

## 論述高爾夫 3D 揮桿平面並提供教學運用

杜錦豐<sup>1</sup>

### 摘 要

實際教學時並不知如何以攝影機攝取揮桿者的正確揮桿平面，並根據正確的揮桿平面對應出正確的揮桿路線來進行練習。因而，本文的目的在於觀察選手的三度立體 (3D) 揮桿動作影像之揮桿平面，藉以提出高爾夫揮桿平面與揮桿路線於教學時的實際運用。本文說明以女子職業巡迴賽 (Ladies Professional Golf Association, LPGA) 的頂尖選手所呈現的 3D 揮桿平面，與以往研究者非全身的測試定義不同之處，於是再重新整理之後提供實際教學的運用。

**關鍵詞：**高爾夫、揮桿平面、揮桿路線

---

<sup>1</sup> 杜錦豐，國立政治大學副教授，du@nccu.edu.tw



## 壹、前言

實際教學運用時並不了解揮桿平面該如何攝取，因此本文針對此加以整理。高爾夫左臂與球桿的複擺平面，是否能在撞擊前後一小段與目標線平行的問題，乃屬於非全身動作研究，所以先前學者們僅以上半身肢段的研究而要驗證出全身的動作，必然產生統計結果的不同而成爲爭論不休的現況。然而！根據 LPGA 頂尖選手的 3D 動作影像顯示，確實有恆定的揮桿平面而且不僅止於撞擊前的一小段。尤其，3D 圖形的觀察是全身動作觀察，所以其揮桿平面的定義不同於舊有研究的定義而必須有所區別。本觀察設定於揮桿平面與揮桿路線之觀察與運用，其他相關動作能揮擊出此結果，則不在本文探討之內。

## 貳、上肢段複擺平面的文獻探討與新整理

### 一、針對上半身肢段研究結果的爭論不休

英國女王高爾夫組織 (Royal Society Golf Group, RSGG) 的 Cochran 與 Stobbs (1968)，開啓左臂與球桿的複擺動作分析，後續研究者 Jorgensen (1970, 1994)、Sprigings 與 Neal (2000) 增加左肩到頸椎第七節爲整體三複擺模型分析，此研究被延續到近期的 Sprigings 與 Mackenzie (2002) 等人。他們都認爲此雙複擺或三複擺的平面在撞擊前後一段是一種固定的平面（如圖 1）。

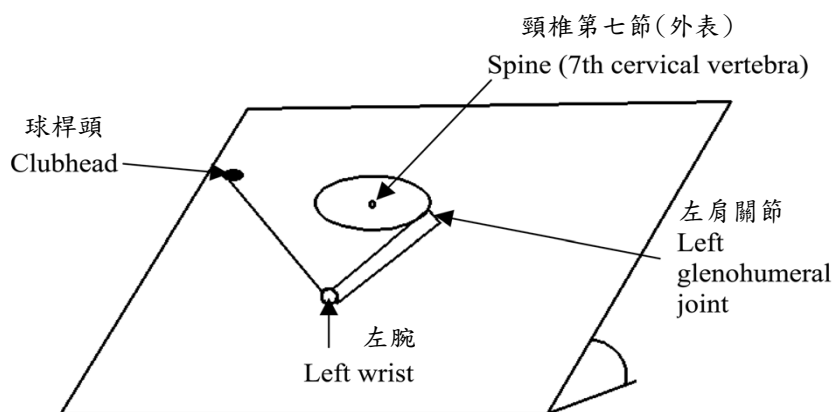


圖 1 上身三肢段的高爾夫揮桿模型圖

資料來源：”The application of optimal control theory to simplified models of complex human motions: The golf swing”. Campbell and Reid, 1985, *Biomechanics IX-B*, 527-538.

