

자연 치관과 포세린 치관상에서 교정용 브라켓 부착시 전단 결합 강도와 파절 양상에 관한 비교 연구

이현선 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

치아 우식증과 침식증의 진단과 본 연구는 교정용 밴드 사용의 대안으로 제시된 직접 부착 술식이 보철 치료를 받은 치아상에서도 적절한 결합 강도를 갖으면서 임상적으로 유용하게 사용될 수 있는지를 평가하고, 불산과 포세린 전처리제의 사용 여부에 따른 결합 강도와 접착 파절 양상의 차이에 대해 알아보하고자 시행하였다.

사람의 상하악 소구치 치관 20개를 대조군으로, 소구치의 협면을 복제한 포세린 치관 80개를 실험군으로 나눈 후, 대조군은 37% 인산으로 산부식한 후 Transbond XT[®]를 이용하여 금속 브라켓을 접착하였고, 실험군들은 모두 포세린 치관에 통상적으로 sandblasting 처리를 하되, 9.6% 불산으로 4분간 부식처리를 함께 한 군, 포세린 전처리제를 적용한 군, 마지막으로 sandblasting과 불산 그리고 포세린 전처리제를 모두 적용한 군으로 20개씩 나눈 후 금속 브라켓을 접착하였다. 각 군간 전단 결합 강도와 접착 파절 양상을 비교하여 관찰한 결과, 포세린 치관에 금속 브라켓을 접착할 시, 기존의 비심미적인 밴드를 사용하지 않더라도 sandblasting과 불산 그리고 포세린 전처리제를 이용한 직접 부착 술식으로 임상적으로 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

주요어 : 전단 결합 강도, 포세린 치아, 금속 브라켓, 불산, Sandblasting

I. 서 론

교정력을 전달하는 브라켓을 치아의 정확한 위치에 확고히 부착하는 것은 교정 치료의 초기 단계에서 가장 중요한 절차이다. 법랑질 면에 브라켓을 직접 부착시키는 술식(direct bonding system)¹⁾은 밴드장치를 이용하여 브라켓을 부착시키던 기존의 교정 치료에 일대 변혁을 가져왔다. 직접 접착 술식은 밴드 장치에 비해 브라켓 위치의 정확도를 향상시키면서도 심미적이며 치은에 자극이 적고²⁾, 접착과 제거 과정 또한 용이하며³⁾, 시간이 절약되는 등 많은 장점이 있기에 오늘날 임상들 사이

에서 널리 이용되고 있다.

교정 환자에서 성인 환자의 비중은 날로 증가하여 기존의 보철 치료를 받은 치아에 교정 장치를 부착해야 하는 상황에 놓일 때가 많아졌다. 또한 심미적인 치과 수복 재료도 발달하여 전치부는 물론 구치부까지 포세린을 이용한 광범위한 치료가 행해지고 있다. 그러나 기존의 산부식법은 포세린 표면을 처리하기에는 미흡하였고, 따라서 교정용 브라켓에 대한 접착력을 증가시키고자 포세린 표면을 처리하는 방법들이 여러 문헌을 통하여 소개되었다⁴⁻⁶⁾.

포세린과 레진을 결합시켜주는 silane이 소개되면서⁷⁻⁹⁾ 접착 방법은 새로운 전기를 맞았다. Silanes(gamma-methacryloxypropyl-trimethoxy silane)는 polymer와 glass filler를 연결시켜 주는 결합제이다¹⁰⁾. 보편적으로 레진 시멘트와 도재의 결합 강도를 향상시키기 위해서는 산부식을 하거나 sandblasting을 한다. 이들은 도재 표면의 거칠기를 이용하는 기계적 결합 방법과 silane을 이용한 화학적 결합 방법으로 도재 수복물

교신저자 : 김 종 수

충남 천안시 안서동 산29
단국대학교 치과대학 소아치과학교실
Tel: 041-550-1931,2
E-mail : jskim@dku.edu

의 접착이나 파절부 수리에 이용되어 왔다^{11,12)}. 교정 영역에서는 포세린 치관에 브라켓을 접착할 때 결합 강도를 높이고자 기존의 접착 system과 더불어 silane을 사용해 왔다. 그러나 speed bracket과 같은 금속 자가 결찰 시스템이 각광을 받는 현 시점에서 불산과 silane 처리 그리고 sandblasting을 이용하여 금속 브라켓을 접착하였을 때, 다양한 조건하에서 측정된 전단 결합 강도가 임상적으로 사용하기에 적절한가에 대한 실험적 근거를 제시할 만한 연구는 많지 않았다. 또한 통상적인 자연 치아에 산부식 처리를 하여 얻은 금속 브라켓의 접착 강도와 접착 파절형태 그리고 여러 가지 접착 절차에 의한 포세린 표면에 대한 금속 브라켓의 접착 강도와 접착 파절형태를 비교한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 저자는 포세린 치관에서의 직접 부착 술식이 자연치아에서와 유사한 정도의 적절한 결합 강도를 갖으면서 임상적으로 유용하게 사용될 수 있는지를 평가하고, sandblasting과 포세린 전처리제의 사용 여부에 따른 결합 강도와 접착 파절 양상을 비교하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

교정 치료를 위해 발거된 상하악 소구치 중 치관 협면에 균열, 우식 병소, 수복물이 없고 형태 이상이 없는 건전한 치면을 가진 치아 20개를 선별하여 치면의 이물질질을 흐르는 물로 깨끗이 씻은 후, 시편 제작 전까지 4℃의 0.1% thymol 용액에 보관하였다. 소구치의 협면을 재현한 포세린 치아 80개를 기공실에 의뢰하여 제작하였다.

