



## 身體力量和背部本體感覺與少棒選手投球動作表現的關係

<sup>1</sup>吳亭諭 <sup>2</sup>蔡鏞申\*

<sup>1</sup>國立成功大學 物理治療學系 <sup>2</sup>臺北市立大學 運動器材科技研究所

投稿日期：2014 年 09 月；通過日期：2015 年 1 月

### 摘要

**目的：**軀幹肌力與背部本體感覺在維持身體核心的動作穩定度上扮演著重要的角色，本研究欲探討這兩項因子對於神經肌肉骨骼系統仍處於發展階段的少棒選手來說，與投球的動作表現有何關聯性。  
**方法：**27 位已有正式比賽經驗的少棒選手接受邀請參與測驗，腹肌與背肌的肌力採用一坐姿軀幹肌力測量裝置量測最大等長肌力。背部本體感覺以量測軀幹前彎復位誤差角度來評估，此項測驗之軀幹動作角度與投球動作皆以電磁場動作分析系統來測量。球速則以運動用之雷達測速槍測量。以皮爾森相關係數分析腹肌及背肌肌力、軀幹彎曲動作之復位誤差與投球動作及球速的關係。**結果：**背肌肌力( $r=0.629$ ,  $p<0.001$ )和背肌與腹肌肌力的比值( $r=0.567$ ,  $p=0.002$ )與球速有顯著相關；背肌肌力與軀幹前彎最大速度亦有顯著相關( $r=0.434$ ,  $p=0.024$ )。軀幹彎曲復位誤差與球速和各投球動作參數均沒有顯著相關。**結論：**較強的背肌及維持適當的背肌與腹肌肌力的比值有助於少棒選手的投球表現；肌電圖資料或許比背部本體感覺測驗更適合當作評估投球動作表現的指標。

**關鍵字：**核心肌力、復位誤差、生物力學、動作分析

### 壹、緒論

投球動作需要藉由良好的動力鏈(kinetic chain)將力量從前導腳著地開始，經由小腿、大腿、臀部傳到軀幹，再快速的將力量傳到上肢，經由肩膀、上臂、前臂直到手腕，然後將球投出(Pappas, Zawacki, & Sullivan, 1985)。在這過程中，前導腳著地後會產生一個“煞車力量(braking force)”，以減緩下肢的動作，然後將下肢推蹬的力量傳遞到軀幹和上肢(MacWilliams, Choi, Perezous, Chao, & McFarland, 1998; Putnam, 1993)。上肢與下肢的動作藉由軀幹連結形成動力鏈，若軀幹無法將下肢所產生的力量很有效率的傳遞到上肢，不僅投球表現受到影響，亦有可能使得上肢關節承受更大的壓力而產生運動受傷(MacWilliams et al., 1998)。軀幹要能有效的扮演投擲動作核心的角色，除了憑藉應有的最大肌力外，還要有良好的神經肌肉控制能力，才能將力量做適當的傳遞、分配與應用(Kibler, Press, & Sciascia, 2006)。

投球過程中，肢體須產生快速的動作，以達到良

好的球速及表現。當肢體產生快速動作時，由於反作用力的影響、身體質量中心的改變，會對整個身體的穩定度產生干擾，身體為了防止過多的姿勢性干擾，軀幹肌肉便會在肢體動作之前，產生頂期性的收縮(Hodges & Richardson, 1999)。有研究指出，在控制身體質量中心的位移時，軀幹肌肉會產生前饋(feedforward)的肌肉收縮訊號(Aruin & Latash, 1995)。當我們於站立姿勢下，做出肩膀向後伸直(shoulder extension)的動作時，腹直肌(rectus abdominis)收縮之後，接續著腹外斜肌(external obliques)及背肌(erector spinae)的共同收縮；但當我們做出肩膀前彎(shoulder flexion)的動作時，肌肉收縮的順序會相反(Hodges & Richardson, 1999)。在棒球投球動作中的加速期，肩膀即是產生一個非常快速的向後伸直動作，再加上快速的內轉及內收動作將球投出。在投球過程中，不只肩膀產生了快速的動作，連身體的質量重心也產生了很大的轉移。因此，為了維持身體的穩定度不受到肢體

