

急停跳動作之傷害機轉與預防-以生物力學觀點進行探討 Injury Mechanisms and Prevention during Stop-Jump Task

¹張博涵 Po-Han Chang ¹黃長福 Chen-Fu Huang* ¹洪敏豪 Min-Hao Hung

¹國立臺灣師範大學體育學系 Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

投稿日期：2014 年 3 月；通過日期：2014 年 5 月

摘要

在現今的社會之中，運動風氣盛興，隨處可見的球場總有人在運動，但是伴隨著運動而來的除了健康還有傷害。急停跳動作是一個許多運動項目常見的動作，不論是籃球的急停跳投、足球的禁區頭頂射門及排球的扣殺等，都需要用到這樣的技巧，它需要急速的減速並起跳，這樣的動作會於膝節前十字韌帶會造成很大的負荷，並有可能帶來損傷。本篇研究希望以生物力學的觀點對於急停跳動作進行探討，針對過去急停跳的文獻進行統整，以動作策略、生理構造及疲勞等因素進行討論，希望從中整理出急停跳動作的傷害機轉以及如何去預防傷害的發生，藉此回饋給職業運動員及廣大有興趣接觸運動的大眾。

關鍵字：動作策略、生理構造、疲勞

壹、緒論

在現今的運動場上，隨著運動員的技巧及身體素質不斷的增強，比賽過程相對地增加更多的刺激感與更強的競爭性，而在這樣的環境之下，運動傷害總是伴隨而來，而其中膝關節傷害發生的次數僅次於踝關節傷害，但相對於踝關節傷害，膝關節的損傷對於運動員的影響更加的巨大，且癒合時間也必須相對的拉長，對於僅有幾年黃金時光的職業運動員來說，膝關節傷害是相當危險且頻繁發生的。

大部分的膝關節扭傷皆與前十字韌帶 (anterior cruciate ligament; ACL) 傷害有關，在美國 15-25 歲之間的年輕人，每年約有 80000 至 250000 人發生 ACL 傷害 (Flynn et al., 2005)，而多數 ACL 損傷則是在運動場上所發生的，根據 NCAA 在西元 2000 年至 2001 年的統計，膝關節傷害的發生率最高的運動項目為足球、籃球、田徑、曲棍球等運動 (NCAA, 2002)。以解剖學方面來說，ACL 可提供膝關節穩定性、防止股骨向前滑脫以及限制脛骨轉動之功能，因此受到傷害之後會引發不正常的膝關節動作，甚至會造成膝關節周圍軟組織的傷害及退化，神經聯結遭受破壞，引發一連串反應，影響股直肌活化，限制肌肉力量再獲得，並在行走時產生股四頭肌的抑制現象，影響膝關節功能的發揮 (Irrgang, 1993; Johnson, & Wannner, 1993; 張世緯、張怡雯, 2011; 黃奕銘、張雅如, 2011)。

在臨床上的實驗，也證實股直肌的活化程度對於著地時膝關節的穩定度有相當大的影響，當 ACL 受損時，則會導致股直肌無法正常活化，因而減少著地時的穩定度 (黃奕銘、鴻宗穎、念裕祥、張雅如、湯文慈, 2011)。而在過去研究之中證實 ACL 與股二頭肌及腓腸肌之間存在反射路徑 (Tsuda, Okamura, Otsuka, Komatsu, & Tokuya, 2001)，當脛骨前移時，ACL、股二頭肌及腓腸肌會共同作用來使膝關節穩定，而股二頭肌及腓腸肌的活化程度也能反應出 ACL 的負荷情況 (黃奕銘、張雅如, 2011)。

眾多運動中有著許多相同的動作，其中急停跳 (Stop-jump Movement) 這個動作，不論在籃球、排球、棒壘球或是足球都很常見，這個動作需要及快速的減速並立即地變換方向，因此會造成近端脛骨向前的剪力，容易對 ACL 造成很大的壓力 (Chappell, Yu, Kirkendall, & Garrett, 2002)，是一個膝關節扭傷相當大的機轉。過去文獻中提到，我們可以藉由前後的地面反作用力、膝關節的屈曲力矩及股直肌的均方根振幅來預測近端脛骨向前的剪力，當上述這三個參數增大時，就有可能對於膝關節造成過大的剪力 (Sell et al., 2007)。然而在急停跳動作中，有幾個重要的影響因素，著地的方式 (足尖或足跟)、向後的地面反作用力大小以及著地時膝關節的彎曲角度及膝關節周圍肌肉收縮能力與反應能力 (Yu, Lin, & Garrett, 2006)。本篇文章

