

國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

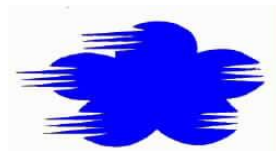
一週常氧與低氧訓練對跆拳道選手比賽
能力與能量代謝之影響

**The Impact of One Week Normal Oxygen and Hypoxic
Training on the Competition Performance and
metabolism of the Taekwondo Athletes.**

指導教授：張嘉澤 博士

研究生：陳奕勳 撰

中 華 民 國 102 年 6 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

本論文：一週常氧與低氧訓練對跆拳道選手比賽能力與能量

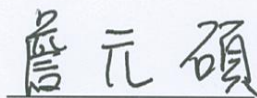
代謝之影響

係國立體育大學競技與教練科學研究所研究生陳奕勳所提，
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

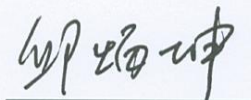
中華民國 102 年 6 月

論文考試委員



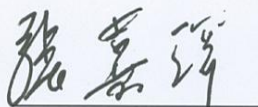
詹元碩 博士

國立臺北教育大學教授



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)

一週常氧與低氧訓練對跆拳道選手比賽能力與 能量代謝之影響

指導教授：張嘉澤 博士

研究生：陳奕勳

日期：2013 年 6 月 22 日

摘要

本研究主要目的為探討一週常氧與低氧訓練對跆拳道選手比賽能力與能量代謝之影響。受試對象取自大專甲組跆拳道項目選手為研究對象，男、女生各 6 人，共 12 人，身高 170.3 ± 7.8 cm、體重 63.4 ± 8.6 kg 與訓練年數 9.2 ± 1.9 years。依據比賽量級與基礎能力中之 V4 能力以平衡次序法進行分組。分為常氧跑步機組以及低氧划船機組訓練方式進行比較。測試所得資料進行相依樣本 -t 考驗分析，顯著差異訂為 $\alpha = .05$ 。研究結論如下：

- 一、一週低氧划船機組訓練乳酸值獲得改善效果，但訓練之心跳率則為常氧組改善較佳。
- 二、常氧與低氧兩項訓練均無法產生於一週針對有氧能力產生提升之效果；而訓練後閾值能力變化微小，將無法直接反應於受試者表現。
- 三、常氧跑步機及低氧划船機訓練於模擬比賽測試中血氨值皆受負荷增加而呈現提昇；低氧組於更高強度下乳酸值

改善較佳，而心跳率則為常氧組。

四、跆拳道項目於模擬比賽負荷中乳酸濃度是取決於不同選手與教練針對之策略影響，而 V4 能力提昇仍為此項目必需注重之要素。

關鍵字：划船機、跑步機、模擬比賽



The Impact of one week Normal Oxygen and Hypoxic Training on the Competition Performance and metabolism of the Taekwondo Athletes.

Adviser : Jia-Tzer Jang

Author : Yi-Hsun Chen

Date of Defense: June 22, 2013

Abstract

This study aimed to investigate one week normoxic and hypoxic training on taekwondo athlete competition ability and the impact of energy metabolism. The subject for twelve university taekwondo athlete (six male and six female average, height: 170.3 ± 7.8 cm, weight: 63.4 ± 8.6 kg, training experience: 9.2 ± 1.9 year). Divided into normoxic treadmill and hypoxic rowing group training methods to compare by weight and V4 ability to balance the order of the grouping method. The paired t-test was used to analyze there parameters. The statistical significance was set as $\alpha = .05$ The results are as follows:

- (1) One week hypoxic group training rowing lactate improved results, but training heart rate compared with normoxic group improved better.

- (2) Normoxic and hypoxic two were unable to produce the effect of aerobic ability for the one week training; While the after training threshold Variation of tiny, will not be able direct reaction during subjects performance.
- (3) Normoxic treadmill and hypoxic rowing training on simulation game in NH_3 values were tested and showed improved by increasing the load; hypoxic group at higher intensities lactate improve better, while heart rate was normoxia .
- (4) Taekwondo competition in simulated load in lactate concentration is determined for the different players and Strategy impact, and V4 capacity building is still required for this item focus on the elements.

Key words : Rowing, Treadmill, Simulated competition

謝 誌

首先必須感謝指導教授張嘉澤博士細心指導與不時關切研究進度，提供良好且完善之建議及相關文獻資訊，促使本論文能於兩年內順利如期完成，在此致上由衷之敬意。本論文並承邱炳坤教授、詹元碩教授對此指教斧正與批閱分析，使內容更具完善，特此敬申謝意。

在學期間非常感謝國立體育大學競技學院所有師長給予支持與教導，以及從大學期間指道我競技訓練至今之張榮三副教授、湯惠婷副教授、朱木炎副教授、廖家興教練與本校跆拳道隊所有隊員，SPDI 團隊中給予指點與協助之佳慧、月琪、德盛以及共同學習成長之敬衡、婉禎、詩涵、俊霖、汶玲、秀雅、智偉、育琦、松潛，使我受益良多。衷心感謝施測期間參與本實驗之受試者辛苦配合，得以順利完成數據之收集，感謝各位。

最後，要特別感謝我的父母、家人及女友平歡，在我研究所求學期間給予關懷與鼓勵，能夠全心意投入撰寫論文與完成學業。

於此願將本研究結果，獻給所有支持我之師長與親友，與各位分享這份成果，並誠摯地祝福曾經協助本研究之每位。

中文摘要	-----	I
英文摘要	-----	III
致謝詞	-----	V
目錄	-----	VI
表目錄	-----	VII
圖目錄	-----	IX
名詞解釋	-----	X

目錄

第壹章 緒論	-----	1
第一節 前言	-----	1
第二節 研究動機	-----	2
第三節 研究目的	-----	4
第貳章 文獻探討	-----	5
第一節 低氧環境適應與負荷	-----	5
第二節 低氧之運動負荷相關研究	-----	7
第三節 有氧無氧閾值能力、心跳、乳酸與血氨	-----	8
第四節 文獻總結	-----	13
第參章 實驗方法與步驟	-----	14
第一節 實驗對象	-----	14
第二節 實驗時間與地點	-----	14
第三節 實驗儀器與設備	-----	15

第四節	實驗步驟與設計	15
第五節	實驗流程	19
第六節	資料處理與統計分析	20
第肆章	結果分析與討論	21
第一節	常氧與低氧訓練後對基礎能力關係	21
第二節	常氧與低氧訓練適應	23
第三節	有氧、無氧閾值能力	29
第四節	低氧與常氧訓練後專項表現	33
第五節	V4 能力與最大乳酸值	47
第伍章	結論	50
參考文獻		51
一、	中文部分	51
二、	外文部分	51

附錄

附錄一	運動專項能力研究測試受試者同意書	57
附錄二	受試者疾病調查表	58

表目錄

表 2-1	急性低氧四個時期症狀	5
表 2-2	運動能力與高度生理補償區域	6
表 2-3	不同高度空氣壓力與氧氣濃度表	7
表 2-4	閾值能力判斷方式	9

表 2-5	Joe Friel 最大心跳率強度等級表 . -----	10
表 3-1	有氧無氧測試劑量表 -----	16
表 3-2	測驗內容及採集數據 -----	17
表 4-1	2- 4 mmol/l 兩種不同負荷之閾值能力前、後 測差異分析 -----	21
表 4-2	低氧組與常氧組於訓練中 day1、day4 乳酸值 差異之百分比 -----	25
表 4-3	低氧組訓練第 1 天與第 4 天心跳率適應表現	25
表 4-4	低氧組訓練第 1 天及第 4 天划船瓦特數與划頻	26
表 4-5	常氧組訓練第 1 天與第 4 天心跳率適應表現	26
表 4-6	低氧組與常氧組 day1、day4 訓練心跳率差異 之百分比 -----	27
表 4-7	低氧組與常氧組於兩次測試中閾值能力差異	31
表 4-8	低氧組與常氧組於專項中前後測 NH_3 差異之 百分比 -----	35
表 4-9	低氧組與常氧組於兩次模擬比賽乳酸值差異 之百分比 -----	38
表 4-10	低氧組與常氧組前後測踢擊頻率差異之百分 比 -----	41
表 4-11	低氧組與常氧組前後測心跳率差異之百分比	44

圖目錄

圖 3-1	常氧組(跑步機)於訓練中負荷模組 -----	18
圖 3-2	低氧組(划船機)於訓練中負荷模組 -----	18
圖 3-3	實驗流程圖 -----	19
圖 4-1	低氧組訓練第 1 天與第 4 天適應變化 -----	23
圖 4-2	常氧組訓練第 1 天與第 4 天適應變化 -----	24
圖 4-3	低氧組前、後測閾值能力相關分佈 -----	29
圖 4-4	常氧組前、後測閾值能力相關分佈 -----	30
圖 4-5	模擬比賽負荷中低氧組血氨值 -----	33
圖 4-6	模擬比賽負荷中常氧組血氨值 -----	34
圖 4-7	低氧組前、後測模擬比賽乳酸曲線圖 -----	36
圖 4-8	常氧組前、後測模擬比賽乳酸曲線圖 -----	37
圖 4-9	低氧組前、後測模擬比賽負荷每回合踢擊頻率	39
圖 4-10	常氧組前、後測模擬比賽負荷每回合踢擊頻率	40
圖 4-11	模擬比賽負荷中低氧組心跳率 -----	42
圖 4-12	模擬比賽負荷中常氧組心跳率 -----	43
圖 4-13	低氧組模擬比賽前、後測最大乳酸值與 V4 能力相關 -----	47
圖 4-14	常氧組模擬比賽前、後測最大乳酸值與 V4 能力相關 -----	48

名詞解釋

縮寫	英文	中文
ATP	Adenostine triphosphate	腺嘌呤核苷三磷酸
PCr	Phosphocreatine	磷酸肌酸
ADP	Adenostine dephosphate	腺嘌呤核苷二磷酸
AMP	Adenostine monophosphate	腺嘌呤核苷單磷酸
HR	Heart rate	心跳率
La	Latic acid	乳酸
NH ₃	Ammonia	血氨
m	Meter	公尺
s	Second	秒
min ⁻¹	Beat per minute	每分鐘心跳率
m/s	Meter per scond	每秒公尺速
2 mmol/l	Aerobic threshold	有氧閾值
4mmol/l	Anaerobic threshold	無氧閾值
PFK	Phosphofructokinase	磷酸果糖激酶
AMPK	Adenosine monophosphate protein kinase	單吟酸腺苷蛋白酶
FIO ₂	Fraction of inspired oxygen	氧氣濃度
BBB	Blood- Brain Barrier	血腦障壁
V3	Velocity of 3 millimole per liter	3 毫莫耳速度
V4	Velocity of 4millimole per liter	4 毫莫耳速度
V6	Velocity of 6 millimole per liter	6 毫莫耳速度
1x、2x、3x		訓練組數
S-1、S-2、S-3		模擬對打回合數
T1	Test -1	前測
T2	Test -2	後測

第壹章 緒論

第一節 前言

跆拳道，本意即是手部與腳部相互配合方法和道理所衍生出之運動，於西元前發跡，歷經長年文化陶冶後所發展至今，其著重個人自我動作比劃之「品適」；及注重實戰對打之「對練」中相互發展，然而目前於奧運正式項目中且倍受大眾喜愛的跆拳道則是由動作變化多、競技競爭高、勝負明顯且觀賞性較佳之「對練」項目為主。我國政府於 1966 年引進跆拳道作為國軍訓練課程，並且在隨後幾年大力推廣至民間地區，廣受台灣人民喜愛，促使發展為競技項目，並於國際賽場上屢獲佳績，之後於 1988 年首次列入奧運示範項目觀察，經過世界跆拳道聯盟 (World Taekwondo Federation, WTF) 全力推行，終於在 2000 年列為雪梨奧運正式比賽項目，次屆 2004 年雅典奧林匹克運動會，我國獲得 2 金 1 銀空前佳績，向世界各國再次宣告本國跆拳道項目所具實力，並且改寫台灣運動歷史零金牌之紀錄。伴隨著跆拳道進入奧運、亞運、世界盃錦標賽等國際型指標性賽事後，各國也皆竭盡全力發展，跆拳道人口呈現爆炸性成長，因此近年 WTF 為提高公信力與觀賞性，針對比賽規則做出全面性修改與開始使用電子護具系統，然而於發展多年之國家無疑是產生技術層面上巨大衝擊，同時間不論東西方國家皆開始積極接受踢擊技術轉移，融合出全新之戰術，各自發展相於以往不同的踢擊戰術，並於最近幾年國際型比賽中發現獎牌逐漸分散於世界各國，展現出此運動新興國家以驚人速度發展，更觀察 2012 倫敦奧運獲得獎牌數之情況更為明顯，面對國際情勢產生如此劇變，本國選手表現反倒是開始出現與國際趨勢無法產生接軌之窘境，因此如何藉由更科學化之方式並套入訓練中，是為更能讓運動技術表現更為優異之方法。

「訓練科學化」即是根據運動表現、結果做出數據呈現，並調整出最適當訓

練方針與最經濟受惠之訓練安排，雖然我國於跆拳道技術層面發展為相當成熟，但假使回歸至身材方面，卻是很難與其它人種直接做出身材與體能比較，因此更顯得訓練安排上應當更有效率地結合科學及其重要性，針對個人弱項逐點加強，將訓練趨向訓練科學化，並同時與專項做出結合，如此才能夠將技術方面發揮至極致。

第二節 研究動機

回顧競技運動發展歷史不難得知，人們即瞭解提昇運動員表現能力與訓練間密不可分之關係，於近代科學中針對生理方面研究皆投入鉅量研究，使得大眾更能夠解析各樣刺激中體內所呈現反映表現，根據過去研究可得知不同之訓練方式、負荷時間長短與類型安排及環境中能力之改善幅度及適應，可有效用於各項運動之訓練負荷，並提供給教練進行最適當課表安排。

但國內跆拳道長久以來受於國際成績表現優異影響，過去執行者單憑過去經驗融入訓練安排，忽略各領域針對訓練生理方面之研究與數據，無法與科學化訓練產生適當結合，導致近十年表現無明顯突破，逐漸與較強國家開始產生差距以及面對後起國家追上之窘境，而迫使本項目開始尋求更佳方式輔助訓練，然而目前跆拳道中相關研究皆著重於力學（蔡葉榮，2007、黃秋琴，2006、李政霖，2006、柯玉禎，2000）、心理學（王蓓，2010、曾雪珍，2009、孫明輝，2007）與各國及選手之技術分析（吳燕妮，2012、邱共鈺，2012、胡博綱，2011），但表現上則必需要先有良好之體能支持，才能與心理、力學技術產生有效結合（陳全壽，1994）。各項運動所需求之體能不盡相同，其中包含力量能力、速度能力、耐力能力與柔軟度（Martin et al., 1991）。

