共生型心脏起搏器研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/4975.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

共生型心脏起搏器研究取得进展。中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林和李舟领导的研究团队与北京市生物医学工程高精尖创新中心和海军军医大学的研究者联合研制了共生型心脏起搏器(SPM, symbiotic cardiac pacemaker)，它可以从心脏跳动中获取能量，为起搏器自身提供电能。SPM的能量收集部分为植入式摩擦电纳米发电机(iTENG)，其具有出色的柔性、良好的生物相容性、优异的稳定性和生物体内高功率输出性能等特点。在未来，植入式医疗电子设备可以利用人体能量实现自驱动。

植入式医疗电子(IMEs, implantable medical electronics)因其直接而强大的诊疗能力成为学术界、医学界和产业界的一个热门话题。例如，心脏起搏器是治疗心律失常和心力衰竭等严重心脏疾病的最重要IMEs之一。然而，目前大多数IMEs都由锂电池进行供能，续航能力有限，并且锂电池占据了IMEs大部分的体积和重量。许多研究人员试图延长IMEs的使用寿命，同时减少其尺寸和重量，这是一个不小的挑战。除了研制更高能量密度的电池外，一些其他的方案也相继被提出，比如纳米发电机和自驱动技术。

王中林和李舟领导的研究团队一直致力于自驱动技术的研究，特别是基于植入式纳米发电机的自驱动医疗电子设备的研究和开发。受生物共生现象的启发(例如根瘤菌与植物间的共生)，他们提出了基于植入式摩擦电纳米发电机(iTENG, implantable triboelectric nanogenerator)的共生型心脏起搏器(SPM, symbiotic cardiac pacemaker)。SPM可将心跳的能量收集起来驱动起搏电路发出脉冲;这些脉冲同时又刺激心脏，使出现异常的心脏恢复正常。这样SPM与心脏之间就达到了“ 相互依存、相互受益 ”的“ 共生 ”状态。目前SPM已成功在大型动物(猪)体内实现了“ 全植入 ”的自驱动运行，并成功进行了心律不齐的治疗。

每一个心脏运动周期，SPM可获得的能量高达0.495 μJ，高于心脏起搏阈值能量(通常为0.377 μJ)。也就是说，SPM可实现“ 一次心跳，一次起搏 ”，这对自驱动心脏起搏器迈向临床和产业化具有重要意义。同时，SPM的实现也为新型自驱动医疗电子设备提供了一条崭新的演化途径。这项由北京纳米能源所、北京市生物医学工程高精尖创新中心和海军军医大学的研究者们共同研究的成果已发表在近期的《自然-通讯》上(Nature Communications 2019. 10 (1), 1821)。该文章的第一作者为欧阳涵、刘卓、李宁、石波璟，通讯作者为王中林、张浩和李舟。

2006年，王中林首次在美国《科学》杂志(Science)上提出了纳米发电机的概念(Science, 2006, 312(5771): 242-246)。“ 从2006年开始，我还在王中林院士的实验室读博士的时候，我们就开始尝试从生物体的运动中收集机械能，并利用纳米发电机转化为电能。 ”该项目的主要负责人李舟说，“ 那时，我们制作了基于单根氧化锌(ZnO)纳米线的压电纳米发电机，并成功收集了大鼠的心跳能量(Advanced Materials, 2010, 22(23):

2534-2537)。但是，该纳米发电机的输出性能很低，电压和电流只有1 mV和1 pA。如何获得更高的能量输出?如何利用这些微小的能量驱动医疗电子器件?一直是我们面对和要解决的问题。”

转折点出现在2012年摩擦纳米发电机(TENG)的提出，这种基于麦克斯韦位移电流原理的纳米发电机成功实现了机械能到电能的高效转化，可以方便地存储和驱动小型电子设备。TENG不仅具有出色的电学输出性能，普通环境中可输出上百伏的电压，而且易于加工成各种尺寸、形状和结构，可方便应用于不同的穿戴式和植入式场景(Nano energy, 2012, 1(2): 328-334)。

