

단일 단계 접착제의 변연 미세누출

조영곤* · 정진호 · 기영재 · 최희영 · 진철희 · 유상훈 · 김종욱 · 박병철

조선대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

MARGINAL MICROLEAKAGE OF SINGLE STEP ADHESIVES

Young-Gon Cho, Jin-Ho Jeong, Young-Jae Ki, Hee-Young Choi,
Cheul-Hee Jin, Sang-Hoon Yoo, Jong-Uk Kim, Byung-Cheul Park

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

This study evaluated the marginal microleakage of five single step adhesives. Class V cavity preparations with occlusal margins in enamel and gingival margins in dentin were prepared on both buccal and lingual surfaces of extracted human molar teeth. Prepared teeth were randomly divided into five groups and restored using one of the single step adhesives and composite resins: Prompt L-Pop/Filtek Z-250 (Group 1), AQ Bond/Metafil CX (Group 2), One-Up Bond F/Palfique Toughwell (Group 3), Futurabond/Admira (Group 4), Xeno III/Spectrum TPH (Group 5).

The restored teeth were thermocycled. Microleakage was assessed by dye penetration using 2% methylene blue dye solution. The teeth were bisected buccolingually and evaluated for microleakage under stereomicroscope. The data were statistically analysed by Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney tests.

The results of this study were as follows:

1. Microleakage of enamel margins in group 3 was statistically higher than that in groups 1, 2, 4, 5 ($p < 0.05$).
2. Microleakage of dentin margins in group 1 was statistically higher than that in groups 2, 5, and that in group 3 was statistically higher than that in groups 2, 4, 5 ($p < 0.05$).
3. Dentin marginal microleakage was higher than enamel marginal microleakage in all experimental groups.

In conclusion, Prompt L-Pop showed the least leakage at enamel margin, and AQ Bond showed at dentin margin in this study. Marginal microleakage in dentin was higher than that in enamel. [J Kor Acad Cons Dent 29(2):162-169, 2004]

Key words : Marginal microleakage, Single step adhesives. Class V cavity preparation, Dye penetration, Enamel margins, Dentin margins

I. 서 론

Corresponding author: **Young-Gon Cho**

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Chosun University
375 Susuk-dong, Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea
Tel : 82-62-220-3840 Fax : 82-62-232-9064
E-mail : ygcho@mail.chosun.ac.kr

복합레진과 접착 시스템의 발전으로 인하여 이들을 이용한 심미적이고 보존적인 술식이 임상에서 많이 활용되고 있다. 그러나 복합레진을 이용한 수복은 중합수축, 치아와 열팽창계수 및 탄성계수의 차이, 수복술의 민감성 등과 같은 문제점을 가지고 있다^{1,2)}. 이러한 요소들은 복합레진과 와동

간에 간극을 초래하여 미세누출을 일으킨다. 미세누출은 복합레진과 와동벽 사이에 용액, 산, 효소, 박테리아, 박테리아의 대사산물 등을 침투시켜³⁾ 임상적으로 술후 과민증, 변연부 변색, 이차 우식, 치수 손상을 일으킨다^{1,4,5)}.

현재 사용되고 있는 접착 시스템에 의한 법랑질과 복합레진의 접착은 아주 신뢰할 수 있는 것으로 알려져 있다^{6,7,8)}. 법랑질 접착은 산부식 처리에 의해 형성된 다수의 미세공포에 레진 단량체가 침투되어 레진 테그를 형성함으로써 강한 미세 기계적인 유지를 얻는다⁹⁾. 그러나 상아질에 대한 접착은 법랑질에 비해 개선이 요구되며^{5,8)}, 이는 상아질의 특별한 성질 즉, 유기성분, 상아세관의 구조 및 습한 상아세관 때문이라고 할 수 있다^{10,11)}. 법랑질과 같은 접착을 얻기 위해 상아질 접착에 대한 많은 연구가 이루어졌으며, 복합레진과 상아질의 미세 기계적인 유지를 얻기 위하여 두 가지 방법이 이용되고 있다^{12,13)}. 첫 번째는 킬레이팅제 (chelating agents)나 미네랄산 (mineral acids)으로 산부식 처리하여 도말층 (smear layer)을 완전히 제거하고 아래에 있는 건전한 상아질을 탈회한 다음, 세척, 건조 후 프라이머와 접착제 또는 프라이머와 접착제가 포함된 단일병 접착제를 처리된 상아질에 적용하여 접착과정을 완성하는 방법이다^{1,5)}. 이 방법에서는 특히 에탄올이나 아세톤 같은 물을 추적하는 용매를 사용하여 단량체 (monomer)의 침투를 촉진하고 콜라겐 섬유와 접착 레진이 직접 접촉되도록 하여 혼성층 (hybrid layer)을 형성함으로써 기계적인 유지를 얻는다. 두 번째 방법은 접착 대상 (substrate)으로서 도말층을 이용하는 것이다¹⁴⁾. 자가 산부식 프라이머 (self-etching primer)를 도말층으로 덮힌 상아질에 일정시간 적용한 다음, 세척하지 않고 접착 레진을 처리된 상아질에 적용한다¹⁵⁾. 이러한 시스템은 도말층과 상아질 면에 있는 수산화인회석을 부분적으로 용해하는 능력이 있으며, 내재된 무기물과 함께 혼성층 또는 resin-infiltrated zone을 형성하여^{7,16)} 기계적인 유지를 얻는다. 자가 산부식 프라이머는 미약한 산도 때문에 표면 처리 시 도말 플러그 (smear plugs)를 제거하지 못 한다^{6,17)}. 그럼에도 불구하고 자가 산부식 프라이머는 상아질에 균일한 혼성층을 형성하고, 임상적으로 중합 수축에 의한 응력에 견딜 수 있다고 보고되고 있다¹⁸⁾. 이와 같이 분리된 산부식 처리 단계 없이 상아질 접착을 위한 시도는 total etching 술에 대한 대체 방법으로 이용되고 있다. 이러한 자가 산부식 프라이머 시스템은 일반적으로 total etching 술을 이용하는 시스템과 비교시 술식에 덜 민감하고¹⁹⁾, 도말층과 상아질이 탈회됨과 동시에 중합되기 때문에 건조에 의한 탈회된 콜라겐의 붕괴를 막을 수 있으며²⁰⁾, 상아세관 액에 의한 접착제의 수분오염에 대한 민감성이 감소된다²¹⁾.

