

懸吊式訓練增強核心控制對下肢傷害預防與運動能力 可能性之探討

洪宗德、唐誌陽、洪暉*

摘要

預防運動傷害一直是體能訓練領域的熱門議題，而核心穩定能力是預防運動傷害不可或缺的因素，它是同時兼具影響運動表現與傷害預防的重要指標。在運動過程中，核心肌群扮演著穩定動力鏈與協助傳遞力量的重要角色。核心肌群中的脊椎旁肌群（例如：多裂肌等），由於肌梭比率含量頗豐，更是感受身體姿態、提供本體感覺與調整肌肉張力的重要感受器。從過去許多研究發現，核心穩定能力不足將出現動力鏈的力量傳遞不順暢，並導致遠端肢體控制能力不佳，因而使得上肢或下肢關節負荷上升，降低運動表現與增加傷害風險。透過不穩定平面的訓練方式誘發核心肌群與動力鏈的整合，是目前正夯的運動訓練議題，學界透過研究結果發展出多種不穩定平面的訓練方式，在眾多訓練器材中，懸吊式訓練似乎最能有效提升肌肉活性並增加神經肌肉控制能力；透過閉鎖式動力鏈之動作，提升在運動過程中軀幹的穩定能力，同時整合選手的本體感覺與全身性動力鏈的力量串連能力，透過肌筋膜理論的連動特性可發現，核心肌群的力量與穩定能力間接影響了下肢的運動表現，但目前尚未有研究證實懸吊式核心訓練對下肢傷害預防之實證性研究，故建議未來研究計畫，觀察藉由懸吊式核心訓練增強核心與關節的肌力、神經肌肉控制能力，是否能達到提升運動表現同時預防下肢傷害之效益。

關鍵詞：神經肌肉控制、運動表現、懸吊運動訓練、運動傷害

Effects of the Sling Exercise on Abdominal Muscular Control and Collateral Effects to Lower Limb Performance and Injuries Prevention

Zhong-De Hung, Chih-Yang Taun, Wei Hung*

Abstract

Core muscle function and core stability had attract highly attention among athletic training and performance enhancing in past two decades for it is a remarkable indicator highly relevance to exercise performance and injury prevention. As body performing exercise, core muscle groups not only act as force transducer but also as stabilizer between upper and lower limbs. Further more, paraspine muscle such as multifidus, for it muscle spindle rich nature, work as tension detector while cerebellum coordinating trunk muscles thus to link muscles from lower limb to upper limbs to work together as a kinetic chain and vice versa. Numerous of previous studies indicates that insufficient core stability will result to poor power transduction, decrease exercise performance and possibly increase injury risks

Submitted for publication: May 10, 2020; Accepted for publication: February 2, 2021

國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班；XXXXXXX, National Taiwan University of Sport, Taichung, Taiwan

* Corresponding author: 洪暉 E-mail: hongweiarcher@hotmail.com

of the distal joints such as knee and shoulder. As present, several training programs using unstable surface training to increase core stability have been developed. Among all those training programs, suspension exercise seems to more effective in facilitate muscle activation and improve neuromuscular control. With close-kinetic chain nature, suspension exercise facilitating trunk muscle activation and participation during exercise thus to provide stability and effectively force transduction. Furthermore, through the interlocking characteristics of myofascial fascia, well-activated trunk muscles indirectly affect the performance of the lower limbs. We collected research document as best we can research to discuss about relationship of trunk muscles activation and performance of lower limbs. Also we will discuss about effects of suspension exercise on trunk muscle activation and lower limbs performance.

Keywords: neuromuscular control, athlete performance, sling exercise training, sports injuries

壹、緒論

現今發展出許多運動訓練方式，除了期望能透過有效的訓練方式提升運動員的爆發力、速度、敏捷性等身體素質與運動表現能力，如何預防運動傷害發生也是重要的議題。懸吊訓練系統（suspension training system）概念於1990年在挪威正式被提出並用於治療骨骼肌肉疾病。過去研究發現，讓下背痛患者單純使用物理治療與物理治療加上懸吊訓練的比較可以發現，加上懸吊訓練組的患者在軀幹屈曲動作時可更有效的放鬆豎脊肌，有效改善下背疼痛狀況（J. H. Kim, Kim, Bae, & Kim, 2013）。目前研究已經證實，核心力量及穩定能力對下肢運動表現極為相關（De Blaiser et al., 2018），進行肌力體能訓練時如缺乏適度的核心訓練隨之配合，除了會影響運動表現之外，還有可能導致腰椎骨盆區域穩定度不足，增加下肢前十字韌帶（anterior cruciate ligament, ACL）損傷的發生風險（Hewett & Myer, 2011; Shinkle, Nesser, Demchak, & McMannus, 2012）。在眾多的訓練方式中，研究使用肌電圖觀察在不穩定平面下進行訓練可以促進核心的神經肌肉適應，有效提升核心肌肉活化比率（J.-H. Kim, Kim, & Chung, 2014）。另一方面，在下肢傷後的復健上不穩定表面對於改善姿勢穩定較傳統的穩定表面訓練有效（Zemková, 2017），懸吊訓練用於熱身與訓練對運動表現也有正面效益（Huang, Pietrosimone, Ingersoll, Weltman, & Saliba, 2011; Stray-

