

상아질접착제와 열순환에 따른 유동성 레진의 전단결합강도 비교 연구

계명대학교 의과대학 치과학교실

남 기 영

I. 서 론

접착수복치과영역에서 다양한 수복재료에 대한 개발 및 연구로 인한 발전이 거듭되고 있으며 치면접착기술의 발달로 보다 성공적인 수복치료를 예견하게 하고 있다. 1995년 Kerr사에 의해 개발된 수복재료인 유동성 레진(flowable resin)은 혼합형 복합레진의 일종으로 일반 충전용 혼성 복합레진보다 필러함량이 적어 감소된 점도를 보이거나, 레진기질의 양이 증가되어 치면에 대한 높은 젖음성을 가지며 주사주입(syringe) 형태의 적용방식으로 접근성 용이 등의 장점을 가진다²⁾. 5급 와동수복을 위한 초기 적응증¹⁾ 외에 소규모 우식증 수복, 치면열구전색, 복합레진 수리, 하부 이장재 등이 있으며 최근에는 도재 베니어 접착, 치아교정술 등 접착제로서의 사용도 증가되고 있다.

복합레진은 중합수축이라는 특징을 가지며 치면과의 강한 결합력으로 저작력에 대한 수복물 탈락, 심한 구강 내 온도 및 환경변화에 대한 안정성 및 미세 누출 등을 최소화시킬 수 있어야 하는데 Pashley와 Carvalho³⁾는 법랑질이 잔존하지 않는 치경부 레진수복에서 상아질과 결합력의 문제를 언급하였고, 특히 5급 와동수복의 경우 교합력 또는 측방력시 치경부에 수복물접착을 이탈시키려는 응력이 작용하며 성공적인 수복을 위해서는 치면과의 효과적이며 내구

성 있는 접착력이 필요하다. 그동안 유동성 레진의 물성에 관한 연구가 주로 압축강도, 휨 강도, 인성, 그리고 강성 등에 대해 보고되었고^{1,2,4,5)} 또한 복합레진의 하부 이장재로 쓰임에도 불구하고 치면과의 결합력에 대한 연구는 거의 없었는데 조작 용이성 측면의 개발 및 발전동기로 인하여 비교적 넓은 적응증을 가진 재료임에도 불구하고 일반 충전용 복합레진에 비해 물성 및 특성에 대한 임상적 연구는 많지 않은 편이다.

Oberholzer 등⁶⁾은 금속판(Stainless steel)표면상에서 유동성 레진의 접착력이 필러함량이 상대적으로 높은 충전용 레진이나 compomer에 비해 낮은 접착강도를 보이며 이는 상대적인 높은 중합수축을 원인으로 언급하였으나 유동성 레진의 낮은 강성이 이를 보완한다고 하였다⁷⁾. 유동성 레진의 치면과의 결합력에 대한 연구로 Jurgen⁸⁾은 접착식 설측유지장치에 사용한 증례를, 전 과 손⁹⁾은 교정치료 후 법랑질에 보정 장치의 접착제로 이용했을 때 일반복합레진과 전단결합강도의 차이가 없음을 각각 보고하였고, Unterbrink와 Liebenberg¹⁰⁾는 유동성 레진을 치면접착제로 사용할 것을 제안하였으나 Frankenberg 등¹¹⁾은 상아질상에서의 접착제로서의 효과가 충분하지 않으며 치면접착제와의 병용을 주장하였는데 법랑질에 대한 접착은 수복치과학에서 일반적이고 신뢰성 있는 것으로 받아들여지지만 유동성 레진의 적응

* 본 연구는 2004년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음.

증의 많은 부분을 차지하는 유기성분이 많고 도말층이 존재하는 가변적인 상아질과의 결합을 고려할 때 상아질치면에 대한 결합력에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

상아질면 수복에서 결합력을 증대시키기 위해 사용되는 상아질접착제는 전통적인 3단계 치면처리방식인 제 4세대 접착제 이후 접착단계를 줄여 임상적 편의성을 도모하고 탈회된 상아질의 교원질 수축을 방지하기 위한 목적으로 개발된 제 5세대를 거쳐 한 가지 용액으로 상아질과 법랑질의 처리 및 자가 부식 프라이머와 접착레진의 기능을 조합한 진정한 단일단계인 제 6세대까지 개발되어 사용되고 있다. 수복재료의 조작용이성과 접착술식의 간편화는 접착수복치과영역의 최근 경향이라고 할 수 있으나 임상적인 단순화가 반드시 이상적인 결합력, 내구성과 일치된다고 할 수 없으며, 이에 본 연구는 유동성 레진을 자연치 상아질면상에 현재 임상에서 상용되는 제 4, 5, 6세대의 상아질접착제로 각각 처리 후 접착한 다음, 접착강도를 열 순환 전과 후로 비교하여 접착의 내구성을 평가하고 파절면과 계면의 양상을 관찰하여 임상적 지견과 적용지침을 얻고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료 및 시편제작

최근 6개월 내 발치된 우식이나 파절, 수복물이 없는 건전한 성인의 구치 80개를 발치 후 즉시 세척하고 표면처리한 다음 증류수에 넣어 냉동보존하였고