최근에 소개된 all-in-one 접착제는 2개의 분리된 병이나 하나의 compartment로 공급된 용액을 혼합하여 도말층을

로 덮힌 상아질에 적용하고 광조사만 하면 된다²²⁻²⁵⁾. 이러한 접착제는 산부식 처리, 프라이밍 및 접착 단계를 한번에 수행하므로 진정한 의미의 단일 단계 접착 시스템 (single step adhesive system)이라고 할 수 있다. 이러한 접착제로는 Prompt L-Pop, AQ Bond, One-Up Bond F, Futurabond, Xeno III 등이 있다. 단일 단계 접착제는 증가된 농도의 산성 레진 단량체를 포함하므로 2단계로 적용하는 자가 산부식 프라이머 시스템과 마찬가지로 도말층을 부식하고 하방의 건전한 상아질을 탈회하여 혼성층을 형성할 수 있다. 이러한 시스템에서 물은 필수적인 성분으로 산성 단량체의 이온화와 경조직의 탈회를 가능하게 하고²⁶⁾, 접착제의 일차적인 낮은 pH는 탈회 중 상아질에서 유리된 칼슘과 인 이온에 의해 상승되어 탈회가 제한된다²⁷⁾.

하나의 재료를 하나의 단계로 적용하여 법랑질과 상아질을 동시에 처리하는 이러한 술식은 술자에 의한 실수의 가능성을 최소화하면서 임상술식을 단순하게 한다. 이와 같은 새로운 단일 단계 접착제는 법랑질에서 인산을 이용한 접착제와 비슷한 결합강도^{28,29)}와 변연 미세누출³⁰⁾을 나타낸다고 보고되었다. 상아질에서도 단일 단계 접착제는 인산을 이용한 접착제와 같은 우수한 접착성을 보였고¹⁵⁾, 또한 이들 접착제 간에 변연 미세누출의 차이가 없다고 보고되었다^{1,4)}.

단일 단계 접착제는 치과에 소개 된지 불과 몇 년에 지나지 않아 이들을 이용한 미세누출에 관한 연구는 대부분 2단계나 3단계 접착 시스템과 비교하여 이루어 졌다. 따라서 본 연구에서는 단일 단계 접착제간의 변연봉쇄 능력을 평가하기 위하여 5종의 단일 단계 접착제와 복합레진으로 5급 와동을 수복하여 법랑질과 상아질 변연부에서의 미세누출을 상호 비교하였다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

우식병소와 수복물 및 미세균열이 없는 최근에 발거된 상·하악 대구치 50개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에 사용된 접착제와 복합레진은 Table 1에서와 같이 5종의 단일 단계 접착제와 복합레진 (색조 A3)을 사용하였다.

접착제와 복합레진의 중합을 위해 광조사기는 Spectrum™ 800 (Dentsply Caulk, Milford, DE, U.S.A.)을 사용하였으며, 500 mW/cm²의 광 강도를 이용하였다.

2. 연구방법

(1) 시편제작과 군 분류

발거된 치아의 표면에 부착된 연조직과 무기물을 스크러

Table 1. Group classification, single step adhesives and composite resins used in this study

Group	Adhesives	Compsite resin	Manufacturers
1	Prompt L-Pop [®]	Filtek [™] Z-250	ESPE, Seefeld, Germany/ 3M Dental Products, St. Paul, MN, U.S.A.
2	AQ Bond	Metafil CX	Sun Medical Co, LTD, Shiga, Japan
3	One-Up Bond F	Palfique Toughwell	Tokuyama Corp, Tokyo, Japan
4	Futurabond [®]	Admira [®]	VOCO, Cuxhaven, Germany
5	Xeno [®] III	Spectrum [™] TPH	Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany

로 제거한 후, 모든 치아는 실험직전까지 생리식염수에 보관하였다.

