



超級英雄電影每當出現重大危機，聯合抗敵是不二法門。各路英雄通過集結，就能發揮「一加一大於二」的神奇力量，克服各種難關。這種「團隊加乘」原來並非只於電玩遊戲或動漫可見，而是長久以來自然界多種生物的生存法則，香港中文大學學者張立受到啟發，致力研究醫用微納「機械人集群」(robot swarm)，通過磁場遙控上百萬微粒大小的納米機械人，有如蟻群、魚群、鳥群般因應人體內不同環境變換「隊形」穿梭遊走，大幅提升醫療效能。其團隊正探索將之應用於腦中風治療，讓載藥「機械大軍」突破迂迴曲折的血管迷宮，去除血栓救活病人。

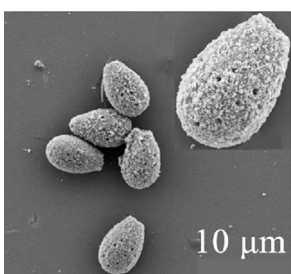
香港文匯報記者 姜嘉軒



機
械
蟻
群

入腦投藥

「在經典科幻電影《奇妙旅程》(Fantastic Voyage)中，科學家駕駛被縮小的潛艇，變小到細胞尺寸，通過針頭從動脈進入病人體內……經歷千難萬險最終到達病人腦部，用鐳射手術槍消除了血液凝塊，中大機械與自動化工程學系副教授張立介紹，這在上世紀五六十年代還只是科學幻想，今時今日雖然想把人體縮小仍是天方夜譚，但微型機械人已絕非空想。



顯微鏡下的微型機械人。中大圖片

事實上，張立致力研究的醫用微納機械人集群跟上述電影情節可謂非常相似，均是通過人手操控微型機械進入人體，目標是消除病人腦部血塊。決定性的分別只有兩點，其一是操控者是於人體外遙控機械，其二則是該「潛艇」並非單一機械，而是上百萬顆的機械人集群。

團隊加乘攜藥多

「自然界很多生物之所以能倖存下來，並不在於有多強壯，而是他們能夠通過群體去適應環境。」張立舉例說，鳥群、魚群可通過聯群結隊互相保護，避免遭受捕食者侵害，亦能大大提高飛行/游泳效益，節省體力；成千上萬的蟻群利用身體築橋，讓同類到達只靠個體無法企及的地方等，均充分顯示出「團隊加乘」的優勢。

張立指，將這種「群集行為」(swarming behavior)應用到微納機械人有三大優點，「第一可遞送更多藥物，增加DOSE(劑量)，這很好理解；第二是可更好追蹤，觀乎現時的醫學工具，例如是X光、磁力共振等，分辨率其實不是很高，單個微型機械人是看不見的，追蹤一群就易看得多，我們認為這是很好的策略。」

穿梭血管除血栓

第三點則是通過群體，可實現更高的機動性以及環境適應性，以便隨時變換「隊形」適應各種曲折窄路，「其實腦血管就跟樹根一樣，有粗有幼，而且蜿蜒曲折，」他解釋，腦血管大約只有一兩毫米闊，上百萬個納米機械人聚集起來，聚成圓形也就大約一毫米左右，「但這只是說整體，每一個particle(微粒)其實只有小於100個納米，我們可通過磁場實現各種不同(隊形)控制，使其變窄、變幼、變長條形」，讓載有溶血藥的機械人集群能暢通無阻地到達血栓位置。

「我們有問過醫生，現時升導管到頸動脈可以好快，問題在於很幼細的血管，導管太粗升不進去，微納機械人在這些位置就可發揮，」他形容情況好比駕車至馬路盡頭，取出單車接力登山一般，載藥攀上大腦「高峰」，完成救人任務。



團隊希望參考蟻群的「群集行為」。網上圖片

功成如何抽身退 排出降解多考慮

嶄新治療方法能為病人帶來希望，遺憾醫用技術必須通過長年的反覆安全驗證，實難一時三刻救急扶危。張立憶述自己從事醫用微型機械人研究長達十二載，曾兩度接獲市民來信，查詢項目能否助其親人治病，然而自己卻愛莫能助。事件讓他深感科研絕不能止於「發表(學術)文章，自我感覺良好」，而應轉化應用助人；他真切期望，現時的微納機械人集群能於五年至十年內應用至腦部和消化系統疾病，造福社會。

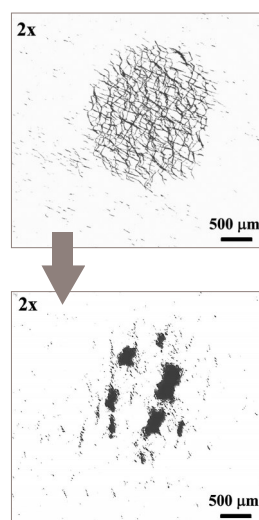
「以前有研究項目的新聞報道出街後，曾收過市民電郵查詢，說有親人得了癌症末期，沒得醫，問我微納機械人能否幫忙」，張立憶述過去曾兩度接獲類似查詢，遺憾應用到人體的技術牽涉安全認證問題，當下他只得如實回信解釋，「但這讓我很有感觸，希望技術將來真的能對社會有用」，為此他亦特別將電郵轉發團隊成員，「讓他們明白這份工作很有意義，並非只滿足於發表文章，自我感覺良好，要有更高目標」。

