

## 增強式訓練對男子排球選手防守敏捷能力之影響

陳克舟<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 中原大學體育室

<sup>2</sup> 中國文化大學體育學系

### 摘要

目的：本研究目的為將增強式訓練應用於男子排球運動員的訓練中，評估增強式訓練對於排球運動員在後排移位防守整體反應時間 (total response time, TRT) 上的效果。方法：以 20 名男子排球選手為研究對象，並將其分為增強式訓練組 (Plyometric Training Group, PTG) 與對照組 (Control Group, CG)，進行六週的訓練，並於訓練前、第二週、第四週與第六週訓練結束後，以排球運動後排兩側移位反應評估系統進行防守 TRT 測試。統計方法採用二因子變異數分析(two-way ANOVA) 進行考驗，最後再將兩組分別透過薛費法 (Scheffe method) 進行事後比較 ( $\alpha = .05$ )。結果：經過六週的訓練後，增強式訓練組與對照組在防守 TRT 上有顯著的差異。而組內的事後比較，訓練組在第四週後即出現顯著的效果，而對照組並未出現顯著的差異。結論：增強式訓練能夠顯著提升排球運動員在後排進行防守時的敏捷能力，增進方向變換加速的能力與動作協調能力，使其在移動防守時能迅速觸摸到目標物。

**關鍵詞：**移動防守、協調能力、反應評估系統、方向變換

通訊作者：陳克舟，中原大學體育室

E-mail : ivan\_7555@hotmail.com

## 壹、緒論

增強式訓練 (plyometric training) 是一種常應用於運動員訓練的肌力訓練方式，尤其是一些需要強調彈跳能力及敏捷性 (agility) 的運動項目，藉此提升肌力 (strength) 與爆發力 (explosiveness) (Chu, 1998)。增強式訓練的動作是讓運動員的肌肉在收縮之前先做一次快速的伸展，是一種預先伸展肌肉，迫使肌肉在向心收縮階段時能產生更強而有力收縮的一種跳躍訓練方式 (Kritpet, 1989)，是一種產生爆發性反射動作的訓練方式 (Chu & Plummer, 1984)。因為在實施增強式訓練時，肌肉會呈現離心收縮，造成肌肉的拉長伸展，而在離心末期的力量除了亦為向心收縮的起始力量，也代表著彈性能儲存能力，隨後肌肉的向心收縮便會使得向心收縮力量與儲存的彈性能獲得釋放，進而增進肌肉力量的表現 (Baechle & Earle, 2000)。藉此增加肌肉彈性能之利用，改善快速收縮時的牽張縮短循環 (stretch shortening cycle) 與神經協調性。而在增強式訓練中，通常包含急停、快速啟動與改變動作方向等爆發性的訓練模式，這些訓練動作的組成概念便可用來輔助運動員敏捷能力的發展 (Craig, 2004 ; Miller, Hilbert, & Brown, 2001)。而 Young, James, 與 Montgomery (2002) 認為，影響運動員敏捷能力的一項重要生理機制因素就是腿部肌肉特性 (leg of qualities)，會受到爆發力 (power)、肌力 (strength) 與反射肌力 (reactive strength) 的影響。因為在運動的過程中，敏捷是一種對於外在刺激立即作出反應的能力，意即身體的快速動作能力 (Twist & Benicky, 1996)。

排球運動是一項需要精確度、敏捷性及爆發力的運動，球員跳的越高、跑的越快、反應時間越短，越能夠在比賽中掌握致勝的關鍵。在排球競賽中，防守是影響比賽勝負的關鍵因素之一。而防守技術是一項看似簡單，但不易在實際比賽中要運用得當的一項技能，其運用需要強烈的防守意識和細膩的判斷能力。在節奏多變快速的比賽過程中，防守者必須透過觀察對方攻擊手的動作，迅速判斷進攻的位置與方式，在移動防守位置時除了要快速的側向移動變換腳步外，同時必須精確的控制接到球後反彈的方向與速度，以達到有效的防守。而許多研究的結果也顯示，透過增強式訓練可改善垂直跳能力 (vertical jump performance)、加速度 (acceleration)、肌肉爆發力 (muscular power) 與本體感覺 (proprioception) 等等 (Michael, Jeremy, Mark, Christopher, & Timothy, 2006)。