Pedersen, Magnusen, Kuffel, Seiler, & Katch, 2006）。因此，在訓練過程除了傳統阻力訓練外，結合懸吊訓練對運動表現與降低傷害風險的效益是值得留意的。因懸吊訓練採用了不穩定表面的訓練方式，而大多不穩定表面的訓練都以核心肌群作為訓練動作的基礎，故本文對不穩定表現訓練、核心肌群與下肢對運動表現和傷害預防之間可能的關聯性做進一步探討。

貳、核心能力對運動表現之關聯性

以結構的角度而言，軀幹的核心是由腰椎、骨盆及髖關節複合結構（lumbo-pelvic-hip complex, LPHC）（Clark, Lucett, & Corn, 2008）所構成。下肢與核心區域控制能力之所以如此重要，是因為所有運動所需的力量都要透過地面反作用力（ground reaction force, GFR），從足部與地面接觸的瞬間將力量向上傳遞至核心，再由核心旋轉將力量轉換為上肢的揮臂速度，產生最終的運動表現（投擲或擊球動作），在整個運動中，骨盆與核心肌肉占整個動力鏈傳遞過程中50%之動能（Kibler, 1994）。在運動的過程中，核心肌群是每條動力鏈必經的中心點（Marshall & Elliott, 2000），核心肌群提供脊椎穩定，使遠端肢段在運動中可產生最佳化的運動功能（Kibler, Press, & Sciascia, 2006），因此積極的提高核心穩定性對下肢的運動表現可能是重要的因素。過去的一些

研究發現，核心肌肉的訓練對於運動表現似乎是有利的。在2019年的研究發現，為網球運動員進行5週的核心肌力訓練，同時提升了T字敏捷測試（T-agility）與星狀動態穩定測試（star excursion balance test, SEBT）的測試結果（Bashir, Nuhmani, Dhall, & Muaidi, 2019）。12週核心穩定訓練與動態的核心肌力訓練對動態穩定影響，結果發現兩組在動態穩定表現上均顯著提升並提升了垂直跳與衝刺能力（Imai, Kaneoka, Okubo, & Shiraki, 2014）。專項運動表現方面發現，透過12週的核心訓練發現游泳選手核心肌肉的最大等長收縮肌電訊號的增加，並在專項表現上觀察到50公尺的速度表現提升（Weston, Hibbs, Thompson, & Spears, 2015）。而核心肌肉的活化對游泳表現也發現具有立即性的影響，使用棒式（plank）活化核心肌肉的方式進行訓練前的熱身，發現可以立即的改善選手跳躍入水的身體穩定，減少選手從跳台出發到入水的時間（Iizuka, Imai, Koizumi, Okuno, & Kaneoka, 2016）。核心控制能力對軀幹穩定與力量傳遞之影響可見一般。執是，於平時的訓練加入核心肌群的訓練，建構良好的能力是競技選手必備的要素，透過提高核心與骨盆帶的穩定能力，並和遠端肢段產生良好的協調、動作次序與速度，可發揮運動的最大效益（Kibler, 1994; Kibler et al., 2006）。

參、核心、下肢肌力與運動傷害之關係

核心穩定度建構於維持適當的腰椎與骨盆周圍肌肉張力基礎之上（Willardson, Fontana, & Bressel, 2009），因此在運動過程中需透過核心肌群提供主動的穩定能力，控制遠端肢段的活動（De Blaiser et al., 2018）。核心肌群透過解剖構造分類，可區分為深層核心肌群（local muscles）與表層核心肌群（global muscles），深層核心肌群透過腹橫肌、骨盆底肌與多裂肌構成內源性穩定系統（intrinsic stabilization subsystem, ISS）。ISS是維繫軀幹穩定度最主要的來源，透過提供良好的腹內壓（intra-abdominal pressure, IAP）以維持脊椎

的穩定，若ISS失能，則可能產生骨盆過度前傾或腰椎前凸（lordosis）現象，導致下背痛問題（Frank, Kobesova, & Kolar, 2013）。罹患長期下背痛的患者身上常常會發現腹橫肌活化模式異常與肌肉橫斷面積較小的現象（Teyhen et al., 2009）。當因為生活型態或專項運動訓練改變了人體天然的姿勢與神經肌肉控制模式，會使核心區域失去正常的穩定功能，在運動過程就無法維持適當的穩定度，造成腰椎或四肢負擔會代償性的上升，從而導致下背痛或其他四肢運動傷害（Frank et al., 2013），執是，透過適度的核心肌群訓練，提升軀幹肌肉橫斷面積、維持適當之IAP，可降低下背痛與改善核心功能之功效（You et al., 2015）。

