

## 第貳章 文獻探討

肌力(strength)指最大隨意收縮時，肌肉所能產生的最大力量或力矩 (Sale, 1995)，是所有運動項目的基本體能要素 (Foran, 2001)。為了了解股四頭肌肌力評估量化方法，本章第一部分先討論肌力表現與運動表現之間的關係，再針對目前使用的肌力表現測量方法進行探討，最後針對肌力訓練使用之處方設計做探討。

## 第一節 肌力表現與運動表現的關係

許多研究發現，運動表現等級較高的運動員，他們的肌力比等級較低的運動員或一般人好。Oberg, Moller, Gillquist 和 Ekstrand(1986)以及 Wisloff, Helgerud, 和 Hoff(1998)都以足球選手為研究對象，發現運動等級高的足球選手的下肢肌力是顯著優於等級低的選手以及一般人。而 Paasuke, Ereline 和 Gapeyeva (2001)發現，無論是絕對或相對的伸膝肌等長和等速肌力，以及等長肌力發力率和垂直跳躍高度，國家級運動員的測量結果皆顯著優於大學生。

從上述的研究結果發現，運動等級高的運動員，其肌力表現較等級低或一般人好，這樣的結果可以說明擁有良好的肌力表現是成為優秀運動員的基本條件之一。

## 第二節 常用的肌力表現測量方法

常用的肌力表現測量方法依測量時肌肉的收縮方式，可分為等張肌力測量、等速肌力測量以及等長肌力測量三種。

### 一、 等張肌力測量

等張收縮指肌肉抵抗固定負荷進行肌肉收縮，屬於動態收縮。等張肌力測量即肌肉以等張收縮進行肌力測量。等張肌力或動態肌力指單一肌肉或肌群以完全關節活動度做一次最大收縮所產生的最大力量 (Bosco, 1983)。

當肌肉進行等張收縮時，肌肉收縮所產生的力量隨著收縮速度增加而降低(圖 2-2)。

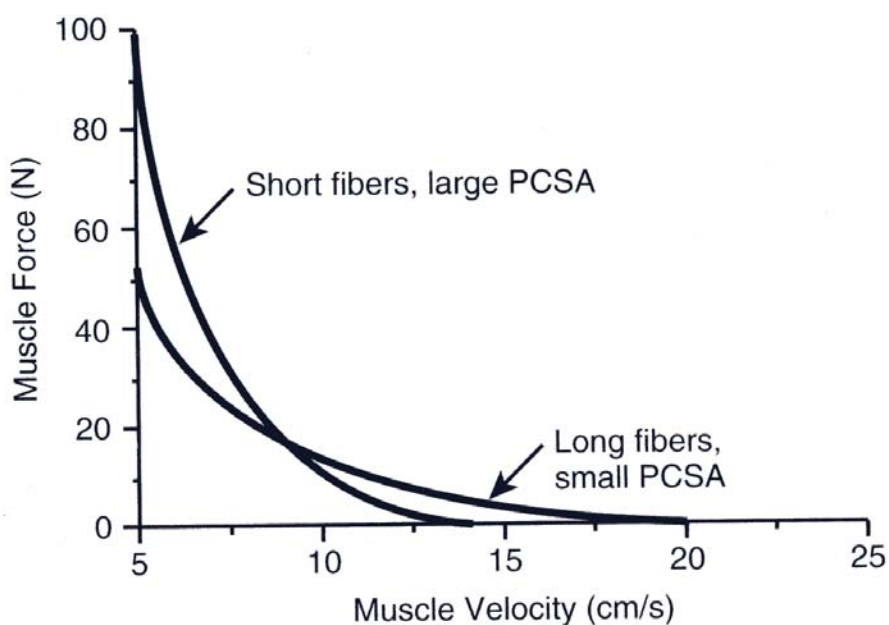


圖 2-1 肌肉收縮速度與力量之關係

常用的等張肌力測量器材為器械式重量訓練器材或 free-weight 的重量訓練器材，由於器材取得便利，因此是最普遍用來測量肌力的方法。使用這類器材測得的肌力為最大一次反覆肌力 (1RM)，指一次完整測驗動作所能舉起的最大重量；以膝關節伸直測量股四頭肌肌力為例，一次前踢動作所能踢舉的最大重量即 1RM。然而，人體運動時，隨著關節角度的變化，肌肉長度改變，肌肉收縮所產生的力量也隨之改變；另外，根據牛頓第二運動定律，力量等於物體的重量和加速度的乘積，當施力抵抗槓片負荷時，施力必須大於槓片與重力加速度的乘積，才能使槓片產生位移，完成 1RM 的測量。所以，1RM 雖然是以固定負荷進行肌肉收縮，但是測量過程中肌肉所產生的力量是不斷改變的。因此，1RM 方式所測得的最大肌力無法直接反映出肌肉收縮施力的大小 (Harman, 1993)。



