

재습윤제의 적용이 상아질 접착에 미치는 효과

조영곤* · 박일윤 · 이영곤
조선대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

EFFECT OF A REWETTING AGENT ON DENTIN ADHESION

Young-Gon Cho*, Yil-Yoon Park, Young-Gon Lee

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

This study compared the dentin adhesion to composite resin according to air-dry, blot dry, application of rewetting agent on air-dry or blot dry dentin surface by microleakage test and SEM observation.

For microleakage test, class V cavity preparations with dentinal margins were prepared on both buccal and lingual surfaces of 40 extracted human molars. For SEM observation, occlusal dentin of 20 extracted human molars were exposed.

After etched the dentin, prepared teeth were randomly divided into four groups:

D group: air dry for 10-15 sec., B group: blot dry with moist cotton pellet, D-R group: air dry and rewet with Aqua-Prep F for 20 sec., B-R group: blot dry and rewet with Aqua-Prep F for 20 sec.

Treated cavities and surfaces were filled or constructed using One-Step adhesives and Aelitefil composite resins. Specimens were stored in distilled water for 24 hours. For microleakage test, the specimens were thermocycled and soaked into 2 % methylene blue. The specimens 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. For SEM observation, the specimens were bisected mesiodistally. After decalcified and deproteinized, specimens were observed under SEM.

The results of this study were as follows:

1. The microleakages on dentinal margin were the highest in D group compared with B group, D-R group, and B-R group ($p < 0.05$). But there was no significant difference between B group, D-R group and B-R group.
2. D group showed gap and a few resin tags between dentin and composite resin.
3. B group, D-R group, and B-R groups showed close adaptation between dentin and composite resin. It showed that resin tags in B group were numerous and long, in D-R group were few and short, in B-R group were numerous and short or long.
4. Adhesive layer showed in D-R group (10 μm) and B-R group (3 μm)

In conclusion, use of rewetting agent to dry dentin was efficient to dentin adhesion, also it did not provide reverse effect on blot dry dentin.

Key words : Dentin adhesion, Air-dry, Blot dry, Rewetting agent, Microleakage, SEM

I. 서 론

접착 시스템의 발전으로 인하여 수복학 분야에서 복합레진의 사용이 증가되고 있다. 복합레진과 접착 시스템의 개선은 와동을 보존적으로 형성할 수 있도록 하고, 보다 심미적인 수복을 가능하게 하였다^{1,2)}.

이상적인 수복재는 치질과 긴밀하게 접촉되어 수복 후 치질과 수복물 사이에 영구적이고 완전한 봉쇄를 얻을 수 있어야 한다³⁾. 그러나 복합레진 수복물은 중합수축, 치아와의 열팽창계수 차이⁴⁾ 및 복잡한 접착 과정에 의해 미세누출을 일으키게 된다^{5,6,7)}.

최근 적용 술식을 단순하게 하기 위해 프라이머(primer)와 접착제를 하나의 용기에 포함시킨 단일병 접착제가 많이 사용되고 있다^{8,9)}. 이러한 접착제의 상아질에 대한 접착기전은 산을 이용하여 치아삭제 시 형성된 도말층을 제거하고, 상아질내의 무기질을 용해하여 콜라겐이 풍부한 망상구조를 노출시켜, 접착제의 침투에 의한 혼성층(resin-dentin interdiffusion zone)을 형성하므로써 복합레진과 미세 기계적인 유지를 얻게 된다^{10,11)}. 그러나 이러한 접착제는 산처리, 세척, 건조와 같은 여러 과정을 필요로 하므로 술식에 민감하여 다양한 결과를 나타낼 수 있다.

접착제와 상아질의 접착은 산처리 후 상아질의 상태 즉, 건조나 습윤(wet) 상태에 의해 많은 영향을 받게 된다¹²⁾. 상아질을 산처리하고 세척한 후 건조할 때 상아질을 지나치게 건조하면 노출된 콜라겐 층은 붕괴되고, 반대로 상아질에 수분이 너무 많이 남아있게 되면 과도한 수분에 의해 접착이 방해되어 접착제와 상아질간에 접착력이 약화된다¹³⁾. 따라서 콜라겐 층의 붕괴와 과도한 수분을 방지하기 위하여 이러한 접착제의 대부분은 습윤 접착술(wet bonding technique)을 이용하고 있다.

상아질의 건조와 습윤 상태에 따른 결합강도에 관하여 다수의 연구가 진행되었다. Kanca¹⁴⁾는 프라이머를 위치시키기 전에 건조된 상아질은 복합레진의 전단결합강도를 뚜렷이 감소시켰음을 입증하였다. 그밖에 대다수의 연구에서 복합레진이 건조 상아질보다 습윤 상아질에 접착되었을 때 높은 결합강도를 얻었다고 결론짓고 있다¹⁵⁻²³⁾. 단지 소수의 연구에서만 건조 상아질과 습윤 상아질의 결합강도간에 통계적인 차이가 없다고 보고되었다^{24,25)}.

주사전자 현미경적인 관찰에서 건조 상아질은 아주 적은 레진 침투를 보인 반면, 습윤 상아질은 거의 완전한 레진 침투를 보였다고 보고되고 있다²⁶⁾. Perdigo 등^{23,27)}은 습윤 상아질에 비해 건조 상아질에서 훨씬 얇은 혼성층이 관찰되었다고 보고하였고, 건조 상아질을 팽창시키기 위해 물과 35% HEMA(2-hydroxyethyl methacrylate)가 함유된 프라이머의 사용을 추천하였다.

변연 미세누출에 관한 연구에서 아세톤을 함유한 접착제

는 습윤 접착술이 이용될 때 변연 미세누출이 감소됨을 보이는 반면²⁸⁾, 몇몇 연구에서 물이나 아세톤을 함유한 접착제는 습윤 접착술과 건조 접착술에 따른 변연 미세누출의 차이가 뚜렷하지 않았다고 하였다^{29,30)}.

공기의 건조에 의해 붕괴된 상아질을 물이나 재습윤제(rewetting agents)를 이용하여 재습윤시키면 콜라겐 섬유는 수분에 의해 기계적인 지지를 얻게 되고, 레진 단량체의 침투를 조장한다^{23,31,32)}. Gwinnett³³⁾의 연구에 의하면 상아질을 30초간 건조한 후 물에 의한 상아질의 재습윤은 상아질과 아세톤을 함유한 접착제의 결합강도를 향상시킨다고 하였으며, Peschke 등³⁴⁾은 5급 복합레진 수복물에서 건조 상아질과 건조 후 물로 재습윤한 상아질의 변연 미세누출을 비교한 결과, 물로 재습윤한 상아질에서 통계적으로 우수한 변연 접합성을 나타냈다고 보고하였다. 또한 Tay 등³⁵⁾은 blot dry와 건조 후 증류수로 재습윤한 상아질에서 완전한 레진의 침투를 관찰하였으나 3초간 건조한 상아질에서는 불완전한 레진의 침투를 관찰하였다고 하였다.

