

科技部補助

大專學生研究計畫研究成果報告

* *****
* 計畫名稱：不同跳躍方向的增強式訓練對於運動員下肢能力的影響 *
* *****

執行計畫學生： 吳宗訓
學生計畫編號： MOST 104-2815-C-040-049-H
研究期間： 104年07月01日至105年02月28日止，計8個月
指導教授： 張曉昀

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學物理治療學系

中華民國 105年02月03日

科技部補助

大專學生研究計畫研究成果報告

* 計畫：不同跳躍訓練方向的增強式訓練對於運動員下肢跳躍能力與 *
* 名稱 敏捷性的效果 *

執行計畫學生：吳宗訓

學生計畫編號：104-2815-C-040-049-H

研究期間：104年7月1日至105年2月底止，計8個月

指導教授：張曉昫副教授

處理方式(請勾選)：立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

執行單位：中山醫學大學物理治療學系

中華民國 105年 2月 2日

一、前言

增強式訓練最初由前蘇聯與東德的教練在訓練過程中加入該訓練方法，在 1960 年代中期的田徑比賽中，展現出優異訓練的成果。當時並未正式定名，一直到 1968 年由蘇聯田徑教練 Yuri Verohoshanski 正式提出 [1]。

增強式訓練 (Plyometrics) 是指肌肉透過預先伸展的離心收縮方式，隨後藉由彈性能的儲存與釋放，立即產生快而強力的向心收縮，這是藉由肌肉的離心收縮所造成的急速伸展將使用的肌纖維、肌腱、結締組織的拉長，增加運動單位激發頻率進而徵召更多的肌力。因為肌肉具有彈性的特質，藉由深跳、跳躍、彈跳所預先產生的離心收縮動作而產生彈性能的儲存，能量釋放後而產生強力的向心收縮，目的在於連結力量與速度，產生瞬間爆發力的動作型態[2] [3]。

增強式訓練已累積眾多的研究報告顯示能正面誘發肌力、爆發力成長與跳躍等運動表現，因此增強式訓練成為眾多籃球及排球選手的訓練計劃之一，而研究顯示每週進行 2~3 次，持續 6~9 週，每次訓練 32~316 次跳躍的增強式訓練對敏捷之增進有顯著的效益，能提高運動單位徵召、改善動作學習與提升牽張縮短的效益[8]。在籃球及排球運動當中，許多的動作技巧需要足夠的敏捷性及跳躍能力才足以展現優越的能力。許多籃球球隊採用增強式訓練來增進選手跳躍的爆發力以及敏捷性，其中的訓練項目結合前後向、左右向、垂直向不同方向的跳躍動作，並且以漸進式提升強度及頻率，共同組成一個完整的訓練計劃[4] [9] [10] [12]。此外，排球運動技巧當中包括快速反應加上精準判斷的攔網、後排左右快速橫移的防守、爆發向上跳躍的攻擊等各方面能力，而各方向組合而成的增強式訓練能夠增進排球選手在後排防守時兩側移位反應敏捷性、水平衝刺的瞬間爆發力和垂直向上的跳躍能力[6] [7] [13] [14]。

現今下肢增強式訓練是運動員常用之訓練方式，其內容包含各方向的訓練動作，而這些研究均發現增強式訓練對下肢能力有所助益，包括前後向、側向、及垂直向等等之動作。但是對於需垂直向跳躍之運動是否會受到不同訓練方向的增強式訓練之影響，並不得而知。因此，想藉由本研究釐清不同方向的增強式訓練對下肢跳躍能力與敏捷性的影響。

二、研究方法

研究對象

以 18 到 21 歲的 24 位健康大學籃球或排球球員為研究對象，且近期未接受過下肢增強式訓練，且下肢沒有重大疾病史（骨折、關節置換等），以及任何會影響訓練之疾病（神經、前庭相關疾病等）。

再將 24 位受試者隨機分成三組，控制組、訓練 A 組(垂直向訓練+前後向訓練)、訓練 B 組(垂直向訓練+左右向訓練)，受試者在實驗期間除了接受本身的球類專項訓練外，A 組和 B 組分別另外進行每週 3 次持續 5 週的下肢增強式訓練，A 組執行前後向+垂直向的增強式動作訓練，B 組則是執行左右向+垂直向的增強式動作訓練。

