

مهندسی بافت، به زبان ساده

نویسنده : محمدحسین قانین

سایت علمی دانشجویان ایران

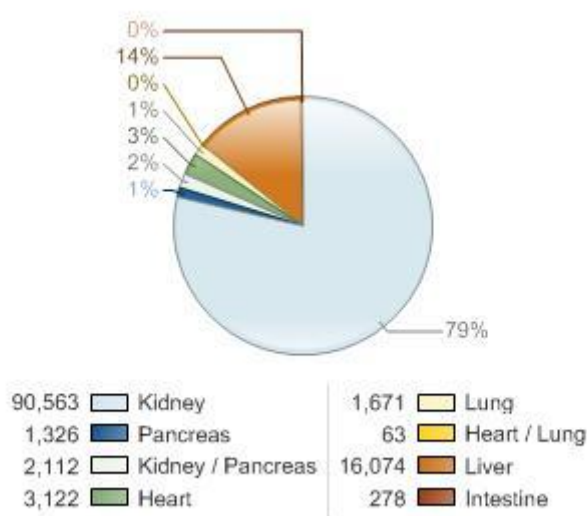
www.Daneshju.ir

فهرست

- ۱ طب پیوند (Transplantation Medicine)
- ۲ الهام از طبیعت؛ جایگزینی برای طب پیوند
- ۴ مفهوم مهندسی
- ۴ شناخت بافت
- ۴ در ریزمحیط سلول چه خبر است؟
- ۶ مفهوم داربست
- ۷ پروسه مهندسی بافت
- ۸ یک مثال: موش گوش پشت؛ اولین کار موفق مهندسی بافت
- ۸ مثلث مهندسی بافت
- ۹ سلول‌های بنیادی و مهندسی بافت
- ۹ مهندسی ارگان (organ engineering)؛ رویای مهندسی بافت
- ۱۰ مهندسی بافت؛ از بهترین شغل‌های آینده
- ۱۲ منابع

طب پیوند (Transplantation Medicine)

آسیب دیدن بافت‌ها و ارگان‌های بدن در اثر بیماری، جراحی و یا فرتودگی و پیری در طول تاریخ امری مبتلا به بوده است و انسان‌های زیادی در اثر این ضایعات جان خود را از دست داده و یا به سختی به حیات خود ادامه داده‌اند. بنابراین از دیرباز بشر با این دغدغه روبرو بوده است که چگونه می‌تواند طول عمر و نیز کیفیت زندگی خود را افزایش دهد. صرف‌نظر از تلاش‌های اولیه انسان‌های عصر قدیم، نخستین راهکار منطقی و موفق که برای رفع این نیاز مطرح شد، جایگزینی بافت‌ها و ارگان‌های آسیب دیده، با بافت‌ها و ارگان‌های زنده و سالم انسان و حیوانات مشابه با انسان (به لحاظ بیولوژیکی) بود. این ایده منجر به پدید آمدن شاخه‌ای جدید در پزشکی تحت عنوان «طب پیوند» شد. در واقع این دستاورد جدید در حوزه پزشکی، مرهون پیشرفت تکنیک‌های جراحی و روش‌های استریلیزاسیون در قرن نوزدهم بود. شکل زیر آخرین آمار نیازمندان امریکایی که در حال انتظار برای دریافت عضو هستند را نشان می‌دهد:



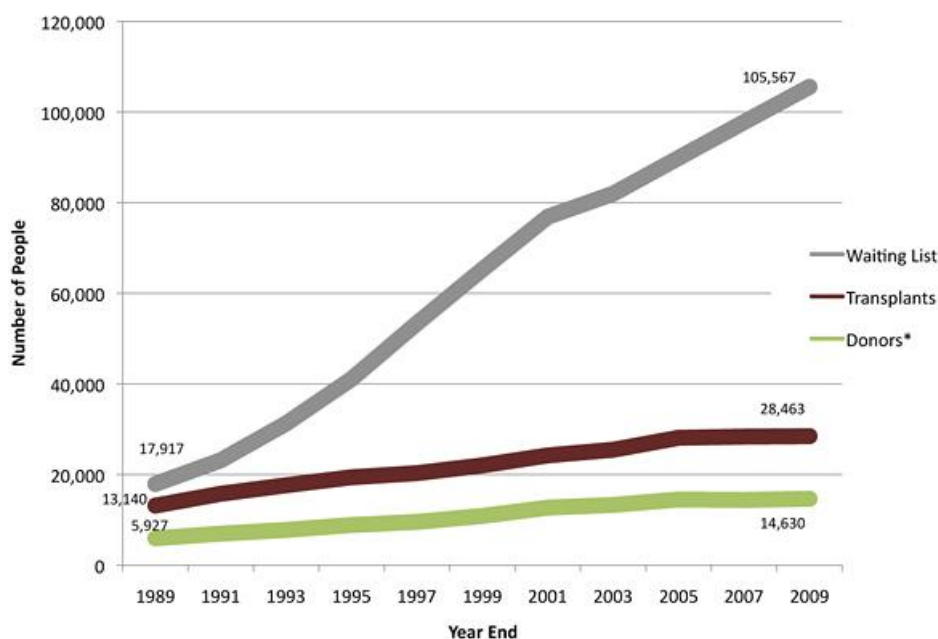
شکل ۱) آخرین لیست انتظار ارگان در ایالات متحده امریکا بر اساس آمار ارائه‌شده توسط شبکه تأمین و پیوند ارگان (OPTN) در ۲۰ ژانویه سال ۲۰۱۲ [۲].

