
开发氢分子生物探针探究氢生物学特性

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16928.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！

开发氢分子生物探针探究氢生物学特性。2021年12月17日，《德国应用化学》在线发表了上海交通大学的何前军教授与南方医科大学喻志强教授合作团队的研究成果，题为An Activity-Based Ratiometric Fluorescent Probe for In Vivo Real-Time Imaging of Hydrogen Molecules，该研究报道了首例氢分子生物探针，实现了氢分子的体内外实时检测。论文通讯作者是何前军、喻志强；第一作者是龚晚君。

氢气既是一种重要的清洁绿色能源，又是一种安全且有效的医用气体，在炎症相关的疾病展现出明显的抗炎效应，还是一种清洁高效的农用气体，在农作物抗逆、增产、保鲜等方面具有显著的生物学效应。氢气分子具有几个最重要的生物学特点：选择性抗氧化特性*、高渗透性*和高生物安全性*。长期以来，氢分子被认为具有特别高的组织渗透能力，能够跨越生理屏障（如血脑屏障）达到特别的治疗效果。但氢分子的药代动力学行为至今还未被阐明，这主要受限于没有合适的氢探测手段。因而，开发氢分子生物探针，以实现体内氢分子的实时跟踪和探测，对于理解和探究其生物学效应与机制具有重要意义。但由于氢分子具有相对较高的化学惰性、高的弥散性和低的溶解度，对氢分子生物探针的灵敏度提出了特别高的要求。

近日，何前军教授与喻志强教授合作团队提出一种催化加氢的策略来提高氢分子探针的化学反应活性、探测灵敏度和准确性。基于此策略，合成了一系列氢分子探针，并筛选出一种合格的比率型纳米探针。该探针NDI-N3/Pd@MSN由介孔二氧化硅纳米颗粒（MSN）包裹小尺寸钯纳米粒（Pd）催化单元和叠氮基萘酰亚胺-香豆素（NDI-N3）荧光成像单元构成（图1）。在Pd对氢分子的捕获和催化下，NDI-N3在生理条件下即可进行催化加氢而转化为NDI-NH₂，因此激发黄绿色荧光。引入香豆素作为荧光参比，通过构建比率型探针提高了其氢分子探测的准确性。使用MSN大量共负载催化单元和荧光探测单元，解决了荧光探测单元水溶性差的问题，并通过提高两个单元的接触效率，提高了其催化加氢效率，提升了其探测敏感性。

