

超音波彈性影像應用於復健醫學之研究(3/3)

Study of the Application of Ultrasonic Elasticity Imaging to Rehabilitative Medicine(3/3)

計畫編號：NSC 90-2213-E-002-127

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：李百祺 台灣大學電機系

協同研究人員：郭柏齡 台灣大學附設醫院復健部

計畫參與人員：陳美如、吳積霖、葉文俊 台灣大學電機系

一、中文摘要

本年度研究延續前二年計畫在復健醫學之執行成果，以斑點追蹤法合成肌肉之超音波位移、應變及應變複合影像。超音波影像分別自受試者手臂肌肉及豬肉取得。其中受試者以輕度向心收縮產生位移影像，豬肉則以一台三維步進馬達牽引產生位移。結果顯示位移影像與收縮或牽引方向極為一致。應變複合影像也能改善影像上的斑點。本計畫在三年之執行期間已產出五篇SCI期刊論文及八篇國內外研討會論文[2]-[6]。

關鍵詞：肌肉超音波影像、應變影像、應變複合影像、斑點追蹤

Abstract

Based on the research results of the first two years, various ultrasonic elasticity imaging techniques were studied in rehabilitative medicine in this year. Displacement and strain as well as strain compounding images of muscles sonograms were constructed based on speckle tracking in this study. Images were obtained from in vivo and in vitro respectively. The in vitro images were acquired by pork stretching using a 3-axis step motor while the in vivo ones by a minimal concentric contraction. The results showed that displacement images have good agreement with applied traction or self-contraction. The strain compounding images can also improved image readability. During the 3 year period of the project, 5 SCI journal papers and 8 conferences papers have been produced[2]-[6].

Keywords: Muscular sonography, Strain image, Strain compounding image, Speckle tracking

二、緣由與目的

在復健醫學之肌肉超音波影像中，要

分辨不同肌層分別隸屬於哪些肌肉十分重要，例如為了確定影像上產生病變的是哪條肌肉，以及配合做肌肉局部注射，如肉毒桿菌素減痙攣治療等。由於不同的肌肉所產生的關節活動互異，臨床檢查者通常會藉由患者不同的動作區分肌層。然而由於肌肉的收縮容易牽扯鄰近的肌層，在影像上想僅用觀察肌肉移動，來直接確定收縮的肌肉並不容易[1]。除此以外，對於無法任意控制肌肉自主收縮者，如肌張力異常增加或失調者，要求他們做出隨意關節活動也不甚可行。

目前在臨床檢查上，最可以直接確定肌肉有無收縮的方法為針肌電圖檢查。藉由將電極針插入特定肌肉中，檢查者可以肌電訊號判斷肌肉是否正在收縮。然而針肌電圖檢查也有數項缺點：首先，這是項具有侵入性的檢查，而且十分疼痛，受試者經常因無法忍受痛楚而停止檢查。其次，針肌電圖通常僅能正確接受針極附近的肌電訊號，而無法清楚接收相同肌肉但較遠處不同運動神經元的肌電訊號。由於人類肌肉收縮時運動神經元是逐漸徵召而非全部一起激發，以針肌電圖偵測肌肉收縮便有敏感度較低的缺點。

為此，我們提出一種以超音波應變影像偵測肌肉收縮的方法。理論上，收縮中的肌肉由於肌節間距縮短，肌肉內部會產生應變差異。相反的，鄰近被牽扯帶動的肌肉，由於並未收縮，因此除了全域性位移外，應不至於產生應變。這種方法完全不具侵襲性，而且所偵測範圍涵蓋整個影像中的肌肉，因此敏感度應該較高。在本文中，即以斑點追蹤法建立肌肉之超音波位移及應變影像，並就出初步結果探討之。

三、方法

在本報告中，一共產生了活體外及活

體內兩種超音波位移及應變影像。

在活體外部份，考慮到肌肉不論加以伸展（即離心收縮）或縮短（向心收縮）均可產生內部應變差異，我們利用一台三維步進馬達，將浸在水箱中並經固定一端的豬肉塊，沿另一端肌肉長軸方向分別以1mm、5mm的位移量拉扯。每次位移後之超音波影像以擷取卡擷取後儲入電腦中。

在活體部分，我們分別取得受試者的肱二頭肌肌腹處、共指伸肌近肱外踝突處、以及掌曲長肌肌腱在輕微向心收縮前後之超音波影像（ATL, HDI 5000）。注意這些肌肉或肌腱所在位置，均同時先以針肌電圖檢查（Medelec Synergy）確定。此外並要求受試者儘量降低用力幅度，以使取得影像時，針肌電圖上無清晰訊號。

