

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 不同配速策略對女子400公尺跨欄成績之影響

The effect of different pacing strategies on the performance in women's 400 m hurdles

doi:10.6462/JCDPE.202312_(19).0003

交大體育學刊, (19), 2023

Journal of Chiao Da Physical Education, (19), 2023

作者/Author：江竹偉(Chu-Wei Chiang);林家瑩(Chia-Ying Lin);周宜辰(Yi-Chen Chou)

頁數/Page：23-31

出版日期/Publication Date：2023/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

[http://dx.doi.org/10.6462/JCDPE.202312_\(19\).0003](http://dx.doi.org/10.6462/JCDPE.202312_(19).0003)



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



不同配速策略對女子 400 公尺跨欄成績之影響

江竹偉¹ 林家瑩² 周宜辰³

¹ 國立陽明交通大學體育室

² 國立臺北教育大學體育系

³ 國立清華大學體育室

摘要

目的：近年世界田徑賽事中 400 公尺跨欄世界紀錄屢屢創新，本研究旨在探討世界優秀運動員 Sydney McLaughlin 如何再次突破最佳成績，並找出適合我國 400 公尺跨欄選手設計訓練計畫之運用。**方法：**以 Sydney McLaughlin 於 2021-2022 年間 4 次打破 400 公尺跨欄世界紀錄賽事為研究對象，採用觀察性分析針對國際田徑 (World Athletics) 所提供正式比賽影片進行資料蒐集，並以描述性統計來分析 400 公尺跨欄全程跑比賽過程中，各欄間秒數、步數與成績關係之情況。**結果：**一、400 公尺跨欄要突破成績，欄間節奏的步數為首先要減少的關鍵，其次在轉換欄間節奏前的步數設定，建議以能維持速度且穩定的步數跨越 6 個欄架以上再做步數調整。二、400 公尺跨欄有效率控制不同區間速度，使欄間秒數遞增情況成為一種模式，穩定節奏，可影響最終成績表現。**結論：**欄間速度的提升來自步幅與步頻的交互組成，還有欄架過欄技術，因此建議在訓練上，可安排事前設定的欄間步數，增快速度節奏，高速過欄之訓練方式。

關鍵詞：欄間節奏、步幅模式、分段時間、運動訓練策略

通訊作者：江竹偉

電子郵件：chiangch@nycu.edu.tw

聯絡地址：300 新竹市東區大學路1001號

壹、緒論

400 公尺跨欄比賽結果是由運動能力決定，包括速度、力量、速度耐力和跨越欄架的技術。具體能力，稱為欄間節奏 (Iskra, 1991, 2012)，運動員跨欄跑中流暢而鮮明的節奏是良好技術的標誌，也是提高跨欄跑成績的關鍵。為了盡可能保持最高的運行速度在整個比賽過程中，400 公尺跨欄運動員需要調整步幅特性，基於跑步疲勞度的跨越所有固定跨欄距離的模式。更高的競技水平跨欄運動員將擁有更好的調整欄架高度特徵的技術 (Otsuka, 2019)。

徑賽項目勝負往往來自，跑的衝刺速度，也稱為最高速度，由高步頻、步幅及良好跑的技術等因素決定，經常用來評估為什麼一些短跑運動員可以跑得更快，以及短跑運動員如何提高跑步速度 (Ito et al., 2006; Hunter et al., 2004; Otsuka et al., 2016)，而 400 公尺跨欄不單追求最高速度，能掌控欄間節奏特性，則提高運動成績表現 (Hiserman, 2011; Iskra, 1991, 2012)，另從 400 公尺能量供能特點，選手會隨著速度的變化影響人體供能的分配，後期速度表現呈現慢慢下降趨勢至結束。因此，由分段速度研究發現，比賽開始最高速度出現時間點、如何維持高速度與延緩速度減退對於短距離的項目非常重要 (陳佳慧等, 2013)。

