

광원의 종류와 조사시간에 따른  
Fiber-Reinforced Composite의  
중합강도의 비교

연세대학교 대학원

치의학과

조영채

광원의 종류와 조사시간에 따른  
Fiber-Reinforced Composite의  
중합강도의 비교

지도 최 광 철 부교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2005년 6월 일

연세대학교 대학원

치의학과

조 영 채

# 조영채의 석사학위논문을 인준함

심사위원 김 경 호 인

심사위원 금 기 연 인

심사위원 최 광 철 인

연세대학교 대학원

2005년 6월 일

## 감사의 글

본 논문이 완성되기까지 부족한 제자를 시종일관 지도해 주시고 이끌어주신 은사 최광철 교수님께 머리 숙여 감사를 드립니다. 또한 논문을 심사해 주시고 지도해 주신 김경호 교수님, 금기연 교수님께 감사를 드리며, 아울러 학문적으로 많은 도움을 주신 손병화 교수님, 박영철 교수님, 백형선 교수님, 황충주 교수님, 유형석 교수님, 이기준 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

고등학교 때부터 우정을 간직해온 친구 범석, 수호, 경우에게 감사의 마음을 전하며, 힘들 때 많은 용기와 격려를 아끼지 않았던, 그리고 마음으로 많은 힘을 주었던 저에게는 매우 특별한 유라에게 깊은 감사의 마음을 드립니다.

항상 바쁜 와중에도 본 논문이 완성되기 까지 병원의 무거운 짐을 지고 곁에서 도움을 아끼지 않았던 김성열 원장께 감사드리며, 좋은 논문이 완성되기 까지 많은 격려를 아끼지 않았던 친구 수범, 병산, 재욱, 호성, 창범, 현철, 인호 등 대학 동기들에게 감사드리며, 또한 항상 어려울 때 힘이 되어 준 후배 은표, 경용, 그리고 대학 선후배님들께 고마운 마음을 전합니다.

여러 가지 어려운 여건에서도 학문의 길로 정진할 수 있도록 뒷바라지 해주시고 사랑으로 후원해주신 누님들과 매형, 동생과 제수씨, 그리고 사랑하는 정우, 승우에게 감사드립니다.

끝으로 이 못난 자식을 위해 평생을 헌신하시며, 늘 한결같은 사랑으로 정성을 다하신 사랑하는 어머님께 머리 숙여 깊이 감사, 또 감사를 드립니다. 부족하나마 학위 취득의 기쁨과 영광, 그리고 이 작은 결실을 사랑하는 어머님과 가족에게 바칩니다.

2005년 7월

조 영 체

# 차 례

그림 차례 .....	ii
표 차례 .....	iii
국문 요약 .....	iv
제1장 서 론 .....	1
제2장 실험재료 및 방법 .....	3
2.1. 실험재료 .....	3
2.2. 실험방법 .....	4
2.2.1. 시편제작 .....	4
2.2.2. 3점 굽힘 강도의 측정 .....	5
2.3. 통계처리 .....	5
제3장 연구결과 .....	6
3.1. 3점 굽힘강도 .....	6
3.2. 그룹간의 평균강도 비교 .....	8
제4장 총괄 및 고찰 .....	9
제5장 결론 및 요약 .....	11
참고 문헌 .....	12
영문 요약 .....	15

## 그림 차례

Fig. 2-1 Preparation of specimen .....	4
Fig. 2-2 Universal testing machine (Instron) .....	5
Fig. 3-1 Diagram of the strength depending on the light curing time and different type in light source .....	7

## 표 차례

Table 2-1 Light sources used in the experiment .....	3
Table 3-1 Strength depending on the light curing time and different type in light source .....	6
Table 3-2 The strength depending on different light source .....	8

## 국문 요약

### 광원의 종류와 조사시간에 따른 Fiber-Reinforced Composite의 중합강도의 비교

근래 들어 교정영역에 있어서 고정원 보강과 여러 치아를 한꺼번에 움직일 목적으로 치아를 서로 연결시키는 경우가 있다. 이때 치아들의 강한 결합을 얻기 위하여 Fiber-Reinforced Composite(이하 FRC)를 사용할 수 있다. FRC의 광중합은 제조사의 지시를 따르고 있으나, 최근에 새로운 광원이 개발되어 이에 따른 중합 시간에 관한 연구가 필요하다.

