

## حسگرهای زیستی قابل انعطاف و پوشیدنی برای نظارت بر شرایط سلامت

### چکیده

حسگرهای زیستی انعطاف پذیر و پوشیدنی به دلیل کاربردهای بالقوه فراوان در زمینه بهداشت و پزشکی در دهه گذشته توجه زیادی را به خود جلب نموده‌اند. حسگرهای زیستی پوشیدنی به‌عنوان پلتفرم ایده‌آل برای نظارت بر سلامت به‌طور هم‌زمان و مستمر عمل می‌نمایند که ویژگی‌های منحصر به فردی مانند خود تغذیه<sup>۱</sup>، سبک وزن، هزینه کم، انعطاف پذیری بالا، راحتی تشخیص و سازگاری عالی را نشان می‌دهند. این بررسی پیشرفت‌های تحقیقاتی اخیر در حسگرهای زیستی پوشیدنی را معرفی می‌نماید. قبل از هرچیزی، سیالات زیستی که اغلب توسط حسگرهای زیستی پوشیدنی شناسایی می‌شوند، پیشنهاد می‌گردند. سپس، فناوری‌های میکرو نانو ساخت<sup>۲</sup> موجود و ویژگی‌های اساسی حسگرهای زیستی پوشیدنی خلاصه می‌شوند. بعد از آن، نحوه کاربرد و فرآوری اطلاعات آنها نیز در مقاله برجسته شده است. نمونه‌های تحقیقاتی پیشرفته‌ای مانند حسگرهای فشار فیزیولوژیکی پوشیدنی، حسگرهای عرق پوشیدنی<sup>۳</sup>، و حسگرهای زیستی قابل پوشیدن با خود تغذیه به‌طور گسترده معرفی شده‌اند. به عنوان محتوای قابل توجه، مکانیسم تشخیص این حسگرها همراه با مثال‌هایی برای کمک به خوانندگان با جزئیات در درک این زمینه توضیح داده شد. در نهایت، چالش‌های فعلی و چشم‌اندازهای آینده برای پیشبرد این حوزه تحقیقاتی و گسترش کاربردهای عملی در آینده پیشنهاد شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** سنسورهای پوشیدنی، پوست‌های الکترونیکی، سنسورهای عرق، حسگرهای زیستی خود تغذیه

### نتیجه گیری

حسگرهای زیستی انعطاف پذیر و پوشیدنی کاربردهای مهمی در زمینه درمان پزشکی و سلامت پیدا می‌نمایند. این امر می‌تواند نظارت مداوم بر سلامت و تشخیص راحت را در زمان واقعی فعال نماید. همچنین این موضوع به ویژه برای نظارت بر خطرات مختلف سلامتی در زندگی روزمره افراد مهم است. در این بررسی، پیشرفت‌های اخیر در حسگرهای زیستی انعطاف پذیر و پوشیدنی با تمرکز بر اصول، روش‌ها و کاربردها مورد بحث قرار می‌گیرد. روش‌های مختلف میکروساخت در این مقاله معرفی شده‌اند که برای بهبود عملکرد حسگرهای زیستی مفید است. با این حال، چالش‌ها و محدودیت‌های زیادی در مورد حسگرهای زیستی برای کاربرد بیشتر و تجاری سازی وجود

<sup>1</sup> Self-powered

<sup>2</sup> Micro-nanofabrication

<sup>3</sup> Wearable sweat sensors

دارد. به عنوان مثال، وضوح محدود فناوری‌های میکرو/نانو ساخت منجر به مشکلات بزرگی در تهیه حسگرهای زیستی یکپارچه چند منظوره می‌شود. علاوه بر این، از فناوری‌های مختلف رسوب‌گذاری برای ساخت الکترودهای حسگر استفاده می‌شود که انعطاف‌پذیری تجهیزات و پایداری سیگنال‌های خروجی را کاهش می‌دهد. عدم تطابق مکانیکی بین تجهیز الکترونیکی و بافت زیستی یکی دیگر از مسائل بزرگ در هنگام بدست آوردن سیگنال‌های پایدار است. به طور کلی، الکترودهای حسگر مدول الاستیک بسیار بزرگتری نسبت به بافت‌های زیستی نشان می‌دهند، که منجر به رابط‌های تماسی پایین‌تر می‌شود که باعث تلفات سیگنال<sup>۱</sup> می‌گردد. به این ترتیب، تلاش‌های بیشتری جهت اختصاص دادن به این زمینه برای غلبه بر چالش‌های فعلی و الهام بخشیدن به برنامه‌های خلاقانه‌تر تشویق می‌شود.

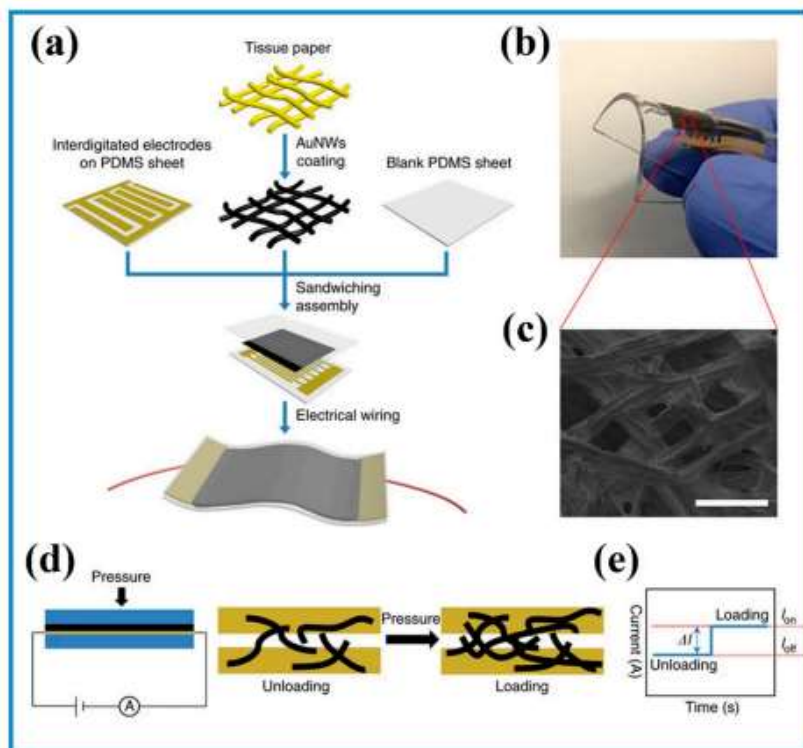
#### Reference:

Song Z, Zhou S, Qin Y, Xia X, Sun Y, Han G, Shu T, Hu L, Zhang Q. Flexible and Wearable Biosensors for Monitoring Health Conditions. *Biosensors*. 2023 Jun 7;13(6):630.

DOI: 10.3390/bios13060630.

---

<sup>1</sup> Signal losses



**Figure 4.** (a) Schematic illustration of the fabrication of a flexible sensor. Images showing (b) the bendability of the sensor, (c) the morphology of Au NWs-coated tissue fibers (scale bar = 100  $\mu\text{m}$ ). (d) Schematic illustration of the sensing mechanism. (e) Current changes in responses to loading and unloading. Reproduced with permission [140]. Copyright, 2014, Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers Limited.