최근 소개된 Aqua-Prep은 재습윤제와 지각과민처리제(desensitizer)로서 사용되고 있다. 이의 주성분은 물과 35%의 HEMA이며, HEMA는 레진단량체의 확산과 혼성층의 형성을 촉진한다.

Aqua-Prep의 건조 상아질에 대한 재습윤 효과에 관하여 Perdigo 등²⁷⁾은 상아질을 건조한 군에 비해 건조 후 Aqua-Prep으로 재습윤한 군에서 더 높은 전단결합강도를 나타냈다고 보고하고, Aqua-Prep은 효과적인 재습윤제라고 하였다. 또한 Ritter 등³⁶⁾은 상아질을 건조한 후 물과 Aqua-Prep의 적용에 따른 전단결합강도를 비교한 결과, 물보다 Aqua-Prep을 적용한 경우에서 더 높은 전단결합강도를 보였다고 보고하였다.

이상과 같이 상아질의 건조와 습윤 상태에 따른 복합레진의 접착에 관한 연구는 일반적으로 결합강도와 현미경적인 검사에 의해서 이루어졌으며, 변연 미세누출과 현미경적인 검사를 이용한 연구는 아직 부족한 상태에 있다.

따라서 본 연구의 목적은 아세톤을 함유한 One-Step 접착제 사용시 산처리된 상아질 표면을 건조, blot dry, 건조 후 그리고 blot dry한 후 Aqua-Prep F의 적용에 따른 상아질과 복합레진의 변연 미세누출 및 접착관계를 상호 비교하기 위함이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

우식병소나 수복물 및 미세균열이 없는 발거된 상·하악 대구치 60개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에서 재습윤제는 Aqua-Prep F를, 접착제와 복합

Table 1. Materials used in this study and chemical composition

Materials	Products	Chemical composition	Manufacturer
Etchant	Unietch	32 % phosphoric acid	Bisco. Inc. IL, U.S.A.
Rewetting agent	Aqua-Prep F	35 % HEMA, water, fluoride	Bisco. Inc. IL, U.S.A.
Bonding agent	One-Step	BPDM, BIS-GMA, HEMA, acetone, photoinitiator	Bisco. Inc. IL, U.S.A.
Composite	Aelitefil	Bis-GMA, TEGDMA, filler	Bisco. Inc. IL, U.S.A.

레진은 각각 One-Step과 Aelitefil(색조 A3)을 사용하였다 (Table 1).

재료의 광중합을 위해 광조사기는 Spectrum™ 800(Dentsply Caulk, U.S.A.)을 사용하였고, 500 mW/cm²의 광강도를 이용하였다.

2. 연구방법

발거된 상·하악 대구치 60개를 선택하여 치아의 표면에 부착된 연조직과 무기물을 scaler를 이용하여 제거한 후, 실험직전까지 생리식염수에 보관하였다.

(A) 변연 미세누출

(1) 시편제작

40개 치아의 협면과 설면에 고속 엔진용 #330 carbide bur를 이용하여 5급 와동을 형성하였다. 와동의 변연이 상아질 또는 백악질에 위치되도록 하기 위하여 백악범랑경계 1 mm 하방에서 치근측으로 와동을 형성하였으며, 각 변연은 치아의 외면에 90도가 되도록 형성하였다. 5급 와동의 크기는 교합-치은 폭경 3-4 mm, 근원심 폭경 3-4 mm, 깊이 1.0-1.5 mm가 되도록 하였다.

와동이 형성된 40개의 치아는 10개씩 무작위로 선택하여 4개의 군으로 분류하였다. 각 치아의 와동은 실험방법에 따라 처리하기 전에 와동에 남아있는 치아 삭편과 이물질을 가급적 많이 제거하기 위하여 water 시린지로 깨끗하게 세척하였다. 와동에 Uni-etch(32% 인산)를 15초 동안 적용하고 water 시린지로 세척한 후, 건조 방법과 Aqua-Prep F의 적용 유무에 따라 다음과 같이 각 군을 처리하였다 (Table 2).

1) D 군(Dry 군)

5급 와동에 남아 있는 물을 제거하기 위하여 치아 표면에서 2 cm 떨어진 거리에 air 시린지를 위치시켜 강하게 10-15초간 건조하였다.

2) B 군(Blot dry 군)

5급 와동에 남아 있는 물을 수분에 적신 면구로 흡수하였다.

3) D-R 군(Dry-Rewet 군)

5급 와동에 남아 있는 물을 제거하기 위하여 치아 표면에서 2 cm 떨어진 거리에 air 시린지를 위치시켜 강하게 10-15초간 건조한 후 Aqua-Prep F를 20초 동안 도포하고 air 시린지로 가볍게 건조하였다.

4) B-R 군(Blot dry-Rewet 군)

5급 와동에 남아 있는 물을 수분에 적신 면구로 흡수한 후 Aqua-Prep F를 20초 동안 도포하고 air 시린지로 가볍게 건조하였다.

각 군의 와동에 One-Step 접착제를 가볍게 문지르면서 2회 연속적으로 도포한 다음, air 시린지로 10초간 부드럽게 건조한 후 10초간 광조사하였다. 그 후 One-Step 접착제를 다시 2회 연속적으로 도포하고 air 시린지로 건조한 후 10초간 광조사하였다. 솔에 남아 있는 One-Step 접착제를 와동에 도포하고 air 시린지로 짧게 건조한 후 Aelitefil(색조 A3)을 와동에 한번에 충전하고 40초간 광조사하였다.

각 실험치아의 복합레진 표면은 Sof-Lex disks(3M Dental Products., U.S.A.)를 순차적으로 사용하여 마무리와 연마를 시행하였다. 치근단공에 #2 bur로 와동을 형성하고 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트를 충전한 후, 실온의 증류수에 24시간 보관하였다. 모든 시편은 5℃와 55℃의 증류수에서 1분 간격으로 500회의 열순환을 시행하였다.

(2) 변연 미세누출의 관찰 및 평가

시편을 건조한 후 복합레진 수복물 주변 약 1 mm를 남겨 놓고 전체의 치면에 nail varnish를 2겹으로 도포하고, 건조된 후 실온에서 2% methylene blue용액에 24시간 동안 침적시켰다. 각 시편을 흐르는 물에 세척하고 저속의 diamond disks를 이용하여 각 수복물의 중앙부가 통과되도록 치아의 장축방향에 평행하게 협설 방향으로 양분하였다. 각

Table 2. Group classification according to dry, blot dry, and rewetting procedures of dentin surface

Group	Treatment procedures of dentin surface
D (dry)	air dry for 10-15 seconds
B (blot dry)	blot dry with moist cotton pellet
D-R (dry+Rewet)	air dry and rewet with Aqua-Prep F for 20 seconds
B-R (blot dry+Rewet)	blot dry and rewet with Aqua-Prep F for 20 seconds

시편의 절단면은 주수하에서 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 미세누출 점수로 정하였다.