이에 본 연구는 기존의 할로겐 광(XL 2500, 3M, St. Paul, USA)과 새로운 중합 광원인 Light Emitting Diode (이하 LED, Elipar Free Light, 3M, Seefeld, Germany)와 플라즈마 광 (Flipo, LOKKI, Lyon, France)의 조사시간을 변화시킴으로써 광원의 종류와 조사시간에 따른 FRC의 중합강도를 비교함에 목적이 있다.

20mm의 FRC를 직경 0.5mm 제작해서 만든 시편에 각각 할로겐 광을 20, 30, 40, 60초, LED를 5, 10, 15, 20초 그리고 플라즈마 광을 3, 4, 6, 9초 동안 조사시간을 변화를 주어 중합시킨 후, 24시간이 지난다음 3점 굽힘 강도를 측정하였다. 최대중합강도는 할로겐, LED, 플라즈마에 대해 각각 2.35 N, 3.23 N, 1.92 N이었으며, 그 정도의 강도를 얻기 위하여 할로겐은 최소 30초, LED는 최소 10초, 플라즈마 광은 9초 이상 중합해야 한다. LED에서 가장 높은 강도가 나왔으며, 플라즈마에서 가장 낮은 중합강도를 보였다.

이상의 실험 결과는 FRC의 중합 시 LED와 할로겐 광이 임상적으로 유용하며, 플라즈마 광의 경우 임상적으로 추천되지 않음을 시사한다.

---

주요단어 : 할로겐, LED, 플라즈마, Fiber-Reinforced Composite, 중합시간, 중합강도



# 광원의 종류와 조사시간에 따른 Fiber-Reinforced Composite의 중합강도의 비교

연세대학교 대학원 치의학과

( 지도 최광철 부교수 )

조 영 채

## 제1장 서론

교정치료에서 강한 고정원이 필요한 경우 치아를 연결해야 할 경우가 있다. 과거에는 강한 결합을 얻기 위해서 금속 casting을 이용하여 치아를 연결시키거나 굵은 교정용 선재를 passive하게 브라켓에 삽입하는 방법을 사용하였다. 그러나 과정이 복잡하고 비شم미적이며 브라켓과 와이어를 사용하는 경우에 브라켓과 와이어간의 play로 인하여 견고한 splinting을 얻기가 힘들었다. 최근 개발된 Fiber-Reinforced Composite(이하 FRC)는 치아를 연결시키는데 있어서 우수한 물질적 성질을 제공한다.<sup>[1, 2]</sup>

조절된 상태 하에서 부분적으로 중합된(Pre-Preg) 연속적인 long FRC는 최종 중합을 하기 전에 쉽게 형태를 만들 수 있는 성형성을 가지고 있다.<sup>[3, 4]</sup> Pre-Preg란 polymer와 fiber가 섞여진 형태로써 부분적으로 중합된 상태이다. 따라서 원하는 형태로 성형하기 쉽고 fiber의 양을 많이, 그리고 fiber의 배열을 치밀하게 하여 기존 수작업에 의한 방법보다 강도를 증가시킬 수 있다. 이러한 Pre-Preg 형태는 porcelain-metal bridge, chair-side bridge, endodontic posts, 그리고 치주적