Roozen (1995) 指出，每週進行三次的增強式訓練且持續 8-12 週，能夠顯著的提升運動員的表現，而在四週時就足以改善某些特殊的運動能力。而許多學者依此概念應用在許多不同項目的運動訓練計劃中，如美式足球、網球與足球等 (Roper, 1998 ; Robinson, & Owens, 2004)，也確實能夠提升運動員在敏捷能力上的表現。雖然運用增強式訓練可以提升許多不同項目運動員的敏捷能力，但應用於排球運動員的表現能力之效果仍有待探討。因此，本研究目的在於探討以六週增強式訓練應用於排球運動員的訓練計劃中，並以自製反應敏捷測試系統評估其訓練效果，以探究對於男子排球選手防守敏捷能力之影響情形。

## 貳、方法

### 一、研究對象

本研究受試者對象以 20 名中原大學男子排球選手為受試對象，並將其分為增強式訓練組 (Plyometric Training Group, PTG) 與控制組 (Control Group, CG)。平均身高、體重、年齡，分別為  $186.5 \pm 11.1$  ;  $177.5 \pm 4.4$  公分， $76.1 \pm 9.0$  ;  $67.4 \pm 5.6$  公斤， $22.25 \pm 1.9$  ;  $22.1 \pm 1.5$  歲。受試者於六個月內皆無骨骼肌肉受傷之經驗，且在六週的實驗內未參與任何增強式訓練形式的相關訓練。

### 二、研究設備

排球運動後排兩側移位反應評估系統：本系統是由陳政宇、林國全、何金山與孟範武 (2010) 所開發設計，用於紀錄受試者後排防守的整體反應時間，此系統的使用微控制器 MSP430 晶片 (F149, Texas Instruments Inc., USA) 作為處理核心，以 C 語言設定所有通道取樣頻率皆為 1000 Hz，解析度為 8 位元，並經由串列傳輸模式透過 RS-232 介面傳送到電腦端作即時顯示與資料儲存動作。本系統所控制為亂數產生 2 個位置燈號明滅，所記錄訊號為受測者接觸開關的時間點所送出的高電位。

### 三、操作型定義

(一) 防守敏捷能力：本研究反應敏捷測試 (reactive agility test) 之設計，乃採用排球選手後排防守區域 (Areas of Court Coverage) 的概念 (Shondell & Reynaud, 2002)，因此本研究主要目的是用來檢測排球選手於後排防守時左右快速移位反應的運動敏捷能力。而本實驗所測得知資料為整體反應時間 (total response time, TRT) (Schmidt, 1988)，意即指示燈亮起瞬間到觸碰至反應器為止的這段時間。受試者在熱身後於預備區域為 6 號位底線前位置，一長寬皆 1 公尺的標記區內，受試者須以防守預備動作準備反應燈號，燈號於排球半場三公尺線上。而系統會在光源出現瞬間開始計時，受試者須以交叉步伐盡快去碰觸亮燈邊的訊號接收器，訊號接收器置於在距離排球後場左右底線前 3 公尺處，與受試者預備位置距離 3 公尺處，訊號接收器距地面為一顆排球高。燈號會以亂數方式亮起，左右兩邊的燈號各 10 次共計 20 次，每次燈號亮起時間間隔為 8 秒，碰觸到訊號接收器後停止計時，即測得整體反應時間。