고속 엔진용 701번 bur를 이용하여 각 치아의 협면과 설면 치경부에 5급 와동을 형성한 후, 저속 엔진용 701번 bur를 이용하여 와벽을 평활하게 하였다. 교합면측과 치은측 변연은 각각 법랑질과 백악법랑 경계부 1 mm 하방의 상아질에 위치시켰으며, 각각의 변연은 치아의 외면에 90도가 되도록 형성하였다. 5급 와동의 크기는 교합-치은 폭경 3-4 mm, 근원심 폭경 4-6 mm가 되도록 하였고, 와동의 깊이는 2 mm로 하였다.

와동을 형성한 50개의 치아는 무작위로 10개씩 선택하여 사용될 접착제와 복합레진에 따라 5개의 군으로 분류하였다 (Table 1). 각 와동은 접착제를 도포하기 전에 air-water 시린지로 깨끗이 세척하고 에어 시린지로 건조하였다. 각 군에서 접착제의 사용은 제조회사의 설명에 따라 다음과 같이 시행하였다.

1) 1군 (Prompt L-Pop 군)

제조회사의 설명에 따라 용액을 혼합하여 공급된 applicator에 중등도의 압력을 가해 접착제를 와동에 15초간 문지르면서 적용하였다. 공기 시린지로 접착제를 가볍게 불어 와벽에 충분히 퍼지도록 한 후, 표면에 광택 (gloss)이 나면 광조사기 Spectrum[™] 800으로 10초간 광조사하였다. 와동에 Filtek[™] Z-250을 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

2) 2군 (AQ Bond 군)

AQ 스폰지를 공급된 혼합용기에 넣고 AQ Bond 한 방울을 떨어뜨려 수 초 동안 혼합하였다. 와동에 충분한 양의 접착제를 2-3회 연속적으로 적용하여 20초간 기다린 다음,

공기 시린지로 와동에 있는 접착제를 3-5초간 가볍게 불어준 후 AQ Bond를 다시 한번 적용하였다. 와동에 있는 접착제가 충분히 건조될 때까지 공기 시린지로 5-10초간 가볍게 불어주고 10초간 광조사하였다. 와동에 Metafil CX를 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

3) 3군 (One-Up Bond F 군)

Bonding agent A와 Bonding agent B를 혼합용기에 한 방울씩 분배하고 핑크 색이 될 때까지 혼합한 후, 공급된 applicator에 접착제를 적서 와동에 적용하고 20초 간 기다렸다. 공기 시린지로 가볍게 건조하고 핑크 색의 접착제가 밝은 갈색으로 변할 때까지 10초간 광조사하였다. 와동에 Palfique Toughwell을 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

4) 4군 (Futurabond 군)

제조회사의 설명에 따라 와동에 약간의 수분이 남아있도록 건조하였다. 용액 A와 용액 B를 혼합용기에 한 방울씩 분배하여 공급된 솔로 약 5초간 혼합하였다. 솔로 와동에 충분한 양의 접착제를 적용하면서 30초 동안 문질렀다. 공기 시린지로 최소한 10초간 건조한 후 접착제를 20초간 광조사하였다. 와동에 Admira[®]를 한번에 충전 하고 40초간 광조사하였다.

5) 5군 (Xeno III 군)

제조회사의 설명에 따라 와동에 약간의 수분이 남아있도록 건조하였다. 용액 A와 용액 B를 혼합용기에 한 방울씩 분배하여 공급된 applicator로 약 5초간 충분히 혼합하였다. 와동에 충분한 양의 접착제를 적용하고 최소 20초 동안 기다렸다. 접착제의 흐름성이 없어질 때까지 공기 시린지로

최소 2초간 가볍게 붙여 접착제가 와동에 균일하게 퍼지도록 한 후 10초간 광조사하였다. 와동에 Spectrum™ TPH를 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

각 군의 복합레진 표면은 Sof-Lex disks (3M Dental Products., St. Paul, MN, U.S.A.)를 순차적으로 사용하여 마무리와 연마를 시행하였다. 모든 시편은 실온의 증류수에 48시간 동안 보관한 후 5℃와 55℃의 증류수에서 1분 간격으로 500회 열 순환하였다.

(2) 변연 미세누출의 관찰과 평가

각 치아는 복합레진 수복물 주위를 약 1 mm 남겨놓고 전체의 치면에 nail varnish 2점을 적용하여 건조시켰다. 와동과 복합레진의 변연부에 색소가 침투되도록 각 군의 치아를 2% methylene blue 용액에 24시간 동안 침적시켰다. 각 치아는 흐르는 물에 세척한 후, 저속의 diamond disks를 이용하여 각 수복물의 중앙부가 통과되도록 협설 방향으로 양분하였다. 각 시편의 절단 표면은 물이 공급된 상태에서 600 grit silicone carbide papers로 연마하였다.

각 군의 절단된 시편은 각각 협측과 설측에 있는 복합레진 수복물의 법랑질과 상아질 변연부를 20배율의 광학 입체현미경 (Olympus LG-PS2, Tokyo, Japan)하에서 색소침투 정도를 다음과 같은 기준에 의하여 관찰하고, 이를 각 치아의 변연 미세누출 점수로 하였다.

