

광중합형 레진으로 아말감 면에 브라켓 접착 시 전단결합강도

조지영^a·이동렬^b·임용규^c

본 연구는 아말감 면에 광중합형 레진으로 교정용 브라켓을 접착시킬 경우, 광원의 차이(할로겐 광중합기와 light-emitting diode (LED) 광중합기)와 샌드블라스팅 표면처리 여부에 따른 접착제의 전단결합강도를 비교하고자 시행되었다. 발거된 소구치 30개를 대조군으로 이용하였으며, 법랑질 표면을 산부식한 후 통상적인 방법으로 브라켓을 접착하였다. 60개의 다른 소구치에 아말감 충전물 하여 실험군으로 이용하였다. 두 군에서 할로겐 광중합기와 LED 광중합기를 이용하여 브라켓을 접착시키고 브라켓이 탈락될 때까지 힘을 가해 전단결합강도를 측정하였다. 실험 결과, 실험군의 전단결합강도는 약 3-5.5 MPa로 대조군(19 MPa)보다 낮았다. 실험군에서 샌드블라스팅 표면처리를 한 경우, 할로겐 광중합기를 사용한 군이 LED 광중합기를 사용한 군보다 높은 전단결합강도를 보였으나 ($p < 0.05$), 샌드블라스팅 표면처리를 하지 않은 경우에는 광원에 따라 전단결합강도에 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$). 할로겐 광중합 군과 LED 광중합 군 모두에서 샌드블라스팅 여부에 따른 전단결합강도에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$). 아말감 면에 광중합형 레진을 이용하여 브라켓을 접착할 경우, 할로겐 광중합기와 LED 광중합기로 얻을 수 있는 접착제의 결합강도는 임상적으로 사용하기에는 낮게 나타나, 이의 증진 방법을 도모하기 위해 앞으로 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

(주요 단어: 아말감, 전단결합강도, 할로겐 광중합기, LED 광중합기)

서 론

1965년 브라켓의 직접 접착술이 최초로 시도된 이래,¹ 계속되는 접착 술식의 발달과 접착제의 개발로 보다 간편한 교정 치료가 가능하게 되었으며, 최근 경제, 문화 수준의 향상과 인터넷 및 대중 매체의 확산,

성인 교정 치료의 홍보 등으로 교정 치료에 대한 인식이 보편화되면서 성인 교정 환자의 수가 증가하고 있다.² 그러나 성인의 경우 구치부가 아말감으로 수복되어 있는 경우가 많아 이런 수복면에 브라켓을 직접 접착술로 접착할 때 그 안정성이 의심스러운 경우가 많다.

1980년대 후반까지도 금이나 porcelain, 아말감에서 임상적으로 유용한 접착 강도를 기대할 수 없다고 알려져 왔으나,³ 잇따른 접착 술식과 접착제의 발달로 이런 수복물 표면에 브라켓을 접착하는 일이 보편화되고 있다.⁴

아말감 면에 접착된 브라켓의 임상적 유용성에 대한 다양한 연구들이 발표되었는데, Zachrisson과

^a 대학원생, ^b 교수, ^c 부교수, 고려대학교 임상치의학대학원 치과교정과.

교신저자: 임용규

서울시 성북구 안암동

고려대학교 임상치의학대학원 치과교정과 / 02-920-5597

yklm@kumc.or.kr

원고접수일: 2005년 8월 4일 / 원고최종수정일: 2005년 12월 6일

/ 원고채택일: 2005년 12월 8일

Buyukyilmaz,⁵ Sperber 등⁶은 아말감에 브라켓을 접착시킬 때 샌드블라스팅을 시행하여 접착 면적을 늘릴 수 있다고 하였다. 아말감에 대한 접착력을 증가시키기 위하여 화학적으로 아말감에 접착되는 metal adhesive가 소개되기도 하였고,⁵ intermediate resin⁷을 사용하는 방법도 보고되었다. Gross 등⁸은 아말감 와동을 형성하고 Adlloy (Ga-Sn liquid) 처리를 하여 아말감 면을 변형시킴으로써 높은 결합강도를 얻었다고 보고한 바 있다.

