

# 플라스마 처리된 폴리에틸렌 섬유의 적용 부위가 복합 레진의 굴곡 강도에 미치는 영향

연세대학교 치과대학 치과보철학교실

오용진 · 오남식 · 이근우

## I. 서 론

상실된 치아를 수복하여 그 기능과 심미성을 회복하려는 노력은 치의학의 영역에서 가장 주된 관심사라고 말할 수 있다. 역사적으로 많은 임상적 발전을 거듭해왔지만 아직도 해결되지 않은 많은 숙제를 안고 있다.<sup>28)</sup> 초기의 치과 수복학은 주로 기능적 회복에 관심을 두었지만, 최근에는 심미성의 회복에도 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나, 이러한 치과 수복학은 지금까지도 거의 대부분의 술식이 치아의 삭제를 통해 수복하는 비보존적인 방법이 그 주종을 이루고 있다. 치아를 삭제 하지 않거나 삭제량을 줄이려는 많은 노력들이 시도되었지만, 구강내에서 여러가지 힘에 저항해야 하는 구조적 상황을 지니고 있는 고정성 보철물을 삭제 없이 혹은 적은 삭제를 통해 수복 하는 것은 아직도 많은 한계를 가지고 있다.<sup>18)</sup> 또한, 현재 심미적 수복물의 주종을 이루고 있는 도재 수복물은 적절한 외형과 색상의 재현을 위해 오히려 더 많은 양의 치질 삭제가 요구되는 것이 사실이다.

심미적 수복물은 역사적으로 매우 오래전부터 사용되었다.<sup>1,56)</sup> 1897년 최초의 투명 수복재라고 일컫는 실리케이트 시멘트가 개발되면서 그 개념상의 진보를 가져왔고, 1930년대 아크릴 레진 그리고 30여년 후에 개발된 복합레진으로 발전되어 왔다.<sup>16)</sup> 자연치나 인공치를 치아에

직접 접착시키려는 시도로 부터 시작된<sup>27,48)</sup> 접착치과학은 1955년 Buonocore가 인산을 이용하여 법랑질을 부식시켜 아크릴 레진을 치질에 접착시키려는 방법을 소개한 후,<sup>8)</sup> 1962년 Bowen이 BIS-GMA를 개발하면서 본격적인 발전이 이루어지기 시작했다.<sup>9,60)</sup> BIS-GMA macrofilled 복합레진은 중합수축이 아크릴 레진보다 현저히 적고 열팽창계수가 자연치아와 비슷하여 각광을 받았지만 표면연마의 어려움과 색조의 불안정성 때문에 개선이 필요하게 되어 microfilled 복합레진이 개발되었고, 현재는 두 재료의 단점을 보완한 혼합형 복합레진이 주로 사용되고 있다.<sup>15)</sup> 1978년 광중합형 복합레진이 소개되면서 접착 치과학은 급속히 발전하기 시작하였고 최근에는 상아질 접착제가 소개되면서 임상적으로 응용되고 있다.

초기에는 복합레진을 전치용 충전재로만 국한되어 사용하다가 최근에는 보강 및 열처리 과정 등을 도입하여 inlay, onlay, veneering 등에 걸쳐 광범위하게 수복물로까지 확장시켜 사용하고 있다. 그러나, 이러한 레진을 이용한 심미적 수복 방법은 많은 발전에도 불구하고 현재 수복 방법의 대부분을 차지하는 금속 및 도재 수복에 비해 특히 강도면에서 많이 뒤지는 것으로 알려져 있다.<sup>43)</sup> 하지만, 이러한 접착 치과 술식은 치질 삭제 보다는 치질에 직접 접착되는 방법을 쓰려고 하고 있고,<sup>14,25)</sup> 치아를 가능한 한 보존하면서 수복하려는 노력이며,

지금도 이에 대한 연구와 임상적 노력이 끊임 없이 이어지고 있다. 그러나, 아직도 접착 치과학은 한 개의 치아를 수복하는데 국한되어 사용되어지고 있으며, 결손치의 수복에서는 강도 문제 때문에 제한된 경우에만 응용되고 있다.

이런 이유로 레진의 강도를 보강하려는 시도가 오래전부터 있어 왔다. 복합레진 이전에 개발된 아크릴 레진의 보강을 위해서 금속, carbon, graphite fiber, silane으로 처리된 유리 섬유 등이 사용되어져 왔다.<sup>7, 22, 37, 51, 54, 55, 57)</sup> 그리고, 치아의 외상<sup>41)</sup>이나 치주적으로 약화된 치아의 고정을 위하여 splinting이 요구되는 경우에<sup>2, 5, 10, 23, 34, 35, 47, 49, 61, 62)</sup> 여러 가지 재료를 사용하게 되었는데, 고정성 보철물<sup>24)</sup>이나, 가철성 보철물<sup>4)</sup>을 사용하기도 하였고, 강선<sup>3)</sup>, 밴드<sup>63)</sup>, 플라스틱<sup>19)</sup>, 복합레진<sup>38)</sup>, 핀<sup>6, 59)</sup> 나사<sup>46)</sup>, 클립<sup>11, 12)</sup>, 아말감<sup>36)</sup>, 산 부식 수복물<sup>42, 52, 66)</sup> 과 그것들의 혼합 방법<sup>33, 53, 59, 64)</sup> 등이 사용되었다. 그 외에도 유리 섬유<sup>13, 20)</sup>, polyaramid 섬유<sup>44)</sup> 등의 인공 합성 재료도 개발되었다.