- 0 = 색소침투가 없는 경우
- 1 = 색소가 교합면 또는 치은와벽의 1/2 미만까지 침투된 경우
- 2 = 색소가 교합면 또는 치은와벽의 1/2 이상 침투되었으나 측벽에는 도달하지 않은 경우
- 3 = 색소가 측벽까지 침투된 경우

하나의 시편에서 관찰한 협면과 설면에 있는 복합레진 수복물의 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(version 7.5)에서 Kruskal-Wallis 검정을 이용하여 시행하였으며, 사후검정은 Mann-Whitney 검정과 Wilcoxon 부호순위 검정을 이용하여 p=0.05 유의수준에서 분석하였다.

(B)상아질과 복합레진 계면의 주사전자 현미경 관찰

(1)시편제작

20개의 치아를 각각 혼합된 경석고를 부은 CBC 병에 백악법랑경계부 상방의 치관이 노출되도록 치근을 매몰하였다. 각 시편은 방사선 사진을 찍어 치관부의 법랑질, 상아질 및 치수의 위치를 확인하였다. 각 치아의 방사선 사진을 보면서 Diamond Wheel Saw(South Bay Technology Co., U.S.A.)를 이용하여 치관의 교합면이 지면에 거의 평행하도록 삭제하여 상아질과 치수의 중간에 있는 상아질을 노출시켰다. 600 grit SiC paper로 상아질 표면을 평활하게 하였다.

20개의 치아는 5개씩 무작위로 선택하여 4개의 군으로 분류한 후, 변연 미세누출의 평가를 위한 상아질 처리방법

과 같은 방법으로 4개의 군을 처리하고, One-Step 접착제를 적용하였다. One-Step 접착제 위에 Aelitefil을 적층으로 축조하고 40초 동안 광조사하여 4 mm 두께가 되도록 하였다. 모든 시편은 실온의 증류수에 24시간 동안 보관하였다. Diamond Wheel Saw로 시편의 중앙부를 치관에 수직(근원심) 방향으로 양분한 다음 치경부를 절단하여 1개의 치아에서 2개의 시편을 얻었다. 절단된 표면을 주수 하에서 600 grit SiC papers로 연마하였다. 모든 시편은 50% 인산에 5시간 침적한 후, 흐르는 물에 세척하고 20% 차아염소산 나트륨에 48시간 동안 보관하여 시편의 탈회와 탈단백(deproteinization)을 시행하였다.

(2) 주사전자 현미경 관찰

각 시편을 건조한 후, 주사전자 현미경 관찰을 위해 각 시편을 stub에 부착하여 2 KV, 20 mA의 전압과 4×10⁻² bar/pa의 진공상태에서 1분 동안 225Å 두께로 금도금하였다. 주사전자 현미경(JSM-840A Scanning Microscope JEOL LTD., Japan)하에서 각 군의 상아질과 복합레진의 계면을 관찰하여 Polarloid 667필름(Kodak Co., U.S.A.)으로 촬영하였다.

Ⅲ. 연구성적

상아질 변연부에서 각 군의 미세누출 점수와 평균치는 Table 3에 표시하였다. Fig. 1은 각 군의 미세누출 점수를 그래프로 나타낸 것이다.

상아질 변연부에서의 미세누출은 D-R 군, B 군, B-R 군, D 군 순으로 증가하여 와동을 air 시린지로 건조한 군이 가장 높은 미세누출을 나타냈다(Table 3과 Fig. 1). 상아질 변연부에서 각 군의 미세누출에 대한 통계학적인 유의성은 Table 4에 표시하였다. 각 군간의 미세누출을 비교하여 보면 D 군은 D-R 군, B 군, B-R 군보다 통계학적으로 높은 미세누출을 보였다(p<0.05). 그러나 D-R군, B 군, B-R 군 간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 4).

주사전자 현미경 하에서의 각 군의 상아질과 복합레진 계면간의 접착관계는 다음과 같이 나타났다.

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

Group	Score				No.	Mean	S.D.
	0	1	2	3			
Group D	1	4	6	9	20	2.15	0.93
Group B	12	3	4	1	20	0.70	0.97
Group D-R	13	4	3	0	20	0.50	0.76
Group B-R	7	7	6	0	20	0.95	0.82

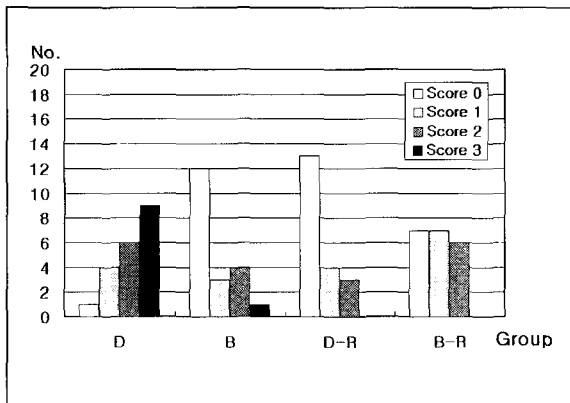


Fig. 1. Numbers of leakage scores of each group at dentin margin

1) D 군

상아질과 복합레진의 계면간에는 균일한 간극(약 10 μ m)이 나타났다(Fig. 2). 복합레진에서 상아질 측으로 나가는 소수의 아주 짧은 레진 테그(약 3-4 μ m)가 관찰되었다(Fig. 3).

2) B 군

상아질과 복합레진의 계면은 긴밀한 접착을 이루었고, 혼성층의 형성과 함께 다수의 긴 레진 테그(약 10-40 μ m)가 관찰되었다(Fig. 4). 레진 테그는 긴 funnel 모양을 나타냈다(Fig. 5).

3) D-R 군

상아질과 복합레진 사이에 10 μ m 두께의 접착층과 혼성층이 관찰되었고, 복합레진과 상아질 계면은 긴밀한 접착을 이루었다. B군의 레진 테그에 비해 짧고(약 10 μ m) 적은 수의 레진 테그가 관찰되었다(Fig. 6). 레진 테그는 짧은 funnel 모양으로 나타났다(Fig. 7).

Table 4. Statistical analysis of microleakage at dentin margin between each group by Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test

	Group D	Group B	Group D-R	Group B-R
Group D		*	*	*
Group B	*			
Group D-R	*			
Group B-R	*			

*: significant differences (p<0.05)

4) B-R 군

B군과 동일하게 상아질과 복합레진의 계면은 긴밀한 접착을 이루었고, 혼성층의 형성과 함께 다수의 긴 레진 테그(약 10-40 μ m)가 관찰되었다(Fig. 8). 상아질과 복합레진 사이에 약 3 μ m 두께의 접착층이 관찰되었고, 짧고 긴 레진 테그가 함께 나타났다(Fig. 9).

