



ریاست جمهوری
معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان

پوست شما در حال تنفس است.
این دستگاه پوشیدنی جدید
می‌تواند آن را اندازه‌گیری کند



خلاصه مطلب

محققان اولین دستگاه پوشیدنی جهان را طراحی کرده‌اند که قادر به سنجش گازهای منتشرشده و جذب‌شده از پوست است. این فناوری پیشرفته با استفاده از مجموعه‌ای از حسگرهای حساس، تغییرات دما، بخار آب، دی‌اکسیدکربن و ترکیبات آلی فرار (VOCs) را با دقت اندازه‌گیری می‌کند.

طراحی فناوری "بدون تماس" این دستگاه بسیار منحصربه‌فرد است. این گجت به‌صورت شناور در فاصله چند میلی‌متری از پوست قرار می‌گیرد و بدون ایجاد اختلال در بافت‌های حساس، داده‌های حیاتی را جمع‌آوری می‌کند.

این نوآوری می‌تواند انقلابی در مراقبت‌های پوستی ایجاد کند؛ از رصد بهبود زخم‌ها و تشخیص عفونت‌های پوستی تا سنجش سطح آبرسانی و ارزیابی مواجهه با مواد شیمیایی مضر.



برای مشاهده متن اسکن کنید



متن کامل

نخستین دستگاه پوشیدنی برای ارزیابی سلامت از طریق گازهایی که از پوست خارج یا به آن وارد می‌شوند

پژوهشگران دانشگاه نورث‌وسترن (Northwestern University) نخستین دستگاه پوشیدنی برای اندازه‌گیری گازهای منتشرشده از پوست یا جذب‌شده توسط آن را توسعه داده‌اند.

این دستگاه با تحلیل این گازها، راه کاملاً جدیدی برای ارزیابی سلامت پوست از جمله پایش زخم‌ها، شناسایی عفونت‌های پوستی، پیگیری سطح آبرسانی پوست، سنجش میزان تماس با مواد شیمیایی مضر محیطی و موارد دیگر فراهم می‌کند

این فناوری نوین از مجموعه‌ای از حسگرها تشکیل شده است که تغییرات دما، بخار آب، دی‌اکسید کربن (Carbon Dioxide یا CO₂) و ترکیبات آلی فرّار (Volatile Organic Compounds یا VOCs) را به‌دقت اندازه‌گیری می‌کنند؛ هر یک از این داده‌ها اطلاعات ارزشمندی درباره شرایط پوستی و سلامت کلی بدن ارائه می‌دهند. این گازها به داخل محفظه‌ی کوچکی درون دستگاه هدایت می‌شوند که بدون تماس مستقیم، در فاصله‌ای اندک بالای سطح پوست قرار می‌گیرد. این طراحی بدون تماس برای جمع‌آوری داده از پوست‌های حساس، بدون آسیب به بافت‌های ظریف، بسیار مفید است. این مطالعه که در نشریه‌ی علمی Nature منتشر شده، کارایی دستگاه را در حیوانات کوچک و انسان‌ها نشان داده است.

جان ای. راجرز (John A. Rogers)، از محققان اصلی این پروژه، می‌گوید: «این دستگاه تکامل طبیعی دستگاه‌های الکترونیکی پوشیدنی است که پیش‌تر



در آزمایشگاه ما برای جمع‌آوری و تحلیل عرق طراحی شده بودند. در آن موارد، ما از طریق عرق به اطلاعاتی درباره سلامت کلی فرد دست می‌یافتیم. هرچند مفید بود، اما آن روش به تحریک دارویی غدد عرق یا قرار گرفتن در محیط گرم و مرطوب نیاز داشت. ما به این فکر افتادیم که چه چیزهایی را می‌توان از سطح پوست، بدون نیاز به تحریک، دریافت کرد. مشخص شد که انواع گوناگونی از مولکول‌ها مانند بخار آب، دی‌اکسید کربن و ترکیبات آلی فرّار به طور طبیعی از پوست خارج می‌شوند که می‌توان آن‌ها را با سلامت فیزیولوژیکی زیرپوستی مرتبط دانست.»

