

國立臺灣體育學院
National Taiwan College of Physical Education
運動健康科學學系碩士班
碩士學位論文

踝關節功能性不穩定對於排球攔網動作時
下肢肌電訊號的影響
INFLUENCE OF THE ANKLE FUNCTIONAL
INSTABILITY ON THE ELECTROMYOGRAPHY OF
THE LOWER EXTREMITY DURING VOLLEYBALL
BLOCKING



研 究 生：錢思佑

指導教授：張怡雯 教授

中 華 民 國 99 年 7 月

論文名稱：踝關節功能性不穩定對於排球攔網動作時下肢肌電訊號的影響

總頁數：147 頁

院校所組別：國立臺灣體育學院運動健康科學學系暨碩士班

畢業時間及題要別：九十八學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：錢思佑

指導教授：張怡雯博士

中 文 摘 要

排球運動在攔網動作中踝關節傷害有很高的發生比例(63-90 %)，其中球員二次扭傷機率高達 79%，這表示在初次扭傷後踝關節的受傷風險大幅提高。過去許多研究認為扭傷後形成的踝關節功能性不穩定是造成反覆扭傷的主因。而過去文獻較少對踝關節功能性不穩定球員在攔網的動作進行研究，此外，研究大多探討功能性不穩定對傷側腳踝的影響，缺少實際動作時下肢整體神經肌肉功能影響的探討。**目的：**藉由觀察踝關節功能性不穩定之不穩定組球員與健康之控制組球員在攔網起跳和著地時肌電訊號的差異，找出可能導致不穩定組球員再度扭傷的原因。**方法：**在模擬球場進行過網與不過網攔網動作，以肌電訊號系統搭配測力板收集攔網各時期下肢的肌電訊號。以獨立樣本 *t* 考驗比較兩組受試者在肌電活化程度、肌肉活化時間點、肌肉共同收縮比值上的差異。**結果：**a) 肌電活化程度上，過網攔網的著地前與著地後兩組的差異只出現在踝部肌肉，而不過網攔網時的差異主要出現在膝部肌肉。b) 肌電活化時間上，不過網攔網起跳時，不穩定組踝部肌肉較早活化；在兩種攔網動作的著地時期，活化時間的主要差異上，控制組皆早於不穩定組。c) 肌肉徵召模式上，著地時兩組在遠、近端肌肉使用模式不相同。在動作策略上，兩種攔網動作時，不穩定組受試者之間在起跳與著地時採用相似的策略。d) 共同收縮比值上，兩種攔網動作的著地前與著地後，兩組主要差異在股直肌/股二頭肌；踝部共同比值的差異只出現在過網攔網的著地前。**結論：**踝關節功能性不穩定球員在進行攔網動作時，起跳時的各參數與控制組較為相似，而主要差異發生在著地時，表示肌肉功能對於不穩定組在著地時進行緩衝與穩定的控制是相當重要的。不穩定組動作策略上的選擇單一，可能不利於攔網著地時突發狀況的反應。兩組的差異不只在踝部肌肉也出現在膝部，表示踝關節功能性不穩定的影響不只侷限於踝關節，在治療與復健上應以整體下肢的功能回復為考量。

關鍵字：踝關節功能性不穩定、攔網動作、肌電訊號模式、肌肉徵召模式

Influence of the ankle functional instability on the electromyography of the lower extremity during volleyball blocking

Abstract

Ankle injuries is common in the volleyball blocking (63~90 %). Athletes with ankle injuries would have a significant risk for suffering the secondary injury (79%). Based on the previous studies, ankle functional ankle instability is quite frequent following an ankle sprain. There have been several laboratory researches focused on the influence of functional instability on injured ankle. However, very little studies have been conducted in investigating the effect of functional instability on the neuromuscular function of the lower limb in real sports condition. **Objective:** To measure the electromyography (EMG) of the lower extremity in the volleyball players with and without ankle functional instability during the blocking movement and attempt to understand the mechanism of ankle injury. **Methods:** We used EMG system and force plate to measure the EMG signal of lower extremity during the cross net blocking (CB) and non-cross net blocking (NCB) movements under simulated environment. For the statistical analysis, independent t test was preformed to compare the EMG muscular activities between control group (CG) and instability group (IG). **Results:** a) For the amplitude of muscular activity in CB movement, there was a significant difference between CG and IG in the ankle muscles. Significant difference between two groups in the NCB movement was found in the knee muscles. b) In the jumping phase of NCB movement, the onset timing of EMG activity was earlier in the IG than in the CG; in the landing phase, the onset timing was earlier in the CG than in the IG during CB and NCB movements. c) For the muscle recruitment pattern, both groups showed different muscle activation patterns. d) For the co-contraction ratios, in the pre-landing and post-landing phases, the significant difference between two groups was found in rectus

femoris/biceps femoris. **Conclusions:** The main differences between CG and IG were found in the landing phase of volleyball blocking. Our data suggested that the abilities of the shock absorption and the motor control in the landing of volleyball blocking were important for the IG group. Less variation of movement strategy in IG might lead to reduce the reactive ability especially in the unexpectedly landing situation. The differences between IG and CG were found not only on ankle muscles but also knee muscles, indicating that FAI may influence multiples joints of the lower limb. The overall muscle functions in the lower limb should be taken into consideration for the FAI patients in the injury treatment and rehabilitation.

Key words: Ankle functional instability, Blocking movement, Electromyographic pattern, Muscle recruitment pattern

誌謝

在研究所的時間一下就過了，我深深體會到在學術的領域上總是瞭解不夠深入，有太多的東西需要好好學習與了解。在學習的過程中得到許多人的大力幫助，這本論文能夠順利的完成，首先要感謝我的指導老師張怡雯副教授，在百忙之中抽空與我進行討論實驗與論文，每一次的討論都讓我對於研究的方向與進行有更多新穎的想法，使得論文的內容更加充實與完整，並讓我在實驗與論文完成的過程中，學習到如何進行實驗，學會獨立處理問題的能力。同時也要感謝許弘昌主任與張立羣副教授對於論文內容提供寶貴的建議，尤其立羣老師更細心與耐心的幫助我訂正錯誤並提供我論文寫作上的建議，使得本論文更臻於完善。另外也要感謝陳重佑老師、高明峰老師與吳忠政老師，提供實驗的儀器設備、實驗場地以及台體排球代表隊的受試球員們，讓我可以順利完成實驗。特別感謝各位排球隊學弟們願意協助實驗測試，以及琪雅、世錫、秀美、世緯協助我進行實驗資料的收集，還有要感謝的是君榕、燕瑩學姊、昭菁助教與系辦公室的大家提供了很多幫助，研究所的這段日子真是麻煩大家了，最後，我也要感謝我的家人一直在背後支持我，並使我在生活上沒有經濟的顧慮。謹以此文，獻給我感謝的大家。

錢思佑 謹誌

中華民國九十九年八月

目 錄

中 文 摘 要	I
Abstract.....	II
誌謝	IV
目 錄	V
表目錄	VII
圖目錄	VIII
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	3
第三節 研究目的	4
第四節 研究假設	5
第貳章 文獻回顧	6
第一節 排球運動簡介	6
第二節 踝扭傷與踝關節功能性不穩定的成因	7
第三節 踝關節功能性不穩定之發生率	9
第四節 排球攔網動作時踝關節扭傷的發生率	11
第五節 踝關節功能性不穩定與神經肌肉功能受損	12
第六節 本章結語	19
第叁章 研究方法與步驟	20
第一節 研究對象	20
第二節 實驗時間及地點	22
第三節 實驗儀器與設備	22

第四節 場地配置與儀器架設	25
第五節 攔網動作定義	27
第六節 實驗流程與步驟	31
第七節 資料分析	35
第八節 資料統計	43
第四章 結果	44
第一節 受試者基本資料	44
第二節 攔網動作時兩組間肌肉活化程度的比較	45
第三節 攔網動作時兩組間肌肉活化起始時間點比較	58
第四節 攔網動作時兩組間肌肉的徵召模式與策略	70
第五節 攔網動作時兩組間肌肉共同收縮比值的比較	91
第六節 兩種攔網動作間活化程度的比較	104
第七節 兩種攔網動作間活化起始點的比較	108
第八節 兩種攔網動作間肌肉徵召模式	112
第九節 兩種攔網動作間共同收縮比值的比較	116
第五章 討論	120
第一節 攔網動作時兩組間肌肉活化程度之探討	120
第二節 攔網動作時兩組間肌肉活化起始點之探討	124
第三節 攔網動作時兩組間徵召模式與策略之探討	126
第四節 攔網動作時兩組間肌肉共同收縮比值之探討	130
第六章 結論與建議	134
參考文獻	137
附錄一 受測者同意書	146
附錄二 基本資料表	147

表目錄

表 3-6.1	下肢肌肉 EMG 電極黏貼處	33
表 3-7.1	徵召順序模式之計算流程	41
表 3-7.2	徵召肌肉之遠近端模式與策略分類	42
表 3-7.3	共同收縮之肌肉組合	43
表 4-1.1	基本資料之平均值與標準差 (mean $\pm$ SD)	44
表 4-6.1	控制組在兩種攔網動作間的肌肉活化程度	104
表 4-6.2	不穩定組在兩種攔網動作間的肌肉活化程度	106
表 4-7.1	兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點	108
表 4-7.2	兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點	110
表 4-9.1	兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點	116
表 4-9.2	兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點	118

圖目錄

圖 2-2.1	腳踝內翻性扭傷時的踝部姿勢(右側)	7
圖 3-3.1	Kistler 三維測力板	23
圖 3-3.2	Biopac MP150 肌電訊號收集系統	23
圖 3-3.3	VCBF4 練球器	24
圖 3-4.1	模擬球網與測力板擺放位置(俯視)	25
圖 3-4.2	過網攔網與不過網攔網時目標球的位置(側面)	26
圖 3-5.1	單人過網攔網(CB)動作過程(側面)	28
圖 3-5.2	單人不過網攔網(NCB)動作(側面).....	30
圖 3-6.1	實驗流程	31
圖 3-6.2	受試者完成電極片之黏貼並站立於測力板	33
圖 3-7.1	一位受試者攔網動作時，地面反作用力數值與動作過程的分期	37
圖 3-7.2	一位受試者在攔網動作起跳之前，脛前肌的 EMG 活化時間點	39
圖 3-7.3	一位受試者在攔網動作著地之前，脛前肌的 EMG 活化時間點	40
圖 4-2.1	過網攔網動作時兩組在起跳前下肢各肌肉活化程度之間的比較	46
圖 4-2.2	不過網攔網動作時兩組在起跳前下肢各肌肉活化程度之間的比較 ..	48
圖 4-2.3	過網攔網動作時兩組在著地前下肢各肌肉活化程度之間的比較	50
圖 4-2.4	不過網攔網動作時兩組在著地前下肢各肌肉活化程度之間的比較 ..	52
圖 4-2.5	過網攔網動作時兩組在著地後下肢各肌肉活化程度之間的比較	54
圖 4-2.6	不網攔網動作時兩組在著地後下肢各肌肉活化程度之間的比較	56
圖 4-3.1	過網攔網動作時兩組在「起跳瞬間」之前各肌肉活化的時間點	59
圖 4-3.2	不過網攔網動作時兩組在「起跳瞬間」之前各肌肉活化的時間點 ..	61
圖 4-3.3	過網攔網動作時兩組在「著地瞬間」之前各肌肉活化的時間點	63

圖 4-3.4	不過網攔網動作時兩組在「著地瞬間」之前各肌肉活化的時間點..	65
圖 4-3.5	過網攔網動作時，兩組的肌肉活化順序	68
圖 4-3.6	不過網攔網動作時，兩組的肌肉活化順序	69
圖 4-4.1	「過網攔網」起跳時兩組的肌肉徵召模式	72
圖 4-4.2	「過網攔網」起跳時，兩組肌肉徵召次數(%)	73
圖 4-4.3	「過網攔網」起跳時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)	74
圖 4-4.4	「不過網攔網」起跳時兩組的肌肉徵召模式	77
圖 4-4.5	「不過網攔網」起跳時，兩組肌肉徵召次數(%)	78
圖 4-4.6	「不過網攔網」起跳時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)	79
圖 4-4.7	「過網攔網」著地時兩組的肌肉徵召模式	82
圖 4-4.8	「過網攔網」著地時，兩組肌肉徵召次數(%)	83
圖 4-4.9	「過網攔網」著地時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)	84
圖 4-4.10	「不過網攔網」著地時兩組的肌肉徵召模式	87
圖 4-4.11	「不過網攔網」著地時，兩組肌肉徵召次數(%)	88
圖 4-4.12	「不過網攔網」著地時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)	89
圖 4-5.1	「過網攔網」動作中兩組在起跳前肌肉共同收縮比值的比較	92
圖 4-5.2	「不過網攔網」動作中兩組在起跳前肌肉共同收縮比值的比較	94
圖 4-5.3	「過網攔網」動作中兩組在著地前肌肉共同收縮比值的比較	96
圖 4-5.4	「不過網攔網」動作中兩組在著地前肌肉共同收縮比值的比較	98
圖 4-5.5	「過網攔網」動作中兩組在著地後肌肉共同收縮比值的比較	100
圖 4-5.6	「不過網攔網」動作中兩組在著地後肌肉共同收縮比值的比較	102
圖 4-6.1	控制組在兩種攔網動作間肌肉活化程度的比較	105
圖 4-6.2	不穩定組在兩種攔網動作間肌肉活化程度的比較	107
圖 4-6.2	控制組在兩種攔網動作間肌肉活化起始時間點的比較	109
圖 4-6.2	不穩定組在兩種攔網動作間肌肉活化起始時間點的比較	111

圖 4-8.1	起跳前控制組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%).....	112
圖 4-8.2	著地前控制組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%).....	113
圖 4-8.3	起跳前不穩定組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%)....	114
圖 4-8.4	著地前不穩定組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%)....	115
圖 4-9.1	控制組在兩種攔網動作間肌肉共同收縮比值的比較	117
圖 4-9.2	不穩定組在兩種攔網動作間肌肉共同收縮比值的比較	119

第壹章 緒論

第一節 研究背景

排球是一種相當普遍且具世界性運動(Briner & Kacmar, 1997)，隨著排球規則和現代球隊戰術的不斷演進，現代排球在攻擊與防守上的結構都產生了改變。各隊伍以合法的方式擊球過網，除了要將球擊到對方的場地上，同時也要防止球落在己方場地。在規則允許內，除了攔網時的觸球，每隊有三次擊球機會，這也表示防守方可以藉由攔網的機會多爭取到一次的觸球機會，良好的攔網技術可以達到瓦解對方攻勢及重組己方攻勢之效果(顏政通，高俊傑，2007)，所以，在排球競賽中良好的攔網能力是不可或缺的。

在 Yeung, Chan, So 與 Yuan (1994)的研究中發現一般運動員重複性踝關節韌帶扭傷機率高達 80% 以上。而 Thacker, Stroup, Branche, Gilchrist, Goodman 與 Weitman (1999)的研究中也指出常需要頻繁跳躍及單腳著地的運動，例如排球運動，其發生踝扭傷的風險非常高。過去研究中指出排球球員有 63-90 % 的扭傷是在攔網後著地時發生的，比起因為攻擊之後著地(29%)所造成的踝扭傷發生率高出很多，而且在這些扭傷的排球球員中，79% 的人有反覆扭傷的問題(Bahr, Karlsen, Lian, & Ovrebo, 1994; Bahr, R. & Bahr, I. A., 1997; Briner and Kacmar, 1997)。踝關節韌帶重複扭傷之後大約有 31~35% 的患者會有踝關節功能性不穩定的現象發生(Freeman, 1965)，Caulfield 與 Garrett (2004)認為發生踝部力矩不穩定時(disestablishing torque)，踝關節周圍肌肉若無法

有有效而且及時的做出正確反應，會造成踝關節功能性不穩定的人更容易再度扭傷。

踝關節功能性不穩定(ankle functional instability)最早由學者 Freeman (1965)所提出，他觀察經過踝關節外側韌帶扭傷的患者，發現會有無力感(giving way)及容易重複性扭傷的問題發生，並將此定義為踝關節功能性不穩定。而其形成的原因是多因素的(Suda, Amorim, & de Camargo Neves Sacco, 2007)，許多研究中指出扭傷後肌肉的感覺-運動控制(sensory- motor control)的能力下降(Konradsen & Magnusson, 2000)、肌肉活化(muscles activities)的改變(Konradsen & Ravn, 1991; Löfvenberg, Kärrholm, Sundelin, & Ahlgren, 1995)和本體感覺(proprioceptive)的缺失(Willems, Witvrouw, Verstuyft, Vaes, & De Clercq, 2002; Fu & Hui-Chan, 2005)都可能造成踝關節功能性不穩定。當踝關節韌帶扭傷時，不僅會造成韌帶組織受損，也可能造成踝關節周邊神經組織及肌肉肌腱組織的傷害，Hertel (2000)回顧過去研究中探討踝關節功能性不穩定造成的影響，將踝關節功能性不穩定最主要的不良影響歸咎於神經肌肉控制上的缺失(neuromuscular deficits)，這些問題包括：平衡能力的缺失、關節位置感覺能力降低、腓骨肌的反應時間延遲、神經功能改變、皮膚感覺減弱、肌力缺失與踝關節活動度的減少，這些都可能造成踝關節功能性不穩定的人更容易反覆的扭傷。

由上述研究可以發現，踝關節功能性不穩定對於動作反應或是扭傷的再發生率上皆有明顯的不良影響，這對於球員在攔網動作時，可能更容易造成傷害的發生。若能夠加以釐清踝關節功能性不穩定與肌肉控制缺失之間的關係，相信對

於預防踝部反覆扭傷及治療應能有更進一步的幫助。

第二節 研究動機

自從 Freemann (1965)提出踝關節功能性不穩定患者姿勢控制缺失的觀點後，相關研究便獲得運動科學與骨科醫學廣泛的探討，除了運動傷害中踝扭傷機率的居高不下，許多優秀運動球員因重複踝扭傷，導致成績瓶頸與因傷退出的損失，也是許多研究者努力想要改善與避免的目標。

肌電圖(Electromyography)，簡稱 EMG，透過肌肉活動時的電訊號收集，可以用來了解局部肌肉在收縮時的活動狀態，雖然對於踝關節功能性不穩定患者其踝部肌電活化影響上已有廣泛的研究，且許多研究皆證明受損的肌肉活化能力是造成外踝扭傷後再次受傷的因素之一(Beckman & Buchanan,1995; Ebig, Lephart, Burdett, Miller, & Pincivero,1997; Hertel, 2000)，但大部分對於踝關節功能性不穩定所進行的生物力學研究，大多是模擬踝扭傷時的突發狀況或特定的踝部動作，來評估踝關節功能性不穩定所造成的影響與神經肌肉等控制上的缺失。學者 Gribble, Hertel, Denegart, & Buckley (2004)、Suda 等人(2007)與 Van Deun 等人(2007)也都指出大部分研究者在研究踝關節功能性不穩定的時候，只著重在受傷關節複合體(joint complex)的影響，而非觀察整體下肢功能的改變，這可能會忽略其他部位所受到的影響。此外，這些研究都在良好控制的實驗室中進行，很少以實際情況進行，例如於運動中的量測，因此我們有必要收集完整動作時的各項肌電參數，較能夠找出踝關節功能

性不穩定對於運動實際的影響程度(Wright, Neptune, van den Bogert, & Nigg, 2000)。本篇研究主要探討踝關節功能性不穩定對於排球攔網著地時下肢肌電訊號的影響，希望透過在真實攔網情況下的試驗，可以更進一步的了解踝關節功能性不穩定對於攔網時下肢肌肉功能所造成的影響。

第三節 研究目的

許多的研究都指出踝關節功能性不穩定會造成跳躍動作時肌肉活化模式(activation patterns)的改變(Hertel 2000; Suda et al., 2007; Palmieri-Smith, Hopkins, & Brown, 2009)。本研究目的為分別在兩種排球攔網動作(blocking)之中，比較具有踝關節功能性不穩定的球員與健康之排球球員在下肢肌電訊號的差異，共分為四個部份：

- 一、比較踝關節功能性不穩定的排球球員與健康之排球球員在攔網動作時下肢肌肉活化程度的差異。
- 二、比較踝關節功能性不穩定的排球球員與健康之排球球員在攔網動作時下肢肌肉活化起始點順序的差異。
- 三、比較踝關節功能性不穩定的排球球員與健康之排球球員在攔網動作時下肢肌肉徵召模式與策略上的差異。
- 四、比較踝關節功能性不穩定的排球球員與健康之排球球員在攔網動作時下肢關節(膝、踝)部位肌肉共同收縮比值的差異。

第四節 研究假設

過去研究大多都指出踝關節功能性不穩定對於神經肌肉控制的不良影響，因此我們假設有踝關節功能性不穩定的受測者在攔網著地時，肌肉的活化模式可能會有所改變：

- 一、 踝關節功能性不穩定的排球球員在攔網動作時，下肢肌肉的活化程度與健康之排球球員有顯著差異。
- 二、 當踝關節功能性不穩定的排球球員在攔網動作時，下肢肌肉的活化時間點與健康之排球球員有顯著差異。
- 三、 踝關節功能性不穩定的排球球員在攔網動作時，肌肉徵召的模式與其使用之策略會與健康之排球球員有顯著差異。
- 四、 踝關節功能性不穩定的排球球員在攔網動作時，膝、踝關節成對的拮抗肌其肌肉共同收縮比值與健康之排球球員有顯著差異。

第貳章 文獻回顧

第一節 排球運動簡介

排球運動自 1895 年誕生於美國，是由兩支人數相同的球隊，分隔兩邊對抗的運動，是一種相當普遍且具世界性的運動 (Briner and Kacmar, 1997)，排球運動是由發球、傳接球、舉球、扣球及攔網等攻防動作組合而成，而在攻擊、防守動作組合之下，每位球員都希望在三次觸球的限制內，做最有效的攻擊或以優越的攔網動作瓦解對手的攻擊。因為這樣的比賽特性，場上的每位球員必須因應球的位置和方向，隨時預備好各種狀況的發生，雖然排球攻擊或是防守時幾乎都是以上肢動作居多，但是任何的動作都是需要下肢的動作來配合。

隨著排球規則和現代球隊戰術的不斷演進，現代排球在攻擊與防守上的結構都產生了改變。各隊伍除了要將球擊到對方的場地上，同時也要防止球落在己方場地。在排球競賽之中，攻擊與攔網是不可或缺的，在規則允許內除了攔網時的觸球，每隊有三次擊球機會，這也表示防守方可以藉由攔網多爭取到一次的觸球機會，因此，良好的攔網技術可以達到瓦解對方攻勢及重組己方攻勢之效果。而在攔網動作中最基本的動作就是原地起跳的攔網動作，起跳後為了要確實能攔住對手之攻擊，必須非常注意著對手之球的位置，進而選擇要採取過網或是不過網之攔網動作，以達到最佳的攔網效益。

第二節 踝扭傷與踝關節功能性不穩定的成因

一、踝扭傷發生機制

運動時踝關節需要同時兼顧穩定性和活動度，並在觸地的動作中吸收衝擊力，這是需要骨頭、肌肉和韌帶的相互協調才可以正常運作。由於踝部關節結構的關係，內翻型的傷害佔了 85%，其原因主要是外部的內翻力矩(inversion moment)大於由肌肉或是韌帶所提供的內部外翻力矩(eversion moment)，或是因為本身外翻能力失常而造成的(Stacoff, Steger, Stussi, & Reinschmidt, 1996, Suda et al., 2007)。在著地(landing)或是步態中擺盪期(swing)，踝部會呈現內翻及蹠曲(plantarflexion)的動作(圖 2-2.1)，此時踝部外側韌帶以及腓骨肌(peroneal muscles)會被拉長，此時，踝部主要的外翻肌——腓骨肌會開始收縮，形成一個制衡的外翻力量來防止過度內翻，但是當腓骨長肌無力或反應能力降低時，腳踝會因為這樣的保護機制下降而易形成扭傷。



圖 2-2.1 腳踝內翻性扭傷時的踝部姿勢(右側)

二、踝關節功能性不穩定的成因與影響

可能造成踝關節不穩定的原因有兩種，其一是結構性不穩定(Mechanical instability)，另外一種是功能性不穩定(Functional instability)。結構性不穩定指的是踝部韌帶組織結構上受到損傷，例如鬆弛或是斷裂而造成的踝關節不穩定。這些韌帶組織的功能就是負責穩定踝部結構，當這些韌帶受到損傷，勢必會對踝部的穩定性造成影響。而踝關節功能性不穩定指的是臨床上有踝關節不穩定的症狀，但韌帶組織構造上沒有發現損傷(anatomical lesion)的跡象(Freeman, 1965; Konradsen & Ravn, 1991; Gerber, Williams, Scoville, Arciero, & Taylor, 1998; Hertel, 2000)，最早於 1965 年由 Freeman 所提出，他發現某些習慣性扭傷的病人，其腳踝韌帶並沒有鬆弛或是斷裂的現象，但是在運動或簡單的動作如走路時，會有反覆扭傷的問題，且患者大部分都有踝部無力“giving way”的感覺。

通常造成踝關節功能性不穩定的原因是多因素的，扭傷後肌肉的感覺-運動控制(sensory- motor control)的能力下降(Konradsen & Magnusson, 2000)、肌肉活化(muscles activities)的改變(Konradsen & Ravn, 1991; Löfvenberg et al., 1995)和本體感覺的缺失(proprioceptive Deficits)(Willems, Witvrouw, Verstuyft, Vaes, & De Clercq, 2002; Fu & Hui-Chan, 2005)都可能造成踝關節功能性不穩定。其中神經肌肉(neuromuscular)和本體感覺缺失(proprioceptive deficits)產生的功能性不穩定(Functional instability)被認為是形成慢性踝關節不穩定(chronic ankle instability)的主要因素(Hertel, 2000)。大部分

對於踝關節功能性不穩定的研究都是藉由模擬突然扭傷，來評估踝關節功能性不穩定對於神經肌肉反應上的影響，例如 Konradsen 與 Ravn(1990)比較踝關節功能性不穩定組和穩定的控制組各 15 個踝關節在突然內翻(sudden inversion)時的肌肉活化程度、關節動作和壓力中心的改變(center of pressure)。他們發現兩組受試者都顯示相似的反應過程：首先，周邊的反射反應—腓骨肌收縮產生一個踝外翻的力矩以抵銷踝內翻的動作；接著引發中樞模式—髖部、膝蓋和腳踝減少對於踝部的垂直壓力，讓腳踝作出外翻的動作以抵銷內翻力矩。Santilli 等人(2005)認為踝關節功能性不穩定的症狀可能是因為急性扭傷造成局部神經肌肉損傷，進而產生的不良影響；而其他學者 Konradsen 與 Ravn(1990)和 Santello 與 McDonagh(1998)的研究也指出在動作開始之前，肌肉的預先反應(anticipatory responses)是一種肌腱肌肉複合體(tendon-muscle complex)為了穩定關節受到突然的地面衝擊力或是關節快速轉動所做出的一種保護反應，當這樣的保護機制能力降低時，會使得反覆扭傷的風險大幅提升。

第三節 踝關節功能性不穩定之發生率

足踝部發生扭傷的風險相當高，Garrick 與 Requa(1988)回顧 6 年半的專項運動中 16,6754 個運動傷害，他們發現排名 19 項運動共計 12,681 個運動傷害中，最常發生運動傷害的部位在腳踝和足部佔了 25%。過去的研究也發現，踝關節韌帶扭傷後，大約有 31~35% 會有踝關節不穩定的現象 (Freeman, 1965)，Bahr 等人(1997)分析一個排球球季中共 272

位球員的運動傷害人數與傷害位置，發現其中有 89 位球員發生運動傷害，腳踝的傷害佔 54%，其次是下背(11%)，膝和肩部(8%)。其中，踝部傷害的發生率是 1.7/1000 每位球員(小時)；在踝部傷害的球員有 79% 是習慣性扭傷，且統計發現過去曾扭傷的腳踝再度受傷的發生率，是未扭傷腳踝發生率的 3.8 倍，且在扭傷後 6 個月內又再度扭傷的機率也高達 42%，這表示曾發生過扭傷的腳踝再發生扭傷的風險是相當大的。

此外，Verhagen, Van der Beek, Bouter, Bahr 與 Van Mechelen(2004)分析 486 位排球球員在一個球季中的訓練過程，總計共 100 位球員發生運動傷害，其中有 41 件是腳踝扭傷，且在扭傷的球員中有 31 位(75%)反覆發生腳踝扭傷。Yeung 等人(1994)分析國家級、一般與休閒性的運動員總計共 380 位運動員，發現有 73%的運動員發生過腳踝扭傷，其中有 183 位(48.2%)是雙側皆扭傷的，139 位(36.6%)是發生在慣用腳，而且在扭傷後有 59%的運動員明顯感覺腳踝有功能喪失，並因此影響其運動表現。這種關節功能的喪失和關節不穩定的感覺在 Gerber 等人(1998)對於年輕運動人口做的調查中也同樣提到，在兩個月之內共有 104 個腳踝扭傷案例，佔所有運動傷害的 23%，大部份的球員(95%)於受傷後六個月內恢復正常運動，但是其中有 55%的人仍舊感覺踝部功能喪失或是出現漸歇性的疼痛，而有 40%的人感覺到踝關節還是有扭傷的症狀存在。

第四節 排球攔網動作時踝關節扭傷的發生率

排球運動對於跳躍能力的需要很高，同時也包含許多反覆的跳躍及著地動作，在一場比賽中，同一位球員進攻與攔網時的跳躍次數可能達 200 次以上，每次跳躍對下肢來說都是一個很大的挑戰，因為落下時下肢需承受 5 到 6 倍的體重，而且跳躍要能夠維持一定的高度，才能有效的進行攻擊及攔網(Richards, Ajemian, Wiley, & Zernicke, 1996)。

根據排球運動項目之特性，在排球運動中跳躍後的著地動作是造成下肢關節運動傷害的主要原因，隨著球員競技強度及技術、戰術變化的提高，球員受傷的比例也相當的提高。若以受傷部位而言，大多集中於下肢，尤以膝、踝等各部位為最多，其原因與跳躍、著地動作有關，下肢關節運動傷害大部分都是在跳躍攻擊或攔網動作後的著地時所造成。Briner 等人(1997)回顧 31 篇排球運動傷害的相關文獻後，指出最常造成受傷的動作是在攔網的時候(90%)，其中又以腳踝扭傷最常見，而透過穿戴踝部的護具可以有效減少踝關節扭傷的發生。

Bahr 等人(1994)統計一年球季中挪威排球聯盟中前兩名球隊共 318 名球員，所有球員總計訓練時間為 60,612 小時，比賽時間為 928 小時；其中紀錄受傷球員有 63 名，平均每位球員在比賽時的受傷率為 2.6 ± 0.56 次/1000 小時，練習時 0.7 ± 0.11 次/1000 小時，比賽時傷害的發生率是練習時的 3.7 倍，大部份的球員(78%)是習慣性腳踝扭傷，其中 86% 是發生在球網附近，其中包括攻擊(29%)與攔網著地時(63%)的傷害。Augustsson, Augustsson, Thomee 與 Svantesson(2006)

紀錄 2002-2003 年間，共 158 位國家級男女排球球員的傷害發生率，發生傷害的部位最高是踝關節(23%)，其次是膝關節(18%)和背部(15%)。大部分傷害較輕(62%)，其中 54% 發生在攔網時，30% 發生於攻擊扣球的時候。以上的研究中都顯示排球運動在比賽時近網附近的動作最容易造成球員受傷，而且又以攔網的扭傷風險最高。

第五節 踝關節功能性不穩定與神經肌肉功能受損

自從 Freemann(1965)提出踝關節功能性不穩定患者的姿勢控制缺失之後，對於踝關節功能性不穩定的發生原因與其所造成的影響一直是治療與傷害預防等相關研究上的一個熱門課題，Hertel(2000)指出當踝關節外側韌帶扭傷時，不僅造成韌帶組織受損也可能造成踝關節周邊神經組織及肌肉肌腱組織的傷害。當韌帶受傷時關節體會有鬆弛(laxity)的現象，而神經和肌肉肌腱的傷害會造成神經肌肉控制的缺失，像是平衡控制能力的降低，關節位置感覺變差，腓骨肌對突然內翻時的活化速度減慢，降低神經傳導速率，皮膚感覺減弱，踝部背屈活動度的減小等。一般慢性踝關節不穩的患者都會有下列幾個方面的問題：

一、關節本體感缺失(Joint Proprioception Deficits)

一般來說本體感覺的缺失主要有兩部分，分別是關節位置感覺的缺失(Joint position sense deficits)與平衡控制上的缺失(balance control deficits) (Hertel, 2000)。首先在關節位

置感覺方面，一些學者(Willems et al., 2002; Hertel, 2000; Konradsen & Magnusson, 2000; Fu & Hui-Chan, 2005)的研究都指出踝外側扭傷的病人可能有關節位置感喪失的問題。踝關節復位誤差測試(ankle joint repositioning errors)是最常用來判斷關節本體感覺受損程度的方法，而多數結果中都發現在主動關節復位的測試中，踝關節功能性不穩定的受試者對於關節的位置感覺(joint position sense)都比正常之控制組要差，Konradsen 等人(2000)比較單側腳踝不穩定的受試者與正常組在復位誤差測試中，傷側腳(2.5°)誤差角度不但比正常組(1.7°)要大，而且也比健側腳(2.0°)的角度要大。而學者 Hertel(2000)也指出踝關節功能性不穩定者在進行緩速的被動動作時，對於關節移動與角度變化的察覺能力也有降低的現象。

腳踝扭傷之後對於傷側的平衡能力造成的不良影響已有很多研究證實了(Freeman, 1965; Fu & Hui-Chan, 2005; de Noronha, Refshauge, Kilbreath, & Crosbie, 2008)。這些研究大多利用足部平均壓力中心(mean centre of pressure)的改變作為姿勢的擺盪程度(postural sway)的指標，並藉此來評估平衡控制能力的好壞。Konradsen(2002)回顧 32 篇針對感覺-運動功能在正常與功能性不穩定關節中所扮演之角色的研究，指出多數文獻中都提到踝關節功能性不穩定的患者會抱怨反覆扭傷，且在傷側單腳站立穩定測試中，不論開眼或是閉眼的情況下，姿勢的擺盪角度均有增加的現象。

二、局部肌肉活化模式改變(muscular activation patterns)

過去許多研究都指出在踝關節功能性不穩定的患者其局部神經肌肉功能是有受到影響的，像是姿勢控制及反應能力的缺失(Santello & McDonagh, 1998; Beckman & Buchanan, 1995; Ebig et al., 1997; Suda et al., 2007)，另外 Hertel(2000)回顧過去對於踝關節功能性不穩定的研究後，也指出受損的肌肉活化能力是造成踝扭傷後再次受傷的一個重要因素。扭傷後形成的踝關節功能性不穩定對於肌肉功能的影響可分為三個部份：一是肌肉肌電活化的延遲(delayed activation)，二是肌肉活化程度的改變，三是肌力的缺失(Strength Deficits)與不平衡(muscle imbalance)。

有關肌電活化延遲的研究相當多，尤其是探討踝關節周邊肌肉的肌電延遲(latency time)改變的現象。如 Brunt 等人(1992)、Löfvenberg, Kärrholm, Sundelin 與 Ahlgren(1995)與 Ebig 等人(1997)模擬站立時腳踝突然內翻的干擾，比較正常控制組與踝關節功能性不穩定的患者在肌電反應上的差異，結果發現同側的腳踝上腓骨長肌(peroneus longus)和脛前肌(tibialis anterior muscles)的反應時間(reaction times)，不穩定組的反應時間比控制組明顯要長；這些學者認為，內翻型的踝關節扭傷可能影響神經肌肉反應作用，使腓骨肌或是脛前肌的反應能力降低，造成在肌肉活化時間上的延遲。另外 Vaes, Van Gheluwe 與 Duquet(2001)比較踝關節不穩定受試者 16 人及穩定之控制組 18 人，在站姿下將踝關節旋後(ankle supination)到 50 度的位置，比較兩組在旋後速度與其 EMG 模式的差異，結果顯示不穩定組(109.3 毫秒)比控制組(124.1

毫秒)較快達到目標位置，但在小腿肌群上不穩定組(58.9 毫秒)比控制組(47.7 毫秒)有明顯的肌電延遲，這表示不穩定組在動作的進行時有較差的控制能力，而較快的旋後動作與較慢的肌電延遲可能會降低踝關節旋後時減速的保護能力。而 Van Deun 等人(2007)研究站立時的姿勢轉移，也同樣顯示踝關節不穩定組的活化延遲性明顯要比正常組慢。但是，延遲性的問題在不同的肌肉上可能有不同的改變，如 Beckman 等人(1995)讓踝關節不穩定組與正常組接受突然的內翻試驗，結果顯示不穩定組在臀中肌的 EMG 延遲明顯減小，而在腓骨肌的延遲性上則沒有顯著差異。

在肌肉活化程度改變的研究上，Santilli 等人(2005)比較 14 位有踝關節功能性不穩定的受試者進行走路時腓骨長肌的肌電訊號，發現在不穩定側的腓骨長肌活化程度明顯低於正常側的活化程度(患側 $22.8\% \pm 4.25\%$ 比健側 $37.6\% \pm 3.5\%$)。他們認為在腳踝扭傷後，腓骨長肌的肌電活化型態有明顯改變，使腳踝穩定的保護機制降低，提高扭傷的風險。Suda 等人(2007)比較踝關節功能性不穩定的排球球員在攔網著地時的 EMG 活化型態，也發現踝關節功能性不穩定的排球球員在攔網著地前腓骨長肌的活化程度較低，造成著地前的外翻力矩(evertor torque)的減少與距骨下關節(subtalar joint)的過度旋後(excessive supination)，這樣肌肉活化程度的改變可能造成踝關節功能性不穩定的人更易扭傷。

在肌力缺失與肌力不平衡相關的研究中，Ryan(1994)就發現到踝關節功能性不穩定的受試者中，內翻肌群明顯有肌力不足的情形。另外 Konradsen 與 Ravn(1990, 1991)與 Löfvenberg 等人(1995)的研究中也都指出曾發生踝韌帶扭傷

的人，其腓骨長肌的肌力會有降低的現象。腓骨長肌與腓骨短肌主要的功能是踝關節的外翻，這對於維持踝關節的穩定相當重要，當內翻力矩出現時，腓骨長肌的收縮可以作為一個保護機制以防止過度內翻，但若腓骨肌的肌力下降而無法適時提供收縮，就容易發生內翻性扭傷。

