

접착강화제 도포후 인공타액에 오염된 표면의 처리방법에 따른 복합레진의 변연누출과 전단결합강도

조영곤 · 고기종 · 이석중
조선대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MARGINAL MICROLEAKAGE AND SHEAR BOND STRENGTH OF COMPOSITE RESIN ACCORDING TO TREATMENT METHODS OF ARTIFICIAL SALIVA-CONTAMINATED SURFACE AFTER PRIMING

Young-Gon Cho, Kee-Jong Ko, Suk-Jong Lee
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

During bonding procedure of composite resin, the prepared cavity can be contaminated by saliva. In this study, marginal microleakage and shear bond strength of a composite resin to primed enamel and dentin treated with artificial saliva(Taliva®) were evaluated.

For the marginal microleakage test, Class V cavities were prepared in the buccal surfaces of fifty molars. The samples were randomly assigned into 5 groups with 10 samples in each group. Control group was applied with a bonding system (Scotchbond™ Multi-Purpose plus) according to manufacture's directions without saliva contamination. Experimental groups were divided into 4 groups and contaminated with artificial saliva for 30 seconds after priming: Experimental 1 group ; artificial saliva was dried with compressed air only, Experimental 2 group ; artificial saliva was rinsed and dried. Experimental 3 group ; cavities were etched with 35% phosphoric acid for 15 seconds after rinsing and drying artificial saliva.

Experimental 4 group ; cavities were etched with 35 % phosphoric acid for 15 seconds and primer was re-applied after rinsing and drying artificial saliva.

All the cavities were applied a bonding agent and filled with a composite resin (Z-100™). Specimens were immersed in 0.5 % basic fuschin dye for 24 hours and embedded in transparent acrylic resin and sectioned buccolingually with diamond wheel saw. Four sections were obtained from one specimen. Degree of marginal leakage was scored under stereomicroscope and their scores were averaged from four sections. The data were analyzed by Kruscal-Wallis test and Fisher's LSD.

For the shear bond strength test, the buccal or occlusal surfaces of one hundred molar teeth were ground to expose enamel(n=50) or dentin(n=50) using diamond wheel saw and its surface was smoothed with Lapping and Polishing Machine(South Bay Technology Co., U.S.A.). Samples were divided into 5 groups. Treatment of saliva-contaminated enamel and dentin surfaces was same as the marginal microleakage test and composite resin was bonded via a gelatin capsule. All specimens were stored in distilled water for 48 hours. The shear bond strengths were measured by universal testing machine (AGS-1000 4D, Shimaduzu Co., Japan) with a crosshead speed of 5 mm/minute. Failure mode of fracture sites was examined under stereomicroscope. The data were analyzed by ANOVA and Tukey's studentized range test.

※ 이 논문은 1998년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

The results of this study were as follows :

1. Enamel marginal microleakage showed no significant difference among groups.
2. Dentinal marginal microleakages of control, experimental 2 and 4 groups were lower than those of experimental 1 and 3 groups ($p<0.05$).
3. The shear bond strength to enamel was the highest value in control group ($20.03\pm 4.47\text{MPa}$) and the lowest value in experimental 1 group ($13.28\pm 6.52\text{MPa}$). There were significant differences between experimental 1 group and other groups ($p<0.05$).
4. The shear bond strength to dentin was higher in control group ($17.87\pm 4.02\text{MPa}$) and experimental 4 group ($16.38\pm 3.23\text{MPa}$) than in other groups. its value was low in experimental 1 group ($3.95\pm 2.51\text{MPa}$) and experimental 2 group ($6.72\pm 2.26\text{MPa}$) ($p<0.05$).
5. Failure mode of fractured site on the enamel showed mostly adhesive failures in experimental 1 and 3 groups.
6. Failure mode of fractured site on the dentin did not show adhesive failures in control group, but showed mostly adhesive failure in experimental groups.

As a summary of above results, if the primed tooth surface was contaminated with artificial saliva, primer should be reapplied after re-etching it.

Key words : Saliva-contaminated surface, Marginal microleakage, Shear bond strength, Primed enamel and dentin.

I. 서 론

1955년 Buonocore¹⁾에 의해 소개된 산부식술은 복합레진 수복시 법랑질의 표면처리를 위한 기본적인 술식이 되고 있다. 법랑질은 산부식술에 의해 미세한 철펀(undercuts)가 형성되므로서 복합레진과 강한 접착을 이룰 수 있었으나 복잡한 구조로 이루어진 상아질은 법랑질에서 만큼의 접착을 이루지 못하였다²⁾.

따라서 상아질에 대한 복합레진의 접착을 개선시키기 위하여 여러 연구가 진행되었으며³⁻⁶⁾, 그중 하나의 결과로서 상아질과 법랑질을 동시에 산부식 처리하는 total etching의 개념이 소개되었다^{7,8)}. 상아질의 산부식 처리는 삭제된 상아질 표면에 있는 도말층을 제거하여 상아세관을 개방하고 교원섬유를 노출시키게 된다⁸⁾. 이러한 상아질 표면에 낮은 점도의 친수성 단량체인 상아질 접착 강화제(dentin primer)로 처리한 후 접착제(adhesive)를 도포하면 상아세관의 벽과 교원섬유에 레진성분이 침투되어 미세 기계적인 접착을 이루게 된다⁹⁻¹¹⁾. 이러한 과정을 통해 상아질과 복합레진 사이에 혼화층(hybrid layer)이 형성되며^{12,13)} 이 층은 상아질과 복합레진을 강하게 결합시킨다.

