

第五章 討論與結論

一、等速向心最大力矩

本研究結果發現高中與大專組受試者在 $60^{\circ}/s$ 、 $120^{\circ}/s$ 、 $180^{\circ}/s$ 、 $240^{\circ}/s$ 角速度下所測得伸肌之最大力矩，分別為 218-230Nm、174-183 Nm、143-154 Nm 及 115-129Nm；屈肌之最大力矩則分別為 135-155Nm、119-144 Nm、112-127 Nm 及 96-101Nm (表三)。結果顯示最大力矩隨角速度增加而顯著降低 ($p < .05$)，伸肌隨角速度增加而削弱的程度約為 47%，屈肌則減少約為 32%。且在所有測試的角速度下，慣用腳與非慣用腳的伸肌皆大於屈肌，而除了高中組在 $120^{\circ}/s$ 與 $180^{\circ}/s$ 時慣用腳伸肌最大力矩些微低於非慣用腳外，其餘慣用腳之伸、屈肌力略高於非慣用腳，但無顯著差異 ($p > .05$)。

對跳遠選手來說，在起跳時，腿部所要承受的高衝擊力是體重的 10 倍以上 (Seyfarth et al., 1999)，因此慣用腳的肌力必須要比非慣用腳強，以負荷在起跳時地面反作用力的衝擊，並獲得有利的起跳。對於一些非對稱的運動項目，如足球，慣用腳與非慣用腳的肌力會有所差異 (林正常, 1996)；雖然本研究結果中發

現慣用腳的肌力有大於非慣用腳現象，但就跳遠而言，只有於起跳時著重於慣用腳的使用，而助跑時則需左右腳平衡、協調的配合，且訓練中也並無特別針對慣用腳的強化，因此跳遠並非屬於非對稱的運動項目。過去研究中也發現此特性於不同非對稱項目中，Tourney-Chollet et al. (2000) 便以 $60^{\circ}/s$ 、 $120^{\circ}/s$ 及 $240^{\circ}/s$ 測試足球選手的肌力，發現在所有測試之角速度下，慣用腳肌力皆大於非慣用腳，但無顯著差異。Calmels et al. (1995) 以青年女子體操選手為研究對象分析其肌力特質，發現慣用腳肌力大於非慣用腳，但其比較結果亦無顯著差異。上述兩個研究結果顯示，雖然在所有角速度下之慣用腳肌力皆大於非慣用腳，卻未達顯著差異。此發現與本研究所得之結果相同。不過，在 Stafford et al. (1984) 的研究中，探討橄欖球選手在 $90^{\circ}/s$ 、 $180^{\circ}/s$ 及 $300^{\circ}/s$ 的角速度下，結果同樣得到慣用腳肌力大於非慣用腳，但不同的是其結果中之慣用腳與非慣用腳之伸肌達顯著差異，屈肌則否。

肌力特質的分析已非常廣泛的運用於各種運動中，但對跳遠項目的肌力分析而言，並無研究進行探討，過去研究中僅李水碧 (1993) 探討青少年男田徑選手之等速肌力，其將受試者分為跑、跳、擲等三組進行分析與比較，結果得到跳躍組在 $180^{\circ}/s$ 時伸肌最大力矩為 $152.4Nm$ ，屈肌為 $86.6 Nm$ 。該結果與本研究在相同角

速度之最大力矩對照之下，伸肌力矩並無差異，但本研究所得屈肌力矩大於前者之研究結果。此結果的差異可能是因為受試者訓練型態或測試方法的影響。

本研究結果發現高中與大專組在所有測試的角速度下，伸肌的最大力矩皆大於屈肌，且最大力矩隨角速度增加而顯著降低 ($p < .05$)，此結果與過去許多研究所得相同 (Baltzopoulos and Brodie, 1989; Morris et al., 1983; Tournay-Chollet et al., 2000)。此外，在結果中伸肌隨角速度增加而削弱的程度約為 47%，屈肌則減少約為 32%。Morris et al. (1983) 則發現伸肌下降 57%，屈肌為 41%。其肌力削弱的程度較本研究結果高。Siatras et al. (2004) 在 $60^\circ/s$ 及 $180^\circ/s$ 時伸肌最大力矩 (34%) 削弱的程度高於屈肌 (14%)。上述結果可知在力矩-速度關係中，伸肌隨角速度增加而降低的程度顯著高於屈肌。Kellis and Baltzopoulos (1998) 以 EMG 比較作用肌與拮抗肌之激活狀態，結果發現在快的向心收縮速度時，會增加 EMG 的激活。此結果雖然指出在快收縮時，會增加運動單位的激活，但力矩表現卻會顯著降低。當增加運動單位的激活時，力矩表現卻會顯著降低的原因，是由於角速度的增加而降低橫橋的使用，而減少了力矩的產生 (Enoka, 1988)。

