
心功能评估与心脏监护的自驱动超灵敏心内压传感器研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3049.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！

心功能评估与心脏监护的自驱动超灵敏心内压传感器研究获进展。近日，中国科学院北京纳米能源与系统研究所研究员李舟与王中林研究团队、北京航空航天大学生物与医学工程学院教授樊瑜波研究团队，与第二军医大学附属长海医院胸心外科教授张浩团队三方合作，在自驱动心功能监测领域取得新进展，相关研究成果发表在最新一期的《先进功能材料》(Advanced Functional Materials)上。

心血管疾病的致死率在全球范围内不断攀升，严重危害人类健康。就心力衰竭(简称心衰)而言，全世界约有2300万患者，且每年新增患者200万名。中国心衰患者约500万，五年生存率<50%。心衰是指由于心脏的收缩功能和(或)舒张功能发生障碍，心脏泵血不足而发生的呼吸困难、无力、疲劳、劳动力丧失等，导致患者生活质量低下并带来沉重经济负担。心脏泵血能力的关键指标是心内压力，如心房和心室压力。心内压是评估心脏功能的关键参数，对心衰患者具有重要的临床意义。心内压通常通过侵入性心脏导管插入术来监测，价格昂贵且难以实现实时连续的数据采集。在实际应用中，间歇性测量也可能引起偶发性症状的遗漏而导致误诊。因此，临床上急需开发一种微创的、高灵敏度、低成本传感器来实时监测心内压，这在心血管疾病的诊断与治疗领域有着重要的意义。

先进功能材料、电子器件和纳米技术协同发展不断促进医学生理信号传感的升级。2012年王中林提出基于摩擦电和静电感应耦合的摩擦纳米发电机(TENG)，此器件能够将机械能转换为电能。由于TENG具有研制材料来源广、低成本、力电转化效率高等特性，受到越来越多的科研人员的关注。李舟课题组长期探究TENG在生物医学领域的应用，特别聚焦于心血管系统。他提出的植入式摩擦纳米发电机(iTENG)可将不同形式的生物机械能转换成电能，并且iTENG的电学信号中蕴藏着丰富的生理信号，使得iTENG兼具能源器件和主动式传感器的特征。2014年开始，iTENG首次利用呼吸大鼠产生的电能驱动心脏起搏器(DOI: 10.1002/adma.201402064);2016年iTENG研究工作继续推进，应用到大型哺乳动物体内，该器件被植入小型猪的心包间隙，成功将心跳产生的机械能转化为电能，实现了自驱动的心率远程实时监控(DOI: 10.1021/acsnano.6b02693);2017年研发出无需信号放大就可蓝牙传输、针对心血管疾病进行预警和诊断的自驱动超高灵敏脉搏传感器(DOI: 10.1002/adma.201703456)。

随着研究的不断深入，并且根据临床监测心内压的实际需求，李舟与其合作者继续推进微型化iTENG的研发，研制出能够通过微创手术进入心腔内实时监测心内压的自驱动心内压传感器(SEPS)。在该研究工作中，SEPS结合导管入心腔，需实现器件的微型化，微型化势必使得器件输出性能大打折扣。因此，要实现具有高输出、超灵敏度的微型iTENG，器件本身的研制就是一个不小的

挑战。基于以上要求，在构建SEPS器件的过程中，博士研究生刘卓和欧阳涵运用高压电晕放电极化聚合物摩擦层，使得尺寸微型化的SEPS(1 cm × 0.5 cm × 0.1 cm)的最高输出电压达到6.2 V，比对照组高6倍。同时，研究者通过血液相容性、长效稳定性等实验，证明SEPS有良好的生物安全性，具有长期植入体内工作的能力。此外，体外模拟实验表明该器件对于压力变化有着高灵敏度(1.195 mV/mmHg)和优异的线性度($R^2=0.997$)。

基于体外实验的验证结果，在博士马也和石波璟协助下，SEPS结合导管通过微创手术进入大型哺乳动物——猪的心腔。相比大创口的手术，微创手术切口约2 cm，有效降低了术后感染概率和恢复难度。通过该器件电压输出与压强的线性关系，并使用心电图和股动脉压作为参照，SEPS进入心腔后实现了对心内压的实时监测，对于心房内的较低压力与心室内的较高压力都有很好的测量效果。利用肾上腺素辅助加强心脏收缩与舒张后，置于心室和心房内的SEPS数据均实现了实时匹配。对比分析SEPS在左心室最大输出值和股动脉压最大值，两者呈现良好的线性关系，符合临床实际。此外，在动物实验中偶发的心律失常事件，如早搏、室颤等，也被SEPS实时监测到。

综上，该工作是首个基于TENG构建植入式心内压监测器件的研究，进一步拓宽了基于iTENG的传感器的应用场景——从体表、皮下和心包间隙延伸进入心腔，能够获取更深层次的生理信息。该研究具有向医疗器件发展的重要潜力，为微型化植入式自驱动医疗传感器件的研究提供了新的思路。

