

不同差點之高爾夫球之開球技術分析

吳彥磊^{1*} 黃長福¹ 陳伯潔¹ 王宏宗² 張家豪¹

¹ 國立臺灣師範大學體育學系

² 臺北市立大學競技運動訓練研究所

*通訊作者：吳彥磊

通訊地址：116 臺北市文山區木柵路一段 17 巷 1 號

E-mail: ylwu53@gmail.com

DOI:10.6167/JSR.202012_29(2).0006

投稿日期：2019 年 5 月 接受日期：2020 年 4 月

摘 要

緒論：高爾夫球開球距離與準確度極重要，因其可優化球道策略之執行。近年職業賽事中已導入科技儀器，即時蒐集彈道飛行參數作為運動表現之依據，相關業餘賽事中未有此數據。故本研究於業餘賽事蒐集彈道飛行數據，並探討業餘參與者運動表現與運動表現之關聯。方法：本研究對象以男性業餘高爾夫參與者 (共 143 名)，蒐集其一號木桿開球參數。資料蒐集儀器為多普勒雷達 (Doppler radar; 20KHz)，以擷取彈道飛行與揮桿技術參數。分組依照該當日成績依據 USGA 差點分成三個組，分別為高差點組 (high-handicap, HH)、中差點組 (mid-handicap, MH)、與低差點組 (low-handicap, LH)。統計方法為獨立樣本單因子變異數分析 (one-way analysis of variance, one-way ANOVA)，並用 Scheffé 法事後比較。結果：顯示各組別在開球距離都達顯著。低差點組於球速與桿頭速度達顯著。高差點組於擊球效率與動態傾角達顯著。低差點與高差點組出球角度與總旋轉值達差異，前者向目標右邊之桿頭路徑與負球旋軸心。結論：本研究結論業餘參與者欲降低差點以增加距離為首要，欲進階到低差點者須提升桿頭速度與球速度。高差點者建議須提升擊球於甜蜜區提升擊球效率，亦可降低總旋轉值。建議高差點者多採用符合一號木桿的 D 平面擊球方式，如內向外的平面與桿頭路徑，更容易擊出左曲球之旋轉軸心。

關鍵詞：彈道飛行、揮桿技術、運動表現

壹、緒論

高爾夫球開球技術是影響運動表現很重要的因子，停點距離遠又能上球道上時，能提升上果嶺機率 (green in regulation, GIR)。一號木桿在所有球桿中的距離遠、體積最大、反彈係數 (coefficient of restitution, COR) 最高與桿面肉厚設計達最佳化 (郭癸賓、趙志燁、何維華, 2014)，並以距離為主要訴求 (Penner, 2002)。停點距離遠者，球道策略 (course strategy) 選擇更多，進攻果嶺策略更多選擇 (Broadie, 2012)。Broadie (2012) 針對 2003 ~ 2010 年 PGA 巡迴賽選手，前世界排名第一的老虎·伍茲 (Tiger Woods) 稱霸的分析，顯示老虎具備優異長桿 (long game) 的技術，老虎的每輪淨桿優勢 (strokes gained) 高達 +2.08 桿，四天賽事計算下來老虎比同場選手平均少 8 桿以上。

高爾夫相關研究的探討分析以運動表現 (sport performance)、開球表現 (driving performance) 與推桿表現 (putting performance) 為主。Hellström (2009) 針對高爾夫球開球表現細分為平均停點距離 (average driving distance) 與上球道率 (fairway in regulation, FIR)。過去職業選手技術與收入相關研究顯示 (鄧元湘、林文斌、林進隆, 2006; Alexander & Kern, 2005)，停點距離與獎金兩者為正向相關；許銘禮與郭癸賓 (2014) 針對 2010 年美國 Ladies Professional Golf Association (LPGA) 女子選手研究發現，其獲勝指標為停點距離、上球道率、上果嶺率與總推桿數 (total putting)。

Fradkin, Sherman, and Finch (2004) 針對高爾夫業餘者研究結果發現，停點距離跟技術水平有高負相關聯 ($r = -0.95, p < .001$)。全球最大下場 GPS 擊球數據資料庫 Game Golf 統計數據顯示，在四個不同業餘技術組裡，低差點組 (差點 5 以下) 與最高差點組 (差點 28 以上) 的平均停點距離分別為 228.6 m 與 161.8 m，他們認為技術水平與停點距離有高度關聯 (Beall, 2017)。

