

# 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(1)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2413-H-028-005-

執行期間：92年08月01日至93年08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：張木山，張雅如

計畫參與人員：劉強、林國華

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 12 月 1 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(I)

### ---被動反覆衝擊式肌力訓練效果與神經肌肉特性之探討(I)

### Training effect and neuromuscular function of passive repeated plyometric training (I)

計畫編號：NSC 92-2413-H-028-005

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：陳全壽 教授兼校長 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、林國華

#### 一、中文摘要

被動反覆衝擊式肌力訓練(PRP 訓練)是根據伸展縮短循環特性,所發展出的肌力和爆發力訓練方法,過去研究已證實 PRP 訓練能顯著提高優秀運動員的肌力與爆發力,但其對神經肌肉功能的影響仍未被釐清;因此,本子計劃研究目的在於比較傳統重量訓練和 PRP 訓練前後,肌力和爆發力之變化情形差異,並分別探討單次與十週肌力訓練對 $\alpha$ 運動神經終池興奮性和 $\gamma$ 反射弧興奮性等神經肌肉特性之影響。本研究以20位體育系男學生為受試對象,隨機分派進行為期十週、每週三次相同負荷的傳統重量訓練和 PRP 訓練,並在訓練前中後進行各項訓練效果和神經肌肉特性測試。研究結果發現傳統重量訓練能顯著的增進速度、等張力量及爆發力( $p<.05$ ),且單次訓練後會立即性地提高 $\alpha$ 運動神經終池興奮性( $p<.05$ );PRP 訓練則能顯著的增進彈跳能力、速度、等張力量、瞬發力量及爆發力( $p<.05$ ),但單次訓練或是十週長期訓練均未能顯著的影響 $\alpha$ 運動神經終池興奮性和 $\gamma$ 反射弧興奮性( $p>.05$ )。本研究證實動作頻率為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。

關鍵詞：PRP 訓練、神經肌肉特性、訓練效果

#### 二、英文摘要

PRP training was developed by property of stretch-shortening-cycle for improving strength and power. But the mechanism of PRP training on neuromuscular function is not evident so far. The purpose of this study was to compare difference between traditional resistance training and PRP training on training effect and neuromuscular function. Twenty college students participated traditional weight training and PRP training for 10 weeks. Results reveal that there were significantly improved sprint speed, isotonic force and power after traditional training ( $p<.05$ ). Traditional training significantly induced acute effect of  $\alpha$ -motor neuron pool excitability ( $p<.05$ ). There were significantly improve jumping performance, sprint speed, isotonic force, instantaneous force and power after PRP training ( $p<.05$ ). PRP training didn't significantly induce acute and chronic effect on neuromuscular function ( $p>.05$ ). The findings suggest that PRP training with 0.5Hz have significant training effect. The mechanisms might result from hypertrophy or/and recruit fast twitch motor units, instead of neuron factor.

Keywords: PRP training, neuromuscular function, training effect.

### 三、緣由與目的

被動反覆衝擊式肌力訓練 (Passive Repeatedly Plyometric Training)(簡稱 PRP 訓練)主要是依據伸展縮短循環 (Stretch-Shortening Cycle, SSC), 即骨骼肌伸展反射及彈性能儲存的特性, 所發展出的一種訓練肌力和爆發力的方法(陳全壽、相子元, 民 87)。PRP 訓練器是利用馬達驅動, 由特殊的傳導機構使活動踏板能快速的上下移動, 使站立於活動踏板的訓練者能以突破固有的肌肉收縮速度模式, 以及一般肌力訓練方式所無法達到快速反覆的動作頻率。過去研究已初步的證實 PRP 訓練, 能顯著的增進優秀運動員的肌力與爆發力(謝素貞, 民 86; 劉德智, 民 87; 蔡昆霖, 民 88; 侯鴻章, 民 89; 王翔星, 民 89; 李雲光, 民 91), 進而促使運動成績表現的提升; 然而, PRP 訓練與其他常用的訓練方法, 在訓練效果與神經肌肉特性上的差異, 目前尚無有利的實驗數值證實。

