

친수성 프라이머를 이용한 교정용 브라켓 접착시의 전단결합강도에 관한 연구

박철완¹⁾ · 차경석²⁾ · 이진우³⁾

본 연구의 목적은 산부식된 법랑질에 수분이나 타액이 오염되어도 적절한 접착력을 얻을 수 있다고 소개된 교정용 친수성 프라이머를 이용한 교정용 브라켓 접착시 타액 오염 정도에 따른 전단결합강도와 접착 파절 양상을 기존의 소수성 프라이머와 비교함으로써 임상적 유용성을 평가하는 것이다.

사람의 소구치를 강철 원통에 교정용 레진으로 포매하여 만든 시편에 기존의 소수성인 Transbond XT primer와 친수성인 Transbond MIP primer 각각에 대하여 광중합형 접착 레진으로 브라켓을 접착시, 인공 타액을 이용한 오염 정도에 따른 전단결합강도를 만능시험기로 측정하고, 접착 파절 양상을 stereomicroscope로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 건조 상태에서 Transbond XT primer와 Transbond MIP primer의 전단결합강도는 유의한 차이가 없었다.
2. 타액 오염시 그 정도에 상관없이 Transbond MIP primer는 Transbond XT primer에 비해 유의하게 높은 전단결합강도를 나타냈다($p < 0.001$).
3. Transbond MIP primer는 한 점의 타액 오염시 건조 상태와 전단결합강도의 유의한 차이가 없었으나, 두 점의 타액 오염시에는 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈다($p < 0.01$).
4. 접착 파절 형태는 타액 오염의 정도에 따라 평균 접착제 잔류 지수가 낮아지는 경향을 나타냈다. Transbond MIP primer는 타액 오염시에도 반 이상이 브라켓-레진 계면에서의 파절을 보였으나, Transbond XT primer는 타액 오염시 대부분의 경우 레진-법랑질 계면에서의 파절을 나타냈다.

이상의 실험 결과, 교정용 친수성인 Transbond MIP primer는 수분 조절이 어려운 임상 상황에서 적절한 결합강도를 얻을 수 있는 좋은 방법으로 생각된다.

(주요 단어 : 전단결합강도, 접착제 잔류 지수, 친수성 프라이머)

I. 서 론

1955년 Buonocore¹⁾에 의해 최초로 산부식법이 소

개되었고, Newman²⁾이 epoxy resin을 이용한 교정 장치의 직접 접착 술식을 시행한 이후, 교정 영역에서는 Miura³⁾에 의해 브라켓을 직접 접착하는 방법이 본격적으로 실용화되었고, 그 후 많은 종류의 레진 접착제가 개발되어 왔다. 직접 접착법은 밴드를 이용한 방법에 비해 법랑질 탈회 위험이 줄어들고, 구강위생 조절이 용이하며, 치은 조직에 대한 자극 감소, 치간 분리의 불필요성, 그리고 심미성⁴⁻⁶⁾ 등의 장점을 지닌다.

그러나, 기존의 Bis-GMA계 레진 접착제와 프라이머는 소수성 성질을 가지며, 화학적 결합능이 없으며

¹⁾ 단국대학교 치과대학 교정학교실, 석사.

²⁾ 단국대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

³⁾ 단국대학교 치과대학 교정학교실, 부교수.

교신저자 : 박철완

충남 천안시 신부동 산 7-1

단국대학교 치과대학 교정학교실 / 041-550-1941

wancp@hanmail.net

로, 임상적으로 허용될 만한 결합강도를 얻기 위해서는 기계적 결합을 위해 법랑질의 산부식 후 분리, 건조 상태를 유지해야 하는 임상적 어려움이 수반되었다. Zachrisson⁷⁾은 산부식 후의 수분 오염은 접착실패의 가장 흔한 이유라고 하였고, Hormati 등⁸⁾은 산부식된 법랑질에 수분 오염시 복합 레진과 법랑질의 전단결합강도가 50% 감소한다고 하였다. Silverstone 등⁹⁾은 타액 오염시 산부식된 법랑질에 유기물 부착막이 생기므로, 재부식을 추천하였다.

임상에서, 미맹출 치아의 window opening시, 접근하기 어려운 제 2대구치나 부분 맹출된 치아, 그리고 타액 분비가 과도한 환자에서의 브라켓 접착시에는 산부식후 건조 상태를 유지하기가 어려운 경우가 많다. 이러한 경우, 수분 오염시에도 적절한 접착력을 얻을 수 있는 접착 방법이 요구되어진다.

