

比較成年及青少年男子網球選手原地高壓球運動學之差異

杜俊良¹、何采容²、莊濱鴻¹、莊宜達³
正修科技大學¹、銘傳大學²、高雄醫學大學³

摘 要

目的：比較成年及青少年網球選手間進行原地高壓球在上肢關節加速期運動學之差異。**方法：**以三位成年男子及三位青少年男子網球選手，共六人為受試者；使用一部速度為每秒 500 張畫面的 Mega Speed MS1000 高速攝影機，從受試者矢狀面二度空間拍攝進行原地高壓球之擊球過程，利用 SiliconCOACH Pro 動作分析軟體進行數位化處理，以獨立樣本 t 考驗檢定成年及青少年男子網球選手間原地高壓球的差異。**結果：**(一) 成年及青少年男子網球選手間之原地高壓球擊球前、後的拍頭平均速度沒有顯著差異。(二) 青少年男子網球選手原地高壓球腕關節擊球前的平均速度大於成年男子網球選手；(三) 青少年男子網球選手原地高壓球擊球後的肘關節平均速度顯著高於成年男子網球選手；(四) 青少年男子網球選手原地高壓球擊球後的肩關節平均速度顯著高於成年男子網球選手。(五) 成年及青少年男子網球選手間之原地高壓球擊球瞬間的球拍水平角度沒有顯著差異。

關鍵詞：網球、高壓球

主要聯絡者：莊宜達

高雄醫學大學通識教育中心

電話：07-3208108

傳真號碼：07-3208108

807 高雄市三民區十全一路 100 號體育組

E-mail: yida@kmu.edu.tw

壹、緒論

一、研究背景

近年來，隨著週休二日的實施，人們閒暇時間增加，相對地對於休閒運動之需求及健康人生之追求越加重視（行政院體育委員會，2010）。網球運動是我國一項非常流行的運動。2010年廣州亞運，中華網球隊締造了前所未有的佳績，囊括3金2銀1銅。3面金牌，分別來自男子團體（盧彥勳／楊宗樺／陳迪／易楚寰）、女子雙打（詹詠然／莊佳容）、混合雙打（詹詠然／楊宗樺）；2面銀牌，包括女子團體（詹詠然／張凱貞／莊佳容／謝淑薇）、女子雙打（張凱貞／謝淑薇）；1面銅牌由男子雙打（易楚寰／李欣翰）抱回（劉中興，2011）。「亞洲球王」盧彥勳也在2010年溫布敦公開賽爆出最大的冷門，打敗美國最佳排名球員 Andy Roddick（羅迪克）（ATP，2010）。而在青少年方面，我國的成績屬世界級，尤以男子選手楊宗樺高居2008世界青少男年終第一；2011年榮獲世界中學生網球錦標賽女子組金牌及男子組銀牌。所以，進行有關青少年網球選手的研​​究，以提升運動表現，刻不容緩。

網球的擊球技術有發球、落地擊球、截擊、高壓球、挑高球、吊小球等（莊宜達、莊濱鴻、洪國欽、林偉毅、曾銀助，2010a）。當你擊球位置在前場靠近球網時，除截擊外，就是因應對手的挑高球而進行高壓球擊球。高壓球的擊球型態，可分為原地高壓球、前移高壓球、後移高壓球、後躍高壓球及落地高壓球等五項（莊宜達等人，2010a）。其中，原地高壓球為最基本的技巧，而後躍高壓球的困難度最高。巫宏榮(2004)則指出，高壓殺球的動作可以與平擊發球相較，無論握拍法、站姿和擊球動作都類似，只是你必須移到擊球位置，還有後擺則須縮短其動作。

國內針對高壓球的研究，目前僅有莊濱鴻、莊宜達及何采容（2010）、莊宜達等人（2010a）及莊宜達、許家得、張碧峰、曾銀助（2010b）的研究，進行過男子網球選手高壓球方面的研究分析。尚未有青少年網球選手高壓球的研究結果，亦未有學者針對高壓球的擊球動作來比較成年網球選手及青少年網球選手間的差異。整個擊球過程中，在加速期的上肢關節主導了擊球的結果，故大部分研究均以探討此部分的細節（莊宜達等人，2010b）。所以，本研究亦將焦點放在上肢關節加速期的運動學分析。

