

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 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：22249053

研究課題名(和文) 連続流ポンプを用いた体内埋込式完全人工心臓の総合的基礎研究

研究課題名(英文) Comprehensive study of an implantable total artificial heart using continuous flow blood pump

研究代表者

阿部 裕輔 (ABE, Yusuke)

東京大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90193010

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,400,000円、(間接経費) 10,920,000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。小型高性能な体内埋込式完全人工心臓を開発するために、波動型完全人工心臓の改良と次世代機種として螺旋流完全人工心臓の開発を行った。新たに開発した螺旋流完全人工心臓をヤギに埋め込み、生理的血流量制御法(1/R制御)を適用して、最長100日の生存が得られた。無拍動流完全人工心臓の運動負荷実験においては、無拍動流と拍動流に顕著な差は見られなかった。また、体内埋込血圧センサーの校正方法と平均心房圧推定ロジックの研究および人工材料と生体材料を融合させたハイブリッドパーツの開発を行った。

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 develop small-size implantable TAH with high performance, improvement of the undulation pump TAH and development of the helical flow TAH (HFTAH) that is a next generation TAH were performed. The newly developed HFTAH was implanted in goats and 100 days of maximum survival was obtained by providing 1/R control that is a physiological control method of the TAH. In the experiment of treadmill exercise with the nonpulsatile TAH, there found no obvious difference between pulsatile and nonpulsatile TAHs. To develop an implantable controller, calibration method of implantable pressure sensor (IPS) and estimation logic of mean atrial pressure using IPS were performed. To improve biological compatibility of device parts, the hybrid parts constructed with fusion of artificial material and biological material were developed.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・胸部外科学

キーワード：完全人工心臓 連続流ポンプ 生理的制御 圧センサー ハイブリッド

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)無拍動流の病態生理（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拍動流が発生するが、完全人工心臓では心臓を切除するため無拍動流となる）が十分に解明されていないため、適切な連続流ポンプの種類が確定しない、(2)心臓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）、(3)左右心のバランス制御や生理的血流量制御に必要な体内埋込血圧センサーが無いため高機能な制御系を体内に埋め込めない、などの問題がある。従って、小型高性能な体内埋込式完全人工心臓を実用化するためには、デバイス、病態生理および制御系に関する総合的な基礎研究が必要である。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、連続流ポンプを用いて、運動負荷が可能な小型高性能な体内埋込式完全人工心臓を開発し、これに生理的血流量制御法（1/R制御）を適用して、拍動の状態と病態生理の関係を研究するとともに、運動負荷における無拍動流の可能性を研究し、また体内埋込血圧センサーによる体内埋込制御システムを開発し、同時に生体組織とバイオマテリアルを融合させたハイブリッドパーツを開発して抗凝固療法を必要としない完全人工心臓の基礎研究を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) デバイス

運動負荷実験ができるようにするために、高性能のDCブラシレスモーターを設計開発し、合わせて血液ポンプを改良することにより、波動型完全人工心臓5次モデルの性能を向上させた。また、波動型完全人工心臓の設計上の寿命は2年程度であるため、実用化のための後継機種として、30年程度の設計寿命を持つ螺旋流完全人工心臓の開発を行った。螺旋流完全人工心臓は、当研究室オリジナルの螺旋流ポンプを用いた完全人工心臓である。螺旋流ポンプは、波動型完全人工心臓に使用されている波動ポンプとほぼ同等の性能と特

性を持ち、同様に無拍動流から拍動流までを自在な流量波形で駆出できる。また、発熱体であるモーターコイルを中心部分に配置できるため、デザイン工学的に優れた構造を持っている。螺旋流完全人工心臓は、サイズ、性能、耐久性および解剖学的適合性を重視して設計された。また、多彩な病状の患者への適用を考慮し、完全人工心臓のみならず、左右を分離して両心バイパス（もしくは片心バイパス）としても使用できるように、左右の血液ポンプは独立設計とした。要素技術としては、非接触でインペラーを回転させる動圧浮上駆動インペラー、抗血栓性を高めるためのMPCポリマーによる抗血栓コーティングおよび流入ポートに絶対圧センサーを内蔵させた。

(2) 病態生理

波動型完全人工心臓および螺旋流完全人工心臓の慢性動物実験において、1/R制御下に、拍動流から無拍動流までの種々の駆動条件で実験を行い、心房圧を正常範囲に維持可能な拍動流の条件を検討した。また、運動負荷における拍動流と無拍動流の血行動態を比較解析した。

