

## 粒子画像流速計測法による弾性左冠動脈前下行枝モデルの血行力学的解析

\*<sup>1</sup>早稲田大学大学院先進理工学研究科共同先端生命医科学専攻, \*<sup>2</sup>東京女子医科大学心臓血管外科,

\*<sup>3</sup>早稲田大学理工学術院総合研究所

池原 大烈\*<sup>1,2</sup>, 坪子 侑佑\*<sup>3</sup>, 新浪 博士\*<sup>2</sup>, 岩崎 清隆\*<sup>1</sup>

Masaaki IKEHARA, Yusuke TSUBOKO, Hiroshi NIINAMI, Kiyotaka IWASAKI

### 1. 目的

狭心症の治療法として冠動脈バイパス術 (CABG) と経皮的冠動脈形成術 (PCI) があり, 複雑性病変の場合は生命予後でCABGが優れる。要因として, ①病変部より遠位側にバイパスグラフトを吻合するため病変増悪時も血流が保持される, ②直視下に血管吻合を行うため冠動脈分枝を損傷あるいは閉塞させることがなく, PCIでは困難な病変にも治療が行える, ③内胸動脈などの動脈グラフトを使用すると, グラフト内皮細胞から一酸化窒素が分泌され冠動脈拡張を促す<sup>1)</sup>, という3点が考えられるが, ①, ②に関しては定量評価の報告がない。その理由として, 臨床上同一病変に対して両治療法の実施はできず, 数値シミュレーションでは心収縮や血管形状の変化を考慮した解析が困難なことが挙げられる。また, 冠動脈は, 心収縮により拡張期優位となり, 収縮期には前細動脈などで逆流となる複雑な流れであるため, 再現可能な実験系がないことも挙げられる。本研究では, 前細動脈を有する弾性左冠動脈前下行枝 (LAD) モデルおよび圧迫機構により冠循環を創出する新たな回路を開発し, 粒子画像流速計測法 (PIV) によりLADモデル内の流れの可視化を行う実験系を構築することを目的とした。

### 2. 方法

LADの解剖学的構造に基づき, 直径500  $\mu$ mの前細動脈および心筋内微小血管領域を有するシリコンモデルを設計した。また, リニアアクチュエータを用いてモデル心筋内領域を圧迫する冠血管抵抗制御機構を開発した。これら

を空気圧駆動左心室モデル・大動脈基部モデル・動脈コンプライアンスモデル・末梢抵抗・リザーバモデルから成る拍動循環回路に組み込み, 体循環と冠循環を創出可能な実験系を構築した。蛍光粒子を添加したグリセリン水溶液で回路内を満たし, 拍動循環下でLADモデル部にNd-YAGレーザーを照射し粒子の蛍光発光動画像をハイスピードカメラで取得し, デジタル画像相関法による解析から流れの可視化を試みた。

### 3. 結果

PIVによるLADモデル内の前細動脈の流れの可視化に成功した。大動脈平均流量3.7 l/min, 大動脈圧130/80 (90) mmHg, 拍動数72 bpmの体循環において, 冠動脈特有の拡張期に血流が維持される二峰性の圧・流量波形を得た。冠循環ではLADモデルが無狭窄のとき, 平均流量200 ml/minが得られ, 75%狭窄の場合に40 ml/minと著明な低下を認め, 狭窄部では流速が上昇し狭窄直後に剥離流の発生が確認された。

### 4. まとめと独創性

前細動脈を有する弾性LADモデルと圧迫機構を用いた冠血行動態創出技術により, 新たな実験評価系の構築が期待される。今後はCABGとPCIによる流れの違いが前細動脈・微小循環などに及ぼす影響を解明し, 狭心症の適正治療に向けた指針の取得を目指す。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

### 文 献

- 1) Nishioka H, Kitamura S, Kameda Y, et al: Difference in acetylcholine-induced nitric oxide release of arterial and venous grafts in patients after coronary bypass operations. J Thorac Cardiovasc Surg **116**: 454-9, 1998

#### ■ 著者連絡先

早稲田大学大学院先進理工学研究科共同先端生命医科学専攻  
(〒162-0056 東京都新宿区若松町2-2 東京女子医科大学・早稲田大学連携先端生命医科学研究教育施設)  
E-mail. mikehara@akane.waseda.jp