



انقلابی در جراحی استخوان با ایمپلنت‌های فلزی که در بدن حل می‌شوند

سالانه میلیون‌ها نفر برای ترمیم شکستگی استخوان از ایمپلنت‌های فلزی دائمی استفاده می‌کنند، در حالی که می‌دانند ممکن است...

سالانه میلیون‌ها نفر برای ترمیم شکستگی استخوان از ایمپلنت‌های فلزی دائمی استفاده می‌کنند، در حالی که می‌دانند ممکن است بعدها نیاز به جراحی‌های دردناک برای خارج کردن آن‌ها داشته باشند. اما اگر این ایمپلنت‌ها پس از ترمیم استخوان به سادگی ناپدید شوند چطور؟ پژوهشگران دانشگاه موناش آلایزهای زیست تجزیه پذیر روی تولید کرده اند که بالاخره به اندازه ای قوی هستند که بتوانند شکستگی‌های بزرگ را تجمیع کنند. به گزارش اسپنا، مطالعه ای که در مجله نیچر منتشر شده نشان می‌دهد که بزرگ تر کردن ساختارهای ریز درون فلز که به آن‌ها «دانه» گفته می‌شود و نه کوچک تر کردن آن‌ها، منجر به تولید ایمپلنت‌های زیست تجزیه پذیری می‌شود که تقریباً دو برابر قوی تر از پیچ‌ها و صفحات مبتنی بر منیزیم هستند که هم اکنون در جراحی‌های ارتوپدی به کار می‌روند. این مواد قوی تر در دمای بدن پایداری بیشتری پیدا می‌کنند، و این مشکل مهم دوام پایین را که سال‌ها مانع از استفاده گسترده ایمپلنت‌های حل شونده شده بود، برطرف می‌کنند.

به نقل از اس اف، قانون هال-پچ (Hall-Petch) که از اصول بنیادین علم مواد است، بیش از ۷۰ سال راهنمای مهندسی متالورژی بوده است. اما این کشف، چشم اندازه‌های جدیدی را برای بیمارانی که به ترمیم استخوان نیاز دارند ولی مایل به تحمل عوارض و جراحی‌های اصلاحی ناشی از ایمپلنت‌های دائمی نیستند، باز می‌کند.

تأثیر این فناوری برای بیماران در حال حاضر، زمانی که فرد دچار شکستگی استخوان می‌شود که نیاز به جراحی دارد، پزشکان معمولاً از پیچ‌ها و صفحات فولادی ضدزنگ یا تیتانیومی استفاده می‌کنند. این ایمپلنت‌ها مؤثر هستند، اما به صورت دائمی در بدن باقی می‌مانند و ممکن است مشکلاتی مانند تحلیل استخوان در اطراف محل ایمپلنت یا شل شدگی ایجاد کنند که نیاز به جراحی مجدد دارد.

ایمپلنت‌های زیست تجزیه پذیر به استخوان کمک می‌کنند تا بهبود یابد و پس از آن به طور ایمن در بدن حل می‌شوند و نیازی به جراحی برای خارج کردن آن‌ها نیست. با این حال، گزینه‌های کنونی که از آلایزهای منیزیم ساخته شده‌اند، نسبتاً ضعیف هستند و فقط در قسمت‌هایی از بدن که بار زیادی را تحمل نمی‌کنند قابل استفاده‌اند.

آلایزهای روی جدیدی که توسط محققان توسعه یافته‌اند، دارای مقاومت فشاری بیش از ۴۰۰ مگاپاسکال هستند؛ عددی قابل مقایسه با فولاد ضدزنگ پزشکی با استحکام بالا. این یعنی که آن‌ها می‌توانند در محل‌هایی که بار زیادی تحمل می‌شود مانند شکستگی‌های اصلی استخوان به کار روند.

راز قدرت این فلز جدید چیست؟ محققان با آلایزهای روی-منیزیم کار می‌کردند، زمانی که متوجه شدند نمونه‌هایی که دانه‌های بزرگ‌تری دارند، در آزمایش‌های مقاومت عملکرد بهتری نسبت به نمونه‌های دارای دانه‌های کوچک‌تر نشان می‌دهند.

برای درک این پدیده، پژوهشگران نمونه‌هایی با اندازه دانه ای بین ۱۱ تا ۴۷ میکرومتر را مورد بررسی قرار دادند. با استفاده از میکروسکوپ‌های الکترونی پیشرفته و آزمایش‌های فشاری، مشخص شد که نحوه تغییر شکل فلز به شدت به اندازه دانه‌ها بستگی دارد.

