

## 복합레진 수복시 상아질 표면 처리가 미세 변연 누출에 미치는 영향에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

전철민 · 권혁춘 · 이정식 · 이명중 · 엄정문

### ABSTRACT

#### THE EFFECT OF MOISTENING OF ETCHED DENTIN AND ENAMEL SURFACE ON THE MICROLEAKAGE OF COMPOSITE RESINS

Cheol-Min Jeon, Hyuk-Choon Kwon, Chung-Sik Lee,  
Myung-Jon Lee, Chung-Moon Um

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University*

The purpose of this study was to evaluate the effect of moistening and air-drying of acid conditioned dentin and enamel on the marginal microleakage. In this study, Class V cavity were prepared on both buccal and lingual surface of sixty extracted human premolars with cementum margin. These specimens were randomly divided into three groups and three dentin adhesives (Scotchbond Multi-Purpose, All bond 2, Prisma Universal Bond 3) were applied to each group.

The specimens in each group were subdivided into four groups (*Wet/primed, Dry/primed, Wet/not primed, Dry/not primed*) and the etched dentin and enamel surface were treated these four surface treatments prior to the placement of a bonding agent or adhesive.

*Wet/primed* group was simply blot-dried with a damp facial tissue before primer placement ; *Dry/primed* group was air dried for 30 seconds before the placement of a primer ; *Wet/not primed* group and *Dry/not primed* group were not primed after blot dried and air dried for 30 seconds each group.

The bonding agent and composite resin were applied for each group. All specimens were exposed to 500 cycle of thermal stress. Specimens were placed in a silver nitrate solution and then sectioned buccolingually through the center of the restoration. The dye penetrations of the specimens were observed with a stereomicroscope. The statistical test were applied to the results using a one way analysis variance (ANOVA) and Duncan's multiple

\* 본 연구논문은 서울대학병원 1995년도 임상연구비에 의하여 이루어 졌음.

range test. The aspects of silver ion penetration into the resin/dentin interface were examined under scanning electron microscopy.

The results were as follows.

1. In all groups, the enamel margin showed significantly lower leakage value than the cementum margin ( $p < 0.05$ ).
2. Regardless of various surface treatment and dentin adhesives, there was no significant difference at the enamel margins ( $p > 0.05$ ).
3. At the dentin margins, the leakage values of *Dry/not* primed group showed significantly higher than that of the other groups ( $p < 0.05$ ). The leakage values of *Wet/primed* group showed significantly lower than that of the other groups, but, there was no significant difference between *Wet* group and *Dry* group.
4. There was no significantly difference between the dentin adhesives regarding the surface treatments in all groups ( $p > 0.05$ ).
5. On the backscattered scanning electron microscopy observation, the penetration of the silver ion occurred at the bonding resin/dentin interface. In the *Wet/primed* group, resin-dentin hybrid zone and resin penetration into the dentin was observed. The resin tags were compactively formed to a thickness of 3~4 $\mu$ m at the upper part of dentinal tubules. In the *Dry/primed* group, the thickness of the hybrid zone and the diameter, depth of the resin tags diminished. In the *Non-primed* groups, the hybrid zone was not identified and few resin tag was observed. There was the gap formation in the resin/dentin interface.

**Key words :** dentin adhesive, dentin primer, moistening, backscattered image of scanning electron microscopy

## I. 서 론

치의학의 발달과 더불어 치과용 충전제로서 복합레진에 관한 많은 연구 보고가 있으며, 치질과의 결합력을 증가시키기 위하여 범랑질의 산 부식 방법과 함께 상아질 접착제에 관한 관심과 연구가 진행되어 왔다. 복합레진은 특히 5급와동 충전 시술시 근래 가장 보편적으로 사용되는 재료이며, 우수한 심미성<sup>1,2)</sup>과 시술의 간편성 등 많은 장점을 갖고 있다. 그러나, 복합레진은 중합시의 수축과 온도변화에 따른 체적 변화<sup>3)</sup>가 문제점으로 보고되어 왔으며, 이는 치질과의 미세한 변연 누출을 야기할 수 있다<sup>4,5)</sup>. 이런 변연 누출로 구강내 타액이나 미생물이 와동 내에 침투하게 되고<sup>6,7)</sup> 이로 인해

수복 후의 과민 반응, 충전물의 용해 및 파괴, 변연 변색과 2차 우식이 유발되며, 결과적으로 수복물의 수명이 단축되며 치수 병변이 발생할 수도 있다<sup>8-12)</sup>.

Buonocore<sup>13)</sup>가 제시한 산 부식 접착법으로 범랑질에서 변연 적합성의 향상으로 변연 누출은 크게 억제되었으나<sup>14)</sup> 상아질에서는 구성 성분과 표면 처리 후 구조적 특성, 상아 세관 내의 수액 이동, 중합체의 화학적 특성 등 다양한 인자<sup>15-17)</sup>들을 고려해야 하므로 범랑질에서와 같은 높은 결합력과 우수한 변연 적합성을 이루는데 많은 문제점을 갖고 있다. 상아질은 12%의 물과 18%의 유기질 그리고 70% 무기질 등 서로 다른 구성물들로 이루어져 있는 복잡한 구조물이다. 상아질의 물리적 특성중의 하나인

상아 세관은 밀도, 직경, 주행 방향 등이 치수로부터 거리에 따라 다변성이 크며, 이에 더불어 상아질에 대한 결합을 어렵게 하는 것은 도말층의 존재이다<sup>18-20)</sup>. 상아질에 대한 산 부식이 치수에 유해하다는 보고가 있었으나<sup>21,22)</sup> 현재는 산 부식으로 인한 변연 누출과 상아 세관의 개방으로 인한 세균의 침입 등이 치수에 유해하며<sup>19,23)</sup> 산부식 자체는 치수에 유해하지 않다는 보고가 지배적이고<sup>24,25)</sup> 대부분의 상아질 접착제에서 법랑질과 동일하게 산 표면 처리제를 이용하고 있다.

도말층을 제거하는 상아질 접착제의 경우 산 표면 처리제는 일정 깊이까지 상아질을 탈회시켜 콜라겐 섬유층을 노출시키며, 여기에 친수성 단량체로 구성된 접착 강화제(primer)가 침투되어, 접착레진의 침투가 용이하게 콜라겐 섬유들의 배열을 변화시키게 된다. 결과적으로, 콜라겐 섬유와 접착레진 사이에 미세 기계적 결합이 이루어지게 되고 하이브리드 층이 형성되게 된다. Nakabayashi<sup>26)</sup> 등은 단순히 상아 세관 내부로 형성된 레진 tag에 의해서는 최대 5.8MPa 이상의 물리적 결합강도를 가질 수 없다고 하였으며 그 이상의 결합강도를 나타내기 위해서는 관간 상아질내의 유기물이나 무기물과의 화학적, 물리적 결합의 산물인 하이브리드 층의 역할을 강조하고 있다.

상아질 표면에 대한 레진의 결합력과 변연 누출 정도는 도말층 제거후에 탈회된 상아질로 친수성 접착 강화제가 확산해 들어가는 정도에 따라 변화될 수 있다. 친수성 단량체가 침투하여 콜라겐 구조를 강화시킬 수 있는 깊이(10~15 μm)보다 더 깊은 탈회가 일어난다면 오히려 레진의 결합력이 감소하며, Asmussen과 Bowen<sup>27)</sup> 등도 산의 pH가 감소할수록 즉, 강산일수록 결합력이 감소한다고 보고하였다. 친수성 접착 강화제는 보통 물이나 에탄올 혹은 아세트산과 같은 용매에 adhesive promoter를 갖고 있으며, 도포된 후 건조되면, 상아질에 생리적으로 부착된 adhesive promoter만 남게 된다. 이러한 promoter는 상아질의 입계 표면 장력과 습윤도를 상승시키며 접착레진과의 결합을 용이하게 하는 소수성기도 갖고 있으므로

접착제가 치질위에서 효과적으로 퍼져 결합에 기여할 수 있도록 해준다<sup>28,29)</sup>.

