

# 投手的上肢工作與控球：生物力學觀點

陳子家、陳重佑

國立臺灣體育運動大學體育學系

## 摘要

一場棒球比賽中，投手是對抗強力打擊者的第一道防禦線，所以投球時掌握多種投球類型、了解關節力量負荷與提高投擲球速是投手關注的重要工作。本研究透過回顧棒球投手的投擲運動力學文獻，觀察投球的近端至遠端序列 (proximal-to-distal sequence, PDS) 原則、投擲精確性控制與上肢關節的力量負荷。過去文獻顯示快速球投擲時肢段之間的工作順序只有近心端的肢段會符合 PDS 原則，職業棒球投手在投快速球時擁有極為優秀的水平方向的控制能力，而進行曲球投擲對於上肢關節力量負荷的壓力與危險性不會高於快速球。透過棒球投擲的量化研究，可以提供棒球投手的投擲訓練與指導之重要參考資訊。

**關鍵字：**運動序列、關節力矩、運動學

通訊作者：陳重佑

E-mail: chungyu@ntupes.edu.tw

DOI: 10.3966/2226535X2020060902001

## 壹、前言

肩上投擲是個體在發展階段的操作性動作技能，也是許多高水平競技比賽現場上會發揮出攻擊性的動作技巧。例如，在手球運動的比賽中，手球射門是重要得分因素，運動員掌握高球速且高精準度的同時，投擲動作將扮演著舉足輕重的角色。除了具備攻擊性，投擲本身也會是一個防禦性的動作技術。舉例而言，棒球運動中的投手往往是掌握比賽勝負的關鍵，投手自責分率 (earned run average, ERA) 會是投手觀測投球的重要指標，亦是比賽防守的第一道關卡。

Robertson 與 Konczak (2001) 認為一個成熟的投擲動作具有發展性，並且在動作發展歷程上將屬於序列性的改變。下肢動作在投球時從同側跨步轉變為異側跨步、軀幹在固定不旋轉發展成能夠施予力量造成軀幹轉動，上肢動作則經歷時間序列而可以進行面朝前方並且在揮臂階段的同時，產生前臂延遲性的動作技巧。透過上述質性的觀點了解過肩投擲的動作歷程，也希望擁有更多的量化研究加以驗證，讓質性研究更具有參考價值。因此，本文主要目的透過文獻回顧的方法作為了解棒球投手投擲動作技術的過程，觀察運動員投球動作在各關節及肢段之間的運動學與動力學變化。

## 貳、投手的上肢運動學序列與精準度

個體在進行投球時，肢體間需要有高度的協調性與延展性，將力量由下肢傳導至軀幹，透過軀幹轉動連結至上肢關節讓球快速投出 (Fleisig, Escamilla, & Andrews, 2011)。依據動量傳遞的觀點，投擲動作被視為一種開放式的動力鏈 (kinetic chain)，投球過程從軸心腳的抬腳開始，向前跨步將能量經由軀幹向上傳遞，軀幹轉動產生的關節力矩依序使手臂、前臂向前加速，最後由手掌將球往前送出，這種能量傳遞的過程會依照近心端至遠心端原則 (proximal-to-distal sequence, PDS) 進行 (Putnam, 1993)。

眾多研究發現，軀幹是動量傳遞的主要來源，不僅是旋轉角度 (Aguinaldo, Buttermore, & Chambers, 2007)、轉動速度 (Matsuo, Fleisig,

Zheng, & Andrew, 2006) 甚至是傾斜角度 (Oyama et al., 2013), 只要有微小的變化都對投擲運動的上肢關節力矩與球速度有重大影響。此外, 棒球投手在投球時最佳肩關節橫切面活動範圍應介於水平內收的  $11 \pm 9 \text{ deg}$  到水平外展的  $1.6 \pm 9.8 \text{ deg}$  之間 (Oliver, & Keeley, 2010; Oyama et al., 2013), 並且 Dun, Loftice, Fleisig, Kingsley, 與 Andrews (2008) 也認為肩關節最大外旋角度為  $178 \pm 12.3 \text{ deg}$ , 發生在投擲動作分期的揮臂階段, 其關節角速度高達  $1097.7 \pm 76.7 \text{ deg/s}$ 。

