

模擬比賽誘發疲勞對於優秀大專女壘投手投球運動 表現之影響

陳婉菁 周沛璇
臺北市立體育學院

摘 要

研究目的：探討優秀大專女壘投手於長時間反覆投球，疲勞後對於投球球速及控球能力的影響。**研究方法：**招募七名大專女子壘球投手，透過每局 15 顆快速直球，最多 10 局的模擬比賽來誘發疲勞；分析疲勞前、後的投球球速、好球率與誤差目標距離表現，透過無母數統計相依樣本 z 檢定考驗，疲勞前、後表現的差異。**研究結果顯示：**首兩局的球速為 54.53 ± 2.21 英哩/小時、好球率為 $59.05 \pm 16.97\%$ 、誤差距離為 21.91 ± 1.83 公分，大部分投手經投擲約 8 局，投球數約 120 顆達到疲勞，疲勞後球速顯著下降為 52.90 ± 2.19 英哩/小時，誤差距離也顯著增加至 31.53 ± 0.40 公分。**研究結論：**誘發性疲勞確實造成投球球速與控球能力會顯著衰退，尤其是控球能力。建議壘球教練及選手，未來可透過監控投球數量或觀察球速或控球來了解投手疲勞情況。

關鍵詞：球速、好球率、誤差距離、投球數

壹、緒 論

棒壘球比賽是種投打對決的競賽項目，而投手是掌握整場比賽的 70% 勝負關鍵的靈魂人物 (林啟川，2001)，較快投球速度與較佳投球內容可以有效封鎖打者之攻擊，以免失分危機，使球隊獲勝。然而，投球是一種需要高度技術及爆發力的運動，需要投手身體與肢段在時間及協調中達到精確的契合，才能產生準確又具有速度的投球表現 (Murray, Cook, Werner, Schlegel, & Hawkins, 2001)，因此，基本判斷投擲表現好壞及技術優劣，通常以球速及準確度作為判斷的指標 (張詩銓、江勁彥、鍾宇政與張曉昀，2008)。

然而，一場正規棒球賽有 9 局，總球數約為 120-150 球，當棒球投手過量重複性投擲動作易產生肌肉疲勞。在過去棒球疲勞研究中，長時間反覆進行高負荷投擲動作後，將對於人體多關節的運動以及動作的穩定度皆會產生影響，導致人體吸收衝擊能量的能力下降，作用於關節之應力會增加 (Tripp, Yochem, & Uhl, 2007)；且在投手肌肉開始疲勞時，他們的投球動作模式也會改變 (Murray et al., 2001; Escamilla et al, 2007; Tripp et al., 2007)，而隨之而來的即是造成額外的身體壓力，並可能出現損傷的影響 (Escamilla et al., 2007)。

棒、壘球無論競賽模式、規則及動作技巧上都有相似之處，除了投手投球動作規定有明顯的差異之外，其中最大不同即是投手投球的管理，在棒球運動中，監測投手投球數量已是一種常規，大部分少棒、青少棒、青棒聯盟皆有明文限制選手每週的投球局數，如，國小比賽單場投球數超過 70 球，受隔 2 場限制；國中棒球聯賽，國中生投手在一場比賽中投球數 80 球內，受隔 1 場限制，超過 80 球則受隔 2 場限制，單場投球數達到 100 球，強制該投手退場休息；高中棒球聯賽木棒組，高中生投手在一場比賽中投球數 100 球內，受隔 1 場限制，超過 100 球則受隔 2 場限制，單場投球數達到 120 球，強制該投手退場休息。然而，大學和職業的棒球選手雖然不受限制，但也會因為隊中的戰略考量而有相似的措施產生，但主要目的都是希望能維持選手的運動表現，並且保護投手避免運動傷害。

但反觀壘球尚無相關投球數量的管理方法，教練調度投手大部分是基於慣例，或依賽事需求進行編制，因此在壘球賽季比賽時，投手一週內出賽多達 10 場比賽，且投擲上千顆球是常見的事 (Werner, Guido, & McNeice, 2005)。過去場邊紀錄 100 學年度全國大專盃女子壘球錦標賽，針對投手的比賽投球數量進行調查，發現各隊先發投手平均一場球賽需投出 129.83 ± 36.37 顆球，遠超過棒球比賽中限制投手單場 100 顆之限制，且目前女子壘球項目也無相關管理投手投球數量的辦法 (Werner et al., 2005)，所以建立壘球投球數限制有其必要性。

