

網球開跳步搶打截擊動作下肢肌電特徵分析

趙曉雯¹、吳建志²、趙曉涵³、林子揚⁴、黃僅喻⁵、盛世慧²

¹淡江大學體育事務處

²東海大學體育室

³國立臺灣大學體育室

⁴國立臺灣海洋大學體育室

⁵大葉大學管理學院博士班

摘要

緒論：先前研究已證實搶打截擊 (Poaching) 是網球截擊技術中，較為侵略性的截擊方式，也是重要的得分武器，主要是以製造干擾效果，使對手因心理的不安定感而產生較高的回擊失誤。而此技巧需要與隊友建立相當良好的默契基礎、機智、時機及技巧的配合，隨時相互移動補位來創造得分優勢。因此本研究主要針對網球雙打比賽中截擊的搶打技術動作來做肌電分析，並進一步完善其動作分析，以彌補以往對網球技術動作分析中研究不足。**方法：**受試者為 8 名甲組全國排名前 32 強之男子網球運動員 (年齡 21.00 ± 2.33 歲、身高 182.06 ± 2.73 公分、體重 74.62 ± 6.23 公斤)。利用兩台 FASTEC 高速攝影機 (250Hz) 和肌電分析系統 (2000Hz) 進行同步的三維運動資料的收集。採用 t 檢定對正手和反手搶打截擊下肢肌電訊號進行差異性比較。**結果顯示：**(1) 在開跳步牽張反射動作中，下蹲期比推蹬期所用時間較長，以使肌肉儲存更多的能量，表明開跳步動作可能存在有利於瞬間能量轉換的機制；(2) 在下蹲期積分值與最大自主收縮積分值，正拍左腳腓腸肌明顯大於右腳；反拍右腳腓腸肌明顯大於左腳；(3) 肌肉作用力的大小與預先準備啟動的方向有一致性結果。**結論：**網球開跳步搶打截擊動作過程中，利用較長時間的開跳步下蹲動作來儲存能量，使得瞬間啟動爆發的移動速度更快。運動員使出與搶打移動方向相反測較大的腓腸肌力量，所施給地面反作用力，能有助於瞬間啟動時的推蹬移動速度，從而提高搶打截擊的有效性。

關鍵字：網球雙打、肌電圖、牽張反射

通訊作者：吳建志

通訊地址：407 台中市西屯區台灣大道四段 1727 號

E-mail：andy90008@thu.edu.tw

壹、緒論

一、研究背景

在網球雙打比賽中掌握良好截擊技術的網前優勢，是致勝的關鍵，而搶打截擊(poaching)更是截擊技術中，最重要的得分武器(簡瑞宇、詹建人，2011)。截擊的搶打(poaching)技術主要是以製造干擾效果，使對手因心理的不安定感而產生較高的回擊失誤(麥吉誠、趙高政、林志隆、鄭鯤茂，2005)，可說是較為侵略性的截擊方式。搶打截擊不僅是世界級雙打好手比賽時常採用的技巧，就是一般水準級的俱樂部球員也常使用，這種攔網技巧需要與隊友建立相當良好的默契基礎、機智、時機及技巧的配合(邱慶宏，1996)，隨時互相移動補位。

