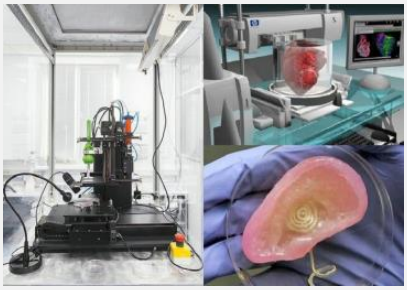

دوشنبه 08 فروردین 1401 - 05:26

همه چیز درباره چاپ سه‌بعدی اندام‌های بدن؛

آیا روزی می‌توان عضو پیوندی را چاپ کرد؟

جان هزاران نفر وابسته به دریافت عضو پیوندی اهدایی است و چاپ اعضای بدن با چاپگر سه‌بعدی می‌تواند نجات بخش آنها باشد اما آیا چنین کاری ممکن است؟

جان هزاران نفر وابسته به دریافت عضو پیوندی اهدایی است و چاپ اعضای بدن با چاپگر سه بعدی می تواند نجات بخش آنها باشد اما آیا چنین کاری ممکن است؟

به گزارش ایسنا، سالانه تعداد زیادی از افراد در سراسر جهان جان خود را در صف دریافت عضو اهدایی از دست می دهند و حدود هر ۹ تا ۱۰ دقیقه یک بار یک نفر به این صف طولانی اضافه می شود. رسیدگی به این موضوع نیازمند پیش گرفتن رویکردی جدید است. از این رو محققان به فکر ساخت اعضای بدن با استفاده از چاپگرهای سه بعدی و ایجاد اندام ها در آزمایشگاه افتاده اند. در ادامه به چگونگی انجام این کار، مزایا، معایب و چالش های آن می پردازیم.

آینده ای را تصور کنید که بیمار بدون نیاز به منتظر ماندن برای پیدا شدن فردی مناسب برای اهدا، به راحتی با استفاده از سلول های خود یک اندام را چاپ می کند. این فناوری که "چاپ زیستی" (bioprinting) نام دارد هدف اصلی تحقیقات دکتر کریستف مارکت(christophe marquet)، مدیر مرکز ملی تحقیقات علمی فرانسه در دانشگاه لیون است.

چاپ زیستی به معنای چاپ بافت زنده با استفاده از سلول است و هدف از آن ایجاد بافت های زنده برای پیوند یا بافت های خاص برای تحقیقات است. چاپگر زیستی مانند چاپگرهای سه بعدی معمولی کار می کند یعنی از یک طرح دیجیتال برای ساخت یک شی به صورت لایه به لایه استفاده می کند. تنها تفاوت آن در نوع جوهری است که مورد استفاده قرار می دهد. برخلاف پرینترهای سه بعدی رایج، جوهر چاپگرهای زیستی از پلاستیک، پودر یا فلز ساخته نشده و در آن از "جوهر زیستی" استفاده می شود که نوعی ژل حاوی سلول های زنده است.

برخلاف پرینترهای سه بعدی رایج، جوهر چاپگرهای زیستی از پلاستیک، پودر یا فلز ساخته نشده و در آن از "جوهر زیستی" استفاده می شود که نوعی ژل حاوی سلول های زنده است.

دکتر "مارکت" می گوید: ما تا به امروز موفق به ساخت چندین غضروف شده ایم و در حال کار بر روی ریه هستیم. برخی از محققان نیز بر سایر اندام ها مانند کبد، کلیه و قلب هستند.

چاپ سه بعدی را می توان به چهار دسته تقسیم کرد

چاپ زیستی مبتنی بر جوهرافشان، چاپ زیستی به کمک فشار، چاپ زیستی با کمک لیزر و استریولیتوگرافی.

چاپ زیستی مبتنی بر جوهرافشان مانند پرینترهای معمولی کار می کند اما جوهر زیستی به جای کاغذ روی یک بستر هیدروژل یا ظرف کشت چاپ می شود.

