

다양한 포스트와 코어의 물성이 근관치료된 치근의 응력분산에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 보철학교실

조진현 · 이청희

I. 서 론

의상이나 치아 우식증에 의해 근관치료를 받은 치아는 많은 부분의 치관을 상실한 경우가 많기 때문에 잔존 치질만으로 유지 및 저항을 얻을 수 없는 경우가 많다. 이러한 경우에 치수관 내에 포스트를 세워 유지를 얻고 코어를 제작하여 인공치관을 제작하는 포스트-코어를 이용하게 된다. 포스트는 코어의 유지와 잔존치질을 보호할 목적으로 근관내 형성한 공간에 장착하는 치근내의 장치로, 상품화되어 미리 만들어 놓은 기성 포스트와 인상채득 후 금속으로 주조하여 만드는 맞춤 주조 포스트로 구별된다.

Henry와 Bower¹⁾는 근관치료된 치아에서 정상적인 교합압을 견디어 내려면 포스트-코어로 강화되어야 한다고 하였으며, Assif²⁾도 포스트, 코어, 핀은 잔존치질을 보호하고 수복물을 지지하고 유지하는데 도움을 주므로 수복 시 필수적이라고 주장하였다. 그리고, Davy 등³⁾은 포스트로 수복한 치아의 상아질내의 응력이 감소함을 보고한 바 있다. 반면, Travert 등⁴⁾과 Kantor와 Pines⁵⁾는 포스트가 무수치에 대한 파절을 증가시킨다고 보고하였으며, Sorensen와 Martinoff⁶⁾는 근관치료된 치아에 포스트는 치질에 대해 어떠한 강화 효과도 없다고 하였다. 그리고 Assif 등⁷⁾은 포스트 디자인은 완전 주조 금관으로 수복된 소구치의 파절 저항에 영향을 주지 않으며 주조 포스트로 치료한 치아와 치료하지 않은 치아사이에 통

계학적으로 유의성이 관찰되지 않음을 보고하여 현재까지도 근관치료된 치아에서의 포스트 치료는 논란의 여지가 있다.

하지만 치관의 대부분을 상실한 치아에서 포스트 치료는 불가피한 것이며 포스트 치료 시 종종 발생하는 치아 파절은 임상적으로 중요한 문제이다. Cailleteau 등⁸⁾은 근관내에서의 응력 분포는 포스트 삽입으로 변하게 되며, 특히 최대 굽힘응력은 포스트의 근단부에 집중되며 근관벽을 따라 응력의 균일한 분포를 야기하지는 않는다고 보고한 바, 임상적으로 치근부 상아질에 가장 유리한 응력분포를 보이는 포스트의 형상과 재료에 대한 연구는 꼭 필요하다 하겠다.

포스트-상아질 계면에서의 응력 집중현상은 포스트 형태보다는 포스트 재료에 영향을 많이 받는다는 보고가 있고 다양한 물성을 가지는 포스트와 코어 재료에 따라 치근부 상아질에서의 응력분포가 다를 것을 예측할 수 있다. 현재까지도 포스트와 코어 재료에 따른 치아파절에 대해 의견이 분분하지만 다양한 물성을 가지는 포스트와 코어 재료에 따른 응력 분포에 대한 연구는 아직 미비한 것으로 사료된다.

유한요소법은 하중에 대한 응력과 변위를 연구하는 방법 중 하나로서 해석하려는 구조체를 물리적 성질이 유사한 유한개의 작은 요소로 분할하고 각 절점의 좌표, 요소번호, 각 요소의 물성치인 Young 율, 전단율, Poisson 비 등과 하중조건을 프로그램에

입력시킨 후 사용한 요소에 맞는 형상 함수를 통하여 계산함으로써 각 요소의 응력과 절점의 변위를 산출하고 이것을 연속시켜 전체의 형상을 파악하는 것이다.^{9,10)} 이 방법은 요소의 형태와 그 수, 혹은 물성치나 경계조건에 따라 다소의 오차가 있으나 그 크기가 작고 실제 재료의 특성을 잘 반영하면 다른 응력분석 방법과는 달리 복잡한 형식을 지니고 균일하지 않은 구조물에 발생하는 응력을 분석하는 경우에 매우 유용하다.

