# 痛风治疗困局如何破？纳米马达“吃”掉尿酸结晶

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/32796.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！*

**痛风治疗困局如何破？纳米马达“吃”掉尿酸结晶**

。近日，南方医科大学药学院教授涂盈锋团队从蜜蜂的群体协作中获得灵感，研究构建了“装”有柠檬酸钠和尿酸酶的二氧化硅“纳米马达”，这颗直径仅200纳米的“微型机器人”，不仅能像蜜蜂般在关节液中自主巡航，更可以在关节腔内“吃”掉尿酸结晶。相关成果发表于《自然-通讯》。

“这是全球首个用于痛风主动治疗的可移动能量转换器件。”论文通讯作者涂盈锋对《中国科学报》表示，目前，负载柠檬酸钠和尿酸酶的“纳米马达”在动物实验模型中已展现卓越疗效，关节损伤修复率超90%，且无明显副作用。



涂盈锋指导团队成员实验数据分析。夏涛 摄

?

深入骨髓的8000万人之痛

“ 每次发作就像无数玻璃渣在关节里搅动 ”，这是多数痛风患者的共同噩梦。

痛风，这一由尿酸结晶在关节处堆积引发的“ 帝王病 ”，如今正以迅猛之势席卷全球，超8000万患者深陷其害。

传统痛风治疗如同用扫帚清理火山灰：非甾体抗炎药与秋水仙碱虽能扑灭急性发作的“ 火焰 ”，却无法阻止尿酸结晶持续堆积；别嘌醇等降尿酸药物更因超敏反应风险，让超三成患者被迫中断治疗。更致命的是，尿酸降解产生的过氧化氢如同“ 余烬 ”，长期侵蚀关节软骨，甚至诱发心血管疾病。

“ 当血尿酸浓度超过饱和度，针状结晶在关节沉积，引发的不仅是刀割般的剧痛，更是对心血管、肾脏的持续伤害。 ”涂盈锋表示，现有治疗始终无法实现“ 降解-
清除 ”的闭环，“ 就像在修补一个漏水的桶，却总是无法找到真正的漏洞所在 ”。

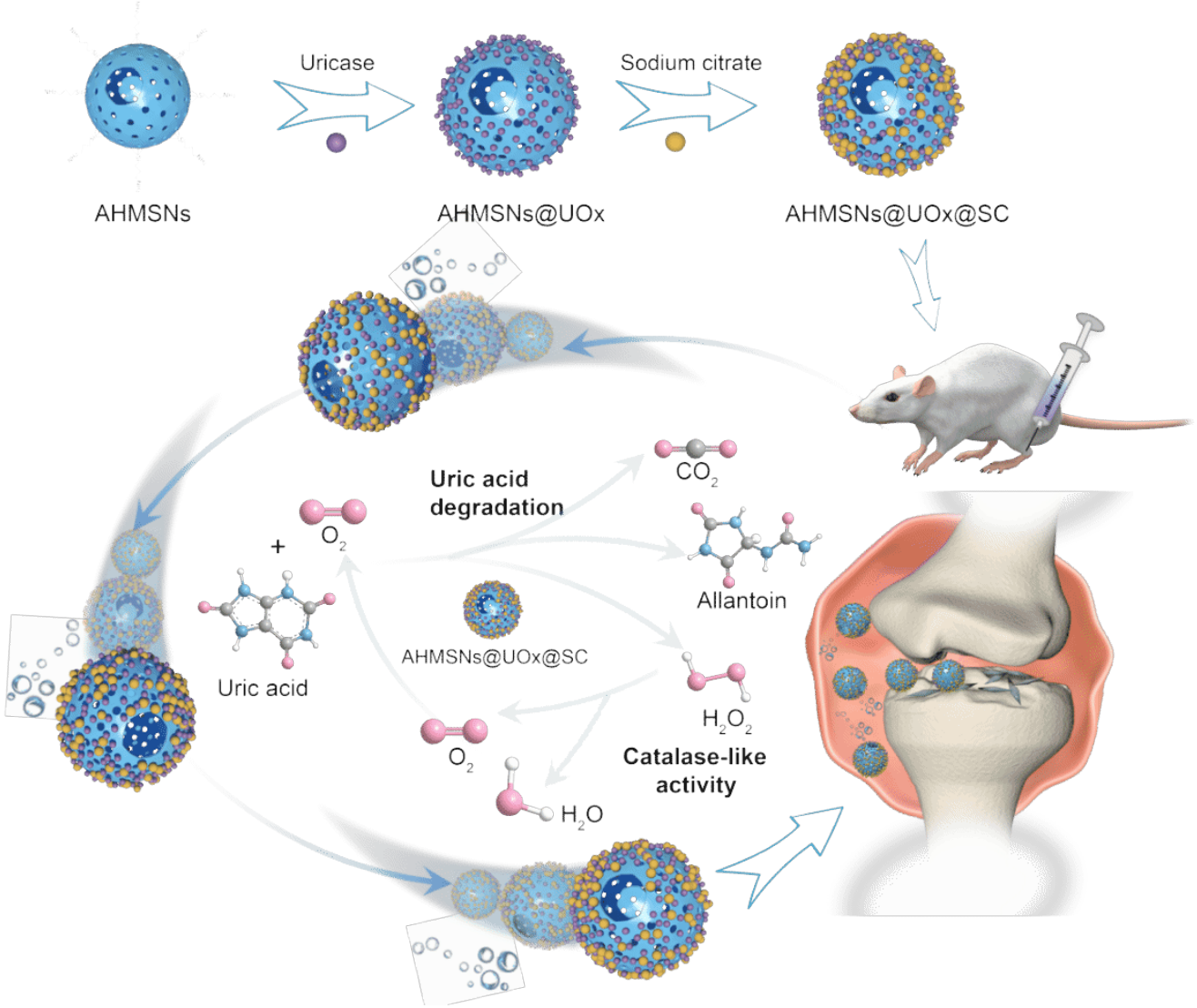
痛风患者常年游走于止痛药与降酸药的夹缝中：非甾体抗炎药伤胃，秋水仙碱损肾，别嘌醇可能引发致命超敏反应。传统疗法如同“ 扬汤止沸 ”——降解尿酸产生的过氧化氢犹如暗火，持续侵蚀关节软骨。更棘手的是，人体自身早已失去了分解尿酸的“ 天然工具 ”——尿酸酶，这无疑让痛风的治疗雪上加霜。

