Journal of Marine Medicine
Winter 2026, Volume 7, Issue 4 (Special Issue: Policy Brief)
Pages: 59-62
10.30491/7.4.59

Application of Antibiotic-loaded Sustained-release Polymers in Controlling Postoperative and Trauma Infections

Marzieh Dehghani [1], Ali Bahramifar [2], Hakimeh Nikzad [3], Ramezan Ali Taheri [4] *

[1] Department of Biophysics, College of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[2] Trauma Research Center, Clinical Sciences Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] District 16 Education Administration, Ministry of Education, Tehran, Iran
[4] Nanobiotechnology Research Center, New Health Technologies Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 20 December 2025 **Accepted:** 30 January 2026

Abstract

Traumatic wound infections and surgical site infections (SSIs) are among the most common healthcare-associated infections. In particular, infections at sites of war-related trauma and surgical interventions in field hospitals present significant concerns. The location and type of surgery in injured personnel can contribute to severe complications or even mortality. Hospital-acquired infections often arise due to inadequate hygiene before, during, or after surgery, or prolonged hospital stays. Despite advances in infection control, including improved operating room ventilation, sterilization techniques, surgical methods, and antimicrobial prophylaxis, SSIs remain a major cause of postoperative complications, extended hospitalization, and death. In fact, most SSIs are preventable with appropriate strategies. One innovative approach involves the use of smart, sustained-release polymers containing antibiotics, such as in situ-forming injectable polymer implants. These systems offer the advantage of local drug delivery and can address the challenges of oral or injectable antibiotic administration during patient transfer from the battlefield to the hospital following initial medical interventions. This policy-focused summary examines the application of sustained-release polymers and in situ-forming implants in controlling postoperative infections, particularly in field hospitals on the battlefield. Postoperative infections can lead to serious complications, which are exacerbated in combat settings due to limited resources and infrastructure. Sustained-release polymers, as targeted drug delivery systems, and in situ-forming implants, as novel therapeutic strategies, can help reduce infection rates and improve recovery outcomes. This article reviews current evidence and analyzes the challenges associated with implementing these technologies in such critical environments.

Keywords: Infection control, Surgery, War-related trauma, Sustained-release polymers, In situ-forming implants

***Corresponding author: Ramezan Ali Taheri**, **Email**: taheri@bmsu.ac.ir
Address: Nanobiotechnology Research Center, New Health Technologies Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴ (ویژه نامه خلاصه سیاستی)
صفحات: ۶۲-۵۹
10.30491/7.4.59

کاربرد پلیمرهای آهسته رهش حاوی آنتی بیوتیک در کنترل عفونت‌های پس از عمل جراحی و ترومای جنگی

مرضیه دهقانی [۱]، علی بهرامی فر [۲]، حکیمه نیک زاد [۳]، رمضانعلی طاهری [۴] *

[۱] گروه بیوفیزیک، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۲] مرکز تحقیقات تروما، پژوهشکده علوم بالینی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)، تهران، ایران
[۳] اداره آموزش و پرورش منطقه ۱۶، وزارت آموزش و پرورش، تهران، ایران
[۴] مرکز تحقیقات نانوبیوتکنولوژی، پژوهشکده فناوری های نوین سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۴/۱۱/۱۰

