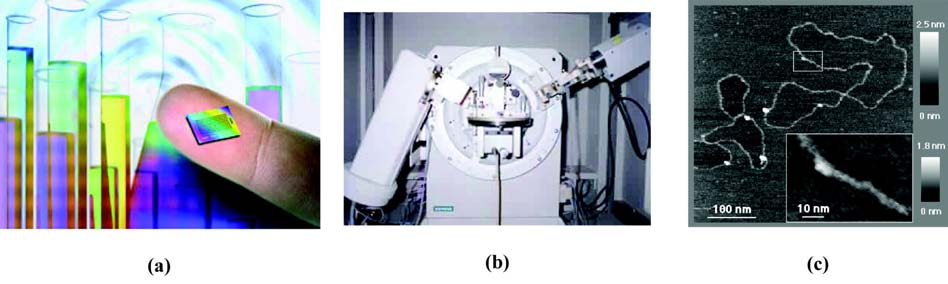
*برای کاربردهای پزشکی و فیزیولوژیکی، نانو مواد و نانو ذرات و دستگاه ها می توانند برای ایجاد ارتباط با سلول در یک سطح مولکولی (به عنوان مثال: زیر مولکولی) با درجه بالایی از ویژگی کاربردی طراحی شوند و در نتیجه، اجازه درجه ای از ادغام بین فناوری و سیستم هیا بیولوژیکی که قبلاً قابل دستیابی نبودند را می دهد. لازم به ذکر است که فناوری نانو نه فقط به تنهایی یک رشته علمی است، بلکه اجتماعی از علوم سنتی مانند شیمی، فیزیک، علوم مواد و زیست شناسی نیز می باشد تا با هم تخصص مشترک مورد نیاز را برای توسعه این فناوری های جدید به ارمغان بیاورند. از سوی دیگر، با توجه به پیشرفت های تحقیقاتی بیوشیمیایی و بیماری های بیولوژی مولکولی می تواند به اختلالات مولکولی منجر شود. تصویر برداری مولکولی باید امضا مولکولی مربوط به بیماری را تشخیص دهند و از آن برای تشخیص بیماری استفاده نمایند. این باید به طور ایده آل منجر به تشخیص و درمان قبل از وقوع علائم گردد. در تصویر برداری مولکولی، یک مولکول تصویر برداری به یک مولکول یا ذره حمل متصل است که در یک واحد هدف دار قرار دارد (به عنوان مثال، گیرنده های خاص، لیگاندها یا پیتیدها). سیستم پیدا کردن هدف باید یک نشانگر مولکولی خاصی از یک بیماری خاص باشد، بنابراین، محیط کشت متضاد درون بافت بیماری تجمع می یابد. تصویر برداری مولکولی به چند روش تشخیصی مانند رزونانس مغناطیسی، تصویر برداری اولتراسونیک و همچنین فناوری های تصویر برداری هسته ای و نوری توسعه یافته است.*

***ابزارهای نانو تکنولوژی***

*روش های مختلف برای سنتز مواد و دستگاه های نانو مهندسی شده می تواند پیش ماده هایی از فازهای جامد، مایع و گاز را در خود جا به جا کند و شامل مجموعه بسیار متنوعی از تکنیک های تجربی است. شرح مفصلی از اینها فراتر از این بررسی است. با این حال، به طور کلی، بیشتر روش های مصنوعی می تواند به دو رویکرد اصلی طبقه بندی شود: رویکردهای «بالا به پایین» و «پایین به بالا» و ترکیبی از آنها. تکنیک های «بالا به پایین» (لیتوگرافی نوری، چاپ میکروتماسی) با یک ماده یا گروهی از مواد میکروسکوپیک (درشت بین) شروع می شود و جزئیات با مقیاس کوچکتر به آنها اضافه می شود، در حالی که رویکردهای «پایین به بالا» (ترکیبات آلی، خودسامانی) با طراحی و ترکیب مولکول های سفارشی آغاز می گردد که توانایی خودآموزی یا خودسازماندهی به ساختارهای میان مقیاس و بزرگ مقیاس را دارند.*

