

## 반복하중하에서의 carbon fiber post의 파절강도에 관한 연구

강릉대학교 치과대학 치과보철학교실

이 양 진

### I. 서 론

우식, 외상에 의한 치관부 손상의 수복에 있어서 post and core system은 매우 유용한 방법이다. 초기 wire를 이용한 수복에서 시작하여 custom cast tapered post and core로 발전하여 왔고 차츰 prefabricated post and core의 사용이 증가하고 있는 형편이다<sup>1)</sup>.

Custom cast post and core는 썩기형으로 인한 치근파절의 위험성이 있으며 시간이 많이 걸리고 제작 과정이 복잡하며 장착시에도 매우 세밀한 주의가 필요한 단점이 있으므로, 좀더 빠르고 간편한 치료를 위해서 prefabricated post and core의 개발은 당연한 결과라고 여겨진다.

그러나 prefabricated post and core는 custom cast post & core에 비해 과정이 간편하나 post와 core 사이에 계면이 하나 더 증가되므로 결합의 측면에서 약점을 가지게 된다. 또 근관의 형태가 원형이 아니므로 post와 치근관의 적합성이 떨어지며, core 재료의 강도와 결합력도 custom cast post and core와 비교하여 여전히 논란의 대상이 되고 있으며 수복치의 치근파절도 또 하나의 과제이다<sup>2-7)</sup>.

Cast post는 물론이고 최근까지 prefabricated post의 재료로 금속이 주종을 이루었다. 그러므로 치근파절은 주로 금속의 종류와 형태변화로 극복되

고자 하였고 parallel form의 근단형태가 치근파절방지에 도움이 된다고 하였다<sup>8)</sup>.

하지만 금속 post의 이런 변형만으로는 심미적인 면과, 치근파절의 관점에서 한계가 있었으며 이런 점을 보완한 non-metal post의 개발이 이어지고 있고 그 성적도 좋은 편이다.

최근 prefabricated post는 두가지 목적으로 재료의 변화가 있었다. 완전도재관의 보편화로 인한 심미성 향상을 목적으로 빛의 투과성을 증가시키고자 하는 노력과 기존의 금속재료보다 탄성있는 재료를 사용하여 치근파절을 줄이고자 하는 노력이 그것이다.

Post and core의 개발은 결국 치아의 수명증가를 목적으로 하고 있다. 따라서 가장 정확한 결과는 장기간의 관찰보고일 것이다. 그러나 이런 보고가 매우 적고 막상 결과도 구강환경과 술자에 따라 크게 달라진다는 점을 고려하면 객관적인 비교는 in vitro 실험에 의존할 수 밖에 없다.

In vitro 실험 방법으로 주로 사용되어 온 방법은 post의 기계적 특성 실험이며 대부분의 실험에서 post자체의 파절강도, 치근에 부착된 post의 유지력, post and core의 장착후 하중부담능력을 파괴까지의 강도를 측정, 비교하는데 치중하고 있다<sup>1-3,8-10)</sup>.

이러한 실험은 주로 post의 초기강도에 대한 저항치라는 점에서만 의미를 가지고 있을 뿐이라는 점에 주목할 필요가 있다. 실제 구강내에서 일어나는 실

\* 이 연구는 1999년도 강릉대학교 학술연구비의 지원으로 이루어졌음.

패중 초기 실패는 매우 드물고 대부분의 실패는 반복된 저작에 의한 반복하중(cyclic loading)에 따른다는 점은 결과에 대한 예측을 어렵게 한다. 반복하중의 결과는 초기파절강도와는 차이가 있으며 재료에 따라 다르지만 현저한 강도감소가 있다고 보고되고 있다. 즉 구강내에서의 실패는 파절한계 이하의 매우 낮은 하중에서 피로현상에 의해 이루어진다는 것을 뜻한다. 그러므로 좀더 실제 상황에 맞는 결과를 얻기 위해선 인체의 반복 저작주기를 재현하도록 노력하는 것이 가장 중요한 점일 수 있겠다. 하지만 반복하중의 실험 도입은 매우 최근이며 이에 대한 보고도 많지 않다<sup>11-17)</sup>.

Carbon fiber post는 치근의 탄성계수와 비슷한 carbon fiber bundle에 의해 강화된 composite post로 여러보고에서 치근파절이 획기적으로 줄었을 뿐 아니라 반복하중하에서 custom cast post 뿐 아니라 기존의 prefabricated post 보다 나은 결과를 보였다는 보고가 있다. 반면 custom cast post 경우가 carbon fiber post 수복시보다 파절강도가 컸다고 보고한 연구도 있으며 alloy post에 비해 carbon fiber post의 구강내 실패율이 더 높았다는 관찰보고도 있다.

