

상아질 표면의 건조에 따른 습윤상태가 레진세멘트의 접착에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 치과보존학교실
손강하 · 박진훈 · 조규증

Abstract

EFFECT OF WETTING CONDITION ON BONDING OF RESIN CEMENT TO DENTIN

Kang-Ha SON, 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 evaluate the effect of wetting condition made by drying time on bonding of resin cement to dentin.

Freshly extracted bovine teeth were grinded to expose flat dentin surfaces. After the exposed dentin surfaces were treated with pretreatment agents and water rinse, each wetting condition of dentin surfaces was made according to drying times and methods including slight blow bry for 1-second by air syringe, blow dry for 20-second by air syringe, and 12-hour dry in desiccator respectively. and then, previously made composite resin specimens were bonded onto each conditioned dentin surface of the specimen using Panavia-21(Kuraray Co.), Bistite(Tokuso Co.), and Choice(use with All bond-2, Bisco Inc.) resin cement according as manufacturer's instruction.

Bonded specimens were stored in 37°C distilled water for 24 hours, then the tensile bond strength was measured, cohesive failure rate was calculated, and fractured dentin surfaces and acrylic rod sides were examined under scanning electron microscope.

The result were as follows :

In the group of bonding with Panavia-21 resin cement, higher tensile bond strength was seen in 12-hour dry group than in 1-second and 20-second dry group($p < 0.01$).

In the group of bonding with Bistite resin cement, higher tensile bond strength was seen in 1-second dry group than in 20-second and 12-hour dry group($p < 0.01$).

In the group of bonding with Choice resin cement, no significant differences of bond strength under given drying time were seen.

Cohesive failure rates derived from the groups of bonding with Panavia-21 and Choice resin cement were increased with the increase of tensile bond strength in each drying time.

On SEM examination of fractured surface, adhesive failure mode with fractured resin tags was mostly seen in wet condition with 1-second drying time in the group of bonding with Panavia-21 resin cement, mixed failure mode with shortened and fractured resin tag was seen in the group of bonding with Bistite resin cement, and regardless of drying time, and cohesive-adhesive mixed failure mode with fracture of 'Hollow' typed resin tags was mainly seen in the group of bonding with Choice resin cement.

I. 서 론

치과용 세멘트는 치아에 대한 각종 수복물의 고착 및 유지에 필수적으로 사용되어 왔으며 인산아연 세멘트, 폴리카복실레이트 세멘트, 글라스아이오노머 세멘트, 그리고 레진세멘트 등으로 분류될 수 있다. 그중에서 최근에 개발된 레진세멘트는 치질과 견고히 접착하여 수복물의 유지를 강화시키는 역할을 할 뿐 아니라¹⁾, 술 후과민증, 이차우식, 변연부 변색 및 치수질 환과 연관성을 갖는 미세누출의 정도²⁾와 구강 내에서의 용해성³⁾이 종래에 많이 사용되던 인산아연 세멘트에 비해 낮으며, 하중저항력⁴⁾ 또한 크다는 등의 여러가지 장점으로 인하여 임상에서 사용이 증대되고 있다.

Aboush등⁵⁾은 수종의 수복물 및 치질에 대한 레진세멘트의 접착력을 측정한 결과, 레진수복물이나 법랑질과의 접착력은 우수한 반면 상아질, 아말감 및 글라스아이오노머와의 접착력은 상대적으로 낮았음을 보고하였다. 상아질은 법랑질에 비해 무기질 성분이 적으며 수분의 함량이 많을 뿐 아니라 치수내압과 상아세관액의 유동이 계속적으로 작용⁶⁾하는 등으로 상아질에 대한 레진계 접착성 재료의 접착 성능을 개선시키는 데에는 많은 어려움을 겪어 온 실정이다. 또한 치질삭제 과정에서 생성된 상아질 표면의 도말층은 접착성 재료의 상아질 표면에 대한 습윤성을 저해시키며⁷⁾, 불완전한 상아질 접착의 결과로 레진의 중합수축에 따른

응력이 접착계면을 분리시킬 경우 접착부위의 변연누출이 발생하여 술 후 과민증 등의 임상적 문제점⁸⁾을 야기할 수도 있다.

따라서 상아질에 대한 레진세멘트의 접착에는 적절한 전처리제의 사용과 더불어 상아질 표면의 불리한 접착조건을 극복할 수 있는 접착 강화제(primer), 또는 접착성 모노머를 함유한 상아질 접착제(dentin bonding agent)의 병용이 필요함을 인식하게 되었으며, 이 분야에 대한 연구는 현재 활발히 진행되고 있다. 상아질내에는 콜라겐과 단백질 등 유기성분이 많이 존재하므로⁹⁾ 물리화학적 측면에서 볼때 낮은 표면 에너지를 가지게 되어 액상의 재료가 스며들기 힘든 조건을 가지며, 상아세관내의 수분은 상아질 표면의 표면장력을 더욱 낮추게 되어 소수성이 강한 레진 모노머의 침투 및 확산에 불리한 양상을 만들게 되나^{10, 11)}, 최근에는 친수성기를 가진 접착성 모노머를 상아질 접착제에 함유시켜 이러한 문제점의 해결을 시도하고 있다¹⁰⁾. Eick등¹²⁻¹⁴⁾과 Nakabayashi등^{15, 16)}은 각종 상아질 접착제를 사용한 후의 접착계면을 SEM과 TEM으로 관찰한 결과, 낮은 접착력을 나타낸 상아질 접착제는 상아질 표면으로 충분히 침투하지 못하였으나 높은 접착력을 나타낸 상아질 접착제의 경우에는 상아질의 콜라겐 망상구조가 보존되어 그 사이에 레진 모노머가 침투함으로써 수치함침층(hybrid layer)이 뚜렷하게 형성되었음을 보고하였다.

상아질 표면의 잔존 수분에 따른 상아질 접

착제의 접착효과에 관해서 Glasspoole등¹⁷⁾은 Scotchbond-2를 이용한 실험적 연구결과, 표면에 잔존된 미량의 수분까지도 접착력을 유의하게 감소시켰다고 보고하였다. 이와는 달리 Kanca¹⁸⁾는 All bond-2를 이용한 실험적 연구에서 상아질 표면에 수분이 어느정도 존재할 경우 접착력이 오히려 유의성있게 증가되었음을 보고하였다.

상아질 표면의 건조에 따른 습윤상태가 상아질 접착제 또는 접착강화용 primer를 병용하는 합착용 레진세멘트의 사용이 증가되는 최근의 추세로 미루어 임상적 측면에서 의의가 있다 하겠으나 현재까지의 연구보고는 희소한 실정이다. 본 연구의 목적은 각기 다른 접착성 모노머 성분을 함유한 3종의 레진세멘트의 상아질에 대한 접착력이 상아질 표면의 건조에 따른 습윤상태에 의해 어떤 차이를 나타내는지를 비교, 관찰하는 것이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

소의 도살 직후 발거한 하악 전치 90개를 저속의 diamond disc(Shofu dent. MFG Co., Japan)로 치근을 절제하고 치수강내의 치수를 제거한 뒤 증류수에 침지시켜 냉동 보관하였

다가 실험 직전에 해동시켜 실험대상으로 하였다.

