

Flowable resin을 이용한 브라켓의 재접착 시 전단결합강도에 대한 연구

김 동 우^a · 손 우 성^b

본 연구는 교정 치료 중 탈락된 브라켓의 재접착 시 탈락 전과 유사한 위치로 재접착하기 위하여 브라켓 탈락 전 위치의 지표가 될 수 있는 잔여 레진을 제거하지 않고 flowable resin을 이용하여 재접착을 시행하는 방법을 제안하고 이 재접착 방법의 임상적 유용성을 알아보기 위하여 시행되었다. 브라켓이 탈락된 치아 표면의 잔여 레진을 제거하고 산 부식 후 Transbond XT[®]를 이용하여 새로운 브라켓을 접착하는 통상적인 재접착 방법을 사용한 군을 대조군으로 하고 탈락된 브라켓과 치아 표면의 잔여 레진을 제거하지 않고 치면을 산부식 후 탈락된 브라켓을 Transbond XT[®]와 CharmFil Flow[®]로 재접착한 군을 각각 실험군으로 하였다. 실험군과 대조군의 각 군간 전단결합강도를 비교하였으며 ARI score를 이용하여 브라켓의 탈락 양상을 관찰하였고 탈락 양상에 따른 전단결합강도를 비교하였다. 그 결과 실험군 중 Transbond XT[®]를 이용하여 재접착한 군(6.30 ± 1.01 MPa)의 전단결합강도가 대조군(6.51 ± 1.21 MPa)에 비하여 낮긴 하지만 통계적으로 유의한 차이가 없었으며($p = 0.534$), CharmFil Flow[®]를 이용하여 재접착한 군(7.29 ± 1.54 MPa)은 Transbond XT[®]를 이용하여 재접착한 군에 비하여 유의성 있게 높은 전단결합강도를 보였다 ($p = 0.009$). 탈락 양상을 관찰했을 때 대조군에서는 레진 내부, 브라켓-레진, 레진-치면 간의 파절 양상이 고르게 나타났으나 실험군에서는 레진-치면간의 탈락 양상은 보이지 않았고 레진 내부, 브라켓-레진 간의 탈락이 유사하게 나타났으며 브라켓의 탈락 양상에 따른 전단결합강도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다 ($p > 0.05$). 이상의 결과로 미루어보아 본 연구에서 제시된 재접착 방법과 flowable resin의 재접착제로서의 사용 가능성은 충분할 것으로 보인다.

(주요 단어: 재접착, 유동성 복합레진, 전단결합강도)

서 론

교정 치료를 위하여 접착된 브라켓은 저작,^{1,2} 대합 치와의 접촉, wire의 삽입 시 발생한 과도한 힘,³ 타액

의 오염에 의한 접착 실패²⁻⁴ 등의 원인으로 탈락된다. 이 경우 브라켓의 재접착이 필요하게 되며 통상적인 경우 치아 표면의 잔여 레진을 제거하고 새로운 브라켓을 이용하여 재접착하게 된다. 치아 배열 초기나 브라켓의 위치를 바로 잡기 위한 의도적인 제거 후 재접착의 경우라면 이러한 방법이 효과적이며 적절한 방법일 것이다. 그러나 치료 후반 각종 stainless steel 이상의 호선이 장착되어 치아의 이동이 일어나고 있는 상황에서 브라켓이 탈락하여 상기의 방법으로 재접착을 시행하게 되면 재접착된 브라켓의 위치가 탈락 전 위치와 달라 치아의 재배열이 필요하게 되고

^a 대학원생, ^b 교수, 부산대학교 치과대학 교정학교실.

교신저자: 손우성

부산광역시 서구 아미동 1가 10

부산대학교 치과대학 교정학교실 / 051-240-7445

wsson@pusan.ac.kr

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

/ 원고채택일: 2005년 3월 5일

Table 1. Resin and adhesive system of each group

	Group I (n = 24)	Group II (n = 24)	Group III (n = 24)
Initial bonding	Transbond XT [®]	Transbond XT [®]	Transbond XT [®]
Rebonding	Transbond XT [®]	Transbond XT [®]	CharmFil Flow [®]

이로 인하여 치료 기간이 늘어나게 되는 문제가 발생한다. 이의 극복을 위하여 브라켓을 호선상에 미리 결찰하여 접착한다거나 브라켓 포지셔너 등을 이용하여 부착하는 방법 등이 이용되고 있으나 술식이 번거롭고 타액 등에 오염될 가능성이 높으며 치아 표면에 밀착되지 못하여 브라켓 하방 레진의 두께가 증가하는 등의 문제점은 여전히 존재한다. 또한 탈락 시마다 새로운 브라켓을 사용하게 되는 경제적인 문제 역시 간과할 수는 없다.

