

自己回転センサ、心臓細胞を 3D で撮る

カーネギーメロン大学(CMU)とシンガポール南洋理工大学(NTU)の研究チームは、生体電子チップ(organ-on-e-chip)プラットフォームを開発した。これは、生体電気センサを使い心臓細胞の電気生理学を 3D で計測する。これら 3D、自己回転バイオセンサアレイは、心臓細胞回転楕円組織に巻き付き、生体機能チップ"organ-on-e-chip,"を形成し、これにより研究者は、心臓のような多細胞システムで細胞がどのように相互交信するかを研究することができる。

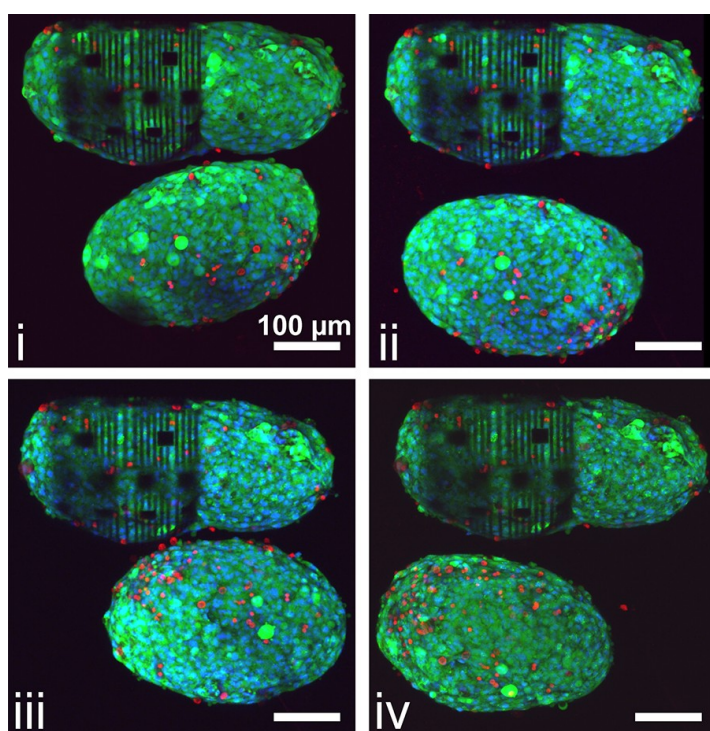


図 3D 自己巻き付きバイオセンサアレイによりカプセル化された楕円体(上)と、カプセル化されていない楕円体(下)。画像は、(i) 0時間(カプセル化直後)、(ii) 1時間、(iii) 2時間、(iv) 3時間。緑、赤、青は生細胞、死細胞、および細胞核を示している。

生体機能チップ(organ-on-e-chip)アプローチは、病気か治療用の薬剤の開発と評価に役立つ。恐らく研究者は、動物組織でテストするよりも、人のような組織で直接薬剤と毒性のスクリーニングさえできる。そのプラットフォームを使い、心臓の電気信号と不整脈のような病気との関係を明らかにする。Science Advances に発表された研究成果によると、研究者は、現状ではアクセスできない組織の成長と細胞の成熟など、培養細胞におけるプロセスを研究することができる。

「数 10 年、電気生理学は、培養皿のような 2D 表面の細胞と培養を使い行われた。われわれは、心臓細胞のまわりにセンサを収縮、包装する方法を開発し、この組織から電気生理学的情報を抽出することで、心臓の電気パタンの 3D 読取りという難題を回避しようとしている」と生体医学工学、材料科学・工学准教授、Tzahi Cohen-Karni は説明している。

生体機能チッププラットフォームは、小さな、平坦長方形として始まり、マイクロスケールのスラッププレスレットとよく似ている。スラッププレスレットは、硬い、ルーラーのような構造であるが、張力を解放すると、すぐに手首の周りに巻き付く。

生体機能チップは同じように始まる。研究チームは、金属電極またはグラフェンセンサでできたセンサアレイをチップ表面に固定し、次に「犠牲層」として知られているゲルマニウムのボトム層をエッチング処理して取り除く。この人工層が除去されると、バイオセンサアレイは、その拘束から解放され、表面から樽形状の構造に巻きつく。

研究チームは、心臓楕円体、つまり心臓細胞でできた長細いオルガノイドでそのプラットフォームをテストした。この 3D 心臓楕円体は、人の毛髪 2、3 本程度の幅である。そのプラットフォームを楕円体に巻くことで、研究者は、高精度に電気信号読取りができるようになる。

「基本的に、われわれは、心筋細胞から採った人工多機能性幹細胞の電気生理学を研究するために 3D 自己巻き付きバイオセンサアレイを作製した。このプラットフォームは、心臓組織再生と成熟を研究するために使用できる。これは、潜在的に、心臓発作の後、例えば病気治療のための新しい薬剤の開発に利用できる」と生体医用工学 Ph.D 学生、研究の主筆、Anna Kalmykov は説明している。

Adam Feinberg および Jimmy Hsia 研究室との協力を通じて、研究チームは、概念実証を設計し、心筋細胞楕円体を形成する 3D マイクロモールドで、それらをテストすることができた。

「そのロールアッププロセスの機械的分析により、われわれはセンサ形状の精密制御ができるようになり、センサと心臓組織との適合接触を確実にすることができる」と NTU シンガポール教授、Hsia はコメントしている。「その技術は、センサと組織の間の微妙な接触レベルを自動調整することもできる。外圧による組織への生理学的条件の変化なしに、高品質の電気信号が、できるようにするためである」。

「全体構想は、従来平面形状で行われている方法を取り入れ、それを 3D で実施した。われわれの臓器は、本来 3D である。長年、電気生理学は、2D 組織培養皿で培養された細胞だけを使って行われていた。今は、この驚くべき電気生理学技術を 3D 構造に適用できる」と Cohen-Karni はコメントしている。