



抄録集

日時

2026年3月19日(木)
11:00-12:00

2026年3月20日(金)
11:00-12:00

会場

神戸国際展示場 2号館 1F
コンベンションホール 特設ステージ



一般社団法人日本再生医療学会 産学連携ユニット

※本イベントは、AMED 再生医療等実用化基盤整備促進事業の支援を受けて開催いたします。

目次

2026年3月19日(木) 11:00 - 12:00

座長：林 洋平

1-01. 草森 浩輔 (東京理科大学)	1
1-02. 蟹江 慧 (近畿大学)	2
1-03. 渡邊 大記 (大阪大学)	3
1-04. 船木 真理 (徳島大学)	4
1-05. 金 美海 (大阪大学)	5
1-06. 山田 将博 (東北大学)	6
1-07. 山本 陸 (大阪大学)	7
1-08. 松浦 徹 (関西医科大学)	8
1-09. 石川 邦夫 (九州大学)	9
1-10. 小川 優子 (神戸医療産業都市推進機構)	10

2026年3月20日(金) 11:00 - 12:00

座長：渡部 正利喜

2-01. 石川 充 (藤田医科大学)	11
2-02. 林 洋平 (京都大学 iPS 細胞研究財団)	12
2-03. 山原 研一 (兵庫医科大学)	13
2-04. 寺島 潤 (岩手医科大学)	14
2-05. 松岡 由和 (関西医科大学)	15
2-06. 三宅 丈雄 (早稲田大学)	16
2-07. 福田 尚司 (東京医科大学)	17
2-08. 安野 嘉晃 (筑波大学)	18
2-09. 加藤 竜司 (名古屋大学)	19
2-10. 斉藤 陽一 (慶應義塾大学)	20

二次性リンパ浮腫治療を目的としたリンパ節再生型細胞医薬の開発

草森 浩輔（東京理科大学 薬学部）

二次性リンパ浮腫治療を目的としたリンパ節再生型細胞医薬の開発
Development of a lymphatic regeneration cell-based therapeutic for the treatment of secondary lymphedema

東京理科大学薬学部 草森 浩輔
Faculty of Pharmacy, Keio University, Tokyo, Japan

研究目的
二次性リンパ浮腫は、がんの外科的手術などに伴うリンパ節切除によりリンパ流が障害され、間質液が貯留することで四肢に慢性的な浮腫を生じる難治性疾患である。進行に伴い関節拘縮や蜂窩織炎を合併し、患者の生活の質を著しく低下させることから、根本的治療法の開発が強く求められている。しかしながら、欠損したリンパ節を再生する治療法は現在確立されていない。我々はこれまでに、移植細胞の生存性と機能維持に優れる細胞シート技術に着目し、遠隔心を利用して間葉系間質細胞とリンパ管内皮細胞を三次元的に積層化する独自技術を開発した

研究背景
二次性リンパ浮腫は、がんの外科的手術などに伴うリンパ節切除によりリンパ流が障害され、間質液が貯留することで四肢に慢性的な浮腫を生じる難治性疾患である。進行に伴い関節拘縮や蜂窩織炎を合併し、患者の生活の質を著しく低下させることから、根本的治療法の開発が強く求められている。しかしながら、欠損したリンパ節を再生する治療法は現在確立されていない。我々はこれまでに、移植細胞の生存性と機能維持に優れる細胞シート技術に着目し、遠隔心を利用して間葉系間質細胞とリンパ管内皮細胞を三次元的に積層化する独自技術を開発した

研究内容
二次性リンパ浮腫治療を目的としたリンパ節再生型細胞医薬の開発

研究結果
二次性リンパ浮腫治療を目的としたリンパ節再生型細胞医薬の開発

結論
二次性リンパ浮腫治療を目的としたリンパ節再生型細胞医薬の開発

東京理科大学
Faculty of Pharmacy, Keio University, Tokyo, Japan

二次性リンパ浮腫は、がんの外科的手術などに伴うリンパ節切除によりリンパ流が障害され、間質液が貯留することで四肢に慢性的な浮腫を生じる難治性疾患である。進行に伴い関節拘縮や蜂窩織炎を合併し、患者の生活の質を著しく低下させることから、根本的治療法の開発が強く求められている。しかしながら、欠損したリンパ節を再生する治療法は現在確立されていない。我々はこれまでに、移植細胞の生存性と機能維持に優れる細胞シート技術に着目し、遠隔心を利用して間葉系間質細胞とリンパ管内皮細胞を三次元的に積層化する独自技術を開発した

(WO/2024/085257)。本技術により作製したリンパ管網を内蔵する細胞シートを

centrifuge-based bioengineered lymphatic tissue (CeLyT)と名付けた。本研究では、CeLyT 移植による機能的リンパ節再構築および二次性リンパ浮腫治療の可能性を検証した。膝窩および鼠径リンパ節を切除して作製したリンパ浮腫モデルマウスの膝窩部へ CeLyT を移植した結果、移植 21 日後にはリンパ流の改善と下肢浮腫の著明な軽減が認められた。さらに、移植部位にはリンパ節様組織が形成され、免疫細胞の集積、高内皮細静脈や髄質構造の形成など、生体リンパ節に類似した組織構築が確認された。加えて、免疫賦活刺激に対するサイトカイン産生応答や、遠隔リンパ節とのリンパ流接続も確認された。これらの結果は、CeLyT 移植により、免疫機能と濾過機能を有する機能的リンパ節の再生が可能であることを示しており、二次性リンパ浮腫に対する革新的再生医療シーズとして高い社会実装ポテンシャルを有する。

連絡先

kusamori@rs.tus.ac.jp



渡邊 大記（大阪大学基礎工学研究科機能創成専攻）

再生医療学会 総会 2026

三次元浮遊培養法設計のための
攪拌シミュレータと培養装置

流体シミュレータ
Interax

形状データ

液物性
回転数
液体の量など

※複雑な事前準備不要！

攪拌翼無し攪拌機
Mixcell

Simple container
(square, sphere, etc.)

✓ Duck liver cells ✓ MSC with MC ✓ HEK293

Interested?   

