

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

被動反覆衝擊式肌力訓練效果與神經肌肉特性之探討(II)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2413-H-028-003-

執行期間：93年08月01日至94年10月31日

執行單位：國立臺灣體育學院體育研究所

計畫主持人：陳全壽

共同主持人：張雅如，張木山

計畫參與人員：劉強

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中 華 民 國 94 年 12 月 23 日

行政院國家科學委員會整合型研究計畫成果報告

被動反覆衝擊式肌力訓練法之研究(II)

---被動反覆衝擊式肌力訓練效果與神經肌肉特性之探討(II)

Training Effect and Neuromuscular Function of Passive Repeated Plyometric Training (II)

計畫編號：NSC 93-2413-H-028-003

執行期限：93年8月1日至94年10月31日

主持人：陳全壽 教授

國立臺灣體育學院體育研究所

共同主持：張木山 教授

國立花蓮師範學院體育學系

張雅如 助理教授

長庚大學物理治療學系

研究助理：劉強 講師

台北市立體育學院

一、中文摘要

本年度計劃的目的在於探討不同 PRP 訓練頻率的訓練效果和神經肌肉特性的差異情形；本研究以 20 位體育系男學生隨機分派進行為期十週、每週三次相同負荷之低頻(0.5Hz)和高頻(2.5Hz)的 PRP 訓練，並在 PRP 訓練前中後進行各項訓練效果和神經肌肉特性測試。結果發現(一)低頻 PRP 訓練須經五週後才會促使立定三次跳、垂直跳、助跑跳、30 公尺快跑具顯著的進步($p < .05$)；(二)高頻 PRP 訓練五週後會先使立定三次跳、垂直跳、助跑跳、深跳能力降低，但在五週至十週時才會進步地非常顯著($p < .05$)；且十週訓練能顯著增進 30 公尺快跑、負重半蹲 1RM、動態肌力和爆發力($p < .05$)；(三)高頻 PRP 訓練在深跳、30 公尺的訓練效果顯著高於低頻 PRP 訓練($p < .05$)，但低頻 PRP 訓練在負重半蹲 1RM 的訓練效果則較佳。(四)十週高頻 PRP 訓練會顯著降低 Hmax/Mmax ($p < .05$)，但 T-reflex 抗疲勞值則顯著的增大($p < .05$)；顯示高頻 PRP 訓練會減低 α 運動神經終池興奮性和有助於提高肌梭的耐受性。因此，本研究證實 PRP 高頻訓練具有較佳的訓練效果，並能促使週邊反射路徑中的運動神經元終池和肌梭等部位的適應性；故運動神經路徑和感覺器均會受 PRP 高頻訓練的影響，進而使肌力和爆發力具顯著性的提昇。

關鍵詞：PRP 訓練 訓練頻率 神經肌肉特性、訓練效果

二、英文摘要

The purpose of this study was to compare the difference between low frequency (Low-PRP) and high frequency (High-PRP) PRP training on training effect and neuromuscular function. Twenty college students participated in the program for 10 weeks. Results reveal that (1) Low-PRP training significantly improved triple jump, vertical jump, approach jump and sprint speed ($p < .05$). (2) In High-PRP training, triple jump, vertical jump, approach jump and depth jump slightly decreased the first 5-weeks of the training protocol. The second 5-weeks training protocol though showed a significant increase ($p < .05$). Moreover, sprint speed, 1RM, instantaneous force and power significantly increased after 10-weeks of High-PRP training ($p < .05$). (3) High-PRP training had a better training effect than Low-PRP training on depth jump and sprint speed ($p < .05$). (4) High-PRP training induced a significant decrease of Hmax/Mmax ratio, but significantly increased the T-reflex fatigue index ($p < .05$). The findings suggest that High-PRP training had a better training effect and induced an adaptation of the α -motoneuron pool and muscle spindle. The adaptation of the neuromuscular function is a main contribution to training effect after High-PRP training

Keywords: PRP training, training frequency, neuromuscular function, training effect.

