

## 치질에 접착된 자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제의 형태학적 양상

조영곤\* · 이석종 · 정진호 · 이영곤 · 김수미

조선대학교 치과대학 보존학교실

### ABSTRACT

#### MORPHOLOGICAL PATTERNS OF SELF-ETCHING PRIMERS AND SELF-ETCHING ADHESIVE BONDED TO TOOTH STRUCTURE

Young-Gon Cho\*, Seok-Jong Lee, Jin-Ho Jeong, Young-Gon Lee, Soo-Mee Kim

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University*

The purpose of this study was to compare in vitro interfacial relationship of restorations bonded with three self-etching primer adhesives and one self-etching adhesive.

Class I cavity preparations were prepared on twenty extracted human molars. Prepared teeth were divided into four groups and restored with four adhesives and composites: Clearfil SE Bond/Clearfil™ AP-X (SE), UniFil Bond/UniFil® F (UF), FL Bond/Filtek™ Z 250 (FL) and Prompt L-Pop/Filtek™ Z 250 (LP)

After storing in distilled water of room temperature for 24 hours, the specimens were vertically sectioned and decalcified. Morphological patterns between the enamel/dentin and adhesives were observed under SEM.

The results of this study were as follows:

1. They showed close adaptation between enamel and SE, UF and FL except for LP.
2. The hybrid layer in dentin was 2  $\mu\text{m}$  thick in SE, 1.5  $\mu\text{m}$  thick in UF, and 0.4  $\mu\text{m}$  in both FL and LP. So, the hybrid layers of SE and UF were slightly thicker than that of FL and LP.
3. The lengths and diameters of resin tags in UF and FL were similar, but those of LP were slightly shorter and slenderer than those of SE.
4. The resin tags were long rod shape in SE, and funnel shape in other groups.

Within the limitations of this study, it was concluded that self-etching primer adhesives showed close adaptation on enamel. In addition, the thickness of hybrid layer ranged from 0.4-1.5  $\mu\text{m}$  between adhesives and dentin. The resin tags were long rod or funnel shape, and dimension of them was similar or different among adhesives.

**Key words** : Morphological patterns, Self-etching primer adhesive, Self-etching adhesive, SEM, Hybrid layer, Resin tags

### I. 서 론

범랑질과 상아질을 산부식 처리한 후 프라이머와 접착제를 각각, 또는 프라이머와 접착제를 동시에 적용하는 total etching 접착 시스템은 치질에 대한 우수한 접착력을 제공하고 있다<sup>1-4)</sup>. 그러나 이들은 접착 술식을 위해 산부식 처리

후 세척과 여러 단계의 복잡한 과정을 필요로 한다<sup>5)</sup>. 또한 접착제에 사용되는 용매의 종류와 관계없이 반드시 습윤한 (moist) 상아질에서 접착제를 적용하여야 하며<sup>6,7)</sup> 특히, 상아질을 건조하는 단계에서 과도한 건조나 과습윤에 의해 접착능이 저하되는 매우 민감한 재료로 알려져 있다<sup>8,9)</sup>.

따라서 접착 술식을 단순하게 하고, 치질의 건조시 발생되

는 임상적인 문제점을 해결하기 위해 자가 산부식 프라이머 접착제(self-etching primer adhesive)와 자가 산부식 접착제(self-etching adhesive)가 치과계에 소개되었다. 자가 산부식 프라이머 접착제는 치질의 처리제(conditioner)와 프라이머(primer)의 역할을 동시에 수행한 후 접착제를 적용하는 술식을 이용하고 있으며<sup>10-13)</sup>, 가장 최근에 소개된 자가 산부식 접착제는 치질의 처리제, 프라이머, 접착제의 역할을 동시에 수행하는 소위 "all-in-one" 시스템이다<sup>14-17)</sup>.

자가 산부식 프라이머 접착제와 자가 산부식 접착제의 기본적인 접착원리는 법랑질과 상아질 면에서 탈회와 레진의 침투가 동시에 일어나도록 하여 치질과 접착제간에 연속체를 형성하는 것이다<sup>18)</sup>.

Shimada 등<sup>4)</sup>은 자가 산부식 프라이머 접착제(Clearfil SE Bond)와 단일병 접착제(Single Bond)로 처리한 법랑질 표면의 부식정도와 미세 전단결합강도를 평가한 결과, 자가 산부식 프라이머로 처리된 법랑질은 약 1 $\mu$ m, 인산으로 처리된 법랑질은 10 $\mu$ m의 깊이로 부식되었다. 그러나 이와 같은 법랑질 표면의 부식 깊이의 차이에도 불구하고 미세 전단결합강도에서는 오히려 자가 산부식 프라이머 접착제가 단일병 접착제보다 높은 미세 전단결합강도를 나타냈다고 보고하였다. 한편 Breschi 등<sup>19)</sup>과 Vargas<sup>20)</sup>는 주사전자현미경하에서 자가 산부식 접착제(Prompt L-Pop)에 의한 법랑질의 부식양상은 인산에 의해 형성된 것과 아주 유사하다고 보고하였다.

최근의 상아질 접착제의 접착기전은 탈회된 상아질에 친/소수성(ambiphilic) 분자가 침투되므로써 중합된 접착제와 콜라겐 섬유가 혼합된 혼성층의 형성에 의한다<sup>18)</sup>. 자가 산부식 프라이머 접착제와 자가 산부식 접착제는 약한 산성 성분에 의해 도말층과 상아질 표면내에 있는 수산화 인회석(hydroxyapatite)을 부분적으로 용해하므로써 상아질에 얇은 혼성층을 형성하고<sup>21-23)</sup>, 또한 중합수축에 의한 응력(stress)에 잘 저항하는 것으로 보고되고 있다<sup>24)</sup>.

Pereira 등<sup>7)</sup>은 자가 산부식 프라이머 접착제(Clearfil Liner Bond 2V)와 단일병 접착제(Single Bond)의 미세 인장결합강도와 혼성층의 두께를 비교한 결과 두 접착제간

의 강도는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며, 혼성층의 두께는 각각  $0.5 \pm 0.3 \mu\text{m}$ 와  $3.0 \pm 0.9 \mu\text{m}$ 로 나타나 자가 산부식 프라이머 접착제가 단일병 접착제에 비해 얇은 혼성층 두께를 보였다고 보고하였다.

본 연구의 목적은 발거된 대구치의 1급 와동에 적용된 자가 산부식 프라이머 접착제와 자가 산부식 접착제의 법랑질에 대한 접착관계와 상아질에서의 혼성층 및 레진 테그의 형태학적인 양상을 상호 비교, 평가하기 위함이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 실험재료

교합면에 우식병소가 없는 최근에 발거된 상·하악 대구치 20개를 실험치아로 사용하였다.

