

國立臺灣體育運動大學  
競技運動學系碩士學位論文

優秀游泳選手在不同運動時期  
之肺功能變化

THE CHANGE IN PULMONARY FUNCTION OF ELITE  
SWIMMERS AMONG DIFFERENT TRAINING PHASES



研究生：楊金桂 撰

指導教授：吳昇光 教授

中華民國 103 年 7 月

## 中文摘要

**目的：**本研究於於一年追蹤分析優秀游泳選手之心肺功能，並比較選手在不同時期心肺功能之變化。**方法：**本研究共徵招 32 位 16~22 歲之國內優秀游泳選手，其中男女選手各 16 人，並根據比賽距離分為短距離與長距離組分別有 15 與 17 人。使用肺功能機 (Master Screen Pneumo; CareFusion, Hochberg, Germany)、血壓機 (Nonin 2120; Plymouth, MN, USA) 與 20 公尺折返跑來檢測受試者之心肺功能，並於一年中三個不同時期(訓練期、比賽期、調整期)進行檢測，所收集的資料包括選手的基本資料(姓名、年齡、身高、體重、體脂肪率)及選手在心肺功能測驗時所測得之安靜時心跳率與血壓(收縮壓與舒張壓)、肺功能(潮氣容積、肺活量、第一秒用力吐氣量、最大自主換氣量)與預測之最大攝氧量等。所檢測的數據以三因子重複量數變異數分析探討男女性別、不同時期與不同競賽距離在心肺功能之差異。**結果：**本篇結果顯示(1)在心血管參數的部分，短距離選手的安靜收縮壓在比賽期顯著大於長距離選手 ( $p < .05$ )。比較不同時期則發現，比賽期的安靜舒張壓與平均動脈壓也顯著高於訓練期 ( $p < .05$ )；(2)不同距離與不同時期間之肺功能皆無顯著差異，僅發現女性游泳選手的第一秒用力吐氣量與最大自主換氣量顯著低於男性 ( $p < .05$ )；(3)女性游泳選手的最大攝氧量在所有時期皆低於男性選手 ( $p < .05$ )。而短距離選手的最大攝氧量則在比賽期與調整期顯著低於長距離選手 ( $p < .05$ )。此外，比較不同時期則發現僅有女性選手在訓練期的最大攝氧量有顯著低於比賽期的現象 ( $p < .05$ )。**結論：**本篇研究似乎顯示心肺功能中的性別差異，但不同比賽距離選手間的差異顯得較小，而不同時期間則以心血管參數的變化較為顯著，但是安靜時之肺功能參數似乎較無法作為不同時期之參考指標。

**關鍵字：**游泳、肺功能、心血管功能

## Abstract

**Purpose:** To investigate the cardiopulmonary changes of elite swimmers in one year follow-up which includes three different training periods: preparatory phase (PP), competitive phase (CP) and transition phase (TP). **Methods:** Total 32 elite swimmers (16 males and 16 females; 15 short distance (SD) swimmers and 17 long distance (LD) swimmers) were recruited, and their cardiopulmonary functions were assessed by using the lung spirometry (Master Screen Pneumo; CareFusion, Hochberg, Germany), blood pressure instrument (Nonin 2120; Plymouth, MN, USA), and 20-meter shuttle run test. Basic data and cardiopulmonary information including resting heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP), tidal volume (VT), force vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV1), maximal ventilation volume (MVV), and predicted maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max) were analyzed by three-way repeated-measure ANOVA to differentiate the aforementioned data in genders, competitive distances, and training stages. **Results:** The results showed that (a) Resting SBP of SD swimmers was significantly higher than LD swimmers ( $p < .05$ ), and both resting DBP and MAP in CP were higher than in PP ( $p < .05$ ); (b) There was no difference of lung function in different competitive distances and training phases, but female swimmers had lower FEV1 and MVV ( $p < .05$ ) than male swimmers; (c) The VO<sub>2</sub>max of female swimmers was obvious lower than male swimmers in all training phases ( $p < .05$ ). The VO<sub>2</sub>max of SD swimmers was lower than LD swimmers in CP and TP ( $p < .05$ ). Moreover, only the female swimmers had lower VO<sub>2</sub>max in PP than in CP ( $p < .05$ ). **Conclusion:** This study showed the gender difference in cardiopulmonary functions of elite swimmers; on the other side, there was small dissimilarity between SD and LD swimmers. The cardiovascular changes among three training phases were more distinct; however,

it seems that the pulmonary functions at rest stayed more stable in the one year training cycle.

**Keywords: Swimming, Lung function, Cardiovascular ability**

## 致謝

順利地考上研究所之後，將會是一個全新的開始。一面要顧及游泳訓練又要忙著課業，我知道兩全其美可能有點牽強，我只能盡力做到兩者兼顧，不過好在有許多幫助我的貴人。

首先非常感謝我的爸媽，總是在背後默默的支持我、鼓勵我，有他們的加油打氣讓我備感安慰；其次是我的指導教授 吳昇光老師，他教會了我許多知識，也體會到當運動員的辛苦，在課業上總是不會太刁難我們，只要把老師交代的完成即可，老師也總說運動員並不是頭腦簡單四肢發達，只是取決於你有沒有去心完成它，老師再次的謝謝你，在研究所的過程中引導並教會我許多事，不僅僅是課業上的，還包括了游泳訓練的部分，心中有萬分的感謝。還要謝謝 APAR 研究群的夥伴們，不僅在論文上給予我最大的幫助，還教了我許多寫作論文的概念及方法，總是在需要幫忙時從旁協助我，真的很感激，沒有學長姐們的幫忙我可能無法單獨完成這本論文，謝謝你們。還要謝謝在論文實驗中協助我的每一位朋友，沒有你們的幫忙我無法順利的完成，更要謝謝我參與我論文實驗的每一位受試者及教練們，沒有你們我的實驗無法順利進行、論文是不可能完成的，在此由衷的感謝你們。

畢業了不代表真的結束，是另一個開始，我將要去尋找另一個目標，繼續奮鬥，也祝福大家都能追夢成功。

楊金桂

中華民國 103 年 7 月 28 日

# 目錄

中文摘要	.....	I
英文摘要	.....	II
致謝	.....	IV
目錄	.....	V
表目錄	.....	VII
圖目錄	.....	VIII
<b>第壹章</b>	<b>緒論</b>	
第一節	研究背景	1
第二節	研究目的	4
第三節	研究限制與範圍	4
第四節	重要名詞解釋	5
<b>第貳章</b>	<b>文獻探討</b>	
第一節	游泳選手生理之特性	8
第二節	肺功能相關探討	10
第三節	心肺功能的定義	13
第四節	運動訓練的週期劃分	13
第五節	總結	17
<b>第參章</b>	<b>研究方法</b>	
第一節	研究對象	18
第二節	研究架構	19
第三節	實驗流程與步驟	20
第四節	測驗時間	28
第五節	資料處理	28
<b>第肆章</b>	<b>研究結果</b>	
第一節	基本資料差異	29
第二節	心血管功能差異	31
第三節	肺功能差異	33

第四節	最大攝氧量差異	35
第五章	討論	36
第六章	結論與建議	
第一節	結論	47
第二節	建議	48
參考文獻		49

## 表目錄

表 1	20 公尺折返跑成績換算速度表 ……	26
表 2	不同性別、距離游泳選手在不同時期之基本資料 …	30
表 3	不同性別、距離游泳選手在不同時期之心血管參數 …	32
表 4	不同性別、距離游泳選手在不同時期之肺功能 ……	34
表 5	不同性別、距離游泳選手在不同時期之最大攝氧量 …	35
表 6	過去研究之肺功能整理表 ……	43
表 7	過去研究之最大攝氧量整理表 ……	46

## 圖目錄

圖 1	受試者肺活量與用力吐氣測驗	5
圖 2	受試者呼氣的過程	6
圖 3	研究架構	19
圖 4	Nonin 2120 血氧血壓機	21
圖 5	肺功能機	22
圖 6	肺功能檢測	22
圖 7	20 公尺折返跑測驗 ( 1 )	25
圖 8	20 公尺折返跑測驗 ( 2 )	25

# 第壹章 緒論

## 第一節 研究背景

在現今高強度、高水準的競技運動當中，除了配合合理的訓練週期計畫，如能有效且快速的結合運動科學化的相關常識及測量方式，便能在日後提升運動成績，更能幫助運動員在競技場上創造佳績。因此，運動科學化的訓練及評估測量已逐漸成為發展趨勢，運動科學家從生理、心理和生物力學等領域，更深入地去探討運動員的最佳運動表現，先進國家發展之趨勢是運動與科學相輔相成的表現。

近幾年，我國在游泳項目的國際賽事雖不理想，但在 2010 年的亞運會拿到睽違十多年的銅牌，2012 年倫敦奧運也有六名選手達參賽標準，雖未能在奧運會上奪牌，但游泳選手未來的發展是指日可待的，值得往競技與全民運動的路上發展與突破。

而國際游泳項目比賽中，以自由式來講：短則 50 公尺、長則到 1500 公尺，無論是短距離或長距離皆以力量及肌力為主要的訓練方向，同時，選手必須兼具爆發力及心肺耐力；然而無論在國內或國外的研究中，至今並未有發表任何文章追蹤探討優秀游泳選手的心肺功能，在不同時期的肺功能、心血管特性也未能得知。

過去在國外已有多篇文章探討有關兒童、青少年、成人、老年人、運動員探討肺功能及心肺適能研究(Burchfield et al, 1997; Cordain et al, 1987; 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, 縮寫為 FVC) 及第一秒用力呼氣量 (forced expiratory volume in 1 second, 縮寫為 FEV<sub>1</sub>) 是評估兒童及成年人肺功能的兩項最重要指標。Jakes 等人 (2002) 在進行大量樣本的流行病學研究中指出, 有規律運動習慣的成年人在肺功能、肺活量及第一秒用力吐氣量明顯優於無規律運動習慣的成年人, 有抽菸者又無規律運動的成年人在第一秒用力吐氣量明顯低於無抽菸的成年人。已有許多研究者證明有規律運動習慣者肺功能確實較佳, 但是運動員是否有較佳的肺功能? 運動員在每年不同時期的肺功能是否有所差異? 至今仍無太多研究證實與探討, 僅有 Kippelen 等人 (2005) 針對耐力型的運動員進行長達八個月的追蹤, 從中了解耐力型選手在不同時期 (訓練期、比賽期、調整期) 之肺功能並無明顯的差異。

另外在以往心肺功能研究大多傾向於實驗室內使用氣體分析系統配合腳踏車或跑步機來檢測選手的最大耗氧量, 雖然使用這樣的檢測方式有較佳的信效度, 呈現出來的結果有較標準化的解讀依據; 不過這樣的檢測方式有許多缺點及限制, 例如: 需許多經費上及技術層面的需求、需專業運動科學技術人員、需昂貴的測驗儀器、測驗費時、安全等等, 使得大量運用在運動選手的檢測機會可能有所受限; 若能及時提出簡便的測量方式, 並且能有不錯的信效度檢測方法來追蹤運動員的體能結果, 相信在未來應用上會有更大的價值。