한편, 최근에는 교정용 브라켓의 접착에 광중합형 레진의 이용이 일반화되고 있다. 그러나 전통적인 할로겐 광중합기를 이용하여 레진을 중합시키기 위해서는 각 치아별로 40초의 조사 시간이 추천되고 있어⁹ 편약, 또는 전악에 브라켓을 접착하는 경우 진료 시간이 오히려 더 길어져 타액이나 구강 내 수분으로 인한 접착 실패 가능성이 발생하고 장시간 개구 상태를 유지해야 하는 환자의 불편감이 증대되었다. 따라서 광중합 시간을 단축시키고자 argon laser, plasma arc light, light emitting diode (LED) 등의 광원들을 이용하는 새로운 광중합 방식들이 개발되어 왔다.

Argon laser^{10,11}는 높은 광강도로 레진 중합을 위해 4-6초라는 짧은 조사 시간이 추천되지만 치수 자극에 대한 논란이 있어 왔고, 제품의 가격이 비싸고 부피가 크며 조작이 복잡하여 널리 사용되지는 못하였다. 1990년대 중반에 소개된 plasma arc light¹²⁻¹⁴를 이용한 광중합 방식은 치아 당 6초의 중합 시간이 추천되어 진료 시간이 감소되는 장점이 있지만 가격이 비싸고 기계의 부피가 크고 무거운 진료실에서 일상적으로 사용하는데 불편하다는 단점이 있다.

최근에 소개된 LED^{15,16}는 비교적 높은 광강도로 출력 저하가 거의 없이 수명이 길며(약 10,000시간), 할로겐 광중합 방식의 절반의 시간에 레진의 중합이 가능하다. LED 중합기는 충전 방식이기 때문에 장시간 사용에 제약이 있으나, 무선 방식으로 부피가 작고 가벼워서 사용이 편리하다는 장점 때문에 교정 영역에서도 사용 빈도가 증가하고 있는 추세이다.

따라서 최근에는 교정용 브라켓을 접착함에 있어서 이런 다양한 중합 방식의 임상적 유용성에 대한 연구들이 시행되고 있고, 특히 LED 방식의 중합에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 여러 연구에서¹⁷⁻¹⁹ 할로겐 광중합기와 LED 광중합기를 비교 실험하였으며 전단결합강도에 유의한 차이가 없었음을 보고한 바 있다. 그러나 아말감 면에서의 광원에 따른 브라켓 접착에 대해서는 연구된 것이 드문 실정이다.

이에 본 연구에서는 아말감으로 수복된 면에 광중합형 레진으로 브라켓을 접착시킬 때 광원의 차이와 아말감 표면의 샌드블라스팅 여부에 따른 접착제의 전단결합강도의 차이를 비교하고자 하였다.

연구재료 및 방법

연구재료

교정 치료를 목적으로 발거된 소구치 중 치면에 법랑질 균열이나 치아우식증, 수복물이 없는 건전한 치아 90개를 선택하여 흐르는 물에 세척한 후 생리 식염수에 보관하였다. 전단결합강도 측정을 위해 만능물성 실험기(Instron 6022, UK)에 치관을 정확하게 고정하고 실험 중 치아의 취급을 용이하게 하기 위하여 레진 블록을 제작하였다.

대조군으로 이용할 30개의 소구치에서는 법랑질을 산부식한 후 통법대로 브라켓을 접착하였으며, 실험군으로 이용할 60개의 치아에서는 협면에 브라켓 기저면보다 사방으로 각각 0.5 mm 씩 큰 아말감 와동을 형성하고, Vivalloy[®]HR (Ivoclar-Vivadent, Sweden)로 충전한 후 아말감 면에 브라켓을 접착하였다.

브라켓은 .022 twin preadjusted metal 브라켓(3M Unitek Orthodontic Products, CA, USA)을 사용하였으며, 그 기저부 면적은 8.14 mm²이었다. 샌드블라스팅은 50 μm의 aluminum oxide를 사용하여 아말감 표면에서 10 mm 떨어져서 3-4초간 시행하였다.