이에 대한 대안으로 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트와 친수성 프라이머 등이 제시되어 왔다. Silverman 등¹⁰⁾은 광중합형 글래스 아이오노머 시멘트는 레진계 재료보다 친수성이므로, 산부식 없이도 화학적 결합을 얻을 수 있다고 하였다. 그러나, 분말과 용액의 혼합이 필요하고, 혼합과 브라켓 부착 모두 시간이 걸리고, 기술을 요한다고 하였다. 또한 Bis-hara 등¹¹⁾은 충분한 결합강도를 얻기 위해서 글래스 아이오노머 시멘트도 산부식이 필요하다고 하였다.

한편, 교정용 Transbond MIP primer(Moisture Insensitive Primer, 3M Unitek, USA)는 친수성이고, 에탄올이 포함되어 법랑질 표면의 수분을 제거하는 능력을 지녀, 산부식된 법랑질이 수분에 오염되어도 충분한 결합강도를 얻을 수 있다고 소개되어졌다¹²⁻¹⁴⁾. 또한 기존에 사용되어진 광중합형 및 화학중합형 레진 접착제와 사용이 가능하고 혼합이 필요 없으므로 건조 상태를 유지하기 어려운 경우의 접착에 추천되고 있다. Webster 등¹²⁾은 산부식된 치면을 인공 타액으로 오염시킨 경우 Transbond MIP primer가 기존의 Transbond XT primer에 비해 유의하게 높은 결합강도를 나타냈다고 하였다. Grandhi 등¹³⁾은 제조사의 지침과는 달리, 산부식후 법랑질을 수분, 타액으로 오염시켰을 때 Transbond MIP primer는 광중합형 레진과 함께 사용되었을 경우에만 효과적이라고 하였다. Hobson 등¹⁴⁾은 산부식후 법랑질을 수분 및 혈액으로 오염시키고 Transbond MIP primer를 사용한 결과, Reynold¹⁵⁾가 제시한 임상적으로 요구되는 최소 결합강도인 5.9 - 7.8 MPa이상의 적절한 결합강도를 나타냈다고 하였다.

그러나, 친수성 프라이머를 이용한 브라켓 접착시 타액 오염의 정도에 따른 결합강도의 차이에 관한 연구는 아직까지 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 친수성인 Transbond MIP primer와 기존의 Transbond XT primer 각각에 대하여 광중합형 접착 레진을 이용한 브라켓 접착시 타액 오염의 정도에 따른 결합강도의 차이를 알아보고, 이를 임상에 적용하고자 하였다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

교정치료를 이유로 발거된 상, 하악 소구치 중 치관 협면에 균열, 우식 병소, 수복물이 없고 형태 이상이 없는 건전한 치면을 가진 치아 120개를 선정하여, 이물질을 흐르는 물에 씻은 후 생리 식염수에 보관하였다.

전단결합강도 측정장치에 치관을 정확한 위치에 고정하기 위해, Coreil 등¹⁶⁾의 방법을 응용하여 치아 매몰을 위한 직경 15 mm, 높이 15 mm의 강철 원통을 제작하였다. 실험 치아의 치근을 다이아몬드 디스크로 절단하고 발수한 후, 치관의 협면이 노출되는 방향으로 교정용 pink resin(Orthodontic resin, Caulk Dentsply)을 이용하여 강철 원통에 매몰하였다.

브라켓은 foil mesh type의 기저면 면적이 11.56 mm²인 소구치용 standard edgewise 브라켓(Ortho Organizer, USA)을 사용하였다. 산부식에는 37% 인산(Denfil, Vericom Dental Material, Korea)을 사용하였다. 프라이머는 소수성인 Transbond XT Primer(3M Unitek, USA)와 친수성인 Transbond MIP Primer(3M Unitek, USA), 접착 레진은 광중합형인 Transbond adhesive(3M Unitek, USA)를 사용하였다.

광중합기는 3M Curing Light 2500(3M Dental Product, Germany)을 사용하였다.

인공타액은 Taliva(Hanlim Pharm, Korea)를 사용하였다(Table 1).

건조 및 air blow는 온풍 건조기(Clean warmer, Sejin, Korea)를 이용하여 contamination-free air를 사용하였다.

2. 연구방법

(1) 표면처리

원통에 매몰된 치아를 러버컵을 사용하여 기름과

Table 1. Contents of artificial saliva(in 100ml)

Compound	Amount
D-sorbitol	3g
Carboxy methylcellulose	1g
NaCl	84mg
KCl	120mg
CaCl ₂	15mg
MgCl ₂	5mg
K ₂ HPO ₄	34mg

불소가 포함되지 않은 퍼미스로 5초간 치면 세마⁶⁾하였고, 세척 및 건조 후 37% 인산 etchant로 30초간¹⁷⁾ 산부식 후 1분간 흐르는 수돗물로 세척하고 건조시켰다.