결과적으로 많은 연구에도 불구하고 carbon fiber post와의 비교치는 물론이고, 아직 반복하중하에서의 custom cast post and core, prefabricated post and core의 수명에 대해서도 논란이 있는 형편이다<sup>14,16)</sup>.

본 실험의 목적은 carbon fiber-reinforced post의 실패양상을, 논란이 있는 custom cast gold post, prefabricated titanium post와 수중과 대기중으로 환경조건을 달리하여 반복하중하에서 비교하고 환경이 미치는 영향과 반복하중에 따른 피로에 대한 저항성을 살펴보는데 있다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 시편제작

성인에서 발치한 상악 중절치중 육안으로 흠, 치아 우식, 마모양상이 없는 치아를 대상으로 0.1mm까지 측정가능한 metal gauge(Iwansson, Sweden)로 협설, 근원심 두께를 치근첨에서 일정 거리 떨어진 부위에서 측정하여 협설로  $6 \pm 0.2\text{mm}$ , 근원심으로  $5.5 \pm 0.2\text{mm}$ 의 정확도를 가진 중절치 30개를 선택하였다. 이후 각 치아는 건조되지 않도록 수중에 보관했다.

통법에 따라 근관형성을 하여 충전한 후 무작위로 10개씩 골라 3군으로 나누고 단면 폭경이 같은 측정 부위에서 diamond bur를 이용하여 주의하여 치관부를 잘라내었다. 표면 형상을 고르게 하기 위하여 model trimmer(MT1, Renfert)로 절단부를 다듬고 150번 사포로 마무리하였다.

각 치근은 절단부에서 2mm떨어진 부위까지 남기고 나머지 치근부분을 polymethyl methacrylate resin(Jet, Lang dental co., U.S.A.)으로 포매하였다. 이때 하중이 45°의 각도로 가해질 수 있게 치아 장축을 위치시켰다.

임상에서 흔히 접하게 되는 과도 확장된 근관입구 치수부위를 재현하기 위하여 치근표면에서 2mm의 두께의 치질만 남도록 하여 2mm의 깊이로 와동을 형성하였다.

각 군에 따른 재료에 맞는 bur를 선택하여 제조자의 지시대로 근관형성을 하였다(Table 1).

Group 2, 3의 경우 Para post와 C post를 각각 맞춰본 후 일정길이의 치관부를 남기고 절단하고 C post의 경우 제조자의 지시대로 sandblast한 후 표면 처리를 하였다.

제조자의 지시에 따라 근관을 부식, 세척, 표면처

Table 1. Group and material

GROUP	BRAND NAME	MATERIAL	DIAMETER	
Group 1	cast gold post & core	type IV gold	1.4mm	
Group 2	Parapost XH5.5 (Whaledent, U.S.A.)	titanium	1.4mm	parallel form
Group 3	C post(Bisco, U.S.A.)	carbon fiber	1.0 + 1.4mm	2 different size diameter

리 과정을 거친 후 post를 resin cement(Superbond C&B, Sun medical co., Japan)로 접착하였다. 접착 후 10분간 지압을 가하였으며 경화후 composite resin core material(Ti-core Natural, Essential dental system, U.S.A.)을 축성하여 경화시켰다. 경화후 협측 치관부 높이가 5mm, 설측 치관부 높이가 2mm가 되도록 조정하였다.

Group 1은 통법에 따라 Duralay resin(Reliance Dental Mfg. Co.,Worth, U.S.A.)으로 Group 2, 3과 같은 core 형태로 pattern을 제작한 후 제 4형 금합금으로 주조하였다. 제조자의 지시대로 근관처리 후 레진시멘트(Superbond C&B, Sun Medical Co., Japan)로 접착하였다(Fig. 1).

Core와 시멘트중합에 따른 영향을 배제하기 위하여 48시간 이상 기다렸다.

## 2. Thermocycling

완성된 시편은 5℃와 55℃의 온도로 유지되는 수조(Zwick GmbH & Co., Germany)에 순환장치를 이용하여 침적시간 30초의 조건으로 1,000회 thermocycling을 시행하였다.

## 3. 초기 파절강도의 측정

피로효과를 얻기 위해서는 적절한 범위의 하중을

가해야만 하므로 초기 파절강도의 측정이 필요하다. 같은 dimension을 가진 상악 소구치 5개를 선택하여 초기 파절강도가 가장 약한 carbon fiber post and composite core(Ti-core Natural, Essential dental system, U.S.A.) 시편을 1, 2의 과정을 거쳐 제작한 후 대기중에서 Instron(#8516, U.S.A.)으로 파절시까지의 강도를 측정하여 참고하였다(cross head: speed 1mm/min.).

