

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22240054

研究課題名(和文) 微小循環解析による完全人工心臓の最適制御に関する発展的研究

研究課題名(英文) Comprehensive study on optimum flow condition of total artificial heart from the view point of microcirculation

研究代表者

井街 宏 (Kou, Imachi)

東京大学・医学(系)研究科(研究院)・名誉教授

研究者番号：10010076

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 38,200,000円、(間接経費) 11,460,000円

研究成果の概要(和文)：拍動流や連続流など人工心臓の流れ状態が生体の末梢循環にどのような影響を及ぼすかを解明するための以下に示す研究手段の確立に成功した。1) 小柄な日本人(体重40kgから)にも埋込可能で任意の流量波形を産み出せるコンパクトな波動型・螺旋流型完全人工心臓の開発を行った。2) 体内に埋め込んで常時微小循環の観察が可能な小型の微小循環観察プローブを三種類開発した。3) これらを埋込んだヤギを6ヶ月以上の長期生存させることに成功し、この間拍動流と連続流の差異、連続流が生体に及ぼす影響などを微小循環の見地を含めて検討する事ができた。

研究成果の概要(英文)：It was succeeded to develop the following research tools to clarify the influences of flow dynamic states of total artificial heart such as pulsatile flow, continuous flow, etc. on microcirculation of the living body; 1) Undulation pump total artificial heart that was enough compact to be implanted into the chest cavity of a goat weighing 40 Kg and could generate any style of flow waveform, was developed. 2) A microcirculation probe that could be implanted into the body and observe continuously the microcirculation in the peripheral system without a microscope was developed. 3) These systems were implanted into goats chronically. The longest implantation period was half year and the difference between pulsatile and continuous flow on the living body including microcirculation was analysed during this period.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学

キーワード：血行動態 微小循環 人工心臓 顕微鏡

1. 研究開始当初の背景

この10年間人工心臓の臨床応用は急速に進展し、心臓手術後の低心拍出量症候群や自然心臓移植へのつなぎとして、半ば日常的に使用されつつある。特に2000年からは軸流ポンプを用いた脈のない連続流の補助人工心臓の臨床応用が開始され、主として心臓移植へのつなぎとして多くの患者救命に役立っている。しかし、心臓の機能を100%置換する完全人工心臓に関しては、米国で症例数を限って試験的に臨床応用が開始された程度で、耐久性や小型化、血液適合性の他に生理学的、病態生理学的にも多くの問題点が残されている。中でも拍動流や連続流などの流れ様式や流量波形が生体の循環系・代謝系に及ぼす影響に関しては、急性の動物実験以外にはほとんど研究が進んでいないのが現状である。このために、軸流ポンプなどの小型の連続流ポンプが完全人工心臓として使えるか否かも明らかでなく、体内埋込が可能な完全人工心臓の開発の大きなネックとなっている。また、連続流の補助人工心臓に関しても、臨床応用が進むにつれて重症の心不全患者への適用は問題があるという意見や、小児や乳幼児への適用の可能性についても議論が高まっている。このように病態生理学的研究が進まない大きな理由は

- 1) 拍動流・連続流など任意の血液波形を瞬時に生み出せる人工心臓が無かったこと。
 - 2) 微小循環の観察など生体循環系に及ぼす流れの影響を、長期的・連続的に安定して観察し、解析する手段がなかったこと。
- が挙げられる。しかし、我々は長年にわたる独自の人工心臓および、医用工学の研究から、本研究を遂行するにあたって強力な武器となる二つの研究手段の基礎開発に成功した。
- A) 任意の血流波形を生み出せる小型の埋込型完全人工心臓(以下 波動型完全人工心臓)
 - B) 体内に埋め込んで、長期間連続的に微小循環の観察が可能な超小型顕微鏡
- これらの開発である。

