

癌症被視為人類健康的“頭號敵人”，科學家正結合尖端納米科技，在早期將癌細胞鎖定，爭取提高治癒機會。理工大學生物醫學工程跨領域學部副教授楊莫與研究團隊花逾3年時間，以化學合成方法結合石墨烯量子點及新型二維材料“MoS₂”，研究出只得一點大小、可載藥的納米“零維（0-dimensional）”探針，化身“偵探”進入人體，“揪出”循環腫瘤細胞，並在細胞核進行靶向治療。納米探針將癌細胞殺死後，其熒光也會轉色，令醫生實時觀察體內的變化，其檢測度靈敏，預計10年後可商業化應用，有望為癌症患者帶來新希望。

■香港文匯報記者 高鈺

石墨烯為近十多年新發現的先進二維平面材料，具良好生物相容性。楊莫團隊花近3年時間，以化學合成方法研究出以石墨烯製成的“零維”納米探針。在納米科技之中，如果物料的長闊高均極為細小，只得納米級別，便可稱為“零維”，亦即是“點線面體”概念中的“點”，與一維（線）、二維（平面）及三維（立體）相對。

楊莫介紹指，石墨烯製成的納米探針能發光，其熒光量子產率高達46%，就像電燈通電一樣，同時穩定性高，能持續十多個小時發光，適合細胞成像及長時間的檢測。為提升檢測效能，其研究團隊更在納米探針加入磁性元素，令其同時兼備熒光及磁共振成像（MRI）特性。

抽血驗早期癌症

他解釋說，MRI能穿透人體組織，視察器官有沒有腫瘤或軟組織等問題，但影像分辨率低；熒光雖可看到單細胞，但穿透性有限，僅能看到皮膚表面，“將這兩種結合起來，在熒光模態時，既看到癌細胞的變化情況，也有MRI特性看到器官組織，醫生同時將兩張照片放在一起，得到的診斷訊息會更多。”

此外，團隊又花近1年時間，研究如何將“零

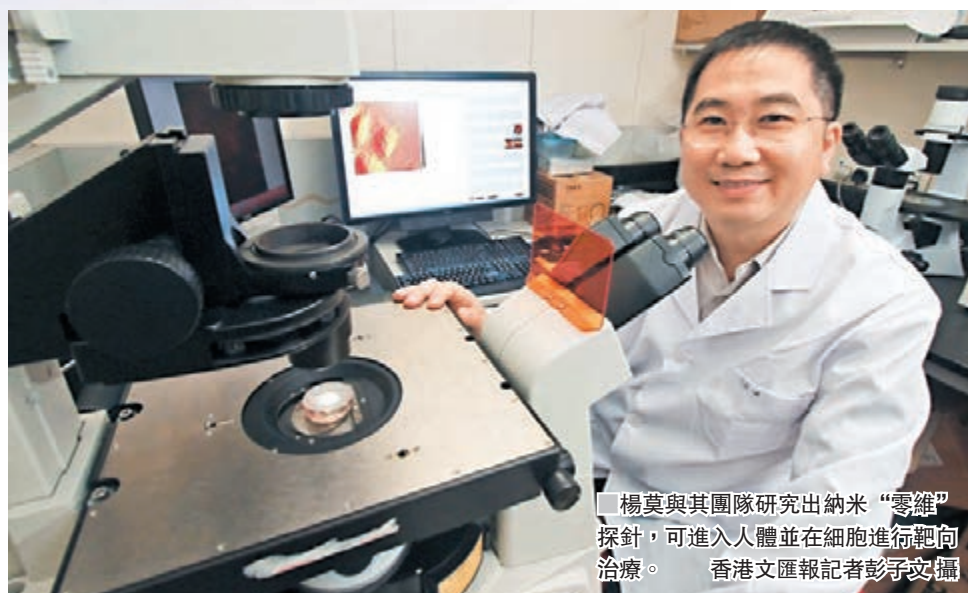
維”探針應用在早期癌症診斷。楊莫表示，早期癌症會分裂出循環腫瘤細胞在血管內，若醫生能及早發現它們，便可更早進行治療；不過，在每1萬個細胞中，卻僅有約10個循環腫瘤細胞，其數量之少成為了辨認的難題。

團隊於是將新型的二維材料“MoS₂”結合石墨烯量子點作研究。楊莫解釋指，因石墨烯量子點會發光，而“MoS₂”則有淬滅其發光功能的功用，當兩者結合的探針遇上癌細胞蛋白時，會發揮分子作用力，令“MoS₂”啟動開關動態，與癌細胞蛋白結合，並與石墨烯分開，令石墨烯變亮，機理就如燈掣開關一樣，“即是對應檢測到或檢測不到這兩個狀態，不發光代表檢測不到，發光就代表檢測得到。”因此只要抽一滴血，放在檢測平台上識別循環腫瘤細胞，就可了解是否有早期癌症表徵。

