

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 優秀女子跳高運動員的生物力學服務：縱貫式研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 99-2410-H-028-005-  
執行期間：99年08月01日至100年07月31日  
執行單位：國立臺灣體育學院體育研究所

計畫主持人：陳重佑

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：戴偉勳  
碩士班研究生-兼任助理人員：冉茂萍  
碩士班研究生-兼任助理人員：林建志  
碩士班研究生-兼任助理人員：游晴惠

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 100 年 12 月 12 日

中文摘要：臺灣的女子跳高全國記錄已經維持長達 20 年未能打破，而榮獲 2009 年全國運動會女子跳高金牌的吳孟珈運動員則為年僅 15 歲的國中三年級學生，並在 2009 年 11 月的第三屆亞洲室內運動會中，以 1.80m 的成績奪得第 6 名。本研究的主要目的乃就生物力學的研究手段，為優秀女子跳高運動員吳孟珈進行跳高技術追蹤服務，以作為教練員與運動員競技運動訓練的參考。研究的主要對象吳孟珈身高 171cm、體重 55kg，研究記錄正式比賽情境跳高動作，並提供即時回饋給運動員和教練員相關的動作分析之生物力學服務，動作記錄的工具為 Sony HDR-FX7 高解析度數位攝影機 (60Hz) 與 VICON Motus 9.00 版三度空間影像分析系統。本研究的結果發現吳孟珈曲線助跑最後第二步的著地位置，在二次測試均出現偏離曲線助跑路徑外側，且起跳階段的重心最低高度都略顯較高 (約為身高的 55-57%)。全中運的運動學特徵為加速起跳形式，而全國運動會則為減少最後一步步長的減速起跳形式，以致全國運動會離地角度增加。研究結果可以立即回饋給運動教練員與運動員關於實驗參與者跳高技術改進的相關訊息，以落實運動科學在運動競技服務的應用工作。

中文關鍵詞：跳高、生物力學、運動科學服務、曲線助跑

英文摘要：

英文關鍵詞：

# 優秀女子跳高運動員的生物力學服務 ：縱貫式研究 (I)

## Biomechanical Services for the Elite Athlete of Female High Jump ：A Longitudinal Study (I)

(計畫編號：NSC99-2410-H-028-005)

主持人：陳重佑 (國立臺灣體育學院體育研究所)

研究助理：戴偉勳、林建志、冉茂萍、游晴惠

### 壹、問題背景

自從 Fosbury Flop 跳高技術發展以來，國際運動場上的跳高記錄就屢屢創下新高，並在 1993 年由古巴男子跳高運動員 Javier Sotomayor 以 2.45m 創下新的世界記錄後，此一記錄就高懸至今成為國際跳高運動員攻頂的目標，然而，2009 年的男子跳高最佳成績則為 Andra Masson 與 Ivan Ukhov 的 2.35m；在亞洲記錄方面，男子跳高則由中國運動員朱建華於 1984 年創下的 2.39m 保持至今 (International Association of Athletics Federations [IAAF], 2009)。女子跳高的世界記錄則是 1987 年保加利亞運動員 Stefka Kostadinova 的 2.09m 保持至今，而 2009 年的女子跳高最佳成績則是克羅地亞共和國運動員 Blanka Vlašić 的 2.08m，亞洲記錄則為 2009 年哈薩克運動員 Marina Aitova 所創下的 1.99m (IAAF, 2009)。

臺灣的男子跳高成績自 1982 年由劉金鎗運動員創下 2.22m 的佳績後，直到 2007 年才由曹志豪運動員以 2.23m 的成績超越，而 2009 年的全國運動會男子跳高成績則由向俊賢以 2.15m 奪得金牌。女子跳高的成績方面，臺灣的記錄則是 1989 年由蘇瓊月的 1.86m 保持至今，直至 2009 年的 20 期間，雖然有多位女子跳高運動接近突破 1.86m 的成績，可是均未能有任何突破的進展；自 2000 年以來，雖然有一至二年的女子跳高最佳成績突破 1.80m，但是，多年來僅是維持在 1.75m 的水準。近年來締造最佳女子跳高成績的運動員，多為大專以上學生，而在 2009 年則有 15 歲的吳孟珈運動員 (當時為國中三年級學生) 屢次締造佳績，並在 2009 年全國運動會中以 1.74m 奪得金牌、2009 年 11 月的越南亞洲室內運動會中以 1.80m 奪得第 6 名，可說是 2000 年以來，最有希望突破 1.86m 臺灣女子跳高記錄的運動員。

跳高是一種速度與力量結合的運動項目，更是一項瞬發力表現的運動項目。為了要克服重力，爭取垂直方向的高度提昇，就必須將 Fosbury Flop 跳高技術的助跑 (run up)、起跳 (takeoff)、騰空/過竿 (bar clearance) 和著地 (pit landing) 等四個階段貫串發揮 (Dapena, 2000; Hay, 1993; 吳敏, 2003; 張志銘, 1993)。Hay (1993) 指出跳高成績的決定因素包括了離地高度 (takeoff height)、騰空高度 (flight height) 和過竿高度 (clearance height) 等三個高度的加總，但是助跑起跳卻是創造三個高度優勢的重要條件。Dapena (1980a, 1980b) 在研究跳高助跑階段指出，運動員必須通過直線加速助跑，並於起跳前的 4 至 5 步進入曲線的助跑模式，此時的助跑速度將達到 6 至 8m/s；起跳時，運動員將會降低水平速度，並大幅增加垂直速度和身體翻轉的角動量，以創造起跳過竿的最佳條件。曲線助跑是跳高運動員轉換身體工作目的的重要階段，在進入曲線助跑時，跳高運動員的身體必須沿著行進的曲線向內傾斜，再於起跳時將身體向外躺向橫竿，所以，就使得起跳過程身體依照接近垂直的方向離地。因此，曲線助跑身體向內傾斜除了可以提供曲線行進的向心力來源以外，更為運動員製造了身體翻轉過竿的轉動動

量 (Dapena, 1995), 也可以避免為了助跑起跳而過渡前傾身體的衝竿動作 (Dapena, 1980b; Jacoby, 1987)。為了解釋跳高曲線助跑的概念, Dapena, Ae 和 Iiboshi (1997) 則通過圓弧曲線擬合的方式分析運動員曲線助跑 4 步的落腳位置, 並指出助跑速度越快或曲線弧度越小時, 跳高運動員身體傾向圓弧中心的傾斜角就要增加。不過, Tan 和 Yeadon (2005) 則通過簡單的數學點粒子模型 (simple mathematical point mass model) 分析檢證曲線助跑的主要優點, 為產生身體繞橫竿旋轉的角速度來源。

