

유지놀 처리된 상아질 표면의 상아질 접착제의 전단결합강도에 관한 연구

유화성 · 최기운 · 최경규 · 박상진

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

SHEAR BOND STRENGTH OF DENTIN BONDING AGENTS ON DENTIN SURFACE TREATED WITH EUGENOL

Hwa-Sung Yu, Gi-Woon Choi, Kyung-Kyu Choi, Sang-Jin Park

Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate School, KyungHee University

In this study, shear bond strength of two bonding systems were measured and appearance of dentin surfaces were observed with SEM according to the storage time of eugenol on dentin surface, thus evaluated the effect of eugenol on bond strength of two dentin bonding systems. Control groups were directly bonded to dentin surface with One Step, Prime & Bond 2.1. Experimental groups were divided into experimental I and II according to dentin bonding agents. After eugenol application, dentin surfaces were bonded with One Step and Prime & Bond 2.1 according to the each storage time of immediately, 3min, 24hour, 48hour and 1week, and then control and experimental groups were filled with light cured composite resin(Z-100). After 24 hours water storage at 37°C, all samples were subjected to a shear load to fracture at a cross head 1.0mm/min with Instron universal testing machine(No. 4467). Etched dentin surface stored for each time of immediately, 3min, 24hour, 48hour and 1week after eugenol application were observed under Scanning Electron Microscope(Hitachi S-2300) at 20kvp. The data were evaluated statistically with two-way ANOVA and Tukey's HSD.

The results were as follows:

1. Shear bond strengths were higher in control groups than in the experimental groups.
2. As storage time was increased after eugenol application, the shear bond strengths were decreased in experimental groups
3. In experimental I, II the shear bond strengths were the lowest in which storage time was 1week after eugenol application.
4. As storage time was increased after eugenol application, etched dentin surfaces showed obstructed dentinal tubule.

Key words : Eugenol, Dentin Bonding Agents, Composite Resin, Shear Bond Strength

I. 서 론

심미 수복재는 치과임상에서 점차적으로 많이 사용되고 있으며 심지어는 구치부 수복에의 적용도 증가하고 있는 추세이다. 이와같이 심미 수복재의 광범위한 적용은 치질과의 결합을 강화하기 위하여 사용되는 접착제의 화학적 구성 및

피착체인 상아질의 표면 상태에 의해 결정된다¹⁾.

1955년 Buonocore²⁾가 치질과 복합레진간의 적절한 미세 기계적 결합을 위해 산부식 개념을 치과계에 도입한 이래 법랑질에 대한 결합력은 뚜렷이 향상되었으나 상아질은 상아세관액의 존재, 법랑질에 비해 상대적으로 낮은 무기질 함량 등으로 인해 적절한 결합력을 획득하기가 어려웠다³⁾.

Setcos 등³⁾에 의해 분류된 제 1세대 및 2세대 상아질 접착제는 Eick 등⁴⁾이 서술한 세균, 타액, 혈액, 범랑질 및 상아질 잔사로 구성되는 1~2 μ m 두께의 무정형층의 도말층(smear layer)을 이용하여 상아질과의 화학적 결합을 시도하였으나⁵⁾ 시간 경과에 따라 결합강도가 저하되어 도말층을 완전히 제거하거나 부분적으로 변형시키는 형태의 상아질 접착제로 대체되었다⁶⁻⁷⁾.

Fusayama⁸⁾ 등은 상아질의 도말층 제거는 산부식 용액으로 가능하며 상아세관이 개방되고 접착제가 개방된 상아세관내로 스며들 수 있다고 하였고, 이러한 과정에서 탈회된 상아질과 접착성 레진이 혼재하는 혼화층의 존재를 확인하였고⁹⁾ Nakabayashi¹⁰⁻¹¹⁾는 상아질 접착제에 친수성과 소수성기를 동시에 갖는 단량체(HEMA)를 포함시켜 산부식에 의해 노출된 콜라겐 섬유내로 레진침투를 용이하게 할 수 있으며, 이로써 레진이 탈회된 상아질의 심부까지 도달하여 결합력을 향상시킬 수 있다고 보고하였다.

이상과 같은 상아질 접착개념의 발전으로 인해 미세기계적 접착기전에 의존하는 제 3세대 및 4세대 상아질 접착제에서는 상아질의 콜라겐 망상체와 접착제 성분이 공존하는 혼화층을 이용하여 뚜렷이 결합강도를 증가시킬 수 있었다¹²⁾.

그러나 이러한 복잡한 접착시스템은 산부식제, 접착강화제, 접착레진 등 적어도 세 가지 성분을 포함하여 다단계의 임상적용 과정을 거쳐야 하고 제조회사에 따라 도포방법이 다양하여 술식에 민감하며 시간이 많이 소모되는 단점을 가지고 있다. 최근 접착강화제와 접착제가 단일용기에 포함되어 있어 높은 결합강도를 유지하면서도 술식이 간편한 제 5세대 상아질 접착제가 개발되어 치과임상에서 사용되고 있으나, 간편화된 제 5세대 상아질 접착제의 유효성은 임상적으로 아직 검증되지 않은 상태이다¹³⁾.

한편 상아질은 물리적인 변화가 다양하게 나타나는 복잡한 피착체이며 이의 다양한 변수에 의해 상아질 접착제의 결합력이 좌우된다. 생활치에서의 치수압하의 상아세관액의 존재는 상아질 접착제의 결합강도를 저하시킬 수 있고¹⁴⁾ 와동형성후의 잔존치질 두께와 결합강도간에도 상관관계가 있으며¹⁵⁾, 천부 상아질에 비해 심부 상아질에서 결합강도가 감소한다고 보고되고 있다¹⁴⁻¹⁷⁾. 또한 상아질 및 치질 종류에 따른 칼슘 농도의 차이도 결합강도에 영향을 미친다¹⁸⁾.

상아질 표면은 다양한 임상적 환경에 노출되어 있어 오염이 가능하며, Xie 등¹⁹⁾은 핸드피스에 사용되는 윤활유, 타액, 혈액, 치은 열구액, ZOE 및 유지놀 비함유 임시 이장재 등으로 상아질을 오염시키면, 상아질과 접착제간의 전단결합강도가 감소한다고하여 상아질 표면의 오염으로 인한 표면장력 및 습도 변화 등이 상아질에 대한 수복재의 결합력에 영향을 끼칠 수 있다고 주장하였다.

수복방법 중 간접법은 합착제를 사용하여 수복하는 방법이며 이러한 합착제는 상아질에 대한 반응의 다양성, 습도

의 변화 및 상아질 표면의 오염층(smear layer 등)으로 인해 결합강도의 감소, 미세누출의 증가 및 변연적합도의 미흡 등으로 합착효과가 저하될 수 있다. 수복 과정 중 임시 충전재의 사용은 필수적이며 임시 충전재의 구성성분 또한 접착제와 상아질간의 접착에 영향을 줄 수 있으며¹¹⁾ 이 중 유지놀이 가장 유해한 영향을 끼치는 것으로 알려져있다²⁰⁻²⁵⁾.