본 실험에 사용된 접착제와 복합레진은 Table 1에서와 같이 3종의 자가 산부식 프라이머 접착제와 1종의 자가 산부식 접착제 및 복합레진(색조 A3)을 사용하였으며, 본 실험에 사용된 접착제의 화학적 조성은 Table 2에 표시하였다.

접착제와 복합레진의 중합을 위해 광조사기로는 Spectrum™ 800(Dentsply Caulk, USA)을 사용하였으며 광강도는 500 mW/cm<sup>2</sup>를 이용하였다.

### 2. 연구방법

#### (1) 1급 와동형성과 군 분류

발거된 상·하악 대구치 20개의 치아 표면에 부착된 이물질을 scaler를 이용하여 깨끗하게 제거한 후, 실험직전까지 생리식염수에 보관하였다.

고속 엔진용 #702 carbide bur를 이용하여 각 치아의 교합면에 1급 와동을 형성하고, 평활한 와동벽을 얻기 위하여 저속 엔진용 #702 carbide bur를 사용하였다.

와동의 깊이는 소와와 열구에서 3 mm 정도로 하였다. 근원심 폭경은 근심 소와에서 원심 소와까지의 거리로 하였고, 협설 폭경은 협측 교두정에서 설측 교두정까지의 거리

**Table 1.** Group classification of three self-etching primer adhesives and one self-etching adhesive

Group	Adhesives	Composite Resins	Manufacturers
SE	Clearfil SE Bond	Clearfil™ AP-X	Kuraray Medical Inc., Japan
UF	UniFil Bond	UniFil® F	GC Corporation, Japan
FL	FL Bond	Filtek™ Z 250	Shofu Inc., Japan
LP	Prompt L-Pop	Filtek™ Z 250	3M Dental Products, U.S.A.

**Table 2.** Chemical formulations of four adhesive systems

Material	Primer	Bonding resin	Resin composite
Clearfil SE Bond (pH- 1.9)	MDP, HEMA, water, photoinitiator, acclerators, catalyst	MDP, HEMA, MFM, photoinitiator, acclerators, catalyst, microfiller	Clearfil™ AP-X
UniFil Bond (pH- 2.0)	polycarboxylic acid monomer(4-MET), HEMA, ethanol, distilled water	Urethane dimeth-acrylate, dimet- hacrylate, HEMA, silica filler	UniFil® F
FL Bond (pH- 2.5)	Primer A: water, ethanol , initiator Primer B: 4-AET, 4-AETA, HEMA, initiator	4-AET, HEMA, UDMA, glass- ionomer filler, microfiller(SiO2) initiator, fluoride	Filtek™ Z 250
Prompt L-Pop (pH- 1)		First reservoir: methacrylate phosphates, Initiators, stabilizers Second reservoir: water, stabilizers, complex fluoride	Filtek™ Z 250

MDP: 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate,

HEMA: 2-hydroxyethylmethacrylate, 4-MET: 4-methacryethyl trimellitic acid,

MFM: multi-functional methacrylate, 4-AET: 4-acryloxyethyltrimellitic acid,

4-AETA: 4-acryloxyethyltrimellitate anhydride

로 하였다. 변연은 치아의 외면과 90도가 되도록 형성하였다.

와동의 형성이 완료된 20개의 치아는 무작위로 5개씩 선택하여 4개의 군으로 분류하였다. 접착제를 도포하기 전에 모든 와동은 air-water 시린지로 깨끗이 세척하고 과잉의 물은 air 시린지로 건조하였다. 각 군의 와동에 다음과 같이 4종의 접착제 중 하나의 접착제를 도포하고 복합레진을 적층으로 충전하였다.

#### 1) SE 군(Clearfil SE Bond 군)

primer를 공급된 솔에 적셔 와동벽에 도포하고 20초간 방치한 다음 air 시린지로 primer를 건조하였다. bond를 공급된 솔에 적셔 와동에 도포한 후, air 시린지로 가볍게 붙여 와동벽에 충분히 퍼지도록 하고 Spectrum™ 800으로 10초간 광조사하였다. Clearfil™ AP-X를 두 번 나누어 와동에 충전하였고 각각 40초간 광조사하였다.

#### 2) UF 군(UniFil Bond 군)

UniFil Bond Self-Etching Primer를 공급된 솔에 묻혀 와동에 도포하고 20초간 기다린 다음, air 시린지로 가볍게 붙여 건조한 즉시 와동에 UniFil Bond Bonding Agent를

도포하고 10초간 광조사하였다. 와동에 UniFil F를 두 번 나누어 충전하였고 각각 40초간 광조사하였다.

#### 3) FL 군(FL Bond 군)

용기에 primer A와 primer B를 동량 분배하여 micro-brush로 혼합하고 와동에 primer를 도포하여 10초간 방치한 후, air 시린지로 primer를 건조하였다. 용기에 bonding agent를 분배하여 bonding agent를 공급된 솔에 적셔 와동에 도포하고 10초간 광조사하였다. 와동에 Filtek™ Z 250을 두 번 나누어 충전하였고 각각 40초간 광조사하였다.

#### 4) LP 군(Prompt L-Pop 군)

제조회사의 지시에 따라 용액을 혼합하여 공급된 솔에 접착제가 도달되도록 한 다음, 솔에 중등도의 압력을 가하여 15초간 문지르면서 와동에 접착제를 도포하였다. 접착제를 air 시린지로 가볍게 붙여 와동의 벽에 충분히 퍼지도록 하고 표면에 광택이 나면 10초간 광조사하였다. 와동에 Filtek™ Z 250을 두 번 나누어 충전하였고 40초간 광조사하였다.

각 실험치아의 복합레진 표면은 12-bladed finishing

bur와 abrasive points를 이용하여 마무리와 연마를 시행한 후 실온의 온도에서 증류수에 24시간 동안 보관하였다.

## (2) SEM 관찰을 위한 시편제작

주수하에서 저속의 다이아몬드 디스크를 이용하여 각 치아의 치근을 제거한 후, 각 수복물의 중앙부가 양분되도록 치아의 협설 방향으로 절단하였다. 각 시편의 절단된 표면은 주수하에서 600 grit silicone carbide papers로 연마하였다.

각 군의 시편은 5% 염산과 물에 교대로 침적한 후, 흐르는 물에 세척하고 5% 차아염소산 나트륨에 12시간 동안 보관하여 시편의 탈회와 탈단백을 시행하였다.