於進行跆拳道訓練安排與負荷前，應當清楚了解此項目比賽型態於每波攻勢

低於 4 腳，負荷總長時間雖為 2 分鐘三回合，因暫停次數頻繁，而形成高強度間歇，並且符合無氧非乳酸系統 (ATP-PCr) 所主要支持 10s 內之短時間負荷。但目前跆拳道選手規則趨勢造成雙方動作接觸比以往更激烈且提高使用體能消耗量較大之轉身動作踢擊，因此當 ATP-PCr 耗竭且無法足夠供於負荷時，能量提供將轉向無氧醣酵解供應 (Sahlin, Harris, Nylind, & Hultman, 1976)。

低氧訓練與相關研究於1968年奧運後所開啟，研究後發現無論是過去從訓練方法支持的高住低練 (live high train low, LHTL) 或低住高練 (live low train high, LLTH) 及近年廣受大眾接受之常壓低氧間歇訓練皆可增加運動員於短時間負荷，並呈現有效改善運動員醣酵解能力之結果 (Winder, 2001)。

因此本研究以低氧方式進行負荷，比較跆拳道選於專項比賽上之表現，並將其數據延展使用至此項目正式訓練中，以求事半功倍之目的。



第三節 研究目的

- 一、 常氧及低氧訓練對心跳率與乳酸值之改善。
- 二、 常氧及低氧訓練對影響有氧-無氧閾值耐力之影響。
- 三、 常氧及低氧訓練對改善模擬比賽能量代謝路徑之影響。
- 四、 常氧及低氧訓練對模擬比賽踢擊頻率之影響。



第貳章 文獻探討

第一節 低氧環境適應與負荷

1968 年，第十九屆奧運於高過海平面 2310 m 之城市舉辦，但許多學者懷疑為環境高山低氧影響，導至 3000 m 以上之長距離項目成績不盡理想 (Jokl, Jokl and Seaton, 1969)，因此開啟了低氧相關之研究。

Sheffied and Heimbach (1996) 依據 1940 年德國航空生理學家提出急性低氧四個時期症狀並修改後指出 3048-4572 m 為生理補償期，此時生理出現心跳率、心輸出量增加及神經系統症狀，血氧飽和濃度約 80-87%，表 2-1 所示。

表 2-1 急性低氧四個時期之症狀 (Sheffied and Heimbach, 1996)

	高度(m)	血氧飽和濃度(%)	生理症狀
不影響	3048	87-98	呼吸率、心跳略增
補償期	3048-4572	80-87	呼吸率、心跳略增、神經系統症狀出現
干擾期	4572-6200	65-80	代償性生理範應漸趨無效，神經系統症狀更加明顯，肌肉協調不佳
危險期	6200-7130	60-65	各種症狀更加惡化，不及時供應氧氣，隨時喪失意識至死亡

Fuchs and Manfred (1990) 依據運動能力與海拔高度關係，指出 2000m -3000m 為生理補償區域 (表 2-2)。

表 2-2 為運動能力與高度生理補償區域。

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

低氧補償性反應分為呼吸系統 (Astrand & Rodahl, 1986) 與心血管系統兩種調節 (Westendorp, Blauw, Frolich, & Simons, 1997)，主要是遭受交感神經活化促使不同血管調節擴張與血流增加，確保供氧 (Rowell et al., 1989; Westendorp et al., 1997)。在低氧環境中進行負荷，將動用更多碳水化合物為能量供應 (Brooks, Butterfield, Wolfel, Groves, Mazzeo, & Sutton, 1991)，同時活化 AMPK，提高肌肉肝醣儲存量 (Holmes et al., 1999; Ojuka, Nolte, & Holloszy, 2000) 並與微血管增生有關 (Arany et al., 2008; Lin et al., 2002; Röckl et al., 2007)。此環境中進行負荷訓練可使肌肉組織與體循環能力獲得明顯改善 (Ponsot et al., 2006)。

低氧還可誘發生理上於自主神經 (Bernardi, Passino, Serebrovskaya, Serebrovskaya, & Appenzeller, 2001; Johnson, Young, & Landsberg, 1983)、心血管系統 (Garcia, McMinn, Zuckerman, Fixler, & Levine, 1999)、及脂肪組織 (Reynolds, Lickteig, Deuster, Howard, Conway, & Pietersma 1999) 之適應與改善。

Hollmann and Liesen (1973) 指出血液含氧量、血紅素數量、肌肉內氧運輸、血液氣體運輸與增加血液循環容積均可藉由高地低氧訓練提昇。然而後來發現於高地進行低氧訓練將受高山場地影響專項訓練與長途往返耗費許多資源與時間，因此目前研究大多於常壓低氧下進行。

第二節 低氧之運動負荷相關研究

Fuchs and Manfred (1990)研究結果認為 3000- 3500m 是最能改善耐力表現之海拔高度。Berlgund (1992)根據過去 Muchs et al. (1990) 研究，對於適合進行負荷訓練及生理補償氧氣濃度約為 11.3 - 16.1 %，此高度約為 2000 - 4500m，提出不同高度空氣壓力與氧氣濃度設定表 (表 2-3)。

表 2-3 不同高度空氣壓力與氧氣濃度表 (Berlgund, 1992)

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	12.7
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
8872	240	5.9

Morton and Cable (2005) 將 16 名自行車選手區分為常氧 ($\text{FIO}_2 20.9\%$) 與低氧組 ($\text{FIO}_2 15\%$)，進行為期 4 週，每天 3x 30 min (10x1min 80%, $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$, 10x2min, 50% $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$)，結果發現無氧閾值與最大攝氧量呈現上升。Meeuwsen, Hendriksn, and Holewijn (2001) 以 16 名鐵人三項選手分為低氧組及常氧組，進行為期 10 天，每天 2 小時強度 60%-70%心跳閾值訓練，顯示於最大攝氧量、瓦特數皆呈現上昇，同時認為可以提高無氧與有氧能量代謝系統。Ventura et al. (2003)分為常氧

組與低氧 ($\text{FIO}_2 13\%$)，六週腳踏車訓練，最大攝氧與瓦特無上昇跡象，但在低氧組血氧飽和濃度呈現上升。Nummela et al. (1996) 將 6 名 400 m 田徑選手安排於常壓低氧 ($\text{FIO}_2 15\%$) 進行正常訓練，結果專項達顯著進步，明顯改善無氧能力。Dofour et al. (2006) 進行常氧 ($\text{FIO}_2 20\%$) 與低氧 ($\text{FIO}_2 14.5\%$) 六週訓練，只有低氧組在最大攝氧有提昇效果，還發現粒線體功能與 ATP 供應更有效率。8 名田徑短距離徑賽選手，參予五天低氧訓練，進行 $4 \times V6$ (3 min) 訓練，結論為五天低氧訓練對選手新陳代謝氧與體循環有提升效果，RPE 量表呈現下降，但最大無氧醣酵解效率與血氧飽和濃度未達顯著的相關 (邱奕棠、張嘉澤，2012)。

第三節 有氧無氧閾值能力、心跳、乳酸與血氨

一、有氧與無氧閾值能力

能量是提供人體進行活動之基本元素，同時身體會因應負荷強度、時間而切換至不同代謝路徑作為能量來源，依據個人能力於有氧與無氧路徑有所差異。本研究以 Mader 在 1976 年所提出理論為依據 (表 2-4)，體內乳酸值於 2mmol/l 時為有氧閾值 (aerobic threshold)，決定運動員耐力優劣，長時間低強度負荷可以增加粒線體肌酶、肝醣儲存及氧化能力，使有氧能力獲得提昇，也可以經由提高呼吸量、呼吸率、氧運輸量與粒線體密度增加無氧能力 (Gollnik, 1973)。無氧閾值 (anaerobic threshold) 為血液中乳酸開始堆積之強度點。在強度提高後，碳水化合物需求增高，乳酸隨之上升，同時無法排除，因而導致堆積大於 4mmol/l ，影響運動表現。

表 2-4 閾值能力判斷方式 (Heck & Hermann, 1990)。

理論	年	閾值參數	方式	閾值名稱
Karrasch Müller	1951	HR	Max. steady state HR	持續能力界限
Hollman	1959	V_E, VO_2	換氣轉折點	最佳呼吸反應
Wasserman et al.	1964	V_E, VO_2, VCO_2	換氣轉折點	無氧閾值
Mader et al.	1976	La	4 mmol/l 速度	2-4 mmol/l
Kindermann	1978	La	運動負荷 2-4 mmol/l	有氧無氧混合閾值
Keul et al.	1979	La	$\tan\alpha=1.26$	個人閾值
Sjödin et al.	1979	La	4 mmol/l 速度	血液乳酸開始堆積 點
Farrell et al.	1979	La	血將濃度 上升超 過安靜值	血將乳酸開始堆積 點
Pessenhofer et al.	1981	La	乳酸曲線 最小平 方函數	個人有-無氧閾值
Stegmann et al.	1981	La	$\tan 51^\circ 34'$ 乳酸曲線	個人無氧閾值
Berg et al.	1980	La, VO_2	最小乳酸與攝氧量 指數	La- VO_2 等量數值
Simon et al.	1981	La	$\tan\alpha=1$ 速度	個人無氧閾值
Bachl	1981	V_E, VCO_2	乳酸切線曲線	呼吸閾值
Buncl et al.	1981	La	VE	個人無氧閾值
Conconi et al.	1982	HR	心跳率轉折點	無氧閾值
James et al.	1985	呼吸頻率	呼吸頻率轉折點	無氧閾值

二、心跳率

Hottenrott (1993)指出，心跳率是最容易取得與判斷負荷強度及運動員感受之數據，反映人體對於外界及內部適應與反應，通常藉由儀器或徒手測量可得知。心臟每分鐘收縮次數即心跳率。受年齡、性別、飲食、溫度、疲勞、疾病、負荷型態等許多因素影響，但運動中，心跳率變化主要是交感神經與副交感神經對於竇房節的控制 (Lederer, 2003) 而產生結抗作用。De-Meersman (1992) 長期接受訓練負荷刺激者，能夠經由有氧能力提升促進副交感神經調節心臟調節能力。負荷心跳率、恢復心跳率以及安靜值心跳率皆能表示心肺功能優劣，於安靜值、相同強度下越低與恢復越快，表示心肺功能越佳。Joe Friel (2003) 根據運動負荷之最大心跳率區分強度等級與描述。如表 2-5。

表 2-5 為 Joe Friel (2003) 最大心跳率強度等級表。

運動強度 (HR _{max} %)	強度等級	描述
50% - 60%	恢復區	輕度運動，可運於熱身和訓練後恢復
60% - 70%	低強度有氧區	中度有氧運動，能量來源以脂肪為主，有減肥效果
70% - 80%	高強度有氧區	較強有氧運動，肌肉內醣原大量分解消耗
80% - 90%	無氧區	肌肉處於無氧狀態，乳酸大量堆積
90% - 100%	極限區	對身體系統造成嚴衝擊，此強度下訓練需十分謹慎

美國運動醫學學會 (ACSM)建議以最大心跳率的百分比來區分運動強度，最大心跳率預測公式「男型(女性)為220 (200)-年齡」，隨年齡增加而遞減計算結果。

Nikiforov (1974) 研究指出負荷心跳率 150~ 170 min⁻¹屬於中強度形態，170~ 180 min⁻¹屬於高強度形態，然而另外針對最大負荷後第5分鐘 (E5) 評估恢復心跳率，則超過130 min⁻¹表示差；130~ 120 min⁻¹ 表示不好；120~ 115 min⁻¹ 表示好；105~ 100 min⁻¹ 表示非常好；100 min⁻¹ 以下表示具備高競技運動能力 (Hollmann, Liesen, Rost, and Kawahats, 1981)。Salvatore , Antonio& Corrado (2012) 針對跆拳道項目17名選手收集正式比賽之心跳率，並依照百分比心跳率劃分為 (a) >95%

HR_{max} ; (b) 86-95 HR_{max} ; (c) 76-85% HR_{max} ; (d) 65-75 HR_{max} ; (e) <65 HR_{max} , 結果發現每回合在負荷中心跳率最高點出現範圍從194 min⁻¹到205 min⁻¹不等, 平均為187 min⁻¹ , 已達到最大心跳率之90 %。Fa'bio Angioluci Diniz Campos, Rômulo Bertuzzi, Antonio Carlos Dourado, Victor Gustavo Ferreira Santos & Emerson Franchini (2012) 取10名具有全國實力以上男性跆拳道選手, 依照W. T. F規程進行負荷後, 心跳最高值達181±9 (p<0.001; η²= 0.88) , 第1回合低於其它兩回合(p<0.001) , 第2回合 (p< 0.005) 低於第3回合, 平均心跳率為167±12 (p<0.001; r²= 0.77) 。上述研究皆與Bridge CA, Jones MA, Hitchen P, Sanchez X (2007); Markovic, V. Vucetic, M. Cardinale (2008) 呈現相同結果, 表示跆拳道比賽即造成生理極大負荷。

三、乳酸

Karlsson & Saltin (1971) 十九世紀末期科學家開始對動物與人體進行運動前、後乳酸研究。身體活動時, 即使體內處於有氧情況下也會產生乳酸, 但與無氧情況比較乳酸產生差異明顯。持續性高強度肌肉收縮是造成心肺功能無法供應全身耗氧量, 而進入無氧狀態, 使乳酸快速堆積之主要原因。無氧情況下, 由ATP- PrC 系統所供應能量只能夠持續維持低於 8 秒能量, 之後能量即轉換為無氧醣酵解系統供應, 路徑中由葡萄糖分解成丙酮酸接受氫離子後所產生乳酸, 但短時間大量產生氫離子其濃度將影響體內 pH 值, 促使產生酸化現象發生 (Sahlin, Harris, Nylinde, & Hultman, 1976) 。干擾神經傳導速度、磷酸果糖激酶 (PFK) 活性被抑制, 並降低肌肉的收縮能力為啟動人體安全機制啟動 (Heck, 1990) 。經由訓練後, 如運動員接受同樣負荷以相同速度完成, 即為進步表現, 因此乳酸可作為訓練強度、疲勞與能量系統診斷指標 (Ryan, Coyle & Quick, 1990) 乳酸 (Lactate acid) 在藉由活動而刺激肌肉收縮情況下視為反應負荷強度之生化指標, 所產生量也取決能量代謝速度及負荷增加而提高, 經常用於運動強度調