레진세멘트로는 Panavia-21(Kuraray Co., Japan), Bistite(Tokuso Co., japan), 및 Choice porcelain veneer system(Bisco Inc., U. S. A.)을 사용하였다(Table 1).

레진세멘트로 치질에 접착시킬 복합레진 수복물은 내직경 5mm, 높이 1.2mm의 실리콘 주형에 Durafil vs.(Kultzer Co., Germany) 수복용 레진을 충전하여 30초간 광조사하여 제작하였다.

2. 실험 방법

1) 시편제작

저속의 wet trimmer를 이용하여 폭경 약 5 mm의 상아질면이 노출되도록 치아의 순면을 삭제한 뒤 노출된 상아질 면을 600번 및 800번 silicon carbide paper를 사용하여 수분이 있는 상태에서 연마하였다.

연마한 시편은 접착에 사용될 레진세멘트의 종류별로 30개씩 3개군으로 나눈 뒤, 다시 건조 조건에 따라 1초(wet) 건조, 20초 건조, 및 12시간 건조군으로 10개씩 세분하였다.

1초 건조군은 air syringe로 상아질 표면의 물기만 1초동안 살짝 제거하였고, 20초 건조군은 air syringe로 상아질 표면을 20초동안

Table 1. Informations of materials used

Group	Cement system	Component	Batch No.	Manufacturer
PV	Panavia-21	ED primer resin cement	51132	Kuraray Co., Japan
BT	Bistite	conditioner primer A, B	82040J	Tokuso Co., Japan
CA	Choice	All-Etch primer A primer B prebond resin resin cement(C2) catalyst	019114 019104 129173 019224 089293 099030	Bisco Inc., U. S.&A.

건조시켰으며, 12시간 건조군은 수세후 건조기 (Sanplatec Co., Japan)에서 12시간 보관하였다. 각 군별 실험과정은 다음의 도표(Fig. 1)와 같다.

PV군은 Panavia-21(Kuraray Co., Japan)레진세멘트를 사용한 군으로서 상아질면을 3-way syringe를 10초 동안 사용하여 수세한 뒤 건조 조건에 따라 각각 1초, 20초 및 12시간 건조시켰다. 직경 3.5mm의 원형 구멍이 뚫린 두께

50 μ m의 tape를 부착하여 접착 면적을 일정하게 한 후, ED primer를 상아질면에 60초간 도포한 뒤 과잉부분은 5초간 air syringe로 제거하고 접착시켰다. 세멘트 변연을 따라 Oxyguard를 10분간 도포하여 경화가 충분히 일어나도록 하였다.

BT군은 Bistite(Tokuso Co., Japan)레진세멘트를 사용한 군으로서 상아질면을 10초 동안 수세하고 air syringe 로 10초 동안 건조시킨

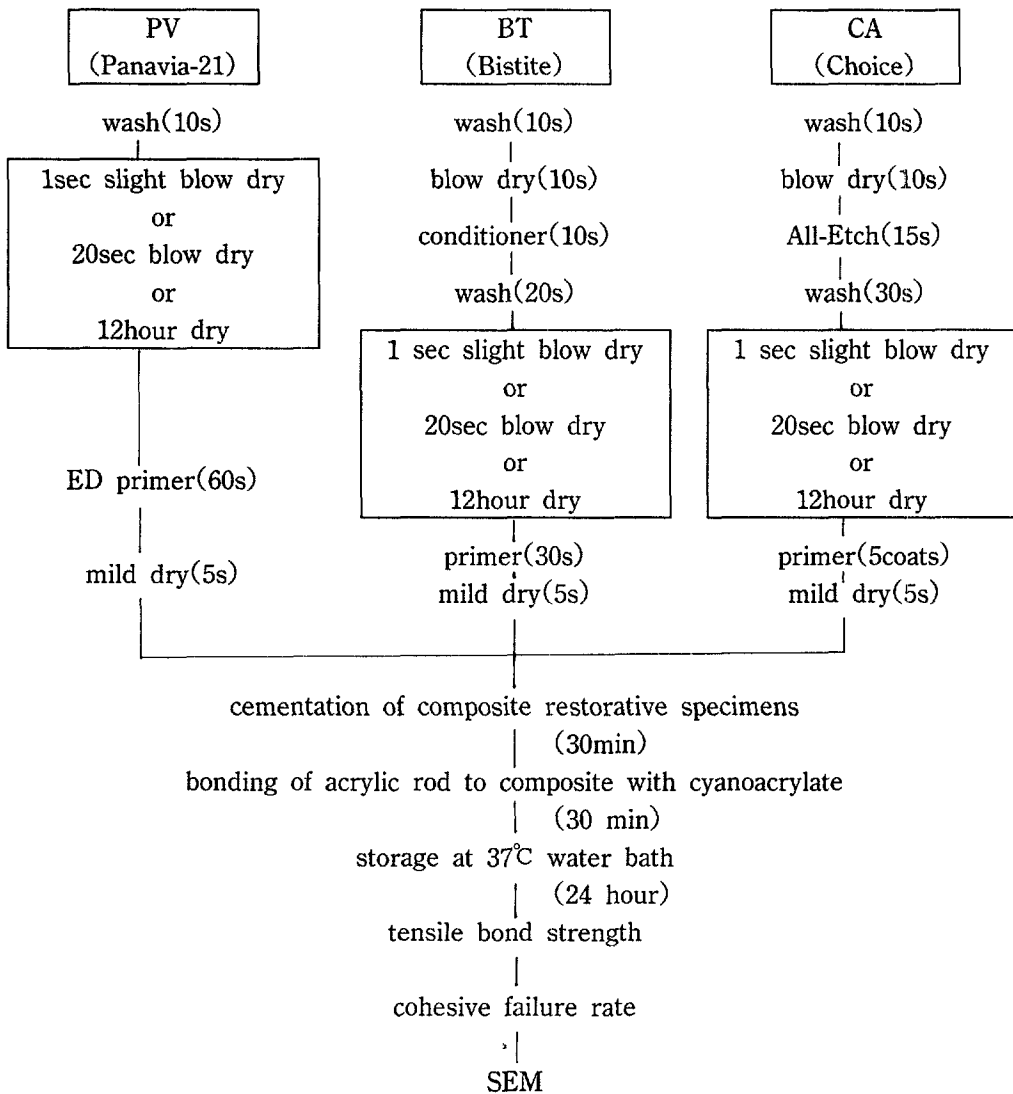


Fig. 1. Schematic presentation of the test procedure

뒤 conditioner를 10초간 적용하여 20초간 수세하고, 건조조건에 따라 각각 건조시킨 뒤 원형 구멍이 뚫린 masking tape를 부착하고 primer A와 B를 동일하게 혼합하여 상아질 표면에 30초간 적용시킨 후 과잉부분은 5초간 air syringe로 제거하고 레진세멘트를 혼화하여 적용시킨 다음 그 위에 복합레진 수복물을 접착시켰다.