산 부식은 37% 인산(Gel Etch, Ormco, CA, USA)을 사용하였고 아말감 면에 대한 접착력 증가를 위해 실험군에서는 Metal Primer (Reliance Orthodontic Products, IL, USA)를 도포하였으며 실험군과 대조군 모두 접착제로는 Transbond XT (3M Unitek Orthodontic Products, CA, USA)를 사용하였다.

할로겐 광중합기로는 XL-3000 (3M ESPE Dental Products, MN, USA)을, LED 광중합기로는 Elipar[™] Freelight II (3M ESPE Dental Products, MN, USA)를 이용하였다.

연구방법

레진 블록의 제작

각 치아는 직경 30 mm, 높이 20 mm의 원통형 레진 블록에 치아의 협면이 바닥과 평행이 되게 노출되도록 매몰하였다.

Table 1. Classification of groups

Group	Surface treatment	Light source	n	Exposure time (seconds)
1	Amalgam - no sandblasting	Halogen	15	40
2	Amalgam - sandblasting	Halogen	15	40
3	Amalgam - no sandblasting	LED	15	20
4	Amalgam - sandblasting	LED	15	20
5	Enamel	Halogen	15	40
6	Enamel	LED	15	20

실험군(1-4군)과 대조군(5, 6군)의 설정 (Table 1)

90개의 치아들 중 무작위로 15개씩을 추출하여 여섯 군으로 분류하였다.

1군: 아말감에 샌드블라스팅을 시행하지 않음. 광원으로 할로겐 사용; 2군: 아말감에 샌드블라스팅을 시행함. 광원으로 할로겐 사용; 3군: 아말감에 샌드블라스팅을 시행하지 않음. 광원으로 LED 사용; 4군: 아말감에 샌드블라스팅을 시행함. 광원으로 LED 사용; 5군: 소구치 협면에 브라켓 부착. 광원으로 할로겐 사용; 6군: 소구치 협면에 브라켓 부착. 광원으로 LED 사용.

아말감 수복물 형성

매몰되어 있는 치면에 소구치의 브라켓 기저부보다 가로, 세로가 약 1 mm 정도 크게 깊이 2 mm가 되도록 통법대로 아말감 와동을 형성하였으며, 아말감을 충전한 후 수동 기구로 burnishing 하였다. 24시간 동안 경화되도록 한 후 러버 포인트로 polishing 하였다.

표면 처리 및 브라켓 접착

브라켓 접착 전 아말감 면과 치면을 불소나 기름이 함유되지 않은 퍼미스로 러버컵을 이용하여 1분간 연마하고 세척한 후 건조시켰다. 2, 4군에서는 50 μm의 aluminum oxide로 아말감 표면에서 10 mm 떨어져서 3-4초간 샌드블라스팅을 실시한 후 수세, 건조하였다. 실험군의 아말감 표면과 대조군의 치아 협면을 제조 회사의 지시에 따라 37% 인산 용액으로 20초 간 산부식한 후 1분간 철저히 수세하고 건조시켰으며 실험군의 아말감 표면에는 Metal Primer를 1회 도포하였다.

치아의 협면과 아말감 면에 primer를 도포하고 제조사의 지시대로 접착제를 바른 브라켓을 아말감 표면과 치면에 위치시킨 후 여분의 레진을 치과용 탐침으로 제거하고 광중합 시켰다. 할로겐 광중합기를 이용한 1, 2, 5군은 근원심에서 각각 20초씩 40초간 광중합 하였고, LED 광중합기를 이용한 3, 4, 6군은 근원심에서 각각 10초씩 20초간 광중합 하였다.

브라켓 접착 시 압력이나 술식의 차이로 인한 오차를 배제하기 위하여 브라켓은 한 실험자가 접착하였으며, 접착이 완료된 시편은 37°C, 100% 상대 습도의 항온 수조에서 24시간 보관하였다.