이에 본 연구에서는 일정한 형태의 근관을 가진 하악 제1소구치를 유한요소법을 위한 2차원 축대칭으로 모델링한 후 다양한 포스트와 코어 재료의 물성치를 대입함으로써 하중 시 각 재료에 따른 포스트 및 코어 주위 치근에 나타나는 응력분포를 분석하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 축대칭 유한요소 모델 (Axisymmetric FE Modelling)

모든 해석에서는 PC 용으로 출시된 상용 유한요소 해석 프로그램인 EMRC사의 NISA II를 사용하였고 모델링 및 응력결과의 출력을 위해서는 pre/post program인 Display III를 사용하였다. 치아와 그 주위골의 구조를 3차원적으로 정밀히 모델링하는데 따른 계산 부담을 줄이기 위해 2차원적인 축대칭 모델링을 통하여 계산정밀도에 지나친 손상없이 해결하고자 하였다. Mesh 모델은 NKTP type 34형 solid 요소(4각형 축대칭 요소, 요소당 절점수 8개)를 사용하였는데, 축방향 대칭인 2차원 해석은 물론, 유사 3차원 해석(pseudo 3-dimensional analysis)을 할 수 있도록 하였다. 이 경우 축대칭 mesh 모델을 사용하여 축방향인 수직하중과 비축대칭형 하중,

즉 축방하중 굽힘 모멘트 등의 하중조건에 대해 해석할 수 있다.¹¹⁾ 실험 모델에서는 4936개의 요소, 5369개의 절점을 사용하였다.

2. 치아 모델링

유한 요소 모델링을 위해 하악 제1소구치를 선택하여 Wheeler¹²⁾가 제시한 수치대로 모델링하였다.(Table 1)

백악법랑경계부 상부는 전체가 소실된 것으로 가정하였고 잔존치질에 1mm 환상구(ferrule)를 부여하여 완전주조 금관을 모델링하였다. 코어의 높이는 6mm, 기저부 직경은 6mm, 꼭대기 부분의 직경은 5.37mm로 점차적인 기울기를 부여하였다. 포스트 전체 길이는 14mm로 백악법랑경계부 상방 4mm, 백악법랑경계부 하방 10mm로 설정하였다. 치주인대의 폭경은 0.25mm로 치조골은 Type II로 가정하고 모델링하였다.(Fig. 1)

3. 재료 물성치

본 연구에서 사용한 골 및 금속재료의 물성치는 여러 선학들의 자료를 참조하여 구하였다.(Table 2 & 3) 포스트 코어의 재료로 각각 8개의 재료를 사용하였으며 포스트와 코어를 조합하여 64개의 조합을 만들었다. 상아질이나 법랑질은 포스트나 코어의 재료라고 할 수는 없으나 다른 포스트 코어 재료의 실험군에 대한 대조군으로서 이용하였다.

4. 하중조건-축대칭 및 비축대칭 하중

수직하중과 경사하중의 두가지 조건으로 실험하였는데, 각각 50N을 가하였다. 수직과 경사하중 모두 같은 지점에 작용하는 것으로 하였으며 수직 하중의 경우 치축에 평행한 방향으로, 경사 하중의 경우 수

Table I. Dimension of right mandibular first premolar(mm)

	Crown length	Root length	Mesio-distal diameter of crown	Mesio-distal diameter of cervical area	Bucco-lingual diameter of crown	Bucco-lingual diameter of cervical area
dimension	8.5	14.0	7.0	5.0	7.5	6.5

Table II. Modulus of elasticity value & Poisson's ratio of tooth and supporting tissues

Material	Modulus of elasticity value[Mpa]	Poisson's ratio(ν)
Crown(Gold Cr.)	77,000	0.33
Cement(ZPC)	22,000	0.35
Dentin	18,600	0.31
Periodontal Ligament	68.9	0.45
Cortical Bone	13,700	0.3
Cancellous Bone	1370	0.3

Table III. Modulus of elasticity value & Poisson's ratio of post and core material

	Young's modulus[Mpa]	Poisson's ratio(ν)
Co-Cr	206,900	0.33
Titanium	102,200	0.35
Gold	77,000	0.33
Ceramic	69,000	0.28
Enamel	41,000	0.3
Dentin	18,600	0.31
Amalgam	13,800	0.3
Composite	9,000	0.28

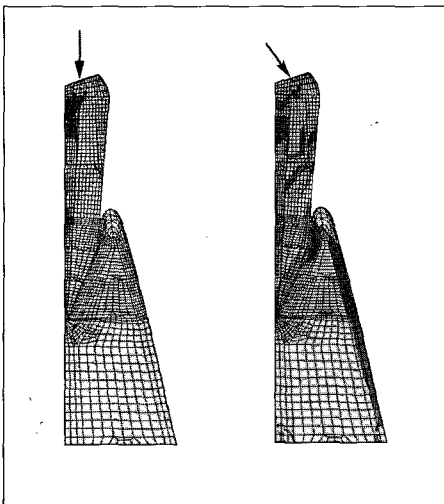


Fig. 1. Modeling and loading condition used in the experiment.

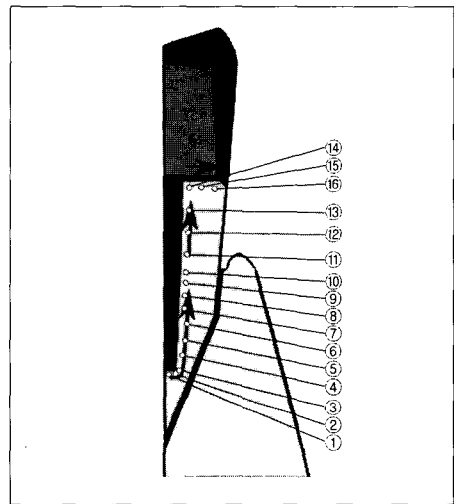


Fig. 2. Reference points used in the experiment.