受測者基本資料包括，姓名、受測日期、性別、年齡、身高、以及運動項目。

研究方法

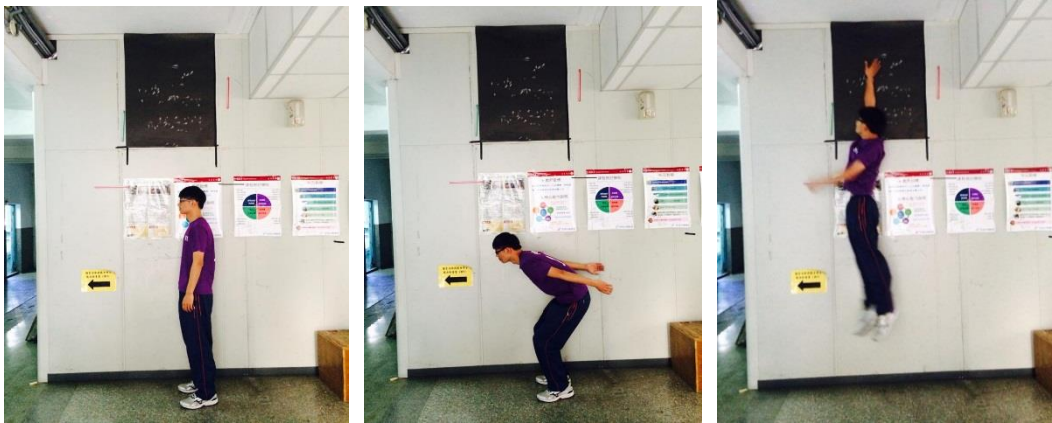
在訓練開始前以及訓練後，每位受試者皆需進行以下四項測驗及測量身體組織改變的情況，作為訓練是否有效果的依據。

1. 垂直跳高測試(圖一)

目的：作為在垂直向的跳躍能力指標。

所需設備：黑色海報紙、白粉筆灰、皮尺

方法：請受試者右手沾粉筆灰，雙腳與肩同寬，側身面向牆壁，與牆壁距離一個拳頭寬，請受測者盡力向上跳到最高，然後在最高點用食指沾粉筆灰點在海報紙上。以皮尺測量高度。測量三次，取最大值。



圖一 垂直跳高測試

2. 立定跳遠測試(圖二)

目的：作為在前向的跳躍能力指標。

所需設備：皮尺

方法：以線當作 0 起始線，雙手向後擺，雙腳下蹲，雙手向上帶並向前跳，請受試者盡力跳到最遠，向前跳之後取在地面上較後側的腳作為該次跳遠距離。以皮尺量測跳遠距離。測量三次，取最大值。



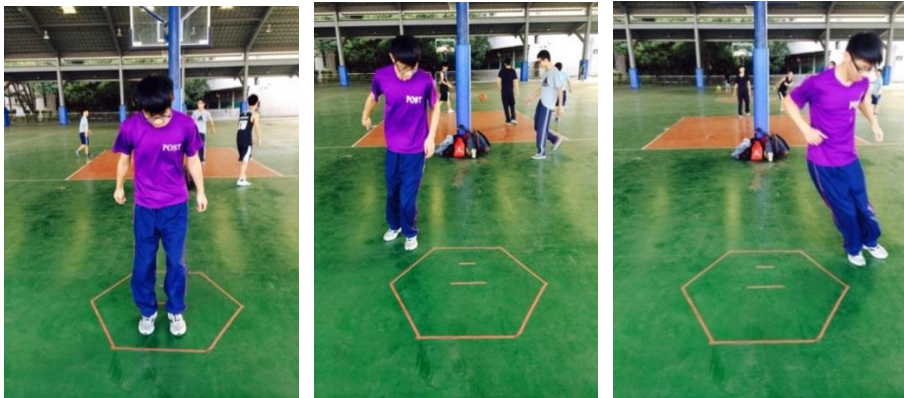
圖二 立定跳遠測試

3. 六角形敏捷測試(hexagon agility test)(圖三)