该项工作得到科技部国家重点研发计划、国家自然科学基金、北京市拔尖人才、北京市自然科学基金以及国家万人计划“青年拔尖”人才的经费支持。

文章链接

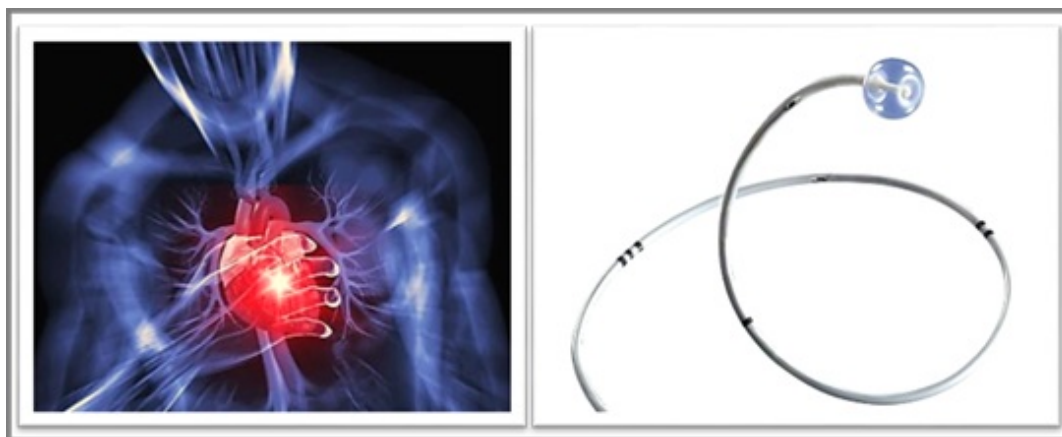


图1 心衰疾病和常见心脏导管

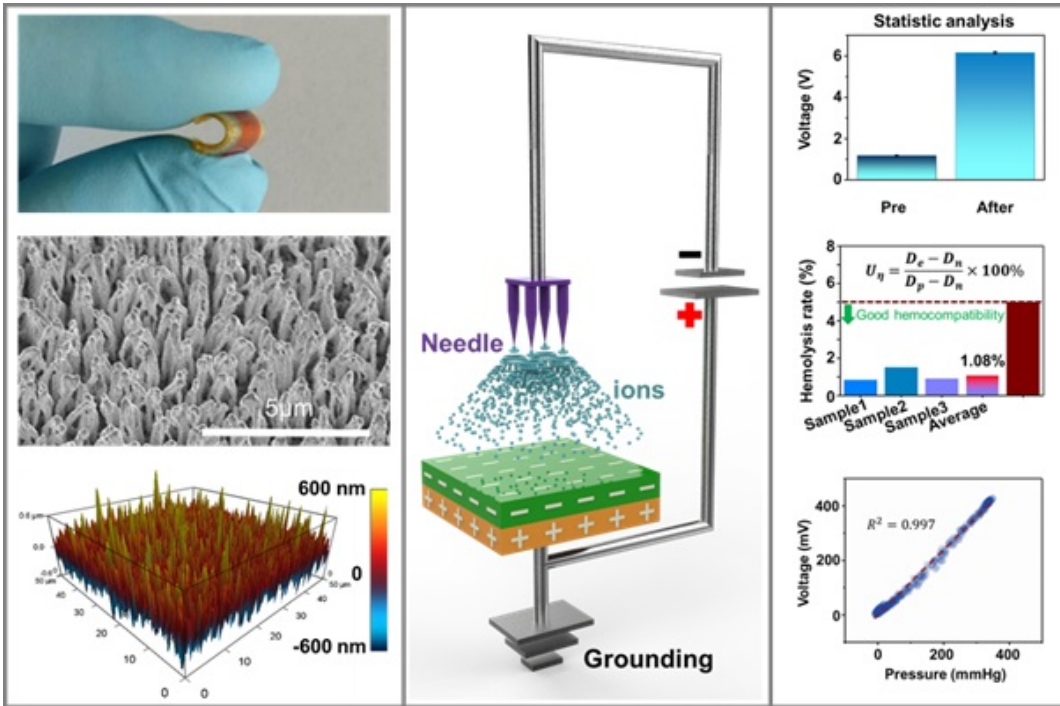


图2 体外实验

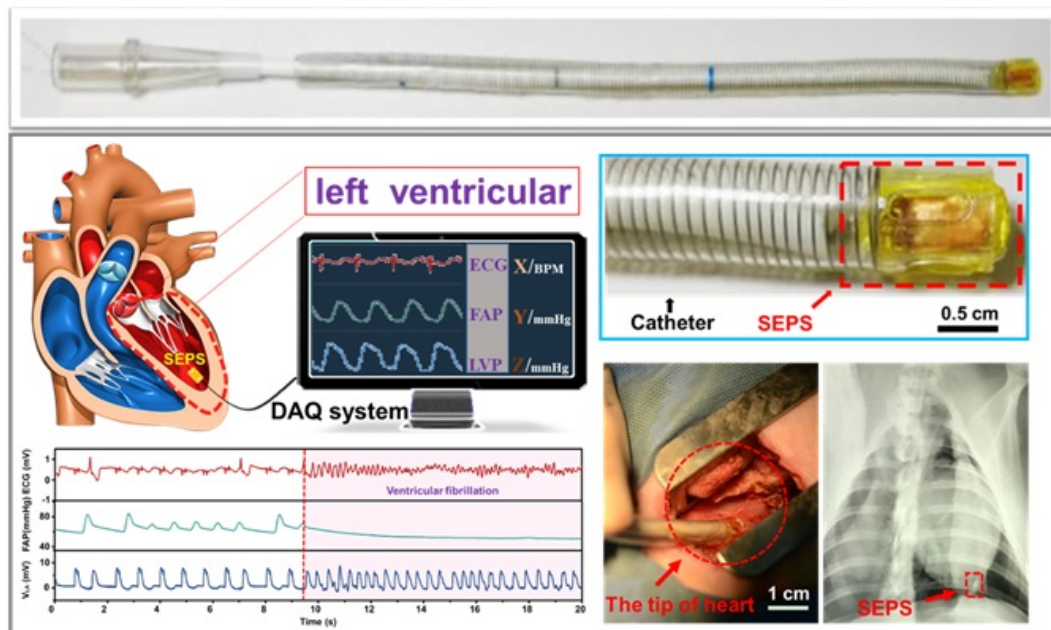


图3 大型哺乳动物——猪体内实验

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](http://iikx.com)转发