官方高爾夫球桿規範組織，蘇格蘭的卓皇家俱樂部 (The Royal and Ancient Golf Club of St Andrew, R&A) 與美國的美國高爾夫球協會 (United States Golf Association, USGA) 近年來持續監控影響停點距離之相關影響因子，例如球與球桿之 COR、球桿長度等設計規範。球桿規範從 2008 年 1 月 1 日起限制 COR 需低於 0.830，及特徵時間 (characteristics time, CT) 的 257 μ s，皆會影響停點距離。根據碰撞理論 (collision theory)，動態傾角 (spin loft) 較小的擊球效率值最高，理論值約 1.5 (Jorgensen, 1999)，也是接近一號木桿擊球效率的理論值。

Jorgensen (1999) 的 D 平面 (D-plane) 以 3 維空間解釋球桿參數與彈道飛行理論之關聯。D 平面定義為擊球瞬間桿頭與桿面之關係，分析如下：一、桿頭方向 (club direction) 為桿頭路徑 (club path) 與攻擊角度 (attack angle)；二、桿面向量 (face orientation) 為擊球傾角 (dynamic loft) 與桿面角度 (face angle)。D 平面的桿頭方向定義桿頭路徑相對應攻擊角度，為負值時

應往目標的左邊，而正值則桿頭路徑應往目標右邊；攻擊角度是擊球瞬間桿頭垂直於地面角度，負值為向下（地面），正值則為向上（天空）。D 平面的桿面向量動態傾角為擊球瞬間之桿面傾角 (loft) 與攻擊角度之加總角度，一號木桿傾角最小，故其動態傾角小於其他球桿；桿面角度為擊球瞬間桿面相對於目標線的水平角度，負值向目標左邊，而正值則向目標右邊。綜合以上 D 平面的理論，一號木桿最佳效率揮桿為桿頭路徑向目標右邊、正值攻擊角度與負值桿面角度，此參數會產出負值球旋轉軸心 (spin axis)。

高爾夫球桿規格如 COR、傾角、長度與重量等都會影響彈道飛行。會根據球桿型號設定不同參數，影響到揮桿陡直度 (swing plane) 進而影響不同揮桿技術，如一號木桿的 COR 最大、傾角最小、長度最長與重量最輕等。根據彈道飛行理論，最大飛行距離依不同桿頭速度會有彈道飛行最佳化 (trajectory optimizer)，以球速、出球角度 (launch angle)、球後旋 (backspin) 與彈道飛行高度 (height) 等參數計算基準，故高爾夫球揮桿技巧 (swing technique) 以融合遠距離與方向控制為指標。

過去針對不同技術開球表現之研究多以職業選手 (許銘禮、郭癸賓, 2014; 賴永成、張志銘、林作慶、許弘毅, 2013; Broadie, 2012; Ringhof et al., 2015)、統計分析 (許銘禮、郭癸賓, 2014; 鄧元湘等人, 2006; Alexander & Kern, 2005)、體能分析 (馬義傑、張碧峰, 2008; Keogh et al., 2009; Myers et

al., 2008; Sell, Tsai, Smoliga, Myers, & Lephart, 2007), 及實驗室檢測 (Smoliga, Myers, Jolly, Sell, & Lephart, 2006) 為主。室內研究只能以桿頭速度與球速 (Fradkin et al., 2004) 推算出彈道飛行參數，或推論 D 平面之參數 (陳文雄、石翔至、林俊源, 2005; Smoliga et al., 2006)。過去多數業餘者的資料都來自於練習場蒐集參數或練習時蒐集參數，因受限於儀器與研究限制，在比賽蒐集彈道飛行與揮桿技術相關研究甚少。

本研究目的為針對高爾夫球業餘參與者於比賽中之彈道飛行與揮桿技術之探討。本研究假設高爾夫業餘參與者在比賽的開球彈道飛行與揮桿技術與運動表現有差異。

貳、方法

一、研究對象

本研究對象為男性高爾夫球業餘愛好者，並在比賽中使用自己的一號木桿開球者。在扣除使用非一號木桿與開球失擊者 (共 5 位) 後 ($N = 143$) 進行分析。組別以當輪比賽成績用 USGA 差點與 TrackMan (2014) 技術分類，分成三個組別：低差點組 (low-handicap, LH; $n = 54$, 差點: 0 ~ 9, 身高: 172.1 ± 6.6 cm, 體重: 73.9 ± 7.6 kg, 年齡: 45.9 ± 10.9 歲, 占 35.97%)、中差點組 (mid-handicap, MH; $n = 45$, 差點: 10 ~ 19, 身高: 171.2 ± 5.2 cm, 體重: 79.4 ± 5.8 kg, 年齡: 48.3 ± 5.8 歲, 占 32.37%)、與高差點組 (high-handicap, HH; $n = 44$, 差點: 20 ~ 36, 身高: 172.7