其中 Wu 等人(2010,2011)提出較標準化的肺功能檢測及 800 公尺跑來監測出兒童的心肺功能，或許這樣的模式概念也能運用於大量選手的追蹤，所以本研究採用更完整的肺功能檢測方及多階段的 20 公尺折返跑來評估運動員的心肺功能，並分析選手在訓練期、比賽期、調整期的心肺功能特性與變化。

## 第二節 研究目的

本篇研究目的在於追蹤檢測不同距離、性別優秀游泳選手心血管參數、肺功能與心肺適能，並分析游泳選手在不同時期差異之變化，以便日後作為游泳選手在訓練及比賽上作為參考。

## 第三節 研究範圍與限制

### 一、研究範圍

依據上述研究背景與目的，本實驗受試者之研究範圍設定為：

本研究選取國內 16~22 歲之優秀游泳選手，專長項目為自由式短距離(50、100 公尺) 及長距離(200、400、800 公尺)之男、女選手各 16 名，共 32 名受試者，為受過正規訓練已有四年以上，每周練習時數長達 12 小時以上，並且參加全中運或全大運獲得前八名之優秀選手。

### 二、研究限制

- (一) 本研究受試者皆為自願者，在進行所有檢測項目與實驗當中，為了讓實驗效果更具高品質及高信效度，研究者僅能以口頭方式鼓勵並督促。
- (二) 因來自全台灣北、中、南部之優秀游泳選手，教練及訓練模式均不相同，可能會因為訓練量、訓練時間及個人差異而有所限制。

## 第四節 重要名詞解釋

本研究肺功能的評估指標及項目包括以下幾種：

- (一) 最大用力肺活量 (forced vital capacity; 簡稱 FVC): 是指做一次最大吸氣後立即做最大呼氣所採集的換氣量，單位為公升。
- (二) 第一秒吐氣量 (forced expiratory volume in 1 second; 簡稱 FEV<sub>1</sub>): 是指所採集最大吸氣的最前面第 1 秒的呼氣量，單位為公升。
- (三) FEV<sub>1</sub>%M: FEV<sub>1</sub>/FVC，是指第 1 秒最大呼氣量占最大用力肺活量的百分比值%。
- (四) 最大自主換氣量 (maximum ventilation volume; 簡稱 MVV): 是指三至四次正常呼吸後開始做最深最快之吸氣呼氣，而取 10 秒的換氣量，單位為公升/分。

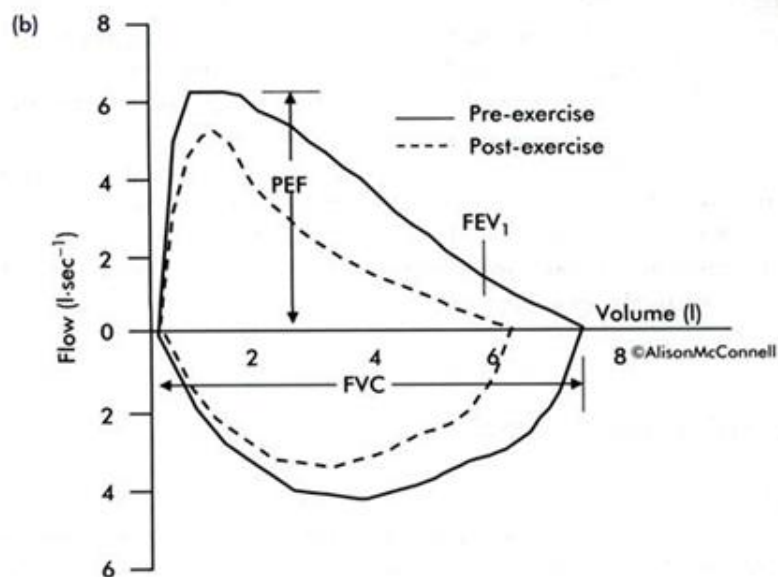
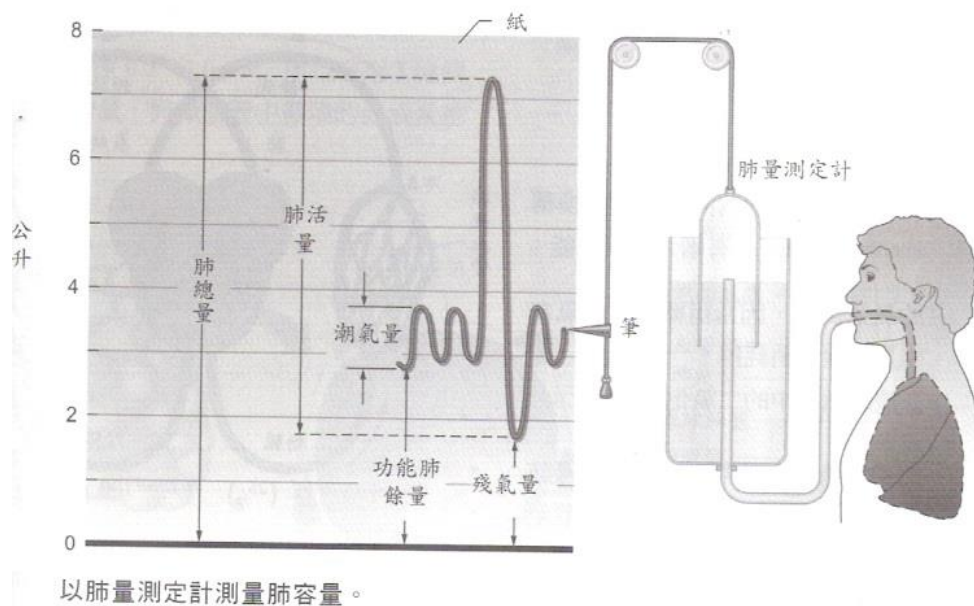


圖 1. 受試者肺活量與用力吐氣測驗

- (五) 潮氣容積/換氣量(tidal volume ,TV)：指在每一安靜呼吸的週期所吸入與呼出的氣體量。
- (六) 吸氣儲備容積(inspiratory reserve volume ,IRV)：指安靜呼吸後，若再努力用力吸氣所能吸進的氣體量。
- (七) 肺餘容積/殘氣量(residual volume,RV)：指在盡力做最大呼吸/吐氣之後，殘留在肺的空氣量。
- (八) 呼氣儲備容積(expiratory reserve volume, ERV)：在正常呼吸後，再用力呼氣所能呼出的氣體量。



原：J. West, 2000. *Respiratory physiology: The essentials* (Baltimore, MD: Lippincott, Williams, and Wilkins),

圖 2. 以肺量測定計測量肺容量

- (九) 20 公尺來回跑：是指兩條間隔距離 20 公尺的平行線上來回跑的測驗 (20m shuttle run test)，是漸進式有氧耐力測驗法，開始速度以 8km/h 進行測驗，以此速

度進行一分鐘，第二分鐘以 9km/h 速度進行，往後每多一分鐘就增加 0.5km/h 速度進行測驗，當受試者第一次無法跟上速度時會給予一次提醒，第二次再無法跟上速度時，此測驗就此結束，並以第一次衰竭時的趟數為成績。

(十) 心肺適能：心肺能是體適能檢測項目之一，它的因素複雜，循環呼吸系統是心臟、肺臟、血管等器官輸送血液到全身各部分的能力、血液帶氧的能力、微血管接受血液的能力等因素所影響，本篇以 20m 折返跑所預測之最大攝氧量代表選手的心肺適能。

## 第貳章 文獻探討

游泳運動是世界上最熱門的一項休閒活動或競技運動，國人已把游泳視為必修的課程；而現今的奧運競賽項目當中，游泳競技運動是主流項目之一，辛苦的訓練就是為了在競技比賽場上發揮應有的水準、贏得最終的勝利。游泳選手中肺活量扮演著相當重要的角色，以下是本文所要探討的。

### 第一節 游泳選手生理之特性

#### 一、脈博

脈博是血管壁隨心臟收縮、舒張而發生的有規律心跳。脈博頻率是指單位時間內(通常以一分鐘計算)動脈管壁心跳的次數。游泳運動員的基礎脈博均偏低，男子選手一般在 50 次/分左右，女子選手在 55 次/分左右。訓練 1-2 年的少年運動員約為 60 次/分，3-4 年之訓練者約 50 次/分左右，訓練水平高的運動員可減至 40 次/分左右 (游泳運動，2003)。

#### 二、血壓

血壓是指血液在血管中流動時對血管壁所造成的壓力，心室用力將血液推往動脈稱為收縮壓，心室充滿血液時心臟舒張成為舒張壓。正常人的收縮壓為 100~125 毫米汞柱、舒張壓為 60~80 毫米汞柱，而游泳運動員安靜時的收縮壓均比一般人低(游泳運動，2003)。

### 三、 血紅蛋白(Hb)

血紅蛋白是評定人體營養好壞的重要指標之一，它與訓練強度也有著密切關係。一般男性成人血紅蛋白正常值是12~15克%，女性成人為11~14克%。大量研究發現，運動員在大運動量開始時血紅蛋白下降，這是機體初期的不適應現象，經過一個階段訓練後血紅蛋白隨即回升，如果運動量過大，血紅蛋白持續下降至低於12克%(男性)、10.5克%(女性)，身體就會出現氣喘、頭暈、無力等症狀(游泳運動，2003)。

## 第二節 肺功能相關探討

### 一、呼吸機制與肺功能認識

West(2005)在呼吸生理學的呼吸機制中提到，人體在吸氣時主要作用肌為橫膈肌，當橫膈肌收縮時，腹部內容物被用力向下和向前且胸腔的垂直面積增加，肋骨外緣被舉起和向外移動，導致胸廓的橫斷面直徑增加。休息時的正常呼吸，橫膈肌移動約 1 公分左右，但用力吸氣或吐氣時則達到約 10 公分左右。

蕭光明(1995)指出通氣功能最為重要，又稱為肺功能，吸氣時，空氣由外界吸入後透過擴散作用與肺泡交換氣體，隨後在由肺泡反向呼出體外，過程稱之為通氣，陳玫茵等(2006)指出在肺功能在生理上有以下幾種容積：

- (一) 潮氣容積/換氣量(tidal volume ,TV)：指在每一安靜呼吸的週期吸入或呼出的氣體量，正常值約為 400~500 毫升。每分鐘的呼吸(頻)率因人而異，大致在 8~15 次之間。每分鐘換氣量是每次呼吸的潮氣容積與每分鐘的呼吸次數(呼吸頻率)相乘，約為 5~8 公升之間。
- (二) 吸氣儲備容積(inspiratory reserve volume ,IRV)：指安靜呼吸後，若再努力用力吸氣所能吸進的氣體量，約為 1500~3000 毫升的氣體容積。
- (三) 肺餘容積/殘氣量(residual volume,RV)：指在盡力做最大呼吸/吐氣之後，殘留在肺的空氣量，一般男性約為 1400 毫升，女性約為 1100 毫升。
- (四) 呼氣儲備容積(expiratory reserve volume,ERV)：

