

國立臺灣師範大學運動與休閒學院

體育學系 碩士學位論

吸氣肌熱身對田徑選手  
耐力運動表現之影響

研究生：洪鈺釗

指導教授：林淑惠

中華民國102年01月

中華民國臺北市

# 吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動表現之影響

2014 年 01 月

研究生：洪鈺釗

指導教授：林淑惠

## 摘要

目的：本研究在探討吸氣肌熱身田徑選手耐力運動表現的影響。方法：以 10 名大專男性優秀田徑選手為受試對象（年齡， $20 \pm 1.25$  歲；身高， $175.1 \pm 4.12$  公分；體重， $63.8 \pm 4.42$  公斤），使用重覆量數、平衡次序原則的實驗設計，所有受試者須進行三種不同實驗處理，包括吸氣肌熱身處理（inspiratory muscle warm-up, IMW）、安慰劑處理（placebo, PLA）與控制處理（control, CON）。控制處理不進行吸氣肌熱身，而安慰劑處理與吸氣肌熱身處理分別以強度 15% 及 40% 的最大吸氣壓力（maximum inspiratory mouth pressures, P<sub>Imax</sub>），進行 2 組 30 下的吸氣肌熱身。實驗處理後，受試者在跑步機上，以 100% 最大攝氧量速度（ $v\text{VO}_2\text{max}$ ）跑步直到衰竭。實驗過程中，分析跑步距離、血乳酸、RPE（rating of perceived exertion）與 RPB（rating of perceived breathlessness）。結果：在血乳酸、RPE 與 RPB，三種實驗處理間皆未達顯著差異。在耐力表現部分 IMW 組顯著高於 CON 與 PLA 組（CON vs. PLA vs. IMW,  $1532 \pm 359.15$  vs.  $1685.2 \pm 456.45$  vs.  $1930.40 \pm 544.56$  公尺， $F=10.552$ ， $p<.05$ ）。結論：本研究結果顯示，吸氣肌熱身可能可以提升田徑選手耐力運動表現，然而，這種熱身活動並未能改善血乳酸的變化。

**關鍵詞：**吸氣肌熱身、田徑選手、最大攝氧量速度、耐力運動表現

# **The effect of inspiratory muscle warm-up on endurance performance in track and field athletes**

Jan, 2014

Hung, Yu-Chao

Advisor: Lin, Shu-Hui

## **Abstract**

**Purpose:** To investigate the effect of inspiratory muscle warm-up on endurance performance in athletes. **Methods:** Ten male athletes (age,  $20 \pm 1.25$  yrs; height,  $175.1 \pm 4.12$  cm; weight,  $63.8 \pm 4.42$  kg) were voluntarily recruited in this repeated measures and crossover designed study. All participants were requested to perform three different experimental treatments, including inspiratory muscle warm-up (IMW), placebo (PLA) and control (CON). The control trial was without IM warm-up while the PLA and IMW were with IM warm-up by performing two sets of 30 breaths at 15% and 40% maximum inspiratory mouth pressure (P<sub>I</sub>max), respectively. After treatment, participants ran on treadmill with 100% vVO<sub>2</sub>max until exhaustion. The running distance, blood lactate, ratings of perceived exertion (RPE), and rating of perceived breathlessness (RPB), were measured during the experiments. **Results:** No significant differences were found on the blood lactate, RPE and RPB three treatments. The running distance in IMW were significantly higher than in CON and PLA (CON vs. PLA vs. IMW,  $1532 \pm 359.15$  vs.  $1685.2 \pm 456.45$  vs.  $1930.40 \pm 544.56$  m,  $F=10.552$ ,  $p<.05$ ). **Conclusion:** These results indicate that the IMW might improve endurance performance in athletes.

**Keywords:** inspiratory muscle warm-up, athletes, vVO<sub>2</sub>max, endurance performance

## 謝誌

將近一千日研究生活就要結束了，感謝這一路來幫助我的各位師長、同學及朋友們。一切的一切得從 94 年開始接觸田徑開始，感謝我的啟蒙教練—葉盈志老師，從我開始到現在仍給我許多鼓勵跟幫助，也讓我這一生有很重大的轉變，除了領導我、帶領我進入田徑的世界，更陪我一起經歷過市中運、全中運、全大運甚至是一起拿下全運會的金牌。師大也一直是我的第一志願，在準備師大研究所考試的期間，很感謝我的指導教授—林淑惠老師給我的協助，在我進入師大之後，不僅是在學業上給我該有的指導，更讓我在專項訓練上能有所精進，成績突飛猛進，在這一千個日子特別麻煩老師的協助。感謝師大本部田徑隊的學弟妹們，陪我一起訓練參與我的實驗，幫助我完成研究。感謝生理學群的老師及研究室學長姐夥伴們，在學業期間給我專業領域上的幫助。感謝我的父母。謝謝你們這十年來對我在田徑這個領域的鼓勵與支持，讓我任性做我想做的事情、我的夢想跟我的目標這麼的久，謝謝。

最後，謝謝這一路來支持我、幫助我沒有辦法列在上面的大家，謝謝你們，有你們的鼓勵跟支持是讓我走到今天的最大動力。

洪鈺釗 謹誌

2014. 02. 25

# 目次

中文摘要	i
英文摘要	ii
謝誌	iii
目次	iv
表次	vi
圖次	vi
<b>第壹章 緒論</b>	<b>1</b>
第一節 前言	1
第二節 研究目的	4
第三節 研究假設	4
第四節 研究範圍與限制	4
第五節 名詞操作性定義	5
<b>第貳章 文獻探討</b>	<b>6</b>
第一節 呼吸肌的功能與檢測	6
第二節 最大攝氧量速度與耐力表現	9
第三節 吸氣熱身對運動表現的影響	11
<b>第參章 研究方法</b>	<b>14</b>
第一節 研究對象與實驗地點	14

第二節	研究工具	14
第三節	實驗流程與步驟	16
第四節	資料處理	19
<b>第四章</b>	<b>結果</b>	<b>20</b>
第一節	受試者基本資料	20
第二節	吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動表現的影響	21
第三節	吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動表現中血乳酸值的影響	22
第四節	吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動表現中 RPE 與 RPB 的影響	23
<b>第五章</b>	<b>討論與討論</b>	<b>25</b>
第一節	吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動表現與血乳酸變化之影響	25
第二節	吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動中 RPE 與 RPB 之影響	27
第三節	結論	28
第四節	建議	28
	<b>參考文獻</b>	<b>29</b>
	<b>附    錄</b>	
附錄一	受試者同意書	37
附錄二	健康調查表	38
附錄三	呼吸自覺量表	39
附錄四	實驗記錄表	40

## 表次

表一 吸氣肌熱身對運動表現促進的研究.....	13
表二 受試者基本資料.....	20

## 圖次

圖 3-1 實驗流程圖.....	18
圖 3-2 實驗步驟圖.....	19
圖 4-1 吸氣熱身後耐力運動表現的影響.....	21
圖 4-2 三種不同實驗處理之血乳酸值.....	22
圖 4-3 三種不同實驗處理的 RPE.....	23
圖 4-4 三種不同實驗處理的 RPB.....	24

# 第壹章 緒論

## 第一節 前言

呼吸系統為維持人體生命運作的重要機轉之一，其功能主要是提供人體所需的氧氣，並同時幫助體內的二氧化碳排出，以維持動脈血液、氣體和酸鹼值的平衡。人體在進行呼吸動作時，根據通氣理論將呼吸分成吸氣與呼氣兩種型態 (West, 2004)。吸氣指的是在安靜的狀態下，由橫膈膜自主收縮使得肺內的氣壓小於大氣壓，導致氣體從外面進入肺部的過程；而呼氣則是因腹腔內壓力大於外界壓力使氣體自然由肺部內往外。在運動過程中，光靠橫膈膜與腹腔內壓力並無法滿足運動時的需求，還得藉由呼吸肌群 (respiratory muscle) 與其他輔助肌群的協助。因此，有效的呼吸動作就顯得相當重要。

呼吸肌可分成吸氣肌 (inspiratory muscles) 及呼氣肌 (expiratory muscles)，吸氣肌包含了橫膈膜 (diaphragm)、胸鎖乳突肌 (sternocleidomastoid)、肋間外肌 (external intercostals)、斜方肌 (scalenes)，其中橫膈膜是最重要的吸氣肌，也是唯一的骨骼肌。吸氣是一種主動過程，在吸氣時，靠橫膈膜主動收縮，橫膈膜位置向下拉，胸腔擴大，增加肺的容量，造成胸腔內壓力低於大氣壓，使空氣進入肺部內。在運動過程中用力吸氣或深呼吸時，還需動員胸鎖乳突肌收縮使胸骨上提、斜方肌收縮使上位肋骨往上提、和肋間外肌的協助讓胸腔空間擴大到極限。呼氣肌包含肋間內肌 (internal intercostals)、腹外斜肌 (external abdominal oblique)、腹內斜肌 (internal abdominal oblique)、腹橫肌 (transversus abdominis)、腹直肌 (rectus abdominis)。正常安靜呼吸時，呼氣動作因為肺內壓力大過大氣壓被動呼氣，一般的情況下是無需費力的。當運動用力呼氣時，肋間內肌和腹肌開始協助收縮；肋間內肌和腹肌收縮使肋骨下移壓迫腹腔內臟，使橫膈膜往上移，胸腔體積縮小，肺部壓力增大，空氣由肺部內呼出。在一般安靜情況下，每分鐘約有 4 公升的空氣進入並離開肺泡，在激烈運動時氣流量可增加至 20 倍 (West, 2004)，因此肺泡若來不及交換氣體，將導致運動時體內二氧化碳大量的增加，提高血中氫離子



濃度，降低血液酸鹼值，刺激呼吸中樞，因而提高橫膈肌的收縮力量、速度和次數，以增加含氧量，導致呼吸肌疲勞（莊鑫裕，1999）。Sheel(2001)指出呼吸肌疲勞容易使周遭肌肉的血液減少，而一個人運動強度的極限是由其所能提供呼吸肌多少能量來決定(Guyton & Hall, 1996)。