除了檢測功能，楊莫指納米探針的表面有連接各種生物分子、蛋白及核糖核酸等，更可用作載藥。例如當癌細胞出現時，識別癌細胞的生物分子就會抓住它，讓整個探針被細胞吞下去，這時藥物分子亦會被釋放出來，在細胞核進行靶向治療，而醫生則可通過熒光檢測，了解藥物的釋放過程。他舉例說，如果設定當納米探針抓到癌細胞時會顯示藍色，用藥物將癌細胞殺死

熒光“神針” 遇癌“亮燈”

楊莫“零維”載藥探針 “直播”殺癌細胞過程



楊莫與其團隊研究出納米“零維”探針，可進入人體並在細胞進行靶向治療。
香港文匯報記者彭子文攝

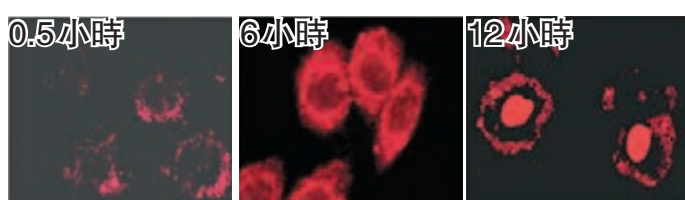
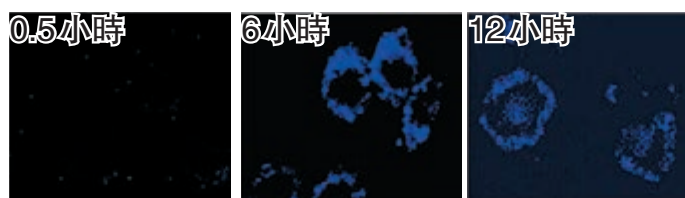
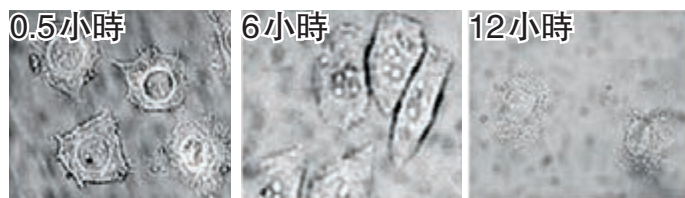
後，熒光轉為綠色，便可通過熒光顏色實時觀察藥物的釋放過程和細胞的變化等。

研究團隊亦進行了一系列實驗，結果發現，有載藥的納米探針，經過12小時便可殺死癌細胞。

他強調，靶向治療是研究的特別之處，通過

MRI及熒光實時觀察體內的情況，令醫生透過圖片就可一目了然。“比如藥物都是有毒的，可殺死癌細胞，自然也可以殺死正常細胞，但我們的探針可以在血管、肌肉游走，只有碰到癌細胞，被它吞下去，才進行治療”。

探針實驗



此為納米探針實驗時的圖片，上層三張圖是顯微鏡下的細胞，中層三張圖就顯示了探針上還有多少藥物，若藍光愈強，代表探針上的藥物已被釋放，而下層三張圖則顯示了藥物進入細胞的過程，紅光愈亮，就代表愈多藥物進入細胞。

石墨烯世上最薄 多色發光又持久

又薄又硬 石墨烯（Graphene）對未來工程與科技的發展至關重要，這種只有一個原子層厚度的二維材料，被視為目前世上最薄、最堅硬的納米材料。英國兩名物理學家蓋姆（Andre Geim）和諾奧肖洛夫（Konstantin Novoselov）在2004年發現石墨烯，並在2010年因此獲得諾貝爾物理獎。

楊莫指出，當時這兩名科學家巧合地發現，只要用膠紙貼在由碳原子組成的石墨（Graphite）上，便能黏拉走一層薄薄的材料，如是者，拉了數千次後，他們發現可以拉出一層很薄、只有一層原子厚度的二維材料石墨烯，並具備良好的電子特性，導電能力特別強。

二維材料即是一個平面，可以說只由長度和寬度形成，“因為它的表面很大，所以電子及發光特性強”。楊莫指出，科學家爭相研究後，慢慢發現只要將二維材料變成“零維”材料，便可令其發光，且生物相容性高，是理想的熒光標記物。而“零維”即是長度、寬度和高度都非常



用石墨烯量子點製成的納米探針在用激光照射時，會發出近紅外光，有助了解細胞的變化。

小，是一個納米級的點狀。

科學家將石墨烯成功研發成“零維”材料後，這類小點便是石墨烯量子點，尺寸小約10納米，可調控其發光的顏色，如藍光、綠光、黃光及紅光等，一般應用在發光研究。不過，楊莫認為，“本身發光並無生物意義，但當我們通過顏色變化知道細胞的情況和變化，就是另一回事了”，研究人員遂將其應用在生物醫學，成為了多功能及多模態的生物探針，更突破了傳統生物感應器的限制。

■香港文匯報記者 高鈺