

## 치과용 금합금에 대한 금속 프라이머 처리와 열순환 처리가 교정용 브라켓의 전단결합강도에 미치는 영향

이영기<sup>a</sup> · 차정열<sup>b</sup> · 유형석<sup>c</sup> · 황충주<sup>c</sup>

치과용 금합금에 교정용 브라켓 접착 시 금속 프라이머와 열순환 처리가 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 80개의 치과용 금합금 시편을 샌드블라스팅만 처리한 군과 3종류의 금속 프라이머(Alloy Primer, Metalite, V-Primer)처리를 시행한 군으로 분류하고, 이를 열순환 처리 시행 여부에 따라 모두 8개 군으로 분류하였다. 만능물성 시험기를 사용하여 브라켓의 전단결합강도를 측정하고, modified ARI (Adhesive Remnant Index) scores를 통해 브라켓 접착면의 파절 양상을 평가하였다. 열순환 처리 미시행 시에는 금속 프라이머의 적용 시 샌드블라스팅만 단독으로 처리한 경우에 비하여 통계적으로 유의성 있는 전단결합강도의 증가가 있었다 ( $p < 0.05$ ). 열순환 처리를 시행한 군에는 금속 프라이머의 처리에 의한 전단결합강도의 변화는 유의한 차이가 없었다 ( $p > 0.05$ ). 금속 프라이머를 적용한 경우 열순환 처리 미시행 시에는 파절 양상이 브라켓과 접착제 계면에서의 파절 발생 빈도가 높았으나, 열순환 처리 시행 시에는 각 군 간 파절 양상에 유의한 차이가 없었다. 이상의 결과로 금속 프라이머의 적용이 치과용 금합금에 대한 교정용 브라켓 접착 시 초기 접착 강도에서는 유의성 있는 결합력의 증가를 보이나, 열순환 처리 시행 후에는 결합 강도에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 금속 프라이머에 의한 결합력 증가가 감소하는 것으로 생각한다. (대치교정지 2009;39(5):320-329)

**주요 단어:** 접착 강도, 브라켓, 금합금, 금속 프라이머

### 서론

최근 성인 환자들의 교정에 대한 관심이 증가함에 따라 과거에 비해 성인 교정 환자의 비율이 점차 늘어나고 있다.<sup>1</sup> 성인 환자는 광범위한 치아 우식 및 치주질환에 이환되어 있으며, 외상에 의한 상설 치의 보철 치료 혹은 손상치의 수복 치료를 받은 경우가 많으므로, 금관치료를 받은 환자들이 청소년 환자에 비해 상대적으로 많다.

Buonocore<sup>2</sup>의 범랑질 산부식법 소개와 Newman<sup>3</sup>이 브라켓의 직접 접착법을 도입한 이래 브라켓 직

접 접착법은 지속적으로 발전하여, 현재까지 전 세계적으로 약 35년간 성공적으로 사용되어 왔다.

그러나, 높은 접착 성공률을 보이는 전통적인 산부식법은 치과용 금합금에 적용하기에는 효과적이지 못했고, 직접 접착법이 많은 발전을 이룬 지금까지 광범위한 수복물이 존재하는 경우에는 교정용 밴딩을 시행하고 있다.<sup>4</sup> 치주적인 측면에서 Boyd와 Baumrind<sup>5</sup>는 브라켓이 부착된 구치보다 밴딩을 시행한 구치에서 치태 지수, 치은 출혈 지수, 치주낭 깊이 등의 모든 계측치가 높게 나타났다고 하였고, 특히 성인에서 결합조직의 부착 소실이 인접 치간 부에서 높게 나타난다고 보고하였다. Proffit 등<sup>6</sup>은 밴드의 변연 부분이 치주조직의 청결 유지를 어렵게 하므로 성인에서는 교정용 브라켓의 직접 접착술식을 사용하는 것이 좋다고 하였다.

현재까지 금합금에 대한 교정용 브라켓의 접착력 증가를 위한 많은 연구가 시도되어 왔다. Wood 등<sup>7</sup>은 금관의 표면을 치과용 스톤으로 거칠게 하여 결합강도를 증가시키려는 시도를 했고, Andreason과

<sup>a</sup>대학원생, <sup>b</sup>조교수, 연세대학교 치과대학 교정학교실.

<sup>c</sup>교수, 연세대학교 치과대학 교정학교실, 두개안면기형 연구소, 구강파악연구소.

교신저자: 황충주.

서울시 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 치과대학 교정학교실.

02-2228-3106; e-mail, hwang@yuhs.ac.

원고접수일: 2009년 3월 30일 / 원고최종수정일: 2009년 8월 14일 /

원고채택일: 2009년 8월 16일.

DOI:10.4041/kjod.2009.39.5.320

Stieg<sup>8</sup>는 샌드페이퍼로 금관의 표면을 거칠게 하여 기계적 결합력을 증가시키려 하였으나, 이러한 방법을 통한 결합강도의 증가는 미비하다고 보고하였다. 이후 Büyükyılmaz 등<sup>9</sup>은 다양한 표면 처리와 수종의 접착제를 이용한 치과용 금합금에 대한 교정용 브라켓의 접착강도 실험을 통하여, 샌드블라스팅, 주석 도금과 4-META (4-methacryloxy-ethyl-trimellitatanhydride) metal-bonding adhesive resin (Superbond C & B)이 높은 결합강도를 제공한다고 하였다. 그러나, 주석 도금의 구강 내 사용은 Food and Drug Administration (FDA)의 승인을 받지 못하였고,<sup>10</sup> 금속 접착성 모노머를 함유한 접착성 레진 시멘트는 임상에서 적용하기에 복잡한 접착 과정을 거치며, 긴 경화시간으로 인해 수분 조절이 어렵다는 단점이 있었다. 또한 접착성 레진 시멘트에 포함된 금속 접착성 모노머는 환원제와 반응하여 중합이 되지 않거나, 보존 중 중합개시로 인해 재료의 화학적 안정성에 좋지 못한 영향을 미칠 수 있어서, 금속 접착성 모노머를 용매에 녹인 금속 프라이머가 개발되었다.

