<http://www.livescience.com/53806-flexible-bioelectronics-innovations.html>

**Body Bioelectronics: 5 Technologies that Could Flex with You**

No more tough breaks. As "smart" electronics get smaller and softer, scientists are developing new medical devices that could be applied to — or in some cases, implanted in — our bodies. And these soft and stretchy devices shouldn't make your skin crawl, because they're designed to blend right in, experts say.

We want to solve the mismatch between rigid wafer-based electronics and the soft, dynamic human body, said Nanshu Lu, an assistant professor of aerospace engineering and engineering mechanics at the University of Texas at Austin.

Lu, who previously studied with John Rogers, a soft-materials and electronics expert at the University of Illinois Urbana-Champaign, focuses her research on stretchable bioelectronics. Lu and her colleagues have invented a cheaper and faster method for manufacturing electronic skin patches called epidermal electronics, reducing what was a multiday process to 20 minutes. [Bionic Humans: Top 10 Technologies]

Lu spoke with Live Science about emerging bioelectronics that are smart and flexible enough to essentially meld with the human body. From the latest advancements in smart tattoos to injectable brain monitoring to stretchable electronics for drug delivery, here are five fascinating technologies that could soon be on (or inside) your body.

Smart temporary tattoos

"When you integrate electronics on your skin, it feels like part of you," Lu said. "You don't feel it, but it is still working." That's the idea behind "smart" temporary tattoos that John Rogers and his colleagues are developing. Their tattoos, also known as biostamps, contain flexible circuitry that can be powered wirelessly and are stretchy enough to move with skin.

These wireless smart tattoos could address clinically important — but currently unmet — needs, Rogers told Live Science. Although there are numerous potential applications, his team is focused now on how biostamps could be used to monitor patients in neonatal intensive care units and sleep labs. MC10, the Massachusetts-based company Rogers helped start, is conducting clinical trials and expects to launch its first regulated products later this year.

Skin-mounted biochemical sensors

Another new body-meld technology in development is a wearable biochemical sensor that can analyze sweat through skin-mounted devices and send information wirelessly to a smartphone. These futuristic sensors are being designed by Joseph Wang, a professor of nanoengineering at the University of California, San Diego, and director of the Center for Wearable Sensors.

"We look at sweat, saliva and tears to provide information about performance, fitness and medical status," Wang told Live Science.

Earlier this year, members of Wang's lab presented a proof-of-concept, flexible, temporary tattoo for diabetics that could continuously monitor glucose levels without using needle pricks. He also led a team that created a mouth-guard sensor that can check levels of health markers that usually require drawing blood, like uric acid, an early indicator for diabetes and gout. Wang said the Center for Wearable Sensors is pushing to commercialize these emerging sensor technologies with the help of local and international companies.

Nanomaterial drug delivery

Dae-Hyeong Kim, an associate professor of chemical and biological engineering at Seoul National University in South Korea, and his colleagues are pursuing nanotechnologies to enable next-generation biomedical systems. Kim's research could one day yield nanomaterial-enabled electronics for drug delivery and tissue engineering, according to Lu. "He has made stretchable memory, where you can store data on the tattoo, " she said. [10 Technologies That Will Transform Your Life]

In 2014, Kim's research group made a stretchable, wearable electronic patch that contains data storage, diagnostic tools and medicine. "The multifunctional patch can monitor movement disorders of Parkinson's disease," Kim told Live Science. Collected data gets recorded in the gold nanoparticle device’s memory.

When the patch detects tremor patterns, heat and temperature sensors inside it release controlled amounts of drugs that are delivered through carefully designed nanoparticles, he explained.

Injectable brain monitors

Although implantable technology exists for monitoring patients with epilepsy or brain damage, Lu pointed out that these devices are still sharp and rigid, making long-term monitoring a challenge. She compared soft brain tissue to a bowl of tofu constantly in motion. "We want something that can measure the brain, that can stimulate the brain, that can interact with the brain — without any mechanical strain or loading," she said.

Enter Charles Lieber, a Harvard University chemistry professor whose research group focuses on nanoscale science and technology. His group's devices are so small that they can be injected into brain tissue through a needle. After injection, nanoscale electronic mesh opens up that can monitor brain activity, stimulate tissue and even interact with neurons. "That," said Lu, "is very cutting edge."