اگر چه با پیوند اعضاء، انسان‌های زیادی از مرگ حتمی نجات می‌یابند، اما این راهکار نیز با معزلاتی همراه است. دو محدودیت عمده طب پیوند عبارتند از:

۱) در پیوندهای خودی (autologous) تنها در مورد بافت‌های محدودی از قبیل پوست و استخوان امکان برداشت از ناحیه‌ای از بدن شخص نیازمند و کاشت در ناحیه آسیب‌دیده وجود دارد و به علاوه این خود با از میان رفتن بافت در ناحیه‌ای دیگر همراه است و منوط به آن است که امکان ترمیم مجدد آن ناحیه وجود داشته باشد. در پیوندهای غیرخودی آلوگرافت (allogeneic) (انسان به انسان) نیز به دلیل تفاوت سیستم ایمنی در انسان‌های مختلف، دریافت پیوند با پاسخ ایمنی بدن و حتی پس‌زنی عضو اهدایی روبرو خواهد بود و لذا بایستی تمهیدات ویژه‌ای برای کنترل سیستم دفاعی اندیشیده شود. این معزل در پیوندهای غیرخودی زونوگرافت (xenogenic) (حیوان به انسان) حادث خواهد بود، چرا که علاوه بر تفاوت بیشتر دو گونه از لحاظ بیولوژیکی، خطر انتقال ویروس از

حیوان نیز وجود خواهد داشت. علاوه بر این‌ها، پیوند اعضا نیازمند دو مرحله جراحی است؛ یکی برای برداشت بافت یا پیوند و دیگری برای کاشت آن. بنابراین افزون بر پیچیدگی عمل جراحی، هزینه درمان نیز بالا خواهد بود.

۲) علاوه بر مشکلات تکنیکی و پزشکی فوق، معزل دیگر آن است که همواره تفاوت فاحشی میان تعداد نیازمندان به دریافت پیوند و اهداکنندگان عضو وجود دارد و همه ساله تعداد زیادی در انتظار دریافت پیوند جان خود را از دست می‌دهند. نمودار زیر گواهی بر این مدعا است:



شکل ۲) همواره تعداد نیازمندان بسیار بیشتر از اهداکنندگان است (داده‌ها از OPTN).

البته آمار ارائه شده فقط مربوط به ایالات متحده امریکا می‌باشد و اگر فرض کنیم که نرخ وقوع و شیوع بیماری در سرتاسر دنیا با امریکا برابر است، تعداد نیازمندانی که می‌توان تخمین زد، حدود ۲۰ برابر آمار ایالات متحده خواهد بود!

بنابراین در بهترین شرایط، حتی اگر پیوند موفقیت‌آمیز بوده و با پس‌زدن عضو همراه نباشد، طب پیوند نمی‌تواند پاسخگوی نیاز واقعی بشر باشد. پس جای این سؤال باقی است که چه باید کرد؟ آیا راهکار جایگزینی برای طب پیوند وجود دارد؟

الهام از طبیعت؛ جایگزینی برای طب پیوند

پاسخ به این سؤال، ذهن بشر را متوجه شاخه جدیدی از پزشکی کرد که امروزه آن را تحت عنوان «طب ترمیم» (regenerative medicine) می‌شناسیم. در واقع بشر به این فکر افتاد که به جای آنکه بافت زنده را از موجودی زنده دریافت کرده و پیوند بزند، به سلول‌ها کمک کند تا خودشان به‌طور طبیعی به بازسازی بافت مورد

نظر بپردازد. این بازسازی در آسیب‌های جزئی در بدن به طور طبیعی اتفاق می‌افتد. به عنوان مثال زخم‌های سطحی بدن به مرور زمان ترمیم می‌شوند که این امر از طریق ساخت بافت جدید توسط سلول‌های پوستی در منطقه آسیب‌دیده انجام می‌گیرد. این روند ترمیم ضایعات جزئی در دیگر بافت‌های بدن از قبیل بافت عصب نیز دیده می‌شود. بنابراین سلول‌ها تحت شرایط خاصی می‌توانند بافت بدن را از نو بسازند. جالب‌تر آن که برخی از سلول‌ها قادر هستند کلیه بافت‌ها و حتی اندام بدن را به‌طور کامل بسازند و این پدیده‌ای است که در فرایند تکوین یا همان روند شکل‌گیری جنین و سپس نوزاد در رحم مادر مشاهده می‌شود. در واقع نقطه آغاز شکل‌گیری بدن انسان، یک سلول واحد به نام سلول تخم (زایگوت) است که از تلفیق سلول اسپرم و سلول تخم حاصل می‌شود. به عبارت دیگر یک سلول (سلول تخم) به تنهایی قادر است کل بدن انسان را با همه بافت‌ها و ارگان‌های پیچیده‌اش بسازد.