대조군(group I)은 전처리로 37% 인산(Reliance, USA)을 사용하였고, 접착 시스템은 광중합형 교정용 접착제인 Transbond XT®(3M Unitek, USA)를 사용하였다. 실험군은 모두 sandblasting으로 처리하여 대조군과 같은 접착제인 Transbond XT®(3M Unitek, USA)로 브라켓을 접착하되 군에 따라 9.6% 불산(HF, Reliance, USA)과 포세린 전처리제(Silane agent, Reliance, USA)를 차별 적용하였다.

광중합기로는 plasma arc lamp를 광원으로 사용하는 Flipo®(LOKKIS, France)를 사용하였다.

교정용 브라켓으로는 018인치 슬롯 소구치용 스트레이트 에지와이즈 금속 브라켓(Dentaurum Inc., Germany)을 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 군 배정

Table 1과 같이 표면 처리 방법에 따라 시편을 1개의 대조군, 4개의 실험군으로 분류하였다.

2) 시편의 제작

① 대조군 시편 제작

대조군인 I군은 다음과 같이 제작하였다. 치아에 부착된 오염물의 잔사를 제거한 후, 미리 제작된 석고 블록을 위한 주형에 석고를 혼합하여 넣고 초기 경화가 시작되기 전 소구치를 치경 부까지 석고에 매몰하여 시편을 제작하였다.

브라켓을 접착하기 전 모든 치아의 협면을 불소를 포함하지 않은 퍼미스와 러버컵을 이용하여 세마하였고 세척 후 압축 공기로 건조하였다. 37% 인산으로 20초간 처리하고 30초간 세척하였으며, 다시 건조하였다. Transbond XT primer®를 산부식된 법랑질 표면에 얇게 도포 후, Transbond XT primer®가

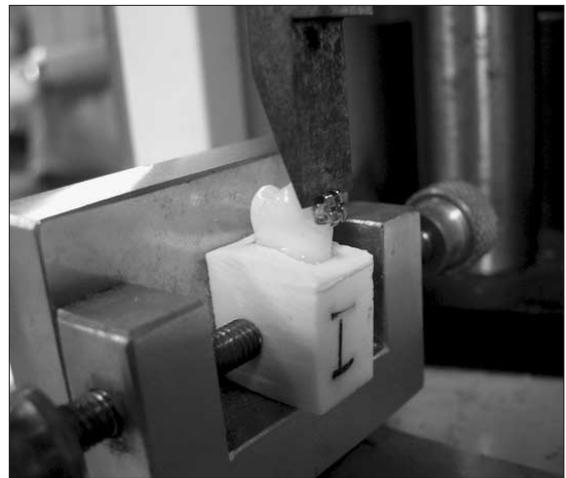


Fig. 1. Shear bond strength test.

Table 1. Sample grouping

Group number	Group classification	Tooth composition	Surface treatment	Sample N. (N=100)
I	Control	Natural tooth(enamel)	37% Phosphoric acid	20
II	Experimental	Porcelain	Sandblasting	20
III	Experimental	Porcelain	Sandblasting +9.6% hydrofluoric acid	20
IV	Experimental	Porcelain	Sandblasting +porcelain-primer	20
V	Experimental	Porcelain	Sandblasting +9.6% hydrofluoric acid + porcelain-primer	20

적용된 브라켓을 치아의 협면 중앙에 위치시켰다. 충분한 압력을 가하여 과잉의 접착제가 빠져나오도록 하고 광중합 전에 익스플로러를 이용하여 브라켓 가장 자리를 따라 과잉의 접착제를 제거하였다. 제조사의 지시에 따라 plasma arc curing light인 Flipo[®]를 이용하여 근원심 면에서 각각 3초씩(총 6초) 광중합하였다.

② 실험군 시편 제작

실험군은 다음과 같이 제작하였다. 80개의 포세린 치아들을 20개씩 4개의 군으로 Table 1과 같이 분류하였다. 포세린 치아들을 모두 I군과 동일한 방법으로 석고 블록에 매몰하고, 치면 세마한 후 각 군당 다음과 같은 방법으로 접착 표면 처리를 달리 하였다. II군은 sandblasting 처리만 한 후 표면을 1분간 세척한 후 Transbond XT[®]로 브라켓을 접착하였다. III군은 sandblasting 처리 후, 9.6% 불산으로 처리한 후 브라켓을 접착하였다. IV군은 sandblasting 처리 후, 포세린 전처리제와 Transbond XT[®]로 브라켓을 접착하였다. V군은 sandblasting 처리 후, 9.6% 불산으로 4분간 처리하고 30초간 세척하였으며 다시 건조 후 포세린 전처리제와 Transbond XT[®]로 브라켓을 접착하였다.

실험군인 II군, III군, IV군, V군도 대조군과 마찬가지로 Plasma arc curing light인 Flipo[®]를 이용하여 근원심 면에서 각각 3초씩(총 6초) 광중합하였다.

실험에 사용된 모든 시편들은 중합 시 거리를 2.0 mm이하로 유지하였으며, 광중합 후 잔여 중합이 이루어지도록 상온에서 10분간 방치한 후, 증류수에 넣어 37℃ 항온 수조에 24시간 보관하였다¹³⁾.

3) 전단 결합 강도의 측정

만능 시험기(Kyung Sung, Korea)를 이용하여 수직 전단력을 적용하였다. 석고 블록을 하부 고정판에 올려놓고 상부의 rod를 브라켓 위 윗면에 위치시킨 후 5.0 mm/min의 속도로 수직 전단력을 적용시켰다(Fig. 1). 하방으로 힘을 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고 하중(kg)을 측정하였고 각 브라켓의 면적으로 나누어 MPa 단위로 환산하였다.

