

접착제 도포후 오염된 표면의 처리방법에 따른 복합레진의 전단결합강도와 미세누출

박주식 · 이석종 · 문주훈 · 조영곤

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

SHEAR BOND STRENGTH AND MICROLEAKAGE OF COMPOSITE RESIN ACCORDING TO TREATMENT METHODS OF CONTAMINATED SURFACE AFTER APPLYING A BONDING AGENT

Joo-Sik Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Suck-Jong Lee, D.D.S., M.S.D.,
Joo-Hoon Moon, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Young-Gon, Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to investigate the shear bond strength and marginal microleakage of composite to enamel and dentin according to different treatment methods when the applied bonding agent was contaminated by artificial saliva.

For the shear bond strength test, the buccal and occlusal surfaces of one hundred twenty molar teeth were ground to expose enamel(n=60) and dentin surfaces(n=60). The specimens were randomly assigned into control and 5 experimental groups with 10 samples in each group. In control group, a bonding system(Scotchbond™ Multi-Purpose plus) and a composite resin(Z-100™) was bonded on the specimens according to manufacture's directions. Experimental groups were subdivided into 5 groups. After polymerization of an adhesive, they were contaminated with artificial saliva on enamel and dentin surfaces: Experimental group 1 : artificial saliva was dried with compressed air. Experimental group 2:artificial saliva was rinsed with air-water spray and dried. Experimental group 3 : artificial saliva was rinsed, dried and applied an adhesive. Experimental group 4 : artificial saliva was rinsed, dried, and then etched using phosphoric acid followed by an adhesive. Experimental group 5 : artificial saliva was rinsed, dried, and then etched with phosphoric acid followed by consecutive application of both a primer and an adhesive. Composite resin(Z-100™) was bonded on saliva-treated enamel and dentin surfaces.

The shear bond strengths were measured by universal testing machine(AGS-1000 4D, Shimadzu Co, Japan) with a crosshead speed of 5mm/minute under 50kg load cell. Failure modes of fracture sites were examined under stereomicroscope. The data were analyzed by one-way ANOVA and Tukey's test.

For the marginal microleakage test, Class V cavities were prepared on the buccal surfaces of sixty molars. The specimens were divided into control and experimental groups. Cavities in experimental group were contaminated with artificial saliva and those surfaces in each experimental groups received the same treatments as for the shear test. Cavities were filled with Z-100. Specimens were immersed in 0.5% basic fuchsin dye for 24 hours and embedded in transparent acrylic resin and sectioned buccolingually with diamond wheel saw. Four sections were obtained from the one specimen. Marginal microleakages of enamel and dentin were scored under stereomicroscope and averaged from four sections. The data were analyzed by Kruskal-Wallis test and Fisher's LSD.

The results of this study were as follows .

1. The shear bond strength to enamel showed lower value in experimental group 1(13.20 ± 2.94 MPa) and

experimental group 2(13.20 ± 2.94 MPa) than in control(20.03 ± 4.47 MPa), experimental group 4(20.96 ± 4.25 MPa) and experimental group 5(21.25 ± 4.48 MPa) ($p < 0.05$).

2. The shear bond strength to dentin showed lower value in experimental group 1(9.35 ± 4.11 MPa) and experimental group 2(9.83 ± 4.11 MPa) than in control group(17.86 ± 4.03 MPa), experimental group 4(15.04 ± 3.22 MPa) and experimental group 5(14.33 ± 3.00 MPa) ($p < 0.05$).
3. Both on enamel and dentin surfaces, experimental group 1 and 2 showed many adhesive failures, but control and experimental group 3, 4 and 5 showed mixed and cohesive failures.
4. Enamel marginal microleakage was the highest in experimental group 1 and there was a significant difference in comparison with other groups ($p < 0.05$).
5. Dentin marginal microleakages of experimental group 1 and 2 were higher than those of other groups ($p < 0.05$).

This result suggests that treatment methods, re-etching with 35% phosphoric acid followed by re-application of adhesive or repeating all adhesive procedures, will produce good effect on both shear bond strength and microleakage of composite to enamel and dentin if the polymerized bonding agent was contaminated by saliva.

Key Words : Shear bond strength, Marginal microleakage, Artificial saliva, Bonding system, Re-etching

I. 서 론

현재 임상에서 사용되고 있는 4세대 접착시스템은 대부분 산부식제, 프라이머(primer) 및 접착제로 구성되어 있다⁷⁾. 1979년 Fusayama⁸⁾에 의해 주창된 total etching은 수 년동안 많은 논란을 거친 후 이제는 법랑질과 상아질 표면을 처리하는 일반적인 술식으로 이용되고 있다⁹⁻¹⁰⁾. 법랑질에 대한 산부식제의 적용은 법랑소주를 선택적으로 제거하여 10 - 30 μ m의 미세한 침와(undercuts)를 형성하고 이러한 표면에 낮은 점도의 접착제를 적용하면 법랑질과 미세기계적인 결합을 이루게 된다¹¹⁻¹³⁾. 또한 상아질에 대한 산부식제의 적용은 상아세관을 개방시키고 교원섬유를 노출시키게 된다. 이렇게 변화된 상아질 표면에 친수성인 프라이머를 도포하게 되면 교원섬유와 상아세관으로 접착제의 침투를 증가시켜 접착제와 상아질간에 강한 미세기계적인 결합을 형성하게 된다¹⁴⁻¹⁹⁾.