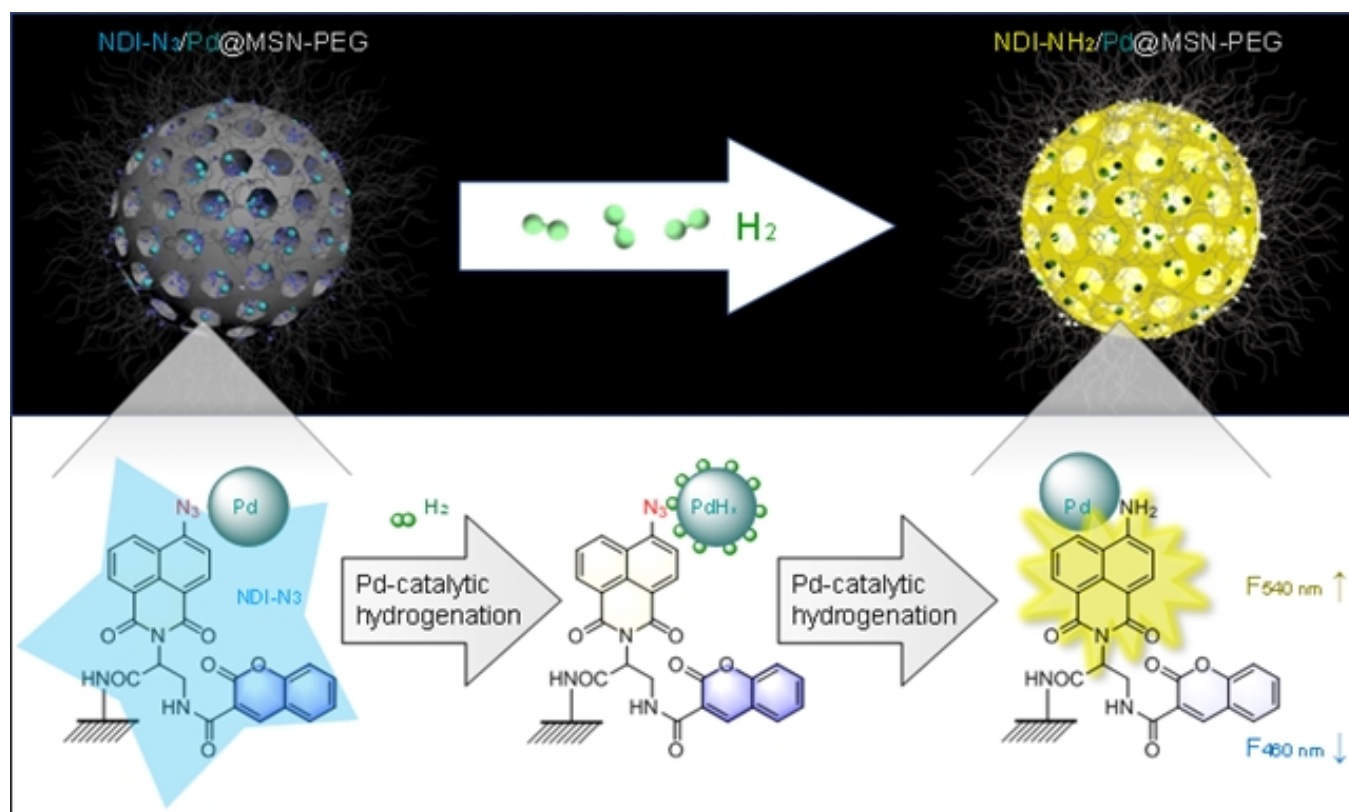


图1：氢分子生物探针的结构和检测机制示意图。

体外检测性能：在水溶液中评价了氢分子生物探针的探测性能，研究结果（图2）表明：氢分子生物探针具有突出的比率型荧光成像性能，具有高的灵敏度、快的响应速度、高的选择性和低的探测限（26.7 nM）。进一步，在细胞层面上，氢分子生物探针展现出了较高的稳定性，在细胞内探测到了氢分子快速跨越细胞膜的行为（<1 min）。

