



以垂直跳比較不同下肢負荷方式之差異

謝明蕙* 劉宗德** 郭中生***

摘 要

本研究旨在探討三種不同下肢肌力訓練儀器在垂直跳動作時，對於向心期與離心期力量和爆發力的表現進行探討，再由有負荷的訓練儀器使用下探討對肢體產生的運動傷害。利用測力板為輔助器材，以 11 名國立台灣師範大學乙組第三級女排選手為受試對象，利用徒手跳、彈力繩訓練儀器、槓鈴訓練儀器進行下蹲跳(CMJ)與蹲踞跳(SJ)實驗。採用相依樣本二因子變異數分析進行統計考驗，探討不同訓練儀器的效果之差異情形，獲致結果如下：對於起跳最大力量表現，三組儀器達顯著差異，彈力繩組與槓鈴組顯著大於徒手組；落地之最大力量表現，三組間無顯著差異；爆發力表現上，CMJ 起跳時彈力繩組與槓鈴組顯著高於徒手組；彈力繩組顯著高於槓鈴組；SJ 起跳時彈力繩組與槓鈴組顯著高於徒手組；彈力繩組與槓鈴組未達顯著；落地方面，三組無顯著差異。本研究結論顯示，利用彈力繩訓練儀器不僅可以有效的增進爆發力與跳躍能力，更可以減低落地時造成的衝擊力，進而減少從事跳躍訓練時可能發生的下肢運動傷害。

關鍵詞：彈力繩訓練器、下蹲跳、蹲踞跳

壹、緒 論

一、研究背景與動機

林竹茂 (1994) 於現代競技排球發展趨勢與展望中指出，在現代排球競賽中，所強調的「高度」，不僅是重視球員身高，更是應強化選手的跳躍能力，而跳躍高度才是排球比賽中，真正所應強調的高度。吳福明、王龍意 (1999) 以 1995 年世界排球錦標賽為例，發現選手除了身材高度之外，良好的跳躍專項能力，更是獲勝不可或缺的條件因素。現今國內排球選手在身高、體型等各方條件均非優勢狀況下，更應該強化選手的跳躍能力，以補身高上的不足，最後再整合技術與戰術，以提升戰力。

而要增強跳躍能力就必須透過下肢的肌力訓練，跳躍能力可以經由不同的訓練而達到不同的成效，所以選擇的訓練方法非常重要。以符合實際運動時的快速、無減速、無傷害等動作型態的訓練，才能達到訓練的高水準動力或高檔爆發力之效果。因此，



本研究使用三種不同的下肢訓練儀器（徒手跳與槓鈴負重及可調負荷彈力繩訓練儀器），以排球比賽中常見之起跳模式（下蹲跳 Counter Movement Jump，簡稱 CMJ 及蹲踞跳 Squat Jump，簡稱 SJ）做為本實驗之主要動作測試，藉由測力板分析參與者，在不同訓練儀器下起跳與落地之最大力量差異、爆發力之變化，以提供教練員選擇跳躍能力訓練方法及工具之參考。

二、研究目的

本研究以排球運動的專有起跳模式（CMJ 與 SJ）配合三種不同下肢訓練儀器（徒手與槓鈴負重蹲跳及可調負荷彈力繩訓練儀器），探討參與者在跳躍時的起跳與落地之最大力量、爆發力之差異。

貳、方法

一、實驗對象

本研究以大專校院女子排球選手 11 人為參與者，所有參與者在近半年內均無下背、臀部、下肢等運動傷害病史，同時在實驗測試間亦無任何因素影響到跳躍能力表現。

表一 參與者基本資料

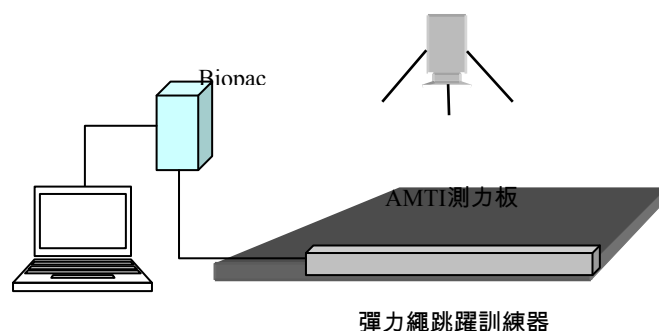
參與者人數	年齡（歲） Mean±SD	身高（公分） Mean±SD	體重（公斤） Mean±SD
11 人	20.64±1.63	161.36±5.30	54.64±6.61

