

## 불소처리된 치근상아질에 대한 심미수복재의 결합에 관한 연구

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

탁홍수 · 박상진 · 민병순 · 최호영 · 최기운

### ABSTRACT

#### A STUDY ON THE BOND OF AESTHETIC RESTORATIVE MATERIALS TO FLUORIDE TREATED ROOT DENTIN

Heung-Soo Tak, Sang-Jin Park, Byung-Soon Min, Ho-Young Choi, Ki-Woon Choi

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung-Hee University*

The purpose of this study was to evaluate the effects of fluoride application on the aspect of shear bond strength of three aesthetic restorative materials to dentin. One light-cured composite resin(Palfique Esterite) and two light-cured glass ionomer cements(Fuji II LC and Compoglass)were used in this study.

120 permanent molars were used for this study. The teeth were extracted due to the origin of periodontal disease. The crowns of all teeth were removed, and the remaining roots were embedded in epoxy resin. The mesial or distal surfaces of roots were ground flat to expose dentin and polished on wet 320-, 400-, and 600 grit SIC papers for a total of 120 prepared flat root dentin surfaces. The prepared samples were divided into six groups. Group 1, 3, and 5 were control groups and group 2, 4, and 6 were experimental groups. Sixty samples for experimental groups were treated with 2% NaF solution for 5 minutes.

Group 1 and 2 were bonded with Plafique Esterite, group 3 and 4 were bonded with Fuji II LC, and group 5 and 6 were bonded with Compoglass. After 24 hours water storage at  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ , all samples were subjected to a shear to fracture with Instron universal testing machine(No.4467) at 1.0 mm/min displacement rate.

Dentin surfaces treated with each conditioners before bonding and interfacial layers between dentin and aesthetic restorative materials were observed under Scanning Electron Microscope(Hitachi S-2300) at 20Kvp. The data were evaluated statistically at the 95% confidence level with ANOVA test.

The result were as follows;

1. Among the control groups, group 1 showed strongest bond strength and group 3 showed weakest.
2. Among the experimental groups, group 2 showed strongest bond strength and group 6 showed weakest.

3. Statistical analysis of the data showed that pretreatment of dentin with 2% NaF solution significantly decreased the bond strength of three aesthetic restorative materials to dentin( $P < 0.05$ ).
4. SEM findings of fluoride treated dentin surfaces(2, 4, 6 group) demonstrated dentin surfaces covered with fluoridated reaction products.
5. Except group 4 and 6, resin tags were formed in all groups.

## I. 서 론

심미수복재로 광범위하게 사용되고 있는 복합레진은 물리적 성질이나 색조의 다양성 및 투명성 등에서 글래스 아이오노머 시멘트보다 우수한 반면, 중합수축으로 인한 미세누출의 발생과 이에 따른 수복물 주변의 변색과 이차우식의 발생가능성은 극복해야 할 단점으로 지적되고 있다. 반면 Wilson과 Kent<sup>1)</sup>와 Araujo 등<sup>2)</sup>은 글래스 아이오노머 시멘트는 치질과 접착성이 있고 불소를 지속적으로 유리함으로써 항우식 효과의 장점을 가진다고 하였다. 그러나 글래스 아이오노머 시멘트는 경화초기 수분에 민감하며 색조나 투명도 그리고 기계적인 물성이 복합레진에 미치지 못하여 심미수복재로서 제한적으로 사용된다<sup>3)</sup>. 따라서 두 재료의 장점을 유지하고 단점을 극복하고자 개발된 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 자가중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 경화초기의 수분에 대한 민감성을 극복하였고 HEMA 등의 레진 모노머 성분이 포함되어 여러 물리적 성질이 향상되었으며<sup>4,7)</sup>, 상아질 처리제나 primer내의 약산이 산부식 작용을 하여 노출된 교원질과 primer내의 레진 모노머가 미세기계적인 결합을 이루어 치질과의 결합강도도 크게 증가하였다<sup>4,5,8-10)</sup>. 또한 Fritz 등<sup>5)</sup>과 Doerr 등<sup>11)</sup>은 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트가 일단 경화되면 장기간 수중 보관후에도 상아질과 법랑질에 대한 접착강도는 안정성을 나타낸다고 하였다. 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트가 색조의 다양성, 투명성, 그리고 기계적 성질 등이 복합레진과 비교하여 다소 열세이지만<sup>12)</sup>, 불소를 지속적으로 유리하여<sup>2,13-15)</sup> 이차우식증 예방의 장점이 있어 치근면 우식과 치경부마모 그리고 지각과민증 처치를 위한 수복재료

로서 우선 고려되고 있다.

이와 같이 복합레진이나 글래스 아이오노머 시멘트가 결손된 치아 경조직의 수복을 목적으로 사용되는 반면, 불소는 치아우식 예방과 지각과민증 처치에 사용되어 왔다<sup>16-18)</sup>. 불소는 국소도포시 불소이온의 치질내로의 침투로 인한 내산성의 증가와 이로 인한 항우식 효과, 항세균 효과, 그리고 상아세관이 개방되어 지각과민증을 호소하는<sup>19,20)</sup> 치아에서 상아세관을 폐쇄함으로써 지각과민증의 치료효과를 나타내고 있다<sup>17,21-23)</sup>. 이러한 이유로 불소의 사용은 특히 치주질환으로 치근면이 노출되어 지각과민증이 심하거나 타액 분비능력이 감소된 환자 및 광범위한 보철장치를 장착한 경우 치아우식증 억제를 목적으로 권장된다<sup>16,24-26)</sup>.

불소처리된 치면에 대한 심미수복재의 결합에 관한 연구로 Bryant 등<sup>27)</sup>은 법랑질의 불소처리 후, 불소의 농도와 복합레진의 접착강도와는 상관성이 없다고 보고하였으며, Aboush 등<sup>28)</sup>도 불소가 함유된 paste로 치면세마를 시행하고 교정용 접착레진을 접착시, 접착강도의 변화가 없었다고 보고하였으며, Ng'ang'a 등<sup>29)</sup>도 법랑질 표면의 불소농도에 따른 교정용 접착레진의 결합강도의 감소는 확인할 수 없었다고 보고하였다. 반면 Gwinnett 등<sup>30)</sup>은 산처리된 법랑질 표면에 수종의 불소용액을 도포하고 SEM으로 관찰한 결과 다양한 형태 및 크기의 불소반응물이 법랑질 표면에 존재함을 관찰하였으며 이들이 복합레진의 접착을 방해할 것이라고 주장하였다.

불소처리된 상아질에 대한 연구에서 Nystrom 등<sup>31)</sup>은 상아질 표면을 0.717%의 불화 주석으로도포하고 상아질 접착체를 이용하여 복합레진을 접착시킨 경우, 결합강도가 현저히 감소되었다고 보고하였으며 황 등<sup>32)</sup>과 권 등<sup>33)</sup>의 연구에서

도 상아질 표면의 불소도포는 상아질 접착제의 결합강도를 현저히 감소시킨다고 보고하였다. 반면 Nystrom 등<sup>34)</sup>은 상아질면에 불소를 도포하고 상아질 접착제로 복합레진을 접착한 경우, 불소처리를 하지 않은 경우와 비교하여 미세누출 정도의 차이가 없음을 관찰하였다.