(二) 增強式訓練：本實驗之訓練與測試皆於中原大學體育館中進行。在訓練介入之前，先對所有受試者進行防守敏捷測試，作為該受試者的前測，之後開始對訓練組實施為期六週之增強式訓練訓練，並第二週、第四週及第六週訓練完成後再進行檢測。在進行測試前的一週，提供所有受試者本次實驗的相關資訊，並進行兩次的練習測試。在實驗的過程中，受試者不得改變日常訓練的模式與訓練量。增強式訓練組在實驗過程中接受六週的增強式訓練，此訓練的目的主要是針對下肢肌群進行訓練，本研究之訓練計畫參照 Michael, Jeremy, Mark, Christopher, 與 Timothy (2006) 的訓練內容進行擬訂，詳如表 1。而控制組則未參與任何增強式訓練，所有受試者在六週的訓練中，僅可參與原球隊一般性的日常訓練。

表 1 六週增強式訓練課表

週次	訓練內容	組數 X 反覆次數	訓練強度
第一週	Side to side ankle hops	2 X 15	低
	Standing jump and reach	2 X 15	低
	Front cone hops	5 X 6	低
第二週	Side to side ankle hops	2 X 15	低
	Standing long jump	5 X 6	低
	Lateral jump over barrier	2 X 15	中
	Double leg hops	5 X 6	中
第三週	Side to side ankle hops	2 X 12	低
	Standing long jump	4 X 6	低
	Lateral jump over barrier	2 X 12	中
	Double leg hops	3 X 8	中
第四週	Lateral cone hops	2 X 12	中
	Diagonal cone hops	4 X 8	低
	Standing long jump with lateral sprint	4 X 8	中
	Lateral cone hops	2 X 12	中
	Single leg bounding	4 X 7	高
第五週	Lateral jump single leg	4 X 6	高
	Diagonal cone hops	2 X 7	低
	Standing long jump with lateral sprint	4 X 7	中
	Lateral cone hops	4 X 7	中
	Cone hops with 180 degree turn	4 X 7	中
	Single leg bounding	4 X 7	高
第六週	Lateral jump single leg	2 X 7	高
	Diagonal cone hops	2 X 12	低
	Hexagon drill	2 X 12	低
	Cone hops with change of direction sprint	4 X 6	中
	Double leg hops	3 X 8	中
	Lateral jump single leg	4 X 6	高

在六週的增強式訓練計畫中，受試者每週須進行兩次的訓練。而訓練計畫的強度與訓練量是根據 Piper 與 Erdmann (1998) 所提出的組數與反覆次數。並在計畫中實施兩週的中低強度訓練與四週的高強度訓練，以提升受試者中央神經系統 (central nervous system, CNS) 訊號的傳遞，並避免過度的負荷或疲乏的情形產生。而 Adams, O'Shea, O'Shea 與 Climstein (1992) 也建議，每週使用增強式訓練不得超過兩次，以提供人體足夠的休息與適應時間。因為，當身體接受運動負荷時生理會立即產生反應，首先產生的症狀就是疲勞現象，由疲勞狀態至超補償作用需要 2 天的時間，因此一週只能進行兩次的訓練 (Jakowlew, 1972)。在前五週每次的訓練負荷以漸增方式進行，於第六週時減少 (Miller, Berry, Bullard, & Gilders, 2002 ; Piper & Erdmann, 1998)。

#### 四、資料處理

本研究首先將反應敏捷測試系統測得結果以 Matlab7.1 進行處理，透過電腦程式確認系統產生訊號時間點，受試者按下反應器時間點，左右方向各 10 次。以電腦程式分析高低電位，準確計算出每次的整體反應時間，扣除最佳與最差表現後將左右移位資料加以平均，計算出該受試者在各階段的反應敏捷能力。接著再將資料以 SPSS 18.0 Windows 統計軟體進行統計分析，以不同訓練法為組間因子，不同週數為組內因子，進行二因子變異數分析 (two-way ANOVA)，檢驗不同訓練法是否存在顯著的差異，再以主要效果 (main effect) 進行考驗兩組別在不同階段的差異，最後再將兩組分別透過薛費法進行事後比較，並觀察不同訓練階段間的防守整體反應時間的變化情形，本研究的顯著水準  $\alpha = .05$ 。