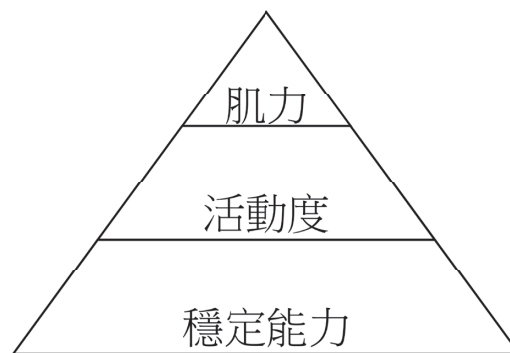
而該區域的穩定能力對下肢運動傷害風險有著直接而且立即性的影響，其中又以運動員的非接觸性（non-contact）的膝關節ACL損傷為好發之大宗，該種損傷模式儼然已成為運動員的下肢殺手。以美國競技運動領域而言，每年的ACL損傷案例超過20萬件，且泛見於需急停轉向（sidestap cutting）動作的項目或女性競技運動員族群（Ardern, Webster, Taylor, & Feller, 2011; Paterno, Rauh, Schmitt, Ford, & Hewett, 2012）核心穩定能力與髕關節肌力強度不足、合併出現股四頭肌與腿後肌肌力不平衡的現象時，為引發非接觸性ACL損傷發生的內在因素（Thomas, Villwock, Wojtys, & Palmieri-Smith, 2013; Willson, Dougherty, Ireland, & Davis, 2005）。由於髕部肌群沒有足夠的能力負擔著地階段的衝擊力，致使運動員以減少膝關節著地時屈曲角度、降低股四頭肌與臀肌負擔的方式代償，並因腿後肌群收縮速度與力度無法與股四頭肌匹配，因此導致股四頭肌收縮的同時造成更大的脛骨前移量，增加向前方向的剪力，提升ACL傷害發生的機率（Demorat, Weinhold, Blackburn, Chudik, & Garrett, 2004; Markolf et al., 1995）。ACL損傷的女性運動員身上往往可以觀察到膝關節屈曲角度減小（Olsen, Myklebust, Engebretsen, & Bahr, 2004），此現象可能為髕部臀大肌或股四頭肌較弱所致，而同時若負責髕外展與外旋

的臀中肌與梨狀肌無力，則會導致膝關節外翻和內旋角度增加，使膝關節在運動中的傷害風險增加。軀幹、髖關節與下肢能力表現的關係可見一般。髖、膝關節在下肢著地承重時猶如唇齒相依，當執行急停轉向的運動時，膝關節負荷大小與軀幹屈曲、旋轉角度息息相關（Frank et al., 2013），軀幹矢狀面（sagittal plane）的移動幅度越大，髖內旋角度越大，軀幹橫狀面（transverse plane）的移動幅度越大，髖內收的角度上升，髖關節內收與內旋動作的加總將導致膝關節外翻（valgus knee）的動作，ACL的負荷也隨著上升（Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg, & Cholewicki, 2007）。因此，提升運動員核心的穩定狀況，運動過程中適度控制軀幹旋轉角度與下肢相互因應，避免出現軀幹旋轉方向和下肢前進方向不一致的情況發生，為預防膝關節損傷的重要考量因素。此外，術後肌力退化問題可能延伸至髖關節，因此在復健訓練過程不只須考量到股四頭肌肌力恢復情況，髖關節周邊與核心肌群都是必須仔細觀察考量的範圍（Kline et al., 2018）。適度訓練股四頭肌、髖關節周邊肌群肌力及核心穩定能力，除了可以有效減少膝關節在運動過程中的負荷，亦可避免下肢在著地過程中呈現接近完全伸展的狀態，藉此避免著地屈曲角度不足、膝外翻和內旋等等的不良運動模式；透過提供正確的著地策略與控制核心旋轉方向，可以有效降低ACL受傷的風險（De Blaiser et al., 2018; C. Frank et al., 2013;

Nagai, Sell, House, Abt, & Lephart, 2013）。因此可見，所有的運動表現必須建立在良好的軀幹穩定能力之上，有了基礎的穩定能力才可在運動的過程中維持四肢的動作穩定，發展出良好的肌力，降低運動傷害風險與增進運動表現（圖一）。

肆、不穩定表面訓練對肌肉之效益

穩定平面上進行阻力訓練是運動訓練內提升肌力的主要訓練法不穩定平面訓練被廣泛運用在傷後復健與運動訓練上，不穩定平面訓練優勢在於能有效提升核心肌肉運動單位（motor unit）的徵招，增加運動中的肌肉活化，增加訓練時的難度（Chung, Park, Kim, & Park, 2015; J.-H. Kim et al., 2014），以不穩定平面進行訓練的方式包含了抗力球、平衡版、半圓球BOSU、Flexi-bar及TRX或Redcord的懸吊式訓練法。與穩定平面相比，使用不穩定平面進行臥推（bench press）訓練可以增前三角肌（anterior deltoid）、肱二頭肌（biceps brachii）與胸大肌（pectoralis）肌肉活性（Nascimento et al., 2017）。然而不穩定平面訓練對於提升肌力與爆發力表現，仍然備受質疑，在Zemková（2017）的研究中提出，不穩定平面上訓練會使動作向心階段時的力量輸出受到影響，這個原因來自伸張縮短循環（stretch-shortening cycle, SSC）所儲存的彈性能因為不穩定的狀態所抵消所