복합레진 및 상아질 접착제에 대한 유지놀 성분의 부작용에 관해 Lingard 등²¹⁾과 Grajower 등²²⁾과 Fujisawa 등²³⁾은 유지놀의 페놀 구조가 radical scavenger로서 작용하여 복합레진과 상아질 접착제의 중합을 방해하며 연화체로서 작용하여 복합레진의 물리적 성질을 약화시키며 표면을 거칠게 하고 경도를 감소시킨다고 하였고, Stackhouse 등²⁴⁾은 상아질 접착제의 성분인 HEMA(2-hydroxyethyl methacrylate)와 HHMA(6-hydroxyhexyl methacrylate)를 페놀 유도체인 o-methoxyphenol, o-chlorophenol, p-cresol 및 유지놀로 대체시킨 실험적 상아질 접착제의 결합력을 비교, 연구하였으며 이중 유지놀로 대체되었을 시 가장 낮은 결합력을 나타내었다고 보고하여 유지놀이 다른 페놀 유도체에 비해 상아질 접착제에 유해한 영향이 있다고 보고하였다. 또한 Saul 등²⁵⁾은 유지놀이 상아질과 복잡한 화학반응을 하며 이 결과, 유지놀이 상아질로부터 칼슘을 유리시켜 상아질이 연화되며, 상아질로의 복합레진의 침투를 방해한다고 하였다.

한편, Woody와 Davis²⁶⁾와 Terata 등²⁷⁾은 유지놀 비함유 시멘트와 유지놀 함유 시멘트를 상아질 와동내에 충전시키고 이를 기계적으로 제거한 후 현미경하에서 이들 재료의 잔사를 비교한 결과, 시멘트의 유지놀 함유여부에 관계없이 변연부 누출이 증가하여 유지놀보다는 시멘트의 잔사가 더 유해한 영향을 끼친다고 보고하여 상반된 견해를 나타낸 바 있다.

이상과 같은 다양한 부작용에도 불구하고 유지놀은 소량의 수분 존재하에 산화이연과 혼합되면 킬레이션 반응으로 zinc eugenolate 기질내에 미반응 산화이연입자가 매식된 경화체로 변환되는 특성을 가지며²⁸⁻³⁰⁾ 제거가 용이하고 치수 진정작용이 있어 치과임상에서 많이 사용하고 있다. 복합레진은 최근에 심미수복학에서 직접법 혹은 간접법으로 점차적으로 사용이 증가하는 추세임에도 불구하고 유지놀 함유 임시 충전재의 제거 후 심미수복재의 상아질에 대한 접착에 관한 연구와 유지놀이 상아질 표면과 상아질 접착제의 결합강도에 미치는 영향에 관한 연구는 많지않은 실정이다.

이 연구에서는 유지놀 도포후 처리조건에 따라 2종의 상아질 접착제의 상아질에 대한 전단결합강도의 변화를 측정하고 주사전자현미경으로 유지놀 처리후 시간경과에 따른 상아질 산부식면을 관찰, 분석하여 상아질에 대한 유지놀의 처리조건이 이들 재료의 상아질 표면 결합에 미치는 효과를 평가하고자 실험을 실시하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구는 소의 하악중절치 180개의 순면 상아질을 실험 대상으로 하였으며 상아질 표면 도포에 사용된 유지놀은 시판 중인 Salute (Eugenol, Dngerer Chemist Inc., U.S.A)를 사용하였고 상아질 접착제는 시판 중인 2종의 상아질 접착제(One Step, Prime & Bond 2.1)를 이용하였다(Table 1, 2).

2. 실험방법

본 실험은 소의 하악 중절치의 노출된 상아질 표면을 유지놀액으로 도포한 후 실내에서 보관기간에 따라 즉시, 3분, 24시간, 48시간 및 1주일간 실내에서 보관하여 상기의 2종 상아질 접착제와 복합레진을 도포, 결합시켜 전단결합강도를 측정하였고, 상아질 표면 산부식상은 유지놀 도포 후 보관기간에 따라 즉시, 3분, 24시간, 48시간 및 1주간 실내 보관한 후 37% 인산용액으로 상아질 표면을 부식하여 주사전자현미경하에서 관찰하였다.

1) 전단결합강도

(1) 시편제작

소의 하악 중절치를 내경 2.5cm 깊이 2.0cm의 몰드 중앙

에 위치시킨 후, 에폭시 레진을 주입하고 경화시켜 레진블럭을 제작하였으며, 레진블럭의 상면을 경조직 연마기 (Grinder-Polisher, Buehler Ltd., England)에서 연마하여 직경 3mm이상 상아질이 노출되도록 하였다.

노출된 상아질면은 각각 320번, 400번 및 600번 SiC로 주수하에 순차적으로 연마하여 평활한 표면을 획득하여 실험에 사용하였다. 총 180개의 노출 상아질이 포매된 레진블록을 제작하여 Table 2와 같이 대조군 및 실험군으로 나누어 총 12개군으로 분류하여 각 군에 15개씩 배정하여 실험에 사용하였다.

(2) 대조군 및 실험군의 분류

대조군은 유지놀을 도포하지 않은 30개의 시편으로 적용된 상아질 접착제에 따라 2개군으로 분류하였으며, 실험군은 총 150개 시편을 적용된 상아질 접착제 및 보관기간에 따라 다시 10개군으로 나누어 실험을 실시하였다. 즉 실험군은 적용된 상아질 접착제의 종류에 따라 One Step을 사용한 I군과 Prime & Bond 2.1을 사용한 II군으로 나누었으며, 보관기간에 따라 I군은 유지놀 도포후 즉시, 3분, 24시간, 48시간 및 1주일간 보관후 상아질 접착제인 One Step을 접착시키고 복합레진(Z-100)을 부착시켜 각각 OI, OM, OD, ODD, OW군으로 분류하였고, II군은 상아질 접착제로 Prime & Bond 2.1을 사용한 군으로 유지놀 도포후 실내에서 I군과 동일하게 보관기간에 따라 PI, PM, PD, PDD, PW군으로 분류하였다(Table 3).

Table 1. Eugenol, dentine bonding agent and composite resin used in this study

Materials	Product Name	Batch Numbers	Manufacturer
Eugenol	Salute	94129A	Dngerer Chemist Inc. USA
DBA	One Step	IL 60143	Bisco Co. USA
DBA	Prime & Bond 2.1	DE 19963	Dentsply/DeTrey Co. Germany
Composite Resin	Z-100	5904A2	3M Co. USA

DBA : Dentin Bonding Agent

Table 2. Two dentin bonding agents used in this study

DBA	Chemical Composition	Directions
One Step	BPDM, Bis-GMA HEMA, acetone	Apply 2 coats Dry thoroughly Light cure for 10 sec
Prime & Bond 2.1	DMA, PENTA acetone	Apply 1 coat Keep wet(30 sec) Dry gently Light cure for 10 sec

DBA : Dentin Bonding Agent

Table 3. Control & experimental groups classified with storage time after eugenol application in 12 groups for shear bond strength