如何设计一个既能高效降解痛风患者体内尿酸，又能自动清理“ 余烬 ”的智能系统？

记者了解到，长期以来，涂盈锋带领团队深入开展“ 自驱动微纳米马达 ”生物医学应用等方面研究，专注于开发响应性纳米载体（如pH、温度、光敏感材料），用于重大疾病靶向治疗和精准药物控释，其研究的“ 微纳米机器人 ”在药物递送中可突破传统技术局限，被同行评价为“ 开拓性研究 ”。

蜂群启发的医疗革命

在一次摸索研究中，涂盈锋团队成员偶然注意到蜜蜂采蜜时会释放信息素引导同伴，形成高效的“ 群体作业 ”。这启发团队有了“ 纳米蜂群 ”的大胆设想：能否设计一种能在人体关节内自主运动的纳米颗粒，携带人体匮乏的降解尿酸的酶，像一只只小蜜蜂一样，在关节内自主协作，精准“ 围攻 ”尿酸结晶？




“ 纳米马达 ” 导图示意图。研究团队供图

?

于是，可负载柠檬酸钠和尿酸酶的中空介孔二氧化硅 “ 自驱动纳米马达 ” 的概念诞生了。它就像一台微型机器人，在人体关节腔内一边 “ 吃掉 ” 尿酸，一边将有害的降解产物过氧化氢转化为无害的水和氧气，形成自给自足的 “ 能量循环链 ”。

“ 我们不是单纯在制造尿酸酶纳米颗粒，而是在纳米世界实现微小颗粒的自主运动。 ” 团队主创成员、论文共同第一作者刘璐表示，要让尿酸酶纳米颗粒在关节腔内自主运动 “ 扫除 ” 尿酸和降解产物，就必须赋予纳米颗粒较快的运动速度。