그 후, 실험군 별로 다음의 처리를 하였다.

처리1: 산부식 및 세척, 건조 상태에서 프라이머 도포 및 브라켓 접착

처리2: 산부식 및 세척, 건조 후 인공타액을 brush를 이용하여 얇게 한 겹 도포 후 10초간 방치 후 프라이머 도포 및 브라켓 접착

처리3: 산부식 및 세척, 건조 후 인공타액을 brush를 이용하여 충분히 두 겹 도포 후 10초 간 방치 후 프라이머 도포 및 브라켓 접착

(2) 실험군 분류

각 군당 20개씩의 시편을 무작위로 분류하고, 각 프라이머당 세 가지의 처리 방법을 시행하여 총 6군으로 분류하였다(Table 2).

(3) 브라켓 접착 방법

제조회사의 지침에 따라 프라이머별로 다음의 방법으로 접착하였다.

Transbond XT primer : brush로 프라이머를 얇게 한 겹 도포 후 10초간 광중합한 후 브라켓 접착

Transbond MIP primer : brush로 프라이머를 한 겹 도포하고 5초 후 다시 한 겹 도포 후 치면에 수직으로 3-5초간 부드럽게 air blow한 후 브라켓 접착

브라켓은 Force gauge(DT-500, Teclock, Japan)를

Table 2. Classification of experimental groups

Group	N	Primer	Surface Treatment
MIP1	20	MIP	Treatment 1
MIP2	20	MIP	Treatment 2
MIP3	20	MIP	Treatment 3
XT 1	20	XT	Treatment 1
XT 2	20	XT	Treatment 2
XT 3	20	XT	Treatment 3

이용하여 450g의 균일한 힘을 5초간 가해 접착하였고, 여분의 접착제는 탐침으로 제거하였다. 그 후, 제조회사의 지침에 따라 치아의 근, 원심면에서 각 10초씩 총 20초동안 광중합하였다. 광중합시 조사단은 브라켓과 5 mm이내의 거리로 근접시켰다.

광중합 후 시편을 공기중에서 10분간 방치 후, 증류수에 담아 37℃의 항온수조에서 24시간 보관하여¹⁸⁾, 잔류 모노머의 방출 및 충분한 중합이 일어나게 하였다.

(4) 전단결합강도의 측정

전단결합강도는 만능시험기(M1000EC : Mecmesin Inc., England)를 사용하여 측정하였다. 만능시험기의 crosshead에 knife edge를 가지는 ram을 부착하였고, 하단에는 시편을 고정할 수 있는 mounter를 위치시켰다. Knife edge가 브라켓의 wing과 base사이에 위치되도록 시편을 위치시킨 후 고정하고, 6 mm/min의 속도로 crosshead를 이동시켜 전단하중을 가하였다. 접착이 파절되는 순간의 최고 하중(N)을 브라켓 기저부의 면적(11.56 mm²)으로 나누어 MPa(N/ mm²)로 전단결합강도를 구하였다.

(5) 접착 파절 형태의 관찰

접착 파절 후의 치면의 형태를 stereomicroscope로 10배의 배율로 관찰하여 Artun과 Bergland¹⁹⁾의 접착제 잔류지수(Adhesive remnant index, ARI)를 이용하여 다음과 같이 점수화하였다.

score 0 : 치면에 접착제가 남지 않은 경우
score 1 : 치면에 접착제가 반 이하 남은 경우
score 2 : 치면에 접착제가 반 이상 남은 경우
score 3 : 치면에 모든 접착제가 남은 경우

Table 3. Shear bond strength and SD(MPa) according to surface treatment

Treatment	Primer	MIP		XT		p-value
		Mean ± SD	Grouping	Mean ± SD	Grouping	
Treatment 1		10.02 ± 1.97	A	10.23 ± 1.71	A	0.712
Treatment 2		8.77 ± 1.82	A	5.01 ± 1.18	B	0.000
Treatment 3		7.83 ± 1.77		0.74 ± 0.64	C	0.000

Grouping : Scheffe's multiple range test for shear bond strength (at p<0.01)
 p-value : Independent t-test between MIP and XT

(6) 통계분석

Window용 SPSS프로그램을 이용하여 각 실험군의 전단결합강도의 평균과 표준편차를 구하였다.

