第 8 卷 第 1 期，25-40 頁 (2021 年 03 月) DOI : 10.3966/240996512021030801003

懸吊式運動對於核心與肩部肌群訓練效果之探討

白鑫長、唐誌陽、洪　暐*

國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系

摘要

肩部可謂人體活動最複雜之關節，其正常活動有賴於多種因素的巧妙配合，其中關鍵因素之一是肩胛骨的正常活動節律。然肩胛骨的活動節律，又與其肌肉張力平衡、啟動順序正確有關；由於許多驅動肩胛骨的肌肉近端接點延伸至軀幹，以致肩胛節律與核心肌群的能力密不可分。在運動過程中，下肢推蹬與地面所產生的反作用力，經由軀幹的傳遞，轉變為上肢擺動的加速動力，此過程有賴強健的核心肌群進行力量的傳遞，若核心肌群能有效傳遞地面反作用力，則運動效能事半功倍，若不然，則亦導致上肢與肩關節的損傷。傳統的肌力訓練，多著重於單一關節或肌肉的活動與肌肉肥大效果，往往忽略了跨關節的肌肉整合，與多肌群之間的神經肌肉控制訓練。近來發展的懸吊式訓練系統，由於其閉鎖式動力鏈的訓練特質，對於整合多肢段肌群及刺激神經肌肉控制的效果，高於傳統的肌力訓練而受到重視。此種訓練方式，應可彌補傳統肌力訓練之不足，整合肌肉控制能力與動力鏈傳遞效率，透過其特有的評估方式，找出運動中動力鏈上的弱環節，矯正因為專項運動訓練導致的肌力不平衡現象，使得地面反作用力透過軀幹與四肢整合的動力鏈傳遞，產生投擲或打擊終端速度的效能增加，以期達到增進運動效能，並透過校正弱環節的方式避免特定肌肉韌帶等軟組織負荷過重，降低運動傷害發生機率之功效。

關鍵詞：核心訓練、肩關節傷害、懸吊式運動訓練

壹、緒論

透過軀幹肌群的穩定能力與力量傳遞作用，整合上下肢肌群的力量，形成有效的動力鏈，且最大限度地傳遞四肢肌肉產生的動力，被認為是提高運動效能的關鍵，並可減少關節活動的負荷。近來筋膜學說儼然成為運動訓練與物理治療領域的顯學，透過軀幹全身筋膜線互相串連，共同收縮使用、順利傳遞力量，發揮其最大的功能 (Kibler, Press, & Sciascia, 2006)。過往研究指出進行核心訓練能提升軀幹核心穩定性、核心耐力與肌力，能有效地將上肢及下肢力量整合於動作表現上，從而提升運動表現 (Willardson, 2007)；亦能延緩核心肌群疲勞，使下肢推蹬地面的反作用力順暢地傳遞至肩部，藉此減輕上肢活動時肩部肌群的負擔

*通訊作者: 洪　暐　Email: hongweiarcher@hotmail.com

地址：404 臺中市北區雙十路一段 16 號

(Rosemeyer, Hayes, Switzler, & Hicks-Little, 2015)，但是如何有效整合核心與肩部的肌群，使得整體的運動效能得以強化，則是眾說紛紜，有以筋膜鏈解釋的說法，亦有以動力鏈解釋的說詞，雖然各種說詞之間巧妙各有不同，但最重要的是提升軀幹核心的穩定性對運動效能幾乎是有益無害。

以不穩定平面訓練、刺激肌肉活化的方式已廣泛應用於治療身體失能的病患，並逐漸受到運動員與運動愛好者接受，懸吊式運動訓練則為不穩定平面訓練的箇中翹楚，此訓練方式除了有效重新整合肌肉收縮模式與順序外，還能啟動神經肌肉之間的反應，透過跨關節動作活化核心肌群，藉此調整動力鏈上肌群的收縮模式 (Tarnanen et al., 2008)，透過促進肌肉間協調及增加全身肌肉力量串聯的方式，改善動力鏈整體表現因弱環節導致功能下降的可能性(陳書芸、陳哲修、賴長琦、江鴻粧、鄭鴻文，2016)，俾使運動員藉此提高身體的活動能力與運動表現 (Nalbant & Kinik, 2018)，本篇主要探討為懸吊式運動對於核心與肩部肌群訓練效果，本文分成核心與肩部肌群對運動表現的影響、懸吊式與不穩定平面運動的原理與發展、懸吊式運動的類型與執行方式、懸吊式運動對於核心與肩部肌群的訓練效果等向度進行探討，俾利相關領域訓練人員參照。

貳、核心與肩部肌群對運動表現的影響

對於需要過頭頂甩臂動作 (投擲、揮拍) 的運動項目，軀幹的旋轉構成了傳遞上下肢力量的動力鏈中樞，動力鏈是否傳遞順暢，往往是影響上肢運動傷害發生與否的關鍵。無法穩定傳遞動能的軀幹，將迫使四肢為使軀幹維持平衡，產生更多的代償動作，造成肩、髖關節屈曲的角度改變，除了可能導致減低投擲力量並影響投擲速度與距離，也因軀幹旋轉角度減小，迫使肩關節產生更大的外展、外轉動作，以維持該有的投擲力臂，其中產生的旋轉剝離力、剪力，極易對肩盂唇造成傷害 (張軒澔、李水河、呂昆樺、張振崗、洪暐，2016)。此外，投擲揮拍時常需配合下肢跨步動作，此期間若下肢肌群與軀幹肌群無法搭配，則容易造成骨盆傾斜角度的改變作為代償，然肩胛骨和骨盆的傾斜角度變化對核心肌肉群有直接性的影響力，透過胸腰筋膜的連結，骨盆角度變化導致肩胛骨的動態節律 (scapula rhythm) 亦隨之連動，特別當肩胛骨進行內收與肱骨內轉時，核心肌群的活性需與之匹配，但若此時軀幹間轉體動作的肌肉啟動順序錯誤，勢必對上肢關節造成負荷，導致增加肩、肘關節運動傷害的風險(Burkhart, Morgan, & Kibler, 2003; Oyama et al., 2014)。