Long-term implantable devices

Stéphanie Lacour and Grégoire Courtine, scientists at the École Polytechnique Fédérale de Lausanne's School of Engineering, announced in early 2015 that they had developed a new implant for treating spinal cord injuries. The small e-Dura device is implanted directly on the spinal cord underneath its protective membrane, called the dura mater. From there, it can deliver electrical and chemical stimulation during rehabilitation.

The device's elasticity and biocompatibility reduce the possibility of inflammation or tissue damage, meaning it could stay implanted for a long time. Paralyzed rats implanted with the device were able to walk after several weeks of training, the researchers reported in the journal Science.

Lu called e-Dura one of the best-functioning, long-term implantable flexible stimulators. "It shows the possibilities of using implantable, flexible devices for rehabilitation and treatment," she said.

Meanwhile, technologies that replicate human touch are growing increasingly sophisticated. Stanford University chemical engineering professor Zhenan Bao has spent years developing artificial skin that can sense pressure and temperature and heal itself. Her team's latest version contains a sensor array that can distinguish between pressure differences like a firm or limp handshake.

Lu said she and her colleagues in this highly multidisciplinary field hope to make all wafer-based electronics more epidermallike. "All those electronic components that used to be rigid and brittle now have a chance to become soft and stretchable," she said.

Биоэлектроника тела: 5 Технологий, которые Могли Согнуть с Вами

**Пять биотехнологий, которые всегда с вами**

**Ученые представили ТОП-5 умных и гибких биотехнологий**

Более никаких жестких соединений. Так как «умная» электроника становится все меньше и мягче, ученые разрабатывают новые медицинские устройства, которые можно прикрепить или, в некоторых случаях, имплантировать в наши тела. И эти мягкие и эластичные устройства не должны вызывать мурашки по коже, потому что они разработаны для слияния с ней», - говорят эксперты.

«Мы хотим решить несовместимость между расположенной на жесткой подложке электроникой и мягким динамическим человеческим телом», - сказала Наншу Лу, доцент аэрокосмической техники и инженерной механики из Техасского университета в Остине.

Лу, которая ранее училась с экспертом по электронике и мягким материалам Джоном Роджерсом в Иллинойском университете в Урбане-Шампейне, сосредотачивает свое исследование в области эластичной биоэлектроники. Лу и ее коллеги изобрели более дешевый и более быстрый метод для производства электронных участков кожи, названный эпидермальной электроникой, уменьшив многодневный процесс до 20 минут.

Лу сообщила о появившейся умной и достаточно гибкой биоэлектронике, которая действительно может слиться с человеческим телом. Последним достижением являются умные татуировки, предназначенные для подачи лекарств посредством эластичной электроники. Вот пять захватывающих технологий, которые в ближайшее время могут быть присоединены (или вживлены) в тело.

Умные временные татуировки

«При интеграции электроники на кожу, вы ощущаете ее частью себя, - сказала Лу. - Вы не чувствуете ее, но она по-прежнему работает». Это - идея «умных» временных татуировок, которые разрабатывает Джон Роджерс со своими коллегами. Их татуировки, также известные как биопечати, содержат гибкую схему, которая может быть приведена в действие с помощью беспроводных технологий и достаточно эластична, чтобы двигаться с кожей.

«Эти беспроводные умные татуировки можно было бы считать клинически важными, но в настоящее время они не удовлетворяют все потребности», - сказал Роджерс. Хотя существует множество потенциальных применений, его команда в настоящее время сосредоточена на том, как биопечати могут использоваться для контроля пациентов в отделении реанимации новорожденных и лабораториях сна. MC10, массачусетская компания, которая проводит клинические испытания, планирует начать выпуск своих первых продуктов к концу этого года.

Установленные на коже биохимические датчики

Разрабатывается еще одна новая сливающаяся с телом технология - биохимический носимый датчик, который может анализировать пот через установленные на коже устройства и посылать информацию с помощью беспроводных технологий в смартфон. Эти футуристические датчики разрабатываются профессором наноинженерии Джозефом Ваном из Калифорнийского университета в Сан-Диего и директором Центра носимых датчиков.