肌肉共同收縮(co-contraction)常用來判斷肌力的平衡程度，也是關節動態穩定程度的一個指標，在正常情況下，維持各個關節穩定的作用肌與拮抗肌均有一個理想的肌力比值範圍，在受傷之後可能因為某些因素而使得肌力比值的改變，讓踝關節處於一個不穩定的狀況(Baratta, Solomonow, Zhou, Letson, Chuinard, & D'Ambrosia, 1988)。da Fonseca 等人(2006)對於坐式生活與運動員各 18 位受試者在跳躍著地進行研究，比較兩組在膝關節周邊肌肉共同收縮比值(muscular co-contraction)的差異，結果發現兩組的共同收縮比值很相似，他們認為膝蓋周邊肌肉的共同收縮，是避免膝關節受傷的一種保護機制，而正常狀況下受試者能夠維持固定的共同收縮的大小而維持關節的穩定程度。而 Baumhauer, Alosa, Renstrom, Trevino 與 Beynnon(1995)研究 145 位賽季前的大學運動員的關節鬆緊度(joint laxity)、足踝排列與等速肌力(isokinetic strength)，結果發現關節鬆緊度在兩組間沒有差異，而扭傷組的外翻-內翻肌力比值(eversion-to-inversion strength ratio)明顯大於未受傷組，此外，受測者傷側的蹠屈肌力與背屈-蹠屈肌力比值(dorsiflexion-plantar flexion strength ratio)明顯比健側要低，他們認為內外翻肌力的不平衡可能是造成這些運動員反覆扭傷的一個因素。Suda 等人(2007)的研究中也指出在患有

踝關節功能性不穩定的排球球員，其脛前肌—腓腸肌的共同收縮指數(co-contraction index)在著地前後有明顯改變，而在控制組的部份則無明顯差異，這可能是造成關節不穩定感的一個原因；共同收縮指數是以一段時間內標準化之 EMG 進行積分，將作用肌的 EMG 積分值做分子，而以作用肌加拮抗肌的 EMG 積分值為分母所計算而得。

三、踝關節功能性不穩定對整體下肢神經肌肉功能的影響

大部分對於踝關節功能性不穩定所進行的生物力學研究，多半是藉由模擬踝扭傷等突發狀況來評估人體的反應，Gribble 等人(2004)與 Suda 等人(2007)也指出大部分研究者在研究踝關節功能性不穩定現象時，都只著重在受傷關節體上的影響，而非整體下肢功能的改變，Van Deun, Staes, Stappaerts, Janssens, Levin 與 Peers(2007)的研究中也發現影響不只是發生在受傷的關節結構上，也發生在關節複合體(joint complexes)的周圍。

Bullock-Saxton, Janda, & Bullock(1994a)與 Bullock-Saxton(1994b)的研究中發現嚴重腳踝扭傷的受試者在進行俯臥髖伸，無負重的開放式動力鏈動作時，臀大肌肌電活化的延遲性(latency)有增加的現象。此外，Beckman 與 Buchanan(1995)研究急性扭傷後對於踝關節不穩定者的影響，結果顯示不穩定側腳踝受到突然內翻動作刺激時，不穩定組兩側臀中肌 EMG 活化延遲均與控制組有明顯差異(不穩定側右 127.35ms/左 120.71ms 比控制組右 150.49ms/左 136.24ms)。Bullock-Saxton 等人(1994a)認為在評估及治療肌

肉骨骼傷害時，要考慮到遠端關節部位的傷害可能會影響近端肌肉的功能，然而很少有實驗對此提供有力的證據。Van Deun 等人(2007)測量 30 位未受傷之控制組和 10 位有踝關節功能性不穩定的受測者在開眼及閉眼時，從雙腳站姿轉到單腳站姿的過程中，下肢和軀幹肌電活化的狀況。結果指出，踝關節功能性不穩定的人比起控制組，在腳踝、髖部、股四頭肌的肌電活化起始明顯較慢，且在開眼、閉眼的情況下，踝關節不穩定組(20%)肌電活化模式的變異程度比起控制組(67%)明顯較小，他們認為控制組較能夠根據不同的干擾來調整他們的肌肉活化模式，而在踝關節功能性不穩定組在姿勢平衡被干擾時，適應反應的選擇變化較少，相對的使踝關節功能性不穩定的人較難適應不同運動狀況，並且增加再度扭傷的風險。

Wright 等人(2000)、Hertel(2000)、Gribble 等人(2004)與 Van Deun 等人(2007)認為研究下肢的功能性活動不只包含單一關節的動作，而是整個下肢動力鏈(kinetic chain)的協調反應，單一關節的功能受損可能導致其他關節體的肌電活化模式改變。這類肌電活化模式的改變被認為是一種扭傷後的適應策略，長期下來可能會有不良影響，像是關節因為受力改變而有退化、關節間作用力改變、肌肉間的不平衡。本研究希望藉由比較有無踝關節功能性不穩定的人在排球攔網動作著地瞬間的前後，其下肢肌電活化模式的差異，進而釐清踝關節功能性不穩定的人容易反覆扭傷的原因。

第六節 本章結語

攔網動作在排球運動，尤其是在比賽之中，其重要程度不亞於扣球攻擊，良好攔網能力是阻擋攻擊的第一道防線，透過有效的攔網不但可瓦解對手攻勢，更是掌握反擊機會的關鍵。然而在近網區域，對於扣球攻擊與攔網防守雙方，都必須冒著很大的扭傷風險，像是以單腳的姿勢著地、或因為落地的時間差而踩到對手或隊友的腳，都是造成攔網時扭傷的重要原因。

踝關節扭傷是排球選手最困擾的運動傷害，尤其以內翻性的腳踝扭傷最為常見；而扭傷之後所造成的踝關節功能性不穩定，更提高腳踝扭傷的再發生率。然而，踝關節扭傷後容易再次扭傷的機制，目前仍無一定的說法，許多研究都認為踝關節功能性不穩定可能是由多因素共同造成，這些因素包括：關節的本體感覺、肌肉活化模式的改變與神經肌肉控制上的問題。不僅如此，這些問題的影響範圍，並不只限於受傷的關節部位，許多研究中指出如周邊關節體，甚至是在整體動作的動作控制策略上都會受到踝關節功能性不穩定的影響。

本研究根據以上相關研究文獻的探討，比較具有踝關節功能性不穩定的排球球員與健康之排球球員，在肌電活化程度、肌電活化時間、肌肉徵召模式與策略，以及共同收縮模式上的差異，進而了解踝關節功能性不穩定所造成的不良影響，並找出造成反覆扭傷的原因。

第叁章 研究方法與步驟

本研究的方法與步驟將分成以下幾節來說明，包括研究對象、實驗時間與地點、實驗儀器與設備、場地配置與儀器架設、攔網動作定義、實驗流程與步驟、資料處理、資料統計與分析

第一節 研究對象

本研究以20位國立台灣體育學院男子排球校隊球員為受測對象(不包含擔任自由球員)，所有受測球員皆熟悉攔網動作。每位受試者進行正式實驗前，需填寫同意書(附錄一)與基本資料表(附錄二)，並接受主試者說明實驗過程中應注意的事項與實驗流程。根據球員所填寫之基本資料，以扭傷次數與扭傷後踝部感覺為條件將受測者分為兩組，包括踝關節功能性不穩定之不穩定組(Instability Group, IG)(11名)與健康之控制組(Control Group, CG)(9名)。

一、受試者篩選

在實驗之前以問卷調查排球選手，包括球齡、比賽位置、攻擊慣用手、慣用腳、過去受傷經驗、踝部傷害與感覺等，以作為篩選受試者的依據。排除擔任自由球員位置之球員，且受測者必須無膝關節、髖關節神經肌肉骨骼等相關的傷害，且下肢或下背過去沒有發生過骨折或是接受過手術治療才予收錄。

二、受試者分組

依問卷紀錄之踝關節受傷經驗與前拉測試結果，將受試者分為不穩定組(IG)與控制組(CG)。

(一) 控制組

在實驗進行之前的 2 年內沒有發生踝關節相關傷害，且下肢膝、髖關節沒有受傷及手術史(Suda et al., 2007)。

(二) 不穩定組

根據 Kaminski, Perrin, & Gansneder (1999)提出的踝關節功能性不穩定之篩選標準進行挑選，不穩定組的受試者須達到以下標準才與收錄。

1. 過去兩年內，同側踝關節至少發生過一次以上等級一至等級二的踝關節韌帶扭傷。
2. 患側腳持續至少一次重複性扭傷且具有踝關節有不穩定的感覺或是無力感(giving way)的情形。
3. 患側腳在前拉測試(anterior drawer test)中，沒有發現明顯的結構上不穩定(鬆弛)的情形。
4. 實驗前 6 個月內沒有發生過腳踝扭傷。

第二節 實驗時間及地點

一、實驗時間

(一) 前測時間：98 年 6 月。

正式實驗前先進行前測實驗，試收集相關跳躍資料，並對於場地與設備的設置以及實驗流程進行調整與修正。

(二) 正式實驗時間：為 98 年 10 月 2 日至 10 月 30 日。

根據前測實驗所調整的實驗設計，收集排球選手原地攔網過程中的肌電訊號參數。

二、實驗地點

本實驗皆於國立台灣體育學院體操館內之室內球場進行排球攔網動作之資料收集。

第三節 實驗儀器與設備

本研究的目的是比較控制組與踝關節功能性不穩定組的受試者，在攔網動作起跳與著地過程中，兩組間的肌電活化型態差異包括肌肉活化程度、活化起始時間、肌肉徵召模式與成對拮抗肌肉共同收縮的比值。藉由肌電訊號收集系統，分別在過網攔網(cross court block)及不過網攔網(non-cross court block)的兩種動作時，量測下肢部位共 8 條肌肉的活化反應；另外透過與測力板訊號的同步處理(syncronization)，對於攔網動作不同階段的時間點進行分期。

一、三維測力板系統(force plate)

Kistler 三維測力板 (Type 9260AA, Kistler, Inc. Winterhur, Switzerland)(圖 3-3.1)，取樣頻率 1000Hz，測量受試者起跳及著地過程中的地面反作用力，經由類比數位轉換器 (A/D converter)與 BIOPAC MP150 並進行同步資料收集，用來定義攔網動作過程中各個時期的時間點。

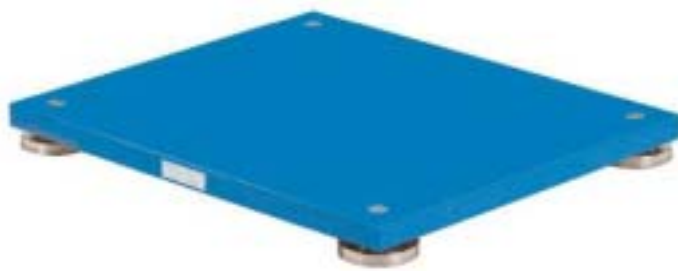


圖 3-3.1 Kistler 三維測力板

二、表面肌電訊號系統(surface electromyography system)

BIOPAC MP150 肌電訊號收集系統 (Biopac system, Inc. CA, USA) (圖 3-3.2)，取樣頻率 1000Hz，透過表面電極片紀錄排球攔網動作時的下肢肌肉肌電訊號的變化，並透過網路卡介面卡將資料儲存於電腦中。



圖 3-3.2 Biopac MP150 肌電訊號收集系統

三、練球器

VCBF4 練球器 (Molten, JP) 為長度 164 公分之長桿，前端附一顆排球 (5 號球) (圖 3-3.3)。用來模擬排球攔網時之目標球，練球器固定於支架上，位置高度為 253 公分 (過網攔網) 與 273 公分 (不過網攔網)。



圖 3-3.3 VCBF4 練球器

四、模擬球網

模擬球網高度為男子比賽標準網高 243 公分，球網長度為 4 公尺，寬度 120 公分。球網長度雖然與正式長度 8.8 公尺不同，但 4 公尺已足夠單人進行原地攔網動作。

五、處理與分析軟體

- (一) AcqKnowledge 3.91 (AcqKnowledge Software Guide, BIOPAC Systems, Inc.) 訊號處理軟體，同步紀錄測力板所輸入之地面反作用力訊號與 EMG 系統之肌電活動訊號並將其儲存於電腦內，並以 txt 文字檔另存輸出。
- (二) MatLab 6.5 工具軟體 (The MathWorks, Inc. USA) 將 txt 檔匯入後進行計算，將攔網動作時之測力板數值進行分期，並標示出 EMG 訊號的起始時間點。

第四節 場地配置與儀器架設

一、模擬球網

本實驗在室內排球場進行，受測者攔網起跳與著地過程中，利用測力板與肌電訊號收集系統同步進行資料收集，場地配置與儀器架設位置如圖 3-4.1。測力板放置於球網下方，為保持受測者起跳與著地時之穩定度與高度，將同樣規格之另一測力板放置於未測量腳下，考量受測者著地時可能有站立不穩的狀況，週邊高度均加高使之與測力板同一高度。

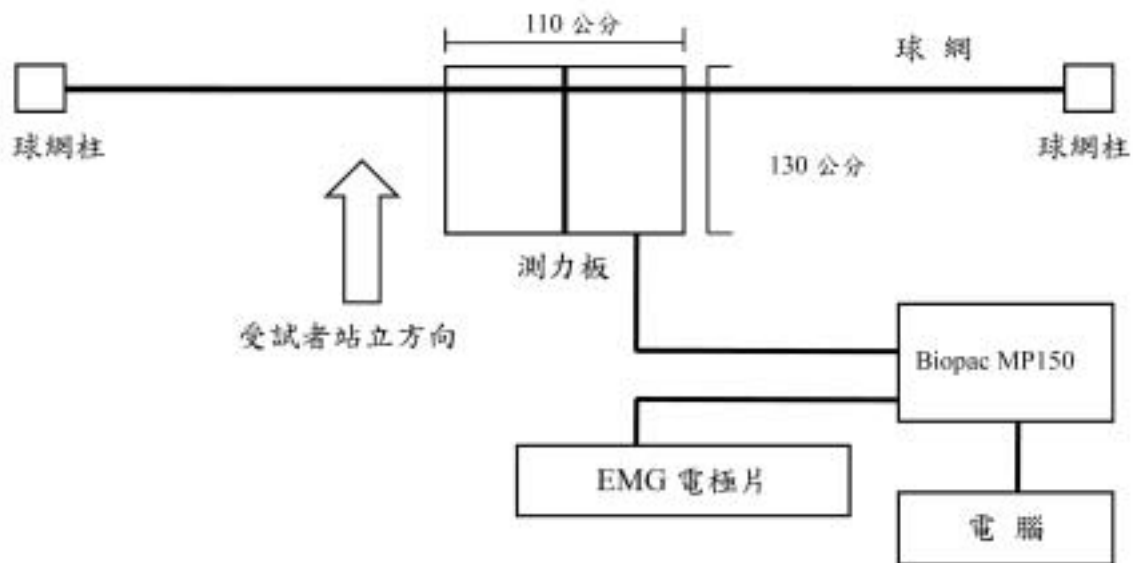


圖 3-4.1 模擬球網與測力板擺放位置(俯視)

二、目標球設置

兩組受測者皆必須進行過網攔網與不過網攔網的動作，球員進行攔網所站立之位置與目標球的設置參考張恩崇(2000)有關網上架設固定球與定點跳躍之練習(圖 3-4.2)。當受試者面對球網站立時，過網攔網動作之目標球設置於球網後上方，距離垂直網面 20 公分，高於標誌帶 10 公分(總高度 253 公分)；而不過網攔網動作時目標球設置於球網正上方，高於標誌帶 30 公分(總高度 273 公分)。

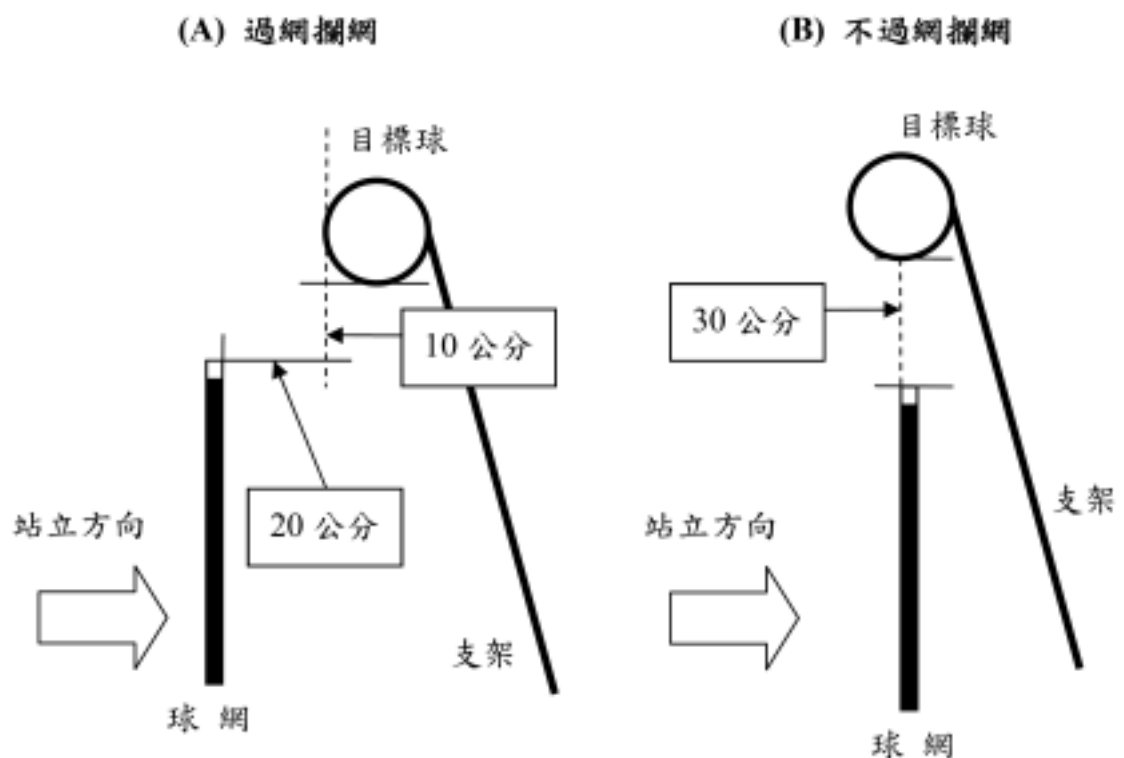


圖 3-4.2 過網攔網與不過網攔網時目標球的位置(側面)

第五節 攔網動作定義

一、原地過網攔網動作(cross court block)

原地過網攔網動作，簡稱為 CB。過網攔網動作為排球攔網中的一種基本技術，透過起跳後伸越過球網的攔網動作可以及早封鎖對方球員的攻擊路線，減少對手攻擊後球觸擊掉落至我方場地的機會，以下為動作過程：

- (一) **準備期**：將雙臂上提至肩，肘屈曲 90°並平行網面，並注意目標球位置。
- (二) **起跳期**：起跳時雙膝下蹲且身體微向前傾，手肘下沉。
- (三) **空中期**：起跳後將雙手垂直向上伸直進行攔網，球員雙手需經由球網標誌帶上方伸越至對面場區上空，並且雙手手腕下壓觸及目標球，之後將手回縮，落下時避免觸碰到白色標誌帶。
- (四) **著地期**：球員著地站穩，回復站立姿勢，完成攔網動作。

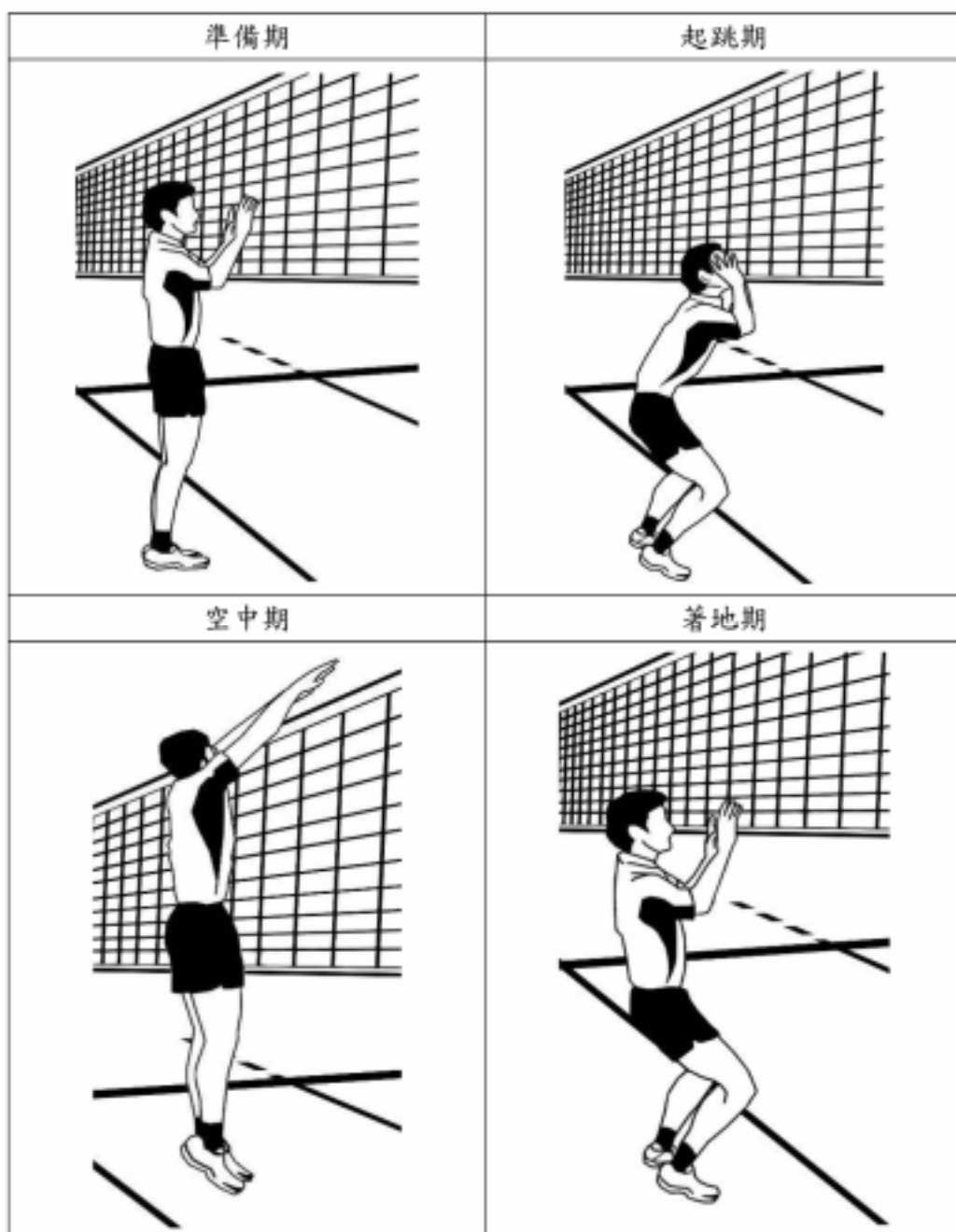


圖 3-5.1 單人過網攔網(CB)動作過程(側面)

二、 原地不過網攔網(non-cross court block)

原地不過網攔網動作，簡稱為 NCB。不過網攔網動作也是排球攔網中的一種基本技術，透過起跳後在空中期雙手儘量伸直的攔網動作可以提高攔網高度，封鎖對方球員的高攻擊路線，減少對手直接攻擊落地的機會，以下為動作過程：

(一) 準備期：將雙臂上提至肩，肘屈曲 90°並平行網面，並注意目標球位置。

(二) 起跳期：起跳時雙膝下蹲且身體微向前傾，手肘下沉。

(三) 空中期：起跳後將雙手垂直上伸，攔網時球員雙手儘量向上伸直，雙手手腕稍微下壓觸及目標球，之後將手回縮，落下時避免觸碰到白色標誌帶。

(四) 著地期：球員著地站穩，回復站立姿勢，完成攔網動作。

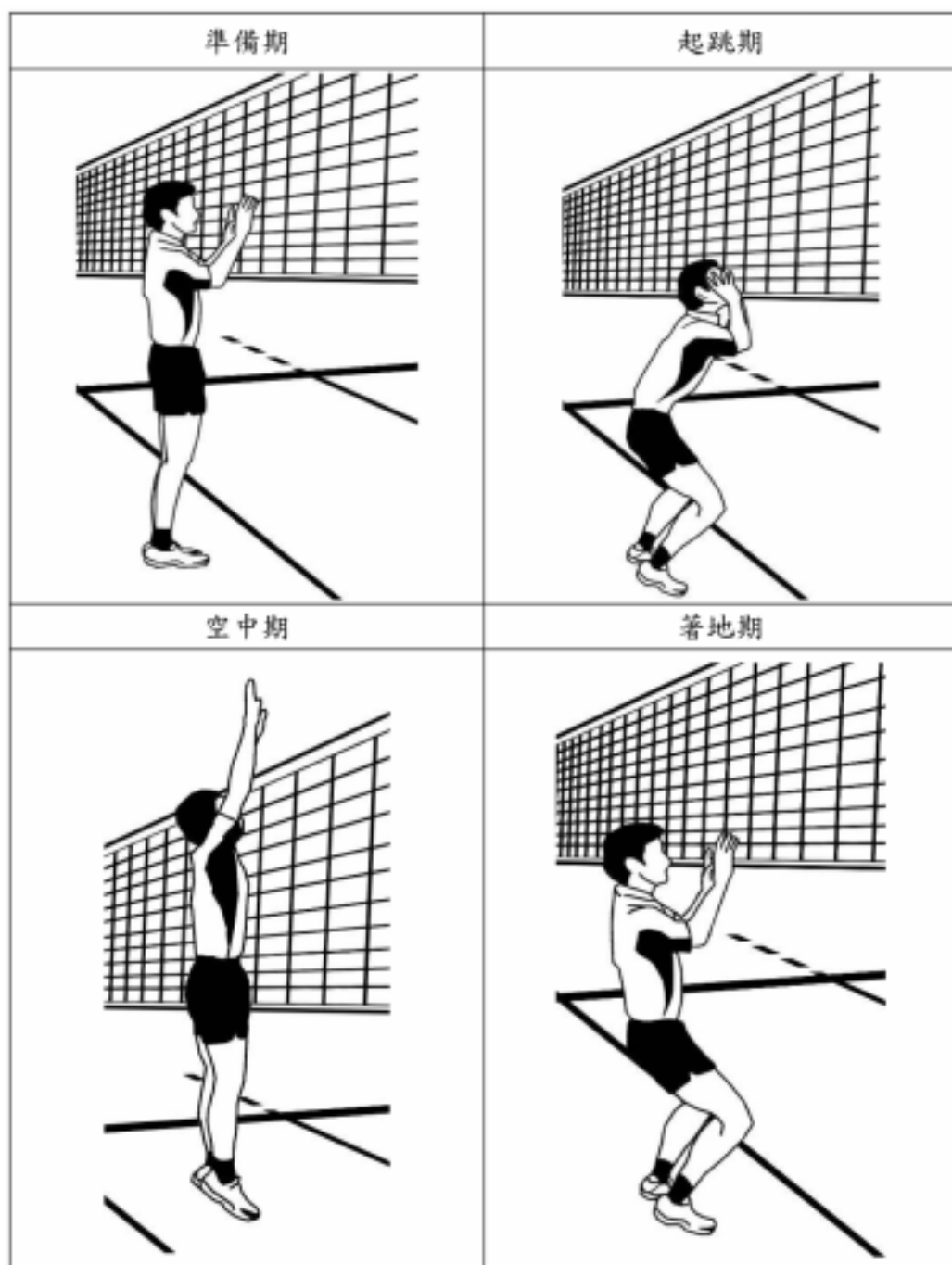


圖 3-5.2 單人不過網攔網 (NCB) 動作 (側面)

第六節 實驗流程與步驟

本實驗的實驗流程如圖 3-6.1，各步驟說明如後。

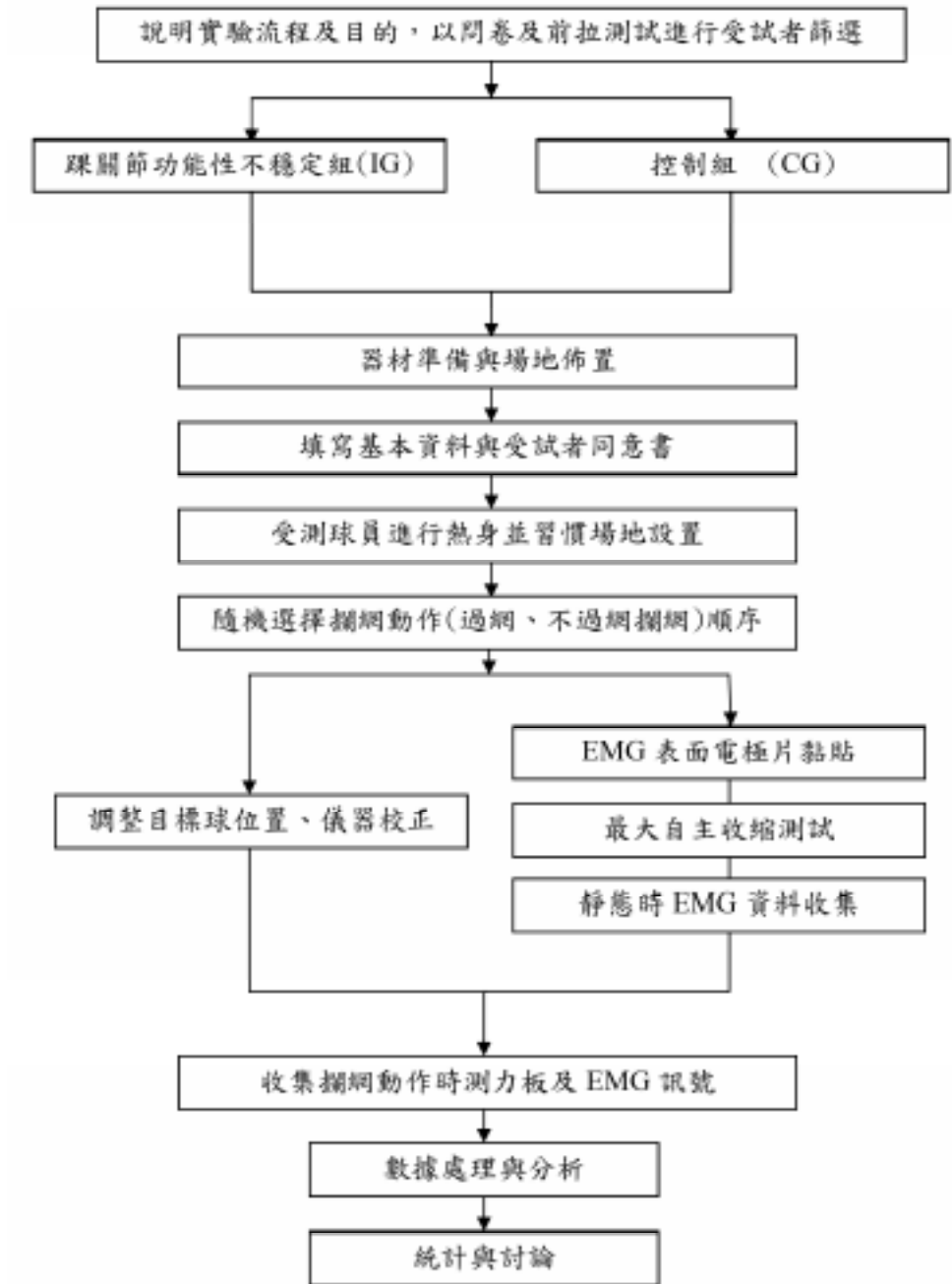


圖 3-6.1 實驗流程

一、受試者分組

說明實驗目的與流程，並依照基本問卷所調查之結果，排除自由球員與不合測試要求之球員，並以踝關節受傷經驗與 Kaminski 等人(1999)所提出之篩選標準，將受試者分為控制組與不穩定組。實驗開始前再次說明實驗過程，受試者同意並填寫基本資料與受測者實驗同意書。

二、場地設置

正式實驗前，先將場地佈置與儀器架設完成，同時進行儀器設定與校正，將測力板與肌電訊號收集系統的取樣頻率設定為 1000Hz 並進行同步，取樣時間總長度為 10 秒。

三、黏貼電極片

控制組肌電訊號的收集是在慣用腳，而不穩定組是在不穩定側的腳，若雙腳皆有不穩定的症狀，則以慣用腳為測試腳，本實驗中慣用腳的定義是踢球的腳。在黏貼電極片之前會用酒精棉擦拭清潔皮膚，以減少皮膚表面的電阻，而肌電訊號收集系統的表面電極片放置於肌腹(muscle belly)上，並延著肌肉長軸的方向擺放。電極片黏貼位置以下肢在進行攔網動作時主要的動作控制肌肉，共8條淺層肌肉(表3-6.1)，並根據 Basmajian & De Luca (1985)提出之電極黏貼位置擺放，外部以貼布與彈性繃帶加以固定位置，參考電極片(ground electrode)的位置則黏貼於測試腳的外踝骨突上。

表 3-6.1 下肢肌肉 EMG 電極黏貼處

電極片編號	肌肉名稱	代號
1	股外側肌 (Vastus Lateralis)	VL
2	股直肌 (Rectus Femoris)	RF
3	股內側肌 (Vastus Medialis Obliquus)	VM
4	股二頭肌 (Biceps Femoris)	BF
5	半腱肌 (Semitendinosus Muscle)	ST
6	脛前肌 (Tibialis Anterior)	TA
7	腓骨長肌 (Peroneus Longus)	PL
8	內側腓腸肌 (Gastrocnemius Medial)	GM



圖 3-6.2 受試者完成電極片之黏貼並站立於測力板

四、資料收集

攔網動作的資料收集包括測力板與 EMG 系統兩個部份，測力板收集兩種攔網動作過程中在垂直方向的地面反作用力，作為攔網動作中各階段分期的依據，而肌電訊號系統收集攔網動作時下肢的肌電訊號，同步採樣頻率為 1000 Hz。利用 BIOPAC MP150 搭配 AcqKnowledge3.91 版處理軟體，將 MP150 透過網路卡介面傳送的 EMG 訊號及測力板訊號同步紀錄資料並儲存於電腦中，實驗之步驟如下：

- (一) 實驗開始之前再次說明實驗流程，並要求受試者盡全力完成攔網動作。
- (二) 實驗全程受測者均穿著平常練習之球褲與球鞋，待受試者完成熱身後，讓受測者進行試跳以適應場地環境。
- (三) 受試者黏貼肌電訊號電極片確定活動時不受限制後，藉由肌電訊號系統收集每條目標肌肉最大等長自主收縮 (maximum isometric voluntary contraction, MIVC) 時的肌電訊號，作為肌肉收縮程度之依據。受測者需抵抗施力並盡最大能力收縮，收集頻率為 1000 Hz，每條肌肉收集時間為 4 秒鐘，並且重複 2 次，作為後續肌電訊號處理之用，完成測試後休息 3 分鐘。
- (四) 待休息結束後，進行靜止肌電訊號收集，受測者被要求坐在椅子上且保持放鬆姿勢並收集 5 秒，用來計算在攔

網動作時的肌電訊號基準值(baseline)，以作為活化起始的判定閾值，EMG採樣頻率 1000Hz。

(五) 受試者站立於測力板上，測量體重並進行體重校正，以基準體重的改變作為判斷各時期的依據。校正完成後，隨機選擇攔網動作，並調整目標球的位置；若是先進行過網攔網，則須達成 5 次成功攔網動作之後再進行不過網攔網，反之亦然。同時檢查身上電極片是否有脫落或移動。

(六) 受試者聽指示，在測力板上進行攔網動作，須完成 5 次成功試驗。成功的試驗指的是受測者起跳後，達成在空中雙手觸摸目標球，而且著地之前沒有觸及任一部分球網。此外，受試者也必須在著地後保持姿勢穩定，且兩腳皆落於測力板範圍內，直至恢復穩定站姿。進行攔網時，每次攔網跳躍之間休息 10 秒，而轉換動作與調整目標球位置時，休息 1 分鐘。

(七) 實驗資料存檔並檢查其訊號是否有異常。

第七節 資料分析

本研究主要在探討不穩定組的排球球員與控制組的球員在攔網動作的起跳期與著地過程中，下肢肌肉的活化程度、活化起始時間點、徵召模式與其共同收縮比值的差異，資料分析可分為測力板訊號處理與肌電訊號處理兩部分。

一、測力板資料分析

(一) 攔網動作的分期

以測力板在垂直方向的地面反作用力，而數值皆轉換為體重(Body Weight)的百分比(%BW)當作攔網動作各個時期的分期依據，並參考許樹淵(1982)對於攔網過程的分期，以穩定站立時 50% BW 的改變作為動作起始與結束時之判定標準，將攔網動作分為下列四個階段(圖 3-7.1)。當分期完成後會在同步對應之 EMG 圖上顯示「起跳瞬間」與「著地瞬間」之時間點，並以顏色標明出。

1. **準備期**：從受試者穩定站立於測力板上，直至測力板數值開始小於 50%BW 時，並將此下降點作為「下蹲開始」的時間點。
2. **起跳期**：從「下蹲開始」直至測力板數值為 0 的時候，並將測力板數值為 0 的時間點作為「起跳瞬間」。
3. **空中期**：從「起跳瞬間」直至測力板數值大於 0 的時候，並將測力板數值大於 0 的時間點做為「著地瞬間」。
4. **著地期**：從「著地瞬間」直至恢復穩定站立時的 50%BW 數值。

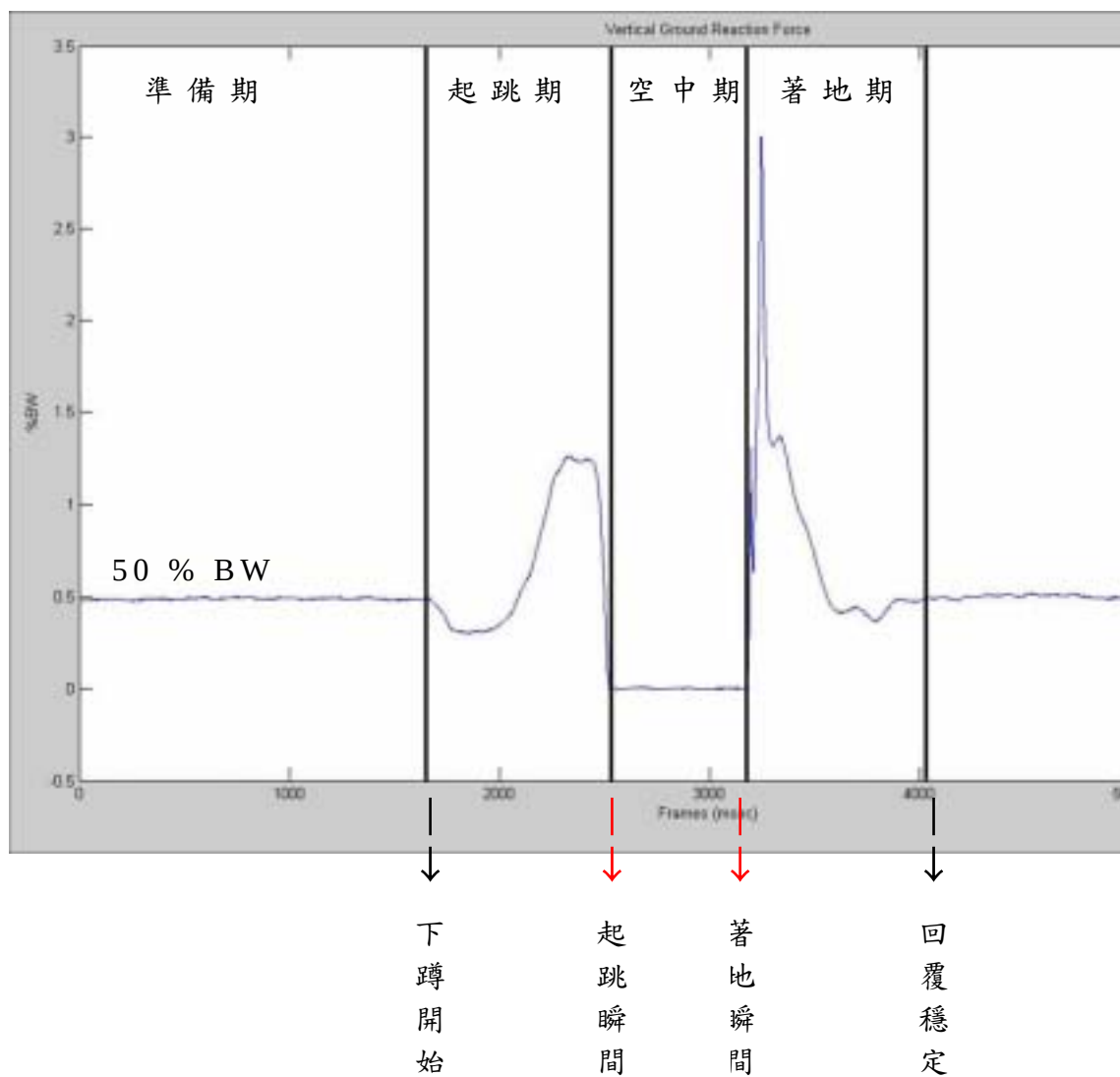


圖 3-7.1 一位受試者攔網動作時，地面反作用力數值與動作過程的分期。

二、肌電訊號(EMG)資料分析

(一) EMG 活化程度的計算

每條目標肌肉 MIVC 的肌電值經過全波整流與濾波之後，計算其兩次收縮均方根值(root mean square, RMS)的平均。另外計算每位受試者於兩種攔網動作中 3 個階段之 RMS 值，分別為「起跳瞬間」前 150 毫秒內、「著地瞬間」前 150 毫秒內與「著地瞬間」後 150 毫秒內。計算 5 次試驗中各階段的 RMS 並取其平均值，並除以 MIVC 肌電值進行標準化(normalized)，並以最大自主收縮百分比(%MVC)來表示其 EMG 活化程度。

