

## 상아질 접착제의 적용방법에 따른 전단결합강도와 접착양상에 관한 연구

박성택 · 문주훈 · 조영곤 · 온영석\*

조선대학교 치과대학 치과보존학교실, 전북대학교 치과대학 치과보존학교실\*

### ABSTRACT

#### INFLUENCE OF APPLICATION METHODS OF A DENTIN ADHESIVE ON SHEAR BOND STRENGTH AND ADHESIVE PATTERN

Sung-Taek Park, 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., Yeong-Suck Ohn\*

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University and Chonbuk National University\**

A new 5th generation adhesive system(ONE-STEP) has been supplied which operators can apply to conditioned tooth surfaces by one simplified step. The purpose of this study was to determine whether different methods of adhesive application and various air drying duration after applying adhesive affect the shear bond strength of composite resin to dentin, and to evaluate the adhesive pattern of composite resin and dentin under SEM.

Seventy-seven extracted human molar teeth were cleaned and mounted in plastic test tubes. The occlusal dentin surfaces were exposed with Diamond Wheel Saw and smoothed with Lapping and Polishing Machine(South Bay Technology Co., U.S.A.). Teeth were randomly divided into 7 groups(n=11). In experimental A group, adhesive was applied to dentin with agitation for 20 sec. In experimental N-A group, adhesive were continuously applied to dentin for 20 sec. Also control and experimental 1, 2, 3, 4 groups were dried for 10, 0, 5, 20, 30 seconds after applying adhesive, respectively. Adhesives were light cured for 10 sec.

A gelatin capsule 5mm in diameter was filled with Aelitefil™ composite resin, placed on the treated dentin surface and light cured for 40 sec. from three sides. All specimens were stored in distilled water at room temperature for 24 hours.

The shear bond strengths were measured using a universal testing machine(AGS-1000 4D, Japan) at a crosshead speed of 5mm/min. An one-way ANOVA and LSD test were used for statistical analysis of the data.

For SEM evaluation, seven specimens were made and sectioned. Representative postfracture and seven specimens were mounted on brass stubs, sputter-coated with gold and observed under SEM.

The results were as follows :

1. The shear bond strength of experimental A group which adhesive were applied to dentin with agitation was higher than that of experimental N-A group (continuous application), and there was significant difference between two groups ( $p < 0.01$ ).
2. The interface between composite and dentin according to different application methods showed close adaptation in experimental A group and showed tinny gap in experimental N-A group.
3. The shear bond strength according to various air drying duration was the lowest value( $7.57 \pm 2.60$  MPa) in experimental 1 group, so there was significant difference between experimental 1 group and other four groups ( $p < 0.05$ ). But there was no significant difference of shear bond strength between four groups ( $p > 0.05$ ).

4. The interface between composite and dentin according to various air drying duration showed close adaptation in control group and tiny gap in experimental 3 and 4 groups. But experimental 1 and 2 groups showed 30 $\mu$ m and 6 - 10 $\mu$ m thick gaps, respectively.

**Key Words** : 5th generation adhesive system, air drying duration, adhesive pattern, agitation

## I. 서 론

상아질에 대한 복합레진의 접착을 향상시키기 위하여 지난 20여년동안 접착시스템의 지속적인 개발과 발전이 진행되고 있다. 현재 사용되고 있는 4세대 접착시스템은 이전의 접착시스템에 비해 높은 결합강도와 개선된 물리적인 성질 및 감소된 시술시간과 간편한 사용 등의 장점을 가지고 있다<sup>1-4)</sup>. 이러한 접착시스템은 최대의 결합강도를 얻기 위해 접착제(adhesive)를 도포하기 전에 상아질을 처리하거나 접착강화제(primer)를 도포하는 과정이 필요하다<sup>5)</sup>. 상아질 표면에 대한 처리는 Fusayama등<sup>6)</sup>이 total etching 개념을 소개한 이래 4세대 접착시스템에서도 산성의 산부식제를 이용하여 상아질을 처리하고 있다. 이러한 부식제는 상아질에 부착되어 있는 도말층을 제거하고 상아질의 표면을 탈회시키는 효과를 가지고 있다<sup>7,8)</sup>. 또한 접착강화제는 탈회된 상아질의 젖음성이나 화학적인 반응을 변화시켜 상아질 접착제가 상아질과 화학적, 기계적, 미세기계적인 접착을 이루도록 하여 복합레진과 상아질 사이에 혼화층(hybrid layer)을 형성하도록 한다<sup>9-12)</sup>. 상아질은 법랑질에 비해 많은 수분을 함유하기 때문에 상아질과의 좋은 접착을 이루기 위해서는 친수성과 흡수성을 모두 갖는 접착제를 사용해야 한다<sup>13)</sup>.

이와같이 접착강화제와 접착제는 4세대 접착시스템의 효능을 개선시키는데 중요한 역할을 하고 있으나<sup>14,15)</sup> 상아질에 대한 좋은 결합강도를 얻기 위해서는 보다 정밀한 적용 과정이 필요하다. 산처리된 상아질면에 대한 접착강화제와 접착제의 도포방법은 제조사에 따라 서로 다르며, 또한 이들을 임상에서 적용할 때 술자에 의한 시술상의 실수는 결과적으로 상아질에 대한 결합강도에 많은 영향을 미치게 할 것이다.

접착시스템의 치질에 대한 최적의 결과를 얻기 위하여 제조사에 따라서는 접착강화제를 일정시간동안 치질의 표면에 연속적으로 또는 문지르면서(agitation) 적용방법을 추천하고 있다. 또한 접착강화제 도포후 상아질에 남아 있는 에탄올, 아세톤, 물과 같은 용매를 공기로 건조시키는 시간에 대한 다양한 추천이 있다. 따라서 산처리된 상아질 표면에 대한 접착강화제의 도포방법과 결합강도에 관한 선행

들의 연구가 진행되고 있다. Titley등<sup>4)</sup>은 Scotchbond Multipurpose™ 접착시스템에 있는 접착강화제의 도포횟수에 따른 전단결합강도를 측정 한 결과, 2회 도포한 경우가 1회 도포한 경우에 비해 26.3%의 증가를 보여 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다고 보고하였으며, Miyazaki등<sup>16)</sup>도 접착강화제를 상아질면에 도포하는 방법과 건조시간은 결합강도에 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 그러나 Haws등<sup>17)</sup>은 접착강화제의 도포시간과 도포하는 방법은 전단결합강도에 영향을 주지 않는다고 보고하였다.

최근에 산처리된 치질에 접착강화제와 접착제를 동시에 적용하는 5세대 접착시스템이 개발되어 치과임상에 소개되어 있다. ONE-STEP™ 접착시스템은 법랑질과 상아질의 산부식 처리를 위해 32%의 인산을 이용하며, 접착강화제와 접착제의 적용을 한번에 시행한다. 접착강화제와 접착제가 하나의 병에 포함되어 있는 이 시스템은 아세톤에 용해된 BPDM, HEMA, Bis-GMA가 주성분으로 되어있으며<sup>18)</sup>, 4세대 접착시스템이 가지고 있는 우수한 성질을 모두 가지고 있으면서 또한 사용이 간편한 장점을 가지고 있다.