二、實驗儀器與設備

本研究所使用一支空槓鈴及一座彈力繩訓練器，為本研究之下肢力量訓練儀器，彈力繩訓練器底座設有可動滾輪式身體平衡裝置，讓參與者在跳起落地後，保有安全平衡之措施，另外腰部則有護腰帶及可調式負荷吊環，可隨時調整負荷大小，兩者皆以 10kg 為負荷。測量爆發力與最大力量部分使用 AMTI 測力板、電腦及 Biopac MP150 分析軟體。

三、實驗流程與步驟

（一）實驗前先將場地佈置與儀器架設完成，同時進行儀器設定與校正（如圖一）。



圖一 場地佈置圖

(三) 向參與者說明整個實驗過程、研究目的與注意事項，讓其充分瞭解與認識，並讓參與者填寫同意書及測量身高、體重，實驗之前先進行 10 到 30 分鐘的暖身運動，包括下肢動作、腰部的伸展，以求提高運動表現及預防運動傷害。

(四) 利用 AMTI 測力板進行動態肌力之測試。測驗方法是請參與者站立於測力板上的正中央，分別使用不同的訓練儀器，以蹲踞跳(SJ)和下蹲跳(CMJ)動作進行最大力量的跳躍，跳躍過程中參與者均雙手插腰，以避免手部擺動影響跳躍表現，落地時採取雙腿膝蓋微彎之落地策略，身體要保持正直，不可左右搖晃，以免造成誤差。不同的訓練儀器每種跳法均測三次，每次跳躍之間均讓參與者休息 3 到 5 分鐘、充分恢復後，再進行下一次測試，以取最佳成績。

(三) 以所測得力量曲線中的最大值為最大力量指標，以所測得力量曲線中的最大力量斜率(maximal slope)為下肢爆發力指標。在進行分析時，為了避免測量時個人身體的肌力差異或實驗時測量的誤差，需進行標準化的工作，故本文採用個人體重值來當作標準化之參考值。

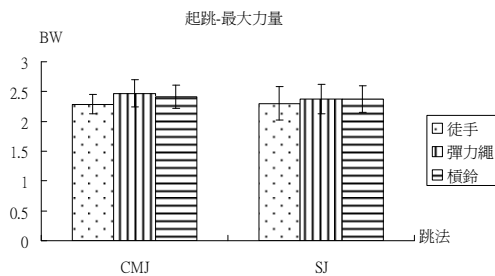
四、資料處理與分析

測驗所收集之原始資料，包括最大力量及斜率參數，其處理方式敘述如下。在彈跳能力參數方面，利用 Acqknowledge3.7.2 版軟體收集參與者測得的起跳及落地力量曲線，其中的最大值為力量指標 (以 bw 為單位)。另外，測得力量曲線中的最大力量斜率(maximal slope)為下肢爆發力指標 (以 bw/sec 為單位)。以 SPSS 及 Excel 套裝軟體依本研究目的進行統計，以相依樣本二因子變異數分析檢定，檢驗三組間之差異，顯著水準設為 $\alpha=.05$ 。

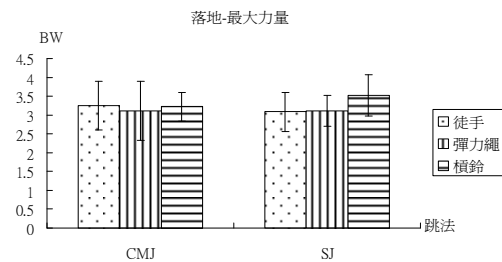
參、結果

一、不同負荷之最大力量表現

由表一的研究結果顯示，在向心期負荷的主要效果有達顯著水準($F(2,20)=7.22$ ， $p<.05$)；跳法的主要效果未達顯著水準($F(1,10)=0.95$ ， $p>.05$)；負荷與跳法的交互作用未達顯著水準($F(2,20)=1.01$ ， $p>.05$)。



圖二 向心期最大力量比較圖



圖三 離心期最大力量比較圖

由於負荷的主要效果達顯著，且此變項的因子有三個水準，需進一步進行事後比較，結果顯示：在向心期方面彈力繩組(2.42 ± 0.24)顯著高於徒手組(2.29 ± 0.23)；槓鈴組(2.39 ± 0.21)顯著高於徒手組(2.29 ± 0.23)；彈力繩組與槓鈴組沒有顯著差異($p>.05$)。