در چاپ زیستی با کمک فشار مواد زیستی که بیشتر ظاهری خمیری دارند از دهانه یک نازل در مقیاس میکروسکوپی یا میکروسوزنی خارج شده و بر روی یک بستر ثابت فرو می ریزد و لایه بندی می شود تا ساختار سه بعدی مورد نظر تشکیل شود.

در چاپ زیستی به کمک لیزر، از لیزر به عنوان منبع انرژی برای قرار دادن مواد زیستی روی یک بستر استفاده می شود در حالی که در استریولیتوگرافی از یک مایع پلیمری استفاده می شود که وقتی تحت تابش اشعه ماورابنفش قرار می گیرد تبدیل به ساختاری جامد می شود.

تاریخچه چاپگرهای سه بعدی

ساخت چاپگرهای سه بعدی به دهه ۱۹۸۰ برمی گردد، زمانی که چارلز هال، یک مهندس آمریکایی اولین چاپگر سه بعدی را ساخت که می توانست اجسام جامد را با طراحی به کمک رایانه(CAD) ساخت.

این چاپگر لایه های متوالی از یک فتوپلیمر مبتنی بر اکلریک را روی یک سطح قرار می داد و سپس این لایه ها توسط نور فرابنفش به یکدیگر متصل می شدند و شی جامدی ساخته می شد.

این فناوری ساده، صنعت تولید مواد را متحول کرد. به تدریج در اواخر دهه ۱۹۹۰ چاپ سه بعدی پا به عرصه مراقبت های درمانی گذاشت و جراحان شروع به چاپ سه بعدی ایمپلنت های دندان، پروتزهای سفارشی و مثانه کردند. اصطلاح چاپ زیستی زمانی ایجاد شد که به ماده ی در حال چاپ، نام "جوهر زیستی" دادند. این ماده حاوی مواد زیستی، سلول های زنده یا مولکول های زیستی فعال بود.

باید خاطرنشان کرد که کاربرد چاپگرهای سه بعدی تنها به چاپ اندام های بدن محدود نمی شود و از آن در ساخت دارو، مطالعه مکانیسم های بیماری یا ایجاد داروهای شخصی سازی شده نیز می توان استفاده کرد.

چاپ زیستی چگونه عمل می کند؟

به گفته ی دکتر "مارکت"، در فرآیند چاپ سه بعدی یک چاپگر و جوهر دخیل است که در مورد چاپگرهای زیستی یک جوهر زیستی وجود دارد. ایده آن است که چندین سلول از بیمار گرفته شود و این سلول ها درون جوهر زیستی قرار می گیرند. بنابراین جوهر زیستی باید بتواند به خوبی میزبان سلول ها باشد و آن ها را زنده نگه دارد.

به گفته ی دکتر "مارکت"، در فرآیند چاپ سه بعدی یک چاپگر و جوهر دخیل است که در مورد چاپگرهای زیستی یک جوهر زیستی وجود دارد.

سلول ها به اکسیژن، قند و مواد دیگر نیاز دارند. این جوهر زیستی ظاهری شبیه به ژل های مو دارد و از حجم زیادی از آب و مقادیر کمی از آن چه ما "ماده زیستی" می نامیم ساخته شده است. این ماده از پروتئین و موادی مشابه آن ساخته می شود.

این مواد بوسیله چاپگر سه بعدی روی سطح مورد نظر قرار می گیرند تا اندام یا بافت را بسازند. اندام ها و بافت های مختلفی را با این روش می توان ایجاد کرد که در ادامه به چند مورد از آن ها اشاره می کنیم.

پوست

راهی برای درمان بیماران سوانح سوختگی

دکتر "مارکت" و همکارانش در حال حاضر بر روی پروژه ای به نام "BLOC-PRINT" کار می کنند و ارتش فرانسه نیز با آنها همکاری می کند. هدف آنها بازسازی پوست قربانیان سوختگی با استفاده از چاپ زیستی به طور مستقیم و در لحظه در اتاق عمل است.