IV. 총괄 및 고찰

대부분의 단일병 접착제는 상아질과 긴밀한 접착을 얻기 위해 산을 이용하여 상아질의 부분적인 탈회와 함께 콜라겐 섬유를 노출시킨다³⁷⁾. 그 후에 적용되는 접착제는 탈회된 상아질과 노출된 콜라겐으로 침투되어 혼성층을 형성하므로써 상아질과 복합레진간에 유지를 이루도록 한다. 그러나 상아질에 대한 접착은 습윤한 상아세관 구조와 상아질의 유기성분으로 인하여 법랑질에 비해 훨씬 더 슬식에 민감하여³⁴⁾ 상아질이나 백악질에 위치된 복합레진은 흔히 변연 미세누출을 일으킨다^{29,30)}. 변연 미세누출은 복합레진 수복물의 수명에 영향을 주는 중요한 요인으로 작용되며³⁸⁻⁴⁰⁾, 이는 임상

적으로 슬후 과민증, 재발성 우식증, 치수병변 등을 일으킬 수 있다^{40,41}).

5급 복합레진 수복물의 변연 미세누출을 실험실적으로 평가하기 위한 여러 가지 방법이 이용되고 있다^{3,8,37,42,43}. Barnes 등⁴⁴은 동일 치아의 협면과 설면에 수복된 5급 복합레진 수복물의 변연 미세누출을 비교한 결과, 두 면에 위치한 수복물간에 미세누출의 차이가 없다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 변연 미세누출을 평가하기 위한 시편 제작시 와동의 갯수를 늘리기 위하여 동일 치아의 협면과 설면에 5급 와동을 형성하였으며, 또한 특정한 부위, 즉 상아질 면에 국한된 변연 미세누출을 평가하기 위하여 백악법랑 경계부 하방의 치근면에 와동을 형성하였다.

산부식 처리 후 상아질 표면을 공기로 건조하면 노출된 콜라겐 섬유는 쉽게 붕괴되어 콜라겐 사이의 미세 공포(micropores)가 폐쇄된다¹³. 건조된 콜라겐 섬유는 조직의 탈수에 의해 발생된 표면 응력에 저항할 수 없게 되어⁴⁴ 접착제는 콜라겐 망상구조로 깊숙이 침투되지 못하게 된다. Maciel 등⁴⁵은 탈회된 상아질이 공기에 의해 물리적으로 탈수되었을 때, 상아질의 강직성(stiffness)은 낮은 변형(low strain)에서 20-38배, 높은 변형(high strain)에서 3-6배 증가되었다고 보고하였다. 이와 같은 상아질의 탈수에 의한 문제점을 피하기 위하여 제조회사들은 습윤 접착술 또는 blot dry 술식을 이용한 접착 방법을 추천하고 있다.

상아질의 건조와 blot dry에 따른 상아질 접착제의 결합 강도를 비교한 연구에서 Gallo 등¹²은 아세톤과 에탄올 용매를 사용한 접착제 모두에서, Gwinnett¹⁶와 Kanca¹⁸는 아세톤을 용매로 사용한 접착제에서 blot dry한 상아질이 공기로 건조한 상아질보다 뚜렷이 높은 결합 강도를 나타냈다고 보고하였다. 또한 Santini⁴⁶는 면구로 blot dry한 와동과 30초간 공기로 건조한 와동에 3종의 서로 다른 용매(아세톤, 물, 아세톤과 물)를 함유한 접착제로 수복한 복합레진의 변연 미세누출을 비교한 결과, 30초간 건조한 와동의 상아질 변연에서 높은 미세누출을 보였다고 하였다.

본 연구에서 상아질 변연부에서의 미세누출은 D-R 군, B 군, B-R 군, D 군 순으로 증가하여 와동을 air 시린지로 10-15초간 건조한 D 군이 가장 높은 미세누출을 나타내어 다른 군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 또한 주사전자 현미경하에서 D 군은 상아질과 복합레진 계면에서 약 10 μ m 두께의 균일한 간극이 나타났고, 복합레진에서 상아질 측으로 나가는 소수의 아주 짧은 레진 태그(약 3-4 μ m)가 관찰되었다. 한편, 면구로 물을 흡수한 B 군에서 상아질과 복합레진의 계면은 긴밀한 접착과 함께 혼성층이 관찰되었고, 다수의 긴 레진 태그(약 10-40 μ m)가 관찰되었다.

Nakajima 등⁴⁷은 One-Step 접착제를 이용한 상아질과의 접착에 관한 연구에서, 5초간 공기로 건조한 군이 blot

dry한 군에 비해 2-5배 정도의 낮은 결합 강도를 나타냈다고 하였다. 또한 주사전자 현미경하에서 건조 군은 상아질과 접착제의 계면에 큰 간극의 형성과 함께 혼성층이 관찰되지 않았고, blot dry 군은 상아질과 접착제의 계면에서 약 3 μ m 두께의 혼성층과 긴밀한 접착이 관찰되었다고 하였다. Tay 등¹³은 One-Step 접착제와 30초간 건조한 상아질 및 blot dry한 상아질의 계면을 현미경적으로 평가한 연구에서, 건조 상아질은 레진 침투가 없거나 최소였으며, blot dry한 상아질은 탈회된 깊이까지 레진이 침투되었다고 보고하였다. 이러한 결과들은 본 연구의 결과에서 나타난 D 군과 B 군의 현미경적인 소견과 일치하거나 유사하였다.

본 연구에서 상아질을 10-15초간 건조한 군이 blot dry한 군에 비해 통계학적으로 높은 미세누출을 보인 결과와 상아질과 복합레진의 계면에서 큰 간극의 형성과 함께 혼성층이 관찰되지 않는 것은 상아질로 레진이 충분히 침투되지 못하였기 때문으로 사료된다. 한편 blot dry 군에서 나타난 긴밀한 접착과 혼성층의 형성은 One-Step 접착제에 포함된 아세톤 성분과 상아질 표면에 있는 물이 상호 작용하여 레진이 상아질로 잘 침투되었기 때문¹⁶으로 생각된다. 물에 대한 아세톤의 작용은 물의 증기압을 상승시켜 일부가 증발되도록 하고, 또한 물의 표면장력을 감소시켜 물이 있는 표면을 따라 혼합물이 퍼지도록 한다¹⁶. 본 연구의 결과에서 One-Step 사용 시 blot dry를 이용한 접착술은 공기를 이용한 건조 접착술보다 우수한 변연 미세누출 효과와 접착성을 나타냈다.

이와 같이 상아질의 건조로 인하여 발생하는 접착의 저하는 건조 상아질을 재습윤하므로써 부분적인 회복이 가능하게 된다^{29,36}. 다수의 실험실적인 연구에서 물과 증류수는 건조 상아질을 재습윤하는데 효과적인 것으로 나타났다^{34,35}. 건조된 상아질의 물에 의한 재습윤은 콜라겐 섬유에 탄성효과(plastizing effect)를 제공하고 탈회된 콜라겐 망상구조를 팽창시킬 뿐만 아니라^{23,27,48,49} 치질의 표면 에너지를 증가시켜 친수성의 단량체가 탈회된 상아질로 잘 침투되도록 한다^{16,23,27,49}.

