

# Plasma arc curing system을 이용한 브라켓의 접착에 관한 연구

김정윤 · 김종수 · 권순원

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

최근에 소개된 Plasma arc lamp를 이용한 고광도 광조사기는 조사되는 광도를 크게 증가시켜 필요한 조사시간을 단축시키고자하는 연구의 결과중 하나이다. 교정 임상에서 브라켓의 접착시 고광도 광조사기를 사용하여 시술시간을 줄인다면 환자뿐만 아니라, 술자에게도 시간적이나 경제적으로 많은 도움을 줄 것이다.

이 연구의 목적은 Plasma arc light를 사용하여 접착시킨 브라켓의 치면에 대한 전단강도를 측정하고 이를 기존의 할로겐 램프를 이용한 광중합 방법과 비교해보기 위함이다.

I 군은 할로겐 램프를 사용하는 XL3000®을 이용하여 총 50초간 광중합하였고 II 군은 plasma arc lamp를 사용하는 Flipo®를 이용하여 2초간 광중합하였으며 III 군도 Flipo®를 이용하여 총 5초간 광중합하여 전단강도 측정을 시행한 결과는 다음과 같다.

1. 세 군의 전단강도의 평균은 비슷한 수치를 나타내었다.
2. 세 군간의 통계학적 유의 차가 없었다( $p > 0.05$ ).

**주요어** : Plasma arc light, 할로겐 램프, 광중합, 전단강도

## I. 서 론

치과 수복영역에서는 광중합 수복재가 실용화된 이래로 다양한 광중합 방법이 제시되어 왔다. 1980년대에 들어 가시광선 중합법이 소개되었으며 이는 복합 레진을 텅스텐-할로겐 광원으로 조사하여 중합하는 방법이었다. 400~600mW/cm<sup>2</sup>의 광도로서 40초의 최소 조사시간이 추천되며<sup>1)</sup> 가격이 비교적 저렴하여 현재까지 보편적으로 사용되고 있다. 하지만, 조사할수록 램프내의 벌브, 반사기, 필터의 기능이 쇠퇴하여 빛의 출력 양이 감소되기 때문에 램프의 주기적인 교체가 요구되며<sup>2)</sup> 장시간 조사시 과열되어 치수에 해를 줄 수 있다는 단점들이 제기되고 있다. 또한 특히 인내력이 부족한 소아환자에서 긴 중합시간은 어려운 면이 있고 술자 입장에서도 시간적으로나 경제적으로 불리하기 때문에 조사시간을 단축시키려는 데에 관심을 두게 되었다.

1980년대 후반에 소개된 argon laser는 할로겐 램프의 단점을 극복하기 위해 시도된 일원으로 Kelsey 등<sup>3)</sup>은 강한 강도(800mW/cm<sup>2</sup>)를 내어 10초만의 단시간 광조사로 중합이 가능

하다고 보고하였다. 그러나, 장비의 조작이 어렵고 조사초점에 제한이 있으며 안전에 더욱 주의를 요하고 가격이 매우 비싼 단점이 있기 때문에 임상적으로 널리 사용되지는 못하고 있다.

1990년대 후반에 Plasma arc lamp를 이용한 고광도 광조사기가 개발되었으며 이는 기존의 광도(400~600mW/cm<sup>2</sup>)에 비해 매우 강한 광도(1000mW/cm<sup>2</sup>이상)를 발생시켜 5초 이하의 단시간 레진 중합이 가능하다고 소개하고 있다. 또한 벌브 내에 필라멘트를 함유하지 않기 때문에 열 발생이 적어 빛의 출력 양 감소가 현저히 적은 것이 또 다른 장점으로 보고되고 있다.

교정용 브라켓 접착시 최근에는 본딩 레진으로 광중합형 접착 시스템이 많이 사용되고 있는 추세이다. 광중합시 가장 큰 장점으로 대두되는 것은 브라켓을 정확하게 위치시킬 수 있는 시간을 벌 수 있다는 것이다. 하지만, 기존의 할로겐 램프를 이용한 중합시 각 치아 당 20초 이상의 긴 시간이 소요되기 때문에 고광도 광조사기로 조사하여 단축된 중합시간내에 본딩 레진의 충분한 중합이 가능하다면 시술시 많은 도움이 될 것이다.