گیلرمو امیر (Guillermo A.Ameer) می‌گوید: «این فناوری پتانسیل آن را دارد که مراقبت‌های بالینی را به‌ویژه برای جمعیت‌های آسیب‌پذیر، از جمله نوزادان، سالمندان، بیماران دیابتی و سایر افرادی که پوست آسیب‌پذیر دارند، متحول کند.»

گیلرمو امیر، می‌افزاید: «نکته‌ی قابل توجه این دستگاه آن است که ما راهی کاملاً نوآورانه برای ارزیابی وضعیت پوست حساس پیدا کرده‌ایم، بدون آن‌که نیازی به تماس با زخم، زخم‌بستر یا خراش‌ها باشد. این دستگاه نخستین گام مهم در جهت اندازه‌گیری تغییرات گازهای پوستی و ارتباط آن‌ها با وضعیت پوست است.»

راجرز، پیش‌گام در زیست‌الکترونیک (Bioelectronics)، استاد علوم مواد، مهندسی پزشکی (Biomedical Engineering) و جراحی مغز و اعصاب در دانشگاه نورث‌وسترن است و در دانشکده مهندسی مک‌کورمیک (McCormick School of Engineering)، دانشکده پزشکی فاینبرگ (Feinberg School of Medicine) و مؤسسه زیست‌الکترونیک کوئری-



سیمپسون (Querrey Simpson Institute for Bioelectronics) مشغول به کار است.

امیر نیز استاد مهندسی پزشکی، استاد جراحی در فاینبرگ و مدیر مرکز مهندسی ترمیمی پیشرفته (Center for Advanced Regenerative Engineering) است. راجرز و امیر این پروژه را با همکاری یونگ‌گانگ هوانگ (Yonggang Huang)، استاد مهندسی مکانیک و استاد مهندسی عمران و محیط زیست، هدایت کردند.

توانمندسازی بیماران در خانه

لایه بیرونی پوست که به آن سد پوستی (Skin Barrier) گفته می‌شود، نخستین خط دفاعی بدن در برابر محیط بیرونی است. این سد با جلوگیری از تبخیر بیش از حد آب، باعث حفظ رطوبت می‌شود و در برابر مواد محرک، باکتری‌ها و پرتو فرابنفش (UV) نقش محافظ دارد. هنگامی که این سد پوستی آسیب ببیند، ممکن است از دست رفتن آب افزایش یابد (پدیده‌ای به نام از دست رفتن آب از طریق اپیدرم یا TEWL Transepidermal Water Loss)، حساسیت پوستی افزایش یافته و خطر عفونت و بروز بیماری‌های التهابی نظیر اگزما و پسوریازیس بیشتر شود.

دکترامی پالر (Amy Paller)، نویسنده‌ی همکار مقاله و استاد و رئیس بخش پوست در دانشکده پزشکی فاینبرگ، می‌گوید:

«پوست نقشی حیاتی در محافظت از ما در برابر محیط دارد. یکی از عناصر اصلی این عملکرد محافظتی، سد پوستی است که از شبکه‌ای متراکم از پروتئین‌ها و چربی‌ها تشکیل شده است و موجب نگه‌داشتن آب در



داخل و ممانعت از ورود مواد تحریک‌کننده، سموم، میکروب‌ها و آلرژن‌ها می‌شود.»

با دنبال کردن تغییرات در انتشار بخار آب و گازها از سطح پوست، متخصصان سلامت می‌توانند بینشی نسبت به سلامت سد پوستی بیماران خود به دست آورند. گرچه فناوری‌هایی برای اندازه‌گیری تبخیر آب وجود دارد، اما این دستگاه‌ها بزرگ و سنگین بوده و بیشتر در محیط‌های بیمارستانی استفاده می‌شوند. دستگاه پوشیدنی جدید، در مقابل، برای پایش از راه دور توسط پزشکان و نیز برای استفاده‌ی شخصی توسط خود بیماران در خانه طراحی شده است.

