

Flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치의 결합강도와 파절양상에 열순환이 미치는 영향

전 재 호^a · 손 우 성^b

이 연구는 flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치를 열순환시킨 후 결합강도와 파절양상을 조사하여 flowable composite resin이 접착식 유지장치의 레진 접착제로서 유용한지를 알아보기 위해 시행되었다. 교정치료를 목적으로 발거한 160개의 치아로 80개의 시편을 제작하고 40 개씩 두 군으로 나누어 접착식 유지장치를 제작하였다(Group G: 일반 복합레진인 CharmFil[®], Group F: flowable composite resin인 CharmFil Flow[®], wire: Tri-flex[®]). 각 군을 20 개씩 2 개의 subgroup으로 나누었다(Subgroup 24: 생리식염수에 24 시간 동안 보관, Subgroup T: 37°C 생리식염수에 24 시간 동안 보관한 후 5 ± 2°C ~ 55 ± 2°C 수조에 500회 열순환). 유지장치의 wire 중심에 수직전단력을 주면서 파절되는 순간의 하중을 측정하여 비교하였으며, 광학입체 현미경으로 파절면을 관찰하여 파절양상을 비교하였다. 그 결과, 두 군의 전단결합강도 및 파절양상에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 따라서, 전단결합강도와 파절양상의 측면에서만 본다면 flowable composite resin을 유지장치의 레진 접착제로 충분히 적용시킬 수 있을 것으로 본다.

(주요 단어: 열순환, 접착식 유지장치, 결합강도)

서 론

교정치료 후의 유지는 현대 교정학의 논쟁 소재 중 하나이다.¹ 유지의 기간, 유지를 위한 장치, 재료와 방법에 대해 많은 논쟁이 있어왔다. Angle²은 “유지에 관련된 문제는 유능한 교정의의 최고기술을 평가할 수 있을 만큼 중요하며 치료 중 마주치는 어려움보다 더 어려울 수 있다”라고 하였다. 최근 연구자들은 재발되는 사례들은 예견할 수 없으며 적극적인 교정치

료가 끝난 후의 결과가 지속되려면 장기간의 유지가 필요하다고 결론지었다.^{1,3-5} 문헌상에서 일률적인 유지방법은 없으며 교정의는 환자와 상담하여 각 증례마다 적절한 유지방법을 결정해야 한다.⁶

치료 후 치아위치의 유지를 위해 많은 장치들이 사용되었다. 가장 처음 고안된 장치는 밴드고정장치였으며² 그 후 가철식 장치가 등장했다.⁷ 최근에는 접착식 유지장치가 소개되었다. 접착식 유지장치로는 하악 6 전치에 wire를 복합레진으로 접착하는 유형을 많이 이용하고 있다. 레진은 주로 구치부 수복용인 응축 혼합형 복합레진을 이용하고 있으나 점조도가 높아 직접법으로 부착시 어려움이 있다. 최근에는 유동성과 조작성이 우수한 flowable composite resin이 개발되어 치과학 분야에서 임상적 응용범위를 넓혀가고 있다. Jürgen⁸은 flowable composite resin을 설측 유지장치에 이용한 임상증례를 보고하였고, Üşümez

^a 전공의, ^b 교수, 부산대학교 치과대학 교정학교실.

교신저자: 손우성

부산광역시 서구 아미동 1가 10번지

부산대학교 치과대학 교정학교실 / 051-240-7447

wsson@pusan.ac.kr

원고접수일: 2004년 12월 20일 / 원고최종수정일: 2005년 3월 3일

/ 원고채택일: 2005년 3월 5일

등⁹은 광원의 종류에 따른 일반 복합레진 유지장치의 표면강도에 관한 연구를 하였으며, 이와 손¹⁰은 일반 복합레진을 이용하여 부착방식과 wire 종류에 따른 유지장치의 전단접착강도를 비교하여 발표하였다. 최근에는 강과 손¹¹이 flowable composite resin을 유지장치의 접착제로 이용했을 경우 전단결합강도를 조사해 보고하였다. 하지만 flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치에 구강내 환경을 재현하여 결합강도를 비교한 연구는 아직 시행된 적이 없다. 이 연구는 선학들의 연구를 토대로 하여 flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치를 열순환시킨 후 결합강도와 파절양상을 조사하여 교정학 영역에서 flowable composite resin이 유지장치의 접착제로서 유용한지를 알아보기 위해 시행되었다.