각 시편을 건조한 후, 전자 현미경 관찰을 위해 각 시편을 stub에 부착하여 2 KV와 20 mA의 전압과  $4 \times 10^{-2}$  bar/pa의 진공상태에서 1분 동안 225 Å 두께로 금도금하였다. 주사전자 현미경 (JSM-840A Scanning Microscope JEOL LTD., Japan)하에서 각 군의 복합레진과 법랑질 및 상아질 계면을 관찰하여 Polaroid 667필름(Kodak Co., U.S.A.)으로 촬영하였다.

## III. 연구성적

1급 와동에서 접착제의 법랑질에 대한 접착관계와 상아질에서의 혼성층과 레진 태그의 형태학적인 양상은 다음과 같이 나타났다(Table 3).

### 1) SE 군

법랑질과 Clearfil SE Bond의 계면은 긴밀한 접착을 나타냈다(Fig. 1). 상아질과 Clearfil SE Bond 계면 사이에  $2 \mu\text{m}$ 의 혼성층이 형성되었고, 상아질 측으로  $5-15 \mu\text{m}$ 의 레진 태그가 나타났다(Fig. 2, 3). 레진 태그는 비교적 일정한 두께의 긴 막대기 모양으로 나타났으며, 레진 태그의 직경은 혼

성층 부분에서  $2.3 \mu\text{m}$ , 끝 부분에서  $1.3 \mu\text{m}$ 를 나타냈다. 레진 태그에서 측방으로 짧은 측지(lateral branches)가 나타났다.

### 2) UF 군

법랑질과 복합레진 사이에 두꺼운 접착층(adhesive layer)이 나타났으며, UniFil Bond와 법랑질 계면은 긴밀한 접착을 나타냈다(Fig. 4).

상아질과 UniFil Bond 계면 사이에  $1.5 \mu\text{m}$ 의 혼성층이 형성되었고, 상아질 측으로  $3-12 \mu\text{m}$ 의 레진 태그가 나타났다(Fig. 5, 6). 레진 태그는 긴 삼각형 형태의 funnel 모양으로 나타났으며, 레진 태그의 직경은 혼성층 부분에서  $3 \mu\text{m}$ , 끝 부분에서  $1 \mu\text{m}$ 를 나타냈다. 레진 태그에서 측방으로 짧은 측지가 나타났다.

### 3) FL 군

법랑질과 FL Bond의 계면은 긴밀한 접착을 나타냈다(Fig. 7). 상아질과 FL Bond 계면 사이에  $0.4 \mu\text{m}$ 의 혼성층이 형성되었고, 상아질 측으로  $2-12 \mu\text{m}$ 의 레진 태그가 나타났다(Fig. 8, 9). 레진 태그는 긴 funnel 모양으로 나타났으며, 레진 태그의 직경은 혼성층 부분에서  $3 \mu\text{m}$ , 끝 부분에서  $1 \mu\text{m}$ 를 나타냈다. 레진 태그에서 측방으로 짧은 분지가 나타났다.

### 4) LP 군

법랑질과 복합레진 사이에 두꺼운 층의 접착층이 나타났으며, 법랑질과 Prompt L-Pop 계면 사이에 간극이 나타났다(Fig. 10). 상아질과 Prompt L-Pop 계면 사이에  $0.4 \mu\text{m}$ 의 혼성층이 형성되었고, 상아질 측으로  $4-8 \mu\text{m}$ 의 레진 태그가 나타났다(Fig. 11, 12). 레진 태그는 짧은 funnel 모양으로 나타났으며, 레진 태그의 직경은 혼성층 부분에서  $2.4 \mu\text{m}$ , 끝 부분에서는  $0.6 \mu\text{m}$ 를 나타냈다. 레진 태그에서 측방으로 짧은 분지가 나타났다.

**Table 3.** Hybrid layer thickness (HLT), resin tags length (RTL), resin tags diameter (RTD) and resin tags shape (RTS) of the tested adhesives

Adhesives	HLT ( $\mu\text{m}$ )	RTL ( $\mu\text{m}$ )	RTD ( $\mu\text{m}$ )	RTS
Clearfil SE Bond	2.0	5-13	B: 2.3, E: 1.3	long rod
UniFil Bond	1.5	3-12	B: 3.0, E: 1.0	long funnel
FL Bond	0.4	2-12	B: 3.0, E: 1.0	long funnel
Prompt L-Pop	0.4	4-8	B: 2.4, E: 0.6	short funnel

\* B: Base diameter of resin tags, E: End diameter of resin tags

#### IV. 총괄 및 고찰

Buonocore<sup>25)</sup>의 산부식법이 소개된 이래, 법랑질의 처리를 위해 그동안 사용되었던 산부식제는 30-40%의 인산을 흔히 사용하였으며<sup>10,26)</sup>, 이것에 의해 형성된 3-50 $\mu$ m의 부식 깊이는 법랑질에 미세한 공포(porosities)를 제공하여 접착제와 미세한 기계적 유지를 이루었다<sup>26)</sup>. 그러나 최근에 인산을 사용하지 않고 법랑질을 처리하는 상아질 접착제가 사용되고 있다<sup>9,27)</sup>.

자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제는 친수성의 산성 단량체를 사용하여 법랑질의 부식처리와 단량체의 침투를 동시에 수행함으로써 술식을 단순화하였다<sup>28,29)</sup>. 자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제에 있는 반응 성분은 인산 에스테르(phosphate ester) 또는 카르복실 산(carboxylic acid)과 메타아크릴릭 산(methacrylic acid) 같은 산성 단량체의 혼합체로서<sup>11)</sup>, phosphate 기는 법랑질을 부식하고, methacrylate 기는 접착제와 복합레진에 공중합하는데 이용된다<sup>30)</sup>. 이러한 과정을 통해 형성된 반응산물이나 잔존 인산 에스테르는 차후에 접착층으로 중합되기 때문에 이들을 세척할 필요가 없게된다<sup>31)</sup>.

본 연구에서 사용된 접착제의 법랑질 벽에 대한 접착관계는 SE 군, UF 군, FL 군 모두에서 긴밀한 접착을 이루었다. Kubo 등<sup>12)</sup>은 Clearfil SE Bond의 법랑질에 대한 부식양상과 전단결합강도를 평가한 결과, 법랑질의 부식양상은 불분명하게 나타났지만 기계적인 응력에 충분히 저항할 수 있는 결합강도를 나타냈다고 보고하였다. 또한, Shimada 등<sup>4)</sup>은 주사전자 현미경적인 관찰에서 Clearfil SE Bond는 법랑질과 미세기계적으로 강한 접착을 이루었다고 보고하여, 본 연구에서 Clearfil SE Bond가 법랑질에 긴밀한 접착을 이룬 결과와 일치하였다.