## 參、結果

### 一、不同組別在不同階段間之差異

不同組別在各階段平均防守整體反應時間結果如表 2，在本實驗中四個階段測驗中，控制組與訓練組的平均防守整體反應時間皆有出現一下降的趨勢，整體而言兩種訓練模式都可改善受試者在防守整體反應時間的表現，但從兩組別在前測與第六週所測得之數據差異中，可明顯的發現訓練組有較大的進步幅度 (0.06 秒 vs. 0.19 秒)。且經二因子變異數分析後，發現控制組與訓練組之間有顯著的差異情形 ( $F=5.716, p=.022^*$ )。因此再進一步考驗兩組別在不同階段的差異程度，在前測與第二週部分兩組別間並未出現顯著的差異 ( $p>.05$ )，而在第四週及第六週的結果部分，則皆出現顯著的差異情形 ( $p<.05$ )。從研究結果中可發現，與前測相比之下，訓練組在後三個測量階段中防守整體反應時間分別改善了 2.9%、8.1% 及 11.0%，而控制組僅 0.6%、1.8% 及 3.5%。且經二因子變異數分析後也顯示，在第四週與第六週的表現上，控制組與訓練組有顯著的差異。因此，透過增強式訓練改善運動員對運動單元的徵召 (motor unit recruitment) 與神經的適應性 (neural adaptations) 可顯著的增進排球選手的敏捷能力。在 Potteiger 等 (1999) 的研究中也提到，透過增強式訓練所達成的運動表現改善主要可能是由於強化了對運動單元的徵召 (motor unit recruitment)。而神經的適應改善主要是因為中央神經系統 (central nervous system, CNS) 訊號的傳遞與本體感覺回饋 (proprioceptive feedback) 之間的協調能力改善，促進了運動員對於刺激產應後的反應能力，藉此改善運動員的敏捷能力，對於運動員而言良好的敏捷能力可以使其在運動的過程中有較佳的身體控制能力，與迅速改變方向的動作能力 (Twist, & Benicky, 1996)，而透過增強神經肌肉系統的動作控制能力，使肌梭 (muscle spindles)、高爾肌腱器 (golgi-tendon organs)、本體感覺接收器 (proprioceptors)，的神經適應性改善，便能夠增進運動員的敏捷能力 (Barnes, & Attaway, 1996 ; Craig, 2004)。然而針對本研究結果，我們無法確定神經適應是否是因為脊髓組織 (spinal cord) 的動作神經元 (motor neurons) 同步觸發 (synchronous firing)，或是神經脈衝 (neural impulses) 的促進所造成的。

表 2 不同組別各階段平均防守整體反應時間主要效果檢定摘要表

	前 測	第二週	第四週	第六週
控制組	1.73 ± 0.11 秒	1.72 ± 0.11 秒	1.70 ± 0.10 秒	1.67 ± 0.10 秒
增強式訓練組	1.73 ± 0.08 秒	1.68 ± 0.08 秒	1.59 ± 0.10 秒	1.54 ± 0.09 秒
主要效果	.940	.168	.001*	.000*

