



از یکسری طراحی رایانه‌ای و ابزارهایی که بتوانند شکل‌های سه بعدی را بسازند، استفاده کردند. البته این ابزارها در صنایع دیگر هم استفاده می‌شود به طور مثال در خودرو سازی هم قطعات خیلی پیچیده را با این فناوری‌های می‌سازیم. این فناوری در واقع "Rapid prototyping" یا نمونه سازی سریع است که از یکسری چاپگر سه بعدی (3d printing) برای ساخت شکل‌های پیچیده استفاده می‌کند، در واقع ابزار اصلی چاپ زیستی یا Bioprinting همین چاپگر ها هستند، این چاپگر ها وقتی در صنعت استفاده می‌شوند با مواد بی جان سرو کار دارند ولی زمانی که در علم پزشکی به کار گرفته می‌شوند، برای سلول و مواد جاندار به کار می‌روند که طبیعتاً ملاحظات خاص خودش را هم دارد. این فناوری قدمت چندانی ندارد و تقریباً از سال ۲۰۰۲ یا ۲۰۰۳ در دنیا مطرح شد اما نکته جالب آن است که نسبت به نوبودن آن، پیشرفت بالایی را در این فناوری شاهد بوده ایم.

مواد لازم برای چاپ اعضای بدن

به گفته مجری پروژه چاپ زیستی، برای چاپ یک بافت یا عضوی از بدن، ابزارهایی از جمله یک چاپگر زیستی یا بایو چاپگر، مقداری جوهر زیستی که همان سلول‌های ما هستند و کاغذ که می‌تواند "زیست مواد" یا "پلیمر"، "هیدروژل" ویا "سرامیک" باشد، نیاز داریم. در واقع از مواد سرامیکی زمانی استفاده می‌شود که بخواهیم بافت‌های سخت مانند استخوان را چاپ کنیم، اما در چاپ زیستی به طور عمده از هیدروژل استفاده می‌شود چرا که هیدروژل‌ها موادی منعطف هستند و دقیقاً فضایی را که سلول داخل بدن تجربه می‌کند، به سلول می‌دهند و ماهیت محیط ژل ماندی را که سلول‌ها در داخل بدن دارند، ایجاد می‌کنند.

در حال حاضر روش جدید تر و موثرتری که به کار می‌رود، این است که سلول‌ها به شکل یک سوسپانسیون اولیه مانند روش‌های مرسوم کشت سلول در آزمایشگاه کشت داده و سپس به داخل دیوایس یا چاپگر منتقل می‌شود. برای این کار جوهر زیستی یا BioInk را به شکل گلوله‌های سلولی تهیه می‌کنند که در نتیجه این فرآیند میکرو توپ‌هایی مملو از سلول که در هر یک میلیون سلول قرار دارد، ساخته می‌شود. در این روش به جای این که یک تک سلول را چاپ کنیم یک گلوله پر سلول را چاپ می‌کنیم و این کمک می‌کند که دانسیته سلولی ما در مجموع ساختاری که در اختیار داریم، افزایش پیدا کند. روش کار این چاپگر ها به این شکل است که مواد سازنده یا سلول‌ها داخل کارت ریج قرار می‌گیرد در واقع برای هر متر یالی یک کارت ریج در نظر می‌گیریم.

سپس با تصویری که از طریق اسکن یا MRI از بافت اصلی می‌گیریم، تصویر بافت از بین رفته را مشخص می‌کنیم و شکل مهندسی بافت به دست می‌آید. سپس از طریق نرم افزار هایی، این شکل به داده‌هایی تبدیل می‌شود که چاپگر بتواند آن‌ها را شناسایی کند. در این مرحله چاپگر به روش چیدمان لایه به لایه مواد یا همان سلول را به صورت لایه به لایه چاپ می‌کند و روی هم می‌چیند تا بافت یا عضو مورد نظر ساخته شود و در نهایت می‌توان این بافت را به بدن پیوند زد.

وی در توضیح این که آیا اساساً ارگان جایگزین از لحاظ عملکرد می‌تواند مانند بافت اصلی فعالیت کند، تصریح می‌کند: این امکان کاملاً وجود دارد که ارگانی را تولید کنیم که از لحاظ عملکرد مانند بافت اصلی عمل کند اما لازمه اش این است که در کنار بافت مورد نظر، سلول‌های رگ ساز اطراف آن بافت را نیز تولید کنیم تا جریان خون رسانی به طور طبیعی انجام شود و این بافت زنده بماند و فعالیت طبیعی خود را داشته باشد.

اولین گام‌ها

طرح تحقیقاتی چاپ سه بعدی اندام‌های بدن از سال ۸۶ در قالب یک پایان نامه کارشناسی ارشد به عنوان یک کار تحقیقاتی مشترک بین پژوهشکده غدد و متابولیسم دانشکده علوم پزشکی تهران و بیمارستان شریعتی و مرکز تحقیقات

سال‌مندان و نیز دانشکده مهندسی دانشگاه صنعتی امیر کبیر توسط دکتر عنایمانی، دکتر حسین فخرزاده و دکتر ابوالفتحی آغاز شده است و اگر چه زمان زیادی از شروع این تحقیقات در کشور نمی‌گذرد، اما تاکنون پیشرفت‌های خوبی در این زمینه حاصل شده است.

