

치주지지가 감소된 상태에서 섬유강화형 포스트로 수복한 치아의 실패양상 분석

강릉대학교 치과대학 치과보철학교실, 강릉대학교 구강과학연구소

이병우 · 이양진 · 조리라 · 박찬진

1. 서 론

심한 치아우식증에 의해 치관부 상실이 큰 경우나 외상에 의해 광범위한 치관 파절이 발생한 경우, 일반적으로 근관치료 후 포스트-코어를 이용한 수복이 필요하다.

포스트를 선택함에 있어서 생리적인 저작력에 견딜 수 있는 적절한 강도와 함께 여러 가지 요구되는 물성들이 있다. 코어 재료를 유지시킬 수 있어야 하고 가능한 한 많은 양의 치질을 보존할 수 있어야 하며, 근관 형태에 잘 맞아야 한다. 또한 치근 파절의 위험이 적어야 하고 부식을 유발하지 않아야 하며, 미세누출 가능성이 적어야 한다.¹⁾ 최근에 임상적용이 증가하고 있는 전부도재관에 사용하려면 심미성 역시 고려되어야 한다.²⁾

1930년대 이래로 널리 사용되고 있는 주조 포스트-코어의 경우, 치근 상아질에 비해 약 10 배의 탄성계수(modulus of elasticity)를 가지므로 포스트-치근 계면에 응력이 집중되어 포스트의 탈락이나 치근 파절 등을 유발하기 쉽고, 심미적으로도 광투과도가 큰 전부도재관에 적합하지 않으며 치경부와 치은의 변색을 유발할 수 있다.³⁾ 또한 기공과정이 필요하므로 다음 내원시에 부착해야 하는 단점이 있다. 이에 반하여, Pt-Au-Pd 합금, 황동(brass), Ni-Cr 합금(stainless steel), 순수 titanium, titanium 합금, chromium 합금 등 여러 재료들로 제작되고 있는 기성 금속 포스트는 즉시 포스트 부착 및 코어 축성

이 가능하다. 그러나 이 재료들 역시 자연치에 비해 지나치게 큰 탄성계수에 의한 치근파절과 부식의 가능성은 여전히 남아 있기 때문에 비금속 포스트에 대한 필요성이 대두되었다.

최근 개발된 기성품 비금속 포스트는 재료에 따라 도재 포스트와 섬유강화형 포스트로 크게 나눌 수 있다. 도재 포스트는 적절한 강도와 심미성을 갖고 있으나, 열팽창계수의 차이에 의해 포스트에 직접 복합레진 코어를 축성할 수 없고¹⁾ 파절시 제거가 용이하지 않은 단점이 있다.²⁾ 이와 달리 섬유강화형 포스트는 1회 내원으로 포스트와 코어 수복이 가능하고, 부식이 없으며 치근 파절 위험이 적다고 알려져 있다. 또한 근관 삭제량이 적어서 치질 보존에 유리하며, 실패시 제거가 용이하다.²⁾ 섬유 강화형 포스트의 단점으로는, 술자의 숙련도가 필요하며 주의 깊은 접착 술식이 요구되는 점 등을 들 수 있다.²⁾

포스트의 물성에 대한 초기의 연구들³⁻⁷⁾에서는 포스트 자체의 파절강도나 굴곡 강도, 포스트-코어 수복 후 정하중에 의한 파절강도 측정 등이 대부분을 이루고 있으나, 포스트-코어의 실패는 대부분 구강 내에서 반복된 저작, 즉 파절강도보다 현저히 낮은 하중이 반복적으로 적용되어 발생하므로 현재는 구강내와 유사한 조건으로 실제 저작주기에 유사하게 반복하중을 가하는 연구가 증가하고 있다. Butz 등⁸⁾은 titanium 포스트, 도재 포스트, 주조 포스트-코어로 수복한 상악 중절치의 파절강도 연구에서 실리콘 인상재로 치주인대를 재현하고 30 N의 반복하중을

1.3 Hz로 120만회씩 가하고 열순환처리(thermocycling) 후 파절강도를 측정된 결과, 각 군간에 유의한 차이가 없었다고 하였다. Rosentritt 등⁹⁾은 섬유강화형 포스트, 도재 포스트, titanium 포스트, 주조 포스트-코어 등을 이용하여 수복한 상악 중절치의 파절강도 연구에서 폴리이써(polyether) 인상재로 치주인대를 재현하고 6,000회의 열순환처리 및 120만회의 반복하중을 가한 후 파절강도를 측정하여 도재 포스트 군과 titanium 포스트 군이 섬유강화형 포스트 군과 주조 포스트-코어 군보다 유의하게 큰 파절강도를 보였다고 보고한 바 있다. 현재 섬유강화형 포스트는 carbon fiber 포스트와 수종의 glass fiber 포스트가 시판되고 있으나, 이들에 대하여 반복하중 후 파절강도를 실험한 연구는 부족한 상황이므로 좀 더 많은 연구를 통해 임상적 상황에서의 재료적 특성을 알아볼 필요가 있다고 생각한다.

