

# دنیای نوین بیومواد

- برچسب پرینت‌شده به‌صورت سه‌بعدی، جایگزینی برای تزریق واکسن!
- لبس‌های زیستی، فتوسنتز کننده

## گردآورنده اخبار:



محیا فریدونی، دانشجوی کارشناسی بهداشتی مولدو و متولدنی دانشکده تهران

دانشجوی کارشناسی بهداشتی مولدو و متولدنی دانشکده تهران

## برچسب پرینت‌شده به‌صورت سه‌بعدی، جایگزینی برای تزریق واکسن!

واکسیناسیون از طریق پیچ پوستی با استفاده از میکروسوزن‌های پرینت سه‌بعدی شده، باعث ایجاد ایمنی هموزال و ایمنی سلولی قوی‌تری نسبت به واکسیناسیون تزریقی می‌شود.

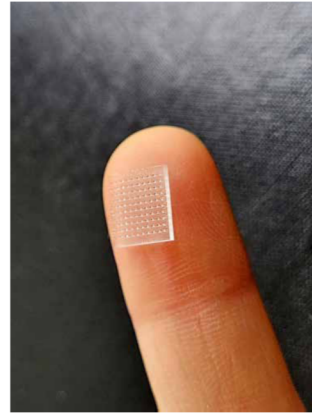
دانشمندان دانشگاه استنفورد و دانشگاه کارولینای شمالی، یک برچسب واکسن مجهز به میکروسوزن را با تکنولوژی پرینت سه‌بعدی ساخته‌اند که نسبت به واکسن تزریقی کمتری عملکرد بهتری در تقویت ایمنی دارد. این برچسب که به‌صورت مستقیم روی پوست قرار می‌گیرد، حاوی سلول‌های ایمنی است که هدف واکسن هستند.

واکسیناسیون از طریق پیچ پوستی با استفاده از میکروسوزن‌های پرینت سه‌بعدی شده، باعث ایجاد ایمنی هموزال و ایمنی سلولی قوی‌تری نسبت به واکسیناسیون تزریقی می‌شود.

ایمنی هموزال: ایمنی هموزال نوعی از دفاع اختصاصی (دستگاه ایمنی تطبیقی) است که در آن پادتن‌ها به عنوان ریزمولکول‌های واسطه، وارد عمل می‌شوند. این نوع از ایمنی به‌دلیل ماهیت خود، که از طریق مایعات بدن انجام می‌گیرد، ایمنی هموزال نام گرفته‌است. این سیستم که در بیشتر مهره‌داران وجود دارد، از اجزای مولکولی و سلولی تشکیل می‌شود که در فرایند ایمنی بدن نقش دارند و به‌صورت اختصاصی اثر، به مقابله با خطرات می‌پردازند. لنفوسیت‌های B هنگامی که برای نخستین بار به آنتی‌ژن متصل می‌شوند، رشد می‌یابند، تقسیم می‌شوند و طی تغییراتی به پلاسماوسیت و سلول‌های B خاطره تبدیل می‌شوند. پلاسماوسیت‌ها پروتئین‌هایی به نام پادتن ترشح می‌کنند که در خون محلول هستند.