然而，Coleman 與 Rankin (2005) 的研究結果是不平行的情形，他們將因為  $\beta$  角度的變異度（量）是由下桿初期的  $1338 \pm 18$  變化成撞擊時的  $1028 \pm 48$ ，以上身與左臂的平面設定成 Z 軸角度 ( $\alpha$ )，發現球桿頭低於此平面的情形，所以研究者建議要陡峭下桿（如圖 2(a) 虛線球桿）。亦即變異度越小則揮桿平面越接近於目標線平行的意思。

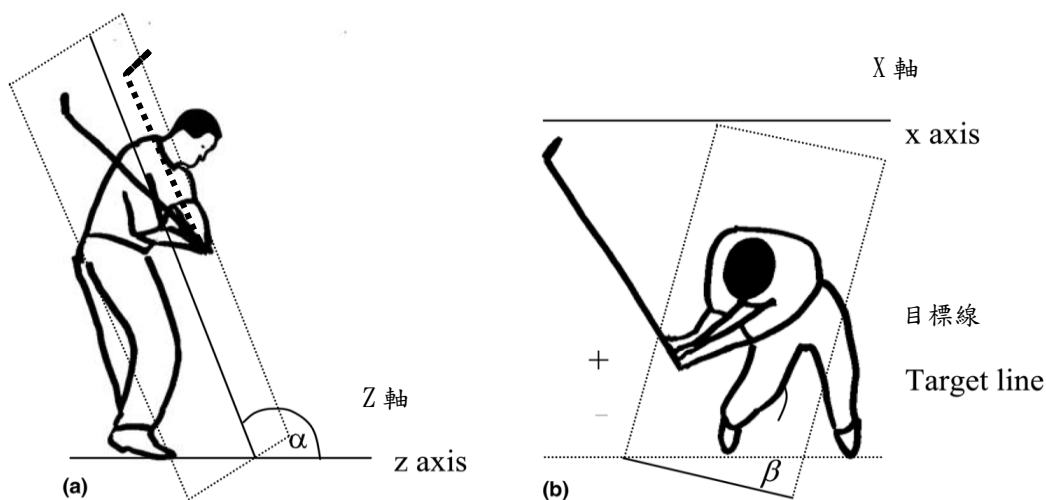


圖 2 高爾夫揮桿平面 3D 檢視圖

註：(a)揮桿平面設定成 Z 軸角度 ( $\alpha$ )。(b)上身與左臂的平面於目標線 (X 軸) 的角度 ( $\beta$ )。  
資料來源：” A three-dimensional examination of the planar nature of the golf swing”. Coleman and Ranki, 2005, *Journal of Sports Science*, 23, 230.

## 二、揮桿平面的新整理

根據最新的 3D 揮桿測試（王建智，2011），如圖 3(a)(b)，LPGA 選手有恆定的揮桿平面，但和以上兩種學者的觀察模式不同。揮桿平面的觀察應指球桿頭的重心軌跡，它是一種動作的結果（dependent variable），而在不計上桿頂點與收桿期的其它約五分之四揮桿範圍之下，LPGA 頂尖選手的揮桿平面是球桿頭重心軌跡呈現上桿與下桿期一致的情形，此即揮桿平面的最新定義。以下根據此最新觀察模式來對以往兩極的研究結果給予探討如下：