$$m a = F - W ; \quad F = m a + W$$

圖 2-2 重量訓練肌肉收縮施力圖

以重量訓練器材測量 1RM 時應考慮被測量者重量訓練經驗。過去研究指出，有重量訓練經驗的人，不論是男性或女性，1RM 的測量信度高 (Sale, 1995)。但是，對於沒有重量訓練經驗且為坐式生活的女性，必須要從事至少三次或四次 1RM 測量，所測得的結果才有信度 (Ploutz-Snyder 和 Giamis, 2001)。而沒有做過 1RM 測量的人，至少要經過三次 1RM 測量才可以獲得穩定的測量結果 (Cronin 和 Henderson, 2004)。

## 二、等速肌力測量

等速收縮指肌肉以相同的速度進行收縮，產生力量，屬於動態收縮。等速肌力測量即肌肉以等速收縮進行肌力測量，通常使用等速測力機給予固定的角速度，肌肉以最大用力收縮來測量該測驗角速度的肌力，是臨床與學術研究常使用的動態肌肉功能測量方法 (Gleeson 和 Mercer, 1992)。

使用等速測力機測量最大肌力，不同的測量速度(60 度/秒、120 度/秒、180 度/秒)、動作(離心收縮、向心收縮)、肌肉(屈伸肘肌、屈伸膝肌)以及參數(最大力矩、平均最大力矩、總做功、平均爆發力)，可以得到高信度的測量結果(Gleeson 和 Mercer, 1991；Pincivero, Lephart, 和 Karunakara, 1997；Li, Wu, Maffulli, Chan, 和 Chan, 1995)。但是快速收縮的測量信度較慢速收縮的測量信度高，向心收縮的測量信度較離心收縮的測量信度高 (Li, 1995)，造成此結果的可能原因是人體運動的習慣性，人體習慣以快速度做最大用力收縮，並且習慣做向心收縮的動作，因此快速度以及向心收縮動作的測量信度都比較高。

然而，以人體運動而言，等速測力機是以較不真實的人體運動進行肌力測量。在高

速運動時，等速運動只是整個運動過程中的一小部分，整個運動過程包括加速期、等速期以及減速期，而等速肌力測量忽略了人體運動的加速與減速特徵。另外，目前市面上所販售的等速測力機可以提供的最大測量角速度遠不及真實運動中肢段所產生的角速度。以膝關節屈曲為例，膝關節最快的屈曲角速度是每秒 700 度，然而，目前等速測力機可以提供的最快角速度為每秒 450 度。因此，目前等速測力機無法提供人體肢段運動的最快速度來測量肌力。並且大部分的等速測力機只能測量單一關節開放式動力鏈的動作，無法測量多關節閉鎖式動力鏈的動作。

在器材的成本及需求空間而言，等速測力機所佔空間大、而且購買成本高，通常只有醫院、學術單位或運動科學中心有能力購置這樣的器材，一般人或運動員除了接洽相關單位外，否則無法自行進行等速肌力測量。

### 三、等長肌力測量

等長收縮指肌肉收縮時肌肉長度不變，屬於靜態收縮。等長肌力指一個肌肉或肌群，以最大用力收縮抵抗固定不動的負荷時所產生的力量 (Bosco, 1983)，而肌肉進行等長收縮時，力量的產生在剛開始收縮時是急劇增加至最大值，隨後則呈現穩定狀態(圖 2-3)。等長肌力測量使用的器材有一般體適能中心或健身俱樂部常見的電子式握力計、背肌力計及大腿肌力計。等速測力機或力量感應計也可以用來測量固定關節角度的最大等長肌力。

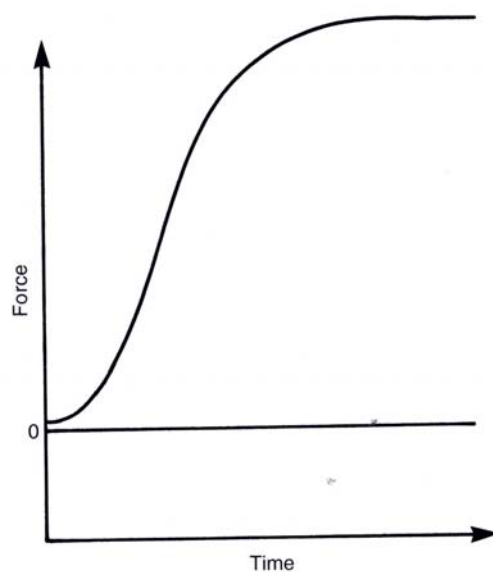


圖 2-3 等長收縮力量時間曲線

以等長收縮進行肌力測量有幾點好處 (Gore, 2000)。1、容易標準化且信度高；2、等長肌力測量不需要高深的技巧或技術即可完成，不管是運動員或非運動員都適用；3、測量時容易監控且對受試者而言是安全的測量方法；4、使用工具是相對較便宜的器材，如電子握力計。

