نانوچندسازه‌ها و استخوان مصنوعی

سیدحسین بنی‌طبا
عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور، اردکان
عاطفه نوع‌خواه

چکیده

امروزه استفاده از نانوچندسازه‌های رزینی با استحکام نزدیک به دندان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این رزین‌ها درحال حرکت به سمتی است که بتوانند به‌طور کامل جایگزین پرکننده‌ها، از نوع آلیاژهای جیوه شوند. مشکل اصلی این چندسازه‌ها انقباض‌های حجمی است که در فرایند پلیمر شدن به وجود می‌آید. این انقباض‌های حجمی نه‌تنها باعث به وجود آمدن تنش در دندان می‌شوند و فضای داخلی بین دندان و پرکننده ایجاد می‌کنند بلکه تجمع ذره‌های غذا و مایع در آن‌ها پوسیدگی دندان را زمینه‌سازی می‌کنند.

با کمک نانوپرکننده‌ها می‌توان درصد انقباض‌های حجمی‌را کاهش داد و استحکام چندسازه را به طور چشمگیری بهبود بخشید.

این مقاله به چندســـازه‌ها و انواع نانوی آن‌ها، برخی از کاربردهای این ترکیب‌ها در تهیه استخوان‌های مصنوعی و دندان پرداخته است.

کلیدواژه‌ها: چندسازه، نانوچندسازه، استخوان مصنوعی، کاشت دندان

مقدمه

در طول دهه‌های گذشته، زیست مواد گوناگونی توسعه یافته و با موفقیت به‌عنوان مواد پیوند استخوان به‌کار رفته‌اند. جایگزین‌های استخوان و مفصل از زیست مواد فلزی، زیست سرامیک‌ها، پلیمرها و چندسازه‌ها[1] ـ که به ترکیبی از این اجزا گفته می‌شود ـ ساخته می‌شوند. در بیشتر مواد، فلزها و سرامیک‌ها در بافت‌های سخت به‌کار می‌روند و پلیمرها در بافت‌های نرم استفاده می‌شوند. این در حالی است که چندسازه‌ها به‌طور گسترده در هر دو نوع بافت کاربرد دارند.

امروزه از چندسازه‌ها، انواع نانوی آن را تولید می‌کنند. نانوچندسازه عبارت از چندسازه‌ای است که دست‌کم یکی از اجزای تشکیل‌دهنده آن ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشد. با تهیه چنین موادی تحولی اساسی در خواص مکانیکی و گرمایی مواد ایجاد شده است.

ضرورت نیاز به چندسازه‌ها

چندسازه‌ها که از دو یا چند ماده متمایز تشکیل می‌شوند، ترکیب‌های مطلوبی از خواص گوناگون در بر دارند که در هریک از اجزای سازنده به تنهایی یافت نمی‌شود. برای نمونه، چندسازه‌های تقویت‌شده با فیبر، ساختارهایی مهندسی هستند که معمولاً از یک زمینه نرم، عمدتاً پلیمر، تشکیل شده‌اند به طوری که یک پُرکننده سفت و قادر به تحمل بار را، به شکل ذره یا فیبر در برگرفته‌اند. برای چندسازه‌های با استحکام زیاد، فیبرها باید سفت باشند و نسبت طول به عرض بزرگی داشته باشند. این ویژگی اجازه می‌دهد هنگامی که چندسازه، مورد تنش‌های مکانیکی قرار می‌گیرد، انتقال مناسب بار از زمینه به پرکننده صورت گیرد.