*چند تکنیک سنتز مبتنی بر فناوری نانو از این مواد وجود دارد. به عنوان مثال، نانو لوله های کربنی، توسط تخلیه قوس الکتریکی، فرایند سایش لیزری و تکنیک های انباشت به روش تبخیر شیمیایی توسعه داده شده است. نانو لوله های غیرآلی (معدنی) مختلف تخلیه های قوسی و لیزری ازطریق واکنش های شیمیایی مناسب توسعه می یابند. خواص نانو سیم می تواند به طور متمایز از مواد مربوط به مواد کریستالی مربوطه متفاوت باشد، هر چند برخی خواص مشابه هستند. نانوسیم ها می توانند با استفاده از انواع مختلفی از مواد مانند فلزات، به عنوان مثال، نقره؛ نیمه رساناها به عنوان مثال، بیسموت؛ و نیمه هادی ها به عنوان مثال: کادمیم سولفید و ابر رساناها ترکیب شوند. شایع ترین روش های سنتز عبارتند از: سنتز به کمک قالب، از جمله بخار و رسوب الکترو شیمیایی و رشد بخار- مایع- جامد به ویژه برای نانو سیم های نیمه هادی مفید است. دندریمرها ابتدا با یک روش مصنوعی تکراری ترکیب می شوند. دنباله تکراری مراحل واکنشی منجر به یک دندریمر نسل بالاتر بعد از هر تکرار می شود. ایجاد دندریمر، با استفاده از اقدامات مجدد طراحی شده خاص، یکی از بهترین نمونه هایی از سنتز سلسه مراتبی کنترلی شده است، رویکردی که اجازه ایجاد «پایین به بالا» سیستم های پیچیده را می دهد. گروه های انتهایی تابعی می توانند برای اهداف مختلف از جمله حساسیت، کاتالیز یا فعالیت بیو شیمیایی اصلاح شوند. سایر برنامهه ای پیشرفته میکرو و نانو فناوری در پزشکی، سیستم های تحویل دارویی مبتنی بر میکرو چیپ می باشد که دستگاه هایی هستند که پمپ هایی یا مقیاس میکرو متر، دریچه ها و کانال های جریان را ترکیب می کنند. آنها اجازه انتشار کنترل شده داروهای تکی و چندگانه را به محض تقاضا می دهند. روش های مبتنی بر میکرو و نانو تکنولوژی (به عنوان مثال، لیتوگرافی ماورای بنفش، زدایش یونی واکنشی، رسوب بخار شیمیایی، تبخیر پرتو الکترونی) می تواند برای ساخت این تراشه ها مبتنی بر سیلیکون مورد استفاده قرار بگیرد.*

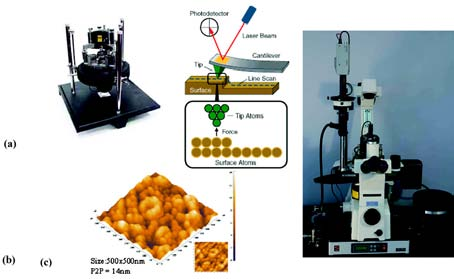
*تعداد زیادی از پژوهش ها برای برنامه های میکرو و نانو فناوری در تراشه ها برای تشخیص مولکولی پزشکی در دسترس می باشد. به عنوان مثال، کلمات کلیدی عبارتند از میکرو آرایه های DNA (تراشه های ژن)، میکرو آرایه های پروتئینی (تراشه های پروتئینی)، دستگاه های آزمایشگاهی در یک تراشه (شکل 5 (الف)) و تراشه های سلولی. اساساً این دستگاه ها یا سیستم ها با استفاده از تکنکیک های الهام گرفته از روش های تولید میکرو/نانو مقیاس ساخته شده اند که برای پردازش، دستکاری، تحویل، تجزیه و تحلیل و ساخت واحدهای بیولوژیکی و شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرند. روش های چاپ جوهر افشان در میکرو آرایه ها برای ژنومیک انسان و در میکرو آرایه های پروتئینی (یا تراشه های پروتئینی) استفاده می شود که برای تشخیص مولکولی مفید هستند. رای تشخیص بازخوانی متعاقب نشانگرهای مبتنی بر فلورسانس یا رادیوکلئید و یا طیف سنجی رزونانس پلاسما سطحی می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.*