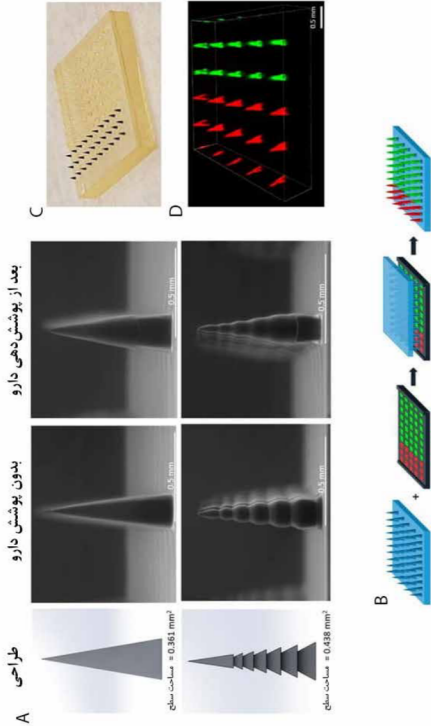
ایمنی سلولی: واکسن ایمنی سلولی یک پاسخ ایمنی است که شامل آنتی‌بادی نیست بلکه حاصل فعال شدن فاکتوسیت‌ها، لنفوسیت‌های تی سیته و کلسیک مشخص آنتی‌ژن و ترشح انواع پاسخ‌های سلولی است. سلول‌های ایمنی سلولی به میزازه با سلول‌های الوده به مکانیسم ایمنی سلولی به میزازه با سلول‌های الوده به ویروس و باکتری و سلول‌های سرطانی می‌پردازد. در این روش، لنفوسیت‌های T نقش اصلی را دارند. این سلول‌ها پس از اتصال با آنتی‌ژن خاص، تکثیر پیدا می‌کنند و انواعی از سلول‌های T را به‌وجود می‌آورند.

ایمنی هموزال و ایمنی سلولی، دو نوع ایمنی اختصاصی می‌باشند که از بدن در برابر عوامل آسیب‌رسان مانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و سموم دفاع می‌کنند. تفاوت مکانیسم پاسخ این دو ایمنی در برابر عوامل آسیب‌رسان در این است که در ایمنی سلولی، برای میزازه با سلول‌های الوده به ویروس، باکتری یا قارچ و سلول‌های سرطانی در بدن، سلول‌های خاصی به نام لنفوسیت به‌عامل بیگانه بدین سلول‌ها می‌کنند و با القای مرگ سلولی در سلول‌های بیگانه، آن‌ها را از بین می‌برند. اما ایمنی هموزال نوعی پاسخ وابسته به آنتی‌بادی در مقابل ورود ویروس‌ها یا باکتری‌ها به بدن است. پس از ورود عوامل آسیب‌رسان به داخل بدن، تولید آنتی‌بادی‌ها (پروتئین‌های سنگینی به اندازه تقریباً ۱۰ نانومتر) شروع می‌شود که این



1 Transdermal Patch  
2 Humoral immunity  
3 Cellular immunity

از نظر شاوین تیان<sup>۶</sup>، نویسنده و محقق دانشگاه کارولینای شمالی، به‌طور کلی، تطبیق میکروسوزن‌ها برای انواع مختلف واکنش یک چالش است. پیش از این برای ساخت میکروسوزن‌ها از قالب استفاده می‌شد که مشکلات خاص خود را داشت. جمله آن که با تکرار قالب‌گیری از تیزی سوزن کاسته می‌شد؛ اما در روش چاپ سه‌بعدی این میکروسوزن‌ها به‌صورت مستقیم چاپ می‌شوند که از نظر طراحی، امکان ساخت سوزن‌ها با بهترین عملکرد و هزینه را فراهم می‌کند. میکروسوزن‌ها در دانشگاه کارولینای شمالی با استفاده از یک نمونه‌ی اولیه چاپگر سه‌بعدی<sup>۷</sup> CLIP<sup>۷</sup> که دی‌سلیمین اختراع کرد، تولید شده‌است. گروهی از میکروبیولوژیست‌ها و مهندسان شیمی در حال انجام تحقیقاتی برای مجهر کردن این میکروسوزن‌ها به واکنش‌های RNA، مانند واکنش COVID-19 شرکت‌های Moderna و هستند.



