

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26253071

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Comprehensive study for practical use of a total implantable total artificial heart with small size and high performance.

研究代表者

阿部 裕輔 (Abe, Yusuke)

東京大学・大学院医学系研究科(医学部)・准教授

研究者番号：90193010

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,800,000円

研究成果の概要(和文)：完全人工心臓は、心臓を置換するタイプの人工心臓であり、究極の心臓代替デバイスとして大きな期待がよせられている。完全埋込式完全人工心臓の実用化に向けて、螺旋流ポンプを用いて小型高性能かつ長寿命の完全人工心臓(螺旋流完全人工心臓二次モデル)を開発し、生理的血流量制御を適用して、循環生理、病態生理や自律神経機能などを研究するとともに、体内埋込血压センサーによる体内埋込制御システム、テーブル方式を取り入れた圧流量推定方法、ソフトなフレキシブルコイルによる経皮的ワイヤレスエネルギー伝送システム、ハイブリッドパーツなどの総合的な研究と開発を行った。

研究成果の概要(英文)：The total artificial heart (TAH) is expected to be an ultimate device for heart replacement. To realize practical use of a total implantable total artificial heart, the second model of the helical flow TAH that was designed to be small and to have long-term durability was developed using helical flow pumps. A new physiological control method named the delta P control was developed based on the 1/R control method. To develop implantable controller for the TAH, an implantable pressure sensor was developed. A novel pressure and flow estimation method using reference tables was developed. The transcutaneous energy transmission system using flexible coils made with polyimide film was developed to obtain good anatomical fitting for implantation of the coil. New canulae and atrial cuffs made of hybrid parts that were constructed with fusion of artificial material and biological material were developed.

研究分野：医用工学、一般外科学

キーワード：人工心臓 螺旋流ポンプ 血流量制御 圧流量推定 エネルギー伝送 血压センサー ハイブリッドパーツ

1. 研究開始当初の背景

完全人工心臓は、心臓を置換するタイプの人工心臓であり、究極の心臓代替デバイスとして大きな期待がよせられている。しかし、遠心ポンプや軸流ポンプなどの連続流ポンプを使用した小型デバイスが実用化されている補助人工心臓と比較すると、その進歩に大きな遅れを取っている。その原因としては、(1)完全人工心臓として使用する場合、遠心ポンプや軸流ポンプはポート配置が解剖学的に合致し難い、(2)無拍動流(補助人工心臓では生体心臓が拍動するため連続流駆動でもある程度拍動流を発生するが、完全人工心臓では心室を切除するため連続流駆動では無拍動流となる)の完全人工心臓の病態生理が十分に解明されていない、(3)心室を切除することにより神経系や液性因子による調節が遮断されるため、生理的血流量制御を欠く完全人工心臓では循環生理的な問題が顕著化する傾向にある(特に中心静脈圧の制御は難しい)、(4)サッキング制御、左右心バランス制御や生理的血流量制御に必要な体内埋込圧センサーが無い場合高機能な制御システムを体内に埋め込めない、などの問題がある。加えて、補助人工心臓で問題となっている感染の殆どがケーブルの皮膚貫通部で発生するため、エネルギー伝送は経皮ワイヤレス伝送が望ましい。また、生体適合性の向上も重要な課題であり、特に抗血栓性に関しては、抗凝固療法を必要としない要素技術の開発が望まれる。

2. 研究の目的

本研究は、完全埋込式完全人工心臓の実用化に向けて、螺旋流ポンプを用いて小型高性能かつ長寿命の完全人工心臓(螺旋流完全人工心臓)を開発し、生理的血流量制御を適用して、循環生理、病態生理や自律神経機能などを研究するとともに、体内埋込圧センサーによる体内埋込制御システム、テーブル方式を取り入れた圧流量推定方法、ソフトな経皮的ワイヤレスエネルギー伝送システム、ハイブリッドパーツなどの総合的な研究と開発を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 血液ポンプ

完全人工心臓に使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。本研究では、螺旋流完全人工心臓二次モデルの開発を行った。血液接触面には、抗血栓性を有する 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC) ポリマーをコーティングした。完成したモデルは、性能試験、溶血試験および解剖学的適合性の検討の後、ヤギを用いた慢性動物実験に移行した。