실험 전 해당시커 ISO(1991)규격¹²⁾에 따라 치아를 흐르는 물에 세척하고 혈흔이나 육아조직 잔존유무를 재확인하고 상온에서 10일간 증류수에 보관하였고, 다시 4℃로 냉장보관한 후 피착재료로 사용하였다. 보관용액의 변질을 방지하기 위해 주기적인 교환을 시행하였으나 화학제 첨가는 시행하지 않았다. 각 치근은 저속의 다이아몬드 디스크(Shofu Incorporated, Kyoto, Japan)로 제거하고 가공된 치아를 지름 20mm 원통형 몰드에 수평위치시킨 다음 에폭시 레진으로 매몰, 경화시키고 다이아몬드 버로 상아질이 나타나도록 치축의 수직방향으로 치관부를 절단한 다음, #180-600 grit silicon carbide paper로 표연연마를 시행하였고 노출된 상아질면에 잔존 법랑질의 유무를 확인하기 위해 50배 광학현미경(Nikon, SMZ-U, Tokyo, Japan)으로 관찰 및 분별하였다. 유동성 레진으로는 Filtek-Flow(3M ESPE, St. Paul, USA)를 선택하였고, 상아질접착제로는 Scotchbond-Multipurpose(3M ESPE, St. Paul, USA; 4세대 접착제), One-Step(BISCO, Itasca, USA; 5세대 접착제), Prompt L-Pop(3M ESPE, St. Paul, USA; 6세대 접착제)을 사용하였고 32% 인산처리만 시행한 대조군 등, 총 4개 군을 설정하고(Table I), 각각 20개씩의 시편을 할당하였다. 실험에 쓰인 광조사기구로는 파장영역이 380-520nm인 플라즈마 광증합기(Flippo, Rolence, Taiwan)를 이용하였다.

i) Scotchbond-Multipurpose(SBMP)

상아질을 37% 인산으로 15초간 부식하고 10초간 수세 후, 과도한 건조를 피하기 위하여 작은 sponge pellet을 적용(blot dry)하고 프라이머를 충분히 고르

Table I. Materials used in this study

Product	Manufacturerer	Composition	Type
Filtek Flow	3M ESPE, USA	Bis-GMA TEGDMA 47% filler(Zirconia/silica) 1.5 μm particle size	Disposable syringe type Flowable composites
Scotchbond-Multipurpose	3M ESPE USA	HEMA, polyalkenoic acid, water Bis-GMA, HEMA	Conventional 3 step bonding system
One-Step	BISCO, USA	BPDM, HEMA, acetone	One-bottle system
Prompt L-Pop	3M ESPE, USA	Liquid 1: metacrylated phosphoricester camphoquinone Bis-GMA Liquid 2 : water, HEMA polyalkenoic acid	all-in-one (self etching primer)

게 도포한 다음 5초 이상 건조시키고 접착레진을 최종적으로 도포한 다음 10초간 광중합하였다.

ii) One-Step(OS)

Semi-gel형태의 32% 인산을 15초 시행하고 수세한 후 과도하지 않게 표면을 건조시킨 다음 자가프라이머용액을 2번 도포하고 10초간 건조 후 광중합을 10초간 시행하였다.

iii) Prompt L-Pop(PLP)

제조사사의 지시대로 1회용기내에 있는 Red blister를 먼저 압착하여 Yellow blister와 활성한 다음, 치면에 2회 도포하고 10초간 광중합하였다.

제조사사의 지시대로 상아질을 처리한 후 시편마다 동일한 유동성 레진의 접착조건을 위해 원통형 홈(직경 3mm, 높이 2mm)을 가진 플라스틱 몰드(Fig. 1)를 치면위에 두고 나사조임식 받침대가 있는 거상대(Mounting jig)내에 고정시키고 유동성 레진을 충전한 다음 광중합기로 10초간 광중합하였다(Fig. 2).

2. 군 설정

제작된 총 80개의 시편을 32% 산부식만 처리한 1군(대조군), SBMP를 2군, OS를 3군, PLP 4군으로 정하고, 각 군당 20개의 시편을 배분하였고 37℃ 항온조 보관과 구강내 환경 재현과 온도자극에 따른 변화 및 내구성 평가를 위한 1000회 열순환으로 20개의 시편을 10개씩 양분하였다.

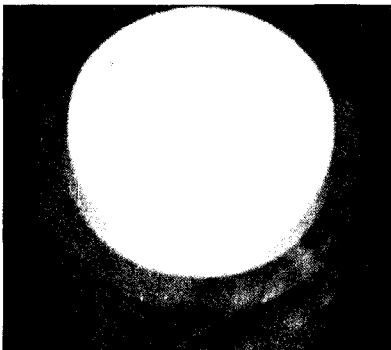


Fig. 1. Custom plastic mold containing cylindrical hole(2 mm×3 mm).

3. 열순환(Thermocycling)

계류온도 0℃-55℃, 계류시간 30초단위로 1000회의 열순환을 시행하였다.