(二) EMG 活化起始點的定義

EMG 的活化起始時間點參考 Van Deun 等人(2007)與 Wikstrom 等人(2008)的研究，由前測試驗的分析結果加以修正後，將超過靜止時基準值(baseline) 5 倍標準差以上，並且持續時間大於 10 毫秒的 EMG 值定義為肌電活化的起始點。

1. 起跳時的活化時間點：

以「起跳瞬間」作為起跳前後之分界點，如圖 3-7.2。活化起始點是以「起跳瞬間」為時間軸之 0 點，計算起始點與 0 點所距離之時間，單位以毫秒表示。若 EMG 起始點(onset)在「起跳瞬間」之前，其活化時間以負值表示；若 EMG 起始點在「起跳瞬間」之後，則以正值表示。

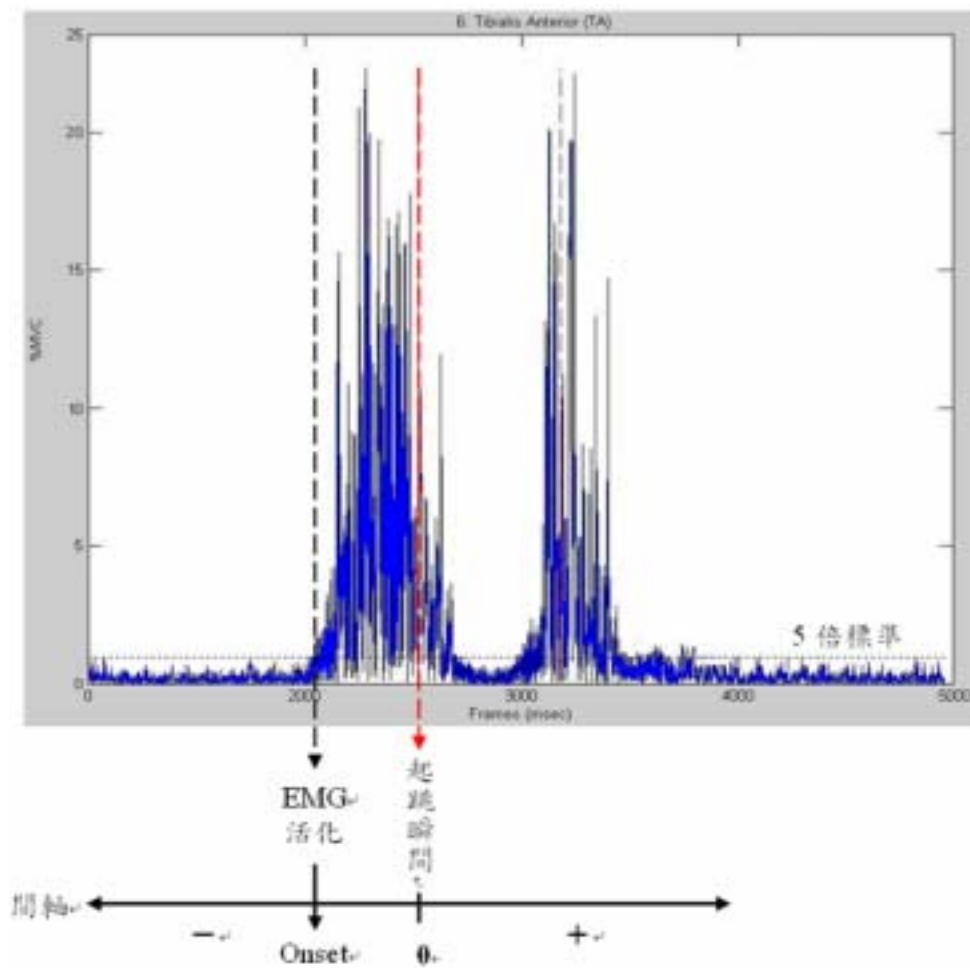


圖 3-7.2 一位受試者在攔網動作起跳之前，脛前肌的 EMG 活化時間點。

2. 著地時的活化時間點

以「著地瞬間」作為起跳前後之分界點，如圖 3-7.3。活化起始點是以「著地瞬間」為時間軸之 0 點，計算起始點與 0 點所距離之時間，單位以毫秒表示。若 EMG 起始點(onset)在「著地瞬間」之前，其活化時間以負值表示；若 EMG 起始點在「著地瞬間」之後，則以正值表示。

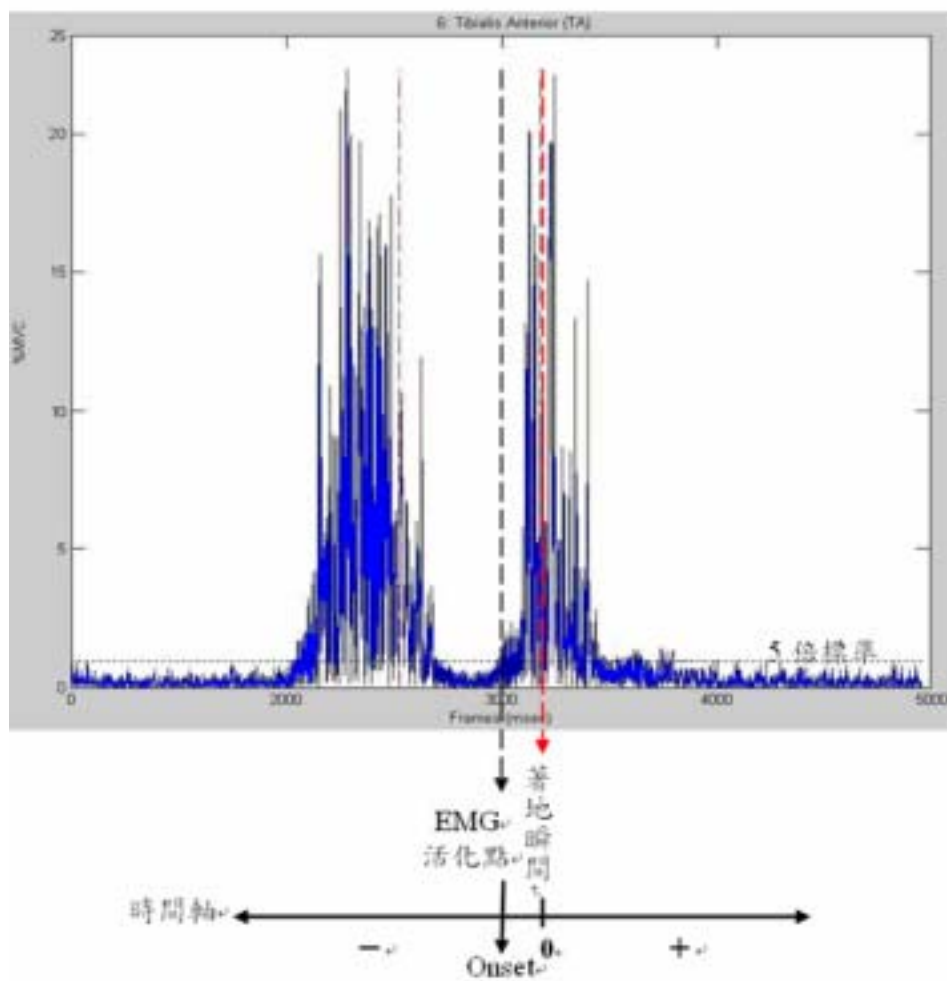


圖 3-7.3 一位受試者在攔網動作著地之前，脛前肌的 EMG 活化時間點。

(三) 肌肉的徵召模式與策略

參考 Van Deun 等人(2007)對於肌肉徵召模式之計算方法，將兩組受測者肌肉之活化順序加以排序，將同一順序中各條肌肉的出現次數分別加以累計，將每一順序中各肌肉出現的次數除以各組人數，並以百分比表示，用來代表各組在某一順序中的肌肉徵召情形。舉例來說明，若有同組別之受測者 4 人，其徵召模式計算方法如表 3-7.1。

表 3-7.1 徵召順序模式之計算流程

受試者編號	活化順序 1	活化順序 2	活化順序 3	活化順序 4	活化順序 5
1	肌肉 3	肌肉 5	肌肉 4	肌肉 1	肌肉 2
2	肌肉 4	肌肉 1	肌肉 2	肌肉 3	肌肉 5
3	肌肉 1	肌肉 4	肌肉 2	肌肉 3	肌肉 5
4	肌肉 1	肌肉 2	肌肉 3	肌肉 5	肌肉 4

	出現次數				
肌肉名稱	活化順序 1	活化順序 2	活化順序 3	活化順序 4	活化順序 5
肌肉 5	0	1	0	1	2
肌肉 4	1	1	1	0	1
肌肉 3	1	0	1	2	0
肌肉 2	0	1	2	0	1
肌肉 1	2	1	0	1	0

	累計百分比				
肌肉名稱	活化順序 1	活化順序 2	活化順序 3	活化順序 4	活化順序 5
肌肉 5	0	25 %	0	25 %	50 %
肌肉 4	25 %	25 %	25 %	0	25 %
肌肉 3	25 %	0	25 %	50 %	0
肌肉 2	0	25 %	50 %	0	25 %
肌肉 1	50 %	25 %	0	25 %	0

計算出各順序中肌肉使用之百分比後，按照表 3-7.2 的模式分類，將每一順序中的各條肌肉也區分為遠端與近端，將分類於同一端之肌肉的百分比相加，以此來觀察各順序中兩組受試者採用遠端或是近端模式的比例。

將每位受測者於起跳時和著地時的肌肉活化起始時間按照先後順序排列，以最先活化之肌肉作為其策略代表。依照肌肉活化的部位來區分動作策略(膝策略、踝策略)(表 3-7.2 策略分類)，例如進行動作時股內側肌先活化，則判定為膝策略，如果是脛前肌則為判定為踝策略。

表 3-7.2 徵召肌肉之遠近端模式與策略分類

動作肌肉	模式分類	策略分類
股外側肌	近端模式	膝策略
股直肌		
股內側肌		
股二頭肌		
半腱肌		
脛前肌	遠端模式	踝策略
腓骨長肌		
內側腓腸肌		

(四) 共同收縮之計算

計算共同收縮的肌肉組合分為二部份(膝、踝部)，如表 3-7.3，動作主要分為「伸肌 / 屈肌」與「外翻肌 / 內翻肌」兩種組合。肌肉共同收縮比值的計算有「起跳瞬間」前 150 毫秒內、「著地瞬間」前 150 毫秒內與「著地瞬間」後 150 毫秒內三個部份，將標準化後之肌肉活化程度(%MVC)相除而得。

表 3-7.3 共同收縮之肌肉組合

部 位	動作與肌肉組合	
	伸肌 / 屈肌	外翻肌 / 內翻肌
膝 部	股外側肌 / 股二頭肌、股外側肌 / 半腱肌	
	股直肌 / 股二頭肌、股直肌 / 半腱肌	
	股內側肌 / 股二頭肌、股內側肌 / 半腱肌	
踝 部	內側腓腸肌 / 脛前肌	腓骨長肌 / 脛前肌

第八節 資料統計

本研究以 SPSS for windows version 12.0 統計軟體為主要統計工具，以獨立樣本 t 考驗(Independent t test)來比較兩組之間的基本參數，包括身高、體重、年齡與球齡，並比較兩個組別在兩種攔網動作與各攔網時期的肌肉收縮程度、肌電活化起始時間、共同收縮程度比值。所有實驗資料皆以平均 ± 標準差表示，並將數據的顯著水準(significant level)設定在 $p < 0.05$ 。

第肆章 結果

第一節 受試者基本資料

本實驗 20 名受試者中分為健康之控制組 (CG)9 位 (慣用腳皆為右腳)，主攻 4 名、快攻手 2 名、副攻 1 名、舉球員 2 名；不穩定組 (IG)11 位 (慣用腳：右腳 4 位，左腳 7 位)；主攻 3 名、快攻 2 名、副攻 4 名、舉球員 2 名。

在兩組的基本資料如下表 4-1.1，控制組與不穩定組在身高 (CG 180.89 ± 2.85 公分，IG 184.18 ± 5.64 公分)、年齡 (CG 20.33 ± 1.94 歲，IG 19.73 ± 1.27 歲)與球齡 (CG 9.33 ± 1.50 年，IG 8.91 ± 1.64 年)之間均無顯著差異；而兩組在平均體重上有顯著差異，不穩定組 (83.91 ± 12.786 公斤)大於控制組 (71.00 ± 6.75 公斤) ($p < 0.05$)。

表 4-1.1 基本資料之平均值與標準差 (mean $\pm$ SD)

參數	全部 (N=20)	控制組 (N=9)	不穩定組 (N=11)	P 值
身高(公分)	182.70 ± 4.79	180.89 ± 2.85	184.18 ± 5.64	0.13
體重(公斤)	78.10 ± 12.19	71.00 ± 6.75	83.91 ± 12.79	0.01*
年齡(歲)	20.00 ± 1.59	20.33 ± 1.94	19.73 ± 1.27	0.41
球齡(年)	9.10 ± 1.55	9.33 ± 1.50	8.91 ± 1.64	0.56

* t-test, $p < 0.05$

第二節 攔網動作時兩組間肌肉活化程度的比較

本節將分為六個部份，表示在不同攔網動作的起跳前、著地前與著地後，兩組間肌肉活化程度的差異。而下肢各肌肉的活化程度都以標準化之後的 %MVC (平均 $\pm$ 標準差) 表示。

一、「過網攔網」起跳前的肌肉活化程度

控制組與不穩定組間下肢 8 條肌肉活化程度的比較如圖 4-2.1，活化程度在股外側肌 ($CG = 253.27 \pm 94.86$; $IG = 270.60 \pm 100.57$)、股直肌 ($CG = 124.14 \pm 17.15$; $IG = 149.73 \pm 33.25$)、股內側肌 ($CG = 187.65 \pm 51.18$; $IG = 236.50 \pm 112.22$)、股二頭肌 ($CG = 36.93 \pm 17.42$; $IG = 48.29 \pm 14.95$)、半腱肌 ($CG = 21.63 \pm 6.75$; $IG = 29.20 \pm 13.32$)、脛前肌 ($CG = 38.64 \pm 4.96$; $IG = 33.82 \pm 8.12$)、腓骨長肌 ($CG = 118.81 \pm 27.03$; $IG = 105.68 \pm 31.14$) 與內側腓腸肌 ($CG = 118.53 \pm 19.90$; $IG = 93.32 \pm 25.83$) 均無顯著差異。

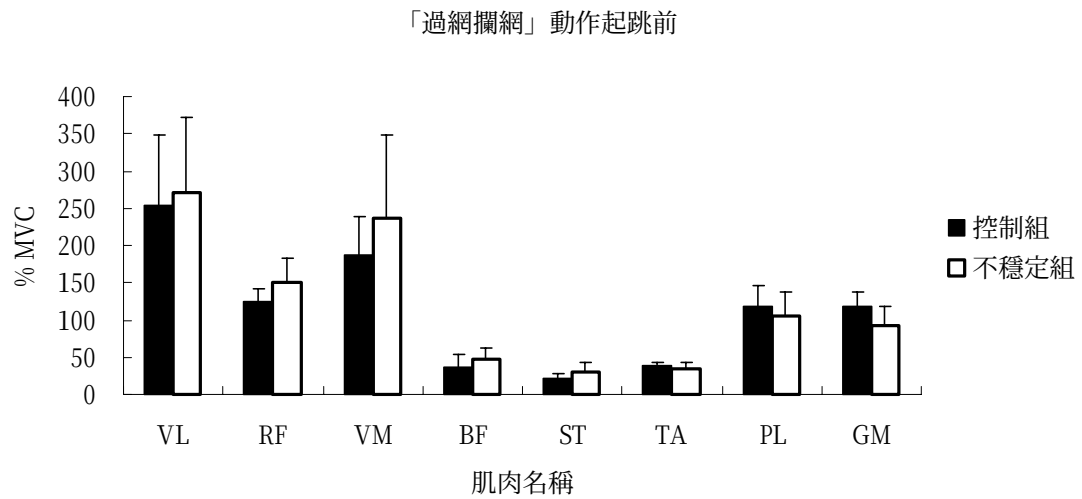
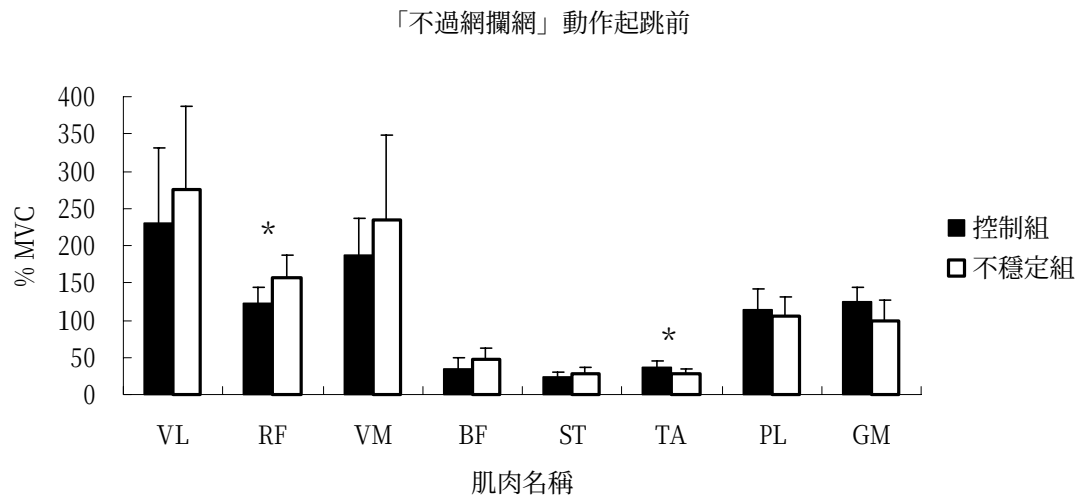


圖 4-2.1 過網攔網動作時兩組在起跳前下肢各肌肉活化程度之間的比較。VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

二、「不過網攔網」起跳前的肌肉活化程度

控制組與不穩定組間下肢肌肉活化程度的比較在股直肌 ($CG = 122.06 \pm 21.26$; $IG = 156.98 \pm 29.53$, $p < 0.05$)與脛前肌 ($CG = 37.05 \pm 7.88$; $IG = 28.96 \pm 4.78$, $p < 0.05$)有顯著差異(圖 4-2.2)，起跳前不穩定組在股直肌活化程度較大，而控制組在脛前肌活化程度較大。

其餘肌肉的活化程度在股外側肌 ($CG = 230.47 \pm 99.71$; $IG = 274.89 \pm 112.95$)、股內側肌 ($CG = 186.25 \pm 49.34$; $IG = 235.08 \pm 113.85$)、股二頭肌 ($CG = 35.42 \pm 13.97$; $IG = 47.86 \pm 13.77$)、半腱肌 ($CG = 22.85 \pm 6.92$; $IG = 26.97 \pm 10.33$)、腓骨長肌 ($CG = 113.99 \pm 28.54$; $IG = 104.70 \pm 26.61$)與內側腓腸肌 ($CG = 124.98 \pm 19.51$; $IG = 99.15 \pm 27.21$)均無顯著差異，股外側與股內側肌在活化程度上明顯比其他肌群高。



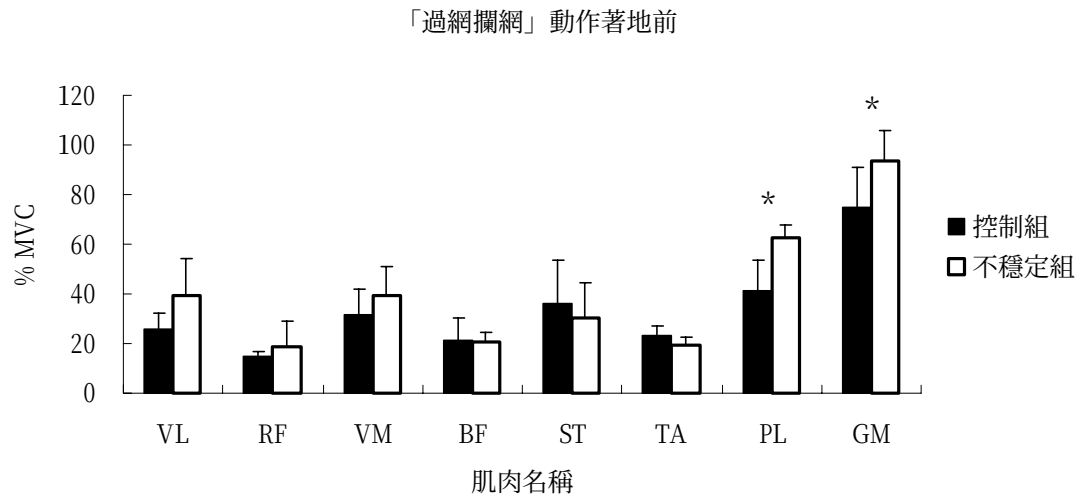
* t-test , $p < 0.05$

圖 4-2.2 「不過網攔網」動作時兩組在起跳前下肢各肌肉活化程度之間的比較。 VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

三、「過網攔網」著地前的肌肉活化程度

控制組與不穩定組間下肢肌肉活化程度在腓骨長肌($CG = 41.08 \pm 12.49$; $IG = 62.53 \pm 5.46$, $p < 0.05$)與內側腓腸肌($CG = 74.91 \pm 16.06$; $IG = 93.48 \pm 12.02$, $p < 0.05$)有顯著差異(圖 4-2.3), 且不穩定組大於控制組。

其餘肌肉的活化程度在股外側肌($CG = 25.78 \pm 6.75$; $IG = 39.23 \pm 14.73$)、股直肌($CG = 14.55 \pm 2.05$; $IG = 18.67 \pm 10.04$)、股內側肌($CG = 31.85 \pm 10.06$; $IG = 39.14 \pm 11.76$)、股二頭肌($CG = 21.59 \pm 8.95$; $IG = 20.55 \pm 3.67$)、半腱肌($CG = 35.87 \pm 17.38$; $IG = 30.23 \pm 14.10$)、脛前肌($CG = 22.94 \pm 4.24$; $IG = 19.62 \pm 3.20$)均無顯著差異, 而此時活化程度最高的是在內側腓腸肌。



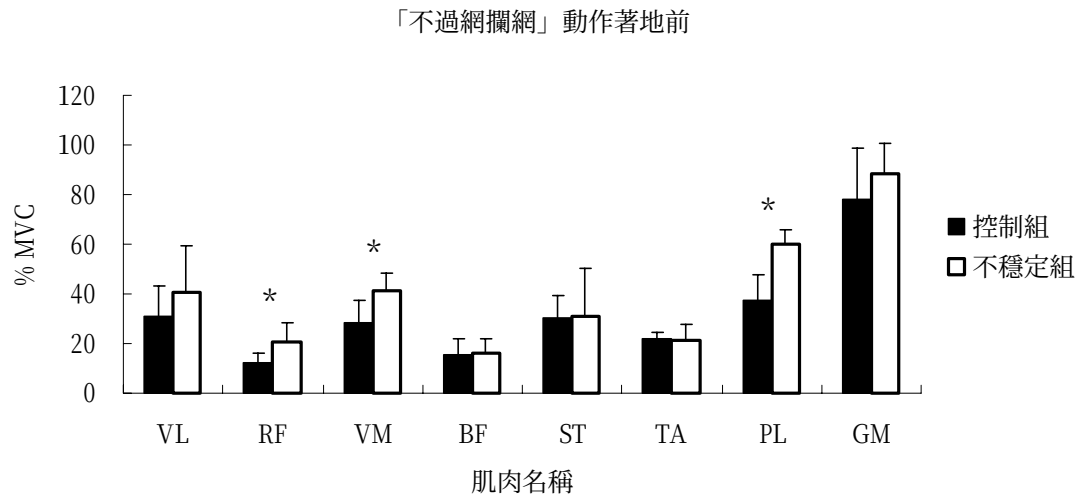
* t-test , $p < 0.05$

圖 4-2.3 過網攔網動作時兩組在著地前下肢各肌肉活化程度之間的比較。VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

四、「不過網攔網」著地前的肌肉活化程度

控制組與不穩定組間下肢肌肉活化程度的比較在股直肌 ($CG = 12.54 \pm 3.50$; $IG = 20.37 \pm 7.69$, $p < 0.05$)、股內側肌 ($CG = 28.48 \pm 8.67$; $IG = 41.01 \pm 7.32$)與腓骨長肌 ($CG = 37.25 \pm 10.39$; $IG = 59.76 \pm 6.08$, $p < 0.05$)有顯著差異(圖 4-2.4)，且不穩定組大於控制組。

其餘肌肉的活化程度在股外側肌 ($CG = 30.86 \pm 12.21$; $IG = 40.56 \pm 18.60$)、股二頭肌 ($CG = 15.46 \pm 6.38$; $IG = 16.39 \pm 5.61$)、半腱肌 ($CG = 30.06 \pm 9.34$; $IG = 30.91 \pm 19.30$)、脛前肌 ($CG = 21.91 \pm 2.51$; $IG = 21.54 \pm 6.15$)、與內側腓腸肌 ($CG = 77.99 \pm 20.87$; $IG = 88.61 \pm 11.84$)均無顯著差異，而此時活化程度最高的是在內側腓腸肌。



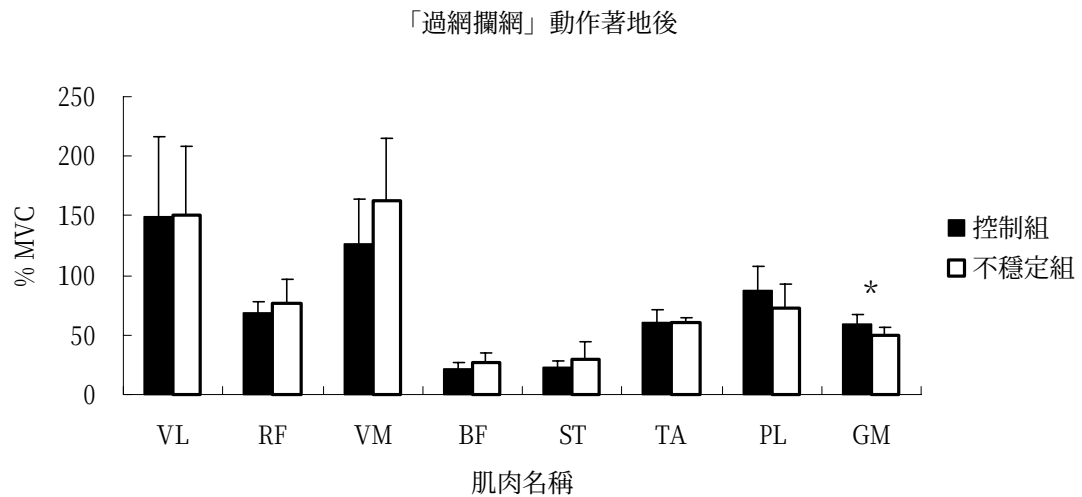
* t-test , $p < 0.05$

圖 4-2.4 不過網攔網動作時兩組在著地前下肢各肌肉活化程度之間的比較。VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

五、「過網攔網」著地後的肌肉活化程度

控制組與不穩定組間下肢肌肉活化程度只有在內側腓腸肌($CG = 59.76 \pm 7.15$; $IG = 49.79 \pm 6.44$, $p < 0.05$)有顯著差異(圖 4-2.5), 且控制組大於不穩定組。

其餘肌肉的活化程度在股外側肌($CG = 149.43 \pm 66.99$; $IG = 150.57 \pm 58.33$)、股直肌($CG = 68.47 \pm 9.45$; $IG = 76.03 \pm 20.68$)、股內側肌($CG = 125.94 \pm 38.32$; $IG = 162.80 \pm 51.91$)、股二頭肌($CG = 21.07 \pm 5.57$; $IG = 27.15 \pm 7.77$)、半腱肌($CG = 22.90 \pm 5.94$; $IG = 29.36 \pm 14.64$)、脛前肌($CG = 59.91 \pm 11.31$; $IG = 60.34 \pm 4.63$)與腓骨長肌($CG = 87.36 \pm 20.14$; $IG = 72.54 \pm 19.55$)均無顯著差異, 此時活化程度較高的是股外側與股內側肌。



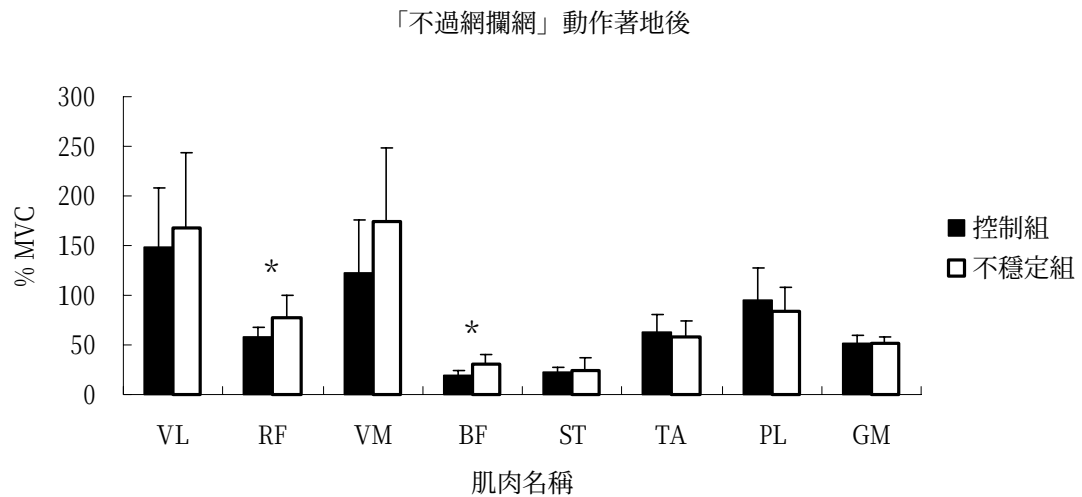
* t-test, $p < 0.05$

圖 4-2.5 過網攔網動作時兩組在著地後下肢各肌肉活化程度之間的比較。VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

六、「不過網攔網」著地後的肌肉活化程度

控制組與不穩定組間下肢肌肉活化程度在股直肌($CG = 57.93 \pm 10.15$; $IG = 78.19 \pm 21.76$, $p < 0.05$)與股二頭肌($CG = 19.12 \pm 5.34$; $IG = 30.07 \pm 10.30$, $p < 0.05$)有顯著差異(圖 4-2.6), 且不穩定組高於控制組。

其餘肌肉的活化程度在股外側肌($CG = 147.92 \pm 59.80$; $IG = 167.27 \pm 75.50$)、股內側肌($CG = 123.14 \pm 53.20$; $IG = 174.57 \pm 73.36$)、半腱肌($CG = 22.78 \pm 4.38$; $IG = 24.67 \pm 13.09$)、脛前肌($CG = 63.60 \pm 16.25$; $IG = 58.49 \pm 15.50$)、腓骨長肌($CG = 95.69 \pm 30.99$; $IG = 83.84 \pm 24.73$)與內側腓腸肌($CG = 51.31 \pm 8.15$; $IG = 50.86 \pm 7.49$)均無顯著差異, 此時活化程度較高的是股外側與股內側肌。



* t-test , $p < 0.05$

圖 4-2.6 不網攔網動作時兩組在著地後下肢各肌肉活化程度之間的比較。VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

七、 本節整理

- (一) 起跳前的肌肉活化程度在過網攔網時，兩組間並無顯著差異。而不過網攔網時的活化程度上，不穩定組在股直肌明顯較高，控制組則在脛前肌明顯較高。
- (二) 著地前的肌肉活化程度在過網攔網時，不穩定組在腓骨長肌與內側腓腸肌的活化程度明顯較高。而不過網攔網時的活化程度上，不穩定組在股直肌、股內側肌與腓骨長肌明顯較高。
- (三) 著地後的肌肉活化程度在過網攔網時，控制組的內側腓腸肌明顯較高。而不過網攔網時的活化程度上，不穩定組在股直肌與股二頭肌明顯較高。

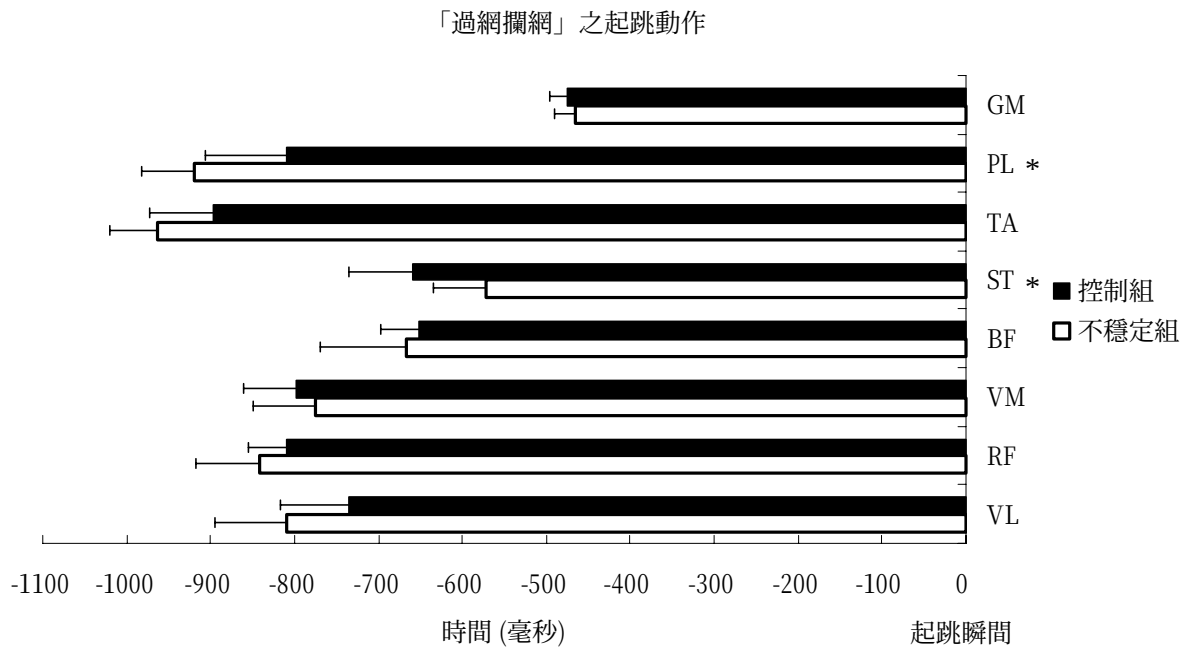
第三節 攔網動作時兩組間肌肉活化起始時間點比較

本節將分為四部份，比較控制組與不穩定組之間的肌肉活化時間點，包括在過網攔網起跳與著地時、不過網攔網起跳與著地時。控制組與不穩定組之肌肉活化時間點均以平均 $\pm$ 標準差表示，單位為毫秒。

一、「過網攔網」起跳時之活化時間點

在「過網攔網」動作「起跳瞬間」之前(圖 4-3.1)，控制組與不穩定組在下肢 8 條肌肉的活化時間點之間，只有半腱肌($CG = -658.93 \pm 75.96$; $IG = -571.86 \pm 62.44$, $p < 0.05$)與腓骨長肌($CG = -809.38 \pm 97.50$; $IG = -920.38 \pm 61.19$, $p < 0.05$)有顯著差異，活化時間點在控制組的半腱肌較早，而不穩定組則是腓骨長肌活化較早。

兩組其餘肌肉的活化時間點在股外側肌($CG = -736.08 \pm 80.96$; $IG = -808.86 \pm 85.43$)、股直肌($CG = -809.83 \pm 44.39$; $IG = -841.61 \pm 75.12$)、股內側肌($CG = -797.13 \pm 64.16$; $IG = -775.60 \pm 73.11$)、股二頭肌($CG = -650.93 \pm 46.50$; $IG = -666.50 \pm 102.66$)、脛前肌($CG = -896.54 \pm 76.68$; $IG = -962.95 \pm 56.87$)、內側腓腸肌($CG = -474.10 \pm 21.22$; $IG = -465.36 \pm 23.94$)皆無顯著差異。按活化順序加以排列，控制組的活化順序依序為脛前肌、股直肌、腓骨長肌、股內側肌、股外側肌、半腱肌、股二頭肌、內側腓腸肌。不穩定組的活化順序依序為脛前肌、腓骨長肌、股直肌、股外側肌、股內側肌、股二頭肌、半腱肌、內側腓腸肌。



