

國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

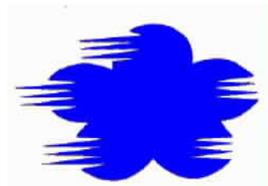
兩次低氧高強度間歇負荷對恢復速度與
有氧閾值耐力之效果

The effects of twice high-intensity hypoxia interval
exercise on recovery rate and aerobic threshold

指導教授：張嘉澤 博士

研究生：張育綺 撰

中華民國 103 年 6 月



國立體育大學
National Taiwan Sport University

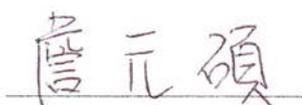
本論文：兩次低氧高強度間歇負荷對恢復速度與有氧閾值耐力
之效果

係國立體育大學競技與教練科學研究所研究生張育綺所提，
作為審查授予體育學碩士學位之一部分。

本論文承蒙下列考試委員審查通過

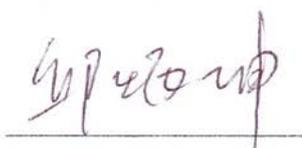
中華民國 103 年 6 月

論文考試委員



詹元碩 博士

國立臺北教育大學副教授



邱炳坤 博士

國立體育大學教授



張嘉澤 博士

國立體育大學助理教授

(本論文指導教授)

兩次低氧高強度間歇負荷對恢復速度與 有氧閾值耐力之效果

摘要

目的：探討兩次低氧高強度間歇負荷對恢復速度與有氧閾值耐力之效果。
方法：以大專男子跆拳道選手 7 名為受試對象。參予一週測驗共有五個測試內有兩天的低氧負荷。測試方法為 11 槳划船最大努力負荷後為(前後測)基礎耐力測試及兩次低氧則於低氧艙以腳踏車與划船測功儀進行高強度間歇負荷，氧氣濃度定為 13%。**研究結果：**兩次低氧高強度間歇負荷後受試者有氧閾值及瓦特數 (Watt)，兩者差異為 +15.5 Watt ($p > .05$)。前後測階梯式負荷最後一階瓦特數，兩者差異為 17.1 Watt，未達顯著差異 ($p > .05$)。兩次低氧高強度間歇負荷後再階梯式負荷，乳酸、心跳率皆未達顯著改變。划船測功儀負荷結束 E1 與 E15 血液乳酸，未達顯著差異。腳踏車測功儀負荷結束後 E1 與 E15 血液乳酸平均值差異為 $-3.11 \pm 0.03 \text{ mmol/l}$ ($p < .05$)。**結論：**兩次低氧高強度間歇負荷後，在運動能力式呈現進步的情形，此現象表示在未來訓練的課表中可以增加腳踏車測功儀及划船測功儀作為短時間高強度的間歇訓練。

關鍵詞：心跳率、血乳酸、血氧飽和濃度、恢復期

The effects of twice high-intensity hypoxia interval exercise on recovery rate and aerobic threshold

Abstract

Purpose: To investigate the effects of twice high-intensity hypoxia interval exercise on recovery rate and aerobic threshold. **Method:** Seven male collegiate Taekwondo athletes were recruited for this study. A total of five tests were conducted within a week with two days of hypoxia exercise. Testing approach includes: 1) Pre and post basic endurance test after the 11 stroke rowing maximal workload; 2) Twice high-intensity cycling and rowing hypoxia interval exercise were conducted in a low pressure oxygen cabin with a 13% fraction of inspired oxygen. **Results:** After twice high-intensity hypoxia interval exercise, the aerobic threshold and Watt had a difference of +15.5 Watt ($p > .05$). The Watt of the last stage in pre and post test was 17.1 Watt but there was no significant difference ($p > .05$). The lactate and heart rate after twice high-intensity hypoxia exercise and basic endurance test had no significant changes. There was no significant difference between the E1 and E15 lactate after rowing. The mean difference between cycling's E1 and E15 was -3.11 ± 0.03 mmol/l ($p < .05$). **Conclusion:** It was found that exercise ability improved after twice high-intensity hypoxia exercise. Thus, cycling and rowing could be incorporated into training regimen as short time high-intensity interval training in combination with hypoxia to enhance participants' exercise ability and training effects in a short time.

Keywords: heart rate, lactate, saturation of peripheral oxygen, recovery phase

謝 誌

「感謝上帝，我終於完成論文了」感謝我的信仰帶給我的力量，感謝祢在我煩惱或是苦惱時，帶給我信心與希望。

此篇論文能夠順利完成，首先要感謝指導教授張嘉澤博士，的細心及有耐心的教導並提供寶貴的意見及思考的方向，使論文內容更加嚴謹，有老師指點我在生理學及訓練學領域正確的觀念及知識，讓我再研究所這兩年獲得不少收獲，學生在此致上最誠摯的敬意與感謝。本論文並承詹元碩博士和邱炳坤博士指教斧正，對論文指導與批閱分析，特此致上最誠摯的敬意與謝意。

在本實驗期間能夠順利進行，特此感謝 SPDI 運動能力診斷中心的，老師、學姐、學長、同學的幫忙，及熱心的協助，還有網球隊的陳志榮老師、蕭丞邑教練給了我很多的建議及關心我的學業狀況，施測期間也感謝跆拳道隊的學弟們的認真參與讓實驗能夠順利完成，感謝有您們。

最後要感謝一路栽培我的家人與偉萍給予我精神上的鼓勵及支持讓我，讓我再學習當中無後顧之憂的完成學業，謝謝您們。

張育綺 謹識

中華民國 103 年 6 月

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
致謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
中英文對照表.....	VIII
第壹章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	4
第三節 名詞解釋.....	4
第貳章 文獻探討.....	5
第一節 低氧環境之相關研究.....	5
第二節 腳踏車與測功儀之相關研究.....	9
第三節 有氧閾值之相關研究.....	11
第四節 生物參數之相關研究.....	13
第五節 文獻總結.....	17
第參章 研究方法.....	18
第二節 研究對象.....	18
第二節 實驗時間與地點.....	18

第三節 實驗儀器與設備	19
第四節 實驗方法與步驟	20
第五節 實驗程序與流程	22
第六節 資料處理與分析	23
第肆章 結果分析與討論	24
第一節 有氧閾值耐力與階梯式負荷結果分析	24
第二節 划船與腳踏車負荷生理反應之分析	32
第伍章 結論	39
第一節 結論	39
參考文獻	40
中文文獻	40
英文文獻	41
附錄	48

表目錄

表 2-1	運動能力與高度	6
表 2-2	不同高度空氣壓力與氧氣濃度	7
表 2-3	運動負荷結束心跳率判斷	15
表 3-1	受試者基本資料	18
表 3-2	腳踏車階梯式模式	20
表 4-1	前後測有氧閾值瓦特速與心跳率平均值與標準差	24
表 4-2	11 槳最大努力負荷平均時間與平均瓦特數個人負荷強度依據	32



圖目錄

圖 2-1	乳酸閾值 2-4MMOL/L	12
圖 3-1	低氧腳踏車訓練內容	32
圖 3-2	低氧划船訓練內容	32
圖 3-3	實驗流程	32
圖 4-1	腳踏車階梯式負荷最後一階 WATT 平均值與標準差.....	32
圖 4-2	腳踏車階梯式負荷與恢復期乳酸平均值與標準差	28
圖 4-3	腳踏車階梯式負荷恢復期心跳率平均值與標準差	30
圖 4-4	TR A.B 划船與腳踏車恢復期乳酸平均值與標準差	33
圖 4-5	TR A.B 划船與腳踏車恢復期心跳率平均值與標準差	35
圖 4-6	TR A.B 划船與腳踏車恢復期血氧飽和濃度平均值與標準差	37

中英文對照縮寫表

縮寫	英文	中文
mmol/l	millimol per liter	每公升所含有之毫莫耳數
HR	Heart rate	心跳率
La	Lactate	乳酸
SPO ₂	Saturation of Peripheral Oxygen	血氧飽和濃度
s	Second	秒
min	Minute	分鐘
m	Meter	公尺
μl	microliter	微升
H	hypoxia	低氧
FIO ₂	fraction of inspired oxygen	氧氣濃度
Rep	Repetition	重複
V ₂	velocity of 2 millimol per liter	2 莫耳速度
V ₄	velocity of 4 millimol per liter	4 莫耳速度
V ₆	velocity of 6 millimol per liter	6 莫耳速度

第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

在 1968 年第十九屆墨西哥市 (Mexico City) 舉辦奧林匹克運動會，以海平面高度為 2300 m，比賽當時受到高地低氧的影響，如運動生理學家所預料，若運動時間超過 2 分鐘，其競賽成績皆較平地為退步，使選手當時比賽成績無法突破甚至不盡理想。而隨著科技進步的時期，及科學化的介入都呈現高品質的訓練，而減少訓練量或是單次訓練能夠有效提高訓練效果及品質，都是現今值得探討的問題。為了提高頂尖選手競技表現高地低氧訓練仍是球類、游泳、中長跑、馬拉松、自行車、越野滑雪、划艇、等各式各樣運動計畫不可或缺的項目 (許欣、曾凡星，2005)。數十年來研究員仍持續不斷的以常壓低氧來做耐力訓練與實驗，目的就是為了研究出能幫助教練有效提高運動員的運動能力與突破競技成績。近年來也有研究發現高地的低氧環境對耐力訓練有效的使骨骼肌之粒線體增生 (Hood, 2001)，肌細胞葡萄糖轉運體數量增加 (Ren, Semenkovich, Gulve, Gao, & Holloszy, 1994)、微血管密度擴大 (Gute, Fraga, Laughlin, & Amann, 1996) 等生理機轉提昇及提高有氧代謝能力 (Dufour et al., 2006)。低氧的訓練分為兩種訓練方式高住高練與高住低練及間歇期的低氧訓練 (intermittent hypoxic training, IHT) 對有氧閾值能力有顯著的提升。而近年來訓練及研究都以常壓低氧 (人工低氧艙) 的方式且可以讓選手再低氧艙內睡眠，再到常氧做訓練，利用氣體分離使氧氣濃度達到高地的狀態，並可調整氧氣濃度，針對個別化的需求做為調整。

Hollmann 與 Liesen (1973) 指出高地低氧訓練能夠提昇血紅素數量，改善肌肉內的氧傳輸和血液循環容積，血液氧氣運輸、改善血液含氧量。其原因是由於缺氧及訓練的刺激，會增加運動員生理對訓練的適應，而提高運動能力。

Davidson 與 Stalcup (1984) 發現急性低氧會使得心輸出量增加 (+25%)、血壓上升 (+15%)、組織血流重新分配 (增加心臟、腦部、骨骼肌之血流量) 等。

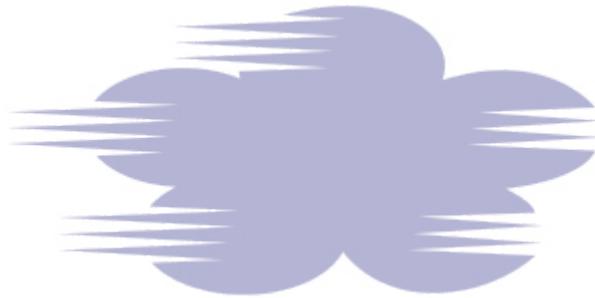
Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell, 與 Gibala (2005) 探討 2 週內進行 6 次訓練, 每次訓練為 4-7 次的 30 s 並在腳踏車上進行最大努力衝刺間歇訓練 (sprint interval training, SIT), 結果發現提昇了肌肉氧化能力及耐力, 因此可得知腳踏車進行衝刺間歇訓練亦可提升心肺耐力。

Geiser 等 (2001) 以 33 位受試者分為四組 1.常氧 - 高強度 8 人。2.常氧 - 低強度 7 人。3.低氧 - 高強度 10 人。4.低氧 - 低強度 8 人等 4 組, 常氧為 600 m 高度, 低氧高度為 3850 m, 於腳踏車功率器上訓練 6 週, 每週 5 天, 每天 30 min, 結果發現未曾受過訓練者高練低住之運動能力表現與在常氧下訓練增加的幅度相同; 但在缺氧條件下, 有氧能力有較顯著的增加。近年來訓練的趨勢與方式不斷強調訓練時間的經濟效益, 因此發展出短時間高強度間歇訓練模式 (High-intensity interval training, HIIT), HIIT 訓練可在短時間提升受試者有氧代謝能力。