گزینه های درمانی در این مورد بسیار محدود است. اگر سوختگی بیمار بیش از ۷۰ درصد باشد، پوست سالم کافی برای پیوند زدن وجود نخواهد داشت. اگرچه پوست های آزمایشگاهی مصنوعی وجود دارند اما آنها تنها لایه خارجی پوست را بازسازی می کنند و در برخی عناصر کاربردی اساسی دچار کمبود هستند و احتمال باقی ماندن جای زخم را افزایش می دهند.

روشی که گروه "مارکت" در حال توسعه آن هستند نیازمند نمونه برداری از سلول های پوست بیمار و افزودن آن به جوهر زیستی است.

"مارکت" در این مورد توضیح می دهد: هدف ما چاپ زیستی پوست به صورت مستقیم روی بیمار است و ما می خواهیم این کار را مستقیما در اتاق عمل انجام دهیم.

"مارکت" می گوید: هدف ما چاپ زیستی پوست به صورت مستقیم روی بیمار است و ما می خواهیم این کار را مستقیما در اتاق عمل انجام دهیم.

ما نمونه هایی از سلول پوست فرد برمی داریم و آن را به جوهر زیستی وارد می کنیم و سپس یک دست رباتیک در این جا به ما کمک خواهد کرد. این دست رباتیک بالا و پایین می رود و ژل را روی پوست فرد قرار می دهد. خود فرد به عنوان ماشین پخت برای پوست عمل می کند به این صورت که آن ها به رشد سلول ها کمک می کنند. بنابراین شما پوست را چاپ می کنید و منتظر می

مانید تا بازسازی شود. این کار پیوند زدن نیست. پس از دو هفته یک پوست کاملا بازسازی شده خواهید داشت.

در چنین روشی نیازی به برداشتن بخش زیادی از پوست سالم برای پیوند به بخش های آسیب دیده نیست و تکه ای از پوست که تنها ۱۰ درصد اندازه ی سوختگی است می تواند برای رشد سلول های کافی برای چاپ سه بعدی مورد استفاده قرار بگیرد. از یک اسکنر نیز می توان برای تعیین اندازه و عمق زخم استفاده کرد. با پیشرفت در این حوزه، محققان می خواهند بدانند که آیا می توان از سلول های بنیادی مایع آمنیوتیک و جفت برای ترمیم زخم ها استفاده کرد یا خیر.

"مارکت" باور دارد که این فناوری طی ۱۰ سال آینده به طور کامل توسعه می یابد و در بیمارستان ها مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

محققان دانشکده پزشکی "ویک فارست"(Wake Forest) نیز موفق به ساخت نمونه اولیه چاپگری شده اند که می تواند سلول های پوست را مستقیما بر روی محل سوختگی چاپ کند. علاوه بر آن محققان موسسه "پلی تکنیک رنسلیر"، نیویورک نیز با استفاده از ترکیب دو جوهر زیستی، پیوندهای پوستی دارای عروق را پرورش دادند. این پوست ها تاکنون تنها به موش های دارای نقص ایمنی پیوند زده شده اند اما می توان از آنها برای جایگزین کردن پیوندهای پوستی استفاده کرد.

چاپ استخوان

محققان دانشگاه سوانسی(Swansea) در بریتانیا با استفاده از مواد زیستی با دوام و احیاکننده یک فرآیند چاپ زیستی برای ساخت ماده بین سلولی بافت استخوان مصنوعی(ماتریس استخوان) ایجاد کردند.

در حال حاضر برای شکستگی های شدید استخوان، پیوند استخوان و جایگزین کردن استخوان های از دست رفته یا آسیب دیده از مواد مصنوعی مبتنی بر سیمان استفاده می شود که اغلب یکپارچگی مکانیکی مناسبی ندارند و مانع از تشکیل بافت می شوند. این در حالی است که استخوان های ساخته شده با چاپگر زیستی می تواند به حل این معایب کمک کند.

محققان دانشگاه نیو ساوت ولز(New South Wales) در سیدنی استرالیا دست به ساخت فرآیند جدیدی زده اند که می توان از آن درون بدن انسان استفاده کرد. این فرآیند درد را کاهش می دهد و زمان بهبودی را تسریع می کند.