雖然傳統理論認為，呼吸肌在運動時不會產生疲勞（林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君，2003），而對於一般健康個體來說，在從事最大運動時肺部的肌肉組織肌所需耗氧量約占總耗氧量的15%（Aaron, Seow, Johnson, & Dempsey, 1992），因次，只有將近16%的耗氧量用在心臟輸出血液的作用上（Harms, Wetter, McClaran, Pegelow, Nickele, & Nelson, 1998）。然而，卻也有研究指出訓練有素的運動選手在從事短時間高強度的激烈運動將有可能導致呼吸肌產生疲勞（Lomax, & McConnell, 2003; Volianitis, McConnell, Koutedakis, & Jones, 1999），另外也有研究發現長時間激烈運動也會引起呼吸肌的疲勞（Chevrolet, Tschopp, Blanc, Rochat, & Jundoi, 1993; Ross, Middleton, Shave, Georg, & McConnell, 2008），這種情況同時可能使得骨骼肌增加疲勞（McConnell, & Lomax, 2006），影響呼吸肌力使得呼吸系統通氣壓力增加，降低通氣能力。而 Babcock, Pegelow, 與 Harms (2002) 更指出在高強度、衰竭性、當運動強度大於  $85\% \dot{V}O_{2max}$  或長時間的運動時，橫膈膜出現疲勞。

由於呼吸肌疲勞會使有氧運動表現下降，其主要原因為呼吸肌無法有效協助肺臟做氣體交換，將使得體內細胞組織無法獲得充足的氧氣，亦造成呼吸與動作節奏配合不良，以致呼吸急促且短，呼吸肌活動紊亂且收縮不協調，使得產生腹部疼痛的現象，進而影響運動表現（Verges, Sager, Erni, & Spengler, 2007）。因此，如果能夠減少呼吸肌消耗的能量，將使得血液再分配至下肢的流量增加，則可以提升骨骼肌對血乳酸與二氧化碳的代謝能力（Harms, Wetter, St. Croix, Pegelow, & Dempsey, 2000）。因此，有越來越多的運動教練與運科人員希望藉由一些特殊的輔助訓練介入選手的訓練課程中，藉此提高選手在一般訓練中的不足，使其在場上能發揮更佳的運動表現，吸氣肌的訓練即是一種針對呼吸系統強化的訓練方式。一般而言，吸氣肌的訓練方法通常使用自主性呼吸增強（voluntary hyperpnea）或使用吸氣阻力負荷（inspiratory resistive loading）

來提升吸氣肌力 (Sheel, 2002)。最大吸氣壓 (maximal inspiratory pressure,  $PI_{max}$ ) 和最大呼氣壓 (maximal expiratory pressure,  $PE_{max}$ ) 的測量是了解呼吸肌肉功能最快且容易的方法之一，可以透過呼吸機能測試器來測量。訓練的方法通常透過 4~6 週，每週 5 天以上，每天 1~2 次，每次 15 下以上的次數，一般訓練的強度介於 40~80% 的  $PI_{max}$  之間，是最常被作為訓練的強度。

運動前的熱身 (warm-up) 是從事激烈運動訓練或競技比賽時重要的手段之一，就田徑運動而言，其熱身的程序主要包括慢跑、伸展操、馬克操等等，這些活動相較於訓練或比賽則屬中低強度的運動，雖然可以藉由這些熱身運動來提高身體溫度，刺激心血管系統增加氧氣運送到肌肉的速度，使得身體的各個器官能準備好接下來的劇烈運動，並降低運動過程中的運動傷害。然而，這些基本的熱身運動所產生的換氣需求，並無法有效地促進呼吸肌肉的功能 (Volianitis, McConnell, Koutedakis, & Jones, 1999)，就肌肉型態觀點而言，呼吸肌也屬骨骼肌的一種，如果運動前增加吸氣肌肉熱身活動程序 (inspiratory muscle warm-up activity)，似乎可以改善一般熱身無法有效提升換氣需求這種缺失，因此本研究擬探討運動前透過增加適當的吸氣肌熱身是否可以改善呼吸肌的功能與有氧運動能力。

## 第二節 研究目的

本研究主要探討有無吸氣肌熱身介入對田徑運動員耐力表現之影響，研究問題與方向如下：

- 一、探討有無吸氣肌熱身活動介入對田徑選手耐力運動表現的影響。
- 二、探討有無吸氣肌熱身活動對肺功能 ( $FEV_1$ 、 $FVC$ 、 $FEV_1/FVC\%$ ) 與吸氣肌力 ( $PI_{max}$ ) 之變化。
- 三、探討有無吸氣肌熱身活動對心跳率、運動自覺量 (rating of perceived exertion, RPE)、呼吸自覺量 (rating of perceived breathlessness, RPB) 及血乳酸濃度之變化。

## 第三節 研究假設

- 一、吸氣肌熱身活動介入對田徑選手耐力運動表現的變化有顯著之影響。
- 二、吸氣肌熱身活動介入對肺功能 ( $FEV_1$ 、 $FVC$ 、 $FEV_1/FVC\%$ ) 與吸氣肌力 ( $PI_{max}$ ) 之變化有顯著之影響。
- 三、吸氣肌熱身活動介入對心跳率、運動自覺量 (rating of perceived exertion, RPE)、呼吸自覺量 (rating of perceived breathlessness, RPB) 及血乳酸濃度之變化有顯著之影響。

## 第四節 研究範圍與限制

本實驗設計與受試者篩選，為大專甲組田徑運動員，平日皆接受規律的運動專項訓練。因此，在外在效度上將無法普及至各個年齡層及其他運動項目，且研究僅限於呼吸肌力與衰竭運動之測驗，研究結果將無法推論至其他熱身活動或運動表現測驗結果。

## 第五節 名詞操作性定義

- 一、肺功能：肺功能測量項目包括用力肺活量 (forced vital capacity, FVC) 、第一秒用力呼氣量 (forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1</sub>) 與用力肺活量及第一秒用力呼氣量的比率 FEV<sub>1</sub>/FVC (%) 。測量方法皆根據美國胸腔醫學會/歐洲呼吸學會 (American Thoracic Society, ATS / European Respiratory Society, ERS, 2002 ) 肺功能測驗標準作業流程予以進行。
- 二、吸氣肌熱身：以 POWERbreathe® K3 (IMT Technologies Ltd, UK) 吸氣肌訓練器做為吸氣肌熱身器材，實驗過程中在一般熱身運動後，實施兩組，每組 30 下的呼吸熱身。
- 三、呼吸自覺量表 (rating of perceived breathlessness, RPB) ：呼吸自覺是受試者在測驗過程中自我評估其呼吸困難自覺的程度，以 0 到 10 數字代表其困難度，數字由小到大代表呼吸越來越困難。

## 第貳章 文獻探討

本研究探討不同強度的吸氣肌熱身負荷對於田徑運動員的肺功能 (FEV1、FVC、FEV1/FVC%) 與呼吸肌力 ( $PI_{max}$ 、 $PE_{max}$ ) 及耐力運動表現之影響。因此本章將探討呼吸肌功能與檢測、最大攝氧量速度與耐力運動表現、吸氣肌熱身相關研究分別敘述。

### 第一節 呼吸肌的功能與檢測

#### 一、呼吸肌功能

「呼吸」顧名思義是指有一呼氣及吸氣的動作，由兩者所組成，相對的呼吸肌群也有分所謂的吸氣肌群 (inspiratory muscles) 與呼氣肌群 (expiratory muscles)，以下將針對兩種肌群進行介紹：

##### (一) 吸氣肌群 (inspiratory muscles)

##### 1. 橫膈肌 (diaphragm)

橫膈膜是最重要的吸氣肌，也是唯一的骨骼肌。吸氣是一種主動過程，在吸氣時，靠橫膈膜主動收縮，橫膈膜位置向下拉，胸腔擴大，增加肺的容量造成胸腔內壓力低於大氣壓，使空氣進入肺部內。一般情況下橫膈肌在安靜狀態下呼吸時，上下移動約 1.5 公分；而在深呼吸時，上下移動可達 10 公分 (黃柏勳，2006)。Gething, Passfield, 與 Davies (2004) 實驗中發現，受試者的橫膈肌厚度在經過呼吸肌訓練後會有所增加。

##### 2. 肋間外肌 (External intercostals)

肋間外肌在肋骨間隙內共有 11 對，為聯系上、下肋骨間的骨骼肌。肌纖維從上一肋骨的近脊椎端斜向下一肋骨的胸骨端收縮時上提並外拉肋骨，亦將胸骨往前推，故能將下胸廓部分往外往上提高，增加胸腔的前後徑及左右徑 (洪菁霞、王鐘賢，2007)

##### 3. 其他吸氣輔助肌肉

運動過程或需要用力吸氣的情況下，有許多連接到肋骨的上肢肌肉群也參與並且協助呼吸，其中包括了胸鎖乳突肌 (sternocleidomastoid) 、斜角肌 (scalenus) 、直椎肌 (erector spinal muscle) 、胸大肌及胸小肌 (pectoralis major and minor) 、前鋸肌 (serratus anterior) 、斜方肌 (trapezius) 、提肩胛肌 (levator scapulae) 等一起參與收縮，使胸腔得以擴大，提升吸入的氣體量 (洪菁霞、王鐘賢，2007) 。此外學者姜壽德 (1982) 指出，除了幫助胸腔擴大的肌群之外，還有一些降低呼吸道阻力的肌群來協助吸氣，如如下頷舌骨肌 (mylohyoid) 、頸闊肌 (platysma) 、頰肌 (cheek muscle) 、二腹肌 (digastric) 、鼻翼肌 (alae nasi) 、提顎肌 (levator palati) 、喉肌 (laryngeal muscle) 、舌肌 (tongue muscle) 和後頸部的肌肉等。

## (二) 呼氣肌群 (expiratory muscles)

### 1. 肋間內肌 (Internal intercostals)

肋間內肌的肌纖維方向與肋間外肌相反，從上一肋骨近胸骨處斜向下一肋骨近脊椎處。當收縮時，胸骨下降，肋骨向下斜並向內側旋轉，減少胸腔之體積，產生呼氣。

### 2. 腹肌 (abdominal muscles)

腹肌包括腹直肌 (rectus abdominis) 、腹外斜肌 (external abdominal oblique) 、腹內斜肌 (internal abdominal oblique) 和腹橫肌 (transversus abdominis) ，這些肌肉會壓迫腹腔，使腹腔內壓力增加，橫膈肌上推至胸腔，讓胸腔體積縮小，壓力增大而將氣體呼出 (洪菁霞、王鐘賢，2007) 。