Wang, Ho, Chan, Lee, 與 Hsu (2012) 的研究顯示, 連續 7 天的 HIT 訓練, 有助於提升有氧耐力。續性耐力訓練與高強度間歇訓練兩項比較對能量代謝的影響, 經 6 週訓練後皆明顯增加肌肉中糖類代謝酵素 (pyruvate dehydrogenase) 及脂肪氧化酵素 (3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase), 同時也減少運動負荷中對肝糖及磷酸肌 (creatine phosphate, PCr) 的利用, 體內脂肪氧化代謝比例增加, 糖類氧化代謝降低, 顯示兩種訓練模式的效果相似, 但高強度間歇的訓練時間, 只有耐力訓練的三分之一, 而訓練總量更是只有十分之一 (Burgomaster et al., 2008)。

運動負荷劑量會造成生理平衡受干擾, 此現象反應出在體循環與新陳代謝的壓力下產生變化, 過去研究指出, 在運動負荷過程中此兩項能力的變化可反應出個人承受負荷的情況, 其中以心跳率最能直接反應運動員體循環的能力, 而新陳代謝的部分則反應在血乳酸的改變 (Hottenrott, 1993), 並透過低氧的刺激, 讓人體在低含量的氧氣濃度中運動, 使身體受到刺激人體會適應並產生調節機制, 及改善生理功能

及能量提供路徑，邱奕棠等 (2012) 以固定式自行車於低氧艙 (FIO_2 13%) 進行五天耐力訓練之研究指出五天訓練期間對於公路車選手新陳代謝與體循環呈現進步的趨勢 5 天訓練後，最大無氧乳酸耐力提升，乳酸值延後出現。邱奕棠、張嘉澤(2011) 研究以 8 名田徑短距離競賽選手，參予五天低氧訓練，進行 4 × V6 (3min) 訓練，結論為五天低氧訓練對選手新陳代謝與體循環有提升效果。然而，以往常壓低氧訓練大多以長時間持續方式 而較少以高強度間歇的模式而訓練的工具也以單一器材為主，訓練的週期也大多為 2 週以上。此外，常壓低氧訓練對運動員恢復機轉的影響也是比較少被研究與討論，因此本研究以一週訓練週期高強度間歇低氧訓練，根據 Neumann (1990) 提出之生物參數改善所需時間之理論，心跳率及乳酸改善時間以日、週為單位。而在低氧艙以不同運動負荷、高強度間歇刺激的模式，來探討對運動員恢復機轉與有氧閾值能力的影響。



第二節 研究目的

本研究之目的有下列兩點:

- 一. 探討兩次低氧高強度間歇負荷對有氧閾值耐力與階梯式負荷之影響。
- 二. 探討兩次低氧高強度划船與腳踏車間歇負荷對恢復期生理反應之影響。

第三節 名詞解釋

一、有氧閾值

有氧閾值指乳酸濃度稍高於安靜值，其能量代謝以脂肪為主要來源。

二、乳酸

乳酸的產生是依肌肉在運動時能量代謝物質之一，當運動強度越大時，所產生之乳酸的量就會越多，當乳酸產生越多運動能力會受到限制。

三、心跳率

心跳率為心臟跳動之頻率，在本研究中所指心跳率為；受試者測試後第五分鐘，以 Polar 心跳監測器所測得之數值，單位為一分鐘 (min^{-1})。

四、血氧飽和濃度

血氧飽和濃度是指人體血液中氧濃度含量，透過體外血氧濃度的偵測，並可間接了解身體的氧氣的供應是否足夠。

第貳章 文獻探討

第一節 低氧環境之相關研究

在高原環境中，因氧氣濃度低，也間接影響到能量代謝路徑，而優先使用碳水化合物分解，使得低氧訓練在相同強度下運動，乳酸堆積明顯的比常氧高。而人體在受到低氧環境的影響及刺激，身體產生應變能力而間接調節生理機制。在低氧的環境下氧氣的不足使氧化磷酸化受到抑制，此時在休息的狀態下，脂肪氧化轉向無氧糖酵解 (Hochachka et al., 1991)。高山低氧的反應方式為慢性低氧，如登山隊員，在登山過程到一定程度紅血球數目、血球容積比、血紅素等，都會明顯的增加，隨著攀登高度的上升而 PO_2 下降，是為常見的低壓低氧環境 (Armstrong, 2000)。在低氧的環境下訓練，能有效提昇有氧能力，使身體各部位肌肉群得到較大的發揮空間，再加上心肺功能的改善，同時抵抗低氧環境對身體的限制，而在低氧的狀態下，心肌與骨骼肌的組織中，會顯著提昇葡萄糖的吸收與醣類能源的利用 (Cartee, Douen, Ramla, Klip, & Holloszy, 1991; Kohyama et al., 1993)。Fuchs 與 Manfred (1990) 依據運動與海平面高度，指出 2000 – 3000 m 為生理補償期區域及改善耐力表現之高度如表 2-1 所示。

表 2-1 運動能力與高度 (Fuchs & Manfred, 1990)

運動能力與高度	
0-2000 m	適應生理反應區域
2000 m	閾值反應區域
2000 -3000 m	生理補償負荷區域
4000 m	閾值干擾區域
4000-6000 m	生理補償能力下降
6000 m	生理危險閾值
6000-8000 m	生命危險區域
8000 m	死亡區域

常壓低氧，是由前蘇聯博士 Sterlinkofer 在 1980 年研究最初是用於臨床醫學對呼吸與消化系統的治療方式。而近年來訓練及研究都以常壓低氧（人工低氧艙）的方式來實驗研究與運動訓練，利用氣體分離，使氧氣濃度達到高地的狀態，例如低氧艙可減少 O₂ 的百分比產生低氧環境，屬常壓低氧 (normobaric-hypoxia) 或降低大氣的壓力低壓低氧 (hypobaric-hypoxia) 的模式。提供受試者呼吸，而產生高地訓練之效果。並可調整氧氣濃度，針對個別化的需求做調整。同樣的在低氧氣體對身體的刺激下，身體機制也會產生對抗缺氧之生理反應的狀況，並提高人體在運動時缺氧的適應能力 (雷志平，1997)。

李文忠、陳俊忠 (1996) 探討常壓低氧模擬登山訓練之研究指出，常壓低氧的訓練效果、與生理反應及運動表現上皆優於常壓常氧組。所以適當的低氧運動訓練，能增進體適能表現，藉此促進人體能量代謝調節效益。Berglund (1992) 以過去 Fuchs 與 Manfred (1990) 的研究，發現適合進行低氧負荷訓練及生理補償氧氣濃度為 16.1-11.3%，此高度約為 2000 m - 4500 m，並以不同高度空氣壓力與氧氣濃度設定表如表 2-2 所示。

表 2-2 不同高度空氣壓力與氧氣濃度

高度 (m)	空氣壓力 (mmHg)	氧氣濃度 (%)
0	760	20.9
500	716	19.7
1000	674	18.4
1500	634	17.2
2000	596	16.1
2500	560	15.1
3000	520	14.1
3500	493	13.1
4000	462	12.2
4500	433	11.3
5000	405	10.5

Kontos, Levasseur, Richardson, Mauck, 與 Patterson (1967)、Vogel 與 Harris (1967) 研究發現在急性低氧環境下，高強度負荷或是安靜時，都會增加安靜心跳率，在較高的高度中，心跳率也會明顯升高。長期在中高強的低氧刺激 ($F_{I_{O_2}}$ 12-15%) 適應後，會明顯的觀察到骨骼肌會產生像運動訓練後的生理適應。邱奕堂等 (2012) 以固定式自行車於低氧艙 ($F_{I_{O_2}}$ 13%) 進行 5 天耐力訓練之研究指

出 5 天訓練期間對於公路車選手新陳代謝與體循環呈現進步的趨勢 5 天訓練後，最大無氧乳酸耐力提升，乳酸值延後出現。邱奕棠、張嘉澤 (2011) 研究以 8 名田徑短距離競賽選手，進行五天低氧 ($F_{I}O_2$ 13%) 訓練，強度為 $4 \times V_6$ (3min) 訓練，結論為五天低氧訓練對選手新陳代謝與體循環有提升效果。Basset 等 (2006) 探討進行常壓低氧方式以優秀越野滑雪與快速溜冰選手訓練對血液及運動表現之影響，結果發現以 3 週 (8 hrs/day, 2 days/week for 3 weeks)，(O_2 高度約 3636 m 的高度) 訓練後，血紅素、血比容、紅血球素，血小板及 EPO 濃度都呈現上昇狀態，但有氧—無氧閾值並無顯著進步。Garcia, Hopkins, 與 Powell (2000) 研究以 9 名成年男性，測試在相同二氧化碳分壓，低氧通氣反應，實驗組每天進行 2 小時，於 13% 氧分壓環境內 (類似於相當海拔 3500 m)，持續實驗 12 天；結果發現在平均通氣反應中顯著增加。雷志平 (1997) 研究發現間歇低氧訓練 (intermittent hypoxic training, IHT) 對於心血管的機能是有影響的，在經過研究後，結果顯示出，5 天 IHT 訓練之後，心搏輸出量從 64.1 ml，顯著增加至 81.9 ml，IHT 訓練 10 天之後，心搏輸出量顯著增加至 105 ml，在心跳率上，卻未明顯改變，這顯示出 IHT 可以提高心搏輸出量，有效提升心臟功能。

陳佳慧等 (2009) 指出進行 5 天常壓低氧訓練，受試者為健康中年運動愛好者其體循環及新陳代謝方面產生適應現象，而個人基礎耐力 2-4 mmol/l 亦有效提升及改善。Tkatchouk, Kondrykinskaya, 與 Ehrenbourg (1993) 研究發現間歇性的低氧訓練能夠有效降低運動時心跳率和肺通氣量，其機制可能是增加了心輸出量來補償讓心跳率降低。

第二節 腳踏車與划船測功儀之相關研究

一、划船測功儀：

划船運動從 1982 年引進台灣，划船的動作又分入水、拉槳、出水、以及回槳，四個階段的練習方式，划船測功儀又稱室內划船器，在划船運動裡不只是在水上室內也可以利用划船測功儀做為訓練，划船測功儀的原理運用，旋轉葉扇產生風，並可利用風口的大小控制拉的阻力，現今的划船測功儀結合 Concept II 進行測驗，證實具有很高的功率輸出再測信度 Schabort, Hawley, Hopkins 與 Blum (1999) 對於教練日後訓練選手幫助很大。划船運動為結合有氧與肌肉耐力的運動型式，除了能進行心肺功能的訓練外，更具有延遲肌肉退化的生理效果 (Yoshiga, Higuchi, & Oka, 2002)。Schabort 等 (1999) 以 8 名划船選手為研究對象，總天數 14 天，每次訓練間隔 3 天，共 3 次的划船測功儀訓練負荷，訓練內容為 3 次的 2000 m，在研究結果當中也發現在平均輸出功率以及心跳率皆有進步的情形，也發現不僅划船測功儀可作為划船專項的專項耐力訓練工具外，也能作為其他競技運動項目的耐力訓練工具之一。划船運動屬於全身性的運動型態，所動用的肌群和原地跑步機、腳踏車測功儀及手搖功率計相對較多，對於一般人的有氧能力測量中，划船測功儀若能作為有效評估工具，以提高測驗中的安全性及減少運動員的恐懼感，並提供多元化的選擇，另具有方便攜帶及價格經濟等優點，不僅具有好的測信度，同時也能預測運動員的有氧能力 (Schabort et al., 1999)。

二、腳踏車測功儀：

腳踏車測功儀是以自行車運動的腳步動作型態設計，亦可做為運動負荷型態及診斷或訓練耐力的方式之一。器材的訓練型態是以瓦特數 (Watt) 來作為運動時強度的依據及控制訓練強度的設定。腳踏車測功儀是一項可以有效且可以改善

身體中新陳代謝系統及燃燒脂肪屬於一項全身性的運動 (Bauman & Rissel, 2009)。Hollmann 等 (1987) 其中就以腳踏車測功儀作為判斷競技選手的耐力指標的儀器之一，調整腳踏車測功儀的轉速以及瓦特數就可成為有氧以及無氧耐力的訓練儀器。Leicht, Sealey, 與 Sinclair (2011) 以 41 名健康成人使用 mechanically (ME) 與 air-braked (AE) 兩項儀器進行 30s 腳踏車測功儀無氧循環的測驗，間隔 7 天之後發現無氧能力皆有提升。Burgomaster 等 (2006) 以 8 位受試者，使用腳踏車進行二週六次的訓練，方法為 4 - 7 x 30 s，Rep 4 min 結果顯示安靜肌肝糖、250-KJ 腳踏車計時測試表現都有向上提升；運動中糖酵解及運動中乳酸值則呈現下降。Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen, 與 Spriet (2007) 讓女性運動員騎腳踏車進行兩週內共七次訓練，研究結果顯示在最大攝氧量峰值上升、脂肪代謝、肌肉粒線體活性皆增加。Burgomaster 等 (2005) 在兩週內進行六回之訓練，每回的訓練為 4 - 7 次的 30 s 腳踏車最大努力衝刺間歇訓練 (sprint interval training, SIT)，結果發現增進了肌肉氧化能力及耐力。因此可得知腳踏車進行衝刺間歇訓練亦可提升心肺耐力。