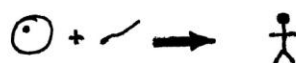
Wound Healing



Regeneration



Development



شکل ۳) مثال‌های مهندسی بافت در طبیعت

مجموع این مشاهدات منجر به این فرضیه شد که با الهام از آنچه در طبیعت رخ می‌دهد و با شناخت شرایط مختلفی که سلول در بدن تجربه می‌کند و فراهم آوردن این شرایط توسط تکنیک‌های مهندسی و تمهیدات بیولوژیکی برای سلول قادر خواهیم بود سلول‌ها را به سمت ساخت بافت‌ها و یا حتی ارگان‌های موردنظر خود هدایت کنیم. این سیاست می‌تواند در درون بدن، در ناحیه‌ای که بافت آسیب دیده است اجرا شود (رویکرد *in vivo*) و یا حتی می‌توان در محیط آزمایشگاهی و در خارج از بدن، شرایطی همانند آنچه سلول در داخل بدن تجربه می‌کند فراهم آورد و بافت‌ها و ارگان‌های زنده را در محیط آزمایشگاه ساخت (رویکرد *in vitro*). بر اساس این ایده، دانش جدیدی به نام «مهندسی بافت» شکل گرفت که تعریف دقیق و علمی آن نخستین بار توسط دو تن از محققان پیشگام در این عرصه، پروفیسور لنگر (استاد مهندسی شیمی MIT) و دکتر وکنتی (جراح Harvard)، در سال ۱۹۹۳ در مقاله‌ای که تحت عنوان «مهندسی بافت» در ژورنال بسیار معتبر *Science* چاپ شد ارائه شد. آنها مهندسی بافت را به این صورت تعریف کردند:

مهندسی بافت یک رشته چند تخصصی است که اصول مهندسی و علوم زیستی را به خدمت می‌گیرد تا جایگزین‌هایی زیستی تهیه کند که می‌توانند عملکرد یک بافت یا کل یک ارگان را به حالت اول بازگردانده، حفظ کرده و یا بهبود بخشند [۲].

در واقع متخصصان علوم زیستی، از قبیل پزشکان، جراحان و بیولوژیست‌ها، با درک صحیح از مختصات محیطی که سلول‌ها در بدن با آن مواجه هستند و عوامل متعددی که در تنظیم رفتارهای مختلف سلولی (از قبیل تکثیر، مهاجرت و تمایز) مؤثرند می‌توانند با همکاری متخصصان رشته‌های مهندسی (به‌خصوص مهندسی مواد)، شرایط مناسب را برای سلول‌ها فراهم آورند تا سلول‌ها بتوانند بافت یا ارگان مشخصی را بسازند.

مفهوم مهندسی

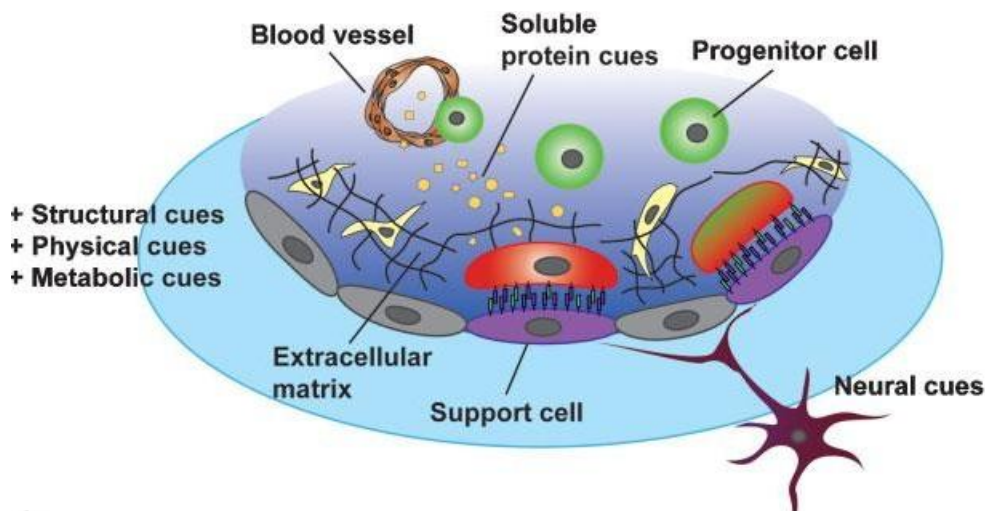
همان‌طور که از نام مهندسی بافت پیداست، ما به دنبال مهندسی کردن بافت‌های زنده هستیم. بنابراین قبل از هر چیز بایستی دانست منظور از مهندسی چیست و برای تحقق آن چه اطلاعاتی لازم است. تعریف کلی مهندسی در هر شاخه‌ای از علم آن است که هندسه و در واقع مختصات و ویژگی‌های هدف موردنظر شناخته شود و بر اساس آن، طراحی و سپس ساخت انجام گیرد. بنابراین در مهندسی بافت باید بافت موردنظر به خوبی شناخته شود تا بر اساس خصوصیات مختلف آن مهندسی صورت گیرد. بنابراین در یک جمله می‌توان گفت مهندسی بافت یعنی *ادای طبیعت را در آوردن (bio-mimicking)* و شرایط درون تنی (*in vivo*) را در بیرون بدن (*in vitro*) تقلید کردن.

