

軟組織超音波的最新發展

陳文翔主任 / 台大醫院 骨關節復健科

超音波影像在醫學上的應用，已經至少有三十年的歷史，它的非侵襲性，動態影像和相對可攜性，使得超音波成為醫師手中最重要的疾病診斷工具之一。近年來隨著電腦與生物科技的快速發展，超音波也有了革命性的進步，當然軟組織超音波也不遑多讓，筆者在此對軟組織超音波的新進展做一簡單的介紹。

(I) 超音波顯影劑

超音波顯影劑是由特殊保護殼層所包裹的微小氣泡，其大小由數百奈米至數微米直徑不等，由於這些微氣泡對高頻聲波的散射強烈，於是當靜脈注射微氣泡到體內循環後，可應用此高散射的性質來顯出週遭的對比，目前美國食品藥物管理局核准並在市面上買得到的顯影劑主要是 **Definity**，而歐洲與亞洲國家常用者則為 **SonoVue** 與 **SonoZoid**。

超音波顯影劑在受到超音波照射時會振動，由於氣泡遠比血球在音波下振動幅度大，因此超音波顯影劑約可增強血液的散射達 **25dB** (300 倍) 以上，因此不論在

B-mode 超音波或是

Doppler 超音波下，超音波顯影劑都能有效的增強血管與周邊組織的對比，目前臨床上主要的應用在心室內腔壁邊緣顯影、診斷瓣膜性心臟病、和血栓的位置大小等。軟組織超音波則主要應用於評估肌腱病變組織，以

及腫瘤的血流狀況。**圖 1** 顯示在藥物引起之大白兔阿基里斯腱肌腱炎注射顯影劑前後血流比較，注射後肌腱內血流比注射前顯著增加。

(II) 三維與四維超音波

近年來電腦運算速度突飛猛進，需要處理大量影像資料進行重組的三維、甚至

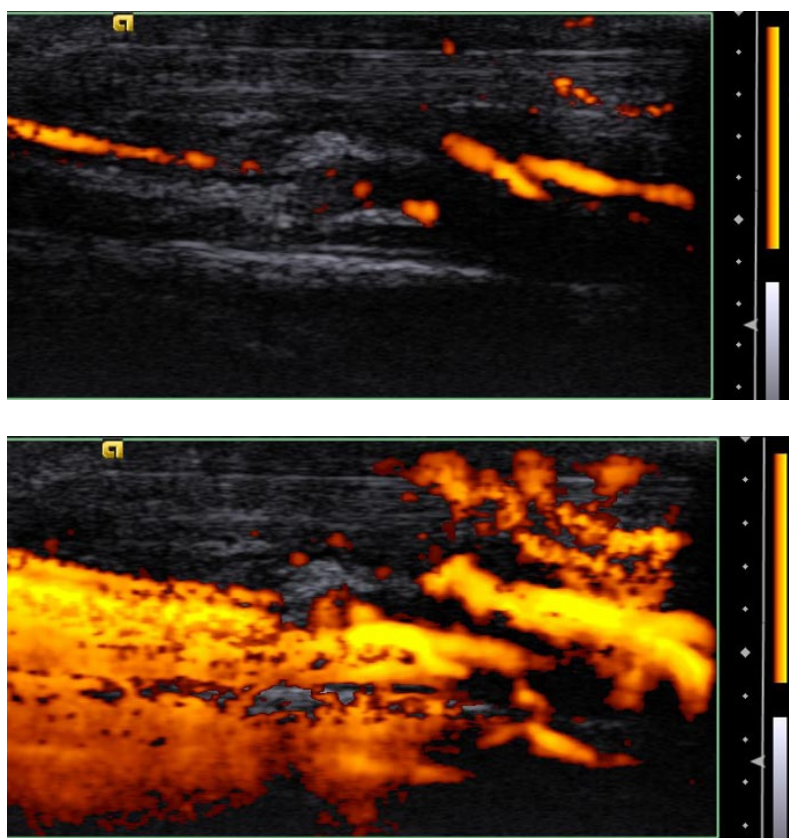


圖 1：超音波顯影劑可增加肌腱炎的肌腱其內部之血流顯影：(上圖) 注射前，(下圖) 注射 1 分鐘後 (by 張凱閔醫師)

加上時間軸的四維動態超音波，早已是婦科醫師例行檢查的一部分，3D 與 4D 超音波可以隨時觀察寶寶在媽媽腹中的立體甚至連續動態影像，讓準爸爸媽媽在產前事先看到寶寶可愛的模樣。