由於等長肌力的測量會因為測量的關節角度不同造成所測得的最大等長肌力有差異，因此，測量等長肌力時，關節角度的選擇很重要。Sale (1995) 建議施測的關節角度應該是受測肌肉的力量角度曲線上，最大力量產生時所對應的關節角度。然而，Murphy 等人 (1996a) 提出不同的建議，他們認為測量最大等長肌力時，應該以施測動作為考量，即測量的關節角度應該以受試者的施測動作的活動範圍中產生最大力量所對應的關節角度，例如 Murphy 等人研究最大等長肌力與藥球投擲遠度的相關，因此施測的關節角度應該是投擲藥球時肱二頭肌產生最大力量的關節角度。最後，由於人體大

部份動作是加速度運動，使用等長收縮進行肌力測量失去動態活動的特性（Abernethy 等人, 1995），且動態與靜態肌肉活動的神經激發特性亦不同（Murphy, 1996b），因此測量等長肌力對於運動表現的預測是有限的（Harman, 1993）。

將等張肌力、等速肌力以及等長肌力測量針對各項不同指標進行比較，整理出表 2-1，說明三種肌力測量在不同指標之間的優劣。

表 2-1 等張、等速與等長肌力測量比較表

項目	等張	等速	等長
信度	高	高	高
效度	高	高	低
特殊性	高	低	低
全面性	低	高	低
量化程度與 資料分析	低	高	低
器材取得	容易	不容易	容易
成本	中等	昂貴	便宜



### 第三節 肌力表現測量之機電整合相關研究

許多研究以不同的感應器結合傳統重量訓練器材來設計肌力與爆發力測量系統。

Bosco 等人 (1995) 以及 Rahmani, Dalleau, Viale, Hautier 和 Lacour (2000) 結合光閘與蹲舉重量訓練器材進行下肢肌力與爆發力的測量，得到精確且有信度的測量結果。在 Bosco (1995) 的研究中，系統所測量的力量、速度與爆發力皆與垂直跳及衝刺表現達顯著相關。Rahmani (2000) 的研究藉由與測力板測驗結果進行相關比較，得到光閘的應用可以有效測量肌力與爆發力的結論。

線位移感應計是另一種可用來結合重量訓練器材測量肌力或爆發力的感應計，其功能能是紀錄物體位移的變化，經二次微分後獲得加速度值，再乘以物體重量，即可得到施力值。其優點為體積小易於攜帶，且成本低。Chiu, Schilling, Fry 和 Weiss (2004) 結合線位移感應計與槓鈴，測量蹲跳時的下肢的力量-時間曲線，並與測力板測得的結果做比較。結果發現兩個測量方法測得的力量參數有高相關。Cronin, Hing 和 McNair (2004) 則將線位移感應計固定於腰上，測量不同跳躍動作(蹲跳、下蹲跳、落跳)的下肢爆發力，並與測力板測量結果做比較，結果發現線位移感應計可以有效測出跳躍時的下肢爆發力，並且其測驗結果信度高。從上述文獻發現使用線位移感應計可以有效地測量蹲跳動作的相關力量參數，驗證線位移感應計的應用價值。然而，使用線位移感應計計算力量與爆發力時，必須確定線位移感應計的感應軸線垂直地面移動，否則測量結果會有誤差。

加速規藉由內部壓電石英的感應來紀錄物體移動時的加速度，經由數學積分方法的

計算，求得速度與位移，因此可以應用在力量與爆發力的測量上。Thompson 和 Bemben (1999) 將單軸加速規固定於槓鈴上，用以測量仰臥推舉的力量與爆發力，並與攝影取得的槓鈴運動學參數計算出的力量與爆發力值，再進行差異性考驗以及相關考驗。結果兩個系統所測量的力量與爆發力雖有顯著正相關，卻也有顯著差異存在，實驗結果無法說明哪一個系統是有效的。