임상적으로 브라켓의 직접 접착 시 잉여 레진은 제거되나 소량의 잉여 레진은 브라켓 주위에 남아 있게 되며 많은 경우 브라켓의 탈락은 레진 사이나 레진-치아 사이에서 일어나 브라켓의 탈락 후에도 치아 표면에는 잔여 레진이 존재한다. 이러한 레진들은 탈락 전 브라켓의 위치에 대한 지표가 될 수 있을 것이며 흐름성이 좋고 점도가 낮은 레진을 재접착에 사용하면 탈락 전의 위치에 근접하게 재접착이 가능할 것이다.

최근 재접착에 관한 연구들은 탈락된 브라켓을 재사용하는 경우라도 브라켓의 base를 sandblasting 등으로 적절히 처리하면 임상적으로 유용한 결합강도를 얻을 수 있다고 하였으며⁵ 브라켓의 재접착 시 결합강도는 처음 접착 시 결합강도보다 감소하지만 브라켓 base와 치아 표면에 대한 적절한 처치가 이루어진다면 임상적으로 충분한 결합강도를 얻을 수 있다고 하였다.⁶ 그러나 최초 접착한 레진과 재접착 레진의 종류가 다른 경우 결합강도에 대한 연구가 없었고 치아 표면의 잔여 레진을 제거하지 않고 재접착하는 방법에 대한 연구는 없었다. 또한 flowable resin을 이용한 브라켓의 재접착에 관한 연구도 없었다.

이에 본 실험에서는 탈락된 브라켓의 base와 치면의 잔여 레진을 제거하지 않고 flowable resin으로 재접착을 시행한 경우와 통상적인 방법을 이용하여 재접착을 시행한 경우의 전단결합강도를 비교하여

flowable resin을 이용한 재접착 방법의 임상적 유용성에 대하여 알아보고자 하였다.

실험재료 및 방법

실험재료

치아의 수집

증령에 따른 enamel rod의 조직학적 변화의 영향을 줄이기 위하여 교정 치료를 목적으로 발거된 청소년이나 초기 성인 소구치를 수집하였으며 그 중 우식이나 법랑질 표면의 결함이 없는 치아 72개를 선별하여 시편 제작 전까지 실온의 생리 식염수에 보관하였다.

Resin 및 Bracket

대조군(group I)의 브라켓 초기 접착과 재접착 시 접착제는 광중합형 교정용 접착제인 Transbond XT[®] (3M Unitek, USA) 를 사용하였다. 실험군 중 재접착에 Transbond XT[®]를 사용한 group II에서는 초기 접착에서도 Transbond XT[®]를 사용하였으며, group III에서는 초기 접착 시 Transbond XT[®], 재접착 시 CharmFil Flow[®] (Denkist Inc., Korea) 를 사용하였다. 접착 시스템은 35% phosphoric acid인 Charm Etch[®] (Denkist Inc., Korea) 와 본딩제로 CharmBond[®] (Denkist Inc., Korea) 를 사용하였다. 브라켓은 base의 형태가 chessboard형 (Daeseung Inc., Korea) 의 소구치용 표준형 에지와이즈 브라켓을 사용하였다 (Table 1).

실험방법

시편의 제작

1) 대조군(Group I) 시편 제작

초기 접착: 치아에 부착된 치근막이나 치석 등의 잔

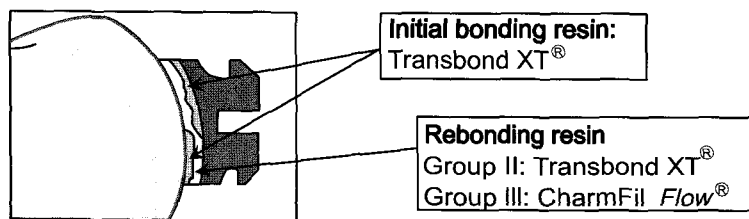


Fig 1. Experimental sample after rebonding.

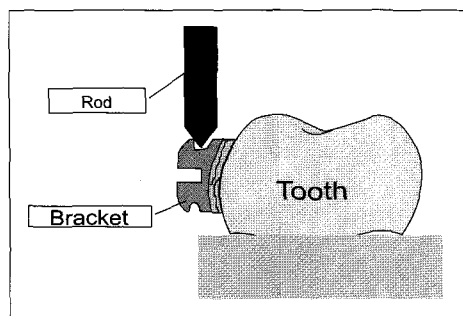


Fig 2. Shear bond strength test.

사를 제거하였다. 미리 제작된 석고 블록을 위한 주형에 석고를 혼합하여 넣었다. 초기 경화가 시작되기 전 무작위로 추출한 소구치를 치경부까지 석고에 매몰하여 시편을 제작하였다. 총 24개의 시편을 제작하였다.

브라켓을 접착하기 전 모든 치아의 협면을 불소를 포함하지 않는 pumice와 rubber polishing cup을 이용하여 세마하였고 세척 후 압축 공기로 건조하였다. 35% 인산인 Charm Etch[®]로 30초간 산부식 후 20초간 세척하고 CharmBond[®]를 산부식된 치아의 표면에 넓게 도포 후 plasma arc curing light인 Flipo[®] (Lokki, France)을 이용하여 3초간 광중합 하였다. Transbond XT[®]를 이용하여 직접 접착법으로 브라켓을 치면에 접착하고 브라켓 주위의 잉여 레진을 제거한 후 Flipo[®]로 3초간 광중합하였다. 브라켓의 접착 후 교합면 측 tie wing에 표시를 하여 debonding 후에도 상하를 구분할 수 있게 하였다.

