

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02912

研究課題名（和文）心外膜細胞の増殖分化制御メカニズムの解明とその応用技術の開発

研究課題名（英文）Elucidating Mechanisms of Epicardial Cell Proliferation and Differentiation and Developing Technologies for Their Application

研究代表者

吉田 善紀 (Yoshida, Yoshinori)

京都大学・iPS細胞研究所・准教授

研究者番号：20447965

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は心臓を構成する非心筋細胞の最も重要なソースである心外膜細胞のバイオロジーの理解に焦点を当てた。iPS細胞から心外膜細胞を安定して作製する方法を確立し、CDH18が心外膜細胞に特異的に発現し、同遺伝子をノックダウンすることにより心外膜細胞は平滑筋細胞への分化が促進されることを明らかにした。さらに特定のシグナルの阻害により心外膜細胞を成熟誘導することが可能であることを明らかにした。また心外膜細胞と心筋細胞を用いてオルガノイドなどの成熟心臓立体組織を作製する方法を確立し、免疫不全マウスの心筋梗塞モデルに心臓オルガノイドを移植することにより心筋組織の再建治療が可能であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

iPS細胞から作製したヒト立体心筋組織は再生医療や創薬研究において今後重要な役割を担うことが期待されているが、成人の心筋組織に近いような心筋組織の作製法については確立されていない。その理由として、心筋組織において大きな割合を占める非心筋細胞についての理解が進んでいないことが挙げられる。心外膜細胞は心臓の臓器形成において非心筋細胞の主要なソースとなる細胞である。本研究は心外膜細胞のバイオロジーを理解し、iPS細胞から作製した心外膜細胞の制御法を確立し、立体心筋組織の作製法の確立を目指す研究であり、心筋組織を用いた再生医療や創薬研究の発展に寄与することが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study focused on understanding the biology of epicardial cells, a crucial source of non-cardiac myocytes in the heart. We established a method for efficiently generating epicardial cells from induced pluripotent stem cells (iPSCs) and demonstrated that CDH18 is specifically expressed in these cells. Knockdown of CDH18 enhances their differentiation into smooth muscle cells, and inhibiting specific signaling pathways can further induce these cells to mature. Additionally, we developed a method to produce mature cardiac 3D tissues, such as organoids, using epicardial cells and cardiomyocytes derived from iPSCs. We confirmed that these cardiac organoids can be transplanted into an immunodeficient mouse model of myocardial infarction, offering a potential reconstructive treatment for damaged myocardial tissues.

研究分野：循環器内科学、幹細胞生物学

キーワード：心外膜細胞 心筋細胞 iPS細胞 CDH18 オルガノイド

1. 研究開始当初の背景

ヒト iPS 細胞などの多能性幹細胞は、心血管系細胞をはじめとして様々な細胞へと分化する能力を有するため、循環器内科領域においても再生医療や創薬研究などへの応用が期待される。しかし心筋細胞を中心に研究は進められており、心臓の組織の約7割を占める非心筋細胞については、その重要性にもかかわらず、そのバイオロジーの理解は十分には進んでいない。

心外膜細胞は胎生期に心外膜前駆組織 (proepicardial organ) から生じ、心臓を形成する様々な細胞に分化する多分化能を持つことが知られている。そのため心外膜細胞のバイオロジーを理解し、その制御法を開発することで心臓組織を *in vitro*、*in vivo* 両方で構築することが、心疾患の治療法の開発において重要と考えられた。

2. 研究の目的

ヒト iPS 細胞から分化誘導した心外膜細胞における心外膜細胞特異的制御因子の解析を通じて、心外膜細胞の増殖および分化がどのようにして制御されているのかに関してそのメカニズムの解析を行い、心外膜細胞の増殖および線維芽細胞、平滑筋細胞などへの分化を制御する方法を確立する。さらにこの心外膜細胞の増殖・分化を制御する技術を用いて創薬評価系などに用いられる多能性幹細胞由来心臓組織を *in vitro* で作製すること、および多能性幹細胞由来心外膜細胞を用いた細胞移植による再生医療の効果をモデル動物を用いて検証することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究においては①心外膜細胞の増殖分化メカニズムの解明と制御法の開発、②*in vitro* 心臓組織モデルにおける心外膜細胞の分化能の評価、③*in vivo* での心臓内における心外膜細胞の分化能の評価の3項目に分けて研究を進めた。①心外膜細胞の増殖分化メカニズムの解明と制御法の開発においては、心外膜細胞を成熟化させる、あるいは細胞周期を活性化させる、特定の細胞系列への分化指向性を持たせるような因子について探索を行い、同定した因子について検証を行う。