\*通訊作者：蔡鏞申 Email: yungshentsai@gmail.com  
地址：台北市士林區忠誠路二段101號 運動器材科技研究所

動作的干擾，軀幹肌肉力量及控制能力扮演了非常重要的角色。

影響軀幹動作控制能力的因素之一是本體感覺(proprioception) (Kibler et al., 2006; Riemann & Lephart, 2002)。本體感覺是一個可以感測外在力量來控制肌肉產生立即收縮改變的能力，而本體感覺的正確性(proprioceptive acuity)是一個可以藉由肌肉、關節和肌腱內機械性受器(mechanoreceptors)的感覺回饋以正確的知道自己身體的位置、動作及平衡改變的能力(Newcomer, Laskowski, Yu, Johnson, & An, 2000; Phillips, Hurley, Davey, & Mullee, 2004)。本體感覺對脊椎的功能性穩定度是很必須的，若本體感覺受到擾亂，會造成動作控制能力的改變，若沒有經過適當的復健訓練，有可能使得受傷程度惡化，或造成再次受傷的動作模式(Lephart, Pincivero, Giraldo, & Fu, 1997)。有研究顯示，若下背的神經肌肉回饋路徑(neuromuscular loop)異常，將產生本體感覺的改變，特別是在軀幹前彎的動作上(Newcomer et al., 2002; Newcomer et al., 2000)，此種現象將影響軀幹的動作控制能力。

近年來棒球相關的運動生物力學研究，開始重視少棒選手投球表現及運動傷害預防及復健相關的議題。由於少棒選手的肌肉骨骼系統發育尚未成熟，儘管已有研究指出，少棒選手的投球動作已近似成棒選手的動作(Fleisig, Barrentine, Zheng, Escamilla, & Andrews, 1999)，這些選手的軀幹力量及本體感覺與投球動作和球速的關聯性如何仍不清楚。因此，本篇研究的目的想就這一方面的議題來進行探討，以作為日後基層教練在指導選手們運動訓練時的參考。

## 貳、方法

### 一、研究對象：

本研究邀請 27 位已有參加過正式比賽經驗的少棒選手接受測驗，選手皆為男性，平均年齡為  $11.5 \pm 0.8$  歲，平均體重為  $43.1 \pm 9.4$  公斤，平均身高為  $149.5 \pm 8.4$  公分，平均球速為  $21.87 \pm 2.53$  公尺/秒，測驗時均無肌肉骨骼或神經肌肉系統等方面的運動傷害問題。

### 二、研究步驟及分析：

本研究使用磁力追蹤動作分析系統(Liberty, Polhemus, Colchester, VT, USA)以 120Hz 的頻率來量測上肢及軀幹的動作，並以 MotionMonitor (Innovative Sports Training, Inc., Chicago, IL, USA)軟體來收集及分析資料。測驗前，將四個動作感應器(receiver)分別

固定於第一節胸椎(T1)、第一節薦椎(S1)、肩峰(acromion)及投球手的上臂遠端外側(lateral side of distal humerus)以記錄投球動作及測量背部本體感覺(back proprioception)的軀幹動作復位誤差(repositioning error)。空間座標、骨標(bony landmarks)和肢段座標的訂定，以及運動學的資料分析，係依照國際生物力學會(International Society of Biomechanics)所建議的方式進行(Wu et al., 2005)，步驟及方法詳述於先前所發表的研究(Huang, Wu, Learman, & Tsai, 2010)。投球動作於實驗室中進行距離 5 公尺的投擲，將快速直球投向一個模擬的好球帶，並以測速槍(Decatur Electronics, Inc, Tualatin, Oregon, USA)測量球速。測試前先讓受試者作足投球熱身的動作，然後記錄 5 次投進好球帶的快速直球動作，取最快速 3 球的動作來分析。

背部本體感覺測驗採用量測軀幹重複向前彎曲回復同一位置的誤差角度來評估，軀幹前彎的角度以 T1 位置的動作感應器相對於 S1 位置的動作感應器之間的夾角來計算。受試者戴著眼罩，雙手抱胸，站立於一座自製的限制骨盆動作的裝置內接受測驗，軀幹彎曲的目標角度為可彎曲最大角度的 80%。每次測驗時，先給與受試者聲音回饋(目標角度 $\pm 1$ 度的範圍)，要求受試者在軀幹彎曲至目標角度時停止於此位置 4 秒鐘並記住此位置，然後回復原來的站立姿勢，接著要求受試者在沒有聲音回饋的情形下回到軀幹彎曲的目標角度然後說”好”，由測驗者記錄下受試者復位的角度，一共測試 6 次，取表現最好的 3 次平均來分析。此測驗方式的再測信度(intraclass correlation coefficients)為 0.842-0.985，測量誤差(standard error of measurement)為 0.2-1 度(Tsai et al., 2010)。