在正常呼吸後，再用力呼氣所能呼出的氣體量，約為 1000~1500 毫升。

## 二、肺功能的評估方法

自 1846 年英國醫生 John Hutchinson 以 2130 名受試者，利用自行設計的肺量計 (Spirometer) 發現身高、年齡及有肺部疾病患者是影響人體換氣功能的主要因素 (Lazarus, Gore, Booth, & Owen, 1998)。West (2005) 實用簡易的肺功能檢測就是以單次用力吐氣程度評估，當受試者最大吸氣後再完全用力呼出，在第一秒的用力呼出量稱之為第一秒呼氣的量 (FEV1)，而總呼氣量就稱為用力肺活量 (FVC)。

## 三、影響肺功能因素探討

### (一) 性別與年齡

丁聖剛與王雅婷 (2005) 研究國中三年級學生共 452 名，平均男生年齡學生為 14.57 歲，女生為 14.38 歲，其 FVC 方面男生為 3.93 公升，女生為 3.06 公升；在 FEV1 方面男生為 3.67 公升，女生為 2.8 公升；在 FEV1/FVC 方面男生為 94.39%，女生為 90.53%。經獨立樣本 t 檢定後得知，在相同年齡肺功能指標明顯男生大於女生 ( $p < 0.01$ )。

### (二) 運動訓練的介入

董煒與駱官平 (2004) 指出長期從事耐力訓練的運動員，橫膈肌和胸廓均都能有良好的發展，而呼吸肌在生理表現，能使呼吸程度的加深和橫膈肌的升降幅度增加，潮氣量可增加到 850~1500 毫升而且呼吸頻

率由每分鐘 16 次~18 次減少到每分鐘 8 次~12 次，使得呼吸作用的節省化，有利於氧氣的運輸和肺功能的改善。

### (三) 抽菸

吳敏鑑(1981)以 357 名年齡介於 17 歲~77 歲且無任何心肺疾病的國人，其中在有吸菸族群和非吸菸族群調查中發現，75 名有吸菸的男性 FVC、FEV1 及 FEV1/FVC (2.19L,1.94L,87.4%) 均顯著低於 124 位非吸菸者(3.4L,2.9L,86.9%)，13 名女性吸菸者 FVC、FEV1 及 FEV1/FVC (2.19L,1.94L,91.1%)也顯著低於非吸菸者(2.53L,2.32L,91.8%)。

### 第三節 心肺功能的定義

心肺功能通常被認為是健康體適能要素中最重要的一環，它代表的是氧氣供輸系統(Oxygen Supply System)能力的好壞，具體來說，所涉及的範圍包括：心臟、肺呼吸及血液循環系統的功能，亦指大肌肉群在一特定運動強度下持續長時間工作的能力(AAHPERD,1984；Hocky,1973)。許多研究者發現，人體心肺功能約從16歲起開始逐漸衰退，25歲後每年約喪失1%的能力，而規律運動者可有效預防逐年遞減的狀況(Haskll,1988；McArdle et al.,1991)。評量心肺功能，最具代表性的數據是個人的最大攝氧量；最大攝氧量值越大，代表有氧能力越強，心肺耐力適能越佳(陳朝煌，民81)。

### 第四節 運動訓練的週期劃分

訓練的最終目的就是參加比賽，並能以最佳狀態及高水準表現的能力參賽，並獲得最終勝利。為達此目標，運動教練必須妥當安排訓練週期和規劃訓練的內容，促使選手在競技運動能力能持續的發展與提升。唯妥善編排擬定訓練計畫並非是一件容易的事，由於不正確的知識、缺乏經驗、無效的訓練和不當的負荷要求等等，會促使選手在該年度比賽後才達到高峰期，於是較佳的運動訓練週期劃分已成為成功致勝關鍵的一環(運動訓練法，2007)。

## 一、 年度訓練計畫不同時期的探討

年度訓練計畫通常劃分為三個時期：準備期(訓練期)、比賽期、調整期，準備期又可分為鍛鍊期與加強期；以下所要介紹的是在不同時期的訓練內容要點：

### (一) 準備期

準備期時間通常為半年以上，為了提升訓練成效及品質，將準備期的訓練過程分為鍛鍊期與加強期，有關準備期訓練內容如下：

#### **鍛鍊期**

鍛鍊期是年度訓練計畫的第一個階段，可稱為基礎訓練階段，訓練的好壞對整個年度訓練工作的成敗有巨大的影響。葉憲清(2003)說道：「鍛鍊全面性競技能力以及培養競技狀態的形成」是鍛鍊期主要訓練目標，因此，本期訓練目標應著重在鍛鍊及發展基礎性、一般性及全面性的能力。

訓練方法：體能方面應以鍛鍊選手全面性體能為主，包括速度、耐力、肌力、柔軟性、敏捷性等等；技術方面以培養多元化運動技術方面為主，其次是培養專項運動技術(指專項基本技術改進及技術的創新)，(運動訓練法，2007)。

訓練負荷：鍛鍊期負荷量應調整為全面性體能及占70%，專項體能占30%，強度採階梯上升方式，由低強度開始，到了鍛鍊末期可逐漸上升至中強度(運動訓練法，2007)。

## 加強期

它位居承先啟後的地位，具有強化增進的功能，本期主要訓練目標為強化運動競技選手狀態及技能力，因此，本期訓練工作著重於專項和全面性能力的強化及提升。

訓練方法：葉憲清(2003)指出體能方面以全面性體能以及專項體能並重強化訓練；技術方面以多樣化技術以及專項運動技術(指專項基本技術的改進及專項運動技術的創新)。

訓練負荷：葉憲清(2003)說道：加強期負荷量應調整為全面性體能占 40-50%，專項體能占 50-60%強度一開始便進入中強度，到加強末期時得調整至大強度。

## (二) 比賽期

比賽期訓練時間通常為三個月，又可分為賽前期和比賽期，此期訓練的目標是用各種訓練手段和方法，使選手能在比賽時創造最佳的競技狀態，因此，訓練安排甚為重要(林正常，2001)。

### 賽前期

訓練方法：體能方面應以間歇訓練法、反覆訓練法、重量訓練法為主，其次是有氧訓練法、無氧訓練法；技術方面以培養專項運動技術的精熟度及穩定性(林正常，2001)。

訓練負荷：提高訓練負荷的強度，減少訓練負荷

的量為主，雖然訓練的強度提高可加深對機體的刺激，不過值得注意的是，訓練負荷和訓練量不可同時的增加，這務必會導致選手過度負荷、運動傷害及過度疲勞(林正常，2001)。

### 比賽期(賽前調整)

訓練方法：賽前 3-7 天應實施特殊的心理技能訓練，例如：模擬比賽情境、心理戰術等等，同時須設法讓選手保持高度的自信、愉快及樂觀(林正常，2001)。

訓練負荷：訓練時間必須縮短，訓練負荷量也應減少，速度與爆發力訓練應強至準備期的 50%(林正常，2001)。

### (三) 調整期

葉憲清(2003)指出調整期又稱恢復期，運動員經過長時間辛苦的訓練及經過比賽的刺激下，生理及心理都長期處在過度疲勞之狀態，此時，機體的保護性機制會出現休息恢復得要求，此期的訓練安排內容如下：

訓練方法：有移地訓練法、遊戲訓練法、持續訓練法等。移地訓練法可以改變訓練環境及轉移訓練氣氛的功效；遊戲訓練法是在訓練課表中設計一些輕鬆愉快、富有節奏性的休閒活動，使選手提高興趣，能有效地使疲勞加速恢復；持續訓練法是多鼓勵選手參加較長時間性質的戶外休閒活動，如：各種球類活動、

自由車等等(葉憲清，2003)。

訓練負荷：依據選手的個別差異及特殊情況，保持一定的訓練負荷量，負荷強度應降低(葉憲清，2003)。

## 第五節 總結

在競技游泳運動中，每位選手為了追求更好的運動成績表現，必須訓練自己能夠適應更嚴格的訓練，並在主要的比賽當中有良好的競技運動狀態。

在經過以上一連串的探討後可以得知，良好的運動習慣會有較佳的心肺功能，而性別、年齡、運動訓練的強度、抽菸等等，都是影響肺功能主要原因。

## 第參章 研究方法

### 第一節 研究對象

本研究對象以國內優秀游泳選手 16~22 歲，男、女各 16 位，專長項目以自由式為主，並包含短距離 15 位及長距離 17 位，且皆為在全中運或大專盃獲得前八名之選手，共計 32 位受試者。經由向教練及選手說明研究目的、流程與內容後，選手需填寫同意書後方可接受研究檢測；所有受試者需為現役選手，每周至少接受超過 12 小時以上的專項規律訓練，並已參加國內全國性的比賽超過 5 年以上，同時並未有任何重大疾病及影響實驗的可能因素。