이 실험에서는 plasma arc curing system를 사용하여 접착

시킨 브라켓의 치면에 대한 진단강도를 측정하고 이를 기존의 할로겐 램프를 이용한 광중합 방법과 비교하여 평가해보기로 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구 대상 및 재료

치주적인 문제로 인해 발거되어 생리 식염수에 보관된 상악 중절치 중에서 건전한 30개의 치아를 실험 대상으로 선정하였으며, 부착강도 실험을 위하여 교정용 상악 중절치 브라켓(TO-MY, Japan)과 광중합형 브라켓 접착제로 Transbond™XT (3M, USA)를 사용하였으며 광중합기로는 plasma arc lamp를 사용한 Flipo®(LOKKI, France)와 할로겐 램프를 사용한 XL3000®(3M, USA)을 이용하였고, Radiometer® (DentAmerica, USA)로 치아 10개당 1회씩 측정하여 광원의 세기를 일정하게 유지하였다

2. 연구방법

대상치아 표면에 있는 이물질을 scaler로 제거한 후 불소가 포함되지 않는 퍼미스로 치면세마를 시행한 후 1000grit 실리콘 카바이드 페이퍼로 치면을 grinding하였다. 치경부 아래까지 디스크를 이용하여 절단한 후 치관부를 실험 전까지 증류수

에 보관하고 세척된 치아를 무작위로 부착강도 실험을 위하여 10개씩 3개의 군으로 분류하여 사용하였다.

1) 대상치아의 준비

① 치아의 레진 블록 매몰

교정용 아크릴릭 레진에 매몰하기 위한 주형을 제작한 후 협면을 노출시키도록 블록 매몰을 시행한 후 레진의 경화 시 발생하는 열을 분산시키기 위하여 차가운 탈이온수에 즉시 담근 후 레진의 충분한 경화가 일어날 수 있도록 30분간 방치하였으며, 주형에서 치아블록을 제거한 후 치아의 탈수를 막기 위해 실온의 탈이온수에 보관하였다.

② 치면의 처리

브라켓의 부착을 위하여 Transbond™XT를 사용하였으며 제조사의 지시에 따라 35% phosphoric acid로 15초간 산 부식한 후 수세하고 치면을 완전히 건조시켰으며 bonding agent를 도포한 후 Table 1과 같이 I 군은 halogen lamp인 XL3000®을 이용하여 10초간 광중합하였고 II 군은 광중합 하지 않고 III 군은 plasma arc lamp인 Flipo®를 이용하여 제조사의 지시대로 3초간 광중합하였다.

③ 브라켓의 부착과 광중합

중절치용 브라켓의 기저면에 본딩 레진을 바른 후 치면에 위치시킨 후 과량의 본딩레진은 치과용 탐침을 사용하여 제거하

Table 1. Distribution of samples by curing methods and curing times

Group	Curing unit	Bonding agent Curing time	Bonding resin	Sample number
I	XL3000®	10sec	40sec	10
II	Flipo®	*	2sec	10
III	Flipo®	3sec	2sec	10

\* : No treatment

Table 2. Mean value of shear bond strength in each groups

Group	I	II	III
Mean±S.D.	14.23±2.59	14.09±3.54	14.42±2.39

Table 3. Comparison of the mean shear bond strength values between groups

Group	I	II	III
I			
II	-		
III	-	-	

-: No significant difference (p>0.05)

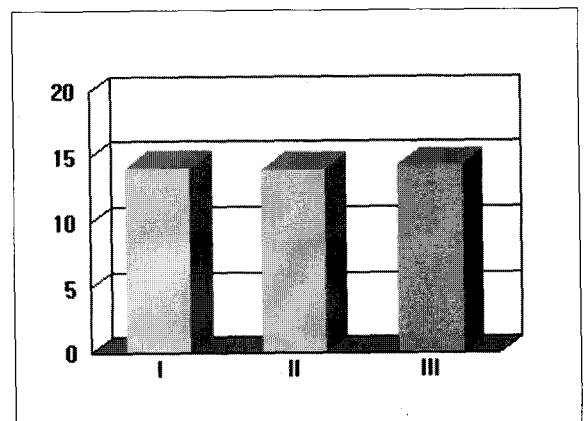


Fig. 1. Bar graph representing the mean shear bond strength (MPa) of each group.

고 역시 Table 1과 같이 I군은 할로겐 램프를 사용한 XL3000®을 이용하여 40초간 광중합하였고 II군은 plasma arc lamp를 사용한 Flipo®를 이용하여 제조사의 지시대로 2초간 광중합하고 III군도 역시 plasma arc lamp인 Flipo®를 이용하여 2초간 광중합하였다.

2) Thermocycling 및 보관

구강의 환경을 재현하기 위하여 5~55℃에서 각각 1,000회 (60sec/cycle)의 thermocycling(동경기연, 일본)을 시행한 후 37℃ 탈이온수에 7일간 보관하여 bench curing이 일어나도록 하였다.