평면에 대해 45°로 작용하는 것으로 설정하였다. 이에 따라 64개의 재료 조합에 대해 각각 2가지 하중 조건을 대입함으로써 총 128개의 유한 요소 실험을 시행하였다.(Fig. 1)

5. 실험 방법

동일한 하악 제1소구치 모델에 대해 8개의 포스트 재료와 8개의 코어 재료를 각각 조합하여 64개의 재

료 조합을 만들었다. 각 조합에 대해 수직 하중과 경사 하중의 두 가지 하중을 하악 제1소구치 협측 교두와 중심와 사이의 중점에 적용하여 총 128개의 상황을 설정한 후 유한요소프로그램을 사용하여 실험하였다. 해석된 각각의 모델을 정량적으로 비교하기 위하여 중요하다고 생각되는 부위, 즉 치근부 상아질 중 포스트와 인접하나 경계면이 아닌 16개의 지점을 선택하여 그 지점에서의 응력값을 읽어 비교하였다.(Fig. 2)

Ⅲ. 결 과

하중에 따라서 수직하중과 경사하중으로 나누었으며 128개의 상황을 비교하기 위하여 코어 재료가 동일한 경우와 포스트 재료가 동일한 경우로 나누어 비교하였으며 그 중 특징적인 재료 즉, 탄성계수가 가장 높은 경우인 코발트-크롬과 가장 낮은 경우인 콤포짓트의 경우를 그림으로 나타내었다.

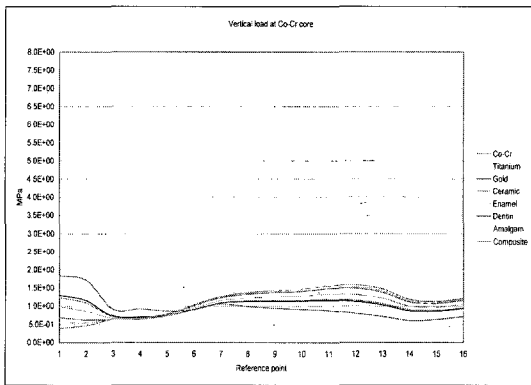


Fig. 3. The stress distribution according to post materials in the case of Co-Cr core, under condition of vertical load.

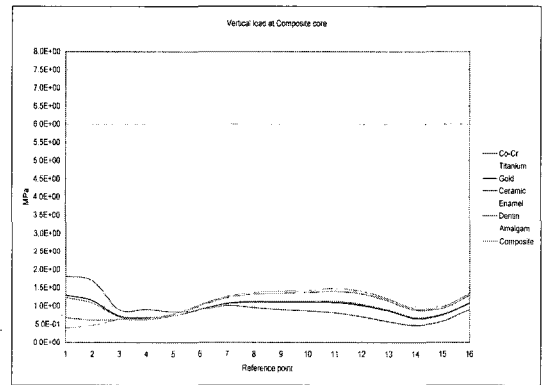


Fig. 4. The stress distribution according to post materials in the case of composite core, under condition of vertical load.

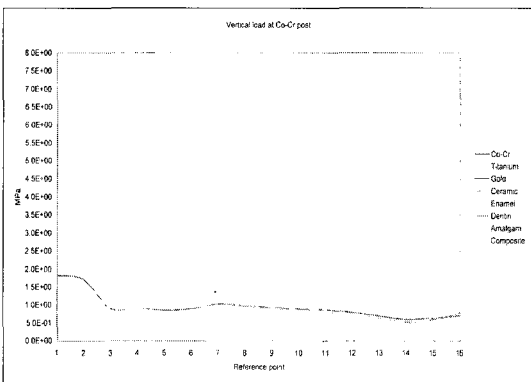


Fig. 5. The stress distribution according to core materials in the case of Co-Cr post, under condition of vertical load.

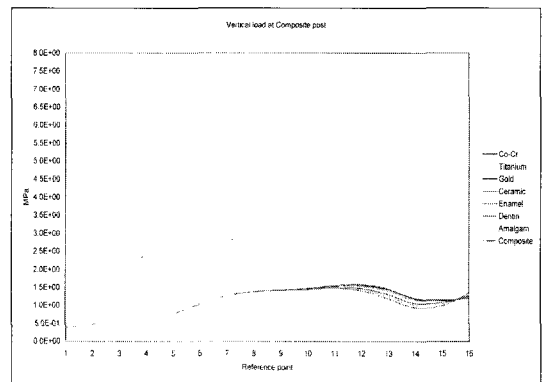


Fig. 6. The stress distribution according to core materials in the case of composite post, under condition of vertical load.

