چهار شنبه 25 مرداد 1402 - 06:22

# ابداع یک پوست الکترونیکی انعطاف‌پذیر مشابه پوست انسان

پژوهشگران چینی، یک پوست الکترونیکی چندلایه مشابه پوست انسان ابداع کرده‌اند که در زمینه‌های گوناگونی از رباتیک گرفته تا پزشکی از راه دور کاربرد دارد.

پژوهشگران چینی، یک پوست الکترونیکی چندلایه مشابه پوست انسان ابداع کرده اند که در زمینه های گوناگونی از رباتیک گرفته تا پزشکی از راه دور کاربرد دارد.

**به گزارش ایسنا و به نقل از ادونسد ساینس نیوز، پوست بزرگ ترین اندام بدن انسان است که عملکردهای بی شماری دارد. «پوست های الکترونیکی»(E-skins)، تجهیزات الکترونیکی بسیار انعطاف پذیر و زیست سازگار مبتنی بر پلیمر هستند که برای تقلید از عملکرد پوست چندلایه انسان طراحی شده اند.**

پوست های الکترونیکی که حس لامسه دارند، می توانند به بیماران پیوند عضو کمک کنند تا راحت تر با پاسخ مناسب به محرک های تعریف شده سازگار شوند. جالب توجه است که پوست های الکترونیکی را می توان بیشتر در رباتیک به کار برد و برای مثال، از آنها برای توسعه هوش مستقل دستگاه ها استفاده کرد.

یک گروه پژوهشی از «دانشگاه دونگهوا»(Donghua University) و «آکادمی علوم چین»(CAS) به سرپرستی «لیمینگ وانگ»(Liming Wang) و «یین چنگ»(Yin Cheng) اساتید این مراکز پژوهشی تصمیم گرفتند با طراحی پوست الکترونیکی موسوم به «SPRABE-skin»، از ساختار چندلایه و عملکرد پوست انسان تقلید کنند. این پوست الکترونیکی از چندین لایه مجزا تشکیل شده است. لایه ها به طور متوالی از طریق فرآیندی ایجاد می شوند که مقیاس پذیری و تکرارپذیری را تضمین می کند تا دوام و عملکرد مواد مورد استفاده اطمینان بخش باشد.

پوست الکترونیکی SPRABE-skin امکان دریافت سیگنال های زیستی گوناگون مانند «الکتروکاردیوگراف»(ECG)، «الکترومیوگراف»(EMG)، «الکتروانسفالوگراف»(EEG) را فراهم می کند.

پژوهشگران این پروژه، ارائه یک سیستم مراقبت از سلامت انسان مبتنی بر SPRABE-skin را برای نظارت بلندمدت و پویا بر فرآیندهای فیزیکی در طول تمرینات و سایر فعالیت ها در نظر دارند.

یین چنگ در مصاحبه با ادونسد ساینس نیوز، شرحی را در مورد دنیای هیجان انگیز پوست های الکترونیکی ارائه داد.

**پوست های الکترونیکی چه هستند و در کجا کاربرد پیدا می کنند؟**

**چنگ: پوست الکترونیکی نوعی پوست مصنوعی با انعطاف مکانیکی و قابلیت درک محرک های بیرونی است. ترکیب سازگاری بالا با سطوح ساختاربندی نشده و توانایی دریافت چند سیگنال، پوست الکترونیکی را به گزینه مناسبی برای پزشکی از راه دور و رباتیک هوشمند تبدیل می کند. به عنوان مثال، هنگامی که پوست الکترونیکی روی ربات ها قرار می گیرد، حسگر مکانیکی می تواند با بهبود حساسیت و ایمنی در کارهای بسیار تعاملی انسانی مانند مراقبت از سالمندان، هوش مستقل آنها را توسعه دهد.**

مثال دیگر اینکه با اتصال پوست الکترونیکی به بدن انسان، سیگنال های گوناگون مرتبط با سلامتی را می توان بدون تأثیر گذاشتن بر حرکات بدن جمع آوری کرد تا امکان نظارت شخصی سازی شده بر سلامت برای تشخیص اولیه فراهم شود.