長期的特定運動訓練或固定生活型態，容易造成特定肌群處於緊繃狀態，並使拮抗肌群之間失去平衡，導致動力鏈上肌群的啟動時間錯誤，改變天生的運動模式，最後引發運動功能障礙 (Key, 2010)。例如：長期使用電子產品或特定肌力訓練，致使胸椎後凸、頭頸前傾等身體排列 (alignment) 的改變，也就是所謂上交叉抑制症候群 (upper crossed syndrome)，造成肩胛骨無法維持正常的動態節律，使得肩峰下空間減少與盂肱關節活動度受限 (Emery, De Serres, McMillan, & Côté, 2010)。然擁有良好的核心肌群不僅凸顯軀幹之穩定能力，另有協助

第 8 卷 第 1 期，25-40 頁 (2021 年 03 月)

上半身與下半身的協調，使動力鏈傳遞效能順暢的功效，藉此減少運動傷害發生的機率 (郭文杰、陳佑、林惠婷、張家豪，2014)。

許多運動項目強調核心肌群與力量參與對專項運動的影響在於肌肉的穩定性、相互協調與身體平衡。穩固的核心肌群，可在高速、多變的運動中為四肢建立穩定的支撐，使肌肉群形成動力鏈，銜接、傳遞及協調肌肉的力量。近年來，核心運動訓練經常被運動員及物理治療師應用在提升軀幹核心穩定性、核心耐力與肌力，並有效地將上肢及下肢力量運用在動作表現上，提升運動表現 (Willardson, 2007)。透過強壯的核心肌群能適當的將力量傳遞，使下肢運動效能有更優異之表現，其他運動如：跑步、投球、踢球等亦需有強大核心肌群，因核心肌群擔負著運動過程中吸收、緩衝身體旋轉的力矩及維持動作移動的方向，提供人體有良好的力量控制。當地面反作用力由下肢傳遞至上肢時，透過核心肌群會提供適當緩衝、傳遞與時間差控制，可使反作用力傳遞時的力度不至於受干擾而衰減 (Shinkle, Nesser, Demchak, & McMannus, 2012)。

因此，核心肌群的活化程度與四肢的運動效能有著密不可分的關聯；核心肌群提供的穩定能力影響著下肢推蹬的運動效能 (詹文祥、邱文信、林思妤，2015)，同樣的，上肢在冠狀面與橫狀面的活動能力會因為核心肌群的疲勞程度而影響，肩部肌群的活性與核心肌群活性息息相關，透過加強核心肌群訓練，延緩核心肌群疲勞，使下肢推蹬的地面反作用力順暢傳遞至肩部肌群，減輕上肢活動時肩部肌群的負擔 (Rosemeyer, Hayes, Switzler, & Hicks-Little, 2015)。而核心肌群的訓練不應拘泥於追求穩定度而已，其適當的活化並達到穩定與可控制的活動性後，後續的運動訓練需搭配專項運動的技巧性訓練，也就是配合先前訓練之基礎核心運動，再加上專項運動之動作技術能力的肌力訓練 (Sullivan & Markos, 1995)，在進行上肢運動的過程中，亦同時訓練核心肌群，讓訓練動作貫穿整個動力鏈，會使動作更有效率，訓練更具效能 (Tarnanen et al., 2008)，其中以不穩定平面訓練介入尤佳，原理與細節詳述如後。

參、懸吊式與不穩定平面運動的原理與發展

懸吊訓練是一種將身體支撐點懸在繩索上，並讓身體處於不穩定狀態下的訓練方式，企圖透過增強核心肌群的力量、穩定性與控制能力，達到提升運動表現目的的訓練方法。懸吊運動治療的主要應用是回復感覺動作的控制 (sensorimotor control)、肌力、肌耐力，並可能隨之影響心肺功能，增加身體對於壓力與應力的感受度，可更有效的增進運動訓練效果。懸吊訓練系統 (suspension training system) 概念於 1990 年在挪威正式被提出，並於 1991 年由挪威的物理治療師與醫師共同開發，正式成為一種訓練方式。結合理學評估與復健治療目的 Neurac 訓練概念在 2003 年提出，並於 2004 年正式推出治療方式，用於骨骼肌疾病的治療和訓練中，懸吊方式可以是單一懸吊點或多點懸吊 (Gitle, 2002)，利用不穩定平面因素增加運動時的不穩定刺激，如果自身體重強度過大亦可利用彈力帶減低負荷，讓身體處於一個最合適的負荷強度與無痛狀態下進行訓練，且訓練方法相當多樣。目前在國際上此系統已被大量地使用於

運動員與身體失能的病患 (楊建志、高明峰，2010)；藉由肩部懸吊訓練動作能有效串聯核心訓練，其中肩胛骨附著於胸廓上，形成肩胛胸廓關節 (scapulothoracic joint, ST joint)，核心肌群連結於肋骨進行穩定並間接影響肩胛骨，為四肢重要之基底 (Kibler et al., 2006)；增強了腹部肌群後，在肩屈曲過程中穩定了核心姿勢，可能達到預防肩頸傷害之問題 (Emery et al., 2010)。

不穩定平面訓練透過訓練動作支撐點的不穩定性，誘發神經肌肉活化反應，為近來常見之提升人體運動感知功能的新式訓練方法。當訓練過程中給予不穩定平面的支撐點刺激時，則需適當的肢體靈活性與穩定性配合，方可有效增進個體平衡、動作感覺、本體感覺與力量控制之功能，藉此提升整體功能表現 (王政嘉、黎俊彥，2011)。隨著不穩定平面訓練逐漸盛行，提供不穩定平面之訓練器材亦發多元。近年來，運動治療開始強調核心肌群的訓練及肌肉動作控制的理論，這類型的運動治療包含墊上運動 (穩定的支撐平面) 及器械輔助性的運動 (不穩定的支撐平面)，這些不穩定支撐平面之輔具包括空氣墊、軟墊、抗力球、滾筒及懸吊系統 (Suspension system) 等等，主要是運用輔具來增加動作的困難度及變化 (Hodges & Moseley, 2003)。而不穩定平面訓練輔具大致上可分為三類：一、提供不穩定支撐平面，例如半圓平衡球 (BOSU) 或抗力球；二、透過振動造成肢端不穩定性的刺激，例如 Flexi-Bar 或 Body Blade；三、透過繩索懸吊系統提供不穩定性刺激，例如 Redcord Trainer 或 TRX。