隨著運動科學的介入，加上高科技產品，運用運動能力診斷方式與分析，能快速了解到訓練時運動表現，進而立即改善較為不佳之專項表現。現代世界田徑運動項目運動水平得到難以想像的提升，在 2021 年東京奧運會上男子女子 400 公尺跨欄突破了難以想像的優秀成績，皆打破當時的世界紀錄，其中代表美國 Sydney McLaughlin 更在 2 年內連續 4 場大賽中皆突破最佳成績並打破世界紀錄，將女子原先世界紀錄為 52.16 秒大幅躍進至 50.68 秒，將成績提升 1.48 秒之多，對於如何在賽場上發揮最佳運動表現。研究指出，透過運動項目成績紀錄的分析去深入探究選手的運動表現趨勢而言是很重要的課題 (Rittweger et al., 2009)。400 公尺跨欄在我國田徑發展中佔據重要地位，相較其他田徑項目，這個項目似乎更有機會在亞洲甚至國際舞台上嶄露頭角。然而，目前我國的 400 公尺跨欄成績仍與世界級的優秀選手存在明顯差距，因此了解這些選手的表現數據，以制定我國的訓練策略，變得非常重要。鑑於這一需求，本研究以世界級選手 Sydney McLaughlin 為例，通過影像分析索提取的數據，進一步探究這些選手如何突破自己的佳績，以提供本國選手訓練策略的參考依據。

貳、方法

一、研究對象

國際知名選手 Sydney McLaughlin 是奧運與世界冠軍，並保持著世界紀錄，成為該項目首位跑進 51 秒內選手，現為 24 歲，正處於田徑運動員黃金時期，身高為 175 公分，體重 60 公斤，整體身材比例修長勻稱，本研究以探討於 2021-2022 年間 4 次打破 400 公尺跨欄世界紀錄賽事欄間節奏與成績之相關性。分析最高層級之選手，創最佳運動表現之代表性，藉以提供其他層級之選手參考。

二、資料收集

本研究是一項觀察性研究設計，根據目前文獻資料，影響 400 公尺跨欄成績的主要因素為平跑速度、跨欄技術及欄間節奏 (Hiserman, 2011; Iskra, 1991, 2012; Otsuka et al., 2019)，透過 Sydney McLaughlin 選手參加 2021 年美國奧運選拔賽、東京奧運會及 2022 年全美國田徑錦標賽、尤金世界田徑錦標賽，400 公尺跨欄全程跑比賽過程中，各欄間步數與成績進行分析探討。資料取得來自國際田徑 (World Athletics) 公布之比賽影片，並且使用在一些文獻中，最常用來測量判斷田徑影片分析影像軟體 Dartfish Software，來自 Greene 等 (2008) 和 O'Donoghue (2014) 等證實，這些數據來源的可靠性。使用慢動作播放方式用人工判斷欄間步數及各欄架前導腳著地瞬間的每支欄架所得之欄間時間，並以電腦和紀錄表格為研究工具進行資料蒐集。

三、觀察員訓練

本研究之觀察員共聘請 3 位田徑教練擔任，觀察員之背景分別為具中華民國田徑協會認定之 B 級教練，對於 400 公尺跨欄有一定程度認知，期望藉由不同觀察員進行資料比對，以確認紀錄資料之正確性。觀察員在進行實際觀察之前，予以針對所欲觀察項目進行定義和釐清，3 位觀察員共同進行資料標記，並且對於觀察項目不同意見進行統一界定釐清，於完成後直接交回研究者。而為確立觀察者之觀察信度，於第一次分析後隔週，再進行一次觀察記錄來確認研究之信度，其分析結果顯示觀察員在再測信度方面為 1 ($p < .05$)，顯示觀察員具有相同認知及具良好一致性信度。

四、資料分析

本研究使用 SPSS 20.0 軟體來收集和分析資料，並運用描述性統計方法來探討欄間時間、步數與成績關係之情況，以回應研究目的。

參、結果

一、欄間步數關係

從平均距離實用性來看，最合理將 400 公尺跨欄分段距離分成 3 個相等區間 (105 公尺)，分別為 H1-H4、H4-H7、H7-H10，而出發至 H1 (45 公尺) 及 H10 到終點 (40 公尺) 則額外單獨探討。本研究發現首先 Sydney McLaughlin 所採用之欄間節奏為 14-15 兩種步數型態，前段 200 公尺欄間能夠縮少至 14 步跨越欄架，

