

불소도포가 상아질 접착에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 치과보존학교실
권형조 · 박진훈 · 조규증

Abstract

EFFECT OF FLUORIDE APPLICATION ON DENTIN BONDING

Hyoung-Jo KWON, D.D.S., Jin-Hoon PARK, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Kyeu-Zeung CHO, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyungpook National University

The purpose of this study was to investigate the effect of stannous fluoride on the dentin bonding with three kinds of commercially available dentin bonding systems containing different adhesive monomers. Dentin specimens with exposed labial dentin prepared from freshly extracted bovine mandibular anterior teeth were divided into experimental and control groups. The specimens of experimental groups were bonded with dentin bonding systems and composite resins including All bond 2 & Bisfil, Scotchbond Multi-Purpose & Z100, and Denthesive II & Charisma after 2% stannous fluorided application for 5 minutes and washing for 1 minute. The specimens of control groups were bonded with the same dentin bonding systems and composite resins as used in the experimental groups. After bonded specimens were stored in 37°C distilled water for 24 hours, the tensile bond strength and cohesive failure rate were measured, and then the pretreated dentin surfaces and the fractured dentin surfaces were examined under scanning electron microscope.

The results were as follows :

Mean bond strength of stannous fluoride applied groups of All bond 2, Scotchbond MP, and Denthesive II were 2.5MPa, 1.1MPa, and 1.1MPa respectively, and those of control groups were 7.5MPa, 8.1MPa, and 4.6MPa. Bond strength values of stannous fluoride applied groups were significantly lower than those of the control groups($p < 0.05$).

SEM findings of dentin surfaces after stannous fluoride application demonstrated an appearance of partially remained smear layer and smear plugs inspite of pretreatment with 10% phosphoric acid or maleic acid solution, and an appearance of smear layer covered surface under Denthesive II priming. But those of control groups commonly showed clean dentin surfaces without smear layer and smear plugs.

On SEM observation of the fractured dentin-resin interface, while most of the specimens of stannous fluoride applied groups showed adhesive failure mode, those of All bond 2 and Scotchbond MP control groups showed mainly adhesive-cohesive mixed failure mode, and mainly adhesive failure mode in Denthesive II control group.

I. 서 론

치질에 대한 레진의 접착력은 Buonocore¹⁾가 고안한 산부식법을 통하여 법랑질에서는 현저히 증가되었으며 그 동안 취약한 부분으로 남아 있던 상아질에 대한 접착력을 증가시키기 위한 노력이 계속되어 왔다. 상아질은 법랑질에 비해 무기질 함량이 적으며 치질삭제에 따라 상아질 표면에 생성된 도말층으로 인하여 접착제 성분의 침투 및 확산이 방해될 뿐 아니라, 도말층 제거 후에도 개방된 상아세관으로부터 상아세관액의 지속적인 누출이 일어나 상아질 표면을 완전히 건조시킬 수 없는 점 등으로 인해 임상적으로 만족할만한 접착력을 얻는데 어려움을 겪어 왔다²⁾.

최근 많은 종류의 레진계 접착제가 개발되어 사용되고 있으나, 레진계 재료의 경화반응에서 불가피하게 발생하는 중합수축으로 인해 변연부 gap이 형성되거나 불완전한 접착 등으로 미세 누출이 일어날 경우 이차우식, 지각과민증 그리고 치수자극 등의 임상적 문제점들이 야기될 수 있다. 따라서 수복대상 치아의 지각과민증을 감소시키고 이차우식을 예방하기 위해 형성된 와동의 내벽에 불소를 도포한 후 상아질 접착제를 사용한 레진수복을 고려할 수 있다.

형성된 와동내벽의 상아질에 대한 불소도포가 이차우식의 발생을 현저히 감소시켰다는 연구 결과들³⁻⁵⁾과 더불어, 상아질 지각과민증에도 치료효과가 있음이 보고^{6,7)}되고 있다. Ellingsen과 Rolla⁸⁾는 1%~10%의 다양한 농도의 불화석(SnF₂)용액을 상아질면에 적용한 후 주사전자 현미경과 electron microprobe를 이용하여 표면양상의 변화를 관찰한 결과 상아질 표면이 불화석과 hydroxyapatite가 반응하여 생성된 주석과 불소를 함유하는 구상의 침전

물로 치밀하게 덮혀 있었으며, 실험에 사용된 가장 낮은 농도의 1% 불화석용액을 적용했을 경우에도 상아세관들이 완전히 폐쇄되어 있는 것이 확인되어 상아질에 대한 불화석 도포는 치태의 침착이나 이차우식을 억제할 뿐 아니라 지각과민증 해소에도 효과적이라고 주장하였다.

한편, 법랑질에 레진을 접착시킬 경우에는 법랑질 표면에 대한 불소도포가 레진의 접착력을 감소시킨다는 종래의 보고가 있었으나^{9,10)}, 최근 Bryant등¹¹⁾은 in vitro 연구에서 법랑질면에 불소를 도포하여 7일이 경과된 후 교정용 레진을 접착시킨 결과 접착력의 저하가 없었음을 보고하였다. Thornton등¹²⁾과 Aboush¹³⁾등은 불소를 포함하지 않은 etchant를 사용한 대조군에 비해 인장접착강도의 유의한 감소가 나타나지 않았음을, 그리고 Peter등¹⁴⁾, Wang등¹⁵⁾ 및 Garcia-Godoy¹⁶⁾도 1.23% Acidulated phosphated fluoride(APF) 및 37% 인산용액을 법랑질에 차례로 적용한 후 접착시킨 교정용 레진의 접착강도가 불소를 적용하지 않고 접착시킨 군에 비해 차이가 없었음을 보고하였다.

최근에는 레진 성분내에 불소를 함유시켜 불소에 의한 항우식작용을 기대하는 연구들도 활발히 진행되고 있으나^{17,18)}, 형성된 와동의 상아질 표면에 불소를 도포할 경우 상아질 접착제의 접착강도에 미치는 영향에 관해서는 Nystrom등¹⁹⁾이 0717% 불화석용액을 상아질면에 1분간 처리한 뒤 Scotchbond 2와 Silux plus로 수복한 결과 불소를 도포하지 않고 접착시킨 군에 비해 접착강도가 현저히 감소하였음을 보고한 이래 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구의 목적은 불소국소도포제로 널리 사용되고 있는 불화석용액을 상아질 표면에 적용시킬 경우 접착성 모노머의 성분이 각기

다른 세 종류의 상아질 접착제의 상아질에 대한 접착력에 미치는 영향을 비교 관찰하는 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

도살직후 발거하여 냉동보관한 소(bovine)의 하악전치를 실험직전에 해동시켜 본실험에 사용하였다. 불소도포제로는 2% 불화석용액을 사용하였고, 상아질 접착제와 복합레진으로는 All Bond 2와 Bisfil(Bisco Inc., U.S.A.), Scotchbond Multi-Purpose와 Z100(3M Co., U.S.A.), 그리고 Denthesive II와 Charisma(Kulzer Co., Germany)를 각각 사용하였다(Table 1).