금속 프라이머를 이용한 결합강도 실험은 보철 영역에서 레진 접착성 보철물(resin bonded fixed partial denture)을 위하여 시행되어 왔고, 다양한 조성의 합금을 사용하여 상품화되어 있는 프라이머의 효과를 비교 평가하는 연구가 많았다. 그러나 금합금 표면에 대한 교정용 브라켓 접착 실험에서 금속 프라이머의 효과를 평가한 보고는 드물었고, 임상적으로 금합금 표면에 간편하게 적용 가능한 금속 프라이머와 광중합형 레진의 조합에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 금속 프라이머와 광중합형 레진을 이용하여 브라켓 부착 시 금속 프라이머의 적용에 따른 전단결합강도의 변화를 알아보고, 그 효용성에 대하여 평가하였다. 그리고 온도변화에 따른 스트레스를 부여하기 위해 열순환 처리(thermocycling)

를 하였고, 열순환 처리에 따른 전단결합강도의 변화에 대하여 비교 평가하였다. 또한 브라켓 탈락 이후 남아있는 잔여 레진 양상을 modified ARI (Adhesive Remnant Index) scores를 통해 평가하였다.

## 연구방법

### 연구 재료

본 실험에 사용한 금합금은 치과용 type III 금합금(Ad-48, (주)알파덴트, Korea, Au 48%, Pd 3.5%, Ag 37%, 기타 11.5%)을 사용하였고, 금합금 제조사의 판형 상품을 시편으로 사용하였다. 실험에 사용한 브라켓은 하악 전치용 Magnum Bracket (Human Technology, Korea)을 사용하였으며, 브라켓 기저면의 처리는 시행하지 않았다. 계측한 브라켓의 접착 기저면적은 9.58 mm<sup>2</sup>였다. 치과용 금합금 표면에 샌드블라스팅을 위하여 MicroEtcher<sup>TM</sup> II (Danville Materials, 3420 Fostoria Way, San Ramon)를 사용하였다. 실험에 사용한 귀속속 프라이머는 Alloy Primer (J. Morita USA Inc, Tustin, CA.), Metaltite (Tokuyama America Inc, San Mateo, CA.), V-Primer (Sun Medical Co, Ltd, Moriyama, Japan)였다 (Table 1).

접착제로는 Transbond<sup>TM</sup> XT (3M Unitek, Monrovia, CA, USA)를 사용하였다. 교정용 광중합기는 Flipo<sup>®</sup> plasma Arc curing light (Lobel, France)를 사용하였고, 중합기의 광도는 1,900 mW/cm<sup>2</sup>이었으며, 2초씩 연속하여 3회, 총 6초간 조사하였다.

### 시편 제작

판형의 금합금의 한쪽면이 노출되도록 판상의 금합금을 Vacuum formed plastic (Drufolen H, Dreve Co, Unna, Germany)을 이용해 제작한 틀에 넣은 뒤 교정용 아크릴릭 레진 Orthocryl<sup>®</sup> (Dentaurum, Is-

**Table 1.** The types of metal conditioners assessed in the present study

Trade name	Manufacturer	Functional monomer	Solvent
Alloy primer	J. Morita USA Inc, Tustin, CA.	VTD and MDP	Acetone
Metaltite	Tokuyama America Inc, San Mateo, CA.	MTU-6	Ethanol
V-Primer	Sun Medical Co., Japan	VTD	Acetone

VTD, 6-(4-vinylbenzyl-n-propyl)amino-1,3,5-triazine-2,4-dithiol,-dithione tautomer; MDP, methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; MTU-6, 6-methacryloyloxyhexyl 2-thiouracil-5-carboxylate.

pringen, Germany)로 고정하여 시편을 제작하였다. 모든 시편은 No. 600 사포로 연마하고, 50  $\mu$ m aluminum oxide 입자를 7 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 샌드블라스팅 처리를 하였다. 샌드블라스팅은 금합금 표면과 1 cm 거리에서 5초간 분사 후 air syringe를 이용하여 세척 건조하였다.

**실험군의 분류**

총 80개의 시편을 프라이머를 적용하지 않고 샌드블라스팅만 시행한 군(S)과 3종류의 금속 프라이머 적용(SA, SM, SV)에 따라 4개 군으로 나누고, 각 군을 다시 열순환 처리(thermocycling)를 하지 않은 군, 열순환 처리를 한 군(S', SA', SM', SV')으로 총 8개 군으로 분류하였다 (Table 2).