## 4. 대기중에서의 시편 반복하중

시편중 각 군당 5개씩을 무작위로 골라, 수분의 영향을 배제하기 위해 대기중에 7일 이상 놓아두었다. Jig를 이용하여 반복하중을 가할 수 있도록 고안된 Instron에 장착하였다. 하중방향은 치아 장축의 45° 각도로 incisal tip에서 2mm떨어진 중앙부위에 가해지게 하였다. 이 때 하중은 인간의 전치부 저작력을 참고하여 최소하중 10N, 최대하중 190N, 평균 100N의 동하중을 5 Hz의 frequency로 주었다. 반복하중을 가하는 동안 시편의 파절여부를 확인하기 위해 하중변화가 있으면 정지하도록 하고 50,000회의 반복하중을 가하였다. 50,000회의 하중 후 각 시편의 파절이 일어나지 않았음을 확인하고 각 시편에 동일위치, 동일각도로 1mm/min의 속도로 압축력을 가하여 실패순간의 파절강도를 측정하였다. 실패기록은 컴퓨터에 연결된 기록 장치로 얻었으며 파절음

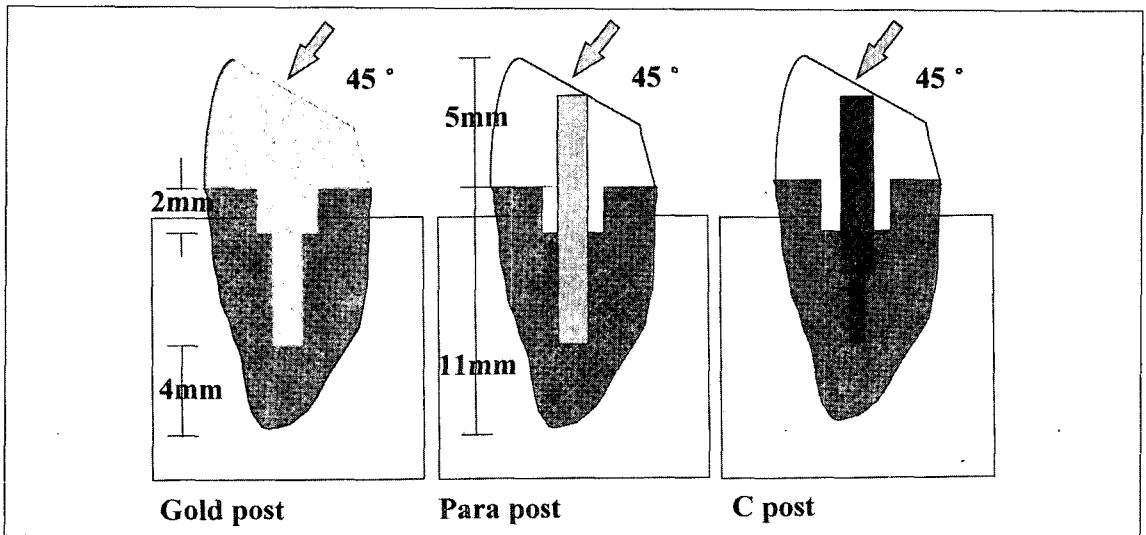


Fig. 1. Specifications of restored specimens in mounting block

을 참고로 하여 완전 파절이 일어나지 않더라도 파절음이 들리면 실패로 간주하였다.

### Ⅲ. 연구성적

#### 5. 수중에서의 시편 반복하중

시편중 각 군당 5개씩을 무작위로 골라 수중에 48시간 이상 침적하였다. 반복하중을 가하는 동안 시편이 물에 잠길 수 있게 특수하게 고안된 jig를 사용하여 수중에서 위와 같은 조건으로 반복하중을 가하였다. 반복하중후 동일과정을 거쳐 파절강도를 얻었다. 이 때 파절과정도 수중에서 시행하였다.

#### 6. 통계처리

Kruskal Wallis test로 수중 실험군과 대기중 실험군의 유의성을 검증하였고 Mann-Whitney test로 각 군간의 사후검증을 실시하였다.

Table 2. Values of mechanical failure

sample size	average	S.D
5	720N	±152N

Table 3. Values of mechanical failure ( N )

	carbon, atmosphere	titanium, atmosphere	gold, atmosphere	carbon, wet	titanium, wet	gold, wet
Sample 1	549.9	536.4	1253.4	421.1	552.5	1022.5
2	555.1	413.3	763.2	361.3	479.2	559.2
3	594.6	610.6	753.9	593.7	277.0	593.5
4	352.6	536.9	577.9	477.8	487.0	633.6
5	473.1	691.6	622.0	219.9	326.3	660.0
AVG(S.D)	505.1(95.91)	557.8(103.04)	794.1(269.21)	414.8(138.62)	424.4(116.92)	693.8(187.74)

Table 4. Result of Kruskal-Wallis test

	significance
between atmosphere groups	.032
between wet groups	.019

상악소구치로 행한 carbon fiber post시편의 압축력 하에서의 실패시의 하중은 Table 2와 같았다.