1. 수직하중

1) 코어 재료가 동일한 경우에서 포스트 재료에 따른 응력 분포의 변화

탄성계수가 높은 포스트일수록 낮은 탄성계수를 가지는 포스트에 비하여 포스트 치근단부의 수평 선택 지점과 치근단 수직 축벽에 응력이 높게 나오며, 치경부로 갈수록 상대적으로 낮아지는 양상을 나타내었다. 탄성계수가 높은 포스트는 치근단부에서, 낮은 포스트는 포스트의 치경부에서 응력이 높게 나

왔으며 중간 정도의 탄성계수의 포스트는 고르게 응력이 분포하는 양상이었다.(Fig. 3 & 4)

2) 포스트 재료가 동일한 경우에서 코어 재료에 따른 응력 분포의 변화

포스트 치근단부와 중간부에서는 거의 동일하게 나타났으나 포스트의 치경부에서 차이가 나타나 탄성계수가 높은 코어일수록 상대적으로 포스트 치경부와 코어 하방 치질에서 보다 높게 나타났으나 금관 변연하방 쪽에서는 낮게 나타났다.(Fig. 5 & 6)

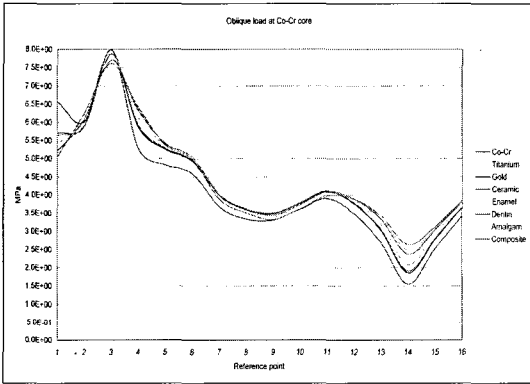


Fig. 7. The stress distribution according to post materials in the case of Co-Cr core, under condition of oblique load.

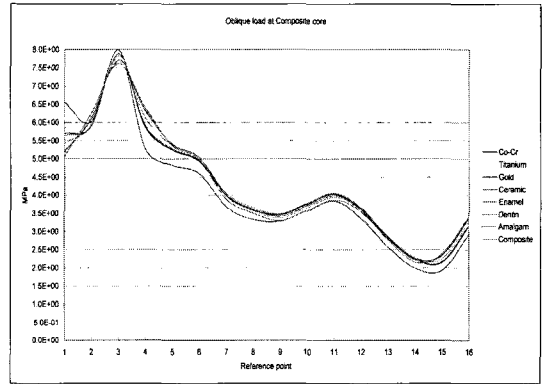


Fig. 8. The stress distribution according to post materials in the case of composite core, under condition of oblique load.

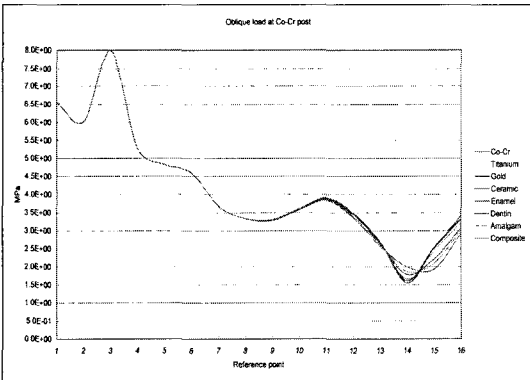


Fig. 9. The stress distribution according to core materials in the case of Co-Cr post, under condition of oblique load.

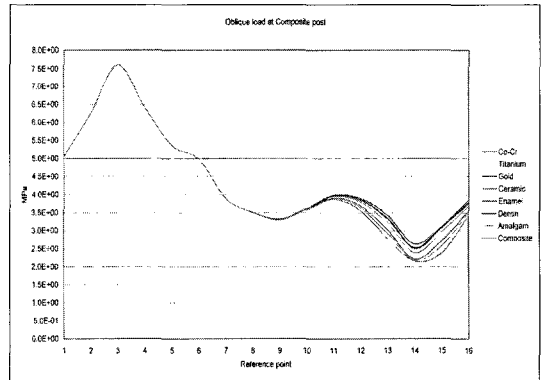


Fig. 10. The stress distribution according to core materials in the case of composite post, under condition of oblique load.