圖一 運動功能最佳化需求金字塔

資料來源：Kibler et al. (2006)。

致 (Zemková, 2017)。縱然部分證據顯示不穩定平面訓練對於訓練當下對於肌力發展可能存在不利的因素，亦有相當的證據支持不穩定平面訓練提升肌力的效益；比較以抗力球或器械式重量訓練對核心肌力與運動表現影響作為比較的研究結果顯示，六週的抗力球訓練對高中棒球選手核心肌群的肌耐力及棒球基本專項表現與傳統器械式重量訓練的效果相同 (葉益銘、侯建文, 2010)。此外，利用懸吊訓練進行為期6週的核心肌群訓練後，發現軀幹左右旋轉與伸展的最大等長肌力顯著提升 (You et al., 2015)。這些研究說明了介入一段時間的不穩定訓練具有提升核心肌群肌力的正面效益。根據其他研究發現，6週抗力球訓練亦可改善射箭選手的平衡能力 (楊明達、鄭羽潔、詹貴惠, 2015)。同樣是增加外部不穩定負荷的訓練器材Flexi-bar，除了可以立即提升核心肌群的活化比率 (Chung et al., 2015; J.-H. Kim et al., 2014) 之外，6週Flexi-bar的核心訓練使腹橫肌肌肉厚度顯著增加，訓練之後並同時改善了平衡能力 (Lee, Kim, & Lee, 2016)。另一種較常見的不穩定平面訓練方式為平衡板 (wobble board)，以加入平衡板的方式做伏地挺身

動作訓練時，可顯著提高前鋸肌 (serratus anterior) 和前三角肌 (anterior deltoid) 的活化程度；多裂肌 (lumbar multifidus) 和股直肌 (rectus femoris) 則是使用懸吊訓練活化程度較好 (Borreani et al., 2015)，亦會因為使用不同的器材、訓練動作的選擇、外在負荷與訓練背景等因素而有所不同 (Zemková, 2017)。

前述提及非接觸性ACL損傷的內在因素包含腿部肌力的不平衡，如何活化肌群、提升肌群的徵召程度，減少拮抗肌群或協同肌群間的不平衡性，避免動力鏈上出現弱環節，遂成為預防ACL損傷、ACL手術癒後復健的重要目標。由於不穩定表面訓練會讓操作者在運動過程出現輕微晃動現象的先天特性，傳遞至肌肉內的肌梭 (muscle spindle) 系統的輕微晃動使得對肌肉長度變化極敏感的肌梭透過 α 神經迴路刺激肌肉進行收縮，增加運動過程中的肌肉活化程度 (Faries & Greenwood, 2007)。也因此，許多研究結果顯示，不穩定訓練對肌肉的活化效果，除提升運動能力外，亦可收預防ACL傷害發生之效益 (圖二)。究其原因，跳躍後著地的過程中，若膝關節著地時的屈曲角度太小，



圖二 核心控制能力對下肢傷害與運動表現之影響

資料來源：依據De Blaiser et al. (2018)、Willardson et al. (2009) 文獻重新整理。

股四頭肌的收縮會增加ACL所承受的剪力負荷，致使ACL損傷機率提升（Demorat et al., 2004）；此時若能透過股四頭肌與腿後肌的共同收縮、透過腿後肌的離心肌力與股四頭肌相互拮抗，避免ACL產生過大負荷，則可降低ACL損傷的機率。在穩定平面上著陸，肌肉的牽張反射會減少股四頭肌與腿後肌的共同收縮作用，而於不穩定表面上著陸可抑制此一機制，增加股四頭肌與腿後肌共同收縮的能力，達到保護ACL之效益（Lloyd, 2001）。以BOSU作為不穩定平面進行單腳承受體重的肌力訓練時，使用肌電圖比較股四頭與腿後肌的活化狀態，結果發現，當受試者在BOSU上單腳承重時，腿後肌活化程度明顯增加，而股四頭肌則無明顯變化，這呼應了前述不穩定表面訓練可透過徵召更多的肌肉纖維，協助維持關節穩定度，產生降低ACL損傷風險的訓練效益（Shultz, Silder, Malone, Braun, & Drago, 2015）；雖然在BOSU上承重訓練時，有膝關節屈曲角度下降、在額狀面的移動幅度增加的疑慮，研究者認為可透過訓練人員的輔助保護降低訓練時的風險。此外，不穩定訓練大多以閉鎖式動力鏈（closed kinetic chain exercise, CKCE）進行訓練，不論作何種動作變化，都是以核心肌群作為穩定基礎，因此對核心肌群有不錯的刺激效果，如在訓練時增加不穩定因素，對核心肌肉能提供不錯的訓練效果。

