

肌電圖檢查之方法及臨床應用

陳 威 宏
* 謝 松 蒼

前 言

診斷週邊神經系統疾病的利器除了神經傳導外，更重要的一個方法是肌電圖（electromyography, EMG）的檢查。肌電圖的應用可補神經傳導檢查（nerve conduction studies, NCS）之不足，如（1）區分神經性（neurogenic）或肌病性（myopathic）之肌萎縮與無力，（2）區分急、慢性病程，傳統神經傳導檢查有些神經不容易施行檢查者，也可利用肌電圖檢查來取代。

肌電圖檢查之原理與方法

針極肌電圖的種類

目前肌電圖的檢查以針極肌電圖為主，亦即需利用針電極插入欲檢查之肌肉內，偵測肌肉之電位變化。視診斷之需要有多種針電極可選擇（圖1），其中單極針電極（monopolar needle）與同心針電極（concentric needle）應用最廣也最常使用，主要在檢查運動單元動作電位（motor unit action potential）變化，診斷神經或肌肉病變；單纖維肌電圖（single fiber EMG）檢視單一肌肉細胞之動作電位，主要應用在神經肌肉交接處之疾病，如肌無力症；而巨觀肌電圖（macro EMG）則是檢視整個運動單元的大小，常用來研究神經再極化（reinnervation）的情況，如監測運動神經元疾病（motor neuron disease）之病程（表1）。

針極肌電圖的檢查方法

由於針極肌電圖需將針電極插入肌肉內，無可避免的會疼痛，屬於侵襲性的檢查，因此需特

臺大醫院神經部

* 臺大醫學院解剖學科

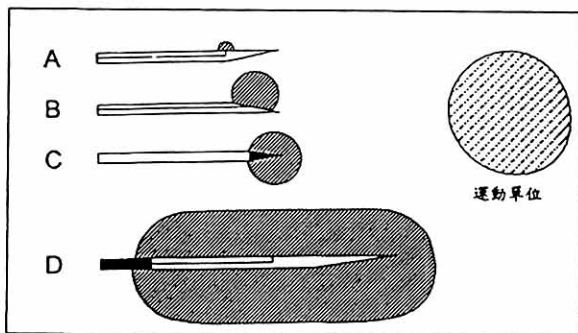


圖1：不同的針電極的構造，及其記錄範圍與運動單位大小的比較。A. 單纖維針電極，B. 同心針電極，C. 單極針電極，D. 巨觀針電極。

別注意檢查的技巧，以減輕病患的痛楚與不安。有些事項需留意：

1. 針電極使用前需先檢查包裝是否完整、針桿有無斷裂、扭曲，並確定針端夠尖銳。
2. 儘可能讓病人採臥姿進行檢查，受檢查的肢體能完全放鬆。
3. 事先了解欲檢查肌肉的解剖位置，下針在最清楚有利的位置，亦即最接近運動點的位置。
4. 檢查前應簡短跟病人解釋施行的目的與步驟，以和緩與親切的態度讓病人能寬心受檢與充分合作。

肌電圖檢查之波形

一般而言，我們需在不同的情況下記錄肌肉電位的變化，即病人完全放鬆不出力下觀察靜態電位（resting potential），接著讓病人作些微出力，觀察運動電位（motor unit potential），然後請病人逐漸用力至使盡全力，觀察徵召電位（recruitment）與干擾電位（interference）。

轟炸機，或機車加速催油的聲音。

其他異常的自發性電位

其他異常的自發性電位包括複雜性重複放電 (complex repetitive discharge)，肌蠕動電位 (myokymic discharge)，神經性肌緊張電位 (neuromyotonic discharge)，在特殊的神經肌病會出現 (表3)。

運動電位

讓病人作些微出力，即可出現運動單元電位，輕輕用力時可以看出一兩個運動單元電位以 5Hz 的頻率出現，這時請病人維持固定力氣，則可以分辨出 2 至 5 個不同的運動單元電位。運動單元電位代表單一個運動神經元細胞支配的所有肌纖維的電位總合，通常為三相波 (圖8)，波時 (duration) 大約 5 至 15 msec，波形振幅 (amplitude) 約 0.5 至 2 mV 之間。在肌肉病變時，運動單元電位會出現波時短且振幅小之多相波 (small amplitude short duration polyphasic potentials, SASD)；而在神經病變再極化 (reinnervation) 時，相反會出現波時長且振幅大多相波 (high amplitude long duration polyphasic potentials, HALD)。我們可藉運動單元電位之波形辨識肌肉病變與神經病變 (圖9)。