目的：作為敏捷能力的指標。

所需設備：24 吋長棉線、粉筆、膠布

方法：起始位置在正六角形中心和前線的中間位置，聽到開始即開始計時，並請受試者用最快速度依序順時針跳進跳出六角形的六個邊，最後跳回起始點。紀錄完成所需的時間。測試三次，取最大值。



圖三 六角形敏捷測試

4. 著地起跳反應時間的測試(圖四、圖五)

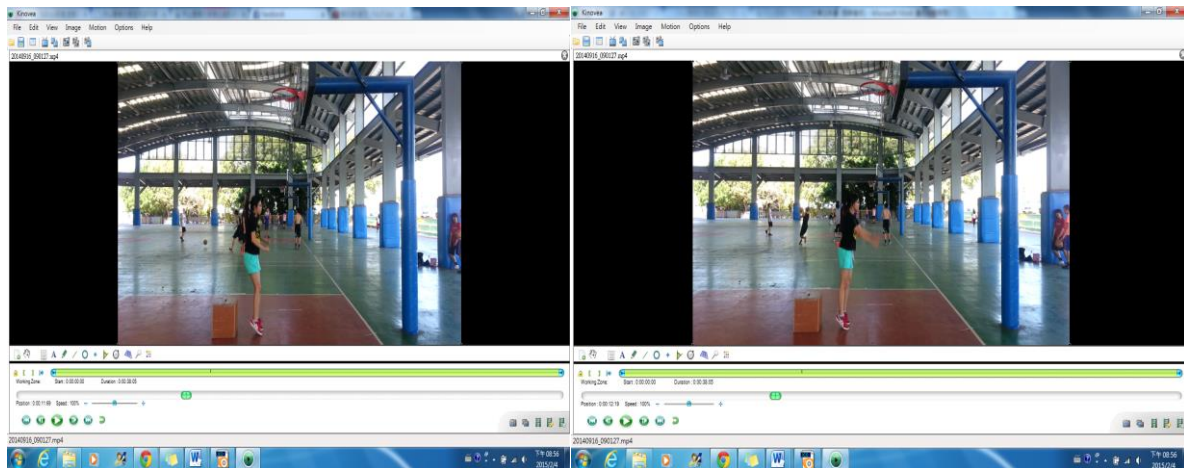
目的：作為反應速度的指標。

所需設備：40 公分高的木箱、攝影機

方法：請受試者雙腳從 40cm 高的木箱上跳下，雙腳同時著地並雙手後擺向上跳到最高，並且用最快速度跳起。用攝影機紀錄受試者的動作，再用軟體(Kinovea)來抓取腳尖著地到腳尖離地的時間。測試三次，取三次平均。



圖四 著地起跳反應時間的測試動作



圖五 著地起跳反應時間的軟體呈現(11.69 秒→12.19 秒，所以著地起跳反應時間為：0.5 秒)

5. 體脂計測量

目的：測量身體組織的組成比例。

所需設備：體脂計

方法：請受試者脫鞋及脫襪後，靜止站立在體脂計上數秒。紀錄所呈現之數值。

下肢增強式訓練介入

A 組和 B 組為有介入訓練的組別，執行的訓練內容包含了前向、左右向、垂直向的增強式訓練動作，訓練強度逐漸遞增，第 1-5 次為低強度；第 6-10 次為中強度；第 11-15 次為高強度，而訓練次數總共為 15 次，一週訓練 3 次，一次大約 20-30 分鐘，每次的訓練開始前皆有足夠的熱身才進行訓練。訓練量設定參考 ACSM's foundations of strength training and conditioning 書籍。