投擲動作不僅只有軀幹與肩關節的配合, 肘關節在此動作過程中也極其重要。在 Diffendaffer 等 (2020) 的研究中, 使用運動學分析 26 位美國大專院校的棒球投手, 其年齡平均為  $21 \pm 1$  歲, 快速球的初始球速為  $37.1 \pm 1 \text{ m/s}$ 。結果發現在揮臂階段中的捲臂期 (cooking phase) 肘關節屈曲角度可達  $108 \pm 13 \text{ deg}$ , 直到投球出手瞬間肘關節約處於屈曲  $22 \pm 3 \text{ deg}$ , 並且整個過程的肘關節伸展角速度高達  $2696 \pm 273 \text{ deg/s}$ , 表示在投擲過程肘關節漸進伸展角度時可給予前臂更多的行徑軌跡, 當棒球出手的那瞬間, 前臂肢段會通過肩部上方並且垂直地面直線之夾角 (arm slot) 約為  $55 \pm 7 \text{ deg}$ 。

觀察上述各關節的描述, 關節活動角度與動作執行的方向將攸關投手的投球品質。再者, 為了讓投擲成為一個流暢的間斷性動作 (discrete task), 也仰賴肢段關節間的協調性與順序變化。一般來說, 進行投球動作各肢段會相互活動, 產生一套屬於動作者專有的序列模式, 稱之為運動學序列 (kinematic sequence, KS), 透過此序列可觀察與分析肢段間活動位置、角速度與持續時間的變化 (Putnam, 1993; Tinmark, Hellström, Halvorsen, & Thorstensson, 2010)。

在 Scarborough, Bassett, Mayer, 與 Berkson (2018) 研究中, 觀察 22 位棒球投手肩上投擲五個肢段 (骨盆、軀幹、上臂、前臂與手掌) 的角速度順序變化, 其快速直球的平均球速為  $33.68 \pm 2.89 \text{ m/s}$ , 投擲進入好球帶範圍之總球數為 208 球。研究者發現這 208 球當中可分類成 14 種不同的 KS 模式, 當中卻沒有 1 種序列完全依照 PDS 原則 (依序為骨盆、軀幹、上臂、前臂與手掌) 進行。比例最高的 1 種 KS 模式依序為骨盆、軀幹、上臂、手掌與前臂, 佔總球數 208 顆球中的 35%, 並與上述 PDS 原則序列的近端處相同。研究者推論肘關節在揮臂動作過程會有煞車 (減速) 作

用，導致前臂速度瞬間減少以換取手掌速度瞬間提升，可讓棒球在出手瞬間達到更快速。此外，研究者也聚焦於投擲序列模式當中骨盆與軀幹兩肢段進行觀察，發現有 71% (10/14) KS 模式都屬於「先骨盆後軀幹」的動作歷程，與 PDS 原則保持一致，然而其餘 29% 投擲模式卻發生兩者相反的動作順序（先軀幹後骨盆）。從解剖學觀點解釋，在投擲過程跨步階段的軸心腳踩踏位置過度開放（open）或閉合（closed），將導致骨盆與軀幹無法按照運動學序列（先骨盆後軀幹）進行轉動。

動作者了解執行投擲時肢段序列變化的過程，對於投球出手後準確度的結果呈現也相當重要，因為投擲是一個極為複雜的動作任務，需要兼顧球速與精準地控制能力方可讓球投入目標位置。為了追求高速度的控球能力，Kawamura 等 (2017) 進行動作行為學誤差量化的研究，比較日本職業棒球投手與高中投手兩者投球的誤差率差異，研究者要求每位參與者在投手丘上進行 20 球 18.44 m 的快速直球投擲，並使用 1 台攝影機進行 2 度空間資料蒐集（採樣頻率為 30 Hz），此數位攝影機以手套中心定義為座標原點，觀察投擲落點的垂直方向與水平方向誤差分析，並於本壘後方架設測速槍進行球速測量。評估過肩投球準確度的參數中，使用絕對誤差（absolute error）與恆常誤差（constant error）兩種測量參數比較職棒與高中投手兩者過肩投球的準確度，其絕對誤差是指對目標的無正負數值的偏差，表示誤差的大小值與偏差的方向無關；恆常誤差則表示與目標的有正或負的偏差，能計算誤差的大小與方向。結果顯示專業投手在投擲快速球 20 球時，水平方向的絕對誤差量遠小於高中投手，在垂直方向則無顯著差異；針對恆常誤差值的測量，不論是垂直亦或是水平方向，皆未達統計意義的顯著標準。因此，作者認為在維持高速的投球情境之下，垂直方向的精準度控制能力會比水平方向好掌握。有此可知悉，欲成為優質的專業投手對於控球能力的要求應更加琢磨在水平方向。