徵召電位

若要求病人持續並逐漸增加力量，可以觀察到原先出現的運動單元電位會加快放電的頻率，大約在 10 Hz 左右會加進第二個單位運動電位參與用力，等第二個運動單元電位用力到一個程度，會繼續有第三第四個運動單元電位參與用力，這種的過程稱之為徵召 (recruitment)，一直到使盡全力，徵召所有可能的運動單元電位以最快的頻率放電，我們稱之為干擾波形 (interference) (圖10)。在肌肉病變時，由於個別運動單元電位變小，所作的功也小，要完成一定力量的工作時，變成需要更多的運動單元電位一起幫忙，因此會形成只輕輕用力就徵召許許多多運動單元電位共同參與用力，這是所謂的過早

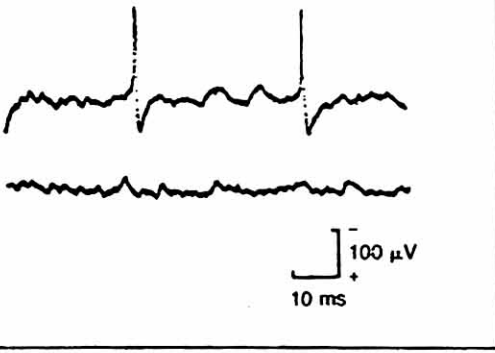


圖3：末板電位。肌肉末板之自發性動作電位，可以有兩種形式：上排，雙相棘波，先負波向上，振幅 100 至 300 μ V，波形為時 2 時 4 msec，又稱末板棘波 (end-plate spike)；下排，低振幅 (10-20 μ V)，為時短 (0.5-1 msec) 之單向負波，又稱末板噪音 (end-plated noise)。

纖維顫動與正波電位 (fibrillation, positive wave)

在神經受損後，肌肉出現去極化，單一肌纖維會產生自發性的收縮，記錄到的就是纖維顫動與正波電位，纖維顫動呈細窄之雙向或三向波，必先有正波向下 (圖4)；正波電位則是正波向下再跟隨較長之負波 (圖5)。二者都以規則的頻率出現，也都代表肌肉去極化的電位變化，正波電位較常是因肌肉纖維受損，肌纖維本身傳導障礙所致。

肌束震顫 (fasciculation)

肌束震顫電位是完整的運動單元電位 (motor unit potential)，以散亂不規則的頻率發生 (圖6)，常在慢性神經去極化的疾病發現，代表下運動神經元疾病 (lower motor neuron) 尤其是脊髓內之運動神經元病變。

肌緊張電位 (myotonic discharge)

在特殊的肌肉病變，如先天性肌緊張症 (congenital myotonia) 及肌緊張萎縮症 (myotonia dystrophy)，以針極肌電圖檢查可以出現非常典型的肌緊張電位，亦即自發性的肌肉電位持續發放且漸大漸小 (wax and wane) (圖7)，透過肌電圖機器放大的聲音非常類似俯衝

表1：各種針電極之比較

電極類型	針極表面記錄面積	記錄到之範圍	臨床應用
同心針電極 (Concentric)	150 x 600 μm	1 mm	運動單元動作電位之分析，區分神經或肌肉病變
單極針電極 (Monopolar)	500 μm	1 mm	運動單元動作電位，區分神經或肌肉病變
單纖維肌電圖 (Single fiber)	25 μm	300 μm	單纖維動作電位，研究神經肌肉交接處之疾病
巨觀肌電圖 (Macro)	15 mm	10 mm	運動單元的大小，研究神經再極化之情況



圖2：插入性電位活動。上排，正常之插入性電位活動，下排，插入性電位活動增加。

表2：插入性電位活動

類型	形態	持續時間	波形	原因
正常	不規則突發	300-500 ms	單相或雙相棘波或正向波	正常
增加	不規則突發	> 500 ms	棘波或正向波	去極化之肌肉
下降	減少	< 10 ms	基準線漂動	脂肪蓄積，纖維化， 周期性麻痺