splints 등 다양하게 치과치료에 있어서 이용되어져 오고 있다.<sup>15, 6, 7</sup>

기존에는 polymer나 FRC를 중합시키는데 필요한 광원으로 할로겐 광을 많이 이용하였다. 극도로 얇은 텅스텐 필라멘트에 전류를 통과시켜 온도가 수천도로 증가 하였을 때 가시광선 스펙트럼에서 상당량의 radiation이 발생된다.<sup>18</sup> 할로겐 광의 스펙트럼은 넓은 파장범위의 radiation을 방출하고, 청색광을 제공하기 위해서 원하지 않는 부위의 스펙트럼은 여과되어야한다. 에너지의 대부분은 사용되지 못하게 되고, 에너지 효율은 떨어지게 된다.<sup>19</sup> 전구의 수명문제와 중합시간의 단축을 목적으로 최근 LED와 플라즈마 광중합기가 개발이 되고 많이 사용되고 있다. LED의 사용은 1990년대부터 논의되어 왔고, 최근 이를 이용한 광중합기가 소개되어 많이 사용되어지고 있다. LED는 할로겐광과는 달리 전자의 이완에 의해 발생된다. 이 다이오드는 각각 “N-doped”와 “P-doped”로 불리는 두개의 반도체의 조합으로 구성된다. N-doped 반도체는 과도한 전자를 가지고 있고 P-doped 반도체는 전자가 부족하거나 hole을 가지고 있다. 이와 같은 두 형태의 반도체가 접합되고 전압이 가해졌을 때 N-doped 의 전자가 P-doped의 hole로 이동된다. 이런 이동의 결과로 특이한 파장의 radiation 이 방출되며,<sup>10, 11</sup> 이것은 전기를 빛의 형태로 전환시키는 매우 효과적인 방법이다. LED로부터 나오는 빛은 좁은 스펙트럼의 범위를 가지고, 방출되는 스펙트럼의 95%는 중합하기에 적절한 440nm에서 500nm 사이에 위치한다. 따라서 LED는 이런 특정 파장범위의 빛 발생으로 인해 높은 에너지 전환율을 가진다.<sup>9, 11, 12</sup> 플라즈마 광은 xenon이 들어있는 구내부에 두 전극이 매우 가깝게 위치되어 있어 높은 전압이 적용될 때 광이 양전극사이에서 발생하게 된다. 이 빛은 이온화된 분자와 기체 상태 화합물로 구성된 glowing plasma로 방출되고 할로겐 광과 비슷한 스펙트럼을 발산함으로써, 할로겐 광에 비하여 4배 이상의 강도에 도달할 수 있다.<sup>11, 13, 14, 15</sup>

본 연구에서는 위의 세 가지 광원을 각각 4 그룹의 다른 조사시간으로 나누어 FRC의 중합 강도를 비교함으로써 각 그룹의 임상적 유용성을 비교해 보고자 하였다.

## 제2장 실험재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

시편은 Pentron 회사에서 출시되고 있는 FiberKor 2K (Pentron, Wallingford, USA)를 사용하였고 광원으로는 할로겐 광(XL 2500, 3M, St. Paul, USA), LED(Eliper Free Light, 3M, Seefeld, Germany), 플라즈마 광(Flipo, LOKKI, Lyon, France)을 사용하였다. 조사시간은 각 광원마다 4 그룹으로 나누었다. 할로겐 광의 경우 20초, 30초, 40초, 60초로 나누었고, LED의 경우 5초, 10초, 15초, 20초로, 플라즈마의 경우 3초, 4초, 6초, 9초 시행하였다. (Table 2-1)

Table 2-1 Light sources used in the experiment

Light sources	Exposure time (second)	Number	Total
Halogen	20	10	40
	30	10	
	40	10	
	60	10	
LED	5	10	40
	10	10	
	15	10	
	20	10	
Plasma arc	3	10	40
	4	10	
	6	10	
	9	10	