شناخت بافت

بدن انسان دارای ساختاری سلسله مراتبی است و در پایین‌ترین سطح از واحدهای زنده و مستقلی به نام سلول ساخته شده است، سلول‌ها بافت‌ها را تشکیل می‌دهند، مجموع چند بافت یک ارگان را می‌سازد و نهایتاً چند ارگان یک دستگاه را به وجود می‌آورند و بدن مجموعه‌ای از این دستگاه‌هاست. اما هر بافت از بدن، خود دارای ساختاری سلسله مراتبی است و از چندین سطح تشکیل شده است که از مقیاس میکروسکوپی (محدوده سانتی متری) آغاز می‌شود و تا سطح مولکولی (محدوده نانومتری) ادامه می‌یابد. کوچکترین سطحی که عملکرد اساسی بافت از آن ناشی می‌شود را زیرواحد عملکردی (*functional subunit*) گویند که معمولاً در مقیاس حدوداً ۱۰۰ میکرومتر است، در حالی که سلول‌های مختلف اندازه‌ای در حدود ۱۰ میکرومتر دارند. بنابراین سلول‌ها در ریزمحیطی (*microenvironment*) قرار گرفته‌اند که در مقیاس کوچکتر از آن عملکرد بافت مشاهده نمی‌شود و اگر بخواهیم شرایط محیط زندگی سلول در بدن را بشناسیم باید درک صحیحی از این زیستگاه (*niche*) سلول پیدا کنیم و این تمام مفهوم مهندسی بافت است؛ تقلید کردن ریزمحیط طبیعی سلول با تمام پیچیدگی‌هایش توسط تکنیک‌های مهندسی.

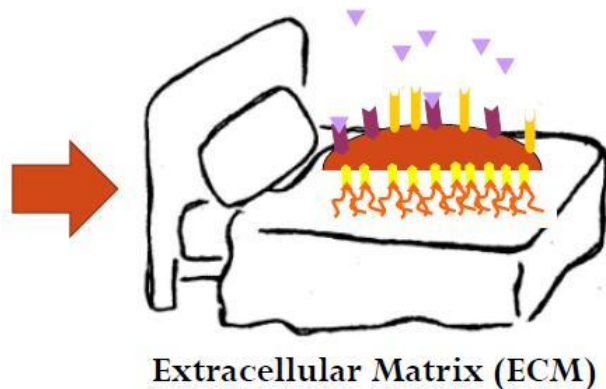
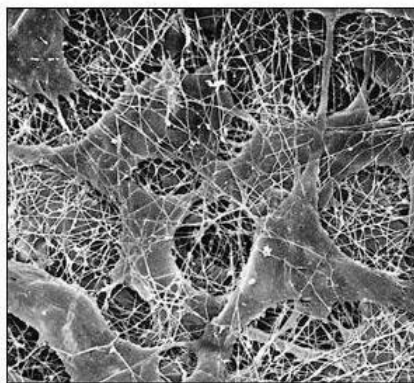
در ریزمحیط سلول چه خبر است؟

ریزمحیط یا همان محل زندگی سلول، محیطی شلوغ و پر رفت و آمد، با رمز و رازهایی است که هنوز بسیاری از آنها شناخته نشده‌اند.



شکل ۴) ریزمحیط سلول؛ زیستگاهی شلوغ و پر رفت و آمد

در میان این شلوغی‌ها دو عامل مهم بیشتر از همه شناخته شده‌اند و توجه عمده تحقیقات را به خود جلب کرده‌اند. یکی از این دو، بستری است که سلول روی آن قرار دارد، چسبیده و پهن شده است، انگار که روی رختخوابی راحت آرمیده است:



Extracellular Matrix (ECM)

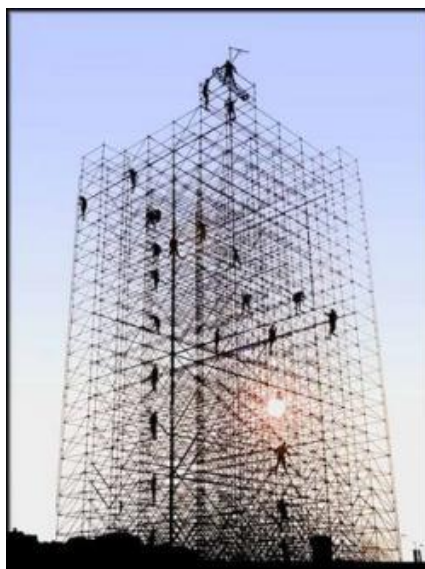
شکل ۵) سلول‌ها در بدن روی بستری به نام ECM آرام گرفته‌اند.