대기중과 수중에서 각각 50,000회의 반복하중을 준 후 대기중과 수중에서 파절될 때 얻은 3종 post 시편의 파괴하중치는 Table 3과 같다.

시편수가 적고 결과가 명백한 정규분포양상을 가진다고 볼 수 없으므로 비모수적 통계법을 사용하였다.

동일한 실험 환경내에서는 재료에 따라 유의성이 있었으나 다른 환경에서의 각 재료별 유의성은 없는 것으로 나타났다(Table 4, 5). 즉, 수중환경에서의 반복하중에 의한 파절강도는 대기중에서의 반복하중후 파절강도에 비해 낮았으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

동일 환경내에서의 파절강도는 대기중, 수중시편 모두 gold post 시편이 carbon fiber post 시편이나 titanium post 시편에 비해 유의하게 높았다(Table 6).

그러나 파절양상을 살펴보면 gold post 시편은 titanium post 시편이나 carbon fiber post 시편보다 치근파절이 많이 일어나는 파괴적인 현상을 보였다. gold post 시편에서는 시편 10개 모두에서 치근 파절이 일어났다(Table 7).

Table 5. Result of Mann-Whitney test

	significance (2-tailed)
carbon, atmosphere-carbon, wet	.347
titanium, atmosphere-titanium, wet	.117
gold, atmosphere-gold, wet	.465

Table 6. Result of Mann-Whitney test

VARIABLE	MATERIAL	significance(2-tailed)
atmosphere	carbon - titanium	.602
	titanium - gold*	.047
	gold - carbon*	.016
wet	carbon - titanium	.754
	titanium - gold*	.009
	gold - carbon*	.028

Table 7. Mode of failure of specimen groups

GROUP	site of tooth fracture		
	core	above the resin	below the resin
carbon fiber post	6	3	1
titanium post	6	*	1
cast gold post	*	*	10

titanium post 시편중 3개에서는 파절음이 일어나고 파절양상이 기록되었으나 육안으로 파절을 확인하지 못한 경우였다.

#### IV. 총괄 및 고안

초기에는 근관치료된 치아에 post를 하는 것을 치근의 강화라는 관점에서 보았다. 그러나 현재는 post의 역할은 core의 유지이며 오히려 치근파절을 일으키는 원인요소로 작용할 수 있다고 보고 있다<sup>18-19</sup>.

근관치료 후 post를 하지 않은 치아의 파절강도가 더 컸다는 실험 결과들을 보면 근관치료 후 무조건적인 post의 적용은 바람직하지 않다<sup>4,8,20</sup>. Post and core 수복치아의 가장 큰 실패요인은 post의 탈락이다<sup>21</sup>. 이런 사실을 꼼꼼히 생각해보면 단단한 post와 상대적으로 탄성이 있는 상아질 계면 사이의 stress 집중을 상상해 볼 수 있다. 이런 stress의 집중은 접착제-상아질의 분리 뿐 아니라 나아가서는 치근 파절에 이르게 한다.

큰 강도를 가진 post에 하중이 가해지면 단단한 post는 파절에 저항하여 stress를 더욱 약한 곳으로 전달하게 되어 치근파절이 일어나게 된다<sup>22</sup>. 따라서 최극에는 재료 자체의 적당한 강도에 관심을 가지게 되었다. 실제로 장기간의 임상보고나 실험보고에 의

하면 많은 수의 치근이 post and core의 실패로 발치되는 것을 알 수 있다.

Carbon fiber는 Edison이 처음 상업화한 이래로 치과에서는 occlusal osteotomy wafer, 임시치관, 임플랜트지지 고정성의치, 의치상에 첨가하여 주로 레진의 강화 목적으로 쓰여왔다<sup>23-26</sup>.

Carbon fiber post는 자연치와 비슷한 Young's modulus를 가져 stress를 치질에 전달하지 않고 분산시키며 따라서 수복 실패시에도 치근 파절이 없다. 또한 기질이 레진이므로 레진 접착제에 의해 접착이 쉽고 부식이 없으며 열팽창이 적다<sup>1,4,9,27,28</sup>.

또 근관치료 실패시에도 제거가 쉽기 때문에 post and core의 실패는 발치라는 공식을 피할 수 있다<sup>29</sup>.

Post의 실험은 대개 4단계로 나뉘는데 본 실험에서는 crown에 의한 영향을 배제한 상태에서 post and core로만 수복한 채 post and core에 의한 치근의 영향을 알아보고자 하였다. 이런 상태에서는 응력이 치경부에 집중되어, post의 물성이 치근에 미치는 영향을 보다 효과적으로 평가해 볼 수 있다. 또한 구강내에서 흔히 볼 수 있는 깔때기 형태의 치근을 고려하여 치근 입구에 2mm 깊이의 와동을 파서 post 탈락과 치근파절에 가장 불리한 경우를 설정했다.