②*in vitro* 心臓組織モデルにおける心外膜細胞の分化能の評価については、心外膜細胞および心筋細胞を含む立体心筋組織を作製し、どれくらい実際の心臓組織に近い成熟心筋組織を *in vitro* で構築できるかについて評価する。

③*in vivo* での心臓内における心外膜細胞の分化能の評価については心筋梗塞を作製した免疫不全マウスに心外膜細胞と心筋細胞から作製した心臓立体組織(オルガノイド)を移植することにより *in vivo* で心筋組織を再建できるかについて評価する。

4. 研究成果

①心外膜細胞の増殖分化メカニズムの解明と制御法の開発

心外膜細胞の増殖分化メカニズムの解明と制御法の開発について、*in vitro* の心外膜細胞培養系を用いて研究を行った。ヒト iPS 細胞からの高効率の心外膜細胞分化誘導系を確立し、この分化誘導系において網羅的遺伝子発現解析を用いて CDH18 を同定し、ヒト iPS 細胞由来心外膜細胞に加えてマウス心外膜細胞の初代培養においてもタンパクレベルで特異的に発現していることを明らかにした。またこの CDH18 の発現はヒト iPS 細胞由来心外膜

細胞において WT1 の発現と高い相関性を持っていることを確認した。

さらに、CDH18 を心外膜細胞においてノックダウンすると、心外膜細胞はその細胞特性を維持できず、上皮間葉転換 (Epithelial Mesenchymal Transition) により平滑筋細胞へと分化すること、またこの平滑筋細胞への分化において WNT シグナル経路が関与していることを明らかにした。一方で CDH18 の強制発現により、平滑筋細胞のマーカー遺伝子の発現が抑制され、平滑筋細胞の細胞特性の維持が阻害されることを確認した。さらに CDH18 の制御因子の探索を行い、CDH18 の発現を制御する候補因子として GATA4 を同定した (Junghof et al. *NPJ Regen Med* 2022)。

また、iPS 細胞から作製された心外膜細胞は未熟な胎児型的心外膜細胞であり、成熟化した心外膜細胞を作製する方法については未だ確立されていない。そこで我々はマウス胎仔の心外膜成熟過程におけるシグナルの変化を解析し、成熟過程で低下するシグナルに着目し、特定のシグナル群を阻害することにより心外膜細胞の成熟化を誘導することを明らかにした。成熟型心外膜細胞は WT1 や TBX18 などの胎児型心外膜細胞のマーカー遺伝子の発現が消失することに加えて、NBL1 など成人型心外膜細胞に特異的な遺伝子発現も確認されており、多くの細胞の細胞周期が休止期に入ることなどから、成人型心外膜細胞の形質に近い状態であると考えられた。

さらに心外膜細胞の分化過程における遺伝子発現解析から SMAD3 に着目し、同遺伝子のノックダウンにより心外膜細胞は pericyte 用の細胞特性を有する細胞に分化することを明らかにした。現在論文投稿中である。

②in vitro 心臓組織モデルにおける心外膜細胞の分化能の評価

iPS 細胞由来心筋細胞と心外膜細胞の共培養系の構築を行い、立体組織 (オルガノイド、Engineered Heart Tissue) の構築を行った。同モデルにおいて心外膜細胞が線維芽細胞および平滑筋細胞へと分化し心筋組織構築に寄与することを確認した。作製した心臓立体組織 (心臓オルガノイド、Engineered Heart Tissue) は、心筋細胞に加えて線維芽細胞・平滑筋細胞などの非心筋細胞を含んでおり、病態モデル研究などに活用可能なものと考えられる。

