

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01369

研究課題名(和文)細胞配置と力学的刺激の複合効果がもたらす毛髪および皮膚附属器官の完全生体外再生

研究課題名(英文) Fully in vitro process for hair follicle regeneration using cell organization and mechanical stimulation

研究代表者

宮田 昌悟 (Miyata, Shogo)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・准教授

研究者番号：70376515

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では毛包組織構造と力学的環境を再現することで生体外プロセスのみで毛包と立毛筋に代表される皮膚付属器官を再生することを目的とした。

毛包の再生では、マウス胎児由来表皮細胞、ES細胞、サイトカイン層の三層構造からなるマイクロゲルビーズを用いて毛包構造を再現した。これより、生体外培養のみで毛包様構造の再構築を実現した。

さらに、立毛筋の構築のために筋芽細胞株を含有するマイクロゲルファイバを構築し、皮膚が通常さらされる力学的環境を模擬した引張刺激を印加する培養デバイスを開発した。力学的刺激を印加することで微細な筋管様組織の形成を認めた。これは立毛筋を再現する培養手法として有効であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は医学、生体組織工学、機械工学分野の研究成果を融合した工学的側面からの全く新しい毛髪再生技術の開発である。生体外プロセス単独での毛包の再生は未だ実現が困難な技術的課題であり、生体外プロセス単独での毛包様構造体および周辺の付属器官の再生はこの課題のブレークスルーとなる。

生体外プロセス単独での毛包組織再生において、細胞配置、生理活性物質の濃度勾配、力学的環境が支配的であったという成果は毛包および毛髪の発生機序に作用していることを示すもので、発生学をはじめとする学術面においても極めて有用な知見である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to regenerate hair follicle and cutaneous appendages by only in vitro process by simulating in vivo cellular organization and mechanical condition.

Three-layered gel micro-bead culture containing fetal mouse epidermal cells, mouse ES cells and cytokines was established to simulate "native" hair follicle structure. By control of the cellular organization, and the cytokine gradient from the core to outer shell of the gel beads, hair follicle-like structures were reconstructed during the in vitro culture.

C2C12 cells, a skeletal muscle myoblast cell line, were used to study the effect of cellular orientation and cyclic mechanical stimuli on the regeneration of erector muscle of hair. To control cellular orientation, the cells were contained in gel fibers and stretched cyclically by custom-made cell-culture device. As the results, the directions of myotubes were oriented and the micro-scale mature myotubes could be formed to simulate the erector muscle of hair.

研究分野：再生医工学

キーワード：毛包再生 三次元培養 マイクロゲルビーズ 力学的刺激 共培養

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

再生医療において第一義にターゲットとされる治療対象は生命活動に関わる器官(血管, 心筋, 神経, 内臓器官)および日常活動に深く寄与する組織(骨, 軟骨, 皮膚)であり, 毛髪再生に関する研究事例は未だ多くはない. これは毛髪の欠如が直接的には, 生命活動の維持や QOL に影響を与えないことに加えて, 生体における毛髪組織の形成プロセスを生体外で再現することが極めて難しかったことに由来する. その一方で, 毛髪に関わる疾患として注目すべきものに抗がん剤治療後の毛髪の喪失や低減が挙げられる. 一般に抗がん剤治療による脱毛は投薬治療の中止とともに回復するとされているが, 実際には毛髪量の復帰は平均でも 70%程度にとどまり毛髪がほぼ再生しないケースも見られるのが現状である. このため毛髪再生は形成外科領域の治療行為であるばかりでなく, 抗がん剤治療による脱毛からの回復など総合医療の一部として位置付けられる.

このような状況を鑑みて, 近年, 毛包由来細胞を酵素的に抽出して生体外で培養後に体内に戻す細胞療法や幹細胞を用いた細胞凝集塊(毛包原基)を生体内に移植することで毛髪を再生させる手法に注目が集まっている. しかしながら, いずれの手法においても最終的に毛髪を形成する毛包組織が再生されるのは生体内に移植されてからであり, 生体内での再生が必須のプロセスとなっている. これは生理的な毛髪形成に近い点で有効な手法であるものの, 生体内での再生プロセスを必須とすることから毛包の大量再生は難しく, さらに移植先である患者自身の頭皮組織のコンディションの影響を受けやすいといった課題がある. このため臨床応用が可能となるような大規模の毛髪再生を可能とする毛包組織の再生手法の確立が求められている.