0 = 색소침투가 없는 경우

1 = 색소가 교합면 또는 치은 와벽의 1/2 미만까지 침투된 경우

2 = 색소가 교합면 또는 치은 와벽의 1/2 이상 침투되었으나 측벽에는 도달되지 않은 경우

3 = 색소가 측벽까지 침투된 경우

절단된 하나의 시편에서 관찰된 협측과 설측 수복물 중 색소의 침투가 더 많은 측을 선택하여 변연 미세누출 점수로 하였다.

(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 검정을 이용하여 $p = 0.05$ 유의수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 연구결과

각 군의 법랑질과 상아질 변연부에서 미세누출 점수와 평균치는 Table 2와 3에 표시하였다. Figure 1과 2는 각 군의 법랑질과 상아질 변연부에서 얻은 미세누출 점수의 개수를 그래프로 나타낸 것이다.

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)	2	17	1	0	20	0.95	0.39
Group 2 (AQ Bond)	2	15	3	0	20	1.05	0.51
Group 3 (One-Up Bond F)	1	4	15	0	20	1.70	0.57
Group 4 (Futurabond)	2	17	1	0	20	0.95	0.39
Group 5 (Xeno III)	4	12	4	0	20	1.00	0.65

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)	0	3	6	11	20	2.40	0.75
Group 2 (AQ Bond)	3	9	6	2	20	1.35	0.88
Group 3 (One-Up Bond F)	0	0	6	14	20	2.70	0.47
Group 4 (Futurabond)	2	4	9	5	20	1.85	0.93
Group 5 (Xeno III)	0	11	6	3	20	1.60	0.75

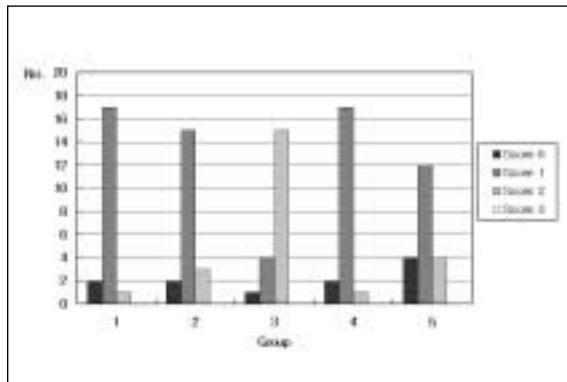


Figure 1. Numbers of leakage scores of each group at enamel margins

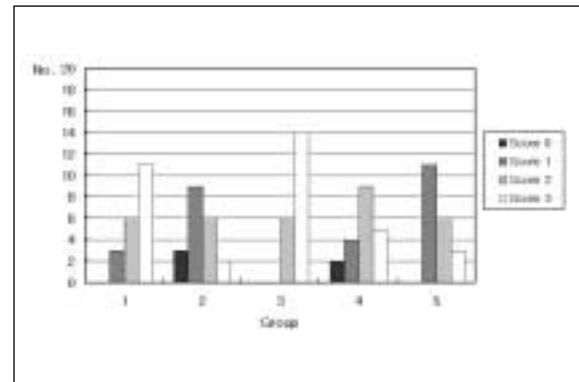


Figure 2. Numbers of leakage scores of each group at dentin margins

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					

Group 1: Prompt L-Pop, Group 2: AQ Bond, Group 3: One-Up Bond F, Group 4: Futurabond, Group 5: Xeno III

*: significant differences ($p < 0.05$)

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					

Group 1: Prompt L-Pop, Group 2: AQ Bond, Group 3: One-Up Bond F, Group 4: Futurabond, Group 5: Xeno III

*: significant differences ($p < 0.05$)

법랑질 변연부의 미세누출은 Prompt L-Pop 군, Futurabond 군, Xeno III 군, AQ Bond, One-Up Bond F 군의 순으로 증가하였다 (Table 2, Figure 1). 법랑질 변연부에서 각 군 간의 미세누출을 비교한 결과 One-Up Bond F 군은 Prompt L-Pop 군, AQ Bond 군, Futurabond 군, Xeno III 군보다 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$, Table 4), Prompt L-Pop 군, AQ Bond 군, Futurabond 군, Xeno III 군 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$, Table 4).

상아질 변연부의 미세누출은 AQ Bond 군, Xeno III 군, Futurabond 군, Prompt L-Pop 군, One-Up Bond F 군의 순으로 증가하였다 (Table 3, Figure 2). 상아질 변연부에서 각 군 간의 미세누출을 비교한 결과 Prompt L-Pop 군은 AQ Bond 군과 Xeno III 군보다, 그리고 One-Up Bond F 군은 AQ Bond 군, Futurabond 군, Xeno III 군보다 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$, Table 5).

모든 군에서 상아질 변연부는 법랑질 변연부보다 높은 미세누출을 나타냈다 (Table 2, 3). 특히 Prompt L-Pop 군과 One-Up Bond F 군은 상아질 변연부에서 3점에 근접한 미세누출 점수를 나타내어 법랑질 변연부에서보다 심한 미세누출의 증가를 나타냈다 (Table 2).