섬유강화형 포스트와 복합레진 코어로 수복한 경우의 파절강도와 실패양상에 대한 이전의 연구에서는, 섬유강화형 포스트를 이용한 군이 주조 포스트-코어를 이용한 군보다 파절강도는 낮으나 치근의 상아질과 유사한 탄성계수를 가지므로 유리한 실패양상을 보인다는 보고^{5,10,11)}와 유의한 차이가 나타나지 않았다는 보고^{12,13)} 등으로 다소 논란이 있다.

Martinez-Insua 등⁵⁾은 소구치를 대상으로 carbon fiber 포스트와 주조 포스트-코어로 수복 후 파절강도를 측정된 연구에서 carbon fiber 포스트 군이 유의하게 작은 파절강도를 보였고 시편 중 5%만 치근 파절된 반면, 주조 포스트-코어 군은 91%가 치근 파절을 보였다고 하였다. 이¹⁰⁾는 carbon fiber 포스트와 주조 포스트-코어로 수복한 상악 중절치에 대해 열순환처리 및 반복하중 후 파절강도를 측정된 연구에서 carbon fiber 포스트 군은 주조 포스트-코어 군에 비해 유의하게 작은 파절강도를 보였으나 10개 중 한 개의 시편에서만 아크릴레진에 포매된 치근에서 파절된 반면, 주조 포스트-코어 군은 모든 시편이 레진 블록에 포매된 치근에서 파절되었다고 하였다. Sidoli 등¹¹⁾은 중절치와 견치를 대상으로 carbon fiber 포스트, stainless steel 포스트, 주조 포스트-코어로 수복 후 파절강도 측정 결과, carbon fiber 포스트 군이 유의하게 작은 파절강도를 보였고 10개 중 4개의 시편이 레진 블록에 포매된 치근에서 파절되

었으나 주조 포스트-코어 군은 모두 레진 블록에 포매된 치근에서 파절되었다고 하였다. 이상의 연구들에서는 치근을 백악-법랑 경계 하방 2 mm 까지 포매하였고 하중 방향은 치아장축과 45° 또는 50°를 이루었다.

이와 달리 Cormier 등¹²⁾과 Möllersten 등¹³⁾의 연구에서는 소구치를 대상으로 치아장축에 수직으로 하중을 가한 결과, carbon fiber 포스트를 이용한 군과 주조 포스트-코어를 이용한 군간에 파절강도와 실패양상에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. Cormier 등¹²⁾의 연구에서는 치근을 백악-법랑 경계 하방 3mm 까지 포매하였고, 치관 수복을 포함하지 않은 경우는 섬유강화형 포스트 군이 유리한 실패양상을 보였다고 하였다.

이상과 같이 여러 연구들간의 파절강도의 차이는 실험조건에 차이에 기인한 것으로 사료되며, 치아의 종류와 치근을 포매한 높이 및 하중방향 등이 영향을 미치는 것으로 추정할 수 있다.

대부분의 이전 연구들은 임상적 상황을 재현하기 위해서 백악-법랑 경계까지 치아를 포매하거나 생물학적 폭경을 재현하고자 백악-법랑 경계 하방 2 mm 까지 치아를 포매한 상태에서의 결과였다. 그러나 전치부의 경우 구치부에 비해 하중이 작은 점을 감안하여 치조골 흡수에 의해 치관대치근비가 불리해진 경우에도 포스트-코어 및 치관 수복을 고려할 수 있다. 이와 같이 치주지지가 감소된 상태를 재현하여 파절강도와 실패양상을 고찰한 연구 보고는 매우 적은 실정이다. 포스트의 탄성계수가 치근 상아질과 유사한 경우, 하중이 포스트를 따라 고르게 분산되어 포스트-상아질 계면의 응력 집중이 감소하므로 치근파절이 적은 것으로 알려져 있고,^{10,14)} 치주지지가 감소된 경우 포스트 시스템에 따른 탄성계수의 차이가 치조골이 흡수되지 않은 경우에 비해 파절강도나 실패 양상에 더 큰 영향을 끼칠 수 있을 것으로 가정할 수 있다.

이에 본 연구는 2종의 섬유강화형 포스트와 titanium 포스트로 수복한 치아에 대해 백악-법랑 경계 하방 4 mm까지 치조골이 흡수된 상황을 재현하고 반복하중 후 정하중을 가하여 파절강도 및 실패양상을 비교해 보고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 시편 제작

1) 재료 선택

발거한 사람의 상악 중절치를 대상으로 하였다. 백악-법랑 경계 하방에 치아우식증이 있거나 파절선이 관찰되는 치아를 제외하였으며 유사한 크기의 치근을 가진 24개를 선택하였다. 선택된 치근의 길이는 약 10~14 mm 였다. 치아는 각 군당 8개씩 3군으로 무작위 분류하였고 실온의 수중에 보관하였다. 치근 길이의 차이에 의한 영향을 고려하여 각 군의 치근 길이를 95% 신뢰수준에서 일원분산분석한 결과, 각 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없음을 확인하였다 ($P=0.981$).