Group	Code of Subgroup	Eugenol Application	Storage time after eugenol application	Kinds of DBA	Composite Resin
Control	CO	-	-	One Step	
	CP	-	-	Prime & Bond 2.1	
Experimental I	OI	+	immediate	One Step	Z-100
	OM	+	3 min		
	OD	+	24 hour		
	ODD	+	48 hour		
	OW	+	1 week		
Experimental II	PI	+	Immediate	Prime & Bond 2.1	
	PM	+	3 min		
	PD	+	24 hour		
	PDD	+	48 hour		
	PW	+	1 week		

DBA : Dentin Bonding Agent

Table 4. Classification for SEM observation of acid etched dentin surfaces according to storage time after eugenol application

Group	N	EA	Storage time after EA
1	2	-	-
2	2	+	Immediate
3	2	+	3 min
4	2	+	24 hour
5	2	+	48 hour
6	2	+	1 week

EA : Eugenol Application

실험군의 150개의 상아질 시편은 표면을 37% 인산으로 15초간 부식하고 세척한 후 가볍게 건조한 다음 내경 3mm, 높이 1.0mm의 금속링을 부착하여 실험 I 및 II군에서 상아질 접착제 (Table 1)를 제조회사의 지시 (Table 2)에 따라 도포하고 광조사한 후, 광중합형 복합레진 (Z-100)을 충전하여 20초간 광중합시켜 실험군의 시편을 제작하였다. 대조군의 30개 시편은 유지놀을 도포하지 않았으며 산부식, 상아질 접착제 및 복합레진 충전은 실험군과 동일한 방법으로 실험을 실시하였다 (Table 3).

(3) 전단결합강도의 측정 및 분석

제작된 총 180개의 대조군 및 실험군의 시편은 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 항온조에서 24시간 보관 후, 만능시험기 (Instron, 4466,

U.S.A)에서 cross head speed 1mm/min의 하중속도로 시편이 상아질과 분리될 때의 최대하중을 측정하고 시편의 단면적으로 계산하여 전단결합강도를 MPa로 환산하였다.

측정된 전단결합강도의 평균값과 표준편차를 계산하고 각 군간의 통계적 유의성 검증은 two-way ANOVA test와 Tukey's HSD를 이용하였다.

2) 주사전자현미경 관찰

(1) 시편 제작

유지놀 도포 여부에 따른 상아질 표면의 산부식 효과를 비교하기 위하여 소의 하악 중절치의 순면을 연마하여 상아질을 노출시키고 600번 SiC로 최종 연마한 상아질 시편에 유지놀 도포 여부 및 보관시간에 따라 6개군으로 나누어 각 군당 2개씩 12개의 시편을 배정하였다 (Table 4). 1군의 시편은 유지놀을 처리하지 않은 상아질 표면을 37% 인산으로 15초간 부식시키고 15초간 수세하였으며 압축공기로 가볍게 건조하였다. 2군, 3군, 4군, 5군, 6군의 시편은 유지놀 도포 후 즉시, 3분, 24시간, 48시간, 1주일간 보관한 다음, 1군과 동일한 방법으로 산부식을 시행하여 주사전자현미경용 시편제작을 완료하였다.

(2) 유지놀 도포 후 산부식 효과에 따른 상아질 표면 관찰

주사전자현미경 관찰을 위하여 준비된 1~6군의 총 12개 시편을 가볍게 건조한 다음 금이온 증착 (IB-3 ion coater, Eico Co., Japan)하여 주사전자현미경 (S-2300, Hitachi Co., Japan)으로 가속전압 20Kvp에서 3000배로 확대하여 관찰하였다.

Ⅲ. 실험성적

1. 전단결합강도 분석

상아질 표면에 유지놀 도포 여부에 따라 2개의 대조군 및 10개 실험군의 시편을 각각 즉시, 3분, 24시간, 48시간, 1주간 실내에서 경과 후 2종의 상아질 접착제를 각각 접착시킨 2개의 대조군(OC, PC) 및 10개의 실험군(OI, OM, OD, ODD, OW, PI, PM, PD, PDD, PW)에 대한 전단결합강도와 통계학적 분석은 Table 5 및 Fig. 1과 같다.

상아질 표면에 유지놀을 도포하지 않고 One Step을 접착시킨 대조군인 OC군의 경우 17.27MPa의 전단결합강도를

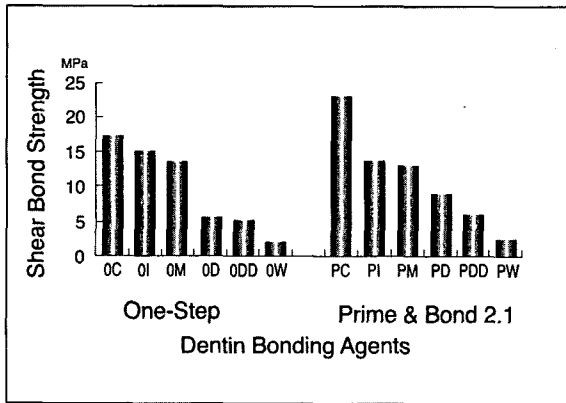


Fig. 1. Shear Bond Strength of Two Dentine Bonding Agents to dentine treated with eugenol in Control and Experimental groups

나타낸 반면 유지놀 처리 후 One Step을 접착시킨 실험 I군에서 즉시 접착한 OI군과 3분, 24시간, 48시간 및 1주일 경과후 One Step으로 접착시킨 OM군, OD군, ODD군 및 OW군에서는 각각 15.19MPa, 13.65MPa, 5.64MPa, 5.21MPa, 1.90MPa의 전단결합강도를 나타내었다.

Prime & Bond 2.1을 상아질 표면에 접착시킨 실험 II군에서 유지놀을 처리하지 않은 대조군인 PC군이 22.94MPa, 유지놀 처리 후 즉시 Prime & Bond 2.1을 접착시킨 PI군은 13.57MPa의 전단결합강도를 나타내었으며, 유지놀 처리 후 3분, 24시간, 48시간 및 1주일 경과후 Prime & Bond 2.1을 접착시킨 PM군, PD군, PDD군, PW군은 각각 12.90MPa, 8.98MPa, 5.96MPa, 2.20MPa의 전단결합강도를 나타내었다.

대조군 및 실험군 중 가장 높은 전단결합강도는 유지놀을 도포하지 않고 직접 Prime & Bond 2.1을 이용하여 접착시킨 실험 II군에 대한 대조군인 PC군이었으며, 유지놀 처리 후 1주 실내에서 경과후 One Step으로 접착시킨 OW군이 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다.

실험 I군에서 유지놀 처리 후 24시간, 48시간 및 1주일 경과후 One Step으로 접착시킨 OD, ODD, OW군은 OC, OI 및 OM군에 비교하여 낮은 전단결합강도를 나타내었으며, 실험 II군의 유지놀 처리 후 24시간, 48시간 및 1주간 실내에서 보관 후 Prime & Bond 2.1로 접착시킨 PD, PDD, PW군 역시 PC군에 비교하여 낮은 전단결합강도를 나타내었다(p<0.05). 총 12개 실험군 및 대조군의 유의차 0.05 수준에서 Tukey's HSD test를 시행한 결과는 Table 6와 같다.

