

혈관내 스텐트 주위 유동해석

서 태원, 김 태동*, 지 혜경**

국립안동대학교 공과대학 기계공학부

국립안동대학교 공과대학 환경공학과*

국립안동대학교 공과대학 기계공학부 대학원**

Numerical Study of Flow Around Intravascular Stent

T.W. Seo, T.D. Kim*, H.K. Gi**

School of Mechanical Engineering, Andong National University, Andong,
Kyungbuk, 760-749, Korea

Department of Environmental Engineering, Andong National University,
Andong, Kyungbuk, 760-749, Korea*

Graduate School of Mechanical Engineering, Andong National University,
Andong, Kyungbuk, 760-749, Korea**

서론

동맥경화증은 서구사회에서 가장 빈번하게 발생하는 사망원인 중 하나로 우리나라에서도 식생활의 서구화와 운동부족으로 인하여 동맥경화증의 발병률이 꾸준히 증가하고 있다. 발전단계에서의 동맥경화증은 혈관벽 협착증과 혈액유동의 방해물 유도하는 혈관에 돌출하는 상처를 야기시키며 이러한 동맥경화증의 최근 치료방법은 혈관내 스텐트를 부착하는 것이다. 하지만 스텐트의 혈관내 삽입과 과팽창에 의한 혈관 손상은 혈액응고 반응을 일으키게 된다. 이와 같이 스텐트 시술에 따라 일어나는 내피조직의 손상에 대한 복구는 스텐트 주위 유체 유동에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다 [1]. 따라서 본 연구에서는 30°, 60°, 90°의 곡률을 가진 혈관내에 부착된 스텐트 주위 유동 특성을 조사하는 것이다.

2. 이론

2.1 연속방정식과 운동량방정식

본 논문의 고려대상인 혈관내 스텐트 주위 유체에 대한 연속방정식과 운동량 방정식은 각각 다음 식으로 나타낼 수 있다[2].

$$\iint_S (\vec{u} \cdot \vec{n}) dS = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\mathcal{R}} \rho \bar{u} dV + \iint_S \rho \bar{u} (\bar{u} \cdot \bar{n}) dS = - \iint_S p \bar{n} dS + \iint_S \underline{\underline{\tau}} \cdot \bar{n} dS$$

여기서 ρ 는 혈액의 밀도, \bar{u} 는 유체의 속도장, \bar{n} 은 수직벡터, S 는 검사표면, \mathcal{R} 은 검사체적을 나타내며 $\underline{\underline{\tau}}$ 는 전단력 텐서를 각각 나타낸다.

2.2 경계조건

Fig.1에서 곡률이 30°인 혈관 벽면은 강제로 가정하였으며 혈관 벽면에서는 No-Slip조건을 만족한다. 또한 유동입구에서의 경계조건은 균일 속도분포를 가지는 속도장으로 주었으며 출구에서는 압력조건으로 지정하여 계산을 수행하였다.

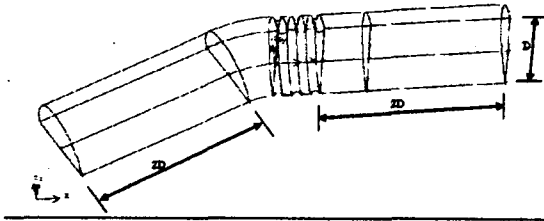
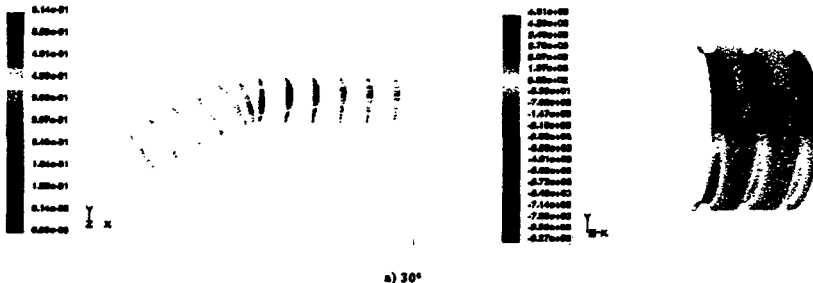


Figure 1. Three-dimensional geometric model for curved vessel segment at the case of curvature 30°

3. 결과및고찰

Fig. 2는 혈관의 곡률이 30°, 60°, 90°인 경우 대칭면에서의 속도분포와 스텐트에 작용하는 전단율을 나타낸 결과이다. 그림에서 보는바와 같이 곡관의 곡률을 지난 유체는 원심력의 영향때문에 바깥쪽 벽면쪽으로 편향된 유동분포를 보여주고 있는 것을 알 수 있다. 유동이 3 스텐트 선을 지나가면서 전단율이 최대값을 가지며, 스텐트 선과 스텐트 바로 후미 영역에서 유동박리와 약한 재순환에 의해 상대적으로 전단율이 작게 나타난다.