CA군은 Choice(Bisco Inc., U. S. A.)레진세멘트를 사용한 군으로서 상아질 접착제로는 All bond-2(Bisco Inc., U. S. A.)를 사용하였다. 상아질 면을 10초간 수세하고 10초동안 건조시킨 뒤 All-Etch(10% 인산)를 15초간 적용하여 30초간 수세를 시행하고 각 건조조건에 따라 건조시켰다. 원형 구멍이 뚫린 masking tape를 부착하고 primer A와 B를 동일하게 혼합하여 1회용 브러쉬로 5회 도포한 후 과잉부분은 5초간 air syringe로 제거하고 Prebond resin을 얇게 도포한 뒤, 레진세멘트(Cs)와 Catalyst를 혼합하여 접착부위에 적용시킨 다음 그 위에 복합레진 수복물을 접착시켰다.

2) 인장접착강도 측정

레진세멘트가 충분히 경화되도록 접착완료 시점부터 30분을 경과한 다음, 접착시편 상부의 복합레진 수복물에 cyanoacrylate를 이용하여 아크릴 봉을 연결시키고 30분간 실온에 방치하였다가 증류수에 37°C 항온조에서 24시간 보관한 후 만능 시험기(Instron 4202, Instron Co., U. S. A.)에서 load cell 50kgf, cross head speed 2mm/min로 인장실험하여 각 시편마다 최대하중을 측정된 뒤, 접착면적을 이용하여 인장접착강도를 계산하였다.

산출된 각 군별 인장접착강도치는 일원변량 분석법(One-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test로 통계처리하여 유의성 검정을 시행하였다.

3) 응집 파단을 산정

인장접착강도의 측정이 끝난 각 파단시편의 상아질쪽 파단면을 stereomicroscope(동원 정밀)로 관찰하여 전체 접착면적에 대한 응집

파단이 나타난 면적의 백분율을 계산하였으며, 각 레진세멘트 및 건조조건별로 계산된 응집 파단율의 평균치를 산출하였다.

4) 파단면의 주사전자 현미경적 관찰

인장접착강도의 측정이 끝난 후 파단면의 양상을 관찰하기 위하여 상아질쪽의 파단시편과 아크릴봉쪽 파단시편을 각각 가로 약 4mm, 세로 약 4mm, 두께 약 1mm로 절단해 내어 건조기(Santlatec Co., Japan)에서 완전히 건조시켰다. 건조가 끝난 시편을 Ion coater(Eiko IB-3 ion coater, Eiko Engineering Co., Japan)에서 3분간 금 증착하여 주사전자 현미경(S-2300, Hitachi Ltd., Japan)에서 20kV, 2000배로 파단양상을 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 인장접착강도

인장접착강도 측정 결과 각 군의 평균치는 PV군에서는 1초 건조시 3.2 ± 1.9 MPa, 20초 건조시 4.6 ± 2.4 MPa, 그리고 12시간 건조시 8.9 ± 4.3 MPa 이었고, BT군에서는 1초 건조시 3.8 ± 1.7 MPa, 20초 건조시 2.2 ± 1.1 MP, 그리고 2시간 건조시 1.9 ± 0.8 MPa이었으며, CA군에서는 1초 건조시 7.3 ± 3.8 MPa, 20초 건조시 6.3 ± 2.1 MPa, 그리고 12시간 건조시에는 6.7 ± 3.6 MPa로 나타났다(Table 2, fig. 2).

각 군에 있어서 건조시간에 따른 접착강도의 차이를 통계적으로 검정한 결과, PV군에서는 12시간 건조상태에서의 접착강도가 1초 및 20초 건조상태에서의 접착강도에 비해 유의성 있게 높게 나타났고($p < 0.01$), BT군에서는 1초 건조상태에서의 접착 정도가 20초 및 12시간 건조상태에서의 접착강도에 비해 유의성 있게 높게 나타났으나($p < 0.01$), CA군에서는 각 건조상태에서의 접착강도간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p < 0.01$) (Table 3).

2. 응집 파단을

건조시간에 각 군별 응집 파단율의 평균치는 PV군에서는 1초, 20초 및 12시간의 건조시간에

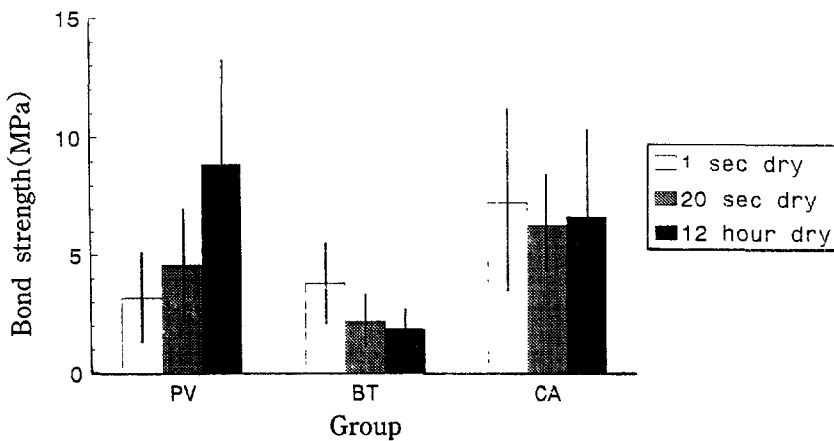
Table 2. Tensile bond strength measurement of each group of cement(unit : MPa)

Group	Dry time	N	Mean	S. D.
PV	1 sec.	10	3.2	1.9
	20 sec.	10	4.6	2.4
	12 hour	10	8.9	4.3
BT	1 sec.	10	3.8	1.7
	20 sce.	10	2.2	1.1
	12 hour	10	1.9	0.8
CA	1 sec.	10	7.3	3.8
	20 sec.	10	6.3	2.1
	12 hour	10	6.7	3.6

Group PV : Panavia-21 resin cement

BT : Bistite resin cement

CA : Choice resin cement



PV : Panavia-21 resin cement

BT : Bistite resin cement

CA : Choice resin cement

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

따라 5.8%, 14.8% 및 78%로 각각 나타나 상아질 표면의 건조가 진행될수록 응집 파단율이 높게 나타났다. BT군에서는 1초, 20초 및 12시간의 건조시간에 따라 19.4%, 48% 및 17.4%로 각각 나타나 20초 건조의 경우가 응집 파단율이 가장 높게 나타났다. CA군에서는 1초, 20초 및 12시간의 건조시간에 따라 66.0%,

50.1 및 49.1%로 각각 나타나 상아질 표면의 습윤정도가 큰 1초 건조조건에서 약간 높은 응집 파단율을 보였으며, 사용된 레진세멘트에 따라 다양한 응집 파단율의 평균치를 보였으나 전체적으로 표준편차가 큰 양상을 나타내었다 (Table 4).

