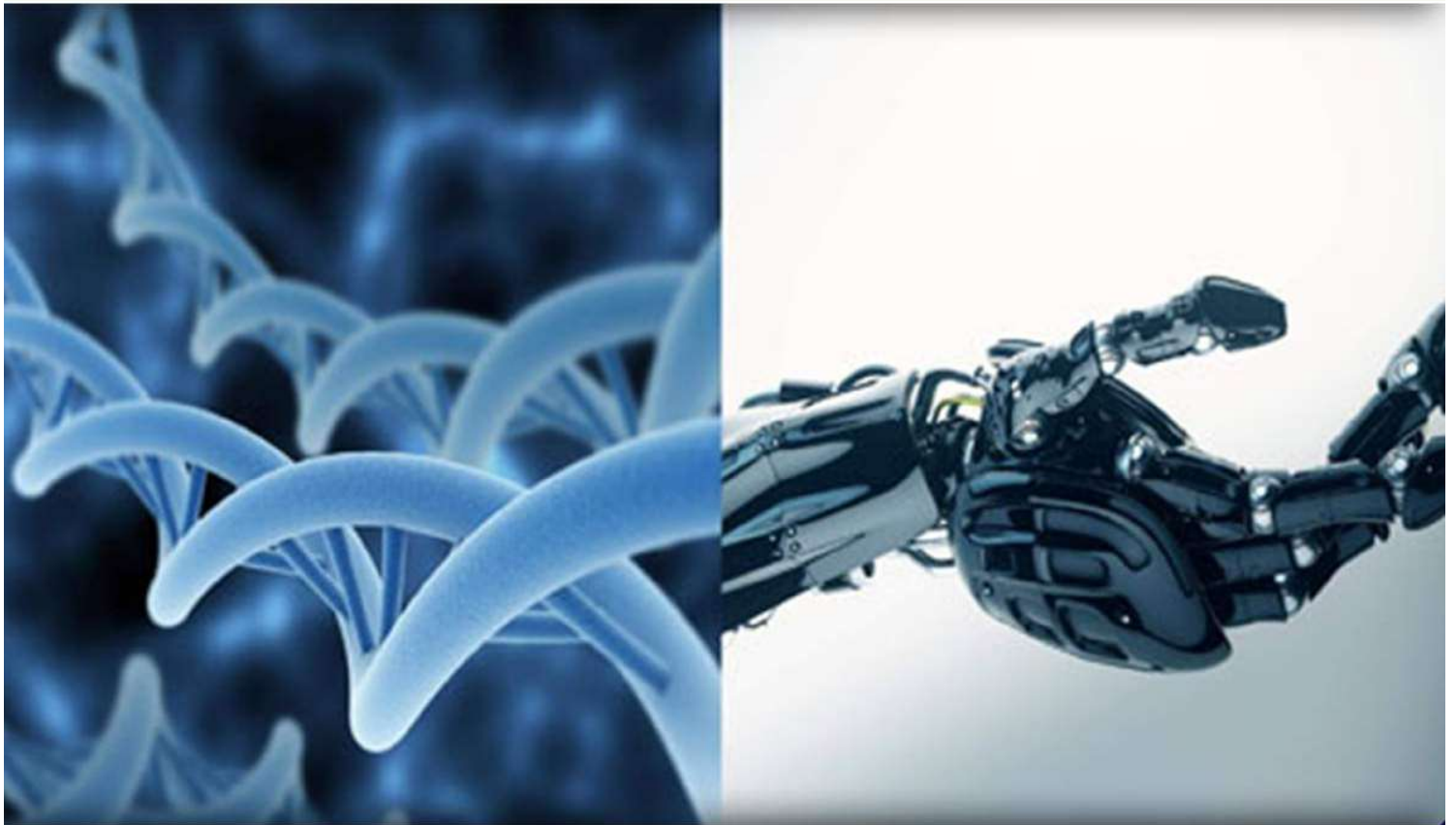


معرفی گرایش بیومواد



رها امیر اسکندری،
دانشجوی کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران



مقدمه

از جمله فناوری‌های روز دنیا، می‌توان به مهندسی بیومواد اشاره کرد که زمینه‌ساز پیشرفت‌های فوق‌العاده درمانی و پزشکی است. با عنایت به مرتبط بودن مهندسی بیومواد و مفاهیم مهم رشته‌ی مهندسی مواد و متالورژی، گرایش‌ی در مقطع کارشناسی ارشد به این حوزه اختصاص یافته است که دانشجویان را بیشتر با تعریف، عملکرد، خواص، انواع و روش‌ی سنتز بیومواد آشنا می‌کند.

بیومواد

از نگاه واژه‌شناسی، **بایومتریال (Biomaterial)** از دو عبارت **بایو (Bio)** به معنای زیستی و **متریال (Material)** به معنی مواد، ساخته شده است که به این مواد، **زیست‌مواد** نیز می‌گوییم.

