

مقاله مروری

فناوری نانو و کاربردهای نوین آن در پزشکی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵

خلاصه

مقدمه: فناوری نانو یکی از شاخه‌های نوین و جذاب پژوهشی است که فرصت‌های قابل توجهی را برای تحولات جدید در شاخه‌های مختلف علوم عرضه می‌کند. در سال‌های اخیر طب مدرن می‌تواند تا حد زیادی از این فناوری بهره‌مند شود. هدف از این مقاله ارائه قابلیت‌ها و کاربردهای نوین فناوری نانو در حوزه پزشکی و مرور چشم‌انداز آینده این فناوری می‌باشد.

روش کار: فناوری نانو دارای قابلیت کاربرد در انواع اعمال پزشکی و مهندسی زیستی می‌باشد. حاملین بر پایه نانو و ادجوانت‌های نانویی قابلیت بالایی در حوزه واکسن، در روش‌های تشخیصی، تولید کیت و زیست حسگرها و تصویربرداری مغناطیسی و حمل و ارائه داروها و افزایش کارآمدی آنها در درمان سرطان از دسته این کاربردهاست. بیشترین کاربرد نانوتکنولوژی در درمان سرطان‌ها می‌باشد که ۹۵ درصد می‌باشد. یکی از بیشترین استفاده‌های نانوتکنولوژی در زمینه داروسازی هدفمند است که ۹۰ درصد کاربردها را به خود اختصاص می‌دهد. استفاده از نانوتکنولوژی در زمینه تشخیص و درمان بیماری‌ها درصد بالایی می‌باشد که در تشخیص زودهنگام بیماری‌ها تا ۸۵ درصد و در تصویربرداری پزشکی تا ۸۰ درصد و در مهندسی بافت ۷۰ درصد می‌باشد.

نتایج: مطالعات جدید نشان می‌دهد که استفاده از نانوتکنولوژی در سال ۲۰۰۰ فقط درصد کمی را شامل می‌شد ولی امروزه نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۵ درصد استفاده از نانوتکنولوژی در روش‌های درمانی و تشخیصی ۷۵ درصد شده است که نقش مهم نانوتکنولوژی را نشان می‌دهد. فناوری نانو منشأ مواد جدیدی است که فرصت‌های زیادی را برای تحولات جدید در شاخه‌های مختلف علوم پزشکی عرضه می‌کند.

نتیجه‌گیری: تکنیک‌های تشخیص زودهنگام، درمان‌های هدفمند، کاهش عوارض دارویی و بهبود عملکرد سیستم‌های درمانی تنها بخشی از پتانسیل‌های این علم در بهبود سلامت جامعه است.

کلمات کلیدی: فناوری نانو، واکسن، دارو، درمان

هاجر صادقی لیمنجوب^{۱*}

^۱گروه زیست‌شناسی، واحد خلخال، دانشگاه آزاد اسلامی، خلخال، ایران (نویسنده مسئول)

Email: sadeghi93@iaau.ac.ir

مقدمه

نانومتر معادل یک میلیاردم متر یا تقریباً یک هشتاد هزارم قطر مو و یا معادل اندازه ده اتم هیدروژن است که در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. نانوتکنولوژی، امکان مطالعه مواد را در اندازه های نانومتر برآورده می کند. حیطه تخصصی فناوری نانو ساختارها و دستگاههایی است که در ابعاد فضائی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار داشته و فعالیتهای این ساختارها در بازه های زمانی فمتو ثانیه (یک میلیونیم نانو ثانیه) بوقوع می پیوندد. این ساختارها، نظیر ملکولها و ماشینهای مولکولی فعال در سلولها، یا خود به تنهایی می توانند مفید باشند و مورد استفاده قرار گیرند و یا به عنوان جزئی از ساختارهای بزرگتر، مانند سلولها، که خود در برگیرنده انواع نانو ساختارها هستند، فعالیت می نمایند (۶). مفهوم اساسی فناوری نانو بر پایه استفاده از اتم ها و مولکول ها جهت ساخت ساختارهایی کاربردی است. اولین کسی که این فناوری را به عنوان یک پژوهش ابتکاری که می تواند انقلابی در علم ایجاد کند مطرح کرد، ریچارد فاینمن برنده جایزه نوبل فیزیک بود. وی در یکی از سخنرانی هایش در سال ۱۹۵۹ فرضیه ای ارائه داد که بر اساس آن ماشین های مولکولی به طرز باور نکردنی دارای قابلیت ساخت با دقت اتمی می باشند. درمان بر پایه نانو بی شک یکی از حوزه های اصلی مورد نظر محققان در مطالعات فناوری نانو است. در حال حاضر محصولات نانویی بطور گسترده ای به عنوان مواد زیست سازگار مورد پذیرش قرار گرفته اند. این مواد همچنین در جراحی و دندانپزشکی، مطالعات سلول های عصبی و تحقیقات بیومولکولی مورد استفاده قرار می گیرند. مواد بر پایه نانوذرات قابلیت دستیابی به موفقیت در بسیاری از شاخه های صنعت را دارا می باشند. بطور مثال، مبارزه با میکروارگانیزم های بیماری زا، آزمایش محصولات، آب و محیط زیست طبیعی و ایجاد مواد بسته بندی جدید از جمله کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی محسوب می شوند (۲). به باور بسیاری، نانوتکنولوژی نوآوری تازه ایست که در ۵۰ سال آینده اقتصاد و بازار بورس را تحت کنترل خود در خواهد آورد و زندگی را از بسیاری از جهات بهبود خواهد بخشید (۳). در بخش دارو نیز پیش بینی شده است تا ۱۰

الی ۱۵ سال آینده نیمی از این صنعت متکی بر نانوتکنولوژی خواهد بود که خود نیاز به وسایل تزریق جدید و آموزش های پزشکی روزآمد خواهد داشت (۸).

روش کار

این تحقیق به شیوه ای توصیفی-تحلیلی و با هدف بررسی کاربردهای نوین نانوتکنولوژی در علوم پزشکی انجام گرفته است. فرایند جمع آوری داده ها طی چند مرحله و با تمرکز بر ادبیات علمی معتبر و به روز صورت گرفت.

ابتدا، جستجوی گسترده ای در پایگاه های اطلاعاتی علمی شامل *IEEE*, *SpringerLink*, *Nature*, *ScienceDirect*, *PubMed* و *Xplore* و *Google Scholar* انجام شد. برای انتخاب منابع، مقالات منتشر شده در بازه ی زمانی ژانویه ۲۰۱۹ تا می ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفتند تا از به روز بودن اطلاعات اطمینان حاصل شود. کلیدواژه هایی مانند *nanotechnology in medicine*، *nanorobots in nano-biomaterials*، *drug delivery*، *cancer nanomedicine*، *surgery*، برای جستجو مورد استفاده قرار گرفتند. *nano-vaccines*، *medical nanofibers*.

معیارهای ورود منابع به این مطالعه عبارت بودند از:

-انتشار در مجلات علمی با داوری دقیق (Peer-reviewed)

-ارائه داده های تجربی یا تحلیل های بالینی/پیش بالینی قابل استناد

-تمرکز بر کاربردهای نانو در حیطه های درمان، تشخیص، دارورسانی، واکسن سازی و ترمیم بافت

-نوآوری در نوع نانو ساختارها یا روش های درمانی

در گام بعد، داده های کیفی و کمی استخراج شده از مقالات با استفاده از روش تحلیل محتوای هدفمند بررسی شدند. یافته ها بر اساس حوزه های کاربردی شامل:

دارورسانی هدفمند با نانوذرات لیپیدی و پلیمری

نانوربات های هوشمند در جراحی های کم تهاجمی

نانوذرات مغناطیسی در تصویربرداری پزشکی

کاربرد نانوالیاف در ترمیم زخم و مهندسی بافت

نانوواکسن ها در ایمن سازی مدرن

دسته‌بندی و تحلیل شدند

برای افزایش دقت و انسجام داده‌ها، از نرم‌افزارهای تخصصی مانند EndNote برای مدیریت منابع، Excel برای طراحی جداول آماری، و Matplotlib / GraphPad Prism برای ترسیم نمودارهای مقایسه‌ای استفاده شد. همچنین به منظور اعتبارسنجی یافته‌ها، برخی منابع با یکدیگر تطبیق داده شدند تا از هم‌راستایی داده‌های گزارش شده اطمینان حاصل شود.