要將微納機械人成果轉化成臨床應用，取決於很多因素，考慮把機械人應用於不同體內環境，所需時間差異便相當大。張立舉例說，此前提及的腦中風治療，機械人需要遊走血液，「血管是非常乾淨的環境，一般東西是不能隨便打進去的，安全要求特別高；但人體內還有很多其他環境，相對不是那麼『乾淨』的，可應用的機會就較大。」

他進一步解釋，當微型機械人在體內完成任務後，能否安全地排出或降解，是應用發展的關鍵，所以消化道成了其中一個合適場景，因為機械人是以氧化鐵製成，而鐵是人體必要元素，「消化道本來就多微生物，並非很『乾淨』的環境……可以想像一下，即使多食了一點點鐵粉，問題也不會太大」，這也許是加速投入應用的一種方法。

「還有一種方法更快，就是不進人體，改做體外快速檢測。」張立提到，去年研製了一款以孢子合成的微型機械人，15分鐘化驗難辨的梭菌毒素，「傳統的檢測要幾個小時，我們做了一種發光的微型機械人，放到糞便樣本游動，一旦測出難辨梭菌毒素，光就會慢慢熄滅。」有關技術亦適用於其他生物分析領域，包括食品、化學品以及其他細菌病毒的檢測。

研究團隊以磁場控制機械人集合成不同陣形。香港文匯報記者 姜嘉軒



如何游動大學問 學者請教大自然

仿生學是模仿生物本領，以此研製嶄新機械或技術的一門科學。張立憶述自己的仿生起點，源於多年前於外國研究團隊參與製作一款模仿大腸桿菌游動的微型機械人，其最大長度僅為60微米，並在2012年獲健力士世界紀錄認證，為當時最小的機械人醫療設備。

「既然(機械人)要造得跟細胞一樣小，我們首先要問，該如何讓它游動，什麼樣的游動方式對這種尺寸是最適合的，其中一個簡單方法，就是learn from nature(向大自然學習)。」張立解釋，原來科學界早有研究，在如此微小尺寸下，像魚般的擺尾方式其實是無法游動的。

當時張立所屬的蘇黎世聯邦理工學院團隊，想到可以跟細菌取經，「例如是大腸桿菌，尺寸跟紅血球相若，並非用搖擺尾巴游動，而是有一個螺旋形的尾巴，通過旋轉來游動前進的。」結果，團隊順利發明了僅60微米長，能在人體動脈內游動的微型機械人，希望能用於修復損壞的血管壁，以及清除動脈中的垃圾。

這項目亦為其仿生起點，此後他加入中大，致力讓微型機械人進一步投入醫學應用，「我們有醫學院，可經常跟內科、外科、眼科、影像與介入式治療科的醫生們交流」，了解當中有何合作空間。

香港文匯報記者 姜嘉軒

磁場遙控如打遊戲 長遠發展加智能

要讓微粒般大小的納米機械人随心所欲地在體內游走，如何操控是一大課題。張立指，科學界對此有不同想法，他自己主要以磁場遙控指揮納米「機械大軍」，以實現「指到邊游到邊，隨時變形」等精密操作，長遠更希望給「機械大軍」引入智能，讓它們可因應場景自行判斷該如何變形和游走，將研究推上另一高度。

「可能我剛才只集中講微納機械人，但其實(體外)還會有大型磁場控制系統，配以影像系統，以便實時遙控機械人遊走、變形」；張立形容這就好比用「Joystick」(控制桿)打遊戲一般「fully under control」(完全受控)。此外，低頻磁場對人體無害，對醫療應用也是一大好處。他續說，將磁場用於治療已有悠久歷史，「工業革命時期，有人發現可用磁粉，把滲入眼中的金屬粉末吸出來；古印度亦

有書本講到，可以磁石吸出體內箭頭；中國更可追溯到公元前四世紀，《鬼谷子》曾記載『磁石之取針』。」

所謂「條條大路通羅馬」，張立表示，除磁場外也有多種操控方法，「有人會做趨光性(Phototaxis)，亦有人會取決於chemical gradient(化學梯度)」前者顧名思義，是讓機械人趨向光源移動，後者當化學物質濃度不一時，可讓機械人從濃度較低的區域，「游」向濃度較高的區域。

不過這些方法也各自面對不同挑戰，張立逐一解釋指，例如人體皮膚並不透明，難以用光控體內的機械人；另有人會利用雙氧水濃度驅動機械人，在實驗室做效果很好，但雙氧水卻會殺死細胞，近年亦有人嘗試用葡萄糖去代替，但都是比較初步的研究。他認為，將來也許需要結合不同技術的好處，以實現更高效。

張立又提到，為微納機械人引入智能，是他目前最感興趣的研究範疇。「它們能夠移動，可以變形，但不能思考，如何改善其智能是很有意思的課題」，例如通過智能結構、材料，以及為控制系統加入算法等，「讓機械人集群到達某環境時，可自行判斷如何變形、游動，穿過障礙物到達目的地。」

香港文匯報記者 姜嘉軒