شکل ۲. (A، B) تصاویر ESEM<sup>۸</sup> از پرچسب واکنش (B)؛ تصاویر ESEM<sup>۸</sup> از پرچسب واکنش (C)؛ تصویر ESEM<sup>۸</sup> از پرچسب واکنش (D)؛ تصویر فلورسانس

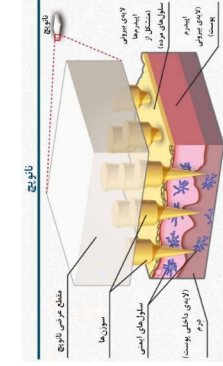
بیماری همه‌گیر COVID-19 اهمیت واکنش‌های بی‌موقع را به‌وضوح نشان داد. اما معمولاً دریافت واکنش نیازمند مراجعه به درمانگاه یا بیمارستان است. عواملی چون ضرورت حمل و نقل واکنش در دمای پایین و نیاز به نیروی آموزش دیده برای تزریق واکنش می‌توانند مانع واکنش‌های دسته‌جمعی شوند. در حالی که پرچسب‌های واکنش که حاوی میکروسوزن‌های آغشته به واکنش هستند که در پوست حل می‌شوند، به‌راحتی قابل حمل به سرتاسر جهان هستند و هر فرد می‌تواند به‌تنهایی از آن‌ها استفاده کند. در نهایت، سهولت استفاده از پرچسب واکنش منجر به افزایش نرخ واکنش‌های بی‌موقع می‌شود.

۶ Shaomin Tian  
۷ Continuous liquid interface production

منابع

[1] Caudill, Cassie, et al. "Transdermal vaccination via 3D-printed microneedles induces potent humoral and cellular immunity." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118.39 (2021).

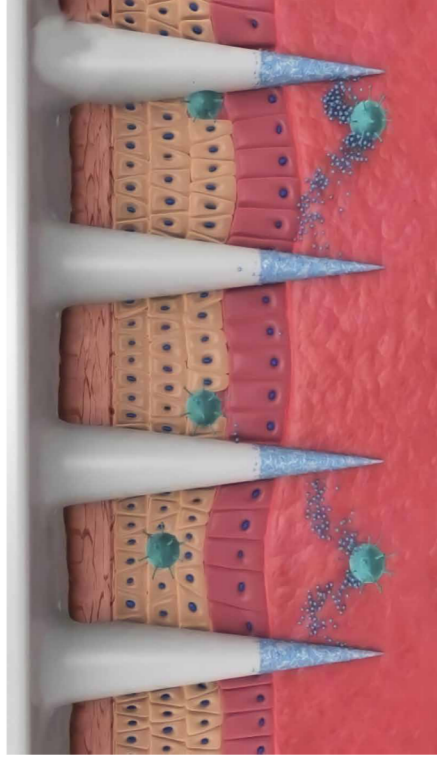
[2] Transdermal vaccination via 3D-printed microneedles induces potent humoral and cellular immunity 2021, Cassie Caudill, Jillian L. Perry, Kimon Iliadis, Addis T. Tessema, Brian J. Lee, Beverly S. Mecham, Shaomin Tian, and Joseph M. DeSimone.



شکل ۱. شماتیک عملکرد پرچسب واکنش

آنتی‌بادی‌ها به آنتی‌ژن عامل بیگانه وصل شده و مانع اتصال آن به سلول‌های بدن می‌شوند و به سیستم ایمنی کمک می‌کنند تا زودتر عامل بیگانه را بلعیده و از بین ببرد. عوامل تولید آنتی‌بادی در بدن باقی می‌مانند و پس از تماس مجدد با عامل بیماری‌زا در آینده، سریع‌تر آن را شناسایی کرده و مقدار زیادی آنتی‌بادی با سرعت بیشتر تولید می‌کنند. در نتیجه در مواجهه‌های بعدی با عامل بیگانه، آنتی‌بادی با مقدار و سرعت بیشتری ایجاد شده و مبارزه با شدت بیشتری انجام می‌شود.<sup>\*\*\*</sup>

