

Light emitting diode를 이용한 광중합 시 금합금과 교정용 금속 브라켓의 전단접착강도

정민호^a · 정신혜^b · 손원준^c

성인 교정환자의 수요가 증가하면서 보철물 표면에 교정장치를 부착해야 하는 빈도가 늘어나고 있다. 본 연구는 금속표면에 교정장치를 직접 접착하고자 할 때 사용하는 metal primer와 silicoating으로 각각 금합금의 표면을 처리한 후 light emitting diode (LED) 광중합기를 사용하여 광중합을 시행하여 접착력을 평가해 보고자 하였다. Type III gold alloy 표면에 aluminum oxide를 이용한 sandblasting 후 4-META 계열의 metal primer로 처리한 시편과 silica를 이용한 sandblasting 후 silane으로 처리한 시편에 광중합형 접착레진인 Transbond XT를 이용하여 금속 브라켓을 접착하고 접착 후 1시간, 6시간, 24시간 후 전단접착강도의 변화를 비교, 관찰하였다. 측정된 값을 이원분산분석(two-way analysis of variance)을 이용하여 비교하고 두 가지 표면처리 방법 간에 접착강도에 차이가 있는지도 살펴보았다. 연구결과, metal primer에 비하여 silicoating을 시행한 시편에서 높은 전단접착강도가 관찰되었으며, 시간이 경과할수록 접착강도가 증가하는 경향을 보였다. Adhesive remnant index (ARI)에서는 군 간 유의한 차이를 보이지 않았다. LED를 이용하여 광중합을 시행하는 경우 범랑질에 비하여 긴 시간의 광중합을 실시하고 metal primer보다는 silicoating 방법을 사용하는 것이 금합금표면에 교정장치를 부착할 때 더 높은 접착강도를 얻을 수 있을 것이다. (대치교정지 2010;40(1):27-33)

주요 단어: 금속표면, 접착강도, Metal primer, Silicoating

서론

최근 성인 교정환자의 증가^{1,2}와 함께 자연치아의 범랑질이 아닌 여러 가지 수복재료 혹은 보철물의 표면에 교정장치를 부착해야 하는 경우가 늘어나고 있다. 범랑질표면에 직접 교정장치를 부착하는 방법은 이미 40년 이상 사용되어져 왔으나,³ 대구치에 교정용 밴드를 이용하지 않고 직접 브라켓을 접착시키는 방법이 교정임상에서 사용되기 시작한 것은 그리 오래되지 않았다. 근래 들어서는 교정용 접착

제의 발달 등의 영향으로 대구치에서도 교정용 밴드보다 직접 접착법을 사용하는 임상가들의 숫자가 계속 늘어나고 있다.²

아말감이나 복합레진, 도재 등 다른 수복재료들 상에서는 교정치료에 필요한 적절한 접착력을 얻을 수 있어 많은 임상가들이 직접 접착법을 사용하고 있으나,⁴ 전체 치아를 금속으로 씌운 경우에는 높은 접착력을 얻기가 쉽지 않다고 여겨지고 있어 아직까지 교정용 밴드를 사용하는 임상가들이 적지 않다. 대구치의 경우 교합력이 강하게 작용하기 때문에⁵ 교정용 브라켓을 부착해야 하는 표면이 금속으로 수복되어져 있는 대구치의 경우 특히 강한 접착력이 필요하고 특별한 접착술식이 필요할 것이다.

금속표면은 범랑질과는 달리 인산에 부식되는 규칙적인 조직구조가 없으므로, 금속표면에 교정장치를 직접 접착하고자 할 때 가장 흔히 사용하는 방법은 금속표면을 거칠게 만든 후 화학적인 결합력을 부여해주는 접착제를 함께 사용하는 방법이다. 금속표면을 거칠게 만들어 접착력을 증가시켜주는 방

^a개원의; 임상조교수, 서울대학교 치과병원 교정과; 임상부교수, 삼성의료원 교정과.

^b대학원생, ^c조교수, 서울대학교 치의학대학원 보존학교실.

교신저자: 손원준.

서울시 종로구 연건동 28 서울대학교 치의학대학원 보존학교실.

