



優秀高爾夫選手使用一號木桿與五號鐵桿揮桿動作之運動學分析

吳彥磊、黃長福*

國立臺灣師範大學體育學系

投稿日期：2019 年 01 月；通過日期：2019 年 09 月

摘要

緒論：本研究主要探討優秀高爾夫球運動選手使用一號木桿與五號鐵桿揮桿時運動學、X 因子與桿頭及彈道參數分析。**方法：**本實驗受試者為 22 位男性優秀高爾夫選手，分別使用一號木桿與五號鐵桿並以正常揮桿方式進行各擊 10 顆。本研究透過傳感器 (200Hz) 蒐集運動學參數，置放骨盆、軀幹與領導手腕等位置，蒐集其運動學參數與計算肢段下桿時角速度峰值與前彎、側彎與旋轉等角度，並分析上桿頂點與擊球 X 因子與下桿 X 因子延伸角度；並搭配多普勒雷達蒐集桿頭與彈道參數蒐集。本研究以相依樣本 *t* 檢定分析及球參數、彈道與運動學參數。**結果：**一號木桿的骨盆、軀幹與左手腕角速度峰值皆高於五號鐵桿。在上桿頂點一號木桿有較大之骨盆旋轉角度與軀幹前彎角度，而五號鐵桿骨盆與軀幹側彎角度較大。上桿頂點 X 因子與 X 因子延伸一號木桿都較大，擊球 X 因子未達顯著。彈道分析數據顯示一號木桿在揮桿速度、球速與總飛行距離大於五號鐵桿，五號鐵桿則在出球角度與球後旋轉速較大。**結論：**本研究結論優秀選手在使用一號木桿與五號鐵桿的運動學參數有顯著差異。一號木桿頂點位置時的 X 因子與下桿啟動時的 X 因子延伸角所產生的能量轉換到更快的骨盆、軀幹與領導手腕的速度峰值。兩者在上桿頂點有顯著差異，一號木桿有骨盆旋轉角度較大與 X 因子角度；而五號鐵桿在則是頂點較大骨盆與軀幹側彎角度，更利於從地面上擊球。本研究之結果可以提供未來高爾夫球教學時，教練可針對不同球桿區別其教法，以達到揮桿最有效率的結果。未來研究也可加入表面肌電資料的蒐集。

關鍵詞：高爾夫運動、運動表現、彈道分析、X 因子

壹、緒論

近年 PGA 巡迴賽職業比賽競爭逐年上升，優秀選手對於高爾夫球技術提升也隨之成長。高爾夫球技術主要分成四大類，分別為 (1) 開球 (driving)，(2) 鐵桿 (iron play)，(3) 短鐵桿 (short iron play) 與 (4) 推桿 (putting) (Hellstrom, 2009)。Alexander 與 Kern (2005) 針對 PGA 巡迴賽優秀選手技術與獎金之結果顯示，關聯性高到低者依序為總推桿數、上果嶺率、上球道率與開球總分、切桿與沙坑等。在 14 支高爾夫球桿中，梯台開球時主以一號木桿，為達開球距離最大化；優秀選手鐵桿組合多以二號到九號鐵桿為主流，目的以精準距離與方向控制把球放到果嶺，其中又以五號鐵桿屬於位於中間。故兩種球桿的球桿參數與飛行彈道也不同，根據 Trackman (2014) 的 PGA 巡迴賽選手數據顯示，一號木桿的總飛行距離為 251.5 米，

桿頭速度為 50.5 m/s，其球速為 74.7 m/s，五號鐵桿則分別為 177.4 米、42 m/s 與 59 m/s。

高爾夫揮桿從上桿到下桿時間迅速，優秀選手經過訓練能產生有效揮桿運動學，從重心轉移 (weight transfer) 啟動，轉換到骨盆 (pelvis)、軀幹 (torso)、手腕 (lead wrist) 到球桿 (club) 外，過程還需要控制身體角度才能精準擊球 (McTeigue, Lamb, Mottram & Pirozzolo, 1994)。揮桿運動學之動力鏈，隨著骨盆、軀幹、手臂到球桿，傳遞順序從近端到遠端發力 (proximal-to-distal sequential pattern)，搭配軀幹與球桿間協調性 (McTeigue et al., 1994) 與下桿 (downswing) 精準控制揮桿至擊球。根據 Titleist Performance Institute (TPI) (Cheetham, Rose, Hinrichs, Neal, Mottram, Hurrion, & Vint, 2008) 蒐集 PGA 選手資