4) 접착 파절 형태 관찰

전단 결합 강도 측정 후, 브라켓의 기저면과 자연치관 표면

그리고 포세린 치관 표면을 한 명의 관찰자가 관찰하였다. 브라켓 기저면에 남아있는 접착제의 양에 따라 Artun과 Bergland¹⁴⁾의 접착제 잔류지수(ARI)를 이용하여, Score 0은 브라켓 기저면에 레진이 남아 있지 않은 경우, Score 1은 브라켓 기저면에 레진이 반 이하 남아 있는 경우, Score 2는 브라켓 기저면에 레진이 반 이상 남아 있는 경우, Score 3은 브라켓 기저면에 레진이 모두 남아 있는 경우로 평가하였다.

5) 주사전자현미경 관찰

접착 파절 후 브라켓과 기저면을 광학현미경으로 100 배율하에서 관찰하고 이중 대표적인 접착제 잔류 지수를 보이는 표본을 선택 후, 치면을 금 피막기(E-1010, HITACHI, Japan)를 사용하여 20 nm 두께로 코팅 후 주사 전자 현미경(S-3000, HITACHI)으로 가속전압 15Kv하에서 40배율로 관찰하였다.

6) 통계 처리

통계 처리는 윈도우용 SPSS V13.0(SPSS Inc., USA) 통계 프로그램을 사용하였다. 각 군간의 유의성을 알아보기 위해 one-way ANOVA test와 사후 검정으로 Scheffe's test를 이용하여 유의 수준 0.05%에서 분석하였다.

Ⅲ. 연구 성적

Table 2는 데이터 값이 나온 군별 유효 데이터 수와 비율을 나타낸다. III, IV, V군에서는 시편을 지지하는 석고 블록의 파절로 3개, 3개, 1개의 오류 데이터가 생겼으며, 5군에서는 4개의 데이터가 통계적으로 이상치를 보여 제외된 후, 각 군별 연구 성적을 알아보았다(Table 2, Fig. 2).

1. 전단 결합 강도

Table 3은 모든 군의 시편에서 측정된 전단 결합 강도의 평균과 표준 편차를 나타낸다. 자연 치관상에서 37% 인산처리 후 금속 브라켓을 접착하였을 때 전단 결합 강도는 20.43±6.96 MPa으로 전체 군 중 매우 유의하게 크게 나타났다. 포세린 치관상에서 sandblasting만을 사용했을 시와 sandblasting과 9.6% 불산 처리 시 그리고 sandblasting과 포세린 전처리제를 사용 시는 각각 7.74±3.44 MPa, 10.04±3.41 MPa,

Table 2. The available sample in this study

Group	Cases Valid (N)	Percent (%)	Missing (N)	Percent (%)	Total (%)	Percent (%)
I	20	100	0	0	20	100
II	20	100	0	0	20	100
III	17	85	3	15	20	100
IV	17	85	3	15	20	100
V	15	75	5	25	20	100

10.59±2.09 MPa으로 군간 통계적으로 유의한 차가 없었다. Sandblasting과 9.6% 불산 그리고 포세린 전처리제를 모두 사용시 전단결합강도는 15.87±1.44 MPa로 대조군보다는 작았으나 다른 실험군보다는 유의하게 크게 나타났다(p<0.05, Table 3, 4).

2. 접착 파절 형태

접착제 잔류 지수의 분포는 Table 5와 Fig. 4에 나타내었다. 자연 치관상에서 통상적인 방법으로 브라켓을 접착한 대조군과 포세린 치관상에서 sandblasting과 불산 처리를 한 군에서는 ARI score가 주로 1에 분포하였으며, 이에 반해 IV군과 V군에

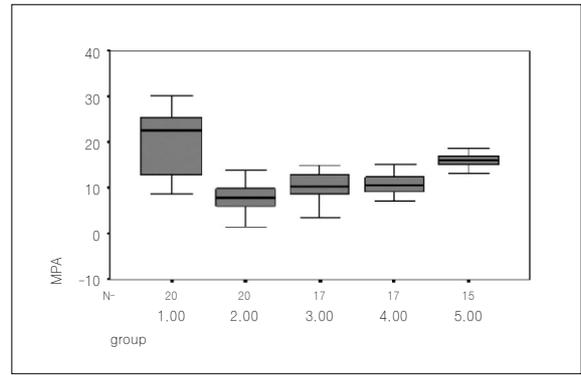


Fig. 2. The box-plot according to group of available sample data.

Table 3. Descriptive statistics of shear bond strengths of 5 groups tested (Unit : MPa)

Group	Surface treatment number	Shear bond strength values (MPa) (Mean±S.D.)	Minimum	Maximum	Group*
I	37% Phosphoric acid	20.43±6.96	8.67	30.18	A
II	Sandblasting	7.74±3.44	1.42	13.88	B
III	Sandblasting+9.6% hydrofluoric acid	10.04±3.41	3.35	14.81	B
IV	Sandblasting +porcelain primer	10.59±2.09	7.14	15.15	B
V	Sandblasting +9.6%hydrofluoric acid +porcelain primer	15.87±1.44	13.21	18.55	C

Group* : Scheffe's multiple range test for shear bond strength (p <0.05)

Table 4. Statistical comparison of shear bond strength among 5 groups

	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V
Group I					
Group II	*				
Group III	*				
Group IV	*				
Group V	*	*	*	*	