在本研究中兩組間的肌力表現並無顯著差異，但值得注意的

是大專組在慢角速度下之最大力矩表現低於高中組（表三），此結果與過去文獻所提之年齡-力矩關係（Gerodimos et al., 2003; Gür et al., 1999; Kellis et al., 2001）相違背，而造成此現象的原因，可能是大專選手的訓練上較著重於技術方面，因而減少了肌力的訓練，使得肌力產生了可逆性的特質，亦即降低了肌肉力量。此顯示大專選手在訓練中除了強化技術外，肌力的維持也是不可忽略，以免因此導致成績無法突破的狀況。

二、 屈/伸肌力比值(F/E ratio)

肌力的不平衡往往是造成運動員傷害的主因，而 F/E ratio 是檢視肌力平衡與否的重要指標（Kramer et al., 1994; Stafford & Grana, 1984; Kellis & Baltzopoulos, 1995）。研究指出 F/E ratio 的下降，是造成膝關節及腿部肌群傷害的危險因子，但此比值的增加也可能是因為伸肌過度使用或受傷所造成的（Soderman, Alfredson, & Pietila, 2001）。因此，在解釋 F/E ratio 時必須謹慎。

本研究結果得到慣用腳與非慣用腳之 F/E ratio 在 60°/s、120°/s、180°/s、240°/s 角速度下，分別為 58-68%、67-85%、78-92% 及 80-101%，且比值隨角速度增加而顯著提高（表四）。過去的

文獻指出，在不同運動中，60%的 F/E ratio 是廣被接受的肌力比值範圍 (Bassa et al., 2002; Burnie, 1987)。Pochlle and Codine (2000) 也指出在不同角速度中，F/E ratio 的範圍也不同，而在低角速度的比值為 50-60% ($30^{\circ}/s$)；中角速度時為 60-70% ($120-180^{\circ}/s$)；高角速度時則為 70-80% ($180^{\circ}/s$ 以上)。此外，Aasaard et al. (1998) 指出，在慢的角速度下，若 F/E ratio 低於 60%，便可能會增加傷害的敏感性。Knapik et al. (1991) 研究認為在 $180^{\circ}/s$ 下之 F/E ratio 低於 75%時，會使運動員肌肉傷害的發生率提高。而 Alexander (1990) 也提出在高角速度下 ($240^{\circ}/s-300^{\circ}/s$)，F/E ratio 會接近於 80%。對照下，本研究所得之 F/E ratio 均符合文獻所提之範圍，且本研究受試者均無任何膝關節或肌群損傷的情況，因此顯示無論是高中或大專組的跳遠選手，其肌力均達到良好的平衡狀態。

在不同運動項目的肌力比值相關研究中，Jonhagen, Nemeth, & Eriksson (1994) 以短跑選手為研究對象，結果得到在 $30^{\circ}/s$ 、 $180^{\circ}/s$ 及 $270^{\circ}/s$ 之 F/E ratio 分別為 55%、90%與 104%。本研究結果與其所得相近。此外，研究者也指出對短跑者而言，屈肌的肌力是預防該肌群肌肉拉傷的重要因子 (Eriksson, 1994)。Morris et al. (1983) 研究結果得到，中長跑及長跑選手在 $30^{\circ}/s$ 、 $60^{\circ}/s$ 、 $180^{\circ}/s$ 、

240°/s 及 300°/s 角速度下的 F/E ratio 為 63-87%。並指出在訓練中，F/E ratio 可能是最佳的肌力評估方式，而選擇其測試的收縮速度最好能接近於選手在運動時肌肉的收縮速度。Colliander and Tesch (1989) 則探討健康男性之肌力特質，發現 F/E ratio 在 30°/s、90°/s 及 150°/s 的角速度下為 58-69%。作者也指出 F/E ratio 會受到角速度與肌肉活動的型態所影響。Ellenbecker and Roetert (1995) 指出優秀青年網球選手在 180°/s 及 300°/s 角速度下之 F/E ratio 為 59-69%。Stafford et al. (1984) 得到橄欖球選手慣用腳與非慣用腳的 F/E ratio 為 67-85%。Geradimos et al. (2003) 發現青年籃球選手在 60°/s 時之 F/E ratio 顯著低於 180°/s，而其比值為 62-70.5%。足球選手與坐式生活者的 F/E ratio 為 63-66% (Tourney-Chollet and Leroy, 2002)。青少年體操與游泳選手在 60°/s、120°/s 及 180°/s 的 F/E ratio 為 68-88% (Siatras et al., 2004)。