02-2072-2651; e-mail, endoson@snu.ac.kr.

원고접수일: 2009년 9월 14일 / 원고최종수정일: 2010년 1월 22일 /

원고채택일: 2010년 1월 26일.

DOI:10.4041/kjod.2010.40.1.27

법에는 green stone이나 highspeed handpiece를 사용하는 방법도 있으나 이보다 더 효과적인 방법은 sandblasting을 이용하는 방법이다.⁶ 화학적인 결합력을 부여해주는 방법으로는 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride (4-META), 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP) 등 금속과 결합력이 높은 성분을 가진 metal primer 혹은 intermediate resin 등을 사용하는 방법^{4,7,8}과 silica와 silane을 이용한 silicoating 방법 등이 있다.⁹ 근래에 사용되는 이러한 물리적, 화학적 접착법들의 브라켓 접착강도를 서로 비교한 연구는 아직 매우 부족하다.

Light emitting diode (LED)는 1907년 소개되었지만 치과용 재료의 중합에 사용되기 시작한 것은 10여년 밖에 되지 않았다.¹⁰ LED가 기존에 사용되어 온 halogen light보다 우수한 점은 긴 수명, 작은 전력소모, 열 발생이 적고 파장이 치과용 재료들의 중합에 유리한 좁은 파장범위의 빛을 만든다는 점 등이다.¹¹ LED는 유사한 장점을 가진 plasma arc light나 laser에 비하여 장치의 크기가 작고 무선 형태의 제작이 가능하며¹² 가격이 저렴하여 그 사용이 크게 증가하는 추세이고, 미국의 경우 최근 LED를 사용하는 교정의사의 수가 halogen을 사용하는 교정의사보다 많아졌다.²

교정용 브라켓을 광중합 복합레진을 사용하여 접착할 때 LED를 이용하여 광중합을 시행하는 경우 법랑질 표면에서는 기존의 halogen을 사용하는 것과 접착력,¹² 탈락률,¹³ 중합정도(degree of cure)¹⁴ 등에서 차이를 나타내지 않는다고 보고되었으나, 금속표면의 접착력 시험에 LED를 사용한 연구는 아직 보고된 바가 없었다.

본 연구는 가장 흔하게 금속표면에 교정장치를 접착할 때 사용되어져 온 aluminum oxide를 이용한 sandblasting 후 4-META계열의 metal primer를 이용한 방법과, 보철영역에서는 널리 사용되고 있고 교정장치의 접착방법으로도 소개된 바 있으나⁹ 아직까지 교정영역에서는 그다지 널리 사용되지는 않고 있는 silicoating 혹은 silica coating법을 이용하여, 금속표면에 교정장치를 접착한 후 LED를 사용하여 광중합시키고, 시간 경과에 따른 접착강도와 ARI의 차이를 비교해보는 데 그 목적이 있다.

연구방법

Type III gold alloy (Au 50%, Pd 5%, Ag 32.5%, Cu 11.45%, Argon Co. San Diego, CA, USA)를 사용하여

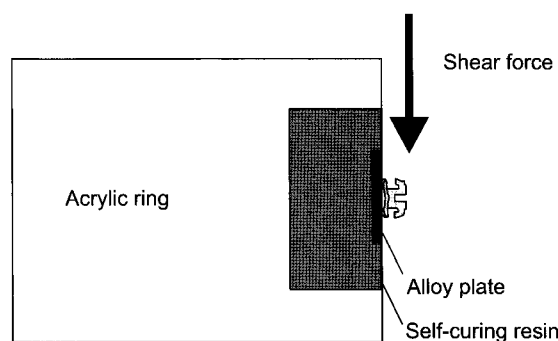


Fig 1. Alloy plates were embedded in cold curing acrylic and placed in acrylic rings. Each plate was oriented so that its surface would be parallel to the force during the shear bond test.

가로세로 각각 10 mm, 두께 1.5 mm의 규격으로 시편을 제작하였다. 이들 시편을 자가중합형 아크릴릭 레진(Leocryl, Leone, Sesto Fiorentino, Italy)을 사용하여 acrylic ring에 매몰하였다 (Fig 1). 각 시편의 노출된 10 × 10 mm 표면을 전단접착강도(shear bond strength) 실험에 이용하였다.