抗力球 (swiss ball) 訓練是一種在不穩定之球表面上進行訓練，透過神經肌肉控制之本體感覺 (proprioception) 回饋及動作協調能力 (Stanton, Reaburn, & Humphries, 2004)，具有穩定脊柱與提升肌力的效果 (Carter, Beam, McMahan, Barr, & Brown, 2006)；而抗力球運動不管針對哪一個肌群做特別訓練，皆以核心肌群為基底而衍生不同的動作。藉由抗力球訓練，除了可以與阻力訓練同樣具有提升核心肌力的效益，更有效誘發全身的肌肉活化，提升腹部、下背、股四頭肌及腿後肌肌群之肌力 (Marshall & Desai, 2010; Sekendiz, Cuğ, & Korkusuz, 2010)。並且另具有提高柔軟度的效果，下背柔軟度與動態平衡的能力均顯著優於訓練前期 (張佳玲、張瀞文、吳慧君，2008)。BOSU 主要是由上半部分的橡膠半球與下部分的塑料平台兩個部分組成，透過球面的不穩定性，誘發本體感覺神經增加動作難度，能更有效地鍛鍊平衡能力和核心肌力 (Laudner & Koschnitzky, 2010; Paillard et al., 2006)。在穩定平面 (地板) 與 BOSU 同樣做跪姿的伏地挺身 (push-up)，上斜方肌、中斜方肌與前鋸肌的活化效益在 BOSU 訓練顯著較高，此外，亦可活化核心肌群，有助於改善在運動過程中，肌肉與肌肉之間的協調性 (Karagiannakis, Athanasopoulos, & Mandalidis, 2018; Keogh, Aickin, & Oldham, 2010)。

Flexi-bar 與 Body blade 均是質量輕且方便攜帶的棒狀訓練器材，此類型器材是透過兩端的振動頻率，刺激表層和深層的肌肉來與之振動頻率拮抗，方可維持軀幹的穩定。因此，此類訓練器材強調運用核心肌群之肌力帶動全身肌肉間的反應，使身體與器材產生的振動拮抗，從而達到可改善軀幹肌群活化程度，增強肌肉力量、肌肉間協調與平衡 (Chung, Park, Kim, & Park, 2015; Kim, So, Bae, & Lee, 2014)。經研究發現，棒狀器材輔助的訓練可以增加腰椎的穩

第 8 卷 第 1 期，25-40 頁 (2021 年 03 月)

定性，並透過提升腹橫肌的活性，減少慢性腰痛的症狀，其效能可歸因於棒狀訓練器的主動振動過程，透過刺激關節的本體感覺，活化主動肌和拮抗肌間的交錯收縮，以調節運動期間的不穩定性，與相互拮抗肌群之間的交互刺激與交互抑制反應，進而改善肌力失衡的狀況 (Chung, You, Lee, & Sim, 2018; Lee & Han, 2018)。如上述，目前已知不穩定平面能刺激更多肌群活化，增進訓練效益，本篇後續將針對懸吊式運動進一步探討與設計相關執行動作。

肆、懸吊式運動的類型與執行方式

懸吊類型的不穩定訓練器材市面最常見的兩大主流為 TRX 與 Redcord。TRX 懸吊訓練系統藉由一個固定錨點以單手、雙手、單腳或雙腳懸掛 (圖 1A)，相對的身體端與地面接觸，藉由負荷自身體重，並運用力臂與地面垂直角度之物理特性做為調整訓練強度的依據，它還可以讓身體矢狀面、額狀面及水平面同時參與運用 (Gulmez, 2017)。研究結果發現，TRX 懸吊運動訓練能調整為適合各運動員之訓練強度及負荷，以修正運動員較差的核心能力或增強核心肌群動作控制 (Hibbs, Thompson, French, Wrigley, & Spears, 2008)。此外，運用 TRX 做單一肌肉的訓練會帶動人體核心表層及穩定肌群，並增加關節穩定性、強化韌帶 (Pastucha et al., 2012)。Redcord 是由北歐物理治療師設計開發的懸吊系統，與 TRX 不同的是，此系統除了由兩條繩子及一懸吊訓練器構成兩個獨立的懸吊點之外，尚須搭配其他吊掛的治療繩、彈性繩、懸吊帶、平衡墊及重量之阻力砝碼來增加運動訓練時的多樣變化 (圖 1B)，現今已將此系統運用在運動傷害、中風病患、腦性麻痺兒童等治療 (張曉昀、何賢貞、林志峰、林政毅，2011)。

