

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

計畫名稱：以超音波偵測肌肉纖維收縮作為非侵入性肌電圖新診斷方法

計畫類別：(  ) 個別型計畫 ( ) 整合型計畫

計畫編號： NSC 90-2314-B-002-330

本期執行期間： 90 年 8 月 1 日 至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人： 張 權 維

執行單位： 台大醫學院復健科

處理方式： ( ) 可立即對外提供參考  
(請打 V) ( ) 一年後可對外提供參考  
(  ) 兩年後可對外提供參考

中華民國 91 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 以超音波偵測肌肉纖維收縮作為非侵入性肌電圖新診斷方法 A Non-Invasive Electromyography for Detection of Muscle Fiber Contractions by Doppler Spectroscopy

計畫編號：NSC 90-2314-B-002-330

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：張權維 台大醫學院復健科

計畫參與人員：張凱峰 陽明大學放射技術學系

### 一、中文摘要

傳統式肌電圖(electromyography, EMG)檢查是以針極插入肌肉偵測肌肉細胞的活動電位變化，屬於侵入性且疼痛的檢查，本研究是以創新方法，利用超音波檢查偵測肌肉纖維的活動並轉換為肌電訊號，作為肌電圖檢查的一種新診斷方法，研究方法是以前動態肌肉收縮檢查移動的肌纖維引起超音波的影像變化，以鎢絲微電極 (tungsten microelectrode) 電刺激大白鼠腓腸肌，並將電極連接於電刺激器產生 500 微秒刺激時間與每秒三次刺激，引起肌肉收縮，並同步以 B-mode 超音波儀擷取肌肉擴散影像，並以數位處理器分析收縮中肌肉整體和小部份肌肉位移的影像變化，研究結果顯示以超音波不同頻率檢查，其肌肉組織影像分佈與肌肉收縮引起的移動速度有關，而影像振幅高度則與肌肉組成的密度和超音波探頭與偵測肌肉的距離遠近有關。

以此新的電學診斷方法來偵測肌肉纖維活動性，由動物實驗先建立研究檢查的模式，進而應用於臨床檢查與診斷，不但可提供一個非侵犯性檢查，也可擴大臨床

的應用範圍，對於正常人與神經肌肉病變病人的神經生理與臨床病症可作相關性研究，我們相信這種方法在評估神經與肌肉功能上，以及復健治療上提供一個有效的診斷工具。

**關鍵詞：**肌肉纖維，超音波，肌電圖

### Abstract

Conventional elctromyography (EMG) is a quite reliable and frequently used method in electrodiagnosis of neuromuscular diseases. However, it is an invasive and painful investigation. Efforts to substitute needle EMG by surface electrode registrations have not been successful. In this study, we try to use Doppler spectroscopy to detect muscle fiber contractions and set up a meaningful non-invasive method challenging conventional EMG.

A tungsten microelectrode was used to insert into a single superficial muscle fiber of rat gastrocnemius muscle. The microelectrode was connected to a

stimulator providing single square wave stimuli of 500  $\mu$  s duration at frequencies of 3 Hz. The stimulus strength was adjusted to provide contractions of single muscle fibers. Dynamic scattering of coherent moving muscle fibers causes a Doppler shift of the original frequency depending on their velocity and the scattering angles. A digital signal processor was used to divide the current signal in the spectral lines. The distribution of these frequencies depends mainly on the velocities of the movements, and the amplitude depends on the number of moving muscle fibers and their distance from the muscle surface and the detecting probe. The study results were corresponded with the electrophysiological findings and the spectroscopy.

The animal model was established for experimental detection of muscle fiber contractions by signal processing of spectroscopy. We expect the new developed method of non-invasive EMG may provide a valuable way in evaluation of neuromuscular function and use as a predictor in clinical practice.

### Key words:

muscle fiber contraction,  
Doppler spectroscopy,  
electromyography

### 二、緣由與目的

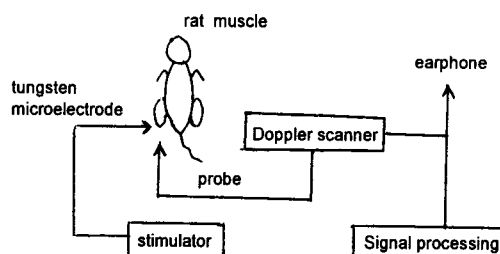
傳統式肌電圖檢查是以針極插入肌肉偵測肌肉細胞的活動電位變化，屬於侵入性的檢查，針肌電圖檢查除了造成疼痛外，在兒童及無法合作的病人也往往無法

