airiti Library

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

國小高年級學童高台著地下肢負荷與勁度特性之性別差異探討

Gender Differences in Lower Extremity Loading and Stiffness during Drop Landing in Elementary School Students

doi:10.6222/pej.4404.201112.0904

體育學報, 44(4), 2011

Physical Education Journal, 44(4), 2011

作者/Author： 王思宜(Shi-Yi Wang);梁恆毅(Heng-Yi Liang);王令儀(Li-I Wang)

頁數/Page： 537-547

出版日期/Publication Date：2011/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

http://dx.doi.org/10.6222/pej.4404.201112.0904

DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，
是這篇文章在網路上的唯一識別碼，
用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 http://doi.airiti.com

For more information,

Please see: http://doi.airiti.com

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

最完整的學術整合查詢平台—華藝線上圖書館 ● http://www.airitilibrary.com ● Find more academic articles on Airiti Library

Physical Education Journal
Society of Physical Education, Taipei, Taiwan
Vol. 44, No. 4, pp. 537～548 (2011.12)

體育學報
中華民國體育學會
第 44 卷第 4 期，頁 537～548 (2011.12)

國小高年級學童高台著地下肢負荷與勁度特性之性別差異探討

王思宜[1]、梁恆毅[2]、王令儀[3]
[1]國立政治大學體育室、[2]屏東縣立高士國民小學、
[3]國立東華大學體育與運動科學系

摘　要

目的：探討不同性別之國小高年級學童於高台落下時，其著地動作與負荷上的差異及其下肢勁度調節之特性。**方法：**以國小高年級 11 名男學童與 10 名女學童爲研究對象，利用一部 MegaSpeed 高速攝影機 (120 Hz) 與一塊 AMTI 測力板 (1200 Hz) 同步擷取學童從 40 公分高台落下的著地資料，透過 Kwon3D 與 KwonGRF 軟體進行資料處理，並以彈簧質量模型計算腿部垂直勁度。利用 SPSS 統計軟體進行獨立樣本 t 檢定，顯著水準訂爲 $\alpha = .05$。**結果：**男學童在著地瞬間膝關節角度與緩衝期間膝關節最小角度皆顯著大於女學童。男學童著地期間最大垂直地面反作用力、50 毫秒被動衝量、第一、第二峰值負荷率與緩衝期垂直勁度皆明顯高於女學童，且地面反作用力峰值出現時間較女學童提早。**結論：**國小高年級男學童高台著地動作膝關節採較僵直的著地模式與較大的垂直勁度，使其有較高的下肢傷害風險。

關鍵詞：地面反作用力、負荷率、被動衝量、傷害

通訊作者：王令儀　國立東華大學體育與運動科學系　TEL: 0939-917628
974 花蓮縣壽豐鄉志學路二段 1 號　E-mail: tennis01@mail.ndhu.edu.tw

airiti

壹、緒　論

一、問題背景

孩童的受傷主要是發生在跳躍與著地的活動中 (Prapavessis, McNair, Anderson, & Hohepa, 2003)。過去研究指出，著地期間最大地面反作用力值愈高、達最大反作用力的時間愈短，及其兩者比率所得的負荷率 (loading rate) 愈高，皆會提升下肢傷害的風險 (Williams, McClay, Scholz, Hamill, & Buchanan, 2004; Zhang, Bates, & Dufek, 2000)。尤其是在人體產生主動緩衝反應 (50ms) 前的力量所形成的被動衝量 (passive impulse) 更是形成下肢負荷的要素 (Nigg, 1985)。而著地階段下肢關節的活動特性會影響著地期間的地面反作用力大小 (Zhang 等; Yu, Lin, & Garrett, 2006)。此外，近年來運動生物力學研究進一步透過下肢勁度 (stiffness) 的特性來探究傷害預防的調節機制，研究認爲，勁度是影響著地負荷的重要因素之一，著地過程中過大與不足的勁度皆易增大下肢傷害的風險 (Flanagan & Harrison, 2007; Granata, Padua, & Wilson, 2002; Kuitunen, Kyrolainen, Avela, & Komi, 2007; Wang, 2009; Williams 等)。過去關於兒童著地的研究便發現，相較於成人，孩童在著地階段具有較大的地面反作用力、衝量，及較早出現的最大地面反作用力峰值，此應與其在著地期間較挺直的髖與膝關節角度有關 (Swartz, Decoster, Russell, & Croce, 2005)。以此推論，孩童採用較不成熟的著地動作，使其著地之負荷增大。因此，若能了解孩童著地階段下肢關節活動的現象與勁度之特性，將有助於其著地傷害的預防。