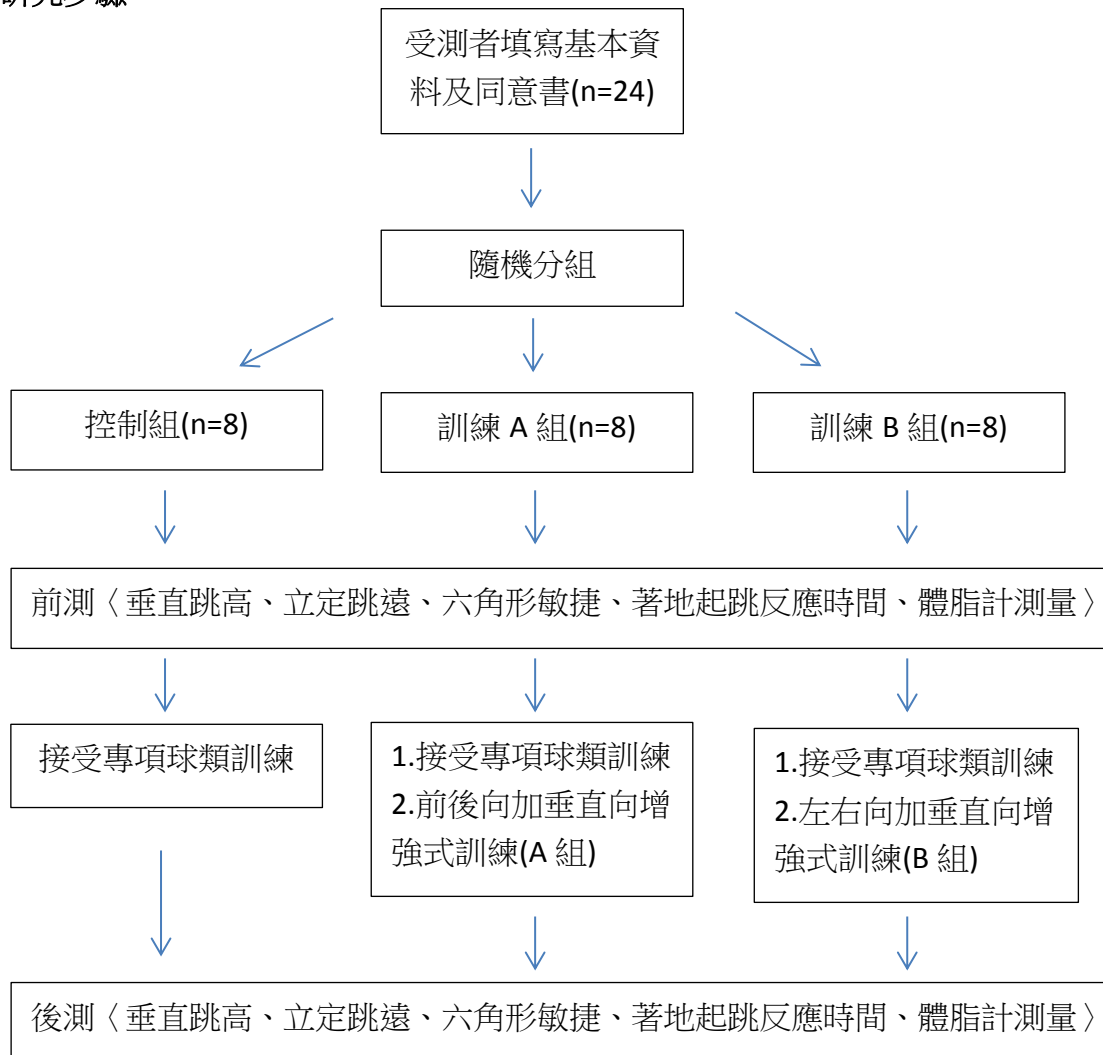
A 組訓練表

	訓練項目	訓練量 (set*repetition)
第 1-5 次訓練 (踏地次數：86)	Jump and reach	2*5
	Squat jump	2*10
	Cone hops	2*20
	Standing long jumps	2*8
第 6-10 次訓練 (踏地次數：125)	Tuck jump	2*10
	Multiple box jump	5 趟
	Double leg hops	2*20
	Triple jump	5 趟
第 11-15 次訓練 (踏地次數：158)	Single-leg vertical jump	3*5
	Depth jump and variation	3*10
	Tuck jump	2*10
	Single-leg hops	3*13