第三節 有氧閾值之相關研究

有氧-無氧閾值的理論以德國學者 (Mader et al., 1976) , 並以階梯式負荷最受普遍使用, 此將乳酸值分為 2 mmol/l (有氧閾值) 及 4 mmol/l (無氧閾值) 來判斷的最佳, 有氧與無氧閾值作為能量提供路徑做為依據如圖 2-1 所示。這些能量提供路徑主要是依據運動種類的時間與強度而產生。有氧閾值指的是有機體在氧氣的傳輸下參與產生能量的能力, 也是判斷選手的耐力好與壞, 它的出現時間點也是在無氧閾值之前, 乳酸濃度含量比安靜值高, 肌肉活動是由有氧的糖酵解和脂肪做為代謝提供能量動員, 有氧能力的提昇可以幫助運動員增加每分鐘心跳率的輸出量, 提供血液供應氧的能力, 並可增強在恢復期的乳酸排除率。有氧閾值的增強也可以提昇無氧糖酵解的基礎能力。Hollmann 等 (1987) 研究指出競技運動員腳踏車, 有氧-無氧閾值能力, 必須達到 2 mmol/l 速度 ≥ 100 Watt 與 4 mmol/l 速度 ≥ 130 Watt。達到此能力可加速生物參數恢復時間, 特別在短時間高強度的運動型態 (技擊, 球類, 舉重) 及負荷能量來自 ATP-CP 之運動項目。龔純玉 (2006) 以 8 位國中拔河隊男生選手, 以個人有氧閾值速度做為訓練強度設定, 訓練時間持續 5 週, 每週 3 次, 每次 20 min 的有氧耐力訓練。研究結果顯示, 在經過 5 週有氧耐力訓練後, 對於拔河選手的心肺耐力及拔河專項能力, 皆有提昇之效果。陳江圳 (2004) 探討五週耐力訓練對有氧與無氧非乳酸能力及網球專項能力之影響, 結果顯示五週耐力訓練能夠有效提昇選手有氧能力及無氧非乳酸能力及有效降低網球選手擊球失誤率。詹蕙真 (2006) 以心跳率作為強度的設定, 來改善國中男子手球選手的有氧耐力。實驗分別以個人有氧閾值心跳率及無氧閾值心跳率做為訓練強度的設定, 訓練時間為期 5 週, 每週 3 次, 每次 20 min。結果發現兩組在有氧與無氧閾值心跳率均有顯著的進步。但以無氧閾值做為耐力訓練方式, 可顯著增加乳酸代謝能力, 對運動後恢復期有顯著效果。Yoshida, Suda, 與 Takeuchi (1982) 以腳踏車測功儀持續運動負荷來改善

有氧耐力，實驗以 7 名大專男生，在經過每週 3 天、為期 8 週的 15 min 腳踏車訓練以設定個人 4 mmol/l 閾值強度，進行 8 週後，受試者的最大攝氧量進步，且在最大運動中強度相同時推積的乳酸顯著降低，結果證實為期 8 週的無氧閾值強度持續型態訓練，可以有效的增強無氧閾值與最大攝氧量。Neumann (1991) 指出有氧能力越強其無氧非乳酸能量再恢復能力就越快。

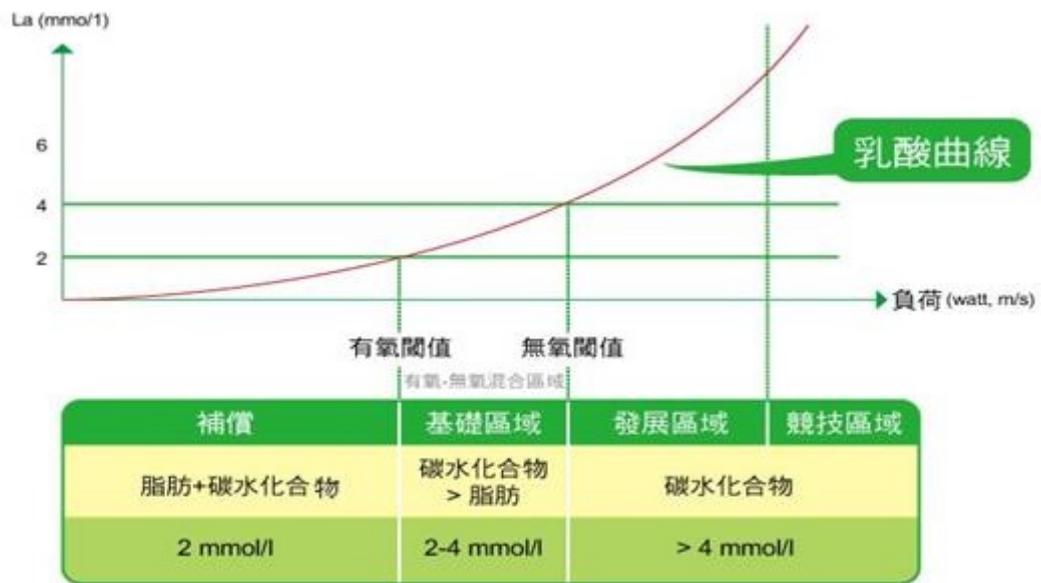


圖 2-1 Mader et al. (1976) 乳酸閾值曲線

第四節 生物參數之相關研究

一、 乳酸 (Lactate)

乳酸的產生是依肌肉在運動時能量代謝物質之一，人體在劇烈的活動中，乳酸大量產生，使氫離子濃度隨著上升，造成身體 pH 值下降產生酸化現象 (Sahlin, Harris, Ny Lind, & Hultman, 1976)。過去研究乳酸濃度常被用做於判斷運動強度的指標 (Heck, Mader, & Müller, 1986) 研究，Hollmann 與 Liesen (1973) 指出乳酸的產生是依據運動的時間、運動的強度和運動的項目乳酸堆積濃度而有高低，因此也需要視當時之糖質新生速度而定。乳酸的堆積會影響肌肉的收縮功能、神經傳導的速度以及能量的使用，以導致身體疲勞的狀態發生。Neumann, Pfützner, 與 Berbalk (2001) 指出乳酸在短時間高強度的運動中會不斷堆積，至運動結束後會出現峰值，通常在結束後第 3 min 開始，因此提出了最佳乳酸曲線的論點，其分析依據下列三點：(一)、運動結束後乳酸峰值是否出現在 E1；(二)、乳酸峰值出現時機越延後越好；(三)、乳酸峰值出現時機與最後採集時間點之差異。依據第三點，可計算出乳酸排除率，計算方法為「最後採集時間－最大負荷後乳酸峰值／排除時間」，競技運動員乳酸排除速率可達 0.5 mmol/l/min，未訓練者排除速度為 0.3 mmol/l/min，因此運動員對血乳酸排除速度較強，且動態活動休息時間比靜態休息方式較好 (Neumann, 1991)。Weicker 與 Strobel (1994) 指出運動負荷後在肌肉中產生乳酸並透過擴散的方式進入血液再進入肝臟。Carter 與 Jones (2000) 研究中提到如要減少運動中乳酸的堆積，藉由有氧耐力訓練提高克勞伯循環 (Krebs cycle) 接受丙酮酸 (pyruvate) 的能力，也提高碳水化合物的利用率，來延緩醣類在高強度負荷下耗盡。Neumann (1990) 指出乳酸是在肌肉組織中形成，然後滲透入血液中，最後是由肝臟 (50%)、心肌 (10%)、腎臟 (10%) 和不活動肌群 (30%) 排除。在運動時的乳酸排除率，是依據有氧代謝轉換程度、乳酸濃度之因素而有所影響，愈受影響乳酸排除越大 (Heck, 1990)。而

經過訓練之後身體器官會產生適應現象，在同樣的運動負荷下，乳酸會產生下降的效果（葉明春、呂欣善、張嘉澤，2006）。Neumann (1991) 指出運動中乳酸的堆積與排除能力，是依據個人的有氧能力而定，有氧能力越高者，乳酸排除速度也越快。楊孟龍等 (2008) 研究結果指出，有氧耐力能力越好，乳酸排除速度越快，無氧耐力能力越好，在高強度負荷運動中產生乳酸就越低。張嘉澤、詹元碩 (2005) 指出可藉助乳酸代謝率與有氧閾值耐力能力做為評價方式。

二、心跳率 (Heart rate)

運動結束後心跳率被認定可代表自主神經系統之作用的徵狀，其生理系統包括心肌興奮、心跳率上升之交感神經、及降低心跳率的副交感神經 (Fox, 2002)。當運動負荷中止時，因中樞神經的停止及壓力的反射及其他生理機制的影響下，副交感神經的活躍度上升，因而使交感神經維持活躍的狀態，使心跳率呈現下降的情況 (O' Leary, 1993)。心跳率在運動中主要是個體在接受不同性質的運動項目訓練後，心臟為供給足夠血流量以應付運動訓練時組織所需，所產生的生理適應，其比一般正常的心臟能完成更多的工作。運動時心跳率的上昇的快慢及運動結束後，恢復至安靜狀態的速率皆可以顯示出心肺適能的優劣 (Böhmer et al., 1975)。心跳率在運動負荷時常被當作運動指標與強度的依據，也可以直接接收到的訓練負荷的感受。長期使用並可得知訓練效果與評估運動表現，因測試不需任何器材，簡便並隨時可以獲得參數，因此很多訓練與測試都常被使用。心跳率除了可以用來評估病理性疾病，而在運動負荷中或運動後恢復期的的心跳率高或低來觀察恢復的情形，只要數值越低者表示其心肺功能則越好。心跳率也會隨著身體的活動，及副交感神經的緊張上升或下降。有許多的因素會影響心跳率，例如：年齡、性別、氣候、疲勞、飲食、疾病、運動的方式不同也會進階的影響心跳率。而一般而言，安靜心跳率平均在每分鐘 72 min^{-1} 左右，而運動員大部分都會更低。Neumann (1990) 研究指出依生物參數改善所需的時間，最快的是心

跳，以日為單位。心跳率的界定 Wilmore 與 Costill (2004) 指出未接受訓練者的安靜心跳率 80 min^{-1} ，從事數週運動訓練之後，安靜心跳率能降低至 70 min^{-1} 。Böhmer 等 (1975) 提出運動負荷結束後的第 5 分鐘 (E5) 心跳率可以代表運動員之恢復能力，亦可用來評估有氧耐力訓練效果，判斷的標準如表 2-3 所示。Sedlock (1994) 研究指出運動後恢復期的心跳率，與運動強度及體能有相當密切關係，而運動後恢復期的心跳率亦會受訓練的影響，經過訓練者比非訓練者恢復的更快。Gocentas, Juozulynas, 與 Landor (2009) 以 7 名籃球選手為受試對象研究發現，有氧能力較佳的選手其運動後心跳率恢復較為快速。

表 2-3 運動負荷結束心跳率判斷

最大負荷後第 5 分鐘心跳率	評價
$> 130 \text{ min}^{-1}$	很差
$130-120 \text{ min}^{-1}$	差
$120-115 \text{ min}^{-1}$	尚可
$115-105 \text{ min}^{-1}$	好
$105-100 \text{ min}^{-1}$	很好
$< 100 \text{ min}^{-1}$	高競技能力

三、血氧飽和濃度 (Saturation of Peripheral Oxygen)

血氧飽和濃度指的是血液中氧含量及血紅素的數量，血氧飽和濃度跟血液中所攜帶的氧氣有關 (Fox, 2002)。氧氣在人體是一項不可或缺的物質，因為我們只要缺乏氧氣幾分鐘就無法繼續存活，氧氣在身體細胞新陳代謝是必要的因素之一。而人體在新陳代謝過程中所需要的氧是通過呼吸系統進入人體血液，與血液紅細胞中的血紅蛋白，結合成氧合血紅蛋白，在運送到人體各部位組織細胞中。