對照之下國內多數男子選手前段 200 公尺欄間都採用 13-15 步數之間，女子選手採用 15-17 步數 (陶武訓等，2017)，從其他女子 400 公尺跨欄研究 (方水泉，2002；戴勇，2008；王敏姿，2012)，進而得知，能夠做到欄間以 14 步跨越 7 個欄架，目前只有 Sydney McLaughlin 能夠辦到 (如表 1)。從 2021 年美國奧運選拔賽使用 14 步跨越 5 個欄架，到目前女子 400 公尺跨欄世界紀錄 14 步跨越 7 個欄架，成績由 51.90 秒進步到 50.68 秒，改變前後的成績快了 1.22 秒，瞭解到欄間節奏的步數為首先要減少的趨勢。步數減少差異分析結果顯示 (如圖 1) 出現在 H5-H6，採用 14 步與 15 步欄間時間差異為 0.39 秒，研究推測，比賽型態原先設定 14 步過欄到第 5 個欄架，至今改採維持 14 步欄間節奏到第 7 個欄架，能以步數減少優勢節奏，有效發揮欄間跑技術，以 H4-H7 平均時間來看，最大時間峰值的差異來到 0.27 秒，三個欄間相當於 0.8 秒的差異，顯示達到預期設定的效果。

表 1 Sydney McLaughlin 400 公尺跨欄各欄間步數

欄間 總步數	欄間										
	S-H1	H1-H2	H2-H3	H3-H4	H4-H5	H5-H6	H6-H7	H7-H8	H8-H9	H9-H10	H10-F
172	22	14	14	14	14	15	15	15	15	15	19
171	22	14	14	14	14	14	14	15	16	15	19
170	22	14	14	14	14	14	14	15	15	15	19
170	22	14	14	14	14	14	14	15	15	15	19

二、欄間分段速度關係

研究發現 H1-H4、H4-H7、H7-H10，3 個相等區間的速度節奏，存在著因果關係，前段速度提升太多就會造成後段速度過度遞減，如何控制欄間節奏，來自設定欄間模式，就是各段欄間步數及速度。因此，有效率控制不同區間速度，使欄間秒數遞增情況成為一種模式，穩定節奏，可影響最終成績表現。與多數研究相同，最高速度都在第一區間 (王瑩琪，2010；王敏姿，2012)，另從圖 2 中發現，4 場賽事中每欄間分段時間遞增為 0.2 秒以內，三個區間平均時間差異 0.32 秒左右，其次從每場賽事最快欄間時間及最慢欄間時間差值秒數皆於 1 秒以內，平均為 0.79 秒，可顯示 Sydney McLaughlin 欄間節奏非常穩定且合理的速度分配，分段速度遞增多來自體能的下降，而欄間步數轉換之際，欄間秒數也維持穩定增加，因此，如表示其速度耐力及跨欄技術皆經過完善合理化的訓練。研究推測，以一年左右時間要大幅增進 400 公尺平跑速度 (如表 2)，應屬於非常困難，尤其已經是身為世界紀錄保持人，表示該專項能力優於其他選手，加上面所述秒數遞減模式，故控制欄間時間為有效提升 400 公尺跨欄運動表現因子之一，關鍵在於訓練中加入依據不同選手個體所設定欄間時間遞減模式，使其推估計算成最終成績。