2. 研究の目的

毛髪に代表される皮膚付属器官の再生医療は, その多くが形成外科領域となるために生命維持という観点からは優先順位が低くなる傾向にある. しかしながら, 抗がん剤治療による脱毛からの毛髪再生, 先天性無毛症の治療など Quality of Life (QOL) を向上させる総合医療として, 方法・毛髪を始めとする皮膚付属器官の再生は極めて重要である. そこで本申請研究では, 完全生体外プロセスのみでの毛包および皮膚付属器官の再生を目的し, 最終的に毛髪組織を大量に再生する手法の確立を目指す. 生体外プロセス単独での毛髪および皮膚付属器官の再生を実現することで, 大規模な毛髪組織の再生が実現され, さらに, 毛髪疾患治療を対象とする創薬スクリーニング系への応用も期待される.

3. 研究の方法

(1) 多層型ゲルビーズ構造体による異種細胞の空間的配置の制御および生理活性物質の拡散現象の数値解析

本研究では, 毛包を構成する細胞として毛乳頭細胞と上皮幹細胞の2種が組織発生において重要な役割を果たしていることに着目し, 毛乳頭を模倣する細胞としてマウス ES 細胞 (ES-B3 株, 理研セルバンク), 上皮幹細胞を模倣する細胞としてマウス胎児由来表皮細胞を用いた. 毛包の発生においては, 毛乳頭細胞を覆うように上皮幹細胞が位置し, 相互に細胞が作用することで毛包が構築されていることから, この細胞群の配置を模倣するために内部にマウス ES 細胞層, 外層にマウス胎児由来表皮細胞を配置し, さらに最内部に生理活性物質を配置することで毛包組織への誘導を促す分化因子の濃度勾配を形成可能な多層型ゲルビーズ構造体による培養法を構築した^①.

多層ゲルビーズの構造は, 図 1 に示すように第一層として FGF-2 を含有する 2%アルギン酸ゲル, 第二層にマウス ES 細胞を含有する Type I コラーゲンゲル, 第三層にマウス胎児由来表皮細胞を含有する Type I コラーゲンゲルを培養皿に順に滴下することで三層構造を成すゲルビーズを作製した. 培養液は培養開始時から 7 日目までは毛乳頭細胞増殖培地を, 培養 7 日目以降からは GMEM + 10% FBS + 1% Antibiotic Antimycotic を使用して培養した. 培養期間は 28 日間から 49 日間とした. 培養後, 試料は 10%中性緩衝ホルマリン液による組織固定の後にパラフィンに包埋し, 薄切してヘマトキシリン・エオジン染色 (HE 染色) および平滑筋線維アクチン, サイトケラチンを対象とする免疫染色を行って組織学的に評価した.

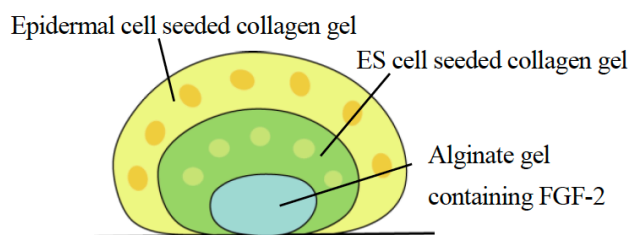


図 1. 毛包構造を模倣した 3 層ゲルビーズ培養体

また、ゲルビーズ内部における FGF-2 の拡散性を評価するためにモデル系として図 2 に示すように蛍光デキストラン(M.W.10000 を含むアルギン酸ゲルを第一層に、Type Iコラーゲンゲルを第二層、第三層として 96 ウェルプレートに配置して、超純水を 400 μ l 注入した後、ゲル外部へ溶出される蛍光デキストランの濃度を評価した。蛍光デキストラン濃度の計測は周囲の超純水を 200 μ l 採取して、蛍光分光光度計で蛍光強度を測定することで超純水中の蛍光デキストランの濃度を求めた。また、汎用数値解析ソフトウェア (COMSOL Multiphysics v5.2) を用いて図 2 に示したモデル系における蛍光デキストランの拡散現象の数値解析を行った。