محققان دانشگاه نیو ساوت ولز(New South Wales) در سیدنی استرالیا دست به ساخت فرآیند جدیدی زده اند که می توان از آن درون بدن انسان استفاده کرد. این فرآیند درد را کاهش می دهد و زمان بهبودی را تسریع می کند.

درمان سرطان استخوان ممکن است به برداشتن بخش هایی از استخوان منجر شود و قربانیان تصادفات نیز ممکن است به ترمیم گسترده استخوان نیازمند باشند. با این روش جدید می توان بافت استخوان را دقیقا در طول عمل جراحی ایجاد و استفاده کرد.

با ترکیب یک ماده سرامیکی که ساختار استخوان را شبیه سازی می کند و سلول های خود بیمار، می توان یک جوهر زیستی ایجاد کرد و دانشمندان به راهی دست یافته اند که می توان این ماده استخوانی جدید را در داخل بدن ایجاد کرد.

به گفته ی "کریستوفر کیلیان"(Kristopher Kilian)، اگر در طول جراحی بخشی از استخوان بیمار برداشته شود می توان آن استخوان را اسکن کرد و به طور مستقیم حفره ایجاد شده را با چاپگر سه بعدی پر کرد.

برخلاف روش های قبلی که در آن چاپگرها قادر به کار در دمای اتاق نبودند و برای ضدعفونی کردن مواد استخوانی جدید نیاز به مواد شیمیایی بود، این چاپگر سبک و قابل حمل است و می توان آن را به اتاق عمل برد.

علاوه بر درمان بیماران، از استخوان های مصنوعی می توان برای مدل سازی بیماری های استخوان و نظارت بر داروها نیز استفاده کرد.

قلب

گروهی از دانشمندان دانشگاه تل آویو با استفاده از سلول های چربی از یک اهدا کننده موفق به چاپ یک قلب کامل با عروق شدند. سلول های چربی کشت شده و برای تبدیل شدن به سلول های قلب مجددا برنامه ریزی شدند. کل ساختار قلب با تمام

سلول ها، رگ های خونی و بطن ها ساخته شد. این ساختار براساس تصاویر گرفته شده از قلب اهداکننده ایجاد شد.

این فناوری هنوز در مراحل اولیه خود قرار دارد. قلبی که محققان ایجاد کرده اند به اندازه قلب یک خرگوش است و قادر به پمپ کردن خون نیست. آنها امیدوارند زمانی که این قلب ها قادر به تپش و پمپ خون شدند بتوان آن را بر روی حیوانات آزمایش کرد.

ترمیم اعصاب

تقریبا سالانه حدود ۲۲.۶ میلیون بیمار در سراسر جهان به جراحی مغز و اعصاب نیاز پیدا می کنند. این آسیب ها در درجه اول ناشی از حوادثی مانند تصادفات رانندگی، صدمه دیدن در محل کار و زایمان است.

روش های کنونی جراحی به جراحان این امکان را می دهد تا پایانه های عصبی را بار دیگر سازمان دهی کنند و رشد اعصاب را بهبود بخشند، با این حال بهبود سیستم عصبی آسیب دیده تضمین نمی شود و عملکردهای طبیعی فرد تقریبا هیچوقت به طور کامل باز نمی گردد.

مطالعه بر روی موش ها نشان داده که اگر آسیب بیش از دو سانتی متر از اعصاب را از بین ببرد، این شکاف نمی تواند به درستی پر شود و این موضوع ممکن است منجر به از دست دادن عملکرد یا حس عضلات شود. در این شرایط استفاده از یک داربست برای برقرار کردن ارتباط بین دو عصب آسیب دیده اهمیت زیادی دارد.

چاپگر سه بعدی می تواند به ساخت ساختارهای متخلخل که از سلول های عصبی بیمار و یک ماده زیستی ساخته شده است کمک کند تا بین اعصاب آسیب دیده ارتباط برقرار شود. محققان از ماده ای مشتق شده از جلبک در این مطالعه استفاده کردند زیرا بدن انسان این ماده را پس نمی زند. اگرچه این روش هنوز روی انسان ها آزمایش نشده است اما این پتانسیل را دارد که به بیماران کمک کند.