산 표면 처리 후 상층부의 콜라겐 섬유들은 무기질 제거로 인해 수산화 인회석 대신에 물에 의해 지지되는 붕괴된 콜라겐 층의 형태를 갖게 되며<sup>30)</sup>, 이에 과도한 수분의 제거는 더욱 심한 콜라겐 층의 붕괴를 야기시킬 수 있다<sup>31)</sup>. 이 경우 친수성 접착 강화제가 균일하게 침투할 수 없게 되어 결과적으로 습윤 상태보다 변연 누출이 증가될 수 있다. Kanca<sup>32)</sup>와 Gwinnett<sup>33)</sup> 등은 접착 강화제 적용 전 상아질의 지나친 건조는 오히려 접착력을 저하시킬 수 있음을 보고하였다. 상아질과 법랑질에 대한 Total-etch technique이 점차 보편화 됨에 따라, 법랑질은 철저히 건조시키면서 상아질만 습윤 상태로 유지시키는 임상 시술은 사실상 불가능하게 되었다.

미세 변연 누출 측면에서 상아질을 습윤 상태로 유지시키면서 접착 강화제를 도포한 경우, 건조한 상태로 접착 강화제를 도포한 경우, 습윤과 건조 상태에서 접착 강화제를 도포하지 않은 경우 등에 대한 비교, 평가가 미약하며 Total-etch technique에서 불가피하게 상아질 접착제를 습윤된 법랑질에 적용할 경우 변연 누출의 증감에 대한 보고도 많지 않다. 이에 저자는 5급와동 형성후 현재 범용되고 있는 각기 다른 기전의 3종의 상아질 접착제(도말층 제거방식: Scotchbond Multi-Purpose와 All Bond 2, 도말층 보존 혹은 변형방식: Prisma Universal Bond 3)를 선정하여 상아질과 법랑질 표면을 습윤과 건조, 접착 강화제의 유무가 조합된 상태로 처리해 복합레진의 충전, 중합후 절산은 염색법을 이용하여 변연 누출을 관찰, 비교 평가하였다. 또한 시편을 임의 선택하여 주사 전자 현미경의 후방 산란 상으로 변연 누출 경로와 상아질에 대한 레진 침투 정도를 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

성별에 관계없이 우식증과 충진물이 없고 파절이나 손상이 없는 발거된지 일주일 이상 경과되지 않은 60개의 상, 하악 소구치를 선택하여 표면에 부착된 연조직과 치석을 제거한 후 실온의 생리식염수에 보관한 후 실험 치아로 사용하였다.

충진된 상아질 접착제와 복합레진은 Scotchbond Multi-Purpose에는 Z100(3M Dental Products)을, All Bond 2에는 Bisfil(Bisco Dental Products)을, 그리고 Prisma Universal Bond 3에는 Prisma TPH(L. D Caulk-Dentsply) 등 3종을 각각 사용하였다(Table 1). 가시광선 조사기구는 Visilux(3M Co., U. S. A.)를 사용하였다.

### 2. 실험 방법

고속엔진용 No. 701 bur를 이용하여 치경부 측에서 치은 변연부가 백악 법랑 경계 1mm

하방의 백악질에 위치하도록 5급와동을 소구치의 협, 설측에 형성한 후, Extrafine diamond point (ISO 171/016, N. B. NANI)를 사용하여 와동 내면을 평활하게 하였다. 와동의 크기는 교합-치은폭이 3mm, 근원심폭이 3mm, 깊이는 2mm로 형성하였다. 사용하는 재료에 따라 60개(120면)의 치아를 20개씩 무작위로 3개의 실험군으로 나누었고 다시 각군을 5개씩(10면) 4개군으로 나누어 각각의 군을 법랑질, 상아질 표면 습윤시킨 후 접착 강화제 도포, 건조시킨 후 접착 강화제 도포, 습윤시킨 후 접착 강화제 비도포, 건조시킨 후 접착 강화제 비도포 등으로 표면 처리하였다(Table 2).

#### 가. Scotchbond Multi-Purpose 군

법랑질과 상아질을 압축공기로 10초간 건조시킨 뒤 Scotchbond Multi-Purpose etchant(10% maleic acid)를 도포하여 15초간 산 처리하였다.

· 제 1 군(습윤) : 상아질 표면을 20초간 수세한 뒤 건조시키지 않고 여과지를 이용해

Table 1. Dentin adhesives used in this study

product	component	chemical composition	manufacture
Scotchbond Multi-Purpose	etchant	10% maleic acid	
	primer	HEMA & a poly alkenoic acid copolymer	3M (U.S.A.)
	adhesive	HEMA, Bis-GMA	
All-Bond 2	etchant (All-Etch)	10% phosphoric acid	
	conditioner	20% SAMA in water	Bisco (U.S.A.)
	primer A	2% NTG-GMA	
	B bonding resin	16% BPDM Bis-GMA, UDMA, HEMA	
Prisma Universal Bond 3	primer	30% HEMA, 6% PENTA	
	adhesive	5% PENTA 55% urethane resin 39% polymerizable monomer (TEGDMA, HEMA, etc.)	L.D Caulk/Dentsply (U.S.A.)

Table 2. Grouping in this study

Surface treatment dentin Adhesive	Wet/primed	Dry/primed	Wet/not primed	Dry/not primed
Scotchbond Multi-Purpose	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
All Bond 2	Group 5	Group 6	Group 7	Group 8
Prisma Universal Bond 3	Group 9	Group 10	Group 11	Group 12

과량의 수분만 제거해 건조시보다 윤택한 표면이 되도록 하였다. Scotchbond Multi-Purpose primer를 산 처리된 법랑질과 상아질에 1회 도포하여 건조시키고, 표면이 윤택하지 않고 건조된 부위가 잔존해 있으면 1회 재도포하여 건조시켰다.

· 제 2 군(건조) : 산 처리된 법랑질과 상아질 표면을 20초간 수세한 뒤, 압축공기로 30초간 건조시키고 제1군과 동일한 방법으로 접착 강화제를 도포하였다.

· 제 3 군(습윤 후 접착 강화제 비도포) : 산 처리된 법랑질과 상아질 표면을 제1군과 동일한 방법으로 습윤시킨 후 접착 강화제는 도포하지 않았다.

· 제 4 군(건조 후 접착 강화제 비도포) : 산 처리된 법랑질과 상아질 표면을 제2군과 동일한 방법으로 건조시킨 후 접착 강화제는 도포하지 않았다.

· 이후 모든 군에 제조회사의 지시대로 Adhesive를 균일한 층으로 도포하여 10초간 광중합하고 동일제조사의 복합레진인 Z100을 와동 내 분할 충전 후 각각 40초간 광중합하였다.

#### 나. All Bond 2 군

법랑질과 상아질을 압축공기로 10초간 건조시킨 뒤 All-Etch(10% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)로 15초간 산 처리하였다.

· 제 5 군(습윤) : 제1군에서와 동일한 방법으로 습윤시킨 후 Primer A와 B를 용기내에서 혼합한 뒤 법랑질과 상아질 표면에 5회 연속 도포한 다음 5~6초간 건조시켰다.

· 제 6 군(건조) : 제2군에서와 동일한 방법으로 건조시킨 후 제5군과 동일한 방법으로 접착 강화제를 도포하였다.

· 제 7 군(습윤 후 접착 강화제 비도포) : 법랑질과 상아질 표면을 제1군과 동일한 방법으로 습윤시킨 후 접착 강화제는 도포하지 않았다.

· 제 8 군(건조 후 접착 강화제 비도포) : 법랑질과 상아질 표면을 제2군과 동일한 방법으로 건조시킨 후 접착 강화제는 도포하지 않았다.

이후 모든 군에서 접착레진(Dentin/Enamel Bonding Resin)을 법랑질과 상아질에 균일한 층으로 도포하여 20초간 광중합하고 동일 제조사의 복합레진인 Bisfil을 동일한 방법으로 분할 충전하여 중합하였다.

#### 다. Prisma Universal Bond 3 군

법랑질에 Tooth Conditioner Gel을 도포하여 60초간 산부식하였다.

