

Hypoxia - yếu tố điều hòa sự tăng sinh và ổn định của tế bào gốc trung mô

Nguyễn Thị Kiều Oanh

Ngân hàng mô ViCells, Bệnh viện thẩm mỹ Siam Thailand, Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Tế bào gốc trung mô (mesenchymal stem cells - MSCs) đóng vai trò nền tảng trong y học tái tạo nhờ khả năng tự tái tạo, biệt hóa và điều hòa miễn dịch. Tuy nhiên, hiệu quả của MSC còn hạn chế do tỷ lệ sống sót thấp trong các thử nghiệm lâm sàng. Các nghiên cứu gần đây cho thấy việc duy trì vi môi trường tự nhiên là yếu tố then chốt để tối ưu hóa chức năng và khả năng tồn tại của MSC.

Trong các mô dự trữ, MSC vốn hoạt động ở điều kiện tiêu thụ oxy thấp, cho thấy khả năng thích nghi với tình trạng thiếu oxy. Việc mô phỏng điều kiện này trong nuôi cấy in vitro đã được chứng minh là một chiến lược tiềm năng nhằm nâng cao chất lượng MSC. Thiếu oxy thúc đẩy tăng sinh, sống sót, hóa hướng động, đồng thời điều chỉnh tiềm năng biệt hóa theo hướng tạo sụn. Về mặt chuyển hóa, MSC thích nghi bằng cách thay đổi chức năng ty thể, đường phân, phosphoryl hóa oxy hóa và các chất trung gian chuyển hóa, từ đó nâng cao khả năng sống sót và hoạt tính sinh học. Đặc biệt, nồng độ oxy thấp còn tăng cường hoạt động cận tiết, thúc đẩy sản xuất các yếu tố hòa tan và túi ngoại bào, góp phần tạo mạch máu, ức chế apoptosis và giảm viêm.

Điều kiện thiếu oxy trong nuôi cấy MSCs là một hướng tiếp cận đầy hứa hẹn để cải thiện chất lượng tế bào và nâng cao hiệu quả ứng dụng trong lâm sàng. Tuy nhiên, cần tiếp tục nghiên cứu để xác định nồng độ O₂ tối ưu và thời gian xử lý phù hợp, nhằm chuẩn hóa quy trình nuôi cấy MSCs cho các ứng dụng tái tạo và trẻ hóa trong tương lai.

Từ khóa: tế bào gốc trung mô (MSC), điều kiện thiếu khí, vi môi trường, tiền xử lý điều kiện thiếu khí,

Hypoxia as a Modulator of mesenchymal stem cells (MSCs) proliferation and phenotypic integrity

Oanh Thi-Kieu Nguyen

Vicells Tissue Bank, Siam Thailand Hospital, Ho Chi Minh City, Vietnam

Abstract

Mesenchymal stem cells (MSCs) have emerged as a cornerstone in regenerative medicine due to their ability to self-renewal, differentiation and immunomodulation. Despite their therapeutic potency, the efficacy of MSCs remains limited by poor survival in clinical trials. Recent studies emphasize the importance of preserving the native microenvironment to optimize MSC functionality and resilience.

In their natural niches, MSCs reside under conditions of relatively low oxygen consumption, suggesting intrinsic tolerance to hypoxia. Mimicking this physiological state through hypoxia preconditioning has been proposed as a strategy to enhance MSC therapeutic potential. Evidence from *in vitro* research demonstrates that hypoxic culture conditions promote MSC proliferation, survival, and migration, while also modulating stress responses to reduced oxygen tension. Moreover, hypoxia alters the multilineage differentiation potential of MSC, consistently favoring chondrogenesis. At the metabolic level, hypoxia induces adaptive changes in mitochondrial function, glycolysis, oxidative phosphorylation, and metabolic intermediates, thereby improving cellular viability and bioactivity. Importantly, low oxygen tension enhances MSC paracrine activity, increasing the secretion of soluble factors and extracellular vesicles (EVs), which contribute to angiogenesis, inhibition of apoptosis, and suppression of inflammation.

Hypoxia preconditioning represents a promising approach to improve MSC quality and therapeutic efficacy. Further studies are required to determine the optimal oxygen concentration and exposure duration, with the goal of standardizing MSC culture conditions for translational applications in regenerative medicine and rejuvenation therapies.

Keywords: *mesenchymal stem cells (MSCs), hypoxia, hypoxic preconditioning, cellular microenvironment,*