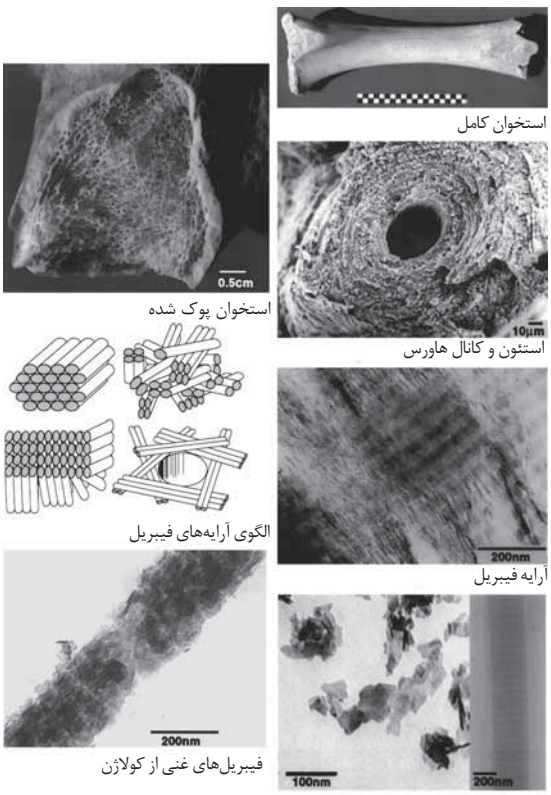
چندسازه‌ها

با توجه به پیشرفت کاربرد و تولید مواد جدید، نانومواد روزبه‌روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. با این حال برای تولید و کاربرد مواد جدید، نیاز به بررسی‌های بیشتر وجود دارد، زیرا علم نانومواد، بسیار گسترده است و علوم زیادی را فرا می‌گیرد. معنای نانوچندسازه عبارت است از: تشکیل و سازماندهی ماده‌ای براساس اجزای نانومتری آن.

میلیون‌ها سال است که در طبیعت، ترکیب‌های نانوچندسازه تولید می‌شود. طبیعت می‌تواند مواد را در ابعاد نانویی به‌صورت آلی و معدنی با هم پیوند دهد و با ساخت مواد جدید، پدیده‌ها و ترکیب‌هایی با ویژگی‌های جدید ایجاد کند. به کمک این علم می‌توان مواد زیادی را به‌صورت فشرده درآورد که در نتیجه آن، ایجاد عملکرد بالا در حجم‌های کوچک امکان‌پذیر خواهد شد. طبیعت افزون بر مواد آلی و معدنی به تنهایی، می‌تواند هردوی این مواد را با هم درابعاد نانویی ترکیب کند و نانوچندسازه‌های آلی/ معدنی تشکیل دهد. از جمله این چندسازه‌های طبیعی می‌توان به بدنه سخت‌پوستان، صدف، پوسته جانوران و سلول‌های استخوانی و دندانی مهره‌داران اشاره کرد. گفتنی است که سال‌ها پیش از توسعه علوم و فناوری‌های امروزی، بحث و چالش روی توانایی ترکیب مواد آلی یا معدنی وجود داشت و نمونه‌های آن را می‌توان در مرکّب‌های مصر باستان، رگه‌های سبزرنگ سرامیک‌های چینی و رنگ‌های ماقبل تاریخ دید.

با مهندسی کنترل شده مواد در ابعاد نانو می‌توان ویژگی‌های زیادی را در مورد مواد کشف کرد و به‌کار برد که در حالت عادی آن‌ها وجود ندارد.

استخوان یک نانوچندسازه طبیعی است که مجموعه‌ای ویژه و پیچیده از بافت‌های متصل به هم را به‌صورت اسکلت انسان تشکیل می‌دهد. استخوان افزون بر نقش حمایت مکانیکی از اندام‌ها، وظیفه ذخیره مواد معدنی، به‌ویژه کلسیم و فسفات را برعهده دارد و نمونه‌ای از بافت زنده است که می‌تواند به بازسازی خود بپردازد، بدون آنکه در این فرایند بخشی اضافه یا زخمی از خود بر جای گذارد.



