

運動生物力學實務： 腓腸肌群收縮活動電位肌電圖分析

劉悠季

目 次

壹、前言	121
貳、實驗方法與步驟	123
一、實驗對象	123
二、實驗時間與地點	123
三、實驗器材	123
四、實驗方法與流程	123
參、實驗結果	126
肆、分析與討論	127
伍、結論與建議	127
陸、參考文獻	129

壹、前 言

本研究主要目的在於了解實驗過程、肌電操作流程，通過肌電圖來了解腓腸肌群收縮活動電位的變化，由取得的肌電訊號（實驗結果）進行分析說明，本實驗使用（NEC² SIGNAL PROCESSOR 1000）的功能儀器，並藉此實驗了解如何張貼肌電片包括張貼電極所應注意的事項，受試對象為中國文化大學運動教練研究所一年級男性同學詹世嵩一名，由實驗結果圖表得知，肌肉有預張的能力（肌肉預張力），於著地之前肌肉就緊張了，這可由地面反作用力來看出肌肉離地或著地的時間，可惜本研究未事先設定研究目標，實驗設計不夠明確周延未能選定幾個肌群來作比較，又實驗圖表未能將FORCE的曲線圖繪出，所以無法加以比較作用力、關節角度與肌電變化三者之間的關係，僅簡單敘述關節角度與肌電變化兩者之間的關係。

關鍵字：腓腸肌群、肌電圖、肌電訊號、頻譜分析。

肌肉收縮時出現的電信號叫肌電圖，或用縮寫名字EMG來表示，運動單位是肌肉收縮的功能單位，它是由一條 α 運動神經元和它所支配的肌肉纖維所構成。神經元有一長軸，傳導神經電器衝動至每一個肌肉纖維。神經進入的肌肉位置，稱為運動點（Motor Point）。肌肉收縮產生的力（Force）決定於(1)發生神經衝動的運動神經元的數目(2)神經衝動發生的頻率。神經衝動隨著神經和肌纖維移動時，造成細胞內外離子的變化。安靜時，細胞外極性為正，而細胞內為負。一旦神經衝動傳來，細胞外變成負，而內變成正電位，此稱為去極（Depolarization）當神經衝動傳過後，又恢復成原來的外正內負的極性，此稱之為再極化（Repolarization）。由電量計程（Galvanometer）測得的電量，是先負而後正的電位，神經衝動因而屬於兩項的（Diphasic）。因此電位浸濕在離子溶液中，電位的傳送一波波的由原始位置傳開，即使在相隔相當距離的地方也可加以記錄，記錄的機器稱為肌電計（Electromyograph, EMG），而其圖形稱為肌電圖（Electromyogram）。（林正常，民78）。

在神經內科方面，肌電圖是研究肌肉萎縮或無力的重要指標，藉此診斷肌肉性病變或神經性病變，肌電圖的記錄須透過電極，目前在測量裝置方面，用來偵測肌

電訊號的電極有兩種常用的型式：一是非侵入式表面電極 (Surface electrode)；另一則為侵入式針式電極 (needle electrode)。(蔡瑞益, 民86)。前者表面電極主要放在皮膚表層，意指置於記錄部位肌肉的皮膚表面，用以傳輸肌電訊號的電極，必須配以傳導膠液，以增進表面電極的傳導效果。測出某一肌肉的綜合電位，缺點無法測得深層肌肉，後者為針電極，則是一種除了針的末梢之外，其餘針體部位披以絕緣體的針狀構型，其作用是使針在直接深入測量肌肉部位時，能有效傳輸所測量肌肉部位的肌電訊號，而不受其他部位生物電的干擾，可測得並記錄出單一運動神經元的神經電位活動，其使用上缺點為易造成動作之不協調或病人的不適、組織傷害、有感染的可能和反覆量測性差。

肌電信號的處理—EMG被放大後，就可用來和其他的生理學和生物力學信號進行比較或做相關分析，原始的肌電信號是不能用來進行記錄或相關分析的，對EMG需要先做處理。最常用的聯機處理種類有(1)半波或全波整流後面也把它叫絕對值)。(2)包絡線檢波(經低通濾波器後，進行半波或全波整流)。(3)在肌肉收縮的過程中，對全波整流信號進行積分。(4)屈曲時對全波整流信號的積分，重新返回零，然後重做積分。(5)對預先設置的某一水平上的全波整流信號進行積分，重新返回零，然後再重新做積分。(戴維·溫特1979)。