بیومواد نقش گسترده‌ای در پزشکی با بازگرداندن عملکرد قسمت آسیب‌دیده در بدن یا تسهیل روند بهبود برای بیماران پس از آسیب‌دیدگی یا مبتلا شدن به بیماری، دارند. بیومواد می‌توانند به دو صورت **طبیعی** یا **سنتزی (مصنوعی)** باشند و در کاربردهای مختلف پزشکی برای پشتیبانی، تقویت و بهبود یا جایگزینی بافت آسیب‌دیده یا عملکرد بیولوژیکی

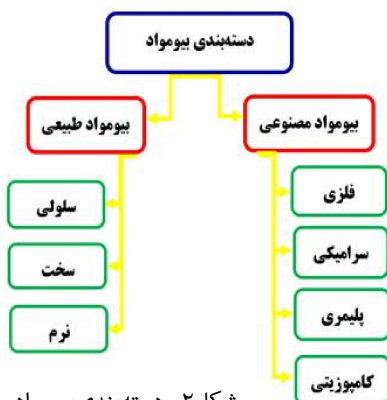


شکل ۱ - نمونه‌هایی از کاربرد بیومواد در بدن انسان

استفاده شوند. اولین استفاده‌ی تاریخی از بیومواد مربوط به دوران باستان است؛ زمانی که مصریان باستان از بخیه‌های ساخته‌شده از رباط‌های حیوانات استفاده می‌کردند. امروزه می‌توان بیومواد را زمینه‌ی ادغام داروسازی، زیست‌شناسی، فیزیک و شیمی دانست که جدیداً متأثر از مهندسی بافت و مهندسی مواد است. این زمینه در دهه‌ی گذشته، به‌علت اکتشافات در زمینه‌ی مهندسی بافت، داروهای احیاکننده^۱ و سایر زمینه‌های مرتبط، به‌طور چشم‌گیری کاربرد داشته است.

فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها، شیشه‌ها و حتی سلول‌های زنده و بافت، همگی می‌توانند در ساخت یک بیوماده به کار گرفته شوند. این مواد می‌توانند بازطراحی شوند و آن‌ها را می‌توان به قطعات قالب‌دهی یا ماشین‌کاری شده، پوشش‌ها، الیاف، فیلم‌ها، فوم‌ها و پارچه‌ها برای استفاده در محصولات و دستگاه‌های بیومواد تبدیل کرد. این محصولات و دستگاه‌ها ممکن است شامل دریچه‌های قلب، ایمپلنت‌های مفصل ران، ایمپلنت‌های دندان‌ی، لنزهای تماسی یا محصولات بسیار دیگری باشد [۱].

طبقه‌بندی بیومواد



شکل ۲ - دسته‌بندی بیومواد

طبقه‌بندی بیومواد برای استفاده‌ی مناسب در صنایع پزشکی مطابق با استانداردهای مرجع ضروری است. این مواد بر اساس منشأ به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. بیومواد مصنوعی مورد استفاده در پزشکی طوری طراحی شده‌اند که در صورت بروز نارسایی (اختلال) در اعضای بدن، عملکرد بیولوژیکی را تا حدی یا به‌طور کامل برطرف کنند.

^۱Regenerative Medicine

همچنین بیومواد بر اساس واکنش با بافت بدن به سه دسته تقسیم می‌شوند که اشاره‌ی مختصری به هر کدام از آن‌ها می‌شود:

۱. مواد زیست‌خشتی: موادی هستند که با هیچ‌یک از بافت‌های اطراف، پیوند مستقیم برقرار نمی‌کنند. این ترکیبات، خواص مکانیکی مطلوب داشته و توانایی تحمل بدن را برای مقاومت در برابر فشارهای فیزیولوژیکی افزایش می‌دهند. نتیجه‌ی کاشت مؤثر این مواد در بدن بیماران، طی زمان مشخص می‌شود.

۲. مواد زیست‌فعال: این مواد با بافت‌های اطراف پیوند شیمیایی برقرار کرده و عملکرد پایدارتر در مدت زمان طولانی یا برای دوره‌ی مورد نظر تضمین می‌کنند. پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، هیدروژل‌ها، سرامیک‌های زیست‌فعال و زیست‌تخریب‌پذیر از جمله این مواد هستند.

۳. مواد زیست‌تخریب‌پذیر: این مواد به مرور زمان تخریب شده و جای خود را به بافت طبیعی جایگزین شده می‌دهند. مواد زیست‌تخریب‌پذیر کاربرد گسترده‌تری داشته و با داربست‌های مهندسی بافت سروکار دارد. این مواد می‌توانند با استفاده از فناوری میکرو یا نانو از نظر شیمیایی، تخریب یا تجزیه شوند.

ستیز بیومواد

بیومواد به‌عنوان تجهیزات پزشکی در داخل بافت‌ها و ارگان‌های بدن کاشته می‌شوند؛ بنابراین، اصول کلیدی ساختار نرمال و غیرنرمال سلول‌ها، بافت‌ها و ارگان‌ها کنترل می‌شود و مکانیزم‌های اساسی فرایند بیماری و تکنیک‌هایی که ساختار و عملکرد نرمال و غیرنرمال بافت‌ها را تعیین می‌کند، مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

یکی از اصلی‌ترین چالش‌هایی که در پزشکی و پیوند اعضای بدن مطرح است، تعداد بسیار کمتر اهداکنندگان نسبت به تعداد بیماران نیازمند پیوند است. علاوه بر آن، عفونت‌ها و پس‌زده‌شدن بافت از طرف بدن بیمار پذیرنده، فرایند پیوند را بیشتر به چالش می‌کشد.

از جمله راه‌حل‌های مقابله با این مشکلات، ساخت اندام‌های سالم از سلول‌های خود بیمار است که می‌تواند زندگی فردی که نیاز به عضو جدید دارد را نجات دهد. برای دستیابی به این امر، ترکیب علوم زیستی و مهندسی لازم است.