此外，調查指出女性運動員下肢受傷的比例遠高於男性 (Deitch, Starkey, Walters, & Moseley, 2006)，故性別間的差異探討爲近年來著地與下肢傷害的生物力學研究上一熱門議題。過去研究發現，在成年受試者中，女性著地期間下肢活動的運動學特性異於男性，使其在著地期間產生了較大的地面反作用力，故造成女性有較高的下肢傷害風險 (Chappell, Yu, Kirkendall, & Garrett, 2002; Yu 等, 2006)。但在孩童著地的性別差異比較研究卻指出，孩童在著地階段的動作特性、負荷與勁度並無性別差異存在 (Hamstra-Wright 等, 2006; Swartz 等, 2005)。然而，過去關於兒童著地的性別差異研究多以青春期前（prepuberty，女孩：7-10 歲；男孩：8-11 歲）的孩童爲探究對象 (Swartz 等, 2005)，故選擇的受試者年齡都爲介於 8-10 歲間的中、低年級生，並無研究針對國小高年級學童進行探究。再者，過去研究發現著地階段的負荷率與下肢關節角勁度會隨著個體的成熟 (maturation) 而出現改變 (Ford, Myer, & Hewett, 2010; Quatman, Ford, Myer, & Heweet, 2006)。因此，我們應該更進一步去探究國小高年級的孩童其著地動作、

airiti

負荷與下肢勁度之調節是否存在性別的差異。

二、研究目的

同年級的學童在學校需進行相同的體育活動課程，其中包含了許多著地的動作。因此，本研究之目的在探究國小高年級學童在著地動作、下肢勁度調節機制，以及著地負荷上是否有性別差異存在，以提供國小高年級教師在體育教學與運動訓練時指導著地動作的參考。

三、名詞操作性定義

（一）緩衝期：從雙腳著地瞬間到身體重心達最低點瞬間。

（二）負荷率：著地階段地面反作用力峰值－時間的斜率。本研究將地面反作用力以體重標準化 (BW)，故其單位爲 BW/sec。

（三）垂直勁度 (k_{vert})：爲著地期的最大垂直地面反作用力 (F) 與此期間人體重心垂直下降位移量 (ΔY) 之比值：$k_{\mathrm{vert}} = F\,\Delta \mathrm{Y}^{-1}$ (Farley & Morgenroth, 1999)。本研究將地面反作用力以體重標準化 (BW)，人體重心垂直下降的位移量以身高標準化 (BH)，故其單位爲 BW/BH。

（四）下肢各關節角度：下肢髖關節、膝關節與踝關節角度定義如圖 1 所示。

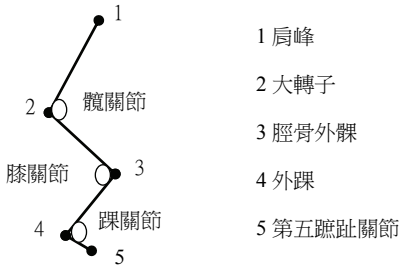

圖 1　下肢髖、膝、踝關節角度

貳、方　法

一、研究對象

本研究是以國小高年級 11 名男學童（年齡 11.7 ± 0.7 歲，身高 147.6 ± 8.7 公分，體重 40.5 ± 10.4 公斤，BMI 18.4 ± 3.0）與 10 名女學童（年齡 11.8 ± 0.6 歲，身高 151.1 ± 2.7 公分，體重 40.1 ± 4.8 公斤，BMI 17.6 ± 1.9）爲受試對象，受試者須符合 6 個月內無下肢傷害且未參與任何體育相關校隊的條件。實驗前先向受試者說明整個實驗目的