특히 1973년 Cappaccio와 Ward에 의해 소개되기 시작한 폴리에틸렌 섬유는 심미적이고 조작이 용이하다는 점에서 주목받아 왔다.<sup>58, 65)</sup> 이러한 폴리에틸렌 섬유는 최근 플라즈마 처리(plasma-treatment) 방법을 도입하여 레진과의 화학적 결합을 유도하는 형태로 까지 발전해 왔다.<sup>29)</sup> Miller 등은 이러한 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유는 레진과 화학적으로 결합하여 수복물의 한 부분이 될 수 있고, 재질이 유연하고 기억능력이 없어 작업이 용이하고, multi-directed force를 나타내며, 무색으로 심미적으로 유리하다고 주장하였다.<sup>40)</sup>

플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유는 주로 의치의 파절을 방지하기 위한 목적으로 많이 사용되어졌고,<sup>23, 37)</sup> 최근에는 임플란트 보철 영역 등에서 잠정적 수복물을 장기간 성공적으로 사용해야 하는 경우 아크릴릭 레진을 파절없이 장기간 유지하기 위하여 사용되고 있다.<sup>21, 32, 39, 51)</sup> Markus 등은 이러한 목적으로 사용되는 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유는 적절한 강도를 가질 뿐 아니라 연조직에 자극이 적고 청결

유지가 가능하며 심미적으로도 적합하다고 이야기 하였고,<sup>4, 38, 40)</sup> Ramos 등의 보고에 따르면 아크릴 레진을 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 이용해 보강한 경우에 그 파절강도가 유의성 있게 증가하였다.<sup>50)</sup> 이렇게 폴리에틸렌 섬유를 아크릴 레진에 적용하여 보강시켰을 때 강도상의 증가가 있다고 보고한 많은 연구들이 있지만, 이러한 폴리에틸렌 섬유를 복합레진에 적용시켜 비교한 연구가<sup>17, 30, 45, 60)</sup> 미흡한 상태이므로 본 연구에서는 폴리에틸렌 섬유를 다양한 방법으로 복합레진에 적용시켜 복합레진의 굴곡강도에 미치는 영향에 대해 조사하여 그 결과를 보고하고자 한다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 가. 실험재료

본 실험에서는 복합레진으로는 광중합형 혼합형 복합레진인 Aelitefil (Bisco Inc., Itasca, IL., U.S.A.)을 사용하였다. 복합 레진은 심미적인 이유로 여러 가지 색조가 사용되지만, 어두운 색조의 복합레진일수록 착색제가 많이 함유되어 중합을 저해할 수 있으므로 보다 빠르고 완전한 중합을 위하여 가장 밝은 A1 색조로 통일하여 실험하였다.

폴리에틸렌 섬유로는 가스-플라즈마 처리된 (gas-plasma-treated) Ribbond®(Ribbond Inc., Seattle, WA., U.S.A.)를 사용하였다. 폴리에틸렌 섬유는 플라즈마가 처리된 표면이 오염되지 않도록 제조회사의 지시에 따라 제공된 면장갑을 끼고 폴리에틸렌 섬유의 절단시에는 특수하게 고안된 가위를 사용했으며, 복합레진 단량체에 적신 후 복합레진에 적용하였다.

### 나. 실험방법

#### 1. 시편 제작 및 처리

##### 가) 시편 제작

##### 1) 대조군 시편 제작

두께 2.5mm의 테프론 판에 3mm×30mm

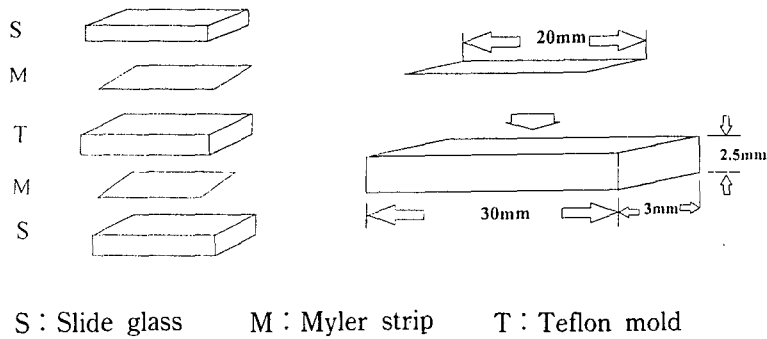


Fig. 1. Method of specimen fabrication

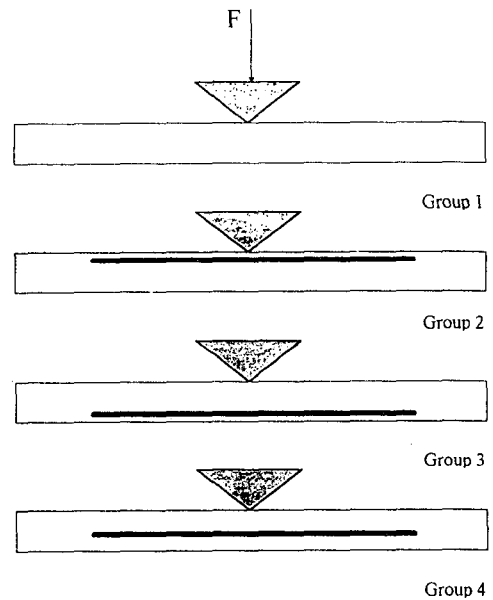
크기의 홈을 만들고 슬라이드 글라스와 밀러 스트립 위에 테프론 몰드를 위치시키고 복합 레진을 홈에 넣은 후 그 위에 또 다른 밀러 스트립과 슬라이드 글라스를 올려 놓는다. 하중을 가하여 여분의 재료를 제거한 후 광중합기의 직경이 7mm이므로 30mm의 시편을 6mm씩 5등분하고 중앙에서부터 양쪽으로 각각 30초씩 총 150초 동안 광중합기 (3M Co., St. Paul, MN., U.S.A.) 를 이용하여 광중합하여 8개의 시편을 제작하였다. (Fig. 1.)