불소처리후 상아질 접착제의 결합강도가 감소한 원인으로 Gwinnett 등<sup>30)</sup>은 불소염들이 산부식 과정에서 형성된 법랑소주 주위와 소주내 공간으로 레진의 침투를 방해하여 기계적 유지력을 감소시킴으로써 레진의 접착력이 감소된다고 보고하였고, Kochavi 등<sup>35)</sup>은 불소처리시 치면의 습윤성이 감소되고, 여러 반응 생성물들이 형성되어 법랑질의 소주내 공간을 채움으로써 치면에 대한 레진의 접촉면적이 감소되어 결합강도가 감소된다고 보고하였다. 또한 Nystrom 등<sup>31)</sup>은 불화주석의 친수성으로 인하여 상아질 표면의 건조상태의 유지가 어렵고 이에 따른 재습윤화가 상아질 결합제의 침투를 억제한다고 보고하였으며, 권 등<sup>33)</sup>은 불소반응산물에 의한 상아질 표층의 내산성 증가와 이로 인한 탈회가 불충분하여 상아질 접착제의 침투를 억제함으로써 결합강도가 감소한다고 주장하였다.

그러나 이상의 복합레진에 대한 연구와는 달리 글래스 아이오노머 시멘트에 대한 연구는 미진한 상태이다. 불소처리된 상아질과 글래스 아이오노머 시멘트의 결합에 관한 연구로는 Powis 등<sup>36)</sup>이 글래스 아이오노머 시멘트와 치질간의 결합강도를 증가시키기 위한 연구에서 상아질을 3% NaF 용액으로 30초간 처리한 경우 약간의 결합력 증가가 있었다고 보고한 이후 희소한 상태이다. 그러나 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트와 상아질간의 결합은 기존의 글래스 아이오노머 시멘트와 달리 HEMA 등의 레진 모노머가 산처리된 상아질 표면의 교원질로 침투하여 hybrid layer를 형성하고 상아세관내로 침투하여 resin tag를 형성하는 미세기계적 결합과 이온결합 등에 의한 화학적 결합을 함으로써 상아질과 보다 강력하게 결합한다.<sup>9,26,37,38)</sup>

따라서 불소처리된 상아질면에 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트를 접착시킬 경우, 상아질 표면의 내산성 증가와 불소반응물에 의해 상아

기질내로의 레진 모노머인 HEMA 등의 침투가 장애를 받게되어 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 결합강도가 감소된다.

이 연구에서는 서로 다른 방식으로 상아질과 결합하는 1종의 광중합형 복합레진과 2종의 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트를 불소처리된 상아질에 접착시켜 이들 재료의 전단결합강도를 측정하고, 주사전자현미경으로 상아질 표면성상 및 접착계면의 형태를 관찰 분석하여 상아질 불소처리가 이들 재료의 결합에 미치는 효과를 평가하고자 실험을 실시하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

발거직후 냉동보관된 건전한 상아질이 잔존한 대구치 120개를 사용하였으며, 불소용액으로는 2% NaF 용액, 심미수복재로는 1종의 광중합형 복합레진, Palfique Esterite(Tokuyama Co., Japan)와 2종의 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트로 Fuji II LC(GC Co., Japan)와 Compoglass(Vivadent Co.,)를 사용하였다(Table 1).

### 2. 실험방법

#### 1) 상아질 시편제작

발거직후 실험전까지 냉동보관된 대구치를 실험 직전 해동하여 표면에 부착된 치석과 연조직을 제거하고 증류수로 수세하여 저속의 diamond disk(Shofu, 601D, regular double)로 백악-법랑 경계부에서 치관을 절단, 제거하고 치근을 에폭시 레진(Epons(TM), Epon Chemical Co., Korea)에 포매하였다. 포매후 경조직 연마기(Grinder-Polisher, Buehler Ltd., England)로 치근의 근심 혹은 원심면의 치경부 1/3 부위를 직경 5mm이상의 상아질면이 노출되도록 주수하에 #320, #400 및 #600 SiC 표준 연마지로 순차 연마하고 실험전까지 증류수에 보관하였다.

#### 2) 원통형 시편제작

직경 4mm, 높이 3mm의 원통형 테프론 몰드에 1

**Table 1.** Materials used in this study

Product Name	Characteristics	Batch No.	Manufacturer
Palfique Esterite	Light-cured composite resin	022	Tokuyama Co., Japan
MB conditioner	Self-etching primer	719	
Tokuso MAC-Bond	Bonding agent	111	
GC Fuji II LC	Light-cured glass ionomer cement	181261	GC Co.,Japan
GC dentin conditioner	Dentin conditioner	300721	
Compoglass Cavifil	Light-cured glass ionomer cement	800049	Vivadent, Liechtenstein
Syntac	Self-etching primer & Bonding agent	820837	

**Table 2.** Experimental conditions in 6 groups

Group	Code	N	2% NaF application	Dentin Conditioner	Bonding Material
1	MB	20	-	MB conditioner & Tokuso MAC-Bond	Palfique Esterite
2	F-MB	20	+		
3	FLC	20	-	GC dentin conditioner	Fuji II LC
4	F-FLC	20	+		
5	COM	20	-	Syntac	Compoglass Cavifil
6	F-COM	20	+		

종의 광중합형 복합레진, Palfique Esterite (Tokuyama Co., Japan)와 2종의 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트로 Fuji II LC(GC Co., Japan)와 Compoglass(Vivadent Co., Liechtenstein)를 충전하고 양쪽을 압접한 상태에서 60초씩 120초간 광조사(Heliomat Type H2, Vivadent Co., Austria)하여 각 재료별로 40개의 원통형 시편을 제작하였다.

3) 대조군 및 실험군의 분류

대조군 3개군 및 실험군 3개군으로 모두 6개군으로 구분하였으며, 연마된 120개의 상아질 시편은 무작위로 20개씩 6개군으로 나누었다 (Table 2).

가. 대조군

대조군은 무처리군으로서 1, 3, 및 5군으로 60개의 연마된 치근 상아질면을 불소용액으로 처리하지 않았다.

나. 실험군

실험군은 불소용액 처리군으로서 2, 4, 및 6군으로 60개의 연마된 상아질면을 흐르는 증류수로 60초간 수세한 후 10초간 air syringe로 건조시키고 2% NaF 용액을 5분간 도포한 후 건조시켜 30분간 실온에 방치한 다음 1분간 증류수로 수세하고 접착전까지 100% 습도하에 37±1℃에서 24시간 보관하였다.

**1군(MB)** : MB conditioner로 처리 후 Palfique Esterite를 접착시킨 군으로, 연마된 치근상아질 시편의 표면을 흐르는 증류수로 60초간 수세한 후 10초간 air syringe로 건조시키고 MB conditioner를 도포하고 20초간 방치 후 5초간 수세하고 10초간 가볍게 건조시킨 후 상아질 접착제인 Tokuso MAC-Bond를 도포하고 air syringe로 가볍게 여분의 재료를 제거한 후 20초간 광조사하였다. 이후 직경 4mm의 masking tape을 상아질면에 부착하고 직경 4mm, 높이 3mm의 테프론 몰드에서 제작된 광중합형 복합레진(Palfique Esterite)의 원통형 시편을 200gm의 하중으로 압접하고 수평으로 서로 다른 세 방향에서 각각 60초씩 180초간 광중합하여 상아질면에 접착시켰다.