此外, 也有許多研究指出曲線助跑可以有效地降低起跳階段的身體重心, 以創造起跳階段的較大垂直位移, 而使得跳高運動員可以有較為充分的力量作用時間, 發展離地速度所需要的垂直衝量 (Ae, Sakatani, Yokoi, Hashihara, & Shibukawa, 1986; Dapena, 1987, 1993; Jacoby, 1986)。

起跳動作技術主要由起跳腿緩衝與蹬伸和前導腿蹬伸所構成 (馬俊明、周巧玲, 2003), 而起跳速度是影響成績之一, 其中垂直速度更是起跳過程中, 起跳腿緩衝與蹬伸及前導腿蹬擺互相配合之下所產生, 因此跳高起跳階段都是經由下肢腿部動作來完成著地與起跳動作。支撐階段過程由於下肢髖、膝、踝關節伸肌必需完成增強式的收縮, 而前導腿動作將有助於減少水平速度損失與獲得較大的垂直速度 (施文忠, 1998)。所以, Dapena (1997) 則以角動量計算與貓旋的理論模型分析跳高騰空階段的技術, 指出跳高運動員離地後的初期屈膝和伸髖動作, 可以使起跳腳產生反向的運動, 或減緩起跳腳的旋轉, 在角動量守恆的力學機制下, 就造成身體軀幹的旋轉速度加快, 而創造軀幹過竿的有利條件; 在軀幹過竿後的階段, 跳高運動員將減緩軀幹的旋轉 (屈頸關節或含胸收腹動作), 而增加下肢的過竿角速度。林啟仲 (1996) 也提出了過竿過程的動作技術, 指出跳高動作離地後唯一能做的隨意運動是身體的補償運動, 當起跳後重心騰升到接近最高點時, 頭肩部過竿後須下壓才能使腰臀重心部份上升, 亦即身體的髖部因頭肩部過竿的降低引起相反運動而抬高。這也說明了運動員弓腰以抬高髖關節高度、收腹以加速下肢旋轉速度, 而避免坐落或碰觸橫竿的動作失敗機率。

中國跳高運動員朱建華曾於 1985 年三破世界跳高紀錄, 但臺灣運動員在跳高這個項目上卻一直沒有好的表現。特別是臺灣女子跳高運動自 1989 年蘇瓊月運動員創下 1.86m 後, 跳高紀錄也停頓了 20 年, 至今無人能突破。其中也有身材極佳、身體素質極好的運動員如林素琦 (最佳成績 1.85m)、唐莉文 (最佳成績 1.82m) 等, 她們在國中階段即已展露頭角, 可是在進升至大學之後, 成績滑落、不進反退, 殊為可惜。有鑑於此, 研究實有必要針對目前臺灣女子跳高成績表現最好的吳孟珈運動員, 科學化地持續追蹤其表現, 並提供生物力學方面的訊息, 提供教練員與運動員參考, 以改進運動技術提高運動表現。

目前大多數臺灣女子跳高運動員容易達到 1.65m, 但從 1.65m 過到 1.70m 或更高則產生了瓶頸。本研究擬以生物力學的分析技術, 記錄吳孟珈運動員在背向式跳高全程的動作表現, 期能提供對於背向式跳高的動作技術特徵等訊息。希望能從運動科學服務中提供有關的動作訊息教練員與運動員, 並藉以發現其應改進的方向, 而突破停滯 20 年的女子跳高紀錄 1.86m。

## 貳、研究目的

本研究計畫的主要目的乃就生物力學的研究手段, 通過縱貫式手段追蹤檢測臺灣優秀女子跳高運動員吳孟珈的表現, 並即時回饋收集得的動作技術資訊, 以作為教練員與運動員運動訓練的參考, 本研究報告則為第一年研究的成果。

## 參、研究方法與步驟

### 1. 實驗參加者

本研究實驗以目前就讀臺中縣后綜高中高中部一年級女生吳孟珈運動員（年齡 16 歲、身高 1.71 公尺、體重 61 公斤）為生物力學服務對象。該運動員於小學 5 年級開始參加臺中縣瑞穗國小田徑校隊，目前只有 4 年的訓練年齡。吳孟珈小學的跳高最佳成績 1.52m，到 2008 年最佳成績已達 1.70m，2009 年吳孟珈跳高成績快速進步，從第一屆亞洲青年運動會（2009 年 6 月 24 日）跳過 1.75m 奪得臺灣代表隊唯一的一面金牌、臺灣中等學校田徑錦標賽（2009 年 10 月 8 日）跳過 1.78m，更於越南河內舉行的第三屆亞洲室內運動會（2009 年 10 月 31 日）跳過 1.80m 獲得第六名，其成績具有相當穩定的成長。

在 2010 年的運動表現方面，因為本研究服務的對象吳孟珈運動員，在 4 月與 5 月間出現左足底肌腱炎，並停滯了約 6 週無法正常訓練，然而，為了參加 6 月中旬於越南舉辦的亞洲青年田徑錦標賽，本研究在出發前，商請運動傷害專長的駱明瑤副教授對吳孟珈進行貼紮處理，並在亞洲青年田徑錦標賽中維持 1.78m 的優異成績。8 月 18 日至 22 日期間，吳孟珈也代表臺灣參加於新加坡舉辦的青年奧林匹克運動會，並仍以 1.78m 的優異表現奪得女子組跳高 B 組的金牌，吳孟珈也是在此次賽會中年紀最小的女子跳高運動員。雖然，在 2010 年吳孟珈因傷尚未能突破 2009 年的自己最佳表現，但是，在 2010 年 9 月至 11 月期間的調整訓練，並就腳傷進行調養。2011 年 4 月 24 日的全國中小學運動會中，吳孟珈以 1.75m 獲得高中女子組跳高銀牌，因此，本研究以 98 年全國運動會、100 年全國中小學運動會中的比賽動作作為本研究報告的分析。

### 2. 實驗儀器

- a. SONY HDR-FX7 攝影機三部，採樣頻率為 60Hz、快門為 1/10000。
- c. 三度空間座標標定架。
- d. TKK 馬丁尺。

### 3. 實驗步驟與流程

本研究係屬縱貫式研究的手段，在實驗參加者參與實驗前，則必須先告知實驗參加者研究的目的。並於正式檢測後，於訓練期間或比賽期間進行跳高動作技術的資料收集。測驗的地點主要為臺中縣后綜高中田徑場、國立臺灣體育學院田徑場或各項比賽場，本研究在完成預備測試，經檢討分析整個實驗流程的缺失後，始得進行正式測試。

