



ریاست جمهوری
معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان

ساخت دستگاه ضربان ساز قلب در ابعاد نانویی که با نور زنده می شود و در بدن محو می گردد

منبع: سایت Northwestern Now | نویسنده: آماندا موریس

Northwestern



خلاصه مطلب

محققان موفق به ساخت کوچکترین ضربان ساز جهان شده اند که تنها با تحریک نوری کار میکند. این دستگاه پیشرفته که ابعادی کمتر از یک دانه برنج دارد، از فناوری فتوالکتریک بهره میبرد و با تابش نور مادون قرمز از طریق یک پیچ پوستی، فعالیت الکتریکی قلب را تنظیم می کند.

یافته کلیدی این پژوهش که در Nature منتشر شده، استفاده از مواد زیست تخریب پذیر هوشمند است که پس از دوره درمان به طور کامل در بدن حل میشوند.

این نوآوری به ویژه برای نوزادان مبتلا به نقایص مادرزادی قلب تحول آفرین است، چرا که نیاز به جراحی های متعدد برای کاشت و خارج کردن ضربان ساز را حذف می کند.

سیستم جدید با بهره گیری از واکنش های گالوانیک در تماس با مایعات بدن، انرژی مورد نیاز خود را تامین می کند و قادر است تا ۱۰۰٪ عملکرد ضربان سازهای سنتی را بدون نیاز به باتری یا سیم های رابط ارائه دهد.



برای مشاهده متن اسکن کنید



متن کامل

ابزاری بسیار کوچک که با سرنگ وارد بدن می شود و پس از پایان کار، در بدن حل می شود

مهندسان دانشگاه Northwestern موفق به ساخت ضربان سازی شده اند که آن قدر کوچک است که می توان آن را از طریق نوک یک سرنگ وارد بدن کرد و پس از پایان عملکردش، بدون نیاز به جراحی از بدن حذف می شود. با اینکه این ضربان ساز قابلیت استفاده برای قلب هایی با اندازه های مختلف را دارد، اما به ویژه برای قلب های کوچک و حساس نوزادانی که دچار ناهنجاری های مادرزادی قلبی هستند، بسیار مناسب است.

این ضربان ساز، که از یک دانه برنج نیز کوچکتر است، با یک وسیله ی پوشیدنی کوچک، نرم، انعطاف پذیر و بی سیم همراه می شود که روی قفسه سینه ی بیمار قرار می گیرد و وظیفه کنترل ضربان را دارد. زمانی که این دستگاه پوشیدنی ضربان نامنظمی را تشخیص دهد، به طور خودکار پالس نوری تابانده و ضربان ساز را فعال می کند. این پالس های کوتاه نوری که از پوست، استخوان جناغ و عضلات بیمار عبور می کنند، کنترل ضربان قلب را برعهده دارند.

این ضربان ساز برای بیمارانی طراحی شده که تنها به تحریک موقتی نیاز دارند، و پس از پایان عملکردش، به سادگی در مایعات بدن حل می شود. تمام اجزای این ضربان ساز زیست سازگار (biocompatible) هستند، بنابراین به طور طبیعی در مایعات بدن تجزیه شده و نیازی به جراحی برای استخراج ندارند.

مطالعه ای که در مجله علمی Nature منتشر شده، کارایی این وسیله را در



مدل های حیوانی بزرگ و کوچک و همچنین در قلب های انسانی اهدا شده (از اهداکنندگان فوت شده) نشان داده است.

جان ای. راجرز (John A. Rogers)، پیشگام در حوزه زیست الکترونیک (bioelectronics) در دانشگاه Northwestern و رهبر پروژه ساخت این دستگاه می گوید: «ما، تا جایی که می دانیم، کوچک ترین ضربان ساز دنیا را توسعه داده ایم. نیاز حیاتی به ضربان سازهای موقت، به ویژه در جراحی های قلب کودکان وجود دارد، و در چنین مواردی کوچک بودن دستگاه بسیار اهمیت دارد. هرچه بار مکانیکی روی بدن کمتر باشد، بهتر است.»