**2군(F-MB)** : 불소처리된 상아질면을 MB conditioner로 처리 후 Palfique Esterite를 접착시킨 군으로 2% NaF 용액으로 5분간 처리된 치근상아질 시편의 표면을 1군과 같이 MB conditioner와 Tokuso MAC-Bond로 처리하고 Palfique Esterite 원통형 시편을 1군과 동일하게 접착시켰다.

**3군(FLC)** : GC dentin conditioner로 처리하고 Fuji II LC를 접착시킨 군으로 연마된 치근상아질 시편의 표면을 흐르는 증류수로 60초간 수세한 후 10초간 air syringe로 건조시킨 후 GC dentin conditioner로 20초간 처리하고 30초간 흐르는 증류수로 수세한 후 건조시켜 직경 4mm의 masking tape을 부착하고 Fuji II LC를 혼합하여 제작된 원통형 시편을 200gm의 하중으로 압접하고 서로 다른 세 방향에서 각각 60초씩 180초간 광중합하여 상아질면에 접착시켰다.

**4군(F-FLC)** : 불소처리된 상아질면을 GC dentin conditioner로 처리하고 Fuji II LC를 접착시킨 군으로 2% NaF 용액으로 5분간 처리된 치근상아질 시편의 표면에 3군과 동일하게 Fuji II LC 원통형 시편을 접착시켰다.

**5군(COM)** : Syntac으로 처리하고 Compoglass를 접착시킨 군으로 연마된 치근상아질 시편의 표면을 흐르는 증류수로 60초간 수세한 후 10초간 air syringe로 건조시키고 Syntac을 도포하고 20초간 방치 후 air syringe로 가볍게 여분

의 재료를 제거한 후 20초간 광조사 후 다시 Syntac을 도포하고 즉시 air syringe로 여분의 재료를 제거하고 20초간 광조사하였다. 직경 4mm의 masking tape을 부착하고, Compoglass 원통형 시편을 200gm의 하중으로 압접하고 서로 다른 세 방향에서 각각 60초씩 180초간 광중합하여 상아질면에 접착시켰다.

**6군(F-COM)** : 불소처리된 상아질면을 Syntac으로 처리하고 Compoglass를 접착시킨 군으로, 2% NaF 용액으로 5분간 처리된 치근상아질 시편의 표면에 Compoglass 원통형 시편을 5군과 동일한 방법으로 접착시켰다.

제작된 각군의 시편은 접착 후 30분간 실온에 방치한 다음 증류수에 담그어  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  항온조에서 24시간 보관한 후 전단결합강도를 측정하였다.

#### 4) 전단결합강도의 측정 및 분석

접착 후  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  항온조에서 24시간 보관된 시편을 만능시험기(Instron, 4467, U.S.A)에서 cross head speed를 1mm/min로 하고 500kg의 압축하중을 가하여 상아질면에 접착된 원통형 시편이 분리될때의 최대하중을 측정하고 시편의 단면적으로 계산하여 전단결합강도를 MPa로 환산하였다. 측정된 전단결합강도의 평균값과 표준편차를 계산하고 각 군간의 통계적 유의성 검정은 ANOVA test를 이용하였다.

#### 5) 주사전자현미경 관찰

##### 가. 표면관찰

각 실험군의 상아질 표면상태를 관찰하기 위하여 각 군당 2개씩 12개의 시편을 #600 SiC 연마지로 최종 연마 후 각 군의 원통형 시편을 접착하기 전 상아질면 처리상태를 관찰하였다. 1군은 치근상아질 표면을 MB conditioner로 20초간 처리하고 5초간 수세한 후, 2군은 불소처리된 치근상아질면을 MB conditioner로 20초간 처리하고 5초간 수세한 후, 3군은 치근상아질면을 GC dentin conditioner로 20초간 처리하고 30초간 수세한 후, 4군은 불소처리된 치근상아질면을 GC dentin conditioner로 20초간 처리하고 30초간 수세한 후, 5군은 치근상아질면을 Syntac으로 20초간 처리하고 20초간 광조사한 후, 6군은 불소

**Table 3.** Shear bond strength(MPa) measured in 6 groups

Group	Code	N	Mean ± S.D.
1	MB	20	19.29±4.70
2	F-MB	20	15.61±4.19
3	FLC	20	16.22±3.39
4	F-FLC	20	11.80±3.86
5	COM	20	17.87±5.16
6	F-COM	20	10.20±3.74

처리된 치근상아질면을 Syntac으로 20초간 처리하고 20초간 광조사한 후, 각각의 시편을 건조시킨 다음 gold ion coating(IB-3 ion coater, Eico Co., Japan)하였다. 준비된 시편은 주사전자현미경(S-2300, Hitachi Co., Japan)으로 가속전압 20Kvp에서 3000배로 확대하여 관찰하였다.

**나. 접착계면 관찰**

각 실험군의 접착계면을 관찰하기 위하여 전단결합강도 측정이 완료된 시편중 각 군당 2개의 시편을 접착면에 대해 수직으로 절단하고 절단면을 #320~#2000 SiC 연마지로 순차 연마하였다. 연마면을 6N HCl로 30초간 처리하고 증류수로 30초간 수세한 후, 1% NaOCl로 12시간 처리하여 유기질을 제거하고 60초간 증류수로 수세한 후 건조시켜 gold ion coating(IB-3 ion coater, Eico Co., Japan)하였다. 준비된 시편은 주사전자현미경(S-2300, Hitachi Co., Japan)으로 가속전압 20Kvp에서 3000배로 확대하여 관찰하였다.

**III. 실험성적**

**1. 전단결합강도**

각 군에서 측정된 전단결합강도는 Table 3과 같다. 1군은 19.29±4.70MPa, 2군은 15.61±4.19MPa, 3군은 16.22±3.39MPa, 4군은 11.80±3.86MPa, 5군은 17.87±5.16MPa, 6군은 10.20±3.74MPa로 각각의 전단결합강도를 나타냈다(Fig.1).

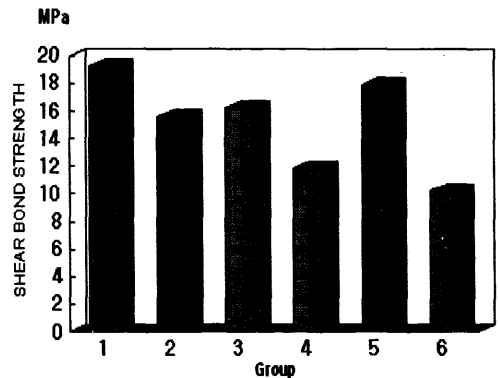
측정된 전단결합강도를 ANOVA test 하고

0.05%수준에서 유의성을 검증한 결과, 1군과 2군, 3군과 4군, 5군과 6군 사이에는 통계학적 유의성이 있었다(P<0.05) (Table 4).

