

複合式訓練對擊劍選手下肢爆發力及動作反應之探討

王三財^{1,2} 陳世昌³ 陳奕良^{1*}

¹ 臺北市立大學競技運動訓練研究所

² 銘傳大學體育室

³ 宜蘭大學休閒產業與健康學系

*通訊作者：陳奕良

通訊地址：111 臺北市士林區忠誠路二段 101 號

E-mail: yiliang@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.201912_28(2).0005

投稿日期：2019 年 1 月 接受日期：2019 年 3 月

摘 要

目的：本研究目的探討擊劍選手實施複合式訓練對下肢爆發力及動作反應之影響。
方法：以 33 名的高中擊劍選手 (平均年齡 16.00 ± 0.83 歲、身高 168.6 ± 6.9 公分、體重 60.7 ± 11.2 公斤) 為研究對象，隨機分成先實施重量訓練，再實施增強式訓練 (weight strength exercise plyometric-type movement group, 簡稱 W + P 組) 及先實施增強式訓練後，再實施重量訓練 (plyometric-type movement and weight strength exercise group, 簡稱 P + W 組) 兩組，展開為期 5 週的訓練計畫，分別進行每週 3 次，每次 60 分鐘之複合式訓練。所得資料進行混合設計二因子變異數分析 (mixed design of two-way ANOVA)，比較兩種不同順序複合式訓練是否對下肢爆發力及動作反應有顯著差異。結果：一、30 秒無氧動力測驗 (Wingate anaerobic test) 中，兩組在無氧能力 (anaerobic capacity) (W/kg) 達顯著差異；二、身體組成檢測中，P + W 組體重 (body weight) (kg)、脂肪量 (fat mass) (g)、脂肪百分比 (fat percentage) (%) 略微下降；在肌肉量 (muscle mass) (g)、骨密度 (bone density) (g/cm²)、骨量 (bone mass) (g) 均增加。W + P 組均呈現進步狀態。兩組經訓練後皆顯著提升；三、P + W 組在下蹲跳 (counter movement jump, CMJ) (cm) 及深蹲跳 (squat jump, SJ) (cm)，經訓練後成績顯著提升；四、P + W 組在神經反應 (sec) 及 W + P 組中的動作反應 (sec) 時間縮短。結論：複合式訓練對於擊劍選手無氧動力、身體組成、下肢爆發力及動作反應時間經訓練後皆顯著進步，建議在訓練中加入複合式訓練以提升訓練效果。

關鍵詞：無氧動力、身體組成、反應時間、疲勞指數

壹、緒論

運動競技主要目的是追求卓越運動成績的表現，但如何強化選手們專項體能及各種技術，必須透過不同的訓練產生肌力及爆發力，而這種肌力及爆發力是為技擊運動突破成績的關鍵要素，科學化訓練是目前教練需要具備的素養，藉由強化運動選手各方面能力，使選手在競賽中發揮最高的能力，以提升國際比賽成績。Stoppani (2004) 提出複合式訓練 (complex training) 的模式，即在單次的訓練中，結合重量訓練 (weight strength exercise) (高負荷、低反覆) 及爆發力 (低負荷、快速多反覆) 訓練的技巧。運用高阻力、低反覆及多組數的重量訓練對發展最大肌力有較佳的效果；而增強式訓練對於發展爆發力效果較好，其主因是利用肌肉受外力作用產生被動的離心收縮，使脊椎產生較強的神經刺激，進而造成肌肉強力收縮，改善神經肌肉系統協調與控制，以提升肌肉激活速率及跳躍活動效益，是種利用牽張—縮短循環 (stretch-shortening cycle, SSC) 的機轉產生爆發力及肌力 (De Villarreal, Kellis, Kraemer, & Izquierdo, 2009; Komi, 1984; Kraemer & Ratamess, 2004)。

複合式訓練的優點有：一、徵召更多的神經肌肉運動單元；二、兼顧肌力與爆發力訓練；三、肌肉獲得適當的休息與恢復 (蔡宗晏, 2005)。Stoppani (2004) 指出複合式訓練就是在一次的訓練中，結合重量及增強式訓練 (plyometric-type movement)，而在訓練過程中可以先實施發展爆發力的增強式訓練後實施發展肌力

的重量訓練或先做重量訓練再實施增強式訓練。選手接受高強度重量訓練，接著進行增強式訓練後，刺激肌肉神經系統，使運動神經產生興奮狀態反應，促使運動單位持續獲得徵召，肌肉纖維發生轉化，達到生理複合訓練效益 (Comyns, Harrison, Hennessy, & Jensen, 2007)。Ronnestad, Kvamme, Sunde, and Raastad (2008) 進行重量訓練與複合式訓練 (先重量後增強) 之差異比較，發現與肌力、爆發力及速度相關的測驗項目，顯示均有顯著提升，但研究者認為複合式訓練並沒有較佳的肌力訓練效果。另有學者以接受過阻力性訓練的男性選手為受試對象，分為複合式訓練 (先增強後重量) 及阻力訓練兩組，結果發現增加 1 組最大反覆次數 (repetition of maximum, RM) 的臥推及下半身力量的提高 (Mangine et al., 2008)。Martínez-López, Benito-Martínez, Hita-Contreras, Lara-Sánchez, and Martínez-Amat (2012) 針對增強式訓練及神經肌肉電刺激 (electrical muscle stimulation, EMS) 的垂直跳檢測效果，神經肌肉電刺激結合增強式運動被證實有助於改善垂直跳躍能力及提升對青少年衝刺及跨欄所需的能力。Sozbir (2016) 指出在股外側肌 (vastus lateralis, VL)、股內側肌 (vastus medialis, VM) 和腓腸肌 (gastrocnemius, GAS)、肌肉的下蹲跳 (counter movement jump, CMJ) 和肌電圖 (electromyography, EMG)，肌肉的 EMG 活動訊號中觀察到顯著改善，同時也是增加體育課中學生運動成績提升的重要組成因素。

陳克舟、張吉堯、林國全、何金山與周進發 (2017) 研究結果顯示藉複合式訓練能夠顯著的改善研究對象的神經肌肉整合及運動表現，對於需要短時間爆發性的運動項目而言，複合式訓練可提升防守敏捷性、爆發性與加速度的能力。增強式訓練亦是一種有效的訓練模式，可以提高肌肉性能，尤其是肌肉力量，然而複合式訓練則比傳統阻力訓練有更好的進步效果，同時能夠顯著的改善神經肌肉整合及運動表現，對於需要短時間爆發性的運動項目而言，複合式訓練比單一實施阻力訓練有效，並可提升防守敏捷性、爆發性與加速度的能力 (Adigüzel & Günay, 2016; Asadi, 2013; Mirzaei, Norasteh, & Asadi, 2013; Martínez-López et al., 2012; Seitz & Haff, 2016; Sozbir, 2016; Talpey, Young, & Saunders, 2016)。研究結果顯示，有效果的訓練週期約持續 5 至 8 週便可改善運動表現 (Dodd & Alvar, 2007; MacDonald, Lamont, Garner, & Jackson, 2013; Toumi, Best, Martin, & Poumarat, 2004)。

複合式訓練的方法比單一訓練法介入對垂直跳成效有較佳效果，但仍會受到選手經驗及肌力影響，在訓練過程中須注意組間休息比，避免肌肉產生疲勞，當肌力訓練基礎越好對於複合式訓練帶來的效果也會越好，複合式訓練與傳統阻力訓練在下肢最大肌力及立定跳都達到顯著的進步，在助跑起跳表現方面，複合式訓練則比傳統阻力訓練有更好的進步效果 (Seitz & Haff, 2016; Talpey et al., 2016)。