1군은 carbon fiber 포스트인 C-Post (Bisco Inc., U.S.A.), 2군은 glass fiber 포스트인 ParaPost FiberWhite (Coltène/Whaledent Inc., U.S.A.), 3군은 대조군으로 titanium 합금 재질의 ParaPost XH (Coltène/Whaledent Inc., U.S.A.)를 선택하였다. 포스트의 직경은 1.4 mm로 모두 같게 하였다.

코어 재료로는 각 군 모두 titanium 성분을 함유한 복합레진인 Ti-Core (Essential Dental Systems Inc., U.S.A.)를 이용하였다 (Table 1).

2) 포스트 접착 및 코어 축성

일관성을 유지하기 위해 한 명의 술자가 순측 백악-법랑 경계에서 치아장축에 수직으로 치관부를 절단하고 통법에 따라 근관을 형성한 후 측방가압법으로 근관충전하였다.

치근단에서 4 mm 떨어진 깊이까지 각 시스템의 제조사의 지시에 따라 근관 형성 및 포스트 처리를 시행한 후 복합레진 접착제인 Panavia F (Kuraray Co., Japan)로 접착하였다. 접착제가 일정한 두께로 경화되도록 압력을 가하면서 포스트를 유지시키고 10분 이상 경화시켰다.

치관부를 제거하기 전에 정해진 크기의 지대치 형태로 형성한 후 채득해 놓은 putty matrix에 Ti-Core를 충전하여 포스트가 부착된 치근상에 적합시켜 코어를 축성하였다.

코어 재료가 충분히 경화된 후 정해진 부위를 디지털 캘리퍼 (Digimatic Caliper, Mitutoyo Corp., Japan)로 측정하여 크기를 확인하며 마무리하였다. 코어의 높이는 백악-법랑 경계 상방으로 협측 6 mm, 설측 2 mm였고, 절단면 협설 폭은 1 mm로 형성하였다.

완성된 치아는 임시치관을 제작하여 48시간동안 실온의 수중에 보관하였다.

3) 포매

치주인대를 재현하기 위해 Sirimai 등¹⁵⁾이 적용한 방법과 같이, 치근을 녹인 왁스에 담겨 약 0.2 mm 두께의 왁스층을 만든 후 백악-법랑 경계 하방 4 mm까지 자가중합형 아크릴레진 (Jet, Lang Dental Co., U.S.A.)에 포매하였다. 써베이어에 치아를 부착하여 치아 장축이 수평면에 45°를 이루도록 포매하였고, 아크릴레진 경화 후 치근의 왁스를 부가중합형 실리콘인상재 (Examixfine, GC Corp., Japan)로 대체하여 일정한 두께의 치주인대를 재현하였다 (Fig. 1).

2. 반복하중 및 파절강도 측정

실험을 위해 특별히 제작한 동하중시험기 (Chewing Simulator, R&B, Korea)를 이용하여 시편마다 최소 5 N, 최대 55 N, 평균 30 N의 힘을 1.3 Hz로 10만회씩 36.5℃의 수중에서 가하였다. 하중을 가한 방향은 치아장축과 45°를 이루도록 하였고, 하중점은 설측 절단면에서 2 mm 하방이 되게 하였다. 반복하중 실험 종료 후 시편의 파절여부를 육안으로 확인하고 파절이 관찰되지 않은 시편에 대해 0.5 mm/min의 crosshead speed로 정하중을 가하여 파절강도를 측정하였다 (Fig. 2, 3).

3. 실패양상 평가

파절강도 실험이 끝난 시편을 시편고정용 jig에서 분리하여 파절양상을 육안으로 평가하였다. 치근파절이 발생한 경우 치근을 아크릴레진 블록에서 분리하여 파절선의 위치를 확인하였다.

Table I . Materials used in this study

Materials	Brand Name	Manufacturer
Carbon fiber post	C-Post	Bisco, U.S.A.
Glass fiber post	ParaPost FiberWhite	Coltène/Whaledent, U.S.A.
Titanium post	ParaPost XH	Coltène/Whaledent, U.S.A.
Core material	Ti-Core	Essential Dental Systems, U.S.A.
Cement	Panavia F	Kuraray, Japan
Acrylic resin	Jet	Lang Dental, U.S.A.
Addition type silicone	Examixfine	GC, Japan

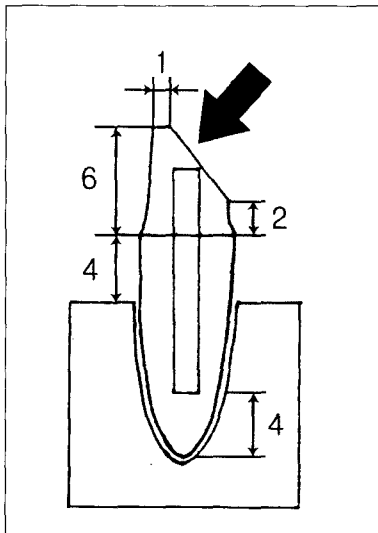


Fig. 1. Schematic drawing of specimen mounted in acrylic resin block with periodontal ligament-simulating silicone. Arrow indicates 45 degree direction of applied load.