**2. 주사전자현미경적 소견**

**가. 표면관찰**

MB conditioner로 처리한 1군은 상아세관을 덮고 있던 도말층과 관주상아질 일부가 탈회되어 상아세관 부위가 함몰된 소견을 보였으며 표면은 MAC-10이 도포되어 매끈한 소견을 보였다(Fig. 2). 불소도포된 상아질면을 MB conditioner로 처리한 2군은 침착물이 관찰되었고 상아세관을 덮고 있던 도말층의 함몰된 양상이 관찰되었으며 표면은 거칠게 나타났다(Fig. 3). GC dentin conditioner로 처리한 3군은 도말층이 제거되어 대부분의 상아세관이 개방되고 매끈한



**Fig. 1.** Shear Bond Strength(Mpa) in 6 Groups

Table 4. Multiple comparison test by ANOVA test(P<0.05)

	MB	F-MB	FLC	F-FLC	COM	F-COM
MB						
F-MB	*					
FLC	*					
F-FLC	*	*	*			
COM				*		
F-COM	*	*	*		*	

\*: statistically significant by ANOVA test(P<0.05)

상아질면이 관찰되었으며(Fig. 4), 불소도포된 상아질면을 GC dentin conditioner로 처리한 4군은 연마시 형성된 도말층이 제거되지 않았고 상아세관도 개방되지 않았으며 표면에서는 침착물이 관찰되었다(Fig. 5). Syntac으로 처리한 5군은 상아질면이 레진 모노머로 덮여있고 도말층과 관주상아질이 탈회되어 상아세관 주위가 함몰된 소견을 보였으며(Fig. 6), 불소도포된 상아질면을 Syntac으로 처리한 6군은 상아세관을 덮고 있는 도말층이 제거되지 않았으며 침착물과 레진 모노머가 도포된 거친 표면이 관찰되었다(Fig. 7).

#### 나. 접착계면의 관찰

MB conditioner로 20초간 처리 후 상아질 접착제인 Tokuso MAC-Bond를 도포하고 Palfique Esterite를 접착한 1군은 resin tag의 형성과 두께 1~2 $\mu$ m 정도의 hybrid layer가 관찰되었고(Fig. 8), 불소도포된 상아질면을 MB conditioner로 20초간 처리한 후 Palfique Esterite를 접착한 2군은 1군과 같은 resin tag의 형성이 관찰되었으며 hybrid layer로 보이는 내산성의 구조물이 관찰되었다(Fig. 9). GC dentin conditioner로 20초간 처리한 후 Fuji II LC를 접착한 3군은 1군과 2군에 비해서 가늘고 짧은 형태의 resin tag가 관찰되었으며 1~2 $\mu$ m 두께의 hybrid layer로 보이는 균일층이 상아질과 Fuji II LC 사이에서 관찰되었다(Fig. 10). 불소도포된 상아질면을 GC dentin conditioner로 20초간 처리한 후 Fuji II LC를 접착한 4군은 3군에서와 같은 형태

의 resin tag는 거의 관찰되지 않았으나 1~2 $\mu$ m 두께의 hybrid layer로 보이는 균일층은 관찰되었다(Fig. 11). Syntac으로 처리한 후 Compoglass를 접착한 5군은 resin tag의 형성과 두께 1~2 $\mu$ m 정도의 hybrid layer로 보이는 균일층이 상아질과 Compoglass의 경계면에서 관찰되었으며(Fig. 12), 불소도포한 상아질면을 Syntac으로 처리하고 Compoglass를 접착한 6군은 5군에서와 같은 resin tag는 관찰되지 않았으나 1~2 $\mu$ m 두께의 hybrid layer로 보이는 균일층이 상아질면과 Compoglass와의 경계면에서 관찰되었다(Fig. 13).

#### IV. 총괄 및 고안

상아질 접착제를 사용하여 복합레진을 상아질에 접착시 복합레진과 상아질 사이에 hybrid layer라 불리는 레진-강화 혼합층이 형성되며 이 층은 복합레진과 상아질간의 결합강도를 높여주고, 미세누출을 방지하여 치아우식증과 저작과민증을 감소시키며 산에 대해 높은 저항성을 가진다<sup>39)</sup>. 대부분의 접착시스템은 산처리 후 노출된 상아질 표면의 교원질과 primer내의 레진 모노머가 반응하여 미세기계적 결합의 근간인 레진-강화 혼합층(hybrid layer)을 형성하며, 이것은 복합레진과 상아질간의 일차적인 접착원리로 생각된다<sup>40,41)</sup>.

또다른 심미수복재인 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 재래형 글래스 아이오노머 시멘트의 단점인 수분에 대한 민감성<sup>3)</sup>과 초기의 낮

은 기계적 성질이 개선되어 복합레진과 더불어 널리 사용되고 있으며 잔류 모노머가 복합레진에 비하여 낮고 생체친화성이 보다 우수하며 불소유리와 치질접착성 등의 장점을 가진다<sup>26,42,43</sup>. 이러한 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 이장과 합착, 코아형성 및 수복<sup>44</sup> 그리고 치근단 역충전<sup>45</sup>과 근관충전재<sup>46</sup> 등으로 사용되고 있다.

Kakaboura 등<sup>47</sup>은 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 경화반응을 FTIR로 연구한 결과, 레진의 중합반응과 같은 자유기 중합과 글래스 아이오노모 시멘트의 산-염기반응으로 안정된 경화체를 형성한다고 보고하였으며, 경화 반응 초기는 산-염기의 반응으로 개시되고, 그후에 자유기 중합 등의 광중합으로 경화가 유도된다고 하였다. 이러한 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 기본적인 조성에는 기존의 글래스 아이오노머 시멘트의 대표적인 구성 성분에 광중합이 가능한 반응기가 배합된 폴리악릴릭산과 불소이온 방출성 유리분말 입자 및 수분, 레진 모노머인 HEMA (Hydroxyethyl methacrylate) 나 Bis-GMA, 그리고 소량의 광중합 개시제 등이 포함되어 있다<sup>26,42,48</sup>. 이와 같이 레진 성분이 첨가된 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 재래형 글래스 아이오노머 시멘트에 비해 중합수축이 증가하여 수복물의 변연누출의 가능성이 있으나 Chohayeb 등<sup>49</sup>, Tjan과 Dunn<sup>50</sup> 및 Crim<sup>51</sup>의 연구에서 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트와 재래형 글래스 아이오노머 시멘트의 변연누출도는 유의차가 없다고 하였다.

시판되고 있는 대부분의 접착성 레진은 Bis-GMA, HEMA(Hydroxyethyl methacrylate), camphoroquinone 등으로 구성되어 있으며 본 연구에 사용된 Tokuso MAC-BOND System의 상아질 접착제에는 TEGDMA (Triethylen glycol dimethacrylate)와 Bis-GMA, 그리고 접착성 모노머인 MAC-10(11-Methacryloxy-1,1-undecanedicarboxylic acid) 등이 포함되어 있다. MB conditioner는 A/B로 구분된 서로 다른 용기의 재료를 혼합하여 사용하게 되어있으며 저농도의 말레이산과 접착성 모노머인 MAC-10, 그리고 휘발성 용매재인 에틸알콜과 증류수 등이 포함되어 있다. 따라서 MB conditioner는

치면처리와 동시에 치질표면에 기능성 모노머인 MAC-10이 치질내로 침투하는 자가부식형 전처리제(self-etching primer)이므로 기존의 인산에 의한 치면처리와 같은 장시간의 수세가 필요없다<sup>52</sup>. Hasegawa 등<sup>53</sup>은 자가부식형 전처리제의 사용은 법랑질의 산부식 과정이나 상아질면의 전처리과정, dentin primer의 도포, 상아질 접착제의 도포 등 여러 과정을 단순화시킬 수 있다고 하였다. 본 실험에서 1군의 경우 상아질과의 결합강도가 19.29MPa로 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트인 Fuji II LC나 Compoglass 비해 높게 나타났는데, 이러한 결합강도는 山田敏元<sup>52</sup>의 연구와도 일치하는 결과로 MAC-10이 primer로 작용하여 상아질내로의 충분한 침투가 이루어졌음을 의미한다.