Debonding: 브라켓의 변형을 최소화하고 임상에서와 유사한 탈락의 양상을 얻기 위하여 debonding plier의 beak를 브라켓의 교합면과 치은 쪽 tie wing에 두고 peeling force를 가하여 debonding⁷ 하였다.

재접착: 재접착을 위하여 Mui 등⁸이 추천한 통상적인 재접착 방법대로 치아 표면의 잔여 레진을 저속 핸드피스와 tungsten carbide bur를 이용하여 제거하고 초기 접착과 같은 방법으로 산부식 등의 치면 처리 후 새로운 브라켓을 Transbond XT[®]를 이용하여 재접착하였다.

2) 실험군(Group II, III) 시편 제작

초기접착: 각 실험군은 대조군(group I)과 동일한 방법으로 초기 접착 및 debonding 시행하였다. 실험군의 각 군당 24개의 시편을 제작하였다.

재접착: 재접착을 위해서 debonding된 치면의 잔여 레진은 제거하지 않았다. 레진의 탈락으로 노출된 치면 주위로 초기 접착 시의 방법과 동일하게 35% 인산을 이용하여 산부식 후 CharmBond[®]를 도포하였고 debonding된 브라켓의 표면은 과량의 레진을 제거하지 않고 유지력 만을 보강할 목적으로 Miniblaste[®] (Deldent Ltd., Israel)로 10 mm 거리에서 3초간 sandblasting 시행하여 처리하였다.⁹ 실험군은 재접착 레진은 같으나 재접착 방법이 다른 경우 결합강도의 차이를 비교하기 위하여 재접착 시 대조군과 동일하게 Transbond XT[®]를 사용한 group II와 재접착 방법은 동일하고 재접착 레진이 다른 경우의 차이를 비교하기 위하여 CharmFil Flow[®]로 재접착한 group III로 나누었다 (Fig 1).

Group II: Group II에서는 치면과 브라켓 base의 잔여 레진을 지표로 Transbond XT[®]를 이용하여 가능한 처음의 위치와 유사하게 재접착하고 브라켓 주위의 잉여 레진을 제거 후 initial bonding과 동일한 방법으로 광중합하였다.

Group III: Group III에서도 group II와 동일한 방법으로 initial bonding, debonding 및 치면과 브라켓의 재처리 후 CharmFil Flow[®]를 이용하여 재접착하였다.

전단결합강도의 측정

만능시험기(Hounsfield Test Equipment Ltd. Salfords, UK)를 이용하여 수직 전단력을 적용하였다. 석고 블록을 하부 고정판에 올려놓고 상부의 rod를 브라켓의 윗면에 위치시킨 후 5.0 mm/min의 속도로 수직 전단력을 적용시켰다 (Fig 2). 하방으로 힘을 가하여 브라켓이 치아로부터 탈락하는 순간의 단위면적 당 응력을 측정(kg/cm²)하였다. 그 결과 값은 MPa 단위로 환산하였다.

Table 2. Mean and standard deviation of shear bond strength (MPa) of each group

	<i>N</i>	Mean ± SD	<i>p</i> -value
Group I	24	6.51 ± 1.21	0.534
Group II	24	6.30 ± 1.01	
Group III	24	7.29 ± 1.54	0.009

Table 3. Frequency distribution of the ARI score of the each group

ARI score	Group I	Group II	Group III
0	10 (41.7%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)
1	6 (25.0%)	13 (54.2%)	11 (45.8%)
2	8 (33.3%)	11 (45.8%)	13 (54.2%)

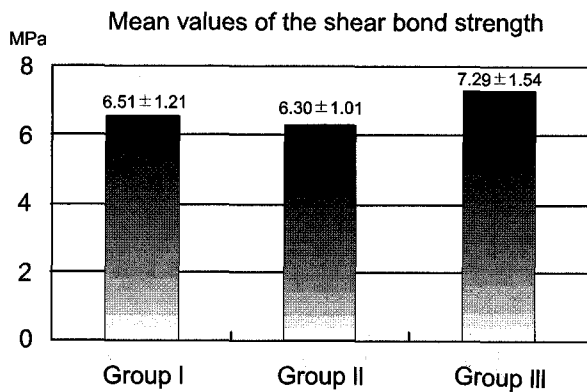


Fig 3. Mean of the shear bond strength. The control group (group I) and the group II have similar shear bond strength and group III have the highest shear bond strength.

파절 양상의 평가

전단결합강도의 측정 후 브라켓의 탈락 양상을 최와 서¹⁰가 제안한 점착제잔류지수(modified Adhesive Remnant Index)를 변형하여 다음과 같이 구분하였다 (Fig 4).

