

Investigating Mechanical and Biological Properties of Magnetic Mesoporous Bioactive Glass Scaffolds Coated with Chitosan and Chitosan/MWCNTs Nanocomposite

Abbas Toghian Chaharsoughi¹ , Saeed Karbasi² , Esmael Emadoddin^{3*}  and Seyed Ali Poursamar² 

1- Department of Nanotechnology, Faculty of New Sciences and Technologies, Semnan University, Semnan, Iran

2- Department of Biomaterials, Nanotechnology and Tissue Engineering, School of Advanced Technologies in Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

* Corresponding author, Email: emadoddin@semnan.ac.ir

ABSTRACT

Introduction and Objectives: Bone tissue engineering necessitates scaffolds that balance high bioactivity with sufficient mechanical strength. Magnetic mesoporous bioactive glasses have attracted considerable attention owing to their high specific surface area, favorable cellular compatibility, and potential use in magnetic field-assisted therapies. However, their inherent brittleness limits their application in load-bearing conditions. This study aimed to develop a novel strategy for fabricating and reinforcing magnetic mesoporous bioactive glasses scaffolds while preserving their mesoporous architecture and magnetic properties.

Method: Magnetic mesoporous bioactive glasses scaffolds were fabricated via direct ink writing 3D printing, using a glass precursor sol as the binding phase. The scaffolds were subsequently coated with chitosan and a chitosan/multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) nanocomposite. Structural, mechanical, magnetic, and biological properties were systematically characterized using standard analytical techniques.

Results: The fabricated scaffolds exhibited an amorphous structure, hierarchical porosity over 80%, and superparamagnetic behavior. Coating with chitosan and chitosan/MWCNTs increased compressive strength by approximately 67% and 100%, respectively, compared with the uncoated scaffolds, while maintaining high porosity. In addition, all scaffolds demonstrated excellent bioactivity, forming an apatite layer upon immersion in simulated body fluid. Biological evaluations revealed cell viability above 85%, favorable cell adhesion, and enhanced alkaline phosphatase activity.

Conclusion: The proposed strategy enabled the fabrication of ceramic scaffolds with hierarchical architecture, enhanced mechanical strength, favorable bioactivity, and stable magnetic properties, demonstrating high potential for application in bone regeneration.

Keywords: Magnetic mesoporous bioactive glass, Bone tissue engineering, 3D printing, Coating, Chitosan, Multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs).

ارزیابی خواص مکانیکی و زیستی داربست شیشه زیست فعال مزومتخلخل مغناطیسی پوشش دهی شده با کیتوسان و نانوکامپوزیت کیتوسان/نانولوله های کربنی چنددیواره

عباس طوقیان چهارسوقی^۱، سعید کرباسی^۲، اسماعیل عمادالدین^{۳*} و سید علی پورسمر^۲

۱- گروه نانوفناوری، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

۲- گروه بیومواد، نانوفناوری و مهندسی بافت، دانشکده فناوری های نوین پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: emadoddin@semnan.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: مهندسی بافت استخوان، به داربست هایی با زیست فعالی بالا و استحکام مکانیکی مناسب نیاز دارد. شیشه های زیست فعال مزومتخلخل مغناطیسی به دلیل سطح ویژه زیاد، سازگاری سلولی مطلوب و قابلیت بالقوه کاربرد در درمان های مبتنی بر میدان مغناطیسی مورد توجه هستند، اما تردی ذاتی آن ها استفاده در نواحی تحمل کننده بار را محدود می کند. هدف این پژوهش، ارائه یک راهبرد مؤثر برای ساخت و تقویت داربست های سرامیکی مبتنی بر شیشه های زیست فعال مزوحفره مغناطیسی، همراه با حفظ ساختار آمورف، نظم مزومتخلخل و عملکرد مغناطیسی آن ها است.

مواد و روش ها: داربست ها با استفاده از روش چاپ سه بعدی مستقیم جوهر و به کارگیری سل سازنده شیشه به عنوان فاز اتصال دهنده تولید شدند. سپس داربست ها با کیتوسان و نانوکامپوزیت کیتوسان/نانولوله های کربنی چنددیواره پوشش دهی شدند. ویژگی های ساختاری، مکانیکی، مغناطیسی و زیستی داربست ها با روش های استاندارد ارزیابی شد.

یافته ها: داربست های تولید شده، دارای ساختار آمورف، تخلخل سلسله مراتبی بیش از ۸۰ درصد و رفتار سوپرپارامغناطیسی بودند. پوشش دهی با کیتوسان و کیتوسان/نانولوله های کربنی چنددیواره، استحکام فشاری را به ترتیب ۶۷ و ۱۰۰ درصد نسبت به نمونه بدون پوشش افزایش داد؛ در حالی که تخلخل بالا حفظ شد. تشکیل لایه آپاتیتی، زیست فعالی مطلوب داربست ها را تأیید کرد. همچنین زیست پذیری سلولی بیش از ۸۵ درصد، چسبندگی مناسب سلول ها و افزایش فعالیت آلكالین فسفاتاز مشاهده شد.

نتیجه گیری: راهبرد پیشنهادی امکان تولید داربست های سرامیکی با معماری سلسله مراتبی، استحکام مکانیکی بهبود یافته، زیست فعالی مطلوب و خواص مغناطیسی پایدار را فراهم کرد و پتانسیل بالایی برای کاربرد در بازسازی استخوان نشان داد.

واژه های کلیدی: شیشه زیست فعال مزومتخلخل مغناطیسی، مهندسی بافت استخوان، چاپ سه بعدی، پوشش دهی، کیتوسان، نانولوله های کربنی چنددیواره (MWCNTs).