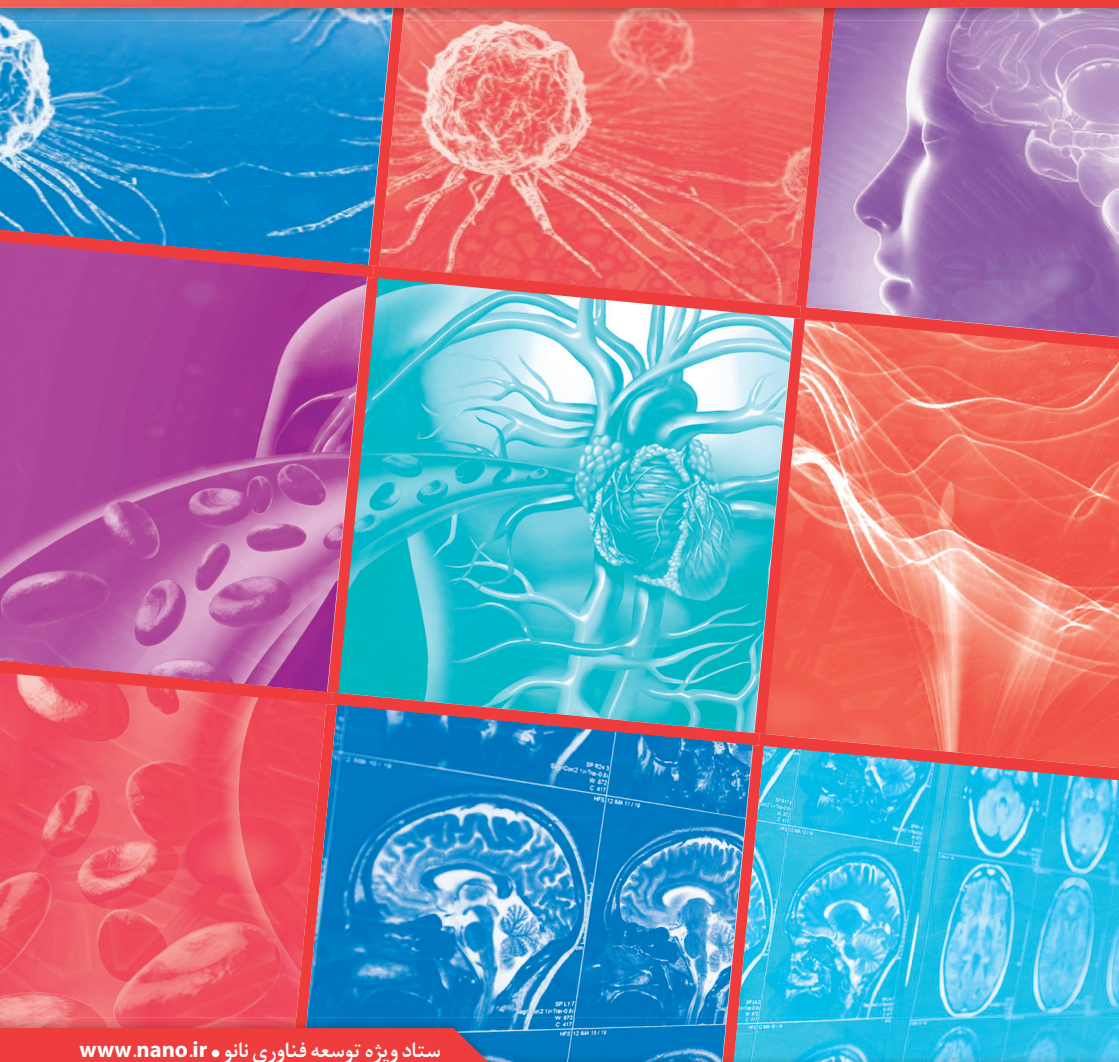


مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۱۲۴

نانوذرات مغناطیسی تشخیص و درمان هدفمند بیماری‌ها

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهر ویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قرایلو report@nano.ir	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
تهیه کننده:	گروه ترویج صنعتی نانو پزشکی medicine@nano.ir	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
		صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴

۳	مقدمه
۳	ذرات مغناطیسی
۳	ویژگی نانوذرات مغناطیسی در مصارف پزشکی
۴	کاربرد نانوذرات مغناطیسی در پزشکی
۴	مزایای استفاده از نانوذرات مغناطیسی
۵	پوشش دار کردن نانوذرات مغناطیسی
۶	مطالعه موردی
۸	موانع استفاده از نانوذرات مغناطیسی در کاربردهای پزشکی
۸	وضعیت فناوری در ایران و جهان
۱۴	محصولات موجود در بازار
۱۵	نتیجه گیری