전단결합강도의 측정

만능물성 실험기를 사용하여 전단결합강도를 측정하였다. 치아의 협면에 평행하게 힘이 가해질 수 있게 시편을 고정하고 분당 1 mm의 crosshead 속도로 전단력을 가해 접착이 파절되는 순간의 최고 하중(N)을 측정하였으며 이 측정치를 브라켓 기저면적(8.14 mm²)으로 나누어 MPa 단위로 전단결합강도를 환산하였다.

$$\text{전단결합강도 (MPa)} = \frac{\text{최고 하중 (N)}}{\text{브라켓 기저부 면적 (mm}^2\text{)}}$$

통계 처리

Window용 SAS 6.12 통계 프로그램을 이용하여 각군의 전단결합강도의 평균치, 표준편차, 최대치와 최소치를 산출하였다. 같은 조건 하에서 광중합 방식에 따른 전단결합강도의 차이를 분석하기 위해서는 Wilcoxon 2 sample test를 시행하였고, 동일한 광중합 방식 하에 표면 처리 방법에 따른 전단결합강도의

Table 2. Shear bond strength (MPa)

Group	Mean	SD	Minimum	Maximum
1	4.29	1.74	1.86	8.32
2	5.68	2.58	2.65	11.85
3	3.12	2.26	0.47	8.93
4	3.40	2.17	1.58	10.13
5	18.42	3.89	11.64	27.08
6	18.98	4.81	12.70	30.71

SD, Standard deviation.

Table 3. Comparison of shear bond strength according to the light source and surface treatment (MPa)

Group	Group					
	1	2	3	4	5	6
1	-	NS	NS	-	*	-
2	NS	-	-	**	*	-
3	NS	-	-	NS	-	*
4	-	**	NS	-	-	-
5	*	*	-	-	-	NS
6	-	-	*	*	NS	-

*, $p < .05$; **, $p < .01$; NS, not significant; -, not applicable.

비교에는 two-way ANOVA test를 시행한 후 Tukey's studentized range test로 각 군의 차이를 사 후 검정하였다. 유의차 검증은 5% 유의 수준에서 판 정하였다.

연구결과

전단결합강도 (Table 2)

각 군의 평균 전단결합강도는 Table 2와 같다. 실험군의 평균 전단결합강도는 약 3-5.5 MPa 수준으로 대조군(19 MPa)보다 낮았다. 할로겐 광중합기를 사 용한 군과 LED 광중합기를 사용한 군 모두 샌드블라 스팅을 시행한 각 집단의 한 시편에서는 브라켓이 탈 락하기 전에 치아에 형성된 와동에서 아말감이 탈락 하였다.

광원에 따른 전단결합강도의 비교 (Table 3)

대조군에서는 광원에 따라 전단결합강도에 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험군에서는 샌드블라스팅을 시행했을 때 할로겐 광중합기를 사용한 2군의 전단결 합강도는 5.68 ± 2.58 MPa로 LED 광중합기를 사용한 4군의 3.40 ± 2.17 MPa보다 유의하게 높았다 ($p = 0.0024$). 샌드블라스팅을 하지 않은 군도 할로겐 광중 합기를 사용한 1군(4.29 ± 1.74 MPa)에서 LED 광중 합기를 사용한 3군(3.12 ± 2.26 MPa)보다 높은 값을 보였지만 통계적으로 유의하지는 않았다.

표면 처리에 따른 전단결합강도의 비교 (Table 3)

광원으로 할로겐이나 LED를 사용한 두 경우 모두 에서 샌드블라스팅을 시행한 군과 샌드블라스팅을

시행하지 않은 군 간에 통계적으로 유의한 전단결합강도의 차이를 보이지 않았다.

고 찰

브라켓이 접착될 제1, 2대구치 협면에 아말감 수복물이 있는 경우에도 다른 치아들과 마찬가지로 이 부위에 광중합형 레진을 사용하여 브라켓을 접착한다면 부가적인 장비나 시간의 낭비를 줄일 수 있을 것이다.