本研究目的主要以 33 名高中擊劍選

手為對象，進行 5 週複合式訓練，分為先實施重量訓練後再進行增強式訓練組 (W + P 組) 與實施增強式訓練再進行重量訓練組 (P + W 組)，並探討複合式訓練是否在 W + P 組及 P + W 組組間差異，並對擊劍運動下肢爆發力、運動表現產生效果。

貳、方法

一、研究對象

本研究以 33 名高中擊劍選手 (平均年齡：16.00 ± 0.83 歲、身高：168.62 ± 6.94 公分、體重：60.74 ± 11.25 公斤) 為研究對象，受試者自願參加本研究，所有受試者在實驗前說明，並確認所有受試者均瞭解研究目的 (並除校隊練習外，不額外進行任何肌力與增強式訓練計畫)、方法與相關權益及潛在危險後，簽署受試者同意書，本研究計畫亦經歷新醫院人體試驗委員會之審查通過，受試者應排除心血管疾病以及嚴重肌肉骨骼傷害。每位受試者分別接受 5 週複合式訓練，實驗地點於臺北市立大學運動能力分析實驗室。

二、實驗設計

本研究複合式訓練地點是於○○高中及○○高中擊劍場進行，研究流程如圖 1。在實驗開始前一週內完成前測，本實驗將訓練分成兩種方式，將 33 名隊員隨機分成 W + P 組及 P + W 組，展開為期 5 週之訓練計畫，並依組別分別進行每週 3 次，每次 60 分鐘之複合式訓練，其中重量訓練

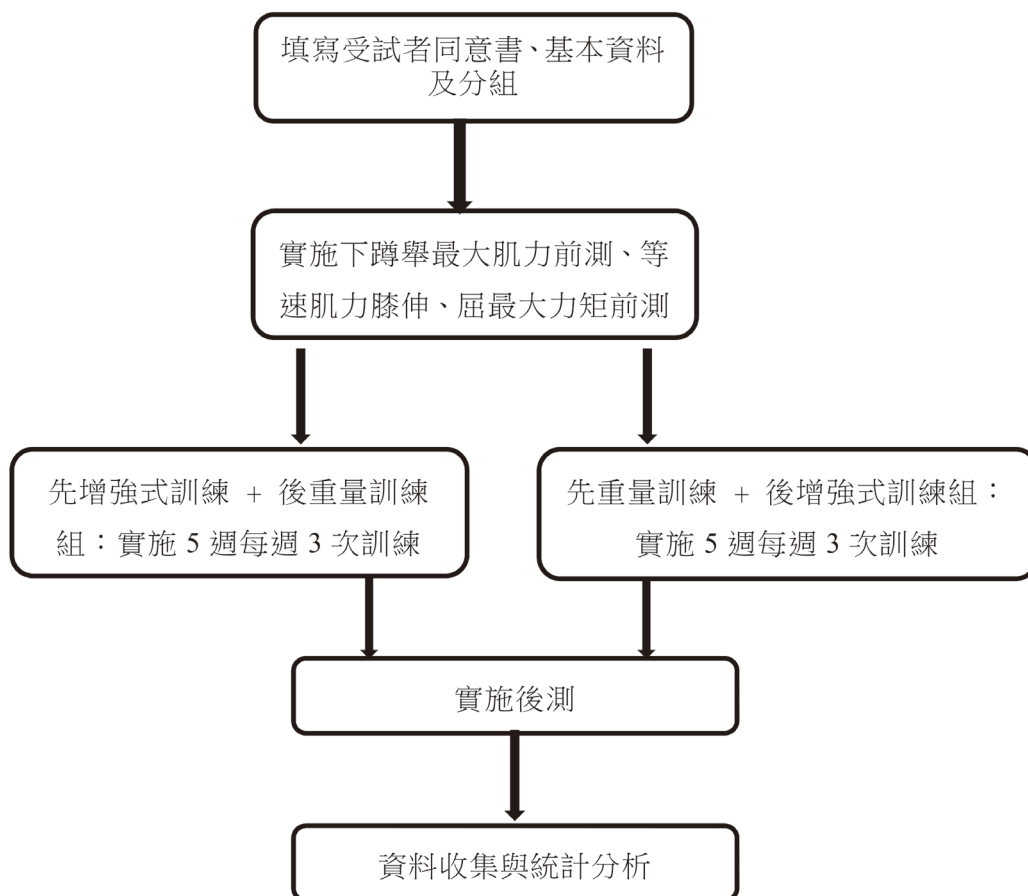


圖 1 研究流程圖

資料來源：本研究整理。

之重量為個人 85% 1RM。並融入訓練計畫中，訓練計畫內容如表 1、表 2。

(一) 複合式訓練計畫

本研究實施 5 週的增強式及重量訓練之複合式訓練，並於每次測驗前 24 小時，不得接受其他肌力訓練，每位受試者共需完成 2 ~ 4 組各 6 次訓練。W + P 組的重量訓練動作為 85% 1RM 半蹲舉，動作實施過程為屈膝下蹲 90° 後立即將腿蹬

直，回到原來預備動作，整個動作實施過程需連續不間斷且不能停頓；增強式訓練動作則是以自身體重為負荷從事跳箱動作：受試者站立於 40 公分箱前，雙腳同時往箱上跳再快速往前往下跳，連續反覆此動作 6 次動作過程中不得有所停留，共 2 組 6 反覆，與重量訓練動作相隔 4 分鐘。P + W 組同樣分別以跳箱及小欄架及 85% 1RM 半蹲舉為動作，其過程與上述相同。

表 1 W + P 組 5 週複合式訓練計畫表

訓練週數	訓練項目		組數 × 反覆次數	組間休息時間
	W	P		
1	半蹲舉 85% 1RM	快速跳躍 (跳箱)	2 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳連續跳 (小欄架)	2 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	半蹲跳	2 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳側跳 (小欄架)	2 × 6	4 min
2	半蹲舉 85% 1RM	快速跳躍 (跳箱)	2 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳連續跳 (小欄架)	2 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	半蹲跳	2 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳側跳 (小欄架)	2 × 6	4 min
3	半蹲舉 85% 1RM	快速跳躍 (跳箱)	3 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳連續跳 (小欄架)	3 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	半蹲跳	3 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳側跳 (小欄架)	3 × 6	4 min
4	半蹲舉 85% 1RM	快速跳躍 (跳箱)	3 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳連續跳 (小欄架)	3 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	半蹲跳	3 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳側跳 (小欄架)	3 × 6	4 min
5	半蹲舉 85% 1RM	快速跳躍 (跳箱)	4 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳連續跳 (小欄架)	4 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	半蹲跳	4 × 6	4 min
	半蹲舉 85% 1RM	雙腳側跳 (小欄架)	4 × 6	4 min

資料來源：本研究整理。

註：W：weight strength exercise (重量訓練)；P：plyometric-type movement (增強式訓練)；RM：repetition of maximum (最大反覆次數)。

依據 Stoppani (2004) 的增進爆發力建議，本研究以半蹲舉、跳箱及小欄架進行雙腳前跳 10 公尺、雙側跳躍及無負重半蹲跳為訓練動作。且訓練計畫中重量訓練動作以 85% 1RM (Jones & Lees, 2003)，增強式箱跳動作以自身體重自平地跳上 40 公分高之箱上，接著落地隨即起跳 (Ebben & Watts, 1998)。吳慧君與羅興樑 (2009) 認為實施複合訓練時，組間休息應該至少 4 分鐘以上，才能有最大成效。研究指出實

施複合式訓練循環中，3 ~ 4 分鐘的短暫休息對於力量和調節訓練執行是合理有效的 (Burger, Boyer-Kendrick, & Dolny, 2000; Ebben, Jensen, & Blackard, 2000)，而 Jensen and Ebben (2003) 則認為休息要 4 分鐘以上。因此本研究組間休息時間採用 4 分鐘，讓受試者在訓練時組間進行休息 4 分鐘避免疲勞發生，使三磷酸腺苷 (adenosine triphosphate, ATP-PC) 系統重新合成。