因此，本研究目的欲透過縱向觀察優秀大專女壘投手長時間反覆投球時運動表現的變化，以了解女壘投手在自覺疲勞後，對於投球球速及控球能力之影響，希望藉此能提供教練與場中指導員在實際比賽中作為疲勞判斷及投手調度之參考。

貳、研究方法

基於大專甲組女壘選手有受過長期專業體能訓練與專項訓練，對於體能水準要求較一般選手嚴謹，另外在投球技術表現的穩定性也較高，因此本研究招募國內優秀大專甲組女子壘球選手 7 名 (年齡： 20.29 ± 2.14 歲；身高： 163.29 ± 3.73 公分；體重 63.57 ± 8.54 公斤；球齡： 8.57 ± 1.13 年)；所有參與者之體能及技術需達到可進行正式比賽之水準，因此，特定於 2012 年全國女子壘球超級聯賽結束後 10 天，選手皆已完全恢復且尚能維持比賽投球表現水準來進行本實驗，因此，並無比賽後或高強度訓練後疲勞之慮。另外，在本實驗進行前都向受試者說明實驗步驟及注意事項，並填寫受試者同意書，才開始進行測驗。本研究經臺北市立體育學院人體試驗暨倫理委員會審查通過。

本研究以實驗觀察法進行，為模擬真實比賽投球情況，本研究團隊先針對 100 學年度全國大專盃女子壘球錦標賽 (2011.11.28-12.03) 進行各場賽事記錄，主要調查各隊主力投手共六名選手於四天賽程之出賽紀錄進行統計，結果發現投手們每天平均出賽 1.22 ± 0.19 場，每場平均投 5.23 ± 1.26 局、每局平均投 13.80 ± 2.84 顆球，每天平均投擲 129.83 ± 36.37 顆球。因此，以此數據為原則並參考先前研究 (Mullaney, McHugh, Donofrio, & Nicholas, 2005; Escallima et al., 2007)，本實驗反覆投球流程設計為：請受試者每局投擲快速直球 15 球，每球之間依壘球規則只休息 20 秒，每局完成後休息 3 分鐘，再持續重覆投球流程進行第二、第三、第四…等局。每局完成後會紀錄心跳情況，並以伯格自覺量表 (Borg's RPE 6-20 scale)，請受試者自我評估疲勞程度，本研究界定受試者必須達 17 級 (非常疲勞，受試者非常費勁才能完成快速投球) 以上才達疲勞效果 (李育銘、李恆儒，2012)。另外，也基於保護受試者之考量，最多只模擬 10 局比賽 (150 球)，就終止投球測驗。

所有參與者進行實驗之前會先進行 30 分鐘以上的賽前標準熱身活動，熱身後穿著釘鞋進入鋪設人工草皮投手板實驗場地進行快速直球投球測試，投球距離乃為正式比賽規定的 13.11 公尺，為紀錄投手控球能力，於本壘板處架設擋網，並於 45 公分高度處擺置正方形靶布 (55 公分 \times 55 公分)，靶布中有直徑 45、36、27、18、9 公分之同心圓，以中間 9 公分之圓心作為投球目標點，而整張靶布為好球帶範圍。另外，在擋網後方架設一台雷達測速槍 (STALKER Corp., Mode:1-888- STALKER, USA) 來測量投手每次投擲球速。

首先，直接紀錄每位受試者每局投出 15 球之球速，再計算每局之平均球速，並以公里/小時 (km/hr) 表示。再者，投手投出的球擊中目標靶布的任何位置即為好球，並計算好球率表現 (命中靶之球數/每局投球數 \times 100%)。另外，於投手後方 1.5 公尺處架設一高速攝影機 (Casio FX1, Casio, Japan)，取樣頻率為 300Hz，拍攝投手每次投球球體飛行至擊中靶布位置之影像，以畫面靶布圓心為基準點，利用 SiliconCoach 動作分析系統計算球體中心與該點之直線誤差距離，當圓心與球心距離越近，表示投球準確度越佳，反之則越差。以描述性統計呈現所有受試者每局自覺疲勞程度、投球球速、好球率及誤差距離；但因每個人體能水準狀況不一，每位受試者之前兩局表現為疲勞前狀況 (Escamilla et al., 2007)，以受試者自覺疲勞的該局或第十局為疲勞後表現，再以無母數魏氏 (Wilcoxon) 相依樣本 z 檢定自覺疲勞前、後之球速與控球能力的差異，顯著水準定為 $\alpha = .05$ 。