Table 7의 통계처리에 의하면 유지놀 처리후의 보관시간

Table 5. Shear bond strength(MPa) of two dentine bonding agents to dentine treated with eugenol in control and experimental groups

Group	DBA	code	n	storage time	mean(MPa)	S.D
Control	One Step	OC	15	-	17.27	9.71
	Prime & Bond 2.1	PC	15	-	22.94	8.35
I	One Step	OI	15	Immediate	15.19	5.98
		OM	15	3 min	13.65	7.36
		OD	15	24 hour	5.64	6.48
		ODD	15	48 hour	5.21	3.01
		OW	15	1 week	1.90	3.53
	Prime & Bond 2.1	PI	15	Immediate	13.57	7.76
		PM	15	3 min	12.90	6.94
		PD	15	24 hour	8.98	10.57
		PDD	15	48 hour	5.96	6.10
		PW	15	1 week	2.20	1.70

DBA : Dentine Bonding Agents

Table 6. Results of Tukey's HSD on shear bond strength

Experimental I			Experimental II		
One Step			Prime & Bond 2.1		
STE	code	Tukey's HSD	STE	code	Tukey's HSD
-	OC	A	-	PC	A
Immediate	OI	A	Immediate	PI	A B
3 mim	OM	A	3 mim	PM	A B
24 hour	OD	B	24 hour	PD	B
48 hour	ODD	B	48 hour	PDD	B
1 week	OW	B	1 week	PW	C

STE : Storage time after eugenol applicaton

Table 7. Statistical analysis of shear bond strength

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif. of F
Main Effects	6697.044	6	1116.174	23.163	.000
X1	74.226	1	74.226	1.540	.216
X2	6622.818	5	1324.564	27.487	.000
2-way Interactions	279.904	5	55.981	1.162	.330
Explained	6976.947	11	634.268	13.162	.000
Residual	8095.681	168	48.189		
Total	15072.629	179	84.205		

($p < 0.001$)은 전단결합강도에 영향을 미치나 상아질 접착제의 종류는 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 상아질 접착제와 유지놀 보관 시간간의 상호작용은 없었다. 즉 상아질 접착제의 종류에 관계없이 유지놀 처리 후 시간이 증가함에 따라 전단결합강도는 감소함을 알 수 있었다.

2. 주사전자현미경 소견

유지놀을 처리하지 않고 직접 37%인산으로 부식한 1군의 산부식면은 도말층이 제거되어 대부분의 상아세관이 개방되어 있으며 관간 상아질의 기질은 콜라겐 망상체가 파괴되지 않은 전형적인 상아질 산부식면의 표면성상을 나타내었다(Fig. 2). 유지놀을 처리하고 즉시 제거한 후 산부식시킨 2군의 상아질면은 1군에 비하여 상아세관은 전반적으로 개방되어 있으나 불규칙한 표면성상을 보였으며(Fig. 3) 유지놀을 처리하고 3분간 보관 후 산부식시킨 3군의 상아질면 또한 상아세관은 개방되었고 2군과 유사한 표면성상을 나타내었다(Fig. 4). 유지놀을 처리하고 24시간 보관한 후 산부식시킨 4군의 상아질면은 1군에 비하여 상아세관은 개방되어 있으나 콜라겐 망상체가 파괴되어 건조한 표면성상을 나타내었고(Fig. 5), 48시간 보관한 후 산부식시킨 5군의 상아질면은 부분적으로 상아세관이 폐쇄되어 있고 불규칙한 표면성상을 나타내었다(Fig. 6). 유지놀을 처리하고 1

주간 보관한 후 산부식시킨 6군의 상아질면은 다른 군에 비하여 전반적으로 상아세관이 폐쇄되어 있었다(Fig. 7).

IV. 총괄 및 고안

상아질 접착제는 Mclean과 Kramer³¹⁾가 소개한 이후 결합강도가 지속적으로 향상되었으며 지난 20여년간 상아질에 대한 복합레진의 결합강도의 개선을 위해 접착시스템이 개발되어 왔다. 이상적인 상아질 결합은 상아질 표면에 대해 적절한 습도를 부여하여 콜라겐 망상체 부위까지 접착제의 성분이 스며들게함으로써 연속적인 혼화층을 형성하고³²⁾ 접착계면에 탄력성을 부여하여 계면의 변연 누출 저항성을 가질 수 있게 하는 것이다³³⁾.

그러나 최근에 제 4세대 상아질 접착제는 total etch 개념³⁴⁾과 수분이 잔존해 있는 상태에서의 접착, 소위 wet bonding³⁵⁾으로 사용하여 과거의 접착제에 비해 상아질과의 결합강도가 크게 증가하였고, 다양한 임상환경 변화에도 접착효과를 유지하지만, 복합레진의 중합수축으로 인한 잔류응력 발생과 구강내 온도 변화에 의한 치질 및 복합레진간에 열팽창계수차이로 발생하는 미세누출을 극복하고, 장기간 변연적합도를 유지하는 상아질 접착제는 아직 개발되지 못하고 있는 실정이다^{34,35)}.

상아질과의 성공적인 결합을 위해서 상아질에 산부식을

시행하여 부분적으로 상아질을 탈회시키고, 접착강화제를 도포하여 상아질을 접착에 유리한 표면상태로 변화시킴으로서 접착제의 상아질에 대한 확산을 증가시켜 레진침투층을 강화하는 방법이 있으나 이의 임상 적용 술식이 복잡하고 제조회사마다 지시사항이 다양하여 임상적용이 불편하였다. 그러나 최근 접착강화제와 접착제 성분이 단일 용기 내에 포함되어 임상술식을 간편화한 단일용기 상아질 접착제가 개발, 시판되고 있다¹³⁾.

그러나 이러한 단일용기의 상아질 접착제에 대하여 Tjan 등³⁶⁾과 Holdereger 등³⁷⁾ 및 Wilder 등³⁸⁾은 4세대 상아질 접착제에 비해 전단결합강도가 향상되지 않았다고 보고하고 있으며 Martin과 Rodrigues 등³⁹⁾은 단일용기 상아질 접착제가 치수압하에서는 전단결합강도가 감소한다고 보고하여 이들 재료의 유효성에 의문을 제기하였다.

한편 Castelnuovo 등⁴⁰⁾은 제 5세대 상아질 접착제인 단일용기 상아질 접착제가 제 4세대 상아질 접착제에 비하여 미세누출이 적게 발생한다고 보고하여 이들 상아질 접착제가 술식에 민감하고 임상환경에 따라 결합강도가 다양하게 변화함을 알 수 있다⁴¹⁻⁴⁶⁾.