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1. 시편제작

150mm의 FRC를 20mm의 길이로 각각 잘라 1 strip을 약 0.5mm의 직경이 되도록 둥그렇게 말아서 편평한 흰색 아크릴릭 판에 위치시킨 후 각각 3부위로 나누어 광중합을 시행하였다. 광중합이 완료된 시편은 빛이 들어오지 않는 플라스틱 박스에 24시간 보관하였다. (Fig. 2-1 A, B, C)



A. The process making FRC bar



B. Light curing



C. FRC bar

Fig. 2-1 Preparation of specimen

### 2.2.2. 3점 굽힘 강도의 측정

만능물성시험기(Instron)에 시편을 올려놓은 후 분당 1.5mm의 crosshead speed로 하중을 가하여 maximum load 값(N)을 측정하였다. (Fig. 2-2)



Fig. 2-2 Universal testing machine (Instron)

## 2.3. 통계처리

조사시간의 차이에 따른 강도를 비교하기 위하여 one-way ANOVA를 이용하여 통계적 유의성을 검증한 다음, repeated ANOVA를 이용하여 각 군간의 차이를 검증하였다. 유의차 검정은 5% 유의수준에서 판정하였다.

## 제3장 연구결과

### 3.1. 3점 굽힘강도

각각의 광원을 이용한 광중합 시 광중합시간에 따른 3점 굽힘 강도는 다음과 같았다. (Table 3-1, Fig. 3-1 )

Table 3-1 Strength depending on the light curing time and different type in light sources

Light sources	Exposure time (second)	Mean strength (Newton)	S. D.
Halogen	20	1.35	0.19
	30	1.86	0.13
	40	1.98	0.20
	60	1.96	0.21
LED	5	1.81	0.15
	10	2.73	0.10
	15	2.42	0.54
	20	2.35	0.41
Plasma arc	3	0.17	0.15
	4	0.38	0.22
	6	0.47	0.25
	9	1.00	0.52

할로젠광의 경우 20초 조사 시 1.35 N , 30초에서 1.86 N, 40초에서 1.98 N, 60초에서 1.96 N의 평균값이 나타났고, 5%의 유의수준에서 분산검정을 시행한 결과

네 그룹 간에 통계적 유의차가 있었고( $P < 0.05$ ), 20초보다는 30, 40초에서 더 높은 강도를 보였다. 30초와 40초 사이, 그리고 40초와 60초 사이에서는 유의차가 없었다. ( $P > 0.05$ )

LED의 경우 5초 조사 시 1.81 N, 10초에서 2.73 N, 15초에서 2.42 N, 20초에서 2.35 N의 평균값을 보였고, 5초와 10초, 15초, 20초 사이에서는 통계적 유의차가 있었다. 10초와 15초 사이, 그리고 15초와 20초 사이에서는 통계적 유의차가 없었다. ( $P > 0.05$ ) LED에서는 5초보다 10, 15, 20초에서 더 높은 강도를 보였다.