접착강화제와 접착제의 도포는 상아질에 레진 단량체를 깊게 침투시키므로 접착강도를 증가시키는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으나 최근에 소개된 one-bottle adhesive system의 적용방법에 따른 효과에 대한 보고는 희소한 실정이다.

이에 본 연구의 목적은 접착강화제와 접착제를 하나의 병에 혼합하여 공급하는 ONE-STEP™ 접착제의 적용방법에 따라 상아질에 대한 접착강도의 차이가 있을 것이라는 가정하에 두가지의 관점, 즉 접착제를 솔(brush)로 도포할 때 연속적인 또는 문지르는 방법으로 적용하는 방법과 접착제 도포후 건조시간에 따른 상아질에 대한 전단결합강도의 변화를 평가하고, 또한 주사전자현미경하에서 복합레진과 상아질의 접착양상을 관찰비교하므로서 이러한 요소들이 상아질과 복합레진의 접착강도에 어떠한 영향을 미치는가를 평가하기 위함이다.

## II. 실험재료 및 방법

### A. 실험재료

**Table 1.** Bonding agent and composite resin used in this study

Material	Manufacturer	Batch No.
Bonding agent - ONE-STEP	BISCO Dent. Prod., U.S.A.	129206
Composite resin -Aelitefil(A3)	BISCO Dent. Prod., U.S.A.	089294

상아질에 대한 접착제의 적용방법에 따른 전단결합강도를 측정하기 위하여 교합면에 우식병소가 없는 최근에 발거된 상.하악 대구치 70개를 사용하였다. 또한 주사전자현미경적인 관찰을 위하여 교합면에 우식병소가 없는 발거된 상.하악 대구치 7개를 사용하였다.

상아질 접착제와 복합레진은 Table 1에서와 같이 ONE-STEP™과 Aelitefil™을 사용하였다.

## B. 실험방법

### 1. 시편제작

교합면에 치아우식증이 없는 상.하악 대구치 70개를 수집하여 증류수에 보관한 후, 실험직전에 치관의 표면에 부착된 이물질을 curette과 cavitrone으로 깨끗이 제거하였다. Tray 레진(Harry J. Bosworth Co., U.S.A.)의 분말과 액을 혼합하여 내경 20mm와 높이 45mm의 투명한 시험관에 붓고 법랑-백악 경계부 상방의 치관이 노출되도록 치관을 매몰하였다.

각 대구치의 교합면은 Diamond Wheel Saw(South Bay Technology CO., U.S.A.)를 이용하여 시험관의 기저부에 평행하도록 법랑질 직하방의 상아질을 노출시킨 다음 Lapping and Polishing Machine(South Bay Technology CO., U.S.A.)을 이용하여 상아질 표면을 평활하게 하였다. 삭제된 모든 치아는 법랑질의 잔존유무와 치수의 노출 유무를 평가하기 위하여 확대경을 이용하여 확인하였다.

접착제의 적용방법과 접착제 도포후 건조시간에 따른 전단결합강도를 측정하기 위하여 상아질이 노출된 70개의 치아는 무작위로 10개씩 선택하여 7개의 군으로 분류하였다(Table 2).

### 2. 실험군의 분류

#### 가) 실험 1 : 접착제의 적용방법에 따른 군 분류

##### (1) 실험 A군(Agitation 군)

상아질 표면에 32%의 인산을 15초간 적용하여 산부식 처리하고 압축된 air water spray를 이용하여 15초간 세척한 다음 치아주변의 물을 압축공기로 건조시킨 후 상아질 표면에 남아있는 과잉의 물은 약간의 수분을 적신 면구로 닦아주었다.

용기에 분배된 접착제를 공급된 솔(bush)에 충분히 적셔 상아질 표면에 10초 동안 문지르면서(agitation) 도포한

후 이를 다시 10초간 반복 시행하였다(Table 2). 접착제에 함유된 용매를 증발시키기 위하여 상아질 표면의 약 3.8cm 상방에서 압축공기를 이용하여 10초간 조심스럽게 건조시켰다. 상아질 표면에 도포된 접착제는 광조사기(XL 3000, 3M Dent. Prod., U.S.A.)로 10초간 조사하였다. 그후 솔에 남아있는 접착제를 상아질 표면에 재도포하고 압축공기로 짧게 건조시켰다.

직경 5mm와 높이 4mm의 gelatin 캡슐을 치관의 상아질 표면의 중앙에 위치시켰다. 일차적으로 원주형 캡슐내부의 약 2mm정도에 Aelitefil 복합레진(shade No. A3)을 충전하여 상아질 표면에 접착시킨 후, 캡슐주변의 상아질 표면으로 넘쳐 나온 과다한 레진은 explorer로 제거하고 광조사기를 이용하여 교합면과 협,설측에서 각각 40초간 조사하였다. 복합레진이 채워지지 않은 캡슐의 나머지 공간은 복합레진을 다시 충전하고 교합면측에서 40초간 광조사하였다.

##### (2) 실험 N-A군(Non-Agitation 군)

상아질 표면의 산부식 처리와 세척 및 건조는 실험 A군과 동일한 방법으로 시행하였다. 상아질 표면에 대한 접착제의 도포는 실험 A군과는 다르게 문지르지 않고 단지 20초간 연속적으로 접착제를 도포하였다(Table 2). 접착제는 상아질 표면의 약 3.8cm 상방에서 압축공기를 이용하여 10초간 건조하고 광조사기로 10초간 조사하였다. 그후 솔에 남아있는 접착제를 상아질 표면에 재도포하고 압축공기로 짧게 건조시켰다. 상아질 표면에 대한 복합레진의 접착은 실험 A군과 같은 방법을 이용하였다.

#### 나) 실험 2 : 접착제 도포후 건조시간에 따른 군 분류

##### (1) 대조군

대조군은 접착제 도포후 제조회사의 지시에 따라 접착제를 건조시킨 군이다. 상아질 표면에 32%의 인산을 15초간 적용하여 산부식 처리하고 압축된 air water spray를 이용하여 15초간 세척하였다. 치아 주변의 물은 압축공기로 건조시켰고 상아질 표면에 남아있는 과잉의 물은 약간의 수분을 적신 면구로 닦아주었다. 용기에 분배된 접착제를 공급된 솔에 충분히 적셔 상아질 표면에 집적거리면서 도포하였다. 접착제에 포함된 용매를 증발시키기 위하여 상아질 표면의 약 3.8cm 상방에서 압축공기를 이용하여 10초간 조심스럽게 건조시키고(Table 2) 접착제는 광조사기로 10초동안 조사 하였다. 솔에 남아있는 접착제를 상아질 표면에 재도포하고 압축공기로 건조시켰다. 상아질 표면에 대한

**Table 2.** Group classification according to the mode of agitation/non-agitation and various drying duration of bonding agent

Experiment	Group	No. of specimen	Agitation(duration/ application modes)	Drying duration (seconds)
1	A	10	Yes(10 sec./2 times)	10
	N-A	10	No(20 sec./continuous)	10
2	Control	10	Yes	10
	1	10	Yes	0
	2	10	Yes	5
	3	10	Yes	20
	4	10	Yes	30

복합레진의 접착은 실험 A군과 동일한 방법을 이용하였다.