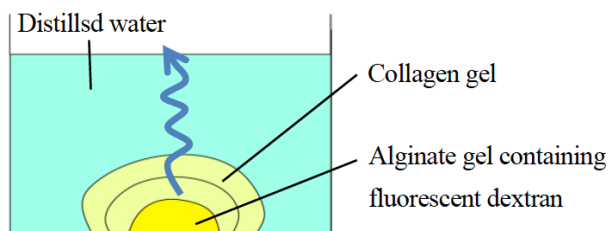


図 2. 蛍光デキストランを用いたビーズからの薬剤徐放性の評価

(2) 周期的引張刺激印加デバイスの開発

毛髪の再生では、毛髪を生成する毛包構造に加えて毛髪を立ち上げる立毛筋の存在が重要である。そこで本研究では、著者らが実施した皮膚組織内部の引張変形、応力状態に基づいて、筋芽細胞を包含する細胞ファイバに引張刺激を印加可能な培養デバイスを開発し、立毛筋を模倣するような微細筋組織の再生を行った²⁾。

筋芽細胞には凍結保存されたマウス骨格筋由来筋芽細胞株(C2C12 株, 理研セルバンク)を用いた。細胞ファイバは図 3a に示すデバイスで作製した。デバイスは 3 つの流入口があり、シリコンチューブを介して 4 つのシリンジに接続されている。このデバイスを用いることでコアの直径が 100 μ m、シェルの直径が 200 μ m の細胞を包含する均一なマイクロサイズのゲルファイバ(図 3b)を作製した。引張刺激は細胞ファイバを 2 本の平行なロッドに巻き付けることで、ファイバに対して周期的引張刺激を印加した(図 4a)。片側のロッドを自動ステージにより制御することで引張刺激を印加した。引張変形刺激は生体皮膚組織の力学的環境を模倣して周波数 1.0 Hz、振幅はファイバの全長の 3%、印加時間は 4 hours/day の印加時間で 2 日間行った。

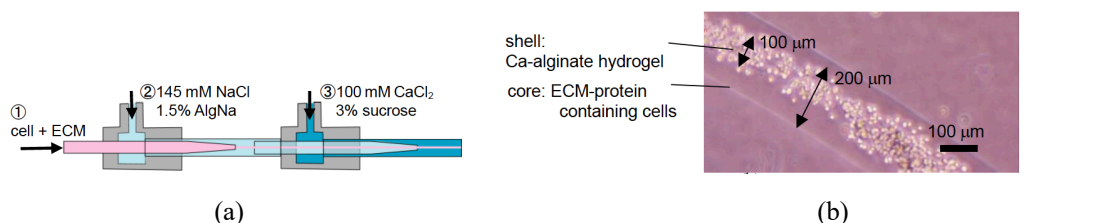


図 3. (a) マイクロ流体デバイスを用いた細胞含有ゲルファイバの作製,
(b) 細胞含有ゲルビーズの顕微鏡像。

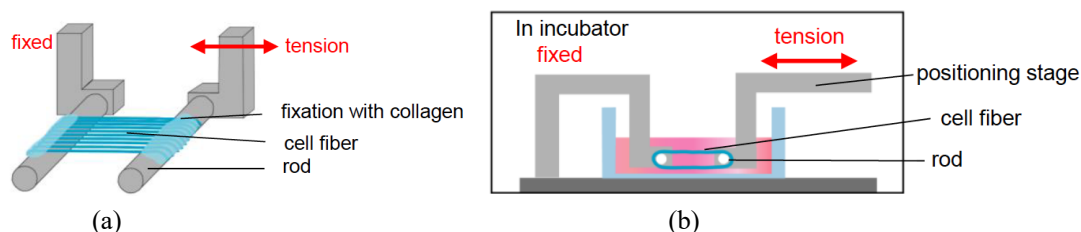


図 4. (a) ロッド構造体による細胞含有ゲルへの引張刺激印加および
(b) 引張刺激印加のための培養デバイス。

4. 研究成果

(1) 多層ゲルビーズ構造体を用いた毛包様組織の再構築

図 5 にゲルビーズの HE 染色像および免疫染色像を示す。HE 染色像では中心部が角化した同心円状の構造物が認められた。この構造物は中心部から規則的に配列する重層扁平上皮構造を有していて形態として毛包に類似していた。さらに、角化した中心部は免疫染色からサイトケラチンに陽性であることから毛包と推測される。また、毛包に隣接した領域には HE 染色像において紡錘形で濃いピンク色を呈するような平滑筋線維様構造物が少量認められ、これは免疫

染色から平滑筋アクチンに陽性を示していた。この構造物は立毛筋と推測できた。これらの結果から本研究で作製した三層マイクロゲルビーズにおいて、毛包および毛包の付属器官が再生されている可能性が示唆された。