دکتر ایمانی در باره پروسه آغاز طرح چاپ زیستی سه بعدی می‌گوید: در آغاز این تحقیقات، کارمان را بایک بایو چاپگر دو بعدی که عملکرد خوبی داشت و توسط یکی از محققان دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات طراحی و ساخته شده بود، کلید زدیم اما در مراحل بعد به چاپگری نیاز داشتیم که سه بعدی کار کند چون بیشتر بافت‌ها حتی پوست هم که نازک ترین بافت است، باز هم دارای بعد سوم است. بر این اساس دکتر ابوالفتحی عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی پزشکی گروه بیومکانیک و مهندسی بافت، مسئولیت کار روی بایو چاپگر را بر عهده گرفت و موفق به طراحی و ساخت یک چاپگر سه بعدی شد که قابلیت چاپ در ۳ بعد را در دو یک نمونه اولیه است. با ساخت این چاپگر، بیشتر تمرکز را روی تولید پوست گذاشته‌ایم چون نیاز وسیعی در این زمینه وجود دارد و در عین حال بافت ساده تری است و رسیدن به آن زمان کمتری می‌برد.

تولید پوست و رگ با چاپگر زیستی نتیجه ۶ سال تلاش

پس از ۶ سال تلاش مداوم و البته با دست خالی و تزریق بودجه‌های قطره چکانی، محققان کشورمان نتیجه تلاش ۶ ساله خود را در زمینه چاپ زیستی با تولید موفقیت آمیز پوست و رگ به نمایش گذاشتند و به موازات کشورهای نظیر آمریکا موفق شدند در زمینه تولید اندام‌های بدن دستاوردهای شایان توجهی ارائه کنند.

به گفته دکتر ایمانی، در قالب این پروژه پایان نامه متعددی نیز با موضوعات مختلف از جمله ۶ پایان نامه در زمینه ابزارها (چاپگر)، ۳ پایان نامه در زمینه ساخت ژل یا ساخت هیدروژل و چندین پایان نامه نیز با موضوع تولید سلول کار شده است.

وی افزود: در نهایت نیز موفق شدیم بافت پوست را با استفاده از چاپگر زیستی تولید کنیم. همچنین پروژه دیگری که در گروه ما انجام شد، تولید رگ بود که این پروژه هم در قالب یک پایان نامه کارشناسی ارشد دنبال شد و به انجام رسید که محققان مان موفق شدند طی این پروژه یک ساختار استوانه‌ای از جنس سلول‌های رگ تولید کنند که این طرح نیز طرح موفقیتی بوده است. این محقق همچنین تولید غضروف را در آینده نزدیک به مدد بهره‌گیری از فناوری چاپ سه بعدی نوید می‌دهد، پروژه‌ای که به گفته وی، شروع آن در گروهی تأمین اعتبار مناسب است. ایمانی همچنین هدف نهایی پروژه چاپ زیستی را در صورت تأمین اعتبار، تولید بافت‌های دارای حجم مانند ریه، قلب و... با کمک چاپگر های سه بعدی عنوان می‌کند.

به گفته مجری طرح، در این فناوری شاخه‌های مختلف علوم درگیر هستند بنابراین لازم است گروهی متشکل از متخصصان گرایش‌های مختلف مهندسی بافت، پزشکی شامل مهندسی بایومتریکال، بیومکانیک، بیوالکترونیک، مهندسی پلیمر، مهندسی مواد، مهندسی کامپیوتر (برای طراحی نرم افزار و آنالیز تصاویر پزشکی) و متخصصان طب پیوندی در کنار هم قرار گیرند.

مسیری پربخ و خم تا کاربردی شدن دستاوردها

فناوری چاپ زیستی در حال حاضر در دنیا و همچنین در کشور ما در ابتدای راه است. هرچند هم اینکه از برخی مراکز تحقیقاتی دنیا اخباری مبنی بر چاپ اندام‌های بدن و پیوند آن‌ها به بیماران به گوش می‌رسد، اما چنان که دکتر فخرزاده عنوان می‌کند این اخبار جز در مواردی بسیار اندک مانند پوست و یا بخشی از کبد، تولید استخوان و نیز تولید بخشی از بافت کلیه، در دیگر موارد اغلب دور از واقعیت است.

در ایران نیز تلاش و دستاورد شایان توجه محققان کشورمان در عرصه چاپ سه بعدی و تولید اندام‌هایی مانند رگ و پوست، باید مسیر پربخ و خمی را برای رسیدن به مرحله کاربردی طی کند.