順利進行，目前沒有很合適且有用的替代方法，許多電學診斷學者曾想利用表面電極取代傳統式針肌電圖但仍無法成功，本研究的目的是以新創方法，運用目前科技發展上超音波技術上的突破，以超音波來偵測肌肉纖維的收縮活動，並以數位信號處理方式顯示出肌電圖的變化，如此可反應出肌肉組織之電生理性質與改變，作為肌電圖檢查的一種新診斷方法。

此檢查方法提供一個新的非侵犯性肌電圖檢查方法，既無針刺的疼痛，亦無感染與出血之危險，不但可擴大臨床使用範圍，且可廣泛應用於兒童、流血不止、意識不清或無法合作的病人，也將帶動電神經生理學的另類研究，預計在神經肌肉生理學的研究上將可配合超音波技術上的發展開發新的臨床醫學診斷技術。

### 三、研究方法與材料

1. 以五隻大白鼠(每隻重約三百公克)的兩側腓腸肌作實驗，一邊截斷其坐骨神經，讓肌肉產生去神經現象(denervation)，一星期後接受肌電圖與超音波檢查，另一邊正常肌肉則以鎢絲微電極作肌纖維電刺激，以500微秒刺激時間與每秒三次刺激，產生肌纖維收縮。
2. 連接微電極與肌電圖儀器作肌纖維電刺激，並以超音波探頭(4MHz)連接超音波儀器及訊號處理器，肌肉電刺激器與超音波儀器和數位訊號處理器所設計連接草圖如下。



3. 兩側腓腸肌各以超音波探頭偵測其肌纖維活動收縮頻率，並由波長的變化記錄掃描頻率的變動，並以橫軸為頻率，縱軸為波振幅做相關性研究，比較收縮肌肉纖維和休息狀況肌肉纖維之曲線變化，另外以超音波探頭和測試肌肉之間取 2mm、4mm、6mm 等不同距離做相同測試研究，。
4. 透過數位信號處理器顯示肌纖維收縮振幅與收縮頻率之相關資料及掃描圖。
5. 收集所得結果資料，並比較相對去神經現象與正常邊肌肉纖維電刺激之結果作分析比較，並以統計學作相關分析。。

#### 資料分析統計

本研究以大白鼠兩側腓腸肌作超音波實驗所測得頻率資料之比較，採用 Student's t-test 與 Mann-Whitney test 作統計分析，而肌肉超音波實驗所測得頻率與肌肉影像振幅高度之相關性，則採用 logic regression test，統計分析以  $p$  值  $< 0.05$  為具統計意義。

#### 四、結果

大白鼠健側腓腸肌經微電極電刺激產生收縮，由超音波探頭藉由耳機監測聲音，信號經數位轉換後所得頻率由 30 至 600 Hz，以橫軸為頻率縱軸為波振幅做相關曲線研究，比較收縮肌肉纖維和休息狀況肌肉纖維之曲線變化，另外以超音波探頭和測試肌肉之間取 2mm、4mm、6mm 等不同距離做相同測試研究，結果顯示超音波探頭和測試肌肉之間距離越遠，超音波所得振幅越小 (regression test,  $r^2 = -0.67$ ,  $p < 0.01$ )。

另一側以切斷坐骨神經造成腓腸肌去神經之研究，雖然由傳統肌電圖檢查可測知肌肉纖維振顫 (fibrillation) 與正向波 (positive wave) 等現象，但以超音波圖同步檢查只能發現 30Hz 以下低頻率時波振幅的改變，在 50 至 600Hz 高頻率時並無

任何波振幅的變化。

#### 五、討論

1. 本研究雖然在電極刺激造成的肌肉收縮中，可以明顯的發現超音波頻率的改變和波振幅的相對變化，但是在去神經造成的肌肉纖維振顫與正向波等現象中，只能顯示低頻率時的小幅度振幅改變，卻無法清楚分辨波形與振幅大小的變化，其檢查的敏感度可能與 B-mode 超音波掃描在低頻率的肌肉纖維位移影像處理能力有關，此仍有待進一步研究。
2. 超音波對於肌肉纖維位移影像處理上，整體 (global) 位移較能同步顯示共振頻率，而不同方向的肌肉纖維內位移容易抵銷波形的共振與減低波振幅，故選擇超音波掃描的模式以鑑別收縮中的肌肉甚為重要。
3. 如能以靠近紅內線頻譜 (infrared spectrum) 的光源作為生物組織的穿透性研究，其優點在於較短的波長，對於肌肉纖維的位移偵測敏感度較佳，在超音波頻率研究上，可能需要配合使用 laser 光類似的光源較能對較深層的肌肉做進一步的測試研究。
4. 本研究以不同距離做超音波頻率測試研究，結果顯示超音波探頭和測試肌肉之間距離越遠，超音波所得振幅越小，此顯示由超音波探頭所發出傳遞介子密度隨與肌肉表面之間的距離拉長而減少，在研究設計上距離的設定為重要因素。