연구대상 및 방법

치아수집

교정치료를 목적으로 발거된 160개의 소구치를 생리식염수에 보관하였다. 발치검자에 의한 파절이나 우식이 없는 치아 중에서 선별하였으며 증령에 따른 법랑소주의 조직학적 변화의 차이를 줄이기 위해 청소년이나 초기 성인의 치아만 선별하였다.

레진 및 wire

레진은 flowable composite resin인 CharmFil Flow[®](DentKist, Korea)와 일반 복합레진인 CharmFil[®](DentKist, Korea)을 사용하였다. 접착시스템은 37% 인산과 접착제로 이루어진 CharmBond[®](DentKist, Korea)를 사용하였다. 접착식 유지장치의 선재로는 0.0175 inch 직경의 Tri-flex[®](RMO, USA)를 사용하였다.

시편제작

무작위로 추출한 소구치 2 개를 치관의 정중앙점이 같은 수준에 있도록 광중합형 레진을 이용하여 부착하였다. 미리 제작한 주형에 석고를 혼합하여 주입한 후 치아를 치경부까지 수직으로 부분매몰하였다. 이렇게 제작한 80 개의 시편을 40 개씩 무작위로 나누어(Group G; 일반 복합레진 군, Group F; flowable composite resin 군) 유지장치를 부착하기 전까지 실

온의 생리식염수에 보관하였다.

직접부착법으로 유지장치를 부착하기 전, 각 치아의 협면을 불소가 포함되지 않은 pumice와 rubber prophylactic cup을 이용하여 10 초간 세마하였다. 세척 후 압축공기로 건조시키고 지름이 5 mm인 스티커 라벨을 소구치 협면 중앙에 중심간 거리가 8 mm가 되도록 부착시켰다. 나머지 협면에 검은색 칼라 스프레이를 뿌리고 건조시킨 후 스티커를 제거하여 원형의 균일한 면적의 치면을 확보하였다. Gardner와 Hobson¹²의 연구결과에 따라, 37% 인산을 이용하여 30 초간 산부식을 하여 20 초간 세척하고 치면을 압축공기로 10 초간 완전히 건조시켰다. 산부식된 치면의 특징적인 백묵양 표면을 확인한 후, 접착제를 도포하여 3 초간 광조사하였다. 광조사기구는 파장영역이 380 ~ 520 nm인 plasma arc curing light (Flipo[®], Lokki, Vienne, France)를 이용하였다. G 군은 CharmFil[®]을 치면에 얹고 8 mm 길이로 절단한 wire의 양끝을 각 치아의 협면 중앙부에 위치시킨 후 광조사를 3 초간 1 회 실시하고 레진을 추가하여 dome-shape로 만든 후 2 회 더 광조사 하였다. F 군은 CharmFil Flow[®]를 각 치아의 협면 중앙부에 적용하고 8 mm 길이로 절단한 wire의 양끝을 각 치아의 협면 중앙부에 위치시킨 후 3 초간 광조사를 하고 wire를 감쌀 수 있도록 레진을 적용하여 3 초간 2 회 더 광조사하였다.

보관 및 열순환

두 군(G: CharmFil[®], F: CharmFil Flow[®])의 시편을 두 개의 subgroup으로 다시 나누었다. 각 subgroup의 보관상태는 다음과 같다.

- Subgroup 24: 시편을 24 시간 동안 37℃ 증류수에 보관
- Subgroup T: 시편을 24 시간 동안 37℃ 증류수에 보관한 후 5 ± 2 °C ~ 55 ± 2°C 물에서 500 회 열순환

열순환 동안 각 수조에서 시편들이 머무르는 시간은 30 초였고 수조들 사이의 이동시간은 4 초였다 (Table 1).