最後將所取得之超音波影像依斑點追蹤法重建位移及應變影像，其詳細步驟已於本計畫成果所發表之期刊論文中描述。

四、結果與討論

圖一至圖三顯示在活體內之超音波位移影像。箭頭代表位移的方向及大小。可以看出位移量以圖一肱二頭肌肌腹最明顯，共指伸肌肌頭處次之，而掌伸長肌肌腱則最差。這可能是因為以硬度而言，肌腱相對最高，肌頭處次之，肌腹則最低。因此在類似張力（均最少用力收縮）下，肌腹可能出現較大的形變。

圖四至圖六則分別顯示出上述三者的在二維平面上的應變影像。其中影像趨向藍色代表低應變量，紅色端代表高應變量。令人訝異的是，三張圖中目標組織的應變量幾乎皆趨近於零，表示組織幾乎沒有內在相對位移。一個可能的解釋是收縮的幅度過小，使得相對取樣範圍較小的影像可能無法累積足夠的位移量差異。由於我們之前發現過大的收縮會使斑點追蹤的相關係數減少，所以一個可行的改進方法便是用漸進用力等長收縮(isometric)的方式，以收集多張小位移之影像，再用累計位移的方式計算全部的應變量。此外，在遠離焦點區的下方影像，可以發現較紊亂且不規則的應變分佈。

圖七到圖八分別顯示在活體外拉扯1-mm、5-mm 豬肉之超音波位移影像。箭

頭代表意義同圖一。可以看出兩張均有明顯的右向位移，圖片右方為馬達拉扯方向。

圖九至十則分別為上述影像的二維應變圖。可以看出應變量較大處分佈在近固定端（即左端）與拉扯端處（即右端）。但是在5-mm 位移時（圖十），可以發現近固定端有較高的應變量。

利用位移影像，我們又分別做出活體內外肌肉組織的「應變複合」影像(strain compounding)。圖十一至十六分別為豬肉、肱二頭肌、共指伸肌應變複合前後影像的比較。可以看三組影像在複合後均有斑點明顯減少的效果。其中又以共指伸肌最為明顯，增加了影像清晰度。

最後，表一及表二分別列出活體內及活體外超音波位移影像斑點在移動前後的相關係數，其中活體外的相關係數較佳。不過活體內的值也在可以接受範圍內。

在本研究中，我們報告以斑點追蹤法處理肌肉組織的超音波影像，以產生位移、應變及複合影像，並探討其在臨床上可能的應用價值。其中位移及複合影像均能獲致令人滿意的結果。後續研究將針對能產生合理應變影像的技術之探討。

表一 活體內位移影像之斑點相關係數

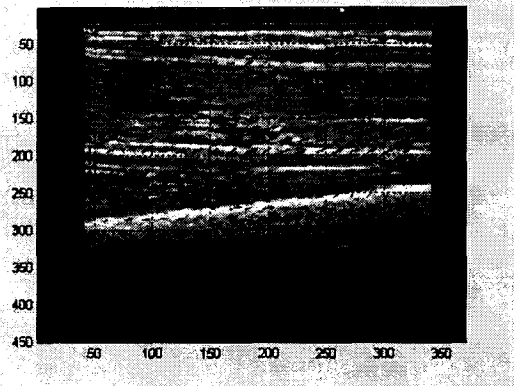
肌肉	肱二頭肌	共指伸肌	掌伸長肌
相關係數	0.69	0.69	0.78

表二 豬肉位移影像之斑點相關係數

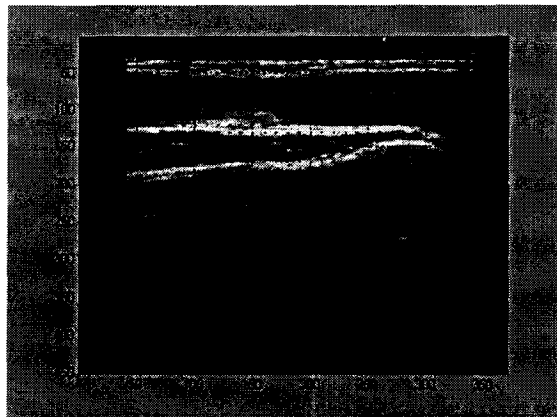
位移量	1-mm	5-mm
相關係數	0.97	0.97

五、參考文獻及已發表之成果([2]-[6])