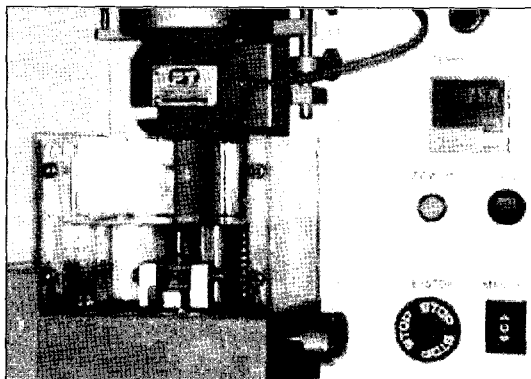


Fig. 2. Chewing simulator.



Fig. 3. Cyclic loading.

4. 통계분석

파절강도에 대하여 95% 신뢰수준에서 일원분산 분석으로 각 군간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지 알아보았고, Schèffe test로 사후검정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 파절강도

각 시편당 10만회의 반복하중 후 실패한 시편은 관찰되지 않았다. 정하중에 의한 파절강도는 95% 신뢰수준에서 일원분산분석으로 통계 처리한 결과, carbon fiber 포스트로 수복한 1군은 373.8 ± 86.8 N, glass fiber 포스트로 수복한 2군은 343.1 ± 62.4 N, 대조군은 440.1 ± 87.2 N으로 나타나 각 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($P=0.066$) (Table II, Fig. 4).

2. 실패양상

C-Post로 수복한 1군은 5개의 치근파절과 3개의 코어-치근 계면 파절을 보였다. 코어-치근 계면에서 파절된 3개의 시편 중 2개의 시편에서는 코어 내부 포스트의 파절을 수반하였다. 치근파절을 보인 5개의 시편에서는 아크릴레진 블록 상방의 치근파절이

관찰되었고 모두 치근 중심부에서 순측 방향으로 진행되는 경사진 파절선을 보였다. 그 중 4개의 시편에서는 순측 1/3과 중앙 1/3에 두 개의 파절선이 모두 치근의 순측면까지 진행되었고, 다른 한 시편은 순측 1/3에 국한되어 치근의 순측면까지 도달하지 않았다.

ParaPost FiberWhite로 수복한 2군은 1군과 유사하게 5개의 치근파절과 3개의 코어-치근 계면 파절을 보였다. 코어-치근 계면에서 파절된 3개의 시편 중 두 개의 시편은 코어 내부 포스트 계면에서도 파절되었다. 치근파절을 보인 5개의 시편은 모두 아크릴레진 블록 상방에서 파절되었다. 그 중 치근 중심부에 작은 파절선을 보이는 경우와, 중심부에서 순측면까지 파절선이 진행한 경우가 각각 하나씩 관찰되었고, 다른 3개의 시편은 파절선이 순측 1/3에 국한되어 치근의 순측면까지 진행되지 않았다.

ParaPost XH로 수복한 3군은 8개의 시편 모두 치근에서 파절되었다. 모든 시편에서 파절선이 치근 중심부에서 순측면까지 도달하였고, 그 중 하나의 시편은 아크릴레진 블록 경계 하방에서도 파절선이 관찰되었다. 이는 포스트의 근단부 끝에서 치근의 설측면으로 진행된 파절선이었다.

즉, 1군과 2군에서의 실패양상과 달리 titanium 포스트 대조군의 경우, 모든 시편이 치근파절을 수반하였고, 포스트자체의 파절은 관찰되지 않았다 (Fig. 5).

Table II. Failure load (Mean \pm S.D.)

Groups	Failure Load (N)
C-Post	373.8 ± 86.8
ParaPost FiberWhite	343.1 ± 62.4
ParaPost XH	440.1 ± 87.2