«Мы смотрим на пот, слюну и слезы, как на данные о работе, фитнесе и состоянии здоровья», - сказал Ван.

В начале этого года лаборатория Вана разработала идею о применении гибкой временной татуировки для диабетиков, которая может непрерывно контролировать уровень сахара без использования уколов. Он также возглавил команду, которая создала датчик каппы для проверки уровней медицинских маркеров, которые обычно требуют взятие крови на наличие мочевой кислоты, ранний индикатор диабета и подагры. Ван сказал, что Центр носимых датчиков продвигается в коммерциализации эти новых сенсорных технологий с помощью местных и международных компаний.

Наноматериалы для введения лекарств

Де Хен Ким, доцент химической и биологической инженерии из Сеульского национального университета в Южной Корее и его коллеги проявляют интерес к нанотехнологиям, как к следующему поколению биомедицинских систем. Лу считает, что исследование Кима может однажды привести к созданию наноматериалов с поддержкой электроники для введения лекарств и тканевой инженерии. «Он сделал эластичную память, где можно хранить данные татуировки», - сказала она.

В 2014 году исследовательская группа Кима сделала эластичную носимую электронную накладку, которая содержит хранилище данных, средства диагностики и медицины. «Многофункциональная накладка может контролировать двигательные расстройства болезни Паркинсона», - сказал Ким. Собранные данные будут записаны в памяти наночастиц золотого устройства.

«Когда накладка обнаруживает дрожь, высокую температуру, датчики внутри него вводят регулируемое количество препаратов, которые доставляются через тщательно разработанные наночастицы», - объяснил он.

Инъекционные мониторы мозга

Хотя имплантируемая технология существует для контроля пациентов с эпилепсией или повреждением головного мозга, Лу отметила, что эти устройства все еще острые и твердые, что делает долгосрочный контроль проблемой. Она сравнила мягкую мозговую ткань с миской тофу в постоянном в движении. «Мы хотим получить то, что может измерить мозг, может стимулировать мозг, может взаимодействовать с мозгом — без какого-либо механического напряжения или нагрузки», - сказала она.

Исследовательская группа Чарльза Либера, преподавателя химии из Гарвардского университета сосредоточена на наноразмерной науке и технике. Устройства его группы настолько малы, что они могут быть введены в мозговую ткань через иглу. После инъекции раскрывшаяся наноразмерная электронная сетка может контролировать мозговую деятельность, стимулировать ткани и даже взаимодействовать с нейронами. «Это, - сказала Лу, - самые новейшие технологии».

Долгосрочные имплантируемые устройства

Стефани Лакур и Грегуар Куртин, ученые из Федеральной политехнической школы Лозанны объявили в начале 2015 года, что они разработали новый имплантат для лечения повреждений спинного мозга. Маленькое электронное устройство имплантируется непосредственно на спинной мозг под защитной мембраной, называемой твердой мозговой оболочкой. Оттуда оно может осуществлять электрическую и химическую стимуляцию в период реабилитации.

Эластичность и биологическая совместимость устройства уменьшают возможность воспаления или повреждения тканей, то есть оно может оставаться вживленным в течение длительного времени. «Парализованные крысы с имплантируемым устройством смогли ходить после нескольких недель тренировок», - сообщили исследователи.

Лу назвала электронную твердую мозговую оболочку одним из лучших долгосрочных имплантируемых гибких стимуляторов. «Это подтверждает возможность использования имплантируемых гибких устройств для восстановления и лечения», - сказала она.

Между тем технологии, которые копируют человеческое прикосновение, становятся все более и более сложными. Чжэнань Бао, профессор химического машиностроения из Стэнфордского университета провела годы, совершенствуя искусственную кожу, которая может чувствовать давление и температуру и имеет способность к самовосстановлению. Последняя ее версия содержит множество датчиков, которые могут различать разность давлений при крепком или мягком рукопожатии.

Лу и ее коллеги, работая в этой высоко междисциплинарной области, надеются сделать расположенную на жесткой подложке электронику все более похожей на кожу. «У всех электронных компонентов, которые раньше были твердыми и хрупкими теперь есть шанс стать мягкими и эластичными», - сказала она.