控、模式選擇、能力診斷 (Weinecker, 1994)。生成量主要受負荷強度、參與肌肉量與持續時間影響 (Hultman & Saholm, 1980 ; Itoh & Ohkuko, 1991)，同時生成及排除速度中與個人無氧代謝能力、有氧代謝能力有關。Bridge, Jones, & Drust (2009) 研究 8 名跆拳道選手 (age 22 ± 4 years, body mass 69.4 ± 13.4 kg, height 1.82 ± 0.10 m, competition experience 9 ± 5 years) 於正式負荷中之生理表現，血乳酸第一回合為 7.5 ± 1.6 於第三回合上升至 11.9 ± 2.1 mmol ($P < .05$)。Matsushigue, Hartmann, & Franchini (2009) 以 14 名拳道選手進行兩分鐘 3 回合對打負荷後，血乳酸值達 7.5 ± 3.8 mmol/l。此外許多研究皆表示運動負荷後於血液中乳酸與血氨產生呈現正相關 (Itoh & Ohkuwa, 1990)。

四、血氨

早在 1990 年就有血氨與疲勞是有關係論點提出 (Schlicht, Naretz, Witt, & Riecket, 1990)。血氨 (ammonia, NH_3) 人體各組織與器官代謝之產物，並可經由血腦障壁 (Blood- Brain Barrier, BBB) 進入神經系統。蛋白質經由消化作用所產生尿液是處於安靜情況下 NH_3 形成原因 (Mutch & Banisher, 1983)；但在運動負荷下，骨骼肌則為血氨產生來源。當負荷強度以中低強度進行時，血液中血氨濃度並無大幅改變，但若進行高負荷激烈運動血氨濃度則可能上升 400% 之多 (Allen & Conn, 1960)。過去研究指出高強度負荷下，受肌肉纖維粒線體 (mitochondria) 影響，快縮肌纖維 (type-II) 較多者，所產生 NH_3 量大於慢縮肌纖維 (type-I) 較多者 (Dudley, 1983)。針對血氨產生之機轉說明，其主要原因為高強度負荷造成肌肉對 ATP (三磷酸腺苷) 劇增，導致 ADP (二磷酸腺苷) 與磷酸根 (Pi) 結合以供需求，當每 2 分子二磷酸腺苷與磷酸根作用則產生 1 分子 ATP 與 1 分子 AMP (一磷酸腺苷)，接著 AMP 進入 Purine nucleotide cycle, PNC (嘌呤核苷酸循環)，最後受到腺苷酸脫氨酶產生 IMP (肌核苷) 與 NH_3 (Weicker, 1988)。血氨生成數量是取決於運動型態、強度以及持續時間 (Lo & Dudley, 1987 ; Eriksson

et al., 1985 ; Broberg & Sahlim, 1989)。因此當長時間運動負荷後，能量需求也將依賴蛋白質分解 (Poortmans, 1990)。

第四節 文獻總結

過去針對低氧環境高度與氧氣濃度研究指出高度約為 2000-4500m 為可改善生理機轉之高度此時氧氣濃度約為 16.1- 11.3%，然而更進步研究指出 3000-3500m (氧氣濃度 13.1-14.1%) 是最能改善耐力表現之海拔高度。處於低氧環境中體內即進行補償性呼吸系統與心血管系統生理反應調節確保供氧，此環境中進行負荷訓練可使肌肉組織與體循環能力獲得明顯改善與生理上於自主神經心血管系統及脂肪組織之適應，動用更高級之碳水化合物使用率，並誘發提高肌肉肝醣儲存量並與微血管增生。跆拳道項目中比賽趨勢造成選手負荷提高，場上表現之持續力受於無氧醣效解能力影響，因此透過兩項高強度訓練觀察選手於跆拳道專項能力與基礎能力改善之情況。

第參章 實驗方法與步驟

第一節 實驗對象

本研究對象取自大專甲組跆拳道項目選手為研究對象，男、女生各 6 人，共 12 人，身高 170.3 ± 7.8 cm、體重 63.4 ± 8.6 kg、訓練年數 9.2 ± 1.9 years。參予實驗前，詳細告知自願者實驗方法及注意事項之說明，受試者清楚得知實驗流程與全面性瞭解後，簽寫健康調查表與同意書，在排除患有嚴重影響健康與安全之不適合對象之因素，進行前測、後測及分組進行常氧與低氧訓練，強烈限制受試者除了實驗本身負荷外嚴禁參予任何運動訓練，同時需維持正常規律作息。

第二節 實驗時間與地點

一、實驗時間：

(一)前測 (T-1)

時間：

1 專項能力測試：中華民國 102 年。

2 基礎能力測驗：中華民國 102 年。

(二)訓練

時間：中華民國 102 年。

(三)後測 (T-2)

1 專項能力測試：中華民國 102 年。

2 基礎能力測驗：中華民國 102 年。

二、實驗地點：

- 1.國立體育大學跆拳道訓練場
- 2.國立體育大學低氧實驗室
- 3.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) 德國製血糖乳酸分析儀 (Diagnostic Biosen C-line; EKF- diagnostic)。
- (二) 血氨測定儀 (PocketChem BA PA-4130;ARKRAY)。
- (三) SEIKO 碼表。
- (四) 採血工具(酒精、毛管、採血針、手套等)。
- (五) 心跳錶 Polar-610i, Polar team system。
- (六) Daedo 電子護具系統 (電子護胸、計分器、控制器等)
- (七) 跆拳道比賽個人基本裝備 (護頭、護手、護腳、電子襪等)
- (八) 場地 (低氧艙、跆拳道標準場地)
- (九) 訓練器材 (h/p 高速跑步機,C2onceptPM4-划船測功儀)

第四節 實驗步驟與設計

一、實驗準備

- (一) 集合所有受試者清楚說明實驗目的、方法、訓練方式及需注意事項後，詳細填寫病歷調查表與同意書，排除所有不適合此實驗之受試者，並且讓受試者能夠在測試與訓練負荷中能盡最大能力完成。

二、測驗方式

下列實驗測試中若受試者身體出現任何不適症狀與危險因素產生將立即停止測試。

(一) 基礎耐力檢測

依據 Mader et al. (1976) 2-4 mmol/l 有氧-無氧閾值做為耐力檢測方式，其可作為訓練負荷設定數據與訓練效果評價。

開始測試前，先於受試者胸前安置 Polar 心跳錶，並由耳垂採取 10 μ 血液，為乳酸於安靜值數據與記錄心跳。實驗於高速跑步機上進行階梯式負荷測試，第一階起始速度為 2.5 m/s，階之間採集血液及心跳率間歇約為 30s，速度上升 0.5m/s。持續時間為 5 分鐘，測試直到受試者承受之最高負荷為止。

表 3-1 有氧無氧測試劑量表

步驟	強度
開始速度	2.5 m/s
每階上升速度	0.5 m/s
每階持續時間	5 min
每階間歇	約 30s (收集生物參數)
結束時間	個人最大負荷

(二) 模擬比賽測試方式

模擬比賽測驗方式依照國際跆拳道聯盟 (World taekwondo federation, W.T.F) 國際正式賽程規則，採用奧運認證之 DAEDO 電子護具系統，並於 8x8 m 標準跆拳道比賽場中進行三回合 2 分鐘，中間休息 1 分鐘之方式負荷，比賽中各方指導席均安排指導教練，並有 5 位具有國內專業證照擔任裁判工作。

相同於正式比賽中之計分方式，踢擊與正拳有效擊中護具得 1 分，有效踢擊頭部得 3 分，假使有效攻擊為轉身動作，不論頭部及護具，皆再多加 1 分，比賽

中除了有效擊中護具可藉由電子設備感應外，其餘皆由裁判認定與加分。於開始負荷前將 Polar 心跳錶繫於受試者適當位置，收集心跳率與採集乳酸以及血氨安靜值，並於每回合後採集乳酸、心跳與記錄出腳次數。

三、測驗內容及採集數據

表 3-2 測驗內容及採集數據

		BIO
前測	模擬比賽: S-1、S-2、S-3	La: R、S-1、S-2、S-3 HR: S-1、S-2、S-3 Kicks: S-1、S-2、S-3 NH ₃ : R、S-1、S-3
	2-4 mmol/l	La、HR: R 至最大負荷
訓練	高速跑步機(常氧) V6-V3-V6-V3-V6 3-90s-3-90s-3 min	HR: V6-V3-V6-V3-V6_ La: R、1x、2x、3x (只於訓練第1天、第4天採集)
	划船機(低氧) 4x200m	HR: R、1x、2x、3x、4x La: R、1x、2x、3x、4x (只於訓練第1天、第4天採集)
後測	同於前測	

四、訓練模組

經過基礎耐力測試後依據受試者 V4 能力以平衡次序法分為低氧訓練組與常氧訓練組。

(一)常氧組 (跑步機)

速度設定 2.5m/s 慢跑熱身 180 s 後，直接以速度變換方式進行個人 V6 強度 3 分鐘與 V3 能力 90 s 之負荷，生物參數採集為安靜值與每階心跳率，並於訓練第一天與第四天增加收集安靜值與負荷 V6 強度後之乳酸。

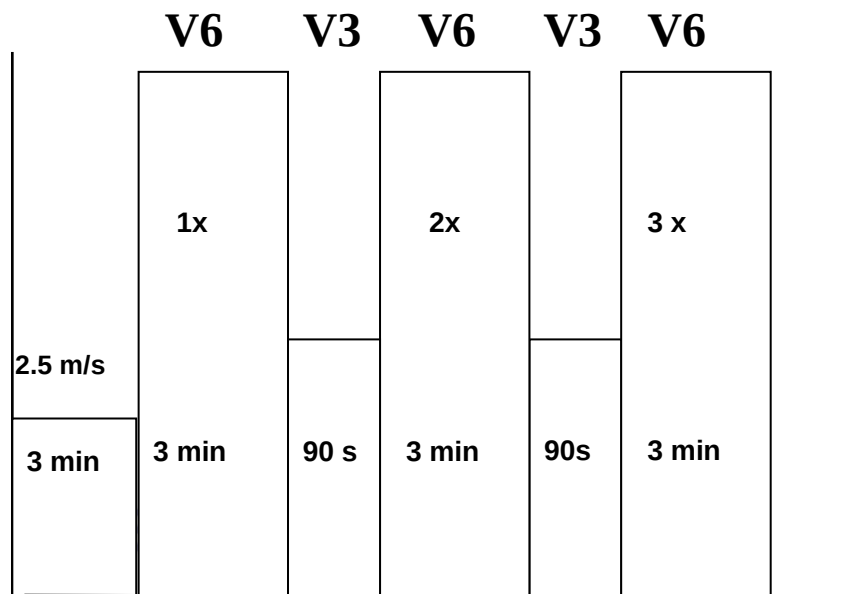


圖 3-1 為常氧組(跑步機)於訓練中負荷模組

(二)低氧環境 O₂13% (划船機)

距離設定 300m 為熱身負荷，休息 3 分鐘後，以最佳表現進行 4 組 200 公尺之負荷，組間休息 2 分鐘，於安靜值與每階負荷後收集心跳與血液含氧量，並在訓練第一天及第四天之安靜值與每階後採集乳酸。

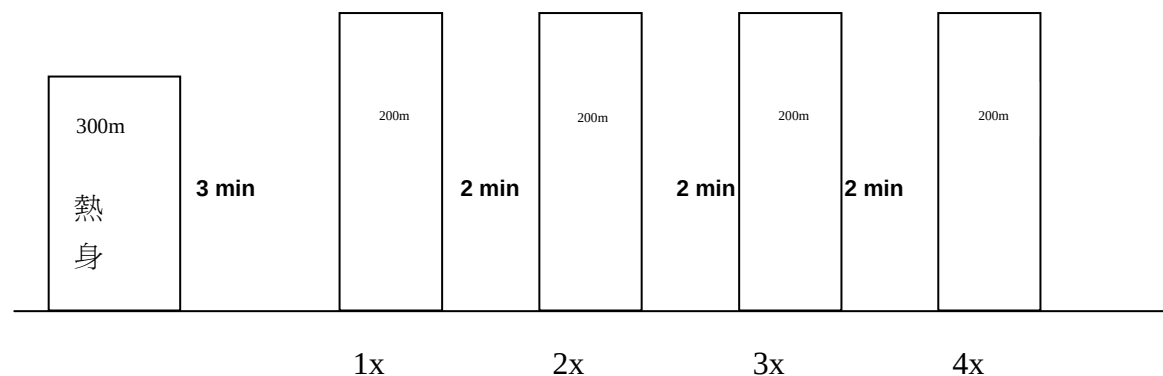


圖 3-2 為低氧組(划船機)於訓練中負荷模組

第五節 實驗流程

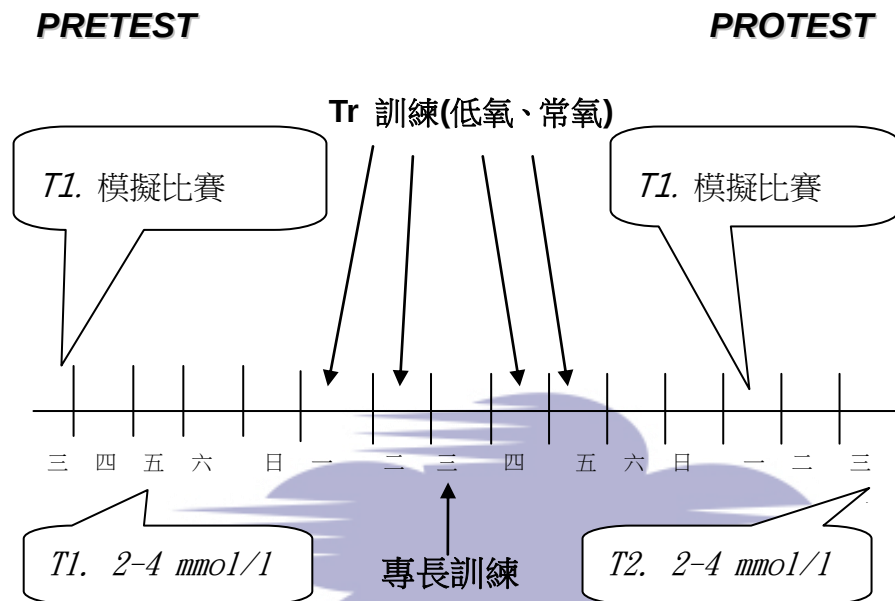


圖 3-3 為實驗流程圖

第六節 資料處理與統計分析

- (一) 所有資料以 SPSS for windows 18.0 套裝軟體進行統計分析，並以 Sigmaplot 8.0 進行製圖。
- (二) 本研究所有數據將以平均值與標準差呈現。
- (三) 基礎耐力以乳酸分析軟體取得個人有氧—無氧閾值（2 – 4 mmol/l）之速度。
- (四) 模擬比賽負荷心跳率數據以 Polar 官方應用軟體進行資料整理。
- (五) 皮爾遜積差相關進行結果分析有氧-無氧能力相關及 V4 與最大乳酸值之相關。
- (六) 相依量表 t 檢定進行分析分析各組訓練第一天及最後一天與前後測試中乳酸值、心跳率、血氨值。
- (七) 本研究之顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