سیستم‌های دارورسانی بر پایه فناوری نانو به سبب افزایش مدت زمان حضور دارو در جریان خون، کاهش سمیت و افزایش نیمه عمر دارو موجب بهبود چشم گیر در درمان‌های دارویی شده‌اند. این ویژگی‌ها از انتقال هدفمند دارو میسر می‌شود که در این بین نقش نانوذرات مغناطیسی^۱ (MNP) به عنوان حامل‌های دارورسانی به خاطر داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد علاوه بر ویژگی‌های معمول در سایر نانو مواد پررنگ‌تر است. استفاده پزشکی از پودرهای مغناطیسی به دوران یونان باستان و رم برمی گردد، ولی به شکل اصولی و تحقیقاتی از سال ۱۹۷۰ در علوم زیست‌شناسی و پزشکی مورد استفاده قرار گرفته است و پیش‌بینی می‌شود، این ذرات در آینده نقش چشم گیری در رفع احتیاجات حیطه سلامت بشریت خواهند داشت. MNPها با تکیه بر فناوری نانو محدوده گسترده‌ای از کاربردهای تشخیصی و درمانی در بیماری‌هایی از جمله سرطان، بیماری‌های قلبی و عصبی را تسهیل کرده‌اند. نانوذرات مغناطیسی به فراوانی در تحویل هدفمند عوامل درمانی استفاده می‌شوند و بر اساس هدف‌یابی دارویی مغناطیسی^۲ (MDT) که شامل تمایل قوی بین لیگاند و گیرنده است یا از طریق جذب مغناطیسی بافت خاص عمل می‌کنند. MNPها به سبب امکان کنترل از راه دور عوامل درمانی در انتقال ذرات به بافت مورد نظر بسیار قابل توجه هستند و به همین سبب آنها را حامل‌های هدفمند مغناطیسی^۳ MTC می‌نامند. خواص منحصر به فرد این نوع از نانوذرات شامل سوپرپارامغناطیسی، فوق اشباعیت و پذیرفتاری مغناطیسی است که از خصوصیات مغناطیسی ذاتی آنها نشأت می‌گیرد. از سویی دیگر با استفاده از پوشش‌های سطحی مختلف می‌توان خواص زیست‌پزشکی مطلوب و پایداری را برای این ذرات ایجاد کرد و از اثرات سمیت نانوذرات مغناطیسی ناشی از برهم کنش‌های آنها با سلول یا پروتئین‌های زیستی ممانعت کرد که منجر به افزایش زیست‌سازگاری نانوذرات مغناطیسی می‌شود.

ذرات مغناطیسی

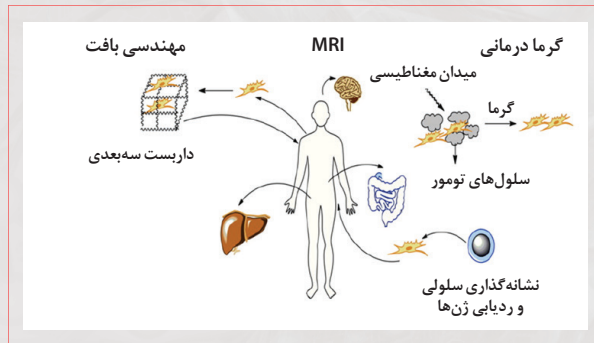
ذرات مغناطیسی مواد فاز جامد پاسخ‌دهنده به مغناطیس هستند که می‌توانند به شکل نانوذره منفرد یا تجمعی از ذرات میکرو و نانو باشند. هر کدام از انواع نانوذرات در زمینه خاصی استفاده می‌شوند. ترکیب، اندازه و مسیر سنتز نانوذرات مغناطیسی با توجه به نوع کاربری آنها متفاوت است اما ذرات سوپر پارامغناطیس، فرو و فری برای انواع کاربردهای دارورسانی قابل استفاده هستند. این گونه مواد به دلیل گشتاور مغناطیسی واحد شبکه و ساختار دومین‌ها شدیداً از میدان مغناطیسی خارجی متأثر می‌شوند به نحوی که در غیاب میدان مغناطیسی خارجی به صورت یک ذره غیرفعال عمل می‌کنند. تک‌دومین بودن و سوپر پارامغناطیسی از ویژگی‌های نانوذرات مغناطیسی هستند که منشا بسیاری از خواص منحصر به فردشان است.

ویژگی نانوذرات مغناطیسی در مصارف پزشکی

- MNPها باید ساختار کریستالی داشته و هر ذره تنها یک دومین داشته باشد.
- توزیع اندازه نانوذرات تا حد ممکن باریک و دارای توزیع هم‌اندازه باشند.
- تمام نانوذرات در یک نمونه خاص باید هم‌شکل باشند. غالباً از نانوذرات کروی استفاده می‌شود. البته از ساختارهای پیچیده‌تر مانند نانوسیم‌ها و نانولوله‌ها نیز بهره برده می‌شود.
- زیست‌سازگار و پایدار باشند.
- اندازه کوچکی داشته و هیدرودینامیک باشند.