4. 접착강도 측정

접착계면의 전단하중이 가해지도록 고안된 ISO규격의 만능시험기(Model 4200, Instron Co., Canton, USA)로 crosshead speed 1 mm/min의 조건에서 최대하중값과 계면단면적을 이용한 전단접착강도를 구한 후 MPa단위로 환산하였다.

5. 파절면 관찰

전단결합강도 측정 후 각 접착계면에서의 파절양상을 광학현미경(×20, Nikon SMZ-U, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

6. 혼성층(hybrid layer)의 관찰

전단결합강도 측정에서와 같은 방법으로 시편을 제작하여 저속 다이아몬드 절단기(Isomet, Buehler Ltd., USA)로 주수하에 접착계면의 수직방향으로 시편을 절단한 다음, 절단시편을 # 600, 800, 1000, 1200, 1500, 1800, 2000규격의 사포로 순서대로 연마하였다. 다이아몬드 연마제(Buehler Metdi

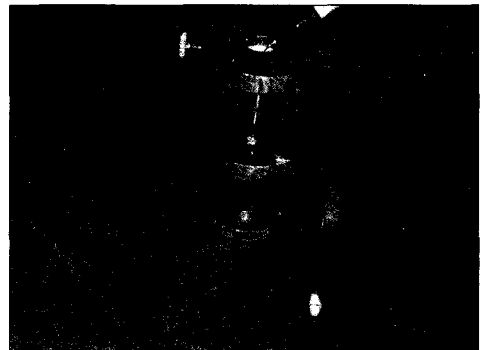


Fig. 2. Mounting jig used for bonding flowable resin.

Diamond suspension, Buehler, USA)를 사용하여 6 μ m, 3 μ m, 1 μ m 순으로 다시 연마하고 표면처리 후 금 이온 증착장치(IB-3, Eiko 10, Japan)로 증착시킨 후 주사전자현미경(S-2300, Hitachi Co., Tokyo, Japan)으로 혼성층의 양상을 관찰하였다.

7. 통계 및 검증

통계 및 분석 실험값을 일원변량분석(ANOVA)하여 각 군 간의 유의성을 검정하였고 다중비교검정(Scheffe's multiple range test)하였다.

Ⅲ. 연구성적

각 실험군에 대한 전단결합강도의 평균값과 표준편차를 Table II에 나타내었다.

1. 항온조보관 계열에서 유동성 레진의 전단결합강도(MPa \pm SD)는 OS(8.757 \pm 1.579), PLP(3.251 \pm 1.268), SBMP(2.737 \pm 0.891), 대조군(1.624 \pm 0.561)순으로 나타났으며 대조군과 SBMP, SBMP와 PLP군 간의 유의성은 없었다(p>0.05)(Table III).
2. 열순환 1000회 후 유동성 레진의 전단결합강도

Table II. Mean and standard deviation of shear bond strength(Mpa)(n=10)

Group	Pre-thermocycling	After-thermocycling
1(Control)	1.624 \pm 0.561	1.328 \pm 0.312
2(SBMP)	2.737 \pm 0.891	2.491 \pm 1.333
3(OS)	8.757 \pm 1.580	8.125 \pm 1.490
4(PLP)	3.251 \pm 1.268	1.935 \pm 0.953

Table III. Results of paired samples test at 0 cycle (Scheffe's multiple range test)

	Control	SMBP	OS	PLP
Control			*	*
SBMP			*	
OS				*
PLP				

* : Statistically significant difference

Table IV. Results of paired samples test at 1000 cycle(Scheffe's multiple range test)

	Control	SMBP	OS	PLP
Control			*	
SBMP			*	
OS				*
PLP				

* : Statistically significant difference

Table V. Results of paired samples test

	Mean	SD	Std. error mean	t	df	sig. (2-tailed)
Etch.(0)	.29600	.29692	.09389	3.153	9	.012*
Etch.(thermo)						
SBMP(0)	.24600	.49940	.15793	1.558	9	.154
SBMP(thermo)						
OS(0)	.63200	.50343	.15920	3.970	9	.003*
OS(thermo)						
PLP(0)	1.3160	.82843	.26197	5.023	9	.001*
PLP(thermo)						

* : Statistically significant difference

Table VI. Type of failure observed in dentin-composite specimen

type of failure	type 1 ^a	type 2 ^m	type 3 ^c
Etching	8	2	
Etching*	9	1	
SBMP	8	2	
SBMP*	7	3	
OS	3	5	2
OS*	5	4	1
PLP	7	3	
PLP*	7	3	

* : After thermocycling

a : Adhesive fractured between flowable composite and adhesive layer

m : Mixed fractured on both adhesive and cohesive

c : Cohesive fractured within dentin or the composite

(MPa±SD)는 OS(8.125±1.489), SBMP(2.491±1.333), PLP(1.935±0.953), 대조군(1.328±0.311)순으로 나타났으며 OS를 제외한 군 간의 유의성은 나타나지 않았다(Table IV).

- 모든 군에서 1000회 열순환 후 접착강도가 저하되었으나($p < 0.05$), SBMP군에서는 유의성이 없었다($p > 0.05$) (Table V).
- 광학현미경상 파절단면에서 접착파괴(adhesive failure)양상이 주류를 나타내었고 OS군에서 약간의 응집파괴양상이 나타났다(Table VI).