- ARI score 0: 치면-레진 계면에서의 탈락
- 1: 레진 내부에서의 탈락
- 2: 브라켓-레진 계면에서의 탈락

통계 처리

각 군당 24개 시편의 전단결합강도를 측정하였다. 각 군간 전단결합강도의 유의차와 파절 양상에 따른 전단결합강도의 유의차를 검증하기 위하여 SPSS for windows ver. 10.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) 통계 프로그램으로 group I과 group II, group II와 group III 각각에 대한 *t*-test를 시행하였다.

실험결과

전단결합강도

재접착 시 사용된 레진이 다른 각 실험군과 대조군의 파절 시 최대 하중을 측정된 결합강도를 Table 2에 나타내었다. 측정값은 MPa로 환산하였다.

통상의 방법으로 잔여 레진을 제거하고 재접착한 대조군은 전단결합강도의 평균이 6.51 MPa로 잔여 레진의 제거 없이 Transbond XT[®]를 이용하여 재접착한 group II의 평균인 6.30 MPa 보다 높았으나 CharmFil Flow[®]를 이용하여 재접착한 group III의 평균인 7.29 MPa보다 낮았다 (Fig 3).

대조군의 전단결합강도의 평균은 실험군 중 Group II의 전단결합강도의 평균보다 높았으나 통계적으로는 유의한 차이가 없었다 (Table 2) (*p* = 0.534).

실험군간의 비교에서 group III의 전단결합강도의 평균이 group II의 전단결합강도의 평균보다 높았으며 이는 통계적으로도 유의한 차이를 보였다 (Table 2) (*p* = 0.009).

파절 양상의 평가

전단결합강도 측정 후 브라켓의 탈락 양상을 점착제잔류지수를 이용하여 평가한 결과 Table 3와 같이 각 군간 ARI score의 빈도와 백분율을 얻었다.

대조군에서는 ARI score의 빈도가 유사한 분포를 보였으나 실험군의 group II, III에서는 치면-레진 간 파절이 나타나지 않았으며 레진 간, 브라켓-레진 간 파절 양상이 유사하게 나타났다 (Fig 5).

파절 양상에 따른 전단결합강도

각 실험군에서 탈락 양상에 따른 전단결합강도의

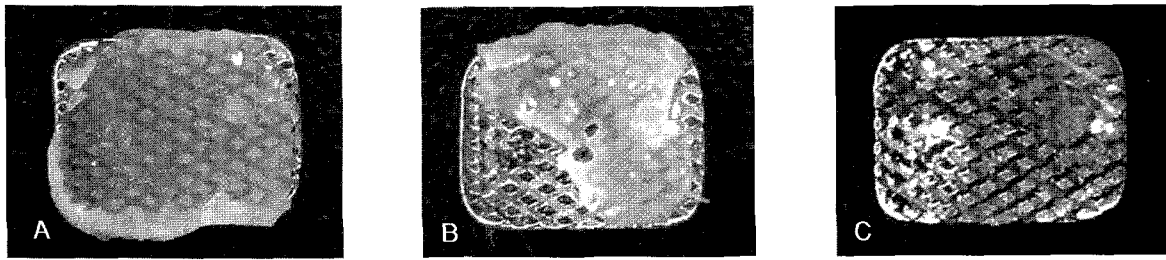


Fig 4. Bond failure patterns. A, ARI 0, bond failure occurred enamel-resin interface; B, ARI 1, bond failure occurred with in resin; C, ARI 2, bond failure occurred resin-bracket interface.

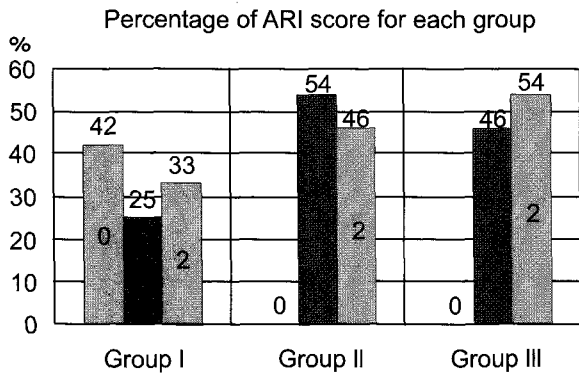


Fig 5. Comparison of the ARI score at each group. There is not significant difference at the distribution of bonding failure pattern in control group. But, there is not bonding failure in interface between the resin-enamel and bond failure between the resin-bracket, within the resin is distributed similarly at experimental group.

평균을 Table 4와 5에 나타내었다

Group II에서 레진 간 파절이 일어난 시편들의 전단결합강도가 레진-브라켓 간 파절이 일어난 시편들의 전단결합강도보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p = 0.132$) (Table 4).

Group III에서 레진 간 파절이 일어난 시편들의 전단결합강도가 레진-브라켓 간 파절이 일어난 시편들의 전단결합강도보다 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p = 0.332$) (Table 5).