IV. 총괄 및 고안

복합레진은 심미적이고 접착제에 의해 치질과 결합하기 때문에 치경부 병소를 수복하는데 흔히 사용되고 있다. 그러나 복합레진의 중합수축은 치질과 수복물 계면에 응력을 발생시켜 간극을 형성하도록 한다^{3,31,32,33}. 또한 복합레진의 선상 열팽창계수는 치질보다 3-4 배정도 크다³⁴. 따라서 복합레진의 중합수축과 열팽창계수는 미세누출의 주된 원인으로 제시되고 있다³⁵. 특히 법랑질과 상아질 변연을 모두 포함하는 치경부 외동에서 복합레진 수복은 미세누출에 의

해 종종 만족스럽지 못한 결과를 나타낸다.

복합레진 수복물의 미세누출을 감소시키기 위해 여러 가지 방법이 소개되었다^{10,36)}. Hofmann 등³⁶⁾은 5급 와동에서 낮은 중합수축을 갖는 복합 레진의 사용을 통해 우수한 변연 봉쇄를 얻을 수 있다고 하였다. Yazici 등³⁴⁾은 flowable resin을 사용할 경우 상아질 변연부에서 미세누출을 최소화할 수 있다고 보고하였다. 이와 같이 미세누출을 감소시키기 위한 노력에도 불구하고 복합레진 수복물의 미세누출은 아직까지 완전히 해결되지 못하고 있다.

미세누출 검사는 접착 시스템이 임상적으로 수용될 수 있는가를 평가하는 좋은 검사방법중의 하나이다³⁷⁾. 본 연구에서는 2% methylene blue 용액을 이용한 색소침투 검사를 이용하여 5급 와동에서 단일 단계 접착제의 미세누출을 평가하려고 계획하였다. 또한 치아의 협측과 설측에 있는 법랑질 면과 백악질 면에서의 미세누출 간에는 뚜렷한 차이가 없다고 보고한 Barnes 등³⁸⁾의 연구 결과를 토대로 하여 본 연구에서도 동일한 치아의 협면과 설면에 5급 와동을 형성하여 복합레진과 접착제로 수복하고 미세누출을 평가함으로써 접착 연구에서 흔히 발생하는 변수를 최소화하였다.

본 연구의 결과에서 법랑질 변연부의 미세누출은 Prompt L-Pop 군, Futurabond 군, Xeno III 군, AQ Bond 군, One-Up Bond F 군의 순으로 증가하여, Prompt L-Pop 군이 가장 낮은 미세누출 (평균 점수: 0.95)을 나타냈고 One-Up Bond F 군이 가장 높은 미세누출 (평균 점수: 1.70)을 나타냈다 (Table 2). 법랑질 변연부에서 각 군간의 미세누출을 비교하여 보면 One-Up Bond F 군은 다른 군보다 통계학적으로 높게 나타났으며 ($p < 0.05$, Table 4), 다른 군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$, Table 4).

단일 단계 접착제만을 이용한 미세누출을 평가한 연구가 거의 없으므로 본 연구에서 얻어진 미세누출의 결과를 상호 비교하기가 어려웠다. Pradelle-Plasse 등³⁹⁾은 5급 와동에서 4종의 접착제를 이용한 미세누출을 평가한 결과 법랑질에서의 미세누출은 부식제의 종류와 관련된 것 같다고 보고하였다. 본 연구에서 사용된 Prompt L-Pop은 다른 접착제에 비해 가장 낮은 pH (1.17)를 가졌고, One-Up Bond F는 가장 높은 pH (2.57)를 가지고 있다⁴⁰⁾. 따라서 본 연구에 사용된 접착제의 pH에 따른 법랑질의 부식효과가 법랑질의 미세누출에 하나의 요인으로 작용하였을 것으로 생각된다.

Prompt L-Pop에 있는 산성의 레진 단량체는 methacrylated phosphoric acid monoester와 diesters로 구성되어 있으며, 법랑질을 부식하기에 충분한 낮은 pH를 갖는다¹³⁾. Pontes 등³⁷⁾은 5급 와동에서 단일 단계 접착제인 Prompt L-Pop과 Etch & Prime, 그리고 2단계 단일병 접착제 (35% 인산+Prime & Bond 2.1)의 미세누출을

비교한 결과, 두 개의 단일 단계 접착제는 2단계 단일병 접착제보다 법랑질에서 낮은 미세누출을 나타냈고 Prompt L-Pop에서 가장 낮은 미세누출을 제공하였다고 보고하고, 이러한 이유는 Prompt L-Pop 성분중에 있는 phosphoric esters 때문이라고 하였다. 이러한 연구 결과는 본 연구의 법랑질 변연부에서 Prompt L-Pop이 가장 낮은 미세누출을 나타낸 결과를 설명할 수 있을 것으로 생각된다.