表 2 P+W 組 5 週複合式訓練計畫表

訓練週數	訓練項目		組數 × 反覆次數	組間休息時間
	P	W		
1	快速跳躍 (跳箱)	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
	雙腳連續跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
	半蹲跳	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
	雙腳側跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
2	快速跳躍 (跳箱)	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
	雙腳連續跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
	半蹲跳	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
	雙腳側跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	2 × 6	4 min
3	快速跳躍 (跳箱)	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
	雙腳連續跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
	半蹲跳	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
	雙腳側跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
4	快速跳躍 (跳箱)	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
	連續跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
	半蹲跳	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
	雙腳側跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	3 × 6	4 min
5	快速跳躍 (跳箱)	半蹲舉 85% 1RM	4 × 6	4 min
	連續跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	4 × 6	4 min
	半蹲跳	半蹲舉 85% 1RM	4 × 6	4 min
	雙腳側跳 (小欄架)	半蹲舉 85% 1RM	4 × 6	4 min

資料來源：本研究者整理。

註：W：weight strength exercise (重量訓練)；P：plyometric-type movement (增強式訓練)；RM：repetition of maximum (最大反覆次數)。

(二) 最大肌力測驗 (1RM)

進行最大肌力測驗前，受試者先進行動態伸展運動和輕負荷的阻力運動，促使肌肉活化及達到熱身狀態。熱身後，受試者進行半蹲舉 1RM 的測量，定義為受試者一次的可成功舉起的重量，測試負荷是由受試者的主觀能力來訂定，如果每次測試成功，即增加負荷，中間休息 1 分鐘，直至受試者無法舉起負荷為止，成功舉

起的最大重量為最大肌力值 (Faigenbaum, Milliken, & Westcott, 2003; McBride, Triplett-McBride, Davie, Abernethy, & Newton, 2003)。

(三) 測驗項目及方法

針對本研究評估 5 週不同順序複合式訓練的效果，所有受試者於訓練前 1 週進行前測及第 5 週後測結束後，接受等速肌力爆發力、身體組成、動作神經反應及 30

秒無氧動力測驗 (Wingate anaerobic test) 評估。

1. 30 秒無氧動力測驗

本研究採用本測驗使用原地腳踏車測功儀 (Avantronic Cyclus 2, Leipzig, Germany) 進行 30 秒無氧動力測驗來評定每位受測者的無氧動力能力。測驗前，先調整椅墊至適當高度並量測每位選手的體重輸入儀器作為每位受測者的起始阻力依據。測驗時，受測者從每分鐘迴轉數 (rounds per minute, RPM) 0 踩踏至 80 RPM 視為熱身階段，一旦超過 80 RPM 時施測者立即給予「開始」口令後，鼓勵受測者以最大自主力量踩踏腳踏車 30 秒，過程中受測者的雙手必須緊握手把且臀部不可離開椅墊。30 秒踩踏可得出每位受測者的最大無氧動力 (peak anaerobic power, PAP)、平均無氧動力 (mean anaerobic power, MAP) 及疲勞指數 (fatigue index, FI)。PAP 乃為 30 秒內，最大功率輸出數 (watt)，main power (MP) 為在 30 秒內，將所有的動力值加起來再除以運動時間 30 秒，即可推算出平均無氧動力。代表 ATP、ATP-PC 系統和無氧醣酵解所供給的能量。30 秒騎乘期間，PAP 減去最低無氧動力，再除以 PAP，乘以百分比，即為 FI。本測試方法符合擊劍比賽具有無氧間歇運動的特性。

2. 身體組成檢測

使用雙光子 X 光來觀察和評估骨折和肌肉骨骼系統 (骨骼和肌肉) 的損傷。雙光子 X 光骨質吸收儀 (dual-energy x-ray absorptiometry, DEXA) 檢查的原理是利用不同能量的 X 光來分辨骨骼和肌肉的部

分，並從而分辨出骨質的含量，偵測出來的誤差僅約 1%。它是利用兩種能量的 X 光，分析骨頭、肌肉及脂肪的吸光率，不僅可測全身的骨密度，也可測得脂肪分布及肌肉密度。

3. 垂直跳及爆發力

本測驗以兩塊測力板 (BTS P-6000, BTS Bioengineering, Milan, Italy) 進行兩種跳躍動作測試與數據收集。所有受測者先進行 CMJ 再進行深蹲跳 (squat jump, SJ) 測驗，每個動作均進行 2 次試跳與 3 次正式跳躍，正式測驗時，每跳之間間隔 3 分鐘，兩種動作間隔 10 分鐘休息時間。正式測驗時，受測者站立於測力板時，兩手實握空槓 (小於 1 公斤) 背負於肩上，待施測者下令開始口令時，受測者以最快速度屈髖下蹲至自覺最佳發力角度時，再以最大力量、最快速度進行直膝的反向垂直跳躍，即為 CMJ 的測驗流程。SJ 測驗時，受測者雙腳站與髖關節等寬，一樣站立於測力板並兩手實握空槓 (小於 1 公斤) 背負於肩上，聞開始口令時，自然下蹲至股骨與地面平行之角度 (膝關節屈曲約 90°)，維持 3 秒鐘後盡最大力量進行反向垂直跳躍。當受測者跳離測力板騰空直到再次觸碰測力板時可得到每一跳躍的滯空時間 (s)，利用其公式 (Haff et al., 2005)： $g \times \text{滯空時間} \times \text{滯空時間} \div 8$ ，即可得到每一次的跳躍高度。

4. 動作及神經反應檢測

實驗前先進行約 10 分鐘以動態徒手操及動態伸展為主的熱身運動，且受試者應著短褲、運動鞋進行測試。再依序每位受試者進行 W + P 組、P + W 組組訓練動

作，並於訓練後進行反應與動作時間測試，測驗方式為受試者在測試前先進行長刺攻擊動作的距離測試，開始測驗時依據人形靶上的顯示訊號進行長刺攻擊，每個實驗進行三次長刺攻擊動作，根據受試者的反應時間與完成長刺動作的動作時間，取最佳的一次作為研究資料。為了避免因不習慣而影響運動表現，測驗前皆獲得充分的講解與練習。

三、研究限制

針對選手在複合訓練中下肢爆發力及動作反應之表現，無法在實際比賽中進行檢測是本研究之限制。

四、資料處理與統計

本研究除了探討複合式訓練是否對下肢爆發力、運動表現有顯著影響外，同時也欲瞭解不同順序訓練是否在各變項中有不同程度的訓練效果，實驗測量所得資料以電腦 SPSS for Windows 22.0 中文版統計軟體進行以下分析。

(一) 混合設計二因子變異數分析 (mixed design of two-way ANOVA)，比較兩種不同順序複合式訓練是否對下肢爆發力及動作反應有顯著差異。

(二) 以 $\alpha = .05$ 為顯著水準。

參、結果

本研究 W + P 組及 P + W 組下肢前測各項測驗生理值如表 3。

一、30 秒無氧動力測驗

圖 2 兩組在無氧能力 (W/kg) 達顯著差異 ($p < .05$)，無氧動力 (W/kg)、最大動力 (W)、平均動力 (W) 及疲勞指數 (W/s) 均未達顯著差異，兩組經訓練後皆呈現顯著提升，檢測項目除無氧能力外，其他 4 項並沒有組間差異存在。

二、身體組成檢測

圖 3 在身體組成檢測中，P + W 組體重 (kg)、脂肪量 (g)、脂肪百分比 (%) 略微下降；在肌肉量 (g)、骨密度 (g/cm^2)、骨量 (g) 均增加，而在 W + P 組所有項目均呈現進步狀態，但兩組未達顯著差異，兩組經訓練後皆呈現顯著提升，但並沒有組間差異存在。

