

令和元年6月27日現在

機関番号：82612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12921

研究課題名（和文）蛍光内視鏡による再生・移植医療用細胞・組織構築物のリアルタイム可視化技術の構築

研究課題名（英文）The visualization of microtissues using near-infrared fluorescence endoscope

研究代表者

宮本 義孝（Miyamoto, Yoshitaka）

国立研究開発法人国立成育医療研究センター・細胞医療研究部・上級研究員

研究者番号：20425705

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：インドシアニングリーン（ICG）を用いた近赤外蛍光内視鏡は、生体組織・臓器内部をリアルタイムに観察し、乳癌、消化器系癌のセンチネルリンパ節同定など、幅広い外科領域で大いに威力を発揮している。本研究では、創製した細胞・組織構築物をICG蛍光ラベル化し、リアルタイムに可視化することに成功した。近赤外蛍光内視鏡システムは、*in vitro*（ブタ小腸表面など）で、サイズの異なる細胞・組織構築物（マイクロサイズ；約100-10,000細胞塊）を高感度に観察することができた。さらに感度を高めるとノイズが発生することから、その閾値を見極めながら、有効性を高めてゆく必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、蛍光ラベル化した細胞・組織構築物の可視化技術の有効性と医療技術としての可能性を示すことができた。インドシアニンググリーン（ICG）は近赤外領域で観察可能なため、生体組織の自家蛍光の影響を極力排除して可視化することができる。これにより、標的となる生体組織・臓器に対して、その位置情報の精度を高めることができる。すなわち、再生・細胞医療における移植の安全性を向上させる医療機器（近赤外蛍光内視鏡システム）、医療技術であり、より多くの医療シーンへの適用拡大が期待され、現在の治療が抱える種々の医学的、経済的、社会的問題（移植後GVHD、ドナーのリスク等）を改善することができる。

研究成果の概要（英文）：Near-infrared fluorescence endoscope system with indocyanine green (ICG) is a powerful tool to observe the interior tissues and organs in surgery in real time. It is useful especially in a wide range of surgical fields. Since ICG has strong near-infrared fluorescence, it can be visualized while excluding the effect of autofluorescence of tissues. In this study, we successfully labeled microtissues with ICG and then visualized them in real time. The near-infrared fluorescence endoscope system was helpful to observe microtissues with different sizes at high sensitivity (about 100-10,000 cell clusters) *in vitro* (the surface of pig small intestine, etc). Although the noise was amplified with increasing the sensitivity, it can be reduced by adjusting the threshold level. Our system can contribute to improving the safety of transplantation in regenerative therapy and cell medicine, and its medical applications will be expanded more and more in the future.

研究分野：医療技術評価学

キーワード：医療機器 蛍光内視鏡 医療技術評価 リアルタイム可視化 再生医療 組織構築物 イメージングシステム

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

内視鏡は、生体内部をリアルタイムに観察する有用な手段であり、これまでに様々な技術開発が行われてきた。生体内部を観察する医用内視鏡は、従来、①屈曲可能な軟性鏡、②硬い筒状の硬性鏡の2つに分けられる。2000年代に入ると、③ワイヤレス型カプセル内視鏡が登場し、生体内における検査・診断から手術・治療にまで用いられてきた。さらに、近年では、生体組織・臓器の内部を可視化する動きが活発化し、人に対する診断治療技術への応用開発が注目されている。中でも、ICG 蛍光 Navigation Surgery は、乳癌、消化器系癌のセンチネルリンパ節同定をはじめ、脳血管、冠動脈、リンパ節、胆道造影、肝臓の区域特定などに、安全で簡便な方法として注目されつつあり、幅広い外科領域で、大いに威力を発揮している。実際に、これまでの蛍光内視鏡の医療応用は、蛍光物質を生体組織内部に投与して、診断・治療に使用されてきた。我々も、ICG 蛍光内視鏡による研究開発をこれまでに行ってきた (Ishiyama A, [Yamashita H](#), [Miyamoto Y](#), Chiba T et al. Med Eng Phys. 2011; [Yamashita H](#), Fukuyo T, Chiba T et al. Surg Endosc. 2014)。そこで、さらなるリアルタイムでの診断・治療技術開発および評価を行うべく、蛍光ラベルした再生・移植医療用細胞・組織構築物の可視化とその有用性について検討した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、蛍光内視鏡による再生・移植医療用細胞・組織構築物のリアルタイム可視化技術の可能性とその有用性について検証すると共に、その周辺技術の開発を行う。