軀幹曲肌(trunk flexor)及伸肌(trunk extensor)之最大等長肌力使用坐姿之軀幹肌力測量裝置(IsoForce GT-350, OG GIKEN Co., Ltd, Miyoshi, Okayama, Japan)測量。測驗前，先給與一次非最大肌力的(submaximal strength)練習；測驗時，給與口頭上的鼓勵”用力！用力！再用力！”。軀幹彎曲及伸直各測驗 3 次，每次 5 秒鐘，每次練習及測驗間有 30 秒的休息時間。資料分析採用 3 次測驗的平均值來分析。

### 三、資料統計：

本研究使用 SPSS 12.0 統計軟體(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)，以皮爾森相關係數(Pearson correlation coefficient)來探討軀幹肌力和背部本體感

覺(軀幹復位誤差)與投球動作(包括肩膀和軀幹的動作)和球速的關係，統計上的意義訂為相關係數之  $p < .05$ 。

### 參、結果

軀幹肌力、軀幹復位誤差和投球動作的敘述統計資料及各參數與球速的相關性列於表一，軀幹肌力和

軀幹彎曲復位誤差各參數與投球動作的相關性列於表二。研究結果顯示，與球速有顯著相關的因素包括背肌肌力( $r=0.629$ ,  $p<0.001$ )、背肌肌力與腹肌肌力的比值( $r=0.567$ ,  $p=0.002$ )、上半身旋轉最大速度( $r=0.472$ ,  $p=0.013$ )和軀幹前彎最大速度( $r=0.429$ ,  $p=0.026$ )。在投球動作上，僅發現背肌肌力與軀幹前彎最大速度有顯著相關( $r=0.434$ ,  $p=0.024$ )。在本體感覺方面，軀幹彎曲復位誤差與球速及投球動作均沒有顯著相關。

表一、軀幹肌力、軀幹復位誤差和投球動作的敘述統計資料及各參數與球速的相關性

	平均值±標準差	與球速的相關係數(r)	p 值
腹肌肌力(N)	351.07 ± 064.21	0.086	0.671
背肌肌力(N)	550.97 ± 135.42	0.629	<0.001*
背肌/腹肌肌力比值	1.59 ± 000.37	0.567	0.002*
軀幹復位誤差(度)	4.18 ± 001.50	-0.206	0.304
肩關節外展最大角度(度)	114.82 ± 009.53	0.181	0.366
肩關節水平外展最大角度(度)	134.23 ± 024.73	0.222	0.266
肩關節外轉最大角度(度)	143.26 ± 016.52	0.281	0.156
軀幹前傾最大角度(度)	54.32 ± 014.00	0.486	0.010*
軀幹側傾最大角度(度)	17.19 ± 006.66	0.051	0.802
肩關節內轉最大速度(度/秒)	4462.27 ± 585.17	0.195	0.330
上半身旋轉最大速度(度/秒)	949.81 ± 144.03	0.472	0.013*
骨盆旋轉最大速度(度/秒)	602.19 ± 098.23	0.230	0.249
軀幹前彎最大速度(度/秒)	386.37 ± 113.92	0.429	0.026*
球速(公尺/秒)	21.86 ± 002.53		

\* $p < .05$

表二、軀幹肌力和軀幹復位誤差各參數與投球動作的相關性

	腹肌肌力		背肌肌力		背肌/腹肌肌力比值		軀幹復位誤差	
	r	p 值	r	p 值	r	p 值	r	p 值
肩關節外展最大角度(度)	0.134	0.505	0.192	0.338	0.069	0.733	-0.051	0.800
肩關節水平外展最大角度(度)	-0.229	0.251	-0.401	0.038	-0.280	0.157	-0.122	0.543
肩關節外轉最大角度(度)	-0.112	0.578	0.004	0.983	0.109	0.589	-0.054	0.790
軀幹前傾最大角度(度)	0.117	0.561	0.255	0.200	0.216	0.278	-0.020	0.923
軀幹側傾最大角度(度)	-0.126	0.531	-0.137	0.497	-0.115	0.568	0.171	0.393
肩關節內轉最大速度(度/秒)	-0.023	0.909	-0.066	0.743	-0.022	0.912	-0.051	0.799
上半身旋轉最大速度(度/秒)	-0.238	0.231	0.056	0.780	0.309	0.117	0.260	0.191
骨盆旋轉最大速度(度/秒)	-0.129	0.520	0.036	0.857	0.176	0.380	0.250	0.209
軀幹前彎最大速度(度/秒)	0.293	0.138	0.434	0.024*	0.244	0.219	-0.150	0.456