**می توانید در مورد پوست الکترونیکی SPRABE-skin به ما بگویید؟ چه چیزی الهام بخش ابداع آن شد؟**

**چنگ: اسپری کردن و ریسندگی الکترواستاتیکی، روش های تولیدی با توان بالا و مقیاس پذیر هستند. یکنواختی، ضخامت و انعطاف پذیری پوشش را می توان به راحتی از طریق اندازه قطرات، فاصله اسپری کردن و زمان اسپری کردن تنظیم کرد. این یک روش آماده سازی در مقیاس بزرگ است که معمولا در تولید صنایع گوناگون مانند خودروسازی، هوانوردی، دفاع ملی و انرژی استفاده می شود. ما با الهام از ساختار چندلایه پوست انسان برای عملکردهای چندگانه، SPRABE-skin را با «لایه محافظ»(لایه P)، «لایه سنجش فشار»(لایه S)، «لایه ایزوله»(لایه I) و «لایه الکترود»(لایه E) طراحی کردیم.**

لایه محافظ به مقاومت کردن در برابر اثرات بیرونی کمک می کند، لایه سنجش فشار و لایه الکترود به ترتیب سیگنال های فشار و پتانسیل زیستی را جمع آوری می کنند و لایه ایزوله از تداخل سیگنال بین سنجش بیومکانیکی و بیوالکتریک جلوگیری می کند.

**از چه موادی برای ساخت SPRABE-skin استفاده شد تا بتواند از نمونه واقعی تقلید کند؟**

**چنگ: SPRABE-skin با استفاده از لایه نانوالیاف TPU الکتروریسی شده با مواد رسانا مانند نانولوله های کربنی، «مکسین»(MXene) و پلی اورتان پایه آب به عنوان مواد پیونددهنده برای تقلید از ساختار پوست انسان مونتاژ می شود. نانولوله های کربنی رسانا و مکسین روی لایه فیبر الکتروریسی شده TPU به عنوان لایه حسگر چیده شده اند که رشته های عصبی پوست انسان را شبیه سازی می کنند.**

هنگامی که نیروی بیرونی اعمال می شود و فشار پدید می آید، محرک مکانیکی بیرونی از طریق تغییر مقاومت بازخورد می گیرد. مکسین و پلی اورتان پایه آب به عنوان لایه های الکترود استفاده می شوند که رسانایی و چسبندگی خوبی را به صورت هم زمان فراهم می کنند تا امکان انتقال سیگنال های بیوالکتریکی فراهم شود.

**این فناوری چه تفاوتی با سایر نمونه های نوع خود دارد؟**

**چنگ: در مقایسه با روش های متداول ساخت حسگرهای سنجش فشار، روش ما برای ترکیب کردن الکتروریسی و اسپری برای**

ساختن لایه به لایه پوست الکترونیکی، مزایایی از نظر مقیاس پذیری، تکرارپذیری و کنترل پذیری ویژگی های مواد دارد.

SPRABE-skin را چگونه درست می کنید؟ می توانید در مورد راهبرد ساخت مقیاس پذیر آن به ما بگویید؟

چنگ: ابتدا ترکیب مکسین و نانولوله های کربنی به عنوان لایه حسگر روی سطح لایه نانوالیاف TPU الکتروریسی شده اسپری شد و سپس لایه های TPU به ترتیب به عنوان لایه ایزوله و لایه محافظ در هر دو طرف مرحله الکتروریسی را پشت سر گذاشتند. در نهایت ترکیب مکسین و پلی اورتان پایه آب به عنوان لایه الکترود روی سطح لایه ایزوله اسپری شد. روش آماده سازی عمدتا شامل فرآیند ریسندگی الکترواستاتیک و اسپری است که معمولا در فرآیند تولید صنعتی برای دستیابی به تولید در مقیاس بزرگ استفاده می شود.

این پوست های الکترونیکی چقدر مقرون به صرفه هستند؟

چنگ: روش های الکتروریسی و اسپری در صنعت به بلوغ رسیده اند و به تجهیزات خاصی نیاز ندارند. مواد مورد استفاده در پوست الکترونیکی ما، پلی اورتان پایه آب و نانولوله های کربنی هستند که روش ها و فرآیندهای تولید صنعتی بسیار ارزانی دارند. مکسین هزینه بیشتری دارد اما مقدار مورد نیاز ما بسیار کم است و با تولید در آزمایشگاه خودمان می توان هزینه را تا اندازه قابل توجهی کاهش داد.

چرا مقیاس پذیری/تولید انبوه در راهبرد شما مهم است؟

چنگ: با تنوع عملکردهای پوست الکترونیکی، زمینه های کاربردی بیشتر و گسترده تر می شوند و تنها به رباتیک، تشخیص پزشکی و پروتز محدود نیستند. استفاده از پوست الکترونیکی در مقیاس بزرگی از کاربردهای عملی، الزامات بیشتری را برای تولید مطرح می کند. در حال حاضر، تولید پوست های الکترونیکی چندمنظوره در مقیاس بزرگ به دلیل مواد گران قیمت، فرآیند آماده سازی پیچیده و تجهیزات نیازمند پردازش ویژه، کار دشواری است که مشکلاتی را در توسعه و کاربرد پوست الکترونیکی ایجاد می کند.