총괄 및 고찰

Flowable resin은 수복의 영역에서 광범위하게 사

Table 4. Shear bond strength (MPa) according to ARI score at group II

ARI score	Mean ± SD	p-value
1	6.61 ± 0.58	0.132
2	5.92 ± 1.30	

Table 5. Shear bond strength (MPa) according to ARI score at group III

ARI score	Mean ± SD	p-value
1	6.95 ± 1.52	0.332
2	7.58 ± 1.56	

용되고 있는 혼합형 복합 레진이며 최근 교정 영역에서 도입되어 다양하게 사용되고 있다. 대부분의 flowable resin은 복합 레진의 입자 크기는 유지하면서 레진의 기질을 증가시키고 필러의 양을 줄여 점도를 감소시켰다.¹¹ Flowable resin은 표면 평활도가 높고 기존의 레진보다 낮은 탄성 계수를 가져 이를 이용하여 수복 시 치아에 가해지는 응력을 흡수하거나 분산시키는 성질이 있다. 또한 흐름성이 좋고 분배용 tip을 이용한 적용 방법으로 조작성 및 접근성이 우수하여 임상에서의 적용이 광범위하다. 이에 교정 영역에서는 filled adhesive 대응으로 브라켓의 직접 부착에 이용되거나¹² 우수한 흐름성과 낮은 점도를 이용하여 간접 부착 술식에 사용하기도 한다.¹³ 그 뿐만 아니라 접착식 보정 장치의 부착¹⁴이나 FRC (fiber reinforced composite) 의 부착¹⁵ 등에도 사용되어 범위를 점차 늘려가고 있다.

본 연구에서는 flowable resin이 교정 영역에서 재

접착제로 사용될 경우 중요한 성질인 전단결합강도에 대하여 살펴보았다. 브라켓의 재접착에 관한 여러 실험에서 Mui 등⁸은 브라켓의 재접착 시 치아 표면에 미세한 잔여 레진이 남아있거나 표면을 다시 산부식하지 않았을 경우 결합강도의 감소를 가져온다고 하였다. 따라서 carbide bur를 이용하여 잔여 레진을 제거하고 pumice를 이용하여 치면 세마를 시행한 후 치아 표면에 대한 산부식을 다시 시행한 경우 가장 높은 재접착 강도를 얻을 수 있다고 하였다. 그러나 Bishara 등⁶은 육안으로 보았을 때 치아 표면의 잔여 레진이 깨끗하게 제거되었다라도 법랑질 구조 내에 남은 레진이 결합강도에 영향을 미쳐 브라켓의 재접착 시 결합강도를 감소시킬 것이라 하였다.

본 실험에서는 carbide bur 등을 이용하여 잔여 레진을 치아 표면으로부터 제거하더라도 법랑질 구조 내의 레진은 제거되지 않아 법랑질에 대한 산부식 효과가 감소되고 이는 재접착 시 전체적 결합강도의 감소를 가져온다는 것에 착안하여 debonding 후 유지되는 치면과 레진 간의 결합을 보존하기 위해 치아 표면의 잔여 레진을 제거하지 않고 재접착을 시도하였다. Debonding 시 치면으로부터 레진의 탈락이 일어난 부위에는 치면에 대한 산부식을 시행하여 재접착 시 레진과 치면과의 결합을 보강하고 재접착 시 사용되는 레진이 잔여 레진의 거친 표면과 기계적으로 결합하여 충분한 결합강도를 가진다면 잔여 레진의 제거 없이도 재접착이 가능할 것으로 보았다. 이러한 방법을 이용한 재접착이 충분한 결합강도를 가져 임상에서 적용이 가능하다면 재접착 시 브라켓이 탈락된 치면의 잔여 레진을 제거하는 번거로움이 감소될 것이고 술식이 간단해 질 것이며 치면에 남은 레진의 indentation을 적절히 이용하여 탈락 전 브라켓 위치에 근접하게 재접착이 가능하게 되는 장점이 있을 것으로 보았다.

본 실험에서 Mui 등⁸이 추천하는 통상적인 재접착 방법을 이용한 대조군(group I)과 본 실험에서 고안한 방법으로 재접착한 실험군(group II & group III)은 치면의 재처리 방법에서 차이를 두었다. 대조군에서는 재접착 시 새로운 브라켓을 사용하고 실험군에서는 탈락된 브라켓을 사용한 차이가 있으나 Grabouski 등¹⁶의 실험에서 탈락된 브라켓을 재사용하는 경우에도 브라켓의 base에 sandblasting 등으로 적절한 처리 시 그 결합강도에는 차이가 없음을 이미 밝힌 바 있어 브라켓의 재사용 여부가 결합강도에 영향을 주지 않을 것으로 보았고 상기의 실험과 본 실험

간의 sandblasting으로 제거된 레진의 양에 있어서 차이가 있지만 임과 황⁹이 시행한 간접 부착술 시 브라켓 하방의 레진 base의 처리에 관한 실험에서 브라켓 하방의 레진이 충분히 제거되는 수준이 아닌 10 mm 거리에서 3초 정도의 sandblasting 후에도 임상적으로 유용한 결합강도(15 ± 0.8 MPa)를 얻었으므로 제거되는 레진 양의 차이가 결합강도에 영향을 주지는 않을 것으로 보았다.