### 3. 其他呼氣輔助肌肉

再用力呼氣的過程中，有些肌肉也參與協助下拉肋骨，幫助呼氣，如肋骨下肌 (subcostales) 、胸橫肌 (transversus thoracis) 、下後鋸肌 (serratus posterior inferior) 等肌肉 (柯哲銘、張嘉獻，1997) 。

## 二、呼吸肌與肺功能檢測

透過呼吸肌功能與肺功能檢測可以使我們了解呼吸肌與肺功能之間的關聯性。呼吸肌功能測量方式常使用最大呼吸壓力 (maximal respiratory pressure) 來表示，最大呼吸壓力的數值包含了最大呼氣肌力 ( $PE_{max}$ ) 與最大吸氣肌力 ( $PI_{max}$ )，所表示的單為公分水柱 ( $cmH_2O$ )。透過口部呼吸壓力檢測間接推估呼吸肌肌力 (Depalo, Parker, Bilbeisi, & McCool, 2004)。在肺功能部分，常見的肺功能參數有用力肺活量 (force vital capacity, FVC)、第一秒用力吐氣量 (forced expired volume in one second,  $FEV_1$ ) 和第一秒用力吐氣量及用力肺活量的百分比率 ( $FEV_1/FVC\%$ )。透過呼吸肌力與肺功能測量，可以了解呼吸系統是否有呼吸系統相關疾病及異常，此外，更可透過兩者檢測的增加，確認選手呼吸肌與肺功能的增進，進而驗證呼吸肌或肺功能與運動表現彼此間是否存在著正相關的關係。

## 第二節 最大攝氧量速度與耐力表現

在耐力運動的相關研究中，最常採用的生理指標不外乎是採用最大攝氧量、無氧閾值、乳酸閾值、心跳閾值、換氣閾值等指標進行評估與研究。因此，耐力運動項目中與最大攝氧量的相關指標越來越受到重視。而 Daniels 等人在 1984 年提出了  $v\dot{V}O_{2\max}$  (Velocity associated with  $\dot{V}O_{2\max}$ ，最大攝氧量速度) 的概念，此一概念整合了最大攝氧量與跑步經濟性等參數，所以對於耐力運動的選手而言，是眾多運動生理指標中極具參考價值的耐力運動指標。在近十幾年的研究中， $v\dot{V}O_{2\max}$  有許多不同的定義。為了便於測定， $v\dot{V}O_{2\max}$  通常被定義為在遞增負荷運動實驗中達到  $\dot{V}O_{2\max}$  水準時的跑速，因此，某些文獻中用 MAS (maximal aerobic speed，最大有氧速度) 來表示。這些不同定義的共同點在於它們都與  $\dot{V}O_{2\max}$  密切相關，他們的不同之處則主要在於是否包含了無氧成分。Noakes 等 (1989) 定義的  $v\dot{V}O_{2\max}$  顯然超過了無氧閾值，因而含有無氧成分。而 Lacour 等 (1990) 的定義則排除了無氧成分，可以被考慮為單純有氧成分。Daniels 等 (1984) 定義的  $v\dot{V}O_{2\max}$  是否含有無氧成分則不甚明瞭。由於遞增負荷運動實驗是檢測  $v\dot{V}O_{2\max}$  的最方便的方法，所以，許多研究把  $v\dot{V}O_{2\max}$  的值設定為遞增負荷運動實驗中達到  $\dot{V}O_{2\max}$  水準時的實際跑速。有許多不同的遞增負荷跑運動實驗方案可用於測試  $v\dot{V}O_{2\max}$ ，他們的主要差別在於測試過程中負荷遞增頻率、間歇次數和時間、坡度、測量總時間、實驗中對  $\dot{V}O_{2\max}$  的界定等。

Hill 和 Rowell (1996) 對 22 名受試者在不同時間實施了五種不同文獻中使用過的  $v\dot{V}O_{2\max}$  測試方案，透過統計分析不同測試方法得出的  $v\dot{V}O_{2\max}$  間差異顯著 ( $p < 0.001$ )，但仍有一定程度的相關性，尤其當  $v\dot{V}O_{2\max}$  介於  $14.8\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  和  $16.0\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  之間時，這種相關性更加明顯。

Berthon 和 Fellmann (2002) 歸納整理 1986 年以來的文獻，總結出了相對比較合理的遞增負荷  $v\dot{V}O_{2\max}$  測試方法。其主要內容包括：

1. 熱身活動 5 分鐘以上，強度介於  $60\% - 70\% \dot{V}O_{2\max}$ 。
2. 負荷分 5 到 6 階，每階不超過 3 分鐘，相鄰的兩階之間遞增



1.  $5\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。
3. 最好採用連續測試，如果要採集血乳酸樣本，則儘量縮短採樣時間，以減少測試誤差。
4. 跑步機坡度在 1-2% 範圍，以此模擬空氣阻力，一般開始時為 1% 坡度，當速度達到  $13.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  時坡度增加到 2%。
5. 測試總時間最好在 17 到 20 分鐘的範圍，其中包括 5 分鐘的準備活動，盡量使不同受試者測試時間相似，經歷相似負荷梯度。

Berthon, & Fellmann (2002) 還認為  $v\dot{V}O_{2\text{max}}$  的推算最好能排除運動中的無氧成分，並推薦使用 Billat 等 (1996) 的公式進行推算，最後步驟則採用 Billat 等 (1994) 的簡化方法。

Morton 等 (2000) 以兩個能量系統 (有氧和無氧系統) 和兩個攝氧階段 (快速階段和慢速階段) 為基礎建立了一個有氧耐力訓練模型和  $T_{\text{max}}$  (以  $v\dot{V}O_{2\text{max}}$  勻速跑所能堅持的最大時間) 的推導公式。結果顯示，88%MAS 的力竭跑能使運動員在  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  水準維持最長的時間 (平均為 603s,  $T_{\text{max}}$  平均為 1024s)，比遞增負荷運動實驗下直接測得的 MAS 低 10-13%。因此，Hugh 等認為  $v\dot{V}O_{2\text{max}}$  應該被定義為在不同速度的勻速跑中，能誘導  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  產生並使運動個體能夠在  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  水準運動最長時間的速度。此速度是必須通過推算而無法直接測出的。實際上，這一定義與能夠誘導  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  產生的眾多速度中的最小速度的定義有細微差別，但還沒有更進一步的比較研究。

本文則採用 Léger 與 Mercie (1984) 透過  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  與  $v\dot{V}O_{2\text{max}}$  的相關推導公式，以  $v\dot{V}O_{2\text{max}} = \dot{V}O_{2\text{max}}/3.5$ ，而  $v\dot{V}O_{2\text{max}}$  是以  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  表示， $\dot{V}O_{2\text{max}}$  是以  $\text{ml}/\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$  表示。

### 第三節 吸氣肌熱身對運動表現的影響

熱身最主要是為了運動員在比賽中提高表現並降低傷害的發生所做的賽前準備。透過熱身來提高身體溫度，刺激心血管系統增加氧氣運送到肌肉的速度，使得身體的各個器官能準備好接下來的劇烈運動，並降低運動過程中的運動傷害。許多文獻指出，適當的熱身運動能提高運動表現 (Bishop, 2003；張瑞豪, 林銘祥與施長和, 2007)，就肌肉型態觀點而言，呼吸肌也屬骨骼肌的一種，因此運動前適當的呼吸肌熱身也是有其必要性的。

Volianitis, Mcconnell, & Jones (2011) 以 14 名優秀划船選手進行三種不同熱身效果 (SWU 低負荷划船熱身、RWU 一般划船熱身以及 RWUplus 一般划船熱身加呼吸肌熱身兩組 30 次 40% $PI_{max}$  負荷) 對划船運動表現及呼吸自覺的研究中，受試者在 6 分鐘模擬比賽的測驗中，RWUplus 組在動力輸出、划船距離及換氣量都相較於另外兩組來的佳。此外，RWUplus 組在呼吸自覺部分，也降低了運動中呼吸困難的感覺，有效改善選手在運動中呼吸急促、喘氣的感覺。

Tong 與 Fu (2006) 以 10 名足球與橄欖球運動員，進行呼吸肌熱身與運動表現之研究，研究者將受試者分成對照組 (2 組 30 次 15% $PI_{max}$  之阻力呼吸) 與實驗組 (2 組 30 次 40% $PI_{max}$  阻力呼吸) 於運動前分別加入吸氣肌熱身。研究結果則顯示，運動前加入吸氣肌熱身能使得  $PI_{max}$  功能及 Yo-Yo 間歇恢復測驗 (20 公尺多階段折返跑) 產生影響，且降低運動測驗過程中呼吸自覺感，使受者喘氣的感受降低。實驗者建議，在運動前加入 40% $PI_{max}$  的吸氣肌熱身，能幫助運動中呼吸急促喘氣的感受，提升吸氣肌力的功能，提升衰竭性間歇跑的運動表現能力。因此，吸氣肌熱身能幫助間歇運動提升運動表現能力。

潘賢章、林正常與林信甫 (2006) 以 10 名規律運動大學生以有無吸氣肌熱身 (RWU 組兩組 30 次 80% 最大吸氣肌強度熱身，WRWU 組無吸氣肌熱身)。實驗處裡以進行腳踏車漸增負荷測驗。實驗結果雖然 RWU 組在衰竭運動的時間中有較長的運動時間表現，但在換氣量、換氣頻率、攝氧量、心跳率及呼吸困難知覺皆無顯著差異，

主要原因可能在於 RWU 在吸氣肌熱身的強度上過高，而無法達到該有的熱身效果。

Lin, Tong, Huang, Nie, Lu, & Quach (2007) 研究 10 名男性羽球選手在不同強度負荷 (IMW 組 2 組 30 次 40%PI<sub>max</sub>、PLA 組 2 組 30 次 15%PI<sub>max</sub>) 的吸氣肌熱身後，對於羽球步伐測試 (Badminton-footwork test, FW<sub>max</sub>) 的影響。研究顯示 IMW 組在 FW<sub>max</sub> 距離由 1537±118 公尺提升到 1640±111 公尺，第一秒吸氣肌力也由 152±29 (cmH<sub>2</sub>O) 提升到 164±30 (cmH<sub>2</sub>O) ，呼吸困難自覺的線性關係則呈下降。研究顯示在透過吸氣肌熱身後羽球步伐測驗能改善步伐的運動表現。