第肆章 結果分析與討論

第一節 常氧與低氧訓練後對基礎能力關係

低氧組有氧閾值能力 (V2) 於前測平均為 2.7 ± 0.3 m/s 與後測 2.4 ± 1.1 m/s，兩者差異 -0.3 ($p > .05$)，心跳率分別為 149 ± 14 min⁻¹ (T1)、 143 ± 26 min⁻¹ (T2)，前後相差 -6 min⁻¹，未達顯著差異；無氧閾值能力 (V4) T1 與 T2 表現各為 3.4 ± 0.35 m/s、 3.6 ± 0.3 m/s，差異 $+0.2$ m/s ($p > .05$)，V4 前測心跳率表現為 178 ± 12 min⁻¹，後測則為 179 ± 9 m/s，差異為 $+1$ min⁻¹ ($p > .05$)。常氧組前測 V2 為 2.9 ± 0.3 m/s 與後測 (2.7 ± 0.7 m/s) 差異 -0.2 m/s，兩次測試心跳率則差異 -12 min⁻¹ (161 ± 7 min⁻¹、 149 ± 18 min⁻¹)；無氧閾值能力 T1 為 3.6 ± 0.2 m/s，T2 為 3.6 ± 0.2 m/s，心跳分別則為 182 ± 8 min⁻¹ 與後測差異 -4 min⁻¹ (178 ± 6)，常氧組兩次測試中有氧無氧能力與心跳率皆無達到明顯差異。如表 4-1 所示。

表 4-1 2- 4 mmol/l 兩種不同負荷之閾值能力前、後測差異分析 (n=11)

	Rowing (13%)				Treadmil			
	V2		V4		V2		V4	
	m/s	HR	m/s	HR	m/s	HR	m/s	HR
T1	2.7 ± 0.3	149 ± 14	3.4 ± 0.35	178 ± 12	2.9 ± 0.3	161 ± 7	3.6 ± 0.2	182 ± 8
T2	2.4 ± 1.1	143 ± 26	3.6 ± 0.3	179 ± 9	2.7 ± 0.7	149 ± 18	3.6 ± 0.3	178 ± 6
Diff.	-0.3	-6	$+0.2$	$+1$	-0.2	-12	$+0$	-4

本研究由表 4-1 結果發現，低氧組中受試者個人閾值能力 (2-4mmol/l) T1 中均未達過去研究 (Hollmann et al., 1987) 所提出之有氧閾值需達到 $\geq 2.8\text{m/s}$ 及心跳率小於 156min^{-1} ，無氧閾值 $\geq 3.5\text{m/s}$ 與心跳率小於 140min^{-1} ，經由一週訓練後無氧閾值提高 0.2m/s ，但有氧閾值減少 0.3m/s ，與常氧組之 V2 能力呈現相同結果(-0.2m/s)。Mader et al. (1976) 身體處於無氧情況下能量來源將依賴碳水化合物。Brooks et al. (1991) 指出常壓低氧下將會動用更多碳水化合物作為能量來源。另外增加有氧耐力之有效方式為設定個人閾值能力並透過長時間低強度負荷劑量刺激 (Zintle, 1994)。因此符合本研究兩組訓練分別以低氧環境與常氧個人 V6 能力進行高強度訓練後於 V4 能力改善以及有氧降低之結果。Rowell et al., 1989; Westendoep et al. (1997) 低氧環境將使體內遭受交感神經活化，促使不同血管調節擴張與提高心搏及心輸出量確保供氧。Janssen (1989) 針對閾值能力分析指出，閾值能力與心跳率同時增加，即表示選手未達到穩定狀態，符合於本實驗低氧組 V4 能力呈現。

第二節 常氧與低氧訓練適應

圖 4-1 為低氧組第 1 天訓練至第 4 天適應變化。第 1 天訓練中各組乳酸值為第 1 組 (1x) 4.9 ± 1.6 mmol/l、第 2 組 7 ± 1.53 mmol/l、 10.19 ± 1 mmol/l (3x)、 11.8 ± 1.96 (4x)，呈現顯著差異。第 4 天各組數據為 4.23 ± 1.19 mmol/l (1x)、第 2 組 6.46 ± 0.8 mmol/l、 8.06 ± 1.01 mmol/l、 9.68 ± 1.22 (4x) mmol/l，其中兩天測試於第 1 組與第 4 組乳酸濃度分別為第 1 天提高 6.9 mmol/l 與第 4 天 5.4 mmol/l，達顯著差異。

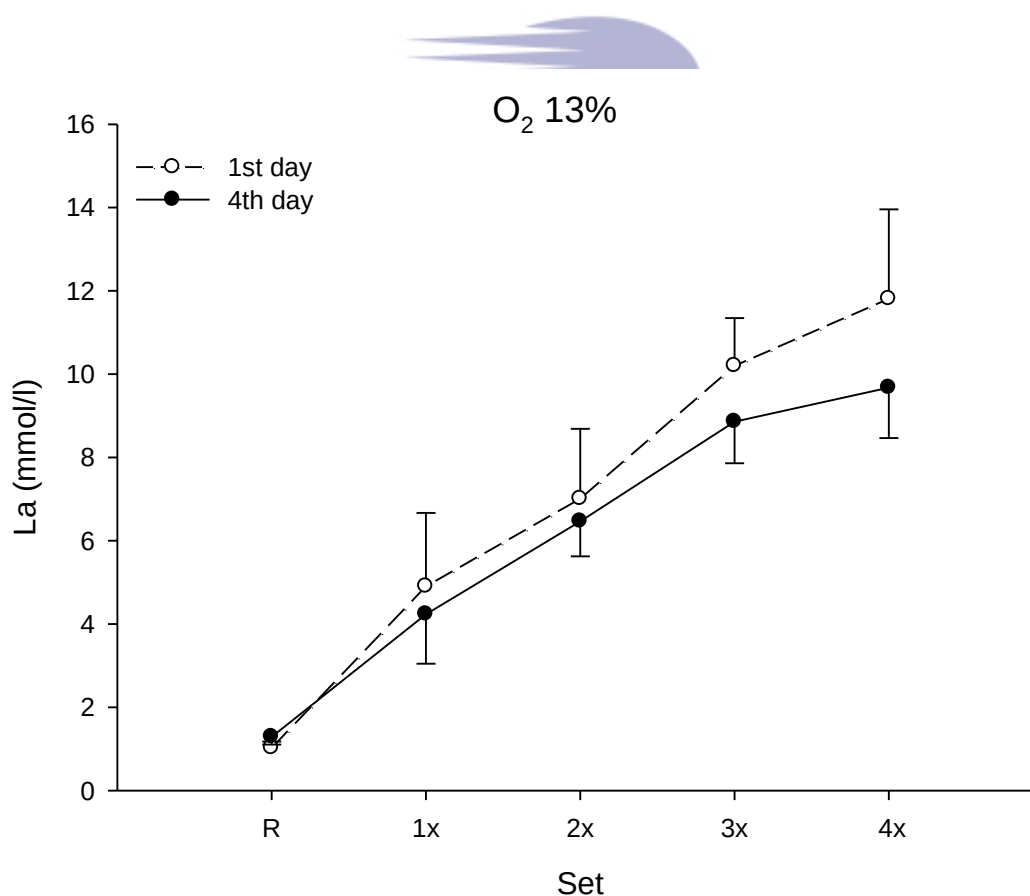


圖 4-1 低氧組訓練第 1 天與第 4 天適應變化

圖 4-2 為常氧組訓練第 1 天與第 4 天適應變化。兩天訓練負荷中乳酸值皆呈現持續上升趨勢，第一組乳酸值為 4.69 ± 0.5 mmol/l (day1)、 4.33 ± 0.3 mmol/l (day4)，與 2x (第 2 組) 6.66 ± 0.68 mmol/l (day1)、 5.9 ± 0.9 mmol/l、第 3 組為 7.86 ± 0.76 、 7.12 ± 1.87 mmol/l (day4)，乳酸提昇為 3.2 (day1)、2.8 (day4)，並且皆達顯著差異。

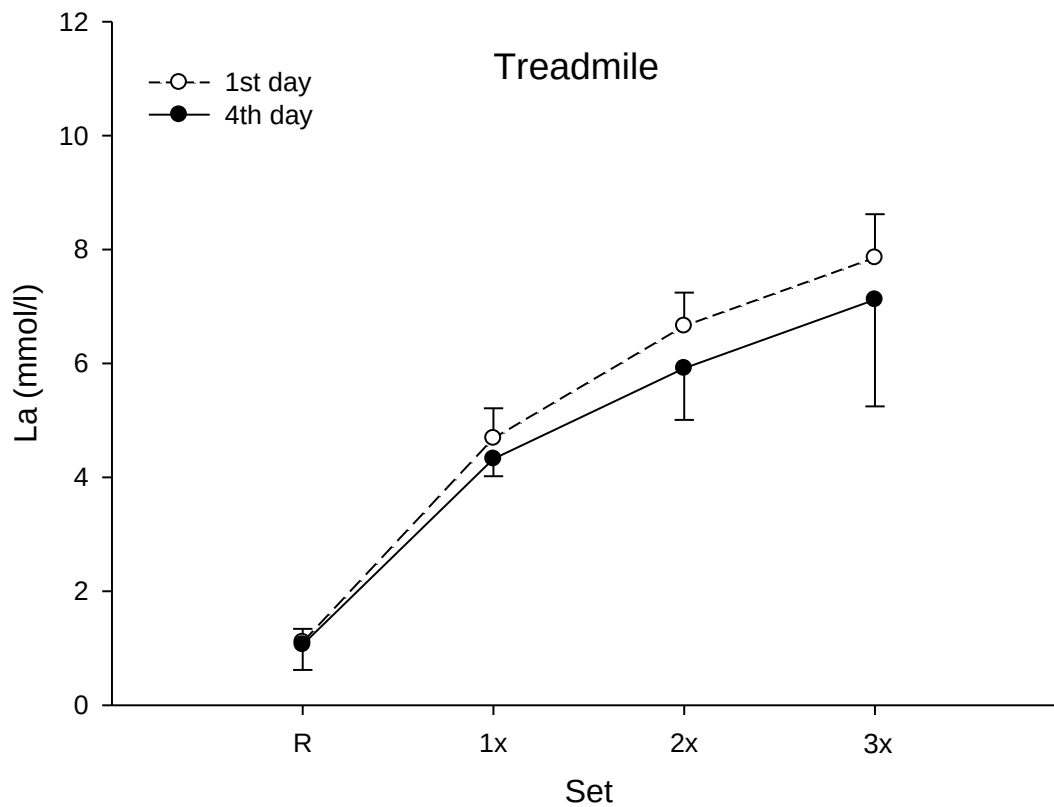


圖 4-2 常氧組訓練第 1 天與第 4 天適應變化

表 4-2 為低氧組與常氧組於訓練中 day1、day4 差異之百分比。常氧組比較第一天於第 1 組 (1x) 與 4x 乳酸變化之百分比為+609%，而第 4 天訓練於 1x 及 3x 百分比為、+569.2%，兩天差異-39.9，未達顯著差異。低氧划船組乳酸值兩天訓練百分比差異 (1x、4x) 分別 day1 為+1055.8%與 day4 為+650.1%，兩天差異為-405.7 ($p>.05$)。

表 4-2 為低氧組與常氧組於訓練中 day1、day4 乳酸值差異之百分比

	Rowing, 13%			Treadmile		
	1x	4x	%	1x	3x	%
day1 (mmol/l)	1	11.8	+1055.88	1.1	7.9	+609
day4 (mmol/l)	1.3	6.7	+650.1	1	7.1	+569.2
diff			-405.7			-39.9

表 4-3 為低氧組訓練第 1 天與第 4 天心跳率適應表現。第一天 (day-1) 心跳率第 1 組 (1x) $157 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ ，4x 則為 $171 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ ，兩者差異 $+14 \text{ min}^{-1}$ 。第四天 (day4) 之 1x 與 4x 分別為 $156 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ 、 $172 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ ，差異 $+3 \text{ min}^{-1}$ 。其中兩天皆達顯著差異。

表 4-3 低氧組訓練第 1 天與第 4 天心跳率適應表現 (min^{-1})

	1x	2x	3x	4x	Diff.
day1	157 ± 5	165 ± 5	169 ± 7	171 ± 7	+14
day2	156 ± 8	163 ± 9	167 ± 9	171 ± 7	+15
day3	159 ± 4	163 ± 6	167 ± 6	170 ± 6	+11
day4	156 ± 8	164 ± 9	167 ± 9	172 ± 8	+16

表 4-4 為低氧組訓練第 1 天及第 4 天划船器瓦特數與划頻。第一天負荷中槳頻數 1x 與 4x 分別為 41 ± 3.8 、 41.8 ± 5 ，第四天則為 39.3 ± 4 、 39.7 ± 3.7 ，day1 與 day4 相比 SPM 於 1x 及 4x 為 -2、-2.1，皆並未達顯著相關。瓦特數 (Watt) 第一天於 1x 呈現 290 ± 100 watt，第四組為 268.6 ± 74.5 watt，差異 -22 watt；第四天第 1 組與第 4 組分別為 272.2 ± 68.8 watt、 275.8 ± 68.4 watt，兩者差異 3.3 watt，另外於兩天之日第 1 組差異 -18 watt ($p>.05$) 與第 4 組 6.2 watt ($p>.05$)。

表 4-4 低氧組訓練第 1 天及第 4 天划船瓦特數與划頻

	1x		2x		3x		4x	
	SPM	Watt	SPM	Watt	SPM	Watt	SPM	Watt
1 day	41 ± 3.8	290 ± 100	40 ± 3.9	274.8 ± 70.2	41.1 ± 4.9	271.6 ± 70.4	41.8 ± 5	268.6 ± 74.5
4 day	39.3 ± 4	272.2 ± 68.8	39.8 ± 3.3	272.5 ± 65.9	39.2 ± 4	270.8 ± 62.2	39.7 ± 3.7	275.8 ± 68.4
Diff.	-2	-18	-0.2	-2	-1.9	-1	-2.1	+6.2

常氧組訓練第 1 天與第 4 天心跳率適應表現，表 4-5 所示。第一天訓練 (day1) 心跳率於 1x 為 172 ± 10 min⁻¹，第 3 組 (V6) 達 189 ± 6 min⁻¹，上昇 17 min⁻¹。第 4 天訓練中第一組心跳率為 172 ± 5 min⁻¹，3x 為 186 ± 8 min⁻¹，其中差異 +14 min⁻¹。兩天負荷中心心跳率皆達顯著差異 ($p<.05$)。