## 參、投手的上肢負荷與傷害

棒球投擲是一個高動態性的動作任務，利用軀幹轉動施予上肢關節巨大的負荷量，並且將力量有順序的向肩、肘、腕關節往上堆疊，讓球出手瞬間得以達到投擲最高速 (Slowik et al., 2019)。Cohen, Garibay, 與 Solomito (2019) 為了探討在揮臂階段軀幹旋轉角度的活動範圍對於肘關節力矩與投擲球速之間的影響，實驗招募 99 位具有 2 年以上比賽經驗的大專院校棒球投手，其平均年齡為  $19.9 \pm 1.4$  歲，快速球球速平均為  $32 \pm 2.4$  m/s，肘關節內旋力矩平均為  $75.9 \pm 15.1$  N·m。每位實驗參與者站在高於地面 25.4 cm 的投手丘上投擲 3 顆快速直球，並且讓球投入距離約 19.8 m 的好球帶區域內。投擲的動作經由 Vicon 三度空間影像擷取系統進行參數收集 (採樣頻率為 250 Hz)，結果得知實驗參與者的投擲動作，軀幹旋轉角度平均為  $112 \pm 17$  deg，轉動速度的平均值為  $979 \pm 109$  deg/s，透過線性回歸的方式預測當運動員想要強化自身的投擲能力時，讓軀幹旋轉角度額外增加 10 deg，肘關節內旋力矩就會增加 2.54 N·m，並且投擲球速可以再增加 0.60 m/s。

不管是青少年或是職業棒球投手在投球時，肩、肘關節經常過度使用所造成的運動傷害持續增加，尤其是尺側副韌帶的部位容易因為激烈的擺臂動作而有所拉傷 (Erickson, Chalmers, Axe, & Romeo, 2017)。投手經常會因為不正確的投擲動作技術、兩個賽季之間的休息時間恢復不足，甚至是參與過多比賽導致全年無休的投擲練習等原因，在運動執行過程中造成許多傷害 (Lyman et al., 2001; Post, Laudner, McLoda, Wong, & Meister, 2015; Yang et al., 2014)。儘管運動科學界針對上述的傷害原因做了許多的努力並且投入廣泛的研究與貢獻，但是對於棒球投手而言，上肢關節的受傷比率仍然持續增加 (Conte et al., 2015)。Sabick, Kim, Torry, Keirns, 與 Hawkins (2005) 研究發現肩關節施予向前投出最大力量的時機點於投球出手的瞬間；Dun 等 (2008) 研究青少年投手投擲快速球時，肩關節向前力量的峰值為  $465.6 \pm 169.9$  N·m，此力量值也發生在投球的出手瞬間。此外，在揮臂階段中捲臂期後期 (late cooking phase) 到手臂加速階段的過程之中，若發生過度的肩關節水平外展，就有可能會增加關節的受傷機率 (Mihata, McGarry, Kinoshita, & Lee, 2010; Takagi et al., 2014)。因此，棒球投手經常在比賽結束後或者是臨床治療復健時，經常發生肩部區域的不

舒適感覺。

有關肘關節對於投擲動作的影響，讓教練與運動員經常擔心的問題，在於投球類型是否會造成的肘關節傷害。Lyman Fleisig, Andrews, 與 Osinski (2002) 與 Olsen, Fleisig, Dun, Loftice, 與 Andrews (2006) 研究顯示投擲曲球與肘關節之間的傷害並無太大的關聯，不過 Yang 等 (2014) 卻認為投擲曲球與快速球相比之下，曲球會給予肘關節更多的壓力並且造成傷害，可是，現今的研究普遍抱持著相反的觀點，認為快速球才是造成肘關節內側壓力的最大元兇 (Makhni et al., 2018; Okoroha et al., 2018)。