각 시편을 pilot study를 위하여 50 μm의 aluminum trioxide (GAC, Bohemia, NY, USA)를 10 mm 거리에서 intraoral sandblaster (Air-Flow Handy II, EMS Corp USA, Dallas, TX, USA)를 사용하여 2.5 bar의 압력으로 15초간 처리하여 표면을 거칠게 만든 후 깨끗하게 수세, 건조시켰다. 그 후 metal primer (Reliance Orthodontic Products, Itasca, IL, USA)를 시편의 표면에 바르고 1분간 건조시켰다. 0.22" slot을 가진 상악 좌측 중절치 금속 브라켓(item number: 017-875, Victory, 3M Unitek, Monrovia, CA, USA)을 Transbond XT (3M, Monrovia, CA, USA)를 사용하여 제조사의 지시에 따라 부착하고, 주변의 과도한 레진은 모두 제거하였다. 사용된 브라켓의 base 면적은 10.56 mm²였다.

먼저 10개의 시편을 LED 광중합기(Ortholux LED curing light, 3M Unitek)를 사용하여 근심측에서 5초, 원심측에서 5초간 중합시킨 후 24시간 동안 37°C의 항온수조에서 증류수에 넣어 보관 후 꺼내어 universal testing device (LF Plus, Ametek, Albany, NY, USA)를 이용하여 Toroglu와 Yaylali¹⁵의 연구방법과 동일한 방법으로 전단접착강도를 측정하였다. 측정시 crosshead speed는 1 mm/min으로 설정하였다.

측정결과, 과거의 LED를 이용한 법랑질 상에서의 접착 시 연구결과¹²와는 달리 중합과정에서 LED 광중합기를 10초만 사용하였을 때에는 매우 낮은

전단접착강도(평균 2 MPa 이하)를 보였다. 그래서 각각 10개의 시편을 가지고 20초와 30초간 중합 후 동일한 방법으로 전단접착강도를 측정하였으며, 역시 임상에서 사용이 어려운 낮은 접착강도(평균 3 MPa 이하)를 얻었다.

법랑질표면과는 달리 빛의 투과가 어려운 금속판이기 때문에 충분한 중합이 이루어지지 못하여 낮은 접착강도를 보인 것이라고 판단하여, 본 실험은 브라켓 base에도 primer를 도포하고 10초간 중합하고, 그 후 adhesive를 바른 후 시편에 부착하고 근원심에서 20초씩 40초간 광중합을 시키기로 결정하였다.

제작된 시편은 총 30개로서, 전단접착강도를 측정 후 각 시편의 표면을 Shofu Gold Polishing Kit (HP 0303, Shofu Inc., Tokyo, Japan)을 이용하여 polishing하고 5분간 ultrasonic bath (Branson, Ultrasonic Cleaner, Shelton, CT, USA)에서 깨끗하게 한 후 oil-free air를 이용하여 건조시켰다. Pilot study에서 30개의 시편이 모두 사용되었고, 위에 기술한 polishing 방법을 거쳐 본 실험에 사용되었으며 본 실험과정에 필요한 시편이 총 60개였기 때문에 실험과정에서도 시편의 polishing 과정이 시행되었다. 실험과정 중의 시편 polishing은 Nergiz 등⁹의 연구방법을 참조하였다.

시간 경과에 따른 전단접착강도의 변화와, metal primer를 사용한 군과 silicoating을 시행한 군의 접착강도 차이를 알아보기 위하여 전체 실험을 총 여섯 군으로 나누기로 하고, 군당 10개의 시편을 사용하기로 하였다 (Table 1).