所有攝影機的同步處理，乃採用閃光燈作為同步訊號源，而無法進行快門同步的問題，則屬於本研究在研究設備的限制。

### 4. 三度空間影片分析的方法

實驗的動力學參數與運動學參數的獲得主要是由 VICON Motus 9.00 版運動學分析系統進行計算，分別點取兩部攝影機的跳高橫竿及身體標誌點共 21 個。人體的 19 個標誌點將人體簡化為 12 個肢斷，分別為：頭與頸環節、右上臂、右前臂、左上臂、左前臂、右大腿、右小腿、右足、左大腿、左小腿、左足、軀幹。人體重心的運動學參數計算，乃採用 Hanavan 的人體模型進行實驗參與者的肢段參數計算。

此座標是為每一部攝影機的個別座標系統（camera coordinate system），將兩部攝影機的

個別座標系統資料經直接線性轉移 (direct linear transformation, DLT) 及資料的修勻後，即可獲得實際的三度空間座標值。

#### 肆、結果與討論

為了進行本研究，研究在 2009 年 10 月為吳孟珈進行全國運動會時的運動學分析，並分析 2011 年 4 月 24 日 100 年全國中小學運動會的動作，分析的內容則依照 Dapena (2000) 對世界級優秀女子跳高運動員分析的部份參數內容進行診斷，並回饋給教練員與運動員。以下為提供的部份訊息。

在吳孟珈與世界一流女子跳高運動員 (資料來源為 Dapena, 2000) 的基本狀況之比較分析，經整理得到表 1 的結果，從表 1 中得知世界一流女子選手的基本狀況身高、體重及最佳比賽成績，發現吳孟珈運動員身高雖只 1.71m，但其中德國 Emilia Dragieva 的身高也只有 1.69m，還不及吳孟珈運動員，但卻能跳過比身高高 0.31m 達 2.00m 的高度。而吳孟珈運動員目前只有 16 歲，參與田徑專門訓練，只有短短不到三年的時間，就能在 2009 年第一屆亞洲青年運動會中，克服極大的壓力下跳過 1.75m，勇奪跳高金牌，不過也比她的身高高 0.04m 而已；在 2009 年中華民國中等學校田徑錦標賽，更以 1.78m，贏過所有青年組選手勇奪跳高金牌，成績甚至比過內目前社會組女子選手更出色，但其高度不過也比她的身高高 0.07m 而已。

表 1. 吳孟珈與世界一流女子跳高運動員的基本狀況及比賽成績

運動員	國家	身高 (m)	質量 (kg)	個人最好成績 *(m)	比賽中最好成績 +(m)
Amy Acuff	美國	1.88	64	1.98	1.96(U97)
Galina Astafei	羅馬尼亞	1.84	65	2.00	2.00(O92)
Susanne Beyer-Helm	德國	1.78	58	2.02	2.02(W87)
Emilia Dragieva	德國	1.69	55	2.00	2.00(W87)
Keike Henkel	德國	1.82	63	2.07	2.02(O92)
Stefka Kostadinova	保加利亞	1.80	60	2.08	2.05(W87)
Ioaminet Quintero	古巴	1.80	60	1.98	1.97(O92)
Coleen Sommer	美國	1.76	58	2.00	1.96(U87)
吳孟珈	臺灣	1.71	56	1.75	1.75(Y09)
吳孟珈	臺灣	1.71	56	1.78	1.78(C09)
吳孟珈	臺灣	1.71	56	1.80	1.80(A09)
吳孟珈	臺灣	1.71	62	1.80	1.78(OY10)

\*表示該成績為該選手此前的最好成績；+W87 = 1987 年室內世界田徑錦標賽；U87 = 1987 年美國田徑錦標賽；O92 = 1992 年奧林匹克運動會；U97 = 1997 年美國田徑錦標賽；Y09 = 2009 年第一屆亞洲青年運動會；C09 = 2009 年中華民國中等學校田徑錦標賽；A09 = 2009 年第三屆亞洲室內運動會；OY10 = 2010 年青年奧林匹克運動會。

#### 1. 最後一步的方向與橫竿的夾角

吳孟珈在全運會四次的試跳中，最後一步的方向與橫竿的夾角  $t_1$  分別為  $26^\circ$ 、 $32^\circ$ 、 $26^\circ$ 、 $27^\circ$ ，顯現吳孟珈在全運會的表現，最後一步的方向一致，並且與世界優秀女子跳高運動員最後一步方向與橫竿的夾角差異極小 ( $t_1$  約  $29^\circ$ )。

## 2. 最後兩步重心軌跡與橫竿的夾角

吳孟珈在全運會的試跳中，最後兩步重心軌跡與橫竿的夾角， $p_2$ 、 $p_1$ 、 $p_0$ 的測量平均是 $57^\circ$ 、 $46^\circ$ 、 $54^\circ$ （表2），呈現 $p_2 > p_1$ 且 $p_1 < p_0$ ，但角度比吳孟珈在全中運之前最後兩步重心軌跡與橫竿的夾角大了許多（ $p_2$ 、 $p_1$ 、 $p_0$ 的測量平均是 $41^\circ$ 、 $29^\circ$ 、 $33^\circ$ ，見表2）。與Dapena（2000）的研究結果，運動員越靠近橫竿，身體重心軌跡與橫竿的夾角角度越小，即 $p_2 > p_1 > p_0$ ，仍不符合。吳孟珈最後第二步踩向弧線偏外緣，最後一步再踏到弧線內緣，因而產生 $p_1 < p_0$ 的情形。