IV. 총괄 및 고찰

수복재료의 조작용이성과 적용단계 간소화로 인한 시술시간의 감소는 술자 및 환자 모두에게 요구되어지는 사항일 것이다. 조작성 용이와 간편성이란 대표적 장점으로 임상에 널리 상용되어 온 유동성 레진은 전통적인 복합레진에 기초적 조성을 두며 필러 함유량이 대개 50% 미만으로 충전용보다 높은 중합 수축경향을 보이며^{1,13)} 이점이 치면과의 계면에서 외력집중을 야기할 수 있으나 낮은 점도 및 강성에 의해 보상된다고 보고되었고⁷⁾, 충전용 복합레진에 비해 마모도 및 내구성의 열성으로 교합력이 강한 부위에 사용되는 것은 문제를 야기할 수 있으나^{1,2,5)} 낮은 탄성계수 및 점조도와 치면에 대한 향상된 젖음성으로 인한 모세관 작용(capillary action)을 촉진시

켜 수복물의 미세누출과 기포형성을 감소시키고 슬 후 지각과민예방에 효과적이며, Estafan 등¹⁴⁾은 충전 레진에 비해 낮은 탄성계수가 5급 와동 수복에 적절하며 중합수축을 흡수할 수 있다고 하였는데 이러한 유동성레진의 재료특성상 미세부위에 대한 결합이 긴밀하여 향상된 결합력을 보일 수 있다고 사료되나 이에 관한 연구는 드문 편이었다. 본 연구에서 유동성레진으로 사용된 Filtek-Flow의 조성은 Bis-GMA와 TEG-DMA(Triethylene-Glycol Dimethacrylate)를 주성분으로 하며 필러함유는 용적의 47%, 평균 입자규격은 1.5 μm 를 나타내며 평균중합수축은 4.2%로 Attar 등²⁾이 보고한 최근 상용되는 9가지 유동성 레진의 유동성, 휨강도 및 강성, 탄성계수 그리고 방사선 불투과성 등의 항목비교에서 평균적 수치를 나타내었으며 제조사에 따르면 제 4, 5세대 상아질 접착제와 사용 시 15-20 MPa의 결합강도를 나타낸다고 한다.

산부식된 상아질표면에 직접 적용을 위해 개발된 유동성레진의 결합강도는 대조군에서 SBMP군과는 열순환 전, 후 모두 유의성이 나타나지 않았으나 열순환 전, 후 모두에서 가장 낮은 수치를 보였는데 Uysal 등¹⁵⁾은 프라이머처리없이 산부식만 적용한 상아질상에서, de Souza 등¹⁶⁾은 Er:YAG Laser만으로 처리한 상아질면에서의 유동성레진의 결합력은 불충분하며 치면처리제나 접착제와의 병용을 주장하였다. 제 5세대 단일용기시스템인 One-Step의 경우

솔벤트로 아세톤(acetone)을 함유하며 따라서 표면 수분조절의 섬세함이 필요한데 Oberholzer 등⁶⁾은 산부식후 일부분의 건조층이 존재하더라도 접착력이 급감할 수 있다고 언급하였으나 실험군 중 One-Step을 이용한 접착군에서 열 순환 전, 후 모두 가장 높은 접착강도를 나타내었는데($p < 0.05$) Gregoire 등¹⁷⁾은 아세톤이나 에탄올 같은 유기 솔벤트들은 상아질표면과 교원질 층으로부터 물을 전위시켜서 모노머를 교원섬유사이로 미세하게 침투시키며 이 점이 결합력증대를 가져온다고 하였다. Unterbrink 등¹⁰⁾은 단일용기시스템의 얇은 접착레진층으로 인한 산소중합억제층(oxygen inhibited layer)을 보상하고 결합력을 높이기 위해 유동성레진의 "filled adhesive"로의 전용을 주장하였지만 Sensi 등¹⁸⁾은 접착레진층과 유동성 레진의 동시 광중합은 극심한 미세누출을 초래하였다고 보고하였으며 또한 불충분한 중합으로 상부의 압력이 가해질 때 상아질과 레진과의 혼성층의 붕괴를 가져올 수 있다는 견해도 있다¹⁹⁾. 본 실험에서는 유동성 레진의 적용 전 접착제의 광중합이 선행되어 비교적 높은 결합력을 나타낸 것으로 사료된다. 단일접착형태로 술식간편화의 측면과 술자영양요소가 적은 장점을 가진 Prompt L-Pop의 경우 항온조 계열에서 OS군에 비해 낮지만($p < 0.05$), SBMP군보다는 높은 강도를 보였으나($p > 0.05$), 열 순환 후에는 결합력수치의 하강율이 가장 크게 나타나 대조군을 제외하고 가장 낮은 전단결합강도를 보여 내구성의 문제를 나타내었는데 제 6세대의 Prompt L-Pop은 변형된 자가부식형이며 산성의 기능성 모노머를 포함한 프라이머로 한 번에 산부식 및 모노머의 침투가 가능하여 탈회된 교원섬유의 수축을 방지하게 할 수 있으며 혼성층 결합을 방지하기 위해 산성모노머가 도말층으로 동시에 침투하며 산부식과 프라이머, 접착레진적용을 동시에 시행하는 가장 편리한 형태의 접착제이나 한 단계로 충분한 접착레진의 침투가능성의 여부와 접착계면의 견고성과 내구성에 대한 다소의 의문들이 제기되었는데 술식의 단순화가 접착효능에 억제요소로 작용할 수 있으며²⁰⁾, 짧은 작용시간으로 모든 접착치면적용의 한계를²¹⁾, 한 층 도포시 낮은 결합강도의 가능성¹¹⁾, 그리고 너무 얇은 도포시 결합력이 전무할 가능성 등이 언급되었는데¹⁰⁾ 본 실험에서도 열 순환 후 강도