而測量血氧飽和濃度是非侵入性、無痛、及可靠的方法來測量，它可以在短暫的時間中偵測到低血氧 (Hanna, 1995)。它的原理是利用兩條不同波長光，通過一條脈動的血管，因通透性的差異進而反映出血紅素及氧血紅素之間的量差，最後轉成氧血紅素飽和度以數字顯現出來，而血氧飽和濃度在健康成年大於 95 % 以上通常是被認為正常指標 (Holmes & Peffer, 2009)，在醫療上血氧飽和濃度也是不可或缺的數據，如臨床重症病患、麻醉手術及睡眠呼吸中止等，對於長時間的監測觀察相當具實用，可以避免血氧飽和過低而有照成危害 (Dakin, Kourteli, & Winter, 2003)。熊育彬等 (2011) 以單次常氧 (FIO_2 21%) 低氧 (FIO_2 15%) 進行 10 次的無氧閾值速度間歇訓練，結果顯示常氧組血氧飽和濃度較穩定，而低氧組卻呈現起伏的情形，顯示人體在接受刺激時，迅速產生調解的機制。Ventura, Hoppeler, Seiler, Binggeli, 與 Vogt (2003) 以常氧組與低氧組 (FIO_2 13%)，六週腳踏車訓練，結果顯示最大攝氧量與瓦特數無上昇情形，而低氧組血氧飽和濃度呈現上升。Basset 等 (2006) 以 12 名選手，分為常壓低氧 ($H=13\%$) 以及常氧組，進行三週腳踏車訓練，強度為 75% 最大攝氧量，其結果顯示運動過程中血氧飽和濃度下降，心跳率上升，而兩者呈現顯著的負線性關係。

第五節 文獻總結

從上述相關文獻得知，透過低氧的訓練能有效提升運動能力表現，其依據運動與海平面高度，指出 2000 m– 3000 m 為生理補償期區域，而間歇性低氧環境之氧氣濃度，範圍約 16.1-11.3 %，相當於海拔高度約為 2000 m – 4500 m ，此高度有效改善耐力表現，其低氧訓練效果能提昇血紅素數量，改善肌肉內的氧傳輸和血液循環容積，血液氧氣運輸、改善血液含氧量。划船測功儀和腳踏車測功儀都屬於肌肉耐力性與全身性的運動，同時也能預測運動員的有氧能力。有氧閾值的提昇可以幫助運動員增加每分鐘心跳率的輸出量，提供血液供應氧的能力，並可增強在恢復期的乳酸排除率。乳酸值可應用在訓練上，掌控其準確之訓練強度使運動員產生良好訓練效果、及檢視生理狀況與疲勞程度皆有助益。透過心跳率可以偵測及控制訓練強度，而閾值心跳率可提供教練有效率的訓練方式並協助選手以最短時間達到最佳訓練效果。血氧飽和濃度可做為低氧訓練時監控生理狀況的指標，可避免因嚴重缺氧而對身體造成傷害。

第參章 研究方法

第一節 研究對象

本研究以大專男子跆拳道選手 7 名為受試對象，測試前向受試者詳細說明研究目的及實驗流程後，隨即給予每位受試者一份「受試者須知」、「運動能力診斷疾病調查表」與「受試者同意書」，並請受試者詳細閱讀後填寫，並確實於測試同意書上簽名。

表 3-1 受試者基本資料

受試者	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)	訓練年數 (年)
N=7 (男)	19±0.4	177.1±5.8	66.7±8.7	9.3±2.6

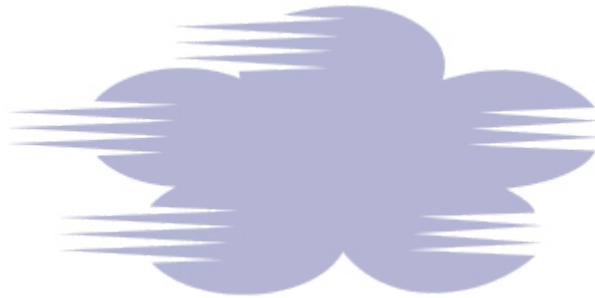
第二節 實驗時間與地點

實驗時間：2013 年 8 月

實驗地點：國立體育大學低氧艙、國立體育大學運動能力診斷實驗室

第三節 實驗儀器與設備

- 一、心率偵測器 (Polar 610i)
- 二、採血工具 (酒精、毛管、採血針、紅血球破壞劑、手套等)
- 三、EFK 德國製血糖乳酸分析儀 (Diagnostic Biosen C-line; EFK-diagnostic)
- 四、低氧艙
- 五、腳踏車測功儀
- 六、划船測功儀 (PM4) 第五代 CONCEPT 2 電腦測功儀
- 七、手指血氧探測器 (Pulse Oximeter Oxiheart OX-700)
- 八、碼錶 (SEIKO)



第四節 實驗方法與步驟

一. 實驗方法：

(一) 11 槳最大努力負荷：

每位受試者於划船測功儀上進行 (風阻設定 Lv.4) 11 槳最大努力負荷，11 槳負荷後記錄面板上瓦特數，再以 Concept II 官方網站上所提供瓦特數換算方式， $watts = 2.80/pace^3$ 計算出每 500 m 完成之時間，作為低氧划船負荷之依據。

(二)、基礎能力檢測 (T-1、T-2)：

2-4 mmol/l 基礎能力檢測，於室內腳踏車測功儀進行，開始前讓受試者帶上 Polar 心跳錶，並以耳垂採集安靜值乳酸檢驗 (10 μ l 血液)。腳踏車開始速度為 100 watt 開始第一階測試，每階之間休息 30 s，每階上昇 30 watt 每階持續 3min 測試，停止並記錄此時心跳率及耳垂採集 10 μ l 血液，進行至受試者能承受最大負荷。如表 3-2 所示。

表 3-2 腳踏車階梯式模式 (Hollmann & Rost, 1982)

	Watt	Time	Rpm/min
1	100	3 min	70-80
2	130	3 min	
3	160	3 min	
4	190	3 min	
5	220	3 min	
6	250	3 min	
7	280	3 min	80-90
8	310	3 min	
9	340	3 min	>90

(三)、低氧腳踏車負荷 (Flo₂ 13%):

開始以 V2 維持 90 s 後再以 V4 維持 30 s 為 2 min 的熱身負荷後，休息 3 min 以腳踏車測功儀上進行 3x3 min (Watt_{max})，轉速設定 90 u，組間休息 5 min。測試結束後採集心跳恢復期第 E1-E5 min，及血氧飽和濃度恢復期第 E1-E3-E5 min，並採集恢復期乳酸第 E1-E3-E5-E7-E10-E15 min (耳垂採集 10 μl 血液)。如圖 3-1 所示。

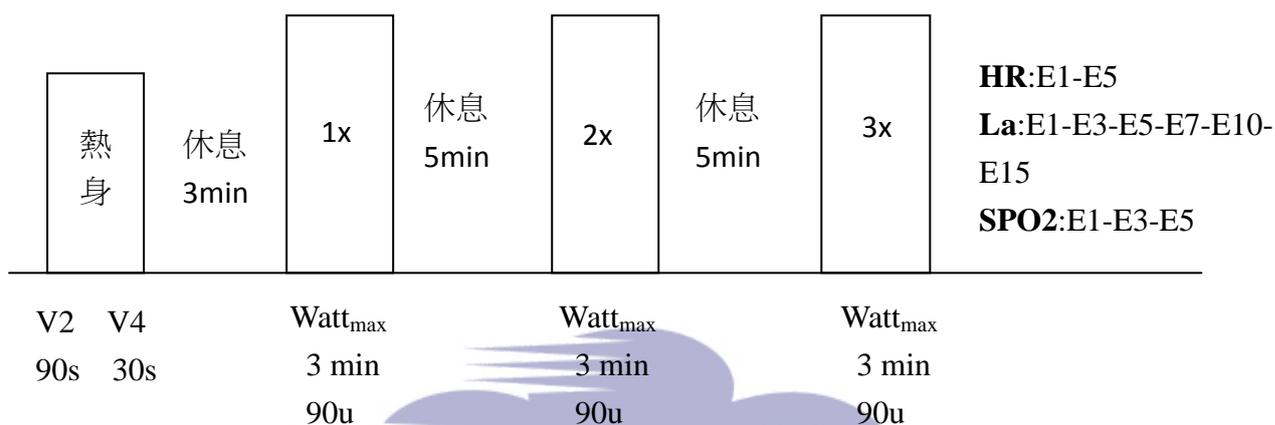


圖 3-1 低氧腳踏車負荷內容

(四)、低氧划船負荷 (Flo₂ 13%) :

開始以 90 s 慢划，30 s 快划為兩分鐘熱身負荷，休息 2 min 後於划船測功儀進行 3x300 m (Lv.4 個人最快速度) 組間休息 5 min。測試結束後採集心跳恢復期第 E1-E5 min，及及血氧飽和濃度恢復期第 E1-E3-E5 min，並採集恢復期乳酸第 E1-E3-E5-E7-E10-E15 min (耳垂採集 10 μl 血液)。如圖 3-2 所示。