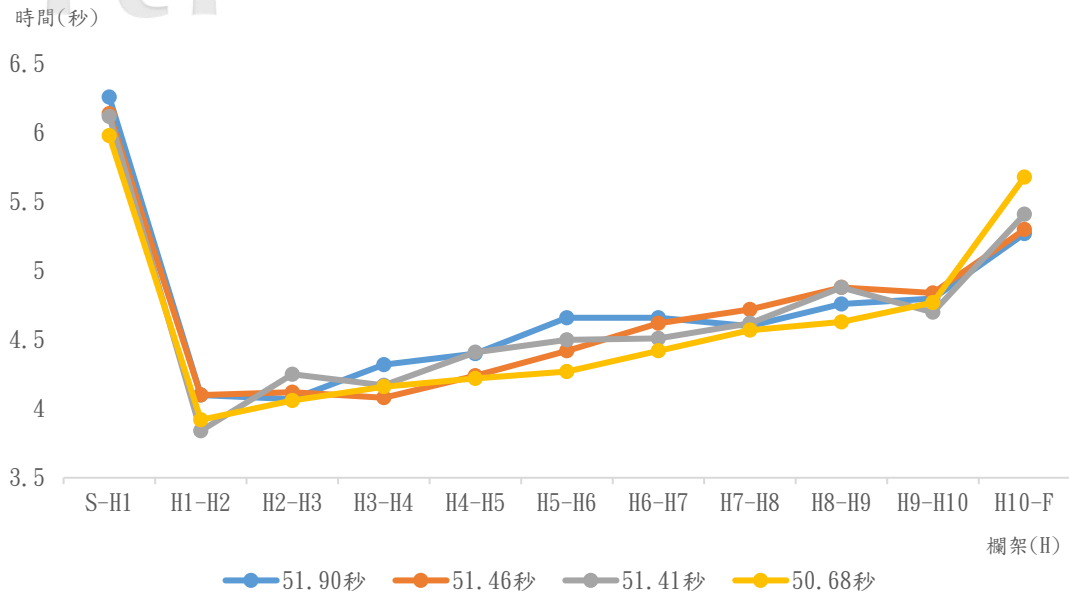


圖 1 Sydney McLaughlin 400 公尺跨欄各欄間秒數

三、欄間跑與欄架技術關係

研究目的是期望藉由比賽數據相關分析來找出客觀的有效提升運動表現，檢視 Sydney McLaughlin 如何一年時間 4 次打破世界紀錄。研究發現，在 400 公尺跨欄欄間跑除了有效減少欄間步數，穩定且合理的速度分配，如何維持高速跨越欄架之技術，亦是連接欄間跑、步數及秒數組合的關鍵一環。以欄間步數來看看，從第二區欄間結構 15 步縮少成 14 步，從研究中發現起跨點比原本 15 步時需要變得更遠，進而帶動起跨腳向前動力越大，落欄時腳距離欄架較遠，且延續上個欄間速度，等於說在非慣用腳跨欄的欄間（15 步時使採用慣用腳過前 5 個欄），即必須要改善非慣用腳跨欄動力不足的差距，黃霞 (2008) 指出，減少欄間跑步數應從運動員的身體條件和訓練水平出發，如果單純追求比較少的欄間步數，就會拉大步，破壞跑步的正確技術。另一個發現在於，設定變更欄間步數時，在第二區間一次就減少兩個欄間步數，其目的推論為，能使體能下降的第三區間以慣用腳跨欄，較不能容易造成跨欄失誤，並且後段欄間將是決定勝負時刻，在慣用腳跨欄穩定度方面也可強化我方心理層面，取得過欄優勢進而獲勝，另從整體 4 場賽事來看，有 3 場在進入第三區間時 Sydney McLaughlin 尚未成為暫時領先第一位，均與領先者相當接近，而在後段保持速度遞減模式，最終獲得勝利且創造紀錄，與過去 Otsuka 與 Isaka (2019) 研究有相同趨勢，400 公尺跨欄後半程的表現更為重要，有此可見，在後段欄間步數設定成慣用腳，確實是較為有利的條件。

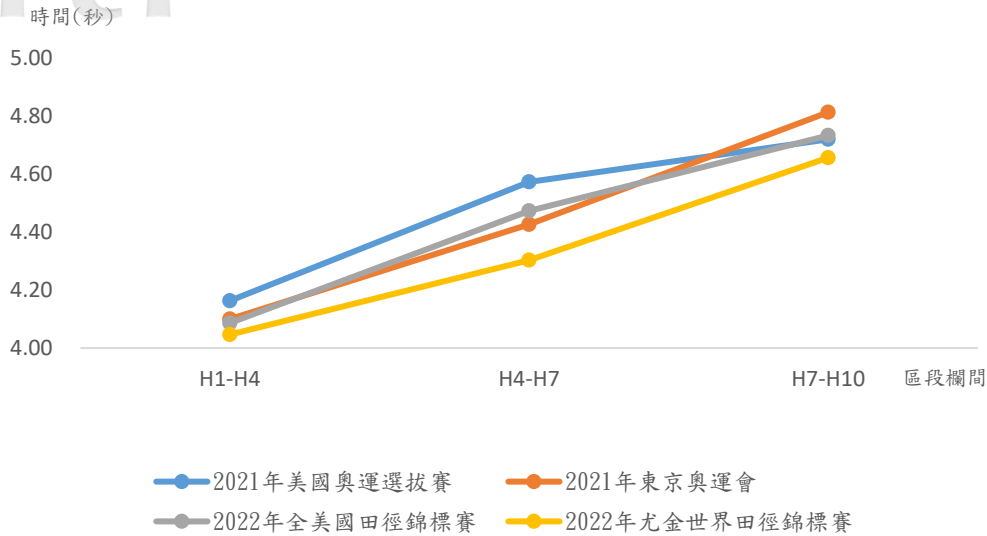


圖 2 區段平均秒數

表 2 Sydney McLaughlin 近年成績

年份	400 公尺跨欄	400 公尺
2022	50.68 秒	未參賽
2021	51.46 秒	51.16 秒
2019	52.23 秒	50.78 秒
2018	52.75 秒	50.07 秒
2017	53.82 秒	51.88 秒