단일 단계 접착제는 3가지 방식에 의해 산성을 띄게 된다^{13,41)}. 첫째는 카복실산, 인산, 설폰산 (sulphonic acid)이나 이들의 esters를 포함한 중합할 수 있는 methacrylate 베이스 단량체를 이용하는 것이다⁴¹⁾. 둘째는 비 산성의 친수성 레진 단량체에 첨가제로서 미네랄 산이나 유기산을 포함시킨다. 셋째는 산성의 친수성 단량체와 미네랄 산 또는 유기산을 혼합하는 것이다¹³⁾. 현재의 단일 단계 접착제는 첫째와 두 번째 방식의 변형에 기초를 두고 개발되었다. 이와 같은 방식에 의해 접착제는 산도를 띄게 되어 도말층의 부식과 하방의 건전한 상아질을 탈회시키고 동시에 탈회된 깊이까지 레진이 침투되도록 하는 접착원리를 추구하고 있다^{13,19)}.

본 연구에서 상아질 변연부의 미세누출은 AQ Bond 군, Xeno III 군, Futurabond 군, Prompt L-Pop 군, One-Up Bond F 군의 순으로 증가하여 AQ Bond 군이 가장 낮은 미세누출 (평균 점수: 1.35)을 나타냈고, One-Up Bond F 군이 가장 높은 미세누출 (평균 점수: 2.70)을 나타냈다 (Table 3). 상아질 변연부에서 각 군간의 미세누출을 비교한 결과 Prompt L-Pop 군은 AQ Bond 군과 Xeno III 군보다, 그리고 One-Up Bond F 군은 AQ Bond 군, Futurabond 군 및 Xeno III 군보다 통계학적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$, Table 5).

본 연구에 사용된 AQ Bond는 아세톤과 물을 함유한 접착 시스템이고, Xeno III는 에탄올과 물을 함유한 접착 시스템으로서 물을 함유한 접착 시스템인 Prompt L-Pop과 One-Up Bond F 보다 상아질 변연부에서 낮은 미세누출을 나타냈다. Total etching을 이용한 접착 시스템에 물과 혼합된 알코올 또는 아세톤이 포함된 경우 상아세관에 있는 수분은 알코올이나 아세톤을 상아세관 내부와 사이로 잡아당겨 레진 접착제의 침투를 증가시켜 상아질과의 접착을 향상시킨다^{7,8)}. 마찬가지로 단일 단계 접착제에서도 알코올이나 아세톤이 상아질 접착에 중요한 역할을 하여 상아질 변연부에서 낮은 미세누출을 나타낸 것으로 추측된다.

본 연구에 사용된 Futurabond는 아세톤만을 함유한 접착 시스템으로서 제조회사에서는 wet bonding 술식을 추천하고 있다. 따라서 물이 없이 아세톤만을 함유하는 이러한 접착제는 수분에 매우 민감하므로 이러한 접착제의 사용시 상아질의 건조는 미세누출에 영향을 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서 용매로서 물을 함유한 Prompt L-Pop과

One-Up Bond F의 상아질 변연부에서의 미세누출 평균 점수는 각각 2.40과 2.70으로서 3점에 가까운 점수를 나타내어 다른 접착제에 비해 매우 높은 미세누출을 나타냈다 (Table 3). 이들 접착제에서 용매로 사용하는 물은 아세트이나 에탄올보다 늦게 증발되므로 물이 콜라겐 망상구조에 채워진 HEMA의 농도를 낮추어 상아질 변연부에서 높은 미세누출을 나타냈을 것으로 추측된다⁴²⁾.

Telles 등¹⁹⁾은 Prompt L-Pop과 상아질의 계면을 주사전자 현미경으로 평가한 결과 계면에서 간극이 관찰되었으며, 이러한 이유는 Prompt L-Pop의 낮은 pH가 레진 단량체의 중합을 방해하여 혼성층을 형성하지 못하였기 때문이라고 하였다.

Pradelle-Plasse 등³⁹⁾은 2 단계 접착제 (Exite, Optibond Solo, SE Bond)와 Prompt L-Pop의 미세누출을 비교한 결과 치경부 상아질에서 Prompt L-Pop은 다른 접착제에 비해 가장 높은 미세누출을 나타냈다고 보고하고, 이러한 결과는 Prompt L-Pop에 필러가 없기 때문이라고 하였다. 또한 Frankenberger 등⁶⁾은 필러를 첨가하지 않는 Prompt L-Pop은 건조 시 상아질에 dry spot을 형성하므로 낮은 강도와 혼성층의 형성이 관찰되지 않았으나 Prompt L-Pop에 필러를 첨가하거나 여러 겹으로 적용한 경우에 통계학적으로 높은 강도와 두꺼운 혼성층의 형성이 관찰되었다고 하였다. 본 연구의 상아질 변연부에서 Prompt L-Pop이 높은 미세누출을 나타낸 이유는 이상의 연구 결과를 통하여 설명할 수 있을 것이다.

광중합 복합레진의 미세누출은 특히 치은측 변연이 백악 법랑 경계부에서 치근 측으로 와동이 연장될 때 중요한 관심의 대상이 된다. 상아질에 대한 복합레진의 결합강도는 법랑질 보다 낮고^{29,43)}, 또한 법랑질과 상아질의 성분 차이로 인해 상아질 측이 법랑질 측보다 더 큰 미세누출을 나타내므로⁴⁴⁾ 상아질이나 백악질 변연을 갖는 경우 미세누출의 발생빈도는 높아지게 된다.