靜態電位

當針電極插入肌肉穿過肌細胞時會引發一陣電位變化稱之為插入性電位活動(insertion activity)(圖2)。一般而言，針電極停止不動時，插入性電位活動應該馬上消失，若持續產生為時超過500 msec，即有插入性電位活動增加之情形，在肌肉之去極化現象(denervation changes)

時會發生；反之，若針電極插入肌肉時不見插入性電位活動，則表示肌肉失去電位活性，例如纖維化、周期性麻痺等(表2)。等針電極完全停止不動時，接著要觀察與記錄自發性電位活動(spontaneous activity)，正常時只有在神經末梢進入肌肉之交接處末板(end plates)會有所謂的末板電位(end plate potentials)(圖3)，若出現其他的自發性電位活動，則要考慮有病變。

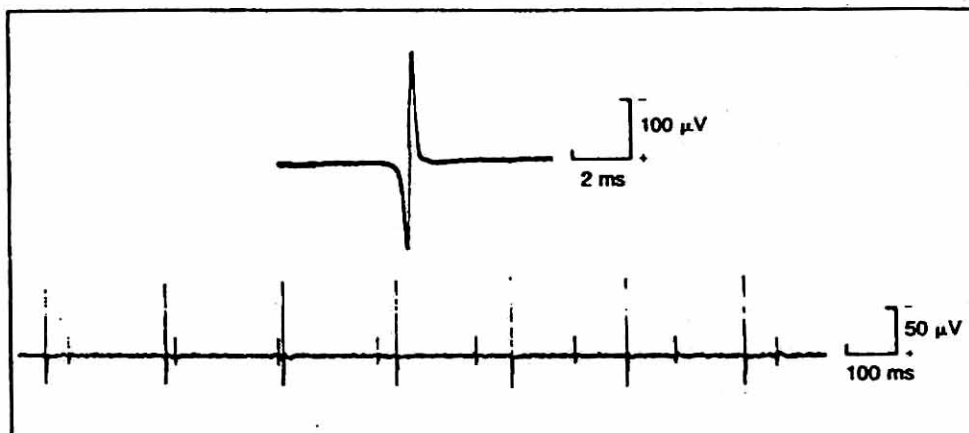


圖4：纖維顫動。纖維顫動呈細窄，波時小於5 msec之雙向或三向波，必先有正波向下，以幾乎固定的頻率重覆出現。

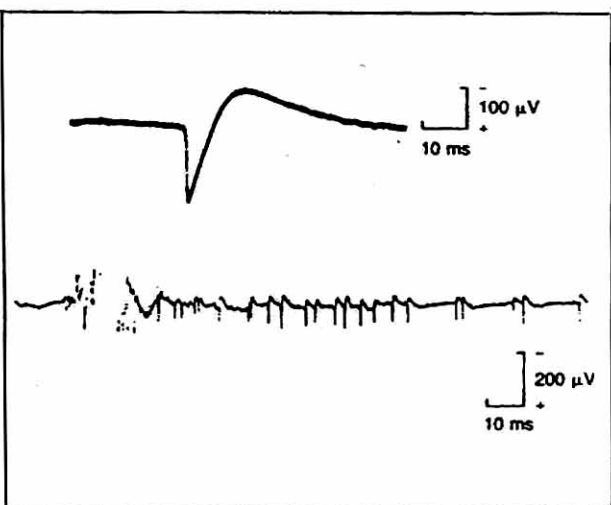
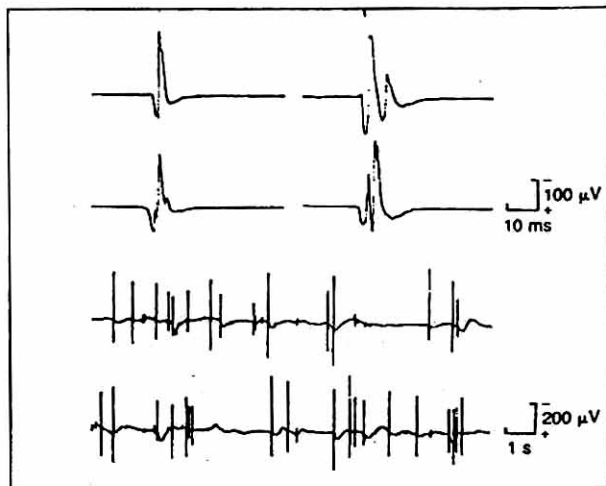