r 為相關係數

\* $p < 0.05$

## 肆、討論

過去研究指出，在上肢執行快速動作之前，軀幹肌群須先行收縮並提供足夠的力量穩定軀幹的動作，才能使得上肢能夠有效率的執行所需要的動作(Hodges & Richardson, 1997)。棒球投擲的過程中，腹內外斜肌帶動身體的快速轉動，腹直肌在球出手前達到最大收縮將軀幹快速往前拉(Hirashima, Kadota, Sakurai, Kudo, & Ohtsuki, 2002)都會產生巨大的力量，唯有夠強的背肌肌力來拮抗穩定軀幹，才能使得腹內外斜肌及腹直肌所產生的力量能夠很有效率的轉移到球速上，腹部肌群也才能發揮其最大力量。本研究發現背肌肌力與球速及軀幹前彎最大速度有正相關，代表背肌肌力越強，球速越快，可能的原因是因為背肌肌力越強，使得軀幹前彎的最大速度得以有最大的發揮，因為有夠強的背肌可以穩定軀幹及避免傷害。這個推論或許亦可從本研究中發現背肌肌力和腹肌肌力的比值及軀幹前彎最大速度都與球速有正相關可以獲得支持。若背肌肌力和腹肌肌力的比值過小，背肌無法抗衡腹肌快速收縮所產的力量，有可能因而造成背肌拉傷，產生下背痛運動傷害的風險(Lee et al., 1999)。了解背肌肌力及背肌肌力和腹肌肌力比值與球速及投球動作的相關性後，透過適當的運動訓練，或許有助於提升少棒選手的投擲表現(Escamilla et al., 2010; Nakata, Nagami, Higuchi, Sakamoto, & Kanosue, 2013)。本研究的限制之一是所使用的軀幹肌力測量裝置僅能測量軀幹曲肌及伸肌的最大等長肌力，無法呈現軀幹旋轉肌力以及在不同動作速度下軀幹肌力與少棒選手投球表現的關係。

本研究結果顯示，軀幹彎曲動作之復位誤差與球速及各項投球動作參數均無顯著相關性，顯示此一代表神經肌肉動作控制能力好壞的本體感覺測驗，並無法呈現出與少棒選手投球動作控制能力好壞的相關性，或許只能表示在沒有運動傷害的狀況下，中樞神經系統可由周邊神經系統獲得充足的本體感覺訊息，對於中樞神經系統如何下達指令控制肌肉收縮的方式已達到最好的動作控制能力沒有一定的關聯性。Freeston等學者亦有類似的發現，在他們的研究中，優秀青少棒選手肩關節本體感覺與投球球速及準確度上沒有顯著的相關性(Freeston, Adams, & Rooney, 2014)。這兩個研究結果顯示，以本體感覺測驗的方式，或許無法真正了解選手在投球過程中動作控制能力的好壞，尤其這些選手並沒有受到運動傷害的影響，或許必須配合肌電圖的測量分析，才能獲得更全面更清楚的資訊。

此外，本研究軀幹彎曲動作之復位誤差平均值為 4.18 ±1.50 度，與 Newcomer 等學者測驗無下背痛成人的復位誤差平均 3.3 度(Newcomer et al., 2000)及 Tsai 等學者測驗無下背痛成年高爾夫球業餘選手的復位誤差平均 2.1 度稍大(Tsai et al., 2010)。此結果是否代表小學生與成年人在神經肌肉控制系統成熟度上的差異，有待未來進一步探討。

## 伍、結論

少棒選手背肌肌力與背肌肌力和腹肌肌力的比值與投球表現有顯著的相關性，顯示這兩項參數在少棒選手投球過程中具有扮演穩定軀幹動作的重要角色。本體感覺的評估，似乎無法當作投球動作控制能力好壞的指標。未來建議仍須透過投球動作過程中的肌電圖分析來檢視神經肌肉控制能力好壞對於投球表現的影響。背肌肌力及軀幹控制能力訓練對於少棒選手投球表現促進的效益為何，可做為未來研究進一步探討的議題，這些訓練方式對於運動傷害預防及復健的成效如何，亦值得深入研究。

## 陸、參考文獻

- Aruin, A. S., & Latash, M. L. (1995). Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Exp Brain Res*, 103(2), 323-332.
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Yamashiro, K., Mikla, T., Dunning, R., Paulos, L. (2010). Effects of a 4-week youth baseball conditioning program on throwing velocity. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3247-3254.
- Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Zheng, N., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1999). Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *J Biomech*, 32(12), 1371-1375.
- Freeston, J., Adams, R. D., & Rooney, K. (2014). Shoulder proprioception is not related to throwing speed or accuracy in elite adolescent male baseball players. *J Strength Cond Res*, [Epub ahead of print].
- Hirashima, M., Kadota, H., Sakurai, S., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2002). Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *J Sports Sci*, 20(4),