表 4-5 常氧組訓練第 1 天與第 4 天心跳率適應表現 (min⁻¹)

	1x (V6)	2x (V6)	3x (V6)	Diff.
1day	172 ± 10	182 ± 8	189 ± 6	+17
2day	179 ± 5	184 ± 6	191 ± 9	+12
3day	175 ± 6	185 ± 6	190 ± 6	+15
4day	172 ± 5	182 ± 7	186 ± 8	+14

表 4-6 為低氧組與常氧組 day1、day4 訓練心跳率差異之百分比。常氧組於兩天 1x 至 4x 心跳率百分比各為+9.9% (day1) 、+8% (day4)，而低氧組則分別為+9.4%、+10%，不同訓練方式於 2 天訓練差異為-1.9 (常氧)、+0.6 (低氧)。兩組負荷皆未產生顯著差異。

表 4-6 為低氧組與常氧組於 day1、day4 訓練心跳率差異之百分比

	Rowing, 13%			Treadmile		
	1x	E1	%	1x	E1	%
day1 (min ⁻¹)	157	171	+9.4	171	189	+9.9
day4 (min ⁻¹)	156	172	+10	172	186	+8
diff			+0.6			-1.9

兩種負荷訓練中於肌肉能量代謝之適應情況皆呈現改善趨勢 (圖 4-1、4-2)，並且符合於高強度訓練中，產生無氧適應與增強無氧醣效解能力 (Weicker et al., 1994)。但經由表 4-2 比較差異後發現低氧划船組改善幅度大於常氧跑步機組，探討此現象原因為除了接受訓練負荷以外，還遭受到低氧環境影所造成粒線體呈現高度無氧循環，刺激 PFK 之效用使肌肉肝醣代謝增加 (Zintel, 1994; Heck et al., 2002)，及碳水化合物需求上昇 (Brooks et al., 1991)，進而活化 AMPK，提高肌肉肝醣儲存量 (Holmes et al., 1999; Ojuka, Nolte, & Holloszy, 2000)。同時加速負荷中乳酸堆積，使低氧划船組訓練中心臟壓縮次數遭受肌肉高乳酸所影響收縮能力，導致此組心跳率皆低於常氧跑步機組 (表 4-3、4-5)，並與 Liesen et al., (1985) 乳酸濃度超過 6- 8 mmol/l 肌肉收縮能力即開始劇降相符合。

表 4-6 分析兩天 (day1、4) 心跳率差異值顯示，研究結果兩組負荷中低氧划船組 (表 4-3) 與常氧跑步機組 (表 4-5) 數據仍呈現未產生顯著改善，且未達 Neumann (1990)指出心跳率僅需一天可改善之理論結果，低氧組可能原因為選手從未以相同方式進行訓練以及圖 4-1 所呈現之乳酸過高，因此運動劑量所導致心跳率適應之障礙 (Rost et al, 1982)。另外常氧組為 4 天連續性高強度訓練，因此造成未有足夠時間適應與恢復而導致心跳率呈現停滯現象 (Grosse et al., 2001)。另外觀察表 4-4 低氧划船器於訓練第 1 天與第 4 天之負荷所呈現之槳頻數與瓦特數結果得知，僅第 4 組 (4x) 瓦特數表現上昇 12 (watt)，其餘只產生些微下降，但如更進一步分析每位受試者可發現於第 4 天訓練 (day4) 各組間瓦特數與槳頻皆有提高與降低之不穩定情形，推估此現象為跆拳道選手訓練中鮮少以相似划船機動員全身肌肉模式進行訓練，因此導致此組受試者無法精確掌控強度輸出與頻率。

第三節 有氧、無氧閾值能力

低氧組前、後測有氧與無氧閾值能力相關分佈，如圖 4-3 所示。前測 (T1) 有氧能力介於 2.3 mmol/l 至 3.1 mmol/l 之間，平均值為 2.7 ± 0.3 mmol/l，無氧閾值 (V4) 落於 3 mmol/l 至 3.8 mmol/l 間，平均值為 3.2 ± 0.35 mmol/l，兩者相關係數為 0.2。後測中有氧閾值介於 0.4 至 3.3 mmol/l，V4 表現為 3.1 mmol/l 至 4 mmol/l，平均值分別為 2.35 ± 1 mmol/l 與 3.55 ± 0.3 mmol/l，相關係數為 0.78。

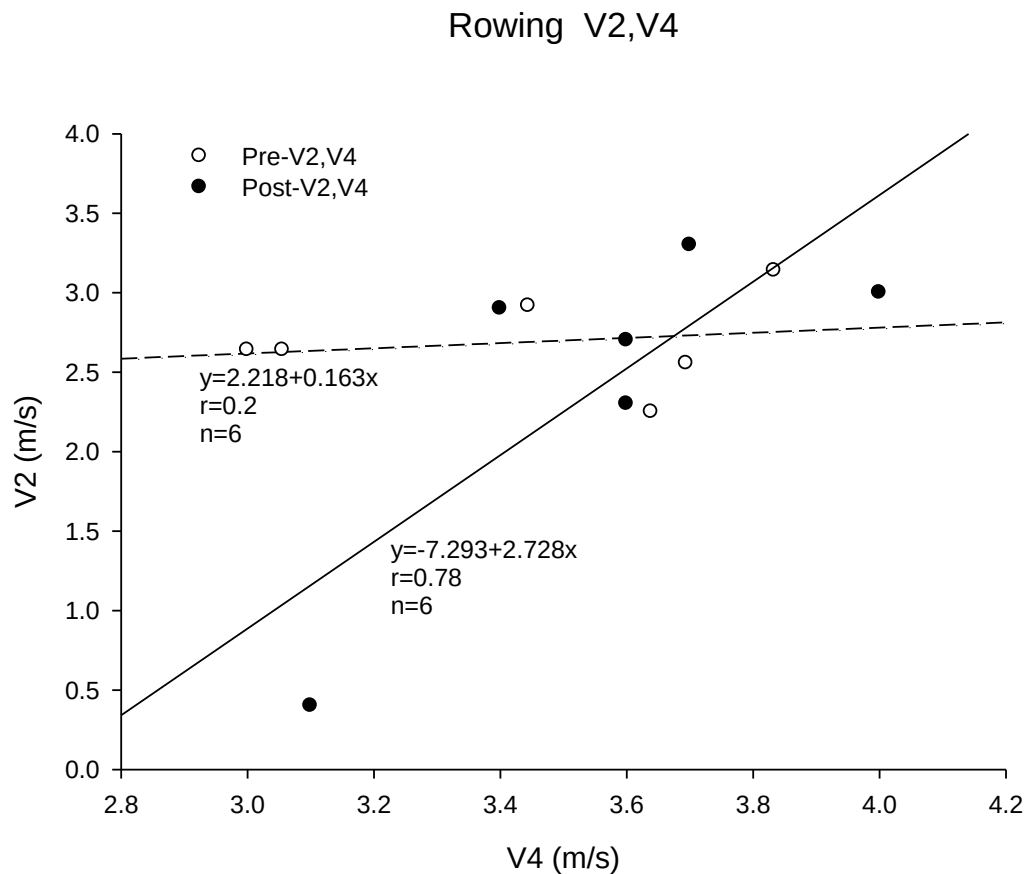


圖 4-3 低氧組前、後測閾值能力相關分佈

圖 4-4 為常氧組前後測閾值能力相關分佈。前測中有氧能力 (V2) 與無氧閾值分別介於 2.6 mmol/l 至 3.2 mmol/l 與 3.3 至 3.7 mmol/l，平均值為 2.8 ± 0.3 mmol/l、 3.3 ± 0.2 mmol/l，相關係數為 0.75 ($p > .05$)。T2 測試中有氧閾值分佈於 1.6 mmol/l 至 3 mmol/l，平均值為 3.04 ± 0.7 mmol/l；無氧閾值能力則於 3.4 mmol/l 至 3.9 mmol/l 間，平均值為 3.28 ± 0.25 mmol/l，相關係數為 0.12。

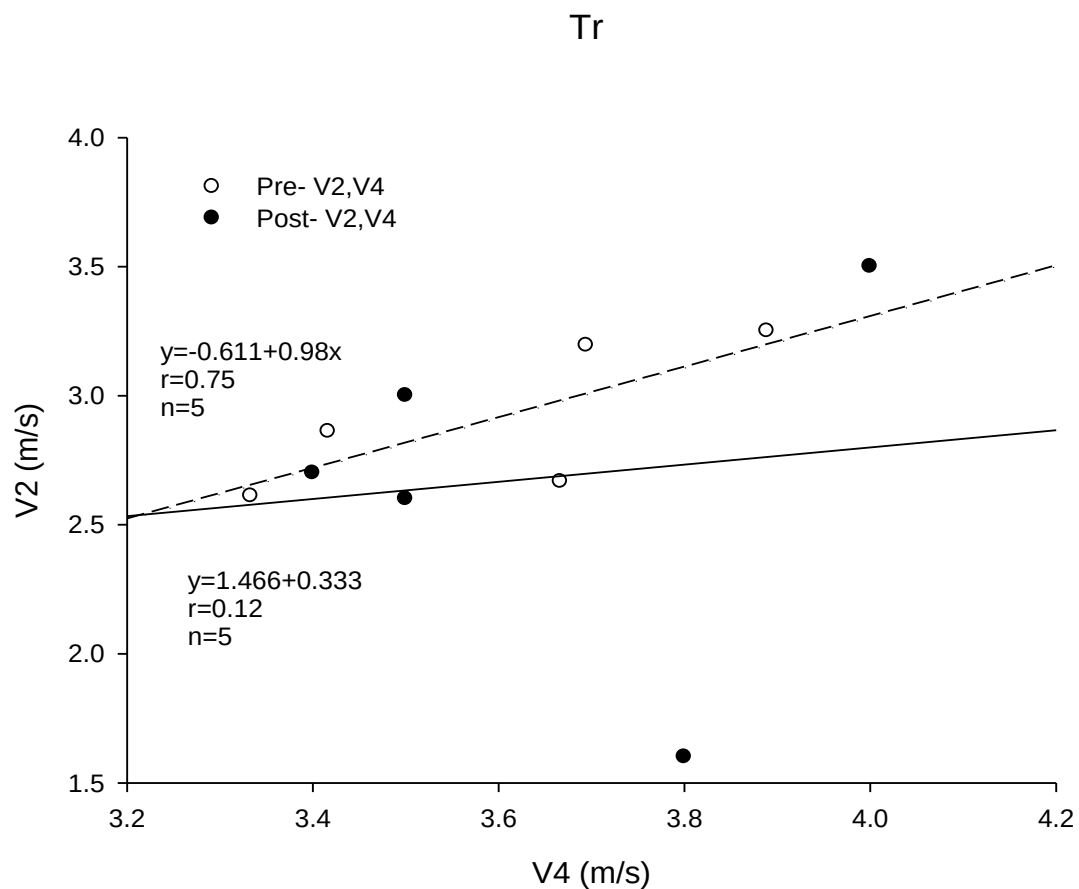


圖 4-4 常氧組前、後測閾值能力相關分佈

表 4-7 為低氧組與常氧組兩次測試中閾值能力差異。低氧組 T1 (前測) 與後測之有氧能力差異為-0.22 mmol/l 至 0.4 mmol/l，另外於無氧閾值能力則為-0.4 mmol/l 至 0.6 mmol/l。常氧組訓練前、後測差異值 V2 與 V4 能力分別為-1.1 至 0.2 mmol/l 以及-0.2 至 0.1 mmol/l。

表 4-7 為低氧組與常氧組於兩次測試中閾值能力差異

	Nr	V2 (m/s)			V4 (m/s)		
		T1	T2	Diff	T1	T2	Diff
Rowing 13%	1	3.1	2.9	-0.2	3.8	3.4	-0.4
	3	2.5	3	+0.4	3.7	4	+0.3
	5	2.6	2.3	-0.3	3	3.6	+0.6
	8	2.6	0.4	-2.2	3	3.1	+0.1
	9	2.3	2.7	+0.4	3.6	3.6	0
	12	2.9	3.3	+0.4	3.4	3.7	+0.3
Treadmile	2	2.7	1.6	-1.1	3.7	3.8	+0.1
	4	3.3	3.5	+0.2	3.9	4	+0.1
	6	3.2	3	-0.2	3.7	3.5	-0.2
	7	2.6	2.7	+0.1	3.3	3.4	+0.1
	11	2.9	2.6	-0.3	3.4	3.5	+0.1

圖 4-3、4-4 為分析兩項訓練負荷前後測基礎能力之表現。低氧划船機組除了環境負荷以外，還包含拉槳與回槳階段將動用手、肩、腰、胸、臀全身性多達 14 項大肌群 (許富銘，2003)。並且強度大於主要是以下肢肌群進行之跑步機負荷 (劉佳玲，2005)。上述符合圖 4-3 顯示低氧組閾值能力於前測未達顯著相關性，與經由一週訓練後呈現 V2 與 V4 能力為相關性並且接近顯著係數。而另外造成圖 4-4 常氧組進行訓練前有氧與無氧閾值間具有相關性，但於後測未產生相關性之因素為常氧跑步機組訓練是僅以速度變換方式進行一週負荷。因此除了無法以常氧環境中增加生理負荷之外 (Brooks et al., 1991)。還可能受於受試者平常跑步訓練強度皆大於 V6 能力所導致。降低常氧組閾值能力之相關性 (楊仁傑，2013)。表 4-7 顯示兩組閾值能力皆未產生顯著差異，並且與 Neumann (1990) 指出一週訓練可使乳酸產生改善不相符。而血糖與運動負荷乳酸產生具有高度正相關 (Busse et al., 1986)。造成以乳酸計算出之閾值能力即使於受試者本身能力相同情況下，也將會產生些許變化。另外針對選手閾值能力無明顯變化，是無法於訓練負荷影響受試者能力表現。

第四節 低氧與常氧訓練後專項表現

低氧組於兩次模擬比賽負荷中血氨值於前測安靜值為 $57.5 \pm 8.73 \mu\text{mol/l}$ 、第 1 回合 (S-1) 結束與 S-3 分別呈現 $39 \pm 15.82 \mu\text{mol/l}$ 與 $73.83 \pm 30.65 \mu\text{mol/l}$ ，然而於後測安靜值為 $59.67 \pm 18.05 \mu\text{mol/l}$ 、第 1 回合 ($59.17 \pm 17.05 \mu\text{mol/l}$) 後上昇至 $98.8 \pm 48.02 \mu\text{mol/l}$ 。三回合前測與後測各回合間 ($+1.9 \mu\text{mol/l}$ 、 $+20 \mu\text{mol/l}$ 、 $+25 \mu\text{mol/l}$) 並未達顯著差異 ($p > .05$)。圖 4-5 所示。