拡散性を評価するための蛍光デキストランによるモデル系の実験および数値解析では、図 6 に示すように 2~3 時間程度でゲル内部に含有される蛍光デキストランは周囲に拡散し定常状態へと至った。これより、FGF-2 による効果は培養のごく初期に限定されていたと考えられた。

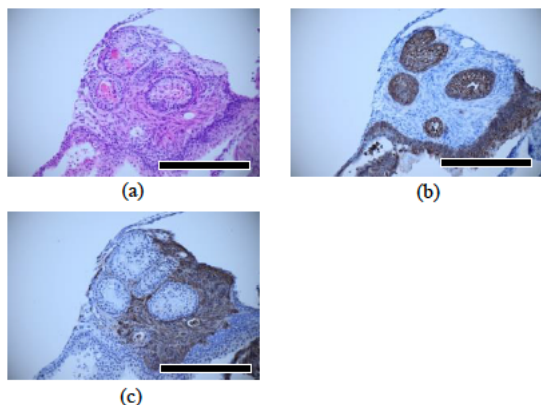


図 5. 培養ゲルビーズの組織および免疫染色
(a: HE 染色, b: サイトケラチン, c: アクチン) ①

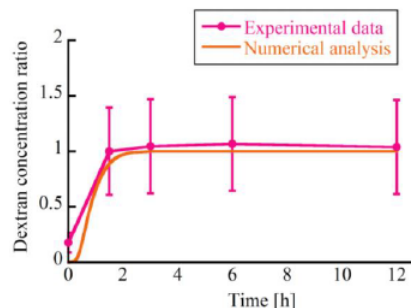


図 6. ゲルビーズからの蛍光デキストランの徐放および濃度勾配の形成①

(2) 細胞含有ゲルファイバおよび周期的力学刺激を用いた立毛筋様組織の再生

図 7 および図 8 に Control 群および Cyclic stretch 群における細胞ファイバの蛍光染色像を示す。引張刺激を印加することによる細胞ファイバ内の死細胞数の変化は確認されなかった。これより、周期的引張刺激の印加による細胞へのダメージはないと考えられる。また、引張刺激を印加したことで、楕円形状に伸展した筋管様の細胞において、引張刺激を印加していない細胞ファイバと比較して、筋管様の細胞が太く長くなる傾向があった。

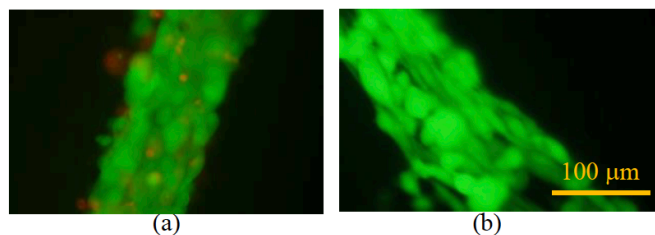


図 7. 筋芽細胞含有ゲルファイバの calcein-AM/PI 蛍光染色像
(a: 静置培養, b: 周期的引張刺激)

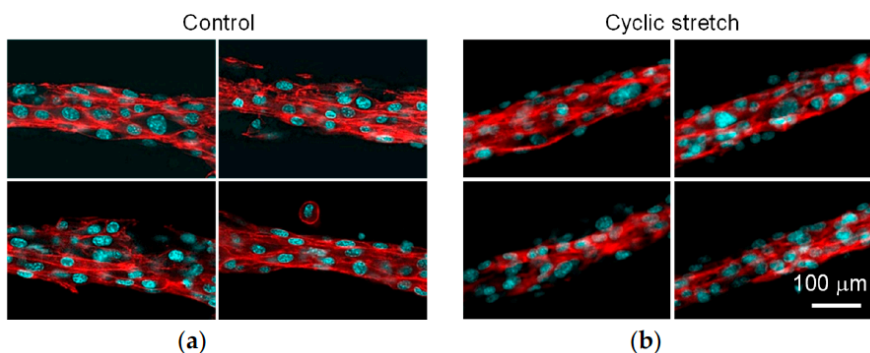


図 8. 筋芽細胞含有ゲルファイバの Rhodamine-Phalloidin/DAPI 蛍光染色像
(a: 静置培養, b: 周期的引張刺激) ③

(3) まとめ

本研究では、多層ゲルビーズ構造体を用いた毛包様組織の再生と力学的刺激を用いた立毛筋様組織の再生に成功している。これらの培養手法はいずれも完全に生体外プロセスのみで実現されたものであり、生体外での毛髪組織の大量再生に適した培養技術であると言える。今後、毛包様構造体、立毛筋様構造体をマウス皮下に埋入した動物試験を実施することで、毛髪形成が行われるのか検証することで、大規模な毛髪の再生医療への展開が期待できる。さらに、生体外プロセスのみでの毛包および周辺付属器官の再生は、創薬スクリーニングにおいても重要な役割