상아질 접착 강화제는 Munksgaard 등¹⁴⁾에 의해 처음으로 소개되었다. 이들은 EDTA로 처리된 상아질 표면에 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)와 glutaraldehyde

의 수용 혼합액을 적용하였을 경우 상아질에 대한 레진의 접착효능이 뚜렷이 개선되었다고 보고하였다. 또한 Erickson¹⁵⁾과 Inagaki 등¹⁶⁾은 상아질 접착 강화제는 상아질 표면의 젖음성을 증진시킨다고 보고하였고, Van Meerbeek 등¹⁷⁾은 상아질 접착 강화제는 산부식 처리후 수축될 수 있는 상아질의 교원섬유를 원형 상태로 유지시키는 역할을 한다고 하였다.

근래들어 치면처리 과정을 단순화시킨 제품들이 소개되고 있지만 아직도 많은 접착 시스템들은 여러 과정의 치면처리를 필요로 하고 있다. 러버댐을 사용하지 않고 면봉으로 격리되는 임상적인 상황에서 시술부위의 타액이나 혈액 등에 의한 오염은 여러 과정을 수행하여야 하는 복합레진 수복에서 잠재적인 문제점으로 지적되고 있다. 격리시 사용되는 면봉의 탈락이나 입술 또는 혀의 움직임 등으로 초래되는 치면 오염은 복합레진을 위치시키기전에 일어날 수 있으며 결국 복합레진이 오염된 표면에 첨가되므로서 접착에 영향을 받을 수 있다¹⁸⁾.

여러 연구에서 법랑질과 상아질에 대한 접착 시스템의 임상적인 성공은 구강용액에 의한 오염에 의해 저하될 수 있다고 보고되었다^{19,20)}. Silverstone 등²¹⁾은 법랑질 표면을 산부식 처리한 후 타액으로 오염시켰을 때의 주사전자현미경 소견에서 부식된 법랑질 표면이 유기 침전물에 의해 완전히 덮혀 있음을 관찰하였고, 오염된 타액은 30초 동안의 세척

에도 불구하고 제거되지 못하였다고 하였다. Xie 등²²⁾은 법랑질과 상아질 표면을 산부식 처리한 후 타액 등 5가지 오염물질로 표면을 오염시켜 복합레진을 접착시켰을 때 오염시킨 시편이 오염시키지 않은 시편에 비해 평균 인장 결합강도가 50%이상 감소되었다고 보고하였으며, Powers 등²³⁾도 동일한 실험에서 오염시킨 시편이 오염시키지 않은 시편에 비해 인장 결합강도가 20~100%까지 감소되었음을 보고하고 오염된 표면을 10초간 재부식 처리할 것을 추천하였다. 또한 Johnson 등²⁴⁾은 상아질 표면을 산부식 처리한 후 접착 시스템의 사용 단계에 따라 타액을 오염시켜 전단 결합강도를 비교한 결과 타액을 오염시킨 시편이 타액을 오염시키지 않은 시편에 비해 낮은 전단결합강도를 나타냈다고 하였다.

이상과 같은 여러 연구에서 접착시스템의 사용도중 타액 등에 의해 오염되었을 경우 접착력에 영향을 준다는 보고들은 많이 있으나 접착 강화제 도포후 오염된 표면을 처리하는 방법에 따른 접착력을 평가한 연구는 아직까지 부족한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 Scotchbond™ Multi-Purpose(SBMP) Plus 접착시스템 사용시 치질을 산부식 처리하고 접착 강화제를 도포한 후 인공타액으로 오염시켰을 경우, 오염된 접착 강화제의 표면을 처리하는 여러 방법에 따른 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 변연누출과 전단 결합강도를 평가하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

접착 강화제를 도포한 후 인공타액을 오염시킨 5급 와동의 치면 처리방법에 따른 복합레진의 변연누출을 측정하기 위하여 치경부에 우식병소, 마모증 및 미세균열이 없는 발거된 상, 하악 대구치 50개를 실험치아로 사용하였다. 또한 법랑질과 상아질면에 접착 강화제를 도포한 후 인공타액을 오염시킨 표면의 처리방법에 따른 복합레진의 전단결합강도를 측정하기 위하여 치관에 우식병소가 없는 발거된 상,

하악 대구치 100개를 사용하였다.

접착 강화제는 Scotchbond™ Multi-Purpose Plus (3M Dent. Prod., U.S.A.)를 사용하였고, 복합레진은 Z-100 (3M Dent. Prod., U.S.A.)을 사용하였다.

치질에 도포된 접착 강화제의 표면을 오염시키기 위해 인공타액-Taliva 용액 (Hanlim Pharm. Co., LTD., Korea)을 사용하였으며, 100ml당 인공타액의 성분은 Table 1과 같다.

2. 실험방법

(1) 변연누출의 측정

최근에 발거된 50개의 상, 하악 대구치의 험면 치경부에 고속의 No. 701 bur를 이용하여 5급 와동을 형성하였다. 각 와동의 교합-치는 폭경은 2.0mm, 근원심 폭경은 3.0mm, 측벽의 깊이는 1.5mm가 되도록 하였다. 와연우각은 직각이 되도록 형성하였으며, 교합면측 변연은 법랑질에, 치은측 변연은 상아질 또는 백악질에 위치시켰다.

와동 형성이 완료된 대구치는 접착 강화제 도포후 인공타액으로 오염시킨 와동의 처리방법에 따라 5개의 군으로 분류하기 위해 각 군당 무작위로 10개씩 분배하였다. 각 와동을 압축된 air-water spray로 30초간 깨끗이 세척하고 건조한 후 다음과 같은 과정에 따라 5개의 군으로 분류하여 치면을 처리하였다.

