CUỘC THI SÁNG TẠO TẾ BÀO GỐC 2026
LẦN THỨ 11 | CHỦ ĐỀ: TẾ BÀO GỐC & AI
MĐT: 528
CELLNOVATE
ĐƠN VỊ TỔ CHỨC
ĐƠN VỊ TÀI TRỢ

THERMO-CAPS AI: Vi nang hydrogel chứa tế bào mỡ sinh nhiệt từ tế bào gốc, điều khiển vòng kín định hướng can thiệp béo phì.

Đặt vấn đề

- Béo phì và các rối loạn chuyển hóa liên quan đang là gánh nặng y tế toàn cầu cấp bách, đòi hỏi những hướng tiếp cận điều trị mới dựa trên việc thúc đẩy tế bào mỡ sinh nhiệt tiêu thụ năng lượng và giải phóng nhiệt.
- Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây, dù ghi nhận tiềm năng của tế bào mỡ sinh nhiệt biệt hóa từ ADSCs (nhờ rosiglitazone kết hợp T3) trên mô hình chuột,vẫn vấp phải rào cản lâm sàng là tình trạng thiếu oxy, phản ứng dị vật và xơ hóa khi ứng dụng các hệ thống đóng nang hydrogel truyền thống (như alginate hay hyaluronic acid). Hơn nữa, việc thiếu các cơ chế điều chỉnh linh hoạt theo phản hồi sinh lý khiến các phương pháp hiện tại dễ rơi vào tình trạng kích thích cố định kém hiệu quả hoặc chỉ dừng lại ở mức theo dõi thụ động.
- Đề tài đề xuất tích hợp vi nang hydrogel, cảm biến và điều khiển dự báo dựa trên AI nhằm duy trì đáp ứng chuyển hóa trong giới hạn an toàn, thay vì kích thích cố định hoặc chỉ theo dõi nhiệt độ.

Mục tiêu

Tổng quát:
Phát triển và đánh giá hệ vi nang hydrogel chứa tế bào mỡ sinh nhiệt từ ADSCs, tích hợp điều khiển vòng kín dựa trên AI, phục vụ nghiên cứu can thiệp béo phì tiền lâm sàng.

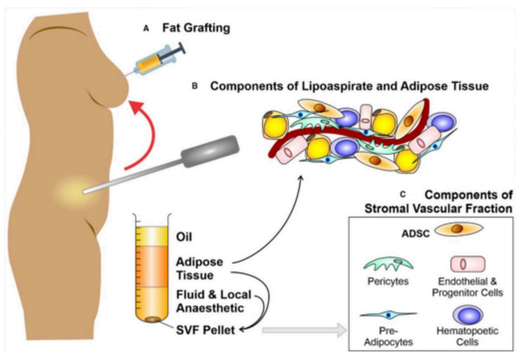
Cụ thể:
1. Tái lập quy trình biệt hóa tham chiếu và xác nhận chức năng chuyển hóa.
2. Tối ưu vi nang để duy trì khả năng sống, trao đổi oxy và đáp ứng sau kích thích.
3. Xây dựng mô hình dự báo quan hệ giữa kích thích, oxy, nhiệt độ và tốc độ tiêu thụ oxy.
4. So sánh điều khiển AI với kích thích cố định và điều khiển PID.
5. Xác định tiêu chí chức năng, an toàn trước khi xem xét mở rộng sang cấy ghép.

Phương pháp nghiên cứu

Hợp phần tế bào

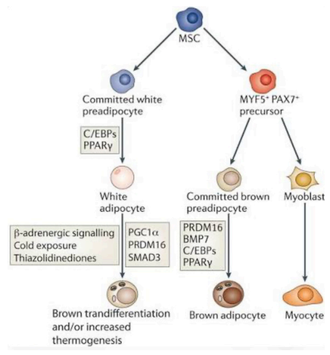
Sử dụng tế bào ADSCs từ ít nhất ba người cho độc lập (không tính các giếng kỹ thuật) đã được xác nhận danh tính, kiểm soát chất lượng và có sự đồng thuận hiến mẫu.
Khởi đầu bằng điều kiện tham chiếu rosiglitazone 1.000 nM và T3 0,2 nM; đánh giá lại khi chuyển sang môi trường ba chiều.

