

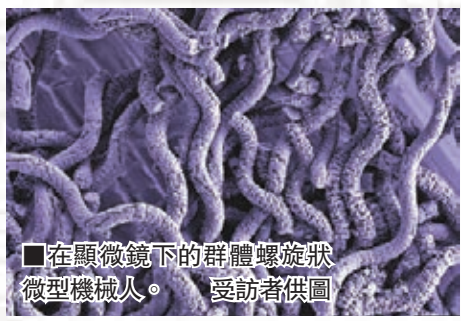
機械人革命 之體貼入微

形態仿似微生物 靶向治療克頑疾

「微米」送藥 除百病

「納米級」難尋蹤 非越小越好

豈止於小



在顯微鏡下的群體螺旋狀微型機械人。受訪者供圖

「微型機械人」以肉眼難見的大小，於人體內的血管、腸胃游走，發揮不同功能，但其體積是否越小越好呢？對此張立直言，部分人確實存有類似的誤解，但他表明，以目前的醫療成像技術，難以追蹤人體內細至納米級的「微型機械人」，所以具潛在風險，強調機械人始終應取決於其應用，按需要設計合適的大小。

體內追蹤 一大難題

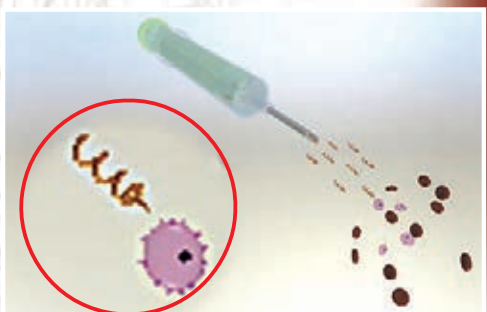
張立指出，雖然現時技術已能夠做出納米級的「微型機械人」，「但不是越小就越好，這是部分人的誤區。」他解釋，現時的醫療技術難以有效追蹤微米級的「微型機械人」，即使磁力共振掃描暫時也只達到毫米級，故當「微型機械人」小至微米級（百萬分之一米），甚至是納米級（即十億分之一米），如何在體內追蹤它們，是科學家面對的一大難題。

設計大小 因「癌」而異

「普通人會因為看不到而感到很害怕，而且實在太小，拿不出來的話，怎麼辦呢？」他強調，「微型機械人」的大小取決於其應用，應按需要設計合適的大小。他舉例指，當「微型機械人」要攻擊微米級的癌細胞，將機械人設計至相應的微米級，可助其攻擊目標對象；而他研發的醫療「微型機械人」，可以外在磁場操控，普遍亦達至微米級。

不過他亦表示，如日後醫療成像技術進一步提高，追蹤「微型機械人」的技術也可因而改善，屆時科學家或會設計出更細小的「微型機械人」，亦可望付之應用。 ■記者 鄭伊莎

「醫生」穿腸過 藥物體內留



螺旋狀微型機械人通過普通針頭注射入人體內，再通過外磁場無線控制進行靶向細胞給藥。受訪者供圖

前世今生

早在上世紀50年代，已有科學家提出「將外科醫生吞下去」的概念，意指把細小的機械人置入病人體內，代替醫療機器和外科手術，穿越體內器官、腸道進行探索，並診斷病痛等。經過科學界數十年努力不懈地研究，在2001年終於發明了膠囊式內窺鏡，藥丸般大小的無線攝錄機被吞服後，能夠穿梭於腸胃、食道間，拍攝細微的照片，方便醫生看診。有關技術至今獲醫學界廣泛應用。

時至今日，進入人體的「微型機械人」更成為全球研究熱點之一，製作技術及應用更涵蓋毫米（mm）以至微米（um）及納米（nm）級的層面。據了解，有海外科學家針對研究操控「微型機械人」於眼睛內部作傳感及藥物輸送，避免了傳統手術需要開刀、縫合的過程。張立指，更有科學家提出極細小的機械人或許能夠用以修復不同的人體細胞，或在癌細胞長成腫瘤前將其殺死，但要將概念轉化為研究，提出一套實際可行的方法，這是一個很漫長的過程。

