

불소도포한 상아질면의 산처리가 상아질접착에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 치과보존학교실 및 치과보철학교실*

황혜경 · 안식환 · 김성교 · 조광현* · 박진훈

Abstract

EFFECTS OF ACID TREATMENT OF FLUORIDE APPLIED DENTIN SURFACE ON DENTIN BONDING

Hea Kyung Hwang, Sik Hwan Ahn, Sung Kyo Kim, Kwang Hun Jo*,
Jin Hoon Park

Department of Conservative Dentistry and Department of Prosthodontics, School of Dentistry,
Kyungpook National University, Taegu, Korea*

The purpose of this study was to investigate the effect of acid treatment of fluoride applied dentin surface with various concentrations of phosphoric acid for various periods of time on dentin bonding.

Dentin specimens prepared from freshly extracted bovine mandibular anterior teeth were divided into fluoridated and nonfluoridated groups. Specimens of nonfluoridated group were pretreated with 10% phosphoric acid for 15 seconds. Those of fluoridated groups were treated with 2% sodium fluoride or 2% stannous fluoride solution for 5 minutes and stored in 37°C distilled water for 3 days, followed by phosphoric acid treatment. The concentrations of phosphoric acid were 10%, 32% or 50% and the treatment periods of time were 15, 30 or 60 seconds. All the specimens were bonded with All Bond® 2 and Bisfil™ composite resin. After bonded specimens were stored in 37°C distilled water for 24 hours, tensile bond strengths of each specimens were measured and the pretreated dentin and the fractured dentin surfaces were examined under the scanning electron microscope.

The results were as follows :

The tensile bond strengths from the fluoridated groups were significantly lower than

those from the nonfluoridated group when the concentrations of phosphoric acid and the treatment periods of time were equal in all the groups ($p < 0.05$).

In general, the higher the concentration of phosphoric acid and the longer the treatment period of time for acid etching on the fluoride applied dentin surface, the higher were the bond strength values. Recovery of bond strength of the dentin bonding agent was better in the NaF applied group than in the SnF₂ applied one.

SEM findings of NaF applied and SnF₂ applied dentin surfaces demonstrated reaction product-covered and partially or completely obstructed dentinal tubules. SEM findings of dentin surfaces fluoridated for 5 minutes followed by etching showed wider tubular openings and more clean dentin surfaces when dentin was etched with higher concentration of phosphoric acid for longer period of time.

On the SEM observations of the fractured dentin-resin interface, the etched specimens of fluoridated group showed an adhesive failure mode when the concentration of phosphoric acid and the treatment period of time were same as in the nonfluoridated group. As the concentration of phosphoric acid and the treatment period of time increase during acid etching, the cohesive failure area increased. However, excessive acid etching caused adhesive failure.

Key words : dentin bonding, fluoride, tensile bond strength, acid treatment

I. 서 론

치과영역으로의 불소의 도입은 치아우식의 예방이 주된 목적이었으며 그 효과는 이미 많은 실험적 및 임상적 연구를 통해 입증되었다. 불소는 국소도포시 치질 내로 침투하여 불소염과 여러가지 반응산물들을 형성하여 치질의 내산성을 증가¹⁻³⁾시키고 결정구조를 안정화시키며, 재석회화를 촉진⁴⁻⁶⁾하고 세균활성을 억제⁷⁾하여 항우식효과⁸⁻¹⁰⁾를 나타낸다. 그리고 개방된 상아세관을 봉쇄시킴으로써 치아의 지각과민증 완화에도 효과¹¹⁻¹⁴⁾가 있는 것으로 보고되고 있다.

한편, 최근에 심미-접착성 수복재료로서 관심이 집중되고 있는 레진계 접착제들은 치질의 보존적 측면에서 여러가지 잇점들을 지니므로 임상에서 그 사용빈도가 높아지고 있으나, 중합경화과정에서 발생하는 수축으로 인해 치질과 수복물 사이에 미세한 틈이 형성될 수도 있어 이차우식 및 지각과민증 등의 임상적

문제점들을 야기시킬 수 있다. 따라서 레진의 중합수축으로 인한 이러한 문제점들을 극복하기 위해서 복합레진을 이용한 접착수복단계에서 치면에 대한 불소의 적용에 관한 연구가 필요하였다. Arend와 Ruben¹⁵⁾은 복합레진수복시 불소의 적용방법에 대해 불소유리성 치과재료를 사용하거나, 레진수복전 형성된 와동내에 불소를 도포 혹은 레진 성분내에 불소를 포함시켜 사용하는 방법들을 제시하였고 불소가 포함된 레진수복후 유리된 불소는 이차우식 예방¹⁶⁾에 효과적인 것으로 보고하였다. 그러나 수복처치후 변연누출 등으로 발생된 이차우식 및 지각과민증 등을 사전에 예방하기 위해 수복 직전에 불소를 도포하거나, 또는 치근부 노출 및 치경부 마모 등으로 인한 지각과민증을 완화시킬 목적으로 불소도포를 이미 시행한 치아에 차후 레진수복을 하게 될 경우 불소 침착으로 인한 치질의 물성변화가 접착제의 접착력에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다.

불소도포된 치면에 대한 접착성 레진의 접

착강도에 관한 연구에서 범랑질에 대해서는 Lee 등¹⁷⁾ 이 불소도포한 범랑질면에 레진수복시 접착력이 감소하였다고 보고한 반면, Aboush 등¹⁸⁾ 은 교정용 bracket을 부착하기 전 치면세마과정에서 불소를 함유한 paste를 사용한 경우와 불소를 함유하지 않은 경우간의 교정용 접착레진의 치면에 대한 접착강도에 유의한 차이가 없었음을 보고하였고, Bryant 등¹⁹⁾ 은 in vitro에서 불소도포한 후 7일 경과하여 교정용레진을 접착시킨 결과 치면에 대한 접착력의 저하현상이 없었음을 보고하였다. Wang 등²⁰⁾ 과 Franklin²¹⁾ 도 1.23% acidulated phosphate fluoride를 도포한 후 37% 인산으로 탈회시키고 교정용 레진을 접착시킨 결과 불소를 적용하지 않고 접착시킨 군에 비해 접착력의 차이가 없었음을 보고하였다. 그리고 Peter 등²²⁾ 은 불소도포한 범랑질면을 인산으로 처리한 후 탈회양상을 주사전자현미경하에서 관찰한 결과 불소를 적용하지 않은 범랑질면의 탈회양상과 유사하였음을 보고하였다.

그러나, 불소도포한 상아질면에 대한 상아질 접착제의 접착력에 관한 연구는 다소 미미한 실정이며, Nystrom 등²³⁾ 은 상아질면에 불화석용액을 도포한 군이 불소를 도포하지 않은 군에 비해 상아질접착제의 접착강도가 현저히 감소하였음을 보고하였고, 권 등²⁴⁾ 은 불화석용액을 상아질면에 도포한 후 접착성 모노머의 성분이 각기 다른 3종의 상아질접착제들을 접착시킨 결과에서도 모든 실험군에서 접착력이 현저히 감소하였음을 보고한 바 있다. 상아질에 대한 불소적용후 상아질접착제의 접착력 저하현상은 접착성 레진을 이용한 수복기술에서 상아질에 대한 불소적용으로 얻을 수 있는 여러 잇점들을 도입하고자 함에 있어 큰 장애요인으로 작용하므로, 불소적용이 상아질 접착에 미치는 영향을 파악하고 나아가 그 해결방안을 강구할 필요가 있다.