· 제 9 군(습윤) : 법랑질과 상아질을 제1군에서와 동일한 방법으로 습윤시킨 후 접착 강화제(Dentin Primer)을 상아질 표면에 30초간 도포한 후 10초간 공기로 건조시켰다.

· 제 10 군(건조) : 제2군에서와 동일한 방법으로 건조시킨 후 제9군과 동일한 방법으로 접착 강화제를 도포하였다.

· 제 11 군(습윤 후 접착 강화제 비도포) : 법랑질과 상아질 표면을 제1군과 동일한 방법으로 습윤시킨 후 접착 강화제는 도포하지 않았다.

· 제 12 군(건조 후 접착 강화제 비도포) : 법랑질과 상아질 표면을 제2군과 동일한 방법으로 건조시킨 후 접착 강화제는 도포하지 않았다.

이후 모든 군에서 Adhesive를 법랑질과 상아질에 균일하게 도포하고 10초간 광중합하였

다. 동일 제조사의 복합레진인 Prisma TPH를 동일한 방법으로 분할 충전하여 중합하였다.

충전과 중합이 완료된 후 Extrafine diamond point(ISO 298/014, N.B. MANI)와 Sof-Lex disc(3M Dental Products)를 이용하여 최종 연마하였다. 중합 수주 후에 복합레진의 수화 팽창(Hygroscopic expansion)이 있다고 보고된 바 있어<sup>34)</sup>, 완료된 시편을 실온의 생리식염수에서 7일간 보관하였다.

이후, 5°C와 55°C의 물속에서 번갈아 1분씩 총 500회의 온도변화를 주며 Thermocycling을 실시하고 수복와동 변연 1mm를 제외한 전표면에 Nail varnish를 2회 도포하였다. 은이온의 환원을 방지하기 위하여 암실에서 시편을 질산은 용액(50% by weight)에 24시간 담근 후 1분간 흐르는 물에 세척하고 형광 불빛 아래에서 현상 용액에 6시간 동안 담가서 은이온의 환원을 촉진시켰다. 현상 용액을 흐르는 물에 세척 후 시편을 투명 레진에 매몰하였다. Diamond saw(Isomet, Buehler Co., U.S.A.)를 사용하여 협, 설측으로 치아 장축에 평행하게 절단하여 절단면을 회전 연마 기구를 이용하여(Struers pedemat, W.G) 연마하였다.

#### 은이온 침투도 관찰

Stereo zoom microscope(WILD MPS51 HEER BRUGG, Switzerland)를 사용하여 ×12배율로 은이온 침투도를 관찰하였으며 통계분석은 ANOVA와 Duncan's tests를 사용하였다.

은이온 침투 판정기준은 다음과 같다.

0-은이온 침투가 전혀 없는 경우

1-은이온 침투가 와동깊이(cavosurface~와동침)의 1/3을 넘지 않는 경우

2-은이온 침투가 와동깊이의 2/3를 넘지 않는 경우

3-은이온 침투가 와동깊이의 2/3 이상인 경우

#### 주사 전자 현미경 관찰

Stereomicroscope로 은이온 침투도를 측정한 후 각 군의 대표적인 시편을 선택하여 15초간 Scotchprep 도포로 연마시의 표면 찌꺼기를 제거하고 수세 한 다음 7일동안 건조기에 위

치시켜 수분을 제거하였다. 금 증착(Gold coating) 후 20KV전압하에 주사 전자 현미경(Philips XL 20, The Netherlands)의 후방 산란상(×500)으로 접착레진/상아질 계면의 은이온 침투 경로를 관찰하였으며 특징적인 것은 2차 전자상(×1700)으로 그 미세 구조를 관찰하였다.

### III. 실험 결과

#### 1. 각 실험군의 변연 누출도 관찰

시편 처리에 따른 이온 침투도는 다음과 같다.(Table 3, 4, 5, 6)

#### 법랑질에 대한 은이온 침투도

12군 모두에서 법랑질 변연이 상아질 변연보다 유의성 있게 낮은 은이온 침투도를 보였다( $p < 0.05$ ). 상아질 접착제에 대한 법랑질 표면 처리간의 비교(Table 4, 5, Fig. 4)에 있어서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ). 법랑질 표면 처리에 따른 상아질 접착제간의 비교(Table 6, Fig. 5)에 있어서도 법랑질의 습윤이나 상아질 접착 강화제 도포로 인한 은이온 침투의 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 법랑질을 습윤 상태로 처리한 군이 건조 상태로 처리한 군에 비해 은이온 침투가 높지 않았으며, 다만, 유의성은 없으나 습윤 상태에서 접착 강화제를 도포하지 않은 All Bond 2의 제7군과 Prisma Universal Bond 3의 제11군이 다소 높은 은이온 침투를 나타냈다.

#### 상아질에 대한 은이온 침투도

상아질 접착제로 Scotchbond Multi-Purpose를 사용한 군(제1군~제4군)에서는 접착 강화제 비도포군(제3군, 4군)이 접착 강화제 도포군(제1군, 2군)에 비해 높은 은이온 침투도를 보였으며( $p < 0.05$ ), 습윤 표면 처리와 건조 표면 처리 사이에는 은이온 침투도의 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ )(Fig. 1). All Bond 2를 사용한 군(제5군~제8군)에서는 습윤 후 접착 강화제 도포군(제5군)이 건조 후 접착 강화제 비도포군(제8군)에 비해 유의성 있게 낮은 은이온 침투를 나타냈으며( $p < 0.$

05), 나머지 군과는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ) (Fig. 2).

Prisma Universal Bond 3를 사용한 군(제9군~제12군)에서는 건조 후 접착 강화제 비도포군(제12군)이 나머지 군들에 비해 높은 은이온 침투를 나타냈으며( $p < 0.05$ ), 나머지 군들 사이에서는 유의성 있는 차이가 없었다( $p > 0.05$ ) (Fig. 3).

3종의 상아질 접착제 모두에서 산 표면 처리하고 표면 건조 후 접착 강화제 비도포군이

가장 높은 은이온 침투를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 산 표면 처리하고 표면 습윤 후 접착 강화제 도포군이 가장 낮은 변연 누출을 나타내기는 하였으나 건조 후 접착 강화제 도포군과는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다(Table 4).

상아질 접착제의 종류와는 상관없이 상아질 표면 처리간의 비교(Table 5, Fig. 4)에서는 접착 강화제 도포군이 비도포군에 비해 유의성 있게 낮은 변연 누출을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 접착 강화제가 도포된 군 중 습윤과 건조 상

Table 3. Leakage Score

		Group	Enamel				Dentin			
			Score				Score			
			0	1	2	3	0	1	2	3
Scotchbond Multi-Purpose	Wet/primed	Group 1	8	2	0	0	5	4	0	1
	Dry/primed	Group 2	8	2	0	0	2	6	1	1
	Wet, Not primed	Group 3	9	1	0	0	0	1	7	2
	Dry, Not primed	Group 4	9	1	0	0	0	0	1	9
All Bond 2	Wet/primed	Group 5	9	1	0	0	3	6	1	0
	Dry/primed	Group 6	10	0	0	0	1	2	6	1
	Wet, Not primed	Group 7	8	1	0	1	1	2	6	1
	Dry, Not primed	Group 8	9	1	0	0	0	0	1	9
Prisma Universal Bond 3	Wet/primed	Group 9	9	1	0	0	3	6	2	0
	Dry/primed	Group 10	10	0	0	0	2	7	1	0
	Wet, Not primed	Group 11	7	3	0	0	2	3	3	2
	Dry, Not primed	Group 12	8	2	0	0	0	0	3	7