دانشمندان دانشگاه استنفورد و دانشگاه کارولینای شمالی، یک پرچسب واکنش مجهز به میکروسوزن را با تکنولوژی پرینت سه‌بعدی ساخته‌اند که نسبت به واکنش تزریقی کنونی عملکرد بهتری در تقویت ایمنی دارد. این پرچسب که به‌صورت مستقیم روی پوست قرار می‌گیرد، حاوی سلول‌های ایمنی است که هدف واکنش هستند. طبق تحقیقات انجام‌شده توسط این گروه روی نمونه‌های حیوانی که در مجموعه مقالات آکادمی ملی علوم منتشر شده‌است؛ پاسخ ایمنی حاصل از این پرچسب واکنش ۱۰ برابر بیشتر از واکنش‌هایی است که با استفاده از سرنگ به عضله یا تزریق می‌شوند. پیشرفت بزرگ به‌دست‌آمده در این تحقیق، در واقع میکروسوزن‌هایی است که با استفاده از چاپگر سه‌بعدی روی نگه‌های پلیمر چاپ شده‌اند. این میکروسوزن‌ها می‌توانند از جنس فلز، سیلیکون یا پلیمر باشند و به‌اندازه‌ای بلند هستند که به پوست برسند و واکنش را تحویل دهند. سطح میکروسوزن‌ها با مواد درمانی پوشیده می‌شوند یا از مواد تجزیه‌پذیری ساخته می‌شوند که مواد درمانی را در خود محصور می‌کنند.



شکل ۱- شماتیک عملکرد پرچسب واکنش

به‌گفته‌ی جوزف دی‌سایمن<sup>۵</sup>، نویسنده‌ی مقاله و کارآفرین حوزه‌ی پرینت سه‌بعدی و استاد دانشگاه استنفورد و کارولینای شمالی، هدف از ایجاد این فناوری، گسترش هرچه سریع‌تر واکنش‌های بی‌موقع در سرتاسر جهان با میزان دوز مورد نیاز کمتر و به روشی عاری از درد و ناراحتی است. سهولت و اثر بخشی پرچسب واکنش، مسیر جدیدی برای ارائه‌ی واکنش‌های بی‌موقع در پرچسب‌های مجهز به میکروسوزن از چندین دهه پیش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. پروژه‌ی انجام‌شده توسط دانشگاه کارولینا و استنفورد بر بعضی از چالش‌های گذشته غلبه کرده‌است. از میکروسوزن‌های چاپ سه‌بعدی‌شده در این تحقیق می‌توان برای واکنش‌هایی مانند آنفلوآنزا، سرخک، هپاتیت و کرونا استفاده کرد.

۴ Proceedings of the National Academy of Sciences  
۵ Joseph M. DeSimone

جنبه‌ی زنده این منسوجات، باعث تغییر رابطه‌ی کاربران با لباس هایشان می‌شود و رفتارهای حول عادات مصرف‌محور انسان‌ها را به سوی ایجاد آینده‌ای پایدار تغییر می‌دهد. برای ساخت پارچه برای بايوگارمنتری، یک نوع جلبک سبز تک‌سلولی به نام *Chlamydomonas Reinhardtii* را با نانوبیومرها می‌ریسند. نتیجه که شبیه پارچه‌ی کتان می‌شود، اولین پارچه‌ی زنده و فتوسنتزکننده‌ای است که تا به حال ساخته شده‌است.



کسانی که به‌جای مشارکت در ساخت لباس‌های مصنوعی مخرب برای محیط زیست که بعد از چند بار استفاده دور انداخته می‌شوند، بايوگارمنتری را می‌پوشند؛ باید همان‌طور که از یک گیاه مراقبت می‌کنند از لباس مراقبت کنند تا آن را زنده نگه دارند. بايوگارمنتری با قرار گرفتن در معرض نور خورشید فعال می‌شود. صاحبان این لباس‌ها، به‌جای شستن آن‌ها فقط باید هفته‌ای یک بار با اسپری به آن آب پاشند.