کاربرد نانوذرات مغناطیسی در پزشکی

- از کاربردهای نانوذرات مغناطیسی در پزشکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- انتقال هدفمند ترکیب مورد نظر از جمله ژن، دارو، سلول بنیادی، پروتئین و آنتی‌بادی به بافت و سلول هدف
- تصویربرداری بر پایه رزونانس مغناطیسی
- درمان سرطان بر روش گرمادرمانی^۴
- جداسازی سلول‌ها و ماکرومولکول‌ها و تخلیص سلولی
- کاربرد در زیست‌حسگرها
- امکان ردیابی ذرات در شرایط برون تن^۵ و درون تن^۶ از طریق تصویربرداری تشدید مغناطیسی^۷ (MRI)، شکل ۱
- کاربردهای نانوذرات مغناطیسی در زیست پزشکی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. کاربردهای
نانوذرات مغناطیسی در
زیست پزشکی [۱]

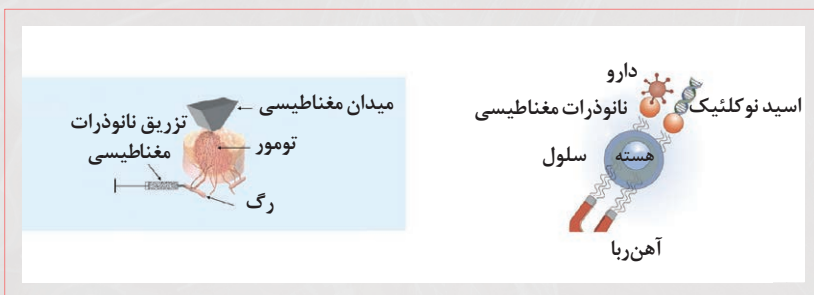
مزایای استفاده از نانوذرات مغناطیسی

در جدول زیر به برخی از مهم‌ترین خصوصیات و مزیت‌های استفاده از انواع نانوذرات مغناطیسی در مصارف پزشکی اشاره شده است.

جدول ۱. مزایای استفاده از نانوذرات مغناطیسی در مصارف پزشکی

مزیت	توضیح	ویژگی
امکان نزدیک شدن و یا وارد شدن به ساختارهای زیستی را ممکن می‌سازد و چنانچه ذرات با مولکول‌های زیستی مناسب پوشانده شوند، توانایی برهم‌کنش با این ساختارها را پیدا می‌کنند و یا به آنها متصل می‌شوند.	اندازه نانوذرات مغناطیسی در محدوده‌ی یک سلول کوچک (۱۰ تا ۱۰۰ میکرون)، ویروس (۲۰ تا ۴۵ نانومتر)، پروتئین (۵ تا ۵۰ نانومتر) یا ژن (با پهنای ۲ نانومتر و طول ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر) می‌تواند باشد.	اندازه

قابلیت کنترل از راه دور	نانوذرات مغناطیسی به واسطه‌ی شیب میدان مغناطیسی خارجی که همراه با نفوذپذیری ذاتی میدان مغناطیسی در داخل بافت‌های انسانی است قابل دستکاری و کنترل‌اند.	این عملکرد در انتقال و تجمع نانوذرات مغناطیسی، نشاندار کردن اختصاصی ساختارهای زیستی و به طور خاص در انتقال داروهای ضدسرطان به بافت توموری هدف استفاده می‌شود (شکل ۲).
واکنش رزونانسی به تغییرات میدان	این ذرات می‌توانند به صورت رزونانسی به تغییرات وابسته به زمان میدان پاسخ دهند و امکان انتقال انرژی از میدان تهییج شده به نانوذرات را فراهم کنند.	نانوذرات می‌توانند منجر به افزایش دما شوند که از این خاصیت در گرمادرمانی برای درمان و یا به عنوان عوامل تقویت کننده شیمی درمانی و رادیودرمانی استفاده می‌شود.



شکل ۲. هدایت نانوذرات موجود در بدن با اعمال میدان مغناطیسی خارجی [۱]

پوشش‌دار کردن نانوذرات مغناطیسی

مزایای پوشش‌دار کردن نانوذرات

تغییر سطحی نانوذرات مغناطیسی دارای مزایای بسیاری است:

- پوشاندن سطح MNP با مولکول‌های آلی و غیر آلی موجب افزایش نیمه عمر با به تعویق انداختن پاک‌سازی^۸ می‌شود. سامانه شبکه پوششی داخلی^۹ در کبد، طحال و مغز استخوان فعال است و بسته به اندازه ذرات منجر به پاک‌سازی آنها می‌شود. نانوذرات مغناطیسی بدون پوشش به سرعت توسط سلول‌های فاگوسیتی^{۱۰} حذف می‌شوند. پوشش دادن، خاصیت آب‌گریزی سطح، بار سطحی و pH این ذرات را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به این وسیله پاک‌سازی ذرات را به تعویق می‌اندازد.
- تغییرات سطحی امکان اتصال بیومولکول‌ها را فراهم می‌کند. به این معنی که اتصال کووالانت مولکول‌های خاص مانند آنتی‌بادی، پروتئین و لیگاند مختص بافت مورد نظر را فراهم می‌کند و موجب اتصال اختصاصی به بافت مورد نظر می‌شود.
- تغییر خواص سطحی باعث کنترل رهایش دارو می‌شود که با استفاده از پوشش‌های پلیمری حساس به pH و دما انجام می‌شود.