아말감 면에 브라켓을 효과적으로 접착시킬 수 있는 방법을 찾기 위해 많은 연구가 시행되어 왔는데, Buyukyilmaz 등⁴은 샌드블라스팅을 이용한 표면 처리가 다이아몬드 버나 치과용 스톤을 이용한 표면 처리보다 우수한 결합강도를 보인다고 보고하였고, Newman 등²⁰은 샌드블라스팅은 불필요한 산화물과 오염 물질을 제거하며 표면 거칠기를 증가시켜 접착면적을 증가시킨다고 하였다. 또한 Buyukyilmaz 등⁴은 50 μm 와 90 μm 의 샌드블라스팅 material을 비교하여 abrasive-particle 크기가 결합강도의 차이와 상관없다고 하였으나 Yamashita²¹는 50 μm 의 산화알루미늄 입자를 이용하는 것이 더욱 강한 결합력을 획득할 수 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 샌드블라스팅에 50 μm 의 산화알루미늄 입자를 사용하였다.

샌드블라스팅을 시행하고 아말감에 브라켓을 접착했을 때, 할로젠 광중합기를 사용한 경우(5.68 \pm 2.58 MPa)가 LED 광중합기를 사용한 경우(3.40 \pm 2.17 MPa)보다 결합강도가 높았고 샌드블라스팅을 하지 않은 경우도 통계적으로 유의하지는 않으나 할로젠 광중합기를 사용한 경우(4.29 \pm 1.74 MPa)가 LED 광중합기 사용한 경우(3.12 \pm 2.26 MPa)보다 높았다.

Reynolds²²는 임상적으로 유용한 전단결합강도는 5.9-7.8 MPa이라고 했고 Knoll 등²³은 임상에서 요구되는 최소한의 결합강도를 7 MPa이라고 제안하였다. 본 연구에서 실험군의 평균 결합강도는 약 3-5.5 MPa로써 할로젠 광중합기를 사용한 군에서조차 임상에서 적용하기에 너무 낮은 결합강도를 나타냈다. 이는 대조군에 비하여 상당히 낮은 값으로 아말감 면에 광중합형 레진으로 브라켓을 접착하는 것이 부적당하다는 것을 의미하는 것으로 간주할 수 있다. 그러나 임상에서 아말감 수복물의 형태는 교합면에서 선상으로 연장되거나 협면의 일부만이 수복되기 때문에 아말감 면 외에 산부식된 법랑질면에서 부가적인 접착력을 얻을 수 있어 임상적으로 유용한 최소한의 전

단결합강도를 얻을 수 있는 가능성을 보여준다고 하겠다. 김 등²⁴은 작은 면적의 아말감 수복물은 결합강도에 영향을 주지 않는다고 지적한 바 있다.

자연치를 이용한 대조군에서는 할로젠 광중합기와 LED 광중합기에서 각각 18.42 \pm 3.89 MPa, 18.98 \pm 4.81 MPa의 전단결합강도를 보여 군 간에 유의한 차이가 없었는데 이는 다른 여러 연구의 결과¹⁷⁻¹⁹와 일치한다.

Gross 등⁸은 아말감 면에 브라켓 접착 시 Concise (3M Dental Product, MN, USA)를 사용할 경우 4.5 MPa 정도의 결합강도를 얻을 수 있으며, C&B Metabond (Parkell, NY, USA)를 사용하고 Adlloy (Ga-Sn liquid) 처치를 할 경우 13.19 MPa까지의 결합강도를 얻을 수 있음을 보고하였다. 그러나 Adlloy 처치를 하고 Concise를 사용한 경우에는 20%에서 아말감이 탈락하여 너무 높은 결합강도를 보였다고 하였다. Sperber 등⁶은 샌드블라스팅을 하고 Phase II (Reliance Orthodontic Products, IL, USA), Panavia EX (J Morita USA Inc, CA, USA), C&B Metabond를 비교하여 각각 11.77 MPa, 18.67 MPa, 14.97 MPa의 값을 얻었다. 이는 본 실험의 결과보다 더 높은 값이다. 그러나 C&B Metabond는 경화시간이 10분 이상 요구되며,⁴ Panavia EX는 경화가 일어나는 동안 anaerobic한 환경 조성을 위해 oxyguard gel을 도포하였다가 제거해야 하는 불편함이 있어서²⁵ 교정용 브라켓 접착을 위해 일상적으로 사용하기에 부적당하다.

