

پیشرفت‌ها در تحویل دارو از طریق پوست: مکانیسم‌ها، روش‌ها و کاربردها

چکیده

روش‌های دارورسانی از طریق پوست در حال حاضر به‌عنوان رویکردی امیدوارکننده برای انتقال داروها از طریق پوست مورد توجه قرار گرفته است. تحویل دارو از طریق پوست، پتانسیل غلبه بر محدودیت‌های روش‌های سنتی تحویل دارو، از جمله تجویز خوراکی و تزریق داخل وریدی را ارائه می‌دهد. چالش‌های مرتبط با نفوذ دارو از طریق لایه‌های پوست، که به‌عنوان مانع اصلی عمل می‌نمایند، بررسی می‌شوند و استراتژی‌های غلبه بر این محدودیت‌ها به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرند. این بررسی روش‌های تحویل دارو از طریق پوست را بر اساس ابزار افزایش نفوذ دارو دسته‌بندی می‌نماید و مرور جامعی از مکانیسم‌ها و روش‌های مرتبط با این مبحث ارائه می‌دهد. علاوه بر این، پیشرفت‌های اخیر در کاربرد دارورسانی از طریق پوست ارائه شده است. این بررسی همچنین محدودیت‌های تحقیقات در حال انجام را تشریح می‌نماید و دیدگاه‌های آتی مطالعات را در مورد تحویل داروها از طریق پوست پیشنهاد می‌نماید.

کلمات کلیدی: بیوالکترونیک، از طریق پوست، دستگاه‌های پوشیدنی

Keywords: bioelectronics, skin-mediated drug delivery, wearable devices

نتیجه‌گیری

این مقاله مروری، مرور جامعی از سیستم‌های دارورسانی از طریق پوست و روش‌ها و مکانیسم‌های مختلف مورد استفاده برای افزایش نفوذ دارو از طریق پوست ارائه می‌نماید. پوست، به‌عنوان مانعی بزرگ، چالش‌های مهمی را برای دارورسانی به همراه دارد، اما از طریق رویکردهای نوآورانه، پیشرفت قابل توجهی برای غلبه بر مانع مرتبط با پوست صورت گرفته است. یکی از استراتژی‌های برجسته که در این مقاله بررسی شده است، اصلاح شیمیایی یا فیزیکی لایه شاخی¹ پوست که خارجی‌ترین لایه پوست است و نقشی اساسی در نفوذ دارو ایفا می‌نماید. با تغییر خواص لایه شاخی، محققان با موفقیت نفوذ داروهای مختلف را بهبود بخشیده‌اند. این تغییرات را می‌توان

¹ Stratum corneum

از طریق روش‌هایی مانند استفاده از تقویت‌کننده‌های شیمیایی، فرسایش و نفوذ به دست آورد. علاوه بر این، این بررسی پتانسیل رویکردهای تقویت‌شده با محرک‌های پیشرفته را در افزایش تحویل دارو از طریق پوست تایید می‌نماید. روش‌های مختلفی مانند تحریک حرارتی^۲، الکتروپوراسیون^۳، یونتوفورزیس^۴ و سونوفورزیس^۵ توانایی تولید جریانی از مولکول‌های دارو در سراسر پوست را نشان داده‌اند که منجر به بهبود کارایی دارورسانی می‌گردد. این روش‌های تقویت‌شده با محرک، مسیرهای جایگزینی را برای انتقال دارو ارائه می‌نمایند و نویدبخش غلبه بر چالش‌های خاص مرتبط با فرمول‌های دارویی خاص یا شرایط پوستی هستند. نکته مهم این است که کاربرد این روش‌های تحت پوشش در این بررسی از بیماری‌های مرتبط با پوست گرفته تا بیماری‌های مزمن یا متابولیک مختلف را شامل می‌شود که تاثیر بالقوه گسترده تحویل دارو از طریق پوست را نشان می‌دهد. توانایی انتقال دارو از طریق پوست راه‌های جدیدی را برای درمان‌های دقیق و هدفمند باز می‌گرداند و امکان درمان موضعی را فراهم می‌نماید و در عین حال عوارض جانبی سیستمیک را به حداقل می‌رساند. علاوه بر این، پیامدهای تحویل دارو از طریق پوست فراتر از اهداف درمانی است. این رویکردها همچنین نویدبخش توسعه محصولات آرایشی و بهداشتی هستند که مزایای آرایشی و دارویی را با هم ترکیب می‌نمایند. با انتقال دارو از طریق پوست، محصولات آرایشی و بهداشتی می‌توانند سلامت و ظاهر پوست را بهبود بخشند و فرصت‌هایی را برای مراقبت از پوست، ضد پیری و سایر کاربردهای آرایشی ارائه دهند. علاوه بر این، ابزارهای تشخیصی غیرتهاجمی را نیز با امکان تشخیص علائم زیستی یا سطوح داروی درمانی در پوست ارائه می‌دهد و بینش‌های ارزشمندی را در مورد پیشرفت بیماری و اثربخشی درمان‌ها ارائه می‌دهد.