網前快速移動的關鍵在於開跳步(Hughes & Moore, 2002)，開跳步(Split step)在網球運動中，是在準備回擊對手來球前所進行的一個很小垂直跳或輕跳的準備動作(王思宜，2012)。從許多球類運動選手的擊球動作可發現，選手不論在準備任何方式的回擊球時，在對手擊到球之前皆會執行施作此開跳步動作來做為啟動的第一步。讓下肢肌群產生預先牽張(pre-stretch)作用的開跳步動作不僅可使身體重心在擊球前迅速移動，還能使擊完球之後快速恢復至平衡狀態(Chu & Rolley, 2001)。對於快速移動方面，Hughes和Moore認為在網球比賽中的無效率動作對於球員連續往返擊球會造成負面的影響，為了克服慣性就必須在對手擊球前即將擊中球之前就要這麼做(Hughes & Moore, 2002)。Elliott(1994)的研究指出，在向網前推進準備截擊的過程中，當對手準備回擊前的剎那，正在向前移動中的雙腳，應立即運用開跳步緩衝，在控制身體重心，判斷來球的位置後，再下決定並跨步向前截擊。想要有較佳的截擊表現除了考慮動作速度外，人體肌肉收縮的形式也應重點考慮，其作用形式可分成三類，即向心、離心和等長收縮。肌肉向心工作時，肌肉長度縮短；離心收縮時，肌肉產生收縮，但肌肉長度卻是拉長；等長收縮時，肌肉長度不變。這種分法不能代表肌肉的自然工作形態，因為運動時，肌肉收縮很少純粹為等長收縮、向心收縮或離心收縮(Komi, 1984)。在許多運動中，身體肢段週期性的受衝力作用，此刻肌肉首先作離心收縮，然後跟著快速向心收縮，此種先離心工作再快速結合向心工作的收縮方式，稱為牽張縮短循環(Stretch-shortening-cycle)，簡稱SSC(Komi, 1984; Komi, Kaneko, & Aura, 1987)，也稱為增強式收縮。在截擊預備動作期間的開跳步動作中，下肢肌肉是利用肌肉在工作時先使肌肉離心收縮然後快速向心收縮，這一過程利用了肌肉的彈性勢能產生較大的力量，作為開跳步肌肉收縮的基礎，由於此種反射性機制結合肌肉自主性收縮力量，所以肌肉能夠產生更大的爆發力。王思宜(2012)針對開跳步動作對網球側向移位進行研究，結果發現執行完開跳步動作，無論採交叉跨

步或側向跨步的移位方式皆有助於選手的側向移位。且建議未來的研究應以更多優秀網球選手進行互動式的施跳時機測試並佐以下肢肌電的分析，以對開跳步施作的效益有更深入的了解。為了瞭解運動時肌肉活動情況，通常會利用肌電圖 (electromyography, EMG) 來進行診斷與觀察，透過肌電圖紀錄神經刺激肌肉後產生動作的過程，可得知周圍神經、神經元功能、了解肌肉活化程度、時間序列及其和力量產生的關係、不同肌群參與過程比較及疲勞指數檢測等相關資訊 (江勁政，2016)。

因此，本研究主要針對網球雙打比賽中截擊的搶打技術動作前的開跳步動作來做肌電圖分析，並進一步完善其動作分析 (包括肌肉發力的時間序列和參與程度)，以彌補以往對網球技術動作及肌電圖在網球運動之運用分析中研究的不足。因此，本研究之目的為探討臺灣優秀網球運動員在正、反拍搶打截擊時，雙腳的股直肌 (Rectus Femoris, RF)、股二頭肌 (Biceps Femoris, BF)、腓腸肌 (Gastrocnemius, GAS)、脛骨前肌 (Tibialis Anterior, TA) 等主要作用肌群的肌電訊號，開跳步動作所反應出之肌電活動的時間序列、參與程度及牽張反射的效果。

貳、方法

一、實驗對象

招募 8 名全國排名甲組排名前 32 強之男子網球運動員 (均為右手持拍) 為受試者 (年齡 21.00 ± 2.33 歲，身高 182.06 ± 2.73 公分，體重 74.62 ± 6.23 公斤)。

二、實驗設計

(一) 實驗器材與場地佈置

本實驗場地為室內網球場，實驗場地為 PU 場地材質，使用網球及網球拍、測速槍、兩台 FASTEC 高速攝影機 (250Hz) 及德國 Biovision 生物訊號擷取系統 (2000Hz) 來進行資料蒐集。其實驗器材如圖 1，實驗場地佈置如圖 2 示意圖所示。