三、緣由與目的

本整合型研究計畫是以三個年度分別探討不同肌力訓練方法(傳統重量訓練與 PRP 訓練)、不同 PRP 訓練頻率(0.5 Hz 低頻與 2.5 Hz 高頻)、不同 PRP 訓練之動作形式(雙腳同時動作與雙腳反覆交替動作)對訓練效果與神經肌肉特性之影響。第一年的研究發現 PRP 訓練能顯著的增進彈跳能力、速度、等張肌力、瞬發力量及爆發力,但單次訓練或是十週長期訓練均未能顯著的影響 a 運動神經終池興奮性和 ? 反射弧興奮性(陳全壽等人,民 93);由此可得知,PRP 訓練的效果和對神經肌肉特性的影響與傳統重量訓練相似,且動作頻率為 0.5Hz 的 PRP 訓練效果,其機轉並非神經因素的作用,可能是由於肌肥大或是快縮運動單元的徵召等肌肉適應性所致。

過去的研究發現,肌肉訓練的動作頻率是影響訓練效果的重要因素之一;然而,不同 PRP 訓練頻率之訓練方法,在訓練效果與神經肌肉特性上的差異,目前尚無系統性之研究;因此,本年度的研究目的在於探討不同 PRP 訓練頻率的訓練效果和神經肌肉特性的差異情形,以全面性地了解訓練動作頻率的影響,達到研發特殊且有效的肌力、爆發力訓練法。本年度的具體研究問題在於:(一)探討十週 0.5Hz 低頻 PRP 訓練和 2.5Hz 高頻 PRP 訓練後,肌力和動力表現之變化情形;(二)比較不同頻率 PRP 訓練間,肌力和動力訓練效果之差異情形;(三)探討十週不同頻率 PRP 訓練後,對肌肉活性、a 運動神經終池興奮性和 ? 反射弧興奮性等神經肌肉特性之變化情形。

四、方法與步驟

本研究以 20 位無下肢肌肉骨骼傷害的國立花蓮師範學院體育學系男學生(表一),分派為 0.5Hz 低頻組與 2.5Hz 高頻組,分別實施為期十週、每週三次之 PRP 訓練。0.5Hz 低頻組的訓練內容為:訓練動作頻率:0.5Hz、訓練負荷:半蹲最大肌力的 70%、訓練時間:20 秒、訓練組數:5 組、兩組間之休息時間:2 分鐘。2.5Hz 高頻組的訓練內容為:訓練動作頻率:2.5Hz、訓練負荷:半蹲最大肌力的 70%、訓

練時間:20 秒、訓練組數:5 組、兩組間之休息時間:2 分鐘。兩組訓練內容唯一差別僅在於動作頻率。

表一 受試者基本資料

組別	人數	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)	體脂肪(%)
低頻	10	18.70±0.48	174.30±5.25	70.59±8.52	15.62±4.39
高頻	10	20.30±0.82	171.70±3.35	68.87±10.3	16.59±3.78

本研究在訓練前(第一次)、訓練中(第十五次)、訓練後(第三十次)分別進行訓練效果和神經肌肉特性測試;訓練效果測試:立定三次跳、垂直跳高、助跑單手摸高、深跳摸高 30 公尺跑、負重半蹲 1RM、動態肌力與爆發力等項目;神經肌肉特性測試肌肉活性、a 運動神經終池興奮性、? 反射弧興奮性等項目。

肌肉活性測試方法為每位受試者進行三次、每次五秒的最大等長收縮,在收縮時蒐集股直肌 EMG 訊號;本研究將原始 EMG 訊號以 Acknowledge 3.72 版軟體進行處理,先以 10-500Hz 進行帶通濾波(band-pass filtered)後,再進行整流(rectified),分析參數為 mEMG(mean EMG)。

五、結果與討論

(一)訓練效果:

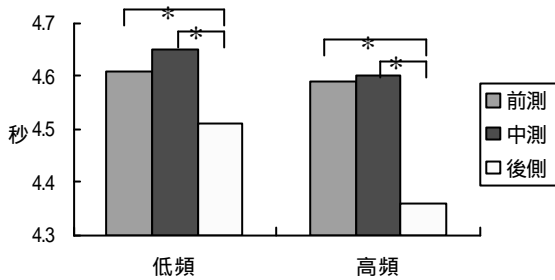
彈跳能力

經相依樣本單因子變異數分析後,發現 0.5Hz 低頻 PRP 訓練組立定三次跳後測值與中測值達顯著差異($p < .05$);垂直跳和助跑跳後測值與前測值及中測值達顯著差異($p < .05$),顯示五週低頻訓練後立定三次跳、垂直跳和助跑跳才會顯著的進步;深跳表現則無顯著變化。

2.5Hz 高頻 PRP 訓練組在立定三次跳、助跑跳後測值和前測值顯著大於中測值($p < .05$),在垂直跳、深跳方面後測值顯著大於前測值和中測值($p < .05$),顯示五週訓練後會使立定三次跳、垂直跳、助跑跳、深跳能力降低,五週至十週訓練才會有非常顯著的進步。

30 公尺跑

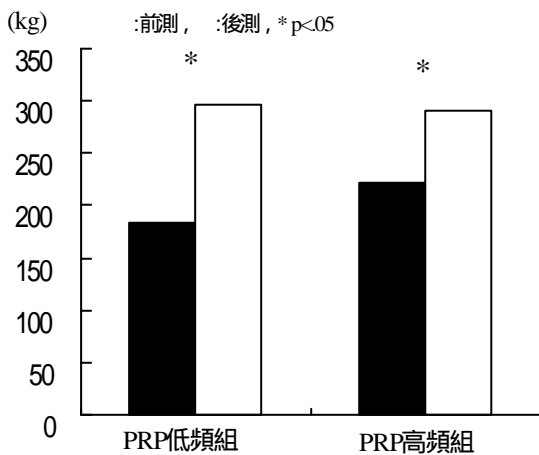
經相依樣本單因子變異數分析後，發現二組後測顯著快於前測和中測($p < .05$)，顯示低頻和高頻 PRP 訓練均能顯著提升 30 公尺快跑速度，且五週訓練後快跑速度才會顯著的進步。如圖一所示。



圖一 30 公尺快跑變化曲線

負重半蹲 1RM

本研究以相依樣本 t-test 考驗後發現 PRP 二種頻率訓練方式對負重半蹲 1RM 的訓練效果皆達顯著水準。



圖二 負重半蹲 1RM 訓練效果

動態肌力與爆發力

經相依樣本 t-test 考驗後，發現動態肌力與爆發力方面，二組肌力訓練在半蹲跳和反向跳的瞬發力量和最大爆發力的增進幅度皆達顯著水準($p < .05$)；且十週 PRP 高頻訓練會使 SSC 的預牽張效益達顯著差異($p < .05$)。上述結果顯

示，PRP 訓練是增進動態肌力和爆發力的有效肌力訓練方法，特別是高頻率的 PRP 訓練，對 SSC 效益的提升更具顯著性。如表二所示。

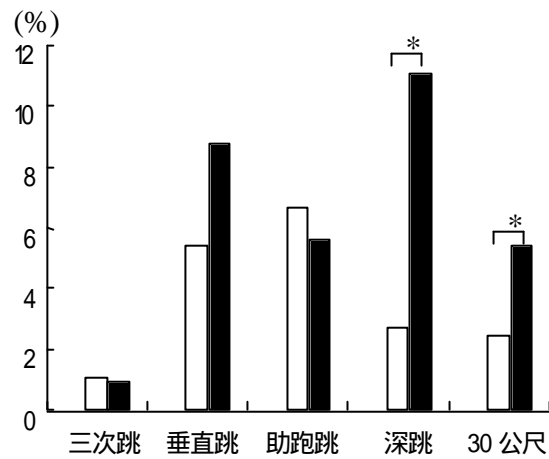
表二 肌力訓練前後預牽張效益之差異情形

組別	前測	後測	增進幅度	t
低頻	98.50 ± 5.46	98.93 ± 5.17	0.43 ± 6.67	-0.290
高頻	94.67 ± 6.13	100.74 ± 9.58	6.07 ± 5.99	-2.482*