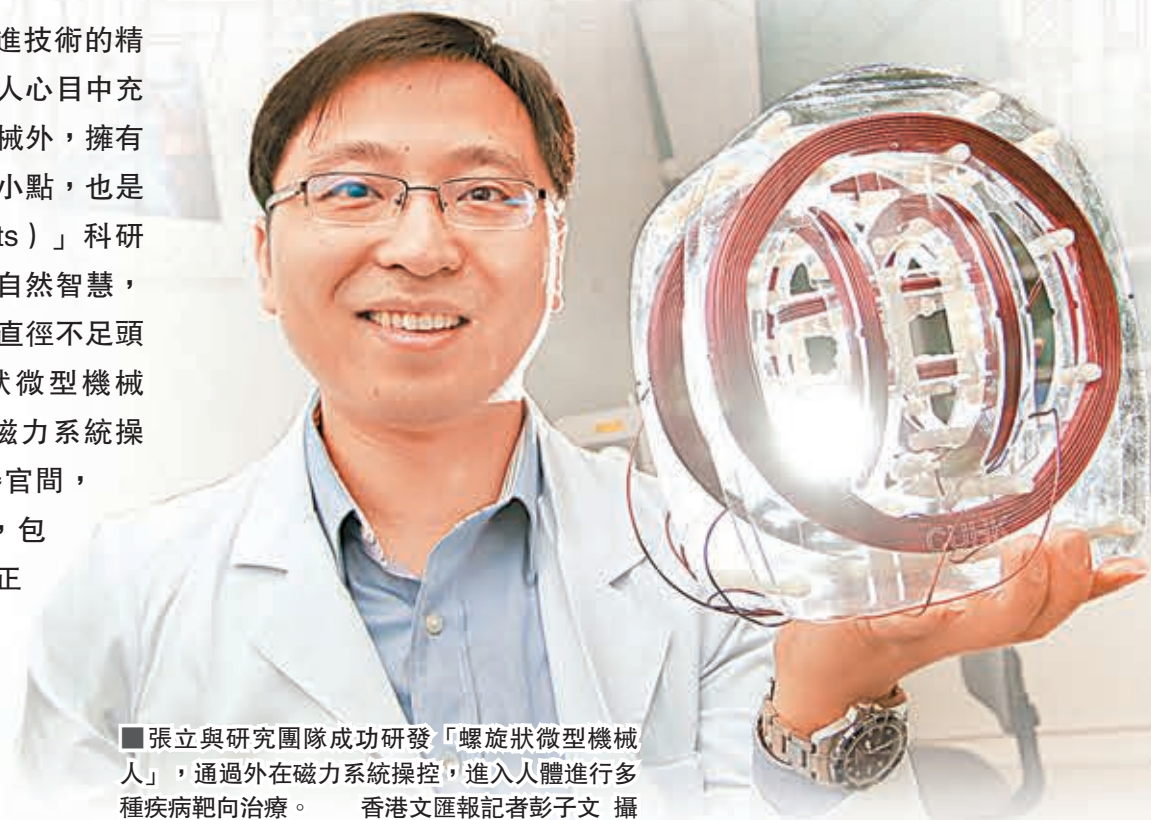
香港初起步 盼開新局面

除歐美等地外，張立指內地、日本及韓國也有不少科學家專研「微型機械人」，在香港則是剛起步的階段。雖然有關領域在港剛起步不久，但他認為香港鼓勵創新思維，有助於研究打開新局面，可為醫療界帶來新的曙光。

張立又指到，近年科學界開始提出「微型機械人」於其他領域例如環境保護的應用；由於並非置於人體，為往日重點考慮的安全限制「鬆綁」，如不再限於採用生物相容性較高的材料，為研究帶來豐富的新思維。 ■記者 鄭伊莎

機械人（Robotics）被視為跨學科先進技術的精髓，當中所包括的範疇極廣，除了一般人心目中充滿「金屬味」或有着「人形」外貌的機械外，擁有特殊微型結構、能進入身體發揮功能的小點，也是學界熱門的「微型機械人（Microrobots）」科研領域。香港中文大學的研究團隊參考大自然智慧，按照微生物游動時的形態，成功研發出直徑不足頭髮十分一、肉眼難見的嶄新「螺旋狀微型機械人」。微不可見的機械人，通過外在磁場系統操控，能夠在人體內經血液穿梭於不同器官間，將藥物送達進行多種疾病的靶向治療，包括癌症、中風、視網膜退化等。團隊並正專注研究「群體操控」，控制數以萬計的機械人精準地到達目的地，提高送藥及治療成效。

香港文匯報記者 鄭伊莎



張立與研究團隊成功研發「螺旋狀微型機械人」，通過外在磁場系統操控，進入人體進行多種疾病靶向治療。香港文匯報記者彭子文攝

「微型機械人」要進入人體發揮功用，除了要「小」，還要會「動」。負責研究的中大機械與自動化工程學系助理教授張立介紹指，相比過往的「微型機械人」，是次特別採用大自然的意念，「自然界的生物體本來就有着智能性，例如細菌和微生物，它們怎樣活動都是值得參考的」；通過參照不同微生物的游動方式，他發現當中的螺旋狀特質，例如日本樹蛙精子，其螺旋狀的頭部，對在水中鑽動非常有利。