در نهایت، نتایج مطالعات استخراج شده، مبنای تحلیل علمی در بخش‌های نتایج و بحث مقاله قرار گرفتند تا تصویری جامع از جایگاه و عملکرد نانو تکنولوژی در پزشکی نوین ارائه گردد.

نتایج

نانو تکنولوژی در پزشکی

کاربردهای نوظهور فناوری نانو در پزشکی

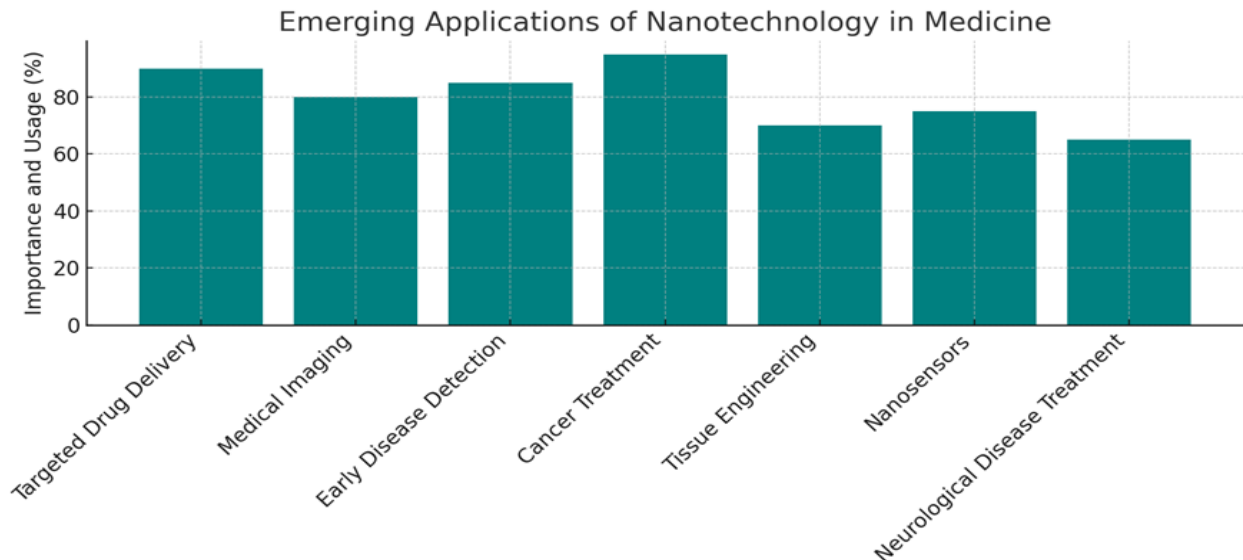
جدول زیر برخی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در حوزه پزشکی را به همراه اهمیت و درصد استفاده از آنها ارائه می‌دهد.

کاربرد	اهمیت و کاربرد (%)
دارورسانی هدفمند	۹۰%
تصویربرداری پزشکی	۸۰%
تشخیص زودهنگام بیماری	۸۵%
درمان سرطان	۹۵%
مهندسی بافت	۷۰%
نانوحسگرها	۷۵%
درمان بیماری عصبی	۶۵%

است. نانوپزشکی در مطالعات سلولی، پیش بالینی و بالینی منجر به پیشرفت‌های مهم بسیاری شده است. با این حال، بسیاری از این پیشرفت‌ها در زمینه تشخیص و درمان سرطان بوده است. انتظار می‌رود این تمرکز نامتناسب در سال‌های آینده با تمرکز تحقیقات بر روی چالش‌های پزشکی دیگر مانند مقاومت آنتی‌بیوتیکی و اندام‌های مصنوعی مورد توجه قرار گیرد. نانوپزشکی به دلیل تطبیق پذیری طراحی پلت فرم نانومواد، چه از طریق رویکردهای درمانی چندوجهی و چه از طریق طراحی چند وجهی بسیار تخصصی برای کاربردهای بیولوژیکی مرتبط، سودمند است. (۱۱)

نانو تکنولوژی در پزشکی فرصت‌های هیجان‌انگیزی را در زمینه‌های تحقیقاتی و پیشرفت‌های بسیار علم و فناوری به‌ویژه در زمینه‌های دارورسانی، مقاومت آنتی‌بیوتیکی، تصویربرداری، تشخیص و درمان‌های سرطان ارائه می‌دهد و تحقیقات بیشتر در زمینه‌های مرتبط با پزشکی در حال انجام است. نانو پزشکی شاخه‌ای از فناوری نانو است که به ارائه مجموعه ارزشمندی از ابزارهای تحقیقاتی و دستگاه‌های مفید بالینی در آینده نزدیک کمک می‌کند. تحویل دارو بر اساس نانوذرات در طراحی منطقی، بیومیمتیک و سیستماتیک ترکیب‌های درمانی بهینه گنجانده شده

نانوتکنولوژی پزشکی یا نانوپزشکی با هدف ارائه تجهیزات پزشکی ارزان تر و راهکارهای درمانی مؤثرتر ایجاد شده است (۱۰).



نانوتکنولوژی در دارورسانی

در حیطه داروسازی نیز نانوفناوری دارای کاربردهای بسیار اساسی است و هدف راهبردی در این حوزه، طراحی بیمار - محور و بیماری - محورداروهای هوشمند و هدف گیر است. طراحی مواد مورد استفاده در بسته بندی دارو (مواد کپسول دارو) نیز یکی از موضوعات بسیار مهم پژوهشی در نانوپزشکی دارویی است. برخی از داروهای سودمند، بسیار سمی هستند و اگر قبل از رسیدن به هدف مشخص، کپسول آنها باز شود می توانند باعث بروز اثرات جانبی و تقلیل قدرت عملکرد خود شوند. استفاده از نانو ذرات تا حدود زیادی می تواند جلوی عوارض دارویی را بگیرد (۶).

نانوپزشکی عمدتاً شامل نانوذرات برای تحویل یا تزریق داروها برای شناسایی برخی سلول های مرتبط با تومور است که باعث

سرطان می شود. نانو ذرات به طور خاص به منظور جذب سلول بیمار که شامل درمان سلول های مرتبط با تومور است، ساخته می شوند. این تکنیک عمدتاً عوارض جانبی را برای سلول های سالم کاهش می دهد و برای تشخیص آسان سرطان مفید است. حلالیت کم، پایداری کم و غلظت پایین داروی ورودی به خون از مشکلات داروی خوراکی می باشد، با استفاده از نانوذرات می توان بر مشکلات تا حدودی غلبه کرد و ماندگاری و جذب دارو در دستگاه گوارش را افزایش داد، و سپس دارو را به مکان مورد نظر رسانید. تحقیقات زیادی بر روی حیوانات آزمایشگاهی مانند موش های آزمایشگاهی انجام می شود که در آنها داروها به سلول های هدف تحویل داده می شوند (۱۱،۲۳).