大阪大学基礎工学研究科
<https://fm.me.es.osaka-u.ac.jp>
 d.watanabe@fm.me.es.osaka-u.ac.jp (渡邊大記)

我々は、高性能・高速で、かつ誰でも使える「攪拌シミュレータ」を開発している。攪拌は、化学工業や食品工業をはじめとするあらゆるモノづくりにおいて不可欠な単位操作であり、再生医療分野においてもその重要性は極めて高い。特にヒトiPS細胞の大量培養では、三次元浮遊培養法が主流となっており、楕円板の上下振動、水車型翼の回転、培養容器の振とうなど、目的やスケールに応じた多様な攪拌方式が提案・利用されてきた。一方で、培地の物性値、細胞種や凝集体の性状、培養装置の形状・寸法などが多岐にわたるため、最適な攪拌条件の設計は依然として経験と試行錯誤に大きく依存している。とりわけスケールアップ段階では、培地や細胞のコスト、実験回数の制約、条件再現性の確保といった観点から、実験のみで最適条件を探索することには限界がある。このような背景から、数値シミュレーションを活用した合理的な攪拌条件設計への期待は大きい。

しかしながら、既存の商用あるいはオープンソースの流体解析ソフトウェアは、解析前のメッシュ生成や設定、解析後の事後処理が煩雑であり、専門的な知識を要する。そのため、培養を担う研究者や技術者が日常的に利用することは難しく、現場への普及を妨げる要因となっている。そのような背景から、我々は攪拌条件設計における試行錯誤からの脱却を目指し、現場で直感的に扱える高速・高精度な攪拌シミュレータの開発に取り組んでいる。本シミュレータは、従来不可欠であったメッシュ生成を必要とせず、移動境界を伴う問題や固・気・液の三相流を正確かつ迅速に解析できる点を特徴とする。さらに、解析結果の事後処理においても、細胞の空間分布、細胞に作用する物理的ストレス、酸素や栄養分の輸送・分散挙動など、細胞培養の理解と装置設計に直結する情報を迅速に可視化することが可能である。テクノオクシオンでは、開発した攪拌シミュレータを用いた解析事例を通じて、浮遊培養における攪拌の役割や現象理解の可能性を示すとともに、企業との共同研究による実装・高度化の展望について議論したい。

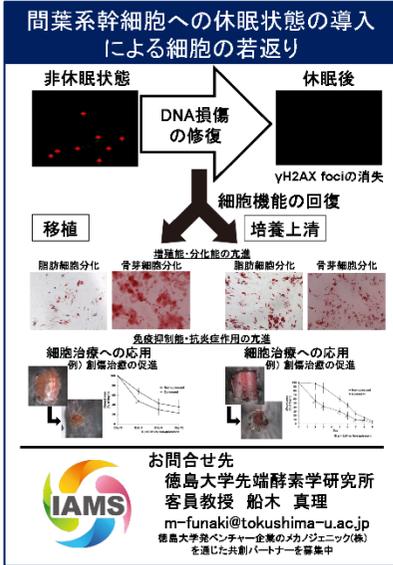
連絡先

d.watanabe@fm.me.es.osaka-u.ac.jp



休眠した脂肪組織由来間葉系幹細胞は DNA の損傷修復を通じて形質の老化を回復させ、他の老化間葉系幹細胞の増殖能・分化能を改善させながら治療効果を高める

船木 真理 (徳島大学先端酵素学研究所)



間葉系幹細胞(MSC)を用いた再生医療・細胞治療が注目されている。しかしMSCの老化、特に慢性炎症の状態にある患者の体内環境でMSCが早期細胞老化を来す細胞老化随伴分泌現象(Senescence-Associated Secretory Phenotype, SASP)はMSCの増殖能・分化能や、免疫抑制・抗炎症作用を著しく損ない、MSCを使った再生医療に大きな障害となっている。そこでMSCの細胞老化に対する様々な取り組みがなされているが、十分な成果が得られていない。我々はこれまで、脂肪組織の硬度を模したゲルを使う三次元培養で脂肪組織由来間葉系幹細胞(ADSC)に増殖や分化の停止した休眠状態を導入することにより、高血糖状態で惹起されるADSCのSASPが解除され、ADSCが再び免疫抑制作用・抗炎症作用を発揮することを報告した。そこで今回、休眠状態を経ることが老化ADSCの細胞機能にもたらす作用を検討した。プラスチックディッシュ

で10世代以上継代したADSCにおいては細胞が扁平化し、DNA二重鎖の切断が見られ、細胞が老化した状態と考えられた。これらの老化ADSCをゲル内で培養することで休眠状態を導入した後、細胞をゲルから回収してプラスチックディッシュに蒔き、再び非休眠状態にした。休眠状態を経たADSCにおいてはDNA二重鎖の切断が劇的に減少し、プラスチックディッシュ上で非休眠状態にて培養され続けたADSCに比較して高い増殖能、分化能および免疫抑制作用・抗炎症作用を示した。続いて老化ADSCを用い、引き続きプラスチックディッシュ上で非休眠状態にて培養して老化したままのADSCと、脂肪組織の硬度を模したゲル内での培養により休眠状態を導入したADSCを準備し、これらの培養上清を回収した。10世代以上継代した老化ADSCをプラスチックディッシュ上に蒔き、これらの培養上清を加えて増殖能、分化能および免疫抑制作用・抗炎症作用を検討した。すると非休眠状態のADSC由来の培養上清に比較し、休眠状態のADSC由来の培養上清は、10世代以上継代した老化ADSCにおける増殖能、分化能、および免疫抑制作用・抗炎症作用を有意に改善させた。ADSCを用いた再生医療を行う際、患者あるいは提供者由来のADSCを一旦休眠状態にすることにより、ADSCの治療効果を著しく向上させると考えられる。

連絡先

m-funaki@tokushima-u.ac.jp



山本 陸 (大阪大学大学院工学研究科)

再生医療用細胞培養テクノロジー
細胞の大量製造に向けた塑性流体を用いた細胞製造技術の開発

大阪大学
bio.eng.osaka-u.ac.jp

大量製造工程におけるシナジー
～操作の役割と影響～

上流工程	下流工程
<p>細胞培養の役割</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 細胞の増殖 ● 細胞の選別 ● 細胞の凍結 <p>無攪拌培養の役割</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 細胞の増殖 ● 細胞の選別 ● 細胞の凍結 	<p>細胞培養の役割</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 細胞の増殖 ● 細胞の選別 ● 細胞の凍結 <p>無攪拌分注技術の役割</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 細胞の増殖 ● 細胞の選別 ● 細胞の凍結