ایگور ایفیموف (Igor Efimov)، متخصص قلب تجربی و همکار اصلی پروژه می گوید: «انگیزه اصلی ما کودکان بودند»

او افزود: «چه در کشورهای با منابع کم، چه در کشورهای با منابع زیاد حدود ۱٪ از کودکان با نقص مادرزادی قلب به دنیا می آیند. خبر خوب این است که این کودکان تنها به مدت محدودی، حدود هفت روز، پس از جراحی نیاز به تحریک ضربان قلب دارند. پس از آن، قلب اغلب خود را ترمیم می کند. اما آن هفت روز، کاملاً حیاتی اند. حالا ما می توانیم این ضربان ساز بسیار کوچک را روی قلب کودک قرار داده و آن را با دستگاهی پوشیدنی، نرم و ملایم تحریک کنیم. و دیگر نیازی به جراحی اضافی برای برداشتن آن نیست.»

پاسخ به یک نیاز درمانی برآورده نشده

این کار، ادامه ای بر همکاری پیشین بین راجرز و ایفیموف است، که در آن برای نخستین بار یک ضربان ساز موقت حل شونده را توسعه دادند.



بسیاری از بیماران پس از جراحی قلب، به ضربان سازهای موقتی نیاز دارند. چه به صورت موقت تا نصب ضربان ساز دائمی و چه برای بازگرداندن ضربان طبیعی در دوره بهبودی.

در روش های مرسوم، الکترودها در حین جراحی روی عضله قلب دوخته می شوند. سیم هایی از این الکترودها از قفسه سینه بیرون زده و به دستگاهی خارجی متصل می شوند که جریان را برای تنظیم ضربان ارسال می کند. وقتی دیگر نیازی به ضربان ساز نیست، پزشکان این سیم ها را از بدن خارج می کنند که می تواند با خطراتی چون عفونت، جابه جایی، آسیب بافتی، خونریزی و لخته خون همراه باشد.

ایفیموف می گوید: «سیم ها واقعاً از بدن بیرون می زنند و به ضربان سازی خارج از بدن متصل اند. وقتی دیگر نیاز نباشد، پزشک آن ها را بیرون می کشد. اما این سیم ها ممکن است در بافت زخمی گیر کنند و هنگام بیرون کشیدن، عضله قلب را آسیب دهند. درواقع، نیل آرمسترانگ دقیقاً به همین دلیل فوت کرد. بعد از عمل بای پس، ضربان ساز موقت داشت و هنگام برداشتن سیم ها دچار خونریزی داخلی شد.»

برای پاسخ به این نیاز درمانی، تیم راجرز و ایفیموف در سال ۲۰۲۱ ضربان ساز حل شونده ای را در مجله Nature Biotechnology معرفی کردند. آن ضربان ساز نازک، انعطاف پذیر، سبک، بدون باتری و بدون سیم های سفت بود. آزمایشگاه راجرز قبلاً مفهوم «داروی الکترونیکی قابل جذب» (bioresorbable electronic medicine) را معرفی کرده بود. وسایلی که عملکرد درمانی دارند و سپس مانند بخیه های قابل جذب، به طور ایمن در



بدن حل می شوند. با تغییر در ترکیب و ضخامت این وسایل، می توان زمان دقیق عملکردشان را کنترل کرد.

■ باتری فعال شونده با مایعات بدن

ضربان ساز اولیه با اندازه یک چهارم سکه عملکرد خوبی در مدل های حیوانی داشت، اما جراحان قلب خواهان نسخه ای کوچکتر بودند که مناسب کاشت بدون جراحی و استفاده در نوزادان باشد.

با این حال، آن نسخه با فناوری میدان نزدیک (near-field communication) کار می کرد که نیاز به آنتن داشت و این موضوع مانع کوچک سازی بود. راجرز می گوید: «ضربان ساز اولیه نازک، انعطاف پذیر و کاملاً قابل جذب بود. اما آنتن آن مانع از کوچک سازی می شد. به جای فناوری بی سیم مبتنی بر فرکانس رادیویی، ما سامانه ای نوری برای فعال سازی ضربان ساز و ارسال پالس به قلب توسعه دادیم. این همان ویژگی است که امکان کوچک سازی شدید را فراهم کرد.»

برای کوچک تر کردن بیشتر دستگاه، تیم پژوهشی منبع تغذیه آن را نیز بازطراحی کرد. ضربان ساز جدید به جای میدان نزدیک، از سلول گالوانی (galvanic cell) (نوعی باتری ساده که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند) استفاده می کند. این باتری از دو فلز متفاوت به عنوان الکترود بهره می برد که با تماس با مایعات بدن، جریان الکتریکی تولید می کند.