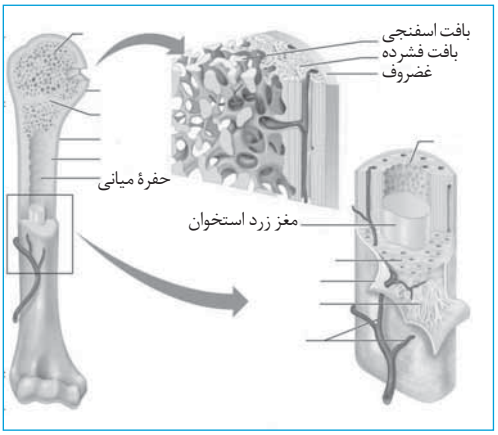
استخوان کامل
استخوان پوک شده
استئون و کانال هاورس
الگوی آرایه‌های فیبریل
آرایه فیبریل
فیبریل‌های غنی از کولاژن

شکل ۱

گاه آسیب‌دیدگی استخوان چنان است که امکان خودترمیمی آن وجود ندارد. پیوند استخوان یکی از راه‌حل‌های ترجیحی است اما این روش مشکلات خاص خود را دارد. استخوان‌های آسیب‌دیده را می‌توان با استفاده از بخش‌های دیگر بدن، عضوهای پیوندی از افراد دیگر یا موادی از جنس سرامیک و آلیاژهای فلزی جایگزین کرد. استخوان‌های مصنوعی در مواردی که استخوان کافی برای پیوند وجود نداشته باشد یا مواردی که پیوند استخوان، ناموفق بوده و باعث عفونت شده باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

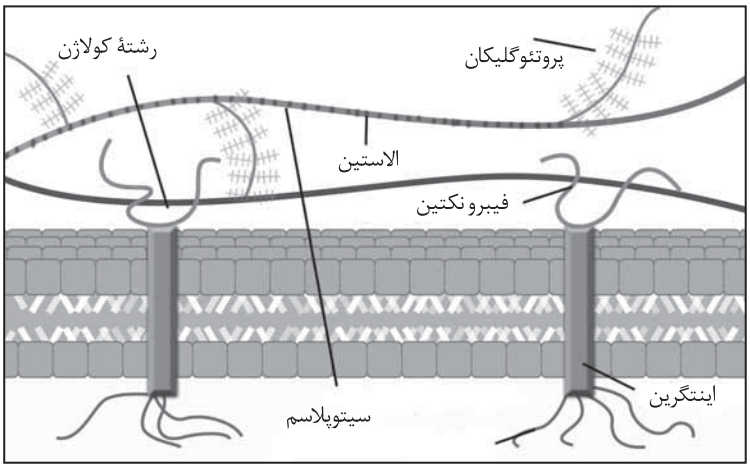
بررسی‌های زیادی در مورد استخوان‌های مصنوعی انجام گرفته

جایگزین‌های استخوان و مفصل از زیست‌مواد فلزی، زیست‌سرامیک‌ها، پلیمرها و چندسازه‌ها ــ که به ترکیبی از این اجزا گفته می‌شود ــ ساخته می‌شوند



شکل ۲ نمایش بخش‌های درونی استخوان

است. پروفسور چین و پروفسور سارینو سال‌های گذشته را صرف بررسی رشد بافت اســـتخوانی روی ماده‌ای سرامیکی کردند. آنان برای ایجاد بافت‌های استخوانی مصنوعی، مولکول ماده‌ای به نام فیبرونکتین[۲] را در سطح یک شیشه کشت دادند.فیبرونکتین یک مولکول مهم در ایجاد استئوبلاست است که بافت‌های استخوانی را تولید می‌کند. فیبرونکتین بستر شیشه‌ای را به هسته‌ای برای رشد بافت‌های استخوانی تبدیل می‌کند. مولکول‌های مغز استخوانی که از جانوران اســـتخراج شده بود به کمک فیبرونکتین به سطح شیشه‌ای بستر متصل شـــد. امروزه از ســـرامیک‌ها بـــرای ترمیم بافت‌های استخوانی انسان استفاده می‌شود.