본 연구는 불소적용으로 인한 상아질면의 내산성 증가 현상이 상아질 접착을 위한 산처리과정에서 탈회의 방해요인으로 작용할 것으로 전제하여, 탈회과정에서 사용되는 인산의 농도와 적용시간에 따른 상아질 표면의 탈회 양

상과 상아질접착제의 접착강도 회복양상을 비교, 관찰할 목적으로 시행되었다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

도살직후 발거하여 냉동보관한 소 (bovine) 의 하악전치를 실험직전에 해동시켜 본 실험에 사용하였다. 불소도포제로서는 2% 불화나트륨용액과 2% 불화석용액을 사용하였고 접착전처리과정에서는 10%, 32% 및 50% 농도의 인산수용액을 사용하였으며 상아질접착제와 복합레진으로는 All Bond[®] 2와 Bisfil[™] (Bisco Inc., Itasca, Il., U.S.A.) 을 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 시편제작

실험직전에 해동시킨 소의 하악전치를 저속의 diamond disk를 이용하여 치근을 절제해 내고 치수강내의 치수를 제거한 후 치관부 순면을 치아장축과 평행하게 wet trimmer에서 삭제하여 상아질 표면의 폭경이 약 5 mm의 크기가 되게 노출시켰다. 600 및 800번 silicon carbide paper로 주수하에서 상아질 표면을 연마하여 각 군마다 10개씩 준비하였다.

대조군에서는 상아질면을 20초간 수세, 20초간 건조시키고 All Etch인 10% 인산으로 15초간 처리한 뒤 20초간 수세, 10초간 건조한 후에 시편을 paraffin wax판 위에 수평이 되도록 고정시켰다. 전처리된 상아질면의 접착면적을 일정하게 하기 위해 직경 3.5 mm의 원형 구멍이 뚫린 masking tape를 부착시킨 뒤 primer A와 primer B를 동량으로 혼합하여 상아질면에 5회 반복 도포하고 5초간 건조시켰다. 접착레진을 도포하고 과량의 접착 레진은 air-syringe로 불어 상아질면에 얇은 층이 형성되도록 하여 Megalux CS (Megadent Co., Germany) 광조사기로 20초간 광조사한 다음 그 위에 내경 5 mm, 두께 1.2 mm의 silicon mold를 위치시킨 뒤 Bisfil[™]을 충전하여 slide glass로 압

Table 1. Concentration and treatment period of time of phosphoric acid solution for pretreatment procedure

Group	Fluoride Application	Concentration of Phosphoric Acid	Treatment Period of Time
I (control)	No	10 %	15 s
II	NaF	10 %	15 s, 30 s, 60 s
		32 %	15 s, 30 s, 60 s
		50 %	15 s, 30 s, 60 s
III	SnF ₂	10 %	15 s, 30 s, 60 s
		32 %	15 s, 30 s, 60 s
		50 %	15 s, 30 s, 60 s

접하면서 40초간 광조사하였다.

실험군에서는 불소도포한 상아질면에 접착시킨 균으로서 연마가 끝난 상아질면을 20초간 수세, 20초간 건조시킨 뒤 2% 불화나트륨 용액과 2% 불화석용액을 각각 5분간 적용 (50초간 적용한 뒤 10초간 건조시키는 과정을 5회 반복시행) 한 다음 1분간 수세한 후 증류수에 담그어 섭씨 37도 항온조에 보관하였다. 항온조에 보관한 지 3일후에 불소도포된 시편들을 각각의 군별로 나누어 Table 1에서 나타낸 바와 같이 전처리과정을 거친 다음 대조군에서와 같은 방법으로 All Bond® 2와 Bisfil™을 사용하여 접착실험을 시행하였다.

제작된 시편은 cyanoacrylate를 이용하여 아크릴봉에 연결시킨 뒤 실온에 1시간 동안 방치하였다가 증류수에 담그어 섭씨 37도 항온조에서 24시간 동안 보관하였다.

2) 인장접착강도 측정

제작, 보관된 각 시편을 만능시험기 (4202 Instron, Instron Co., U.S.A.) 에서 load cell 50 kgf, cross head speed 2 mm/min로 인장 실험하였으며 이 때 얻어지는 최대하중과 시편의 접착면의 단면적을 이용하여 접착강도를 계산하였다. 불소도포한 후 전처리과정에서 각각 인산용액의 농도와 적용시간을 달리한 실험군과 대조군에서 산출된 접착강도 값 사이의 통계적 유의성 검정은 일원변량 분석법 (one way ANOVA) 을 이용하였다.

3) 상아질 표면과 파단면의 주사전자 현미경적 관찰

불소도포한 후의 상아질 표면과 산처리한 후의 상아질표면의 구조 변화를 비교 관찰하고 파단면의 형태를 살펴보기 위해 불화나트륨용액과 불화석용액을 도포한 상아질 표면, 여러 가지 다른 농도와 적용시간으로 산처리된 상아질 표면 그리고 파단면의 주사전자현미경용 시편을 각각 제작 하였다. 각 시편은 가로 약 4 mm, 세로 약 4 mm, 두께 약 1 mm로 절단한 다음 건조기 (Sanplatec Corp., Japan) 에 넣어 24시간 건조시킨 후 시편대에 carbon tape로 고정하고 IB-3형 ion coater (Eiko Co., Japan) 에서 3분간 금이온을 증착시킨 뒤 주사전자현미경 (Hitachi Ltd., Japan) 을 이용하여 가속전압 25 KV에서 2000배로 관찰하였다.

III. 실험 성적

1. 인장접착강도

측정된 인장접착강도의 평균치와 표준편차는 Table 2와 같았다. 전반적으로 불화나트륨용액 및 불화석용액 도포 후 접착시킨 실험군의 접착강도치가 대조군에 비해 낮게 나타났고 산의 농도 및 적용시간을 증가시킴으로써 접착강도가 증가되는 경향을 보였으며, 접착강도가 회복되는 정도는 불화석도포군 (SnF₂) 에 비해 불화나트륨도포군 (NaF) 에서 더 크게 나타났다 (Table 2).

인산농도별 적용시간에 따른 접착강도를 비교해 보면 불화나트륨도포군에서는 10% 인산

Table 2. Tensile bond strengths from control and fluoride applied groups
(Mean \pm S.D., unit : MPa, n=10)

Treatment Period of Time	Control	NaF Applied			SnF ₂ Applied		
	10% PA*	10% PA*	32% PA	50% PA	10% PA	32% PA	50% PA
15 s	9.5 \pm 2.2	3.7 \pm 1.7	6.4 \pm 2.6	8.5 \pm 3.6	1.5 \pm 0.9	4.5 \pm 2.0	3.9 \pm 1.6
30 s	—	6.4 \pm 2.1	6.6 \pm 2.7	7.7 \pm 3.4	1.3 \pm 1.0	3.2 \pm 1.4	2.8 \pm 1.4
60 s	—	6.9 \pm 2.7	6.7 \pm 2.8	4.4 \pm 2.3	0.9 \pm 0.5	7.1 \pm 2.4	4.3 \pm 2.6

*With phosphoric acid solution.

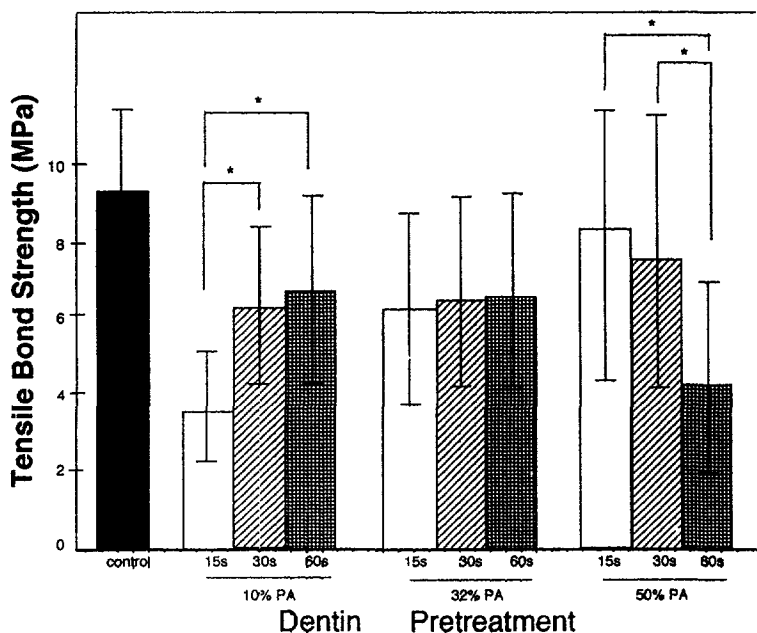


Fig. 1. Bar graph comparing the effect of treatment period of time on tensile bond strength in the NaF applied group. Values represent mean \pm S.D. : PA, phosphoric acid : * the values were significantly different ($p < 0.05$).