*شکل 5: (الف) آزمایشگاه بر روی یک تراشه، برای نتایج تست سریع با استفاده از نمونه های بسیار کوچک. آزمایشگاه بر روی یک تراشه، تمام مراحل مورد نیاز برای پردازش نمونه های پزشکی و تشخیص بیماری را به حداقل می رساند (ب) دیافراکتومتر اشعه ایکس آزمایشگاه برای فیلم های نازک – نانو سیستم ها و نانومترولوژی AUTh (ج) DNA پلاسمایی، تهیه بر روی یک میکا (عایق) تصویر شده با STM در هوای مرطوب*

*به منظور مطالعه و بررسی این سیستم های غنی و پیچیده، ابزارهای بسیار پیشرفته تجربی، نظری و مدلسازی مورد نیاز می باشد. به ویژه، تجسم، توصیف صفات اختصاصی، و دستکاری مواد و دستگاه ها نیازمند تکنیک های تصویربرداری پیشرفته و کمّی با رزولوشن مکانی و زمانی از مرتبه 10-6 (یک میکرون- یک سلول قرمز 7 میکرون است) و پایین به سمت سطح مولکولی می باشد. علاوه بر این، این تکنیک ها برای درک رابطه و روابط بین مقیاس های نانو و میان مقیاس/ میکرومقیاس، یک هدف مهم ویژه برای برنامه های کاربردی بیولوژیکی و پزشکی، بحرانی می باشد. به همین ترتیب، پیشرفت های بیشتر در زمینه فناوری نانو، پیشرفت های موازی این تکنیک های توصیف صفات اختصاصی فیزیکی را ضروری خواهد ساخت. نمونه هایی از ابزارهای مهم در حال حاضر در دسترس هستند که عبارتند از: بسیار متمرکز (به عنوان مثال، 1-2 im) منابع همگام سازی (سینکروتون) اشعه X و تکنیک های مرتبط که اطلاعات ساختار مولکولی دقیقی را مستقیماً با تفحص آرایش اتمی بررسی می کنند (شکل 5 (ب))؛ با اسکن میکروسکوپی تحقیق (STM و AFM) که اجازه مشاهده سه بعدی نوع توپواگرافی اتمی و مولکولی یا پاسخ های نوری (SNOM) ساختارهای نانو مقیاس را فراهم می کند (شکل 5 (ج))؛ تکنیک های مانیتورینگ درجا که اجازه نظارت و ارزیابی بلئک ساختمان و رشد را می دهد؛ بضی سنجی یک روش نوری با قابلیت اندازه گیری در محیط مایع (به عنوان مثال، محلول پروتئینی) برای مطالعه جذب پروتئین و سلول در سطح جامد، این برای تشخیص و شناسایی باکتری ها در سطح گونه های مختلف به کار می رود و برای اهداف تحلیل در بیوشیمی و در پزشکی بسیار امیدوار کننده است. این بدان معنی است که دانش ما در مورد تعاملات مولکولی در حال افزایش است. شکل های 6 (الف) و 6 (ب) به ترتیب میکروسکوپ های SNOM و AFM را نشان می دهند. شکل 6 (ج) یک تصویر توپوگرافی از AFM از خوشه مولکول های فیبرنیوژن جذب شه بر روی فیلم نازک کربن آمورف (بی نظم، بی شکل) پس از انکوباسیون (دوره نهفتگی) 5 دقیقه ای است. خوشه بندی جذب شده، ویزگی های مورفولوژیکی مولکول پروتئین را حفظ کرده است. از طریق این تکنیک ها، جذب پروتئین مود مطالعه قرار گرفته است و به منظور رفع برخی از نورها و برای درک مکانیسم آن، و بهبود خواص مواد بالقوه و پوشش هایی که برای کاربردهای زیست پزشکی مورد استفاده قرار می گیرند، ادامه می یابد.*