به یکی از جدیدترین متدها در این زمینه به‌اختصار پرداخته می‌شود:

فناوری ذوب پرتو الکترونی (EBM) در ساخت ایمپلنت

اساساً روش بازسازی سه‌بعدی دیجیتال مدل‌های آناتومیکی، فرصت‌های کاملاً جدیدی را برای صنایع مختلف ایجاد کرده است. ساخت ایمپلنت‌های ارتوپدی نیز از همراهی با مدل‌سازی سه‌بعدی بازماندند و پیشرفت شایانی کردند. از آنجایی که استخوان هر انسان شکل متفاوتی داشته و در زمان شکستن، ترمیم آن نیاز به عمل منحصر به فردی دارد، ساخت هر پلاک یا پروتز با پیروی از خط استخوان بیمار، جراحی ارتوپدی را موفقیت‌آمیزتر می‌کند. به این ترتیب جراحی ایمپلنت توانسته به هدف افزایش طول عمر انسان و جوان‌سازی اعضای بدن کمک زیادی کند. مطالعات نشان داده که روش EBM پتانسیل بالایی در ارتوپدی دارد. ساخت صفحات و پلاک‌های سفارشی با تکیه بر روش EBM توانسته کاهش قابل توجهی در هزینه‌های بالای عمل‌های ارتوپدی ایجاد کند [۲].

مهندسی بیومواد



شکل ۳- شمایی از میکروسکوپ الکترونی روبشی

مهندسی مواد با تخصص بیومواد با تهیه مواد گوناگون طبیعی و مصنوعی (از قبیل پلیمرها، سرامیکها، کامپوزیتها و مواد فلزی)، طراحی روشهای ساخت، قالبگیری نهایی ماده و در نهایت اصلاح مواد برای کاربرد اختصاصی در پزشکی سروکار دارد. برخی از مطالعات مهندسان در رابطه با بیومواد به شرح زیر است: (۱) موادی که جایگزین یک بافت یا ارگان خاصی از بدن می‌شوند و باید رفتارهایی مشابه عضو جایگزین شده در بدن داشته باشند که این مورد بیشتر در کاربردهای مهندسی بافت مطرح است.

(۲) موادی که کمک می‌کنند تا یک فرایند در بدن راحت‌تر انجام شود، مثل انتخاب موادی که مناسب یک حامل دارویی در رهایش دارو باشد تا پروسه‌ی دارورسانی در بدن بهبود یابد.

(۳) موادی که به‌عنوان جایگزین اعضای بدن یا در کنار عضوی از بدن، ساخته و به کار برده می‌شوند، مانند طراحی موادی برای ساخت یک پروتز، به‌عنوان جایگزین یک ارگان در بدن یا برای کمک و بهبود به عملکرد یک ارگان که این موارد بیشتر در ایمپلنت و جایگزین‌های بافتی مطرح است.

مهندس بیومواد باید درک و فهم درستی از شیمی و فیزیک مواد و محیط بیولوژیک بدن داشته باشد. مهندس بیومواد با کمک اطلاعات و تخصص خود، نقش مهمی در حل مشکلاتی از این قبیل دارد: جایگزینی و تعویض اعضا و اندامهایی از بدن که بر اثر بیماری یا آسیب، کاربری خود را از دست داده‌اند و به کمک تخصص بیومواد می‌توان جراحی یا بیماری اعضای مذکور را التیام داد، کاربری و عمل آن‌ها را اصلاح و ناهنجاری یا وضعیت غیرطبیعی آن‌ها را تصحیح کرد.



واحدهای درسی

طبق جدیدترین مصوبه‌ی وزارت علوم که در سال ۱۳۹۹ بازنگری شده است، دانشجویان در مقطع کارشناسی ارشد موظف هستند ۶ تا ۹ واحد از دروس تخصصی اجباری زیر را با توجه به تشخیص گروه تخصصی دانشگاه محل تحصیل خود بگذرانند.

۱. زیست‌سازگاری^۲ (۳ واحد)
۲. پلیمرها در مهندسی پزشکی (۳ واحد)
۳. سرامیکها در مهندسی پزشکی (۳ واحد)
۴. فلزات در مهندسی پزشکی (۳ واحد)
۵. روش های آنالیز سطح مواد زیست‌سازگار (۳ واحد)

^۲ Biocompatibility

همچنین دانشجو برای گذراندن مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی - گرایش بیومواد، موظف است ۱۲ واحد (در صورت اخذ ۹ واحد از جدول دروس اجباری) تا ۱۵ واحد (در صورت اخذ ۶ واحد از جدول دروس اجباری)، دروس تخصصی اختیاری را مطابق جدولی که توسط وزارت علوم تبیین شده است، با موفقیت بگذراند.

برای آشنایی بیشتر به توضیح مختصری در رابطه با تعدادی از دروس تخصصی اجباری پرداخته می‌شود:

۱. زیست‌سازگاری

در این درس فاکتورهای اصلی انتخاب یک بیوماده، به‌عنوان ایمپلنت، در ترمیم و جایگزینی بافت آسیب‌دیده مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس آن، ماده‌ی مورد نظر انتخاب، تهیه و آماده می‌شود.

امروزه با توسعه‌ی چشمگیر بیومواد و تجهیزات پزشکی، درک و پیش‌بینی کامل ایمنی آن‌ها هنگام تماس با بدن بیمار، پاسخ بافت‌های بدن به این مواد و تجهیزات و عوارض و اثرات جانبی آن‌ها در کوتاه‌مدت یا بلندمدت، امری بسیار چالش‌برانگیز است.

زیست‌سازگاری یک اصطلاح کلی است که برای هر بیوماده و وسیله پزشکی با توجه به موقعیت آن نسبت به بدن متفاوت است؛ بنابراین، زیست‌سازگاری

مشخصه‌ای کلی برای مجموعه‌ی بافت و بیومواد است.