#### (2) 실험군

실험군은 대조군과 동일한 방법으로 상아질면을 산부식 처리하고 접착제를 도포한 후 시편의 건조시간에 따라 다음과 같이 분류하였다. 실험 1군은 접착제 도포후 접착제를 건조시키지 않고 바로 10초간 광조사하였으며, 실험 2군은 접착제 도포후 압축공기로 5초간 건조시킨후 10초간 광조사하였고, 실험 3군은 접착제 도포후 압축 공기로 20초간 건조시킨후 10초간 광조사하였으며, 실험 4군은 접착제 도포후 압축공 기로 30초간 건조시킨후 10초간 광조사하였다 (Table 2). 상아질 표면에 대한 복합레진 의 접착은 대조군 과 동일한 방법을 이용하였다.

#### 3. 전단결합강도의 측정 및 파괴양상의 관찰

접착이 완료된 각 군의 시편은 증류수에 24시간 동안 보관하였다. 각 시편에 대한 전 단결합강도는 만능시험기 (AGS-1000 4D, Shimadzu Co., Japan)에 전단장치를 부착하고 용량 100kg의 load cell을 이용하여 분당 5mm의 crosshead speed에서 측정하여 각 군의 전단결합강도치를 기록하였다(Table 3).

또한 전단결합강도를 측정한 각 시편의 복합레진과 상아질간의 파괴양상은 10배율의 확대경으로 관찰하고 그 양상을 기록하였다(Table 4).

각 군의 전단결합강도 측정치의 통계처리는 SAS package의 ANOVA를 이용하여 유의성 검정을 시행한후 LSD 로 사후 검정하여 각 군간의 유의성을 평가하였다(Table 3).

#### 4. 주사전자현미경적인 관찰

전단결합강도를 측정한 시편중 각 군에서 대표적인 시편 7개를 선택하여 치관부를 Diamond Wheel Saw로 시험관의 기저부에 평행하게 절단하였다.

적용방법과 건조시간에 따른 각 군의 복합레진과 상아질 계면의 접착양상을 평가하기 위하여 7개의 상,하악 대구치를 선택하였다. Tray 레진을 채운 시험관에 대구치의 치근

을 매몰하고 레진이 경화된 후 각 대구치의 교합면은 Diamond Wheel Saw를 이용하여 시험관의 기저부에 평행하도록 법랑질 직하방의 상아질을 노출시켰다.

상아질 표면은 상기의 각 군의 방법에 따라 처리하고 2mm 두께의 복합레진을 접착 시켜 광중합시킨 후 복합레진의 중앙을 따라 근원심방향으로 Diamond Wheel Saw를 이용하여 수직으로 절단하였다. 이중 절반의 시편은 고속의 diamond bur를 이용하여 작은 절편을 만들었고, 나머지 절반의 시편은 Diamond Wheel Saw를 이용하여 다시 근원심 방향으로 300 $\mu$ m의 크기로 절단하여 6N의 염산 용액에 30초간 침지시킨후 꺼내어 1%의 차아 염소산 나트륨 용액에 12시간 동안 보관하여 상아질의 부분적인 탈회와 단백질의 제거를 유도하였다.

주사전자현미경적인 관찰을 위해 각 군의 치아절편은 황동으로 된 stub에 부착시키고 2KV와 20mA의 전압과 4 $\times$ 10<sup>-2</sup> bar/pa의 진공상태에서 1분 동안 225Å의 두께로 금도금하였다. 저배율과 고배율의 주사전자현미경 (JSM-840A Scanning Microscope JEOL Ltd., Japan)하에서 각 군의 상아질에 대한 복합레진의 실패양상과 상아질과 복합 레진의 계면을 관찰하여 Polaroid 667 필름(Kodak Co., U.S.A.)으로 촬영하였다.

### III. 실험성적

#### A. 전단결합강도

접착제의 적용방법과 건조시간에 따른 각 군의 전단결합 강도치는 Table 3에 기술되었다. 실험 1에서 접착제의 적용방법에 따른 전단결합강도는 접착제를 상아질 표면에 문지르면서 20초간 도포한 실험 A군이 14.95 $\pm$ 2.91MPa를 나타내어 연속적으로 20초간 도포한 실험 N-A군의 11.18 $\pm$ 1.75MPa 보다 높게 나타났으며 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다 (p<0.01)(Table 3).

실험 2에서 접착제 도포후 건조시간에 따른 전단결합강도는 접착제를 건조시키지 않은 실험 1군에서 7.57 $\pm$ 2.60 MPa로 가장 낮은 전단결합강도를 나타내어 다른 군과 통계 학적으로 유의한 차이를 나타내었다 (p<0.05)(Table 3). 또한 접착제 도포후 10초간 건조 시킨 대조군에서는 15.88 $\pm$ 4.46MPa, 5초간 건조시킨 실험 2군은 12.72 $\pm$ 6.10MPa, 20초와 30초간 건조시킨 실험 3군과 실험 4군은 각각 15.37 $\pm$ 3.77MPa와 16.04 $\pm$ 3.35MPa를 나타내었으며 이들 군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05)(Table 3).

전단결합강도를 측정후 상아질과 복합레진간의 파괴양상은 Table 4에 기술되었다. 실험 1의 접착제 적용방법에 따른 상아질과 복합레진간의 파괴양상은 문지르면서 접착

**Table 3.** Shear bond strength (MPa) in seven different groups

Experiment	Group	No. of specimen	Shear bond strength	
			Mean $\pm$ S.D.	Range(max. - min.)
1	A	10	14.95 $\pm$ 2.91 *	20.10 - 12.00
	N-A	10	11.18 $\pm$ 1.75 *	13.60 - 9.00
2	Control	10	15.88 $\pm$ 4.46	21.50 - 9.10
	1	10	7.57 $\pm$ 2.60 **	10.45 - 1.60
	2	10	12.72 $\pm$ 6.10	21.20 - 3.30
	3	10	15.37 $\pm$ 3.77	20.00 - 8.20
	4	10	16.04 $\pm$ 3.35	21.60 - 12.50

\* statistically significant difference between A and N-A group (p<0.01).

\*\* statistically significant difference between experimental 1 group and other groups (p<0.05).