製造工程のスケールアップ技術が必要とされていますか？

塑性流体を用いた製造技術

～塑性流体とは～
細胞の増殖・選別・凍結に必要となる、流動せず、固体のように振る舞う流体である。

無攪拌培養技術	無攪拌分注技術
<ul style="list-style-type: none"> ● 懸濁液中の細胞増殖 ● 無攪拌での細胞選別 ● 高圧による凍結可能 ● 高圧による酸素供給可能 ● 高圧による細胞培養 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高圧での細胞増殖 ● 高圧での細胞選別 ● シンクでの分注可能 ● 高圧での凍結可能 ● 凍結保持での凍結可能

技術実績など

- 細胞の増殖・選別・凍結に関する「細胞の培養方法」(特許6787888)、「細胞の分注方法」(特許6854553) など
- 10の大阪府産学連携にて10億個以上のiPS細胞の大量培養実験 [Tokura T. et al., (2021)]
- 筑波大学など学術論文や学会での発表 [Yamamoto R. et al., (2021)] など
- 塑性流体製造装置の細胞製造装置との活用コンソーシアムの構築

お問い合わせ

1) 山本 陸 yamamoto_riku@bio.eng.osaka-u.ac.jp
2) 石川 正樹 ishikawa_masahiko@bio.eng.osaka-u.ac.jp
(注) 宛先は、必ず、山本 陸 先生宛にしてください。お問い合わせは、必ず、お問い合わせフォームからお願いいたします。

再生医療において、大量製造工程の構築は喫緊の課題として考えられる。特に、バンキングされた細胞の大量培養工程に加え、細胞の安定した分注凍結工程までの、上流から下流までの一貫した工程構築戦略が求められている。発表者を含む大阪大学の細胞製造コトづくり拠点では、先述の課題解決に向け、“塑性流体”を用いた細胞製造技術の開発を進めてきた。“塑性流体”とは、降伏値を超える応力が加わるまでは流動せず、固体のように振る舞う流体である。そのためこの固体状態と液体状態を上手に切り替えることで、無攪拌での細胞の浮遊維持が可能となる。これまでに、コトづくり拠点の研究チームでは、塑性流体を活用することで、懸濁培養時における低せん断応力の酸素供給方法の開発、またソフトプラスチック製のシングルユースの10 Lの培養装置を用い、未分化のヒトiPS細胞を110億個まで“再現よく”増幅培養することに2021年に世界で初めて成功している。分注凍結工程においては、塑性流動特性を持つ凍結保護剤の利用により、無攪拌で均一に細胞を分注可能とし、高い安定性を示す工程を開発している。これらの技術は特許取得を進めており、既に国内で2件の登録(KP2018008, KP201906)、各国移行を含めると7件の特許出願を行っている。また、このような技術開発を進める大阪大学のコトづくり拠点は、素材提供企業、細胞製品の大量製造設備開発企業、ユーザーとなる大量細胞製造企業の国内企業3社とともに、2024年から塑性流体活用コンソーシアムを形成している。本コンソーシアムは、塑性流体関連特許を研究活動に非独占的に無償で実施可能な体制を構築しており、提供企業からユーザーまでの製造実現につながる仕組みを持つ。こちらの素材提供企業では、臨床可能なグレードとして毒性試験などが進められており、医療応用への早期展開も可能である。本企画では、このような、発表者の拠点が持つ製造技術を共有し、コンソーシアムへの参画も含めパートナーシップを構築できればと考えております。



石川 邦夫（九州大学大学院歯学研究院生体材料学分野）

炭酸アパタイト人工骨による軟骨再生
～骨髄は幹細胞の要～

炭酸アパタイト人工骨は、骨リモデリングによって骨髄を壊る骨に置換される。一方、骨髄は幹細胞の要であり、造血幹細胞、間葉系幹細胞を含む。骨髄を破壊するとラットは死にますが、骨髄を壊る炭酸アパタイト人工骨を皮下埋植すると生存し、免疫細胞が完全に復活することを報告した。

骨髄には軟骨細胞に分化する間葉系幹細胞も存在すること、軟骨損傷は軟骨部位のみの損傷ではなく骨軟骨ユニットの損傷であると考えらるべきであること、自家軟骨移植細胞の代替として炭酸アパタイト人工骨を用いた動物実験を行ったところ、術後4週目から硝子軟骨が形成されること、術後12週目には炭酸アパタイト人工骨が新しい骨に置換されることがわかった。

九州大学
石川 邦夫
ishikawa@dent.kyushu-u.ac.jp
https://nkou5.dent.kyushu-u.ac.jp

軟骨欠損の修復においては、関節軟骨のみを再生対象とするのでは不十分であり、osteochondral unit(骨軟骨単位)の概念が示すように、関節軟骨と軟骨下骨を一体として再生することが重要である。関節軟骨は軟骨下骨と力学的・生物学的に密接に関連しており、軟骨下骨の構造やリモデリング状態は再生軟骨の成熟や長期的な機能に大きな影響を及ぼす。特に、軟骨下骨が硬化した状態では再生軟骨に過剰な剪断応力が生じ、線維軟骨化や早期摩耗を招くことが知られている。また、軟骨下骨は骨髄由来間葉系幹細胞や成長因子の供給源としても重要である。骨の無機組成は炭酸アパタイトであり、炭酸アパタイト人工骨は優れた骨伝導性を示すとともに、骨リモデリングに調和して新生骨へと置換される特性を有する。炭酸アパタイト人工骨が新生骨に置換される際にはその内部に幹細胞ニッチとして機能する骨髄が形成される。我々はこれまでに、炭酸アパタイト人工骨

内部に、造血幹細胞様細胞(CD34⁺CD45⁻)を含む骨髄が形成されること、ならびに骨髄破壊ラット皮下に当該人工骨を埋植することで骨髄破壊ラットの生存が可能となり、骨髄機能が完全に回復されることを報告してきた。本研究では、ウサギ大腿骨滑車部に直径 3.5 mm、深さ 5 mm の骨欠損を作成し、直径 3.5mm、長さ 4mm の炭酸アパタイト人工骨を埋入した。術後 4 週および 12 週に μ CT および病理組織学的評価を行った。その結果、対照群(炭酸アパタイト人工骨を埋植しない群)では術後12週目でも十分な骨再生は認められなかった。一方、炭酸アパタイト人工骨で骨欠損部を再建すると、術後4週目で炭酸アパタイト人工骨表面に骨が形成されており、術後12週目で炭酸アパタイト人工骨は軟骨下骨に置換されていた。また、術後4週の段階でサフランin O 染色陽性、II型コラーゲン染色陽性の硝子軟骨が炭酸アパタイト人工骨表面に形成され、術後12週にはサフランin O 染色陽性、II型コラーゲン染色陽性の硝子軟骨が軟骨下骨表面に形成されることがわかった。以上より、炭酸アパタイト人工骨は造血幹細胞を含む骨髄ニッチを形成可能な軟骨下骨再建材料であり、骨軟骨単位の再建を通じて軟骨欠損修復に有用であると考えられた。