측정단계 이전에 유동성 레진코아가 탈락한 시편이 산 부식만 처리한 대조군과 더불어 Prompt L-Pop에서 일부 나타났다. Gregoire 등¹⁷⁾은 물을 주성분으로 한 프라이머가 치면에 적은 양이 도포될 경우 물은 증발할 가능성이 있고 도말층에 의하여 프라이머의 산도가 급격히 중화되어 하부 유기 상아질의 부식을 약화시키며 솔벤트로서 물을 사용한 제 6세대 접착제가 아세톤 함유 접착제들에 비해 낮은 강도를 나타낸다고 보고하였으며 Jacobson²²⁾은 물을 주성분으로 한 프라이머는 아세톤보다 열성이며 향상된 결합력을 가지기 위해 프라이머의 적용시간을 증가시켜야 한다고 하였고 Inoue 등²³⁾도 제 6세대가 제 5세대보다 낮은 접착강도를 나타낸다고 보고하였으나 이등²⁴⁾의 제 5, 6세대 상아질접착제의 전단강도비교와 Cura 등²⁵⁾의 제 4, 5, 6세대접착제의 범랑질접착연구에서는 Prompt L-Pop의 유의성 있는 높은 결합강도를 보고하여 본 실험과 상반된 결과를 나타내었다.

제 4세대 상아질접착제의 접착기전은 산부식을 통해 도말층과 표층의 무기질을 녹이고 이 공간에 프라이머와 접착레진을 침투시키는 3단계의 접착과정으로 혼성층을 형성하고 이 과정에서 산 부식제의 수세 후 교원섬유의 붕괴를 막고 레진이 침투할 수 있는 환경을 조성하기 위한 습윤상태를 유지하는 것이 중요한데 본 실험의 경우 습윤상태조절이 가장 모호하였던 군이 SBMP군이었으며 과습윤²⁶⁾이나 과건조²⁷⁾에 따른 결합력저하가 보고되었고 임상적으로 여러 단계의 술식을 거치므로 사용에 불편한 점이

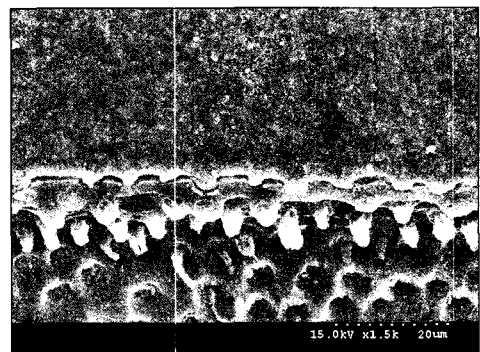


Fig. 3. SEM($\times 1,500$) pictures of flowable resin-dentin interface(OS).

있고 시술자에 의한 오차의 가능성도 제기되고 있다¹⁷⁾. 레진과 상아질간의 결합강도는 레진 tag형성, 혼성층, 그리고 표면장력 등의 복합요소에 영향을 받을

수 있으나²⁸⁾ Finger와 Fritz²⁹⁾는 혼성층의 형성이나 두께가 결합강도와 연관이 없다고 보고하였는데, 열순환 후 전자현미경소견에서 OS군의 경우 발달된

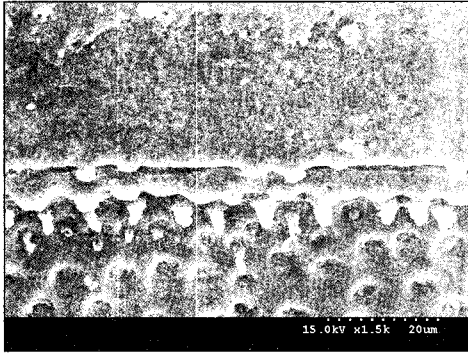


Fig. 4. SEM ($\times 1,500$) pictures of flowable resin-dentin interface(SBMP).



Fig. 5. SEM ($\times 1,500$) pictures of flowable resin-dentin interface(PLP).

