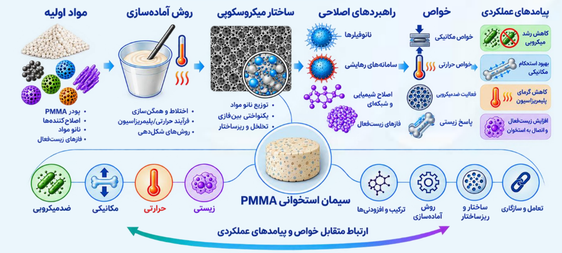
THE FIRST INTERNATIONAL CONGRESS ON HEALTH SERVICES TRANSFORMATION
اولین کنگره بین المللی تحول خدمات سلامت
۲۷ و ۲۸ مهر ماه
ISC 05251-58426 Scopus CIVILICA

Code:1575



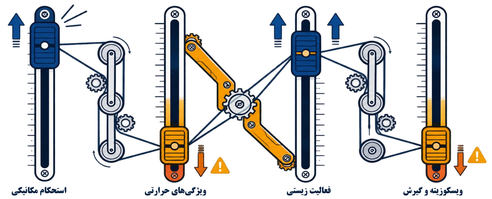
ارزیابی عملکرد مکانیکی، زیستی و ضدمیکروبی سیمان‌های استخوانی PMMA اصلاح‌شده با افزودنی‌های نانومقیاس و چندعملکردی

مهسا مهرابیان (۱)، محمد شاهقلی (۲)
(۱) کارشناسی ارشد، دانشکده ارتباطات، حمل و نقل و لجستیک، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران
(۲) دانشیار، دانشکده ارتباطات، حمل و نقل و لجستیک، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران



مقدمه

سیمان استخوانی PMMA به‌دلیل شکل‌پذیری و گیرش در محل، در ارتوپدی کاربرد گسترده‌ای دارد. زیست‌فعالی محدود، مونومر باقی‌مانده و گرمای بالای پلیمریزاسیون از چالش‌های آن است. افزودن فازهای زیست‌فعال، نانومواد، ترکیبات ضدمیکروبی و عوامل تقویت‌کننده برای رفع این چالش‌ها بررسی شده است. اثر هر افزودنی به نوع، مقدار، اندازه و پراکندگی آن وابسته است و تقویت یک ویژگی ممکن است ویژگی دیگر را تضعیف کند. هدف این مرور، تحلیل رابطه ترکیب و ساختار با خواص و عملکرد سیمان است [1] .



شکل ۱. موازنه هم‌زمان خواص و عملکرد سیمان استخوانی PMMA

روش ها

شناسایی مقالات
۷۹ مقاله؛ جست‌وجو در Scopus و Google Scholar؛ سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۶

انتخاب مقالات
۱۹ مقاله (۱۶ مقاله پژوهشی، ۳ مقاله مروری)؛
با راهبرد نانومقیاس یا چندعملکردی و ارزیابی دست‌کم دو خاصیت

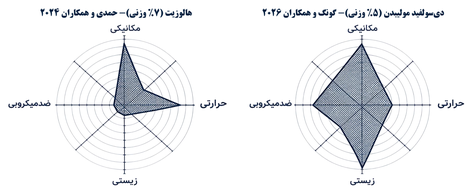
تحلیل مطالعات
۱۶ مطالعه پژوهشی؛
بررسی ارتباط افزودنی، ترکیب و ساختار با خواص و موازنه آن‌ها

یافته ها

۱- وابستگی پاسخ به نوع و مقدار افزودنی

هالوزیت (۷ درصد وزنی) [10]
- ↑ افزایش حدود ۲۲٪ استحکام فشاری
- ↓ کاهش ۱۳٪ دمای بیشینه
- ? فعالیت زیستی و ضدمیکروبی بررسی نشده

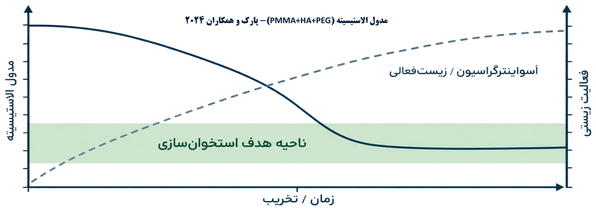
دی‌سولفید مولیبدن (۵ درصد وزنی) [17]
- ↑ افزایش حدود ۲۶٪ استحکام فشاری
- ↑ افزایش بیش از ۱۲۰٪ زنده‌مانی سلولی
- ↓ کاهش بیش از ۹۰٪ چسبندگی E.Coli
- ? رفتار حرارتی بررسی نشده



