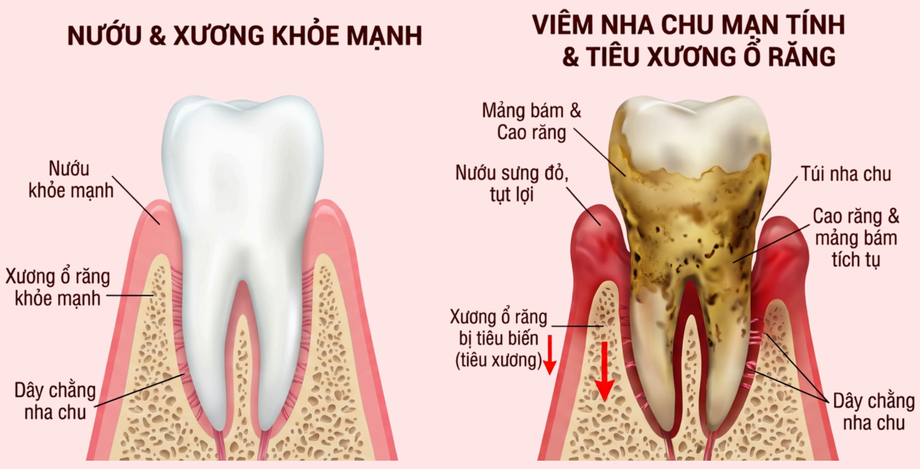
CUỘC THI SÁNG TẠO TẾ BÀO GỐC 2026
LẦN THỨ 11 | CHỦ ĐỀ: TẾ BÀO GỐC & AI
MĐT: 429
4ever
ĐƠN VỊ TỔ CHỨC
ĐƠN VỊ TÀI TRỢ

ỨNG DỤNG AI NHẬN DIỆN HÌNH THÁI PDLSCS VÀ TỐI ƯU GIÀN GIÁO 3D TRONG ĐIỀU TRỊ NHA CHU

ĐẶT VẤN ĐỀ

Viêm nha chu mạn tính gây tiêu xương ổ răng, thường xuất hiện ở nhóm người trên 65 tuổi, dẫn đến mất răng hàng loạt.



=> "Tế bào gốc dây chằng nha chu (PDLSCs) kết hợp giàn giáo 3D" là hướng đi triển vọng để tái tạo bộ máy nha chu một cách hoàn thiện. Tuy nhiên, thực tiễn nghiên cứu và lâm sàng đang đối mặt hai nút thắt lớn: kiểm soát chất lượng tế bào và thiết kế vật liệu.

MỤC TIÊU

Để giải quyết triệt để thách thức trên, chúng tôi đề xuất quy trình toàn diện tích hợp Trí tuệ nhân tạo (AI End-to-End Pipeline). Giải pháp kì vọng bảo tồn 90% tế bào sống, rút ngắn 2/3 thời gian đánh giá, chuẩn hóa kiểm soát chất lượng và tối ưu hóa hiệu quả tái tạo xương ổ răng, tiến đến cá nhân hóa phương pháp điều trị bệnh.

ƯU ĐIỂM

1. **AI theo dõi biệt hóa tế bào:**
- Theo dõi không xâm lấn (Label-free)
- Phân tích hình thái đa chiều
- Tối ưu hóa xét nghiệm sinh học
- Tự động hóa quy mô lớn

2. **Tối ưu hóa giàn giáo:**
- Cân bằng cơ - sinh học
- Phân tích tương tác vi mô
- Cá nhân hóa theo giải phẫu
- Thiết kế dựa trên thực chứng

PHƯƠNG PHÁP

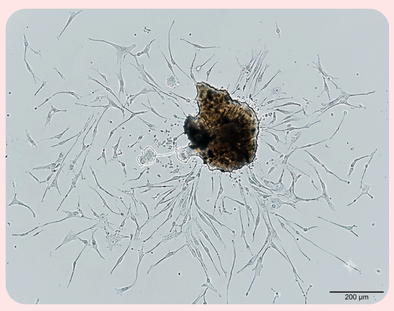
1. **AI trong việc theo dõi biệt hóa tế bào:**
- <u>Biệt hóa:</u> Tế bào gốc chưa có tín hiệu biệt hóa sẽ tăng sinh tự do, phân bố thưa thớt, ghi nhận hình ảnh có độ tròn thấp (>=3:1). Khi nhận được tín hiệu biệt hóa, hình ảnh tế bào ghi nhận tròn hơn (1,5:1-1:1). Ở giai đoạn khoáng hóa chất nền (tiết OCN, OPN, BSP), hình ảnh xuất hiện các chấm đục của khoáng chất. Cuối cùng tế bào "vùi mình" vào các hốc xương, hoàn thiện biệt hóa, AI nhận diện tua bào tương mảnh đâm ra xung quanh.
- <u>Vai trò AI:</u> Để nhận diện hình thái tế bào, AI được lập trình chụp Time-lapse, quan sát qua kính hiển vi tương phản pha, xử lí và khử nhiễu ảnh thu được. Sử dụng Deep Learning phân đoạn đơn tế bào (Cell Segmentation), sử dụng Cellpose, StarDist, tính toán Vector đặc trưng hình thái (CellProfiler) để dự báo tỉ lệ biệt hóa tạo xương thành công.