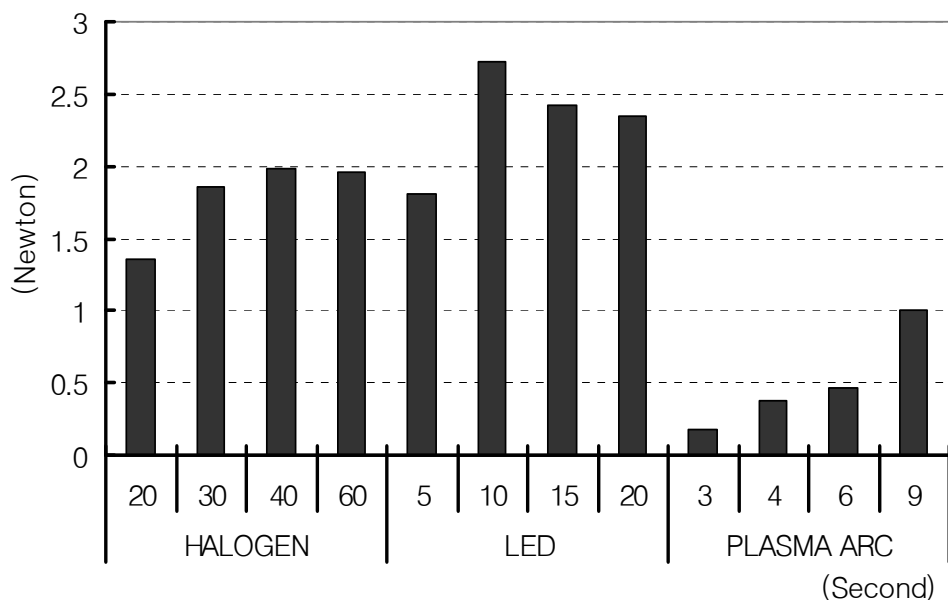


Fig. 3-1 Diagram of the strength depending on the light curing time and different type in light sources

플라즈마의 경우 3초 조사 시 0.17 N, 4초에서 0.38 N, 6초에서 0.47 N, 9초에서 1.00 N의 평균값을 보였고, 3초와 4초 사이에서는 유의차가 없었으나, 3초와 6초, 3초와 9초 사이에는 유의차가 있었다. 4초와 6초, 6초와 9초 사이에는 유의차가 없었다.

### 3.2. 그룹간의 평균강도 비교

할로겐, LED, 플라즈마 세 그룹간의 평균으로 강도를 살펴본 결과 할로겐은 1.79 N, LED에서는 2.33 N, 플라즈마에서는 0.51 N으로 LED, 할로겐, 플라즈마 순으로 높은 강도를 보였다. (Table 3-2 )

Table 3-2 The strength depending on different light source

Light sources	Mean strength (Newton)	S. D.
Halogen	1.79	0.31
LED	2.33	0.48
Plasma arc	0.51	0.44



## 제4장 총괄 및 고찰

FRC는 치아 이동을 위한 anchorage unit를 형성하기 위해 치아들을 견고하게 연결시키는 데 사용되어 질 수 있다. FRC strip은 Pre-Preg 상태로 제공되어져서 원하는 형태를 만들고 난 후 최종중합을 통해 사용을 할 수 있다.

할로겐광은 기존의 polymer를 중합시키는데 가장 널리 이용되어져 왔다. 기존의 할로겐 램프는 수명이 약 100시간 정도로 제한적이며, 광중합기가 작동되는 동안 발생하는 과도한 열 때문에 전구 반사경, 필터 등이 노화되고 이로 인해 광중합기의 중합효율이 시간이 흐를수록 감소된다. 그로 인하여, 수복재의 물성이 충분히 발휘되지 못하고 조기 실패의 가능성이 증가한다.<sup>[11, 16]</sup>

그 후 플라즈마 광이 소개되었으나, Robert 등<sup>[17]</sup>은 플라즈마 광으로 3초간 중합된 레진은 할로겐 광으로 40초간 중합된 경우에 비해 시편의 상, 하면 경도가 모두 낮았다고 하였고, Ergle과 Rueggeberg<sup>[18]</sup>도 3초간 중합한 경우 아르곤레이저나 할로겐 광으로 중합한경우보다 레진의 경도가 유의하게 낮았다고 하였다.

가장 최근 Mills<sup>[19]</sup>는 Light Emitting Diode(LED)를 치과용으로 사용할 것을 제안하였다. LED는 광강도의 유의한 감소 없이 수명이 10,000시간 이상 반영구적으로 지속되며 진동이나 충격에도 강하다.<sup>[20, 21, 22]</sup> 가장 중요한 것은 LED 광의 스펙트럼은 대부분 치과 광 개시제의 파장영역에 근접되어 있다는 점이다. LED로부터 방출되는 에너지는 camphoroquinone의 최고흡수 파장영역인 450~470nm 사이에 분포하여 LED 광의 거의 100%가 레진을 중합하는데 사용될 수 있다.<sup>[9, 11, 12]</sup>