2. 실험방법

2) 시편제작

실험직전에 해동시킨 소의 하악전치를 저속의 diamond disk를 이용해서 치근을 절제해 내고 치수강내의 치수를 제거한 후 상아질 표면의 폭경이 약 5mm의 크기로 노출되게 치관부 순면을 치아장축과 평행하게 wet trimmer에서 삭제한 다음, 600 및 800번 silicone carbide paper로 주수하에서 상아질 표면을 연마하였

다. 시편은 세 종류의 상아질 접착제별로 불화석용액을 도포한 후 접착시킨 실험군 및 대조군으로 나누어 10개씩 합계 60개를 제작하였으며, 각 군별 접착과정은 그림 1과 같다.

All bond 2 접착군에서는 상아질면을 20초간 수세, 1초간 air syringe로 건조시킨 후 시편을 paraffin wax판 위에 수평을 유지하게 고정시켰다. 전처리된 노출상아질면의 접착면적을 일정하게 하기 위해 직경 3.5mm의 원형 구멍이 뚫린 masking tape를 부착한뒤 primer A와 primer B를 동량으로 혼합하여 상아질면에 5회 반복 도포하고 5초간 건조시켰다. bonding resin을 얇게 도포하여 Megalux CS(Megadent Co., Germany) 광조사기로 20초간 광조사한 다음 그 위에 내경 5mm의 원형 구멍이 뚫린 두께1.2mm의 silicone mold를 위치시킨 뒤 Bisfil을 충전하여 slide glass로 압접하면서 40초간 광조사하였다.

Scotchbond MP 접착군에서는 상아질면을 20초간 수세, 20초간 건조시키고 etchant인 10% maleic acid로 15초간 처리한 후 20초간 수세, 20초간 건조시키고 masking tape를 부착하였다. 노출된 상아질 표면에 primer를 도포하고 즉시 건조시켜 표면의 윤택성을 확인한 다음 adhesive를 적용하여 10초간 광조사하였으며

Table 1. Dentin bonding agents used in this study

Adhesives	Composition	Batch No.	Manufacturer
All bond 2	All etch	019114	Bisco Inc., U.S.A.
	Primer A	019104	
	Primer B	129173	
	Dentin/enamel bonding resin	019274	
Scotchbond MP	Etchant	5904SP	3M Co., U.S.A.
	Primer	5904SP	
	Adhesives	5904SP	
Denthesive II	Denthesive II A	023	Kulzer Co., Germany.
	Denthesive II B	024	
	Adhesive bond II	021	

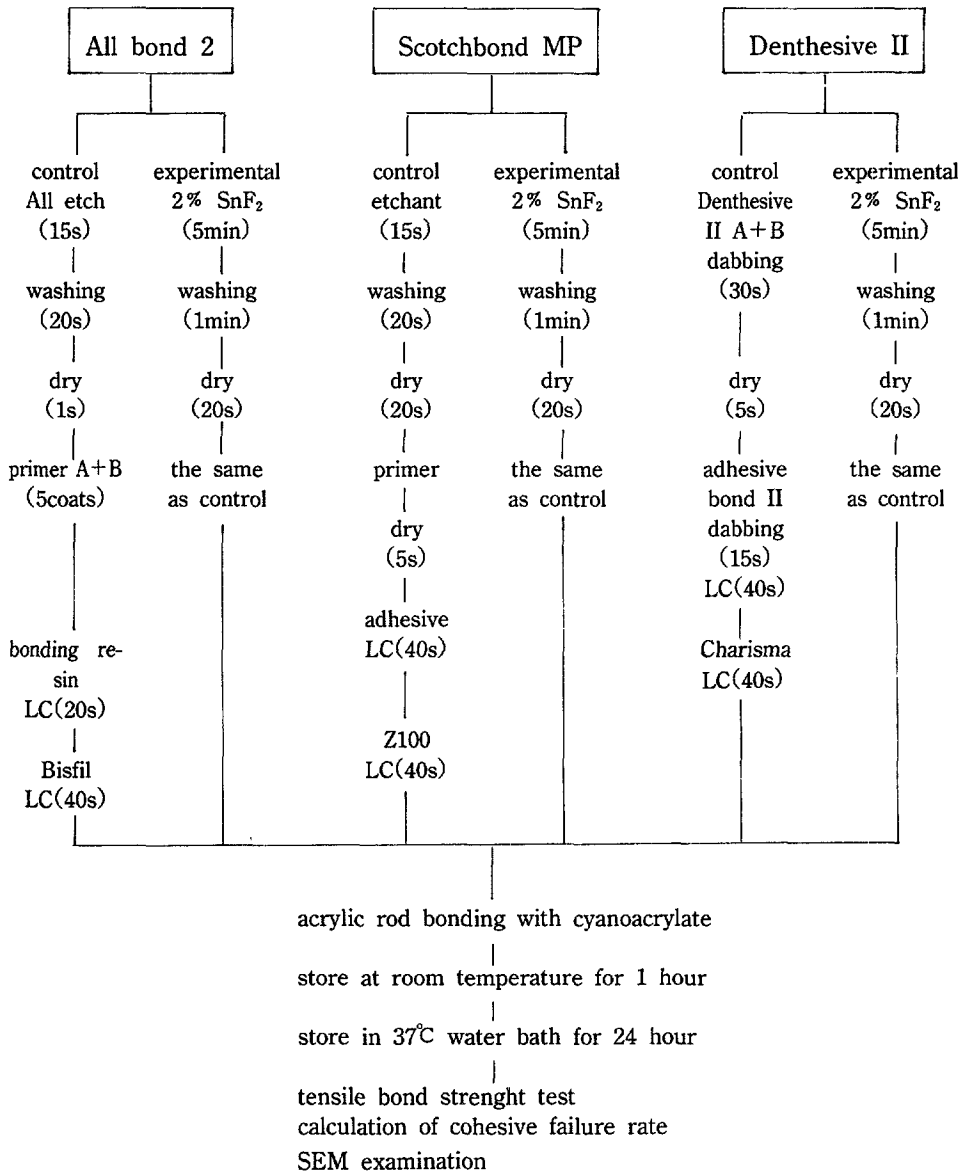


Fig. 1. Schematic representation of procedures of each experimental group.

복합레진으로는 Z100을 충전하고 40초간 광조사하였다.

Denthesive II 접착군에서는 상아질면을 20초간 수세, 20초간 건조시킨 뒤 masking tape를 부착하고 primer A와 primer B를 동량으로 혼합하여 상아질면에 30초간 가볍게 두드리며 적용한 다음 adhesive를 적용하여 15초간 가

볍게 문지른 후 40초간 광증합시켰다. 복합레진으로는 Charisma를 충전하고 40초간 광조사하였다.