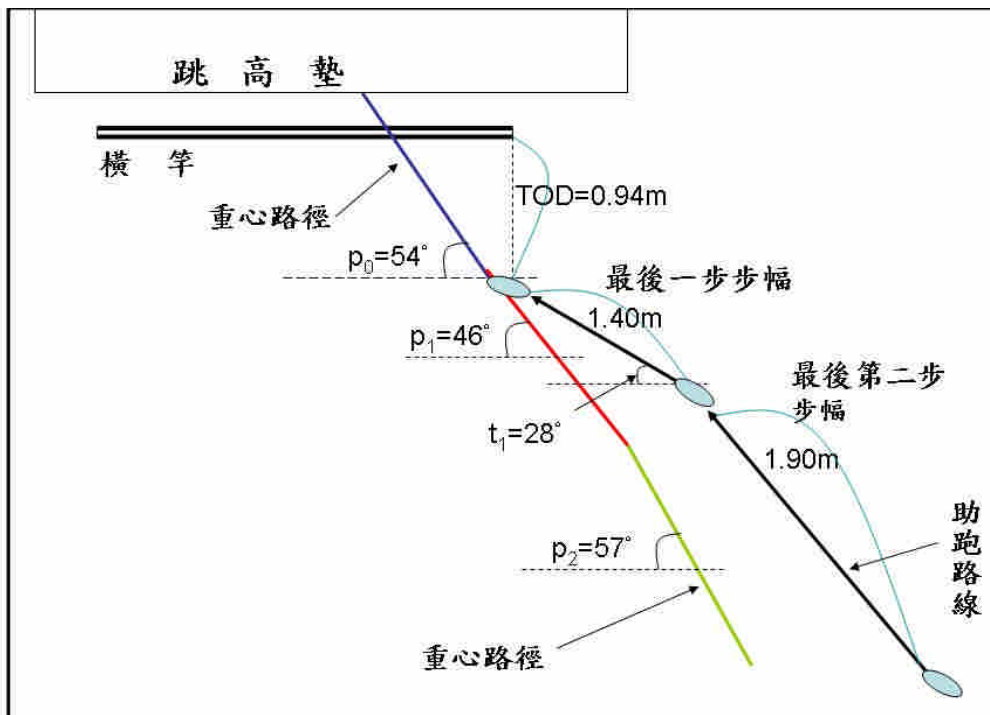


圖 1. 2009年全運會吳孟珈起跳前、後重心軌跡與橫竿的相關角度俯視圖。

吳孟珈最後兩步助跑時發現，身體向內傾斜，導致重心軌跡偏向助跑路線左側，最後重心軌跡於起跳時才與身體重合。據Dapena（2000）的研究指出，起跳時的重心軌跡與橫竿夾角 $p_0$ 約為 $45^\circ$ 左右，會獲得比較大的旋轉角速度，而且起跳後身體上升前移方向要與橫竿成 $90^\circ$ 背弓，才會獲得較大的上升騰空前移方向偏左，應是 $p_0$ 太大的結果。

## 3. 後一步的步長與身高的相對步長

吳孟珈全運會跳高比賽中的最後一步步長為1.37m、1.40m、1.37m、1.43m，平均1.40m，與身高的相對步長 $SL_1$ 平均約82%。觀察吳孟珈起跳前的身體重心高度與身高的比率平均約為57%（超過50%），重心高度（平均0.97m）是處於較高的位置。吳孟珈的最後第二步步長平均1.90m，最後一步短少約0.50m，兩步差距太大；若從吳孟珈最後兩步的水平速度觀察（表4）：最後第二步約5.8m/s、最後一步約4.8m/s，速度減慢約1m/s；

應為吳孟珈在全運會跳高比賽中的最後兩步步長相差約 0.50m，差距太大所影響。

表 2. 吳孟珈起跳前、後重心軌跡與橫竿的相關角度

起跳高度	與橫竿的夾角 $t_1$ (°)	$p_2$ (°)	$p_1$ (°)	$p_0$ (°)	$SL_1$		TOD (m)	
					(m)	(%)		
Amy Acuff	23	50	36	33	1.96	90	0.53	
Galina Astafei	32	-	39	34	2.00	109	0.88	
Susanne Beyer-Helm	29	50	42	40	1.80	101	1.04	
Emilia Dragieva	33	47	41	40	1.85	109	0.82	
Keike Henkel	30	55	41	38	1.91	105	0.94	
Stefka Kostadinova	34	51	43	37	2.06	114	0.98	
Ioaminet Quintero	30	51	42	34	1.91	106	0.75	
Coleen Sommer	23	44	36	33	1.72	98	0.9	
平均	29	50	40	36	1.90	104	0.86	
標準差	4.20	3.45	2.73	3.00	0.11	7.52	0.16	
吳孟珈跳高比賽	1.67m	26	55	44	49	1.38	81	0.89
	1.70m	32	55	46	54	1.40	82	0.84
	1.73m	26	60	49	60	1.37	80	1.07
	1.76m	27	58	46	54	1.43	84	0.97
	平均	28	57	46	54	1.40	82	0.94
	標準差	02.87	02.45	02.06	4.50	0.03	01.71	0.10

註： $t_1$ 為最後一步的方向； $p_2$ 和  $p_1$ 為最後兩步重心軌跡的方向； $p_0$ 為起跳後重心的方向與橫竿的夾角。 $SL_1$ 為最後一步的步長與身高的相對步長；TOD為起跳腳與橫竿的距離。

表 3. 吳孟珈助跑最後兩步步長的比較

高度	最後第二步步長 (m)	最後一步步長 (m)	步長差距 (m)
1.67m	1.93	1.38	0.55
1.70m	2.05	1.40	0.65
1.73m	1.77	1.37	0.40
1.76m	1.83	1.43	0.40
平均	1.90	1.40	0.50

表 4. 吳孟珈起跳開始重心高度及起跳前、後速度的變化

運動員	重心速度	起跳開始	最後二步	最後一步	起跳後的	起跳階段	起跳開始	起跳結束	
		重心高度	水平速度	水平速度	水平速度	水平速度	垂直速度	垂直速度	
		(m)	(%)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	
Amy Acuff		0.92	49.0	6.3	6.3	3.5	-2.8	-0.2	3.80
Galina Astafei		0.88	48.0	-	7.2	4.1	-3.1	-0.7	3.95
Susanne Beyer-Helm		0.86	48.0	6.9	7.2	3.8	-3.4	-0.5	4.00
Emilia Dragieva		0.81	47.5	6.9	7.2	3.5	-3.7	-0.8	4.10
Keike Henkel		0.89	49.0	7.4	7.2	4.3	-2.9	-0.5	3.90
Stefka Kostadinova		0.90	50.0	7.5	7.3	4.2	-3.1	-0.5	4.00
Ioaminet Quintero		0.84	46.5	7.3	6.7	3.8	-2.9	-0.8	3.90
Coleen Sommer		0.87	49.5	6.9	7.1	4.3	-2.8	-0.6	3.85
平均		0.87	48.4	7.0	7.0	3.9	-3.0	-0.6	3.93
標準差		0.03	1.15	0.41	0.34	0.33	0.31	0.20	0.10
吳孟珈 跳高比賽	1.67m	0.97	57	5.9	4.3	3.1	-1.2	0.15	3.27
	1.70m	0.97	57	6.1	4.7	3.5	-1.2	0.08	3.41
	1.73m	0.94	55	5.7	4.4	3.3	-1.1	0.07	3.33
	1.76m	0.98	57	5.8	4.8	3.4	-1.4	0.34	3.39
	平均	0.97	57	5.9	4.6	3.3	-1.2	0.16	3.35
	標準差	0.02	1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.13	0.06