کاربردهای فناوری نانو در داروسازی (2025)

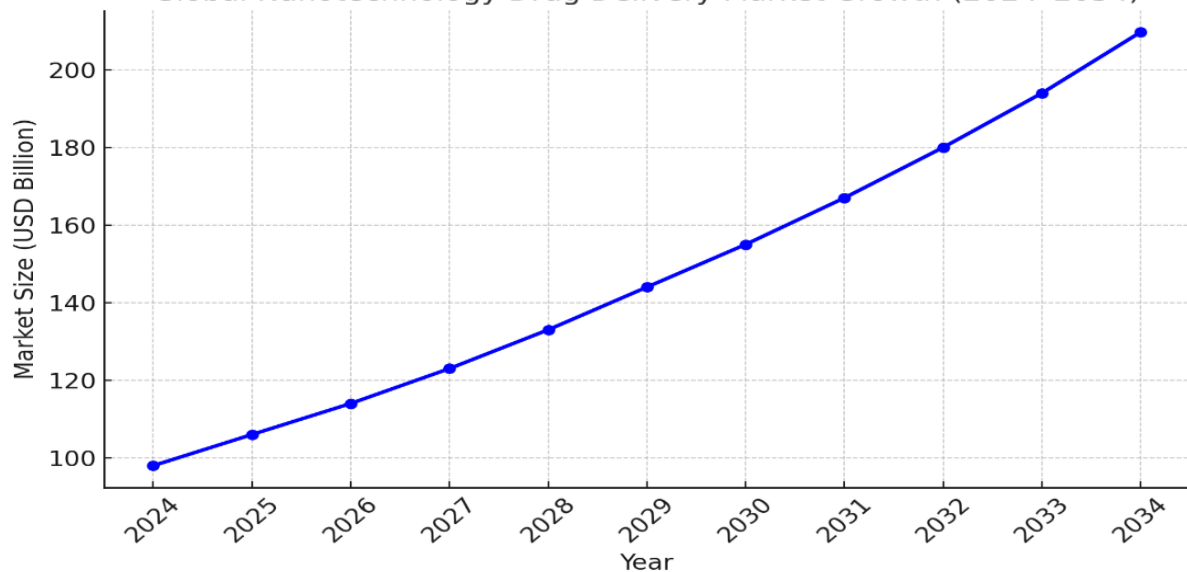
حوزه کاربرد	راهکار فناوری نانو	مزایا	تحولات اخیر
لیپوزوم ها، دندریمرها، نانوذرات مغناطیسی	دارورسانی هدفمند، کاهش عوارض جانبی، افزایش اثربخشی	لیپوزوم ها بازار را در دست دارند؛ نانوذرات مغناطیسی برای درمان مغناطیسی - گرمایی استفاده می شوند	

مغز و اعصاب	نانوذرات پلیمری، دندریمرها	از سد خونی-مغزی عبور می کند، رهايش پایدار دارد	دندریمرها نویدبخش درمان اختلالات عصبی هستند
بیماری های قلبی عروقی	نانوذرات	دارورسانی هدفمند به پلاک های آترواسکلروتيك، بهبود حلالیت دارو	نانوذراتی که برای رساندن مستقیم دارو به محل های آسیب دیده استفاده می شوند
مدیریت دیابت	نانوذرات	آزادسازی کنترل شده انسولین، تقلید ترشح طبیعی انسولین	تحقیق روی نانوذرات برای رساندن مداوم انسولین
بیماری های عفونی	نانوذرات	افزایش انتقال آنتی بیوتیک، کاهش مقاومت	نانوذرات به بیوفيلم های باکتریایی نفوذ می کنند و اثربخشی درمان را بهبود می بخشند.
چشم پزشکی	نانوذرات مغناطیسی	دارورسانی هدفمند به چشم، کاهش التهاب	نانوذرات مغناطیسی چسبندگی بالایی در درمان های قرنیه نشان می دهند
ژن درمانی	نانوذرات لیپیدی (LNPs)	ارائه کارآمد درمان های مبتنی بر RNA	LNP های مورد استفاده در واکسن های mRNA، راه هایی را برای درمان های ژنتیکی باز می کنند
سرطان روده بزرگ	نانوذرات سیلیس مزومخلخل (MSNs)	آزادسازی هدفمند دارو، مهار پیشرفته تومور	MSN های عامل دار شده برای بهبود درمان سرطان کولورکتال

شده اند. (۲) یکی از بیشترین استفاده های نانو تکنولوژی در زمینه داروسازی هدفمند است که ۹۰ درصد کاربردها را به خود اختصاص می دهد (۱۴ و ۱۶).

دارو رسانی همچنین با استفاده از ترکیبات طبیعی نیز امکان پذیر می باشد. پلیمرهای پروتئینی طبیعی عمدتاً ژالینی و آلبومینی به منظور ساخت سیستم های نانو حامل بطور قابل توجهی موثر واقع

Global Nanotechnology Drug Delivery Market Growth (2024-2034)



نانوتکنولوژی در تکنیک‌های درمانی

هدف از فناوری نانو در علوم پزشکی، ایجاد مواد و روش‌های جدید برای تشخیص و درمان بیماری‌ها به صورت هدفمندتر، دقیق‌تر، مؤثرتر و ماندگارتر است. (۱۰) نانو اسفنجهای، پیشرفت جدیدی در فناوری نانو هستند که وظیفه اصلی آن‌ها جذب سموم از خون و سپس حذف کامل سموم از جریان خون است. نانو اسفنجهای با یک غشای گلبول قرمز پوشیده شده‌اند و غشای RBC به نانو اسفنجهای اجازه می‌دهد آزادانه در جریان خون حرکت کنند و عمدتاً سموم را جذب کنند. برای جراحی غیر تهاجمی و سایر جراحی‌ها، محققان روشی را برای تولید امواج صوتی که قوی‌ترین هستند و به شدت بر روی سلول‌های هدف متمرکز هستند، نشان داده‌اند. بعنوان مثال استفاده از عدسی پوشش داده شده با نانولوله‌های کربنی برای تبدیل نور از لیزر به امواج صوتی برای رساندن داروها به سلول‌های هدف بدون داشتن عوارض برای سلول‌های سالم می‌باشد. (۲۶ و ۲۷) مطالعات بسیاری بر روی نانوذرات بیسموت برای درمان تومورهای سرطانی در حال انجام است. مطالعات اولیه نشان داده است که نانوذرات بیسموت دوز

تشعشع به تومور را به حداکثر درصد افزایش داده و عوارض جانبی را کاهش می‌دهد. برای غلبه بر بسیاری از مشکلات انتقال ژن و دارو، نانوتکنولوژی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. نانومواد با ترکیبات مختلف و چندین خواص شیمیایی و بیولوژیکی به طور گسترده برای کاربردهای دارو و انتقال ژن مورد بررسی قرار گرفته‌اند. خوشه‌های کربن هیدروفیل پلی اتیلن گلیکول (PEG-HCC) که وظیفه اصلی آنها جذب رادیکال‌های آزاد از پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه است ممکن است آسیب ناشی از انتشار رادیکال‌های آزاد را پس از هر گونه آسیب مغزی کاهش دهند. گرما درمانی هدفمند برای درمان سرطان‌های مرتبط با سینه استفاده می‌شود. در این استراتژی، آنتی‌بادی‌ها به شدت جذب پروتئین‌های یک نوع سلول سرطان سینه می‌شوند که به نانولوله‌ها متصل هستند و باعث تجمع نانولوله‌ها در تومور می‌شوند. (۱۱ و ۲۱) بیشترین کاربرد نانوتکنولوژی در درمان سرطان‌ها می‌باشد. (۱۳ و ۱۹) و استفاده نانوتکنولوژی در بحث درمان بیماریهای عصبی ۶۵ درصد می‌باشد (۱۸).

MSN‌های عامل دار شده برای بهبود درمان سرطان کولورکتال

رشد علایق تحقیقاتی (%)	اثر بخشی بالینی (%)	کاربرد نانوفناوری	تکنیک درمانی
۱۸	۸۲	نانوذرات طلا نور را به گرما تبدیل می‌کنند تا تومور را از بین ببرند.	درمان فوتوترمال
۲۰	۷۵	نانوحامل‌ها ژن‌ها را مستقیماً با دقت بالا به سلول‌ها منتقل می‌کنند.	ژن درمانی
۲۲	۸۸	لیپوزوم‌ها و دندریمرها داروهای شیمی درمانی را به محل تومور می‌رسانند.	شیمی درمانی هدفمند
۱۵	۷۰	نانوذرات حساسیت سلول‌های تومور را به پرتو افزایش می‌دهند.	حساسیت به تابش
۱۹	۷۷	نانوذرات، سیستم ایمنی را برای حمله به سلول‌های سرطانی تحریک می‌کنند.	ایمونوتراپی

نابینایی‌ها هدف‌گیری و بقای سلول‌های بنیادی را بهبود می‌بخشد.

نانوذرات، اثربخشی آنتی‌بیوتیک‌ها را افزایش و مقاومت آن‌ها را کاهش می‌دهند.