\* $p < .05$

## 二、各組別在其不同階段之差異

控制組經薛費法進行事後比較發現，此一受試者族群在六週的一般性訓練後，雖在整體反應時間上，有出現下降的趨勢，但並未達到顯著的差異 ( $F=1.434, p=.240$ )，因此推測有可能是需要更長時間或是更高強度的訓練才會出現顯著差異。而訓練組在經過六週的增強式訓練後，不僅在防守整體反應時間上呈現更佳的表现，且在統計檢定後也發現，此一受試族群在測試階段間有顯著的差異 ( $F=18.926, p=.000*$ )，並在四週後即出現顯著的效果 ( $p < .05$ )。而在六週的訓練期中，控制組在各測試階段間均無顯著的差異性，顯示出使用固定的訓練方式，並不能使運動員於短時間內在下肢肌肉的爆發力與敏捷能力獲得顯著的改善。而訓練組在第四週時即出現顯著的差異，這亦說明使用增強式訓練能使排球運動員在短時間內獲得下肢爆發力、敏捷力及速度表現上的改進。而本研究結果也與過去學著所提出之觀點相同 (Roozen, 1995)。Christopher, Lee, 與 Geoff (2002) 認為，使用增強式訓練法必須按照運動的特殊性進行設計，才能夠有效的提升運動過程中所需的速度、敏捷與爆發力。Bauer (1986) 認為，動力等於肌力（力量）與速度（速率）的乘積，因此若能改善速度的表現便能增進動力。而本研究中所使用的增強式訓練主要就是在增進受試者下肢肌力快速反應的能力，透過訓練的過程中短時間做出改變方向的運動型態使其產生肌肉牽張-縮短-循環的效果，獲得反射性肌力及牽張反射 (strength reflex) 特性的利益，並儲存彈性能 (elastic energy) (Malisoux, Francaux, Nielens, & Theisen, 2006)，藉由增強式訓練誘發出來的肌肉張力結合肌肉自主收縮張力，即能產生更有力的肌肉收縮，並使神經肌肉適應壓力的反射 (strength reflex)、肌肉的彈性能儲存、高爾肌腱的減敏作用而促進增加運動單元的徵召數、增加額外的力量 (Chimera, Swanik, Swanik, & Straub, 2004)。

表 3 不同組別薛費法事後檢定摘要表

	增強式訓練組			對照組		
	前測	第二週	第四週	前測	第二週	第四週
第二週	.728			.066		
第四週	.419	.645		.000*	.003*	
第六週	.056	.115	.261	.000*	.000*	.065

\* $p < .05$ 

## 肆、結論

在本研究中，受試者歷經六週的增強式訓練後能顯著提升防守整體反應時間的表現，且在四階段的敏捷能力測試上都呈現一正向進步的趨勢。而在許多的研究結果中都指出，使用增強式訓練能夠改善運動員的敏捷能力 (Michael, Jeremy, Mark, Christopher, & Timothy, 2006 ; Renfro, 1999 ; Robinson, & Owens, 2004)，顯示出本研究結果與過去研究結果相符。根據本研究結果顯示，透過增強式訓練能夠顯著提升排球運動員在後排進行防守時的敏捷能力，增進下肢肌力與動作協調能力，使其在移動防守時能迅速觸摸到目標物。本研究中所用來測量排球選手防守敏捷能力之系統，是以電腦化自動控制燈號給予受試者刺激來進行實驗，主要為了滿足排球運動防守技術中的不可預期性，並同時給予受試者定量的運動負荷。而本研究所測試之敏捷性著重於變換方向加速的能力，較屬於運動能力的部分。而本研究結果也與過去學者的研究相符，且發現透過增強式訓練四週後即可達到顯著效果，希望透過本研究之研究結果，未來可供排球訓練人員在擬定訓練計畫之參考依據。在本研究中是以整體反應時間作為評估排球選手敏捷能力的指標，但有關動作的敏捷能力尚包括肌力、爆發力與速度等等因素，因此在未來研究中可加入最大肌力的測試、下蹲跳及 30 公尺衝刺等等，作為共同評量之方式。