■ انواع پلیمرها با مصارف بالاتر

پلیمرهای زیست تخریب پذیر که به طور غالب برای پوشش دادن نانوذرات مغناطیسی در دارورسانی و رهایش کنترل شده مواد شیمی درمانی استفاده می شوند، شامل موارد زیر است (شکل ۳):

Poly (ethylene glycol) (PEG) ■

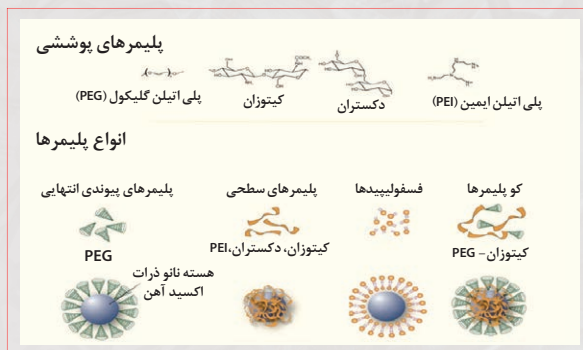
Poly (D, L-lactide) ■

Poly (lactic acid) ■

Poly (D, L-glycolide) ■

Poly (lactide-co-glycolide) ■

Poly (cyanoacrylate) ■, کیتوزان، آلژینات و ژلاتین



» شکل ۳. انواع

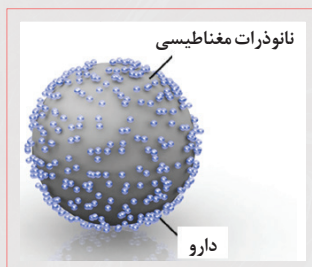
پلیمرهای پوشاننده [۱]

مطالعه موردی

دارورسانی هدایت شده با استفاده از نانومغناطیسی‌ها (Biophan Technologies)

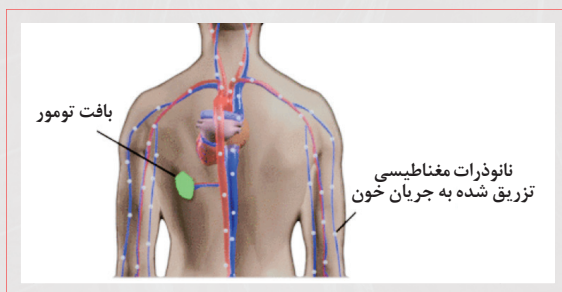
دارورسانی هدایت شده Biophan موجب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در ارتقاء کارآیی دارو و کاهش عوارض جانبی سمی می شود. Biohpan در شرف تکمیل طراحی حامل های نانومغناطیسی است که به دارو متصل شده و دقیقاً در محل هدف، دارو را آزاد کرده و باعث فعال شدن آن فقط در این منطقه می شوند. بدین ترتیب غلظت بالای از دارو در محل و غلظت کمی در حالت عمومی خواهیم داشت که باعث ارتقاء سطح ایمنی دارو، کاهش عوارض جانبی سمی و دسترسی به دارورسانی با دوز بالینی فراتر از آنچه که اکنون امکان پذیر است، می شود. این روش دارورسانی مزایای متعددی دارد، خصوصاً در زمینه هدایت عوامل ضدسرطان با استفاده از سیستم دارورسانی که قادر است بر محدودیت های موجود درمانی غلبه کند. بیشتر ترکیبات موثر در درمان سرطان سمی بوده و به خوبی سلول هایی را که مورد حمله قرار می دهند را تفکیک نکرده و سلول سرطانی و سالم را متأثر می سازند. همچنین برخی مولکول های دارویی در محیط های آبی نامحلول هستند، و برای اینکه به موضع دلخواه در بدن بیمار برسند با مشکل مواجه هستند، فناوری Biophan با استفاده از نانوذرات مغناطیسی عوامل ضدسرطان را اختصاصاً و مستقیماً به محل هدف گیری شده می رساند و بر این محدودیت ها غلبه می کند. این ذرات می توانند برای دارورسانی داخل وریدی هدایت شدهی ترکیبات ضدسرطانی طی مراحل زیر مورد استفاده قرار گیرند:

الف) دارو به سطح ذرات نانومغناطیسی که مانند یک حامل عمل می کند، متصل می شود.



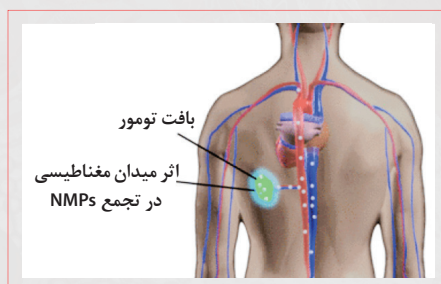
» شکل ۴. نانوذره ی
مغناطیسی [۴]

ب) پزشک نانوذرات مغناطیسی متصل به داروی ضدسرطان را از راه وریدی به بیمار تزریق می کند و بدین ترتیب نانوذرات در جریان خون به گردش درمی آیند.



» شکل ۵. داروی
تزریق شده به خون [۴]

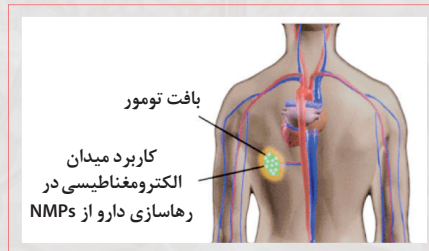
ج) یک میدان مغناطیسی در محل هدف (در این مورد جایگاه تومور) برای متمرکز کردن نانوذرات مغناطیسی در محل مورد نظر به کار برده می شود.