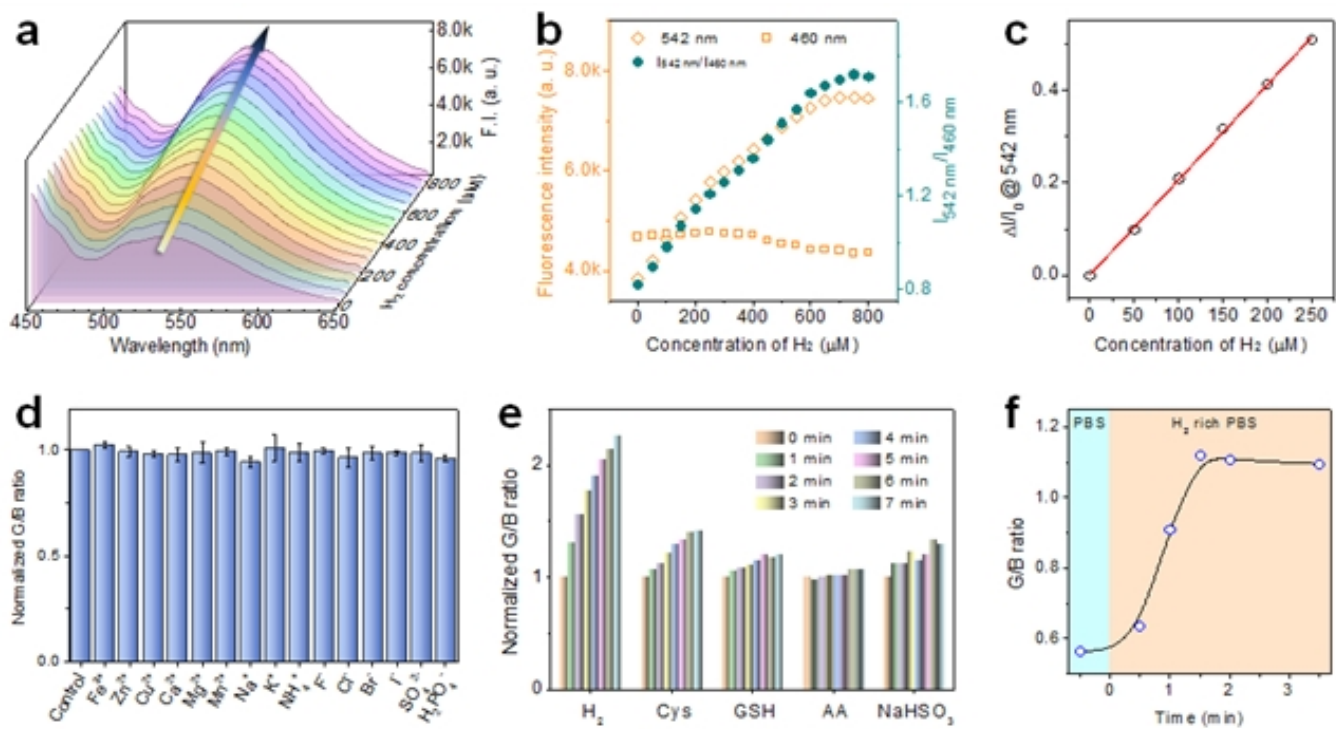


图2：氢分子生物探针在溶液（a-e）和细胞（f）中的氢分子检测性能：比率型荧光成像特性（a-c），离子选择性（d）和还原性物种选择性（e），细胞内比率型荧光成像性质（f）。

体内检测性能：在动物和植物层面上，进一步验证了氢分子生物探针的适用性，并探究了氢分子的体内转运行为。研究结果表明：连续吸入5分钟的氢气，便能观察到氢分子已经穿越血脑屏障，持续吸入氢气能显著增加脑中氢分子的浓度（图3）；富氢水（溶解了氢气分子的水）中的氢分子能够通过植物根系吸收，快速扩散至叶面（ ≥ 2.5 mm/s），持续根部灌溉饱和富氢水可以明显提高叶面的氢分子浓度（图4）。