Table 1. Adhesive system, wire, resin and storage condition of each group

Group	N	Adhesive system	Wire	Resin	Storage condition
G ₂₄	20	CharmBond®	0.0175" Tri-flex®	CharmFil®	in distilled water at 37°C for 24 hours
F ₂₄	20	CharmBond®	0.0175" Tri-flex®	CharmFil Flow®	in distilled water at 37°C for 24 hours
G _T	20	CharmBond®	0.0175" Tri-flex®	CharmFil®	thermocycled
F _T	20	CharmBond®	0.0175" Tri-flex®	CharmFil Flow®	thermocycled

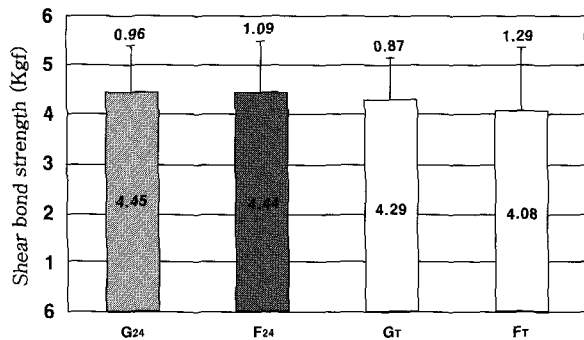


Fig 1. Mean shear bond strength and standard deviation of each group. G₂₄, Bonded retainer made with general composite resin; F₂₄, bonded retainer made with flowable composite resin; G_T, bonded retainer made with general composite resin and thermocycled; F_T, bonded retainer made with flowable composite resin and thermocycled.

전단결합강도 측정

Straight angle 용 round bur의 head를 제거하고 bur의 장축에 평행하게 disc로 slot을 형성하여 rod를 만들고 만능시험기(Hounsfield Test Equipment Ltd. Salfords, UK)의 arm에 아크릴릭 레진으로 연결하였다. 시편을 하부 고정판 위에 올려놓은 후 수직전단력을 5.0 mm/min의 속도로 유지장치의 wire 중간점에 적용시키고 파절이 일어나는 순간의 최대하중을 측정하였다.

파절양상평가

실험 후 치면의 레진 파절면을 광학입체현미경(Olympus SZ-PT, Japan)으로 20배 확대하여 관찰하

고, 최와 서¹³가 제안한 접착제잔류지수(Adhesive Remnant Index)를 기준으로 파절양상을 구분하였다.

- A형: 치면-레진 계면간 파절이 일어난 경우
- B형: 레진-wire 계면간 파절이 일어난 경우
- C형: A형과 B형의 복합형

통계처리

각 군 간의 파절강도의 유의차를 검정하기 위해 SPSS for windows®(Ver. 10.0, SPSS inc., Chicago, USA) 통계프로그램으로 독립표본 t-test를 시행하였고 파절양상의 유의차를 검정하기 위해 2-way ANOVA를 시행하였다 (p < 0.05).

연구성적

전단결합강도

각 군의 전단결합강도를 측정하였다 (Fig 1).

전단결합강도는 G₂₄, F₂₄, G_T, F_T의 순으로 나타났다. 열순환 전 일반 복합레진을 이용한 접착식 유지장치의 전단결합강도는 flowable composite resin을 이용한 유지장치보다 높은 강도를 보였으나, 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 일반 복합레진을 이용한 접착식 유지장치는 열순환 후 결합강도가 4.6% 감소하였고 flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치는 열순환 후 결합강도가 8.1% 감소하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

파절양상평가

네 군 모두 modified ARI C의 빈도가 높게 나타났

Table 2. The modified adhesive remnant index (ARI) of each group

Group	N	Modified ARI			p-value
		A	B	C	
G ₂₄	20	0	7	13	0.643
F ₂₄	20	0	8	12	
G _T	20	0	7	13	
F _T	20	0	9	11	

Modified ARI A, bonding failure between enamel and adhesive; modified ARI B, bonding failure between wire and adhesive; modified ARI C, compound type of A and B.

으며 A는 나타나지 않았다. 각 군간 파절양상을 비교해본 결과 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 2).

고찰

접착식 유지장치는 산부식된 치아에 교정성재를 복합레진으로 부착하여 제작한다. Zachrisson¹⁴은 .015 × .020 인치 직경을 가지는 유연한 여러가닥 강선을 이용한 직접 접착식 설측 유지장치의 장기간 임상연구에서 이러한 보정장치의 우수한 효과에 대해 보고했다. 접착식 설측 유지장치의 제작시 유연한 여러가닥 강선이 선호되는 이유¹⁵는 이 강선의 언더컷이 기계적 결합력을 증대시키고, 유연성¹⁶은 치아의 생리적인 움직임을 허용하여 치아-레진 계면에서의 접착의 실패나 강선 혹은 복합레진의 파절이 없는 한 임상적으로 아주 우수한 효과를 보여주었기 때문이다.

