

M20240131_02_Sydney

未来のヒト組織 3D プリンティングに向け重要なステップ

シドニー大学と Westmead の小児医学研究所(CMRI)のバイオエンジニアと生物医学科学者のチームは、3D フォトリソグラフィプリンティングを使用して、臓器の構造を模倣した組織を組み立てるための複雑な環境を作り出した。

研究チームは、シドニー大学医用生体工学部の Hala Zreiqat 教授と Dr Peter Newman、CMRI の発生学研究ユニットを率いる発生生物学者の Patrick Tam 教授。

この技術は、生物工学と細胞培養の方法を用いて、血液細胞や皮膚細胞に由来する幹細胞を、臓器のような構造に組み立てることができる特殊な細胞になるように指示するために使用された。

レコードプレイヤーの針がレコードの溝をナビゲートして音楽を作るのと同じように、細胞は戦略的に配置されたタンパク質と機械的なトリガーを使用して複雑な環境をナビゲートし、発生プロセスを複製する。研究チームの最新の研究では、微視的な力学的および化学的信号を用いて、発生中の細胞活動を再現した。

Hala Zreiqat 教授は、「われわれの新しい方法は、細胞の取扱説明書として機能し、細胞がよりよく組織化され、より自然な組織に近づけられる組織を作ることができることを可能にする。これは、働く組織や臓器を 3D プリントできるようにするための重要なステップである」と説明している。

Dr Newman によると、細胞から組織を作るには詳細な指示が必要であり、多くの多様な部品から建物を作るのと変わらない。「テーブルの上にブロックをランダムに散乱させて、適切な場所に

収まることを期待して、Lego 城を作ろうとしているところを想像してみる。各ブロックは他のブロックとつながるように設計されているが、明確な計画がなければ、城というよりも、バラバラの LEGO ブロックの大きな山のようなものになってしまう可能性がある。」

細胞から器官や組織を構築することについても同じことが言える。具体的な指示がなければ、細胞は誤った構造の中で予測不能にグループ化される可能性がある。われわれが効果的に行ったのは、各構成要素がどこへ行くべきか、他の構成要素とどのように接続すべきかを正確にガイドする段階的なプロセスを作成することである」(Newman)。

「このアプローチに沿って、最近発表されたわれわれの研究は、新しい 3D プリンティング手法を適用して、細胞がより組織化された正確な構造を形成するように細胞を導くための指示を定義している。これにより、骨の構造に似た骨と脂肪の集合体と、哺乳類の初期発生過程に似た組織の集合体が作られた」

オルガノイドとして知られる複雑な組織や臓器のような構造の研究は、臓器がどのように発生し、機能するか、また、臓器に影響を与える病気が遺伝子変異や発達エラーによってどのように引き起こされるかを理解するのに役立つ。この研究から得られた知見は、疾患に対する細胞治療や遺伝子治療の開発にもつながる。所望の細胞型を産生する能力は、治療目的で臨床的に重要な幹細胞を産生する能力をさらに提供する。

Hala Zreiqat 教授は、「この方法は、人生の複雑な『取扱説明書』を理解するだけでなく、実用的にも非常に大きな意味合いを持っている。例えば、臓器移植が切実に求められている再生医療において、このアプローチを用いたさらなる研究により、実験室での機能的な組織の成長が促進される可能性がある。臓器移植の順番待ちリストが大幅に減る未来が想像できる、なぜなら、自然

の組織に十分似ている組織を実験室で作ることができるからである」

「さらに、この技術は、病気の研究と理解の方法に革命をもたらす可能性がある。病変組織の正確なモデルを作成することで、制御された環境で疾患の進行と治療反応を観察することができる。いずれ、より効果的な治療法や、現在取り組むのが難しい病気の治療法につながることを願っている」(Newman)。

CMR の Tam 教授は、「これまで幹細胞は、多くの種類の細胞を生成するために増殖していたが、3D でどのように分化して組み立てるかを制御することはできなかった」と話している。

「このバイオエンジニアリング技術により、幹細胞に特定の細胞タイプを形成するように指示し、これらの細胞を時間と空間で適切に組織化することで、臓器の実際の発生を再現できるようになった。」

研究チームは、この研究が黄斑変性症や網膜視細胞の喪失を引き起こす遺伝性疾患などの状態によって引き起こされる視力低下を治療する可能性を秘めていると見ている。

「バイオエンジニアリングによって細胞のパッチを生成し、システム全体がどのように機能するかを見ることができれば、病気のために失われた目の細胞を機能的な細胞で置き換える治療法を研究することができ」(Tam)。

「健康な細胞を眼球に届けることができれば、大きなインパクトがある。黄斑(中心視力をつかさどる網膜の領域)が遺伝性疾患で失われたのか、外傷で失われたのかに関係なく、治療法は同じだ。

「希少な遺伝性疾患を治療し、生活の質を向上させるという考えは、力づけるものである。この研究が、実践に移すことができる高度な治療法につながると期待している」

研究チームは今後、再生医療の分野を前進させ、多くの疾患に対する新しい治療法の可能性を秘めた技術の開発に注力していく。

論文は、Advanced Science に発表された。