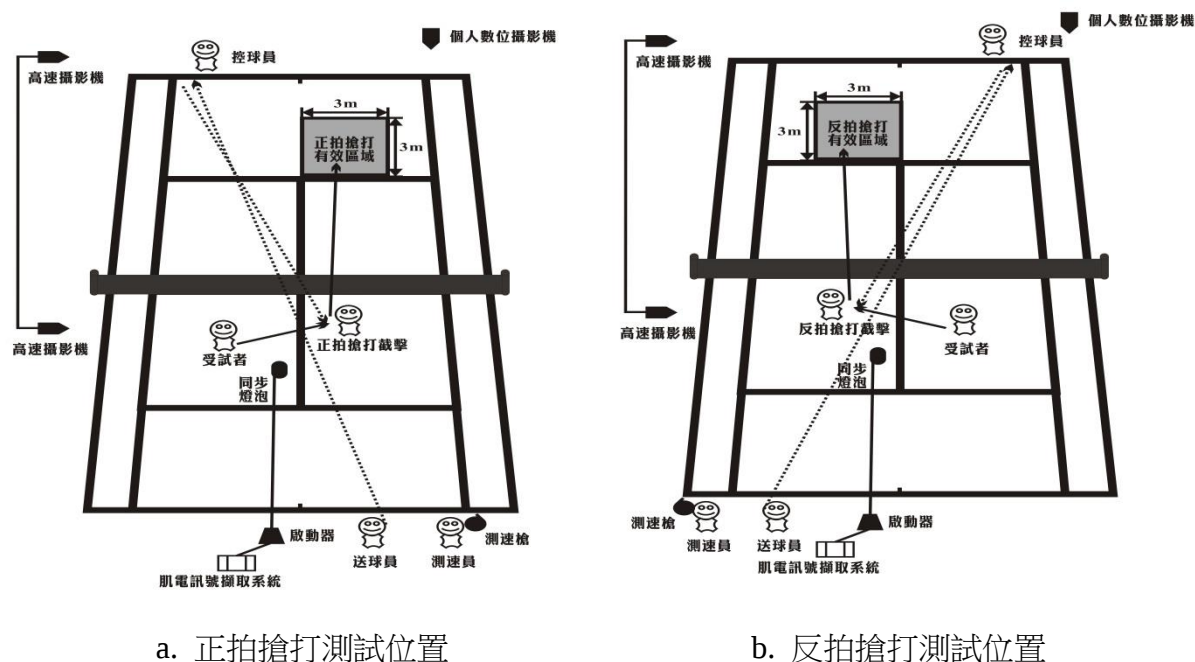


a. 測速槍

b. 高速攝影機

c. 肌電測量系統

圖 1. 實驗器材圖



(二) 站位及動作要求 (包括送球及控球的速度與範圍控制)

本研究所測驗「正拍搶打」與「反拍搶打」動作時將以相同方式不同方向來進行實驗，其正拍搶打人員的配置、站位要求與球速的調控等說明如下，反拍搶打則相反之。

1.送球員的要求：

站位於 Deuce Court 場區底線後方，以正拍擊球動作來進行送球，將平均擊球速度控制在 35m/s~40m/s 的範圍內，將球送往對面場區 Deuce Court 方向的位置，球的飛行路徑需通過球網中央網帶及距離中央網帶 1 公尺的範圍內，落點在發球線前、後 1 公尺的範圍內給控球員來進行下一拍的控球。

2.控球員的要求：

站位於與受試者對面場區 Deuce Court 接球區後方接近底線的位置上，並要求以正拍底線擊球動作來進行回擊控球，並將平均擊球速度控制在 35m/s~40m/s 的範圍內給受試者進行搶打截擊動作的測驗。

3.受試者的要求：

站位於球場左前方單打邊線與中線的中間，且距離球網 2 公尺的位置，執行正拍搶打截擊動作，並要求受試者將球回擊至對面場區所預先設置的一個 3*3 公尺有效區域內，才被認為成功的回擊，正反拍搶打各取三次成功回擊至有效區域內的動作進行分析。

為求精確性及不破壞受試者的擊球連續性，送球員及控球員的擊球速度，於測驗當

下先以即時測速槍測量送球員所擊出之球的速度，維持所規定之平均球速範圍內，事後資料分析時，再次以 kwon3D 分析軟體確認擊球速度，取其球飛行路徑最高速之數值該球進行分析。此外，本研究還利用個人數位攝影機 (JVC) 全程拍攝實驗完整過程，以便資料處理過程中出現任何問題時所參考的重要依據。

三、實驗方法

(一) 資料收集

使用利用兩台 FASTEC 高速攝影機 (250Hz) 判斷下蹲期 (從預備動作到膝關節角度縮到最小) 與推蹬 (上跳) 期 (從最小膝關節角度到最大) 的動作時間。