參、結果與討論

本研究以模擬比賽情境，觀察優秀大專女壘投手長時間投球時自覺疲勞後，對投球球速及控球能力之影響結果如圖一所示，所有受試者首局平均自覺量表為 8.86 ± 1.96 ，其中有一位只投五局就達自覺疲勞，七局有一位，八局有三位，共五位投手自覺非常疲勞與費勁才能完成快速投球。另外有兩位可投完 10 局，但基於保護受試者而終止反覆投球運動。然而，所有受試者停止投球時的自覺量表為 17.57 ± 0.98 ，確實是達顯著疲勞程度。然而，疲勞前(首兩局)的投球球速為 87.71 ± 3.36 km/hr，但經疲勞後球速顯著下降至 84.65 ± 3.51 km/hr ($p = .04$)，好球率由 $60.95 \pm 14.24\%$ 下降至 $59.05 \pm 14.62\%$ ，而誤差距離卻由 21.91 ± 1.83

公分顯著增加至 31.53 ± 0.40 公分 ($p = .02$)。

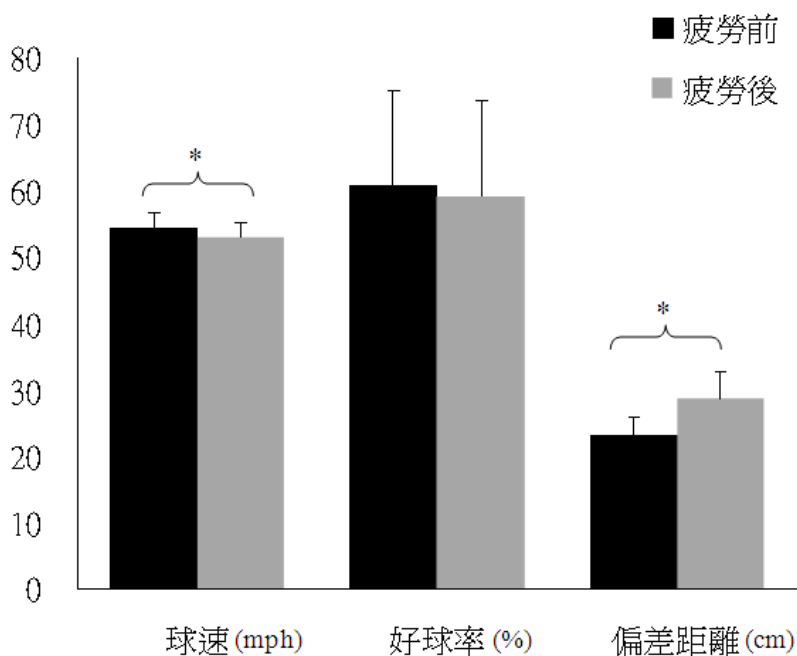


圖 1 自覺疲勞前、後投球速度、好球率、偏移距離之比較

首先，從本研究中投球速度之運動表現中，發現第一局所有受試者平均球速為 87.71 ± 3.36 km/hr (54.82 ± 2.10 mph)，相似國外大專女壘投手表現 (56.25 ± 4.50 mph) (Barrentine, Fleisig, Whiteside, Escamilla, & Andrews, 1998)，但隨著局數增加，皆有所下降的趨勢，且當中在完成 5 局投球後，大部分受試者約下降 2.64 km/hr，其球速下降比率約為 4.3%，其中有兩位投手可投完十局的平均球速則為 81.12 ± 0.08 km/hr，其下降率高達 5.6%。先前 Escamilla 等人 (2007) 研究也顯示第一級棒球選手 (Division I starting baseball pitchers) 首兩局球速表現為 34.7 ± 1.8 m/s，疲勞後球速顯著下降至 33.7 ± 1.5 m/s，下降比率達 2.9%；再者，Murray 等人 (2001) 研究指出大聯盟棒球選手約 5-6 局達到疲勞程度，疲勞前球速為 144 km/hr，但疲勞後肩與肘關節力矩下降，球速顯著減慢至 136 km/hr，投球球速表現下降 5.6%。然而，依據正式女壘比賽投球距離 40 呎 (13.11 公尺) 而言，國內優秀大專甲組女壘投手經反覆投球自覺疲勞時，球速表現減少約 6.5 km/hr，球飛行時間就增加 0.05 秒，先前 Kida, Oda, Matsumura (2005) 針對選擇性反應表現 (Go/ Nogo reaction) 進行研究，結果發現：職業與優秀棒球選手均顯著快於初學選手有 65 及 50 毫秒 (Kida et al., 2005)，因此，因球速減慢造成的球飛行時間差可讓受過訓練的打者有更多時間反應與跟打，就可能降低快速直球對打者的威脅性，不利於投手壓制打者。