این بستر را ماتریس برون سلولی (extracellular matrix) یا به‌طور مخفف ECM می‌نامند که به‌طور عمده از پروتئین‌ها، پروتئوگلیکان‌ها و پلی‌ساکاریدها ساخته شده است. دومین عاملی که در تعیین بسیاری از رفتارهای حیاتی سلول نقش دارد، بیومولکول‌های فعالی هستند که در محیط بیولوژیکی اطراف سلول به حالت محلول وجود دارند و سیگنال‌هایی را به مرکز فرماندهی سلول (هسته) ارسال می‌دارند و از این طریق رفتار سلول را تحت کنترل دارند. این بیومولکول‌ها شامل پروتئین‌های کوچکی چون فاکتورهای رشد و سایتوکان‌ها، استروئیدها و هورمون‌ها می‌باشند که از میان، فاکتورهای رشد (growth factors) از همه مهم‌تر بوده و عمده تحقیقات بر آنها متمرکز شده است. بنابراین تا به اینجا دانستیم که دو عنصر اساسی و نام آشنا در ریزمحیط سلول، ECM و فاکتورهای رشد هستند و بنابراین برای تقلید ریز محیط (آرمان مهندسی بافت)، بایستی این دو عنصر را به خوبی شناخته و سعی در شبیه سازی آنها برای سلول کنیم.

مفهوم داربست

پیش از این گفتیم که سلول‌ها در بدن روی بستری آرام گرفته‌اند که ECM نامیده می‌شود. بنابراین اولین قدم در مهندسی بافت آن است که بستری مشابه با ECM طبیعی سلول بسازیم که سلول روی آن احساس آرامش کرده و آن را بیگانه نداند و احساس کند دقیقاً روی همان بستر طبیعی خود قرار گرفته است. در واقع باید سلول را فریب دهیم تا پاسخ منفی نشان ندهد و فعالیت طبیعی خود را به درستی انجام دهد. پس اولین نکته‌ای که در ساختن بستر باید رعایت کنیم آن است که جنس ماده سازنده آن کاملاً زیست سازگار (biocompatible) باشد و برای سلول سمی نباشد. ماده‌ای که چنین خصوصیتی داشته باشد، بیومتریال (زیست ماده) نامیده می‌شود.

نکته مهم دیگر هندسه ECM است. بستری که ما برای سلول می‌سازیم بایستی سازه‌ای سه‌بعدی و متخلخل باشد و حفرات آن کاملاً به هم پیوسته (interconnected) باشند و به عبارت دیگر یک فوم سلول باز باشد. علت وجود چنین تخلخلی آن است که سلول‌ها بتوانند درون بستر رفت و آمد (مهاجرت) کنند و نیز امکان رسیدن مواد غذایی به درون بستر و دفع مواد زائد از آن وجود داشته باشد. این سازه را می‌توان به داربست ساختمانی و سلول‌ها را می‌توان به آجرها تشبیه کرد. همان‌طور که برای بنای ساختمان لازم است ابتدا اسکلتی سه‌بعدی ساخته شود و سپس آجرها در آن جاسازی شوند، برای ساخت یک بافت نیز لازم است سلول‌ها درون فضایی سه‌بعدی و متخلخل که «داربست» (scaffold) نامیده می‌شود جاسازی شوند.



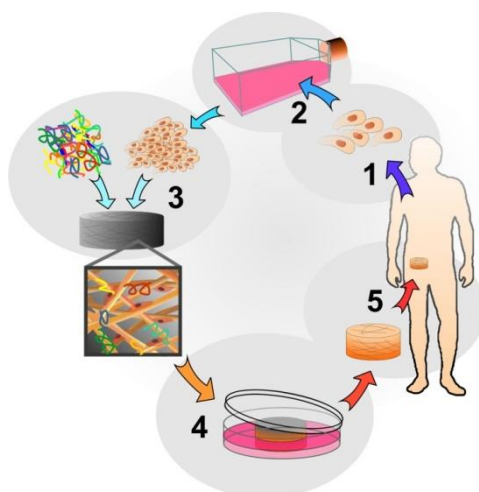
شکل ۶) داربست، سازه‌ای سه‌بعدی و متخلخل است.

