

# 「棒球投手疲乏回饋之虛擬實境系統」 於 2021 未來科技館

徐瑋勵、王序閔\*

## 一、前言

運動後的疲勞會影響身體功能，而身體功能之改變將反映在姿勢控制的能力上。對於棒球投手而言，需要重複性地執行投球動作，反覆地投球會產生疲乏，進而增加運動傷害產生之風險。為了避免運動傷害產生，若能深入瞭解棒球選手疲勞的機制與表現之影響，並探討疲勞與動作控制和後續傷害之相關，將有助於棒球選手與教練掌握運動員最佳狀態，提升訓練效率，並締造良好之成績。近年許多球團多以科學方法，使用數據化方式呈現球員狀態，球員及教練可透過數據化的資訊來判斷運動表現，進而可以擬訂相對應的訓練方式，以達到更佳的運動狀態。因此，科學與運動已經變成密不可分的關係。

隨著科技不斷演變，近期虛擬實境結合運動的方式，更廣獲大眾好評。使用虛擬實境可以提供使用者沉浸式的體驗，相較過去運動只能觀看平面視角，能讓使用者更有深入其境的感受。

為了讓棒球選手能更加瞭解自身疲乏狀況，本團隊開發了第一個將動作分析系統結合虛擬實境應用於棒球投手疲乏偵測之技術。目前並無市售相關器材可作為偵測球員動作是否疲乏之裝置，多以球速及好壞球去判斷球員是否疲乏。然而，常常會因為太晚發現球員狀態已達疲乏，而開始產生運動傷害，造成職業生涯縮短的危機。此系統可用精準的數據量化動作變化之情形，以偵測球員之體能狀態是否達到疲乏變化。

---

\* 徐瑋勵，國立臺灣大學物理治療學系暨研究所教授；王序閔，國立臺灣大學物理治療學系暨研究所博士生。

## 二、棒球運動疲乏後之影響

棒球選手於賽季或休賽季期間，皆需於比賽或練習中執行重複的投球動作，此重複動作可能會造成球員肌肉疲乏。肌肉疲乏會影響維持關節穩定度的程度，當關節穩定度下降時會造成運動傷害風險增加 (Thomas et al., 2021; Gould et al., 2020; Hattori et al., 2021)。從過去流行病學研究中可以得知，棒球投手中占 82% 的選手於賽季期間會有手臂疲乏的現象 (Makhni et al., 2015; Birfer, Sonne, & Holmes, 2019)。當球員達到疲乏後，肌肉在功能上會受到的影響，包含收縮速度減慢、收縮後需較長的時間休息，以及動作單位的徵召速度降低等等 (Stewart et al., 2008)。除此之外，負責支配肌肉的動作神經興奮程度也會跟著下降，進而導致最大自主等長收縮、肌耐力，以及整體力量的輸出效率降低 (Stewart et al., 2008; Potvin & Norman, 1993; Bigland-Ritchie et al., 1983)。因此，可以得知當球員達到疲乏時肌肉會無法正常收縮，進而影響投球表現，並且可能因為無法使用正確的動作而增加受傷的機率。

過去研究發現投手於疲乏後，因肌力下降至無法提供動作所需之強度，投手會改變投球動作，使用代償的方式持續投球，例如：最大肩關節外轉角度增加、肩關節水平內收角度增加、軀幹旋轉的時機不恰當，以及前導腳膝蓋彎曲角度下降等等 (Escamilla et al., 2017; Erickson et al., 2016; Escamilla et al., 2007; Fortenbaugh, Fleisig, & Andrews, 2009; Chalmers et al., 2017)。除此之外，研究顯示因為疲乏而導致投球動作上的變化，若再持續執行投球動作會使得肩肘關節受傷機率增加 36 倍 (Olsen et al., 2006)。常見於投手中因為疲乏與過度使用的傷害，包含：上盂唇前後向撕裂、尺側副韌帶撕裂、旋轉肌群拉伸破裂及鎖骨下夾擠等等 (Fortenbaugh, Fleisig, & Andrews, 2009; Chalmers et al., 2017; Fleisig et al., 1995)。從上述可以得知，若球員於疲乏狀態下持續投球會造成受傷風險增加，疲乏除了會增加受傷機率外，也會影響投球動作的機制，並伴隨球速的下降。為避免棒球選手因疲乏使肩肘關節傷害機率增加，應於賽前評估疲乏的程度，以達到預防運動傷害的目的。