(1) 細胞・組織構築物の作製方法と蛍光ラベル化法について検討する。さらに、従来の作製方法に加え、人工的に形成した脂質二重膜を作製し、その特性評価を行う。

(2) 近赤外蛍光内視鏡用検出器の高感度化の検討と性能評価を行う。さらに、内視鏡画像の高画質かつ高解像度、高感度化を目指し、8K 硬性内視鏡による検討を行う。

(3) 蛍光標識した再生・移植医療用細胞・組織構築物に対して、蛍光内視鏡を用いたリアルタイムイメージングの可能性を明らかにする。特に、蛍光標識した再生・移植医療用細胞・組織構築物による生体組織の表面・深部でのトラッキングや混濁した羊水中などの状況下でのイメージングの可能性と有用性について検証する。

3. 研究の方法

(1) 細胞・組織構築物の作製方法と蛍光ラベル化

株化細胞として、ヒト肝癌由来細胞株 HepG2 細胞を使用した (ATCC より購入)。本実験では、低接着処理した丸底 96 ウェル細胞培養用プレート (Thermo ScientificTM NunclonTM SpheraTM) 内に、所定量の HepG2 細胞を播種し (1 ウェルあたり、約 100~10,000 cells/100 μ L)、37 $^{\circ}$ C、5%CO₂ 下で 48~72 時間培養した。細胞培養液の組成は、DMEM High Glucose (Sigma-Aldrich)、10%FBS (Gibco Thermo Fisher Scientific) を使用した。培養後、得られた HepG2 細胞・組織構築物に、インドシアニングリーン (ICG; ジアグノグリーン[®]: 25mg/5mL; 第一三共株式会社) として 1/10 量を FBS 中に添加し、37 $^{\circ}$ C、5%CO₂ 下に静置した。ICG は、血液量測定や心機能検査・肝機能検査の他、蛍光眼底造影等に用いられている近赤外蛍光色素であり、生体組織の自家蛍光を抑え、低バックグラウンドでの観察が可能であるため、本研究に採用した。1 時間静置後、調整した ICG-HepG2 細胞・組織構築物を蛍光顕微鏡下で観察し (BZ-X710, KEYENCE)、細胞内への ICG の取り込みを確認した。

蛍光内視鏡を評価するための材料として、ナノサイズの小孔部に脂質二重膜を人工的に形成したナノポア支持型脂質二重膜 (nano-BLMs) を作製した。13mM L- α -Phosphatidylcholine from egg yolk (Egg-PC; Sigma) 溶液と 1.3mM 1,2-Dihexadecanoyl-sn-Glycero-3-Phosphoethanolamine (fluorescein-DHPE; Thermo Fisher) を 10:1 で混合した後、クロロホルム蒸発させ、粘性の混合脂質を得た。そして、メンブレンフィルタ (Nuclepore Hydrophilic Membrane, 0.05 mm pore size, 25 mm circle, Whatman) を 5mA 大気プラズマ (SEDE-P; Meiwa Fosis) により親水化処理した後、先の混合脂質を塗布し、Tris-HCl バッファーに浸した。作製した nano-BLMs を、倒立型落射蛍光顕微鏡 (IX70, Olympus) に共焦点ユニット (CSU-X1; Yokogawa Electric Co.) と光源レーザ (HPU-50101-PFS2; FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) を取り付けた観察システムを用いて、その特性評価を行った。

(2) 近赤外蛍光内視鏡用検出器の高感度化の検討

本研究では、内視鏡画像の高画質かつ高解像度、高感度化を目指し、近赤外蛍光内視鏡イメージングの可能性について検証した。硬性内視鏡 (図 1)、蛍光観察カメラ (PDE; Photo dynamic Eye, 浜松ホトニクス)、ICG 蛍光硬性鏡画像検出部 (仕様: カラー画像撮像、蛍光画像撮像、小型、軽量) として、可視~近赤外領域 (400nm~950nm) EM-CCD カメラを採用した。また、2 枚のフィルタを介してカラーと蛍光モードを電氣的に切り替えできる方式を採用した。



