

MIT 华人科学家打造磁控线形机器人：可在脑血管中游走，快速打通血栓 | 专访

原创：孙滔DeepTech 深科技8月30日

这是一款**可转向的磁控线形机器人**，可以在脑血管这样的狭窄空间主动滑行，重要的是，这种血管造影导丝具有在迂曲血管中强大的穿越能力。



图 | 导丝软机器人游走在人类颅内动脉多发性动脉瘤硅胶模型中，导丝直径为0.6 毫米。（来源：赵选贺）

可以想象得到，将来医生可以远程操控这种机器人，辅以现有的血管治疗手段来治疗脑阻塞和病变。

8 月 29 日，这项来自麻省理工学院机械工程系副教授赵选贺（ Xuanhe Zhao ）团队的研究发表在《科学机器人》（ *Science Robotics* ）。

问题的关键在导丝

中风即脑卒中，是中国人的头号杀手。来自中国疾病预防控制中心的数据触目惊心，我国现有中风患者 7000 万人，每年新发中风 200 万人，每 12 秒就有一个中国人发生中风。

医学界认为，如果能在发病后 90 分钟内进行治疗，患者的生存率会得到显著增加。那么，**如果能设计出在这个黄金时段内阻止血管阻塞的装置，就有可能避免脑组织的永久性损伤。**

目前，医院普遍采用的血管介入治疗需要技术熟练医生进行操作。这是一种微创治疗方式，仅需要在皮肤上开几毫米大小的切口，在腿部或腹股沟动脉处插入导管和导丝，目的是让导管通过即可，之后医生在 X 射线造影引导下，通过导管导丝前进或旋转，待导管携带的支架到达病灶部位释放后，再撤回导管导丝。

这个过程有不少问题。其一，人体血管弯曲且分支较多，尤其是脑血管更加

细小复杂，长时间的手术过程中容易出现手术操作失误。其二，医生手术时往往穿厚重的防辐射铅衣，这加重了医生的负担，且这种防辐射的方法不能保证医生完全避免辐射。其三，微创手术非常考验医生的操作水平，能熟练操作手术的医生数量远远少于病患所需。在偏远城市或农村地区，这种现象尤为突出。

目前已经有多种手术机器人研究旨在克服上述障碍。这些机器人利用磁导航、记忆合金、钢丝绳索、液压来控制导丝速度和方向。然而这些机器人都遇到小型化挑战，如今最先进的线形机器人更多用于心脏和外周血管干预，但无法用到血管更细小、更曲折的神经外科。

赵选贺团队希望设计一款远程控制的微型导丝机器人，可以巡航复杂微小血管网络，也减少医生受到的辐射。

磁控软体机器人来穿针引线

https://mp.weixin.qq.com/mp/vidoeplayer?video_h=362.8125&video_w=645&scene=1&random_num=2872&article_title=MIT%E5%8D%8E%E4%BA%BA%E7%A7%91%E5%AD%A6%E5%AE%B6%E6%89%93%E9%80%A0%E7%A3%81%E6%8E%A7%E7%BA%BF%E5%BD%A2%E6%9C%BA%E5%99%A8%E4%BA%BA%EF%BC%9A

视频 | 磁控软体机器人游走在人类颅内动脉多发性动脉瘤硅胶模型中，避免了接触血管内壁，导丝直径为 0.6 毫米。（来源：*Science Robotics*）

https://mp.weixin.qq.com/mp/vidoplayer?video_h=362.8125&video_w=645&scene=1&random_num=2872&article_title=MIT%E5%8D%8E%E4%BA%BA%E7%A7%91%E5%AD%A6%E5%AE%B6%E6%89%93%E9%80%A0%E7%A3%8

视频 | 水凝胶皮肤的软体机器人与目前的商业导丝在模型中的使用对比。（来源：*Science Robotics*）

赵选贺团队这款导丝称为**铁磁软机器人**。它由磁性软材料构成，其中磁化或可磁化的微粒均匀分布在软质聚合物基质中，那么这就可以经过打印或注塑得以实现亚毫米的小型化制造。同时，利用外部磁场可以精确控制这款软机器人，让它在血管内蜿蜒爬行。

为了克服软机器人在血管中穿越遇到的摩擦力，**研究人员让只有 10 微米到 25 微米厚度的水凝胶皮肤生长在机器人表面**，因其是水合交联聚合物，可有效降低表面摩擦。研究人员在血管模型中试验发现，机器人的水凝胶涂层可以让导丝拥有光滑属性，能够在紧凑的血管内滑行而不会卡住。相比之下，现有的手动导丝前进中在血管壁上有明显的拖行和摩擦，在分叉处需要手动导向，其前进速度比磁控软体机器人慢很多，而且不容易到达复杂的微小血管分叉。