실험군 중 대조군과 재접착 방법은 다르나 재접착 레진이 같은 group II의 전단결합강도(6.30 ± 1.01 MPa)는 대조군의 전단결합강도(6.51 ± 1.21 MPa)보다 조금 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이 결과로 재접착 시 치면의 잔여 레진에 대한 제거 여부에 차이가 존재하더라도 전단결합강도의 차이는 없다는 것을 도출할 수 있었다.

실험군의 group II와 group III은 재접착 시 잔여 레진을 제거하지 않는 치면의 처리 방법은 동일하였으며 재접착에 사용한 레진에서만 차이를 두었다. Group III의 전단결합강도(7.29 ± 1.54 MPa)는 group II의 전단결합강도(6.30 ± 1.01 MPa)에 비하여 높았으며 통계적으로도 유의한 차이가 존재하였다. Flowable resin이 Transbond XT[®]에 비하여 흐름성이 좋고 점도가 낮아 잔여 레진과 접착 레진 간의 긴밀한 접착이 이루어진 결과라 추측 할 수 있으나 이에 대해서는 레진의 물성들에 대한 심도 깊은 연구가 필요할 것이다.

본 실험에서 세 가지 군의 전단결합강도는 Reynolds¹⁷가 임상에서 고정식 장치를 유지하기 위하여 필요한 최소 결합강도로 제시한 6~8 MPa의 범위에 해당되는 값이며 따라서 이 세 가지 방법 모두가 임상적으로도 유용하다 할 수 있다. 그러나 Transbond XT[®]는 flowable resin에 비하여 흐름성이 좋지 않아 표면에 밀착되는 성질이 적고 재접착 후 레진 두께가 두꺼워져 이 실험에서 고안한 방법으로 재접착을 시행할 경우에는 이 실험 방법의 고안 시 목적 중 하나였던 탈락 전 위치의 재현에는 적합하지 않을 것으로 예상된다. 하지만 탈락 전의 위치 재현이 요구되지 않는 재접착의 경우에는 적절한 방법이 될 수도 있을 것이다.

브라켓의 탈락 양상에 관하여서는 많은 연구들이 진행되어왔는데 최와 서¹⁰는 Artun과 Bergland¹⁸가 제시한 ARI score를 변형하여 다음과 같이 탈락 양상을 구분하였다.

- 1형: 기저부 - 레진 계면에서 탈락이 일어난 경우
- 2형: 레진 내부에서 탈락이 일어난 경우

3형: 레진 - 치아 계면에서 탈락이 일어난 경우

4형: 1형과 3형의 혼합

그러나 브라켓의 탈락 양상을 확대하여 관찰하더라도 순수한 레진 내부에서의 탈락과 4형과 같은 혼합 양상의 탈락을 명확하게 구분하기는 쉽지 않다. 따라서 본 실험에서는 2형과 4형의 탈락 양상을 통합하여 ARI score 0: 레진-치면 간, ARI score 1: 레진 내부, ARI score 2: 레진-브라켓 간 탈락의 3가지로 구분하였다. 이런 기준을 이용한 파절 양상의 평가에서 흥미로운 결과를 볼 수 있는데 치면의 잔여 레진을 모두 제거 후 치면을 산부식하고 재접착한 군(group I)의 탈락 시 파절 양상은 모든 ARI score가 고르게 분포되어있는 반면 잔여 레진을 제거하지 않고 산부식 후 재접착을 시행한 군(group II & III)에서는 치면-레진간의 파절이 전혀 나타나지 않았다. 이러한 결과는 잔여 레진을 제거하지 않아 initial bonding 시의 치면-레진 간 결합을 유지하였고 치면으로부터 레진의 탈락이 일어난 부위를 다시 산부식하여 재접착 시 치면-레진 간 결합을 보장하고자 한 의도에 부합된다고 할 수 있다. 또한 레진 간, 브라켓-레진간의 파절 빈도가 유사하게 나타나는 것과 탈락 양상에 따른 전단결합강도의 차이가 존재하지 않으며, 실험군의 전단결합강도가 임상적으로 유의한 수준인 것 등으로 보아 debonding 후 치면의 잔여 레진과 재접착 레진간의 결합력은 임상적으로 충분하다고 볼 수 있다. 그러나 이러한 결과는 Egan 등⁵이 재접착 브라켓의 전단결합강도에 대하여 연구한 실험에서 레진 간 탈락은 소수였으며 대부분이 레진-치면간의 탈락이었다는 결과와는 상반되는 것이다. 이는 상기의 실험이 브라켓을 재접착하는 방법에서 본 실험과 근본적인 차이가 있었고 상기의 실험에 비하여 본 실험에서 레진 내부 탈락의 빈도가 높았던 것은 상기의 실험에서는 치면의 잔여 레진이 존재하지 않았던 것과 본 실험에서 치면의 잔여 레진과 재접착 레진 간 기계적 결합을 강화할 수 있는 처치가 이루어지지 않은 결과라고 할 수 있을 것이다. 그러나 치면-레진 간 탈락의 양상이 임상에서 선호되어야 하는 양상은 아니며⁷ 본 실험에서의 재접착 방법이 임상적으로 충분한 결합강도를 보이고 있으므로 레진 간 기계적 결합의 강화를 위한 부가적 처치는 필요하지 않을 것으로 보인다.