使用德國 Biovision 生物訊號擷取系統來收集受試者在執行正、反拍開跳步搶打截擊時，雙腿的股直肌 (Rectus Femoris, RF)、股二頭肌 (Biceps Femoris, BF)、腓腸肌 (Gastrocnemius, GAS)、脛骨前肌 (Tibialis Anterior, TA) 等八條主要作用肌群的肌電訊號，並將擷取頻率設為 2000Hz，電極片的黏貼位置是參考 Cram (1998)；為了進行肌電訊號的標準化，參考『Muscle testing: techniques of manual examination』，進行徒手測試實驗，受試者最大自主等長收縮 (MVIC)。

(二) 資料處理

使用 DasyLab 6.0 軟體肌電訊號部分將收集股直肌、股二頭肌、脛骨前肌、腓腸肌等肌電訊號，肌電擷取頻率設定為 2000Hz，並由 Acqknowledge 3.8.1版信號分析軟體將原始資料做 10~500Hz 的帶通濾波 (band pass filter) 處理，進行翻正 (abs)，求得肌電訊號的線性封包 (linear envelope)，之後進行積分運算程式，得到積分肌電 (iEMG) 用以表示肌肉活動的強度，再與 MVIC 的積分肌電進行比較。肌肉活化的起始與結束的定義，是以肌電訊號的封包值在動作未開始前較平滑的曲線，取其平均值的三倍為基準，凡超過這個閾值的訊號連續超過三次視為有動作產生；反之，則視為肌肉沒有活化。藉此來觀察肌肉收縮的順序。

四、統計分析

本研究所有資料將以平均值 $\pm$ 標準差表示，以相依樣本 t 檢定考驗男子網球運動員在正反拍搶打截擊動作中，下肢主要作用肌群的差異情形，顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。

參、結果

在網球場上，一個動作週期所需的時間非常短，而選手必須具備快而敏捷的腳步，

才能夠有好的運動表現，因此，探討開跳步正反拍搶打截擊 SSC 之下蹲階段和推蹬階段的肌電活動的變化，分別比較男子網球運動員在正、反拍搶打截擊左、右腳相同肌肉的運動型態下，一個動作週期的下蹲期與推蹬期肌電活動特徵，以判定肌肉誘發的時間序列與參與程度，並將結果分為下蹲期的左右腳之積分值及推蹬期的左右腳之積分值等二個部分分別來作說明：

一、下肢主作用肌肌電訊號的時間序列比較

肌電圖 (electromyography, EMG) 是將單個或多個骨骼肌細胞活動時的生物電變化加以引導、放大、顯示和記錄所獲得的一維時間序列圖形 (王健, 2001)。

研究將分開呈獻下肢肌群在開跳步動作期間的下蹲期和推蹬期肌肉誘發的時間序列結果正、反拍各一個，彼此無進行統計比較，本研究中八條肌肉都將都以簡稱來敘述，其簡稱 LR 為左腳股直肌、LH 為左腳股二頭肌、LT 為左腳脛骨前肌、LG 為左腳腓腸肌、RR 為右腳股直肌、RH 為右腳股二頭肌、RT 為右腳脛骨前肌、RG 為右腳腓腸肌，同時將八條肌肉分開呈現以利比較肌肉誘發先後順序，圖中的起始與結束將是從同步器啟動到受試者擊中球為止，而縱線則是表示將開跳步分為下蹲收縮階段 (左起第一條和第二條縱線之間的範圍) 和推蹬收縮階段 (左起第二條和第三條縱線之間的範圍)。

(一) 正拍的時間序列

正拍方面在整個搶打截擊動作過程中，從下蹲期來看八條肌肉誘發的先後順序，最先有作用的肌肉為右腳脛骨前肌 (RT)，其次為左腳腓腸肌 (LG)、左腳股直肌 (LR)、左腳股二頭肌 (LH)、右腳股直肌 (RR)、左腳股直肌 (LR)、右腳股二頭肌 (RH) 最後才是右腳腓腸肌 (RG)，而左腳脛骨前肌 (LT) 在下蹲期階段則無任何誘發情形出現，另外，在左腳腓腸肌 (LG)、右腳股直肌 (RR) 及右腳腓腸肌 (RG) 三條肌肉是一直從下蹲期持續維持作用直到推蹬期之後都還是有持續在用力，而其它的肌肉都是有間斷性的誘發，在推蹬期階段肌肉誘發的情形為右腳股二頭肌 (RH) 及右腳腓腸肌 (RG) 的作用出現較偏向前期，左腳股二頭肌 (LH) 的作用平均出現在推蹬期的前、後，左腳股直肌 (LR) 及左腳脛骨前肌 (LT) 的作用則較偏向後期。檢測結果如圖 3 所示。