肆、討論

一、討論與建議

根據上述討論之結果，研究提出下列幾點建議，以利後續在訓練時有更充分之認知來作為訂定訓練週期性計畫設計之方向，以達成較佳訓練效益。

(一) 步頻層面

分析結果顯示從各欄間的速度穩定度，確實為影響最終成績的關鍵之一，與過去陶武訓等 (2017) 針對我國選手指指出前後 200 公尺欄的時間差距相當大的幅度，等於說優秀選手控制前後 200 公尺欄速度差異明顯優於我國選手，其中速度耐力表現為重要指標，若不改善成績則無法大幅提升，再者應有效控制欄間節奏，不在最高速的第一區間貿然過分加速，造成後半程速度遞減過多，並且在維持速度的前提下，有效減少欄間步數，如此將能有效提升 400 公尺跨欄專項成績。

(二) 步幅層面

於發展階段，提昇 400 公尺速度的跑步速度是在所難免，而在欄間步數減少設定層面上，對於欄間跑的步數的相關研究，許多學者認為逐漸減少欄間跑的步數、提高欄間跑的速度，為提升 400 公尺跨欄成績行之有效的方法（方水泉，2002；王敏姿，2012；陶武訓等，2017）。其中第二區間 H4-H7 為多數人隨著速度差異及體能消耗會去改變欄間節奏的階段，等於說會比前段的欄間步數增加 1-2 步，增加部分取決於是否具備左右腳都能起跨過欄的技術技能，欄間單數步直接轉換雙數步，表示採用多增加 1 步的節奏，無法使用雙腳起跨過欄則會增加 2 步大大影響速度表現，過去王敏姿（2012）研究指出，我國多數選手在 H4-H8 欄間，由於起跑加速過快，使區間速度下降幅度變大，容易產生步幅縮小的現象，因此，在轉換欄間節奏前的步數設定，建議以能維持速度且穩定的相同步數跨越 6 個欄架以上，能有效提升成績。再者須考量為提升跑步之動力鏈，進而發展出步幅上的優勢條件，並且結合一些標誌性的訓練器具，使選手能有效率地跨出步幅距離，並針對所設定的欄間節奏結合進行探究。後續於比賽期階段，建議只參與 400 公尺跨欄項目，不可去兼項 400 公尺或是其他項目，其原因，往往會隨著不同項目之跑步速度，打亂原先訓練中設定欄間節奏的本體感覺，因此建議如要在大賽中創造 400 公尺跨欄優異成績，應維持賽前設定之欄間節奏，及參與單一項目提升穩定度。

(三) 實務層面

研究發現影響比賽的關鍵在於欄間節奏，要完成原先設定之欄間步數，如何強化速度、速度耐力及肌耐力是指標所在。研究指出，最高速度來自第一區段（王瑩琪，2010；王敏姿，2012），因此，在訓練週期中強化發展第一區段欄間時間為首要目標，其次為合理有效整理出三個區間時間遞減模式，大幅降低後段速度差異因子，利用動態影片欄間數據發揮最大效益之配速設定，再配合強化欄架技術，如較平的身體重心過欄、起跨腿與後縮腳跨速過欄之效益，起跨點及落欄點之評估（進行標記分析），以供未來訓練實務上之參考。

二、研究限制

本研究以 2021-2022 年 4 次打破 400 公尺跨欄世界紀錄賽事資料為分析來源，無法實地精準測量正常在場地比賽中各欄間的步幅與步頻，而優秀運動員可以根據自己的身體素質及臨場狀況在跨越欄架之前調整步幅，以維持高速的欄間時間過欄，如在 2021 年東京奧運 H8-H9 欄間，如按照原先賽前設定正常應為 15 步跨越欄架，但 Sydney McLaughlin 卻使用 16 步跨越欄架，欄間秒數較上個欄間僅增加 0.16 秒，相較其他場次 H8-H9 欄間則增加 0.25 秒，該場 H9-H10 則又回復至 15 步，秒數也隨即減少，所以在臨場實務競賽中，無法確定運動員如何該調整步幅的模式，往往隨著比賽的發展，有著不同變化，因此建議針對比賽後半程進行技戰術分析，瞭解對手各區段欄間所設定欄間節奏，設定進入後半程後之加速階段，以提供未來賽事實務參考。