圖5：正波電位。雙相波，先有正波向下，再跟隨較長之負波，也是以幾乎固定的頻率出現，正波電位之臨床意義同於纖維顫動，一般認為正波電位是受損之單纖維肌細胞產生的電位。

圖6：肌束震顫。肌束震顫是自發性的運動單元電位，常可肉眼觀察到肌肉不自主的跳動。波形為運動單元電位之波形或神經性之多相波，肌束震顫的出現頻率較正常之運動單元電位慢，而且極不規則。



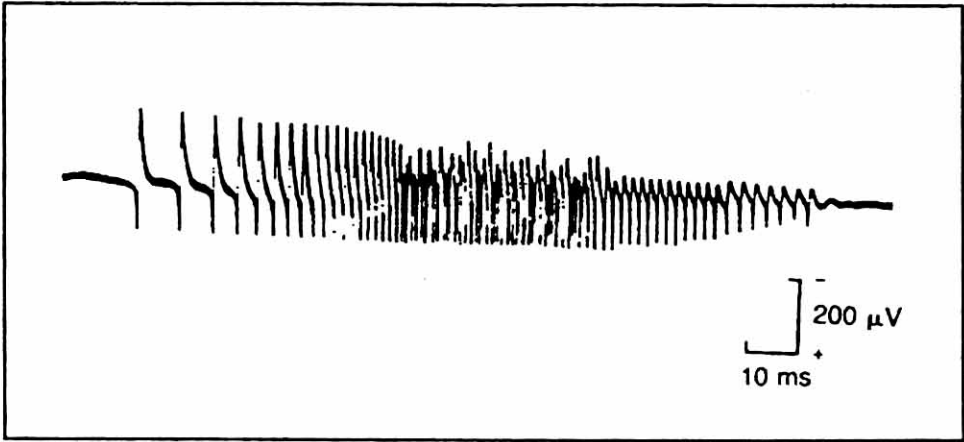


圖7：肌緊張電位。自發性或輕輕用力，即可發現肌纖維以極高頻率（20至80 Hz）重複放電，各別的波形呈雙相的棘波或正向波，振幅與發放頻率產生漸大漸小的變化。

表3：肌電圖檢查之各種自發性電位活動

類型	節律	頻率(Hz)	型態	持續性	個別波形	聲音
纖維顫動	規律	2-20	連續	慢慢減少	正相棘波	時鐘滴答
肌束震顫	不規律	0.1-10	連續	持續	三相或多相波	屋頂雨滴
肌緊張電位	規律	20-80	連續	漸大漸小	正相棘波	俯衝轟炸機
神經性肌緊張電位	規律	150-300	連續	持續	三相相波	電鋸
肌蠕動電位	規律	10-60	陣發	持續	雙重或多重波	行進的部隊
複雜性連續放電	規律	5-80	連續	突然改變	複雜波形	摩托船