airiti

與流程，讓受試者簽署同意書並經其監護人同意。

二、儀器架設與實驗流程

利用一部 MegaSpeed 高速攝影機 (120Hz) 與一塊 AMTI 測力板 (1200Hz) 同步擷取受試者矢狀面的影像資料與地面反作用力。實驗前讓每位受試者進行適當的熱身與試跳練習，使其熟悉高台高度與動作要領，並在受試者慣用腳側黏貼關節標示點（肩峰、大轉子、脛骨外髁、外踝與第五蹠趾關節）。在跳台高度部分，則以國內針對國小學童著地研究最常採用的 40 公分高台進行測試（許太彥，2003；張永雄，2004）。實驗時讓受試者雙手叉腰站於 40 公分高台邊緣，以自然方式落下，雙腳須同時落於測力板上，著地方式則為個人習慣之自然著地動作。為避免學童有向前跳的著地動作，在測力板距高台邊緣 60 公分處以白色貼布標註著地區域，讓受試者在設定區域內完成動作。每位受試者須完成 3 次試跳，選取受試者自覺滿意與最流暢的動作進行資料處理。

三、資料處理與統計分析

（一）資料處理

利用 Kwon3D 動作分析軟體進行影像的數位化處理，以獲得所需之運動學參數。採用 Jensen (1989) 人體肢段參數回歸方程計算出 11、12 歲兒童各肢段的重心位置及質量，進而獲取重心參數。透過 KwonGRF 分析軟體處理地面反作用力資料，且因本研究受試者雙腳皆落於測力板上，故將地面反作用力數值除以 2 後，再進行所有動力學參數的處理與分析。

（二）統計分析

利用 SPSS for Window 17.0 版統計軟體進行獨立樣本 t 檢定，統計顯著水準訂為 $\alpha = .05$。

參、結　果

由緩衝期間下肢各關節的角運動學參數可知（表 1），男學童在著地瞬間膝關節角度明顯較大，且緩衝期間膝關節最小角度亦大於女學童 ($p < .05$)，其餘參數男、女學童間則未達顯著差異。在重心垂直位移量方面（表 1），緩衝期身體重心垂直位移量男、女學童間無顯著差異存在 ($p > .05$)，但觸地瞬間至最大地面反作用力出現之期間，男學童的重心垂直位移量顯著少於女學童 ($p < .05$)。

從動力學參數可知（如表 2），男、女學童在垂直地面反作用力第一峰值間未達顯著差異 ($p > .05$)，但男學童著地時第一峰值發生時間明顯較女學童為早 ($p < .05$)。男學童垂直地面反作用力第二峰值顯著高於女學童約 44% ($p < .05$)，且第二峰值發生時間

airiti

明顯較女學童提早近 11 毫秒 ($p < .05$)。男學童的 50 毫秒被動衝量、第一峰值負荷率與第二峰值負荷率皆顯著大於女學童 ($p < .05$)。在緩衝期垂直勁度方面，男學童亦顯著大於女學童 ($p < .05$)。

