

超音波彈性成像在膽道系統的臨床應用

Clinical application of elastography in the biliary system

李三剛醫師 / 童綜合醫院社團法人童綜合醫院、台中榮民總醫院

超音波彈性成像技術的發展開始於 1980 年代晚期，1991 年 Cespedes 與 Ophir 首先報告應變彈性成像(strain elastography)技術^[1]，1998 年 Sarvazyan AP 發表剪切波彈性成像(shear wave elastography)^[2]，1999 年 Sandrin 發表瞬時彈性成像(transient elastography)^[3]，2004 年 Trahey GE 發表聲波輻射力脈衝成像(Acoustic Radiation Force Impulse Imaging, ARFI)應用^[4]，同年 Bercoff J 發表超音速剪切波成像(Supersonic shear imaging)^[5]。隨後彈性影像的研發及廠商新型超音波儀器的推出，提供臨床疾病診斷更多的用途。

目前超音波彈性成像臨床的應用範圍包括：乳房、前列腺、甲狀腺、肝臟、腎臟、脾臟、血管內應變影像、心臟彈性成像、深層靜脈血栓、腎臟移植監控等。但最普遍的應用是在肝臟方面，包括評估纖維化(fibrosis)、預測肝硬化與相關併發症、評估抗病毒藥物治療反應與肝臟腫瘤的特徵。

一、彈性成像的種類

按照過去發展的歷史，彈性成像可以依據產生應力(stress)的來源，分為準靜態(quasi-static)與動態(dynamic)兩類，前者為機械性應變彈性影像(Mechanical strain elastogram)，後者分為機械推

動的瞬時彈性成像(Transient Elastograph, TE)又稱為組織彈性成像(tissue elastography)，與聲波輻射力脈衝成像(Acoustic Radiation Force Impulse Imaging, ARFI)。使用聲波輻射力脈衝成像可以得到彈性應變的定性灰階或彩色圖(strain imaging)，若加上剪切波彈性成像(shear wave elastography)，使用聚焦音束(focused acoustic beams)的點剪切波彈性成像(point shear wave elastography, pSWE)與二維空間剪切波彈性成像(2D shear wave elastography, 2D SWE)，可以得到感興趣區域(region of interest)的剪切波速度(m/s)或彈性模數(elastic

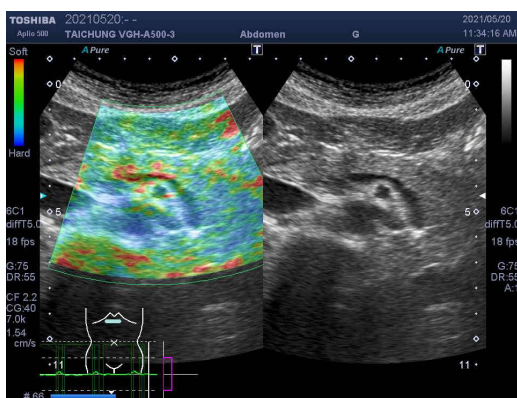


圖 1、正常胰臟超音波掃描的聲波輻射力脈衝成像(左圖)與傳統超音波影像(右圖)比較，胰臟實質呈現與周邊軟組織結構相同硬度的均勻色彩(綠色)。

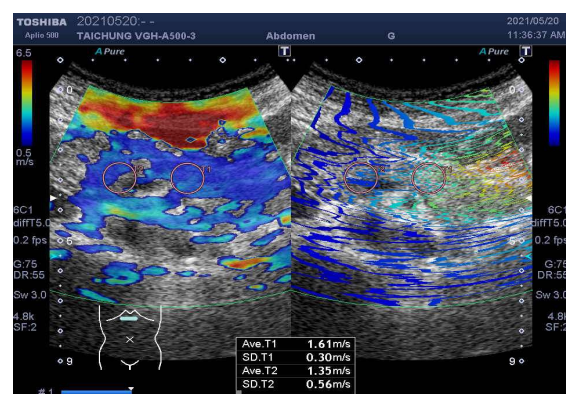


圖 2、正常胰臟的二維空間剪力波彈性成像(2D SWE)，量取胰臟頭部(T2)與體部(T1)的彈性定量剪切波平均速度各為 1.35, 1.61 m/s。

圖 6、肝臟 S4 腫塊二維空間剪切波彈性成像(2D SWE)，腫塊的色彩為綠色，而周邊肝臟實質呈現紅色，肝實質比腫塊硬。

使用聚焦超音波，產生序列聲推脈衝(超音波輻射壓)，造成組織移位，追蹤超音波訊號並與原來影像比較，因此類似應變彈性成像，可以由影像達到定性的判讀(圖 1)。若在目標組織的單一位置使用低頻音波機械性的瞬時脈衝產生側剪切波，測量剪切波傳播速度，就可以即時得到感興趣區域的局部彈性定量剪切波速度(m/s)或彈性模數(kPa)，此即點剪切波彈性成像(pSWE)。如果在掃描的全視野內都產生剪切波，對此剪切波誘導的小移位成像，即為二維空間剪切波彈性成像(2D SWE)，可以同時得到聲波輻射力脈衝的定性彩色超音波影像與定量數值(圖 2)。