적용시 15초군 (3.7 \pm 1.7 MPa) 에 비해 30초 (6.4 \pm 2.1 MPa) 및 60초 (6.9 \pm 2.7 MPa) 군에서 접착강도가 유의하게 높은 수치를 보였고, 32% 인산 적용시에는 적용시간의 변화에 따른 별다른 변화가 없었으며, 50% 인산 적용시에는 15초 (8.5 \pm 3.6 MPa) 및 30초 (7.7 \pm 3.4 MPa) 적용군에서는 대조군 (9.5 \pm 2.2 MPa) 에 비해 유의한 차이가 없었으나, 60초 (4.4 \pm 2.3 MPa) 적용군에서는 대조군에 비해 유의한 감소를 보였으며 15초 및 30초 적용군에

비해 오히려 감소되는 경향을 보였다 (Fig. 1, Table 3). 불화석도포군에서는 10% 및 50% 인산 적용시에는 적용시간에 따른 접착강도의 변화는 없었으며, 32% 농도에서는 10초 (4.5 \pm 2.0 MPa) 및 30초 (3.2 \pm 1.4 MPa) 적용군에 비해 60초 (7.1 \pm 2.4 MPa) 적용군에서 유의한 증가를 보였다 (Fig. 2, Table 3).

적용시간별 인산 농도에 따른 접착강도의 변화를 살펴보면 불화나트륨용액 도포군에서는 15초 적용군에서 10% (3.7 \pm 1.7 MPa) 적

Table 3. Statistical analysis of tensile bond strength from each group of different treatment period of time with phosphoric acid (PA) solution

	NaF Applied									SnF ₂ Applied								
	10% PA			32% PA			50% PA			10% PA			32% PA			50% PA		
	15s ^a	30s	60s	15s	30s	60s	15s	30s	60s	15s	30s	60s	15s	30s	60s	15s	30s	60s
Control ^b	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*
15 s ^a									*									
30 s	*								*									
60 s	*												*	*				

^a Treatment period of time with PA solution.

^b Pretreated with 10% PA for 15 s without fluoride application.

* Significantly different by one way ANOVA ($p < 0.05$).

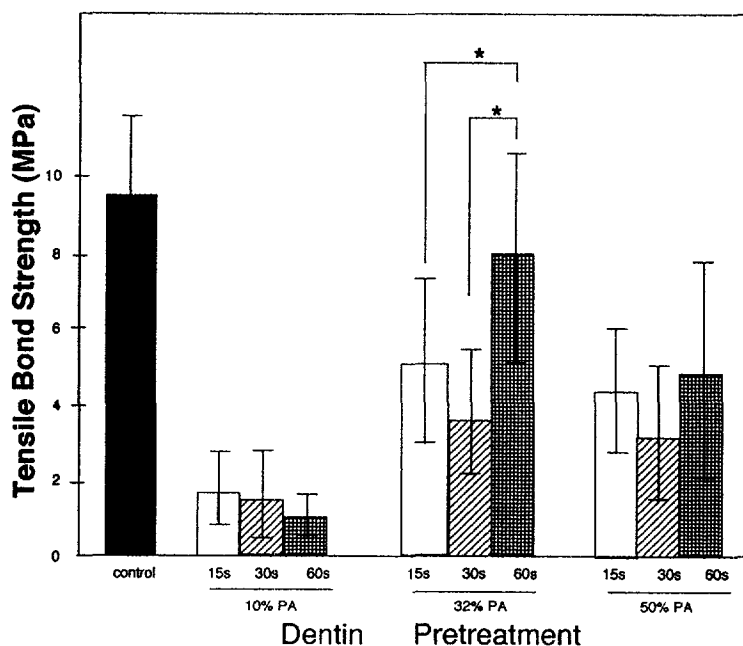


Fig. 2. Bar graph comparing the effect of treatment period of time on tensile bond strength in the SnF₂ applied group. Values represent mean ± S.D. : PA, phosphoric acid : * the values were significantly different ($p < 0.05$).

용군에 비해 32% (6.4 ± 2.6 MPa) 및 50% (8.5 ± 3.6 MPa) 적용군에서 유의한 증가를 보였으며, 30초 적용군에서는 농도 변화에 따른 접착강도의 별다른 변화가 없었으나, 60초 적용군에서는 10% (6.9 ± 2.7 MPa) 군에 비해

50% (4.4 ± 2.3 MPa) 군에서 유의한 감소를 나타냈다 (Fig. 3, Table 4). 불화석도포군에서는 적용시간에 관계없이 10% 농도에 비해 32% 및 50% 농도에서 접착강도의 유의한 증가를 보였으나, 60초 적용군에서는 32% (7.1

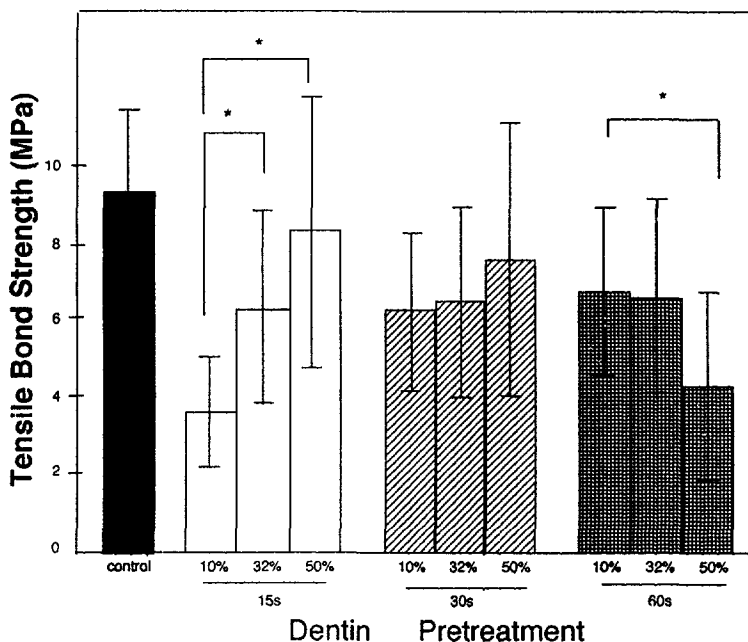


Fig. 3. Bar graph comparing the effect of concentration of phosphoric acid (PA) on tensile bond strength in the NaF applied group. Values represent mean \pm S.D. : * the values were significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Statistical analysis of tensile bond strength from each group of different concentration of phosphoric acid solution

	NaF Applied									SnF ₂ Applied								
	15s ^a			30s			60s			15s			30s			60s		
	10 ^b	32	50	10	32	50	10	32	50	10	32	50	10	32	50	10	32	50
Control ^c	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10 ^b									*									
32		*								*			*			*		*
50		*								*			*			*		

^a Treatment period of time with phosphoric acid solution.

^b % concentration of phosphoric acid solution.

^c Pretreated with 10 % phosphoric acid for 15 s without fluoride application.

* Significantly different by one way ANOVA ($p < 0.05$).