آیا روزی می توان عضو پیوندی را چاپ کرد؟

کلیه و مثانه

حدود دو ماه طول می کشد که یک کلیه چاپ شده، رشد کند. این درحالی است که این زمان برای مثانه کوتاه تر است. مثانه که یکی از اعضای بسیار ساده بدن است تنها دو نوع سلول دارد. در مقابل کلیه ۲۰ نوع سلول دارد که همه ی آن ها باید بازتولید شوند و بتوانند عملکرد کلیه را انجام دهند.

برای چاپ کلیه باید یک داربست زیست تخریب پذیر ساخت و سلول ها را روی آن چاپ کرد. سپس این سلول ها درون یک میکروژل رشد می کنند. باید اطمینان حاصل کرد که این سلول ها مواد مغذی مورد نیاز برای ساخت سلول های بافت سالم را دریافت می کنند و در نهایت بافت بالغ درون بدن بیمار قرار داده می شود. درون بدن بیمار و مدت کوتاهی پس از جراحی داربست ها از بین می روند و به طور طبیعی دفع می شوند. شرکت های بیوتکنولوژی تلاش می کنند که از سلول های بنیادی خود فرد به عنوان جوهر استفاده کنند. این کار خطر پس زده شدن بافت را کاهش می دهد.

شرکت بیوتکنولوژی "CollPlant" بر روی کلیه های قابل چاپ کار می کند و در تلاش است تا نیاز به پیوند کلیه در آینده را کاهش دهد. کلیه های چاپ سه بعدی شده کوچک نیز تولید شده اند که برای آزمایش داروها مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

شرکت بیوتکنولوژی "CollPlant" بر روی کلیه های قابل چاپ کار می کند و در تلاش است تا نیاز به پیوند کلیه در آینده را کاهش دهد.

به نظر می رسد دستکم ۵۰ سال دیگر طول بکشد تا این کلیه ها به صورت گسترده در دسترس قرار بگیرند. توسعه چاپ سه بعدی در حوزه پزشکی هنوز در مراحل اولیه قرار دارد اما این موضوع از هیجان آن کم نمی کند.

ریه

محققان دانشگاه علم و فناوری پوهانگ(POSTECH) در کره جنوبی موفق به ایجاد یک مدل سه بعدی از ریه شده اند که دارای

انواعی از سلول های آلوئولی بوده و با استفاده از چاپ زیستی جوهرافشان ساخته شده است.

آلوئول ها یا کیسه ی هوایی(alveolus) ساختارهای کیسه مانندی به قطر حدود ۲۰۰ میکرومتر هستند که از نایژک های تنفسی، مجاری آلوئولی و کیسه های آلوئولی بیرون می آیند و سلول های آلوئولی سطح آلوئول ها را می پوشانند.

اکسیژن وارد شده به بدن از طریق راه های هوایی به آلوئول ها می رسد و با دی اکسید کربن که توسط خون حمل می شود جایگزین می شود. آلوئول ها از یک لایه نازک از سلول های پوششی ساخته شده و توسط مویرگ های نازکی احاطه شده اند. غشاهای آلوئولی یک ساختار سه لایه از لایه پوششی(epithelial)، غشای پایه(Basement membrane) و لایه درون رگی(endothelial) ساخته شده اند. تاکنون چالش هایی برای شبیه سازی دقیق آلوئول با چنین ساختارهای نازک و پیچیده ای وجود داشته است.

محققان برای انجام این کار از یک مدل سد سه لایه آلوئولی با ضخامت ۱۰ میکرومتر استفاده کردند و آن را با استفاده از چاپگر سه بعدی چاپ کردند.

به گفته ی محققان این مدل جدید سد آلوئولی پاسخ فیزیولوژیکی مشابه بافت واقعی در برابر ویروس ایجاد می کند.