## 2) 실험군 시편 제작

제 1군과 동일한 방법으로 제작하되, 복합 레진을 넣은 후 두께 0.4mm, 폭 3mm의 Ribbond®를 20mm의 길이로 절단하여 복합레진 단량체 (Bisco Inc., Itasca, IL., U.S.A.) 에 적셔 시편위에 위치시켜 16개의 시편을 제작하였다. 20mm의 폴리에틸렌 섬유가 30mm 시편의 대략 중앙에 위치되도록 하였는데, 삼점 굴곡 강도 시험시 사용될 15mm의 지그 내에 폴리에틸렌 섬유가 위치하게 되므로 시편 내에서의 폴리에틸렌 섬유가 정확히 시편의 중앙에 위치될 필요는 없었다.

16개의 시편 중 8개는 제 2군의 시편으로 사용되어 굴곡 강도 시험시 복합레진에 적용된 폴리에틸렌 섬유를 만능 시험기의 cross head 방향으로 위치시켜 압축 응력을 받게 하고, 나머지 8개의 제 3군은 뒤집어서 지그 방향으로 위치시켜 인장응력을 받도록 실험하였다.

제 4군인 합입시편 실험군은 복합레진을 1.5



— : Plasma treated polyethylene fiber  
Fig. 2. Schematic comparison of specimens

mm 넣은 후 그 위에 폴리에틸렌 섬유를 위치시키고 다시 그위에 복합레진을 적용시켜 광중합하여 8개의 시편을 제작하였다.

폴리에틸렌 섬유의 적용 위치에 따라 각 군의 시편을 비교해 보면 Fig. 2. 와 같다.

## 나) 시편의 처리

시편을 몰드로부터 제거하고 폴리셔 (Ecomet III, Buehler, Germany)와 버어니어 캘리퍼스를 이용하여 여분의 복합레진을 제거하여 시편의 크기를 3mm×30mm×2.5mm가 되도록

Table 1. Pattern of the test specimens

Group	Position of polyethylene fiber	Number
1	Control	8
2	Pressure side	8
3	Tension side	8
4	Embedding	8

록 조정하였다.

Thermocycling이 복합레진의 파절 강도 및 폴리에틸렌 섬유와 복합레진 사이의 결합 강도에 영향을 미칠 수 있으므로, 37°C 증류수 항온 수조속에 24시간 보관한후, Thermocycler (Tokyokiken, Tokyo, Japan)을 이용하여 5°C와 55°C에 각각 30초씩 교대 침수하고 이동시간을 10초로 하여 80초의 주기로 24시간 동안 thermocycling 처리후 굴곡 강도 실험을 실시 하였다.

## 2. 굴곡 강도의 측정

굴곡 강도 실험은 만능 시험기 (Instron 6022, U.K.)을 이용하여, 삼점 굴곡 강도 실험 (3-point bending strength test)을 실시하였다. 굴곡 강도를 측정하기 위하여 15mm 간격의 지그를 사용하여 cross head speed 2mm/min의 속도로 시편이 파절될 때까지의 힘을 가해 시편에 가해진 최고 하중을 측정하였다. 각 측정 후 10배의 stereoscope (Tokukizoka, Tokyo, Japan)를 이용하여, 파절면의 기포 존재 유무를 검사하고, 기포가 존재한 시편은 결과에서 배제하였다.

만능 시험기로 최고 하중을 N 단위로 측정하였고, 다음의 공식으로 부터 굴곡 강도 (flexural strength)를 MPa 단위로 구하였다.

$$\sigma = 3Fl/2dh^2$$

$\sigma$  : 굴곡 강도 (MPa)

F : 시편에 가해진 최고 하중(N)

l : 지지대 간의 거리(mm)

b : 시편의 폭(mm)

h : 시편의 두께(mm)

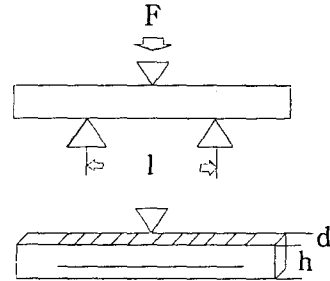


Fig. 3. Schematic representation of 3-point bending strength test

## 3. 통계 분석

각 군간의 굴곡 강도를 비교하기 위하여 Kruskal-Wallis법과 Mann-Whitney법을 이용하여 통계 분석을 실시 하였다. ( $p < 0.05$ )

## III. 실험 성적

### 가. 굴곡 강도

각 군의 data를 SAS 6.04 통계 패키지로 통계 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다. (Table 2.)

### 나. 집단간 유의차에 대한 비모수적 검정

Kruskal-Wallis 법과 Mann-Whitney 법을 이용하여 결과에 대한 비모수적 검정을 실시하여 집단간의 통계학적 유의차를 비교하였다. ( $p < 0.05$ )

제 1군과 제 2군 사이, 그리고 제 3군과 제 4군 사이에는 각각 굴곡 강도 상의 통계학적인

Table 2. Results of flexural strength

					(unit : MPa)
Group	Median	Maximum	Minimum	Range	Significance
1	55	65.94	48	17.94	A
2	67.22	83.33	54.77	28.56	A
3	137.58	169.2	108.78	60.42	B
4	147.48	166.92	128.88	38.04	B

\* Medians with the same letter are not significantly different

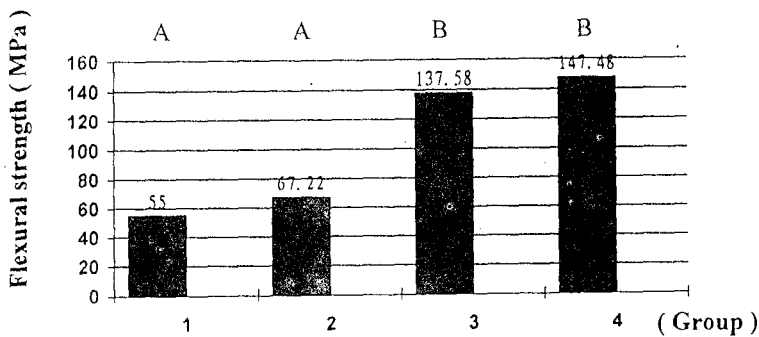
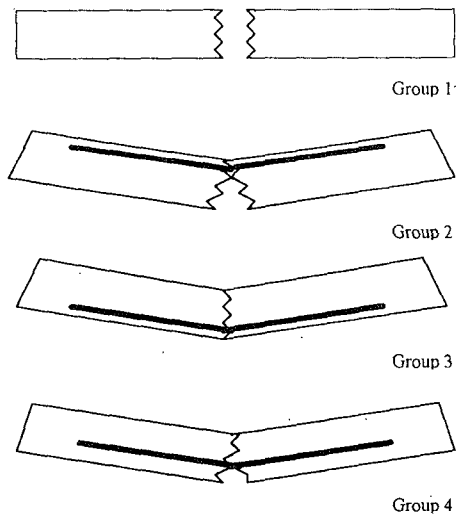


Fig. 4. Comparison of medians of flexural strength



—: Plasma treated polyethylene fiber  
 Fig. 5. Schematic representation of configuration of fracture.