(二) 反拍的時間序列

反拍方面在整個搶打截擊動作過程中，從下蹲期來看八條肌肉誘發的先後順序，最先有作用的肌肉為右腳腓腸肌 (RG)，其次為右腳股二頭肌 (RH)、左腳股直肌 (LR)、左腳脛骨前肌 (LT)、右腳股直肌 (RR)、右腳脛骨前肌 (RT) 最後才是左腳腓腸肌 (LG)，

而左腳股二頭肌 (LH) 在下蹲期階段則無任何誘發情形出現,另外,右腳股直肌 (RR) 是一直從下蹲期持續維持作用直到推蹬期之後都還是有持續在用力,而其它的肌肉都是有間斷性的誘發,在推蹬期階段肌肉誘發的情形為左腳股直肌 (LR) 及右腳股直肌 (RR) 二條肌肉的作用都是從下蹲期一直持續作用到整個推蹬期都有誘發情形,左腳腓腸肌 (LG)、右腳脛骨前肌 (RT) 及右腳腓腸肌 (RG) 三條肌肉的作用出現較偏向前期,左腳股二頭肌 (LH) 只有在推蹬期的中間有出現作用,而右腳股二頭肌 (RH) 的作用剛好和左腳股二頭肌 (LH) 的結果相反,右腳股二頭肌 (RH) 只有在推蹬期的前、後有出現作用,而左腳脛骨前肌 (LT) 在推蹬期階段則無任何誘發情形出現。檢測結果如圖 4 所示。