Miyazaki 등<sup>32)</sup>은 Fluorobond(FL)의 법랑질에 대한 부식양상과 접착관계를 관찰한 결과, FL은 법랑소주를 부식하였고 법랑질과 FL간에 기계적인 유지가 관찰되었다고 보고하였다. Yoshiyama 등<sup>33)</sup>도 FL과 법랑질 계면에 어떠한 간극도 나타나지 않았다고 보고하여 본 연구에서 나타난 FL 군의 결과와 일치하였다.

이와 같이 SE 군, UF 군, FL 군이 법랑질 벽과 긴밀한 접착을 이룬 이유는 성분중에 포함된 산에 의해 법랑질 표면이 효과적으로 부식되었고, 또한 레진 단량체가 부식된 법랑질 표면으로 적절히 침투되었기 때문으로 사료된다.

본 연구에서 LP 군은 다른 군과는 달리 법랑질 벽과 접착제의 계면에서 간극이 나타나 법랑질에 대한 접착이 개선되어야 할 것으로 생각되었다.

조 등<sup>34)</sup>은 자가 산부식 프라이머(Clearfil SE Bond, UniFil Bond, FL Bond)와 자가 산부식 접착제(Prompt L-Pop)의 법랑질에 대한 미세누출을 평가한 결과, Prompt

L-Pop이 자가 산부식 프라이머보다 변연 누출이 더 높게 나타났다고 보고 하였다. 또한 Pradelle-Plasse 등<sup>16)</sup>은 Prompt L-Pop과 단일병 접착제의 법랑질에 대한 미세누출을 비교한 결과, Prompt L-Pop이 높은 미세누출을 보였다고 보고하였고 이는 Prompt L-Pop이 법랑질을 충분히 탈회하지 못하였기 때문이라고 설명하였다.

Sphor 등<sup>35)</sup>은 상아질에 대한 자가 산부식 프라이머의 사용은 임상에서 수용할 수 있는 결과를 나타내었다고 보고하였다. 자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제는 도말층으로 덮힌 상아질에 적용한 후 공기로 건조한다. 그러면 이들에 포함된 산성성분이 도말층을 통과하여 하방의 상아질을 탈회시킨다. 탈회는 상아질의 중화능력과 그 이상의 용해를 제한하는 고농도의 칼슘과 인산염의 이온효과로 인하여 제한된다<sup>36)</sup>. 탈회와 동시에 단량체는 상아질의 짧은 거리만큼 확산되어 얇지만 강한 결합을 이루게 된다<sup>37,38)</sup>.

인산과 자가 산부식 프라이머의 상아질 부식에 관하여 Santini 등<sup>39)</sup>은 자가 산부식 프라이머는 인산에 비해 얇은 상아질 부식깊이를 나타낸다고 하였으며, Milia 등<sup>40)</sup>은 인산은 자가 산부식 프라이머와 비교하였을 때 콜라겐의 형태학적인 변화를 초래하여 접착에 역효과를 줄 것이라고 보고하였다.

1982년 Nakabayashi<sup>13)</sup>에 의해 혼성(hybridization)의 개념이 소개된 이래, 상아질 접착제에 의한 혼성층의 형성은 레진의 봉쇄능을 개선하는데 아주 중요한 역할을 하고, 이는 레진의 접착기전으로 알려지고 있다<sup>26)</sup>. 혼성층은 콜라겐의 잔존 무기질 입자와 레진으로 구성되어 있으며<sup>41)</sup>, 이러한 혼성조직은 상아질이 탈회되고 레진 단량체가 침투되어 중합될 때 형성된다. 자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제는 인산보다 약산을 사용하므로, 낮은 부식력으로 인해 일반적으로 상아질에서 혼성층의 두께는 얇게 형성된다<sup>42)</sup>.

본 연구에 사용된 자가 산부식 프라이머 접착제는 상아질과의 접착을 위해 같은 방식을 이용하고 있다. 상아질에 짧은 부식을 수행하고, 친수성의 접착제를 습윤한 치질에 적용한다. 이러한 상황에서 접착제는 부식에 의해 노출된 상아세관은 물론 콜라겐 망상구조에 침투되는 것으로 예상된다. 본 연구에서 상아질과 각 접착제간에 형성된 혼성층의 두께는 SE 군과 UF 군에서 각각, 2 $\mu$ m와 1.5 $\mu$ m로 나타났으며, FL 군과 LP 군에서는 모두 0.4 $\mu$ m로 나타났다. 비록 본 연구에서 사용된 자가 산부식 프라이머가 같은 방식으로 접착되었지만 SE 군과 UF 군에서 형성된 혼성층의 두께는 FL 군에서 보다 약간 더 두껍게 나타났다.

상아질과 FL Bond 계면에서 형성된 혼성층 두께에 관하여 Miyazaki 등<sup>32)</sup>은 0.5-1.5 $\mu$ m, Yoshiyama 등<sup>43)</sup>은 1 $\mu$ m, Ogata 등<sup>44)</sup>은 0.6 $\pm$ 0.1 $\mu$ m 두께의 혼성층이 형성되었다고 보고하였다. 본 연구에서 FL 군의 혼성층 두께는 0.4 $\mu$ m를 나타내어 Ogata 등<sup>44)</sup>의 결과와 유사하게 나타났다. 이와 같

이 각 실험에 따른 혼성층 두께의 차이는 실험에 사용된 치아, 상아질의 깊이, 상아세관의 방향 등에 의해 영향을 받기 때문으로 사료된다.

Pradelle-Plasse 등<sup>16)</sup>은 상아질에 대한 미세누출 비교에서 Clearfil SE Bond가 Prompt L-Pop보다 낮게 나타났으며, 이러한 결과는 필러의 존재유무와 이에 따른 점도의 차이와 관련이 있는 것으로 보고하였다. 또한 Frankenbergers 등<sup>45)</sup>은 Prompt L-Pop의 도포회수와 필러의 첨가에 따른 혼성층을 관찰하였다. Prompt L-Pop을 한번 도포한 경우에는 일정치 않은 혼성층이 형성된 반면, 여러번 도포 한 경우에는 1 $\mu$ m 두께의 명확한 혼성층이 형성되었고, 필러(quartz)를 첨가한 경우 일정한 두께의 혼성층(1-2 $\mu$ m)이 형성되었다고 보고하였다.

Li 등<sup>14)</sup>은 상아질 계면에서의 Clearfil SE Bond, UniFil Bond, Prompt L-Pop의 nanoleakage를 주사전자 현미경으로 관찰한 결과, Clearfil SE Bond와 UniFil Bond가 Prompt L-Pop에 비해 우수한 결과를 나타냈다고 하였다. 이러한 이유는 Clearfil SE Bond의 프라이머에 함유된 MDP와 개선된 catalyst, 그리고 UniFil Bond에 있는 4-MET 단량체 성분 때문이라고 하였다.