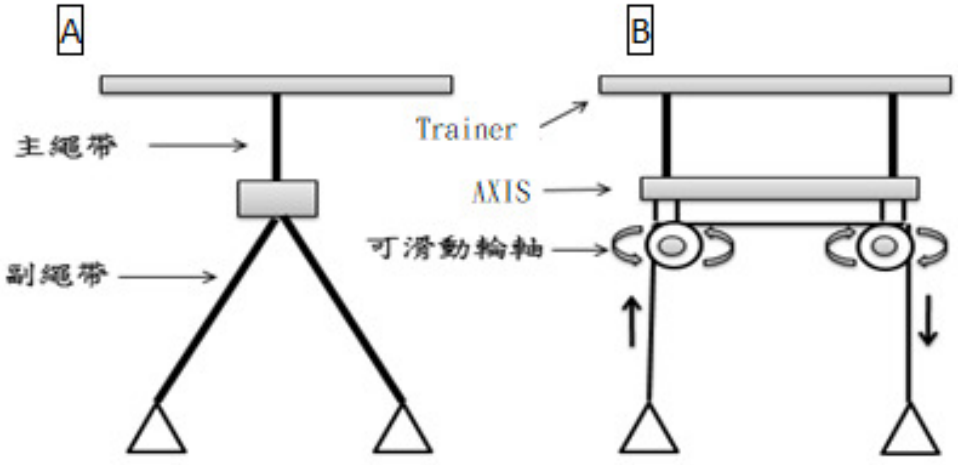


圖 1、TRX 與 Redcord 懸吊點設計。 (A) TRX 為單主繩帶與雙副繩帶設計 (B) Redcord 雙主繩帶設計。

這種運動訓練方式與 TRX 不同，可用於治療病人、重建亞健康族群運動機能及增進運動員運動效能，主要是因為此運動方式能在轉換開放鏈及閉鎖鏈之間，透過刺激本體感覺，重建患者或受訓者本身的運動機能，從而改善疾病或運動訓練導致的運動機能障礙。已知透過此種訓練方式可改善患者關節活動度、肌肉伸展與放鬆、肌力訓練和神經肌肉控制訓練；並可協助治療師、防護員執行關節鬆動，可針對身體各部位設計出不同運動強度及困難度之訓練模式 (Koshida, Urabe, Miyashita, Iwai, & Kagimori, 2008; Marshall & Murphy, 2005)。Redcord 懸吊系統目前分成 Active (表 1) 與 Neurac (表 2) 兩種訓練模式，分別應用於運動員的運動機能重建與患者的輔助物理治療之上。

Active 強調肌筋膜 (myofascial) 理論、本體感覺與閉鎖式動力鏈 (closed kinetic chain) 的概念，用來訓練運動員對於肢體正確位置的記憶能力和核心與四肢力量的串聯，當運動員能正確控制身體時，可增加動態動作或多點懸吊以增加運動難度，提升運動員在運動過程中身體的穩定能力。而 Neurac 主要用來治療有神經肌肉問題之患者，亦可用於運動員，利用多點懸吊與彈力繩輔助，減少患者外在壓力負擔，在無痛狀態與正確身體排列下進行神經肌肉控制訓練，正確誘發目標肌肉，並教育肌肉將骨骼恢復到對的解剖位置上，從而改善姿勢不良所引發的疼痛或不適。Redcord 除了提供不穩定平面的訓練模式，並透過彈力繩設計的輔助，支撐在運動員身上以降低不穩定性，同時對身體平衡和動作穩定性進行控制訓練時的肌肉減輕負荷，並藉此引導正確的神經肌肉收縮模式，透過人體運動器官中的本體感受器參與，運動員在多次重覆的對肌肉緊張度的控制以及對多塊肌肉不同緊張度的調節中形成神經對肌肉的準確支配能力 (李穎、張雲龍，2014)，配合開放鏈和閉鎖鏈的訓練組合，提高技術穩定性並改善肌肉的協同作用 (You et al., 2015)，曾被譽為重建神經肌肉控制能力的最佳途徑 (楊建志、高明峰，2010)。

透過肌電訊號評估可發現，核心肌群的有效活化會影響全身動作之效益性，因肩部與核心肌群共同收縮，如核心肌群有足夠的活性可以提供軀幹穩定度，可使得肩胛骨與骨盆之間的相對傾斜角度改變，形成更有效的動力鏈 (Cortell-Tormo et al., 2017)，則使肢體動作與軀幹間的傳遞性更穩定而有效率 (Park et al., 2016)。此外，Redcord 訓練可以與振動刺激訓練法整合使用，有效降低運動訓練導致的疼痛，由於運動訓練所導致的局部疼痛往往與肌力失衡及周邊穩定肌肉活性降低有關，高頻率的振動刺激法能夠活化肌肉內肌梭產生牽張反射，進而增加周邊肌肉的活性，使穩定性提升；而較低頻率的振動 (< 20 Hz) 則是能夠將訓練後緊繃的肌肉放鬆，打破疼痛－攣縮－疼痛的惡性循環，藉此降低關節或肌肉的疼痛 (Wang et al., 2014)。

Redcord 與 TRX 懸吊系統之差異常被提出討論，卻亦為最常被混淆的問題。TRX 的概念同樣是利用繩子製造不穩定平面與閉鎖式動力練，最早由美國海軍陸戰隊因應海外駐軍，前線基地健身訓練設施不足所設計出，提供駐外士兵維持體能所用。後被許多健身指導員用於肌力訓練，前述已提及，TRX 的設計為單主繩帶再分成兩條副繩帶，而 Redcord 的設計則是

第 8 卷 第 1 期，25-40 頁 (2021 年 03 月)

分成兩條主繩帶 (圖 1) 的主要外型差異之外，其中 Redcord 多元的配件設置，以及特殊的雙向滾軸的 AXIS 設計，增加了左右支點的不穩定因素，由於左右兩側懸吊點會上下滑動，在進行訓練時，更能突顯出操作者是否出現核心肌群控制能力不佳的現象，提早發現傷害的潛在風險。多重配件設計使得 Redcord 在動作設計上較為靈活，結合彈力繩的使用，可使操作者在減輕負荷狀況下，以較好的動作品質，完成要求的訓練動作，避免出現肌群代償的現象，亦為 Redcord 之特點。然兩者之間最大的差異，應該不是顯而易見的設備豐富程度，而是 TRX 原本設計理念即為針對健康族群的運動訓練而生，目的在於已知受訓練者健康的基礎上，維持原有的運動效能，或是透過動作設計，增進肌力。