Table 3. Statistical differences of bond strength between each group of drying time

Group	Dry time	1 sec	20 sec	12 hour
PV	1 sec.			
	20 sec.	NS		
	12 hour	*	*	
BT	1 sec.			
	20 sec.	*		
	12 hour	*	NS	
CA	1 sec.			
	20 sec.	NS		
	12 hour	NS	NS	

* : significantly different by One-way ANOVA($p < 0.01$)

NS : not significant

Table 4. Cohesive failure rate of each group of cement(unit : %)

Group	Dry time	N	Mean	S. D.
PV	1 sec.	10	5.8	9.9
	20 sec.	10	14.8	18.8
	12 hour	10	78.0	33.5
BT	1 sec.	10	19.4	28.0
	20 sec.	10	48.0	32.2
	12 hour	10	17.4	30.7
CA	1 sec.	10	66.0	38.3
	20 sec.	10	50.1	43.0
	12 hour	10	49.1	37.2

Group PV : Panavia-21 resin cement

BT : Bistite resin cement

CA : Choice resin cement

3. 파단면 관찰

각 시편의 파단면에 대한 주사전자 현미경적 관찰상은 fig. 3~fig. 14로 나타났다. PV군의 1초 건조상태에서는 주로 부착성 파단양상이 보이고, 부분적으로 레진세멘트의 응집성 파단양상이 나타났으며 상아세관내의 lamina limitans는 레진성분이 침투하여 두꺼워진 양상을 보였다(fig. 3). 20초 건조상태에서는 레진세

멘트 및 상아질의 응집성 파단양상과 부착성 파단양상이 동반된 혼합 파단양상을 보였다(fig. 4).

12시간 건조 상태에서는 상아질과 레진세멘트의 응집성 파단양상이 나타났으며 상아질의 응집성 파단양상이 나타난 부위에서는 도말층이 관찰되지 않고 상아 세관내에도 smear plug이 없는 깨끗한 양상으로 관찰되었다(fig. 5). 아

크릴 봉쪽의 파단면은 레진세멘트의 응집성 파단양상과 레진 tag의 파절을 동반한 부착성 파단양상이 그 비율에 있어서는 다소 차이가 있으나 혼합되어 나타났다(fig. 6).

BT군의 1초 건조 상태에서는 부착성 파단 양상과 레진세멘트의 응집성 파단 양상을 동반한 혼합 파단양상이 주로 나타났으며, 부착성 파단양상이 나타난 부위에는 파절된 레진 tag이 상아 세관내에 잔존해 있었으며, 관간 상아질에는 레진층이 얇게 덮혀 있는 것이 보였다(fig. 7). 20초 건조상태에서는 1초 건조상태와 거의 비슷한 혼합파단양상이 나타났다(fig. 8). 12시간 건조 상태에서는 상아 세관내에 레진 tag이 부착되어 파절된 양상을 보였고 관간상아질에는 부착성 파단양상이 주로 관찰되었다(fig. 9). 아크릴봉쪽의 파단면은 레진세멘트의 응집성 파단양상과 레진 tag의 파절을 동반한 부착성 파단양상이 혼합되어 나타났다(fig. 10).

CA군의 1초 건조상태에서는 레진세멘트의 응집성 파단양상이 많이 나타났으며 파단된 레진세멘트의 표면에는 취성파단의 특징적 양상이 관찰되었다(fig. 11). 20초 건조상태에서는 부분적인 부착성 파단양상과 레진세멘트 또는 상아질의 응집성 파단양상을 동반한 혼합 파단양상이 나타났다(fig. 12). 12시간 건조 상태에서도 레진세멘트의 응집성 파단양상과 부분적인 부착성 파단양상의 혼합 파단양상이 관찰되었다(fig. 13). 아크릴봉쪽의 파단면은 부위에 따라 차이를 보였으나 부착성 파단양상과 상아질 및 레진세멘트의 응집성 파단양상이 혼합되어 나타났다(fig. 14).

IV. 총괄 및 고안

최근 치과임상에서 수복물이나 장치물의 고착에 사용이 증대되고 있는 레진세멘트는 종래부터 사용되어 오던 인산아연 세멘트 및 폴리카르복실레이트 세멘트에 비해 접착력¹⁹⁾이 우수하고 접착변연부에서의 미세누출^{2,20)}이 적으며 용해성²¹⁾이 낮은 점등의 장점을 지니고 있다. 그러나 연화초기에 film thickness²²⁾가

크고 수복물 변연의 과잉 세멘트의 제거가 힘들 뿐 아니라 피착체의 종류나 표면조건에 따라 접착성능²³⁾의 차이가 크게 나타나는 등의 문제점도 지적되고 있다.

상아질에 대한 접착은 상아질 자체에 유기 성분이 많으며 상아세관액의 이동에 의한 상아질 표면의 수분과 치질삭제의 결과로 형성된 상아질 도말층이 존재하는 등으로 법랑질에 대한 접착에 비해 상대적으로 불리한 요소를 가진다. 특히 상아질 표면을 완전하게 건조시킬 수 없는 한계성 때문에 다소의 수분을 함유한 습윤상태에서 레진세멘트의 접착성능을 평가하는 것은 임상측면에서 의의가 있다 하겠다.

본 실험에서는 상아질 표면의 건조시간을 1초, 20초 및 12시간으로 구분하여 각 건조시간에 따른 습윤상태에서의 레진세멘트의 인장 접착강도를 비교하고자 하였다. 통상적으로는 임상에서 상아질 접착을 시행할 때 상아질 표면을 산처리 하여 수세한 다음 air syringe로 20초 내외의 건조과정을 거친다. 그러나 최근 소개된 All bond-2 접착시스템에서는 “wet bonding technique”이라는 접착방법을 권장하고 있는데, 이 방법은 상아질 표면을 산처리 하여 수세한 다음 air syringe를 사용하여 상아질 표면의 과도한 수분만을 1초동안 제거하고 미량의 수분이 남아있는 상태에서 primer를 도포하는 것이다. 또한 본 실험에서는 건조기에서 12시간 건조시킨 상태에서의 접착강도도 측정하였는데, 이 건조하에서는 상아질 표면과 치수강 내부가 완전히 건조되어 있는 양상을 보이므로 임상적으로는 존재할 수 없는 건조상태이지만 수분이 전혀 없는 조건에서 나타나는 접착의 현상을 관찰함으로써 습윤상태에 따른 접착기전의 차이가 나타나는지를 이해하기 위함이었다.

본 실험에 소의 하악전치를 사용한 것은 동일시점에 발거하여 냉동보관하였다가 사용하므로 상아질을 비교적 신선한 상태로 유지시킬 수 있을 뿐 아니라, 가능한한 동일한 피착체의 조건하에서 접착실험을 시행하기 위함이었으며, 레진의 사람의 치아 및 소의 치아에 대한 접착력은 사람의 치아에서 약간 높게 나타나

지만 유의한 차이는 없는 것으로 보고된 바 있다²²⁾.

실험에 사용된 각 레진세멘트의 중요성분과 상아질 표면에 대한 전처리 방법에는 다소의 차이가 있으며, 따라서 각 습윤상태에서 나타난 본 실험결과를 분석하는데에는 각 레진세멘트의 접착기전상의 특성을 이해하는 것이 필요하다.