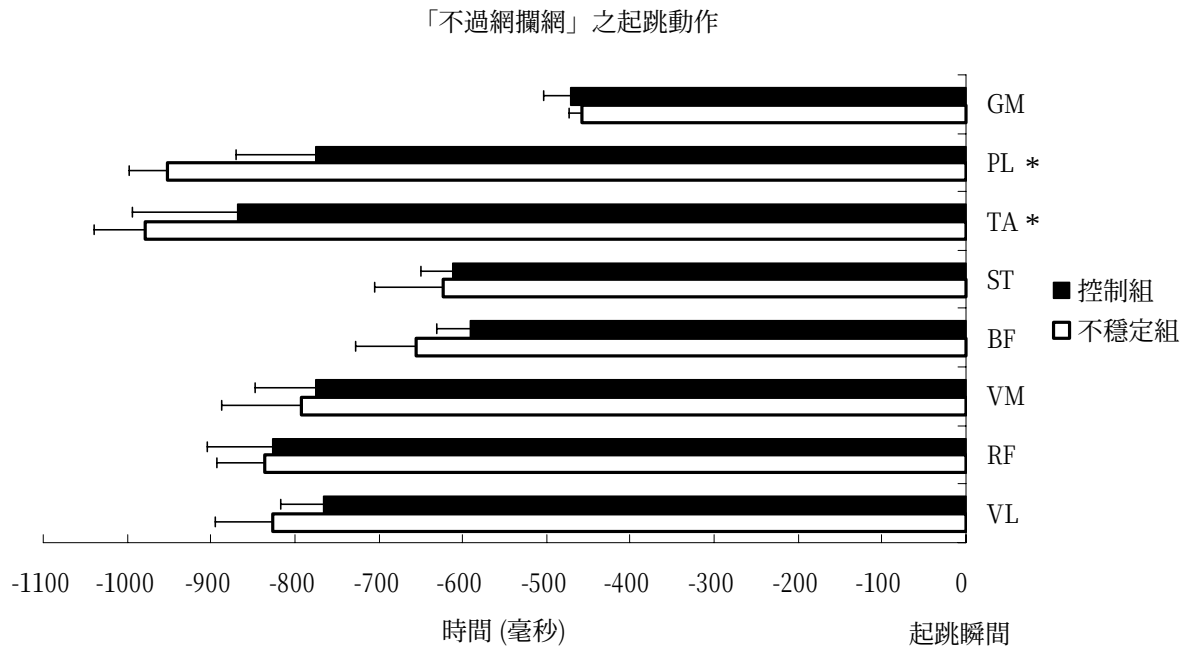
* t-test, $p < 0.05$

圖 4-3.1 過網攔網動作時兩組在「起跳瞬間」之前各肌肉活化的時間點。VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

二、「不過網攔網」起跳時之活化時間點

在「過網攔網」動作「起跳瞬間」之前(圖 4-3.2)，控制組與不穩定組在下肢 8 條肌肉的活化時間點之間在脛前肌($CG = -868.86 \pm 123.94$; $IG = -977.59 \pm 61.50$, $p < 0.05$)與腓骨長肌($CG = -774.49 \pm 95.33$; $IG = -952.40 \pm 44.23$, $p < 0.05$)有顯著差異，且不穩定組的活化時間點早於控制組。

兩組其餘肌肉的活化時間點在股外側肌($CG = -766.30 \pm 50.07$; $IG = -827.03 \pm 66.89$)、股直肌($CG = -825.84 \pm 79.39$; $IG = -836.33 \pm 56.25$)、股內側肌($CG = -775.35 \pm 72.65$; $IG = -791.91 \pm 95.49$)、股二頭肌($CG = -590.14 \pm 41.32$; $IG = -654.50 \pm 72.36$)、半腱肌($CG = -611.37 \pm 38.82$; $IG = -622.96 \pm 82.10$)與內側腓腸肌($CG = -470.60 \pm 33.60$; $IG = -457.82 \pm 14.29$)之間皆無顯著差異。兩組之間除了內側腓腸肌之外，不穩定組皆有較早活化的趨勢。所有肌肉的時間數值皆為負值，表示在「起跳瞬間」之前所有肌肉都開始活化。按照活化順序加以排列，控制組的活化順序依序為脛前肌、股直肌、股內側肌、腓骨長肌、股外側肌、半腱肌、股二頭肌、內側腓腸肌。不穩定組的活化順序依序為脛前肌、腓骨長肌、股直肌、股外側肌、股內側肌、股二頭肌、半腱肌、內側腓腸肌。



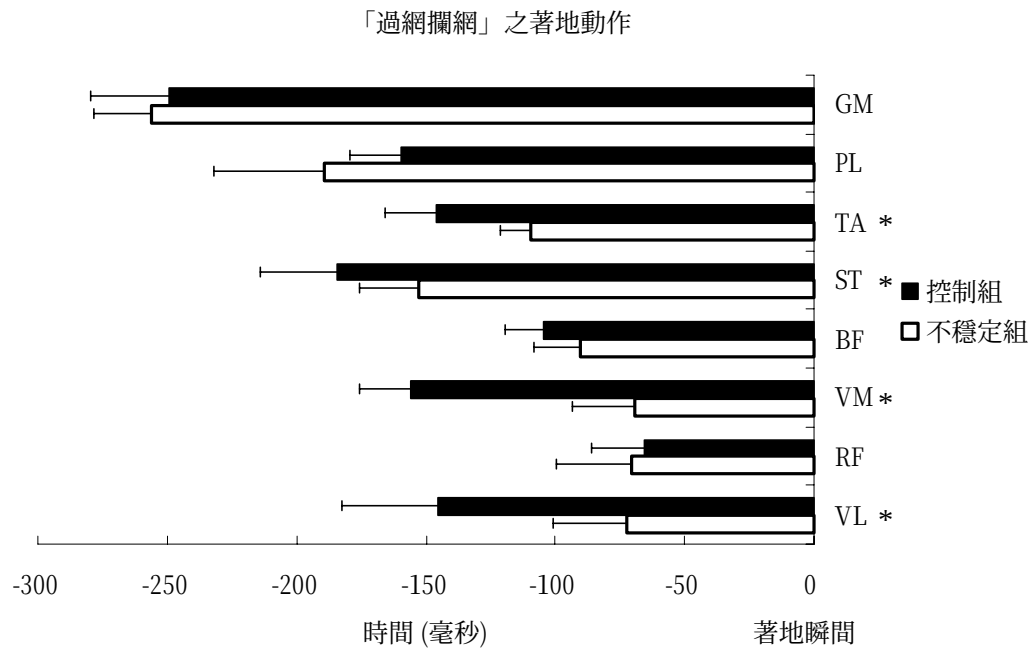
* t-test, $p < 0.05$

圖 4-3.2 「不過網攔網」動作時兩組在「起跳瞬間」之前各肌肉活化的時間點。VL：股外側肌，RF：股直肌，VM：股內側肌，BF：股二頭肌，ST：半腱肌，TA：脛前肌，PL：腓骨長肌，GM：內側腓腸肌。

三、「過網攔網」著地時之活化時間點

「過網攔網」動作「著地瞬間」之前(圖 4-3.3)，控制組與不穩定組下肢 8 條肌肉的活化時間點之間，在股外側肌($CG = -145.17 \pm 37.32$; $IG = -72.21 \pm 28.75$, $p < 0.05$)、股內側肌($CG = -155.57 \pm 20.15$; $IG = -69.30 \pm 24.07$, $p < 0.05$)、半腱肌($CG = -184.08 \pm 30.01$; $IG = -152.63 \pm 22.80$, $p < 0.05$)與脛前肌($CG = -145.99 \pm 19.48$; $IG = -109.19 \pm 12.12$, $p < 0.05$)之間都有顯著差異，且控制組都早於不穩定組。

其餘肌肉的活化時間點在股直肌($CG = -65.74 \pm 20.41$; $IG = -70.60 \pm 29.00$)、股二頭肌($CG = -104.37 \pm 14.92$; $IG = -90.57 \pm 17.64$)、腓骨長肌($CG = -159.57 \pm 20.08$; $IG = -189.47 \pm 42.31$)與內側腓腸肌($CG = -249.13 \pm 30.21$; $IG = -256.18 \pm 22.25$)之間都沒有差異。兩組之間除了腓骨長肌與內側腓腸肌之外，在其他 7 條肌肉的活化時間點上，都顯示控制組的時間點有比較早的趨勢。所有肌肉的時間數值皆為負值，表示在「著地瞬間」之前所有肌肉都開始活化。按照活化順序加以排列，控制組的活化順序依序為內側腓腸肌、半腱肌、腓骨長肌、股內側肌、脛前肌、股外側肌、股二頭肌、股直肌。不穩定組的活化順序依序為內側腓腸肌、腓骨長肌、半腱肌、脛前肌、股二頭肌、股外側肌、股直肌、股內側肌。



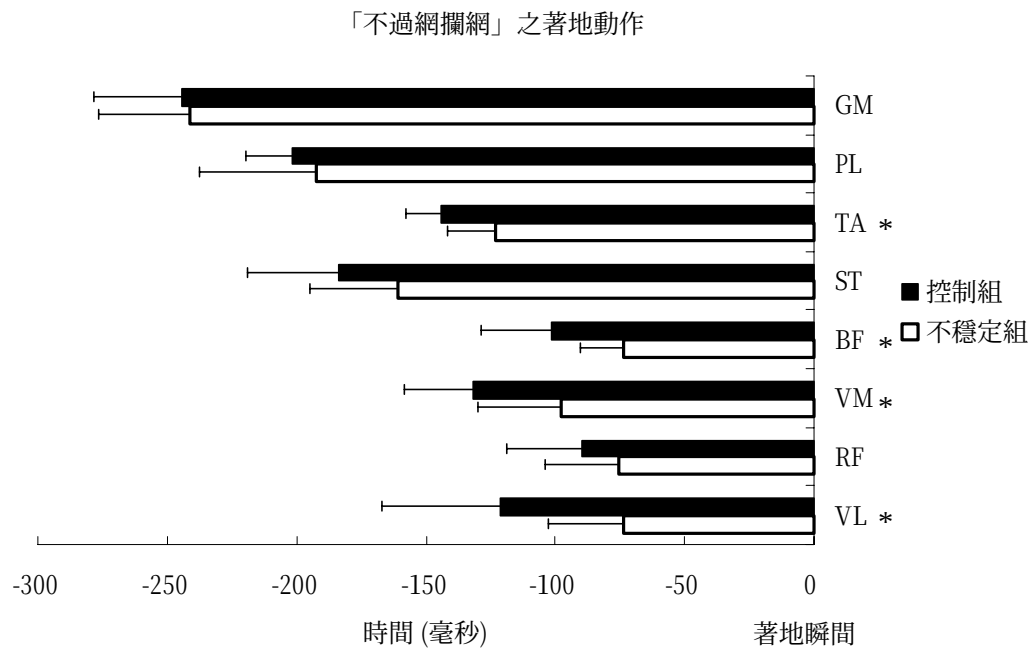
* t-test, $p < 0.05$

圖 4-3.3 過網攔網動作時兩組在「著地瞬間」之前各肌肉活化的時間點。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

四、「不過網攔網」著地時之活化時間點

「不過網攔網」動作「著地瞬間」之前(圖 4-3.4)，控制組與不穩定組下肢 8 條肌肉的活化時間點之間，在股外側肌($CG = -121.33 \pm 45.80$; $IG = -73.35 \pm 29.16$, $p < 0.05$)、股內側肌($CG = -131.54 \pm 26.52$; $IG = -97.60 \pm 32.27$, $p < 0.05$)、股二頭肌($CG = -101.35 \pm 27.36$; $IG = -73.42 \pm 16.93$, $p < 0.05$)與脛前肌($CG = -143.89 \pm 13.78$; $IG = -122.95 \pm 18.82$, $p < 0.05$)之間有顯著差異，且控制組的活化時間點都早於不穩定組。

其餘肌肉的活化時間點在股直肌($CG = -89.56 \pm 29.26$; $IG = -75.18 \pm 28.64$)、半腱肌($CG = -183.81 \pm 34.89$; $IG = -160.85 \pm 34.14$)、腓骨長肌($CG = -201.35 \pm 18.21$; $IG = -192.27 \pm 45.16$)與內側腓腸肌($CG = -244.33 \pm 33.94$; $IG = -241.05 \pm 35.53$)之間皆無顯著差異。而在整體時間上，控制組比起不穩定組在「著地瞬間」之前都有較早活化的趨勢。所有肌肉的時間數值皆為負值，表示在「著地瞬間」之前所有肌肉都開始活化。按照活化順序加以排列，控制組的活化順序依序為內側腓腸肌、腓骨長肌、半腱肌、脛前肌、股內側肌、股外側肌、股二頭肌、股直肌。不穩定組的活化順序依序為內側腓腸肌、腓骨長肌、半腱肌、脛前肌、股內側肌、股直肌、股二頭肌、股外側肌。



* t-test, $p < 0.05$

圖 4-3.4 「不過網攔網」動作時兩組在「著地瞬間」之前各肌肉活化的時間點。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

五、本節整理

不同攔網動作時，兩組之間的肌肉活化時間總整理於圖 4-3.5 與圖 4-3.6，而結果主要歸納如下。

- (一) 過網攔網起跳時之活化時間點按順序加以排列，控制組依序為脛前肌、股直肌、腓骨長肌、股內側肌、股外測肌、半腱肌、股二頭肌、內側腓腸肌；不穩定組依序為脛前肌、腓骨長肌、股直肌、股外測肌、股內側肌、股二頭肌、半腱肌、內側腓腸肌。控制組在半腱肌的時間點明顯較早，不穩定組在腓骨長肌的時間點明顯較早。
- (二) 不過網攔網起跳時之活化時間點按順序加以排列，控制組依序為脛前肌、股直肌、股內側肌、腓骨長肌、股外測肌、半腱肌、股二頭肌、內側腓腸肌；不穩定組依序為脛前肌、腓骨長肌、股直肌、股外測肌、股內側肌、股二頭肌、半腱肌、內側腓腸肌。不穩定組在脛前肌與腓骨長肌的時間點都明顯較早。
- (三) 過網攔網著地時之活化時間點按順序加以排列，控制組依序為內側腓腸肌、半腱肌、腓骨長肌、股內側肌、脛前肌、股外測肌、股二頭肌、股直肌；不穩定組依序為內側腓腸肌、腓骨長肌、半腱肌、脛前肌、股二頭肌、股外測肌、股直肌、股內側肌。控制組在股外側肌、股內側肌、半腱肌與脛前肌的時間點都明顯較早。

(四) 不過網攔網著地時之活化時間點按順序加以排列，控制組依序為內側腓腸肌、腓骨長肌、半腱肌、脛前肌、股內側肌、股外測肌、股二頭肌、股直肌；不穩定組依序為內側腓腸肌、腓骨長肌、半腱肌、脛前肌、股內側肌、股直肌、股二頭肌、股外測肌。控制組在股外側肌、股內側肌、股二頭肌與脛前肌的時間點都明顯較早。

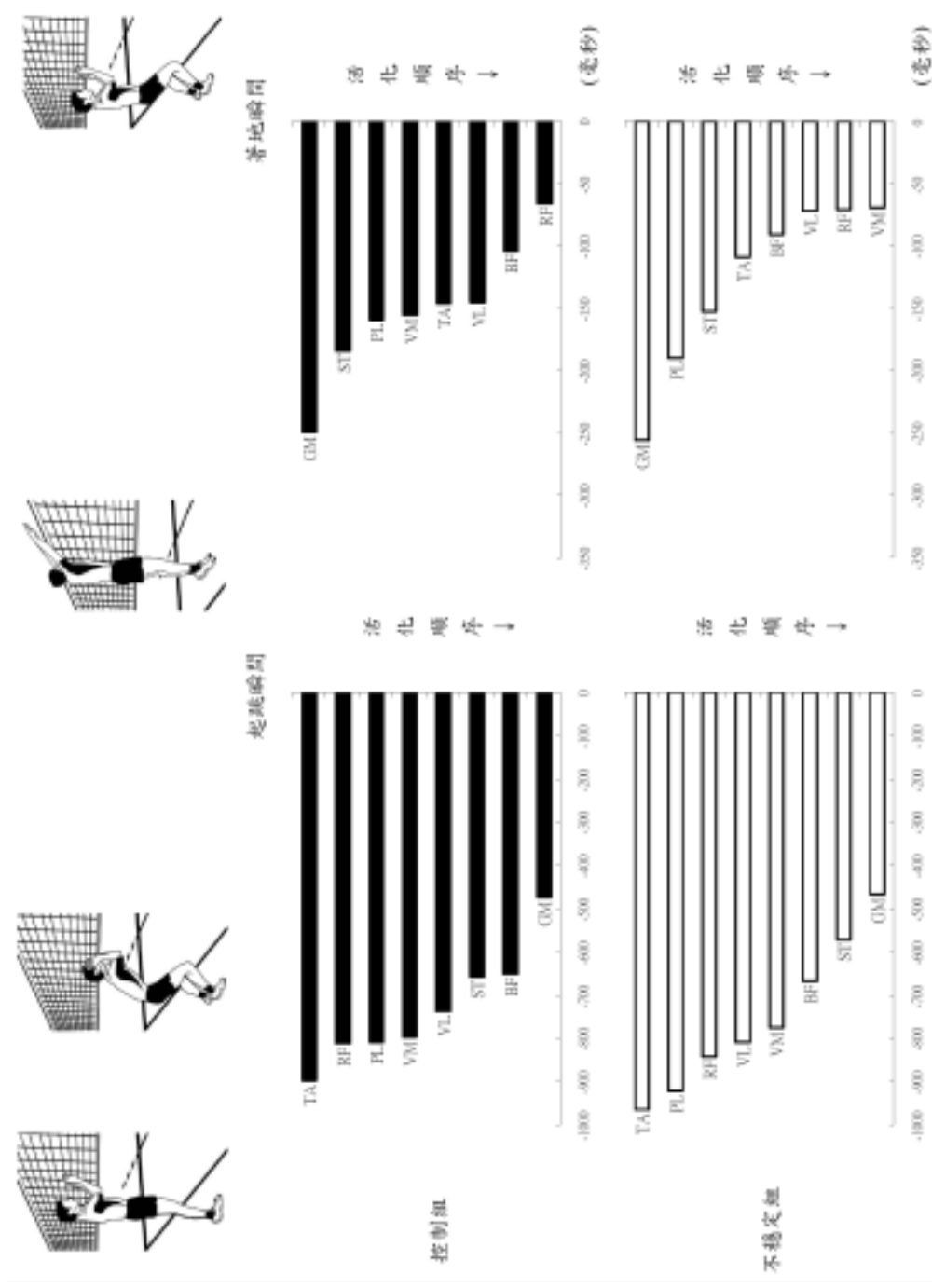


圖 4-3.5 過網攔網動作時，兩組的肌肉活化順序。

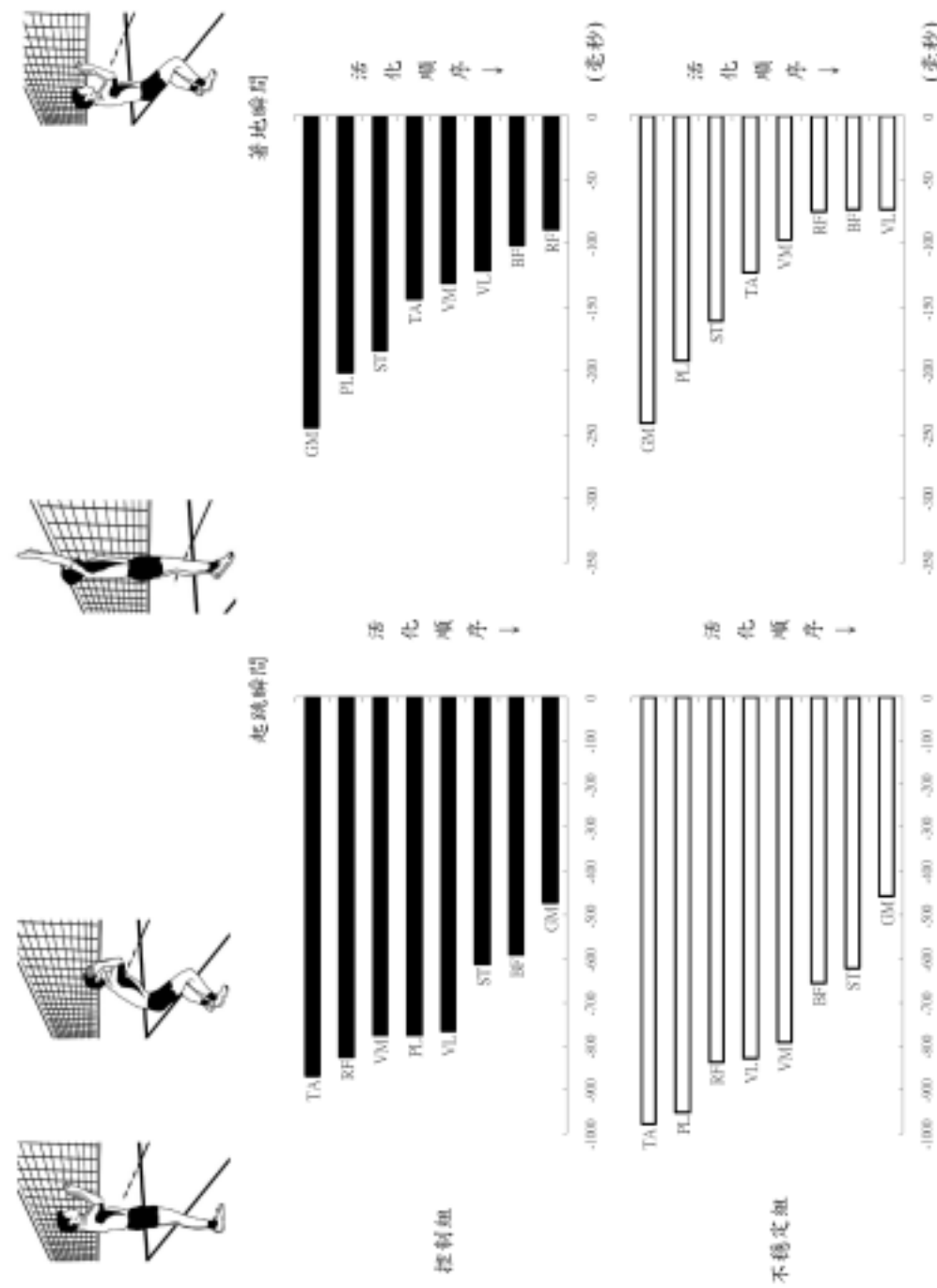


圖 4-3.6 不過網攔網動作時，兩組的肌肉活化順序。

第四節 攔網動作時兩組間肌肉的徵召模式與策略

本節將分為四部份，分別比較不同攔網動作中，控制組與不穩定組之間在起跳與著地時，下肢肌肉的徵召模式與策略。

一、「過網攔網」起跳時的肌肉徵召

在控制組過網攔網起跳時(圖 4-4.1)，大多數的人最先活化(順序 1)的是脛前肌佔 45%，其次是股內側肌的 22%與腓骨長肌的 22%；順序 2 出現次數最多的是股直肌佔 45%，其次是脛前肌的 33%；順序 3 出現次數較多的是腓骨長肌，佔了 34%，其次是股直肌的 22%；順序 4 中最常出現的是股內側肌佔 45%，其次是半腱肌 22%；順序 5 中出現次數最多的是股外側肌，佔了 67%；順序 6 中出現較多的是股二頭肌佔 45%，其次則為股內側肌與半腱肌各佔 22%；順序 7 中出現較多的是半腱肌(45%)，其次是股二頭肌(33%)；最晚活化的順序 8，出現次數最多的是內側腓腸肌，佔了 67%。在過網攔網動作起跳時的徵召策略上，控制組有 3 位使用膝策略、6 位使用踝策略。

在不穩定組過網攔網起跳時(圖 4-4.1)，在順序 1 出現最多的是脛前肌，佔 82%；順序 2 中出現次數最多的是腓骨長肌(64%)；順序 3 出現次數較多的是股內側肌的 37%，其次是股直肌的 27%；而順序 4 中出現次數最多的是股外側肌(55%)；順序 5 中，最常出現的兩個分別是股直肌的 36%與股內側肌的 36%。順序 6 出現次數較多的有股二頭肌的 46%與半腱肌的 36%；順序 7 的出現次數中半腱肌佔了 55%，而股

二頭肌佔了 36%；順序 8 之中，內側腓腸肌的出現次數最多，佔了 82%。在過網攔網動作起跳時的徵召策略上，不穩定組有 1 位使用膝策略、10 位使用踝策略。

圖 4-4.2 將過網攔網起跳時，兩組各肌肉於 8 個順序中出現的次數百分比以長條圖顯示。股外側肌的順序在控制組分布於順序 2 到 5，其中順序 5 百分比最高；不穩定組分布於順序 1 到 5，其中順序 4 百分比最高。股直肌的順序在控制組分布在順序 1 到 5，其中順序 2 的百分比較高；不穩定組分布在順序 2 到 5，主要出現在順序 3 到 5。股內側肌的順序在控制組分布離散，其中順序 4 的百分比較高；不穩定組的分布在順序 2 到 6，但呈現順序 3 和 5 的百分比較高的情況。股二頭肌的順序在控制組與不穩定組集中分布在順序 6 到 8，且在順序 6 和 7 的百分比較高。半腱肌的順序在控制組出現的順序分布在順序 3 和 4 與順序 6 和 7 兩部分；而不穩定組則是集中分布於順序 6 到 8，其中順序 6 和 7 的百分比較高。脛前肌的順序在控制組的分布在順序 1 到 4，其中順序 1 和 2 百分比較高；不穩定組分布於順序 1 到 3，以順序 1 的百分比最高。腓骨長肌的順序在控制組分布離散，較集中的部分在順序 1 到 3；不穩定組則是分布在順序 1 到 5，明顯以順序 2 的百分比最高。內側腓腸肌的順序在控制組與不穩定組集中分布於順序 6 到 8，同樣以順序 8 的百分比最高。

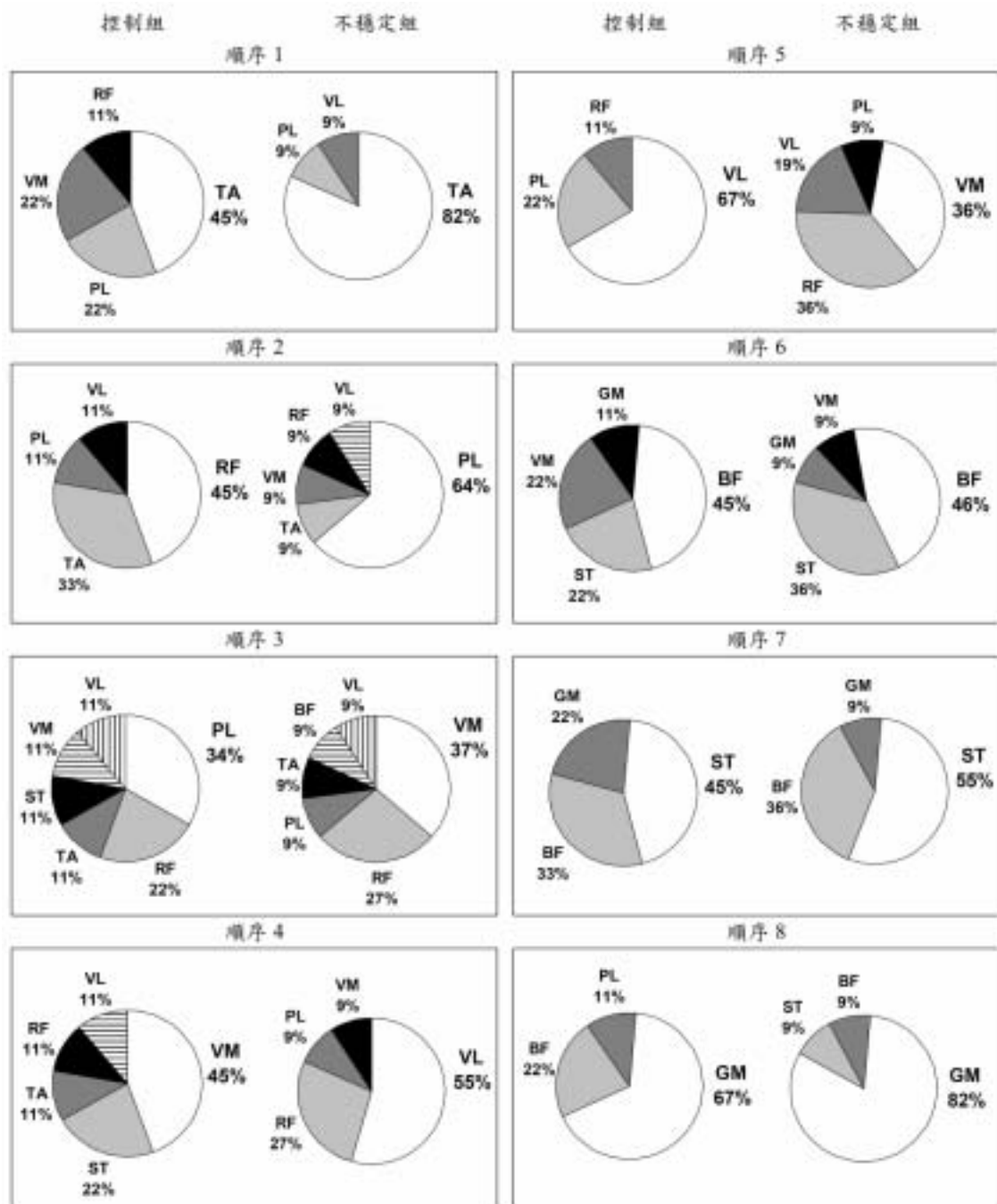


圖 4-4.1 「過網攔網」起跳時兩組的肌肉徵召模式。
VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

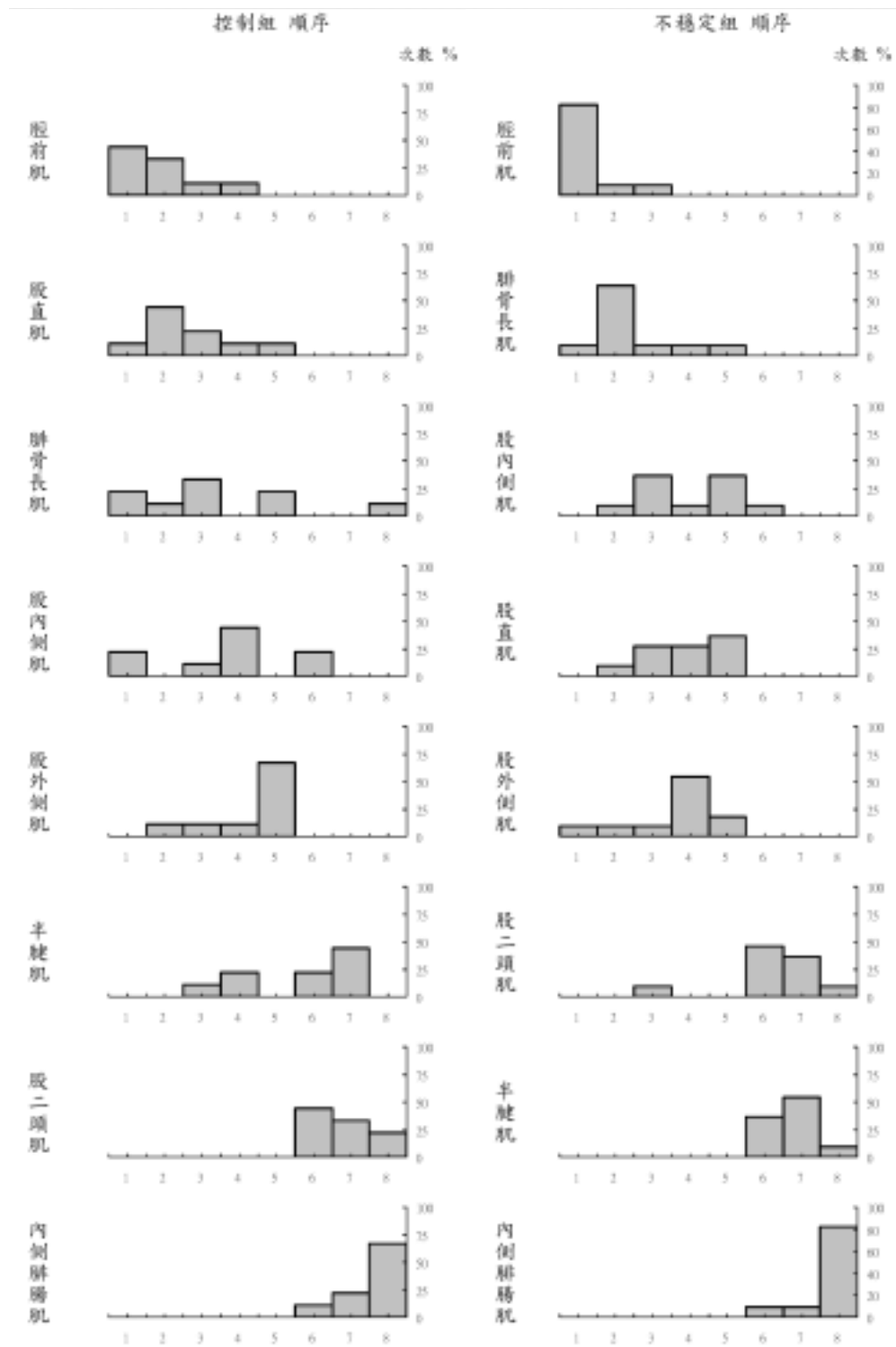


圖 4-4.2 「過網攔網」起跳時，兩組肌肉徵召次數(%)，依肌肉出現的先後順序由上而下排列。

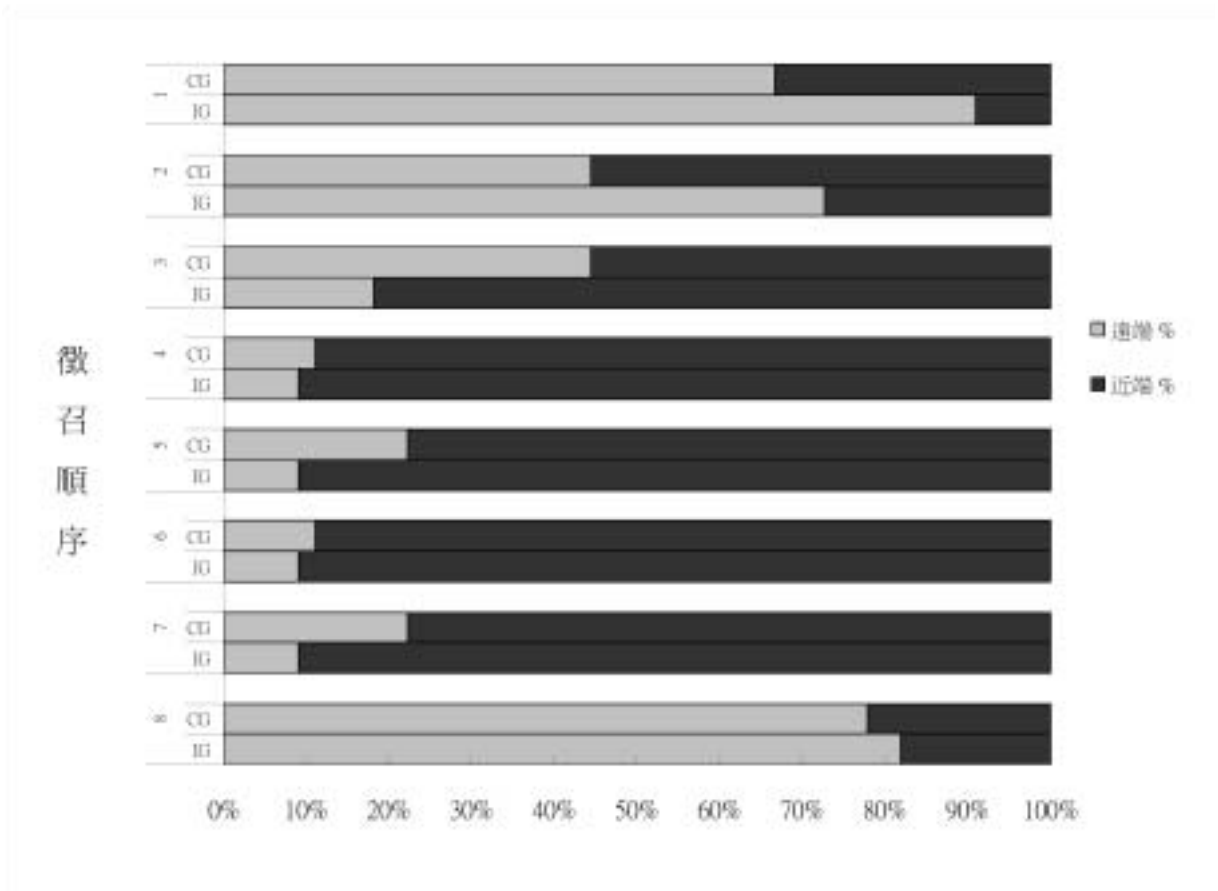


圖 4-4.3 「過網攔網」起跳時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

二、「不過網攔網」起跳時的肌肉徵召

在控制組不過網攔網起跳時(圖 4-4.4)，順序 1 最多出現的是脛前肌佔 56%；順序 2 出現次數較多的是股直肌與腓骨長肌的 33%，其次為脛前肌的 22%；順序 3 出現次數最多的是股直肌佔 45%，其次為股外側肌(22%)與腓骨長肌(22%)；順序 4 次數較多的是股內側肌的 34%，其次為分別是股直肌(22%)與半腱肌(22%)；順序 5 中股外側肌與股內側肌出現次數各佔了 33%；順序 6 出現次數最多的是半腱肌佔 45%，其次為股二頭肌佔 22%；順序 7 中出現次數最多的是股二頭肌，佔了 56%；而最後的順序 8 中主要出現的是內側腓腸肌，佔了 89%。在不過網攔網動作起跳時的徵召策略上，控制組有 3 位使用膝策略、6 位使用踝策略。

在不穩定組不過網攔網起跳時(圖 4-4.4)，順序 1 中出現次數最多的是脛前肌，佔了 73%；順序 2 中出現次數最多的是腓骨長肌，佔 64%；順序 3 出現次數較多的是股外側肌(37%)，其次為股直肌的 18%；順序 4 中較多出現的分別為股直肌的 37%與股內側肌的 27%；在順序 5 中出現次數較多的股外側肌，佔了 37%，其次是股直肌佔 27%；順序 6 中出現次數最多的是股二頭肌，佔 46%，其次為半腱肌的 27%；順序 7 中最常出現的是半腱肌，佔 46%，其次則是股二頭肌佔 27%；最後的順序 8 出現次數佔最多的同樣是內側腓腸肌，佔了 82%。在不過網攔網動作起跳時的徵召策略上，不穩定組有 1 位使用膝策略、10 位使用踝策略。

圖 4-4.5 將過網攔網起跳時，兩組各肌肉於 8 個順序中出現的次數百分比以長條圖顯示。股外側肌的順序在控制組

分布於順序 1 到 6，其中順序 3 和 5 百分比較高；不穩定組分布於順序 2 到 5，同樣在順序 3 和 5 百分比較高。股直肌的順序在控制組分布在順序 2 到 4，主要集中在順序 2 和 3；不穩定組分布在順序 3 到 6，主要集中在順序 4 和 5。股內側肌的順序在控制組分布離散為兩部分，主要集中在順序 4 和 5；不穩定組的分布較平均，在順序 1 到 7 皆出現，順序 4 的百分比較高。股二頭肌的順序在控制組與不穩定組集中分布在順序 5 到 8，控制組在順序 7 的百分比最高，而不穩定組則是在順序 6 的百分比最高。半腱肌的順序在控制組出現的順序分布在順序 3 和 4 與順序 6 和 7 兩部分；不穩定組也有類似分布，主要集中在順序 6 和 7。脛前肌的順序在控制組，主要集中在順序 1 和 2；不穩定組的分布以順序 1 的百分比最高。腓骨長肌的順序在控制組分布離散為兩部分，較集中的部分在順序 1 到 3；不穩定組在順序 2 的百分比最高。內側腓腸肌的順序在控制組與不穩定組集中分布於順序 7 和 8，同樣在順序 8 的百分比最高。