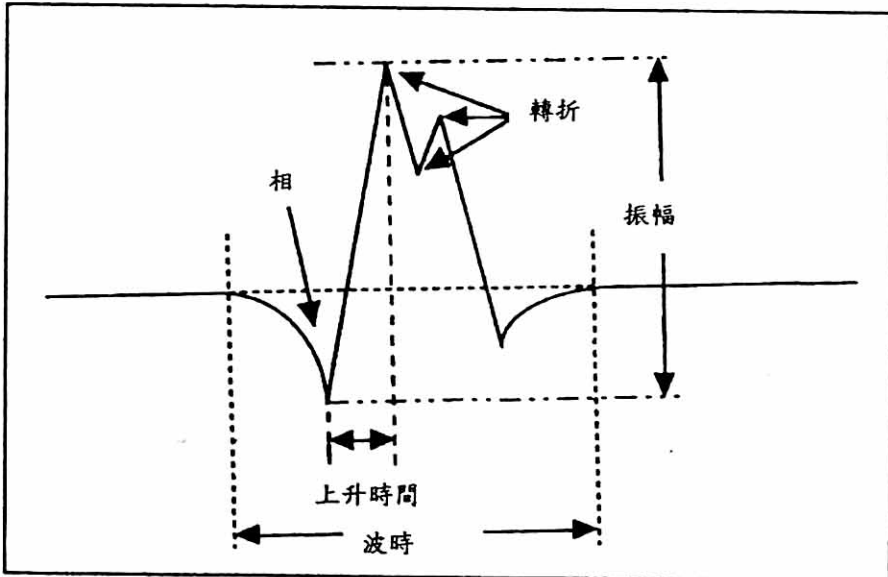


圖8：運動單元電位之波形及其定義。相(phases)，轉折(turns)，振幅(amplitude)，上升時間(rise time)，波時(duration)。

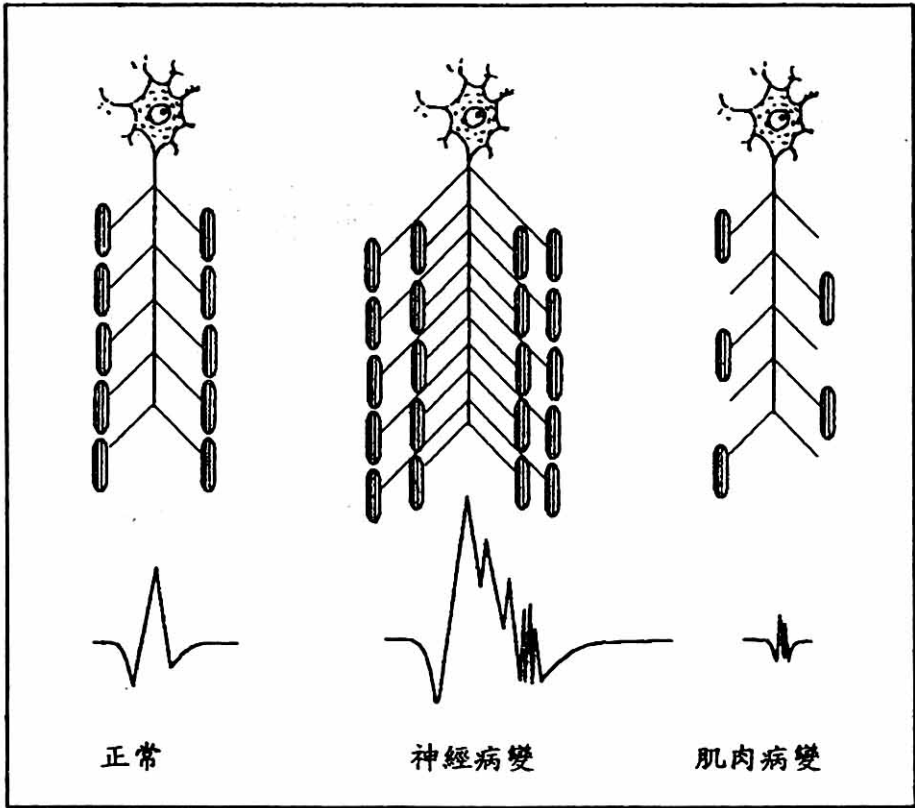


圖9：正常與病變之運動單元電位之比較。正常之運動單元電位各肌纖維細胞幾近同步放電，呈雙相或三相波；神經病變時由於再極化，運動神經元細胞需支配更多的肌纖維，結果形成大振幅長波時之多相波；肌肉病變時個別肌纖維細胞萎縮無力，結果反成小振幅短波時之多相波。