B 組訓練表

	訓練項目	訓練量 (set*repetition)
第 1-5 次訓練 (踏地次數：86)	Jump and reach	2*5
	Squat jump	2*10
	Side to side double leg hop (1.5 倍肩寬)	2*18
	Side to side jump	2*10
第 6-10 次訓練 (踏地次數：126)	Tuck jump	2*10
	Multiple box jump	5 趟
	Side to side jump	4*14
第 11-15 次訓練 (踏地次數：160)	Single-leg vertical jump	3*5
	Depth jump and variation	3*10
	Tuck jump	2*10
	Side to side double leg hop (1.5 倍肩寬)	5*16

研究步驟



統計方法

以 SPSS 統計分析軟體進行分析，重複量數雙因數變異數分析控制組、A 組、B 組之垂直跳高、立定跳遠、六角形敏捷、著地起跳反應時間、體脂計測量的前後測數據之差異值， p 值小於等於 0.05 代表有顯著性差異。

三、結果

有 24 位大學籃球及排球球員參與本次實驗，其中 12 位為女性，12 位為男性，年紀皆介於 18 歲到 21 歲。實驗過程中，控制組的一位女性受測者因為數據過於極端而排除，B 組的一位女性因為腳踝扭傷而退出實驗，所以以 10 位女性及 12 位男性的測驗作為最終結果，此外，在體脂比、水分比、肌肉比、骨骼重的測驗項目上，由於一位男性受測者儀器感應不到，所以這些項目少一位男性。控制組平均年齡為 20.57 ± 0.54 歲，身高平均為 165.43 ± 7.04 公分；A 組平均年齡為 20.00 ± 0.00 歲，身高平均為 168.44 ± 6.32 公分；B 組平均年齡為 20.25 ± 0.71 歲，身高平均為 169.50 ± 9.84 公分(表一)。

表一、基本資料

	控制組	A組	B組
個數	7	8	7
年齡	20.57±0.54	20.00±0.00	20.25±0.71
身高(公分)	165.43±7.04	168.44±6.32	169.50±9.84

研究結果列於表二，以重複量數二因子變異數分析後發現，在跳高、跳遠、敏捷、著地時間的測驗上，控制組、A組、B組在訓練前與訓練後的交互效果未達顯著差異(依序為 $F_{(2,19)}=1.802, p=.192, p>.05$ ， $F_{(2,19)}=1.144, p=.340, p>.05$ ， $F_{(2,19)}=.775, p=.475, p>.05$ ， $F_{(2,19)}=.644, p=.536, p>.05$)，因此無須進行單純主要效果分析；從兩個自變項(組別與訓練前後)的主要效果分析發現，組別(控制組、A組、B組)並未達顯著差異(依序為 $F_{(2,19)}=.206, p=.815, p>.05$ ， $F_{(2,19)}=.206, p=.815, p>.05$ ， $F_{(2,19)}=.199, p=.821, p>.05$ ， $F_{(2,19)}=.817, p=.457, p>.05$)，顯示組別間在跳高、跳遠、敏捷、落地時間沒有關係；但訓練前與訓練後在跳高、跳遠、敏捷項目上，平均數差異達顯著水準(依序為 $F_{(1,19)}=10.949, p=.004, p<.05$ ， $F_{(1,19)}=13.403, p=.002, p<.05$ ， $F_{(1,19)}=21.356, p=.000, p<.05$)，但在落地時間項目上，並未達顯著差異($F_{(1,19)}=.192, p=.666, p>.05$)，代表受測者經過訓練後，在垂直向和水平向的跳躍能力以及敏捷能力皆較訓練之前有所提升。