由上述之研究結果可看出，本研究之 F/E ratio 除了與短跑選手相近外，均大於其他運動項目，且不同運動所得到的 F/E ratio 也有所差異，證實運動項目會影響 F/E ratio 的表現，與過去研究結果相符 (Ellenbecker and Roetert, 1995; Geradimos et al., 2003; Siatras et al., 2004; Tourney-Chollet and Leroy, 2002)。此外，本研究的 F/E ratio 較其他研究結果高的原因，可能是力矩隨速度增

加而削弱的程度較低，且屈肌（32%）又較伸肌（47%）下降的少，所以 F/E ratio 所受的影響並不大。然而，肌力的比值會受不同的因素所影響，包括測試方法、訓練狀況、儀器（Morris et al., 1983）、角速度、肌肉活動的型態（Colliander and Tesch 1989），及性別所影響（Calmels, Nellen, van der Borne, Jourdin, & Minaire, 1997）。因此，進行肌力比值評估時，必須要考慮到上述之影響因素，以減低誤差的產生。

在比較高中組與大專組間慣用腳與非慣用腳的 F/E ratio，本研究發現在所有角速度下，慣用腳的 F/E ratio 均大於或相等於非慣用腳，且高中組的 F/E ratio 高於大專組，但皆無顯著差異 ($p>.05$)。Gür, Akova, Pündük and Küçükoglu (1999) 的研究則發現成年與青年足球選手慣用腳與非慣用腳間的 F/E ratio 無顯著差異。Calmels et al. (1997) 發現健康者兩腳膝關節的 F/E ratio 無顯著差異，Hageman et al. (1988) 也得到相同之結果。上述三個研究得到兩腳 F/E ratio 均無顯著差異的結果與本研究相符。但 Stafford et al. (1984) 則證實橄欖球選手慣用腳的 F/E ratio 皆顯著低於非慣用腳；Magalhaes et al. (2004) 研究得到排球選手與足球選手慣用腳之 F/E ratio 也顯著低於非慣用腳。此二者的研究結果與本研究及前述文獻所得則相異。而本研究所得慣用腳與非慣用腳的 F/E

ratio 無顯著差異的原因，可能是雙腳間最大力矩並無差異，因此 F/E ratio 也不會有太大的改變。

在所有角速度下高中組與大專組慣用腳之 F/E ratio 均高於或相等於非慣用腳。F/E ratio 隨角速度增加而顯著提高的結果與過去研究所得相同 (Alexander, 1990; Calmels et al., 1997; Cometti, Maffiuletti, Pousson, & Maffulli, 2001; Magalhaes et al., 2004; Morris et al., 1983) 。而 F/E ratio 提高是由於伸肌的長度-張力狀態的削弱，且同時增加了屈肌長度-張力的狀態 (Aasaard et al., 1998) 。Siatras et al. (2004) 認為當角速度增加而 F/E ratio 隨之增加的現象，可能的解釋是因為伸肌最大力矩 (34%) 削弱的程度高於屈肌 (14%) 。Pontaga (2004) 發現在高角速度時，屈肌能產生比伸肌較大的力矩，因此提高了 F/E ratio，Minaire and Drost (1995) 研究證實，角速度對於伸屈肌最大力矩比有顯著影響，因此使 F/E ratio 隨角速度提高而增加。另外，研究指出造成最大力矩隨角速度增加而減低有三個可能原因：一是由於運動單位激活程度的不同所造成的，且屈肌肌力下降之程度會低於伸肌；二是改變了產生最大力矩的動作範圍；三是因為伸、屈肌產生最大力矩時的不同動作範圍，是依測試模式的不同而有所差異 (等長、等張及等速收縮) (Baltzopoulos and Brodie, 1989) 。