小川 優子 (神戸医療産業都市推進機構)

**遠心分離を行わない次世代の血球分離技術：
マイクロ流体デバイス**

神戸医療産業都市推進機構 山崎 隆 技術本部 小川 優子 小川 隆子

マイクロ流体デバイス：細胞サイズによる精密な分離を実現

コ分離原理 遠心を行うことなく目的細胞の分離が可能

① 押流によって分離流路間に細胞を押し付ける
② 濃縮膜によって目的細胞の濃縮(押し込み)、濃縮の中心部から分離を行う

【濃縮膜構造】
細胞室
分離流路
主流路
押流
分離流路
細胞室
濃縮膜
主流路
中流路
小流路

① 細胞室に細胞を押し込む
② 濃縮膜によって細胞を濃縮する
③ 濃縮膜の中心部から細胞を分離する

サイズが小さい細胞から分離するため、細胞数が多くても負担を軽減できる。

主な特徴

- 遠心を行わないため、細胞へのダメージが少ない
物理的なストレスが少なく、高い回収率が期待できる
- 高い分離精度と回収率
① 濃縮膜の厚さを調整し、細胞の完全除去や濃縮(②)の調整が可能
② 濃縮膜の厚さを調整し、細胞の回収率を向上させる
- 抗体や試薬を使用せずに分離が可能
濃縮膜の厚さを調整し、抗体の回収率を向上させる
- 操作が簡便で自動化が可能
濃縮膜の厚さを調整し、細胞の回収率を向上させる
- コンパクトで省スペース
名刺サイズ(50mm×90mm)、結構厚に使い切り
- スケールビリティに優れる
シリコン、ガラス、プラスチックなどから選べる

連絡先：神戸医療産業都市推進機構 山崎 隆 技術本部 TEL: 078-394-5777 E-mail: ogawa.yuko@fbri.org

全血からの血液細胞の分離は1世紀近く遠心分離法によって行われている。遠心分離法による血球分離は、輸血分野のみならず造血細胞移植分野(臍帯血製剤など)、がん免疫治療分野(CART製剤など)、再生医療分野(CD34陽性細胞を用いた虚血性疾患に対する治療など)など多くの医療分野で用いられている。一方、研究の進展に伴い、遠心分離法の分離性能の限界、同法による血球細胞の機能低下、専門作業員の確保の問題などが生じており、遠心分離法に変わる分離技術が求められている。そこで我々は、次世代の血球分離技術として、遠心分離を用いることなく目的細胞を分離することが可能なマイクロ流体デバイスに着目した。マイクロ流体デバイスは水力学的濾過法に基づき、細胞を流路下でサイズに従って精密に分離し、濃縮までを同時に行うことが可能な手法である。デバイスサイズは非常にコンパクト(名刺サイズ：60 mm×90 mm)で、少ない作業工程で分離

細胞を得ることが可能である。また、デバイスを並列化させ、分離の際に使用する枚数を変えることで分離スケールを自由に調整することが可能という特徴がある。本デバイスは流路の設計次第で、様々な分野への展開が応用可能である。現状、我々は臍帯血または成人の末梢血中における血球分離を主軸とした開発を行っている。臍帯血を用いた分離性能評価の結果、本デバイスは①血小板を完全に除去することが可能で、②赤血球の除去率は約99.7%、③従来法と比して有核細胞の回収率が高く、④CD34陽性細胞の回収率も従来法と比較して高い値を示し、⑤抗体と反応させることなく、流すだけで臍帯血中の幼弱なT細胞を高い純度で分離することが可能、という特徴を有する。更に、本法は分離過程で遠心を行わないことから、細胞へのダメージが少ない。そのため、本デバイスを用いて得られたCD34陽性細胞分画を脳梗塞モデルマウスに投与し治療効果を検討したところ、従来法よりも高い治療効果が得られた。遠心分離を行うことなく目的細胞を得ることが可能な本デバイス法は、より生体内に近い状態で目的細胞を分離することが可能となり、従来法では得られなかった細胞を得ることが出来ることから、新たな研究に発展していく可能性があると考えている。

連絡先

ogawa.yuko@fbri.org



石川 充（藤田医科大学 精神・神経病態解明センター 神経再生・創薬研究部門）

第 8 回 再生医療産学連携テクノフォーラム（2026年）
 カスタム遺伝子の一過性高発現を可能にするヒト iPS 細胞株の導出

藤田医科大学 精神・神経病態解明センター
 神経再生・創薬研究部門（岡野栄之 研究室）
 石川 充 

2026年3月20日(金) 11:00～（番号:2-01）

研究者HP



【要旨】
 本技術は、カスタマーの研究目的や実験設計に応じて任意の遺伝子をヒト iPS 細胞へ導入し、安価に制御可能な細胞株を比較的迅速に提供することである。遺伝子導入にはプラスミドベクターあるいはウイルスを用い、安定発現系の構築に加えて、目的に応じた発現制御系（主に TetO 駆動系）の設計を行う。導入後は遺伝子発現量を定量的に評価し、そのデータを添えて細胞株を提供するため、受領後すぐに機能解析や分化誘導研究へ移行できる。細胞株は品質と再現性を担保するため、複数のモノクローン株およびポリクローン株の双方を作製して返却する。これにより、クローン特異的な発現型の検証から集団としての挙動評価まで、幅広い研究ニーズに対応可能である。標準的に本技術の提供を除外すれば、設計開始から約2～3か月で提供可能であり、研究開発の加速に貢献する。

さらに、主として分化誘導を目的とした遺伝子導入を希望する場合には、候補遺伝子の探索段階からコンサルティングを行い、最適な遺伝子セットや発現戦略を提案する。これにより、単なる細胞作製にとどまらず、実験成功確率を高める包括的支援を実現する。本取り組みは現時点では共同研究を基盤として実施しており、試薬・消耗品等に関して一定の費用負担をお願いしているが、柔軟な連携体制のもとでアカデミアおよび企業双方の多様な研究開発ニーズに対応する次世代型 iPS 細胞エンジニアリング基盤を提供する。