在體重、體脂比、水分比、肌肉比、骨骼重的測驗上，控制組、A組、B組在訓練前與訓練後的交互效果未達顯著差異(依序為 $F_{(2,19)}=.397, p=.678, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=.288, p=.753, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=.298, p=.746, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=.572, p=.574, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=.549, p=.587, p>.05$)，因此無須進行單純主要效果分析；從兩個自變項(組別與訓練前後)的主要效果分析發現，組別(控制組、A組、B組)並未達顯著差異(依序為 $F_{(2,19)}=.429, p=.658, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=3.122, p=.069, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=3.156, p=.067, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=.654, p=.532, p>.05$ ， $F_{(2,18)}=.133, p=.877, p>.05$)，顯示組別間在體重、體脂比、水分比、肌肉比、骨骼重沒有關係；但訓練前與訓練後在這些項目上，平均數差異皆達顯著水準(依序為 $F_{(1,19)}=7.823, p=.012, p<.05$ ， $F_{(1,18)}=8.878, p=.008, p<.05$ ， $F_{(1,18)}=8.592, p=.009, p<.05$ ， $F_{(1,18)}=10.508, p=.005, p<.05$ ， $F_{(1,18)}=5.487, p=.031, p<.05$)，表示人體身體組織的組成比例，經過訓練後產生明顯的改變。

表二、控制組、A 組和 B 組的前後測驗數據之變化

	組別	訓練前	訓練後	前後測變化率
跳高(cm)	控制組	256.14±7.94	260.21±7.68*	1.59%
	A組	261.38±7.42	264.13±7.18*	1.05%
	B組	268.86±7.94	269.43±7.68*	0.21%
跳遠(cm)	控制組	191.14±14.49	198.14±14.00*	3.66%
	A組	193.75±13.56	206.88±13.10*	6.78%
	B組	204.86±14.49	210.00±14.00*	2.51%
敏捷(s)	控制組	5.30±0.25	4.53±0.18*	-14.56%
	A組	5.01±0.23	4.48±0.17*	-10.57%
	B組	5.02±0.25	4.62±0.18*	-7.89%
著地時間(s)	控制組	0.450±0.020	0.447±0.029	-0.64%
	A組	0.477±0.019	0.450±0.027	-5.76%
	B組	0.481±0.020	0.493±0.029	2.39%
體重(kg)	控制組	62.20±3.76	63.09±3.86*	1.43%
	A組	57.35±3.52	58.83±3.61*	2.58%
	B組	61.23±3.76	61.96±3.86*	1.19%
體脂比(%)	控制組	22.82±2.10	23.37±2.08*	2.41%
	A組	16.24±1.82	17.30±1.80*	6.53%
	B組	16.81±1.94	17.66±1.92*	5.05%
水分比(%)	控制組	56.33±1.53	55.95±1.51*	-0.67%
	A組	61.15±1.32	60.39±1.31*	-1.24%
	B組	60.74±1.42	60.13±1.40*	-1.00%
肌肉比(%)	控制組	41.00±1.88	40.73±1.86*	-0.66%
	A組	43.64±1.63	43.06±1.61*	-1.33%
	B組	43.61±1.74	43.26±1.72*	-0.80%
骨骼重(kg)	控制組	7.75±0.81	7.78±0.81*	0.39%
	A組	7.38±0.70	7.49±0.70*	1.49%
	B組	7.91±0.75	7.99±0.75*	1.01%

註：1. 以 Mean ± SD 的方式表示，控制組和 B 組之 n =7，A 組之 n=8。

2. *與訓練前比較達顯著差異 (p < .05)。

3. #與控制組比較達顯著差異 (p < .05)。

四、討論

本研究結果顯示組間並未達顯著差異，但在跳高、跳遠、敏捷項目中，不論在控制組或 A 組或 B 組的訓練前後都有達到顯著差異(p < .05)，因此進而探討各組能力的變化率。各組在跳高、跳遠、敏捷的前後測變化率呈現出 A 組的變化率皆優於 B 組，而控

制組也有顯著的進步。King, JA and Cipriani, DJ(2010)的研究招收 32 位高中籃球選手，將他們分成 2 組(額狀面增強式訓練組和矢狀面增強式訓練組)，分別執行增強式訓練 6 週，並且在訓練前、訓練三週、訓練六週測量兩組的跳躍高度，結果顯示在矢狀面訓練組在跳高的能力有達到顯著差異，而額狀面訓練組則沒有顯著差異，此研究顯示矢狀面訓練對於跳高能力的進步優於額狀面訓練組，而本篇研究訓練的兩個組別相較之下，在矢狀面訓練組的進步幅度也優於額狀面組，此研究結果與本篇研究結果相似。