を果たすと考えられる。

<引用文献>

- ① 須見隆弘, 菅野亜紀, 矢澤華子, 井上肇, 宮田昌悟, “毛包構造を模擬した三次元細胞培養法による生体外における毛包再生”, 日本機械学会第 29 回バイオエンジニアリング講演会, 2017.
- ② 坂齊史奈子, 森倉峻, 善明大樹, 宮田昌悟, “繰り返し引張刺激が筋芽細胞包含ゲルファイバの組織成熟化に与える影響”, 日本機械学会第 9 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 2018.
- ③ Shinako Bansai, Takashi Morikura, Hiroaki Onoe, and Shogo Miyata, “Effect of Cyclic Stretch on Tissue Maturation in Myoblast-Laden Hydrogel Fibers”, *Micromachines*, 2019, 10(6), 399

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Shinako Bansai, Takashi Morikura, Hiroaki Onoe, Shogo Miyata	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of cyclic stretch on tissue maturation in myoblast-laden hydrogel fibers.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 399
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.3390/mi10060399	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 Takashi Morikura, Shogo Miyata	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of mechanical compression on invasion process of malignant melanoma using in vitro three-dimensional cell culture model.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 666
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.3390/mi10100666	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 Daiki Zenmyo, Shogo Miyata	4. 巻 10
2. 論文標題 Evaluation of lipid accumulation using electrical impedance measurement under three-dimensional culture condition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 455
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.3390/mi10070455	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 Kohei Kasai, Shugo Tohyama, Hayato Suzuki, Sho Tanosaki, Keiichi Fukuda, Jun Fujita, Shogo Miyata	4. 巻 111
2. 論文標題 Cost-effective culture of human induced pluripotent stem cells using UV/ozone modified culture plastics with reduction of cell-adhesive matrix coating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 110788
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1016/j.msec.2020.110788	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 善明大樹, 木部善清, 宮田昌悟	4. 巻 39
2. 論文標題 軟骨前駆細胞の分化と圧縮刺激応答に対する多血小板血漿の濃度依存性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 283-291
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 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 善明大樹, 宮田昌悟	4. 巻 84
2. 論文標題 電気インピーダンスを用いた脂肪前駆細胞の脂肪分化および脂肪滴蓄積の長期モニタリング	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 17-00549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1299/transjsme.17-00549	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 柴田彩乃, 宮田昌悟	4. 巻 55
2. 論文標題 UV/ozon表面改質処理を施したポリ乳酸上の細胞接着性評価と表面構造の分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 材料の科学と工学	6. 最初と最後の頁 100-107
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 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 Yuka Kimura, Kohei Kasai, Shogo Miyata	4. 巻 92
2. 論文標題 Feeder-free culture for mouse induced pluripotent stem cells by using UV/ozone surface-modified substrates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 280-286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1016/j.msec.2018.06.053.	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 杉本 遊、宮田 昌悟	4. 巻 83
2. 論文標題 誘電泳動を用いた細胞の多階層アセンブリ技術および皮膚組織エレメントへの展開	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 16-00387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1299/transjsme.16-00387	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 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Yuma Yamanoi, Shogo Miyata
2. 発表標題 Influence of surface modification of polystyrene using spectrum-controlled UV radiation on mouse embryonic stem cell culture.
3. 学会等名 the 17th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Zenmyo, Shogo Miyata
2. 発表標題 Detection of adipocyte differentiation and lipid accumulation using electrical impedance measurement
3. 学会等名 the 17th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Morikura, Shogo Miyata
2. 発表標題 Effect of static compression on invasion process of malignant melanoma cells within in vitro three-dimensional culture.