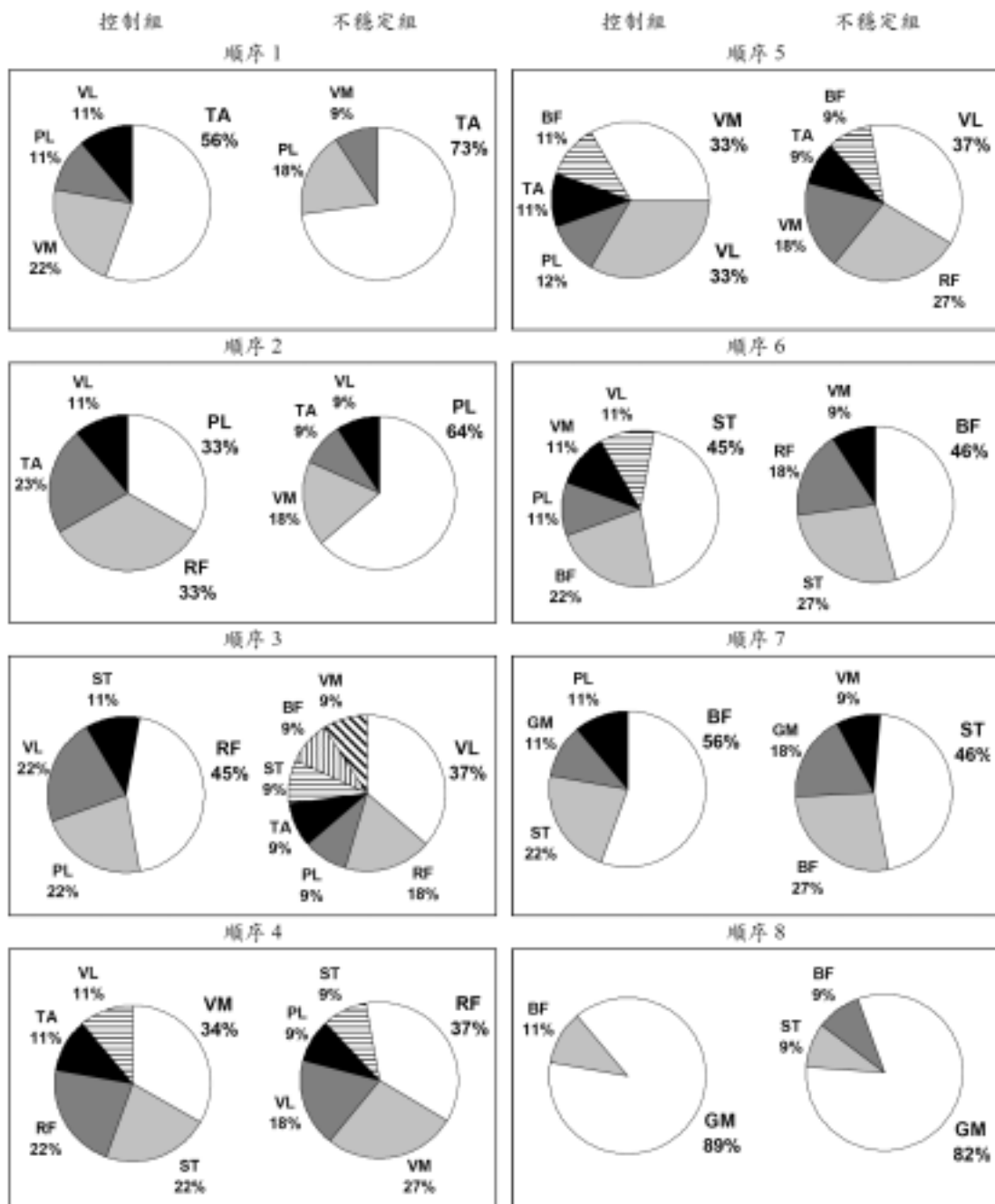


圖 4-4.4 「不過網攔網」起跳時兩組的肌肉徵召模式。
 VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

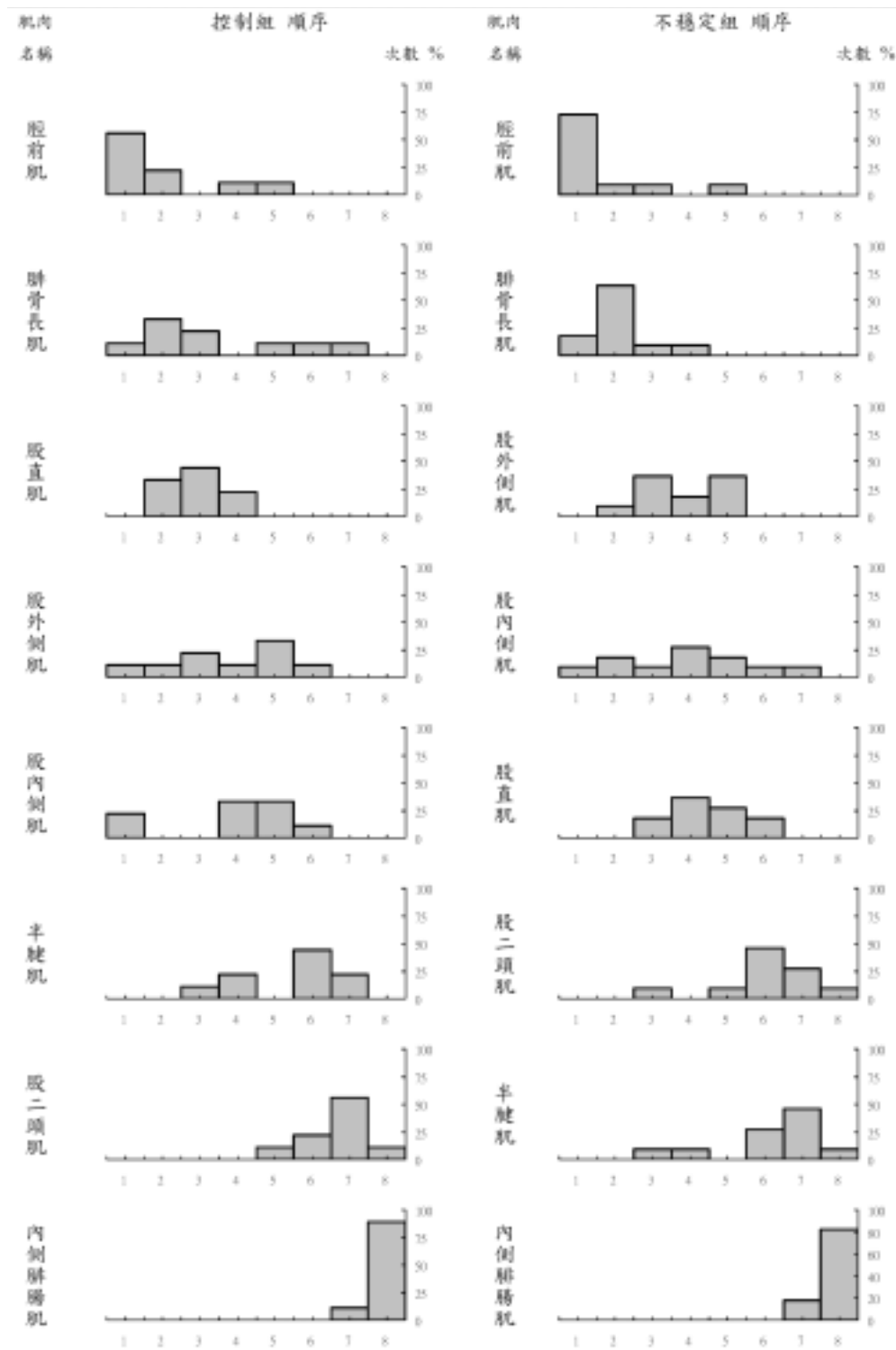


圖 4-4.5 「不過網攔網」起跳時，兩組肌肉徵召次數 (%)，依肌肉出現的先後順序由上而下排列。

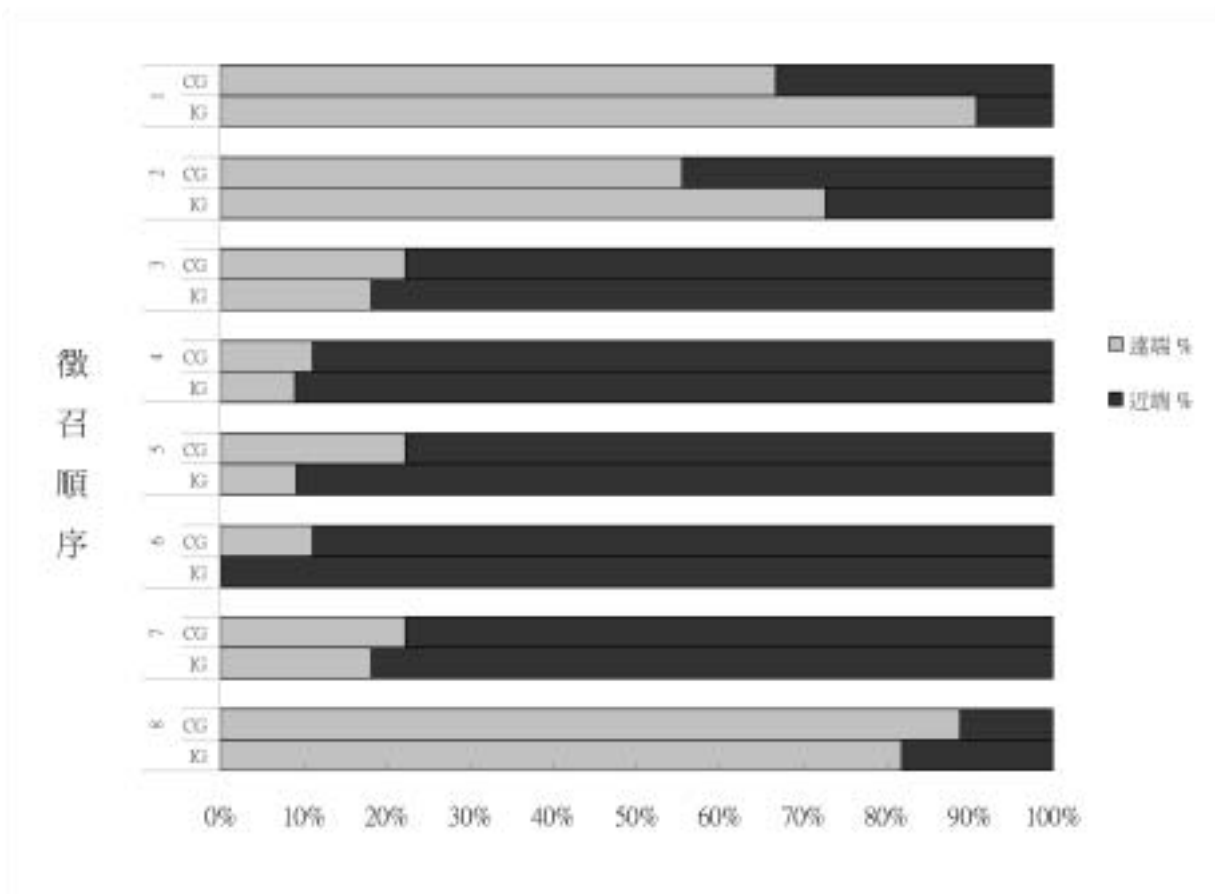


圖 4-4.6 「不過網攔網」起跳時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

三、「過網攔網」著地時的肌肉徵召

在控制組過網攔網著地時(圖 4-4.7)，最早活化的順序 1 出現次數最多的是內側腓腸肌，佔 67%；順序 2 中出現次數較多的分別是股內側肌(22%)、內側腓腸肌(22%)，其餘的股外側肌、股直肌、半腱肌、脛前肌與腓骨長肌分別都佔了 11%；順序 3 出現次數較多的有腓骨長肌(45%)與半腱肌(33%)；順序 4 中股外側肌出現次數較多，佔 34%，其次是脛前肌(22%)；順序 5 中脛前肌的次數較多，佔 45%，其餘的股直肌、股二頭肌、半腱肌、腓骨長肌與內側腓腸肌分別都佔了 11%；順序 6 中較常出現的是股內側肌(45%)，其次是股二頭肌(22%)；在順序 7 之中，出現次數較多的是股二頭肌，佔 45%，其次是股外側肌(33%)；在最後活化的順序 8 之中股直肌次數最多，佔了 67%。在過網攔網動作著地時的徵召策略上，控制組有 2 位使用膝策略、7 位使用踝策略。

在不穩定組過網攔網著地時(圖 4-4.7)，順序 1 出現次數最多的是內側腓腸肌，佔 82%；在順序 2 中出現次數較多的是腓骨長肌(46%)，其次是同樣佔 18%的內側腓腸肌與半腱肌；順序 3 中出現次數較多的有半腱肌的 36%與脛前肌的 36%；順序 4 中出現次數較多的有半腱肌(27%)與脛前肌(27%)；在順序 5 出現次數較多的是股二頭肌(28%)，其次股外側肌與半腱肌分別都佔了 18%；順序 6 中較常出現的有股直肌的 27%與的 27%；順序 7 之中股直肌、股內側肌與股二頭肌的次數同樣佔 27%；在順序 8 之中股外側肌的出現次數最多，佔 37%，而其次則是股直肌的 27%。在過網攔網動作著地時的徵召策略上，不穩定組 11 位皆使用踝策略。

圖 4-4.8 將過網攔網起跳時，兩組各肌肉於 8 個順序中出現的次數百分比以長條圖顯示。股外側肌的順序在控制組分布離散為兩部分，順序 2 到 4 與順序 6 到 7，其中順序 4 和順序 7 的百分比較高；不穩定組分布在順序 3 到 8，以順序 8 的百分比較高。股直肌的順序在控制組分布主要以順序 8 的百分比最高；不穩定組分布主要在順序 5 到 8，在順序 6 到 8 的百分比較高。股內側肌的順序在控制組分布離散，主要在順序 2 到 4 與順序 6，其中順序 6 的百分比較高；不穩定組的分布在順序 3 到 8，以順序 6 和 7 的百分比較高。股二頭肌的順序在控制組分布在順序 4 到 8，以順序 7 的百分比較高；不穩定組主要分布在順序 5 到 8。半腱肌的順序在控制組出現的順序分布主要在順序 1 到 5，以順序 3 的百分比較高；不穩定組則是集中分布於順序 2 到 5，其中順序 3 和 4 的百分比較高。脛前肌的順序在控制組的分布主要在順序 4 到 7，以順序 5 百分比較高；不穩定組分布主要在順序 3 到 6，以順序 3 的百分比較高。腓骨長肌的順序在控制組分布以順序 3 的百分比最高；不穩定組分布在順序 1 到 5，其中以順序 2 的百分比較高。內側腓腸肌的順序在控制組與不穩定組分布主要在順序 1 和 2，同樣以順序 1 的百分比最高。

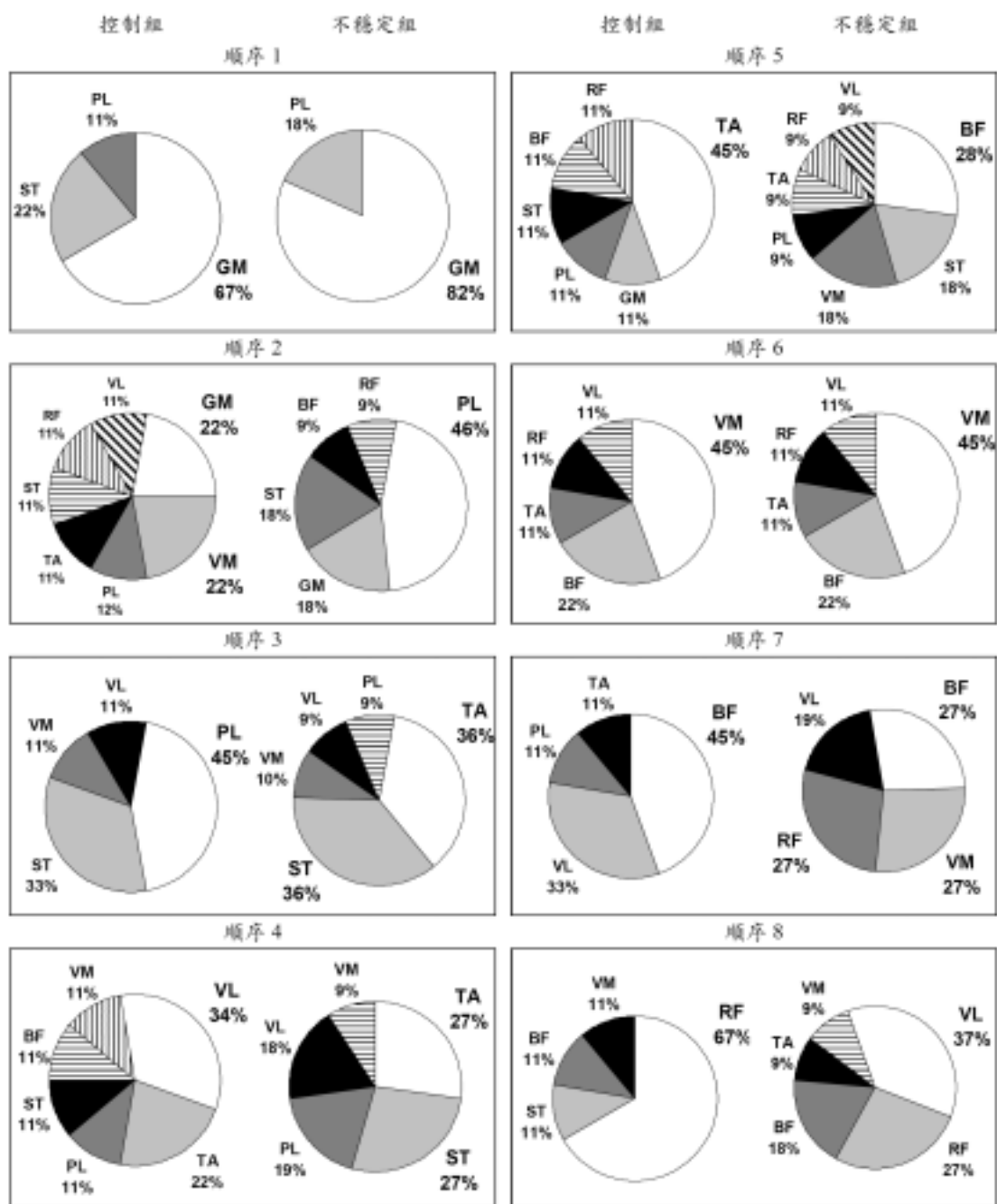


圖 4-4.7 「過網攔網」著地時兩組的肌肉徵召模式。
VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

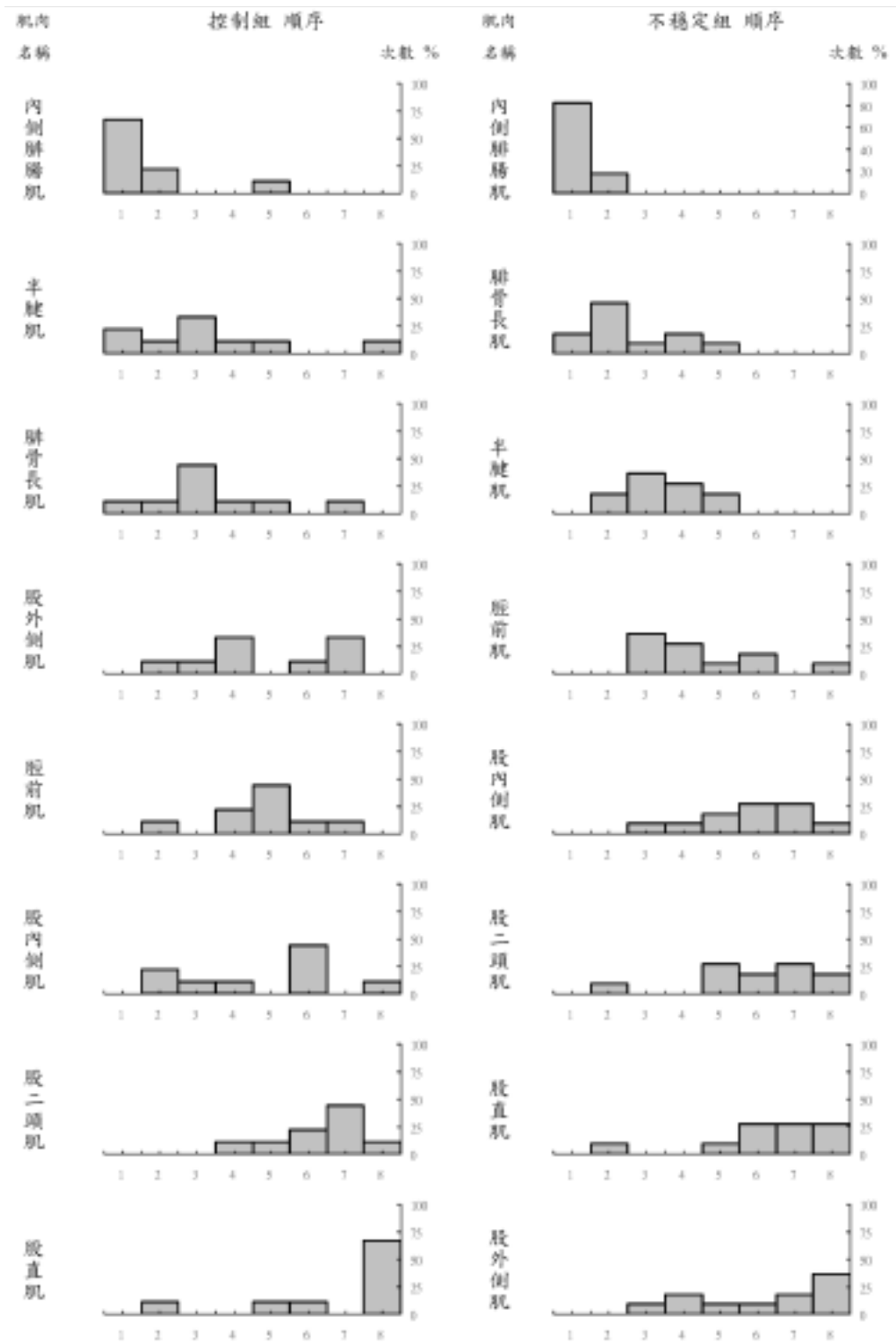


圖 4-4.8 「過網攔網」著地時，兩組肌肉徵召次數(%)，依肌肉出現的先後順序由上而下排列。

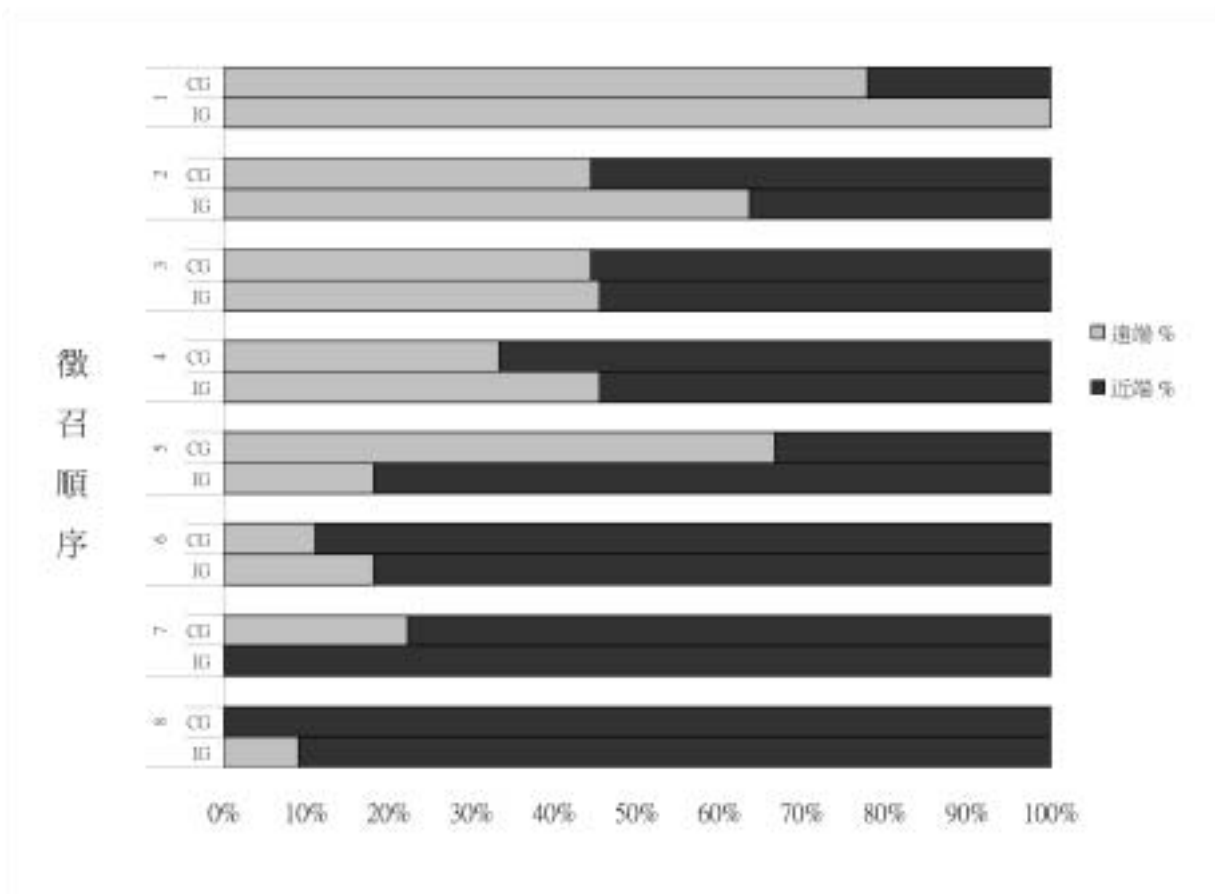


圖 4-4.9 「過網攔網」著地時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

四、「不過網攔網」著地時的肌肉徵召

在控制組不過網攔網著地時(圖 4-4.10)，最先活化的順序 1 出現次數最多的是內側腓腸肌，佔 56%；在順序 2 之中出現次數較多的有半腱肌的 22%、腓骨長肌的 22%與內側腓腸肌的 22%；在順序 3 出現次數最多的是腓骨長肌，佔了 45%，其次則是半腱肌(22%)；在順序 4 出現次數較多的為脛前肌的 34%，其餘股外側肌、股直肌、股二頭肌、半腱肌、腓腸肌與腓骨長肌分別都佔了 11%；在順序 5 中，次數較多的為脛前肌的 34%其次則是同樣佔 22%的股直肌與股二頭肌；順序 6 佔出現次數最多的是股內側肌(67%)；在順序 7 中，出現次數最多的是股二頭肌(45%)，其次的股外側肌與股直肌都各佔了 22%；最後活化的順序 8 之中，大部分是股直肌(44%)與股外側肌(44%)。在不過網攔網動作著地時的徵召策略上，控制組有 3 位使用膝策略、6 位使用踝策略。

在不穩定組不過網攔網著地時(圖 4-4.10)，順序 1 之中出現次數最多的是也內側腓腸肌，佔 73%；在順序 2 中次數較多的有內側腓腸肌(28%)，其次是同樣佔 27%的半腱肌與腓骨長肌；在順序 3 之中腓骨長肌佔 46%，而其次是股內側肌的 18%與脛前肌的 18%；在順序 4 之中出現次數較多的為半腱肌(37%)，其次是股內側肌的 18%與脛前肌的 18%；在順序 5 主要是股內側肌，佔了 37%，其次是股外側肌(18%)與脛前肌(18%)；順序 6 中出現次數較多的是股外側肌(28%)，其次股內側肌、股二頭肌與脛前肌都各佔了 18%；在順序 7 中次數較多的是股外側肌的 28%，其他的股直肌、股內側肌、股二頭肌與脛前肌都各佔 18%；在最後的順序 8 之中，出現次

數最多的是股二頭肌，佔了 46%，其次是股直肌，佔了 36%。在不過網攔網動作著地時的徵召策略上，不穩定組有 1 位使用膝策略、10 位使用踝策略。

圖 4-4.11 將過網攔網起跳時，兩組各肌肉於 8 個順序中出現的次數百分比以長條圖顯示。股外側肌的順序在控制組分布離散，主要在順序 7 和 8，以順序 8 的百分比較高；不穩定組分布也分為順序 3 與順序 5 到 8 兩部分，主要以順序 6 和 7 的百分比較高。股直肌的順序在控制組分布也分為兩部份，主要集中在順序 7 和 8；不穩定組分布在順序 2 到 8，在順序 8 的百分比較高。股內側肌的順序在控制組分布離散，其中以順序 6 的百分比最高；不穩定組的分布在順序 4 到 8，以順序 5 的百分比較高。股二頭肌的順序在控制組分布主要在順序 4 到 7，在順序 7 的百分比較高；不穩定組的分布在順序 4 到 8，順序 8 的百分比較高。半腱肌的順序在控制組出現的順序分布主要在順序 1 到 4；不穩定組則是分布在順序 2 到 6，其中順序 2 和 4 的百分比較高。脛前肌的順序在控制組的分布在順序 3 到 7，以順序 4 和 5 的百分比較高；不穩定組的分布在順序 2 到 7，順序 3 到 7 的百分比相同。腓骨長肌的順序在控制組分布在順序 1 到 5，以順序 3 的百分比較高；不穩定組分布在順序 1 到 4，同樣以順序 3 的百分比較高。內側腓腸肌的順序在控制組分布在順序 1 到 4，而不穩定組分布在順序 1 和 2，兩組同樣以順序 1 的百分比最高。

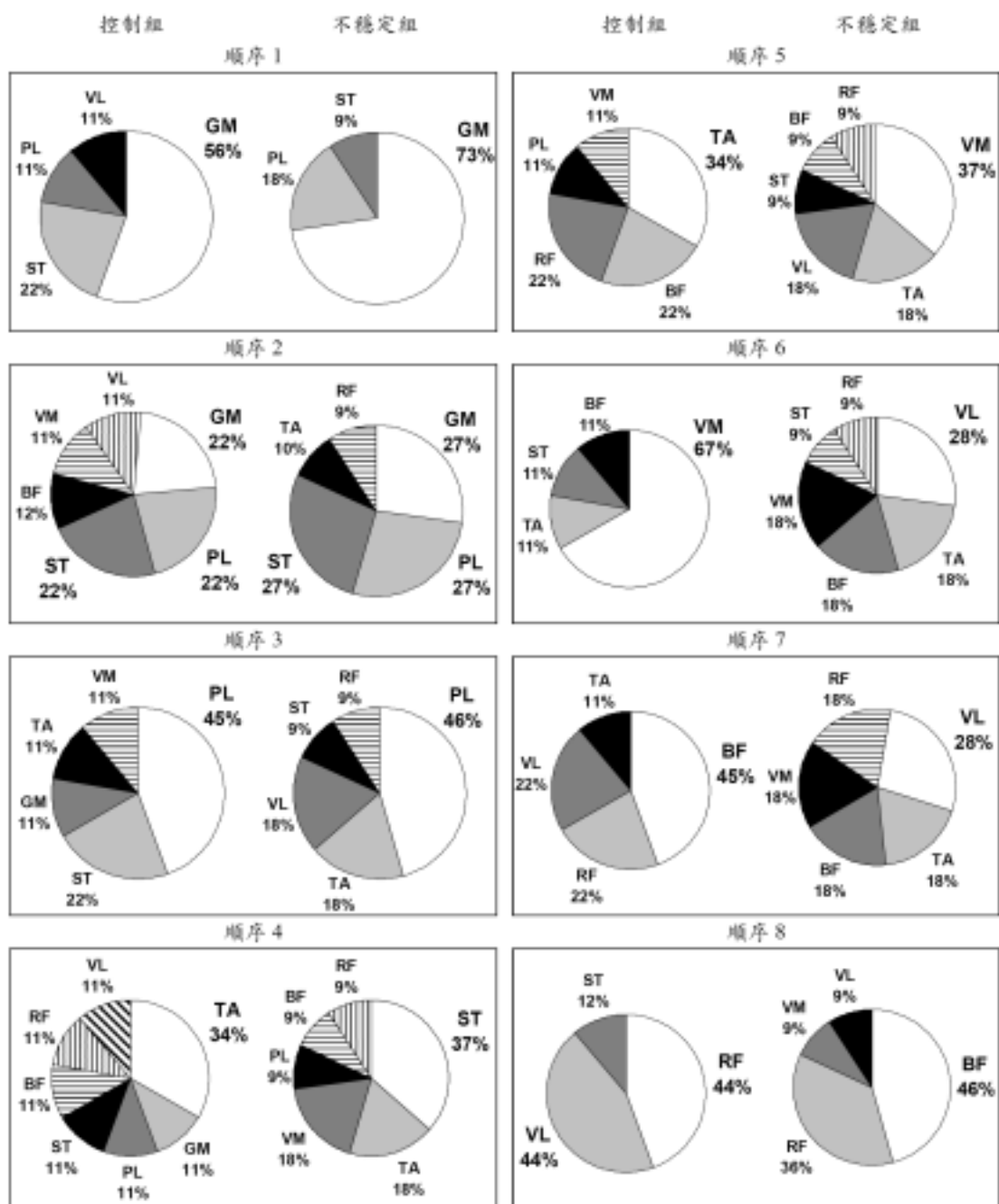


圖 4-4.10 「不過網攔網」著地時兩組的肌肉徵召模式。
 VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