Rodrigo Ramí rez-Campillo et al.的研究招收 40 位年紀 10 到 14 歲年輕足球員，將 40 位受試者分成 4 組(控制組、水平訓練組、垂直訓練組、水平加垂直訓練組)，分別執行不同方向之增強式訓練 6 週，而每位受試者分別在訓練前、後一週進行跳高、跳遠、短跑、平衡等測試，結果顯示在跳高測試中，垂直訓練組和水平加垂直訓練組在訓練後比訓練前有顯著差異；在跳遠測試中，水平訓練組、垂直訓練組、水平加垂直訓練組在訓練後皆比訓練前有顯著差異，而水平訓練組、水平加垂直訓練組相較於控制組也達到顯著差異。而在跳高項目中，此結果與本篇研究結果相似，垂直向的訓練對於垂直跳躍能力可以達到顯著的提升效果；在跳遠項目中，此結果與本篇研究結果相似之處在於水平方向的訓練對於水平跳躍能力能有顯著提升，相異之處在於本篇研究結果可能因為實驗限制導致相較於控制組未達顯著差異。

敏捷測試是根據過去 Beekhuizen et al. 的研究顯示，它是一個適合作為運動員的運動表現及下肢敏捷能力的評估工具，廣為應用在不同的訓練前後做為一個能力改變的依據。本篇研究結果顯示控制組、A 組、B 組在訓練後相較於訓練前皆達顯著差異，進步幅度以控制組 14.56% 為最佳，A 組 10.57% 次之，B 組 7.89% 為最少，本篇研究認為控制組的初始能力較差、平時各別的球類專項訓練量足夠是導致控制組進步幅度最大的可能原因，而就本篇研究結果無法看出這樣的訓練量及項目是否能夠增進敏捷能力。

著地時間測試根據過去 Phillips, JH et al.的研究，由於便利性而選擇較接近 45 公分的跳箱作為本篇研究的測試工具，而過去研究也顯示要能以最快速度離開地面的關鍵在於給予的口令，要求受測者「落地後用最快速度跳起」，但以最快速度跳起的副作用則是地面對於下肢產生的地面反作用力較大，因此必須考量受測者是否能夠接受這樣的衝擊力以免產生不必要的傷害。本篇研究結果顯示，無論是控制組或訓練組，訓練前後以及組間都沒有顯著差異，而三個組別當中以 A 組的 5.76% 進步幅度為最佳，認為與 A 組訓練項目(Depth jump and variation)、執行的動作方向和型態相似有關，因此在矢狀面方向的訓練比起額狀面的訓練，能夠讓此方向落地再起跳的著地時間縮短，但因為研究上的限制導致無法產生明顯的差異。

此外，本篇研究有對於身體組成比例在實驗前後施測，想要根據身體組織變化的比例來推估對於能力改變的可能原因，而本篇結果顯示，有接受訓練的組別整體而言比起控制組改變較多，懷疑是訓練量的增加而導致飲食量也跟著增加，尤其以 A 組更為明顯，造成體重、體脂肪不減反增，以及肌肉量不如預期的減少，但可以看到這樣的增強式訓練對於骨骼刺激生長是有幫助的。因此，假使在飲食上可以有效的管控，應該能夠讓研究更為精準。

在執行本研究時發現幾個研究限制：(1)受試者人數較少，因此無法明顯看出組間的差異，同時人數不足導致各組在測驗項目上的原始能力有落差，可能會影響訓練後的結果；(2)沒有針對飲食做管理，導致身體組成比例呈現出來的數據不如預期，且可能有明顯的誤差；(3)在受測者進行測試時，沒有對於穿著做嚴加看管，使得有些運動鞋的穿著影響測試結果；(4)在著地時間的測驗中，我們以 Kinovea 的軟體來抓著地時間，如果能夠使用更精準的儀器，像是用測力板來偵測，可以更準確的抓著地時間，減少研究的誤差；(5)對於身體組成比例的測量，建議可以用更精準的儀器來測量身體組織的變化量，讓在結果的判斷上更為準確。