為了瞭解投擲類型與肘關節內側壓力是否有直接性的關聯，Lizzio 等 (2019) 進行棒球投擲的實驗，此研究招募 12 位現役美國職業棒球投手，其中 3 位是左投手，其餘皆為右投手，年齡範圍介於 21 - 25 歲之間，身高平均  $187.0 \pm 6.1$  公分。研究者讓所有實驗參與者身上穿戴加速度傳感器 (Motus Global, Rockville Centre, NY, USA)，這些感應器會計算投球過程肘關節內旋力矩、揮臂速度、揮臂角度與肩關節旋轉角度的數據，並且於距離 18.44 公尺的本壘後方架設一台測速槍觀察投擲球速，所有參與者皆進行快速球、曲球與變速球各 5 次的投擲。實驗結果得知在三種投球類型中，平均球速是快速球 ( $85.2 \pm 0.6$  mph) 優於兩種變化球，並且變速球 ( $77.9 \pm 0.7$  mph) 也比曲球 ( $73.1 \pm 0.8$  mph) 還要快；整個動作過程的執行層面只有投球出手瞬間的肘、腕關節連線與肩上垂直地面直線之夾角在投球類型上有差異，變速球 ( $43.8 \pm 2.4$  deg) 皆遠小於快速球 ( $48.2 \pm 2.4$  deg) 與曲球 ( $49.7 \pm 2.4$  deg)，然而投擲的肩關節旋轉角度與揮臂速度則在研究中未發現統計的顯著差異；至於肘關節內旋力矩則分別是快速球 ( $54.3 \pm 2.1$  N·m) 大於曲球 ( $52.2 \pm 2.2$  N·m)，而曲球與變速球 ( $53.4 \pm 2.1$  N·m) 之間並無差異。因此研究者認為美國職業棒球投手的投球類型與肘關節力矩之間的關係，曲球投擲導致受傷的風險機率不一定高於快速球。事實上，透過一篇系統性回顧生物力學與棒球投擲的文獻中，皆未發現投擲曲球是造成肘關節壓力負荷的最大來源 (Grantham, Iyengar, Byram, & Ahmad, 2013)。關於 Fleisig, Andrews 等 (2011) 針對青少年棒球投手長達 10 年的縱貫性研究並且經過臨床證據與實驗室的證明，結果也發現提早學會曲球投擲技術並且實際練習應用於比賽中與肘關節傷害之間並沒有太大關聯。

## 肆、結語

投擲動作的上肢生物力學，肢段與關節之間相互活動的協調極其重要。由上述幾篇研究探討得知執行投擲動作的能量傳遞會符合 PDS 原則，從投擲運動學角度觀察，運用 KS 模式進行肢段序列分析後發現，肢段間活動的位移量與速度變化才是投球的重要參考依據，並且研究中也指出末梢肢段的序列與 PDS 原則不同，原因在於肢段間產生的煞車（減速）作用讓投球出手瞬間達到最高速。

在投擲動力學的研究發現，棒球投擲的動作與肩、肘關節傷害息息相關，投球時肩關節過度外展以及肘關節過度的外轉動作皆會給予上肢極大的負荷量，間接形成受傷之成因。此外，投球類型導致關節傷害也是重要的議題，過去研究至現今探討圍繞著曲球是否因為投擲姿勢限制進而造成肘關節傷害之主因仍具爭議性，不過許多學者皆表示，投擲球速與肘關節傷害有正相關，意味著快速球對於關節傷害也不可忽視。

經由上述投擲動作上肢力學分析，對於教練與運動員、教學者與動作學習者之間，除了可觀察投手執行投球動作瞬間，肢段間所進行細微且精密的動作控制外，亦可從生物力學觀點所提供的訊息讓更多量化研究得以進行實證。