*通訊作者：黃長福 國立臺灣師範大學體育學系
地址：106 台北市和平東路一段162號 體育學系
E-mail：t08001@ntnu.edu.tw

料，五號鐵桿平均從骨盆到軀幹的轉換率為 1.47，軀幹到主導手腕為 2.51。

Geisler (2001) 針對職業選手研究結果顯示，其骨盆、軀幹與主導手臂 (lead arm)，其最大角速度分別是 498 deg/s、723 deg/s、1165 deg/s，而主導手腕 (leading wrist) 更達 2090 deg/s；Horan 與 Kavanagh (2012) 的研究，骨盆為 507±52 deg/s，軀幹為 650±60 deg/s。藉由揮桿之骨盆、軀幹、主導手腕最大角速度，可瞭解揮桿動作之動力鏈效率轉換，骨盆到軀幹 1.46、軀幹到手臂 1.59 與軀幹到手腕 2.85 (Geisler, 2001)。過去針對職業選手使用不同球桿之揮桿運動學的研究顯示，一號木桿在下桿時骨盆角速度較高，擊球時的骨盆旋轉角度也較大，而七號鐵桿則是在擊球骨盆側彎角度較大，顯示不同球桿會影響到揮桿運動學參數 (Lindsay, Horton, & Paley, 2002)。

近代提出揮桿運動學與擊遠距離關聯者 McLean (1992)，以高速攝影機比較世界五位巡迴賽遠距選手與短距開球的選手之揮桿動作，發現並提出 X 因子 (X-Factor) 為影響擊球距離主要因子。X 因子定義為揮桿頂點 (top-of-backswing) 位置於橫切面 (transverse plane) 之骨盆 (pelvis) 與軀幹 (torso) 的旋轉角度差 (pelvic-torso separation)。許多研究顯示優秀選手之 X 因子角度大於一般高爾夫參與者，其揮桿頂點 X 因子與桿頭速度呈正相關 (Meister, Ladd, Butler, Zhao, Rogers, Ray & Rose, 2011)。且提升 X 因子方式可提升骨盆等的旋轉關節活動度 (spine rotation mobility) 與降低骨盆旋轉角度與提升軀幹旋轉角度 (Baechel & Earle, 2008；Lephart, Smoliga, Myers, Sell, & Tsai, 2007)。

在上桿頂端啟動下桿瞬間，骨盆與軀幹會再增加 X 因子，稱 X 因子延伸 (X-factor stretch)，是提升桿頭速度的最重要因素 (Burden, Grimshaw, & Wallace, 1998；McLean, 1999；Myers, Lephart, Tsai, Sell, Smoglia, & Jolly, 2008)，研究顯示可增加該角度甚可提升 25 碼之開球距離 (Kostis & Midland, 2006)。X 因子延伸為伸展縮短週期 (stretch-shorten cycle, SSC) (Fletcher & Hartwell, 2004)，藉由上桿時肌肉群先離心收縮 (eccentric) 累積能量，下桿發力時進行向心收縮 (concentric)，將肌肉與肌腱所累積的彈性能釋放。Cheetham 等人 (2001) 針對 X 因子的研究顯示上桿頂點位置對開球距離有顯著影響。Healy 等學者 (2011) 針對五號鐵桿研究顯示，角速度峰值與 X 因子延伸對於桿頭速度有正相關。Meister 等人 (2011) 研究

顯示，影響擊球效率的因子有：下桿 X 因子延伸、軀幹最大角速度與擊球時 X 因子角度。陳奕伶、李育銘、李恆儒 (2013) 針對選手正常與擊遠揮桿的研究發現，X 因子延伸與 X 因子擊球角度外，身體在擊遠揮桿時之頂點與擊球位置也有差異，如骨盆之橫狀面 (旋轉) 下桿與擊球、骨盆之矢狀面 (前傾) 擊球與軀幹之額狀面 (側彎) 擊球的角度較小。