三、垂直跳及爆發力

圖 4 顯示 P + W 組在下蹲跳 (cm) 及深蹲跳 (cm) 前後測未達顯著差異，經訓練後成績皆顯著提升。W + P 組在下蹲跳 (cm) 及深蹲跳 (cm) 檢測均呈現退步現象，兩組並沒有組間差異存在。

四、動作及神經反應時間

圖 5 顯示 P + W 組在神經反應 (sec) 及 W + P 組中的動作反應 (sec) 時間縮短，P + W 組動作反應 (sec) 及 W + P 組中的神經反應 (sec) 時間則增加，前後測未達顯著差異，兩組並沒有組間差異存在。

表 3 W + P 組及 P + W 組下肢前測各項測驗生理值

測驗變項	先增強性訓練 + 後重量訓練 (n = 17)	先重量訓練 + 後增強性訓練 (n = 16)	p
年齡 (years)	16.00 ± 0.88	15.00 ± 0.80	
身高 (cm)	166.00 ± 6.00	170.00 ± 6.00	.096
體重 (kg)	59.00 ± 11.00	62.00 ± 11.00	.558
無氧動力 (W/kg)	10.00 ± 1.00	10.00 ± 0.90	.257
無氧能力 (W/kg)	8.00 ± 1.00	98.00 ± 1.00	.045*
疲勞指數 (W/s)	12.00 ± 6.00	12.00 ± 3.00	.930
最大動力 (W)	633.00 ± 151.00	657.00 ± 123.00	.384
平均動力 (W/kg)	488.00 ± 109.00	523.00 ± 112.00	.192
脂肪百分比 (%)	21.00 ± 9.00	18.00 ± 6.00	.315
體重 (kg)	62.00 ± 11.00	64.00 ± 12.00	.889
脂肪量 (g)	13,274.00 ± 7,987.00	11,773.57 ± 5,526.00	.678
肌肉量 (g)	46,352.00 ± 7,002.00	49,676.00 ± 8,615.00	.776
骨量 (g)	2,472.00 ± 345.00	2,688.00 ± 377.00	-.109
骨密度 (g/cm ²)	1.00 ± 0.10	1.08 ± 0.11	.582
下蹲跳 (cm)	3,311.00 ± 702.00	3,673.00 ± 973.00	.177
深蹲跳 (cm)	3,209.00 ± 717.00	3,731.00 ± 907.00	.083
神經反應 (sec)	0.40 ± 0.07	0.35 ± 0.08	.125
動作反應 (sec)	0.40 ± 0.10	0.50 ± 0.10	.149

資料來源：本研究整理。

註：以 Means ± SE 表示。

* 表示兩組訓練後達顯著差異 ($p < .05$)。

肆、討論

一、討論

(一) 30 秒無氧動力測驗

本研究採用 30 秒無氧動力測驗來作為評估擊劍選手的下肢無氧動力，兩組在無氧能力 (W/kg) 部分達顯著差異，而在無氧動力 (W/kg)、最大動力 (W)、平均動力 (W/kg) 及疲勞指數 (W/s) 均未達顯著差異，但兩組經訓練後皆呈現進步狀態。擊劍運動是以無氧供能為主的運動，無氧供能占 90%，有氧系統供能占 10%，也是

以 ATP-PC 能量系統供給，再由有氧系統補充 ATP-PC 能量系統為主的運動項目，因此在訓練的安排方式應著重於無氧系統之訓練，再輔以有氧性訓練，以提供擊劍競賽中的能量來源，Baechle and Earle (2000) 研究指出擊劍運動的主要代謝需求是以 ATP-PC 系統所占能量供應為主。而 30 秒無氧動力測驗中有 80% 以上的能量需求是來自於無氧代謝 (高興、殷勁，1992；劉玉玲，2009；Beneke, Pollmann, Bleif, Leithäuser, & Hütler, 2002)。擊劍運動的動作特性是既屬於週期性，又屬於非週