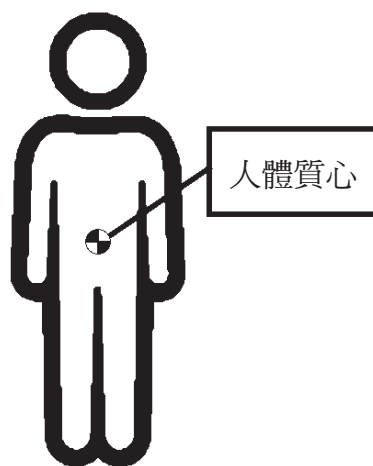
然而，現今尚無簡便的評估工具能精準且快速地判斷運動員的疲乏程度，多以球速及好壞球去判斷球員是否達到疲乏的狀態。因此，為了符合現今運動科學精準評估的趨勢，本次研發建立了一套疲乏檢測系統，於賽前評估球員的疲乏程度，以適當的分配球員的上場時間及調度，以達到降低運動受傷風險的目的。若能透過此系統深入瞭解疲乏的機制，以及瞭解疲乏是如何影響球員的

運動表現，並探討疲乏與球員的動作控制和後續運動傷害的相關性，將有助於選手與教練掌握球員的最佳狀態，提升訓練的效率，並締造最佳成績。

### 三、疲乏對姿勢穩定之影響

由於運動過程中對生理及心理上所帶來反覆能量的消耗，將會影響運動員的身體功能，而身體功能的改變將反映在姿勢控制的能力上。疲乏影響姿勢控制的原因，包含：新陳代謝活動、代謝產物的產生和脫水等生理反應，也包含了動態運動中產生的視覺干擾、前庭系統及本體感覺適應等感覺輸入的改變，影響了靜止姿勢控制的平衡控制系統。疲乏除了影響運動場上的表現外，也會影響維持姿勢穩定的能力，而目前最常用來偵測姿勢穩定的指標即為身體之「質心」(center of mass, COM)。

所謂「質心」是一個虛擬的點，它代表一個剛體內所有質量平均分布的位置，也是剛體的平衡點 (Gahramanova, 2019)。當人體靜止站立時，人體的質心大約落在薦椎第二節的位置 (圖一)，若人體要維持平衡的狀態，就需要將質心控制在正確的位置上，不能隨意晃動。過去研究發現在經過長時間跑步後達到疲乏狀態的運動員，測量這些運動員在控制身體質心的姿勢控制能力上的表現，發現疲乏的運動員在運動過後身體質心的路徑長、面積、移動最大速度及變異量皆比運動前來得多 (Paillard, 2012)。除此之外，身體質心移動的變化對於棒球投手而言也是一個相當重要的指標，投球過程中，如果質心無法順利地轉移，力量將會無法順利地從下肢傳達到手臂。因此，投球動作中如果質心經



圖一：人體質心示意圖

常性地偏移，投手會很難把出手點控制在同一個位置，進而影響到投球的表現。從上述可以得知，可藉由偵測投手投球時身體質心移動的變化，判斷投手的疲乏程度，並可藉由質心變化來探討疲乏對投球表現的影響。

#### 四、虛擬實境應用於運動訓練中

虛擬實境 (virtual reality) 近期被廣泛地應用於運動訓練上，虛擬實境能將運動訓練項目個人化，呈現更接近真實的訓練場景，也能有效的提供視覺回饋，讓使用者能在比賽前適應比賽的場地。除此之外，目前最被廣泛使用的虛擬實境訓練回饋系統，其中之一就是虛擬實境搭配動作分析回饋，可透過偵測使用者動作的表現，將訊號轉為視覺或震動的刺激，將偵測到的動作表現即時回饋給使用者，使用者可藉由回饋的訊息，去修正自身的動作，以達到理想的動作表現。

從本文「二、棒球運動疲乏後之影響」及「三、疲乏對姿勢穩定之影響」之探討，可以得知棒球投手於疲乏後會影響投球動作及身體質心的控制。因此，本團隊將結合動作分析系統及虛擬實境系統，藉由動作分析系統收集投球時的動作資訊及身體質心的變化，並經過人工智慧機器學習的模型，評估投手於投球後的動作表現，評估的結果將會顯示於虛擬實境環境中，建立一套棒球投手疲乏回饋之虛擬實境系統。

首先，使用動作分析系統收集球員於練習時正常的投球動作，後續會將這些動作資料建立個人的投球動作常模，並持續收集球員的投球動作直到球員感到疲乏。將收集到的正常投球動作及疲乏後的投球動作，於動作分析系統中建立起三維的動作資料，並匯出系統所計算的所有重要參數，例如：關節角度、關節位置、跨步距離、質心位置等等。接著，會將所收集到的動作分析資料匯入至虛擬實境系統中，使球員能夠於虛擬實境中觀看自身於三維場景中的投球動作。最後，會比較正常與疲乏後投球動作資料上的差異，並根據物理治療的專業知識給予球員運動傷害相關的評語及診斷 (圖二)。藉由這項系統，球員能夠在虛擬空間中看見自身疲乏的數值及動作，疲乏狀態下的動作資料會和正常狀態下的動作資料進行比較，球員可以得知於疲乏狀態下的運動傷害相關的評語及診斷 (圖三)。因此，球員和教練可以藉由此評語及診斷進行相關的運動訓練，預防後續運動傷害的產生。