Table 5. Frequency distribution of the adhesive remnant indices

Group number	Surface treatment	ARI=0	ARI=1	ARI=2	ARI=3	Sample N. (N=89)
I	37% phosphoric acid	1(5%)	12(60%)	1(5%)	6(30%)	20
II	Sandblasting	0(0%)	0(0%)	0(0%)	20(100%)	20
III	Sandblasting+9.6% hydrofluoric acid	0(0%)	12(70.6%)	3(17.6%)	2(11.8%)	17
IV	Sandblasting +porcelain primer	8(47.1%)	9(52.9%)	0(0%)	0(0%)	17
V	Sandblasting +9.6% hydrofluoric acid +porcelain primer	8(53.3%)	7(46.7%)	0(0%)	0(0%)	15

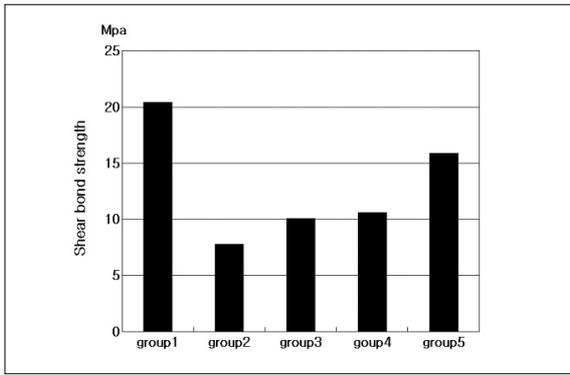


Fig. 3. Bar graph of shear bond strength of each group.

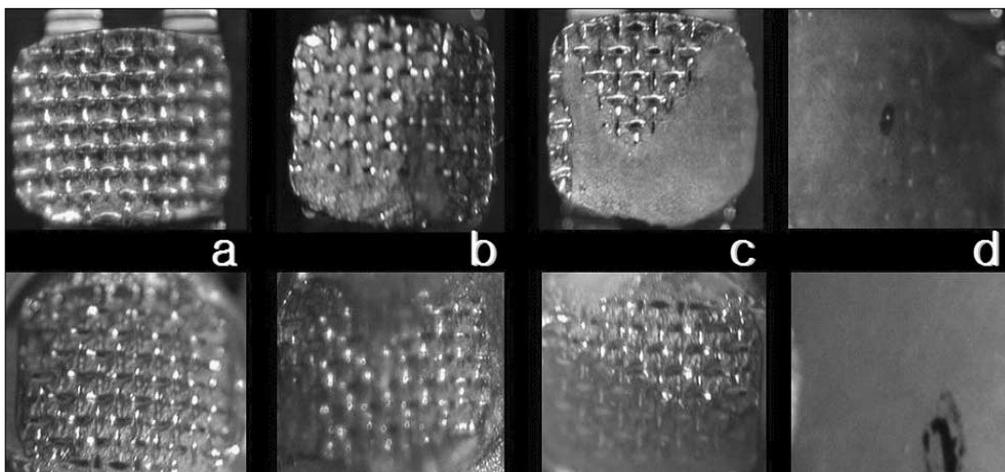
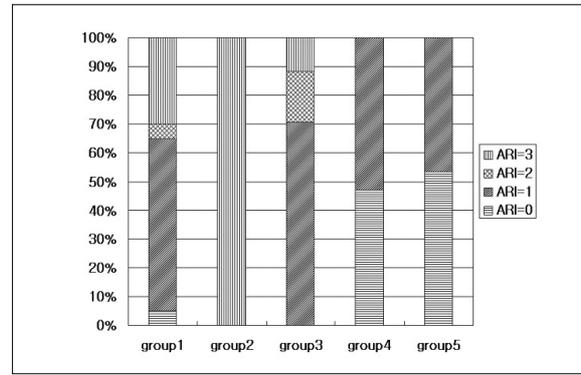


Fig. 5. The photographs of specimen showing the Adhesive Remnant Index (a:score 0, b:score 1, c: score 2, d: score 3).

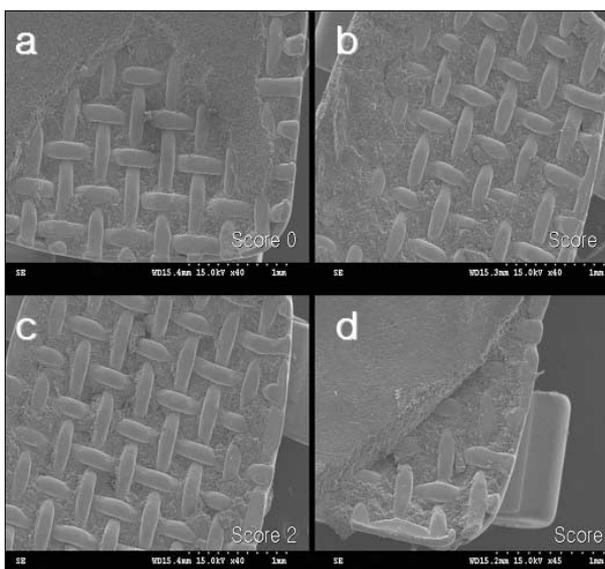


Fig. 6. The Scanning Electron Micrograph of specimen showing the Adhesive Remnant Index(a:score 0, b:score 1, c: score 2, d: score 3).

서는 주로 ARI score 0과 1에 분포하였다. 이와는 비교되게 sandblasting만 처리한 II군에서는 브라켓 기저면에 접착제가 모두 남아있는 양상(ARI=3)이 전 시편에서 나타났다.