본 실험에 사용된 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트인 Compoglass와 Fuji II LC는 레진 모노머를 포함하면서도 불소를 서서히 방출할 수 있는 재료로서 Dyract, VariGlass, Geristore, Vitremer, Photac-Fil 등이 여기에 해당된다<sup>6,26,54</sup>. 자가부식형 전처리제 및 상아질 접착제인 Syntac을 사용하여 Compoglass를 접착한 5군의 경우 결합강도가 17.87MPa로서 1군과 유의성이 없었으며(P>0.05), 이와 같은 결합력은 Garcia-Godoy<sup>26</sup>와의 연구와도 일치하는 결과이다. 반면 불소도포한 경우 10.20MPa로 결합력이 급격히 감소되었으며 그 감소폭은 MB conditioner를 사용한 1, 2군에 비하여 크게 나타났다. 접착전 상아질면의 관찰에서 Syntac으로 처리한 경우 불소처리 되지 않은 상아질면에서는 산처리에 의해 상아세관을 덮고 있던 도말층이 제거되어 상아세관 주위가 함몰되었고 HEMA 등의 레진 모노머로 덮인 거친 상아질면이 관찰되었으며(Fig. 6), 접착계면에서도 1, 2군과 유사한 형태의 resin tag가 관찰되었다(Fig. 12). 그러나 불소도포한 상아질면에서는 상아세관을 덮고 있는 도말층이 제거되지 않았으며(Fig. 7), 접착계면의 관찰에서도 resin tag의 형성은 관찰할 수 없었다(Fig. 13). 반면 MB conditioner를 사용한 경우 불소처리된 상아질에서도 산처리에 의한 상아세관 주위의 함몰이 관찰되었으며 접착계면 관찰 시 불소처리되지 않은 1군과 유사한 형태의



resin tag가 관찰되었다(Fig 3). 이와 같은 resin tag의 형성이 결합력과 직접적인 관계가 있는 것은 아니더라도<sup>41)</sup> 재료의 wetability에 관한 중요한 정보로서<sup>55)</sup> MB conditioner는 Syntac에 비해 불소도포한 상아질에 대해서도 wetability가 우수함을 알 수 있다.

상아질면을 GC dentin conditioner로 처리한 3군에서는 상아세관의 개방과 매끈한 상아질면이 관찰되었으며(Fig. 4), Fuji II LC와의 접촉계면에서는 그 수나 크기가 1, 2군 및 5군에는 미치지 못하지만 다수의 resin tag가 관찰되었다(Fig. 10). 반면 불소처리된 치면에서는 GC dentin conditioner로 20초간 처리하여도 도말층이 제거되지 않았으며(Fig. 5), resin tag의 형성도 관찰되지 않았다(Fig. 11). 그러나 불소도포와 상관없이 세가지 심미수복재 모두 상아질과의 접촉계면에서 hybrid layer로 보이는 1 $\mu$ m내외의 내산성의 균일층이 관찰되었으며 이는 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트가 복합레진과 유사하게 상아질과 결합한다는 여러 연구와도 일치하는 결과이다.<sup>9,26,37)</sup>

불소처리에 의한 결합력의 감소폭은 재료마다 다르며 Compoglass에서 가장 크게 일어났는데 이는 표면처리제의 조성차이로 여겨진다. MB conditioner의 A용기에는 10%의 말레익산이 포함되어 있고 B용기에는 13%의 MAC-10이 함유되어 있으며 Syntac에는 3%의 말레익산과 6%의 methacrylate modified polyacrylic acid가 그리고 GC dentin conditioner에는 10%의 polyacrylic acid가 포함되어 있다. Powis 등<sup>36)</sup>은 서로 다른 상아질 처리제의 사용시 글래스 아이오노머 시멘트의 결합력이 다르다고 하였으며, Chappell 등<sup>56)</sup>은 상아질 접착제의 결합력을 증가시키는데 있어서 도말층의 적절한 처리가 중요하다고 하였다. 본 연구 결과 대조군의 경우 각각의 표면처리제에 의해 우수한 결합강도를 보이나 실험군에서는 10%의 말레익산을 포함한 MB conditioner가 polyacrylic acid를 함유한 GC dentin conditioner나 Syntac보다 효과적인 표면처리제로 나타났다. 비록 완벽한 접착을 이루는 최적의 상아질 표면처리에 대한 정의는 없지만<sup>57)</sup>, 사용되는 레진 모노머와 산의 종류는 상아질

과 각 재료간의 결합력에 중요한 영향을 미친다<sup>56)</sup>.

또한 상아질 처리제에 의해 노출된 교원질 망상체로 레진 모노머가 침투하여 레진-강화 혼합층이 형성되며 레진 모노머가 불완전하게 스며들어서 혼합층과 부분적으로 탈회된 상아질층 사이에 다공층이 형성된다<sup>58)</sup>. 이러한 다공층은 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트와 상아질간의 결합에서도 관찰되며<sup>9,37)</sup>, 이와같이 형성된 다공층은 장기간 수분침투에 의한 가수분해 가능성의 증가로 미세누출과 결합강도의 감소가 우려되므로 산에 의한 상아질의 탈회층은 최소화되어야 한다<sup>39)</sup>. 따라서 산처리 후 교원질층을 제거하는 것이 더욱 내구성 있는 접착을 가능케 한다고 보고되고 있으나<sup>57,59,60)</sup>, Uno와 Finger<sup>60)</sup>는 교원질의 제거가 모든 종류의 상아질 접착제와 상아질간의 결합을 향상시키는 것은 아니라고 주장하였고, Vargas 등<sup>61)</sup>은 primer의 도포횟수를 증가시키면 교원질 망상체내로 primer의 침투가 증가되어 결합강도가 증가한다고 보고하였다. 따라서 상아질 접착제를 사용한 복합레진과 유사한 미세기계적 결합을 이루는 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 상아질과의 접착시에도 이와같은 결과들은 의의있는 정보를 제공하고 있다.

상아질과 글래스 아이오노머 시멘트간의 결합에 대하여 Wilson 등<sup>62)</sup>은 apatite와 polyacid가 이온교환형식으로 반응한다고 보고하였고, Lin 등<sup>38)</sup>은 상아질과 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 결합에 대하여 레진 모노머가 상아세관과 도말층으로 침투하여 이루어지는 미세기계적 결합과 상아질 표면에서의 이온교환에 의한 화학적 결합이 일어난다고 보고하였다. 따라서 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 기존의 자가 중합형 글래스 아이오노머 시멘트보다 강하게 상아질과 결합하며<sup>4,5,42)</sup>, 복합레진과 유사하게 결합한다고 알려져 있으며, 이는 상아질 처리제나 primer 내의 약산이 상아질 산부식을 일으키고<sup>8)</sup> 상아질과의 적합도가 증가하며<sup>63)</sup> 산처리에 의해 노출된 교원질과 primer내의 레진 모노머가 미세기계적인 결합을 하기 때문이다<sup>9,26,58)</sup>.