Panavia-21 레진세멘트에는 MDP(10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate), HEMA(2-hydroxy ethyl methacrylate), sodium sulfinate, 그리고 NMSA(N-Methacryloyl 5-aminosalicylic acid) 등을 함유한 ED primer를 시스템 내에 포함하고 있다. 이 primer는 pH 3정도의 산성으로서 상아질 및 법랑질에 적용시 경도의 탈회효과를 나타내므로 self etching primer로서 사용된다. primer 내부에 함유된 MDP는 인산계 모노머로서 친수성을 띠는 인산기와 소수성을 띠는 10개의 탄소고리를 가지고 있고 methacrylate부분이 중합성을 나타내며, 종래에 많이 사용되던 인산계 접착성 모노머인 phenyl-P와 유사한 구조를 가진다. 따라서 MDP는 접착성 모노머로서의 작용과 mild etching의 두가지 목적으로 사용되고 있는데, HEMA를 혼합하여 사용할 경우 MDP가 상아질 콜라겐 주위의 apatite mineral을 용해시켜 공간을 형성하면 HEMA가 그 공간내로 침투하여 수지함침층이 형성되는 것으로 알려져 있다²³⁻²⁶⁾.

Panavia-21 레진세멘트를 사용한 본 실험의 결과를 볼 때, 건조시간을 짧게하여 상아질 표면의 습윤도가 큰 1초 건조군에서 접착력이 상대적으로 낮게 나타난 것은 self etching에 사용된 primer내의 MDP성분이 상아질 표면의 잔류수분과 접촉하여 농도가 희석됨으로써 도말층과 smear plug을 충분히 제거시키지 못한 결과인 것으로 사료된다. 또한 ED primer는 다른 상아질 접착제의 primer에 비해 점도가 높으며, 수분이 잔존하는 습윤상태의 상아세관내로 용이하게 침투할 수 없었던 것으로 추정된다. 따라서 판단면의 주사전자 현미경적 관찰상에서 나타난 것처럼 레진 tag이 길게 형성되지 못한 양상과 상아세관내의 lamina limi-

tans는 레진성분에 둘러싸여 두꺼워졌으나 상아세관벽과 lamina limitans 사이를 완전히 채우지는 못한 양상을 보인 것으로 판단된다(fig. 3). 반면 12시간 건조군의 판단면에서는 상아질 레진세멘트사이에 수지함침층이 형성되어 견고한 접착이 일어남으로써 상아질 및 레진세멘트의 응집성 파단양상이 관찰되었으며 가장 높은 접착력을 보였는데(fig. 5), 이는 상아질 표면이 건조된 상태에서 ED primer와 레진세멘트 성분이 상아세관내로 잘 침투하고 관간 상아질에서 강고한 수지함침층을 형성하였기 때문이라고 사료된다. 이러한 결과는 같은 MDP성분의 접착성 모노머를 함유하고 있는 Clearfil liner bond(Kuraray Co., Japan)를 사용하여 in vivo 상태에서 상아질 부위에 따른 접착력을 실험적으로 연구한 결과 수분함량이 높은 상아질 부위에서 접착력이 낮게 나타남을 보고한 Pashley²⁷⁾의 연구결과와 유사하였다.

Bistite 레진세멘트에서는 10% citric acid와 3% ferric chloride를 함유한 10-3용액을 전처리제로 사용하고 있는데, citric acid는 상아질 표면을 탈회시키고 ferric chloride는 콜라겐의 변성과 붕괴를 방지하는 역할을 함으로써¹⁵⁾ 결과적으로 상아질 표면으로 레진 모노머의 침투를 용이하게 하는 역할을 한다^{26,28)}. Bistite 레진세멘트에 사용되는 primer는 에탄올에 MAC-10(11-methacryloxy-1, 1 undecane dicarboxylic acid)을 용해시킨 것으로서 10-3용액으로 전처리 시킨 후의 상아질 표면을 수세 건조시키는 과정에서 수축된 콜라겐 섬유간의 간격을 회복시키는 기능을 가지므로 모노머가 상아질 표면으로 확산 침투하여 견고한 수지함침층을 형성할 수 있는 것으로 알려져 있다²⁹⁾.

Bistite 레진세멘트의 실험결과를 볼 때 1초 건조군의 판단면인 fig. 7에서 접착파단 양상과 레진세멘트의 응집파단 양상이 혼합되어 관찰되었는데, 접착파단 양상이 나타난 부위에도 주사전자 현미경적 관찰상에서 얇은 레진층이 상아질 표면에 덮혀 있는 것을 관찰할 수 있어 primer층과 레진세멘트사이의 분리가 일어난 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 1초 건조군의 응집 파단을 이용하여 stereomicroscope를 이용한 응

접착단율의 산출과정에서 1초 건조군에서보다 낮은 접착력을 보인 20초 건조군에 비해 오히려 낮게 나타난 원인으로 추정된다. 1초 건조군에서의 접착강도가 20초 및 12시간 건조군에 비해 유의성 있게 높은 접착강도를 보인 것은 primer내에 포함된 에탄올이 수분과 친화성을 가지며 상아질 표면에 수분이 잔류됨으로써 과도하게 수축되지 않은 상아질 콜라겐 섬유 사이로 레진 모노머 성분의 침투가 용이하게 되어 수지함침층이 견고하게 형성된 때문인 것으로 사료된다.

Choice 레진세멘트에 사용되는 상아질 접착제인 All bond-2의 primer는 NTG-GMA(N-p-tolyl glycine and glycidyl methacrylate)와 BPDМ(Biphenyl dimethacrylate)을 acetone에 용해시킨 것이며, 10% 인산을 상아질 전처리제로 사용한다. Bowen이 개발한 NTG-GMA는 칼슘과 chelation하는 성질을 가지고 있어 치질의 hydroxyapatite와 레진성분사이의 접착을 촉진시키는 역할을 한다. NTG-GMA의 aromatic ring은 전자가 풍부한 구조를 가지고 있어 PMDM(Pyromellitic dianhydride와 2-Hydroxy ethyl methacrylate의 반응물)에 electron transfer 작용을 하여 중합을 개시하는 것으로 알려져 있다³⁰⁾. All bond-2에서는 PMDM과 구조적으로 유사한 BPDМ을 사용하는데 두개의 methacrylate group과 치질의 calcium 및 기타 무기성분에 결합하는 carboxylic acid group을 함유하고 있다³¹⁾. 또한 이들 성분이 용해되어 있는 acetone은 매우 높은 휘발성을 가지며 수분이 존재하는 상아질 표면에서 primer 성분을 상아세관내로 잘 침투시키므로 “Water chaser”라고 불리기도 한다³²⁾. Kanca¹⁸⁾는 상아질 표면의 건조에 따른 All bond-2의 접착효과를 연구한 결과 가볍게 건조시킨 즉, 습윤정도가 큰 상아질에서 오히려 과도하게 건조시킨 경우에 비해 높은 접착력이 나타남을 보고한 바 있다.

