

# 利用近紅外光鉗對紅血球、癌細胞及精蟲作捕抓

## TRAPPING of ERYTHROCYTES, CANCER CELLS and SPERMS by NEAR INFRARED OPTICAL TWEEZERS

陳雄<sup>1</sup> (Shiung Chen)，林于眾<sup>1</sup> (Yu-Chung Lin)，許芳文<sup>2</sup> (Fang-Wen Sheu)，艾群<sup>1</sup> (Chyung Ay)

<sup>1</sup>國立嘉義大學生物機電工程學系，60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號  
(Department of Biomechatronic Engineering, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan)

<sup>2</sup>國立嘉義大學應用物理學系，60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號  
(Department of Applied Physics, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan)

### 一、摘要

我們利用近紅外二極體雷射對生物破壞性較小的特性，建立一套光鉗系統，並對生物細胞或粒子作穩定的捕捉。在此我們取紅血球、癌細胞以及精蟲等樣本作為觀察的對象。

**關鍵詞：**光鉗、紅血球、癌細胞、精蟲

### Abstract

We used a near infrared diode laser, which is harmless to biological tissues, to build up an optical tweezers system, and then perform stable trapping of biological cells or particles. We used the erythrocytes, cancer cells and sperms as the targets.

**Keywords:** optical tweezers, erythrocyte, cancer cell, sperm

### 二、緣由與目的

過去我們曾使用波長為 532 nm 的綠光雷射來做光鉗實驗，因為是在可見光的範圍內，因而有對光較方便的優點。而今擬改用波長為 830 nm (不可見光) 的近紅外二極體雷射，目的在於降低對生物粒子的破壞。水是各種生物體內含量較多的成分，使用波長容易被水分吸收的雷射光，生物粒子容易因內部水分吸收能量而提高溫度，使其遭到破壞。由近紅外雷射的特性發現其較綠光雷射不易讓水吸收，因此相比之下對生物粒子的破壞也較小。

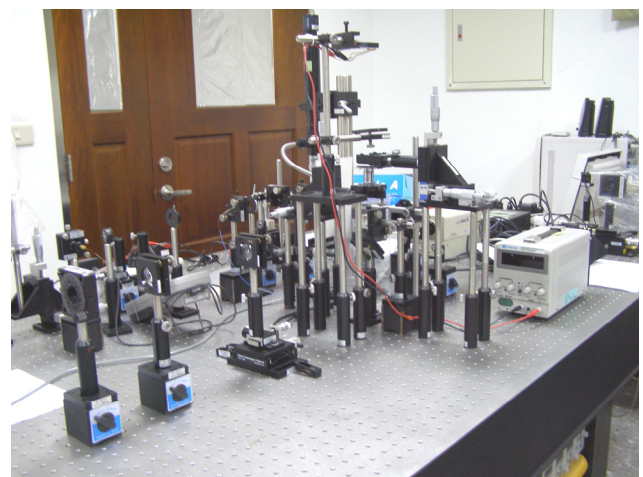
今日雷射光鉗已廣泛的應用在生物方面的研究，故本實驗先利用紅血球、癌細胞及精蟲等做初步的捕捉試驗。初步的目的，是希望能夠確定我們自組的雷射光鉗在注入有活體生物粒子的自製流道上可做穩定的捕捉，接著再進一步對捕捉的目標作推移並觀察。

此實驗若能確實達到應用近紅外雷射光鉗於活體生物粒子的捕捉、控制，在醫學工程方面就能夠建立一定的研究基礎，並得以在未來有更廣泛的發展。

### 三、材料與方法

首先架設好一套自組式光鉗系統 (圖一、二)。將雷射光經過半波片、擴束透鏡組、極化分光鏡等調整之後，最後經反射鏡轉成鉛垂方向射入油物鏡，將焦點聚在水平式樣本台上；接著使用 LED 白光光源在樣本上方作照明光源，並使用 CCD Camera 在反方向來接收成像，再連接到電腦來對樣本作同步觀察。校準好雷射水平、光路之後，再利用三軸平移台來移動油物鏡的位置，移動的同時使用光功率計來測量輸出功率。目的在於確認雷射光能均勻進入油物鏡，而達到最大的輸出效果。入射光功率約 30 mW。