2. 경사하중

1) 코어 재료가 동일한 경우에서 포스트 재료에 따른 응력 분포의 변화

포스트의 종류에 상관없이 최고 응력집중은 포스트 치근부의 모서리(선택지점 3)에서 나타났으며 탄성계수가 높은 포스트일수록 응력집중이 심하였다. 탄성계수가 높을수록 포스트 치근단부 중앙(선택지점 1)에서 높은 응력을 보였으며 포스트의 수직 축벽에서는 상대적으로 낮게 나타났다. 포스트의 수직 축벽에서는 재료에 관계없이 치근단부에서 높고 치경부로 갈수록 낮아지는 양상을 보였으며 코어 하방에서 가장 낮은 응력을 보이면서 다시 금관 변연하방 쪽에서 증가하는 양상이었다.(Fig. 7 & 8)

2) 포스트 재료가 동일한 경우에서 코어 재료에 따른 응력 분포의 변화

포스트 치근단과 수직 축벽의 치근단부 및 중간부에서는 전혀 차이가 없었으나 치경부로 올라오면서 차이가 조금씩 나기 시작하는데 대체적으로 탄성계수가 높을수록 코어하방에 응력이 높게 나타났다.(Fig. 9 & 10)

어떠한 재료 조합에서도 수직하중의 최고 응력값은 경사하중의 응력값보다 낮게 나타났으며 경사하중에서는 포스트의 치근단과 수직 축벽의 치근단부에 높은 응력집중이 나타났다. 이에 반하여 수직하중에서는 상대적으로 낮은 응력에 고른 응력분포를 보여주었다.

IV. 고 찰

유한요소법은 공학, 순수과학 분야는 물론 치의학 분야에서도 많은 응용을 하고 있는 방법으로써 구강 내와 같이 여러 종류의 물질이 한 개체를 이루는 복잡한 경우에도 각 구조물에 물리적 성질을 부여하여 생체 내의 환경을 비교적 정확하게 재현해낼 수가 있으며 정량적인 분석도 가능하다는 장점을 지닌다. 치의학 분야에는 단순화시킨 모형에 다양한 2차원 유한요소법적 분석을 시행해 온 바 있다. 이는 치아의 모양이 대칭적이지 않다는 점과 입체적인 구조물의 응력이나 변위를 평면으로 표현한다는 점에서 오류를 범할 가능성이 있는데 반해, 3차원 유한요소법

은 오차의 가능성이 있긴 하지만 치아의 복잡한 응력 상태를 더 사실적으로 나타내는데 유리하다. 본 연구에서는 치아와 그 주위골의 구조를 3차원적으로 정밀히 모델링하는데 따른 계산 부담을 줄이기 위해 2차원적인 축대칭 모델링을 통하여 계산정밀도에 지나친 손상없이 해결하고자 하였다.

포스트 및 코어 실험에서 잘 사용되는 치아는 치근관의 형태가 가능한 일정한 경우가 유리한데 일반적으로 치근관의 형태가 일정하며 저작에도 관여하는 하악 제1소구치를 선택하여 Wheeler¹²⁾가 제시한 대로 치아를 디자인하였으며 포스트의 형태는 일반적인 맞춤 주조포스트의 형태를 따라 통상적인 방법을 따라 모델링하였다.

또한, 포스트 및 코어로 수복할 때 환상구(ferrule) 효과는 치아의 파절 저항을 증가시키는데 중요한 역할을 한다. 최종 치관수복은 남아 있는 교두와 삭제된 치질을 강화시키고 치아에 부가적인 안전성을 제공한다. 적절히 형성된 환상구는 외면에서 치아를 재강화시키고 치아의 가장 좁은 직경을 가진 부위에 집중되는 힘을 분산시킴으로써 실패점에서 파절의 빈도를 상당히 감소시킨다. 환상구는 또한 기능 시에 포스트에서 나타나는 축방력과 금관에서 나타나는 지렛대 작용에 저항하고 수복물의 유지와 저항을 증가시킨다. Mezzomo 등¹³⁾은 2mm 환상구 효과가 있는 집단은 환상구 효과가 없는 집단에 비해 사용되는 시멘트에 관계없이 높은 파절 저항을 보였으며 레진 시멘트 사용시 환상구가 있는 집단과 없는 집단 사이에 통계학적 차이는 보이지 않는다고 하였다. 이번 실험에서는 환상구 1mm를 가정하여 실험하였는데 이상적인 환상구 효과를 얻기 위해서는 2mm가 좋으나 실제 임상에서는 1mm 정도밖에 되지 않는 경우가 많다. 그리고 2mm 보다는 1mm의 경우가 포스트와 코어 재료에 따른 응력분포가 더 극명하게 나타날 것을 예상하여 환상구를 1mm로 설정하여 모델링하였다.

포스트와 코어에 사용될 수 있는 재료는 가능한 다양하게 적용하기 위하여 임상에서 사용가능하고 비귀금속이면서 탄성계수가 높은 Co-Cr에서부터, 새로운 생체재료로 주목받고 있는 타이타늄, 가장 임상에서 많이 사용되는 금합금, 새로운 심미적 포스트 재료로 소개되는 세라믹, 사용할 수는 있으나 탄성계수가 가장 낮은 컴포지트 레진, 코어로 많이 사용되었던 아말감, 그리고 실제로 사용하기는 어려울

것으로 사료되나 치질과 같은 재료가 응력분산에 좋을 것 같은 가정하에서 법랑질과 상아질 등 8개의 재료를 선택한 다음 포스트와 코어로 64의 조합을 만들었다.