S.D. : Standard deviation

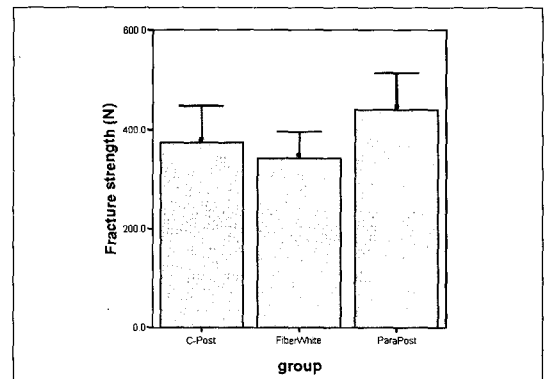


Fig. 4. Mean fracture strength (N) and standard deviation

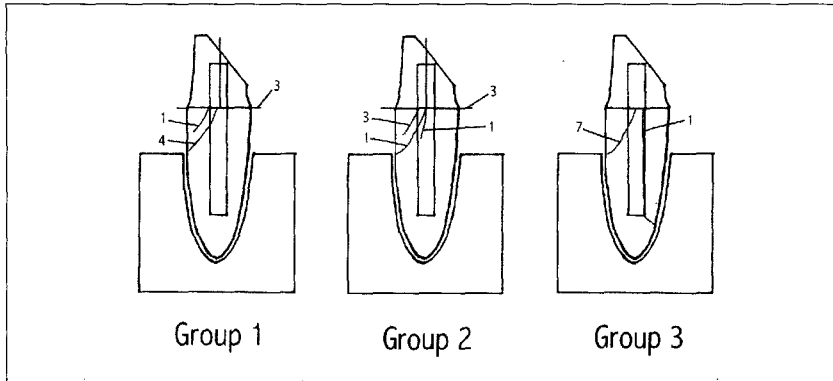


Fig. 5. Failure mode of test groups : small numbers mean the frequency of fracture.

Ⅳ. 고 찰

환자들의 심미적 보철수복의 요구가 커지고 있는 가운데, 특히 전치부는 우수한 광투과도를 보이는 전부도재관 수복이 증가하는 추세이다. Carossa 등¹⁶⁾은, 전부도재관으로 수복한 치아의 광투과도에 있어서 포스트-코어의 종류에 따른 차이가 임상적으로 크지 않다고 보고한 바 있으나, 일반적으로 전부도재관을 이용한 수복시 하부구조로서 광투과를 용이하게 하는 포스트-코어가 적합한 것으로 알려져 있으며 이런 조건을 만족시키는 섬유강화형 포스트와 도재 포스트 등이 임상에 적용되고 있다.

본 연구는 치주지지가 감소된 상악 중절치에 대해 2종의 섬유강화형 포스트와 titanium 포스트를 이용하여 수복한 후, 각 시스템간의 탄성계수의 차이가 파절강도 및 실패 양상에 미치는 영향을 알아보고자 구강내 환경과 유사한 조건으로 반복하중 및 정하중 실험을 하였다.

Cormier 등¹²⁾은 quartz fiber 포스트, carbon fiber 포스트, 2종의 glass fiber 포스트, titanium 포스트, 주조 포스트-코어로 수복한 치아에 대한 파절강도 실험에서 glass fiber 포스트 중 FibreKor를 이용한 군만이 유의하게 낮은 파절강도를 보였으나, 다른 군과 달리 치근파절은 보이지 않았다고 보고한 바 있다. Akkayan 등¹⁷⁾은 titanium 포스트, quartz fiber 포스트, glass fiber 포스트, zirconia 포스트를 이용하여 수복한 치아에 대해 파절 강도와 실패양상을 고

찰한 연구에서 포스트 종류에 따른 파절강도의 유의한 차이를 보고하였다. Quartz fiber 포스트 군이 가장 우수하였고 zirconia 포스트와 glass fiber 포스트 군은 유사하였으며, titanium 포스트 군이 가장 낮은 파절강도를 보였다고 하였다. 실패 양상 역시 titanium 포스트 군에서만 모든 시편이 치근의 중앙 1/3 이하에서 파절되었다고 하였다.

위의 연구들에서는 섬유강화형 포스트 군과 titanium 포스트 군이 파절강도에 유의한 차이가 있음을 보였으나, Stockton과 Williams¹⁸⁾의 연구에서는 정하중에 의한 파절강도 실험 결과, 섬유강화형 포스트로 수복한 군은 titanium 포스트를 이용한 군과 파절강도에서 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였고, Isidor 등¹⁴⁾은 주조 포스트-코어와 기성 금속 포스트, carbon fiber 포스트를 이용하여 수복한 치아에 대한 반복하중 실험에서 주조 포스트-코어를 이용한 군이 유의하게 적은 반복하중에서 실패하였다고 보고한 바 있다. 이¹⁰⁾는 carbon fiber 포스트, titanium 포스트 및 주조 금합금 포스트-코어를 이용하여 수복한 치아에 대해 1,000 회의 열순환처리 및 50,000회의 반복하중 후 파절강도를 측정된 연구에서, 섬유강화형 포스트 군과 titanium 포스트 군간에는 유의한 차이를 보이지 않았고 주조 포스트-코어 군은 앞의 두 군보다 유의하게 큰 파절강도를 보였으며 다른 군과 달리 모든 시편이 치근파절을 보였다고 보고하였다. 본 연구에서도 섬유강화형 포스트 군과 titanium 포스트 군간에는 파절강도에 통계적으로 유의한 차이

가 없었다.

위의 연구들은 백악-뼈랑 경계 하방 2~3 mm까지 아크릴레진에 포매하였고 대부분 반복하중을 가하지 않았으므로 본 연구와의 직접적인 비교는 어려우나, 섬유강화형 포스트가 titanium 포스트와 비교시 파절강도는 떨어지지 않으며 더 양호한 실패양상을 보임을 알 수 있다.