상아질과 상아질 접착제의 결합은 피착체인 상아질 표면에 의해서도 크게 좌우되며, 다양한 구강내 조건으로 인한 상아질 표면의 오염은 상아질과 접착제간의 결합강도를 저하시킨다¹⁹⁾. 이중 상아질 표면오염에 중요한 인자로서 유지놀은 상아질 접착제와 복합레진의 중합을 방해하여 상아질 접착에 가장 유해한 것으로 알려져 있다. 이와 관련하여 Paul 등⁴⁷⁾은 유지놀이 함유된 임시 합착제와 접촉한 상아질 표면에 상아질 접착제를 도포하였을 경우, 전단결합강도가 감소한다고 보고하였으며, Schumann 등⁴⁸⁾은 유지놀 함유 및 비함유 임시 충전재를 글래스 아이오노머 시멘트 상부에 충전한 후, 이를 제거하고 레진 수복물과의 결합력을 평가한 결과, 이들 수복물간에 막이 형성되어 결합력이 저하됨을 발견하였다⁴⁹⁻⁵⁰⁾. 따라서 성공적인 접착을 위하여는 이러한 막의 제거가 요구되는데 불소가 함유되지 않는 pumice를 이용하고 있으나 임시 충전제의 oil성분으로 완전한 제거는 어려움을 보고하고 있다.

유지놀은 절단된 상아질 표면을 통하여 치수로 침투가능하며, 상아질 접착에 앞서 접착을 방해하는 유지놀 성분의 완전한 제거는 어렵고 치질과 수복물의 변연부에 간극 및 기포가 발생하는 단점이 있다⁵¹⁾. 이와 관련하여 유지놀 함유 임시 충전재로부터의 유지놀 유리능에 대하여 Hume⁵¹⁻⁵²⁾은 상아세관 표면의 상아세관액으로 인하여 유지놀 함유 임시 충전제에서 유지놀 성분이 치수층으로 유리가 된다고 하였으며, 유지놀의 유리농도는 약 10~2mol이며 이는 약 리작용에 충분한 농도라고 하였다. 또한 Kielbassa 등⁵³⁾에 의하면 유지놀 함유 합착제인 Temp-Bond는 6.2mg/l의 유지놀이 유리되며, ZOE시멘트에서는 4.4mg/l의 유지놀이 유리된다고 하였다. 또한 Meryon 등⁵⁴⁾은 다양한 혼합비

의 유지놀 함유 임시재료로 상아질 부위에 적용시 유지놀이 상아질 표면에서 2mm까지 침투된다고 보고하여 임시 충전제의 유지놀이 치수층으로 유리됨을 보고하였다.

치과임상에서 임시 이장재 및 합착제의 구성 성분으로 많이 사용되고 있는 유지놀은 clove oil의 주요성분이며 4-allyl 2 methoxy phenol구조를 가지고 있다⁵¹⁾. 유지놀 함유 임시 이장재에서는 상아세관액의 존재하에 킬레이션의 표면 가수분해로 인해 치수층으로 유지놀이 유리되며⁵²⁾, 상아질면에 유지놀이 잔존되면 피착체인 상아질의 표면장력을 변화시키고 상아질 표면에 존재하는 칼슘을 유리시켜 상아질을 연화시키며²⁵⁾, 상아질 접착제나 복합레진의 중합을 방해하여²¹⁻²⁴⁾ 결합강도 및 미세누출 증가 등을 유발시키는 부작용이 있어 복합레진이나 레진 합착제를 이용하여 수복할 와동에 유지놀이 함유된 임시 이장재를 사용하지 않는 것이 정설이었다.

그러나, 상아질 표면에 대하여 유지놀 및 유지놀 함유 임시 이장재가 상아질 접착제의 전단결합강도에 미치는 영향에 대한 연구는 논쟁의 여지가 있다. 즉 Schwartz 등⁵⁵⁻⁵⁶⁾과 Ganss와 Jung⁵⁷⁾과 Kelsey 등⁵⁹⁾ 및 Peutzfeldt와 Asmussen⁶⁰⁾은 각기 다른 상아질 접착제를 사용하여 유지놀 함유 임시 이장재가 상아질에 대한 전단결합강도에 역효과를 가지지 않는다고 보고하였으며, 인산으로 15초간 부식할 경우 상아질을 9~10 μ m까지 탈회시킬수 있어 상아질 표면에 대한 젖음성(wettability)을 향상시키고 상아질 표면 잔사를 제거한다고 보고하였다⁶¹⁻⁶²⁾.

한편 Hanssen과 Asmussen⁶³⁾은 상아질면에 잔존하는 시멘트 잔사와 유지놀의 상아질내 침투는 피착체인 치질구조의 특성을 변화시킬 수 있으므로 레진충전이나 레진합착제를 이용하여 수복할 경우, 이장재나 liner로서 유지놀이 함유된 것을 사용하지 말 것을 추천하였으며, 유지놀 함유 시멘트를 임시충전한 후 2세대 접착제인 Scotchbond(3M Co.)와 Gluma(Bayer)로 접착하였을 경우, 상아질 와동내에 간극이 발생하였으며 전단결합강도가 감소되었다고 보고하였다. 또한 Mayer 등⁶⁴⁾은 유지놀 및 유지놀 함유 시멘트가 상아질 접착에 미치는 영향에 대하여 상아질 접착 시스템의 탈회능력에 따라 다양하게 나타난다고 하였으며, 유지놀을 15분간 도포 후 상아질과 접착제간 계면을 CLSM(Confocal laser scanning microscopy)으로 관찰하여 유지놀이 없는 군에 비하여 레진침투층이 감소하거나 균일하지 않다고 보고하여 동일한 레진계열의 임시 이장재를 사용할 것을 추천하였다.

본 실험에서 2종의 5세대 상아질 접착제인 One Step(Bisco Co.)과 Prime & Bond 2.1(Dentsply Co.)에 대하여 유지놀 도포 후의 시간 경과에 따르는 전단결합강도의 변화를 비교연구한 결과, 2종의 상아질 접착제 공히 유지놀 도포 후 시간이 경과할수록 전단결합강도가 감소하였고, 특히 보관시간이 24시간, 48시간 및 1주일 경우에는 대조군

에 비하여 유의성있게 낮은 전단결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$). 또한 유지능 도포후 시간 경과에 따르는 산부식면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 시간이 경과할수록 오염된 상아세관의 폐쇄상을 관찰할 수 있어 Hanssen과 Asmussen⁶³⁾ 및 Mayer 등⁶⁴⁾의 연구와 부합하였다. 이는 상아질 표면에 유지능 처리후 시간이 경과함에 따라 치수축으로의 유지능 침투가 더욱 심부로 진행되어 산부식 효과를 반감시킨 것으로 인산으로 산부식을 할 경우 상아질 표면의 오염층을 제거할 수 있다는 Uno와 Finger 등⁶¹⁻⁶²⁾과의 연구와는 상반된다.

본 실험에서 사용한 2종의 상아질 접착제에 대하여 Swift와 Bayne 등⁶⁵⁾은 Prime & Bond 2.1이 One Step에 비하여 수분 존재에 더욱 전단결합강도가 안정성을 나타낸다고 하였으나, 본 실험에서 유지능 도포후 시간 경과에 따른 이들 상아질 접착제간의 유의성 있는 전단결합강도의 차이는 관찰되지 않았다.

유지능과 이장재로 오염된 상아질 표면의 세척방법에 대하여 Bachmann 등⁶⁶⁾은 임시 이장재의 잔사제거를 위해 pumice를 사용하여 기계적으로 제거할 경우 결합력이 낮았고 표준편차가 커, 이의 세척효과가 의문시 되었으므로 계면활성제를 사용하여 기계적으로 제거한 군과 비교연구한 결과, 계면활성제를 이용하여 화학적으로 제거하였을 경우가 기계적으로 제거한 경우보다 더 낮은 전단결합강도를 내어 오염된 상아질면의 효과적인 세척이 어려움을 보고한 바 있다.

