

優秀男子羽球選手於訓練期與比賽期之心肺功能 分析比較

吳昇光¹、吳思嚴²、黃明祥³、宋岱芬¹、江慶修¹

¹ 國立臺灣體育運動大學競技運動學系

² 美國德州大學奧斯汀分校運動科學與健康教育學系

³ 國立臺灣體育運動大學球類運動學系

摘要

目的：分析優秀男子羽球選手在不同訓練時期之心肺功能變化。方法：本研究共有 14 位大學甲組層級的男子羽球選手，並於訓練期與比賽期使用肺功能機、血壓機、20 公尺折返跑來測試運動員之心肺功能，包括收集選手的基本資料及選手在心肺功能測驗時所測得之肺功能、安靜時之心跳率與血壓、預測之最大耗氧量等，所檢測的數據以 Wilcoxon Signed Ranked test 進行統計分析比較兩時期之心肺功能變化及差異。結果：在肺功能的部分，雖然潮氣容積、肺活量與最大換氣量在訓練期與比賽期無顯著差異，然而比賽期的第一秒用力吐氣量有低於訓練期的趨勢，而在 75%、50%與 25%最大肺活量的用力呼氣速率卻為比賽期顯著低於訓練期。再者，除了比賽期的心跳有較低的趨勢外，其餘心血管參數在兩個時期皆無差異，但是比賽期的預測最大耗氧量有較訓練期為佳的現象。結論：研究發現大學男子羽球選手的心肺功能在訓練期與比賽期差異不大，僅有比賽期的用力呼氣速率顯著低於訓練期，但是預測最大耗氧量仍優於訓練期。

關鍵詞：羽球、肺功能、血壓、心肺適能

通訊作者：江慶修

E-mail：j00362@hotmail.com

DOI：10.53106/2226535X2021061002002

壹、緒論

一、研究背景與動機

在高強度的競技運動中，除了落實合理的訓練計畫，如能有效結合運動科學相關知識與檢測方式，更得以提升運動績效，幫助運動員在競技成績之突破。因此，科學化訓練及評估測量已成為潮流，運動科學家從生理、心理和生物力學等領域，更深入地去探討選手的最佳運動表現，在競技運動與運動科學相輔相成已成為先進國家發展之現況。

近年來，我國在羽球項目的國際成績有目共睹，2012 年及 2016 年的奧運會共有多名選手達到參賽標準，我國也參加了男女單打、男女雙打、混合雙打等五種賽事，雖然最後在奧運會場上並未獲得獎牌；然而在 2016 年奧運會後我國多名單打及雙打選手在世界排名前十名，在 2021 年初戴姿穎的女子單打項目排名更高居世界第一及周天成在男子單打排名達世界前三，迄今已有多名羽球選手達到參賽 2021 東京奧運的標準。羽球項目因為選手的優異表現，已被我國列為 2021 東京奧運會奪牌重點培訓項目，此項運動真的值得好好的往競技與全民運動的路上繼續發展與突破。

而國際羽球項目在採取落地得分的制度後，比賽時間縮短且節奏變得更為明快，選手的打法也有大幅的改變。過往舊制比賽在節奏被對手掌控時，選手可以藉由發球調整比賽節奏，但在新制每球得分制度下，選手就必須需掌握每次積極進攻的機會(陳盛彬、邱政鋒，2011)。因此，現今無論是單打或雙打的打法，皆以積極攻擊並有良好的防守能力為主要的訓練方向。選手在爆發力及心肺耐力兩項皆須兼具，也因如此，羽球選手除了強調在技術層面外，在專項體能的要求上較以往更為重視 (Liu, Leng, Li, Bao, & Cui, 2021; Phomsuppha & Laffaye, 2015)。過去即有學者針對羽毛球選手比賽過程生理特質進行研究，其利用漸進式耐力測試(Incremental treadmill test)測量選手的血乳酸濃度、呼吸交換率、心跳率以及最大攝氧量等生理數值，並在選手進行羽球模擬比賽的過程中針對同樣生理數值進行測量。

結果發現在模擬比賽的監測中，心跳率達到最大心跳率的 $89.0 \pm 4.6\%$ 、攝氧量也達到最大攝氧量的 $73.3 \pm 6.5\%$ ，同時考量到羽球項目的間歇特性以及需要在多個來回球之後快速的恢復，作者認為羽球選手必須立良好的有氧能力(Faude, Meyer, Rosenberger, Fries, Huber & Kindermann, 2007)。然而無論在國內或國際的研究中，目前尚未有追蹤探討優秀羽球選手的心肺功能，或是心血管特性在年度中不同時期的變化狀況的發表文章可供參考。