伍、懸吊訓練概念與其對於核心肌肉訓練之效益

一、懸吊訓練概念







在眾多不穩定訓練的器材中，懸吊系統操作的靈活性較高，可利用改變繩子長度、力臂長度、懸吊點或增加輪軸滑動與彈性輔助繩等方式調整訓練強度（楊建志、高明峰，2010），此外懸吊訓練還整合了CKCE、肌筋膜（myofascial）、前饋效應（feedforward）等概念。CKCE被定義為在運動時必須固定遠端肢段，使用近端移動來完成動作，如：深蹲、伏地挺身（push-up）

等動作，特點在於高阻力、低剪力、促進本體感覺及在肢段活動時提升核心肌肉參與，也是較具功能性的訓練方式，CKCE的訓練方式在運動復健過程中是常被選用的運動模式（Beynon et al., 2005）。筋膜的功能在於維持身體姿勢、力量傳遞與串聯的功能（Myers, 2013），當身體某部位開始產生動作時，就會透過筋膜的串聯，使同一條筋膜線上的肌肉開始產生微小的張力改變，如闊背肌在活動時會導致對側臀大肌的張力變化，這個現象是同時證明前饋控制與筋膜串連的例子（do Carmo Carvalhais et al., 2013）。當上肢移動產生的肌肉張力變化，透過背部胸腰筋膜（thoracolumbar fascia）以交叉方式連接至對側臀肌，使核心肌肉受到筋膜串聯之影響產生前饋效應（do Carmo Carvalhais et al., 2013）。前饋控制最重要的功能是，當大腦預知要執行某個動作時，相關的穩定肌肉必須在動作開始之前進行活化，以避免身體出現重心偏移並提供穩定，當動作的預期結果與實際不符時，身體能即時偵測差異，並在肢體到達受傷角度前能快速修正錯誤或進行動作控制的微小調整（Angel & Higgins, 1969）。由於懸吊訓練可透過特定的動作設計來訓練特定的動力鏈，例如列表一的Redcord訓練動作，平板式捲腹（prone hip flexion）與仰躺交替髖伸展（supine pelvic lift）等動作增加軀幹矢狀面的控制能力，側棒式外展（side plank abduction）增加額狀面（frontal plane）控制能力，仰躺軀幹旋轉（supine trunk rotation）增加橫狀面控制能力，以及弓箭步（lunge）與深蹲（squat）增加下肢控制能力等動作配合閉鎖式動作與不穩定平面對核心穩定能力較高的要求，可以增加在訓練中核心前饋效應的產生。

二、懸吊訓練對於核心肌群之訓練效益

過去的研究結果認為，核心肌肉在運動中如果可以達到最大自主等長收縮的41 ~ 60%時，被認定為高度活化效果（Escamilla et al., 2010），而懸吊訓練可提高運動過程中核心肌群活性的證據已經非常多（Krause et al.,

表一 懸吊訓練建議動作

| 懸吊訓練動作 | | | |
|------------------------------------|--|---------------------------------|--|
| 名稱 | 圖 | 名稱 | 圖 |
| 仰躺交替髖伸展 (supine pelvic lift) |  | 側棒式外展 (side plank abduction) |  |
| 仰躺交替髖伸展 (supine trunk rotation) |  | 平板式捲腹 (prone hip flexion) |  |
| 深蹲 (squat) |  | 弓箭步 (lunge) |  |

2018; Lee, Park, & Lee, 2015; Snarr & Esco, 2014)，也確實可以在運動時讓核心肌肉達到60%的高度活化水準 (Cugliari & Boccia, 2017)。運動表現方面發現，懸吊訓練對提升下肢穩定能力、敏捷能力與跳躍能力有顯著改善的效果。其中一篇利用高強度間歇懸吊訓練對運動能力做探討的文獻發現，經訓練後提升仰臥起坐、立定跳遠、平衡能力、T型折返跑、垂直跳躍高度、等多項運動表現能力 (陳書芸、陳哲修、賴長琦、江鴻粧、鄭鴻文，2016)。另一項研究也指出，6週的懸吊訓練可有效增加籃球選手的跳躍與敏捷能力，因為懸吊訓練對腹部與骨盆周圍肌肉有明顯的激活作用，對於下肢運動表現可能有正面的影響 (Nalbant & Kinik, 2018)。與傳統的開放式動力鏈 (open kinetic chain, OKCE) 阻力訓練相比，在利用CKCE懸吊訓練13週後，兩種訓練方式都增加了最大