2. 研究の目的

慢性動物実験下において、任意の血流波形を生み出せる波動型完全人工心臓を用いて、種々の拍動数(一回拍出量)で心拍出量を増減させた場合や、拍動流・連続流などの血流波形の違い、心拍出量一定制御や1/R制御(生体の総末梢抵抗に応じて人工心臓の拍出量を変化させる当施設で開発した制御法)などの制御形態の違いなど、様々な条件で駆動させた場合の微小循環の変化を超小型体内埋込顕微鏡カメラでリアルタイムに観察・計測することで、人工心臓の制御や駆動形態が生体の微小循環に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、生体が脈動のない連続流の完全人工心臓で正常に生存し得るか否かを明らかにすると共に、生体にとって最適の制御方法を確立することを最終目標とする。

3. 研究の方法

本研究は、動物実験を主体とした実験的研究であり、拍動流や連続流など任意の血流を駆出可能な波動型完全人工心臓をヤギに埋め込み、人工心臓の流れ様式・流量波形を種々変更し、半年以上の長期慢性実験を行う。その間、微小循環観察装置を用いてリアルタイムに動画と静止画の撮影を行う事で人工心臓が与える生体への影響を観察する。第一段階では皮下の微小循環を観察し、第二段階で、臓器表面の微小循環の観察を行う。この観察に加えて、全身状態・血行動態・微小循環動態・血液生化学、ホルモン分泌などを計測することによって人工心臓の制御や駆動形態が与える生体の微小循環への影響の解析を行う。実験後の病理組織的データを加えて総合的に評価を行う。

1) 波動型完全人工心臓システムの開発

1-1) 完全人工心臓の改良 これまでの研究で開発された波動型人工心臓の問題点は抗血栓性能とポンプの耐久性であり、これらの改良を行う。低流量時および、カニューレとの結合部にできる血栓を予防すべく、使用材料および構造、揺動ディスクの改良を行う。最終的に安定して1年以上の動物実験を可能にする。

1-2) 駆動シャフト・モーター シャフトはモーターの回転運動を波動ポンプの揺動運動に変換する特殊機構を構築する。このシャフトの構造とベアリング材質の検討を行い、機械的耐久性の向上を図る。右心モーター・左心モーターはそれぞれ磁気効率を向上させることで、発熱を抑え、容積を縮小させる。また同時に消費電力の縮小を図る。

1-3) カフ・カニューレ 生体と人工心臓を接続するカフ、大動脈・肺動脈に送血するカニューレの作製を行う。デザイン・材質・ポンプへの固定方法を改良して抗血栓性の向上と、事故的な抜去が発生しないように向上を図る。

1-4) 駆動制御回路 波動型人工心臓を任意に駆動させ、拍動流・定常流駆出を行い、流量・流速を計測して1/R制御を行う制御基盤の開発が必要である。センサーからの情報を処理し、自動制御を行う制御基盤およびプログラムの開発を行う。

2) 微小循環観察装置作製

初年度は第一段階として皮下に微小循環観察装置の埋込を行う。この観察装置には足場材料(ポリグリコール酸ファブリック)を組み込み、足場に新生した血管の観察を行う。この方法により、体動による視野の変化を受けることなく微小な血管を安定して観察することが可能になる。23年度以降は臓器の微小循環観察も行う。

2-1) 超小型顕微鏡部 高感度のCMOSセンサーを用いて超小型電子顕微鏡を構成する。レンズ系には高倍率の複数レンズと、外部から調整可能なオートフォーカスレンズを使用する。体内埋込可能なサイズに構成するた

め、外形を 40×40×15mm 以下で作製を行う。
2-2) 血管・組織新生チャンパー 高倍率で微小な視野範囲を観察する場合には安定した視野を確保することが大変重要である。特に皮下など体動の受けやすい場所で長期に観察する場合には視野の確保は必須の要件となる。そこで足場材料とそれを囲むカバーで構成するチャンパーを観察装置に組み込む。足場材料にはポリグリコール酸でできた布を用いて、血管・組織の誘導を行う。

3) 短期慢性動物実験

実験方法の確立を目的として、約一ヶ月程度の期間で慢性動物実験を行う。

3-1) 完全人工心臓の埋込 日本人の体格と同程度の 50kg 前後のヤギを用いて、人工心肺下において波動型完全人工心臓を埋込み、同時に微小循環観察装置を広背筋近傍の皮下に埋め込みを行う。