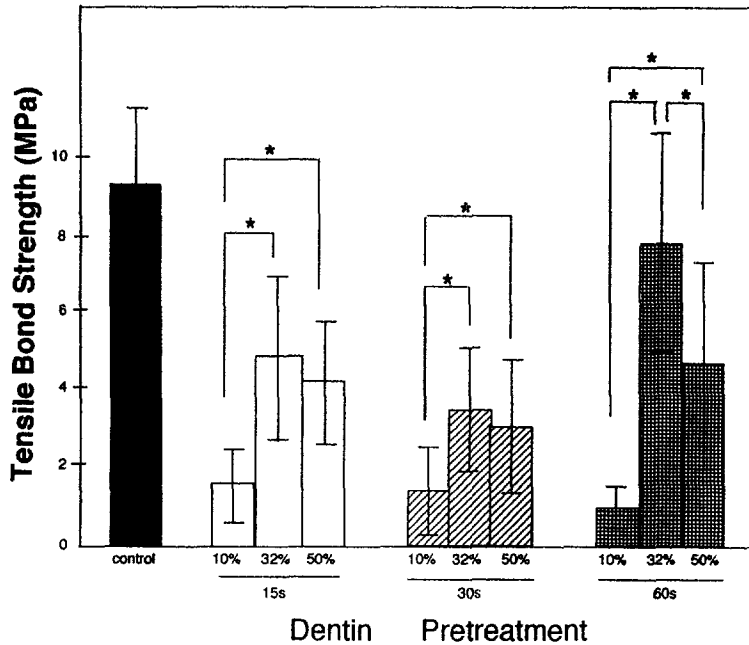


Fig. 4. Bar graph comparing the effect of concentration of phosphoric acid (PA) on tensile bond strength in the SnF₂ applied group. Values represent mean \pm S.D. : * the values were significantly different ($p < 0.05$).

± 2.4 MPa) 농도에 비해 50% (4.3 ± 2.6 MPa) 농도 적용시 접착강도가 오히려 감소되는 경향을 나타냈다 (Fig. 4, Table 4).

2. 주사전자현미경적 관찰조건

불소도포후 상아질 표면, 불소도포한 상아질면의 산처리후의 상아질 표면 및 인장 실험후의 파단면 양상을 주사전자현미경하에서 관찰한 결과 Fig. 5—Fig. 15 와 같이 나타났다.

불화나트륨용액을 도포한 상아질 표면은 표층도말층과 치질 성분과 반응하여 여러 형태의 침착물들이 형성되어 상아세관이 봉쇄되어 나타났다 (Fig. 5). 불화나트륨용액 도포한 후 10% 인산을 15초간 처리한 경우에는 봉쇄되었던 상아세관의 일부가 개방되어 나타났고 (Fig. 6), 32% 인산을 15초간 처리한 경우에는 10% 인산을 처리한 경우에 비해 좀 더 깨끗한 상아질 표면을 나타냈으나, 광확대시 상아세관 주변부에 침착물들이 잔존함을 관찰할 수 있

었으며 (Fig. 7), 50% 인산을 15초간 처리한 경우에는 좀 더 확대된 상아세관과 깨끗한 관간 상아질면을 관찰할 수 있었다 (Fig. 8). 파단면 관찰시 10% 인산 15초 적용군의 파단면에서는 상아세관내 레진의 침투를 관찰할 수 있었으나, 관간 상아질에는 레진의 침투가 거의 없었으며 (Fig. 9), 50% 인산 15초 적용군의 파단면 양상은 주로 응집성 파단을 나타내었다 (Fig. 10).

불화석용액을 도포한 후의 상아질면은 불화나트륨용액을 도포한 경우와 거의 비슷한 양상을 나타내고 있었으나, 좀 더 거친 표면 양상을 관찰할 수 있었다 (Fig. 11). 불화석용액을 도포한 후 10% 인산을 15초간 처리한 경우에는 일부 상아세관이 개방되어 나타났으나, 불화침착물들이 상아질면에 부분적으로 남아 있었으며 (Fig. 12), 32% 인산을 15초간 처리한 경우에는 좀 더 확대된 상아세관과 탈회된 상아질 표면을 관찰할 수 있었다 (Fig. 13). 파단면 관찰시 10% 인산 15초 적용군의

파단면에서는 주로 부착성 파단 양상을 보였고, 파단면에 레진성분과 반응한 것으로 추정되는 일정한 형태의 침착물들을 관찰할 수 있었으며 (Fig. 14), 32% 인산 60초 적용군의 파단면에서는 상아세관내로 침투된 레진이 응집파단을 일으켜 형성된 레진 돌기가 관찰 되었으며 (Fig. 15), 50% 인산 60초 적용군의 파단면에서는 상아세관내로의 레진 침투가 거의 없는 부착성 파단이 주로 나타났다.

IV. 총괄 및 고안

최근에 이르기까지 새로운 상아질접착제의 개발이 계속되고 있으나 아직까지 완벽한 접착성능을 나타내는 접착제는 없는 실정이다. Munksgaards 등²⁵⁾은 변연부의 공격형성과 관련된 상아질 접착제의 접착강도에 대해 미세공격이 없는 수복을 얻으려면 전단접착강도가 17 MPa 이상이어야 한다고 하였다. 레진 수복시 초기 경화과정에서 생기는 중합 수축으로 인해 형성된 미세공격과 미세누출은 이차우식, 지각과민증 및 변연부의 치태형성 등의 문제들을 유발시켜 결국 수복의 실패를 가져온다.

치과영역에서 치아우식예방을 주된 목적으로 사용되는 불소는 치은퇴축, 치아마모 및 교모 등으로 인해 노출된 상아질의 지각과민증 완화에도 효과적인 것으로 알려져 있는데 불소 유리성 치과재료로서 실리케이트 세멘트²⁶⁾가 사용된 이래로 varnishes²⁷⁾, 아말감²⁸⁾, 글라스 아이오노머 세멘트^{29,30)}, 복합레진³¹⁾ 등이 개발되었다. 복합레진수복시 불소의 사용은 불소유리성 레진을 사용하거나, 레진 수복전 형성된 와동에 불소를 도포 혹은 레진 성분내에 불소를 포함시켜 사용하는 방법들이 고안되었었다¹⁵⁾. 그 외에도 접착강화제 도포과정에서 불소도포제를 병용하는 상아질접착제가 시판되고 있다.

불소도포된 치면에 대한 접착제의 접착강도에 관한 연구로서 법랑질에 대해서는 Bryant 등¹⁹⁾이 in vitro 연구에서 법랑질면에 불소도포한 후 7일 경과하여 교정용 레진을 접착시킨 결과 접착력의 저하가 없었음을 보고하였고, Aboush 등¹⁸⁾도 불소를 포함한 산부식제로 처리하여 접

착시킨 경우 불소를 포함하지 않은 산부식제를 사용하여 접착시킨 경우에 비해 접착강도의 유의한 감소가 없었음을 보고한 바 있다. 그리고 Wang 등²⁰⁾과 Franklin²¹⁾도 1.23% acidulated phosphate fluoride를 적용한 후 37% 인산용액으로 산부식시킨 법랑질면에 교정용 레진을 접착시킨 결과 불소를 적용하지 않고 접착시킨 군에 비해 접착강도의 유의한 차이가 없었음을 보고하였다. 불소도포가 상아질의 접착에 미치는 영향에 대해서는 Nystrom 등²³⁾이 0.717% 불화석 용액을 상아질면에 도포한 후 Scotchbond™ 2와 Silux Plus를 접착시킨 결과, 그리고 본 교실에서 권 등²⁴⁾이 2% 불화석용액을 도포한 후 각기 다른 접착성 모노머를 포함한 3종의 상아질 접착제 (Scotchbond™ Multipurpose, All Bond® 2, Denthesive II) 를 사용하여 접착시킨 결과 모든 실험군에서 접착력이 현저히 감소 하였음을 각각 보고하였다.

불소도포로 인해 법랑질면에 대한 레진의 접착력이 감소되는 기전에 대해 Kochavi 등³²⁾은 불소처리시 치면의 습윤성이 감소되고, 여러 가지 반응생성물들이 형성되는데, 불화나트륨 용액 도포시에는 $Ca_5(PO_4)_3F$ 와 CaF_2 , 불화석 용액 도포시에는 $Sn_3(PO_4)_2F_3$ 와 CaF_2 등의 불소 염들이 형성되어 법랑질의 interprismatic space를 채움으로써 레진의 치면과의 접촉이 방해되어 접착력의 감소가 초래된다고 하였다. Gwinnett 등³³⁾은 이런 불소염들이 산부식 과정에서 형성된 법랑소주 주위와 소주내 공간으로 레진이 흘러 들어가는 것을 방해하여 기계적 유지를 감소시킴으로서 레진의 접착력이 감소된다고 하였다.