表 5. 吳孟珈起跳前、後重心高度變化表

運動員	重心高度		H <sub>1</sub> 與身高之 比 (%)	H <sub>2</sub> (m)	H <sub>3</sub> (m)	重心騰起 總高度(m)	騰起高度利 用率 (%)	
	H <sub>0</sub> (m)	H <sub>1</sub> (m)						
Stefka Kostadinova	0.90	1.33	73.48	0.76	0.03	2.09	98.56	
Coleen Sommer	0.87	1.34	76.14	0.64	0.02	1.98	98.99	
Susanne Beyer-Helm	0.86	1.30	73.03	0.76	0.07	2.06	96.60	
Amy Acuff	0.92	1.30	69.15	0.72	0.04	2.02	98.02	
平均	0.89	1.32	72.95	0.72	0.04	2.04	98.04	
標準差	0.03	0.02	2.88	0.06	0.02	0.05	1.04	
吳孟珈 全運會 跳高比賽	1.67m	0.97	1.34	78.36	0.48	0.15	1.82	91.76
	1.70m	0.97	1.28	74.85	0.58	0.16	1.86	91.40
	1.73m	0.98	1.28	74.85	0.52	0.07	1.80	96.11
	1.76m	0.94	1.31	76.61	0.58	0.13	1.89	93.12
	平均	0.97	1.30	76.17	0.54	0.13	1.84	93.10
	標準差	0.02	0.03	1.68	0.05	0.04	0.04	2.14

#### 4. 起跳腳與橫竿的距離 (TOD)

起跳距離決定了起跳最大高度值相對於橫竿的位置，與起跳後身體重心到達最高點時的位置有直接關係。吳孟珈起跳腳與橫竿的距離是 0.89m、0.84m、1.07m、0.97m，平均約 0.94m。觀察動作分析系統影片，發現吳孟珈起跳後身體重心到達最高點時的位置，都已超過橫竿的正上方，起跳距離仍有檢討的必要。

#### 5. 起跳前、後重心高度的變化

吳孟珈在全運會女子跳高比賽中，起跳開始的身體重心高度平均為 0.97m，佔身高高度 57%，大於 50%，身體重心高度偏高。比世界優秀女子運動員重心高度平均為 0.87m，佔身高高度 48% (表 5)，吳孟珈起跳開始的重心高度明顯太高。

吳孟珈 2009 年全運會的重心高度變化情形，分析如下：

起跳開始重心高度  $H_0$ : 0.94m-0.97m，平均約 0.97m；

離地高度  $H_1$ : 1.28m-1.34m，平均約 1.30m；

騰空高度  $H_2$ : 0.48m-0.58m，平均約 0.54m；

過竿高度  $H_3$ : 0.07m-0.16m 平均約 0.13m；

重心騰起總高度為 1.82m-1.89m，平均約 1.84m。

觀察吳孟珈在全運會的表現，她的重心騰起總高度平均約 1.84m，過竿高度  $H_3$  平均 0.13m，由此來看她的騰起高度利用率 93.1%，利用率較低，可見吳孟珈騰起高度遠超過橫竿高度，宜加強過竿技術，應可再創更高的成績。從吳孟珈在試跳 1.76m 時的重心騰起總高度 1.89m 來看，已超越全國紀錄 1.86m。

#### 引用文獻

- 吳敏 (2003)。對我國優秀背越式跳高運動員速度素質及訓練手段初步探討。未出版碩士論文，北京體育大學，北京市。
- 林啟仲 (1996)。背向式跳高技術與訓練方法之研究。未出版碩士論文，中國文化大學，臺北市。
- 施文忠 (1998)。跳遠起跳中前導腿技術的探討。上海體育學院學報，22，23-25。
- 張志銘 (1992)。國內優秀背向式跳高選手運動生物力學分析。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 馬俊明、周巧玲 (2003)。男子跳遠運動員不同跳次中前導腿擺動對速度變化特徵的影響。上海體育學院學報，27 (4)，46-49。
- Ae, M., Sakatani, Y., Yokoi, T., Hashihara, Y., & Shibukawa, K. (1986). Biomechanical analysis of the preparatory motion for takeoff in the Fosbury Flop. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2, 66-77.
- Dapena, J. (1980a). Mechanics of translation in the Fosbury Flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 37-44.
- Dapena, J. (1980b). Mechanics of rotation in the Fosbury Flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 45-53.
- Dapena, J. (1987). Basic and applied research in biomechanics of high jumping. In B. van Gheluwe & J. Atha (Eds.), *Current research in sports biomechanics* (pp. 19-33). Basel, Germany: Karger.
- Dapena, J. (1993). Biomechanical studies in the high jump and their implications to coaching. *Modern Athlete and Coach*, 31(4), 7-12.

- Dapena, J. (1995). The rotation over the bar in the Fosbury-Flop high jump. *Track Coach*, 132, 4201-4210.
- Dapena, J. (1997). Contributions of angular momentum and cating to the twist rotation in high jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 239-253.
- Dapena, J. (2000). The high jump. In V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in sport: Performance enhancement and injury prevention* (pp. 284-311). Malden, MA: Blackwell Science.
- Dapena, J., Ae, M., & Iiboshi, A. (1997). A closer look at the shape of the high jump. *Track Coach*, 138, 4406-4411.
- Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques* (4th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- International Association of Athletics Federations. (2009). *High jump records*. Retrieved December 31, 2009, from <http://www.iaaf.org/statistics/records/inout=o/discType=5/disc=HJ/detail.html>
- Jacoby, E. (1986). High jump: A technique evaluation. *Track Technique*, 97, 3089-3093.
- Jacoby, E. (1987). A guide to the flop high jump approach. *Track and Field Quarterly Review*, 87(4), 39-45.
- Tan, J. C. C., & Yeadon, M. R. (2005). Why do high jumpers use a curved approach? *Journal of Sports Sciences*, 23, 775-780.

# 國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得報告

日期：2011年7月30日

計畫編號	NSC 99-2410-H-028-005		
計畫名稱	優秀女子跳高運動員的生物力學服務：縱貫式研究		
出國人員姓名	陳重佑	服務機構及職稱	國立臺灣體育學院 體育研究所助理教授
會議時間	2011年7月3日至 2011年7月7日	會議地點	布魯塞爾，比利時
會議名稱	2011年第23屆國際生物力學研討會 XXIIIrd Congress, International Society of Biomechanics 2011		
發表論文題目	JAB AS A FUNCTION OF STEPPING FORWARD		

## 一、參加會議經過

國際生物力學研討會（Congress of the International Society of Biomechanics）乃當今國際上生物力學領域中最重要的會議之一，正因其組織創立之目的與使命獨具遠見，並符合現代科學發展的需求，故國際生物力學研討會於當今國際學術會議中具有舉足輕重之角色。該會議每二年舉辦一次，本次已邁入第23屆之歷程，故對於國際上之生物力學的學術發展實屬難能可貴。