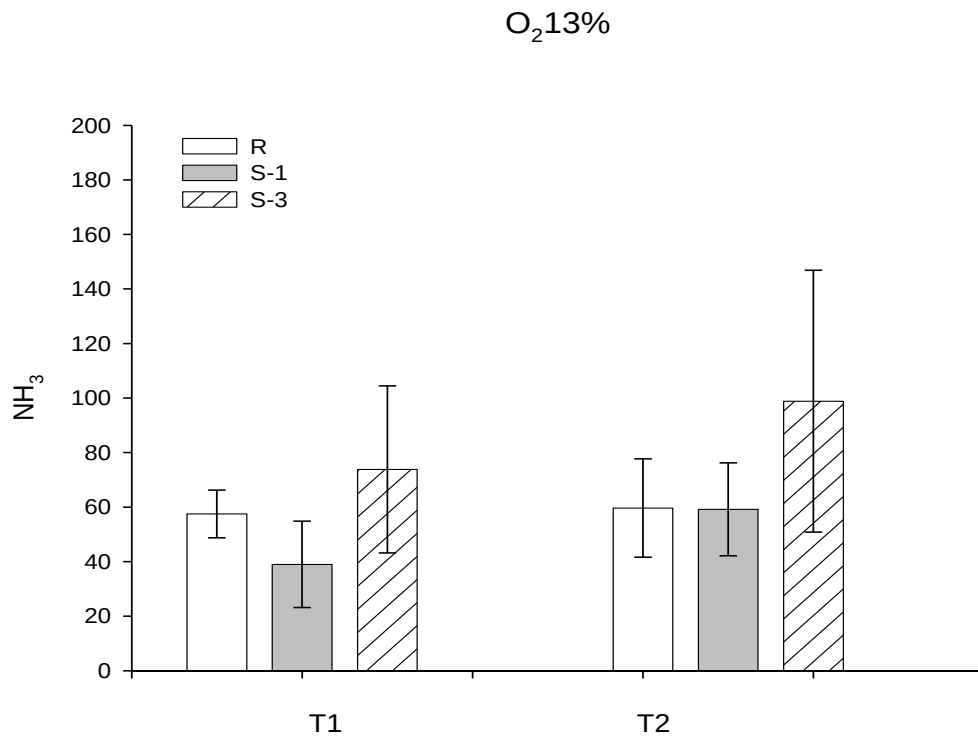


圖 4-5 模擬比賽負荷中低氧組血氨值

圖 4-6 為模擬比賽負荷中常氧組血氨值呈現。T1 安靜值 (R) 為 $51.2 \pm 7.19 \mu\text{mol/l}$ ，第 1 回合負荷結束為 $45.6 \pm 13.33 \mu\text{mol/l}$ 、持續升高至第 3 回合 $60.2 \pm 19.54 \mu\text{mol/l}$ ，後測於安靜值為 $48.8 \pm 4.09 \mu\text{mol/l}$ ，然而 S-1 血氨值達到 $82.2 \pm 71.4 \mu\text{mol/l}$ ，S-3 負荷結束為 $67.8 \pm 13.75 \mu\text{mol/l}$ 。後測 S-1 與 S-3 血氨值皆高於前測，皆未產生顯著 ($p > .05$)。

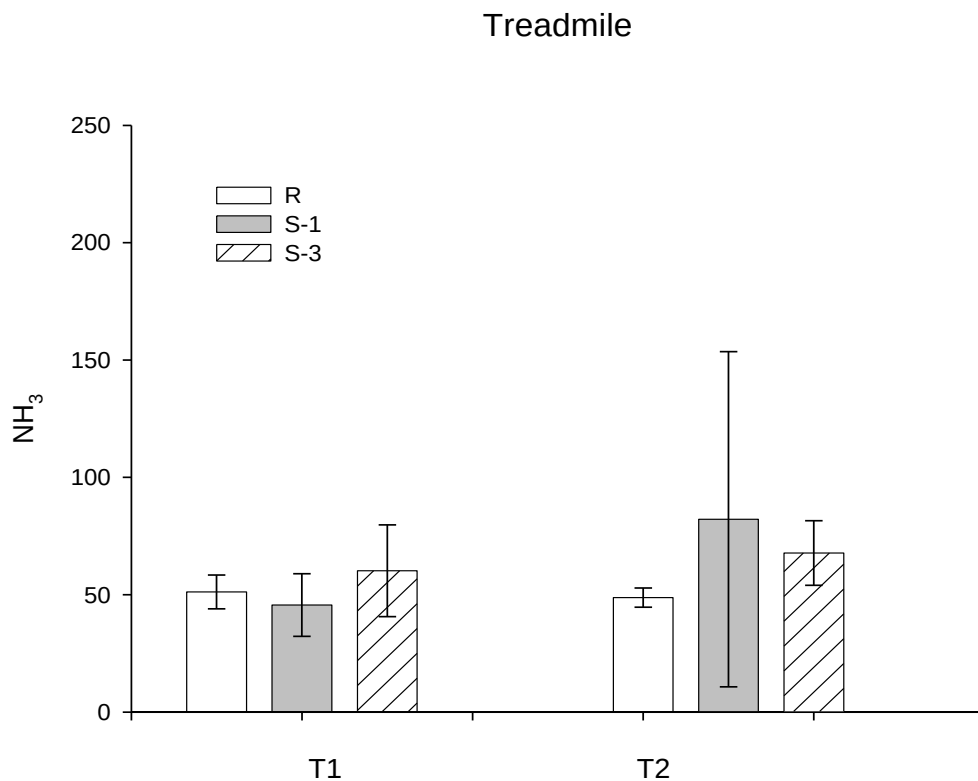


圖 4-6 模擬比賽負荷中常氧組血氨值

表 4-8 為低氧組與常氧組於模擬比賽中前後測 NH_3 差異之百分比。低氧划船組安靜值百分比 (R) 為+3.8 %、第一回合 (S-1) 差異為+52%、第 3 回合為+34%。常氧跑步機部分，安靜值差異為 -4.7%、S-1 與 S-3 分別為+80.3%、+12.6%。

表 4-8 為低氧組與常氧組於模擬比賽中前後測 NH_3 差異之百分比

	Rowing, 13%				Treadmile			
	T1	T2	Diff	%	T1	T2	Diff	%
	($\mu\text{mol/l}$)	($\mu\text{mol/l}$)	($\mu\text{mol/l}$)		($\mu\text{mol/l}$)	($\mu\text{mol/l}$)	($\mu\text{mol/l}$)	
S-1	+39	+59	+20	+52	+46	+82	+36	+80
S-3	+74	+98	+24	+34	+60	+68	+8	+12.6

模擬比賽測試，低氧組呈現血液乳酸值於 T1 安靜值為 1.5 ± 0.2 mmol/l、第一回合為 6.37 ± 1.39 mmol/l、第二回合 (S-2) 堆積至 7.35 ± 2.4 mmol/l、第三回合 (S-3) 10.48 ± 3.57 mmol/l，乳酸提昇 9 mmol/l，達顯著差異。而後測於安靜值與各回合表現均呈現降低趨勢，R 值為 1.27 ± 0.3 mmol/l、S-1 為 $+5.7 \pm 1.02$ mmol/l、 $+6.74 \pm 1.71$ (S-2)、第三回合 $+10.18 \pm 3.44$ ，乳酸值升高 8.9 mmol/l ($p < .05$)，兩天差異 -0.1 mmol/l。下圖 4-7 為低氧組前、後測模擬比賽乳酸曲線圖。

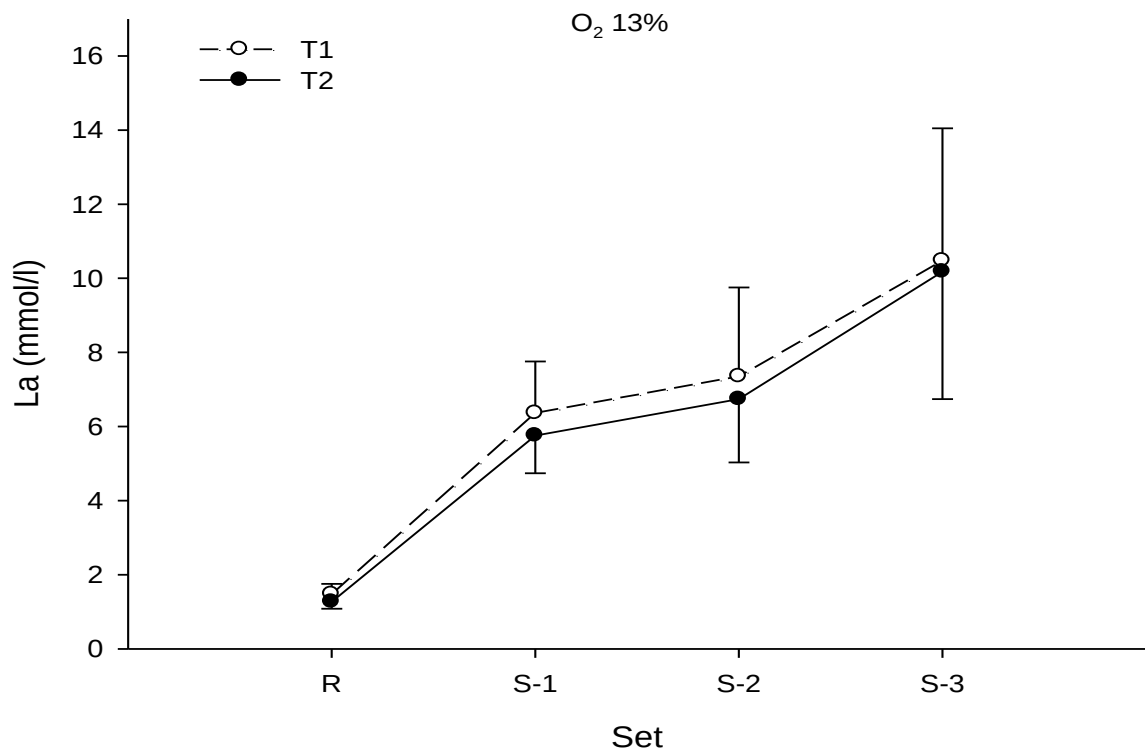


圖 4-7 低氧組前、後測模擬比賽乳酸曲線圖

常氧組於前後測比較模擬比賽測試後顯示，T1 (前測) 三回合比賽中血液乳酸值安靜值為 1.41 ± 0.4 mmol/l、第一回合為 5.71 ± 1.27 mmol/l、S-2 增加至 6.28 ± 1.55 mmol/l、於第三回合乳酸濃度為 8.48 ± 2.3 mmol/l，共增加 7 mmol/l ($p < .05$)；T2 測試中 R 值為 1.04 ± 0.2 mmol/l、第一回合出現 5.29 ± 1.34 mmol/l，S-2 與 S-3 則高於前測乳酸值呈現 6.76 ± 1.03 及 8.88 ± 1.89 mmol/l ($+0.46$ mmol/l、 $+0.4$ mmol/l)，乳酸濃度提昇 $+7.8$ mmol/l，並且兩天比較後差異為 0.8 mmol/l，並達顯著差異 ($p < .05$)。由圖 4-8 所示。

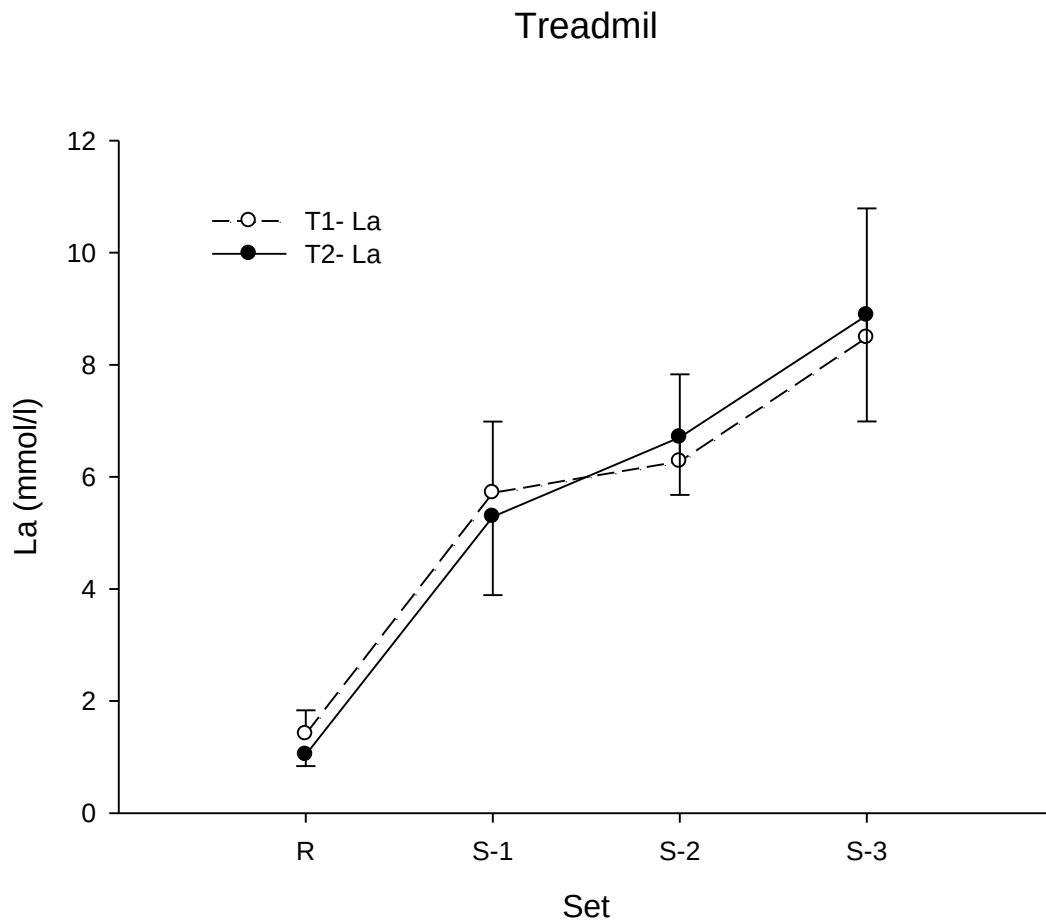


圖 4-8 常氧組前、後測模擬比賽乳酸曲線圖

低氧組於 T1 測試中安靜值為 1.5 ± 0.3 、第 3 回合 (S-3) 提高至 10.5 ± 3.6 ，增加 141.4 %，T2 於安靜值至第 3 回合提高 154.9%，兩天差異為+13.5 %。常氧組 T1 與 T2 測試中分別提高+123.8 與+148.2 %，差異值為+24.43 %。兩項負荷於前後測之百分比中皆未達顯著差異。表 4-9 為低氧組與常氧組於兩次專項測試乳酸值差異之百分比。