이 연구는 기존의 할로겐 광과 LED와 플라즈마의 각각 다른 광원을 사용하여 각각 다른 조사시간에 따른 중합 강도를 비교함으로써 임상에서의 효율성을 증진시키기 위해 시도 되었다. 할로겐 광 그룹 내의 비교에서 20초, 30초, 40초, 60초 그룹간의 유의차가 있었으며, 조사시간이 증가함에 따라 강도가 증가함을 알 수 있다. LED 그룹 내의 비교에서는 5초와 10초, 15초, 20초 사이에는 유의차가 있었으나, 10초, 15초 사이 그리고 15초와 20초 사이에는 유의차가 없었다.

플라즈마 그룹 내의 비교에서는 3초와 4초 그룹에서 유의차가 없었고, 3초와 6

초, 3초와 9초사이의 그룹에서는 유의차가 있었다. 4초와 6초, 6초와 9초 사이에서는 유의차가 없었다. 광원전체 평균강도로 본 비교에서 LED가 가장 높은 강도를 나타내었고 할로젠이 그다음, 그리고 플라즈마 광은 가장 낮은 강도를 나타냈다.

## 제5장 결론 및 요약

20mm의 FRC strip을 0.5mm 두께로 말아서 서로 다른 세 가지 광원으로 조사 시간을 달리하며 중합시킨 후 24시간이 지나 만능 물성기를 이용하여 3점 굽힘강도 실험을 시행한 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 할로젠 광에서는 20초, 30초, 40초, 60초에서 조사시간이 증가함에 따라 강도가 증가 하였고, 30초, 40초, 60초 사이에서는 비슷한 강도를 보였다.
2. LED에서는 5초와 10초, 15초, 20초에서는 강도의 차이를 보였으나, 10초, 15초, 20초 사이에서는 비슷한 강도를 보였다.
3. 플라즈마에서는 3초와 4초는 비슷한 강도를 보였으나, 6초, 9초에서는 강도가 증가 하였다.
4. 전체 강도 평균에서는 LED이 가장 크고, 그 다음으로 할로젠, 플라즈마 순으로 높은 강도가 나타났다.

## 참고 문헌

1. Freilich MA., Karmaker AC., Burstone CJ., Goldberg AJ., "Development and clinical application of a light-polymerized fiber-reinforced composite", *J., Prosthet Dent.*, 1998;80:311-8.
2. Goldberg AJ., Burstone CJ., "The use of continuous fiber reinforcement in dentistry", *Dent. Mater*, 1992;8:197-202.
3. Freilich MA., Duncan JP., Meiers JC., Goldberg AJ., "Clinical evaluation of fiber-reinforced fixed partial dentures: preliminary data [abstract 2218]", *J Dent., Res.*, 1999;78:383.
4. Patel A., Burstone Cj., Goldberg AJ., "Clinical study of fiber reinforced thermoplastics as orthodontic retainers [abstract 87]", *J Dent., Res.*, 1992;71:526.
5. Freilich MA., Karmaker AC., Burstone CJ., Goldberg AJ., "Flexure strength of fiber-reinforced composites designed for prosthodontic application [abstract]", *J., Dent. Res.*, 1997;76:138.
6. Karmaker AC., Di Benedetto AT., Goldberg AJ., "Extent of conversion and its effect on the mechanical performance of Bis-GMA/PEGDMA-based resins and their composites with continuous glass fibers", *J., Mater Sci., Mater Med.*, 1997;8:369-74.
7. Karmaker AC., Freilich MA., Burstone CJ., Goldberg AJ., Prasad A., "Performance of fiber-reinforced composites intended for prosthodontic frameworks [abstract]", *Proceedings of the 23<sup>rd</sup> Annual Meeting of Soc. Biomaterials*, 1997 Apr30-May4, New Orleans, St., paul, MinnSociety of Biomaterial, s.p. 231.
8. Althoff O., Hartung M., "Advances in light curing", *Am. J. Dent.*, 13:77-81, 2000.