شکل ۲. مقایسه مفهومی پاسخ چند عملکردی دو افزودنی

۲- وابستگی رهایش به ترکیب و ویژگی‌های سطحی

رهایش اولیه سریع با نیاز به رهایش پایدار متفاوت تفسیر شود.
نوع حامل، ترکیب و ویژگی‌های سطحی بر رهایش و عملکرد ضدمیکروبی اثر می‌گذارند.
کومونومر فورانون اثر ضدمیکروبی را بدون رهایش آنتی‌بیوتیک ایجاد کرده است.



شکل ۳. موازنه مفهومی مدول الاستیک و زیست‌فعالی

۳- چند عملکردی بودن و تفکیک سهم اجزا

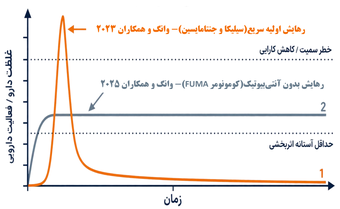
در PMMA اصلاح‌شده با هیالورونیک اسید و پلی‌اتیلن گلیکول، کاهش مدول الاستیسیته پس از تخریب فاز افزودنی همراه با افزایش استئوانتگریشن گزارش شده است.

٤- چندعملکردی بودن و تفکیک سهم اجزا

در فرمولاسیون‌های دارای چند افزودنی، نبود کنترل‌های تفکیکی مناسب، تعیین سهم مستقل هر جز را محدود می‌کند.



شکل ۴. تفکیک سهم اجزا در ترکیب‌های چند جزئی سیمان PMMA



شکل ۵. منحنی مفهومی الگوی رهایش و اثرضدمیکروبی

⚠ تفسیر عملکرد PMMA اصلاح‌شده باید هم‌زمان نوع و مقدار افزودنی، ترکیب و ساختار حاصل، موازنه خواص و سطح ارزیابی را در نظر بگیرد. نتایج آزمایشگاهی به‌تنهایی اثربخشی بالینی را اثبات نمی‌کنند.

نتیجه گیری

- ✓ عملکرد سیمان PMMA اصلاح‌شده به مقدار و نوع افزودنی، روش آماده‌سازی و ساختار وابسته است.
- ✓ افزایش مقدار افزودنی نمی‌تواند همه خواص را هم‌زمان ارتقا دهد.
- ✓ رهایش بیشتر آنتی‌بیوتیک، معادل اثربخشی ضدمیکروبی بیشتر نیست.
- ✓ به‌دلیل تفاوت در بارگذاری و روش آزمون، مقایسه مستقیم ارقام محدود است.
- ✓ نبود گروه‌های کنترل مجزا، تعیین سهم مستقل هر جزء را محدود می‌کند.
- ✓ ارزیابی باید با شاخص‌های مکانیکی، زیستی، حرارتی و ضدمیکروبی، گروه‌های کنترل جداگانه و روش‌های آزمون هماهنگ انجام شود.
- ✓ ارزیابی‌های بلندمدت و درون‌تنی در مطالعات آینده مفیدند.

رفرنس ها

1. Seesala VS, Sheikh L, Basu B, Mukherjee S. Mechanical and bioactive properties of PMMA bone cement: a review. ACS Biomater Sci Eng. 2024 Oct 14;10(10):5939–59. doi:10.1021/acsbiomaterials.4c00779
10. Hamdy TM. Modification of polymethylmethacrylate bone cement with halloysite clay nanotubes. BMC Oral Health. 2024 Aug 4;24(1):893. doi:10.1186/s12903-024-04600-3
17. Gong C, Shi S, Zhang Z, Zhao Z, Liu Z, Wang Z, Yu X. Multifunctional MoS_2-PMMA bone cement with enhanced strength and antibacterial activity to overcome limitations of conventional materials in orthopedic surgery. BMC Musculoskelet Disord. 2026 Apr 7;27(1):328. doi:10.1186/s12891-025-08915-2