

Palmaz-Schatz 스텐트 팽창거동 및 피로수명 예측

오병기, 채동현(충북대 대학원 기계공학부), 조해용*(충북대 기계공학부)

주제어 : 관상동맥용 스텐트, 유한요소해석, 피로수명

스텐트란 혈관 벽에 생기는 지방성 물질인 Plaque로 인해 혈관이 막히는 것을 막기 위해 고안된 것으로 좁아지거나 막힌 부위에 삽입된 후 전개되는 금속재질의 장치이다. 최근 관동맥 중재시술에서 급성기 합병증과 재협착률의 감소효과로 인해 스텐트 삽입시술이 급격히 증가하고 있어 다양한 형상과 기능성을 갖춘 스텐트들이 상품화되고 있다. 개발된 스텐트는 안전성 확보를 위하여 다양한 동물실험과 임상실험이 수행되어야 하므로 많은 시간과 비용이 소요된다. 외국의 경우 컴퓨터 수치해석 방법인 유한요소법을 이용하여 혈관 내에서의 스텐트 팽창거동을 해석하여 동물실험과 임상실험을 줄이려는 연구가 많이 진행되고 있으며 다양한 해석모델이 개발되어졌다. 본 연구에서는 스텐트 자체의 팽창거동 및 시술 후의 반복하중에 의한 스텐트의 수명을 유한요소법을 이용하여 해석하였다. 연구대상으로는 Palmaz-Schatz 풍선확장식 스텐트(PS154)를 선정하였으며 radial recoil, longitudinal recoil, foreshortening과 같은 기계적 특성들은 ANSYS를 이용하여 해석하였고, 피로수명은 NISA II ENDURE를 이용하였다. 스텐트의 직경을 3 mm, 4 mm, 5 mm로 팽창시키기 위해서는 7.4 atm, 8.1 atm, 9.6 atm의 내압이 필요했다. 이때의 스텐트 응력은 각 팽창 직경별로 539.6 MPa, 552.9 MPa, 590.2 MPa로써 재료(316L stainless steel)의 극한 인장강도인 616 MPa를 넘지 않았고, 등가소성 변형률은 0.247, 0.342, 0.432로 최대인장 변형률(0.51)보다 작아 직경을 5 mm까지 팽창시켜도 스텐트는 파단되지 않는 것으로 나타났다. 그러나 스텐트는 팽창된 후 혈관에 의한 반복하중을 받게 된다. 유럽의 스텐트 허가기준(EN12006-3)에 따르면 이 반복하중에 대한 피로수명은 최소한 400×10^6 cycles 이상이어야 한다. 피로해석결과 각 팽창 직경(3 mm, 4 mm, 5 mm)에 대한 피로수명은 1140×10^6 cycles, 714×10^6 cycles, 163×10^6 cycles이었으며, 팽창 직경이 5mm일 경우에는 피로수명이 기준에 미달하였다. 결과적으로 초기직경이 1.37 mm인 PS154를 5 mm까지 팽창시킬 경우 팽창된 직후에는 파단이 발생하지 않았으나, 혈관에 의한 반복 피로하중으로 파단될 가능성이 크기 때문에 팽창범위를 4 mm 전후로 해야 할 것이다. 본 연구의 결과는 혈관 및 플라크와의 상호작용을 고려한 스텐트 팽창거동 모델 개발을 위한 기초 자료로 사용될 수 있을 것이며, 새로운 스텐트의 개발이나 현재 사용 중인 다른 형태의 스텐트 설계 안전성 검토에도 유용할 것으로 생각된다.

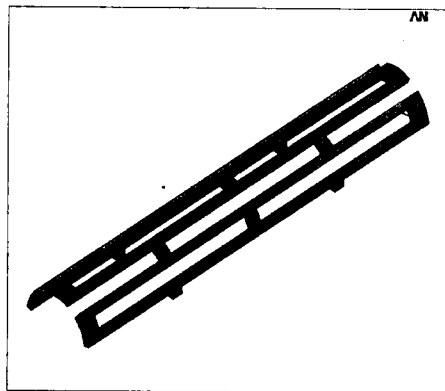


Fig. 1 3-D model of half of the stent

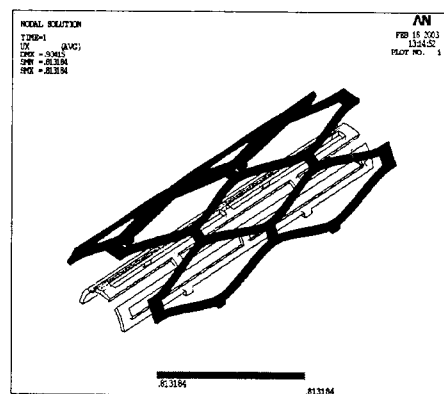


Fig. 2 Deformed shape of the stent