샌드블라스팅 표면 처리는 아말감 면에 미세한 undercut을 형성하고²⁴ 산화물과 불순물을 제거하여²⁰ 결합력을 증가시켜 준다. 이번 실험에서도 통계적으로 유의하지는 않았지만 ($p > 0.05$) 샌드블라스팅을 시행한 경우 두 광원 모두에서 더 높은 결합강도를 나타냈다. 샌드블라스팅이 큰 효과를 나타내지 못한 것은 두 군 모두 intermediate resin으로 Metal Primer를 도포한 것과 관련 있어 보인다. Metal Primer는 thiophosphate methacryloyloxyalkyl derivatives (MEPS)²⁶를 함유하고 있으며 금속에 화학적으로 결합함으로써 추가적인 표면 처리 없이 적당한 결합강도를 얻을 수 있다. Buyukyilmaz와 Zachrisson,²⁶ Yoshida와 Atsuta,²⁷ Matsumura 등²⁸도 이를 지지하였다. 본 실험에서도 샌드블라스팅 여부에 따라서 결합강도의 차이가 나타나지 않았는데 Metal Primer 도포로 인한 결합력 증가에 따른 효과가 아닐까 생각하며 이에 대해서는 더 연구가 필요할 것이다.

할로젠과 LED 광중합기 모두에서 샌드블라스팅을 시행한 2군과 4군에서 각각 한 시편에서 브라켓이 탈락하기 전에 아말감이 치아에서 탈락된 것은 Gross 등⁸의 연구에서 보고된 바 있으나 아말감 시편을 제작한 대부분의 논문에서는 없던 결과이다. 본 실험은 실제 아말감을 더욱 잘 재현하기 위해 소구치 협면에 와동을 형성하고 임상에서와 똑같이 incremental하게 아말감 콘텐서로 아말감을 packing하였는데 이로 인해 일률적으로 같은 주형에 아말감을 눌러서 제작한 다른 연구에서의 시편보다 낮은 아말감 밀도를 가졌을 것으로 예상된다. 또 치아의 협면에 맞추어 수복을 하였기 때문에 아말감 수복물의 외형도 치아와 같은 볼록한 형태였다. 이 두 가지 요인으로 아말감 탈락이라는 또 다른 결과를 초래한 것으로 생각되며 이는 너무 강한 결합 강도의 한계를 시사한다. 즉 아말감과 결합강도가 너무 큰 경우는 브라켓 제거 시 아말감이 탈락될 수 있으므로 주의를 요한다. Buyukyilmaz 등⁴은 아말감의 탈락을 방지하기 위해 교정 치료 후 debonding 시 peeling force를 이용하여 조심스럽게 브라켓을 제거할 것을 권장하고 있다.

Zachrisson 등⁷은 접착제의 결합강도를 실험하고 그 결과를 임상적으로 해석하는데 있어서 실험상의 한계를 다음과 같이 지적한 바 있다. 첫째, 접착된 브라켓이 떨어질 때까지 지속적으로 힘을 증가시키는 것은 실제 임상에서의 현상과 다르고, 둘째로 임상에서 브라켓을 탈락시키는 힘은 기계적으로 조작된 힘과 같지 않으며, 셋째로 온도, 습도, 스트레스, 산도, 플라그 등 많은 다른 변수가 있는 복잡한 구강 환경을 그대로 재현할 수 없다는 것이다.

이상의 실험 결과로 미루어 아말감이 포함된 치아에 브라켓 접착 시 샌드블라스팅을 하고 가시광선 중합기를 사용하는 것이 가장 유리하고 범랑질이 많이 포함될수록 안정성이 증가될 것이며, 조작이 간단하고 장비가 가벼워서 사용 빈도가 증가되고 있는 LED 중합기를 아말감이 수복이 있는 구치부에도 임상적으로 사용하기 위해서는 앞으로 좀 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

결 론

아말감 면에 광중합형 레진으로 교정용 브라켓을 접착시킬 경우, 광원의 차이(할로젠 광중합기와 LED 광중합기)와 샌드블라스팅 표면 처리 여부에 따른 접착제의 전단결합강도를 비교하여 다음의 결론을 얻

었다.