Tong, Fu, Eston, Chung, 與 Quach (2010) 針對 18 名非運動員進行了 6 週間歇跑步訓練，其中吸氣負荷組 (2 組 30 次 50%PI<sub>max</sub>) 加入 4 週吸氣肌訓練，並於進行 Yo-Yo 間歇恢復訓練前加入 2 組 30 次 40%PI<sub>max</sub> 吸氣肌熱身。研究結果顯示吸氣肌負荷介入提高測驗成績，且受試者也在實驗中呼吸困難感顯著下降，降低受試者在運動中呼吸困難的感受，改善呼吸感提升運動表現。

綜合上述文獻如表一整理，以 40%PI<sub>max</sub> 兩組 30 次的熱身方式，能有效及時提升運動表現，其原因可能是因為降低呼吸困難感，使運動時間、動力輸出得以延長及增加。然而，目前實驗仍缺少對於田徑選手在於專項運動表現中，吸氣肌熱身介入，對於其運動表現影響的研究。而田徑運動相較於以往過去研究的運動檢測中亦有很大的不同，田徑運動中，運動者本身是直立水平移動，但每一步之間會有與地面垂直的上下震動和須對抗引力，這與以往多數實驗採坐姿項目如划船、自行車，以及無引力項目如游泳等非常的不同，故本實驗將以吸氣肌熱身介入來進行漸增衰竭跑步測驗，探討田徑選手在運動比賽前，透過吸氣肌熱身是否能有助於其運動表現。

表一 吸氣肌熱身對運動表現促進的研究

	受試者	方法	結果
Volianitis, McConnell & Jones (2001)	14 名划船選手	不同熱身方式 (SWU、RWU <sup>1</sup> 、RWUplus) 對划船表現影響	動力輸出、距離、換氣量 RWUplus 組有最佳表現，且在運動中能降低喘氣的感覺。
Tong & Fu (2006)	10 名足球與橄欖球運動員	不同吸氣肌負荷熱身後 (40 %PI <sub>max</sub> 實驗組、15%PI <sub>max</sub> 對照組) 進行 Yo-Yo 間歇恢復測驗	實驗組減少運動中呼吸急促感，有效提升運動表現
潘賢章、林正常與林信甫 (2006)	10 名規律運動大學生	RWU <sup>2</sup> 與 WRWU 後腳踏車漸增負荷運動	無有效提升運動表現。
Lin, Tong, Huang, Nie, Lu & Quach (2007)	10 名男性羽球員	不同吸氣肌負荷熱身後 (40 %PI <sub>max</sub> 實驗組 IMW、15%PI <sub>max</sub> 對照組 PLA) 進行羽球步伐測驗	實驗組提升 FW <sub>max</sub> 的距離、RPB/min 線性關係下降，且提升運動表現。
Tong, Fu, Eston, Chung & Quach (2010)	18 名非運動員	6 週間歇訓練加上 4 週吸氣肌訓練後，進行 Yo-Yo 間歇恢復測驗前以吸氣肌 40%PI <sub>max</sub> 熱身	吸氣肌熱身介入提高測驗成績、降低運動中呼吸困難感。

註：SWU=低負荷划船熱身；RWU<sup>1</sup>=一般划船熱身；RWUplus =一般熱身加呼吸肌熱身；RWU<sup>2</sup>=呼吸

肌熱身；WRWU=無呼吸肌熱身；FWmax=羽球腳步測驗

## 第參章 研究方法

### 第一節 研究對象與實驗地點

#### 一、研究對象

本研究之觀察對象為從事田徑運動之健康大專甲組運動員 10 名。所有參加者必須是無任何呼吸相關疾病與吸菸習慣之健康受試者。

#### 二、實驗地點

本研究於國立臺灣師範大學公館校區體育運動大樓一樓運動生理實驗室進行相關實驗。

### 第二節 研究工具

#### 一、健康狀況調查表

「健康狀況調查表」包含受試者過去的疾病史以及其治療紀錄等部份，用以排除健康狀況不良或用藥過量等不適之受試者。

#### 二、受試者須知同意書

「受試者須知同意書」包括本研究目的、研究流程、實驗之安全性及注意事項等，待受試者能夠全盤了解後，願意參與本研究，並簽署同意書。

#### 三、肺功能分析儀 (Chestgraph hi-101, Japan)

本研究所使用之肺功能分析儀是以 Chestgraph hi-101 進行肺功能各項指標的分析評估。

#### 四、呼吸機能測試器 (Micro medical; MPM, UK)

本研究使用 Micro medical 測量吸氣肌及呼氣肌的各項功能指標，依據 ATS/ERS (2002) 測量方法，測量 10 次且三次數值差異在 5% 以內取平均值，即可被接受

(ATS/ERS, 2002)。

#### 五、氣體分析儀 (SENSORMEDICS Vmax series Model 29, USA)

本研究所使用之氣體分析儀，搭配電動跑步機與心跳計數器 (Polar 錶)，用來測試最大攝氧量，其包括了流量計、氧分析儀及二氧化碳分析儀，在受試者運動過程中，全程分析其呼出氣體。

#### 六、電動跑步機 (H/P/cosmos cos10198, Germany)

以電動跑步機配合 Bruce 測試流程測量最大攝氧量，其漸增式運動強度的方法，讓受試者慢慢逐步的達到其最大運動強度。

#### 七、心跳計數器 (POLAR S810i, Finland)

Polar 錶，用於最大攝氧量的測試時，作為全程監控受試者運動狀態的心跳數。

#### 八、吸氣肌訓練器

本研究所使用的呼吸肌訓練器是以 POWERbreathe® K3 (IMT Technologies Ltd, UK) 可調整阻力負荷之呼吸肌訓練器。

#### 九、攜帶型血乳測定儀 (Arkray ; LT-1710, Japan)

本研究使用 Arkray Lactate Pro 攜帶型血乳測定儀，測量測驗運動結束時、測驗結束及運動後 5 分鐘之血乳酸值，以供監測受試者體內之血乳酸值之變化。

### 第三節 實驗流程與步驟

#### 一. 實驗流程

- (一)、受試者在參與實驗前，研究者針對本次實驗的目的與流程對所有受試者做說明，以達到研究共識，並簽屬受試者同意書與健康調查表。
- (二)、所有受試者以隨機交叉平衡次序法分配，接受無吸氣肌熱身組、實驗組（以 40% 最大吸氣壓力，30 次兩組）、安慰劑組（以 15% 最大吸氣壓力，30 次兩組）三種實驗處理，每次至少間隔 48 小時以上。所有受試者在十分鐘慢跑熱身與十分鐘伸展操後接受有無吸氣肌熱身，隨後進行  $100\% \dot{V}O_{2\max}$  檢測其運動表現，測驗過程中及運動後監測受試者心跳率、RPE、RPB 及血乳酸濃度。受試者於運動前及運動後 5 分鐘進行肺功能 (FEV1、FVC、FEV1/FVC%) 與吸氣肌力 ( $PI_{\max}$ ) 測驗 (如圖 3-1 與圖 3-2)。

#### 二. 實驗步驟

- (一)、吸氣肌熱身  
10 分鐘慢跑→10 分鐘動態伸展→安慰劑組與實驗組分別進行吸氣肌熱身 (15、40% $PI_{\max}$ ，30 次兩組)。
- (二)、測驗方法  
以  $100\% \dot{V}O_{2\max}$  跑步至衰竭。
- (三)、血乳酸  
於測驗前後，使用血乳酸測定器檢測安靜值、測驗結束及結束後第 5 分鐘的血乳酸變化。
- (四)、心跳率  
使用心跳率紀錄器檢測安靜值、測驗中、結束時及結束後 5 分鐘恢復情形。
- (五)、肺功能及呼吸肌力

於測驗前及測驗結束後 5 分鐘檢測肺功能 (FEV1、FVC、FEV1/FVC%) 與吸氣肌力 ( $PI_{max}$ )。

(六)、RPE、RPB 量表檢測

於測驗中，每提升一階段 (每 3 分鐘) 及測驗結束後立即檢測運動自覺量 (rating of perceived exertion, RPE)、呼吸自覺量 (rating of perceived breath- lessness, RPB) 變化情形。