تا به حال تعاریف زیادی برای زیست‌سازگاری مطرح شده است که یکی از کامل‌ترین آن‌ها زیست‌سازگاری را به‌صورت **توانایی بیومواد در انجام عملکرد مطلوب، بسته به هدف درمانی آن و بدون ایجاد پاسخ سیستمی یا موضعی نامطلوب در بیمار و ایجاد پاسخ سلولی و بافتی سودمند در موقعیت خاص و پیشینه کردن عملکرد بالینی درمان،** تعریف می‌کند.

همچنین از موارد مهمی که در زیست‌سازگاری به آن پرداخته می‌شود می‌توان به جنبه‌های مختلف زیست‌سازگاری بیومواد، خون‌سازگاری^۱، آزمون‌های تشخیص زیست‌سازگاری و خون‌سازگاری بیومواد، رفتارهای سلولی در برابر بیومواد و غیره اشاره کرد.

۲. پلیمرها در مهندسی پزشکی

در این واحد درسی با بیان تعریف زیست‌سازگاری و انواع پلیمرهای زیست‌سازگار، معیارهای انتخاب و روش ساخت پلیمرها برای استفاده در مهندسی بیومواد تبیین و مورد بررسی قرار می‌گیرد. از مواد پلیمری مصنوعی به‌طور گسترده‌ای در تجهیزات یک‌بار مصرف پزشکی استفاده شده است.

خواص مورد نیاز بیومواد پلیمری مشابه سایر مواد زیستی است که دارای زیست‌سازگاری، قابلیت استریل کردن، قابلیت تولید مناسب، خواص مکانیکی و فیزیکی مطلوبی هستند. فراگیری روش‌های تولید پلیمرهای زیست‌سازگار، بررسی کاربردی این پلیمرهای زیست‌سازگار و روش‌های ساخت و تولید آن‌ها به‌منظور استفاده در عدسی‌های چشمی، رگ مصنوعی، نخ بخیه و ایمپلنت‌های ارتوپدی از اهداف این درس است. همچنین بررسی پلیمرهایی که به‌عنوان مواد زیست‌سازگار استفاده می‌شوند (شامل هیدروژل‌ها، پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، پلی‌وینیل کلراید^۲، پلی‌اتیلن^۳، پلی‌پورتان^۴، پلی‌اتیلن ترفتالات^۵، پلی‌اکریلات‌ها و لاستیک‌ها) در این درس مورد اهمیت است که توضیح مختصری در مورد انواع و کاربردهای برخی از این پلیمرها به‌شرح زیر است:

- پلی‌وینیل کلراید برای ساخت پروتزهای صورت کاربرد دارد
- پلی‌متیل متاکریلات که عمدتاً برای سیمان استخوانی و لنزهای داخل چشم استفاده می‌شود.
- پلی‌اتیلن که کاربردهای گسترده‌ای از جمله ایمپلنت مفصل ران و زانو، تاندون‌ها و رباط‌های مصنوعی، پیوندهای عروقی مصنوعی و انواع پروتزهای مصنوعی دارد [۵].

^۱Blood Compatibility

^۱PU

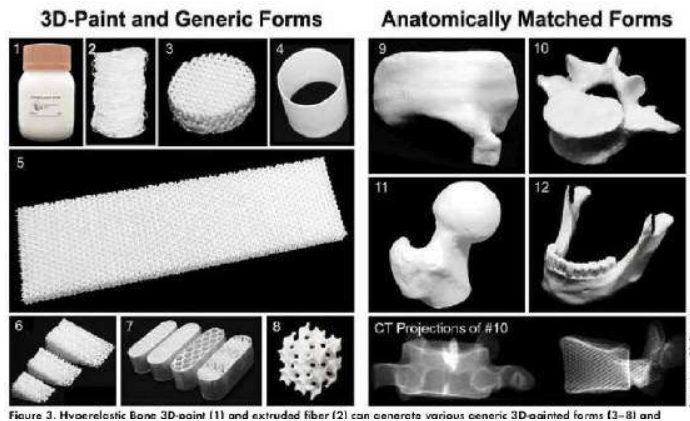
^۴PVC

^۵PET

^۳PE

۳. سرامیک‌ها در مهندسی پزشکی

از مواد سرامیکی زیست‌شی در قالب دستگاه‌های پزشکی و ایمپلنت برای جایگزینی یا بازسازی عملکرد اندام‌ها یا بافت‌های آسیب‌دیده‌ی بدن انسان به‌دلیل پایداری شیمیایی عالی، زیست‌سازگاری و خواص مکانیکی مطلوب استفاده می‌شود. هدف اصلی این درس ارائه‌ی بحث



شکل ۴ - نمونه‌هایی از کاربرد مواد سرامیکی در مهندسی پزشکی

اساسی در مورد بیوسرامیک‌های زیست‌خشتی (آلمینا، زیرکونیا و کربن)، سرامیک‌های زیست‌فعال (کلسیم فسفات‌ها، شیشه و شیشه‌سرامیک‌ها)، سرامیک‌های زیست‌جذب (انواع فسفات‌های کلسیم و آلمینات کلسیم)، بیوسرامیک‌های متخلخل و بیوسرامیک‌های کامپوزیتی و عملکردهای زیستی آن‌ها برای استفاده از آن‌ها در طیف وسیعی از کاربردهای بالینی است. در صنعت پزشکی فعلی، بیومواد مبتنی بر آلمینا به‌دلیل خواص استثنایی بیومکانیکی و زیست‌سازگاری، نقش برجسته‌ای در زمینه مهندسی بیومواد دارند. همچنین از بیومواد مبتنی بر زیرکونیا به‌طور گسترده‌ای برای بازسازی اجزای آسیب‌دیده و به‌طور خاص برای ایمپلنت‌های اسکلتی عضلانی استفاده می‌شود. تیتانیوم نیز به‌دلیل سمیت بسیار کم، سازگاری بیولوژیکی و مقاومت شیمیایی به‌طور بالقوه برای طیف وسیعی از کاربردها مانند دندانپزشکی، ارتوپدی، رهایش دارو و تصویربرداری از سلول استفاده می‌شود. علاوه بر این دانشجویان با توجه به صلاحدید استاد در این درس به‌طور انتخابی سنتز پوشش‌ها و نانوکامپوزیت‌های سرامیکی زیست‌نشی را برای کاربردهای بازسازی استخوان و پرتو درمانی بررسی می‌کنند [۳].