최근 Aqua-Prep이나 Gluma Desensitizer와 같은 지각과민 처치제 및 재습윤제를 이용한 상아질의 재습윤 효과에 관한 연구가 진행되고 있다. Perdigao 등²⁷은 우치의 상아질 접착에 관한 재습윤 효과를 평가한 결과, 에탄올과 아세톤을 함유한 두 접착제 모두에서 상아질을 5초간 건조한 후 Aqua-Prep으로 재습윤한 경우 건조에 의해 붕괴된 콜라겐 망상구조가 재설립되었다고 보고하였다. Ritter 등³⁶은 상아질의 건조, blot dry, 건조후 서로 다른 재습윤제의 적용에 따른 아세톤과 에탄올을 함유한 두 종류의 단일병 접착제의 전단결합 강도를 비교한 결과, 상아질을 건조한 군은 blot dry와 건조후 재습윤제를 적용한 군보다 통계학적으로 낮은 결합 강도를 보였으며, blot dry 군과 건조후 Gluma

Desensitizer 및 Aqua-Prep으로 재습윤한 군간에는 통계학적인 차이가 없다고 보고하였고, 건조된 상아질에서 재습윤제로서 Aqua-Prep과 Gluma Desensitizer의 사용 가능성을 시사하였다.

본 연구에서 사용된 Aqua-Prep F는 불소와 HEMA가 함유된 수성 용액으로 제조회사에 의하면 친수성 레진 시스템을 적용하기 전에 사용되는 재습윤제로서 접착제에 필요한 이상적인 양의 수분을 제공하고, 우식억제 효과가 있다고 설명하고 있다.

Aqua-Prep F에 함유된 HEMA는 그동안 4세대 접착제에서 프라이머로서, 그리고 현재 단일병 접착제의 성분으로 사용되고 있다^{50,51}. 비록 상아질에 대한 HEMA의 접착 기능은 완전히 이해되지 않았지만 HEMA는 흡수(adsorption)중 상아질에 있는 콜라겐과 화학적으로 반응하여^{51,52} 레진 단량체의 침투를 조장함으로써⁵³ 복합레진과 상아질의 결합강도를 증가시키고^{49,54-56}, 복합레진 수복물의 변연붕괴를 향상시키는⁵⁷ 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 상아질을 습윤하게 처리한 군의 변연 미세누출은 D-R 군, B 군, B-R군 순으로 낮게 나타났으며, 이들 군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. Pilo 등⁵⁸은 One-Step 접착제에서 상아질을 1-2초간 공기로 건조한 대조군과 건조후 상아질을 Aqua-Prep으로 처리한 군의 전단결합강도를 비교한 결과, 대조군과 Aqua-Prep 군간에 통계학적인 차이는 없었으나 Aqua-Prep 군에서 더 높은 결합강도를 보였다고 보고하였다. 또한 Perdigao 등²³은 서로 다른 수분 상태의 상아질 표면에 적용된 One-Step 접착제의 결합강도에 관한 연구에서, 5초 동안 건조한 후 Aqua-Prep을 적용한 상아질은 blot dry한 상아질에서 보다 높은 결합강도를 보였으나 통계적인 차이는 없었다고 하였다. 이러한 연구 결과들은 본 연구에서 blot dry한 군이 건조 후 Aqua-Prep F를 적용한 군에서 보다 더 많은 점수의 변연 미세누출을 나타낸 결과를 설명할 수 있을 것이다. 또한 본 연구의 재습윤제를 적용한 군에서 blot dry후 Aqua-Prep F를 적용한 군이 공기로 건조한 후 Aqua-Prep F를 적용한 군보다 더 많은 점수의 변연 미세누출을 보였다. 이러한 결과는 blot dry된 상아질 표면에 남아있는 물과 Aqua-Prep F에 함유된 물이 합쳐져 접착제에 물의 양이 증가되었기 때문으로 사료된다. Tay 등¹³은 상아질 표면에 남아있는 과도한 물(overwetting)은 상아질에 수포와 같은 공간과 상아세관 입구주변에 소구(globules)를 형성하여 레진 층의 연속성이 저하된다고 보고하였다.

본 연구에서 Aqua-Prep F를 적용한 D-R 군과 B-R 군의 현미경적인 소견은 두 군 모두에서 blot dry한 군과 마찬가지로 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착과 혼성층이 관찰되었다. 그러나 D-R 군과 B-R 군은 blot dry 군

에서 관찰되지 않은 상아질과 복합레진 사이에 접착층이 관찰되었는데 이는 Aqua-Prep F에 의해 형성된 것으로 생각된다. 또한 D-R 군에서는 B 군에 비해 적은 수의 짧은 레진 태그(약 10 μ m)가 관찰되었고, B-R 군은 다수의 짧고 긴 레진 태그(약 10-40 μ m)가 관찰되었다. Perdigao 등²³은 서로 다른 수분 상태의 상아질 표면에 적용된 One-Step 접착제를 주사전자 현미경하에서 비교한 결과, 5초간 건조한 상아질은 불완전한 혼성층이 형성되었고, blot dry한 상아질은 혼성층이 형성되었으며, 5초간 건조한 후 Aqua-Prep을 적용한 상아질은 blot dry된 시편에서보다 혼성층이 더욱 치밀하게 관찰되었다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 blot dry 군과 Aqua-Prep F를 사용한 D-R 군과 B-R 군 모두에서 혼성층이 형성된 결과와 유사하게 나타났다.

본 연구의 결과에서 Aqua-Prep F는 건조한 상아질에서 발생하는 변연 미세누출과 약한 접착을 개선하는데 효과적인 재습윤제로 사용할 수 있음을 알 수 있었고, 또한 blot dry한 상아질에서 Aqua-Prep F를 적용할 경우 변연 미세누출과 접착에 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 범광질의 부식효과를 확인하거나 와동에 있는 과도한 수분을 제거하기 위해 air 시린지를 사용하는 임상적인 상황에서, blot dry와 같은 술식에 민감한 방법보다는 건조 후 Aqua-Prep F와 같은 재습윤제의 적용은 접착술을 보다 간편하게 하고 우수한 접착성을 제공할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 One-Step 사용시 산처리된 상아질 표면을 건조, blot dry, 건조 후 그리고 blot dry한 후 Aqua-Prep F의 적용에 따른 상아질과 복합레진의 변연 미세누출과 접착 관계를 상호 비교하였다.

변연 미세누출의 평가를 위해 40개의 대구치의 협면과 설면의 백악범광질 경계부 하방에 5급 와동을 형성하였고, 주사전자 현미경 관찰을 위해 20개 대구치의 교합면측 상아질을 노출시켰다. 상아질 표면을 산부식 처리한 후, 건조 방법과 재습윤제의 적용에 따라 다음과 같이 4개의 군으로 분류하였다.

