

ارتقای دقت در تولید بافت‌های بزرگ با استفاده از چاپ زیستی سه‌بعدی

امروزه چاپ سه‌بعدی زیستی (Bioprinting) به یکی از مهم‌ترین فناوری‌ها در مهندسی بافت و پزشکی بازساختی تبدیل شده است، زیرا امکان ساخت بافت‌های زنده را با استفاده از سلول‌ها و زیست‌مواد فراهم می‌کند. با این حال، یکی از مهم‌ترین موانع در تولید بافت‌های بزرگ، ایجاد شبکه‌های عروقی پیچیده و عملکردی است. سلول‌های موجود در بافت برای زنده ماندن به اکسیژن و مواد مغذی نیاز دارند و در صورت نبود یک شبکه عروقی مناسب، بخش‌های داخلی بافت دچار کمبود اکسیژن شده و از بین می‌روند. به همین دلیل، ایجاد رگ‌های خونی دقیق و قابل کنترل، یکی از چالش‌های اساسی در این حوزه محسوب می‌شود.

در این پژوهش، محققان فناوری جدیدی را معرفی کرده‌اند که با ترکیب چاپ زیستی پیشرفته و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، دقت ساخت شبکه‌های عروقی را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. در این روش، داده‌های مربوط به فرآیند چاپ به صورت مداوم جمع‌آوری و توسط مدل‌های یادگیری ماشین تحلیل می‌شوند تا بهترین شرایط برای چاپ هر بخش از بافت تعیین شود. این سامانه قادر است تغییرات بسیار جزئی در فرآیند چاپ را شناسایی کرده و به صورت لحظه‌ای تنظیمات دستگاه را اصلاح کند. در نتیجه، ساختارهای چاپ‌شده از یکنواختی و دقت بیشتری برخوردار هستند.

یکی از مهم‌ترین دستاوردهای این فناوری، امکان تولید کانال‌های بسیار باریک با ابعادی نزدیک به مویرگ‌های طبیعی بدن است. این کانال‌ها پس از چاپ، با سلول‌های اندوتلیال پوشانده می‌شوند تا دیواره‌ای مشابه رگ‌های خونی طبیعی تشکیل دهند. بررسی‌ها نشان داد که این سلول‌ها به خوبی به سطح کانال‌ها متصل شده، تکثیر می‌شوند و ساختاری منسجم ایجاد می‌کنند که می‌تواند عبور کنترل‌شده مواد را امکان‌پذیر سازد. این ویژگی باعث می‌شود شبکه عروقی مصنوعی عملکردی نزدیک به رگ‌های طبیعی داشته باشد.

پژوهشگران همچنین نشان دادند که استفاده از هوش مصنوعی نه تنها کیفیت چاپ را افزایش می‌دهد، بلکه زمان لازم برای بهینه‌سازی فرآیند را نیز به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. در روش‌های معمول، برای یافتن بهترین پارامترهای چاپ، آزمایش‌های متعدد و زمان‌بر انجام می‌شود، اما در این فناوری، الگوریتم‌های یادگیری ماشین با تحلیل داده‌های حاصل از چاپ‌های قبلی، بهترین شرایط را پیش‌بینی می‌کنند. این موضوع موجب کاهش مصرف مواد، صرفه‌جویی در زمان و افزایش قابلیت تکرارپذیری نتایج می‌شود.

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بافت‌های تولیدشده با این روش از نظر شکل، اندازه و یکپارچگی ساختاری دقت بسیار بالاتری نسبت به نمونه‌های تهیه‌شده با روش‌های متداول دارند. علاوه بر این، سلول‌های موجود در این بافت‌ها زنده‌مانی بیشتری از خود نشان دادند که بیانگر تأمین بهتر اکسیژن و مواد مغذی از طریق شبکه عروقی چاپ‌شده است. همچنین نفوذپذیری دیواره رگ‌ها در محدوده‌ای مشابه با عروق طبیعی قرار داشت که نشان‌دهنده تشکیل موفق یک سد اندوتلیالی عملکردی است.

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این فناوری، قابلیت تولید بافت‌هایی با ابعاد بزرگ‌تر است. در گذشته، افزایش اندازه بافت‌های چاپ‌شده معمولاً با کاهش کیفیت شبکه عروقی همراه بود، اما فناوری جدید امکان حفظ دقت چاپ حتی در ساخت نمونه‌های بزرگ را فراهم کرده است. این موضوع می‌تواند زمینه تولید اندام‌های پیچیده‌تر مانند کبد، کلیه یا قلب را در آینده فراهم کند.

به اعتقاد پژوهشگران، این فناوری می‌تواند کاربردهای گسترده‌ای در پزشکی بازساختی، مهندسی بافت، مدل‌سازی بیماری‌ها و توسعه داروها داشته باشد. تولید بافت‌های انسانی با شبکه‌های عروقی طبیعی‌تر، امکان مطالعه دقیق‌تر بیماری‌ها و ارزیابی اثربخشی و سمیت داروها را در شرایطی مشابه بدن انسان فراهم می‌کند و می‌تواند وابستگی به مدل‌های حیوانی را کاهش دهد. همچنین در آینده، این فناوری می‌تواند به تولید بافت‌ها و حتی اندام‌های قابل پیوند برای بیماران نیازمند منجر شود.

در مجموع، این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب چاپ زیستی با هوش مصنوعی و سامانه‌های کنترل دقیق، گام مهمی در رفع یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های مهندسی بافت، یعنی ایجاد شبکه‌های عروقی عملکردی در بافت‌های بزرگ، محسوب می‌شود. اگرچه این فناوری هنوز در مرحله پژوهشی قرار دارد و برای کاربرد گسترده بالینی به مطالعات بیشتری نیاز است، اما نتایج

آن نشان می‌دهد که استفاده از یادگیری ماشین در کنار چاپ زیستی می‌تواند آینده تولید بافت‌های زنده و پزشکی بازساختی را به‌طور قابل توجهی متحول کند.

<https://www.genengnews.com/topics/bioprocessing/large-bioprinted-tissues-get-a-precision-boost>

/