۴. فلزات در مهندسی پزشکی

آشنایی با فلزات به‌عنوان یکی از سه دسته اصلی مواد و شناخت چگونگی استفاده از آن در حوزه مهندسی پزشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا فلزات اولین بیومواد بودند که به‌عنوان ایمپلنت در بدن مورد استفاده قرار گرفتند و امروزه نیز بیومواد فلزی سهم قابل ملاحظه‌ای از ایمپلنت‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. ایمپلنت‌های ساخته‌شده از فلزات در سیستم‌ها و ارگان‌های مختلف بدن از جمله سیستم اسکلتی، قلبی-عروقی، عصبی و غیره کاربرد دارند [۴].

دانشجویان در این درس با خواص و ویژگی‌های مهم بیومواد فلزی، از جمله استحکام بالا و مقاومت بالا در برابر شکست و خوردگی آشنا می‌شوند.

به‌طور کلی فلزات در مواردی که ایمپلنت‌ها تحت بارهای استاتیک، پویا یا چرخه‌ای قرار می‌گیرند و نیاز به ترکیبی از مقاومت و شکل‌پذیری دارند، بر پلیمرها یا سرامیک‌ها ترجیح داده می‌شوند.

- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
- دانشگاه علم و صنعت
- دانشگاه میبد
- پژوهشگاه مواد و انرژی

بازار کار

گرایش بیومواد مهندسی پزشکی یک رشته‌ی گسترده است که در زمینه‌های مختلف کاربرد دارد و ماهیت دقیق کاری که می‌تواند توسط این مهندسان انجام شود بسته به حوزه‌ی کاری آن‌ها متفاوت خواهد بود. مهندسان بیومواد اصول مهندسی را با علوم پزشکی و زیست‌شناختی ترکیب می‌کنند تا تجهیزات، دستگاه‌ها، سیستم‌های رایانه‌ای و نرم‌افزارهای مورد استفاده در مراقبت‌های بهداشتی را طراحی و ایجاد کنند. مهندسان بیومواد معمولاً در تیم‌هایی با دانشمندان، کارکنان بهداشت و درمان یا سایر مهندسان کار می‌کنند. محل کار و نحوه‌ی کار آن‌ها به پروژه بستگی دارد.

مهندسان بیومواد باید اطلاعات کافی در زمینه‌ی برقراری ارتباط مواد با محیط بیولوژیک بدن مثل آناتومی و فیزیولوژی بافت‌های مختلف بدن، روش‌های اصلاح سطح، پوشش‌دهی مواد، بهینه نمودن خصوصیات سطح و مهندسی بافت داشته باشند. همچنین باید روش‌های نوین دارورسانی و انتقال کنترل شده داروها به بدن را مورد مطالعه قرار دهند تا در پروژه‌های مختلف به نحو احسن از آن استفاده کنند و همین‌طور با داشتن مهارت در زمینه اصول و عملکرد تجهیزات پزشکی و سیستم‌های آن می‌توانند به موقعیت‌های شغلی مناسب‌تر با درآمد بیشتر دست پیدا کنند. این افراد در بیشتر کشورها متقاضی دارند و حقوق‌های خوبی دریافت می‌کنند. طبق پیش‌بینی‌ها،

از بیومواد فلزی مهم تجاری‌سازی شده که در این درس مورد بررسی قرار می‌گیرند می‌توان به فولاد زنگ‌نزن با کد I۳۱۶ در کاربردهای تعویض مفصل و دریچه‌های قلب، تیتانیوم در کاربردهای بریج دندان و ایمپلنت دندان و آلیاژ کبالت-کروم در کاربردهای ترمیم شکستگی استخوان اشاره کرد [۵]. دانشجو با فراگیری این درس، به مباحث اثرات خواص سطحی و روش‌های اصلاح و مهندسی سطح ایمپلنت‌های فلزی مسلط خواهد شد.



شکل ۵- نمونه ایمپلنت‌های فلزی

دانشگاه‌های پذیرنده دانشجوی گرایش بیومواد

هر ساله دانشگاه‌هایی که در رشته‌ی کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی بیومواد پذیرش دارند، بر اساس دفترچه‌ی انتخاب رشته‌ی کارشناسی ارشد اعلام می‌شوند. همچنین شما می‌توانید اطلاعاتی نظیر کد گرایش بیومواد و نحوه‌ی پذیرش دانشگاه مورد نظر (روزانه، نوبت دوم، غیرانتفاعی) و همین‌طور ظرفیت هر دانشگاه را بررسی کنید.