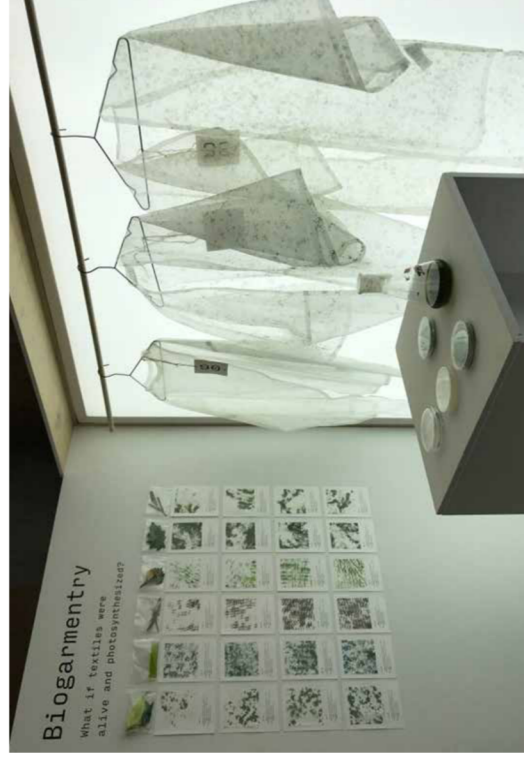


## لباس‌های زیستی فتوسنتزکننده

رونا عقیقی، طراح ایرانی-کانادایی، لباس‌هایی از جنس جلبک ساخته‌است که به‌عنوان یک محصول پایدار در دنیای مُد، کربن‌دی‌اکسید را از طریق فتوسنتز به اکسیژن تبدیل می‌کند.



این لباس‌ها که بايوگارمنتری نام دارند، نمود پارچه‌ی ساخته‌شده از سلول‌های زنده‌ی فتوسنتزکننده هستند. این منسوجات زیستی که موجودات زنده‌ای هستند، در همکاری بین دانشگاه بریتیش کلمبیا (UBC) و دانشگاه کانادا تولید شدند که با تبدیل کربن‌دی‌اکسید به اکسیژن تنفس می‌کنند. این پروژه در بخش طراحی پایدار برای جایزه *Dezeen 2019*، کاندید شده بود.



۱ Biogarmentry  
۲ Dezeen Awards 2019



عقیقی می‌گوید: "با زنده کردن منسوجات، کاربران وابستگی احساسی به لباس خود پیدا می‌کنند. از آن‌جا که چرخه‌ی حیات منسوجات زنده‌ی فتوسنتزکننده مستقیماً به نحوه‌ی مراقبت از آن بستگی دارد، مراقبت از لباس‌ها اهمیت خود را مجدداً به‌دست خواهد آورد."

همچنین با تبدیل کریل‌دی‌اکسید به اکسیژن، لباس‌ها محیط مجاور کاربر را بهبود می‌بخشند و پوشیدن این لباس به‌صورت دسته‌جمعی می‌تواند به تنظیم انتشار کریل کمک کند. بعد از اتمام استفاده‌ی کاربر از لباس، می‌توان آن را به کمپوست تبدیل کرد. در حال حاضر انتظار می‌رود که این منسوجات حدود یک ماه عمر کنند؛ اما در صورتی که به‌درستی از آن مراقبت شود، این دوره می‌تواند افزایش یابد.

مطالعه‌ی امکان‌سنجی بائوگامنتری، به‌عنوان یک اقدام مشترک توسط آزمایشگاه مواد و فرایندهای مهندسی پیشرفته و آزمایشگاه گیاهشناسی در دانشگاه بریتیش کلمبیا انجام گرفت. عقیقی در حال حاضر طراح مقیم آزمایشگاه تجربه‌ی مواد در هلند است.

۲ کمپوست (Compost) به مواد آلی گفته می‌شود که در طول زمان با جمع شدن در یک محوطه یا ظرف دچار پوسیدگی و تجزیه می‌شوند. کمپوست معمولاً به‌عنوان بقایای مواد آلی شناخته می‌شود که می‌تواند به تنه‌ی و غنی کردن خاک کمک کند.

## منبع

[1] <https://www.dezeen.com/2019/10/02/biogrammetry-rova-aghighi-living-clothes-photosynthesis/ezeen>.  
Biogrammetry clothes can photosynthesize like plants