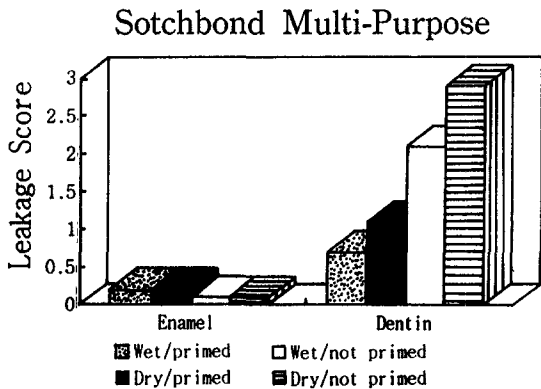


Fig. 1. Leakage values of Scotchbond Multi-Purpose on the surface treatments

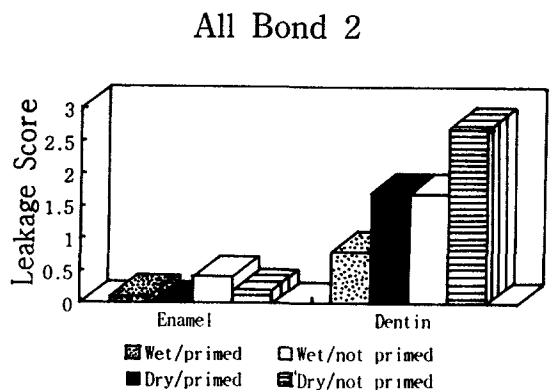


Fig. 2. Leakage values of All bond 2 on the surface treatments

Prisma Universal Bond 3

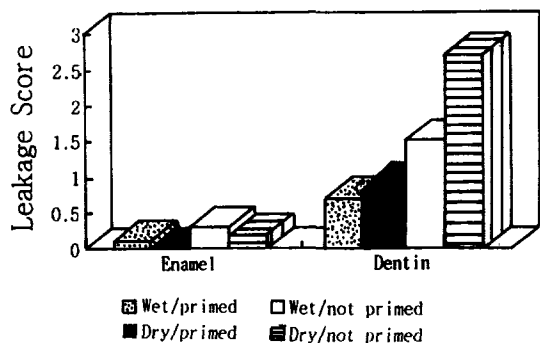


Fig. 3. Leakage values of Prisma Universal Bond 3 on the surface treatments

Mean Leakage Score of Surface Treatments

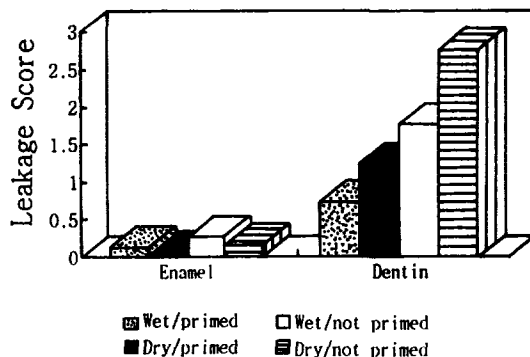


Fig. 4. Mean Leakage values of the surface treatments

Table 4. Comparison of the surface treatments for dentin adhesives

Group	Enamel		Dentin	
	Mean	S.D.*	Mean	S.D.*
Group 1	0.2000	0.4216	0.7000	0.9487
Group 2	0.2000	0.4216	1.1000	0.8756
Group 3	0.2000	0.4216	1.1000	0.8756
Group 4	0.1000	0.3162	2.1000	0.5676
Group 5	0.1000	0.3162	0.8000	0.6325
Group 6	0.0000	0.0000	1.7000	1.0593
Group 7	0.4000	0.9661	1.7000	0.8233
Group 8	0.2000	0.4216	2.7000	0.4830
Group 9	0.1000	0.3162	0.7000	0.8233
Group 10	0.0000	0.0000	0.9000	0.5676
Group 11	0.3000	0.4830	1.5000	1.0801
Group 12	0.2000	0.4126	2.7000	0.4830

\* S.D. : Standard Deviation

• Vertical bar : No significant between groups at  $p < 0.05$  level (by ANOVA and Duncan's test)

Table 5. Mean leakage score of the surface treatments

	Enamel	Dentin
	Mean	Mean
Wet/primed	0.1333	0.7333
Dry/primed	0.0667	1.2333
Wet/not primed	0.2666	1.7667
Dry/not primed	0.1666	2.7667

• Vertical bar : No significant difference between groups at  $p < 0.05$  level (by ANOVA and Duncan's test)



Table 6. Mean leakage score of among the dentin adhesives

	Enamel	Dentin
	Mean	Mean
Scotchbond Multi-Purpose	0.1500	1.700
All Bond 2	0.1750	1.7250
Prisma Universal	0.1500	1.4500

· Vertical bar : No significant difference between groups at  $p < 0.05$  level (by ANOVA and Duncan's test)

### Mean Leakage Score of Dentin Adhesive

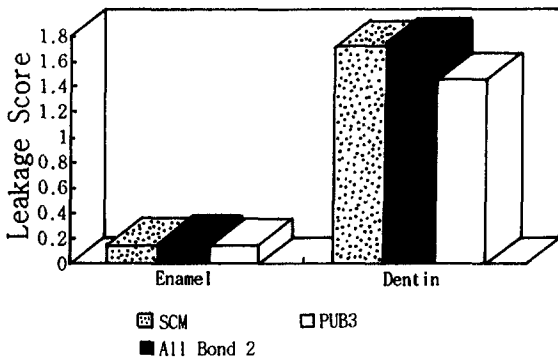


Fig. 5. Mean Leakage values of the dentin adhesives

태간에는 유의성 있는 차이가 없었으며( $p > 0.05$ ), 접착 강화제가 도포되지 않은 군에서는 건조군이 습윤군에 비해 유의성 있게 높은 변연 누출도를 나타냈다( $p < 0.05$ ).

상아질 표면 처리에 따른 상아질 접착제간의 비교(Table 6, Fig.5)에 있어서는 각각의 표면 처리 상태에 대한 상아질 접착제간의 유의성 있는 차이는 없었으며( $p > 0.05$ ), 동일한 표면 조건하에서는 각 상아질 접착제마다 유사한 은이온 침투 값을 보였다.

#### 2. 주사 전자 현미경 관찰

습윤 후 접착 강화제 도포군(제1,5,9군)에서는 변연 누출이 없는 경우 모두 상아질 접착제가 상아질 면과 긴밀히 접착되어 있었으며,

은이온의 침투는 관찰되지 않았다. 도말층을 제거하고 상아질을 탈회시켜 결합하는 방식인 Scotchbond Multi-Purpose와 All Bond 2의 경우 상아 세관 내로 레진 tag이 잘 형성되어 있었으며 도말층을 보존해서 변형하는 방식인 Prisma Universal Bond 3의 경우 상아 세관 내로 레진 tag형성은 관찰되지 않았다. All Bond 2군(제5군)의 경우  $5\mu\text{m}$  두께의 하이브리드 층이 관찰되었으며, 상아 세관 상부에서부터 잘 형성된 레진 tag이 상아 세관과 밀접하게 결합되어 있는 모습이 관찰되었다.

건조 후 접착 강화제 도포군(제2,6,10군)에서는 습윤 후 접착 강화제 도포군에서 보다 얇은 두께의 하이브리드 층이 형성되었으며 레진 tag의 길이나 직경 또한 감소하였다. 상아질 면과 상아 세관에 다소간의 은이온 침투모습도 관찰되었다. 접착 강화제 비도포군(제3,4,7,8,11,12군)에서는 많은 양의 은이온 침투와  $10\mu\text{m}$  두께의 간극이 관찰되었으며 하이브리드 층의 형성이나 레진 tag 등을 관찰할 수 없었다(논문 사진 부도).

#### IV. 총괄 및 고안

심미적 충전재의 주요한 부분을 차지하고 있는 복합레진은 많은 연구와 관심속에서 현격한 물성의 개선이 있었으나, 상아질에 대한 결합은 아직도 많은 문제점을 안고있다. 범랑질에서 복합레진과의 결합은 1955년 Buonocore<sup>13)</sup>와 Bowen<sup>35)</sup>이 제시한 산 부식법으로 높은 결합력을 유지할 수 있었으나 와동 변연이 상

아질이나 백악질에 위치하는 5급 와동같은 경우에는 치경부 변연의 결합력 감소나 미세 변연 누출이 문제점으로 보고되고 있으며 이를 최소화하기 위한 많은 연구 보고가 있었다. Bowen과 Cobb<sup>35-37</sup>은 상아질 표면처리제로 2.5% 질산 용액과 ferric oxalate등을 이용하여 도말층을 용해시킨 후 NPG-GMA, NTG-GMA와 같은 active comonomer와 PMDM과 같은 coupling agent들을 도포해 상아질에 대한 높은 결합강도를 나타내는 oxalate multi-layer system을 제시하였고 이는 이후에 상품명 Tenure bonding system의 기본개념이 되었다.