五、結論

實驗結果顯示，A 組（前後向+垂直向）與 B 組（左右向+垂直向）增強式訓練均能改善垂直跳的高度、水平位移距離、著地起跳反應時間，而兩組間沒達顯著差異，測驗改變的趨勢以 A 組（前後向+垂直向）進步幅度優於 B 組（左右向+垂直向）。本篇研究結果可以提供未來籃球及排球運動員訓練項目設計的參考，是否這樣的訓練能夠對於運動場上的敏捷能力、落地後再次跳起的運動表現有所幫助。

六、參考文獻

1. 張木山、紀忠呈、董俊男（2004）。不同動作型態被動反覆衝擊式訓練法效果訓練之研究。大專體育學刊，6 卷 3 期，P133 – 143。
2. 高仁傑、沈啟賓、伍驊聖、林宜徵（2013）。增強式訓練對下肢爆發力之影響。兩岸運動訓練科學研討會論文集。69-73。
3. 王哲彥、楊國煌、張曉昀（2008）。增強式訓練對運動員下肢爆發力的影響。臺中教育大學體育學系系刊；3 期，P98 – 103。
4. 王泠、李鴻棋（2003）。增強式訓練對大專女子籃球選手彈跳能力之影響。大專體育學刊，第五卷第一期，頁 231~237。
5. Ratamess, N. A. (2011). ACSM's foundations of strength training and conditioning. LWW.
6. 陳克舟（2014）。增強式訓練對男子排球選手防守敏捷能力之影響。國立臺灣體育運動大學學報。第三卷第一期，第 1-12 頁。
7. 林嘉鴻（2014）。八週增強式訓練對男童排球選手下肢水平爆發力的影響。文化體育學刊。第 17 籍，第 25-36 頁。
8. 李成碩（2014）。增強式訓練提升敏捷性效益之提昇。運動教練科學。第 34 期，61-69 頁。

9. 林煉傑 (2002)。八週增強式訓練對高中籃球選手垂直跳能力之影響。台灣師範大學學系學位論文碩士班。
10. 翁誌誼、陳樹屏、廖佳慶 (2012)。增強式訓練對籃球隊男童爆發力、速度及敏捷性之影響。運動教練科學。第 27 期，17-29 頁。
11. 六角形敏捷測試 <https://www.youtube.com/watch?v=gmCPkhqYnUI>
12. 黃俊宗 (2013)。增強式訓練對青少年籃球隊員速度、爆發力與無氧動力之影響。臺南大學體育學報。第 8 期，40-51 頁。
13. 林政達、許國鐘 (2014)。增強式訓練對增進排球選手攔網技巧的影響。嘉大體育健康休閒期刊，第十三卷二期，301-309 頁。
14. 楊明達、黃合庸、詹貴惠、盛世慧 (2011)。組合增強式訓練對籃球選手下肢肌力與爆發力的影響。大專體育學刊。第 13 卷第 4 期，427-435 頁。
15. Michal Lehnert, Ivona Lamrová, Milan Elfmark (2009). Changes in speed and strength in female volleyball players during and after a plyometric training program. Acta Univ. Palacki. Olomuc.
16. King, JA and Cipriani, DJ. (2010) Comparing preseason frontal and sagittal plane plyometric programs on vertical jump height in high-school basketball players. J Strength Cond Res 24(8):2109–2114
17. Rodrigor Ramí rez-Campillo et al. (2015) Effect of vertical, horizontal, and combined plyometric training on explosive, balance, and endurance performance of young soccer players. J Strength Cond Res 29(7): 1784–1795
18. Beekhuizen et al. (2009) Test-retest reliability and minimal detectable change of the hexagon agility test. J Strength Cond Res 29(7): 2167–2171
19. Phillips, JH and Flanagan, SP. (2015) Effect of ankle joint contact angle and ground contact time on depth jump performance. J Strength Cond Res 29(11): 3143–3148