결국 치면에 불소도포시 형성된 반응생성물들은 레진 수복과정 중 산부식과정에서 탈회를 방해하거나 탈회된 공간을 채움으로써 레진의 치질과의 접촉면적을 감소시켜 접착력의 저하를 나타내는 것으로 사료된다. 본 실험에서는 불화나트륨용액 및 불화석용액을 도포한 상아질면을 탈회시킬 목적으로 종래에 주로 사용해 온 인산용액의 농도와 그 적용시간을 증가시켰을 때 상아질접착제의 접착강도의 회복양상을 관찰해 본 결과, 산의 농도와 적용시간이 증

가함에 따라 접착력이 다소 증가되는 양상을 관찰할 수 있었으며 불화석도포군에 비해 불화나트륨도포군에서 접착강도의 회복 양상이 더 뚜렷하게 나타났다.

본 실험에서는 모든 군에서 상아질 접착제로 All Bond® 2를, 수복용 레진으로는 Bisfil™을 사용하였다. 대조군에서는 10% 인산용액을 15초간 적용시켰는데 이와 동일한 농도의 인산을 동일한 시간 동안 산부식시킨 실험군의 경우 불화나트륨도포군에서는 3.7 ± 1.7 MPa, 불화석도포군에서는 1.5 ± 0.9 MPa로 대조군의 9.5 ± 2.2 MPa에 비해 접착력이 크게 감소하였다. 인산농도를 각각 10%, 32% 및 50% 그리고 적용시간을 15초, 30초 및 60초로 적용시켜 보았을 때 불화나트륨도포군에서 인산농도별 적용시간에 따른 접착력의 변화는 10% 농도에서 적용시간이 증가할수록 접착력이 증가되어 나타났으나, 50% 농도에서는 15초 및 30초군에 비해 60초 적용시 접착력이 감소되어 나타났다 (Fig. 1). 적용시간별 인산농도에 따른 접착력의 변화를 살펴보면, 15초 적용군에서 산의 농도를 증가시킬수록 접착력이 대조군과 비슷한 정도로 회복되는 양상을 보였고, 60초 적용군에서는 10% 및 32% 농도에 비해 50% 농도에서 오히려 접착력이 감소되어 나타났다 (Fig. 3). 불화석도포군에서는 인산 농도별 적용시간에 따른 접착력의 변화에서 10% 및 50% 농도에서는 적용시간에 따른 별다른 변화가 없었으나, 32% 농도에서는 15초 및 30초 적용군보다 60초 적용군에서 접착강도가 증가되어 나타났다 (Fig. 2). 적용시간별 인산농도에 따른 접착력의 변화를 살펴보면, 15초 적용군에서 산의 농도를 증가시킬수록 접착력이 대조군과 비슷한 정도로 회복되는 양상을 보였고, 60초 적용군에서는 10% 및 32% 농도에 비해 50% 농도에서 오히려 접착력이 감소되어 나타났다 (Fig. 4).

한편, 고농도의 산을 사용하거나 적용시간을 증가시키기에 따라 상아질면의 심한 탈회와 더불어 상아질의 주요 유기성분인 교원섬유의 변성이 초래되어 접착제의 침투가 방해되고 표층부의 치질 자체의 물성이 약화되어 접착

력이 저하될 수 있다. Shimokobe 등³⁰⁾은 인산 처리시 상아질 교원섬유의 변성에 대해 37% 인산을 30초간 처리시 상아질 교원섬유의 50%가 변성되고 1시간 처리시 100% 변성을 일으킨다고 보고하였으며, Kato 및 Nakabayashi 등³⁵⁾은 인산으로 처리된 노출된 교원섬유는 쉽게 가수분해되어 접착의 장기적인 내구성 측면에서 나쁜 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 본 실험의 결과에서 불화나트륨군에서 50% 농도를 60초간 적용시 접착력이 15초 및 30초 적용군에 비해 오히려 감소되어 나타났고, 불화석도포군에서 각 적용시간별 인산농도의 증가시 10% 농도에 비해 32% 농도에서 접착력이 증가되었다가 50% 농도에서 다소 감소되는 양상을 보인 것은 이러한 기전과 관련된 것으로 사료된다.

All Bond® 2³⁶⁾는 법랑질, 상아질, 금속 및 도재 접착에 사용되는 접착제로서 법랑질에 대해서는 37% 인산을 사용하고, 상아질 전처리 과정에서는 10% 인산을 사용하며, NPG-GMA와 BPDm을 주성분으로 하는 접착강화제를 사용한다. Kanca 등³⁷⁾은 습윤 접착 (wet bonding) 을 주장하여 10% 인산으로 처리된 상아질면을 완전히 건조시키지 않고 blot dry시킴으로써 탈회된 상아질 표면의 교원질의 구조를 유지시켜 더 높은 접착력을 얻을 수 있다고 하였고, Nakabayashi 등^{38,39)}은 10-3 (10% citric acid와 3% Ferric chloride) 용액을 사용하여 교원질의 손상없이 탈회층이 형성되어 접착강화제와 접착레진이 관주상아질과 관간상아질내로 쉽게 침투하여 견고한 수지 함침층이 형성된다고 하였으며, 박⁴⁰⁾은 10% 인산에 동 및 철이온을 첨가시켜 전처리과정에서 이들 동 및 철이온이 교원섬유에 흡착되어 MMA/TBBO 레진의 상아질에 대한 접착력이 증가되었음을 보고하였다.

본 실험의 주사전자 현미경적 관찰상에서 불화나트륨용액 및 불화석용액을 도포한 후의 상아질 표면은 도말층 및 치질 성분과 반응하여 형성된 침착물들로 덮여 상아세관이 봉쇄되어 나타났다. 이는 Ellingsen 등⁴¹⁾이 1% - 10% 불화석용액을 도포한 상아질면의 주사전자현미경적 관찰시 불소와 주석이 포함된 입자들이

상아세관내에서 관찰되었고, 이들 침착물들은 상아질면에 화학적 혹은 기계적인 방어벽을 형성한다고 보고한 내용과 유사하였다. 불화나트륨용액을 도포한 후 산처리에 따른 상아질 표면의 주사전자현미경적 관찰소견은 10% 인산 15초 적용군에서는 상아세관이 일부 개방되어 나타났고, 32% 및 50% 인산 적용시에는 10%에 비해 상아세관이 좀 더 확대되고 깨끗한 상아질면을 관찰할 수 있었다. 불화석도포군에서도 불화나트륨도포군에서와 같이 산의 농도와 적용시간이 증가함에 따라 상아세관이 좀 더 확대되고 관간상아질면도 탈회된 양상을 관찰할 수 있었다. 이는 산의 농도 또는 적용시간을 증가시킴에 따라 상아질 표면의 불소도포로 인해 생성된 침착물들이 용출될 뿐 아니라 상아질면의 탈회가 충분히 이루어진 것으로 판단된다. 파단면의 주사전자현미경적 관찰 결과에서 불화나트륨용액을 도포한 후 10% 인산 15초 적용군의 파단면에서는 상아세관내에 파단된 레진 tag이 잔존되어 있었으나 관간상아질에서는 레진의 침투가 거의 없었으며 50% 인산 15초 적용군의 파단면에서는 주로 응집성 파단양상을 나타내었다. 이는 산의 농도를 증가시킴에 따라 상아질표면과 상아세관내의 불화물들이 용해되어 레진의 침투를 용이하게 하므로써 응집성 파단이 증가된 결과인 것으로 사료된다. 불화석용액 도포후 10% 인산 15초 적용군의 파단면 관찰 결과에서 주로 부착성 파단을 나타냈으며, 산처리 후 상아질 표면에서 관찰할 수 없었던 규칙적인 형태의 침착물들이 전체 파단면에서 관찰되었는데, 이들은 불화석용액내의 주석 (tin) 이 레진성분과 반응하여 형성된 것으로 추정된다. 32% 인산 60초 적용군의 파단면에서는 혼합파단양상으로 상아세관내로 침투된 레진이 인장응력을 받았을때 레진 tag의 경부에서 파절되어 형성된 레진 돌기를 관찰할 수 있었다. 50% 인산 60초 적용군의 파단면에서는 상아세관내 레진의 침투가 거의 없는 부착성 파단양상을 나타내었는데, 이는 산의 농도와 적용시간을 증가시킴으로써 침착물들이 더 많이 용해되고 탈회된 상아질면이 형성된다 하더라도 과도한 산처리로

인해 교원섬유의 변성이 초래되고 붕괴된 교원섬유는 레진성분의 침투를 방해한 것으로 추정할 수 있다³⁶⁾.