調整水平時，可從得到的影像畫面做調整，直到不會因水平移動時失焦。調整的同時，儘量讓雷射焦點於畫面的中心位置移動以便觀察。



圖一 光鉗實驗系統實體圖

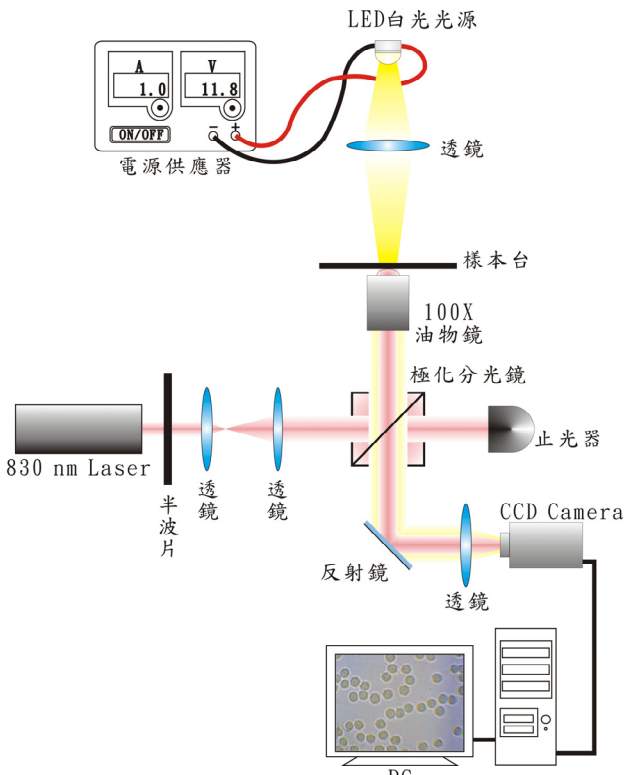
四、結果與討論

以下為波長 830 nm 的近紅外雷射光鉗分別捕捉紅血球、懸浮型癌細胞 (U937) 及精蟲時所拍攝到的情形：

(一) 捕捉紅血球：

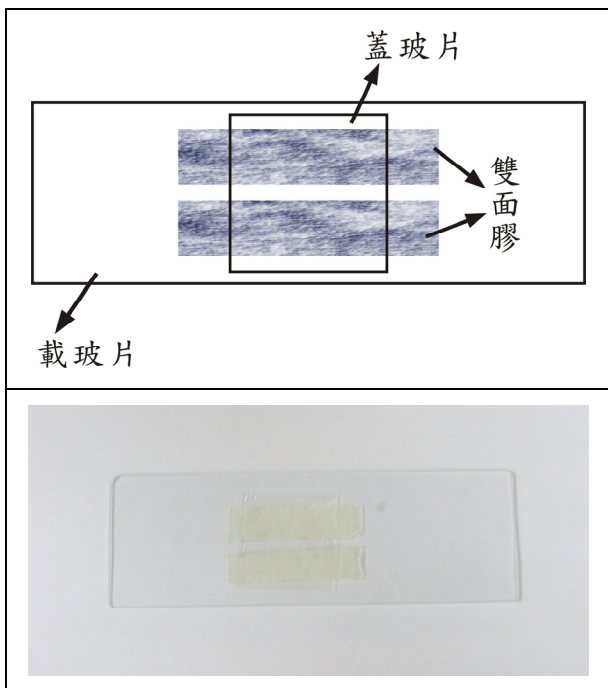
將稀釋後的血液 (純血液 + 0.85~0.89% 生理食鹽水) 注入簡易的微流道樣本片上，接著放置於系統的樣本台。調整焦距讓 CCD 收到清晰的像。接著打開雷射光路，並且微調焦距以捕捉血球。