因此，TRX 的操作與動作設計，較少動作評估的成分，對於動作品質與肌肉代償現象，也較為不注重。相對的 Redcord 原始設計則基於治療亞健康族群或受傷、中風等患者，因此評估受測者是否具備足夠的神經肌肉動作控制能力，是為 Redcord 訓練設計的根本，該項訓練方式，配有專利設計的動力鏈測試方法 (Kinetic chain test) 與動作評估流程 (Movement screen test)，對於發現肌力失衡，動力鏈上出現弱環節導致運動員動作的改變，搭配整套評估流程然後建構訓練處方的 Redcord，具有其獨到的優勢。因此，若單純只為維持體能或增進肌肉效能，由於固定動作設計、變化模式較少、沒有評估流程的特性，對於神經肌肉控制 (Neuromuscular control)、動作學習 (Motor learning)、神經生理學 (Neology)、骨骼肌肉理學評估 (Orthopedic physical assessment) 的基礎知識需求較低，使得 TRX 進階門檻較低，單純的動作訓練對於一般運動愛好者或健身教練，較為容易上手；而結合評估流程、多樣化配件與動作設計的 Redcord 訓練，則因為對於前述理學評估、動作學習知識的需求度較高，比較適合受過前述基礎學科訓練的物理治療師、運動防護員及高階體能訓練師所使用。總結得知 Redcord 具有 TRX 所不具備的獨特性，然下節將針對懸吊式訓練對於核心與肩部肌群訓練之效益探討。

表 1、常用於訓練核心肌群並整合肩部肌群活化之 Redcord Active 懸吊訓練動作

動作名稱	動作圖示	動作名稱	動作圖示
仰臥臀肌活化 Supine pelvic lift		肩部伸展 Shoulder extension	
伏地挺身 Push up plus		引體向上 Pull-up	

表 2、常用於訓練核心肌群並同時活化肩部肌群之 Redcord Neurac 懸吊訓練動作

動作名稱	動作圖示	動作名稱	動作圖示
核心肌群活化 Supine lumbar setting		仰臥肩外展動作 (90~180 度) Supine shoulder Abduction	
背部肌群活化 Supine bridging (AXIS)		仰臥肩外轉 Supine external Shoulder rotation	

伍、懸吊式運動對於核心與肩部肌群的訓練效果

不論是哪種類型的不穩定平面訓練，其原理均不脫離透過誘發隱藏於骨骼、肌肉與筋膜內的本體感覺受器，藉此徵召更多的運動單元參與活動，從而達到刺激核心肌群參與收縮的效果，使運動員在接受核心訓練時，動作的表現覺醒度會顯著增加的基本概念 (Koumantakis, Watson, & Oldham, 2005; Marshall & Murphy, 2005)。無論是懸吊式運動訓練，或是神經肌肉動作控制訓練，皆須透過全身體重來負重的訓練模式，鼓勵肌肉間互相共同作用，進而提供關節之間的穩定性 (Park & Hwangbo, 2014)。綜合前述不穩定訓練器材優劣之處，懸吊式運動訓練涵蓋了上述所有不穩定平面器材之特點。懸吊式運動訓練是一種新主流的不穩定平面訓練，此訓練過程著重在神經肌肉與骨骼系統互相配合與協調的能力，並有效提升個人的本體感覺。如運動員在不穩定支撐狀態下進行懸吊式運動訓練，需要同時對身體平衡和動作穩定性進行控制，這由人體運動器官中的本體感受器參與，在多次對肌肉控制及調節中，形成神經對肌肉的準確支配能力。

此外，懸吊式運動訓練對於開放鏈和閉鎖鏈訓練相結合是重建神經肌肉控制能力的最佳途徑，且能提高技術穩定性並改善肌肉的協同作用 (李穎、張雲龍，2014)。懸吊系統中的 Neurac 技術，可以訓練到位在關節處的深層穩定肌群，這些肌群對於前饋機制佔有很重要的角色。當突然做出身體動作時，藉由前饋機制作用，局部肌肉會比全身肌肉提早收縮來維持穩定度與動作精準度，此外，懸吊訓練進行高強度的動靜態收縮，能夠重新整合抑制性動作 (Yun, Kim, & Lee, 2015)。如運動員在懸吊式運動訓練器材與傳統的穩定表面下進行訓練，懸吊器材除了減少表面支撐穩定性，也增加動作操作的範圍與困難度，因此在懸吊器材上做任何動作，皆須運用到主要作用肌群，並招募周邊肌群 (核心肌群等)，作為關節穩定的重要作

第 8 卷 第 1 期，25-40 頁 (2021 年 03 月)

用，同時對於主動肌群的活化程度均達顯著提升，增加訓練效能 (Bouisset & Do, 2008; Snarr & Esco, 2013)。

對於棒球投手、游泳選手、排球選手等運動員，需要高速與高反覆次數轉動盂肱關節，使肩部常出現疼痛現象，影響肩部的關節活動度，甚至造成肩袖肌群撕裂、肩夾擠症候群或肩盂唇撕裂傷，在過頂投擲運動選手族群中屢見不鮮，其中肩盂唇撕裂傷更可謂投擲者的殺手，即便手術治療，癒後復原狀況往往不盡理想。為避免肩部損傷，運動訓練前進行熱身時，必須有效的啟動核心肌群，招募協同肌群，使核心、軀幹可維持在穩定的姿勢，俾利使動作達到最佳運動表現，此效益可透過懸吊式運動訓練帶給肌肉與肌肉間更大程度上的刺激而獲得 (Snarr & Esco, 2013)。在訓練過程中所運用的肌群，必須與相鄰的肌群與關節發揮共同收縮的關鍵作用，而大部分的時間是由大肌群去完成一系列的連貫動作，小肌群卻完全被隱匿，也較難訓練且容易疲勞，如果沒有正當訓練被隱匿的小肌群，容易引發代償動作。為了誘發更多的神經反射，透過全身振動訓練 (whole-body vibration training, WBVT) 刺激，提升本體感受回饋訊息整合的效率，增進平衡時神經肌肉特質與功能性活動之控制及執行 (Bogaerts, Verschueren, Delecluse, Claessens, & Boonen, 2007)，使患者達到最佳的治療效能。使用懸吊訓練加上振動器，可活化肌肉產生正常動作模式，經過提高刺激 type 1a 纖維還有 α motor neurons，對於神經肌肉系統能夠產生更多的振動誘發 (Gwon, Kim, & Oh, 2020)。同時使用懸吊訓練加上振動刺激，亦可以減少頸神經根病症患者疼痛。抑制主動肌的疼痛，也能使肩關節夾擠病患的肌力提升 (Kim, Dvir, & Oh, 2020)。