(二)低頻和高頻訓練之比較：

彈跳能力

經獨立樣本 t-test 考驗後，發現 2.5Hz 高頻 PRP 訓練組在深跳 30 公尺的訓練效果顯著高於 0.5Hz 低頻 PRP 訓練組($p < .05$)，如圖三所示；其餘兩組在立定三次跳、垂直跳高、助跑跳高等的訓練效果均未達顯著差異($p > .05$)。



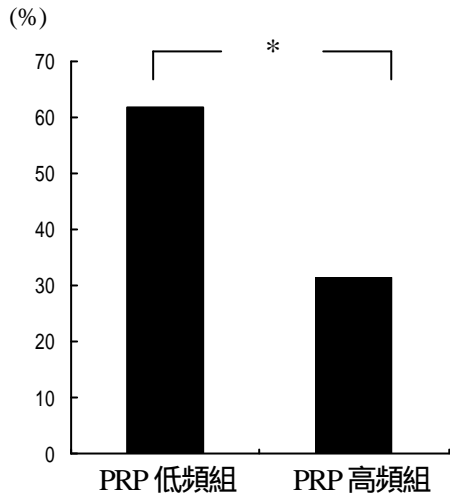
圖三 不同訓練頻率訓練效果之差異
(? 為 PRP 低頻組、| 為 PRP 高頻組)

負重半蹲 1RM

經獨立樣本 t-test 考驗後，發現兩組肌力訓練之負重半蹲 1RM 訓練效果具有顯著差異，0.5Hz 低頻 PRP 訓練組顯著高於 2.5Hz 高頻 PRP 訓練組($p < .05$)；如圖四所示。

動態肌力與爆發力

經獨立樣本單因子變異數分析後，發現兩組肌力訓練間瞬間力量和最大爆發力的訓練效果均未達顯著差異($p > .05$)。



圖四 負重半蹲 1RM 訓練效果之差異

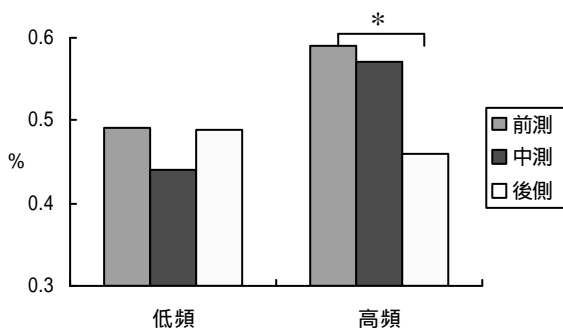
(三)神經肌肉特性之影響：

肌肉活性

經相依樣本單因子變異數分析後，十週 0.5Hz 低頻和 2.5Hz 高頻 PRP 訓練均未對股直肌 mEMG 具顯著的影響($p>.05$)；顯示 PRP 訓練並不會改變股直肌的肌肉活性以及改變運動單位的徵召。

a 運動神經終池興奮性

經相依樣本單因子變異數分析後，發現十週 0.5Hz 低頻 PRP 訓練均未對 Hmax/Mmax 達顯著的影響；十週 2.5Hz 高頻 PRP 訓練則會使前測 中測 後測的 Hmax/Mmax 達顯著差異，後測的 Hmax/Mmax 顯著大於前測($p<.05$)，顯示 2.5Hz 高頻 PRP 訓練會影響 a 運動神經終池興奮性；如圖五。