在離心期方面，負荷與跳法的主要效果皆未達顯著水準。

表一 不同負荷最大力量的二因子變異數分析表

項目	變異來源	SS	df	MS	F
向心	負荷(A 主要效果)	0.20	2	0.10	7.22*
	跳法(B 主要效果)	0.03	1	0.03	0.95
	負荷*跳法(交互作用)	0.03	2	0.02	1.01
	組內				
	受試者間 S	2.24	10	0.22	
	殘差(A*S)	0.28	20	0.01	
	殘差(B*S)	0.27	10	0.03	
	殘差(AB*S)	0.32	20	0.02	
全體 Total		3.11	60		
離心	負荷(A 主要效果)	0.84	2	0.42	2.06
	跳法(B 主要效果)	0.04	1	0.04	0.23
	負荷*跳法(交互作用)	0.63	2	0.31	1.40
	組內				
	受試者間 S	9.00	10	0.90	
	殘差(A*S)	4.07	20	0.20	
	殘差(B*S)	1.53	10	0.15	
	殘差(AB*S)	4.47	20	0.22	
全體 Total		19.07	60		

N=11 * $p<.05$

二、不同負荷之爆發力表現

在向心期爆發力之比較，由表二的研究結果顯示，負荷的主要效果達顯著水準($F(2,20)=85.72, p<.05$)；跳法的主要效果也達顯著水準($F(1,10)=121.22, p<.05$)；負荷與跳法的交互作用也有達顯著水準($F(2,20)=4.80, p<.05$)。

由於負荷的主要效果達顯著，且此變項的因子有三個水準，需進一步進行事後比較，結果顯示，向心期的爆發力表現彈力繩組(1687.93 ± 195.36)顯著高於徒手組(1466.32 ± 216.49)；槓鈴組(1685.31 ± 196.22)顯著高於徒手組(1466.32 ± 216.49)；彈力繩組與槓鈴組未達顯著水準($p>.05$)。跳法的主要效果也達顯著，由平均數的結果顯示，SJ(1770.00)顯著高於CMJ(1456.37)。

表二 不同負荷與跳法對爆發力的二因子變異數分析表

變異來源	SS	df	MS	F
負荷 (A 主要效果)	711868.87	2	355934.44	85.72*
跳法 (B 主要效果)	1623035.04	1	1623035	121.22*
負荷*跳法 (交互作用)	26308.38	2	13154.19	4.80*
組內				
受試者間 S	673144.87	10	67314.49	
殘差(A*S)	711868.87	2	355934.44	
殘差(B*S)	133895.72	10	13389.57	
殘差(AB*S)	54863.75	20	2743.19	
全體 Total	1573773.21	60		

N=11 * $p<.05$

由於向心期在爆發力表現上，負荷與跳法的交互作用達顯著水準，需進一步進行單純主要效果分析比較。

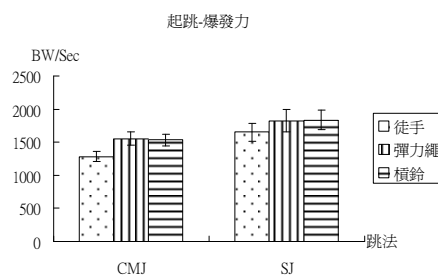
表三 單純主要效果變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F
負荷因子				
在 CMJ 跳法下	499999.60	2	249999.80	198.75*
在 SJ 跳法下	238177.65	2	119088.83	21.124*
跳法因子				
在徒手組	742731.10	1	742731.10	183.27*
在彈力繩組	406846.90	1	406846.90	55.04*
在槓鈴組	499765.41	1	499765.41	64.25*

N=11 * $p<.05$

由表三的結果顯示：不論是在 CMJ 或 SJ 的跳法下，不同的負荷均會影響參與者的向心期爆發力。進一步進行事後比較的結果，在 CMJ 跳法下：彈力繩組(1551.94±99.19)顯著高於徒手組(1282.58±74.71)；槓鈴組(1534.59±90.28) 顯著高於徒手組(1282.58±74.71)；彈力繩組(1551.94±99.19)顯著高於槓鈴組(1534.59±90.28)；在 SJ 跳法下：彈力繩組(1823.92±172.11)顯著高於徒手組(1650.06±136.28)；槓鈴組(1836.03±150.76) 顯著高於徒手組(1650.06±136.28)；彈力繩組與槓鈴組未達顯著(p>.05)。