이상의 연구문헌을 토대로 각 접착제의 상아질에 대한 접착과 형성된 혼성층의 두께는 재료중에 함유된 단량체의 기능적인 차이, 특히 각 단량체의 pH의 차이(SE: 1.9, UF: 2.0, FL: 2.5, LB: 1.4)와 접착제의 점도<sup>46)</sup> 및 필러의 첨가 유무와 도포회수 등에 의해 차이가 날 수 있음을 알 수 있었다.

한편, 본 연구에서 사용된 탈회시편은 레진 테그의 특성을 평가하는데 아주 유용하였다. 본 연구에서 레진 테그의 모양은 SE 군에서 긴 막대기 모양을 나타냈으며, UF 군, FL 군, LP 군은 모두 funnel 모양을 나타내었다. 또한 모든 군에서 레진 테그에서 측방으로 나가는 짧은 분지를 관찰할 수 있었다.

본 연구에서 레진 테그의 모양을 평가하여 볼 때 UF 군, FL 군, LP 군이 SE 군에 비해 관주 상아질을 더 많이 탈회시킨 것을 알 수 있었다. 레진 테그와 레진 테그의 측지의 역할은 아직까지 분명하지 않지만 이들의 존재는 상아질과 레진의 접착에 긍정적인 역할을 하는 듯하다<sup>47-49)</sup>.

본 연구에서 사용된 접착제에 의해 형성된 레진 테그의 길이와 직경은 접착제의 종류에 따라 거의 유사하거나 다소 다르게 나타났다. UF 군과 FL 군에서 레진 테그의 길이는 각각 3-12 $\mu$ m, 2-12 $\mu$ m를 나타내었고, 레진 테그의 직경은 혼성층 부분에서 모두 3 $\mu$ m, 끝 부분에서 모두 1 $\mu$ m를 나타내어 UF 군과 FL 군의 레진 테그 길이와 직경은 거의 유사하게 나타났다. 한편 SE 군과 LP 군은 레진 테그의 길이가 각각 5-13 $\mu$ m과 4-8 $\mu$ m를 나타냈으며, 레진 테그의 직경은 SE 군과 LP 군에서 각각, 혼성층 부분은 2.3 $\mu$ m과 2.4 $\mu$ m를,

끝 부분은 1.3 $\mu$ m과 0.6 $\mu$ m를 나타내어 LP 군이 SE 군에 비해 레진 테그가 짧고 약간 가늘게 나타났다.

UniFil Bond와 FL Bond는 성분 중 용매로서 에탄올과 물을 가지고 있으며, 이는 상아질에서 용매의 확산을 증가시켜 접착을 향상시킬 것이다. 상아세관에 있는 수분은 에탄올을 상아세관으로 잡아당겨 에탄올과 함께 레진을 취하게 되며, 건조시 에탄올과 수분이 증발되면 상아세관에 레진만 남게될 것이다. 본 연구의 UF 군과 FL 군에서 레진 테그의 길이와 직경, 그리고 모양이 유사하게 나타난 이유는 두 재료에 함유된 용매가 같기 때문으로 사료된다.

한편, Clearfil SE Bond와 Prompt L-Pop은 water-based 접착제로서 두 재료 모두에서 물을 용매로 사용하고 있지만 레진 테그의 길이와 직경, 그리고 모양에 있어서 서로 다르게 나타났다. 이러한 결과는 두 재료의 적용방법과 함유된 성분의 차이 때문으로 사료된다.

레진 테그의 크기와 모양이 상아질과의 접착에 어떠한 영향을 미치는가에 관하여서는 아직까지 알려져 있지 않다. 따라서 앞으로 이에 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구를 종합하여 보면 법랑질 벽에서 Clearfil SE Bond, UniFil Bond, FL Bond는 긴밀한 접착을 나타냈으나 Prompt L-Pop은 간극을 나타냈다. 상아질 벽에서 혼성층의 두께는 접착제의 종류에 따라 0.4~1.5 $\mu$ m의 범위로 나타났다. 레진 테그의 모양은 긴 막대기 또는 funnel 모양으로 나타났으며, 레진 테그의 크기는 접착제간에 유사하거나 다소 다르게 나타났다.

## V. 결 론

본 연구는 1급 와동에서 3종의 자가 산부식 프라이머 접착제와 1종의 자가 산부식 접착제의 법랑질에 대한 접착관계와 상아질에서의 혼성층과 레진 테그의 형태학적인 양상을 상호 비교하였다. 20개의 발거된 상, 하악 대구치의 교합면에 1급 와동을 형성하여 4개의 군으로 분류하였다. SE 군은 Clearfil SE Bond와 Clearfil™ AP-X, UF 군은 UniFil Bond와 UniFil® F, FL 군은 FL Bond와 Filtek™ Z 250, LP 군은 Prompt L-Pop과 Filtek™ Z 250으로 와동을 수복하였다.

각 시편의 복합레진 표면은 finishing bur와 abrasive points로 마무리와 연마를 시행하였고, 24시간 동안 종류수에 보관하였다. 각 시편은 협설 방향으로 양분하고 절단된 표면은 주수하에서 600 grit silicone carbide papers로 연마하였다. 각 시편은 5% 염산과 5% 차아염소산 나트륨에 교대로 침적한 후, 흐르는 물에 세척하고 5% 차아염소산 나트륨에 12시간 동안 보관하여 시편의 탈회와 탈단백을 시행하고 주사전자 현미경하에서 관찰하였다.

이상의 실험을 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

1. LP 군을 제외한 SE 군, UF 군, FL 군은 법랑질과 접착제 계면에서 긴밀한 접착을 나타내었다.
2. 상아질에서 혼성층의 두께는 SE 군은 2 $\mu$ m, UF 군은 1.5 $\mu$ m, FL 군과 LP 군은 모두 0.4 $\mu$ m를 나타내어 SE 군과 UF 군이 FL 군과 LP 군보다 약간 두껍게 나타났다.
3. UF 군과 FL 군의 레진 테그의 길이와 직경은 유사하였으며, LP 군의 레진 테그는 SE 군보다 약간 짧고 가늘게 나타났다.
4. 레진 테그의 모양은 SE 군에서는 일정한 두께의 긴 막대기 모양으로 나타났으며, 다른 군에서는 모두 funnel 모양으로 나타났다.