藉由感應計與重量訓練器材的結合來測量肌力有幾點好處。第一，突破等長收縮與等速收縮的動作限制，使得測量結果更符合實際需求。因為等長收縮與等速收縮測量肌力與爆發力時，最大的缺點在於動作不符合實際運動狀態，都未考慮人體運動有加速與減速的特徵。第二，精確測量最大用力時的力量值及爆發力，並提供力量-時間、力量-速度以及爆發力-速度等曲線，可以深入了解運動員的力量及爆發力變化；傳統的 1RM 測量，其測量結果量化不夠精確，無法提供更深入的資訊給運動員及教練參考，結合感應計與重量訓練器材的測量系統可以提供科學化的測量結果。第三，使用相同的器材及動作進行訓練與測驗時，可以獲得最沒有偏差的訓練監控效果，因此改良運動員最常用來進行肌力訓練的重量器材，使其同時具有評估與訓練的功能，對於監控運動計畫的訓練成效以及運動員的進步幅度提供更有力的幫助。

#### 第四節 重量訓練運動處方設計探討

對於肌力訓練而言，運動訓練處方的設計是影響訓練效果好壞的重要因素，而肌力訓練處方的變項有負荷強度、反覆次數、組數、頻率、持續時間和休息時間。許多針對肌力訓練處方對增加肌力效果的研究中，最常被探討的變項就是訓練量(volume，即負荷強度與反覆次數之乘積或負荷強度、反覆次數與組數三者之乘積)。

Starkey 等人(1996)以 48 位受試者，從事每週三次，共 14 週的大腿前踢(Leg Extension)以及大腿後勾(Leg Curl)肌力訓練，其單一組數訓練為從事一組 8-12 個反覆次數的訓練，多重組數訓練為從事三組，每組 8-12 個反覆次數的訓練。結果發現，不論是大腿前踢或大腿後勾，單一組數訓練與多重組數訓練對肌力訓練的效果沒有差異。

Kraemer 等人(1997)以 43 位大專男學生為受試者，分別接受三種不同訓練法，為期 14 週，每週 3 次的蹲舉訓練(squat)，探討單一組數與多重組數訓練法對肌力增加的影響。三種不同訓練法為：從事一組 8-12 個反覆次數的訓練、從事三組，每組 10 個反覆次數的訓練，以及從事三組，每組 2-10 個反覆次數的訓練。結果發現，多重組數訓練法(3 組)對肌力增加的幅度顯著大於單一組數訓練法(1 組)。

Rhea 等人(2002)以 16 位受試者，從事每週三次，共 12 週的仰臥推舉以及大腿推蹬的肌力訓練，探討單一組數訓練與多重組數訓練對肌力訓練的影響，其中單一組數訓練為一組 4-10 個反覆次數的訓練，多重組數訓練為三組，每組 4-10 個反覆次數的訓練。結果發現，在仰臥推舉部分，兩種訓練法的訓練效果無顯著差異，然而，在大腿推蹬部

分，多重組數的訓練效果顯著優於單一組數訓練。

在訓練量對訓練效果的相關研究中，有部分學者認為單一組數訓練法與多重組數訓練法的效果沒有差異，卻有一部分學者認為多重組數訓練法的效果顯著優於單一組數訓練法。造成這樣的差異可能的原因有：受試者在參與訓練前的體能水準不同、受試者不足、實驗動作不同、訓練期過短、訓練時的休息時間與訓練順序不同等因素。

另外，Cronin 和 Crewther(2004)以 12 位受試者從事三種內容不同但是訓練量相同的肌力訓練(6\*30%1RM、3\*60%1RM、2\*90%1RM)，探討訓練量相同時，肌力訓練的運動學與動力學特徵是否相同。研究結果發現，不論是離心或向心收縮時的力量輸出、功率(power)以及機械功(work)等參數，最輕的負荷(30%1RM)所產生的結果都大於另外兩個負荷(60%1RM、90%1RM)，作者並且做出結論，從事肌力與爆發力的研究時，應該要加入運動學與動力學等參數，如此才能對不同負荷參數引起神經肌肉適應的效果有較好的了解。

## 第五節 結論

了解運動員的肌力很重要，因為肌力深深影響運動員的運動表現，精確且有效的測量結果，可以幫助運動員強化訓練內容，達到增強運動表現的目標。運動員最常使用傳統重量訓練器材進行肌力評估以及重量訓練。然而，傳統使用重量訓練器材測量肌力，無法提供精確量化的評估結果作為訓練計畫設計與監控的依據。建議相關運動科學人員未來應該針對最普遍使用的重量訓練器材加以改良，開發一套可以有效測量，並且可以提供精確量化數據的肌力測量系統，以提供運動員與教練更科學化的訓練依據與方法。