유지장치에 다양한 복합레진을 사용해 오고 있으며 사용하는 복합레진의 종류에 따라 접착강도 및 내구성이 달라진다. 그 중 Concise[®](3M Unitek, Corp., Monrovia, Calif.)는 Bis-GMA 계열의 전통적인 수복용 복합레진이며, 접착식 유지장치의 제작에 가장 널리 사용하고 있는 재료이다. Schulz¹⁷는 교정장치 및 wire의 부착시 Concise[®]의 우수성을 보여주었다. 그러나 Concise[®]가 적절하다고 하였다. 복합레진으로 작업시간에 제한이 있고, 중합시간동안 wire를 고정시키고 있어야 하며, 중합 후 여분을 제거해야하는 단점이 있다. 이에 광중합형 복합레진을 사용해야 할 필요성이 대두되었다. Hamula,¹⁸ Rossouw와 Joseph,¹⁹

Hobson과 Eastaugh²⁰는 접착식 유지장치의 제작시 Concise[®]와 같은 종류의 필러를 가지는 광중합형 교정용 접착제인 Transbond[®](3M Unitek, REF 712-035)를 사용한 증례를 보고하였다. 1997년 Beam 등²¹은 5 가지의 복합레진을 사용한 실험연구에서 Concise[®]가 wire와 가장 높은 결합력을 보였으며, Concise[®]와 Transbond[®]가 구치부 혼합형 복합레진과 비슷한 강도를 보인다고 하였다.

구치부 복합레진이 소개되기 전인 1995년, 일회용 텀을 사용하는 낮은 점도를 지닌 혼합형 복합레진인 Revolution[®](Kerr Corp. Orange, CA, USA)이 소개되면서 “flowable composite resin”이라는 용어가 사용되기 시작하였다. 대부분의 flowable composite resin은 혼합형 복합레진의 일종으로서, 기존의 혼합형 복합레진의 입자크기는 그대로 유지하고 레진 기질의 양을 증가시키고 필러의 양을 줄여 점도를 감소시킨 것이다.²² 이러한 flowable composite resin은 기존 혼합형 복합레진의 30 ~ 50%의 낮은 탄성계수(modulus of elasticity)로 인해 치아에 가해지는 응력을 흡수하거나 분산시켜 치아가 휠 때 탈락될 가능성이 적을 것이라고 추측되고 있으며,²³ 레진을 많이 포함하고 있기 때문에 큰 인성(toughness)을 기대할 수 있다.²² 또한, 낮은 점도와 편리한 적용방식 때문에 임상에서 사용시 조작성 및 접근성이 뛰어나며 재료의 특성상 flowable composite resin이 미세부위에 긴밀히 결합하여 향상된 결합력을 보일 것이라는 견해도 있다.²⁴

임상에서의 조작성을 간편하게 하기 위해 개발된 flowable composite resin에 대한 적용 증례의 명확한 기준은 제시되고 있지 않으나, 제조사들은 아말감 변연수리, 제 1, 3, 4, 5 급 와동수복, 제 2 급 와동의 치은 변연 수복, 복합레진 수리, 코어, 금관변연수리, 범랑질 결합 수리, 절단연 수리, 이장재, 소와 열구 전색, 도재수리, 도재비니어 접착제, 예방적 레진수복, 임시 보철물 수리 등에 사용할 수 있다고 주장한다.²² 그러나 압축강도는 기존 복합레진의 60 ~ 90% 밖에 되지 못하므로 응력을 많이 받는 곳이나 마모가 심한 곳에는 사용하지 않는 것이 좋다고 보고되고 있다.²²

Jürgen⁸은 flowable composite resin을 접착식 설측 유지장치에 사용한 증례를 보고하였고 강과 손¹¹은 flowable composite resin을 접착식 유지장치의 레진 접착제로 이용했을 경우 일반 복합레진과 비교하여 전단결합강도의 차이가 없음을 보고하였다. 하지만 이 실험은 구강내 환경을 재현하지 않아 열에 의해

야기된 응력(thermal induced stress)의 효과가 배제된 결과이다.