2. **Tối ưu hóa giàn giáo:**

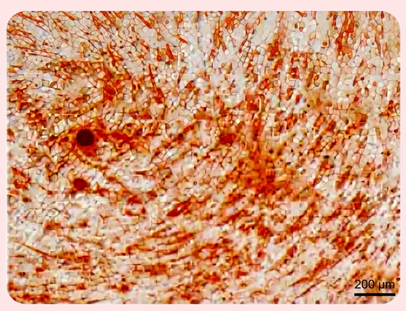
<u>Thiết lập chu trình kín không tế bào:</u>
- Biến: đo và tính toán nồng độ GelMA hoặc alginate, tỷ lệ HA/β-TCP, PCL, độ cứng nền, xác định định hướng sợi, kích thước lỗ, thông số in.
- Mô hình: Gaussian Process, tối ưu Bayes đa mục tiêu (qNEHVI), GP classification cho ràng buộc khả thi.

<u>Thêm tế bào gốc (in vitro):</u> PDLSCs sau khi được theo dõi biệt hóa thành công được in cùng bioink đã tối ưu cơ học. Đo các chỉ số Live/Dead, CCK-8, ALP, Alizarin Red, qPCR (RUNX2, OCN, PERIOSTIN, CEMP1) ở các mốc 3, 7, 14 và 21 ngày. Độ cứng được khảo sát như một khoảng (ví dụ quanh 50–70 kPa), không cố định trước.

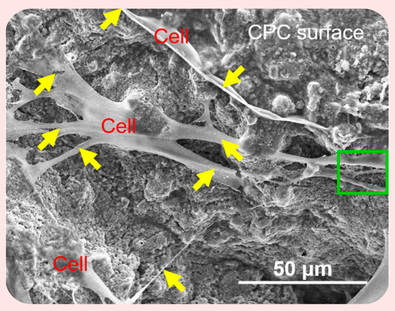
<u>Kiểm tra và đối chứng (in vitro, in vivo):</u> đo micro-CT (BV/TV, chiều cao xương), H&E, Masson's trichrome, hóa mô miễn dịch (xi măng, sợi dây chằng định hướng). Dùng SHAP để xác định biến chi phối, kiểm định chéo theo lô để đo độ tổng quát của mô hình, và thống kê so sánh giữa các nhóm in vivo.



PDLSCs dạng hình thoi (trong suốt)



Sự tích tụ của canxi: màu đỏ cam đậm (nhuộm bằng Alizarin Red)



Hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) đại diện của giàn giáo CPC ở ngày thứ 21

KẾT QUẢ MONG MUỐN

- <u>Về kiểm soát biệt hóa tế bào:</u> PDLSCs biệt hóa trở thành xương ổ răng với tỷ lệ thành công hơn 80%, nhờ sự ghi nhận, theo dõi của hệ thống AI.
- <u>Về tối ưu hóa giàn giáo:</u> Ứng dụng hệ thống AI dự đoán công thức mới với sai số chấp nhận được và độ bất định được hiệu chuẩn, thu được mặt Pareto giữa độ bền, tốc độ phân hủy và sống sót tế bào. Cho biết độ cứng và định hướng sợi nào thuận lợi cho tế bào.
- <u>So với đối chứng:</u> Sống sót tế bào sau in ở mức cao (khoảng 85–90%), biểu hiện dấu ấn xương (Osteocalcin, Runx2, ALP) và dây chằng (Scleraxis, Periostin) cao hơn, tăng thể tích xương mới và tái tạo xi măng cùng sợi dây chằng định hướng.

MỞ RỘNG: Ứng dụng thuật toán Bayesian Optimization (BO) tối ưu dung dịch bảo quản đông lạnh tế bào

- <u>Chuẩn hóa tế bào:</u> Tế bào PDLSC được nuôi cấy và chuẩn hóa nghiêm ngặt về mật độ, số lần cấy truyền và quy trình hạ nhiệt/ rã đông.
- <u>Thành phần bảo quản:</u> Sàng lọc các hóa chất gồm DMSO, Trehalose và Sericin. Bổ sung thử nghiệm EGCG và Ascorbic acid 2-phosphate nếu đi qua bước kiểm tra độc tính.
- <u>Huấn luyện AI & Sàng lọc:</u> Sử dụng dữ liệu pilot để khởi tạo miền khả thi, sau đó áp dụng BO (theo Gaussian Process) để chạy các vòng lặp dự đoán và đề xuất công thức tối ưu tuần tự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Anderson, M., Dubey, N., Bogie, K., Cao, C., Li, J., Lerchbacker, J., Mendonça, G., Kauffmann, F., Bottino, M. C., & Kaigler, D. (2022). Three-dimensional printing of clinical scale and personalized calcium phosphate scaffolds for alveolar bone reconstruction. Dental Materials.
2. Fu, Y., Wang, Y., Cheng, B., Zou, R., & Wan, W. (2025). Substrate stiffness regulates the osteogenesis of PDLSCs via ERK-mediated YAP nuclear translocation. International Dental Journal.
3. Khatamsaz, D., Vela, B., Singh, P., Johnson, D. D., Allaire, D., & Arróyave, R. (2023). Bayesian optimization with active learning of design constraints using an entropy-based approach. npj Computational Materials.
4. Phan, K. N., Phạm, V. P., & Trương, Đ. (2014). Công nghệ tế bào gốc. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
5. Sarah, R., Schimmelpfennig, K., Rohauer, R., Lewis, C. L., Limon, S. M., & Habib, A. (2025). Characterization and machine learning-driven property prediction of a novel hybrid hydrogel bioink considering extrusion-based 3D bioprinting. Gels.

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