(2) 病態生理

1/R 制御の安定性を高めるため、1/R 制御式を圧変動成分の式に展開してパラメータ変換した制御法(P制御)を開発した。

(3) 制御システム

体内埋込制御システムの試作回路とテーブル式圧流量推定ロジックを開発した。体内埋込圧センサーは、ワンチップ絶対圧センサーICを用いて開発し、また、自動校正のために、心房のコンプライアンスの非線形性を利用して、圧波形から平均圧を求めるアルゴリズムを開発した。

(4) エネルギー伝送

ポリイミドフィルムに感光エッチングによりソフトなフレキシブルコイルを作製し、それを必要電力分パラレルに積層してシリコンバックに内蔵した。完成したTETSは、性能試験の後、制御システムに接続してテストした。

(5) カニューレ・カフ

ハイブリッドパーツは、生体内インサート成形の方法を用いて作製した。まず、強度を保つための素材をインサートしたメス型をヤギ皮下に埋め込むと、生体内で、結合組織が型内部に侵入成長し、忠実にメス型の形を再現するハイブリッドパーツが作製された。本年度は、左心バイパス用の脱血カニューレを作製し、脱細胞処理の後、凍結乾燥し、ガス滅菌して使用方法を研究した。完成したハイブリッド脱血カニューレは、左心バイパスの慢性動物実験で評価した。

(6) 慢性動物実験

体重40~60Kgのヤギを使用し、右側臥位全身麻酔下に左開胸した。左心バイパスでは、心室脱血下行大動脈送血で螺旋流完全人工心臓の左心用ポンプを接続した。完全人工心臓では、体外循環下に心室を切除し、同所性に螺旋流完全人工心臓を装着した。術後は抗血栓性の評価のため抗凝固療法や抗血小板療法を行わずに管理した。

4. 研究成果

(1) 血液ポンプ

新設計による螺旋流完全人工心臓二次モデルを開発した。開発当初は、ローターに微かな異常振動が発生することにより溶血特性に難があったが、新しいステーターとローターを開発して改善することができた。また、動物実験で、肝臓や腎臓に小さなチタンのデブリが沈着していることがわかり、原因は、血液ポンプのチタン製動圧軸受けが、サッキング時に真円軸と接触して摩耗したと考えられた。そこで、動圧軸受けをチタン製からセラミック製に変更し改良を加えた結果、動圧軸受けの摩耗を防止でき、二次モデルが完成した。

(2) 病態生理

生理的制御方法に関しては、螺旋流完全人工心臓による長期生存が得られなかったため、開発した P制御の詳細な検討を行うことは出来なかったが、1/R 制御が発散するヤ

ギがまれにいることから、過去のデータを用いて循環生理データの解析とシミュレーションを行い、1/R 制御の発散現象の解析を行った。その結果、圧反射時定数および神経系伝達遅れが一定以上に早いヤギの場合、1/R 制御が発散することがわかった。

(3) 制御システム

計測制御系に関しては、センサーレスの圧流量推定において、粘度が推定できれば、正確な圧流量推定が可能となる。その方法として、テーブル法を用いて拍動流から粘度を推定する新しい方法を提案し、基礎実験でその可能性を証明した。さらに、テーブル法に改良を加え、急性動物実験により良い精度で圧流量推定ができることを確認した。

(4) エネルギー伝送

ソフト TETS に関しては、ポリイミドフィルムに感光エッチングによりフィルムの両面にコイルを形成したフィルムコイルが完成した。数種類のフィルムコイルを試作して基礎実験を行い、その中で最も伝送効率の良いコイルをシリコンバックに入れ、ヤギ皮下に埋め込んで動物実験を行った。

(5) カニューレ・カフ

ハイブリッドパーツに関しては、製作方法はほぼ確立したために、滅菌方法に関して基礎研究を行った。その結果、線滅菌が最も適切であることがわかった。さらに、新しいパーツとして、シリコン樹脂を用いてカニューレとカフを試作した。さらに、シリコン製カフに導電性シリコンゴムを埋め込んで、カフの変形を電気変化として捉えることにより、サッキングセンサーとして作動するカフを開発した。

