AT, Monnerat AF : Microleakage of new all-in-one adhesive systems on dentinal and enamel margins. *Quint Int* 33(2): 136-139, 2002.
26. Zheng L, Pereira PNR, Nakajima M, Sano H, Tagami J : Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent* 26: 97-104, 2001.
27. Inoue S, Van Meebeek B, Vargas M, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G : Adhesion mechanism of self-etching adhesives. *Advanced Adhesive Dentistry 3rd international Kuraray symposium*, 131-148, 1999.
28. Prati C, Pashley DH, Chersoni S, Mongiorgi R : Marginal hybrid layer in class V restorations. *Oper Dent* 25: 228-233, 2000.
29. Barkmeier WW, Los SA, Triolo PT Jr : Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. *Am J Dent* 8(6): 289-293, 1995.
30. Rosa BT, Perdigao J : Bond strengths of nonrinsing adhesives. *Quint Int* 31:353-358, 2000.
31. Yoshiyama M, Matsuo T, Ebisu S, Pashley D : Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. *J Dent* 26: 609-616, 1998.
32. Kidd, E.A. "Microleakage: A review." *J. Dent. Res.* 47(5):199-205, 1976.
33. Reeves GW, Fitchie JG, Hembree JH Jr, Puckett AD : Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent* 20(6): 230-235, 1995.
34. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P : Effects of self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 10: 141-146, 1997.
35. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Davidson CL : Effect of two etching timers on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. *Am J Dent* 10(2): 66-70, 1997.
36. Swift Jr EJ : Self-etching primers: Part I. *J Esthetic Dent* 12(3): 111-113, 2000.
37. Technical Brief : Unifil Bond, Unifil F composite. GC

- Corporation, 1999.
38. Hotta K, Mogi M, Miura F, Nakabayashi N : Effects of 4-MET on bond strength and penetration monomers into enamel. *Dent Mat* 8: 173-175, 1992.
39. Kubo S, Yokota H, Sata Y, Hayashi Y : Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling. *Am J Dent* 14(3): 163-169, 2001.
40. Product Dossier: Prompt L-Pop. ESPE, 1999.
41. Opdam NJ, Roeters FJ, Feilzer AJ, Verdonchot EH : Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations in vivo. *J Dent* 26(7): 555-562, 1998.
42. Nishida K, Yamauchi J, Wata T, Hosoda H : Development of a new bonding system. *J Dent Res* 72: 137(IADR, Abstract #267), 1993.
43. Imazato S, Ebisu S, Tarumi H, Kinomoto Y, Takeshige F : Development of antibacterial adhesive system: efficacy of new self-etching primer containing antibacterial monomer. *Advanced Adhesive Dentistry 3rd international Kuraray symposium*, 227-239, 1999.
44. Al-Ehaideb AA, Mohammed H : Microleakage of "one-bottle" dentin adhesives. *Oper Dent* 26: 172-175, 2001.
45. Tulunoglu O, Uctash M, Alacam A, Omurlu H : Microleakage of light-cured resin and resin-modified glass-ionomer dentin bonding agents applied with co-cure vs pre-cure technique. *Oper Dent* 25: 292-298, 2000.
46. Santini A, Plasschaert AJ, Mitchell S : Effect of composite resin placement techniques on the microleakage of two self-etching dentin-bonding agents. *Am J Dent* 14(3): 132-136, 2001.
47. Barkmeier WW, Douville CJ, Matranga LF : Shear bond strength, microleakage and scanning electron microscopy study of the Clearfil Liner Bond System. *Asian J Aesthet Dent* 1(2): 85-90, 1993.
48. Hanning M, Fu B : Effect of air abrasion and resin composite on microleakage of Class V restorations bonded with self-etching primers. *J Adhes Dent* 3: 265-272, 2001.