*通訊作者：黃長福 Email : killua75630@hotmail.com

地址：(116)臺北市文山區汀州路四段 88 號 體育學系

希望藉由生物力學的觀點來探討急停跳動作中較易造成傷害的機轉及如何預防傷害的發生, 並希望使從事運動的選手及一般大眾對此動作有更深入的了解。

貳、急停跳動作之傷害機轉

急停跳動作容易對於 ACL 產生較高的負荷, 是因為它是由高速瞬間減速並且轉換方向的動作, 然而會影響 ACL 負荷程度的變因還有年齡、性別、動作策略及疲勞與否, 本章節將依序討論之。

一、生理構造對於急停跳動作之影響

生理構造對於從事運動來說有相當大的影響, 年齡關係著肌肉骨頭的發育是否完全, 而性別更是影響了整體的生理構造, 在大專的階段, 女性運動員相較於男性有較高的膝關節損傷風險, 在 NCAA 官方統計上, 1990~2002 年間女性籃球及足球運動員發生 ACL 損傷的人數為男性的 3.59 及 2.78 倍(Agel, Arendt, & Bershadsky, 2005)。相較於男性, 女性有較大的 Q 角度、ACL 覆蓋面積較小及肌力、協調性與動作控制能力較差等問題(Yu et al., 2005), 同時該篇文章研究男、女各 30 名, 年齡分布在 11-16 歲之間的年輕足球員, 年紀與性別對於急停垂直跳動作的下肢段影響, 結果指出年齡與性別對於著地接觸地面瞬間的膝關節角度與著地期最大的膝關節屈曲角度達顯著相關, 男性足球員會隨著年齡增加而在著地瞬間增加膝關節屈曲角度, 然而女性則是相反, 隨著年齡增加減少著地瞬間的膝關節角度, 尤其在 14 歲之後更為明顯, 在髕關節也看到同樣的結果, 過小的膝關節屈曲角度會增加 ACL 的負荷, 這在急停跳動作中是一項容易造成傷害的機轉; 此外有研究指出在急停跳動作中, 女性在接觸地面瞬間有較小的髕及膝關節角度與髕關節角速度, 同時在緩衝過程中膝關節角度在膝關節向前剪力峰值時較男性小, 並在最大膝關節屈曲角度上也是較小的(Yu et al., 2006), 在肌肉活化程度上面, 也發現女性在著地前就徵招了較多的股後肌腱群(約高出男性 20%)參與作用, 並在著地後有較高的股直肌活化程度(約高出男性 12%), 顯示出在著地前女性就呈現較為僵直的狀況, 影響了後續緩衝之效果, 並減少了膝關節屈曲角度(Chappell, Creighton, Giuliani, Yu, & Garrett, 2007), 同時更有學者利用模擬男性與女性在急停跳動作中的緩衝期, 發現同樣在女性的 ACL 相較於男性有更高的張力, 同時更容易有 ACL 損傷的風險(Weinhold et al., 2007)。

二、動作策略對於急停跳動作之影響

在急停跳動作中, 各關節如何有效地配合以緩衝急停所帶來的衝擊力, 同時不同著地策略及起跳方向皆會造成 ACL 不同的負荷程度, Chappell 等學者在 2002 年, 比較性別與 3 種不同方向急停跳動作(急停後向前、垂直、向後跳)的研究中, 受試者為健康男女性運動員各 10 名, 結果發現在緩衝期脛骨近端向前剪力峰值, 3 種急停跳的方向也呈現顯著差異(向後>垂直>向前), 而在起跳期脛骨近端向前剪力峰值在 3 種急停跳的方向也呈現顯著差異(向後>垂直>向前)。進而更有研究細項去探討下肢關節對於緩衝的重要性, 發現髕關節與膝關節在急停垂直跳動作中的著地期是會影響到地面反作用力, 在接觸地面的瞬間髕關節動作影響前後分力, 而膝關節動作則影響垂直分力, 並且膝關節屈曲力矩與向前剪力與地面反作用力呈現高度相關(Yu et al., 2006)。由此可知, 髕關節動作與反應能力對於前十字韌帶的負荷量在急停垂直跳動作中也是很重要的。

