

# 光學控制下微氣泡之穴蝕效應對細胞膜之干擾

Membrane disruption by optically controlled microbubble cavitation,  
Campbell *et al.* Nature Physics 1, 107 - 110 (2005)

鄭雅健 / 台灣大學 電機所

選擇性地輸送治療物質進入細胞內部，首先要面對細胞膜這道屏障，諸多物理法需要侵入式手段，獨超音波引發穴蝕效應所達成之聲破法 (sonoporation) 可於體外實施，且可聚焦於體內特定部位。先前之活體研究發現 MHz 範圍、0.2MPa 以上之超音波，可引發藥物傳遞、減緩腫瘤發展，故此研究如圖 1 架構，以光鉗固定微氣泡（商用 Optison，蛋白質殼微氣泡），施以超音波 (1MHz, 20 $\mu$ s burst, 1.39MPa)，以超高速攝影機 (frame rate=500kHz) 捕捉影像，顯示當微氣泡被固定於一基質附近接受超音波時，行不對稱震盪，有時可見 1 $\mu$ m 寬的微噴流貫穿氣泡本體（圖 .2a）。

若使用細胞取代裸露基質，11/23 是似

球的膨脹，也許能因為壓擠細胞造成胞膜通透性上升；8/23 是微氣泡被擊破（圖 .2d），即氣體噴離細胞，殼層部分應朝向細胞射去，也許也能使胞膜通透性上升；4/23 是微噴流，微氣泡外側半球發生內捲，產生指向細胞的中心噴流（圖 .3b）。

以原子力顯微鏡（AFM）觀察實驗後細胞，在有微噴流產生的實驗中，可觀察到膜表面被擊出寬 16 $\mu$ m 的深洞（圖 .3d），如此擊穿似乎已夠使細胞死亡。可大略推估微噴流的速度為 55m/s，是有可能擊穿胞膜的，然而，微氣泡本身的變異及細胞所處流體的性質，都有可能為這複雜隨機的物理過程帶來變異。

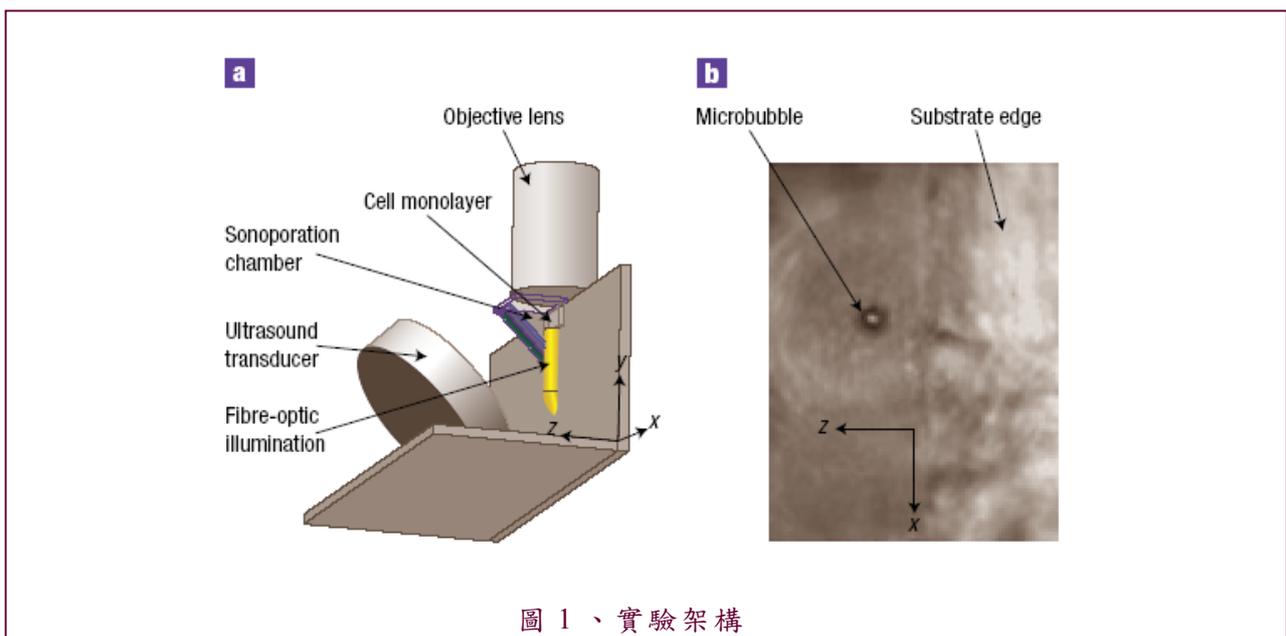


圖 1、實驗架構

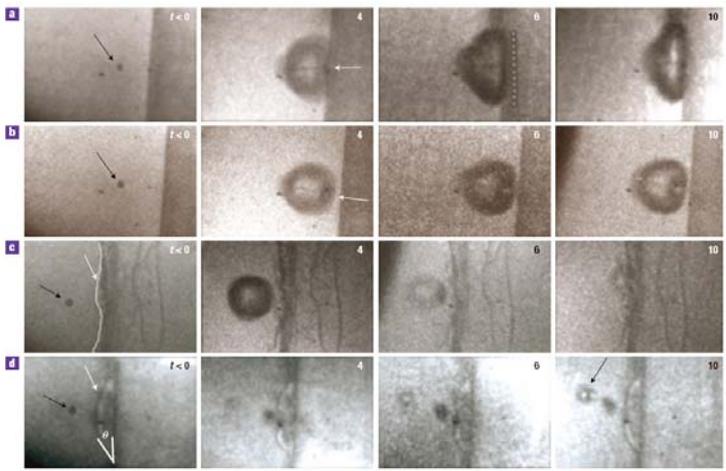
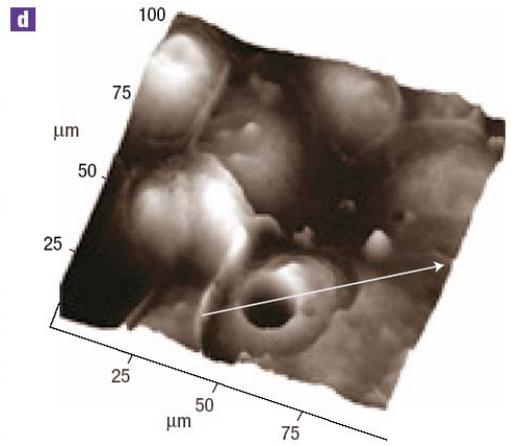


圖 2、影像序列顯示微氣泡穴蝕效應



圖、3d