각 프라이머에 대해 처리방법에 따른 통계적 유의성을 검증하기 위해 일원분산검정(one-way ANOVA)을 시행한 다음, Scheffe's multiple range test로 사후검정하였다. 프라이머와 처리방법간의 상호 관계에 대한 유의성을 검증하기 위해 이원분산검정(two-way ANOVA)을 시행하였고, 프라이머간의 전단결합강도의 유의성을 검증하기 위해 independent T-test를 시행하였다. 접착제 잔류지수의 경우 Kruskal-Wallis test를 시행하여 실험군간의 유의성과 mean rank를 알아보았다.

유의성 검증은 95%이상의 유의 수준에서 시행하였다.

III. 연구결과

1. Transbond MIP primer의 처리방법에 따른 전단결합강도

MIP1군, MIP2군, MIP3군의 평균 전단결합강도는 각각 10.02 ± 1.97, 8.77 ± 1.82, 7.83 ± 1.77 MPa이었다. 일원분산검정 결과, 각 군간에 통계적 유의차가 있었으며, 사후 검정한 결과, MIP2군은 MIP1군과 유의한 차이가 없었으나, MIP3군은 MIP1군보다 유의하게 낮은 전단결합강도를 나타냈다(p<0.05). MIP2군과 MIP3사이에는 유의한 차이가 없었다(Table 3).

2. Transbond XT primer의 처리방법에 따른 전단결합강도

XT1군, XT2군, XT3군의 평균 전단결합강도는 각

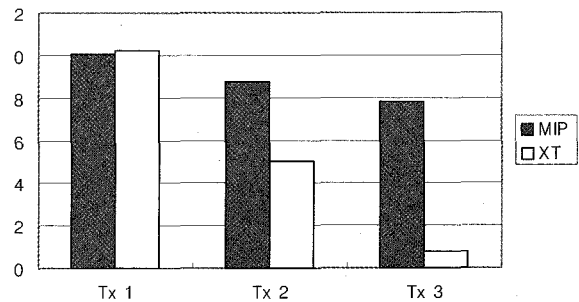


Fig. 1. Comparison of shear bond strength according to surface treatment

각 10.23 ± 1.71, 5.01 ± 1.18, 0.74 ± 0.64 MPa이었다. 일원분산검정 결과, 각 군간에 통계적 유의차가 있었으며, 사후 검정한 결과, XT2군과 XT3군은 모두 XT1군보다 유의하게 낮은 전단결합강도를 나타냈고, XT3군은 XT2군보다 유의하게 낮은 전단결합강도를 나타냈다(p<0.05, Table 3).

3. 프라이머간의 처리방법에 따른 전단결합강도의 비교

프라이머와 처리방법간의 상호 관계에 대한 유의성을 검증하기 위한 이원분산검정 결과 통계적 유의차가 있었으며, MIP1군과 XT1군은 유의차가 없었으나, MIP2군과 XT2군, 그리고 MIP3군과 XT3군의 비교시 MIP군이 XT군보다 유의하게 높은 전단결합강도를 나타냈다(p<0.05, Table 3, Fig 1).

4. 접착 파절 형태

각 실험군에 대하여 접착제 잔류 지수의 빈도 및

Table 4. Adhesive Remnant Index(ARI) and Kruskal-Wallis test

	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	Mean \pm SD	Mean Rank
MIP 1	0	0	1	19	2.95 \pm 0.22	90.25
MIP 2	4	2	2	12	2.10 \pm 1.25	69.85
MIP 3	5	1	4	10	1.95 \pm 1.27	65.10
XT 1	0	0	5	15	2.75 \pm 0.44	83.25
XT 2	13	5	1	1	0.50 \pm 0.82	33.05
XT 3	20	0	0	0	0.00 \pm 0.00	21.50

평균을 구하였다. 두 가지 프라이머 모두에서 처리1, 처리2, 처리3의 순서로 평균 score가 낮아지는 경향을 나타냈다. MIP1군과 XT1군은 상대적으로 높은 mean rank를 나타냈고, XT2군과 XT3군은 MIP2군과 MIP3군보다 상대적으로 낮은 mean rank를 보였으며, XT3군은 가장 낮은 mean rank를 나타냈다. Transbond MIP primer의 경우 타액 오염시에도 score 3과 score 2의 빈도가 반 이상이었으나, Transbond XT primer의 경우 타액 오염시 대부분 score 1과 score 0을 나타냈고, XT3군은 모든 시편에서 score 0을 나타냈다(Table 4).