**Table 4.** Failure mode of seven groups by different application methods and drying duration of bonding agent

Experiment	Group	No. of specimens	Failure mode		
			adhesive	mixed	cohesive
1	A	10	7	3	-
	N-A	10	10	-	-
2	Control	10	7	2	1
	1	10	10	-	-
	2	10	9	1	-
	3	10	8	2	-
	4	10	7	3	-

제를 도포한 실험 A군에서는 7개의 adhesive failure와 3개의 mixed fracture를 나타내었고, 연속적으로 도포한 실험 N-A 군은 모든 시편에서 adhesive failure를 나타냈다 (Table 4).

접착제 도포후 건조시간에 따른 상아질과 복합레진간의 파괴양상은 접착제를 건조를 시키지 않은 실험 1군의 모든 시편에서 adhesive failure를 나타냈으며, 5초간 건조시킨 실험 2군은 9개의 adhesive failure와 1개의 mixed failure를 나타냈다. 대조군, 실험 3군과 실험 4군의 adhesive failure 및 mixed failure는 비슷한 갯수를 나타내었다 (Table 4).

#### B. 주사전자현미경적 소견

전단결합강도를 측정후 각 군의 대표적인 시편 7개의 파괴양상은 Fig. 1 - 4에 나타 나있다. 또한 접착제의 적용 방법과 건조시간에 따른 복합레진과 상아질 계면의 접착관계는 Fig. 5 - 11에 나타나있다. 접착제의 적용방법에 따른 상아질 표면과 복합레진 계면 간의 절단 및 용해시편의 접착양상은 실험 A군에서 긴밀한 접착관계를 나타내었으며 (Fig. 5, 6), 실험 N-A군에서는 상아질과 복합레진을 따라 아주 미세한 간격을 나타내 었다(Fig. 5, 6). 접착제의 건조

시간에 따른 상아질과 복합레진의 계면은 대조군의 절단 및 용해시편 모두에서 간격이 없는 긴밀한 접착관계를 나타내 었다(Fig. 7). 접착제를 건조시키지 않은 실험 1군의 절단 및 용해시편은 상아질과 복합레진의 계면간에 30 $\mu$ m정도의 간격을 나타내었다(Fig. 8). 5초간 건조시킨 실험 2군은 절 단시편에서 상아질과 복합레진의 계면간에 10 $\mu$ m정도의 간 격을 나타내었고, 용해시편에서는 6 $\mu$ m정도의 간격을 나타 내었다(Fig. 9). 20초간 건조시킨 실험 3군과 30초간 건조 시킨 실험 4군은 절단 및 용해시편 모두에서 상아질과 복합 레진의 계면간에 아주 미세한 간격을 나타내었다(Fig. 10, 11).

#### IV. 총괄 및 고안

최근에 널리 사용되고 있는 상아질 접착제는 이전 세대의 접착제에 비해 복합레진과 상아질간에 뚜렷히 증가된 결합 강도를 나타내고 있다<sup>1,2,19)</sup>. 이러한 접착제의 임상적인 요구 조건은 술후 과민증을 방지하고 치수를 보호하기 위해 상아 세관을 효과적으로 폐쇄하여야 하며 접착이 오랫동안 지속 되어야 한다<sup>4)</sup>.

상아질 접착제의 상아질에 대한 성공적인 접착은 산부식 처리에 의해 형성된 부분적으로 탈회된 상아질 층과 접착강 화제에 의해 변화된 상아질 표면의 상태에 의해 영향을 받게 된다. 이러한 표면처리는 상아질의 젖음성이나 화학적인 접착반응을 변화시킨다<sup>13,15,20)</sup>. 따라서 치질에 대한 복합레진 의 접착은 탈회된 상아질 표면에 대한 접착제의 적절한 침 투와 중합에 의해 좌우되며, 이는 복합레진과 상아질 사이에 폴리머(polymer), 콜라겐, 수산화인회석으로 구성된 상 아질 층, 즉 혼화층 또는 resin-dentin interdiffusion zone<sup>10)</sup>의 형성에 따라 영향을 받게된다.

표면처리후 상아질 접착제의 상아질에 대한 적절한 침투 는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받을 수 있다. 즉 Tittley 등<sup>21)</sup>은 산부식 처리후 상아질의 과도한 건조는 탈회층에 있는 콜라겐을 붕괴시켜 접착제의 침투를 방해하므로 수분이

있는 상태에서의 접착, 소위 wet bonding을 주장하였다. Titley등<sup>4)</sup>과 Vargas등<sup>22)</sup>은 접착강화제의 도포회수를 증가시킨 경우 상아질에 대한 결합강도가 개선되었음을 보고하고 이러한 향상은 보다 긴 적용시간에 의해 접착강화제가 콜라겐 망상구조로 잘 침투되었기 때문이라고 설명하였다. 또한 표면 처리된 상아질면에 접착강화제를 적용하는 방법에 따른 전단결합강도에 관한 연구는 접착강화제의 적용방법이 접착제의 침투에 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다<sup>23)</sup>.

최근에 사용되고 있는 5세대 접착시스템은 접착강화제와 접착제를 동시에 치질에 적용한다. 이러한 시스템은 4세대 접착시스템에서와 마찬가지로 적용방법에 따라 상아질에 대한 접착에 영향을 받게 된다. 따라서 본 연구에서는 접착제를 도포할 때 지속적인 또는 문지르는 방법으로 적용하는 방법과 접착제 도포후 건조시간에 따라 상아질에 대한 전단결합강도와 주사전자현미경하에서의 접착양상을 평가하였다.

본 연구에서는 접착제의 적용방법이 ONE-STEP™ 접착제의 전단결합강도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구에서 ONE-STEP™ 접착제의 적용방법에 따른 전단결합강도는 32%의 인산을 이용하여 산부식 처리된 상아질면에 접착제를 문지르면서 20초간 도포한 실험 A군이 연속적으로 20초간 도포한 실험 N-A군에서 보다 높은 전단결합강도를 나타내어 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다( $p < 0.01$ )(Table 3). 제조회사에 의하면 ONE-STEP™ 접착제는 산부식 처리된 표면에 연속적으로 2회 도포하고 만약 표면에 광택이 나타나지 않으면 다시 도포할 것을 추천하고 있다. 그러나 본 연구결과에서 전단결합강도는 접착제를 문지르면서 도포할 때 뚜렷한 증가를 보였으므로 이러한 방법으로 적용하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

Haws등<sup>17)</sup>은 서로 다른 접착강화제의 도포방법에 따른 상아질에 대한 복합레진의 전단결합강도를 평가한 결과 접착강화제의 적용방식은 상아질의 전단결합강도에 영향을 주지 않았다고 보고하여 본 연구의 결과와는 상이하게 나타났다. 그러나 Miyazaki등<sup>23)</sup>은 접착강화제의 적용방법에 따른 상아질에 대한 전단결합강도를 측정된 결과, 접착강화제를 문지르면서 도포한 경우가 문지르지 않고 도포한 경우보다 높은 전단결합강도를 나타내었다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다.