肌電訊號的頻譜分析法 (Spectrum analysis)，是經由快速傅利葉轉換 (fast fourier transformation)，將單位時間區格的肌電訊號，以頻率為橫軸，及相對的振幅標示，而得一頻譜曲線。透頻譜曲線的型態分析，可以做為肌肉疲勞的參數 (Richardson, 1951; Walton, 1952; Larsson, 1975)。其次，頻譜分析其中一種表示方法，則是功率頻譜分析 (power spectrum analysis)。在經由快速傅利葉轉換後，計算肌電訊號每單位頻率的單位平方 (mv^2/HZ)，而得一功率頻譜密度 (density)，再經積分後即得功率頻譜。功率頻譜是能量的另一種表示方法，可用以鑑別肌肉活動的大小。(林正常, 民84)。

積分肌電圖— (Integrated Electromyogram, 簡稱IEMG)，為了對肌電活動時的肌電活動進行定性分析，將每次肌電活動的峰電壓相加，以代表某些運動單位中所有肌纖維變化的總和。它的物理意義是先將EMG訊號全波整流(所有負值變成絕對值)，再以每一瞬區間做積分而成圖形面積大小。

貳、實驗方法與步驟

一、實驗對象：

本實驗以中國文化大學運動教練研究所研一同學為對象，受試者男性一名，姓名詹世嵩，身高176公分體重65公斤年齡30歲，運動專長為跆拳道。

二、實驗時間與地點：

中華民國86年5月14日於中國文化大學運動生物力學實驗室。

三、實驗器材：

本實驗以中國文化大學運動生物力學實驗室腦波儀名稱（NEC SIGNAL PROCESSOR 1000）作為實驗工具，這部儀器主要功能為測量腦電波，用來做肌電波乃為這台機器功能的一部份。

四、實驗方法與流程：

(一)實驗前準備

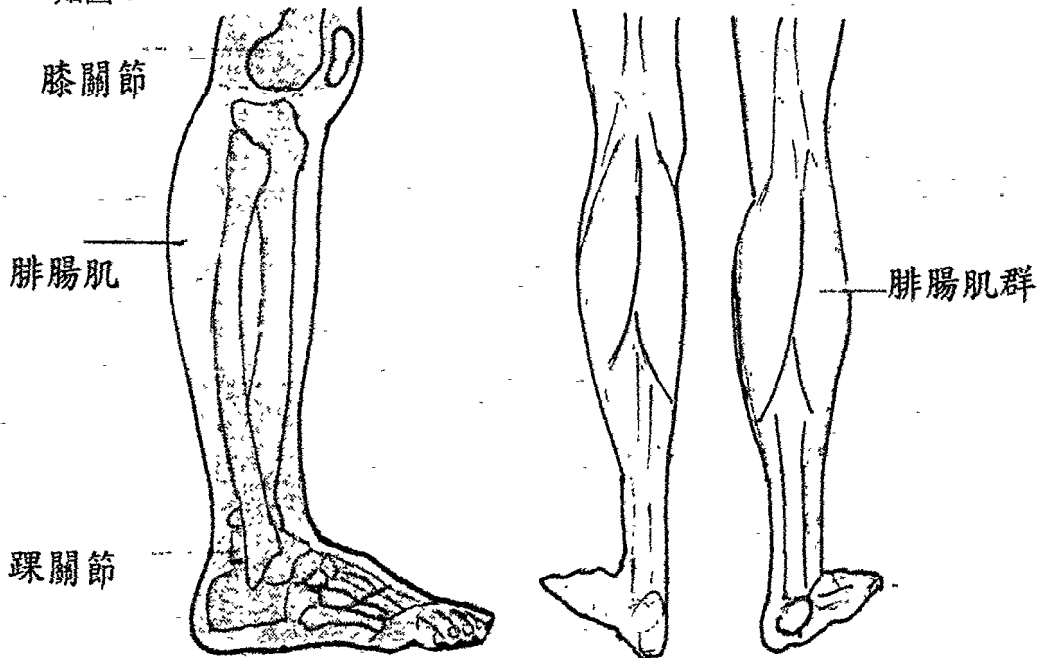
- 1.儀器校正及檢視。
- 2.電極片。酒精、砂紙、受試者基本資料、測驗結果記錄表備妥。