雖有「人」名 非有「人」形

張立遂循此方向，經過近8年努力，終研究出微米級、具備智能及自動化功能的「螺旋狀微型機械人」（Helical Microrobots）。雖然名為「微型機械人」，但它並非「人」形，而是結構中空的螺旋形狀，直徑約3微米至5微米，不足頭髮直徑的十分一；長度則約10微米至100微米，肉眼幾乎看不見。

至於製造材料，張立團隊正研究使用四氧化三鐵（Fe₃O₄）的納米顆粒，透過超聲波等讓其自動組裝成三維「螺旋狀微型機械人」。他解釋，由於四氧化三鐵毒性低，並能通過磁力共振，易於獲得分析影像，因此被生物醫學界廣為採用。張立率先利用其磁性，透過自行設計、準備申請專利的電磁線圈系統，控制機械人在體液中的流動走向，確保細胞不會受到破壞。

「這是主動的做法，可以應用在體內特定的環境。」張立進一步說，將藥物塗於螺旋機械人表面或置於其中空間，通過普通針頭注射入人體，便可傳送至特定的部位作為靶向治療。機械人能夠易於穿梭於眼球、大腦；以至細小狹窄的血管等地方，甚至可望達到單細胞送藥，針對攻擊個別癌細胞。目前研究處於試管測試階段。

群體操控 發揮藥效

一個「微型機械人」的力量有限，要提升送藥劑量的效能，涉及群體操控（Swarm Control）。張立舉例指，海裡的魚一群群地聚合移動，可避免被鯊魚攻擊，亦能發揮更大效能，「同樣道理，機械人要攻擊問題細胞，也需要結合群體的力量。」他透露，正探討當數以萬計的「微型機械人」進入人體後，如何通過外在磁場操控，控制所有機械人均精準地到達目的地，令送藥的效能發揮至最大。

不過，張立坦言，機械人並非「萬靈藥」，由於人體結構非常複雜，要讓一群群的微型機械人在特定位置運送藥物，當中的運送機理、效能等，仍有無數未知的疑團，是傳統機械工程及醫學未能解開的，需要繼續鑽研。他稱，難以預計「微型機械人」何時能夠出現在人體進行臨床治療，但肯定的是「微型機械人」將在醫療領域帶來革命性的影響。

恐免疫系統「誤襲」 跨學科解難題

重大挑戰

人體免疫系統偵測功能，能夠辨識非自體物質，一旦發現外來病原便會加以消滅或排除，不過，那對於要深入體內發揮功能的微型機械人技術來說，卻是非常重大的挑戰。張立表示，要保護「微型機械人」避免受到免疫系統攻擊，需要結合機械工程、生命科學及臨床醫學等專科知識，經過多學科的交叉研究解開難題。

「微型機械人」進入人體後，其安全性及實際的醫療操作備受關注，張立坦言，即使能夠以機械工程學找出控制機械人流動的方法，但仍要面對保護它們繞過免疫系統的攻擊，以至如何進行分解或排出體外等問題，需要由醫生及生命科學專家一同解開，「機械工程可以提供工具，但我們不會知道醫生需要甚麼，所以不能閉門造車。」

穿梭血管 具備潛力

為了解開「微型機械人」於人體的安全問題，張立及中大醫學院遂通過今年9月成立的「創新醫學技術中心」展開合作。中心總監兼中大外科學系教授趙偉仁（右圖）強調，「微型機械人」極具醫學發展潛力，他解釋，體內部分狹窄的管道例如微血管等，都是外科手術難以到達的地方，而能夠穿梭血管的「微型機械人」正好解開傳統醫學的困局。

腸胃管道不受限「捷徑」

要讓「微型機械人」避免受免疫系統攻擊，趙偉仁指，有關製造物料與人體相容性至為關鍵。他表示，醫學界已知部分物質不會遭人體抗拒，例如用於植入手術的鈦金屬，至於是次合作項目將採用的四氧化三鐵

（Fe₃O₄），則需要再作進一步測試，探究人體的反應。

趙偉仁又特別提到，「微型機械人」應用其實亦有「捷徑」，相對於血液中遭免疫系統攻擊可能性較高，腸胃管道如肝內膽管其實不受有關限制，故「微型機械人」遭排斥的幾率極低，因此具研究價值。他透露，研究團隊正率先探討將「微型機械人」用以裝載細胞或藥物，到腸胃的特定位置時，才釋放出來，發揮標靶效用，相信有助治療一些複雜的腸胃疾病。 ■記者 鄭伊莎



張立與研究團隊研發的外在磁場系統，能夠通過調控磁場的角度及強度，操控「微型機械人」的移動。香港文匯報記者彭子文攝