再者，本研究結果發現自覺疲勞也會影響壘球投球的控球準確度，雖然好球率表現在疲勞前後並無沒有顯著性差異 (60.95% vs 59.05%)，但對於投球誤差距離高達 10 公分，約

為一顆壘球的距離，其控球準確度下降 38%，表示投手自覺疲勞時是仍無法精準控制捕手所設定的落點，就無法有效實行戰術牽制打者，若稍有懈怠即有可能被敵方大量安打甚至造成失分危機。因此，投手是場上擔任防守打者攻擊的角色，自覺疲勞會使球速顯著下降，除了保有投進好球帶的能力，仍需準確投中捕手要求的位置，否則對於打擊者將無任何威脅可言。

疲勞確實會影響壘球投球品質，根據先前棒球相關研究中發現：反覆投球造成肌肉疲勞會降低肩最大外旋角度、釋球時膝關節屈曲角度增加 (Murray et al., 2001)，軀幹前傾角度下降 (Escamilla et al, 2007)，甚至減少肩與肘關節力矩 (Murray et al., 2001)。Tripp 等人 (2007) 也發現疲勞發生後，上肢所有關節位移之三維運動學誤差增加，尤其在手腕後拉期 (cocking phase) 肩關節內、外旋及肘關節屈曲。雖然，本研究沒有直接量測女壘投手自覺疲勞後的投球運動學及動力學表現，但廖晏崧、王苓華 (2010) 曾指出投球動作之疲勞形態屬選擇性部位的疲勞，但仍會影響肌肉力量運作之協調及型態改變或破壞肌肉控制能力，這可說明本研究中以自覺疲勞程度對投球準確度的負面影響。雖然，選手也可能嘗試維持原本投球模式，進而產生其它代償動作，經長時間反覆投球就可能容易產生運動傷害。

國際壘球規則定義女子壘球正式比賽之局數為七局，但各賽事賽程編制不同，可能形成一日多戰的情況，且從筆者群先前自實際比賽中統計之數據也可發現，通常在隊中主力投手少有隔場休息的機會，因此，一日兩戰賽程中無論是否先發仍須隨時準備上場，即使是在前一場以投完七局的情況，更可能影響下一場投球表現。另外，別於本研究設計，每局中間休息 3 分鐘，但實際比賽情境中，投手每局投球數量會因為比賽中守備的狀況不同而有所差異，因而造成身體疲勞的情況故也不盡相同。目前尚有限制女壘投手投球局數或投球數量的規定；且在比賽進行時，鮮少投手會考慮疲勞可能導致運動傷害風險增加，而願意退出比賽，因此，常有一位投手壓陣到底的情況，多日比賽下來其投球數量更是難以估計 (Werner, Jones, Guido, & Brunet, 2006)。先前許多生物力學及運動傷害研究皆共同強調投手過度訓練以及過量投球的現象是主要導致運動傷害的原因 (Doyle, 2004；Guido, Werner, & Meister, 2009；Hill, Humphries, Weidner, & Newton, 2004；王令儀、林德嘉、黃長福、杜惠萍, 2003)，因此優秀選手應可自覺疲勞指數來提醒自己，避免長時間反覆投球，且建議教練可利用自覺疲勞程度來關心投手投球狀況，以預防過度使用所造成的運動傷害。

肆、結論與建議

優秀大專女壘球選手經模擬比賽的反覆投球誘發疲勞後的球速及投球誤差距離會顯著退步，第六局投擲 90 球時會有明顯增加投球誤差距離，投完八局球數 120 顆時，球速表現也顯著下降。因此，建議教練及選手在平日訓練中須透過平時觀察與記錄投手運動表現特徵，做為競賽中調度或訓練投球數量的參考。另外，未來可後續討論投手如何因應疲勞而改變投球動作策略，以了解長時間投球對女子壘球投球動作的影響，在維持運動表現登峰時，並降低運動傷害風險。