Prefabricated post에 접착하여 쓰는 core 재료로는 amalgam, glass ionomer, composite 등이 있으나 강

도와 편리성, 심미성 등의 원인으로 composite이 보다 유용한 재료로 여겨지고 있다. 이번 실험에서는 core 재료로 자가중합 composite인 Ti-Core natural (Essential Dental Systes, Inc. U.S.A.)을 사용했으며 불소방출의에도 Vita shade A3의 색조를 띠는 장점이 있다. 이 재료는 이미 carbon fiber post와 결합하여 좋은 결과를 나타냈다는 보고가 있으며 상아질과 압축, 인장강도가 비슷하다<sup>2,30-32)</sup>.

치근 매몰재료로는 아크릴릭 레진이 쓰였으며 이것은 인간의 골과 탄성계수가 유사한 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>.

하중은 치아장축에 45° 각도로 주었으며, 전치부의 하중연구를 참고하여 최소 10N, 최대 190N, 평균 100N의 사인곡선의 반복하중을 5 Hz의 frequency로 가하였다<sup>1,4,11-12,14,33)</sup>.

Huysman 등<sup>17)</sup>은 5 Hz 이하이면 실패까지의 횟수는 실험환경, 빈도, 온도에 상관없이 없다고 하였으나 이는 실제 저작속도인 1~2 Hz의 속도와는 다소 차이가 있는 것이다.

예비실험에서 평균 720N 정도의 파절 강도를 얻었으므로 평균 100N의 하중은 이론상으로 피로한도 (fatigue limit)이하의 값일 수 있으나 실제 구강내에서의 실패가 보고되고 있으므로 그렇게 보긴 어렵다. 치아를 post and core로 수복한 경우 다른 변수가 많기 때문에 이번 실험에선 피로시험 곡선을 구하기 보다는 일정 하중 횟수후 피로에 의한 crack을 유발시킨 후 압축력을 가하여 crack을 극대화시키는 방법을 적용하였다. 그러나 50,000회의 횟수는 구강내 1~3개월 정도에 해당하기 때문에 장기간에 따른 피로 효과를 비교하기 어려웠다<sup>15,34)</sup>.

Carbon fiber post의 자체의 물성만을 측정하면 금속보다 파절저항이 낮게 나타나겠지만<sup>3,35)</sup> 이것은 실제 구강내에서 나타나는 결과와는 차이가 있을 것이다.

구강내 저작 환경은 이런 단순 하중 부하 조건과는 매우 다르다. 실제로 생체에서의 실패는 파절강도 이상의 강한 힘에 의한 것이라기 보다는 대개 약한 부하의 지속적인 반복에 의한 피로현상에 의한 것이다. 따라서 저작 조건과 비슷한 환경을 부여하는 반복하중방식이 보다 실제와 근접한 결과를 제시해 줄 것이라 생각한다.

반복하중을 가하게 되면 일정한 속도로 동하중을 가해 얻을 수 있는 초기파절과 다른 양상의 실패를

보이게 되는데 이는 피로현상 때문이다. 이 경우 피로는 주로 접촉부의 계면에서 일어날 것으로 생각되는데 이 사실은 50,000회의 반복하중 부여 후 압축력을 가하는 단계에서 컴퓨터에 의해 그려지는 하중 증가선이 반복하중 부여 없이 바로 파절한 예비실험에 비해 매우 떨어지는 양상으로 나타나는 것에서도 알 수 있었다. Carbon fiber post로 수복한 시편의 경우 예비실험과 비교하여 강도 감소 현상이 일어나는 것을 볼 수 있었다.

Stegaroiu 등<sup>15)</sup>은 15만회의 반복하중을 가한 후 행한 유지력 실험에서 cast post가 stainless steel post에 비해 영향을 적게 받아 유지력 저하가 크지 않았다고 했다. Reagan 등<sup>16)</sup>, Isidor 등<sup>14)</sup>은 실패시가지의 반복횟수가 prefabricated titanium post 수복치아의 경우에서 cast post의 경우에 비해 더 많거나 비슷했다고 하였다. Milot 등<sup>36)</sup>은 치질이 적절하게 남아 있으면 cast post나 titanium post 등 종류에 관계없이 파절 강도는 비슷하다고 하였다.

그러나 Isidor 등<sup>11)</sup>은 carbon fiber post 수복치아는 prefabricated titanium post나 cast gold post에 비해 반복하중하에서 100만회 이상 견디는 등 실패율이 현저히 낮았다고 했다.