(6) 慢性動物実験

螺旋流完全人工心臓二次モデルを用いて動物実験を5回遂行した。いずれの実験においてもデバイスは胸腔内にうまく収まり、良好な解剖学的適合性を確認できたが、人工心臓の合併症により長期生存は得られなかった。そこで、二次モデルの左右の血液ポンプを補助人工心臓として使用できるか検討することとし、ヤギを用いて、両心補助人工心臓、左心補助人工心臓および右心補助人工心臓の動物実験を行った。いずれの補助人工心臓もうまく作動し、螺旋流完全人工心臓を補助人工心臓として使用できることが確認できた。

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 6 件)

1. Hara S, Maeno E, Li X, Yurimoto T, Isoyama T, Saito I, Ono T, Abe Y. Principle and basic property of the sequential flow pump. J Artif Organs, 査読有, 2017;20:215-20, DOI 10.1007/s10047-017-0959-4.

2. Mizuta S, Saito I, Isoyama T, Hara S, Yurimoto T, Li X, Murakami H, Toshiya O, Mabuchi K, Abe Y. Appropriate control time constant in relation to characteristics of the baroreflex vascular system in 1/R control of the total artificial heart. J Artif Organs, 査読有, 2017;20:200-5, DOI 10.1007/s10047-017-0965-6.
3. Yurimoto T, Hara S, Isoyama T, Saito I, Ono T, Abe Y. 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, 査読有, 2016;19:219-25, DOI 10.1007/s10047-016-0898-5.
4. Abe Y, Isoyama T, Saito I, Inoue Y, Ishii K, Sato M, Hara S, Yurimoto T, Li X, Murakami H, Ariyoshi K, Kawase Y, Ono T, Fukazawa K, Ishihara K. Animal experiments of the helical flow total artificial heart. Artif Organs, 査読有, 2015;39:670-80, DOI 10.1111/aor.12543.
5. Ishii K, Hosoda K, Nishida M, Isoyama T, Saito I, Ariyoshi K, Inoue Y, Ono T, Nakagawa H, Sato M, Hara S, Li X, Wu S, Imachi K, Abe Y. Hydrodynamic characteristics of the helical flow pump. J Artif Organs, 査読有, 2015;18:206-12, DOI 10.1007/s10047-015-0828-y.
6. Wu S, Saito I, Isoyama T, Inoue Y, Sato M, Hara S, Li X, Yurimoto T, Murakami H, Kawase K, Ono T, Abe Y. Concept of left atrial pressure estimation using its pulsatile amplitude in the helical flow total artificial heart. J Artif Organs, 査読有, 2014;17:301-7, DOI 10.1007/s10047-014-0788-7.

〔学会発表〕(計 67 件)

1. 原伸太郎、血圧センサーとして働く人工心臓用カニューレの開発、第55回日本人工臓器学会、2017年9月2日、法政大学市ヶ谷キャンパス、東京
2. 肥後圭哉、磯山隆、斎藤逸郎、原伸太郎、安楽真樹、高井まどか、小野俊哉、阿部裕輔、シリコンエラストマー表面をコーティングする P4 ポリマーの抗血栓性に関する基礎研究、第55回日本人工臓器学会、2017年9月2日、法政大学市ヶ谷キャンパス、東京
3. 磯山隆、原伸太郎、高橋諒充、斎藤逸郎、坂本晃海、阿部裕輔、螺旋流血液ポンプ用小型絶対圧センサーの開発、日本定常流ポンプ研究会2017、2017年9月1日、法政大学市ヶ谷キャンパス、東京
4. Shintaro Hara, Takashi Isoyama,