過去高爾夫揮桿運動學與 X 因子相關研究，試圖瞭解兩者對於擊球距離的影響，針對不同技術水平選手分析 (Cheetham, Martin, Mottram, & St. Laurent, 2001)、只用單一球桿 (陳奕伶、李育銘、李恆儒, 2013；Lindsay, et al., 2002；Myers et al., 2008)、骨盆參數 (Lindsay, et al., 2002)、受試者較少 (Egret, Vincent, Weber, Dujardin, & Chollet, 2003)、採不同揮桿技巧 (陳奕伶、李育銘、李恆儒, 2013)、性別間比較 (Horan et al., 2010) 與未蒐集彈道參數 (陳奕伶、李育銘、李恆儒, 2013；Healy, Moran, Dickson, Hurley, Smeaton, O'Connor, Kelly, Haahr, & Chockalingam, 2011；Lindsay, et al., 2002；Sorbie, Gu, Baker, & Ugbole, 2018)。優秀選手為獲取優秀成績，除了一號木桿的距離以外，精準鐵桿也極為重要，故本研究以兩個最具代表性一號木桿與五號鐵桿之運動學參數作為研究主軸，並整合檢測桿頭與飛行彈道儀器 (多普勒雷達) 捕捉球與球桿之參數。因此，本實驗目的為觀察男子優秀選手在使用一號木桿與五號鐵桿運動學與 X 因子參數分析比較，並分析其桿頭與飛行彈道參數。

貳、方法

本研究之受測對象為 22 位男性現役巡迴賽職業 (美國 PGA 巡迴賽選手、亞洲巡迴賽、中國美巡迴賽與台灣巡迴賽) 等選手 (n = 22, 身高 177.1 ± 5.9cm、體重 74.3 ± 5.9kg、年紀 25.4 ± 2.6yrs)，用手皆為右手，比賽最佳成績為 67.2 ± 1.4 桿，整年度比賽超過 12 場的賽事，並且每周練習次數至少都達到 4 次以上。所有受試者在開始測試前先填寫受試者同意書，並以問卷方式確定在六個月內無上肢或下肢運動受傷以及未曾中風或影響身體活動之相關傷害。受試者先進行熱身 10 分鐘後，穿戴內建陀螺儀之電磁傳感器裝置。本研究受試者使用慣用球桿，以正常揮桿打擊 10 次，每次擊球間隔 40 秒休息。雖然揮桿速度與開球距離跟比賽表現有高度相關 (Belkin, Gansneder, Pickens, Rotella, & Striegel, 1994；Davidson & Templin, 1986)，但是開球上

球道率 (Fairway in regulation, FIR) 也跟成績有高度關聯 (Belkin, Gansnedder, Pickens, Rotella, & Striegel, 1994; Dorsel & Rotunda, 2001), 因此本研究設定若球落點偏移目標超過10%則該球不予分析移除。每位受試者隨機選擇球桿檢測順序。本研究所使用之高爾夫球與球桿都符合USGA與R&A功能規範。

本研究使用KVEST 3D捕捉系統 (K-MOTION INC, MA, USA), 藉由InertiaCube BT (Thales Visionix Inc., MA, USA) 感應器擷取身體動作之三維運動學參數, 採樣頻率為200Hz, 並透過TPI軟體 (Titleist Performance Institute, CA, USA) 分析各時間點的角速度與位置。InertiaCube BT感應器可檢測數據範圍為0度至1200度, 角度誤差 (angular resolution) 為0.01度RMS, 角度向量在YAW、Pitch與Roll之精確度依序是1度、0.5度與0.5度 (攝氏25°C下)。感應器總共有三個, 分別置放於骶骨 (sacrum) 以量測骨盆之運動學參數; 放在胸椎第一節 (T1) 並與左、右肩峰平行、置放在左手腕月狀骨上作為左手腕運動學參數。本實驗X因子的定義軀幹為左右肩峰連線, 左手腕 (left wrist) 的腕骨 (carpal bone) 作為基準, 定義並量測軀幹運動學參數 (Burden, et al., 1998; McLean 1992; McTeigue, et al., 1994; Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010)。本研究針骨盆、軀幹與左手腕定義為下桿時該最大旋轉角速度 (deg/s), 動力鏈效率主要分析下桿能量轉換效率, 分別以骨盆到軀幹效率 (軀幹最大角速度/骨盆最大角速度); 本研究以右打者為研究對象, 故定義領導手腕為左手腕, 並定義為軀幹到左手腕效率 (左手腕最大角速度/軀幹最大角速度)。