تحویل سلول‌های بنیادی

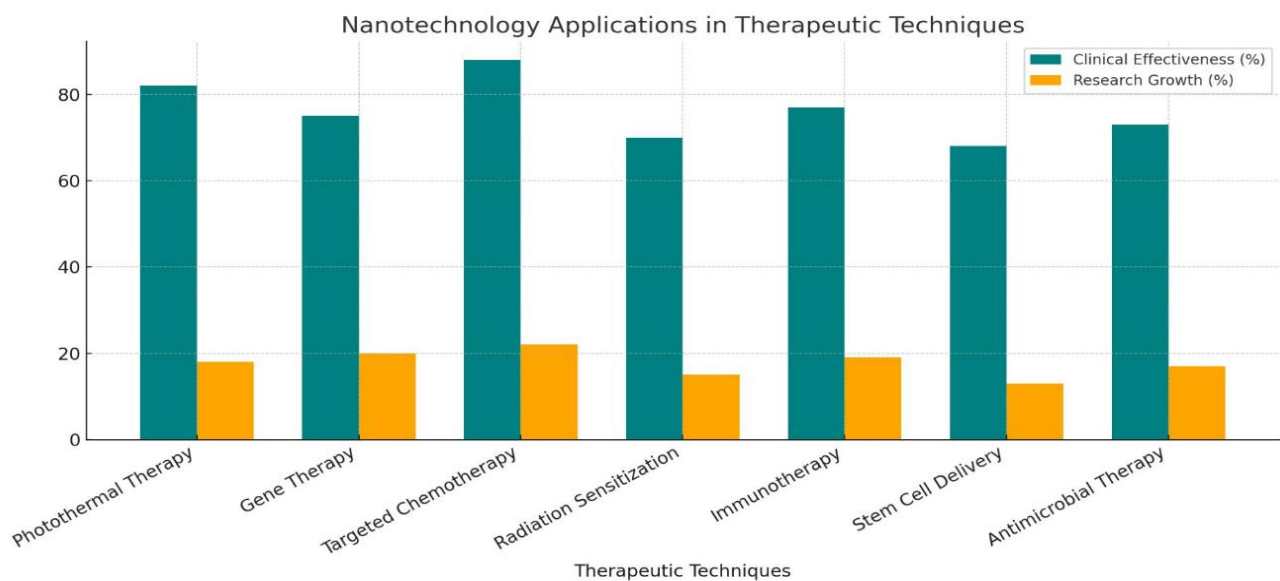
درمان ضد میکروبی

۶۸

۱۳

۷۳

۱۷



نانوتکنولوژی در تکنیک‌های تشخیصی

به منظور بررسی مقدار نیتریک اکسید، نانوذلهای کربنی به زیر پوست تزریق می‌شوند. میزان نیتریک اکسید نقش مهمی در التهاب بدن و نظارت آسان بر بیماری‌های التهابی دارد.

کاربردهای فناوری نانو در تکنیک‌های تشخیصی

حوزه کاربرد	نانومواد/فناوری	تکنیک تشخیصی	مزایا	مثال بالینی/تحقیقاتی
تشخیص سرطان	نانوذرات طلا (AuNPs)	طیف‌سنجی رامان تقویت‌شده سطحی (SERS)	حساسیت بالا، تشخیص غیرتهاجمی	تشخیص نشانگرهای زیستی سرطان سینه و پروستات با استفاده از AuNPs با سیگنال‌های رامان تقویت‌شده.
بیماری‌های عفونی	نقاط کوانتومی	حسگرهای زیستی فلورسنت	تشخیص چندانگانه، نتایج سریع	تشخیص همزمان چندین ویروس از جمله HIV و آنفلوآنزا در نمونه‌های خون.

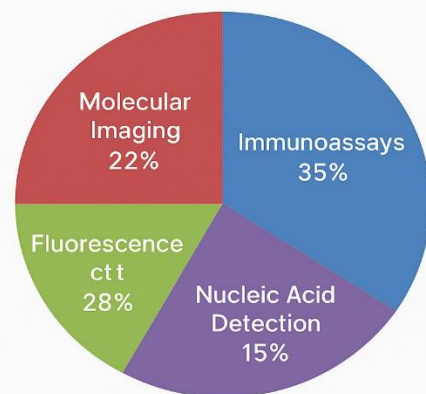
اختلالات عصبی	نانوذرات مغناطیسی	افزایش کنتراست MRI	تصویربرداری بهبود یافته	وضوح	استفاده از نانوذرات اکسید آهن سوپرپارامغناطیس برای تشخیص زودهنگام پلاک‌های آترایمر.
بیماری‌های قلبی عروقی	نانولوله‌های کربنی	حسگرهای الکتروشیمیایی	تشخیص سریع نشانگرهای زیستی	تشخیص سطح تروپونین در بیماران برای تشخیص سکته قلبی.	

نانوذرات سیگنال رامان را تقویت کنند و امکان تشخیص امکان‌پذیر سلول‌های سرطان‌زا و تخریب سلول‌های بدخیم را فراهم می‌کنند. آسیب کلیوی را می‌توان به راحتی با نانولوله‌ها تشخیص داد. پروتئین آزاد شده توسط کلیه‌ها به نانولوله‌ها متصل می‌شود و به راحتی به شناسایی سلول‌های سرطان و تخریب سلول‌های تومور کمک می‌کند. (۱۱) نانوادوات شناسایی و امکان تصویربرداری از تومورهای سرطانی بسیار کوچک (در بر گیرنده صدهزار سلول سرطانی شده) را فراهم می‌آورند. (۶) استفاده از نانوتکنولوژی در زمینه تشخیص بیماری‌ها درصد بالایی می‌باشد که در تشخیص زودهنگام بیماری‌ها تا ۸۵ درصد و در تصویربرداری پزشکی تا ۸۰ درصد از نانوتکنولوژی استفاده می‌شود که درصد خوبی را به خود اختصاص می‌دهد. (۱۶ و ۱۷)

نانوتکنولوژی در تکنیک‌های ضد میکروبی:

دانشمندان در حال توسعه یک روش ضد میکروبی با کمک نانوذرات و پرتوهای نور مادون قرمز برای از بین بردن باکتری‌ها هستند. این روش عمدتاً در تمیز کردن وسایل مخصوصاً برای بیمارستان‌ها برای تصفیه پسماندهای زیست پزشکی اجرا می‌شود (۲۹).

Applications of Nanotechnology in Diagnostic Techniques



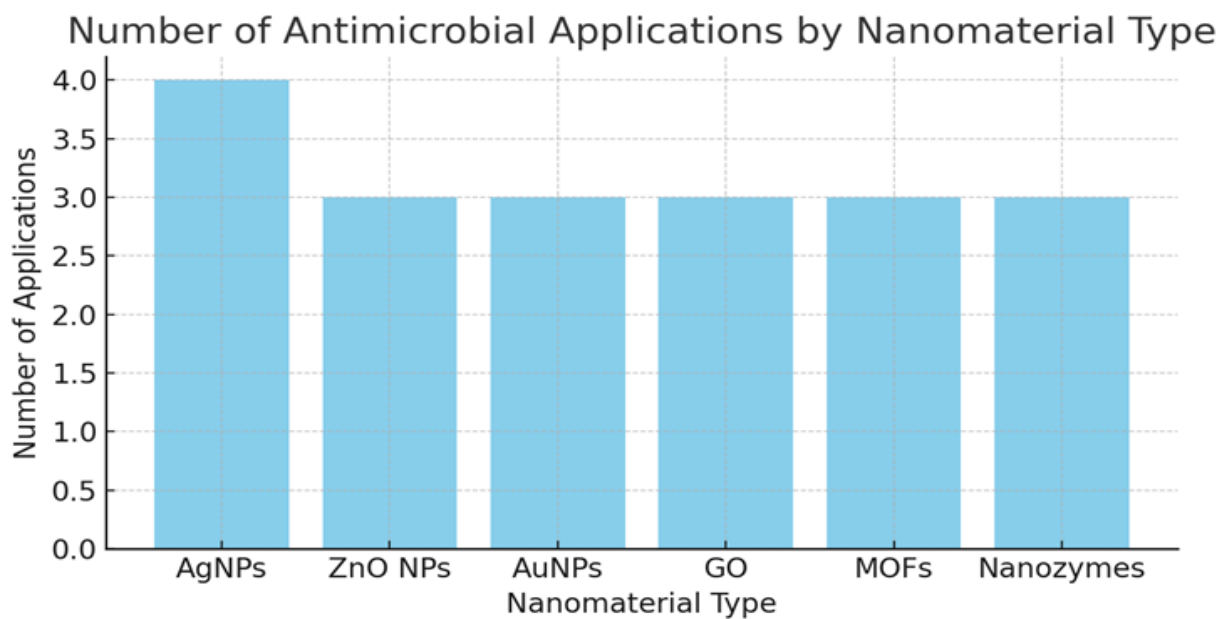
مطالعات زیادی روی حسگرهایی در حال انجام است که این حسگرها می‌توانند میزان بسیار کم سلول‌های سرطانی یا تومورهای ایجادکننده سلول‌های سرطانی را در نمونه خون تشخیص دهند. امروزه این یک فرآیند بسیار آسان برای تشخیص زودهنگام سلول‌های سرطانی است. نانوذرات محکم به مولکول‌های خون چسبیده اند که نشان دهنده مراحل اولیه عفونت منجر به سرطان است. در این روش، نمونه اسکن می‌شود تا