- Terumi Yurimoto, Xinyang Li, Itsuro Saito, Masaki Anraku, Yusuke Abe. Development of the Sequential flow pump: Principle of the sequential pressurization and hemolysis results in secondary model. ASAIO 2017, 2017/6/24, Hyatt Regency Cicago, Cicago.
5. 肥後圭哉, 磯山隆, 齋藤逸郎, 原伸太郎, 高井まどか, 阿部裕輔, シリコン樹脂にコーティングした P4 ポリマーの抗血栓性に関する基礎的検討、第 56 回日本生体医工学会大会、2017 年 5 月 4 日、東北大学医学部星陵キャンパス、仙台
 6. 阿部裕輔, デジタル世代の生体医工学、招待講演、第 56 回日本生体医工学会大会、2017 年 5 月 4 日、東北大学医学部星陵キャンパス、仙台
 7. 原伸太郎, 羽合佳範, 齋藤逸郎, 磯山隆, 塚本晃海, 李欣陽, 肥後圭哉, 村上遥, 高井まどか, 石原一彦, 小野俊哉, 太田英伸, 阿部裕輔, 螺旋流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 17 回東京大学生命科学シンポジウム、2017 年 4 月 15 日、東京大学本郷キャンパス、東京
 8. 原伸太郎, 羽合佳範, 齋藤逸郎, 磯山隆, 塚本晃海, 李欣陽, 村上遥, 高井まどか, 石原一彦, 小野俊哉, 太田英伸, 阿部裕輔, 導電性シリコンを用いた螺旋流完全人工心臓 のためサッキング・血圧センサーの開発、第 45 回人工心臓と補助循環懇話会学術集会、2017 年 2 月 18 日、慶山、笛吹
 9. 村上遥, 齋藤逸郎, 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大会、2016 年 11 月 25 日、米子コンベンションセンター、米子
 10. Vesely Karel, Wotke Jiri, Dobsak Petr, Vasku Jaromir, Palanova Petra, 磯山隆, 齋藤逸郎, 井上雄介, 井街宏, 阿部裕輔, Histopathology analysis of hybrid cannula with cardiac muscle in helical flow (HF) VAD animal experiments. 第 54 回日本人工臓器学会大会、2016 年 11 月 25 日、米子コンベンションセンター、米子
 11. 李欣陽, 齋藤逸郎, 塚本晃海, 原伸太郎, 阿部裕輔, 高希釈による新たな溶血試験法の試み、第 54 回日本人工臓器学会大会、2016 年 11 月 25 日、米子コンベンションセンター、米子
 12. 原伸太郎, 塚本晃海, 羽合佳範, 齋藤逸郎, 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大会、2016 年 11 月 24 日、米子コンベンションセンター、米子
 13. 塚本晃海, 齋藤逸郎, 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大会、2016 年 11 月 24 日、米子コンベンションセンター、米子
 14. 齋藤逸郎, 村上遥, 阿部裕輔, 共鳴共振型経皮エネルギー伝送システムの駆動回路の設計開発、第 54 回日本人工臓器学会大会、2016 年 11 月 24 日、米子コンベンションセンター、米子
 15. 羽合佳範, 原伸太郎, 齋藤逸郎, 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大会、2016 年 11 月 24 日、米子コンベンションセンター、米子
 16. Yusuke Abe, Takashi Isoyama, Itsuro Saito, Shintaro Hara, Terumi Yurimoto, Xinyang Li, Haruka Murakami, Koki Ariyoshi, Toshiya Ono, Kyoko Fukazawa, Kazuhiko Fukazawa, Madoka Takai. Development of the second model of the helical flow total artificial heart. ISRBP 2016, 2016/9/20, Hotel Lake View Mito, Mito.
 17. 高橋諒充, 原伸太郎, 磯山隆, 齋藤逸郎, 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」、2016 年 9 月 10 日、鈴鹿医療科学大学白子キャンパス、鈴鹿
 18. 村上遥, 齋藤逸郎, 阿部裕輔, フレキシブルコイルを用いた経皮エネルギー伝送効率、第 32 回ライフサポート学会大会、2016 年 9 月 4 日、東北大学青葉山キャンパス、仙台
 19. Haruka Murakami, Itsuro Saito, Yusuke Abe. A novel coil with flexibility for transcutaneous energy transmission system of artificial hearts. ASAIO 2016, 2016/6/17, Hyatt Regency San Francisco, San Francisco.
 20. Xinyang Li, Itsuro Saito, Terumi Yurimoto, Shintaro Hara, Yusuke Abe. The relationship of blood viscosity to hemolysis index in vitro hemolysis test. ASAIO 2016, 2016/6/17, Hyatt Regency San Francisco, San Francisco.
 21. 李欣陽, 齋藤逸郎, 塚本晃海, 原伸太郎, 阿部裕輔, 溶血試験における血液粘度と溶血指数(NIH)の関係、第 55 回日本生体医工学会大会、2016 年 4 月 28 日、富山

