

스텐트 신생내막 형성에 혈류유동이 미치는 영향

이계한*

1. 서 론

뇌혈관 동맥류의 파열은 지주막하 출혈 및 두개 내 출혈을 유발하여 높은 치사율과 심각한 후유 장애를 초래한다. 동맥류의 치료를 위해 수술적으로 구개골을 절개 후 금속성 클립으로 동맥류 경을 결찰하는 방법이 사용되어 왔으나, 수술의 합병증 등의 문제로 최근에는 비 수술적인 중재적 방사선과학적 방법이 사용되고 있다. 비수술적 방법에는 동맥내 도관을 사용하여 동맥류 내부에 코일등의 색전물을 채움으로 동맥류를 폐색하는 방법이 널리 사용된다. 그러나 거대동맥류나 광경 동맥류의 경우 동맥류 내부를 코일로 채우기 어려우며, 코일 분리 후 코일의 위치 변위 및 이탈 등의 이유로 코일 시술이 어려울 경우가 발생한다. 이러한 경우 동맥류경 주위의 모혈관에 스텐트를 삽입하는 시술이 수행된다. 그래프트를 씌운 스텐트는 동맥류 경을 직접 막아 혈류를 차단시키는 효과가 우수하나, 스텐트가 삽입될 모동맥에 분지가 있는 경우 분지 동맥이 희생될 수 있다. 또한 스텐트의 직경이 커져 작은 내경을 갖는 모동맥에 시술이 어렵다. 그물망 구조로 되있는 스텐트의 삽입으로 동맥류 내부의 혈류 유입 차단의 효과가 크고, 동맥류 내부의 혈류 정체를 유도할 수 있다. 따라서 스텐트만으로 동맥류 폐색을 유도하려는 연구가 수행되었으며, 동물 실험 모델에서 스텐트만으로 실험적 측방동맥류의 완전 폐색이 이루어진 결과가 보고되었다.

동맥류의 폐색과정은 스텐트 삽입으로 인한 혈류 유동의 정체로 인한 동맥류 강 내부의 혈전이 발생하여 동맥류 강을 채우고, 이 후 동맥류경의 스텐트 표면에 내피세포와 신생 내막이 형성된다고 여겨지고 있다. 그러나 실험적으로 개의 총경 동맥에 방추형동맥류를 만들고 스텐트를 삽입한 결과, 신생내막이 대부분 동맥류강의 스텐트 내면을

덮고있으나, 동맥류 강 내부가 비어있는 경우를 발견하였다. 이는 동맥류 강 스텐트 내면에 신생 내막의 형성이 먼저 일어나고, 신생내막의 형성으로 인해 동맥류와 모혈관의 혈류가 차단되어 동맥류 강 에 혈전이 형성되고 있음을 의미한다. 또한 동맥류경 근위부에서 신생 내막은 원위부에 비해 결손된 부분이 발견되었다.

기존에는 동맥류의 폐색에 미치는 혈류 역학적 원인을 동맥류 내강의 혈류 정체에 의한 혈전의 형성이 중요한 원인으로 여겨 졌으나, 스텐트 표면에 신생내막의 형성은 동맥류 폐색에 중요한 요인으로 지목된다. 스텐트 표면의 신생내막은 동맥류경 근위부 및 원위부에서 다른 양상을 나타내며, 이는 동맥류 경 위치에 따른 혈류 유동이 변화에 의한 영향으로 의심된다. 본 연구에서는 스텐트 표면 주의의 유동 특성을 분석하여, 스텐트 표면에 신생내막 형성에 미치는 혈류역학적 원인을 밝히고자 한다.

2. 본 론

2.1. 방법

스텐트 주위의 유동이 neointima 형성에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 컴퓨터를 이용한 수치해석을 수행하였다. 수치해석은 유한체적법을 이용한 상용 소프트웨어인 FLUENT 6.0 을 사용하였다. 수치 모델을 위한 모델 및 격자는 그림 3 에 나타나있다. 격자는 비정렬형 격자를 사용하였으며, 셀의 수 37,727 개이다. 유동장은 비정상 층류 유동을 가정 하였고, 혈관벽은 강체로 가정하였다. 유량 파형은 사람의 경동맥에서 측정되는 유량 파형을 사용 하였으며, 입구부에 2 차원 포물선 속도분포를 경계 조건으로 주고, 출구부는 압력 경계조건을 주었다. 유체의 밀도는 $1,000\text{kg/m}^3$, 점도는 $3.5 \times 10^{-3}\text{Ns/m}^2$ 로 하였다. 비정상 유동을 가정하였고, 1 주기 0.7 초에 시간 증분을 0.005 초로 하였다. 유동장은 2 주기

* 명지대학교 기계공학과

이후에 수렴하는 경향을 나타내었으며, 결과는 5 주기 계산 후 속도분포를 사용하였다.

2.2 결과

동맥류 내부 유동 해석 결과, 가속 초기에는 동맥류경 근위부에서 유입되는 혈류가 가속 주이기에 스텐트를 통해 동맥류 경 전부에 걸쳐 유입되었다. 유량최고기에서 동맥류 천정부에서 발생하는 와류는 유량이 감소하는 동안 동맥류강 내부를 채우며, 이 정체적 와류 운동은 감속기에 계속 지속되었다. 이 후 모혈관의 역류의 발생으로 와류가 깨어지며 정체된 유동 양상이 유지되었다. 스텐트 주위의 유동을 관찰하기 위하여 스텐트 위치 0.1 mm 위의 중앙선에서 축 방향 및 반경 방향의 속도분포를 계산하였다. 축 방향의 속도 분포는 동맥류 목 원위부 및 근위부의 위치에 따라

큰 차이가 없었다. 반경방향의 속도 분포는 동맥류 목 원위부 위치에서 시간에 따른 변화가 크게 나타났다. 스텐트 표면의 neointima 성장 및 이에 영향을 미치는 혈류유동에 관한 연구가 수행된 바 없으나, 본 연구 결과 시간에 따른 스텐트 표면의 수직 방향 유동의 변화가 neointima 형성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있었다.

3. 결 론

스텐트 표면의 neointima 성장 및 이에 영향을 미치는 혈류유동 특성을 밝히기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 스텐트 주위의 유동을 계산하였다. 본 연구 결과 시간에 따른 스텐트 표면의 수직 방향 유동의 변화가 neointima 형성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있었으나, 이를 검증하기 위한 연구가 향후 수행되어야 할 것이다.