طبق آخرین دفترچه‌ی منتشرشده توسط سازمان سنجش در سال ۱۴۰۰ دانشگاه‌هایی که در این گرایش پذیرش دانشجو دارند در ذیل آورده شده‌اند [۶]:

- دانشگاه اصفهان و دانشگاه صنعتی اصفهان
- دانشگاه تربیت مدرس
- دانشگاه تهران (دانشکده‌ی علوم و فنون نوین)
- دانشگاه سمنان



فرصت‌های شغلی برای این حرفه تا سال ۲۰۲۹ رشد بسیار خوبی دارد. به‌طور کلی، گرایش بیومواد زمینه‌ای است که جای فعالیت و تحقیق فراوان دارد. تحقیقات روزافزون در زمینه بیومواد و همچنین مهندسی بافت، نقش این گرایش از مهندسی پزشکی را به‌صورت دوچندان پررنگ‌تر و افق‌های بسیار روشنی را برای آینده بشریت و درمان بیماری‌ها پیش‌بینی می‌کند.



♦ جایگاه علم بیومواد در ایران

خادم‌حسینی که از اساتید کمیته‌ی مشترک فناوری و علوم س-متی هاروارد-MIT است، به‌عنوان پیشگام در ادغام یافته‌های میکرو و نانومهندسی با بیومواد پیشرفته برای ساخت سیستم‌های پزشکی شناخته می‌شود. آزمایشگاه او نیز در زمینه مواد و فناوری‌های جدید برای مدیریت ساختار و عملکرد بافت‌های عروقی مهندسی پیشگام شده است.

این پژوهشگر برجسته‌ی ایرانی که در زمینه ساخت هیدروژل‌های رسانا با یکپارچه‌سازی نانومواد از جمله نانولوله‌های کربنی، گرافنی و گرافن اکسید پیشرو بوده و روش‌های جدیدی برای تولید رگ و اندام مصنوعی با مهندسی بافت ارائه کرده است.

تاکنون بیست و شش کنفرانس و همایش علمی با هدف گسترش مرزهای دانش فنی و تبادل نظر علمی-کاربردی در زمینه‌های مختلف مهندسی پزشکی، در راستای تقویت پل ارتباطی بین محققین، صنعتگران و تخصصین مراکز درمانی و هماهنگی و همفکری در زمینه‌های مؤسسات آموزشی-پژوهشی کشور برگزار شده است [۷].

یکی از افراد برجسته در علم بیومواد و چاپ زیستی **پروفسور علی خادم‌حسینی** است که در سال ۲۰۱۸ برنده‌ی مدال نقره‌ی **اکتایومتریالیا** شد. این نشان علمی در نشست جامعه بیومواد در آتلانتا به این دانشمند فرهیخته اعطا شده است.

♦ مصاحبه

در این بخش به مصاحبه با جناب **مهندس حسن بالایی**، یکی از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد دانشگاه تهران پرداخته شده است.

• سلام جناب مهندس، باعث افتخار ماست که الان در خدمت شما هستیم. لطف می‌کنید جهت آشنایی بیشتر مخاطبان با شما، توضیحاتی در مورد تحصیلاتتان در مقاطع مختلف بدهید؟
سلام، من حسن بالایی هستم. مقطع کارشناسی خود را در دانشگاه صنعتی سهند تبریز در رشته‌ی مهندسی مواد

طبق مطالب گفته شده اگرچه بازار کار حوزه بیومواد در کشور چندان پررنگ نیست ولی با توجه به افزایش تقاضا برای این نوع مواد، انتظار می رود تا در سال های آتی، بازار کار و صنایع مربوط به این حوزه رشد چشمگیری داشته باشند.

• با حضور علاقه مندان مستعدی چون شما، قطعاً ایران به جایگاه رفیعی در زمینه بیومواد خواهد رسید. به جز مهندسی مواد از چه رشته هایی می توان به فعالیت در این حوزه پرداخت و به نظر شما متالورژها نسبت به سایرین، از چه آگاهی و توانایی بیشتری برخوردار هستند؟

دانشجوها از طریق رشته های مختلفی می توانند در زمینه بیومواد تحقیق کرده و پروژه های عملی انجام دهند. از جمله این رشته ها می توان به مهندسی پلیمر، مهندسی سرامیک، مهندسی متالورژی، مهندسی مکانیک و مهندسی بافت اشاره کرد. دانشجویانی که از رشته بیومواد و متالورژی وارد زمینه تحقیقاتی بیومواد می شوند، علم و درک کافی را از رفتار فلزات مورد استفاده در بدن و همچنین رفتار خوردگی آن ها نسبت به سایر رشته ها دارند.

با توجه به این که مواد استفاده شده در بدن (برای مثال ایمپلنت های دندان) بیشتر فلزی هستند، در نتیجه متالورژها در این زمینه حضور فعالی خواهند داشت. البته شایان ذکر است در صورتی که مواد مورد استفاده در بدن فلزی نبوده و سرامیکی یا پلیمری باشد، افراد مرتبط با این مواد در بحث های تحقیقاتی و حتی زمینه صنعتی می توانند مؤثرتر واقع شوند.

• فرمودید در دوره کارشناسی ارشد، مشتاق تحقیق و پژوهش در مورد بیومواد فلزی بودید؛ ممنون می شویم پروژه های تحقیقاتی خود را بیشتر شرح دهید.

از جمله فلزاتی که در حوزه بیومواد مطرح بوده و مورد استفاده قرار می گیرند، می توان به فولادهای زنگ نزن، آلیاژهای کبالت-کروم، تیتانیوم و منیزیم اشاره کرد. در میان این فلزات، تیتانیوم و آلیاژهای آن به دلیل زیست سازگاری بالا (عدم ایجاد سمیت و حساسیت در

و متالورژی گرایش متالورژی صنعتی با معدل ۱۷/۷۴ و در سال ۹۷ به اتمام رساندم و موضوع پروژه ای کارشناسی من در رابطه با متالورژی فیزیکی آلیاژهای ریختگی آلومینیوم بود. سپس در مهرماه سال ۹۷ در رشته بیومواد و متالورژی گرایش شناسایی و انتخاب مواد دانشگاه تهران پذیرفته شدم و در نهایت در شهریور ماه سال ۱۴۰۰ با معدل ۱۸/۲۱ فارغ التحصیل شدم.