본 연구에서의 실패양상은, 섬유강화형 포스트군이 titanium 포스트군에 비해 치근파절이 적은 결과를 보였으나 제한된 시편 수 때문에 통계분석은 시행하지 않았다. 섬유강화형 포스트를 이용한 두 군은 치근파절을 보인 시편 수가 5개씩으로 동일하였고, 모두 치근이 포매된 아크릴레진 상방에서 발생하였다. 두 군 가운데 C-Post 군이 glass fiber 포스트인 ParaPost FiberWhite 군에 비해 치근의 파절 정도가 더 심한 경향을 보였으나 유의성은 없는 것으로 사료된다. 섬유강화형 포스트를 이용한 군에서 치근파절이 적게 나타나게 된 요인 중의 하나로, 치근파절에 큰 영향을 끼칠 수 있는 탄성계수의 차이를 생각해 볼 수 있다. Torbjörner 등⁷⁾과 Martelli¹⁹⁾의 연구에 의하면, 상아질의 탄성계수는 12~18.6 GPa, glass fiber 포스트의 탄성계수는 30~40 GPa 인 반면, carbon fiber 포스트의 탄성계수는 45~215 GPa, titanium 포스트는 110 GPa이라고 보고하였다. 그러나, carbon fiber 포스트에 대해 장축과 평행하게 하중을 가한 경우에는 125 GPa인 반면, 30° 각도로 하중을 가한 경우는 21 GPa로 보고된 것과 같이 탄성계수 값은 하중을 가한 방향에 따라 큰 차이를 보일 수 있음을 인지할 필요가 있다.

본 실험의 결과는, 이와 같이 치조골이 흡수된 경우에는 탄성계수가 치근과 유사한 포스트라도, 치근에 응력을 분산시키는 대신 치조정 높이에 응력을 집중시켜 치근파절을 유발할 수 있음을 보여주었다. 그러나 통계적인 유의성은 확인할 수 없으나, 그 빈도로 보아 섬유강화형 포스트가 titanium 포스트에 비해 유리할 것으로 생각한다.

본 연구 결과에서 특이하게 관찰되는 점은 치근파절을 보인 시편들 중 titanium 포스트를 이용한 한 개의 시편을 제외한 모든 시편이 치근이 포매된 아크릴레진 상방에서 파절되었고, 대부분 아크릴레진 블록의 최상방 경계부 높이에서 파절된 점이다. 이

는 치주지지가 감소된 경우, 과도한 하중에 대해 낮은 치조정이 받침점(fulcrum)으로 작용하여 치조정 높이의치근에 응력이 집중된다는 가정을 가능하게 한다. 이와 같은 가정은 추후 유한요소분석 등을 이용한 응력분포 분석 연구를 통해 타당성을 검증해 볼 필요가 있다고 사료된다.

포스트-코어 시스템에 대한 in vitro 연구시 치관 수복의 필요 여부에는 논란이 있다. Assif 등²⁰⁾과 같이, 치관 수복에 의해 다양한 포스트-코어 시스템의 영향이 드러나지 않게 되므로 치관 수복을 반대하는 주장과, Heydecke 등²¹⁾과 같이, 임상과 동일한 환경 재현을 위해 ferrule과 치관 수복이 필요하다는 주장이 그것이다. Cormier 등¹²⁾은 carbon fiber 포스트, 2종의 glass fiber 포스트, 도재 포스트, titanium 포스트, 주조 포스트-코어 등 6종의 포스트 시스템에 대한 파절강도 실험에서 glass fiber 포스트 중 하나인 FiberKor 이외에는 치관 수복여부가 시스템간의 차이에 유의한 영향을 끼치지 않았음을 보고한 바 있다. 본 연구에서는 포스트 시스템에 따른 탄성계수의 차이가 실패양상에 미치는 영향을 알아보는 것이 연구의 주목적이었으므로 치관 수복은 포함하지 않았으나, 후속 연구시 ferrule 부여 및 치관 수복에 대한 고려가 필요할 것으로 사료된다. 또한, Butz 등⁸⁾은 금속 치관으로 수복한 경우, 도재전장금관과는 유사한 결과를 예상할 수 있으나 전부도재관으로 수복한 경우와는 다른 결과를 얻을 수도 있다고 언급하였다. 본 실험 역시 심미적으로 우수한 direct 포스트와 코어를 이용하였으므로 추후 전부도재관 수복을 포함한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 시편당 10만회의 반복하중을 가하였는데, 이전 연구들에 의하면 실제 임상의 1년을 재현하려면 24만회²²⁾ 또는 30만회²³⁾의 반복하중이 필요하다고 하였으므로 10만회는 임상의 4~5개월에 해당하는 것으로 생각할 수 있다. 이는 장기간에 걸친 반복하중의 영향은 알 수 없으나 최소한 각 시스템에 대한 실패양상의 평가는 가능한 회수로 사료된다. 본 실험에서는 열순환처리를 시행하지 않았는데, 그 이유는 치관 수복을 하지 않았으므로 열순환 처리시 코어 레진의 체적변화 및 물성저하를 유발할 수 있을 것으로 예상되었기 때문이며, 실제 임상에서는 반복하중 뿐 아니라 음식물의 온도차이에 의해

서도 코어-치근-포스트 계면의 접착이 영향을 받을 수 있으므로 본 연구 결과의 임상 적용시 이 점을 고려할 필요가 있다고 생각한다.