불화나트륨도포군과 불화석도포군간의 접착력의 회복능에 있어서 차이를 나타내는 것은 각각 형성된 불화물의 형태와 산에 대한 용해도가 다르기 때문에^{32,42)} 산부식과정에서 침착물들이 용출되는 정도의 차이가 있었을 것으로 생각된다. Nystrom 등³³⁾은 불화석용액을 도포한 상아질면의 접착과정에서 상아질 표면이 재습윤화되는 양상을 관찰하였으며 이는 불화석성분의 친수성에 의한 것으로 추정한다. 본 실험에서 산의 농도와 적용시간의 증가에 따른 접착력의 변화를 비교해 볼 때 두 군의 접착력 회복의 차이를 불화나트륨과 불화석의 친수성 능력의 차이에 의한 것으로도 해석해 볼 수 있을 것이다. 그리고 불소 성분이 레진의 중합거동에 직접 관여하는지 여부를 명확히 규명하는데 있어서는 본 실험의 결과만으로는 다소 미흡한 것으로 사료된다.

이상을 종합할 때 수복시술후의 이차우식을 예방하고 지각과민증을 완화시킬 목적으로, 레진수복전에 와동내 불소를 도포할 경우 여러가지 반응 생성물들이 형성되어 산부식과정에서 탈회를 방해하거나 탈회된 공간내로 불소염들이 침투하여 상아질접착제의 접착성능에 불리한 영향을 미칠 수 있으나, 산의 농도와 적용시간을 증가시킴으로써 접착력의 회복을 얻을 수 있었다. 그러나, 불소도포후 고농도의 산을 적용함으로써 치면 탈회와 동시에 침착된 불소가 용출됨으로써 불소도포의 잇점을 기대할 수 없게 될 수도 있다. 향후, 상아질 접착제의 접착성능에는 영향을 주지 않으면서 적당한 양의 불소가 잔존하여 불소자체의 임상적 효능을 나타낼 수 있는 접착성 수복재료 및 방법에 관한 보다 심도있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

불소도포한 상아질면에 상아질접착제를 이용한 레진 수복시 접착력이 현저히 감소함을

관찰 한 바, 이에 대한 후속 연구로서 불소도포한 상아질면에 대해 산의 농도와 적용시간을 증가시킨 탈회를 시행할 경우 상아질 접착제의 접착강도의 회복양상을 비교, 관찰할 목적으로 발거한 소의 하악 전치의 순면 상아질면에 2% 불화나트륨 및 2% 불화석용액을 5분간 도포한 다음 항온조에 3일간 보관한 후 각 군별로 10%, 32% 및 50% 인산 용액을 각각 15초, 30초 및 60초 동안 산부식시켜 All Bond® 2 와 Bisfil™을 이용하여 접착시킨 후 인장접착강도를 측정하고, 불소도포후 상아질 표면, 산처리에 따른 상아질 표면 및 파단면 양상을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 불화나트륨 및 불화석도포군에서 공히 불소를 도포하지 않은 대조군에 비해 접착력이 감소되어 나타났고 ($p < 0.05$), 산처리에 따른 접착력의 회복정도는 전체적으로 불화석도포군에 비해 불화나트륨도포군에서 더 큰 것으로 나타났으며, 불화나트륨도포군의 50% 인산 15초 및 30초 적용군에서, 불화석도포군의 32% 인산 60초 적용군에서 대조군과 거의 비슷한 정도의 접착력으로 회복되어 나타났다.
2. 주사전자현미경적 관찰 결과 불화나트륨 및 불화석용액을 도포한 상아질면은 치질성분과 반응하여 형성된 침착물들로 덮혀 있었고 상아세관이 봉쇄되어 나타났다. 불소도포한 상아질면의 산처리에 따른 표면양상은 산의 농도와 적용시간이 증가됨에 따라 불소도포로 인해 형성된 침착물들이 용해되어 상아세관의 개방과 탈회된 상아질면을 관찰할 수 있었다.
3. 파단면 관찰에서는 대조군과 동일 농도 및 동일 시간동안 산처리한 경우에는 주로 부착성 파단양상을 보였으며, 산의 농도와 적용시간이 증가함에 따라 응집성 파단이 증가되어 혼합파단양상을 나타냈으나 과도한 탈회시에는 주로 부착성 파단양상을 나타냈다.

1. Al-Joburi, W. and Koulourides, T. : Effect of fluoride on in vitro root surface lesions, *Caries Res.*, 18 : 33-40, 1984.
2. Lammers, P. C., Borggreven, J. M. P. M., Driessens, F. C. M. and van's Hofe, M. A. : Acid-susceptibility of lesions in bovine enamel after remineralization in the presence of fluoride and/or carbonate, *Caries Res.*, 26 : 1-7, 1992.
3. Iijima, Y., Ruben, J. L., Zuidgeest, T. G. M. and Arends, J. : Fluoride and mineral content in hyper-remineralized coronal bovine dentine in vitro after an acid challenge, *Caries Res.*, 27 : 106-110, 1993.
4. Arends, J., Christoffersen, J., Ruben, J. and Jongbloed, W. L. : Remineralization of bovine dentine in vitro, *Caries Res.*, 23 : 309-314, 1989.
5. Lammers, P. C., Borggreven, J. M. P. M. and Driessens, P. C. M. : Influence of fluoride and pH on in vitro remineralization of bovine enamel, *Caries Res.*, 26 : 8-13, 1992.
6. Koulourides, T. and Cameron, B. : Enamel remineralization as a factor in the pathogenesis of dental caries, *J. Oral Pathol.*, 9 : 255-269, 1980.
7. Mayhew, R. R. and Brown, L. R. : Comparative effect of SnF₂, NaF, and SnCl₂ on the growth of streptococcus mutans, *J. Dent. Res.*, 60 : 1809-1814, 1981.
8. Mellberg, J. R., Lass, A. and Petrou, I. : Inhibition of artificial caries lesion formation by APF and Neutral NaF office gels, *Am. J. Dent.*, 1(6) : 255-257, 1988.
9. Clarkson, B. H., Hansen, S. E. and Wefel, J. S. : Effect of topical fluoride treatments on fluoride distribution during in vitro caries like lesion formation, *Caries Res.*, 22 : 263-268, 1988.