불화석용액을 도포한 후 접착시킨 실험군은 연마가 끝난 상아질 표면을 20초간 수세하고 20초간 건조시킨 뒤 2% 불화석용액을 5분간 적용(50초간 적용한 뒤 10초간 건조시키는 과

정을 5회 반복시행)한 다음 1분간 수세하고 20초간 건조시킨 후 각각의 상아질 접착제와 복합레진을 사용하여 대조군에서와 같은 방법으로 접착시켰다.

제작된 시편은 cyanoacrylate를 이용하여 아크릴 봉에 연결시킨 뒤 실온에 1시간동안 방치하였다가 증류수에 담그어 37°C 항온조에서 24시간동안 보관하였다.

2) 인장접착강도 측정

접착이 끝난 각 시편은 만능시험기(4202 Instron, Instron Co., U.S.A.)서 load cell 50kgf, cross-head speed 2mm/min로 인장실험하여 이때 얻어지는 최대하중과 시편의 접착면의 단면적을 이용하여 접착강도를 계산하였다. 사용된 상아질 접착제별로 불화석용액을 도포한 후 접착시킨 실험군과 대조군의 산출된 접착강도값 사이의 통계적 유의성 검정은 student t-test를 이용하였다.

3) 응집 파단을 산정

접착강도 측정 실험후 파단된 시편들은 파단면 양상에 따라 분류하고 접착면에 대한 응집성 파단을 나타낸 면적의 백분율을 stereomicroscope(동원 C., Korea)를 이용하여 40배의 배율로 측정한 다음 각 상아질 접착제에서 나타난 접착강도와 파단양상의 관계를 평가하였다.

4) 상아질 표면과 파단면의 주사전자 현미경적 관찰

불화석용액 도포에 따른 상아질 표면성상의 변화와 파단면의 형태를 관찰하기 위해 불화석용액을 적용한 상아질 표면과 불화석용액 적용후 산 처리한 상아질 표면 그리고 파단면의 주사전자 현미경용 시편을 각각 제작하였다. 각 시편은 가로 약 4mm, 세로 약 4mm, 두께 약 1mm로 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 주사전자 현미경(Scanning Electron

Microscopy, S-2300, Hitachi Ltd., Japan)을 이용하여 가속전압 20KV에서 2000배로 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 인장접착강도

측정된 인장접착강도의 평균치는 All bond 2 접착군에서는 $7.5 \pm 2.9\text{MPa}$, 불화석용액을 도포한 후 All bond 2로 접착시킨 군에서는 $2.5 \pm 1.1\text{MPa}$ 로 나타났고, Scotchbond MP로 접착시킨 군에서는 $8.1 \pm 4.6\text{MPa}$, 불화석용액을 도포한 후 Scotchbond MP로 접착시킨 군에서는 $1.1 \pm 0.6\text{MPa}$ 로 나타났으며, Denthesive II로 접착시킨 군에서는 $4.6 \pm 1.1\text{MPa}$, 불화석용액을 도포한 후 Denthesive II로 접착시킨 군에서는 $11 \pm 0.5\text{MPa}$ 로 나타났다. 사용한 접착제의 종류에 관계없이 불화석용액을 도포한 후 접착시킨 군의 인장접착강도가 불화석용액을 도포하지 않고 접착시킨 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다($P < 0.01$) (Table 2, Fig. 2).

2. 응집파단을

All bond 2 접착군의 경우 대부분 응집-부착성의 혼합파단양상이 나타났으며 응집파단은 48.8%였으나, 불화석용액을 도포한 후 All bond 2로 접착시킨 군에서는 응집파단이 2.4%로서 주로 부착성 파단이 일어났다. Scotchbond MP 접착군에서도 응집-부착성의 혼합파단양상이 주로 나타났으며 36.1%의 응집파단을 보였으나, 불화석용액을 도포한 후 Scotchbond MP로 접착시킨 군에서는 응집파단이 0%로서 부착성 파단양상만이 관찰되었다. Denthesive II로 접착시킨 군에서는 응집파단이 4.4%로 나타나 다른 두 접착제에 비해 낮게 나타났으며 주로 부착성 파단이 일어났고, 불화석용액을 도포한 후 Denthesive II로 접착시킨 군에서는 응집파단이 0%로서 모든 시편에서 부착성 파단양상만이 관찰되었다(Table 3).

Table 2. Bond strength to dentin (unit : MPa)

Adhesives	SnF ₂ application	Mean ± SD	Range	t-test*
All bond 2	-	7.5 ± 3.1	3.6~14.8	a
	+	2.5 ± 1.1	1.1~ 4.7	b
Scotchbond MP	-	8.1 ± 4.6	2.2~16.7	a
	+	1.1 ± 0.6	0.3~ 2.1	b
Denthesive II	-	4.6 ± 1.4	3.0~ 7.1	a
	+	1.1 ± 0.5	0.5~ 2.0	b

*significantly different between a and b (p<0.01)

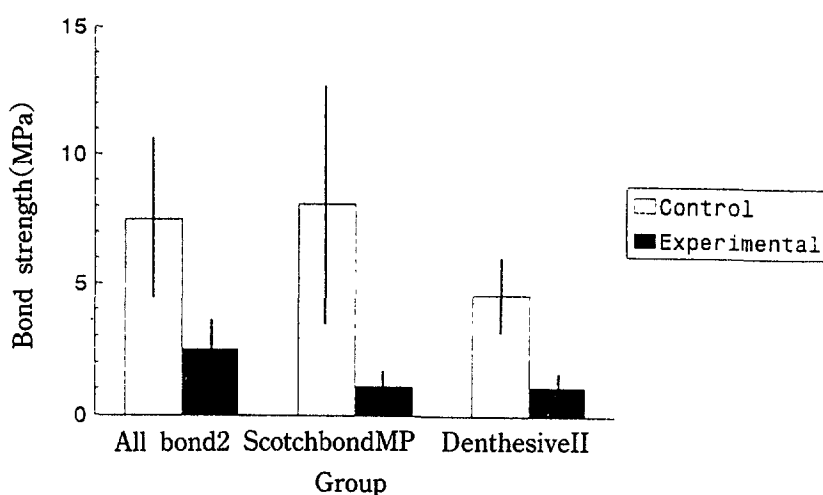


Fig. 2. Comparison of tensile bond strength of each group.

