

腳掌長度對著地動作下肢動力學參數之影響

許太彥¹ 張永雄² 蔡曜駿³

國立臺中教育大學¹ 台中市立人國民小學² 台中市西屯國民小學³

hsu@ntcu.edu.tw

摘要

本研究的目的是探討及比較國小學童從 40 公分的高度著地，不同腳掌長度對著地的地面反作用力，及其著地動作過程下肢各關節之淨肌肉作用力、力矩和肌肉所作的功等動力學參數的變化情形，藉以了解不同腳掌長度是否影響著地動作。研究以台北市中正國民小學 103 名六年級男童的平均腳掌長度 (11.26 ± 0.94 公分)，作為篩選分組之依據。徵選 14 名男童受試者分成 A、B 兩組。A、B 組分別為長腳掌組及短腳掌組各 7 名，其年齡、身高、體重及腳掌長度分別為 12.2 ± 0.29 歲、 163.9 ± 4.00 公分、 58.4 ± 10.32 公斤、 12.86 ± 0.23 公分及 11.9 ± 0.22 歲、 144.8 ± 9.41 公分、 44.7 ± 14.36 公斤、 9.57 ± 0.49 公分。實驗使用 Redlake 高速攝影機 (250HZ) 和 Kistler 9287 型測力板 (1000HZ)，同步收集地面反作用力資料，並運用動力學逆過程算出下肢各關節的內力、力矩及作功量。所得數據以獨立樣本 t 考驗比較兩組間各項動力學資料之差異，統計顯著差異水準皆定為 $\alpha = 0.05$ 。結果發現：地面垂直反作用力的第二峰值大小、50 毫秒內的被動衝量、緩衝期下肢各關節的最大軸向力及踝關節的最大剪力，短腳掌組比長腳掌組均顯著增加 ($p < .05$)；而第二峰值產生的時間，短腳掌比長腳掌組顯著減少 ($p < .05$)。

關鍵字：腳掌長度、著地、動力學逆過程

壹、前言

人體由高處往下落時，身體的重心產生向下的加速度，位能轉變成動能；當足部接觸地面時，下肢的骨骼肌肉系統，伸展主動肌肉，並彎曲關節和骨骼的變形，將地面反作用力所造成撞擊的能量吸收消耗掉(Nigg 等人, 1985)。此種著地緩衝作用是由於體重和重力加速度的合力與地面的支撐反作用力相互作用，迫使下肢各環節由伸展狀態轉變為屈曲狀態，即在蹠趾關節處屈、小腿在踝關節向前轉動、大腿在膝關節處屈、骨盆在髖關節處前傾，地面反作用力得以緩衝的首要關鍵乃是足部(許樹淵, 1997)；因此腳掌是人類走、跑、跳最重要的身體部位，與著地動作息息相關。著地時人體下肢的活動是一種封閉式的動力鍊(kinetic chain)，是由多關節肌和髖、膝、踝三個下肢關節所形成的鍊所控制(許樹淵, 1988；陳五洲和洪維憲, 2001)。因此本研究的目的是比較國小學童從 40 公分的高度著地，不同腳掌長度對著地的地面反作用力，及其著地動作過程下肢各關節之淨肌肉作用力、力矩和肌肉所作的功等動力學參數的差異，藉以了解不同腳掌長度是否影響著地動作。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究對象篩選 14 名男童受試者分成 A、B 兩組。

A、B 組分別為長腳掌組及短腳掌組各 7 名，其年齡、身高、體重及腳掌長度分別為 12.2 ± 0.29 歲、 163.9 ± 4.00 公分、 58.4 ± 10.32 公斤、 12.86 ± 0.23 公分及 11.9 ± 0.22 歲、 144.8 ± 9.41 公分、 44.7 ± 14.36 公斤、 9.57 ± 0.49 公分。學童為自願參與並經監護人同意，且經問卷填答與晤談確認過去一年內皆無下肢傷害相關之病史。

二、儀器設備

本研究以 Redlake 高速攝影機 (250HZ) 和 Kistler 9287 型測力板 (1000HZ)，同步收集地面反作用力資料，並運用動力學逆過程算出下肢各關節的內力、力矩及作功量。

三、實驗步驟

受試者須先熱身 15 分鐘及試跳三次之後，著實驗所準備的游泳褲。並在受試者身體右側各部位上(1.肩關節、2.大轉子、3.脛骨外髁、4.外踝、5.第五蹠趾關節)貼上反光球。正式開始實驗。受試者先站在跳台上等候測力板工作人員發令，當聽到『開始』後，由台上做規定的著地動作，而在落地平穩後需等測力板收集完畢後才離開測力板。測力板收集的時間為 2 秒，同時 redlake 高速攝影機(100Hz)也拍攝全程的動作。連續施作三次成功的測試後，工作人員必須詢問受試者那一次的動作過程最順暢，這一