본 실험의 결과 carbon fiber post로 수복한 시편은 titanium post 시편과 실패강도에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 예상과는 달리 gold post 시편과는 유의한 차이를 보였는데 이는 앞서의 보고와 배치되는 부분이 있다.

그러나 이번 실험이 비교적 짧은 기간의 구강내 상황을 재현했다는 점에서 장기간의 결과에서도 마찬가지로 결과가 나타난다고 볼 수는 없을 것 같다.

사실 carbon fiber는 피로에 의한 강도 감소가 매우 적다고 보고되고 있으므로 낮은 힘으로 연속적인 저작에 의한 피로환경에는 매우 알맞은 재료로 보고 있다. Trushkowsky 등<sup>28)</sup>은 피로실험 후 titanium post의 피로저항성이 carbon fiber post보다 50% 이상 떨어졌다고 했다. Carbon fiber post가 반복하중후의 파괴하중부여 실험 또는 피로실험에서 모두 cast post나 prefabricated metal post보다 실패율이 낮았다는 앞서의 보고처럼 보다 장기간의 반복하중을 가하면 양상은 달라질 것으로 보인다.

Carbon fiber post는 수분에 의한 강도 감소가 심한 재료라고 보고되고 있다<sup>9,37)</sup>. 이는 매우 중요한 사실

인데 구강내에서는 비록 금관으로 접착해 있는 상태에서 cement 계면이나 근관치료 후에도 dentinal tubule을 통해 항상 수분에 노출되어 있는 상태이기 때문이다. 대기중 실험군은 충분한 건조 기간을 두어 수중 실험군과 차이를 두도록 하였으나 결과에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 수중실험 carbon fiber post 시편중 2개에서 대기중 실험군에서 볼 수 없었던 greenstick fracture 양상의 post 파절선을 관찰할 수 있었다.

이것은 carbon fiber post가 수분에 노출되면 강도는 약해지지만 core와 접착된 상태에서선 유의할 만한 영향이 없었다는 것을 의미하며 core와 치근의 접착 경계면이 금관에 의해 완전히 싸이지 못할 경우라도 단기간의 실패양상은 차이가 없다는 것을 말해준다. 이것은 prefabricated post와 composite core의 결합 형태에선 post와 core 사이의 계면 뿐 아니라 core의 경화수축에 의해 일어나는 계면 gap 자체가 문제가 될 수 있고 결과적으로 core와 치근 계면에서의 수분이 post에 미치는 영향이 크리라는 예상과는 다른 의외의 결과이다.

따라서 접착과 경화시에 수분노출을 피한다면, prefabricated post에 composite core로 수복한 치아의 치관에서 ferrule effect를 얻지 못할 경우에도 전치부에서 단기간의 수분노출은 큰 영향은 없다고 생각해 볼 수 있다. 물론 이것이 carbon fiber post 수복시 치관에 의해 core-치근 계면이 충분히 덮이지 않아도 좋다는 것을 의미하는 것은 아니다.

결과에서 압축하중후 대부분 파절이 일어난 곳은 core-치근 계면이었는데 이것은 치경부에 응력이 집중되도록 시편을 설계한 데 따른 것이다. Carbon fiber post로 수복한 시편은 core-상아질, core-post간에 가장 많은 분리를 보였는데 이는 carbon fiber post가 수평력에 저항하는 힘이 가장 약한 탄성 (flexible) 재료라는 점을 보여준다. 거의 모든 이전의 실험에서 치근파절이 있을 경우 carbon fiber post에서 치아 위해성이 가장 작았다는 보고를 하고 있다. 반면 cast gold post나 titanium post는 수평력에 비교적 강해 치근과의 계면에서 core 분리는 심하지 않았으나 대신 치근 파절로 이어지는 양상을 보여주었다.

Martinez-Insua 등<sup>27)</sup>은 carbon fiber post로 수복한 치아 22개의 파절실험에서 치근-core 경계에서 대

부분의 파절이 일어났고 단지 1개 (5%)에서만 치근 파절이 일어난 반면, cast gold post 수복에선 91%에서 치근 파절이 일어났다고 했다. Sidoli 등<sup>4)</sup>도 carbon fiber post의 경우 10개중 4개만이 레진포매 경계 하연에서 파절되었고 나머지는 임상적으로 재수복이 가능한 윗부분에서 파절된 반면, cast post의 경우엔 모두 하연에서 파절되었다고 보고하였다. Isidor 등<sup>14)</sup>은 반복하중하에서 cast post는 12개의 치아모두에서 파절이 일어났고 prefabricated titanium post에선 9개의 치아파절이 일어났다고 하였다.