دکتر فخرزاده رئیس مرکز تحقیقات سلامت سال‌مندان که زیرمجموعه مرکز تحقیقات غدد است، با بیان این که در دنیا اغلب محصولاتی که با استفاده از این فناوری تولید شده، به مرحله کاربرد نرسیده است اضافه می‌کند: تا پیش از سال ۱۴۵۳ یعنی قبل از این که فناوری چاپ توسط گوتمبرگ عرضه شود، تصور این که بتوان در عرض چند دقیقه میلیون‌ها جلد کتاب را چاپ کرد، یک رویا بود اما دیدیم که محقق شد و انقلابی ایجاد کرد.

حال فناوری چاپ سه بعدی نیز با همین رویکرد مواجه است و هدفش این است که بتوان تمامی اجسام مانند میز، صندلی، خودرو، هواپیما و... را با سرعت و دقت بالا تولید کرد. این فناوری برای اولین بار توسط محققان دانشگاه MIT در ۱۸ سال پیش عرضه شد و نمونه‌های ساده‌ای نیز از مواد بی جان مانند لیوان و فنجان و... ساخته شد اما در حال حاضر تا آن جا پیش رفته که به تولید هواپیماهایی با قابلیت پرواز منجر شده است. این فناوری رفته رفته به عرصه پزشکی و حیات انسان نیز راه پیدا کرد چرا که همواره یکی از رویاهای بشر این بوده است که امکانی وجود داشته باشد تا در صورت نقص عضو یا از دست دادن یکی از اعضای بدن خود در اثر تروما و یا ابتلا به بیماری‌های صعب‌العلاج، بتواند عضو از دست رفته را دوباره جایگزین کند و شاید در مواردی نیازی هم به تولید ۱۰۰ درصدی عضو نباشد بلکه به عنوان مثال در مورد کلیه و یا کبد صرفاً بتوان با تولید نصف و یا یک سوم کلیه یا کبد از طریق چاپ زیستی، عملکرد این اندام‌ها را بهبود بخشید و نیاز متابولیک بدن را برطرف کرد.

در واقع با وجود دستاوردهایی که در این زمینه عرضه شده، این موضوع هنوز جزو آرزوهای پزشکان است که این فناوری به جایی برسد که به راحتی بتوان با قرار دادن یک دستگاه چاپگر در جایی مانند اتاق عمل، برای بیماری که دست، پا، کلیه، کبد و... خود را از دست داده است، در کمتر از چند ثانیه عضو مورد نیاز را چاپ کرد و به وی پیوند زد. هر چند این فناوری در مرحله به مرحله پیشرفت می‌کند اما هنوز به مرحله‌ای نرسیده است که تمامی دستاوردهای مبتنی بر آن تجاری سازی شده باشد.

به گفته دکتر ایمانی، در ایران دستاوردهایی مانند تولید پوست و رگ هنوز به مرحله تولید انبوه نرسیده است و با توجه به مشکلاتی که در بحث استاندارد کردن محصولات پزشکی با آن مواجه هستیم؛ فرآیند طولانی را برای اخذ مجوز و رساندن نتایج کار به مرحله کاربرد آغاز کرده‌ایم و در عین حال نیازمند بودجه بیشتری هستیم که بتوانیم در قالب یک شرکت دانش بنیان، محصول پوست زنده را برای متقاضیان تولید کنیم و برای عملیاتی شدن این کار، تقریباً ۳ تا ۴ سال زمان نیاز داریم.

فعالیت‌های جسته و گریخته در عرصه چاپ زیستی در کشور

وقتی از دکتر ایمانی در باره پروژه‌های مشابه در زمینه پروژه چاپ زیستی در کشور سوال می‌کنیم، وی به فعالیت‌های تحقیقاتی جسته و گریخته در دانشگاه‌های مختلف از جمله دانشگاه صنعتی شریف اشاره می‌کند که به طور عمده با هدف انجام تحقیقات روی ابزارهای چاپ سه بعدی برای ساخت داربست در حال انجام است.

وی می‌گوید: مذاکراتی انجام شده است تا محققان دانشگاه شریف ساختارهای داربستی را تولید می‌کنند و در اختیار ما قرار دهند تا ما روی آن‌ها سلول ببریم. علاوه بر این دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی نیز درخواست خود را مبنی بر تشکیل یک گروه مشترک تحقیقاتی برای انجام فعالیت‌های علمی در این زمینه مطرح کرده است که در حال حاضر زمان و نحوه همکاری ما هنوز مشخص نیست. از سوی دیگر به نظر می‌رسد پژوهشگاه رویان نیز در صدورود به این بحث است. به علاوه قرار است در آینده نزدیک پروژه‌ای را در زمینه چاپ زیستی بایک گروه تحقیقاتی در مالزی که در زمینه چاپ زیستی فعالیت می‌کنند، پیش ببریم و در قالب این همکاری علمی روی پروژه‌های مشترک کار کنیم.