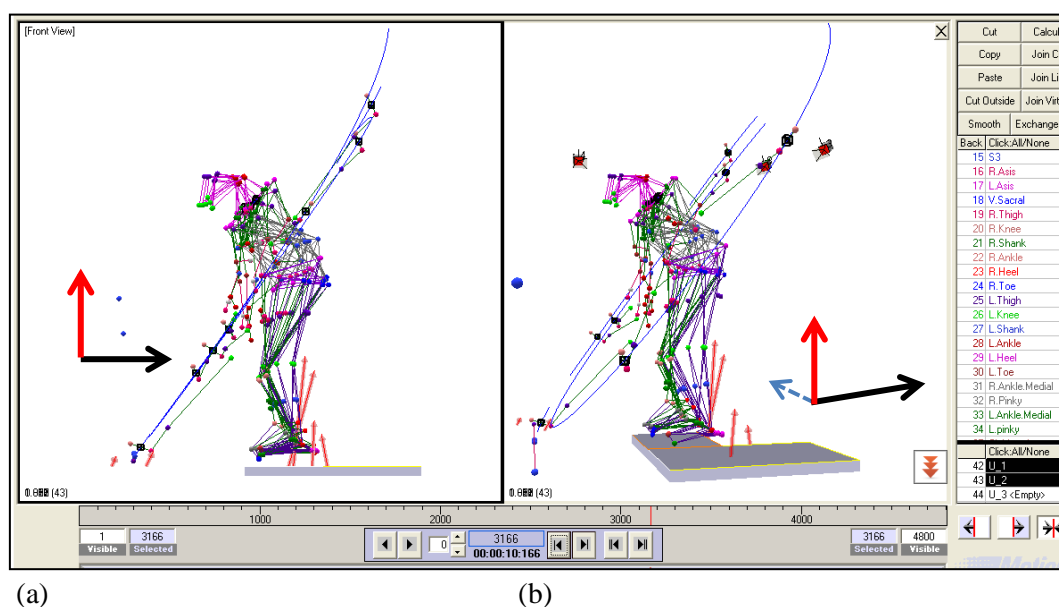


圖 3 3D 揮桿平面觀察圖

註：(a)為絕對額面軸的揮桿平面觀察。上下桿過程的球桿頭在頭部以下即五分之四的揮桿範圍，呈現左右兩側一致的揮桿平面。(b)為相同動作而在視窗分割的情形下觀察其非絕對額狀面軸的情形。非絕對額狀面的分析是目前最常犯的攝影教學錯誤。

資料來源：”揮桿路線與打擊面方位的測量”。王建智，2011，*高爾夫全揮桿運動科學訓練法*，28-50。

### (一) 以技術經驗探討新與舊定義之差別

先前學者指出頸椎第七節、左臂與球桿（含球桿頭）的複擺平面是影響此結果的動作變項 (independent variable)。將此單一動作變項做為是否平行於目標線的研究，在相關性統計上的若（自變項）則（依變項）的關係產生爭議。例如，正確的上身手臂動作雖然可以使上身揮桿平面平行於目標線，但若它是早於下身扭轉的錯誤下桿動作順序，也會產生不平行於目標線的結果。因而，正確手臂動作、正確揮桿順序或其它相關於揮桿平面的自變項必須皆列入相關統計，始可避免以偏概全的不同統計結果而產生爭議。

本人認為，新與舊定義所相同的是皆認為有揮桿平面，但不同的是影響揮桿平面的揮桿動作（自變項）是單一或多元的差別。就實際的揮桿經驗來觀察可了解，並非單一動作變項可以完成此揮桿平面。例如，頸椎內部中心（王建智、楊沛峰、相子元，2003）移動即頭部的搖晃，則導致於上身肢段的揮桿平面不正常。例如，雙臂的形狀錯誤、下桿期肩轉用於髖轉的揮桿順序等等，皆會導致於揮桿平面的不正常（王建智、楊沛峰、杜錦豐，2004）。

簡而言之，以往的學者僅進行上身肢段（非全身）部分的動作（指單一自變項），來分析是否與揮桿平面（指依變項）有關，所以相關的統計呈現不同結果與爭議。

### (二) 以 3D 模型來確認動作變項的重要性

英國皇家高爾夫科學委員會出版第二輯 (Science & Golf II) 的編輯者 Dillmand 與 Lange (1994)，也認為以往非全身的研究有待商榷，他在導覽頁重點性介紹了全球登錄於該書的高爾夫研究報告，並於文章尾段的討論內容中指

出：目前各種高爾夫報告是個別身體部分的研究，還無法整合成全身的揮桿分析。所以，編輯者建議往後的研究要朝向 3D 的揮桿動作來進行，以找出其中全身揮桿動作的可能變項，而將這些變項輸入於 3D 模擬機械人來進行驗證動作變項的真實性。