屈肌在快速、強力的膝伸展時，提供穩定關節的能力，且此穩定膝關節的肌肉能力，在增加伸展動作及角速度時會逐漸的提高（Aasaard et al., 1998）。Hagood, Solomonow, Baratta, Zhou & D'Ambrosia（1990）也認為膝關節屈肌對關節穩定的貢獻，會隨下肢速度的增加而增加其重要性。Stafford et al. (1984) 也指出在高速運動時，屈肌在肌力平衡上扮演著重要的角色；在慢速運動時，伸肌則較為重要。Pontaga（2004）發現 F/E ratio 的提高是因為屈肌在高角速度時能產生比伸肌較大的力矩。而在高速度中，膝伸展運動開始時，屈肌產生較大的力量去減緩膝快速伸展的運動，目的在於預防膝關節的損傷。加強屈肌的肌力可以降低在高速度運動時伸肌的過度伸展所引起的損傷，以及降低因屈/伸肌不平衡所成的傷害（Magalhaes et al., 2004）。

綜合相關文獻，皆指出 F/E ratio 的重要性，以及提出 F/E ratio 合理的平衡範圍，而本研究結果也均能符合文獻所提之平衡範圍，但仍需強調對跳遠項目而言，選手經常出現由起跳而引起的股二頭肌損傷，主要是因為股二頭肌在專項要求上的肌力不足（王琨、魏文儀，2005），此外，起跳時瞬間的所產生的收縮速度更為快速，故屈肌的強化便顯得格外重要。就 F/E ratio 來說，其受到伸肌損傷或屈肌不足的因素所影響，不過從文獻中可發現屈

肌不足是最大的影響因子，所以教練於訓練時必須注意選手屈肌之加強，以提高 F/E ratio 的發展，預防傷害發生。

三、 慣用腳/非慣用腳肌力比值

左右腳間相同肌群的對稱比較 (E/E ratio、F/F ratio)，可作為說明因肌力不足而導致運動表現的降低或增加傷害危險性的指標 (Gore, 2000)。慣用腳與非慣用腳間肌力的差異在 10% 以上，即為肌力不平衡，容易造成下肢傷害的發生 (Hageman et al., 1988; Sapega, 1990)。另外，Knapik et al. (1991) 研究指出在高角速度下 ($180^\circ/s$) 之兩腳屈肌比值差異高於 15%，便會提高運動員肌肉傷害的發生率。

本研究結果得到，在所有測試的角速度下，慣用腳與非慣用腳間相同肌群之最大力矩無顯著差異，且 E/E ratio (5-10%) 和 F/F ratio (1-10%) (表五) 皆相等或低於 10%。此結果顯示本研究之受試者良好的對稱肌力之平衡。而對跳遠來說，助跑亦是影響成績表現的要素之一，因此，對稱肌的平衡能避免選手在助跑上身體重心的偏移，以獲得較有效益的水平速度，進而有助於成績的表現。

在過去的研究中，Morris et al. (1983) 發現中距離及長跑選

手兩腳間伸肌的差異為 6-9%，屈肌的差異則為 8-11%。Tourney-Chollet et al. (2000) 分析足球選手膝關節之等速肌力表現，結果發現兩腳相同肌群的對稱比較之比值差異皆低於 10%，其伸肌力差異 (E/E ratio) 約為 2%，屈肌力差異 (F/F ratio) 則為 4-5%。Magalhaes et al. (2004) 探討排球與足球選手股四頭肌與股二頭肌之等速向心肌力特性，比較慣用腳/非慣用腳之相同肌群之差異，發現排球選手的伸肌比值差異為 7-10%，屈肌比值差異則為 6-14%；足球選手之伸肌比值差異約為 7%，屈肌比值差異為 10-12%。吳昇光 (2000) 在分析男性正常年輕人伸肌等速肌力特性中，結果得到慣用腳與非慣用腳之最大力矩值並無顯著差異，其比值差異低於 10%。而對於健康者或跑步選手而言，當兩邊肌力差異太大時，可能容易造成運動或活動時身體重心傾斜，久之有造成慢性傷害的產生 (吳昇光，2000)。本研究與上述文獻之結果相較，發現慣用腳/非慣用腳肌力並無差異，此顯示相同肌群的對稱比值不會因運動項目的不同而有所差異。但是，在過去的研究中，對於相同肌群的對稱比值之相關分析並不多，因此，運動項目是否會影響此比值的差異，仍需進一步探討。

四、肌力、屈/伸肌比值與運動表現之相關

在等速肌力與運動表現關係方面的課題，有許多研究進行相關之探討，結果也證實兩者間有顯著的相關性（Destaso et al., 1997; Negrete and Brophy, 2000; Pääsuke et al., 2001; Tsiokanos et al., 2002）。但屈/伸肌比值與運動表現間的相關性，則尚未有研究進行探討，因此在討論上便會受到文獻缺乏的限制。