3-2) 微小循環観察装置の埋込 ヤギの皮下(広背筋近傍)に微小循環観察装置を埋込み、足場に新生する組織・血管の様子を観察する。新生後は血管内の血流を観察できることを確認する。

3-3) 病理解剖・組織染色 実験終了後に足場に生えた組織血管を、組織染色して組織学的に検討を行う。

4) デバイスの改良

実験方法の確立を目的として、約一ヶ月程度の期間で慢性動物実験を行う。

4-1) 完全人工心臓の改良 完全人工心臓の耐久性の向上、抗血栓性の向上、溶血の抑制、消費電力の縮小、発熱の抑制、サイズの小形化をめざし順次改良を行う。

4-2) 微小循環観察装置の改良 高解像度・高倍率の微小循環観察装置の開発を行い、さらに小型化を行う。有線によるデータ取得形式から、無線化の改良を目指し被験者のストレスを軽減することを図る。

4-3) 各種センサー類の検証・改良 圧力・流量センサーの測定精度向上と、長期使用におけるドリフトの抑制を行う。また推定系の長期安定性を検証し改良を行う。

5) 長期慢性動物実験

5-1) 完全人工心臓の埋込・微小循環観察装置の埋込 微小循環装置を腎臓・肺・腸間膜などの臓器に設置し、人工心臓が他臓器に与える影響の観察を行う。

5-2) 微小循環の観察 実験条件(人工心臓の流れ様式・血流波形・拍出流量・運動負荷)を変えて長期的に実験を行い微小循環の変化を観察する。特に動脈・静脈血管比、拍動性、血球性、拍動リズムなどを観察する。

5-3) 血行動態・生理情報の計測、全身状態の観察 血液ガス・電解質・血液データ・総タンパク質・ビリルビン・GOT・GPT・LDH・乳酸・BUN・クレアチニン・アチニン・CPK など血液生化学データを計測する。また各種ホルモン(アドレナリン・ノルアドレナリン・アンジオテンシン I&II・ADH・ACE・T3・T4)を計測する。さらに毎日全身状態(毛並み・

食事量・飲水量・糞尿量・起立状態・運動機能)を観察、記録する。

5-4) 病理解剖・組織染色 実験終了後に剖検を行い、足場に生えた組織血管に加え、他の血管系・肺・腎臓・肝臓・脾臓・筋肉・脳等を採取し、肉眼・顕微鏡(走査・透過)で観察する。部位によって各種染色(HE・免疫等)を行い観察する。

6) データ解析(井街・斎藤・大学院生) 取得したすべての情報を元に、完全人工心臓の流れ状態と生体反応の相関性を調べる。

4. 研究成果

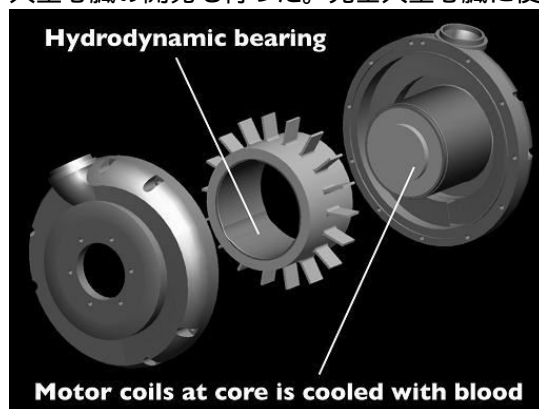
(1) 人工心臓の開発・改良

波動型完全人工心臓の耐久性に関してはこれまでの実験から駆動シャフトの摩耗や破損が主たる原因であった。そこで、その改良としてシャフトを支えるベアリングのサイズを 27mm と 23mm から 32mm 2 個に変更し、ベアリングの負荷軽減を図った。さらにユニバーサルジョイントのブッシュを超硬フランジブッシュとして耐摩耗性を向上させた。また、波動型完全人工心臓の駆動モータの発熱防止や信頼性の向上のために、左心モータのステータのヨークの厚みを 6.4mm から 14mm に、ロータの厚みを 9mm から 15mm にサイズアップしモータのパワーアップを計り負荷による発熱を押さえた。さらに左心モータを端面から左心と右心の間に置く新しいデザイン(Version 5)の波動型完全人工心臓を開発しモータから発生する熱を血流中に放熱する事に成功した。