參考文獻

- 王瑩琪 (2010) 影響男子 400 米跨欄跑成績的主要因素。 *田徑*, 4, 34-35。
- 方水泉 (2002) 400 米欄特徵與訓練對策。 *田徑*, 162, 22-25。
- 陶武訓、吳志銘、張立羣 (2017) 優秀女子 400 公尺跨欄間技術與成績之研究。 *運動教練科學*, 46, 33-38。
- 王敏姿 (2012) *我國女子 400M 跨欄選手之全程跑結構特徵之分析* (未出版碩士論文)。國立臺灣體育運動大學。
- 陳佳慧、王月琪、黃雅陵、張嘉澤 (2013) 徑賽 200 公尺及 400 公尺分段速度對成績與最大乳酸之研究。 *臺灣體育學術研究*, 54, 23-39。
- 黃霞 (2008)。 *國內外優秀 400 米欄運動員的技術分析及訓練方法研究* (未出版碩士論文)。武漢體育學院。
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., McNair, P. (2004). Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(2), 261–271.
- Hiserman, J. (2011). *The art of long hurdling*. C.S.C.S, Coil Bound
- Greene, D., Leyshon, W., O'Donoghue, P. G. (2008). Elite male 400 m hurdle tactics are influenced by race leader. In P. O'Donoghue & A. Hökelmann (Eds.), *World Congress of Performance Analysis of Sport VIII* (pp. 730-736). Otto-von-Guericke-Universität, Department of Sports Science.
- Iskra, J. (1991). Endurance in the 400 meters hurdles. *New Studies in Athletics*, 6(2), 43-50.
- Iskra, J. (2012). Athlete typology and training strategy in the 400m hurdles. *New Studies in Athletics*, 1-2, 27-37
- Ito, A., Ishikawa, M., Isolehto, J., & Komi, P. V. (2006). Changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during a 100 m race. *New Studies in Athletics*, 21(3), 35-39.
- Otsuka, M., Kawahara, T., & Isaka, T. (2016). Acute response of well-trained sprinters to a 100-m race: Higher sprinting velocity achieved with increased step rate compared with speed training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(3), 635-642.
- Otsuka, M., & Isaka, T. (2019). Intra-athlete and inter-group comparisons: Running pace and step characteristics of elite athletes in the 400-m hurdles. *PLoS ONE* 14(3), e0204185. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204185>
- O'Donoghue, P. (2015). *An introduction to performance analysis of sport*. Routledge.
- Rittweger, J., di Prampero, P. E., Maffulli, N., & Narici, M. V. (2009). Sprint and endurance power and ageing: An analysis of master athletic world records. *Proceedings. Biological sciences*, 276(1657), 683–689. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1319>

The effect of different pacing strategies on the performance in women's 400 m hurdles

Chu-Wei Chiang¹ Chia-Ying Lin² Yi-Chen Chow³

¹National Yang Ming Chiao Tung University

²National Taipei University Of Education

³National Tsing Hua University

Abstract

Purpose: The world records in 400m hurdles have been reset frequently in recent years. This study aims to investigate how the elite athlete Sydney McLaughlin improved her personal best again and again. The result is applied to develop a training strategy suitable for our national-level athletes who compete in 400m hurdles. **Method:** This study examined and analyzed the four races from 2021 to 2022 in which Sydney McLaughlin broke the female world record. Based on the observational data acquired from the official videos provided by World Athletics, descriptive statistics were used to evaluate the dependence of the performance on the split time and the number of strides in each interval along the whole race. **Results:** 1. The main focus of enhancing 400m hurdles performance should be minimizing the step numbers between subsequent hurdles. Moreover, the stride pattern adjustment should not occur before maintaining velocity to clear the first six hurdles. 2. Hurdlers should effectively control velocity in each interval to gradually increase the time per interval. A stable rhythm pattern is crucial to obtain the best result. **Conclusion:** The hurdling speed could be increased by balancing stride length and stride frequency and executing proper techniques of hurdle clearance. Therefore, as for a training strategy, it is suggested to set up the number of strides between hurdles first and then increase the rate and clear the hurdles at high speed.

Keywords: hurdle rhythm, stride pattern, split time, sports training strategies