図 1. 硬性内視鏡。

続いて、蛍光内視鏡を用いて、2D 培養および 3D 培養による蛍光細胞を観察できるかどうか検討した。100mm 培養皿に HepG2 細胞を播種し、37°C、5%CO₂ 下でコン플レントになるまで培養した。続いて、コン플レントの HepG2 細胞に対して、ICG をラベル化した後に、本試験に用いた。また、先に調整した ICG-HepG2 細胞・組織構築物による評価試験も行った。100mm 培養皿内を流動パラフィン（ナカライテスク）で満たし、培養液ドロップと ICG-FBS 溶液ドロップ（ICG:FBS=1:9）を作製した。そして、培養液ドロップ内に ICG-HepG2 細胞・組織構築物を添加して観察できるかどうかを確認した。コントロールとして、ICG-FBS 溶液ドロップを用いた。

(3) 8K 硬性内視鏡システムによる医療の可能性

本研究では、内視鏡画像の高画質かつ高解像度、高感度化を目指し、8K 硬性内視鏡による医療での可能性について検証した。300-W xenon lamp CL-300X (Shinko-Koki)を有する 10-mm, 30-degree 硬性内視鏡 (SK-2D10S, Shinko-Koki, Japan)を使用した。約 2kg の 8K カメラ (Medical Imaging Consortium, japan)、スーパーハイビジョンカメラコントロールユニット (Hitachi, japan)、8K 記録システム (HR-7512-C, Astrodesign, Japan)、モニタ (DM3814, Astrodesign)等を主とした 8K 超高精細テレビシステムを用いた。

(4) 近赤外蛍光内視鏡による蛍光色素でラベル化した細胞・組織構築物のトラッキング

本研究では、ラベル化した ICG-HepG2 細胞・組織構築物（約 100-10,000 細胞塊）を生体組織上に置いて、近赤外蛍光内視鏡による可視化の有無について検証した。また、東京芝浦臓器（株）より、生体組織としてブタ組織を購入して使用した。まず、蛍光内視鏡下（通常モードおよび蛍光モード）で、ブタ小腸表面上にサイズの異なる ICG-HepG2 細胞・組織構築物を確認できるかどうかを検討した。続いて、混濁した羊水や人工ミルクの濃度を変化させることで、ICG-HepG2 細胞・組織構築物が観察できるかどうか、その可能性について検討した。

(5) ヒト細胞および実験動物を用いることに対する倫理的配慮

本研究では、ヒト由来細胞および実験動物を用いた研究を行なう。機関の外部委員を含めた倫理審査委員会において生命倫理、安全管理を厳重に審査する。倫理委員会の承認かつ実施施設の長の許可を得て、全ての研究を遂行する。実験動物を用いる研究については、国立成育医療研究センター動物実験指針に準拠して研究を実施する。特に、動物愛護と動物福祉の観点から実験動物使用は、目的に合致した最小限にとどめる。またその際、麻酔等手段により苦痛を与えない等の倫理的配慮をおこなう。実験者は、管理者と相互協力のもと、適切な環境のもと飼育管理を行う。

4. 研究成果

(1) 細胞・組織構築物の作製方法と蛍光ラベル化

所定量の HepG2 細胞を播種し、サイズの異なる HepG2 細胞・組織構築物（約 100~10,000 細胞塊；サイズ、約 $0.8 \times 10^6 \mu\text{m}^3 \sim 5.7 \times 10^6 \mu\text{m}^3$ ）が作製できた。ICG でラベル化した HepG2 細胞・組織構築物を、ICG 用蛍光フィルタを用いた蛍光顕微鏡下で観察し、細胞内への取り込みを確認することができた。

蛍光内視鏡を評価するための材料として、ナノポア支持型脂質二重膜(nano-BLMs)を作製し、その特性評価を行った。結果、多孔性材料上に自発展開法を用いて長寿命の脂質二重膜が形成されることが確認できた。また、パターン化したアガロースゲル上に自発展開法を用いて脂質二重膜が形成されることも確認できたことから、今後の材料応用が期待される。

(2) 近赤外蛍光内視鏡用検出器の高感度化の検討

近赤外蛍光内視鏡システムを用いて、ICG ラベル化した HepG2 細胞（2D および 3D 培養）を観察することができるかどうか評価した（図 2）。2D 培養によるコン플レント状態の ICG-HepG2 細胞は蛍光細胞として検出されなかったが（図 2A）、蛍光細胞をトリプシン処理で剥離し、細胞ペレット状態にすると検出することができた（図 2B）。さらに、3D 培養により作製した ICG-HepG2 細胞・組織構築物においては、全てのサイズ（約 10,000~100 細胞）で蛍光細胞を確認することができた（図 2C）。続いて、100mm 培養皿の培養液ドロップ内に ICG-HepG2 細胞・組織構築物を数個ピックアップして、蛍光細胞を確認した（図 2D-F）。蛍光内視鏡の通常モードでは細胞・組織構築物を確認することができた。さらに、光量を落とすと観察できず（図 2E）、蛍光モードにすることにより明瞭に観察することができた（図 2F）。