근래들어 상아질 표면과의 결합력을 증가시키기 위해서 산 부식후 상아질내의 유기질, 특히 콜라겐 섬유와의 결합을 강조하고 있으며, Nakabayashi<sup>26)</sup>는 상아질을 10% citric acid와 3% ferric chloride의 혼합물로 처리하는 경우 ferric ion이 상아질 표층에 존재하는 콜라겐 섬유를 변성시키지 않음으로써 결합력을 증가시켰다고 보고하였다. 또한 Van Meerbeek<sup>38)</sup>등은 상아질에 대한 레진의 접착에 있어서 관간 상아질에 레진이 침투하여 얻는 미세 기계적 결합의 중요성을 강조하였다.

최근에 개발되고 있는 상아질 접착제의 다수는 도말층 제거를 기본방식으로 하고 있다. 본 실험에서 All bond 2와 Scotchbond Multi-Purpose가 도말층 제거방식이며 Prisma Universal Bond 3가 도말층 보존방식이다. 산 표면 처리 후 탈회된 상아질 표면의 노출된 콜라겐 섬유에 대한 레진의 미세 기계적 결합이 도말층을 제거하는 상아질 접착제의 첫번째 결합양식<sup>39)</sup>이다. Scotchbond Multi-Purpose는 산 부식제, 접착 강화제와 접착레진으로 구성되어 있으며, 산 부식제는 10% maleic acid이며 이는 상아세판을 개방시키고 표층의 상아질을 탈회시킨다<sup>40)</sup>. Scotchbond Multi-Purpose의 접착 강화제는 HEMA(Hydroxyethyl methacrylate)와 polyalkenoic acid copolymer 수용액으로 구성되는데 polyalkenoic acid는 접착레진의 습윤성을 증가시키며 HEMA는 상아질 내로 단량체의 침투와 확산을 용이하게 해준다<sup>41)</sup>. All bond 2는 All-Etch 산 부식제, 접착 강화제 A,

B와 접착레진으로 구성되어 있으며 산 부식제는 10% 인산을 포함하고 있다. 접착 강화제 A에는 NTG-GMA, 접착 강화제 B에는 BPDM이 주 성분으로 구성되어 있으며 이들 모두 용매로 아세톤을 이용하고 있다.

접착레진은 unfiller resin adhesive로 친수성 단량체인 HEMA를 갖고 있다. Prisma Universal Bond 3는 도말층 보존방식으로 이론적으로 화학적 결합을 하는 제품이며 접착 성분인 PENTA(dipentaerythritol pentacrylate phosphoric acid ester)와 HEMA가 도말층을 전처리하고 도말층 내의 수산화 인회석과 하부 상아질에 침투하여 상아질 성분과 결합한다<sup>52-54)</sup>.

Suh<sup>42)</sup>, Gwinnett<sup>33)</sup>과 Kanca<sup>32)</sup> 등은 건조된 상아질 보다 습윤 상태의 상아질에서 접착력이 증가된다고 보고 하였다. 상아질의 산표면 처리로 무기물 제거후 잔존해 있는 콜라겐 섬유들은 수분에 의해 지지되며, 이는 수분이 수산화 인회석만큼 콜라겐 섬유들을 지지할 수 없으며 이때 압축공기로 표면을 과다 건조시킨다면 표면의 콜라겐 도말층의 붕괴를 더욱 심화시키고 오히려 결합력을 감소시킬 수 있다<sup>43)</sup>. 습윤 상아질에서 잔존 수분에 의해 지지되고 있는 콜라겐 섬유층은 건조시보다 친수성 접착강화제의 침투를 용이하게 해주며 접착레진의 침투가 촉진되어 높은 결합 강도를 이룰 수 있다고 하였다<sup>44)</sup>.

Scotchbond Multi-Purpose, All bond 2등 대부분의 상아질 접착제 내에는 친수성 접착 강화제를 함유하고 있어 상아질 내의 미세 공간에 존재하는 수분에 침투하여 결합할 수 있다. 용매인 아세톤과 에탄올 등은 물과 혼합 되어졌을 때 물을 외측으로 분산시키며 그 자리에 잔존된 레진 혼합물이 접착에 기여한다<sup>45)</sup>. 아세톤이나 에탄올등이 수분과 상호 반응하는 또다른 기전은 이들이 물과 결합 후 함께 휘발되어 레진 성분만이 표면에 남게 되어 습윤 결합에 기여할 수 있다는 것이다<sup>46,47)</sup>. 접착 강화제는 자체가 친수성일 뿐만 아니라 용매인 아세톤과 에탄올 성분등이 수분 건조제이면서 수분 추격제(water-chaser) 역할로 접착 강화

제의 상아질 침투를 촉진시킨다<sup>48,49</sup>).

이상과 같이 건조 상아질에서보다 습윤 상아질에서 높은 결합 강도를 보인다는 많은 연구 결과가 보고되고 있으나 Holtan<sup>50</sup>은 범용되고 있는 상아질 접착제에서 결합 강도와 미세 변연 누출이 반드시 유의적 연관성이 있는 것은 아니라고 하였다. Kanca<sup>51</sup>는 결합 강도의 증가가 예측되어지는 것만큼 미세 변연 누출의 감소가 가져오지는 않으며 이는 높은 결합 강도에도 불구하고 상아질에 대한 접착이 균일하게 이루어지지 않아서 생기는 많은 미세 공간들이 미세 변연 누출을 초래할 수 있으며 이는 중합 수축과 탈회 상아질로의 불완전한 레진 침투에 기인할 수 있다고 하였다.

본 실험에서도 도말층 제거방식인 Scotchbond Multi-Purpose나 All bond 2가 습윤 상아질에서의 결합력이 건조 상아질에서보다 우수하다는 많은 보고와 연구에도 불구하고 습윤 상아질군에서의 색소 침투도가 건조 상아질군에서보다 감소하기는 하였으나 유의성 있는 차이는 없었다. 도말층 보존방식인 Prisma Universal Bond 3에서도 습윤군과 건조군 사이에 유의성 있는 차이가 없었다. 다만 위의 모든 상아질 접착제에서 접착 강화제 비도포군과 도포군 사이에서만 유의성 있는 차이를 나타냈다.

Sano<sup>55</sup>와 Takatsu<sup>56</sup> 등은 변연 간극이 없는 상태에서 산 부식된 탈회 상아질과 레진과의 계면 사이에 불연속적 은이온 침투를 관찰했으며 이는 하이브리드 층이 불균일하게 형성되고 있고 많은 미세 공간이 있음을 의미하며 미세 누출의 '주요한 통로'가 될 수 있음을 강조하였다.

본 실험에서도 은이온 침투는 모두 접착레진/상아질 계면사이에서 일어났으며 습윤군과 건조군 모두에서 국소적인 은이온 침투를 관찰할 수 있었다. 이는 콜라겐 층으로 레진 침투가 불완전해서 상아세관을 밀폐하지 못함을 의미한다.

습윤군과 건조군의 유의성 있는 차이가 없었던 것은 습윤군에서도 Sano<sup>55,56</sup>가 주장한 바와 같은 많은 미세 누출 공간이 존재할 수도

있음을 의미하며 All bond 2의 경우 하이브리드 층의 Solid resin portion 주위로 은이온이 확산해 들어갈 수 있다고 하였고 Scotchbond Multi-Purpose 경우에는 탈회된 상아질 층의 하부까지 레진의 침투가 덜 되어 은이온이 침착될 수 있다고 하였다.

Sano<sup>55,56</sup> 등의 실험에서는 하이브리드 층 내의 고유의 미세 변연 누출 경로를 관찰하기 위해 thermocycling을 시행하지 않았으나 Jensen<sup>57</sup> 등은 수복물의 변연 누출을 평가하기 위해서는 일반적으로 thermocycling 과정을 반드시 포함시켜야 한다고 하였으며 Crim<sup>58</sup> 등은 변연 누출 실험에서 온도 변화를 준 경우와 주지 않은 경우간에 분명한 차이가 있다고 하였다. 본 실험에서 시행한 thermocycling의 온도변화는 최저 4~6°C, 최고 45~60°C로 다양했으며 구강내에서 나타날 수 있는 최저, 최고 온도와 유사하다고 볼 수 있다.