در نمونه‌های دارای دانه‌های کوچک، تغییر شکل عمدتاً در مرز بین دانه‌ها رخ می‌دهد. اما در نمونه‌های با دانه‌های بزرگ‌تر، تغییر در داخل خود دانه و از طریق نوعی لغزش کریستالی خاص و یک پدیده‌ی چرخشی غیرمعمول به نام «دوقلویی‌های انطباقی» (Accommodation Twins) رخ می‌دهد.

این «دوقلویی‌های انطباقی» با دوقلویی‌های مکانیکی معمول در فلزات متفاوت‌اند. در حالی که دوقلویی‌های مکانیکی به فلز کمک می‌کنند تا در برابر فشار خارجی تغییر شکل دهد، دوقلویی‌های انطباقی به دانه‌های مجاور کمک می‌کنند تا تغییر شکل یکدیگر را جبران کنند و ساختار کلی فلز را پایدار نگه دارند.

چرا آلایز با دانه‌های بزرگ‌تر قوی‌تر است؟ علت این رابطه‌ی معکوس به ساختار بلوری منحصربه‌فرد روی برمی‌گردد. اتم‌های روی در الگویی شش ضلعی مرتب می‌شوند که باعث می‌شود رفتار فلز در جهت‌های مختلف بسیار متفاوت باشد که بسیار بیشتر از فلزاتی مانند منیزیم و تیتانیوم است.

زمانی که فشار به فلز وارد می‌شود، دانه‌های بزرگ‌تر، تنش را به طور یکنواخت‌تری پخش می‌کنند و در نتیجه ماده قوی‌تر می‌شود. پژوهشگران آلایزهای خود را در دمای اتاق و همچنین در سرمای شدید آزمایش کردند و دریافتند که این اثر در هر دو حالت پابرجاست. در دمای نیتروژن مایع، نمونه‌های با دانه‌های بزرگ حتی دو برابر قوی‌تر از حالت دمای اتاق بودند.

آزمایش و ایمنی دانشمندان آلایزها را هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در مدل‌های زنده‌ی خرگوش طی شش هفته بررسی کردند تا رفتار ایمپلنت‌ها در بدن را بشناسند.

در آزمایش‌های انجام شده با سلول‌های استخوان انسان، زمانی که فلز رقیق شده بود، اثر سمی بسیار کمی از خود نشان داد و در محدوده مجاز بین‌المللی باقی‌ماند. فلز فقط مقادیر بسیار اندکی از روی، منیزیم، مس و منگنز آزاد کرد که کمتر از میزانی است که یک انسان به طور روزانه از طریق تغذیه به طور ایمن مصرف می‌کند.

در آزمایش‌های حیوانی، پیچ‌های ساخته شده از آلایز جدید با نرخ ۰.۱۱ میلی‌متر در سال در استخوان ران خرگوش تجزیه شدند؛ نرخ‌های مشابه با آلایزهای منیزیم مورد تایید، اما با خواص مکانیکی به مراتب بهتر. آینده‌ای امیدوارکننده برای پزشکی ارتوپدی

عنصر کلیدی این نسل جدید از ایمپلنت های حل شونده، فلز روی است. این آلیاژها با فرآیندهایی مانند ذوب، ریخته گری و اکستروژن گرم تولید می شوند که فرآیندهایی هستند که همین حالا در تولید ابزارهای پزشکی کاربرد دارند. بنابراین، این فناوری می تواند بدون نیاز به زیرساخت جدید، در مقیاس تجاری گسترش یابد.

ایمپلنت های زیست تجزیه پذیر قوی تر می توانند گزینه های درمانی را برای شکستگی های پیچیده گسترش دهند، نیاز به جراحی های مجدد را کاهش دهند و عوارض طولانی مدت ناشی از ایمپلنت های دائمی را از میان بردارند.

گام بعدی، بهینه سازی ترکیب آلیاژ برای کاربردهای خاص و انجام مطالعات حیوانی بزرگ تر است. در صورت موفقیت، این آلیاژهای زیست تجزیه پذیر می توانند پزشکی ارتوپدی را متحول کنند و مزایای ایمپلنت های دائمی را با راحتی ایمپلنت های موقت برای میلیون ها بیمار در سراسر جهان فراهم آورند.