

棒球投手的下肢工作

林俊龍、陳重佑／國立臺灣體育學院

摘要

一場棒球比賽中，操控勝負的重要樞紐莫過於投手。投手投球是由下肢、軀幹到上肢的一種肢體鏈結之結構工作。本研究回顧過去的相關文獻，發現在投球過程中下肢的工作分成軸心腳及前腳，軸心腳的工作主要在跨步階段，必須是在控制中朝本壘板落下，而不是全力朝本壘板推蹬。全力推蹬容易在朝向本壘板方向產生過大的地面反作用力，在無相應的剎車機制下，將致使身體失去平衡而降低球出手速度。前腳工作主要發生在著地後，前腳著地後到球離手的這段期間，前腳膝關節必須維持穩定或強化伸展的工作，以達成有效剎車工作，並將能量有效傳遞至上肢。此外，投手若在投球過程平衡的先決條件下，適宜地發展兩腳的推力，就能有助於提升球出手速度。

關鍵詞：棒球、投手、投球、下肢、生物力學

主要聯絡人：陳重佑 404 臺中市雙十路一段 16 號

Tel : 04-22213108 分機 2097 e-mail : chung423@ms52.hinet.net

壹、前言

棒球運動在臺灣的蓬勃發展，已經進入到職業聯盟的階段，近年甚至被視為是國球。然而一場棒球比賽中，操控勝負的重要樞紐莫過於擁有好的投手。投手的投球、控球過程需要高度的技巧，要追求極致的球速表現，更要求全身工作的協調。Pappas, Zawacki, and Sullivan (1985) 認為棒球投擲是由下肢開始，經過軀幹再傳到上肢遠端的一個肢體活動連結，若施力不當，則極易導致運動傷害的發生。因此，實在有必要深入了解投球動作的機制。整個投球過程大致可分為上肢、軀幹及下肢等三部份，其中上肢的動作往往被歸類為開放式動力鏈的多剛體結構，運動學特徵有較大的位移和速度。過去的研究大多著眼於上肢工作的生物力學探討，相較之下，下肢的相關研究就略顯不足了。雖然下肢的位移量和速度值較小，但下肢的受傷率卻高達 60% (Walk, Clark, & Seefeldt, 1996)，而且在上肢加速的過程中，依然需要下肢的支撐，所以在整個投球過程中下肢是極重要的一部份，進而引發本研究通過生物力學的相關文獻回顧，剖

析下肢工作的特徵。

依照 Dillman, Fleisig, and Andrews (1993) 的研究,投球過程可以就活動特徵劃分為準備 (windup)、跨步 (stride)、揮臂準備 (arm cocking)、手臂加速 (arm acceleration)、手臂減速 (arm deceleration)、跟隨 (follow-through) 等 6 個階段。抬腿階段是指投手將前腿 (lead foot) 抬至最高點,跨步階段則是投手將前腿自最高點落下,前跨到著地為止;手臂捲曲階段是指前腿著地後,將手臂外張至發生最大外旋為止;而手臂加速階段則是手臂由最大外旋階段開始,向前加速至球離手為止;球出手後的上肢減速過程就是手臂減速階段;最後的軀幹減速緩衝過程則為收尾階段。在這六個階段中下肢位移最大的時候在抬腿及跨步階段,之後的數個接續階段,下肢則扮演了人體的主要支撐角色。隨著棒球運動的演進,技術的發展與精煉,許多教練對下肢工作的詮釋也出現了不同的看法。

貳、跨步時,投手的下肢應該盡力前推,還是在控制中落下?

近年來,關於投手投球時下肢的工作方式一直有爭論。早期對跨步階段軸心腳 (pivot foot) 的看法強調不管是不是強力投手,都應該彎曲後腳,然後盡全力的將身體推向本壘板 (Ryan & Torre, 1977)。House (1983) 則提出一個新的論點,認為投手在跨步時應該在控制中落下,而非用力向前推。這兩篇文獻對跨步階段軸心腳的運用有不同的見解。爲了了解跨步階段軸心腳的功用, Elliott, Grove, and Gibson (1988) 使用一塊測力板的計量分析法對 1986 年 12 月份參加美國盃 8 名來自臺灣、日本及澳洲投手進行實驗,探討投手軸心腳與地面間的力量特徵。實驗結果發現,軸心腳在投手丘與本壘板連線方向的最大推力約爲 0.65 倍體重,其時相約發生在手臂最大水平外展時;垂直地面方向的力量在跨步階段及手臂捲曲階段,都維持在 1 倍體重,到了手臂加速階段中就一路降低。此外,軸心腳在垂直地面方向及後腳在投手丘與本壘板連線方向的力量變化,在球運動路徑爲直球或曲球兩種狀況下皆無差異。軀幹的轉動則在前腳著地後才發生,轉動期間兩腳並無任何重心轉移。此一實驗同時也對出手球速的快慢不同,進行投手間的比較,結果發現兩組投手的軸心腳水平推力最大值相差不大,都發生在手臂捲曲階段,但球速較快的投手在前腳著地時,其軸心腳在投手丘與本壘板連線方向推力值遠大於球速慢的投手。Elliott 等人認爲球速快者能將身體轉向一個較穩固的前腳。