چکیده

عفونت زخم های ترومایی و عفونت محل جراحی یکی از شایع ترین عفونت های مرتبط با مراقبت های بهداشتی هستند. عفونت محل ترومای جنگی و محل جراحی به خصوص در شرایط جنگی و بیمارستان‌های صحرایی بسیار نگران کننده است. موقعیت و محل عمل جراحی در مجروحینی که بدنبال ترومای جنگی دچار آسیب شده اند؛ می‌تواند در ایجاد عوارض شدید و یا شهادت در مجروحین نقش داشته باشد. علت بروز عفونت های بیمارستانی به دلیل رعایت نکردن نکات بهداشتی قبل، بعد و در حین عمل جراحی و یا به دلیل اقامت طولانی مدت در بیمارستان‌ها است. علی‌رغم پیشرفت‌های انجام‌شده در کنترل عفونت، از جمله بهبود تهویه اتاق عمل، روش‌های استریل سازی، تکنیک‌های جراحی و در دسترس بودن پروفیلاکسی ضد میکروبی، عفونت محل جراحی همچنان یکی از علل مهم عوارض بعد از جراحی، بستری شدن طولانی‌مدت در بیمارستان و مرگ است. در واقع، اکثر عفونت های محل جراحی در صورت اعمال استراتژی های مناسب قابل پیشگیری هستند. یکی از استراتژی های نوین، استفاده از پلیمرهای هوشمند و آهسته رهش حاوی آنتی بیوتیک از جمله ایمپلنت‌های پلیمری تزریق شونده تشکیل شونده در محل می باشد که می تواند علاوه بر مزیت تجویز موضعی دارو، شرایط سخت و نامناسب تجویز خوراکی یا تزریقی آنتی بیوتیک هنگام انتقال مجروح از میدان به بیمارستان را پس از انجام اقدامات اولیه درمانی پوشش دهد. این خلاصه سیاستی به بررسی کاربرد پلیمرهای آهسته رهش و ایمپلنت‌های تشکیل شونده در محل در کنترل عفونت‌های پس از عمل جراحی و در بیمارستان‌های صحرایی در جبهه نبرد می‌پردازد. عفونت‌های پس از عمل جراحی می‌توانند به عوارض جدی منجر شوند و در شرایط جنگی، این مسئله به دلیل محدودیت منابع و زیرساخت‌ها تشدید می‌شود. پلیمرهای آهسته رهش به عنوان سیستم‌های دارورسانی هدفمند و ایمپلنت‌های تشکیل شونده در محل به عنوان راهکارهایی نوین، می‌توانند به کاهش عفونت‌ها و بهبود روند بهبودی کمک کنند. این مقاله به بررسی شواهد موجود و تحلیل چالش‌های موجود در این حوزه می‌پردازد.

کلیدواژه‌ها: کنترل عفونت، جراحی، ترومای جنگی، پلیمر آهسته رهش، ایمپلنت تشکیل شونده در محل

*نویسنده مسئول: **رمضانعلی طاهری**. پست الکترونیک: taheri@bmsu.ac.ir
آدرس: مرکز تحقیقات نانوبیوتکنولوژی، پژوهشکده فناوری های نوین سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)، تهران، ایران.

مقدمه

عفونت‌های پس از عمل جراحی و ترومای جنگی از جمله مشکلات مهم در حوزه پزشکی هستند که می‌توانند منجر به عوارض جدی، افزایش زمان بستری در بیمارستان و هزینه‌های درمانی بالا شوند. در جبهه‌های نبرد، شرایط بهداشتی و درمانی پیچیده‌تر می‌شود و نیاز به راهکارهای مؤثر برای کنترل عفونت‌ها بیش از پیش احساس می‌شود (۱).