過去在國際上已有多篇文章探討有關兒童、青少年、成年人及運動員的肺功能及心肺適能之研究 (Enright et al., 2000; Erceg, Jelaska, & Males, 2011; Hagberg, Yerg, & Seals, 1988; Jakes et al., 2002; Pringle, Latin & Berg, 2005; Rogelio et al., 2003; Wells et al., 2006; Wu et al., 2011)，甚至少數文章探討有氣喘問題之運動員的肺功能追蹤 (Game & Bell, 2006; Verges et al., 2004)。其中美國胸腔科學會 (American Thoracic Society, 1995) 提出，肺活量 (forced vital capacity, 縮寫 FVC) 及第一秒用力呼氣量 (forced expiratory volume in 1 second, 縮寫 FEV_{1.0}) 是評估兒童及成年人肺功能的最重要兩項指標。其中 Jakes 等 (2002) 在進行大量樣本的流行病學研究調查中指出，有規律運動的成年人其在肺功能、肺活量及第一秒用力呼氣量明顯優於無運動習慣的成年人，有抽菸習慣且又甚少從事費力運動 (vigorous physical activity) 的成年人其第一秒用力呼氣量明顯低於無抽菸之成年人。儘管現今西方已有如此之研究來證明有運動習慣者確實有較佳的肺功能，但是運動員在每年不同時期之間的肺功能是否有所變化？現今仍無太多實證研究予以釐清或探討，僅有 Kippelen 等 (2005) 針對耐力選手進行 8 個月的追蹤，了解耐力選手其在不同時期（訓練期、比賽前期、比賽期）之肺功能並無明顯的差異。

另外也有學者指出，過往研究即證實運動訓練可以增進肺功能以及最大耗氧量，並且進一步發現肺活量及第一秒用力呼氣量與最大耗氧量有顯著的相關性(Fatemi & Ghanbarzadeh, 2009)。但已往最大耗氧量的相關研究主要在實驗室內使用氣體分析系統配合跑步機或腳踏車進行檢測，雖然使

用這樣的測驗信效度佳，結果的解讀也有較標準化的依據；然而使用這樣的方式有許多技術及經費上的限制，例如：需要專業運動科學技術人員、昂貴的測驗儀器、測驗耗時、安全等議題，使得廣泛應用於大量選手測試的機會可能會有所受限。相對的，若能提出便利的測驗方式，且能有不錯的信效度測驗來追蹤選手的體能結果，相信應用上將有更大的價值。過去 Leger 與 Gadoury(1989)就發展出了以多階段 20 公尺折返跑表現推估最大攝氧量的測驗方式，並經過驗證具有量好的信效度。Wu 等 (2010, 2011) 也曾採用標準化的肺功能測驗搭配 800 公尺跑步測驗來監測大量兒童的心肺適能。而這些研究應用於成年人及兒童，或許這樣的概念也能思考應用於大量運動選手的追蹤。而如此之測驗方式除了對於需要高經費儀器的需求降低外，使用之研究耗材與人力需求也能明顯下降，如此未來應用將可較簡易方式取得運動員心肺適能與體能資料，對於實務訓練將有更大的影響性。

因此，綜合了過去各研究所採納方法的優點，本篇研究採用完整且標準的肺功能以及多階段的 20 公尺折返跑記錄運動選手的心肺功能。並加上運動訓練分期之概念，對於羽球選手在比賽期前後心肺功能特性之變化進行長期監測。

二、研究目的

本篇研究目的在於比較優秀男子羽球選手在訓練期與比賽期之心肺功能差異。未來更可藉由此研究所建立之標準化測驗程序作為日後篩選與追蹤優秀運動選手之心肺功能，甚至收集足夠數據資料後，能做為未來運動專項選手在肺功能與心肺能力之訓練模式之參考建議。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以大學甲組具有羽球運動專長男性選手作為心肺功能檢測之對象，在經由向教練及選手說明研究目的、流程與內容後，選手會填寫同意書後接受研究檢測。所有被測試之選手皆為現役選手，每週至少接受超過十二小時以上的專項運動規律訓練，並已參加專項訓練與國內全國性比賽超過五年以上，且比賽成績至少在大專杯或全國賽團體或個人前八名；同時參與選手若有任何上下肢嚴重之運動傷害，或是有抽菸習慣者將被排除於實驗外。本研究經國立彰化師範大學人體試驗委員會的審查通過，才進行相關的實驗資料收集與分析。