1 - 3군은 앞서 설명한 방법에 따라 metal primer를 사용하여 시편의 표면에 접착을 실시하고 LED 광중합기로 40초간 중합시킨 후 1시간, 6시간, 24시간 동안 pilot study에서와 동일한 방법으로 항온수조에서 보관 후 전단접착강도를 측정하였다. 측정이 끝난 시편은 앞서 언급한 방법대로 표면을 pol-

Table 1. Alloy surface-conditioning methods and test timing of each group

Group	N	Surface conditioning	Test timing
1	10	50 μ m Al ₂ O ₃ + metal primer	1 hour
2	10		6 hour
3	10		24 hour
4	10	30 μ m Silica + silane	1 hour
5	10		6 hour
6	10		24 hour

ishing한 후 다음 실험과정에 사용하였다.

4 - 6군은 silica coating 과정을 실시하였다. 30 μ m silicon dioxide (Cojet-Sand, 3M ESPE, Seefeld, Germany)를 이용하여 제조사의 지시에 따라 시편의 표면에서 10 mm 떨어진 높이에서 2.5 bar의 압력으로 15초간 표면처리한 후 표면을 air로 깨끗하게 하고 silane (ESPE-Sil, 3M ESPE)을 바른 후 2분간 oil-free air를 사용하여 표면을 건조시켰다. 이렇게 처리된 시편에 1 - 3군과 동일한 방법으로 금속 브라켓을 접착한 후 항온수조에서 각기 1시간, 6시간, 24시간 보관하고 전단결합강도를 측정하였다.

통계처리를 위하여 SPSS program version 11.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 측정된 전단결합강도는 MPa로 환산하고 Kolmogorov-Smirnov test로 검정한 결과 ($p = 0.05$) 모든 군이 정규분포를 보였으므로, 표면처리와 시간요소에 따른 영향력을 알아보기 위하여 이원분산분석(two-way analysis of variance; two-way ANOVA)을 시행하였다. 각 군의 전단접착강도와 이원분산분석의 결과는 Table 2에 나와 있다.

전단결합강도를 측정 후 시편과 브라켓 표면에 잔존해 있는 접착제의 양을 Adhesive Remnant Index (ARI)¹⁶로 평가하고, 각 군에 따른 차이가 있는지 살펴보기 위하여 Kruskal-Wallis test를 사용하였다.

연구성적

이원분산분석의 결과 metal primer를 사용한 군이

Table 2. Mean and standard deviation in shear bond strength of each group

Group	Shear bond strength (MPa)	Significance sign (surface conditioning)	Significance sign (test timing)
1	4.84 \pm 1.34		a
2	4.72 \pm 1.15	a	a
3	7.39 \pm 1.18		b
4	8.45 \pm 2.68		c
5	9.69 \pm 2.55	b	c
6	13.63 \pm 2.55		d

MPa, Megapascal. The same letters are not statistically significant at $\alpha = 0.05$ by Scheffe's multiple comparison.

Table 3. Frequency and percentage distribution of the ARI scores of the 6 groups

Group	N	ARI scores*			
		0	1	2	3
1	10	0	10	0	0
2	10	0	10	0	0
3	10	0	7	3	0
4	10	0	6	4	0
5	10	0	7	3	0
6	10	0	5	4	1

*ARI scores: 0, No adhesive left on the specimen; 1, less than half of the adhesive left on the specimen; 2, more than half of the adhesive left on the specimen; 3, all adhesive left on the specimen.

나 silicoating을 사용한 군이나 24시간 후의 전단접착강도가 유의하게 높았으며, 같은 시간대에서는 silicoating을 사용한 군이 metal primer를 사용한 군보다 유의하게 높은 접착강도를 보였다. Metal primer군은 접착 1시간 후에는 4.84, 6시간 후에는 4.72 MPa로 접착력의 변화가 없었으며, 24시간 후에는 7.39 MPa로 유의한 증가를 보였다. Silicoating군의 경우 접착 1시간 후에는 8.45, 6시간 후에는 9.69 MPa로 약간 증가하는 경향을 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 24시간 후에는 13.63MPa로 전단접착강도의 유의한 증가를 관찰할 수 있었다 (Table 2).