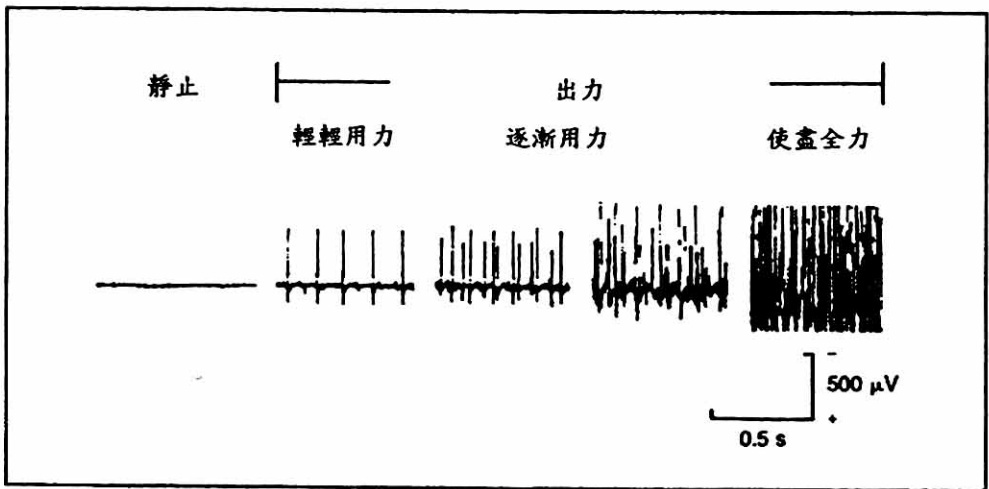


圖10：徵召電位與干擾電位。徵召的意思是在逐漸用力的過程中，加入新的運動單元電位一起做工。到最後使盡全力，應可以徵召所有可用的運動單元電位以最快的頻率放電，達到完全干擾的波形，其結果應該是基準線布滿密密麻麻的運動單元電位。

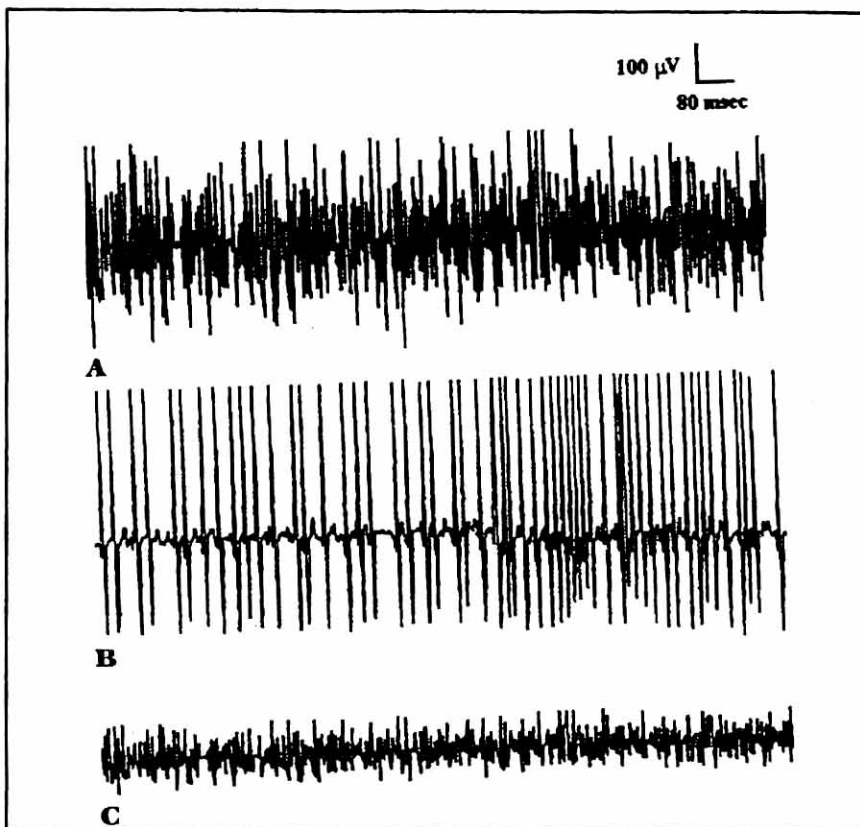


圖11：正常與病變之干擾電位之比較。A. 正常；B. 神經病變，運動單元電位數目減少，少數的運動單元電位以高頻率放電，結果成不完全干擾；C. 肌肉病變，運動單元電位數目並未減少，干擾電位看起來正常，但是運動單元電位都是小振幅與短波時之波形。