而棒球選手運用懸吊式運動訓練進行熱身與傳統熱身方式，兩種訓練方式對於投擲的速度與準確性有相似的效果，由此可知，藉由懸吊式運動訓練，可以減緩運動傷害的疼痛程度 (Huang, Pietrosimone, Ingersoll, Weltman, & Saliba, 2011)。透過神經肌肉動作控制訓練，可以改善具有肩夾擠症候群患者的症狀與疼痛程度，這種疼痛的改善可能與肩胛骨穩定性和肩峰下空間的增加有密切的相關，顯著改善疼痛的程度與增加患者的關節活動度 (Kim, Kang, Lee, & Oh, 2015; Kim & Oh, 2020)。懸吊訓練加上振動刺激可以有效的改善肩胛肌肉不協調，尤其顯著的增加斜方肌和前鋸肌的肌力，進而使肩夾擠的病患降低疼痛程度、增加因疼痛限制的肩關節角度以及肩膀活動功能 (Kim et al., 2014)。對於肩峰下夾擠病患，以肩關節徒手鬆動術與懸吊訓練輔助振動刺激進行比較，得出兩者皆能顯著改善疼痛、關節角度以及自主疼痛與功能性評估 (Shoulder pain and disability index, SPADI)，而懸吊訓練組在肩關節內轉以及外轉肌力更有顯著改善的效果。肌肉力量的提升與關節角度的改善有極高的相關性，而內轉與外轉動作需要的肌肉力量，對於改善肩峰下夾擠病患也有極大助益 (Kim et al., 2020)。

在大量文獻統整中發現訓練肩胛周邊肌群有一定之比例可參照，在上斜方肌/中斜方肌、上斜方肌/下斜方肌及上斜方肌/前鋸肌計算中，如果肌肉最大自主收縮百分比小於 0.6，代表此運動對於中斜方肌、下斜方肌與前鋸肌有較理想的活化效果，同時指出在懸吊式系統進行半仰臥上拉 (Half supine pull-up) 可產生中斜方肌大幅活化 (Karabay, Emük, & Kaya, 2019)，

對於有肩胛運動障礙或肩峰下夾擠個案，建議可以執行划船動作，增強肩胛肌肉平衡、改善肩部病理 (Youdas et al., 2020)。同時懸吊式訓練也適用於病患，對於肩部半脫位中風病患進行主動肩部訓練後，無論是半脫位距離、肩部本體感受，還有上肢功能及動作能力，均顯著達到改善 (Jung & Choi, 2019)；但是對於旋轉肌袖修復患者，除了懸吊式訓練介入外，並同時複合 Flexi-bar 振動運動，可用於康復治療和預防疾病，或作為其他運動訓練項目的輔助工具，在介入後有效提升肌肉活化以及減輕疼痛 (Kim, Kim, & Lee, 2016)。有效活化核心肌群，能改善身體軀幹穩定性與增進肩部肌肉群活性，從而改善肩胛活動能力，避免因肩關節活動度不足，引發諸如肩夾擠症候群等相關運動傷害。

陸、結語與建議

透過不穩定平面的運動訓練能改善核心肌群力量、提高身體適能、激活更多核心與穩定肌群參與運動及加強軀幹的肌肉力量，對運動員來說，核心肌群的強壯，能有效固定脊椎，加強與四肢的連結提高動力鏈力量傳遞效能，而懸吊運動訓練，效果尤為顯著 (柯莉蓁、林季嬋、李曉萍，2016)。適時的應用神經肌肉動作控制訓練技術，正確的設計神經肌肉動作控制訓練課表，能有效地促進神經的活性與肌肉之間的相互作用，從而通過減少動力鏈之間的"薄弱環節"來恢復肩胛骨節律，提高盂肱關節的穩定性、增加肩峰下空間，以減緩肩部疼痛症狀，應用神經肌肉動作控制訓練可以改善患者的神經與肌肉間的協調性與穩定性，對於具有肩夾擠的患者，也能在某些條件下透過神經肌肉動作控制訓練增加患者的肩峰下空間，減緩肩夾擠症狀患者的症狀與疼痛 (Lombardi & Birke, 2008)，然對於一般人、運動員、甚至已產生肩傷害之患者，均可透過肩部懸吊訓練來誘發核心肌群參與做功。

在未來的研究中，可以針對肩關節設計神經肌肉動作控制訓練與懸吊式運動訓練的運動處方進行身體調整、檢測肩峰下空間變化與肌肉訊號、肌肉力量、肌肉啟動時序等等的關係，觀察兩種訓練對於增加肩峰下空間與肌肉間的啟動時序的變化，何種訓練方式較有效益性，並確切了解肌肉間的啟動時序是否有誤，同時也可觀測肩部在做動態外展動作時，透過超音波觀測肩峰下空間的變化。將會更進一步地進行後續的研究，發展相關運動健康知識研究與應用層面之技術。

利益衝突

本研究無涉及相關利益衝突。

引用文獻

王政嘉、黎俊彥 (2011)。不穩定表面訓練對姿勢穩定控制之效益。*中華體育季刊，25*(3)，471-477。

李穎、張雲龍 (2014)。SET 懸吊訓練對提高乒乓球運動員平衡能力的實效分析。*運動，*(5)，

35-36。

柯莉蓁、林季嬋、李曉萍 (2016)。TRX 全身阻力訓練對運動表現之探討。*嘉大體育健康休閒期刊，15*(3)，77-87。

張佳玲、張瀞文、吳慧君 (2008)。抗力球肌力訓練與器械式阻力訓練對大學生核心肌肉適能之比較研究。*運動生理暨體能學報*，(7)，41-50。

張軒澔、李水河、呂昆樺、張振崗、洪暐 (2016)。過頂揮臂運動員肩部傷害病變與改善方法。*大專體育，*(136)，66-81。

張曉昀、何賢貞、林志峰、林政毅 (2011)。六週懸吊系統運動訓練對慢性下背痛患者之療效。*中山醫學雜誌，22*(1)，43-51。

郭文杰、陳佑、林惠婷、張家豪 (2014)。核心肌群對於跳躍表現與落地之探討。*運動表現期刊，1*(2)，46-51。

陳書芸、陳哲修、賴長琦、江鴻粧、鄭鴻文 (2016)。高強度間歇性懸吊運動訓練對舞者運動表現之影響。*大專體育學刊，18*(3)，235-247。

楊建志、高明峰 (2010)。懸吊運動介紹。*體育學系系刊，*(10)，53-64。

詹文祥、邱文信、林思妤 (2015)。過肩投擲動作對地面反作用力與足底壓力表現之探討。*運動表現期刊，2*(1)，25-30。

Bogaerts, A., Verschueren, S., Delecluse, C., Claessens, A. L., & Boonen, S. (2007). Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial. *Gait and Posture, 26*(2), 309-316.