③in vivo での心臓内における心外膜細胞の分化能の評価

また、心外膜細胞の in vivo での成熟能の評価のために、心外膜細胞・心筋細胞により作製した心臓オルガノイドを、心筋梗塞を作製した免疫不全マウスへの移植を行った。心臓オルガノイドは心筋細胞単独移植と比べて高効率で生着しており、またより早期に移植組織の組織化が進むことが確認された。同細胞の移植による心機能や心筋組織再生への影響について評価を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Junghof Julia, Kogure Yuta, Yu Tian, Verdugo-Sivianes Eva Mar?a, Narita Megumi, Lucena-Cacace Antonio, Yoshida Yoshinori	4. 巻 7
2. 論文標題 CDH18 is a fetal epicardial biomarker regulating differentiation towards vascular smooth muscle cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Regenerative Medicine	6. 最初と最後の頁 14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41536-022-00207-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Funakoshi Shunsuke, Yoshida Yoshinori	4. 巻 95
2. 論文標題 Recent progress of iPSC technology in cardiac diseases	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Archives of Toxicology	6. 最初と最後の頁 3633 ~ 3650
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00204-021-03172-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okubo Chikako, Narita Megumi, Inagaki Azusa, Nishikawa Misato, Hotta Akitsu, Yamanaka Shinya, Yoshida Yoshinori	4. 巻 16
2. 論文標題 Expression dynamics of HAND1/2 in in vitro human cardiomyocyte differentiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Stem Cell Reports	6. 最初と最後の頁 1906 ~ 1922
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.stemcr.2021.06.014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Miki Kenji, Deguchi Kohei, Nakanishi-Koakutsu Misato, Yoshida Yoshinori, et al	4. 巻 12
2. 論文標題 ERR enhances cardiac maturation with T-tubule formation in human iPSC-derived cardiomyocytes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3596
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-021-23816-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Karagiannis Peter、Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 Making Cardiomyocytes from Pluripotent Stem Cells.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 3~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miki Kenji、Saito Hirohide、Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 Isolation of Cardiomyocytes Derived from Human Pluripotent Stem Cells using miRNA switches.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 35~51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_5	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Tadashi、Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 Application of for Induced Pluripotent Stem Cell-Derived and Monolayers Differentiated via Embryoid Bodies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 101~110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_11	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakanishi-Koakutsu Misato、Takaki Tadashi、Miki Kenji、Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 Characterization of ventricular and atrial cardiomyocyte subtypes from human induced pluripotent stem cells.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 135~149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_14	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara Yuya, Deguchi Kohei, Miki Kenji, Nishimoto Tomoyuki, Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 A method for contraction force measurements of hiPSC-derived engineered cardiac tissues.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 171 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_17	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okubo Chikako, Narita Megumi, Yamamoto Takuya, Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 RNA-sequencing analysis of differentially expressed genes in human iPSC-derived cardiomyocytes.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 193 ~ 217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_19	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lucena-Cacace Antonio, Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 Analysis of Transcriptional Profiling of Chamber-specific Human Cardiac Myocytes Derived from Pluripotent Stem Cells.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 219 ~ 232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_20	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hatani Takeshi, Yoshida Yoshinori	4. 巻 2320
2. 論文標題 Transplantation of Human Induced Pluripotent Stem Cell-derived Cardiomyocytes in a Mouse Myocardial Infarction Model.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 285 ~ 293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-1484-6_24	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 13. 吉田善紀	4. 巻 -
2. 論文標題 循環器疾患におけるiPS細胞の将来展望	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 循環器疾患最新の治療2022-2023	6. 最初と最後の頁 51-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 羽溪 健、吉田 善紀	4. 巻 上巻
2. 論文標題 心血管疾患におけるiPS細胞の応用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 疾患モデルの作製と利用-循環器疾患	6. 最初と最後の頁 579-587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsujiisaka Yuta, Hatani Takeshi, Okubo Chikako, Ito Ryo, Kimura Azuma, Narita Megumi, Chonabayashi Kazuhisa, Funakoshi Shunsuke, Lucena-Cacace Antonio, Toyoda Taro, Osafune Kenji, Kimura Takeshi, Saito Hirohide, Yoshida Yoshinori	4. 巻 17