복합레진의 치질에 대한 접착과정중 주된 실패원인은 타액에 의해 일어날 수 있다²⁰⁻²¹⁾. 복합레진 수복시 적절한 격리와 와동의 오염을 방지하기 위해서 러버댐을 사용하는 것이 바람직하나 전치부의 수복이나 러버댐을 장착하기 곤란한 경우에는 면봉이나 거즈에 의한 격리가 이용되고 있다²²⁾. 이러한 격리법은 복합레진 수복시 타액으로 인한 와동의 오염 가능성을 증대시키고 그 결과 복합레진과 치질의 접착에 나쁜 영향을 미치게 된다²³⁾.

법랑질과 상아질의 타액오염 효과에 대한 많은 연구결과

가 보고되었다. Silverstone 등²⁴⁾은 산부식 처리된 법랑질 표면에 몇 초의 간격으로 타액을 오염시켜 주사전자현미경으로 관찰한 결과 1초의 짧은 타액오염에서도 부식된 법랑질의 표면이 유기 침전물에 의해 완전히 덮혀 있음을 관찰하였고, 오염된 표면은 30초 동안의 세척에도 불구하고 타액 오염물이 제거되지 않았다고 보고하였다. Powers 등²⁵⁾은 타액에 오염된 법랑질과 상아질면에 복합레진을 접착시켜 결합강도를 측정 한 후 파절양상을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 오염된 법랑질 시편에서는 복합레진 내에서 대부분의 파절이 일어났으나 오염된 상아질 시편에서는 복합레진과 상아질 계면 또는 혼화층 내에서 파절이 대부분 나타났다 하였고.

타액에 오염된 치질에 대한 복합레진의 결합강도에 관하여 Hormati 등²²⁾은 산부식 처리된 법랑질에 타액을 오염시켜 복합레진을 직접 접착시킨 군이 오염시키지 않는 대조군에 비해 전단결합강도가 50%까지 감소되었다고 보고하였고, Xie 등²⁶⁾은 타액에 오염된 법랑질과 상아질에 복합레진을 접착시켰을 경우 오염시키지 않는 대조군보다 오염군에서 50% 이상의 낮은 인장결합강도를 나타냈다고 하였다. 이와 같이 타액의 오염은 치질에 대한 복합레진의 접착을 저하시키는 요인으로 지적되고 있으며, 대부분의 연구에서 치질이 타액에 오염되었을 경우 재부식 처리할 것을 추천하고 있다²⁴⁻²⁵⁾.

한편 산부식 처리된 치질에 접착제를 도포한 후 타액에 오염된 경우 전단결합강도에 미치는 효과에 관하여 Johnson

등²⁰⁾은 상아질 표면에 각각 프라이머를 도포한 후와 접착제를 도포한 후의 타액 오염군과 타액을 오염시키지 않는 대조군을 비교한 결과 타액 오염군이 대조군에 비해 낮은 전단결합강도를 나타내었으나 통계학적으로 유의한 차이가 없었다고 보고하였으며, Ulrike 등²¹⁾은 산부식 처리된 법랑질과 상아질에 단일병 접착제를 광중합시켜 타액을 오염시킨 다음 세척, 건조한 후 복합레진을 접착시킨 군과 접착제를 다시 도포하여 복합레진을 접착시킨 군, 그리고 타액을 오염시키지 않는 대조군의 전단결합강도를 측정된 결과 법랑질에서는 대조군과 두 오염군간에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 상아질에서는 두 오염군이 대조군에 비해 뚜렷이 낮은 전단결합강도를 나타내어 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다고 보고하였다. 또한 Hansen과 Munksgaard²²⁾는 GlumaTM접착제를 상아질에 도포한 후 상아질을 타액으로 오염시킨 군과 타액을 오염시키지 않는 대조군의 비교에서 오염군이 대조군보다 낮은 전단결합강도를 나타내었다고 보고하고 타액 오염부위는 기계적으로 제거하고 접착술식을 반복할 것을 주장하였다.

복합레진의 접착과정에서 법랑질과 상아질면에 접착제를 도포하고 광중합시킨 후 타액에 의해 접착제 표면이 오염된 경우 이를 처리하는 방법에 따라 복합레진과 치질간의 접착은 다르게 나타날 것이다. 본 연구의 목적은 산부식 처리된 법랑질과 상아질 표면에 접착제를 도포하여 광중합시킨 후 인공타액으로 오염시켜 이를 처리하는 여러 가지 방법에 따라 전단결합강도와 미세누출을 상호 비교하므로써 임상에서 광중합된 접착제의 표면이 실수로 타액에 오염되었을 경우 이의 효과적인 처리방법을 제시하기 위함이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

법랑질과 상아질 표면에 접착제를 도포한 후 인공타액을 오염시킨 표면의 처리방법에 따른 복합레진의 전단결합강도를 측정하기 위하여 교합면과 협설면에 우식병소가 없는 발거된 상, 하악 대구치 120개를 사용하였다. 또한 5급 와동에서 접착제를 도포한 후 인공타액을 오염시킨 표면의 처리방법에 따른 복합레진의 미세누출을 측정하기 위하여 치경부에 우식병소, 마모증 및 미세균열이 없는 발거된 상, 하악 대구치 60개를 사용하였다.