유의차가 없었다. 즉, 통계학적으로 유의차가 있는 군은 1군과 3군, 1군과 4군, 2군과 3군 그리고 2군과 4군으로 나타났다.

제 3군과 제 4군은 제 1군과 제 2군에 비하여 통계학적으로 굴곡 강도가 유의성 있게 증가하였다.

#### IV. 총괄 및 고찰

심미적이면서도 물성이 우수한 재료의 개발은 치과 수복학 영역에서 매우 중요한 과제이다. 심미적 목적으로 사용되는 여러가지 재료 중 레진은 많은 장점을 지니고 있지만, 현재 수복 재료의 대부분을 차지하고 있는 금속 및 도체에 비해 강도면에서 뒤지는 것으로 알려져 있다. 그래서 레진의 강도를 보강하고자 하는 목적으로 여러가지 재료가 사용되었고, 최근에는 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유가 소

개되어 사용되고 있다. 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유인 Ribbond®는 고분자량 섬유인 폴리에틸렌 섬유를 가스-플라즈마 처리 (gas-plasma treatment)하여 레진과의 화학적 결합을 강화시킨 재료이다.<sup>30)</sup> 플라즈마는 서로 다른 에너지의 이온, 전자, 그리고 중성자를 포함한 부분적으로 이온화된 가스를 일컫는 것으로 플라즈마 처리를 시행함으로써 표면의 화학적 조성이 변화되어 반응층이 형성되고 표면 에너지의 증가되어 레진과의 화학적 반응이 강화된다는 이론에 근거하여 응용되고 있다.<sup>29, 40, 41)</sup>

이러한 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유는 최근들어 여러 가지 방법을 응용하여 그 사용 영역을 늘려가고 있다. 예를 들어 의치상의 파절을 수리하거나 방지할 목적으로 이전에는 주로 강선이나 금속판등이 사용되어져 왔지만, 이러한 재료는 레진과의 기계적인 결합만으로 유지를 얻어야 하고, 심미적으로도 불리한 단점을 지니고 있었다. 이에 비하여 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유는 레진과 화학적인 결합을 하므로 강도 보강면에서 우수한 결과를 나타냈다. Ladizesky 등은 총의치에서 의치상에 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 적용시키면 파절 강도가 증가된다고 보고하면서 현미경상 관찰로 볼때 레진과 폴리에틸렌 사이의 결합은 레진의 파절시에도 분리되지 않음을 언급하였다.<sup>31)</sup> Larson 등은 잠정 수복물에서 강도의 보강을 위해 사용되는 carbon graphite의 심미적 결합을 언급했었다.<sup>32)</sup> 그러나, 폴리에틸렌 섬유는 레진과 사용시 거의 보이지 않아 심미적으로도 매우 우수하다. 또한 원하는 모양대로 조작이 용이하고 치아 삭제가 불필요하거나 적다는 점에서 상당한 장점을 지니며, 치료과정이 전통적인 치아 삭제 방법보다 환자에게 불편감을 적게 준다는 점 등 때문에 선호되어진다. Miller 등은 외상으로 탈구된 치아의 즉시 고정성 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 이용하여 보강한 복합레진을 이용하여 수복한 예를 소개하였고,<sup>41)</sup> 이러한 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유는 레진과 화학적으로 결합하여 수복물의 한 부분이 될수 있고, 재질이 유연하고 기억능력이 없어 작업이

용이하고 multidirected force를 나타내며, 무색으로 심미적으로 유리하다고 주장하였다.<sup>40)</sup> Kau나 Miller등은 치주적 혹은 교정적 splinting에서 복합레진을 강화시키는 목적으로 사용시 효과적이라는 보고를 했었다.<sup>30)</sup> 특히 최근에는 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 이용하여 보강한 복합레진 계속 가공 의치에 대한 연구 및 임상적 응용이 다각도로 진행되고 있는데, Markus는 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 이용한 보강된 고정성 복합레진 보철물을 직접법과 간접법을 혼합하여 이용한 증례들을 소개하였고,<sup>26)</sup> Dickerson은 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 적용하고 가열 압력하 중합 (heat-and-pressure curing) 방법을 응용하여 구치부에서도 성공적으로 사용할 수 있음을 장기간 증례 관찰을 통해 주장하였다.<sup>44)</sup> 또한, Hornbrook 등은 포스트 치료시 금속 포스트를 사용하는 경우에 상아질을 통해 금속 포스트의 색이 우러나와 치은이 변색되는 단점을 극복하고자 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 사용하여 심미적으로 우수한 결과를 얻었다는 보고를 하였다.<sup>38)</sup> 치주적으로 예후가 불량하여 고전적인 방법으로 수복하기 어려운 경우에도 잠정적인 수복의 목적으로 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 복합레진에 적용하여 splinting에 응용함으로써 임상적으로 우수한 결과를 얻고 있다.<sup>40)</sup>