» شکل ۶. کشیده شدن
دارو به سمت تومور [۴]

د) یک پیام یا سیگنال الکترومغناطیسی توسط پزشک تولید شده و به منطقه ای که خواهان دارو است (در این مثال مجدداً محل تومور) با بسامد تشدید شده " می رسد.

این سیگنال موجب آزاد شدن دارو از نانوذرات مغناطیسی شده و به دارو اجازه‌ی ورود به محل هدف را می‌دهد. علاوه می‌توان از نانوذرات مغناطیسی، برای حصول اطمینان از رسیدن به مقصد هدف‌گیری شده، توسط MRI تصویربرداری کرد.



➤ شکل ۷. فعال کردن دارو در محل تومور [۴]

موانع استفاده از نانوذرات مغناطیسی در کاربردهای پزشکی

■ در تمام موارد نامبرده، نیاز به کاهش میدان خارجی به میزان مشخصی است، زیرا مقدار بالای میدان برای موجود زنده مشکل‌ساز است و از طرفی، میدان با قدرت پایین قادر به تولید شیب مغناطیسی به حد کافی نیست. تولید شیب با قدرت بالا به منظور اعمال کنترل بر جابجایی و انتقال هدفمند دارو بوده و با کاهش شیب مغناطیسی به کمک فاصله منجر به شروع دفع می‌شود. این مشکل با موقعیت‌یابی یک مگنت داخلی در نزدیکی بافت از طریق جراحی غیرهجومی قابل حل است.

■ بعد از برداشت میدان مغناطیسی خارجی، به دلیل انرژی بالای سطحی، تجمعی از MNP ها ایجاد می‌شود.

■ نانوذرات کوچک‌تر نیروی مغناطیسی ضعیفی دارند. از این جهت نانوذرات با قطر خیلی کوچک^{۱۳} که ویژگی سوپراپارامغناطیسی را دارند در مکان‌یابی و جابجایی در حضور نیروی کشش نسبتاً قوی از جریان خون مشکل پیدا می‌کنند.

■ ذرات در کبد تغلیظ شده و ایجاد سمیت می‌کنند. البته این ویژگی می‌تواند یک حسن باشد زیرا وقتی این تغلیظ در یک تومور کبدی اتفاق بیفتد جریان خون به تومور را بلوکه می‌کند و منجر به نابودی سلول سرطانی می‌شود.

■ نانوذرات در مناطقی که میدان شیب قوی‌تری دارد در بافت‌هایی بینابین مگنت و میدان تجمع می‌یابند. به هر حال موفقیت‌های نسبی با استفاده از نانوذرات و میکروذرات مغناطیسی بر پایه انتقال هدفمند در حیوانات و آزمایش‌های کلینیکی دیده شده است و تحقیقات بیشتری در حال انجام است.

وضعیت فناوری در ایران و جهان

مطالعات و تحقیقات زیادی در این زمینه در کشور ما و جهان صورت پذیرفته است. این مطالعات با هدف ایجاد و توسعه فناوری نانو و اصلاح محصولات نانو در سطوح مختلف مورد بررسی و کنکاش قرار گرفته است. از مجموعه فعالیت‌های انجام شده در این حوزه، موارد زیر قابل اشاره هستند:

موضوع پژوهش	مرکز تحقیقاتی	توضیحات
ارزیابی پارامترهای تاثیر گذار در ایجاد کنتراست بهینه در تصویربرداری MRI حاصل از نانوذرات سوپر مغناطیس اکسید آهن	دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، دانشکده پزشکی	بهینه سازی رشته پالس ها و پارامترهای تصویربرداری در MRI با استفاده از نانوذرات اکسید آهن، منجر به دستیابی به کنتراست بهینه تصاویر می شود که نقش مهمی در فرآیند تشخیص سرطان دارد.
سنتر، شناسایی و اصلاح سطح نانوذرات اکسید آهن با کاربرد زیستی	دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی و علم مواد	کاربرد دو پلیمر پلی وینیل الکل و پلی اتیلن گلیکول فومارات به طور جداگانه در پوشش دهی، تنظیم هدفمندی و تاثیر بر موفقولوژی نهایی نانوذرات بررسی شد.
سنتر و مشخصه یابی ایمونولیپوزوم های حاوی نانوپوسته های مگنتیت/طلا علیه HER-2 به منظور تخریب هدفمند سلول های سرطان سینه به روش لیزر هایپرترمیا	دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پزشکی	نانوپوسته های طلا با هسته مغناطیسی طراحی و سنتر شده و با استفاده از ایمونولیپوزوم ها به عنوان حامل، به سلول های سرطان سینه انتقال یافت. از حرارت ناشی از تابش پرتو لیزر به منظور تخریب هدفمند سلول های سرطانی استفاده شد.
تهیه سامانه های نوین دارورسانی بر پایه داروهای ضد سرطان ۵-فلوئوروپوراسیل و سیس-پلاتین در نانوکپسول های PLGA مغناطیسی و نانوماپسل های کوپلیمری PLGA-PEG حاوی انسولین	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده علوم	نانوکپسول های مغناطیسی حاوی ۵-فلوئوروپوراسیل برای دارورسانی هدفمند شده مغناطیسی (پاسخ مغناطیسی تقویت شده) مناسب هستند، زیرا پاسخ دهی مغناطیسی خوبی دارند.
تهیه و شناسایی نانوذرات سوپر پارامغناطیس اکسید آهن با سطح اصلاح شده و بررسی کارایی آن ها به عنوان عامل کنتراست در تصویربرداری MRI	دانشگاه تبریز، دانشکده شیمی، گروه شیمی آلی	نانوذرات سوپر پارامغناطیس اکسید آهن با دو روش مختلف سنتر و سپس اقدام به اصلاح سطح آن ها با گروه های عاملی مختلف و پلیمرهای مختلف از طریق اتصالات شیمیایی شده است.