ADSCs người — nguồn tế bào ban đầu



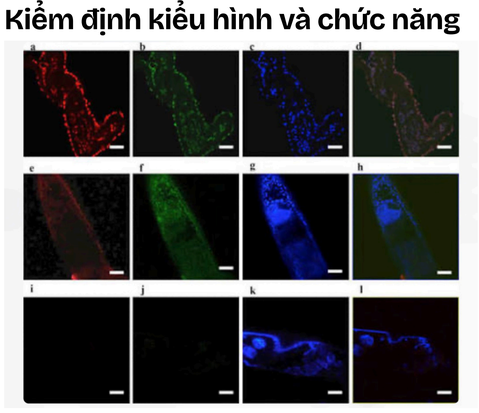
Minh họa nguồn tế bào từ mô mỡ. Nguồn: Frontiers in Pharmacology (2020), DOI: 10.3389/fphar.2020.00158.

Biệt hóa thành tế bào mỡ sinh nhiệt



Sơ đồ tham khảo về các hướng biệt hóa tế bào và hình thành kiểu hình mỡ sinh nhiệt. Nguồn hình: bài toàn văn trên PubMed Central, mã PMC7171550.

Kiểm định kiểu hình và chức năng

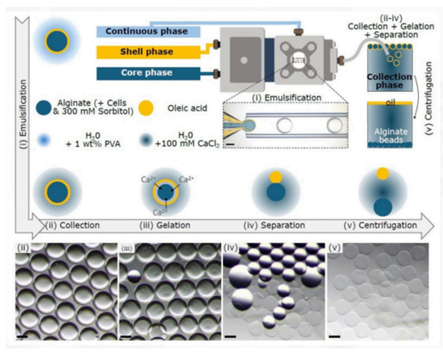


Minh họa nhuộm miễn dịch huỳnh quang đánh giá kiểu hình tế bào trong alginate. Nguồn: Unser và cộng sự (2016), DOI: 10.1016/j.biomaterials.2015.10.017.

Hợp phần vi nang hydrogel

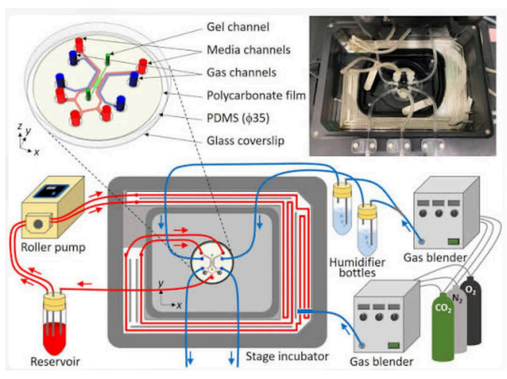
Thiết kế vi nang lõi–vỏ dựa trên alginate tinh sạch; sàng lọc kích thước, độ cứng và mật độ tế bào. Đánh giá độ đồng đều, độ bền, rò rỉ tế bào, khả năng khuếch tán oxy và dưỡng chất; so sánh khả năng sống và OCR trước, sau đóng nang và sau kích thích lặp lại.

Đóng tế bào trong hydrogel



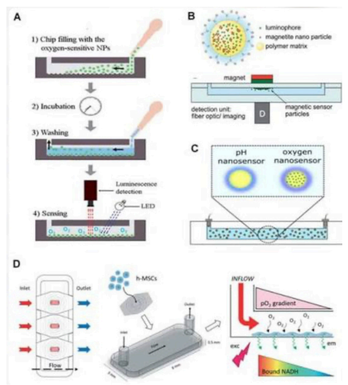
Sơ đồ tham khảo về tạo cấu trúc hydrogel chứa tế bào bằng vi lưu. Nguồn: Fluigent, "Mammalian spheroid encapsulation".

Nuôi trong hệ vi lưu



Minh họa hệ nuôi vi lưu với các kết nối cấp môi trường và khí. Nguồn: Scientific Reports (2023), DOI: 10.1038/s41598-023-32334-9.

Thu nhận tín hiệu



Minh họa tích hợp cảm biến trong nền tảng vi lưu. Nguồn: bài toàn văn trên PubMed Central, mã PMC8774018.