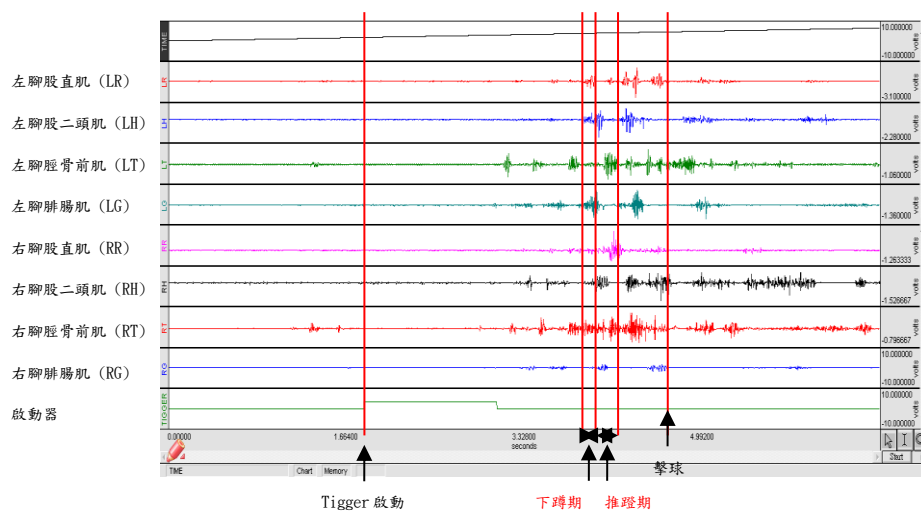


圖 3. 正拍開跳步攔網截擊之下肢肌電時間序列圖

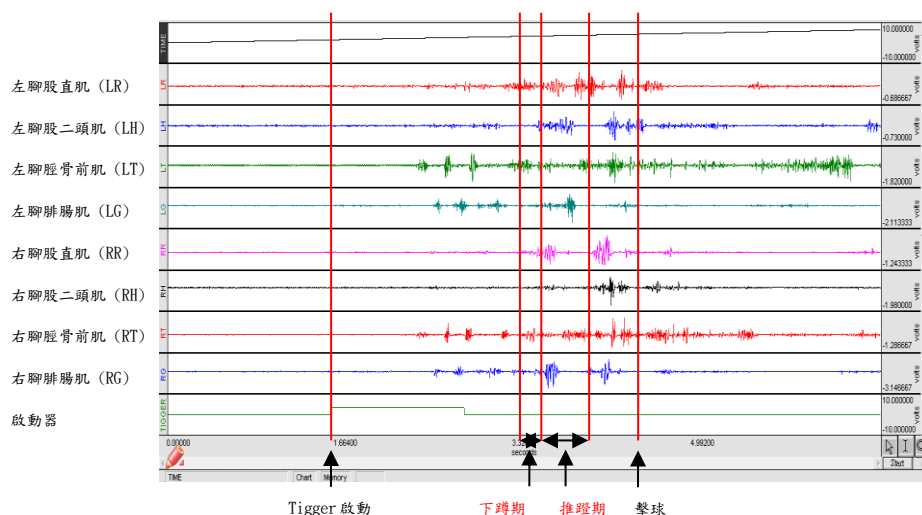


圖 4. 反拍開跳步攔網截擊之下肢肌電時間序列圖

二、下肢主作用肌肌電訊號的參與程度比較

(一) 下蹲期的左右腳之積分值

在開跳步下蹲期方面結果發現正拍的腓腸肌 ($6.46 \pm 3.83\%$) 的左腳顯著大於右腳 ($2.59 \pm 1.80\%$, $p < .05$)。另外，在反拍的腓腸肌 ($6.73 \pm 4.20\%$) 則是右腳顯著大於左腳 ($2.35 \pm 1.64\%$, $p < .05$)。其在正反拍在左右腳的股直肌、股二頭肌及脛骨前肌皆無達顯著差異。結果如下 (表 1)：

表 1

下蹲期左右腳之積分值

	下蹲期積分值 (n = 8) 平均數±標準差 (%)			
	左腳	右腳	t 值	p 值
正拍股直肌	7.26 ± 7.93	2.08 ± 1.70	2.293	.056
正拍股二頭肌	2.86 ± 1.99	1.40 ± 0.59	1.958	.091
正拍脛骨前肌	3.51 ± 1.34	3.34 ± 1.23	.528	.641
正拍腓腸肌	6.46 ± 3.83	2.59 ± 1.80	2.824	.026*
反拍股直肌	5.76 ± 7.88	6.34 ± 7.34	-.427	.682
反拍股二頭肌	2.54 ± 2.10	2.30 ± 1.03	.389	.709
反拍脛骨前肌	3.84 ± 2.20	4.34 ± 4.20	-.263	.800
反拍腓腸肌	2.35 ± 1.64	6.73 ± 4.20	-3.866	.006*

* $p < .05$

(三) 推蹬期的左右腳之積分值

在開跳步推蹬期方面結果發現不論在正、反拍雙腳的股直肌、股二頭肌、脛骨前肌和腓腸肌皆無達顯著差異。結果如下 (表 2)：

表 2

推蹬期左右腳之積分值

	推蹬期積分值 (n = 8) 平均數±標準差 (%)			
	左腳	右腳	t 值	p 值
正拍股直肌	4.90 ± 6.05	8.46 ± 10.05	-1.637	.146
正拍股二頭肌	3.66 ± 2.31	2.52 ± 1.15	1.212	.265
正拍脛骨前肌	5.66 ± 3.16	5.26 ± 3.13	.224	.829
正拍腓腸肌	5.60 ± 2.81	9.79 ± 4.78	-2.073	.077
反拍股直肌	5.59 ± 8.64	5.77 ± 7.67	2.349	.051
反拍股二頭肌	4.98 ± 3.96	2.82 ± 1.19	1.678	.137
反拍脛骨前肌	4.82 ± 1.89	5.04 ± 1.91	-.476	.648
反拍腓腸肌	6.67 ± 4.76	7.53 ± 5.10	-.401	.700