#### 六、初步結論

1. 以本研究以新設定的超音波測量肌肉纖維收縮活動方法，可建立一個新的肌電圖電學診斷模式，在神經肌肉生理的研究或臨床應用上將具實用價值且可能取代傳統式肌電圖檢查。
2. 了解傳統式針肌電圖檢查與超音波偵測肌纖維活動電位檢查之差異及優劣點，可藉此在研發更敏感有效的肌肉

纖維位移活動檢查方法，作為診斷神經與肌肉疾病之新工具。

## 七、計畫成果自評

1. 本研究執行的內容大致與原計畫相符合，唯在神經受傷造成的肌肉萎縮程度上有所差異，在超音波頻率研究的取樣上個案不易一致化，影響研究的效度。
2. 超音波頻率的研究上，由於頻率與振幅相對值和曲線圖形仍無法較客觀量化，此需要進一步分析與改善。
3. 本研究可達成預期初步目標，初步研究成果已有創新發現，且具臨床應用價值潛力，研究內容正積極撰寫論文中，預期可在國際學術期刊發表。

## 八、參考文獻

1. Stalberg E, Bischoff C, Falck B: Outliers, a way to detect abnormality in quantitative EMG. *Muscle Nerve* 1994; 17: 392-399.
2. McGill KC, Lau K, Dorfman LJ: A comparison of turns analysis and motor unit analysis in electromyography. *Clin Neurophysiol* 1991; 81: 8-17.
3. Wang J, Lee CH, Lu CH, Deng KL: Differential confocal microscopy for imaging surface microstructures. *Zool Stud* 1995; 34S: 44-46.
4. Yaar I: Turn analysis of the EMG: the amplitude definition of a turn. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1994; 34 : 501-508.
5. Nandedkar SD, Stalberg E, Sanders DB: Simulation techniques in electromyography. *IEEE Trans Bio Eng* 1985; 32: 775-784.
6. Howard RS, Murray MF: Surface EMG in the recording of fasciculation. *Muscle Nerve* 1992; 15: 1240-1245.
7. Wee AS, Ashley RA: Vibrations and sounds produced sustained voluntary muscle contraction. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1989; 29: 333-337.
8. Fuglsang-Frederiksen A, Ronager J: EMG power spectrum, turns-amplitude analysis and motor unit potential duration in neuromuscular disorders. *J Neurol Sci* 1990; 97: 81-91.
9. Yaar I, Niles L: EMG interference pattern power spectrum analysis in neuromuscular disorders. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1989; 29: 473-484.
10. Fuglsang-Frederiksen A: Power spectrum of the needle EMG in normal and diseased muscles. *Methods Clin Neurophysiol* 1990; 2: 1-8.
11. Abe H, Hayashi K, Sazo H: Data book on mechanical properties of living cells, tissues and organs. New York: Springer-Verlag, 1996: 193-259.
12. Kallel F, Ophir J, Magee K, Krouskop T: Elastographic

- imaging of low-contrast modulus distributions in tissue. *Ultrasound Med Biol* 1998; 24: 409-425.
13. Yeung F, Levinson SF, Parker KJ: Multilevel and motion model-based ultrasonic speckle tracking algorithms. *Ultrasound Med Biol* 1998; 24: 427-441.
  14. Husler PJ, Ott L, Steiner R, Kornhuber H: Detection of single fiber contractions by laser Doppler spectroscopy- a noninvasive method challenging conventional EMG. *Neurol Psychiat Brain Res* 1993; 1: 228-231.
  15. Tremper KK, Barker SJ: Pulse oximetry *Anesthesiology* 1989; 65: 435-436.
  16. Kuo PL, Li PC, Li ML: Elastic properties of tendon measured by two different approaches. *Ultrasound Med Biol* 2001; 27: 1275-1284.
  17. O'Donnell M, Skovoroda AR, Shapo BM, Emelianov ST: Internal displacement and strain imaging using ultrasonic speckle tracking. *IEEE Trans Ultrason Ferroelec Freq Control* 1994; 41: 314-325.