### 참고문헌

1. Besnault C, Attal JP : Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II composite restorations. *J Dent* 30 : 1-6, 2002.
2. Cardoso PEC, Carrilho MRO, Francci CEF, Perdigao J : Microtensile bond strengths of one-bottle dentin adhesives. *Am J Dent* 14 : 22-24, 2001.
3. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H : Resin-tooth adhesive interfaces after long-term function. *Am. J. Dent.* 14 : 211-215, 2001.
4. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow MF, Nakaoki Y, Tagami J : Bone strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Oper Dent* 27 : 403-409, 2002.
5. Nunes MF, Swift Jr. EJ, Perdigao J : Effects of adhesive composition on microtensile bond strength to human dentin. *Am J Dent* 14 : 340-343, 2001.
6. Abdalla AI, Garcia-Godoy F : Morphological characterization of single bottle adhesives and vital dentin interface. *Am J Dent* 15 : 31-34, 2002.
7. Pereira PNR, Okuda M, Nakajima M, Sano H, Tagami J, Pashley DH : Relationship between bond strengths and nanoleakage: Evaluation of a new assessment method. *Am J Dent* 14 : 100-104, 2001.
8. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC : Tensile bond strength of filled and unfilled adhesives to bovine dentin. *Am J Dent* 3 : 73-76, 2000.
9. Toledano M, Osorio R, Leonardi GD, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA : Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent* 14 : 205-210, 2001.
10. Hara AT, Amaral CM, Pimenta LAF, Sinhoreti MAC : Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel. *Am J Dent* 12 : 181-184, 1999.
11. Inoue S, Meerbeek BV, Vargas M, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G : Adhesion mechanism of self-etching adhesives. Advanced Adhesive Dentistry. 3rd ed. International Kuraray symposium, 131-148, 1999.
12. Kubo S, Yokota H, Sata Y, Hayashi Y : Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling. *Am J Dent* 14 : 163-169, 2001.
13. Nakabayashi N : Resin reinforced dentin due to infiltration of monomers into dentin at the adhesive interface. *Dent Mat* 1 : 78-81, 1982.
14. Li H, Burrow MF, Tyas MJ : The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mat* 18 : 111-119, 2002.
15. Pontes DG, Melo AT, Monnerat AFM : Microleakage of new all-in-one adhesive systems on dentinal and enamel margins. *Quint int* 33 : 136-139, 2002.
16. Pradelle-Plasse N, Nechad S, Tavernier B, Colon P : Effect of dentin adhesives on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage. *Am J Dent* 14 : 344-347, 2001.
17. Rosa BT, Perdigao J : Bond strengths of nonrinsing adhesives. *Quint int* 31 : 353-358, 2000.
18. Perdigao J, Frankenberger R, Rosa RT : New trends in dentin/enamel adhesion. *Am J Dent* 13 : 25-30, 2000.
19. Breschi L, Perdigao J, Mazzotti G : Ultramorphology and shear bond strengths of self-etching adhesives on enamel. *J Dent Res* 78 : 475(Abstract 2957), 1999.
20. Vargas MA : Interfacial ultrastructure of a self-etching primer/adhesive. *J Dent Res* 78 : 224(Abstract 950), 1999.
21. Nakajima M, Ogata M, Okuda M, Tagami J, Sano H, Pashley DH : Bonding to caries-affected dentin using self-etching primers. *Am J Dent* 12 : 309-314, 1999.
22. Prati C, Chersoni S, Mongiorgi R, Pashley DH : Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. *Oper Dent* 23 : 185-194, 1998.
23. Prati I, Pashley DH, Chersoni S, Mongiorgi R : Marginal hybrid layer in Class V restorations. *Oper Dent* 25 : 228-233, 2000.
24. Opdam NJM, Roeters FJM, Feilzer AJ, Verdonchot EH : Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations in vivo. *J Dent* 26 : 555-562, 1998.
25. Buonocore MC : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *J Dent Res* 78(6) : 349-353, 1955.
26. Ferrari M, Mason PN, Vichi A, Davidson CL : Role of hybridization on leakage and bond strength. *Am J Dent* 13 : 329-336, 2000.
27. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H : Fractographical analysis of resin-dentin bonds. *Am J Dent* 14 : 355-360, 2001.
28. Besnault C, Attal JP : Influence of a simulated oral environment on dentin bond strength of two adhesive systems. *Am J Dent* 14 : 367-372, 2001.
29. Miyazaki M, Onose H, Moore BK : Effect of operator variability on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 13 : 101-104, 2000.
30. Hannig M, Reiherdt K-J, Bott B : Self-etching primer vs phosphoric acid: An alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent* 24 : 172-180, 1999.
31. Ogata M, Nakajima M, Sano H, Tagami J : Effect of dentin primer application on regional bond strength to cervical wedge-shaped cavity walls. *Oper Dent* 24 : 81-88, 1999.
32. Miyazaki M, Iwasaki K, Onose H, Moore BK : Enamel and dentin bond strengths of single application bonding systems. *Am J Dent* 14 : 361-366, 2001.
33. Yoshiyama M, Matsuo T, Ebisu S, Pashley D : Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. *J Dent* 26 : 609-616, 1998.
34. 조영곤, 조공철 : 자가 산부식 프라이머와 자가 산부식 접착제

- 의 변연 미세누출. *대한치과보존학회지* 27(5) : 493-501, 2002.
35. Spohr AM, Conceicao EN, Pacheco JFM : Tensile bond strength of four adhesive systems to dentin. *Am J Dent* 14 : 247-251, 2001.
  36. Yoshiyama M, Carvalho R, Sano H, et al. : Regional bond strengths of resin human root dentin. *J Dent Res* 24 : 435-442, 1996.
  37. Chigara H, Yukitani W, Hasegawa T, et al. : Self-etching dentin primers containing phenyl-P. *J Dent Res* 73 : 1088-1095, 1994.
  38. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH : Bonding to ground dentin by a Phenyl-P self-etching Primer. *J Dent Res* 73 : 1212-1220, 1994.
  39. Santini A, Plasschaert AJM, Mitchell S : Effect of composite resin placement techniques on the microleakage of two self-etching dentin-bonding agents. *Am J Dent* 14 : 132-136, 2001.
  40. Milia E, Lallai MR, Garcia-Godoy F : In vivo effect of a self-etching primer on dentin. *Am J Dent* 12 : 167-171, 1999.
  41. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E : The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substates. *J Biomed Mat Res* 16 : 265-273, 1982.
  42. Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Pereira PNR, Tagami J : Effects of different burs on dentin bond strengths of bonding systems. *Oper Dent* 26 : 375-382, 2001.
  43. Yoshiyama M, Urayama A, Kimochi T, Matsuo T, Pashley DH : Comparison of conventional vs self-etching adhesive bonds to caries-affected dentin. *Oper Dent* 25 : 163-169, 2000.
  44. Ogata M, Okuda M, Nakajima M, Pereira PNR, Sano H, Tagami J : Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. *Oper Dent* 26 : 27-35, 2001.
  45. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, Lopes M : 'No-bottle' vs 'multi-bottle' dentin adhesive-a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mat* 17 : 373-380, 2001.
  46. Ikemura K, Kouro Y, Endo T : Effect of 4-acryloxyethyltrimellitic acid in a self-etching primer on binding to ground dentin. *Dent Mat J* 15 : 132-143, 1996.
  47. Ferrari M, Cagidiaco MC, Kugel G, et al. : Dentin infiltration by three adhesive systems in clinical and laboratory conditions. *Am J Dent* 9 : 240-244, 1996.
  48. Ferrari M, Mannocci F, Kugel G, Garcia-Godoy F : Standardized microscopic evaluation of the bonding mechanism of NRC/Prime & Bond NT. *Am J Dent* 12 : 77-83, 1999.
  49. Mjor IA, Nordhal I : The density and branching of dentin tubules in human teeth. *J Dent Res* 75 : 346(Abtract 2628), 1996.