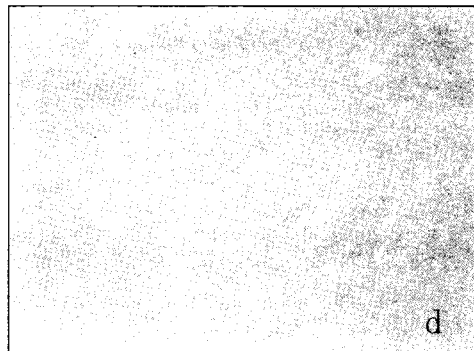
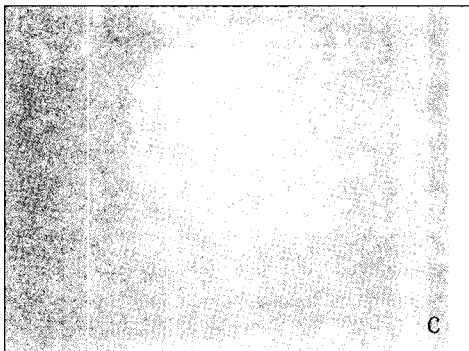
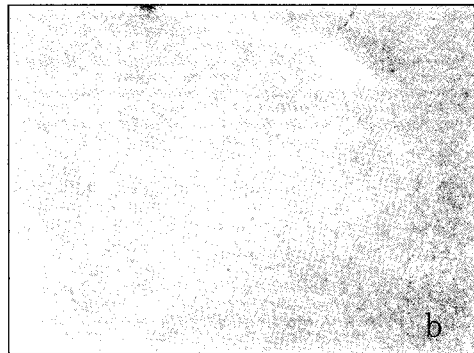
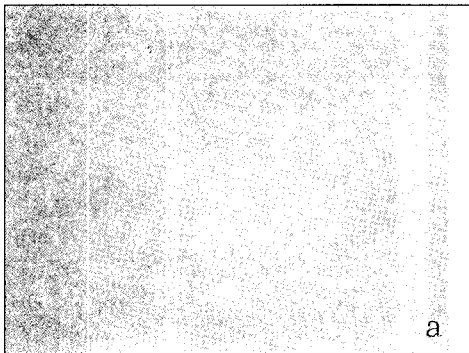


Fig. 6. Bonding failure mode (a: control, b: SBMP, c: OS, d: PLP) at flow resin-dentin interface observation with optical microscope ($\times 20$), most failures were adhesive type, OS showed more mixed and a few cohesive type.

혼성층과 다수의 레진 tag침투 및 10-20 μ m 두께의 접착층의 소견을 보이거나 유동성레진과의 접착층 상부에서의 불규칙한 계면 및 간극소견을 보이며(Fig. 3), SBMP군의 경우 30-40 μ m의 비교적 두터운 접착층이 나타났으나 접착층내의 기포가 관찰되며 OS군에 비해 적은 resin tag형성, 접착층과 유동성 레진간의 균일하고 느슨한 간극이 낮은 결합강도를 나타낸 것으로 사료되고(Fig. 4), PLP군의 경우 레진 tag의 침투는 관찰되나 불완전하고 희박한 혼성층과 유동성 레진의 혼성층까지의 근접소견이 나타나며 5 μ m 이하의 얇은 접착층으로 인한 불완전한 중합반응으로 결합력 저하를 초래한 것으로 사료된다(Fig. 5). 광중합레진수복에서 산소중합억제층을 극복하기 위한 접착층의 두께는 대개 10-20 μ m이며,³⁰⁾ 이보다 얇을 경우 중합이 불가하여 결합을 방해하므로 단일접착제의 경우 이를 보상하기위해 중복도포를 권고하는데 그 효과에 대한 의구심도 있다.¹⁰⁾

파절양상은 가장 높은 접착강도를 나타낸 OS군에서 약간의 응집파괴양상을 보였고 접착파괴와 혼합파괴가 주류를 이루었으나 나머지 군들에서는 접착파괴의 빈도가 높았으며 열 순환 후 접착파괴의 빈도가 증가한 것으로 나타났다(Fig. 6). 낮은 결합력을 가진 계면에서 접착파괴가 가장 흔하게 일어나고 상아질과 레진사이의 결합력이 높을수록 응집파괴의 빈도가 증가하며³¹⁾ Helvatjoglu-Antonivades 등³²⁾은 열순환후 레진과 상아질계면에서 접착파괴의 증가를 보고하여 본 실험과 같은 양상을 보였다.

접착 강도 실험상의 변수에 대한 고찰로서 시편들의 다양성을 들 수 있는데 인체 상아질의 구조와 조성 등이 본 실험에 사용된 성인 대구치에서 변이가 가장 다양하며 시편채집의 희소성으로 인한 대체물로서 bovine tooth는 자연치에 비해 희소성 문제 및 시편간 변이율을 줄일 수 있으나 실험상 자연치보다 유의성 있는 낮은 접착강도가 보고되고 있고,³³⁾ 자연치 시편 이용시 Boiillaguet 등²¹⁾은 미맹출 또는 십대의 제 3대구치가 효과적임을 보고하였고 Titley 등³⁴⁾은 사후(post mortem) 상아질의 변화가 접착강도 실험에 영향을 줄 수 있으며 이를 최소화하기위해 발치 후 즉시 냉동보관이 필요하다고 보고하였다.