نکته قابل توجه آن است که این سازه کاملاً موقتی است و قرار نیست که جزئی از بافت نهایی باشد. بلکه تنها در نقش ابزاری است که به سلول‌ها این امکان را می‌دهد که با قرار گرفتن در شرایط فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مناسب، ECM طبیعی خود را در فضایی سه‌بعدی سنتز کنند و بافت موردنظر را به تدریج بسازند. بنابراین ماده سازنده داربست باید علاوه بر زیست سازگاری، زیست تخریب پذیر (biodegradable) هم باشد تا به مرور زمان، همزمان با شکل‌گیری بافت جدید و با سرعتی هماهنگ با آن تخریب شود. در مجموع می‌توان داربست را یک «ECM مصنوعی» دانست که به سلول این امکان را می‌دهد که ECM طبیعی خود را بسازد. داربست‌ها می‌توانند طبیعی و یا مصنوعی باشند. داربست‌های مصنوعی را می‌توان با استفاده از تکنیک‌های مهندسی مواد (به‌خصوص مهندسی پلیمر) به اشکال مختلف تهیه کرد. داربست‌های طبیعی نیز با خارج ساختن سلول‌های یک بافت طبیعی

(decellularization) و باقی گذاشتن یک ساختار غنی از پروتئین و عاری از سلول (acellular tissue) قابل تهیه‌اند. البته بایستی توجه داشت که یک داربست ایده‌آل، چیزی فراتر از یک سازه بی‌خطر برای سلول است؛ یعنی علاوه بر آن که اثر سمی برای سلول ندارد و سلول را در فضایی سه‌بعدی نگهداری می‌کند و به حفظ پایداری مکانیکی بافت جدید در مراحل اولیه شکل‌گیری آن کمک می‌کند، نقش فعال و مؤثر در تعیین رفتار سلول نیز دارد و به سلول کمک می‌کند تا فعالیت خود را به نحو بهتری انجام دهد. به عبارت دیگر داربست ایده‌آل، علاوه بر نقش ساختاری، نقش بیولوژیکی نیز دارد و به اصطلاح زیست فعال (bioactive) است. بنابراین برای تقلید بهتر ECM، بایستی در حد امکان اصلاحاتی روی داربست اعمال کرد تا بتواند در ساز و کارهای زیستی شرکت کرده و سیگنال‌های لازم را به سلول القاء کند.

پروسه مهندسی بافت

فرایند کلی مهندسی بافت به زبان ساده در شکل زیر نشان داده شده است:

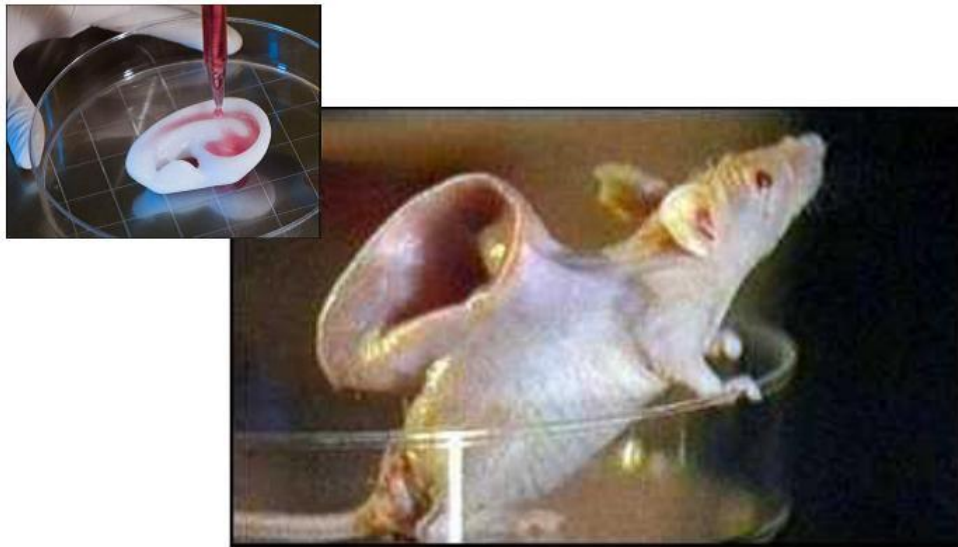


شکل ۷) پروسه مهندسی بافت

ابتدا داربست به شکل مورد نیاز ساخته می‌شود. سپس سلول‌های مربوط به بافت هدف (مثلاً فیبروبلاست برای پوست) به تعداد کافی روی آن کشت داده می‌شوند. کشت سلول در یک سرم بیولوژیکی (محیط کشت) که حاوی مواد مغذی لازم برای رشد و حیات سلول است انجام می‌گیرد. حضور فاکتورهای رشد در محیط کشت برای دریافت یک پاسخ مناسب از سلول‌ها و کمک به رفتار بهتر آنها ضروری است. پس از گذشت زمان کافی، سلول‌ها در تمام فضای داربست جاسازی شده و یک سازه سه‌بعدی محتوی سلول به دست می‌آید که آماده کاشت در بدن می‌باشد. این کامپوزیت داربست - سلول توسط جراح در ناحیه‌ای از بدن که دچار ضایعه شده است کاشته (implant) شده و فضای آسیب‌دیده را پر می‌کند. با رگزایی (vascularization) و نفوذ مویرگ‌های اطراف به داخل داربست، مواد غذایی و اکسیژن به سلول‌ها رسانده می‌شود و مواد زائد حاصل از متابولیسم آنها دفع می‌شود و به این ترتیب با گذشت زمان سلول‌ها شروع به سنتز ECM طبیعی خود و ساخت بافت جدید می‌کنند و داربست نیز همزمان با تشکیل بافت جدید به مرور زمان تخریب می‌شود، تا اینکه با شکل‌گیری کامل بافت، به کلی از بین می‌رود. در نهایت بافت جدید با بافت طبیعی مجاور خود در هم آمیخته شده و کاملاً یکپارچه می‌گردد.