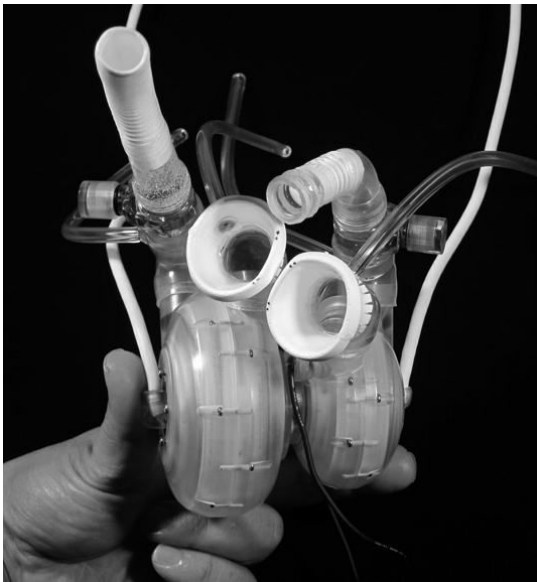
新しいモータはセンサーレスとすることによって駆動の信頼性を高めた。そのための駆動ソフトも新たに開発した。Version 5 の波動型完全人工心臓は Version 4 よりひと回り大きくなったが、心房カフや大動脈カニューレなどのデザイン改良により、より良いフィッティングが実現できた。

新たな駆動制御ソフトの開発によって人工心臓の流れ状態を瞬時に変更する事が可能となった。

次に駆動方式を螺旋流に変えた全く新しい人工心臓の開発も行った。完全人工心臓に使



螺旋流ポンプの構造



螺旋流型完全人工心臓

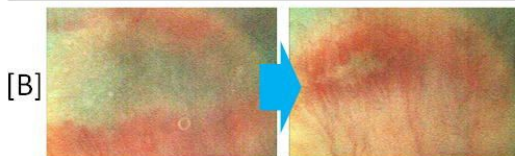
用する螺旋流ポンプ Helical flow pump は、中心にモーターコイルを配置し、ローターマグネットを内蔵したインペラーが動圧軸受けにより浮上回転するポンプで、インペラーの両脇には円周方向にらせん流路があり、血液はポンプ内をらせん状に流れる新しいポンプである。

(2) 微小循環観察プローブの開発

倍率の異なる3種類の微小循環観察プローブを開発した(図4-2[A])。足場に血管が新生する様子をリアルタイムに観察した(図4-2[B])。またデバイス中の足場に血管を新生させることで、長期間安定に視野を確保することに成功した。これまでに様々な倍率の微小循環観察プローブを埋込み、42例(低倍



	低倍率	高倍率	超高倍率
視野範囲	12×9 [mm]	1.6×1.2 [mm]	0.8×0.6 [mm]
光学倍率	0.4	3.0	6.0
サイズ	37×42×18 [mm]	32×38×18 [mm]	45×40×18 [mm]
焦点距離	14.0 [mm]	5.0 [mm]	0.2 [mm]



開発した微小循環観察プローブ[A]
足場に新生してゆく組織と血管[B]