* $p < .05$

三、正反拍下肢主要作用肌群對左右腳的影響

積分肌電訊號，在肌電訊號的應用中，常被用於評估運動單位徵招的程度，在單位時間內，其運算後的值越大，代表徵召單位運用越多。在本研究中，正、反拍搶打截擊雙腳的股直肌、股二頭肌、脛骨前肌及腓腸肌等八條肌肉的積分肌電訊號，經由相依樣本 *t-test* 統計考驗後，考驗結果不論在正、反拍的雙腳腓腸肌皆有達顯著水準，其餘的皆無達顯著水準，且有相同的現象出現，都是在執行正拍開跳步搶打的時候，左腳的積分值大於右腳；但在執行反拍開跳步攔網時，則變成右腳的積分值大於左腳，由此可見，此現象可能是因為受試者在準備執行搶打之前的開跳步動作還是必須避免對方回擊直線穿越球而做的一種防禦動作，因此，選手們還是會將身體重心放在與搶打方向相反的下肢來做平衡，且沒有因為實驗限制的關係而有所改變。

肆、討論

搶打截擊是一種僅在網球雙打比賽中才會發生的截擊技、戰術，雖並非每一分的開始，但往往會是成為結束每一分的關鍵。因此不論在學習或比賽時，動作皆會受到來球的影響而產生了不同變化，但不變的是在執行每一次搶打截擊動作前屬於預備與啟動的開跳步。優秀網球選手在開跳步施作時機是雙腳在發球者擊到球之前就已推蹬離地，並在發球者擊到球後迅速落地 (Aviles, Benguigui, Beaudoin, 與 Godart, 2002)。另有研究利用隨機亮燈方式提供預備訊號，作為模擬選手在球場上觀察對手動作決定施作開跳步的時機，在不知道來球方向的情境下，以跨步方式碰觸目標物的動作，作為模擬受試者朝向來球方向時的移位與擊球動作，藉以比較施作開跳步與否對移位速度的影響，其研究結果證實施作開跳步動作可縮短選手側向移位的時間 (Uzu, Shinya, 與 Oda, 2009)。

開跳步動作可單純利用下肢來執行，下肢也是唯一接觸地面的肌群，同時也是網球發球動作最先發力的肌群，有效的發球需仰賴下肢推蹬地面所產生的反作用力向上傳遞至球拍擊球，發球時首先會屈膝 (knee flexion) 儲存彈性位能，然後藉由腿蹬地伸膝 (leg extension) 將位能轉換為動能使身體向上躍起擊球 (江勁政, 2016)。這整個啟動及發力的過程與截擊前的開跳步動作恰好非常相似。但搶打截擊與發球最大的差別在於搶打截擊在下肢肌群執行完牽張反射動作結束後，須馬上進行有預先決定方向的大幅度位移，這與本研究結果相符合。運動員不論在執行正、反拍搶打截擊前開跳步的動作時，在下蹲期階段與啟動方向不同側腳的腓腸肌皆比同側腳的積分值皆有達顯著差異，這現象符

合了角動量守恆概念，腳的部分與上肢成不同方向扭轉，增加啟動速度、擊球力量與穩定性。

根據上述的結果與討論，進行下述的結論與建議：網球開跳步搶打截擊動作過程中，利用較長時間的開跳步下蹲動作來儲存能量，使得瞬間啟動爆發的移動速度更快。運動員使出與搶打移動方向相反側較大的腓腸肌力量，所施給地面作用力，能有助於瞬間啟動時的推蹬移動速度，從而提高搶打截擊的有效性。因此，未來的研究可針對開跳步影響的效果能有多大的效益及是否會因為對手擊球姿勢的不同，而使搶打者產生有不同的反應，從而導致準備動作和啟動時間等方面的影響，都是值得深入研究再進一步去探討。

