

南开大学发现仿生触觉神经系统

Discovery of bionic tactile nerve system in Nankai university



徐文涛

【Science 系列】：2018 年 6 月 1 日，南开大学以通讯单位之一在 Science 发表文章“A bioinspired flexible organic artificial afferent nerve”，报道了一种基于柔性有机电子器件的高灵敏度仿生触觉神经系统。通讯作者之一徐文涛等研究人员通过将人造传入神经与运动神经连接起来，构建了一个混合生物电子反射弧来驱动肌肉。这一系统在神经机器人和神经假体方面具有潜在的应用。

人类皮肤是极为复杂的系统，其中有成千上万个感受器用于感知压力、温度、位置等信息。这些信息被转化成神经信号，在外围神经和中枢神经中逐级传送。如果人类的身体用电脑的方式处理这些信息，将是一个极其复杂且耗能的过程。

“人体神经系统用极为高效的机制来处理现实世界所遇到的问题。外界刺激通过感知机械力的受体、局部的神经簇逐层传递到下一级神经、脊髓、以及大脑。只有信号积累到一定的强度，才会传递到下一个环节。这样一来，就省却了许多不必要的信号处理过程，大大提高了效率。”南开大学电子信息与光学工程学院教授徐文涛说。

徐文涛介绍，他与合作者们要解决的核心问题和关键难点在于，设计并实现与生物神经系统工作原理相似，并能够与生物神经信号兼容的人造系统，并使这套系统具有很好的柔韧性。

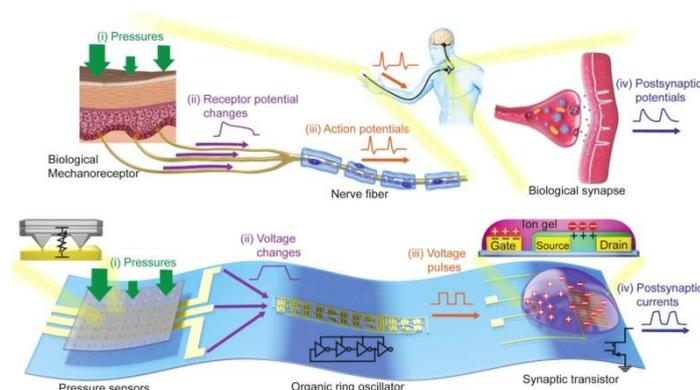
基于上述设想，中美韩联合研究团队利用柔性有机材料模拟了人体 SA-I 触觉神经。这种人造感知神经由三个核心部件组成：电阻式压力传感器、有机环形振荡器、突触晶体管。

该系统首先利用一系列感受器感知极为细微的压力，并产生相应的电压变化，随后通过环形振荡器(人工神经纤维)将电压变化转变为电脉冲信号。多个环形振荡器得到的电信号被突触晶体管集成转变为突触电流，进而传递到下一级神经。

“从功能上讲，这种人造神经能够很好的模拟人类皮肤的触觉功能，并能够与生物体神经信号兼容。我们的初步试验利用其与蟑螂腿的连接以及运动的控制，初步证实了这种兼容性。”徐文涛说，这项工作开创性地制造出了柔性人造感知神经，并实现了人造神经与动物神经形成的杂化反射弧。

据介绍，这种人造感知神经还具有重要的应用意义。“由于这种感知神经与生物体神经的兼

容性，它可应用于假肢中与人体神经系统相兼容的感知的实现，柔性轻质的结构将使相关产品具有很好的舒适性；而且对神经系统疾病的治疗具有潜在意义。同时，这种人造神经如果应用于软体机器人，可使其实现类似人类的感知，并在极端的工作环境中替代人。”徐文涛说。



上为外刺激通过人体感知神经转化成电信号，并在神经系统传导的过程；下为人造感知神经将外界刺激转化成类神经信号的过程示意图

研究团队表示，尽管这项研究前景可期，但是目前还只是刚刚开始，还有很多工作要做。他们将继续致力于传感器和人造神经突触等基本单元的功能开发，以及人造感知系统的完善。

“比如，目前这款人工神经系统还较为初步，尚不能像皮肤那样感知更加复杂信息以及温度等，这些将是我们未来的工作方向。这款发明让我们有望开发出更智能的人造皮肤，希望通过进一步强化和拓展功能，尽早地投入应用，造福人类。”徐文涛说。

6月1日，国际顶级学术刊物 Science 杂志刊发了介绍该工作的论文，徐文涛为通讯作者之一和共同第一作者。作为重要合作方，徐文涛在提出设想到项目完成期间承担了重要工作。他首次提出了“制造一种人造感知神经”的设想并制定了核心设计和实验方案。实验过程中，他完成了人造神经突触器件部分的材料选择、设计与制造，并与合作者共同完成整体系统的连接与调试，最终实现这套系统的功能。

A bioinspired flexible organic artificial afferent nerve 一种受生物启发的柔性有机人工神经

南开大学 徐文涛

2018年6月1日

DOI: 10.1126/science.aao0098



The distributed network of receptors, neurons, and synapses in

the somatosensory system efficiently processes complex tactile information. We used flexible organic electronics to mimic the functions of a sensory nerve. Our artificial afferent nerve collects pressure information (1 to 80 kilopascals) from clusters of pressure sensors, converts the pressure information into action potentials (0 to 100 hertz) by using ring oscillators, and integrates the action potentials from multiple ring oscillators with a synaptic transistor. Biomimetic hierarchical structures can detect movement of an object, combine simultaneous pressure inputs, and distinguish braille characters. Furthermore, we connected our artificial afferent nerve to motor nerves to construct a hybrid bioelectronic reflex arc to actuate muscles. Our system has potential applications in neurorobotics and neuroprosthetics.