이상의 연구보고와 본 실험의 결과를 볼 때 유지능이 장기간 상아질과 접촉하면 복잡한 화학적 변성이 일어나며 산부식에 의한 탈회를 방해하여 결과적으로 레진침투층을 감소시키고 상아질 표면의 젖음성(wettability)이나 표면장력을 변화시켜 상아질 접착제와의 접합성이 저하되어 전단결합강도가 감소됨을 알 수 있었고 이에 따르는 변연누출과 변색이 예상된다. 그러므로 앞으로 피착체인 상아질면의 유지능 오염에 대하여 상아질에 적용할 수 있으며 접착성이 향상된 상아질 접착제의 개발과 기계적인 방법외에 효과적으로 상아질면의 오염을 제거할 수 있는 화학 세척제에 대한 개발과 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 소의 하악 중절치의 노출 상아질 표면을 유지능액 도포여부에 따른 상아질 접착제의 접착효과를 관찰하기 위하여 실험을 실시하였다. 대조군은 유지능을 도포하지 않고 상아질 표면에 직접 상아질 접착제인 One Step과 Prime & Bond 2.1을 도포하고 복합레진(Z-100)을 접착시켰다. 실험군은 상아질 접착제에 따라 실험 I군과 실험 II군으로 나누었으며, 실험 I군은 유지능액을 도포하고 각 즉시, 3분, 24시간, 48시간, 1주일간 경과후 상아질 접

착제인 One Step을 도포하고 복합레진(Z-100)을 접착시켜 실험을 실시하였다. 실험 II군은 유지능을 도포하고 I군과 동일하게 경과한 후 상아질 접착제인 Prime & Bond 2.1을 도포하고 복합레진(Z-100)을 접착시켜 실험을 실시하였다. 대조군 및 실험군에 대하여 전단결합강도를 측정하였고 유지능 도포여부에 따른 상아질 산부식면을 비교하기 위하여 상아질 표면에 유지능을 도포하지 않고 37%인산으로 15초간 부식한 상아질 표면과 유지능 도포 후 즉시, 3분, 24시간, 48시간 및 1주일 경과한 후 37%인산으로 부식한 상아질 표면의 부식상을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군은 실험군에 비하여 높은 전단결합강도를 나타내었다.
2. 실험군에서 유지능 도포후 시간이 경과함에 따라 전단결합강도는 감소하였다.
3. 실험 I 및 II군에서 전단결합강도는 유지능 도포후 1주일 경과한 경우 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다.
4. 상아질 표면성상은 유지능 도포후 시간이 경과함에 따라 상아세관의 폐쇄상이 관찰되었다.

REFERENCE

1. Baire, R.E. : Principles of Adhesion. *Oper. Dent.*, Supplement, 5:1~9, 1992.
2. Buonocore, M.G. : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.*, 34:849~853 1955.
3. Setcos, J.C. : Dentin bonding in perspective. *Am. J. Dent.*, 1:173~175, 1988.
4. Eick, J.D., Wilko, R.A. and Anderson, C.H. : Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J. Dent. Res.*, 49:1359~1368, 1970.
5. Bränström, M. and Johnson, G. : Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces : A scanning electron microscope investigation. *J. Prosthet. Dent.*, 31:422~430 1974.
6. Davis, E.L., Wiczkowski, Jr. G. and Yu, X.Y., et al. : Adhesion of dentin bonding agents after smear layer treatments. *Am. J. Dent.*, 5:29~32, 1992.
7. Triolo, P.T. and Swift, E.J. : Shear bond strength of ten dentin adhesive systems. *Dent. Mater.*, 8:370~374, 1992.
8. Fusayama, T. : New concepts in operative dentistry. *Chicago Quintessence*, 1980.
9. Van Meerbeek, B., Braem, M. and Lambrechts, P. : Two year clinical evaluation of two dentin-adhesive systems in cervical lesions. *J. Dent.*, 21:195~202, 1993.
10. Nakabayashi, N. : Resin infomed dentin due to infiltration of monomers into the dentin at adhesive interface. *J. Japan Dent. Mater. Dev.*, 1:78~81, 1982.
11. Nakabayashi, N., Nakajima, K. and Masuhara, E. : The promotion of adhesion by resin infiltration of monomers into tooth structure. *J. Biomed. Mater. Res.*, 16:265~273, 1982.
12. Gwinnett, J.A. : Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am. J. Dent.*, 6:7~9, 1993.