AI dự báo

Nhiệt độ + oxy + lịch sử kích thích

↓

Dự báo đáp ứng chuyển hóa

↓

Điều chỉnh kích thích theo phản hồi

MPC lựa chọn mức kích thích trong giới hạn an toàn

↓

Gửi tới hệ vi lưu

↓

Quay lại bước 5: Buồng nuôi

Hợp phần AI và điều khiển vòng kín

- Trong giai đoạn ngoài cơ thể, hệ vi lưu điều chỉnh tác nhân hoạt hóa adrenergic–cAMP theo tín hiệu nhiệt độ và oxy. Mô hình học máy kết hợp điều khiển dự báo mô hình (AI–MPC) dự báo đáp ứng chuyển hóa và lựa chọn mức kích thích trong giới hạn an toàn. Hệ có giới hạn nhiệt, oxy, kích thích tích lũy và bộ ngắt độc lập khi xảy ra lỗi.
- Thí nghiệm so sánh ba chế độ chính: kích thích cố định, PID và AI–MPC, kết hợp các nhóm đối chứng không tế bào, tế bào mỡ trắng, tế bào không đóng nang và tế bào không kích thích. Dữ liệu được phân chia theo người cho, lô và đợt thí nghiệm để kiểm định trên dữ liệu độc lập.

Kết quả dự kiến

Các chỉ tiêu là mục tiêu kỹ thuật đề xuất, chưa phải kết quả thực nghiệm hoặc mức hiệu quả điều trị được bảo đảm

Các tiêu chí dự kiến được tổng hợp từ hồ sơ nghiên cứu. Nếu vi nang gây thiếu oxy, chức năng tế bào không được duy trì hoặc AI không cải thiện so với đối chứng, nghiên cứu sẽ ghi nhận kết quả không đạt và điều chỉnh thiết kế.

Hạng mục	Kết quả/tiêu chí kỳ vọng
Tế bào sau biệt hóa	Xác nhận kiểu hình và đáp ứng chuyển hóa trên nhiều người cho
Khả năng sống sau đóng nang	Hướng tới ≥80% vào ngày 7; tiếp tục đánh giá ngày 14 và 28
Độ bền chức năng	Duy trì đáp ứng OCR sau nhiều chu kỳ kích thích
Mô hình dự báo	Đánh giá MAE/RMSE và độ bất định trên lô độc lập
Hiệu quả điều khiển	Hướng tới giảm ≥20% sai số tích lũy so với kích thích cố định; đồng thời so sánh với PID
An toàn	Bộ ngắt hoạt động trong các tình huống lỗi được thiết kế

Tài liệu tham khảo

- Nguyen LT-K, Pham NT-H, Nguyen KN, Pham PV. Optimization of Human Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cell Differentiation into Brown Adipocytes and Evaluation of Anti-Obesity Effects in an Overweight Mouse Model. Biomedical Research and Therapy. 2025;12(7):7499–7511. DOI: 10.15419/rshtry21.
- Unser AM, Mooney B, Corr DT, Tseng Y-H, Xie Y. 3D brown adipogenesis to create "Brown-Fat-in-Microstrands". Biomaterials. 2016;75:123–134. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2015.10.017.
- Tharp KM, Jha AK, Kraiczy J, Yesian A, Karateev G, Sinisi R, Dubikovskaya EA, Healy KE, Stahl A. Matrix-Assisted Transplantation of Functional Beige Adipose Tissue. Diabetes. 2015;64(11):3713–3724. DOI: 10.2337/db15-0728 | PMCID: PMC4613967.
- Tajima K, Ikeda K, Tanabe Y, Thomson EA, Poon ASY, Kajimura S, et al. Wireless optogenetics protects against obesity via stimulation of non-canonical fat thermogenesis. Nature Communications. 2020;11(1):1730. DOI: 10.1038/s41467-020-15589-y.
- Krishnan SR, Langer R, Anderson DG. Materials approaches for next-generation encapsulated cell therapies. MRS Communications. 2025;15(1):21–33. DOI: 10.1557/s43579-024-00678-6.
- Wu Z, Christofides PD, Wu W, Wang Y, Abdullah F, Alnajdi A, Kadakia Y. A tutorial review of machine learning-based model predictive control methods. Reviews in Chemical Engineering. 2025;41(4):359–400. DOI: 10.1515/revce-2024-0055.

Phone: 028 3636 1206 (nhánh 3)
Website: 2026.stemcellinnovation.com.vn
Email: sci@sci.edu.vn