대조군은 제조회사의 지시에 따라 5급 와동에 복합레진을 접착시켰다. 와벽과 와연은 35%의 인산을 15초간 적용하고 물로 10초간 세척하였다. 와동에 남아있는 수분은 압축공기로 5초 정도 가볍게 건조하였다. 솔에 접착 강화제 (primer)를 적셔 산부식 처리된 5급 와동에 도포하고 5초간 건조시킨 다음, SBMP Plus의 접착제(adhesive)를 얇게 도포하여 광조사기 (XL 3000 curing light, 3M Dent. Prod., U.S.A.)로 10초간 조사하였다. 복합레진은 shade No. A2의 Z-100을 이용하여 적층으로 충전하고 40초간 광조사하였다.

실험군은 5급 와동을 산부식 처리한 후 접착 강화제를 도포하여 5초간 건조시킨 다음 인공타액으로 30초간 오염시킨 군으로, 오염된 표면의 처리방법에 따라 4개의 실험군으로 분류하여 처리하였다 (Table 2).

- 1) 실험 1군 : 오염된 표면을 압축공기만으로 건조시킨 군
- 2) 실험 2군 : 오염된 표면을 air-water spray로 세척한 후 압축공기로 건조시킨 군
- 3) 실험 3군 : 오염된 표면을 air-water spray로 세척, 건조하고 35%의 인산으로 15초간 재부식 처리한 군
- 4) 실험 4군 : 오염된 표면을 air-water spray로 세척, 건조하고 35%의 인산으로 15초간 재부식 처리한 후 접착 강화제를 재도포 한 군

Table 1. Composition of synthetic saliva (Taliva® solution) per 100ml

Na carboxymethylcellulose (K.P)	1,000mg
D-sorbitol (K.P)	3,000mg
NaCl (K.P)	84mg
NaK (K.P)	120mg
CaCl ₂ (K.P)	15mg
MgCl ₂ (U.S.P)	5mg
K ₂ HPO ₂ (U.S.P)	34mg

Table 2. Group classification and methods for treating artificial salivacontaminated cavities after priming

Group	Number of specimens	Treatment methods after priming
Control	10	no saliva contamination
Experimental 1	10	drying
Experimental 2	10	washing & drying
Experimental 3	10	washing, drying & etching
Experimental 4	10	washing, drying, etching & priming

인공타액을 처리한 각 실험군에서 접착제의 도포와 복합 레진의 충전은 대조군과 같은 방법을 이용하였다.

와동에 충전된 복합레진 수복물은 air-water spray가 공급되는 고속의 12-fluted finishing bur로 외형과 와연을 마무리한 다음 Sof-Lex disc (3M Dental Prod., U.S.A.)를 이용하여 최종적인 마무리와 연마를 시행하였다.

모든 시편을 37°C의 증류수에 24시간 동안 보관하였다. 저속의 작은 round bur를 이용하여 각 치아의 치근단공에 와동을 형성하고 화학중합형 아크릴릭 레진으로 와동을 폐쇄하였다. 각 치아에 충전된 복합레진과 인접한 치질 1mm를 제외한 전체의 치면과 근침에 nail varnish를 2회 도포하였고, 경화후 시편은 실온의 증류수에 24시간 동안 보관하였다. 각 군의 치아를 0.5%의 basic fuchsin 수용액에 24시간 동안 침적시킨 후 흐르는 물에서 1분 정도 세척하였다.

파라핀 왁스로 제작된 2.5mm×3.0mm×2.5mm의 상자 모양에 투명한 교정용 아크릴릭 레진을 부어 각 치아를 매몰하였다. 아크릴릭 레진이 경화된 후 각 시편은 Diamond Wheel Saw(South Bay Technology Co., U.S.A.)를 이용하여 치아의 장축에 평행하게 협설방향으로 약 300µm 두께가 되도록 절단하여 한 개의 시편에서 4개의 절편을 얻었다.

각 절편의 법랑질 및 상아질 변연부에서의 외벽과 복합레진 사이에 침투된 색소는 15~20배율의 광학 입체현미경(Olympus, PM-10AK3, Japan)하에서 관찰하였다. 법랑질과 상아질 변연부에서의 색소침투 정도는 다음의 기준에 따라 점수화하였다.

- 0=변연누출이 없는 시편
- 1=외벽의 1/3까지 색소가 침투된 시편
- 2=외벽의 1/3이상에서 부터 2/3이하까지 색소가 침투된 시편
- 3=외벽의 2/3이상에서 부터 축벽이전까지 색소가 침투된 시편
- 4=축벽까지 색소가 침투된 시편

4개의 절편에서 얻어진 법랑질 및 상아질 변연부에서의 색소침투 정도는 그 중간점수를 변연누출로 결정하였다(Table 3, 4).

(2) 전단 결합강도의 측정

1) 법랑질에 대한 전단 결합강도를 측정하기 위한 시편제작

인접면이나 협설면에 치아우식증이 없는 발거된 상,하악 대구치 50개의 치근부를 절단하였다. 내경 20mm, 높이 45mm의 플라스틱 관에 tray 레진 (Harry J. Bosworth Co., U.S.A.)의 분말과 액을 혼합하여 완전히 채운 후 각 치관의 인접면이나 협설면이 노출되도록 매몰하였다. Diamond Wheel Saw를 이용하여 각 치관의 인접면 또는 협설면을 지면과 평행하게 삭제하여 법랑질 표면을 노출시켰다.

50개의 치아를 무작위로 10개씩 선택하여 5개의 군으로 분류하였다. 각 군의 법랑질 표면에 대한 처리과정은 미세 누출 측정시 이용된 각 군의 처리과정과 동일하게 시행하였다(Table 2). 처리된 법랑질 표면은 공급된 솔로 접착제를 얇게 도포하고 10초간 광조사하였다.