موضوع پژوهش	مرکز تحقیقاتی	توضیحات
سنتر و مشخصه‌یابی نانوذرات هسته-پوسته ترکیبات آهن-اکسید فلزی و کاربرد آن‌ها به عنوان عامل کنتراست هدفمند در تصویربرداری MRI از سرطان سینه	دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک	نانودارو روی مدل موش مورد آزمایش قرار گرفت. تصاویر از موش‌ها حاکی از آن است که نانوذرات بیشترین تجمع را در ناحیه تومور سینه داشته و کنتراست را در ناحیه تومور، ۱۳ ساعت بعد از تزریق به شدت افزایش داده‌اند.

جدول ۳. ثبت اختراعات جهانی

عنوان اختراع	نماینده	سال ثبت اختراع	شماره ثبت	کاربرد یا توضیحات
NANOPARTICLES FOR DRUG DELIVERY	UNIVERSITY OF LOUISVILLE RESEARCH FOUNDATION, INC.	۲۰۱۲	US 20120302516 WO/2011/049972	انتقال عامل دارویی با استفاده از نانوذرات مغناطیسی از طریق پیوند hydrazone oxime ether
MAGNETIC TARGETED CARRIER	FERX INC	۲۰۰۲	WO 2001028587 EP1221974 JP2005200426	تولید یک ترکیب مغناطیسی و سرامیک برای حمل و انتقال دارو در داخل بدن
Unipolar Magnetic Carrier for 3D Tumor Targeting	Li, Huanchen, Wang, Wendy	۲۰۱۱	US 20110017222 WO/2009/108478	تمرکز ذرات diamagnetic Bismuth تک‌قطبی با اعمال میدان مغناطیسی خارجی در محل و از بین بردن تومور با فرسایش حرارتی یا درمان هایپر ترمی

عنوان اختراع	نماینده	سال ثبت اختراع	شماره ثبت	کاربرد یا توضیحات
MAGNETICALLY SENSITIVE DRUG CARRIERS FOR TREATMENT OR TARGETED DELIVERY	ABBOTT CARDIOVASCULAR SYSTEMS INC.	۲۰۱۱	US 20110196474 WO/2011/100209	انتقال دارو به صورت موضعی با میدان مغناطیسی به بافت مورد نظر
Magnetically guidable carriers and methods for the targeted magnetic delivery of substances in the body	Stereotaxis, Inc.	۲۰۰۷	US 7189198	تولید ترکیبی از دارو و ذرات مغناطیسی با پوششی آب گریز و انتقال آن از رگ ها به محل بافت مورد نظر با استفاده از میدان مغناطیسی و افزایش جذب دارو در بافت هدف
DRUG DELIVERY SYSTEM OF TARGET DRUG AND METHOD OF IMPLEMENTING THE SAME	MA, Yunn-hwa, Liu, Hao-li, Wu, Tony	۲۰۱۲	US 20120136195	انتقال دارو به صورت هدفمند
TARGETED NANOPARTICLE DRUG FOR MAGNETIC HYPERTHERMIA TREATMENT ON MALIGNANT TUMORS	Zhu, Hong	۲۰۱۱	US 20110177153 EP1952825	یک روش درمانی شامل ترکیبی از دارو و نانوذرات مغناطیسی برای هدایت دارو به بافت بدخیم و درمان از طریق هایپر ترمی مغناطیسی

عنوان اختراع	نماینده	سال ثبت اختراع	شماره ثبت	کاربرد یا توضیحات
Endovascular magnetic method for targeted drug delivery	Viller, Alexander G., Buryakov, Andrey	۲۰۱۱	US 8012200 WO/2008/039091	روشی برای دارورسانی هدفمند با ذرات مغناطیسی endovascular
Magnetic nanoparticles	The General Hospital Corporation	۲۰۱۵	US 8945628	تولید نانوذرات مغناطیسی شامل مرکز مغناطیسی و پوسته‌ی زیست‌سازگار
MAGNETIC NANO-COMPOSITE FOR CONTRAST AGENT, INTELLIGENT CONTRAST AGENT, DRUG DELIVERY AGENT FOR SIMULTANEOUS DIAGNOSIS AND TREATMENT, AND SEPARATION AGENT FOR TARGET SUBSTANCE	ATGEN CO., LTD	۲۰۰۹	US 20090324494	تولید یک ترکیب مغناطیسی برای استفاده همزمان در تصویربرداری MRI و دارورسانی هدفمند
Magnetic particle and immunoassay using the same	Nippon Paint Co., Ltd. Fujirebio Inc.	۱۹۹۸	US 5736349	تولید ذرات مغناطیسی با پوشش آنتی‌ژن و آنتی‌بادی
Magnetic nanoparticle	Mediatek Incorporation	۲۰۰۵	US 20050201941	تولید نانوذرات مغناطیسی برای کاربردهای تصویربرداری و درمانی