3D 與 4D 超音波也可以讓醫師在產前觀察胎兒的生長活動，及早診斷出先天性畸形或障礙以便及時處理。

三維超音波影像呈現是以二維超音波影像為基礎，經由精密快速之電腦將一張一張相鄰並排的二維的超音波影像，重新組成立體架構來實現。目前實用之表現方法主要有二種：**(1) 表面成形法**：將組織間超音波訊號對比強烈的地方，萃取其介面並重組成表面變化的影像，例如含水的腫瘤、胃腔及羊水包圍之胎兒等處，這種方式影像對比良好，但只能觀察表面，並不清楚內部變化；**(2) 體積成形法**，如同將積木一塊一塊堆積起來形成立體，用來觀測對比較不明顯之組織內部情形，由於軟組織內部的對比一般不很強烈，因此這也是目前最軟組織超音波最常採用者，可測定腫瘤、血管等的形狀、分布變化及相互立體位置。

最早的 3D 立體超音波，是用手移動超音波探頭，先產生一張一張的 2D 影像，再組成 3D，需要好幾分鐘來產生一張立體超音波的相片；近年 2D 陣列探頭的發明，讓醫師可以看到

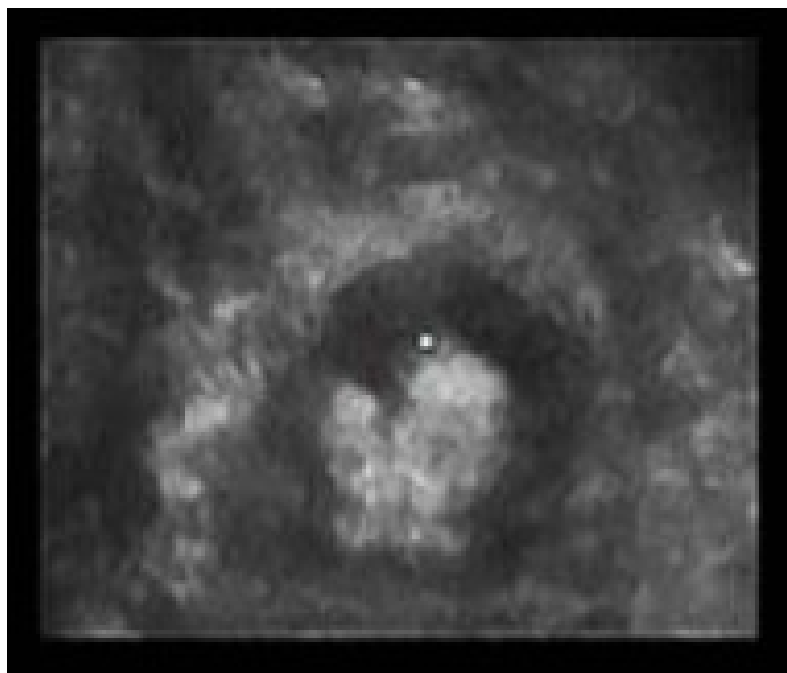


圖 2：全斷的棘上肌 (supraspinatus) 肌腱破裂處在 3D 超音波影像的表現（白色部分）。

順暢的動態立體影像。

在軟組織的應用上面，3D 或 4D 的超音波檢查目前仍在萌芽階段，最重要的問題可能是高成本的 3D 或 4D 影像能提供那些 2D 軟組織超音波無法提供的訊息？在已發表的研究上面，有學者利用 3D 超音波來觀測旋轉肌腱破裂的情形，如圖 2 所示，破裂的部分由於強反射的肱骨頭表面露出，而呈現高超音波散射訊號。也有學者結合 3D 超音波與功率都卜勒超音波來觀察發炎組織其血流分布的情形與多寡，或觀察肌肉斷裂的狀況等。

(III) 超音波彈性造影

超音波彈性造影顧名思義，可以測量到組織的彈性，而組織的彈性往往和其病理變化相關。傳統 B-mode

超音波影像是利用組織介面回聲來成像，但病理組織的回聲性有時和週圍的正常組織無太大差別導致診斷不易。數千年前老祖宗就知道用手指按壓組織來感受其軟硬度，若發現硬塊則可能代表其發生病變。超音波彈性造影就是利用同樣的原理成像，組織受壓後會產生形變，受到同樣的壓力時組織愈硬形變愈小，組織愈軟形變愈大。當超音波探頭置放於人體組織上尚未施予壓力時，超音波機器會將反射回來的超音波無線頻率訊號儲存為「受壓前訊號」，接著用探頭稍微施予壓力於組織後，反射回來的超音波無線頻率訊號則儲存為「受壓後訊號」，超音波儀器藉由分析並比較「受壓前訊號」及「受壓後訊號」來得到組織內各部份受壓後的形變量。

超音波彈性造影在許多領域已被用來幫助診斷，例如乳房腫塊的惡性度與肝硬化程度等。而在軟組織超音波方面，則可用來幫助肌腱病變之診斷，例如在足底筋膜炎的病人其足底筋膜相較於正常人，會有不均勻的軟化現象（圖 3）。