(二)受試者準備

- 1.熟悉實驗的目的以做好生、心理準備。
- 2.了解實驗儀器之功能。
- 3.受試者測驗前二個小時應避免肌力過勞。
- 4.測驗前五分鐘先熱身。
- 5.肌電圖誘導電極貼著部位的處理：

- ①找出肌肉的（運動點運動神經注入點），從這些點上，可容易也最確實地記錄出肌肉的電氣變化。
- ②清潔運動點上的皮膚表面，以增加此位置的電器傳導性（Conductivity），可用棉花沾酒精或丙酮（Acctone）擦拭，以清除皮膚上的油污等，足以防礙電器傳導之物。
- ③用砂紙將腓腸肌群收縮時隆起最粗，即肌腹中央前、後1.5公分（跨過踝關節、膝關節之肌腹中央），將此部位之灰塵、油污、角質磨掉，貼上三個電極片，包括紅線乙條、綠線乙條、地線乙條（接關節處，以減少干擾）。

如圖：



（以腓腸肌跨過踝關節、膝關節取肌腹中央前後1.5公分之部位為電極貼著處）。

- ①電極貼在運動點上，用貼布貼上（如新型電極可直接貼上）。，如此，因肌肉收縮任何電極下的電器變化即造成電極間（Electromotive）電位的變化，這種變化和肌肉活動量成正比，可記錄在肌電圖上。
- ②因為肌電圖使用內在迴路（Internal Circuit）加以校正，記錄裝置記錄出的曲線量代表電極間的電器變化量，又校正方法各種儀器各不相同，研究者應於實驗前詳閱儀器說明書。

③電極片貼妥後，等待操作員準備就緒，才可正式進行實驗。

ENG記錄和分析步驟：

- ①校正儀器
- ②將受試者貼電極的部位以酒精擦拭乾淨
- ③貼上電極片
- ④接上導線
- ⑤以膠帶固定電極片和導線
- ⑥調整儀器電壓全距
- ⑦試作屈伸動作，由示波儀觀察EMG波型是否正確。

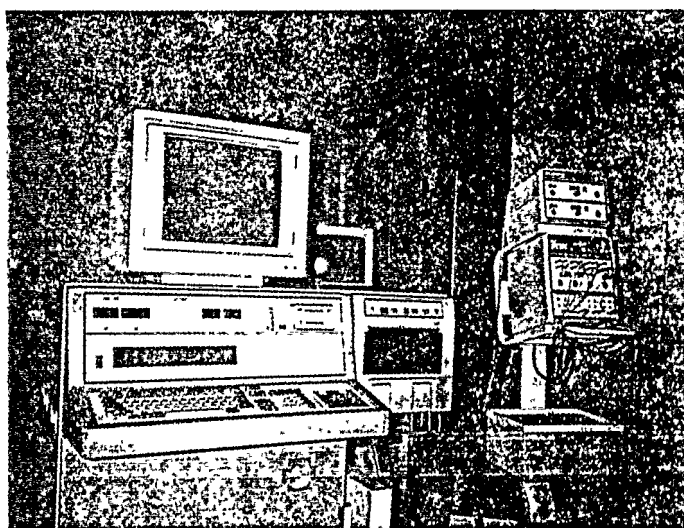
(三)動作要求

- ①受試者以完成準備位置，站姿一待命。
- ②由主試者說明與示範向上跳之動作，以腳掌不著地為原則，讓受試者充分明白動作的要求。
- ③主試者與受試者皆準備就緒後，由主試者下“預備—開始”的口令，受試者隨即做，從垂直直立姿勢立刻連續向上躍起的連續向上跳的動作。
- ④直到採集連續數個肌電訊號為止。
- ⑤受試者身上所採集到的訊號，皆必須於儀器上的電腦螢幕上顯示出來。

(附腦波儀器圖表如下：)