3. 접착 파절 형태의 관찰 (Fig. 5, 6)

주사전자현미경과 광학현미경을 이용하여 관찰한 소견이다. 대표적인 접착제 잔류 지수를 보이는 표본을 선택하여 관찰한 결과를 Fig. 5와 6에 실었다.

IV. 총괄 및 고안

치과학에서 접착이란 용어는 법랑질 면에 접착용 레진을 이용하여 브라켓을 부착시키는 것을 묘사하는 데 쓰였다^{15,16)}. 이 과정에서 물리적, 화학적 힘 모두 중요한 역할을 하지만 낮은 점도의 다량체 결합제와 법랑질 표면간의 물리적 interlocking이 더욱 부착의 주요 기전을 이룬다. 이상적인 치과 교정용 접

착제는 임상적으로 사용하기 편리해야 하고 형태적으로 안정되어야 하며 우수한 접착 강도를 지녀야 한다.

본 연구에서는 대조군으로서 받기된 사람의 소구치를 사용하였으며 실험 전에는 0.1% thymol 용액에 보관하였고, 시편 제작 후에는 증류수에 보관하였다. Lopez¹³⁾는 치아 표면에 브라켓을 접착한 시편을 37°C 증류수에 24시간, 30일 동안 각각 보관 후 결합 강도를 측정하였을 때 차이가 없다고 보고하였으며 이에 근거하여 본 연구에서는 브라켓을 접착하고 37°C 증류수에서 24시간 보관한 후 전단 결합강도를 실험하였다.

포세린 치관 표면에 최적의 결합 강도를 얻기 위한 적정 불산의 농도에 대해서는 합의된 동의가 이루어지지 않고 있다. Zachrisson와 Buyukyilmaz¹⁷⁾는 포세린을 산부식하는 가장 보편화된 방법이 9.6% 불산 겔을 2~4분 간 적용시키는 것이라고 언급하였고 이런 상황에서 바람직한 결합 강도를 얻을 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서도 실험군에 불산 처리 시 부식 시간을 4분으로 설정하여 표면적의 증가를 도모하였다.

포세린 전처리제는 silane 성분으로 구성되어 있다. Organosilane은 다음의 두 가지 기능을 수행함으로써 결합 강도를 증가시키는 역할을 한다. 첫째, organosilane은 porcelain과 레진 간의 화학적 결합을 제공한다. 둘째, silane 분자의 organic 부분은 포세린 표면의 젖음성을 향상시켜 더 나은 미세 기계적 결합을 가능하게 한다¹⁸⁾. 본 연구에서는 포세린 전처리제를 사용한 군과 사용하지 않은 군 사이에 통계학적 유의차를 발견할 수는 없었으며 이는 Major 등¹⁸⁾의 연구와는 다소 차이가 존재한다. 포세린 치관상의 브라켓 결합 강도를 증가시키기 위해 표면 거칠기를 증가시키는 과정에서 포세린 표면 glaze를 제거해야 한다. Glaze처리는 포세린을 구조적으로 강화하고 보다 심미적으로 보일 수 있게 하기 위해 사용되는 효과적인 방법이며 glaze가 제거된 표면은 crack 번짐 현상에 취약할 수 있다. 따라서 교정치료 종결 시 브라켓이 접착된 표면은 도재 보철물의 강화를 위한 별도의 처리가 고려되어야 하며 이를 위해서 다양한 후처리 방법의 연구가 필요하다고 생각된다.

최근에 개발된 Plasma arc lamp(PAL)는 고강도 광원을 사용하여 획기적으로 짧은 광조사 시간만으로 광중합 복합 레진의 최적의 물리적 성질을 달성할 수 있다고 소개되고 있다¹⁹⁾. PAL방식은 두 전극 사이에서 전기적 arc가 형성되어 내부의 제는 가스가 가열 되어 강력한 빛을 발광하는 플라즈마가 형성되는 원리를 이용한 것이다. 즉 이온화된 분자와 전자가 기체 상태의 혼합물로 구성된 glowing plasma로부터 빛이 방출되며 470nm 주위의 다소 좁은 파장 범위에서 매우 높게 출력되어 camphoroquinone을 활성화하여 보다 민감하고 효과적으로 작용한다²⁰⁾. PAL로 광중합시 Sfondrini 등²¹⁾은 2, 5, 10초 사이에 유의한 차가 없다고 하였고, 김 등²²⁾의 연구에서는 할로겐 50초 중합과 PAL 2, 5초 중합간의 유의한 차가 없이 임상적으로 수용 가능한 중합이 이루어짐을 보고하였다. Hofmann 등²³⁾은 PAL로 3초간 두 번 중합한 경우에 중에너지(550mW/cm²) 가

시광선으로 중합한 경우와 비교해서 표면 경도가 유사하다고 하였으며, 이 등²⁴⁾은 PLA 6초 혹은 9초 정도 광중합 했을 때 할로겐과 유사한 중합을 얻을 수 있다는 것을 보고하였다. 이를 토대로 본 연구에서는 PAL을 사용하여 근원심으로 각각 3초간(총 6초) 광중합하였다.

이번 연구에서 광조사기와 브라켓의 거리는 임상적인 상황을 고려하여 설정되었다. 즉 일반적인 복합 레진과 광원 사이의 이상적인 거리는 표면에서 1.0 mm이내이다²⁵⁾. 또한 한 번 충전시 완전한 중합을 위해서는 레진의 두께는 2.0 mm이상 초과하지 말아야 한다고 보고되어 왔다^{26,27)}. 실험에 사용된 모든 시편들은 중합 시 거리를 2.0 mm이하로 유지하여 보다 완전한 중합을 이룰 수 있도록 하였다.