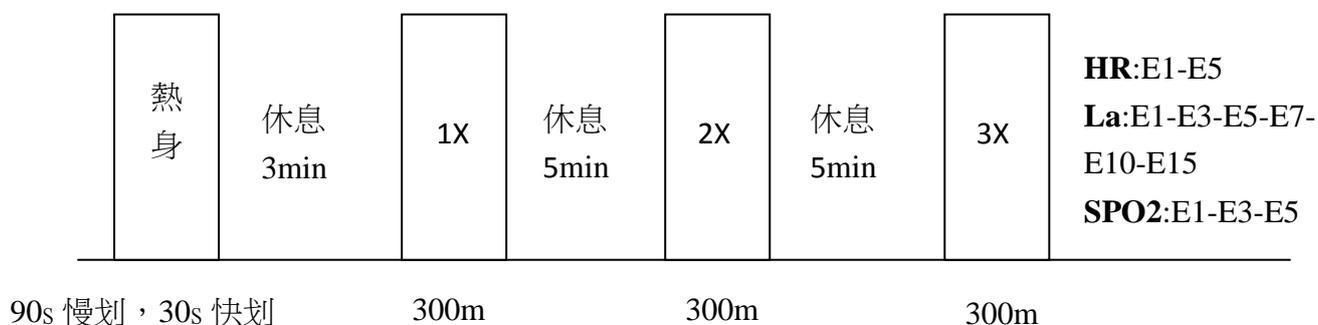


圖 3-2 低氧划船負荷內容

第五節 實驗流程

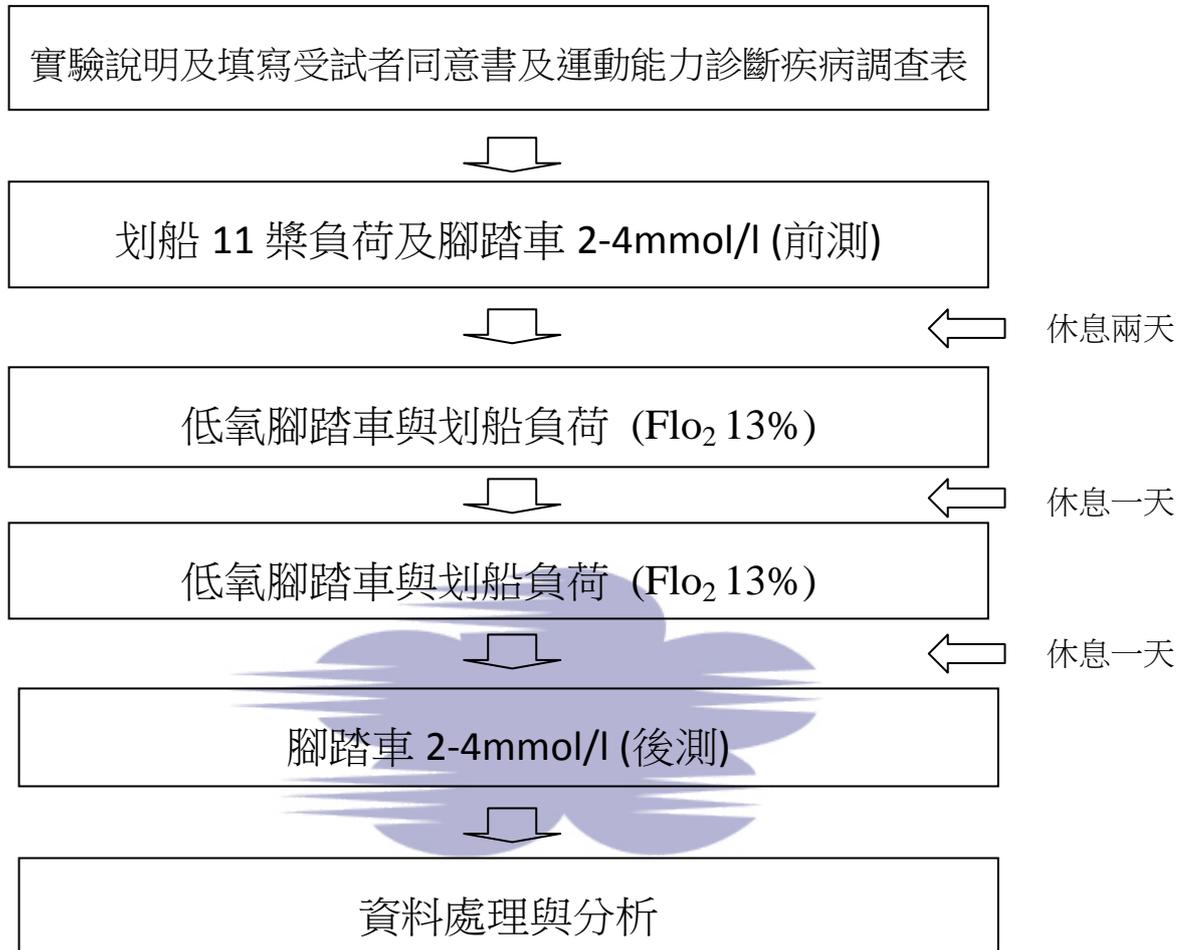


圖 3-3 實驗流程圖

第六節 資料統計與分析

- 一、受試者基本資料與檢測數據，以描述性統計方法、平均數、標準差來表示。
- 二、以 SPSS for Windows 18.0 進行統計分析及 Sigma 8.0 繪圖軟體進行圖形分析。
- 三、以相依樣本 t 考驗分析各參數前後測之差異。
- 四、以重複量數單因子變異數分析比較單一測試之各時間點參數之差異。
- 五、基礎耐力以德國研發之 Lactate Express 軟體計算出各人有氧—無氧閾值 (2-4mmol/l) 之速度。
- 六、本研究統計水準定為 $\alpha = .05$

第肆章 結果分析與討論

第一節 有氧閾值耐力與階梯式負荷結果分析

一週兩次低氧高強度間歇，負荷前與負荷後有氧閾值耐力結果。受試者有氧閾值 (2mmol/l) 及瓦特數 (Watt) 與心跳率 (HR) 於前測 (T-1) 分別為 83.6 ± 28.6 Watt，後測 (T-2) 為 68.1 ± 17.01 Watt，兩者差異為 $+15.5$ Watt ($p > .05$)。有氧閾值個人最大瓦特數則分別為 125 Watt 及 93 Watt。心跳率前後測則分別為 $108\pm 11.01 \text{ min}^{-1}$ 、 $107\pm 16.67 \text{ min}^{-1}$ ，兩者差異為 -1.1 min^{-1} ($p > .05$)。有氧閾值個人最大心跳率則分別為 121 min^{-1} 及 118 min^{-1} 。如表 4 - 1 所示。

表 4 - 1 前後測有氧閾值瓦特速與心跳率平均值與標準差

	V_2 (2mmol/l)					
	Watt	Max	Min	HR	Max	Min
T1	83.6 ± 28.6	125	45	107 ± 11.01	121	94
T2	68.1 ± 17.01	93	42	106 ± 16.67	118	91
Diff.	-15.5			-1.1		

本研究基礎能力依據 Hollmann 等. (1987) 競技運動員腳踏車基礎能力標準，有氧閾值 (2mmol/l) 瓦特數必須達到 $\geq 100 \text{ Watt}$ ，心跳率 $< 140 \text{ min}^{-1}$ 。運動員必須達到此能力，才能具備在短時間內恢復之速度。本研究受試者在前、後測有氧閾值 (2mmol/l) 瓦特數皆小於 100 Watt，心跳率有達到文獻水準，而受試者前測 T1 基礎有氧能力就沒有達到文獻水準，而在一週兩次低氧高強度間歇刺激後使有氧能力呈現下降。透過過去研究指出人體在受到低氧環境的影響及刺激，身體產生應變能力而間接調節生理機制。Hoppeler, Klossner, 與 Vogt (2008) 指出同樣低氧訓練的環境下，運動員適應的過程有所不同。而受試者對低氧適應程度的不同，會影響其研究的結果。加上可能又因不同運動肌肉收縮刺激模式導致受試者無法達到穩定及適應的狀態。Berglund (1992) 表示人體在低氧環境訓練後，需要適應生理的改變，才能達到穩定的狀態。

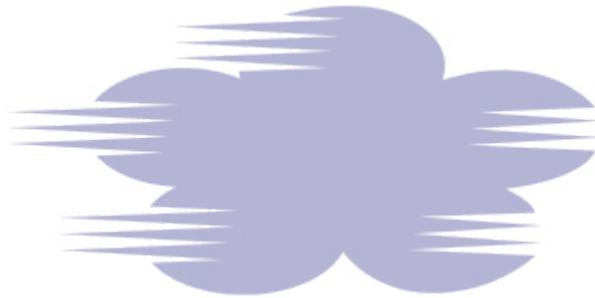


圖 4 - 1 為前後測階梯式負荷最後一階瓦特數前測 (T-1)、後測 (T-2) 瓦特數分析，瓦特數在前測 (T1) 為 254.3 ± 11.34 Watt，後測 (T2) 為 271.4 ± 22.68 Watt，前後測兩者差異為 17.1 Watt，未達顯著差異 ($p > .05$)。

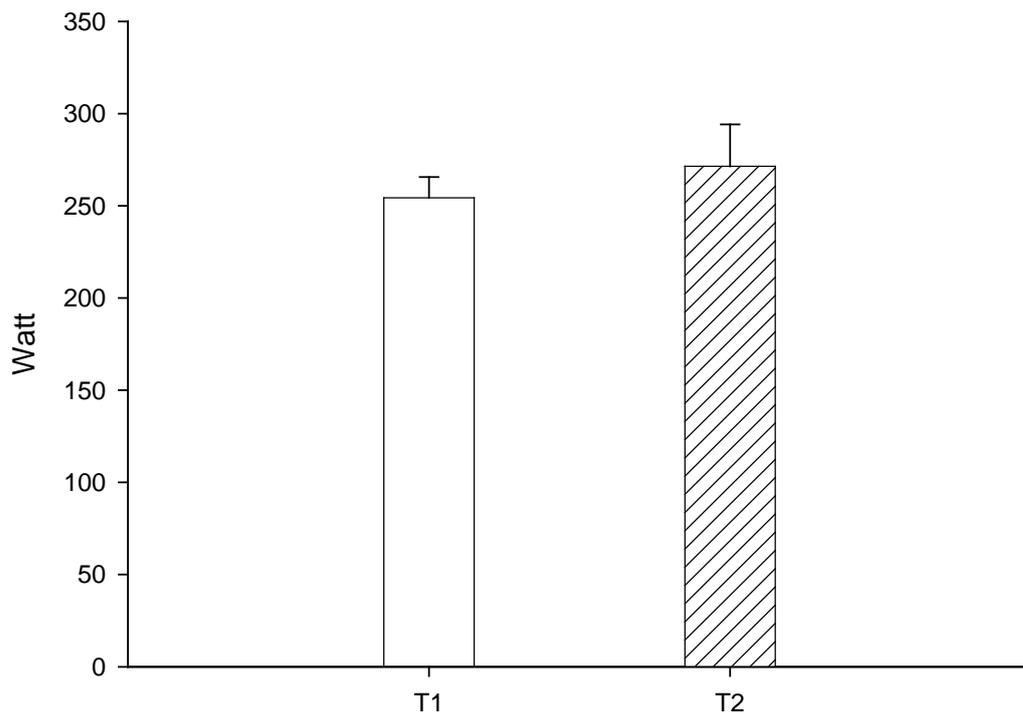


圖 4 - 1 腳踏車階梯式負荷最後一階 Watt 平均值與標準差

研究發現，透過一週兩次低氧高強度間歇負荷後，在前測方面瓦特數維持在 254 Watt 左右，而在後測瓦特數提升到 271 Watt，表示在透過一週兩次低氧高強度間歇負荷後在最後一階瓦特數呈現進步的情形，也因此最後一階的瓦特數的上升運動能力進步，使運動強度的不同後測 (T2) 心跳率及乳酸曲線跟隨著上升，過去研究指出乳酸是依據運動強度、運動時間會因為當下負荷強度促使肌肉能量提供路徑受到影響 (Hollmann & Liesen, 1973)。因此當負荷提升時，乳酸也隨著醣酵解活性的提高而上升，與本研究相符。

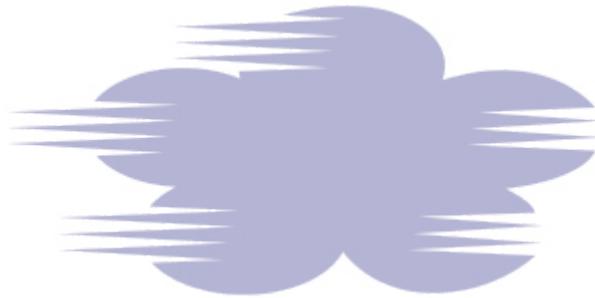


圖 4 - 2 為前後測階梯式負荷前測 (T-1)、後測 (T-2) 乳酸曲線分析，乳酸濃度在前測 T-1 乳酸最大值於運動負荷後第 3 分鐘 (E3) 出現為 10.92 ± 2.3 mmol/l，至採血結束第 15 分鐘 (E15) 為 8.6 ± 2.59 mmol/l，兩者差異為 -2.32 ± 0.29 mmol/l，未達顯著差異 ($p > .05$)；則 T2 乳酸最大值於運動負荷後第 3 分鐘 (E3) 出現為 12.29 ± 1.11 mmol/l，至結束第 15 分鐘 (E15) 為 10.8 ± 2.13 mmol/l，兩者差異為 -1.49 ± 1.02 mmol/l，未達顯著差異 ($p > .05$)。