직경 5mm와 높이 4mm의 투명한 gelatin 캡슐 내부에 법랑질과 접촉되지 않는 부위 2mm정도를 복합레진으로 일차 충전하고 40초간 광조사하였다. 복합레진이 일부 채워진 캡슐에 복합레진을 완전히 채우고 접착제가 도포된 법랑질 표면에 약간의 압력을 가해 위치시킨 다음, 캡슐 주변으로 나온 과도한 레진은 explorer로 제거하고 협,설과 근,원심의 4 방향에서 각각 40초간 광조사하였다.

2) 상아질에 대한 전단 결합강도를 측정하기 위한 시편제작

혼합된 tray 레진을 내경 20mm, 높이 45mm의 투명한 플라스틱 관에 완전히 채운 후, 교합면에 치아우식증이 없는 발거된 상, 하악 대구치 50개의 치근을 각각 레진에 수직으로 식립하였다. 레진이 경화된 각 대구치의 교합면은 Diamond Wheel Saw를 이용하여 지면에 평행하게 법랑질 직하방의 상아질을 노출시켰다.

대구치는 무작위로 각 군당 10개씩 선택하여 5개의 군으로 분류하였다. 각 군에서 상아질 표면의 처리과정은 미세 누출 측정시 이용된 각 군의 처리과정과 동일하게 시행하였다(Table 2). 처리된 상아질 표면은 솔을 이용하여 접착제를 얇게 도포하고 10초간 광조사하였다. 상아질 표면에 대

한 복합레진의 접착은 법랑질에서와 같은 방법을 이용하였다.

3) 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 전단 결합강도 측정과 파절양상의 관찰

복합레진의 접착이 완료된 각 군의 시편은 실온의 증류수에 48시간 동안 보관한 후 만능시험기 (AGS-1000 4D, Shimadzu Co., Japan)에 전단장치를 부착하고 용량 100kg의 load cell을 이용하여 분당 5mm의 crosshead speed에서 각 시편의 전단 결합강도를 측정하였다. 또한 전단 결합강도를 측정한 시편의 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 파절양상은 저배율의 광학 입체현미경 (Olympus, PM-10AK3, Japan)하에서 관찰하여 그 양상을 기록하였다 (Table 7, 8).

III. 실험성적

1. 법랑질과 상아질 변연부에서의 누출정도

5급 와동에 접착 강화제를 도포한 후 인공타액을 오염시킨 와동의 처리방법에 따른 각 군의 미세누출은 Table 3과 4에 나타나 있으며, 측정된 각 군의 변연누출 정도는 Kruskal-Wallis test와 Fisher's least significant differ-

ence (LSD)방법을 이용하여 유의성을 평가하였다(Table 3, 4).

법랑질 변연부에서의 변연누출 정도는 오염된 접착 강화제의 표면을 세척, 건조시킨 실험 2군에서 가장 낮게 나타났으나 각 군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 3).

상아질 변연부에서의 누출정도는 대조군과 실험 2군에서 가장 낮게 나타났으나 실험 4군과는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 한편 실험 1군과 실험 3군의 변연누출 정도는 대조군, 실험 2군, 실험 4군에 비해 높게 나타나 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$) (Table 4).

2. 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 전단 결합강도와 파절양상

법랑질과 상아질 표면에 접착 강화제를 도포한 후 인공타액으로 오염시킨 표면의 처리방법에 따른 각 군의 전단결합강도는 Table 5와 6에 나타나 있으며, 각 군의 전단 결합강도치는 ANOVA를 이용하여 유의성 검정을 시행한 후 Tukey's test로 사후검정하여 각 군간의 유의성을 평가하였다(Table 5, 6).

Table 3. Leakage score at enamel margin

Group	Score					Mean
	0	1	2	3	4	
Control	7	2	0	1	0	0.5
Exper. 1	5	3	0	1	1	0.9
Exper. 2	8	1	1	0	0	0.3
Exper. 3	5	5	0	0	0	0.5
Exper. 4	7	2	0	1	0	0.5

There was no statistically significant difference among groups by Kruskal-Wallis test and Fisher's LSD ($p > 0.05$).

Table 4. Leakage score at dentinal margin

Group	Score					Mean
	0	1	2	3	4	
Control	4	4	1	0	1	1.0
Exper. 1	0	0	3	2	5	3.2 *
Exper. 2	4	4	0	2	0	1.0
Exper. 3	0	0	1	2	7	3.6 *
Exper. 4	5	2	1	1	1	1.1

Asterisk(*) means no statistically significant difference between two groups, but there was statistically significant difference with other groups by Kruskal-Wallis test and Fisher's LSD ($p < 0.05$).

Table 5. Shear bond strength (MPa) to enamel surface

Group	No. of specimen	Shear bond strength	
		Mean±S.D	Range(max. -min.)
Control	10	20.03 ± 4.47	26.62 - 15.10
Exper. 1	10	13.28 ± 6.52 *	24.16 - 4.80
Exper. 2	10	18.29 ± 4.39	24.22 - 10.72
Exper. 3	10	15.44 ± 3.55	22.32 - 11.44
Exper. 4	10	19.82 ± 2.33	23.04 - 15.65

Asterisk(*) means that there was statistically significant difference with other groups by Tukey's test(p<0.05).

Table 6. Shear bond strength (MPa) to dentin surface

Group	No. of specimen	Shear bond strength	
		Mean±S.D	Range(max. -min.)
Control	10	17.87 ± 4.02 *	23.21 - 10.14
Exper. 1	10	3.95 ± 2.51 #	08.27 - 01.59
Exper. 2	10	8.02 ± 4.24 #	15.75 - 02.12
Exper. 3	10	6.72 ± 2.26 #	10.17 - 01.77
Exper. 4	10	16.38 ± 3.23 *	20.92 - 11.95

Same asterisks mean that there were no statistically significant difference between groups by Tukey's test. Different asterisks mean that there were statistically significant difference between groups by Tukey's test(p<0.05).