表 4-9 為低氧組與常氧組於兩次模擬比賽乳酸值差異之百分比

	Rowing, 13%			Treadmile		
	R	S-3	%	R	S-3	%
T1						
La (mmol/l)	1.5 ± 0.3	10.5 ± 3.6	+141.4	1.41 ± 0.4	8.5	+123.8
T2						
La (mmol/l)	1.3 ± 0.2	10.2 ± 3.4	+154.9	1.04 ± 0.2	8.9	+148.2
diff.			+13.5			+24.43

圖 4-9 為低氧組於兩次測試中模擬比賽負荷各回合踢擊頻率。前測踢擊頻率第 1 回合為 10.5 ± 3.73 (次)、於 S-2 與 S-3 分別提高至 12.17 ± 5.34 (次) 與 14.33 ± 7.17 (次)，後測 3 回合中踢擊表現為 12.5 ± 3.5 (次)、 14.67 ± 5.13 (次) 以及 16.17 ± 2.92 (次)，於前後測三回合測試比較 (S-1、S-2、S-3 為 +2、+2.5、1.8) 均無達顯著差異，但後測踢擊頻率皆呈現多於 T1 所表現 ($p > .05$)。

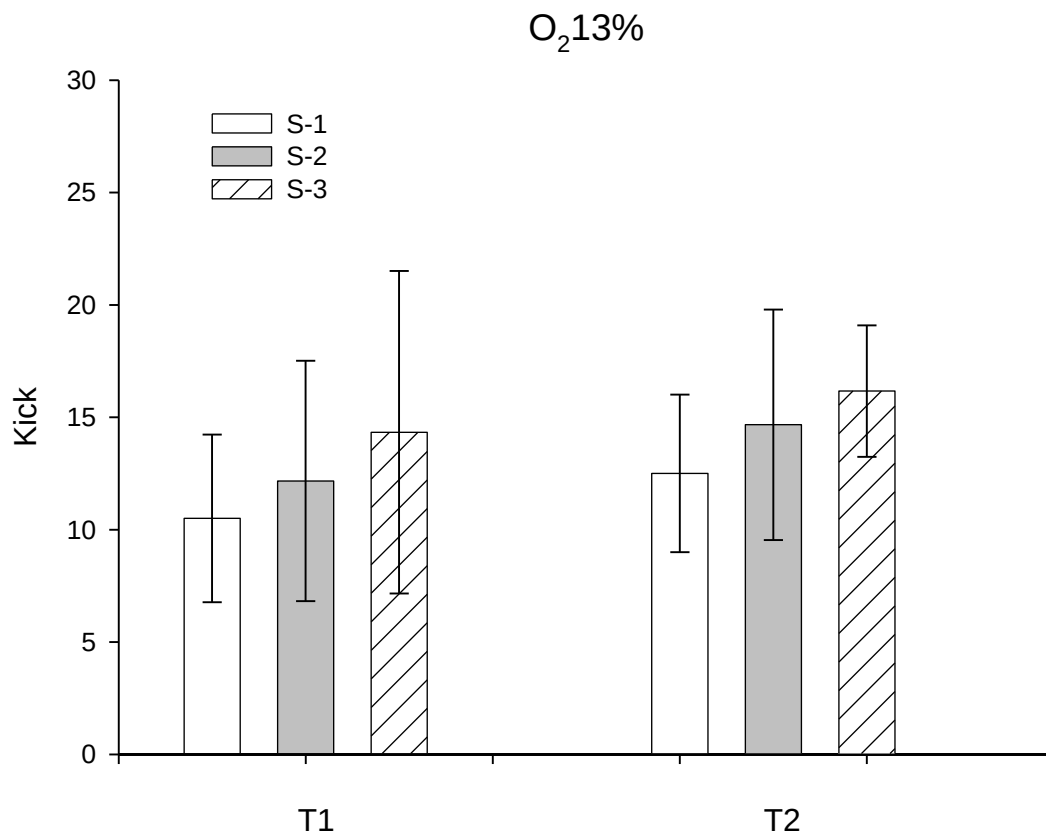


圖 4-9 低氧組前、後測模擬比賽負荷每回合踢擊頻率

常氧組前測第一回合 (S-1) 表現 12.8 ± 1.1 (次)、S-2 表現 11.6 ± 1.52 與 S-3 踢擊頻率 13.4 ± 4.61 ，後測每回合頻率各為 13.6 ± 5.41 (次)、 12.6 ± 5.41 、 13.2 ± 5.41 。前後測於每回合頻率差異，S-1、S-2 各為 0.8、1，S-3 為 -0.2 兩次測試中三回合均無達顯著差異 ($p > .05$)。圖 4-10 所示。

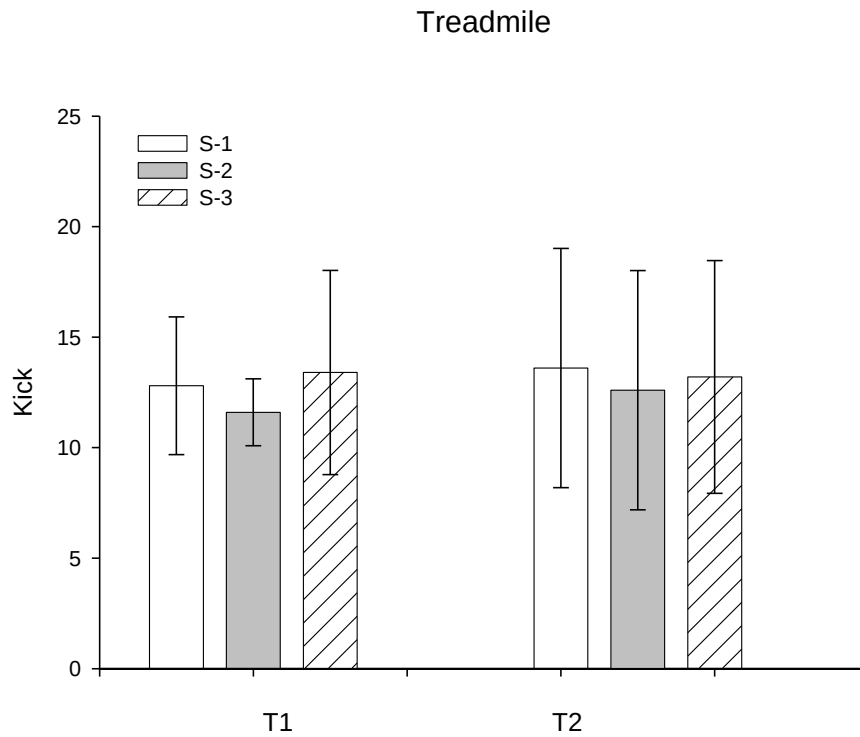


圖 4-10 常氧組前、後測模擬比賽負荷每回合踢擊頻率

表 4-10 為低氧組與常氧組前後測踢擊頻率差異。低氧與常氧組於 1x 分別差異為+19% (低氧)、+6.2% (常氧)，第二回合 (2x) 為+20.5% (低氧)、+8.6%，第三回合為+12.8%以及-1.5% (低氧)，三回合中低氧組頻率皆大於常氧組，不同訓練負荷之各組頻率差異為+12.7%、+11.4%、14.3%。

表 4-10 為低氧組與常氧組前後測踢擊頻率差異之百分比

	Rowing, 13%			Treadmile		
	T1 (kick)	T2 (kick)	Diff (%)	T1 (kick)	T2 (kick))	Diff (%)
S-1	10.5	12.5	+19	12.8	13.6	+6.2
S-2	12.1	14.6	+20.5	11.6	12.6	+8.6
S-3	14.3	16.1	+12.8	13.4	13.2	-1.5

低氧組於前測第一回合心跳率呈現為 $161 \pm 11.9 \text{ min}^{-1}$ ，於第 2 回合出現 $173 \pm 9.9 \text{ min}^{-1}$ 後持續上升至第 3 回合達到 $180 \pm 7.1 \text{ min}^{-1}$ ，T2 測試中三回合表現分別為 $168 \pm 8.2 \text{ min}^{-1} (+7 \text{ min}^{-1})$ 、 $185 \pm 6.57 \text{ min}^{-1} (+12 \text{ min}^{-1})$ 最後達到 $188 \pm 6.45 \text{ min}^{-1} (+8 \text{ min}^{-1})$ ，T2 心跳率皆高於前側。但此組前後測結果均無達到顯著差異 ($p > .05$)。如圖 4-11 所示。

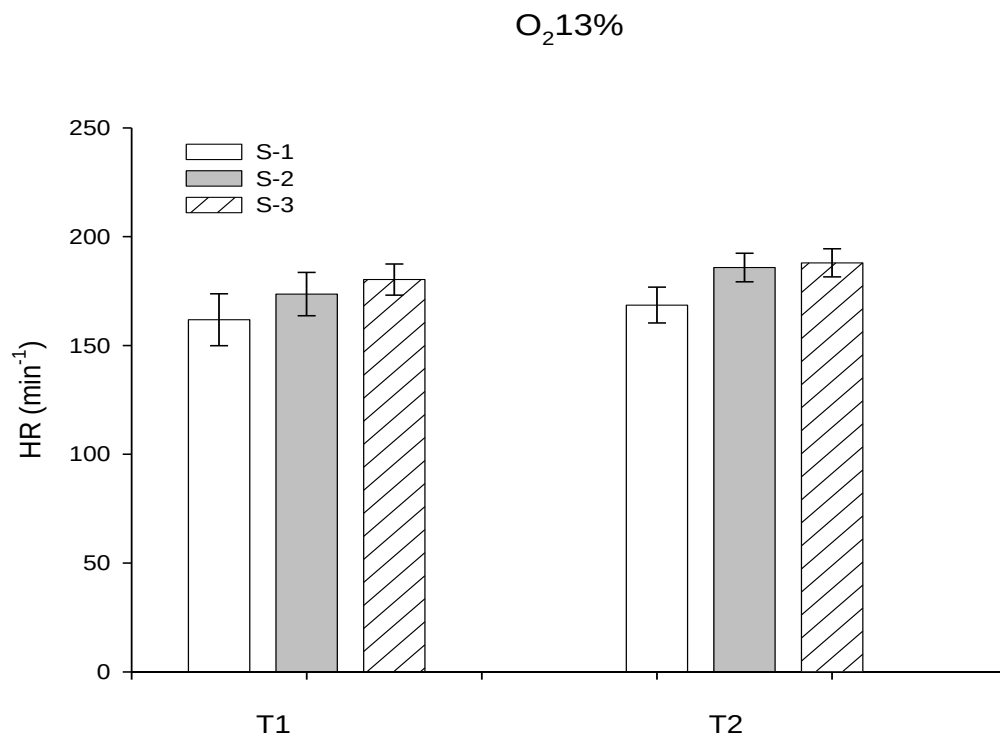


圖 4-11 模擬比賽負荷中低氧組心跳率

圖 4-12 為模擬比賽負荷中常氧組心跳率。T1 心跳率分別為 $162 \pm 9.6 \text{ min}^{-1}$ 、 $179 \pm 9.9 \text{ min}^{-1}$ 及 $183 \pm 7.9 \text{ min}^{-1}$ 與 T2 (後測) $153 \pm 13.3 \text{ min}^{-1}$ 、 $177 \pm 8.7 \text{ min}^{-1}$ 、 $179 \pm 6.2 \text{ min}^{-1}$ ，後測心跳皆有降低趨勢，差異各為 -9 min^{-1} 、 -2 min^{-1} 、 -4 min^{-1} ，但各回合仍未達顯著差異 ($p > .05$)。

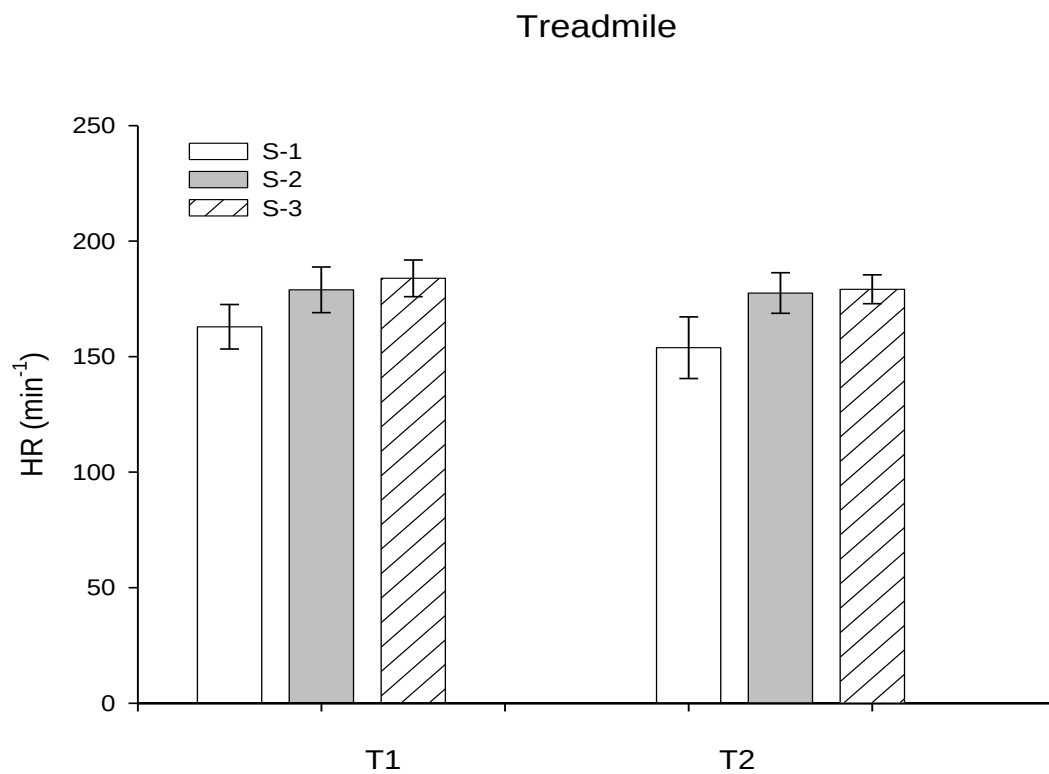


圖 4-12 模擬比賽負荷中常氧組心跳率

低氧組三回合心跳率差異之百分比分別為+4.2%、+7%、+4.2%，皆高於常氧組-5.6% (1x)、-0.81% (2x)、-2.6% (3x)，其中兩種訓練負荷於第一回合相差-9.8%、第二回合-7.81%、與第三回合為-8.8%。表 4-11 為低氧組與常氧組模擬比賽前後測心跳率差異。