參考文獻

- 王令儀、林德嘉、黃長福、杜惠萍 (2003)。壘球風車式投球不同擺臂技術之運動生物力學分析。《體育學報》，35，49-58。
- 林啟川 (2001)。2000 年雪梨奧運壘球投手速度之研究。《北體學報》，9，18。
- 李育銘、李恆儒 (2013)。在躍起著地時誘發疲勞運動對下肢關節和地面反作用力的影響。《華人運動生物力學期刊》，8，1-8。
- 張詩銓、江勁彥、鍾宇政、張曉昀 (2008)。棒球投手投球準確度與下肢平衡之相關。《臺灣運動生物力學研討會論文集》。
- 廖晏崧、王苓華 (2010)。上肢疲勞效應對棒球投擲動作之影響。《中華體育季刊》，24(3)，116-123。
- Doyle, F. M. (2004). Review of the Windmill Pitch: Biomechanics and Injuries. *Journal of Chiropractic Medicine*, 3(2), 53-62.
- Barrentine, S. W., Fleisig, G. S., Whiteside, J. A., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1998). Biomechanics of windmill softball pitching with implications about injury mechanisms at the shoulder and elbow. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 28(6), 405-15.
- Escamilla, R. F., Barrentine, S. W., Fleisig, G. S., Zheng, N., Takada, Y., Kingsley, D., & Andrews, J. R. (2007). Pitching Biomechanics as a Pitcher Approaches Muscular Fatigue During a Simulated Baseball Game. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(1), 23-33.
- Guido, J. A., Werner, S. L., & Meister, K. (2009). Lower-Extremity Ground Reaction Forces in Youth Windmill Softball Pitchers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1873-1876.
- Hill, L. J., Humphries, B., Weidner, T., & Newton, U. R. (2004). Female Collediate Windmill Pitchers: Influences to Injury Incidence. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 426-431.
- Kida, N., Oda, S., Matsumura, M. (2005). Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple time. *Cognitive Brain Research*, 22(2), 257-264.
- Mullaney, M. J., McHugh, M. P., Donofrio, T. M., & Nicholas, S. J. (2005). Upper and Lower Extremity Muscle Fatigue After a Baseball Pitching Performance. *American Journal of Sports Medicine*, 33(1), 108-113.
- Murray, T. A., Cook, T. D., Werner, S. L., Schlegel, T. F., & Hawkins, R. J. (2001). The Effects of Extended Play on Professional Baseball Pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 29(2), 137-142.
- Tripp, B. L., Yochem, E. M., & Uhl, T. L. (2007). Functional Fatigue and Upper Extremity Sensorimotor System Acuity in Baseball Athletes. *Journal of Athletic Training*, 42(1),

90-98.

Werner, S. L., Guido, J. A., & McNeice, R. P. (2005). Biomechanics of Youth Windmill Softball Pitching. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 552-560.

Werner, S. L., Jones, D. G., Guido, J. A., & Brunet, M.E. (2006). Kinematics and Kinetics of Elite Windmill Softball Pitching. *American Journal of Sports Medicine*, 34(4), 597-603.

Influences of subjective fatigue induced simulated match on pitching performance of elite college women's softball pitchers

Wan-Chin Chen, Pei-Hsuan Chou

Taipei Physical Education College

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of subjective fatigue on ball velocity and control ability after long-time repeated pitching among women's softball pitchers. 7 elite college female softball pitchers were recruited to perform a simulated game consisting of 15 fastball pitches per inning up to 10 innings to approach subjective fatigue. Ball velocity, strike ratio and error distance per inning were analyzed. Difference of pitching performance between pre and post subjective fatigue was analyzed using dependent sample z test of nonparametric statistics. Performance of first two innings was shown that the ball velocity was 54.53 ± 2.21 mile/hr, pitching accuracy ratio was $59.05 \pm 16.97\%$, and error distance was 21.91 ± 1.83 cm. Most pitchers felt fatigue after pitching 8 innings, the pitching counts were 120. The ball velocity was drop to 52.90 ± 2.19 mile/hr with significance, and the error distance was significant lager to 31.53 ± 0.40 cm. The conclusion of this study was that ball velocity and control ability were a downward trend with increase of pitching innings. Suggest the softball coaches and players could monitoring the pitching count, or observation pitching accuracy to determine the status of pitcher fatigue. There will be a recommendation for softball coaches and players, we could observe pitcher's fatigue condition through monitoring pitching counts and control ability.

Keywords: ball velocity, pitching accuracy ratio, error distance, pitching counts