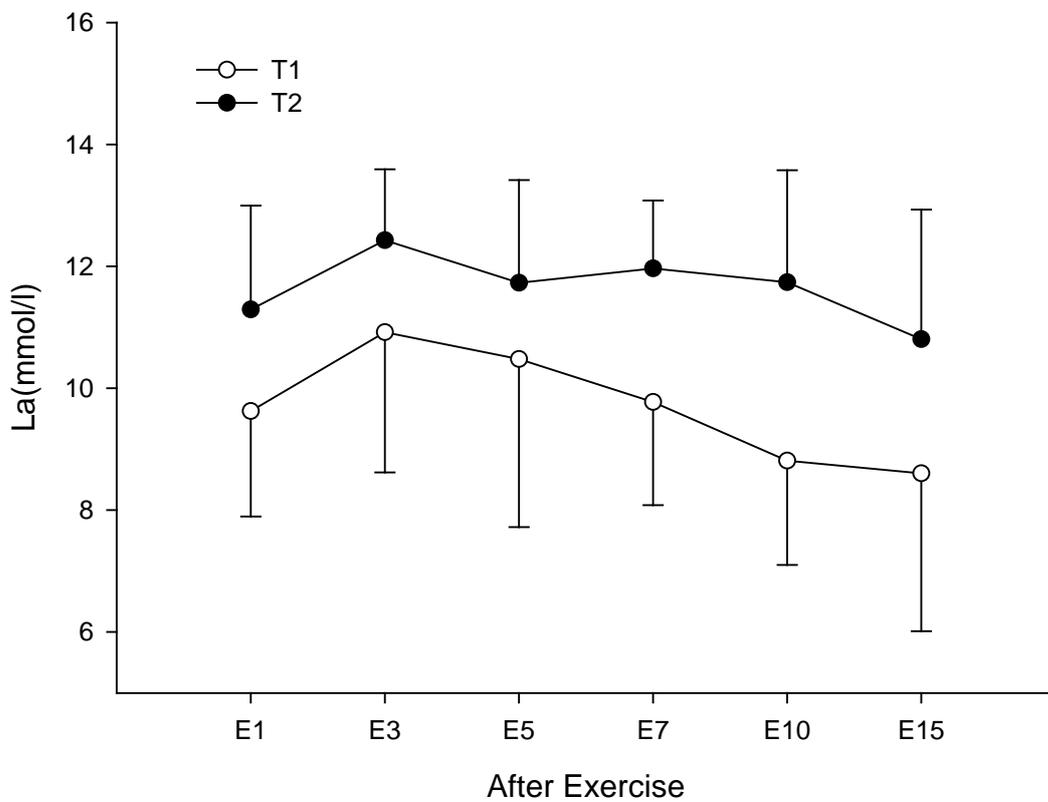


圖 4 - 2 腳踏車階梯式負荷與恢復期乳酸平均值與標準差

本研究發現，透過一週兩次低氧高強度間歇負荷後，基礎能力恢復期乳酸沒有明顯的改善，當運動強度升高時，乳酸將大量製造出來，當乳酸產生率高於排除率，乳酸堆積就會出現。當運動過程中，乳酸堆積是造成身體疲勞產生的主要原因之一。而在前後測腳踏車階梯式負荷 T1 與 T2 La_{max} 出現時間點都在第三分鐘 (E3)，而 T2 La_{max} 高於 T1。T1 乳酸排除速度為 0.19 mmol/l/min；而 T2 乳酸排除速度為 0.12 mmol/l/min，T1 與 T2 排除速度之差異為 0.07 mmol/l/min。Neumann (1991) 指出競技運動員在最大負荷結束後，血乳酸排除速度可達 0.5 mmol/l/min，本研究結果顯示受試者乳酸排除速度與上述文獻不符。此現象顯示受試者在運動時的乳酸排除是依據有氧代謝轉換程度、乳酸濃度之因素而有所影響，愈受影響乳酸排除越大 (Heck, 1990)。Mader (1984) 指出運動結束後恢復期乳酸排除速度受個人有氧閾值能力影響。此結果顯示，一週兩次低氧負荷後血乳酸曲線呈現上升情形，表示受試者在一週兩次低氧高強度負荷下，身體在接受不同肌肉收縮型態負荷的情形下產生疲勞的反應，能量代謝的恢復機轉無法達到適應及改善。Weicker 與 Strobel (1994) 指出間歇負荷亦造成疲勞堆積，堆積速度隨著負荷頻率增加或減少。Neumann (1990) 提出生物參數適應時間中，乳酸產生適應時間為一週，推測本實驗負荷時間不足一週使乳酸無法達到適應及改善。Berglund (1992) 表示人體在低氧環境訓練後，需要適應生理的改變，才能達到穩定的狀態。Weicker 與 Strobel (1994) 指出乳酸排除快慢依據個人有氧閾值能力，越高排除能力越好，因此有氧能力提升，可以延緩乳酸快速堆積。

在腳踏車階梯式負荷恢復期第一分鐘 (E1) 心跳率平均值 T-1 與 T-2 為 $182 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ 、 $188 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ 兩次心跳率差異則為 5 min^{-1} ($p < .05$)，第五分鐘 (E5) 心跳率平均值 T-1 與 T-2 為 $119 \pm 12 \text{ min}^{-1}$ 、 $128 \pm 15 \text{ min}^{-1}$ 兩次心跳率差異則為 8 min^{-1} ，($p > .05$)。如圖 4 - 3 所示。

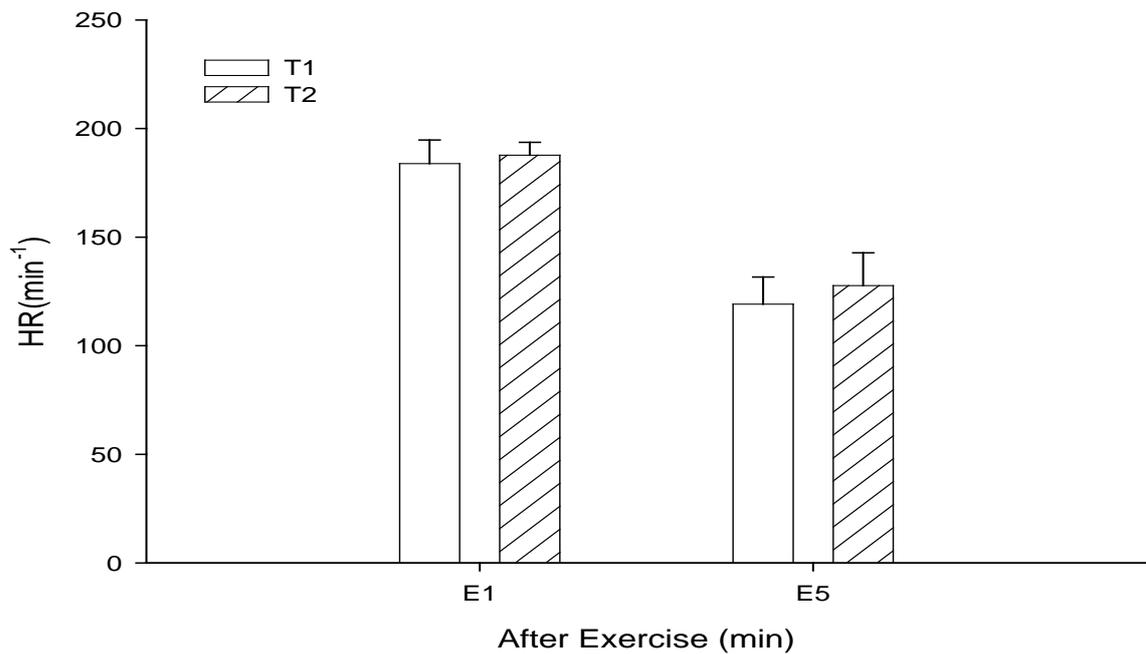


圖 4 - 3 腳踏車階梯式負荷恢復期心跳率平均值與標準差

研究發現，透過一週兩次低氧高強度間歇負荷後，症狀顯示初期接觸低氧環境 (Flo₂ 13%)，身體產生補償性反應，導致使心跳率上升情形。本研究結果發現腳踏車階梯式測試後恢復期心跳率沒有明顯的改善。Engelhardt 與 Neumann (1994) 研究發現急性負荷模式使心跳率上昇，主要在於瞬間呼吸頻率節奏改變所至，此現象顯示受試者疲勞堆積，因高強度間歇負荷體循環上昇。體循環系統主要在於進行血液氣體交換與養份運輸，當心跳率達最大負荷之 95% 心臟及呈現即高之壓力，因而造成身體組織缺氧 (Engelhardt & Neumann, 1994)。

而運動時心跳率的上昇的快慢及運動結束後，恢復至安靜狀態的速率皆可以顯示出心肺適能的優劣 (Böhmer et al., 1975)。依據 Böhmer 等 (1975) 提出運動負荷結束後的第 5 分鐘 (E5) 心跳率判斷體能及負荷效果可以代表運動員之恢復能力，結果顯示在基礎能力 T1 恢復期心跳率 119 min^{-1} 為尚可，而 T2 恢復期心跳率 127 min^{-1} 為差。過去研究指出最大負荷運動結束，恢復期心跳率下降速度，可以作為有氧耐力能力指標。而有氧能力增強也可以加速恢復期心跳率下降速度，及為體循環在高強度負荷下，為呈現負荷壓力 (Hollmann & Hettinger, 1980)。Sedlock (1994) 研究指出運動後恢復期的心跳率，與運動強度及體能有相當密切關係，運動中或運動結束後之心跳率，越低者即表示心肺功能越好。在基礎能力 T1 與 T2 恢復期心跳率第一分鐘 (E1) 達顯著差異，恢復期第五分鐘 (E5) 未達顯著差異。Powers 與 Howley (1997) 指出，高強度間歇訓練主要目的是促進心臟血管的適應，包括心輸出量、血液含氧量及氧氣運輸等。因此本研究受試者受到上述的生理機轉影響下，在經過一週兩次低氧高強度間歇負荷後，經過一天的休息時間，在後側 T2 的部分心跳率及血乳酸皆呈現退步的情形。綜合上述可能因為後測基礎有氧能力下降導致體循環呈現上升之情形。

第二節 划船與腳踏車負荷生理反應之分析

表 4-2 11 槳最大努力負荷平均時間與平均瓦特數個人負荷強度依據

NO.	平均時間	平均瓦特數
1	1:28 - 1:33	429
2	1:37 - 1:42	326
3	1:33 - 1:38	369
4	1:32 - 1:37	383
5	1:29 - 1:34	419
6	1:26 - 1:31	462
7	1:34 - 1:39	357

划船測功儀負荷結束第一分鐘 (E1) 血液乳酸平均值為 15.55 ± 2.44 mmol/l，及恢復第五分鐘 (E5) 乳酸值為 15.33 ± 2.21 mmol/l，則恢復期第十分鐘 (E10) 為 15.55 ± 1.68 mmol/l，結束點第十五分鐘 (E15) 為 13.3 ± 2.86 mmol/l。E1 與 E15 血液乳酸平均值差異為 -2.25 ± 0.42 mmol/l，未達顯著差異 ($p > .05$)。腳踏車測功儀負荷結束後恢復期第一分鐘 (E1) 血液乳酸最大值為 15.29 ± 0.55 mmol/l，及恢復第七分鐘 (E7) 乳酸值為 14.5 ± 1.49 mmol/l，則恢復期第十分鐘 (E10) 為 14.19 ± 0.6 mmol/l，與結束點第十五分鐘 (E15) 為 12.18 ± 0.52 mmol/l。而 E1 與 E15 血液乳酸平均值差異為 -3.11 ± 0.03 mmol/l ($p < 0.5$)。圖 4 - 4 所示。

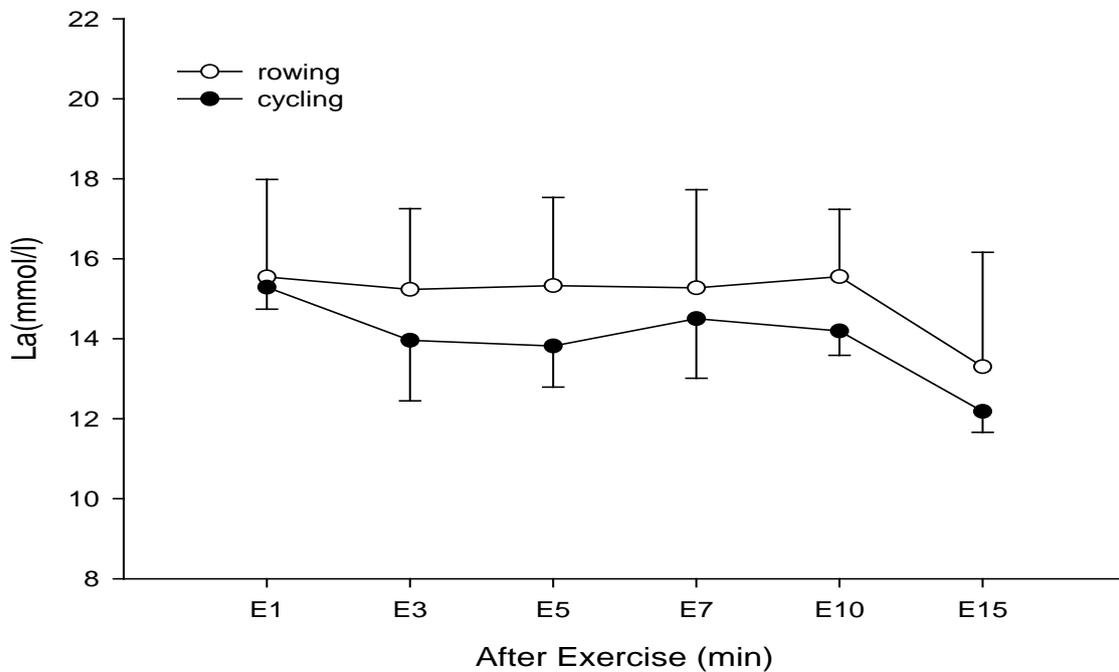


圖 4 - 4 Tr A.B 划船與腳踏車恢復期乳酸平均值與標準差

運動中乳酸的堆積與排除能力，是依據個人的有氧能力而定，有氧能力越高者，乳酸排除速度也越快 (Neumann, 1991)。而划船測功儀負荷後 La_{max} 出現時間點在第一分鐘 (E1)，划船測功儀負荷後乳酸排除速度為 0.16 mmol/l/min；而腳踏車負荷後乳酸排除速度為 0.22 mmol/l/min，Neumann 等 (2001) 指出最佳乳酸曲線分析是依據運動結束後第 1min 是否達到最高值，而最大乳酸值為能夠延後出現較佳，與本研究相同。

Neumann (1991) 指出競技運動員在最大負荷結束後，血乳酸排除速度可達 0.5 mmol/l/min。本研究結果顯示受試者乳酸排除速度與上述文獻不符。過去研究，Hollmann 與 Liesen (1973) 指出乳酸的產生是依據運動的時間、運動的強度和運動的項目乳酸堆積濃度而有高低，因此也需要視當時之糖質新生速度而定。此恢復期生理機轉可能與受試者之有氧能力相關。