یک مثال: موش گوش پشت؛ اولین کار موفق مهندسی بافت

پروفسور لنگر و دکتر وکنتی برای نخستین بار، داربستی پلیمری به شکل گوش انسان ساختند و سلول‌های غضروف (کندروسیت) را روی آن کشت دادند و سپس آن را به یک موش آزمایشگاهی پیوند زدند. این پیوند کاملاً موفقیت‌آمیز بود به گونه‌ای که گوش پیوندی به خوبی با بافت اطراف خود یکپارچه شد و هیچ اثری از پس زدن آن مشاهده نشد. به این ترتیب موشی که گوش انسان را به پشت داشت، به نمادی از مهندسی بافت تبدیل گردید.

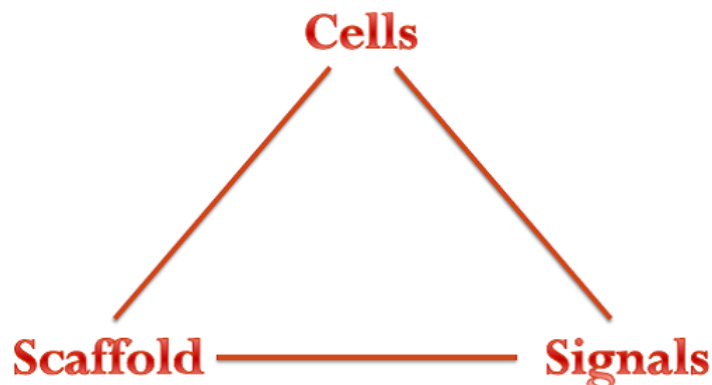


شکل ۸) موش گوش پشت، نمادی از مهندسی بافت

بعدها همین پروسه برای تهیه گوش از سلول‌های غضروف و سپس پیوندزنی آن به انسان انجام شد و برای جایگزینی گوش‌های آسیب‌دیده مجروحین جنگی مورد استفاده قرار گرفت.

مثلث مهندسی بافت

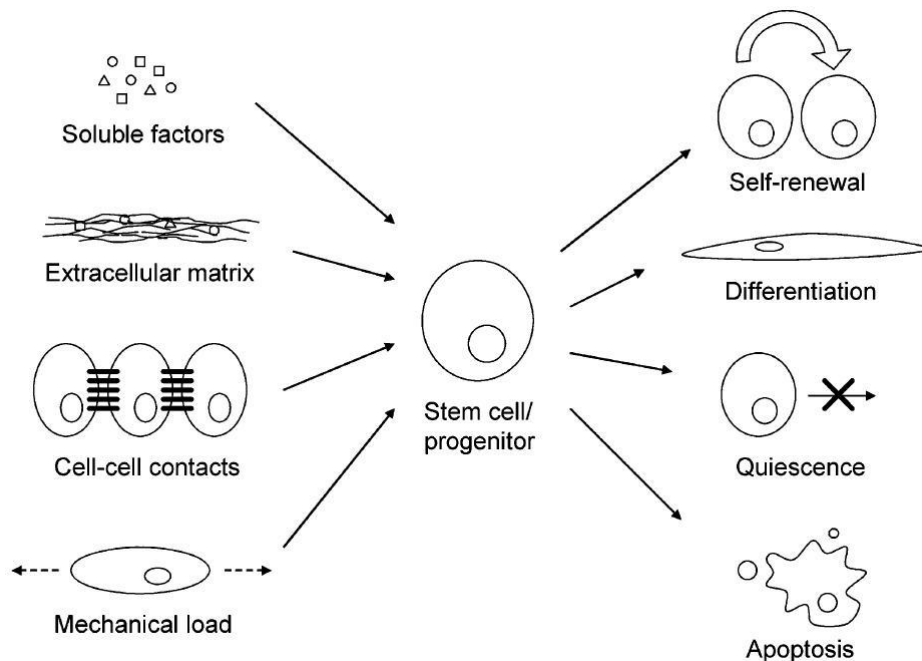
با توجه به آنچه گفته شد می‌توان نتیجه گرفت که در یک نگاه کلی، مهندسی بافت مثلثی با سه رأس سلول، داربست و سیگنال‌های بیولوژیک است، که مهمترین رأس آن سلول است چرا که سلول‌ها هستند که بافت جدید را می‌سازند و دو رأس دیگر تنها ابزارهایی هستند که با تکنیک‌های مهندسی به خدمت سلول در می‌آیند تا سلول بتواند مأموریت خود را به درستی انجام دهد.