率：24例、高倍率：15例、超高倍率：3例)の動物実験を行ったが、全ての微小循環観察プローブ足場に血管と組織を新生させ、安定して観察することに成功した。

足場に皮下細胞を播種することでより早く血管・組織を誘導させることが可能であることがわかった(図4-2[C])。今後、選択的

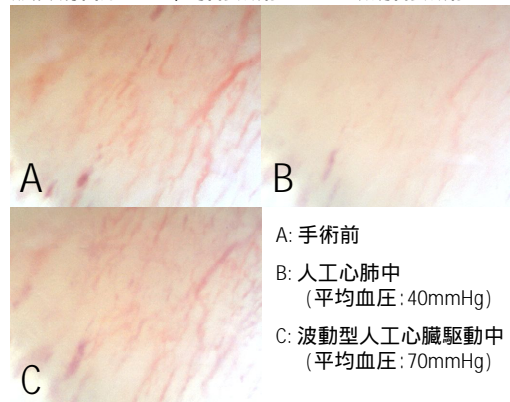
な細胞の播種(血管内皮細胞等) 様々な薬剤(VEGF・抗がん剤等)の投与、血流の流れ様式の変化(拍動流・連続流) 代謝量変化(運動負荷等)という条件下で血管・組織新生の変化を観察する予定である。

(3) 動物実験

微小循環観察プローブに関しては、足場に新生した血管の様子を様々な実験条件下で観察を行った。昇圧剤を(ノルアドレナリン2ml)用いて観察したところ、血圧の上昇に伴って動脈径の著しい変化、それに追従した静脈の径変化が観察された。次に、微小循環観察プローブを植え込み、足場に血管が新生した動物に人工心臓の植込実験を実施した。その時の観察結果を図4-3に示す。安静時から麻酔、開胸、人工心肺、自然心臓摘出、波動型人工心臓駆動、閉胸、覚醒まで常時血管画像を取得した。血圧・代謝量に対応して微小循環が変動する様子が観察された。これらの結果から今回開発した微小循環観察プローブは微細血管の血行動態をリアルタイムに観察可能なデバイスであると判断でき、今後人工心臓の流れ様式(拍動流・連続流)を変化させたときの微小循環の血行動態を観察することで、この微小循環観察プローブが人工心臓の流れ様式に対する生体の応答の全体像が明らかにし、生体循環系の機構の解明に大きく貢献することができるデバイスであると明らかになった。

波動型完全人工心臓に関してはヤギ(体重41~54Kg)を用いて4年間に15例の埋込実験を行った(Version 4: 9例、Version 5: 5例)。1ヶ月以上の生存は5例で、最長生存は153日であった。

動物実験では、最長3週間の無拍動流駆動1/R制御実験に成功した。拍動流から無拍動流に切り換えても、ヤギの一般状態に変化はなかった。血行動態的にも著変は見られなかった。また、肝機能や腎機能にも変化はなかった。しかし、無拍動流駆動では心房の吸着が発生しやすく心房圧の設定値を徐々に高くせざるを得なかった。この間のデータの周波数解析では、拍動流および無拍動流ともに



人工心臓駆動と微小循環

日内変動(サーカディアンリズム) 1/f ゆらぎ、HF および LF 領域のピークが観察された。日内変動、1/f ゆらぎおよび HF 領域のピークは拍動流と無拍動流にさほど差が見られなかったことより、1/R 制御下では、無拍動流でも自律神経機能は保たれることが分かった。

今回の研究では微小循環観察プローブを実験前に埋め込んだヤギでは長期生存が得られなかったりして人工心臓の流れ状態と微小循環の関連を詳細に観察することができなかったが、これまでの研究でプローブの性能はほぼ完成されたので今後流れ状態が微小循環や血管新生に及ぼす影響が観察可能となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 15 件)

(1)Hosoda K, Ishii K, Isoyama T, Saito I, Inoue Y, Ariyoshi K, Ono T, Nakagawa H, Imachi K, Kumagai H, Abe Y., Computational fluid dynamics analysis of the pump parameters in the helical flow pump., J Artif Organs, 17, 2014, ,9-15,査読有, 10.1007/s10047-013-0739-8

(2)Abe Y, Ishii K, Isoyama T, Saito I, Inoue Y, Sato M, Hara S, Hosoda K, Ariyoshi K, Nakagawa H, Ono T, Fukazawa K, Ishihara K, Imachi K,The helical flow total artificial heart: implantation in goats,Proc 35th Ann Intern Conf IEEE EMBS,,2013,2720-3,査読有