(七)、實驗間隔

每次至少間隔 48 小時以上。



本實驗的實驗流程圖

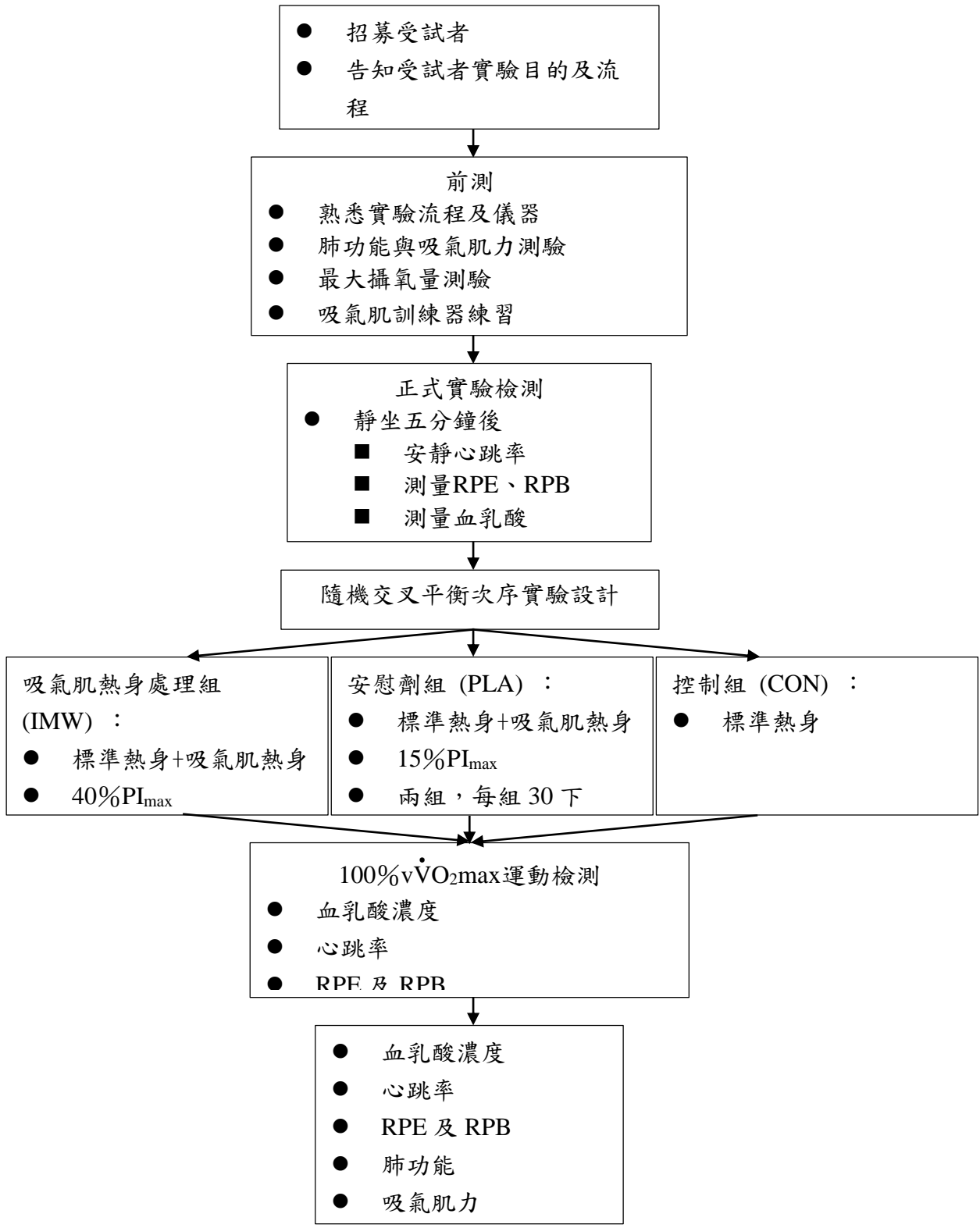
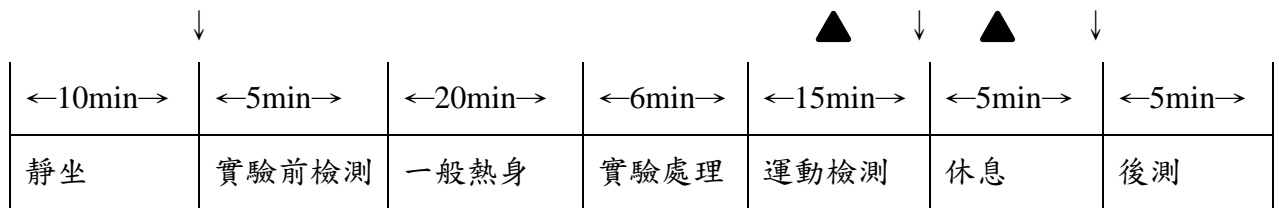


圖 3-1 實驗流程圖

### 本實驗的實驗處理示意圖



(↓ 血乳酸採集點、▲RPE、RPB 檢測)

圖 3-2 實驗步驟圖

## 第四節 資料處理

研究所獲得的實驗資料數據，以 SPSS 20.0 中文版統計套裝軟體進行分析。本研究所使用的統計分析方法：

- 一、以描述性統計建立受試者資料。
- 二、以重複量數單因子變異數分析，考驗在三種不同實驗處理後，運動選手耐力表現及血乳酸、RPE 及 RPB 的差異情形。
- 三、顯著水準定為  $\alpha = .05$ 。當統計水準達  $p < .05$  時，則以 Bonferroni 法進行事後比較。

## 第肆章 結果

實驗中所蒐集的資料，經過整理分析處理之結果，共分列四節；第一節受試者基本資料；第二節吸氣熱身對耐力表現的影響；第三節吸氣肌熱身對耐力表現中血乳酸值的影響；第四節吸氣肌熱身對隨後運動中 RPE 與 RPB 的影響。

### 第一節 受試者基本資料

本研究 10 名受試者基本資料如表二所示。

表二 受試者相關基本資料

變項	平均數±標準差
年齡 (歲)	20 ± 1.25
身高 (公分)	175.1 ± 4.12
體重 (公斤)	63.8 ± 4.42
最大攝氧量 ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	67.8 ± 5.38
肺活量 (l)	4.6 ± 0.51
第 1 秒吐氣量 (l)	4.2 ± 0.34
第 1 秒吐氣量比率 (%)	91.7 ± 5.51
最大吸氣肌力 ( $\text{cmH}_2\text{O}$ )	123.1 ± 18.3

## 第二節 吸氣熱身對耐力表現的影響

受試者在接受標準化熱身與不同的吸氣肌熱身後，即進行  $100\% \dot{V}O_{2\max}$  耐力運動檢測，根據重複量數單因子變異數分析結果顯示，實驗處理後  $100\% \dot{V}O_{2\max}$  耐力運動檢測的距離達顯著差異，經 Bonferroni 事後比較結果顯示，吸氣肌熱身處理組顯著高於控制組及安慰劑組 (CON vs. PLA vs. IMW,  $1532 \pm 359.15$  vs.  $1685.2 \pm 456.45$  vs.  $1930.40 \pm 544.56$  公尺,  $F=10.552$ ,  $p<.05$ )，其結果如圖 4-1 所示。

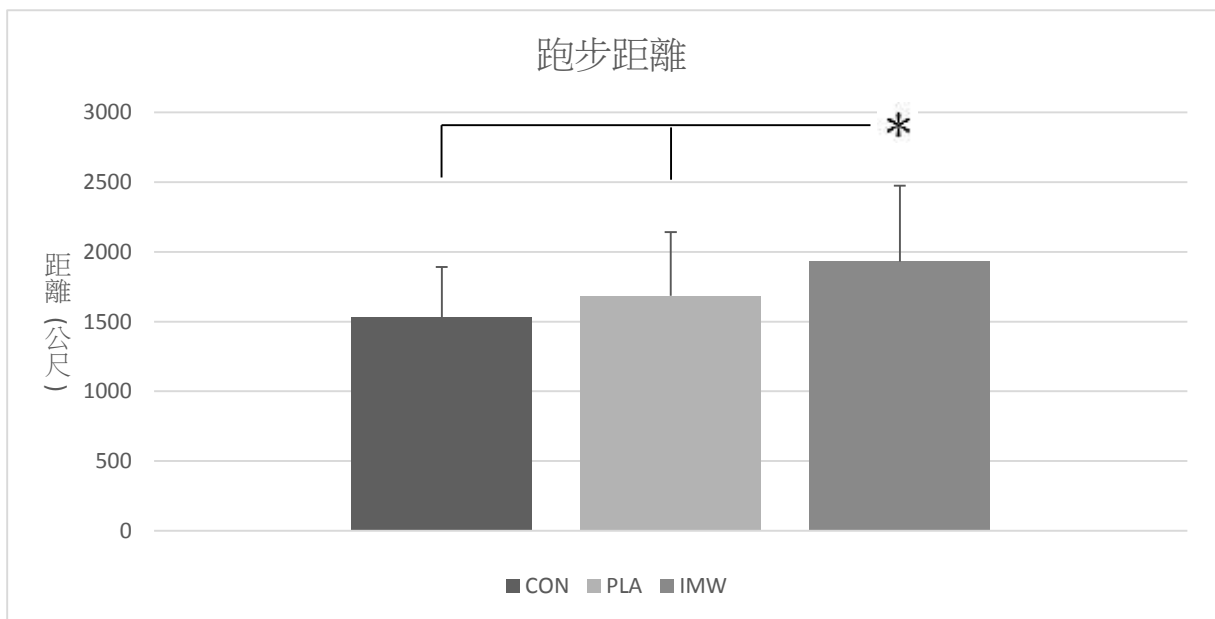


圖 4-1 不同實驗處理後的跑步距離

註：CON=控制處理；PLA=安慰劑處理；IMW=吸氣肌熱身處理。\* $p<.05$

### 第三節 吸氣肌熱身對耐力表現中血乳酸值的影響

本研究中三種實驗處理的血乳酸值，在安靜值、測驗後與測驗後五分鐘的差異，以重複量數單因子變異數分析。結果顯示，安靜值 (CON vs. PLA vs. IMW,  $2.72 \pm 1.66$  vs.  $2.53 \pm 1.07$  vs.  $2.29 \pm 1.83$  mmol · L<sup>-1</sup>, F=0.180, p>.05)、測驗後 (CON vs. PLA vs. IMW,  $15.58 \pm 1.43$  vs.  $15.41 \pm 2.92$  vs.  $14.46 \pm 3.29$  mmol · L<sup>-1</sup>, F=0.510, p>.05)、測驗後五分鐘 (CON vs. PLA vs. IMW,  $14.32 \pm 3.18$  vs.  $14.97 \pm 3.16$  vs.  $14.54 \pm 2.01$  mmol · L<sup>-1</sup>, F=0.152, p>.05)，在三種實驗處理間皆無顯著差異。