表4：單位運動電位於神經病變與肌肉病變之比較

	運動單元電位			
	波時	振幅	多相波	干擾波形
正常	6-16 ms	0.3-3.5 mV	正常波形	完全干擾
神經病變	>16 ms	>3.5 mV	為時長且振幅大	過早徵召
肌肉病變	<6 ms	<0.3 mV	為時短且振幅小	干擾不全

徵召 (early recruitment)；反之，在神經病變時，由於喪失許多運動單元電位，個別的運動單元電位變大，要負擔更多的工作，結果是個別的運動單元電位拼命加快放電頻率，而所能徵召的伙伴卻寥寥落落，便是所謂的徵召不足 (reduced recruitment)。而干擾波形也只是稀稀疏疏，呈不完全干擾波形 (incomplete interference) (圖11與表4)。

臨床應用

神經疾病

下運動神經系統，包括運動神經元、前神經根、神經叢及周圍神經等，一旦受傷便會出現去極化之現象，這些變化有時序的關係。一般而言，神經受損剛開始時，神經訊號無法下傳，肌電圖檢查的主要變化是運動單元電位的徵召不足

表5：神經受損後之肌電圖變化

	急性期 (0-15 days)	亞急性期 (>15 days)	慢性期 (Recovery)
傳導阻斷			
纖維顫動	無	無	無
運動單元電位	減少	減少	減少
近端刺激所得之運動 電位振幅	低	低	增加
遠端刺激所得之運動 電位振幅	正常	正常	正常
軸索破壞			
纖維顫動	無	有	減少
運動單元電位	減少	減少，多相波	波時長且振幅大
近端刺激所得之運動 電位振幅	低	低	增加
遠端刺激所得之運動 電位振幅	正常	低	增加

與不全干擾，但是運動單元電位本身的波形還是正常，靜態電位檢查也還不會有自發性電位活動。通常在七至十天後，去極化出現變化，靜態電位檢查開始有插入性電位活動增加，纖維顫動與正相波等自發性電位活動；再經過二至三週神經末端開始再極化，由於同一運動神經元需支配更多的肌纖維，各個肌纖維初學乍練，動作還不同步，運動單元電位變成多相波；若時間更久，再極化的過程更完全，肌纖維之間同心協力，多相波便漸形不見，取而代之的是振幅變大波時變長的運動單元電位（表5）。

肌電圖檢查可以彌補傳統神經傳導檢查之不足，有些較難檢查到的神經，可以檢查其所支配的肌肉取代，如脊椎旁肌肉、肩膀與臀部之近端肌肉等，在定位周圍神經病變時，我們若檢查出某一條周圍神經支配的肌肉皆有病變，鄰近之肌肉但非該神經支配者卻正常時，即可定位出是該神經之單一神經病變(mononeuropathy)；若檢查出不同神經支配之肌肉都有病變，並且這些肌肉有共通的脊神經根(root)或神經叢(plexus)，則可推斷是神經根病變(radikulopathy)或神經叢病變(plexopathy)；而區分神經根病變或神經叢病變，還需進一步檢查脊椎旁肌肉，脊椎旁肌肉是脊神經根最近端支配的肌肉，若脊椎旁肌肉出現去神經的變化，即可斷定是神經根病變；反

之，則較可能為神經叢病變，可再取樣檢查不同的肌肉，推斷病變的位置。

若臨床懷疑是瀰漫性的多發性周圍神經病變(polyneuropathy)，肌電圖檢查也可以提供進一步的資料。若主要為軸索病變(axonopathy)，則肌電圖檢查可以檢查出典型的去神經變化如自發性電位活動、徵召不足與大振幅的多相波；若是去髓鞘病變(myelinopathy)，則這些去神經變化就比較不明顯甚至不會出現。