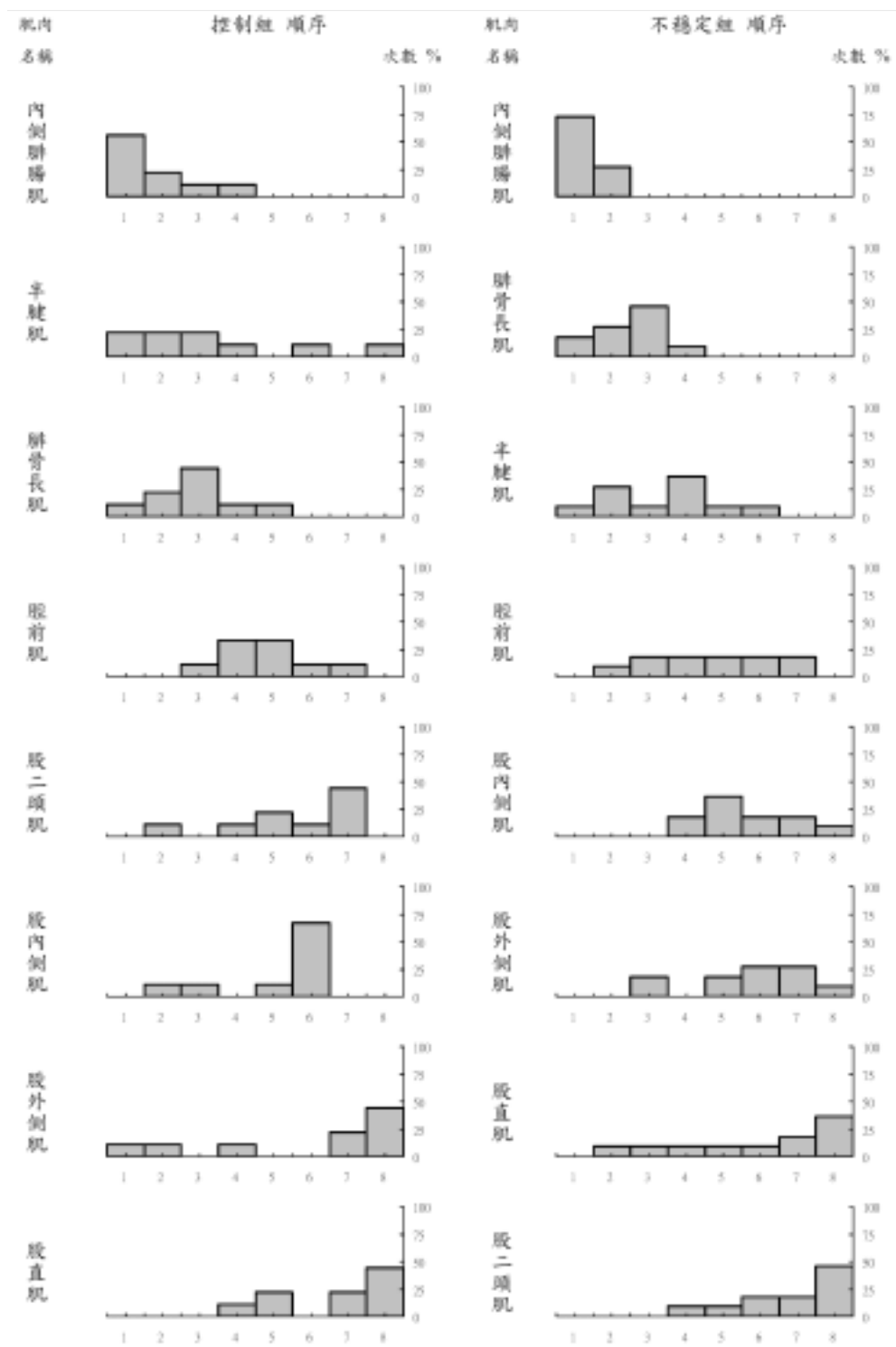


圖 4-4.11 「不過網攔網」著地時，兩組肌肉徵召次數 (%)，依肌肉出現的先後順序由上而下排列。

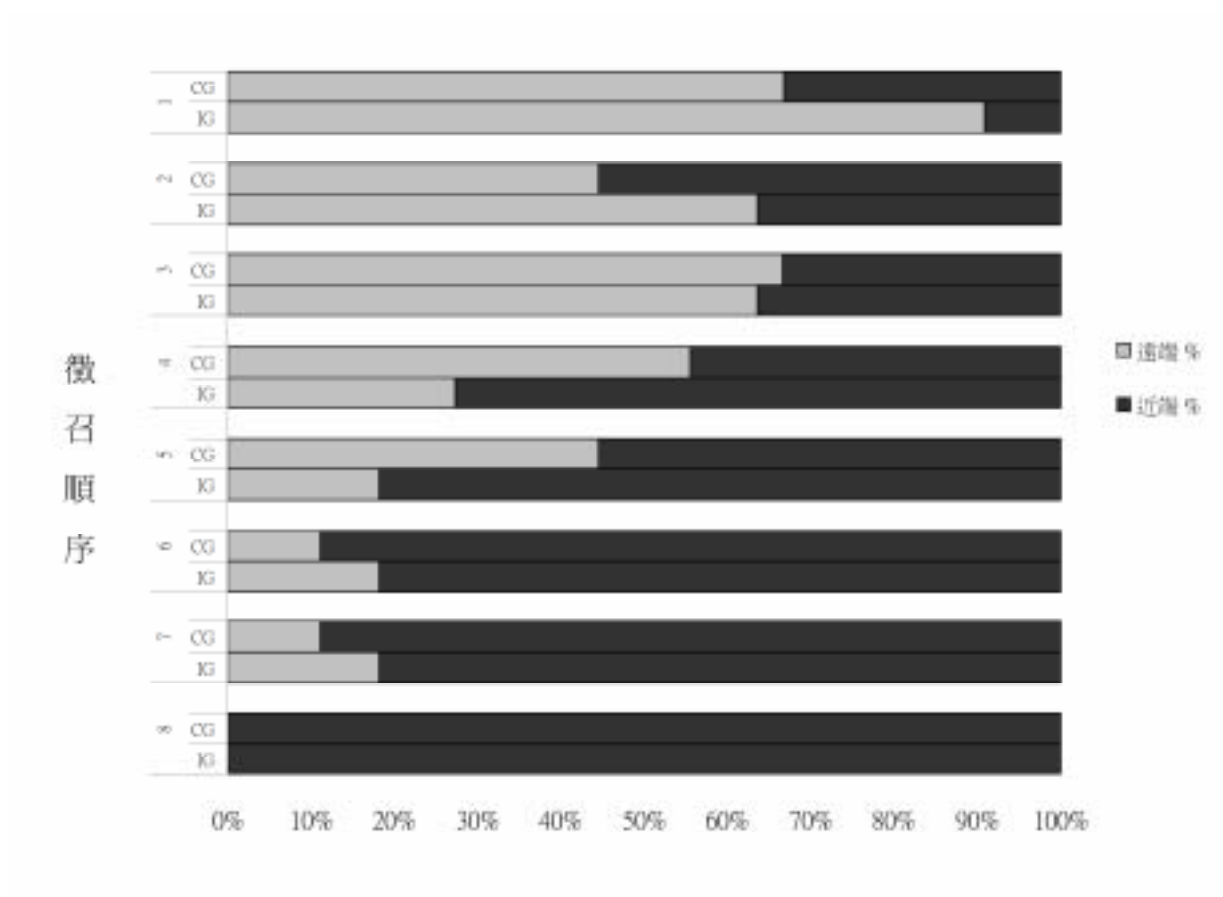


圖 4-4.12 「不過網攔網」著地時，遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

五、本節整理

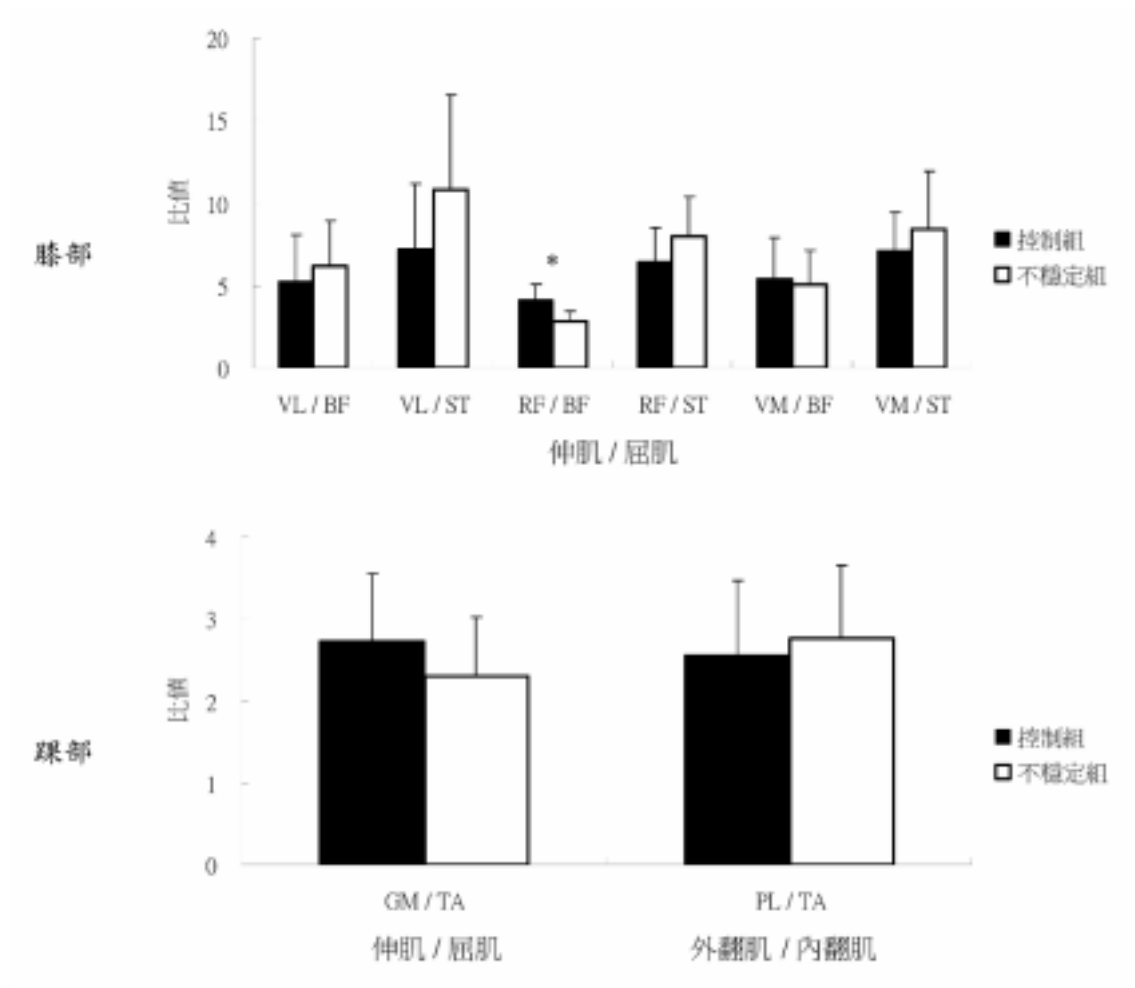
- (一) 過網攔網起跳時，兩組在順序 2 到順序 5 所採用的肌肉在比例上較不相同。在策略上控制組有 1 / 3 的人採用膝策略，而不穩定組只有 1 / 11 採用。單一肌肉於各順序中出現的次數分布之中，以股外側肌、股二頭肌與內側腓腸肌的分布狀況較為類似。
- (二) 不過網攔網起跳時，兩組在順序 3 到 7 所採用的肌肉在比例上較不相同。在策略上控制組有 1 / 3 的人採用膝策略，而不穩定組只有 1 / 11 採用。單一肌肉於各順序中出現的次數分布之中，以股外側肌、股二頭肌與內側腓腸肌的分布狀況較為類似。
- (三) 過網攔網著地時，兩組在順序 2 到順序 5 所採用的肌肉在比例上較不相同。在策略上控制組有 2 / 9 的人採用膝策略，而不穩定組 11 位都採用踝策略。單一肌肉於各順序中出現的次數分布之中，以股二頭肌、腓骨長肌與內側腓腸肌的分布狀況較為類似。
- (四) 不過網攔網著地時，兩組在順序 4 到順序 7 所採用的肌肉在比例上較不相同。在策略上控制組有 1 / 3 的人採用膝策略，而不穩定組只有 1 / 11 採用。單一肌肉於各順序中出現的次數分布之中，以脛前肌、腓骨長肌與內側腓腸肌的分布狀況較為類似。

第五節 攔網動作時兩組間肌肉共同收縮比值的比較

本節將分為六個部份，表示在不同攔網動作的起跳前、著地前與著地後，兩組間成對拮抗肌肉共同收縮比值的差異。

一、「過網攔網」起跳前肌肉的共同收縮比值

兩組在「膝部」的 RF / BF(CG = 4.15 ± 0.94 ; IG = 2.81 ± 0.63 , $p < 0.05$)有顯著差異，且控制組大於不穩定組；而在 VL / BF(CG = 5.27 ± 2.76 ; IG = 6.18 ± 2.79)、VL / ST(CG = 7.22 ± 3.96 ; IG = 10.81 ± 5.75)、RF / ST(CG = 6.45 ± 2.00 ; IG = 7.94 ± 2.44)、VM / BF(CG = 5.40 ± 2.46 ; IG = 5.07 ± 2.08)與 VM / ST(CG = 7.16 ± 2.28 ; IG = 8.39 ± 3.55)兩組皆無顯著差異。另外在「踝部」的 GM / TA(CG = 2.73 ± 0.82 ; IG = 2.31 ± 0.71)與 PL / TA(CG = 2.56 ± 0.91 ; IG = 2.77 ± 0.88)的比值上也沒有顯著差異(圖 4-5.1)。

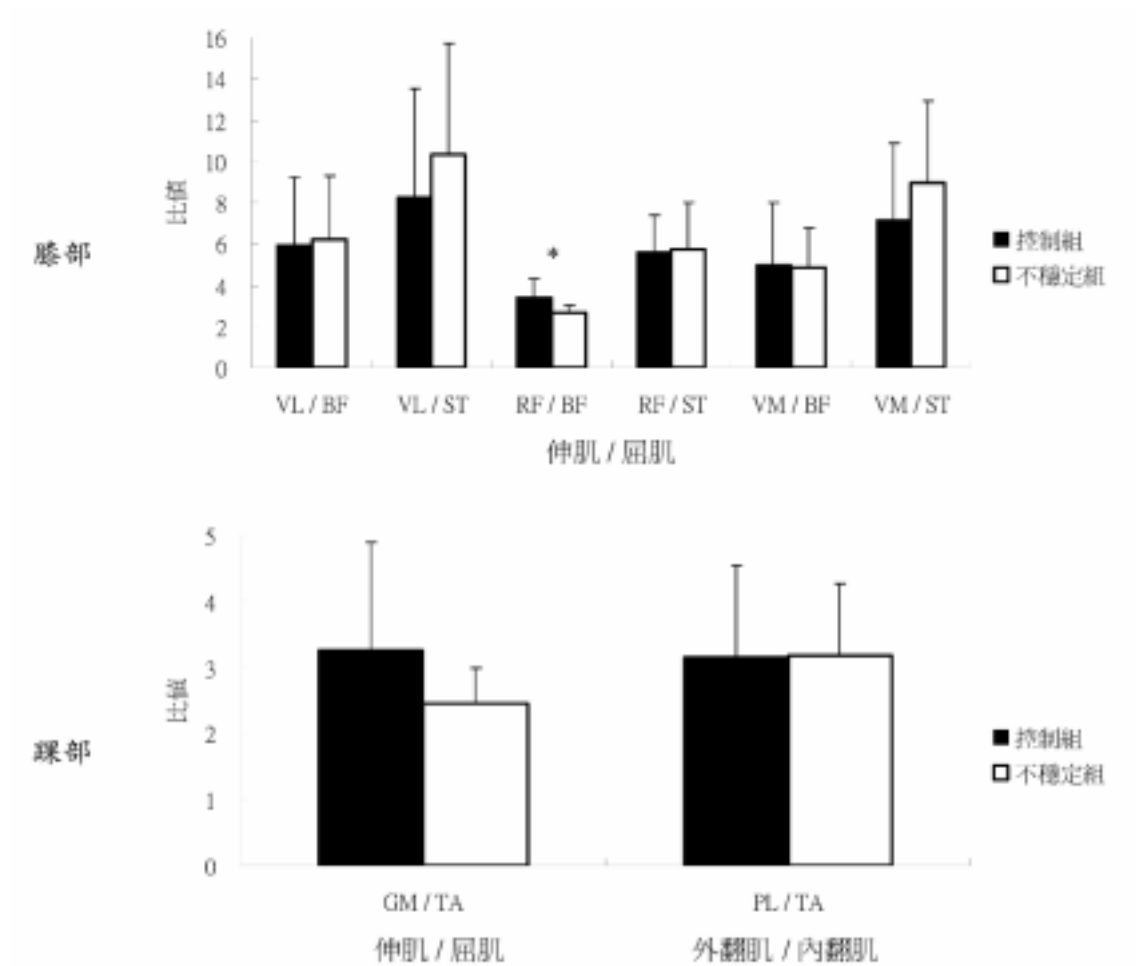


* t-test, $p < 0.05$

圖 4-5.1 「過網攔網」動作中兩組在起跳前肌肉共同收縮比值的比較。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

二、「不過網攔網」起跳前肌肉的共同收縮比值

兩組在「膝部」的 RF / BF (CG = 3.39 ± 0.90 ; IG = 2.64 ± 0.39 , $p < 0.05$) 有顯著差異，且控制組大於不穩定組；而在 VL / BF (CG = 5.98 ± 3.25 ; IG = 6.25 ± 3.02)、VL / ST (CG = 8.28 ± 5.24 ; IG = 10.31 ± 5.39)、RF / ST (CG = 5.61 ± 1.08 ; IG = 5.73 ± 2.28)、VM / BF (CG = 4.99 ± 3.02 ; IG = 4.86 ± 1.90) 與 VM / ST (CG = 7.20 ± 3.66 ; IG = 8.96 ± 3.99) 兩組皆無顯著差異。另外在「踝部」的 GM / TA (CG = 3.27 ± 1.63 ; IG = 2.46 ± 0.53) 與 PL / TA (CG = 3.16 ± 1.39 ; IG = 3.18 ± 1.09) 的比值上也沒有顯著差異(圖 4-5.2)。

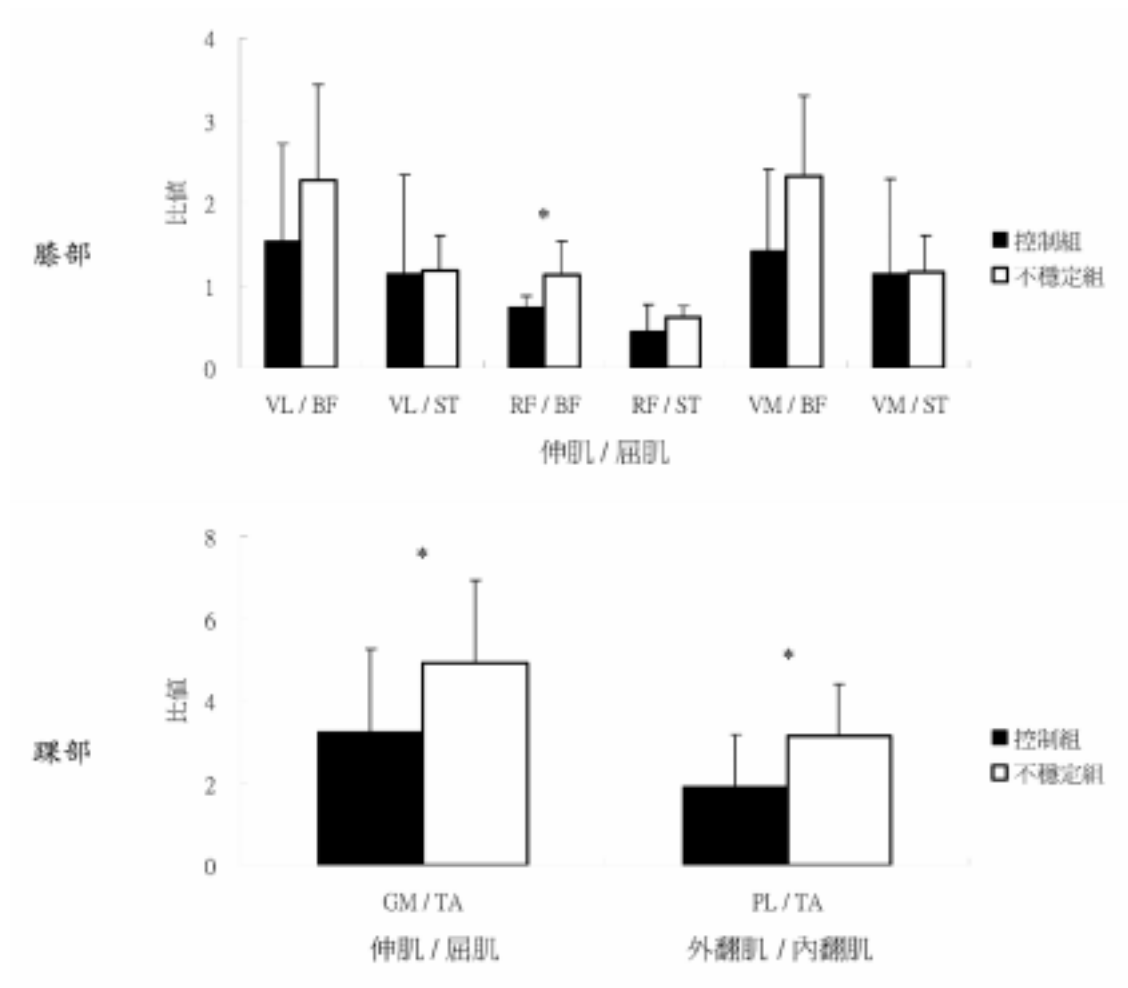


* t-test, $p < 0.05$

圖 4-5.2 「不過網攔網」動作中兩組在起跳前肌肉共同收縮比值的比較。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

三、「過網攔網」著地前肌肉的共同收縮比值

兩組在「膝部」的 RF / BF(CG = 0.74 ± 0.14 ; IG = 1.13 ± 0.40 , $p < 0.05$)、「踝部」GM / TA(CG = 3.26 ± 0.91 ; IG = 4.94 ± 2.00 , $p < 0.05$)與 PL / TA(CG = 1.90 ± 1.07 ; IG = 3.15 ± 1.27 , $p < 0.05$)的部份有顯著差異，且不穩定組皆大於控制組；而在 VL / BF(CG = 1.54 ± 1.18 ; IG = 2.27 ± 1.16)、VL / ST(CG = 1.15 ± 1.19 ; IG = 1.18 ± 0.43)、RF / ST(CG = 0.44 ± 0.34 ; IG = 0.62 ± 0.14)、VM / BF(CG = 1.42 ± 0.99 ; IG = 2.33 ± 0.97)與 VM / ST(CG = 1.15 ± 1.14 ; IG = 1.17 ± 0.44)兩組皆無顯著差異(圖 4-5.3)。

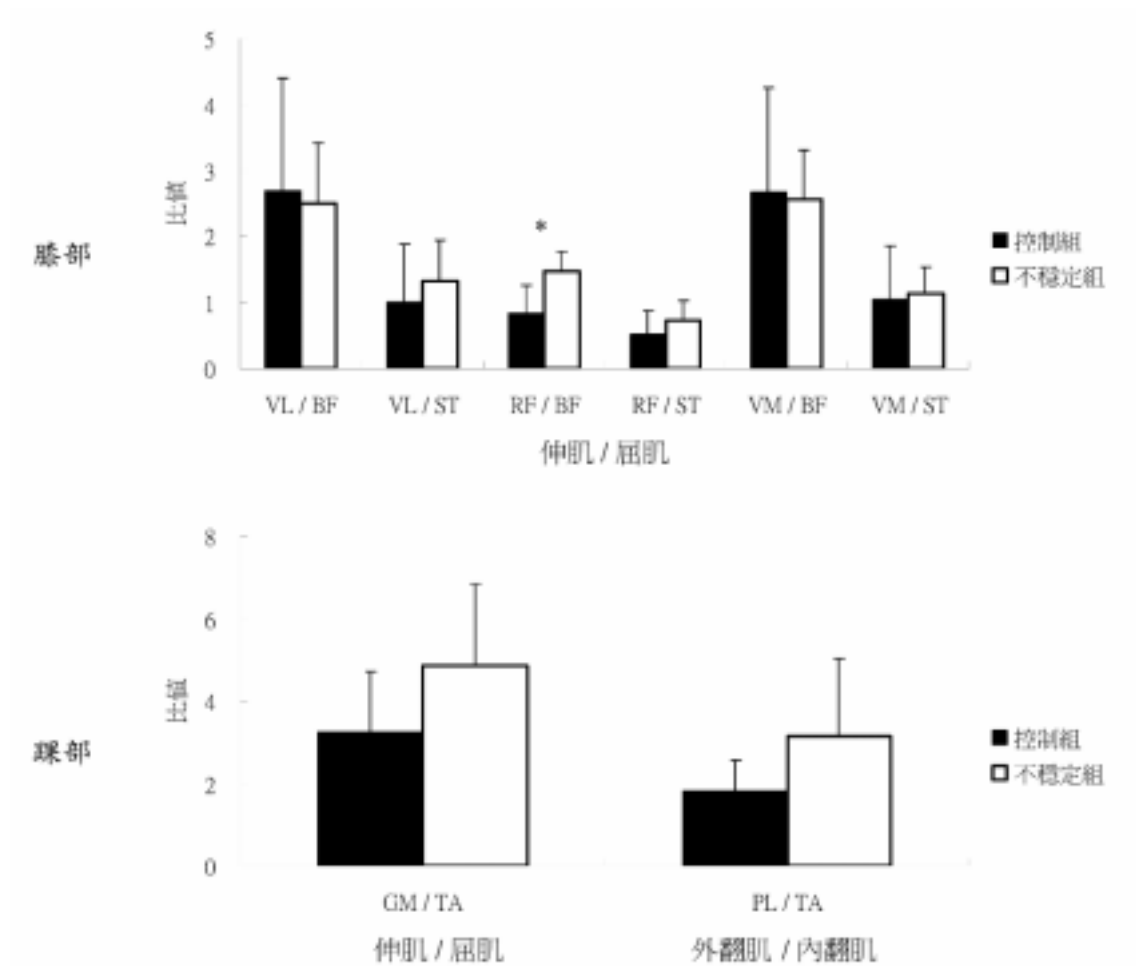


* t-test, $p < 0.05$

圖 4-5.3 「過網攔網」動作中兩組在著地前肌肉共同收縮比值的比較。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

四、「不過網攔網」著地前肌肉的共同收縮比值

兩組在「膝部」的 RF / BF (CG = 0.84 ± 0.43 ; IG = 1.47 ± 0.32 , $p < 0.05$) 有顯著差異，且不穩定組大於控制組；而在 VL / BF (CG = 2.70 ± 1.72 ; IG = 2.50 ± 0.92)、VL / ST (CG = 1.00 ± 0.87 ; IG = 1.33 ± 0.60)、RF / ST (CG = 0.51 ± 0.37 ; IG = 0.72 ± 0.31)、VM / BF (CG = 2.68 ± 1.57 ; IG = 2.56 ± 0.74) 與 VM / ST (CG = 1.05 ± 0.80 ; IG = 1.14 ± 0.41) 兩組間皆無顯著差異。另外在「踝部」的 GM / TA (CG = 3.26 ± 1.47 ; IG = 4.86 ± 1.97) 與 PL / TA (CG = 1.80 ± 0.75 ; IG = 3.13 ± 1.91) 的比值上也沒有顯著差異 (圖 4-5.4)。



* t-test, $p < 0.05$

圖 4-5.4 「不過網攔網」動作中兩組在著地前肌肉共同收縮比值的比較。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

五、「過網攔網」著地後肌肉的共同收縮比值

兩組在「膝部」的 VL / BF(CG = 5.28 ± 1.46 ; IG = 4.81 ± 2.18)、VL / ST(CG = 5.99 ± 4.68 ; IG = 4.93 ± 2.59)、RF / BF(CG = 3.33 ± 0.91 ; IG = 2.76 ± 0.74)、RF / ST(CG = 3.21 ± 0.81 ; IG = 2.47 ± 1.08)、VM / BF(CG = 4.63 ± 1.84 ; IG = 5.76 ± 1.77)與 VM / ST(CG = 5.13 ± 3.23 ; IG = 5.56 ± 2.85)皆無顯著差異；另外在「踝部」肌肉 GM / TA(CG = 0.84 ± 0.35 ; IG = 0.91 ± 0.40)、PL / TA(CG = 1.34 ± 0.70 ; IG = 1.54 ± 0.57)的比值上也沒有顯著差異(圖 4-5.5)。

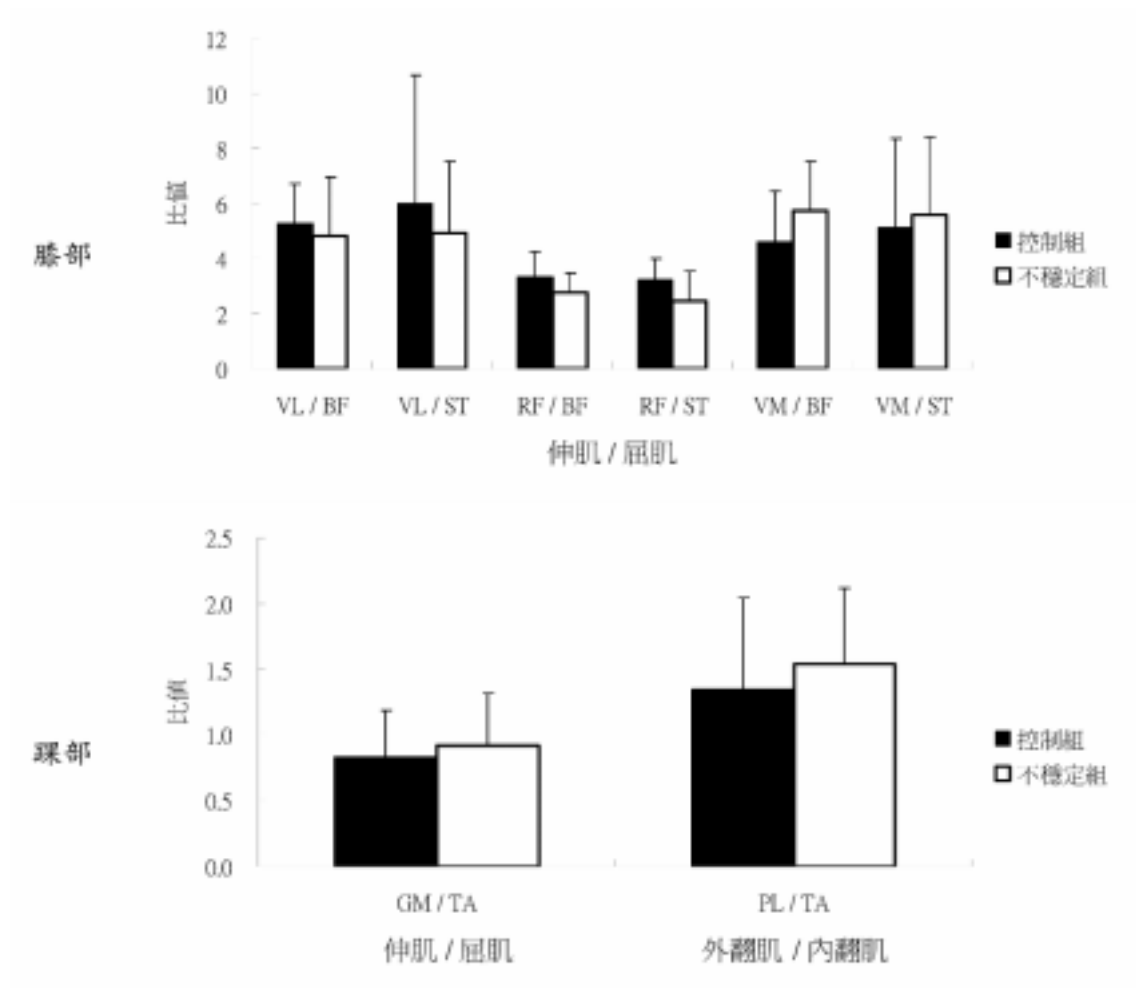


圖 4-5.5 「過網攔網」動作中兩組在著地後肌肉共同收縮比值的比較。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

六、「不過網攔網」著地後肌肉的共同收縮比值

兩組在「膝部」的 VL / BF(CG = 7.28 ± 4.36 ; IG = 6.05 ± 2.95)、VL / ST(CG = 7.50 ± 5.21 ; IG = 6.52 ± 2.99)、RF / BF(CG = 2.94 ± 0.55 ; IG = 2.47 ± 0.73)、RF / ST(CG = 2.33 ± 0.85 ; IG = 2.96 ± 0.77)、VM / BF(CG = 4.79 ± 2.12 ; IG = 5.54 ± 2.01)與 VM / ST(CG = 4.74 ± 2.52 ; IG = 5.90 ± 2.36)皆無顯著差異；另外在「踝部」肌肉 GM / TA(CG = 0.80 ± 0.36 ; IG = 0.80 ± 0.35)、PL / TA(CG = 1.44 ± 0.90 ; IG = 1.55 ± 0.62)的比值上也沒有顯著差異(圖 4-5.6)。

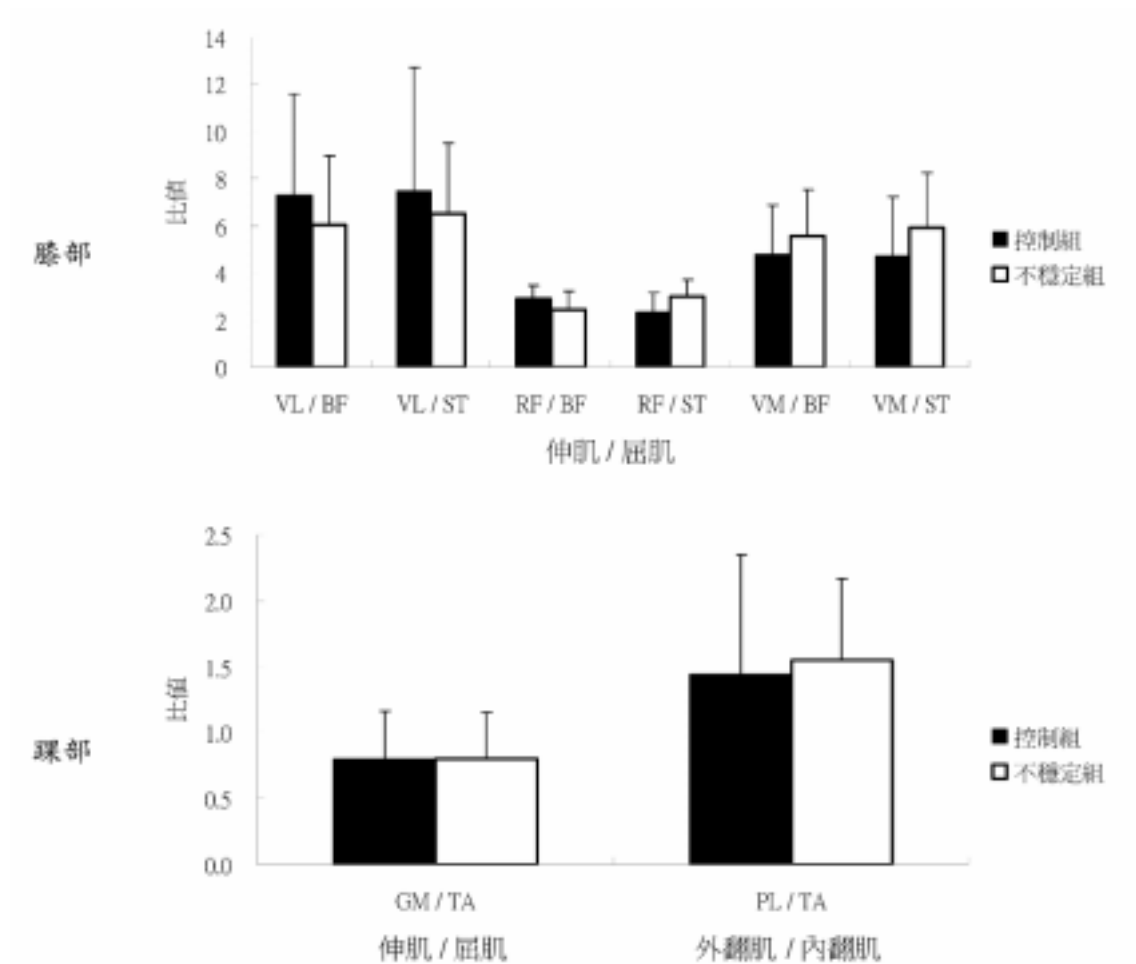


圖 4-5.6 「不過網攔網」動作中兩組在著地後肌肉共同收縮比值的比較。VL = 股外側肌，RF = 股直肌，VM = 股內側肌，BF = 股二頭肌，ST = 半腱肌，TA = 脛前肌，PL = 腓骨長肌，GM = 內側腓腸肌。

七、 本節整理

- (一) 起跳前肌肉共同收縮比值上，控制組在兩種攔網動作的 RF / BF 比值都明顯較大。
- (二) 著地前的肌肉共同收縮比值在過網攔網時，不穩定組的 RF / BF、GM / TA 與 PL / TA 的比值都明顯較大；而不過網攔網時，不穩定組在 RF / BF 的比值明顯較大。
- (三) 著地後的肌肉共同收縮比值在兩種攔網動作時，兩組間的比值皆無顯著差異。

第六節 兩種攔網動作間活化程度的比較

本節分為二個部份，分別表示各組在兩種攔網動作之間，分別在三個時期(起跳前、著地前、著地後)肌肉活化程度的差異。

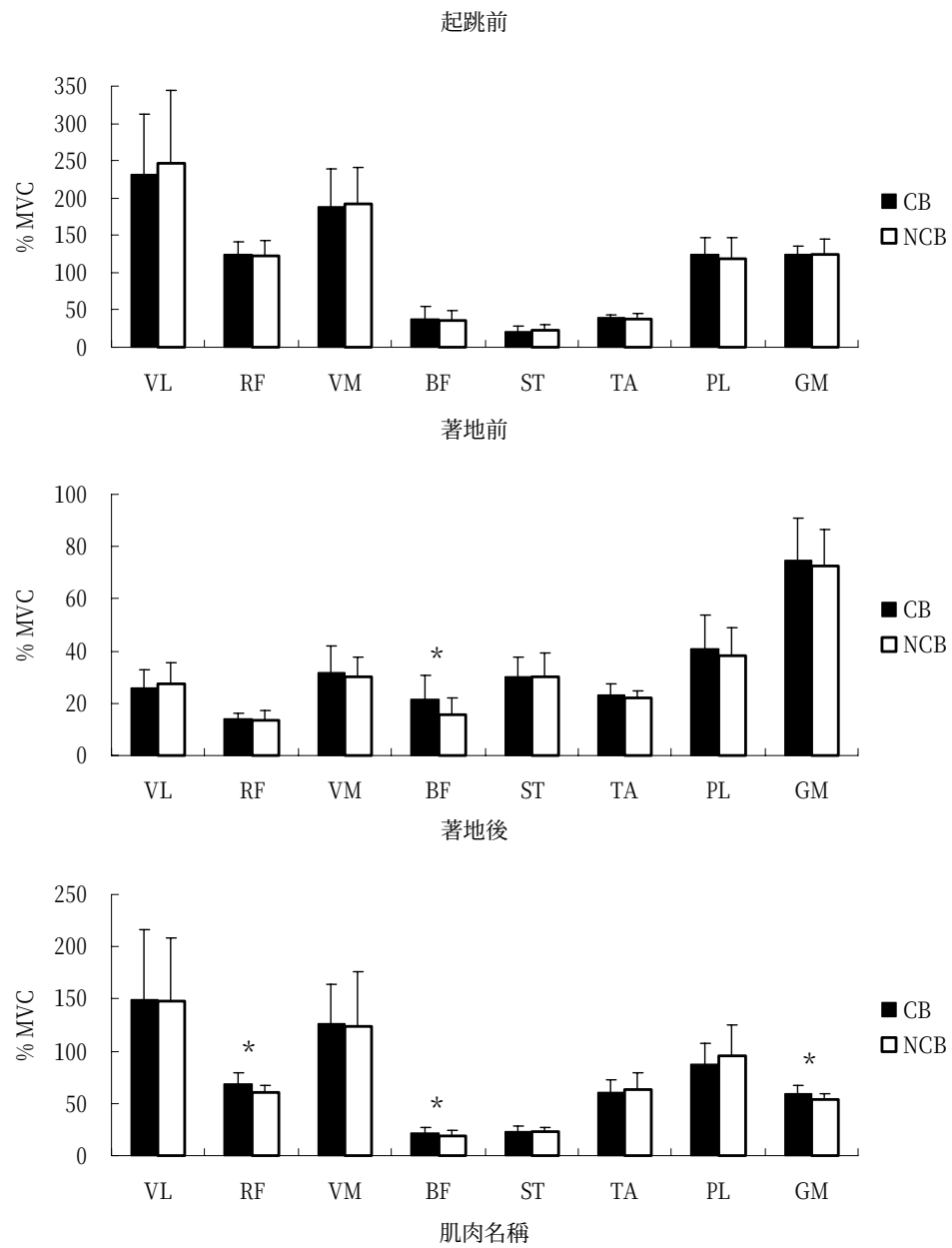
一、控制組的活化程度

控制組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢肌肉的活化程度表示如表 4-6.1。

表 4-6.1 控制組在兩種攔網動作間的肌肉活化程度

肌肉	動作	起跳前	著地前	著地後
股外側肌	CB	230.77 ± 80.88	25.78 ± 6.75	149.43 ± 66.99
	NCB	247.28 ± 97.77	27.18 ± 8.04	147.92 ± 59.80
股直肌	CB	124.14 ± 17.15	14.11 ± 1.85	68.87 ± 10.13*
	NCB	122.06 ± 21.26	13.68 ± 3.30	60.63 ± 7.22
股內側肌	CB	187.65 ± 51.18	31.85 ± 10.06	125.94 ± 38.32
	NCB	191.79 ± 48.92	30.09 ± 7.70	123.14 ± 53.20
股二頭肌	CB	36.93 ± 17.42	21.59 ± 8.95*	21.07 ± 5.57*
	NCB	35.42 ± 13.97	15.46 ± 6.38	19.12 ± 5.34
半腱肌	CB	21.63 ± 6.75	30.24 ± 7.53	22.90 ± 5.94
	NCB	22.85 ± 6.92	30.06 ± 9.34	22.78 ± 4.38
脛前肌	CB	38.64 ± 4.96	22.89 ± 4.34	60.84 ± 11.71
	NCB	37.05 ± 7.88	22.03 ± 2.49	63.60 ± 16.25
腓骨長肌	CB	124.70 ± 22.99	41.08 ± 12.49	87.36 ± 20.14
	NCB	118.69 ± 27.26	38.38 ± 10.67	95.63 ± 28.83
內側腓腸肌	CB	124.94 ± 11.40	74.91 ± 16.06	59.76 ± 7.15*
	NCB	124.98 ± 19.51	72.33 ± 14.47	53.38 ± 6.10

**t*-test, $p < 0.05$



* t -test, $p < 0.05$

圖 4-6.1 控制組在兩種攔網動作間肌肉活化程度的比較。
VL=股外側肌，RF=股直肌，VM=股內側肌，BF=股二頭肌，ST=半腱肌，TA=脛前肌，PL=腓骨長肌，GM=內側腓腸肌。