본 연구의 단일 단계 접착제를 이용한 모든 복합레진 수복물은 상아질 변연부의 미세누출이 법랑질 변연부에서 보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 Santini 등⁴⁵⁾, Tulunoglu 등⁴⁴⁾의 일반적인 소견과 일치하였다.

본 연구에서 시행된 단일 단계 접착제의 미세누출에 관한 연구는 실험실적인 연구로서 다른 실험실적인 또는 임상적인 방법에 의한 연구 결과와 일치할 수 있는지는 의문이다. 따라서 이러한 접착제를 이용한 미세 인장강도 및 현미경적인 검사 등의 실험실적인 연구와 함께 임상적인 평가가 더욱 진행되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과를 요약하면 5급 와동에 접착된 단일 단계 접착제의 미세누출은 법랑질 변연부에서 Prompt L-Pop이 가장 낮게 나타났고, 상아질 변연부에서는 AQ Bond가 가장 낮게 나타났다. 또한 모든 접착제의 상아질 변연부에서의 미세누출은 법랑질 변연부에서 보다 높게 나타났다.

V. 결 론

본 연구는 5종의 단일 단계 접착제의 법랑질과 상아질 변연부에서의 미세누출을 비교하였다. 50개의 발견된 상·하악 대구치의 협면과 설면에 5급 와동을 형성하여 5개의 군으로 분류하였다. 1군은 Prompt L-Pop과 Filtek Z 250, 2군은 AQ Bond와 Metafil CX, 3군은 One-Up Bond와 Palfique Toughwell, 4군은 Futurabond와 Admira, 5군은 Xeno III와 Spectrum TPH로 와동을 수복하였다.

각 복합레진의 표면은 Sof-Lex disks를 이용하여 마무리와 연마하였다. 모든 시편은 실온의 증류수에 48시간 동안 보관하고, 5℃와 55℃에서 500회의 열 순환을 시행한 후 2% methylene blue 용액에 24시간 동안 침적시켰다. 광학 입체 현미경 하에서 각 수복물의 법랑질과 상아질 변연부의 색소침투 정도를 관찰하여 미세누출 점수 (0, 1, 2, 3)로 기록한 후 각 군 간의 유의성을 검정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질 변연부에서 3군은 1군, 2군, 4군, 5군보다 통계학적으로 높은 미세누출을 나타냈다 ($p < 0.05$).
2. 상아질 변연부에서 1군은 2군과 5군보다, 그리고 3군은 2군, 4군, 5군보다 통계학적으로 높은 미세누출을 나타냈다 ($p < 0.05$).
3. 모든 군에서 상아질 변연부는 법랑질 변연부보다 높은 미세누출 점수를 나타냈다.

본 연구의 결과를 요약하면, 5급 와동에 접착된 단일 단계 접착제의 미세누출은 법랑질 변연부에서 Prompt L-Pop이 가장 낮게 나타났고, 상아질 변연부에서는 AQ Bond가 가장 낮게 나타났다. 또한 모든 접착제의 변연 미세누출은 법랑질에서 보다 상아질에서 높게 나타났다.

참고문헌

1. Amaral CM, Hara AT, Pimenta LAF, Rodrigues AL. Microleakage of hydrophilic adhesive systems in class V composite restorations. *Am J Dent* 14:31-33, 2001.
2. Gladys S, Meerbeek BV, Lambrechts P, Vanherle G. Microleakage of adhesive restorative materials. *Am J Dent* 14:170-176, 2001.
3. Aguiar FHB, Santos AJS, Groppo FC, Lovadino JR. Quantitative evaluation of marginal leakage of two resin composite restorations using two filling techniques. *Oper Dent* 27:475-479, 2002.
4. Gagliardi RM, Avelar RP. Evaluation of microleakage using different bonding agents. *Oper Dent* 28:582-586, 2002.
5. Hannig M, Fu B. Effect of air abrasion and resin composite on microleakage of class V restorations bonded with self-etching primers. *J Adhesive Dent* 3:265-272, 2001.
6. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, Lopes M. 'No-bottle' vs multi-bottle' dentin adhesive-a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 17:373-380, 2001.