不論是在徒手、彈力繩或槓鈴組，不同的跳法皆會影響受試者的向心期爆發力。由平均數顯示，在徒手組的 SJ(1650.06±136.28)顯著高於 CMJ(1282.58±74.71)；彈力繩組的 SJ(1823.91±172.11) 顯著高於 CMJ(1551.94±99.19)；槓鈴組的 SJ(1836.03±150.76) 顯著高於 CMJ(1534.59±90.28)。



圖四 向心期爆發力比較圖

在離心期爆發力之比較，由表四的研究結果顯示，在離心期爆發力的表現，負荷與跳法的主要效果皆未達顯著水準；負荷與跳法的交互作用也未達顯著水準。

表四 不同負荷與跳法對爆發力的二因子變異數分析表

變異來源	SS	df	MS	F
負荷 (A 主要效果)	36458.82	2	18229.41	0.93
跳法 (B 主要效果)	33500.70	1	33500.70	2.02
負荷*跳法 (交互作用)	3148.40	2	1574.20	0.21
組內				
受試者間 S	3706046.66	10	370604.67	
殘差(A*S)	393757.72	20	19687.89	
殘差(B*S)	165572.18	10	16557.22	
殘差(AB*S)	152729.04	20	7636.45	
全體 Total	4418105.6			

N=11 * p< .05



肆、討 論

一、不同負荷垂直跳之最大力量表現

在競賽時有許多動作，都必須在承受極大的負荷下於極短的時間內完成，因此在以發展主動、負重、快速的肌力為前提的訓練原則下，應需儘量避免減速或減重此等阻礙發生。

Behm 及 Sale (1993)的研究裡，最大力量及爆發力的獲得是來自訓練時的速度或接近訓練時的速度，因此使用高速度收縮訓練方式來執行動作才是最佳訓練方式。在 Hewett(1999)等學者的研究中，他們認為跳躍訓練可以有效減少跳躍時膝關節的內外偏移，以致降低落地時的最大衝擊力，增加腿後肌的爆發力與肌力，並增加股四頭肌與腿後肌的最大力矩比率，以及降低腿後肌向心與離心肌力的不平衡。

本研究測力板的測量資料是在測量起跳與落地所受的反作用力與作用力量，而研究發現，三組的訓練儀器中，在起跳最大力量表現上，三組間達顯著差異，彈力繩組與槓鈴組分別都比徒手組表現大，然而彈力繩組與槓鈴組沒有達顯著水準，但是從描述性統計平均數中發現，彈力繩組的起跳力量表現比槓鈴組與徒手組的大，有可能是因為彈力繩訓練儀器的本身特殊設計，它是使用滑輪與彈力繩索所構成機械上的減加速度效果（起跳）、加速度效果（落地）與維持負荷強度的功能設計，來達到運動表現上的動作趨近於快速、無減速，所以在運動員的垂直跳運動表現上，因機構上給予起跳後的加速度反作用力，因此能因牽張反射刺激肌肉收縮、加快收縮速率，獲得更多大腿肌群彈性能量的儲存與利用，由於快速伸膝的力量，所以造成腿部最大力量的上昇。也就是說在起跳到落地的動作過程中，快速的全程加速能刺激肌肉收縮、加快收縮速率，獲得更多大腿肌群彈性能量的儲存與利用，由於快速伸膝的力量，所以造成腿部最大力量的上昇。這與 Behm 及 Sale (1993)所研究的，最大力量及動力的獲得來自訓練時的速度或接近訓練時的速度相同。

另外在落地最大力量表現上，徒手組、彈力繩組、槓鈴組均未達顯著水準，彈力繩跳躍訓練儀器因為沒有阻尼設計功能，所以在起跳與落地間的關係為正作用力與反作用力，由實驗結果足以應證該機制並無減少落地力量。但對於作用時間上