(3) 8K 硬性内視鏡システムによる医療の可能性 山下（分担研究者）

子宮内膜症の腹腔鏡治療において、新しい 8K 超高精細テレビシステムを適用した。新しいシステムとフルハイビジョンシステムによる病変部の画像を比較し、画像の解像度が向上したことが確認できた。すなわち、8K 超高精細システムの普及は、患者様に対する診断精度が向上し、産婦人科領域での術者の技術の向上につながると考えられ、様々な医療領域での応用が期待される。

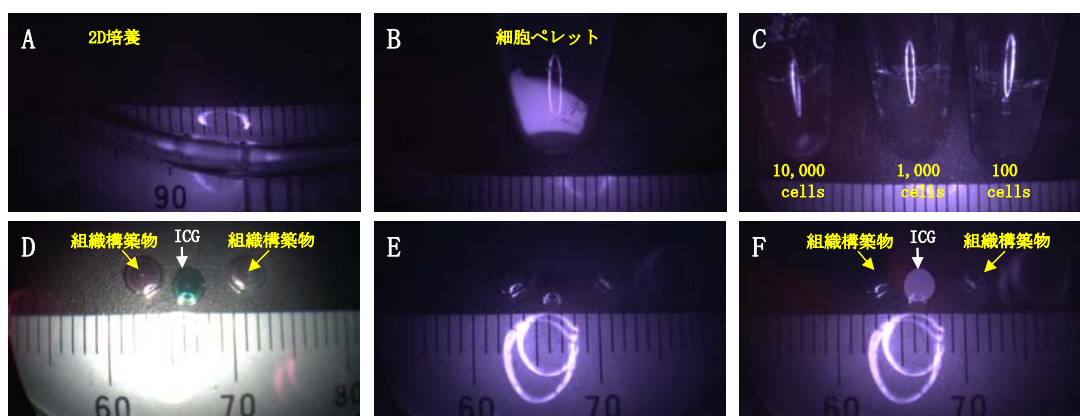


図 2. 近赤外蛍光内視鏡システムを用いて ICG ラベル化した HepG2 細胞の観察.

(4) 近赤外蛍光内視鏡による蛍光色素でラベル化した細胞・組織構築物のトラッキング

先に蛍光ラベル化した ICG-HepG2 細胞・組織構築物 (約 100-10,000 細胞塊) をブタ小腸表面に置き、近赤外蛍光内視鏡による可視化とその有用性について検証した (図 3)。静置した ICG-HepG2 細胞・組織構築物は、目視および近赤外蛍光内視鏡の通常モードでは確認できなかった (図 3; A. ブタ小腸画像, B. ブタ小腸内視鏡画像 (通常モード))。一方、蛍光モードにすると全てのサイズの ICG-HepG2 細胞・組織構築物を観察することができ、その有効性を示せた (図 3C)。また、混濁した羊水中では、ICG-HepG2 細胞・組織構築物を観察できなかった。同様に、人工ミルク (スキムミルク) の濃度を変化させ、近赤外蛍光内視鏡での観察を試みたが確認できなかった。作製した近赤外蛍光内視鏡用検出器は、高感度に ICG-HepG2 細胞・組織構築物を観察することができるが、さらに感度を高めるとノイズが発生することから、その閾値を見極めながら、有効性を高めてゆく必要がある。また、細胞・組織構築物において、生体組織・臓器の深部での観察が困難であったことから、先に述べた 8K 硬性内視鏡システムを組み合わせることで改善していきたいと考える。

以上より、蛍光ラベル化した細胞・組織構築物の可視化技術の有効性および再現性を示すことができた。インドシアニングリーン (ICG) は近赤外領域で観察可能なため、生体組織の自家蛍光の影響を極力排除して可視化することができる。これにより、標的となる生体組織・臓器に対して、その位置情報の精度を高めることができる。すなわち、再生・細胞医療における移植の安全性を向上させる医療機器 (近赤外蛍光内視鏡システム)、医療技術であり、より多くの医療シーンへの適用拡大が期待され、現在の治療が抱える種々の医学的、経済的、社会的問題 (移植後 GVHD、ドナーのリスク等) を改善することができる。今後、本研究課題で得られた成果と新たな研究課題をもとに、近赤外蛍光内視鏡の開発と医療技術のさらなる発展を目指す。