Table 7. Failure pattern of composite to enamel under stereomicroscope.

Group	No. of specimen	Failure pattern		
		adhesive	mixed	cohesive
Control	10	2	4	4
Exper. 1	10	6	4	0
Exper. 2	10	3	4	2
Exper. 3	10	5	3	2
Exper. 4	10	2	5	3

Table 8. Failure pattern of composite to dentin under stereomicroscope.

Group	No. of specimen	Failure pattern		
		adhesive	mixed	cohesive
Control	10	0	5	5
Exper. 1	10	10	0	0
Exper. 2	10	7	3	0
Exper. 3	10	8	2	0
Exper. 4	10	6	2	2

범랑질 표면에 대한 복합레진의 전단 결합강도는 대조군에서 20.03±4.47MPa로 가장 높게 나타났으며, 오염된 타액을 건조시킨 실험 1군에서 13.28±6.52MPa로 가장

낮게 나타났다. 실험 1군과 대조군, 실험 2군, 실험 3 및 실험 4군 간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다 (p<0.05)(Table 5).

상아질 표면에 대한 복합레진의 전단 결합강도는 대조군에서 $17.87 \pm 4.02 \text{MPa}$, 실험 4군에서 $16.38 \pm 3.23 \text{MPa}$ 로 나타나 다른 실험 군보다 높게 나타났다. 한편 실험 1군에서는 $3.95 \pm 2.51 \text{MPa}$, 실험 2군에서는 $8.02 \pm 4.24 \text{MPa}$, 실험 3군에서는 $6.72 \pm 2.26 \text{MPa}$ 로 대조군과 실험 4군보다 훨씬 낮은 전단 결합강도를 나타내어 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 6).

전단 결합강도 측정후 범랑질과 상아질에 대한 복합레진의 파괴양상 (failure pattern)은 Table 7과 8에 나타나 있다. 범랑질 표면에 대한 복합레진의 파괴양상은 실험 1군에서 6개의 부착성 파괴(adhesive failure)와 실험 3군에서 5개의 부착성 파괴가 관찰되어 다른 군에서 보다 많은 부착성 파괴를 보였으며, 대조군과 실험 2군, 실험 4군에서는 비슷한 갯수의 부착성 파괴를 보였다(Table 7). 상아질 표면에 대한 복합레진의 파괴양상은 대조군에서 부착성 파괴를 보이지 않는 반면, 실험 군 모두에서 많은 갯수의 부착성 파괴를 나타내었고, 특히 실험 1군에서는 모든 시편에서 부착성 파괴가 관찰되었다(Table 8).

IV. 총괄 및 고찰

오늘날 사용되고 있는 4세대 접착 시스템의 접착 개념은 범랑질과 상아질을 동시에 산부식 처리하여 도말층을 제거하는 total etching^{7, 25, 26)}과 상아질을 완전히 건조시키지 않고 수분을 약간 남겨놓는 상태에서 접착 강화제를 적용하는 것이다^{10, 12, 27-29)}. 접착 강화제는 부식 처리된 치질의 젖음성(wettability)을 향상시키고 접착제의 침투를 촉진시켜 치질과 강한 접착을 이루도록 한다³⁰⁻³³⁾. 이상적으로 접착 시스템은 구강용액에 의한 오염에 민감하지 않아야 하지만 수복 부위가 치은측이나 그 근처에 위치할 때 타액, 치은용액, 혈액과 같은 오염물에 의해 접착 시스템은 쉽게 오염될 수 있다. 일반적으로 실험실적인 연구에서 접착 시스템에 대한 효과를 측정할 경우 변연누출과 전단 결합강도가 흔히 사용되고 있으며 이들은 상호 연관성을 가지고 있다³⁾. 치질에 대한 접착 시스템의 변연누출 감소는 전단 결합강도를 개선시키므로 변연누출 검사와 전단 결합강도는 동시에 시행하는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구에서는 SBMP Plus의 접착강화제를 범랑질과 상아질 면에 적용한 다음 인공타액을 오염시켜 건조, 세척과 건조, 재부식 처리 및 전 술식을 반복하는 방법으로 인공타액을 제거하여 범랑질과 상아질에 대한 복합레진의 변연누출과 전단 결합강도를 측정하였다.

본 연구에서 범랑질 변연누출은 인공타액을 단순히 건조시킨 실험 1군에서 가장 높게 나타났으나 대조군과 다른 실험군간에 통계학적인 차이를 나타내지 않았다 (Table 3). 한편 대조군과 실험 2군, 실험 3군 및 실험 4군은 비슷한