高爾夫球飛行彈道與球桿桿頭參數則是以Trackman IIIe (Trackman Golf, Denmark) (40K Hz) 多普勒雷達彈道分析儀進行量測。該設備最大可量測26個參數, 本研究分析五個與開球距離相關參數並進行討論, 分別是桿頭速度 (club head velocity, CHV)、球速度 (ball velocity, BS)、出球角度 (launch angle, LA)、球後旋轉速 (backspin, BS) 與總飛行距離 (total distance, TD)。本研究所定義之X因子為上桿頂點骨盆與軀幹所形成之角度差, 如圖1所示。本研究之試作於室內場地進行, 並使用Titleist Pro V1X (Acushnet, MA, USA) 製作之高爾夫球。實驗打擊於室內人工草皮與搭配塑膠梯 (tee) 做為測試工具。實驗場地之打擊球位、方向與彈道雷達皆透過十字紅外線校正。本研究為提升營造實際下場擊球情境, 針對模擬球場與之彈道飛行之投影與打擊進行校正, 有立即的彈道回饋符

合下場實際狀況, 如圖2。

本研究定義高爾夫球之上桿頂點 (top-of-backswing, TB) 定義為左手腕角速度頭為零轉換方向時, 擊球 (impact, IM) 定義為球桿撞擊到球所產生之震動傳遞到左手腕感應器。動力鏈轉換效率由近端到遠端分析, 從骨盆、軀幹與手腕下桿最大角速度值進行分析。揮桿動作之上桿頂點、下桿最大值與擊球為檢測揮桿動作之關鍵點 (Horan, Evans, Morris, Kavanagh, 2010)。透過SPSS for Windows 19.0以相樣本t檢定進行統計考驗, 檢視不同球桿在比較不同分期之參數差異, 所有資料之顯著水準定為 $\alpha = .05$ 。

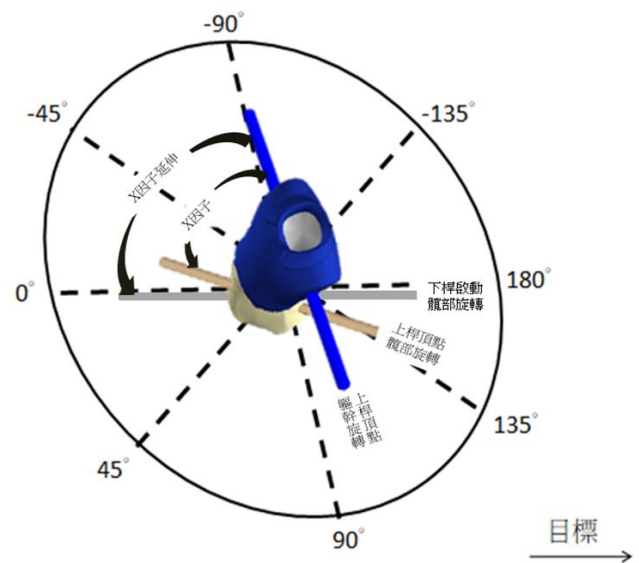


圖1、本研究定義之X因子圖表, 由上桿頂點骨盆與軀幹所形成之角度差



圖2、本研究場地彈道分析儀器與檢測儀器設置

參、結果

本研究發現球桿與彈道上，優秀選手的一號木桿的桿頭速度、球速與總飛行距離皆大於五號鐵桿，而五號鐵桿則在出球角度與球後旋高於一號木桿（如表1）。在下桿時骨盆（482.1 deg/s vs. 452.1 deg/s）、軀幹（711.3 deg/s vs. 679.9 deg/s）與左手腕峰值（1828.1 deg/s vs. 1781.5 deg/s）結果顯示，優秀選手的一號木桿角速度峰值皆高於五號鐵桿。動力鏈的轉換是由骨盆、軀幹到左手腕隨著近端到遠端較速度峰值逐漸增大；骨盆到軀幹效率轉換一號木桿為1.47與五號鐵桿