肌力表現，但只有CKCE組在訓練後改善了懸吊伏地挺身 (sling push-up) 測試結果 (Dannelly et al., 2011)，在此篇研究的結果可以發現，兩種訓練階提升了肌力表現，但因為阻力訓練的訓練過程缺乏不穩定因素的干擾，因此在需要良好控制能力的懸吊伏地挺身上未出現顯著進步，所以懸吊伏地挺身測試的結果並不理想，這點也說明了懸吊訓練在短期的訓練效益可能優於傳統的阻力訓練，目前已經有研究指出於不穩定平面上會影響最大肌力的輸出，但長期的懸吊訓練是否會導致最大肌力無法持續提升是有待後續研究觀察的。懸吊訓練可能可以改善體能檢測指標外，在專項運動表現上也發現可以提升競技運動選手的專項運動表現。過去研究指出，進行6週懸吊訓練，與對照組相比，訓練組顯著提升4.9%女子手球運動員的投擲球速 (Saeterbakken, van den Tillaar, & Seiler,

2011)，8週的懸吊訓練亦可對足球踢擊球速表現顯著提升3.5% (Stray-Pedersen et al., 2006)。另一篇研究則觀察了青少年柔道選手在經過8週懸吊訓練後顯著提升仰臥起坐、垂直跳與柔道專項技術表現 (游晴惠、許正心、宋映呈、高敏雄、沈志堅, 2017)。以上研究結果可以發現，利用懸吊系統製造的不穩定因素加上CKCE運動模式進行每週2~3每次2~3組，共為期6~8週的訓練，可以提升了核心肌肉活性與穩定能力。懸吊式訓練對於運動表現之效益詳列於表二。

陸、結論與建議

根據過去研究結果可以確定，核心與下肢肌力是運動表現與預防傷害的重要指標。在運動過程中，軀幹角度的變化會影響骨盆與下肢關節的排列與穩定 (Frank et al., 2013)，在高強度的運動競賽中，不良的核心能力將導致下肢傷害風險的提升。在不穩定表面進行核心肌群的訓練是有效的刺激方式，亦是下肢傷後復建的較佳選擇，與其他

不穩定器材相比，懸吊訓練似乎對核心肌肉與股直肌的活化效果較佳。目前研究已發現懸吊訓練對核心肌力與運動表現有不錯的訓練效益，未來研究可利用懸吊訓練針對核心肌群進行鍛鍊，並觀察對下肢不利的運動傷害因子是否可以獲得改善。

參考文獻

- 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。doi:10.5297/ser.1803.007
- 游晴惠、許正心、宋映呈、高敏雄、沈志堅 (2017)。懸吊訓練 (TRX) 對國中柔道選手專項運動表現之研究。《運動教練科學》，47，15-25。doi:10.6194/SCS.2017.47.02
- 楊明達、鄭羽潔、詹貴惠 (2015)。抗力球訓練對射箭選手肌肉功能，平衡能力與運動表現的影響。《體育學報》，48(2)，139-148。doi:10.3966/102472972015064802002

表二 懸吊訓練對運動表現之效益文獻整理

| 研究者 | 研究對象 | 研究設計 | 結果 |
|------------------------------|-----------------|--|--|
| 陳書芸等 (2016) | 30位舞蹈專長生 | 每週2次，共8週懸吊訓練介入 | 顯著提升仰臥起坐、立定跳遠、平衡能力、T型折返跑、加速爆發力、垂直跳躍高度、垂直爆發力等運動能力 |
| You et al. (2015) | 12位27歲下背痛患者 | 每週3次，共6週懸吊訓練介入 | 提升軀幹旋轉與伸展肌力 |
| Dannelly et al. (2011) | 26位19歲無訓練經驗女性 | 研究對象隨機分為傳統阻力訓練與懸吊訓練，進行13週訓練 | 兩組受試者皆提升膝關節與肩關節肌力，但僅有懸吊訓練組提升了懸吊式俯臥掌撐的反覆次數 |
| Nalbant and Kinik (2018) | 20位18歲男性籃球運動員 | 每週2次，每次2~3組，共6週懸吊訓練介入 | 顯著提升腕部屈曲力量、垂直跳、敏捷與衝刺速度 |
| Huang et al. (2011) | 16位19歲非投手之棒球運動員 | 16位受試者接受懸吊與thrower's 10兩種不同熱身方式，比較投擲運動表現 | 懸吊式熱身與thrower's 10兩種熱身方式對投擲精準與投擲速度無顯著差異 |
| Saeterbakken et al. (2011) | 24位16歲女子高中手球運動員 | 分為懸吊訓練組與對照組，訓練組進行每週2次共6週的懸吊訓練 | SET組的最高投擲速度顯著提高4.9%，對照組則沒有變化 |
| Stray-Pedersen et al. (2006) | 21位足球運動員 | 12位受試者為訓練組、9位控制組，實驗組接受每週2次，共8週懸吊訓練介入 | 訓練組的踢擊球速顯著增加3.5% |
| 游晴惠等 (2017) | 16位14歲柔道運動員 | 隨機分成訓練組與控制組，訓練組進行每週3次每次3組，共8週懸吊訓練 | 訓練組顯著提升1分鐘仰臥起坐、垂直跳躍與專項運動表現 |