二、實驗流程與設計

本研究所設定之比賽期為五月的全國大專校院運動會及六月的全國羽球錦標賽，在與專業羽球教練討論後，在三月下旬進行訓練期測驗，並於六月中旬進行比賽期測驗。每次測驗時皆先實施基本資料之量測，接下來進行安靜血壓與心跳率測驗，最後施行肺功能測驗。而在所有受測者皆接受肺功能測驗後，會統一施行 20 公尺折返跑測驗。

三、研究工具

1. 安靜血壓與心跳率測驗

本研究的安靜時血壓及心跳率測驗，採用 Nonin 2120 血氧血壓機 (Plymouth, MN, USA)。受測者在實驗室首先進行安靜血壓與心跳率測驗，每位受測者坐著接受兩次安靜時血壓及安靜心跳率測驗，並記錄在每次測驗的收縮壓 (systolic blood pressure, 縮寫 SBP)、舒張壓 (diastolic blood pressure, 縮寫 DBP)、平均動脈壓 (mean artery pressure, 縮寫 MAP)、安靜心跳率 (heart rate in rest, 縮寫 HR)、血氧濃度值 (pulse oximetry; SpO₂)。

測量數據以兩次的平均值當成測驗結果，之後予以後續的記錄與分析。

2. 肺功能測驗

本研究使用 Master Screen Pneumo 肺功能機 (CareFusion, Hochberg, Germany) 檢測男子羽球選手，該機器具有良好信效度，過去已使用在運動專項選手的檢測 (Stadelmann, Stensrud, & Carlsen, 2011)，為心肺生理常用的實驗設備。本研究以此儀器測試選手的安靜時一分鐘潮氣容積 (tidal volume, 縮寫 VT)、呼吸換氣次數 (breathing frequency, 縮寫 BF)、肺活量 (forced vital capacity, 縮寫 FVC)、第一秒用力吐氣量 (forced expiratory volume in 1 sec, 縮寫 FEV_{1.0})、連續十秒的最大換氣量 (maximal voluntary volume, 縮寫 MVV) 等項目；其中肺活量、第一秒用力吐氣量、十秒的最大換氣量各測量三次取其最大值。首先，測量選手在靜態坐姿下休息 1 分鐘，接下來進行 1 分鐘之安靜潮氣容積與呼吸換氣次數測驗。接下來進行三至五次的肺活量 (即最大吸氣後的 6 秒用力吐氣量表現) 及第一秒用力吐氣量測驗，每次測驗之間休息 1 分鐘。最後進行兩次的十秒鐘最大換氣量測驗，每次測驗之間休息 2 分鐘。所有測試的受測者基本資料與肺功能測驗結果皆存在電腦的 LabManager 5.2 版分析軟體中。

所有受測者在測試前的每個項目皆予以一次練習，在每位受測者在測試之前肺功能機皆經過 1 公升的體積流量校正。且在每位受測者完成量測之後，肺功能機皆使用 Descogen (Jaeger, Germany) 清潔與消毒，以確認儀器的安全性，並避免受測者的感染。

3.20 公尺折返跑測驗

本測驗採用國際標準化的多階段 20 公尺折返跑測驗 (20-meter shuttle run) (Legar & Gadoury, 1989; Legar, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988)。受測者按照規定的速度逐漸完成多階段的 20 公尺折返跑，直至跟不上所要求的速度為止，受測者盡全力執行其多階段的測驗時間、組數、次數與速度的相對換算值。之後將每位受測者測驗結果帶入 Legar, Mercier, Gadoury, 與 Lambert (1988) 所提出之公式，以推估出選手的最大有氧適能。

預估最大耗氧量 $VO_{2\max} = 31.025 + (3.238 * \text{最大速度}) - (3.248 * \text{年齡}) + 0.1536 (\text{速度} * \text{年齡})$ 。

四、資料收集

本研究在資料收集方面，包括優秀羽球選手的基本資料（包含選手的姓名、年齡、性別、球齡、身高、體重、體脂肪百分比、身體質量指數、訓練資料、抽菸習慣等資料）、選手在兩個時期之肺功能（潮氣容積、肺活量、第一秒用力吐氣量、最大換氣量）、血壓（收縮壓、舒張壓、平均血壓）與安靜心跳率測驗、20 公尺折返跑（測驗時間、組數、預測最大耗氧量）之結果。

五、資料分析與統計方法

本研究使用 SPSS for Windows 13.0 (SPSS Inc) 統計分析軟體，將羽球選手的各項基本資料、不同時期之肺功能、安靜血壓以及預測最大心肺適能之檢測結果進行統計分析，且在本研究中所有推論統計顯著差異值皆設在 $\alpha = .05$ 。利用描述性統計來描述羽球選手的基本資料、肺功能、安靜血壓以及預測最大心肺適能之測試結果；再以 Wilcoxon signed ranked test 來比較每一選手在不同時期的肺功能、安靜血壓以及預測最大心肺適能的差異。