13. Freedman, G. and Goldstep, F. : Fifth generation bonding systems : State of the art in adhesive dentistry. *Canadian Dent. Associ.*, 63(6):439~443. 1997.
14. Prati, C., Pashley, D.H. and Montanari, G. : Hydrostatic intrapulpal pressure and bond strength of bonding systems. *Dent. Mater.*, 7:54~58, 1991.
15. Pashley, E.L., Tao, L. and Matthews, W.G. : Bond strengths to superficial, intermediate and deep dentin in vivo with four dentin bonding systems. *Dent. Mater.*, 9:19~22, 1993.
16. Perinka, L., Sano, H. and Hosoda, H. : Dentin thickness, hardness and Ca-concentration vs. bond strength of dentin adhesives. *Dent. Mater.*, 8:229~233, 1993.
17. Elkins, C.J. and Mc Court, J.W. : Bond strength of dental adhesives in primary teeth. *Quint. Int.*, 24:271~273, 1993.
18. Haller, B., Hofmann, N. and Klaiber, B. : Effect of storage media on microleakage of five dentin bonding agents. *Dent. Mater.*, 9:191~197, 1993.
19. Xie, J., Powers, J.M. and McGuckin, R.S. : In vitro bond strength of two adhesives to enamel and dentin under normal and contaminated conditions. *Dent. Mater.*, 9:295~299, 1993.
20. Taira, J., Ikemoto, T., Yoneya, T., Hagi, A., Murakami, A. and Makino, K. : Essential oil phenyl propanoids : Useful as OH scavengers? *Free Radical Res. Com.*, 16:197~204, 1992.
21. Lingard, G.L., Davis, E.H., and Von Fraunhofer, J. H., : The interaction between lining materials and composite resin restorative materials. *J. Oral. Rehabil.*, 8:121~129, 1981.
22. Grajower, R., Hirschfeld, Z. and Zalkind, M. : Compatibility of a composite resin with pulp insulating materials. : A scanning electron microscope study. *J. Prosthet. Dent.*, 32:70~77, 1974.
23. S., Fujisawa and Y., Kodoma : Effect of phenolic compounds on the polymerization of methyl methacrylate. *Dent. Mater.*, 8:324~326, 1992.
24. Stackhouse Jr., J.A., Kristol, D.S., Von Hagen, S. and Rao, G. : Effect of substrate condition and substituted phenols and methacrylates on toluene diisocyanate/dentin bond strengths. *J. Biomedical Materials Res.*, 23:81~90, 1989.
25. Saul, J., Rotberg and D.O., deShazer : The complexing action of eugenol on sound dentin. *J. Dent. Res.*, 45(2) 32:307~310, 1966.
26. Woody, T.L., and Davis, R.D., : The effect of eugenol-containing and eugenol-free temporary cements on microleakage in resin bonded restorations. *Oper. Dent.*, 17:175~180, 1992.
27. Terata, R. : Characterization of enamel and dentin surfaces after removal of temporary cement: study on removal of temporary cement. *Dent. Mater. J.*, 12:18~28, 1993.
28. W. H. Douglas : The metal oxide/eugenol cements I : The chelating power of the eugenol type molecule. *J. Dent. Res.* 57:800~804, 1978.
29. W. H. Douglas : The metal oxide/eugenol cements II : A diffuse reflectance spectrophotometric study of the setting of zinc oxide and magnesium oxide cements. *J. Dent. Res.* 57(7-9):805~809, 1978.
30. Wilson, A.D., Clinton, D.J., and Miller, R.P. : Zinc oxide-eugenol cements IV : Microstructure and hydrolysis. *J. Dent. Res.*, 52:253~260, 1973.
31. McLean, J.W. and Kramer, I.R. : Alterations in the staining reactions of dentin resulting from a constituent of a new self polymerizing resin. *Br. Dent. J.*, 93:150~153, 1952.
32. Yoshiyama, M., Carvalho, R. and Sano, H. : Interfacial morphology and strength of bonds made to superficial versus deep dentin. *Am. J. Dent.* 8:297~302, 1995.
33. Davidson, C.L, DeGee A.J. and Feilzer, A.J. : The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J. Dent. Res.*, 63:1396~1399, 1984.
34. Paula, R.W. and Dorothy, M. : Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence. Int.*, 27(9):619~626, 1996.
35. Van Meerbeek, B., Perdigao, J., Lambrechts, P. and Vanherle, G. : The clinical performance of adhesives. *J. Dent.*, 26:1~20, 1998.
36. Tjan, A.H.L., Castelnovo, J. and Liu, P. : Bond strength of multi-step and simplified-step systems. *Am. J. Dent.*, 9:269~272, 1996.
37. Holderegger, C., Paul, S.J., L thy, H. and Sch rer, P. : Bond strength of one-bottle dentin bonding agents on human dentin. *Am. J. Dent.*, 10:71~76, 1997.
38. Wilder, A.D., Swift, Jr. E.J., May, Jr. K. and Waddell, S.L. : Bond strengths of conventional and simplified bonding systems. *Am. J. Dent.*, 11:114~117, 1998.
39. Martim, C.L., Rodriguez, M.P.G., Luque, C.M.F., Gijon, V.R. and Navajas, J.M. : Study of the shear bond strength of five one-component adhesives under simulated pulpal pressure. *Oper. Dent.*, 24:73~80, 1999.
40. Castelnovo, J., Anthony, H.L., Tjan and Liu, P. : Microleakage of multi-step and simplified-step bonding systems. *Am. J. Dent.*, 9:245~248, 1996.
41. Bertschinger, C., Paul, S.J., L thy, H. and Sch rer, P. : Dual application of dentin bonding agents. : Effect on bond strength. *Am. J. Dent.*, 9:115~119, 1996.
42. Franklin, R.T., Gwinnett, A.J. and Wei, S.H.Y. : The overwet phenomenon : A scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am. J. Dent.*, 9:109~114, 1996.
43. Ferrari, M., Goracci, G. and Gracia-Godoy, F. : Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *Am. J. Dent.*, 10:224~230, 1997.
44. Kanca, J. : One Step bond Strength to enamel and dentin. *Am. J. Dent.*, 9:5~8, 1997.
45. Barkmeier, W.W., Hammesfahr, P.D. and Malatta : Bond strength of composite to enamel and dentin using Prime & Bond 2.1. *Oper. Dent.*, 24:51~56, 1999.
46. Swift, Jr. E.J., Wilder, Jr. A.D., May, Jr. K.N. and Waddell, S.L. : Shear bond strengths of one bottle dentin adhesives using multiple applications. *Oper. Dent.*, 22:194~199, 1997.
47. Paul, S.J. and Sch rer, P. : Effect of provisional cements on the shear bond strength of various dentin bonding agents. *J. Oral Rehabil.* 24:8~14, 1996.
48. Schumann, S.D., Robbins, J.W. and Douglas, A.S. : Effect of eugenol/non-eugenol cements on glass ionomer base. *J. Dent. Res.* 69:516~520, 1990.
49. Duke, E.S., Phillips, R.W. and Blumershine, R. : Effects of various agents on cleaning cut dentin. *J. Oral Rehabil.*, 12:295~302, 1985.
50. Millstein, P.L. and Nathanson, D. : Effects of temporary cementation on permanent cement retention to composite resin cores. *J. Prosthet. Dent.* 67:856~859, 1992.
51. Hume, W.R. : An analysis of the release and diffusion through dentin of eugenol from zinc oxide-eugenol mixtures. *J. Dent. Res.*, 63:881~884, 1984.
52. Hume, W.R. : In vitro studies on the local pharmacodynamics, pharmacology and toxicology of eugenol and zinc

- oxide-eugenol. *International Endodontic J.*, 21:130~134. 1988.
53. Kielbassa, A.M., Attin, T., and Hellwig, E. : Diffusion behavior of eugenol from zinc oxide-eugenol mixtures through human and bovine dentin *in vitro*. *Oper. Dent.*, 22:15~20. 1997.
 54. Meryon, S.D., Johnson, S.G., and Smith, A.J. : Eugenol release and the cytotoxicity of different zinc oxide-eugenol combinations. *J. Dent.*, 16:66~70. 1988.
 55. Schwartz, R., Davis, R., and Mayhew, R. : The effect of a ZOE temporary cement on the bond strength of a resin luting cement. *Am. J. Dent.*, 3:28~30. 1990.
 56. Schwartz, R., Davis, R., and Hilton, T.J. : Effect of temporary cement on the bond strength of a resin luting cement. *Am. J. Dent.*, 5:147~150. 1992
 57. Ganss C. and Jung, M. : Effect of eugenol-containing temporary cements on bond strength of composite to dentin. *Oper. Dent.* 23:55-62. 1998.
 58. Jung, M., Ganss C., and Senger, S. : Effect of eugenol-containing temporary cements on bond strength of composite to enamel. *Oper. Dent.* 23:63-68. 1998.
 59. Kelsey, W.P., Latta, M.A. and Blankenau, R.J. : Effect of provisional restorations on dentin bond strengths of resin cements. *Am. J. Dent.*, 11:67~70. 1998.
 60. Peutzfeldt, A. and Asmussen, E. : Influence of eugenol-containing temporary cement on efficacy of dentin-bonding systems. *Eur. J. Oral Sci.*, 107:65~69. 1999.
 61. Uno, S. and Finger, W.J. : Effect of acid etchant composition and etch duration on enamel loss and resin composite bonding. *Am. J. Dent.*, 8:165~169. 1995.
 62. Uno, S. and Finger, W.J. : Effect of acidic conditioners on dentin demineralization and dimension of hybrid layers. *J. Dent.*, 24:211~216. 1996.
 63. Hansen, E.K., and Asmussen, E. : Influence of temporary filling materials on effect of dentin-bonding agents. *Scand. J. Dent. Res.*, 95:516~520. 1987.
 64. Mayer, T., Pioch, T., Duschner, H. and Staehle, H.J. : Dentinal adhesion and histomorphology of two dentinal bonding agents under the influence of eugenol. *Quintessence. Int.*, 28(1):57~62. 1997.
 65. Swift, E.J. and Bayne, S.C. : Shear bond strength of a new one-bottle dentin adhesive. *Am. J. Dent.*, 10:184~188. 1997.
 66. Bachmann, M., Paul, S. J., Lüthy, H. and Schärer, P. : Effect of cleaning dentin with soap and pumice on shear bond strength of dentin-bonding agents. *J. Oral. Rehabil.*, 24:433~438 1997.