**브라켓의 부착**

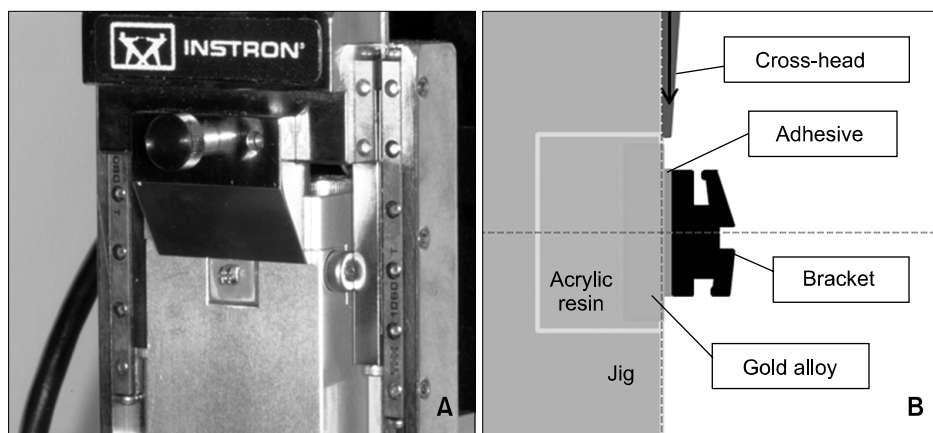
금속 프라이머를 적용하지 않은 군은 Transbond™ XT에 포함된 프라이머를 시편과 브라켓 접착면에 바르고 접착제로 Transbond™ XT를 적용하여 동일 실험자가 부착하였다. 각 금속 프라이머를 적용한 군은 제조자의 지시에 따라 금속 프라이머를 도포한 후 프라이머를 처리하지 않은 군과 동일한 방법으로 교정용 브라켓을 부착하였다. 브라켓은 다이알 게이지를 이용하여 300 gm의 힘으로 균일한 두께의 피막도를 갖는 레진층을 형성하였고, 브라켓 주변의 과량의 레진을 즉시 제거한 후 광원을 조사하였다.

브라켓을 부착한 모든 시편은 항온 수조를 이용하여 37°C, 100% 상대습도 하에서 24시간 보관하여 잔류 단량체를 제거하고 중합도를 높였다. Gale과 Darvell<sup>11</sup>는 열순환 처리의 다양한 방법으로 표준화가 되어 있지 않음을 지적하였다. 이에 본 연구에서

**Table 2.** Classification of study groups

Without thermocycling		With thermocycling	
Group	Surface treatment	Group	Surface treatment
S	Sandblasting	S'	Sandblasting
SA	Sandblasting + Alloy primer	SA'	Sandblasting + Alloy primer
SM	Sandblasting + Metaltite	SM'	Sandblasting + Metaltite
SV	Sandblasting + V-primer	SV'	Sandblasting + V-primer

S, Only sandblasting; SA, sandblasting and Alloy primer; SM, sandblasting and Metaltite; SV, sandblasting and V-primer; S', sandblasting and thermocycling; SA', sandblasting, Alloy primer and thermocycling; SM', sandblasting, Metaltite and thermocycling; SV', sandblasting, V-primer and thermocycling.



**Fig 1.** Equipment and technique for measuring shear bond strength. **A**, Instron® machine (Model 3345, Instron Co. USA); **B**, schematic illustration for testing the shear bond strength.

는 기존의 Bishara 등<sup>12</sup>의 연구에서 시행한 열순환 처리 방법을 이용하였다. 열순환 처리를 시행한 군은 5°C, 55°C 수중에서 각 20초간 체류 조건으로 총 1,000회의 열순환 처리를 하였다.

전단결합강도 측정

전단결합강도의 측정을 위하여 만능물성시험기 (Model 3345, Instron<sup>®</sup> Co. USA)를 사용하였다 (Fig. 1). 시편을 jig에 고정한 후 분당 1 mm의 crosshead speed로 브라켓과 금합금 시편의 접착부위에 하중을 가하여, 브라켓이 탈락되는 순간의 최고 하중(N)을 측정하고, 이 하중을 브라켓 기저면적으로 나누어 전단결합강도를 MPa 단위로 표시하였다.

브라켓 접착면 파절 양상의 관찰

전단결합강도 실험 후 시편을 확대경을 이용해 10배 확대 하에서 관찰하여, 남아 있는 레진의 양에 따라, Artun과 Bergland<sup>13</sup>에 의해 소개한 접착제 잔류지수(Adhesive Remnant Index, ARI)의 개량형인 modified ARI scores를 이용하여 파절 양상을 점수화하였다.

1. All composite remained on the tooth
2. More than 90% of the composite remained on the tooth
3. Between 10% and 90% of the composite remained on the tooth
4. Less than 10% of the composite remained on the tooth

5. No composite remained on the tooth

통계처리

계측된 자료들을 SAS system 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다.

1. 각 실험군의 전단결합강도의 평균 및 표준편차를 산출하였다.
2. 금속 프라이머의 처리, 열순환 처리, 그리고 이들의 교호작용에 따라 전단결합강도에 유의한 차이가 있는지 확인하기 위해 이원분산분석(two-way ANOVA)을 시행하였다.
3. 프라이머 처리에 따른 전단결합강도의 차이를 알아보기 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 시행하였고, 사후 검정으로 유의수준 5%에서 다중비교(multiple comparison)를 위한 투키검정(Tukey's studentized range test)을 시행하여, 프라이머 종류에 따른 각 군 간의 차이를 확인하였다.
4. 파절 양상이 유사한 ARI 1, 2를 한 개의 군으로 묶고, ARI 4, 5를 하나의 군으로 묶어 총 3개의 군으로 분류하여 Fisher's exact test를 이용하여 프라이머의 사용과 파절 양상을 나타내는 modified ARI index와의 연관성 분석을 시행하였다.