參、結果

研究結果顯示受測羽球選手的基本資料在訓練期與比賽期沒有顯著差異（表 1）。在肺功能的部分，發現 FEF₇₅ (Forced expiratory flow at 75 % of VC_{MAX})、FEF₅₀ (Forced expiratory flow at 50 % of VC_{MAX}) 與 FEF₂₅ (Forced expiratory flow at 25 % of VC_{MAX}) 有比賽期低於訓練期的情形

($p < .05$)，但在 $FEV_{1.0}$ ($p = 0.64$) 與 $FEV_{1.0}\%$ ($FEV_{1.0}$ in % of FVC; $p = 0.74$) 的差異卻未達顯著水準，其餘之肺功能參數也皆無顯著差異 (表 2)。而除了比賽期的心跳有低於訓練期之趨勢外 ($p = 0.54$)，其餘心血管參數皆無差異 (表 3)。但是在 20 公尺折返跑卻有比賽期優於訓練期的表現，在比賽期的預測最大攝氧量有優於訓練期的現象 (48.52 ± 5.61 vs. 46.10 ± 5.65 ; $p < .05$)。

表 1

比賽期前後羽球選手基本資料之變化

	訓練期	比賽期
年齡 (year)	20.79±1.19	--
身高 (m)	1.74±0.04	--
體重 (kg)	71.06±6.18	71.02±7.02
身體質量指數 (kg/m^2)	23.49±2.12	23.48±2.40
體脂肪 (%)	16.59±3.42	16.16±4.38

表 2

訓練期與比賽期羽球選手肺功能之變化

	訓練期	比賽期
潮氣容積 (ml)	69.57±14.48	75.57±11.99
呼吸換氣次數 (bpm)	23.41±7.22	22.62±6.27
肺活量 (l)	4.66±0.56	4.53±0.51
第一秒用力呼氣量 (l)	4.39±0.42	4.21±0.33
肺活量 (%)	93.63±4.73	90.85±7.03
峰值呼氣流量 ($l \cdot sec^{-1}$)	9.59±1.28	9.73±1.18
75%平均用力呼氣速率 ($l \cdot sec^{-1}$)	8.42±0.98*	7.96±0.97*
50%平均用力呼氣速率 ($l \cdot sec^{-1}$)	5.94±0.85*	5.35±0.83*
25%平均用力呼氣速率 ($l \cdot sec^{-1}$)	3.31±0.99*	2.82±0.78*
連續十秒最大換氣量 ($l \cdot min^{-1}$)	167.53±18.47	165.57±13.82

* $p < .05$

表 3

訓練期與比賽期羽球選手心血管功能之變化

	訓練期	比賽期
安靜心跳率 (bpm)	66.93±9.93	61.64±8.49
血氧濃度值 (%)	96.93±0.92	97.14±0.95
收縮壓 (mmHg)	115.43±7.67	115.29±8.45
舒張壓 (mmHg)	63.43±6.55	62.86±9.89
平均動脈壓 (mmHg)	80.79±6.58	80.29±8.75

肆、討論

本篇發現男性羽球選手比賽期的心肺功能與訓練期的差異並不大，但比賽期的 20 公尺折返跑運動表現卻有優於訓練期的現象。其中本研究的羽球選手在訓練期每周 5 至 6 次的訓練中，其規律訓練包括羽球專項訓練、對練、模擬比賽，以及每周 2 至 3 次的 3000 公尺跑步訓練，與羽球腳步訓練等。在進入比賽期後，訓練強度較為增加，但是在體能訓練及一般羽球訓練時間略為減少，訓練過程中特別重視特定技術，以及增加友誼模擬比賽。而這些規律的訓練方式，完全符合現代羽球訓練科學的方式，賽前重質但減量 (Phomspuph & Laffaye, 2015)。

由於運動員在接受耐力訓練後，會因為每跳輸出量提升而導致心跳變慢的情形，而血壓則較不會有顯著的改變 (張正琪等，2012)。在本篇羽球選手比賽期的心跳有低於訓練期的趨勢，或許可歸因於專項訓練的成效，但這些差異仍無法達到顯著水準，則可能是因為前、後測時間相隔不大 (僅三、四個月) 而無法突顯差異，亦或是因為比賽期的完全休息調整而使得效益減弱了；除非專項羽球選手進行特定的訓練模式，其中 Liu 等(2021) 在近日提出每週 3 次共計八週的特定性羽球衝刺性間歇訓練 (sprint interval training)，對於優秀羽球選手的有氧耐力及乳酸的清除代謝率有達