پالر توضیح می‌دهد: «استاندارد طلایی برای سنجش سلامت سد پوستی، دستگاه بزرگی با پروبی است که گه‌گاه بر پوست تماس داده می‌شود تا میزان از دست رفتن آب از طریق پوست را ثبت کند. داشتن دستگاهی که بتواند TEWL را به صورت پیوسته، از راه دور یا بر اساس برنامه‌ریزی پزشک و بدون مزاحمت در زمان خواب بیمار اندازه‌گیری کند، پیشرفتی بسیار مهم است.»

عملکرد دستگاه چگونه است؟

این دستگاه که تنها ۲ سانتی‌متر طول و ۱.۵ سانتی‌متر عرض دارد، از یک محفظه، مجموعه‌ای از حسگرها، یک دریچه قابل برنامه‌ریزی، یک مدار الکترونیکی و یک باتری کوچک قابل شارژ تشکیل شده است. به جای تماس مستقیم با پوست، محفظه‌ی دستگاه چند میلی‌متر بالاتر از سطح آن قرار می‌گیرد.



راجرز می‌گوید: «حسگرهای پوشیدنی سنتی برای کار کردن به تماس فیزیکی با پوست نیاز دارند، که این امر استفاده از آن‌ها را در شرایط حساس، مانند مراقبت از زخم یا افراد دارای پوست شکننده، محدود می‌کند. دستگاه ما این محدودیت را با ایجاد محفظه‌ای کوچک و بسته در بالای سطح پوست، برطرف کرده است.»

دریچه‌ای خودکار، ورودی این محفظه را باز و بسته می‌کند تا امکان کنترل دینامیکی تبادل هوا بین محفظه و هوای اطراف فراهم شود. هنگام باز بودن دریچه، گازها به داخل یا خارج محفظه جریان می‌یابند تا اندازه‌گیری پایه انجام شود. سپس دریچه به سرعت بسته می‌شود تا گازها درون محفظه محبوس شوند. از آن‌جا، مجموعه حسگرها تغییرات غلظت گازها را در طول زمان ثبت می‌کنند.

راجرز توضیح می‌دهد: «اگر دستگاه ما دریچه‌ی قابل برنامه‌ریزی و روش اندازه‌گیری دینامیکی زمانی نداشت، داده‌ها ممکن بود تحت تأثیر نوسانات طبیعی غلظت این گازها در محیط اطراف قرار گیرد. اگر دریچه همیشه باز می‌بود، حسگر تغییرات گازها را ثبت می‌کرد که منشأ آن پوست نبود. در مقابل، اگر دریچه همیشه بسته می‌بود، الگوی طبیعی تبادل گاز با محیط مختل می‌شد. برای افرادی که در محیط‌های پرخطر کار می‌کنند، دانستن میزان ورود مواد شیمیایی مضر از طریق پوست، بسیار مهم است.»

ایده‌آل برای مراقبت از زخم

این دستگاه از طریق بلوتوث داده‌ها را مستقیماً به گوشی هوشمند یا تبلت ارسال می‌کند تا پایش در لحظه ممکن شود. این داده‌های سریع به



کادر درمان کمک می‌کند تا تصمیمات آگاهانه‌تر و سریع‌تری در مورد درمان زخم و تجویز آنتی‌بیوتیک بگیرند.

از آنجا که بخار آب، CO و VOCs در مقادیر بالا با رشد باکتری‌ها و تأخیر در بهبود زخم‌ها مرتبط هستند، پایش این شاخص‌ها می‌تواند به تشخیص سریع‌تر و مطمئن‌تر عفونت‌ها کمک کند.

امیر می‌گوید: «تجویز آنتی‌بیوتیک برای زخم‌ها گاهی نوعی حدس و گمان است. گاهی تشخیص اینکه زخم عفونی شده یا نه دشوار است. وقتی که نشانه‌ها کاملاً آشکار شوند، شاید خیلی دیر شده باشد و بیمار دچار سپسیس (Sepsis نوعی عفونت کشنده) شود. برای پیشگیری از این وضعیت، پزشکان طیف وسیعی از آنتی‌بیوتیک‌ها را تجویز می‌کنند، که این موضوع منجر به مقاومت آنتی‌بیوتیکی می‌شود، مشکلی که در حال رشد است. اگر بتوان زخم را از نزدیک و به طور پیوسته پایش کرد و در اولین نشانه عفونت، آنتی‌بیوتیک تجویز کرد، گامی بسیار مهم خواهد بود.»