사진부도 설명

- Fig. 2. Scanning electron microscope of a bovine dentin surface treated with 37% phosphoric acid for 15 seconds, dried slightly shows overall opening of dentinal tubules($\times 3000$).
- Fig. 3. Scanning electron microscope of a bovine dentin surface applied with eugenol, removed immediately and treated with 37% phosphoric acid for 15 seconds, dried slightly shows overall opening of dentinal tubules and contaminated appearance($\times 3000$).
- Fig. 4. Scanning electron microscope of a bovine dentin surface applied with eugenol, removed after 3 min and treated with 37% phosphoric acid for 15 seconds, dried slightly shows overall opening of dentinal tubules and contaminated appearance($\times 3000$).
- Fig. 5. Scanning electron microscope of a bovine dentin surface applied with eugenol, removed after 24 hours and treated with 37% phosphoric acid for 15 seconds, dried slightly shows highly dried surface of inter-tubular dentin($\times 3000$).
- Fig. 6. Scanning electron microscope of a bovine dentin surface applied with eugenol, removed after 48 hours and treated with 37% phosphoric acid for 15 seconds, dried slightly shows closure of dentinal tubules partly($\times 3000$).
- Fig. 7. Scanning electron microscope of a bovine dentin surface applied with eugenol, removed after 1 week and treated with 37% phosphoric acid for 15 seconds, dried slightly shows overall closure of dentinal tubules($\times 3000$).

사진부도 ①

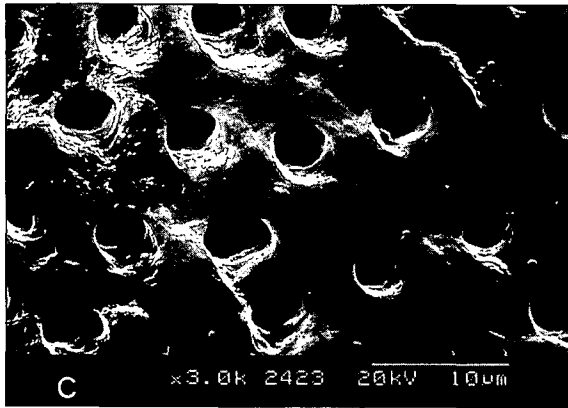


Fig. 2

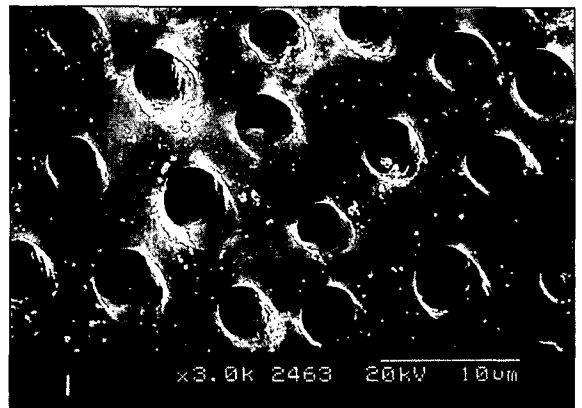


Fig. 3

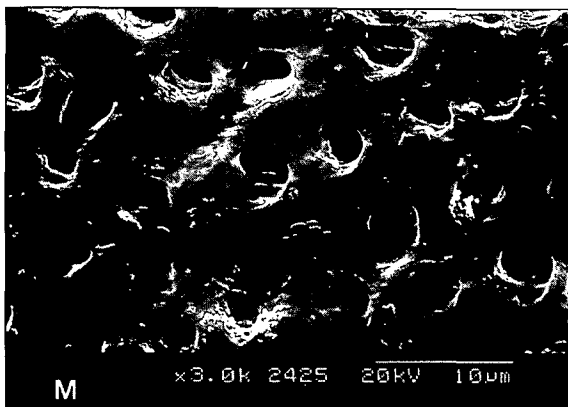


Fig. 4

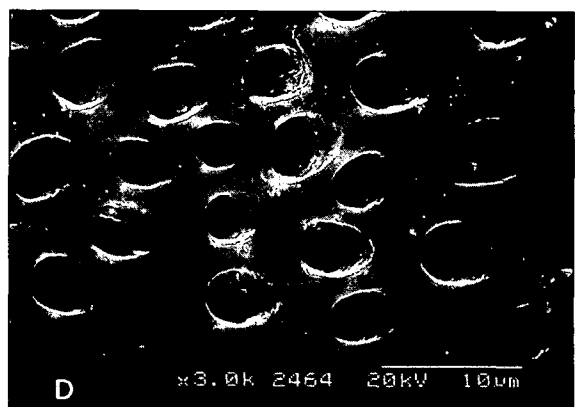


Fig. 5

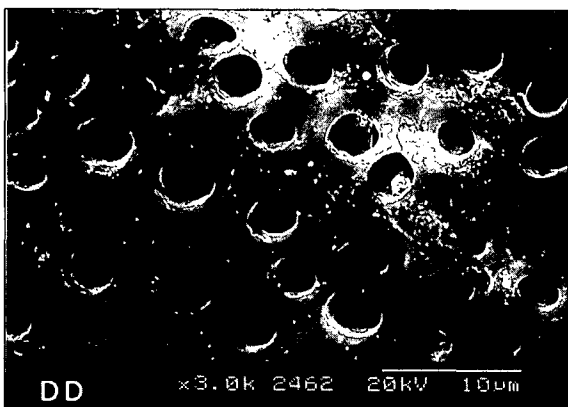


Fig. 6

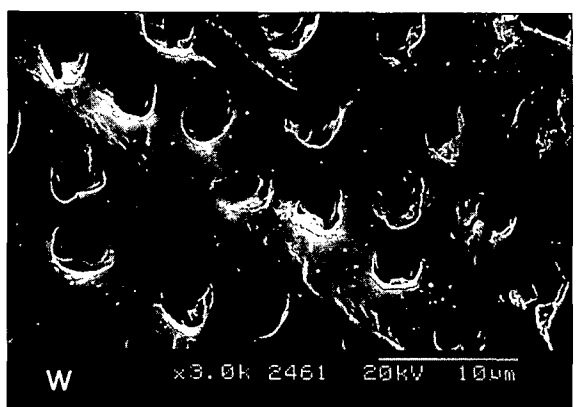


Fig. 7