二、研究目的

本研究的目的為比較成年男子網球選手及青少年男子網球選手進行原地高壓球上肢關節加速期運動學之差異。

三、名詞解釋

- (一)成年網球選手：指年齡在十八歲以上的網球運動員。
- (二)青少年網球選手：指年齡在十八歲以下的網球運動員。（陳智仁、莊濱鴻、莊宜達，2011）
- (三)原地高壓球：進行高壓球擊球時，準備位置與實際擊球位置相同，是基本的高壓球技術。（陳智仁等人，2011）
- (四)上肢關節：本研究所指的上肢關節是針對持拍手而言。其包含球拍頂端點及腕關節、肘關節、肩關節等三個關節點。（陳智仁等人，2011）

(五)加速期：本研究指球拍開始向前加速啟動至擊球後。(陳智仁等人，2011)

貳、研究方法與步驟

一、研究對象

以三位曾打進全國網球排名賽前十六名的成年男子網球選手及三位曾打進全國青少年網球排名賽前十六名的青少年男子網球選手，共六位為受試者。受試者均為右手持拍，且皆對原地高壓球相當熟練。三名成年男子網球運動員的平均年齡 30.33 ± 2.08 歲，平均身高 181.33 ± 3.06 公分，平均體重 72.00 ± 3.61 公斤；三名青少年男子網球運動員的平均年齡 $17.67 \pm .58$ 歲，平均身高 177.00 ± 6.08 公分，平均體重 65.33 ± 4.01 公斤。

二、研究設備與實驗流程

人體的擊球動作僅需每秒 60 張畫面的攝影機就足以進行分析。本研究為確認擊球動作之擊球瞬間畫面，故使用一部速度為每秒 500 張畫面的 Mega Speed MS1000 高速攝影機，以區分擊球前、擊球瞬間及擊球後之分期。從受試者矢狀面二度空間拍攝六位男子網球選手進行原地高壓球之擊球過程。進行高壓球時，以 WILSON 發球機發出無旋轉之挑高球（球速為 25 m/s），送球高度約為 9 公尺高，球飛行軌跡經具國家級教練者認定符合進行原地高壓球擊球動作之需要。受試者於球拍頂端點（簡稱拍頭）、腕關節、肘關節及肩關節等 4 點貼上反光球，須完成一次原地高壓球擊球進入目標區（為 1M*1M）的成功動作。

三、資料處理與統計分析

正式拍攝擊球動作前，先拍攝比例尺（長 3 公尺）。將拍攝後之影片以 SiliconCOACH Pro 動作分析軟體，數位化持拍臂之上肢關節加速期的擊球過程。擷取球心、拍頭、腕關節、肘關節及肩關節等 5 點，及腕關節、肘關節等 2 個角度。資料擷取，以每 5 張畫面（間隔時間為 0.01 秒）數位化（擷取）座標資料一次。原始座標資料以 SiliconCOACH Pro 動作分析軟體內含的距離及速度之計算公式（公式如下），經比例尺換算後，計算出距離及速度等運動學資料。角度資料則以 SiliconCOACH Pro 動作分析軟體內含之角度工具直接測量，並以 MS Office Excel 2007 紀錄每次測量值，以供分析。

$$\text{距離計算公式 } D = \frac{\sqrt{(X_{i+1}-X_i)^2+(Y_{i+1}-Y_i)^2}}{\text{scale} \left(\frac{\text{pixel}}{\text{unit}} \right)}$$

$$\text{速度計算公式 } V_i = \frac{(D_{i+1}-D_{i-1})}{2\Delta t}$$

再以 SPSS 8.0 統計軟體進行獨立樣本 t 考驗，檢定成年及青少年男子網球選手進行原地高壓球之間的差異。本研究顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。本研究之實驗場地佈置如圖 1，關節角度定義如圖 2。