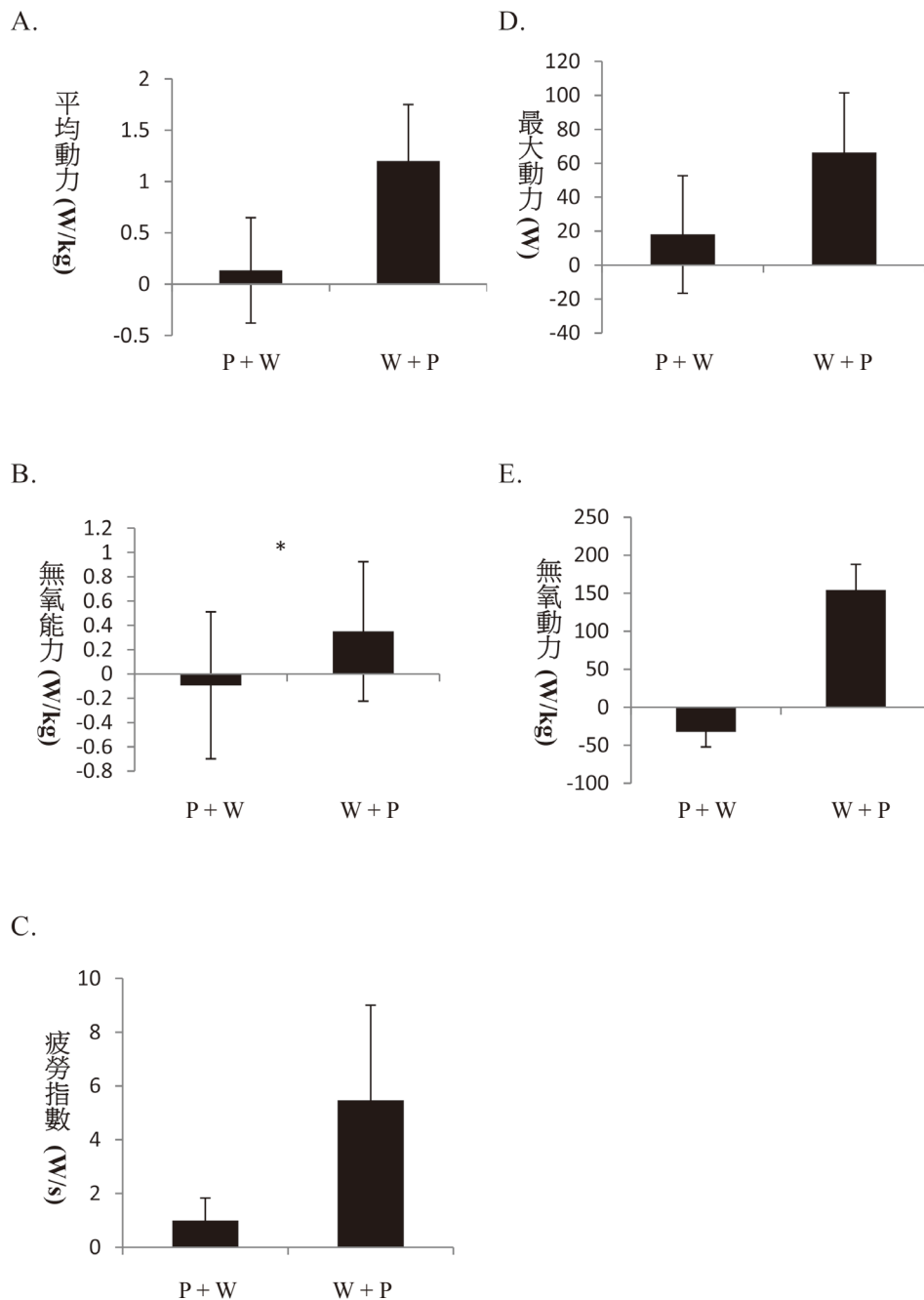


圖 2 30 秒無氧動力測驗

資料來源：本研究整理。

註：本圖數據為 P+W 組及 W+P 組，後測減前測之平均值。

* $p < .05$

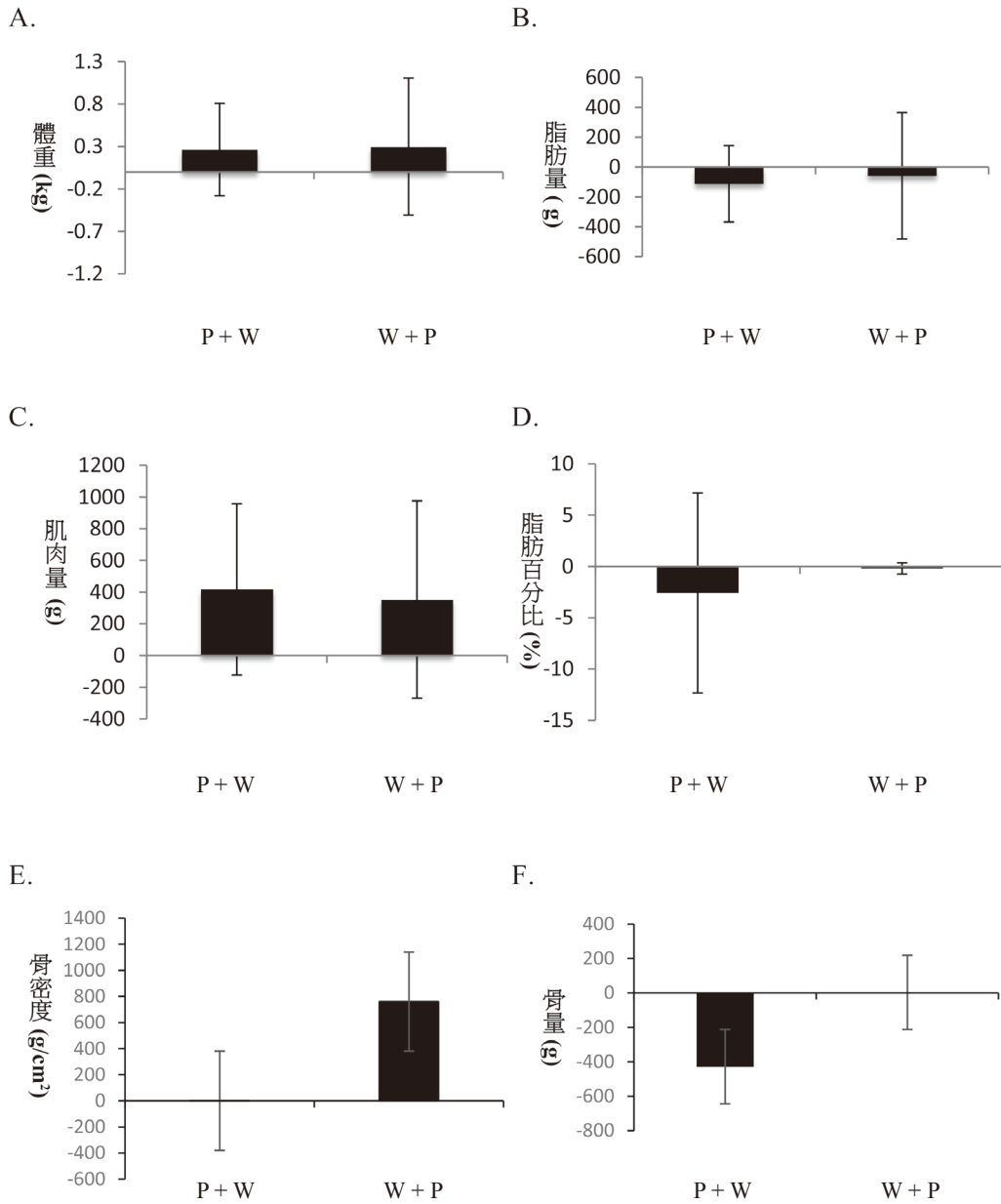


圖 3 身體組成檢測

資料來源：本研究整理。

註：本圖數據為 P+W 組及 W+P 組，後測減前測之平均值。

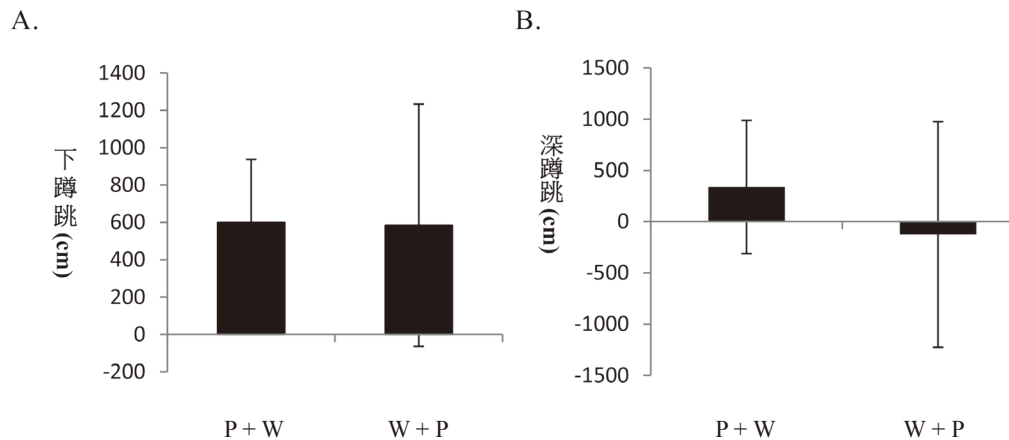


圖 4 垂直跳及爆發力

資料來源：本研究整理。

註：本圖數據為 P + W 組及 W + P 組，後測減前測之平均值

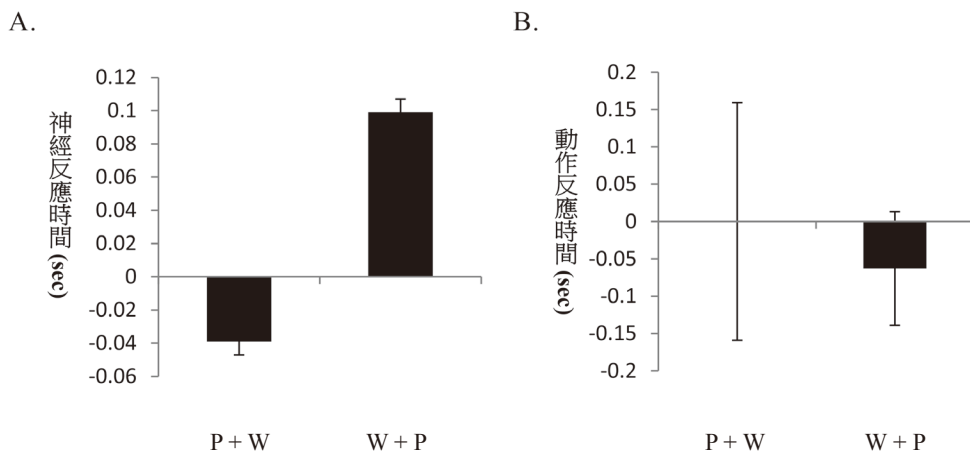


圖 5 動作及神經反應

資料來源：本研究整理。

註：本圖數據為 P + W 組及 W + P 組，後測減前測之平均值

期性運動，強調速度及爆發力，特別在長刺攻擊或還擊動作進行時，因此在比賽時必須使選手不要過早產生疲勞，因疲勞會導致無法長時間保持高爆發力的表現。透過 30 秒無氧動力測驗提升優秀選手的無氧能力，可提供訓練或研究時精確的評估選手無氧能力及監控無氧訓練的效益 (Coppin, Heath, Bressel, & Wagner, 2012)。30 秒無氧動力測驗被運用在最大動力輸出及無氧能力的指標測驗，並用來檢測肌肉磷酸肌酸與醣酵解能量系統，經由觀察其中指標包含動力峰值 (peak power)、平均動力 (mean power)、爆發力 (explosive power) 及疲勞指數來評估及預測選手的表現 (Baker, Heath, Smith, & Oden, 2011; Gacesa, Barak, & Grujic, 2009; Inbar, Bar-Or, & Skinner, 1996; Zupan et al., 2009)。爆發性運動項目，其運動表現需要較高無氧動力 (Coppin et al., 2012)。Bradley and Ball (1992) 指出在強度較高的運動負荷下，會產生較高的疲勞狀態，肌肉疲勞與力量輸出及收縮速度兩者相關，因此在高阻力狀態下速度就會降低 (Inbar et al., 1996; Jacobs et al., 1982)，而下降的現象也可能證實在 30 秒無氧動力測驗中，出現肌纖維招募的改變，進而影響神經肌肉的活性 (Stewart, Farina, Shen, & Macaluso, 2011)。本研究的無氧動力後測值，P + W 組為 10.91 W/kg、W + P 組為 11.11 W/kg，P + W 組的最大無氧動力值為 652.9 W/kg，W + P 組 692.17 W/kg 與高炳宏、葉沖、許以程、米衛國與王道 (2004) 研究最大無氧動力值 806.7 W/kg 比較，可看出擊劍選手

的下肢無氧動力比中國選手低，由此可讓我們瞭解國內的擊劍選手，需特別加強下肢的無氧動力。

(二) 身體組成檢測

在身體組成檢測中，P + W 組體重 (kg)、脂肪量 (g)、脂肪百分比 (%) 略微下降；在肌肉量 (g)、骨密度 (g/cm^2)、骨量 (g) 均增加，而在 W + P 組所有檢測項目均呈現進步狀態，兩組經訓練後皆呈現提升效果，但並沒有組間差異存在。運動是提升骨質密度 (bone mineral density, BMD) 的一種有效方法。就運動的型態來說，負重的運動和衝擊性高的運動對提升骨質密度的效果似乎較佳，如肌力和爆發力型的選手，通常具有較高的骨質密度 (Suominen, 2006)。研究證實高強度負荷運動對於骨頭生成有幫助，而高強度的阻力運動能刺激成骨作用 (osteogenesis)，特別在青春時期所給予的刺激，對於骨質密度的增加最有效 (Heinonen et al., 1995)。林瑞興 (2006) 研究指出，四個月的阻力式訓練可增加股骨、頸骨質密度 3 ~ 7%。羅志勇與林瑞興 (2008) 研究發現 8 週的專項訓練課程可增進男性網球選手的身體骨質質量 (bone mineral content, BMC)。Ducher, Tournaire, Meddahi-Pellé, Benhamou, and Courteix (2006) 進行短期 (兒童) 跟長期 (青年成人) 的專項訓練課程調查，發現男性網球選手的身體骨質質量顯著增加，長期網球訓練及增加負荷持續至成年階段，可增加 BMC 和 BMD，未來並可預防骨折。針對青春階段研究顯示骨骼的生長速度與密度會受到衝擊大小影響，身體活