*تصویر برداری در حال تبدیل شدن به یک ابزار مهم در تشخیص بیماری های انسانی است. تصویر برداری در سطح سلولی و حتی زیر سلولی و مولکولی هنوز هم عمدتاً در دامنه تحقیقات اولیه قرار دارد. با این حال، پیش بینی شده است که این تکنیک ها راه خود را برای استفاده بالینی روتین پیدا خواهند کرد. تکنیک های میکروسکوپی نیروی اتمی (AFM) و مرتبط با AFM (به عنوان مثال، میکروسکوپ نوری روبشی میدان نزدیک روبشی- SNOM) به ابزار پیچیده ای تبدیل شده است که نه تنها در سطوح تصویر مولکول یا بخش های زیر سلولی، بلکه برای اندازه گیری نیروهای مولکولی و و بین مولکولی نیز کاربرد دارد.*



*شکل 6: (الف) میکروسکوپ نیروی اتمی و نحوه عملکرد AFM (ب) تصویر توپوگرافی AFM از فیبرنیوژن در فیلم نازک کربن آمورف پس از 5 دقیقه انکوباسیون با تمرکزی به ابعاد 500\*500 نانومتر بر روی یکی از ویژگی های شکل خوشه ای فیبرنیوژن (تصویر معادل دو بعدی درجا) و (ج) میکروسکوپ نوری روبشی میدان نزدیک روبشی برای بازتاب و فلورسانس از مقیاس زیر 50 نانومتر*

*دانشمندان ابزارهای تحلیلی برای بررسی سلول های بیولوژیک با جزئیات عالی را توسعه داده اند. اکنون بهتر می دانیم که چگونه به طور کلی ساختارهای بیولوژیک درون سلولی عمل می نماید. با این حال، هنوز هم نمی دانیم که چگونه ساختارهای نانو یا بیو ماشین های نانو که (به عنوان مثال، زیستی سازگار) سازگار با محیط و بافت، سلول و سیستم های بیوشیمی هستند را بسازیم، به طوری که آنها به صورت راحت و امن در داخل بدن عمل کنند. هنگامی که این سؤالات پاسخ داده می شوند، قادر خواهیم بود تا ابزارهای تشخیصی و ساختارهای مهندسی بهتر برای درمان بهتر بیماری ها را طراحی کنیم.*

***4- برنامه های کاربردی پزشکی نانو تکنولوژی و نانو مواد***

*فناوری نانو، ابزارهای جدید مهمی را ارائه می دهد که تأثیر زیادی بر روی بسیاری از مناطق فناوری پزشکی دارد.*

*این فرصت های خارق العاده ای را فراهم می کند که نه تنها برای بهبود مواد و دستگاه های پزشکی بلکه برای ایجاد ابزارهای هوشمند و تکنولوژی های جدید که در فناوری ها موجود و متعارف ممکن است به محدودیت های خود برسند نیز به کار می رود. در زیر این تعاریف مربوط به زمینه های جدید تحقیقاتی (یعنی زیست نانو فناوری، پزشکی نانو، دستگاه های نانو و نانو روبات ها داده خواهد شد و سپس برخی از کاربردهای بی شمار نانو تکنولوژی در پزشکی مدرن مود بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.*

***پزشکی نانو:*** *همگرایی پیشرفت های اخیر در فناوری نانو با بیولوژی و پزشکی مدرن، زمینه تحقیقاتی جدید فناوری نانو را ایجاد کرده است. استافده از فناوری نانو در پزشکی به نام پزشکی نانو نامگذاری شده است. بنابراین، پزشکی نانو، شاخه ای از فناوری نانو است که به مداخلات پزشکی بسیار خاصی در مقیاس مولکولی برای اهداف درمانی (شامل بیماری های در حال درمان یا تعمیر بافت های آسیب دیده) و توسعه تشخیص برای نظارت سریع، درمان های هدفمند سرطان، تحویل محلی دارو، تعاملات مواد سلولی بهبود یافته، چارچوب هایی برای مهندسی بافت و سیستم های تحویل ژن، اشاره کرده است. تحقیقات و توسعه موفقیت آمیز در پزشکی نانو که در آنها در نهایت بیماران می توانند از این فناوری های جدید بهره مند شوند، نیازمند تعامل بسیاری از رشته ها از جمله علوم مواد و مهندسی، زیست شناسی سلولی و تحقیقات ترجمانی بالینی می باشد.*