± 4.8 cm，體重： 77.4 ± 7.1 kg，年齡： 42.1 ± 9.3 歲，占 31.65%。

二、研究步驟

受試者在報到時被告知本次實驗流程與研究目的，在徵得受試者同意後，於比賽中蒐集資料。本研究依原廠儀器設定，場地規劃校正方向 (target line) 與設定有效擊球區 (0.9 m \times 0.9 m)。儀器架設離受試者 2.4 m，研究開始前與賽事裁判長確認儀器擺放位置未影響受試者運動表現，如圖 1。本研究地點為全國花園鄉村高爾夫球場的第一洞的四桿洞梯臺上。本研究選該洞原因為該洞從開球區、球道到果嶺前端呈一條直線，符合檢測基準。該洞從梯臺到果嶺邊緣距離為 363 m，每位受試者開球前被告知需熱身 10 分鐘。

三、研究工具

本研究使用彈道飛行儀器設備為多普勒雷達 (Doppler radar)、Trackman GOLF PRO 3e 室外版 (20 KHz) (TrackMan A/S, Vedbæk, Denmark)。儀器設定依照高爾夫彈道相關研究設定 (Betzler, Monk, Wallace, & Otto, 2012; Ringhof et al., 2015)，儀器蒐集球彈道飛行與揮桿技術參數，再利用高速攝影機 (240 Hz) (IDS uEye, IDS GmbH, Frankfurt, Germany) 由後方記錄彈道飛行落點位置確保球道落點，儀器校正以儀器內建攝影機校正目標後，再以儀器內建鏡頭與高速攝影機校正有效擊球區之座標，以提升偵測球與球桿等參數精準度。

四、研究定義 (terminology)

本研究定義參數 (TrackMan, 2014) 整理如彈道飛行與揮桿技術如下。

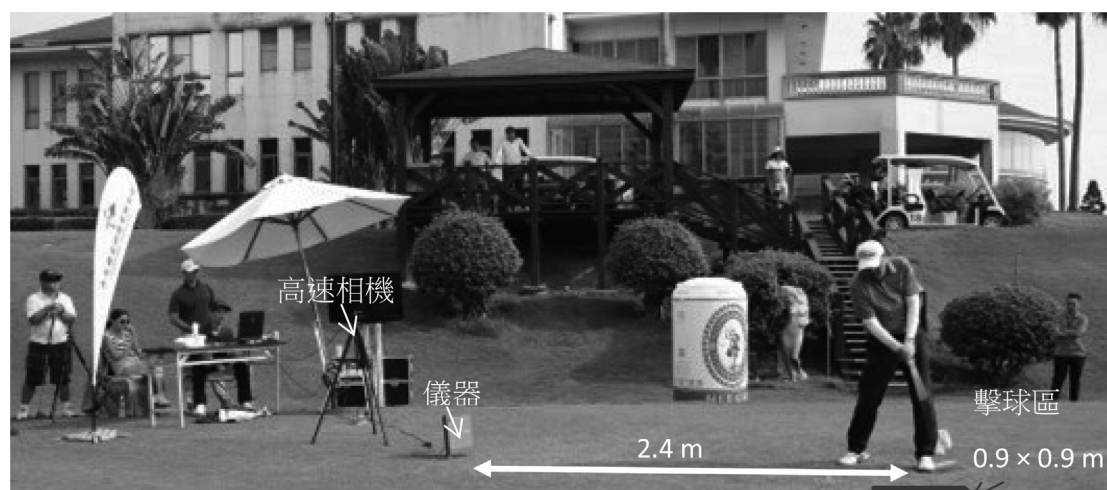


圖 1 實驗儀器、高速攝影機與擊球區之示意圖

資料來源：本研究整理。

(一) 彈道飛行參數

1. 桿頭速度 (m/s)：擊球瞬間的桿頭速度，球狀態為完全壓縮。
2. 球速 (m/s)：擊球時球離開桿面的瞬間速度。
3. 擊球效率：擊球瞬間的球速與桿頭速度之係數。
4. 出球角度 ($^{\circ}$)：擊球瞬間球時相對於地面的垂直角度 (如圖 2)。
5. 總旋轉值 (rpm)：擊球瞬間頭球每分鐘水平於地面之旋轉轉速 (如圖 2)。
6. 攻擊角度 ($^{\circ}$)：擊球瞬間桿頭垂直於地面角度 (如圖 2)。
7. 動態傾角 ($^{\circ}$)：擊球瞬間與地面的垂直桿面角度 (如圖 2)。
8. 彈道高度 (m)：球彈道飛行最高高度，垂直於地面距離。
9. 停點距離 (m)：飛行距離加上滾動距離，多普勒雷達偵測球從起飛到落地。