IV. 총괄 및 고안

교정용으로 개발된 친수성인 Transbond MIP primer는 2-hydroxyethyl methacrylate, Bis-GMA, polyalkenoic copolymer, ethanol등의 성분으로 구성되어 있다. 이는 상아질 접착제인 Single Bond(3M Unitek, USA)의 성분과 유사하다.

친수성 프라이머는 wet bonding 개념으로 개발된 기존의 상아질 접착제에서 주로 사용되어 왔다. 상아질 접착제를 법랑질에 사용한 연구에서, Hitt 등²⁰⁾은 법랑질이 타액에 오염된 경우, sealant 하방에 Scotchbond Dual Cure(3M Unitek, USA)를 사용했을 때, 오염되지 않은 법랑질에 sealant만을 사용했을 경우와 동등한 접착 강도를 나타냈다고 보고하였다. Sonis²¹⁾는 Scotchbond MP(3M Unitek, USA)를 이용한 브라켓 접착시, 건조 상태의 법랑질과 타액에 오염된 법랑질 간의 전단결합강도의 유의차가 없다고 하였다.

이러한 상아질 접착제가 오염된 법랑질에서 결합 강도를 증가시키는 기전은 확실하지 않지만, Feigal 등²²⁾은 Scotchbond Dual Cure의 액체에 포함된

ethanol이 치아 표면의 수분을 제거하고, 친수성의 성질을 가지며, air thinning이 산부식된 법랑질에 재료의 흡수를 도모하는 것으로 설명했다. 또한, Sonis²¹⁾는 Scotchbond MP의 프라이머성분인 polyalkenoic copolymer가 글래스 아이오노머의 액체와 유사하게 수분이 있는 법랑질과 상아질 표면에서 강한 결합을 형성한다고 설명하였다.

그러나, 법랑질에서의 접착에 이러한 상아질 접착제를 사용하는 것이 항상 이로운 것은 아니다. 산부식된 법랑질에 상아질 접착제를 사용한 연구들에서, 결합강도는 증가하거나, 감소하거나, 또는 변하지 않았다²³⁻²⁸⁾. 또한, 상아질 접착제를 이용한 브라켓 접착시 부가적인 접착 단계와 시간이 요구되어진다²¹⁾.

반면, 교정용으로 개발된 Transbond MIP primer는 법랑질에서의 브라켓 접착을 위해 개발되었고, 접착 과정 또한 간단한 장점이 있다. Transbond MIP primer와 성분이 유사한 상아질 접착제인 Single Bond를 이용한 연구에서, Swift 등²⁹⁾은 법랑질에 사용시 효과적이라고 하였지만, 수분 오염에 대한 연구는 행해지지 않았다.

Reynold¹⁵⁾는 임상적으로 요구되는 브라켓의 최소 결합강도가 5.9 - 7.8 MPa이라고 하였고, McCarthy 등³⁰⁾은 7 MPa이라고 하였다. 본 연구에서 친수성의 Transbond MIP primer는 건조 상태에서 10.02 MPa, 인공타액을 한 겹 도포한 경우는 8.77 MPa, 인공타액을 충분히 두 겹 도포한 경우는 7.83 MPa의 전단결합강도를 나타냈다. 건조 상태에 비해 타액 오염의 정도에 따라 전단결합강도의 감소가 있었지만, 모두 임상적으로 요구되는 최소 결합강도 이상의 값을 나타냈다.

한편, 소수성의 Transbond XT primer의 경우 건조 상태에서는 10.23 MPa을 나타냈으나, 인공타액을 한 겹 도포한 경우는 5.01 MPa로 약 50%의 전단결합강도

의 감소를 나타냈는데, 이것은 기존의 연구⁸⁾에서의 결과와 동일하다. 인공타액을 충분히 두 겹 도포한 경우에는 0.74 MPa로 결합강도의 현저한 감소를 보였으며, 실험과정 동안 3개의 시편에서 저질로 브라켓이 탈락되었다. Hormati⁸⁾는 산부식된 법랑질 표면이 수분이나 타액으로 오염되어 젖게 되면, 산부식후 존재하던 대부분의 미세기공부가 채워져 접착 레진의 젖음성이 떨어지고 침투가 방해되어 tag의 길이와 수가 불충분하게 되고 결과적으로 결합강도가 감소한다고 하였다.

본 연구에서, 건조 상태에서 친수성인 Transbond MIP primer를 사용시 Transbond XT primer와 전단결합강도의 유의차가 없었고, 이것은 기존의 연구 결과^{12,13)}와 일치한다. Transbond MIP primer와 성분이 유사한 상아질 접착제인 Single Bond를 건조 상태의 법랑질에 사용한 연구²⁹⁾에서도 기존의 접착 레진과 동등한 수준의 결합강도를 나타냈다.