表 1　緩衝期間下肢各關節角度與重心垂直位移量

	男學童	女學童
著地瞬間髖關節角度 (°)	164.10 ± 5.41	158.57 ± 8.08
膝關節角度 (°)	159.48 ± 4.85	153.14 ± 7.25*
踝關節角度 (°)	130.72 ± 7.06	129.79 ± 3.99
緩衝期間髖關節最小角度 (°)	143.78 ± 12.01	133.48 ± 18.75
膝關節最小角度 (°)	120.00 ± 7.71	106.69 ± 15.82*
踝關節最小角度 (°)	90.22 ± 8.08	85.68 ± 6.03
緩衝期間髖關節角位移 (°)	20.32 ± 10.07	25.09 ± 12.88
膝關節角位移 (°)	39.49 ± 6.81	46.45 ± 10.10
踝關節角位移 (°)	40.50 ± 7.04	44.12 ± 6.35
緩衝期間重心垂直位移量 (BH)	0.15 ± 0.02	0.19 ± 0.06
最大地面反作用力出現時重心垂直位移量 (BH)	0.09 ± 0.02	0.12 ± 0.01*

註：* $p < .05$ 表示與男學童間達顯著差異

表 2　著地期間垂直地面反作用力峰值、時間、衝量、負荷率與緩衝期垂直勁度

	男學童	女學童
第一峰值 (BW)	1.86 ± 0.44	1.54 ± 0.49
第一峰值產生時間 (msec)	12.27 ± 2.69	16.00 ± 2.79*
第二峰值 (BW)	3.48 ± 0.93	2.41 ± 0.45*
第二峰值產生時間 (msec)	49.00 ± 8.45	60.70 ± 5.58*
50 毫秒被動衝量 (BW*sec)	0.74 ± 0.17	0.53 ± 0.09*
第一峰值負荷率 (BW/sec)	158.58 ± 48.68	100.39 ± 41.64*
第二峰值負荷率 (BW/sec)	75.41 ± 31.55	40.12 ± 8.67*
垂直勁度 (BW/BH)	43.78 ± 19.23	21.19 ± 5.01*

註：* $p < .05$ 表示與男學童間達顯著差異

肆、討　論

本研究發現，國小高年級男學童於高台落下後，著地期間的最大垂直地面反作用力、50 毫秒被動衝量、第一峰值與第二峰值負荷率皆明顯高於女學童，且第一、第二

airiti

峰值不僅較早產生，亦發生在人體骨骼系統所能產生反應的 50 毫秒之前。過去研究指出，著地期間最大地面反作用力值愈高、達最大地面反作用力的時間愈短，及其負荷率愈高，皆會提升下肢傷害的風險 (Williams 等, 2004; Zhang 等, 2000)。尤其當地面反作用力峰值發生在人體骨骼系統所能產生反應的 50 毫秒之前，人體將無法主動反應去吸收撞擊力 (Nigg, 1985)，故此 50 毫秒內所產生的被動衝量，人體骨骼系統並無法自主形成緩衝，僅能藉助下肢骨骼、關節、韌帶與軟骨組織等結構來吸收撞擊，因而當被動衝量越大時，人體下肢傷害的風險也隨之增加 (Nigg, Denoth, & Neukomm 1981)。以此，本研究推估國小高年級男學童在進行高台著地動作時會有較高的下肢傷害風險。

而著地期間下肢關節屈曲的運動學特性是緩衝著地撞擊、影響地面反作用力的重要因素。Devita 與 Skelly (1992)、Zatsiorsky 與 Prilutsky (1987) 和王思宜與黃長福（2002）等研究皆指出，人體會藉由增大著地期間髖關節與膝關節屈曲的角位移量以降低著地期間之地面反作用力峰值與延緩其出現的時間。然而本研究結果卻顯示，在著地緩衝期間的髖、膝與踝關節角位移，以及重心垂直位移量，國小高年級男、女學童間皆無顯著差異，故推論，著地期間關節的屈曲位移量並非影響國小高年級男、女學童著地負荷的主要因素。此外，過去亦有研究指出，著地瞬間的髖關節與膝關節角度、著地期間膝關節達最大屈曲時的角度亦是影響著地期間撞擊力量的因素。Yu 等 (2006) 便指出，觸地瞬間較挺直的髖與膝關節會增大著地的負荷，Yu 等更透過相關係數之分析指出，著地期間膝關節達最大屈曲時的角度與最大垂直地面反作用力呈顯著正相關。本研究所得之結果與上述文獻相呼應，本研究發現國小高年級男學童在觸地瞬間的膝關節角度，以及緩衝期間達最大屈曲時的膝關節角度，皆大於女學童，而此著地動作的不同應是使男學童著地時具有較大的垂直地面反作用力峰值的原因。Prapavessis 等 (2003) 指出，孩童著地時對其關節運動的控制給予口語提示，能有效的降低垂直地面反作用力。因此，本研究建議國小體育教師與運動教練，在活動中可提醒高年級男學童在著地時多增加膝關節的彎曲程度，以減少下肢的衝擊與負荷。