參考文獻

- 王健 (2001)。運動疲勞的判定。《運動生理週訊》，102。
- 王思宜 (2012)。開跳步動作對網球側向移位之影響：個案研究。《華人運動生物力學期刊》，27 (12)，1233-1240。
- 江勁政 (2016)。肌電圖在網球運動之應用。《中華體育季刊》，30(1)，49-56。doi: 10.3966/102473002016033001007
- 邱慶宏 (1996)。網球雙打比賽搶打技巧之基本攻守策略及應用（上）。《台大體育》，28，73-76。
- 簡瑞宇、詹建人 (2011)。網球截擊技術及雙打「搶打戰術」之應用分析。《大專體育學刊》，114，61-68。doi: 10.6162/SRR.2011.114.10
- 麥吉誠、趙高政、林志隆、鄭鯤茂 (2005)。網球雙打比賽技術應用之原則。《中華體育季刊》，19(1)，38-46。doi: 10.6223/qcpe.1901.200503.1605
- Aviles, C., Benguigui, N., Beaudoin, E., & Godart, F. (2002). Developing early perception and getting ready for action on the return serve. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 28, 6-8.
- Cram, J.R. (1998). *Introduction to surface electromyography*. Aspen Publishers. doi: 10.1016/S0031-9406(05)61482-4
- Chu, D., & Rolley, L. (2001). improving footwork and positioning. In P. Roetert., & J. Groppe (Eds.), *World-class Tennis Technique (pp.85-97)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Elliott, B. (1994). Backswing for volley. *Coaches Review*, 3(9).
- Hughes, M., & Moore, P. (2002). 36 Movement analysis of elite level male 'serve and volley' tennis players. In M. Hughes, I. Maynard., A. Lees., & T. Reilly (Eds.), *Science and racket sports II (pp.254-259)*. London : Taylor & Francis.

- Komi, P. V. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and sport sciences reviews*, 12(1), 81-122. doi: 10.1249/00003677-198401000-00006
- Komi, P. V., Kaneko, M., & Aura, O. (1987). EMG activity of the leg extensor muscles with special reference to mechanical efficiency in concentric and eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 8(S1), S22-S29. doi: 10.1055/s-2008-1025700
- Uzu, R., Shinya, M., & Oda, S. (2009). A split-step shortens the time to perform a choice reaction step-and-reach movement in a simulated tennis task. *Journal of Sports Sciences*, 27(12), 1233-1240. doi: 10.1080/02640410903233222

The EMG analysis of lower limb muscles in tennis poaching split-step movement

Hsiao-Wen Chao¹, Chien-Chih Wu², Hsiao-Han Chao³, Tzu-Yang Lin⁴, Chin-yu Huang⁵,
Shih-Hui Sheng²

¹Office of Physical Education, Tamkang University

²Department of Athletic, Tunghai University

³Physical Education Office, National Taiwan University

⁴Department of Athletics, National Taiwan Ocean University

⁵Dayeh university PH.D.Program in management

Abstract

Introduction: Previous studies have demonstrated that poaching is one of the more aggressive volleying technique, as well as, one of the most important scoring method in the game of tennis doubles. Poaching can disrupt the opponent's rhythm, which causes a psychological uneasiness on the opponent to lead a higher percentage of return error. Poaching requires a combination of skill sets to complete including craftiness, timing, technique, and great synergy between teammates. In addition, both members of the team must utilize their positioning to create scoring opportunity. Therefore, this study focuses on tennis doubles matches using EMG analysis, and followed up by action analysis to compensate for the lack of research done on tennis motion. **Method:** The subjects were the top 8 nationally ranked male tennis players in the country (age 21.00 ± 2.33 years, height 182.06 ± 2.73 cm, weight 74.62 ± 6.23 kg). Two FASTEC high-speed cameras (250Hz) and EMG system (2000Hz) were used to synchronize the collection of three-dimensional motion data. The t-test was used to compare the difference of forehand and backhand poaching. The **results** show that: (1) During the split-step stretch reflex motion, the centrifugal period is longer than the centripetal period, accumulating more energy within the muscle. Hence, the split-step motion may help facilitate an instantaneous energy conversion mechanism. (2) The centrifugal integral value of the maximum spontaneous contraction integral (MVIC) suggests that in the forehand motion left foot gastrocnemius was significantly greater than the right foot's; in the backhand motion right foot of the gastrocnemius muscle was significantly larger than left foot's. (3) The results are consistent between the amount of the muscle force generated and the direction of preparation. **Conclusion:** A tennis split-step poaching action can achieve a faster instantaneous breakout speed, by accumulating more energy through the squat motion. The athletes exert a large amount of gastrocnemius on the opposite side of the poaching direction, which contributes to the ground force and to the speed of the push pedal throughout the time of instantaneous start thereby improving the effectiveness of poaching.

Key words: tennis doubles, electromyography, stretch-reflex

Corresponding Author: Chien-Chih Wu

E-mail: andy90008@thu.edu.tw