為1.50，軀幹到左手腕一號木桿2.57與五號鐵桿2.62，整理如表2。高爾夫揮桿運動學分析顯示，在上桿頂點一號木桿的骨盆旋轉角度較大，五號鐵桿的骨盆側彎角度較大、一號木桿在軀幹旋轉較大但未達顯著、五號鐵桿的軀幹側彎角度較大與一號木桿軀幹前彎角度較大。優秀選手在擊球時骨盆與軀幹角度無差異。X因子參數顯示在，頂點位置時一號木桿都大於五號鐵桿，但X因子延伸角度與X因子擊球時則無顯著差異，整理如表3。

表1、球桿與彈道分析摘要表

	一號木桿 (DRV)		五號鐵桿 (5I)		t
	M	SD	M	SD	
桿頭速度 (CHV) (m/s)	49.3	3.5	41.9	3.0	10.1*
球速 (BV) (m/s)	72.9	4.6	57.7	4.2	12.8*
出球角度 (LA) (deg)	11.5	0.5	12.6	0.6	-30.0*
球後旋轉速 (BS) (rpm)	2855	120	5540	180	-241.8*
總飛行距離 (TD) (m)	258.0	13.7	172.1	7.8	12.8*

註：*代表統計達顯著差異 (p < .05)。

表2、下桿階段之骨盆、軀幹與左手腕分析摘要表

	一號木桿(DRV)		五號鐵桿(5I)		t
	M	SD	M	SD	
骨盆最大角速度 (deg/s)	482.1	51.5	452.1	37.7	4.512*
軀幹最大角速度 (deg/s)	711.3	73.2	679.9	50.8	3.391*
左手腕最大角速度(deg/s)	1828.1	147.4	1781.5	210.1	-1.745*

註：*代表統計達顯著差異 (p < .05)。

表3、高爾夫揮桿運動學與X因子分析摘要表

	一號木桿(DRV)		五號鐵桿(5I)		t
	M	SD	M	SD	
上桿頂點 (TB)					
骨盆旋轉 (deg)	-46.1	12.7	-44.0	6.5	-3.948*
骨盆側彎 (deg)	-6.8	3.1	-7.1	1.4	-1.109*
骨盆前彎 (deg)	19.6	2.9	19.9	4.7	-0.561
軀幹旋轉 (deg)	-98.6	11.4	-92.0	8.9	-0.755
軀幹側彎 (deg)	-32.5	3.9	-38.2	5.7	7.761*
軀幹前彎 (deg)	4.6	4.4	3.1	3.8	2.512*
擊球 (IM)					
骨盆旋轉 (deg)	45.7	8.6	36.8	10.7	6.107

骨盆側彎 (deg)	9.6	5.2	10.2	5.8	-0.708
骨盆前彎 (deg)	-0.8	8.5	5.9	10.5	-4.714
軀幹旋轉 (deg)	35.4	12.9	29.1	16.1	2.888
軀幹側彎 (deg)	33.2	10.3	27.7	9.1	3.845
軀幹前彎 (deg)	30.6	10.4	37.4	12.6	-3.929
X因子					
頂點 (deg)	-51.9	11.6	-46.3	8.4	3.615*
延伸 (deg)	-53.8	10.6	-48.8	8.4	0.798
擊球 (deg)	-8.5	10.7	-7.0	11.7	-0.850

註：*代表統計達顯著差異 ($p < .05$)。

肆、討論

本研究結果顯示優秀高爾夫選手在使用不同球桿時，一號木桿與五號鐵桿在桿頭、飛行彈道、揮桿運動學與X因子等參數有所差異。在桿頭與飛行彈道技術方面，受試者之技術與世界最高殿堂PGA巡迴賽 (PGA TOUR) 等優秀選手技術接近 (Geisler, 2001; Myers et al. 2008; Horan & Kavanagh, 2012; Trackman, 2014)；一號木桿桿頭速度約慢1mph與3%左右 (49.30 vs. 50.51m/s) 與五號鐵桿慢約1% (41.90 vs. 42.02 m/s)；一號木桿球速度慢2.3% (72.90 vs. 74.66 m/s) 與五號鐵桿慢2.2% (57.7 vs. 59.01 m/s)；一號木桿出球角度高5.5% (11.5 vs. 10.9 deg) 與五號鐵桿高4.1% (12.6 vs. 12.1 deg)；一號木桿球後旋轉速大6.3% (2855 vs. 2686 rpm) 與五號鐵桿大3.3% (5540 vs. 5361 rpm)；一號木桿飛行距離遠 (258.0 vs. 251.46m)、五號鐵近 (172.1 vs. 177.39m) (Trackman, 2014)。