## 參考文獻

- Aguinaldo, A. L., Buttermore, J., & Chambers, H. (2007). Effects of upper trunk rotation on shoulder joint torque among baseball pitchers of various levels. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 42-51. doi:10.1123/jab.23.1.42
- Cohen, A. D., Garibay, E. J., & Solomito, M. J. (2019). The association among trunk rotation, ball velocity, and the elbow varus moment in collegiate-level baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 47, 2816-2820. doi:10.1177/0363546519867934
- Conte, S. A., Fleisig, G. S., Dines, J. S., Wilk, K. E., Aune, K. T., Patterson-Flynn, N., & ElAttrache, N. (2015). Prevalence of ulnar collateral ligament surgery in professional baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 43, 1764-1769. doi:10.1177/0363546515580792
- Diffendaffer, A. Z., Slowik, J. S., Hart, K., Andrew, J. R., Duga, J. R., Cain, E. L., Jr., & Fleisig, G. S. (2020). The influence of baseball pitching distance on pitching biomechanics, pitch velocity, and ball movement. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Advance online publication. doi:10.1016/j.jsams.2020.02.005
- Dun, S., Loftice, J., Fleisig, G. S., Kingsley, D., & Andrews, J. R. (2008). A biomechanical comparison of youth baseball pitches: Is the curveball potentially harmful? *American Journal of Sports Medicine*, 36, 686-692. doi:10.1177/0363546507310074
- Erickson, B. J., Chalmers, P. N., Axe, M. J., & Romeo, A. A. (2017). Exceeding pitch count recommendations in little league baseball increases the chance of requiring Tommy John Surgery as a professional baseball pitcher. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5, Article 2325967117695085. doi:10.1177/2325967117695085
- Fleisig, G. S., Andrews, J. R., Cutter, G. R., Weber, A., Loftice, J., McMichael, C., Hassell, N., & Lyman, S. (2011). Risk of serious injury for young baseball pitchers: A 10-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 39, 253-257.

- doi:10.1177/0363546510384224
- Fleisig, G. S., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (2011). Applied biomechanics of baseball pitching. In D. J. Magee, R. C. Manske, J. E. Zachazewski & W. S. Quillen (Eds.), *Athletic and sport issues in musculoskeletal rehabilitation* (pp. 350-384). Philadelphia, PA: Saunders.
- Grantham, W. J., Iyengar, J. J., Byram, I. R., & Ahmad, C. S. (2015). The curveball as a risk factor for injury: A systematic review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 7, 19-26. doi:10.1177/1941738113501984
- Kawamura, K., Shiny, M., Kobayashi, H., Obata, H., Kuwata, M., & Nakazawa, K. (2017). Baseball pitching accuracy: An examination of various parameters when evaluating pitch locations. *Sports Biomechanics*, 16, 399-410. doi:10.1080/14763141.2017.1332236
- Lizzio, V. A., Gullledge, C. M., Smith, D. G., Meldau, J. E., Borowsky, P. A., Moutzouros, V., & Makhni, E. C. (2020). Predictors of elbow torque among professional baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 29, 316-320. doi:10.1016/j.jse.2019.07.037
- Lyman, S., Fleisig, G. S., Andrews, J. R., & Osinski, E. D. (2002). Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 30, 463-468. doi:10.1177/03635465020300040201
- Lyman, S., Fleisig, G. S., Waterbor, J. W., Funkhouser, E. M., Pulley, L., Andrews, J. R., Osinski, E. D., & Roseman, J. M. (2001). Longitudinal study of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1803-1810. doi:10.1097/00005768-200111000-00002
- Makhni, E. C., Lizzio, V. A., Meta, F., Stephens, J. P., Okoroha, K. R., & Moutzouros, V. (2018). Assessment of elbow torque and other parameters during the pitching motion: Comparison of fastball, curveball, and change-up. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 34, 816-822. doi:10.1016/j.arthro.2017.09.045
- Matsuo, T., Fleisig, G. S., Zheng, N., & Andrews, J. R. (2006). Influence of