Table 3. Mean cohesive failure rate of each experimental group(unit : %)

Adhesives	SnF ₂ application	Mean cohesive failure rate	SD
All bond 2	-	48.8	30.6
	+	2.4	5.9
Scotchbond MP	-	36.1	38.1
	+	0	0
Denthesive II	-	4.4	11.9
	+	0	0

3. 상아질표면 및 파단면의 주사전자 현미경적 관찰소견

All bond 2 접착제에서 사용되는 10% 인산용액으로 15초간 처리한 후의 상아질 표면은 도말층과 상아세관내의 smear plug이 모두 제거되었고 표층 상아질의 탈회기 일어나 깨끗한 상아질 표면양상이 관찰되었으나(Fig. 3), 불화석용액을 도포한 후 10% 인산용액으로 처리한 경우에는 상아질 표면의 도말층은 부분적으로 제거되었으나, 상아세관내의 smear plug은 제거되지 않았으며 상아질 표층의 탈회기 거의 일어나지 않아서 연마과정에서 생긴 상아질 표면의 연흔이 관찰되었다(Fig. 4). 10% maleic acid로 처리한 상아질 표면은 도말층과 smear plug이 제거되어 상아세관이 개방된 양상이 나타났으나(Fig. 5), 불화석용액을 도포한 후 10% maleic acid로 처리한 경우에는 표면의 도말층과 smear plug이 거의 제거되지 않은 양상이 관찰되었다(Fig. 6). Denthesive II primer로 처리한 상아질 표면은 10% 인산이나 10% maleic acid로 처리한 경우에 비해 도말층과 smear plug의 제거정도가 약했으나 상아세관은 개방된 양상이 관찰되었으며(Fig. 7), 불화석용액을 도포한 후 Denthesive II primer로 처리한 경우에는 표면의 도말층과 smear plug이 거의 제거되지 않아 상아질 표면이 도말층으로 덮혀 있는 양상이 관찰되었다(Fig. 8).

파단면의 주사전자 현미경적 관찰상에서는 All bond 2 접착제의 경우 대부분 응집-부착성의 혼합파단양상이 나타났으나(Fig. 9), 불화석용액을 도포한 후 All bond 2로 접착시킨 군의 파단면은 거의 부착성 파단양상이 나타났다(Fig. 10). Scotchbond MP로 접착시킨 군에서 파단면은 주로 응집-부착성의 혼합파단양상이 나타났으며(Fig. 11), 불화석용액을 도포한 후 Scotchbond MP로 접착시킨 군에서는 부착성 파단양상만이 나타났다(Fig. 12). Denthesive II로 접착시킨 군에서는 불화석용액의 도포와 관계없이 주로 부착성 파단양상만이 관찰되었다(Fig. 13, 14).

IV. 총괄 및 고안

수복재료가 치질에 물리적 및 화학적으로 강하게 접착될 수 있다면 유지형태를 위한 치질삭제를 줄일 수 있을 뿐 아니라 접착 변연부의 미세누출을 억제하여 재발성우식을 예방할 수 있으므로 수복물의 수명을 연장시킬 수 있다²⁰. 최근 상아질에 대한 레진계 접착성 재료의 접착성능을 향상시키기 위한 노력이 활발히 진행되어 왔으나 구강내 조건에서 장기간 누출이 없는 만족스러운 접착을 얻어내지는 못한 실정이다. 접착제면에서의 불완전한 접착은 이차우식이나 상아질 지각과민증 등의 임상적 문제점들과 직결될 수 있는데, 이런 문제점들을 예방 또는 감소시키기 위해 와동내벽에 불소를 도포한 후 상아질 접착제를 사용한 레진수복의 시술을 고려할 수 있다.

법랑질 표면에 대한 불소도포가 레진의 접착력에 미치는 영향에 관해서 많은 연구 결과가 보고되어 있는데⁹⁻¹⁰, Bryant등¹¹은 법랑질 표면에 불소를 도포한 후 37% 인산으로 1분간 산부식시킨 결과 불소가 다량 함유되어 있는 법랑질 표면의 일부가 소실되어 레진의 접착강도에 영향을 미치지 않았음을 보고했다. 그러나 상아질의 경우에는 Nystrom등¹⁰이 불화석용액을 도포한 후 상아질면에 접착시킨 레진의 접착강도가 불화석용액을 도포하지 않고 접착시킨 대조군에 비해 크게 감소하였음을 보고한바 있다.

본 실험에서 불화석용액을 도포한 후 All bond 2, Scotchbond MP 및 Denthesive II로 접착시킨 군에서 얻은 평균접착력은 각각 2.5 MPa, 1.1MPa 및 1.1MPa로 나타나 불화석용액을 도포하지 않고 접착시킨 군의 평균접착력인 7.5MPa, 8.1MPa 및 4.6MPa에 비해 큰 폭으로 감소되어 나타났으며, 세 종류의 접착제 모두에서 접착강도의 감소의 정도에는 차이가 있었으나 결과적으로는 1.1~2.5MPa정도의 비슷하게 낮은 접착력을 나타내었다.

All bond 2 접착제를 사용할 때는 10% 인산으로 상아질면을 15초간 전처리하는데²² 인

산은 표층의 상아질을 탈회시켜 칼슘과 인산 이온을 제거하여 콜라겐을 노출시킨다²³⁻²⁶. 본 실험에서 10% 인산용액으로 15초간 전처리한 상아질 표면을 주사전자 현미경으로 관찰한 바 상아질 표면의 도말층과 smear plug이 제거되었고 관주상아질 및 관간상아질도 일부 용해되어 상아세관 입구가 넓어진 양상이 나타났다(Fig. 3). 그러나 본 실험에서 2% 불화석용액을 상아질면에 도포한 후 10% 인산용액으로 처리한 경우에는 상아질 표면의 도말층은 제거되었으나 상아세관내의 smear plug의 제거는 미약하여 상아세관이 부분적으로 폐쇄되어 있었으며 상아질 표층의 탈회도 거의 일어나지 않아서 연마과정에 의해 생긴 연흔까지도 관찰되는 것으로 미루어(Fig. 4), 불화석용액을 도포한 후에 생긴 반응산물에 의해 상아질 표면의 내산성이 증가된 것을 알 수 있었다.

All bond 2 접착제의 접착력은 primer 성분과 상아질과의 상호작용에 의존하는데²⁷, primer는 2% NTG-GMA(N-tolylglycine-glycidyl methacrylate)와 16% BPDM(Biphenyl dimethacrylate)의 두가지 성분을 acetone에 용해시킨 것으로서²⁸ acetone은 탈회된 상아질내로 레진의 침투를 용이하게 하는 water-chaser 역할을 함으로써 상아질 표면으로의 상아질 접착제의 침투를 증가시킨다^{22,27-29}). 그러나 본 실험에서 상아질면에 불화석용액을 도포한 후 All bond 2로 접착시킨 군에서는 불화석용액 도포에 의해 상아질 표면의 내산성이 증가되었기 때문에 10% 인산용액에 의한 표면의 도말층과 smear plug의 제거가 불완전하였을 뿐 아니라 상아질 표층의 탈회도 거의 일어나지 않았으며, 따라서 NTG-GMA/BPDM 성분의 primer와 bonding resin이 상아질 표층내로 원활하게 확산 또는 침투하지 못한 결과로 대조군의 7.5MPa에 비해 크게 감소된 2.5MPa의 접착강도가 나타난 것으로 생각된다.