主な対象細胞：神経系細胞、その他の細胞（応相談）

連絡先(石川 充)： mitsuru.ishikawa@fujita-hu.ac.jp

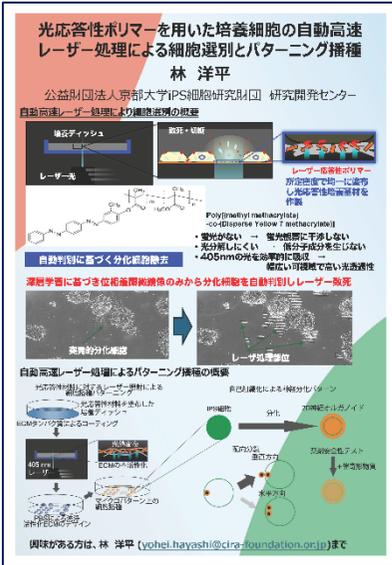
本技術は、カスタマーの研究目的や実験設計に応じて任意の遺伝子をヒト iPS 細胞へ導入し、高度に制御可能な細胞株を迅速に提供するものである。遺伝子導入にはプラスミドベクターあるいはウイルスを用い、安定発現系の構築に加えて、目的に応じた発現制御系（主に TetO 駆動系）の設計にも対応する。導入後は遺伝子発現量を定量的に評価し、そのデータを添えて細胞株を提供するため、受領後すぐに機能解析や分化誘導研究へ移行できる。細胞株は品質と再現性を担保するため、複数のモノクローン株およびポリクローン株の双方を作製して返却する。これにより、クローン特異的な表現型の検証から集団としての挙動評価まで、幅広い研究ニーズに対応可能である。標準的には設計開始から約2～3か月

で提供可能であり、研究開発の加速に貢献する。さらに、主として分化誘導を目的とした遺伝子導入を希望する場合には、候補遺伝子の探索段階からコンサルティングを行い、最適な遺伝子セットや発現戦略を提案する。これにより、単なる細胞作製にとどまらず、実験成功確率を高める包括的支援を実現する。本取り組みは現時点では共同研究を基盤として実施しており、試薬・消耗品等に関して一定の費用負担をお願いしているが、柔軟な連携体制のもとでアカデミアおよび企業双方の多様な研究開発ニーズに対応する次世代型 iPS 細胞エンジニアリング基盤を提供する。

連絡先

mitsuru.ishikawa@fujita-hu.ac.jp

林 洋平（京都大学 iPS 細胞研究財団）



再生医療の実用化が進むなか、多様な細胞を素材とする治療が広がり、培養ヒト細胞の利活用に向けた動きが本格化している。不要細胞の判別・除去（純化）は、基本的に人の手作業で行われていることがほとんどであるが、今後見込まれる細胞加工製品への需要の増加や品質管理の厳格化などに対応するため、こうした操作の自動化へのニーズが急速に高まっている。また、従来の培養法では個々の細胞の微小環境を制御することが困難であり、細胞状態の不均一性と曖昧性が生じる。これが基礎研究や創薬における実験結果の高い変動性と低い再現性の原因となっている。さらに再生医療においては、このような微小環境の不確実性が細胞製品の治療効果を低下させる可能性がある。そこで今回、こうした問題を解決するため、光応答性ポリマーの薄層を培養基材表面に導入し、培養液や細胞

を直接加熱しない可視光レーザーを高速で精密に走査させ、さらに、培養ディッシュ全域の顕微鏡観察を高速に取得する機能を備えた装置を開発した。この技術は、レーザーの照射エネルギーを光応答性ポリマー層だけで効率よく熱に変換でき、直上にある標的とする細胞への作用を最大化するとともに周辺の細胞を含む培養系全体への影響を最小限に抑えることができるため、処理速度と精度が飛躍的に向上した。これを用いて、光応答性ポリマー層上で培養されたヒト iPS 細胞や分化細胞にレーザー照射によって自動的に除去させたところ、特定の細胞種の割合を高効率に純化できた。さらに、細胞を播種する前に ECM にレーザー処理して、不活化することで、播種細胞のパターンニングも同じ技術で可能となった。この播種細胞のパターンニングにより、iPS 細胞からの神経分化のパターンニングを制御できることを見出した。この技術により、様々な接着細胞の自動選別が可能となり、微小環境を整備した条件でのより精密な細胞状態の制御が可能となると期待される。今回は、このような光応答性ポリマーを用いた培養細胞の自動高速レーザー処理による細胞選別とパターンニング播種の技術についての紹介を行う。

連絡先

yohei.hayashi@cira-foundation.or.jp



山原 研一（兵庫医科大学先端医学研究所分子細胞治療部門）

アカデミア・企業が保有する細胞シーズと Injectable Cell Scaffold(ICS)による社会・医療実装の加速
 兵庫医科大学・株式会社セルフオールド 山原 研一
 E-mail: yamahara@hyo-med.ac.jp

- 再生医療のボトルネック
 - ・移植後早期に多くの細胞が消失・死滅
 - ・生着率の低さが治療効果の再現性を阻害
 - ・事業化・社会実装の障壁
- 臨床開発状況
 - ・探索的治療実装中 (JRCT12052230115)
 - ・安全性確認済み
 - ・凍傷治療・血流改善を確証
 - ・医療機器として開発中(低コスト・低劣化)で上市
- Injectable Cell Scaffold (注射可能細胞足場) ICSという解決策
 - ・生体適合性・注射可能細胞足場
 - ・細胞接着性向上/アポトーシス抑制
 - ・局所免疫抑制・1週間での90%以上残存
- 非臨床エビデンス
 - ・移植細胞との相対により、血管モデルで効果率を顕著向上
 - ・動脈硬化血管モデルでも効果
- ICSの本質的価値
 - ・特定細胞種に依存しない
 - ・多様な細胞シーズと併用可能
 - ・細胞治療増強プラットフォーム
- 産学連携のご提案
 - ・共同研究
 - ・産学連携部
 - ・事業化連携

ICSを介した共創により、再生医療の社会実装を加速する

再生医療において、アカデミアおよび企業から多様な細胞シーズが創出・蓄積されている一方、それらを実臨床へと橋渡しする段階で、細胞生着性の問題から、治療効果の再現性が社会・医療実装の障壁となっている。特に移植後早期に細胞の多くが消失することが治療効果の不安定化につながっている。我々は、移植細胞を局所に長期間保持し、その機能を最大限に引き出すことを目的として、Injectable Cell Scaffold(ICS)を開発してきた。ICSは高い生体適合性を有する注射可能な細胞足場材料であり、細胞接着性・組織親和性に優れ、移植細胞のアポトーシスを抑制し、移植細胞の生着性向上を可能とする。虚血モデル動物においては、ICSと細胞の併用により血管新生・血流改善および組織修復