본 실험에서 제 5세대 One-Step이 유동성레진과 자연치면에 대한 유의성 있는 높은 결합력과 내구성

을 보였지만 특정접착기전과의 충분한 연관성 및 신뢰성을 확립하기 위해서는 보다 포괄적이며 규격화된 연구가 필요한데 본 연구의 결과들은 실제 임상 의 유동성 레진-상아질접착에 대한 영향 요소들 치수압력, 구강내 습기, Configuration-factor(C-factor) 등에 관해서는 고려되지 않았다. 실제 임상에서 본 실험 환경보다 높은 와동에서의 C-factor, 유수치의 치수압력, 구강내 수분, 기계화학적 응력 그리고 술자 영향 등의 환경을 고려할 때 본 연구의 결과가 유동성 레진수복의 지침이나 접착제 선택지침으로서 다소 한계가 있을 것으로 생각되며 실험변수 고찰에 언급된 영향 요소 등을 보다 더 반영하여 원인적, 실험자 변수를 최대한 극복할 수 있는 보다 많은 생체실험이나 실험실연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

유동성 레진의 자연치 상아질상의 결합력과 내구성을 평가하기위해 산부식처리만 시행한 대조군과 제 4세대 상아질 접착제인 Scotchbond-Multi-purpose, 제 5세대인 One-Step, 제 6세대 단일 접착 시스템인 Prompt L-Pop 등 3 종류의 상아질 접착제를 처리한 총 4개 군을 설정하여 각각 유동성 레진을 치면에 접착시킨 다음, 37 °C 항온조 보관 및 1000 회 열 순환을 통한 접착강도와 계면을 비교, 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 항온조 계열에서 제 5세대 단일용기시스템인 OS를 이용한 유동성레진의 상아질접착에서 가장 높은 전단결합강도를 나타내었으며($p < 0.05$), 다음으로 PLP, SBMP, 대조군의 순으로 나타났으나 PLP군과 SBMP군, 대조군과 SBMP군 간의 유의성은 없었다($p > 0.05$).
2. 열순환 계열에서 OS가 유의성 있는 가장 높은 결합강도를 나타내었고 SBMP, PLP, 대조군의 순으로 나타났으나 OS를 제외한 나머지 군 간의 유의성은 없었다($p > 0.05$).
3. 열순환 후 SBMP군을 제외한 모든 군에서 결합강도저하를 나타내었으며($p < 0.05$) PLP군에서 가장 높은 변이율을 나타내었다.
4. 파절면의 양상은 OS군을 제외한 모든 군에서 접착파괴가 주류를 이루었다.

참고문헌

1. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ et al. A characterization of 1st generation flowable composites. *JADA* 1998;129:566-77.
2. Attar N, Tam LE, McComb D. Flow, strength, Stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *J Can Dent Assoc* 2003;69(8):516-521.
3. Pashley DH, Carvalho RH. Dentin permeability and dentin adhesion. *J Dent* 1997;25(5):355-372.
4. Combe ECC, Burke FJT. Contemporary resin-based composite materials for direct placement restorations: packables, flowables and others. *Dent Update* 2000; 27: 326-336.
5. Bonilla ED, Yashar M, Cauto AA. Fracture toughness of nine flowable resin composites. *J Prosthet Dent* 2003;89:261-267.
6. Oberholzer TG, Pameijer CH, Grobler SR, Rossouw RJ. The effect of different powder densities and method of exposure on the marginal adaptation of four light-cured dental restorative materials. *Biomaterials* 2003;24:3593-3598.
7. Labella R, Lambrechts P, Van meerbreek B, Vangerle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent. Mater* 1999; 15:128-37.
8. Jurgen. Flowable composite for bonding lingual retainers. *J Clin Orthod* 2002;123: 641-648.
9. Jeon JH, Son WS. Effect of thermocycling on shear bond strength and mode of failure of bonded retainer using flowable composite resin. *Kor J Orthod* 2005; 35 (4):295-301.
10. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as "filled adhesives" : literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int* 1999;30:249-257.
11. Frankenberger R, Lopes M, Perdigao J, Ambrose WW, Rosa TR. The use of flowable composites as filled adhesives. *Dental materials* 2002;18:227-238.
12. ISO/TC 106/SC 1/WG 11. Dental materials Guidance on testing of adhesion to tooth structure. Adhesion test methods and accepted as a Committee Drafts at the ISO/TC meeting in Trieste(October 1991).
13. Behle C. Flowable composites. Properties and applications. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998;347,350-1.
14. Estafan AM, Estafan D. Microleakage study of flowable resin system. *Compendium* 2000;21(9):705-712.
15. Uysal T, Sari Z, Demir A. Are the flowable composites suitable for orthodontic bracket bonding? *Angle orthod* 2004;74: 697-702.
16. de Souza AE, Corona SAM, Dibb RGP, Borsatto MC, Pecora JD. Influence of Er:YAG laser on tensile bond strength of a self-etching system and a flowable resin in different dentin depths. *Journal of Dentistry* 2004;32:269-275.
17. Gregoire G, Joniot S, Guignes P, Millas A. Dentin permeability : self-etching and one-bottle dentin bonding systems. *J Prosthet Dent* 2003;90:42-9.
18. Sensi LG, Marson FC, Monteiro S Jr, Baratieri LN, Caldeira de Andrada MA. Flowable composites as "filled adhesives:" a microleakage study. *J Contemp Dent Pract* 2004 Nov 15;5(4):32-41.
19. Frankenberger R, Sindel J, Kramer N, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation: direct composite resins vs ceramic inlays. *Oper Dent* 1999; 24:147-155.