• بسیار عالی! واقعا کسب چنین معدلی جای تحسین دارد. در وهله اول چرا مهندسی مواد را انتخاب کردید و بعد چرا سراغ حوزه بیومواد رفتید؟ آیا این انتخاب از سر شناخت و علاقه بود؟

ابتدا به ساکن با توجه به علایق خودم مبنی بر نحوه ساخت و تولید قطعات مختلف فلزی، تصمیم گرفتم تا رشته بیومواد و متالورژی را به عنوان رشته تحصیلی خود انتخاب کنم و بسیار هم از این رشته راضی هستم. پس از دوره کارشناسی و همزمان با ورود به مقطع کارشناسی ارشد در مهرماه سال ۹۷، در مورد زمینه های مختلف و البته تازه که در حوزه بیومواد و متالورژی مطرح بودند، تحقیق کردم و در نهایت امر، پژوهش در مورد بیومواد توجه مرا به خود جلب کرد. سپس با توجه به تازه بودن مباحث در زمینه ساخت بیومواد فلزی نظیر ایمپلنت های دندان و مفاصل مصنوعی زانو، راغب شدم تا دوره و پروژه ای کارشناسی ارشد خود را در این زمینه انجام دهم.

• پس هدایت گر شما در این انتخاب، علاقه تان و به روز بودن این مبحث بود. بازار کار این حوزه چطور؟ چقدر در ایران شرایط برای فعالیت در زمینه بیومواد مساعد است؟

با توجه به تازه بودن حوزه بیومواد علی الخصوص در ایران، کارهایی که در این زمینه انجام شده است بیشتر به بررسی ها و تحقیقات علمی مربوط می شود، به طوری که کارخانه ها و صنایع مربوط به ساخت بیومواد در کشور چندان گسترده نیستند. اگرچه در سال های اخیر در بحث ساخت و صنعتی شدن این مواد کارهای خوبی در کشور انجام شده است.



بدن) و مقاومت به خوردگی عالی خود، بیشتر مدنظر قرار گرفته‌اند. ولی با توجه به حساس بودن محیط بیولوژیکی بدن، نیاز به افزایش بیشتر خواص زیست‌سازگاری و مقاومت به خوردگی این آلیاژها احساس می‌شود.

بدین منظور من در کار تحقیقاتی خود، نانوذرات زیست‌سازگار هیدروکسی آپاتیت (از جنس استخوان) را به همراه نانوذرات نقره (که دارای خاصیت ضدباکتریایی هستند) جهت ارتقای خواص الکتروشیمیایی (خوردگی) و بیولوژیکی بیومواد به‌روش رسوب‌نشانی الکتروفورتیک روی زیرلایه تیتانیومی اعمال کردم و نتایج آن را با نمونه‌ی بدون پوشش مقایسه کردم.

• چه جالب که پروژه‌تان نه تنها مربوط به بیومواد، بلکه تلفیقی از بسیاری از مفاهیم مهم مهندسی مواد نظیر خوردگی و نانومواد نیز است. با توجه به اینکه تحقیقاتتان را در ایران انجام دادید، با چه چالش‌هایی مواجه شدید؟ این زمینه علمی رغبت‌های شما را در ایران نشان می‌دهد. مشکلاتی در کشور است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- عدم دسترسی به تجهیزات کامل جهت انجام تست‌های مربوط به بیومواد
- هزینه‌ی بالا تجهیزات و مواد مختلف جهت تحقیق و انجام پروژه‌ی عملی

• با وجود این مشکلات، در به‌ثمر رساندن تحقیقاتتان بسیار موفق عمل کردید. جهت آشنایی بیشتر مخاطبان، مختصر توضیحی درباره کلیت پروژه‌های انجام‌شده توسط دانشجویان در این حوزه در دانشگاه تهران و آزمایشگاه بیومواد دانشکده‌ی مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه تهران می‌فرمایید؟

در رابطه با این موضوع نیاز است مقدمه‌ای علمی بگویم:

اغلب ایمپلنت‌هایی که در بدن استفاده می‌شوند، دو نوع هستند؛ ایمپلنت‌های موقت و ایمپلنت‌های دائمی.

ایمپلنت‌های موقت بیشتر از نوع منیزیم هستند که وارد این زمینه نمی‌شویم چون خیلی مبحث طولانی‌ای است و خوردگی و موضوعات این چنینی در آن مهم هستند. اما در مورد ایمپلنت‌های دائمی باید بگویم که عمدتاً سه نوع فلز برای ایمپلنت‌های دائمی استفاده می‌شوند؛ آلیاژهای کبالت-کروم، دیگری فولادهای زنگ‌نزن و تیتانیوم و آلیاژهای آن. در مورد آلیاژهای کبالت-کروم و فولادهای زنگ‌نزن اخیراً اطلاعاتی مبنی بر ایجاد حساسیت و سمیت در بدن دریافت شده است، به همین دلیل کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و بیشتر از تیتانیوم استفاده می‌شود. البته ایجاد حساسیت و سمیت برای تیتانیوم نیز گزارش شده است ولی به مراتب نسبت به دو مورد دیگر کمتر است.