Cast gold post 시편이나 titanium post 시편은 파절음이 일어나는 곳과 파괴기록이 정확히 일치하지 않았는데 이 때는 파절음을 실패의 기준으로 삼았고 이는 포매된 부분의 치근점 파절일 것으로 생각된다. 결과에서 titanium post 시편에서 파절음이 나타나고 기록이 나타났어도 파절선을 육안으로 확인할 수 없는 이유도 이것 때문이라 생각된다.

Carbon fiber는 비교적 피로저항성이 강해 일정기간의 피로후에도 강도 약화폭이 작다고 알려져 있다. 그러나 시편이 달라 직접적인 비교는 할 수 없으나 이번 실험에선 예비실험과 비교하여 반복하중 후 약 30%정도의 강도 감소를 보였다. 이는 실패양상에서 알 수 있듯이 carbon fiber의 피로라기보다는 core 계면의 피로가 파절에 더 우세한 영향을 미치기 때문이라 생각된다<sup>5,30)</sup>. 따라서 post 재료간의 피로물성의 직접비교는 어려웠다.

그러나 금관을 제작한 경우라면 응력 분포 양상이 달라지므로<sup>38)</sup> 이 때의 동하중 실험은 비교적 정확하게 post 재료 물성이 치근에 미치는 응력과 피로현상을 규명할 수 있을 것 같다. Isidor 등<sup>11)</sup>은 carbon fiber post와 composite core로 수복한 치아를 금속관으로 씌운 후 45° 각도, 250 N의 반복하중을 주어 100만회까지 견뎠다고 보고하고 있다.

향후 이런 관점에서의 보충 연구가 필요하리라 생각된다.

## V. 결 론

크기가 유사한 상악 중절치 30개를 6군으로 나누어 각각 제조자의 지시대로 carbon fiber post+ composite core, titanium post+ composite core, cast gold post and core로 수복한 시편을 만들었다. 대기

중과, 수중에서 각각의 시편에 대해 50,000회의 반복하중을 가한 후 압축력을 가하여 실패하중을 측정, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 종류의 시편에서 수중에서의 반복하중후 파절강도는 대기중에서의 반복하중후 파절강도에 비해 작았으나 유의한 차이는 보이지 않았다.
2. 동일환경에서 carbon fiber post 시편과 titanium post 시편은 유의한 차이를 보이지 않았다.
3. 동일환경에서 cast gold post 시편이 carbon fiber post 시편이나 titanium post 시편에 비해 유의하게 파절강도가 컸다.
4. carbon fiber post 시편에선 위해한 치근 파절이 일어나지 않았다.

## REFERENCES

1. King PA, Setchell DJ. An in vitro evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. *J Oral Rehab* 1990;17:599-609.
2. Love RM, Purton DG. The effect of serrations on carbon fiber posts - Retention with the root canal, core retention, and post rigidity. *Int J Prosthodont* 1996;9(5):484-8.
3. Purton DG, Payne A. Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. *Quint Int* 1996;27:93-97.
4. Sidoli GE, King PA, Setchell DJ. An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J Prosthet Dent* 1997;78:5-9.
5. Vermilyea SG, Gardner FM, Morgeli JR. Composites dowels and cores: Effect of moisture on the fit of cast restorations. *J Prosther Dent* 1987;58(4):429-431.
6. Kahn FH. Selecting a post system. *J Am Dent Assoc* 1991;122:70-71.
7. Greenfeld RS, Roydhouse RH, Marshall FJ, Schone B. A comparison of two post systems under applied compressive-shear loads. *J Prosther Dent* 1989;61(1):17-24.
8. Mcdonald AV, King PA, Setchell DJ. An in vitro study to compare impact fracture resistance of intact root-treated teeth. *Int Endodont J* 1990;23:304-312.
9. Torbjörner et al. Carbon fiber reinforced root canal posts. *Eur J Oral Sci* 1996;104:605-611.
10. Purton DG, Love RM. Rigidity and retention of carbon fiber versus stainless steel root canal posts. *Int Endodont J* 1996;29:262-265.
11. Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 1996;9:131-136.
12. Dietschi D, Romelli M, Goretti A. Adaptation of adhesive posts and cores to dentin after fatigue testing. *Int J Prosthodont* 1997;10(6):499-507.
13. Dietschi et al. Evaluation of post and cores in the laboratory: Rationale for developing a fatigue test and preliminary results. *Compendium* 17(20):s65-s73.
14. Isidor F. Intermittent loading of teeth tapered, individual cast or prefabricated, parallel sided posts. *Int J Prosthodont* 1992;5(3):257-261.
15. Stegaroiu R et al. Retention and failure mode after cyclic loading in two post and core systems. *Int J Prosthodont* 1996;75:506-11.
16. Reagan SE et al. Effects of cyclic loading on selected post and core system. *Quint Int* 1999;30:61-67.
17. Huysmans MC et al. Fatigue behavior of direct post and core restored premolars. *J Dent Res* 1992;71(5):1145-1150.
18. Assif et al. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J Prosthet Dent* 1993;69:36-40.
19. Morgano SM. Restoration of pulpless teeth: Application of traditional princi-