到顯著的進步，明顯優於傳統的羽球訓練。

對於耐力訓練與心血管系統的改善，但一般耐力訓練對於肺部結構和功能的影響明顯不大（張正琪等，2012），在本篇研究中，羽球選手訓練期及比賽期之前後在 VT、FVC 與 MVV 皆無顯著差異。Kippelen 等 (2005) 追蹤運動員（自行車與鐵人三項選手）在不同時期的心肺功能變化，結果僅發現運動員在比賽期（6 至 7 月）的 FVC 會較基礎訓練期（11 至 12 月）與賽前期（2 至 3 月）來得稍低，但 FEV_{1.0} 與 FEF₂₅₋₇₅ (mid maximal expiratory flow rate) 則皆無差異；而 Denguezli 等 (2008) 也同樣發現男性耐力跑者的 FVC 與 FEV_{1.0} 在一年中的不同時期（基礎訓練期、賽前期與比賽期）皆沒有顯著差異。因此，本篇羽球選手之肺功能受專項訓練而改變的差異可能不大，並與前述研究相比之下，本篇兩次測試的間隔時間來說較短（僅 3 個月），所以即使略有差異但也可能較不明顯。

然而，現今羽球訓練方式隨著得分制度更改而轉變，羽球選手在移位、跳躍、轉身、撲球、殺球與擊球等動作的節奏與強度都大幅提升，需要有特定的生理特質 (Faude, Meyer, Rosenberger, Fries, Huber, & Kindermann, 2007; Ooi et al., 2009)，特別是國際級選手的來回球拍數更為增加，而這對於運動員心肺功能的要求與訓練也更加重視及強調(Liu, Leng, Li, Bao, & Cui, 2021)；其中 Phomspupha 與 Laffaye (2015) 提出競技羽球選手在比賽過程中，60-70%為有氧能量，約 30%採用為無氧能量系統，平均每球的來回時間為 7 秒，中間約有 15 秒的緩和時間，在全場的來回過程中甚至可達 90%以上的最大心跳率。反觀本篇肺功能之相關結果，男性羽球選手的 FEV_{1.0} 有比賽期低於訓練期的趨勢，雖然並未達顯著水準；可是比賽期的 FEF₂₅、FEF₅₀ 與 FEF₇₅ 卻有明顯低於訓練期的現象，但是訓練期與比賽期的 PEF (peak expiratory flow) 卻沒有差異。因此有可能羽球訓練雖然短期來說並未對肺部結構上有顯著影響，但羽球選手可能為了適應訓練刺激對於肺部換氣的需求，或許需提升呼吸肌的運用效率。但除了訓練所帶來的影響，比賽期心理狀態的改變也有可能是造成變化的原因之一，過去

Dimitriva, Saperova, Dimitriva 及 Karpenko(2014)針對大學生狀態焦慮(state anxiety)與外呼吸系統(external respiration system)關聯性的研究中發現，當狀態焦慮程度越高時，FEF₂₅、FEF₅₀ 與 FEF₇₅ 也有顯著增加的情況出現。但本研究並未針對選手於不同時期的狀態焦慮進行評估，未來相關長期追蹤研究也考慮將此因素列入。

過去研究發現瑜珈運動可以降低交感神經反應，並且透過自主呼吸肌的放鬆來增進肺功能 (Zaicenkoviene, Stasiulis, Aleksandraciene, & Stasiuleciciene, 2013)；而 Pazare, Biswas, & Meshram (2013) 分析 6 個月的珞迦瑜珈 (Rajyoga) 對於年輕羽球選手的影響，結果發現訓練後的 FVC 與 FEV_{1.0} 皆有顯著的提升，而其探討中指出可能是因為瑜珈訓練過程中，肺部擴張的過程刺激分泌表面張力素(Surfactant)及前列腺素(Prostaglandin)。進而增加了肺部的順應性 (compliance)，以及降低了支氣管平滑肌的肌張力而導致。而這細微的正向增益或許會是運動訓練過程中最先改善的部分，也可能是最先退步的部份，所以本篇羽球選手雖然沒有特別強調呼吸訓練，FVC 與 MVV 也沒有特別的變化，然而在用力吐氣速率仍能看出些微差異。因此我們推測本篇羽球選手或許是因為比賽後完全停止訓練的休息調整而造成呼吸肌的肌力與耐力快速下降，導致比賽期前訓練所提升的呼氣速率反而退步至低於比賽期前的狀態。