Scotchbond MP는 Scotchbond 2 이후에 개발된 접착제로 etchant로서 사용되는 10% maleic acid는 상아세관을 개방시키고 표층의 상아질을 탈회시킨다³⁰. 본 실험에서 10% maleic acid로 15초간 처리한 상아질 표면의 주사전자

현미경 관찰상에서 표면의 도말층과 상아세관내의 smear plug이 완전히 제거된 양상이 나타났다으며 표층상아질의 탈회도 관찰되었으나 10% 인산으로 처리한 경우에 비해 관주상아질의 용해정도는 약한 것으로 나타났다(Fig. 5). Scotchbond MP 접착제의 primer는 HEMA(Hydroxyethyl methacrylate)와 polyalkenoic acid copolymer 수용액으로 구성되는데 polyalkenoic acid는 bonding resin의 wetting을 증가시켜주며 HEMA는 상아질내로의 monomer의 침투와 확산을 용이하게 해 주는 기능을 갖고 있다^{31,32}). 그러나 본 실험에서 불화석용액을 도포한 후 10% maleic acid로 처리한 경우에는 표면의 도말층 뿐만 아니라 smear plug도 거의 제거되지 않아 대부분의 상아세관이 폐쇄되어 있었으며(Fig. 6), 이러한 탈회효과의 저하현상은 불화석용액을 도포한 후 10% 인산으로 처리한 All bond 2 접착군에 비해 더욱 심하게 나타남으로써 접착강도 역시 1.1MPa로 매우 감소된 결과를 보인 것으로 판단된다.

본 실험에서 Denthesive II primer로 처리한 상아질 표면을 주사전자 현미경으로 관찰한 결과 10% 인산이나 10% maleic acid로 처리한 군에 비해 상아질의 탈회정도와 상아세관의 개방정도가 미약한 것으로 나타났으며, 관간 상아질 표면에 primer 성분내에 함유되어 있던 레진성분으로 추측되는 물질이 분포되어 있는 양상이 관찰되었다. 불화석용액을 도포한 후 Denthesive II primer로 처리한 군에서는 표면의 도말층과 smear plug이 거의 제거되지 않은 양상을 보여 연마한 상아질 표면에 불화석용액을 도포한 후의 표면양상과 거의 유사하게 나타났는데, 이는 primer내에 포함되어 있는 maleic acid의 농도가 낮아서 탈회력이 상대적으로 약할 뿐만 아니라 self etching primer의 기능을 위해 산(acid)과 더불어 첨가되는 HEMA가 hydroxyapatite 결정에 흡착되어 산에 의한 용해성이 감소하므로³³ 표면의 도말층과 smear plug이 거의 제거되지 않은 것으로 생각된다.

Van Meerbeek등²⁷은 상아질에 대한 레진의 접착에 있어서 관간상아질에 레진이 침투하여

얻는 미세기계적 결합이 중요하다고 보고했으며, Nakabayashi³⁴⁾도 10~3(10% citric acid-3% ferric chloride)용액을 상아질면에 처리할 경우 상아질내의 collagen에 대한 손상없이 표면의 도말층과 smear plug이 제거되고 탈회층이 형성됨으로써 접착강화제나 접착레진이 관주상아질과 관간상아질내로 쉽게 침투하여 견고한 수지함침층(resin-reinforced layer)이 생성되는 것으로 설명하였다. 그러나 박³⁵⁾은 상아질면을 동 및 철이온이 함유된 10% 인산용액으로 전처리한 결과 MMA/TBBO 레진의 상아질에 대한 접착력이 증가되었음을 보고하였는데, 이러한 결과는 전처리과정에서 상아질내의 교원섬유에 흡착된 동 및 철이온이 MMA 레진의 중합개시에 사용되는 TBBO 개시제를 접착계면에서 활성화시켰기 때문이라는 중합거동상의 측면을 주장하였다. 본 실험에서 불화석용액을 도포한 후 접착시킨 군에서는 상아질 표면의 내산성이 증가되어 산에 의한 표면 탈회효과가 감소되므로 접착제 성분의 침투 및 확산이 저해되고 결과적으로 접착력이 감소된 것으로 해석하는 측면과 더불어 불화석용액을 도포한 후의 Denthesive II 접착군에서 관찰되었듯이 접착계면에 잔존하는 불소가 레진의 중합성에 악영향을 미쳐서 접착력이 감소된 측면으로도 설명할 수 있을 것으로 사료되나, 본 실험의 결과만으로 레진의 중합거동에 불소가 직접적으로 관련되었는지의 여부를 추정하기는 어려우며 따라서 불화석용액 도포에 의한 상아질 표면의 내산성 증가의 측면을 위주로 설명한 것이다.

본 실험에서는 자연치 대신에 소(bovine)의 하악 전치를 실험대상으로 사용했는데, Nakamichi³⁶⁾은 소의 치아와 사람의 치아에 세 종류의 세멘트와 두 종류의 복합레진으로 수복한 후 접착력을 비교한 결과 범랑질과 표층 상아질에서의 접착력이 소의 치아에서 약간 낮게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않아 접착실험에서 소의 전치를 자연치 대용으로 사용할 수 있음을 보고하였다.

한편 파단양상을 정량화하여 접착강도에 기인한 원인을 이해할 목적으로 시행한 응집과

단율의 산정 결과는 각 접착제에 따라 정도의 차이는 있었지만 전체적으로 편차가 매우 크게 나타나 일정하지 않은 파단양상들을 보인 것으로 판단된다. 불화석용액을 도포한 후 All bond 2로 접착시킨 군에서는 응집파단율이 4.4%로 나타나 주로 부착성 파단이 일어난 반면 불화석용액을 도포하지 않고 접착시킨 군에서는 응집파단율이 48.8%로 나타나 응집-부착성의 혼합파단이 주로 일어났으며, 불화석용액을 도포한 후 Scotchbond MP로 접착시킨 군에서는 응집파단율이 0%로 모든 시편에서 부착성 파단이 일어났다. Denthesive II 접착군에서는 응집파단율이 4.4%로 나타나 다른 두 접착제에 비해 상대적으로 낮은 응집파단율을 나타내었으며 불화석용액을 도포한 후에는 0%로 부착성 파단양상만이 관찰되어, 세 종류의 접착제 모두에서 불화석용액을 도포한 후 접착강도가 감소함에 따라 응집파단율도 전반적으로 감소하는 서로 관련성이 있는 경향을 나타내었다.