عنوان اختراع	نماینده	سال ثبت اختراع	شماره ثبت	کاربرد یا توضیحات
System and Device for Magnetic Drug Targeting with Magnetic Drug Carrier Particles	UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA	۲۰۰۷	US 20070231393	روش ساخت یک دارو با حامل مغناطیسی
Magnetic nanoparticle with biocompatibility	Industrial Technology Research Institute	۲۰۱۴	US 8741615	تولید نانوذرات مغناطیسی به همراه یک پلیمر زیست سازگار
Magnetic nanoparticles and method for producing the same	National Cheng Kung University	۲۰۰۹	US 7547473	تولید نانوذرات مغناطیسی با پوشش پلی ساکاریدی با قابلیت جذب یون قابل استفاده در تصویربرداری MRI، انتقال ژن و دارو
Magnetic-based methods for treating vessel obstructions	Pulse Therapeutics, Inc.	۲۰۱۲	US 8313422	استفاده از نانوذرات مغناطیسی برای از بین بردن انسداد عروق
Localized drug delivery using drug-loaded nanocapsules	Boston Scientific Scimed, Inc.	۲۰۱۰	US 7767219	بارگذاری نانوذرات مغناطیسی به همراه دارو درون نانوکپسول
Magnetic particle composition for therapeutic hyperthermia	The Florida State University Research Foundation	۲۰۱۰	US 7842281	استفاده از نانوذرات مغناطیسی به همراه دارو برای درمان به روش هایپرترمی

عنوان اختراع	نماینده	سال ثبت اختراع	شماره ثبت	کاربرد یا توضیحات
Thermosensitive nanostructure for hyperthermia treatment	Industrial Technology Research Institute	۲۰۱۳	US 8586095	استفاده از نانوذرات مغناطیسی به همراه یک پلیمر حساس به دما به همراه دارو برای درمان به روش هیپرترمی

محصولات موجود در بازار

جدول ۴ برخی از نانوذرات مغناطیسی مورد استفاده در بخش تشخیص و درمان بیماری‌ها را نشان می‌دهد، این نانوذرات در دارورسانی و تصویربرداری‌های پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، و با استفاده از این سیستم نوین پزشکی، راندمان اثر داروها افزایش پیدا کرده است.

جدول ۴. برخی محصولات موجود در بازار

محصول	ترکیب	کاربرد	شرکت
Resovist	نانوذرات آهن	تصویربرداری تومورهای کبدی	Schering, Berlin
Feridex/Endorem	نانوذرات آهن	تصویربرداری تومورهای کبدی	Advanced Magnetics, Guerbet
Gastromark / Lumirem	نانوذرات آهن	تصویربرداری ساختارهای شکمی	Advanced Magnetics, Guerbet
MaxVigen	نانوذرات اکسید آهن	تصویربرداری MRI، دارورسانی هدفمند	NVigen
NanoMRX	نانوذرات اکسید آهن	تصویربرداری MRI	Manhattan Scientifics & Azano Biotech

جدول ۵. برخی محصولات داخلی دارای تاییدیه نانومقیاس

محصول	شرکت تولید کننده	سطح تولید	کاربرد
نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن	طب و صنعت رهیاب (شریف طب سیستم)	آزمایشگاهی	تشخیص‌های پزشکی، دارورسانی کنترل شده
کلوئید نانوذرات اکسید آهن (مگنتیت) حاوی دکستران	طب و صنعت رهیاب (شریف طب سیستم)	آزمایشگاهی	تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)، تصویربرداری مولکولی

نتیجه‌گیری

اغلب فناوری‌های دارورسانی رایج رویکردی غیر فعال دارند. مواد نانومغناطیسی دارورسانی فعال را نوید می‌دهند. این امر به واسطه‌ی استفاده از ذرات و پوشش‌های نانومغناطیسی امکان پذیر می‌شود که قابلیت تنظیم شدن با طول موج‌های خاص انرژی الکترومغناطیسی را دارند. این مواد برای اتصال به یک یا چندین دارو طراحی شده و با به کار بردن طول موج‌های تنظیم شده که منجر به آزاد شدن انتخابی دارو در محل و زمان دلخواه می‌شود، پزشک را قادر می‌سازد که کنترل دقیقی بر دارورسانی داشته باشد. این کاربرد می‌تواند در حمل چند دارو، همچنین در حمل یک دارو برای دوره‌های درمانی متعدد به کار رود و به شکل یک لایه‌ی پوشاننده است که داروی لازم در هر دوره‌ی درمان را با بکار بردن سیگنال مناسب آزاد می‌سازد.