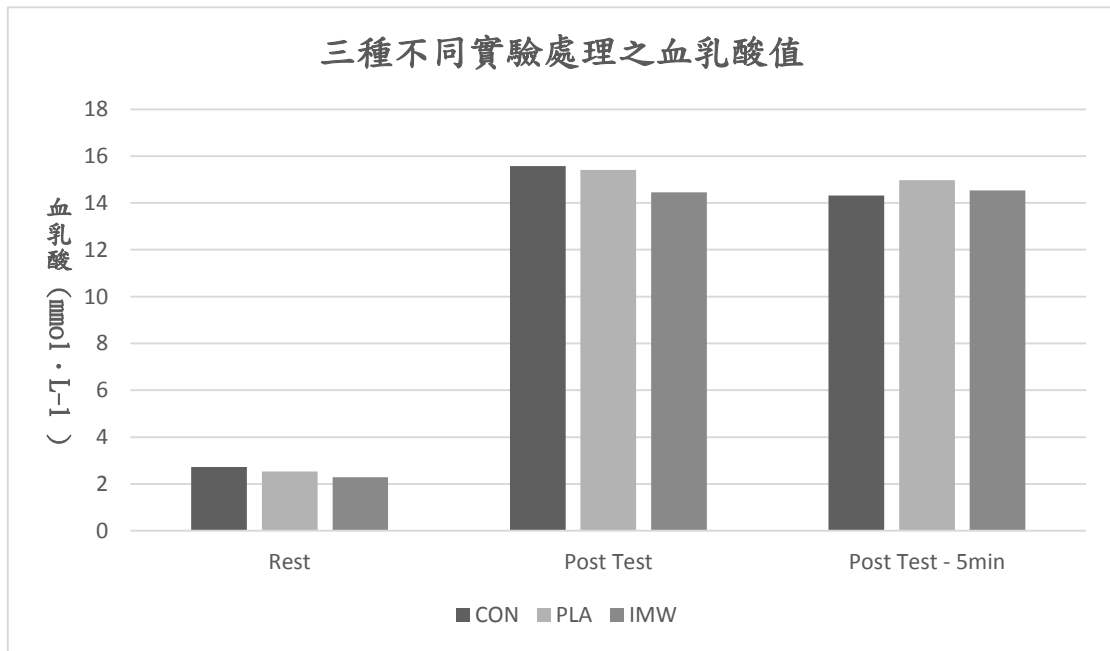


圖 4-2 三種不同實驗處理之血乳酸值

註：Rest=安靜值；Post Test=測驗後；Post Test - 5min=測驗後五分鐘；CON=控制處理；PLA=安慰劑處理；IMW=吸氣肌熱身處理。

#### 第四節 吸氣肌熱身對耐力表現中 RPE 與 RPB 的影響

本研究以重複量數單因子變異數分析，分析 RPE 在三種不同實驗處理的安靜值、測驗後與測驗後五分鐘的變異情形，研究結果顯示，在三種實驗處理間均無顯著差異，其安靜值 (CON vs. PLA vs. IMW,  $7.5 \pm 1.434$  vs.  $8.6 \pm 2.503$  vs.  $8.4 \pm 2.319$  分,  $F=2.526$ ,  $p>.05$ )、測驗後 (CON vs. PLA vs. IMW,  $17.10 \pm 1.370$  vs.  $17.90 \pm 1.729$  vs.  $18.10 \pm 1.370$  分,  $F=4.065$ ,  $p>.05$ )、測驗後五分鐘 (CON vs. PLA vs. IMW,  $10.40 \pm 1.578$  vs.  $11.5 \pm 2.461$  vs.  $11.10 \pm 1.853$  分,  $F=1.335$ ,  $p>.05$ )，如圖所示。

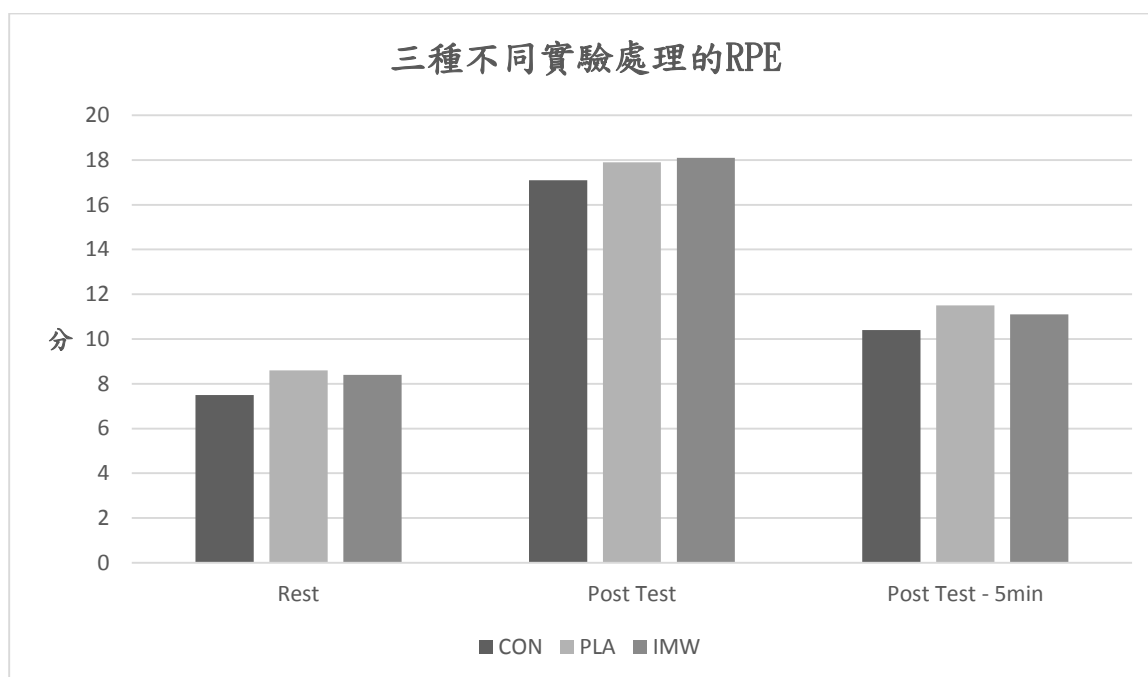


圖 4-3 三種不同實驗處理的 RPE

註：RPE=運動自覺量表； Rest=安靜值； Post Test=測驗後； Post Test - 5min=測驗後五分鐘；  
CON=控制處理； PLA=安慰劑處理； IMW=吸氣肌熱身處理。IMW=吸氣肌熱身處理

在 RPB 方面，三種不同實驗處理的安靜值、測驗後與測驗後五分鐘的變異情形，研究結果顯示，在三種實驗處理間均無顯著差異，其安靜值 (CON vs. PLA vs. IMW,  $1.0 \pm 1.155$  vs.  $0.8 \pm 0.789$  vs.  $0.5 \pm 0.850$  分,  $F=1.693$ ,  $p>.05$ )、

測驗後 (CON vs. PLA vs. IMW,  $9.0 \pm 0.667$  vs.  $8.70 \pm 0.675$  vs.  $8.30 \pm 1.059$  分,  $F=2.176$ ,  $p>.05$ )、測驗後五分鐘 (CON vs. PLA vs. IMW,  $2.3 \pm 1.829$  vs.  $2.5 \pm 1.434$  vs.  $2.0 \pm 1.054$  分,  $F=0.740$ ,  $p>.05$ )，如圖所示。

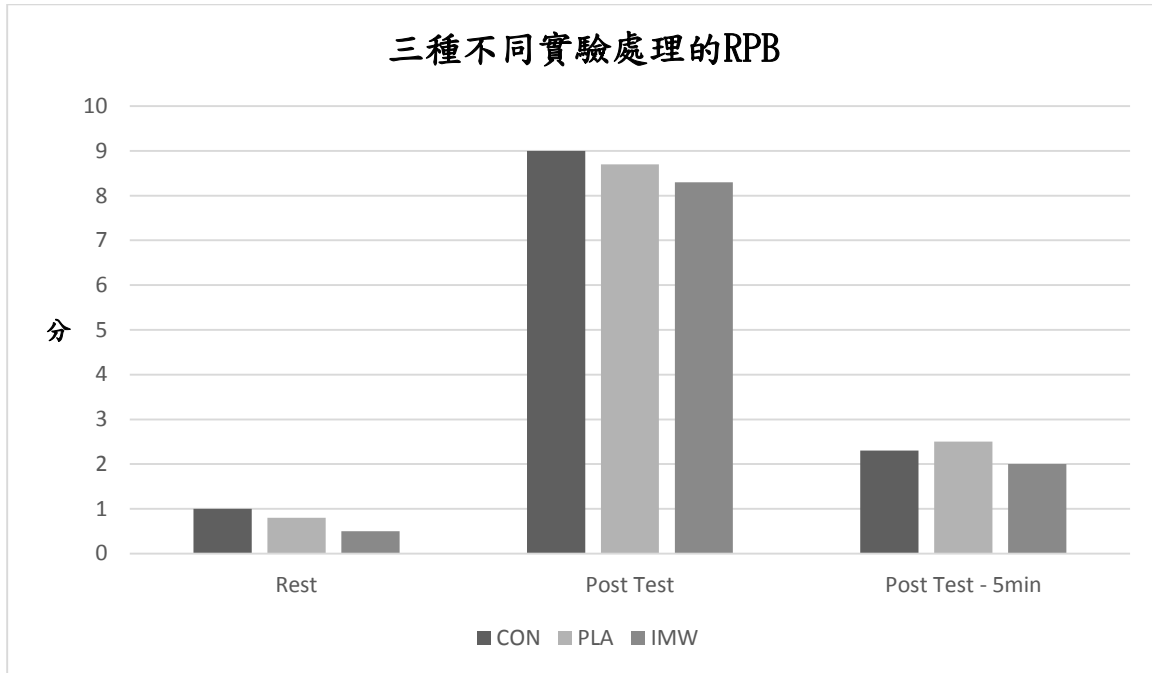


圖 4-4 三種不同實驗處理的 RPB

註：RPB=呼吸自覺量表；Rest=安靜值；Post Test=測驗後；Post Test-5min=測驗後五分鐘；

CON=控制處理；PLA=安慰劑處理；IMW=吸氣肌熱身處理。

## 第五章 討論與結論

### 第一節 吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動表現與血乳酸變化之影響

本研究以  $100\% \dot{V}O_2\max$  衰竭跑來檢測中長距離耐力表現，在檢測前加入吸氣肌熱身。結果顯示，在耐力表現部分，吸氣肌熱身處理達顯著差異，而安慰劑組及控制組則均未達顯著差異。此研究結果顯示，以  $40\%PI_{\max}$  強度的吸氣肌熱身，能有效改善隨後耐力跑運動表現。而在血乳酸濃度的部分，本研究結果顯示，在安靜值、測驗後及測驗後五分鐘，三種實驗處理均未達顯著差異。

Volianitis 與 Jones (2001) 以 14 名優秀划船選手進行三種不同熱身效果 (SWU 低負荷划船熱身、RWU 一般划船熱身以及 RWUplus 一般熱身加呼吸肌熱身兩組 30 次  $40\%PI_{\max}$  負荷) 對划船運動表現及呼吸自覺的研究中，受試者在 6 分鐘模擬比賽的測驗中，RWUplus 組在動力輸出、划船距離及換氣量都相較於另外兩組來的佳。與本實驗中一般熱身後接受吸氣肌熱身處理組 (IMW)，在隨後的  $100\% \dot{V}O_2\max$  運動檢測中，有顯著的表現提升，其運動距離增加也較優於另外兩組。