本整合型研究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)等對於訓練效果與神經肌肉特性之影響。冀望透過多年度的整合型計畫, 驗證 PRP 訓練對於訓練效果、神經肌肉功能、骨骼肌肉系統、血液生化、氧化壓力、免疫功能、骨骼肌肉組織等之影響, 以全面性地了解 PRP 訓練之機轉, 達到研發特殊且有效的肌力爆發力訓練法。因此, 本年度之研究目的在於: (一)探討十週之傳統重量訓練與 PRP 訓練後, 肌力和動力表現之變化情形; (二)比較傳統重量訓練與 PRP 訓練之間, 肌力和動力訓練效果之差異情形; (三)探討單次傳統重量訓練與 PRP 訓練對  $\alpha$  運動神經終池興奮性和  $\gamma$  反射弧興奮性等神經肌肉特性之立即性變化; (四)探討十週之傳統重量訓練與 PRP 訓練對神經肌肉特性之長期變化情形。

### 四、方法與步驟

本子計畫為整合型研究計畫之一部分。以訓練學與神經生理學的角度探討 PRP 訓練效果與對神經肌肉之影響。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(如圖一和表一所示), 隨機分派為傳統重量訓練組與 PRP 訓練組, 分別實施為期十週、每週三次之相同負荷訓練(如表二所示)。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, 並在上述三個測試點時, 再進行 pre-test、post-test、recovery-test 等神經肌肉特性測試。另外, 實驗過程中亦配合其他子計畫進行 MRI(子計畫三)、抽血(子計畫四、五)等測試。



圖一 總計畫主持人說明研究流程

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 (%)
傳統	10	19.40±0.84	173.50±5.10	65.86±9.65	13.38±3.00
PRP	10	18.70±0.48	174.30±5.25	70.59±8.52	15.62±4.39

本研究的自變項為傳統重量訓練(如圖二所示)與 PRP 訓練(如圖三所示)等不同肌力訓練方法。依變項包括訓練效果與神經肌肉特性兩方面; 在訓練效果方面為立定三次跳、垂直跳高、助跑單手摸高、深跳摸高、30 公尺跑、負重半蹲 1RM、動態肌力和爆發力(如圖四和圖五所示)、twitch force 等; 在神經肌肉特性方面為  $\alpha$  運動神經終池興奮性(如圖六和圖七所示)和  $\gamma$  反射弧興奮性(如圖八所示)等。



圖二 傳統等張訓練



圖三 PRP 訓練



圖六 電刺激測試

表二 不同肌力訓練之訓練負荷

訓練參數	傳統訓練組	PRP 訓練組
訓練儀器	Cybex Smith Press	PRP 訓練器
負荷形式	等張	被動反覆衝擊式
動作頻率	0.5 Hz	0.5 Hz
訓練負荷	1RM 的 70%	1RM 的 70%
訓練時間	20 sec	20 sec
訓練組數	5 sets	5 sets
組間休息時間	2 mins	2 mins
每週訓練次數	3	3
訓練週數	10 weeks	10 weeks

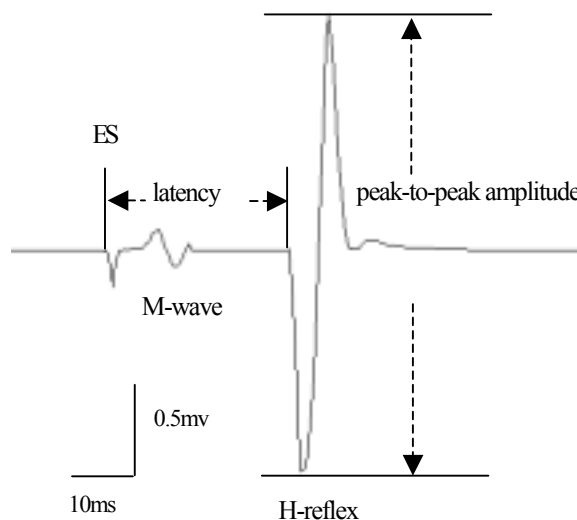


圖四 垂直跳高測試



圖五 動態肌力測試

$\alpha$  運動神經終池興奮性測試方法，如圖六所示；受試者坐於 leg extension 訓練機椅子上，頭部以彈性繃帶固定不動，髖關節與膝關節呈 120 度屈曲，小腿遠端以彈性繃帶固定於訓練機，踝關節呈自然放鬆狀態；電刺激左腳腳窩之脛神經後，比目魚肌會產生收縮，且數位示波器上可觀察與電刺激間隔約 7-10 ms 的 M-wave，以及間隔 30-40 ms 的 H-reflex(如圖七所示)；本研究均以相同的流程與步驟，進行最大 M-wave 和最大 H-reflex 的測試，並以 Hmax/Mmax 做為  $\alpha$  運動神經終池興奮性指標。