주사 전자 현미경 상에서 All bond 2, Scotchbond Multi-Purpose와 Prisma Universal Bond 3의 경우 모두에서 습윤군에서는 극히 국소적인 상아질 측벽 부위의 간극이 관찰되었을 뿐 잘 발달된 하이브리드 층과 레진 tag 등이 관찰되었고 많은 부위에서 수축 간극이 관찰되지 않고 은이온 침투가 거의 없는 우수한 접합 상태를 나타냈으며 Prisma Universal Bond 3의 경우는 접합 상태는 우수하였으나 상아 세관의 형태 변화가 없었고 접착레진이 상아 세관이나 관간 상아질 내로 침투한 흔적도 불분명하였다. 실험에 이용한 질산은 염색법은 미세 공간을 갖고 있는 계면 관찰의 가장 유용한 방법으로 SEM 시편 제작 과정중의 절단시 시편 찌꺼기들에 의한 하이브리드 층 내의 미세 공간의 폐쇄를 방지할 수 있으며 TEM 시편 제작 과정 중에는 절단 전에 매몰용 epoxy 레진에 매몰하는 과정에서 발생될 수 있는 레진에 의한 미세 공간의 폐쇄를 방지하고 원래의 구조물을 관찰할 수 있는 장점이 있다.

또한, 질산은 염색법은 변연 누출 양상에 대해 더 뚜렷한 화상을 보여주며 부가적으로 후방 산란 주사 전자 현미경을 통하여 변연 누출 부위 및 그 양적 평가가 가능하다는 장점이 있다

본 실험에서는 치아의 협측과 설측에 와동을 형성하였다. 최근 Barmes<sup>60)</sup> 등에 의하면 생체의 실험에서 질산은 용액을 이용하여 연구한 결과 협, 설면에 따른 유의성 있는 차이가 없다고 보고 하였다.

범랑질에 대한 습윤 결합이 접합성을 감소시키고 미세 변연 누출을 증가시킬 수도 있다는 예상이 가능하나 본 실험에서는 접착 강화제 도포나 비도포군 모두에서 습윤군과 건조군 사이에 유의성 있는 차이가 없었다.

현재 범용되고 있는 상아질 접착제는 많은 연구와 개선에도 불구하고 범랑질 변연에서보다 상아질 변연에서 높은 미세 변연 누출을 보이고 있다. 상아질의 물리적, 생리적 특성을 고려한 *in vivo* 실험과 시편의 손상을 최소화하는 cryo-SEM 등 보다 진보적인 실험 방법을 통하여 미세 변연 누출의 주요 경로를 밝혀내고 탈회 상아질의 심부까지 미세 공간없이 완전히 침투될 수 있는 상아질 접착제에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

복합레진 수복시 상아질 표면 처리에 따른 미세 변연 누출 정도를 알아보기 위하여 발거된 건전한 60개의 소구치의 치경부 협, 설면에 V 급와동을 형성한 후 범랑질과 상아질을 산 표면 처리하여 습윤 후 접착 강화제 도포군, 건조 후 접착 강화제 도포군, 습윤 후 접착 강화제 비도포군 및 건조 후 접착 강화제 비도포군 등 4개의 군으로 표면처리하였다. 상아질 접착제로는 Scotchbond Multi-Purpose, All Bond 2, Prisma Universal Bond 3의 3종과 복합 수복 레진으로는 Z100, Bisfil, Prisma TPH를 사용하였다. 모든 시편을 5°C와 55°C 수조에 담그어 500회의 Thermocycling 시행 후 질산은 용액을 이용하여 범랑질 변연과 치경부의 상아질 변연에서의 변연 누출도를 관찰하고 주사 전자 현미경의 후방산란 상으로 레진 상아질간 경계면을 비교, 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 범랑질 변연이 상아질 변연보다 유의성 있는 낮은 변연 누출 정도를 보였다 ( $p < 0.05$ ).
2. 범랑질에서는 표면 처리간의 비교와 상아질 접착제간의 비교 모두에 있어서 유의성 있는 변연 누출의 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ).
3. 상아질에서는 표면 건조 후 접착 강화제 비도포군이 유의성 있게 높은 변연 누출을 보였으며 ( $p < 0.05$ ), 습윤 후 접착 강화제 도포군이 가장 낮은 변연 누출을 나타냈으나 건조 후 접착 강화제 도포군과는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.
4. 상아질에서는 상아질 접착제간의 변연 누출 정도의 비교에 있어서 유의성 있는 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ).
5. 주사 전자 현미경 상에서 변연 누출은 상아질 접착제와 상아질 계면사이에서 일어났으며, 습윤 후 접착 강화제 도포군에서는 하이브리드 층과 상아 세관 상부에서 직경 3~4 $\mu$ m 이상의 잘 발달된 레진 tag의 형성을 관찰할 수 있었으며 은이온의 침투는 거의 보이지 않았다. 건조 후 접착 강화제 도포군에서는 하이브리드 층의 두께와 레진 tag의 길이, 직경 등이 습윤군 보다 감소하였다. 접착 강화제 비도포군에서는 하이브리드층의 형성이나, 레진 tag 등을 관찰할 수 없었으며 다량의 은이온 침투와 함께 10  $\mu$ m내외의 간극도 관찰되었다.

## 참고 문헌

1. Balanko, M., Suzuki, M. and Jordan, R. E. : Universal Bond Resin Class 5 Restoration., J. Esth. Dent, 3 : 121-125, 1991.
2. Jordan, R. E. and Balank, M. : Esthetic Conservative Restoration of Cervical Erosion., J. Esth. Dent., 2 : 74-78, 1990.
3. Seltzer, S. : The penetration of micro-organisms between the tooth and direct resin fillings., J. Am. Dent. Assoc., 51 : 56-566, 1955.

4. Nelson, R.J., Wolcott, R. B. : Fluid exchange at the margins of dental restorations., *J. Am. Dent. Assoc.*, 44 : 288–295, 1952.
5. Going RE. : Microleakage around dental restorations : a summarizing review., *J. Am. Dent. Assoc.*, 84 : 1349–57, 1972.
6. Mejare B, Mejare I, Edwardsson S. : Bacteria beneath Composite restorations—a culturing and histobacteriological study., *Acta. O dontol. Scand.*, 37 : 267–275, 1979.
7. Qvist V. : Correlation between marginal adaptation of composite restorations and bacterial growth in cavities., *Scand. J. Dent Res.*, 88 : 296–300, 1980.
8. Davidson, C. L. : Shortcomings of composite resins in class V restorations., *J. Esth. Dent.*, 1 : 1–4, 1989.
9. Eick, J. D., Welch, F. : Polymerization shrinkage of posterior composite resins and possible influence on postoperative sensitivity., *Qunt. Int.*, 17 : 103–111, 1986.
10. Fitchie, J. G., Reeves, G. W. : Microleakage of two new dentinal bonding systems., *Qunt. Int.*, 21 : 749–752, 1990.
11. Kanka III, J. : Posterior resin : microleakage below the cementoenamel junction., *Qunt. Int.*, 18 : 347–349, 1987.
12. Eriksen, H. M., Pears, G. : In vitro caries related to marginal leakage around composite resin restorations., *J. oral. Rehabil.*, 5 : 15–20, 1978.
13. Buonocore, M. G. : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface., *J. Dent. Res.*, 34 : 849, 1955.
14. Phair, C. B. & Fuller, J. L. : Microleakage of composite resin restoration with cementum margins., *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 361–364, 1985.
15. Phillips, R. W. : Advancements in adhesive restorative dental material., *J. Dent. Res. Supplement 6*, 45 : 1662, 1966.
16. Buonocore., M. G. : Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials., *JADA.*, 67 : 382, 1963.
17. Hollinger, J. D., Moore Jr. E. M. : Adhesion and Dentin., *Oper. Dent.*, 4 : 9, 1979.
18. Bowen R. L., Eick J. D. : Smear layer : Removal and Bonding Considerations. *Qper. Dent.*, Supplement 3 : 30–35, 1984.
19. David H. Pashley : Smear layer : Physiological considerations., *Oper. Dent.*, Supplement 3 : 13–29, 1984.
20. David H. Pashley : Dentin permeability : Effect of smear layer removal., *J. prosthet. Dent.*, 5, 46, 531–537, 1981.
21. Stanley H. R., Going R. E., chauncey H. H. : Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restorations., *J. Am. Dent. Assoc.*, 91 : 817–825, 1975.
22. Macko D. J., Rutberg M. : Pulpal response to the application of phosphoric acid to dentin., *Oral surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 45 : 930–946, 1978.
23. Br nnstr m M. : Smear layer : Phthological and treatment considerations., *Oper. Dent.*, Supplement 3 : 35–42, 1984.
24. Stanley H. R. : Pulpal considerations of adhesive materials., *J. Dent. Res.*, Supplement 5 : 151–164, 1992.
25. Cox C. F. : Effects of adhesive resins and various dental cements on the pulp. *J. Dent. Res.*, Supplemet 5 : 165–176, 1992.
26. Nakabayashi, N. : Bonding of restorative materials to dentin—the present status in Japan., *Int. Dent. J.*, 35 : 145, 1985.
27. Asmussen E. & Bowen R. L. : Effect of acidic pretreatment on adhesion to dentin mediated by Gluma., *J. Dent. Res.*, 66 : 1386–1388, 1987.
28. Glasspoole. E. A., Erickson R. L. & Pashley D. H. : The effect of surface moisture