برای کاهش ایجاد سمیت و افزایش مقاومت به خوردگی، پوشش‌هایی روی سطح تیتانیوم ایجاد می‌کنند که این پوشش‌ها به‌عنوان مثال از جنس هیدروکسی آپاتیت (که ماده‌ای شبیه به بافت استخوانی بدن است)، شیشه‌های زیست‌فعال و آکرامینیت هستند. همه‌ی این مواد زیست‌سازگار و سرامیکی، با روش‌های مختلفی روی ایمپلنت تیتانیومی پوشش داده می‌شوند. هم‌اکنون اکثر دانشجویان در مورد روش‌های مختلف پوشش‌دهی بر روی

سطوح تیتانیومی تحقیق می‌کنند. همچنین باید این نکته را ذکر کنم که این پوشش‌های زیست‌سرامیکی خاصیت آنتی‌باکتریالی ندارند یعنی ممکن است با ورود به بدن در حوالی آن‌ها باکتری فعالیت کند، به همین دلیل پوشش‌ها را به‌عنوان کامپوزیتی روی سطح ایجاد می‌کنند یعنی برای ایجاد خاصیت آنتی‌تریالی، به مواد زیستی سرامیکی، یک جزء با خاصیت آنتی‌باکتریالی اضافه می‌کنند که این جزء می‌تواند نانوذرات نقره یا مس، روی، اکسید مس و اکسید روی باشد. موضوع پروژه‌ی

من در مورد **پوشش‌دهی هیدروکسی آپاتیت با نانوذرات نقره** بود که خواص خوردگی و بیولوژیکی آن را بررسی کردم و همچنین با کشت باکتری روی آن خواص

• به‌طور کلی از نظر شما وضعیت ارتباط دانشگاه و صنعت در این حوزه در کشور ما چگونه است؟ همان‌طور که گفته شد، صنعت مربوط به ساخت و تولید بیومواد همانند سایر صنایع مختلف موجود در کشور چندان پررنگ نیست و همین موضوع هم سبب شده است تا در سال‌های گذشته ارتباطی بین دانشگاه و صنعت به صورت جدی در این حوزه ایجاد نشود.

ولی با توجه به افزایش و ظهور شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه‌ی مهندسی بیومواد، انتظار می‌رود که در سال‌های آتی ارتباط خوبی بین دانشگاه و صنعت از طریق این شرکت‌ها حاصل شود.

• به امید خدا، خیلی ممنون که وقتتان را در اختیار ما قرار دادید، به‌عنوان سوال پایانی آیا از اینکه وارد حوزه‌ی بیومواد شدید، رضایت دارید؟

من با گذشت تقریباً سه سال تحقیق و مطالعه و همچنین انجام کارهای عملی در زمینه‌ی بیومواد، از این رشته بسیار راضی هستم؛ چرا که به‌دلیل بین‌رشته‌ای بودن این حوزه، دانشجویان هم‌زمان می‌توانند هم در حوزه‌ی متالورژی (اعم از ساخت و تولید قطعات) فعالیت داشته باشند و هم اینکه می‌توانند با زمینه‌های جدید نظیر ارتباط مواد فلزی با سلول‌ها در محیط بیولوژیکی بدن آشنا شوند.

آنتی‌باکتریالی آن‌ها را مورد آزمایش قرار دادم. هم‌اکنون در دانشگاه ما موضوعات این چنینی مورد بررسی است تا خواص خوردگی و بیولوژیکی ایمپلنت‌ها افزایش پیدا کند.

• جای افتخار دارد که دانشگاه تهران چنین دانشجویان توانمندی را در بستر خود پرورش داده و شرایط فعالیت ایشان را فراهم آورده است. شما امکانات دانشگاه تهران و آزمایشگاه بیومواد دانشکده‌ی مهندسی مواد و متالورژی این دانشگاه را در رابطه با تحقیقات و انجام پروژه‌های متفاوت در حوزه بیومواد چگونه ارزیابی می‌کنید؟

عمده تست‌هایی که جهت ارزیابی بیومواد لازم است، تجهیزات مربوط به رفتار خوردگی و بیولوژیکی نمونه‌ها است. دستگاه‌ها و تجهیزات خوبی جهت بررسی رفتار الکتروشیمیایی و خوردگی بیومواد در دانشگاه تهران وجود دارد ولی به‌دلیل هزینه‌بر بودن و گران بودن آزمون‌های بیولوژیکی نظیر تکثیر، زنده‌مانی و چسبندگی سلولی و ارزیابی خاصیت آنتی‌باکتریایی نمونه‌ها، تجهیزات مربوط به این آزمون‌ها متأسفانه در دانشگاه تهران وجود ندارند و دانشجویان جهت انجام این تست‌ها به مراکز سلولی موجود در خارج دانشگاه، نظیر انستیتو پاستور مراجعه کنند.

با تشکر از مهندس بالایی جهت اختصاص زمان خود به نشریه‌ی فراسوی مواد



[1] Book: Biomaterials Science and Engineering by Joon B. Park

[۲] لینک: [جدیدترین متدهای طراحی و ساخت ایمپلنت ای ارتوپدی](#)

[3] Book: Bioinert Ceramics for Biomedical Applications by U. Anjaneyulu & Vriza Zhang & Pei-Gen Ren

[۴] کتاب: خواص و کاربرد پزشکی بیومواد فلزی نوشته‌ی م. ح. فتحی و و. مرتضوی، انتشارات ارکان

[5] Book: Biomaterials by Lisa T. Kuhn

[۶] دفترچه‌ی راهنمای انتخاب رشته‌ی آزمون کارشناسی ارشد ناپیوسته، سال ۱۴۰۰