변연누출을 나타내었다 (Table 3). Hormati 등¹⁸⁾은 범랑질을 산부식 처리한 후 타액에 의해 오염시킨 군과 타액을 세척 및 재부식 처리한 군간의 전단 결합강도를 측정된 결과 타액 오염군이 세척 및 재부식 처리군에 비해 낮게 나타났다고 보고하였다. 이는 범랑질에 대한 변연누출이 인공타액을 세척 및 건조시킨 실험 2군과 재부식 처리한 실험 3군이 인공타액을 건조시킨 실험 1군보다 낮게 나타난 본 연구의 결과와 유사하였다. 본 연구에서 범랑질에 접착 강화제를 적용한 후 인공타액에 오염된 표면은 세척이나 재부식 처리한 후 접착제와 복합레진을 적용하게 되면 변연누출을 방지할 수 있는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 범랑질에서의 접착 강화제가 접착에 큰 영향을 미치지 않았기 때문으로 사료된다^{8, 19, 34)}. 상아질에서의 변연누출은 인공타액을 건조시킨 실험 1군과 오염된 표면을 재부식 처리한 실험 3군에서 높은 누출을 나타내어 대조군, 실험 2군 및 실험 4군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$) (Table 4). Barkmeier와 Erickson³⁵⁾은 SBMP를 사용할 경우 접착 강화제의 심한 건조는 상아질에 대한 전단 결합강도를 저하시킨다고 보고하였다. 본 연구에서 인공타액을 건조시킨 실험 1군의 높은 변연누출은 타액 건조시 과도한 건조와 이로 인해 산부식 처리된 상아질의 탈회층이 변형되어 접착제가 교원섬유 표면에 충분히 침투되지 못하였기 때문으로 사료된다. 또한 오염된 표면을 재부식 처리한 실험 3군의 경우, 산에 의해 접착 강화제의 성분중 일부가 제거되어 변연누출이 높게 나타났을 것으로 추측된다. 이러한 연구결과는 범랑질에 비해 상아질에서의 접착 강화제는 상아질에 대한 접착에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

Ulrike 등³⁶⁾은 대구치의 상아질 와동에 단일병의 접착제를 도포한 후 타액을 오염시켜 변연 간격의 폭을 검사한 결과 타액을 세척 및 건조시킨 군과 오염시키지 않는 대조군이 비슷한 변연 간격을 나타냈다고 하였다. 또한 Hansen과 Munksgaard¹⁹⁾는 와동검사서 상아질에 접착제를 도포하기 전과 도포한 후 타액의 오염효과를 변연간격의 폭으로 평가한 결과 접착제를 도포하기 전에 상아질이 오염되었을 때 뚜렷이 증가하였다고 보고하고 타액오염 부위를 기계적으로 제거하고 접착술식을 반복할 것을 주장하였다. 본 연구에서 상아질이 타액에 오염된 경우 접착제와 복합레진을 적용하기 전에 오염된 접착 강화제의 표면을 세척하거나 술식을 반복하는 것이 변연누출을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

여러 연구에 의하면 산부식 처리후 타액에 의해 오염된 범랑질에 대한 접착 시스템의 전단 결합강도는 크게 감소된다고 보고되었다^{19, 21)}. 본 연구에서 범랑질에 대한 접착은 인공타액을 건조시킨 실험 1군에서 뚜렷이 낮은 전단 결합강도를 나타내어 대조군 및 다른 실험군에 대해 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 5). 실험 1군에

서의 낮은 결합강도는 접착 강화제 표면에 있는 타액의 건조된 막이 범랑질과의 긴밀한 접착을 방해하기 때문인 것으로 사료된다. 반대로 오염된 타액을 세척, 건조한 실험 2군에서는 세척시 타액이 대부분 제거되어 접착제가 범랑질의 수산화 인회석으로 충분히 침투되었기 때문으로 생각된다.

인공타액에 의해 오염된 접착 강화제 표면을 산부식 처리한 실험 3군과 실험 4군의 범랑질 전단 결합강도는 대조군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 5). 그렇지만 대조군은 다른 실험군에서 보다 높은 전단 결합강도와 더 많은 수의 응집성 파괴(cohesive failure)을 나타냈다(Table 7). 본 연구의 결과 범랑질에 접착 강화제를 도포하여 타액에 오염된 경우, 변연누출 검사에서와 마찬가지로 접착 강화제의 표면에 있는 타액의 세척이나 재부식 처리는 전단결합강도의 저하를 초래하지 않는 것으로 나타났다.

상아질에 대한 접착은 인공타액을 건조시킨 실험 1군, 인공타액을 세척 및 건조시킨 실험 2군과 재부식 처리한 실험 3군에서 대조군과 실험 4군보다 뚜렷이 낮은 전단 결합강도를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 6). 본 연구에서 타액의 오염은 범랑질에 비해 상아질에서 전단 결합강도를 심하게 저하시키는 것으로 나타났으며 이는 특히 인공타액을 건조시킨 실험 1군의 모든 시편에서 부착성 파괴가 나타난 것으로 알 수 있다. 압축공기에 의한 타액 건조는 접착 강화제의 표면에 타액을 흡착시키고 이는 후에 적용되는 접착제가 교원섬유 망상구조내로 깊이 침투되는 것을 방해하였을 것으로 생각된다. 또한 실험 2군은 몇 개의 시편에서 혼합성 파괴(mixed failure)를 보였는데 이는 세척과정중 타액의 피막이 부분적으로 제거되어 나타난 것으로 생각된다.

타액을 재부식 처리한 실험 3군에서도 낮은 전단 결합강도를 나타냈는데 이는 산에 의해 타액은 물론 접착 강화제가 완전히 제거된 상태에서 접착제를 적용하므로써 접착제가 상아질내로 깊이 침투되지 못하였기 때문으로 사료된다.

본 연구에서 접착 강화제를 도포한 후 상아질이 타액에 오염된 경우 접착제와 복합레진을 적용하기 전에 오염된 접착 강화제의 표면은 전 술식을 반복하는 것이 전단 결합강도를 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구를 종합하면 SBMP Plus는 접착 강화제 도포 후 인공타액에 의해 범랑질과 상아질이 오염된 경우, 변연누출의 증가와 전단결합강도의 저하를 나타내었다. 인공타액을 건조시킨 후 복합레진을 접착시킨 범랑질에 대한 전단결합강도는 평균 35%정도 감소하였고, 상아질에서는 56~78%정도 감소하였다.