a) 30°

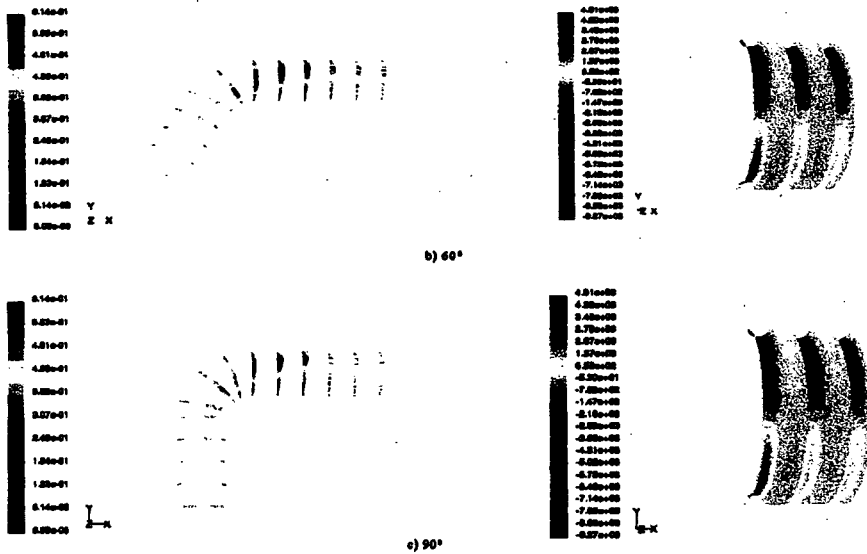


Figure 2. The velocity profiles at the symmetry plane and the shear rate at the stents for curved vessel segment at the cases of curvature 30°, 60°, 90°, respectively.

Fig. 3은 레이놀드 수 400인 경우 혈관의 곡률이 30°, 60°, 90°일때 스텐트 후미 바깥쪽 벽면과 안쪽 벽면에서의 재순환영역의 크기를 나타낸 결과이다. 직관인 경우 바깥쪽 벽면과 안쪽벽면에 재순환영역은 스텐트의 영향에 의해 형성된다는 것을 알 수 있다. 곡률이 30°로 증가한 경우 곡관의 곡률의 영향에 의해안쪽 벽면의 재순환영역이 바깥쪽 벽면보다 더 큰 것을 볼 수 있다. 그러나 곡률이 증가함에 따라 바깥쪽 벽면에서의 재순환영역이 안쪽 벽면에서 보다 더 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 곡관을 지나는 혈류의 관성력에 의하여 바깥쪽 벽면으로 유동이 치우치게 된다. 따라서 바깥쪽 벽면에 있는 유동의 운동량이 증가하게 되어 스텐트에서 떨어져 나가는 유체의 운동량이 증가하기 때문에 재부착점이 더 하류에 위치하게 되기 때문이다.

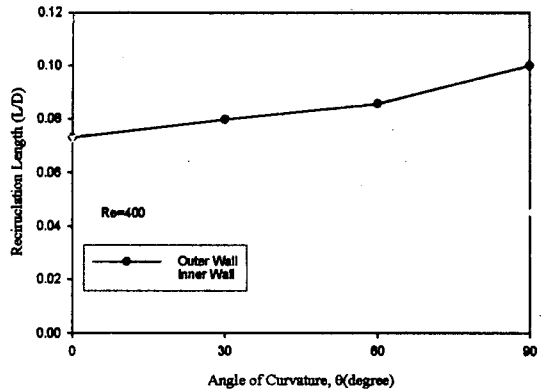


Figure 3. The size of the recirculation zone at $Re=400$ for different curved vessels.

4. 후기

본 논문은 교육부 주관 두뇌한국21사업에 의해 지원 받았기에 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

1. Barakat, A.I., "Responsiveness of Vascular Endothelium to Shear Stress: Potential Role of Ion Channels and Cellular Cytoskeleton," *Int. J. Mol. Med.*, 4, pp. 323-332, 1999
2. Berry, J.L, Santamarina, A., Moore, J.E., Roychowdhury, S., and Routh, W.D., "Experimental and Computational Flow Evaluation of Coronary Stent," *Ann. Biomed. Eng.*, 28, pp. 386-398, 2000.