

혈관의 형태학적 특성변화와 동맥경화와의 상관관계

서상호*, 노형운**, 권혁문***, 이병권****, 김계영*****, 이나영****

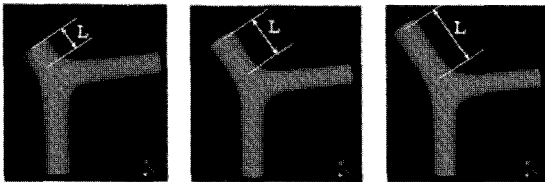
Correlation Between Atherosclerosis and Geometrical Characteristic Changes of Blood Vessels

SangHo Suh*, HyungWoon Roh**, HyuckMoon Kwon***, ByoungKwon Lee****, GyeYoung Kim*****, and NaYoung Lee****

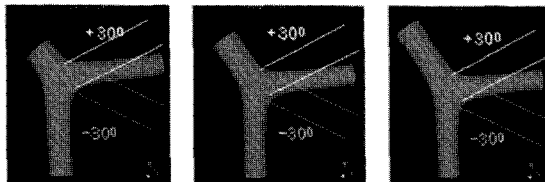
1. 서론

인체 혈관은 사람마다 그 크기와 형상이 다르다. 개인이 성장한 배경, 유전적 요인, 습관 등에 따라 혈관 형상이 달라진다. 동맥혈관의 형태가 다르게 나타나면서 혈액유통특성 또한 다르게 나타나는데, 개인마다 다른 혈액유통특성의 차이에 따라 동맥경화가 발생할 수 있는 가능성이나 진행과정이 차이가 나게 된다. 관상동맥의 경우 대동맥궁에서 시작된 좌주 관상동맥의 길이가 길수록 동맥경화가 발생할 가능성이 낮게 나타나며, 분지혈관의 각도, 내경의 변화 등에 따라 발생정도도 다르다는 것이 임상자들의 경험에서 알려지고 있다.

길이변화



각도변화



(a) 5mm (b) 10mm (c) 15mm

Fig. 1 3D coronary artery models with different length of main arteries and bifurcated angles

개인마다 다른 혈관의 형상이 혈류역학적 특성을 변화시켜 결국 동맥경화의 유발여부를 결정짓게 된다. 즉, 동일한 관상동맥일지라도 동맥경화의 발생이 용이한 형태가 있는데, 혈관의 형상이 혈류의 유동조건을 변화시켜 혈관내피세포의 손상, 혈류의 정체시간 연장 등으로 나타나 동맥경화가 호발하는 인자가 된다.

본 연구에서는 혈류역학적 측면에서 좌주간지 분지부의 기하학적 형상, 즉 좌주간지의 길이와 좌주간지에서 좌전하행지 및 회선지의 분지각도가 동맥경화의 발생에 어떠한 영향을 미치는지를 검토하였다.

2. 연구모델 및 연구방법

연구를 위한 좌관상동맥의 혈관형상은 Fig. 1과 같이 주관상동맥의 길이는 기준모델을 10mm로 정하고, 이 길이가 5mm 및 15mm로 변화시켜 분지부까지의 입구길이 변화가 혈류역학적 특성에 미치는 영향을 구하였다. 또한 분지부의 각도도 기준모델에서 $\pm 30^\circ$ 로 변화시켰다.

공간상의 3차원 관상동맥내 혈류의 박동유통특성을 컴퓨터시뮬레이션 하기 위하여 CFX5.7.1를 이용하였다. 혈액유통은 Carreau model을 이용하여 모델링하였다.

3. 연구결과

3.1 입구길이 변화

임상적인 경험에 의하면 좌주간지 길이가 짧으면 짧을수록 동맥경화가 발생할 가능성이 높게 나타나고 한다.

주관상동맥의 길이 변화에 대한 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2는 감속시에 주관상동맥, 좌전하행지(LAD) 그리고 회선지(LCX)의 분지부 근처 벽면전단응력분포

* 숭실대학교 기계공학과 ** 아이베이
 *** 연대대 의과대학 내과 **** 인제대 상계백병원
 ***** 숭실대학교 컴퓨터공학과

를 정량화하여 나타낸 것이다.