7. Inoue S, Meerbeek BV, Vargas M, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesion mechanism of self-etching adhesives. Advanced Adhesive Dentistry 3rd International Kuraray symposium, 131-148, 1999.
8. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas P, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenges. *Oper Dent* 28:215-235, 2003.
9. Swift EJ, Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence Int* 26:167-173, 1995.
10. Balooch M, Wu-Magidi IC, Balazs A, Lundkvist AS, Marshall SJ, Marshall GW, Siekhaus WJ, Kinney JH. Viscoelastic properties of demineralized human dentin measured in water with an atomic force microscope (AFM) based indentation. *J Biomed Res* 40:539-544, 1998.
11. Walshaw PR, McComb D. Clinical considerations for optimal dentin bonding. *Quintessence Int* 27:619-625, 1996.
12. Pashley DH, Carvalho RM. Dentin permeability and adhesion. *J Dent Res* 25:355-372, 1997.
13. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 17:296-308, 2001.
14. Gordan VV, Vargas MA, Cobb DS, Denehy GE. Evaluation of adhesive systems using acidic primers. *Am J Dent* 10:219-223, 1997.
15. Miyazaki M, Iwasaki K, Onose H, Moore BK. Enamel and dentin bond strengths of single application bonding systems. *Am J Dent* 14:361-366, 2001.
16. Van Meerbeek B, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 26:120, 1998.
17. Frankenberger R, Kramer N, Petchelt A. Fatigue behaviour of different dentin adhesives. *Dent Mater* 14:329-338, 1999.
18. Opdam NJM, Roesters JJM, Feilzer AJ, Verdonchot EH. Marginal integrity and postoperative sensitivity in class 2 resin composite restorations in vivo. *J Dent* 26:555-562, 1998.
19. Telles PDS, Machado MAAM, Nor JE. SEM study of a self-etching primer adhesive system used for dentin bonding in primary and permanent teeth. *Pediat Dent* 23:315-320, 2001.
20. Nakabayashi N, Saimi Y. Bonding to intact dentin. *J Dent Res* 75:1706-1715, 1996.
21. Itthagarun A, Tay FR. Self-contamination of deep dentin by dentinal fluid. *Am J Dent* 13:195-200, 2000.
22. Brackett WW, Covey DA, Germain HA. One-year clinical performance of a self-etching adhesive in class V resin composites cured by two methods. *Oper Dent* 27:218-222, 2002.
23. Croll TP. Self-etching adhesive system for resin bonding. *J Dent Child* 176-181, 2000.
24. Perdigao J, Frankenberger R, Rosa RT. New trends in dentin/enamel adhesion. *Am J Dent* 13:25-30, 2000.
25. Sonoda H, Sasafuchi Y, Kitasako Y, Arakawa M, Otsuki M, Tagami J. Pulpal response to a fluoride-releasing all-in-one resin bonding system. *Oper Dent* 27:271-277, 2002.
26. Ohno H, Kimura M, Fuchigami S, Oguri M. Dental composition. United states patent number 5,739,177; April 14, 1998.
27. Kleter GA, Damen JJM, Everts V, Niehof J, Ten Cate JM. The influence of the organic matrix on demineralization of bovine root dentin in vitro. *J Dent Res* 73:1523-1529, 1994.
28. Nunes MF, Perdigao J, Rosa BT. The effect of an experimental one-application self-conditioning adhesives on microleakage. *J Dent Res* 78:306 (abstract no. 1602), 1999.
29. Rosa BT, Perdigao J. Bond strengths of nonrinsing adhesives. *Quintessence Int* 31:353-358, 2000.
30. 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.
31. Applequist EA, Meiers JC. Effect of bulk insertion, prepolymerized resin composite restorations. *Quintessence Int* 4:253-258, 1996.
32. Davidson CL, De Gee AJ, Feilzer A. The composition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 63:1396-1399, 1984.
33. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without: softstart polymerization. *J Dent* 25:321-330, 1997.
34. Yazici AR, Baseren M, Dayangac B. The effect of flowable resin composite on microleakage in class V cavities. *Oper Dent* 28:42-46, 2003.
35. Ferrari M, Garcia-Godoy F. Sealing ability of new generation adhesive-restorative materials placed on vital teeth. *Am J Dent* 15:117-128, 2002.
36. Hofmann N, Siebrecht C, Hugo B, Klaiber B. Influence of curing methods and materials on the marginal seal of class V composite restorations in vitro. *Oper Dent* 28(2):160-167, 2003.
37. Pontes DG, Melo AT, Monnerat AF. Microleakage of new all-in-one adhesive systems on dentinal and enamel margins. *Quintessence Int* 33:136-139, 2002.
38. Barnes DM, McDonald NJ, Thompson VP, Blank LW, Shires PJ. Microleakage in facial and lingual class 5 composite restorations: A comparison. *Oper Dent* 19:133-137, 1994.
39. Pradelle-Plasse N, Nechad S, Tavernier B, Colon P. Effect of dentin adhesives on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage. *Am J Dent* 14:344-348, 2001.
40. Tay FR, King NM, Suh BI, Pashley DH. Effect of delayed activation of light-cured resin composite on bonding of all-in-one adhesives. *J Adhesive Dent* 3:207-225, 2001.
41. Hasegawa T, Manabe A, Itoh K, Wakumoto S. Investigation of self-etching dentin primers. *Dent Mater* 5:408-410, 1989.
42. Swift EJ, Bayne SC. Shear bond strength of a new one-bottle dentin adhesive. *Am J Dent* 4:184-188, 1997.
43. Kubo S, Yokota H, Sata Y, Hayashi Y. Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling. *Am J Dent* 14:163-169, 2001.
44. Tulunoglu Ö, Üctash M, Alacam A, Ömürlü 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.
45. Santini A, Plasschaert AJM, Mitchell S. Effect of composite resin placement techniques on the microleakage of two self-etching dentin-bonding agents. *Am J Dent* 14:132-136, 2001.