또한 주사전자 현미경을 통한 파단양상의 관찰 결과에서 All bond 2 접착군의 파단면은 대부분 응집-부착성의 혼합파단양상이 나타났고 부분적으로 보이는 부착성 파단부위에서도 관간상아질에 레진이 부착된 양상과 더불어 상아세관내에 파단된 레진 tag이 자존해 있는 양상이 혼재하여 나타났는데, 이는 10% 인산에 의해 도말층과 smear plug이 제거되어 친수성 primer와 bonding resin이 깊게 침투하여 관주상아질과 견고하게 접착함으로써 인장응력을 받았을 때 레진 tag이 상아세관을 빠져나가지 않고 잔존한 상태로 파단이 일어났기 때문이다. Tay³⁷⁾은 All bond 2와 Z100으로 수복한 치아에서 상아질의 접착계면의 구조를 관찰할 결과, 계면에서의 완벽한 접착은 관간상아질에 침윤된 레진층과 상아세관 입구를 봉쇄하는 resin plug으로 이루어지는 바깥층과 관주상아질의 용해에 의해 생긴 공간과 조상아세포돌기 주위의 공간으로 레진이 침투하여 형성된 hollow resin sheath의 내층으로 인해 얻어진다고 보고하였다. 본 실험에서 불화석용액을 도포한 후 All bond 2로 접착시킨 군에서는 관간상아질 표면의 도말층의 부분제거로 인해 레진의 침

투가 경미하여 주로 부착성 파단 양상이 관찰되었으며 상아세관내의 잔존 레진 tag은 거의 관찰되지 않았다. 그러나 아크릴 봉쪽의 파단면에서는 “hollow” 형태의 짧은 레진 tag이 소수 관찰되었는데, 이는 상아질 표면의 smear plug의 제거가 미약하였으나 부분적으로 bonding resin이 상아세관내로 알게 침투하였으며 그 상태에서 인장응력을 받았을 때 상아세관내의 레진 tag이 빠져나왔기 때문으로 생각된다.

Scotchbond MP 접착군의 파단면에서는 주로 응집-부착성의 혼합파단양상이 관찰되었으며, 관간상아질에 레진이 접착된 양상과 상아세관내에 레진 tag이 불규칙한 얇은 조각형태(flake-like)로 일부 잔존되어 있는 것이 관찰되어 All bond 2 접착군에서와는 다른 특이한 파단면 양상이 나타났다(Fig. 11). 불화석용액을 도포한 후의 파단면은 불화석용액을 도포한 후 10% maleic acid로 처리한 직후의 상아질 표면양상과 유사하게 나타나 파단이 도말층 내부에서 일어난 것을 알 수 있었다. 그리고 불화석 용액을 도포한 후 All bond 2로 접착시킨 군에 비해 접착력과 응집파단율이 더 큰 폭으로 감소했는데, 이는 10% maleic acid가 10% 인산보다 도말층 및 smear plug의 제거효과가 약하기 때문인 것으로 생각되며, 또한 All bond 2 접착제의 경우에는 primer의 주성분이 water-chaser 역할을 하는 acetone에 용해되어 있어서 Scotchbond MP primer에 비해 침투 및 확산능이 더 큰 점도 작용했을 것으로 생각된다.

Denthesive II 접착군의 파단면은 대부분 부착성 파단이 일어난 것으로 관찰되었으며 상아세관내의 lamina limitans 주위에 레진이 소량 침투하여 상아세관이 좁아진 양상도 관찰되었다. 불화석용액을 도포한 후 접착시킨 군의 파단면에서는 상아질 표면에 남은 불화석 잔존물과 primer 성분과의 반응산물로 추정되는 실같은 형태의 특이한 양상이 파단면 전체에 산재해 나타남을 볼 때 상아질 표층내로의 레진침투에 의한 접착이 거의 불가능했던 것으로 추정된다.

상아질에 불소를 도포해서 여러가지 임상효

능을 기대할 수 있으나, 본 실험에 사용된 세 종류의 접착제 모두에서 정도의 차이는 있었으나 불소도포에 따라 접착강도가 큰 폭으로 감소한 점을 볼 때 상아질 접착제를 사용한 복합레진 수복시 접착단계 이전에 와동에 불화석용액을 도포하는 것은 상아질 접착제의 접착성능에 상당히 큰 역작용을 미치는 것으로 생각되며, 향후 여러가지 불소도포용액의 성분에서 다른 상아질 접착제의 접착력에 미치는 영향, 더 나아가 접착성능에 큰 요인으로 작용하는 중합성과 불소의 관련성 등에 대해서는 더욱 심도있는 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

불소국소도포제로 널리 사용되고 있는 불화석용액을 상아질에 적용시킬 경우 접착성 모노머의 성분이 각기 다른 세 종류의 상아질 접착제의 상아질에 대한 접착력에 미치는 영향을 관찰할 목적으로, 발거된 소의 하악 전치의 순면 상아질을 노출시켜 2% 불화석용액을 5분간 도포한 다음 All bond 2와 Bisfil(Bisco Inc., U.S.A.), Scotchbond MP와 Z100(3M Co., U.S.A.) 및 Denthesive II와 Charisma(Kulzer Co., Germany)로 접착시킨 후 인장접착강도를 측정하였으며, 불화석용액 도포에 따른 상아질 표면 및 파단면의 양상을 주사전자 현미경으로 관찰하여 다음의 결과를 얻었다.

불화석용액을 도포한 후 All bond 2, Scotchbond MP 및 Denthesive II로 접착시킨 군의 인장접착강도의 평균치는 각각 2.5MPa, 1.1MPa 및 1.1MPa로 나타나 불화석용액을 도포하지 않은 각 군의 평균치인 7.5MPa, 8.1MPa 및 4.6MPa에 비해 공히 큰 폭으로 감소되었다($p < 0.01$).

상아질 표면의 전처리에 따른 주사전자 현미경적 관찰상에서, 불화석용액을 도포한 후 10% 인산이나 10% maleic acid로 처리한 경우에는 표면의 도말층과 smear plug의 제거가 미약하였으며 Denthesive II primer로 처리한 경우에는 상아질 표면이 도말층으로 덮혀 있는 양상이 나타난 반면, 불화석용액을 도포하지

않고 전치리한 경우에는 전치리제의 종류에 관계없이 표면의 도말층과 smear plug이 대부분 제거된 양상이 관찰되었다.

파단면의 주사전자 현미경적 관찰 결과, 세 종류의 상아질 접착제 모두에서 불화석용액 도포후에는 부착성 파단양상이 거의 대부분 나타난 반면, 불화석용액을 도포하지 않고 All bond 2 및 Scotchbond MP로 접착시킨 군에서는 주로 응집-부착성의 혼합파단양상이 나타났으며 Denthesive II로 접착시킨 군에서는 주로 부착성 파단양상이 나타났다.

