

دستگاه‌های پوشیدنی و قابل کاشت برای تحویل دارو: کاربردها و چالش‌ها

چکیده

پایبندی ضعیف به برنامه دوز دارو مسئول حدود 50 درصد موارد بستری در بیمارستان است. اکثر بیماران به دلیل تجویز داروهای تهاجمی، سمیت‌های خارج از هدف یا شرایط پزشکی مانند زوال عقل، از برنامه دوز دقیق پیروی نمی‌نمایند. مفهوم نوظهور ابزارهای پوشیدنی^۱ (WDS)، تجهیزات کاشتنی^۲ (ID) و دستگاه‌های پوشیدنی و کاشتنی ترکیبی^۳ (WID) برای تحویل دارو فرصت‌های جدیدی برای درمان بیماران مبتلا به بیماری‌های مزمن ایجاد نموده است که نیاز به مراقبت‌های مکرر و طولانی‌مدت پزشکی مانند دیابت، اختلالات چشمی، سرطان، بهبود زخم، بیماری‌های قلبی عروقی و پیشگیری از بارداری دارند. WDهایی که روی سطح بدن پوشیده می‌شوند، پلتفرم‌های غیرتهاجمی و خودمدیریتی جذابی برای تحویل دارو ایجاد نموده‌اند که مطابقت زیادی از بیماران دریافت می‌نمایند. چسب‌های پوستی میکروسوزن^۴، چسب‌های التیام‌دهنده زخم^۵، لنزهای تماسی حاوی دارو^۶، محافظ‌های دهان^۷، حلقه‌های داخل واژن^۸، جواهرات دارویی^۹، و منسوجات خودمراقبتی مملو از دارو^{۱۰}، WDهای محبوبی هستند که در دارورسانی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در مقابل، IDs از طریق جراحی در داخل بافت بدن قرار می‌گیرند که امکان بارگذاری بیشتر و تاثیر موضعی بیشتر را برای مدت طولانی فراهم می‌نماید. میکروپمپ‌های هورمونی، مخزن هیدروژل/نانوالیاف^{۱۱}، استنت‌های کرونری^{۱۲}، دستگاه‌های داخل زجاجیه^{۱۳} و دستگاه‌های داخل رحمی^{۱۴} نمونه‌هایی از IDs هستند. در این بررسی، ما 10 سال پیشرفت تحقیقاتی در مورد WDها و IDهای ارائه دهنده دارو در زمینه درمان بیماری‌هایی که نیاز به داروهای مکرر و طولانی مدت دارند، به ویژه آنهایی که بر بافت‌های نرم تاثیر می‌گذارند، توضیح داده شده است. ما چندین چالش فنی که باید قبل از بررسی ترجمه چنین فناوری‌هایی به فناوری‌ها مورد توجه قرار گیرند، نیز برجسته شده است.

¹ Wearable devices

² Implantable devices

³ Wearable and implantable devices

⁴ Microneedle-skin patches

⁵ Wound healing patches

⁶ Drug-eluting contact lenses

⁷ Mouth guards

⁸ Intra-vaginal rings

⁹ Pharmaceutical jewelry

¹⁰ Drug-loaded self-care textiles

¹¹ Hydrogel/nanofibrous depot

¹² Coronary stents

¹³ Intravitreal devices

¹⁴ Intrauterine devices

کلمات کلیدی: تجهیز پوشیدنی، تجهیز قابل کاشت، پیچ میکروسوزن، تحویل دارو، استنت‌های دارویی، حلقه بسته، مکانیسم درمانی، ماشه پاسخگو^۱، انطباق بیمار