오염된 타액을 처리하는 방법에 있어서 범랑질에 접착 강화제를 도포한 후 타액이 오염된 경우 세척과 건조 그리고 재부식 처리하는 방법이 변연누출의 감소와 전단결합강도를 증가시키는 것으로 나타났다. 한편 상아질에 접착 강화

제를 도포한 후 타액을 오염시킨 경우, 전체의 술식을 반복하는 방법이 변연누출의 감소와 전단 결합강도를 증가시키는 것으로 나타났다. 이상의 연구결과는 현미경적인 연구를 통하여 상호 연관성을 확인하여야 할 것이며, 또한 임상적인 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

인공타액(Taliva® 용액)으로 오염시킨 접착 강화제의 표면을 처리하는 방법에 따른 변연누출과 전단 결합강도를 평가하기 위하여, 발거된 상,하악 대구치 150개에 5급 와동과 범랑질 및 상아질 표면(각각 50개씩)을 형성하여 다음과 같이 5개의 군으로 분류하였다. 대조군은 제조회사의 사용 설명서에 따라 5급 와동과 범랑질 및 상아질 표면에 SBMP Plus와 Z-100을 접착시켰다. 실험군은 5급 와동과 범랑질 및 상아질 표면에 접착 강화제를 도포, 건조시킨 후 인공타액으로 오염시켰으며 오염된 접착 강화제의 표면 처리방법에 따라 다음과 같이 4개의 실험군으로 분류하였다.

- 1) 실험 1군은 오염된 표면을 압축공기만으로 건조시킨 군,
- 2) 실험 2군은 오염된 표면을 세척하고 건조시킨 군,
- 3) 실험 3군은 오염된 표면을 세척, 건조한 후 35%의 인산으로 15초간 재부식 처리한 군,
- 4) 실험 4군은 오염된 표면을 세척, 건조하고 35%의 인산으로 15초간 재부식 처리한 후 접착 강화제를 재도포한 군

인공타액을 처리한 실험군의 각 시편에 SBMP Plus 접착제와 Z-100을 접착시켰다. 변연누출 검사를 위해 5급 와동에 복합레진을 충전한 치아들은 0.5% basic fuchsin 수용액에 침적시킨 후 투명한 교정용 아크릴릭 레진에 매몰하여 Diamond Wheel Saw로 절단하여 한 개의 치아에서 4개의 절편을 얻었다. 광학 입체현미경 하에서 각 절편의 범랑질과 상아질 변연부에서의 색소침투 정도를 관찰하였다. 측정된 각 군의 변연누출 정도는 Kruskal-Wallis test와 Fisher's LSD 방법을 이용하여 유의성을 평가하였다.

범랑질과 상아질에 대한 복합레진의 전단 결합강도는 만능시험기 (AGS-1000 4D, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 100kg의 load cell과 분당 5mm의 crosshead speed에서 시행하였고, 각 군의 전단 결합강도는 ANOVA와 Tukey's test를 이용하여 통계처리하였다. 또한 전단 결합강도를 측정된 각 시편의 범랑질과 상아질에 대한 복합레진의 파괴양상은 입체현미경으로 관찰하여 평가하였다.

본 연구에서 인공타액에 오염된 접착 강화제의 표면을 처리하는 방법에 따라 변연누출과 전단 결합강도를 측정할 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 5급 와동에서 범랑질 변연부의 누출정도는 각 군간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.
2. 5급 와동에서 상아질 변연부의 누출정도는 대조군과 실험