접착제는 ScotchbondTM Multi-Purpose Plus (3M Dent. Prod., U.S.A.)를 사용하였고 복합레진은 shade No. A2의 Z-100TM(3M Dent. Prod., U.S.A.)을 사용하였다.

법랑질 및 상아질 그리고 5급 와동에 도포된 접착제의 표면을 오염시키기 위하여 인공타액-Taliva[®] 용액(Ilanlim

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 ₄ (U.S.P)	34mg

Pharm. Co., LTD., Korea)을 사용하였으며, 100ml당 인공타액의 성분은 Table 1에서와 같다.

2. 실험방법

1) 전단결합강도의 측정 및 파절양상의 관찰

(1) 법랑질에 대한 복합레진의 접착

발거된 상, 하악 대구치 60개의 치근부를 절단하고, 내경 22mm, 높이 45mm의 플라스틱 판에 tray 레진(Harry J. Bosworth Co., U.S.A.)의 분말과 액을 혼합하여 완전히 채운 후 각 대구치의 한쪽 협설면에 노출되도록 배열하였다. 레진이 경화된 각 치아의 협설면은 Diamond Wheel Saw(South Bay Technology Co., U.S.A.)를 이용하여 지면과 평행하게 삭제하여 법랑질 표면을 노출시킨 후 Lapping and Polishing Machine(South Bay Technology Co., U.S.A.)으로 표면을 평활하게 하였다. 법랑질 표면이 노출된 60개의 대구치는 접착제 도포 후 인공타액으로 오염시킨 표면의 처리방법에 따라 6개의 군으로 분류하기 위하여 각 군당 무작위로 10개씩 분배하였다.

각 치아의 법랑질 표면을 압축된 air-water spray로 30초간 깨끗이 세척하고 건조한 후, 대조군과 5개의 실험군은 다음과 같은 과정에 따라 처리하였다.

대조군은 제조사의 지시에 따라 법랑질 표면에 복합레진을 접착시킨 군으로, 법랑질 표면은 35%의 인산을 15초간 적용하고 물로 10초간 세척한 후 과량의 수분을 5초 동안 압축공기로 제거하였다. 공급된 슬에 접착강화제를 적셔 산부식 처리된 표면에 도포하고 5초간 건조시킨 다음, 접착제를 얇게 도포하여 광조사기(XL 3000 curing light 3M Dent Prod., U.S.A.)로 10초간 조사하였다.

실험군은 법랑질 표면을 산부식 처리하여 접착강화제를 도포, 건조시킨 다음 접착제를 도포하고 광조사한 후 인공타액으로 오염시킨 군으로, 오염된 접착제 표면의 처리방법에 따라 5개의 실험군으로 분류하여 처리하였다(Table 2)

Table 2. Group classification and methods for treating saliva-contaminated surfaces after applying a bonding agent

Group	Number of specimens	Treatment methods after applying a bonding agent
Control	10	no saliva contamination
Experimental 1	10	drying
Experimental 2	10	washing & drying
Experimental 3	10	washing, drying & bonding
Experimental 4	10	washing, drying, etching & bonding
Experimental 5	10	washing, drying, etching, priming & bonding

1) 실험 1군 : 접착제가 도포된 법랑질 표면에 인공타액을 30초간 도포한 후 압축공기로 건조시켰다.

2) 실험 2군 : 접착제가 도포된 법랑질 표면에 인공타액을 30초간 도포한 후 압축된 air-water spray로 세척한 다음 압축공기로 건조시켰다.

3) 실험 3군 : 접착제가 도포된 법랑질 표면에 인공타액을 30초간 도포한 후 압축된 air-water spray로 세척한 다음 압축공기로 건조시켰다. 그 후 다시 접착제를 도포하고 10초간 광조사하였다.

4) 실험 4군 : 접착제가 도포된 법랑질 표면에 인공타액을 30초간 도포한 후 압축된 air-water spray로 세척한 다음 압축공기로 건조시켰다. 그 후 오염된 표면에 35%의 인산을 15초간 적용하여 산부식 처리한 후 압축된 air-water spray로 세척, 건조시킨 다음 바로 접착제를 얇게 도포하여 10초간 광조사하였다.

5) 실험 5군 : 접착제가 도포된 법랑질 표면에 인공타액을 30초간 도포한 후 압축된 air-water spray로 세척한 다음 압축공기로 건조시켰다. 그 후 오염된 표면에 35%의 인산을 15초간 적용하여 산부식 처리한 후 압축된 air-water spray로 세척, 건조시킨 다음 접착강화제를 도포하고 5초간 건조시킨 다음 접착제를 얇게 도포하여 10초간 광조사하였다.

치질에 복합레진을 접착시키기 위하여 직경 5mm와 높이 4mm의 투명한 젤라틴 캡슐내부에 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 복합레진은 explorer로 제거하고 험설과 근원심의 4방향에서 각각 40초간 광조사하였다.

(2) 상아질에 대한 복합레진의 접착

혼합된 tray 레진을 내경 22mm, 높이 45mm의 투명한 플라스틱 관에 완전히 채운 후 교합면에 치아우식증이 없는 발거된 상, 하악 대구치 60개의 치근을 각각 레진에 수직으로 매몰하였다. 레진이 경화된 각 대구치의 교합면은 Diamond Wheel Saw를 이용하여 지면에 평행하게 법랑질 직하방의 상아질을 노출시킨 후 Lapping and Polishing Machine으로 평활하게 하였다.