10. Fejerskov, O., Thylstrup, A. and Larsen, M. J. : Rational use of fluorides in caries prevention, fluorides in caries prevention, 12 : 241-249, 1981.
11. Hansen, E. K. : Dentin hypersensitivity treated with a fluoride-containing varnish or a light-cured glass Ionomer liner, Scand. J. Dent. Res., 100 : 305-309, 1992.
12. Gangarosa, L. P. and Park, N. H. : Practical considerations in iontophoresis of fluoride for desensitizing dentin, J. Prosthet. Dent., 39 : 173-178, 1978.
13. Lutins, N. D., Greco, G. W. and Mcfall, W. T. : Effectiveness of sodium fluoride on tooth hypersensitivity with and without iontophoresis, J. Periodontol., 8 : 285-288, 1983.
14. Minkov, B., Marmari, I., Gedalia, I. and Garfunkel, A. : The effectiveness of sodium fluoride treatment with and without iontophoresis on the reduction of hypersensitive dentin, J. Periodontol., 46 : 246-249, 1975.
15. Arends, J. and Ruben, J. : Fluoride release from a composite resin, Quint. Int., 19 : 513-514, 1988.
16. Arends, J., Ruben, J. and Dijkman, A. G. : Effect of fluoride release from a fluoride-containing composite resin on a secondary caries : an in vitro study, Quint. Int., 21 : 671-674, 1990.
17. Lee, H., Stoffey, D. and Orlowski, J. : Sealing of developmental pits and fissures : effects of fluoride on adhesion of rigid and flexible sealers, J. Dent. Res., 51 : 151-201, 1972.
18. Bryant, S., Retief, D. H., Bradley, E. L. and Denys, F. R. : The effect of topical fluoride treatment on enamel fluoride uptake and the tensile bond strength of an orthodontic bonding resin. Am. J. Orthod., 87(4) : 294-302, 1985.
19. 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.
20. Wang, W. N. and Sheen, D. H. : The effect of pretreatment with fluoride on the tensile strength of orthodontic bonding, The Angle Ortho., 61 : 31-34, 1990.
21. Franklin, G. G. : Shear bond strength of a resin composite to enamel treated with an APF gel, Pediatric Dent., 15 : 272-274, 1993.
22. Peter, M. N., Bjørnsgaard, Roberval, C., Chindia, M. L. and Cand, E. A. : Tensile strength of orthodontic brackets bonded directly to fluorotic and nonfluorotic teeth : an in vitro comparative study, Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 102 : 244-250, 1992.
23. 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.
24. 권형조, 박진훈 과 조규중 : 불소도포가 상아질 접착에 미치는 영향. 대한치과보존학회지. 20(1) : 113-128, 1995.
25. Munksgaard, E.C., Irie, M. and Asmussen, E. : Dentin polymer bond promoted by Gluma and various resins. J. Dent. Res., 64 : 1409-1411, 1985.
26. Frosten, L. and Paunio, I. K. : Fluoride release by silicate cements and composite resin, Scand. J. Dent. Res., 80 : 515-519, 1972.
27. Arend, J. and Schuthof, J. : Fluoride content in human enamel after fluoride application and washing-an in vitro study, Caries Res., 9 : 363-372, 1975.
28. Forsen, L. : Fluoride release from a fluoride containing amalgam and two luting cements, J Dent. Res., 84 : 348-350, 1976.

29. Swartz, M. L., Philip R. W. and Clark, H. E. : Long-term release from glass ionomer cements, *J dent Res.*, 63 : 158-160, 1984.
30. Wilson, A. D., Groffmann, D. M. and Kuhn, A. T. : The release of fluoride and other chemical species from a glass ionomer cement, *Biomater.*, 6 : 431-433, 1985.
31. Rawls, H. R. and Zimmerman, B. F. : Fluoride-exchanging resins for caries prevention, *Caries Res.*, 17 : 32-43, 1983.
32. Kochavi, D., Gedalia, I. and Anaise, J. : Effect of conditioning with fluoride and phosphoric acid in enamel surfaces as evaluated by scanning electron microscopy and fluoride incorporation, *J. Dent. Res.*, 54 : 304-309, 1975.
33. Gwinnett, A. J., Buonocore, M. G. and Sheykhholeslam, Z. : Effects of fluoride on etched human and bovine tooth enamel surfaces as demonstrated by scanning electron microscopy, *Arch. Oral Biol.*, 17 : 271-8, 1972.
34. Shimokobe, H., Honda, T., Kobayashi, Y., Nakamura, H., Takita, H. and Kusoki, Y. : Denaturation of dentin collagen by phosphoric acid treatment, *J. Dent. Res.*, 74 (Spec. Iss.) : 226 (Abstr. No. 908), 1995.
35. Kato, G. and Nakabayashi, N. : Influence of exposed collagen etched with phosphoric acid to bonding, *J. Dent. Res.*, 74 (Spec. Iss.) : 403 (Abstr. No. 19), 1995.
36. Suh, B. I. : All Bond : fourth generation dentin bonding system, *J. Esthet. Dent.*, 3 : 139-147, 1991.
37. Kanca, J. : Effect of resin primer solvents and surface wetness on composite resin bond strength to dentin, *Am. J. Dent.*, 5 : 213-215, 1992.
38. Nakabayashi, N., Ashizawa, M. and Nakamura, M. : Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo : durable bonding to vital dentin, *Quint. Int.*, 23 : 135-141, 1992.
39. Nakabayashi, N. and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin, *Dent. Mater.*, 8 : 125-130, 1992.
40. 박진훈 : 동 및 철이온이 MMA/TBBO 레진의 상아질 접착에 미치는 영향, *대한치과보존학회지*, 18 : 423-430, 1993.
41. Ellingsen, J. E. and Rolla, G. : Treatment of dentin with stannous fluoride-SEM and electron microprobe study, *Scand. J. Dent. Res.*, 15 : 281-286, 1992.
42. Wefel, J. S. and Harless, J. D. : The effect of topical fluoride agents on fluoride uptake and surface morphology, *J. Dent. Res.*, 60(11) : 1842-1848, 1981.

Legends for Figures

- Fig. 5. Scanning electron micrograph of a dentin surface treated with 2% NaF for 5 minutes : Shows obstruction of dentinal tubules with reaction products ($\times 2000$).
- Fig. 6. Scanning electron micrograph of a dentin surface treated with 2% NaF for 5 minutes followed by 10% phosphoric acid for 15 seconds : Shows some open dentinal tubules ($\times 2000$).
- Fig. 7. Scanning electron micrograph of a dentin surface treated with 2% NaF for 5 minutes followed by 32% phosphoric acid for 15 seconds : Shows a clean dentin surface, but in higher magnification, several remaining reaction products are seen around tubular openings ($\times 8000$).
- Fig. 8. Scanning electron micrograph of a dentin surface treated with 2% NaF for 5 minutes followed by 50% phosphoric acid for 15 seconds : Shows wide tubular openings and clean intertubular dentin surfaces ($\times 2000$).
- Fig. 9. Scanning electron micrograph of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% NaF for 5 minutes and etched with 10% phosphoric acid for 15 seconds followed by bonding with All Bond[®] 2 and Bisfil[™] : Shows remaining resin tags in the dentinal tubules without any penetrating resin component in the intertubular dentin ($\times 2000$).
- Fig. 10. Scanning electron micrograph of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% NaF for 5 minutes followed by bonding with All Bond[®] 2 and Bisfil[™] : Shows a cohesive failure mode ($\times 2000$).
- Fig. 11. Scanning electron micrograph of a dentin surface treated with 2% SnF₂ for 5 minutes : Shows covering reaction products and obstruction of dentinal tubules ($\times 2000$).
- Fig. 12. Scanning electron micrograph of a dentin surface treated with 2% SnF₂ for 5 minutes followed by 10% phosphoric acid for 15 seconds : Shows some open dentinal tubules ($\times 2000$).
- Fig. 13. Scanning electron micrograph of a dentin surface treated with 2% SnF₂ for 5 minutes followed by 32% phosphoric acid for 15 seconds : Shows wide tubular openings and etched intertubular dentin surfaces ($\times 2000$).
- Fig. 14. Scanning electron micrograph of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% SnF₂ for 5 minutes and etched with 32% phosphoric acid followed by bonding with All Bond[®] 2 and Bisfil[™] : Shows an adhesive failure mode with regular ovoid reaction products over the fractured surface ($\times 2000$).
- Fig. 15. Scanning electron micrograph of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% SnF₂ for 5 minutes and etched with 32% phosphoric acid for 60 seconds followed by bonding with All Bond[®] 2 and Bisfil[™] : Shows an adhesive-cohesive mixed failure mode with remaining resin buttons in the dentinal tubules ($\times 2000$).
- Fig. 16. Scanning electron micrograph of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% SnF₂ for 5 minutes and etched with 50% phosphoric acid for 60 seconds followed by bonding with All Bond[®] 2 and Bisfil[™] : Shows an adhesive failure mode without any resin tag in the dentinal tubules ($\times 2000$).