MacWilliams, Choi, Perezous, Chao, and MacFarland (1998) 使用兩塊三維測力板對 6 名大學投手及 1 名高中投手進行實驗，測量投球過程中兩腳的地面反作用力變化特徵。研究結果發現，後腳在投手板與本壘板連線方向的推力平均值一直維持在約 0.35 倍體重，直到前腳著地前才開始下降；而其垂直地面方向的力量平均值則一直維持在約 1 倍體重，並在前腳著地前開始下降。前腳在投手板與本壘板連線方向的推力平均值在著地後發生，隨後一直增加，且在球出手前到達約 0.72 倍體重的最大值；其垂直地面方向的力量也在著地後一直增加，而在球出手前到達約 1.5 倍體重的最大值。一、三壘連線方向的力量由於只有體重 0.1 倍，MacWilliams 等人認為其主要功能只是維持軀幹轉動時的方向變化，且各力量值的標準差都極小。此研究並發現，在自然的投球動作下，球離手時的手腕速度與跨步階段時後腳在投手板與本壘板連線、垂直地面兩方向的推力有高度正相關 ($r^2 = .82$ 、 $r^2 = .74$)，同時也和前腳在著地後這兩方向的推力有高度正相關 ($r^2 = .86$ 、 $r^2 = .70$)。但若投手過度向前推動而失去平衡，則會降低球速。雖然，所有數據顯示球速較慢的投手其推力峰值出現較早，但兩者相關不高 ($r^2 = .53$)。

由以上兩篇實證性的研究可以發現，投球跨步過程中的後腳其運用方式比較傾向 House (1983)「在控制中向下」的理論，在自然的投球動作中去發展朝本壘板方向推力，否則施力過度反而會失去平衡，導致球速降低。Ryan and Torre (1977) 的全力推蹬理論，很容易引導投手使用過大力量推蹬投手板，造成投球動作失去控制，影響球速發展。在重心轉移的時項上，兩篇研究有不同的結果。Elliott 等 (1988) 認為前腳著地後兩腳並無任何重心轉移，MacWilliams 等 (1998) 的研究中垂直地面方向的数据則顯示，前腳著地前重心就開始產生轉移。由動能 (kinetic energy) 的觀點來看，重心轉移在力學上而是投球動能的重要來源，因此，以 MacWilliams 等人的研究結果較合理。造成兩篇研究結果不同的原因，可能是 Elliott 等人使用儀器精密度問題，只能對投球過程中的幾個時間點做量測，而 MacWilliams 等人使用的測力板能以 1000Hz 頻率進行記錄，造成兩篇研究判斷上的誤差。此外，對手腕速度與後腳力量值的相關數據，更顯示出投手板與本壘板連線方向推力是投球的初始動力來源，而垂直地面方向的力量則是投球過程中的一個潛在力量來源 (MacWilliams 等, 1998)，投手板與本壘板連線方向推力作用造成推動身體重心前移，而垂直地面方向的力量作用則會造成身體重心下壓，因此，在投球過程中除了重心前移力量外，身體下壓也是另一個動能來源。再者，Elliott 等人認為將身體轉向一個較穩固的前腳是球速快的投手的特色，MacWilliams 等人也指出前腳所受的各方向力量都較後腳大，可見前腳

對投球過程的中的有很大的影響，所以，前腳的工作角色就必須進一步探討了。

參、前腳在投球過程中的角度變化

前面的探討得知，後腳提供了投球的起始動力，而前腳所提供的就是能量轉換及支撐的功能，那麼這項工作如何進行？除了前述研究對投球過程中得到前腳的力量值外，Matsuo, Escamilla, Fleisig, Barrentine, and Andrews (2001) 使用高速攝影機 (200Hz) 對 127 名職業及大學投手進行實驗，對不同球速的投手其投球過程中，上、下肢動作出現的時序進行力學上的比較，並對前腳膝蓋角度的角度變化進行記錄。結果發現球速較快的投手和球速較慢的投手在前腳著地後到球離手的過程中，前腳膝關節角度的角度呈現不同的變化。速球快的投手中有 60% 的人在前腳著地到球離手的區間的後半段時間中，膝關節角度由 55° 降至 30° ，亦即膝關節最後有伸展動作，中間膝蓋角度經歷了增加—減小—增加—減小的過程，即膝關節兩度彎曲再伸展。另外有 14% 的人在前腳著地到球離手過程的後半段時間中，膝關節由 50° 減至 45° ，膝關節角度大致維持固定。而球速慢的投手中，則有 26% 的人膝關節角度維持固定，43% 的人膝關節角度不減反增，亦即膝關節僅有彎曲動作。比較相似的標槍運動研究中，優秀的標槍運動員在前腳著地後，膝關節也出現了兩個彎曲再伸展的過程 (Bartlett, Muller, Lindinger, & Morriss, 1996; Whiting, Gregor, & Halushka, 1991; Morriss, & Bartlett, 1996)，並且膝關節角度在最後都出現伸展。