(二) 揮桿技術參數

1. 揮桿陡直度 ($^{\circ}$)：下半部揮桿平面相對於地面。
2. 揮桿平面方向 ($^{\circ}$)：下半部揮桿平面相對於目標。
3. 桿面角度 ($^{\circ}$)：擊球瞬間桿面相對於目標線的水平角度 (如圖 3)。
4. 桿頭路徑 ($^{\circ}$)：擊球瞬間水平於地面的桿頭角度 (如圖 3)。
5. 球旋軸心 ($^{\circ}$)：球軸旋轉角度，正值為右曲，負值則左曲 (如圖 3)。

五、資料處理

本研究數據資料以統計軟體 SPSS 19.0 (SPSS Software, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 進行分析。採用獨立樣本單因子變異數分析 (one-way analysis of variance, one-way ANOVA)，若達顯著差異，再以 Scheffé 法進行事後比較，統計數值皆以 $\alpha = .05$ 為顯著水準。

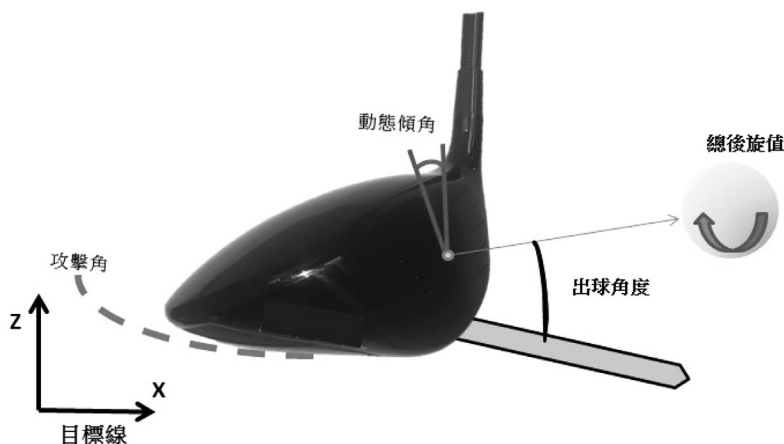
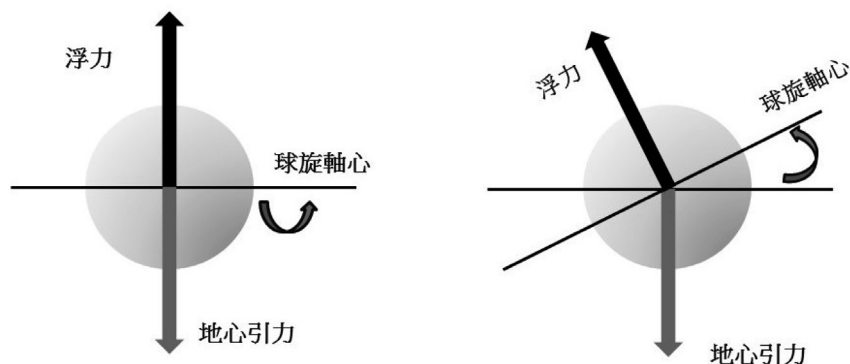
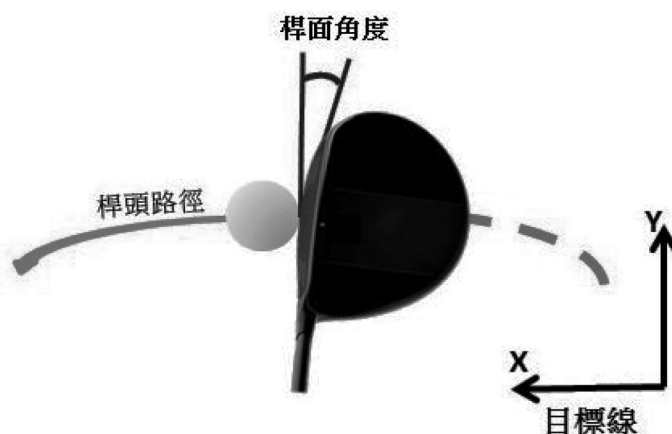


圖 2 彈道飛行參數示意圖

資料來源：本研究者整理。



A. 球旋軸心圖



B. 揮桿技術參數圖

圖 3 球旋軸心與揮桿技術參數示意圖

資料來源：本研究整理。

參、結果

一、彈道飛行參數與不同技術組別差異

在桿頭速度結果，顯示 LH 明顯快於 MH 與 HH ($p = .002, F = 6.739$)；在球速比較上，LH 速度明顯快於 MH 與 HH ($p < .001, F = 10.665$)；在出球角度分析上，