## 第二節 研究架構

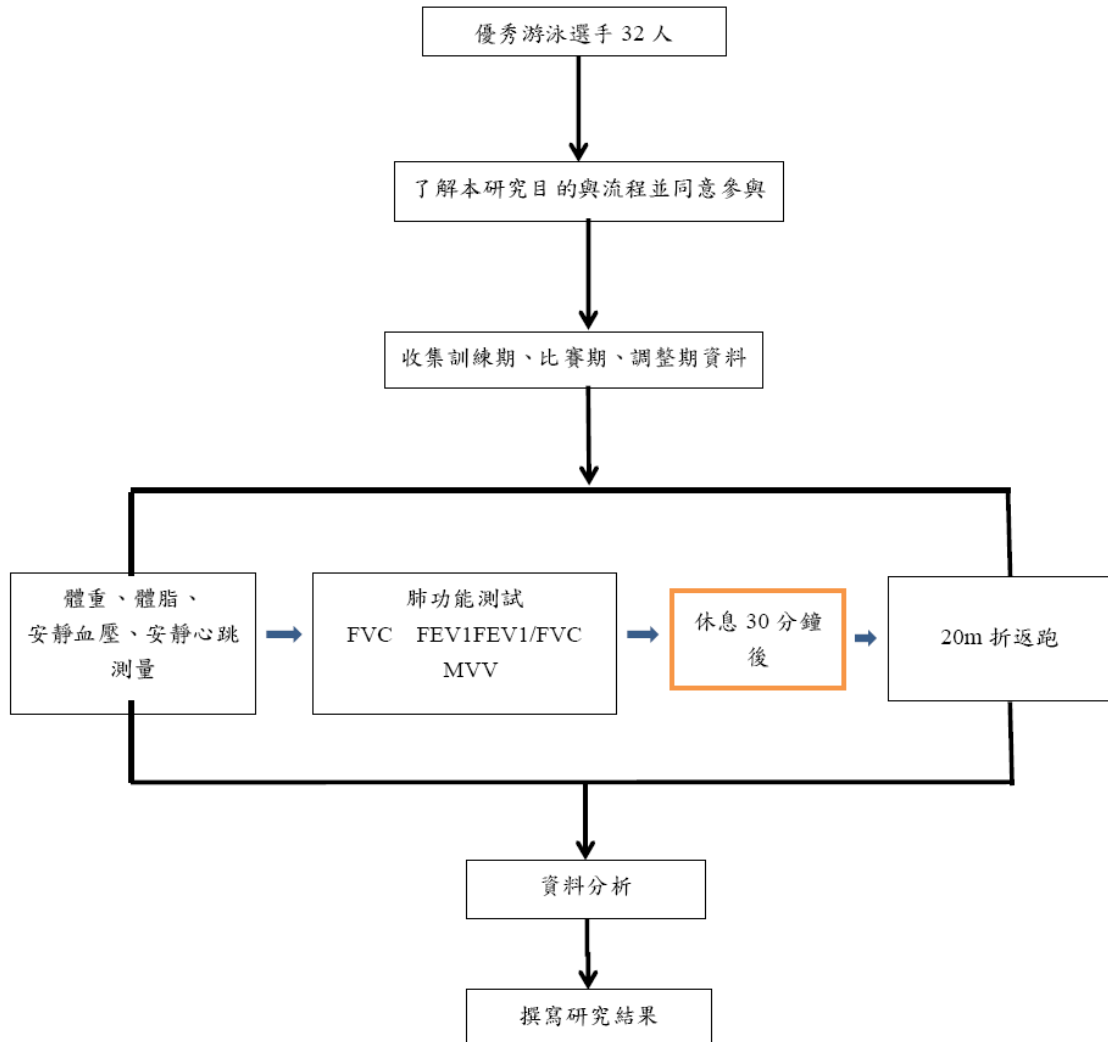


圖 3. 研究架構

## 第三節 實驗流程與步驟

### 一、 實驗前的準備

實驗前召集所有受試者，須建立個人基本資料，並讓受試者充分了解本研究目的及研究流程，還有需注意的相關事項等。

### 二、 指導要點

(一) 實驗前，研究者以口述方式向受試者說明動作，並親自示範。

(二) 實驗過程當中，注意受試者動作是否正確，並即時告知受試者並加以糾正與指導。

(三) 實驗過程中，以「加油」、「撐下去」等話語鼓勵受試者

(四) 實驗中，受試者需聽研究者的口令及動作，不可擅自停止及影響實驗的進行。

### 三、 實驗流程

每次測驗前實施身高、體重、體脂肪百分比之基本測量，接下來進行安靜血壓及心跳率檢測，之後再進行肺功能測驗，休息 30 分鐘以上後再進行 20 公尺折返跑測驗。檢測步驟如下：

#### (一) 安靜血壓及心跳率測驗

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)，如圖 4。受試者首先進行安靜血壓及安靜心跳率檢測，每位受試者

需坐著接受兩次安靜時血壓及安靜心跳率檢測，每次間隔 2 分鐘，並記錄下每次測驗的收縮壓、舒張壓、平均動脈壓、安靜心跳率、血氧結果。測量數據以兩次平均值當作測驗結果，之後給予後續的記錄與分析。

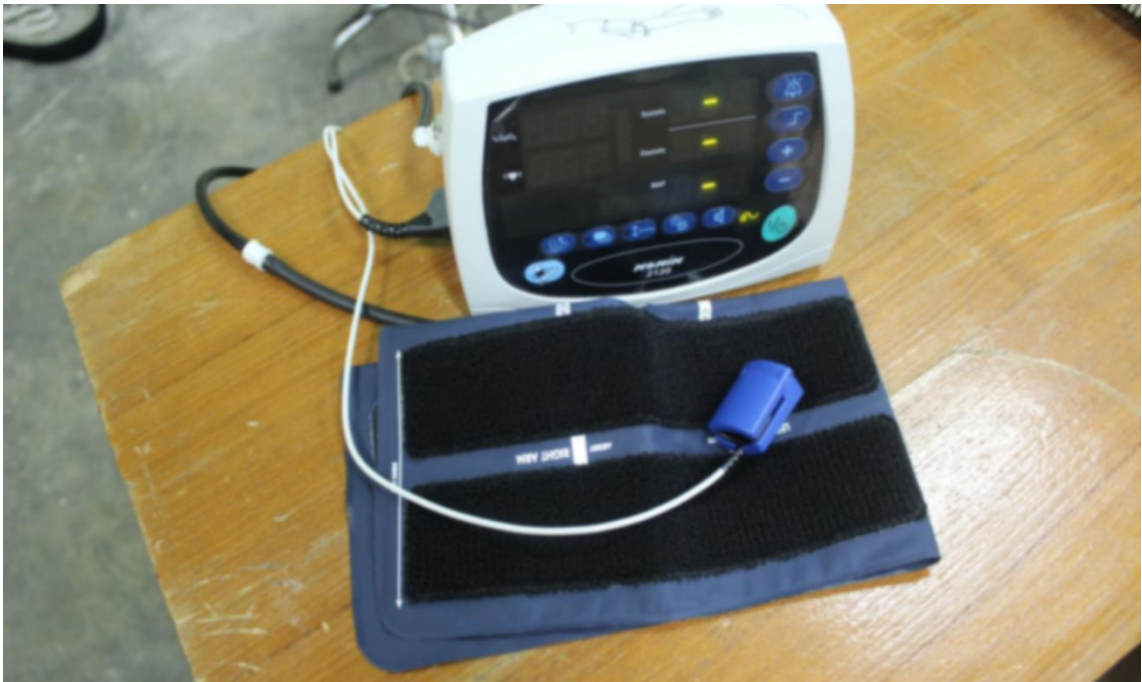


圖 4. Nonin 2120 血氧血壓機 (Plymouth, MN, USA)

## (二) 肺功能測驗

本研究使用 Master Screen Pneumo 肺功能機(圖 5)，來檢測 32 位男、女之游泳選手，將以此儀器測試選手的安靜時一分鐘潮氣容積與呼吸頻率、肺活量(即六秒之最大吐氣量表現)、與連續十秒最大換氣量等項目，檢測內容如下：

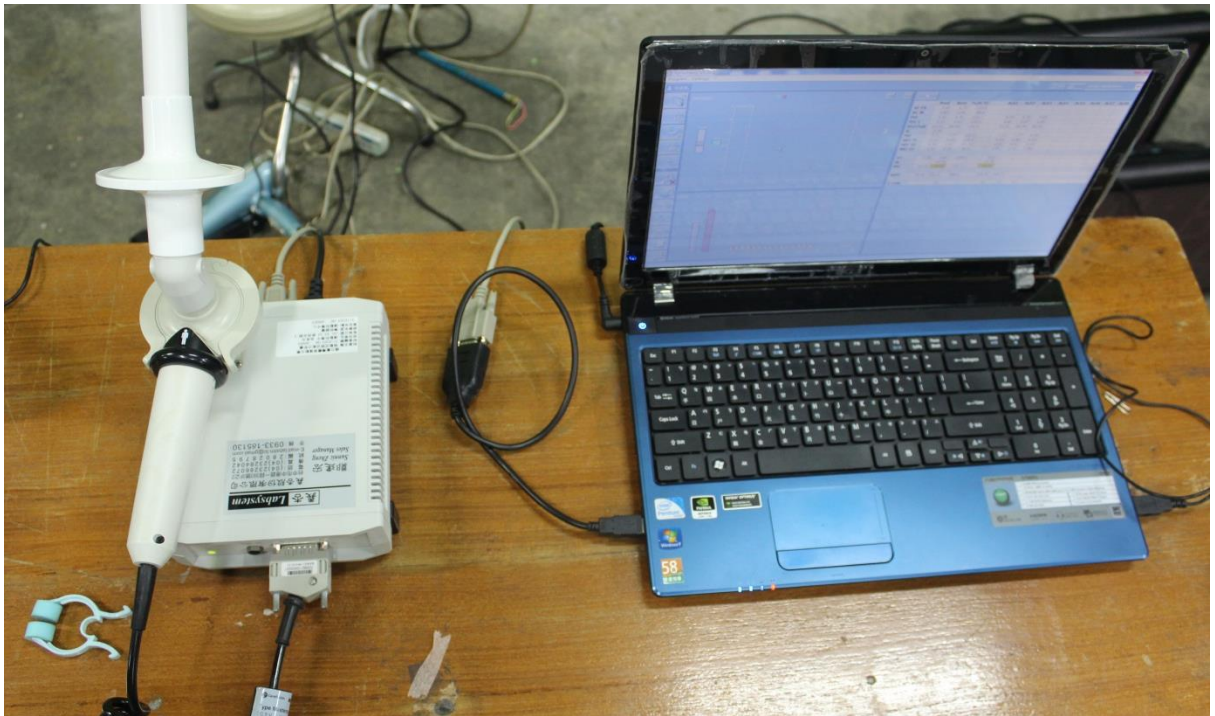


圖 5.Master Screen Pneumo 肺功能機



圖 6.肺功能檢測

1. 一分鐘之安靜潮氣容積與呼吸頻率測驗：

測量選手在靜態坐姿下休息一分鐘，接下來含上呼吸管路細菌過濾器與肺功能分析儀器和電腦做連接後，以鼻夾夾住鼻子，開始正常呼吸，一分鐘即可，測驗結束時研究者會以口頭告知。

2. 肺活量測驗(即最大吸氣後的六秒用力吐氣量表現)：

一樣含上呼吸管路細菌過濾器、以鼻夾夾住鼻子，開始做正常呼吸 1-2 次，在最後一次吐氣後，做快速的深呼吸動作，當吸氣到飽和時立即做快速的吐氣動作，必須要有瞬間呼出的感受，當吐氣已盡全力呼出時，必須繼續憋氣且不能回吸，直到研究者表示通過檢測後才可正常呼吸，每次測驗之間休息 15 至 30 秒，直到近三次的吹氣表現差異小於 5% 即可停止 (Winter, Jones, Davidson, Bromley, & Mercer, 2007)。

3. 連續十秒最大換氣量測驗：

同樣含上呼吸管路細菌過濾器並以鼻夾夾住鼻子，開始做正常呼吸 2 次，待第 2 次吐氣後開始做深且快速的吸氣與吐氣動作，必須告知受試者先要求深度的呼吸、其次再求速度，測驗結束時研究者會以口頭告知，每次測驗之間休息 3 分鐘，直到近兩次的吹氣表現差異小於 10% 即可停止 (Winter et al., 2007)。

所有受試者在測驗前皆給與一次練習，在每位受試者測驗前肺功能機皆經過流量校正，且在每位受試者測量完成後，肺功能機將予以清潔與消毒，避免受試者接受感染。所有測試的受試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。

### (三) 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&Lamber, 1982; Legar, Mercier, Gadoury, &Lamber, 1988 )，如圖 7 與圖 8。實驗場地於空曠處即可，受試者須穿著輕便衣物及運動鞋，研究者使用皮尺丈量 20 公尺距離，用角錐標示起點和折返點，將擴音器連結至 test CD。受試者將按照規定的速度逐漸完成多階段的 20 公尺折返跑，研究者在旁觀察每位受試者，第二次無法依 CD 聲響到點者，研究者給予指示退出測驗。受試者將盡全力執行其多階段的測驗時間、次數、組數與速度，相對換算值如表 1，之後將相關的檢測結果帶入下列公式以推估選手的最大有氧適能。

20 公尺折返跑推估最大攝氧量之公式： $VO_2\max = 31.025 + 3.238 (\text{maximal speed}) - 3.248 (\text{age}) + 0.1536 (\text{speed} * \text{age})$  (Legar, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988)，如表 1。



圖 7. 20m 折返跑測驗 ( 1 )



圖 8. 20m 折返跑測驗 ( 2 )