결과에서 볼 수 있듯이 주관상동맥의 길이가 짧은 경우(5mm)에는 가속시에 벽면전단응력 값이 아주 크게 나타났다. 주관상동맥의 길이가 커지게 되는 경우 대동맥궁에서 유입된 혈류는 벽면전단응력을 증가시켜 혈관 내피세포의 탈락을 유도하게 될 것이다. 감속시에는 전단응력의 크기는 줄어들었지만 정상적인 혈관 모델보다 전단응력 값이 약 1 Pa정도 큼을 알 수 있었다.

그러나, 입구길이가 긴 경우의 벽면전단응력분포는 정상혈관 모델의 경우와 유사하지만 벽면전단응력의 값이 기본 모델의 경우와 비교하여 약 1 Pa정도 적어졌음을 알 수 있다.

3.2 분지각도 변화

분지각도의 변화에 따른 결과는 Fig. 3에 벽면전단응력분포로 나타내었다. 분지각도의 변화가 전단응력 분포에 미치는 영향은 입구길이의 변화에서와 같은 급격한 변화는 없었다. 주관상동맥과 LAD쪽의 전단응력 분포는 각도변화에 관계없이 유사함을 알 수 있었다. 그러나, 회선지쪽의 전단응력분포는 다르게 나타났다. 분지각도가 클 경우에는 x방향 전단응력분포가 정상 모델의 경우보다 크게 예측되었으며, 반대로 분지각도가 작아진 경우의 전단응력분포는 정상 모델의 경우보다 작으면서도 음의 값으로 예측되었다. y방향의 전단응력분포 또한 x방향 전단응력분포와 유사한 경향을 나타내었다. 특이한 경우는 분지각도가 작은 경우가 분지관의 입구길이가 짧은 경우와 유사한 경향을 나타낸다는 것이었다.

4. 요약

위와 같은 결과로부터 개인마다 다르게 형성되는 혈관의 형상이 혈류역학적 특성을 변화시켜 동맥경화의 발생에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 즉, 동일한 관상동맥일지라도 기하학적 형태변화에 따라 좌주간지의 길이가 짧을수록, 좌전하행지와 좌회선지의 분지부 각도가 넓을수록, 동맥경화의 발생이 용이한 형태가 되는데, 이로 미루어 혈관의 형상이 혈류의 유동조건을 변화시켜 혈관내피세포의 손상, 혈류의 정체시간 연장 등으로 나타나 동맥경화가 발생하는 인자가 된다.

후기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00561-0(2002))지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- (1) Suh. S. H, Roh, H W and Kim J. S., "Effect of the Velocity Waveform of the Physiological Flow on Hemodynamics in the Bifurcated Tube", KSME International Journal, Vol. 17. No. 2, 2003. 02, 296~309

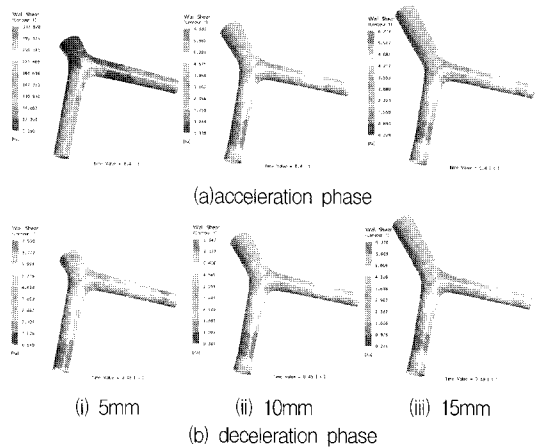


Fig. 2 Wall shear stress distributions with length changes of main coronary artery

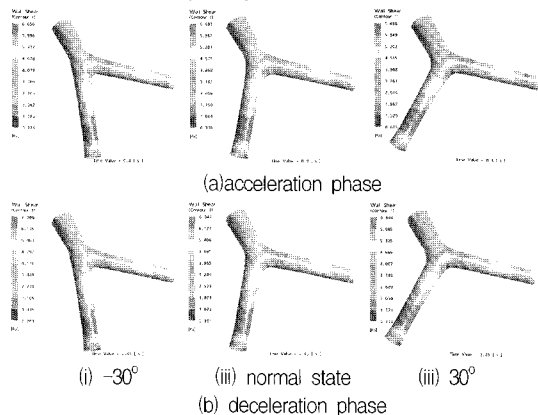


Fig. 3 Wall shear stress distributions with bifurcated angle changes