(3) 制御系

体内埋込制御システムを開発するために、ワンチップ絶対圧センサーICを用いて体内埋込血圧センサーを開発した。また、その自動校正のために、大気圧の代わりに胸腔内圧を利用し、圧波形から胸腔内圧を推定するロジックを開発した。さらに、心房コンプライアンスの非線形性を利用して、心房圧波形から平均心房圧を推定するロジックの概念を提唱し、実験動物のデータを用いて可能性の検討を行った。

(4) ハイブリッドパーツ

ハイブリッドパーツは、人工材料と生体材料の複合材料により作製されたパーツであり、人工臓器用の新しい生体適合性材料として期待される。まず、強度を保つためにチタンやポリエステルベロアなどの素材を心材としてメス型にインサートして生体内に埋め込むと、生体内で結合組織が型内部に侵入成長し、心材を核として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できる。本研究では、ハイブリッドパーツの基礎研究として、補助人工心臓用脱血カニューレのハイブリッド化を図った。

(5) 慢性動物実験

体重40~60 Kgのヤギを使用し、右側臥位全身麻酔下に左開胸した。体外循環下に両心室を切除し、同所性に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および抗血小板療法を行わずに管理した。

4. 研究成果

新たに設計製作した左心用高性能モーター

を、波動型完全人工心臓 5 次モデルに内蔵して、3 頭のヤギに埋め込んで動物実験を行った結果、最長 46 日の生存が得られた。

螺旋流完全人工心臓に関しては、まず左心用螺旋流ポンプを開発した。性能としては、100 mmHg の負荷圧で最大毎分 19 L の性能を得ることができ、自然心臓の最大性能である毎分 20 L に近い性能のポンプが開発出来た。このポンプを、左心バイパスのかたちでヤギに埋め込み抗凝固療法無しで実験をした結果、最長 203 日の生存が得られた。203 日後に取り出したポンプ内に血栓は見られなかった。次に右心用螺旋流ポンプを開発して、螺旋流完全人工心臓 1 次モデルが完成した。

現在までに、螺旋流完全人工心臓を 13 頭のヤギに埋め込んだ。1 頭は術中に右心ステーターの電流リークのため手術打ち切りとなったが、12 頭のヤギで埋め込み手術を完了できた。いずれのヤギにおいても解剖学的適合性は良好であった。結果は、1/R 制御を適用して、抗凝固療法無しで最長 100 日の生存が得られた。12 例の実験結果としては、術中の人工心肺の影響で術後脳症となったものが 2 例、同様に人工心肺の影響による低タンパク血症により術後循環不全となったものが 1 例、術後肺水腫となったものが 1 例、術後脳梗塞となったものが 1 例、心房がポンプに吸引されるサッキング現象による急激な負荷変動により動圧軸受けが破損したものが 5 例、ケーブルの断線が 1 例、動圧軸受けの精度不良により溶血を来して実験を中止したものが 1 例であった。この結果より、埋め込み手術の合併症や軸受けの工作不良により短時間の生存にとどまった例を除いては、サッキング現象による負荷変動により、動圧軸受けが真円軸に接触して摩耗するという現象が大きな問題であることがわかった。現在、動圧力を上げるように設計変更およびサッキング制御性能を高めたプログラムの開発という両面から研究を行っている。また、100 日生存ヤギの実験終了後のデバイスを解析した結果、右心のポンプ性能が高すぎることに伴って右心インペラーの回転数が低すぎて動圧軸受けが安定しないという問題があることが分かったため、右心ポンプのインペラーの羽根の小型化を行い、より高回転で同じ性能が得られるように改良を進めている。

波動型完全人工心臓および螺旋流完全人工心臓の動物実験を通して、正常の半分程度の拍動性(脈圧)があれば、正常の心房圧でもサッキングが起こりにくいことがわかった。運動負荷実験においては、1/R 制御を適用すれば、拍動流と無拍動流に差は見られず、無拍動流でも自然心臓と同様のプロファイルで血流量が自動的に増減することから、運動時に拍動流は必要ない可能性が示唆された。

