

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 下肢增強式重量訓練動態負荷、肌電圖與訓練效果之研究

The Study of Dynamic Load, EMG and Training Effects in Plyometric Weight Training

計畫編號：NSC 89-2413-H-034-001

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：劉宇 中國文化大學體育學系

共同主持人：蔡豐任 國立聯合技術學院

### 一、中文摘要

本研究是利用生物力學的方法探討下肢增強式重量訓練(不同負荷CMJ動作)之運動學、動力學和肌肉工作的特徵,以便了解CMJ不同負荷時對於力學要素、運動表現、肌電量之影響。本次實驗以AMTI測力板、關節角度計、Biovision肌電系統測量受試者於三種不同負重情況下CMJ之力量-時間曲線、膝關節角度-時間變化圖和股直肌、腓腸肌、比目魚肌肌電活動特徵等,並經統計分析,獲如下結果:

- 一、時間和速度參數:離心時間及向心時間隨負重的增加而顯著增加;而騰空時間、膝關節離心角速度、膝關節向心角速度皆有顯著減緩之趨勢。
- 二、力量參數:隨著負重的增加,離心平均力量、向心平均力量、最大力量、向心衝量皆有顯著增加,顯示CMJ負重對下肢肌肉負荷有明顯影響。
- 三、爆發力參數:爆發力最大值及平均爆發力隨負重的增加而增加,的但接著又下降,暨爆發力值與負荷重量呈倒U字型,顯示不同負重強度對爆發力輸出有不同之影響。
- 四、肌電圖參數:離心階段除股直肌之平均肌電振幅隨負重的增加而顯著不同外,腓腸肌及比目魚肌皆沒有顯著改變,顯示漸增負重對股直肌有較明顯之作用;向心階段股直肌、腓腸肌、比目魚肌之平均肌電振幅皆未達顯著差異。至於積分肌電值(IEMG)方面,離心及向心階段皆隨著負重之增加而增加。顯示隨著負重增加,肌肉可以募集更多的運動單位。

關鍵字:肌電圖、運動學、動力學、向心、離心、增強式重量訓練。

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the kinematics, dynamic and neuromuscular innervations characteristics of Counter Movement Jump (CMJ) in order to understand the effects of jump performance, biomechanical parameters and EMG activities during different plyometric weight training.

AMTI force platform, penny electro-goniometer and Biovision EMG system were used to record the ground reaction force, knee angular displacement and

the EMG activities of Soleus, Rectus Femoris and Gastrocnemius lateral head. Based on statistic analysis the results were as follows:

#### 1. The parameters of time and velocity:

By increasing weight load, the time of eccentric and concentric phase increase significantly; flying time (indicate sport performance), the eccentric and concentric knee angular velocity decrease significantly ( $p < .05$ ).

#### 2. The parameters of strength:

By increasing weight load, the eccentric average force, concentric average force, the maximum force, concentric impulse increase significantly. This shows that CMJ with weight load have significant influence on lower extremity.

#### 3. The parameters of power:

The maximum and average power increase with increasing weight load, then they decrease. The power vs. weight load curve shows the relationship of reversed U. It demonstrates that different weight load have different influence on power output.

#### 4. The parameters of EMG:

In the eccentric phase, the mean EMG amplitude of Soleus and Gastrocnemius lateral head don't differ significantly between load conditions except Rectus Femoris, this show that there are obvious effects of load on Reutus Femoris. In the concentric phase, the mean EMG amplitude of Soleus, Rectus Femoris, Gastrocnemius lateral head don't differ significantly.

The eccentric and concentric IEMG increase by increasing weight load because of recruiting more motor units.