HH 明顯高於 LH ($p = .028, F = 3.678$)；在擊球效率上，HH 明顯低於 MH 與 LH ($p = .003, F = 6.221$)；在總旋轉值分析上，LH 明顯低於 HH ($p = .007, F = 5.154$)；在動態傾角分析上，HH 角度明顯大於 MH 與 LH ($p = .001, F = 6.977$)；在停點距離參數分析上，LH 明顯最遠，MH 也明顯比 HH 更遠 ($p < .001, F = 7.685$)。三組業餘者在

攻擊角度 ($p = .236, F = 1.460$) 與彈道高度 ($p = .685, F = .385$) 等彈道飛行參數未達顯著，整理如表 1。

二、揮桿技術參數與不同技術組別之分析

在平面方向研究結果顯示，LH 偏向右邊並與 HH 達顯著 ($p = .014, F = 4.422$)；在桿頭路徑結果，LH 較由內往外 (inside-out)，HH 相較方正於方向達顯著 ($p = .020, F = 4.028$)；在球旋軸心分析比較，

LH 為左曲球 (負值)，HH 左曲較小，兩組有顯著差異 ($p = .023, F = 3.878$)；在其他運動技術參數分析上，如桿面角度 ($p = .551, F = .599$) 與揮桿陡直度 ($p = .401, F = .920$) 等無差異，整理如表 2。

肆、討論

本研究結果顯示比賽所蒐集的部分資料與過去資料接近，如停點距離 (203 m vs. 201 m)、桿頭速度 (41.35 m/s vs. 41.75 m/s)、球速 (59.42 m/s vs. 59.46 m/s)、擊

表 1 彈道飛行參數與不同技術組別之分析表

彈道飛行參數	低差點組 (LH)		中差點組 (MH)		高差點組 (HH)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
桿頭速度 (m/s)	43.12	4.05	40.90 ^a	4.43	39.36 ^a	4.94
球速 (m/s)	62.94	6.49	59.20 ^a	6.23	56.05 ^a	9.08
擊球效率	1.45	0.05	1.44	0.05	1.40 ^{ab}	0.11
出球角度 (°)	10.22	3.42	10.56	3.95	12.35 ^a	5.94
總旋轉值 (rpm)	2,738.86	744.95	2,952.89	771.15	3,413.87 ^a	1467.17
攻擊角度 (°)	-0.08	3.78	-0.83	3.49	-1.42	3.93
動態傾角 (°)	11.99	3.69	12.01	4.17	15.44 ^{ab}	6.86
彈道高度 (m)	19.88	7.90	18.54	8.42	20.01	10.22
停點距離 (m)	219.17	28.46	202.84 ^a	27.26	184.24 ^{ab}	45.96

資料來源：本研究整理。

^a 跟 LH 達到顯著 ($p < .05$)；^b 跟 MH 達到顯著 ($p < .05$)。

表 2 揮桿技術參數與不同技術組別之分析表

彈道飛行參數	低差點組 (LH)		中差點組 (MH)		高差點組 (HH)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
揮桿陡直度 (°)	48.27	4.41	49.17	5.14	49.69	5.63
揮桿平面方向 (°)	5.11	7.11	2.67	7.64	0.26 ^a	8.33
桿面角度 (°)	-0.02	4.71	0.84	6.49	1.27	5.92
桿頭路徑 (°)	4.86	5.54	3.70	6.14	1.17 ^a	6.25
球旋軸心 (°)	-8.19	13.21	-2.61	9.66	-1.19 ^a	16.20

資料來源：本研究整理。

^a 跟 LH 達到顯著 ($p < .05$)。

球效率 (1.43 vs. 1.44) 與揮桿陡直度 (48.9° vs. 49.0°) (Beall, 2017; TrackMan, 2014)。但有較低的總旋轉值 (3,016 rpm vs. 3,275 rpm)，較水平於地面的攻擊角度 (-0.9° vs. -1.8°)，較低的出球角度 (10.8° vs. 12.6°) 與動態傾角 (13.8° vs. 18.3°) (TrackMan, 2014)。

參數差異可能來自於練習場地與球場的場地差異，練習場一般都是平坦、寬敞，且周邊都架網，半空中還設置了攔截網，加上多數使用單層球，導致在練習場訓練與測試時，可能降低彈道飛行與揮桿技術之回饋。根據以上結果，建議業餘參與者選擇傾角較大的一號木桿，可提升出球角度與動態傾角。相對於 PGA 選手，業餘者有較短的停點距離 (203 m vs. 262 m)、較高總旋轉值、較慢的球速與桿頭速度 (TrackMan, 2014)。但在揮桿陡直度、出球角度與攻擊角度，業餘者與 PGA 選手接近 (TrackMan, 2014)。