Bouisset, S., & Do, M. C. (2008). Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology, 38*(6), 345-362.

Burkhart, S. S., Morgan, C. D., & Kibler, W. B. (2003). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: Pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 19*(4), 404-420.

Carter, J. M., Beam, W. C., McMahan, S. G., Barr, M. L., & Brown, L. E. (2006). The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(2), 429-435.

Chung, J. S., Park, S., Kim, J., & Park, J. W. (2015). Effects of flexi-bar and non-flexi-bar exercises on trunk muscles activity in different postures in healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(7), 2275-2278.

Chung, S. H., You, Y. Y., Lee, H. J., & Sim, S. H. (2018). Effects of stabilization exercise using flexi-bar on functional disability and transverse abdominis thickness in patients with chronic low back pain. *Journal of Physical Therapy Science, 30*(3), 400-404.

Cortell-Tormo, J. M., García-Jaén, M., Chulvi-Medrano, I., Hernández-Sánchez, S., Lucas-Cuevas, Á. G., & Tortosa-Martínez, J. (2017). Influence of scapular position on the core musculature activation in the prone plank exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 31*(8),

2255-2262.

Emery, K., De Serres, S. J., McMillan, A., & Côté, J. N. (2010). The effects of a Pilates training program on arm–trunk posture and movement. *Clinical Biomechanics, 25*(2), 124-130.

Gitle, K. (2002). Sling Exercise Therapy (SET): A concept for exercise and active treatment of musculoskeletal disorders. *Tidsskriftet Fysioterapeuten, 6*, 9-16.

Gulmez, I. (2017). Effects of angle variations in suspension push-up exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research, 31*(4), 1017-1023.

Gwon, A. J., Kim, S. Y., & Oh, D. W. (2020). Effects of integrating Neurac vibration into a side-lying bridge exercise on a sling in patients with chronic low back pain: A randomized controlled study. *Physiotherapy Theory and Practice, 36*(8), 907-915.

Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A., & Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Medicine, 38*(12), 995-1008.

Hodges, P. W., & Moseley, G. L. (2003). Pain and motor control of the lumbopelvic region: Effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 13*(4), 361-370.

Huang, J. S., Pietrosimone, B. G., Ingersoll, C. D., Weltman, A. L., & Saliba, S. A. (2011). Sling exercise and traditional warm-up have similar effects on the velocity and accuracy of throwing. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 25*(6), 1673-1679.

Jung, K. M., & Choi, J. D. (2019). The effects of active shoulder exercise with a sling suspension system on shoulder subluxation, proprioception, and upper extremity function in patients with acute stroke. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 25*, 4849-4855.

Karabay, D., Emük, Y., & Kaya, D. Ö. (2019). Muscle activity ratios of scapular stabilizers during closed kinetic chain exercises in healthy shoulders: A systematic review. *Journal of Sport Rehabilitation, 29*(7), 1001-1018.

Karagiannakis, D., Athanasopoulos, S., & Mandalidis, D. (2018). Scapular muscles' activity in female volleyball players with scapular asymmetry in the resting position. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 22*(3), 580-585.

Keogh, J. W., Aickin, S. E., & Oldham, A. R. (2010). Can common measures of core stability distinguish performance in a shoulder pressing task under stable and unstable conditions? *The Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(2), 422-429.

Key, J. (2010). The Pelvic Crossed Syndromes: A reflection of imbalanced function in the myofascial envelope; a further exploration of Janda's work. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 14*(3), 299-301.

Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine, 36*(3), 189-198.

Kim, J. H., So, K. H., Bae, Y. R., & Lee, B. H. (2014). A comparison of flexi-bar and general lumbar

stabilizing exercise effects on muscle activity and fatigue. *Journal of Physical Therapy Science, 26*(2), 229-233.

Kim, J. W., Kim, Y. N., & Lee, D. K. (2016). The effect of combined exercise with slings and a flexi-bar on muscle activity and pain in rotator cuff repair patients. *Journal of Physical Therapy Science, 28*(10), 2890-2893.

Kim, S. Y., & Oh, J. S. (2020). Scapula muscle exercises using the Neurac technique for a patient after radical dissection surgery: A case report. *Physiotherapy Theory and Practice, 36*(12), 1485-1492.

Kim, S. Y., Dvir, Z., & Oh, J. S. (2020). The application of the Neurac technique vs. manual therapy in patients during the acute phase of subacromial impingement syndrome: A randomized single-blinded controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 33*(4),645-653.

Kim, S. Y., Kang, M. H., Lee, D. K., & Oh, J. S. (2015). Effects of the Neurac® technique in patients with acute-phase subacromial impingement syndrome. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(5), 1407-1409.

Koshida, S., Urabe, Y., Miyashita, K., Iwai, K., & Kagimori, A. (2008). Muscular outputs during dynamic bench press under stable versus unstable conditions. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 22*(5), 1584-1588.

Koumantakis, G. A., Watson, P. J., & Oldham, J. A. (2005). Supplementation of general endurance exercise with stabilisation training versus general exercise only: Physiological and functional outcomes of a randomised controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Clinical Biomechanics, 20*(5), 474-482.

Laudner, K. G., & Koschnitzky, M. M. (2010). Ankle muscle activation when using the Both Sides Utilized (BOSU) balance trainer. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(1), 218-222.

Lee, D. K., & Han, J. W. (2018). Effects of active vibration exercise using a Flexi-Bar on balance and gait in patients with chronic stroke. *Journal of Physical Therapy Science, 30*(6), 832-834.