참고문헌

1. Buonocore, M. G. : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, *J. Dent. Res.*, 34 : 849-853, 1955.
2. Pashley, D. H. : Dentin bonding ; overview of the substrate with respect to adhesive material, *J. Esthet. Dent.*, 3 : 46-50, 1991.
3. Alexnder, W., McDonald, R., and Stookey, G. : Effect of stannous fluoride on recurrent caries results after 24 months, *J. Dent. Res.*, 52 : 1147, 1973.
4. Dijkman, G. E., de Vries, J., and Arends, J. : Secondary acries in dentin around composites ; a wavelength-independant microradiographical study, *Caries. Res.*, 28 : 87-93, 1994.
5. Arends, J., Ruben, J., and Dijkman, A. G. : Effect of fluoride release from a fluoride-containing composite resin on secondary caries ; an in vitro study, *Quint. Int.* 21 : 671-674, 1990.
6. 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.
7. Gangarosa, L. P. and Park, N. H. : Practical considerations in iontophoresis of fluoride for desensitizing dentin, *J. Prosthet. Dent.*, 39 : 173-178, 1978.
8. 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.
9. Lee, H., Stoffey, D., and Orłowski, J. : Sealing of developmental pits and fissures ; effects of fluoride on adhesion of rigid and flexible sealers, *J. Dent. Res.*, 51 : 151-201, 1972.
10. 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.
11. Bryant, S., Retief, D. H., Bradely, 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 : 294-302, 1985.
12. Thornton, J. B., Retief, D. H., and Bradley, E. L. : Fluoride release from and tensile bond strength of Ketac-fil and Ketac silver to enamel and dentin, *Dent. Mater.*, 2 : 241-245, 1986.
13. 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.
14. Peter, M. Ng'ang'a., Bjorn, Ogaard., Roberval, Cruz., Mark, L. Chindia., and Ella, Aasrum. : 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.
15. 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.
16. Franklin, Garcaia-Godoy. : Shear bond strength of a resin composite to enamel treated with an APF gel, *Pediatric Dent.*, 15 : 272-274, 1993.
 17. Dijkman, G. E. and Arends, J. : Secondary caries in situ around fluoride-releasing light curing composites ; a quantitative model investigation on four materials with a fluoride content 0-26 vol %, *Caries Res.*, 26 : 351-357, 1992.
 18. 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.
 19. 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.
 20. Stanford, J. W. : Bonding of restorative materials to dentin, *Int. Dent. J.*, 35 : 133-138, 1985.
 21. Asmussen, E. and Munksgaard, E. C. : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixtures of aldehyde and active monomers, *Int. Dent. J.*, 35 : 160-165, 1985.
 22. Suh, B. I. : All bond ; fourth generation dentin bonding system, *J. Esthet. Dent.*, 3 : 139-147, 1991.
 23. Chiba, M., Itoh, K., and Wakumoto, S. : Effect of dentin cleansers on the bonding efficacy of dentin adhesive, *Dent. Mater. J.*, 8 : 76-85, 1989.
 24. Thompson, V. P., Edler, T. L., and Davis, G. : XPS characterization of dentin and dentin treated with bonding primers, *J. Dent. Res.*, 68 : 958, 1989.
 25. Ruse, N. D. and Smith, D. C. : Adhesion to bovine dentin ; surface characterization, *J. Dent. Res.*, 70 : 1002-1008, 1991.
 26. 김영경, 김성교, 박진훈 : 산처리가 상아질 접착에 미치는 영향, *대한치과보존학회지*, 18 : 73-83, 1993.
 27. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P., and Vanherle, G. : Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems, *J. Dent. Res.*, 71 : 1350-1540, 1992.
 28. Kanca, J. : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin, *Am. J. Dent.*, 5 : 213-215, 1992b.
 29. 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.
 30. Bouvier, D., Duprez, J. P., Nguyen, D., and Lissac, M. : An in vitro study of two adhesive systems ; third and fourth generations, *Dent. Mater.*, 9 : 365-369, 1993.
 31. Nakabayashi, N. and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin, *Dent. Mater.*, 8 : 125-130, 1992.
 32. 김영빈, 김교한 : 상아질 전처리가 4-META/MMA-TBB계 레진의 접착에 미치는 영향, *경북치대논문집*, 11 : 1-25, 1994.
 33. Erickson, R. L. : Surface interactions of dentin adhesive materials, *Oper. Dent. supplement*, 5 : 81-94, 1992.
 34. 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.

35. 박진훈 : 동 및 철이온이 MMA/TBBO레진의 상아질 접착에 미치는 영향, 대한치과보존학회지, 18 : 423-430, 1993.
36. Nakamichi, I., Iwaku, M., and Fusayama, T. : Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test, J. Dent. Res., 62 : 1076-1081, 1983.
37. Tay, F. R., Gwinnett, A. J., Pang, M., and Wei, S. H. Y. : Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo, J. Dent. Res., 73 : 629-636, 1994.

Explanation of Figures

- Fig. 3. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 10% phosphoric acid for 15 seconds shows a clean dentin surface with complete removal of smear layer and smear plugs and widening of tubular openings with demineralization of superficial dentin. ($\times 2000$)
- Fig. 4. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 2% SnF_2 for 5 minutes followed by 10% phosphoric acid for 15 seconds shows partially dissolved smear layer and smear plugs with partially closed dentinal tubules and polishing scratch. ($\times 2000$)
- Fig. 5. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 10% maleic acid for 15 seconds shows a clean dentin surface with removal of smear layer and smear plugs with demineralization of superficial dentin. ($\times 2000$)
- Fig. 6. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 2% SnF_2 for 5 minutes followed by 10% maleic acid for 15 seconds shows remaining smear layer with partially closed dentinal tubules and remaining polishing scratch. ($\times 2000$)
- Fig. 7. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with Dentesive II primer for 30 seconds shows removal of smear layer and smear plugs, and precipitations of resinous material on intertubular dentin surface. ($\times 2000$)
- Fig. 8. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 2% SnF_2 for 5 minutes followed by Dentesive II primer for 30 seconds shows a smear layer covered dentin surface. ($\times 2000$)
- Fig. 9. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen bonded with All bond 2 & Bisfil shows an adhesive-cohesive mixed failure mode with remaining resin tags in dentinal tubules. ($\times 2000$)
- Fig. 10. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% SnF_2 for 5 minutes followed by bonding with All bond 2 & Bisfil shows an adhesive failure mode with partly remaining fractured resin tags in dentinal tubules. ($\times 2000$)
- Fig. 11. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen bonded with Scotchbond MP & Z100 shows an adhesive-cohesive mixed failure mode with flake-like peritubular structure. ($\times 2000$)
- Fig. 12. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% SnF_2 for 5 minutes followed by bonding with Scotchbond MP & Z100 shows a failure occurred in the smear layer. ($\times 2000$)
- Fig. 13. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen bonded with Dentesive II & Charisma shows an adhesive failure mode and thickened lamina limitans due to infiltration of resin material at tubular orifices. ($\times 2000$)
- Fig. 14. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen treated with 2% SnF_2 for 5 minutes followed by bonding with Dentesive II & Charisma shows an adhesive failure mode and scattered thread-like structures probably formed by the reaction products of SnF_2 and Dentesive II primer. ($\times 2000$)

논문사진부도(I)