연구성적

금속 프라이머의 적용과 열순환 처리가 브라켓의 전단결합강도에 미치는 영향

각 실험군에서의 전단결합강도의 평균과 표준 편

Table 3. Mean values of shear bond strength with and without thermocycling

(Unit: MPa)

Group	Before thermocycling			Group	After thermocycling		
	Mean	SD	Grouping		Mean	SD	Grouping
S	5.83	0.94	a	S'	5.08	1.16	c
SA	7.62	1.47	b	SA'	6.14	1.12	c
SM	7.87	1.59	b	SM'	6.03	1.50	c
SV	8.07	1.65	b	SV'	6.49	0.80	c

SD, Standard deviation; grouping (small letter), identical letters (a, b, c) indicate that the values are not statistically different ( $p > 0.05$ ); S, only sandblasting; SA, sandblasting and Alloy primer; SM, sandblasting and Metaltite; SV, sandblasting and V-primer; S', sand blasting and thermocycling; SA', sandblasting, Alloy primer and thermocycling; SM', sandblasting, Metaltite and thermocycling; SV', sandblasting, V-primer and thermocycling.

차는 다음과 같다 (Table 3).

금속 프라이머의 처리와 열순환 처리가 전단결합강도에 미치는 영향과 교호 작용의 평가 (Table 4)

이원분산분석(two-way ANOVA)의 결과, 금속 프라이머와 열순환 처리는 브라켓의 전단결합강도에 영향을 주지만, 교호작용(interaction)의 효과는 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

열순환 처리를 시행하지 않은 경우 브라켓 전단결합강도 (Table 2)

열순환 처리를 하지 않은 경우, 샌드블라스팅만 시행한 군, Alloy primer 처리군, Metaltite 처리군, V-primer 처리군의 전단결합강도의 평균은 각각 5.83, 7.62, 7.87, 8.07 MPa로, 금속 프라이머를 적용

한 군의 평균 전단결합강도가 더 높게 나타났다.

네 집단의 전단결합강도에 대하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 결과 전단결합강도에 차이가 있는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 투키 검정(Tukey's studentized range test)을 통해 사후 검정을 실시한 결과, S군과 SA군, S군과 SM군, S군과 SV군 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다 ( $p < 0.05$ ). 실험에 사용한 3종류의 금속 프라이머에 따른 결합강도의 차이는 보이지 않았다. 즉, 금속 프라이머를 처리한 군은 모두 대조군(S)에 비하여 높은 전단결합강도를 보였다.

열순환 처리를 시행한 이후의 브라켓 전단결합강도 (Table 3)

열순환 처리를 시행한 경우, 샌드블라스팅만 시행한 군, Alloy primer 처리군, Metaltite 처리군 그리

**Table 4.** Analysis of variance results for shear bond strength

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value	p-value
Primer	3	39.14	3.04	7.57	0.0002
Thermocycling	1	39.98	39.98	23.21	<0.0001
Primer × Thermocycling	3	3.25	1.08	0.63	0.5990

df, degree of freedom.

**Table 5.** Frequency distribution of the modified ARI scores and result of the Fisher's exact test between the groups

Group	n	Modified ARI scores				
		1	2	3	4	5
S	10	0	1	2	2	5
SA	10	4	1	3	1	1
SM	10	4	3	2	1	0
SV	10	3	4	2	0	1
<i>Fisher's exact test p = 0.0301</i>						
S'	10	1	2	2	1	4
SA'	10	5	2	1	0	2
SM'	10	5	2	0	1	2
SV'	10	2	4	0	1	3
<i>Fisher's exact test p = 0.3488</i>						

ARI, Adhesive remnant index; S, only sandblasting; SA, sandblasting and Alloy primer; SM, sandblasting and Metaltite; SV, sandblasting and V-primer; S', sand blasting and thermocycling; SA', sandblasting, Alloy primer and thermocycling; SM', sandblasting, Metaltite and thermocycling; SV', sandblasting, V-primer and thermocycling.

고 V-primer 처리군의 전단결합강도의 평균은 각각 5.08, 6.14, 6.03 그리고 6.49 MPa이었다.

네 집단의 전단결합강도에 대하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 결과 열순환 처리 이후의 전단결합강도에는 네 집단 간에 유의한 차이가 없었다 ( $p > 0.05$ ).

#### 열순환 처리 유무에 따른 전단결합강도의 변화

열순환 1,000회 시행 유무에 따른 전단결합강도 비교에서 샌드블라스팅만 시행한 경우에는 12.9%, Alloy primer를 사용한 경우엔 19.4%, Metalite를 사용한 경우에는 22.9%, V-primer를 적용한 경우엔 19.6%의 결합력 감소를 보였다.

#### 브라켓 접착면 파절 양상

브라켓의 탈락 이후 시편의 표면에 남은 접착제의 양을 modified ARI (Adhesive Remnant Index) scores를 이용하여 파절 양상을 관찰하였다 (Table 5). 금속 프라이머 처리와 파절 양상과의 연관성을 알아보기 위하여 Fisher's Exact test를 이용하여 통계적 처리를 시행하였다 (Table 5).

열순환 처리를 하지 않은 경우에는, Fisher's exact test 결과 금속 프라이머 적용과 파절 양상 사이에 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ). 즉, 금속 프라이머를 사용하는 경우, 파절이 접착제와 금합금 시편의 계면보다 브라켓과 접착제 계면에서 파절이 일어나는 경우가 많았다. 열순환 처리를 시행한 경우에는, 금속 프라이머 처리 유무에 유의한 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ). 즉, 열순환 처리 시행 시, 금속 프라이머의 사용과 파절 양상 사이에는 연관성을 보이지 않았다.