- shoulder abduction and lateral trunk tilt on peak elbow varus torque for college baseball pitchers during simulated pitching. *Journal of Applied Biomechanics*, 22, 93-102. doi:10.1123/jab.22.2.93
- Mihata, T., McGarry, M. H., Kinoshita, M., & Lee, T. Q. (2010). Excessive glenoumeral horizontal abduction as occurs during the late cocking phase of the throwing motion can be critical for internal impingement. *American Journal of Sports Medicine*, 38, 369-374. doi:10.1177/0363546509346408
- Okorooha, K. R., Lizzio, V. A., Meta, F., Ahmad, C. S., Moutzouros, V., & Makhni, E. C. (2018). Predictors of elbow torque among youth and adolescent baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 46, 2148-2153. doi:10.1177/0363546518770619
- Oliver, G. D., & Keeley, D. W. (2010). Pelvis and torso kinematics and their relationship to shoulder kinematics in high-school baseball pitchers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 3241-3246. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cc22de
- Olsen, S. J., Fleisig, G. S., Dun, S., Loftice, J., & Andrews, J. R. (2006). Risk factors for shoulder and elbow injuries in adolescent baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 34, 905-912. doi:10.1177/0363546505284188
- Oyama, S., Yu, B., Blackburn, J. T., Padua, D. A., Li, L., & Myers, J. B. (2013). Effect of excessive contralateral trunk tilt on pitching biomechanics and performance in high school baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 41, 2430-2438. doi:10.1177/0363546513496547
- Post, E. G., Laudner, K. G., McLoda, T. A., Wong, R., & Meister, K. (2015). Correlation of shoulder and elbow kinetics with ball velocity in collegiate baseball pitchers. *Journal of Athletic Training*, 50, 629-633. doi:10.4085/1062-6040-50.1.06
- Putnam, C. A. (1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: Descriptions and explanations. *Journal of Biomechanics*, 26, 125-135. doi:10.1016/0021-9290(93)90084-r

- Robertson, M. A., & Konczak, J. (2001). Predicting children's overarm throw ball velocities from their developmental levels in throwing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 91-103. doi:10.1080/02701367.2001.10608939
- Sabick, M. B., Kim, Y. K., Torry, M. R., Keirns, M. A., & Hawkins, R. J. (2005). Biomechanics of the shoulder in youth baseball pitchers - Implications for the development of proximal humeral epiphysiolysis and humeral retrotorsion. *American Journal of Sports Medicine*, 33, 1716-1722. doi:10.1177/0363546505275347
- Scarborough, D. M., Bassett, A. J., Mayer, L. W., Berkson, E. M. (2018). Kinematic sequence patterns in the overhead baseball pitch. *Sports Biomechanics*, 14, 1-18. doi:10.1080/14763141.2018.1503321
- Slowik, J. S., Aune, K. T., Diffendaffer, A. Z., Cain, E. L., Dugas, J. R., & Fleisig, G. S. (2019). Fastball velocity and elbow-varus torque in professional baseball pitchers. *Journal of Athletic Training*, 54, 296-301. doi:10.4085/1062-6050-558-17
- Takagi, Y., Oi, T., Tanaka, H., Inui, H., Fujioka, H., Tanaka, J., Yoshiya, S., & Nobuhara, K. (2014). Increased horizontal shoulder abduction is associated with an increase in shoulder joint load in baseball pitching. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 23, 1757-1762. doi:10.1016/j.jse.2014.03.005
- Tinmark, F., Hellström, J., Halvorsen, K., & Thorstensson, A. (2010). Elite golfers' kinematic sequence in full-swing and partial-swing shots. *Sports Biomechanics*, 9, 236-244. doi:10.1080/14763141.2010.535842
- Yang, J., Mann, B. J., Guettler, J. H., Dugas, J. R., Irrgang, J. J., Fleisig, G. S., & Albright, J. P. (2014). Risk-prone pitching activities and injuries in youth baseball: Findings from a national sample. *The American Journal of Sports Medicine*, 42, 1456-1463. doi:10.1177/0363546514524699

## The Upper Limb Action and Accurate Control of Baseball Pitchers: A Biomechanical Emphasis

Tz-Chia Chen, Chung-Yu Chen

Department of Physical Education, National Taiwan University of Sport

### *Abstract*

A pitcher is the first line to defend the powerful batting in the baseball game. It is an important issue to perform the various types of pitch, to enhance the speed of ball release, and to know the mechanical load on joints during the pitch thrown. The aim of this narrative paper is to review the biomechanical literatures of pitcher movements on the principle of proximal-to-distal sequence, the accurate control of pitch location, and the load of upper extremity. The recent studies showed the phenomenon of the proximodistal spatiotemporal direction occurred only at the proximal segments during the fastball pitching. Professional pitchers showed well ability of accuracy control in lateral direction for the fastball pitching. The mechanical loads do not showed more stressful and dangerous in curveballs than in fastballs. The quantitative information of the pitching researches provided the references valuably for the baseball training and coaching.

**Keywords: kinematic sequence, joint torque, kinematic**