圖七 M-wave 和 H-reflex 訊號

$\gamma$  反射弧興奮性測試方法，如圖八所示；受試者坐於 leg extension 訓練機椅子上，雙眼緊閉，膝關節呈 90 度屈曲，小腿遠端以彈性繃帶固定於訓練機，踝關節呈自然放鬆狀態；研究者在受試者能誘發出最大反射的股直肌肌腱上處，放置能偵測敲擊力量的力量轉能器，以自行製作的鐘擺式鐵鎚，在固定高度以及鐘擺角度敲擊，將十次的最大 T-reflex 振幅峰值加以平均，做為評量  $\gamma$  反射弧興奮性的指標。



圖八 膝反射測試

## 五、結果與討論

### (一)肌力訓練之訓練效果：

#### 彈跳能力

經相依樣本 t-test 考驗後，發現 PRP 訓練在垂直跳和助跑單手摸高的增進幅度皆達顯著水準( $p < .05$ )，但在立定三次跳和深跳摸高的增進幅度則未達顯著水準( $p > .05$ )；傳統重量訓練在立定三次跳、垂直跳高、助跑單手摸高、深跳摸高等彈跳能力上均未達顯著差異( $p > .05$ )，如表三所示。

表六 彈跳能力之敘述性統計

組別	彈跳	前測	後測	增進幅度
傳統	立定	8.12±0.59	8.13±0.59	.001±3.19
	垂直	66.00±8.41	67.56±9.93	1.90±2.85
	助跑	72.22±8.04	75.11±8.96	2.70±4.06
	深跳	63.56±8.20	64.56±9.70	0.70±2.83
PRP	立定	7.80±0.45	7.88±0.24	0.08±0.27
	垂直	61.44±2.60	65.00±3.35	3.30±2.79 *
	助跑	65.33±2.60	69.67±3.54	4.30±3.37 *
	深跳	60.78±5.17	62.00±2.35	1.30±5.36

#### 30 公尺跑

經相依樣本 t-test 考驗後，發現傳統重量訓練和 PRP 訓練 30 公尺跑的增進幅度皆達顯著水準( $p < .05$ )；如表四所示。

表四 30 公尺跑之敘述性統計

組別	前測	後測	增進幅度
傳統	4.55±0.17	4.44±0.18	0.12±0.12 *
PRP	4.61±0.17	4.50±0.16	0.12±0.13 *

註：單位為 kg；增進幅度=後測-前測；\*  $p < .05$ 。

表五 負重半蹲 1RM 之敘述性統計

組別	前測	後測	增進幅度
傳統	200.00±26.67	302.00±49.62	102.00±31.55 *
PRP	184.00±20.11	297.00±30.57	113.00±18.89 *

註：單位為 kg；增進幅度=後測-前測；\*  $p < .05$ 。

#### 負重半蹲 1RM

經相依樣本 t-test 考驗後，發現傳統重量訓練( $t = -10.223, p < .05$ ) PRP 訓練( $t = -18.921, p < .05$ )

負重半蹲 1RM 的增進幅度皆達顯著水準；如表五所示。

#### 動態肌力與爆發力

經相依樣本 t-test 考驗後，發現除傳統重量訓練組在反向跳的瞬發力量未達顯著差異外( $t = -0.899, p > .05$ )，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( $p > .05$ )；如表六所示。

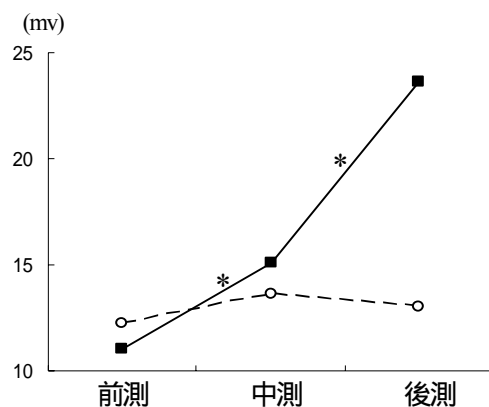
表六 動態肌力與爆發力之敘述性統計

組別	跳法	參數	前測	後測	增進幅度
傳統	SJ	Fi	0.34±0.07	0.39±0.06	0.05±0.04 *
		Ppk	59.17±8.92	63.94±8.25	4.77±2.36 *
	CMJ	Fi	1.56±0.21	1.62±0.27	0.06±0.22
		Ppk	57.73±7.99	62.34±8.88	4.61±1.90 *
PRP	SJ	Fi	0.35±0.03	0.38±0.04	0.03±0.04 *
		Ppk	55.64±4.63	61.52±3.37	5.88±4.00 *
	CMJ	Fi	1.31±0.34	1.53±0.27	0.22±0.19 *
		Ppk	56.30±6.13	60.52±4.44	4.22±3.34 *