#### 고찰

교정식 교정장치치를 이용한 치료에서 브라켓 탈락은 치료의 효율을 감소시키고, 치료 기간을 연장하는 문제를 일으킨다. 따라서 교정치료 기간 동안에 브라켓이 적절한 결합강도를 유지하는 것이 중요하다. 그러나, 치과용 금합금에 브라켓을 접착하는 경우, 전통적인 산부식에 의한 기계적인 결합력의 증진을 얻을 수 없으므로 자연치에 비하여 낮은 결합강도를 보여 자주 탈락하는 문제가 있었다.

이러한 문제를 극복하기 위하여 기계적, 화학적

방법이 이전 문헌에서 소개되어 왔으나 이러한 화학적 방법은 사용이 제한되거나 임상에서의 적용이 복잡하다는 단점을 가진다. Zachrisson<sup>14</sup>은 금합금에 대한 브라켓 접착강도를 증가시키려는 이전의 다양한 방법들이 실험실에서는 높은 결합강도를 보이지만, 임상 적용 시 결합강도가 낮아 만족스럽지 못한 결과를 보인다고 보고하였다.

레진과 금속 사이에 화학적인 결합을 얻기 위해서는 금속 표면에 적절한 산화막이 존재하여야 한다. 그러나 귀금속 표면에서는 비귀금속에 비하여 표면의 metal oxide의 양이 적기 때문에 화학적 결합을 통한 결합강도의 증가를 얻기 어려워 금속 표면에 접착력의 증가를 위하여 부가적인 처리가 필요했다. Kojima 등<sup>15</sup>은 thione (=S) 혹은 thiol (=SH)을 함유한 6-(4-vinylbenzyl-n-propyl)amino-1,3,5-triazine-2,4-dithiol,-dithione tautomer (VTD or VBATDT)가 귀금속과 화학적 결합이 가능하다고 보고하였다. 이를 바탕으로 금속 프라이머인 V-Primer agent (Sun Medical Co., Moriyama, Japan)가 1980년대 후반 개발되었고, 이전의 문헌에서 샌드블라스팅과 V-Primer의 적용으로 적절한 결합강도를 얻을 수 있다고 보고하였다. 그러나, 접착 레진의 중합개시제에 따라 제한적인 결과를 가진다는 보고가 있었고, 이에 각 제조사들은 다른 구조식을 가지는 금속 프라이머를 소개하였다. 본 실험에서는 교정용 광중합형 레진인 Transbond™ XT와 시판 중인 3종의 금속 프라이머 적용을 통해 금합금에 브라켓 접착 시 금속 프라이머가 접착강도에 미치는 효과에 대하여 알아보려 하였다.

실제 임상에서 금합금 보철물은 비심미성으로 인해 구치부에서만 사용하므로 구치부용 튜브를 이용한 실험이 적절하나, 이 실험에서는 구치부용 튜브가 아닌 하악 전치 브라켓을 이용하여 실험을 시행하였다. 구치부 튜브의 경우, 기저면의 형태가 균일하지 않아 레진의 균일한 피막도를 얻을 수 없어 균일한 기저면 형태를 가진 하악 전치 브라켓을 이용하였다. 브라켓 탈락 시 측정하는 하중(N)은 기저면 넓이가 넓을수록 높은 값을 갖지만, 이 실험에서는 하중(N)을 브라켓 기저 면적으로 나누어 단위 면적당 전단결합강도(MPa)를 측정하였기 때문에 하악의 전치 브라켓을 사용하는 것이 가능했다.

실험에 사용한 금속 프라이머는 VBATDT (VTD)를 포함한 V-Primer (Sun Medical Co, Ltd, Moriyama, Japan), MTU-6를 포함한 Metalite (Tokuyama America Inc, San Mateo, CA), VBATDT와 MDP (10-meth-

acryloxydecyl dihydrogen phosphate)를 포함한 Alloy Primer (J. Morita USA Inc, Tustin, CA)였다. V-primer는 1986년 처음 소개되어 많은 연구가 이루어져 있는 금속 프라이머로, VBATDT 모노머가 아세톤에 함유되어 있으며, VBATDT에 존재하는 Thione (=S)기를 이용하여 귀금속과 화학적 결합이 가능한 것으로 알려져 있다. Metaltite는 ethanol을 기본으로 하여 thiouracil 모노머를 함유하며, MTU-6의 구조가 VTD 구조와 유사한 형태를 가지며, 이 금속 프라이머 또한 MTU-6에 포함된 황화합물을 이용하여 귀금속과 접착한다. Metaltite는 ethanol을 기본으로 하고, 휘발성이 아세톤에 비해 낮기 때문에, 조작 시간이나 취급이 아세톤을 사용한 금속 프라이머에 비해 유리한 장점이 있다. Alloy primer는 dual functional primer로 황화합물 프라이머와 인산염계 프라이머가 동시에 함유되어 있는 프라이머로 귀금속, 비귀금속 모두에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 금속 프라이머는 특별한 기구를 필요로 하지 않고, 도포만으로 간단하게 적용 가능하기 때문에 임상에서 사용이 용이한 장점이 있다.

이 연구에서는 금속 프라이머의 적용, 열순환 처리 두가지 요인이 있었기 때문에 교호 작용의 발생을 알아보기 위해 이원 분산 분석(two-way ANOVA)을 시행하였다. 이원 분산 분석을 시행한 결과, 금속 프라이머, 열순환 처리 두 가지 요인은 모두 브라켓의 전단결합강도에 영향을 주지만, 교호 작용(interaction)의 효과는 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 따라서 두 요인의 효과를 나누어 분석하는 것이 가능했다.