腦波儀器圖表

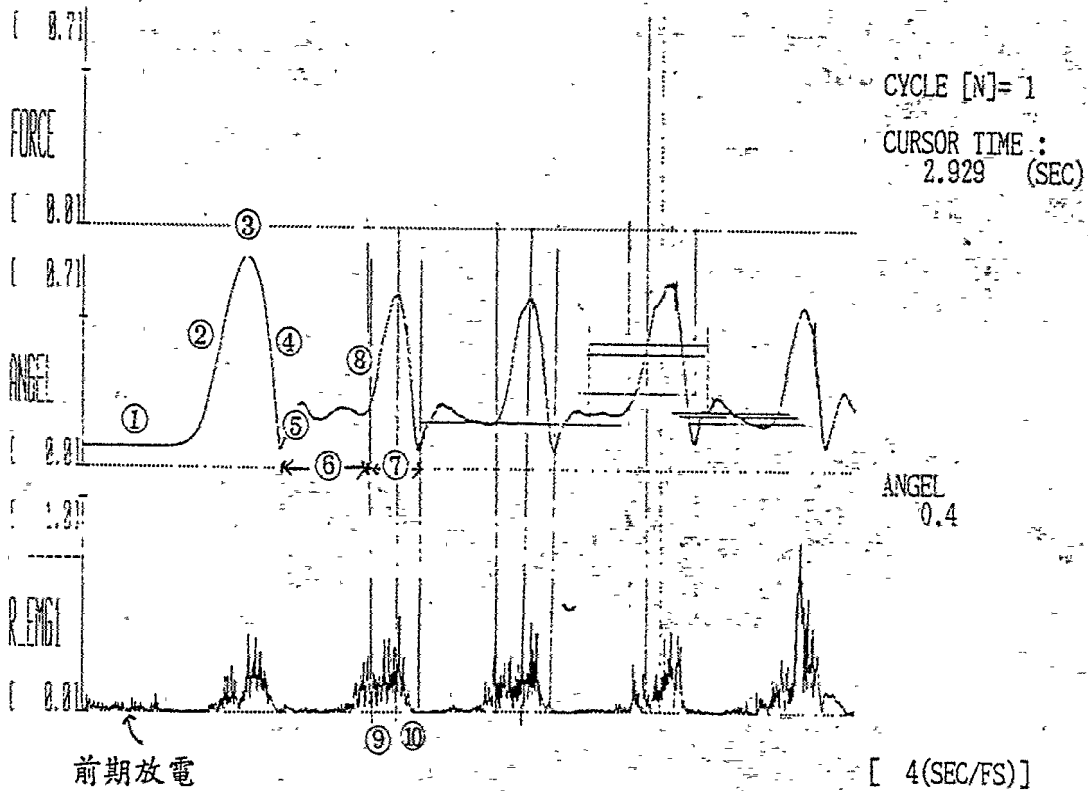
(NEC² SIGNAL PROCESSOR 1000)



參、實驗結果

- ①兩腿完全伸直
- ②膝關節屈的過程
- ③關節角度蹲到最低
- ④膝關節伸的過程
- ⑤離地瞬時
- ⑥騰空期
- ⑦支撐期
- ⑧著地之後又開始屈了，關節角度下降
- ⑨離心收縮
- ⑩向心收縮

DP-1200 NEC-SAN'ET
 0541205 Ver-1.7
 97/05/14 14:46 37



肆、分析與討論

由實驗結果從肌電圖表得知肌肉有預張的能力（肌肉預張力），肌肉於著地之前就緊張了，可以由地面反作用力來看出肌肉離地的時間，可惜的是由於實驗設計的不夠完善，在實驗之前沒有特定設計研究目標來進行操作，所以無法針對特定幾個肌群來做比較，又因結果之圖表上未顯示出作用力曲線圖，在這裡僅能就關節角度、肌電變化之間的關係來做說明。

從關節角度圖形我們可以知道，一開始身體姿勢尚未啟動向上跳躍時，兩腿完全伸直，接著波型陡上為膝關節屈的過程，當波型陡直上升到最高點為身體蹲到最低，當波型由頂峰往下滑的階段為膝關節伸的過程，由峰值最高下滑至最低點，此最低點為離地瞬時，離地之後有一段騰空期（身體肌肉做離心收縮），騰空期結束之後（兩腳著地之後）又開始屈了，關節角度下降，慢慢到達峰值最高，下降階段為支撐期（身體肌肉做向心收縮），從圖形中可明顯看出前期放電、騰空期、支撐期、肌肉離心收縮和向心收縮的狀態。