三、疲勞對於急停跳動作之影響

在激烈的運動場上, 疲勞的發生是無法避免的, 尤其是對於專業的運動員來說, 每個人都想對自身的球隊拚到最後一刻, 但是往往就在這樣的時刻, 容易造成無法緩回的傷害, 而疲勞儼然成為容易造成傷害的重要因素之一。在 2005 年學者研究結合折返跑與反覆跳躍的疲勞方式介入三種方向急停跳動作的影響, 結果發現不論男女, 在經過疲勞處理後跳躍高度約下降 5 公分、近端脛骨向前剪力約增加 21% 及在近端脛骨向前剪力峰值時的膝關節屈曲角度約下降 14%, 其中女性的各項數據在疲勞處理後更為明顯(Chappell et al., 2005); 而在過去研究中也發現, 經由慢速衰竭是疲勞後進行單腳的急停跳動作, 不論男性或女性皆會增加膝關節外翻角度與降低著地瞬間的屈曲角度(Benjaminse et al., 2008); 另外也有學者研究快速疲勞與慢速衰竭性疲勞對急停跳動作之影響, 發現兩種疲勞介入後皆會降低接觸地面及垂直分力峰值瞬間髕關節屈曲角度與前後分力峰值瞬間膝關節屈曲角度, 而在快速疲勞部分更會增加膝關節在接觸地面瞬間的內收力矩, 證實在疲勞後的下肢段肌群, 會增加前十字韌帶的負荷量, 增加受到傷害的機率, 而快速疲勞會比慢速疲勞的風險更高(Quammen et al., 2012), 然而當今高強度的競賽皆為折返跑式的比賽(籃球、足球及橄欖球等), 更顯得疲勞對於造成傷害之間的強烈關係。

參、急停跳動作之傷害預防

然而經由上述眾多學者所研究之成果，我們了解到了在急停跳動作中容易造成傷害的機轉在哪，而更重要的是如何降低這樣的現象，減少傷害發生的機率。

一、介入護具與貼紮

護具的穿戴與防護性質的貼紮介入都是在激烈的運動場上十分常見的，像是在籃球的聖殿 NBA 打拼的林書豪就應為反覆的急停動作導致膝關節損傷，進而養成在比賽時穿戴膝關節護具之習慣。過去研究也發現穿戴有束縛性的膝關節護具會較無束縛性或未穿戴膝關節護具的受試者在前後分力峰值有較大的膝關節屈曲角度，而不論穿戴有或無束縛性的護具皆會降低前後分力峰值，並在跳躍高度上沒有到顯著差異(Lin, Liu, Garrett, & Yu, 2008)，這表示穿戴有束縛性的護具能夠藉由增加膝關節屈曲角度降低 ACL 的負荷，並不影響跳躍表現；而在國內也有學者研究傳統貼紮與肌內效貼紮介入膝關節對急停動作之影響，發現在水平分力峰值及壓力中心前後位移量上，傳統和肌內效貼紮顯著小於無貼紮，到達力量峰值時膝關節角度變化量，傳統與肌內效貼紮則顯著大於無貼紮，在肌肉活化情形上，股直肌與腓腸肌的平均肌電振幅皆是傳統與肌內效貼紮顯著小於無貼紮情境(張博涵、翁梓林、林羿君，2013)，顯示出貼紮的介入確實能夠減少 ACL 的負荷並增加在緩衝期的穩定性。

二、介入訓練

訓練是一位運動員平時所需要反覆去進行的重要事項，許多傷害的發生更是因為身體的肌力或技巧未能達到完成動作的水平，因此更加凸顯出平時訓練的重要性，同時在訓練的過程中更要因應不同動作所需要的不同肌群來進行，才能夠更加有效的避免傷害的發生。過去研究本體感覺與膝關節肌肉力量證實與急停動作中接觸地面瞬間膝關節角度有高度的正相關(Nagai, Sell, House, Abt, & Lephart, 2013)，顯示出增加肌力與本體感覺確實可以降低膝關節傷害之風險。有學者在介入 9 週單純肌力訓練後進行急停跳測試，其中訓練內容包括股四頭肌、股二頭肌、臀中肌及臀大肌之肌力訓練，結果發現，相較於控制組(未進行任何肌力訓練)，四條肌群肌肉力量明顯的提升，但在急停跳動作中髌及膝關節並未達顯著差異(Herman et al., 2008)，表示單純的肌力訓練並無法有效地降低 ACL 的負荷，在同年有另一篇研究，探討 6 週神經肌肉訓練介入後對急停跳動作之影響，其中的訓練內容就不

單只是單純的肌力訓練更包含平衡、關節穩定度、跳躍式與漸進式訓練，結果發現經過六週訓練後緩衝期的膝關節外翻力矩明顯降低，同時在垂直跳的表現上也有顯著的增加(Chappell & Limpisvasti, 2008)，這表示訓練的內容不能僅是單純的肌力訓練，更重要的是要增加神經肌肉的控制能力，才能有效地降低傷害的產生。