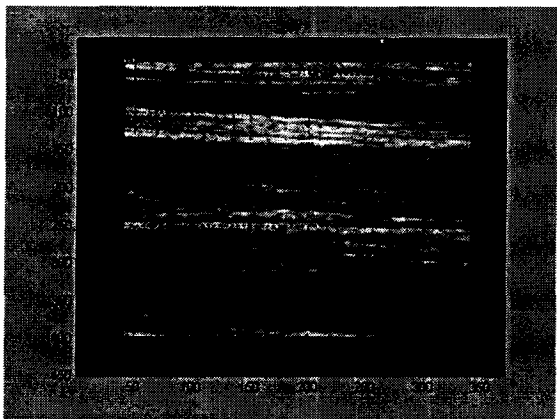
- [1] Fornage "Musculoskeletal Ultrasound". New York, Churchill Livingstone, 1995.
- [2] P.-L. Kuo, P.-C. Li, C.-T. Shun and J.-S. Lai, "Elasticity Measurements of Rabbit Achilles Tendon by Ultrasound", *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 25, pp. 1241-1250, August, 1999.
- [3] P.-L. Kuo, P.-C. Li and M.-L. Li, "Elastic Properties of Tendon Measured by Two Different Approaches", *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 27, pp. 1275-1284, September, 2001.
- [4] P.-C. Li and C.-L. Wu, "Strain Compounding: Spatial Resolution and Performance on Human Images", *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 27, pp. 1535-1541, November, 2001.
- [5] P.-C. Li and M.-J. Chen, "Strain Compounding: A New Approach for Speckle Reduction", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, Vol. 49, pp. 39-46, January, 2002.
- [6] W.-C. Yeh, P.-C. Li, Y.-M. Jeng, H.-C. Hsu, P.-L. Kuo, M.-L. Li, P.-M. Yang and P.-H. Lee, "Young's modulus measurements of human liver and correlation with pathology", *Ultrasound in Medicine and Biology*, Vol. 28, April, 2002.