表 1

20 公尺折返跑成績換算速度表

Minute	Level	Lap	Speed(km/hr)
0-1	1	7	8.5
1-2	2	8	9
2-3	3	8	9.5
3-4	4	9	10
4-5	5	9	10.5
5-6	6	10	11
6-7	7	10	11.5
7-8	8	11	12
8-9	9	11	12.5
9-10	10	11	13
10-11	11	12	13.5
11-12	12	12	14
12-13	13	13	14.5
13-14	14	13	15
14-15	15	13	15.5
15-16	16	14	16
16-17	17	14	16.5
17-18	18	15	17
18-19	19	15	17.5
19-20	20	16	18
20-21	21	16	18.5

#### (四) 資料收集

在資料收集方面，包括優秀游泳選手的基本資料(姓名、年齡、性別、身高、體重、體脂肪百分比)、肺功能測驗(潮氣容積、肺活量、第一秒用力吐氣量、最大換氣量)、心血管參數(安靜時心跳、血氧飽和度、收縮壓、舒張壓、平均動脈壓)、與 20 公尺折返跑測驗(測驗時間、組數、預測最大攝氧量)之結果。

## 第四節 測驗時間

本研究參與之研究對象，以每年 10 至 11 月的國內最高比賽層級的全國運動會設為目標，進而與教練及受試者討論過後，在一年過程中分割出訓練期、比賽期、調整期，並各進行一次完整測驗之時間，如下：

- (1) 訓練期檢測：2013 年 2 月進行
- (2) 比賽期檢測：2013 年 11 月進行
- (3) 調整期檢測：2014 年 2 月進行

## 第五節 資料處理

本研究使用 SPSS for Windows 13.0 版本統計分析軟體，以二因子變異數分析比較男女性別與長短距離游泳選手之身高與年齡。

游泳選手不同時期之體重、體脂肪率、身體質量指數、心血管參數與預測最大攝氧量之測量結果則進行三因子重覆量數變異數分析，並使用 Bonferroni 法進行多重比較，以探討男女性別、不同時期、不同距離之差異。在肺功能測驗部分，會將身高作為共變數同樣進行三因子重覆量數變異數分析。若資料不符合球形檢定，則改以 Huynh-Feldt 檢定來比較差異。若有交互作用存在，則以單因子變異數分析(以雪費法進行事後比較)或獨立樣本 t 考驗來比較單純主要效果。而本研究中所有統計顯著差異值皆設在  $\alpha$  level 小於 .05。

## 第肆章 研究結果

### 第一節 基本資料差異

本篇結果顯示女生的身高低於男生 ( $165.53 \pm 5.24$  vs.  $177.86 \pm 7.17$  公分;  $F=32.71$ ,  $p<.001$ )，體重也低於男生 ( $F=15.35$ ,  $p<.01$ )，但體脂肪率高於男生 ( $F=245.84$ ,  $p<.001$ ) (表 2)。

短距離選手的年齡 ( $19.27 \pm 1.75$  vs.  $17.29 \pm 0.99$  歲;  $F=14.73$ ,  $p<.01$ ) 與身高 ( $174.70 \pm 9.40$  vs.  $169.06 \pm 7.55$  公分;  $F=5.34$ ,  $p<.05$ ) 皆大於長距離選手。

體重 ( $F=13.70$ ,  $p<.01$ )、體脂肪率 ( $F=21.15$ ,  $p<.001$ ) 與 BMI ( $F=7.17$ ,  $p<.01$ ) 皆有時期差異，其中訓練期的體重與體脂肪皆顯著低於比賽期與調整期 (表 2)，而訓練期的 BMI 雖然也同樣低於調整期 ( $p<.01$ )，但與比賽期相比卻未達顯著水準 ( $p=.061$ )。

表 2

不同性別、距離游泳選手在不同時期之基本資料

		訓練期					比賽期					調整期				
		女性	男性	短距離	長距離	全部	女性	男性	短距離	長距離	全部	女性	男性	短距離	長距離	全部
N		7	8	9	8	32	7	8	9	8	32	7	8	9	8	32
體重 (kg)	M	61.13 <sup>a</sup>	70.94 <sup>a</sup>	68.66	63.72	66.03 <sup>cd</sup>	61.38 <sup>a</sup>	72.51 <sup>a</sup>	69.51	64.68	66.94 <sup>c</sup>	62.35 <sup>a</sup>	73.02 <sup>a</sup>	70.00	65.65	67.68 <sup>d</sup>
	SD	5.48	9.86	10.69	7.44	9.29	5.83	9.29	10.44	8.22	9.49	5.80	9.55	10.62	8.12	9.47
體脂肪 (%)	M	27.63 <sup>b</sup>	13.34 <sup>b</sup>	19.57	21.29	20.48 <sup>ef</sup>	29.08 <sup>b</sup>	15.14 <sup>b</sup>	21.49	22.65	22.10 <sup>e</sup>	29.43 <sup>b</sup>	15.46 <sup>b</sup>	21.87	22.93	22.44 <sup>f</sup>
	SD	3.47	2.40	7.17	8.50	7.82	3.33	1.83	6.59	8.49	7.56	3.47	2.09	6.37	8.77	7.63
BMI	M	22.30	22.33	22.41	22.24	22.32 <sup>d</sup>	22.38	22.84	22.68	22.55	22.61	22.75	23.01	22.86	22.90	22.88 <sup>d</sup>
	SD	1.74	1.88	2.04	1.58	1.78	1.64	1.65	1.76	1.57	1.64	1.83	1.93	2.11	1.66	1.85

註：<sup>a</sup>為男女之間有顯著差異 (p<.01); <sup>b</sup>為男女之間有顯著差異 (p<.001); <sup>c</sup>為訓練期與比賽期之間有顯著差異 (p<.05); <sup>d</sup>為訓練期與調整期之間有顯著差異 (p<.01); <sup>e</sup>為訓練期與比賽期之間有顯著差異 (p<.01); <sup>f</sup>為訓練期與調整期之間有顯著差異 (p<.001)

## 第二節 心血管差異

在心血管參數中僅發現女性選手的血氧飽和度優於男性 ( $F=8.58, p<.001$ )。而由於距離與時期因子在安靜收縮壓有交互作用 ( $F=4.61, p<.05$ )，故在比較單純主要效果後，發現短距離選手的安靜收縮壓僅在比賽期大於長距離選手 ( $t=2.16, p<.05$ ) (表 3)。

表 3 顯示舒張壓 ( $F=3.95, p<.05$ )與平均動脈壓 ( $F=4.64, p<.05$ )皆有時期差異，其中比賽期的舒張壓顯著高於訓練期與調整期 ( $p<.05$ )；而比賽期的平均動脈壓雖然也高於調整期 ( $p<.05$ )，但在訓練期卻未達顯著水準 ( $p=.051$ )

表 3

不同性別、距離游泳選手在不同時期之心血管參數

		訓練期					比賽期					調整期				
		女性	男性	短距離	長距離	全部	女性	男性	短距離	長距離	全部	女性	男性	短距離	長距離	全部
N		7	8	9	8	32	7	8	9	8	32	7	8	9	8	32
HR (bpm)	M	69.56	71.5	69.77	71.21	70.53	69.34	67.53	66.83	69.85	68.43	69.28	63.06	65.50	66.76	66.17
	SD	7.39	10.23	8.02	9.68	8.83	9.82	10.53	11.42	8.79	10.05	7.78	9.10	11.66	5.82	8.90
SPO2 (%)	M	98.06 <sup>a</sup>	97.06 <sup>a</sup>	97.47	97.65	97.56	98.19 <sup>a</sup>	96.59 <sup>a</sup>	97.73	97.09	97.39	98.34 <sup>a</sup>	97.59 <sup>a</sup>	98.07	97.88	97.96
	SD	0.40	0.79	0.83	0.79	0.80	0.60	3.79	1.13	3.70	2.78	0.70	1.04	1.24	0.63	0.94
SBP (mmHg)	M	110.88	119.09	114.43	115.47	114.98	123.22	125.75	133.00 <sup>b</sup>	116.97 <sup>b</sup>	124.48	117.03	125.72	112.93	117.35	121.37
	SD	7.04	8.47	8.59	9.08	8.72	24.45	20.25	22.12	19.80	22.12	12.75	14.75	13.86	13.75	14.26
DBP (mmHg)	M	61.87	67.34	65.83	65.53	64.60 <sup>c</sup>	70.78	69.81	74.33	66.74	70.29 <sup>c</sup>	64.56	64.25	65.63	63.32	64.40 <sup>c</sup>
	SD	8.19	9.02	9.55	8.47	8.91	14.97	15.77	17.97	11.50	15.13	6.87	10.87	8.47	9.47	8.94
MAP (mmHg)	M	78.22	84.56	82.07	80.79	81.39 <sup>d</sup>	87.91	88.44	93.87	83.15	88.17 <sup>d</sup>	80.81	82.97	83.63	80.35	81.89
	SD	6.89	8.31	8.35	8.22	8.17	17.76	16.71	18.85	13.77	16.96	8.76	9.96	8.66	9.81	9.29

註：HR 為心跳；SpO2 為血氧飽和度；SBP 為收縮壓；DBP 為舒張壓；MAP 為平均動脈壓；<sup>a</sup> 為男女之間有顯著差異 ( $p < .05$ ); <sup>b</sup> 為距離之間有顯著差異 ( $p < .05$ ); <sup>c</sup> 為三個時期之間有顯著差異 ( $p < .05$ ); <sup>d</sup> 為訓練期與比賽期之間有顯著差異 ( $p < .05$ )

### 第三節 肺功能差異

當以身高作為共變數進行分析，結果僅發現女生的 FEV1 ( $F=5.17, p<.05$ ) 與 MVV ( $F=10.64, p<.01$ ) 顯著低於男生 (表 4)。然而不同距離游泳選手之間的肺功能皆無顯著差異，游泳選手在不同時期間之肺功能也並無顯著差異。