9. Fujibayashi K., Ishimaru K., Takahashi N., et al., "Newly developed curing unit using blue light emitting diodes", *Dent Jap.*, 34:49-53.1998.
10. Nakamura S., Mukai T., Senoh M., "Candela-class high-brightness InGaN/AlGaIn double-hetero structure blue light emitting diodes", *Appl. Phys. Lett.*, 64:1687-1689, 1994.
11. 권민석, 정태성, 김신, "광원의 유형에 따른 광중합수복재의 중합양상", *대한소아치과학회지*, 30(2), 229-230, 2003.
12. Kurachi C., Yuboy AM., Magalhaes DV., et al., "Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices", *Dent Mater*, 17:309-315, 2001.
13. Peutzfeldt A., Sahafi A., Asmussen E., "Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units", *Dent. Mater*, 16:330-336, 2000.
14. Oesterle LJ., Newman SM., Shelhart WC., "Rapid curing of bonding composite with axenos plasma arc light", *Am. J. Orthod Dentofacial Orthop.*, 119:610-616, 2001.
15. Hofmann N., Hugo B., Schubert K., "Comparison between a plasma arc light source and conventional halogen curing units regarding flexural strength, modulus, and hardness of photo activated resin composites", *Clin. Oral Investig.*, 4:140-147, 2000.
16. Martin FE., "A survey of the efficiency of visible light curing units", *J. Dent.*, 26:239-243, 1998.
17. Roberts SB., Puckett AD., Inman CC., et al. "Comparison of plasma arc and conventional halogen light curing units", *J. Dent. Res.*, 79(special issue) abstract no.1802, 2000.
18. Ergle JW., Rueggeberg FA., "Composite depths of cure using a variety of curing sources", *J. Dent. Res.*, 79(special issue) abstract no.1804, 2000.
19. Mills RW., "Blue light emitting diodes-an alternative method of light curing?", *Br. Dent. J.*, 178:169, 1995.

20. Mills RW., Jandt KD., Ashworth SH., "Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology", Br. Dent. J., 186:388-391, 1999.
21. Jandt KD., Mills RW., Blackwell GB., et al., "Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes", Dent. Mater, 16:41-47, 2000.
22. Stahl F., Ashworth SH., Jandt KD., et al., "Light-emitting diode(LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential", Biomaterials, 21:1379-1385, 2000.

## **ABSTRACT**

# The Comparison Between Strength of Fiber-Reinforced Composite in Accordance with Different Light Source and Time

Young Chae Cho

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Associate Professor Kwangchul Choy)

Recently fiber reinforced composites(FRC) are widely used to improve mechanical properties in splinting of teeth for anchorage and active unit.

The purpose of this study was to compare the strength of FRC by changing the light sources and exposure time.

The light sources used in this study were halogen light(XL 2500, 3M, St. Paul, USA), LED(Elipar Free Light, 3M, Seefeld, Germany), and Plasma light(Flippo, Lokki, Lyon, France).

After making 20mm length, 0.5mm thickness FRC bars, then cured using different light source and exposure time(halogen; 20, 30, 40, 60sec. LED; 5, 10, 15, 20sec. Plasma; 3, 4, 6, 9sec).

The results were as follows:

The maximum strength of FRC was 2.35 N(halogen), 3.23 N(LED), 1.92 N(plasma), and to obtain this strength 30sec(halogen), 10sec(LED), 9sec(plasma) was needed.

And, the mean strength was highest in LED and lowest in plasma arc.

Consequently, the above results suggest that LED and halogen light can be clinically useful for curing of FRC, and plasma light was not recommended clinically.

---

Key Words : Strength, Halogen Light, LED Light, Plasma Arc Light,  
Fiber-Reinforced Composite, Light Curing Time