열순환 처리를 하지 않은 4개의 군을 비교한 결과, Alloy primer, Metaltite, V-primer를 적용한 실험군의 평균 전단결합강도는 7.62, 7.87, 8.07 MPa로, 금속 프라이머를 사용하지 않은 경우인 5.83 MPa보다 높았다. 일원분산분석(one-way ANOVA)과 투키 검정(Tukey's studentized range test)을 이용한 통계학적 평가 결과, 금속 프라이머를 적용한 군들과 적용하지 않은 군 사이에 유의성 있는 차이가 있었다. 이러한 금속 프라이머의 접착 기전은 Kojima 등<sup>15</sup>에 의해 free mercapto group이 palladium과 화학적 결합을 이루는 것으로 보고되었고, 최근 Suzuki 등<sup>16</sup>은 라만 분광기를 이용하여 VBATDT와 금합금의 2단계 결합 기전을 보고하였다. VBATDT의 thione (=SH) 구조를 thiol (=S) 구조로 바꾸어 Au, Ag, Cu 내로 화학적 흡수가 일어나며, 이 흡수된 모노머가 다른 모노머와 탄소 이중 결합으로 polymer network

를 형성한다고 하였다. MTU-6의 결합 기전은 알려져 있지 않지만, thiouracil monomer로 VBATDT와 유사한 구조를 가진다고 알려져 있으며, VBATDT의 결합 기전이 동일하게 적용된다. Alloy primer는 VBATDT와 MDP (10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate)를 포함한 dual functional primer로 함유된 모노머 중 MDP는 인산염계 모노머로 금속 표면의 산화막과의 수소 결합과 금속이온과 접착제 사이의 정전기적 인력, van der waals force를 통해 결합이 이루어진다고 알려져 있다. 그러나 귀금속 표면에서는 산화막이 비귀금속에 비하여 잘 형성되지 않기 때문에, 귀금속보다는 비귀금속에 효과적인 모노머이다.

Ryou 등<sup>17</sup>의 연구에서 Transbond™ XT와 Metaltite를 사용하여 브라켓을 부착하는 경우 유의성 있게 높은 인장 접착강도를 얻었다는 결과를 보고했고, 이번 실험과 유사한 양상을 보였다. 그러나 결합력은 Metaltite를 처리하기 이전에 평균 3.61 MPa, 처리한 이후 5.81 MPa로 이번 실험 결과에 비해 낮은 값을 보였다. 이는 이번 실험에서 사용한 금합금의 함량이 48%로 상대적으로 낮아서 이전 실험에 비해 더 많은 산화막의 형성이 가능했고, 인장강도 실험이 아닌 전단강도 실험을 시행한 것이 원인으로 생각된다.

실험에 사용한 3종류의 금속 프라이머에 따른 결합강도의 차이에 대해서는 통계적으로 유의성 있는 차이가 없었다. 이는 이전 Yanagida 등<sup>18</sup>의 보고에서 Metaltite를 사용하는 경우 다른 금속 프라이머를 적용하는 경우보다 더 높은 결합강도를 보인다는 결과와 차이가 있다. 이러한 차이는 실험에 사용한 금속의 종류와 접착제의 종류가 다르기 때문이다. V-primer와 Metaltite의 구조식은 거의 유사하며, 기능을 하는 부위는 thiol (=S) 구조로 동일하기 때문에 결합력에서 큰 차이가 없을 것으로 생각하며, Alloy primer는 VBATDT, MDP 두 가지 성분을 함유하는데, 이번 실험에 사용한 금합금의 성분은 Au 48%, Pd 3.5%, Ag 37%, 기타 11.5%로 비귀금속의 비율이 낮기 때문에 MDP 모노머에 의한 추가적인 결합력 증가가 없었다. 따라서, 실험에 사용한 3가지 금속 프라이머 간의 결합력은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

열순환 처리 시 평균 전단결합강도의 감소량은 12.9%, Alloy primer를 사용한 경우에는 19.4%, Metaltite를 사용한 경우에는 22.9%, V-primer를 적용한 경우에는 19.6%의 결합력이 감소하였다. 열순환 처

리의 효과는 Tanaka 등<sup>19</sup>은 온도 변화에 따른 피로 축적으로 인하여 계면에서 물의 확산이 가속화되어 결합력의 감소를 일으킨다고 하였고, Sparrius와 Grossman<sup>20</sup>과 Kang 등<sup>21</sup>은 열순환 처리에 의한 수축과 팽창이 가속화되고 레진의 물 흡수로 인한 수화 팽창이 일어나며, 접착 레진과 금속 사이에는 압축과 인장 응력이 반복적으로 일어나 결합력의 감소를 보인다고 하였다. 열순환 처리를 시행한 경우, 샌드블라스팅만 시행한 군(S'), Alloy primer 처리를 한 군(SA'), Metaltite 처리를 한 군(SM') 그리고 V-primer 처리를 한 군(SV')의 평균 전단결합강도의 평균은 각각 5.08, 6.14, 6.03 그리고 6.49 MPa로, 금속 프라이머를 적용한 군의 평균 전단결합강도가 더 높게 나타났지만, 통계학적인 처리 결과 각 군 사이에 결합강도에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 심한 온도 변화와 수분에 의한 피로가 누적된 경우, 금속 프라이머의 적용을 통한 결합력의 증가는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. Atsuta 등<sup>22</sup>은 Pd, Au에 V-Primer를 사용한 접착시편에서 열순환 처리를 하지 않은 경우 높은 결합력을 보이거나, 열순환 처리 시행 후에는 이러한 효과를 보이지 않는다고 하였으며, 이 실험과 비슷한 결과를 보고하였다. 열순환 처리 시 장기간 수분에 노출되고, 심한 온도 변화에 의한 팽창량의 차이로 인해 접착 계면에 물의 확산이 발생하며, 금속 프라이머는 수분의 접촉에 민감하여 결합강도에 영향을 미치는 것으로 보인다.