三、彈性成像於膽道系統的應用

應變彈性成像的限制為使用外在機械振動，因此偵測的部位較表淺，且對於含水成分如水囊不容易得到彈性成像，或者會看到假影，所以水囊或

含水病灶不能以此工具評估^[6]。而瞬時彈性成像的振動器測量深度限制在25到65mm，無法量度更深層組織病變；另外還有：肥胖或腹水病人診斷困難、缺少2D影像指示測量位置、肝臟左側不能檢查等多項限制，不適用於膽道系統的診斷。膽道系統因為不是實質器官，彈性成像在此方面的使用功效受到限制。

過去文獻報告使用聲波輻射力脈衝(ARFI)評估膽囊壁變厚，對膽囊癌診斷的敏感度與特異性各為 100%與 91.3%，其剪切波平均速度的閾值為 3.41 m/s。對原發與次發性膽汁性肝硬化或慢性膽道阻塞所造成的膽道型肝硬化，也是很有用的非侵襲性標記^[7]。聲波輻射力脈衝技術較瞬時彈性成像敏感度高，可以得到掃描部位的定性影像，而剪切波彈性成像的點剪切波彈性成像(pSWE)，可以得到感興趣區域的定量數值；二維空間剪切波彈性成像(2D SWE)則可以

同時顯現定性彩色超音波彈性影像與定量數值。文獻研究正常肝臟的二維空間剪切波彈性成像，於成人與兒童的剪切波速度中位數各為 1.30 與 1.27 m/s^[8]，對於肝臟局部病灶的診斷，肝臟硬度(stiffness)的中位數於良性病灶 16.4 kPa，惡性病灶 36 kPa，其中肝細胞癌(HCC) 44.8 kPa，膽管癌(cholangiocarcinoma) 70.7 kPa，肝轉移(metastasis) 29.5 kPa。膽管癌是肝臟惡性局部病灶中最硬的，跟肝細胞癌與肝轉移比較，其數值明顯最高^[9]。因此，這兩種彈性成像技術較適合用來評估肝臟局部病灶或膽道腫瘤的特徵鑑別，與膽道系統的輔助診斷(圖 3 至 6)。本案例可能因為膽汁淤積過於嚴重，造成肝實質較膽管癌硬(剪切波速度各為 3.45 m/s 與 1.32 m/s)，與文獻的結果不一致，但是使用彈性成像，可以清楚區別肝臟局部病灶與肝管漲大所造成的肝實質變化及鑑別診斷。

參考文獻：

1. Ophir J, Cespedes I, Ponnekanti H, et al. Elastography: A quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging*. 1991; 13:111-34.
2. Sarvazyan AP, Rudenko OV, Swanson SD, et al. Shear wave elasticity imaging: a new ultrasonic technology of medical diagnostics. *Ultrasound Med Biol*. 1998; 24:1419-35.
3. Sandrin L, Catheline S, Fink M, et al. Transient elastography in biological tissues. *J. Acoust. Soc. Am*. 1999; 105:1014.
4. Trahey GE, Palmeri ML, Bentley RC, et al. Acoustic radiation force impulse imaging of the mechanical properties of arteries: in vivo and ex vivo results. *Ultrasound Med Biol*. 2004; 30:1163-71.
5. Bercoff J, Tanter M, Fink M. Supersonic shear imaging: A new technique for soft tissues elasticity mapping. *IEEE trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 2004; 51:396-409.
6. Kawada N, Tanaka S. E. Elastography for the pancreas: Current status and future perspective. *World J Gastroenterol*. 2016; 22:3712-3724.
7. Inoue Y, Kokudo N, Elastography for hepato-biliary-pancreatic surgery. *Surg Today* 2014; 44:1793–1800.

8. Trout A, Xanthrakos SA, Bennett PS, et al. Liver Shear Wave Speed and Other Quantitative Ultrasound Measures of Liver Parenchyma: Prospective Evaluation in Healthy Children and Adults. *AJR* 2020; 214:557-565.
9. Gerber L, Fitting D, Srikantharajah K, et al. Evaluation of 2D - Shear Wave Elastography for Characterisation of Focal Liver Lesions. *J Gastrointest Liver Dis.* 2017; 26:238-290.