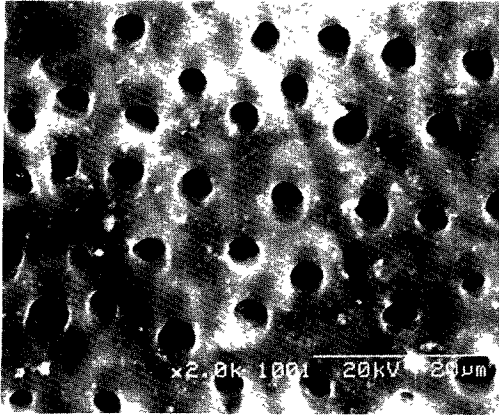


Fig. 3

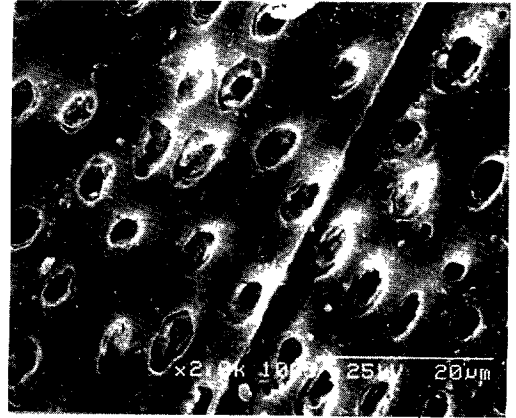


Fig. 4

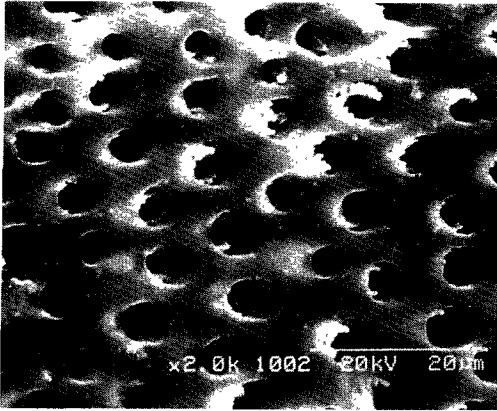


Fig. 5



Fig. 6

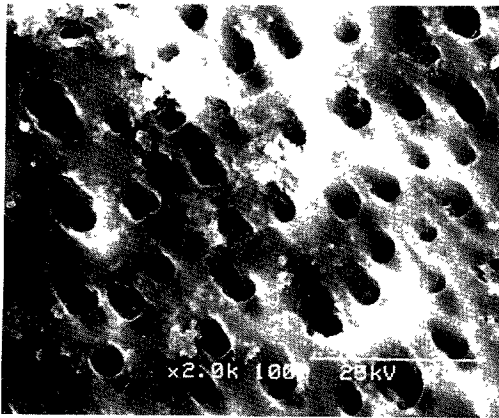


Fig. 7

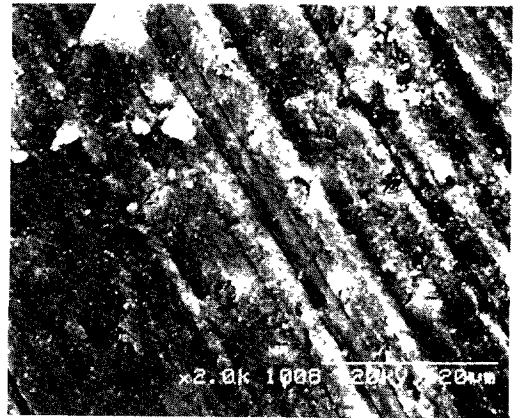


Fig. 8

논문사진부도(II)

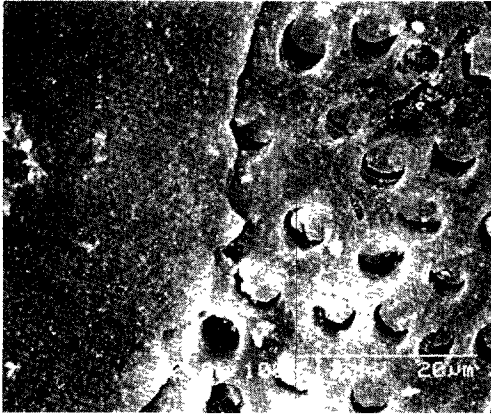


Fig. 9.

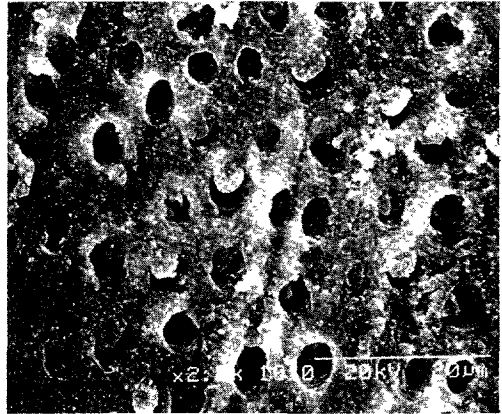


Fig. 10

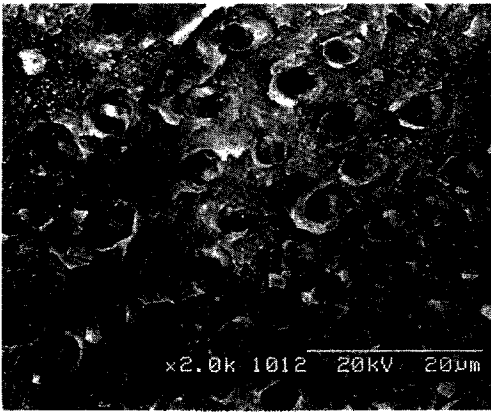


Fig. 11

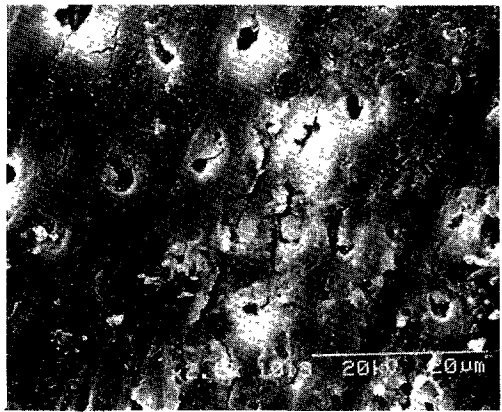


Fig. 12

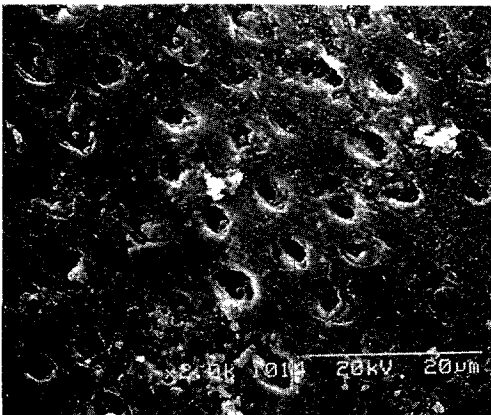


Fig. 13



Fig. 14.