반면, Matsumura 등<sup>23</sup>의 연구에서는 Metaltite와 V-primer를 적용한 경우 열순환 처리를 하여도 결합강도가 유지된다고 보고하였다. 그러나 이 실험에서는 접착성 레진인 TBB (tri-n-butylborane) 레진을 접착제로 사용하였다. Yoshida와 Atsuta<sup>24</sup>의 연구에 의하면 귀금속에서 TBB 레진을 접착제로 사용하는 경우, camphoroquinone에 의해 중합을 개시하는 광중합형 레진보다 높은 결합강도를 보였으며, 열순환 처리를 하여도 높은 결합강도를 유지한다고 보고하였다. 이는 4-META/TBB resin이 접착성 레진으로 레진 자체에 4-META라는 접착성 성분을 가지기 때문으로 생각된다.

Modified ARI index scores를 통한 파절 양상 관찰 시, 열순환 처리를 하지 않은 경우, 프라이머 처리와 파절 양상 사이에 연관성이 있었다. 금속 프라이머를 사용하는 경우, 파절 양상이 접착제와 금합금 시편의 계면보다 브라켓-접착제 계면에서의 파절이 발생한 결과를 얻었다. 이는 금속 프라이머를 처리

한 경우, 금합금과 레진 사이의 결합강도 증가했다는 이번 연구의 결과를 반영하며, 금속 프라이머를 사용한 경우, 오히려 파절이 레진과 브라켓의 계면 사이에서 발생함을 보여준다. 그러나 열순환 처리를 1,000회 시행한 경우, 파절 양상과 프라이머의 처리 유무 사이에 통계적인 연관성은 없었다. 이는 열순환 처리 시행 시 각 군 간의 전단결합강도의 차이에 통계적인 유의성이 없다는 이번 결과를 반영한다.

Reynolds<sup>25</sup>는 브라켓의 접착강도가 6 - 8 MPa 정도인 경우, 대부분의 임상적인 상황에서 적절한 결합력을 가진다고 제시하였다. 이 실험 결과 샌드블라스팅만 시행한 경우에는 낮은 전단결합강도를 가지나, 금속 프라이머를 사용한 경우, 1 - 2 MPa 정도의 결합강도 증가가 나타나 적절한 초기결합강도를 보였다. 열순환 처리를 통해 온도 변화와 수분 노출이라는 스트레스를 부여한 군에서는 금속 프라이머를 사용한 군에서 프라이머를 적용하지 않은 군에 비해 평균 전단결합강도는 높으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 측정된 평균 전단결합강도는 Reynolds<sup>25</sup>가 제시한 적절한 접착강도 범위에 있었다. 그러나 금합금은 구치부의 보철 재료로 사용하며, 구치부의 저작력을 고려할 경우 좀 더 높은 수준의 결합력을 필요로 한다. 따라서, 금속 프라이머와 광중합 레진의 사용은 초기 강도에서는 적절한 결합력을 제공하나, 구강 내에서의 체류 시간이 길어지며 레진이 스트레스를 받으면 금속 프라이머에 의한 결합력 증가 효과가 감소한다고 생각한다.

이러한 실험실에서의 결합강도 연구는 Zachrisson<sup>14</sup>의 지적대로, 임상에서의 적용하는 데에 몇 가지 한계점을 가진다. 우선 지속적인 전단력을 가하는 실험법과 달리 실제 임상에서는 브라켓 탈락 시 지속적인 힘이 가해지는 상황이 아니며, 힘의 종류가 다르고, 온도, 하중, 습도, 산도, 치태의 존재와 같은 다양한 구내 환경이 실험에서는 재현이 어렵다. 그러나 결과에 대한 상대적인 평가를 통해 가장 유용한 재료의 조합을 예상할 수 있다.

금합금에 대한 교정용 브라켓의 접착은 다양한 방법이 존재하며, 실험을 통한 성공적 결과가 보고되어 왔으나 실제 임상에서는 여전히 제한적인 결과를 보인다. 따라서 향후 금합금에 브라켓 부착 시 부가적인 결합력을 제공하며, 이러한 결합력을 구강 내 환경에서도 치료 종료까지 유지할 수 있는 전처리제 혹은 접착제를 개발하는 것이 필요하다.



## 결론

치과용 금합금에 교정용 브라켓 접착 시 금속 프라이머와 열순환 처리가 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 80개의 금합금 시편을 이용하여 3종류의 프라이머 처리와 열순환 처리 유, 무에 따른 전단결합강도 실험을 통해 다음의 결과를 얻었다.

1. 열순환 처리를 하지 않은 경우, 금속 프라이머의 적용 시 샌드블라스팅만 단독으로 처리한 경우에 비하여 통계적으로 유의성 있는 전단결합강도의 증가가 있었다 ( $p < 0.05$ ).
2. 열순환 처리를 시행한 경우, 금속 프라이머의 처리에 의한 전단결합강도에서 유의성이 없었다 ( $p > 0.05$ ).
3. 금속 프라이머를 적용한 경우 열순환 처리를 하지 않은 경우, 파절 양상이 접착제와 금합금 시편의 계면보다 브라켓과 접착제 계면에서의 파절 발생 빈도가 높았으나, 열순환 처리를 시행한 경우 유의한 차이가 없었다.