آینده با اندام های چاپ شده چگونه خواهد بود؟

دکتر "مارکت" می گوید که در نهایت روزی این اندام ها وارد بیمارستان ها می شوند. اما گام مهم بعدی نحوه ی رشد آن ها به صورت کامل در آزمایشگاه است و اینکه بتوان آن ها را حفظ کرد و همچنین بتوان آن ها را در بدن بیمار قرار داد. در چنین مطالعاتی هدف ساخت بافت ها با اندازه واقعی است و برای رسیدن به این هدف باید بر چالش هایی نیز غلبه کرد. اولین و مهم ترین آن ایجاد عروق درون بافت و اندام است. سلول ها به گردش خون نیاز دارند و انجام چنین کاری دشوار است. زیرا چنین ساختارهایی پیچیده هستند. شما نیاز به لوله های کوچکی دارید که تبدیل به لوله های بزرگ تر شوند و این لوله های بزرگ نیز بزرگ تر شوند. پیش از این ما هرگز چیزی که بتواند اتصالات عروقی برقرار کند را به بدن پیوند نزده ایم. چاپ یک هیدروژل بزرگ کار آسانی است اما تبدیل کردن این جوهر زیستی به بافت و ارگان های کارآمد موضوع دیگری است. زمانی که شما در بدن مادرتان رشد می کنید همه چیز با همدیگر کار می کند بنابراین داده های زیادی از اندام های مختلف وجود دارد. این اندام ها با هم "حرف" می زنند. اما اگر یک اندام را خارج از بدن و در آزمایشگاه رشد دهید، عضوی تنها خواهد بود بدون هیچ ارتباطی و هیچ داده ای از خارج. کار سختی است که بگوییم من سلول های کبد را دارم و ظاهر آن را دارم و یک کبد می سازم. این کار دشوار است. ایده آن است که این بافت و اندام ها را درون دستگاه های مخصوصی قرار دهیم که شبیه به درون بدن است.

در این صورت دما کنترل شده است و شما می توانید به آن اطلاعات بدهید و در این صورت می توان هر آنچه می خواهید بسازید. من فکر می کنم طی ۲۰ سال آینده به این هدف دست یابیم. از نظر تکنیکی هیچ شکی ندارم که این اتفاق خواهد افتاد اگرچه از لحاظ اخلاقی مطمئن نیستم. ما هنوز نمی دانیم که اگر به چنین قدرتی دست پیدا کنیم هزینه آن و واکنش جامعه چقدر خواهد بود.

من فکر می کنم طی ۲۰ سال آینده به این هدف دست یابیم. از نظر تکنیکی هیچ شکی ندارم که این اتفاق خواهد افتاد اگرچه از لحاظ اخلاقی مطمئن نیستم. ما هنوز نمی دانیم که اگر به چنین قدرتی دست پیدا کنیم هزینه آن و واکنش جامعه چقدر خواهد بود.

چالش های دیگری نیز در این راستا وجود دارد. در حال حاضر تعداد محدودی از جوهرهای زیستی وجود دارد که علاوه بر قابل چاپ بودن بتوانند ساختار مورد نظر برای بازسازی عملکرد اندام پس از چاپ را ایجاد کنند. در حالی که جوهرهای زیستی ساخته شده از هیدروژل طبیعی برای رشد سلولی مفید هستند، هیدروژل های مصنوعی از نظر مکانیکی قوی ترند. بنابراین جوهرهای زیستی ترکیبی باید با در نظر گرفتن همه ی این جوانب طراحی شوند.

علاوه بر آن فرآیند چاپ زیستی نیز باید برای سلول ها مناسب سازی شود. تنش های اعمال شده در طول فرآیند چاپ برای رشد سلول مضر است و می تواند باعث بیان تغییر ژن شود.

به طور کلی حوزه ی تحقیقاتی چاپ سه بعدی به سرعت در حال تکامل است و با چالش های زیادی روبه رو است اما می تواند روزی جهان پزشکی و مراقبت های درمانی را متحول کند و سالانه نجات بخش جان هزاران نفر شود.