Keyword: EMG, IEMG, kinematics, dynamic, eccentric, concentric

### 二、緣由與目的

肌力與爆發力是競爭性運動的重要體能基礎,舉凡鉛球、鏈球、跳遠、跳高、空手道、柔道、足球、排球、籃球、網球...等等運動都需要。陳全壽(1998)表示:肌力與爆發力訓練一直是多數運動教練與運動員所關心的課題,也是近代競技運動決定勝負的關鍵點。

Schmidtbleicher(1987)指出:重量訓練可有效增進肌力,但對於改善動態運動表現的貢獻有限(例如:短跑、彈跳能力)。Bloodfield et al.

(1990)也曾以優秀運動員為研究對象觀察肌力與投擲速度的關係，結果指出：傳統的重量訓練顯著地增進了肌力的發展，而投擲速度卻沒有產生變化。Rutherford et al. (1986)的研究結果也呈現出：為期 12 週的下肢重量訓練雖然使舉重重量大大的提力，但在腳踏車測試的爆發力峰值 (peak power) 卻沒有因訓練而改變。Wilmore and Costill (1988) 甚至指出：雖然肌力訓練在過去的 50 年以來一直是競技游泳選手體能訓練課程的一部份，但它卻沒有顯著增進游泳表現。

蔡豐任、劉宇 (1998) 的研究，以控速增量及控量增速的深跳訓練 (增強式訓練的代表性項目) 為手段，實施每週兩次共為期八週的增強式訓練負荷定量控制方式，結果顯示：垂直跳分別進步了 7 公分及 7.8 公分，動作速度進步了 10.26% 及 10.52%，爆發力進步了 10.72% 及 10.23%，但最大肌力的發展卻未顯著改變。而且所造成的爆發力提昇之效果，是因此訓練方式提昇了動作速度而非動作力量。這個研究說明了增強式訓練在增進爆發力與動作速度上有很大的助益，但對於最大肌力的發展有其限制。此研究也建議：增強式訓練若能結合重量訓練應可更全面性地發展爆發力。

由上述兩段之研究顯示：重量訓練 (Weight Training, WT) 可有效增進最大肌力但不足以改變動態之運動表現；而增強式訓練 (Plyometric Training, PT) 可使爆發力有效地提昇，但對最大肌力的發展確有其限制。因此本研究動機主要結合重量訓練與增強式訓練之優點，利用測力系統及肌電圖儀來了解下肢增強式訓練無負重及不同負重情況下的動態負荷與神經支配特點及其差異。

### 三、研究方法

#### 實驗對象

研究對象為中國文化大學體育系及國術系男子共 8 名，每位受試者皆能蹲舉自身體重的兩倍以上，經過同意後願意接受負重增強式訓練之測試。

#### 實驗儀器

使用的主要儀器與設備區分為 AMTI 測力板系統、關節角度計和肌電測量三大部分。

#### 資料處理與統計分析方法

本研究將所得的資料分為測力系統、關節角速度、肌電圖的診斷分析。

(一) 肌電圖的診斷分析：以圖示及標準化平均肌電振幅說明神經支配肌肉的特點與差異，並使用相依樣本 T 檢定來考驗各組之差異。

(二) 測力系統與關節角速度的診斷分析：將所擷取的生物力學參數以下列方式進行統計分析。

1. 以描述性統計量及圖示說明相關生物力學參數的變化情形。

2. 以相依樣本 T 檢定來考驗各組各相關生物力學參數上的差異。

### 四、結果與討論

負重增強式訓練在我國算是一種較新的訓練方式，透過本研究使大家對各相關參數的了解，相信更能客觀的說明此種訓練方式之優點，先分述如下：

本研究中，隨著負重的增加，離心時間、向心時間或是完成 CMJ 之動作時間皆增加，可能是隨著負重的增加動作速度變慢所致，這可由本研究膝關節離心角速度及向心角速度隨負重的增加而變慢得到驗證。離心末期力量、向心平均力量、離心平均力量皆隨著負重的增加而增加，由此可知負重負荷的增加對肌力的提昇有很大的幫助。離心末期力量表示向心起始力，向心起始力增加，向心平均力量亦隨之增加，因此增加負重而增加離心末期力量進而增加向心平均力量。Bosco et al. (1982) 認為較小的牽張幅度動作產生較短的偶聯時間，使彈性能有效的償還，如果偶聯時間過長時，彈性能轉為熱能而消失。因此，本研究之離心末期力量雖隨著負重的增加而增加的趨勢，但未有顯著增加 ( $p > .05$ )，可能是偶聯時間過長所致，因為隨負重增加動作速度會減慢。