각 군의 ARI는 Table 3에 나타나 있다. Kruskal-Wallis test 결과 각 군 간의 ARI에는 유의한 차이는 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

고찰

실험에서 관찰된 전단결합강도는 Nergiz 등⁹이 자가중합형 레진을 사용하여 합금 표면에 접착 1주일 후에 측정된 값보다는 낮으나(silicoating 시 전체 합금 평균 19 MPa), silicoating을 시행한 군의 경우에는 Swanson 등¹²이 자연치아 표면에 LED를 사용하여 광중합한 후 24시간 후에 측정된 값(20초 중합 시 12.2 - 14.8 MPa)과는 유사하였다.

광중합형 복합레진의 경우에도 중합과정에서 발생하는 자유라디칼(free radical)의 수명이 길기 때문에¹⁷ 광중합 이후에도 중합이 지속되는 것으로 알려

져 있다. Halogen 광중합기로 광중합하는 경우 6시간 후에는 중합 진행이 크게 줄어들지만 24시간 뒤에도 약간의 증가를 관찰할 수 있으며,¹⁸ Lee¹⁹는 레진 브라켓을 할로겐 광중합기를 사용하여 범랑질표면에 접착하는 경우 중합률은 24시간 후까지 소량 증가하나 처음 5분 이후에는 결합력의 차이는 보이지 않는다고 하였다. 이번 연구에서는 24시간 후의 접착력이 metal primer를 사용한 군이나 silicoating을 사용한 군 모두에서 1시간 후나 6시간 후에 비하여 높은 경향을 나타내었다.

LED는 근래 들어 교정영역에서도 널리 사용되기 시작하였다. 시술시간이 짧고 장치의 부피가 작아 사용이 편리하지만,⁹ curing depth가 halogen에 비하여 매우 낮다고 알려져 있다.²⁰ 더구나 이번 실험과 같이 금속표면에 금속교정장치를 부착하는 경우 시편과 장치 모두 빛이 통과하지 못하기 때문에, 자연치아에서 복합레진을 사용할 때 중합의 상당부분을 차지하는 transillumination²¹에 의한 중합효과는 거의 얻을 수 없다. 자연치아에서는 20초가 더 높은 접착강도를 보이기는 했으나 10초의 LED 광중합 만으로도 임상적으로 적절한 접착강도¹²를 얻을 수 있었다고 하며, 10초의 LED 광중합만으로도 halogen 광중합과 유사한 브라켓 탈락률¹³을 보였다고 보고된 바 있다. 그러나 브라켓의 크기가 큰 구치부용 tube의 경우에는 동일한 시간 빛을 조사하여도 LED가 halogen보다 낮은 접착강도를 보였다는 보고도 있었으며,²² 이러한 차이 역시 curing depth와 연관되었을 것으로 생각된다. 본 실험에서도 이러한 curing depth의 영향으로 30초의 LED 광중합을 했을 때에도 3MPa 이하의, 임상에서 사용하기에는 너무 낮은 전단접착강도가 관찰되었고 40초의 광중합을 해야만 적절한 접착강도를 얻을 수 있었던 것으로 생각된다.

LED를 이용한 이번 실험에서 halogen을 사용한 금속표면 접착강도 실험들에 비하여^{6,9} 두 가지 방법 모두 낮은 접착력 값을 보였고, 앞서 언급한 halogen 광중합 시의 시간경과에 따른 변화¹⁸와는 달리 6시간 이후에 오히려 더 많은 양의 접착력 증가 경향을 관찰할 수 있었던 것은 이러한 LED 광중합기의 특성으로 인하여 광중합 직후에는 중합되지 않은 부분이 많았다가 점차 중합이 진행되었기 때문일 것으로 추측된다.

이번 실험에서는 LED의 이러한 특성을 고려하여 브라켓 base에 primer를 얇게 바른 후 광중합하여 줌으로써 base 전체에 자유라디칼을 형성시켜준 후

접착을 하는 방법을 시행하였다. 브라켓 base에 미리 precure를 해주는 방법은 법랑질에 접착하는 과정에는 접착력 강화에 효과가 있을 수 있다는 연구가 발표된 바²³ 있으나, 금속표면에 접착하는 과정에 미치는 영향에 대해서는 아직 발표된 바가 없어 이에 대한 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다.