D 군: 와동이나 상아질 표면에 있는 물을 air 시린지로 10-15초간 강하게 건조한 군, B 군: 수분에 적신 면구로 물을 흡수한 군, D-R 군: D 군과 같은 방법으로 건조한 후 Aqua-Prep F를 20초간 적용한 군, B-R 군: B 군과 같은 방법으로 물을 흡수한 후 Aqua-Prep F를 20초간 적용한 군.

상기와 같이 처리된 와동과 상아질 표면에 One-Step 접착제를 도포하고 Aelitefil로 충전 및 축조한 후 실온의 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

변연 미세누출의 평가를 위해 모든 시편은 열순환을 시행

하였고 2% methylene blue에 24시간 침적하였다. 광학 입체현미경하에서 각 시편의 색소 침투정도를 관찰하여 0-3의 미세누출 점수로 기록한 후, 각 군간의 유의성을 검정하였다.

주사전자 현미경 관찰을 위해 치관을 근원심 방향으로 수직으로 절단하여 양분한 후, 절단된 표면을 연마하고 탈회와 탈단백한 후 현미경하에서 관찰하였다.

이상의 실험을 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 상아질 변연부에서의 미세누출은 D 군이 다른 군에 비해 가장 높은 미세누출을 나타냈으며(p<0.05), D-R 군, B 군, B-R 군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.
2. D 군은 상아질과 복합레진의 계면에 균일한 간극과 함께 소수의 아주 짧은 레진 테그가 관찰되었다.
3. B 군, D-R 군, B-R 군은 모두 상아질과 복합레진의 계면에서 긴밀한 접착과 혼성층이 관찰되었으며, B 군에서는 다수의 긴 레진 테그, D-R 군은 적은 수의 짧은 레진 테그, B-R 군은 다수의 짧고 긴 레진 테그가 관찰되었다.
4. D-R 군과 B-R 군은 상아질과 복합레진 사이에 각각, 10 μ m와 3 μ m 두께의 접착층이 관찰되었다.

이상의 결과에서, 특히 건조된 상아질에서의 재습윤제의 적용은 복합레진의 변연 미세누출을 줄이고 접착성을 향상시키는데 효과적인 것으로 나타났으며, 또한 blot dry된 상아질에 재습윤제를 적용한 경우에도 접착에 영향을 미치지 않았다.

참고문헌

1. Applequist EA, Meiers JC : Effect of bulk insertion, prepolymerized resin composite restorations. *Quint Int* 4 : 253-258, 1996.
2. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH : Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without sofstart polymerization. *J Dent* 25 : 321-330, 1997.
3. Taylor MJ, Lynch E : Microleakage: Review. *J Dent* 20 : 3-10, 1992.
4. Prati C, Tao L, Simpson M : Permeability and microleakage of class II resin composite resin restorations. *J Dent* 22 : 49-56, 1994.
5. Bauer JF, Henson JL : Microleakage: a measure of the performance of direct filling materials. *Oper Dent* 9 : 2-9, 1984.
6. Kidd EAM : Microleakage: a review. *J Dent* 4 : 199-205, 1976.
7. Santini A, Plasschaert AJM, Mitchell S : Marginal leakage of filled dentin adhesives used with wet and dry bonding techniques. *Am J Dent* 13(2) : 93-97, 2000.
8. Amaral CM, Hara AT, Pimenta LAF, Rodrigues Jr. AL : Microleakage of hydrophilic systems in class V composite restorations. *Am J Dent* 14(1) : 31-34, 2001.

9. Nakajima M, Sano H, Urabe I : Bond strength of single bottle dentin adhesives to caries-affected dentin. *Oper Dent* 25 : 2-10, 2000.
10. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E : The promotion of adhesion by infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 16 : 265-273, 1982.
11. Pioch T, Staehle HJ, Schneider H, Duschner H, Dörfer CE : Effect of intrapulpal pressure simulation in vitro on shear bond strengths and hybrid layer formation. *Am J Dent* 14(5) : 319-323, 2001.
12. Gallo JR, Henderson M, Burgess JO : Shear bond strength to moist and dry dentin of four dentin bonding systems. *Am J Dent* 13(5) : 267-270, 2000.
13. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SHY : Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single-bottle primer-adhesives. *Dent Mater* 12 : 236-244, 1996.
14. Kanca J : Effect of drying on bonding strength. *J Dent Res* 70 : 304(Abstract 1029), 1991.
15. Gwinnett AJ : Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. *Am J Dent* 5 : 127-129, 1992.
16. Gwinnett AJ : Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am J Dent* 7(3) : 144-148, 1994.
17. Gwinnett AJ, Kanca J : Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. *Am J Dent* 5 : 73-77, 1992.
18. Kanca J : Resin bonding to wet substrate. I. bonding to dentin. *Quint Int* 23(1) : 39-41, 1992.
19. Kanca J : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent* 5 : 213-215, 1992.
20. Kanca J : Wet bonding: Effect of drying time and distance. *Am J Dent* 9 : 273-276, 1996.
21. Kanca J, Sandrik J : Bonding to dentin, clues to the mechanism of adhesion. *Am J Dent* 11 : 154-159, 1998.
22. Perdigao J, Swift EJ, Cloe BC : Effects of etchants, surface moisture, and resin composite on dentin bond strength. *Am J Dent* 6 : 61-64, 1993.
23. Perdigao J, Swift EJ, Heymann HO, Malek MA : Effect of a re-wetting agent on the performance of acetone-based dentin adhesives. *Am J Dent* 11 : 207-213, 1999.
24. Miears JR, Charlton DG, Hermes CB : Effect of dentin moisture and storage time on resin bonding. *Am J Dent* 8 : 80-82, 1995.
25. Perdigao J, Geraldini S, Carmo ARP, Dutra HR : In vivo influence of residual moisture on microtensile bond strength of one-bottle adhesives. *J Esth Rest Dent* 14(1) : 31-38, 2002.
26. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SHY : Micromorphological spectrum of acid conditioned dentin following the application of a water-based adhesive. *Dent Mater* 14 : 329-338, 1998.
27. Perdigao J, Van Meerbeek B, Lopes MM, Ambrose WW : The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent Mater* 15 : 282-295, 1999.
28. Saunders WP, Saunders EM : Microleakage of bonding agents with wet versus dry bonding techniques. *Am J Dent* 9 : 34-36, 1996.
29. Santini A, Mitchell S : Effect of wet and dry bonding techniques on marginal leakage. *Am J Dent* 11 : 219-224, 1998.
30. Santini A, Mitchell S : Microleakage of composite restorations bonded with three new bonding agents. *J*