爆發力既是力量與速度之乘積。本研究結果顯示，隨著負重之增加，爆發力值逐漸上升，接著又下降，爆發力值與時間曲線呈倒 U 字型的關係，可推論為無負重時速度快，但可發出之力量較小，隨著負重增加，速度變慢而力量增加。Hedrick (1993) 表示，最佳爆發力之獲得僅在於力量與速度兩者同時增加，只著重力量的增加將限制爆發力之發展。本研究結果顯示隨負重的增加最大力量亦隨之增加，但爆發力值卻未隨最大力量的增加而一直增加。

Komi et al. (1992) 實驗中發現在一定張力之下向心收縮比離心收縮產生較大之肌電振幅，並顯示了進行負功比進行正功使用較少的肌電活動量。這與本研究離心平均肌電振幅皆小於向心平均肌電振幅之結果一樣。離心階段除股直肌之平均肌電振幅隨負重之增加而增加外，比目魚肌及腓腸肌皆無顯著差異，由此可知，負重增強式訓練於離心階段對股直肌之刺激有相當顯著之影響，顯示單位時間內徵召更多運動單位，產生較強的神經肌肉之刺激；積分肌電方面，隨著負重的增加各肌肉均明顯增加，因此可推論為隨負重之增加，因募集更多運動單位以及動作時間增長而使積分肌電量增多。向心階段股直肌、腓腸肌、比目魚肌之平均肌電振幅皆無顯著差異，顯示了單位時間內未徵召更多運動單位及產生較強的神經肌肉之刺激，但積分肌電量由於動作時間增長而顯著增加。

本研究設計與林政東 (2000) 之研究設計相似，他以 DJ 之淺蹲跳法分別從 20、40、60 公分的高度跳下，膝關節離心角速度隨高度 (代表負荷) 的增加而增加，這與本研究隨負重負荷的增加，膝關節離心角速度隨高度的增加而減少呈相反的關係，可能是隨著高度的增加，著地速度變快所致；

離心末期力量淺蹲和深蹲同樣未隨高度的增加而有顯著差異，與本研究結果相似，可能是動作時間延長之緣故；向心肌電振幅不論是淺蹲或深蹲，股直肌、腓腸肌、比目魚肌皆未隨著高度的增加而有顯著增加，同樣與本研究未隨著負重的增加而有顯著增加之研究結果相似，顯示皆未對神經肌肉系統產生顯著不同之刺激效果。

綜言之，隨著負重增加，動作速度減慢，而使騰空時間（表示騰空高度）下降；但是負重的結果使離心末期力量、離心平均力量、向心平均力量增加，由於力量上升，速度下降之結果，而使爆發力（即速度 $\times$ 力量）上升，接著又下降，因此顯示爆發力之訓練應考慮力量與肌力之最適安排才能有較佳之訓練效果；在神經肌肉適應方面，除離心階段對股直肌有顯著刺激外，其餘皆無顯著刺激改變。