شکل ۳ اجزای درون سلولی ماتریکس

شکل ۴ طراحی نانوچندسازه‌ها به شکل استخوان

اندام‌های مصنوعی؛ استخوان مصنوعی

فناوری نانو نقش مهمـــی در جلوگیری از خوردگی اندام‌های مصنوعی دارد. ثابت شده است که نانوپوشش‌هایی مانند تیتانیم پوشیده شده با نانوذره‌ها، پایداری و سازگاری زیادی با بافت‌ها و سلول‌های بدنی دارند. پوشاننده‌های آپاتیتی روی آلیاژهای فلزی قرار داده شده و برای شبیه‌سازی بافت‌های زیست‌شناختی مورد بررســـی قرار گرفته‌اند. این مواد می‌توانند در تشکیل استخوان طبیعی به‌کار روند. نانوگره‌های سیلیسی نیز گزینه مناسبی برای پرکردن حفره‌های دندانی به شـــمار می‌رونـــد و برای پر کردن دندان‌های حساس و کاهش درد کاربرد دارند.

یکی دیگر از هدف‌های فناوری نانو پیشـــرفت در زمینه پیوند شیمیایی و تبدیل وسایل شنوایی به کوچک‌ترین اندازه ممکن بوده است؛ تجهیزات کوچکی که بتوان در داخل گوش میانی جای داد.

پیوند استخوان با نانوچندسازه

از آنجا که اســـتخوان نمونه‌ای از یک ماده چندســـازه اســـت، طراحی پیوند استخوان به شکل نانوچندسازه نتایج بسیار بهتری در برخواهد داشت. پیوند استخوان به شکل نانوچندسازه ساخته شده از هیدروکسی آپاتیت و کولاژن، همبندی سریع‌تر و بهتری را با اســـتخوان فراهم می‌کند. این ترکیب بسیار شبیه استخوان طبیعی است.

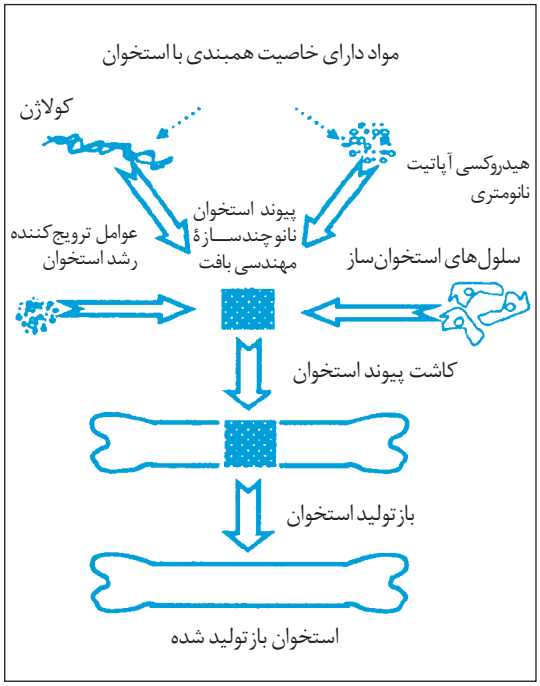
پژوهشگران مکزیکی موفق به تولید ترکیب‌های سرامیکی و زیست‌ســـازگار شده‌اند که می‌توان از آن‌ها برای ساخت دندان یا استخوان مصنوعی استفاده کرد. در این ترکیب‌ها از نانوذره‌ها برای تقویت ساختار و افزایش استحکام استفاده شده است.

همچنین نانوچندسازه‌های سرامیکی می‌توانند مشکل شکستگی مفصل مصنوعی را حل کنند. این مواد در رفع مشکلات حرکتی بیماران و هزینه بالای تولید مفصل مصنوعی سودمند بوده‌اند.

داربست‌های ترمیم‌کننده استخوان‌ها

داربست‌های مورد استفاده در بازسازی استخوان باید از ساختار و خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی زمینه استخوانی خارج

پوشاننده‌های آپاتیتی روی آلیاژهای فلزی قرار داده شده و برای شبیه‌سازی بافت‌های زیست‌شناختی مورد بررسی قرار گرفته‌اند



شکل ۵ راهبرد پیوند استخوان نانوچندسازه با مهندسی بافت

سلولی تقلید کنند. استخوان نوعی چندسازه متخلخل شامل فازهای نفوذی کولاژن (پلیمر) و هیدروکسی آپاتیت (سرامیک) است. بنابراین هدف از انجام این کار، تولید یک داربست از جنس نانوچندسازه پلیمری ـ سرامیکی استخوانی زیست‌تخریب‌پذیر و زیست‌سازگار بوده است که از خواص مکانیکی مشابه با استخوان طبیعی برخوردار باشد.