表 4

不同性別、距離游泳選手在不同時期之肺功能

		訓練期					比賽期					調整期				
		女性	男性	短距離	長距離	全部	女性	男性	短距離	長距離	全部	女性	男性	短距離	長距離	全部
N		7	8	9	8	32	7	8	9	8	32	7	8	9	8	32
<b>VT</b>	<b>M</b>	0.86	1.28	1.16	0.99	1.06	0.86	1.07	0.89	1.03	0.96	0.81	1.10	0.99	0.92	0.95
	<b>(I)</b> <b>SD</b>	0.43	0.58	0.62	0.46	0.54	0.34	0.34	0.33	0.37	0.35	0.27	0.57	0.57	0.36	0.46
<b>BF (bpm)</b>	<b>M</b>	18.17	17.56	17.2	18.46	17.86	15.77	17.3	17.38	15.79	16.53	16.09	16.91	16.26	16.71	16.50
	<b>SD</b>	4.76	3.96	4.64	4.06	4.31	4.53	4.12	4.71	4.53	4.61	3.33	5.90	4.58	4.99	4.72
<b>FVC</b>	<b>M</b>	3.87	5.33	4.82	4.40	4.59	4.02	5.27	4.84	4.48	4.64	4.00	5.29	4.87	4.45	4.64
	<b>(I)</b> <b>SD</b>	0.35	1.02	1.26	0.84	1.05	0.36	0.94	1.17	0.69	0.94	0.33	0.94	1.15	0.73	0.95
<b>FEV1</b>	<b>M</b>	3.47 <sup>a</sup>	4.46 <sup>a</sup>	4.11	3.84	3.96	3.66 <sup>a</sup>	4.42 <sup>a</sup>	4.15	3.94	4.03	3.66 <sup>a</sup>	4.46 <sup>a</sup>	4.20	3.93	4.06
	<b>(I)</b> <b>SD</b>	0.43	0.61	0.81	0.63	0.71	0.25	0.64	0.66	0.58	0.61	0.26	0.52	0.58	0.56	0.57
<b>FEV/FVC</b>	<b>M</b>	91.43	84.09	88.17	87.39	87.75	91.31	84.55	87.34	88.45	87.93	90.42	83.42	87.10	86.77	56.92
	<b>(%)</b> <b>SD</b>	6.64	7.12	9.53	6.01	7.73	5.82	9.68	10.46	6.80	8.57	4.87	8.28	9.41	5.778	7.56
<b>MVV</b>	<b>M</b>	131.18 <sup>a</sup>	173.19 <sup>a</sup>	155.32	149.42	152.18	128.39 <sup>a</sup>	166.83 <sup>a</sup>	156.68	139.60	147.61	133.91 <sup>a</sup>	163.58 <sup>a</sup>	152.28	145.62	148.74
	<b>(l/min)</b> <b>SD</b>	13.6	26.63	30.43	29.88	29.79	34.53	24.72	26.94	40.61	35.41	16.65	20.56	25.81	22.1	23.78

註：VT 為潮氣容積；BF 為呼吸頻率；FVC 為肺活量；FEV1 為第一秒吐氣量；FEV1% 為第一秒吐氣量占用力肺活量的百分比值；MVV 為最大自主換氣量；<sup>a</sup>

為男女之間有顯著差異 (p<.05)

## 第四節 最大攝氧量差異

我們發現性別、距離與時期因子在最大攝氧量有交互作用 ( $F=3.65$ ,  $p<.05$ )，其中性別與時期因子也有交互作用 ( $F=3.75$ ,  $p<.05$ )，故在比較單純主要效果後，發現女性選手的最大攝氧量在訓練期 ( $t=2.29$ ,  $p<.05$ )、比賽期 ( $t=2.57$ ,  $p<.05$ ) 與調整期 ( $t=4.94$ ,  $p<.001$ ) 皆低於男性選手；同時女性選手在訓練期的最大攝氧量也顯著低於比賽期 ( $F=4.29$ ,  $p<.05$ )。此外，短距離選手的最大攝氧量則在比賽期 ( $t=2.70$ ,  $p<.05$ ) 與調整期 ( $t=2.60$ ,  $p<.05$ ) 顯著低於長距離選手 (表 4)。

表 5

不同性別與距離游泳選手在不同時期之最大攝氧量

	最大攝氧量 (ml/kg/min)				
	女性	男性	短距離	長距離	全部
N	8	8	15	17	32
訓練期	40.04±5.70 <sup>a,c</sup>	45.00±6.50 <sup>a</sup>	41.11±7.16	43.76±5.82	42.51±6.51
比賽期	41.17±4.53 <sup>a,c</sup>	45.13±4.16 <sup>a</sup>	40.96±4.44 <sup>b</sup>	45.09±4.19 <sup>b</sup>	43.15±4.72
調整期	39.21±4.62 <sup>a</sup>	47.28±4.62 <sup>a</sup>	40.94±4.91 <sup>b</sup>	45.68±6.17 <sup>b</sup>	43.24±6.12

註：<sup>a</sup> 代表男女之間有顯著差異 ( $p<.05$ )；<sup>b</sup> 代表距離之間有顯著差異 ( $p<.05$ )；<sup>c</sup> 代表訓練期與比賽期之間有顯著差異 ( $p<.05$ )

## 第五章 討論

### 身體組成

若能降低水中拖曳作用力(drag)，便能提昇游泳運動表現，而水中拖曳作用力會與運動員的體型特徵與身體組成相關(Wells, Schneiderman-Walker, & Plyley, 2006)。在本篇追蹤分析優秀游泳選手身體組成的部分，我們發現女性游泳選手的身高與體重小於男性，而體脂肪率則高於男性，短距離游泳選手的年齡與身高大於長距離選手。整體來看，訓練期的體重、體脂肪與BMI都明顯較低。

男女性別本就有先天上的體型差異，在衛生福利部統計處(2014)調查2005至2008年國人平均身高、體重與體脂肪率之資料中，便可發現19-30歲之男性的身高較高( $172.4 \pm 0.8$  vs.  $159.7 \pm 0.7$  cm)、體重較重( $68.1 \pm 1.6$  vs.  $55.0 \pm 1.2$  kg)而體脂肪率較低( $19.7 \pm 1.1$  vs.  $33.2 \pm 1.0$ %)。李大麟與黃懿欽(2001)也發現全運會優秀男性游泳選手有較高的身高( $174.2$  vs.  $164.3$  cm)、較重的體重( $67.6$  vs.  $57.7$  kg)與較低的體脂肪率( $14.2$  vs.  $23.2$ %)。而本篇研究也同樣呼應游泳選手身體組成上的性別差異。

此外，本篇男性游泳選手在不同時期的體脂肪率分別為13.34%、15.14%與15.46%，而女性游泳選手在不同時期的體脂肪率分別為27.63%、29.08%與29.43%，雖然與過去研究一致指出國內游泳選手與國際優秀游泳選手相比仍有偏高的體脂肪率(李大麟與黃懿欽，2001)，但本篇女性游泳選手的體脂肪率卻似乎仍是過高。過去研究指出游泳運動員相較於

其他運動項目可能會有較高的體脂肪含量 (Fleck, 1983; Housch, et al., 1984; 曾國維、王怡品、鄭鴻文, 2008), 尤其對女性游泳選手來說, 較多的體脂肪也許能提供更多的水中浮力, 而這或許能提昇女性選手的踢水頻率, 並且在水中也能有較男性選手好的浮力特性 (McLean & Hinrichs, 1998; Wells, Schneiderman-Walker, & Plyley, 2006)。

訓練期的體重與體脂肪率顯得較比賽期與調整期來得低, 這可能是因為訓練期時目標在於全面性體能的鍛鍊, 訓練負荷量相對較大, 而比賽期時則較著重專項性體能的發展, 訓練負荷量相對較小 (葉憲清, 2003), 因此兩相比較之下, 訓練期時的熱量消耗可能較高, 而使得選手的體重與體脂肪率能保持較低。再者, Wesitiwski, Mila-Kierzenkowska, Wozniak, Boraczynski, 與 Sutkowy (2013)發現冬泳俱樂部的男性泳者相較於控制組來說, 雖然有相近的體重, 但卻有較高的 BMI 與體脂肪率。反觀本篇研究比賽期時逢冬季, 相對於訓練期與調整期來說氣溫與水溫較冷, 受試者或許因為長時間在水中訓練, 身體為了避免體溫流失, 而可能產生維持較高身體脂肪量的適應反應。因此本篇女性游泳選手可能一方面由於體脂肪的浮力增益, 一方面可能由於適應反應, 而使得女性游泳選手有較高的體脂肪率。然而, 由於本研究並沒有量測受試者的皮下脂肪, 或是抽血檢驗其生化指標, 亦沒有調查其日常飲食與營養補充, 所以未來仍需研究進一步分析體脂肪對於游泳選手的影響與變化。

另一方面, 我們發現短距離游泳選手的年齡與身高大於長距離選手。以國內游泳比賽最高層級的全國運動會來說, 近三屆(民國 98-102年)自由式游泳前三名之選手的資料中,

顯示男性短距離選手中年紀超過 18 歲的比例為 88.8% (16/18)，長距離選手中則為 33.3% (9/27)；而女性短距離選手中年紀超過 18 歲的比例為 72.2% (13/18)，長距離選手中則為 44.4% (12/27) (整理自教育部體育署，2014)，似乎顯示國內優秀長距離游泳選手有較短距離選手年輕的趨勢，也因此本篇研究在以競賽成績作為收案標準時，也可能會在不同距離選手間出現年齡差異。這可能是由於游泳競賽競爭提昇，而使得訓練年限隨而提昇，亦或許因為科學化訓練的成效，使得選手的運動巔峰表現較能延長 (李大麟，2000)。

身高與肢體長度會與游泳運動表現息息相關 (Wells, Schneiderman-Walker, & Plyley, 2006)，較高的身高與較長的手臂能提升每次滑水推進的距離，也就是增加划幅 (stroke length)，而過去許多研究也已發現不同游泳專項 (自由式、仰式、蛙式與蝶式) 的體型會有所不同，其中又以自由式短距離選手會有較高的身高 (李大麟、蕭新榮，1999; 李大麟、黃懿欽，2001)，因此本篇研究結果也同樣呼應短距離游泳選手為了因應競賽需求而反應在身高上的體型優勢。

### 心血管功能

在 Popo (2010) 建立與優秀游泳選手相關的人體特徵模型中發現安靜時的收縮壓、舒張壓與心跳是最顯著的因子。整體來看，我們發現安靜血壓在訓練期時較低，在比賽期時偏高，到調整期時仍較訓練期時來得高，雖然在安靜收縮壓時無法達到顯著水準，但在安靜舒張壓與平均動脈壓皆有出現明顯趨勢。

雖然過去認為耐力訓練不會顯著改變安靜時的血壓 (張

正琪等，2012)，但 Perini 等(2006)比較游泳選手在賽季前後（十月與三月）的心跳與血壓之變化，發現賽季後的心跳明顯降低，而賽季後的安靜收縮壓與舒張壓則僅在仰躺姿勢下會比賽季前來得低，但在坐姿下的安靜血壓則無差異。雖然本篇與 Perini 等(2006)相對應的時期（比賽期與調整期）在坐姿下同樣沒有發現顯著差異，但在我們在訓練期仍發現了較低的安靜時血壓。我們推論這可能是因為比賽期的心理壓力較大而影響了自主神經調節功能，導致交感神經較興奮而造成血壓升高。甚至當觀察三個時期血壓的標準差時(表3)，可以發現比賽期時的變異較大，而這或許反映出了選手對抗壓力反應的個別差異。特別是我們發現短距離游泳選手在比賽期有高於長距離選手的安靜收縮壓，可能是因為短距離選手必須在較短時間內游出勝負，這樣的精神負擔可能造成短距離選手交感神經興奮反應較長距離選手強。

此外，Perini 等(2006)指出游泳運動可能由於其姿勢的特殊性，所以僅在仰躺姿勢下顯現出血壓變化之差異。Wallace, Anton, Goelz, 與 Sougiannis (2012) 發現游泳選手的下肢血管適應性較跑步選手來得低，這可能是因為身體姿勢與水中壓力影響了血管壓力的調節。因此本篇顯示安靜時血壓可以在不同時期作為游泳選手狀態的監測指標(Popo, 2010)，但仍須未來研究進一步分析心理狀態與姿勢特性對於安靜時血壓的影響。