- 楊建志、高明峰 (2010)。懸吊運動介紹。體育學系系刊, **10**, 53-64。doi:10.29793/TYHHHK.201007.0006
- 葉益銘、侯建文 (2010)。抗力球訓練對高中棒球選手專項運動表現的影響。大專體育學刊, **12** (2), 51-58。doi:10.5297/ser.1202.006
- Angel, R. W., & Higgins, J. R. (1969). Correction of false moves in pursuit tracking. *Journal of Experimental Psychology*, *82*(1), 185-187. doi:10.1037/h0028032
- Ardern, C. L., Webster, K. E., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2011). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: A systematic review and meta-analysis of the state of play. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(7), 596-606. doi:10.1136/bjism.2010.076364
- Bashir, S. F., Nuhmani, S., Dhall, R., & Muaidi, Q. I. (2019). Effect of core training on dynamic balance and agility among Indian junior tennis players. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, *32*(2), 245-252. doi:10.3233/BMR-170853
- Beynon, B. D., Uh, B. S., Johnson, R. J., Abate, J. A., Nichols, C. E., Fleming, B. C., et al. (2005). Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *The American Journal of Sports Medicine*, *33*(3), 347-359. doi:10.1177/0363546504268406
- Borreani, S., Calatayud, J., Colado, J. C., Moya-Nájera, D., Triplett, N. T., & Martin, F. (2015). Muscle activation during push-ups performed under stable and unstable conditions. *Journal of Exercise Science & Fitness*, *13*(2), 94-98. doi:10.1016/j.jesf.2015.07.002
- 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. doi:10.1589/jpts.27.2275
- Clark, M. A., Lucett, S., & Corn, R. J. (2008). *NASM essentials of personal fitness training*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Cugliari, G., & Boccia, G. (2017). Core muscle activation in suspension training exercises. *Journal of Human Kinetics*, *56*(1), 61-71. doi:10.1515/hukin-2017-0023
- Dannelly, B. D., Otey, S. C., Croy, T., Harrison, B., Rynders, C. A., Hertel, J. N., et al. (2011). The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(2), 464-471. doi:10.1519/JSC.0b013e318202e473
- De Blaiser, C., Roosen, P., Willems, T., Danneels, L., Bossche, L. V., & De Ridder, R. (2018). Is core stability a risk factor for lower extremity injuries in an athletic population? A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, *30*, 48-56. doi:10.1016/j.ptsp.2017.08.076
- Demorat, G., Weinhold, P., Blackburn, T., Chudik, S., & Garrett, W. (2004). Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, *32*(2), 477-483. doi:10.1177/0363546503258928
- do Carmo Carvalhais, V. O., de Melo Ocarino, J., Araújo, V. L., Souza, T. R., Silva, P. L. P., & Fonseca, S. T. (2013). Myofascial force transmission between the latissimus dorsi and gluteus maximus muscles: An in vivo experiment. *Journal of Biomechanics*, *46*(5), 1003-1007. doi:10.1016/j.jbiomech.2012.11.044
- Escamilla, R. F., Lewis, C., Bell, D., Bramblet, G., Daffron, J., Lambert, S., et al. (2010). Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *Journal*

- of *Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(5), 265-276. doi:10.2519/jospt.2010.3073
- Faries, M. D., & Greenwood, M. (2007). Core training: Stabilizing the confusion. *Strength and Conditioning Journal*, 29(2), 10-25. doi:10.1519/1533-4295(2007)29[10:CTSTC]2.0.CO;2
- Frank, B., Bell, D. R., Norcross, M. F., Blackburn, J. T., Goerger, B. M., & Padua, D. A. (2013). Trunk and hip biomechanics influence anterior cruciate loading mechanisms in physically active participants. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(11), 2676-2683. doi:10.1177/0363546513496625
- Frank, C., Kobesova, A., & Kolar, P. (2013). Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(1), 62-73.
- Hewett, T. E., & Myer, G. D. (2011). The mechanistic connection between the trunk, knee, and anterior cruciate ligament injury. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 39(4), 161-166. doi:10.1097/JES.0b013e3182297439
- 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. doi:10.1519/JSC.0b013e3181da7845
- Iizuka, S., Imai, A., Koizumi, K., Okuno, K., & Kaneoka, K. (2016). Immediate effects of deep trunk muscle training on swimming start performance. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 11(7), 1048-1053.
- Imai, A., Kaneoka, K., Okubo, Y., & Shiraki, H. (2014). Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(1), 47-57.
- Kibler, W. B. (1994). Clinical biomechanics of the elbow in tennis: Implications for evaluation and diagnosis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(10), 1203-1206. doi:10.1249/00005768-199410000-00004
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36(3), 189-198. doi:10.2165/00007256-200636030-00001
- Kim, J.-H., Kim, Y., & Chung, Y. (2014). The influence of an unstable surface on trunk and lower extremity muscle activities during variable bridging exercises. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(4), 521-523. doi:10.1589/jpts.26.521
- Kim, J. H., Kim, Y. E., Bae, S. H., & Kim, K. Y. (2013). The effect of the neurac sling exercise on postural balance adjustment and muscular response patterns in chronic low back pain patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(8), 1015-1019. doi:10.1589/jpts.25.1015
- Kline, P. W., Burnham, J., Yonz, M., Johnson, D., Ireland, M. L., & Noehren, B. (2018). Hip external rotation strength predicts hop performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(4), 1137-1144. doi:10.1007/s00167-017-4534-6
- Krause, D. A., Elliott, J. J., Fraboni, D. F., McWilliams, T. J., Rebhan, R. L., & Hollman, J. H. (2018). Electromyography of the hip and thigh muscles during two variations of the lunge exercise: A cross-sectional study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(2), 137-142. doi:10.26603/ijpspt20180137
- Lee, D., Park, J., & Lee, S. (2015). Effects of bridge exercise on trunk core muscle activity with respect to sling height and hip joint abduction and adduction. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(6), 1997-1999. doi:10.1589/jpts.27.1997
- Lee, S.-J., Kim, Y.-N., & Lee, D.-K. (2016).