(3)Isoyama T, Ariyoshi K, Nii K, Saito I, Fukunaga K, Inoue Y, Ono T, Ishii K, Hara S, Imachi K, Takai M, Abe Y,Emergency Life Support System aiming preprimed oxygenator,Proc 35th Ann Intern Conf IEEE EMBS,,2013,5731-4,査読有

(4)Ishii K, Hosoda K, Isoyama T, Saito I, Ariyoshi K, Inoue Y, Sato M, Hara S, lee X, Wu S, Ono T, Nakagawa H, Imachi K, Abe Y,Pulsatile Driving of the Helical Flow Pump,Proc 35th Ann Intern Conf IEEE EMBS,,2013,2724-7,査読有

(5)Wu S-Y, Saito I, Isoyama T, Inoue Y, Ishii K, Sato M, Hara S, Hosoda K, Ariyoshi K, Li X, Nakagawa H, Ono T, Abe Y,Relation between Left Atrial Pressure and the Corresponding Pulse Pressure in the Helical Flow Total Artificial Heart,Proc 35th Ann Intern Conf IEEE EMBS,,2013,671-4,査読有

(6)H. Miura, I. Saito, F. Sato, Y. Shiraishi, T. Yambe, and H. Matsuki,A New Control Method Depending on Primary Phase Angle of Transcutaneous Energy Transmission System for Artificial

heart,Proc 35th Ann Intern Conf IEEE EMBS,,2013,5723-6,査読有

(7)Tetsu Ookubo, Yusuke Inoue, Dongmin Kim, Hiroyuki Ohsaki, Yusuke Mashiko, Moriaki Kusakabe, and Masaki Sekino",Characteristics of magnetic probes for identifying sentinel lymph nodes,Proc 35th Ann Intern Conf IEEE EMBS,,2013,5485-8,査読有

(8)Kohei Ishii, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Hidemoto Nakagawa, Nakano Emiko, Toshiya Ono, Wei Shi, Yusuke Inoue, and Yusuke Abe,Development of Normal-Suction Boundary Control Method Based on Inflow Cannula Pressure Waveform for the Undulation Pump Ventricular Assist Device,Artificial Organs,36(9),2012,812-816, 査読有,doi:10.1111/j.1525-1594.2012.01451.x

(9)Abe Y, Ishii K, Isoyama T, Saito I, Inoue Y, Ono T, Nakagawa H, Nakano E, Fukazawa K, Ishihara K, Fukunaga K, Ono M, Imachi K,The helical flow pump with a hydrodynamic levitation impeller. ,J Artif Organs,15 ,2012,331 - 340, 有 ,DOI 10.1007/s10047-012-0659-z

(10)T. Isoyama, H. Yamada, I. Saito, M. Sato, Y. Okada, K. Miyahara, H. Ohta, and Y. Abe,Real-time in-home patient monitoring systems using high-speed mobile Internet and remote access,in Proceeding of International Conference on uHealthcare 2012,,2012,25-26, 査読無

(11)Yusuke Inoue, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Hidemoto Nakagawa, Toshiya Ono, Kohei Ishii, Koki Ariyoshi, Emiko Nakano, Kou Imachi, Yusuke Abe,Development of an Implantable Small Observation Camera with Scaffold Chamber for Angiogenesis ,World Congress 2012 Medical Physics and Biomedical Engineering Proceedings, 39, 2012, 1961-1964, 査読無

(12)Wei Shi, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Hidemoto Nakagawa, Yusuke Inoue, Toshiya Ono, Akimasa Kouno, Kou Imachi,Yusuke Abe,Automatic calibration of the inlet pressure sensor for the implantable continuous-flow ventricular assist device,"Journal of Artificial Organs,14,2011,81-88, 査読有 , 10.1007/s10047-011-0556-x

(13) Abe Y, Isoyama T, Saito I, Shi W, Inoue Y, Ishii K, Nakagawa H, Ono T, Ono M, Imachi K,Results of animal experiments with the fourth model of the undulation pump total artificial heart in goat,Artificial Organs,35(8),2011,781-790, 査読有,10.1111/j.1525-1594.2011.01318.x