در جراحی‌های مختلف، وقوع درصدی از عفونت پس از جراحی طبیعی قلمداد شده و پذیرفته شده است؛ درصد کلی عفونت‌های پس از عمل جراحی در سطح جهانی متفاوت است اما معمولاً بین ۱ تا ۵ ٪ از تمامی جراحی‌ها را شامل می‌شود. (در کشورهای پردرآمد حدود ۱-۳٪ و در کشورهای کم درآمدیا با درآمد متوسط ۲۰٪-۱۰ از عمل های جراحی به عفونت ختم می شوند). این میزان بسته به عواملی مانند نوع جراحی، سلامت بیمار و شرایط مراکز درمانی متغیر است و در جراحی های اورژانسی/تروما، ۱۰ تا ۱۵ درصد از ناحیه عمل های حراحی عفونی می شود و درصورتی که بیماری زمینه ای از جمله دیابت یا مصرف سیگار نیز وجود داشته باشد، خطر عفونت پس از جراحی تا ۳۰ درصد نیز می تواند افزایش یابد. در ایالات متحده، هزینه سالانه مرتبط با عفونت محل جراحی بین ۳/۵ تا ۱۰ میلیارد دلار تخمین زده می‌شود (۱). این در حالی است که با انجام روشهای پیشگیرانه از جمله رسانش آنتی بیوتیک از طریق ایمپلنت‌های زیست‌تخریب‌پذیر تزریقی حاوی آنتی‌بیوتیک می توان با رهایش آهسته و مداوم آنتی بیوتیک، میزان وقوع عفونت محل جراحی را کاهش داد (۲). تعداد فزاینده‌ای از مواد دارویی و به خصوص آنتی بیوتیک‌ها، پس از مصرف خوراکی از فراهمی زیستی کمی برخوردار می‌باشند. تزریق دارو، کاربردی-ترین روش برای تحویل داروهایی است که فراهمی زیستی کم و شاخص درمانی محدودی دارند. به‌عنوان مثال تزریق داخل وریدی، داخل شریانی، عضلانی و زیرجلدی می‌تواند جذب و فراهمی زیستی داروها را افزایش دهد. با این وجود بسیاری از داروها نیمه‌عمر کوتاهی دارند. ارزش درمانی داروها را می‌توان با کنترل و یا طولانی کردن رهایش آنها در طول زمان بهبود بخشید. دست‌یابی به رهایش پایدار و کنترل‌شده دارو به‌منظور اجتناب از تزریق مکرر بسیار مطلوب و تأثیرگذار است. اخیراً پیشرفت‌هایی در زمینه دارورسانی حاصل‌شده است. این پیشرفت‌ها منجر به توسعه سیستم‌های دارورسانی پیشرفته‌ای شده که امکان دست‌یابی به هدف‌گیری اختصاصی دارو، آزادسازی کنترل‌شده و مداوم دارو، کاهش دوز مصرفی و کاهش عوارض جانبی را ممکن ساخته است. در واقع، توسعه سیستم‌های جدید تحویل دارو در چند سال گذشته توجه زیادی را در بین محققان به خود جلب کرده است (۳).

روش‌ها

برای این مطالعه، مقالات منتشر شده در پایگاه‌های داده معتبر از جمله PubMed، Scopus و Google Scholar بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفتند. معیارهای انتخاب شامل مطالعات بالینی و پیش بالینی با تمرکز بر استفاده از پلیمرهای آهسته رهش و ایمپلنت‌های تشکیل شونده در محل در کنترل عفونت‌ها می باشد.

نتایج

پلیمرهای آهسته رهش

پلیمرهای آهسته رهش می‌توانند غلظت داروهای کنترل عفونت را در محل جراحی افزایش دهند و زمان آزادسازی دارو را بهبود بخشند. این پلیمرها به طور مؤثری عفونت‌های باکتریایی را کاهش داده و به تسریع روند بهبودی زخم‌ها کمک کرده‌اند (۴).

ایمپلنت‌های تشکیل شونده در محل

ایمپلنت‌های تشکیل شونده در محل که به طور مستقیم در محل زخم ایجاد می‌شوند، می‌توانند داروهای ضدعفونی‌کننده را به تدریج آزاد کنند. این ایمپلنت‌ها به کاهش زمان بهبودی کمک می‌کنند (۲).

چالش‌ها در بیمارستان‌های صحرایی

در بیمارستان‌های صحرایی، محدودیت‌های زیادی در دسترسی به داروها و تجهیزات وجود دارد. این شرایط می‌تواند تأثیر منفی بر کنترل عفونت‌ها بگذارد. استفاده از پلیمرهای آهسته رهش و ایمپلنت‌های تشکیل شونده در محل می‌تواند علاوه بر مزیت تجویز موضعی دارو، شرایط سخت و نامناسب تجویز خوراکی یا تزریقی آنتی بیوتیک هنگام انتقال مجروح از میدان به بیمارستان را پس از انجام اقدامات اولیه درمانی پوشش دهد و به عنوان یک راهکار مؤثر برای مقابله با این چالش‌ها مطرح شود (۵).