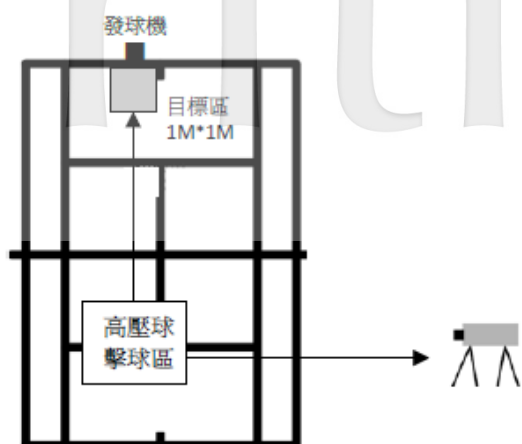


圖 1 實驗場地佈置圖

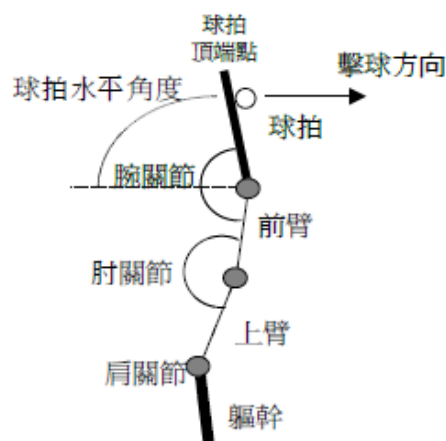


圖 2 關節角度定義如圖

參、討論與結果

本研究的目的為比較成年及青少年男子網球選手進行原地高壓球上肢關節加速期在運動學上之差異。經獨立樣本t考驗比較差異後，其結果與討論如下。由於目前並無原地高壓球運動學研究的文獻，故在討論時除本研究的結果之討論外，將與其他型態高壓球的文獻做比較討論，以瞭解原地高壓球與其他型態高壓球的差異。

表1為成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、後平均球速t考驗摘要表。成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前的平均球速分別為12.45 m/s及11.56 m/s，擊球後的平均球速分別為40.33 m/s及41.45 m/s，青少年擊球後的平均球速高於成年，但差異不大。經 t考驗檢定後，在原地高壓球擊球前、後的平均球速方面，成年及青少年男子網球選手之間沒有顯著差異。此結果，高於成年男子後移高壓球的球速39.25m/s（莊宜達等人，2010a），但低於後躍高壓球的球速43.13m/s（莊宜達等人，2010a）及落地高壓球的球速44.47m/s（莊宜達等人，2010b）。

表2為成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、後拍頭平均速度t考驗摘要表。成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前拍頭的平均速度分別為35.43m/s及39.17m/s，擊球後拍頭的平均速度分別為16.29m/s及20.66m/s。青少年擊球前及擊球後的拍頭速度均比成年快。經t考驗檢定後，在原地高壓球擊球前、後的拍頭平均速度方面，成年及青少年男子網球選手之間沒有顯著差異。本結果在擊球前的拍頭平均速度方面，成年的35.43m/s大於後移高壓球的33.95m/s（莊宜達等人，2010a），與後躍高壓球的35.81m/s相符（莊濱鴻等人，2010），但小於落地高壓球的40.83m/s（莊宜達等人，2010b）；青少年的39.17m/s則大於後移高壓球及後躍高壓球，但小於落地高壓球。由於落地高壓球擊球前的球速較慢，故其可使用較快的拍頭速度進行擊球，而不影響擊球落點的控制，所以其擊球後的球速高於原地擊球。

表1 成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、後平均球速(m/s) t 考驗摘要表

	組別	平均數	標準差	t 值
擊球前	成年	12.45	1.61	.78
	青少年	11.65	.76	
擊球後	成年	40.33	5.32	-.35
	青少年	41.45	1.75	

*p<.05

表2 成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、後拍頭平均速度(m/s) t 考驗摘要表

	組別	平均數	標準差	t 值
擊球前	成年	35.43	4.35	.22
	青少年	39.17	1.74	
擊球後	成年	16.29	3.87	.06
	青少年	20.66	.97	

*p<.05

表3為成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、後腕關節平均速度t考驗摘要表。成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前腕關節平均速度分別為6.71m/s及8.77m/s，擊球後腕關節平均速度分別為6.51m/s及8.14m/s。青少年擊球前及擊球後的腕關節平均速度均比成年快。經t考驗檢定後，在原地高壓球擊球前、後的腕關節平均速度方面，成年及青少年男子網球選手之間沒有顯著差異。本結果在原地高壓球擊球前的腕關節平均速度方面，成年大於後移高壓球的5.46m/s(莊宜達等人, 2010a)及落地高壓球的4.88m/s(莊宜達等人, 2010b)，小於後躍高壓球的8.16m/s(莊濱鴻等人, 2010)；青少年則均大於後移高壓球、後躍高壓球及落地高壓球。此結果顯示，青少年進行原地高壓球時，其上肢腕關節擊球前的速度均大於成年的原地高壓球、後移高壓球、後躍高壓球及落地高壓球。