図 3. 近赤外蛍光内視鏡システムを用いて、ブタ小腸表面上の ICG ラベル化した HepG2 細胞・組織構築物の観察.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① Iwai M, Harada Y, Miyabayashi R, Kang W, Nakamura A, Kawano N, **Miyamoto Y**, Yamada M, Hamatani T, Miyado M, Yoshida K, Saito H, Tanaka M, Umezawa A, Miyado K. Chemotactic behavior of egg mitochondria in response to sperm fusion in mice. *Heliyon*. 査読有, 4(11), 2018, e00944. DOI:10.1016/j.heliyon.2018.e00944.
- ② Shimba K, Shoji K, **Miyamoto Y**, **Yagi T**. Self-spreading method for forming lipid bilayer on a patterned agarose gel: Toward precise lipid bilayer patterning. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 査読有, 2017, pp.1877-1880, DOI:10.1109/EMBC.2017.8037213.
- ③ Aoki Y, Matsuura M, Chiba T, **Yamashita H**. Effect of an 8K ultra-high-definition television system in a case of laparoscopic gynecologic surgery. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 査読有, 12(3), 2017, pp.315-319, DOI:10.5114/wiitm.2017.68830.
- ④ **Miyamoto Y**, Ikeuchi M, Noguchi H, **Yagi T**, Hayashi S. Enhanced Adipogenic

Differentiation of Human Adipose-Derived Stem Cells in an In Vitro Microenvironment: The Preparation of Adipose-Like Microtissues Using a Three-Dimensional Culture. Cell Medicine. 査読有, 9(1-2), 2016, pp.35-44, DOI:10.3727/215517916X693096.

- ⑤ 山下 紘正, 8K 映像技術を応用した硬性内視鏡システムの最新動向、映像情報 Medical、査読無、Vol. 49、No. 3、2017、pp. 36-42

[学会発表] (計 30 件)

1. 宮本 義孝、梅澤 明弘、成育医療の観点から、医工融合の動向およびボトルネック、第 58 回日本生体医工学会大会、シンポジウム 成育医療における医工融合を考える～基礎研究から診断・治療に向けて～、沖縄県、2019 年
2. 川野 鉄平、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、PDMS の有機溶媒吸収特性を利用した脂質二重膜形成に関する研究、医用・生体工学研究会、東京都、2019 年
3. 永井 暁、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、マイクロパターンを用いて作製した PDMS フィルムによる脂質二重膜の形成に関する研究、医用・生体工学研究会、東京都、2019 年
4. 彭 祖癸、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、親水化 PDMS 表面上での基板支持型脂質二重膜のパターンニング、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京都、2019 年
5. Peng Z, Shimba K, Miyamoto Y, Yagi T. Nanopore-spanning lipid bilayer formed by self-spreading method, 2018 11th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), Thailand, 2018
6. Miyata H, Shimba K, Miyamoto Y, Yagi T. Method for controlling non-labeled cell migration using the magneto-Archimedes effect, 2018 11th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), Thailand, 2018
7. 宮本 義孝、池内 真志、ヒト組織由来細胞・組織構築物の大量生産から凍結保存に向けて、第 45 回日本臓器保存生物医学学会学術集会、シンポジウム「次世代の臓器保存法」、名古屋、2018 年
8. 宮本 義孝、池内 真志、神経細胞・組織構築物の大きさの均一化と大量生産、第 54 回日本移植学会総会 東京都、2018 年
9. 宮本 義孝、池内 真志、培養デバイス TASCL による神経細胞スフェロイドの構築、第 70 回日本生物工学会大会、大阪府吹田市、2018 年
10. 永井 暁、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、MEMS 技術を用いた PDMS フィルムによる脂質二重膜の形成に関する研究、電気学会 電子・情報・システム部門大会、札幌市、2018 年
11. 宮田 啓夢、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、磁気アルキメデス効果を用いた非標識細胞移動コントロール技術の開発、電気学会 電子・情報・システム部門大会、札幌市、2018 年
12. 彭 祖癸、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、ナノポア支持型脂質二重膜の自発展開法、電気学会 電子・情報・システム部門大会、札幌市、2018 年
13. 川野 鉄平、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、PDMS の性質を利用した脂質二重膜形成に関する研究、電気学会 電子・情報・システム部門大会、札幌市、2018 年
14. 尻江 知彦、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、2 種類の高分子フィルムを用いた脂質二重膜形成に関する研究、電気学会医用・生体工学研究会、東京都、2018
15. 彭 祖癸、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、自発展開法による多孔質フィルム支持型脂質二重膜の形成、電気学会医用・生体工学研究会、東京都、2018
16. 宮田 啓夢、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、磁力を用いた任意方向への細胞移動コントロール技術の開発、電気学会医用・生体工学研究会、東京都、2018
17. 彭 祖癸、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、膜タンパク質アッセイ系を目指したゲル支持二重膜の自発展開法の開発、第 17 回日本再生医療学会総会、横浜市、2018
18. 宮田 啓夢、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、磁気アルキメデス効果を利用したラベルフリー細胞移動制御技術の開発、第 17 回日本再生医療学会総会、横浜市、2018
19. 宮本 義孝、池内 真志、三次元培養による神経細胞スフェロイドの創製、第 17 回日本再生医療学会総会、横浜市、2018
20. Shimba K, Miyamoto Y, Yagi T, Hydrogel-supported bilayers for studying membrane protein functions, 2017 10th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), Hokkaido, 2017
21. 宮田 啓夢、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、細胞の移動制御を目的とした磁力によるパターンニング技術の開発、平成 29 年電気学会電子・情報・システム部門大会、高松市、2017
22. PENG Zugui、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、自発展開法によるハイドロゲル上への人工脂質二重膜の形成、平成 29 年電気学会電子・情報・システム部門大会、高松市、2017
23. 庄司 一真、古野 慶太、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、自発展開法を用いたゲルパターン上への脂質二重膜の生成と特性評価、医用・生体工学研究会、東京都、2017 年
24. 古野 慶太、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、微小孔を有するフィルム上への脂質二重膜の形成に関する研究、医用・生体工学研究会、東京都、2017 年
25. 宮本 義孝、池内 真志、野口 洋文、八木 透、生田 幸士、林 衆治、三次元培養によるヒト脂肪由来幹細胞からマイクロティッシュの作製、第 16 回日本再生医療学会総会、仙台