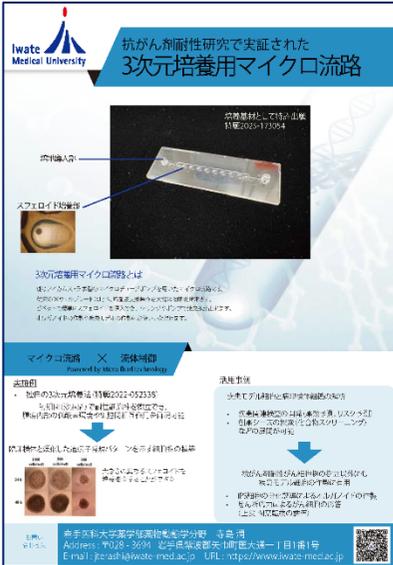
効果の有意な増強が確認されている。現在、我々は自家単核細胞とICSを組み合わせた血管新生療法について、探索的医師主導治験を実施中であり、その安全性を確認している。本技術の本質的価値は、特定の細胞種に依存せず、多様な細胞シーズと併用可能な汎用プラットフォームである点にある。すなわち、アカデミアや企業が研究・保有する各種細胞をICSと組み合わせることで、細胞移植の治療効果を高め、医療実装を向上させる。本発表では、ICSの技術特性および非臨床・臨床で得られた知見を概説するとともに、細胞シーズを有するアカデミア・企業との共創による応用展開について議論したい。ICSを介した産学連携により、再生医療の社会・医療実装を加速する新たなモデルの構築を目指す。

連絡先

yamahara@hyo-med.ac.jp



寺島 潤 (岩手医科大学薬学部薬物代謝動態学分野)



再生医療分野では、iPS 細胞や各種幹細胞、オルガノイドなどの高度な細胞培養技術が急速に発展している一方で、「培養操作の煩雑さ」「再現性のばらつき」「スループットや自動化への対応困難性」が、研究成果の社会実装や産業化を阻む大きな障壁となっている。特に、研究室レベルで確立された培養プロトコルを、臨床応用や事業化に耐えうる形でスケールアップするためには、培養プロセスそのものの標準化・自動化が不可欠である。本研究では、申請者らがこれまでに確立してきた 3 次元培養技術と、それを基盤とした新規培養デバイスの開発を通じて、再生医療分野における「培養自動化プラットフォーム」の社会実装を目指す。もともと本技術は、抗がん剤耐性がん細胞株を短期間かつ高再現性で樹立する目的で開発されたものであり、従来数か月を要していた耐性モデル構築を、約 2 週

間～1 か月という実用的な時間軸で可能にする点に大きな特徴がある。しかし本技術の本質的価値は、単なる抗がん剤耐性研究にとどまらず、「腫瘍微小環境を含む 3 次元培養を、標準化・自動化可能な形で提供できる点」にある。現在、アイカムスラボ(本社 盛岡市)と共同で開発を進めている培養デバイスは、培養液交換操作を大幅に効率化し、将来的なロボット制御や自動培養装置への実装を前提とした構造を有している。この特徴により、本技術はがん細胞のみならず、iPS 細胞や iPS 由来分化細胞、各種 3D 細胞モデルの培養にも応用可能であり、再生医療研究・細胞製造プロセス全般への波及効果が期待される。本テクノオクションを通じて、本研究シーズを再生医療分野の企業と共有し、培養装置開発、細胞製造、品質管理、創薬・診断支援など多様な領域における共創の可能性を探索したい。大学発の培養技術と企業のエンジニアリング・事業化ノウハウを融合させることで、再生医療研究の現場で真に使われる「自動化対応 3 次元培養プラットフォーム」の社会実装を実現することを目標とする。

連絡先

jterashi@iwate-med.ac.jp



遺伝子導入やゲノム編集でお困りの方に朗報！希少細胞やゲノム編集にも適用可能な新規電気穿孔法用バッファーのご紹介

松岡 由和（関西医科大学 医学部）

遺伝子導入やゲノム編集は近年の再生医療・遺伝子治療研究において不可欠な技術である。しかし、細胞種によっては導入効率が極めて低い、導入後の生存率や活性が低下する、あるいはバッファー組成の最適化が必要となるなど、多くの研究者が技術的障壁に直面している。本発表では、これらの課題を解決するために開発し、特許取得済み(特願 2024-186937、国際特許出願番号:PCT/JP2025/033647)である新規電気穿孔法用バッファーを紹介する。本バッファーは組成を大幅に改良することで、核酸やりボヌクレオタンパク質複合体(RNP)を高効率かつ高生存率で細胞内に導入することを可能にした。既存の電気穿孔装置をそのまま利用でき、従来の試薬と置き換えるだけで使用できる点も大きな

利点である。従来の試薬では細胞種ごとに最適なバッファーの調整が必要であったが、本製品はその汎用性の高さに特徴があり、血球細胞(特に希少な造血幹細胞)をはじめ、iPS 細胞、間葉系幹細胞、線維芽細胞など、多様な細胞種で安定した導入効率を実現する。また、血液細胞からの電気穿孔法による iPS 細胞樹立にも有効で、ごく少量の血液検体からの樹立が可能である点は臨床アプリケーションにおいても大きな利点となる。現在、研究者向けのユーザーテストも実施している。遺伝子導入や CRISPR/Cas9 システムを用いた遺伝子改変で課題を抱える研究者にとって、本バッファーは大きな選択肢となり得る。ぜひその有用性と使用感を体験いただきたい。

連絡先

matsuoka.yos@kmu.ac.jp



三宅 丈雄（早稲田大学大学院情報生産システム研究科）

背景/課題 Background/Problems

- 大きな・形状・新薬などの異なる物質を効率的かつ正確に細胞内に導入し、適切な種類の細胞が作られた。
- 細胞内の特定のタンパク質や遺伝子をナノチューブシステムを導入。
- 単細胞から異種細胞や組織化など、多様な細胞。

概要/解決策 Summary/Solutions

- 材料材: ナノチューブ(N)の導入を可能
- 制御: 細胞にNを導入するためのシステムも開発
- 制御材: 細胞にNを導入するためのシステムも開発
- 制御材: 細胞にNを導入するためのシステムも開発

優位性 Advantages

- 高い導入効率かつ細胞生存率も高
- ナノチューブや細胞小器官などの導入も可能
- 導入した細胞はそのままでも培養可能

今後の展望 Outlook

- 再生医療用細胞やCRISPR/Cas9の導入に向けた応用研究
- 細胞内での物質の移動や細胞内での機能維持
- ナノチューブや細胞小器官の導入による細胞の機能維持