20. Van Meerbreek B, Yoshida Y, Snauwaert J, et al. Hybridization effectiveness of a two-step versus three step smear layer removing adhesive material examined correlative by TEM and AFM. *J Dent Res* 1999;78:906-911.
21. Boiillaguet S, Gysi P, Watahe JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin Ch, et al. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step and self-etching adhesive systems. *Journal of Dentistry* 2001; 29:55-61.
22. Jacobsen T, Soderholm KJ. Some effects of primer solvent, primer agitation, and dentin dryness on shear bond strength on dentin. *Am J Dent* 1994;11:225-8.
23. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, et al. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *Journal of adhesive Dentistry* 2001;3:237-245.
24. Lee EK, Kim KH, Kang IK. The comparison of bond strength of dentin bonding resins : 5th generation vs. 6th generation. *J Korean Res Soc Dent Mater* 2001;28(1):65-72.
25. Cura C, Saraçoğlu A, Cotert S. Effect of different bonding agents on shear bond strengths of composite bonded porcelain to enamel. *J Prosthet Dent* 2003;89:394-399.
26. Tay FR, Gwinnet AJ, Wei SHY. The over wet phenomenon : an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned resin-dentin interface. *Am J dent* 1996;9:43.
27. Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo:Quintessence Publishing, 1998.
28. Gwinnet AJ. Quantitative contribution of resin infiltration /hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 1993;6:7-9.
29. Finger W, Fritz U. Laboratory evaluation of one-component enamel/dentin bonding agents. *Am J Dent* 1996;9:206-210.
30. Finger W, Dreyer Jorgensen K. Polymerisationsinhibierung durch Sauerstoff bei kompositefüllungsmaterialien und schmelzversiegeln. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1976;86:812-824.
31. Phrukkanon S, Burrow MF, Hartley PG, Tyas MJ. The influence of the modification of etched bovine dentin on bond strength. *Dent Mater* 2000;16:255.
32. Helvatjoglu-Antoniades M, Koliniotou-Kubia E, Dionyssopoluos P. The effect of thermal cycling on the bovine dentine shear bond strength of current adhesive systems. *Journal of Oral Rehabilitation* 2004;31:911-917.
33. Schilke R, Bauss O, Lisson JA. Bovine dentin as a substitute for human dentin in shear bond strength measurement. *American Journal of dentistry* 1999;12:92-96.
34. Titley KC, Chernecky R, Rossouw PE, Kulkarni GV. The effect of various storage methods and media on shear bond strengths of dental composite resin to bovine dentin. *Archives of oral biology* 1998;43:305-311.

Reprint request to:

Ki-Young Nam, D.D.S., M.S.D.

Department of Dentistry, Dongsan Medical Center, College of Medicine, Keimyung University
 194 Dongsan-Dong, Jung-Ku, Daegu, 700-712, Korea
 nkyp@dsmc.or.kr

ABSTRACT

A COMPARATIVE STUDY OF SHEAR BOND STRENGTH OF FLOWABLE RESIN ASSOCIATED WITH DENTIN ADHESIVE SYSTEMS WITH THERMOCYCLING EFFECT

Ki-Young Nam, D.D.S., M.S.D.

Department of Dentistry, Dongsan Medical Center, College of Medicine, Keimyung University

Statement of problem: Limited research on flowable resin has been undertaken on its application directly on dentin associated with the adhesive systems.

Purpose: This study was to evaluate the shear bond strength and fracture aspect of flowable resin on human dentin with various types of dentin bonding adhesives with thermocycling effect.

Materials and methods: Filtek-Flow(3M ESPE, USA) was used as flowable resin and Eighty human molars were randomly divided into 4 groups : three dentin bonding adhesives (Scotchbond-Multipurpose: 3-step conventional system, One-Step: One-bottle system, Prompt L-Pop: All-in-one, self-etching primer) and 32% etching treatment without bonding adhesive as a control group. For evaluating their durability of bonding, each group was subdivided : storing in the water at 37°C(24 hours) and thermocycling (0°C-55°C, 30 seconds intervals, 1000 cycle). Shear bond strength tests were performed and resin-dentin interface and fracture mode were observed. Results were analysed by one-way ANOVA and Scheffe's multiple range test.

Results and Conclusion:

1. At 0 cycle, the mean shear bond strength of One-Step exhibited the highest value of all groups($p < 0.05$), and there were no significant differences between Prompt L-Pop and Scotchbond-Multipurpose, Scotchbond-Multipurpose and control($p > 0.05$). After 1000 thermocycling, One-Step exhibited higher value than other groups($p < 0.05$), and there were no significant differences among other groups($p > 0.05$).
2. The shear bond strength of each group was significantly decreased after thermocycling except Scotchbond-Multipurpose($p > 0.05$).
3. The most common failure mode was adhesive type and mixed type, next in order.

Key words: Flowable resin, Shear bond strength, Dentin adhesive systems