- 市、2017
26. 宮本 義孝、池内 真志、野口 洋文、鈴木 聡、八木 透、生田 幸士、林 衆治、培養デバイス TASCL を用いたヒト脂肪様細胞組織体の創製、細胞アッセイ研究会、シンポジウム：細胞アッセイ技術の現状と将来、東京都、2017 年
 27. 宮本 義孝、池内 真志、野口 洋文、八木 透、生田 幸士、林 衆治、ヒト脂肪由来幹細胞からマイクロティッシュの大量作製、第 52 回日本移植学会総会、東京都、2016 年
 28. 宮本 義孝、池内 真志、野口 洋文、八木 透、生田 幸士、林 衆治、3 次元培養によるヒト脂肪由来幹細胞の脂肪への分化とマイクロティッシュの作製、第 68 回日本生物工学会大会、富山県、2016 年
 29. 山下 紘正、千葉 敏雄、実用に近づいた世界最小・最軽量の 8K 解像度硬性内視鏡、第 29 回日本内視鏡外科学会総会、横浜市、2016 年
 30. 古野 慶太、榛葉 健太、宮本 義孝、八木 透、メッシュフィルタを用いた脂質二重膜の形成方法に関する研究、計測自動制御学会ライフエンジニアリング部門シンポジウム (第 31 回生体・生理工学シンポジウム)、大阪市、2016 年

[図書] (計 1 件)

- ① 山下 紘正、内視鏡画像の 3D 化技術の変遷、M00K メディカル&イメージング、No. 4、2016、pp. 23-27

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：八木 透

ローマ字氏名：(YAGI, Tohru)

所属研究機関名：東京工業大学

部局名：工学院

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：90291096

研究分担者氏名：山下 紘正

ローマ字氏名：(YAMASHITA, Hiromasa)

所属研究機関名：日本大学

部局名：総合科学研究所

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：00470005

(H28→H29～H30：研究協力者)

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：千葉 敏雄

ローマ字氏名：(CHIBA, Toshio)

研究協力者氏名：池内 真志

ローマ字氏名：(IKEUCHI, Masashi)

研究協力者氏名：野口 洋文

ローマ字氏名：(NOGUCHI, Hirofumi)

研究協力者氏名：榛葉 健太

ローマ字氏名：(SHIMBA, Kenta)

研究協力者氏名：鈴木 聡

ローマ字氏名：(SUZUKI, Satoshi)

研究協力者氏名：林 衆治

ローマ字氏名：(HAYASHI, Shuji)