此外，近年來研究亦認爲下肢勁度的調節與傷害有所關聯，Farley 與 Morgenroth (1999) 提及，下肢勁度的調節是人體對運動型態與環境變化做出的動態反應，目的在維持運動的穩定狀態與避免傷害。過去研究發現，在跑步運動中高足弓跑者的下肢勁度比低足弓跑者來的大，且重心垂直壓縮量較小，使其在跑步過程中有較大的著地負荷率，因此推論其下肢傷害發生率也較高 (Williams 等, 2004)。而 Wang (2009) 透過不同高度之高台著地研究發現，著地高度由 40 公分提升至 60 公分時，人體會產生調節來降低下肢垂直勁度，以維持地面反作用力與負荷率值不變，然而當著地高度增至 80 公分時，下肢垂直勁度無法再調節降低，此亦造成地面反作用力與負荷率的提升。Butler, Crowell, 與 Davis (2003) 和 Williams 等 (2004) 亦認爲較大的勁度會增加著地的撞擊，

airiti

提升骨骼的負荷。本研究發現，國小高年男學童在緩衝期的垂直勁度明顯大於女學童，且最大地面反作用力出現時的重心垂直位移量顯著小於女學童。綜合上述文獻，本研究推論此較大的勁度使得國小高年級男學童著地之負荷率較大，而女學童下肢垂直勁度的自主調節能力較男學童爲佳。

然而，過去關於成年人或青少年運動員著地動作中下肢傷害風險的性別差異研究發現，女性因著地動作特性的差異，使其具有較大的下肢傷害風險，相較於男性，女性在急停跳觸地瞬間的髖與膝關節角度較爲挺直 (Chappell 等, 2002; Yu 等, 2006)、著地期間的膝節最大屈曲量亦較小 (Yu 等, 2006)，且女性受試者著地時有較大的地面反作用力 (Chappell 等, 2007; Yu 等, 2006)。而以青春期前的孩童爲研究對象的著地研究卻指出，在著地階段的動作特性、負荷及其勁度並無性別差異存在 (Hamstra-Wright 等, 2006; Swartz 等, 2005)；然過去研究發現則與本研究結果並不相同。而 Quatman 等 (2006) 指出，隨著個體的成熟，孩童會降低其著地階段的負荷率；且下肢勁度的調節現象亦會隨著年齡的增長而改變 (Ford 等, 2010)。相較於成人，孩童會採較挺直的髖與膝關節角度著地，使其具有較大的地面反作用力、衝量，及較早出現的最大地面反作用力峰值 (Swartz 等, 2005)。Yu 等 (2005) 發現相較於男性，著地動作型態的性別差距在 12 歲之後會隨年齡增加而加大。Ford, Shapiro, Myer, Van Den Bogert, 與 Hewett (2010) 亦指出青春期初期是一個區分前十字韌帶傷害風險增加的重要階段。在青春期之前，男女孩童發生韌帶扭傷的比例相當接近，然在 12 歲之後，女童韌帶扭傷的發生率則明顯高於男童 (Tursz & Crost, 1986)。綜合上述可知個體的成熟是影響著地動作、調節與負荷的要素，故推論本研究所得的結果與過去文獻之差異或許與受試者之個體成熟有關。本研究之受試者同爲 11 歲之男、女學童，過去研究認爲，此年齡之孩童即將進入快速成長期 (growth spurt)，且女孩通常較男孩早成熟（進入快速成長期的平均年齡，女孩：10.5 歲；男孩：12.5 歲）(Russell, Croce, Swartz, & Decoster, 2007)，故或許此階段女學童的個體成熟度高於男學童，使其有較佳的著地動作與勁度調節，進而降低著地負荷與下肢傷害之風險。從兒童邁入青春期到成年人，人體動作發展歷程有其階段性與時程性，整個動作的協調與控制會受到生物個體、環境與工作三個因素交互影響所影響 (Gallahue & Ozmun, 1998)。故建議未來之研究可進一步探討受試者個體成熟之差異對著地動作、勁度調節，及下肢負荷之影響，以對此議題有更進一步之釐清。