سلول های بنیادی و مهندسی بافت

یکی از چالش های مهم در مهندسی بافت، عدم دسترسی کافی به منابع سلولی مورد نیاز است. در واقع برای ساخت هر بافتی از بدن، نیاز به تعداد زیادی از سلول های اختصاصی آن بافت است و این در حالی است که سلول هایی که از بافت های بالغ بدن جدا می شوند (somatic cells)، اغلب توانایی تکثیر به مقدار لازم را ندارند. بنابراین دسترسی به منابع سلولی از انواع سلول های بدن با قابلیت تکثیر زیاد ضرورتی اجتناب ناپذیر است. سلول های بنیادی (stem cells) به سبب خصوصیات منحصر بفرد خود، گزینه های بسیار مناسبی برای رفع این معضل هستند. دو ویژگی مهم سلول های بنیادی، آنها را از دیگر سلول های بدن متمایز ساخته است: (۱) خود نوزایی (self-renewal)؛ یعنی توانایی زایش و تکثیر به سلول های مشابه خود آن هم به تعداد بسیار زیاد و (۲) تمایز (differentiation)؛ یعنی قابلیت تبدیل شدن به انواع سلول های سازنده بافت های انسان.

سلول های بنیادی موجوداتی کاملاً هوشمند هستند که به انواع سیگنال هایی که از محیط اطراف دریافت می کنند پاسخ نشان داده و یکی از سرنوشت های چهارگانه خود را انتخاب می کنند: خودنوزایی، تمایز، عدم تغییر وضعیت (quiescence) و حتی مرگ (apoptosis):



بنابراین با شناخت و کنترل عوامل مؤثر بر رفتار سلول بنیادی می توان آنها را به سرنوشت دلخواه هدایت کرد. این شاخه از طب ترمیم تحت عنوان «مهندسی سلول های بنیادی» شناخته می شود.

مهندسی ارگان (organ engineering)؛ رویای مهندسی بافت

بزرگترین آرزو برای مهندسان بافت آن است که پس از موفقیت کامل در ساخت انواع مختلف بافت های بدن، یک قدم فراتر رفته و بتوانند ارگان ها را که متشکل از چندین نوع بافت و سلول هستند بسازند. اگرچه با توجه به پیچیدگی ارگان ها تا رسیدن به این مرحله فاصله زیادی در پیش داریم، اما مسلماً این رویا دست یافتنی است و در

آینده‌ای نه چندان دور، روزگاری فراخواهد رسید که امکان ساخت کلیه ارگان‌های بدن در آزمایشگاه وجود داشته باشد. در چنین روزی در سطح شهرها چنان که امروز کافی‌شاپ‌ها را داریم، بادی‌شاپ‌هایی خواهیم داشت که مشتری‌های آنها بیمارانی هستند که بافت‌ها یا ارگان‌های خود را از دست داده‌اند!



شکل ۹) روزی خواهد رسید که بادی‌شاپ‌هایی خواهیم داشت که در آنها بافت‌ها و ارگان‌های انسان عرضه می‌شود.

در واقع شخص بیمار می‌تواند به فروشگاه اندام و بافت‌های بدن مراجعه کند و بافت یا ارگان دلخواه خود را سفارش دهد. در اولین مراجعه بیمار، با دریافت اطلاعات پزشکی، بیولوژیکی و ژنتیکی شخص بیمار، عکس‌برداری از ناحیه آسیب‌دیده و برداشت سلول‌های مشخصی از بدن وی، بافت یا ارگانی طبق نیاز بیمار طراحی و ساخته می‌شود و در مراجعه بعدی بیمار، بافت یا ارگان زنده به بدن او پیوند زده می‌شود.

مهندسی بافت؛ از بهترین شغل‌های آینده

همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد، مهندسی بافت رشته کاملاً جدیدی است که کمتر از ۲۰ سال از عمر رسمی آن می‌گذرد و بنابراین هنوز مراحل تکامل و شکل‌گیری خود را طی می‌کند و به جز مواردی چند، در بسیاری از موارد هنوز پیشرفت‌ها به اندازه کافی چشمگیر نبوده است که به کاربردهای بالینی (درمان انسان) و محصول تجاری منجر شوند. اما آنچه مسلم است، آینده این رشته بسی روشن است و به نظر می‌رسد پس از طی مراحل تکامل خود، جایگاه ویژه‌ای در میان برترین شغل‌های آینده پیدا کند. چرا که مسلماً هر حرفه‌ای که با سلامت و حفظ حیات انسان سر و کار داشته باشد، اهمیت ویژه‌ای برای بشر خواهد داشت و سرمایه عظیمی را به سمت خود جذب خواهد کرد. این پیش‌بینی، در گزارشی از مجله Time که در سال ۲۰۰۰ به چاپ رسید نیز مورد تأیید قرار گرفته است. در این گزارش، ۱۰ شغل به عنوان بهترین شغل‌های ۵۰ سال آینده معرفی شده‌اند، که مهندسی بافت در صدر این لیست قرار دارد!



شکل ۱۰) پیش‌بینی مجله Time: مهندسی بافت پرترین شغل ۵۰ سال آینده

منابع

[1] R. Langer and J. Vacanti, "Tissue Engineering", Science 260, 920–926 (1993).

[2] <http://www.optn.transplant.hrsa.gov>