Lombardi, J. R., & Birke, R. L. (2008). A unified approach to surface-enhanced Raman spectroscopy. *The Journal of Physical Chemistry C, 112*(14), 5605-5617.

Marshall, P. W., & Desai, I. (2010). Electromyographic analysis of upper body, lower body, and abdominal muscles during advanced Swiss ball exercises. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(6), 1537-1545.

Marshall, P. W., & Murphy, B. A. (2005). Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 86*(2), 242-249.

Nalbant, Ö., & Kinik, A. M. (2018). The effect of suspension workout on agility and forces performance in elite basketball players. *Journal of Education and Training Studies, 6*(6), 128-133.

Oyama, S., Yu, B., Blackburn, J. T., Padua, D. A., Li, L., & Myers, J. B. (2014). Improper trunk rotation sequence is associated with increased maximal shoulder external rotation angle and shoulder joint force in high school baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine, 42*(9), 2089-2094.

Paillard, T., Noé, F., Rivière, T., Marion, V., Montoya, R., & Dupui, P. (2006). Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of Athletic Training, 41*(2), 172-176.

Park, J. H., & Hwangbo, G. (2014). The effect of trunk stabilization exercises using a sling on the balance of patients with hemiplegia. *Journal of Physical Therapy Science, 26*(2), 219-221.

Park, M. H., Yu, J. H., Hong, J. H., Kim, J. S., Jung, S. W., & Lee, D. Y. (2016). Effect of core muscle thickness and static or dynamic balance on prone bridge exercise with sling by shoulder joint angle in healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science, 28*(3), 945-950.

Pastucha, D., Filipcikova, R., Bezdickova, M., Blazkova, Z., Oborna, I., Brezinova, J., . . . Bajorek, J. (2012). Clinical anatomy aspects of functional 3D training–case study. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub, 156*(1), 63-69.

Rosemeyer, J. R., Hayes, B. T., Switzler, C. L., & Hicks-Little, C. A. (2015). Effects of core-musculature fatigue on maximal shoulder strength. *Journal of Sport Rehabilitation, 24*(4), 384-390.

Sekendiz, B., Cuğ, M., & Korkusuz, F. (2010). Effects of Swiss-ball core strength training on strength, endurance, flexibility, and balance in sedentary women. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(11), 3032-3040.

Shinkle, J., Nesser, T. W., Demchak, T. J., & McMannus, D. M. (2012). Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 26*(2), 373-380.

Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2013). Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups. *Journal of Human Kinetics, 39*(1), 75-83.

Stanton, R., Reaburn, P. R., & Humphries, B. (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 18*(3), 522-528.

Sullivan, P. E., & Markos, P. D. (1995). *Clinical decision making in therapeutic exercise*. London: Prentice Hall.

Tarnanen, S. P., Ylinen, J. J., Siekkinen, K. M., Mälkiä, E. A., Kautiainen, H. J., & Häkkinen, A. H. (2008). Effect of isometric upper-extremity exercises on the activation of core stabilizing muscles. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 89*(3), 513-521.

Wang, X. Q., Pi, Y. L., Chen, P. J., Chen, B. L., Liang, L. C., Li, X., . . . Zhang, J. (2014). Whole body vibration exercise for chronic low back pain: Study protocol for a single-blind randomized

第 8 卷 第 1 期，25-40 頁 (2021 年 03 月)

controlled trial. *Trials, 15*(1), 1-6.

Willardson, J. M. (2007). Core stability training: applications to sports conditioning programs. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 21*(3), 979-985.

You, Y. L., Su, T. K., Liaw, L. J., Wu, W. L., Chu, I. H., & Guo, L. Y. (2015). The effect of six weeks of sling exercise training on trunk muscular strength and endurance for clients with low back pain. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(8), 2591-2596.

Youdas, J. W., Kleis, M., Krueger, E. T., Thompson, S., Walker, W. A., & Hollman, J. H. (2020). Recruitment of shoulder complex and torso stabilizer muscles with rowing exercises using a suspension strap training system. *Sports Health, 13*(1), 85-90.

Yun, S., Kim, Y. L., & Lee, S. M. (2015). The effect of neurac training in patients with chronic neck pain. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(5), 1303-1307.

Effects of Suspension Exercise on Core and Shoulder Muscles

Hsin-Chang Pai, Chih-Yang Taun, Wei Hung*

Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Sport, Taichung, Taiwan

Abstract

Shoulder is one of the most complex joints with the largest range of motion in human body. Thus, mobility and stability of glenohumeral joint require additional support from other body structures to keep it in the correct alignment and maintain the proper movement pattern. One of the essential elements to prevent glenohumeral joint from injury is proper scapular rhythm, which relies on coordination and balance of shoulder and torso muscle groups. It has been shown that strong and well-coordinate core muscle groups allow better force transformation from the lower body to the upper body with minimal energy dissipation during the process. The power of throwing is initially generated from ground counter-reaction force (GRF) and then transferred to shoulder through torso. If GRF is created but not well transferred, performance of shoulder girdle will be negatively affected. This literature describes the importance of well coordinate core muscles in injury prevention and performance improvement. Indeed, well-coordinated neuromuscular control between body segments and muscles of kinetic chain is an essential and critical factor in exercise and sports training. Traditional resistant training provides more muscular stimulation in small region of muscle rather than stimulates neuromuscular control through entire kinetic chain. Sling exercise provides an alternative way for strength training. Unlike the nature of open kinetic chain in resistant training, the nature of close kinetic chain in sling exercise provides more effective neuromuscular control in more body segments and muscle groups instead of muscular hypertrophy in limited muscle groups. The sling exercise helps maintain integrity and body alignment correction and provide an efficient way to enhance inter-muscular coordination between body segments. Therefore, to correct weak-link of kinetic chain during exercise, sling exercise might be a better choice due to its potential to improve neuromuscular control ability. Furthermore, sling exercise might prevent possible injuries caused by overuse or strength imbalance.

Keywords: core training, shoulder injuries, sling exercise training