肆、結語

急停跳動作主要需依靠下肢各關節肌群共同作用來完成，其中髌與膝關節在動作過程中扮演更重要的角色，因此容易造成 ACL 損傷的機轉包括過小的髌、膝關節屈曲角度、過大的膝關節外翻力矩、過大的前後地面反作用力及過大的膝關節向前剪力等，因此為避免傷害的產生，平時的訓練中除單純肌力訓練外更應增加膝關節的神經肌肉訓練，而在高運動強度的比賽當中，必要時則可以穿戴護具或採用防護式貼紮，以降低其傷害之風險。

伍、參考文獻

- 張世緯、張怡雯 (2011)。前十字韌帶損傷對下肢運動生物力學的影響。**大專體育**，112，69-75。
- 張博涵、翁梓林、林羿君 (2013)。不同膝關節貼紮類型對急停動作穩定性之影響。**大專體育學刊**，15(3)，374-382。
- 黃奕銘、張雅如 (2011)。前十字韌帶受傷後股四頭肌萎縮的機制—周邊神經的影響。**中華體育季刊**，25(3)，419-426。
- 黃奕銘、鴻宗穎、念裕祥、張雅如、湯文慈 (2011)。電刺激增加感覺輸入之肌力訓練對前十字韌帶損傷者股四頭肌自主活化與落地表現的影響。**大專體育學刊**，13(3)，327-336。
- Agel, J., Arendt, E. A., & Bershadsky, B. (2005). Anterior cruciate ligament injury in National Collegiate Athletic Association basketball and soccer a 13-year review. *The American journal of sports medicine*, 33(4), 524-531.
- Benjaminse, A., Habu, A., Sell, T. C., Abt, J. P., Fu, F. H., Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2008). Fatigue alters lower extremity kinematics during a single-leg stop-jump task. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 16(4), 400-407.
- Chappell, J. D., Creighton, R. A., Giuliani, C., Yu, B., &

- Garrett, W. E. (2007). Kinematics and Electromyography of Landing Preparation in Vertical Stop-Jump Risks for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *The American journal of sports medicine*, 35(2), 235-241.
- Chappell, J. D., Herman, D. C., Knight, B. S., Kirkendall, D. T., Garrett, W. E., & Yu, B. (2005). Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. *The American journal of sports medicine*, 33(7), 1022-1029.
- Chappell, J. D., & Limpisvasti, O. (2008). Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *The American journal of sports medicine*, 36(6), 1081-1086.
- Flynn, R. K., Pedersen, C. L., Birmingham, T. B., Kirkley, A., Jackowski, D., & Fowler, P. J. (2005). The Familial Predisposition Toward Tearing the Anterior Cruciate Ligament A Case Control Study. *The American journal of sports medicine*, 33(1), 23-28.
- Herman, D. C., Weinhold, P. S., Guskiewicz, K. M., Garrett, W. E., Yu, B., & Padua, D. A. (2008). The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *The American journal of sports medicine*, 36(4), 733-740.
- Lin, C.-F., Liu, H., Garrett, W. E., & Yu, B. (2008). Effects of a knee extension constraint brace on selected lower extremity motion patterns during a stop-jump task. *Journal of applied biomechanics*, 24(2).
- 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.
- Quammen, D., Cortes, N., Van Lunen, B. L., Lucci, S., Ringleb, S. I., & Onate, J. (2012). Two different fatigue protocols and lower extremity motion patterns during a stop-jump task. *Journal of athletic training*, 47(1), 32.
- Sell, T. C., Ferris, C. M., Abt, J. P., Tsai, Y. S., Myers, J. B., Fu, F. H., & Lephart, S. M. (2007). Predictors of proximal tibia anterior shear force during a vertical stop - jump. *Journal of Orthopaedic Research*, 25(12), 1589-1597.
- Weinhold, P. S., Stewart, J.-D. N., Liu, H.-Y., Lin, C.-F., Garrett, W. E., & Yu, B. (2007). The influence of gender-specific loading patterns of the stop-jump task on anterior cruciate ligament strain. *Injury*, 38(8), 973-978.
- Yu, B., Lin, C.-F., & Garrett, W. E. (2006). Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. *Clinical Biomechanics*, 21(3), 297-305.
- Yu, B., McClure, S. B., Onate, J. A., Guskiewicz, K. M., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. E. (2005). Age and gender effects on lower extremity kinematics of youth soccer players in a stop-jump task. *The American journal of sports medicine*, 33(9), 1356-1364.