第23屆國際生物力學研討會共計收稿968篇，其中僅有928篇通過審查，並分別有口頭發表543篇、海報發表385篇，來自各國出席會議的生物力學專業學者共約有1150名，分別來自世界各地共59個國家，臺灣參與會議的學者人數為52人，於所有與會國家中名列第8名，約占4.5%。本次研討會的研究主題，可分為下列6大類：

1. Anatomy-oriented
2. Physiology-oriented
3. Clinically-oriented
4. Bioengineering
5. Modelling & Methods
6. Integrated research

共涵蓋113個主題，大致內容有：Accidentology - Traumatology、Clinical Biomechanics、Crash Trauma、Falls、Forensic Biomechanics、Impact Biomechanics、Injury Biomechanics、Lower Extremity Injuries、Anatomical Systems、Cardiovascular system、Digestive system、Musculoskeletal system、Neural system (central, peripheral)、Respiratory system、Urogenital system、Anthropology、Animal、Human、Biodynamics - Cardiovascular、Biofluid Dynamics、Bioheat/Mass Transfer、Biorheology、Cardiovascular Biomechanics、Dental Biomechanics、Hearing Mechanics、Microcirculation、Respiratory Biomechanics、Biomaterials、Biomaterials & Medical Devices、Dental Replacement、Footwear、Hip Replacement、Implants、Knee Replacement、Upper Extremity Replacement、Gait、Gait Analysis、Gait and Balance、Gait and Locomotion、Human Locomotion、Education、Content、Multimedia support、Infrastructure、Data sharing、Open source programming、Ontology、Joints、Elbow、Foot and Ankle、Hand and Wrist、Hip、Joint Mechanics、Knee、Orthopaedics、Rehabilitation、Shoulder等。

本屆之國際生物力學研討會於2011年7月3日至7日，共計5天，於比利時（Belgium）的首都—布魯塞爾（Brussels）盛大舉行，其承辦單位為所屬之布魯塞爾理工大學（Université Libre de Bruxelles，簡稱ULB）。此次大會共規劃7個場地，分5天（7/3至7/7）進行專題演講、論文發表

和生物力學儀器展示。而論文發表之方式採取口頭發表與海報發表等方式，並由大會安排設立於各個場地之主持人給予評論，及藉由與會人士提出問題相互討論、交流。此外，主辦大會亦精心規劃多場之 Keynote Lecture，這些專題講演的內容除了有演講者近年來的原創性研究以外，在他們的相關研究文獻上更是相當地有系統性，其可作為國內生物力學研究的重要參考模式，與未來研究發展方向之參考。

在會議中，本人報告的論文主題為【JAB AS A FUNCTION OF STEPPING FORWARD】，發表形式是採海報發表，由於此篇研究的主題為探討步法移動形式對於人體刺拳動作的影響，發表期間引發了許多各國的運動生物力學研究者提出問題與本人作交流，並冀望本研究的結果與經驗能提供未來從事相關運動之愛好者及研究者有更豐富之參考依據，並藉此提升運動技能與達到研究成果分享之功效。除了主要論文的報告之外，本人也有另外 5 篇以共同作者的身分進行發表，這些論文係為本人指導的研究生論著，會議中的討論使得出席會議的研究生與本人獲益匪淺。

同時，國際生物力學學會為鼓勵從事生物力學相關研究活動，於會議中亦表揚優秀之生物力學研究學者。從大會中各國研究學者發表的整體論著來看，運動科學已是全球生物力學專家們所關心的領域，而運動生物力學研究工作正朝向基礎理論與應用實務等方向發展，基礎理論的研究發展乃分析人體或動物跑、跳、走等簡單動作之基本運動形式和影響這些運動形式的生物力學因素，以揭示複雜的生物體運動原理。而應用實務的研究則是利用生物力學的原理和方法，解決技術、運動傷害等實際問題，以提昇運動的競爭力。此次能夠參與第 23 屆國際生物力學研討會與其他國家研究者共同的學習、討論，深刻體會到現階段生物力學的發展已跨足、結合許多學門領域之涵蓋面，更是一門與人類活動息息相關的科技。

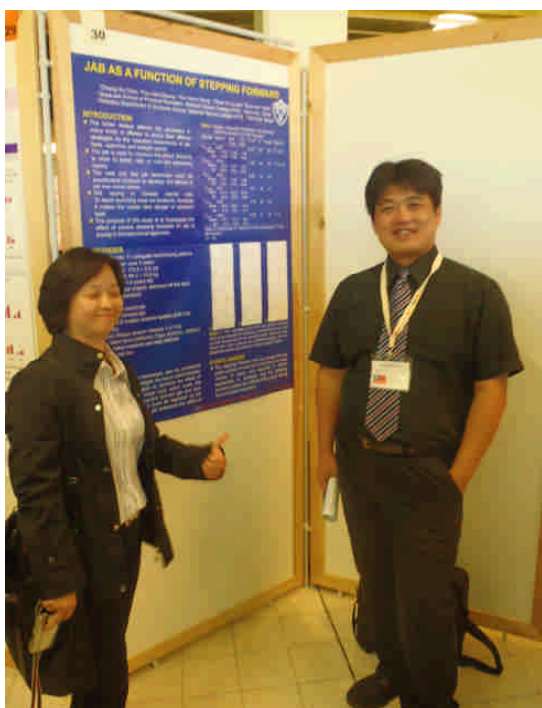


圖 1. 研究者發表論文的現場情況。

## 二、與會心得

本次的國際學術研討會中，比利時人出席 136 人（佔 11.8%）、英國人出席 101 人（佔 8.8%）、日本人出席 73 人（佔 6.3%）、法國人出席 73 人（佔 6.3%）、加拿大人出席 66 人（佔 5.7%）、紐西蘭人出席 61 人（佔 5.3%）、德國人出席 56 人（佔 4.9%），來自於臺灣的學者共 52 人，佔全部總出

席人數 4.5%，為全場排名第 8 的參與國家，可見臺灣的生物力學蓬勃發展，已經在世界生物力學發展之中，具有舉足輕重的地位，臺灣與會的學者都可以在會場中報告近新的研究成果，並交流新的研究理念，使得本人身為臺灣學術界代表的一員，而深感相當榮耀與驕傲。而本人發表的這些研究課題，因為都攸關動作控制機制的分析，所以，有諸多研究者熱烈參與本人研究課題的討論，並認為本人的研究課題將下肢移位的機制，對上肢貢獻的影響詳細剖析，深具研究的新意，未來研究者也可以通過此一課題的延伸，提出下肢傳遞至上肢工作的動力鏈模型。