一、不同技術之彈道飛行之差異

本研究結果顯示業餘者技術水平受停點距離影響 (Beall, 2017)。與技術水平成正比，LH 的停點距離最遠，而 HH 最短。在桿頭速度結果上，此研究的桿頭速度低於業餘平均值 (TrackMan, 2014)，三個組別的桿頭速度都慢於相對應的技術組別 (TrackMan, 2014)，此結果與過去只有 HH 需要提升之結果有所差異 (陳文雄等人, 2005; Smoliga et al., 2006)。過去研究顯示快桿頭速度與體能及身體條件有所關聯 (Myers et al., 2008; Sell et al., 2007)，建

議高爾夫愛好者需融入體能訓練於平常訓練當中，才能提升開球表現。

本研究的結果顯示 LH 與 MH 有符合該技術，而 HH 在擊球效率明顯低於標準 (TrackMan, 2014)，也明顯低於其他兩組。建議 HH 需提升精準擊球的能力，使擊球效率提高，進而增加距離。在合格一號木桿的 COR 規範下，欲達桿頭速度轉換球速最大化，需在甜蜜區擊球並搭配 D 平面揮桿理論，故擊球效率結果顯示 HH 的擊球位置偏離甜蜜區較多，LH、MH 雖較高，但還是與理論值 1.5 有落差。出球角度在組間未達顯著，這與陳文雄等人 (2005) 與 Smoliga et al. (2006) 等技術關聯結果不同，HH 符合一般業餘的出球角度，但另外兩組則是偏低，接近零差點 (TrackMan, 2014)。

總旋轉值分析顯示，LH 接近零差點，MH 接近差點 5，而 HH 高於業餘平均值並與 LH 達到顯著差異。較高的總旋轉值會降低擊球效率、球速與停點距離，這也是在 HH 觀察到的趨勢。動態傾角之影響因素為攻擊角度與擊球傾角 (Jorgensen, 1999)。本研究結果顯示 HH 動態傾角高於其他兩組，但三個業餘組別之相對技術分析顯示，其動態傾角都明顯較低 (TrackMan, 2014)，攻擊角度在組間未達顯著，但有技術愈高其攻擊角愈平行於地面的趨勢，根據 TrackMan (2014) 提到攻擊角度的數值與差點之關聯，差點愈高者攻擊角度負值愈大 (愈往下打)。本研究的 LH 與 MH 皆低於其相對應差點，反而較接近 PGA 選手的數值。依照桿頭速度

之距離最佳化 (optimizer) 計算，建議攻擊角度為 0° (與地面平行) 時，出球角度約 15° 。本研究的出球角度、動態傾角與彈道高度皆低於 PGA 選手 (TrackMan, 2014)，結果為多數業餘者使用球桿傾角不足，如 HH 攻擊角度 (-1.42°) 導致出球角度過低 (12°)、過多總旋轉值、低擊球效率、低球速與短停點距離。

二、不同技術之揮桿技術差異

揮桿技術結果顯示，揮桿陡直度組間未達顯著，LH 組數值與差點 5 以下接近，MH 與 HH 接近業餘平均值 (TrackMan, 2014)。在揮桿平面方向數據顯示，LH 組的一號木桿揮桿平面方向向目標右側，而 HH 組別較靠近目標線 (於平面內並對目標)。桿面角度組間未達顯著。桿頭路徑 HH 為對目標，而 LH 向目標右邊。LH 與 MH 的桿面垂直於路徑，搭配由內向外的揮桿方式，根據 D 平面的理論基礎，此打法的球旋轉軸心數會是負值並會產生左曲 (draw) 的球路 (Jorgensen, 1999)。相對的，HH 較偏淺平面搭配相對路徑開放的桿面角度擊球，球路是向推右曲球 (push fade) (Jorgensen, 1999)，此種球路方向不易控制，且彈道飛行距離較短。依 D 平面的理論，一號木桿最佳效率揮桿為桿頭路徑向目標右邊、正值上功角與負值之桿面角度，能產出球旋轉軸心 (球於空氣中運行中向量旋轉軸心)。

本研究結論為，業餘參與者欲降低桿數需以增加停點距離為首要，欲進階需提升桿頭速度與球速度。建議高差點者還需

提升擊球於甜蜜區的能力，以提升擊球效率，亦可降低總旋轉值。高差點者亦可多採用符合一號木桿的 D 平面擊球方式，如內向外的平面與桿頭路徑，更容易擊出左曲球之旋轉軸心。本研究亦發現各組皆有一位特例參與者，其桿頭速度與停球距離皆達職業水準：LH 有 52.96 m/s 與 288.7 m；MH 有 50.81m/s 與 271.3 m；HH 有 49.95m/s 與 248.5 m 等數據。