한 겹의 타액 오염시, Transbond MIP primer는 건조 상태보다는 평균 전단결합강도는 낮아졌지만, 통계적인 유의차는 없었다. 이것은 Transbond MIP primer가 친수성의 성질은 가지며, 성분에 포함된 ethanol이 법랑질 표면의 수분을 제거하고, 레진의 침투를 증진시키며, 접착 과정 중의 공기 건조 작업 등에 의해 결과적으로 타액 오염된 법랑질에서 효과적인 레진 침투를 가능케 함으로써 결합강도가 증가하는 것으로 생각된다^{21,22)}.

두 겹의 충분한 타액 오염시에는 Transbond MIP primer의 평균 전단결합강도는 소량의 타액 오염시보다 낮았고, 건조 상태와 유의한 차이가 있었다. 이것은 과량의 타액 오염시 Transbond MIP primer의 ethanol이 수분을 완전히 제거하지 못하고, 또한 프라이머가 과량의 타액에 의해 희석되어서 결합강도가 감소한 것으로 생각된다.

접착제의 두께에 따른 결합강도에 관한 연구에서 Evans 등³¹⁾과 Jost-Brinkmann 등³²⁾은 접착 레진의 두께가 얇고 균일한 경우에 최고의 결합강도를 얻을 수 있다고 하였다. 본 실험에서는 force gauge를 이용하여 브라켓 부착시 균일한 하중을 가하여 접착제의 두께가 전단결합강도에 영향을 미치는 것을 배제하였다.

O'Brien 등³³⁾은 잔존 접착량과 전단결합강도는 관련이 없으며, 브라켓 접착면의 형태와 사용된 접착제의 특성에 의해 결정된다고 하였다. 본 실험에서, 건조 상태에서는 Transbond MIP와 Transbond XT primer 모두 브라켓-레진 계면에서의 접착 파절 형태가 많았다. Transbond MIP primer는 과량의 타액 오

염시에도 브라켓 탈락 후 치면에 반 이상의 접착제가 남은 경우가 많았다. 반면, Transbond XT primer의 경우 타액 오염시에 치면에 접착제가 거의 남아있지 않은 경우가 많았으며, 두 겹의 충분한 타액 오염시에는 모든 시편에서 치면에 접착제가 하나도 남아있지 않았다. 이것은 실험에 사용된 접착제의 서로 다른 특성, 즉, Transbond MIP primer는 친수성 성질, Transbond XT primer는 소수성 성질을 가지는 차이점에 기인하는 것으로 생각된다.

본 연구에서는 타액 오염의 시기를 산부식 후 프라이머 도포 전으로 한정했지만, 실제 임상에서는 프라이머 도포 후 브라켓 접착 이전에도 오염이 될 수 있다. 이러한 경우, 타액을 건조시킨 후 프라이머를 다시 한 겹 도포 한 다음 브라켓을 접착하는 것이 제조사의 지침상에 나타나 있다. Webster 등¹²⁾의 연구에서도 프라이머 도포 후 타액 오염시에 건조 후 다시 프라이머를 도포 후 브라켓 접착을 한 결과 적절한 접착 강도를 나타냈다고 보고되었다.

본 연구 결과, Transbond MIP primer는 소량의 타액 오염시에만 건조 상태와 전단결합강도의 유의차 없이 사용 가능함으로 나타났다. 그러나, 과량의 타액 오염시에는 소량의 타액 오염시와 통계적 유의차는 없었지만, 건조 상태에 비하면 결합강도의 유의한 차이를 보이며 결합강도의 감소가 나타났다. 그러므로 친수성 프라이머를 사용하더라도 접착과정 중에 가능한 수분 조절을 해야 할 것으로 생각된다. Hitt 등²⁰⁾은 타액 오염시 압축 공기로 타액을 건조시키는 경우, 건조된 타액이 법랑질의 미세기공부를 막아서 레진의 침투를 가능케 하는 기공의 수가 감소한다고 하였다. 그러므로, 친수성 프라이머를 사용할 때, 과량의 타액 오염시에는 압축 공기로 타액을 건조시키는 것보다는 cotton pellet 등으로 타액을 어느 정도 제거한 후에 프라이머를 도포하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용된 인공타액은 기존의 연구들^{12,34,35)}에서 사용된 인공타액의 조성구성과 유사하다. 그러나, 실제 구강내의 환경과 실제 타액의 조성은 좀 더 복잡하며, 본 연구와 다른 점이 있다. 앞으로 실제 임상에서 접근하기 어려운 부위나 타액에 오염된 경우에서 친수성 프라이머를 이용한 브라켓 접착에 대한 장기간의 안정성에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