此次的國際學術研討會參與，不僅使本人與研究生了解目前全球各生物力學研究機構的研究情形，也可於此國際研討會與國際協會的組織，了解其組織運動與社群互動的方式。所以，在各階段歡迎宴、午餐、茶會與歡送宴中，主辦單位所提供餐點主要都是以自助餐的形式進行，以方便與會的專業學者社交或討論研究，而促進更多的學術互動。



圖 2. 參與第 23 屆國際生物力學研討會的各個國家。

### 三、考察參觀活動（無是項活動者略）

本次大會無安排考察活動。

### 四、建議

下屆的國際生物力學研討會將於 2013 年的巴西（Brazil）舉行，而承辦單位為巴西之生物力學學會，大會中，巴西的許多研究者都極力邀約與會的每一位學者出席此一會議，為了使得臺灣具有更高的曝光機會，並一展臺灣科學研究的水平，研究者應當努力為下一屆生物力學研究會的參與做好準備，並積極培養研究生出席相關國際會議，以增進視野、吸取新知。所以，更希望政府當局投資於年輕研究人員的補助，必可以為臺灣的國際化作出非凡的貢獻。

### 五、攜回資料名稱及內容

本次會議攜回大會論文摘要手冊、USB 電子檔，以及 2012 年於墨爾本舉辦的運動生物力學研討會與 2012 年歐洲運動科學年會等大會的宣傳單或海報，提供未來準備出國參加國際研討會的相關訊息。

接受函

ISB 2011 Submission notification

隱藏詳細資料

寄件者: ISB 2011

2011/3/31 (週四) 3:02 PM

收件者: chung-yu@yahoo.com.tw

Dear ISB2011 author,

This email is related to your ISB2011 submission n° 1148 with title " JAB AS A FUNCTION OF STEPPING FORWARD ". We are please to inform you that the above-mentioned paper has been accepted by the ISB2011 reviewing committee.

Note that (**very important, please read**):

- You might be contacted within a few weeks to request some formatting changes in the text.
- If you compete for award(s), and if your submission has been ranked in the final top selection by the reviewers then you will be informed later of the next steps you will have to fulfill. No feedback will be sent to papers falling outside the final top selection.
- Your submission will only be integrated in the final program after the ISB2011 organisation received the payment related to the presenting author of the above-mentioned submission. **Payment for the presenting author must be made before the 30th of April 2011**. So, please proceed to pay in a timely manner. See [www.isb2011.org](http://www.isb2011.org) for payment instructions.
- The final format of your submission (paper or poster) will be given to you during the month of May.
- Our submission mechanism tried to keep track of multiple submissions for the same abstract, but it is not exclude that it was 100% waterproof. If you receive this message several times for the same abstract, could you please let it know?
- The full list of accepted submissions will be posted on the ISB2011 website very soon. Please, if necessary use this list with this message to confirm your submission has been accepted when you approach funding agency.

**Final note**: we can already tell you that the ISB2011 Congress will be a truly exciting event thanks to the very high level of the submissions we received. Thank you for your collaboration and for your submission: it is much appreciated!

The ISB2011 Organising Committee

\*\*\*\*\*  
*Before printing this email, think about the environment*  
\*\*\*\*\*

**The ISB2011 Congress will be organised soon in Brussels (Belgium).**  
See [www.isb2011.org](http://www.isb2011.org) for further details  
\*\*\*\*\*

## JAB AS A FUNCTION OF STEPPING FORWARD

<sup>1</sup>Chung-Yu Chen, <sup>2</sup>Tzu-Wei Chiang, <sup>1</sup>Yen-Wen Cheng, <sup>1</sup>Chao-Yu Lo and <sup>1</sup>Tsun-Jen Hsiao

<sup>1</sup>Graduate School of Physical Education, National Taiwan College of P.E., Taichung, Taiwan

<sup>2</sup>Athletics Department & Graduate School, National Taiwan College of P.E., Taichung, Taiwan

email: chung-yu@yahoo.com.tw

### INTRODUCTION

Boxing is one kind of original and combative sports. The boxer always attacks the adversary in many kinds of offense to annoy their offense strategies by the repeated movements of jab, hook, uppercut, and straight punch. The jab is used to measure the attack distance in order to tempt, raid, or rush the adversary mainly. However, the well and fast jab technique must be coordinated footwork to develop the effects of jab that stated above. There is an old saying in Chinese martial arts that "to teach punching does not footwork, because it makes the master face danger of student's beat". This reveal that footwork is an important factor is the "glue" that holds the jab technique together. The purpose of this study is to investigate the effect of various stepping forwards for jab of boxing in biomechanical approach.

### METHODS

Eleven collegiate level boxing players, training age over five years, were recruited voluntarily as the participants for this study. Their mean body height, body weight, and age with standard deviation were  $173.5 \pm 6.2$  cm,  $66.0 \pm 10.8$  kg,  $20.7 \pm 1.6$  years old respectively. Participant were asked to perform stand jabs, one-foot forward jabs, and two-foot forward jabs without impact five times for each movement in delivered off the lead foot and bare-handed by random order. The past study showed there were few differences in kinematics between gloved and bare-handed punches [1].

The Vicon 3-D motion analysis system with 8 cameras (MX-F40, 250Hz) and two Kistler force platforms (Type 9260AA, 1000Hz) were synchronized to record the kinematical and kinematical data respectively. The Vicon Nexus system (Version 1.4.116) and Polygon Authoring Tool (Version 3.1) were used to analyze the kinematic parameters of upper extremity and ground reaction force. Repeated measure one-way ANOVA and LSD post-hoc were adopted to analyze the statistical difference with an alpha level of .05.

### RESULTS AND DISCUSSION

The results showed the peak velocity of hand were no statistical differences among stand jab ( $7.32 \pm 0.81$  m/s), one-foot forward jab ( $7.49 \pm 0.72$  m/s), and two-foot forward jab ( $7.66 \pm 0.67$  m/s) significantly,  $F(2, 20) = 2.5$ ,  $p > .05$ . The peak velocity of elbow ( $3.21 \pm 0.47$  m/s) and shoulder ( $2.97 \pm 0.56$  m/s) in two-foot forward jab were higher than stand jab and one-foot forward jab ( $p < .05$ ,  $\eta^2 = .52-.54$ ). The effects of stepping forward enhanced the peak velocity of elbow about 17.1% in two-foot forward and 8.4% in one-foot

forward relative to stand jab. But only the peak velocity of shoulder in two-foot forward enhanced 29.0% relative to stand jab.

All the jab movements were without impact to perform punching in this study and this condition made the research assumed the instant of hand velocity equal zero was the terminal position of jab. The results of statistical analyzed showed time of peak shoulder velocity and time of peak elbow velocity to terminal position had no significant difference among three jab movements in this study ( $p > .05$ ). But the peak hand velocity in two-foot forward jab was lag 9 ms to achieve terminal position significantly relative to stand jab.