進行划船測功儀時，動用到的肌肉量較大，屬於全身性的運動及輸出功率較高 (Beneke, Leithäuser, & Hütler, 2001)，有可能是此原因使進行划船機測功儀負荷時肌肉內所產生的乳酸量較高的因素。Neumann (1990) 也指出乳酸是在肌肉組織中形成，然後滲透入血液中，最後是由肝臟 (50%)、心肌 (10%)、腎臟 (10%) 和不活動肌群 (30%) 排除。而在運動時的乳酸排除速度，是依據有氧代謝轉換程度、乳酸濃度之因素而有所影響，愈受影響乳酸排除越大 (Heck, 1990)。

划船測功儀負荷結束第一分鐘 (E1) 心跳率為 $176 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ ，第五分鐘 (E5) 心跳率平均值為 $128 \pm 22 \text{ min}^{-1}$ ，兩次心跳率差異則為 -48 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < .05$)。腳踏車測功儀負荷結束第一分鐘 (E1) 心跳率為 $186 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ ，第五分鐘 (E5) 心跳率平均值為 $130 \pm 13 \text{ min}^{-1}$ ，兩次心跳率差異則為 -56 min^{-1} ($p < .05$)。如圖 4 - 5 所示。

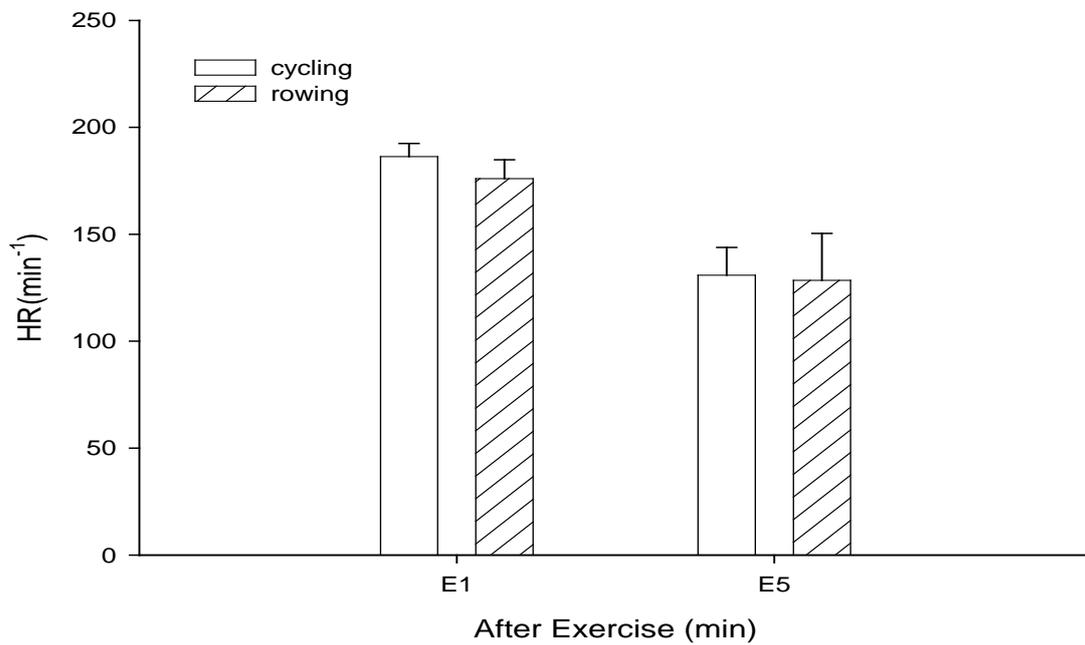


圖 4 - 5 Tr A.B 划船與腳踏車恢復期心跳率平均值與標準差

心跳率 (HR) 的跳動頻率主要由交感與副交感神經所調控，這些神經感受器所受到的刺激大小又取決於骨骼肌在安靜或者運動中負荷而有所增加或減少 (楊錫讓, 1994)，結果顯示依據 Böhmer 等 (1975) 指出最大負荷結束後恢復期心跳率第五分鐘 (E5) 可以做為運動員恢復速度判斷體能及負荷效果，划船測功儀負荷結束後恢復心跳率 128 min^{-1} 為不好，而腳踏車測功儀負荷結束後恢復心跳率 130 min^{-1} 評價為不好。以過去研究指出，人體長時間訓練而達到適應，短時間接受外來的刺激，導致器官要進入調整階段 (Grosser, Starischka, & Zimmermann, 2001)，而運動負荷促使心跳率上昇，主要症狀在於肌肉急速缺氧，呼吸中樞延腦立即進行調節 (De Marées, 1994)。此現象與本研究負荷中瞬間造成肌肉缺氧症狀反應相同。依據上述的文獻得知受試者在接受第一次的刺激型態，會造成生理機制還未達到適應的反應，使得恢復能力較差。

過去研究發現，划船測功儀作負荷時會運用到全身 85 % 肌肉量 (Beneke et al., 2001; Mader, Hartmann, & Hollmann, 1988) 也是屬於全身性的運動。心跳率的強度分類，恢復期第一分鐘 (E1) 心跳率為 176 min^{-1} ，強度為高 (Nikiforov, 1974)。Beneke 等 (2001) 指出腳踏車測功儀運動負荷相較於划船測功儀又給予肌肉 25-30 % 的肌肉負荷壓力，使腳踏車測功儀負荷後恢復期第一分鐘 (E1) 心跳率為 186 min^{-1} ，當此時負荷後體內的感受器也會刺激較多使心跳率持續上升的情形。Mader 等 (1976) 研究指出因運動負荷造成血液乳酸堆積大於 4 mmol/l ，肌肉能量提供路徑即進入無氧碳水化合物路徑。此時荷爾蒙 Catecholamine 濃度即開始上昇，進而提高心跳率。Ganong (1981) 指出低氧會使交感神經興奮，進而出現腎上腺髓質磷苯二酚胺分泌增加及過度呼吸，產生心輸出量與心搏增加，本研究結果划船與腳踏車結束負荷後亦呈現高心跳。而交感神經神經活化，能夠促使不同的血管做調節，使血管擴張，血流增加，維持重要器官氧的供應 (Westendorp, Blauw, Frölich, & Simons, 1997)。表示在做低氧高強度腳踏車及划船負荷時，有氧能力越佳者在做負荷時所呈現的心跳率就越低。

划船測功儀負荷結束恢復期第一分鐘 (E1) 血氧飽和濃度 (SPO₂) 分析為 86±7.43%，而第三分鐘 (E3) 93.29±4.27%，平均值差異為 7.29% (p>.05)，及第五分鐘 (E5) 93.29±2.36%。腳踏車測功儀負荷結束恢復期第一分鐘 (E1) 血氧飽和濃度 (SPO₂) 分析為 81.14±7.8%，則第三分鐘 (E3) 93.29±0.49% 及第五分鐘 (E5) 93.57±1.4%，E1 與 E5 平均值差異為 12.43% (p<.05)。圖 4 - 6 所示。

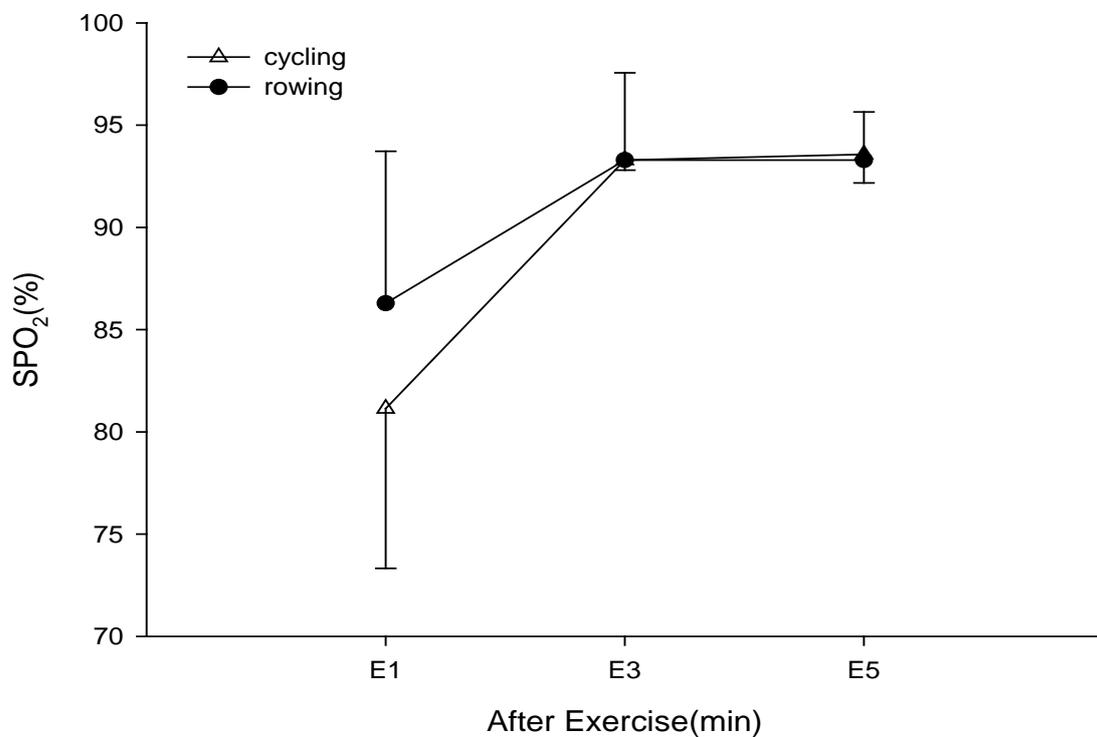


圖 4 - 6 Tr A.B 划船與腳踏車恢復期血氧飽和濃度平均值與標準差

結果顯示划船測功儀負荷後血氧飽和濃度 E1 與 E3 平均值差異為 7.29% ，並無顯著差異，而腳踏車測功儀負荷後血氧飽和濃度 E1 與 E5 平均值差異為 12.43% ，並達顯著差異。一週兩次低氧高強度間歇負荷的曲線都呈現非常穩定的狀態，而腳踏車測功儀與划船測功儀兩天的負荷後血氧飽和濃度都低於 98% 的標準值。此症狀有可能是因體內二氧化碳過高，而無法排除的因素。當人體進入低氧環境時，呼吸功能會產生調解機制，以代償低氧所減少的 pO_2 ，而這些調整又包括換氣的轉換、血紅素對氧的相關性以及總血紅素的濃度，因此與常氧下相比整體血氧飽和濃度將會較減少，在此狀態下進行運動訓練將容易使身體產生疲勞的狀況 (Fox, 2002)。Geiser 等 (2001) 指出，在低氧環境下進行運動訓練將提高以碳水化合物做為主要能量來源之比例，其原因為當人體暴露在低氧環境下，受到環境氧分壓下降之影響，導致身體出現動脈血氧飽和度下降的現象，而此現象將會促使血紅素結合氧氣能力下降，導至作用肌群產生氧氣供應不足之情形。

第五章 結論

在現今的競技運動裡高強度間歇訓練是不可或缺的訓練型態，兩次低氧高強度間歇負荷後，在運動能力式呈現進步的情形，此現象表示在未來訓練的課表中可以增加腳踏車測功儀及划船測功儀作為短時間高強度的間歇訓練，以及運用低氧讓受試者在短時間內達到運動能力的改善及訓練效果。在恢復期乳酸排除能力及心跳率下降速度都與有氧能力有關，而無論哪種運動項目，在具備良好的有氧能力，使在運動中或運動後，身體會延緩疲勞的產生，而在準備期階段訓練，應多加強有氧能力，以提升在專項時短時間快速恢復的能力。



參考文獻

一、中文部分

李文忠、陳俊忠 (1996)。常壓低氧與常壓常氧模擬登山訓練對運動表現與生理反應的影響。中華民國大專院校八十五學年度體育學術研討會專刊。

邱奕堂、蕭敬衡、王胤之、張嘉澤 (2012)。五天訓練對公路車選手體循環與新陳代謝之個案探討。2012 國際運動教練科學研討會，2012.6.9，國立體育大學。

邱奕堂、張嘉澤 (2011)。五天低氧訓練對徑賽選手體循環與新陳代謝之影響。碩士論文。

陳佳慧、楊孟龍、王月琪、張嘉澤 (2009)。5 天低濃度氧氣訓練對健康中年愛好運動者耐力表現之影響(個案研究)。2009 年國際體育運動與健康休閒學術研討會，2009.03.07，台北市銘傳大學。

陳江圳 (2004)。五週耐力訓練對國小網球選手專項能力表現的影響。國立體育學院教練研究所，碩士論文，桃園縣。

張嘉澤、詹元碩 (2005)。運動能力之診斷與訓練調整。國民體育季刊，146 期，44~52 頁。

許欣、曾凡星 (2005)。間歇性常壓低氧訓練研究進展。中國運動醫學雜誌，5: pp.490-494, 2002

雷志平 (1997)。間歇性低氧訓練的臨床應用研究「J」。成都體育學院學報，23(3)，65-68。

詹蕙真 (2006)。不同閾值心跳率訓練對手球隊選手有氧及無氧閾值能力影響之研究。國立體育學院教練研究所，碩士論文，桃園縣。

葉明春、呂欣善、張嘉澤 (2006)。徑賽中長距離快速耐力訓練與效果判斷藉助 Mader 2 × Test。大葉大學研討會。

楊孟龍、黃雅陵、林聖峰、廖清海 (2008)。網球選手基礎能力對專項耐力之影

響。2008年台灣運動生理暨體能學會年會及學術研討會，98-104。

楊錫讓 (1994)。實用運動生理學。北京體育大學出版社。

熊育彬、陳佳慧、張嘉澤 (2011)。常氧與低氧間歇訓練方式對於人體血氧飽和濃度、乳酸、心跳率之影響。國際體育運動與健康休閒學術研討會，台北市銘傳大學。

龔純玉 (2006)。有氧耐力訓練對拔河專項耐力訓練效果之影響。國立體育學院教練研究所，碩士論文，桃園縣。

二、英文部分

Armstrong, L. E. (2000). *Performing in Extreme Environments*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Basset, F. A., Joannis, D. R., Boivin, F., St-Onge, J., Billaut, F., Doré, J., . . . Boulay, M. R. (2006). Effects of short-term normobaric hypoxic on haematology, muscle phenotypes and physical performance in highly trained athletes. *Experimental Physiology*, 91(2), 391–402.