راجرز می گوید: «وقتی ضربان ساز در بدن کاشته می شود، مایعات اطراف



به عنوان الکترولیت عمل کرده و آن دو فلز را به هم متصل می کنند تا یک باتری تشکیل شود. یک کلید نوری بسیار کوچک در سمت دیگر باتری به ما اجازه می دهد تا ضربان ساز را با نور از حالت خاموش به روشن درآوریم.»

تحریک قلب با پالس های نوری

تیم پژوهشی از نور مادون قرمز (infrared) استفاده کرد، که به خوبی و ایمن از بدن عبور می کند. اگر ضربان قلب بیمار به زیر سطح معینی برسد، دستگاه پوشیدنی این اتفاق را تشخیص داده و یک دیود نوری (LED) را فعال می کند. این نور به صورت پالسی روشن و خاموش شده و ضربان سازی با ریتم طبیعی را شبیه سازی می کند.

ایفیموف: «نور مادون قرمز به خوبی از بدن عبور می کند. اگر چراغ قوه ای را به کف دستتان بگیرید، در طرف دیگر درخششی می بینید. بدن ما در واقع رسانای بسیار خوبی برای نور است.»

با اینکه ضربان ساز فقط ۱.۸ میلی متر عرض، ۳.۵ میلی متر طول، و ۱ میلی متر ضخامت دارد، اما توان تحریک مشابه با ضربان سازهای کامل دارد.

راجرز می گوید: «قلب فقط به مقدار بسیار کمی تحریک الکتریکی نیاز دارد. با کوچک کردن دستگاه، روند کاشت بسیار ساده تر شده، آسیب به بیمار کاهش می یابد و به دلیل قابلیت جذب آن، نیازی به جراحی ثانویه برای خارج سازی نیست.»



همگام سازی پیشرفته تر

از آنجا که دستگاه ها بسیار کوچک اند، پزشکان می توانند مجموعه ای از آن ها را روی سطح قلب پخش کنند. با استفاده از رنگ های نوری متفاوت، می توان به صورت مستقل هر ضربان ساز را کنترل کرد. استفاده از چند ضربان ساز به این صورت، همگام سازی پیشرفته تری نسبت به روش های معمول فراهم می کند. در برخی موارد مثلاً برای توقف آریتمی ها (arrhythmias)، نواحی مختلف قلب می توانند با ریتم های متفاوت تحریک شوند

ایفیموف می گوید: «ما می توانیم مجموعه ای از این ضربان سازهای کوچک را روی قلب قرار دهیم و هر کدام را کنترل کنیم. این روش اجازه همگام سازی عملکردی بسیار دقیق تری را فراهم می کند. همچنین می توانیم ضربان سازها را درون وسایل پزشکی دیگر مانند دریچه های جایگزین قلب قرار دهیم که ممکن است باعث بلوک قلبی شوند.»

راجرز می افزاید: «از آنجا که ضربان ساز بسیار کوچک است، می توان آن را با هر نوع وسیله قابل کاشت یکپارچه کرد. ما همچنین استفاده از مجموعه ای از این ضربان سازها را درون ساختارهای دریچه آئورت جایگزین شونده با کاتتر (TAVR) نشان داده ایم. در اینجا، ضربان سازهای کوچک می توانند در صورت نیاز فعال شوند تا عوارض دوران بهبودی بیمار را کاهش دهند. این تنها یک مثال از قابلیت افزایش عملکرد وسایل پزشکی موجود با استفاده از تحریک الکتریکی هدفمند است.»



پژوهشگران پروژه

- جان ای. راجرز (John A. Rogers): استاد مهندسی مواد، مهندسی زیست پزشکی، و جراحی مغز و اعصاب در دانشگاه Northwestern و مدیر مؤسسه زیست الکترونیک Querrey Simpson.
- ایگور ایفیموف (Igor Efimov): استاد مهندسی زیست پزشکی در دانشگاه Northwestern و استاد پزشکی (قلب شناسی) در دانشکده پزشکی Feinberg.
- یونگ گانگ هوانگ (Yonggang Huang): استاد مهندسی مکانیک و مهندسی عمران و محیط زیست.
- وی اویانگ (Wei Ouyang): استادیار مهندسی در کالج دارتموث.
- ریشی آرورا (Rishi Arora): استاد پزشکی دانشگاه شیکاگو