

高能聚焦超音波的物理效應與臨床應用

陳文翔助理教授 / 台大醫院 復健部

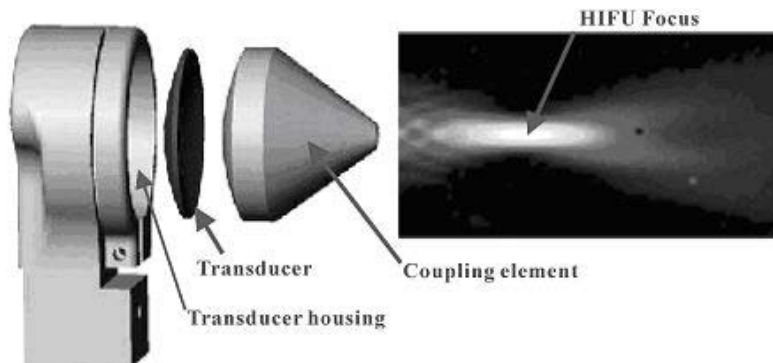
癌症為現今世界威脅人類生命的最大敵人，每年許多病人在診斷出罹患癌症的同時，腫瘤已擴散或轉移，無法用手術完全切除，而且當今的化學或放射線治療方式，對許多癌症，尤其是腹腔的肝癌與胰臟癌，效果有限，病人難以接受對再生或轉移的腫瘤反覆開刀或化療，放療也因劑量累積的關係，不能多次進行，此外，對於某些良性腫瘤（如子宮肌瘤）、佔據空間的腦腫瘤（Space-occupying brain tumor），或是轉移腫瘤的姑

息治療（Paliative treatment），病人寄望非侵襲性的方法，最好不用開刀且不用住院，方便便宜，又可以有效減少腫瘤體積，減少腫瘤副作用。因此，如何發展出一個效果可靠、可多次給予、低侵襲性、不用住院而且便宜的療法，就成為現今癌症治療的一大挑戰，**高能聚焦超音波療法（High-intensity**

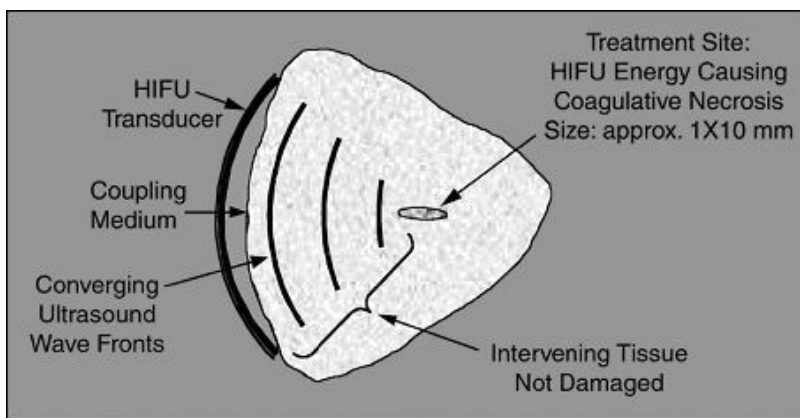
focused ultrasound therapy，簡稱 **HIFU** 或稱 **Focused ultrasound surgery**，簡稱 **FUS**)基本上是將聲波的能量集中，瞬間將焦點區的組織溫度提高到 **70°C** 以上（圖一、二），也就是利用超音波的熱效應，讓細胞的蛋白質在此溫度會產生變性（Denature），從而將病態的組織殺死。



作者畢業於台大醫學系，並獲美國華盛頓大學生物工程博士，現任台大醫院復健部助理教授。



圖一、手執式高能聚焦型超音波探頭的組成。



圖二、HIFU可聚焦於深部組織，摧毀腫瘤。

腫瘤切除，以國人最常見的肝癌來說，聽起來就是必須用手術刀切開肚子，再在肝上劃幾刀，血流成河才能完成，現在利用 HIFU 來執行手術，就完全是另外一種情境。HIFU 可以在儘量不傷害周邊組織的情形下，將超音波能量集中，把腫瘤以一次一小區域（米粒大小）的方式，燒出一個三維陣列而逐步摧毀，它的關鍵就在那碗狀的壓電陶瓷片，如圖一中的transducer，就像太陽光經放大鏡集中能量，可以點燃紙屑一般。且 HIFU 不同於傳統的放射線療法，它是一種聲波，因此無輻射性，可反覆治療同一部位，也無化學治療常見的全身性副作用。目前在美國、中國與日本都已經有數家公司在研發生產 HIFU 治療儀器，並且在世界許多國家都有在進行前列腺、子宮肌瘤、肝癌及乳癌等的臨床試驗；中

國大陸目前至少有三家公司在研究及生產大型腹腔腫瘤治療儀，以最著名的重慶海扶（Chongqing Haifu）為例，他們在腹腔腫瘤的治療，包括肝癌、胰臟癌、大腸癌及胃癌等，都得到確定的療效，另外在骨癌的療效也異常顯著，因而避免患者截肢。圖三是美國 Focus Surgery 公司生產的前列腺 HIFU 治療儀。圖四則是上海愛申公司生產的 HIFU 腫瘤治療儀。目前國內許多醫院都在設法引進中。

HIFU 目前也遭遇到一些問題，舉例來說，HIFU 畢竟是一種局部治療方式，對於無法利用影像方式看到的微小腫瘤或轉移病灶，無法加以燒除，因此對末期癌症來說，基本上是一種姑息療法的工具，若要作為完全治療的工具，還須配合其他療法一起作用，如術後的化療。此外，HIFU 燒灼的效果與影

像能力很有關係，目前美國 FDA 通過審查的機種（InSightec 公司的 ExAblate 2000 系統），是應用 MRI 來對燒灼區域的溫度變化作監測，以確定達到組織變性所需溫度，主要缺點是掃描速度受限；中國大陸或是前述 Focused Surgery 公司的機種（圖三、四），則是利用診斷用超音波來作監測，影像更新速度快，且可做動態影像。

HIFU 還有幾個重要缺點，例如焦點過小，點與點間冷卻時間長，導致總治療時間常常過長，造成病人麻醉危險升高。此外，聲波所產生非線性空泡作用（Cavitation），常造成燒灼控制上的問題，有研究顯示可能會促進轉移；燒灼表淺腫瘤常難以避免表面燙傷，診斷用超音波也難以觀察溫度變化，燒完後的壞死組織在超音波下觀察也差不多，這

許多問題都需要工程人員、物理學者與醫師的通力合作，才能有更進一步的發展。台大醫院的研究團隊正在努力發展一些技術來克服上述問題，並嘗試建立國人第一套自製的 HIFU 系統。



圖三、美國 Focus Surgery 公司生產的前列腺 HIFU 治療儀。



圖四、上海愛申公司生產的 HIFU 腫瘤治療儀。