制御系に関しては、制御に必要な体内埋込血圧センサーをワンチップ絶対圧センサー IC を用いて開発し、波動型完全人工心臓の動物実験に使用して基礎研究を行ってきたが、螺旋流完全人工心臓の開発に当たり、螺旋流完全人工心臓専用の絶対圧センサーユニットを開発した。この絶対圧センサーユニットは、左右血液ポンプのインフロー部分に内蔵する仕様となっており、螺旋流完全人工心臓の動物実験に使用してデータの収集を行った。また、体内に埋め込んだ圧センサーは大気圧による校正が困難であるため、胸腔内圧による校正を考え、センサー出力波形から胸腔内圧を推定する方法を研究した。その結果、サッキングが解除された瞬間のセンサー出力が胸腔内圧を反映することが分かり、埋込圧センサーを校正できる可能性を示した。さらには、校正を必要としない方法として、センサー出力波形から心房圧を推定するロジックの開発を行った。その結果、バラツキはおおきいものの、心房圧波形から平均心房圧が推定できる可能性が示唆された。なお、流量の計測に関しては、電磁流量計を埋め込むことは困難であるため、モーターの回転数とトルクからテーブル方式により差圧と流量を推定する方法を提案し、基礎研究を行っている。

ハイブリッドパーツに関しては、補助人工心臓の心尖部コンジットをハイブリッドパーツで構成したハイブリッド脱血カニューレを作製した。心材にはチタンメッシュを用いた。完成したハイブリッド脱血カニューレを用いて左心バイパスの実験を行った結果、23 日目に摘出したカニューレの心尖部コンジットは心筋組織と融合し、脱細胞した細胞外マトリックス部分にレシピエント由来の細胞が生着していることが確認された。しかし、心材の剛性が不足していたため変形を来していた。そこで、新たに心材をチタン筒にして剛性を高めたスカッフールドによるハイブリッド脱血カニューレを作成し、再度左心バイパスによる慢性動物実験を行った結果、53 日目に摘出したカニューレの心尖部コンジットは心筋組織と癒合し血管内皮化も良好であった。現在、ハイブリッドパーツを脱細胞処理し、凍結乾燥したのち、滅菌して使用する方法を研究中である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

- 1 Hosoda K, Ishii K, Isovama 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. 査読有. 2014;17:9-15. DOI 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. 査読有 . 2013;2720-3.
 - 3 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. 査読有 . 2013;2724-7.
 - 4 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. 査読有. 2013;671-4.
 - 5 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. 査読有 . 2012;15:331 - 40. DOI 10.1007/s10047-012-0659-z
 - 6 Ishii K, Saito I, Isoyama T, Nakagawa H, Nakano E, Ono T, Shi W, Inoue Y, Abe Y. Development of normal-suction boundary control method based on inflow cannula pressure waveform for the undulation pump ventricular assist device. Artif Organs. 査読有 . 2012;36:812-16. DOI 10.1111/j.1525-1594.2012.01451.x
 - 7 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. Artif Organs. 査読有. 2011;35:781-90. DOI 10.1111/j.1525-1594.2011.01318.x
 - 8 Shi W, Saito I, Isoyama T, Nakagawa H, Inoue Y, Ono T, Kouno A, Imachi K, Abe Y. Automatic calibration of the inlet pressure sensor for the implantable continuous-flow ventricular assist device. J Artif Organs. 査読有 . 2011;14:81-8. DOI 10.1007/s10047-011-0556-x
 - 9 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. Artif Organs. 査読有 . 2010;34:1125-31.
 - 10 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. Proc 32th Ann Intern Conf IEEE EMBS. 査読有 . 2010;5218-21.
- [学会発表] (計 7 1 件)
- 1 Yusuke Abe, Total artificial heart: what we need? JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013.9.29, Pacifico Yokohama, Yokohama
 - 2 Takashi Isoyama, Importance of inlet pressure monitoring and pulsatility for RBP, JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013.9.28, Pacifico Yokohama, Yokohama
 - 3 Sheng-Yuan Wu, The Nonlinearity of Left Atrium Volume-Pressure Relationship and the Applicability in the Pressure Sensor Calibration of Helical Flow Total Artificial Heart (HFTAH), JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013.9.28, Pacifico Yokohama, Yokohama
 - 4 Shintaro Hara, 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
 - 5 Itsuro Saito, Development of a physiological control method for the helical flow total artificial heart, JSAO & IFAO Joint Congress 2013, 2013.9.28, Pacifico Yokohama, Yokohama
 - 6 Kohei Ishii, Hemodynamic characteristics of the helical flow pump, ISRBP 2013, 2013.9.27, Pacifico Yokohama, Yokohama
 - 7 Yukino Kawase, Development of hybrid blood inflow cannula using titanium core for ventricular assist device, IEEE EMBS 2013, 2013.7.6, Osaka International Convention Center, Osaka
 - 8 Sheng-Yuan Wu, Relation between left atrial pressure and the corresponding pulse pressure in the helical flow total artificial heart, IEEE EMBS 2013, 2013.7.4, Osaka International Convention Center, Osaka
 - 9 Kohei Ishii, Pulsatile Driving of the Helical Flow Pump, IEEE EMBS 2013, 2013.7.4, Osaka International Convention Center, Osaka
 - 10 Yusuke Abe, The helical flow total

