

課題番号 44

# 完全埋込式完全人工心臓開発のための差圧流量推定の研究

[1] 組織

代表者： 坂本 晃海

(東京大学大学院医学系研究科生体物理医学専攻)

対応者： 山家 智之

(東北大学加齢医学研究所)

分担者：

阿部 裕輔 (東京大学大学院医学系研究科)

磯山 隆 (東京大学大学院医学系研究科)

斎藤 逸郎 (東京大学大学院医学系研究科)

研究費： 物件費 138,180 円， 旅費 59,820 円

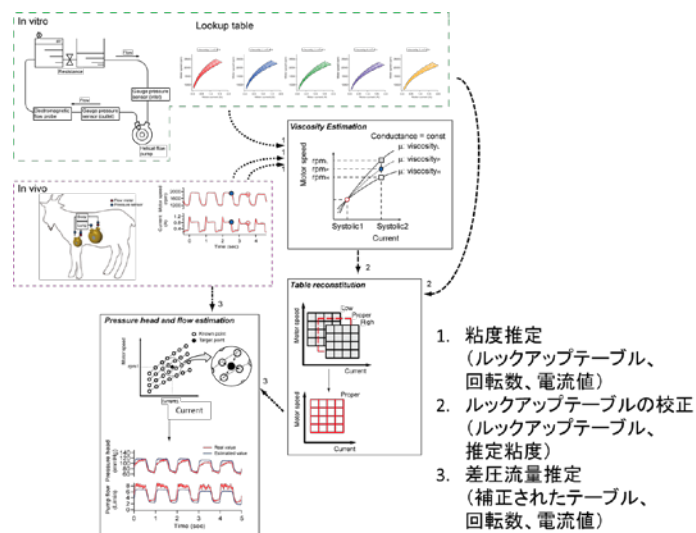
[2] 研究経過

心疾患のリスクは加齢とともに増大していき、40代以上の死因としては悪性新生物に次いで2番目に多い。中でも重篤な心疾患である拡張型心筋症や劇症型心筋炎などへの治療措置として心臓移植が行われているが、高齢や合併症などの理由から適用されないケースもある。そのため心臓を切除して置換する完全人工心臓は究極の心臓代替デバイスとして大きな期待が寄せられている。現在、補助人工心臓が臨床応用され、毎年100例近くの重症心不全患者に適用されているが、体表面を貫通するケーブルによるポケット感染が大きな問題となっている。そのため、完全人工心臓の研究開発においてはポンプシステム全体を生体内に埋め込んだ完全埋込システムを目指している。この完全埋込式完全人工心臓の開発にあたり、回転数や電流などのポンプ情報による圧力と流量の推定といったセンサーレス計測は重要な課題の1つである。本共同研究ではセンサーレス計測の基礎研究として、正確な差圧や流量の推定のための、新しい血液粘度の推定方法を提案する。そしてその推定された血液粘度により補正を行うことで、正確な差圧や流量を推定することを目的として研究を行った。

以下研究活動の概要を示す。

東北大学において代表者の坂本晃海および分担者の阿部裕輔が動物実験および研究活動の経過報告を行った。

以下に推定法の概略図を示す。



[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

第1に、模擬循環回路において、末梢抵抗と粘度が等しい2条件が存在する場合、流体の粘度を推定することができた。また、推定された粘度で差圧流量推定法を補正することで正確な差圧と流量を得ることができた。

第2に、完全人工心臓装着ヤギを用いた動物実験において、駆動条件変更前後の収縮期で末梢抵抗と粘度が等しいため、粘度推定法が適用でき、粘度の推定値と実測値は経時的に非常に近い値をとった。また、差圧に関しては  $y = x$  に近い線形性と相関係数0.8以上の強い相関見られた

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究で明らかになった新しい差圧流量推定法は小型高性能な完全埋込式完全人工心臓の実用化に向けた総合的研究開発(基盤研究(A))と結びつき、完全埋込式完全人工心臓の制御システムの小型化や、体表面を貫通するケーブルの量を減少することにつながる。さらに、制御システム小型化に伴い、埋込型圧センサーを開発し組み合わせることでポンプ制御システム全体を体内埋込式にすることができると考えられる。これにより完全埋込式完全人工心臓の完成に近づく。

#### [4] 成果資料

(1) T. Shiga, Y. Shiraiishi, K. Sano, Y. Taira, Y. Tsuboko, A. Yamada, H. Miura, S. Katahira, M. Akiyama, Y. Saiki, T. Yambe, Hemodynamics of a functional centrifugal-flow total artificial heart with functional atrial contraction in goats, *J Artif Organs*. 2016 Mar;19(1):8-13

(2) T. Yurimoto, S. Hara, T. Isoyama, I. Saito, T. Ono, Y. Abe, Viscosity-adjusted estimation of pressure head and pump flow with quasi-pulsatile modulation of rotary blood pump for a total artificial heart, *J Artif Organs*. 2016 Sep;19(3):219-25.