表3 成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、後腕關節平均速度(m/s) t 考驗摘要表

	組別	平均數	標準差	t 值
擊球前	成年	6.71	1.75	-1.23
	青少年	8.77	2.30	
擊球後	成年	6.51	2.00	-1.01
	青少年	8.14	1.60	

*p<.05

表4為成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、擊球後肘關節平均速度t考驗摘要表。成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前肘關節平均速度分別為2.40m/s及3.48m/s，擊球後肘關節平均速度分別為2.15m/s及3.57m/s。青少年擊球前及擊球後的肘關節平均速度均比成年快。經t考驗檢定後，在原地高壓球擊球前的肘關節平均速度方面，成年及青少年男子網球選手之間沒有顯著差異。

異；但在原地高壓球擊球後的肘關節平均速度方面，青少年男子網球選手顯著高於成年男子網球選手。本結果在原地高壓球擊球前的肘關節平均速度方面，成年大於後移高壓球的1.03m/s（莊宜達等人，2010a），小於後躍高壓球的3.05m/s（莊濱鴻等人，2010）及落地高壓球的4.62m/s（莊宜達等人，2010b）；青少年則大於後移高壓球及後躍高壓球的，小於落地高壓球。

表4 成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前、擊球後肘關節平均速度(m/s) t 考驗摘要表

	組別	平均數	標準差	t 值
擊球前	成年	2.40	0.74	-1.94
	青少年	3.48	0.61	
擊球後	成年	2.15	0.60	-3.05 *
	青少年	3.57	0.54	

*p<.05

表5為成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前及擊球後肩關節平均速度t考驗摘要表。成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前肩關節平均速度分別為1.30m/s及2.65m/s，擊球後肩關節的平均速度分別為0.74m/s及1.76m/s。青少年擊球前及擊球後的肩關節平均速度均比成年快。經t考驗檢定後，在原地高壓球擊球前的肩關節平均速度方面，成年及青少年男子網球選手之間沒有顯著差異；但在原地高壓球擊球後的肩關節平均速度方面，青少年男子網球選手顯著高於成年男子網球選手。本結果在原地高壓球擊球前的肩關節平均速度方面，成年大於後移高壓球的1.11m/s（莊宜達等人，2010a）及後躍高壓球的1.40m/s（莊濱鴻等人，2010），小於落地高壓球的4.56m/s（莊宜達等人，2010b）；青少年則大於後移高壓球及後躍高壓球的，小於落地高壓球。

表5 成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球前及擊球後肩關節平均速度(m/s) t 考驗摘要表

	組別	平均數	標準差	t 值
擊球前	成年	1.30	0.84	-2.64
	青少年	2.65	0.28	
擊球後	成年	0.74	0.33	-3.33 *
	青少年	1.76	0.41	

*p<.05

表6為成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球瞬間腕關節、肘關節、球拍水平角度t考驗摘要表。成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球瞬間腕關節角度分別為166.67度及162.67度，肘關節角度分別為172.67度及176.67度，球拍水平角度分別為86.00度及83.00度。成年在擊球瞬間的腕關節及球拍水平角度均大於青少年，但在肘關節角度則小於青少年。經t考驗檢定後，在原地高壓球擊球瞬間的腕關節、肘關節、球拍水平角度方面，成年及青少年男子網球選手之間沒有顯著差異。在原地高壓球擊球瞬間的腕關節角度方面，成年及青少年均大於後移高壓球的158.33度（莊宜達等人，2010a）、後躍高壓球的162.00度（莊濱鴻等人，2010）及落地高壓球的153.00度（莊宜達等人，2010b）。在原地

高壓球擊球瞬間的肘關節角度方面，成年小於後移高壓球的177.00度（莊宜達等人，2010a）及後躍高壓球的173.00度（莊濱鴻等人，2010），大於落地高壓球的169.33度（莊宜達等人，2010b）；青少年則小於後移高壓球，大於後躍高壓球，大於落地高壓球。在原地高壓球擊球瞬間的球拍水平角度方面，成年與後移高壓球的86.00度（莊宜達等人，2010a）及後躍高壓球的86.67度（莊濱鴻等人，2010）相符；青少年則小於後移高壓球及後躍高壓球。