次的動作過程資料將做為代表的動作進行分析。

四、資料處理

所有數據以獨立樣本 t 考驗比較兩組間各項動力學資料之差異，統計顯著差異水準皆定為 $\alpha = .05$ 。

參、結果

下肢動力學中地面垂直反作用力的第二峰值大小、第二峰值產生的時間、50 毫秒內的被動衝量等參數比較結果如表 1、緩衝期下肢各關節的最大軸向力及最大剪力等參數比較結果如圖 1、圖 2。統計分析顯示短腳掌組比長腳掌組有顯著較大的地面垂直反作用力的第二峰值大小 ($t = 2.20, p < .05$)、50 毫秒內的被動衝量 ($t = 3.23, p < .05$)、緩衝期下肢各關節的最大軸向力 ($t = 4.00 \sim 4.97, p < .05$)與踝關節的最大剪力 ($t = -3.20, p < .05$)；而第二峰值產生的時間，短腳掌比長腳掌組顯著較短 ($t = 2.93, p < .05$)。

表 1 地面垂直反作用力的第二峰值、產生時間及 50 毫秒內的被動衝量

	長腳掌組 (N=7)	短腳掌組 (N=7)	t 值
第二峰值(倍體重)	4.57 (0.88)	5.60 (0.73)	- 2.20*
產生時間(毫秒)	50.86 (5.79)	38.29 (8.78)	2.93*
50 毫秒內被動衝量	0.71 (0.10)	1.11 (0.28)	- 3.23*

* $p < .05$

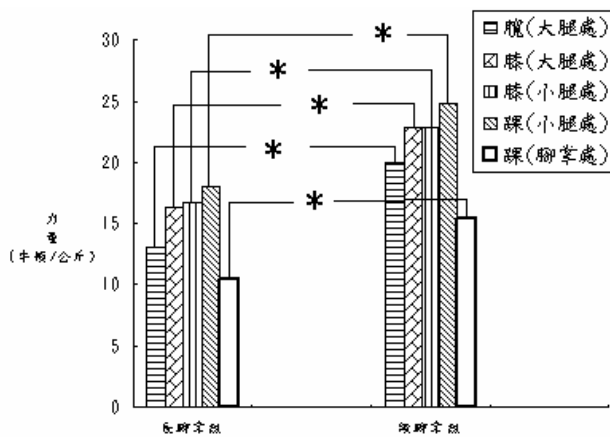


圖 1 下肢各關節平均最大軸向力

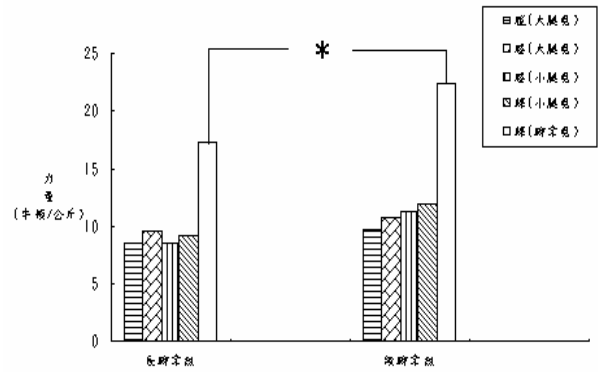


圖 2 下肢各關節平均最大剪力

肆、討論

本研究結果顯示短腳掌組的第二峰值比長腳掌組的第二峰值大(5.60 倍體重 > 4.57 倍體重)且有較短的第二峰值的產生時間(38.29 毫秒 < 50.86 毫秒)及較大的 50 毫秒內衝量(1.11 倍體重的衝量 > 0.71 倍體重的衝量)，這與許太彥等人(2002)的結果相同。許太彥(2002)指出國小學童第二峰值產生時間比成人快，可能是國小學童腳掌較成人短或肌力不足所造成。經由本研究證實腳掌短在著地時會產生較大的第二峰值及第二峰值較早出現，可能也因為第二峰值產生的時間比較早，以致 50 毫秒內的被動衝量比長腳掌組來得大。腳掌長度可能會影響下肢各關節的最大軸向力及踝關節處之剪力。平均最大軸向力及剪力負荷皆是踝關節處大於膝關節處，膝關節處又大於髖關節處。其原因是遠端關節必須承受近端各肢段之重量，所以負荷大小明顯地由近端關節往遠端關節遞增，此研究結果與許太彥等人(2002)研究結果相同。因此，在國小體育課程或有關著地動作的訓練課程時，運動教練或體育教師應了解學童的身體個別差異，尤其針對較短腳掌學童(本研就中指腳掌低於 11.26 公分以下者)可能要給予不同高度或減少著地的頻率，以免下肢各關節承受過大之受力。

伍、主要參考文獻

許太彥、陳素珍、張永雄、陳秀芳、呂瓊如

(2002)：國民小學遊戲區安全地墊對預防學童下肢傷害之效果評估。教育部九十一年度行動研究成果報告，未出版。

McNitt -Gray, J. L. (1993). Kinetics of the lower extremities during drop landing from three heights.

Journal of Biomechanics, 9, 1037-1046.