## 肺功能

游泳運動表現主要根據於身體推進最佳化與水中拖曳作用力最小化的程度，而要能將身體推進最大化就得仰賴有氣

與無氧能量系統、肌爆發力、肌耐力與划水技術等(Wells, Schneiderman-Walker, & Plyley, 2006)，而要能有效運用能量就必須仰賴心肺功能的配合。本篇研究以身高作為共變數來分析男女性別與長短距離游泳選手在不同時期之肺功能變化，結果並未發現有距離或時期差異出現，僅在性別差異中發現男性選手的 FEV1 與 MVV 仍顯著高於女性。

在 Wells, Schneiderman-Walker, 與 Plyley (2006) 發展優秀游泳選手生理特徵的資料庫中，男性游泳選手會有顯著較女性大的肺活量、殘氣容積與最大自主換氣量。而丁聖剛與王雅婷 (2005) 指出身材高大者胸廓體積和肺容積較大，其需氧量及橫隔膜上下運動、幅度大，因此肺活量也較大，所以男生在身材較高大下，也就多具有較女性優異的肺功能表現。因此當本篇以身高作共變數調整後，我們發現 FVC 的性別差異便被減弱了，僅在 FEV1 與 MVV 仍發現男性游泳選手有較女性高的數值。

我們知道人體吸氣時需要橫隔膜與外肋間肌的主動收縮，呼氣時則是呼吸肌放鬆以及肺部組織彈回的被動過程，但是當進行強迫自主性呼吸時，就需要呼吸肌與其他輔助肌肉(胸鎖乳突肌、胸肌、闊背肌與腹肌等)的參與(張正琪等, 2012)。而 Lemaitre 等(2013)探討呼吸肌耐力訓練對年輕游泳選手的效益，結果發現在接受呼吸肌耐力訓練 8 週後，實驗組有較控制組好的 FVC、MVV、胸廓擴張與游泳表現。因此本篇男女游泳選手在 FVC 與 FEV1/FVC 皆無顯著差異下，我們推論或許是因為男性游泳選手呼吸肌的肌力與耐力較好，所以在 FEV1 與 MVV 測驗用力自主呼吸時便有較佳的表現。

Reis 等(2012) 指出 100 與 200 公尺優秀游泳選手在能量

消耗的特殊性，也就是 200 公尺游泳選手相對 100 公尺選手較偏向有氧能量取向。然而，過去鮮有研究比較不同競賽距離之游泳選手，特別是在肺功能的部分，而本篇結果顯示不同距離游泳選手的肺功能均無顯著差異，但是兩組的最大攝氧量卻有差異。這可能是因為本篇肺功能的檢測是在安靜休息時所進行的實驗，並非運動中的肺功能表現，所以可能較無法顯現不同距離游泳選手之差異。亦有可能是因為本篇受試者不足而無法突顯差異，所以未來研究或許能針對短距離（50/100 公尺）、中距離（200/400 公尺）與長距離（800/1500 公尺）徵招充足受試者人數，或許就更能比較看出不同距離游泳選手間的差異。

與心血管系統不同，耐力訓練對於肺部結構和功能的影響不大（張正琪等，2012）。Kippelen 等（2005）追蹤自行車與鐵人三項選手一年的肺功能，發現不同時期的各項肺功能的參數變化不大，僅發現比賽期（ $5.89 \pm 0.14$  L）的 FVC 會較訓練期（ $6.12 \pm 0.17$  L）與賽前期（ $6.12 \pm 0.15$  L）來得稍低；而 Denguezli 等（2008）也同樣發現在一年中的不同時期（基礎訓練期、賽前期與比賽期）中，男性耐力跑者的 FVC（4.85 vs. 4.97 vs. 5.04 L）與 FEV1（4.18 vs. 4.39 vs. 4.90 L）皆沒有顯著差異。而本篇研究結果同樣發現游泳選手的肺功能在不同時期間均無顯著差異，似乎顯示游泳選手安靜時所測量之肺功能參數（FVC、FEV1、FEV1/FVC 與 MVV）是較穩定的，較不會隨著訓練時期變動而有明顯變化。未來研究若能同時進行運動時之肺功能測驗，或是由原本一年三次的追蹤測驗增加至一年 4 至 6 次，或許更能了解游泳選手肺功能的長期變化。

過去研究發現游泳運動項目有較其他運動與控制組高的肺功能表現，特別是在 FVC 的部分（表 6），而本篇游泳選手的 FVC 與 FEV1 明顯低於 Armour, Donnelly, 與 Bye (1993) 的結果，這可能是因為 Armour 等 (1993) 所使用的肺容量測量儀器是早期的 Wedge bellows spirometer，而本研究所使用的類型是 Pneumotachometer，因此可能由於儀器不同而有如此懸殊的差異。而本篇結果略高於 Doherty 與 Dinitriou (1997) 的發現，則可能是因為他們研究的受試者年齡較小，並且還包含非國家層級的游泳選手之故。然而，吳昇光與黃明祥 (2013) 分析羽球選手肺功能變化之研究的實驗設備與測驗項目與本篇相同，相比之下卻仍然可以發現本篇男性游泳選手的 FVC 與 FEV1 較羽球選手來得高，這亦呼應了前述研究指出游泳選手有較佳肺功能的特性。

Rumaka, Aberberga-Augskalne, 與 Upitis (2007) 讓 40 名不會游泳的女性學生 ( $18.9 \pm 0.9$  y/o) 在接受 12 週的游泳訓練後，發現在肺活量、第一秒最大用力呼氣量與第一秒最大用力吸氣量皆有顯著提升。Wells 等 (2006) 長期追蹤的研究也發現游泳選手隨著年紀增長，其殘氣容積與肺活量也隨之增加。Armour 等 (1993) 更指出游泳選手較大的肺活量可能是因為游泳時上肢划水的動作會刺激胸廓增大所導致。因此本篇優秀游泳選手有較佳的肺功能表現，可能是因為游泳訓練能增進靜態或動態的肺活量，並且能改善大小呼吸道的傳達效率 (Wells, Schneiderman -Walker, & Plyley, 2006)。因此未來研究或許能進一步量測游泳選手的體型特徵，或是測量呼吸肌收縮速度與耐力的表現，甚至能進一步分析呼吸道內的傳導壓力變化，以了解其優異肺功能形成的來源。

表 6

過去研究之肺功能整理表

資料來源	Doherty 與 Dinitriou (1997)						Armour, Donnelly, 與 Bye (1993)			吳昇光與黃明祥 (2013)
	游泳		陸上運動		坐式生活		游泳	跑步	控制組	大學甲組羽球
層級	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性
項目	82	78	90	72	66	70	8	8	8	14
年齡 (year)	15.1±3.0	14.5±2.4	14.1±2.6	14.4±2.6	13.8±2.7	14.0±2.5	18±2.4	21±3.2	22±4.8	20.79±1.19
身高 (m)	1.70±0.13	1.63±0.10	1.64±0.15	1.59±0.10	1.62±0.14	1.57±0.10	1.82±0.09	1.82±0.05	1.78±0.04	1.74±0.04
FVC (l)	4.5±1.3	3.5±0.8	3.9±1.3	3.3±0.7	3.5±1.1	2.9±0.6	7.20±1.20	5.89±0.8	5.55±0.6	4.66±0.56
FEV1 (l)	4.1±1.2	3.3±0.7	3.4±1.1	2.9±0.6	3.1±0.9	2.7±0.6	5.98±1.0	5.09±0.6	4.55±0.6	4.39±0.32
FEV1/FVC (%)	90.9±5.9	93.4±5.8	89.2±5.2	91.9±5.0	89.9±5.9	93.7±4.7	83.0±7.5	86.5±3.2	81.9±5.4	93.63±4.73
MVV (l/min)										167.53±18.47

## 心肺適能

最大攝氧量的測量可以幫助我們了解運動員的心肺耐力和有氧適能（張正琪等，2012）。本篇以 20 公尺折返跑的運動表現來預測游泳選手的最大攝氧量，結果發現女性游泳選手的最大攝氧量顯著低於男性，並且女性游泳選手在訓練期的最大攝氧量顯著低於比賽期，而長距離游泳選手在比賽期與調整期的最大攝氧量顯著優於短距離選手。

Wells 等(2006) 發現男性游泳選手有較女性高的絕對與相對有氧能力，其中男性游泳選手比女性高了將近 36%，而這可能是因為男性有較高的心容量、血容量與血紅素濃度。因此本篇游泳選手在體型已有性別差異下，也與前述研究一樣在最大攝氧量出現性別差異。

Reis 等(2012)比較 100 與 200 公尺優秀游泳選手的人體與生理特徵，結果發現 100 公尺游泳選手有較高的血乳酸，而 200 公尺游泳選手則有較高的平均最大攝氧量與最大攝氧峰值（表 7）。而本篇研究也有同樣發現，似乎說明了長距離游泳選手會以消耗有氧能量系統為主，而短距離選手則主要仰賴無氧能量系統的現象。

運動測試較能反應出選手的實際運動表現，而選手在比賽期應已調整到最佳狀態，因此比賽期的心肺適能應會有優於訓練期與調整期的表現，然而本篇僅發現時期差異出現在女性游泳選手。當與過去研究比較（表 7），我們發現本篇游泳選手的最大攝氧量皆相對較低（Denguezli, et al., 2008; Wells, Schneiderman-Walker, & Plyley, 2006; Kippelen, et al., 2005; Reis, et al., 2012），甚至還低於國內羽球選手（ $48.52 \pm 5.61$  ml/kg/min; 吳昇光、黃明祥，2013）。因此我們推測或

許是因為游泳運動的訓練特殊性，若使用跑步的測驗方式似乎較無法評估出其真實的最大攝氧量。Roels 等(2005)同時以腳踏車與游泳方式測驗鐵人三項與游泳選手的最大攝氧量，結果發現鐵人三項選手在腳踏車測驗中有較游泳選手高的最大攝氧量，而游泳選手則在游泳測驗中有較鐵人三項選手高的最大攝氧量。因此在 20 公尺折返跑較無法測驗出游泳選手真實的最大攝氧量下，就可能較無法突顯出時期差異了。然而，相較於游泳的實地測驗，或是使用昂貴的氣體分析系統來評估運動員的最大攝氧量，20 公尺折返跑測驗仍是快速方便的有效測驗方式，在本篇仍能鑑別出男女性別、長短距離之差異。因此若能修正游泳專項在 20 公尺折返跑的預估公式，未來仍能有效率地應用在游泳運動的訓練或是研究方面。

表 7

過去研究之最大攝氧量整理表

資料來源	Wells 等 (2006)		Denguezli 等(2008)			Kippelen 等 (2005)				Reis 等(2012)		
	國家		區域/國家			區域				區域/國家		
層級	游泳		跑步			自行車與三鐵		控制		游泳 (100m)	游泳 (200m)	
項目	游泳		跑步			自行車與三鐵		控制		游泳 (100m)	游泳 (200m)	
性別	男性	女性	男性			男性				男性		
N	8	4	10			13				6	12	14
年齡 (year)	18	18	19 (16-23)			22±1				25±1	18.6±2.8	17.1±2.3
身高 (m)	1.84±0.07	1.69±0.04	1.76 (1.70-1.87)			1.79±0.01				1.77±0.03	1.77±0.05	1.79±0.06
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	55.1±5.1    50.8±4.5		<u>訓練期</u>	<u>賽前期</u>	<u>比賽期</u>	<u>訓練期</u>	<u>賽前期</u>	<u>比賽期</u>	<u>訓練期</u>	<u>比賽期</u>	57.26±8.61	64.28±5.54
			(53.51- 62.17)	(56.22- 77.24)	(57.20- 83.00)	62.6±1.3	64.0±1.3	66.3±1.4	45.5±1.3	47.4±1.3		