兩者差異與球桿設計有關連，一號木桿 (111-119公分) 較長，傾角 (8.5-10.5度) 較小，球頭結構以鈦金屬空心設計、薄厚桿面等設計與較高反彈係數，以開球距離為訴求；而五號鐵桿則是針對方向與距離控制為主，傾角較大、總長度較短、結構以不銹鋼、實心厚桿面設計與較低反係數較低。

研界結果發現不同球桿不會影響到優秀高爾夫球選手的動力鏈順序，依序是骨盆、軀幹到左手腕。首先骨盆、軀幹與領導手腕之角速度峰值會因桿長有差異，結果顯示長度與速度呈正相關 (Egret et al., 2003; Lindsay et al., 2002)。在動力鏈順序，兩者從骨盆到軀幹效率相似 (Geisler, 2001) (1.50 vs.1.48)，但從軀幹到左手腕 (2.62 vs. 2.57) 的效率轉換上五號鐵桿則高於一號木桿，也顯示不同種球桿間之動力鏈轉換率是未來值得探討之議題。

在上桿頂點的身體角度顯示一號木桿在骨盆旋轉角度與軀幹前彎角度較大，應是為啟動一號木桿慣性較大以所導致，這與過去 Egret 等人 (2003) 球桿長度跟上桿頂點骨盆的旋轉幅度呈正相關相符。上桿頂點的骨盆額狀面 (側彎) 角度，結果顯示五號鐵桿 (-7.1度) 大於一號木桿 (-6.8度)，比對 陳奕伶，李育銘與 李恆儒 (2013) 七號鐵桿之骨盆側彎角度為-7.8度，有上桿頂點之骨盆側彎會隨著長度變短而變大之趨勢；同時期軀幹之側彎角度五號鐵與一號木桿之角度 (-38.2度 vs -32.5度)，顯示長度越短的球桿在上桿頂點時有身體側彎角度越大的趨勢。使用一號木桿擊球從梯上擊球，而五號鐵桿則從草皮地面擊球，加上球桿參數差異，如倘角、長度與傾角等都會影響到D平面擊球角度。結果顯示五號鐵桿在頂點時骨盆與軀幹有較多側彎角度，讓下桿時有較佳的擊球角度。在擊球結果顯示，兩種球桿並無差異，五號鐵桿骨盆旋轉角度較小，骨盆側彎角度較大是與過去研究接近 (Lindsay et al., 2002)。未來研究建議新增其他球桿類型，如球道木桿、混合桿、長鐵桿與短鐵桿等進行分析。

在X因子分析結果顯示，上桿頂點角度皆大於早期研究的38度 (McLean, 1992) 與32度 (McTeigue et al., 1994)，雖過去研究設備上之不同 (單軸高速攝影 vs. 3D設備)，但也逐漸顯示現代高爾夫球在選手揮桿技巧上，越來越重視X因子提升揮桿速度教學之概念已融入現代高爾夫揮桿教學中。上桿頂點之X因子一號木桿大於五號鐵桿，該數值接近過去相關研究 (Myers et al., 2008)，該研究採集雖以較快50%揮桿數據做為蒐集基準，但顯示球桿長度與X因子有高度關連性。本研究之五鐵桿X因子角度與同為職業選手之七號桿 (陳奕伶、李育銘、李恆儒，2013) 參數相似，

介於業餘者一號木桿之低球速與中速球 (Myers et al., 2008) 之間。綜合以上，驗證了不同球桿間在上桿頂點X因子值得未來研究進行探討。

本研究之X因子延伸分析顯示一號木桿 (5.34%) 跟五號鐵桿 (5.0%) 數值皆高於Cheetam等人 (2001) 的職業選手 (4%)，顯示近代高爾夫球選手訓練方針是有符合X因子訓練法則。相較於一號木桿的X因子延伸比較，本研究優秀選手角度皆大於過去業餘球友的研究，低球速 (3%)、中球速 (4.3%) 與高球速 (4.4%) (Myers et al., 2008)，提供給業餘高爾夫愛好者一些訓練方針。綜合以上，不同球桿的X因子延伸會不同球桿有差異。

