

超音波散射統計參數影像： 近期發展與脂肪肝診斷評估應用

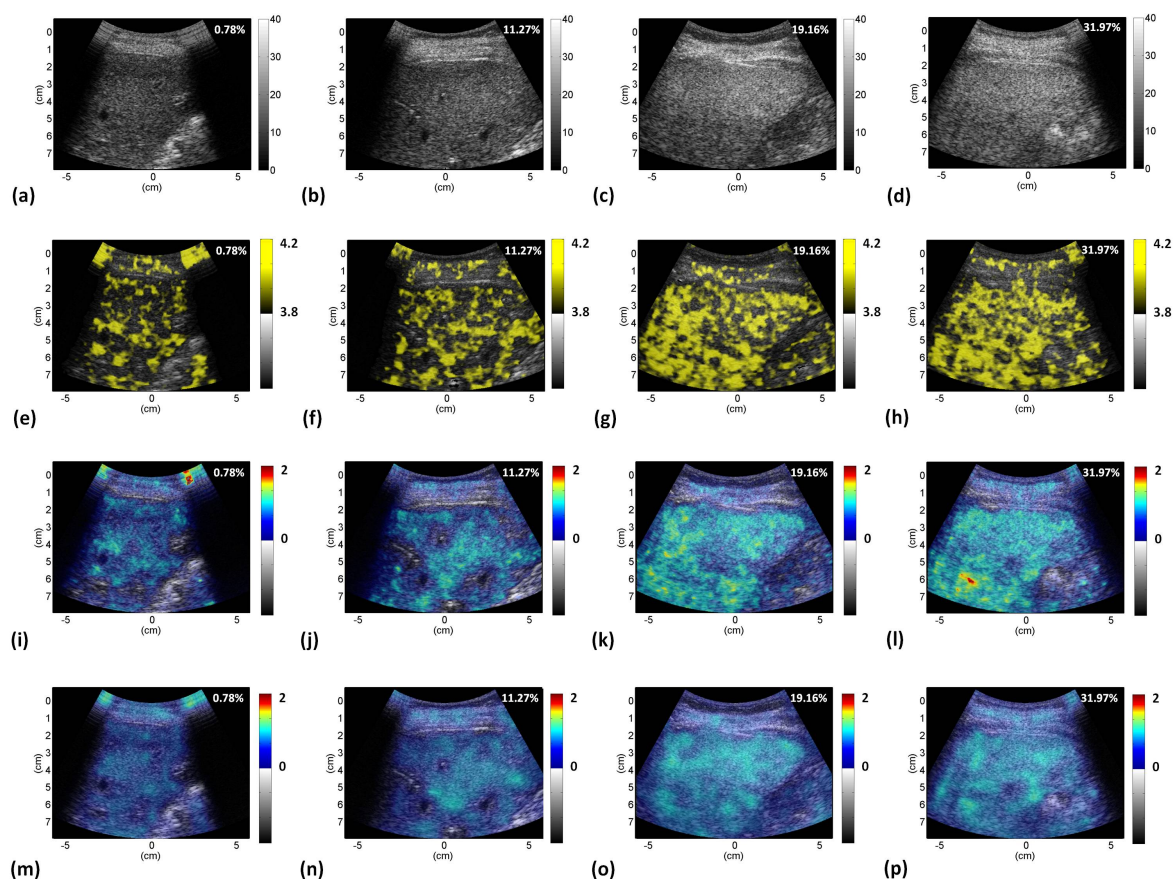
崔博翔教授 / 長庚大學 醫學影像暨放射科學系

脂肪肝全球人口約 19 億，佔總人口 25%，是當代亟需重視的健康議題。脂肪肝通常合併糖尿病、心血管疾病、與代謝症候群發生，更被證實為非病毒性肝癌的主要致病機轉，因此其診斷與介入追蹤已

成為臨床醫療的顯學之一。

目前臨床診斷脂肪肝的第一線影像學工具是超音波，其具備非侵入性、快捷、方便、無輻射之特性，在有經驗醫師的操作掃描下，可以迅速判斷

肝臟中脂肪堆積的程度。輕度脂肪肝的定義，就是肝實質部分相較於腎臟回音來說，有稍微增加亮度之超音波回音存在，但其肝臟內血管及橫膈膜依舊可以看清楚。對於中度脂肪肝，肝實質部分存在比腎臟