(3) J. Wotke, P. Homolka, J. Vasku, P. Dobsak, P. Palanova, V. Mrkvicova, P. Konecny, V. Soska, M. Pohanka, M. Novakova, T. Yurimoto, I. Saito, Y. Inoue, T. Isoyama, Y. Abe, Histopathology Image Analysis in Two Long-Term Animal Experiments with Helical Flow Total Artificial Heart, *Artificial Organs*, 2016 Dec;40(12):1137-1145

(4) H. Murakami, I. Saito, Y. Abe. A Novel Coil with Flexibility for Transcutaneous Energy Transmission System of Artificial Hearts, 62nd ASAIO, San Francisco, USA, 2016/6/17

(5) Y. Abe, T. Isoyama, I. Saito, S. Hara, T. Yurimoto, X. Li, H. Murakami, K. Ariyoshi, T. Ono, K. Fukazawa, K. Fukazawa, M. Takai, Development of the Second Model of the Helical Flow Total Artificial Heart, 24th ISRBP, Mito, Japan, 2016/9/20

(6) Y. Inoue, Y. Abe, K. Ishii, I. Saito, T. Isoyama, S. Hara, T. Ono, Y. Shiraiishi, A. Yamada, Y. Tsuboko, T. Yambe, Development of an Implantable Micro Circulation Observation System for Total Artificial Heart, 24th ISRBP, Mito, Japan, 2016/9/20

(7) 井上雄介、山家智之、白石泰之、山田昭博、三浦英和、石井耕平、阿部裕輔：人工心臓と心臓をシームレスに接続する新しいハイブリッド医療材料の開発、生体医工学、2016 Dec;54(6):275-276

(8) 塚本晃海、斎藤逸郎、磯山隆、原伸太郎、李欣陽、村上遥、羽合佳範、阿部裕輔：完全埋込式完全人工心臓開発を目指したセンサーレス差圧流量計測のための血液粘度推定法の研究、第16回生命科学シンポジウム、東京（東京大学駒場キャンパス）、2016年4月23日

(9) 塚本晃海、斎藤逸郎、磯山隆、原伸太郎、李欣陽、村上遥、羽合佳範、阿部裕輔：螺旋流血液ポ

ンプのモーター改良による差圧流量推定精度の向上、第55回日本生体医工学会大会、富山（富山国際会議場）、2016年4月27日

(10) 羽合佳範、原伸太郎、斎藤逸郎、塚本晃海、太田英伸、磯山隆、阿部裕輔：人工心臓のインフローサッキング検出センサ開発のための基礎研究、第55回日本生体医工学会大会、富山（富山国際会議場）、2016年4月27日

(11) 高橋諒充、原伸太郎、磯山隆、斎藤逸郎、塚本晃海、羽合佳範、小野俊哉、三浦英和、阿部裕輔：螺旋流完全人工心臓のための埋込型小型絶対圧センサーの開発、日本生体医工学会専門別研究会「非臨床ME研究会」平成28年度第2回研究会、三重（鈴鹿医療科学大学白子キャンパス）、2016年9月10日

(12) 羽合佳範、原伸太郎、斎藤逸郎、磯山隆、塚本晃海、太田英伸、村上遥、高井まどか、石原一彦、小野俊哉、阿部裕輔：螺旋流完全人工心臓のためのインフローサッキングセンサーの基礎研究、第54回日本人工臓器学会、鳥取（米子コンベンションセンター）、2016年11月24日

(13) 塚本晃海、斎藤逸郎、磯山隆、小野俊哉、原伸太郎、李欣陽、村上遥、有吉洗希、羽合佳範、高井まどか、深澤今日子、石原一彦、阿部裕輔：テーブル推定法による血液粘度補正差圧流量推定の完全人工心臓装着ヤギへの応用、第54回日本人工臓器学会、鳥取（米子コンベンションセンター）、2016年11月24日

(14) 原伸太郎、塚本晃海、羽合佳範、斎藤逸郎、磯山隆、李欣陽、村上遥、太田英伸、高井まどか、石原一彦、小野俊哉、阿部裕輔：3Dプリンターを用いた螺旋流完全人工心臓用カフ・カニューレの開発、第54回日本人工臓器学会、鳥取（米子コンベンションセンター）、2016年11月24日

(15) 村上遥、斎藤逸郎、阿部裕輔：体内埋込式人工心臓のための経皮エネルギー伝送～フレキシブルコイルと従来コイルの比較～、第54回日本人工臓器学会、鳥取（米子コンベンションセンター）、2016年11月24日