1. 아말감 면에 브라켓을 접착시켰을 때 전단결합강도는 약 3-5.5 MPa로 대조군인 산부식된 범랑질에 접착한 경우(19 MPa)보다 낮았다.
2. 샌드블라스팅 표면 처리를 한 경우, 할로젠 광중합기를 사용한 군이 LED 광중합기를 사용한 군보다 높은 전단결합강도를 나타냈다 ($p < 0.05$).
3. 샌드블라스팅 표면 처리를 하지 않은 경우, 할로젠 광중합기를 사용한 군과 LED 광중합기를 사용한 군 간에는 전단결합강도에 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).
4. 할로젠 광중합 군과 LED 광중합 군 모두에서 샌드블라스팅 여부에 따른 전단결합강도에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).
5. 대조군에서 할로젠 광중합 군과 LED 광중합 군 간에는 전단결합강도에 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

이상의 실험 결과 아말감 면에 광중합형 레진을 이용하여 브라켓을 접착할 경우 할로젠 광중합기와 LED 광중합기의 일상적인 사용에 한계가 있음을 알 수 있었다. 그러나 아말감 수복물의 특성상 산부식된 치면에서 부가적인 결합력을 얻을 수 있음을 감안한다면 앞으로 좀 더 많은 임상 적용에 대한 연구를 통해 가시광선과 LED 중합기를 이용한 광중합형 레진의 아말감이 수복된 치면에서의 적용이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. Am J Orthod 1965;51:901-12.
2. 임동혁, 김태우, 남동석, 장영일. 서울대학교 치과병원 교정과에 내원한 부정교합 환자의 최근 경향. 대치교정치 2003;33:63-72.
3. Andreasen GF, Stieg MA. Bonding and debonding brackets to porcelain and gold. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1988;93:341-5.
4. Buyukyilmaz T, Zachrisson YØ, Zachrisson BU. Improving orthodontic bonding to gold alloy. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1995;108:510-8.
5. Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Recent advances in bonding to gold, amalgam, and porcelain. J Clin Orthod 1993;23:661-75.
6. Sperber RL, Watson PA, Rossouw PE, Sectakof PA. Adhesion of orthodontic attachments to dental amalgam: in vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999;116:506-13.
7. Zachrisson BU, Buyukyilmaz T, Zachrisson YØ. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. Angle Orthod 1995;65:35-42.
8. Gross MW, Foley TF, Mamandras AH. Direct bonding to Adloy-

