POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

سنتز و تشریح ویژگی‌های هیدروژلِ قابل‌تزریقِ کوپلیمریِ سه‌دسته‌ای ترکیب‌شده با نانوذراتِ شیشه زیست‌فعال برای مهندسی بافت استخوان

چکیده

طی سال‌های اخیر، هیدروژل‌های قابل‌تزریق[1] به‌دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی همچون جریان‌پذیری کنترل‌شده[2]، انعطاف‌پذیری و کاربرد آسان، بیش از گذشته مورد توجه مهندسی بافت قرار گرفته‌اند. مطالعه حاضر بر سنتز و تشریح ویژگی‌های هیدروژلِ قابل‌تزریقِ کامپوزیت که پایه آن را پلی‌اتیلن گلایکول و پلی‌ان-ونیل‌کاربازولِ تقویت‌شده با نانوذرات شیشه زیست‌فعال تشکیل می‌دهد و برای ترمیم بافت استخوان مناسب است، تأکید دارد. ابتدا، با ترکیب کردن پلی‌اتیلن گلایکول و پلی‌ان-ونیل‌کاربازول به روش پلیمریزاسیون انتقال زنجیر افزایشی-جدایشی برگشت‌پذیر[3]، کوپلیمر سنتز شد و سپس، ساختارهای هیدروژل نانوکامپوزیت، با ترکیب کردن ذرات شیشه زیست‌فعال در غلظت‌های بارگیریِ[4] مختلف، آماده شدند. آنالیز کوپلیمر به‌وسیله کروماتوگرافی ژل تراوا[5]، ماهیت کنترل‌شده‌ی آن را به اثبات رساند. نتایج آنالیز ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مختلف، سنتز موفقیت‌آمیز کوپلیمر و هیدروژل‌های نانوکامپوزیتی که دارای خصوصیات ژل‌کنندگی و قابلیت‌تزریق مناسب هستند را ثابت نمود. فرمولاسیون بهینه‌ی هیدروژل نانوکامپوزیت به‌علت دارا بودن ذرات شیشه زیست‌فعال آب‌دوست، خواص تورمی[6] بسیار بهتری نسبت به هیدروژل کوپلیمری داشت. مشخص شد که سرعت تکثیر سلول‌های استخوانی در هیدروژل نانوکامپوزیت، بسیار بیشتر از سرعت تکثیر این سلول‌ها در هیدروژل کوپلیمری است. علاوه بر این، فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز و معدنی‌شدن آپاتیت[7] در هیدروژل نانوکامپوزیت بیشتر از هیدروژل کوپلیمری بود و در نتیجه، با کاربرد هیدروژل نانوکامپوزیت، سرعت استخوان‌سازی تحت شرایط آزمایشگاهی[8] افزایش یافت. به‌طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد هیدروژل‌های نانوکامپوزیتِ ترکیب‌شده با ذرات شیشه زیست‌فعال به‌علت داشتن ساختار سه‌بُعدی متخلخل، تهاجم حداقلی و قابلیت تبدیل شدن به شکل دلخواه برای ترمیم عیوب استخوانی نامنظم،

[1] Injectable hydrogels
[2] Controlled flowability
[3] Reversible addition−fragmentation chain-transfer (RAFT) polymerization
[4] Loading concentrations
[5] Gel permeation chromatography
[6] Swelling properties
[7] Apatite mineralization
[8] *In vitro* osteogenesis

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

می‌توانند به‌عنوان مواد پیونددهنده‌ی نویدبخش در عمل‌های ترمیم استخوان مورد استفاده قرار گیرند و مکمل مواد پیونددهنده‌ی مرسومی که برای ترمیم عیوب استخوان اسفنجی بکار می‌روند، باشند.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، سنتز هیدروژل قابل‌تزریقی که پایه آن را پلی‌اتیلن گلایکول و پلی‌ان-ونیل‌کاربازولِ تشکیل می‌دهد، به‌وسیله تکنیک پلیمریزاسیون انتقال زنجیر افزایشی-جدایشی برگشت‌پذیر، گزارش شد. علاوه بر این، درجه‌های مختلفی از سیستم‌های هیدروژلِ نانوکامپوزیتی که پایه آن‌ها را ذرات شیشه زیست‌فعال تشکیل می‌دهد، از طریق فرآیندی درجا آماده شد و با استفاده از مطالعه‌ای تورمی[1]، درجه بهینه تعیین گردید. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی هیدروژل کوپلیمری و هیدروژل‌های نانوکامپوزیتی، با استفاده از آنالیزهای H NMR، FTIR، XRD و XPS مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز به‌وسیله کروماتوگرافی ژل تراوا ثابت نمود که هیدروژل‌های سنتزشده دارای ماهیت زنده هستند. رفتار رئولوژیکی و آزمون تورم نشان دادند که هم هیدروژل کوپلیمری و هم هیدروژل نانوکامپوزیتی، مایعاتی غیرنیوتنی[2] هستند و دارای رفتار رقیق‌شدن بُرشی[3] می‌باشند. در نهایت مشخص شد که خاصیت ژل‌کنندگی هیدروژل، نه در دمای اتاق و نه در دمای بدن، تغییر نمی‌نماید. این ویژگی نشان می‌دهد که هیدروژل آماده شده را می‌توان در دمای اتاق نگهداری نمود و پس از قرار دادن آن در بدن، خواص خود را حفظ می‌نماید. نتایج مطالعه سمیت‌سلولی[4]، فعالیت آلکالین فسفاتاز و رنگ‌آمیزی قرمز آلیزارین[5] ثابت نمود که هیدروژل نانوکامپوزیت سنتزشده، در مقایسه با هیدروژل کوپلیمری می‌تواند موجب افزایش تکثیر سلول‌های بافت استخوان و تحریک مراحل اولیه تمایز سلول‌های استخوان‌ساز و افزایش معدنی‌شدن آپاتیت شود. به‌طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد هیدروژل‌های کامپوزیتِ ترکیب‌شده با نانوذرات شیشه زیست‌فعال به‌علت داشتن ساختار سه‌بُعدی متخلخل، ظرفیت بالای نگهداری آب، تهاجم حداقلی و قابلیت تبدیل شدن به شکل دلخواه برای ترمیم عیوب استخوانی نامنظم، می‌توانند به‌عنوان مواد پیونددهنده نویدبخش در مهندسی بافت استخوان مورد استفاده قرار گیرند و مکمل مواد پیونددهنده‌ی مرسومی که برای ترمیم عیوب استخوان اسفنجی بکار می‌روند، باشند.

منبع

Pal, A.; Karmakar, P. D.; Vel, R.; Bodhak, S. Synthesis and Characterizations of Bioactive Glass Nanoparticle-Incorporated Triblock Copolymeric Injectable Hydrogel for Bone Tissue Engineering ACS Appl. Bio Mater. **2023**
DOI: 10.1021/acsabm.2c00718

[1] Swelling study
[2] Non-Newtonian fluids
[3] Shear thinning
[4] Cytotoxicity
[5] Alizarin red staining

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

مترجم- ویرایش کننده

مریم مهاجر

کلمات کلیدی

bioactive glass, injectable hydrogel, bone tissue engineering, RAFT polymerization, in vitro characterization

شیشه زیست‌فعال، هیدروژل قابل‌تزریق، مهندسی بافت استخوان، پلیمریزاسیون انتقال زنجیر افزایشی-جدایشی برگشت‌پذیر، تشریح ویژگی‌ها تحت شرایط آزمایشگاهی