상아질이 노출된 대구치는 무작위로 각 군당 10개씩 선택하여 6개의 군으로 분류하였다. 대조군과 실험군의 상아질 표면 처리과정과 복합레진 접착은 법랑질 표면을 처리할 때의 각 군의 과정과 동일하게 시행하였다(Table 2).

(3) 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 전단결합강도 측정과 파절양상의 관찰

복합레진의 접착이 완료된 각 군의 시편은 실온의 증류수에 48시간 동안 보관한 후 만능시험기(AGS-100 4D, Shimadzu Co., Japan)에 전단장치를 부착하고 용량 50kg의 load cell을 이용하여 분당 5mm의 crosshead speed에서 각 시편의 전단결합강도를 측정하였다. 또한 전단결합강도를 측정된 시편의 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 파절양상은 저배율의 광학 입체현미경(Olympus PM-10AK3, Japan)하에서 관찰하여 그 양상을 기록하였다(Table 7, 8).

2) 미세누출의 측정

최근에 발거된 60개의 상, 하악 대구치의 협면 치경부에 고속의 No. 701 bur를 이용하여 5급 와동을 형성하였다. 각 와동의 교합-치은 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 위치되도록 하였다.

와동의 형성이 완료된 대구치는 접착제 도포 후 인공타액으로 오염시킨 와동의 처리방법에 따라 6개의 군으로 분류하기 위하여 무작위로 각 군당 10개씩 선택하였다. 복합레진을 와동에 충전하기 전에 각 와동은 압축된 air-water

spray로 30초간 깨끗이 세척하고 건조한 후 6개의 군을 다음과 같이 처리하였다.

대조군은 제조회사의 지시에 따라 5급 와동에 복합레진을 접착시켰다. 와벽과 와연은 35%의 인산을 15초간 적용하고 물로 10초간 세척하였다. 와동에 남아있는 수분은 압축 공기로 5초 정도 건조하였다. 공급된 술에 접착강화제를 적셔 산부식 처리된 5급 와동에 도포하고 5초간 건조시킨 다음, Scotchbond™ Multi-Purpose Plus 접착제를 얇게 도포하여 광조사기(XL 3000 curing light, 3M Dent. Prod., U.S.A.)로 10초간 조사하였다. 와동에 복합레진을 적층으로 충전하고 40초간 광조사하였다.

실험군은 5급 와동을 산부식 처리한 후 접착강화제를 도포하여 건조시킨 다음 접착제를 도포하여 10초 동안 광조사한 후 인공타액으로 오염시킨 군으로, 법랑질 표면의 처리방법과 동일하게 오염된 표면을 5개의 실험군으로 분류하여 처리하였다(Table 2). 각 실험군에서 복합레진의 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 시편은 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 치아는 0.5% 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 경화된후 각 시편은 Diamond Wheel Saw를 이용하여 치아의 장축에 평행하게 협설방향으로 약 300µm 두께가 되도록 절단하여 한 개의 시편에서 4개의 절편을 얻었다.

2. 절편의 법랑질과 상아질 변연부에서의 와벽과 복합레진사이에 침투된 색소는 15 - 20배율의 광학입체현미경(Olympus PM-10AK3, Japan)하에서 관찰하였다. 법랑질과 상아질 변연부에서의 색소침투 정도는 다음의 기준에 따라 점수화하였다.

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

각 시편의 법랑질과 상아질 변연부에서 얻어진 색소침투에 대한 점수는 중간점수를 택하였다.

III. 실험성적

1. 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 전단결합강도와 파절양상

법랑질과 상아질 표면에 접착제를 도포한 후 인공타액으로 오염시킨 표면의 처리방법에 따른 각 군의 전단결합강도는 Table 3과 4에 나타나 있다. 각 군의 전단결합강도치는 one-way ANOVA를 이용하여 유의성 검정을 시행한 후 Tukey's studentized range(HSD) test로 사후검정하여 각 군간의 유의성을 평가하였다(Table 5, 6).

법랑질 표면에 대한 복합레진의 전단결합강도는 실험 1군에서 13.20±2.94MPa, 실험 2군에서 13.36±3.20MPa로 낮게 나타나 대조군 및 실험 4, 5군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05)(Table 3, 5) 한편 실험 5군은 21.25±4.48MPa, 실험 4군은 20.96±4.25MPa, 대조군은 20.03±4.47MPa의 높은 전단결합강도를 나타내었으나 16.82±4.59MPa를 나타낸 실험 3군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 3, 5).