除此之外，相較於過去球員及教練需藉由影片觀看球員的投球動作，使用虛擬實境系統可使球員能夠從不同的位置觀察自己的投球動作，不僅可以 360



圖二：棒球投手疲乏回饋之虛擬實境系統示意圖



圖三：系統中顯示正常與疲乏後動作資料上之差異

度環繞觀察，更可於打擊者的位置觀看自己的投球動作，能從打者的角度去更加瞭解自身問題出於何處，進而更加精進自身的投球技術（圖四）。

## 五、2021 未來科技館

我們所研發之「棒球投手疲乏回饋之虛擬實境系統」，為計畫團隊子計畫四之研究成果，此次能夠入圍 2021 年未來科技館（FUTEX 2021），首先要感謝科技部的重視及肯定，使我們能夠參與精準運動科學研究專案計畫，將自身所學的專業知識及技術應用至運動科學領域，希望能藉此來提升臺灣棒球運動員的



圖四：球員可於不同位置觀看自身投球動作



圖五：線上科技館展示畫面

運動表現，使臺灣棒球選手能於國際賽事中發光發熱，讓世界能夠看到臺灣。圖五為此次參與線上未來科技館展示之畫面。

## 六、未來整合發展

本研發將使棒球選手能夠更加深入瞭解疲乏的機制與其表現之影響，並可藉由診斷瞭解疲乏後持續投球可能造成的傷害。此項研發將有助於棒球選手與教練掌握球員自身狀態，能藉此系統協助提升訓練之效率。

此外，對於本國運動風氣逐漸盛行，本團隊研發成果可應用於國內棒球選手，評估選手狀態是否疲乏，並且以生物力學之實證醫療介入，提供教練們客觀的數據，以利於訓練計畫與賽事調度之參考，以提升選手表現。將科學化數

據應用於球員之能力表現判斷，希望透過專門化訓練提升選手能力，進一步達到預防受傷發生的機會，藉此達到降低社會及醫療成本之負擔，並期許可增進國內運動相關產業之發展。

## 參考文獻

- Bigland-Ritchie, B., et al. (1983). Contractile speed and emg changes during fatigue of sustained maximal voluntary contractions. *Journal of Neurophysiology*, 50: 313-24.
- Birfer, R., M.W. Sonne, and M.W. Holmes. (2019). Manifestations of muscle fatigue in baseball pitchers: A systematic review. *PeerJ*, 7: e7390.
- Chalmers, P.N., et al. (2017). The relationship between pitching mechanics and injury: A review of current concepts. *Sports Health*, 9: 216-221.
- Escamilla, R.F., et al. (2007). Pitching biomechanics as a pitcher approaches muscular fatigue during a simulated baseball game. *American Journal of Sports Medicine*, 35: 3-33.
- Erickson, B.J., et al. (2016). The impact of fatigue on baseball pitching mechanics in adolescent male pitchers. *Arthroscopy*, 32: 762-71.
- Escamilla, R.F., et al. (2017). Biomechanical comparisons among fastball, slider, curveball, and changeup pitch types and between balls and strikes in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 45: 3358-3367.
- Fleisig, G.S., et al. (1995). Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *American Journal of Sports Medicine*, 23: 233-9.
- Fortenbaugh, D., G.S. Fleisig, and J.R. Andrews, (2009). Baseball pitching biomechanics in relation to injury risk and performance. *Sports Health*, 1: 314-20.
- Gahramanova, A. (2019). Locating centers of mass with image processing. *Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two*, 10.
- Gould, H.P., et al. (2020). Epidemiology, treatment, and performance-based outcomes in American professional baseball players with symptomatic spondylolysis and isthmic spondylolisthesis. *American Journal of Sports Medicine*, 48: 2765-2773.
- Hattori, H., et al. (2021). Ulnar collateral ligament laxity after repetitive pitching: Associated factors in high school baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 49: 1626-1633.
- Makhni, E.C., et al. (2015). Arm pain in youth baseball players: A survey of healthy players. *American Journal of Sports Medicine*, 43: 41-6.
- Olsen, S.J., 2nd, et al. (2006). Risk factors for shoulder and elbow injuries in adolescent baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 34: 905-12.
- Potvin, J.R. and R.W. Norman. (1993). Quantification of erector spinae muscle fatigue during prolonged, dynamic lifting tasks. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 67: 554-62.
- Paillard, T. (2012). Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36: 162-176.
- Stewart, R.D., et al. (2008). Effects of consecutive days of exercise and recovery on muscle mechanical function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40: 316-25.
- Thomas, S.J., et al. (2021). Chronic adaptations of the posterior rotator cuff in professional pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 49: 892-898.