این داربست از مواد اولیه کاملاً طبیعی، ارزان و با روشی آسان و کم‌هزینه تولید شده و دارای ویژگی‌های مشابه با بافت استخوان است چنان‌که مواد به‌کار رفته در آن موجب بروز اثرهای جانبی در بدن نمی‌شوند. همچنین اندازه تخلخل‌ها در آن برای جایگزینی و رشد سلول‌های استخوانی بسیار مناسب است.

گَرد نانوچندسازه برای ترمیم استخوان

نانولوله‌های کربنی با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی منحصربه‌فرد، توانایی زیادی برای کاربردهای زیستی، از جمله مهندسی بافت و تقلید از ساختار و خواص استخوان انسان نشان داده‌اند. به کمک یک روش ساده و مقرون‌به‌صرفه، نانوچندسازه همگنی در شکل گرد تولید شده است. در ساخت این گرد، از هیدروکسی آپاتیت و درصدهای وزنی مختلف نانولوله‌های کربنی چندجداره استفاده شده است. این نانوچندسازه می‌تواند به‌عنوان ماده جایگزین جهت ترمیم و بازسازی بافت‌های استخوانی آسیب‌دیده به‌کار گرفته شود. همچنین می‌توان از آن، جهت کاشت دندان نیز استفاده کرد. گفتنی است زیست سازگاری نانوچندسازه تهیه شده، بهتر از گرد یکپارچه هیدروکسی آپاتیت است.

نانولوله‌ها کاملاً با گرد هیدروکسی آپاتیت پوشش داده شده‌اند. این ویژگی به همراه ساختار متخلخل نانوچندسازه تولید شده، سبب بازسازی آسان و رشد استخوان‌های آسیب‌دیده خواهد شد.

چندسازه‌ها و افزایش کارایی و طول عمر کاشت دندانی

طراحی بهینه کاشت‌های دندانی و استخوانی یکی از هدف‌های مهندسی پزشکی و مهندسی بافت است. یکی از راه‌حل‌های شناخته شده برای دست‌یابی به کاشت‌ها با خواص مکانیکی و زیستی مناسب، اعمال پوشش‌های نانوچندسازه زیستی روی زیرلایه‌ای از جنس تیتانیم است. مقاومت در برابر خوردگی، زیست فعالی، استحکام چسبندگی و پایداری مکانیکی از جمله خواص موردنظر برای دست‌یابی به پوششی مناسب به شمار می‌رود. تاکنون پژوهش‌های بسیار روی بهینه‌سازی خواص مختلف قطعه‌های درون تنی استخوانی و دندانی، منجر به تولید پوشش‌های نانوچندسازه با خواص دلخواه شده است.

مواد استفاده شده در این پوشش‌ها به این قرارند:

ـ شیشه زیست‌فعال به دلیل عملکرد زیست‌فعالی بسیار خوب؛

ـ هیدروکسی آپاتیت، به دلیل زیست‌سازگاری بالا و برخورداری از ترکیب شیمیایی نزدیک به بافت دندان و استخوان؛

ـ کیتوسان که با خواص زیست‌سازگاری زیاد و خواص ضدمیکروبی بسیار خوب، از جمله مواد مناسب برای تهیه این پوشش است.

این پوشش‌ها که در مقیاس آزمایشگاهی تولید شده‌اند در تولید کاشت‌های دندانی و استخوانی کاربرد یافته‌اند.

*** پی‌نوشت ها**

1.composite
2. fibronectin

*** منابع**

1.www.polymertechnology.com/post/15
2.Simontd,B.W.,Lacey, D.l..Nature,**2003**,42,423.
3.Int.J.of Biological Macromolecules,**2016**,86,434.
4.J.of Composite Materials,**2013**,48(4),483.
۵. ویسوواناتان، نانومواد «کاربردها، روش‌های ساخت، خطرات، نانوذرات هوشمند»، ترجمه افشاری ـ حسین زاده.