---

## 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. 1. Enamel (E)-Clearfil SE Bond (SE) interface showed close adaptation. (SEM×1,500)
- Fig. 2. Clearfil SE Bond showing 2  $\mu\text{m}$  thick hybrid layer (h) with numerous resin tags (t). (SEM×1,500)
- Fig. 3. Higher magnification of Clearfil SE Bond showing long rod shaped resin tags (5-15  $\mu\text{m}$  long). Diameter of resin tags was 2.3  $\mu\text{m}$  thick at the base and 1.3  $\mu\text{m}$  thick at the end. (SEM×3,500)
- Fig. 4. Enamel (E)-UniFil Bond (UF) interface showed close adaptation and thick adhesive layer (a) between resin (R) and UF. (SEM×1,500)
- Fig. 5. UniFil Bond (UF) showing 1.5  $\mu\text{m}$  thick hybrid layer (h) with few resin tags(t). (SEM×1,500)
- Fig. 6. Higher magnification of UniFil Bond (UF) showing long funnel shaped resin tags (3-12  $\mu\text{m}$  long). Diameter of resin tags was 3  $\mu\text{m}$  thick at the base and 1  $\mu\text{m}$  thick at the end. (SEM×3,500)
- Fig. 7. Enamel (E)-FL Bond (FL) interface showed close adaptation. (SEM×1,500)
- Fig. 8. FL Bond showing 0.4  $\mu\text{m}$  thick hybrid layer (h) with numerous resin tags(t). (SEM×1,500)
- Fig. 9. Higher magnification of FL Bond showing long funnel shaped resin tags (2-12  $\mu\text{m}$  long). Diameter of resin tags was 3  $\mu\text{m}$  thick at the base and 1  $\mu\text{m}$  thick at the end. (SEM×3,500)
- Fig.10. Enamel (E)-Prompt L-Pop (LP) interface showed close adaptation and thick adhesive layer (a) between resin (R) and LP. (SEM×1,500)
- Fig.11. Prompt L-Pop showing 0.4  $\mu\text{m}$  thick hybrid layer with numerous resin tags (t). (SEM×1,500)
- Fig.12. Higher magnification of Prompt L-Pop showing short funnel shaped resin tags (4-8  $\mu\text{m}$  long). Diameter of resin tags was 2.4  $\mu\text{m}$  thick at the base and 0.6  $\mu\text{m}$  thick at the end. (SEM×3,500)