발거한 자연치아의 길이가 일정치 않았고 모든 시편을 치근단에서 4mm 깊이까지 근관형성 하였으므로 치근에 접착된 포스트의 길이도 일정하지 않았다. 본 실험에 사용된 치근의 길이는 약 10~14 mm였으므로 포스트는 아크릴레진 블록내로 2~6 mm 깊이까지 부착되었다. 이는 치근내에 위치하고 있는 포스트 부분 가운데 아크릴레진에 포매된 부분, 즉 치조정 하방 부분이 아크릴레진에 포매되지 않은 부분보다 더 짧은 시편이 다수 존재함을 의미하며, 포스트의 빼기작용을 방지하기 위해서는 포스트 길이의 반 이상이 치조정 높이 하방에 있어야 함²⁴⁾을 고려하면 이것이 시편의 파절강도에 영향을 끼쳤을 가능성도 생각해 볼 수 있다. Holmes 등²⁵⁾은 포스트의 길이가 치근 상아질의 응력 분포에 미치는 영향에 대한 유한요소분석 연구에서, 포스트 길이가 감소함에 따라 치근 중앙부의 전단 응력이 급격히 증가한다고 보고한 바 있다. 이에 따르면 포스트 길이의 감소가 치근파절 가능성을 증가시킨다고 가정할 수 있으나, 이전의 여러 연구들^{8,26)}에서도 포스트의 길이가 다름에도 불구하고 의미 있는 결과들을 보고하였고, 포스트의 길이를 일정하게 하기 위해 다양한 깊이로 근관 형성을 하는 것은 오히려 실제 임상과 다른 상황이 될 수 있을 것이다. 그러나 포스트의 길이가 일정치 않음에 따른 영향은 명확하게 알려져 있지 않으므로 후속 연구시 고려할 만한 부분이라고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 발거한 사람의 상악 중절치를 2종의 섬유강화형 포스트와 titanium 포스트를 이용하여 수복한 후 치주지지가 감소된 상황을 재현하기 위해 백악-법랑 경계 하방 4mm 높이까지 아크릴레진에 포매하고 10만회의 반복하중 및 정하중을 가하여 파절강도와 실패 양상을 알아보았고, 이를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Carbon fiber 포스트인 C-Post 군과 glass fiber 포스트인 ParaPost FiberWhite 군, titanium 포스

트인 ParaPost XH 군간에는 10만회의 반복하중 후 정하중에 의한 파절강도에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($P>.05$).

2. C-Post 군과 ParaPost FiberWhite 군은 각각 5개의 시편에서 치근파절을 수반하였고, titanium 포스트 군은 8개의 시편 모두 치근파절을 수반하였다.

3. C-Post 군과 ParaPost FiberWhite 군은 모두 아크릴레진 block 상방에서 파절되었으나, titanium 포스트 군은 1개의 시편이 아크릴레진으로 포매된 치근부분에도 파절선이 관찰되었다.

이상의 연구 결과에서 섬유강화형 포스트로 수복한 경우, titanium 포스트를 이용한 경우와 비교시 파절강도는 유의한 차이가 없었고 치근파절이 적은 경향을 보였으나, 치주지지가 감소된 상태에서는 치근 상아질과 유사한 탄성계수를 가짐에도 불구하고 치근파절이 발생할 가능성이 증가함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Stewardson DA. Non-metal post systems. Dent Update 2001;28:326-336.
2. Terry DA, Triolo Jr PT, Swift Jr EJ. Fabrication of direct fiber-reinforced posts: a structural design concept. J Esthet Restor Dent 2001;13:228-240.
3. Cohen BI, Pagnillo MK, Condos S, Deutsch AS. Four different core materials measured for fracture strength in combination with five different designs of endodontic posts. J Prosthet Dent 1996;76:487-495.
4. King PA, Setchell DJ. An in vitro evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. J Oral Rehabil 1990;17:599-609.
5. Martinez-Insua A, Silva LD, Rilo B, Santana U. 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.