- ples in present and future contexts. *J Prosthet Dent* 1996;75:375-380.
20. Russel et al. The behavior of post-retained core materials supported by coronal tooth structure in vitro. *Int Endodont J* 1997;30:408-412.
  21. Torbjörner et al. Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J Prosthet Dent* 1995;73:439-444.
  22. Duret B, Duret F, Reynaud M. Long-life physical property preservation and postendodontic rehabilitation with the composipost. *Compendium* 17(20):s50-s56.
  23. Larson et al. The effect of carbon graphite fiber reinforcement on the strength of provisional crown & fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent* 1991;66:816-820.
  24. Ruyter et al. Development of carbon/graphite fiber reinforced polymethylmethacrylate suitable for implant-fixed dental bridges. *Dent Mater* 1986;2:6-9.
  25. Telfer MR, Page KB. Carbon fiber reinforced osteotomy wafers. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1990;28:210-211.
  26. Yazdanie N, Mahood M. Carbon fiber acrylic resin composite: An investigation of transverse strength. *J Prosthet Dent* 1985;54:543-547.
  27. Martinez-Insua et al. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent* 1998;80:527-532.
  28. Trushkowsky et al. Coronoradicular rehabilitation with a carbon fiber posts. *Compendium* 17(20):s74-s79.
  29. Sakkai S. Carbon-fiber post removal technique. *Compendium* 17(20):s86.
  30. Cohen et al. Four different core materials measured for fracture strength in combination with five different designs of endodontic posts. *J Prosthet Dent* 1996;76:487-495.
  31. Cohen et al. Compressive and diametral tensile strength of titanium reinforced composites. *J Esthet Dent* 1992;4:50-55.
  32. Cohen et al. Fracture strength of three different core materials in combination with three different endodontic posts. *Int J Prosthodont* 1994;7:178-182.
  33. Sorenson JA, Engleman MJ. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990;64:419-24.
  34. Kovarik RE, Breeding LC, Caughman WF. Fatigue life of three core material under simulated chewing conditions. *J Prosthet Dent* 1992;68:584-590.
  35. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent* 1999;27:275-278.
  36. Milot P, Stein RS. Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown design. *J Prosthet Dent* 1992;68:428-35.
  37. Fredriksson M et al. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent* 1998;80:151-7.
  38. Wise MD. Failure in the restored dentition. In : *Management & treatment*. Seoul: Jungwon Co. 1998:170-172.

---

**Reprint request to:**

**Yang-Jin Yi, D.D.S., M.S.D.**

Department of prosthodontics, College of Dentistry, Kangnung National Univ.  
123, JiByun Dong, Kangnung, 210-702, Korea  
navydent@knusun.kangnung.ac.kr

## ABSTRACT

# A STUDY ON THE FRACTURE STRENGTH OF TEETH RESTORED WITH A CARBON FIBER POST UNDER CYCLIC LOADING

Yang-Jin Yi, D.D.S., M.S.D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Kangnung National University*

In the restoration of endodontically treated teeth, carbon fiber post was recently introduced. The purpose of this in vitro study was to investigate the fracture strength of teeth restored with a prefabricated carbon fiber post in comparison with teeth restored with a prefabricated titanium post & custom cast gold post after cyclic loading in the different environment. A total of 30 recently extracted human central incisors of similar dimension with crowns removed were used. All teeth were placed into acrylic blocks and every steps for post and core fabrication were made according to manufacture's instruction. The post length and core dimensions were standardized. All teeth were divided into 6 groups:

1) carbon fiber post / atmosphere, 2) titanium post / atmosphere, 3) gold post / atmosphere, 4) carbon fiber post / wet, 5) titanium post / wet, 6) gold post / wet. Carbon fiber post and titanium post were cemented in place using resin cement and cores were fabricated with Ti-Core. Custom cast gold post was made from Duralay pattern resin and cemented using resin cement, too. All specimens were thermocycled 10,000 times.

After 50,000 cyclic loading, failure strength was measured using Instron testing machine. Kruskal-Wallis test followed by Mann-Whitney test was used to compare the mean fracture strength. Results were as follows :

1. All specimens showed lower fracture strength in wet environment after cyclic loading than in atmosphere condition, but did not reveal a significant difference.
2. There was no significant difference between carbon fiber post specimen and titanium post specimen in the same environment.
3. Gold cast post specimen showed significant different greater fracture strength than those of others in the same environment.
4. Carbon fiber post specimen showed no root fracture.

---

**Key words** : Cyclic loading, Carbon fiber post, Titanium post, Custom cast post, Prefabricated post