3. 学会等名 the 17th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keitaro Kasahara, Yuta Kurashina, Shigenori Miura, Shogo Miyata, Hiroaki Onoe
2. 発表標題 Shape deformation analysis of single cell in 3D tissue under mechanical stimuli
3. 学会等名 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems & Eurosensors XXXIII (TRANSDUCERS & EUROSensors XXXIII) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Morikura, Takashi Ushida, Shogo Miyata
2. 発表標題 Effect of mechanical intermittent compression on invasion of in vitro 3D melanoma model.
3. 学会等名 BMES 2019 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Suzuki, Kohei Kasai, Shogo Miyata
2. 発表標題 Combined process of UV/ozone surface modification and atmospheric pressure plasma treatment for cell culture plastics to improve stem cell culture.
3. 学会等名 7th International Symposium on Surfaces and Interfaces for Biomaterials (ISSIB 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野みさき, 佐藤大夢, 宮田昌悟
2. 発表標題 電気刺激印加可能な筋組織再生・収縮力測定デバイスの開発
3. 学会等名 日本機械学会第33回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤紗世理, 井上雄斗, 宮田昌悟
2. 発表標題 ハンギングドロップ法と旋回培養の融合による細胞スフェロイド構築
3. 学会等名 日本機械学会第33回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福本謙, 井上雄斗, 宮田昌悟
2. 発表標題 ハンギングドロップ法を用いた多層構造スフェロイドの作製
3. 学会等名 日本機械学会第33回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田貴之, 馬淵将来, 須見隆弘, 宮田昌悟
2. 発表標題 周期的機械刺激が微小な球状筋組織内の力学的環境と組織成熟に与える影響の解明
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田貴之, 馬淵将来, 須見隆弘, 宮田昌悟
2. 発表標題 球状の微小筋組織に周期的吸引刺激を印加可能な培養デバイス
3. 学会等名 第19回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤大夢, 宮田昌悟
2. 発表標題 生体外真皮モデルを対象とした梁構造を活用した組織収縮力測定デバイス
3. 学会等名 日本機械学会第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬淵将来, 須見隆弘, 善明大樹, 宮田昌悟
2. 発表標題 筋芽細胞包含コラーゲングルピースへの力学的刺激が筋組織再生に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森倉峻, 宮田昌悟
2. 発表標題 間欠的圧縮変形刺激がin vitro三次元悪性黒色腫モデルの細胞増殖および遊走能に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会第30回バイオフロンティア講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森倉峻, 宮田昌悟
2. 発表標題 間欠的圧縮変形刺激がin vitro三次元悪性黒色腫モデルの細胞増殖を伴う浸潤プロセスに与える影響
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Morikura, Shogo Miyata
2. 発表標題 Effect of mechanical compression on invasion process of malignant melanoma using in vitro three-dimensional cell culture model
3. 学会等名 The 8th World Congress of Biomechanics (WCB 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Sumi, Shogo Miyata
2. 発表標題 Mechanical stimulation device for spherical micro-muscular tissues
3. 学会等名 TERMIS World Congress 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Suzuki, Kohei Kasai, Yuka Kimura, Shogo Miyata
2. 発表標題 Improvement of pluripotent stem cell culture efficiency using UV/ozone surface modification combined with atmospheric pressure plasma treatment
3. 学会等名 TERMIS World Congress 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮田昌悟, 馬淵将来, 須見隆弘, 石井 順, 柏木 維人, 矢澤 華子, 矢澤 卓
2. 発表標題 微小筋組織の再構築を促進する力学的刺激印加デバイス
3. 学会等名 第18回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮田 昌悟, 笠井 浩平, 遠山 周吾, 鈴木 隼人, 田野崎 翔, 藤田 淳, 福田 恵一
2. 発表標題 UV/ozone 表面改質を施した培養基材によるヒト iPS 細胞培養の効率化
3. 学会等名 第18回日本再生医療学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Sumi, Aki Sugeno, Hanako Yazawa, Hajime Inoue, Shogo Miyata
2. 発表標題 In vitro hair follicle regeneration by three-dimensional cell culture simulating in vivo cellular organization
3. 学会等名 the XXVI Congress of the International Society of Biomechanics 2017 (ISB 2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hayato Suzuki, Kohei Kasai, Yuka Kimura, Shogo Miyata
2. 発表標題 Development of cell culture substrate for ES cells with surface modification using UV/Ozone and atmospheric pressure plasma treatments
3. 学会等名 the XXVI Congress of the International Society of Biomechanics 2017 (ISB 2017)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

宮田研究室ホームページ
<http://www.miyata.mech.keio.ac.jp/>

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
--	---------------------------	-----------------------	----