6. Purton DG, Love RM. Rigidity and retention of carbon fiber versus stainless steel root canal posts. *Int Endod J* 1996;29:262-265.
7. Torbjörner A, Karlsson S, Syverud M, Hensten-Pettersen A. Carbon fiber reinforced root canal posts. *Eur J Oral Sci* 1996; 104:605-611.
8. Butz F, Lennon AM, Heydecke G, Strub JR. Survival rates and fracture strength of endodontically treated maxillary incisors with moderate defects restored with different post-and-core systems : an in vitro study. *Int J Prosthodont* 2001;14:58-64.
9. Rosentritt M, Fürer C, Behr M, Lang R, Handel G. Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-colored posts and cores. *J Oral Rehabil* 2000;27:595-601.
10. Yi YJ. A study on the fracture strength of teeth restored with a carbon fiber post under cyclic loading. *J Korean Acad Prosthodont* 2000;38:640-648.
11. 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.
12. Cormier CJ, Burns DR, Moon P. In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthodont* 2001;10:26-36.
13. Möllersten L, Dr Odont, Lockowandt P, Linden L. A comparison of strength of five core and post-and-core systems. *Quintessence Int* 2002;33:140-149.
14. Isidor F, Ödman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 1996;9:131-136.
15. Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 1999;81:262-269.
16. Carossa S, Lombardo S, Pera P, Corsalini M, Rastello ML, Preti G. Influence of posts and cores on light transmission through different all-ceramic crowns: spectrophotometric and clinical evaluation. *Int J Prosthodont* 2001;14:9-14.
17. Akkayan B, Dent DM, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002;87:431-437.
18. Stockton LW, Williams PT. Retention and shear bond strength of two post systems. *Oper Dent* 1999;24:210-216.
19. Martelli R. Fourth-generation intraradicular posts for the aesthetic restoration of anterior teeth. *Pract Periodont Aesthet Dent* 2000;12:579-584.
20. Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J Prosthet Dent* 1993;69:36-40.
21. Heydecke G, Dent DM, Peters MC. The restoration of endodontically treated, single-rooted teeth with cast or direct posts and cores: a systemic review. *J Prosthet Dent* 2002;87:380-386.
22. Krejci I, Reich T, Lutz F, Albertoni M. An in vitro test procedure for evaluating dental restoration systems. 1. A computer-controlled mastication simulator. *Schweizer Monatsschrift f r Zahnmedizin* 1990;100:953-960.
23. Stegaroiu R, Yamada H, Kasukari H, Miyakawa O. Retention and failure mode after cyclic loading in two post and core systems. *J Prosthet Dent* 1996;75:506-511.
24. Quintas AF, Dinato JC, Bottino MA. Aesthetic posts and cores for metal-free restoration of endodontically treated teeth. *Pract Periodont Aesthet Dent* 2000;12:875-884.

25. Holmes DC, Diaz-Arnold AM, Leary JM. Influence of post dimension on stress distribution in dentin. *J Prosthet Dent* 1996;75:140-147.
26. Heydecke G, Dent DM, Butz F, Hussein A,

Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 2002;87:438-445.

Reprint request to:

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

Department of prosthodontics, College of Dentistry, Kangnung national University
Jibyun-Dong, Kangnung, 210-702, Korea
navydent@kangnung.ac.kr

ABSTRACT

AN ANALYSIS OF FAILURE MODE OF TEETH RESTORED WITH FIBER-REINFORCED POSTS UNDER THE CONDITION OF BONY RESORPTION

Byung-Woo Lee, D.D.S., M.S.D., Yang-Jin Yi, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Lee-Ra Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Chan-Jin Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Research Institute of Oral Science, College of Dentistry, Kangnung National University

Statement of problem : Fiber-reinforced posts have lower modulus of elasticity than titanium post or cast post-core. With this similar elasticity to that of dentin, fiber-reinforced posts have been known to have a tendency to reduce the risk of root fracture. However, there were few studies on the teeth restored with fiber-reinforced posts under the condition of reduced periodontal support.

Purpose : The purpose of this study was to evaluate the fracture strength and failure mode of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced posts and titanium posts under the condition of reduced periodontal support.

Material and method : Extracted human maxillary incisor roots were divided into 3 groups (group 1 : carbon fiber post, group 2 : glass fiber post, and group 3 : titanium alloy post). After coronectomy and endodontic treatment, teeth were restored with each post systems and resin core according to the manufacturer's recommendation. Then, teeth with simulated periodontal ligament were embedded in the acrylic resin blocks at the level of 4 mm below the cemento-enamel junction. Each specimen was exposed to 10^5 load cycles with average 30 N force in 36.5 °C water using a computer-controlled chewing simulator. Loads were applied at 45° angle to the long axis of the teeth. After cyclic loading, teeth were subjected to a compressive load until failure at a crosshead speed of 0.5 mm/min. Fracture strength (N) and failure mode were examined. The fracture strength was analyzed with one-way ANOVA and the Schëffe adjustment at the 95% significance level.

Results and conclusion : The results were as follows.

1. There was no statistically significant difference in the mean fracture strength among the groups ($P > .05$).
2. Carbon fiber post and glass fiber post group showed less root fracture tendency than control group.
3. All specimens with root fractures showed fracture lines above the level of acrylic resin block, except for only one specimen in group 3.

Key words : Carbon fiber post, Glass fiber post, Fracture strength, Failure mode, Periodontal support