圖四為紅血球受光鉗推動的情形，可看出血球A和血球B的相對位置發生改變。圖四 (a)→(b) 為雷射光鉗住血球A後產生繞射環；圖四 (b)→(c) 為穩定鉗住血球A後轉動樣本架三軸平移台，使光鉗對血球A產生相對推移。血球B為背景物，當血球B和血球A發生相對位置的改變時，即可確認血球A有被移動。

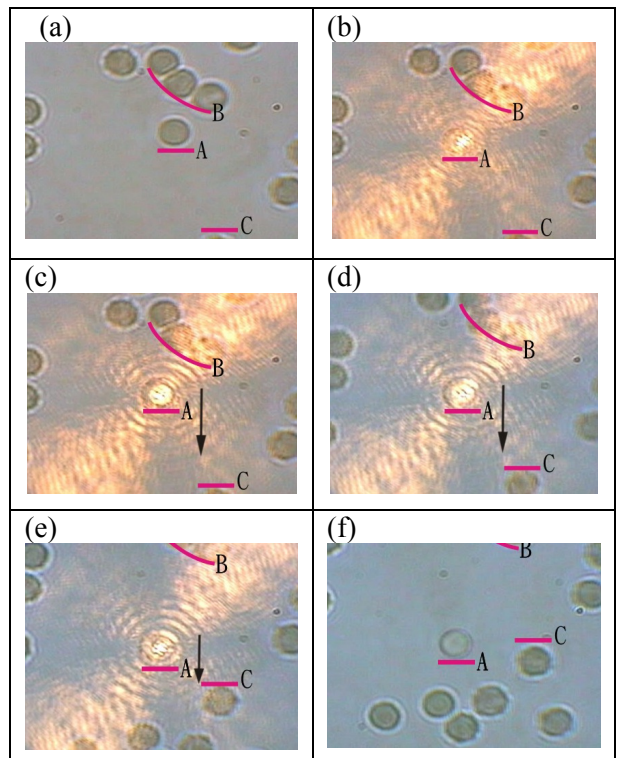


圖二 光鉗實驗系統架構圖

而在樣本製作方面，由於實驗中需要製作多量樣本來因應容易乾掉的問題，因此使用雙面膠在玻片上做簡單的微流道 (圖三)，來注入含生物粒子之溶液。我們取用犬的血液、人類淋巴球白血病活體癌細胞及人類的精液等材料作觀察，目的是想確認此光鉗系統對於不同的生物粒子均有穩定的捕捉能力。



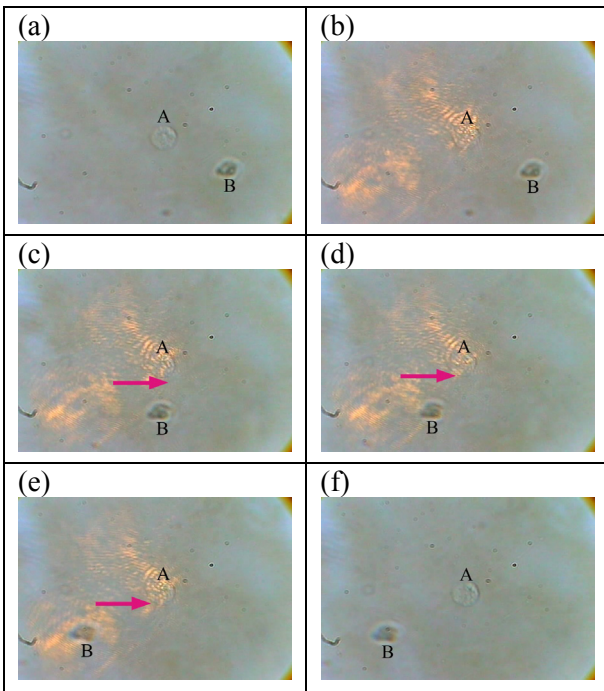
圖三 流道示意圖 (上)；流道實體圖 (下)



圖四 紅血球受光鉗推動的情形

(二) 捕捉懸浮型癌細胞 (U937)：

圖五為光鉗對癌細胞所做的推移情形。由圖五 (b)→(f) 可看出癌細胞A和背景物B的相對位置發生改變，由此可知此光鉗系統對於此種癌細胞 (懸浮型) 能夠做到穩定的捕捉與移動。