- on bonding to dentin., *J. Dent. Res.*, 70, (Abst.) 1532., 1991.
29. Erickson R. L. : Surface interactions of dentin adhesive materials, *Oper. Dent.*, Supplemet 5 : 91–94, 1992.
  30. Pashley D. H, Ciucchi B, et al : Permeability of dentin to adhesive agents., *Quint. Int.*, 24(9) : 618–631, 1993.
  31. Ruse N. D., Smith D. C. : Adhesive to bovine dentin-surface characterization., *J. Dent. Res.*, 70 : 1002–1008, 1991.
  32. Kanca J. : Effect of drying on bond strength., *J. Dent. Res.*, 70 : 304(abst 1029), 1991.
  33. Gwinnett. A. J. : Dentin bond strength after air drying and rewetting., *Am. J. Dent.*, 7 : 144–148, 1994.
  34. Kemp-Scholte, C. M. & Davidson C. L. : Overhang of Class V composite resin restorations from hygroscopic expansion., *Quint. Int.*, 20 : 551–553, 1989.
  35. Bowen, R. L. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues : Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer., *J. Dent. Res.*, 44 : 895, 1965.
  36. Bowen, R. L., : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues : Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer., *J. Dent. Res.*, 44 : 895, 1965.
  37. Bowen, R. L., Cobb, E. N. : A 1method for bonding to dentin and enamel., *J.A D. A.*, 107 : 734, 1984.
  38. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M. : Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems., *J. Dent. Res.*, 71 : 1350–1540, 1992.
  39. Erickson, R. L. : Mechanism and Clinical implications of bond formation for two dentin bonding agents., *Am. J. Dent.*, 2 : 117–123, 1989.
  40. Bouvier, D., Duprez, J. P. : An in vitro study of two adhesive system : third and fourth generations., *Dent. Mater.*, 9 : 365–369, 1993.
  41. Nakabayashi, N. and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin., *Dent. Mater.*, 8 : 125–130, 1992.
  42. Suh, B. I. : All Bond : Fourth Generation Dentin bonding system., *J. Esthet. Dent.*, 3 : 139–147, 1991.
  43. Ruse, N. D., Smith, D. C. : Adhesion to bovine dentin-surface characterization., *J. Dent. Res.*, 70 : 1002–1008, 1991.
  44. Kanca J. Resin bonding to wet substrate : I. Bonding to dentin. *Quint. Int.*, 23 : 39–41, 1992.
  45. Suh., B. I., Cincione F. A. All Bond 2 : The fourth generation bonding system., *Ethet. Dent. Update.*, 3(3) : 61–66, 1992.
  46. Gwinnett, A. J. : Moist versus dry dentin : Its effect on shear bond strength., *Am. J. Dent.*, 5 : 127–129, 1992.
  47. Swift, E., Triolo, P. T. Bond strength of Scotchbond Multi-Purpose to moist dentin and enamel., *Am. J. Dent.*, 5 : 318–320, 1992.
  48. Kanca, J. : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin., *Am. J. Dent.*, 5 : 213–215, 1992.
  49. Gwinnett, A. J. and Kanca, J. : Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength., *Am. J. Dent.*, 5 : 73–77, 1992.
  50. Holtan, J. R. : Microleakage of five dental adhesives., *Operative dentistry.*, 19 : 189–193, 1993.
  51. Kanca, J. : Microleakage of five dentin bonding systems., *Dental Materials.*, 5 : 415–416, 1989.
  52. Chappell, R. P. and Eick, J. D. : Shearbond

- strength and scanning electron microscopic observation of six current dentinal adhesive., *Quint. Int.*, 25(5) : 359–369, 1994.
53. Eick, J. D. Cobb, C. M. : The dentinal surface : Its influence on dentinal adhesive. Part II., *Quint. Int.*, 23 : 43–51, 1992.
  54. Eick J. D. Cobb, C. M. : The dentinal surface : Its influence on dentinal adhesive. Part I., *Quint. Int.*, 22 : 67–77, 1991.
  55. Sano, H. : Microporous dentin zone beneath resin impregnated layer., *Operative dentistry.*, 19 : 59–64, 1994.
  56. Sano, H. Takatsu, T. : Nanoleakage., *Operative dentistry.*, 20 : 18–25, 1995.
  57. Jensen, M. E. Chan, D. C. N. : Polymerization shrinkage and microleakage : International symposium on posterior composite resin dental restorative materials., G. Vanherle, D. C. Smith, Peter Szulc Publishing Co, Netherlands, 243–262.
  58. Crim, G. A. & Garcia-Godoy, F. : Microleakage : the effect of storage and cycling duration., *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 574-576, 1987.
  59. Wieczkowski, G Jr., Yu XY. Davis E. L. & Joynt R. B. : Microleakage in various bonding agent/composite resin systems., *Operative Dentistry.*, Supplement 5 : 62–67,1992.
  60. Barnes, D. M. McDonald, N. J. : Microleakage in facial and lingual class 5 composite restoration : A comparison., *Operative Dentistry.*, 19 : 133–137, 1994.

## EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 6a. Dye penetration at the cementum margin in *Wet/primed group*, All bond 2( $\times 12$ ).
- Fig. 6b. Resin/Dentin interface in *Wet/primed group*, All bond 2 (backscattered image, SEM,  $\times 500$ ).
- Fig. 6c. Higher magnification of fig.6b(secondary electron image, SEM,  $\times 1700$ ).
- Fig. 7a. Dye penetration at the cementum margin in *Dry/primed group*, All bond 2( $\times 12$ ).
- Fig. 7b. Resin/Dentin interface in *Dry/primed group*, All bond 2. (backscattered image, SEM,  $\times 500$ ).
- Fig. 8a. Dye penetration at the cementum margin in *Dry/not primed group*, Scotchbond Multi-Purpose( $\times 12$ ).
- Fig. 8b. Resin/Dentin interface in *Dry/not primed group*, Scotchbond Multi-Purpose (backscattered image, SEM,  $\times 500$ ).
- Fig. 8c. Higher magnification of fig.8b, Gap formation in the resin/dentin interface (secondary electron image, SEM,  $\times 1700$ ).
- Fig. 9a. Dye penetration at the cementum margin in *Wet/primed group*, Prisma Universal Bond 3( $\times 12$ ).
- Fig. 9b. Resin/Dentin interface in *Wet/primed group*, Prisma Universal Bond 3(backscattered image, SEM,  $\times 500$ ).
- Fig.10a. Dye penetration at the cementum margin in *Dry/primed group*, Prisma Universal Bond 3( $\times 12$ ).
- Fig.10b. Resin/Dentin interface in *Dry/primed group*, Prisma Universal Bond 3(backscattered image, SEM,  $\times 500$ ).