三、研究限制與建議

本研究限制參與人口局限於臺灣地區男性與業餘參與者，不能推論到整體高爾夫球參與人口或其他性別。其他有關於技術水平之技術參數，如短桿、推桿等不在本研究討論範圍內。本研究只蒐集使用一號木桿開球，未檢驗每位受試者之球桿與使用球之相關規格，如 COR、傾角與長度等影響距離之因素。本研究為室外比賽參數蒐集，儀器在偵測彈道飛行時會受不可控之外在因素影響，如濕度、風向與溫度變化等。本研究雖為業餘正式比賽，受試者當天比賽成績與該洞的臨場表現也可能會有所差異。本研究的受試者被要求擊球前熱身時間，但一半的受試者是第一洞的開球，另一半已打九洞再檢測，揮桿狀況可能有所差距，有可能影響到數據。最後，本研究只以一顆開球參數並以當日成績分組，可能因那一顆球或當天臨場表現而影響實際分組。後續研究有關建議有三項：(一) 提升樣本數與標準化數據，如在其他洞架儀器與蒐集數據，且蒐集每位參與者球桿與球規格，並將其分類；(二) 新增生

物力學參數蒐集，如三維與力板等；(三) 新增不同性別進行分析。

參考文獻

1. 馬義傑、張碧峰 (2008)。提升高爾夫開球木桿擊球距離之因素探討——以搭配「起飛監視器」為例。大專高爾夫學刊，5(1)，1-8。doi:10.29706/GS.200808.0002
[Ma, I.-C., & Chang, B.-F. (2008). Factors of improving golf drive distance—A study using “launch monitor”. *Golf Science*, 5(1), 1-8. doi:10.29706/GS.200808.0002]
2. 陳文雄、石翔至、林俊源 (2005)。不同差點業餘高爾夫球員一號木桿擊球之研究。南亞學報，25，205-222。doi:10.6989/JN.200512.0205
[Chen, W.-H., Shih, H.-C., & Lin, C.-Y. (2005). A Study of driver shot of amateur golfer with different handicap. *Journal of Nanya*, 25, 205-222. doi:10.6989/JN.200512.0205]
3. 郭癸賓、趙志燁、何維華 (2014)。高爾夫球桿頭設計之發展趨勢。中華體育季刊，28(2)，163-170。doi:10.6223/qcpe.2802.201406.1009
[Kuo, K.-P., Chao, C.-Y., & Ho, W.-H. (2014). Recent developments in golf club head design. *Quarterly of Chinese Physical Education*, 28(2), 163-170. doi:10.6223/qcpe.2802.201406.1009]
4. 許銘禮、郭癸賓 (2014)。女子職業高爾夫選手參賽效率與影響因素之研究。運動教練科學，33，1-12。doi:10.6194/SCS.2014.33.01
[Hsu, M.-L., & Kuo, K.-P. (2014). A study of ladies professional golfers' performance and winning determinants. *Sports Coaching Science*, 33, 1-12. doi:10.6194/SCS.2014.33.01]
5. 鄧元湘、林文斌、林進隆 (2006)。職業高爾夫運動員績效評估。大專體育學刊，8(2)，107-120。doi:10.5297/ser.200606_8(2).0009
[Deng, Y.-H., Lin, W.-B., & Lin, J.-L. (2006). Evaluating the performance of professional golfers. *Sports & Exercise Research*, 8(2), 107-120. doi:10.5297/ser.200606_8(2).0009]
6. 賴永成、張志銘、林作慶、許弘毅 (2013)。開球距離對女子高爾夫選手造成之影響。運動與遊憩研究，7(3)，44-53。doi:10.29423/JSRR.201303_7(3).0004
[Lai, Y.-C., Chang, C.-M., Lin, T.-C., & Hsu, H.-Y. (2013). The influence of driving distance on female golfers. *Journal of Sport and Recreation Research*, 7(3), 44-53. doi:10.29423/JSRR.201303_7(3).0004]
7. 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. doi:10.1177/1527002503260797
8. Beall, J. (2017). How far do average golfers really hit it? New distance data will surprise you. *Golf Digest*, January. Retrieved from <https://www.golfdigest.com/story/how-far-do-average-golfers-really-hit-it-new-distance-data-will-surprise-you>
9. Betzler, N. F., Monk, S. A., Wallace, E. S., & Otto, S. R. (2012). Effects of golf shaft stiffness on strain, clubhead presentation and wrist kinematics. *Sports Biomechanics*,