4-META 계열의 metal primer를 사용하는 경우 접착 1, 6시간 후에는 임상적으로 필요하다고 알려진 최소 접착강도(6 - 8 MPa)²⁴보다 낮은 값을 보였으며, 24시간이 지나서야 적절한 접착강도를 얻었다. Metal primer보다 silicoating이 더 높은 접착강도를 보인 이유를 생각해 보면, 먼저 4-META는 금속표면의 산화막에 있는 산소나 hydroxyl기와 수소결합을 형성하여 결합력을 제공하기 때문에,²⁵ nonprecious metal에서 더 강력한 접착력을 발휘하는 특성을 가지고 있다는 점^{8,26} 금합금의 표면에 작용할 때에는 불리할 수 있을 것이다.

Silane과 silica는 표면의 hydroxyl기가 떨어져 나가는 탈수반응으로 강하게 결합하며, silane은 복합레진의 다량체(oligomer)와도 탄소이중결합이 끊어지면서 쉽게 결합한다. 하지만 silane은 금속표면과는 직접 결합하지 않는다. 금속 표면에 silica 입자를 강하게 분사하여 세라믹 표면과 유사하게 silica 입자가 미세하게 박혀있는 거친 표면을 만들어주는 silicoating 방법은 금속의 조성이나 표면의 산화막 형성 등에 영향을 별로 받지 않기 때문에²⁷ 복합레진을 금속에 부착할 때 강하면서 안정적인 접착력을 제공한다.²⁸

4-META와 금속표면 간의 결합력과 silane과 silica 입자와의 결합력을 직접 비교한 문헌은 찾아볼 수 없었으나, 발표된 문헌들에서 silicoating 시 금속표면과 복합레진 간의 접착강도는 18 - 30 MPa^{9,29} 4-META를 이용한 브라켓 접착강도(14.1 - 17.1 MPa³⁰)보다는 비교적 높았던 것으로 미루어보아 silane과 silica 입자와의 결합력이 좀 더 강할 것으로 생각된다.

4-META가 수소결합을 하는 과정과 silane이 silica 입자와 결합하는 과정은 시간이 소요되는 과정이다. 본 실험에서 사용한 metal primer의 경우 제조사에서는 도포 후 30초를 기다리도록 추천하고 있으나,³¹ 다른 4-META 계열의 primer나 adhesion booster들의 경우 접착레진을 도포하기 전 1분 혹은 5분간 기다리는 것을 추천하는 경우도 있다.^{25,32} Silane의 경우 제조사에서는 도포 후 구강 내에서는 1분, 구강 외에서는 5분을 기다리는 것을 추천하고 있다.³³

본 실험에서는 metal primer에서는 1분, silane에서는 2분의 시간을 사용하였으며 도포 후 기다리는 시간이 접착력에 미치는 영향은 아직까지 비교 발표된 문헌이 없는 실정이다. 실제 구강 내에서 적용 시에는 시간 조건이 임상적 편의성에 매우 중요한 요소가 되므로, 이러한 시간 조건을 다르게 하는 경우 접착력의 변화에 대한 연구가 앞으로 필요할 것으로 생각된다.

1군에서 6군까지 전단결합강도를 측정한 후의 모든 시편 표면에는 소량의 중합되지 않은 복합레진이 남아 ARI가 0을 보인 시편은 전혀 발견되지 않았다. 일반적으로 치아 표면(혹은 시편 표면)과 접착재료 간의 결합력이 약하면 장치 제거 후 표면에 접착재료가 남아있지 않게 되나,³⁴ 이번 실험에서는 중합되지 못한 복합레진이 표면에 잔존됨으로써 접착강도와 상관없이 ARI가 0인 시편이 나오지 않았다. 1, 2, 3군에 비하여 4, 5, 6군에서 시편 표면에 남아있는 복합레진의 양이 좀 더 많아지는 경향은 있었으나 통계적 유의성은 발견되지 않았다.

본 실험의 결과에 따르면 금합금 표면에서 LED 광중합기를 사용하여 교정장치 부착 시 metal primer를 사용하면 초기 접착력이 부족하여 접착 칫날 장치의 탈락가능성이 높을 우려가 있으므로 silicoating 방법이 유리할 것으로 예상되고, halogen과 다름없이 40초 혹은 그 이상의 광중합시간이 필요할 것으로 생각된다.