هر چند وقت یک بار می توان از SPRABE-skin استفاده مجدد کرد و آیا دفع آن سازگار با محیط زیست است؟ آیا این موضوعی است که باید در نظر گرفته شود؟ چرا؟

چنگ: مدت زمان کارآمد، چرخه های استفاده مجدد و حفاظت از محیط زیست برای پوست الکترونیکی بسیار مهم است. آزمایش هایی روی SPRABE-skin انجام شده اند تا اطمینان حاصل شود که حداقل ۴۸ ساعت بدون جدا شدن و حفظ سیگنال پایدار به سطح پوست می چسبد. علاوه بر این، SPRABE-skin همچنان می تواند نیروی چسبندگی کافی را برای دستیابی به عملکرد حسی خوب پس از ۱۶ چرخه اتصال-جداسازی تضمین کند. پس از پایان یافتن مدت زمان سرویس، SPRABE-skin را می توان در اتانول خیس کرد تا پلی اورتان پایه آب حل شود و سپس، نانولوله های کربنی و مکسین را با سانتریفیوژ برای بازیافت جمع آوری کرد.

شما در پژوهش اخیر خود، توانایی SPRABE-skin را در جمع آوری داده های مورد نیاز برای نوار قلب نشان داده اید. این چه تفاوتی با نوار قلب معمولی دارد؟

چنگ: دریافت نوار قلب به صورت سنتی عمدتا توسط الکترودهای ژل «Ag/AgCl» انجام می شود که می توانند سیگنال های پایدار را در شرایط استاتیک جمع آوری کنند اما در شرایط دینامیک(مانند حرکات بدن و شرایط زیر آب) به اعوجاج شدید سیگنال یا حتی از دست دادن سیگنال دچار می شوند. SPRABE-skin می تواند مجموعه ای پایدار از سیگنال های نوار قلب را در شرایط پویا دریافت کند و با ارائه یک رابط قوی پوست-الکترود، اعوجاج سیگنال را سرکوب کند.

چگونه می توان از SPRABE-skin در محیط بالینی یا خانگی استفاده کرد؟

چنگ: از آنجا که SPRABE-skin می تواند با حرکت بی درنگ بدن و سیگنال های الکتروفیزیولوژیکی سازگار شود، می توان آن را در یک سیستم نظارت بی سیم پوشیدنی برای گروه های مسن و معلول ادغام کرد تا در تمام روز کاربرد داشته باشد. چنین برنامه های مبتنی بر SPRABE-skin می توانند بازخورد ثابتی را در رابطه با حرکت انسان و سیگنال های نوار قلب را برای گزارش کردن رویدادهای تصادفی ارائه دهند.

آیا نسخه ای از SPRABE-skin را برای آینده تصور می کنید که شاید بتواند به عنوان یک پوست مصنوعی عمل کند و به افراد آسیب دیده در اثر سوختگی یا حوادث مشابه کمک کند؟

چنگ: سیستم های پوشیدنی مبتنی بر SPRABE-skin در حال حاضر برای دریافت سیگنال های بیومکانیکی و بیوالکتریکی طراحی شده اند که برای تجزیه وتحلیل بیشتر به تلفن های همراه هوشمند منتقل می شوند. برای این که SPRABE-skin بتواند به عنوان یک پوست مصنوعی عمل کند، باید یک سیستم محرک را با آن ادغام کنیم که سیگنال های لمسی روی SPRABE-skin را به لرزش یا تحریک الکتریکی قابل درک تبدیل می کند. این کار، چالش های جدیدی را در یکپارچه سازی و کوچک سازی سیستم و همچنین مدولاسیون سیگنال به همراه دارد.

آیا جهت گیری های پژوهشی دیگری نیز وجود دارند که بخواهید آنها را در آینده انجام دهید؟

چنگ: برای پوست الکترونیکی، این عملکرد دارای ابعاد متعددی است که نه تنها به حس مکانیکی و سیگنال های الکتروفیزیولوژیکی محدود است، بلکه حس بصری و بویایی را نیز شامل می شود. علاوه بر این، خودترمیمی و قابلیت بازیافت سازگار با محیط زیست پوست های الکترونیکی نیز تمرکز پژوهشی ما در آینده است.

این پژوهش، در مجله «Advanced Functional Materials» به چاپ رسید.