این نوع پایش مداوم برای همه زخم‌ها مهم است، اما برای بیماران دیابتی حیاتی‌تر است. امیر پیش از این روش‌هایی از جمله ژل‌های آنتی‌اکسیدان و پانسمان‌های ترمیمی برای درمان زخم‌های دیابتی توسعه داده است. دو سال پیش، او به همراه راجرز نخستین بانداژ الکترونیکی موقتی را ساخت که با تحریک الکتریکی موجب تسریع بهبود زخم می‌شد. دستگاه پوشیدنی جدید، ابزاری دیگر برای کمک به این بیماران آسیب‌پذیر است.

امیر می‌افزاید: «زخم‌های دیابتی نخستین عامل قطع عضو بدون تروما در سراسر جهان هستند. گاهی به نظر می‌رسد زخم بسته شده، اما عملکرد سد پوستی هنوز بازیابی نشده است. دستگاه ما می‌تواند گازهای خارج شده از



پوست را با دقت اندازه‌گیری کند و این داده‌ها اطلاعات سودمندی درباره عملکرد سد پوستی ارائه می‌دهند.»

ارزیابی کارایی لوسیون‌ها و دافع حشرات

این فناوری نوین نه تنها بینش‌های بی‌سابقه‌ای درباره ترمیم زخم و سلامت پوست ارائه می‌دهد، بلکه می‌تواند راه را برای پیشرفت در پایش کارایی دافع حشرات، کرم‌های پوستی و داروهای سیستمیکی که برای بهبود سلامت پوست طراحی شده‌اند، هموار سازد.

CO و VOCs همان گازهایی هستند که حشرات و پشه‌ها را جذب می‌کنند. بنابراین، اندازه‌گیری این گازها از سطح پوست می‌تواند به درک بهتر از جذابیت انسان برای پشه‌ها و حتی راه‌حل‌های کاهش آن کمک کند. این دستگاه همچنین می‌تواند به متخصصان پوست و بیماران کمک کند تا نفوذ کرم‌ها و لوسیون‌ها به پوست را اندازه‌گیری کنند که این امر می‌تواند اطلاعاتی درباره نفوذپذیری پوست و عملکرد سد پوستی ارائه دهد. این داده‌ها همچنین می‌توانند در توسعه‌ی سامانه‌های مؤثرتر برای انتقال دارو از طریق پوست، پایش اثربخشی داروهای سیستمیک برای بیماری‌های پوستی و ارزیابی ایمنی لوازم آرایشی و بهداشتی مفید باشند.

آینده‌ای برای مراقبت شخصی مبتنی بر پایش غیرتهاجمی

در مرحله‌ی بعد، تیم تحقیقاتی نورث‌وسترن قصد دارد قابلیت‌های این دستگاه را ارتقا دهد، از جمله افزودن حسگری برای پایش تغییرات سطح pH و توسعه‌ی حسگرهای گازی با انتخاب‌پذیری شیمیایی بیشتر، برای



شناسایی زودهنگام اختلالات اندام‌ها و سایر بیماری‌ها.

راجرز می‌گوید: «این بستر پوشیدنی غیرمعمول، روشی کاملاً جدید برای فکر کردن درباره سلامت پوست ارائه می‌دهد. این فناوری تنها در مورد اندازه‌گیری گازها و ویژگی‌های پوستی مرتبط با آن‌ها نیست، بلکه درباره پیش‌بینی سلامت کلی، پیشگیری از عفونت و بیماری و خلق آینده‌ای است که در آن مراقبت شخصی بر پایه‌ی پایش‌آنی، غیرتهاجمی و پیوسته سلامت، از طریق مجموعه‌ای از پارامترهای جدید که مکمل داده‌های دستگاه‌های پوشیدنی سنتی هستند، انجام می‌شود.»

این مطالعه با حمایت مؤسسه زیست‌الکترونیک کوئری-سیمپسون، مرکز مهندسی ترمیمی پیشرفته و مؤسسه ملی دیابت و بیماری‌های گوارشی و کلیوی ایالات متحده (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases) انجام شده است.