(14)Saito I, Ishii K, Isoyama T, Ono T,

Nakagawa H, Shi W, Inoue Y, Abe Y, Preliminary study of physiological control for the undulation pump ventricular assist device, Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc., 2010, 2010, 5218-21, 査読有

(15) Kishi A, Isoyama T, Saito I, Miura H, Nakagawa H, Kouno A, Ono T, Inoue Y, Yamaguchi S, Wei S, Abe Y, Imachi K, and Noshiro M, Use of In Vivo Insert Molding to Form a Jellyfish Valve Leaflet, Artificial Organs, 34(12), 2010, 1125-1131, 査読有

〔学会発表〕(計 53 件)

(1) Yusuke Abe, Total artificial heart: what we need?, JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013/9/29, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan

(2) Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Yusuke Inoue, Masami Sato, Shintaro Hara, Li Xin Yang, Terumi Yurimoto, Haruka Murakami, Wu Sheng Yuan, Yukino Kawase, Yusuke Abe, Development of a physiological control method for the helical flow total artificial heart, JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013/9/28, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan

(3) Shintaro Hara, Itsuro Saito, Xinyang Li, Takashi Isoyama, Yusuke Inoue, Kohei Ishii, Masami Sato, Sheng Yuan Wu, Koki Ariyoshi, Yukino Kawase, Yoshinori Kusakabe, Terumi Yurimoto, Haruka Murakami and Yusuke Abe, Flow rate and pressure head estimation in helical flow pump using the table method, JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013/9/28, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan

(4) Sheng-Yuan Wu, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Yusuke Inoue, Masami Sato, Shintaro Hara, Xinyang Li, Terumi Yurimoto, Haruka Murakami, Yukino Kawase, Yusuke Abe, The nonlinearity of left atrium volume-pressure relationship and the applicability in the pressure sensor calibration of helical flow total artificial heart (HFTA), JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013/9/28, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan

(5) Takashi Isoyama, Koki Ariyoshi, Itsuro Saito, Kazuyoshi Fukunaga, Kou Imachi, and Yusuke Abe, Troidal Convolution blood Pump for ECLS system, ASAIO 2013, 2013/6/13, Chicago Hilton, Illinois, USA

(6) Yusuke Inoue, Emiko Nakano, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Hidemoto Nakagawa, Toshiya Ono, Kohei Ishii, Koki Ariyoshi, Kou Imachi, Yusuke Abe, Development of Hybrid Inflow

Cannula for Helical Flow Ventricular Assist Device, ISRB2012 (20th Congress of the International Society for Rotary Blood Pumps), 2012/9/21, Grand Cevahir Hotel, Istanbul, Turkey

(7) Yusuke Inoue, Emiko Nakano, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Hidemoto Nakagawa, Toshiya Ono, Kohei Ishii, Koki Ariyoshi, Kou Imachi, Yusuke Abe, DEVELOPMENT OF HYBRID INFLOW CANNULA FOR VENTRICULAR ASSIST DEVICES, 39th Congress of ESAO, 2012/9/28, Academy of Music and Theatre, Rostock, Germany

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

<http://www.bme.gr.jp>

6. 研究組織

1) 研究代表者

井街 宏 (IMACHI KOU)

東京大学・大学院医学系研究科・名誉教授
研究者番号: 10010076

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

阿部 裕輔 (ABE YUSUKE)

東京大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号: 90193010

磯山 隆 (ISOYAMA TAKASHI)

東京大学・大学院医学系研究科・講師
研究者番号: 20302789

斎藤 逸郎 (SAITO ITSURO)

東京大学・大学院医学系研究科・特任研究員
研究者番号: 80334225

(4) 研究協力者

バスク ジャロミール (VASKU JAROMIR)

チェコマサリク大学医学部・名誉教授

ドブザク ペーター (DOBSAK PETR)

チェコマサリク大学医学部・教授

小野 俊哉 (ONO TOSHIYA)

東京大学・大学院医学系研究科・技術専門職員

井上 雄介 (INOUE YUSUKE)

東京大学・大学院工学系研究科・特任研究員
研究者番号: 80611079