伍、結論

本研究結論優秀選手在使用一號木桿與五號鐵桿的運動學參數有顯著差異。一號木桿頂點位置時的X因子與下桿啟動時的X因子延伸角所產生的能量轉換到更快的骨盆、軀幹與領導手腕的速度峰值。兩者在上桿頂點有顯著差異，一號木桿有骨盆旋轉角度較大與X因子角度；而五號鐵桿在則是頂點較大骨盆與軀幹側彎角度，更利於從地面上擊球。本研究結論可作為未來國內研究優秀選手參數之參考，並可與世界等級水準最為訓練依據。

本研究之結果可以提供未來高爾夫球教學時，教練可針對不同球桿區別其教法，以達到揮桿最有效率的結果。未來研究也可加入表面肌電資料的蒐集。

本實驗限制在於室內進行，配合上專業設備與精準設定測試，相較於室外受風速、溫度與溼度等外在干擾因素有所差異。另外，本實驗就是以職業選手使用本身慣用球桿進行測試，以呈現實際揮桿時應有的表現，然而在不同品牌與個別球桿訂製的情況下，可能導致球桿的不同參數如傾角、重量、慣性、硬度、長度等因素影響實驗結果。未來研究也可加入表面肌電資料的蒐集，以釐清在不同球桿時之揮桿動作時肌肉的活動情形。

致謝：

感謝正元精密科技有限公司提供設備與場地進行研究與測試。

陸、參考文獻

- 陳奕伶、李育銘、李恆儒 (2013)。高爾夫桿頭速度與軀幹旋轉模式之探討。《華人運動生物力學期刊》，(9)，24-30。
- Alexander, D. L., & Kern, W. (2005). Drive for show and putt for dough? An analysis of the earnings of PGA Tour golfers. *Journal of Sports Economics*, 6(1), 46-60.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). National strength and conditioning association. *Essentials of Strength Training and Conditioning*.
- Belkin, D. S., Gansnedder, B., Pickens, M., Rotella, R. J., & Striegel, D. (1994). Predictability and stability of Professional Golf Association tour statistics. *Perceptual and Motor Skills*, 78(3_suppl), 1275-1280.
- Burden, A. M., Grimshaw, P. N., & Wallace, E. S. (1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing in sub-10 handicap players. *Journal of Sports Sciences*, 16, 165-176.
- Cheetam, P. J., Martin, P. E., Mottram, R. E., & St Laurent, B. F. (2001). The importance of stretching the "X-Factor" in the downswing of golf: The "X-Factor Stretch." *Optimising Performance in Golf*, 192-199.
- Cheetam, P. J., Rose, G. A., Hinrichs, R. N., Neal, R. J., Mottram, R. E., Hurrion, P. D., & Vint, P. F. (2008). Comparison of kinematic sequence parameters between amateur and professional golfers. In *Science and golf V: proceedings of the World Scientific Congress of Golf*. Phoenix.
- Davidson, J. D., & Templin, T. J. (1986). Determinants of success among professional golfers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(1), 60-67.
- Dorsel, T. N., & Rotunda, R. J. (2001). Low scores, top 10 finishes, and big money: an analysis of professional golf association tour statistics and how these relate to overall performance. *Perceptual and Motor Skills*, 92(2), 575-585.
- Egret, C. I., Vincent, O., Weber, J., Dujardin, F. H., & Chollet, D. (2003). Analysis of 3D kinematics concerning three different clubs in golf swing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(06),