【所属名称】 三宅 丈雄 (三宅 研)
 【所属】 早稲田大学 大学院情報生産システム研究科 【担当名称】 miyake@waseda.jp

ライフサイエンス分野において、細胞に外部から物質を導入する技術は、研究開発および応用の両面で基盤的かつ不可欠な要素である。細胞の種類や導入対象の分子に応じて、電気穿孔法、リポフェクション、ウイルスベクターなど多様な手法が用いられている。たとえば、2020年にノーベル化学賞を受賞したCRISPR/Cas9によるゲノム編集技術においても、その実用化には塩基やタンパク質を細胞内に正確かつ効率的に導入する工程が不可欠である。しかしながら、導入対象の細胞や分子によっては、既存技術では十分な導入効率や細胞生存率が得られず、多くの研究者が適切な導入条件の検討に多大な時間と労力を費やしている。特に、再生医療や細胞治療の分野では、患者由来の貴重な細胞に対して、比較的大き

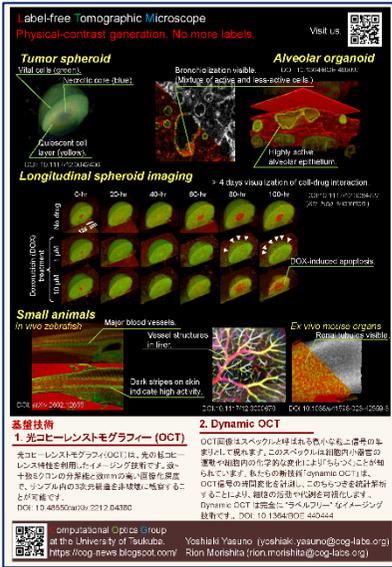
な分子や細胞小器官を導入する必要があるため、従来の物質導入技術では対応が困難なケースが多い。その典型例がミトコンドリア移植である。ミトコンドリアは直径500nm~1μm程度の細胞小器官であり、その導入は通常分子導入技術では困難である。また、導入後のミトコンドリアの機能維持や細胞内での融合、活性制御といった点においても技術的な課題が山積している。加えて、免疫応答や拒絶反応のリスクも高く、安全性と操作性を両立した新たな導入技術の確立が強く求められている。当研究室では、細胞加工・設計の革新に向けた次世代技術の開発に取り組んでいる。具体的には、新しい材料技術(マイクロ/ナノチューブ薄膜)、精密デバイス(電動マイクロ/ナノ注射器)、および制御システム(細胞内刺入制御)を組み合わせた、包括的な細胞加工プラットフォームの構築を進めている。これらは、細胞内に外来性物質を高効率かつ短時間で導入し、細胞機能(プログラム)を自在に再設計することを目指した技術である。本講演では、その詳細を報告する。

連絡先

miyake@waseda.jp



安野 嘉晃 (筑波大学 Computational Optics Group)



【背景】組織の培養・作製技術の向上に伴い、*in vitro* 組織はよりよく生態環境を模倣するようになってきている。同時に、これらの組織は大きく、厚くなり、その結果従来の顕微鏡技術では深部のイメージングが困難になりつつある。さらに、生体の機能をイメージングするために、従来の顕微鏡ではしばしば色素やマーカーを導入するなど侵襲的な方法が必要とされた。【結果・事例】発表者らの研究グループは「光の干渉現象を利用することで色素やマーカーを導入することなく、細胞内の活動(微小な運動)に基づいたコントラスト生成を可能とする顕微鏡:Dynamic OCT 顕微鏡」を提案している。この顕微鏡は組織の 1 mm 程度の深さまでを数ミクロンの分解能で非破壊に可視化することができる。これまでに、この技術を用いることで、腫瘍スフェロイドや肺オルガノイドの内部の細胞活動度の分布、スフェロイドと薬剤の相互作用の空間分布の三次元的な可視化や、時間経過に伴う培養角膜上皮の活動性の変化の画像化とその定量評価に成功している。

【原理・方法】Dynamic OCT 顕微鏡は低コヒーレンス光干渉によるトモグラフィー(OCT)の原理を用いて試料の三次元的な構造を可視化する。さらに、OCT 画像に現れる粒上の干渉パターン(スペックル)の時間的な動態をデジタル解析することにより細胞内の微小な活動(≒細胞活動)を反映した疑似コントラスト画像を生成する。(スペックルは複数の細胞内小器官において散乱された光どうしの相互干渉によって生成されるため、その動態は細胞内の活動を反映している。)このイメージング技術は三次元分解能をもっており、細胞活動の特徴の空間分布を三次元的に画像化することができる。現時点で 2 機のプロトタイプが稼働しており、それぞれ 14-17 ミクロン、および 5-6 ミクロンの三次元分解能を持つ。また、一つのサンプルを三次元的にイメージングする際の計測時間は 57 秒(標準モード)、6.6 秒(AI による高速モード)である。また、特段の事前処理を必要とせず、計測は完全に非侵襲である。

連絡先

yoshiaki.yasuno@cog-labs.org



加藤 竜司（名古屋大学大学院創薬科学研究科）

2016年3月30日 11:00-12:00 第26回日本再生医療学会
第8回 再生医療工学連携シンポジウムセッション 2-09
3分の動画AI解析を用いた細胞培養操作のバラツキと注意ポイントを知る
Ambient Intelligenceを用いた細胞培養操作のデジタルトランスフォーメーション
菅原 隆平 | 田中 二樹 | 加藤 竜司

Abstract
再生医療・細胞治療で安全かつ有効性の高い治療を提供するには、安定な細胞培養が必要不可欠です。近年様々な細胞培養の機械化先端技術が発展しつつありますが、細胞培養・細胞製造の現場はまだなお多くの「手作業」「人海戦術」が残っています。ここで問題となるのは、「人の細胞培養スキルをどうやって磨くか」という課題です。細胞培養の作業や操作は、「勘やコツ」に依存した作業が多く、教育を受ける側はどのレベルまで何を修得すれば上手くなるのかを理解することが難しく、教育する側も定量的な目標値や指導の根拠を示すことができない場合が多く存在します。このため、経験年数が細胞培養手技を反映するとは言い切れず、経験値に沿った役職や給与体系を構築することにも苦労が伴います。さらに、既に雇用している作業者の「癖」や「オリジナルの手技」を修正し、経験者の長さに寄らず「全員が同等の作業を行う状態」、即ち「培養工程で細胞品質を形作る」、という理想状態に近づくのはとても難しい現状があります。我々は、近年発展するAI技術を応用し、細胞培養操作の動画を自動解析することによって、定量的に作業者の違いをプロファイリングし、作業の癖や効率の修正をデータに基づいて客観的にアドバイスできる基盤技術を構築してきました。本技術のコアは、重要工程パラメータの分析とAI解析戦略の立案にあり、どのような細胞培養プロトコルにおいても一定の寄与が期待できると考えています。これらの細胞培養手技・操作の評価技術にご興味をもって頂ける方との、積極的なデータの蓄積と技術開発をご一緒にしていただける方との共同研究を募集しております。