- artificial heart: implantation in goats, IEEE EMBS 2013, 2013.7.4, Osaka International Convention Center, Osaka
- 11 Takashi Ioyama, Troidal Convolution blood Pump for ECLS system, ASAI0 59th annual conference, 2013.6.13, Chicago Hilton, Chicago, USA
 - 12 原伸太郎、螺旋流完全人工心臓におけるテーブル型流量差圧推定モデルの構築、第50回日本人工臓器学会大会、2012年11月23日、アクロス福岡、福岡
 - 13 細田享平、螺旋流血液ポンプにおける流路形状と内部流れの関係に関する研究、第50回日本人工臓器学会大会、2012年11月23日、アクロス福岡、福岡
 - 14 井上雄介、螺旋流型補助人工心臓用ハイブリッド脱血カニューレの研究、第50回日本人工臓器学会大会、2012年11月23日、アクロス福岡、福岡
 - 15 石井耕平、螺旋流血液ポンプの溶血特性向上に向けた検討、第50回日本人工臓器学会大会、2012年11月23日、アクロス福岡、福岡
 - 16 Yusuke Abe, The helical flow pump and the helical flow total artificial heart, 39th Congress of ESAO, 2012.9.29, Academy of Music and Theatre, Rostock, Germany
 - 17 Yusuke Inoue, Development of hybrid inflow cannula for ventricular assist devices, 39th Congress of ESAO, 2012.9.28, Academy of Music and Theatre, Rostock, Germany
 - 18 Yusuke Abe, The helical flow total artificial heart: initial results of animal experiment, ISRBP 2012, 2012.9.22, Grand Cevahir Hotel, Istanbul, Turkey
 - 19 Yusuke Inoue, Development of hybrid inflow cannula for helical flow ventricular assist device, ISRBP 2012, 2012.9.21, Grand Cevahir Hotel, Istanbul, Turkey
 - 20 細田享平、数値流体力学解析を用いた螺旋流血液ポンプの性能向上に関する研究、生体医工学シンポジウム 2012、2012年9月7日、大阪大学、大阪
 - 21 Yusuke Abe, The helical flow total artificial heart: design concept and initial development, ASAI0 58th annual conference, 2012.6.15, Fairmont San Francisco, San Francisco, USA
 - 22 Kohei Ishii, Hyderodynamic bearing for the helical flow total artificial heart, ASAI0 58th annual conference, 2012.6.14, Fairmont San Francisco, San Francisco, USA
 - 23 井上雄介、ハイブリッド型人工材料を用いた補助人工心臓用脱血カニューレの開発、第51回日本生体医工学会大会、2012年5月11日、福岡国際会議場、福岡
 - 24 石井耕平、螺旋流完全人工心臓のための動圧軸受の開発、第51回日本生体医工学会大会、2012年5月10日、福岡国際会議場、福岡
 - 25 細田享平、CFD解析を用いた螺旋流血液ポンプの最適設計、第49回日本人工臓器学会大会、2011年11月27日、都市センターホテル、東京
 - 26 石井耕平、完全人工心臓のための Helical Flow Pumpにおける拍動性能の評価、第49回日本人工臓器学会大会、2011年11月27日、都市センターホテル、東京
 - 27 阿部裕輔、波動型完全人工心臓と螺旋流完全人工心臓、第49回日本人工臓器学会大会、2011年11月27日、都市センターホテル、東京
 - 28 Yusuke Abe, The helical flow pump for the total artificial heart, ISRBP 2011, 2011.9.9, Louisville Marriott Downtown Convention Hotel, Louisville, USA
 - 29 Kohei Ishii, Appropriate vane number in a helical flow pump, ISRBP 2011, 2011.9.9, Louisville Marriott Downtown Convention Hotel, Louisville, USA
 - 30 石井耕平、Helical Flow Pump(HFP)の拍出性能向上に向けたベーン枚数の検討、第50回日本生体医工学会大会、2011年5月1日、東京電機大学、東京
 - 31 阿部裕輔、波動型完全人工心臓と螺旋流完全人工心臓、第50回日本生体医工学会大会、2011年5月1日、東京電機大学、東京
 - 32 中野英美子、補助人工心臓用ハイブリッド型脱血カニューレの作製 - ハイブリッド材料の脱細胞化 -、第50回日本生体医工学会大会、2011年4月30日、東京電機大学、東京
 - 33 有吉洗希、螺旋流血液ポンプにおけるポンプ特性評価と流れの可視化評価、第50回日本生体医工学会大会、2011年4月30日、東京電機大学、東京
 - 34 阿部裕輔、無拍動流完全人工心臓の生理的制御の可能性、第48回日本人工臓器学会大会、2010年11月20日、仙台国際センター、仙台
 - 35 阿部裕輔、波動型完全人工心臓4次モデルの動物実験結果、第48回日本人工臓器学会大会、2010年11月19日、仙台国際センター、仙台
 - 36 時偉、埋込型血圧センサーの自動キャリブレーション法の動物実験での検討、第48回日本人工臓器学会大会、2010年11月18日、仙台国際センター、仙台
 - 37 Kou Imachi, Fourth model of the undulation pump total artificial heart: results of implantation in goat, ISRBP 2010, 2010.10.16, NH Berlin-Mitte, Berlin, Germany
 - 38 Yusuke Inoue, Fourth model of the

