

膝關節不同預備角度對垂直跳躍表現之影響

張瑞祥、張木山、王令儀

國立東華大學體育學系

E-mail: S91d1026@yahoo.com.tw

摘要

本研究之主要目的，旨在探討膝關節不同預備角度之蹲踞跳對跳躍表現的影響。以 20 名國立東華大學體育學系學生為對象，分別進行五種預備彎曲角度(50°、70°、90°、110°、130°)蹲踞跳。以 Mega Speed 高速攝影機(120Hz)與 AMTI 三軸測力板(1200Hz)各一部，施行同步擷取資料。以 Kown 軟體執行影像與地面反作用力之資料處理，所得資料以 SPSS for windows 12.0 版套裝軟體進行重複量數單因子變異數之統計處理。研究結果發現：隨著膝關節預備角度的增大，跳躍高度、動作時間與衝量直呈現下降的趨勢，而最大地面反作用力、發力率以及爆發力隨著膝關節預備角度增加而增加。預備時膝關節彎曲角度會影響跳躍表現，預備蹲姿採越小的膝關節角度，可增加動作時間，有利於衝量累積，因此，跳躍表現越佳。而各肌力指數表現，則隨著預備時膝關節角度的增加而變大。因此，較小膝關節預備角度有利於肌力的表現。

關鍵字：蹲踞跳(squat jump, SJ)、膝關節角度、肌力

一、緒論

力量與速度為爆發力的兩個重要因素，肌肉力量的主要來源為肌纖維執行「肌絲滑動模式(sliding filament mechanism)」造成肌肉收縮產生力量 (Stuart Ira Fox, 2004)。因此，肌絲滑動模式影響肌力改變之現象，主要是因為肌肉在不同收縮角度下，肌動蛋白與肌凝蛋白上的橫橋接觸數目不同所引起 (王國慧、林正常, 2005)。Thorstensson 等人(1976)研究發現，最大力矩值會因關節角度變化而出現改變，其因素有二：當關節角度改變時，會影響肌肉與骨骼連結點所成的槓桿之力臂長度；當關節角度改變時，亦會影響肌肉長度，肌肉長度過長或過短皆會影響肌肉張力產生之情形 (曹昭懿、賴金鑫, 1990)。

蹲踞跳(squat jump, SJ)動作常被作為下肢動態肌力檢測項目，亦為彈跳能力表現重要的指標能力。本研究嘗試透過不同預備角度的蹲踞跳，探討膝關節角度的改變對跳躍表現之影響。

二、研究方法

本研究以 20 名國立東華大學體育學系學生為研究對象。以 Mega Speed 高速攝影機(120Hz)與 AMTI 三軸測力板(1200Hz)各一部，透過 Mega Speed 同步訊號啟動器同步擷取資料，並以 Kown 軟體處理實驗影像。

受試者分別進行插腰蹲踞垂直跳，膝關節角度分別為 50°、70°、90°、110°、130°。預備角度的控制為透過自製關節角度測量儀。每名受測者需接受六次測驗，選取跳躍高度最佳之運動表現，作為資料分析。

地面反作用力訊號以 Kown GRF 軟體處理。並將所得之資料進一步進行運算，以獲得研究所需參數。重心離地高度、衝量、最大爆發力、快速肌力指數與 30 毫秒之發力率。本實驗所有力量相關參數皆以體重進行標準化。

以 SPSS for Windows 12.0 版套裝軟體進行重複量數單因子變異數分析，考驗不同角度間各參數之差異，若交互作用達顯著水準，再以 LSD 法進行事後比較。統計顯著水準訂為 $\alpha=0.05$ 。

三、結果與討論

受測者基本資料與實際膝關節預備角度呈於表 1。研究結果顯示 (表 2)，跳躍高度與動作開始至離地瞬間之動作時間 (T_{total}) 隨膝關節預備角度增大而顯著降低，各角度間皆達顯著差異 ($p < 0.05$)。動作期間之垂直衝量在膝關節預備角度達 110 度時，開始顯著下降 ($p < 0.05$)。而最大垂直地面反作用力 (GRF_{max}) 與快速肌力指數 (SSI) 隨著膝關節預備角度的增大，而明顯增加 ($p < 0.05$)，各角度間，皆達顯著差異 ($p < 0.05$)。30 毫秒發力率 (RFD_{30}) 從 90 度開始，數值有顯著的增加 ($p < 0.05$)。最大爆發力 (F_{max}) 從 90 度開始至 110 度時，隨著膝關節預備角度的增加而增大 ($p < 0.05$)。

由研究結果發現，SJ 預備時採愈小的膝關節角度，可產生愈大的跳躍高度。此外，由衝量原理得知，跳躍表現乃受蹬地期間之衝量所影響，而本文所得之衝量結果亦與跳躍表現相呼應。衝量為力量與時間之積分值，故其受地面反作用力與動作時間二因子影響，