상아질 표면에 대한 복합레진의 전단결합강도는 실험 1군에서 9.35±2.55MPa, 실험 2군에서 9.83±2.55MPa로

Table 3. Enamel shear bond strength (MPa) in control and experimental groups

Group	No. of specimen	Shear bond strength	
		Mean±S.D	(Range(max.-min))
Control	10	20.03±4.47	23.23 - 16.83
EG 1	10	13.20±2.94	15.31 - 11.09
EG. 2	10	13.36±3.20	15.66 - 11.07
EG. 3	10	16.82±4.59	20.11 - 13.52
EG. 4	10	20.96±4.25	24.00 - 17.92
EG. 5	10	21.25±4.48	24.46 - 18.04

* EG. : Experimental Group

Table 4. Dentin shear bond strength (MPa) in control and experimental groups

Group	No. of specimen	Shear bond strength	
		Mean±S.D.	(Range(max.-min.))
Control	10	17.86±4.03	20.74 - 14.97
EG. 1	10	9.35±2.55	11.18 - 7.52
EG. 2	10	9.83±4.11	12.77 - 6.88
EG. 3	10	15.21±4.26	18.27 - 12.16
EG. 4	10	15.04±3.22	17.35 - 12.73
EG. 5	10	14.33±3.00	16.48 - 12.18

Table 5. Comparison of enamel shear bond strength in control and experimental groups

Group	Control	EG. 1	EG. 2	EG. 3	EG. 4	EG. 5
Control	-	*	*			
EG. 1	*	-			*	*
EG. 2	*		-		*	*
EG. 3				-		
EG. 4		*	*		-	
EG. 5		*	*			-

*: p<0.05 by one-way ANOVA and Tukey's test

Table 6. Comparison of dentin shear bond strength in control and experimental groups

Group	Control	EG. 1	EG. 2	EG. 3	EG. 4	EG. 5
Control	-	*	*			
EG. 1	*	-		*	*	*
EG. 2	*		-	*	*	*
EG. 3		*	*	-		
EG. 4		*	*		-	
EG. 5		*	*			-

*: p<0.05 by one-way ANOVA and Tukey's test

Table 7. Failure pattern of enamel to composite under stereomicroscope, X15 power

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

Table 8. Failure pattern of dentin to composite under stereomicroscope, X15 power

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

Table 9. Enamel marginal leakage score

Group	Score				
	0	1	2	3	4
Control	6	3	1	0	0
EG 1	2	1	1	3	2 *
EG 2	4	5	1	0	0
EG 3	5	3	1	1	0
EG 4	3	6	1	0	0
EG 5	3	5	2	0	0

*: p<0.05 by Kruskal-Wallis test and Fisher's LSD

Table 10. Dentin marginal leakage score

Group	Score				
	0	1	2	3	4
Control	4	4	2	0	0
EG 1	0	0	1	3	6 *
EG 2	0	1	0	3	5 *
EG 3	3	2	2	1	1
EG 4	3	3	1	1	1
EG 5	3	4	2	0	1

*: p<0.05 by Kruskal-Wallis test and Fisher's LSD

낮게 나타나 대조군 및 실험 3, 4, 5군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05)(Table 4, 6). 대조군은 17.86±4.03MPa로 가장 높은 전단결합강도를 나타내었으나 실험 3, 4, 5군과는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 4, 6).

전단결합강도 측정후 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 파절양상은 Table 7과 8에 나타나 있다. 법랑질 표면에 대한 복합레진의 파절양상은 실험 1군과 실험 2군에서 각각 7개의 접착성 파절(adhesive failure)이 관찰되어 다른 군에서 보다 많은 접착성 파절을 보였으며 대조군과 실험 4, 5군에서는 접착성 파절을 보이지 않았고 비슷한 수의 혼합성 파절(mixed failure)과 응집성 파절(cohesive failure)을 나타내었다(Table 7). 상아질 표면에 대한 복합레진의 파절양상은 대조군과 실험 3, 4, 5군에서 혼합성과 응집성 파절만을 보인 반면, 실험 1군과 실험 2군에서는 각각 5개의 접착성 파절이 관찰되었다(Table 8).

2. 법랑질과 상아질 변연부에서의 미세누출

5급 와동에 접착제를 도포한 후 인공타액을 오염시킨 와동의 처리방법에 따른 각 군의 변연누출은 Table 9와 10에 나타나 있다. 각 군의 변연누출 정도는 Kruskal-Wallis test(non-parametric analysis of variance)를 이용하여 분석하고 Fisher's least significant difference(LSD) 방법을 이용하여 각 군간의 차이를 검정하였다.

법랑질 변연부에서의 미세누출은 실험 1군에서 가장 높게 나타나 다른 군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<0.05)(Table 9), 상아질 변연부에서는 실험 1군과 실험 2군에서 가장 높은 미세누출을 보여 대조군 및 다른 실험군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05)(Table 10).

V. 총괄 및 고찰

타액이나 혈액의 접촉에 의해서 일어나는 시술부의 오염은 리버택을 이용하지 않는 임상적인 상황에서 흔히 일어날 수 있다²⁴⁾ 치은연하로 심하게 내려간 치경부 병소를 수복하거나 간접법으로 수복물을 위치시킬 경우 리버택의 정착이 불가능하거나 곤란하게 된다²⁵⁾. 따라서 이와 같이 방습이 어려운 임상적인 상황에서도 법랑질과 상아질에 효과적으로 정착되는 시스템이 요구되고 있다.