Tong 與 Fu (2006) 以十位青年運動員為受試對象，同樣分為  $40\%PI_{\max}$  的吸氣肌熱身處理、 $15\%PI_{\max}$  安慰劑處理與控制處理，與本實驗的實驗處理設計相似。研究者在實驗處理後進行 Yo-Yo 間歇恢復測驗，研究結果顯示，吸氣肌熱身處理後的運動表現，顯著優於安慰劑處理與控制處理，也與本研究結果相符。

在血乳酸值的部分，Lin 等 (2007) 以十位男性羽球選手為受試對象，以相同的實驗處理方式，分成  $40\%PI_{\max}$  吸氣肌熱身處理、 $15\%PI_{\max}$  安慰劑處理與控制處理，隨後進行羽球漸增腳步測驗，研究顯示在透過吸氣肌熱身後羽球步伐測驗能改善步伐的運動表現，不過在三種實驗處理間的血乳酸值，未達顯著差異，這也與本實驗的結果相似。

Tong 等 (2008) 以 30 位男性大學生為受試對象，隨機分成  $50\%PI_{\max}$  吸氣肌熱身



處理、15%PI<sub>max</sub> 安慰劑處理與控制處理進行六週吸氣肌訓練，訊連前後皆進行 Yo-Yo 間歇恢復運動測驗，結果顯示六週後的訓練提升吸氣肌力及運動表現，但測驗後的血乳酸值並未達顯著差異。

本研究的吸氣肌熱身處理與其他相關實驗對於運動表現都有所改善，而運動後血乳酸值並未達顯著差異，與上述的研究結果相同，由此可推論，運動前加入吸氣肌熱身，對於運動表現有所改善，但對於運動中血乳酸值的變化，可能沒有互相之關聯性。

## 第二節 吸氣肌熱身對田徑選手耐力運動中 RPE 與 RPB 之影響

本研究結果顯示，安靜值、測驗後與測驗後五分鐘的 RPE 與 RPB，在三種實驗處理間均未達顯著差異，說明不論在運動自覺或是呼吸運動自覺中並未因為實驗處理有所改善或差異。

經研究結果顯示，不論在安靜值、測驗後與測驗後五分鐘的 RPE 與 RPB，三種實驗處理間沒有明顯差異，與過去研究結果不相同。以往的實驗設計為划船或是腳踏車，這些運動模式會在運動過程中，壓迫胸腔，增加腹部的阻抗，使得橫膈膜在換氣頻率上的增加，這或許是與本實驗與先前實驗結果不同的原因。

而在過去以步伐實驗 (LIN 等，2007) 或是 Yo-Yo 間歇測驗 (Tong, & Fu, 2006; Tong 等，2010) 的實驗，雖與本實驗的運動形式接近，並非壓迫胸腔的運動模式，但測驗的方式與本實驗上亦有所不同。

呂欣倫與方進隆 (2007) 以 10 位有 5 年以上划船經驗的女性西式划船選手進行 5 週的吸氣肌搭配一般划船訓練後，在 5000 公尺的划船運動表現上有提升，但 RPB 與 RPE 測量也顯示選手在激烈的運動過程中沒有顯著差異，雖實驗方式是採五週的吸氣肌訓練與本實驗單次吸氣肌熱身不相同，但其運動檢測的方式是測驗其耐力運動表現，與過去的實驗中多是以受試者能在時間內完成多少的步伐試驗或是多少趟的間歇測驗不相同。呂欣倫與方進隆 (2007) 與本實驗中，是以耐力運動表現，每一次都是竭盡所能地做到衰竭，因此，不論在身體自覺或是呼吸困難知覺上，皆趨近於最大值，或許這是很難在三種不同實驗處理間發現其差異的存在可能性。

### 第三節 結論

本研究目的主要在探討吸氣肌熱身對於隨後的耐力運動表現影響，經上述結果與討論，所得的結論如下：

- 一、40%PI<sub>max</sub> 吸氣肌熱身可以改善田徑選手在耐力跑的運動表現。
- 二、吸氣肌熱身後對於田徑選手在 RPE、RPB 及血乳酸值在耐力跑運動表現上並無有所改善。

### 第四節 建議

根據本研究結果與討論，提供一些建議，以供未來在相關吸氣肌熱身的研究做為一些參考：

- 一、吸氣肌在運動過程中對於運動表現改善的機制尚未明確仍須未來研究釐清。
- 二、吸氣肌的熱身除了以強度作為熱身方式外，是否以吸氣肌熱身吸氣的頻率對於運動表現是否有所改善，有待未來進一步探討。

## 參考文獻

- 王光濤 (2001)。運動生理學。臺北市：合記圖書。
- 王健 (2006)。呼吸肌疲勞的研究現狀。威寧學院學報，26(6)，3。
- 余鑑紘、方進隆 (2002)。PACER 測驗和最大攝氧量相關之研究。體育學報，(33)，33-42。
- 呂欣倫、方進隆 (2007)。呼吸肌訓練對女性划船選手訓練效果之探討。運動生理暨體能學報，(5)，85-92。
- 李和標、徐明 (2004)。呼吸肌疲勞對運動能力的影響。沈陽體育學院學報，23(3)，2。
- 何寶成、蔡忠昌 (2007)。熱身運動對於運動表現的影響。大專體育，91，165-173。
- 林正常、林貴福、徐臺閣、吳慧君(譯) (2003)。運動生理學：體適能與運動表現的理論與應用。臺北市：藝軒。
- 林正常 (2005)。運動生理學。臺北市：師大書苑。
- 科哲銘、張嘉獻 (譯) (1997)。肌學手冊—頭、頸和軀幹。台北：合記。  
(Warfel, J. H., 1984)
- 洪菁霞、王鐘賢 (2007)。實用解剖生理學。台中：華格那。
- 紀樹國 (1994)。呼吸肌強化訓練對呼吸肌功能的作用。解放軍醫學雜誌，19(6)。
- 姜壽德 (1982)。呼吸生理學。臺北市：環球書社。
- 許世昌 (1997)。新編解剖生理學。台北市：永大書局。
- 許樹淵 (2004)。運動生物力學。台北市。合記圖書出版社。

- 郭堉圻、邱琴瑟 (2011)。呼吸肌阻力訓練對游泳攝氧量與肺功能表現之影響。*運動教練科學*，(24)，69-80。
- 郭堉圻、莊富延 (2010)。誘發呼吸肌急性疲勞對 YO-YO 有氧耐力測驗及肺功能之影響。*運動生理暨體能學報*，(11)，35-43。
- 郭堉圻、莊富延 (2011)。吸氣肌訓練對衝刺型運動員無氧能力與疲勞恢復之影響。*大專體育學刊*，13(4)，127-135。
- 郭堉圻、蔣孝珍 (2009)。呼吸肌訓練在運動表現上的應用。*中華體育季刊*，23(3)，55-61。
- 莊鑫裕 (1998)。運動對呼吸肌力的影響。*大專體育*，36，68-72。
- 陳綱華、洪碩屏 (2002)。運動訓練對慢性阻塞性肺部疾病病人改善活動耐力之成效。*志為護理-慈濟護理雜誌*，1(2)，31-35。
- 陳政茵、唐憶淨、楊宗穎、劉丕華(2006)。肺功能量計的判讀。*基層醫學*，21(10)，296-300。
- 張瑞豪、林銘祥、施長和 (2007)。暖身運動的生理學。*高應科大體育*，6(10)，135-151。
- 黃柏勳 (譯) (2006)。*圖解人體地圖—人體的構造、疾病與症狀*。台北：暢文。(松村讓兒，2004)
- 黃傳業、潘明玲 (2009)。呼吸肌訓練在體育運動中的研究進展。*科教文匯* (32)，3。
- 黃錦裕、陳明星 (2000)。熱身及休息方式對運動者心跳之影響研究。*體育學報*，(28)，349-358。
- 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)，2。
- 趙敬國、朱同樂、曹麗鳳 (2010)。吸氣肌訓練對健康大學生 VO<sub>2</sub>peak、肺功能及運動能力的影響。*吉林體育學院學報*，26(3)。

- 劉弢 (2007)。吸氣肌訓練對常氧和低氧條件下運動呼吸功能的影響。 *體育科學*, 27(3), 5。
- 衛沛文 (1995)。隨意持續高通氣下通氣肌疲勞的呼吸模式。 *體育學報*, (20), 329-338。
- 潘賢章、林正常、林信甫(2006)。呼吸肌熱身對腳踏車運動時生理反應與衰竭時間的影響。 *臺大體育學報*, 9, 39-54。
- Aaron, E. A., Seow, K. C., Johnson, B. D., & Dempsey, J. A. (1992). Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1818-1825.
- Babcock, M. A., Pegelow, D. F., Harms, C. A., & Dempsey, J. A. (2002). Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 93(1), 201-206.
- Bailey, S. J., Romer, L. M., Kelly, J., Wilkerson, D. P., DiMenna, F. J., & Jones, A. M. (2010). Inspiratory muscle training enhances pulmonary O<sub>2</sub> uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 109(2), 457-468.
- Berthon, P., & Fellmann, N. (2002). General review of maximal aerobic velocity measurement at laboratory. Proposition of a new simplified protocol for maximal aerobic velocity assessment. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(3), 257-266.
- Billat, L. V., & Koralsztein, J. P. (1996). Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, 22(2), 90-108.
- Billat, L. V., Renoux, J. C., Pinoteau, J. A., Petit, B. E., & Koralsztein, J. P. (1994). Reproducibility of running time to exhaustion at VO<sub>2</sub>max in subelite runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 26(2), 254-257.
- Bishop, D. (2003a). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine* 33(6), 439-454.