我們可以把R-EMG1肌電活動曲線圖和ANGEL關節角度曲線圖相對應，用筆劃成兩個階段，前半段肌肉活動除了有預張力之外，肌電活動前半段屬離心收縮，後半段肌電活動屬向心收縮。

關節角度、肌電變化之間的關係從結果圖表來看，最主要是看以下兩方面：(1)看面積大小(2)看峰值大小。

伍、結論與建議

(一)結論：

肌肉組織是由不同型態肌纖維所組成，扮演著不同收縮特性的角色功能，無論是有氧性能力或無氧性能力的收縮表現，均受制於運動神經纖維的控制。當運動神經的動作電位達到閾值，並將此一訊息傳導到運動終板，促使所控制之肌纖維，因電位差的變化而產生收縮（去極化）。在整個肌肉收縮過程中的電位差變化，可以經由電子儀器加以記錄與分析，稱之為肌電圖（electromyogram, EMG）。它所

呈現的是一連串的波型訊號，所涉指的是肌細胞收縮機制的電反應，包括神經與肌肉的興奮。（林正常，民84）。

在體育與運動專項研究方面，通過肌電圖可以觀察了解：

- 1.肌肉活動時參與的作用肌群及參與的程度。
- 2.肌肉動作時某肌肉或肌群參與時間的先後。
- 3.其他生物力學、肌電圖學、生理學有關肌肉的研究。

肌電圖在運動上的應用，則是用以評估運動員神經肌肉系統的機能狀態。在應用類別上包括：

1.表現於運動員的訓練程度：

- (1)動作協調性的變化。
- (2)肌肉最大收縮時的變化。
- (3)肌肉定量負荷時的變化。
- (4)評估力量訓練的效果。
- (5)對肌纖維運動能力的評估。

2.表現於運動神經—肌肉的疲勞現象是肌電頻率的下降：

- (1)誘發性低頻疲勞。
- (2)誘發性高頻疲勞。

(二)建議：

1.國內人們較不願碰EMG主要原因在於不容易量化，肌電圖雖較難量化，但仍能量化，可相對化之後再量化，肌電圖不容易做，要考慮的因素很多，舉凡儀器之熟稔，原理技術的了解，電極部位的確定及貼的技巧和實驗設計都需要特別考量，否則變數太大，信、效度受考驗就失去了意義。建議人和人之間的比較可由動作來分階段，不要害怕定量分析肌電圖。

2.有關肌電圖的研究與應用在醫學臨床上大都作為診斷神經肌肉障礙病人的一種方式，而國內體育界將肌電圖多當作評估運動員神經肌肉系統機能狀態的方法，提供運動員本身和教練參考的依據，但主要的應用不相同，所以造成許多研究條件相同，其結果互異的情形，為了改善這種現象，加強提升國內體育水準，來解釋各種現象，實為科研人員當務之急。

陸、參考文獻

- 1.吳慧君（民82）：運動性肌肉疲勞之肌電圖研究 中華體育季刊26期，P.77-85
- 2.姚承義（民80）：肱二頭肌離心與向心收縮活動電位之比較 中華民國體育學會體育學報第十三輯 P.117-128
- 3.王順正（民81）：臨界負荷、肌電圖疲勞閾值與無氧閾值的關係 中華民國體育學會體育學報第十四輯 P.207-226
- 4.李志文（民82）：肱二頭肌不同收縮型態負荷與肌電平均功率頻譜（MPF）關係之研究 中華民國體育學會體育學報第十六輯 P.259-273
- 5.石慶賀（民80）：射箭技術與穩定性之肌電圖分析 國立體育學院運動科學研究所碩士論文
- 6.戴維·溫特著 劉志誠、李誠志譯、李誠志校：人體運動生物力學—人體運動學的肌電圖 人民體育出版社 P.150-176
- 7.林正常（民78）：運動生理學實驗指引 P.129-135
- 8.林正常（民84）：運動生理學實驗指引 P.227-237
- 9.楊錫讓等譯（民80）：運動生理學 中國文化大學出版部 P.206-215
- 10.蔡瑞益（民86）：新型主動式表面多點肌電電極 光電檢測系統研究室