- 11(2), 223-238. doi:10.1080/14763141.2012.681796
10. Broadie, M. (2012). Assessing golfer performance on the PGA Tour. *INFORMS Journal on Applied Analytics*, 42(2), 146-165. doi:10.1287/inte.1120.0626
 11. Fradkin, A. J., Sherman, C. A., & Finch, C. F. (2004). How well does club head speed correlate with golf handicaps? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(4), 465-472. doi:10.1016/S1440-2440(04)80265-2
 12. Hellström, J. (2009). Competitive elite golf. *Sports Medicine*, 39(9), 723-741. doi:10.2165/11315200-000000000-00000
 13. Jorgensen, T. P. (1999). *The physics of golf*. New York, NY: Springer.
 14. Keogh, J. W. L., Marnewick, M. C., Maulder, P. S., Nortje, J. P., Hume, P. A., & Bradshaw, E. J. (2009). Are anthropometric, flexibility, muscular strength, and endurance variables related to clubhead velocity in low- and high-handicap golfers? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1841-1850. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b73cb3
 15. Myers, J., Lephart, S., Tsai, Y. S., Sell, T., Smoliga, J., & Jolly, J. (2008). The role of upper torso and pelvis rotation in driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 181-188. doi:10.1080/02640410701373543
 16. Penner, A. R. (2002). The physics of golf. *Reports on Progress in Physics*, 66(2), 131. doi:10.1088/0034-4885/66/2/202
 17. Ringhof, S., Hellmann, D., Meier, F., Etz, E., Schindler, H. J., & Stein, T. (2015). The effect of oral motor activity on the athletic performance of professional golfers. *Frontiers in Psychology*, 6, 750. doi:10.3389/fpsyg.2015.00750
 18. Sell, T. C., Tsai, Y.-S., Smoliga, J. M., Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2007). Strength, flexibility, and balance characteristics of highly proficient golfers. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1166-1171.
 19. Smoliga, J. M., Myers, J. B., Jolly, J. T., Sell, T. C., & Lephart, S. M. (2006). Highly proficient golfers exhibit greater consistency in driving ball flight characteristics than less proficient golfers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(5), S399.
 20. TrackMan. (2014, June 6). *TrackMan average tour stats: TrackMan average stats taken from the PGA TOUR*. Retrieved from <http://blog.trackmangolf.com/trackman-average-tour-stats/>

Golf Driving Characteristics of Golfers of a Variety of Handicaps

Yen-Lei Wu^{1*}, Chen-Fu Huang¹, Po-Chieh Chen¹, Hung-Tsung Wang², Chia-Hao Chang¹

¹ Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

² Graduate Institute of Sports Training, University of Taipei

*Corresponding author: Yen-Lei Wu

Address: No. 1, Ln. 17, Sec. 1, Muzha Rd., Wenshan Dist., Taipei City 116, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: ylwu53@gmail.com

DOI:10.6167/JSR.202012_29(2).0006

Received: May, 2019 Accepted: April, 2020

Abstract

Introduction: Golf drive distance and accuracy are vital parameters for golf performance and can enhance course strategy. Professional tours have implemented technology to capture golf driving characteristics during tournament. The purpose is to analysis golf drive characteristics between the different handicap of golfers during tournament. **Method:** Subjects were male amateur golfers ($N=143$). Subjects were divided into three groups based to the final score, into three categories, high-handicap group (HH), middle-handicap group (MH), and low-handicap group (LH). The study used Doppler radar (20KHz) to capture ballistic flight, golf swing technique parameters. One-way ANOVA ($\alpha = .05$) was used to analysis the data and Post-Hoc with the Scheffé method. **Results:** The differences between the handicap group is distance. Low-handicap group have faster initial ball velocity and clubhead velocity. Mid-handicap group differs from high-handicap group in smash factor, backspin and driving distance. Low-handicap group have lower dynamic loft, attack angle, backspin, and higher swing efficiency than high-handicap group. High-handicap golfers should enhance their swing techniques by adjusting their swing direction to more right of target inside-out, with square or a left-of-path face angle at impact. **Conclusion:** This study found that the main contributor for amateur golfers to lower handicap is to increase drive distance. Those want to become single digit handicap must focus on increasing the clubhead and ball velocity. High-handicapper should focus to impact closer to sweet spot to increase smash factor and for lowering backspin. Additionally, high-handicapper are suggested enhance techniques with an inside-out swing path accompanied for draw trajectory.

Keywords: ballistic flight, golf techniques, driver performance