선학들의 연구보고에 의하면 산부식 처리된 치질이나 접착제 도포 후 타액에 의한 오염은 재부식 처리²⁶⁾, 세척 및 건조²⁷⁾ 또는 전체의 접착과정을 반복²⁸⁾하는 방법을 추천하고 있다. 임상에서 복합레진을 이용한 수복시 여러 단계의 접착과정이 필요하게 된다. 본 연구에서는 접착과정중 법랑질과 상아질면에 접착제를 도포하고 광중합시킨 후 타액에 의해 접착제 표면이 오염된 경우를 가정하여 이에 대한 처리를 상기의 방법에 근거하여 5가지 처리방법, 즉 건조, 세척과 건조, 세척 및 건조 후 접착제의 재도포, 재부식 처리

와 접착제의 재도포, 전체의 접착과정을 반복하는 방법에 따라 전단결합강도와 미세누출을 상호 비교, 평가하였다.

본 연구에서 범랑질에 대한 전단결합강도는 인공타액으로 오염된 접착제 표면을 건조시킨 실험 1군과 세척 및 건조시킨 실험 2군에서 약 13MPa를 나타내어 20MPa 이상을 나타낸 대조군, 실험 4군 및 실험 5군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 따라서 본 연구에서는 광중합된 접착제의 표면에 있는 인공타액을 건조하거나 세척 및 건조하여 복합레진을 접착시키는 경우 범랑질에 대한 접착이 저하되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 인공타액의 건조와 세척 및 건조만으로는 접착제 표면에 남아있는 유기 침전물을 충분히 제거하지 못하여 접착제와 복합레진이 긴밀한 접착을 이루지 못하였기 때문으로 사료된다²⁴⁾. 그러나 광중합된 접착제의 표면에 있는 인공타액을 재부식 처리하여 접착제를 재도포하거나 접착과정을 반복하여 복합레진을 접착시킨 실험 4군과 실험 5군의 경우에는 범랑질에 대한 전단결합강도에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었지만 오히려 대조군보다 약간 높게 나타났다(Table 3). 이러한 결과는 재부식 처리와 세척과정중 인공타액이 충분히 제거되고 또한 재도포된 접착제가 복합레진과 효과적으로 접착되었기 때문으로 사료된다. 이와 같은 사실은 전단결합강도를 측정할 후 파절양상에서 관찰할 수 있었는데 실험 4군과 실험 5군은 혼합성 파절과 응집성 파절만을 보여준 반면 실험 1군과 실험 2군에서는 많은 수의 접착성 파절을 보인 것으로 알 수 있다(Table 7).

한편 범랑질에서 오염된 접착제 표면을 세척, 건조 후 접착제를 재도포한 실험 3군은 대조군과 실험 4, 5군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나 대조군과 실험 4, 5군에서 볼수 없는 접착성 파절이 관찰되었다.

본 연구의 결과 범랑질에 접착제를 도포하여 광중합시킨 후 타액에 오염된 경우 재부식 처리후 접착제를 재도포하거나 접착과정을 반복하면 타액에 의한 전단결합강도의 저하를 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 상아질에 대한 전단결합강도는 범랑질에서와 같이 인공타액을 건조시킨 실험 1군과 세척 및 건조시킨 실험 2군에서 뚜렷이 낮게 나타나 대조군 및 실험 3, 4, 5군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 한편 범랑질에서와 다른 결과는 인공타액을 세척, 건조한 후 접착제를 재도포한 실험 3군이 대조군과 실험 4, 5군과 비슷한 전단결합강도를 나타내었고 파절양상에서도 혼합성과 응집성 파절만을 나타냈다(Table 8). 이러한 결과는 상아질에서 오염된 타액을 세척, 건조시킨 후 접착제를 재도포하는 과정이 범랑질에서 보다 상아질에서 더욱 중요한 것으로 나타났다. 그러나 상아질에서의 전단결합강도는 범랑질에서와는 달리 대조군이 타액에 오염된 후 여러 방법으로 처리한 실험군에 비해 가장 높게 나타났으며 이는 상아질

표면에 접착제를 도포하여 광중합시킨 후 타액에 의해 오염되어서는 않된다는 것을 시사하고 있다.

본 연구에서 중합된 접착제에 오염된 타액을 건조시키거나 세척, 건조시키는 방법은 상아질에 대한 전단결합강도의 저하를 초래하는 것으로 나타났으며 이러한 처리방법은 대조군에 비해 전단결합강도를 약 50% 정도 저하시키는 것으로 나타났다. 이와 같이 실험 1군에서의 단순한 건조는 불안정하게 중합된 접착제 표면에 타액을 흡착시키고 또한 이렇게 흡착된 유기물이 그 위에 첨가되는 복합레진의 접착성을 방해하였기 때문으로 생각되며²⁵⁾, 실험 2군에서는 세척과 건조하는 과정에서 산소를 차단하는 중합되지 않는 표면층이 제거되므로서 다음에 첨가되는 레진과의 공중합(copolymerization)이 방해되었기 때문으로 사료된다.

본 연구의 결과는 중합된 접착제의 표면을 타액으로 오염시켜 세척과 건조한 후 복합레진을 접착시킨 군이 오염되지 않는 대조군보다 훨씬 낮은 전단결합강도를 나타냈다고 보고한 Ulrike 등²⁶⁾의 연구결과와 유사하게 나타났다. 한편 Johnson 등²⁷⁾은 상아질 표면에 접착제를 도포하여 광중합시킨 다음 타액을 오염시켜 20초간 건조시킨 후 레진을 접착시켰을 경우 타액을 오염시키지 않는 대조군보다 전단결합강도가 낮게 나타났으나 통계학적으로 유의성이 없었고 하여 본 연구의 결과와 다르게 나타났다.