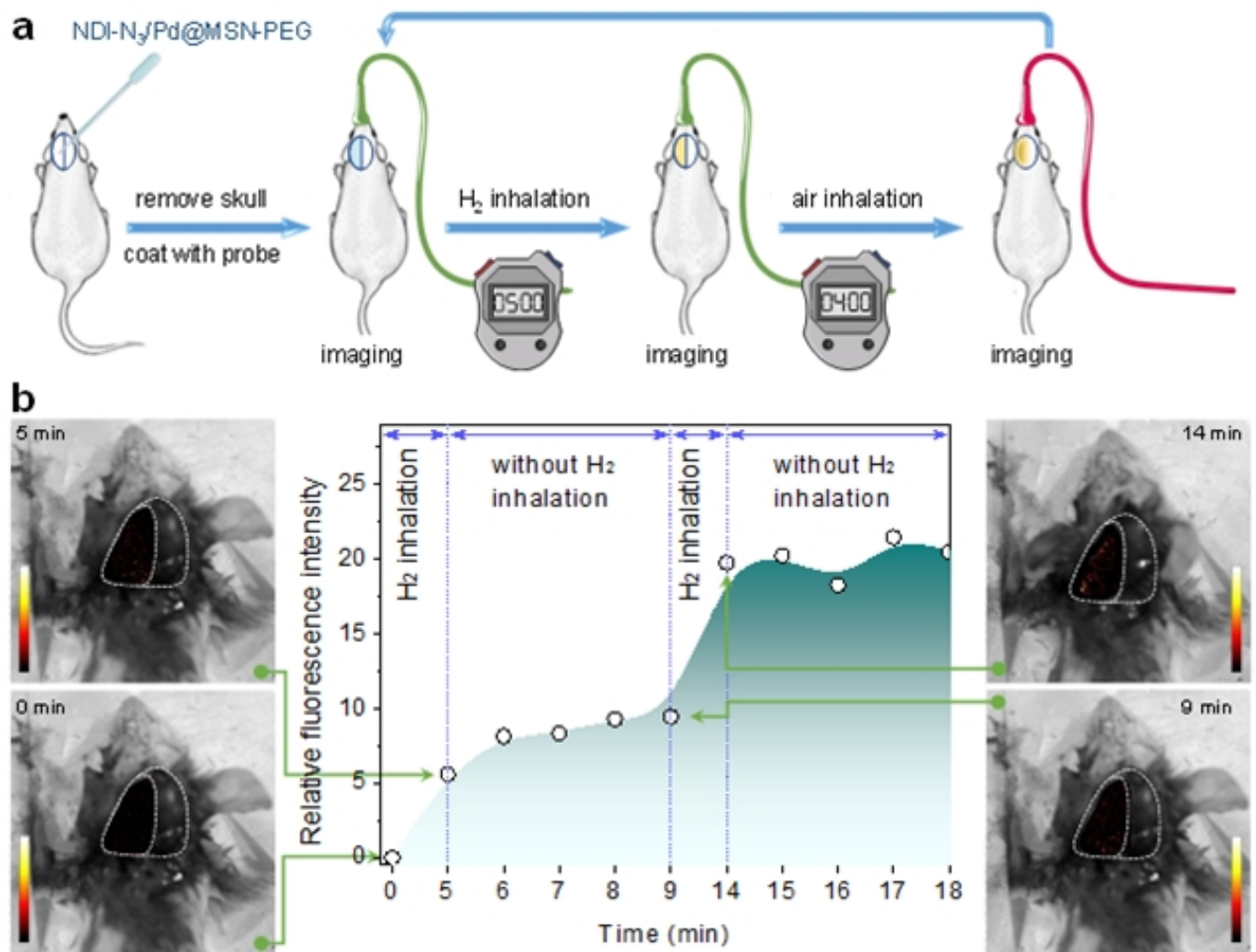


图3：氢分子生物探针在动物模型中的氢分子检测性能：检测过程示意图（a），在吸气后不同时间点小鼠大脑的比率型荧光图像及荧光强度（b）。

图4：氢分子生物探针在植物模型中的氢分子检测性能：检测过程示意图（a），在灌溉根部后不同时间点叶片的比率型荧光图像及荧光强度（b）。

学术意义和价值：该研究利用开发的氢分子生物探针，首次直接观察到了吸入的氢气分子快速跨越血脑屏障的现象，为氢分子跨越生物屏障的长期猜想提供了直接证据，也很好地解释了为什么临床上吸入氢气能有效治疗神经退行性疾病。利用开发的氢分子生物探针，首次直接观察到了富氢水中的氢分子从植物根部快速转运至叶面的现象，证实了氢分子能够轻松跨越植物内的生物屏障在植物体内快速转运。此外，中断氢气供应（氢气吸入和富氢水灌溉）会导致动植物远端氢分子的消失，这充分展现了氢分子在体内的快速弥散特性，也提示氢医学和氢农业中持续供氢的重要性。目前的发现有助于人们进一步深入理解氢分子的生物学效应和探究其生物学机制。

*注解：

选择性抗氧化特性：不同于一般的抗氧化剂，氢分子可以选择性清除高毒性的羟基自由基和过氧亚硝酸自由基，而不影响其它具有重要生理功能的活性氧物种，在炎症和氧化应激相关的众多疾

病（包括心血管疾病、癌症、缺血再灌注损伤、关节炎、肝/肾/肺/肠/胃/胰腺/皮炎等）中具有明显的治疗作用。

高生物安全性：氢分子不会像NO、CO和H₂S气体分子一样引起血液中毒或引起其它毒副作用，具有较高的生物安全性。

高渗透性：氢分子是世界上最小的分子，具有较低的极性，因而具有较强的组织渗透能力，克服普通药物所不能跨越的生理屏障。

（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/anie.202114594>

作者：何前军等 来源：《德国应用化学》

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](https://www.iikx.com)转发