브라켓을 직접 접착법으로 치면에 부착 시 잉여 레진이 발생하게 되고 슬자는 이를 반드시 제거해야 한다. 제거되지 않은 브라켓 주위의 잉여 레진들은 치태 부착을 쉽게 하여 치주염이나 우식의 원인이 되기도

한다.^{19,20} Flowable resin은 기존의 접착용 레진과 달리 흐름성이 좋아 브라켓의 접착 시 잉여 레진의 제거가 쉽지 않고 주위로 흘러버리는 경우가 많다. 따라서 flowable resin을 이용한 재접착 시 접착 후 잉여 레진이 문제가 될 수 있다. 그러나 최근의 복합 레진의 치태 부착도에 관한 실험에서 연마되지 않은 수종의 flowable resin의 표면 조도가 40 nm를 넘지 않는다고 하였다.²¹ 이는 Bollen 등²²이 치면이나 수복물 표면에 치태 침착이 일어나는 역치로 제시한 표면 조도 0.2 μm 에 못 미치는 수치로 flowable resin을 사용하여 재접착 시 그 잉여 레진에 대한 제거가 완전하게 이루어지지 못했다고 할지라도 치태 부착에 의한 치주염 등이 유발될 위험성은 크지 않을 것으로 예상된다. 그러나 기존 접착 레진과 flowable resin의 치태 부착도 비교에 관한 실험을 통하여 구강 위생에 미치는 영향에 관한 연구가 필요하리라 본다.

본 연구는 실험실 내에서 전단결합강도를 측정하는 연구이므로 그 결과와 측정값을 실제 임상에서 동일하게 적용하기는 힘들 것이다. 그러나 실험군의 두 가지 group 모두가 통상적으로 사용되고 있는 재접착 방법과 비교하여 충분한 결합강도를 보이고 있으므로 본 실험에서 시도된 재접착 방법과 재접착제로써 flowable resin의 사용 가능성은 충분할 것으로 보인다.

결 론

본 연구는 브라켓의 탈락 후 치면의 잔여 레진을 제거하지 않고 flowable resin을 이용하여 탈락된 브라켓을 재접착한 경우의 전단결합강도와 이 재접착 방법의 임상적 유용성을 알아보기 위하여 시행되었다. 교정용으로 발거된 소구치를 석고 블록에 매식 후 Transbond XT[®]로 브라켓을 접착하였다. 접착된 브라켓을 debonding plier를 이용하여 제거한 후 대조군에서는 통상적인 재접착 방법대로 치면의 잔여 레진을 제거하고 산 부식 후 Transbond XT[®]를 사용하여 새로운 브라켓을 재접착하였다. 실험군은 대조군과 같은 방법으로 초기 접착과 debonding을 시행한 후 치면과 탈락된 bracket base의 잔여 레진은 제거하지 않았다. 이를 두 가지 군으로 나누어 치면을 산부식 후 Transbond XT[®]와 CharmFil Flow[®]로 재접착하였다. 만능시험기를 이용하여 수직 압하력을 가해 전단결합강도를 측정하였으며 탈락된 브라켓을 관찰하여 탈락 양상을 평가하였다.

이상의 실험에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 대조군인 group I (6.51 ± 1.21 MPa) 에 비하여 실험군 중 Transbond XT[®]를 이용하여 재접착한 group II (6.30 ± 1.01 MPa) 의 전단결합강도가 낮은 하지만 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 ($p = 0.534$), CharmFil Flow[®]를 이용하여 재접착한 group III (7.29 ± 1.54 MPa) 의 전단결합강도는 group II에 비하여 유의성 있게 높은 결합강도를 보였다 ($p = 0.009$).
2. 실험군 및 대조군의 탈락 양상을 관찰 했을 때 대조군에서는 레진 내부, 브라켓-레진, 레진-치면 간의 파절 양상이 고르게 나타났으나 실험군에서는 레진-치면간의 탈락 양상은 관찰되지 않았고 레진 내부, 브라켓-레진 간의 탈락이 유사하게 나타나는 것으로 관찰되었다.
3. 각 실험군에서 브라켓의 탈락 양상에 따른 전단결합강도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다 ($p > 0.05$).