Choice 레진세멘트를 사용한 본 실험에서 상아질 표면의 습윤정도가 높은 경우인 1초 건조군의 파단면인 fig. 11에서 취성파절의 특징적 양상을 보이는 레진세멘트의 응집파단

양상을 나타내었다. 비록 통계적 유의성은 없었지만 1초 건조군에서 접착력의 평균치가 약간 높았던 것은 acetone의 “water chaser” 역할에 기인한 것으로 추정할 수 있다. 20초 건조군의 파단면인 fig. 12에서는 상아질의 응집파단이 부분적으로 관찰되었는데 수지함침층 직하방의 상아질부위에서 파단이 일어난 것으로 보아 탈회기 일어난 깊이만큼 수지함침층이 충분히 형성되지 못한 것으로 보이며 이는 Van Meerbeek³³⁾이 All bond-2를 사용한 실험에서 탈회된 깊이만큼 수지함침층이 형성되지는 않았으며 이는 primer 성분이 탈회된 상아질에 충분히 침투하지 못한 결과라는 보고내용과 일치하는 것으로 사료된다. 또한 12시간 건조상태에서도 6.7MPa정도의 접착력을 나타낸 것은 수분이 전혀 없는 상태에서도 fig. 13에서 관찰된 바와 같이 primer가 상아세관으로 침투하여 “hollow” 형태의 레진 tag를 형성한 것을 확인할 수 있었을 뿐 아니라, 접착파단 양상이외에도 레진세멘트의 응집파단 양상이 혼합되어 나타는 것을 볼 때 NTG-GMA와 BPDМ 성분이 관간상아질 표면과 상아세관내에서 상아질의 무기질성분과 결합하여 중합, 경화되었기 때문으로 생각된다. 또한 1초 건조상태에서 약간 높은 접착력이 나타났으나 대체적으로 건조시간에 관계없이 비슷한 접착력이 나타나 상아질 표면에 어느정도 수분이 존재하는 경우 접착력이 유의하게 높았음을 보고한 Kanca^{18,34)}의 연구결과와는 약간 다른 양상을 보였다.

이상의 연구결과를 종합할 때 Panavia-21 레진세멘트의 상아질에 대한 접착은 상아질 표면에 수분이 많이 존재할수록 self etching primer로 사용되는 ED primer의 탈회작용이 약화되어 접착력의 감소를 초래할 가능성이 많으며, 수분과 친화성을 가지는 에탄올 및 acetone을 primer내에 함유시킨 Bistite 및 Choice 레진세멘트에서는 상아질 표면에 미량의 수분이 존재하더라도 접착력의 유의한 저하는 초래되지 않음을 알 수 있었다. 향후 상아질 표면의 건조에 따른 습윤상태를 보다 객관적으로 구체화시킨 조건하에서 in vivo 상태

및 *in vitro* 상태에서의 접착효과에 관한 연구와 함께 수분이 레진의 중합거동에 미치는 영향에 대해서도 깊이있는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

V. 결 론

상아질 표면의 건조에 따른 습윤상태가 레진세멘트의 접착에 미치는 영향을 평가하기 위해 소의 하악 전치 90개를 사용하여 순면의 상아질을 노출시키고 전처리 및 수세 후, 1초 건조군은 air-syringe로 1초간 가볍게 건조를 시행하였고, 20초 건조군은 air syringe로 20초간 건조를 시행하였으며, 12시간 건조군은 건조기(Sanplatec Co.)에서 12시간 건조를 시행하였다. 건조가 끝난 각 시편에 Panavia-21 (Kuraray Co.) 레진세멘트, Bistite(Tokuso Co.) 레진세멘트 및 Choice(All bond-2 병용, Bisco Inc.) 레진세멘트를 제조 회사의 지시대로 사용하여 미리 제작해 둔 복합레진 수복물을 접착시킨 뒤 37°C 항온조에서 24시간 보관 후 인장접착강도를 측정하고, 응집 파단율을 산정한 다음 파단면을 주사전자 현미경으로 관찰하여 다음의 결과를 얻었다.

Panavia-21 레진세멘트를 사용한 경우에는 1초 및 20초 건조상태에서 보다 12시간 건조상태에서 접착강도가 높게 나타났다($p < 0.01$).

Bistite 레진세멘트를 사용한 경우에는 20초 및 12시간 건조상태에서 보다 1초 건조상태에서 접착강도가 높게 나타났다($p < 0.001$).

Choice 레진세멘트를 사용한 경우에는 상아질 표면의 건조상태에 따른 인장접착강도의 유의한 차이가 없었다.

응집 파단율을 산정하여 비교한 결과, Bistite 레진세멘트를 제외한 Panavia-21 및 Choice 레진세멘트를 사용한 경우에는 접착강도가 높을수록 응집 파단율도 높게 나타났다.

파단면의 주사전자 현미경적 관찰 결과, 1초간 가볍게 건조시킨 습윤상태에서 Panavia-21 레진세멘트를 사용한 경우에는 레진 tag의 파절을 동반한 접착 파단 양상이 주로 나타났으며, Bistite 레진세멘트를 사용한 경우에는 짧은 레

진 tag의 파절을 동반한 혼합파단 양상이 많이 관찰되었으나, Choice 레진세멘트를 사용한 경우에는 건조시간에 따른 습윤상태와 관계없이 전체적으로 응집파단 양상과 "hollow" 형태의 레진 tag의 파절을 동반한 접착파단 양상이 혼합되어 나타났다.

참고문헌

1. Grossman, D. G. and Nelson, J. W. : The bonded Dicor crown, *J. Dent. Res.*, 66 : 206 Abstr. No. 800, 1987.
2. Raymond, G., Richard, S., and Richard, D. : Microleakage associated with resin composite cemented, cast glass ceramic restoration, *Int. J. Prothod.*, 6 : 579-584, 1993.
3. 최희경, 신동훈, 홍찬의 : 접착형 2급 주조 금 인레이의 치은변연 적합도에 관한 연구, *대한치과보존학회지*, 19 : 473-480, 1994.
4. Eden, G. T. and Kaciczy, K. M. : Dicor crown strength due to bonding, *J. Dent. Res.*, 66 : 207 Abstr. No. 801, 1987.
5. Aboush, Y. E. and Jenkins, C. B. G. : The bonding of an adhesive resin cement to single and combined adherends encountered in resin-bonded bridge work : an *in vitro* study, *Br. Dent. J.*, 171(6) : 166-169, 1991.
6. Andreaus, S. B., Bayne, S. C., Heymann, H. O., and Kanoy B. E. : Intrapulpal composition and fluid flow effects on dentin bonding strength, *J. Dent. Res.*, 68 : 321 Abstr. No. 1114, 1989.
7. Eick, J. D., Wilko, R. A., and Anderson, C. H. : SEM of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe, *J. Dent. Res.*, 49 : 1359-1368, 1970.
8. Brännström : Composite resin restorations : biological considerations with spe-