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از پلیمرهای آهسته رهش و ایمپلنت‌های تشکیل شونده به عنوان سیستم‌های دارورسانی می‌تواند به کاهش عفونت‌های پس از عمل جراحی و ترومای جنگی کمک کند. این تکنولوژی‌ها با فراهم کردن آزادسازی کنترل شده داروها و ایجاد موانع فیزیکی در برابر باکتری‌ها، می‌توانند به بهبود اثرات درمانی و کاهش عوارض جانبی کمک کنند. با این حال، نیاز به تحقیقات بیشتری برای بررسی اثرات بلندمدت و ایمنی این سیستم‌ها وجود دارد (۶).

با دست یابی به رهایش کنترل شده دارو در محلی که احتمال عفونت بالا است (زخم های ترومایی و محل جراحی)، می توان در مدت زمان بین انحام اقدامات اولیه درمانی در میدان نبرد تا رساندن مجروح به پشت خط و انجام عمل جراحی، در صورت مناسب نبودن دریافت آنتی بیوتیک خوراکی یا تزریقی، هیدروژل تزریق شده در محل ضایعه، با رهایش تدریجی آنتی بیوتیک موجب کنترل عفونت زخمهای ترومایی یا جراحی شده خواهد شد (۷).

پلیمرهای آهسته رهش و ایمپلنت‌های تشکیل شونده می‌توانند به عنوان راهکارهای مؤثری در کنترل عفونت‌های پس از عمل جراحی و ترومای جنگی به شمار آیند. این تکنولوژی‌ها می‌توانند به بهبود نتایج بالینی و کاهش هزینه‌های درمانی کمک کنند. تحقیقات آینده باید بر روی بهینه‌سازی فرمولاسیون‌ها و ارزیابی ایمنی این پلیمرها و ایمپلنت‌ها تمرکز کنند.

تشکر و قدردانی: با تشکر از همکاری‌ها، راهنمایی‌ها و مشاوره‌های "واحد توسعه تحقیقات بالینی بیمارستان بقیه الله (عج)".

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Manring MM, Calhoun JH, Marculescu C. Minimizing the risk of postoperative infection. Curr Orthop Pract. 2009;20(4):429-36.
2. Ramos F, Willart JF, Neut C, Agossa K, Siepmann J, Siepmann F. In-situ forming PLGA implants: towards less toxic solvents. Int J Pharm. 2024;657: 124121.
3. Bhusal P, Harrison J, Sharma M, Jones DS, Hill AG, Svirskis D. Controlled release drug delivery systems to improve post-operative pharmacotherapy. Drug Deliv Transl Res. 2016;6(5):441-51.
4. Nagaichuk V, Gerashchenko I, Chornopyshchuk R, Nazarchuk O, Kukolevska O, Faustova M, et al. Polymeric material with controlled release of antimicrobial agents for medical application. Int J Med Med Res. 2022;8(1):45-53.
5. Ter Boo GJA, Grijpma DW, Moriarty TF, Richards RG, Eglin D. Antimicrobial delivery systems for local infection prophylaxis in orthopedic and trauma surgery. Biomaterials. 2015;52:113-25.
6. Eshaghi M, Dehghani M, Abedi A, Moghaddam MM, Taheri RA. Poly(lactic-co-glycolic acid) nanoparticles and microparticles for peptide delivery: release mechanisms and controlling factors. ADMET DMPK. 2025;13(1):3091.
7. Li Y, Li G, Sha X, Li L, Zhang K, Liu D, et al. An intelligent vancomycin release system for preventing surgical site infections of bone tissues. Biomater Sci. 2020;8(11):3202-11.