圖五 Hmax/Mmax 變化情形

? 反射弧興奮性

經相依樣本單因子變異數分析後，發現十週的低頻和高頻 PRP 訓練均未對 ? 反射弧興奮性達顯著的影響。但在 T-reflex 抗疲勞值之變化方面，則發現十週 2.5Hz 高頻 PRP 訓練後 T-reflex 抗疲勞值顯著大於前測($p<.05$)，顯示 2.5Hz 高頻 PRP 訓練有助於提高肌梭耐受性。

(四)綜合討論：

上述結果發現 2.5Hz 高頻 PRP 訓練有較佳的訓練效果，且對運動神經元終池和肌梭等部位產生影響；所以運動神經路徑和肌肉的本體感覺器均會受高頻 PRP 訓練的影響，而使肌力和爆發力具顯著性的提昇。本研究推論高頻 PRP 訓練的顯著效果，可能與動作頻率和運動單元徵召的關係有關，基本上運動單元徵召的順序依循著大小原則(size principle)，但在肌肉收縮速度增快或肌肉收縮型態不同時，運動單元徵召的順序亦會有所差異，過去研究發現快速彈震式肌肉收縮時，快縮運動單元會在慢縮運動單元之前優先地被徵召(Desmedt & Godaux, 1977)；Nardone et al(1989)曾發現腓腸肌在向心和等長收縮時，慢縮運動單元會優先地被活化，在中高速度離心動作中快縮運動單元則會優先地被徵召；與 PRP 訓練同樣利用 SSC 特性的衝擊式肌力訓練，亦被認為會優先徵召快縮運動單元(Nardone et al, 1989)；Enoka(1997)提到不同形式的肌肉收縮，會有不同的運動單元徵召型態以及不同的運動控制；長期肌力訓練必定會使神經肌肉系統，對該收縮形式產生適應性。因此，高頻 PRP 訓練過程中，會使肌群內的快縮運動單元不斷地被活化與徵召，因而促使彈跳能力、速度及 SSC 效益等表現明顯的提升。

神經肌肉特性部分，本研究發現 2.5Hz 高頻 PRP 訓練後使 a 運動神經終池興奮性顯著的降低。過去研究發現爆發力和短跑選手較耐力

性選手有低的 H-reflex(Casabona et al, 1990., Maffiuletti et al, 2001), 顯示具運動訓練經歷者或爆發力較好的選手其 H-reflex 均較小; 過去長期阻力訓練對 a 運動神經終池興奮性影響的研究發現 a 運動神經終池興奮性會有顯著的增加(Perot et al, 1991; Aagaard et al, 2002); Casabona et al(1990)認為這是由於長期的爆發力訓練會促使慢縮運動單元轉變為快縮運動單元, 所以運動員有較小的 a 運動神經終池興奮性。研究證實爆發力訓練(McCarthy et al, 2002; Hakkinen et al, 2003)和增強式訓練(Almeida-Silveira, 1996)後確實會使慢縮肌轉變為快縮肌, 並促使支配不同類型運動單元的運動神經元。因此, PRP 高頻訓練能顯著增進快速肌力和爆發力的訓練效果, 可間接推論 PRP 高頻訓練確實能刺激快縮運動單元, 並且會影響 a 運動神經終池的興奮性。

本研究發現 2.5Hz 高頻 PRP 訓練有助於提高肌梭的耐受性, 顯示高頻 PRP 訓練能提高肌梭的敏感性, 因而在以 SSC 動作的反向跳中, 能獲得較佳的爆發力訓練效果, 且有較佳的預牽張效益。這與 Voight et al(1998)和 Almeida-Silveira et al(1996)等研究有相似的結果。Voight et al(1998)在探討四週跳躍訓練對(hopping)對 H-reflex 和牽張反射的影響研究中, 則發現腓腸肌和比目魚肌的牽張反射有增進卻未達顯著水準; 同時, Almeida-Silveira et al(1996)亦發現八週增強式訓練後, 雖不會顯著影響 T-reflex, 但由 T/H 顯著的提升, 得知增強式訓練會使反射路徑的週邊成分(peripheral components), 如肌腱的勁度和或敏感性產生變化。綜合上述, 本研究證實高頻 PRP 訓練具有較佳的訓練效果, 並能促使週邊反射路徑中的運動神經元終池和肌梭等部位的適應性; 故運動神經路徑和感覺器均會受 PRP 高頻訓練的影響, 而使肌力和爆發力具顯著性的提昇。