動對於骨骼的衝擊、肌肉的擠壓及地面反作用力有密切關係，在此階段骨量仍會持續增長，若持續提供衝擊及抗地面作用力的運動，可產生高強度刺激的骨生成效果，對骨生成產生正面效應；尤其是跳躍類運動。在高衝擊的運動訓練中，對青春期階段之青少年，對骨質密度的促進有顯著的差異，如高強度的阻力運動更能刺激成骨作用，其中對青春期給予的刺激，對於增加骨質密度最為有效（廖晏崧、吳鴻文、王苓華，2010；Iwamoto, Sato, Takeda, & Matsumoto, 2009; Guadalupe-Grau, Fuentes, Guerra, & Calbet, 2009; Tournis et al., 2010）。從上述相關文獻得知阻力運動訓練對增加骨質密度具有潛在的效益與提升整體適能，減低罹患骨質疏鬆的風險。本研究經過 5 週訓練，骨密度及骨質量顯著增加，與多位學者研究相符合。

(三) 垂直跳及爆發力檢測

本研究 P + W 在下蹲跳 (cm) 及深蹲跳 (cm) 前後測雖未達顯著差異，但經過訓練後成績皆顯著提升。Fatouros et al. (2000) 研究結果發現，除控制組外，其餘增強式訓練、重量訓練、複合式訓練（先增強後重量）組均有顯著進步，且複合式訓練組在垂直跳及下肢最大肌力顯著優於增強式訓練組及重量訓練組。Toumi et al. (2004) 研究顯示複合式訓練組在深蹲跳顯著優於重量訓練組。複合式訓練增進最大肌力、速度及爆發力等訓練效果，與過去許多研究的結果相同 (Alves, Rebelo, Abrantes, & Sampaio, 2010; Burger et al., 2000; Mangine et al., 2008; Rahimi &

Naser, 2005; Ronnestad et al., 2008; Toumi et al., 2004)。擊劍需要較好的速度來進行各種動作變化，對移動速度、反應速度、動作速度要求較高，且擊劍運動以反應快、爆發性強為其特點（王三財、相子元，1997；邱玉惠，2001）。複合式訓練 W + P 組在下蹲跳及深蹲跳檢測均呈現退步現象，是否因選手經過 5 週的訓練後，休息時間不足，或是訓練內容不佳，導致下蹲跳及深蹲跳退步，其原因仍待探討，但 30 秒無氧動力測驗所測得的平均動力顯著下降，疲勞指數明顯上升，可見訓練的效果。

(四) 動作及神經反應時間檢測

P + W 與 W + P 前後測未達顯著差異，兩組並沒有組間差異存在。P + W 在神經反應 (sec) 時間縮短，顯示能針對對手所產生的動作判斷及反應時間能迅速判斷並給予反擊；但動作反應 (sec) 時間增加，是否因肌肉疲憊導致影響動作進行，需再進一步探討其產生原因。在擊劍比賽過程中要執行神經傳遞的訊號，如實施動作時間變長，相對攻擊時間也較長，不利擊劍競賽的特性。W + P 中的動作反應 (sec) 時間縮短及 W + P 組中的神經反應 (sec) 時間增加，與 P + W 剛好相反。反應動作的快慢，對運動表現扮演極為重要之角色。選手需在極短的時間做出判斷和反應，針對對手強勁的攻擊作出回擊的反應動作。因此在許多運動中，選手的反應時間，攸關著運動表現。而擊劍運動是講求動作之快、狠、穩、準四大要求，時間及攻擊準確性是影響運動成績表現的關鍵因素之一，反應時間快的選手對距離的掌握、時

間差的判斷及攻擊的速度都會較佳 (王三財、相子元, 1997; 姜昆伶、林晉利、王三財、盛世慧, 2009; 劉妍秀, 2004)。

二、結論

- (一) 複合式訓練對於擊劍選手無氧動力、身體組成、下肢爆發力及動作反應時間經訓練後皆顯著進步。
- (二) 提升無氧動力及爆發力表現，能讓選手在比賽過程能維持較佳無氧效率、增加進攻及快速反擊能力。
- (三) 神經反應 (sec) 時間縮短，顯示對手所產生的動作判斷及反應時間能迅速判斷並給予反擊；但動作反應 (sec) 時間增加，會因肌肉疲憊導致影響動作的時間變長，不利於擊劍比賽快速攻防。