사람의 소구치를 강철 원통에 교정용 레진으로 포

매하여 만든 시편에 기존의 소수성인 Transbond XT primer와 친수성인 Transbond MIP primer 각각에 대하여 광중합형 접착 레진으로 브라켓을 접착시, 인공 타액을 이용한 타액 오염 정도에 따른 전단결합강도를 측정하고, 접착 파절 양상을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 건조 상태에서 Transbond XT primer와 Transbond MIP primer의 전단결합강도는 유의한 차이가 없었다.
2. 타액 오염시 그 정도에 상관없이 Transbond MIP primer는 Transbond XT primer에 비해 유의하게 높은 전단결합강도를 나타냈다($p < 0.001$).
3. Transbond MIP primer는 한 겹의 타액 오염시 건조 상태와 전단결합강도의 유의한 차이가 없었으나, 두 겹의 타액 오염시에는 유의하게 낮은 결합강도를 나타냈다($p < 0.01$).
4. 접착 파절 형태는 타액 오염의 정도에 따라 평균 접착제 잔류 지수가 낮아지는 경향을 나타냈다. Transbond MIP primer는 타액 오염시에도 반 이상이 브라켓-접착제 계면에서의 탈락을 보였으나, Transbond XT primer는 타액 오염시 대부분의 경우 접착제-법랑질 계면에서의 탈락을 나타냈다.

이상의 실험 결과, 교정용 친수성인 Transbond MIP primer는 수분 조절이 어려운 임상 상황에서 적절한 결합강도를 얻을 수 있는 좋은 방법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *J Dent Res* 1955 ; 34 : 849-53.
2. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments-progress report. *Am J Orthod* 1965 ; 51 : 901-12.
3. Miura F, Nakagawa K, Masuhara E. New direct bonding system for plastic brackets. *Am J Orthod* 1971 ; 59 : 350-61.
4. Bryant S, Retief DH, Russell CM, Denys FR. Tensile bond strengths of orthodontic bonding resins and attachments to etched enamel. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1987 ; 92 : 225-31.
5. Boyd RL, Baumrind S. Periodontal considerations in the use of bonds or bands on molars in adolescents and adults. *Angle Orthod* 1992 ; 62 : 117-26.
6. Brandt S, Servoss JM, Wolfson J. Practical methods of bonding-Direct and indirect. *J Clin Orthod* 1975 ; 9 : 610-21, 624-35.
7. Zachrisson BJ. A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod* 1977 ; 71 : 173-89.
8. Hormati AA, Fuller JL, Denehy GE. Effects of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid-etched enamel. *JADA* 1980 ; 100 : 34-8.
9. Silverstone LM, Hicks MJ, Featherstone MJ. Oral fluid contamination of etched enamel surfaces: an SEM study. *JADA* 1985 ; 110 : 329-32.
10. Silverman E, Cohen M, Demke RS, Silverman M. A new light-cured glass ionomer cement that bonds brackets to teeth without etching in the presence of saliva. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995 ; 108 : 231-6.
11. Bishara SE, Olsen ME, Damon P, Jakobsen JR. Evaluation of a new light-cured orthodontic bonding adhesive. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998 ; 114 : 80-7.
12. Webster MJ, Nanda RS, Duncanson MG, Khajotia SS, Sinha PK. The effect of saliva on shear bond strengths of hydrophilic bonding systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001 ; 119 : 54-8.
13. Grandhi RK, Combe EC, Speidel TM. Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with moisture-insensitive primer. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001 ; 119 : 251-5.
14. Hobson RS, Ledvinka J, Meechan JG. The effect of moisture and blood contamination on bond strength of a new orthodontic bonding material. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001 ; 120 : 54-7.
15. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975 ; 2 : 171-8.
16. Coreil MN, McInnes-Ledoux P, Ledoux WR, Weinberg R. Shear bond strength of four orthodontic bonding systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990 ; 97 : 126-9.
17. Gardner A, Hobson R. Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001 ; 120 : 64-7.
18. Fox NA, McCabe JF, Buckely JG. A critique of bond strength testing in orthodontics. *Br J Orthod* 1994 ; 21 : 33-43.
19. 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.
20. Hitt J, Feigal RJ. Use of a bonding agent to reduce sealant sensitivity to moisture contamination: An in vitro study. *Pediat. Dent.* 1992 ; 14 : 41-6.
21. Sonis AL. Effect of a new bonding agent on bond strength to saliva-contaminated enamel. *J Clin Orthod* 1994 ; 28 : 93-4.
22. Feigal RJ, Hitt J, Splieth C. Retaining sealant on salivary contaminated enamel. *JADA* 1993 ; 124 : 88-97.
23. Hadavi F, Hey JH, Ambrose ER, Louie PW, Shinkewski DJ. The effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel. *Oper Dent* 1993 ; 18 : 61-5.
24. McGuckin RS, Powers JM, Li L. Bond strengths of dentinal bonding systems to enamel and dentin. *Quintessence Int* 1994 ; 25 : 791-6.
25. Thoms LM, Nicholls JL, Brudvik JS, Kydd WL. The effect of dentin primer on the tensile bond strength to human enamel. *Int J Prosthodont* 1994 ; 7 : 403-9.
26. Woronko GA Jr, St Germain HA Jr, Meiers JC. Effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel. *Oper Dent* 1996 ; 21 : 116-21.
27. Choi JW, Drummond JL, Dooley R, Punwani I, Soh JM. The efficacy of primer on sealant shear bond strength. *Pediat Dent* 1997 ; 19 : 286-8.
28. Xie J, Powers JM, McGuckin RS. In vitro bond strength of two adhesives to enamel and dentin under normal and contaminated conditions. *Dental Materials* 1993 ; 9 : 295-9.
29. Swift EJ, Perdigao J, Heymann HO. Enamel bond strength of "one-bottle" adhesives. *Pediat Dent* 1998 ; 20 : 259-62.
30. McCarthy MF, Hondrum SO. Mechanical and bond strength properties of light cured and chemically cured glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994 ; 105 : 135-41.