이번 연구에서 두 가지 하중 조건으로 실험하였는데, 일반적인 수직하중과 임상에서 치아에 좋지 않은 응력을 야기하는 경사 하중을 실험하였으며 주경우에 50N을 적용하였다. 상용저작하중이 15-50N인 것을 감안하면¹⁴⁾ 보다 더 큰 하중조건에 대해 골응력을 조사한 사례도 있으나¹⁵⁻¹⁷⁾ 치아에 있어 수직하중 50N은 특별한 경우를 제외하면 장기간 동안의 반복 저작하중으로는 비교적 큰 하중값으로 간주할 수 있다. 치축에 평행한 수직력이 치아 중심부에 작용한다면 이는 축대칭형 하중으로 모델링할 수 있다. 그러나 측방 하중과 경사하중은 저작력이 치축에 대해 경사를 이루는 경우에 발생할 수 있는데 이 경우에는 하중조건을 비축대칭 조건으로 모델링하여야 한다. 측방력이나 경사력은 그 위해의 정도가 크므로 치아 주위골의 응력해석에서 주의가 요구되는 하중요소이다. 본 연구에서 수직과 경사하중 모두 같은 지점에 작용하는 것으로 하였으며 수직 하중의 경우 치축에 평행한 방향으로, 경사 하중의 경우 수평면에 대해 45°로 작용하는 것으로 설정하였다. 이에 따라 64개의 재료 조합에 대해 각각 2가지 하중 조건을 대입함으로써 총 128개의 유한 요소 실험을 시행하였다.

실험에 따른 결과를 보면 수직하중 하에서는 탄성계수가 높은 포스트일수록 낮은 탄성계수를 가지는 포스트에 비하여 포스트 치근단부의 수평 선택 지점과 치근단 수직벽에 응력이 높게 나오며, 낮은 포스트일수록 포스트의 측벽에서 치경부로 갈수록 상대적으로 높은 응력이 나타나 코어가 만나는 부위에서 가장 높은 응력분포를 나타내었고, 중간 정도의 탄성계수의 포스트는 고르게 응력이 분포하는 양상이었다. 코어 재료에 따른 응력의 변화는 단지 포스트의 치경부에서 차이가 나타나 탄성계수가 높은 코어일수록 상대적으로 포스트 치경부와 코어 하방 치질에서 보다 높게 나타났다.

경사하중 하에서는 포스트의 종류에 상관없이 최고 응력집중은 포스트 치근단 외측에서 나타났으며 탄성계수가 높은 포스트일수록 응력집중이 심하였

다. 탄성계수가 높을수록 포스트 치근단부 중앙에서 높은 응력을 보였으며 포스트의 수직 측벽에서는 상대적으로 낮게 나타났다. 포스트의 수직 측벽에서는 재료에 관계없이 치근단부에서 높고 치경부로 갈수록 낮아지는 양상을 보였으며 코어 하방에서 가장 낮은 응력을 보였다. 코어 재료는 포스트 주위에는 큰 영향을 주지 못하고 코어하방에서 탄성계수가 높을수록 대체적으로 응력이 높게 나타나는 경향이였다.

어떠한 재료 조합에서도 수직하중의 최고 응력값은 경사하중의 모든 부위에서의 응력값보다 낮게 나타났으며 경사하중에서는 응력의 집중과 변화가 심하게 나타나는데 반하여 수직하중에서는 상대적으로 고른 응력분포를 보여주었다. 최고 응력집중의 값은 경사하중에서 재료에 상관없이 포스트 치근단 외측에서 가장 높았고 수직하중에서는 탄성계수가 클수록 치근단부에 작을수록 포스트의 치경부에서 보다 높은 응력집중이 나타났는데, 탄성계수가 큰 포스트에서는 약 4배, 탄성계수가 낮은 포스트에서는 약 6배의 응력집중이 있어 포스트와 코어의 예후에는 경사하중 즉 측방력이 지대한 영향을 줄 것이라는 것을 알 수가 있었다.

또한 탄성계수가 높은 단단한 재료일수록 교합력이 바로 포스트 근단부로 전달 집중되며 다른 부위, 즉 포스트의 측벽을 통한 응력전달은 적음을 의미한다고 생각된다. 반대로 탄성계수가 낮은 무른 재료일수록 포스트의 측벽을 따라 포스트 치경부에서부터 응력이 상아질로 전달되며 포스트의 근단부로 내려가면서 점차 응력이 적게 된다고 생각된다. 즉 교합력이 포스트 및 코어에 적용될 때 포스트의 치근단과 측벽으로 저작이 분산하게 되는데 치근단으로 좀 더 집중되는 것이 유리한지 아니면 포스트 측벽으로 더 집중되는 것이 유리한지 혹은 고르게 분산되는 것이 유리한지에 대한 결론을 얻을 수는 없었으나 본 실험의 결과를 보면 포스트와 코어의 재료에 따라서 응력분산에 어떠한 영향을 주는지 나아가 어떤 양상을 야기할 것인지를 예상할 수 있을 것으로 생각된다.