肌肉疾病

針極肌電圖在檢查肌肉疾病的角色更為重要，因為肌肉疾病的神經傳導大多正常，電生理的診斷完全依賴肌電圖。一般而言，肌肉病變會檢查出波時短且振幅小的運動單元電位與過早徵召。肌電圖也可評估肌肉病變的嚴重度與疾病病程的快慢，若在肌肉病變病人的肌電圖檢查出現纖維顫動與正波電位之自發性電位活動，常意味著較急性或程度厲害的肌肉疾病，如多發性肌炎(polymyositis)、皮肌炎(dermatomyositis)或急遽惡化的肌萎縮失養症(muscular dystrophy)；相反的，在慢性肌肉病變即不會有這些自發性電位活動，診斷主要在波時短且振幅小的運動單元電位與過早徵召，但一旦連過早徵召的情況都開始消失，運動單元電位的數量也減少，則表示肌肉病變更形嚴重到末期，肌纖維破壞殆盡了。

某些特殊的肌肉疾病也只能靠肌電圖診斷，其中最主要的疾病即是肌緊張症(myotonia)，肌電圖檢查有特異且典型的肌緊張電位，亦即持續發放且漸大漸小的肌肉電位。其他如肌蠕動電位與神經性肌緊張電位也都是肌電圖檢查才會有的特殊變化。

肌電圖檢查之限制

侵襲性與疼痛

針極肌電圖雖然是檢查神經肌肉疾病的利器，但是也有一些缺點與限制，最顯而易見的就是無可避免的疼痛，因此在小孩與對疼痛較敏感的病人常無法完成詳盡的檢查。針極肌電圖雖可以檢查身體大部份的肌肉，但對某些較具危險性與需特別技巧的肌肉檢查，如顏面肌、咽喉肌、呼吸肌與括約肌等，仍要留意與小心。針極肌電圖屬侵襲性檢查，偶而也有罕見的併發症，如局部出血、血腫、感染與氣胸，檢查時不可不慎。

肌電圖的變化與時序的關係

前面已提到，肌電圖的變化有時序的關係。急性的神經受損，前7天內並不會出現肌電圖上的去極化變化，很難定出病變的位置與程度，因此即使病人急性發生的神經傷害，通常也建議7至10天後再接受檢查。相反的如果是很久以前的傷害而且程度不厲害，再極化已完成，肌電圖除了偶而看到振幅變大為時變長的單位運動電位外，並不容易看到進一步的變化，在確定診斷上仍有困難。

檢查的技術與設計

基本上針極肌電圖的檢查比起神經傳導檢查要困難，尤其各種波形的變化種類繁多複雜，有時需賴檢查醫師的主觀判斷，要能正確區分正常與否，需要較長時的學習，檢查中如何請病人放鬆與使力，讓病人充分配合，也需技巧。有完善訓練與豐富經驗的檢查醫師，比較能看出細膩的

變化，做正確的判斷，所做的診斷也較可信。

肌電圖的檢查較耗時，又因侵襲性，不能當篩檢的工具，每一塊肌肉都來插針檢查；在檢查之前，必然已有足夠的臨床資料，作初步的診斷。若是瀰漫性病變，則需上下肢都各選一近端與遠端肌肉做檢查；若是局部病變，如懷疑神經根病變，則除選擇該神經根支配之遠端肌肉外，尚需包括其上一節的神經根支配肌肉，最後還要再檢查該神經根支配之脊椎旁肌肉。肌電圖的檢查需依每個病人的病情，設計出檢查的步驟，更需要檢查者具備專業的臨床神經學與神經解剖學的知識。

結 論

針極肌電圖在診斷神經肌肉疾病是很重要的檢查，但是比起神經傳導檢查其技術較困難，肌電圖也有其限制與不便之處，肌電圖應該是神經理學檢查的延伸，目的在提供客觀的證據，證實臨床的判斷。

推薦讀物

1. Cornblath DR et al: Conduction block in clinical practice. *Muscle Nerve* 14: 869, 1991.
2. Donofrio PD et al: Polyneuropathy: classification by nerve conduction studies and electromyography. *Muscle Nerve* 13: 889, 1990.
3. Kimura J: *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice*. 2nd ed. Philadelphia: F. A. Davis, 1989.
4. Meulstee J et al: Electrodiagnostic criteria for polyneuropathy and demyelination: application in 135 patients with Guillain-Barre syndrome. Dutch Guillain-Barre Study Group. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 59: 482, 1995.
5. Preston DC et al: *Electromyography and Neuromuscular Disorders: Clinical-Electrophysiologic Correlations*. Boston: Butterworth-Heinemann, 1998.