본 연구의 주사전자현미경적인 소견에서 상아질과 복합레진의 계면은 실험 A군에서 긴밀한 접착관계를 나타냈으나 실험 N-A 군에서는 아주 미세한 간격을 나타내었다(Fig. 5, 6). 이러한 결과는 실험 A군과 실험 N-A군의 전단결합강도에 대한 차이를 설명할 수 있을 것이다.

또한 접착제를 문지르면서 적용하는 방법의 효과는 전단결합강도를 측정된 후의 파괴양상을 관찰함으로써 알 수 있

었다. 접착제의 적용방법에 따른 파괴양상은 실험 A군의 시편에서 adhesive failure 7개와 mixed failure 3개를 나타냈으나 실험 N-A군은 모든 시편에서 adhesive failure를 나타냈다(table 4). 이는 접착제를 연속적으로 적용할 때보다 문지르면서 적용할 때 레진이 탈회된 상아질면으로 더욱 깊이 침투되었음을 시사하고 있다.

ONE-STEP™ 접착제 도포후 건조는 접착제에 포함된 용매를 증발시키기 위해 반드시 수행해야 하는 과정이다. 이러한 건조시간은 상아질에 대한 접착제의 침투에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Miyazaki등<sup>16)</sup>은 접착강화제를 상아질에 적용한 후 건조시간에 따른 전단결합강도를 측정된 결과 접착강화제를 건조시키는 최적의 시간은 사용된 접착시스템에 따라 서로 다르게 나타났으며, 접착강화제를 도포한 후 건조시간은 접착강도에 뚜렷한 영향을 미쳤다고 하였다.

본 연구에서 접착제를 도포한 후 건조시간에 따른 전단결합강도는 접착제를 건조시키지 않은 실험 1군에서  $7.57 \pm 2.60$ MPa로 가장 낮게 나타나 대조군과 다른 실험군들간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다( $p < 0.05$ )(Table 3). 한편 본 연구에서 접착제를 5초, 10초, 20초, 30초동안 건조시킨 군들간에는 통계학적인 유의성이 없었으나( $p > 0.05$ ) 건조시간이 짧을 수록 낮은 전단결합강도를 나타내는 경향을 보였다. 이와같이 건조시간을 짧게한 경우에서 나타난 전단결합강도의 감소는 아세톤이나 물과 같은 용매가 충분히 휘발되지 않아 접착제의 중합을 방해하였기 때문으로 사료된다.

Erickson<sup>24)</sup>은 접착강화제의 과도한 건조는 상아질 표면의 젖음성을 저하시켜 전단결합강도를 저하시킬 수 있다고 보고하여 본 연구와는 다소 상이한 결과를 나타냈다. 이러한 연구결과와의 차이는 접착시스템에 포함된 구성성분의 차이때문으로 사료된다.

본 연구에서 접착제의 건조시간에 따른 복합레진과 상아질 계면은 대조군과 실험 3, 4군에서 각각 긴밀한 접착관계와 아주 미세한 간격을 나타내었으나(Fig. 7, 10, 11) 실험 1군과 실험 2군에서는 각각  $30\mu\text{m}$  과  $6 - 10\mu\text{m}$ 의 간격을 나타내었다(Fig. 8, 9). 이러한 결과는 전단결합강도와 상호연관성이 있는 것으로 나타났다.

또한 접착제의 건조시간에 따라 전단결합강도를 측정된 후의 파괴양상은 접착제를 건조를 시키지 않은 실험 1군의 모든 시편에서 adhesive failure를 나타내었고, 5초간 건조시킨 실험 2군은 adhesive failure 9개, mixed failure 1개를 나타내어 상아질과 접착제간에 강한 접착을 나타내지 못하였다(Table 4). 한편 대조군, 실험 3군, 실험 4군에서는 2 - 3개의 mixed failure를 나타내어 실험 1군과 실험 2군에 비해 강한 접착을 나타냈다. 제조회사에서는 10초의 건조시간을 추천하고 있으나 본 연구의 결과에 의하면 10초

이상의 건조시간이 복합레진과 상아질간의 접착에 더 좋은 결과를 나타낼 것으로 사료된다.

이상의 연구결과를 종합하여 보면 ONE-STEP™ 접착제를 사용할 때, 접착제의 적용방법과 건조시간은 상아질에 대한 전단결합강도와 접착관계에 많은 영향을 미치는 것으로 사료되며 이러한 결과를 임상에 적용하기 위해서는 이에 대한 임상적인 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

접착강화제와 접착제를 혼합하여 공급하는 ONE-STEP™ 접착제를 사용할 경우 상아질에 접착제를 도포할 때의 적용방법과 접착제 도포후 건조시간에 따른 전단결합강도와 접착관계를 상호 비교하여 이러한 요소들이 전단결합강도에 어떠한 영향을 미치는가를 평가하기 위하여 상, 하악 대구치 70개의 상아질 표면을 노출시켜 7개 군으로 분류한 후 접착제의 적용방법과 건조시간에 따라 실험 A군, 실험 N-A군, 대조군, 실험 1, 2, 3, 4군으로 나누어 ONE-STEP™과 Aelitefil™을 접착시켰다.

상아질에 대한 접착제의 전단결합강도는 만능시험기 (AGS-1000 4D, Shimadzu co.)를 이용하여 100kg의 load cell과 분당 5mm의 crosshead speed에서 시행하였고, 각 군의 전단결합강도는 ANOVA와 LSD를 이용하여 통계처리하였다. 또한 전단결합강도를 측정할 각 시편의 복합레진과 상아질의 파괴양상은 확대경으로 관찰하여 평가하였다.

전단결합강도 측정후 제작된 시편과 7개의 상하악 대구치에서 제작된 시편에서 각 군의 상아질과 복합레진의 대표적인 파괴양상 및 상아질과 복합레진 계면간의 접착관계를 각각 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전단결합강도는 접착제를 문지르면서 도포한 실험 A군 ( $14.95 \pm 2.91$ MPa)에서 연속적으로 도포한 실험 N-A군 ( $11.18 \pm 1.75$ MPa)보다 높게 나타났다( $p < 0.01$ ).
2. 접착제의 적용방법에 따른 복합레진과 상아질 계면은 실험 A군에서 긴밀한 접착관계 나타내었고, 실험 N-A군은 미세한 간극을 나타내었다.
3. 접착제의 건조시간에 따른 전단결합강도는 건조시키지 않은 실험 1군 ( $7.57 \pm 2.60$ MPa)에서 가장 낮게 나타나 대조군 및 다른 실험군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며( $p < 0.05$ ), 5초, 10초, 20초, 30초 동안 건조시킨 실험 2, 3, 4군들간에는 통계학적인 유의성이 없었다( $p > 0.05$ ).
4. 접착제의 건조시간에 따른 복합레진과 상아질 계면은 대

조군과 실험 3, 4군에서 각각 긴밀한 접착관계와 아주 미세한 간극을 나타내었고, 실험 1군과 실험 2군에서는 각각  $30\mu\text{m}$ 과  $6 - 10\mu\text{m}$ 의 간극을 나타내었다.