過去少有研究探討羽球運動員的肺功能，而本篇與香港大學層級的羽球選手之 FVC、FEV_{1.0} 與 MVV 皆高於過去印度頂尖羽球選手，或許顯示了現今羽球競技對於心肺功能強度要求的提升；而當與其他運動項目相比時，我們發現本篇羽球選手的 FVC 雖然低於同為持拍項目的壁球選手，以及接受耐力訓練的跑者、自行車與鐵人三項運動員，但在 FEV_{1.0} 部份卻各有差異；甚至當我們觀察年輕游泳選手與陸上運動員的肺功能比較資料後，便可以發現肺功能會依據各專項運動特性不同而有所差異 (表 4)。

表 4
各運動專項之肺功能比較

項目	羽球	羽球	壁球	跑者	自行車與 鐵人三項	游泳
國家	印度	香港	香港	突尼西亞	法國	希臘
層級	頂尖	大學	頂尖	區域/國家	區域	區域/國家
資料年份	1985 ¹	2007 ²	1995 ³	2008 ⁴	2005 ⁵	1997 ⁶
Age (year)	28.8±3.5	23.±2.00	20.7±2.5	22±1	16-23	15.1±3.0
Height (m)	1.71±0.06	1.72±0.04	1.72±0.04	1.79±0.01	1.70-1.87	1.70±0.13
FVC (l)	4.00±0.63	4.40±0.3	5.13±0.26	5.89-6.12	4.85-5.04	4.5±1.3
FEV _{1.0} (l)		3.7±0.3	4.33±0.23	4.95-5.05	4.18-4.90	4.1±1.2
FEV _{1.0} (%)	84.74±7.80	86±2	84.4±4.4	81-83		90.9±5.9
MVV (l · min ⁻¹)	118.70±21.5	186±15	176.3±18.6			

¹Ghosh, Ahuja, & Khanna, 1985; ²Lin et al., 2007; ³Chin, Steininger, So, Clark, & Wong, 1995; ⁴Denguezli et al., 2008; ⁵Kippelen 等, 2005; ⁶Doherty & Dimitriou, 1997.

相對於肺功能的些微退步，本篇羽球選手比賽期後的最大耗氧量卻依然較比賽期前來得好，而這可能是因為 20 公尺折返跑是屬於運動員的整體運動表現，因此退步下滑的速度較緩慢。再者，本篇羽球選手的最大耗氧量低於過去頂尖之羽球與壁球選手，而較相近於香港與印度大學層級的羽球選手，似乎顯示 20 公尺折返跑能夠做為評估運動員心肺適能優劣的參考（表 5）。

表 5

各運動專項之最大耗氧量比較

項目	壁球	羽球	羽球	羽球	羽球
國家	香港	馬來西亞	中國	印度	香港
層級	頂尖	頂尖	頂尖	大學	大學
資料年份	19951	20092	19953	20124	20075
VO2Max (ml · kg-1 · min-1)	61.7±3.4	56.9±3.7	63.4±4.0	47.2±5.0	51±6

¹Chin, Steininger, So, Clark, & Wong, 1995; ²Ooi 等, 2009; ³Chin 等, 2008; ⁴Rana, 2012;

⁵Lin 等, 2007

伍、結論與建議

本篇研究發現大學層級男子羽球選手的心肺功能在訓練期與比賽期差異不大，像是 VT、FVC 與 MVV 皆沒有差異，僅有比賽期的呼氣速率 (FEF₂₅、FEF₅₀ 與 FEF₇₅) 顯著下降，但是比賽期的 20 公尺折返跑卻仍優於訓練期。

過去對於羽球心肺功能的研究稀少，尤其是肺功能的部分，而本篇研究結果的發現雖然不足，但希望能建立先例來讓學者繼續延續探討下去，所以未來可以進一步拉長追蹤時間，或是比較單打或雙打羽球選手的差異，或是與不同的運動專項比較。

此外，本篇羽球選手並未有接受規律的呼吸訓練，而 Lin 等 (2007) 發現針對吸氣肌的熱身運動確實能改善吸氣能力，同時也能增進選手在漸進羽球步法測驗中的表現，因此未來教練或許可以考慮將呼吸訓練加入訓練內容當中。再者，雖然 20 公尺折返跑能做為簡易預測選手有氧適能的表現，但其客觀性未來或許能再加強，像是使用簡易的踏板連接電腦來紀錄運動員抵達折返點的時間，以提供受測者實際的指標與回饋，並且能降低施測者目視的誤差。