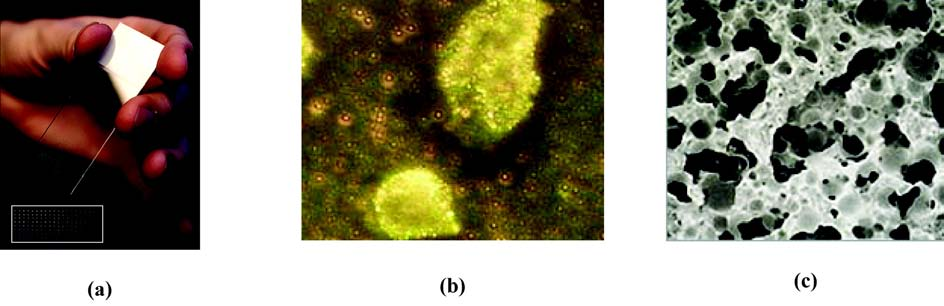
*انتظار می رود که بسیاری از فعالت های علمی و اقتصادی به تحقیقات و توسعه پزشکی سرعت ببخشند. چندین دستگاه پزشکی در حال حاضر از پیشرفت های اخیر در فناوری میکرو نانو بهره مند شده اند (جدول 1 را ببینید) و در حال استفاده هستند و یا در حال تجاری شدن می باشند (َکل های 5 و 7).*

*نانو مواد و ساختارهای بیولوژیکی تقریباً هم اندازه هستند که اجازه تعامل انفرادی بین سیستم های بیولوژیگی و مواد مصنوعی برای کاربردهای تحلیل، تشخیصی و درمانی را می دهد.*

*جدول 1: دستگاه های پزشکی و برنامه های کاربردی که در حال حاضر در تحقیقات بالینی مورد ارزیابی قرار می گیرند و یا انتظار می رود در آینده نزدیک به تحقیقات بالینی وارد شوند.*

|  |  |
| --- | --- |
| ***میکرو و نانو فناوری در پزشکی*** | ***سال*** |
| * *ابزارهای جراحی* * *میکرو طره ها برای ارزیابی بدون برچسب مورد استفاده در تشخیص مولکولی آزمایشگاهی* * *عوامل کنتراست در اندازه نانو باری تصویر برداری مولکولی* * *مواد جایگزین استخوان، دستگاه های ضربان ساز و سمعک* * *میکرو آؤایه های DNA (پروتئینی و دستگاه های آزمایشگاهی بر روی تراشه برای تشخیص مولکولی آزمایشگاهی)* * *پانسمان زخم و منسوجاتی با فعالیت ضد باکتری و قارچ کش* * *سیستم های مبتنی بر میکرونیدل* * *نانو ذرات اکسیو آهن فوق پارامغناطیس توسط تزریق مبتنی بر هوانوردی استریو تاکتیک (درمان هایپر ترمیال تومورهای مغز/ پروستات)* * *سیستم حمل کننده نانو مبتنی بر سلیسیوم (درمان تومورها از طریق براکی تراپی (نزدیک درمانی))* * *پروتزهای شبکیه (ترمیم بینایی در بیماران نابینا)* | *اکنون* |
| * *استنت های پوشش داده شده با هیدروکسی آپاتیت نانو متخلخل* |  |
| * *نانو ذرات اکسید آهن فوق پارامغناطیسی که با آنتی بادی های مونوکلونال متصل شده اند.* | *2006* |
| * *تزریق داخل وریدی برای ترموتراپی انتخابی، هدفمند برای درمان تومورها* | *2007* |
| * *برای سلول های هدفمند خاص با روش های تصویر برداری/ نظارت* | *208* |
| * *نانو ذرات حساس کننده هدفمند به طور فیزیکی با استفاده از گرما، میدان مغناطیسی، نور یا تابش برای درمان تومورها* |  |