사진부도 I

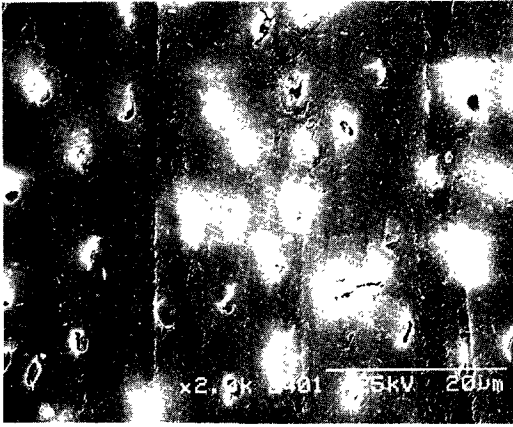


Fig. 5

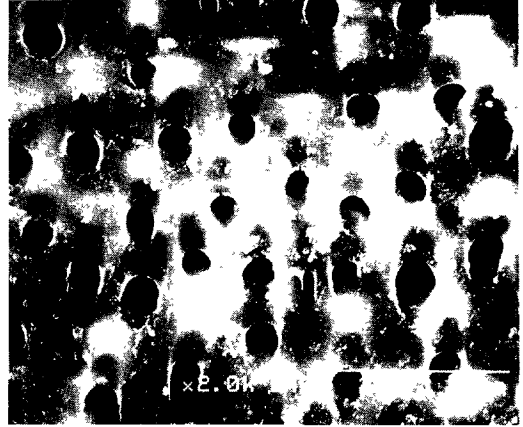


Fig. 6

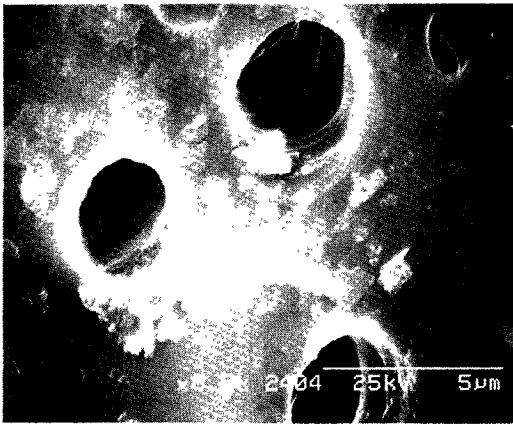


Fig. 7

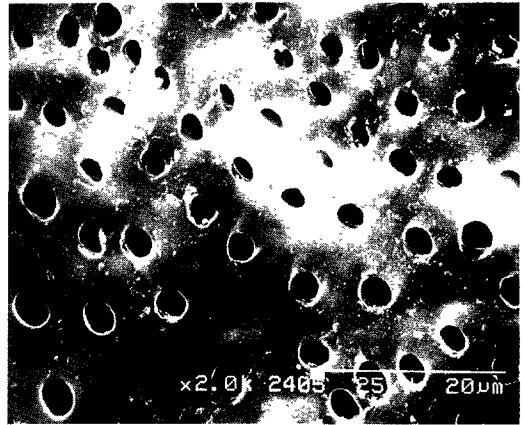


Fig. 8

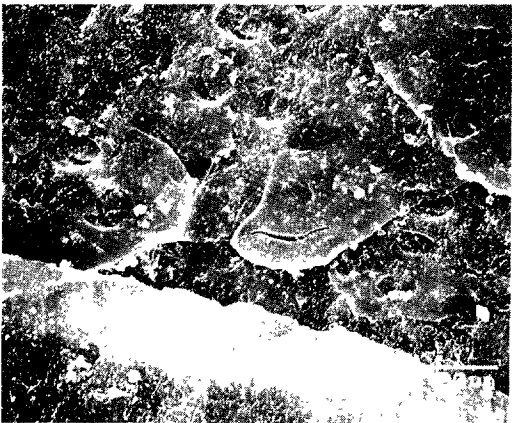


Fig. 9

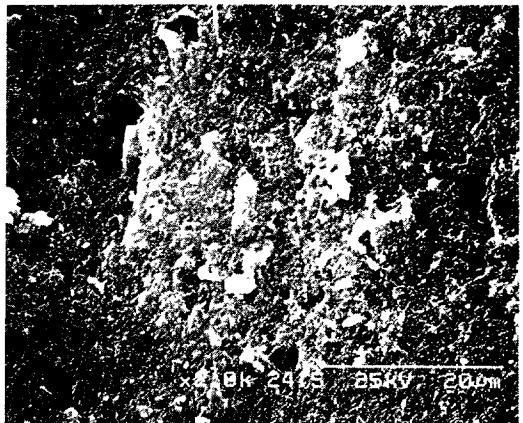


Fig. 10

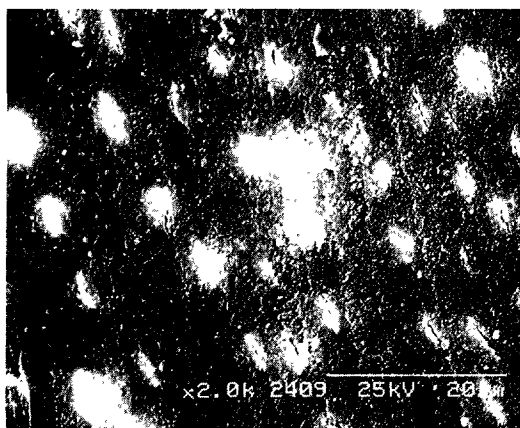


Fig. 11



Fig. 12

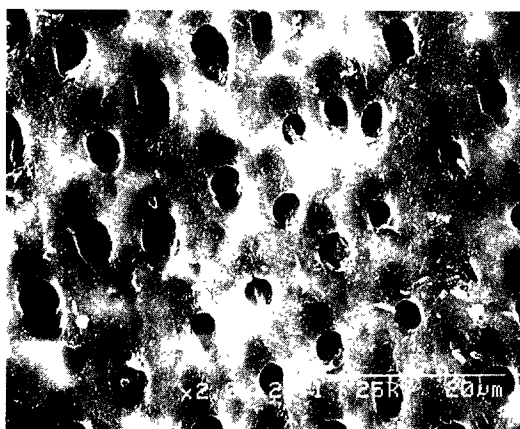


Fig. 13

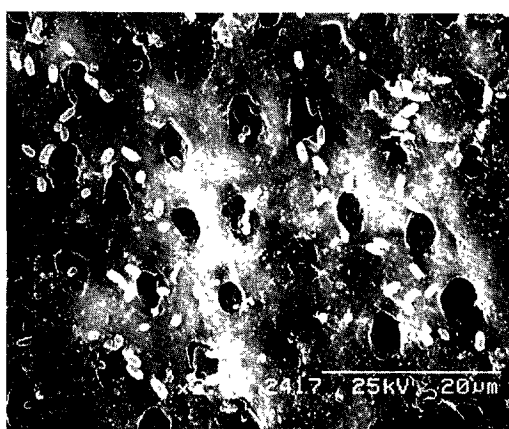


Fig. 14



Fig. 15

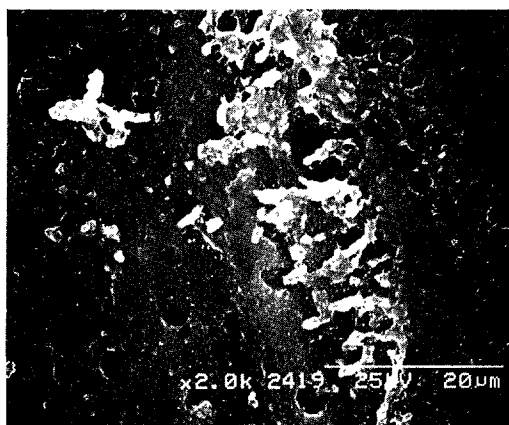


Fig. 16