논문 사진부도 ①



Fig. 6a

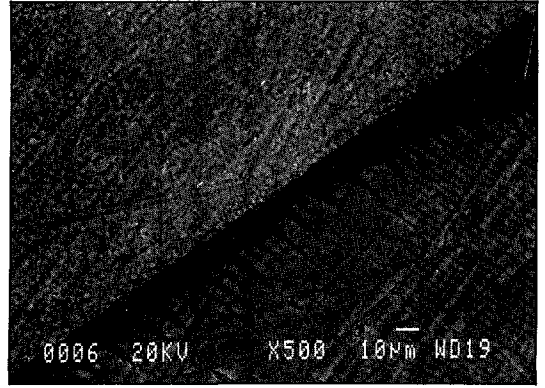


Fig. 6b

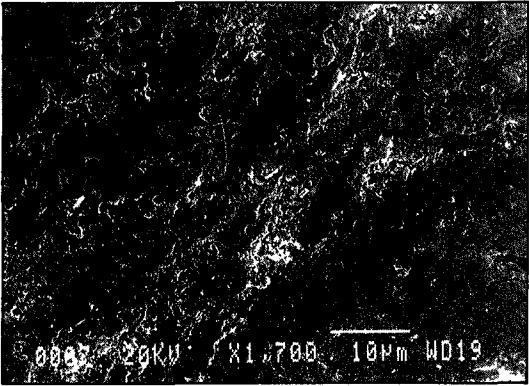


Fig. 6c

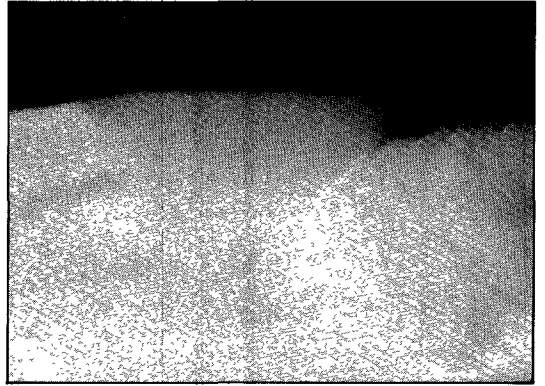


Fig. 7a

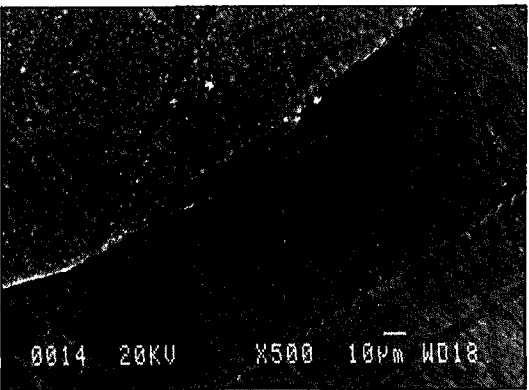


Fig. 7b

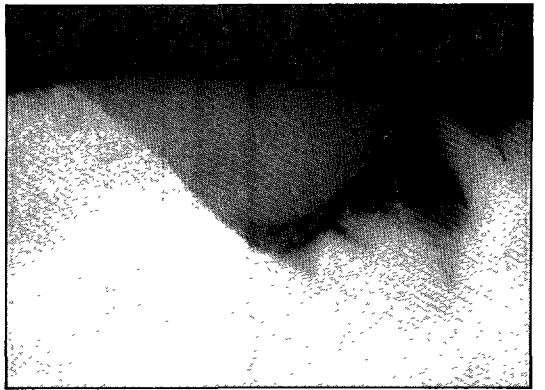


Fig. 8a

논문 사진부도 ②

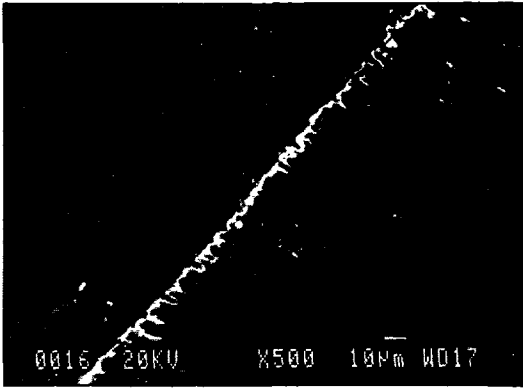


Fig. 8b

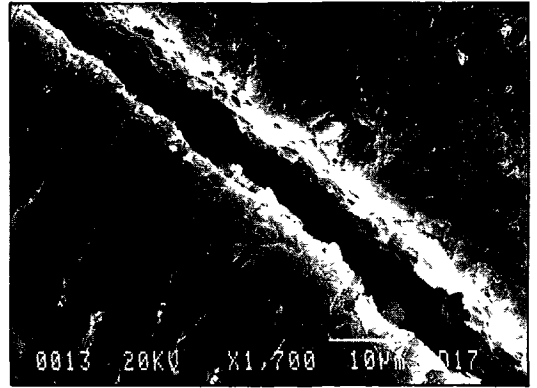


Fig. 8c

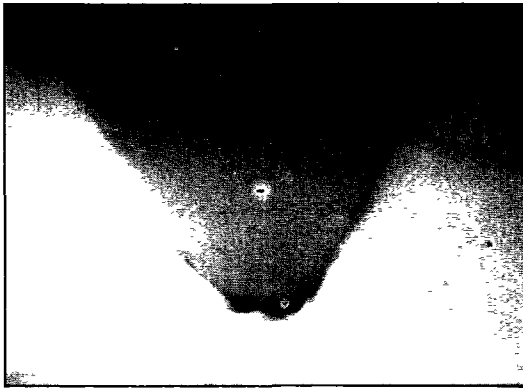


Fig. 9a

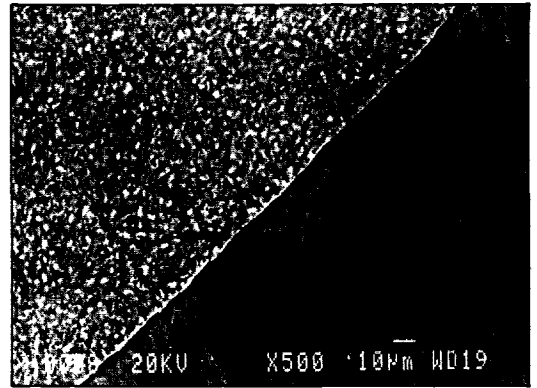


Fig. 9b

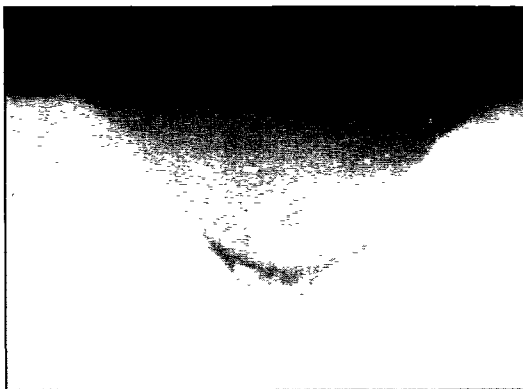


Fig. 10a

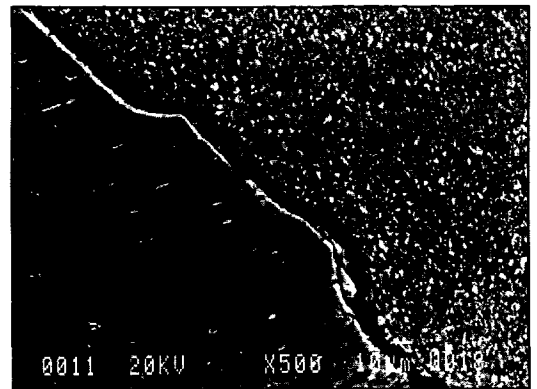


Fig. 10b