광중합형 레진은 중합 후 시간에 따라 접착강도의 변화를 보인다. Ruse 등⁴⁰은 광중합형 hybrid composite resin (Scotch Bond Multi Purpose[®])의 접착강도가 중합 24 시간 후에 최대에 도달한다고 발표하였다.

이에, 이 연구에서는 flowable composite resin을 설측 접착식 유지장치의 레진 접착제로 이용할 수 있는지를 알아보기 위해 일반 복합레진과 flowable composite resin으로 접착식 보정장치를 만들어 24 시간 보관 후와 열순환 후의 전단결합강도를 측정하여 비교하였다.

G_T 군의 결합강도가 F_T 군의 결합강도보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 결합강도만으로 보았을 때 flowable composite resin을 접착식 유지장치의 레진접착제로 이용하였을 때 문제가 없다는 것을 뜻한다. 기존의 광중합형 복합레진의 경우 광중합 시 1~5%의 중합수축이 일어나고 이로 인해 치아 또는 복합레진에 미세한 파절을 일으킨다는 보고가 있다.²⁵ 중합수축이 일어나면 복합레진이 치아와 접하는 면에서 인장응력이 발생하는데,²⁶ 응력의 정도는 복합레진의 수축량, 탄성계수 등에 따라 다르다.²⁷ 수축량이 클수록, 탄성계수가 증가할수록 높은 수축 응력을 보였다는 보고가 있다.²⁸ Flowable composite resin의 탄성계수는 기존 혼합형 복합레진의 50~70% 정도로, 응력 발생면에서 유리하다.²⁹ 이것은 큰 수축량과 상충관계에 있어서 flowable composite resin의 결합력의 증가에 도움이 될 것이다.³⁰ 또한 flowable composite resin은 흐름성이 좋아 여러가닥의 유연한 강선에 긴밀히 결합될 수 있다는 점도 결합력을 증가시킬 것이다.²⁴

일반 복합레진과 flowable composite resin 군에서 열순환 후 각각 4.6%, 8.1%의 결합강도 감소가 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 접착식 유지장치를 열순환시킨 후 결합강도가 감소하는가에 대한 연구는 아직 없었으며 다만, 브라켓 접착제의 전단결합강도를 비교한 연구에서 Bishara 등³¹은 열순환에 의해 cyanoacrylate의 결합강도가 80% 감소한다고 하였고, Arici와 Arici³²는 열순환에 의해 resin modified glass ionomer cement와 no-mix adhesive resin에서 각각 26.5%, 17.9% 감소한다고 보고하였다. 또한 서로 다른 접착제들의 결합 강도에 미치는 열순환의 효과는 다른 몇몇 연구들에서도 찾아볼 수 있

다.³³⁻³⁸ 그러나, 여러 연구들 사이에 열순환 횟수에 대한 기준은 없었다. 열순환 횟수는 문헌에 따라 100~20,000 번이었다.

실험 후 치면의 레진 파절면을 광학입체현미경으로 20배 확대하여 관찰하였고, 최와 서¹³가 제안한 파절양상 구분법을 이용하여 분류하였다. 그 결과, A형은 하나도 없었으며 B형과 C형만이 발견되었다. 이는 치면과의 결합력이 높을수록 adhesion failure보다 cohesive failure가 일어난다는 연구결과와 유사하다. 치면에 레진접착제가 잔존한다는 것은 파절시 법랑질 손상의 가능성이 줄어든다는 것을 의미한다.³⁹ 각 군사이의 파절양상을 비교해 본 결과 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 강과 손¹¹의 연구와 같은 결과이다.

이 연구는 실험실에서의 전단결합강도를 측정함으로써 구강내 환경을 완전하게 재현했다고는 할 수 없다. 구강내 환경에서는 저작력, 타액, 악습관, 식이습관, 마모 등의 여러 인자가 영향을 주기 때문이다. 따라서 결과를 단순하게 적용할 수는 없지만, 전단결합강도의 측면에서만 본다면 flowable composite resin은 유지장치의 레진 접착제로 충분히 적용시킬 수 있을 것으로 본다.