- 国際会議場、富山
22. 羽合佳範、原伸太郎、齋藤逸郎、坎本晃海、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、2016 年 4 月 27 日、富山国際会議場、富山
 23. 村上遥、齋藤逸郎、阿部裕輔、経皮エネルギー伝送用コイルのインダクタンスが電力伝送に与える影響、第 55 回日本生体医工学会大会、2016 年 4 月 27 日、富山国際会議場、富山
 24. 齋藤逸郎、村上遥、阿部裕輔、コイルの非対称性が経皮的エネルギー伝送システムに与える影響についての検討、第 55 回日本生体医工学会大会、2016 年 4 月 27 日、富山国際会議場、富山
 25. 坎本晃海、齋藤逸郎、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、2016 年 4 月 26 日、富山国際会議場、富山
 26. 坎本晃海、齋藤逸郎、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 回東京大学生命科学シンポジウム、2016 年 4 月 23 日、東京大学駒場キャンパス、東京
 27. 村上遥、齋藤逸郎、阿部裕輔、経皮的エネルギー伝送システム用フレキシブルコイルの ESR を軽減するコイル形状、第 44 回人工心臓と補助循環懇話会学術集会、2016 年 3 月 5 日、ホテル松島大観荘、松島
 28. 水田宙、齋藤逸郎、磯山隆、原伸太郎、坎本晃海、李欣陽、村上遥、満洲邦彦、阿部裕輔、まれに 1/R 制御が発散するヤギがいるのは何故か、第 44 回人工心臓と補助循環懇話会学術集会、2016 年 3 月 5 日、ホテル松島大観荘、松島
 29. 齋藤逸郎、磯山隆、原伸太郎、李欣陽、坎本晃海、村上遥、水田宙、前野映里奈、田代彩夏、阿部裕輔、P 制御とは、第 44 回人工心臓と補助循環懇話会学術集会、2016 年 3 月 5 日、ホテル松島大観荘、松島
 30. Wotke Jiri, Dobsak Petr, Vasku Jaromir, 坎本晃海、川瀬由季乃、磯山隆、齋藤逸郎、井上雄介、井街宏、阿部裕輔、Effect of long-term left ventricular support using helical flow pump on histopathology of vital organs. 第 53 回日本人工臓器学会大会、2015 年 11 月 21 日、東京ドームホテル、東京
 31. 田代彩夏、井上雄介、磯山隆、齋藤逸郎、小野俊哉、原伸太郎、坎本晃海、李欣陽、村上遥、前野映里奈、熊谷寛、阿部裕輔、ハイブリット材料の医療材料としての滅菌方法に関する研究、第 53 回日本人工臓器学会大会、2015 年 11 月 20 日、東京ドームホテル、東京
 32. 齋藤逸郎、村上遥、阿部裕輔、経皮的エネルギー伝送システムにおける周波数自動追従システムの開発、第 53 回日本人工臓器学会大会、2015 年 11 月 20 日、東京ドームホテル、東京
 33. 村上遥、齋藤逸郎、阿部裕輔、埋め込み型人工心臓のための経皮エネルギー伝送用コイル形状の検討、第 53 回日本人工臓器学会大会、2015 年 11 月 20 日、東京ドームホテル、東京
 34. 水田宙、齋藤逸郎、磯山隆、原伸太郎、坎本晃海、李欣陽、村上遥、満洲邦彦、阿部裕輔、完全人工心臓 1/R 制御における拍出量飽和の原因究明に関する研究、第 53 回日本人工臓器学会大会、2015 年 11 月 20 日、東京ドームホテル、東京
 35. Yusuke Inoue, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Yusuke Abe, Kohei Ishii, Toshiya Ono, Kou Imachi, Hidekazu Miura, Kazumasa Sasaki, Yasuyuki Shiraishi, Tomoyuki Yambe. Development of an implantable capillary flow observation system for helical flow total artificial heart. 日本定常流ポンプ研究会 2015、2015 年 11 月 19 日、東京ドームホテル、東京
 36. 磯山隆、坎本晃海、原伸太郎、前野映里奈、齋藤逸郎、田代彩夏、太田英伸、李欣陽、村上遥、有吉洗希、小野俊哉、井上雄介、井街宏、阿部裕輔、東京大学医用生体工学講座における定常流ポンプの研究開発、日本定常流ポンプ研究会 2015、2015 年 11 月 19 日、東京ドームホテル、東京
 37. 田代彩夏、井上雄介、磯山隆、齋藤逸郎、小野俊哉、佐藤雅巳、原伸太郎、坎本晃海、李欣陽、村上遥、石井耕平、前野映里奈、熊谷寛、阿部裕輔、滅菌後ハイブリッド材料の血管内皮細胞生着能力の調査、第 31 回ライフサポート学会、2015 年 9 月 8 日、九州産業大学、福岡
 38. 李欣陽、齋藤逸郎、原伸太郎、坎本晃海、阿部裕輔、血液ポンプの溶血試験における血液粘度と溶血指数の関係についての検討、第 15 回生命科学シンポジウム、2015 年 6 月 27 日、武田先端知ビル、東京
 39. Terumi Yurimoto, Itsuro Saito, Takashi Isoyama, Shintaro Hara, Xin-Yang Li, Haruka Murakami, Yusuke Inoue, Toshiya Ono, Yusuke Abe. Concept of the Table Estimation Method of Blood Viscosity Adjusted Pressure and Pump Flow. ASAIO 2015, 2015/6/25, Chicago hilton hotel, Chicago.
 40. Yusuke Abe, Takashi Isoyama, Itsuro