이상의 결과로 미루어보아 본 연구에서 제시된 재접착 방법과 flowable resin의 재접착제로서의 사용가능성은 충분할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

1. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Implications of the failure rates of bonded brackets and eyelets: a clinical study. Am J Orthod 1984;86:403-6.
2. Wang WN, Sheen DH. The effect of pretreatment with fluoride on the tensile strength of orthodontic bonding. Angle Orthod 1991;61:31-4.
3. Wertz RA. Beginning bonding—state of the art. Angle Orthod 1980;50:245-7.
4. Kinch AP, Taylor H, Warltier R, Oliver RG, Newcombe RG. A clinical trial comparing the failure rates of directly bonded brackets using etch times of 15 or 60 seconds. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1988;94:476-83.
5. Egan FR, Alexander SA, Cartwright GE. Bond strength of rebonded

- orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1996;109:64-70.
6. Bishara SE, Laffoon JF, VonWald L, Warren JJ. The effect of repeated bonding on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;121:521-5.
7. Zachrisson BU. Bonding in orthodontics. In: Graber TM, Vanarsdall RL. Orthodontics: current principles and techniques. St Louis: CV Mosby, 2000. p. 594-5.
8. Mui B, Rossouw PE, Kulkarni GV. Optimization of a procedure for rebonding dislodged orthodontic brackets. Angle Orthod 1999;69:276-81.
9. 임병철, 황현식. 브라켓 간접 부착 술식시 레진 베이스의 표면 처리가 전단결합강도에 미치는 영향. 대치교정지 1998;28:1-15.
10. 최은아, 서정훈. 재생 브라켓의 전단결합강도에 관한 비교 연구. 대치 교정지 1998;28:641-57.
11. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composite. JADA 1998;129:567-77.
12. Frankenberger R, Lopes M, Perdigao J, Ambrose WW, Rosa BT. The use of flowable composites as filled adhesives. Dent Mater 2002;18:227-38.
13. Miles PG. Indirect bonding with a flowable light-cured adhesive. J Clin Orthod 2002;36:646-7.
14. Elaut J, Asscherickx K, Vannet B, Wehrbein H. Flowable composites for bonding lingual retainers. J Clin Orthod 2002;36:597-8.
15. Burstone CJ, Kuhlberg AJ. Fiber-reinforced composites in orthodontics. J Clin Orthod 2000;34:271-9.
16. Grabouski JK, Staley RN, Jakobsen JR. The effect of microetching on the bond strength of metal brackets when bonded to previously bonded teeth: An in vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998;114:452-60.
17. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1975;2:171-8.
18. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod 1984;85:333-40.
19. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. Am J Orthod 1982;81:93-8.
20. Zachrisson BU. Bonding in orthodontics. In: Graber TM, Vanarsdall RL. Orthodontics: current principles and techniques. St Louis: CV Mosby, 2000. p. 568-70.
21. 김영중, 정태성. 수중 복합 레진에 대한 치태부착도 비교. 부산대학교 대학원 치의학 석사 논문 2004.
22. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent Mater 1997;13:258-69.

- ORIGINAL ARTICLE -

Shear bond strength of rebonded orthodontic bracket with flowable resin

Dong-Woo Kim, DDS, MSD^a, Woo-Sung Son, DDS, MSD, PhD^b

This study was performed to evaluate clinical practicality of the rebonding method with flowable resin without the removal of the residual resin on the debonded teeth and debonded bracket base after debonding. The samples of the control group (group I) were rebonded with Transbond XT[®] using the usual rebonding method after the residual resin was removed. At experimental group, the brackets were rebonded with Transbond XT[®] (group II) and CharmFil Flow[®] (group III) without removal of residual resin which is the possibility becoming the index for rebonding to similar position with initial bonding. The shear bond strength of the each group was measured. Patterns of bonding failure were evaluated with modified ARI score, and the shear bond strength according to patterns of bonding failure at experimental group was compared. Between the control group (6.51 ± 1.21 MPa) and the group II rebonded with Transbond XT[®] (6.30 ± 1.01 MPa) did not have significantly difference in the shear bond strength ($p = 0.534$), and the shear bond strength of group II was significantly lower than the group III rebonded with CharmFil Flow[®] (7.29 ± 1.54 MPa) ($p = 0.009$). At control group, there was not large difference in distribution of bonding failure pattern. But at experimental group, bond failure did not occur in interface between the resin-enamel, and bond failure between the resin-bracket, within the resin was distributed similarly. There was not significantly difference in the shear bond strength according to patterns of bonding failure at experimental group ($p > 0.05$). The result of this study showed that the method suggested in this study and flowable resin as rebonding adhesive could be useful in clinically.

Korean J Orthod 2005;35(3):207-15

※ **Key words:** Rebonding, Flowable resin, Shear bond strength

^a Graduate Student, ^b Professor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

Reprint requests: **Woo-Sung Son**

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Pusan National University, 1-10 Ami-Dong, Seo-Gu, Busan, 602-739, Korea

+82 51 240 7447

wsson@pusan.ac.kr

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