Whiting 等 (1991) 認為前腳的角色在於剎車，使腳的衝量可向上傳遞，造成身體可以向前加速。前腳之所以會出現伸直的狀況，在於使前腳更加穩固，並幫助能量轉換至軀幹及上肢 (Matsuo 等, 2001)。上述結果顯示球速快的投手大多有較穩固的前腳，支持了 Elliott 等 (1988) 的看法。Bartlett 等 (1996) 推測股直肌在這個伸展的階段扮演非常重要的角色，由於股直肌是一條雙關節肌肉，而股直肌在這個過程藉先做離心收縮再做向心收縮，同時導致膝蓋伸直及臀部彎曲，造成實驗中球速較高者膝關節角度都出現伸直及身體前傾 (Matsuo 等, 2001)。這個觀點值得後續研究者再深入加以驗證。

肆、結 語

由上述幾篇研究的探討，投球跨步過程中，要在控制中落下，並在身體平衡狀況下出力前推；前腳著地後，膝關節要保持固定或微微伸展，以提供良好的剎車效果，俾使能量上傳。兩腿一推一撐的配合，提供了投球重要的能量來源，並將它傳遞至軀幹。因此，投手必需去發展下肢推蹬及支撐的肌力，才能創造更多的投球能量。後腳推力與前腳支撐力間的關係為何？後腳推力與身體平衡間的關係又如何？之前 Elliott 等 (1988) 及 MacWilliams 等 (1991) 對後腳推力峰值出現時機為何有不同看法？對於前腳肌肉如何進行此剎車，使下肢的衝量能更有效向上傳遞？這些問題都有待進一步的研究檢証釐清。對於下肢如何向上傳遞能量，MacWilliams 等人則認為需要建立一個更多肢段的模式來深入探討。此外，過去這些研究主要是分析美國地區的投手，對於臺灣地區投手則無相關研究，臺灣地區的投手投球是否有相同機制，如能加以研究了解，則能提供未來改進投球機制的方向。因此，未來的研究方向，應從下肢各肢段的互動下手，去探討投手如何協調這些肢段來達成上述的結果，以了解投球過程中及訓練過程下肢動作的全貌，並能將這資訊應用到投手相關的訓練上。

引用文獻

- Bartlett, R., Muller, E., Lindinger, S., & Morriss, C. (1996). Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throws of different skill levels. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 58-71.
- Dillman, C. J., Fleisig, G. S., & Andrews, J. R. (1993). Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 18(2), 402-408.
- Elliott, B., Grove, J. R., & Gibson, B. (1988). Timing of the lower limb drive and throwing limb movement in baseball pitching. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 59-67.
- House, T. (1983). *A contemporary guide to pitching a baseball*. San Diego, California: San Diego School of Baseball.
- MacWilliams, B. A., Choi, T., Perezous, K. M., Chao, S. E., & MacFarland, G. E. (1998). Characteristic ground-reaction force in baseball pitching. *American Journal of Sports Medicine*, 26, 66-71.

- Matsuo, T., Escamilla R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., & Andrews, J. R. (2001). Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 1-13.
- Morriss, C., & Bartlett, R. S. (1996). Biomechanical factor critical for performance in man's javelin throw. *Sports Medicine*, 21, 438-46.
- Pappas, A. M., Zawacki, R. M., & Sullivan, T. J. (1985). Biomechanic of baseball pitching. *American Journal of Sports Medicine*, 13, 216-222.
- Ryan, N., & Torre, J. (1977). *Pitching and hitting*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Walk, W., Clark, M. A., & Seefeldt, V. (1996). Baseball and softball. In D. J. Caine, C. G. Caine, & K. J. Linde (Eds.), *Epidemiology of sports injuries* (pp. 100-125). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Whiting, W. C., Gregor, R. J., & Halushka, M. (1991). Body segment and release parameter contributions to new-rules javelin throwing. *International Journal of Sports Biomechanics*, 7, 111-124.