(IV) 超音波熱影像法

近年來利用熱燒灼來除去體內腫瘤的治療方式，逐漸成為治療早期癌症、良性腫瘤，與清除無法手術病人腫瘤的重要方式，臨床醫師或研究者利用雷射、無線射頻、微波或高能聚焦超音波（High-intensity focused ultrasound），將體內深部的腫瘤加熱，讓這些不正常的組織產生凝固性壞死後再被身體吸收，由於不需切開身體，對病人傷害較少，侵入性低，極具未來性與發展潛力。

目前無線射頻與微波燒灼已廣泛在臨床上應用，主要針對一些良性腫瘤、早期的惡性腫瘤或無法開刀之腫瘤燒灼，皆有不錯之臨床結果，高能聚焦超音波目前也在許多國家進行臨床試驗，其發展的重點除了良性腫瘤，如子宮肌瘤的燒灼外，目前也積極發展燒灼惡性腫瘤，尤其是無法開刀的情況，包括乳癌、前列腺癌、胰臟癌與肝癌等，但目前無線射頻與微波燒灼過程中並無良好的溫升與組織壞死監測法，必須依賴施行醫師的經驗來作推測，常會發生燒

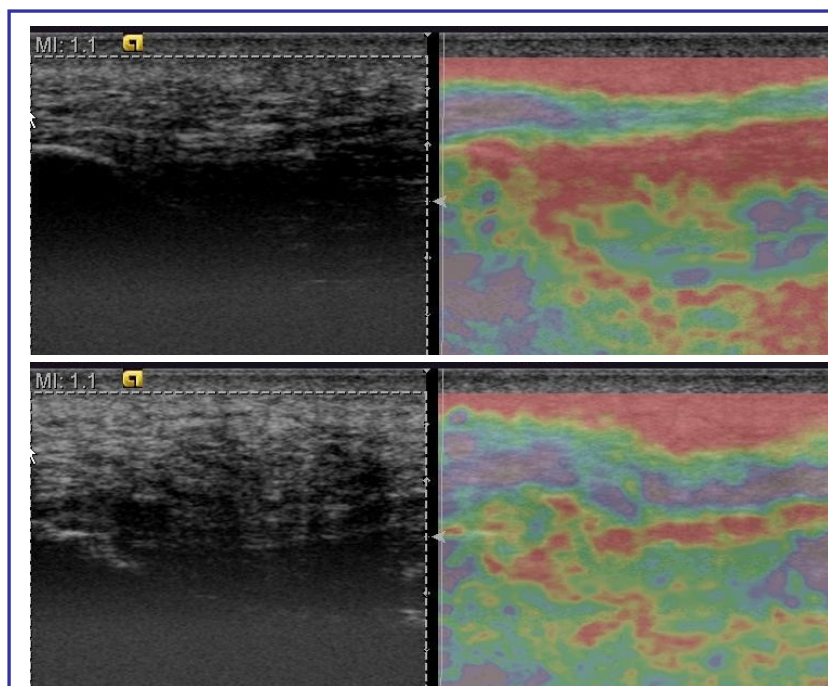


圖 3：上圖為正常受試者之足底筋膜，其呈色為均勻之紅色，代表的是較硬的組織；下圖則是一位足底筋膜炎患者，可看到其呈色為黃綠色夾雜著紅色斑點，代表該足底筋膜有軟化的現象。（by 吳爵宏醫師）

灼範圍不足，腫瘤無法完全清除而復發之副作用；若燒灼強度太大或時間太長，則可能傷及正常組織，產生另外的副作用。高能聚焦超音波則一般使用核磁共振掃描儀 (MRI) 來監測位置與溫度上升 (InSightec ExAblate®

2000)，然而 MRI 裝備有單張掃描速度慢與價格高，以及磁場的限制；其他利用超音波作監測之高能聚焦超音波產品（如重慶海扶公司之海扶刀），則並無溫升監測功能。燒灼首重安全與療效，利用可靠且易使用的非侵入性 2-D 或 3-D 即時監測方式，來監測溫升範圍以及組織壞死範圍（組織壞死範圍不一定等同與溫升範圍），在臨床上有其必要性。此外，非侵入性的溫升

還有許多可能的應用，例如深部組織的血流變異（如發炎、感染或腫瘤新生）會升高體內組織局部溫度，若有非侵入性影像法來做長期溫度監測則可能可開啟醫學影像的另一扇窗口。

利用超音波來監測腫瘤等軟組織溫度的作法，大致來說有兩種方式：首先是利用溫度上升後聲音在介質中傳遞速度改變，比較溫升前後組織的聲速變異（或者是回波相位、頻率的變異），即可推知溫升的範圍及程度；另外的作法是比較溫升前後回波訊號能量大小的變異，基本上溫度愈高介質質點振動的程度會越大，回波訊號因此會產生改變。目前這兩種方式都還在積極研究的階段。