Friedl 등<sup>64)</sup>은 Fuji II LC 와 상아질간의 경계

## V. 결 론

면에서 상아세관내로 형성된 작은 resin tag는 관찰되지만 상아질 접착제의 사용시 주로 형성되는 hybrid layer는 명확히 관찰되지 않았다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 Fuji II LC를 치근 상아질과 접착시킨 3군의 경우, Palfique Esterite(1군)나 Compoglass(5군)의 접착에서 관찰되는 것과 유사한 형태의 resin tag가 관찰되지는 않았으나, 이보다는 가늘고 짧은 형태의 resin tag가 관찰되었으며, 1~2 $\mu$ m 두께의 hybrid layer로 간주되는 균일층이 Fuji II LC와 상아질과의 경계면에서 관찰되었다(Fig. 10). Erickson과 Glasspoole<sup>65)</sup>도 상아질을 35% 인산으로 산처리한 후 Vitremer를 접착시킨 경우 hybrid layer와 유사한 구조를 관찰하였다고 보고하였으며, Calvalho 등<sup>9)</sup>도 10% 말레익산으로 상아질을 처리하고 primer 도포 후 VariGlass를 접착시킨 경우 상아세관 내로 형성된 resin tag와 두께 3 $\mu$ m 정도의 hybrid layer를 관찰하였다고 보고하였다.

비록 이상의 연구보고와 본 실험의 결과로 볼 때 모든 종류의 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트에서 동일한 결과가 나타나지는 않겠으나 상아질의 산처리와 HEMA등의 레진 모노머는 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트와 상아질간의 결합에서 hybrid layer 형성에 의한 미세기계적 결합에 중요한 역할을 함을 알 수 있다. 그러나 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트의 상아질과의 결합강도는 상아질 접착제를 이용한 광중합형 복합레진에는 미치지 못하며 불소처리된 상아질에 대해서는 더욱 취약한 것으로 생각된다. 따라서 불소처리된 상아질에 대한 심미수복재의 선택시 결합력에 있어서는 복합레진이 보다 적응증이 된다고 사료되며 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트로 수복할 경우 적절한 결합강도를 얻기 위해서 산처리 시간의 증가나 primer의 반복도포등이 필요하다고 사료된다. 또한 보다 사용이 간편하고 불소처리된 상아질에 대해서도 효과적인 상아질 처리제의 개발이 요구된다.

본 연구는 대구치 치근을 연마하여 상아질을 노출시킨 후 상아질면을 불소용액(2% NaF용액)으로 처리하지 않은 대조군(1, 3, 5군)과 불소용액으로 5분간 처리한 실험군(2, 4, 6군)으로 분류하여 1종의 광중합형 복합레진(Palfique Esterite)과 2종의 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트(Fuji II LC와 Compoglass)를 접착시켜 전단결합강도를 만능시험기(Instron 4467)로 측정하였고 접착전 상아질면과 접착계면을 주사전자현미경(Hitachi S-2300)으로 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군의 전단결합강도는 1군, 5군, 3군의 순서로 높게 나타났으며, 1군과 3군 간에는 통계학적 유의성이 있었다( $P < 0.05$ ).
2. 실험군의 전단결합강도는 2군, 4군, 6군의 순서로 높게 나타났으며, 2군과 4군, 2군과 6군 사이에는 통계학적 유의성이 있었다( $P < 0.05$ ).
3. 실험군의 전단결합강도는 대조군에 비하여 낮게 나타났으며 1군과 2군, 3군과 4군 및 5군과 6군 간에는 통계학적 유의성이 있었다( $P < 0.05$ ).
4. 실험군의 상아질 표면에서는 표면 침착물이 관찰되었다.
5. 실험 4군과 6군을 제외한 모든 군에서 resin tag의 형성이 관찰되었다.

## REFERENCES

1. Wilson, A. D., and Kent, B. E.: A new translucent cement for dentistry, *Br Dent J*, 132:133-135, 1972.
2. Araujo, F. B., Garcia-Godoy, F., Cury, J. A., and Conceicao, E. N.: Fluoride release from fluoride-containing materials. *Oper Dent*, 21:185-190, 1996.
3. Burgess, J., Norling, B., and Summitt, J.: Resin ionomer restorative materials, the new generation. *J Esthet Dent*, 6:207-215, 1994.
4. Hinoura, K., Miyazaki, M., and Onose, H.: Dentin bond strength of light-cured glass-ionomer cement. *J Dent Res*, 70: 1542-1544. 1991.
5. Fritz, U. B., Finger, W. J., and Uno, S.: Resin-

- modified glass ionomer cements. *Dent Mater*, 12:161-166, 1996.
6. Peutzreldt, A.: Compomers and glass ionomers: Bond strength to dentin and mechanical properties. *Am J Dent*, 9:259-263, 1996.
  7. Li, J., Beetzen, M., and Sunstrom, F.: Strength and setting behavior of resin-modified glass ionomer cements. *Acta Odontol Scand*, 53:311-317, 1995.
  8. Inagaki, A., Chigira, H., Itoh, K., and Wakumoto, S.: Effect of self-etching primer on dentin. *Dent Mater*, 5:403-407, 1989.
  9. Carvalho, R. M., Yoshiyama, M., Horner, J. A., and Pashley, D. H.: Bonding mechanism of VariGlass to dentin. *Am J Dent*, 8:253-258, 1995.
  10. Vagas, M. A., Fortin, D., and Swift, E. J.: Bond strength of glass ionomers using a dentin adhesive. *Am J Dent*, 8:197-200, 1995.
  11. Doerr, C. L., Hilton, T. J., and Hermes, C. B.: Effect of thermocycling on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomers. *Am J Dent*, 9:19-21, 1996.
  12. Uno, S., Finger, W. J., and Fritz, U. B.: Long-term mechanical characteristics of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Dent Mater*, 12:64-69, 1996.
  13. Momoi, Y., and McCabe, J. F.: Fluoride release from light-activated glass ionomer restorative cements. *Dent Mater*, 9:151-154, 1993.
  14. Roeland, J. G., Ronald, M. H., and Erna, A. P.: Fluoride release profiles of restorative glass ionomer formulations. *Dent Mater*, 12:88-95, 1996.
  15. Forsten, L.: Resin-modified glass ionomer cements: Fluoride release and uptake. *Acta Odontol Scand*, 53:222-225, 1995.
  16. Jones, J. A.: Root caries: Prevention and chemotherapy. *Am J Dent*, 8: 352-357, 1995.
  17. 서민수, 박동수, 정창모: Potassium oxalate와 sodium fluoride의 상아질 지각과민 억제효과. *대한치과보존학회지*, 16(1): 216-225, 1991.
  18. Mcfall, W. T., and Hamrick, S. W.: Clinical effectiveness of a dentifrice containing fluoride and a citrate buffer system for treatment of dentinal sensitivity. *J Periodontol*, 58:701-705, 1987.
  19. Absi E.G. Addy, M., and Adams, D.: Dentin hypersensitivity. A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentin. *J Clin Periodontol*, 14: 280-284, 1987.
  20. Cuenin, M. F., Scheidt, M. J., O'neal, R. B., Strong, S. L., Pashley, D. H., Horner, J. A., and Van Dyke, T. E.: An in vivo study of dentin sensitivity: The relation of dentin sensitivity and the patency of dentin tubules. *J Periodontol*, 62: 668-673, 1991.
  21. Suge T., Ishikawa K., Yoshiyama M., Asaoka K., and Ebisu S.: Effects of fluoride on the calcium phosphate precipitation method for dentinal tubule occlusion. *J Dent Res* 74(4): 1079-1085, 1995.
  22. Kern, D. A., McQuade, M. J., Scheidt, M. J., Hanson, B., and Van Dyke, T. E.: Effectiveness of sodium fluoride on tooth hypersensitivity with and without iontophoresis. *J Periodontol*, 60:386-389, 1989.
  23. Ciancio, S. C.: Chemotherapeutic agents and periodontal therapy their impact on clinical practice. *J Periodontol*, 57:108-111, 1986.
  24. Clarkson, J. E.: Epidemiology of root caries. *Am J Dent*, 8(6): 329-334, 1995.
  25. Surmont, P. A., and Martens, L. C.: Root surface caries: An update. *Clin Prev Dent*, 11(3): 14-20, 1989.
  26. Garcia-Godoy, F., Rodriguez, M., and Barberia, E.: Dentin bond strength of fluoride-releasing materials. *Am J Dent*, 9:80-82, 1996.
  27. Bryant, S., Retief, D. H., Bladley, E. L., and Denys, F. R.: The effect of topical fluoride treatment on enamel fluoride uptake and the tensile bond strength of on orthodontic bonding resin. *Am J Orthod*, 87(4): 294-302, 1985.
  28. Aboush, Y. E. Y., Tareen A., and Elderton R. J.: Resin-to-enamel bonds: Effect of cleaning the enamel surface with prophylaxis pastes containing fluoride or oil, *Br Dent J*, 171: 207-209, 1991.
  29. Ng'ang'a, P. M., Øgaard, B., Cruz, R., Chindia, M. L., and Aasrum, E.: Tensile strength of orthodontic brackets bonded directly to fluorotic and non fluorotic teeth: An in vitro comparative study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 102: 244-250, 1992.
  30. Gwinnett, A. J., Buonocore, M. G., and Sheykholeslam, Z.: Effect of fluoride on etched human and bovine tooth enamel surfaces as demonstrated by scanning electron microscopy. *Archs oral Biol*. 17: 271-278, 1972.
  31. Nystrom, G. P., Holtan, J. R., and Douglas, W. H.: Effect of fluoride pretreatment on bond strength of a resin bonding agent. *Quint Int*, 21:495-499, 1990.