圖一、從左到右分別是不同的三酸甘油酯比例之肝臟影像結果，包括傳統超音波灰階 B-mode 影像 (a-d)、訊息理論熵影像(e-h)、以及透過動差(i-l)以及最大相似估計 MLE 方法(m-p)所建立之 Nakagami 影像。本結果已發表在 *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 44, pp. 1327-1340, 2018。

還要在高一些的回音，但此時肝內血管及橫膈膜的影像，開始會出現不清楚較為模糊的表現。重度脂肪肝的患者，相對於腎臟來說，肝實質存在更亮的回音強度，此時肝內血管與橫膈膜以及肝後部之影像已經無法辨識。但依賴醫師判定影像學特徵之最大問題，就是無法提供客觀量化診斷。

從基礎聲學的角度來看待，肝臟可以視為一個由許多聲學反射體組合而成的微結構，當超音波入射至肝臟組織，因為小葉中的肝細胞小於臨床超音波之波長(若以腹部弧形探頭中心頻率 3 MHz 為計)，此時音波反射體將扮演散射子的角色，與聲波交互作用下產生具有隨機性質之逆散射訊號。在上述模型架構下，肝細胞出現脂肪浸潤就如同組織微結構發生改變，脂肪肝嚴重度越高，脂肪變性肝細胞所對應等效之瀰漫性散射子數量變多，使最終超音波逆散射訊號波形特徵，特別是振幅統計分布模式的改變。筆者在 2000 年開始就讀博士班時，就已經開展超音波散射分析的研究，之後任教於長庚大學，更專注深耕在散射統計模型的理論與臨床參數影像建構之落實，期間所建立的參數影像方法包括基於 Nakagami 統計模型(動差估計、最大相似估計、視窗調變複合估計法)、通用散射 homodyned-K 模型(動差估計、XU 統計法)、訊息理論熵與加權熵靈敏度提升技術，近期更與日本千葉大學合作，共同探討雙模態 Nakagami 統計

模型(最大期望演算法、KL 散度估計方法)，以及與北京工業大學合作，開發透過類神經網路來估計 homodyned-K 參數等核心技術，希望透過諸多的散射特徵，量化訊號振幅之統計分布模式，並應用至組織特性識別。在脂肪肝診斷的技術導入上，我們近期先選擇

Nakagami 參數與訊息理論熵來進行臨床診斷評估，臨床實驗在林口長庚醫院與台北長庚醫院進行，實驗共分兩組受試者。第一組為肝臟捐贈者的脂肪肝評估組，每位受試者皆進行磁共振頻譜檢查，計算出肝臟中的三酸甘油酯比例。第二組為臨床需要進行肝切片獲得病理組織學評估者。對於每位受試者，使用臨床超音波系統進行影像掃描，探頭選擇曲面探頭，採右肋間掃描肝右葉實質進行射頻訊號數據擷取與成像。結果中可以觀察到，隨肝臟三酸甘油酯比例上升，超音波 Nakagami 以及訊息理論熵影像的亮度也隨之上升，在物理意義上，表示肝臟脂肪變性

所造成的微結構改變，帶動超音波逆散射統計分布逐漸接近雷利分布，以及散射訊號振幅之複雜度與不可預測性上升。由此可知，透過統計模型的參數來建立超音波參數影像，可提供臨床醫師更為客觀之脂肪肝診斷與評估。

然而，筆者近 20 年的研究經驗顯示，雖然目前有越來越多的統計模型與散射分析方法被提出，但究竟哪一種模型是最佳化模型，其實並沒有一個確定的答案。但對於脂肪肝診斷有最大臨床診斷效益的方法，就目前實驗數據來看，訊息理論熵應該會是一個較佳的選擇，除了具有系統適應性的特點，另外較不受肝纖維化影響，也不會受到肝臟發炎反應之影響，可以作為一個純粹對應肝臟脂肪浸潤的超音波影像指標，在面對未來病毒性肝炎問題逐漸解決，脂肪性肝炎逐漸成為全球肝實質病變的重點問題時，超音波散射之訊息熵將會扮演重要關鍵角色。



圖二、筆者(右者)獲得科技部吳大猷先生紀念獎與部長留影。