### （三）文獻總結

誠如前文 (Dillmand & Lange, 1994) 所述，目前高爾夫報告皆為身體的部分變項來研究，於是本報告蒐尋國際生物科技中心 (National Center for Biotechnology Information, NCBI) 並且發現無任何涉及怎樣的全身動作可以擊出直球，或怎樣的全身動作與擊出直球的揮桿平面等的相關研究。然而，因為有 LPGA 頂尖選手的 3D 資料出現一致的揮桿平面情形，則已經確立了依變項的部分。在多自變項即全身動作變項未量化之前，此揮桿平面與揮桿路線的打直球結果（依變項）已先確立，並做為本文提供實際教學的重要參考。

## 參、新整理揮桿平面之教學運用

目前在量化的驗證上尚無法清楚說明全身的揮桿動作如何打出直球與遠球，所以可提供實際教學的參考內容有限，然而在自變項（動作內容）無法明朗之下，依變項（揮桿平面、撞擊路線與打擊面於揮桿路線上的方向與位置）卻是確切的情形。因而，依變項的部分可以提供給實際教學者參考，內容如下所述。

## 一、五號鐵桿之揮桿平面（額面軸）的設定法

根據 LPGA 選手 3D 的揮桿平面來換算，五號鐵桿的揮桿平面為地平線夾角  $62\pm 3$  度，所以在實際練習時可以將此角度的兩個相同支架，置放在平行於目標線的身體兩側，以做為揮桿平面的標示而來進行球桿頭沿此平面上桿、下桿與送桿的練習。當在攝影教學時，正確鏡頭攝錄方向必須使兩支架前後重疊平行。教學攝錄的正確鏡頭位置是朝絕對額狀面的方向攝錄，當方向不對時則兩支架不會重疊（如圖 4）。

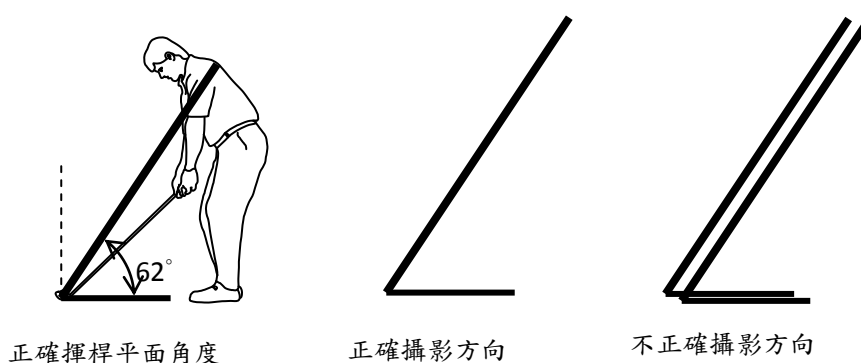


圖 4 攝影鏡頭方向圖

註：本圖以身高  $172\pm 3$  公分、夾角  $62\pm 3$  度、五號鐵桿為例。

## 二、其它球桿之揮桿平面建議

截至目前為止，尚未有其它不同長度球桿的 3D 揮桿測試，但以五號鐵桿為基準之下，長於五號鐵桿的揮桿平面漸次低平而短於五號鐵桿則漸次高直，以下為一般性建議參考（如圖 5）。一號木桿為一點二十五分、中鐵桿為一點十五分以及短鐵桿以下為一點鐘的方位。