주요단어 : 접착제의 적용방법, 건조시간, 전단결합강도, 파괴양상

## 참고 문헌

1. Chappell, R.P., Eick, J.D., Mixson, J.M. and Theisen, F.C. : Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of four dentinal adhesives, *Quint. Int.*, 21(4):303-310, 1990.
2. Chappell, R.P., Eick, J.D., Theisen, F.C. and Carracho, A.J.L. : Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of current dentinal adhesives, *Quint. Int.*, 22(10):831-839, 1991.
3. 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.
4. Titley, K., Cherecky, R., Maric, B. and Smith, D. : Penetration of a dentin bonding agent into dentin, *Am. J. Dent.*, 7:190-194, 1994.
5. Gwinnett, A.J. : Dentin bond strength after air drying and rewetting, *Am. J. Dent.*, 7:144-148, 1994.
6. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N., and Iwaku, M. : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin, *J. Dent. Res.*, 58:1364-1379, 1979.
7. Byung, I.S. : All-bond - Fourth generation dentin bonding systems, *J. Esthet. Dent.*, 3:139-147, 1991.
8. Pashley, D.H. : The effect of acid etching on the pulp-dentin complex, *Oper. Dent.*, 17:229-242, 1992.
9. Nakabayashi, N., Nakamura, M., and Yasuda, N. : Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism, *J. Esth. Dent.*, 6:133-138, 1991.
10. 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.
11. Vargas, M.A., Cobb, D.S. and Armstrong, S.R. : Resin-dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without a hybrid layer, *Oper. Dent.*, 22:159-166, 1997.
12. Walshaw, P.R., and McComb, D. : SEM characterization of the resin-dentine interface produced in vivo, *J. Dent.*, 23:281-287, 1995.
13. Nakabayashi, N. : Dentinal bonding mechanisms, *Quint. Int.*, 22:73-74, 1991.
14. Hadavi, F., Hey, J.H., Ambrose, E.R., Louie, P.W. and Shinkewski, D.J. : The effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel, *Oper. Dent.*, 18:61-65, 1993.
15. Kanca, J. : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin, *Am. J. Dent.*, 5:213-215, 1992.
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. 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.
18. Bisco ONE-STEP™ light-cured universal dental adhesive system, directions for use.
  19. Leinfelder, K. : Dentin adhesives: The newest generation, *Esthet. Dent. Update*, 5(2):50-52, 1994.
  20. 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.
  21. Titley, K., Chernecky, R., Maric, B. and Valiquette, N. : The morphology of the demineralized layer in primed dentin, *Am. J. Dent.*, 7:22-26, 1994.
  22. 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.
  23. Miyazaki, M., Hinoura, K., Kanamaru, T., Koga, K., Iwauchi, H. and Onose, H. : Study on light cured composite resins-influence of pretreated procedures for dentin surfaces on shear bond strength to dentin, *Japan. J. Conserv. Dent.*, 34:734-741, 1991.
  24. Erickson, R.L. : Surface interactions of dentin adhesive

## EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1. Left: Mixed fractures were observed in debonded samples of experimental A group which were agitated bonding agent during application. ×10  
Right: Adhesive fractures were common in debonded samples of experimental N-A group which were applied continuously bonding agent during application. ×11
- Fig. 2. Mixed fractures were observed at control group which were dried bonding agent for 10 seconds after applying bonding agent. ×11
- Fig. 3. Left: Adhesive fractures were observed in debonded samples of experimental 1 group which were not dried bonding agent after applying bonding agent. ×11  
Right: Adhesive fractures were observed in debonded samples of experimental 2 group which were dried bonding agent for 5 seconds after applying bonding agent. ×11
- Fig. 4. Left: Mixed fractures were observed at experimental 3 group which were dried bonding agent for 20 seconds after applying bonding agent. ×11  
Right: Mixed fractures were observed at experimental 4 group which were dried bonding agent for 30 seconds after applying bonding agent. ×11
- Fig. 5. At cross-sectional specimen, experimental A group was showed close adaptation(left) and experimental N-A group was showed tinny gap(right) at the interface between dentin(D) and resin(R).
- Fig. 6. At dissolved specimen, experimental A group was showed close adaptation(left) and experimental N-A group was showed tinny gap(right) at the interface between dentin(D) and resin(R).
- Fig. 7. At cross-sectional(left) and dissolved specimens(right), control group were showed close adaptation at the interface between dentin(D) and resin(R).
- Fig. 8. At cross-sectional(left) and dissolved specimens(right), experimental 1 group were showed 30 μm thick gaps at the interface between dentin(D) and resin(R).
- Fig. 9. At cross-sectional specimens(left), experimental 2 group was showed 10 μm thick gaps and at dissolved specimens(right), it was showed 6 μm thick gaps at the interface between dentin(D) and resin(R).
- Fig. 10. At cross-sectional(left) and dissolved specimens(right), experimental 3 group were showed tinny gaps at the interface between dentin(D) and resin(R).
- Fig. 11. At crosssectional(left) and dissolved specimens(right), experimental 4 group were showed tinny gaps at the interface between dentin(D) and resin(R).



사진부도 ①

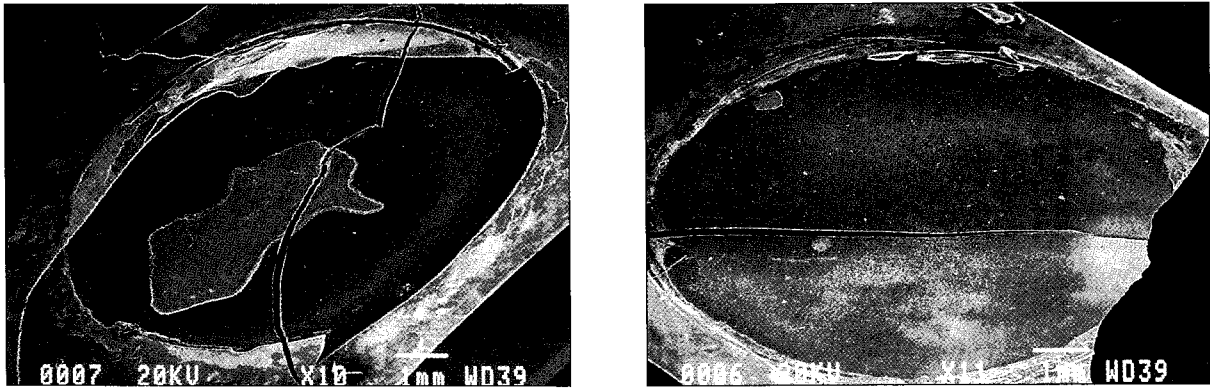


Fig. 1. Left - mixed fracture in experimental A group, Right- adhesive fracture in experimental N-A group