- The effect of flexi-bar exercise with vibration on trunk muscle thickness and balance in university students in their twenties. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(4), 1298-1302. doi:10.1589/jpts.28.1298
- Lloyd, D. G. (2001). Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(11), 645-654. doi:10.2519/jospt.2001.31.11.645
- Markolf, K. L., Burchfield, D. M., Shapiro, M. M., Shepard, M. F., Finerman, G. A. M., & Slauterbeck, J. L. (1995). Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *Journal of Orthopaedic Research*, 13(6), 930-935. doi:10.1002/jor.1100130618
- Marshall, R. N., & Elliott, B. C. (2000). Long-axis rotation: The missing link in proximal-to-distal segmental sequencing. *Journal of Sports Sciences*, 18(4), 247-254. doi:10.1080/026404100364983
- Myers, T. W. (2013). *Anatomy trains e-book: Myofascial meridians for manual and movement therapists*. Amsterdam, Nederland: Elsevier Health Sciences.
- Nagai, T., Sell, T. C., House, A. J., Abt, J. P., & Lephart, S. M. (2013). Knee proprioception and strength and landing kinematics during a single-leg stop-jump task. *Journal of Athletic Training*, 48(1), 31-38. doi:10.4085/1062-6050-48.1.14
- 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. doi:10.11114/jets.v6i6.3257
- Nascimento, V. Y. S., Torres, R. J. B., Beltrão, N. B., dos Santos, P. S., Pirauá, A. L. T., de Oliveira, V. M. A., et al. (2017). Shoulder muscle activation levels during exercises with axial and rotational load on stable and unstable surfaces. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(2), 118-123. doi:10.1123/jab.2016-0177
- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: A systematic video analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002-1012. doi:10.1177/0363546503261724
- Paterno, M. V., Rauh, M. J., Schmitt, L. C., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2012). Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury after primary ACL reconstruction and return to sport. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 22(2), 116-121. doi:10.1097/JSM.0b013e318246ef9e
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 712-718. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cc227e
- 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. doi:10.1519/JSC.0b013e31822600e5
- Shultz, R., Silder, A., Malone, M., Braun, H. J., & Dragoo, J. L. (2015). Unstable surface improves quadriceps: Hamstring co-contraction for anterior cruciate ligament injury prevention strategies. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 7(2), 166-171. doi:10.1177/1941738114565088
- Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2014). Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3298-

3305. doi:10.1519/JSC.0000000000000521
- Stray-Pedersen, J. I., Magnusen, R., Kuffel, E., Seiler, S., & Katch, F. I. (2006). Sling exercise training improves balance, kicking velocity, and torso stabilisation strength in elite soccer players: 1611Board #250 9:30 AM–10:30 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(5), S243. doi:10.1249/00005768-200605001-01945
- Teyhen, D. S., Bluemle, L. N., Dolbeer, J. A., Baker, S. E., Molloy, J. M., Whittaker, J., et al. (2009). Changes in lateral abdominal muscle thickness during the abdominal drawing-in maneuver in those with lumbopelvic pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(11), 791-798. doi:10.2519/jospt.2009.3128
- Thomas, A. C., Villwock, M., Wojtys, E. M., & Palmieri-Smith, R. M. (2013). Lower extremity muscle strength after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 48(5), 610-620. doi:10.4085/1062-6050-48.3.23
- Weston, M., Hibbs, A. E., Thompson, K. G., & Spears, I. R. (2015). Isolated core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(2), 204-210. doi:10.1123/ijsp.2013-0488
- Willardson, J. M., Fontana, F. E., & Bressel, E. (2009). Effect of surface stability on core muscle activity for dynamic resistance exercises. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(1), 97-109. doi:10.1123/ijsp.4.1.97
- Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M. L., & Davis, I. M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 13(5), 316-325. doi:10.5435/00124635-200509000-00005
- 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. doi:10.1589/jpts.27.2591
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: Prospective biomechanical-epidemiologic study. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123-1130. doi:10.1177/0363546507301585
- Zemková, E. (2017). Instability resistance training for health and performance. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(2), 245-250. doi:10.1016/j.jtcme.2016.05.007