- cial reference to dentin and pulp., G. Vanherle et al. (eds.) Posterior composite resin dental restorative materials. St. Paul : #M Co., pp. 71-81, 1985.
9. Butler, W. T. : Dentin extracellular matrix and dentinogenesis, *Oper. Dent. Supplement*, 5 : 18-23, 1992.
 10. Baire, R. E. : Principle of adhesion, *Oper. Dent. Supplement*, 5 : 1-9, 1992.
 11. Erickson, R. L. : Surface interactions of dentin adhesive materials, *Oper. Dent. Supplement*, 5 : 81-94, 1992.
 12. Eick, J. D., Chappel, R. P., Spencer, P., and Robinson, S. J. : The dentinal surface : its influence on dentinal adhesion, Part I., *Quint. Int.*, 22 : 967-977, 1991.
 13. Eick, J. D., Robinson, S. J., Cobb, C. M., Chappel, R. P., and Spencer, P. : The dentinal surface : its influence on dentinal adhesion, Part II., *Quint. Int.*, 23 : 43-51, 1992.
 14. Eick, J. D., Robinson, S. J., Cobb, C. M., Chappel, R. P., and Spencer, P. : The dentinal surface : its influence on dentinal adhesion, Part III., *Quint. Int.*, 24 : 571-582, 1993.
 15. Nakabayashi, N. : Adhesive bonding with 4-META., *Oper. Dent. Supplement*, 5 : 125-130, 1992.
 16. Wang, T. and Nakabayashi, N. : Effect of 2-(Methacryloxy) ethyl phenyl phosphate on adhesion to dentin, *J. Dent. Res.*, 70 : 59-66, 1991.
 17. Glasspoole, E. A., Erickson, R. L., and Pashley, D. H. : The effect of surface moisture on bonding to dentin, *J. Dent. Res.*, 70 : 457 Abstr. No. 1532, 1991.
 18. Kanca, J. : Effect of dentin drying on bond strength, *J. Dent. Res.*, 70(spec. issue) : 394 Abstr. No. 1029, 1991.
 19. Tjan, A. H. L. and Tao, L. B. : Seating and retention of complete crowns with a new adhesive resin cement, *J. Prosthet. Dent.*, 67 : 478-483, 1992.
 20. 김경현, 권혁춘 : 2급와동 광중합 복합레진의 충전방법에 따른 변연누출에 관한 실험적 연구, *대한치과보존학회지*, 18 : 55-69, 1993.
 21. Brukl, C. E., Nicholson, J. W., and Norling, B. K. : Crown retention and seating on natural teeth with a resin cement, *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 618-622, 1985.
 22. Nakamichi, I., Iwaku, M., and Fusayama, T. : Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test, *J. Dent. Res.*, 62 : 1076-1081, 1983.
 23. Barkmeier, W. W. and Cooley, R. L. : Laboratory evaluation of adhesive systems, *Oper. Dent. Supplement*, 5 : 50-61, 1992.
 24. Watanabe, I., Nakabayashi, N., and Pashley, D. H. : Bonding to ground dentin by phenyl-P self etching primers, *J. Dent. Res.*, 73 : 1212-1220, 1994.
 25. Staninec, M. and Kawakami, M. : Adhesion and microleakage tests of a new dentin bonding systems, *Dent. Mater.*, 9 : 204-208, 1993.
 26. Nakabayashi, N. and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin, *Dent. Mater.*, 8 : 125-130, 1992.
 27. Pashley, E. L., Tao, L., Matthews, W. G., and Pashley, D. H. : Bond strength to superficial, intermediate and deep dentin bonding systems, *Dent. Mater.*, 9 : 19-22, 1993.
 28. Fukushima, T. and Horibe, T. : A scanning electromicroscopic investigation of bonding of methacryoyl oxyalkyl hydrogen maleate to etched dentin., *J. Dent. Res.*, 69(1) : 46-50, 1990.
 29. Nikaido, T., Takada, T., Burrow, M., Satoh, M., Inokoshi, S., Yamada, I., and Takatsu, T. : Early bond strength of Bistite resin cement to tooth substrates the effective-

- ness of using the primer., Japan Soc. Ad. Dent., 12 : 23–28, 1994.
30. Bowen, R. L., Cobb, E. N., and Parson, J. E. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues : Improvement in bond strength to dentin., J. Dent. Res., 61 : 1070–1076, 1982.
 31. Barkmeier, W. W., Suh, B. I., and Cooley, R. L. : Shear bond strength to dentin and Ni-Cr-Be alloy with the All-bond universal adhesive resin., J. Esthet. Dent, 3 : 148–153, 1991.
 32. Suh, B. I., All : bond : Fourth generation dentin bonding system, J. Esthet. Dent., 3 : 139–147, 1991.
 33. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrecht, P., and Vanherle, G. : Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems, J. Dent. Res., 71 : 1530–1540, 1992.
 34. Kanca, J. : Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin, Quint. Int. 23 : 39–41, 1992.

Explanationn of figures

- Fig. 3. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 1-sec dry in Panavia resin cement group shows a mostly adhesive failure mode accompanying some cohesive failure of resin cement. Lamina limitance in dentinal tubule shows thickened appearance by infiltration of resin component.($\times 2,000$)
- Fig. 4. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 20-sec dry in Panavia resin cement group shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resin cement and dentin.($\times 2,000$)
- Fig. 5. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 12-hour dry in Panavia resin cement group shows a cohesive failure mode of resin cement and dentin. Cohesive failure side of dentin shows clear surface without smear layer and smear plug.($\times 2,000$)
- Fig. 6. Scanning electron microscopy of and acrylic rod side fractured surface of panavia resin cement group shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resion cement.($\times 2,000$)
- Fig. 7. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 1-sec dry in Bistite resin cement group shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resin cement. Adhesive failure surface demonstate remaining fractured resin tags in dentinal tubules and thin resin layer on intertubular dentin. ($\times 2,000$)
- Fig. 8. Scanning electron microsceopy of a dentin side fractured surface of 20-sec dry in Bistite resin cement group shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resin cement.($\times 2,000$)
- Fig. 9. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 12-hour dry in Bistite resin cement group shows adhesive failure mode on interbutular dentin and fractured resin tags in dentinal tubules.($\times 2,000$)
- Fig. 10. Scanning electron microscopy of an acrylic rod side fractured surface of Bistite resin cement group shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resin cement.($\times 2,000$)
- Fig. 11. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 1-sec dry in Choice resin cement group shows a cohesive failure mode of resin cement which characteristically demonstrate the feature of brittle fracture.($\times 2,000$)
- Fig. 12. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 20-sec dry in Choice resin cement group shows a mixed failure mode with cohesive failure of resin cement and dentin.($\times 2,000$)
- Fig. 13. Scanning electron microscopy of a dentin side fractured surface of 12-hour dry in Choice resin cement group shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resin cement.($\times 2,000$)
- Fig. 14. Scanning electron microscopy of an acrylic rod side fractured surface of Choice resin cement group shows a mixed failure mode with adhesive failure and cohesive failure of resin cement.($\times 2,000$)

논문사진부도(I)