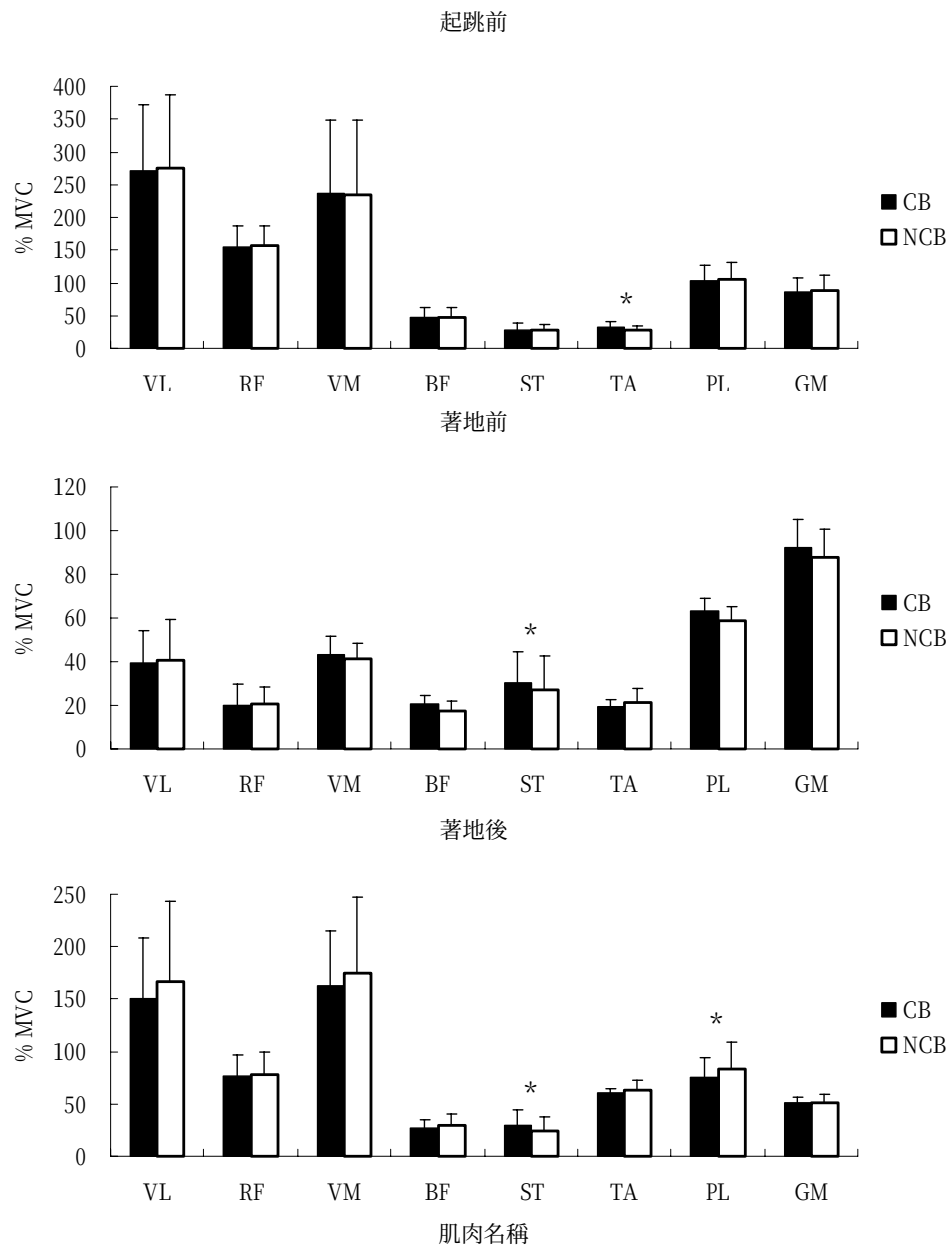
二、不穩定組的活化程度

不穩定組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢肌肉的活化程度表示如表 4-6.2。

表 4-6.2 不穩定組在兩種攔網動作間的肌肉活化程度

肌肉	動作	起跳前		著地前		著地後	
股外側肌	CB	270.60	± 100.57	39.23	± 14.73	150.57	± 58.33
	NCB	274.89	± 112.95	40.56	± 18.60	167.27	± 75.50
股直肌	CB	153.85	± 33.64	19.73	± 9.92	76.03	± 20.68
	NCB	156.98	± 29.53	20.37	± 7.69	78.19	± 21.76
股內側肌	CB	236.50	± 112.22	43.32	± 8.03	162.80	± 51.91
	NCB	235.08	± 113.85	41.01	± 7.32	174.57	± 73.36
股二頭肌	CB	48.29	± 14.95	20.55	± 3.67	27.15	± 7.77
	NCB	47.86	± 13.77	17.15	± 4.60	30.07	± 10.30
半腱肌	CB	27.09	± 12.23	30.23	± 14.10*	29.36	± 14.64*
	NCB	26.97	± 10.33	27.09	± 15.32	24.67	± 13.09
脛前肌	CB	33.26	± 8.05*	19.62	± 3.20	60.34	± 4.63
	NCB	28.96	± 4.78	21.54	± 6.15	63.79	± 9.39
腓骨長肌	CB	103.21	± 24.30	63.54	± 5.23	75.40	± 18.78
	NCB	104.70	± 26.61	58.99	± 6.28	83.84	± 24.73*
內側腓腸肌	CB	86.91	± 21.34	92.56	± 12.89	50.95	± 5.79
	NCB	89.11	± 23.46	87.83	± 12.77	50.83	± 8.01

**t*-test, $p < 0.05$



* t -test, $p < 0.05$

圖 4-6.2 不穩定組在兩種攔網動作間肌肉活化程度的比較。
VL=股外側肌，RF=股直肌，VM=股內側肌，BF=股二頭肌，ST=半腱肌，TA=脛前肌，PL=腓骨長肌，GM=內側腓腸肌。

第七節 兩種攔網動作間活化起始點的比較

本節分為二個部份，分別表示各組在兩種攔網動作之間，在三個時期(起跳前、著地前、著地後)肌肉活化起始時間點的差異。

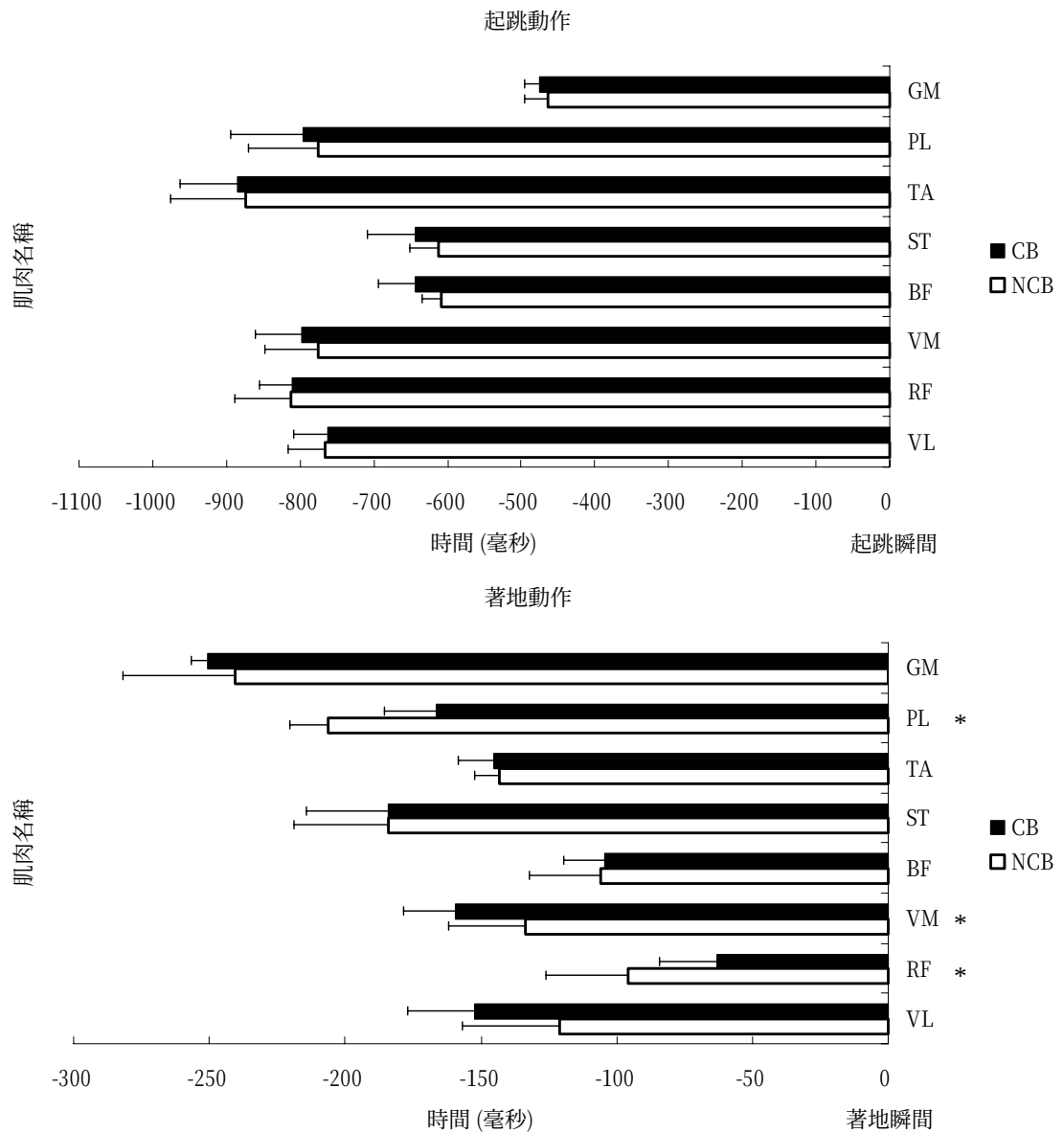
一、控制組的活化起始時間點

控制組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢肌肉的活化起始時間點表示如表 4-7.1。

表 4-7.1 兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點

肌肉	動作	起跳前	著地前
股外側肌	CB	-762.09 ± 46.71	-152.04 ± 25.14
	NCB	-766.30 ± 50.07	-121.07 ± 35.85
股直肌	CB	-809.83 ± 44.39	-63.27 ± 20.71
	NCB	-811.81 ± 76.88	-95.86 ± 29.94*
股內側肌	CB	-797.13 ± 64.16	-159.33 ± 19.19*
	NCB	-775.35 ± 72.65	-133.46 ± 28.51
股二頭肌	CB	-644.31 ± 48.73	-104.37 ± 14.92
	NCB	-607.60 ± 26.45	-105.97 ± 25.96
半腱肌	CB	-643.06 ± 66.19	-184.08 ± 30.01
	NCB	-611.37 ± 38.82	-183.81 ± 34.89
脛前肌	CB	-885.63 ± 77.82	-145.31 ± 13.00
	NCB	-872.98 ± 103.59	-143.19 ± 9.33
腓骨長肌	CB	-796.57 ± 97.78	-166.60 ± 18.89
	NCB	-774.49 ± 95.33	-206.29 ± 13.81*
內側腓腸肌	CB	-474.10 ± 21.22	-250.69 ± 6.19
	NCB	-464.56 ± 30.23	-240.58 ± 41.43

* t -test, $p < 0.05$



**t*-test, $p < 0.05$

圖 4-6.2 控制組在兩種攔網動作間肌肉活化起始時間點的比較。VL=股外側肌，RF=股直肌，VM=股內側肌，BF=股二頭肌，ST=半腱肌，TA=脛前肌，PL=腓骨長肌，GM=內側腓腸肌。

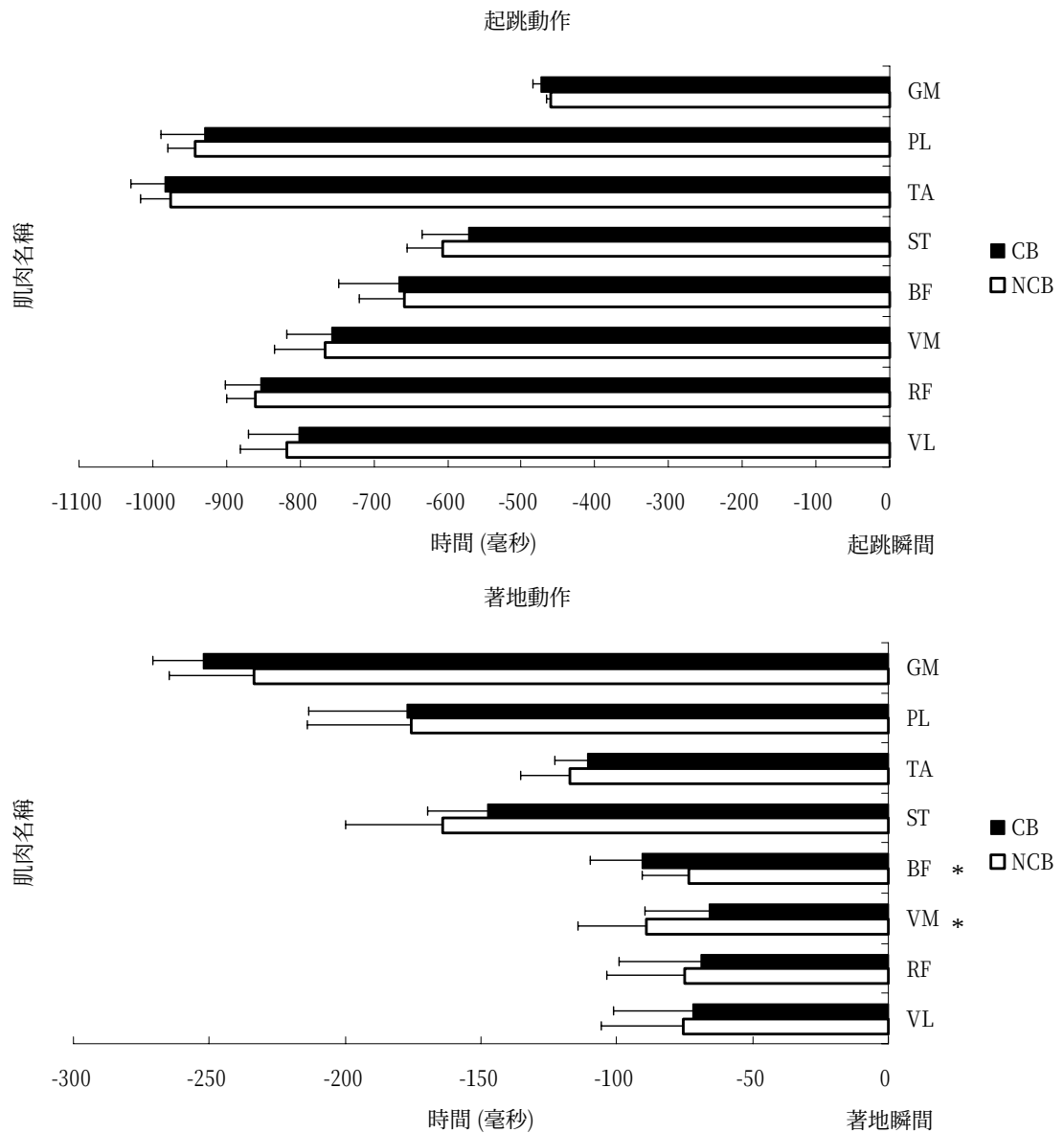
二、不穩定組的活化起始時間點

不穩定組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢肌肉的活化起始時間點表示如表 4-7.2。

表 4-7.2 兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點

肌肉	動作	起跳前	著地前
股外側肌	CB	-800.48 ± 69.73	-72.21 ± 28.75
	NCB	-818.21 ± 62.92	-75.39 ± 30.17
股直肌	CB	-852.41 ± 49.98	-68.78 ± 30.15
	NCB	-860.44 ± 40.00	-75.18 ± 28.64
股內側肌	CB	-757.70 ± 61.01	-65.77 ± 23.66
	NCB	-765.23 ± 70.43	-89.34 ± 24.70*
股二頭肌	CB	-665.50 ± 82.79	-90.76 ± 18.84*
	NCB	-658.17 ± 61.99	-73.42 ± 16.93
半腱肌	CB	-571.86 ± 62.44	-147.61 ± 22.11
	NCB	-605.95 ± 48.77	-164.26 ± 35.38
脛前肌	CB	-982.65 ± 47.19	-110.94 ± 11.96
	NCB	-975.32 ± 40.62	-117.49 ± 17.94
腓骨長肌	CB	-929.43 ± 58.62	-177.05 ± 36.31
	NCB	-942.50 ± 36.38	-175.53 ± 38.29
內側腓腸肌	CB	-473.89 ± 10.85	-251.97 ± 19.01
	NCB	-459.18 ± 6.18	-233.62 ± 30.97

**t*-test, $p < 0.05$



* t -test, $p < 0.05$

圖 4-6.2 不穩定組在兩種攔網動作間肌肉活化起始時間點的比較。VL=股外側肌，RF=股直肌，VM=股內側肌，BF=股二頭肌，ST=半腱肌，TA=脛前肌，PL=腓骨長肌，GM=內側腓腸肌。

第八節 兩種攔網動作間肌肉徵召模式

本節分為二個部份，分別表示各組在兩種攔網動作之間，在三個時期(起跳前、著地前、著地後)肌肉徵召的模式，以各順序中遠、近端肌肉的徵召比例來表示。

一、控制組的徵召模式

控制組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢遠、近端肌肉的徵召比例，在起跳前(圖 4-8.1)與著地前(圖 4-8.2)。

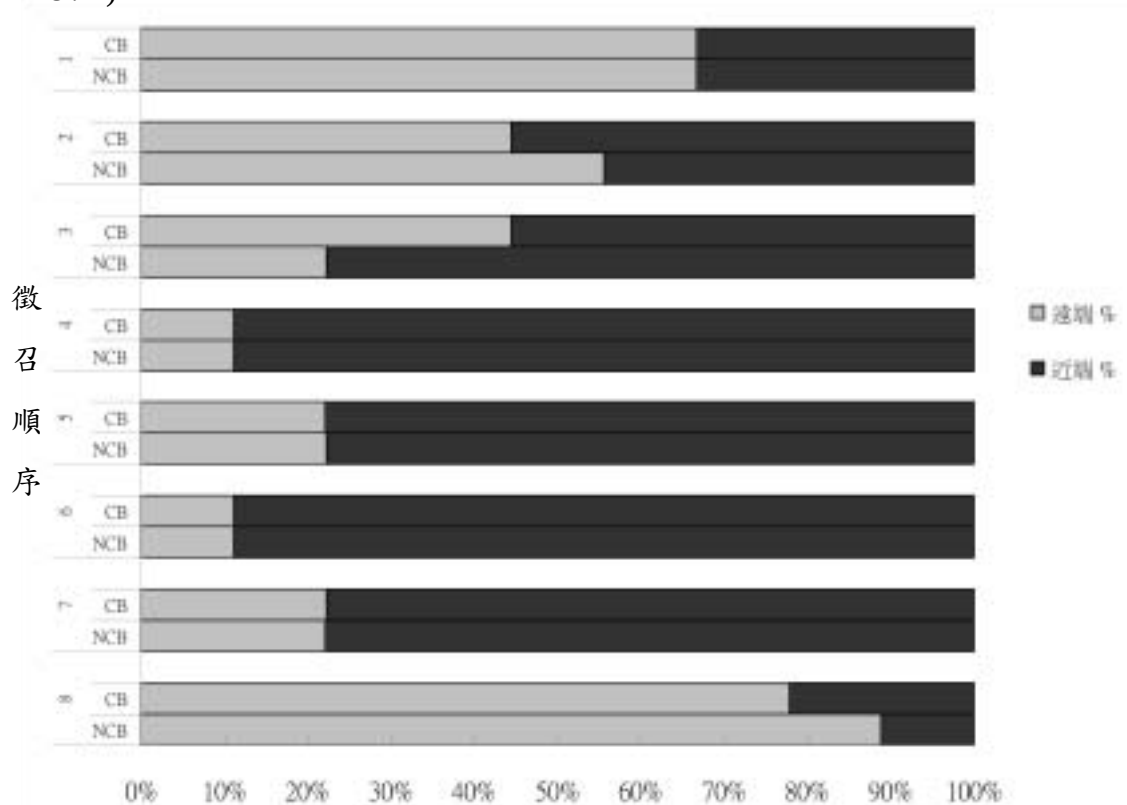


圖 4-8.1 起跳前控制組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

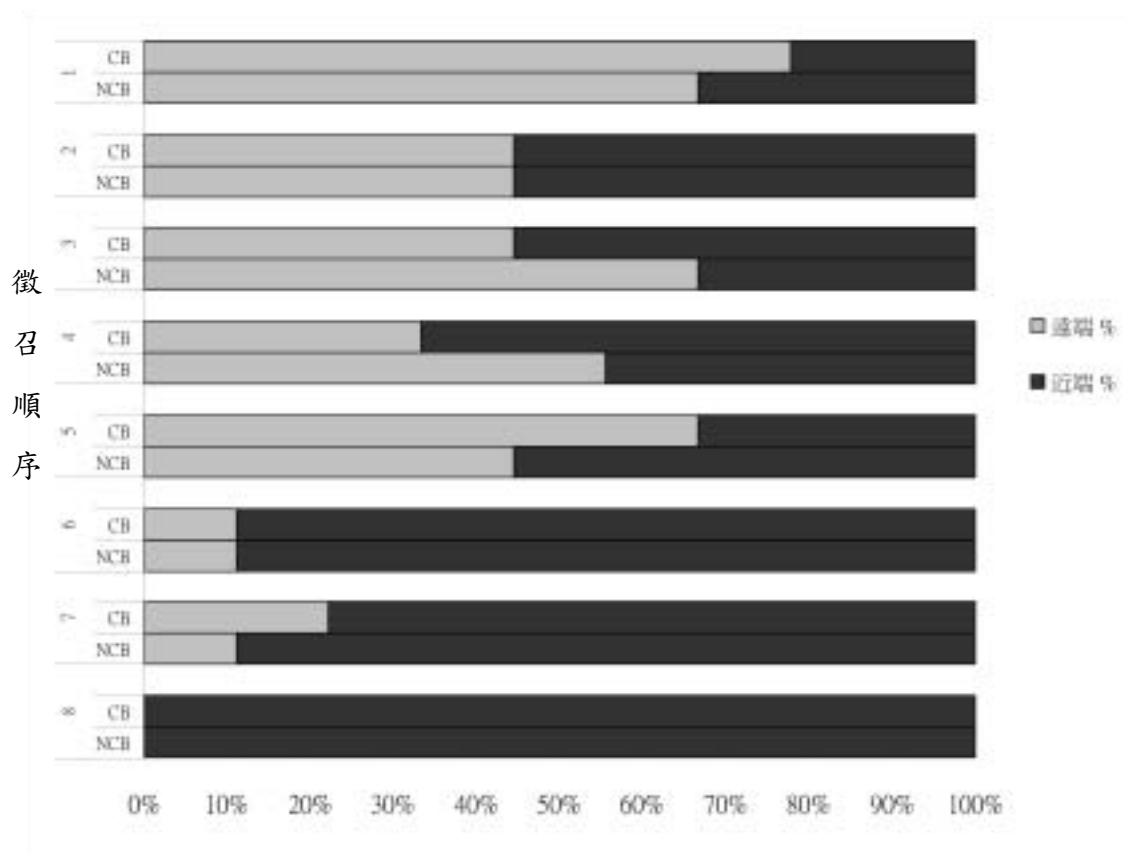


圖 4-8.2 著地前控制組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

二、不穩定組的徵召模式

不穩定組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢遠、近端肌肉的徵召比例，在起跳前(圖 4-8.3)與著地前(圖 4-8.4)。

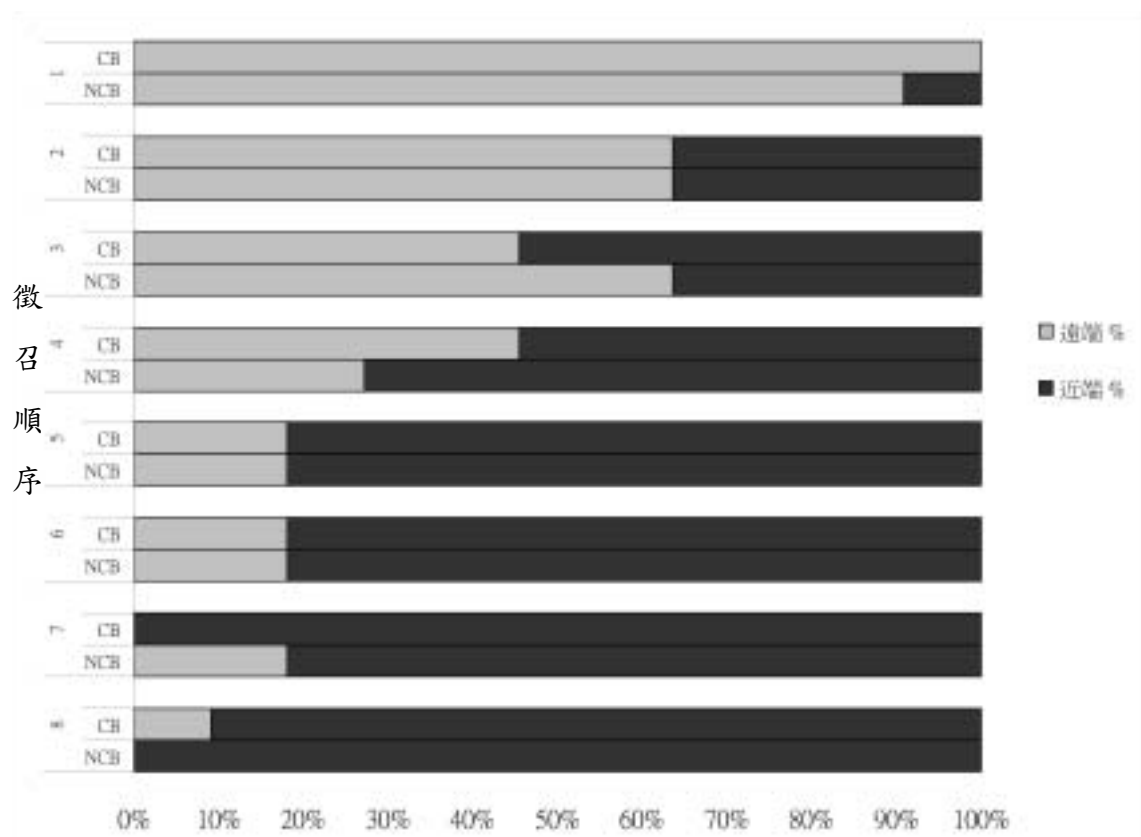


圖 4-8.3 起跳前不穩定組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

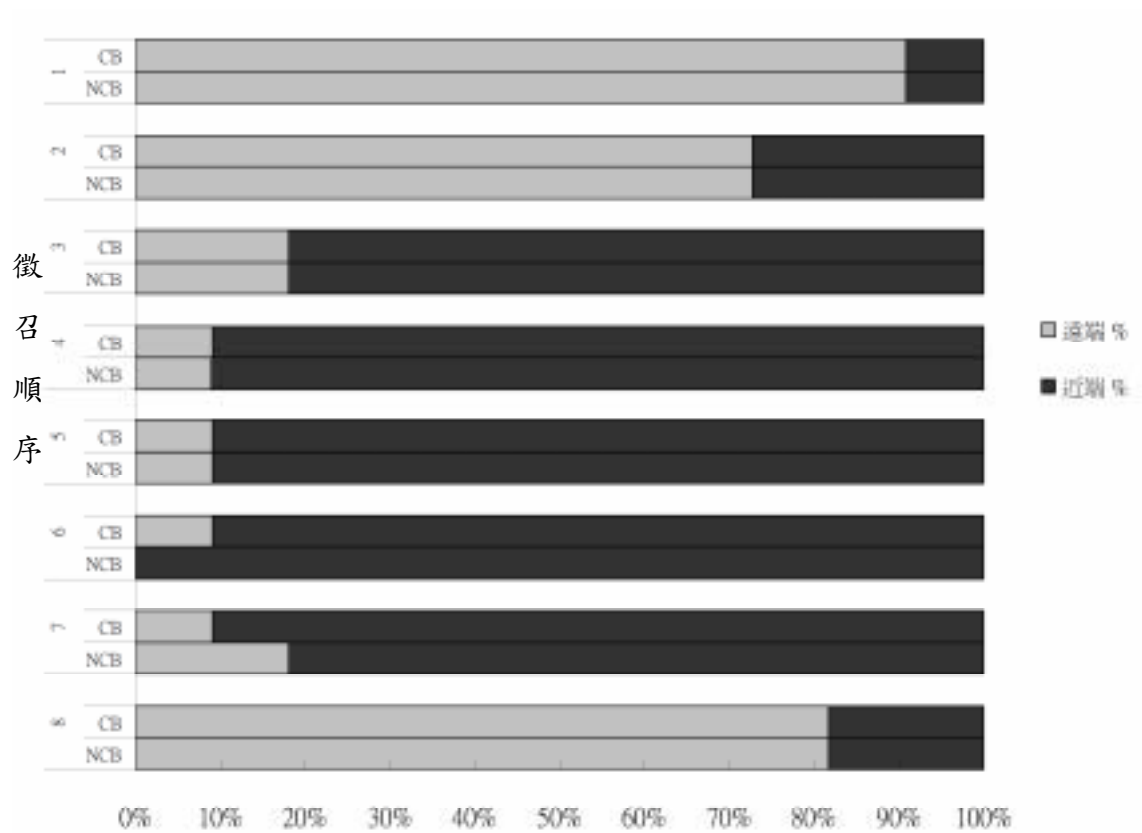


圖 4-8.4 著地前不穩定組在攔網動作間遠端與近端肌肉的徵召比例(%)。

第九節 兩種攔網動作間共同收縮比值的比較

本節分為二個部份，分別表示各組在兩種攔網動作之間，在三個時期(起跳前、著地前、著地後)肌肉共同收縮比值的差異。

一、控制組的共同收縮比值

控制組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢肌肉的共同收縮比值表示如表 4-9.1。

表 4-9.1 兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點

肌肉組	動作	起跳前	著地前	著地後
VL / BF	CB	5.62 ± 2.79	1.74 ± 1.06	5.58 ± 1.61
	NCB	6.20 ± 3.12	2.31 ± 1.28*	6.62 ± 3.46
VL / ST	CB	7.99 ± 4.26	1.33 ± 1.24	6.50 ± 4.57
	NCB	8.74 ± 5.03	1.19 ± 0.99	6.71 ± 4.20
RF / BF	CB	3.91 ± 0.58	0.73 ± 0.13	3.31 ± 0.84
	NCB	3.77 ± 0.64	0.91 ± 0.43	2.93 ± 0.51
RF / ST	CB	6.00 ± 1.42	0.47 ± 0.33	3.06 ± 0.68
	NCB	5.61 ± 1.80	0.54 ± 0.36	2.50 ± 0.75
VM / BF	CB	5.50 ± 2.30	1.64 ± 0.85	4.90 ± 1.86
	NCB	5.60 ± 2.56	2.24 ± 1.41	5.06 ± 2.11
VM / ST	CB	7.54 ± 2.30	1.27 ± 1.13	4.50 ± 1.77
	NCB	7.43 ± 2.81	1.15 ± 0.81	4.30 ± 1.51
GM / TA	CB	2.74 ± 0.76	3.21 ± 0.87	0.79 ± 0.29
	NCB	2.89 ± 1.21	2.93 ± 0.83	0.75 ± 0.29
PL / TA	CB	2.77 ± 0.71	1.95 ± 1.01	1.39 ± 0.67
	NCB	2.77 ± 0.80	1.85 ± 0.72	1.53 ± 0.88

**t*-test, $p < 0.05$

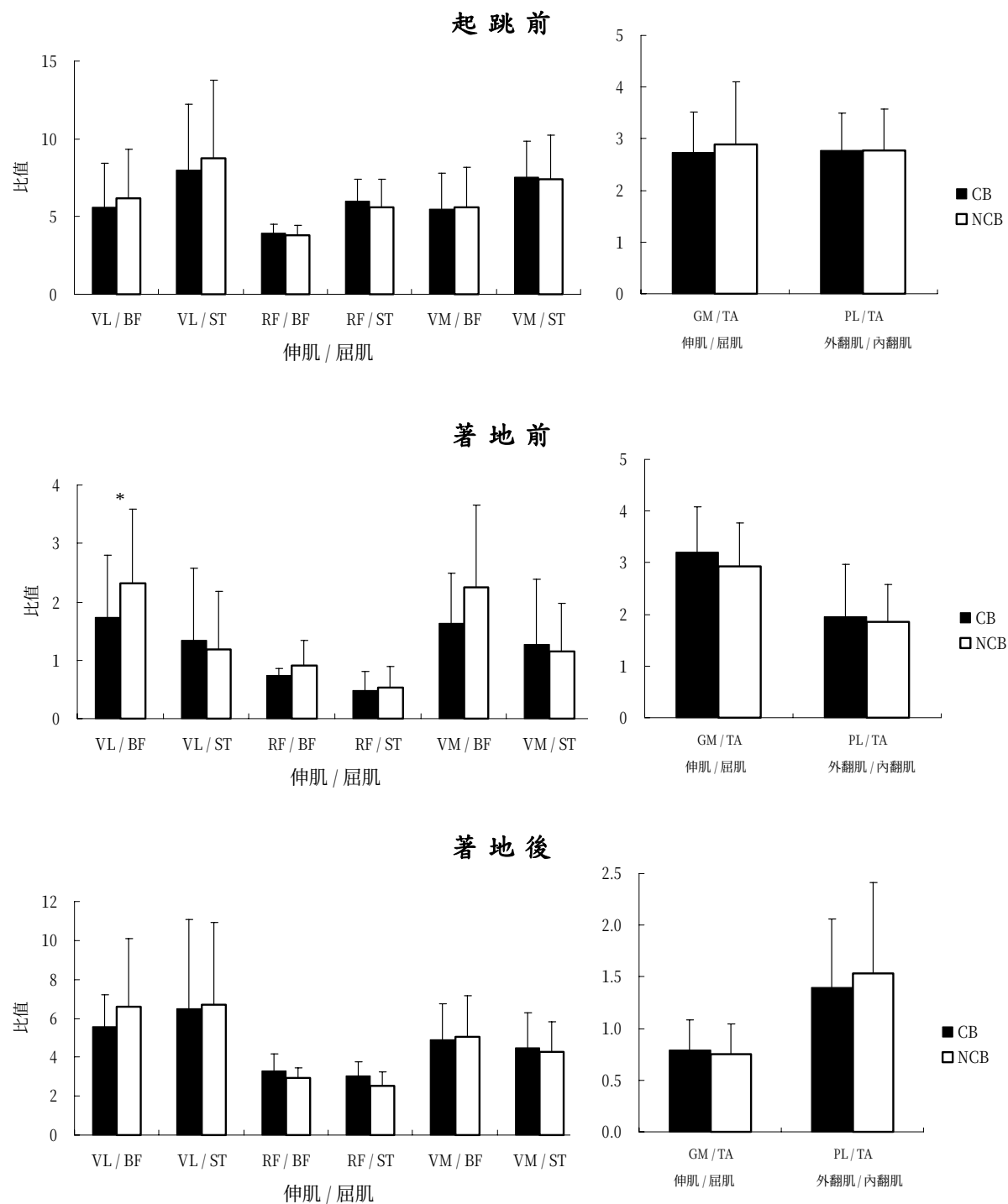


圖 4-9.1 控制組在兩種攔網動作間肌肉共同收縮比值的比較。

二、不穩定組的共同收縮比值

不穩定組在過網攔網(CB)與不過網攔網(NCB)之間，下肢肌肉的共同收縮比值表示如表 4-9.2。

表 4-9.2 兩種攔網動作間的肌肉活化起始時間點

肌肉組	動作	起跳前		著地前		著地後	
VL / BF	CB	6.30	± 2.67	2.32	± 1.11	5.25	± 2.05
	NCB	6.37	± 2.89	2.56	± 0.89	5.58	± 2.40
VL / ST	CB	11.08	± 5.49	1.14	± 0.40	5.03	± 2.48
	NCB	10.56	± 5.14	1.37	± 0.58*	6.61	± 2.85*
RF / BF	CB	2.90	± 0.65	1.14	± 0.37	2.77	± 0.69
	NCB	2.75	± 0.52	1.49	± 0.30	2.63	± 0.59
RF / ST	CB	7.49	± 2.24*	0.62	± 0.14	2.62	± 1.00
	NCB	6.29	± 1.82	0.78	± 0.27	3.00	± 0.73
VM / BF	CB	5.18	± 2.01	2.52	± 0.78	5.84	± 1.70
	NCB	5.00	± 1.86	2.57	± 0.70	5.62	± 1.93
VM / ST	CB	9.26	± 3.03	1.10	± 0.31	5.12	± 2.13
	NCB	9.15	± 3.77	1.19	± 0.42	6.10	± 2.31
GM / TA	CB	2.23	± 0.58	5.30	± 1.71	0.85	± 0.30
	NCB	2.55	± 0.56*	4.88	± 1.86	0.80	± 0.35
PL / TA	CB	2.83	± 0.86	3.19	± 1.21	1.47	± 0.49
	NCB	3.24	± 1.04*	3.16	± 1.81	1.47	± 0.54

**t*-test, $p < 0.05$

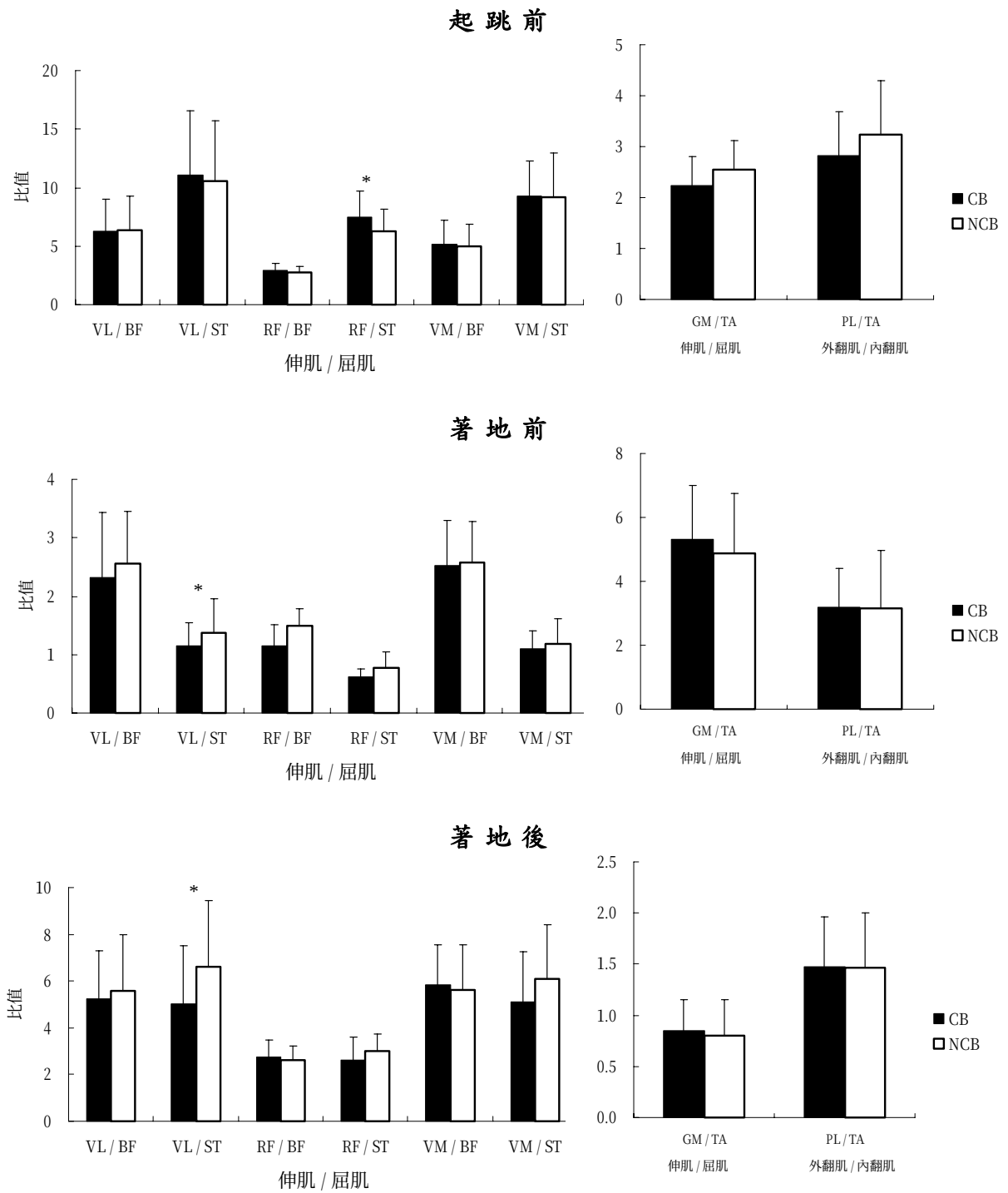


圖 4-9.2 不穩定組在兩種攔網動作間肌肉共同收縮比值的比較。

第伍章 討論

本研究的目的是比較有無踝關節不穩定的球員，在不同攔網動作與不同攔網階段時下肢肌電活化的狀況。為驗證實驗的假設，本章分成肌電活化程度、肌電活化起始時間、肌肉徵召策略與肌肉共同收縮比值四部份進行討論。