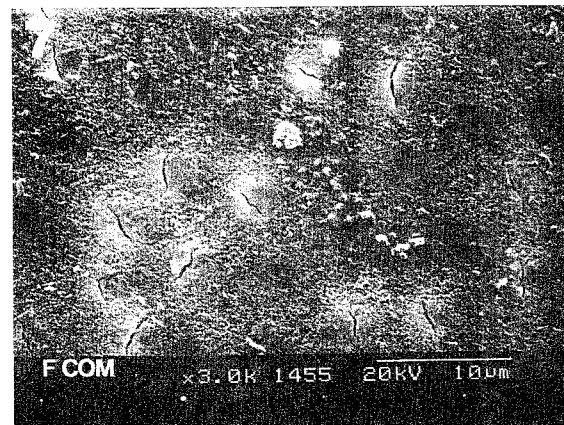
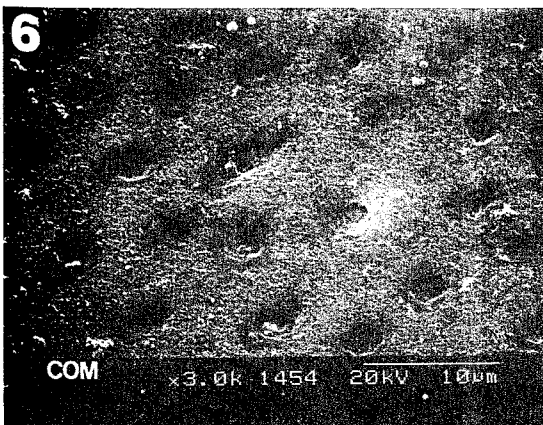
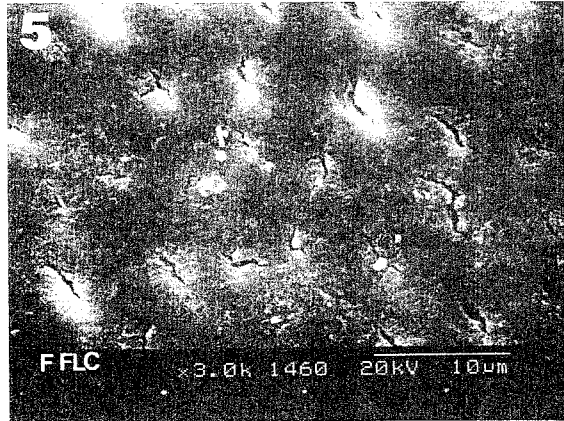
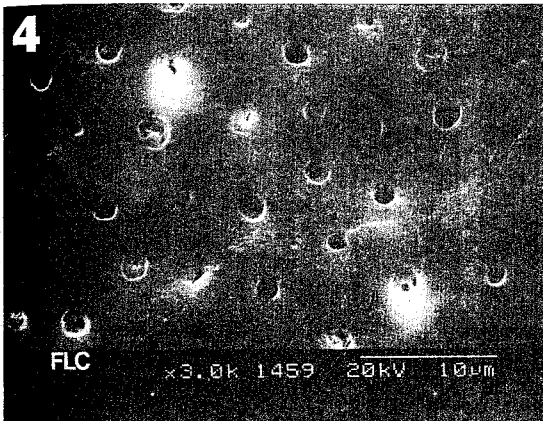
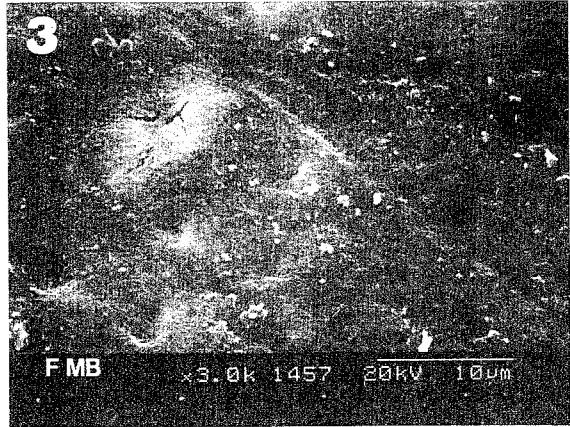
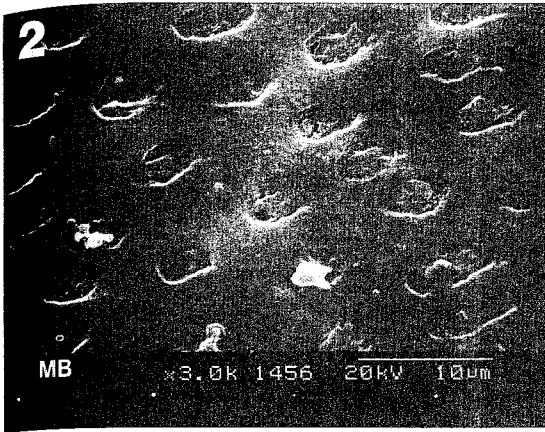
32. 황혜경, 안식환, 김성교, 조광현, 박진훈: 불소도포한 상아질면의 산처리와 상아질접착에 미치는 영향, 대한치과 보존학회지. 21(2):602-615, 1996.
33. 권형조, 박진훈, 조규중: 불소도포가 상아질 접착에 미치는 영향. 대한치과 보존학회지. 20(1):113-128, 1995.
34. Nystrom, G. P., Holtan, J. R., Olin, P. S., and Douglas, W. H.: Technical note: Fluoride pre-treatment effects on microleakage of a resin bonding agent. *Dent Mater.* 5:359-360, 1989.
35. Kochavi, D., Gedalia, I., and Anaise, J.: Effect of conditioning with fluoride and phosphoric acid on enamel surfaces as evaluated by scanning electron microscopy and fluoride incorporation. *J Dent Res*, 54(2): 304-309, 1975.
36. Powis, D. R., Folleras, T., Merson, S. A., and Wilson, A. D.: Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res*, 61(12): 1416-1422. 1982
37. Sano, H., Yoshiyama, M., Ebisu, S., Burrow, M. F., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, R., and Pashley, D. H.: Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. *Oper Dent*, 20: 160-167, 1995.
38. Lin A., McIntyre, N. W., and Davidson, R. D.: Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res*, 71(11):1836-1841, 1992.
39. Nakabayashi N., Ashizawa, M., and Nakamura, M.: Identification of a resin-dentin hybrid layer on vital dentin. *Quint Int*, 23: 135-141, 1992.
40. Wakabayashi, Y., Kondou, Y., Suzuki, K., Yatani, H., and Yamashita, A.: Effect of dissolution of collagen on adhesion to dentin. *Int J Prosthodont* 7(4):302-306, 1994.
41. Bayne, S. C., Heymann, H. O., and Swift, E. J.: Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc*, 125: 687-701, 1994.
42. Wilson, A. D.: Resin-modified glass ionomer cements. *Int J Prosthodont*. 3:425-429, 1990.
43. Bell, R. B., and Barkmeier, W. W.: Shear bond strengths to dentin of glass ionomer restoratives and liners. *J Dent Res* 73: 328(Abstr 1811), 1994.
44. Croll, T. P., and Killian, C. M.: Glass ionomer resin restoration of primary molars with adjacent class II carious lesions. *Quint Int*. 24:723-727, 1993.
45. Chong, B. S., Pitt Ford T. R., and Watson, T. F.: The adaptation and sealing ability of light-cured glass ionomer retrograde root fillings. *Int Endod J*. 24:223-232, 1991.
46. Saunders, W. P., Saunders E. M., Herd D., and Stephens E.: The use of glass ionomer as a root canal sealer—a pilot study. *Int Endod J*. 25:238-244, 1992.
47. Kakaboura, A., Eliades, G., and Palaghias, G.: An FTIR study on the setting mechanism of resin-modified glass ionomer restoratives. *Dent Mater*, 12:173-178, 1996.
48. Mathis, R. S., and Ferracane, J. L.: Properties of a glass-ionomer/ resin-composite hybrid material. *Dent Mater*, 5:355-358, 1989.
49. Chohayeb, A. A., Fatahi, T., and Henley, G.: Microleakage evaluation of newly introduced hybrid glass ionomer cements. *J Dent Res* 74: 17(Abstr 48), 1995.
50. Tjan, A. H., and Dunn, J. R.: Microleakage at gingival dentin margins of class V composite restorations lined with light-cured glass ionomer cement. *J Am Dent Assoc*, 121:706-710, 1990.
51. Crim, G. A.: Marginal leakage of visible light-cured glass ionomer restorative materials. *J Prosthet Dent*, 69:561-563, 1993.
52. 山田敏元: 新しいレジンボンディングシステム“トクソーマツクボンド”の基礎的性能とそれを用いた審美的レジン修復. 歯界展望. 86(1): 241-247, 1995.
53. Hasegawa, T., Manabe, A., Itoh, K., and Wakumoto, S.: Investigation of self-etching dentin primers. *Dent Mater*, 5:408-410. 1989.
54. Sidhu, S. K., and Watson, T. F.: Resin-modified glass ionomer materials. *Am J Dent*, 8:59-67, 1995.
55. Swift, E. J., Perdigao, J. and Heymann, H. O.: Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art. *Quint Int*, 26: 95-110, 1995.
56. Chappell, R. P., Spencer, P., and Eick J. D.: The effects of current dentinal adhesives on the dentinal surface. *Quint Int*, 25: 851-859, 1994.
57. 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.
58. Perdigao, J., Swift, E. J., Denehy, G. E., Wefel, J. S., and Donly, K. J.: In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J Dent Res*, 73(1): 44-55, 1994.
59. Meerbeek B. V., Conn, L. J., and Duke, E. S.:

- Correlative imaging of the resin-dentin interfaces using SEM, TEM and SCM. *J Dent Res*, 74: 32(Abstr 166), 1995.
60. Uno, S., and Finger, W. J.: Function of the hybrid zone as a stress-absorbing layer in resin-dentin bonding. *Quint Int*, 26: 733-738, 1995.
61. Vargas, M. A., Fortin D., and Meckes, M.: Effect of primer coats on composite bond strength to dentin. *J Dent Res*, 74:34(Abstra 182),1995.
62. Wilson, A. D., Prosser, H. J., and Powis D. M.: Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J Dent Res*, 62(5): 590-592, 1983.
63. Watson ,T. F.: A confocal microscopic study of some factors affecting the adaptation of a light-cured glass ionomer to tooth tissue. *J Dent Res*, 69(8):1531-1538, 1990.
64. Friedl, K. H., Powers J. M., and Hiller K. A.: Influence of different factors on bond strength of hybrid ionomers. *Oper Dent*, 20:74-80, 1995.
65. Erickson, R. L., and Glasspoole, E. A.: Bonding to tooth structure: A comparison of glass-ionomer and composite-resin systems. *J Esthet Dent*, 6(5):227-244, 1994.

## EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 2. Scanning Electron Microscope of the dentin surface after MB conditioner treatment for 20 seconds( $\times 3000$ )
- Fig. 3. Scanning Electron Microscope of the fluoride treated dentin surface after MB conditioner treatment for 20 seconds( $\times 3000$ ).
- Fig. 4. Scanning Electron Microscope of the dentin surface after GC dentin conditioner treatment for 20 seconds( $\times 3000$ ).
- Fig. 5. Scanning Electron Microscope of the fluoride treated dentin surface after GC dentin conditioner treatment for 20 seconds( $\times 3000$ ).
- Fig. 6. Scanning Electron Microscope of the dentin surface after Syntac treatment for 20 seconds( $\times 3000$ ).
- Fig. 7. Scanning Electron Microscope of the fluoride treated dentin surface after Syntac treatment for 20 seconds( $\times 3000$ ).
- Fig. 8. Scanning Electron Microscope of the interfacial layer between dentin and Palfique Esterite( $\times 3000$ ).
- Fig. 9. Scanning Electron Microscope of the interfacial layer between fluoride treated dentin and Palfique Esterite( $\times 3000$ ).
- Fig. 10. Scanning Electron Microscope of the interfacial layer between dentin and Fuji II LC ( $\times 3000$ ).
- Fig. 11. Scanning Electron Microscope of the interfacial layer between fluoride treated dentin and Fuji II LC( $\times 3000$ ).
- Fig. 12. Scanning Electron Microscope of the interfacial layer between dentin and Compoglass ( $\times 3000$ ).
- Fig. 13. Scanning Electron Microscope of the interfacial layer between fluoride treated dentin and Compoglass( $\times 3000$ ).

논문사진부도 ①



논문사진부도 ②