3) 전단강도 측정

접착강도를 측정하기 위하여 고안된 기구(경성시험기, 한국)에 측정기구의 장축과 브라켓과 치아의 접착면이 평행하도록 위치시킨 후 100kg의 하중, crosshead speed 5mm/min의 조건 하에서 전단강도를 측정하였다.

4) 통계 분석

SPSS version 9.0을 이용한 One-way ANOVA test를 실시하였으며 이의 사후검정을 위하여 Scheffe test를 시행하였다.

III. 연구성적

Table 2는 각 군에서 측정된 전단강도의 평균과 표준편차를 나타내고, Fig. 1은 이를 막대그래프로 나타낸 것이다. 할로겐 램프인 XL3000®을 사용한 I군과 plasma arc lamp인 Flipo®를 사용한 II군과 III군 모두 비슷한 수치를 나타내고 있다. Table 3은 이를 통계 처리한 결과를 나타낸 것으로 세 군간에 통계학적으로 유의 차가 없었다(p>0.05).

IV. 총괄 및 고찰

1980년대에 가시광선 중합법이 개발된 이후로 다양한 광중합법이 소개되어 왔으며 최근 들어 많은 주목을 받는 것은 1990년대 후반에 소개된 Plasma arc curing system이다. 이 광조사기의 광원은 빛을 발산하는 plasma이다. 이것은 1928년 미국의 물리학자 Langmuir가 처음 사용한 용어로서 기체를 가열시켰을 때의 상태이며 양이온과 전자가 비슷한 밀도로 공존해 있는 "제 4의 상태"라고도 불리운다.

Plasma arc curing system의 광중합 기전은 두 개의 전극 사이에서 전하장이 발생하고 이것이 관내의 제논가스를 가열시켜 여기에서 plasma가 발생하는 것이다.

이 광중합기의 장점으로는 단시간 중합으로 인해 진료시간을 단축시킬 수 있고 더불어 환자에게 긴 치료시간으로 인한 불편함을 해소시키며 벌브내에 필라멘트를 사용하지 않기 때문에 열 발생으로 인한 빛의 출력 감소가 매우 적다는 것 등이 보고

되고 있다.

하지만, 1996년 Venhoven 등<sup>4)</sup>의 여러 학자들에 의해 빛의 강도가 높을수록 복합 레진의 수축 양이 증가한다고 보고하였고 또한 재료의 물성을 충분히 부여하여 줄 수 있을 지에 대한 의문이 제기되고 있다. 그러나 1997년 Bouschlicher 등<sup>5)</sup>이 고광도와 중등도의 광도로 광 조사시 복합 레진의 수축량에 유의한 차이가 없었다고 보고한 바 있으며 1996년 Blankenau 등<sup>6)</sup>은 plasma arc curing unit, 할로겐 광중합기, 아르곤 레이저로 광조사시 강도에 유의한 차이가 없음을 보고하는 등의 이에 관한 여러 연구들이 시행되었고 현재에도 다양한 연구들이 진행 중이다.

본 실험에서 I군은 할로겐 램프를 이용한 광중합기의 사용시 추천되는 시간으로 설정하였다. Plasma arc curing system의 제조사에 의하면 bonding agent는 3초간, 복합레진은 2초간의 중합시간을 추천하고 있으므로 3군은 제조사의 지시대로 설정하였다. Vittorio 등<sup>7)</sup>은 교정용 브라켓 접착시 사용되는 레진의 양은 매우 얇기 때문에 Plasma arc curing system을 사용시 bonding agent와 본딩용 레진을 합쳐서 모두 2초간의 중합으로 충분하다고 보고한 바가 있으며 2군을 그와 같은 조건으로 설정하였다.

산출된 결과에서는 세 군 모두 14MPa 정도의 비슷한 수치를 보이며 통계학적인 유의 차가 발견되지 않았다. 따라서 브라켓 접착제의 중합시 halogen lamp를 이용한 광조사와 비교시 plasma arc curing system의 광조사 정도가 뒤지지 않았으며 2초만의 중합으로도 비슷한 결과를 내는 것을 확인할 수 있었다.

교정용 브라켓 부착강도에 관한 실험결과는 다양하게 나타나고 있다. 1965년 Newmann<sup>8)</sup>에 의하면 임상에서 발생하는 치아 당 최대하중은 200PSI(1.4MPa)정도 되며 일반적으로 교정력은 치아 당 50PSI를 초과하지 못한다고 하였으며, Keiser 등<sup>9)</sup>은 최대 접착 강도가 400PSI(2.8MPa)정도이면 고정성 교정장치에선 적절하다고 하였다. 그러나 브라켓을 부착시키기 위한 이상적인 접착강도는 여러 선행들에 따라 다양한데 1979년 Maijer 등<sup>10)</sup>은 1100PSI, 즉 7.6MPa정도 된다고 한 반면 1991년 James 등<sup>11)</sup>은 10MPa정도로 충분하다고 하였다. 본 실험에서는 추천되고 있는 강도보다 더 높은 14MPa정도의 충분한 전단강도를 보였다.