如今这个软体机器人**已经在人体脑血管的硅胶模型上得到验证**，**研究人员使用一块大磁铁，让导丝穿针引线般精确到达了病灶区域。**



图 | 激光磁控软体机器人游走在人类颅内动脉多发性动脉瘤硅胶模型中，可以消除血栓，导丝直径为 0.5 毫米。（来源：赵选贺）

机器人导丝可以被赋予更多功能，**比如递送药物或用激光破坏掉血凝块**。**研究人员可以用光纤替换掉镍钛合金核芯，这样机器人还可以用激光来处理堵塞血栓。**

这个研究也是赵选贺团队过去几年研究的集成。他们发明了水凝胶材料和磁控材料。前者是一种生物相容性材料，后者可以设计用来爬行、跳跃和抓取的 3D 打印磁力驱动材料。他们正是将两者结合创造出这款机器人导丝。

由于机器人导丝无需外科医生手工操作，也就意味着医生不必靠近患者和辐射设备，这就减少了医生遭受的辐射。

专访赵选贺：导丝机器人比传统导丝巡航速度快几倍

DeepTech：外部磁场是如何施加的，是直接加上一块大磁铁吗？如果只是加一块磁铁，导丝速度和方向的精确控制是如何实现的呢？

赵选贺：在这次报道的工作中是通过一块磁铁控制导丝机器人的。基于我们对机器人的设计（例如轴向磁极化等）和对机器人在磁场下形变的理解，即使用一块磁铁也可以达到比较精准的控制。另外，现在已经有商业化的医疗磁场发生装置。在以后的工作中我们会引入这些装置，更精确地控制磁场。

DeepTech：我们理解的机器人大都是计算机操控，那么这个线形机器人之所以被称为机器人，仅仅是因为磁场操控吗？

赵选贺：现在的机器人大多是通过计算机控制的，而且大多是由坚硬的零件构成的。而我们这个工作代表一个新兴的领域：**软体机器人**，特别是软体机器人在医疗中的应用。在本工作中，我们展示了导丝软体机器人可以在外加磁场的控制下，巡航复杂神经血管网络。在未来工作中，我们会引入计算机更准确地调控磁场，来控制导丝软体机器人完成各种工作。

DeepTech：这个研究的突破在于两方面，由于磁性材质能够打印或注塑，那么亚毫米小型化就能实现；另外水凝胶表面让机器人在血管里的摩擦力大大减少。不知这个理解是否准确？

赵选贺：这个总结很好。这个工作对于软体机器人领域是一个突破，因为：a. 磁控实现了无绳驱动；b. 打印或注塑一体成型，实现了微型化；c. 提供了软体机器人的精准模型，便于精确设计和控制。

另外，对于在人体内的应用，机器人上的水凝胶皮肤降低了摩擦系数十倍以上。这是软体机器人在医疗应用上的一个突破。

DeepTech：我看了视频材料，有两个疑问：其一，铁磁软机器人在血管内的穿行速度明显快于对照组，那么能不能估计对于一般导丝手术的时间能缩减多少？其二，摩擦力的减少有没有定量的数据呢？

赵选贺：传统 J 形导丝的巡航需要医生扭转导丝达到合适的角度。在巡航过程中，J 形尖端在血管中拖动，而且有时需要从病人身体中取出导丝，改变 J 形的半径，才能巡航到病灶。我们的软体导丝机器人，尖端在不加磁场时是直的；在需要弯曲时，外加磁场，可以快速在血管中巡航。如果考虑有时需要把静态导丝取出重新巡航，导丝机器人可能比静态导丝巡航速度快几倍。在未来工作中，我们会根据具体任务做定量的测试。

至于摩擦力，我们有定量测量，水凝胶皮肤降低摩擦力 10 倍以上。

DeepTech：这个研究是在你们此前研究的基础上发展出来的，比如水凝胶的研究和磁控材料研究，那么能不能简要介绍一下这个继承沿袭的研究过程与思路？同时，我们也很想知道，你们下一步会研究会在哪些方面继续？

赵选贺：我们组的研究基本上都是先做基础研究，搭建技术平台，然后在平台上找对社会最有影响力的工作。中风是中国人目前死亡的头号诱因，而中风如果得到及时救治是可能逆转的。然而微创手术非常考验医生的操作水平，能熟练操作手术的医生数量远远少于病患所需。在偏远城市或农村地区，这种现象尤为突出。我们觉得远程控制微创手术机器人，是一个有影响力的方向。

赵选贺简介



图 | 赵选贺。（来源：麻省理工学院）

赵选贺，美国麻省理工学院机械工程系副教授。2003年毕业于天津大学，2009年博士毕业于哈佛大学机械工程系，师从国际著名力学家锁志刚教授。2010年他加入杜克大学机械工程与材料科学系担任助理教授，2014年加入麻省理工学院机械工程系担任副教授。赵选贺实验室 (zhao.mit.edu) 的使命是推动人机界面科学和技术的进步，解决医疗、可持续发展、教育等重大社会问题。他目前的研究项目集中在固体力学、软材料、活性材料、生物材料、生物电子学和3D打印等交叉领域。

-End-

参考：

https://www.eurekalert.org/emb_releases/2019-08/miot-rti082619.php

<https://robotics.sciencemag.org/content/4/33/eaax7329>