目録
細胞培養における“人の作業”の重要点と課題 モーション解析が使用した定量値
人の作業の動画 動画AI解析 定量値プロファイリング

Application: 細胞培養の定量プロファイリング
作業者のプロファイリング 操作パラメータの抽出と分析 作業効率の定量的評価
作業者のプロファイリング 操作パラメータの抽出と分析 作業効率の定量的評価
作業者のプロファイリング 操作パラメータの抽出と分析 作業効率の定量的評価

Conclusion: Future Work
作業効率の向上とAI解析技術の活用 細胞培養における重要工程、分析作業の自動化への応用
作業効率の向上とAI解析技術の活用 細胞培養における重要工程、分析作業の自動化への応用

加藤 竜司 Email: kato-r@ps.nagoya-u.ac.jp

再生医療・細胞治療で安全かつ有効性の高い治療を提供するには、安定な細胞培養が必要不可欠です。近年様々な細胞培養の機械化先端技術が発展しつつありますが、細胞培養・細胞製造の現場はまだなお多くの「手作業」「人海戦術」が残っています。ここで問題となるのは、「人の細胞培養スキルをどうやって磨くか」という課題です。細胞培養の作業や操作は、「勘やコツ」に依存した作業が多く、教育を受ける側はどのレベルまで何を修得すれば上手くなるのかを理解することが難しく、教育する側も定量的な目標値や指導の根拠を示すことができない場合が多く存在します。このため、経験年数が細胞培養手技を反映するとは言い切れず、経験値に沿った役職や給与体系を構築することにも苦労が伴います。

さらに、既に雇用している作業者の「癖」や「オリジナルの手技」を修正し、経験者の長さに寄らず「全員が同等の作業を行う状態」、即ち「培養工程で細胞品質を形作る」、という理想状態に近づくのはとても難しい現状があります。我々は、近年発展するAI技術を応用し、細胞培養操作の動画を自動解析することによって、定量的に作業者の違いをプロファイリングし、作業の癖や効率の修正をデータに基づいて客観的にアドバイスできる基盤技術を構築してきました。本技術のコアは、重要工程パラメータの分析とAI解析戦略の立案にあり、どのような細胞培養プロトコルにおいても一定の寄与が期待できると考えています。これらの細胞培養手技・操作の評価技術にご興味をもって頂ける方との、積極的なデータの蓄積と技術開発をご一緒にしていただける方との共同研究を募集しております。

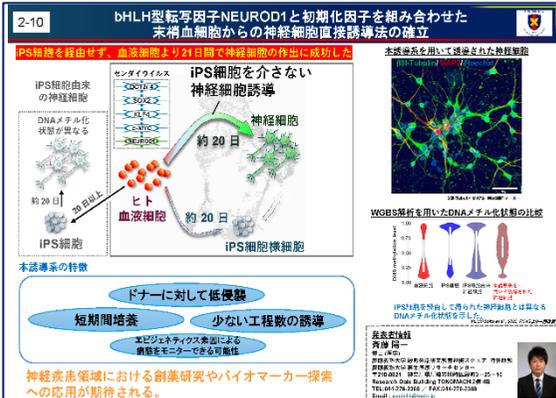
連絡先

kato-r@ps.nagoya-u.ac.jp



bHLH 型転写因子 NEUROD1 と初期化因子を組み合わせた末梢血細胞からの神経細胞直接誘導法の確立

斉藤 陽一（慶應義塾大学 再生医療リサーチセンター）



ヒト iPS 細胞技術の確立以降、ヒト体細胞を用いた疾患のモデル化や新規治療法開発に向けた研究が広く行われている。一般に、これらの研究ではドナーからの iPS 細胞の樹立と、そこから標的細胞への分化誘導を必要とする。一方、転写因子の強制発現などにより、iPS 細胞段階を介さずに体細胞を直接分化転換する Direct

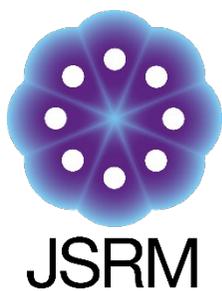
reprogramming 法が開発

され、迅速な神経細胞の作出、疾患関連エピゲノム情報の保持、ならびに造腫瘍性回避といった利点が期待されている。しかし、既存の Direct reprogramming 法では主要な細胞源として線維芽細胞が用いられることが多く、検体採取においてドナーへの侵襲性が高いという課題がある。そこで本研究では、侵襲性が低く、迅速かつ簡便な神経誘導系の確立を目的として、末梢血由来血液細胞を用いた神経細胞直接誘導法の開発を行った。具体的には、センダイウイルスベクターに搭載した bHLH 型転写因子 NEUROD1、および初期化因子(OCT3/4、SOX2、KLF4、c-MYC)を組み合わせた Partial reprogramming 法を用いることで、血液細胞からの神経誘導を可能にした。本手法により、誘導開始から約 20 日で、電気生理学的機能を有するグルタミン酸作動性神経細胞を作出することができた。さらに、NGS 解析および Cre-LoxP システムを用いた細胞系譜解析の結果から、誘導された神経細胞の大部分は多能性幹細胞状態を経由せず、半直接的に神経細胞へと分化転換していることが示唆された。本手法は、末梢血由来細胞から迅速かつ簡便に神経細胞を作出可能であることからハイスループットスクリーニング系への移行が容易で、これまでの iPS 細胞を用いたモデルでは解析が困難であったエピジェネティクス修飾を原因とする疾患表現型をモニターできる可能性がある。今回確立された方法は、開発途上の技術であり、産業応用までには改良の余地がいくつかあるものの、神経疾患領域における創薬研究やバイオマーカー探索への応用が期待される。

連絡先

youichi@keio.jp





一般社団法人日本再生医療学会
産学連携ユニット
industrialization@jsrm.jp