임프란트 보철의 영역에서는 수술과정중 사용되는 surgical stent의 보강과 비교적 장기간 사용해야 하는 잠정적 수복물의 제작시 그 강도 보강의 목적으로 사용될 수 있다.<sup>13, 14, 31, 65)</sup> 그러나, 레진을 폴리에틸렌 섬유를 이용하여 보강하였다 할지라도, 금속이나 도재 수복물에 비해서는 아직도 강도가 약한 것으로 보고되어 있으며, 또한 파절이나 탈락 등의 문제가 생길 수 있으며, 구강위생에 나쁜 영향을 준다는 점등이 단점으로 지적되고 있다.<sup>30, 40)</sup>

치주보철이나 임플란트 보철 영역에서 그 중요성이 강조되는 잠정적 수복물의 경우 아크릴 레진의 파절없이 장기간 성공적으로 사용하기 위해 여러 가지 강도 보강용 재료가 소개되었는데 그 중의 하나가 플라즈마 처리된

폴리에틸렌 섬유이다. 이 재료는 심미적으로 우수할 뿐 아니라 메모리가 없어 조작이 용이하고 아크릴 레진과 화학적으로 반응하므로 효과적으로 응용될 수 있다. 최근에는 폴리에틸렌 섬유를 복합레진에 적용하여 접착성 고정성 보철물을 제작하려는 시도가 이루어지고 있다. 복합레진에 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 적용하여 접착성 고정물을 제작하려는 시도는 아직 이론적으로나 임상적으로 정립되지 않은 시작 단계의 시도이지만, 주목 받는 연구 대상이 되고 있다. Ramos 등이 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 아크릴 레진에 적용하여 파절 강도를 측정해 본 결과 폴리에틸렌 섬유를 적용한 경우에 적용하지 않은 경우보다 약 30% 정도 파절 강도가 증가함을 보고하였다.<sup>50)</sup> 이와 같이 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 아크릴 레진에 적용하는 경우에 강도 보강의 효과에 대한 연구는 그 동안 많이 되어왔지만 복합레진에 적용하는 경우에 대한 실험이 미흡한 상태이므로 위의 실험과 유사한 방법으로 복합레진에 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 여러 가지 방법으로 적용하여 각각의 굴곡 강도를 측정 비교해 보았다.

실험 결과를 살펴보면, 각 군의 파절 양상은 Fig. 5.와 같이 대조군인 제 1군은 파절되어 분리되고, 폴리에틸렌 섬유를 압축력이 작용하는 면에 적용한 제 2군의 시편은 파절되면서 이개되지만, 압축면에 놓여진 폴리에틸렌 섬유 때문에 분리가 되지는 않았다. 폴리에틸렌 섬유를 인장력이 작용하는 면에 적용한 제 3군의 시편은 균열이 파급되어 파절되기는 하지만, 인장력이 작용하는 면에 위치한 폴리에틸렌 섬유가 양쪽을 붙잡아 줌으로써 이개되지 않고 파절된 시편의 양쪽이 중앙을 향해 모이게 되고 폴리에틸렌 섬유가 탄성력으로 지지하고 있는 양상이 나타났다.<sup>21)</sup> 폴리에틸렌 섬유를 인장력이 작용하는 면에 함입시킨 제 4군의 시편은 하부는 제 2군의 경우와 같이 폴리에틸렌 섬유가 압축력이 작용하는 면에 놓여진 형태이고, 상부는 제 3군의 경우와 같이 폴리에틸렌 섬유가 인장력이 작용하는 면에 놓여진 형태이므로 제 2군과 제 3군의 복합적 모형이라고 할 수 있다.

이 경우, 하부가 먼저 파절이 되어 이개되고, 상부가 균열이 파급되면서 파절되는 것을 볼 수 있었다. 제 4군의 실험에서 나타나는 최고 하중의 변화를 보면 하부의 복합레진이 약 40MPa 정도에서 우선 파절되고 하중이 감소하다가 상부의 복합레진이 다시 파절되었다. 중간에 하중이 감소되는 이유는 하부의 복합 레진을 파절시킬 수 있는 하중에 도달하게 되면 응력이 순간적으로 감소되기 때문인 것으로 사료된다.

각 군간의 통계학적 유의차를 검정하기 위하여 비모수적인 검정의 한 방법으로 Kruskal-Wallis 법과 Mann-Whitney법을 사용하여 통계 분석을 실시하였다. Table 2. 의 유의차 결과에서 보듯 제 1군과 제 2군사이와 제 3군과 제 4군 사이에는 통계학적 유의차가 없게 나타났으며, 인장면에 적용한 제 3군과 함입시킨 제 4군은 각각 대조군인 제 1군과 압축면에 적용한 제 2군에 대해 우수한 굴곡강도를 가지는 것으로 나타났다. 실험 결과는 인장 응력이 작용하는 면에 함입시킨 제 4군의 굴곡강도가 가장 크게 나타났으며, 인장력이 작용하는 면에 적용한 제 3군, 압축력이 작용하는 면에 적용시킨 제 2군, 그리고 폴리에틸렌 섬유를 적용하지 않은 제 1군의 순서로 굴곡 강도가 감소하였다. 하지만 제 1군과 제 2군사이 그리고 제 3군과 제 4군 사이에는 각각 통계학적으로 굴곡 강도의 차이가 나지는 않는 것으로 나타났다. 우선 제 2군인 폴리에틸렌 섬유를 압축응력이 작용하는 면에 적용한 실험군은 폴리에틸렌 섬유를 적용하지 않은 대조군과 굴곡강도 상의 통계학적 유의차가 없는 것으로 나타났다. 결국 강도를 보강하기 위해 폴리에틸렌 섬유를 복합레진에 적용시 압축응력이 작용하는 면으로의 적용하는 방법은 강도 보강의 효과를 거두기 어려운 방법이라는 것을 알 수 있다. 제 3군에서는 폴리에틸렌 섬유를 인장 응력이 작용하는 면에 적용시켜 보았다. 결과, 대조군에 비해 그 굴곡강도가 유의성 있게 증가한 것으로 나타났다 결국, 강도보강을 위한 방법은 폴리에틸렌 섬유를 복합레진의 인장응력이 작용하는 면에 적용해야 한다는 것을 보여준다. 제 4군은 폴리에틸렌 섬유를 인장 응력이 작용하는 면쪽