사진부도 ①

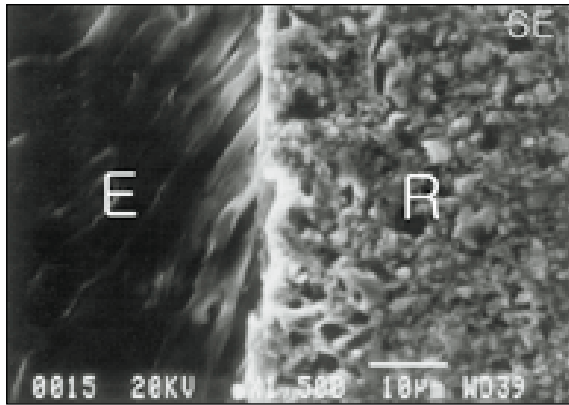


Fig. 1

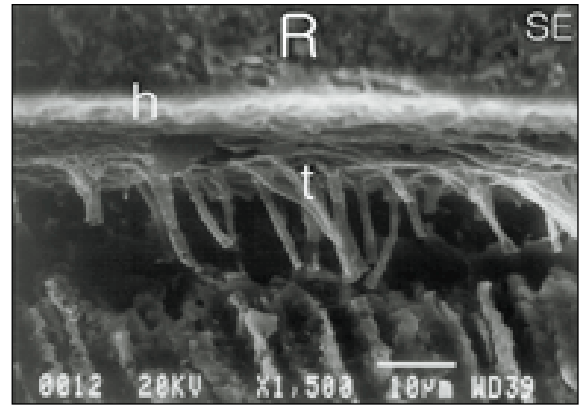


Fig. 2

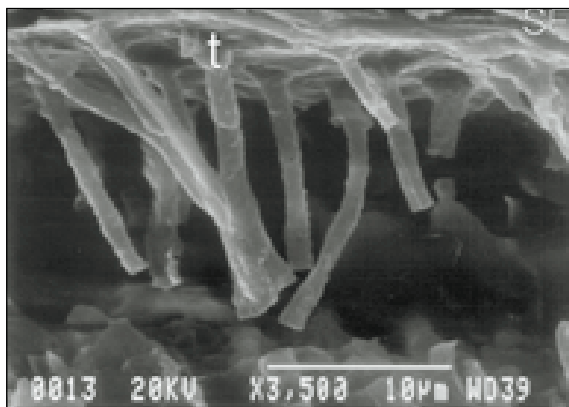


Fig. 3

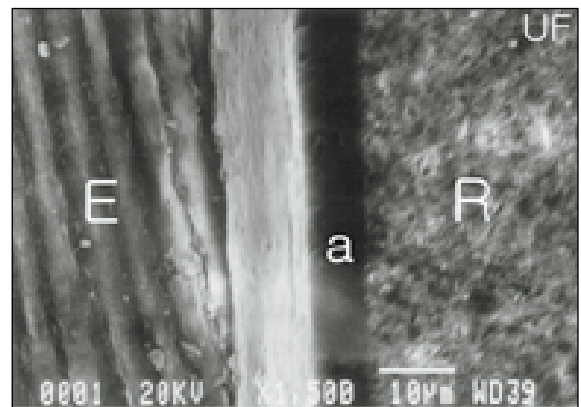


Fig. 4

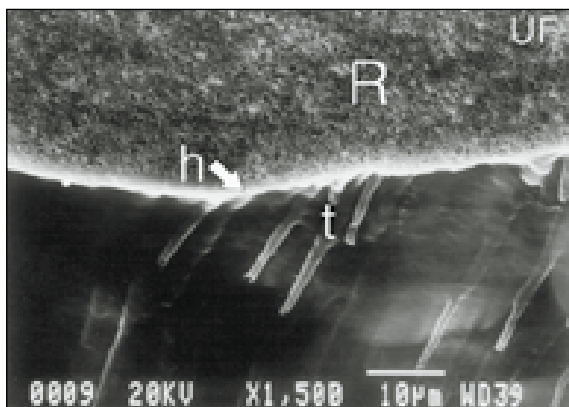


Fig. 5

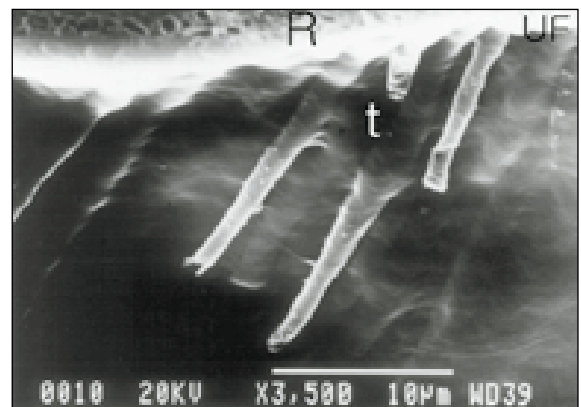


Fig. 6

사진부도 ②

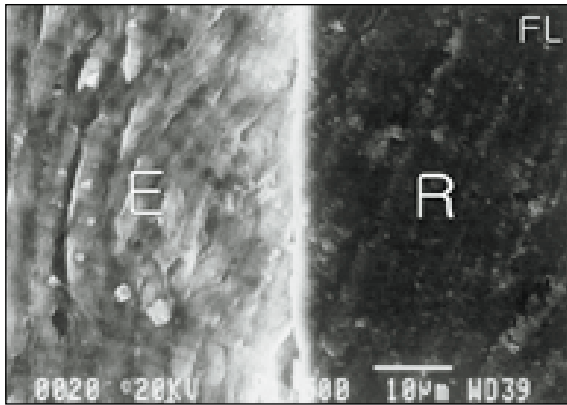


Fig. 7

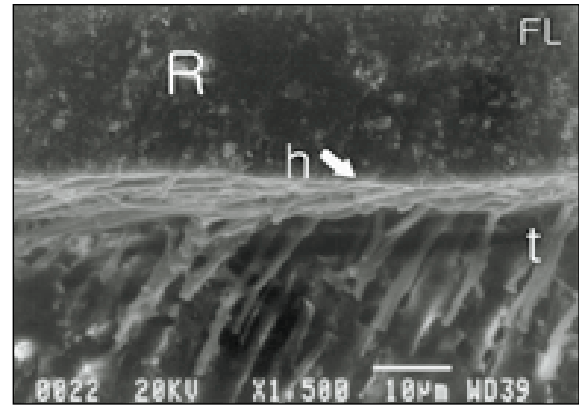


Fig. 8

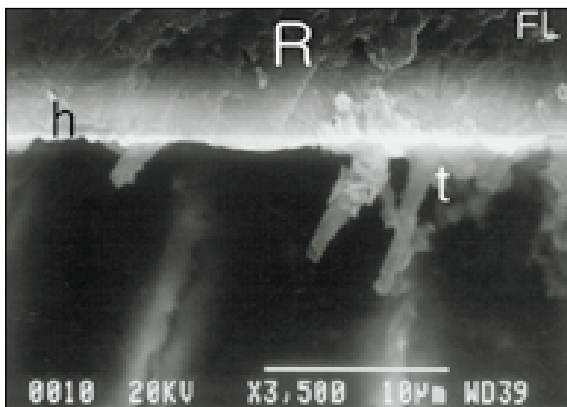


Fig. 9

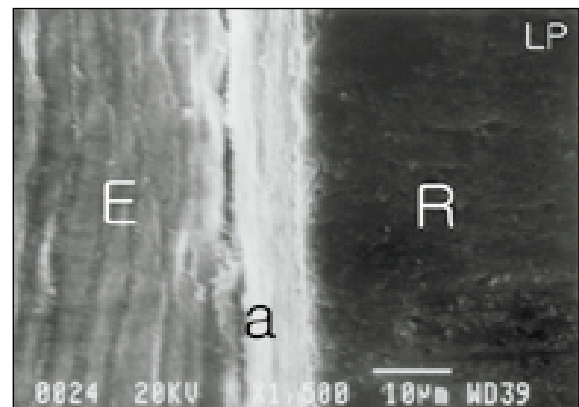


Fig. 10

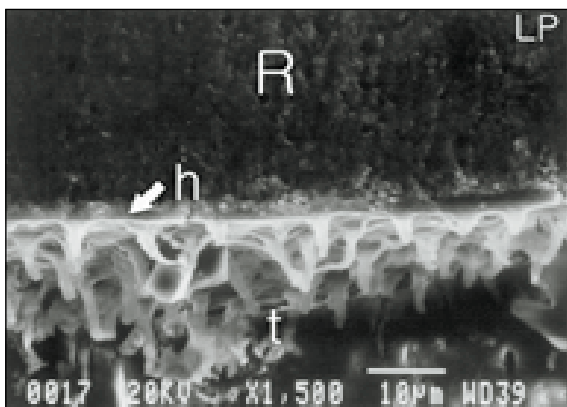


Fig. 11

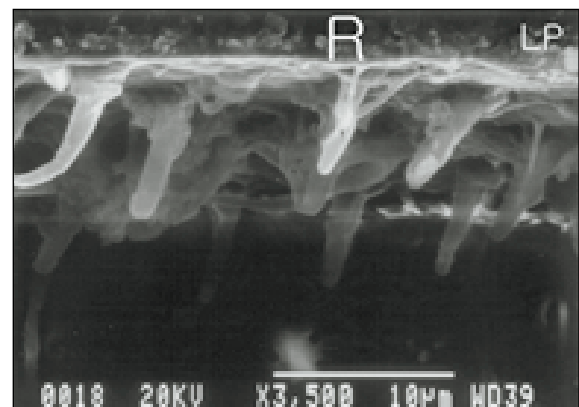


Fig. 12