어느 정도의 전단 결합 강도가 임상적으로 유용한가에 대해서는 많은 연구들이 있었다. Reynolds²⁸⁾는 임상 교정에서 필요로 하는 브라켓의 최소 결합 강도가 5.9~7.8 MPa이라고 하였고, Keizer 등²⁹⁾은 교정용 브라켓이 생리적이고 기계적인 힘을 견디기 위해서 2.8 MPa을 제안했으며, Maijer와 Smith³⁰⁾는 7.6 MPa을 이상적인 접착 강도로 보고하였다. 또한 McCarthy와 Hondrum³¹⁾은 요구되는 최소 전단 결합 강도가 7.0 MPa이라고 하였고 Newmann³²⁾은 저작력과 교정력을 견디기 위한 임상적으로 허용 가능한 최소 접착 강도를 13.72 MPa이라고 하였다. 본 연구 결과 대조군과 실험군 모두에서 전단 결합 강도는 7.74~20.43 MPa의 범위로서 Newmann³²⁾의 주장에 근거를 둘 때 임상적으로 유효한 수치를 보이는 군은 I군과 V군뿐이다. 즉, 자연 치관상에서 37% 인산 처리 후 금속 브라켓을 접착하였을 때 전단 결합 강도는 20.43±6.96 MPa로 전체 군중 매우 유의하게 크게 나타났으며 포세린 치관상에서 sandblasting만을 사용했을 시와 sandblasting과 9.6% 불산 처리 시 그리고 sandblasting과 포세린 전처리제를 사용 시는 각각 7.74±3.44 MPa, 10.04±3.41 MPa, 10.59±2.09 MPa로 군간 통계적으로 유의한 차가 없었다. Sandblasting과 9.6% 불산 그리고 포세린 전처리제를 모두 사용 시 전단 결합 강도는 15.87±1.44 MPa로 대조군보다는 작았으나 다른 실험군보다는 유의하게 크게 나타났다(Table 3, 4). 포세린 치관상에서 브라켓을 부착한 모든 실험군들이 대조군인 자연 치관상에서 부착한 군에 비해 유의성 있게 낮은 전단 결합 강도를 보였으나, 실험군들 중 sandblasting과 9.6% 불산 그리고 포세린 전처리제를 모두 사용한 V군에서 가장 높은 전단 결합 강도를 보여 대조군의 강도에 가장 근접하였으며 이는 Newmann³²⁾이 주장한 임상적 허용치인 최소 접착 강도 13.72 MPa을 넘긴 수치이기도 하다.

세라믹 브라켓의 결합 강도와 금속 브라켓의 결합 강도를 비교한 연구에서 세라믹 브라켓의 결합 강도는 21.7~27.7 MPa³³⁾, 22.5 MPa³⁴⁾, 12.3~17.0 MPa³⁵⁾ 등으로 학자마다 차이를 보이기는 하지만 세라믹 브라켓을 접착한 경우가 금속 브라켓을 접착한 경우에 비해 높은결합 강도를 보이는 것으로 나타났다. 본 연구는 금속 브라켓만으로 포세린 치관상에서 교정

력에 견딜 수 있는 결합 강도가 임상적으로 유용한 범위인지 알아보았으나, 심미성을 고려하여 세라믹 브라켓을 붙일 경우 더 강한 결합강도를 보일 것이 예상되며, 이에 대해 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

브라켓 접착 계면의 파절 부위는 접착 과정에 대한 유용한 정보를 제공한다. Joseph과 Rossouw³³⁾는 금속 브라켓은 접착제와 브라켓 계면에서 접착 파절이 일어난다고 하였고, Harris 등³⁴⁾은 접착 파절 시 범랑질의 손상을 줄이기 위해서 접착제와 브라켓 계면의 파절이 바람직하다고 보고하였다. Keizer 등²⁹⁾은 브라켓의 접착 파절 양상은 범랑질과 접착제 사이의 결합력, 접착제와 브라켓 사이의 결합력, 접착제와 브라켓 재료의 화학적, 기계적 특성 등에 의해 영향을 받으며 잔존 접착제의 양이 접착 강도에 영향을 준다고 하였다. 반면 O'Brien 등³⁵⁾은 파절 양상이 브라켓 기저부의 형태나 사용된 접착제 종류에 따라 영향을 받는다고 주장하면서 광중합형 레진 접착제는 주로 범랑질과 접착제 계면에서 탈락을 보인다고 하였고, 또한 접착 파절 시 접착제의 잔존량과 전단 결합 강도는 관련이 없다고 하였다. Lopez¹³⁾에 의하면 브라켓 탈락 실험과 실제 임상적 상황은 다른데, 실제 임상에선 완전한 타액 조절이 어렵기 때문에 주로 범랑질 표면에서 브라켓이 탈락한다고 하였고, 이는 브라켓 제거 시 시간을 절약하게 하며 그 후 범랑질 연마과정을 훨씬 쉽게 만든다고 하였다. 본 연구에서는 II군을 제외하고 주로 브라켓 기저면과 접착제 사이에서의 파절이 주된 양상으로 관찰되어 이전의 연구와 유사한 양상을 보였다³³⁾. 즉, 자연치를 대상으로 한 대조군과 포세린 치관상에서 sandblasting과 불산 처리를 한 III군에서는 ARI score가 주로 1에 분포하였으며, 이에 반해 IV군과 V군에서는 주로 ARI score 0과 1에 분포하였다. 이와는 비교되게 sandblasting만 처리한 II군에서는 브라켓 기저면에 접착제가 모두 남아있는 양상(ARI=3)이 전 시편에서 나타났다. 즉, sandblasting만 처리한 II군을 제외하고 나머지 군들의 파절은 주로 ARI score 0과 1에 분포하였다. 따라서 포세린 표면에 sandblasting 후 추가적인 처리를 해 준다면 포세린과 접착 레진 사이에서의 파절을 줄여 궁극적으로는 브라켓과 포세린간의 전단 결합 강도를 높이는 효과를 가져올 수 있을 것이다. 또한 Maijer와 Smith³⁰⁾는 브라켓 하방에 공기가 포함됨으로써 산소가 자유 라디칼의 중합을 저해하여 브라켓과 레진 시멘트 사이에 전단 결합 강도를 낮춘다고 하였다. 따라서 브라켓 하면에 시멘트를 적합할 때 공기가 포함되지 않도록 주의가 필요하다.