第一節 攔網動作時兩組間肌肉活化程度之探討

一、起跳前的肌肉活化程度

兩組間的肌肉活化程度在過網攔網起跳前皆無顯著差異，兩組在股外側肌、股直肌、股內側肌、腓骨長肌、內側腓腸肌皆有較大的活化程度，表示此時主要動作的肌肉發生在膝伸肌、外翻肌與蹠屈肌。而不過網攔網的起跳時，與過網攔網時的肌肉活化程度有相似的趨勢，表示在起跳時的動作是相似的。此外，在不過網攔網動作中，兩組間在股直肌的活化程度上不穩定組明顯較高，而脛前肌則是控制組明顯較高，這可能是起跳的時候，由於不過網攔網動作時的目標球高度提高，不穩定組的受試者可能藉由在起跳時呈現較大的膝伸直與較小的背屈動作，來達到較高的跳躍高度，另外，過去研究指出踝關節扭傷之後，會出現旋前肌無力與活化程度下降的問題，會導致動作時踝關節背屈程度的降低(Hertel, 2000)，這可能是不穩定組脛前肌活化較低的原因。Santilli等人(2005)認為在動作時的活化程度改變雖然是影響踝關節穩定度的一個重要因素，但是同要考慮肌肉活化的時間點

是否恰當。對於本研究中踝關節不穩定的人而言，肌肉的活化程度與反應能力可能都受到扭傷的影響而改變，這樣子的改變可能會降低攔網高度或是起跳時機的判斷，若能在攔網起跳動作的運動學上更進一步的研究，將有助於找出活化程度改變對於攔網表現的不利影響。

二、著地前的肌肉活化程度

過網攔網動作著地之前，控制組在下肢各肌肉間的活化程度都很相近，不穩定組在腓骨長肌與內側腓腸肌都有明顯較大的活化程度。然而，這與過去的研究結果並不完全相同(Suda et al., 2007)。Suda 等人(2007)比較踝關節不穩定組與控制組的球員在原地攔網跳躍時的踝部肌電活化程度，結果顯示在著地之前控制組的腓骨長肌活化程度明顯較大，而脛前肌則沒有差異，著地前腓骨長肌的活化程度較低會造成踝部過度旋後，可能使踝關節功能性不穩定的人在著地時更易扭傷。與先前研究不同的是，本研究中不穩定組在著地前內側腓腸肌的高活化程度明顯較高，同樣可能使不穩定組在著地前踝部呈現一個過度旋後的狀態，此時需要透過脛前肌與腓骨長肌的活化以減少踝部的旋後程度並準備著地時的緩衝動作。然而，兩組在脛前肌的活化程度上並沒有顯著差異，表示不穩定組或許只以提高腓骨長肌收縮程度來避免踝部的過度旋後(Vaes et al, 2001)，而造成本研究中腓骨長肌活化程度較高的原因。

不過網攔網時與過網攔網時在肌肉活化的趨勢上很相似，且在不過網攔網動作中，不穩定組在股直肌、股內側肌

與腓骨長肌的活化程度都明顯較大。比起過網攔網時，不穩定組在不過網攔網時的股直肌與股內側肌，其活化程度都增加，然而，在相對拮抗的腿後肌活化程度上卻沒有提高，這可能造成不穩定組在著地時膝部的穩定程度下降。另外，不穩定組在不過網攔網時，踝部腓骨長肌活化程度提高，但脛前肌與腓腸肌的活化程度卻沒有提高，造成踝部肌肉的共同收縮程度的改變，可能使不穩定組在著地時踝關節的穩定程度降低而提高受傷的風險。

三、著地後的肌肉活化程度

著地之後下肢所負責的緩衝動作需要下肢肌肉間的互相配合，在不同攔網動作的著地時，兩組下肢肌肉活化程度的趨勢也很相似，但在兩種攔網動作間有顯著差異的部份並不一致。在過網攔網著地後，不穩定組的內側腓腸肌活化程度較小，可能造成著地後腓腸肌對地面反作用力的緩衝能力下降，使得著地時踝部受到的衝擊力量提高。然而，這樣的差異並沒有出現在不過網攔網動作中，由於本研究中並沒有分析踝部的動力學，因此這樣的差異是否受到不同攔網動作所影響，需要再進一步的探討。

而不過網攔網時，不穩定組的股直肌與股二頭肌活化程度較大，且股內外側肌都有活化較高的趨勢，表示不穩定組在著地後，比控制組需要更高膝部肌群活化程度來進行緩衝與穩定姿勢。比較特殊的是，控制組在不過網攔網動作中膝伸肌與脛前肌的活化程度比過網攔網時稍下降，而不穩定組則是提高，這或許表示兩組在不同攔網動作中用來進行緩衝

與穩定的主要肌群並不相同。另外，不過網攔網時目標球的高度提高也可能造成活化程度的改變，Arampatzis 等人(2003)的研究中指出在落下高度增加時，腿後肌的活化程度也會隨之提高以控制膝彎曲與小腿的轉動，為了維持關節的穩定度與著地後的緩衝，膝伸肌也會進行相拮抗的共同收縮，這可能是造成兩組差異的原因。

不穩定組而言在過網攔網的著地前後，與控制組的主要差異發生在踝部；而在不過網攔網的著地前，兩組的主要差異在膝部和踝部，但在著地之後兩組的差異只出現在膝部肌肉，這可能表示不穩定組在兩種攔網的著地動作上，在緩衝的機制上產生改變，而不穩定組在著地時緩衝與穩定動作機制的改變，可能也顯示了不穩定組在著地的控制上有缺失。Caulfield 等人(2004)比較踝關節不穩定組與控制組在著地時地面反作用力的差異，結果顯示不穩定組著地後的 150 毫秒內在地面反作用力的變化上與控制組有明顯差異，地面反作用力的峰值出現較早且在各活動平面上的受力也與控制組顯著不同，表示不穩定組可能在著地的控制有缺失。而這樣的問題反映在著地時肌肉的活化程度上，造成不穩定的受試者在著地前後的活化程度的提高，改變了共同收縮的模式，無法有效的進行緩衝與穩定控制。

第二節 攔網動作時兩組間肌肉活化起始點之探討

一、起跳時的活化起始點

過網攔網起跳時，兩組之間下肢肌肉活化起始點在半腱肌與腓骨長肌有明顯的差異，控制組的半腱肌活化時間較早，而腓骨長肌的活化則比不穩定組慢。而不過網攔網起跳時，兩組間在脛前肌與腓骨長肌的活化時間點皆有明顯差異，且不穩定組的時間都比控制組要早，這似乎與先前的研究有著不一致的結果，過去很多研究都提出踝關節功能性不穩定的受試者會有明顯肌電活化延遲的現象(Löfvenberg et al., 1995; Santello & McDonagh, 1998; Vaes et al., 2001; Van Deun et al., 2007)。

但也有一些研究有不同的看法，如 Santilli 等人(2005)研究踝關節功能性不穩定的受試者進行走路時腓骨長肌的肌電訊號，結果顯示踝關節不穩定受試者在腓骨長肌的肌電活化時間會發生改變，而延遲或是提早活化在受試者之間並不一致。此外，Beckman 等人(1995)研究踝關節不穩定者在突然內翻刺激時腓骨長肌與臀中肌的肌電訊號，結果也顯示不穩定組在臀中肌的活化延遲明顯減小。造成這樣差異的原因，可能是先前的研究都是以一個外部刺激，像是突然的內翻試驗(Konradsen et al., 1990; Palmieri-Smith et al., 2009)或特定踝部動作(Löfvenberg et al., 1995; Vaes et al., 2001)，來評估肌肉的反應時間。然而，在本研究中的攔網起跳動作是屬於一個自主性的動作(voluntary movement)，身體會透過前饋(feedforward)或預先反應(anticipatory)機制來加速動作執

行並減少干擾 (Van Deun et al., 2007)，肌肉活化的時間可能會因為動作上差異而有不一樣的結果。

二、著地時的活化時間點

Wikstrom 等人 (2008) 指出著地前的肌電訊號變化對於著地時的控制很重要，因為提早反應的肌肉活化可以協助控制肌肉的張力程度，而增加肌肉的張力程度可以提供較大的關節穩定度和對關節傷害的預防。過網攔網著地時，雖然兩組的活化時間點在股外側肌、股內側肌、半腱肌與脛前肌都是控制組明顯較早，但是在控制組踝部的活化時間點上，除了內側腓腸肌明顯較早活化，踝部脛前肌與腓骨長肌的活化時間點相差不多，而不穩定組的內側腓腸肌、腓骨長肌與脛前肌三條肌肉之間的活化時間則有明顯的先後順序。Suda 等人 (2007) 的研究中認為在著地時腓腸肌的提早活化能夠幫助著地時的緩衝並防止跌倒，並且能夠與脛前肌、腓骨長肌的共同收縮來增加關節的穩定度。但是對於本研究中的不穩定組而言，控制踝部背屈的肌肉較晚活化，可能會使得踝部對於著地瞬間呈現蹠屈的姿勢，並因為無法及時的做出反應提高扭傷風險。而不穩定組延遲活化的現象不只發生在踝部肌肉，同樣在股外側肌、股內側肌與半腱肌都相當明顯，這也證實了 Gribble 等人 (2004) 的研究結果，踝關節不穩定造成的肌電延遲不只發生在踝部，也會影響周邊關節肌肉活化的時間點。

著地時在不過網攔網時的下肢活化時間點與過網攔網類似，兩組間在股外側肌、股內側肌、腿後肌與脛前肌的活化

時間點上有顯著差異，且控制組在時間上皆早於不穩定組。控制組在腓骨長肌與內側腓腸肌的活化時間較接近，而脛前肌則明顯較晚，這個結果與 Suda 等人(2007)的研究相似。

另外，不論是在過網攔網或是不過網攔網動作中，從著地的活化時間點中可以看出，不穩定組在下肢肌群的活化時間點上，從活化開始到著地瞬間之前的預備時間都有比控制組短的趨勢，當預備活化的時間縮短，下肢在著地瞬間可能會有肌肉活化程度不足夠的問題，Vaes 等人(2001)對於踝關節不穩定的受試者足部旋後的動作的研究中也有提到，他們指出不穩定組的受試者在動作進行時，踝部肌肉活化延遲的明顯較長且動作時間明顯較短，這表示在動作的進行時拮抗肌可能無法維持適當的減速控制而造成傷害，這對於著地時的緩衝動作可能會有不良的影響。

第三節 攔網動作時兩組間徵召模式與策略之探討

一、兩組在「起跳時」的肌肉徵召

在過網攔網的起跳時，受試者會先將手臂上提至肩，然後開始下蹲的動作，此時髖關節與膝關節屈曲，而踝關節進行背屈動作(張恩崇，2000)。兩組的徵召模式中，順序 1 之中兩組有較多人是使用遠端的肌肉(CG 67%；IG 91%)；控制組在順序 2 之中，使用遠端與近端肌肉的人數相近(遠端 46%；近端 54%)，但是在不穩定組則明顯是以使用遠端肌肉為主(73%)。在順序 3 之中，控制組遠、近端肌肉使用的人數也相近(遠端 45%；近端 55%)，而不穩定組使用近端肌肉的

人佔了 82%；在順序 4 之後兩組之間使用遠、近端肌肉的模式都很相似，順序 4 中兩組使用近端肌肉的人數較多 (CG 89%；IG 91%)；順序 5 較多使用近端肌肉 (CG 78%；IG 91%)；順序 6 較多使用近端肌肉 (CG 89%；IG 91%)；順序 7 較多使用近端肌肉 (CG 78%；IG 91%)；順序 8 較多使用遠端肌肉 (78%；IG 82%)。

由上述的徵召模式可以看出在起跳階段開始的時候，兩組在使用遠、近端肌肉模式有不同的傾向。而從徵召策略來看，在過網攔網動作起跳時的徵召策略上，控制組有 3 位使用膝策略、6 位使用踝策略，而不穩定組只有 1 位使用膝策略，其餘 10 位都使用踝策略，可以看出不穩定組在起跳時的策略選擇上較為相似。Van Deun 等人 (2007) 讓踝關節不穩定的受試者進行開眼與閉眼情境的站立姿勢轉換，結果顯示不穩定的受試者在進行動作時會採用相似的活化模式，這樣的結果也同樣出現在近端關節周邊的肌肉，而控制組的受試者會因為不同的站立情況而有不同的活化模式，這些學者認為這種不同活化模式的選擇，是神經肌肉控制系統 (neuromuscular control system) 的一種反應能力，而不穩定組的這個能力因為扭傷而減弱了，這或許可以來解釋本研究中不穩定組在起跳動作時，大部分受試者都採取相同策略的原因。

不過網攔網的起跳時，在順序 1 之中控制組 67% 使用遠端肌肉，而不穩定組有 91%；順序 2 控制組採用遠、近端肌肉的比例相近 (遠端 56%；近端 44%)，而不穩定組大部分使用遠端肌肉 73%；在順序 3 之後兩組採用的模式都相當接近，順序 3 之中兩組大部分都採用近端肌肉 (CG 78%；IG

82%)；順序 4 兩組較多採用近端肌肉 (CG 89%；IG 91%)；順序 5 較多採用近端肌肉 (CG 77%；IG 91%)；順序 6 兩組也是使用近端肌肉較多 (CG 89%；IG 100%)；順序 7 兩組採取近端肌肉 (CG 78%；IG 82%)；順序 8 兩組則主要使用遠端肌肉 (CG 89%；IG 82%)。

與過網攔網時相似的，在起跳時的順序 1 與順序 2，兩組在使用遠、近端肌肉的模式上有比較大的差別，控制組受試者之間採用遠、近端肌肉模式的比例差不多，而不穩定組大部分的受試者採取相同的模式。從徵召策略來看，不過網攔網動作起跳時的徵召策略上，控制組有 3 位使用膝策略、6 位使用踝策略，而不穩定組同樣只有 1 位使用膝策略，其餘 10 位都使用踝策略。這也同樣顯示在動作的起始階段，控制組比較能夠選擇不同的順序模式，而不穩定組幾乎都採取相同的模式來進行起跳動作。

二、兩組在「著地時」的肌肉徵召

在過網攔網著地時，此時由空中落下，下肢骨骼肌肉系統扮演著支撐、平衡、緩衝等角色。前面結果已經顯示，兩組受試者在未接觸到地面之前，下肢肌肉已經都開始活化，準備著地時的緩衝動作。兩組的徵召模式在順序 1 中，兩組多使是以遠端肌肉先開始活化 (CG 78%；IG 100%)；在順序 2 中，控制組使用遠端肌肉的人有 45%，而不穩定組有 64%；順序 3 之中兩組順序模式相近，使用近端肌肉都佔了 55%；順序 4 控制組有 67% 使用近端肌肉，而不穩定組有 54%；兩組在順序 5 中的模式有明顯的不同，控指組使用近端肌肉的

人只佔了 33%，而在不穩定組使用近端肌肉的人佔了 82%；順序 6 之後兩組的順序模式都相近，順序 6 兩組多採用近端肌肉 (CG 78%；IG 78%)；順序 7 同樣使用近端肌肉的人較多 (CG 78%；IG 100%)；順序 8 的部分控制組全部都採用近端肌肉，而不穩定組有 91% 使用近端肌肉。

此著地時雖然兩組在各順序中使用遠、近端肌肉的人數比例相近，但從徵召策略來看，控制組有 2 位使用膝策略、7 位使用踝策略，而不穩定組在著地策略上 11 位都採用踝策略，這表示不穩定組在著地策略的選擇上可能不如控制組，或許也是用來判別踝關節功能性不穩定影響的一個指標。

Konradsen 等人 (1990) 與 Van Deun 等人 (2007) 的研究中認為關節受傷後，受損的本體感覺會透過改變活化策略來調整感覺比重，來維持關節的控制能力，這樣的改變可能會使得不穩定組需要更多周邊關節的回饋 (feedback) 訊息來作為著地時控制姿勢與穩定的依據，使得肌肉對於著地時突發狀況的反應速度變慢，也降低對於踝部的保護。

在不過網攔網著地時，順序 1 的控制組使用遠端肌肉的佔 67%，而不穩定組有 91%；順序 2 中控制組使用近端肌肉佔 56%，而在不穩定組較少使用近端肌肉 (36%)；順序 3 兩組大多都採用遠端肌肉 (CG 67%；IG 64%)；順序 4 控制組有 56% 使用遠端肌肉，不穩定組只有 27%；而順序 5 控制組採用近端肌肉佔 55%，不穩定組有 82%；從順序 6 開始兩組的順序模式都很相近，順序 6 兩組都採用近端肌肉的比例較多 (CG 89%；IG 82%)；順序 7 也是採用近端肌肉的比例較多 (CG 89%；IG 82%)；而最後的順序 8 兩組全部都是採取肌肉 (CG 100%；IG 100%)。

可以看出上述順序 1 到順序 5 的模式上有較大的差異，控制組受試者之間採用遠、近端肌肉的比例類似，而不穩定組大多數的受試者都採取相同的活化模式。對於著地時的控制組與不穩定組，前饋機制也許是避免扭傷的重要指標，當不穩定組在前饋能力上有缺失時，可能會阻礙他們在著地時做出適當的反應，導致受傷的風險增加。徵召策略上，在著地時控制組有 3 位使用膝策略、6 位使用踝策略，而不穩定組 1 位使用膝策略、10 位使用踝策略，顯示不穩定組對於著地策略的選擇很相似。Wikstrom 等人(2008)研究著地時下肢神經肌肉的控制，受試者必須從一高度落下並維持單腳站立 3 秒，結果顯示扭傷組在跳躍著地的測試中，與控制組著地時無法維持平衡的失敗試驗有著相似的肌肉活動狀況，這表示受傷組可能在著地時無法維持穩定而有較大的受傷風險。

第四節 攔網動作時兩組間肌肉共同收縮比值之探討

一、兩組間起跳前的共同收縮比值

肌肉共同收縮(co-contraction)可以使關節穩定，這能對於最後離地階段的控制提供了穩定的作用(Baumhauer et al., 1995; da Fonseca et al., 2006)，在過網與不過網攔網的動作中，控制組在 RF / BF 的比值上皆明顯大於不穩定組，表示在起跳時不穩定組可能是股直肌的活化程度不足或是股二頭肌的活化程度太高，而從本研究結果中可以看到，不穩定組在不過網攔網起跳時，股二頭肌的活化程度比控制組高，但是在過網攔網時卻沒有這樣的差異，這表示在起跳時的共同

收縮，可能也受到不同攔網動作的影響。在起跳離地時，需要快速的膝伸直動作，而膝屈肌的活化程度提高可能是影響不穩定組攔網起跳表現的因素，然而，本研究中沒有對於兩組動作時的過程加以分析，在共同收縮的改變與攔網起跳表現之間的相關性可能缺乏直接的證據，可能還需要進一步的研究。

二、兩組間著地前的共同收縮比值

在兩組著地之前，此時為完成攔網並且落下的動作，膝部稍微屈曲且足部蹠屈的狀況。過去許多研究都指出著地瞬間踝關節的姿勢與踝部傷害的發生有相當大的關係(Stacoff et al., 1996, Suda et al., 2007)，此外，Santello 與 McDonagh (1998)、Arampatzis 等人(2003)與 da Fonseca 等人(2006)的研究也指出在著地動作中，踝與膝關節週邊肌肉的共同收縮程度，能夠控制著地時的踝關節位置與姿勢，而且此一共同收縮的變化會在著地之前就開始發生，此外，著地前肌肉的共同收縮也被認為是調節著地時關節的穩定度，對關節及周邊韌帶產生保護功用的一個機制(Santello & McDonagh., 1998; Hughes & Watkins 2008; Wikstrom et al., 2008)，由此可知在著地之前的肌肉共同收縮相當重要。

在過網與不過網攔網著地之前，不穩定組同樣在膝部的 RF / BF 比值明顯大於控制組，然而，在 RF / ST 的比值上沒有差異，可能表示著不穩定組在股二頭肌活化上的不足夠，這或許會影響膝部在著地時的穩定度。過網攔網著地時，不穩定組膝部的 VL / BF (2.27)與 VM / BF (2.33)在比值上皆

有大於 VL / ST (1.18)與 VM/ ST (1.17)的趨勢，而控制組的比值則是較為相近(CG 比值 1.15~1.54)，這個差異同樣也表示了不穩定組可能在股二頭肌的活化程度較低。另外踝部共同收縮比值的部份，兩組間在 GM / TA 與 PL / TA 都有顯著差異，且不穩定組皆大於控制組。這樣的差異顯示不穩定組在著地之前，脛前肌是處於一個低活化程度的狀態；然而，在 Suda 等人(2007)的研究中指出攔網著地之前 GM / TA 的共同收縮指數在組間並沒有差異，這與本研究的結果不相同，造成結果差異的原因可能在 Suda 等人的研究中只模擬攔網時的垂直跳躍，而本研究的動作是過網進行攔網動作，在動作上有明顯的不同。而在內、外翻肌的共同收縮比值上，不穩定組的比值高於控制組，與 Baumhauer 等人(1995)有相似的結果，他們的結果顯示踝部伸肌 / 屈肌比值和外翻 / 內翻肌比值的提高，會更容易發生踝關節的扭傷。Ryan(1994)的研究中指出，在正常的狀況下，適當的共同收縮可以維持關節的穩定，而在受傷之後可能因為某些因素而改變這樣的情況，這可能表示本研究中不穩定組在過網攔網的著地之前，其踝關節是處在一個不穩定的狀況。

三、 兩組間著地後的共同收縮比值

過網攔網著地之後的肌肉共同收縮比值在兩組間皆無差異，但可以看出在膝部的比值在股內外側明顯較高。此時著地的動作是觸地後開始下蹲緩衝，這樣的結果顯示膝部的股內側與股外側肌比起股直肌和腿後肌群可能要負擔更多的緩衝動作(Hughes et al., 2008)。而在踝部的比值上，兩組間

在 GM / TA 和 PL / TA 的比值都很相近，顯示在過網攔網著地之後，腓骨長肌與脛前肌的活化程度皆有上升。脛前肌同時扮演著內翻肌與踝屈肌的角色，此時的活化提高是因為要增加腳踝的穩定性，可以保護脛骨-距骨關節，避免其過度外翻(Aumhauer et al., 1995; Suda et al., 2007)，Arampatzis 等人(2007)觀察從不同高度落下的踝關節運動學以及周圍肌肉活化的改變，認為在著地時腓骨長肌能夠透過和負責蹠屈動作的側腓腸肌共同收縮，提供距骨下關節(subtalar joint)的穩定度，或是透過和脛前肌的共同收縮的方式提供脛骨-跟骨關節的穩定。

不過網攔網的著地之後，肌肉共同收縮比值在兩組間皆無差異，同樣在膝部的比值上，股內側、股外側肌與腿後肌的比值仍然很高，與過網攔網的時候有相似的趨勢。Suda 等人(2007)的研究中指出在著地的 200 毫秒內，不穩定組在脛前肌與腓腸肌有較低的共同收縮指數，但在我們的研究中並沒有觀察到這一結果。與先前研究不相同的原因可能是肌肉活化上的延遲性(Santello & McDonagh, 1998)，肌肉因為延遲活化而較慢達到其最大活化狀態，超過本研究所分析的 150 毫秒範圍，然而，根據 Arampatzis 等人(2007)的研究中指出，落下後的 150 毫秒內下肢肌肉就會就達到其最大活化程度，而在之後肌肉的活化程度會受到其他動作而有所影響。

第陸章 結論與建議

本研究的目的是在於探討踝關節功能性不穩定之球員與健康之球員，在過網與不過網的攔網動作中分別比較三個時期肌肉活化模式上的改變，透過比較肌肉的活化程度、肌肉的活化時間點、肌肉的徵召順序和策略，以及肌肉的共同收縮比值這四部份的比較，找出踝關節功能性不穩定的球員可能在攔網著地的時候容易再次扭傷的因素。

本研究之結論與建議如下：

- 一、過網攔網時，在著地前後兩組有差異的肌肉主要在踝部肌肉；不過網攔網時，不穩定組膝部股直肌的活化程度都明顯大於控制組，這表示不穩定組可能在肌肉活化的能力上產生改變，而在不過網攔網動作過程中都維持較高的股直肌活化程度。在攔網動作著地前後的下肢肌肉活化程度改變會影響關節的保護機制，可能使得踝關節功能性不穩定的球員在著地時無法有效進行緩衝並穩定姿勢，提高著地時下肢傷害的風險。
- 二、起跳前不穩定組的腓骨長肌活化時間點明顯較早，可能是因為扭傷後肌肉活化功能的改變。兩種攔網動作的著地時，控制組在膝伸肌、腿後肌與脛前肌有較早的活化時間，這表示控制組能夠較早準備著地時的緩衝控制，而不穩定組可能因為脛前肌較慢活化，而造成著地時踝部的旋後姿勢，影響著地時的緩衝功能。另

外，活化時間點的改變不只發生在踝部，也在膝部肌肉，這表示踝關節功能性不穩定會影響下肢整體的活化時間，因此，建議在進行復建訓練的計畫中以全身性的訓練為主，如平衡板或是專項攔網技術的練習，而不只是對傷側腳踝進行復建。

三、在起跳前、著地前與著地後，兩組間肌肉的徵召模式差異主要出現在較早的徵召順序中，而且不穩定組受試者間在徵召的模式上都很相似，這可能可以作為踝關節功能性不穩定的一個觀察的指標。而在動作時所採用的策略上，不穩定組幾乎都採取相同的動作策略，可能使得踝關節功能性不穩定之球員在不同的落下狀況時無法以較適當之動作策略著地並導致容易受傷。建議在復健時應該大量使用各種不同情境的著地狀況，並加上括本體感覺的訓練，提高踝關節功能性不穩定之球員之前饋能力並增進動作策略的改變。

四、共同收縮比值上，兩組主要的差異在起跳前與著地前股直肌與股二頭肌的比值上，這表示不穩定組可能在股直肌與股二頭肌共同收縮的控制上有問題，而膝伸肌與屈肌的共同收縮程度會影響膝關節的穩定，可能提高踝關節功能性不穩定球員著地時的傷害風險，此外，過網攔網著地前踝部的比值改變，可能表示不同的著地情境時會影響下肢的共同收縮比值。

未來展望：

由於本研究沒有對於攔網時的運動學或動力學進行探討，未來研究方向或許可以結合完整攔網動作過程的運動學與動力學分析，能夠對於踝關節功能性不穩定的球員在攔網著地時，下肢神經肌肉的保護機制的改變更進一步的了解，以提供球員與教練對於傷生機制的認知，更重要的是能夠對於踝關節功能性不穩定可能造成的不良影響及時且適當的加以治療，並且預防傷害的再次發生。

參考文獻

許樹淵 (1982)。排球運動技術分析。臺北：協進。

張恩崇 (2000)。排球選手手臂空中移位攔網技術應用初探，
中華體育季刊，14(2)，55-64。

顏政通、高俊傑 (2007)，排球運動中下肢關節著地動作之探究，*排球教練科學*，10，15-20。

Augustsson, S. R., Augustsson, J., Thomee, R., & Svantesson, U. (2006). Injuries and preventive actions in elite Swedish volleyball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(6), 433-440.

Bahr, R., Karlsen, R., Lian, O., & Ovrebo, R. V. (1994) Incidence and mechanisms of acute ankle inversion injuries in volleyball. A retrospective cohort study. *American Journal of Sports Medicine*, 22(5), 595-600,

Bahr, R., & Bahr, I. A. (1997). Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(3), 166-171.

Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, B. H., Letson, D.,

Chuinard, R., & D'Ambrosia, R. (1988). Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 113-122.

Basmajian, J. V., & De Luca, C. J. (1985). *Muscles Alive: Their functions revealed by Electromyography*. (5th ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

Baumhauer, J. F., Alosa, D. M., Renstrom, A. F., Trevino, S., & Beynnon, B. (1995). A prospective study of ankle injury risk factors. *American Journal of Sports Medicine*, 23(5), 564-570.

Beckman, S. M., & Buchanan, T. S. (1995). Ankle inversion injury and hypermobility: effect on hip and ankle muscle electromyography onset latency. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 76(12), 1138-1143.

Briner, W. W., Jr., & Kacmar, L. (1997) Common injuries in volleyball. Mechanisms of injury, prevention and rehabilitation. *Sports Medicine*, 24(1), 65-71.

Brunt, D., Andersen, J. C., Huntsman, B., Reinhert, L. B., Thorell, A. C., & Sterling, J. C. (1992). Postural

responses to lateral perturbation in healthy subjects and ankle sprain patients. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(2), 171-176.

Bullock-Saxton, J. E., Janda, V., Bullock, M. I. (1994). The influence of ankle sprain injury on muscle activation during hip extension. *International Journal of Sports Medicine*, 15(6), 330-334.

Bullock-Saxton, J. E. (1994). Local sensation changes and altered hip muscle function following severe ankle sprain. *Physical Therapy*, 74(1), 17-31.

Caulfield, B., & Garrett, M. (2004). Changes in ground reaction force during jump landing in subjects with functional instability of the ankle joint. *Clinical Biomechanics*, 19(6), 617-621.

da Fonseca, S. T., Vaz, D. V., de Aquino, C. F., & Bricio, R. S. (2006), Muscular cocontraction during walking and landing from a jump: comparison between genders and influence of activity level. *Journal of electromyography and kinesiology*, 16(3), 273 - 280.

de Noronha, M., Refshauge, K. M., Kilbreath, S. L., & Crosbie, J. (2007). Loss of proprioception or motor control is

not related to functional ankle instability: an observational study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 53(3), 193-198.

de Noronha, M., Refshauge, K. M., Crosbie, J., & Kilbreath, S. L. (2008). Relationship between functional ankle instability and postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(12), 782-789

Ebig, M., Lephart, S. M., Burdett, R. G., Miller, M. C., & Pincivero, D. M. (1997). The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in the chronically unstable ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(2), 73-77.

Freeman, M. A. (1965). Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. *Journal of Bone & Joint Surgery - British Volume*, 47(4), 669-677.

Fu, A. S., & Hui-Chan, C. W. (2005). Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. *American Journal of Sports Medicine*. 33(8), 1174-1182.

- Garrick, J. G., & Requa, R. K. (1988). The epidemiology of foot and ankle injuries in sports. *Clinics in Sports Medicine*, 7(1), 29-36.
- Gerber, J. P., Williams, G. N., Scoville, C. R., Arciero, R. A., & Taylor, D. C. (1998). Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot & Ankle International*, 19(10), 653-660.
- Gribble, P. A., Hertel, J., Denegart, C. R., & Buckley, W. E. (2004). The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *Journal of athletic training*, 39(4), 321-329.
- Hertel, J. (2000). Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Medicine*, 29(5), 361-371.
- Hughes G, Watkins J. (2008). Lower limb coordination and stiffness during landing from volleyball block jumps. *Research in Sports Medicine*, 16(2):138-154
- Kaminski, T. W., Perrin, D. H., & Gansneder, B. M. (1999). Eversion strength analysis of uninjured and functionally unstable ankles. *Journal of Athletic Training*, 34(3), 239-245.

- Konradsen, L., & Ravn, J. B. (1990). Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 61(5), 388-390.
- Konradsen, L., & Ravn, J. B. (1991). Prolonged peroneal reaction time in ankle instability. *International Journal of Sports Medicine*, 12(3), 290-292.
- Konradsen, L., & Magnusson, P. (2000). Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8(4), 246–251.
- Konradsen, L. (2002). Sensori-motor control of the uninjured and injured human ankle. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 12(3), 199-203.
- Löfvenberg, R., Kärrholm, J., Sundelin, G., & Ahlgren, O. (1995). Prolonged reaction time in patients with chronic lateral instability of the ankle. *American Journal of Sports Medicine*, 23(4), 414-417.
- Palmieri-Smith, R. M., Hopkins, J. T., & Brown, T. N. (2009). Peroneal activation deficits in persons with functional ankle instability. *The American journal of sports medicine*, 37(5), 982-988.

- Richards, D. P., Ajemian, S. V., Wiley, J. P., & Zernicke, R. F. (1996). Knee joint dynamics predict patellar tendinitis in elite volleyball players. *American Journal of Sports Medicine*, 24(5), 676-683.
- Ryan, L. (1994). Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functional unstable ankle. *Australia Journal of Physiotherapy*, 40, 41-47.
- Santello, M., & McDonagh, M. J. (1998). The control of timing and amplitude of EMG activity in landing movements in humans. *Experimental Physiology*, 83(6), 857-874.
- Santilli, V., Frascarelli, M. A., Paoloni, M., Frascarelli, F., Camerota, F., De Natale, L. et al. (2005). Peroneus longus muscle activation pattern during gait cycle in athletes affected by functional ankle instability: a surface electromyographic study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(8), 1183-1187.
- Stacoff, A., Steger, J., Stussi, E., & Reinschmidt, C. (1996). Lateral stability in sideward cutting movements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(3), 350-358.

- Suda, E. Y., Amorim, C. F., & de Camargo Neves Sacco, I. (2007). Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Retrieved November 10, 2000, from ScienceDirect database.
- Thacker, S. B., Stroup, D. F., Branche, C, M., Gilchrist, J., Goodman, R. A., & Weitman, E. A. (1999). The prevention of ankle sprains in sports. A systematic review of the literature. *American Journal of Sports Medicine*, 27(6), 753-760.
- Vaes, P., Van Gheluwe, B., & Duquet, W. (2001). Control of acceleration during sudden ankle supination in people with unstable ankles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(12), 741-752.
- Van Deun, S., Staes, F. F., Stappaerts, K. H., Janssens, L., Levin, O., & Peers, K. K. (2007). Relationship of chronic ankle instability to muscle activation patterns during the transition from double-leg to single-leg stance. *American Journal of Sports Medicine*, 35(2), 274-281.

- Verhagen, E. A., Van der Beek, A. J., Bouter, L. M., Bahr, R. M., Van Mechelen, W. (2004). A one season prospective cohort study of volleyball injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 477-81.
- Willems, T., Witvrouw, E., Verstuyft, J., Vaes, P., & De Clercq, D. (2002). Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *Journal of athletic training*, 37(4), 487-493.
- Wright, I. C., Neptune, R. R., van den Bogert, A. J., & Nigg, B. M. (2000). The influence of foot positioning on ankle sprains. *Journal of Biomechanics*, 33(5), 513-519.
- Yeung, M. S., Chan, K. M., So, C. H., & Yuan, W. Y. (1994). An epidemiological survey on ankle sprain. *British Journal of Sports Medicine*, 28(2), 112-116.

附錄一 受測者同意書

受試者同意書

研究名稱：踝關節功能性不穩定對於排球攔網動作時下肢肌電訊號的影響

研究單位：國立台灣體育學院 運動健康科學學系暨碩士班

研究負責人：錢思佑

聯絡電話：0937-803549

(一) 試驗目的：

本實驗的目的為比較踝關節功能性不穩定之排球球員與健康之排球球員，在攔網動作時下肢肌電活化型態的差異，以找出造成踝關節功能性不穩定之球員較容易反覆扭傷的可能原因，並期望能更進一步提供排球球員在踝扭傷後治療與復健方向的參考，達到降低再次扭傷的發生風險。

(二) 試驗內容：

1. 進行兩種攔網動作，包括過網攔網與不過網攔網。

(三) 注意事項：

1. 本研究不需服用任何藥物或注射任何藥劑，無任何危害人體健康之副作用。
2. 攔網過程中均穿著球鞋進行，不至於在攔網著地時造成傷害。
3. 受測試前一天需有充足睡眠並避免激烈運動與重量訓練。

(四) 受試驗者的權利和責任：

1. 本試驗皆不須繳交任何額外費用，在試驗過程中無須提出任何理由即可隨時撤回同意，退出試驗，且不會引起任何不愉快，不會遭受處罰或損失應得之利益。
2. 實驗資料將絕對保密，會以一個研究的號碼取代我的姓名，試驗所得資料可能發表於學術性雜誌，但我的姓名將不會公佈，我的隱私將絕對保密。除了有關機構依法調查外，研究人員將會盡力維護我的隱私。
3. 感謝您詳細閱讀，您如同意參與本研究，請填寫研究同意書與基本資料，本研究將保障個人隱私，並負起研究者之責任，感謝您的參與。

受試者同意書

本人已詳閱上列各項資料，有關本臨床試驗計畫之疑問也經試驗主持人詳細予以解釋，並瞭解整個實驗的狀況，並經過充份的考慮後同意接受為此次臨床試驗之自願受試驗者。

自願受試驗者簽章：_____

日期：____年____月____日

聯絡電話：

附錄二 基本資料表

受試者基本資料表

姓名：_____ 聯絡電話：_____
身高：_____ 公分 (cm) 體重：_____ 公斤 (kg)
球齡：_____ 年

1. 比賽位置 ☐ 主攻手 ☐ 快攻手 ☐ 舉球員 ☐ 副攻手 ☐ 自由球員 (可複選)

2. 慣用腳 (踢球側) ☐ 左腳 ☐ 右腳
慣用手 (攻擊) ☐ 左手 ☐ 右手

3. 過去 6 個月內曾經扭傷 _____ ? (扭傷程度需要暫時停止訓練或是無法進行比賽)
☐ 有 ☐ 無

4. 過去 2 年內曾經扭傷 _____ ? (扭傷程度需要暫時停止訓練或是無法進行比賽)
☐ 有，只發生過 1 次，在 左 / 右 腳。
☐ 有，發生過 2 次以上。(接至第 5 項)
☐ 無 (接至第 7 項)

5. 過去 2 年內左腳扭傷次數 _____ 次，右腳扭傷次數 _____ 次。

6. 扭傷後有無踝關節鬆動不穩或是無力感 _____ ?
☐ 有，在 左 / 右 腳。(可複選) ☐ 無

7. 有無膝關節、髖關節等傷害 _____，以及下肢關節病史 _____ ?
☐ 有 ☐ 無

8. 過去 6 個月內在下背部、腰部有沒有發生過其他傷害 _____ ? (拉傷、撞傷、挫傷等)