으로 함입시킨 경우인데 다른 군에 비해 가장 높은 굴곡강도를 나타냈다. 그러나, 인장면에 적용시킨 제 3군과는 통계학적 유의차가 나타나지는 않았다. 즉, 폴리에틸렌 섬유를 복합 레진에 적용시 인장력이 작용하는 면에 적용시키는 것이 강도를 보강하기 위한 가장 좋은 방법이며 폴리에틸렌 섬유 위에 다시 복합레진을 추가하는 것도 약간의 추가 보강 효과를 가질수도 있다는 것을 알 수 있다. 이론적으로 생각해 본다면 제 4군보다는 제 3군이 폴리에틸렌 섬유 상부에 복합레진의 두께가 더 두껍기 때문에 상대적으로 높은 굴곡 강도가 나타나리라고 사료되었지만, 제 3군과 제 4군의 굴곡 강도 차이가 10MPa 정도인데 반해 각 군의 중간값의 범위가 각각 약 60MPa 그리고 40MPa인 점을 감안해 볼 때, 두 군사이의 굴곡 강도는 거의 차이가 없다고 할 수 있겠다. 임상적으로 볼 때 제 3군과 제 4군 간에 통계학적 유의차가 없는 점을 고려한다면, 교합관계상 제한된 공간에 수복을 해야하고, 치주적으로 문제를 일으키지 않도록 과풍음시키지 않으려면 폴리에틸렌 섬유를 노출이 되지 않는 범위내에서 가능한 한 인장력이 작용하는 면에 적용하는 것이 바람직한 방법이라고 할 수도 있다.

복합 레진에 폴리에틸렌 섬유를 적용시킨 시편들의 파절 양상을 살펴보면 폴리에틸렌 섬유가 복합레진과 분리되는 않고 복합레진 자체의 파절 양상을 나타내고 있었다. 다른 실험의 결과에서와 마찬가지로 폴리에틸렌 섬유와 복합레진 사이의 분리는 발견할 수 없었으며 파절의 원인은 힘이 집중되는 복합레진 부위에 우선 균열이 생기고 그 균열이 파급되어 파절에 이르게 됨을 알 수 있었고,<sup>31,50)</sup> 폴리에틸렌 섬유가 인장력이 작용되는 부위에 존재하게 되면 균열이 파절로 파급되는 과정을 억제하게 되고 또한 파절이 일어나더라도 분리가 되지 않도록 양쪽을 잡아주는 역할을 하는 것을 볼 수 있었다.

결과를 종합해 보면, 폴리에틸렌 섬유는 복합레진의 강도 보강에 효과적인 재료이며, 적절한 효과를 얻기 위해서는 인장력이 작용하는 면으로 적용시켜야 한다는 것을 알 수 있었다.

앞으로 좀 더 효과적인 임상 응용을 위해서는 구강내의 여러 조건에 따른 다양한 술식에 대한 연구가 계속되어야 하리라 사료된다.

## V. 결 론

잠정적 수복이나 심미적 수복의 영역 등에서 레진의 강도를 보강하여 보다 나은 치료 효과를 얻고자 하는 많은 시도들이 있어왔고, 다양한 재료들이 개발되어 사용되고 있다. 최근에는 폴리에틸렌 섬유에 플라즈마 처리를 하여 물성을 좋게 하기 위한 방법들이 소개 되었다.

본 연구에서는 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 복합 레진에 적용시켜 다음과 같이 비교하였다. 각각 압축 응력이 작용되는 면에 적용한 군, 인장 응력이 작용되는 면에 적용한 군, 그리고 함입시킨 군 등 3가지 군과 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 적용하지 않은 대조군을 제작하여, 만능 시험기 상에서 각각의 굴곡 강도를 측정하고 비교한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 복합 레진의 인장 응력이 작용하는 면에 적용시킨 군과 함입시킨 군은 각각 폴리에틸렌 섬유를 적용하지 않은 대조군과 비교하여 굴곡 강도가 유의성 있게 증가하였다. ( $p < 0.05$ )
2. 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 복합 레진의 압축 응력이 작용하는 면에 적용시킨 군과 폴리에틸렌 섬유를 적용하지 않은 대조군 사이에는 굴곡 강도상의 통계학적인 유의차가 없었고, 폴리에틸렌 섬유를 복합 레진의 인장응력이 작용하는 면에 적용시킨 군과 함입시킨 군간에도 굴곡 강도상의 통계학적인 유의차가 없었다. ( $p > 0.05$ )

이상의 결과를 종합해 볼때 플라즈마 처리된 폴리에틸렌 섬유를 복합 레진에 적용하여 사용하고자 할 때에는 인장응력이 작용하는 면에 적용시키거나 함입시키는 것이 효과적으로 강도를 보강하는 방법이므로 임상적으로 이러한