종류에 따른 차이는 있으나 복합레진은 법랑질과 인장강도나 전단강도가 비슷하기 때문에,²⁹ 법랑질 표면에 강한 접착강도를 갖도록 교정장치를 부착하게 되면 법랑질이 손상될 수 있으며, 도재 수복물의 경우 강한 접착강도를 갖도록 교정장치를 부착하게 되면 소성변형이 없고 깨지기 쉬운 도재의 특성 때문에 장치 제거 과정에서 수복물의 손상이 일어나기 쉽다.³⁵ 금속표면에 교정장치를 부착할 때에는 높은 접착강도로 인한 부작용을 걱정할 필요가 없고, 금속으로 제작된 수복물이나 보철물은 대부분 강한 교합력을 많이 받는 대구치에⁵ 위치하므로, 금속표면에 교정장치를 부착할 때에는 가장 높은 접착강도를 얻을 수 있는 방법을 사용하는 것이 바람직할 것이다.

결론

금속표면에 교정장치를 부착할 때 LED 광중합기를 이용하고자 한다면 법랑질에 교정장치를 접착할

때와는 달리 40초 이상의 긴 광중합 시간이 필요하며, sandblasting 후 4-META계열의 metal primer를 사용하는 방법보다는 silicoating 후 silane을 사용하는 것이 더 높은 접착력을 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

- Jung MH. Current trends in orthodontic patients in private orthodontic clinics. *Korean J Orthod* 2009;39:36-42.
- Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS 3rd. 2008 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, part 1: results and trends. *J Clin Orthod* 2008;42:625-40.
- Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod* 1965;51:901-12.
- Zachrisson BU. Bonding in orthodontics. In: Graber TM, Vanarsdall RL Jr, editors. *Orthodontics: current principles and techniques*. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 2000. p.557-646.
- Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-face adults. *J Dent Res* 1983;62:566-70.
- Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain. *J Clin Orthod* 1993;27:661-75.
- Sperber R, Watson P, Rossouw P, Sectakof P. Adhesion of bonded orthodontic attachments to dental amalgam: in vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;116:506-13.
- Lee YK, Cha JY, Yu HS, Hwang CJ. Effect of metal primer and thermocycling on shear bonding strength between the orthodontic bracket and gold alloy. *Korean J Orthod* 2009;39:320-9.
- Nergiz I, Schmage P, Herrman W, Ozcan M. Effect of alloy type and surface conditioning on roughness and bond strength of metal brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004;125:42-50.
- Mills RW, Jandt KD. Blue LEDs for curing polymer based dental filling materials. *Lasers Electro-Opt Soc Inst Electr Electron Engr Newslett* 1998;12:9-10.
- Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 1999;186:388-91.
- Swanson T, Dunn WJ, Childers DE, Taloumis LJ. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light-emitting diode curing units at various polymerization times. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004;125:337-41.
- Krishnaswamy NR, Sunitha C. Light-emitting diode vs halogen light curing of orthodontic brackets: a 15-month clinical study of bond failures. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2007;132:518-23.
- Nieprasch M, Rahiotis C, Bradley TG, Eliades T, Eliades G. Effect of various curing lights on the degree of cure of orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2007;132:382-4.
- Toroglu MS, Yaylali S. Effects of sandblasting and silica coating on the bond strength of rebonded mechanically retentive ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008;134:181.e1-181.e7.
- Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod* 1984;85:333-40.
- Cook WD, Beech DR, Tyas MJ. Structure and properties of methacrylate based dental restorative materials. *Biomaterials* 1985;6:362-8.
- Kyldal KK, Ruyter IE. How different curing methods affect the degree of conversion of resin-based inlay/onlay materials. *Acta Odontol Scand* 1994;52:315-22.
- Lee SJ. Effects of light source, exposure time and post-irradiation time on the degree of conversion and shear bond strength of orthodontic adhesive [PhD thesis]. Seoul, Korea: Graduate School, Seoul National University; 2003.
- Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerisation of dental composites: flexural properties and polymerisation potential. *Biomaterials* 2000;21:1379-85.
- Cheng L, Ferguson JW, Jones P, Wilson HJ. An investigation of the polymerization of orthodontic adhesives by the transillumination of tooth tissue. *Br J Orthod* 1989;16:183-8.
- Ulusoy Ç, Irmak Ö, Bağış Y, İlke O, Ulusoy A. Temperature rise and shear bond strength of bondable buccal tubes bonded by various light sources. *Eur J Orthod* 2008;30:413-7.
- Bradburn G, Pender N. An in vitro study of the bond strength of two light-cured composites used in the direct bonding of orthodontic brackets to molars. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;102:418-26.
- Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975;2:171-8.
- Büyükyilmaz T, Zachrisson BU. Improved orthodontic bonding to silver amalgam. Part 2. Lathe-cut, admixed, and spherical amalgams with different intermediate resins. *Angle Orthod* 1998;68:337-44.
- Tanaka T, Nagata K, Takeyama M, Atsuta M, Nakabayashi N, Masuhara E. 4-META opaque resin--a new resin strongly adhesive to nickel-chromium alloy. *J Dent Res* 1981;60:1697-706.
- Hansson O. Strength of bond with Comspan Opaque to three silicoated alloys and titanium. *Scand J Dent Res* 1990;98:248-56.
- Peutzfeldt A, Asmussen E. Silicoating: evaluation of a new method of bonding composite resin to metal. *Scand J Dent Res* 1988;96:171-6.
- Craig RG, Powers JM. *Restorative dental materials*. 11th ed. St. Louis: Mosby; 2002. p.67-124.
- Büyükyilmaz T, Zachrisson Y, Zachrisson B. Improving orthodontic bonding to gold alloy. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108:510-8.
- Reliance metal primer; instruction for use. Itaca, Reliance Orthodontic Products Inc.
- Super-Bond C&B; Pictorial instruction for use. Moriyama, Japan: Sun Medical Co.
- 3M ESPE Sil; instruction for use, St. Paul, 3M ESPE Dental Products.
- Patusco VC, Montenegro G, Lenza MA, Alves de Carvalho A. Bond strength of metallic brackets after dental bleaching. *Angle Orthod* 2009;79:122-6.
- Nebbe B, Stein E. Orthodontic brackets bonded to glazed and deglazed porcelain surfaces. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;109:431-6.