六、成果自評

本整合型研究計畫是針對國人自行研發的被動反覆衝擊式肌力訓練法, 分別進行不同肌力訓練方法(傳統重量訓練與 PRP 訓練)、不同 PRP 訓練頻率(0.5 Hz 低頻與 2.5 Hz 高頻)、不同 PRP 訓練之動作形式(雙腳同時動作與雙腳反覆交替動作)等對訓練效果與神經肌肉特性之影響。本年度在比較 0.5Hz 低頻 PRP 訓練和 2.5Hz 高頻 PRP 訓練後, 證實 2.5Hz PRP 高頻訓練具有較佳的訓練效果, 並會影響週邊反射路徑中的運動神經元和肌梭等神經肌肉特性; 所以, 2.5Hz PRP 高頻訓練可應用在我國優秀運動選手的肌力訓練上, 特別是要求選手須具備優異爆發力的運動項目。綜合本整合型研究計畫的成果, 可對競技運動、國民體適能、體育教學、傷害復健等領域所共同探討的「肌力」, 提供全新且具有國際性領導地位的訓練方法, 並對國人所研發的肌力訓練建構完整的理論機轉。

七、參考文獻

- [1]陳全壽、張木山、張雅如(民 93): 被動反覆衝擊式肌力訓練法之研究-被動反覆衝擊式肌力訓練效果與神經肌肉特性之探討(I)。行政院國家科學委員會成果報告書。
- [2]Aagaard, Per., Simonsen, Erik. B., Andersen, Jesper. L. Magnusson, Peter. & Dyhre-Poulsen, Poul. (2002). Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol* 92: 2309-2318.
- [3]Almeida-Silveira, M., Perot, C. & Goubel, F. (1996). Neuromuscular adaptations in rats trained by muscle stretch shortening. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 72, 261-266.
- [4]Casabona, A., Polizzi, M. C. & Perciavalle, V. (1990). Differences in H-Reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur Appl Physiol Occup Physiol*, 61, 26-32.

- [5]Desmedt, J, E., & Godaux, E., (1977). Ballistic contraction in man: Characteristic recruitment pattern of single motor unit of the triceps anterior muscle. *J Physiol*, 264, 673-393.
- [6]Enoka, R. M. (1997). Neural adaptations with chronic physical activity. *J Biomech*, 30, 447-455.
- [7]Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J. & Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol*, 89(1), 42-52.
- [8]Maffiuletti, NA, Martin A, Babault N, Pensini M, Lucas B, and Schieppati M. (2001). Electrical and mechanical H_{max} -to- M_{max} ratio in power- and endurance-trained athletes. *J Appl Physiol*, 90: 3-9.
- [9]McCarthy, J. P., Pozniak, M. A. & Agre, J. C. (2002). Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3), 511-519.
- [10]Nardone A, Romano C, Schieppati M (1989) Selective recruitment of high threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *J Physiol (Lond)* 409:451-471.
- [11]Perot C, Goubel F, Mora I (1991) Quantification of T and H responses before and after a period of endurance training. *Eur J Appl Physiol*. 63:368-375.
- [12]Voigt M, Chelli F, Frigo C (1998) Changes in the excitability of soleus muscle short latency stretch reflexes during human hopping after 4 weeks of hopping training. *Eur J Appl Physiol* 78:522-532.