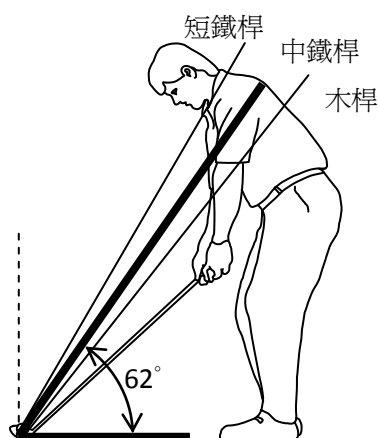
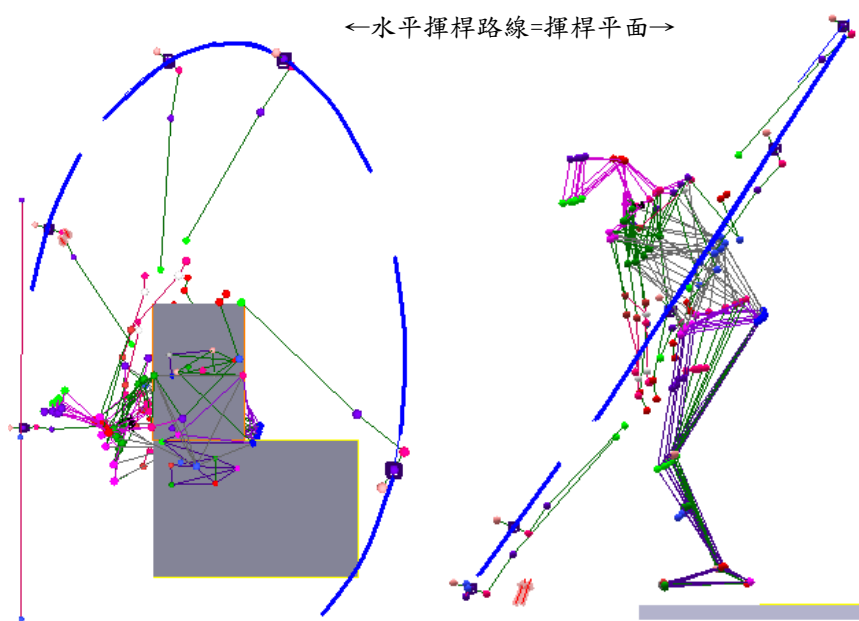