衝量 = $\int_{t_0}^{t_1} (ma) dt$ ，因作用時間較短，彈力繩則可能減少落地衝量，因此也降低

膝關節的受傷機率。

適切性的跳躍訓練是可以增加跳躍能力，更可以減少落地瞬間所造成的衝擊力負荷，與林裕川 (2003) 的研究結果相同；也就是說選擇合宜的跳躍訓練儀器，不但可



以改變運動能力、神經肌肉間協調，更可以提高對跳躍落地時所造成強大衝擊之對抗性。

二、不同負荷垂直跳之爆發力表現

腿部的爆發力是垂直跳表現之關鍵，因此垂直跳也成了測量下肢爆發力的一種方式，James(1999)解釋爆發力：爆發力=肌力（力量）×肢體速度（速率），也就是爆發力與力量、速度和敏捷性成正比的關係；在 Kraemer(1989)的研究中也說明動作表現出來的是瞬間加速並在動作結束前保持高的速度，可以提升爆發力。

另外在 Robeter 與 William (2000)等人的研究中，找來 16 名 NCAA 成績優異的男性排球選手並隨機分為訓練組與對照組，這 16 名選手除了須接受相同的重量訓練外，訓練組須再接受增強式跳躍訓練，而對照組則須再接受下肢的阻力訓練，經過了 8 週的訓練之後，研究的結果顯示訓練組在跳躍力量的輸出、接觸時間、速度、力量的進步比率都是成長的，並且皆優於對照組；相較於本研究，本研究雖未設定訓練週期，但從實驗結果中發現：在向心期爆發力表現上，三組儀器間達顯著差異，在 CMJ 向心期彈力繩組顯著大於槓鈴組與徒手組；在 SJ 向心期彈力繩組與槓鈴組顯著高於徒手組，彈力繩組與槓鈴組未達顯著水準，這表示在 SJ 跳法下兩種儀器表現水準相當。

從動作執行過程中，不難發現彈力繩組的動作從向心期到離心期是完全的同步，且在肌肉收縮時間方面，彈力繩組訓練器的作用肌群收縮時間較其它兩組間訓練的時間長，顯示彈力繩訓練器的爆發力可有較長的訓練時間。

離心期的爆發力表現上，三組間無顯著性差異，這也發現在彈力繩組與槓鈴組及徒手組的離心期爆發力表現是相等的，但是因為彈力繩儀器本身獨特設計，在使用上的舒適感及強調訓練時的動作一致性，所以從事爆發力訓練時，應針對能刺激肌肉收縮、加快收縮速率以產生最大力量及無身體肢段的不適感等重點來規劃訓練的程序或使用的儀器。而新式的彈力繩訓練器也使動作可以在持續負荷、快速、低傷害情況下完成訓練。

伍、結論與建議

一、結 論

（一）彈力繩組與槓鈴組比徒手組可以更快的增加肌力表現，其中彈力繩組比槓鈴組更可以改善跳躍落地時的緩衝與穩定性，進而減少從事跳躍訓練時可能發生的下肢運動傷害。反觀槓鈴的動作卻是人體先落地槓鈴再跟著落到人體的肩膀上，造成的不



一致性，也使得參與者的在起跳與落地時肢體感到不舒適，進而影響跳躍表現。

(二) 在起跳爆發力的表現，彈力繩組可以有效的增進爆發力與跳躍能力，更可以減低落地時造成的衝擊力。

二、建 議

本研究僅測單次跳躍表現下之成效，因細故無法安排訓練週期於實驗中，是本實驗之最大遺憾，所以對於三組間之訓練效果無法較有效呈現，後續研究如能在實驗設計裡面加入完善訓練週期，便可求得更明確的訓練成果。

參考文獻

- 林竹茂 (1994)。現代競技排球發展趨勢與展望。中華民國八十二年度排球教練研習報告書。
- 吳福明、王龍意 (1999)。世界排壇勁旅實力研析-以 1995 年世界杯男女排球錦標賽為例。大專排球研究論集，5，75-111。
- 林裕川 (2003)。不同型式的跳躍訓練探討對垂直跳爆發力與落地衝擊力之影響。國立體育學院運動科學研究所碩士論文。
- Behm, D. G. & Sale, D. G. (1993): Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*. 15(6): 374-388
- James, C.R and Robert, C.F, (1999): HIGH-POWERED Plyometrics. Champaign: Human Kinetics.
- Hewett,E. T., Thomas, N. L., Jennifer, V.R., Frank, R. N., (1999): The Effect of Neruomuscular Training on the Incidence of Knee Injury in Female Athletes. *The American Journal of Sports*. 27, 699-705