- 301-310.
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1997). Relationship between limb movement speed and associated contraction of the trunk muscles. *Ergonomics*, 40(11), 1220-1230.
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1999). Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(9), 1005-1012.
- Huang, Y. H., Wu, T. Y., Learman, K. E., & Tsai, Y. S. (2010). A comparison of throwing kinematics between youth baseball players with and without a history of medial elbow pain. *Chin J Physiol*, 53(3), 160-166.
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Med*, 36(3), 189-198.
- Lee, J. H., Hoshino, Y., Nakamura, K., Kariya, Y., Saita, K., & Ito, K. (1999). Trunk muscle weakness as a risk factor for low back pain. A 5-year prospective study. *Spine (Phila Pa 1976)*, 24(1), 54-57.
- Lephart, S. M., Pincivero, D. M., Giraldo, J. L., & Fu, F. H. (1997). The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med*, 25(1), 130-137.
- MacWilliams, B. A., Choi, T., Perezous, M. K., Chao, E. Y., & McFarland, E. G. (1998). Characteristic ground-reaction forces in baseball pitching. *Am J Sports Med*, 26(1), 66-71.
- Nakata, H., Nagami, T., Higuchi, T., Sakamoto, K., & Kanosue, K. (2013). Relationship between performance variables and baseball ability in youth baseball players. *J Strength Cond Res*, 27(10), 2887-2897.
- Newcomer, K. L., Jacobson, T. D., Gabriel, D. A., Larson, D. R., Brey, R. H., & An, K. N. (2002). Muscle activation patterns in subjects with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(6), 816-821.
- Newcomer, K. L., Laskowski, E. R., Yu, B., Johnson, J. C., & An, K. N. (2000). Differences in repositioning error among patients with low back pain compared with control subjects. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(19), 2488-2493.
- Pappas, A. M., Zawacki, R. M., & Sullivan, T. J. (1985). Biomechanics of baseball pitching. A preliminary report. *Am J Sports Med*, 13(4), 216-222.
- Phillips, D. R., Hurley, M. V., Davey, C. A., & Mullee, M. A. (2004). Proprioceptive acuity of the lumbar spine in low back pain and non-low back pain subjects. *Rheumatology*, 43(Supplement 2), ii151.
- Putnam, C. A. (1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: descriptions and explanations. *J Biomech*, 26 Suppl 1, 125-135.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *J Athl Train*, 37(1), 80-84.
- Tsai, Y. S., Sell, T. C., Smoliga, J. M., Myers, J. B., Learman, K. E., & Lephart, S. M. (2010). A comparison of physical characteristics and swing mechanics between golfers with and without a history of low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(7), 430-438.
- Wu, G., van der Helm, F. C., Veeger, H. E., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion-Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *J Biomech*, 38(5), 981-992.



## Relationships between Trunk Strength, Back Proprioception, and Throwing Performance in Youth Baseball Players

<sup>1</sup>Ting-Yu Wu <sup>2</sup>Yung-Shen Tsai\*

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, National Cheng Kung University

<sup>2</sup>Graduate Institute of Sports Equipment Technology, University of Taipei

Accepted : 2015/01

### ABSTRACT

**Purpose:** Trunk strength and back proprioception play important roles in maintaining core stability. This study investigated the relationships between these two factors and throwing performance in youth baseball players. **Methods:** 27 youth baseball players participated in this study. Isometric trunk flexion and extension strength were measured with a strength dynamometer in sitting position. Back proprioception was assessed by measuring trunk flexion repositioning error. This test and throwing movement were measured using an electromagnetic motion analysis system. Ball speed was recorded with a sports radar gun. Pearson correlation coefficients were used to evaluate the relationships between trunk strength, trunk flexion repositioning error and throwing performance (throwing movement and ball speed). **Results:** Trunk extension strength ( $r=0.629$ ,  $p<0.001$ ) and the strength ratio of trunk extension and flexion ( $r=0.567$ ,  $p=0.002$ ) had positive relationships with ball speed. Trunk extension strength also had a positive relationship with maximal trunk flexion velocity during throwing ( $r=0.434$ ,  $p=0.024$ ). No relationships were observed between trunk flexion repositioning error and throwing performance. **Conclusion:** Stronger back muscles and maintaining an appropriate strength ratio between back and abdominal muscles may contribute to better throwing performance in youth baseball players. Electromyographic (EMG) data may be more appropriate than back proprioception assessment to be used as an indicator for evaluating throwing performance in these players.

**Key words:** core strength, repositioning error, biomechanics, motion analysis