2014年李舟研究团队和王中林一起提出了植入式摩擦纳米发电机(implantable TENG, iTENG)的原型器件，通过植入动物皮肤下可收集呼吸运动的能量，产生3.43 V的电压和0.14 μA的电流，并且经过一段时间的电能存储，可驱动一台简易的心脏起搏器原型机，实现对小型实验动物心脏频率的调控。该工作发表于国际学术期刊《先进材料》(Advanced Materials)上(Advanced materials, 2014, 26(33): 5851-5856)。英国《自然》(Nature)杂志2015年就对该工作进行了亮点工作报道(Nature News, 2015, 528(7580): 26)，使iTENG及其在体内收集生物机械能来驱动IMDs的研究工作引起了众多关注。

2014年至2019年，李舟研究团队在王中林的带领下，在iTENG的结构改进、性能提升、应用研究等方面取得多项进展。研究团队针对植入式纳米发电机的封装问题，开发了有机/无机复合封装技术和通用防水接口，为植入式纳米发电机实现体内长效稳定工作奠定了基础(Advanced Materials, 2016, 28, 846 – 852;ACS applied materials & interfaces, 2016, 8(40): 26697-26703)。通过引入新型的记忆合金龙骨设计和优化摩擦层材料等手段提高iTENG的输出，并成功构建自驱动无线心脏监测系统(ACS Nano, 2016, 10, 6510-6518)和实时多功能心脏传感器(Nano letters, 2016, 16(10): 6042-6051);研制了生物全可吸收和光热调控降解的摩擦纳米发电机(Science Advances, 2016, 2, e1501478; Advanced Materials, 2018, 30(32): 1801895;Nano Energy, 2018, 54: 390-399)并在神经、心肌和伤口修复等方面取得了进展;将TENG应用于心血管疾病的诊断(Advanced Materials, 2017, 29(40): 1703456)、经导管的超灵敏自驱动心内压传感器(Advanced Functional Materials, 2019, 29(3): 1807560)、自驱动电刺激成骨(Nano Energy, 2019.59:709-714)、精准控制肿瘤治疗药物递送(Advanced Functional Materials, 2019: 1808640)。这些研究工作表明了纳米发电机在生物医疗领域的巨大潜力。

“让心脏起搏器能够以人体自供电的方式运行是一件极具挑战同时也非常有意义的事情。”李舟表示，“我们的身体有大量可以利用的机械能，例如心跳、呼吸和肌肉运动。iTENG在体内的输出性能有明显优势，这意味着许多电子设备，特别是植入式医疗电子设备，如心脏起搏器、神经刺激器等，将可以通过iTENG实现“一次植入，终身使用”。

现在，李舟团队已经成功实现了共生型心脏起搏器的研制与动物试验，iTENG和自驱动电子医疗器件面向实际应用已迈出了坚实的一步，但是仍有很多问题需要在材料、器件体内稳定性和长期生物安全性方面取得突破，才能真正进入临床使用。不过，正如王中林指出“在未来，传感器、物联网(IoT)、医疗电子器件和便携式电子设备都可以从周围环境中提取能量为自己供电。电子设备正进入自驱动能源的新时代”，自驱动电子器件已经逐渐进入人们的生活，并为新时代的智能设备提供强劲动力。

相关研究成果以symbiotic cardiac pacemaker 为题于4月23日发表在国际学术期刊《自然-通讯》(Nature Communications)上。该项工作得到国家自然科学基金、科技部国家重点研发计划、北京市自然科学基金以及国家万人计划“青年拔尖”人才项目的支持。

国内外多家媒体对该项研究工作进行了报道。《自然》杂志(Nature)通过多个媒体平台对该研究工作进行报道与推荐，在其亚洲区官网上以Research highlights 的形式做了Biomedical engineering: A self-powered pacemaker in pigs 为题的亮点专题报道：“ 李舟、王中林团队开发了一种植入式发电机，可以从心脏运动中获取足够的能量，为商用心脏起搏器提供动力。能量采集器件与电源管理单元和起搏器配套使用，具有生物相容性良好和机械耐用性优秀等特点。 ”英国《每日邮报》报道称：“ 大量的研究都在探讨无电池电子设备的可能性，王中林教授与李舟研究员团队开发的这款原型机是迄今为止最有前景的突破。 ”