註：Fi 為瞬發力量；Ppk 為最大爆發力，單位為 w/kg；增進幅度=後測-前測；\*  $p < .05$ 。

#### Twitch force

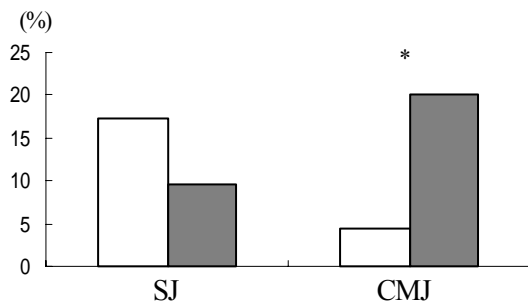
經相依樣本單因子變異數分析後，發現十週傳統重量訓練會使前測、中測、後測的 twitch force 達顯著差異( $F = 13.159, p < .05$ )，再以最小顯著差異(Least Significant Difference, LSD)比較後，發現後測的 twitch force 分別顯著大於前測和中測( $p < .05$ )，中測的 twitch force 又顯著大於前測( $p < .05$ )；十週 PRP 訓練未對 twitch force 達顯著影響( $F = 0.313, p > .05$ )；如圖九所示。



圖九 長期訓練 twitch force 之變化情形 ( 為傳統組、 為 PRP 組)

## (二)不同肌力訓練方法間訓練效果之比較：

經獨立樣本 t-test 考驗後，僅發現 PRP 訓練在反向跳的瞬間力量增進率顯著高於傳統訓練組( $p < .05$ )，如圖十所示；其餘在立定三次跳、垂直跳高、助跑單手摸高、深跳摸高、30 公尺跑、負重半蹲 1RM 等的增進率均未達顯著差異( $p > .05$ )。

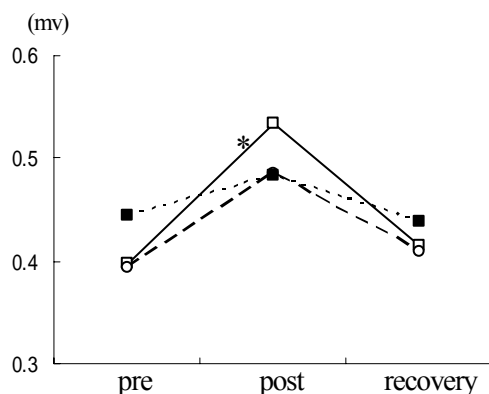


圖十 不同肌力訓練瞬發力量增進率之差異  
( 為傳統組；■為 PRP)

## (三)神經肌肉特性之立即性影響：

### α 運動神經終池興奮性

本研究以相依樣本單因子變異數分析後，發現僅在前測時單次傳統重量訓練會使 pre-test、post-test、recovery-test 之間的 Hmax/Mmax 達顯著的差異( $F=2.804, p < .05$ )，再經最小顯著差異比較後，發現 post-test 的 Hmax/Mmax 顯著大於 pre-test( $p < .05$ )；其餘在中測和後測時，單次傳統重量訓練和單次 PRP 訓練均未使 Hmax/Mmax 達顯著影響( $p > .05$ )，如圖十一所示。



圖十一 單次傳統訓練 Hmax/Mmax 變化情形  
( 為前測、 為中測、 為後測)

## γ 反射弧興奮性

經相依樣本單因子變異數分析後，發現在前測、中測、後測時，單次傳統重量訓練和單次 PRP 訓練均未對 T-reflex 振幅達顯著的立即性影響( $p > .05$ )，如表七所示。

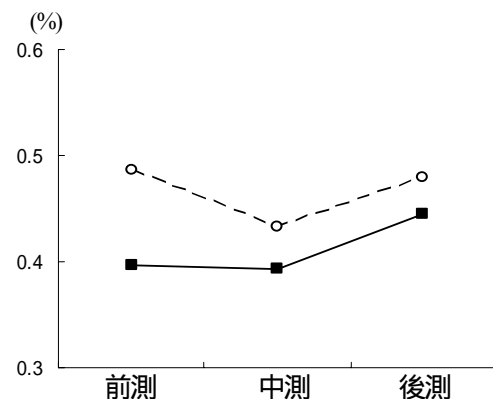
表七 單次肌力訓練對 T-reflex 振幅之變化

組別	測試	pre-test	post-test	recovery-test
傳統 (n=8)	前	0.189±0.084	0.154±0.060	0.154±0.063
	中	0.202±0.065	0.165±0.060	0.185±0.049
	後	0.249±0.119	0.245±0.130	0.246±0.116
PRP (n=9)	前	0.163±0.096	0.218±0.143	0.235±0.192
	中	0.271±0.200	0.245±0.211	0.228±0.195
	後	0.264±0.211	0.245±0.138	0.311±0.213