Destaso et al. (1997) 研究發現，等速離心和向心力矩與深蹲跳 (drop jump) 有高相關。Tsiokanos et al. (2002) 的研究結果得到，垂直跳之變項與膝關節等速伸肌力矩有顯著正相關 ($r=.49\sim.58$)，其中得到下蹲跳高度與角速度 $120^\circ/s$ 之最大力矩的相關為 $r=.57$ 。Pääsuke et al. (2001) 以運動員與無訓練者為對象探討膝關節等速肌力與下蹲跳之相關，研究發現膝關節伸肌最大力矩與下蹲跳高度呈顯著相關， $r=.70\sim.82$ 。另外，Negrete and Brophy (2000) 研究結果也證實等速肌力與垂直跳表現有顯著相關，其相關係數為 $r=.65$ 。由上述研究結果可知，肌力是影響運動表現的因素之一。

本研究分析慣用腳最大力矩、F/E ratio 與跳遠表現之相關中，發現跳遠成績與慣用腳之最大力矩及 F/E ratio 皆無顯著相關 ($p>.05$) (表六、表七)。與文獻所得之結果不同，可能是因為研

究方式的不同而導致結果上的差異。而本研究的結果發現，大專組的最大肌力表現較高中組低，尤其是屈肌（表三），但在跳遠成績方面，大專組卻顯著高於高中組（表二），由此顯示出跳遠成績與最大肌力的關係並非成正比，所以此可能是造成慣用腳最大力矩、F/E ratio 與跳遠表現無顯著相關的主要因素。再者，本研究是以選手比賽所得之成績為運動表現變項，而比賽成績的表現是受到不同內在（壓力、速度）或外在（環境）的多種複雜因素所影響，此外，影響跳遠成績表現的最主要因素為速度與彈跳能力，其中速度是影響成績的最大因素（Walker, 1996），所以這些因素可能影響了統計分析之相關結果。

雖然本研究結果指出肌力與跳遠成績並無顯著相關，但對跳遠而言，需要大的力量配合，才能改變力、速度的方向，增大瞬發力，因此，最大力量仍是跳遠的基礎（許樹淵，1997）。而在王琨、魏文儀（2005）的研究中說明，起跳過程中膝關節伸肌群的主動向心收縮能力，對人體必要的制動和產生適宜的垂直速度有重要的影響力。特別是在起跳初期階段（起跳過程 8% 的時間裡），膝關節產生較大的屈肌最大力矩 7.75Nm/kg，而伸肌最大力矩為 4.88 Nm/kg，屈肌最大力矩值為伸肌的 1.58 倍，此結果顯示出膝關節屈肌的主動收縮，是由慣用腳著地的前伸和著地時較大

的地面反作用力衝擊所引起的。此外，當慣用腳著地時，作用於足底的地面反作用力通過膝關節中心的前方，產生對膝關節伸肌的力矩，膝關節屈肌必然要產生很大的主動收縮，以抵抗膝關節的過度伸展。而 Seluyanov (1983) 的研究中，針對跳遠起跳過程中的膝關節力矩以及股二頭肌和股四頭肌進行肌電訊號之分析，結果發現膝關節伸肌的肌電活動減弱，而腿後肌的活性則加強。Hay, Thorson & Kippenhan (1999) 的研究則發現，股二頭肌長度的改變與起跳時垂直速度的改變有高相關性，此結果指出股二頭肌較大的向心收縮，以獲得起跳時較佳的垂直速度。

由上述的研究中皆指出，屈肌力對於跳遠起跳方面扮演著相當重要的角色，也再次的強調必須注意屈肌的訓練，其目的除了能使起跳時獲得較佳的垂直速度外，更為重要的是可避免肌力不平衡的現象產生，降低運動傷害的發生率，進而延長選手的運動生命。

五、 結論

本研究目的在於分析跳遠選手肌群肌力比值之特性，並探討肌力、肌力比值與運動表現之相關，經結果分析與討論後得到以下之結論：

- (一) 跳遠選手肌力均達到良好的平衡狀態，因此本研究所得之結果可作為訓練進度之監控、傷害復健以及診斷肌肉傷害的參考指標。
- (二) 屈肌對於跳遠起跳方面扮演著相當重要的角色，因此加強屈肌的訓練，能增加起跳時的垂直速度，也可避免肌力不平衡的現象產生，降低運動傷害的發生率。