- 465-470.
- Fletcher, I. M., & Hartwell, M. (2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 59-62.
- Geisler, P. R. (2001). *Golf. Sports injury prevention and rehabilitation*. New York: McGraw-Hill.
- Healy, A., Moran, K. A., Dickson, J., Hurley, C., Smeaton, A. F., O'Connor, N. E., ... & Chockalingam, N. (2011). Analysis of the 5 iron golf swing when hitting for maximum distance. *Journal of Sports Sciences*, 29(10), 1079-1088.
- Hellström, J. (2009). Competitive elite golf. *Sports Medicine*, 39(9), 723-741.
- Horan, S. A., & Kavanagh, J. J. (2012). The control of upper body segment speed and velocity during the golf swing. *Sports Biomechanics*, 11(2), 165-174.
- Horan, S. A., Evans, K., Morris, N. R., and Kavanagh, J. J. (2010). Thorax and pelvis kinematics during the downswing of male and female skilled golfers. *Journal of Biomechanics*, 43, 1456-1462.
- Kostis, P., & Midland, G. (2006). Revealed: The secret of the new X-factor. *Golf Magazine*.
- Lephart, S. M., Smoliga, J. M., Myers, J. B., Sell, T. C., and Tsai, Y. S. (2007). An eight-week golf-specific exercise program improves physical characteristics, swing mechanics, and golf performance in recreational golfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 860-869.
- Lindsay, D. M., Horton, J. F., & Paley, R. D. (2002). Trunk motion of male professional golfers using two different golf clubs. *Journal of Applied Biomechanics*, 18(4), 366-373.
- McLean, J. (1992, December). Widen the gap. *Golf Magazine*, pp 49-53.
- McLean, J., & Andrisani, J. (1997). *The X-factor swing*. New York: HarperCollins.
- McTeigue, M., Lamb, S. R., Mottram, R., Pirozzolo, F., & Cochran, A. J. (1994). Science and Golf II: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf. *Spine and hip motion stretching the X factor in the golf downswing. International analysis during the golf swing*. London. E & Spon FN.
- Meister, D. W., Ladd, A. L., Butler, E. E., Zhao, B., Rogers, A. P., Ray, C. J., & Rose, J. (2011). Rotational biomechanics of the elite golf swing: benchmarks for amateurs. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(3), 242-251.
- Myers, J., Lephart, S., Tsai, Y.-S., Sell, T., Smoliga, J., and Jolly, J. (2008). The role of upper torso and pelvis rotation in driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 26, 181-188.
- Okuda, I., Gribble, P., & Armstrong, C. (2010). Trunk rotation and weight transfer patterns between skilled and low skilled golfers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(1), 127-133.
- Sorbie, G. G., Gu, Y., Baker, J. S., & Ugbohue, U. C. (2018). Analysis of the X-Factor and X-Factor stretch during the completion of a golf practice session in low-handicap golfers. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 13(6), 1001-1007.
- Trackman AG (June, 06, 2014). TRACKMAN AVERAGE TOUR STATS. Retrieved from <http://blog.trackmangolf.com/trackman-average-tour-stats/>.



A Study of Kinematics Analysis with Driver and Five Iron in the Elite Golfers

Yen-Lei Wu, Chen-Fu Huang*

Department of Physical Education, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

Accepted : 2019/09

ABSTRACT

Introduction: The purpose of this study was to explore golf swing kinematics, the X-factor, golf clubs, and flight ballistic parameters through the analysis of elite golfers who use drivers and five irons. **Method:** The participants consisted of 22 elite professional golfers who volunteered to hit ten shots per club using their normal swing. To collect the kinematics data—such as the angular velocity, anterior bend, lateral bend, and rotation angles of pelvis and torso segments—this study employed IMU sensors (200 Hz) by placing them on the pelvis, torso, and leading wrists of the participants. The study also analyzed the X-factor and the X-factor stretch at the top of the backswing, downswing, and impact. Furthermore, the Doppler radar was employed to capture the club-head and ballistic parameters. A dependent samples t-test was conducted to assess the variables, which were set at $\alpha = .05$. **Result:** The results suggested that the driver has higher peak speed for the pelvis, torso and lead wrist than the five iron. It also showed that, at the top of the backswing, the driver has larger pelvic rotation angle and torso anterior tilt angle, while the five iron has larger lateral tilt on pelvis and the torso. Moreover, the driver has more X-factor and the X-factor stretch at the top of the backswing. However, the X-factor at impact is not significant. The ballistic analysis indicated that the driver has larger club-head speed, ball speed and carry distance, while the five iron has larger launch angle and backspin. **Conclusion:** In conclusion, the swing kinematics significantly differ for elite players depending on the use of a driver and five iron.

Keywords: golf, sports performance, projectile trajectory, X-Factor