## (四)神經肌肉特性之長期影響：

### α 運動神經終池興奮性

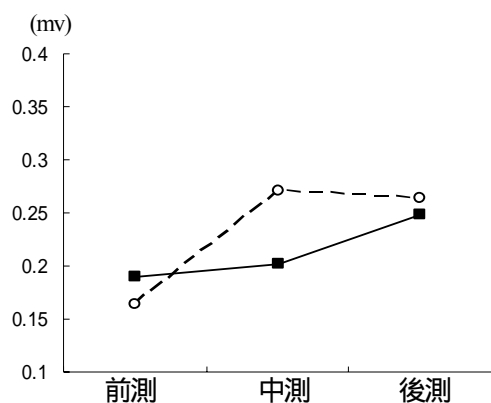
經相依樣本單因子變異數分析後，發現十週傳統重量訓練( $F=0.470, p > .05$ )和十週 PRP 訓練( $F=0.657, p > .05$ )均未對 Hmax/Mmax 有顯著的影響，如圖十二所示。



圖十二 長期訓練對 Hmax/Mmax 之變化情形  
( 為傳統組、 為 PRP 組)

## γ 反射弧興奮性

經相依樣本單因子變異數分析後，發現十週傳統重量訓練( $F=1.751, p > .05$ )和十週 PRP 訓練( $F=3.127, p > .05$ )，均未對 T-reflex 達顯著的影響，如圖十三所示。



圖十三 長期訓練對 T-reflex 之變化情形  
(為傳統組、為 PRP 組)

## 六、成果自評

本整合型計畫的研究主題為國人自行發展的被動反覆衝擊式肌力訓練方法，經第一年度探討傳統重量訓練和 PRP 訓練對訓練效果和神經肌肉特性影響之後，得到以下研究結果：傳統重量訓練能顯著的增進速度、等張力量及爆發力( $p < .05$ )，且單次訓練後會立即性地提高  $\alpha$  運動神經終池興奮性( $p < .05$ )；PRP 訓練則能顯著的增進彈跳能力、速度、等張力量、瞬發力量及爆發力( $p < .05$ )，但單次訓練或是十週長期訓練均未能顯著的影響  $\alpha$  運動神經終池興奮性和  $\gamma$  反射弧興奮性( $p > .05$ )。本研究證實動作頻率為 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。

適逢 2004 年雅典奧運會之際，我國跆拳道選手朱木炎與陳詩欣於左營國家訓練中心備戰期間，接受行政院體育委員會下設之運動科學小組成員建議(亦是本整合型計畫研究成員)，進行 PRP 訓練以提升爆發力(如圖十四所示)；兩位選手於此次奧運會表現優異，為我國勇奪七十二年來的首面奧運金牌。由此可知，本整合型計畫預計能對於在競技運動、全民運動的體適能增進、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。



圖十四 奧運金牌選手-朱木炎進行 PRP 訓練

## 七、參考文獻

- [1]王翔星(民 89)：陳氏被動反覆衝擊式肌力增強器在我國優秀女子跆拳道選手上之應用。
- [2]李雲光(民 91)：被動反覆衝擊式肌力訓練對籃球選手各項彈跳能力之影響。2002 運動生物力學之技術分析暨電腦應用研習會論文集。
- [3]侯鴻章(民 89)：陳氏被動反覆衝擊式肌力增強器對上肢肌力、動力訓練效果之研究。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- [4]陳全壽、相子元(民 87)：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。105-117。
- [5]劉德智(民 87)：陳氏被動反覆衝擊式肌力增強器介紹及對肌力動力訓練效果之研究。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- [6]蔡昆霖(民 88)：CHEN'S power machine 不同訓練內容對下肢肌力與動力訓練之比較研究。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- [7]謝素貞(民 86)：陳氏被動反覆衝擊式肌力增強器對優秀全能選手馬君萍肌力肌耐力爆發力與運動表現之影響。國立體育學院教練研究所碩士論文。