이상의 결과들은 기존의 보철치료를 받은 환자에서 포세린 치관에서 교정용 브라켓의 직접 부착 술식이 자연치상에서의 결합 강도와 비교할 때, 적절한 결합 강도를 갖으면서 임상적으로 유용하게 사용될 수 있음을 시사한다. 따라서 포세린 치관상에서의 직접 접착 술식은 심미적으로 불리한 밴드의 사용을 피하면서도 환자와 술자에게 편의성을 제공하고 시간과 비용면에서도 더 효율적일 수 있으며, sandblasting과 포세린 전처리제를 사용함으로써 안정적인 결합 강도 범위를 얻을 수 있다. 하

지만 본 연구가 실험실에서 이루어져 그 결과와 측정값을 실제 임상에서 동일하게 적용하기는 힘들고, 브라켓 접착 시 치아면에 가하는 압력이 일정하지 못했다는 한계가 존재한다. 또한 수분이 있을 경우나 타액에 오염되었을 경우에서도 임상적으로 수용할 만한 결합강도를 보이는가에 대해서 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 직접 부착 술식이 심미 보철 치료를 받은 치아상에서도 적절한 결합 강도를 가지면서 임상적으로 유용하게 사용될 수 있는지를 평가하고, 불산과 포세린 전처리제의 사용 여부에 따른 결합 강도와 접착 파절 양상에 대해 알아보기 위해서 시행되었다.

사람의 상하악 소구치 치관을 대조군으로, 소구치의 협면을 복제한 포세린 치관을 실험군으로 나눈 후, 대조군은 부식 및 전처리 방법에 따라 각각 37% 인산으로 산부식한 후 Transbond XT[®]를 이용하여 금속 브라켓을 접착하였고, 실험군들은 모두 포세린 치관에 통상적으로 sandblasting 처리를 하되, 9.6% 불산으로 4분간 부식처리를 함께 한 군과 포세린 전처리제를 적용한 군, 마지막으로 sandblasting과 포세린 전처리제를 모두 적용한 군으로 나누고 Transbond XT[®]를 이용하여 접착하였다. 각 군간 전단 결합 강도와 접착 파절 양상을 상호 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 자연 치관과 포세린 치관 간에 금속 브라켓을 사용하여 접착했을 때 전단 결합 강도는 각 군간 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).
2. 포세린 치관 상에서 브라켓 접착시 불산을 적용한 경우 전단 결합 강도는 적용하지 않은 군과 통계적으로 유의한 차이가 없었다.
3. 포세린 치관상에서 브라켓 접착시 포세린 전처리제를 적용한 경우 전단 결합 강도는 적용하지 않은 군과 통계적으로 유의한 차이가 없었다.
4. 포세린 치관상에서 브라켓 접착시 불산과 포세린 전처리제를 모두 적용한 경우에 전단 결합 강도는 자연 치관과 비교시 통계적으로 유의한 수준으로 작았으나, 불산과 포세린 전처리제를 단독으로 사용했을 때보다 통계적으로 유의하게 컸다(p<0.05).
5. 접착제 잔류 지수는 자연 치관상과 sandblasting 후 불산을 적용한 군에서 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 포세린 치관상에서 sandblasting 후 포세린 전처리제를 적용한 군과 sandblasting 후 불산과 포세린 전처리제를 모두 적용한 군에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그러나 포세린 치관상에서 sandblasting 만을 처리한 군은 다른 군들에 비해 통계적으로 유의한 수준으로 접착 잔류 지수가 증가하였다(p<0.05).

이상의 결과로 미루어 보아 포세린 치관에 금속 브라켓을 접착할 시, 기존의 비심미적인 밴드를 사용하지 않더라도 sand-blasting과 불산 그리고 포세린 전처리제를 이용한 직접 부착술식으로 임상적으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 평가하였다.