نتیجه‌گیری

WDها و IDها با ارائه پلتفرم‌های تحویل داروی مناسب، طولانی‌اثر، خودمدیریتی و مقرون به صرفه فرصت‌های جدیدی را در فناوری‌های مراقبت‌های بهداشتی ایجاد نموده‌اند. مفهوم نوظهور چنین دستگاه‌هایی به رفع بسیاری از چالش‌های مرتبط با رویکردهای مرسوم دارورسانی مانند دوزهای مکرر، هدف‌گیری غیرانتخابی، توزیع بیولوژیکی کنترل نشده داروها و سمیت خارج از هدف کمک نموده است. به دلیل انتشار مداوم دارو، چنین تجهیزاتی راه‌حل‌های امیدوارکننده‌ای را برای بیماران^۲ ارائه می‌دهند که به دلیل شرایط پزشکی مانند زوال عقل یا دلایل دیگر، از رژیم‌های دوز دقیق، به عنوان مثال پیشگیری از بارداری، پیروی نمی‌نمایند. رویکردهای ترکیبی مرتبط نمودن تجهیزات تحویل داروی پوشیدنی یا کاشتنی به مازول‌های بیوالکترونیکی کنترل‌شده بی‌سیم با فعال نمودن تحویل دارو به صورت حلقه بسته، به گسترش پتانسیل آن‌ها به مراقبت‌های بهداشتی سیار (پزشکی از راه دور)^۳ و پزشکی شخصی کمک نمود. WDها مانند پیچ‌های میکروسوزن^۳ (MN)، تکه‌های الکتروترمال، حلقه‌های بسته دارویی، حلقه‌های چشمی، چسب‌های التیام‌دهنده زخم، حلقه‌های داخل واژینال، جواهرات دارویی، منسوجات حاوی دارو و غیره قابلیت بی‌سابقه‌ای را در ارائه دارو در بیمار، کاملاً غیرتهاجمی نشان دادند. از سوی دیگر، IDهایی مانند میکروپمپ‌های انسولین خودکار، میکرو استنت‌های چشمی، درج‌های داخل چشمی^۴، ایمپلنت داخلی حلزونی، انبار دارویی مبتنی بر هیدروژل، استنت‌های کرونری حاوی دارو، دستگاه‌های ضد بارداری داخل رحمی و فرمول‌های تزریقی با ارائه ره‌ایش پایدار دارو از چند ماه تا چند سال راه‌حل نسبتاً طولانی‌مدتی ارائه می‌دهند. WDها و IDها به دلیل سهولت استفاده، انطباق بسیار زیاد بیماران، عملکرد جذاب و قابلیت ترجمه بالا، این پتانسیل را دارند که به هسته فناوری‌های تحویل دارو تبدیل شوند. اگرچه چنین تجهیزاتی ظرفیت فوق‌العاده‌ای برای پیشرفت چشمگیر حوزه دارورسانی دارند، اما گلوگاه‌های بسیاری مانند پیچیدگی طراحی، تاثیر مواد، ادغام دستگاه با بافت بیولوژیکی، کاربردهای محدود، ایمنی بالینی طولانی‌مدت و عوامل روانی اجتماعی وجود دارد که باید به آنها توجه شود. علاوه بر این، در زمینه تجهیزات کاشتنی، محرک‌های خارجی

¹ Trigger-responsive

² Telemedicine

³ Microneedles

⁴ Intraocular inserts

مانند نیروی مکانیکی، میدان مغناطیسی و محرک‌های الکتریکی قبلاً بررسی شده‌اند. مطالعات بیشتر همچنین می‌تواند بر کاوش سایر محرک‌های قوی‌تر مانند اولتراسوند و امواج مایکروویو در حین طراحی WD ها و ID های پاسخ‌دهنده به محرک‌ها برای تحویل دارو متمرکز شود. مطالعات آینده همچنین باید بر روی بررسی دقت دستگاه، پایداری طولانی مدت، سمیت طولانی مدت و کاربردهای مختلف تشریحی تمرکز نمایند. همچنین، انجام مطالعات روانی-اجتماعی چندگانه برای درک مقبولیت چنین وسایلی در میان جمعیت متنوع اقتصادی-اجتماعی در سراسر جهان بسیار مطلوب است.

Reference:

Kar A, Ahamad N, Dewani M, Awasthi L, Patil R, Banerjee R. Wearable and implantable devices for drug delivery: Applications and challenges. *Biomaterials*. 2022 Apr 1;283:121435.

DOI: 10.1016/j.biomaterials.2022.121435