Cailliteau 등⁸⁾은 근관내에서의 응력 분포는 포스트 삽입으로 변화하게 되며, 특히 최대 굽힘응력은 포스트의 근단부에 집중되며 근관벽을 따라 응력의 균일한 분포를 야기하지는 않는다고 하였는데 이것

은 본 실험의 경사하중 결과와 매우 유사하여 일치한다고 생각된다. Isidor 등¹⁸⁾은 금속은 치질보다 훨씬 딱딱하기 때문에 바람직하지 않은 응력 집중을 야기하므로, 이상적인 포스트는 치질과 가능한 비슷한 물성을 가지는 것이라고 주장하였으며, Castro 등¹⁹⁾은 매우 단단한 재료로 포스트를 제작할 경우 포스트가 압축응력을 대부분 흡수하여 굽힘저항을 인접 상아질이 담당하게 되어 건강한 치질에서 압축력을 받던 부분에서 장력을 받게 되고 이로 인하여 상아질-포스트 경계의 응력집중으로 인해 crack이 시작되어 파절된다고 하였고, Fokkinga 등²⁰⁾은 맞춤 구조 포스트는 기성의 섬유 강화 콤포지트 포스트에 비하여 높은 실패율을 보이는 반면, 세라믹 포스트는 낮은 실패율을 보인다고 보고하였다. 반면 Ellner 등²¹⁾은 주조 포스트와 코어, 기성 포스트인 ParaPost system 으로 치료한 증례비교에서 큰 차이가 없다고 하였다.

이번 실험에서 어떤 응력분포가 실제 임상에서 치근과절에 유리한가는 알 수 없었으나, 일반적으로 상아질과 치조골처럼 소성변형이 나타나지 않는 유약한 탄성체는 압축력보다는 인장력에 매우 약하고 파절은 주로 표면에 발생하는 작은 균열이 쉽게 전파되면서 진행되는 상아질의 특성을 고려할 때, 치근단 부위 응력집중과 상아질의 얇은 두께는 치근과절의 가능성을 시사한다. 그러므로 치근단부에 응력이 집중되는 높은 탄성계수의 포스트와 포스트의 수직면으로 주로 응력을 분산시키는 낮은 탄성계수의 포스트보다는 실험결과에서 보다 상대적으로 고른 분포를 보여준 중간 정도의 치아와 유사한 탄성계수를 갖는 포스트 즉 금합금, 세라믹, 그리고 범랑질과 같은 물성의 포스트가 치아과절에 유리할 것이라는 것을 추측할 수 있다고 생각한다.

본 실험은 한 가지 형태의 포스트에서 포스트와 코어의 재료에 따른 응력 분산의 양상을 비교하였는데 임상에서 볼 수 있는 다양한 포스트 형태와 또한 환상구의 역할 등에 대한 추가적인 연구와 이에 따른 다양한 임상실험이 필요할 것으로 판단된다.

V. 결 론

다양한 포스트와 코어의 물성이 근관치료된 치근의 응력분산에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일반

적인 형태의 포스트와 코어, 그리고 금관이 제작된 하악 제1소구치를 유한요소법을 위한 2차원 축대칭으로 모델링한 후 8가지 종류의 다양한 물성의 포스트와 코어 재료의 물성치를 각각 대입한 다음, 50N의 수직 및 경사하중을 가하여 각 재료에 따른 포스트 및 코어 주위 치근에 나타나는 응력분포를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 경사하중의 모든 부위에서의 응력값은 수직하중의 최고 응력값보다 높게 나타났다.
2. 경사하중에서는 치근단부에 응력이 심하게 집중되고 또한 응력변화가 심하게 나타나는데 반하여 수직하중에서는 상대적으로 고른 응력분포를 보여주었다.
3. 포스트의 재료에서 탄성계수가 높은 재료일수록 상대적으로 응력이 포스트 근단부로 집중되며, 탄성계수가 낮은 재료일수록 포스트의 측벽을 따라 치경부에서부터 상대적으로 응력이 집중된다.
4. 코어의 물성에 따른 변화는 포스트 치경부와 코어 하방에서만 탄성계수가 높을수록 응력이 증가하였다.
5. 탄성계수가 중간 정도 물성의 포스트 및 코어가 상대적으로 고른 응력분산을 나타내었다.