undulation pump total artificial heart: results of implantation in goat, ISRBP 2010, 2010.10.14, NH Berlin-Mitte, Berlin, Germany

- 39 Kohei Ishii, Development of the control method for the UPVAD based on inflow cannula pressure waveform, ISRBP 2010, 2010.10.14, NH Berlin-Mitte, Berlin, Germany
- 40 Itsuro Saito, Preliminary Study of Physiological Control for the Undulation Pump Ventricular Assist Device, IEEE EMBS 2010, Sheraton Buenos Aires Hotel & Convention Center, Buenos Aires, Argentina
- 41 中野 英美子、Study of Hybrid Type Inlet Cannula for Ventricular Assist Device、第 49 回日本生体医工学会大会、2010 年 6 月 26 日、大阪国際交流センター、大阪
- 42 阿部裕輔、Animal experimental results of the undulation pump total artificial heart version 4、第 49 回日本生体医工学会大会、2010 年 6 月 25 日、大阪国際交流センター、大阪

[その他]

ホームページ等

http://www.bme.gr.jp/Research_info/AH.html

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・大学院医学系研究科・教授
研究者番号： 40270871

磯山 隆 (ISHIYAMA 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

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

(4) 協力研究者

中川 英元 (NAKAGAWA Hidemoto)
研究者番号： 40311667

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

時 偉 (SHI Wei)
サクラ精機株式会社

石井 耕平 (ISHII Kohei)
香川高等専門学校・機械電子工学科・助教

中野 英美子
東京医科歯科大学・医学部附属病院・MEセンター

細田 享平 (KYOHEI Hosoda)
株式会社サンメディカル技術研究所

大橋 広宜 (OHASHI Kouki)
日本光電工業株式会社

呉 昇原 (WU Sheng-Yuan)
ソフトバンク株式会社

有吉 洸希 (ARIYOSHI Kouki)
東京大学・大学院医学系研究科・大学院生

原 伸太郎 (HARA Shintaro)
東京大学・大学院医学系研究科・大学院生

李 欣陽 (LI Xin-Yang)
東京大学・大学院医学系研究科・大学院生

佐藤 雅巳 (SATO Masami)
東京大学・大学院医学系研究科・大学院生

川瀬 由季乃 (KAWASE Yukino)
北里大学・大学院医療系研究科・大学院生

塚本 晃海 (YURIMOTO Terumi)
東京大学・大学院医学系研究科・大学院生

村上 遥 (MURAKAMI Haruka)
東京大学・大学院医学系研究科・大学院生

小野 俊哉 (ONO Toshiya)
東京大学・大学院医学系研究科・技術専門員