參考文獻

1. 王三財、相子元 (1997)。擊劍運動長刺動作之反應及力量探討。《體育學報》，**22**，363-374。doi:10.6222/pej.0022.199701.3432 [Wang, S. T., & Shiang, T. Y. (1997). The reaction and strength of fencing lunge. *Physical Education Journal*, *22*, 363-374. doi:10.6222/pej.0022.199701.3432]
2. 吳慧君、羅興樑 (2009)。複合式訓練對肌力及爆發力之影響。《運動生理暨體能學報》，**9**，1-8。doi:10.6127/JEPF.2009.09.01 [Wu, H.-J., & Lo, S.-L. (2009). The effects of complex training on maximal strength and power. *Journal of Exercise Physiology and Fitness*, *9*, 1-8. doi:10.6127/JEPF.2009.09.01]
3. 邱玉惠 (2001)。擊劍運動選材之探討。《中華體育季刊》，**15**(3)，83-89。doi:10.6223/qcpe.1503.200112.2012 [Chiou, Y.-H. (2001). Discussion on the selection of fencing sports. *Quarterly of Chinese Physical Education*, *15*(3), 83-89. doi:10.6223/qcpe.1503.200112.2012]
4. 林瑞興 (2006)。阻力式訓練及鈣補充對骨質密度與骨骼代謝之影響。《體育學報》，**39**(2)，13-23。doi:10.6222/pej.3902.200606.1202 [Lin, J.-H. (2006). The effects of resistant training and calcium supplementation on bone mineral density and bone metabolism. *Physical Education Journal*, *39*(2), 13-23. doi:10.6222/pej.3902.200606.1202]
5. 姜昆伶、林晉利、王三財、盛世慧 (2009)。不同擊劍選手反應時間與手眼協調反應能力之比較。《大專體育學術專刊》，**98**，567-572。doi:10.6695/AUES.200905_98.0074 [Chiang, K.-L., Lin, C.-L., Wang, S.-T., & Sheng, S.-H. (2009). A study of the reaction time and hand-eye coordination reaction of different fencing players. *Archives of University Education and Sports*, *98*, 567-572. doi:10.6695/AUES.200905_98.0074]
6. 高炳宏、葉沖、許以程、米衛國、王道 (2004)。優秀男子花劍運動員無氧代謝能力的特點。《體育科研》，**25**(4)，46-49。doi:10.3969/j.issn.1006-1207.2004.04.014 [Gao, B.-H., Ye, C., Xu, Y.-C., Mi, W.-G., & Wang, D. (2004). Characteristics of elite foilmen's anaerobic performance. *Sport Science Research*, *25*(4), 46-49. doi:10.3969/

- j.issn.1006-1207.2004.04.014]
7. 高興、殷勁 (1992)。擊劍運動的供能特點。成都體育學院學報，**18**(4)，77-80。
[Gao, X., & Yin, J. (1992). Energy supply characteristics of fencing event. *Journal of Chengdu Physical Education Institute*, 18(4), 77-80.]
 8. 陳克舟、張吉堯、林國全、何金山、周進發 (2017)。複合式訓練對排球選手防守敏捷能力、爆發力與加速度之影響。運動教練科學，**45**，25-33. doi:10.6194/SCS.2017.45.03
[Chen, K.-C., Chang, C.-Y., Lin, K.-C., Ho, C.-S., & Chou, C.-F. (2017). Effect of complex training on defending agility, power and speed in volleyball players. *Sports Coaching Science*, 45, 25-33. doi:10.6194/SCS.2017.45.03]
 9. 廖晏崧、吳鴻文、王苓華 (2010)。增強式運動對骨骼肌纖維與骨密度的生理適應。大專體育，**111**，91-96。doi:10.6162/SRR.2010.111.13。
[Liao, Y.-S., Wu, H.-W., & Wang, L.-H. (2010). The physiological adaptation of skeletal muscle fiber and bone mineral density to plyometric exercise. *Sports Research Review*, 111, 91-96. doi:10.6162/SRR.2010.111.13]
 10. 劉玉玲 (2009)。淺談擊劍運動能量供應的特點及選手的營養補充，體育世界，**12**，71-72。
[Liu, Y. (2009). On the characteristics of energy supply in fencing and the nutritional supplement of competitors. *Sports World Scholarly*, 12, 71-72.]
 11. 劉妍秀 (2004)。技擊反應動作時間訓練器之研發與應用。大專體育學刊，**6**(2)，213-225。doi:10.5297/ser.200406_6(2).0018
[Liu, Y.-H. (2004). Development and application of self devised martial arts training implement on detecting the foremost response time. *Sports & Exercise Research*, 6(2), 213-225. doi:10.5297/ser.200406_6(2).0018]
 12. 蔡宗晏 (2005)。複合訓練之探討。大專體育，**79**，165-170。doi:10.6162/SRR.2005.79.25
[Cai, Z.-Y. (2005). Discussion of complex training methods. *Sports Research Review*, 79, 165-170. doi:10.6162/SRR.2005.79.25]
 13. 羅志勇、林瑞興 (2008)。八週專項訓練課程介入對網球選手身體組成、肺功能及無氧動力之影響。屏東教大運動科學學刊，**4**，99-108。
[Lo, C.-Y., & Lin, J.-H. (2008). Effects of eight weeks of specific training on body composition, lung capacity and anaerobic capacity in elite tennis athletes. *NPUE Journal of Sports Science*, 4, 99-108.]
 14. Adigüzel, N, S., & Günay, M. (2016). The effect of eight weeks plyometric training on anaerobic power, counter movement jumping and isokinetic strength in 15–18 years basketball players. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(10), 3241-3250.
 15. Alves, J. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 936-941.

- doi:10.1519/JSC.0b013e3181c7c5fd
16. Asadi, A. (2013). Effects of in-season short-term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport Science for Health*, 9(3), 133-137. doi:10.1007/s11332-013-0159-4
 17. Baeckle, T. R., & Earle, R. W. (Eds.). (2000). *Essentials of strength training and condition*. Champaign, IL: Human Kinetic.
 18. Baker, U. C., Heath, E. M., Smith, D. R., & Oden, G. L. (2011). Development of Wingate anaerobic test norms for highly-trained women. *Journal of Exercise Physiology Online*, 14(2), 68-79.
 19. Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithäuser, R. M., & Hütler, M. (2002). How anaerobic is the Wingate anaerobic test for humans? *European Journal of Applied Physiology*, 87(4-5), 388-392. doi:10.1007/s00421-002-0622-4
 20. Bradley, A. L., & Ball, T. E. (1992). The Wingate test: Effect of load on the power outputs of female athletes and nonathletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 6(4), 193-199. doi:10.1519/1533-4287(1992)006<0193:TWTEOL>2.3.CO;2
 21. Burger, T., Boyer-Kendrick, T., & Dolny, D. (2000). Complex training compared to a combined weight training and plyometric training program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 360-365.
 22. Comyns, T. M., Harrison, A. J., Hennessy, L., & Jensen, R. L. (2007). Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. *Sports Biomechanics*, 6(1), 59-70. doi:10.1080/14763140601058540
 23. Coppin, E., Heath, E. M., Bressel, E., & Wagner, D. R. (2012). Wingate anaerobic test reference values for male power athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 232-236. doi:10.1123/ijsp.7.3.232
 24. De Villarreal, E. S., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 495-506. doi:10.1519/JSC.0b013e318196b7c6
 25. Dodd, D. J., & Alvar, B. A. (2007). Analysis of acute explosive training modalities to improve lower-body power in baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1177-1182. doi:10.1519/00124278-200711000-00033
 26. Ducher, G., Tournaire, N., Meddahi-Pellé, A., Benhamou, C.-L., & Courteix, D. (2006). Short-term and long-term site-specific effects of tennis playing on trabecular and cortical bone at the distal radius. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 24(6), 484-490. doi:10.1007/s00774-006-0710-3
 27. Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex training. *Strength and Conditioning*, 20(5), 18-27. doi:10.1519/1073-6840(1998)020<0018:AROCWT>2.3.CO;2
 28. Ebben, W. P., Jensen, R. L., & Blackard, D. O. (2000). Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables. *Journal of Strength and Conditioning*