결 론

Flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치의 열순환 후 전단결합강도를 알아보기 위해 교정용 목적으로 받겨된 소구치를 석고블록에 매몰하여 협면을 산부식한 후 유지장치를 접착시키고 만능시험기를 이용하여 수직력을 가해 결합강도를 측정하고 파절면을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일반 복합레진 군의 열순환 후 결합강도(4.29 ± 0.87 Kgf)와 flowable composite resin group의 열순환 후 결합강도(4.08 ± 1.29 Kgf)를 비교하였을 때 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.
2. 일반 복합레진과 flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치 모두 열순환 후 결합강도가 감소하였으나 열순환 전후의 결합강도를 비교하였을 때 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.
3. 각 군의 파절면을 관찰하였을 때, modified ARI B (레진-wire 계면간 파절) 혹은 C(A형과 B형의 복합형)를 보였으며 A(치면-레진 계면간 파절)는 관찰되지 않았으며 파절양상을 비교해 본 결과 통계

학적으로 유의한 차이가 없었다.

열순환을 시행한 후, flowable composite resin을 이용한 접착식 유지장치와 일반 복합레진을 이용한 접착식 유지장치의 접착강도 및 파절양상을 비교하였을 때 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 따라서, 전단결합강도의 측면에서만 본다면 flowable composite resin은 유지장치의 레진 접착제로 충분히 적용시킬 수 있을 것으로 본다.

참고 문헌

- Bramante MA. Controversies in orthodontics. *Dent Clin North Am* 1990;34:91-102.
- Angle EA. Treatment of malocclusion of the teeth. 7th ed. Philadelphia: SS White Manufacturing Co.; 1907.
- Little RM, Riedel RA, Artun J. An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:423-8.
- Kaplan H. The logic of modern retention procedures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:325-40.
- Nanda RS, Nanda SK. Considerations of dentofacial growth in long-term retention and stability: Is active retention needed. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:297-302.
- Zachrisson BU. Excellence in finishing. *J Clin Orthod* 1986;20:460-82, 536-55.
- Hawley CA. A removable retainer. *Int J Orthod* 1919;2:291-8.
- Jürgen. Flowable composite for bonding lingual retainers. *J Clin Orthod* 2002;36:597-8.
- Üşümez S, Buyukyilmaz T, Karaman AI. Effects of fast halogen and plasma arc curing lights on the surface hardness of orthodontic adhesives for lingual retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:641-8.
- 이형철, 손우성. 접착방법 및 강선의 종류에 따른 접착식 보정장치의 전단접착강도에 관한 연구. *대치교정지* 2002;32:143-53.
- 강대근, 손우성. Flowable resin을 이용한 접착식 보정장치의 전단결합강도 연구. 2003; 부산대학교 치의학석사학위논문.
- Gardner A, Hobson R. Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:64-7.
- 최은아, 서정훈. 재생브라켓의 전단결합강도에 관한 비교연구. *대치교정지* 1998;28:641-57.
- Zachrisson BU. The bonded lingual retainer and multiple spacing of anterior teeth. *Swed Dent Suppl* 1982;15:247-55.
- Graber TM, Vanarsdall RL. Orthodontics: Current principles and techniques. St Louis: CV Mosby; 1994. p. 944-6.
- Kusy RP, Stevens LE. Triple-stranded stainless steel wires—Evaluation of mechanical properties and comparison with titanium alloy alternatives. *Angle Orthod* 1987;57:18-32.
- Schulz RP, Mayhew RB, Oesterle LJ, Pierson WP. Bond strength of three resin systems used with brackets and embedded wire attachments. *Am J Orthod* 1985;87:75-80.
- Hamula W. Direct bonding with light-cured adhesive. *J Clin Orthod* 1991;25:437-8.
- Rossouw PE, Joseph VP. Indirect fabrication of a bonded lower lingual retainer. *J Clin Orthod* 1992;26:413-5.
- Hobson RS, Eastaugh DP. Silicone putty splint for rapid placement of direct-bonded retainers. *J Clin Orthod* 1993;27:536-7.
- Bearn DR, McCabe JF, Gordon PH, Aird JC. Bonded orthodontic retainers: the wire-composite interface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:67-74.
- Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc* 1998;129:566-77.
- Behle C. Flowable composites: Properties and applications. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998;10:347, 350-1.
- Leinfelder K. New developments in composite resins. Interview by Phillip Bonner. *Dent Today* 1997;16:44, 46-7.
- Davidson-Kaban SS, Davidson CL, Feilzer AJ, de Gee AJ, Erdilek N. The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *Dent Mater* 1997;13:344-52.
- Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res* 1984;63:146-8.
- Prati C, Nucci C, Davidson CL, Montanari G. Early marginal leakage and shear bond strength of adhesive restorative systems. *Dent Mater* 1990;6:195-200.
- Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Relaxation of polymerization contraction shear stress by hygroscopic expansion. *J Dent Res* 1990;69:36-9.
- Lamerand SD, Suh BI, Sandrik JL. Flexural modulus of commercial composite restorative materials. *J Dent Res* 1997;76:422-9.
- Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vangerle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater* 1999;15:128-37.
- Bishara SE, Ajlouni R, Laffoon JF. Effect of thermocycling on the shear bond strength of a cyanoacrylate orthodontic adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:21-4.
- Arici S, Arici N. Effect of thermocycling on the bond strength of a resin-modified glass ionomer cement: An *in vitro* comparative study. *Angle Orthod* 2003;73:692-6.
- Klockowski R, Davis EL, Joynt RB, Wiczkowski G, MacDonald A. Bond strength and durability of glass ionomer cements used as bonding agents in the placement of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96:60-4.
- Komori A, Ishikawa H. Evaluation of a resin-reinforced glass ionomer cement for use as an orthodontic bonding agent. *Angle Orthod* 1997;67:189-96.
- Ostertag AJ, Dhuru VB, Ferguson DJ, Meyer RA Jr. Shear torsional and tensile bond strength of ceramic brackets using three adhesive filler concentration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:251-8.
- Bishara SE, Khowassah MA, Oesterle LJ. Effect of humidity and temperature changes on orthodontic direct-bonding adhesive systems. *J Dent Res* 1975;54:751-7.
- Jassem HA, Retief DH, Jamison HC. Tensile and shear strengths of bonded and rebonded orthodontic attachments. *Am J Orthod* 1981;79:661-8.
- Harari D, Gillis I, Redlich M. Shear bond strength of a new dental adhesive used to bond brackets to unetched enamel. *Eur J Orthod* 2002;24:519-23.
- Bishara SE, Olsen ME, Von Wald L. Evaluation of debonding characteristics of a new collapsible ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:552-9.
- Ruse ND, Shew R, Feduik D. In vitro fatigue testing of a dental bonding system on enamel. *J Biomed Mater Res* 1995;29:411-5.