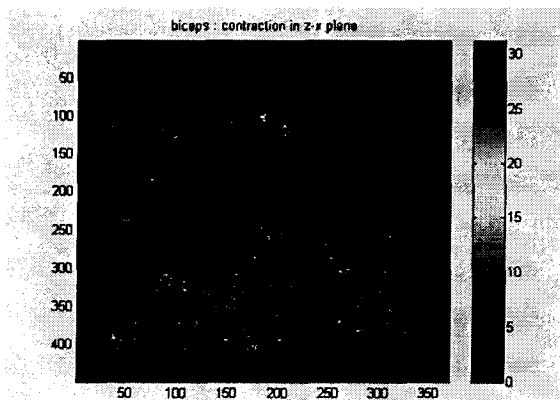
圖一



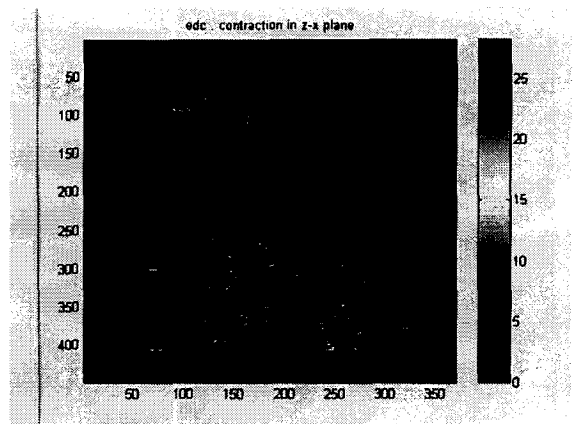
圖二



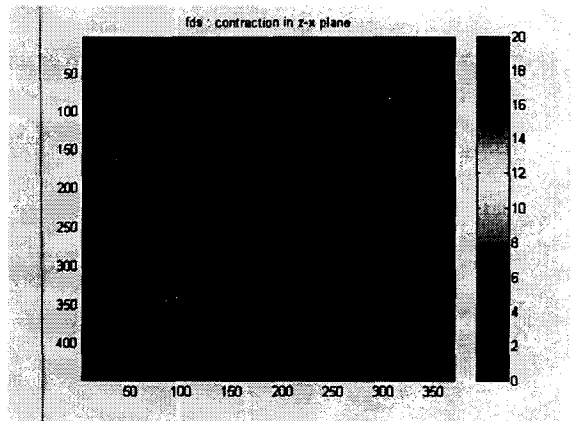
圖三



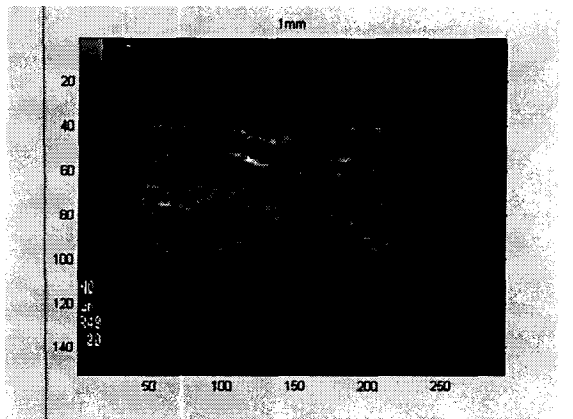
圖四



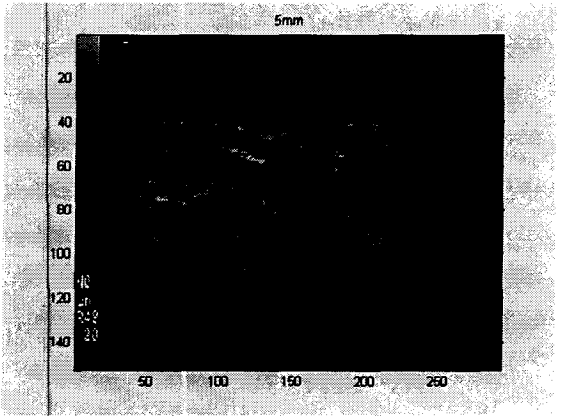
圖五



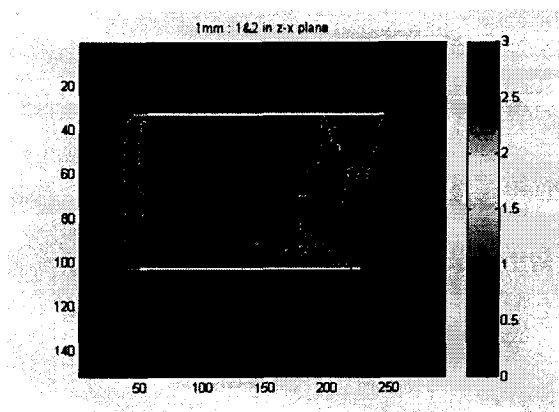
圖六



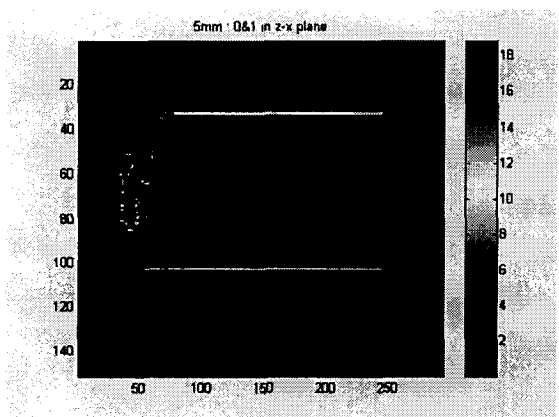
圖七



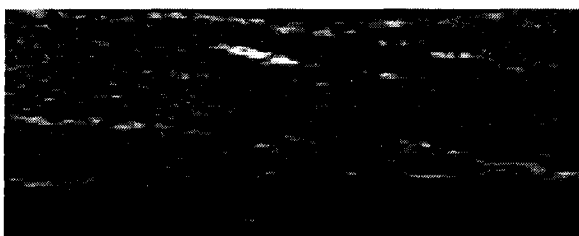
圖八



圖九



圖十



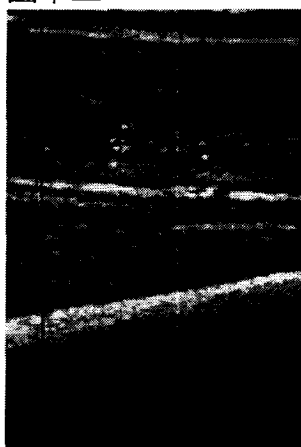
圖十一



圖十二



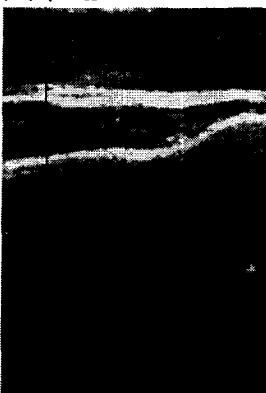
圖十三



圖十四



圖十五



圖十六