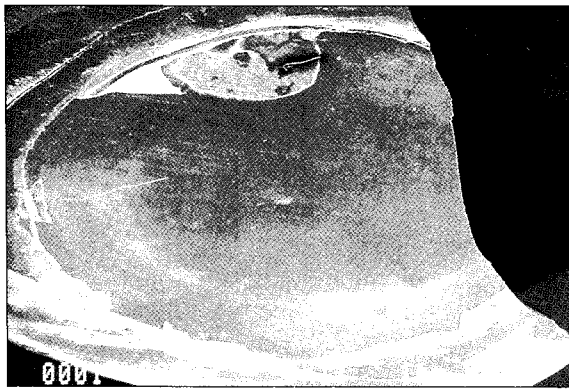


Fig. 2. Mixed fracture in control group(10 sec. dry)

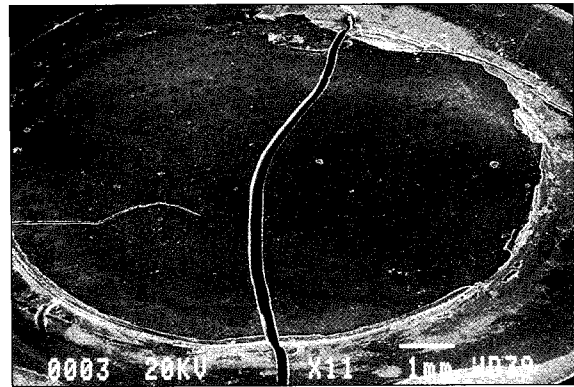
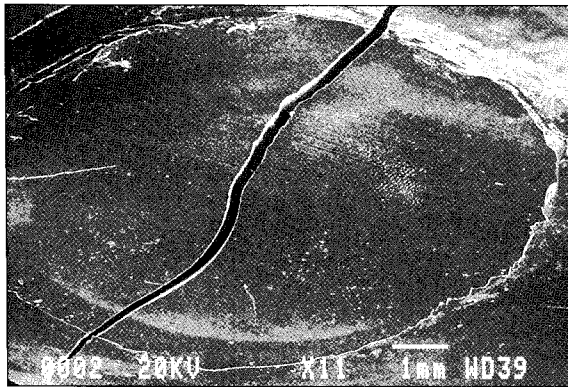


Fig. 3. Left - adhesive fracture in experimental 1 group(no dry), Right- adhesive fracture in experimental 2 group(5 sec. dry)

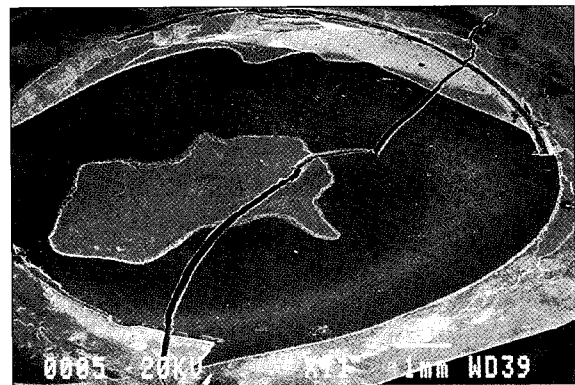
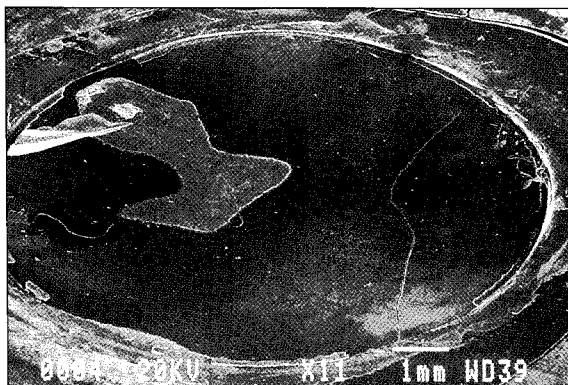


Fig. 4. Left - mixed fracture in experimental 3 group(20 sec. dry)  
Right- mixed fracture in experimental 4 group (30 sec. dry)

사진부도 ②

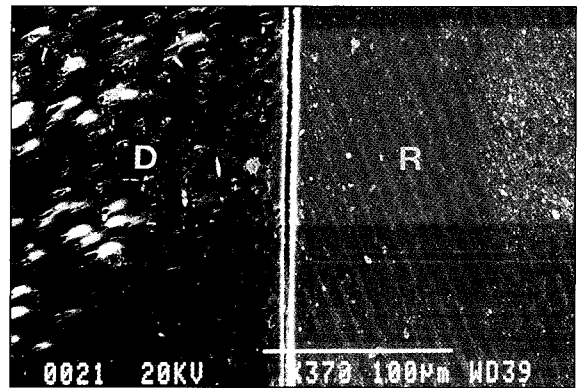
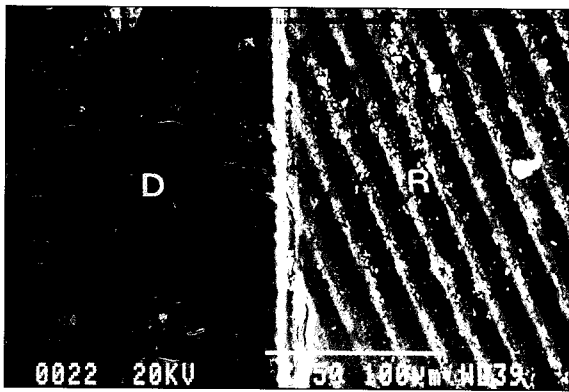


Fig. 5. Left - experimental A group, Right- experimental N-A group

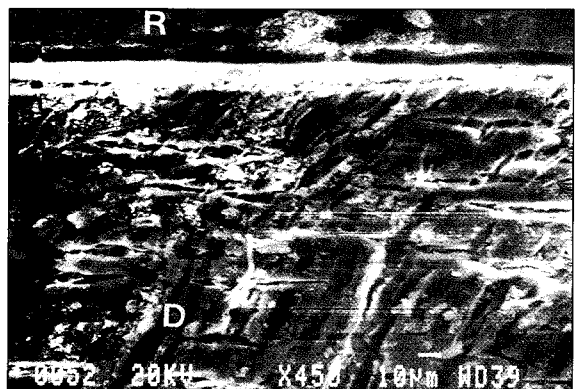
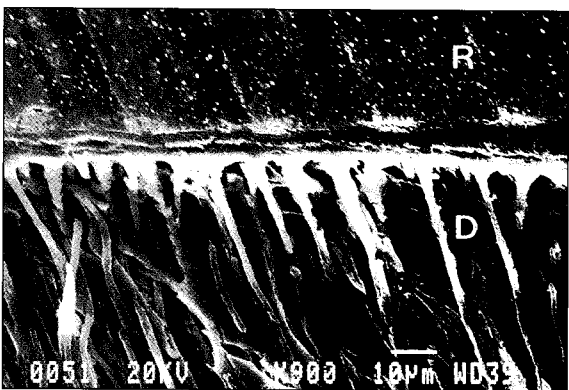