31. Evans LB, Powers JM. Factors affecting in vitro bond strength of no-mix orthodontic cements. *Am J Orthod* 1985 ; 87 : 508-12.
32. Jost-Brinkmann PG, Schiffer A, Miethke RR. The effect of adhesive layer thickness on bond strength. *J Clin Orthod* 1992 ; 26 : 718-20.
33. O'Brien KD, Watts DC, Read MJ. Residual debris and bond strength- Is there a relationship?. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988 ; 94 : 222-30.
34. Arvidson K, Johansson EG. Galvanic currents between dental alloys in vitro. *Scand J Dent Res* 1985 ; 93 : 467-73.
35. Nakamoto RY. Use of a saliva substitute in postradiation xerostomia. *J Prosthet Dent* 1979 ; 42 : 539-42.

- ABSTRACT -

Shear bond strength of orthodontic bracket with hydrophilic primer

Chul-Wan Park, Kyung-Suk Cha, Jin-Woo Lee

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to evaluate the clinical effectiveness of hydrophilic primer, which claim to retain adequate bond strength on moistened enamel resulting from moisture or saliva contamination, by comparing the shear bond strength and adhesive failure patterns of brackets bonded using hydrophilic primer and conventional hydrophobic primer.

Brackets were bonded to human premolars embedded in metal cylinders utilizing light cured adhesive, primed with either a hydrophilic primer(Transbond MIP primer) or a conventional hydrophobic primer(Transbond XT primer). Each sample was exposed to varying degrees of artificial saliva contamination during the priming process.

The shear bond strength was measured using a universal testing machine, and the adhesive failure patterns after debonding were visually examined by stereomicroscope and assessed using the adhesive remnant index(ARI).

The results were as follows :

1. In dry conditions, no significant differences in shear bond strength between Transbond MIP and Transbond XT primers were found.
2. Transbond MIP primer exhibited a significantly higher shear bond strength than Transbond XT primer in saliva-contaminated conditions, regardless of the degree of contamination.
3. When contaminated with one coat of saliva, Transbond MIP primer did not exhibit significant differences in shear bond strength compared to the dry condition. When contaminated with two coats of saliva, Transbond MIP primer exhibited a significantly lower shear bond strength compared to the dry condition.
4. The adhesive remnant index of the adhesive failure pattern had a tendency to decrease, as the degree of saliva contamination increased. Bracket-adhesive interface failure was observed in more than half of the saliva contaminated samples utilizing Transbond MIP primer, whereas the bond failure sites of the Transbond XT primer samples occurred almost exclusively at the adhesive-enamel interface in saliva-contaminated conditions.

The results of this study suggest that in cases where moisture control is difficult, Transbond MIP primer is an effective alternative to conventional hydrophobic primers.

KOREA. J. ORTHOD. 2002 ; 32(4) : 293-300

* **Key words** : Shear bond strength, Adhesive remnant index, Hydrophilic primer