کاربردهای فناوری نانو در تکنیک‌های ضد میکروبی

کاربردهای فناوری نانو در تکنیک‌های ضد میکروبی

نوع نانوماده	مکانیسم عمل	عوامل بیماری‌زای هدف	کاربردها
نانوذرات نقره (AgNPs)	غشاهای سلولی باکتری را مختل می‌کند، در تکثیر DNA اختلال ایجاد می‌کند و فعالیت آنزیم را مهار می‌کند.	P. E. coli, S. aureus MRSA, aeruginosa	پانسمان‌های زخم، پوشش‌های دستگاه، تصفیه آب

نانوذرات اکسید روی (ZnO NPs)	تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، القای استرس اکسیداتیو، اختلال در غشاهای	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>B. subtilis</i>	پوشش‌های PPE، بسته‌بندی مواد غذایی، ضد عفونی کننده‌ها
نانوذرات طلا (AuNPs)	با آنتی‌بیوتیک‌ها ترکیب شده و غشاهای را مختل می‌کند.	سودوموناس آئروژینوزا، MRSA	دارورسانی، حسگرهای زیستی، پوشش‌ها
اکسید گرافن (GO)	باکتری‌ها را به دام می‌اندازد و استرس اکسیداتیو ایجاد می‌کند	مایکوباکتریوم توبرکلوزیس، سویه‌های MDR	درمان‌های ضد سل، پوشش‌ها، حسگرهای زیستی
چارچوب‌های فلزی-آلی (MOFs)	عوامل ضد میکروبی را افزایش می‌دهد، دیواره‌های سلولی را مختل می‌کند	باکتری‌های MDR مختلف	دارورسانی، پوشش‌ها، تصفیه آب
نانو آنزیم‌ها	تقلید فعالیت آنزیم برای تولید ROS	پاتوژن‌های دهانی	درمان‌های دندانپزشکی، روکش ایمپلنت



کاربردهای ضد میکروبی فناوری نانو

نیتریک اکسید هستند که برای از بین بردن باکتری‌ها و کاهش عفونت‌های مرتبط با باکتری‌ها استفاده می‌شود. فناوری جدید به نام پانسمان سوختگی که با نانو کپسول‌ها پوشانده شده است، پیشرفت جدیدی در فناوری نانو حاوی آنتی بیوتیک‌ها است. پانسمان سوختگی در درمان عفونت بسیار مفید است و همچنین تعداد دفعات پانسمان را کاهش می‌دهد. نانوذرات تیتانیم، به

مطالعات مورد استفاده از نقاط کوانتومی برای درمان عفونت‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک و استفاده از نانوذرات اکسید آهن با پوشش پلیمری برای درمان عفونت‌های مزمن مرتبط با باکتری‌ها در حال انجام است. برای درمان زخم‌ها از نانو کریستال نقره به عنوان یک عامل ضد میکروبی استفاده می‌شود. کرم نانوذرات در برابر عفونت‌های میکروبی موثر بوده است. نانوذرات حاوی گاز

صحيح را بدهند. اين نانوربات‌ها در سطح سلولي کار می‌کنند و به سلول‌های بیماری آسیب می‌رسانند، بنابراین سلول‌های بیمار به بافت‌ها رشد نمی‌کنند و رشد سلول‌های تومور را در سطح سلولي مهار می‌کنند. (۲۸ و ۱۵)

نانوالیاف در پزشکی:

یکی از چالش‌های قدیمی علم پزشکی ترمیم و درمان بافت‌های آسیب دیده‌ی بدن بوده است. در چند دهه‌ی اخیر، مواد نساجی در زمینه پزشکی خدمات مهمی ارائه داده است، به طوری که مصرف منسوجات پزشکی دایره وسیعی را به خود اختصاص داده است. ساختارهای لیفی از جمله منسوجات پزشکی مصرفی می‌باشد که روش‌های مختلفی برای تولید چنین ساختارهایی با قطر یکی از چالش‌های قدیمی علم پزشکی ترمیم و درمان بافت‌های آسیب دیده‌ی بدن بوده است. در چند دهه‌ی اخیر، مواد نساجی در زمینه پزشکی خدمات مهمی ارائه داده است، به طوری که مصرف منسوجات پزشکی دایره وسیعی را به خود اختصاص داده است. ساختارهای لیفی از جمله منسوجات پزشکی مصرفی می‌باشد که روش‌های مختلفی برای تولید چنین ساختارهایی با قطر الیاف در محدوده میکرومتر تا چندین نانومتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بین ساختارهای نانولیف به علت خصوصیات ویژه و کاربردهای فراوان در خدمت علم پزشکی قرار گرفته‌اند. نسبت سطح به حجم و سطح مخصوص این الیاف با کاهش اندازه آنها افزایش می‌یابد. به علاوه ترکیبات شیمیایی ماتریس‌های لیفی حاصل شده را می‌توان متناسب با خصوصیات و کاربرد مورد نظر تغییر داد. الکتروریسی بدلیل مزایای ویژه اش به عنوان بهترین روش تولید الیاف در ابعاد نانو می‌باشد که به خوبی می‌توان اندازه و شکل الیاف و حتی تخلخل زیرلايه را توسط این روش کنترل کرد. ویژگی‌های مطلوب نانو الیاف الکتروریسی شده، شرایط استفاده از آنها را در بسیاری از کاربردهای پزشکی شامل مهندسی بافت، انتقال ژن، سامانه رهایش دارو، پوشش‌های زخم بند و غیره فراهم می‌سازد. اصلاح خصوصیات الیاف از طریق مخلوط کردن یا عامل دار کردن سطح امکانپذیر است. با انتخاب مواد و روش مورد استفاده مناسب، فاکتورهای الکتروریسی و عملیات تکمیلی را می‌توان مدیریت کرد و شرایطی فراهم کرد

تنهایی یا با نور فرابنفش روشن می‌شود و برای اهداف باکتری‌کشی در فیلترها استفاده می‌شود. خواص کاتالیزوری پیشرفته سطوح نانو سرامیک یا فلزات نجیب مانند پلاتین برای از بین بردن سموم خطرناک و سایر مواد آلی خطرناک استفاده می‌شود. مقاومت آنتی بیوتیکی را می‌توان با استفاده از نانوذرات در درمان ترکیبی کاهش داد. بعنوان مثال نانوذرات اکسید روی می‌توانند مقاومت آنتی بیوتیکی را کاهش داده و فعالیت ضد باکتریایی سیروفلوکساسین را در برابر میکروارگانیسم‌ها با تداخل بر پروتئین‌های مختلفی که در مقاومت آنتی بیوتیکی یا مکانیسم‌های فارماکولوژیک داروها برهمکنش دارند، افزایش دهند. (۱۱ و ۳۰)

نانوتکنولوژی در واکسن‌ها:

از واکسن‌های اولیه مانند واکسن آبله که توسط ادوارد جنر کشف شد تا واکسن‌های مدرن امروزی، پیشرفت‌های بسیاری در زمینه توسعه و بهبود واکسن‌ها حاصل شده است. نانو واکسن‌ها به دلیل اندازه کوچک و خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه خود، توانایی عبور از موانع بیولوژیکی پیچیده نظیر غشای سلولی را دارند و می‌توانند به طور مؤثری آنتی ژن‌ها را به سلول‌های هدف منتقل کنند. همچنین، از طریق تنظیمات مختلف نانومواد نظیر نانوذرات لپیدی، پلی مری و فلزی (مانند طلا و نقره)، می‌توان خواص فیزیکی و شیمیایی واکسن‌ها را تغییر داد تا کارایی آنها در برابر گونه‌های مختلف میکروبی و ویروسی بهینه‌سازی شود. همچنین، استفاده از نانوذرات فلزی نظیر طلا و نقره به دلیل خواص ضدباکتریایی و ایمنی‌زایی بالا در حال بررسی و توسعه است. (۱۸ و ۱)

نانوتکنولوژی در تعمیر سلولی:

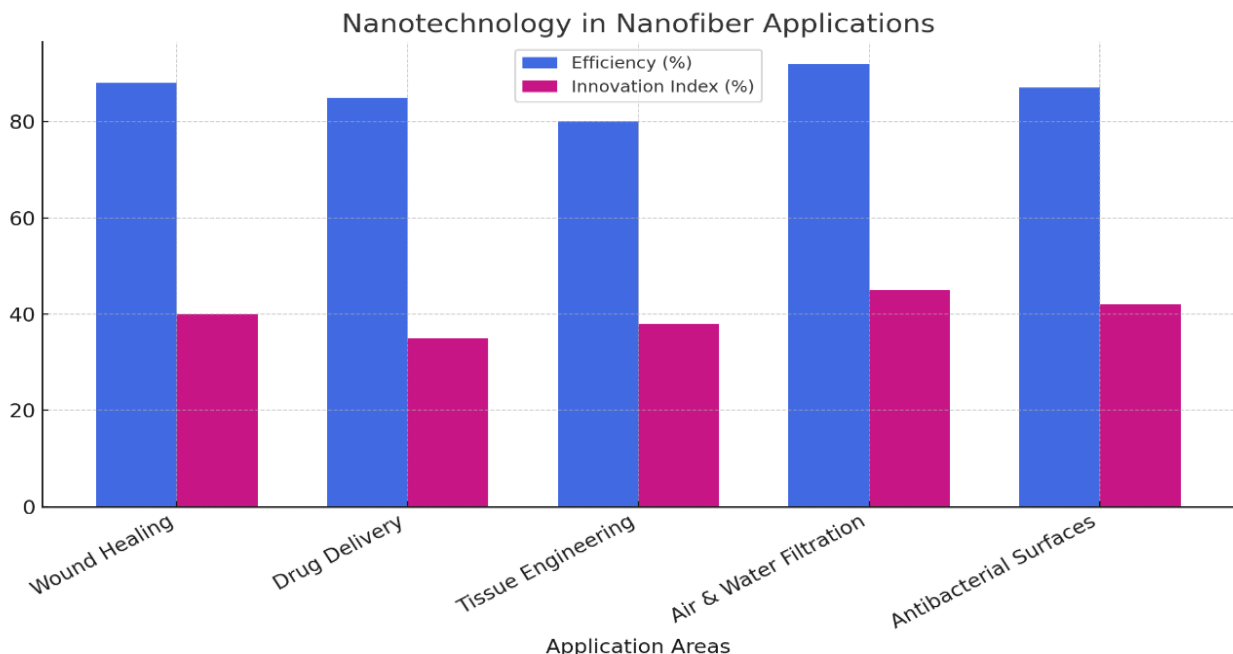
نانو ربات‌ها پیشرفت جدید در فناوری نانو به درمان سلول‌های ایجادکننده بیماری خاص کمک می‌کند و به فرآیندهای بهبود طبیعی کمک می‌کند. آنها عمدتاً در برنامه‌های مرتبط با سلامت مفید هستند. شاید هیجان انگیزترین ترمیم سلولی این باشد که بدن ما را در سطح سلولی ترمیم می‌کند. تکنیک‌های زیادی برای ساختن نانو ربات‌ها در حال توسعه هستند که می‌توانند DNA آسیب‌دیده را ترمیم کنند و به سلول‌های دیگر اجازه عملکرد

که نمونه‌های تولیدی، بهترین عملکرد را داشته باشد. نانوالیاف می‌تواند بصورت نانوحامل عمل کرده و مواد فعال بیولوژیکی (مانند داروهای ضد سرطان، داروهای ضد التهاب، آنتی بیوتیک‌ها و پروتئین‌ها) و ژن‌ها (مانند دزوکسی ریبو نوکلئیک اسید (DNA)) را بارگذاری کرده و به بافت مورد نظر انتقال دهد.

رهایش دارو در نانو الیاف الکترورسی شده در مقایسه با فیلم‌ها، به دلیل نسبت سطح به حجم بالاتر، با کنترل بهتری صورت می‌گیرد. (۱۱ و ۱۵) میزان استفاده مهندسی بافت از نانوتکنولوژی ۷۰ درصد می‌باشد. (۱۵).

کاربردهای فناوری نانو در نانوالیاف

حوزه کاربرد	نقش فناوری نانو	راندمان (%)	شاخص نوآوری (%)
بهبود زخم	نانوالیاف، داربستی برای رشد و ترمیم سلول‌ها فراهم می‌کنند.	۸۸	۴۰
تحویل دارو	نانوالیاف، رهایش کنترل‌شده‌ی داروها را در محل هدف امکان‌پذیر می‌کنند.	۸۵	۳۵
مهندسی بافت	نانوفیبرها از ماتریکس خارج سلولی برای بازسازی بافت تقلید می‌کنند.	۸۰	۳۸
تصفیه هوا و آب	نانوفیبرهای الکترورسی شده ذرات بسیار ریز و آلاینده‌ها را به دام می‌اندازند.	۹۲	۴۵
سطوح ضد باکتری	سطوح نانوالیاف از چسبندگی و رشد باکتری‌ها جلوگیری می‌کنند.	۸۷	۴۲



نانوتکنولوژی در عمل جراحی

نانوچاقو ابزاری است که در چند سال اخیر در پزشکی مدرن استفاده می‌شود، اما توانایی آن در از بین بردن موثر سلول‌های

توموری قبال ثابت شده است. این روش بر پایه قرار دادن سلول‌های سرطانی در معرض تغییر میدان‌های الکتریکی تا ولتاژ ۳۰۰۰ ولت است. مدت زمان در معرض قرار گرفتن چند میکرو

نانو طب احیا کننده. چالش‌های درمانی کنونی در دارورسانی، اسکار پس از عمل با کمک فناوری نانو متحول خواهد شد و به مشکلات حل نشده مختلف مانند درمان بازگرداندن بینایی برای بیماران مبتلا به بیماری دژنراتیو شبکیه کمک خواهد کرد. درمان بیماری‌های چشمی از این رشته نوظهور انتظار می‌رود. تحقیقات اخیر کاربردهای سیستم‌های مختلف نانوذراتی مانند میکرومولسیون‌ها، نانوسوسپانسیون‌ها، نانوذرات، لیپوزوم‌ها، نیوزوم‌ها، دندیرم‌ها و سیکلودکسترین‌ها را در زمینه دارورسانی چشمی نشان می‌دهد و همچنین نشان می‌دهد که چگونه آینده‌های متفاوت نانو تکنولوژی مانند نانوتشخیص را می‌توان برای کشف مرزهای جدید دارورسانی و درمان چشمی استفاده کرد (۱۱). مطالعات جدید نشان می‌دهد که استفاده از نانوتکنولوژی در سال ۲۰۰۰ فقط درصد کمی را شامل می‌شد ولی امروزه نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۵ درصد استفاده از نانوتکنولوژی در روشهای درمانی و تشخیصی ۷۵ درصد شده است.