圖 5 不同球桿之揮桿平面示意圖

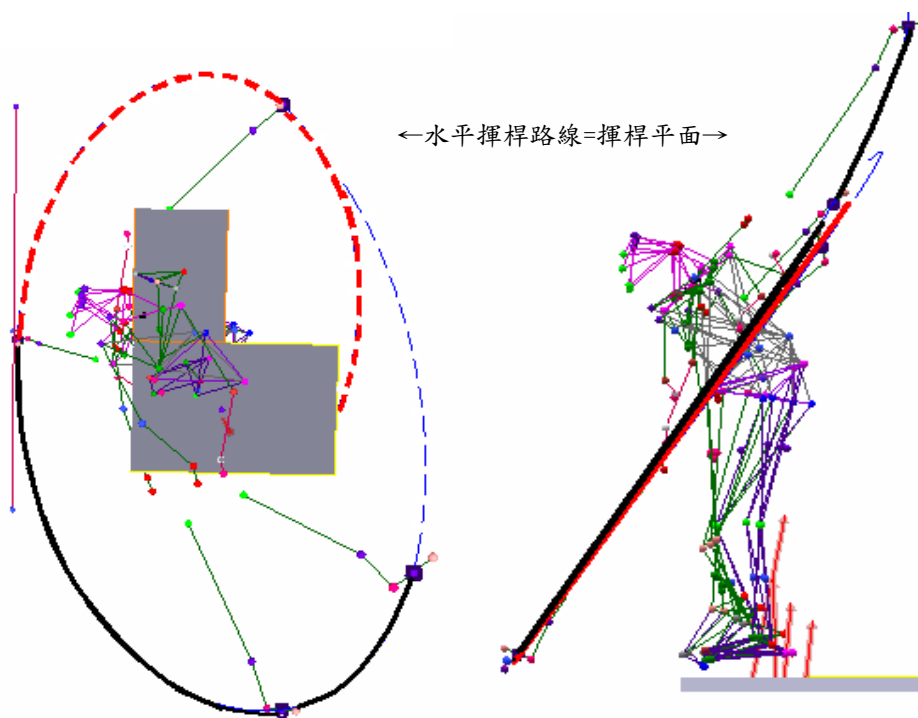
### 三、五號鐵桿之揮桿路線（水平面）設定法

一般教學所俗稱的揮桿路線泛指球桿頭重心的水平面軌跡，當額狀面的揮桿平面若以水平面觀之則是揮桿路線。然而，一般教學者卻很易將球桿頭重心軌跡的揮桿路線與揮桿平面當成是兩件事情。揮桿平面與揮桿路線是同一個動作事件，當我們將五號鐵桿頭貼齊於此一點十五分的平面上與下桿時，則水平面的揮桿路線可以對映出來，於是教學者可以將所對映出來的水平面揮桿路線以膠帶貼於地上，膠帶貼於地表之後可做為揮桿路線的比對練習。

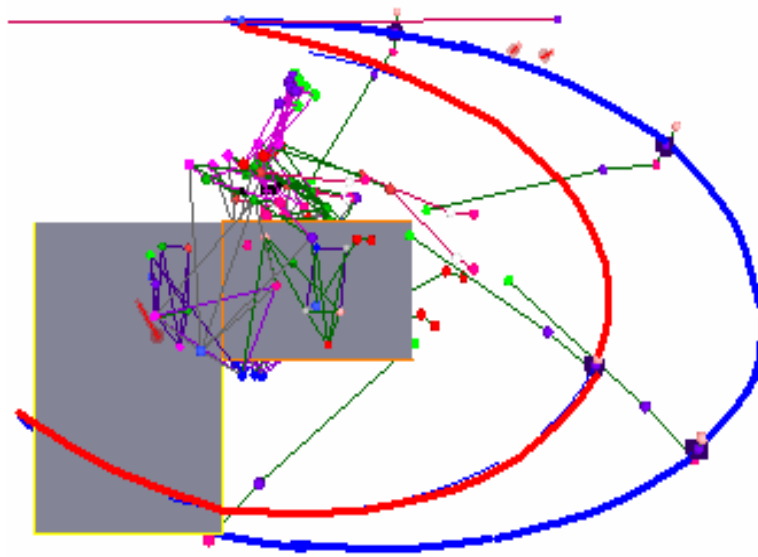
根據王建智（2011），如圖 6(a) (b) (c)所示在同一揮桿平面之下，所對映的球桿頭重心於水平面的軌跡，於是將膠帶沿此軌跡貼於地表。圖 6(C)的下桿期球桿頭重心軌跡的弧線明顯小於上桿期的主因是，上桿期右肘沒貼身體而下桿期貼身體所致。無論上下桿期的手臂動作有不同，但上下桿的平面是相同的情形。



(a) 上桿期球桿頭重心軌跡



(b) 下桿期如虛線、送桿期如實線



(c) 疊合上桿期(外緣)與下桿期至撞擊期(內緣)

圖 6 LPGA 選手之 3D 連續動作圖

註：(a)上桿期、(b)下桿期與(c)疊合上桿期至下桿撞擊期。

資料來源：”揮桿路線與打擊面方位的測量”。王建智，2011，*高爾夫全揮桿運動科學訓練法*，28-50。

#### 四、揮桿平面於教學攝影上的運用

當在攝影教學時，正確鏡頭攝錄方向必須使兩支架前後重疊。攝影鏡頭必須放在兩支架子的同一方向（如圖 7▼）而與兩支架重疊平行，因而觀察球桿頭的移動軌跡變成比較準確。例如揮桿平面上的球桿頭軌跡（△形），若對映成正確揮桿平面則可以看出球桿頭軌跡由外側下桿的錯誤路線，而相對（○形）才是正確的揮桿路線。以五號鐵桿揮桿為例，在分析時，球桿頭應貼於 62 度平面，任何不在平面上的情形（如△）即是揮桿路線的錯誤。