پی‌نوشت‌ها

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| ۱ Magnetic nanoparticles | ۷ Magnetic resonance imaging |
| ۲ Magnetic drug targeting | ۸ clearance |
| ۳ Magnetic targeted carriers | ۹ reticuloendothelial system |
| ۴ hyperthermia | ۱۰ phagocyte |
| ۵ in vitro | ۱۱ resonant frequency |
| ۶ in vivo | ۱۲ ultrasmall |

مراجع

- ۱ سایت آموزش فناوری نانو (edu.nano.ir)
- ۲ سایت ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، بانک اطلاعاتی فناوری نانو (www.irannano.ir)
- ۳ سایت کریدور (<http://tmisc.ir/>)
- ۴ گزارش پیمایش فناوری و بازار حوزه نانودارورسانی، آگوست ۲۰۰۷
- ۵ نانو فناوری مولکولی و نانوفناوری زیستی: تعاملی بین طبیعت و فناوری، ۱۳۸۶، جهانشاهی م. انتشارات دانشگاه مازندران
- ۶ ShaliniShahaniDewan. January 2014. PHM006J - Global Markets and Technologies for Advanced Drug Delivery Systems. Bcc Research GLOBAL MARKETS AND TECHNOLOG

مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»



مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش‌ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم‌افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است.

تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت‌وساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۶۶۸۷۱۲۵۹ - www.nanosun.ir

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نانوآفت‌کش و اثر آن در کنترل آفات
- کاربرد فناوری نانو در صنعت مفره
- کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی
- کاربرد فناوری نانو در روغن‌های روان‌کننده
- نانو افزودنی‌های سوخت
- کاربرد نانوالیاف در کشاورزی
- کاربرد فناوری نانو در سیمان و سیال حفاری
- کاربرد نانوساختارها در فناوری‌های جداسازی غشایی
- نانوفیلترهای لیفی
- فناوری‌های نوین در مدیریت و افزایش بهره‌وری آب در نیروگاه‌های گرمایی
- فولاد نانوساختار Sandvik Nano flex
- کاربرد فناوری نانو در صنعت سیم و کابل
- کاربرد فناوری نانو در صنعت دیودهای نورافشان LED
- کاربردهای فناوری نانو در تولید انرژی الکتریکی
- کاربردهای نانومواد سلولز در صنعت خودرو
- کاربرد نانو کامپوزیت‌های پلیمری در صنعت خودرو
- کاربرد فناوری نانو در پوشاک
- کاربرد فناوری نانو در رنگریزی منسوجات
- کاربرد فناوری نانو در منسوجات ورزشی / بیرونی
- کاربرد فناوری نانو در تولید منسوجات خود-تمیزشونده
- سلول‌های خورشیدی رنگ‌دانه‌ای
- نانوحسگرهای پایش آلودگی ذرات معلق در هوا
- نانوحسگرهای تشخیص‌دهنده پاتوژن‌های میکروبی در مواد غذایی
- کاربردهای فناوری نانو در چاه ارت
- کاربرد نانوحسگرها در تشخیص و کنترل رطوبت خاک
- کاربردهای فناوری نانو در خنک‌کاری قسمت‌های مختلف نیروگاه
- کاربرد فناوری نانو در روش فیلتراسیون اسمز معکوس
- سلول‌های خورشیدی شفاف
- کاربردهای فناوری پلاسمای قوسی خزننده در صنایع
- درخت‌سان: نانوحاملی در عرصه سلامت
- مدخل هوا-نانو الیاف
- رنگ‌های محافظ در برابر امواج الکترومغناطیسی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌ها و پوشش‌های آب‌گریز
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌فولینگ
- کاربرد نانورنگ‌ها، نانوپوشش‌ها و سازه‌های ضدحریق در صنعت ساختمان
- کاربرد سامانه‌های رنگ‌سنجی مبتنی بر اسپکتروفتومتری در صنایع رنگ
- نانوحسگرهای تشخیص تهدیدات بیولوژیکی
- نانوحسگرهای تشخیص سرطان
- کاربرد فناوری نانو در صنعت کپش‌های نساجی
- کاربرد فناوری نانو در صنعت ترانزیستور و مدارهای مجتمع
- پوشش‌ها، کپش‌ها و سازه‌های مقاوم در برابر لغزش
- بررسی و کاربرد نانوفوتوکاتالیست‌ها در حوزه‌های مختلف
- کاربرد فناوری نانو در روش فیلتراسیون اسمز مستقیم
- آزمایشگاه روی تراشه
- کاربرد نانولوله‌های کربنی در فلزات
- کاربردهای نانومواد سلولز در صنایع مختلف، حوزه کامپوزیت و پلیمر
- کاربرد فناوری نانو در خازن‌ها
- کاربرد نانوکاتالیست‌ها در بهبود عملکرد پیل‌های سوختی
- سلول‌های خورشیدی شفاف
- کاربردهای فناوری پلاسمای قوسی خزننده در صنایع