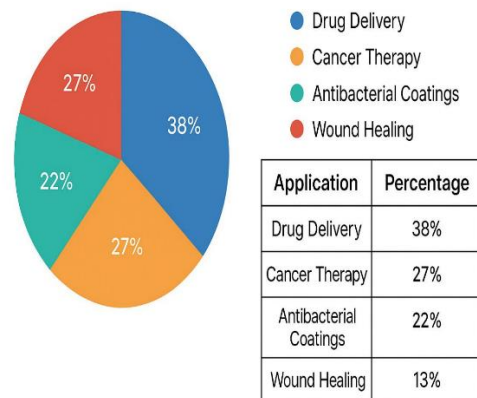
بحث و نتیجه‌گیری

فناوری نانو منشا مواد جدیدی است که فرصت‌های زیادی را برای تحولات جدید در شاخه‌های مختلف علوم پزشکی عرضه می‌کند. شیمی درمانی بر اساس فناوری نانو و تکنیک‌های تصویر برداری جدید نشان دهنده یک دوره نوین از نانو پزشکی سرطان است. نانوتکنولوژی در تصویربرداری پزشکی تا ۸۰ درصد کاربرد دارد. نانو پزشکی بر روش‌های جایگزین ارائه داروها و افزایش کارآمدی آنها در درمان سرطان تمرکز دارد. درمان سرطان و دارورسانی هدفمند بیشترین استفاده نانوتکنولوژی را به خود اختصاص می‌دهد که این درصد برای درمان سرطان ۹۵ درصد و برای دارورسانی هدفمند ۹۰ درصد می‌باشد. (۲۰ و ۲۲) نانو ذرات برای داروسازی و دارورسانی بسیار اهمیت زیادی دارند چرا که با این روش می‌توان داروها کپسول‌ها را از حالت تهاجمی خارج کرده و در نتیجه به صورت ذراتی با اندازه بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر وارد بدن شوند و این ساختار دقیقاً به محل هدف هدایت شده فرایند دارورسانی انجام می‌شود ساختارهای کریستالی از مهم ترین روش‌های داروسازی است. (۴)

یا میلی ثانیه طول می‌کشد. مهم ترین مزایای این روش عبارتند از کاهش مدت زمان عمل جراحی و حذف اثر منفی حرارت بر روی بافت‌های سالم می‌باشد. آنچه که باعث برجسته تر شدن نانوجاقو از روش‌های دیگر می‌شود آن است که این دستگاه باعث حف ساختارهای زنده حاوی فیبرهای کالژن مانند رگ‌های خونی، مجاری صفراوی و یا مجاری پانکراس می‌شود. همچنین ماتریکس کلاژنی بافت نیز دست نخورده باقی می‌ماند که منجر به بازسازی بسیار بهتر اندام پس از تخریب سلولی می‌شود. (۲)

تکنیک توسعه یافته توسط دانشگاه رایس، دو تکه گوشت مرغ توسط یک جوشکار گوشت، با قرار دادن دو قطعه مرغ در تماس با یکدیگر، ذوب می‌شود. در این تکنیک، مایع سبز رنگ حاوی روکش طلائی پوسته‌های نانو اجازه دارند در امتداد درز چکه کنند و دو طرف به هم جوش داده شوند. در این روش می‌توان از شریان هایی که در حین پیوند عضو بریده شده اند استفاده کرد. از دستگاه جوش گوشت می‌توان برای جوش دادن کامل شریان استفاده کرد. (۲۵)

Application of Nanotechnology in Surgery



نانوتکنولوژی در چشم پزشکی

برخی از کاربردهای نانوتکنولوژی در چشم پزشکی عبارتند از درمان استرس اکسیداتیو، اندازه گیری فشار داخل چشم و درمان آن، استفاده از نانو ذرات برای درمان عروق مشیمیه چشم، جلوگیری از اسکار بعد از جراحی گلوکوم و برای درمان بیماری دژنراتیو شبکیه با استفاده از ژن درمانی، مبحث اعضای مصنوعی و

نانوچاقو یک روش نوین و غیر حرارتی در از بین بردن سلول‌های سرطانی است که از پدیده منحصر به فرد الکتروپوریشن برگشت ناپذیر در پاسخ به تغییر میدان الکتریکی استفاده می‌کند.

فناوری نانو بطور قابل توجهی باعث شتاب در پیشرفت پزشکی ترمیمی شده است. با توجه به خواص نانو تیوب‌های کربنی و سمیت پایین آنها ممکن است برای ترمیم سلول عصبی آسیب دیده مورد استفاده قرار گیرند. (۲) که نانو تکنولوژی در بخش مهندسی بافت ۷۰ درصد و در درمان بیماری‌های عصبی ۶۵ درصد کاربرد دارد.

مطالعات جدید نشان می‌دهد که استفاده از نانو تکنولوژی در سال ۲۰۰۰ فقط درصد کمی را شامل می‌شد ولی امروزه نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۵ درصد استفاده از نانو تکنولوژی در روش‌های درمانی و تشخیصی ۷۵ درصد شده است که نقش مهم نانو تکنولوژی را نشان می‌دهد.

سرعت زیاد در خدمات درمانی، هزینه‌های پائین تر، درمان دقیق و اختصاصی تر بویژه در دارو رسانی توانسته فناوری نانو را به عنوان فناوری برتر در ابتدای قرن حاضر تبدیل کند. این امر باعث شده کشورهای مختلف با سرعتی هر چه تمامتر در این حوزه قدم گذاشته و به پیش بروند. با توجه به اینکه این تکنولوژی در مراحل ابتدائی گسترش و شکوفائی است لذا، لازم است دست اندرکاران امر سیاستگذاری و برنامه ریزی در کشور جهت گسترش توسعه‌ای در این زمینه را جدی تر در نظر بگیرند. (۷)

درمان و پیشگیری بیماری‌ها از قابلیت‌های خوب فناوری نانو به شمار می‌رود. این فناوری با استفاده از نانو ابزارها و نانو ساختارهای مهندسی شده، اعمال ساخت، کنترل، دیدن و ترمیم سیستم زیستی انسان در مقیاس مولکولی را انجام می‌دهد. ابزارهای بسیار ابتدایی نانو پزشکی می‌توانند برای شناسایی بیماری و توزیع دارو و همچنین توزیع هورمون در بیماری‌های مزمن و نقص‌های سیستم بدن به کار روند. نانو تکنولوژی پزشکی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردی که دارد، به یکی از ارکان اصلی تحولات آینده صنعت سلامت تبدیل خواهد شد. تکنیک‌های تشخیص زودهنگام، درمان‌های هدفمند، کاهش عوارض دارویی و بهبود عملکرد سیستم‌های درمانی تنها بخشی از پتانسیل‌های این علم در بهبود سلامت جامعه است.

نانو تکنولوژی به عنوان یکی از پیشروترین فناوری‌های نوین، نقش قابل توجهی در تحول و پیشرفت پزشکی مدرن ایفا کرده است. استفاده از نانو ذرات در تشخیص زودهنگام بیماری‌ها، دارورسانی هدفمند، تصویربرداری پزشکی و ترمیم بافت‌ها، نشان‌دهنده پتانسیل بالای این فناوری در بهبود کیفیت مراقبت‌های درمانی است. یکی از مهم‌ترین مزایای نانو تکنولوژی در پزشکی، افزایش اثربخشی درمان و کاهش عوارض جانبی داروها از طریق دارورسانی هدفمند است. نانو حامل‌ها می‌توانند دارو را مستقیماً به سلول‌های بیمار منتقل کرده و از تأثیر آن بر سلول‌های سالم جلوگیری کنند. همچنین، نانو سنسورها امکان تشخیص سریع و دقیق بیماری‌ها را فراهم کرده‌اند که در تشخیص سرطان‌ها، عفونت‌ها و بیماری‌های مزمن بسیار حیاتی است. با وجود تمام مزایا، چالش‌هایی مانند ایمنی زیستی، هزینه‌های بالا و نبود استانداردهای جهانی در مسیر توسعه این فناوری وجود دارد. بررسی‌های بیشتر و آزمایش‌های بالینی گسترده برای اطمینان از ایمنی و کارایی این فناوری ضروری است. (۳۲ و ۲۴)

در مجموع، نانو تکنولوژی انقلابی در پزشکی دارد، اما تحقق کامل آن نیازمند همکاری بین‌رشته‌ای، تدوین قوانین نظارتی و سرمایه‌گذاری در تحقیقات پایه و بالینی است. آینده پزشکی بدون شک تحت تأثیر پیشرفت‌های این فناوری خواهد بود و می‌تواند راه را برای درمان‌های دقیق‌تر، ایمن‌تر و شخصی‌سازی شده هموار کند.