이 실험만으로 plasma arc curing system을 이용한 고광도 광중합법이 halogen lamp를 이용한 광중합법과 비교시 동등하거나 우수하다고 판단을 내리기엔 아직 부족한 점이 많으며 앞으로 더욱 보완연구가 필요하리라고 생각된다. 시술시간의 단축은 임상에서 큰 의미를 지니고 있으므로 이에 대한 연구는 충분히 가치 있으리라 생각한다.

V. 결 론

본 실험의 목적은 다른 광중합기를 사용한 브라켓 접착재료

의 결합강도를 비교해보기 위한 것이다. I 군은 halogen lamp 인 XL3000<sup>®</sup>을 이용하여 총 50초간 광중합하였고 II 군은 plasma arc lamp인 Flipo<sup>®</sup>를 이용하여 제조사의 지시대로 2초간 광중합하고 III 군도 역시 plasma arc lamp인 Flipo<sup>®</sup>를 이용하여 총 5초간 광중합하여 전단강도 측정을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전단강도 측정 결과, I 군, II 군, III 군 모두 비슷한 수치를 나타내었다.
2. 세 군간에 통계학적으로 유의 차가 없었다.

따라서 plasma arc lamp를 이용하여 광 조사시 기존의 halogen lamp를 이용한 광중합보다 단축된 시간(2초)으로 충분한 전단강도를 내는 것을 확인함으로써 plasma arc lamp의 교정용 브라켓 접착시 그 유용성을 어느 정도 입증해주었다.

하지만 in vivo로의 좀더 발전된 실험과 수복시 고광도 광중합기의 문제점으로 대두되는 중합수축 등을 평가하는 실험이 필요하리라 사료된다.

### 참고문헌

1. Leung R, Fan P, Johnson W : Post-irradiation polymerization of visible light activated composite resin. *J Dent Res* 62:363-365, 1983.
2. Friedman J : Care and maintenance of dental curing light. *Dent Today* 10:1-2, 1991.
3. Kelsey WP, Blankenau RJ, Powell LG, et al. : Enhancement of physical properties of resin restorative material by laser polymerization. *Lasers Surg Med* 9:623-627, 1989.
4. Venhoven BA, DeGee AJ, Davidson CL : Light initiation of dental resins: dynamics of the polymerization. *Biomaterials* 17:2313-2318, 1996.
5. Bouschlicher MR, Vargas MA, Boyer DB : Effect of composite type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contraction forces. *Am J Dent* 10:88-96, 1997.
6. Blankenau RJ, Powell LG, Barkmeier WW, et al. : Power requirements for laser polymerization of dental resins. Presented at the second world congress ISLD, Paris, May 1990.
7. Vittorio C, Maria FC, Gluseppe S : A xenon arc light-curing unit for bonding and bleaching. *J Clin Orthod* 34:94-96, 2000.
8. Newmann GV : Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod* 51:901-912, 1965.
9. Keiser S, ten Gate JM, Arends J : Direct bonding of orthodontic brackets. *Am J Orthod* 69:318-327, 1976.
10. Maijer R, Smith DC : A new surface treatment for bonding, *J Biomed Mater Res*. 13:975-985, 1979.
11. James WM, Robert LC, Sean DC : Bond strength of light-cure fluoride-releasing base liners as orthodontic bracket adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 100:47-52, 1991.

**Abstract**

**A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH BY PLASMA ARC  
CURING SYSTEM FOR BRACKET BONDING**

Jung-Yoon Kim, Jong-Soo Kim, Soon-Won Kwon

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University*

Recently, plasma arc curing system for curing resin composites has been introduced. This is characterized by a high output of light energy, which has the advantage of reducing the chair time and thereby making the treatment more comfortable for the patients as well as for the dentist.

The purpose of this study was to compare the shear bond strengths of light-cured orthodontic adhesive polymerized with conventional halogen light and plasma arc light

The 2 curing devices used were the XL3000 (3M, USA) conventional curing light and the Flipo (LOKKI, France) plasma arc light.

The results from the present study can be summarized as follows:

1. The mean shear bond strength for three groups were quite similar for 50 second conventional light group, 2 second plasma arc curing light group, 5 second plasma arc curing light group.
2. There was no statistically significant difference for three groups( $p>0.05$ ).

**Key words** : Plasma arc light, Halogen light, Light curing, Shear bond strength