表 6 成年及青少年男子網球選手原地高壓球擊球瞬間腕關節、肘關節、球拍水平角度（度）t 考驗摘要表

	組別	平均數	標準差	t 值
腕關節	成年	166.67	13.58	.41
	青少年	162.67	10.12	
肘關節	成年	172.67	5.03	-1.1
	青少年	176.67	3.79	
球拍水平角度	成年	86.00	2.00	1.44
	青少年	83.00	3.00	

*p<.05

肆、結論與建議

一、結論

本研究為比較成年男子網球選手及青少年男子網球選手進行原地高壓球上肢關節加速期運動學之差異。結果發現：

- （一） 成年及青少年男子網球選手間之原地高壓球擊球前、後的拍頭平均速度沒有顯著差異。
- （二） 青少年男子網球選手原地高壓球腕關節擊球前的平均速度均大於成年男子網球選手。
- （三） 青少年男子網球選手原地高壓球擊球後的肘關節平均速度顯著高於成年男子網球選手。
- （四） 青少年男子網球選手原地高壓球擊球後的肩關節平均速度顯著高於成年男子網球選手。
- （五） 成年及青少年男子網球選手間之原地高壓球擊球瞬間的球拍水平角度沒有顯著差異。

二、建議

- （一） 本研究使用的 SiliconCOACH Pro 動作分析軟體，並非屬專業的研究分析軟體，其功能性較少。建議未來研究採用專業研究用動作分析軟體（如 Kwon 3D），可有較詳細之分析資料。
- （二） 對於後續研究方面，建議未來有興趣高壓球研究的學者，可朝不同型態高壓球間或不同性別間，及三度空間等方向進行研究。

引用文獻

- 行政院體育委員會 (2010)。中華民國99年運動統計。行政院體育委員會。
- 巫宏榮(2004)。網球的第壹本書。台北市：益群書店。
- 陳智仁、莊濱鴻、莊宜達(2011)。青少年男子網球選手兩種高壓球與平擊式發球運動學之差異比較。輔仁大學體育學刊，10，158-177。
- 莊宜達、許家得、張碧峰、曾銀助(2010)。優秀男子網球選手原地與落地高壓球之運動學分析。國立臺中教育大學體育學系學刊，5，7-14。
- 莊宜達、莊濱鴻、洪國欽、林偉毅、曾銀助(2010)。比較男子網球選手後移與後躍高壓球之差異。運動健康與休閒學刊，16，51-58。
- 莊濱鴻、莊宜達、何采容(2010)。男子網球不同型態高壓球上肢關節之運動學分析。屏東教大運動科學學刊，13，1-15。
- 劉中興(2011)。硬式網球參加亞洲運動會之回顧與展望。國民體育季刊，40(1)，46-50。
- ATP (2010). *The Association of Tennis Professionals site*. Retrieved July 20, 2010, from ATP Web site: <http://www.atpworldtour.com/>.

To compare the static smash differences of kinematics between the adult and the junior male tennis players

Du, Jyun-liang¹、Ho, Tsai-Jung²、Chuang, Pin-Hung¹、Chuang, Yi-Ta³
Cheng Shiu University¹、Ming Chuan University²、Kaohsiung Medical University³

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to compare the static smash differences of kinematics between the adult and the junior male tennis players. **Methods:** Three adult male tennis players and three boy tennis players participated in this study. A Mega Speed MS1000 high-speed cameras (500 Hz) were to record the Static Smash strokes. The images were digitized by SiliconCOACH Pro motion analysis software. Differences between the adult and the junior male tennis players were analyzed by t-test. **Results:** The pre-impact and post-impact velocities of racket-head were no significantly difference between the adult male and the boy tennis players. The wrist pre-impact velocity of the static smash by the boy tennis players was higher than the static smash, the backward smash, the backward-jumping smash, and the rebounded smash by the adult male tennis players. The elbow post-impact velocity of the static smash by the boy tennis players was significantly higher than adult male tennis players. The shoulder post-impact velocity of the static smash by the boy tennis players was significantly higher than the adult male tennis players. The horizontal angle of racket was no significantly difference between the adult male and the boy tennis players.

Keywords: tennis, smash.