참고문헌

1. Henry PJ, Bower RC. Post core system in crown and bridgework. Aust Dent J 1977;22:46-52.
2. Assif D. Restoration of endodontically treated teeth. A discussion out of reviews. 1979;28:15-9, 13-16.
3. Davy DT, Dilley GL, Krekci RF. Determination of stress patterns in root-filled teeth incorporating various dowel designs. J Dent Res 1981;60:1301-1310.
4. Travert KC, Caput AA, Abourass M. Tooth fracture - a comparison of endodontic and restorative treatments. J Endod 1978;4:341-345.
5. Kantor ME, Pines MS. A comparative study of restorative techniques for pulpless

- teeth. *J Prosthet Dent* 1977;38:405-412.
6. Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1984;51:780-784.
 7. 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.
 8. Cailleteau JG, Rieger MR, Akin JE. A comparison of intracanal stresses in post-restored tooth utilizing the finite element method. *J Endod* 1992;18:540-544.
 9. Lee B. Handbook of finite element method. Donghwa Tech. 1989, pp. 1-22, 411-414.
 10. Im S. Introduction of finite element method. Dongmyung Co. 1996, pp. 3-4.
 11. NISA II/DISPLAY III User's Manuel, Engineering Mechanics Research Corporation(EMRC).
 12. Wheeler RC. Dental anatomy, physiology and occlusion. W.B. Saunders Co., 5th ed., 1974, pp.216-236.
 13. Mezzomo E, Massa F, Libera SD. Fracture resistance of teeth restored with two different post-and-core designs cemented with two different cements: an in vitro study. Part I. *Quintessence Int* 2003; 34:301-306.
 14. Atmaram GH, Mohammed H. Estimation of physiologic stresses with a natural tooth considering fibrous PDL structure, *J Dent Res* 1981;60:873-877.
 15. Chamay A, Tschantz P. Mechanical influences in bone remodelling Experimental research on Wolff's law. *J Biomech* 1972; 5:173-180.
 16. Kim J, Jo K, Lee C. A study of the stress distribution on the second abutment and supporting tissues in fixed partial denture using three dimensional finite element analysis method. MS thesis, Department of Dentistry, Kyungpook Nat. Univ., 2000.
 17. Papavasiliou G, Kamposiora P, Bayne SC. Three-dimensional finite element analysis of stress-distribution around single tooth implants as a function of bony support, prosthesis type, and loading during function. *J Prosthet Dent* 1996;67:633-640.
 18. Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 1996;9:131-136.
 19. Castro JC, Poi WR, Manfrin TM, Zina LG. Analysis of the crown fractures and crown-root fractures due to dental trauma assisted by the Integrated Clinic from 1992 to 2002. *Dent Traumatol* 2005;21:121-126.
 20. Fokkinga WA, Kreulen CM, Vallittu PK, Creugers NH. A structured analysis of in vitro failure loads and failure modes of fiber, metal, and ceramic post-and-core systems. *Int J Prosthodont* 2004;17:476-482.
 21. Ellner S, Bergendal T, Bergman B. Four post-and-core combinations as abutments for fixed single crowns: a prospective up to 10-year study. *Int J Prosthodont* 2003; 16:249-254.

Reprint request to:

Cheong-Hee Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, 188-1, Samdeok-dong, Jung-Gu, Daegu, 700-412, Korea
 chlee@mail.knu.ac.kr

ABSTRACT

INFLUENCE OF VARIOUS PROPERTIES OF POST AND CORE ON THE STRESS DISTRIBUTION IN ENDODONTICALLY TREATED TOOTH

Jin-Hyun Cho, D.D.S., M.S.D., Cheong-Hee Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University

Statement of problem: The various kinds of properties of post and core may affect the stress distribution to the root of endodontically treated teeth.

Purpose: To evaluate the influence of various kinds of properties of post and core to the stress distribution to the root of endodontically treated teeth.

Material and methods: Mandibular first premolar, prepared by general shape of post and core with gold crown, was used to two dimensional axisymmetric modeling for finite element analysis. Then property values of 8 different kinds of post and core was substituted for each. Finally, stress distribution shown areas around the root of post and core was analysed after applying 50N of vertical and oblique load.

Results:

1. Stress value of oblique load was much higher than the maximum stress value of vertical load.
2. Under oblique load, very concentrated stress was located on post periapical area and variations in stress were very severe. Contrary to this, stress distribution was relatively uniform in vertical load.
3. Post materials with higher elastic modulus showed relatively more apically focused stress, and post materials with lower elastic modulus showed stress focused on cervical area on the axial wall of post.
4. Stress change according to the properties of core was shown only in the cervical area of post and below core as the higher elastic modulus, then increased in stress.
5. Post and core with medium value of elastic modulus showed relatively uniform stress distribution.

Conclusions: Post materials with higher elastic modulus showed relatively more apically focused stress, and post materials with lower elastic modulus showed stress focused on cervical area on the axial wall of post. Stress change according to the properties of core was shown only in the cervical area of post and below core.

Key words : Post and Core, Various property, Axisymmetric model, Oblique and Vertical load