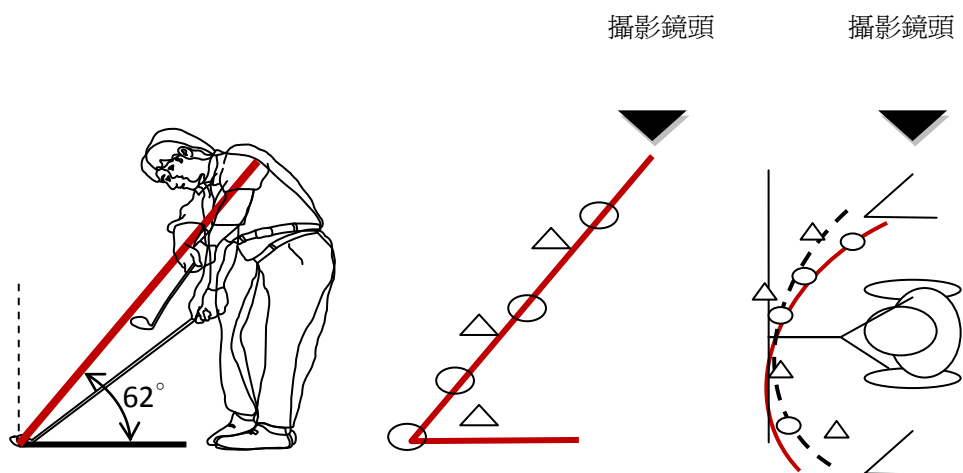


圖 7 五號鐵桿揮桿平面圖

#### 肆、結 論

高爾夫揮桿擊直球的全身動作分析，目前在全球尚未有研究是確切的事實，然而揮擊直球的恆定揮桿平面已透過 LPGA 頂尖選手的 3D 動作確立，因此，本文針對揮桿平面與所對映的揮桿路線進行觀察並整理，研究最後提出，運動科學研究者與技術教學者必須共同釐清人體全身動作的自變項來分析多項動作變項與恆定揮桿平面的關係，始能將量化與質化的內容合併。

#### 參考文獻

- 王建智、楊沛峰、相子元 (2003)。高爾夫揮桿的旋轉中心與擊球準確關係。大專體育學刊，6(2)，201-211。
- 王建智、楊沛峰、杜錦豐 (2004)。高爾夫揮桿動作的多面向實驗概念與發展。大專高爾夫學刊，1，9-30。
- 王建智 (2011)。高爾夫全揮桿科學訓練法。新北市：王建智。
- Campbell, K. R., & Reid, R. E. (1985). The application of optimal control theory to

- simplified models of complex human motions: The golf swing. In D. A. Winter, R. W. Norman, R. P. Wells, K. C. Hayes, & A. E. Patla (Eds.), *Biomechanics IX-B* (pp.527-538). Baltimore, MD: Human Kinetics.
- Cochran, A., & Stobbs, J. (1968). *The search for the perfect swing*. London: Heinemann.
- Coleman, S. G. S., & Rankin, A. J. (2005). A three-dimensional examination of the planar nature of the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 23, 227 – 234.
- Dillman, C. J., & Lange, G. W. (1994). How has biomechanics contributed to the understanding of the golf swing? *Science and Golf II*, 3-13.
- Jorgensen, T. (1970). On the dynamics of the swing of a golf club. *American Journal of Physics*, 38, 644-651.
- Jorgensen, T. (1994). *The physics of golf*. New York: American Institute of Physics Press.
- Sprigings, E. J., & Mackenzie, S. J. (2002). Examining the delayed release in the golf swing using computer simulation. *Sports Engineering*, 5, 23-32.
- Sprigings, E. J., & Neal, R. J. (2000). An insight into the importance of wrist torque in driving the golf ball: A simulation study. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 356-366.