雖然地面反作用隨著膝關節預蹲角度增加而變大，但動作時間卻反之減少，故推論 SJ 採較小膝關節預蹲角度可增大動作時間，此為增大跳躍高度的重要因素。

而本研究所得之 SJ 動作期間，下肢肌力表現相關參數皆顯示，較小的膝關節角度不利於下肢力量的產生。此現象可能為膝關節彎曲角度的增大，而將肌肉拉長，促使作用肌群中，肌纖維橫橋與肌動蛋白結合數目不足，造成肌肉收縮不易，進而影響運動表現 (Powers & Howley, 2002/2003; Stuart Ira Fox, 2004; 王國慧、林正常, 2005)。此外，以生物力學之觀點思考，關節肌肉力矩受肌肉收縮力量、施力方向與肌肉附著點所影響，換言之，關節角度會改變施力方向，進而影響關節肌肉力矩之形成 (Suasn J. Hall, 2007; 李水碧, 1996)，而本研究亦證實，不同的膝關節屈曲角度會影響 SJ 動作時，下肢肌力的產生。綜合上述，較小的膝關節角度並不利於 SJ 動作時，下肢肌力的產生。

四、結論與建議

SJ 不同膝關節預蹲角度會影響跳躍表現，較小膝關節預蹲角度可增大動作時間，提升衡量之累積，進而增加跳躍高度。此外，膝關節預蹲角度會影響 SJ 下肢肌力的產生，較大膝關節屈曲角度會降低 SJ 動作時，下肢肌力的產生。本研究是針對地面反作用力之動力學現象進行討論，未來期望可進一步搭配運動

學、動力學逆過程與肌電等現象，進行深入探討。

伍、參考文獻

- 王國慧、林正常 (2005)。不同膝關節伸展動作範圍等速肌力與下蹲跳表現之相關。運動生理暨體能學報，第 2 期，159-166。
- 李水碧 (1996)。等速最大力矩的探討。中華體育，第九卷，第四期，96-104。
- 曹昭懿、賴金鑫。(1990)。髕關節與膝關節角度對膝部肌力的影響。中華物療誌，第 15 卷，1-6。
- Powers、Howley (2003)。Exercise Physiology (第二版)，林正常總校閱。美國麥格羅·希爾股份有限公司台灣分公司出版；亦宜圖書合作出版 (原著出版年：2002)。
- Stuart Ira Fox (2004)。HUMAN PHYSIOLOGY (第八版)，王錫崗總校閱。美國麥格羅·希爾股份有限公司台灣分公司出版；新文京開發出版股份有限公司 (原著出版年：1996)。
- Thorstensson, A., Grimby, G., & Karlsson, J.(1976)。Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. Journal of Applied Physiology, 40, 12-16。

六、感謝詞

感謝國立東華大學體育系運動生物力學實驗室之同學與老師的協助與指導。再者，感謝參與本次實驗受測的二十位學弟鼎力相助，使實驗得以順利進行。

表一 受試者基本資料與實際膝關節預蹲角度

年齡(歲)	身高(m)	體重(kg)	50 度	70 度	90 度	110 度	130 度
20.55±1.24	173.85±5.58	66.73±8.20	49.63±2.53	68.46±2.79	90.56±3.84	107.93±3.53	128.67±2.31

表二 各參數相關統計資料

預蹲角度	50 度	70 度	90 度	110 度	130 度
跳躍高度 (m)	0.42±0.04 ^{b,c,d,e}	0.40±0.05 ^{a,c,d,e}	0.37±0.05 ^{a,b,d,e}	0.30±0.06 ^{a,b,c,e}	0.20±0.06 ^{a,b,c,d}
GRF _{max} (BW)	1.26±0.12 ^{b,c,d,e}	1.42±0.2 ^{a,c,d,e}	1.81±0.29 ^{a,b,d,e}	2.3±0.29 ^{a,b,c,e}	2.52±0.36 ^{a,b,c,d}
T _{total} (s)	0.43±0.04 ^{b,c,d,e}	0.39±0.05 ^{a,c,d,e}	0.30±0.05 ^{a,b,d,e}	0.24±0.04 ^{a,b,c,e}	0.19±0.03 ^{a,b,c,d}
衡量 (N*s)	0.31±0.13 ^{d,e}	0.28±0.07 ^{d,e}	0.27±0.02 ^{d,e}	0.24±0.03 ^{a,b,c,e}	0.20±0.03 ^{a,b,c,d}
SSI (BW)	4.07±2.21 ^{b,c,d,e}	1.42±0.20 ^{a,c,d,e}	9.64±3.46 ^{a,b,d,e}	16.64±5.28 ^{a,b,c,e}	24.54±8.33 ^{a,b,c,d}
RFD ₃₀ (BW/s)	142.23±81.12 ^{d,e}	115.71±91.21 ^{c,d,e}	197.6±155.93 ^{b,d,e}	312.63±234.99 ^{a,b,c,e}	632.91±385.57 ^{a,b,c,d}
P _{max} (BW*m/s)	21.48±5.06 ^{c,d,e}	23.65±5.03 ^{c,d,e}	29.33±7.9 ^{a,b,d,e}	35.89±8.5 ^{a,b,c}	40.48±13.39 ^{a,b,c}

註：a.與 50 度有顯著差異；b.與 70 度有顯著差異；c.與 90 度有顯著差異；d.與 110 度有顯著差異；e.與 130 度有顯著差異。