- ORIGINAL ARTICLE -

Effect of thermocycling on shear bond strength and mode of failure of bonded retainer using flowable composite resin

Jae-Ho Jeon, DDS, MSD,^a Woo-Sung Son, DDS, MSD, PhD^b

The purpose of this study was to evaluate the effects of thermocycling on shear bond strength and mode of failure of orthodontic bonded retainer using flowable composite resin and to ascertain whether the flowable composite resin is useful for use as adhesive for orthodontic bonded retainers. One hundred and sixty freshly extracted human premolars were collected and eighty bonded retainer specimens were fabricated. They were randomly separated into 2 groups (Group G: general composite resin-CharmFil[®], Group F: flowable composite resin-CharmFil Flow[®], wire: Tri-flex[®]). Each group was divided into 2 subgroups (Subgroup 24: stored in water at 37°C for 24 hours for baseline data, Subgroup T: stored in water at 37°C for 24 hours and thermocycled between 5 ± 2°C and 55 ± 2°C for 500 cycles before testing the *in vitro* shear bond strength). Shear bond strength was measured and mode of failure was evaluated with a stereomicroscope. There was no statistical difference in shear bond strength and mode of failure between the bonded retainer using general composite resin and flowable composite resin. Therefore, in considering shear bond strength and mode of failure, it is sufficient to use flowable composite resin as resin adhesives for bonded retainers.

Korean J Orthod 2005;35(4):295-301

※ **Key words:** Thermocycling, Bonded retainer, Bond strength

^a Resident, ^b Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pusan National University

Reprint requests: **Woo-Sung Son**

Department of Orthodontics, Pusan National University Hospital, Ami-Dong 1 Ga 10, Seo-Gu, Busan, Korea

+82 51 240 7447

wsson@pusan.ac.kr

Received December 20, 2004; Last Revision March 3, 2005; Accepted March 5, 2005