綜合上述，本研究之結論爲，相較於國小高年級女學童，在著地動作上國小高年級男學童着地期間的膝關節較爲挺直，且緩衝階段採較大的垂直勁度，使其具有較大的垂直地面反作用力、負荷率、被動衝量，且較早出現的地面反作用力峰值，因此，國小高年級男學童在高台著地動作中有較高的下肢傷害風險。

airiti

致謝

本研究為行政院國家科學委員會專題研究計畫 NSC-98-2410-H-259-068 相關研究成果。

引用文獻

王思宜、黃長福（2002）。高、低衝擊有氧舞蹈與階梯有氧之生物力學分析。*體育學報*，*33*，125-135。

許太彥（2003）。*國小學童不同軟硬表面著地下肢勁度調節之機轉及其影響*（未出版博士論文）。國立臺灣師範大學，臺北市。

張永雄（2004）。*國小學童不同腳掌長度對著地動作之生物力學影響*（未出版碩士論文）。國立新竹師範學院，新竹市。

Butler, R. J., Crowell, H. P., & Davis, I. M. (2003). Lower extremity stiffness: Implications for performance and injury. *Clinical Biomechanics*, *18*(7), 511-517.

Chappell, J. D., Yu, B., Kirkendall D. T., & Garrett W. E. (2002). A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, *30*(2), 261-267.

Deitch, J. R., Starkey, C., Walters, S. L., & Moseley, J. B. (2006). Injury risk in professional basketball players: A comparison of women's national basketball association and national basketball association athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, *34*(7), 1077-1083.

Devita, P., & Skelly, W. A. (1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *24*(1), 108-115.

Farley, C. T., & Morgenroth, D. C. (1999). Leg stiffness primarily depends on ankle stiffness during human hopping. *Journal of Biomechanics*, *32*, 267-273.

Flanagan, E. P., & Harrison, A. J. (2007). Muscle dynamics differences between legs in healthy adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(1), 67-72.

Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2010). Longitudinal effects of maturation on lower extremity joint stiffness in adolescent athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, *38*(9), 1829-1837.

airiti

Ford, K. R., Shapiro, R., Myer, G. D., Van Den Bogert, A. J., & Hewett, T. E. (2010). Longitudinal sex differences during landing in knee abduction in young athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *42*(10), 1923-1931.

Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (1998). *Understanding motor development: Infants, children, adolescent, adults* (4th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

Granata, L., Padua, D., & Wilson, S. (2002). Gender difference in active musculoskeletal stiffness. Part II. Quantification of leg stiffness during functional hopping tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *12*, 127-135.

Hamstra-Wright, K.L., Swanik, C. B., Sitler, M. R., Swanik, K. A., Ferber, R., Ridenour, M., Huxel, K. C. (2006). Gender comparisons of dynamic restraint and motor skill in children. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *16*(1), 56-62.

Jensen, R. K. (1989). Changes in segment inertia properties between 4 and 20 years. *Journal of Biomechanics*, *22*(6-7), 529-536.