- Esth Dent* 10 : 296-304, 1998.
31. Ritter AV : Re-wetting agents for dentin bonding. *J Esth Rest Dent* 13(6) : 387-395, 2001.
 32. Swift EJ : Resin desensitizers. *J Esth Dent* 11(6) : 289-290, 1999.
 33. Gwinnett AJ : Chemically conditioned dentin: a comparison of conventional and environmental scanning electron microscopy findings. *Dent Mater* 10 : 150-155, 1994.
 34. Peschke A, Blunck U, Roulet JF : Influence of incorrect application of a water-based adhesive system on the marginal adaptation of class V restorations. *Am J Dent* 13(5) : 239-244 2000.
 35. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SHY : Ultrastructure of the resin-dentin interface following reversible and irreversible re-wetting. *Am J Dent* 10 : 77-82, 1997.
 36. Ritter AV, Heymann HO, Swift Jr. EJ, Perdigao J, Rosa BT : Effects of different re-wetting techniques on dentin shear bond strengths. *J Esth Dent* 12(2) : 85-96, 2000.
 37. Van Meerbeek B, Peumans M, Verschuere M : Clinical status of ten dentin adhesive systems. *J Dent Res* 73 : 1690-1702, 1994.
 38. Alani AH, Toh CG : Detection of microleakage around dental restoration: a review. *Oper Dent* 22 : 173-185, 1997.
 39. Dietschi D, De Siebenthal G, Neveu-Rosenstand L : Influence of the restorative technique and new adhesives on the dentin marginal seal and adaptation of resin composite class II restoration: an in vitro evaluation. *Quint Int* 10 : 717-727, 1995.
 40. Mangum FI, Berry EA, DeSchepper E : Microleakage of incremental versus compression matrix bulk filling of cervical resin composite restorations. *Gen Dent* 42 : 304-308, 1994.
 41. Rossomando JJ, Wendt SLJ : Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater* 11 : 47-51, 1995.
 42. Gladys S, Van Meerbeek B, Lambrechets P, Vanherle G : Microleakage of adhesive restorative materials. *Am J Dent* 14(3) : 170-176, 2001.
 43. Setien VJ, Cobb D, Denehy GE, Vargas M : Cavity preparation devices: Effect on microleakage of class V resin-based composite restorations. *Am J Dent* 14(3) : 157-162, 2001.
 44. Barnes, DM, McDonald NJ, Thompson VP, et. al. : Microleakage in facial and lingual Class 5 composite restorations: A comparison. *Oper Dent* 19 : 133-137, 1994.
 45. Maciel KT, Carvalho RM, Ringle RD, Preston CD, Russell CM, Pashley DH : The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *J Dent Res* 75 : 1851-1858, 1996.
 46. Santini A : Microleakage of resin-based composite restorations using different solvent-based bonding agents and methods of drying acid-etched dentin. *J Dent* 12(4) : 194-200, 1999.
 47. Nakajima M, Kanemura N, Pereira PNR, Tagami J, Pashley DH : Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. *Am J Dent* 13(6) : 354-328, 2000.
 48. Inokoshi S, Hosoda H, Harnirattisai C : Interfacial structure between dentin and seven dentin bonding systems revealed using argon ion beam etching. *Oper Dent* 18 : 8-16, 1993.
 49. Sugizaki J : The effects of various primers on dentin adhesion of resin composites. SEM and TEM observation of the resin impregnated layer and adhesion promoting effect of the primer. *Jap J Cons Dent* 34 : 228-265, 1991.
 50. Watanabe I, Takarada K, Nakabayashi N : Adhesion of 4-META/MMA-TBB resin to dentin pretreated with phosphoric acid. *J Jap Dent Mater* 10 : 671-677, 1997.
 51. Xu J, Stangel I, Butler IS, Gilson DFR : An FT-Raman spectroscopic investigation of dentin and collagen surface modified by 2-hydroxyethyl methacrylate. *J Dent Res* 76 : 596-601, 1997.
 52. Di Renzo M, Ellis T, Domingue A, Bertrand L, Sacher E, Stangel I : Chemical reactions between dentin and bonding agents. *J Adhes Dent* 74 : 115-121, 1994.
 53. Harashima I, Hirasawa T : Adsorption of 2-hydroxyethyl methacrylate on dentin from aqueous solution. *Dent Mater J* 9 : 36-46, 1990.
 54. Munksgaard EC, Asmussen E : Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. *J Dent Res* 63 : 1087-1089, 1984.
 55. Nakabayashi N, Watanabe A, Gendusa NJ : Dentin adhesion of modified 4-META/MMA-TBB resin : function of HEMA. *Dent Mater* 8 : 259-264, 1992.
 56. Suzuke K, Takahashi M, Nakai H : Treatment of dentin by aqueous solution of amino acid derivatives : HEMA. *J Adhes Dent* 8 : 43-51, 1990.
 57. Itoh K, Wakumoto S : Momentary pretreatment by 35% HEMA solution combined with five marketed bonding agents. *Dent Mater J* 6 : 28-31, 1987.
 58. Pilo R, Cardash HS, Oz-Ari B, Ben-Amar A : Effect of preliminary treatment of the dentin surface on the shear bond strength of resin composite to dentin. *Oper Dent* 26 : 569-575, 2001.

조 영 곤

조선대학교 치과대학 보존학교실
 광주광역시 동구 서석동 421번지 조선대학교 치과병원 보존과
 Tel : 062-220-3840 Fax : 062-232-9064
 E-mail : ygcho@mail.chosun.ac.kr

Explanation of figures

- Fig. 2. Resin-dentin interface produced using One-Step on dry dentin (D group). There is 10 μm thick gap (g) between composite (C) and dentin (D) and no discernible hybrid layer. (SEM \times 500)
- Fig. 3. Higher magnification of D group (SEM \times 2,000). A few and short resin tags (t) of about 3-4 μm length protruded from composite (C) showed.
- Fig. 4. Resin-dentin interface produced using One-Step on blot dry dentin (B group). Resin (C)-dentin (D) interface showed close adaptation and hybrid layer (h). A numerous 10-40 μm long resin tags showed from hybrid layer to dentin. (SEM \times 500)
- Fig. 5. Higher magnification of B group (SEM \times 2,000). Hybrid layer (h) and funnel shaped resin tags (t) showed between composite (C) and dentin (D).
- Fig. 6. Resin-dentin interface produced using One-Step on dry dentin rewetted with Aqua-Prep F (D-R group). Resin (C)-dentin (D) interface showed close adaptation and hybrid layer. Adhesive layer (a) of 10 μm thickness showed between composite (C) and hybrid layer (h). (SEM \times 500)
- Fig. 7. Higher magnification of D-R group (SEM \times 2,000). Adhesive layer (a), short (about 10 μm long) and less profound resin tags (t), and hybrid layer (h) showed.
- Fig. 8. Resin-dentin interface produced using One-Step on blot dry dentin rewetted with Aqua-Prep F (B-R group). Resin-dentin interface showed close adaptation and hybrid layer. Adhesive layer (a) of 3 μm thickness showed between composite (C) and hybrid layer (h). A numerous 10-40 μm long resin tags showed from hybrid layer to dentin (D). (SEM \times 500)
- Fig. 9. Higher magnification of B-R group (SEM \times 2,000). Short and long resin tags (about 10-40 μm long) showed from hybrid layer (h) to dentin (D).