致謝

本研究承蒙國立臺灣體育運動大學專題研究計畫補助 (102-NTUS1)，並感謝參與本研究所有優秀羽球選手及教練的配合，以順利完成此追蹤研究與分析。

參考文獻

- 陳盛彬、邱政鋒 (2011)。羽球新舊賽制規則戰術之探討。弘光學報, 65, 147-153。
- 張正琪、蔡忠昌、呂香珠、洪偉欽、朱真儀、鄭景峰等 (譯) (2012)。競技與健身運動生理學。臺北市：禾楓。(Kenny, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L., 2012)
- American Thoracic Society. (1995). Standardization of Spirometry, 1994 update. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 152(3), 1107-1136. doi: 10.1164/ajrccm.152.3.7663792
- Chin, M. K., Steininger, K., So, R. C., Clark, C. R., & Wong, A. S. (1995). Physiological profiles and sport specific fitness of Asian elite squash players. *British Journal of Sports Medicine*, 29(3), 158-164. doi: 10.1136/bjism.29.3.158
- Chin, M. K., Wong, A. S., So, R. C., Siu, O. T., Steininger, K., & Lo, D. T. (1995). Sport specific fitness testing of elite badminton players. *British Journal of Sports Medicine*, 29(3), 153-157. doi: 10.1136/bjism.29.3.153
- Denguezli, M., Chiekh, I. B., Saad, H. B., Zaouali-Ajina, M., Tabka, Z., & Abdelkrim, Z. (2008). One-year endurance training: Effects on lung function and airway inflammation. *Journal of Sports Science*, 26(12), 1351-1359. doi: 10.1080/02640410802123177
- Dimitriev, D. A., Saperova, E. V., Dimitriev, A. D., & Karpenko, Y. D. (2014). Effect of anxiety on the function of the cardiorespiratory system. *Human Physiology*, 40(4), 433-439. doi: 10.1134/S0362119714040069
- Doherty, M., & Dimitriou, L. (1997). Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and controls using allometric scaling. *British Journal of Sports Medicine*, 31(4), 337-341. doi: 10.1136/bjism.31.4.337
- Enright, P. L., Linn, W. S., Avol, E. L., Margolis, H. G., Gong, H., & Peters, J. M. (2000). Quality of spirometry test performance in children and adolescents:

- Experience in a large field study. *Chest*, 118(3), 665-671. doi: 10.1378/chest.118.3.665
- Erceg, M., Jelaska, I., & Males, B. (2011). Ventilation characteristics of young soccer players. *Homo Sporticus*, 2, 5-11.
- Fatemi, R., & Ghanbarzadeh, M. (2009). Relationship between airway resistance indices and maximal oxygen uptake in young adults. *Journal of Human Kinetics*, 22(1), 29-34. doi: 10.2478/v10078-009-0020-7
- Faude, O., Meyer, T., Rosenberger, F., Fries, M., Huber, G., & Kindermann, W. (2007). Physiological characteristics of badminton match play. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 479-485. doi: 10.1007/s00421-007-0441-8
- Game, A. B., & Bell, G. J. (2006). The effect of a competitive season and environmental factors on pulmonary function and aerobic power in varsity hockey players. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31(2), 95-100. doi: 10.1139/h05-005
- Ghosh, A. K., Ahuja, A., & Khanna, G. L. (1985). Pulmonary capacities of different groups of sportsmen in India. *British Journal of Sports Medicine*, 19(4), 232-234. doi: 10.1136/bjism.19.4.232
- Hagberg, J. M., Yerg, J. E., & Seals, D. R. (1988). Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 65(1), 101-105. doi: 10.1152/jappl.1988.65.1.101
- Jakes, R. W., Day, N. E., Patel, B., Khaw, K. T., Oakes, S., Luben, R., ... & Wareham, N. J. (2002). Physical inactivity is associated with lower forced expiratory volume in 1 second. *American Journal of Epidemiology*, 156(2), 139-147. doi: 10.1093/aje/kwf021
- Kippelen, P., Cailaud, C., Robert, E., Connes, P., Godard, P., & Prefaut, C. (2005). Effects of endurance training on lung function: A one year study. *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), 617-621. doi: 10.1136/bjism.2004.014464

