

大動脈弁とバルサルバ洞内の血流に関する生体外模擬実験

In vitro study of blood flow in aortic valve and Valsalva sinus

○ 田地川 勉, 関大工, 吹田市山手町 3-3-35, E-mail: tajikawa@ipcku.kansai-u.ac.jp

大場 謙吉, 関大工, 吹田市山手町 3-3-35

飯田 慎一, コニカ, 堺市大仙西町 3-91

福山 智之, 関大院, 吹田市山手町 3-3-35,

Tsutomu Tajikawa, Dept. of Mechanical Systems Eng. Kansai Univ., 3-3-35 Yamate-cho, Suita Osaka

Kenkichi Ohba, Dept. of Mechanical Systems Eng. Kansai Univ.

Shinichi Iida, Konica Minolta Sensing, Inc.

Tomoyuki Fukuyama, Graduate school of Kansai Univ.

One of the known cures for ascending aortic aneurysm is vascular grafting surgery using composite graft. However, almost all conservative grafts don't have Valsalva sinus, and the influence of the existence of the Valsalva sinus has not been understood. In order to clarify the effect of the Valsalva sinus existence at aortic root, some realistic models of aortic valve were manufactured in this study. The modeled aortic valves were machined by three-dimensional modeling machine, and this study has investigated the effect of the Valsalva sinus and leading angle of coronary artery on blood flow the flow field in the Valsalva sinus using particle image velocimetry (PIV) system. As the result, during systole, vortex flow occurs in the model with Valsalva sinus due to the jet from aortic leaflets.

1. はじめに

上行大動脈や大動脈弓部の瘤化は、大動脈弁疾患を併発することが多く、これらの治療では、composite graft による血管置換術と人工弁置換術がしばしば併用されている。しかし、血液の抗凝固治療や耐久性の問題のため、弁輪ぎりぎりで大動脈瘤を切除し、温存した自己大動脈弁を再生し人工血管につなぎ直す大動脈弁温存術や、バルサルバ洞を備えた new style 弁による人工弁置換術が最近注目されている。これは、バルサルバ洞の有無が大動脈弁の機能や耐久性、冠動脈・大動脈血流におよぼす影響が未解明のためと考えられる。そこで本研究では、ヒトの大動脈弁実形状モデルを作成し生体外模擬実験を行うことで、人工血管のバルサルバ洞の有無が、左右冠動脈血流と弁葉に与えるストレスを調べた。

2. 実験モデルおよび実験装置

本研究で作製した実形状大動脈弁モデルは、医用生体画像や解剖学的見地から得られた形状を簡略化し、3次元立体加工システムによって、弁葉はシリコンゴムによる鋳造法によって、バルサルバ洞部はアクリルを切削することで精度良く作製した。生体外模擬回路に、それぞれバルサルバ洞を有するモデルと無いモデルを取り付け、遠心ポンプを用いて拍動ポンプに作動流体を供給し、拍動ポンプのダイヤフラムを圧縮空気によって作動させ電磁弁を用いて制御した。また、流れ系全体に血管の弾性と抹消抵抗を模擬するため、コンプライアンスタンクとバルブをつけることで、ヒトの体循環を模擬した。なお作動流体には、64%wt ヨウ化ナトリウム水溶液を用いた。実験条件としては、ヒトの心拍出流量を 6.0l/min 心拍数を 75bpm としたときのヒト大動脈基部における時間平均レイノルズ数 $Re=1510$ 、およびウォーマスリー数 $\alpha=12.64$ にあわせた。実験では、模擬回路のコンプライアンスと抵抗を一定にし、各モデルにおける大動脈弁モデル上下流と冠動脈の流量と圧力（弁上流を Q_{LV} , p_{LV} 、弁下流を Q_A , p_A 、冠動脈部を Q_C , p_C ）を電磁流量計と血圧トランスデューサで測定し、デジタルメモリーレコーダによって記録した。

3. 結果

各部位における流量・圧力の時間変動波形から、冠動脈流量の最大・平均・最小値を図1に、心拡張期にモデル弁葉が左心側に吸い込まれた変位量の測定結果を図2に示す。これらの結果から、

大動脈からの冠動脈引き出し角度 θ に関係なく、バルサルバ洞を有するモデルに比べ、無いモデルの方が、冠動脈流量の変動振幅が大きく、冠動脈圧が高くなる傾向にあった。また、冠動脈流量の変動が大きいバルサルバ洞無しモデルの方が、弁葉変位量が大きい傾向があった。

以上のことから、バルサルバ洞の無い人工血管は、冠動脈血流にはほとんど影響を与えないが、弁葉に与えるストレスが血管置換術前と比べ大きくなると考えられる。

4. まとめ

実形状大動脈弁モデルを作製し、大動脈基部のバルサルバ洞の有無が、冠動脈血流と弁葉に働くストレスについて、生体外模擬実験を行った結果、バルサルバ洞の有無は、冠動脈平均血流量には影響しないが、バルサルバ洞を有する方が、血流量の振幅と弁葉におよぼすストレスが小さくなる傾向にあることが分かった。

謝辞

本研究の一部は、関西大学 学術フロンティアセンタープロジェクト「ナノ・サブマイクロ技術を用いた模擬人工生体組織の創製により行われた。ここに付記し、謝意を表する。

AA: Ascending Aorta model, CG: Composite graft model

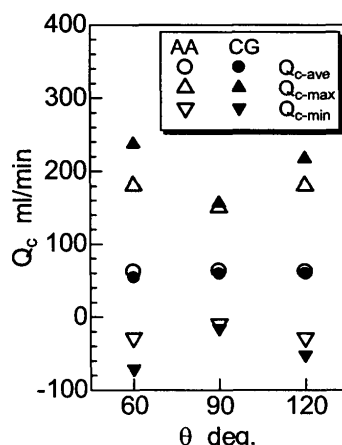


Fig.1 Relationship between flow rate and anastomotic coronary angle.

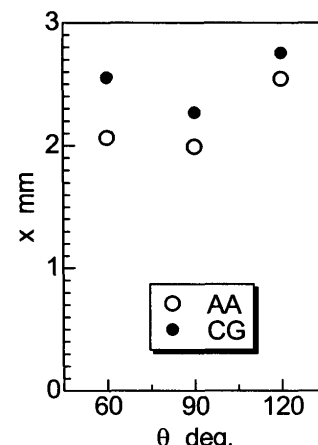


Fig.2 Effect on leaflet suction to left ventricle by Valsalva sinus existence.