- treated amalgam. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:252-8.
9. Oesterle LJ, Messersmith ML, Devine SM, Ness CF. Light and setting times of visible light-cured orthodontic adhesive. *J Clin Orthod* 1995;29:31-6.
 10. Blankenau RJ, Kelsey WP, Powell GL, Shearer GO, Barkmeier WW, Cavel WT. Degree of composite resin polymerization with visible light and argon laser. *Am J Dent* 1991;4:40-2.
 11. Evans LJ, Peters C, Flickinger C, Taloumis L, Dunn W. A comparison of shear bond strength of orthodontic brackets using various light sources, light guides, and cure times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:510-5.
 12. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Pistorio A, Sfondrini G. 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* 2001;119:30-5.
 13. 박영철, 유형석, 오영근, 이승연. Plasma arc light를 이용한 bracket 부착시의 전단 결합 강도와 파절 양상의 유형. *대치교정지* 2001;31:261-70.
 14. Klocke A, Korbmacher HM, Huck LG, Kahl-Nieke B. Plasma arc curing lights for orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:643-8.
 15. 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.
 16. Haitz RH, Craford MG, Wiessman RH. *Handbook of optics*; vol 2. New York: McGraw Hill; 1995. p. 121-9.
 17. Dunn WJ, Taloumis LJ. Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:236-41.
 18. Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C. Evaluation of a new curing light on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2003;73:431-5.
 19. 신재호, 이동렬. 브라켓 접착 시 광중합방식에 따른 전단결합강도와 파절양상. 2003 고려대학교 임상치의학대학원 논문집.
 20. Newman GV, Newman RA, Sun BI, Ha JL, Ozsoylu SA. Adhesion promoters, their effects on the bond strength on metal brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:237-41.
 21. Yamashita A. Procedures for applying adhesive resin (MMA-TBB) to crown and bridge restorations. Part I. The influence of dental non-precious alloy and the treatment of inner surface of metal to adhesion. *J Jpn Prosthet Dent* 1982;26:584-91.
 22. Reynolds JR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975;2:171-8.
 23. Knoll M, Gwinnett A, Wolff M. Shear strength of brackets bonded to anterior and posterior teeth. *Am J Orthod* 1986;89:476-9.
 24. 김현희, 차경석, 이진우. 아말감 충전물의 크기와 표면 처리 방법에 따른 교정용 브라켓의 전단접착강도에 대한 연구. *대치교정지* 2001;31:381-91.
 25. Caughman WF, Kovarik RE, Rueggeberg FA, Snipes WB. The bond strength of panavia EX to air-abraded amalgam. *Int J Prothodont* 1991;4:276-81.
 26. Buyukyilmaz T, Zachrisson BU. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. Part 2. Lathe-cut, admixed, and spherical amalgam with different intermediate resins. *Angle Orthod* 1998;68:337-44.
 27. Yoshida K, Atsuta M. Effects of adhesive primers for noble metals on shear bond strength of resin cements. *J Dent* 1997;25:53-8.
 28. Matsumura H, Yanagida H, Tanoue N, Atsuta M, Shimoe S. Shear bond strength of resin composite veneering material to gold alloy with varying metal surface preparations. *J Prosthet Dent* 2001;86:315-9.

- ORIGINAL ARTICLE -

Shear bond strength of orthodontic adhesive to amalgam surface using light-cured resin

Ji-Young Cho, DDS, MSD,^a Dong-Yul Lee, DDS, MSD, PhD,^b Yong-Kyu Lim, DDS, MSD, PhD^c

This study was performed to compare the shear bond strength of orthodontic adhesive to amalgam according to different light sources (halogen-based light and light emitting diode (LED)) and amalgam surface treatments. Ninety extracted human premolars were randomly divided into 6 groups (4 experimental and 2 control groups) of 15 by light sources and surface treatments. Orthodontic brackets were bonded and shear bond strength was measured with an Instron universal testing machine. The findings were as follows: The bond strength of adhesive to amalgam surface was 3-5.5 MPa which was lower than that of acid-etched enamel (19 MPa) control. In the sandblasted amalgam surface, the shear bond strength of the halogen light group was higher than that of the LED group ($p < 0.05$) but, in the non-treated amalgam surface, there was no significant difference in the shear bond strength according to the light sources ($p > 0.05$). Within the same light source, sandblasting had no significant effect on the shear bond strength of the adhesive bonded to amalgam surface ($p > 0.05$). There was no significant difference in shear bond strength according to the light sources in acid-etched enamel control groups. This results suggest that there can be a limit in using light curing adhesives when brackets are bonded to an amalgam surface. Additional clinical studies are necessary before routine use of halogen light and LED light curing units can be recommended in bonding brackets to an amalgam surface.

Korean J Orthod 2005;35(6):443-50

※ **Key words:** Amalgam, Shear bond strength, Halogen, LED

^a Graduate Student, ^b Professor, ^c Associate Professor, Department of Orthodontics, Graduate School of Clinical Dentistry, Korea University

Reprint request: **Yong-Kyu Lim**

Department of Orthodontics, Graduate School of Clinical Dentistry, Korea University, Anam-Dong, Sungbuk-Gu, Seoul 136-705, Korea

+82 2 920 5597

yklam@kumc.or.kr

Received August 4, 2005; Last Revision December 6, 2005; Accepted December 8, 2005