Saito, Shintaro Hara, Terumi Yurimoto, Xinyan Li, Haruka Murakami, Yusuke inoue, Toshiya ono, Kou Imachi. Pathophysiology of the long-term survived Goats with the herical flow total artificia hear and Physiological control. ASAI0 2015, 2015/6/25, Chicago hilton hotel, Chicago.

41. 田代彩夏、井上雄介、磯山隆、齋藤逸郎、小野俊哉、佐藤雅巳、原伸太郎、坎本晃海、李欣陽、村上遥、川瀬由希乃、前野映里奈、熊谷寛、阿部裕輔、ハイブリット材料のための滅菌法の研究、第54回日本生体医工学会大会、2015年5月7日、名古屋国際会議場、名古屋
42. 村上遥、齋藤逸郎、阿部裕輔、完全人工心臓の為にフレキシブルTETS、第54回日本生体医工学会大会、2015年5月7日、名古屋国際会議場、名古屋
43. 他25件

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：経皮無線電力伝送システム用伝送コイル

発明者：阿部裕輔、村上 遥、齋藤逸郎

権利者：国立大学法人東京大学

種類：特許

番号：特願 2014-127635

出願年月日：2014年06月20日

国内外の別：国内

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

The good one is beautiful.

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

小野 稔 (ONO Minoru)

東京大学・医学部附属病院・教授

研究者番号： 40270871

石原 一彦 (ISIHARA Kazuhiko)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号： 90193341

高井 まどか (TAKAI Madoka)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号： 40287975

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

齋藤 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

原 伸太郎 (HARA Shintaro)

東京大学・大学院医学系研究科・特任研究員

研究者番号： 00791112

(4) 研究協力者

井上 雄介 (INOUE Yusuke)

東北大学・加齢医学研究所・助教

研究者番号： 80611079

佐藤 雅巳 (SATO Masami)

李 欣陽 (LI Xin-Yang)

坎本 晃海 (YURIMOTO Terumi)

村上 遥 (MURAKAMI Haruka)

有吉 洸希 (ARIYOSHI Kouki)

川瀬 由季乃 (KAWASE Yukino)

田代 彩夏 (TASHIRO Ayaka)

前野 映里奈 (KAWASE Yukino)

水田 宙 (MIZUTA Sora)

羽合 佳範 (HAWAI Yoshinori)

肥後 圭哉 (HIGO Keiya)

小野 俊哉 (ONO Toshiya)

東京大学・大学院医学系研究科・技術専門員

なし