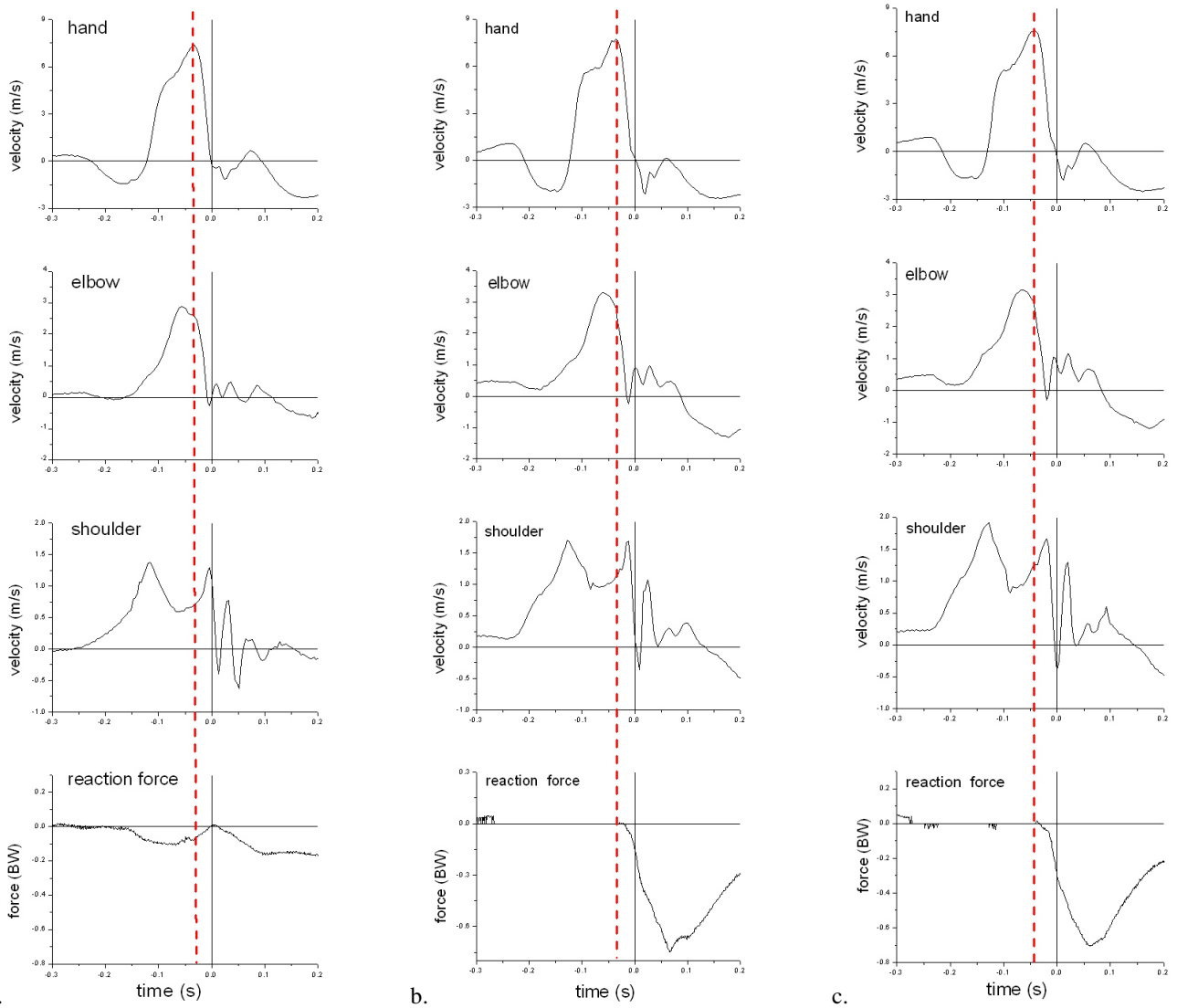
Figure 1 showed an example of biomechanical patterns of three kinds of jab movement for one participant. The ground reaction force showed the lead foot acted forward to perform the stand jab, but the force was small (less 0.1BW) and the ground reaction backward force was reduce to zero at the end of jab. The one-foot forward jab and the two-foot forward jab were the stepping movements, and at the instant of lead foot landing, the ground acted the large force backward to break the boxer moved forward. The peak velocities appeared as the following sequence during jab movements: shoulder, elbow, and hand. It must be noted that there was the second peak velocity in shoulder during the time of hand produced peak velocity and the terminated position. This indicated that the end of jab movement, also be considered as punching on target, the boxer acted shoulder to accelerate again. That reinforced the effect of trunk action or whole body action. Under the movements of one-foot forward jab and two-foot forward jab, the shoulder and elbow were both showed the characteristics of accelerated again. It could be regarded as the lead foot landing in jab enhanced the effect of punching.

### CONCLUSIONS

The stepping forward had no change the jab peak velocity in hand, but it enhanced the peak velocity of elbow and shoulder. It seems reasonable to conclude that the stepping forward created the offense effect again during the end of jab movement.

### REFERENCES

1. Whiting WC, et al., *Am J Sports Med.* **16**: 130-136, 1988.



**Figure 1:** The velocities of jab arm and ground reaction force of jab direction for stand (a), one-foot forward (b), and two-foot forward (c) for an example boxer. Time axis zero means the hand achieved the terminal position, and the dotted line means the instance of peak velocity in hand.

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/12/12

國科會補助計畫	計畫名稱: 優秀女子跳高運動員的生物力學服務: 縱貫式研究
	計畫主持人: 陳重佑
	計畫編號: 99-2410-H-028-005- 學門領域: 運動生物力學
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳重佑		計畫編號：99-2410-H-028-005-				計畫名稱：優秀女子跳高運動員的生物力學服務：縱貫式研究	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	4	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>為跳高運動員提供運動科學的實證性資料，以強化運動訓練與競賽的表現。</p>
--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

生物力學的研究服務是運動競技訓練工作的重點項目，而評量與診斷則為落實訓練工作最重要的一環，過去雖然行政院體育委員會都有組織運動科學小組協助運動競技訓練，可是為了國際綜合型賽會才組織的運動科學小組總是受限於多方面的困難，而延宕執行運動科學的服務。本研究的執行為運動員或教練員提供長期的專項技術追蹤測量，還為國家運動科學小組實務工作前收集運動員的運動能力指標，以協助未來國家運動科學團隊介入的參考，此一制度的建立與研究計畫的執行對於運動科學服務運動競技的貢獻，可以作為未來運動科學服務的參考。