이상의 연구를 통하여, 금속 프라이머의 적용이 치과용 금합금에 대한 교정용 브라켓 접착 시 초기 접착강도에서는 통계적으로 유의한 결합력의 증가를 보이나, 열순환 처리 시에는 전단결합강도에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 금속 프라이머에 의한 결합력 증가가 유지되지 않는다고 생각한다.

## 참고문헌

1. Yu HS, Ryu YK, Lee JY. A study on the distributions and trends in malocclusion patients from Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University. *Korean J Orthod* 1999;29:267-76.
2. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34:849-53.
3. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod* 1965;51:901-12.
4. Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS 3rd. 2002 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. Part 1. Results and trends. *J Clin Orthod* 2002;36:553-68.
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. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. 4th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2007. p. 658-9.
7. Wood DP, Jordan RE, Way DC, Galil KA. Bonding to porcelain and gold. *Am J Orthod* 1986;89:194-205.
8. Andreasen GF, Stieg MA. Bonding and debonding brackets to porcelain and gold. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:341-5.
9. Büyükyılmaz T, Zachrisson YO, Zachrisson BU. Improving orthodontic bonding to gold alloy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:510-8.
10. Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL. Orthodontics: current principles and techniques. 4th ed. St. Louis: Elsevier Mosby; 2005. p. 596-602.
11. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27:89-99.
12. 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.
13. 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.
14. Zachrisson BU. Orthodontic bonding to artificial tooth surfaces: clinical versus laboratory findings. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:592-4.
15. Kojima K, Kadoma Y, Imai Y. Adhesion to precious metals utilizing triazine dithione derivative monomer. *J Jpn Dent Mater* 1987;6:702-7.
16. Suzuki M, Fujishima A, Miyazaki T, Hisamitsu H, Kojima K, Kadoma Y. A study on the adsorption structure of an adhesive monomer for precious metals by surface-enhanced Raman scattering spectroscopy. *Biomaterials* 1999;20:839-45.
17. Ryou DB, Kwon TY, Kwon YH, Kim KH. An effect priming gold alloy on bonding to orthodontic bracket. *J Korean Res Soc Dent Mater* 2003;30:347-56.
18. Yanagida H, Matsumura H, Atsuta M. Bonding of prosthetic composite material to Ti-6Al-7Nb alloy with eight metal conditioners and a surface modification technique. *Am J Dent* 2001;14:291-4.
19. Tanaka T, Fujiyama E, Shimizu H, Takaki A, Atsuta M. Surface treatment of nonprecious alloys for adhesion-fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1986;55:456-62.
20. Sparrius O, Grossman ES. Marginal leakage of composite resin restorations in combination with dentinal and enamel bonding agents. *J Prosthet Dent* 1989;61:678-84.
21. Kang SW, Son WS, Park SB, Kim SS. Effect of thermocycling on shear bond strength and mode of failure of ceramic orthodontic brackets bonded to different porcelain restorations. *Korean J Orthod* 2009;39:225-33.
22. Atsuta M, Matsumura H, Tanaka T. Bonding fixed prosthetic composite resin and precious metal alloys with the use of a vinyl-thiol primer and an adhesive opaque resin. *J Prosthet Dent* 1992;67:296-300.
23. Matsumura H, Shimoe S, Nagano K, Atsuta M. Effect of noble metal conditioners on bonding between prosthetic composite material and silver-palladium-copper-gold alloy. *J Prosthet Dent* 1999;81:710-4.
24. Yoshida K, Atsuta M. Effect of MMA-PMMA resin polymerization initiators on the bond strengths of adhesive primers for noble metal. *Dent Mater* 1999;15:332-6.
25. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975;2:171-8.

## Effect of metal primer and thermocycling on shear bonding strength between the orthodontic bracket and gold alloy

Young Kee Lee, DDS, MSD,<sup>a</sup> Jung-Yul Cha, DDS, MSD, PhD,<sup>b</sup>  
Hyung-Seog Yu, DDS, MSD, PhD,<sup>c</sup> Chung-Ju Hwang, DDS, MSD, PhD<sup>c</sup>

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the effect of metal primers and thermocycling on shear bond strength between the orthodontic bracket and gold alloy. **Methods:** For this study, 80 specimens made of dental gold alloy were divided into 8 groups based on the combination of metal primers (none, Alloy primer, Metaltite, V-primer) and thermocycling (with and without thermocycling). Shear bond strength testing was performed with a universal testing machine. Bond failure sites were classified by a modified ARI (Adhesive Remnant Index) score. **Results:** All metal primer treated groups showed a significantly higher shear bond strength than the only sandblasting treated group without thermocycling ( $p < 0.05$ ). There were no significant differences on shear bond strength in the groups with thermocycling ( $p > 0.05$ ). Bond failure sites of the metal primer treated group without thermocycling occurred at gold alloy/adhesive interface, whereas there were no differences on bonding failure sites in the groups with thermocycling. **Conclusions:** These findings suggest that using metal primer on gold alloy enhances the initial bracket bond strength. But, this effect was not shown with thermocycling. (**Korean J Orthod** 2009;39(5):320-329)

**Key words:** Bond strength, Bracket, Gold alloy, Metal primer

<sup>a</sup>Graduate Student, <sup>b</sup>Assistant Professor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University.

<sup>c</sup>Professor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Oral Science Research Institute, The Institute of Cranio-facial Deformity, Yonsei University.

Corresponding author: **Chung-Ju Hwang.**

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 134, Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea.

+82 2 2228 3106; e-mail, hwang@yuhs.ac.

Received March 30, 2009; Last Revision August 14, 2009; Accepted August 16, 2009.