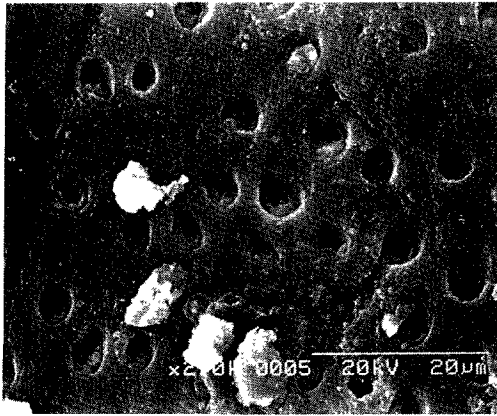


Fig. 3

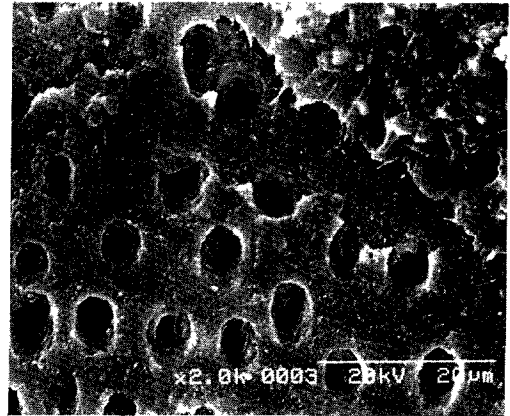


Fig. 4

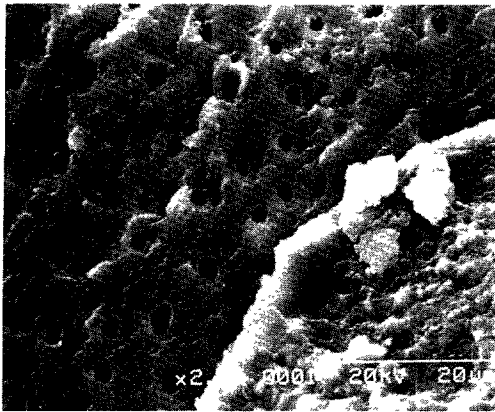


Fig. 5

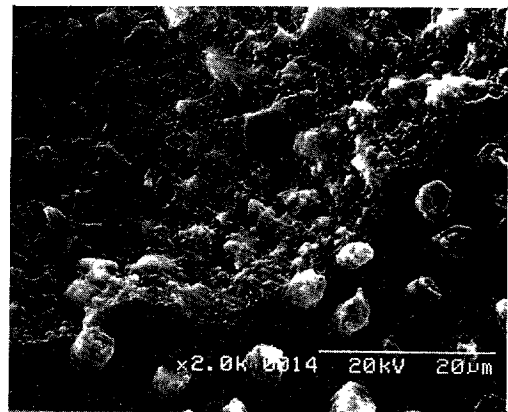


Fig. 6

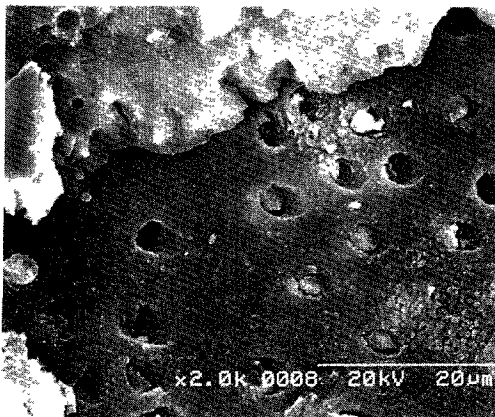


Fig. 7

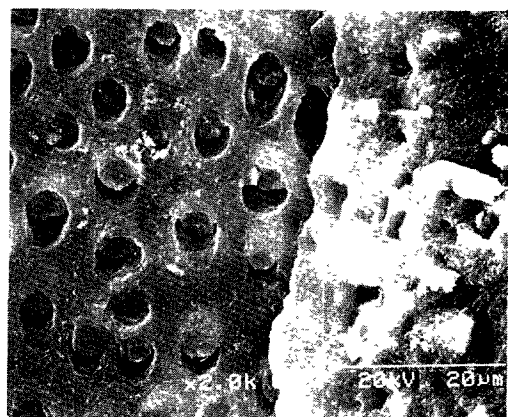


Fig. 8

논문사진부도(II)

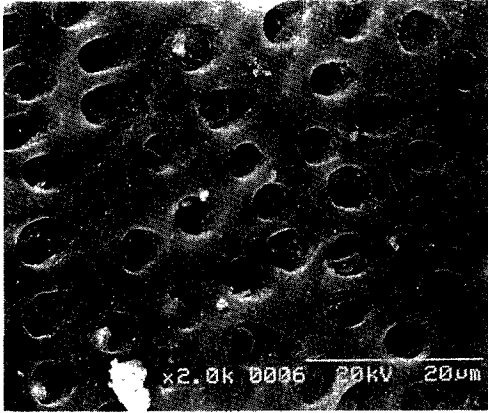


Fig. 9.

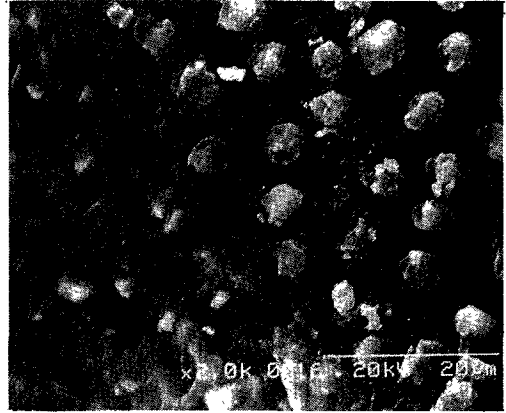


Fig. 10



Fig. 11

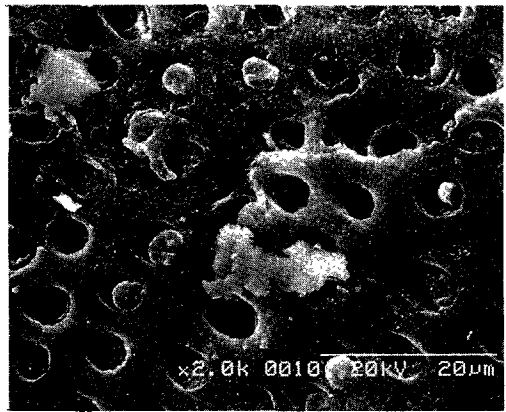


Fig. 12

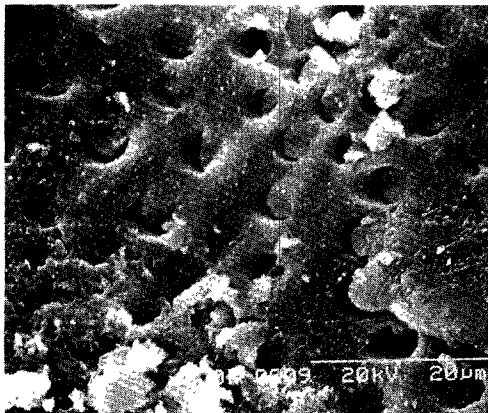


Fig. 13

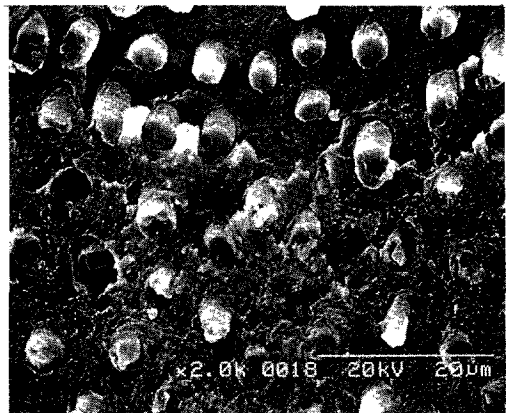


Fig. 14.