본 연구에서 상아질에 접착제를 도포하여 광중합시킨 후 타액에 의한 오염은 어떠한 처리방법에서도 오염되기 이전의 상태와 같은 결과를 얻을 수 없기 때문에 특히 상아질에서 접착제를 광중합시킨 후 타액에 오염되지 않도록 주의하는 것이 중요하며, 만약 중합된 접착제 표면에 타액이 오염되었다면 세척과 건조 후 또는 재부식 처리 후 접착제를 재도포하거나 전체의 접착과정을 반복함으로써 상아질에서의 타액에 의한 역효과를 어느정도 보상할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 5급 와동을 형성하여 전단결합강도를 측정할때와 동일한 방법을 이용하여 접착제를 중합시킨 후 타액을 오염시켜 범랑질과 상아질 변연부에서의 미세누출을 평가하였다. 본 연구에서 범랑질 변연부의 미세누출은 인공타액을 건조시킨 실험 1군에서 가장 높게 나타나 다른 군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 그러나 전단결합강도에서와는 달리 타액을 세척과 건조시킨 실험 2군에서 대조군과 실험 3, 4, 5군과 유의한 차이를 나타내지 않았다. 한편 상아질 변연부에서는 실험 1군과 실험 2군에서 높은 미세누출을 보여 대조군 및 다른 실험군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며($p < 0.05$) 이는 상아질에 대한 전단결합강도의 결과와 유사하게 나타났다.

본 연구의 결과를 요약하면 치질에 접착제를 도포하여 광중합시킨 후 타액에 오염된 경우 범랑질에서는 재부식 처리 후 접착제를 재도포하거나 접착과정을 반복하는 방법이, 상

아질에서는 세척과 건조후 또는 재부식 처리후 접착제를 재도포하거나 전체의 접착과정을 반복하는 방법이 전단결합강도에 효과적인 것으로 나타났다.

법랑질 변연부의 미세누출은 타액을 건조시키는 이외의 방법이, 상아질 변연부의 미세누출은 타액을 건조 또는 건조와 세척시키는 방법을 제외한 다른 방법이 미세누출을 감소시키는 것으로 나타났다.

V. 결 론

산부식 처리된 법랑질과 상아질에 접착강화제와 접착제를 도포한 후 인공타액(Taliva[®] 용액)으로 오염시켜 오염된 표면을 처리하는 방법에 따른 전단결합강도와 미세누출을 상호 비교하기 위하여 발거된 상, 하악 대구치 180개에 평활한 법랑질과 상아질 표면 및 5급 와동(각각 60개씩)을 형성하여 대조군과 5개의 실험군으로 분류하였다. 대조군은 타액을 오염시키지 않고 제조회사의 사용 설명서에 따라 법랑질과 상아질 표면 및 5급 와동에 Scotchbond[™] Multi-Purpose(SBMP) Plus와 Z-100[™]을 접착시켰다. 실험군은 법랑질과 상아질 표면 및 5급 와동에 접착제를 도포하여 광조사한 후 인공타액으로 오염시켰으며, 오염된 표면의 처리방법에 따라 다음과 같이 5개의 실험군으로 분류하였다: 1) 실험 1군은 인공타액에 오염된 접착제의 표면을 압축공기로 건조시킨 후 Z-100을 접착시켰다. 2) 실험 2군은 오염된 접착제의 표면을 세척, 건조시킨 후 Z-100을 접착시켰다. 3) 실험 3군은 오염된 접착제의 표면을 세척, 건조시킨 후 SBMP Plus 접착제와 Z-100을 접착시켰다. 4) 실험 4군은 오염된 접착제의 표면을 세척, 건조시킨 다음 35%의 인산으로 산부식 처리한 후 SBMP Plus 접착제와 Z-100을 접착시켰다. 5) 실험 5군은 전체의 접착과정을 반복한 후 Z-100을 접착시켰다.

법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 전단결합강도는 만능시험기를 이용하여 50kg의 load cell과 분당 5mm의 crosshead speed에서 시행하였고, 각 군의 전단결합강도는 one-way ANOVA와 Tukey's test를 이용하여 통계처리하였다. 또한 전단결합강도를 측정할 각 시편의 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 파절양상은 입체현미경하에서 관찰하여 평가하였다.

5급 와동에 복합레진을 충전한 치아들은 0.5% basic fuchsin 수용액에 24시간 침적시킨 다음, 투명한 교정용 아크릴릭 레진에 매몰하여 diamond wheel saw로 치아의 장축에 평행하게 협설방향으로 절단하여 한 개의 치아에서 4개의 절편을 얻었다. 광학입체현미경하에서 각 절편의 법랑질과 상아질 변연부에서의 색소침투 정도를 관찰하여 기록한 후 각 군의 미세누출은 Kruskal-Wallis test와 Fisher's LSD 방법을 이용하여 유의성을 평가하였다.

본 연구에서 인공타액에 오염된 접착제의 표면을 처리하는 방법에 따른 전단결합강도와 미세누출은 다음과 같은 결과를 나타내었다.