점들을 응용하여 사용하는 것이 추천되지만, 여러가지 구강내의 조건에 따른 다양한 술식에 대한 연구가 계속되어야 하리라고 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Albers H.F. : Tooth colored restoratives, 7th Ed. Cotati, CA, Alto Books, 1985.
2. Amsterdam M. : Periodontal prosthesis : 25 years in retrospect. Alpha Omegan 67 (3) : 8-52, 1974.
3. Baumhammers A. : Cold-curing acrylic reinforced temporary wire ligation splints. Dent. Dig. 72 : 400, 1966.
4. Becker C.M., Kaldahl W.B. : Using removable partial dentures to stabilize teeth with secondary occlusal traumatism. J. Prostet. Dent. 47(6) : 587-594, 1982.
5. Beestecher E. Bell R.W. : Some aspects of the biochemical dynamics in the periodontal ligament and alveolar bone resulting from traumatic occlusion. J. Prosthet. Dent. 32(6) : 646-50, 1974.
6. Bellavia W., Ciancio S.G. : Pin-retained amalgam splints. J. Am. Dent. Assoc. 78 : 525-528, 1969.
7. Berrong J.M., et. al. : Fracture resistance of Kevlar-reinforced polymethylmethacrylate resins, a preliminary study. Int. J. Prosthodont. 3(4) : 391-395, 1990.
8. Buonocore M.G., et. al. : Simple methods of increasing adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J. Dent. Res. 34 : 849, 1955.
9. Buonocore M.G. : retrospection on bonding. Dent. Clin. North. Am. 25(2) : 243, 1981.
10. Ciancio S.G., Nisengard R.J. : Resins in periodontal splinting. Dent. Clin. North. Am. 19(2) : 235-42, 1975.
11. Cooley R.L., et. al. : The incisal edge splint. J. Acad. Gen. Dent. 37(2) : 141-143, 1989.
12. Coslet J.G. : The incisal edge splint as a method of temporary stabilization of periodontally involved incisors. Compend. Contin. Educ. Dent. 1(1) : 59-67, 1980.
13. Diamand M. : Resin fiberglass bonded retainer. J. Clin. Orthod. 21 : 182-183, 1987.
14. Dickerson W.G. : A conservative alternative to single tooth replacement : three-year follow-up. Prac. Period. Asthe. Dent., 5 : 43-7, 1993.
15. Donly K.J. : Posterior composite resin : use for anterior restorations. J. Dent. Child., 57(4) : 260-262, 1990.
16. Donovan T.E., et. al. : Physical properties of acrylic resin polymerized by four different techniques. J. Prosthet. Dent., 54 : 522-4, 1985.
17. Eackle W.S. : Effects of Thermal cycling on fracture strengths of microleakage on teeth restored with bonded composite resin. Dent. Mat. 2 : 114, 1986.
18. El-Ebrashi M.K., et. al. : Experimental stress analysis of dental restoration. J. Prosthet. Dent., 23 : 177-86, 1970.
19. Friedman H. : Perio-prosthetic splinting for the geriatric patient. Quintessence Int. 12(8) : 805-811, 1981.
20. Friskopp J., et. al. Intermediate fiberglass splints. J. Prostet. Dent. 51(3) : 334-337, 1988.
21. Gegauff A.C., Pryor H.C. : Fracture toughness of provisional resins for fixed prosthodontics. J. Prosthet. Dent. 58 : 23-9, 1987.
22. Grant A.A., et. al. : Whisker reinforcement of polymethylmethacrylate denture base resins. Aust. Dent. J. 12 : 29-33, 1967.
23. Greenstein G., Polson A. : Understanding mobility Compend. Contin. Educ. Dent. 9 (6) : 470-9, 1988.
24. Guilbert P.N., et. al. : Periodontal and

- prothodontic treatment for patients with advanced periodontal disease. *Dent. Clin. North. Am.*, 32(2) : 331–354 1988.
25. Heyman H.O. : Resin-retained bridges : the natural-tooth pontic. *Gen. Dent.*, 31(6) : 479–82, 1983.
  26. Hornbrook D.S., et. al. : Use of bondable reinforcement fiber for post and core build-up in an endodontically treated tooth. *Prac. Period. Asthe. Dent.*, June-July : 33–44, 1995.
  27. Ibsen R.L. : One-appointment technique using an adhesive composite. *Dent. Surv.*, 37 : 28, 1973.
  28. Jendresen M.D., et al. : Report of the committee on Scientific Investigation of the American Academy of Restorative Dentistry. *J. Prosthet. Dent.*, 68 : 137–90, 1992.
  29. Kaplan S.L., Rose P.W. : Plasma surface treatment of plastics to enhance adhesion : an overview. Belmont, CA : Plasma Science, 1990. (Publication no. 9)
  30. Kau, et al : A technique for fabricating a reinforced composite splint. *Trends. Tech. Contemp. Dent. Lab.*, 9(9) : 31–33, 1992.
  31. Ladizesky N.H. : Reinforcement of complete denture bases with continuous high performance polyethylene fiber. *J. Prosthet. Dent.* 68 : 934–9, 1992.
  32. Lason W.R., et al. : The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane-treated and untreated glass fibers. *J. Prosthet. Dent.*, 66 : 816–20, 1991.
  33. Liatukas E.L. : An amalgam and composite resin splint for posterior teeth. *J. Prostet. Dent.* 30(2) : 173–175, 1988.
  34. Lindhe J., Nyman S. : The role of occlusion in periodontal disease and the biologic rationale for splinting in treatment of periodontics. *Oral. Sci. Rev.*, 10 : 11, 1977.
  35. Linkow L.A. : Force distribution in splinted anterior teeth. *Oral. Surg. Pathol.* : 10 (5) : 484–94, 1957.
  36. Lloyd R.S. : Permanent fixed amalgam splint. *J. Periodont.* 30 : 163, 1959.
  37. Manley T.R., et. al. : Denture bases reinforced with carbon fibers. *Br. Dent. J.*, 146 : 25–9, 1979.
  38. Markus S.J. : An indirect/direct combined approach for a reinforced fixed bridge. *J. New Jersey Dent. Assoc.* winter : 13–16, 1994.
  39. Merffert R.M. et. al. : Dental implants : a review. *J. periodontol.* 63 : 859–70, 1992.
  40. Miller T.E. : A new material for periodontal splinting and orthodontic retention. *Compend. contin. Educ. Dent.* 6 : 800–10, 1995.
  41. Miller T.E, Barrick J.A. : Pediatric trauma and polyethylene reinforced composite fixed partial denture replacements : a new method. *J. Canadian. Dent. Assoc.* 59(3) : 252–256, 1993.
  42. Miller T.E. : Maryland bridges : clinical applications. *J. Esthet. Dent.* 1(5) : 155–163, 1989.
  43. Mito R.S., et. al. : Load transfer to abutment teeth by two non-metal adhesive bridges. *Pract. Periodontics. Aesthet. Dent.* 3(7) : 31–7, 1991.
  44. Mullarky R.H., et al : Reinforcement of dental plastics with polyaramid fiber. *Trends. Tech. Contemp. Dent. Lab.* January /February : 32–38, 1987.
  45. Nash R.W. : Reinforced composite resin : A restorative alternative. *Comp. cont. Educ. dent.* 15 : 554–60, 1994.
  46. Overby G.E. : Tap screw retention for horizontal splinting. *J. Am. Dent. Assoc.* 76 : 792–794, 1968.
  47. Perlitsh M.J. : A systematic approach to the interpretation of tooth mobility and its clinical implications. *Dent. Clin. North. Am.* 24(2) : 177–93, 1980.