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究發現女性游泳選手的身高、體重、FEV1、MVV與最大攝氧量均顯著小於男性，但體脂肪率與血氧飽和度高於男性；再者，短距離游泳選手的年齡與身高大於長距離選手，比賽期時的安靜收縮壓也高於長距離選手，但長距離游泳選手的最大攝氧量在比賽期及調整期時則顯著大於短距離選手，可是兩組在肺功能測驗卻無顯著差異，這似乎顯示安靜休息時的肺功能較無法突顯不同距離游泳選手的肺功能差異，而在 20 公尺折返跑的整體運動表現較能顯現出兩組間的心肺適能差異。

最後，本篇顯示訓練期時的體重與體脂肪皆顯著低於比賽期及調整期，而比賽期時的安靜舒張壓、平均動脈壓與最大攝氧量則皆大於訓練期，所以雖然游泳選手的肺功能並沒有顯現出時期差異，但在其他參數仍有顯露出不同訓練時期的變化差異。

## 第二節 建議

建議未來教練可將本篇測驗項目當作監測游泳選手不同時期心肺功能的參考指標，尤其是心血管參數的部分，並且將肺功能搭配折返跑測驗之數據建立常模，便可與一般人或不同運動項目作比較，以作為運動選材的參考依據。

本篇研究僅有調查自由式游泳選手的心肺功能，或許未來可以納入其他游泳姿勢，以分析不同游泳項目之特性。此外，未來研究或許可將追蹤時間點增加為 2-3 個月一次，或許更能看出游泳選手在不同時期之變化。

## 參考文獻

中文部份：

- 丁聖剛、王雅婷 (2005)。合肥市初三學生肺功能及其影響因素的分析。 *疾病控制雜誌*，9 (4)，320-321。
- 李大麟 (2000)。我國游泳選手年齡、身高及體重之分析。 *中華體育*，14(3)，137-144。
- 李大麟、黃懿欽 (2001)。優秀游泳選手身體組成之研究。 *中華民國大專院校 90 年度體育學術研討會專刊*，270-282。
- 吳昇光、黃明祥 (2013)。優秀羽球選手之心肺功能分析：一年追蹤研究。國立台灣體育運動大學，校內研究計畫：102DG00103。
- 吳敏鑑 (1981a)。中國人最大呼氣流速率及肺容積之研究：不吸煙健康成人。 *臺灣醫學會雜誌*，80 (1)，19-29。
- 吳敏鑑 (1981b)。中國人最大呼氣流速率及肺容積之研究：吸煙健康成人。 *臺灣醫學會雜誌*，80 (2)，174-182。
- 林正常、蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳 (譯) (2001)。 *運動訓練法*。台北市：藝軒。(Bompa, T. O., 1999)
- 陳攻茵、唐憶淨、楊宗穎、劉丕華 (2006)。肺功能量計的判讀。 *基層醫學*，21(10)，296-301。
- 陳朝煌 (1992)。 *健康管理手冊*。台北市：時報出版。
- 教育部體育署 (2014)。 *全國運動會成果報告書*。取自教育部體育署，各屆全國運動會資料網址 <http://www.sa.gov.tw/wSite/np?ctNode=701&mp=11>
- 張正琪、蔡忠昌、呂香珠、洪偉欽、朱真儀、鄭景峰等 (譯) (2012)。 *競技與運動生理學*。台北市：禾楓。(Kenny, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L., 2012)

董煒、駱官平 (2004)。運動與肺功能關係的研究新認識。四川體育科學，3，31-32。

葉憲清 (2003)。運動訓練法。台北市：師大書苑。

曾國維、王怡品、鄭鴻文 (2008)。身體活動量變化對於高強度訓練游泳選手胰島素敏感度與身體組成之影響。物理治療，33(4)，228-238。

衛生福利部統計處 (2014)。居民體位及肥胖症狀—身高、體重、身體質量指數。取自衛生福利部統計處，性別統計指標報表一覽表網址 [http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.P.aspx?f\\_list\\_no=312&fod\\_list\\_no=2218&doc\\_no=12116](http://www.mohw.gov.tw/cht/DOS/Statistic.P.aspx?f_list_no=312&fod_list_no=2218&doc_no=12116)

蕭光明 (1995)。肺量計檢查的品質與判讀。胸腔醫學，10，190-200。

#### 英文部份：

AAHPERD. (1984). *Technical Manual : Health-Related Physical Fitness*. Washington : DC : Author.

Aleksandrovic, M., Radovanovic, D., Okicic, T., Madic, D., & Georgiev, G. (2011). Functional abilities as a predictor of young water polo players. *Journal of Human Kinetics*, 29, 123-132.

American Thoracic Society. (1995). Standardization of spirometry: 1994 update. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 152, 1107-1336.

Armour, J., Donnelly, P. M., & Bye, P. T. P. (1993). The large lungs of elite swimmers: An increased alveolar numbers?

- European Respiratory Journal*, 6, 237-247.
- Ballor, D. L., & Keeseey, R. E. (1991). A meta-analysis of the factors affecting exercise-induced changes in body mass, fat mass and fat-free mass in males and females. *International Journal of Obesity*, 15, 717-26.
- Burchfiel, C. M., Enright, P. L., Sharp, D. S., Chyou, P.H., Rodriguez, B. L., & Curb, J.D. (1997). Factors associated with variations in pulmonary function among elderly Japanese-American men. *Chest*, 112(1), 87-97.
- Cheng, Y.J., Macera, C. A., Addy, C. L., Sy, F. S., Wieland, D., & Blair, S. N. (2003). Effects of physical activity on exercise test and respiratory function. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 521-528.
- Cordain, L., Glisan, B. J., Latin, R. W., Tucker, A., & Stager, J. M. (1987). Maximal respiratory pressures and pulmonary function in male runners. *British Journal of Sports Medicine*, 21, 18-22.
- Denguezli, M., Chiekh, I. B., Saad, H. B., Zaouali-Ajina, M., Tabka, Z., & Zbidi, A. (2008). One-year endurance training: Effects on lung function and airway inflammation. *Journal of Sports Science*, 26(12), 1351-1359.
- Doherty, M. & Dimitriou, L. (1997). Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and sedentary controls using allometric scaling. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 337-341.
- Erceg, M., Jelaska, I., & Males, B. (2011). Ventilation

- characteristics of young soccer plays. *Homo Sporticus*, 2, 7-11.
- Fleck, S. J. (1983). Body composition of elite American athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 11, 398-403.
- Haskell, W. L. (1988). Overview: Health benefits of exercise. *Handbook of Life Stress, Cognition, and Health*. New York : John Wiley and Sons, Ltd., 22,259-294.
- Hocky, R. V. (1973). *Physical Fitness: The Pathway to Healthful Living*. St. Louis, MO: C.V.Mosby..
- Housch, T. J., Thorland, W. T., Johnson, G. O., Tharp, G. D., Cisar, C. J., Refsell, M. J., et al. (1984). Body composition variables as discriminators of sport participation of elite adolescent athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 55, 302-303.
- Kipplen, P., Cailaud, C., Robert, Connes, P., Godard, P., & Prefaut, C. (2005). Effects of endurance training on lung function: A one year study. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 617-621.
- Lazarus, R., Gore, C. J., Booth, M., & Owen, N. (1998). Effects of body composition and fat distribution on ventilatory function in adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68, 35-41.
- Legar, L. A., & Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO<sub>2</sub> max in adults. *Canadian Journal of Sports Science*, 14, 21-26.
- Legar, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m

- shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. *European Journal of Applied Physiology*, 49, 1-12.
- 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, 93-101.
- Lemaitre, F., Conquart, J. B., Chavallard, F., Castres, I., Mucci, P., Costalat, G., & Chollet, D. (2013). Effect of additional respiratory muscle endurance training in young well-trained swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 630-638.
- McLean, S. P., & Hinrichs, R. N. (1998). Sex difference in the centre of buoyancy location of competitive swimmers. *Journal of Sports Science*, 16, 373-383.
- Mickleborough, T. D., Stager, J. M., Chatham, K., Lindley, M. R., & Ionescu, A. A. (2008). Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *European Journal of Applied Physiology*, 103, 635-646. doi: 10.1007/s00421-006-0174-0
- Perini, R., Tironi, A., Cautero, M., Di Nino, A., Tam, E., & Capelli, C. (2006). Seasonal training and heart rate and blood pressure variabilities in young swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 97, 395-403. doi: 10.1007/s00421-006-0174-0
- Popo, A. (2010). Model of anthropological characteristics responsible for success in swimming in young swimmers. *Acta Kinesiologica*, 4(1). 54-57.

- Pelayo, P., Wille, F., Sidney, M., Berthoin, S., Lavoie, J. M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils : Relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 37(3),187-193.
- Reis, V. M., Silva, A. J., Carneiro, A. L., Mariho, D. A., Novaes, G. S., & Barbosa, T. M. (2012). 100m and 200m front crawl performance prediction based on anthropometric and physiological measurements. *International SportMed Journal*, 13(1), 29-38.
- Roels, B., Schmitt, L., Libiciz, S., Bentley, D., Richalet, J. P., & Millet, G. (2005). Specificity of Vo2MAX and the ventilator threshold in free swimming and cycle ergometry: Comparison between triathletes and swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 965-968. doi: 10.1136/bjism.2005.020404
- Rumaka, M., Aberberga-Augskalne, L., & Uptis, I. (2007). Effects of a 12-week swimming-training program on spirometric variables in teenage females. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 1, 101-107.
- Wallance, J. P., Anton, P. M., Goelz, J. A., & Sougiannis, A. T. (2012). Higher calf venous compliance in male runners than swimmers. *Journal of Exercise Physiology Online*, 15(6), 49-59.
- Winter, E. M., Jones, A. M., Davidson, R. C. R., Bromley, P. D., & Mercer, T. H. (2007). *Sport and Exercise Physiology*

- Testing Guidelines: Volume I -Sport Testing*.UK,  
London:Routledge.
- Wells, G. D., Schneiderman-Walker, J., & Plyley, M.  
(2006).Normal physiological characteristics of elite swimmers.*Pediatric Exercise Science, 17*, 30-52.
- Wesitiwski, R., Mila-Kierzenkowska, C., Wozniak, A.,  
Boraczynski, T., & Sutkowy, P. (2013). Body composition analysis in regular winter swimmers and people who do not use this form of recreation. *Medical and Biological Science, 27*(4), 47-52.
- West, J. B. (2005). *Respiratory Physiology* (7th ed.). New York: Lippincott Williams &Wilkins.
- Wallace, J. P., Anton, P. M., Goelz, J. A., & Sougiannis, A. T. (2012). Higher calf venous compliance in male runners than swimmers. *Journal of Exercise Physiology online, 15*(6), 49-59.
- 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*, 1232-1239.
- 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.