Bauman A. E., & Rissel C. (2009). Cycling and health: an opportunity for positive change? *Medical Journal of Australia*, 190(7), 347–348.

Beneke, R., Leithäuser, R. M., & Hütler, M. (2001). Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 35(3), 192–196.

Berglund, B. (1992). High-altitude training: aspects of haematological adaptation. *Sports Medicine*, 14(5), 289–303.

Böhmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fischer, H., Groher, W., Hess, M., . . . Schmucker, O. (1975). Das Sportmedizinische Untersuchungssystem. Leistungssport, Beiheft. In: 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整(2010 出版).

- Burgomaster, K. A., Essen, M., Gibala, M. J., Little, J. P., Wilkin, G. P., Safdar, A., Raha, S. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, 575(3), 901–911.
- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology*, 586(1), 151–160.
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1985–1990.
- Cartee, G. D., Douen, A. G., Ramlal, T., Klip, A., & Holloszy, J. O. (1991). Stimulation of glucose transport in skeletal muscle by hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 70(4), 1593–1600.
- Carter, H., & Jones, A. M. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373–386
- Dakin, J., Kourteli, .E., & Winter, R. (2003). *Making Sense of Lung Function Tests*. London: Arnold.
- Davidson, D., & Stalcup, S. A. (1984). Systemic circulatory adjustments to acute hypoxia and reoxygenation in unanesthetized sheep. Role of renin, angiotensin II, and catecholamine interactions. *Journal of Clinical Investigation*, 73(2), 317–328.
- De Marées, H. (1994). *Sportphysiologie*, 9. Auflag, Sport und Buch Strauss, Köln, 106–108.
- Dufour, S. P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., . . .

- Lonsdorfer, J. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology*, *100*(4), 1238–1248.
- Engelhardt, M., & Neumann, G. (1994). Sportmedizin. München. In: *Ausdauertraining*. BLV Sportwissen. 104-105.
- Fox, S. I. (2002). *Human Physiology*, 7th ed. McGraw- Hill, Inc. 508–531.
- Fuchs, U., & Manfred, R. (1990). *Höhentraining*. Deutscher Sportbund; Bundesausschuss Leistungssport. *Munster Philippka*, 49–50.
- Ganong, W. F. (1981). *Review of Medical Physiology*. Los Altos, CA: Lange Medical Publications.
- Garcia, N., Hopkins, S. R., & Powell, F. L. (2000). Intermittent vs continuous hypoxia: Effects on ventilation and erythropoiesis in humans. *Wilderness and Environmental Medicine*, *11*(3), 172–179.
- Geiser, J., Vogt, M., Billeter, R., Zuleger, C., Belforti, F., & Hoppeler, H. (2001) Training high – Living low: Changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude. *International Journal of Sports Medicine*, *22*(8), 579–585
- Gocentas, A., Juozulynas, A., & Landor, A. (2009). Actual versus predicted maximal oxygen uptake in intermittent sport athletes (Comparative values of VO₂max in basketball players). *Papers on Anthropology XVIII*, 104–12.
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (2001). Das neue Konditionstraining München, Wien, Zürich: BLV. In : 張嘉澤，訓練學。
- Gute, D., Fraga, C., Laughlin, M. H., & Amann, J. F. (1996). Regional changes in capillary supply in skeletal muscle of high-intensity endurance-trained rats. *Journal of Applied Physiology*, *81*(2), 619–626.
- Hanna, D. (1995). Guidelines for pulse oximetry use in pediatrics. *Journal of*

- Pediatrics Nursing*, 10(2), 124–126.
- Heck, H. (1990). Energietoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. *Köln, schorndorf*. Hofmann. 39–46.
- Heck, H., Mader, A., & Müller, W. (1986). Laktatschwellen und Trainingssteuerung. *Dtsch Z. Sportmed.* 37. 72–78.
- Hochachka, P. W., Stanley, C., Matheson, G. O., Mckenzie, D. C., Allen, P. S., & Parkhouse, W. S. (1991). Metabolic and work efficiencies during exercise in Andean natives. *Journal of Applied Physiology*, 70(4), 1720–1730.
- Hollmann, H., Schürch, P., Heck, H., Liesen, H., Mader, A., Rost, R., & Hollmann, W. (1987). Kardiopulmonale Reaktionen und aerob-anaerobe Schwelle bei verschiedenen Belastungsformen. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*, 38, 144–156.
- Hollmann, W., & Hettinger, T. H. (1980). Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit. *Training und Präventivmedizin*. Schattauer, 382–386.
- Hollmann, W., & Liesen, H. (1973). Der Einflußen eines zweiwöchien Höhentrainings auf die Leitungsfähigkeit im Flachland, gemessen an spiroergometrischen und metabolischen Parameteren.
- Hollmann, W., & Rost, R. (1982). Belastungsuntersuchungen in der Praxis. *Grundlagen Technik und Interpretation ergometrischer Untersuchungsverfahren*, 120–126.
- Holmes, S., & Peffers, S. J. (2009). Pulse Oximetry in Primary Care. *Primary care respiratory Society UK – Opinion No. 28*. Retrieved from <http://www.pcrs-uk.org>
- Hoppeler, H., Klossner, S., & Vogt, M. (2008). Training in hypoxia and its effects on skeletal muscle tissue. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(suppl), 38–49.

- Hood, D. A. (2001). Plasticity in skeletal, cardiac, and smooth muscle: Invited Review: Contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 90(3), 1137–1157.
- Hottenrott, K. (1993). Trainingssteuerung im Ausdauersport: *Theorien-Untersuchungen – Beispiele*.- 1. Aufl., Ahrensburg, Czwalina.
- Kohyama, A., Inoue, M., Doi, T., Kimura, H., Kitahata, H., & Saitoh, T. (1993). Left ventricular function during hypoxia. 1: Effect of blood glucose level. *Masui, The Japanese Journal of Anesthesiology*, 42(5), 713–720.
- Kontos, H. A., Levasseur, J. E., Richardson, D.W., Mauck, H. P., & Patterson, J. L. (1967). Comparative circulatory responses to systemic hypoxia in man and in un-anesthetized dog. *Journal of Applied Physiology*, 23, 381–386.
- Leicht A. S., Sealey R. M., & Sinclair W. H. (2011). Influence of cycle ergometer type and sex on assessment of 30-second anaerobic capacity and power. *International Journal Sports Medicine*, 32(9), 688–692.
- Mader, A. (1984). Theorie zur Berechnung der Dynamik und des steady state von Phosphorylierungszustand und stoffwechsellitionsschrift. In: *Energiewechsel und*.
- Mader, A., Hartmann, U., & Hollmann, W. (1988). *Der Einfluss der Ausdauer auf die 6 minütige maximale anaerobe und arbeitskapazität eines Eliteruderers*.
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philipp, H., Rost, R., Schürch, P. & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt Sportmedizin*, 27(80-88), 109–112.
- Neumann, G. (1990). Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme. In: *Das gross Buch vom Laufen*. Meyer & Meyer Verlag. 222–223.
- Neumann, G. (1991). Zur Leistungsstruktur der Kurz- und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sportmedizinischer Sicht. In: *Leistungssport*, 21, 29–31.

- Neumann, G., Pfützner, A., & Berbalk, A. (2001). *Optimiertes Ausdauertraining*. 3. Aufl. Aachen: Meyer & Meyer.
- Nikiforov, I. (1974). *About the structure of training in boxing*. Scientific Work (Moscow) 6:81-91.
- O' Leary, D. S. (1993). Autonomic mechanisms of muscle metaboreflex control of heart rate. *Journal of Applied Physiology*, 74(4), 1748–1754.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (1997). *Exercise physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. Dubuque, IA: William C. Brown. (Original work published 1990)
- Ren, J. M., Semenkovich, C. F., Gulve, E. A., Gao, J., & Holloszy, J. O. (1994). Exercise induces rapid increases in GLUT₄ expression, glucose transport capacity, and insulin-stimulated glycogen storage in muscle. *Journal of Biological Chemistry*, 269(20), 14396–14401.
- Sahlin, K., Harris R. C., Nylinde, B., & Hultman, E. (1976). Lactate content and pH in muscle samples obtained after dynamic exercise. *Pflügers Archiv*, 367(2), 143–149.
- Schabert E. J., Hawley J. A., Hopkins W. G., & Blum H. (1999). High reliability of performance of well-trained rowers on a rowing ergometer. *Journal of Sports Sciences*, 17, 627–632.
- Sedlock, D. A. (1994). Fitness level and post exercise energy expenditure. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 34(4), 336–342.
- Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1439–1447.

- Tkatchouk, E., Kondrykinskaya, I., & Ehrenbourg, I. (1993). Interval hypoxic training: A method of improving occupational health. *Proceedings. 24th Congress of the International Commission on Occupational Health*. France: Nice.
- Ventura, N., Hoppeler, H., Seiler, R., Binggeli, A., & Vogt, M. (2003). The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 166–172.
- Vogel, J. A., & Harris, C. W. (1967). Cardiopulmonary responses of resting man during early exposure to high altitude. *Journal of Applied Physiology*, 23, 1124–1128.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. Gustav Fischer Verlag, S. 25-28. In: 張嘉澤 運動能力診斷與訓練調整
- Westendorp, R. G., Blauw, G. J., Frölich, M., & Simons, R. (1997). Hypoxic Syncope. *Aviation Space Environment Medicine*, 68(5), 410–414.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wang, T. Y., Ho, C. F, Chan, K. H., Lee, W. C., & Hsu, M. C. (2012). Effects of consecutive 7-day high- versus moderate-intensity training on endurance determinants and muscle damage in basketball players. *International Sport Medicine Journal*, 13(1), 18–28.
- Yoshiga, C. C., Higuchi, M., & Oka, J. (2002). Rowing prevents muscle wasting in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 1–4.
- Yoshida, T., Suda, Y., & Takeuchi, N. (1982). Endurance training regimen based upon arterial blood lactate: effects on anaerobic threshold. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 49(2), 223–230.

附錄



運動能力診斷與訓練調整研究中心

訓練生理與健康實驗室 疾病調查

姓名：	出生年月：	身高 (cm)：	體重 (kg)：	性別：
項目：		最佳成績：		訓練年數：
請據實回答以下問題：				
1. 是否有心臟疾病	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
2. 是否有血液疾病	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
3. 是否有糖尿病	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
4. 是否有高血壓	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
5. 是否有氣喘疾病	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
6. 是否有癲癇症	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
7. 是否有肌肉疼痛	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
8. 是否有感冒症狀	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
9. 最近六個月是否有開刀手術	<input type="checkbox"/>	是	<input type="checkbox"/>	否
10. 其他：				
1) _____				
2) _____				
3) _____				
4) _____				
運動員簽名： _____	日期： _____			
教練簽名： _____				

www.spdi.idv.tw