48. Portnoy J. : Constructing a composite pontic in a single visit. *Dent. Surv.* 49 : 30-1973.
49. Ramfjord S.P. : Changing concepts in periodontics. *J. Prostet. Dent.* 52(6) : 781-6, 1984.
50. Ramos V.J. : The effect of plasma-treated polyethylene fiber on the fracture strength of polymethyl methacrylate. *J. Prosthet. Dent.* 76 : 94-6, 1996.
51. Reyter I.E., et. al. : Development of carbon/graphite fiber reinforced polymethylmethacrylate suitable for implant-fixed dental bridge. *Dent. Mat.* 2 : 6-9, 1986.
52. Rochette A.L. : Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. Part 1. *J. Prostet. Dent.* 30(4) : 418-423, 1973.
53. Schnepfer H.E. : Pin-retained composites for splinting lower anterior teeth. *J. Prostet. Dent.* 39(2) : 162-165, 1978.
54. Schreiber C.K. : Polymethylmethacrylate reinforced with carbon fibers. *Br. Dent. J.* 130 : 29-30 , 1971.
55. Sehajpal S.B., Sood V.K. : Effect of metal filler on some physical properties of acrylic resin. *J. Prosthet. Dent.* 61 : 746-51, 1989.
56. Small B.W. : Multidisciplinary approach to esthetic dentistry. *Dental economics.* Nov. : 105-7, 1993.
57. Solnit G.S. : The effect of methyl methacrylate reinforcement with silane-treated and untreated glass fibers. *J. Prosthet. Dent.* 66 : 310-4,1991.
58. Strassler H.E., et. al. : Clinical evaluation of a woven polyethylene ribbon used for splinting and orthodontic retention. *Esthetic Dentistry update* 6 : 80-84, 1995.
59. Tautin F.S., Miller G.E. : Nonparallel pin splinting for mobile teeth. *J. Prostet. Dent.* 29(1) : 67-71, 1973.
60. Vanharle G., et. al. : Overview of the Clinical requirements for post composite resin restorative materials. Netherlands, Peter Szulc Co., : 35, 1985.
61. Waerhaug J. : Justification for splinting in periodontal therapy. *J. Prostet. Dent.* 22 (2) : 201-8, 1969.
62. Wank G.S., Kroll Y.J. : Occlusal trauma. An evaluation of its relationship to periodontal protheses. *Dent. Clin. North. Am.* 25(3) : 11-32, 1981.
63. Weisgold A.S. : Temporary stabilization Periodontal Therapy St. Louis, CV mosby Co., : 463-490, 1973.
64. Weissman B.A. : Nonparallel universal horizontal pin splint. *J. Prostet. Dent.* 15 (2) : 339-350 , 1965.
65. Williamson D.L. : Effect of polyethylene fiber reinforcement on the strength of denture base resins polymerized by microwaveenergy. *J. Prosthet. Dent.* 72 : 635-8, 1994.
66. Wood M. : Etched casting resin bonded retainer : an improved technique for periodontal splinting. *Int. J. periodont. Rest. Dent.* 2 : 9-26, 1982.

Abstract

THE EFFECT OF PLASMA-TREATED POLYETHYLENE FIBER  
ON THE FLEXURAL STRENGTH OF COMPOSITE RESIN  
IN VARIOUS APPLIED PORTIONS

Yong-Jin Oh, D. D. S., Nam-Shik Oh, D. D. S., Keun-Woo Lee, D. D. S., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea*

There has been many researches aimed at reinforcing the strength of resin, and these have led to the development and use of numerous materials in recent years. A case in point, is the recent development of plasma-treated polyethylene fiber which has been used mainly in fixed provisional restoration to reduce the incidence of fractures.

This study aims at assessing whether plasma-treated polyethylene fiber as applied to composite resin is effective in increasing the flexural strength and how applied portions affect this. Twenty-four applied and eight unapplied composite resin bars were fabricated. Twenty-four applied specimens were divided into three groups. Plasma treated polyethylene fiber was applied to the groups each with different portions of composite resin. In the first group, plasma-treated polyethylene fiber was not applied. In the second group, fiber was applied to the compression side of composite resin. Fiber was applied to the tension side in the third group, while fiber was embedded in the tension side of the composite resin in the fourth group. Each specimen was tested by use of a three-point bending strength test with an instron testing machine, and the flexural strength was calculated. The following results were obtained. :

1. Under the conditions of this study, the third and fourth groups demonstrated a statistically greater flexural strength compared to the first and second groups.
2. But there was no statistically significant difference, not only between the first group and the second group, but also between the third group and the fourth group.

Taken together, it can be concluded that plasma-treated polyethylene fiber applied to composite resin is an effective method in increasing flexural strength, and the best way of increasing the flexural strength is by application of plasma-treated polyethylene fiber to the tension side, or the embedding of same in composite resin. It must be mentioned however that this test used a static single-load test method. This method determined the maximum stresses that could be tolerated, but this might not be valid where the prediction of clinical failure is concerned. In order therefore to clinically utilize plasma-treated polyethylene fiber to reinforce the composite resin, it is suggested that a further study which considers the various loads be undertaken.

---

Key words : polyethylene fiber, plasma treatment, composite resin, flexural strength.