2. 論文標題 Purification of human iPSC-derived cells at large scale using microRNA switch and magnetic-activated cell sorting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Stem Cell Reports	6. 最初と最後の頁 1772 ~ 1785
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.stemcr.2022.05.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tian Yu, Tsujisaka Yuta, Li Vanessa Y., Tani Kanae, Lucena-Cacace Antonio, Yoshida Yoshinori	4. 巻 10
2. 論文標題 Immunosuppressants Tacrolimus and Sirolimus revert the cardiac antifibrotic properties of p38-MAPK inhibition in 3D-multicellular human iPSC-heart organoids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Cell and Developmental Biology	6. 最初と最後の頁 1001453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fcell.2022.1001453	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kasamoto Manabu, Funakoshi Shunsuke, Hatani Takeshi, Okubo Chikako, Nishi Yohei, Tsujisaka Yuta, Nishikawa Misato, Narita Megumi, Ohta Akira, Kimura Takeshi, Yoshida Yoshinori	4. 巻 18
2. 論文標題 Am80, a retinoic acid receptor agonist, activates the cardiomyocyte cell cycle and enhances engraftment in the heart	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Stem Cell Reports	6. 最初と最後の頁 1672 ~ 1685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.stemcr.2023.06.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara Yuya, Miki Kenji, Deguchi Kohei, Naka Yuki, Sasaki Masako, Sakoda Ayaka, Narita Megumi, Imaichi Sachiko, Sugo Tsukasa, Funakoshi Shunsuke, Nishimoto Tomoyuki, Imahashi Kenichi, Yoshida Yoshinori	4. 巻 18
2. 論文標題 ERR agonist under mechanical stretching manifests hypertrophic cardiomyopathy phenotypes of engineered cardiac tissue through maturation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Stem Cell Reports	6. 最初と最後の頁 2108 ~ 2122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.stemcr.2023.09.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakanishi-Koakutsu Misato, Miki Kenji, Naka Yuki, Sasaki Masako, Wakimizu Takayuki, Napier Stephanie C., Okubo Chikako, Narita Megumi, Nishikawa Misato, Hata Reo, Chonabayashi Kazuhisa, Hotta Akitsu, Imahashi Kenichi, Nishimoto Tomoyuki, Yoshida Yoshinori	4. 巻 7
2. 論文標題 CD151 expression marks atrial- and ventricular- differentiation from human induced pluripotent stem cells	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-024-05809-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 吉田善紀
2. 発表標題 ヒトiPS細胞由来心筋細胞の左室壁内注入法による心筋再生医療の開発
3. 学会等名 第21回日本再生医療学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田善紀
2. 発表標題 iPS細胞由来成熟心筋を用いた心疾患研究プラットフォームの構築
3. 学会等名 第21回日本再生医療学会総会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshinori Yoshida
2. 発表標題 Reporter cell-based generation of region-specific mature cardiac tissue for clinical applications.
3. 学会等名 第86回日本循環器学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshinori Yoshida
2. 発表標題 Cardiac research using subtype-specific myocardial tissue derived from induced pluripotent stem cells.
3. 学会等名 第86回日本循環器学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田善紀
2. 発表標題 臨床応用を目的としたiPS細胞由来成熟心筋細胞の作製
3. 学会等名 第25回日本心不全学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Julia Junghof, Yuta Kogure, Yu Tian, Eva Maria Verdugo-Silvianes, Megumi Narita, Antonio Lucena-Cacace, Yoshinori Yoshida
2. 発表標題	CDH18 is a novel biomarker for human fetal epicardium regulating differentiation towards cardiac vascular smooth muscle cells.
3. 学会等名	ISSCR 2021 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Julia Junghof, Tian Yu, Megumi Narita, Antonio Lucena-Cacace, Yoshinori Yoshida
2. 発表標題	Downregulation of CDH18 in epicardial cells induces EMT and directs cell fate towards smooth muscle cell differentiation
3. 学会等名	ISSCR 19th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Yoshinori Yoshida
2. 発表標題	Generation of mature cardiomyocytes and cardiac tissue from pluripotent stem cells for biomedical applications
3. 学会等名	CVMW2022 (招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Yoshinori Yoshida
2. 発表標題	Generation of regenerative cardiomyocytes from iPS cells for biomedical applications
3. 学会等名	第87回日本循環器学会学術集会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 吉田善紀
2. 発表標題 再生医療を目標としたiPS細胞由来心筋細胞・組織の高機能化
3. 学会等名 第22回日本再生医療学会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田善紀
2. 発表標題 心臓領域におけるiPS細胞を用いた再生医療・創薬研究UPDATE
3. 学会等名 第22回日本再生医療学会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshinori Yoshida
2. 発表標題 Generation of cardiac cells and tissues from iPS cells for biomedical applications
3. 学会等名 CARDIOVASCULAR BIOENGINEERING (CVBE) SYMPOSIUM 2023（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshinori Yoshida
2. 発表標題 Efficient Reconstruction of the Failing Heart Using iPS Cells
3. 学会等名 ADSCC 2023 Bone Marrow Transplant & Cellular Therapy Congress（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田善紀
2. 発表標題 Cardiac pharmacology study using human iPS cell-derived mature cardiac tissues.
3. 学会等名 第97回日本薬理学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshinori Yoshida
2. 発表標題 Developing Efficient Myocardial Reconstruction Therapy Using iPS Cells
3. 学会等名 Dubai Stem Cell Congress 2024 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田善紀
2. 発表標題 グラフト形成効率の高い心筋細胞移植法の開発
3. 学会等名 第23回日本再生医療学会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------