Shear bond strength between gold alloy and orthodontic metal bracket using light emitting diode curing light

Min-Ho Jung, DDS, MSD, PhD,^a Shin-Hye Chung, DDS,^b Won-Jun Shon, DDS, MSD, PhD^c

Objective: The need to bond orthodontic brackets onto various alloys has increased because of the increasing demand for adult orthodontic treatment. This study tried to evaluate the shear bond strength between gold alloy and metal bracket using light emitting diode (LED) light curing after metal primer and silicoating surface conditioning. **Methods:** Half of the type III gold alloy plates were treated with sandblasting with aluminum oxide and metal primer containing 4-META, the other half were treated with silica and silane. Metal brackets were bonded with Transbond XT light curing adhesive on these plates and shear bond strength were evaluated 1 hour, 6 hours, and 24 hours later. The differences of shear bond strength between groups were evaluated with two-way ANOVA. **Results:** The results showed higher bond strength in the silicoating group and a tendency of bond strength increase over time. **Conclusions:** When using LED curing lights for metal bracket bonding to alloy surfaces, long curing time and silicoating can produce a reliable bonding strength. (*Korean J Orthod* 2010;40(1):27-33)

Key words: Alloy surface, Shear bond strength, Metal primer, Silicoating

^aPrivate Practice: Clinical Assistant Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Seoul National University; Clinical Associate Professor, Samsung Medical Dental Center.

^bPostgraduate Students, ^cAssistant Professor, Department of Conservative Dentistry, Seoul National University.

Corresponding author: Won-Jun Shon.

Department of Conservative Dentistry, Seoul National University, 28, Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea. +82 2 2072 2651; e-mail, endoson@snu.ac.kr.

Received September 14, 2009; Last Revision January 22, 2010; Accepted January 26, 2010.