Fig. 6. Left - experimental A group, Right- experimental N-A group

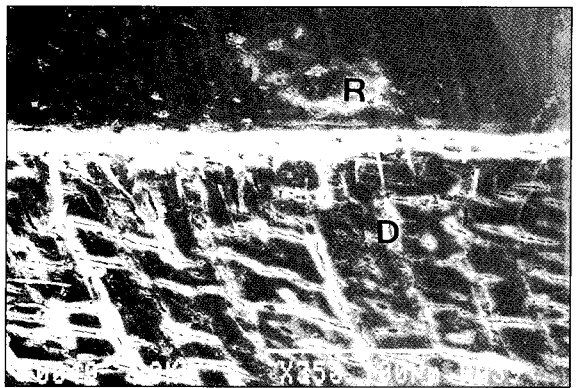
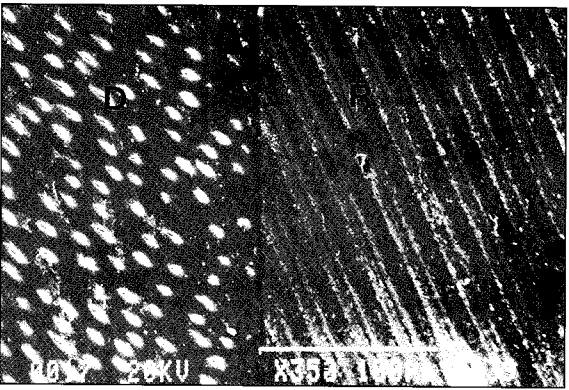


Fig. 7. Control group(10 sec. dry)

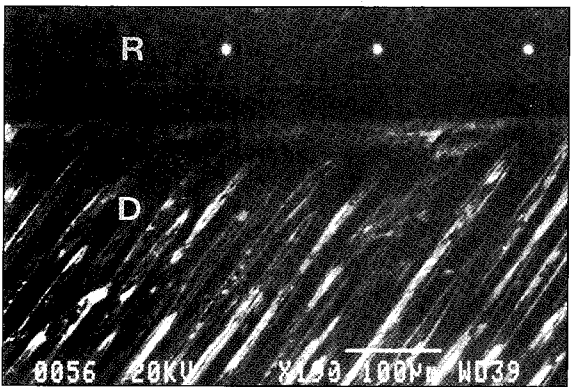
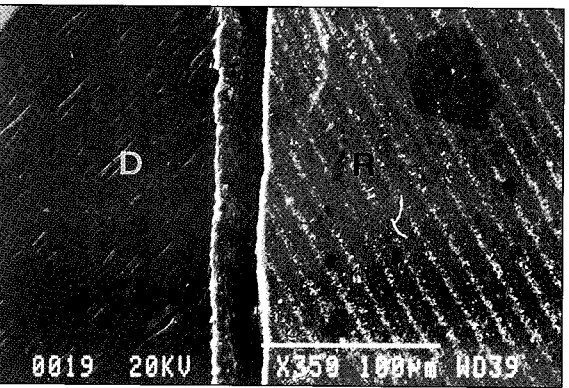


Fig. 8. Experimental 1 group(no dry)

사진부도 ③

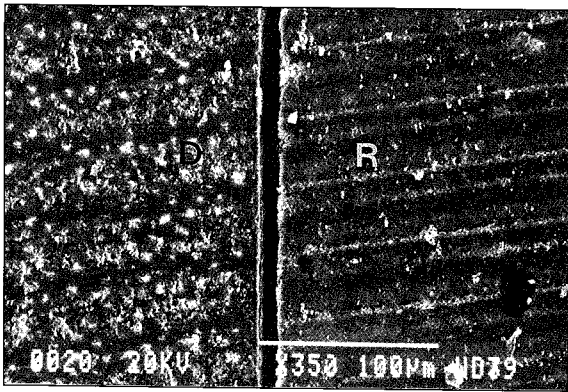


Fig. 9. Experimental 2 group(5 sec. dry)

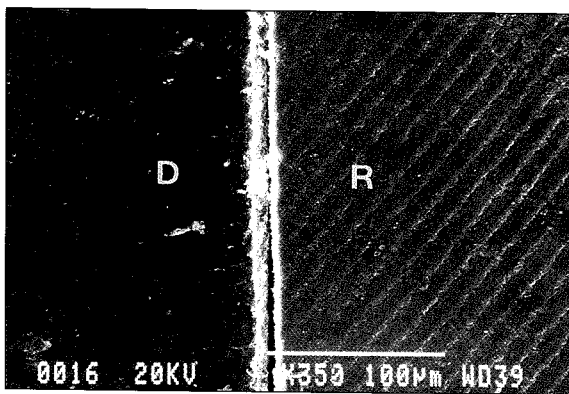
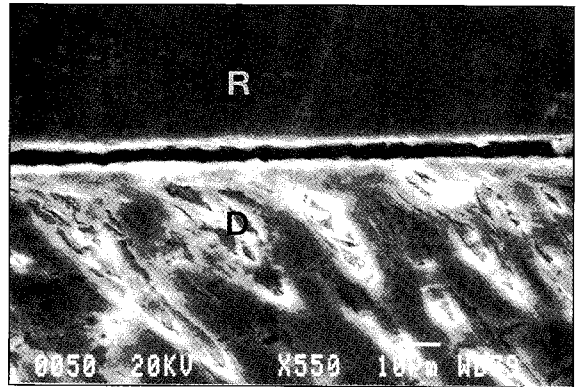


Fig. 10. Experimental 3 group(20 sec. dry)

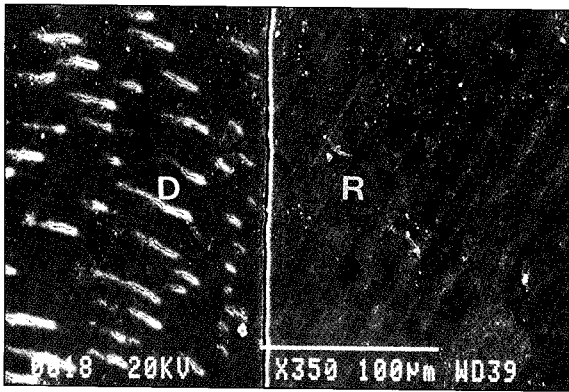
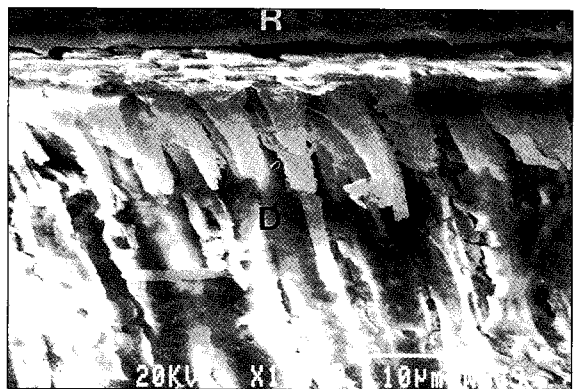


Fig. 11. Experimental 4 group(30 sec. dry)