참고문헌

1. Graber TM, Vanarsdall RL : Current principles and techniques. St Louis, Mosby, 2000.
2. Proffit WR : Contemporary orthodontics. 3rd ed, Mosby, 397-402, 2000.
3. White LW : Glass ionomer cement. J Clin Orthod, 17:223-228, 1990.
4. Newman SM, Dressler KB, Grenadier MR : Direct bonding of orthodontic brackets to esthetic restorative materials using a silane. Am J Orthod, 86:503-506, 1984.
5. Kao EC, Boltz KC, Johnson WM : Direct bonding of orthodontic brackets to porcelain veneer laminates. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 94:458-468, 1988.
6. Zelos L, Bevis RR, Keenan KM : Evaluation of the ceramic/ceramic interface. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 106:10-21, 1994.
7. Highton RM, Caputo AA, Matyas J : Effectiveness of porcelain repair systems. J Prosthet Dent, 42:292-294, 1979.
8. Nowlin TP, Barghi N, Norling BK : Evaluation of the bonding of three porcelain repair systems. J Prosthet Dent, 46:516-518, 1981.
9. Canay S, Kocadereli İ, Aja E : The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 117:15-1, 2000.
10. Bowen RL, Rodriguez MS : Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. J Am Dent Assoc, 64:378-387, 1962.
11. Bailey LF, Bennett RJ : Dicore surface treatments for enhanced bonding. J Dent Res, 67:925-931, 1998.
12. Hofaman N, Haller B : Shear strength of composite luted to ceramics. A comparison of three ceramic materials. Int Symposium on Computer restoration, Quintessence Publishing, 102-108, 1991.
13. Lopez JI : Retentive shear strengths of various bonding attachment bases. Am J Orthod, 77:669-678, 1980.
14. Årtun J, Bergland S : Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod, 85:333-340, 1984.
15. Matasa CG : Adhesion and its ten commandments. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 95:355-356, 1989.
16. Craig RG : Restorative dental materials, St Louis, Mosby, 1997.
17. Zachrisson BU, Buyukyilmaz T : Recent advances in bonding to gold amalgam and porcelain. JCO, 27:661-675, 1993.
18. Major PW, Koehter JR, Manning KE : 24 hour shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded to porcelain using various adhesive promoters. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 108:322-329, 1995.
19. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC : Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 119:610-616, 2001.
20. Peutzfedlt A, Sahafi A, Asmussen E : Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. Dent Mater, 16:330-336, 2000.
21. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Pisterio A, et al. : Effects of conventional and high-intensity light-curing on enamel shear bond strength of composite resin and resin-modified glass-ionomer. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 119:30-35, 2001.
22. 김정운, 김종수, 권순원 : Plasma arc curing system을 이용한 브라켓의 접착에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 28:638-642, 2001.
23. Hofmann N, Hugo B, Schebert K : Comparison between a plasma arc light source and conventional halogen curing units regarding flexural strength, modulus and hardness of photoactivated resin composites. Clin Oral Investi, 4:140-147, 2000.
24. 이수원, 최남기, 양규호 등 : 플라즈마 광중합기가 복합 레진 중합에 미치는 영향. 대한소아치과학회지, 33:624-632, 2006.
25. Harry FA, Jordan DM : Effect of light-tip distance on polymerization of resin composite. Int J Prosthodont, 6:364-370, 1993.
26. Rueggeberg FA, Caughman WF, Cuitis JW, et al. : Factors affecting cue at depths within light-activated resin composites. Am J dent, 6:91-95, 1993.

27. Rueggeberg FA, Caughman WF, Cuitis JW : A predictive model for the polymerization of photo-activated resin composite. *Int J Prosthodont*, 7(2):156-159, 1994.
28. Reynolds IR : A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod*, 2:171-178, 1975.
29. Keizer S, Ten Cate JM, Arends J : Direct bond of orthodontic brackets. *Am J Orthod*, 69:318-327, 1976.
30. Maijer R, Smith DC : A new surface treatment of bonding. *J Biomed Mater Res*, 13:975-985, 1979.
31. McCarthy MF, Hondrum SO : Mechanical and bond strength properties of light cured and chemically cured glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 105:135-141, 1994.
32. Newmann GV : Bonding plastic orthodontic attachments to tooth enamel. *J N J Dent Soc*, 35:346-350, 1964.
33. Joseph VP, Rossouw PE : The shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets bonded to teeth with orthodontic composite resin and various fissure sealants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 98:66-71, 1990.
34. Harris AMP, Joseph VP, Rossouw PE : Shear peel bond strength of esthetic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 102:215-219, 1992.
35. O'Brien KD, Watts DC, Read MJ : Residual debris and bond strength-Is there a relationship? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 94:222-230, 1988.

Abstract

A COMPARATIVE STUDY OF THE SHEAR BOND STRENGTH AND ADHESIVE FAILURE PATTERN OF METAL BRACKETS BONDED ON NATURAL TEETH AND PORCELAIN TEETH

Hyun-Sun Lee, Jong-Soo Kim, Seung-Hoon Yoo

Dept. of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University

Orthodontic brackets often need to be bonded to porcelain such as porcelain fused to metal crowns and porcelain jacket crowns. The purpose of this study was to evaluate the clinical usability of direct bonding system on porcelain teeth by measuring shear bond strength according to various conditions and observing adhesive failure patterns.

The specimens, 20 maxillary premolars and 80 porcelain teeth that were produced by duplication of the labial surface of a maxillary first premolar were used and randomly divided into four groups of twenty teeth each. The 5 different preparation procedures tested: (1) application of 37% phosphoric acid on natural teeth, (2) sandblasting on porcelain surfaces, (3) sandblasting and application of 9.6% hydrofluoric acid on porcelain surfaces, (4) sandblasting and application of silane on porcelain surface, (5) sandblasting and application of 9.6% hydrofluoric acid and silane on porcelain surfaces. The metal brackets were bonded with Transbond XT[®] bonding material. The shear bond strength was tested by the micro universal testing machine(Kyung-Sung, Korea) and the amount of residual adhesive on the tooth surface after debonding was examined by stereoscope and assessed with an adhesive remnant index.

The results of this study suggest that the direct bonding system on porcelain teeth with sandblasting, HF and porcelain primer is clinically useful.

Key words : Shear bond strength, Porcelain teeth, Metal bracket, Hydrofluoric acid, Sandblasting