*پزشکی نانو می تواند بر روی چندین موضوع تمرکز کند، مانند: موضوعات مهندسی از جمله: نانو ذرات پیتید برای کاربردهای پزشکی، اتقال از نیمه ها ها به بیوشیمی در صنعت لیتوگرافی؛ کاربردهای بالینی (مانند پزشکی نانو و بیماری های غلظت پروتئین)؛ موضوعاتی در ژنتیک (به عنوان مثال، پروب های (کاوشگر) نانو ساختار برای تشخیص ژن در سلول های زنده، تشخیص آسیب UV به مولکول های DNA فردی با میکروسکوپ نیروی اتمی و غیره)؛ موضوعاتی در زمینه تشخیص: با تمرکز اصلی آن بر روی تشخیص زودرس در آزمایشگاه و در داخل بدن موجود زنده؛ موضوعات سیاسی و تجاری سازی؛ از جمله ابتکار در پزشکی نانو برای تمرکز تلاش در تحقیقات، توسعه و کاربرد نانو فناوری برای بهبود تشخیص و درمان سرطان؛ذ موضوعات مربوط به تحقیق تجربی، که پایه و اساس مهمی برای مطالعات پیش از موعد هستند، مانند تصویر برداری تشخیص نانو؛ موضوعات در زمینه علوم پایه، موضوعات فارماکولوژی؛ موضوعات مربوط به انکولوژی و سم شناسی.*



*شکل 7: (الف9 تراشه DNA؛ صفحه شیشه ای حاوی هزاران ژن تا مورد مطالعه قرار بگیرد. مقایسه اندازه آن با یک دست انسان. الحاق: جزئیات صفحه شیشه ای، ب) تصویر نانو ذرات طلا چسبیده به سلول های سرطان و (ج) تصویر میکروسکوپی الکترون Osferion بسیار متخلخل، یک ماده جایگزین استخوان با زیست سازگاری عالی*

*هدف بلند مدت تحقیق در زمینه پزشکی نانو این است که اجزای مقیاس مولکولی معروف به نانو ماشین را مشخص کنند و همچنین برای کنترل دقیق و دستکاری نانو دستگاه ها در سلول ها برای بهبود سلامت انسان، درک مکانیسم های سلولی در سلول های زنده و توسعه تکنولوژی پیشرفته برای تشخیص زودرس و درمان بیماری های مختلف می باشد. این به مراتب ارزیابی خواص تک مولکولی در سلول های زنده را توسط اندازه پروب یا رنگبری نوری برچسب های فلورسنت کوچک محدود کرده است. اهمیت این تحقیق در توسعه تکنولوژی یک پلت فرم پنهان شده است که رویکردهای تصویربرداری نانومقیاس طراحی شده برای مکانیسم های مولکولی پروب در سلول های زنده را تحت تأثیر قرار می دهد.*

***«نانو ربات»ها و دستگاه های نانو:*** *این قبیل دستگاه های آتی عبارتند از: سلول های قرمز خون مصنوعی مکانیکی «respircyte» (شکل کروی با قطر 1 im) و سلول های سفید خون مصنوعی مکانیکی با اندازه میکروسکوپی به نام «میکروبوی» (قطر محور اصلی 3.4 im و قطر فرعی 2.0 im). انتظار می رود که «respirocyte» بتواند اکسیژن بیشتری به بافت نسبت به سلول های طبیعی قرمز خون تحویل دهد و اسیدیته کربنیک را مدیریت نماید. برنامه های کاربردی پزشکی اولیه respirocyte شامل جایگزینی خون قابل تزریق؛ درمان جزئی برای کم خونی، اختلالات ریه، افزایش کارآزمایی قلب و عروق/ عصبی، درمان و تشخیص تومورها، پیشگیری از آسفیسکی، تنفس مصنوعی و انواع ورزش، دامپزشکی و میدان نبرد می باشد. عملکرد اولیه «میکروبوری» برای تخریب پاتوژن های میکروبیولوژی موجود در جریان خون انسان با استفاده از یک پروتکل هضم و تخلیه می باشد. انتظار می رود که میکروبوری ها تا 1000 برابر سریعتر از هر نوع حفاظ فاگوستیک بیولوژیکی طبیعی یا آنتی بیوتیک غیر مسلح (مستقل) باشد و قادر به گسترش صلاحیت درمانی پزشک به تمام طیف گسترده ای از تهدیدات باکتریایی بالقوه، از جمله عفونت های مضر محلی باشد، هنگامی که مأموریت آنها در بدن تکمیل شد، میکروبروی ها از بدن خارج می شوند (حذف می شوند).*