사진부도 ①

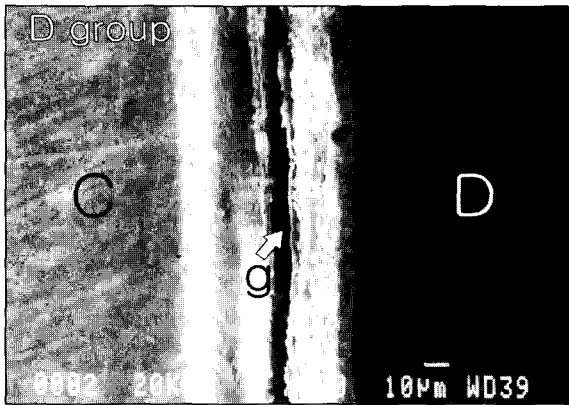


Fig. 2

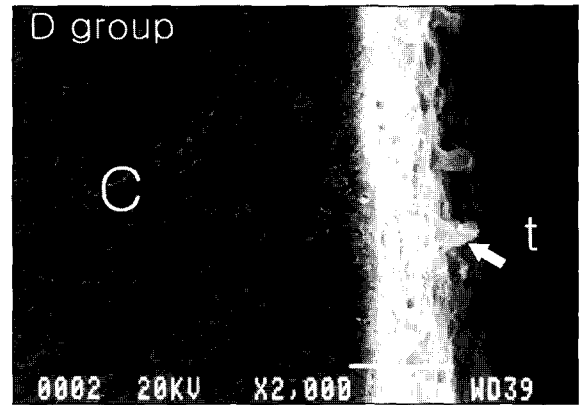


Fig. 3

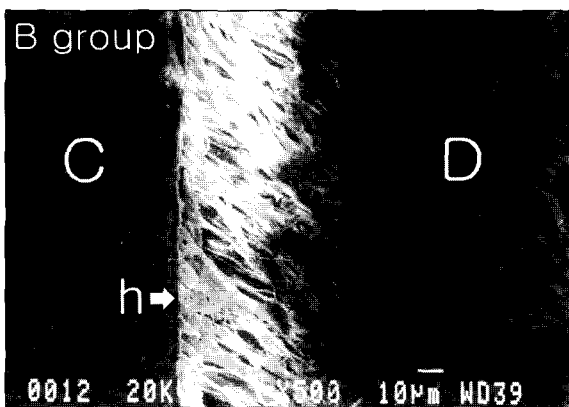


Fig. 4

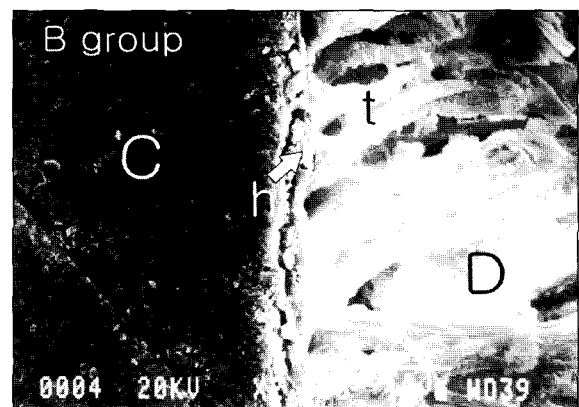


Fig. 5

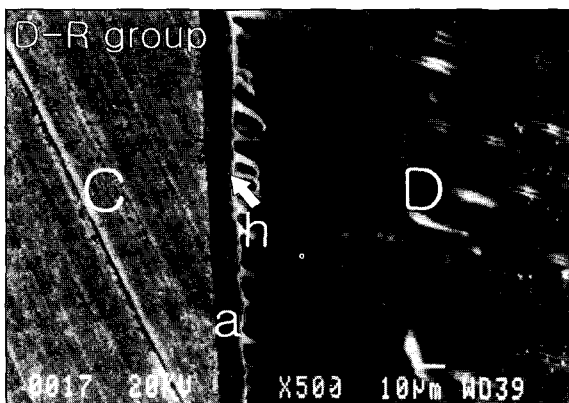


Fig. 6

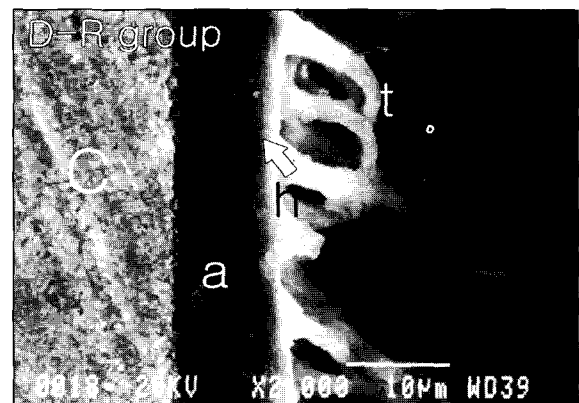


Fig. 7

사진부도 ②

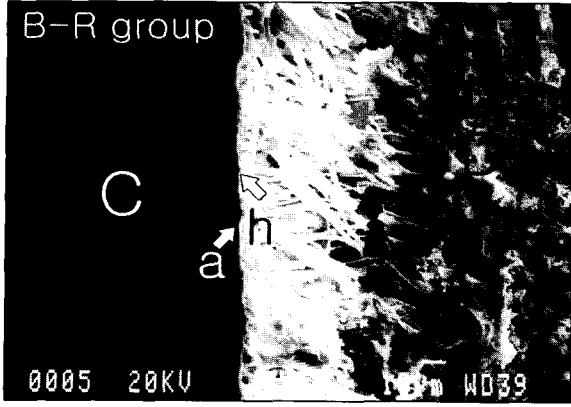


Fig. 8

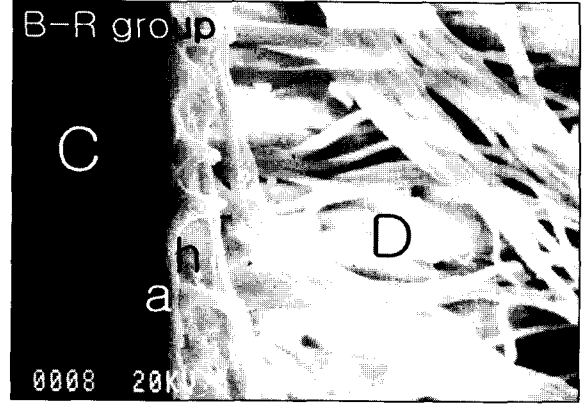


Fig. 9