- Research*, 14(4), 451-456. doi:10.1519/1533-4287(2000)014<0451:EAKAOC>2.0.CO;2
29. Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003). Maximal strength testing in healthy children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 162-166. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0162:MSTIHC>2.0.CO;2
30. Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. J. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476. doi:10.1519/1533-4287(2000)014<0470:EOPETW>2.0.CO;2
31. Gacesa, J. Z. P., Barak, O. F., & Grujic, N. G. (2009). Maximal anaerobic power test in athletes of different sport disciplines. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 751-755. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a07a9a
32. Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., & Calbet, J. A. L. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine*, 39(6), 439-468. doi:10.2165/00007256-200939060-00002
33. Haff, G. G., Carlock, J. M., Hartman, M. J., Kilgore, J. L., Kawamori, N., Jackson, J. R., ... Stone, M. H. (2005). Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women Olympic weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 741-748. doi:10.1519/00124278-200511000-00004
34. Heinonen, A., Oja, P., Kannus, P., Sievanen, H., Haapasalo, H., Mänttari, A., & Vuori, I. (1995). Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone*, 17(3), 197-203. doi:10.1016/8756-3282(95)00151-3
35. Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, J. A. (1996). *The Wingate anaerobic test*. Champaign, IL: Human Kinetics.
36. Iwamoto, J., Sato, Y., Takeda, T., & Matsumoto, H. (2009). Role of sport and exercise in the maintenance of female bone health. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 27(5), 530-537. doi:10.1007/s00774-009-0066-6
37. Jacobs, I., Bar-Or, O., Karlsson, J., Dotan, R., Tesch, P., Kaiser, P., & Inbar, O. (1982). Changes in muscle metabolites in females with 30-s exhaustive exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(6), 457-460. doi:10.1249/00005768-198206000-00009
38. Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0345:KAOCTR>2.0.CO;2
39. Jones, P., & Lees, A. (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 694-700. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0694:ABAOTA>2.0.CO;2
40. Komi, P. V. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-

- shortening cycle on force and speed. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 12(1), 81-122. doi:10.1249/00003677-198401000-00006
41. Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674-688. doi:10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61
 42. MacDonald, C. J., Lamont, H. S., Garner, J. C., & Jackson, K. (2013). A comparison of the effects of six weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of power. *Journal of Trainology*, 2(2), 13-18. doi:10.17338/trainology.2.2_13
 43. Mangine, G. T., Ratamess, N. A., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Kang, J., & Chilakos, A. (2008). The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 132-139. doi:10.1519/JSC.0b013e31815f5729
 44. Martínez-López, E. J., Benito-Martínez, E., Hita-Contreras, F., Lara-Sánchez, A., & Martínez-Amat, A. (2012). Effects of electrostimulation and plyometric training program combination on jump height in teenage athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(4), 727-735.
 45. McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A. J., Abernethy, P. J., & Newton, R. U. (2003). Characteristics of titin in strength and power athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 88(6), 553-557. doi:10.1007/s00421-002-0733-y
 46. Mirzaei, B., Norasteh, A. A., & Asadi, A. (2013). Neuromuscular adaptations to plyometric training: Depth jump vs. countermovement jump on sand. *Sport Sciences for Health*, 9(3), 145-149. doi:10.1007/s11332-013-0161-x
 47. Rahimi, R., & Naser, B. (2005). The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Physical Education and Sport*, 3(1), 81-91.
 48. Ronnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer player. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 773-780. doi:10.1519/JSC.0b013e31816a5e86
 49. Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-240. doi:10.1007/s40279-015-0415-7.
 50. Sozbir, K. (2016). Effects of 6-week plyometric training on vertical jump performance and muscle activation of lower extremity muscles. *The Sport Journal*, 2016, 1-18.
 51. Stewart, D., Farina, D., Shen, C., & Macaluso, A. (2011). Muscle fibre conduction velocity during a 30-s Wingate anaerobic test. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(3), 418-422. doi:10.1016/j.jelekin.2011.02.003
 52. Stoppani, J. (2004). Leap of strength. *Joe Weider's Muscle & Fitness Magazine*, 65(1), 56.

53. Suominen, H. (2006). Muscle training for bone strength. *Aging Clinical and Experimental Research*, 18(2), 85-93. doi:10.1007/BF03327422
54. Talpey, S. W., Young, W. B., & Saunders, N. (2016). Is nine weeks of complex training effective for improving lower body strength, explosive muscle function, sprint and jumping performance? *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(5), 736-745. doi:10.1177/1747954116667112
55. Toumi, H., Best, T. M., Martin, A., & Poumarat, G. (2004). Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1500-1588. doi:10.1249/01.MSS.0000139896.73157.21
56. Tournis, S., Michopoulou, E., Fatouros, I. G., Paspati, I., Michalopoulou, M., Raptou, P., ... Pappaioannou, N. (2010). Effect of rhythmic gymnastics on volumetric bone mineral density and bone geometry in premenarcheal female athletes and controls. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(6), 2755-2762. doi:10.1210/jc.2009-2382
57. Zupan, M. F., Arata, A. W., Dawson, L. H., Wile, A. L., Payn, T. L., & Hannon, M. E. (2009). Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2598-2604. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b1b21b

Impact of Complex Training on the Lower Limb Explosiveness and Action Response of Fencers

San-Tsai Wang^{1,2}, Shih-Chang Chen³, Yi-Liang Chen^{1*}

¹ Graduate Institute of Sports Training, University of Taipei

² Office of Physical Education, Ming Chung University

³ Department of Leisure Industry and Health Promotion, National Ilan University

*Corresponding author: Yi-Liang Chen

Address: No. 101, Sec. 2, Zhongcheng Rd., Shilin Dist., Taipei City 111, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: yiliang@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.201912_28(2).0005

Received: January, 2019 Accepted: March, 2019

Abstract

Purpose: The purpose of this study is to explore the fencer implementation of complex training, observe its impact on lower limb explosiveness and action response. **Method:** Thirty-three fencers from senior high schools were participated in this study (average age 16 ± 0.8 years old; height 168.6 ± 6.9 cm; weight 60.7 ± 11.2 kg). They were randomly divided into two groups: (W + P) group (weight training followed by plyometrics) and (P + W) group (plyometrics followed by weight training) for a five-week training plan consisting of 60 minutes complex training three times a week. The data was analyzes the be mixed design of two-way ANOVA variance analysis is used to compare the differences. Whether there are any significant differences in the lower limb explosiveness and action response between the two types of complex training in different order. **Results:** (1) There were significant differences in anaerobic capacity (W/kg) in the 30-second Wingate anaerobic test; (2) In the body composition test, body weight (kg), fat mass (g) and fat percentage (%) decreased slightly in the (P + W) group, while muscle mass (g), bone density (g/cm^2) and bone mass (g) increased. In the (W + P) group, all items were improved. The performance of both groups was significantly improved after training; (3) The pre-test and post-test performance of countermovement jump (CMJ) (cm) and Squat jump (SJ) (cm) was significantly improved after training in the (P + W) group. (4) The nervous response (sec) in the (P + W) group and the action response (sec) in the (W + P) group were shortened. **Conclusion:** The complex training showed significant improvement in anaerobic power, body composition, lower limb

explosiveness and action response time of fencers. It is recommended to include complex training in regular training to enhance training outcome.

Keywords: anaerobic power, body composition, response time, fatigue index