*نانو روبات ها پزشکی نیز ممکن است در سطح سلولی مداخله کنند و این cytosurgery را در آزمایشگاه انجام دهند. به احتمال زیاد محل عملکرد پاتولوژیک در سلول هسته است. به ویژه، کروموزوم ها. در یک روش cytosurgical ساده به نام درمان جایگزینی کروموزم، یک نانو روبات کنترل شده توسط پزشک، کروموزم های موجود را از یک سلول بیمار خاص استخراج می کند و در محل جدید آنها در همان سلول قرار می دهد. اگر بیمار انتخاب کند، ژن های معیوب به ارث برده می تواند با توالی های جفت بدون ضایعه جایگزین شود، و به طور دائم بیماری ژنتیکی را درمان می کند. بیوبات (biobot) های باکتریایی مهندسی شده (میکروب های مصنوعی) ممکن است برای تولید وینامین ها، هورمون ها، آنزیم ها یا سیتوکین های مفید طراحی شده باشد که در آن بدن بیمار دارای کمبودهایی می باشد یا به طور انتخابی مواد مضر مانند سموم، داروی سمی و غیره را به محصولات نهایی بی خطر جذب کرده و از طریق متابولیزم دگرگون می نماید.*

*توانایی سازگاری زیستی و ایمپلنت های ارتوپدی: یه زمینه مهم کاربرد برای فناوری نانو در پزشکی، نانو مواد ی است که در ایمپلنت های ارتوپدی یا به عنوان داربست هایی برای محصولات تولیدی بافت مورد استفاده قرار می گیرد. اگر طراحی یک ایمپلنت لگن، به عنوان مثال (شکل 2) در نانو لوله انجام شود ممکن است قادر به ساخت یک ایمپلنت باشد که دقیقاً خواص مکانیکی استخوان انسان، جلوگیری از محافظت در برابر استرس و پس از آن از دست دادن استخوان اطراف بافت را تقلید نماید. ماتریس خارج سلولی (ECM) یک شبکه سه بعدی عالی از نانو فیبرهای پیچیده را برای پشتیبانی از سلول ها فراهم می کند و پس زمینه ای آموزنده برای هدایت رفتار آنها ارائه می دهد. این مورد شکل های مختلفی در بافت های متفاوت و در مراحل مختلف توسعه در همان بافت می گیرد. این تنوع به وسیله ترکیبی از تعاملات مولکولی خاص و آرایش هندسی کولاژن ها، الاستین ها، پروتئول کلین ها و پروتئین های چسبندگی مانند فیبرنرکتین ها و لامین ها به وجود می آورد. باز کردن فیبرهای ECM، سطحی از جزئیات بی نظیر در دنیای خارج از دنیای بیولوژیک را نشان می دهد. هر فیبر سر نخ (مدرک) را پنهان می کند که راهی را برای سلول ها برای ایجاد بافت به پیچیدگی استخوان، کبد، قلب، و کلیه هموار می نماید. یک چالش کلیدی برای گرفتن میزان پیچیدگی این است که تکرار به صورت کاربردی ECM بافت طبیعی مورد نیاز می باشد. با این وجود، ما هنوز هم یک راه طولانی برای راه اندازی مجدد معماری مولکولی ECM و مکانیسم های پویا داریم که از طریق اطللعات در پاسخ به چالش هایی در محیط زیست محلی نشان داده می شود. ساختار نانو مواد یک مکانیسم قدرتمند برای تشویق و هدایت رفتاری سلولی ارائه می دهد که از چسبندگی سلولی به عبارت ژنی برخوردار می باشد و بنابراین، سازگاری زیستی آنها را با صدور تعاملات مناسب بین سلول ها و مواو افزایش می دهد.*