## 參考文獻

- 陳政宇、林國全、何金山、孟範武(2010)。排球運動後排兩側移位反應評估系統設計。嘉大體育健康休閒, 9卷1期, 152-159頁。
- Adams, K., O'Shea, J.P., O'Shea, K.L., & Climstein, M. (1992). The effects of six weeks of squat, plyometrics, and squat plyometric training on power production. *Journal of Applied Sports Science Research*, 6, 36-41.
- Baechle, T.R., & Earle, R.W. (2000). *Essentials of strength training and conditioning* (2nd ed.). Champaign, IL: National Strength and Conditioning Association.
- Barnes, M., & Attaway, J. (1996). Agility and conditioning of the San Francisco 49ers. *Strength and Conditioning*, 18, 10-16.
- Bauer, T. (1986). Power training for ruby. *National Strength and Condition Association Journal*, 9, 28-32.
- Craig, B.W. (2004). What is the scientific basis of speed and agility? *Strength and Conditioning*, 26(3), 13-14.
- Christopher, W. Y., Lee, E. B., & Geoff, W. (2000). Development of speed, agility, and quickness for the female soccer athlete. *Strength and Conditioning Journal*, 22(1), 9-22.
- Chimera, N. J., Swanik, K. A., Swanik, B. C., & Straub, S. J. (2004). Effects of plometric training on muscle activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(1), 24-31.
- Chu, D.A. (1998). *Jumping into plyometrics*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Chu, D. A. & Plummer, L. (1984). The language of plyometrics. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 6, 30-31.
- Jakowlew, N. (1972). Die Bedeutung der Homoostasestörung für die Effektivität des Trainingsprozesse. *Medizin und Sport*, 13, 367-370.
- Kritpet, T. T. (1989). The effects of six weeks of squat and plyometric training on power production. *Conditioning Association Journal*, 6, 30-31.
- Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., & Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercise: An effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 100, 771-779.

- Miller, J.M., Hilbert, S.C., & Brown, L.E. (2001). Speed, quickness, and agility training for senior tennis players. *Strength and Conditioning*, 23(5), 62-66.
- Miller, M.G., Berry, D.C., Bullard, S., & Gilders, R. (2002). Comparisons of land-based and aquaticbased plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sports Rehabilitation*, 11, 269-283.
- Michael, G. M., Jeremy, J. H., Mark, D. R., Christopher, C. C., & Timothy, J. M. (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 459-465.
- Piper, T.J. and Erdmann, L.D. (1998). A 4 step plyometric program. *Strength and Conditioning*, 20(6), 72-73.
- Potteiger, J. A., Lockwood, R. H., Haub, M. D., Dolezal, B. A., Alumzaini, K. S., Schroeder, J. M. & Zebas, C.J. (1999). Muscle power and fiber characteristic following 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 275-279.
- Roozen, M. (1995). Setting up a month-long summer running, agility, and weight camp. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 57-61.
- Renfro, G. (1999). Summer plyometric training for football and its effect on speed and agility. *Strength and Conditioning*, 21(3), 42-44.
- Robinson, B.M., & Owens, B. (2004). Five-week program to increase agility, speed, and power in the preparation phase of a yearly training plan. *Strength and Conditioning*, 26(5), 30-35.
- Shondell D, & Reynaud C. The volleyball coaching bible. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Twist, P.W., & Benicky, D. (1996). Conditioning lateral movements for multi-sport athletes: Practical strength and quickness drills. *Strength and Conditioning Journal*, 18(5), 10-19.
- Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42, 282-288.

## The Effect of Plyometric Training on Digging Agility to Male Volleyball Players

Ke-Chou Chen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Office of Physical Education, Chung Yuan Christian University

<sup>2</sup>Department of Physical Education, Chinese Culture University

### Abstract

**Purpose:** The purpose of this study was to investigate the effects of plyometric training in male volleyball players and to evaluate the digging total response time (TRT) at back row. **Method:** Twenty male volleyball players were recruited in this study. They were distributed into the plyometric training group (PTG) and the control group (CG), PTG implemented the plyometric training and their TRTs of digging were recorded by using Volleyball Digging Reactive Estimator System after six-week training. The TRTs in each stage (pre-test, after two-week, after four-week, and after six-week) were analyzed by two-way ANOVA to test the difference between two groups. Afterwards, Scheffe method was applied to test the difference within each group. **Results:** There was significant difference between PTG and CG in digging TRTs after six-week training. Within Group, ATG had an outstanding outcome after four-week but CG had not. **Conclusion:** These findings demonstrate that plyometric training could significantly improve the agility of digging TRTs in male volleyball players because of quicker change of directions speed and better coordination capability. Therefore, they may reach the target rapidly during shifting digging.

**Keywords :** shifting digging, coordination capability, Reactive Estimator System, change of directions