با این حال، آگاهی از نگرانی‌های ایمنی مرتبط با سیستم‌های دارورسانی از طریق پوست ضروری است. در حالی که این رویکردهای نوآورانه مزایای قابل توجهی ارائه می‌دهند، خطرات بالقوه و عوارض جانبی باید به‌طور کامل ارزیابی شوند و برای اطمینان از ایمنی بیماران و اثربخشی درمان‌ها مورد توجه قرار گیرند. بهینه‌سازی فرمول‌های دارویی برای تحویل از طریق پوست، حوزه حیاتی برای تحقیقات آینده می‌باشد. توسعه فرمولاسیون دارویی ایمن، پایدار و موثر که نفوذ دارو را به حداکثر می‌رساند و در عین حال عوارض جانبی را به حداقل می‌رساند، بسیار مهم است. پیشرفت‌ها در نانو تکنولوژی، مواد زیستی و طراحی فرمول‌بندی، چشم‌اندازهای هیجان‌انگیزی را برای بهبود کارایی و ایمنی سیستم‌های دارورسانی از طریق پوست ارائه می‌دهد.

² Thermal actuation

³ Electroporation

⁴ Iontophoresis

⁵ Sonophoresis

یکی دیگر از جنبه‌های حیاتی که باید در نظر گرفته شود، تاثیر شرایط پوستی مختلف بر اثربخشی روش‌های دارورسانی از طریق پوست می‌باشد. فاکتورهایی مانند دما، میزان رطوبت و سطح pH پوست بر میزان تحویل داروها تأثیر دارند. به‌عنوان مثال، دمای بالای هسته پوست ممکن است مانع افزایش نفوذ دارو در روش‌های تحریک حرارتی شود. به‌طور مشابه، پوست مرطوب می‌تواند مقاومت الکتریکی لایه‌های پوست را کاهش دهد و به‌طور بالقوه منجر به مصرف بیش از حد دارو در هنگام اعمال جریان الکتریکی برای یونتوفورزیس گردد. بنابراین، انجام تحقیقات بیشتر جهت درک شرایط اساسی پوست که ممکن است به طور قابل توجهی بر عملکرد سیستم‌های دارورسانی از طریق پوست تأثیر بگذارد، ضروری است.

علاوه بر این، اذعان به این نکته ضروری است که همه افراد، از اطفال گرفته تا افراد مسن، ممکن است به طور یکسان از پیشرفت‌های دارورسانی از طریق پوست بهره‌مند نشوند. تقاضا برای دارورسانی از طریق پوست به‌ویژه در جمعیت‌هایی که به روش‌های سنتی، مانند تجویز خوراکی یا تزریق وریدی اعتقاد دارند، چالش‌هایی را ایجاد می‌نماید. با این حال، ویژگی‌های لایه‌های پوست در میان این جمعیت‌های آسیب‌پذیر، مانند بیماران اطفال و سالمندان، به‌طور قابل توجهی متفاوت است. به‌عنوان مثال، نوزادان پوست حساس‌تری نسبت به بزرگسالان دارند و ضخامت هر لایه پوست با افزایش سن تغییر می‌نماید.

در نتیجه، کاربرد روش‌های دارورسانی از طریق پوست ممکن است برای چنین افرادی متفاوت باشد یا به شرایط عملیاتی خاصی نیاز داشته باشد. بنابراین، انجام تحقیقات بیشتر برای کشف و درک ویژگی‌های متمایز لایه‌های پوست در میان جمعیت‌های مختلف ضروری است. این دانش کمک می‌نماید تا روش‌های دارورسانی از طریق پوست را متناسب با افراد مختلف، با توجه به ویژگی‌ها و نیازهای پوستی منحصر به فرد آن‌ها، تطبیق دهد. با پرداختن به این عوامل، می‌توان دسترسی و اثربخشی دارورسانی از طریق پوست را در طیف وسیع‌تری از افراد، از جمله افرادی که دارای شرایط یا آسیب‌پذیری‌های پوستی خاص هستند، گسترش داد.

Reference

Lee DH, Lim S, Kwak SS, Kim J. Advancements in Skin-Mediated Drug Delivery: Mechanisms, Techniques, and Applications. *Advanced Healthcare Materials*. 2024 Mar;13(7):2302375.

DOI: <https://doi.org/10.1002/adhm.202302375>

مترجم: مبینا بسکابادی

ویراستار: خانم میران موسوی