图1 共生型心脏起搏器

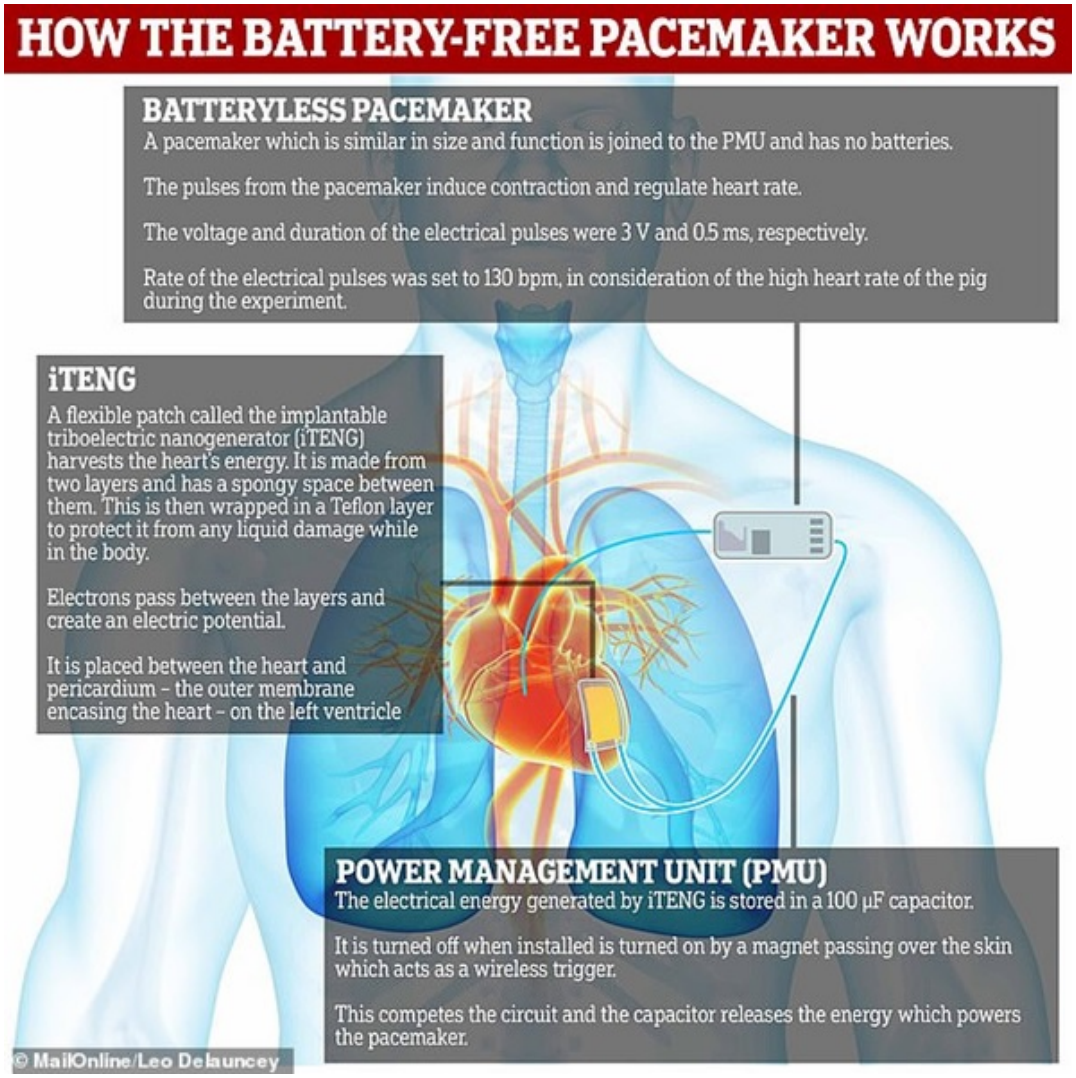


图2 共生心脏起搏器工作原理图(《每日邮报》)

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发