تشکر و قدردانی

نویسنده این مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از شرکت کنندگان و کسانی که آن‌ها را در انجام این تحقیق یاری کردند و همچنین اساتید محترم و همکاران عزیز، اعلام می‌دارند

تعارض منافع

این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

References

1. Abbasi I; 1384 What is Nanotechnology?; Book of Sciences and Technologies; (2005); No. 87 & 88; pp. 92-96.
2. Alavi M, Rai M. Recent advances in antibacterial applications of metal nanoparticles (MNPs) and metal nanocomposites (MNCs) against multidrug-resistant (MDR) bacteria. *Expert Rev Anti Infect Ther*. 2019 Jun;17(6):419-428. doi: 10.1080/14787210.2019.1614914.
3. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Shanay Rab SR, Suman R. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*. 2023 Feb 25;7(2):70-77. doi: 10.1016/j.glohj.2023.02.008
4. Bayat M. Mycology, Nano Vaccines; Ganjineh Sama; 2024, No. 54; pp. 22-23
5. Basu D. Simulation of Nanorobots with Artificial Intelligence and Reinforcement Learning for Advanced Cancer Cell Detection and Tracking. (2024).
6. Bhushan B. (Ed.). *Springer Handbook of Nanotechnology*. Springer.(2017).
7. Parvin N, Joo SW, Mandal TK. Enhancing Vaccine Efficacy and Stability: A Review of the Utilization of Nanoparticles in mRNA Vaccines. *Biomolecules*. 2024 Aug 20;14(8):1036. doi: 10.3390/biom14081036.
8. Cheng M, Chai Y, Rong G, Xin C, Gu L, Zhou X, Hong J. Nanotechnology-based strategies for vaccine development: accelerating innovation and delivery. *Biomater Transl*. 2025 Mar 25;6(1):55-72. doi: 10.12336/biomatertransl.2025.01.005. PMID: 40313573; PMCID: PMC12041807.
9. Ghosh S, Patil S, Ahire M. More, PNanotechnology-based approaches for antibacterial therapy. *European Journal of Medicinal Chemistry*. (2023): 250, 115123
10. Haghighatgar F, Moradkhani A. Modern Medicine with Nanoparticles Methods; Elites of Science and Engineering Journal. (2020): Vol. 5, No. 3; pp. 257-262.
11. Jain S, Thomas M. Nanotechnology in Healthcare, and Its Safety and Environmental Risks. *Journal of Nanobiotechnology*, BioMed Central.(2024).
12. Richard J, Stephen W. Nanotechnology Chamber of Commerce Letter. (2004); No. 432; pp. 40-42.
13. Mohammad K, Rahmati M. 1384 Nanoparticles and Their Applications in Biology and Medicine; (2005); 4th National Biotechnology Congress of the Islamic Republic of Iran; Kerman
14. Kumar A, Pandey A. K. Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* and their antimicrobial activities. *International Journal of Nanomedicine*. (2020): 15, 1667–1677.
15. Khan M. A, Singh R. Applications of Nanotechnology in Medical Field: A Brief Review. *Materials Today: Proceedings*, Elsevier.(2023).
16. Liu H, Zhang Y. Recent Advances in Medical Applications of Nanoparticles. *American Chemical Society (ACS)*. (2024).
17. Mahdian H. 1399 Nanotechnology in Medical Sciences; Taksan Newsletter (Takfam Sazan Tayf Noor Company). (2020).
18. Mohammadzadeh M. A Review of Medical Nanotechnology; University of Urmia Publications; (2014); pp. 15-16.
19. Naderi F. Nanorobotics in Medicine: A Systematic Review of Advances, Challenges, and Future Prospects. (2024).
20. Nano Faraz Sepahan; Applications of Nanotechnology in Medicine; (2020); Nano Faraz Sepahan Company
21. Nguyen L, Abbas T. Smart Drug-Delivery Systems for Cancer Nanotherapy. (2024).
22. Patel D, Sharma P. Nanotechnology in Medicine: A Comprehensive Review of Current Applications and Future Perspectives. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*. (2024).
23. Peer D, Karp J. M, Hong S, Farokhzad O. C, Margalit R, Langer R. Nanocarriers as an emerging platform for cancer therapy. *Nature Nanotechnology*. (2007): 2(12), 751-760.
24. Rafii-Tabar H, Nanotechnology and Its Applications in Medicine and Pharmacy; *Medical Research Journal (Research Journal of the Faculty of Medicine)*; Shahid Beheshti University of Medical Sciences and Health Services; (2005): Vol. 29; No. 2; pp. 111-115.
25. Rai M, Yadav A, Gade, A Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, . (2009). , 27(1), 76–83
26. Singh R, Lillard Jr, J. W. Nanoparticle-based targeted drug delivery. *Experimental and Molecular Pathology*, (2009). 86(3), 215-223.
27. Tahamtan A. Nanotechnology and Modern Medicine: Applications of Nanotechnology in Medicine; *Nurse and Doctor in Combat Quarterly*. (2016): Issue 10 & 11; Year 4; pp. 81-90.
28. Trafton, AMIT scientists use a new type of nanoparticle to make vaccines more powerful. (2024, March 6), MIT News.
29. Wang Y, Li H, Zhou J. Recent advances of nanovaccines on cancer theranostics. *Frontiers in Nanotechnology*, (2025). , 5, Article 1521131

30. Zhang L, Pornpattananangkul D. Development of nanoparticles for antimicrobial drug delivery. *Current Medicinal Chemistry*, (2010): 17(6), 585–594.
31. Zhao L. Nanotechnology in vaccine delivery. *Therapeutic Delivery*, (2014). 5(4), 465
32. Zhao L. Revolutionizing nanovaccines: A new era of immunization. *Vaccines*, (2023): 13(2), 126.

Review Article

Comparison of the effectiveness of endurance, resistance and Nanotechnology and Its New Applications in Medicine

Received: 11/04/2025 - Accepted: 26/05/2025

Hajar Sadeghi Leimanjoob^{*1}

¹Department of Biology, Kha.C.,
Islamic Azad University, Khalkhal, Iran
(Corresponding Author)

Email: sadeghi93@iau.ac.ir

Abstract

Introduction: Nanotechnology is a modern and exciting field of research that offers significant opportunities for innovation across various scientific disciplines. In recent years, modern medicine has been able to benefit greatly from this technology. The purpose of this article is to present the capabilities and novel applications of nanotechnology in the medical field and to review its future prospects.

Methods: Nanotechnology has the potential for use in various medical and bioengineering applications. Nano-based carriers and nano-adjuvants have high capabilities in the field of vaccines, diagnostic methods, kit production, biosensors, magnetic imaging, drug delivery, and enhancing drug efficacy in cancer treatment. The most significant application of nanotechnology is in cancer treatment, accounting for 95% of its usage. One of its most prominent applications is in targeted drug delivery, which constitutes 90% of its implementations. Nanotechnology plays a critical role in disease diagnosis and treatment, contributing 85% to early disease detection, 80% to medical imaging, and 70% to tissue engineering.

Results: Recent studies show that in the year 2000, nanotechnology had minimal usage, but today, in 2025, its application in therapeutic and diagnostic methods has reached 75%, emphasizing its crucial role. Nanotechnology leads to the development of new materials, providing vast opportunities for advancements in various fields of medical science.

Conclusion: Early detection techniques, targeted treatments, reduced drug side effects, and improved healthcare system efficiency are only a part of its potential to enhance public health.

Keywords: Nanotechnology, Vaccine, Drug, Treatment Diabetes