Kuitunen, S., Kyrolainen, H., Avela, J., & Komi, P. V. (2007). Leg stiffness modulation during exhaustive stretch-shorting cycle exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *17*(1), 67-75.

Nigg, B. M. (1985). Loads in selected sport activities: An overview. In D. A. Winter, R. W. Norman, R. P. Wells, & K. C. Hayes (Eds.), *Biomechanics IX-B* (pp. 91-96). Champaign, IL: Human Kinetics.

Nigg, B. M., Denoth, J., & Neukomm, P. A. (1981). Quantifying the load on the human body: problems and some possible solutions. In A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedzior, & S. Wit (Eds.), *Biomechanics VII-B* (pp. 89-99). Champaign, IL: Human Kinetics.

Prapavessis, H., McNair, P. J., Anderson, K., & Hohepa, M. (2003). Decreasing landing forces in children: The effect of instructions. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *33*(4), 204-7.

Quatman, C. E., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2006). Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jumping performance: A longitudinal study. *The American Journal of Sports Medicine*, *34*(5), 806-813.

Russell, P. J., Croce, R. V., Swartz, E. E., & Decoster, L. C. (2007). Knee-muscle activation during landings: Developmental and gender comparisons. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(1), 159-170.

airiti

Swartz, E. E., Decoster, L. C., Russell, P. J., & Croce, R. V. (2005). Effects of developmental stage and sex on lower extremity kinematics and vertical ground reaction forces during landing. *Journal of Athlete Training*, *40*(1), 9-14.

Tursz, A., & Crost, M. (1986). Sports-related injuries in children: A study of their characteristics frequency, and severity, with comparison to other types of accidental injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, *14*, 294-299.

Wang, L. I. (2009). Lower extremity stiffness modulation: Effect of impact load of a landing task from different drop heights. *International SportMed Journal*, *10*(4), 186-193.

Williams, D. S., McClay, I. S., Scholz, J. P., Hamill, J., & Buchanan, T. S. (2004). High-arched runners exhibit increased leg stiffness compared to low-arched runners. *Gait and Posture*, *19*, 263-269.

Yu, B., Lin, C. F., & Garrett, W. E. (2006). Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. *Clinical Biomechanics*, *21*, 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.

Zatsiorsky, V. M., & Prilutsky, B. I. (1987). Soft and stiff landing. In: B. Jonson (Ed.), *Biomechanics X-B* (pp. 739-743). Champaign, IL: Human Kinetics.

Zhang, S. N., Bates, B. T., & Dufek, J. S. (2000). Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *32*(4), 812-819.

投稿日期：100 年 02 月
接受日期：100 年 05 月

airiti

Gender differences in lower extremity loading and stiffness during drop landing in elementary school students

Shi-Yi Wang[1], Heng-Yi Liang[2], and Li-I Wang[3]

[1] Physical Education Office, National Chengchi University,

[2] Gao-Shi Elementary School,

[3] Department of Physical Education and Kinesiology, National Dong Hwa University

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to examine whether gender differences exist in lower extremity landing movement and vertical stiffness during the drop landing task. **Methods:** Eleven male and ten female elementary school students with no history of lower extremity injury performed a 40-cm drop landing. One MegaSpeed camera (120 Hz) synchronized with an AMTI force plate (1200 Hz) were used to collect the kinematics and kinetics data. Leg vertical stiffness was calculated by using a spring-mass model. An independent t-test was used for statistical analyses ($p < .05$). **Results:** Male students landed with greater knee angle at initial foot contact than female students. In addition, male students exhibited greater maximum ground reaction force, passive impulse, loading rates and vertical stiffness, and time to peak force was earlier than female students. **Conclusion:** Male elementary school students may have a higher risk of injury in lower extremity during drop landing due to their straight knee position and higher leg vertical stiffness.

Key words: ground reaction force, loading rate, passive impulse, injury