- Legar, L., & Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂ max in adults. *Canadian Journal of Sports Science, 14*(1), 21-26.
- Legar, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 meters shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Science, 6*(2), 93-101. doi: 10.1080/02640418808729800.
- Lin, H., Tong, T. K., Huang, C., Nie, J., Lu, K., & Quach, B. (2007). Specific inspiratory muscle warm-up enhances badminton footwork performance. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, 32*(6), 1082-1088. doi: 10.1139/H07-077
- Liu, H., Leng, B., Li, Q., Liu, Y., Bao, D., & Cui, Y. (2021). The effect of eight-week sprint interval training on aerobic performance of elite badminton players. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(2): 638. doi: 10.3390/ijerph18020638
- Ooi, C. H., Tan, A., Ahmad, A., Kwong, K. W., Sompong, R., Ghazali, K. A. M., ...Thompson, M. W. (2009). Physiological characteristics of elite and sub-elite badminton players. *Journal of Sports Sciences, 27*(14), 1591-1599. doi: 10.1080/02640410903352907
- Pazare, K., Biswas, D. A., & Meshram, A. W. (2013). Modulation of anaerobic biomarker and lung functions by Rajyoga meditation in young badminton players. *International Journal of Medical Science and Public Health, 2*(4): 654. doi: 10.5455/ijmsph.2013.250420133
- Pérez-Padilla, R., Regalado-Pineda, J., Mendoza, L., Rojas, R., Torres, V., Borja-Aburto, V., & Olaiz, G. (2003). Spirometric variability in a longitudinal study of school-age children. *Chest, 123*, 1090-1095. doi: 10.1378/chest.123.4.1090
- Phomspupha, M., & Laffaye, G. (2015). The science of badminton: Game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports Medicine, 45*(4), 473-495. doi: 10.1007/s40279-014-0287-2

- Pringle, E. M., Latin, R. W., & Berg, K. (2005). The relationship between 10 km running performance and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology Online*, 8(5), 22-28.
- Rana, M. S. (2012). Assessment of physiological variables of badminton players. *International Journal of Behavioral Social and Movement Sciences*, 1(4), 166-173.
- Stadelmann, K., Stensrud, T., & Carlsen, K. H. (2011). Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(3), 375-381. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181f1c0b1
- Verges, S., Flore, P., Blanchi, M. P. R., & Wuyam, B. (2004). A 10-year follow-up study of pulmonary function in symptomatic elite cross-country skiers- Athletes and bronchial dysfunctions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(6), 381-387. doi: 10.1111/j.1600-0838.2004.00383.x
- Wells, G. D., Schneiderman-Walker, J., & Plyley, M. (2006). Normal physiological characteristics of elite swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 17, 30-52.
- Wu, S. K., Cairney, J., Lin, H. H., Li, Y. C., & Song T. F. (2011). Pulmonary function in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 32(3), 1232-1239. doi: 10.1016/j.ridd.2010.12.007
- Wu, S. K., Lin, H. H., Li, Y. C., Tsai, C. L., & Cairney, J. (2010). Cardiopulmonary fitness and endurance in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 31(2), 345-349. doi: 10.1016/j.ridd.2009.09.018
- Zaicenkoviene, K., Stasiulis, A., Aleksandeaciciene, R., & Stasiuleciciene, L. (2013). Yoga practice has minor influence on respiratory function at rest in men and women. *Education, Physical Training, Sport*, 88, 97-101. doi: 10.33607/bjshs.v1i88.152

Comparison of Cardiopulmonary Function during Training and Competition Periods in Elite Male Badminton Players

Sheng-Kuang Wu¹, Sz-Yan Wu², Ming-Hsiang Huang³, Tai-Fen Song¹, Ching-Hsiu Chiang¹

¹ Department of Sport Performance, National Taiwan University of Sport

² Department of Kinesiology and Health Education, University of Texas at Austin

³ Department of Ball Sport, National Taiwan University of Sport

Abstract

Purpose: To compare the cardiopulmonary function of elite male badminton players between training and competition periods. **Methods:** Fourteen male college badminton players were recruited for this study. Data were collected using the lung spirometry, blood pressure instrument, and 20-meter shuttle run in training and competition periods. Basic data including name, age, body fat percent, body mass index, training years and information, body fat, and smoking habit, and cardiopulmonary data including tidal volume (VT), force vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV_{1.0}), maximal ventilation volume (MVV), resting heart rate, systolic and diastolic blood pressure, and predicted maximal oxygen consumption (VO_{2max}) were analyzed. Wilcoxon signed ranked test was used to compare these parameters of cardiopulmonary functions of badminton players between different stages. **Result:** In the lung function part, although there was no difference in the VT, FVC and MVV between training and competition periods, there was a tendency that the FEV_{1.0} was lower than in training period. Furthermore, the forced

expiratory flow at 75%, 50% and 25% of VCmax in the competition period were significantly slower than the training period. Secondly, there was no difference in the cardiovascular parameters between two periods, except the heart rate was slightly slower than the training period. But the predicted VO_{2max} in the competition period was significantly better than the training period. Conclusion: This study showed the minor change of cardiopulmonary functions of college male badminton players between pre- and post-competition periods. Specifically, the forced expiratory flow was significantly slower in the competition period, but the VO_{2max} was better.

Keywords: badminton, pulmonary function, blood pressure, cardiopulmonary fitness