## 五、結論與建議

- (一) 時間和速度參數：離心時間及向心時間隨負重的增加而顯著增加；而騰空時間、膝關節離心角速度、膝關節向心角速度皆有顯著減緩之趨勢。
- (二) 力量參數：隨著負重的增加，離心平均力量、向心平均力量、最大力量、向心衝量皆有顯著增加，顯示CMJ負重對下肢肌肉負荷有明顯影響。
- (三) 爆發力參數：爆發力最大值及平均爆發力隨負重的增加而增加，的但接著又下降，暨爆發力值與負荷重量呈倒U字型，顯示不同負重強度對爆發力輸出有不同之影響。
- (四) 肌電圖參數：離心階段除股直肌之平均肌電振幅隨負重的增加而顯著不同外，腓腸肌及比目魚肌皆沒有顯著改變，顯示漸增負重對股直肌有較明顯之作用；向心階段股直肌、腓腸肌、比目魚肌之平均肌電振幅皆未達顯著差異。至於積分肌電值（IEMG）方面，離心及向心階段皆隨著負重之增加而增加。顯示隨著負重增加，肌肉可以募集更多的運動單位。

### 建議

#### (一) 應用方面：

1. 爆發力訓練時應考慮力量與速度之最佳組合暨力量與速度成績之最大值，才能對爆發力的訓練產生最佳效果。
2. 最大力量的訓練應考慮使用較高負荷強度，但須注意個人可容忍之範圍以防受傷。

#### (二) 學術研究方面：

1. 本研究以受試者身體重量百分比為自變項，日後研究可考慮使用同一專長項目受試者最大肌力為自變項，將可獲得更一致的结果。
2. 增強式訓練種類繁多，可考慮進一步對下肢增強式訓練各種方式（如plyometric weighting jump、drop jump等）之爆發力最大值進一步做比較，以提供選手較佳之訓練效果。

## 六、計畫成果自評

本研究計畫利用生物力學的方法探討下肢增強式重量訓練動態負荷、肌電圖與訓練效果，以了解不同負荷時對於力學要素、運動表現、肌電量以及訓練效果之影響。由於訓練效果部分涉及受試者集體訓練強度與密度的安排，週期亦較長，實驗設計與經費需求均很高且很難控制，故本次實驗主要集中在以測力板、關節角度計、肌電系統收集受試者於三種不同負重的情況下力量—時間曲線圖、膝關節角度—時間變化圖和股直肌、腓腸肌、比目魚肌肌電活動的特徵，以便對增強式重量訓練動態負荷、肌電圖以及相關生物力學參數作更深入且具體的探討，並獲得預期成果。本研究結果在一定程度上豐富與驗證了下肢增強式重量訓練的相關理論並對運動訓練實務提供了具體建言。

### 參考文獻

- 林政東（2000）。兩種不同伸展幅度之SSC垂直跳法的力學要素與肌電現象之比較。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- 陳全壽（1998）。陳氏反覆衝擊式肌力增強器對肌力動力訓練效果之探討。中華民國大專院校體育總會編印：1998年國際大專運動教練研討會報告書。P105-117。
- 蔡豐任、劉宇（1997）。增強式訓練定量控制效果之研究。1998年國際大專運動教練科學研討會論文集。P223-235。
- Bloodfield, J., Blanksby, B., Ackland, T., & Allison, G. (1990). The influence of strength training on overhand throwing velocity of elite water polo player. Australian Journal of Science and Medicine in Sport, 22, 63-67.
- Bosco, C. (1982). Stretch-shortening cycle in skeletal muscle function. Jyvaeskylae: University Press. Studies in Sport, Physical Education and Health. 15.
- Komi, P. V. (1992). Stretch-Shortening Cycle. In P. V. Komi (eds.). Strength and Power in Sport (pp230-238). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Rutherford, O., Greig, C., Sargent, A. & Jones, D. (1986). Strength training and power output: Transference effects in the human Quadriceps muscle. J. Sport Science, 4, 101-107
- Schmidtbleicher, D. (1987). Motorische Beanspruchungsform Kraft. Deutsche Zeitschrift fuer Sportmedizin 38 (9), 356-377
- Willmore, J. & Costill, D. (1988). Training for sport and activity: The physical basis of the conditioning process. Dubuque, IL: Brown Publisher..