- Bishop, D. (2003b). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine* 33(7), 483-498.
- Brown, P. I., Sharpe, G. R., & Johnson, M. A. (2008). Inspiratory muscle training reduces blood lactate concentration during volitional hyperpnoea. *European Journal of Applied Physiology* 104(1), 111-117.
- Chevrolet, J. C., Tschopp, J. M., Blanc, Y., Rochat, T., & Junod, A. F. (1993). Alterations in inspiratory and leg muscle force and recovery pattern after a marathon. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(4), 501-507.
- Chiappa, G. R., Ribeiro, J. P., Alves, C. N., Vieira, P. J., Dubas, J., Queiroga, F., Jr., et al. (2009). Inspiratory resistive loading after all-out exercise improves subsequent performance. *European Journal of Applied Physiology* 106(2), 297-303.
- Daniels JT. (1984). *Elite and sub-elite female middle and long distance runner*. Proceedings of the 1984 Olympic scientific Congress. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1984, pp: 57-72
- DePalo, V. A., Parker, A. L., Bilbeisi, F. A., & McCool, F. D. (2004). *Respiratory muscle strength training with nonrespiratory maneuvers*. *Journal of Applied Physiology*, 96, 731-734.
- Enright, S. J., Unnithan, V. B., Heward, C., Withnall, L., & Davies, D. H. (2006). Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Physical Therapy*, 86(3), 345-354.
- Esposito, F., & Ferretti, G. (2010). Respiratory muscle training and maximum aerobic power in hypoxia. *European Journal of Applied Physiology* 110(1), 219-220.
- Esposito, F., Limonta, E., Alberti, G., Veicsteinas, A., & Ferretti, G. (2010). Effect of respiratory muscle training on maximum aerobic power in normoxia and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol*, 170(3), 268-272.
- Forbes, S., Game, A., Syrotuik, D., Jones, R., & Bell, G. J. (2011). The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Research in Sports Medicine* 19(4), 217-230.

- Gething, A. D., Passfield, L., & Davies, B. (2004). The effects of different inspiratory muscle training intensities on exercising heart rate and perceived exertion. *European Journal of Applied Physiology* 92(1-2), 50-55.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (1996). *Textbook of physiology*. Philadelphia: WB Saunders, 1.
- Harms, C. A., Wetter, T. J., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nickele, G. A., Nelson, W. B., et al. (1998). Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 85(2), 609-618.
- Harms, C. A., Wetter, T. J., St Croix, C. M., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2000). Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 131-138.
- Hill, D. W., & Rowell, A. L. (1996). Running velocity at VO<sub>2</sub>max. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(1), 114-119.
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 42(8), 707-724.
- Keramidas, M. E., Debevec, T., Amon, M., Kounalakis, S. N., Simunic, B., & Mekjavic, I. B. (2010). Respiratory muscle endurance training: effect on normoxic and hypoxic exercise performance. *European Journal of Applied Physiology* 108(4), 759-769.
- Kilding, A. E., Brown, S., & McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology* 108(3), 505-511.
- Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., Barthelemy, J. C., & Dormois, D. (1990). The energetics of middle-distance running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 60(1), 38-43.
- Léger, L., & Mercier, D. (1984). Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports medicine*, 1(4), 270-277.



- 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.
- Lomax, M., Grant, I., & Corbett, J. (2011). Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: separate and combined effects on intermittent running to exhaustion. *Journal of Sports Sciences* 29(6), 563-569.
- Lomax, M., & McConnell, A. K. (2009). Influence of prior activity (warm-up) and inspiratory muscle training upon between- and within-day reliability of maximal inspiratory pressure measurement. *Respiration*, 78(2), 197-202.
- Lomax, M. E., & McConnell, A. K. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *Journal of Sports Sciences* 21(8), 659-664.
- McConnell, A. K., & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *The Journal of Physiology*, 577(Pt 1), 445-457.
- 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(6), 635-646.
- Morgan, D. W., Kohrt, W. M., Bates, B. J., & Skinner, J. S. (1987). Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance of moderately trained cyclists. *International Journal of Sports Medicine* 8(2), 88-93.
- Morris, M., Lamb, K., Cotterrell, D., & Buckley, J. (2009). Predicting Maximal Oxygen Uptake Via a Perceptually Regulated Exercise Test (PRET). *Journal of Exercise Science & Fitness*, 7(2), 122-128.
- Morton, R. H., & Billat, V. E. (2000). Maximal endurance time at VO<sub>2</sub>max. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(8), 1496-504.
- Nici, L., Donner, C., Wouters, E., Zuwallack, R., Ambrosino, N., Bourbeau, J., et al. (2006). American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *American Journal of Respiratory and Critical Care*

*Medicine*, 173(12), 1390-1413.

- Noakes, T. D., Myburgh, K. H., & Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the V O<sub>2</sub> max test predicts running performance. *Journal of Sports Sciences*, 8(1), 35-45.
- Ray, A. D., Pendergast, D. R., & Lundgren, C. E. (2010). Respiratory muscle training reduces the work of breathing at depth. *European Journal of Applied Physiology* 108(4), 811-820.
- Ross, E., Middleton, N., Shave, R., George, K., & McConnell, A. (2008). Changes in respiratory muscle and lung function following marathon running in man. *Journal of Sports Sciences* 26(12), 1295-1301.
- Sheel, A. W., Derchak, P. A., Morgan, B. J., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., & Dempsey, J. A. (2001). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *The Journal of Physiology*, 537(Pt 1), 277-289.
- Spengler, C. M., Roos, M., Laube, S. M., & Boutellier, U. (1999). Decreased exercise blood lactate concentrations after respiratory endurance training in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 79(4), 299-305.
- Tong, T. K., & Fu, F. H. (2006). Effect of specific inspiratory muscle warm-up on intense intermittent run to exhaustion. *European Journal of Applied Physiology* 97(6), 673-680.
- Tong, T. K., Fu, F. H., Chung, P. K., Eston, R., Lu, K., Quach, B., et al. (2008). The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(4), 671-681.
- Uemura, H., Lundgren, C. E., Ray, A. D., & Pendergast, D. R. (2012). Effects of different types of respiratory muscle training on exercise performance in runners. *Military Medicine* 177(5), 559-566.
- Verges, S., Sager, Y., Erni, C., & Spengler, C. M. (2007). Expiratory muscle fatigue impairs exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 101(2), 225-232.

- Volianitis, S., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2001). Assessment of maximum inspiratory pressure. Prior submaximal respiratory muscle activity ('warm-up') enhances maximum inspiratory activity and attenuates the learning effect of repeated measurement. *Respiration*, 68(1), 22-27.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., & Jones, D. A. (1999). The influence of prior activity upon inspiratory muscle strength in rowers and non-rowers. *Int J Sports MedInternational Journal of Sports Medicine* 20(8), 542-547.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., & Jones, D. A. (2001). Specific respiratory warm-up improves rowing performance and exertional dyspnea. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(7), 1189-1193.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 803-809.
- West, J. B. (2004). *Respiratory physiology-The essentials(7th ed.)*. La Jolla, CF: Lippincott Wolliams & Wilkins.

## 受試者自願同意書

本研究目的在探討「不同強度吸氣肌熱身對中長跑運動表現之影響」。實驗過程包含了前測及吸氣肌熱身和高強度衰竭跑測驗，所有受試者皆須接受三次測驗，每次間隔 48 小時以上。運動測試中，須採集血液樣本，採集方式為指尖採血。為了保護受試者權益，受試者如有任何問題，請隨時與研究人員提出。本實驗所得知所有個人資料以及實驗數據，僅供作為學術研究之用，絕不外流。受試者如於實驗中臨時改變受試意願，應通知研究人員，並可隨時退出實驗不受任何限制。請參與實驗的受試者，務必了解並同意下列事項：

1. 本研究測驗時間為民國 102 年 10 月至 11 月份。
2. 實驗地點位於國立台灣師範大學分部生理學實驗室。
3. 請於指定時間穿著運動服裝、鞋至指定地點等候。
4. 實驗期間請規律飲食及生或作息，測驗前 2 小時禁止飲食。
5. 實驗時請勿保留實力，盡己最大努力完成測驗。

請您務必確實閱讀本研究同意書內容。本研究需要您協助與參與，如您無法配合研究之規定，絕不勉強參加。若無反對意見且願意配合參與本研究實驗者，請您於下方處姓名欄簽名，表示同意配合參與實驗，並遵守受試者須知與同意書所列之各項規範。

姓 名：\_\_\_\_\_

日 期：\_\_\_\_\_

附錄二

## 健康狀況調查表

本表旨在幫助您了解自身的健康狀況，並協助研究人員作為是否適合參與本實驗之依據，請您務必詳實回答。〔請您在有、無、不確定空格中打 V〕

	有	無	不確定
1. 心臟病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 糖尿病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 高血壓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 痛風	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 氣喘	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 支氣管炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 肺炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 心律不整	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 腎臟病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 肝病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 癲癇	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. 腦部重創	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. 有無吸菸習慣	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. 有無飲酒習慣	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. 有無其他慢性病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. 其他_____			

本表僅供學術研究用途，資料絕不外流，請放心填寫！！

附錄三

呼吸困難自覺量表(RPB)

分數	呼吸困難自覺
0	完全不會呼吸困難
0.5	非常非常輕微的呼吸困難
1	輕微的呼吸困難
2	有點呼吸困難
3	中等
4	有些呼吸激烈
5	呼吸激烈
6	
7	呼吸非常激烈
8	
9	呼吸非常非常激烈
10	最激烈

附錄四

實驗記錄表

姓名：\_\_\_\_\_ 出生年月日：\_\_\_\_\_ 編號：\_\_\_\_\_

身高：\_\_\_\_\_ 體重：\_\_\_\_\_

VO<sub>2max</sub>：\_\_\_\_\_ vVO<sub>2max</sub>：\_\_\_\_\_

PI<sub>max</sub>：\_\_\_\_\_ 15%PI<sub>max</sub>：\_\_\_\_\_ 40%PI<sub>max</sub>：\_\_\_\_\_

FVC：\_\_\_\_\_ FEV<sub>1</sub>：\_\_\_\_\_ FEV<sub>1</sub>/FVC：\_\_\_\_\_

Test 1

<安靜狀態>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

<100%vVO<sub>2max</sub> 耐力測驗>

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RPE									
RPB									

完成時間：\_\_\_\_\_

完成距離：\_\_\_\_\_

<測驗後>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

<測驗後五分鐘>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

Test 2

<安靜狀態>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

<100%vVO<sub>2max</sub> 耐力測驗>

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RPE									
RPB									

完成時間：\_\_\_\_\_

完成距離：\_\_\_\_\_

<測驗後>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

<測驗後五分鐘>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

Test 3

<安靜狀態>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

<100%vVO<sub>2max</sub> 耐力測驗>

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RPE									
RPB									

完成時間：\_\_\_\_\_

完成距離：\_\_\_\_\_

<測驗後>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_

<測驗後五分鐘>

心跳：\_\_\_\_\_ 血乳酸：\_\_\_\_\_ RPE：\_\_\_\_\_ RPB：\_\_\_\_\_