1. 법랑질에 대한 복합레진의 전단결합강도는 실험 1군에서 13.20 ± 2.94 MPa, 실험 2군에서 13.36 ± 3.20 MPa로 나타나 대조군(20.03 ± 4.47 MPa), 실험 4군(20.96 ± 4.25 MPa) 및 실험 5군(21.25 ± 4.48 MPa)과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).
 2. 상아질에 대한 복합레진의 전단결합강도는 실험 1군에서 9.35 ± 2.55 MPa, 실험 2군에서 9.83 ± 4.11 MPa로 나타나 대조군(17.86 ± 4.03 MPa), 실험 3군(15.21 ± 4.26 MPa), 실험 4군(15.04 ± 3.22 MPa) 및 실험 5군(14.33 ± 3.00 MPa)과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).
 3. 법랑질과 상아질에 대한 복합레진의 파절양상은 실험 1군과 실험 2군에서 다른 군보다 많은 수의 접착성 파절을 보였으며, 대조군과 실험 3군, 실험 4군 및 실험 5군에서는 혼합성과 응집성 파절이 주로 관찰되었다.
 4. 법랑질 변연부에서의 미세누출은 실험 1군에서 가장 높게 나타나 다른 군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).
 5. 상아질 변연부에서의 미세누출은 실험 1군과 실험 2군에서 가장 높은 미세누출을 보여 대조군 및 다른 실험군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).
- 이상의 결과, 치질에 접착제를 도포하여 광중합시킨 후 타액에 오염된 경우 법랑질과 상아질 모두에서 접착제 표면을 재부식 처리한 후 접착제를 재도포하거나 전체의 접착과정을 반복하는 방법이 전단결합강도와 미세누출에 좋은 결과를 미치는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Burke, F J T and McCaughey, A.D "The fourth generation of dentin bonding." Am J Dent., 8 88-92, 1995
2. Fortin, D, Perdigao, J and Swift, E J "Microleakage of three new dentin adhesives." Am J Dent , 7 315-318, 1994.
3. Hadavi, F, Hev, 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
4. 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
5. Titley, K, Cherecky, R., Marc, B and Smith, D "Penetration of a dentin bonding agent into dentin." Am J Dent , 7 190-194, 1994.
6. Titley, K, Cherecky, R., Marc, B and Valiquette, N. "The morphology of the demineralized layer in primed dentin." Am J Dent , 7 22-26, 1994
7. Wronko, G.A Germain, H A S and Meires, J C "Effect of dentin primer on the shear bond strength between com-

- posite resin and enamel," *Oper Dent*, 21:116-121, 1996.
8. Fusayama, T "Optimal cavity wall treatment for adhesive restorations," *J Esth. Dent.*, 2:95-99, 1990.
 9. Kanca III, J. "A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner," *Quint Int*, 22:285-290, 1991.
 10. Kurosaki, N., Kubota, M, Yamamoto, Y and Fusayama, T "The effect of etching on the dentin of the clinical cavity floor," *Quint. Int*, 21:87-92, 1990.
 11. Bertolotti, R. L.: "Total etch-The rational dentin bonding protocol," *J. Esth. Dent*, 3(1):1-6, 1991
 12. Buonocore, M.G. "A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces," *J Dent Res*, 34:849-853, 1955.
 13. Holtan, J.R, Nystrom, G P., Phelps, R A. Anderson, T.B. and Becker, W.E.: "Influence of different etchants and etching times on shear bond strength," *Oper. Dent.*, 20:94-99, 1995
 14. Gwinnett, A.J. and Kanca, J.A.: "Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength," *Am. J. Dent.*, 5:73-77, 1992
 15. Jacobsen, T and Soderhold, K J.: "Some effects of water on dentin bonding," *Dent Mat.*, 11(2):132-136, 1995.
 16. Miyazaki, M, Platt, J.A., Onose, H and Moore, B K.: "Influence of dentin primer application methods on dentin bond strength," *Oper. Dent.*, 21:167-172, 1996
 17. Nakabayashi, N, Nakamura, M, and Yasuda, N.: "Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism," *J Esth. Dent*, 6:133-138, 1991.
 18. Ohhashi, M, Itoh, K., Hisamitsu, H. and Wakumoto, S. "Duration of cleaning and priming of dentine and contraction gap formation," *J Dent.*, 23:365-369, 1995.
 19. 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
 20. el-Kalla, I.H. and Garcia-Godoy, F.P.: "Saliva contamination and bond strength of single-bottle adhesive to enamel and dentin," *Am. J. Dent*, 10(2):83-87, 1997
 21. Fritz, U.B., Finger, W J. and Steean, H.: "Salivary contamination during bonding procedures with a one-bottle adhesive system," *Quint. Int.*, 29(9):567-572, 1998.
 22. 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.
 23. 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.
 24. 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.
 25. Powers, J.M., Finger, W J and Xie, J.: "Bonding of composite resin to contaminated human enamel and dentin," *J of Proth.*, 4(1):28-32, 1995.
 26. 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
 27. 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.
 28. Hansen, E K. and Munksgaard, E.C.: "Saliva contamination vs. efficacy of dentin bonding agents," *Dent Mat*, 5(5):329-333, 1989.
 29. Larsen, I.B. and Munksgaard, E.C.: "Effect of human saliva on surface degradation of composite resins," *Scand J Dent. Res*, 99(3):254-261, 1991