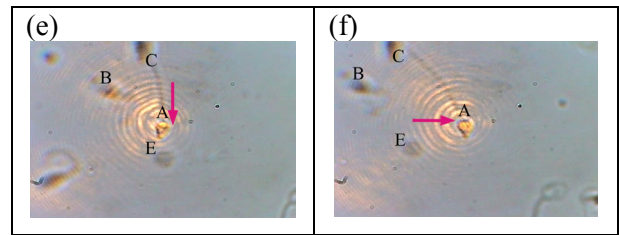
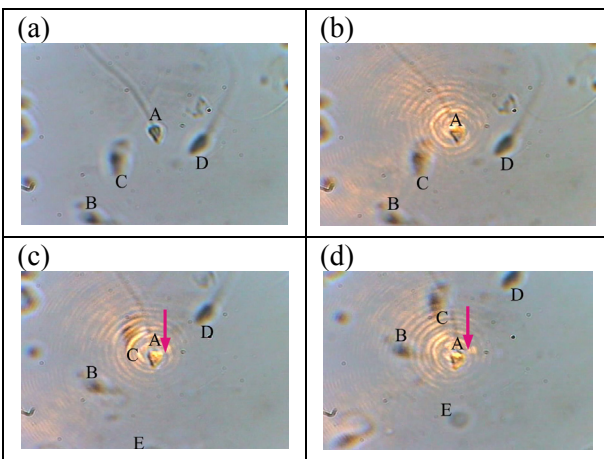


圖五 癌細胞受光鉗推動的情形

**(三) 捕捉精蟲：**

對精蟲此種活體細胞做捕捉，和紅血球及懸浮型癌細胞的差異在於：血球和癌細胞在液體中的運動狀態多為布朗運動；而活的精蟲會任意的在液體中游動。因此，必須確認本光鉗系統具有的鉗住力能夠克服其游動力。另外，精蟲的頭尾外型，與近球體狀的血球和癌細胞不同，其鉗住效果亦有所不同。實驗中我們發現，在做捕捉精蟲的過程時需要針對精蟲的頭部做捕捉，才有較佳的鉗住效果。

圖六為利用此套光鉗系統在捕捉精蟲(光鉗焦點打在精蟲頭部)時所做的推移情形。由圖六 (b)→(f)可看出精蟲A與其他背景物 (B、C、D) 發生相對位置的改變，由此實驗結果得知，此套雷射光鉗對於精蟲能夠做到穩定的捕捉，並可隨意移動之。



圖六 精蟲受光鉗推動的情形

**五、結論**

由多次試驗、觀察結果發現，此光鉗系統對於一般生物醫學方面常見的活體微粒都能夠做到穩定的捕捉，並可隨意移動之。假使未來能有特殊設計的微流道之輔助，就可以對微粒做篩選分類或操縱。而由此近紅外波段雷射光的特性得知，細胞不會在被雷射光鉗住時因溫度的上升而遭到破壞。因此能夠達到低破壞、高穩定的捕捉條件，確立了日後繼續利用此光鉗系統研究活體細胞等微小生物粒子的基石。

**六、誌謝**

感謝國立嘉義大學獸醫學系吳瑞得助理教授協助提供犬的血液樣本。

**七、參考文獻**

- [1] Friese MEJ, Nieminen TA, Heckenberg NR and Rubinsztein-Dunlop H *Optical Alignment and Spinning of Laser-Trapped Microscopic Particles* (1998) *Nature* 394: 348-350.
- [2] Addas KM, Schmidt CF, and Tang JX, *Microrheology of solutions of semiflexible biopolymer filaments using laser tweezers interferometry* (2004) *Phys. Rev. E* 70: 021503.
- [3] Wright GD, Arlt J, Poon WCK, and Read ND, *Experimentally manipulating fungi with optical tweezers* (2007) *Mycoscience* 48: 15-19.
- [4] Grier DG, *A revolution in optical manipulation* (2003) *Nature* 424: 810-816.