- 험 2군 및 실험 4군에서 낮게 나타나 누출정도가 높게 나타난 실험 1군 및 실험 3군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p<0.05$).
3. 법랑질 표면에 대한 복합레진의 전단 결합강도는 대조군에서 가장 높게 나타났고 ($20.03\pm 4.47\text{MPa}$), 실험 1군에서 가장 낮게 나타났으며 ($13.28\pm 6.52\text{MPa}$), 실험 1군과 다른 군 (대조군, 실험 2, 실험 3군 및 실험 4군)간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($p<0.05$).
 4. 상아질 표면에 대한 복합레진의 전단 결합강도는 대조군 ($17.87\pm 4.02\text{MPa}$)과 실험 4군 ($16.38\pm 3.23\text{MPa}$) 공히 실험 1군 ($3.95\pm 2.51\text{MPa}$), 실험 2군 ($8.02\pm 4.24\text{MPa}$), 실험 3군 ($6.72\pm 2.26\text{MPa}$)보다 훨씬 높게 나타나 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($p<0.05$).
 5. 법랑질 표면에 대한 복합레진의 파괴양상은 실험 1군과 실험 3군에서 다른 군보다 많은 수의 부착성 파괴를 보였으며, 대조군과 실험 2군, 실험 4군에서는 비슷한 수의 부착성 파괴를 보였다.
 6. 상아질 표면에 대한 복합레진의 파괴양상은 대조군에서 부착성 파괴를 보이 지 않았으나 실험군 모두에서 많은 수의 부착성 파괴를 나타내었고, 특히 실험 1군의 모든 시편에서 부착성 파괴가 관찰되었다.
- 이상의 결론에서 접착 강화제 도포후 타액으로 오염된 경우 표면을 재부식 처리한 다음 접착 강화제를 재도포하는 방법이 변연누출과 전단 결합강도에 있어서 양호한 결과를 나타낼 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Buonocore, M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, *J. Dent. Res.*, 34:849-853, 1955.
2. Pashley, D.H.: The effect of acid etching on the pulp-dentin complex, *Oper. Dent.*, 17:229-242, 1992.
3. Abdalia, A. and Davison, C.: Shear bond strength and microleakage of new dentin bonding systems, *Am. J. Dent.*, 6(6):295-298, 1993.
4. Haws, S.M., Vargas, M.A. and Denehy, G.E.: Ultrastructure and bond strength to dentin using different primer applications, *J. Dent. Res.*, 75 Abstracts of papers, p386, 1996.
5. Retief, D.H., mandras, R.S. and Russell, C.M.: Shear bond strength required to prevent microleakage at the dentin/restoration interface, *Am. J. Dent.*, 7(1), 43-46, 1994.
6. Triolo, P., Mudgil, A. and Levine, A.: A comparison of bond strengths of Scotch-bond Multipurpose with alternative etchants, *J. Dent. Res.*, 72 Abstracts of papers, p134, 1993.
7. Kanca, J.: A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner, *Quint. Int.*, 22:285-290, 1991.
8. Tay, F.R., Gwinnett, A.J., Pang, K.M. and Wei, S.H.Y.: Micromorphologic relationship of the resin-dentin interface following a total-etch technique in vivo using a dentinal bonding system, *Quint. Int.*, 26(1):63-70, 1995.
9. Gwinnett, A.J. and Kanca, J.: Micromorphological relationship between resin and dentin in vivo and in vitro, *Am. J. Dent.*, 5:19-23, 1992.
10. Kanca, J.: Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin, *Am. J. Dent.*, 5:213-215, 1992.
11. Titley, K., Cherecky, R., Maric, B. and Smith, D.: Penetration of a dentin bonding agent into dentin, *Am. J. Dent.*, 7:190-194, 1994.
12. Nakabayashi, N., Nakamura, M., and Yasuda, N.: Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism, *J. Esth. Dent.*, 6:133-138, 1991.
13. Suh, B.I.: All-bond - Fourth generation dentin bonding systems, *J. Esth. Dent.*, 3:139-147, 1991.
14. Munksgaard, E.C., Irie, M. and Amussen, E.: Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resin, *J. Dent. Res.*, 64:1409-1411, 1985.
15. Erickson, R.L.: Surface interaction of dentin adhesive materials, *Oper. Dent. Supplement*, 5:81-94, 1992.
16. Inagaki, A., Chigira, H., Itho, K. and Wakumoto, S.: Effect of self-etching primers on dentine, *Dent. Mat.*, 5:403-407, 1989.
17. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S. and Braem, M.: Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different adhesive systems, *J. Dent. Res.*, 71:1530-1540, 1991.
18. Hormati, A.A., Fuller, J.L. and Denehy, G.E.: Effect of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid-etched enamel, *J.A.D.A.*, 100:34-38, 1980.
19. Hansen, E.K. and Munksgaard, E.C.: Salivary contamination vs efficacy of dentin-bonding agents, *Dent. Mat.*, 5:329-333, 1989.
20. Thomson, J.L., Main, C., Gillespie, F.C. and Stephen, K.W.: The effect of salivary contamination on fissure sealant-enamel bond strength, *J. Oral Rehabilitation*, 8:11-18, 1981.
21. Silverstone, L.M., Hicks, M.J. and Featherstone, M.J.: Oral fluid contamination of etched enamel surface: an SEM study, *J.A.D.A.*, 110:329-332, 1985.
22. Xie, J., Powers, J.M., and McGuckin, R.S.: In vitro bond strength of two adhesives to enamel and dentin under normal and contaminated conditions, *Dent. Mat.*, 9(5):295-299, 1993.
23. Powers, J.M., Finger, W.J. and Xie, J.: Bonding of composite resin to contaminated human enamel and dentin, *J. Proth.*, 4:28-32, 1995.
24. Johnson, M.E., Burgess, J.O., Hermes, C.B. and Buikema, D.J.: Saliva contamination of dentin bonding agents, *Oper. Dent.*, 19(6):205-210, 1994.
25. Bertolotti, R.L.: Total etch-The rational dentin bonding protocol, *J. Esth. Dent.*, 3(1):1-6, 1991.
26. Franchi, M. and Breschi, L.: Effects of acid-etching solutions on human enamel and dentin, *Quint. Int.*, 26(6):431-435, 1995.
27. Burke, F.J.T. and McCaughey, A.D.: The fourth generation of dentin bonding, *Am. J. Dent.*, 8:88-92, 1995.
28. Gwinnett, A.J.: Dentin bond strength after air drying and rewetting, *Am. J. Dent.*, 7:144-148, 1994.
29. Leinfelder, K.: Dentin adhesives: The newest generation, *Esth. Dent. Update*, 5(2):50-52, 1994.

30. Hadavi, F., Hey, J.H., Ambrose, E.R., Louie, P.W. and Shonkewski, D.J.:The effect of dentin primer on shear bond strength between composite and enamel, *Oper. Dent.*, 18(2):61-65, 1993.
31. Senda, A., Kamiya, K., Gomi, A. and Kawaguchi, T.:In vitro and clinical evaluation of a dentin bonding system with a dentin primer, *Oper. Dent.*, 20:51-57, 1995.
32. Thoms, L.M., Nicholls, J.I. Brudvik, J.S. and Kydd, W.L.:The effect of dentin primer on the tensile bond strength to human enamel, *Oper. Dent.*, 18(2):61-65, 1993.
33. Vargas, M.A., Fortin, D. and Meckes, M.:Effects of primer coats on composite bond strength to dentin, *J. Dent. Res.*, 74 Abstracts of papers, p34, 1995.
34. Woronko, G.A., Germain, H.A.S. and Meires, J.C.:Effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel, *Oper. Dent.*, 21:116-121, 1996.
35. Barkmeier, W.W. and Erickson, R.L.:Shear bond strength of composite to enamel and dentin using Scotchbond Multi-Purpose, *Am. J. Dent.*, 7(3):175-179, 1994.
36. Ulrike, B.F., Werner, J.F. and Howard, S.:Salivary contamination during bonding procedures with a one-bottle adhesive system, *Quint. Int.*, 29:567-572, 1998.