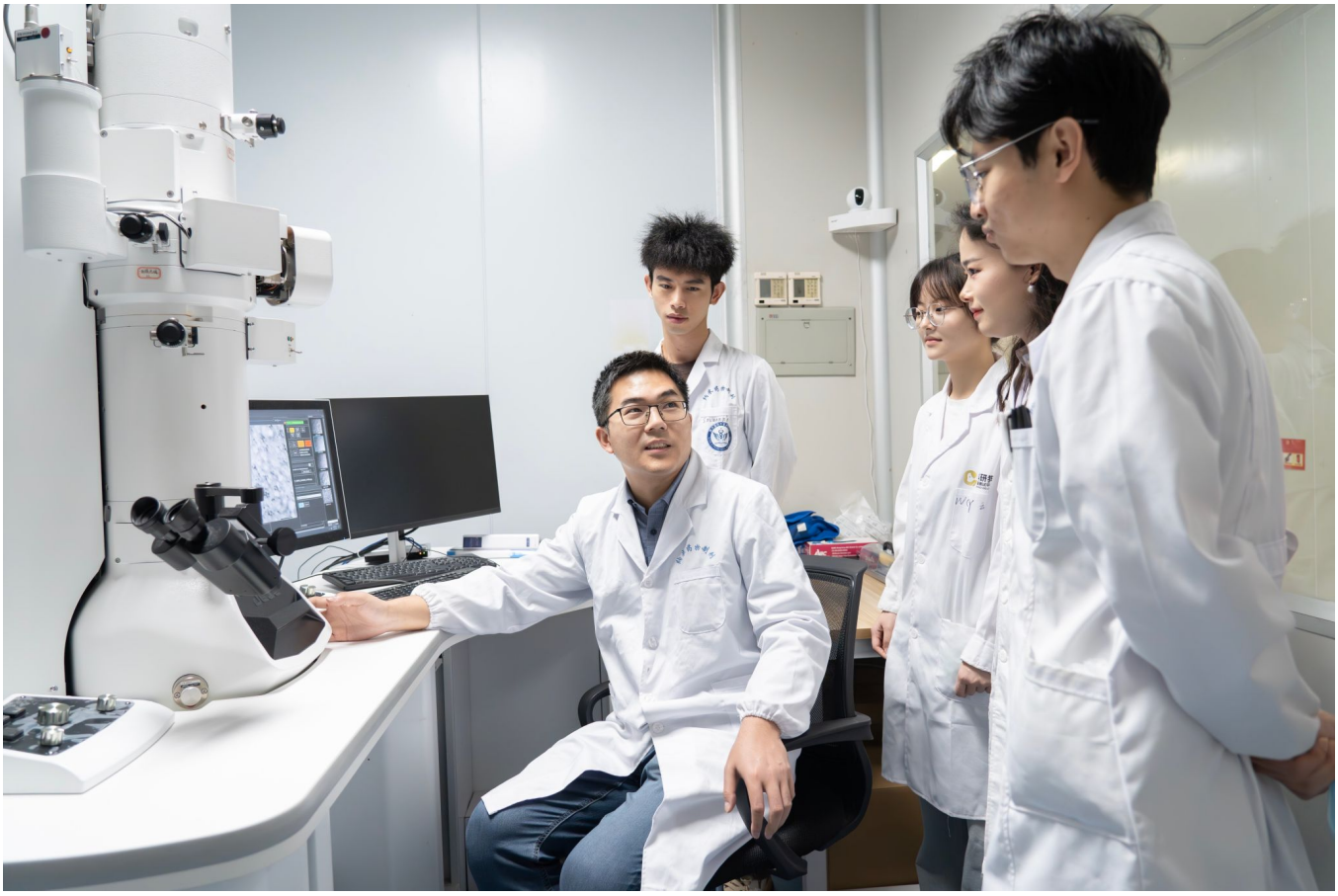
“ 纳米马达 ” 自主运动的核心是硅壳的不对称孔洞，团队初期合成的 “ 纳米马达 ” 因孔洞过大（>150nm）易碎裂，过小（<50nm）则动力不足。 “ 我们反复尝试不同配比的溶胶-凝胶反应，最终将孔径稳定在85.8±21.3纳米，这相当于头发丝直径的千分之一。 ” 刘璐说。

更精妙的是运动机制的革新。研究发现尿酸降解产生的离子梯度可转化为推进力，团队据此在纳米颗粒表面构筑不对称孔洞，使其运动速度提升3倍。这种“火箭喷射”原理的应用，让“纳米马达”能像赛车般在关节液中定向加速，将药物递送效率提升至传统纳米颗粒的5倍。

为保护脆弱的尿酸酶，团队创新采用“硅壳铠甲”技术：通过表面氨基包裹，来修饰固定酶分子。通过实验发现，包裹后的尿酸酶在70℃高温下仍保留46%活性，抵御蛋白酶的能力提升了2.5倍。涂盈锋说，这相当于给士兵穿上防弹衣，让它们在恶劣环境中也能持久作战。

从实验室到临床的精准之路

经过3年攻关，涂盈锋成功研制出负载柠檬酸钠与尿酸酶的中空介孔二氧化硅“纳米马达”——这颗直径仅200纳米的“微型机器人”，不仅能像蜜蜂般在关节液中自主巡航，更通过“吃尿酸-产氧气”的能量循环链，实现了治疗系统的自给自足。



涂盈锋团队正在探讨实验中存在的难点。夏涛 摄

?

在动物实验中，“纳米马达”展现出惊人疗效：关节损伤修复率超90%，且无任何副作用。但真正的挑战在于临床转化。初期动物实验曾出现pH值剧烈波动（7.4骤降至6.8），团队通过X射线光电子能谱发现，物理混合法导致柠檬酸钠负载不均。

“纳米世界是科学与艺术的交界，细节决定生死。”涂盈锋强调。在纳米粒物理混合负载柠檬酸钠的过程中，团队深切感知精准在实验中的重要性。在“纳米马达”研发中，团队曾为0.5nm的孔径差异反复试验上百次；为优化静电吸附条件，连续72小时监测实验鼠关节腔动态。

涂盈锋团队成员、论文共同第一作者李秀榕介绍，该研究利用纳米颗粒表面氨基与柠檬酸钠的静电作用，实现每颗纳米粒的精准“装甲”，可使关节腔pH值稳定在7.5-7.8，为临床应用扫清了关键障碍。

“在纳米尺度下，任何微小的工艺偏差都可能被无限放大。”刘璐表示，团队建立的“吸附条件-负载效率-体内稳定性”三维优化模型，为后续开发葡萄糖驱动的糖尿病治疗马达、胆固醇降解酶抗动脉粥样硬化系统等奠定了技术基础。

下一步，涂盈锋团队将推进临床试验，通过将“纳米马达”注射进人体关节腔，争取在未来实现针对痛风的高效治疗。这种“主动纳米医疗”模式，或将重塑代谢性疾病治疗格局。

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41467-025-56100-9

作者：朱汉斌，柯佳 来源：中国科学报

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