表 4-11 為低氧組與常氧模擬比賽前後測心跳率差異之百分比

	Rowing, 13%			Treadmile		
	T1 (HRmin ⁻¹)	T2 (HRmin ⁻¹)	Diff (%)	T1 (HRmin ⁻¹)	T2 (HRmin ⁻¹)	Diff (%)
S-1	162	169	+4.2	163	154	-5.6
S-2	173	180	+7	179	178	-0.8
S-3	180	187	+4.2	184	179	-2.6

低氧划船組與常氧跑步組訓練可藉由體內無氧狀態而刺激提升 PFK 酵素活性與肌肉肝醣儲存量 (Zintel, 1994; Heck et al., 2002; Holmes et al., 1999; Ojuka, Nolte, & Holloszy, 2000)。反映出一週訓練後所改善之能量供應路徑足夠負荷專項中肌肉所需，因此受試者於 T2 三回合表現中無論移位速度、踢擊力量與頻率皆明顯優於前測 (T1)。後測於專項強度增加情況下，可藉由表 4-11 血氨差異值得知 T2 測試，皆呈現上升趨勢。Lowenstein (1972) 指出運動負荷中血氨產生主要來自於白肌纖維。Sahlin 等(1988) 瞬間高強度負荷下受骨骼肌嘌呤核苷酸循環 (purinenucleotide cycle) 活性增加而誘發高血氨症狀。因此與實際觀察中，激烈之踢擊頻率大多集中於每回合開始，造成劇烈動用白肌纖維與血氨值增多之情況相符。另外除了主動攻擊頻率較高之選手容易大量產生血氨外，被動選手也可能受於反應刺激影響所造成比平常更快速之反擊。此外本研究發現常氧跑步機組後測於 S-1 血氨值大量提升之原因為 1 名受試者產生值達 $209 \mu\text{mol/l}$ ，判斷可能為開始負荷之時獲得較佳之攻擊機會，於短時間增加踢擊 (個人踢擊頻率前測為 10、後測呈現 20)。

針對表 4-9 與 4-10 兩組模擬比賽之乳酸值與踢擊頻率差異討論，除了常氧組第 3 回合以外 (-0.2)，其餘兩回合負荷中踢擊頻率皆受於 PFK 酵素刺激使肌肉肝醣代謝而增加 (Heck et al., 2002)。其中以低氧划船組踢擊頻率提升較多，另外於觀察乳酸差異後發現低氧組 (圖 4-5) 改善幅度較佳，常氧跑步機組 (圖 4-6) 於第 2、3 回合乳酸值反而升高。因此一週低氧訓練後，即使專項測試強度提高，乳酸仍呈現下降。此情形可得知一週低氧環境划船機訓練改善碳水化合物使用，符合 Zintel (1994)高度無氧循環中肌肉肝醣代謝受於磷酸果糖酵素刺激使之效用增升。與 Holmes et al., (1999); Ojuka, Nolte, & Holloszy (2000) 活化蛋白機酶將提高肌肉肝醣儲存量。圖 4-9 與 4-10 呈現不同訓練於前後測試心跳率，顯示兩次測試跆拳道專項對打中心跳率已達 Nikiforov (1974) 指出負荷心跳率

170min⁻¹~180min⁻¹ 為高強度負荷型態。與 Salvatore , Antonio& Corrado (2012)研究跆拳道正式比賽強度為 b 等級以上，並高於心跳率 85%~95%相符合。同時接近 Engelhardt & Neumann (1994) 心跳率達最大負荷之 95%，將造成心臟極大壓力與身體組織缺氧情況。表 4-11 為一週訓練後兩組於專項測試心跳率差異，T2 強度提高是為低氧划船組心跳率提升之因素符合 Hottenrott (1994) 指出成受負荷與心跳率之正關係。但常氧跑步機組於更劇烈之專項負荷下心跳率仍呈現降低，表示經由一週訓練後心跳率有明顯改善趨勢，並與促進副交感神經活性與改善心臟調節能力相吻合 (De-Meersman, 1992)。且過去研究指出指出心跳率僅需一天可改善 (Neumann, 1990)。因此常氧組於訓練與模擬比賽測試間隔 2 天休息，符合高強度負荷後有足夠時間恢復與提昇能力 (Grosse, 2001)。



第五節 V4 能力與最大乳酸值

低氧組前後測最大乳酸值與 V4 能力相關，如圖 4-13 所示。

T1 測試中最大乳酸值介於 5.62 mmol/l 至 15.87 mmol/l 之間，平均值為 10.47 ± 3.6 mmol/l，無氧閾值平均值為 3.2 ± 0.35 mmol/l，相關係數為 0.43，無顯著差異。後測表現中最大乳酸值出現於 7.53 mmol/l 至 16.56 mmol/l 間，平均值為 10.17 ± 3.1 mmol/l；V4 表現為 3.1 mmol/l 至 4 mmol/l，平均值為 3.55 ± 0.3 mmol/l，兩著相關係數為 0.79，並未達到顯著差異。

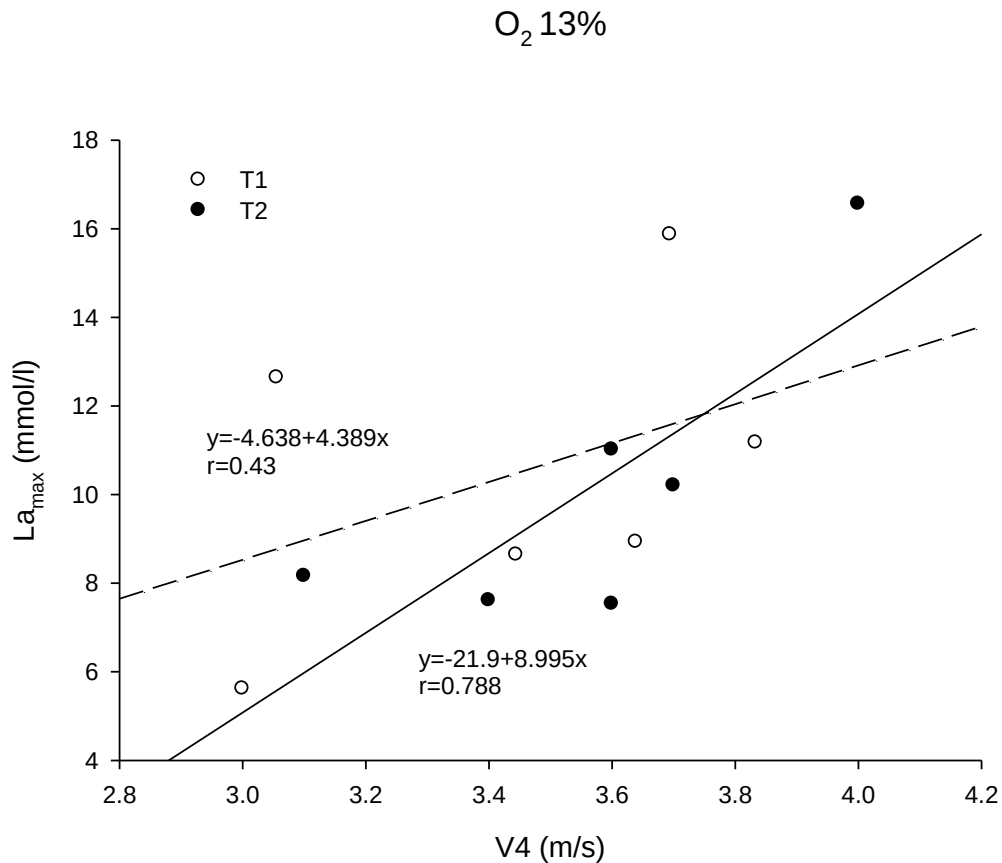


圖 4-13 低氧組模擬比賽前、後測最大乳酸值與 V4 能力相關

常氧組前後測最大乳酸值與 V4 能力相關，T1 最大乳酸介於 4.57 mmol/l 至 10.08 mmol/l，與無氧能力相關係數為 0.24，並無產生相關係數。T2 測試中個人最大乳酸值產生於 6.27 mmol/l 至 11.06 mmol/l 間，同時與 V4 能力之平均值分別為 8.89 ± 1.9 mmol/l、 3.28 ± 0.25 mmol/l，相關係數為 0.35，並無顯著差異。圖 4-14 所示。

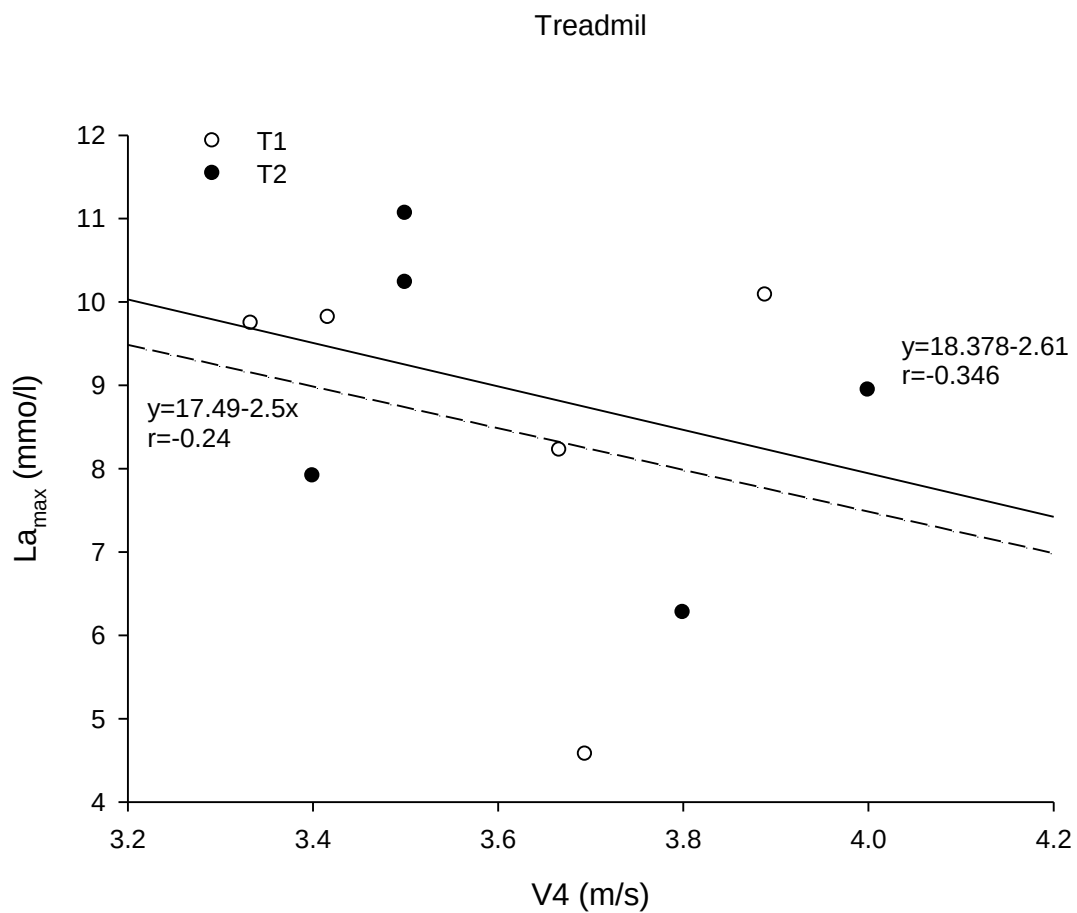


圖 4-14 常氧組前、後測模擬比賽最大乳酸值與 V4 能力相關

常氧組於後測之模擬比賽中呈現 V4 能力越高則最大乳酸值越低，並符合 Heck & Schulz (2002) 運動員 V4 能力與最大乳酸值呈現負相關。而圖 4-13 低氧組顯示，前、後測兩次模擬比賽皆為正向分佈，並與 Mader et al. (1976) 無氧閾值將影響最大乳酸值產生負相關不符。以及觀察圖 4-15、4-16 前後測試得知除了常氧組 T2 以外，其於並無產生明顯關係。而造成上述症狀之原因為跆拳道模擬比賽中最主要影響強度之因素為戰術不同與對手攻勢，符合 Hultman & Saholm (1980); Itoh & Ohkuko (1991) 指出影響運動最大乳酸值之因素是受於負荷強度、參與肌肉量與持續時間。



第伍章 結論

本研究利用一週常氧跑步機與低氧划船機訓練，觀察跆拳道選手比賽能力與能代謝影響之結論如下：

- 一、一週低氧划船機組訓練乳酸值獲得改善效果，但訓練之心跳率則為常氧組改善較佳。
- 二、常氧與低氧兩項訓練均無法產生於一週針對有氧能力產生提升之效果；而訓練後閾值能力變化微小，無法直接反應於受試者表現。
- 三、常氧跑步機及低氧划船機訓練於模擬比賽測試中血氨值皆受負荷增加而呈現提昇；低氧組於更高強度下乳酸值改善較佳，而心跳率則為常氧組。
- 四、跆拳道項目於模擬比賽負荷中乳酸濃度是取決於不同選手與教練針對之策略影響，而 V4 能力提昇仍為此項目必需注重之要素。

參考文獻

一、 中文部分

- 王蓓 (2010)。論青少年跆拳道運動員的心理训练。中小企業管理與科技，**10(10A)**，123-123。
- 劉佳玲 (2005)。適應性動作調整對活動下肢生理負荷之影響-以跑步機與橢圓軌道機為例。朝陽科技大學工業工程研究所學位論文。
- 吳燕妮 (2012)。優秀女子跆拳道選手比賽技術分析：個案研究。大專體育學刊，**14(1)**，84-93。
- 許富銘 (2003)。連桿式划船健身機之設計。國立中山大學機械與機電工程研究所學位論文。
- 李政霖 (2006)。跆拳道三百六十度跳後踢擊破動作之生物力學研究。台灣師範大學運動與休閒管理研究所學位論文。
- 邱共鈺 (2011)。2009 年臺北聽奧跆拳道比賽技術分析研究。運動研究，**20(1)**，29-41。
- 柯玉禎 (2000)。跆拳道後旋踢之運動學分析。台灣師範大學體育學系學位論文。
- 胡博綱 (2011)。跆拳道比賽新規則攻擊動作技術分析之研究。運動研究，**20(2)**，15-23。黃秋琴 (2006)。跆拳道兩種 360°旋轉動作之運動生物力學分析。台灣師範大學體育學系在職進修碩士班學位論文。
- 曾雪珍 (2009)。跆拳道運動員運動損傷後的心理反應及其心理恢復措施。綿陽師範學院學報，**28(2)**，135-137。
- 孫明輝 (2007)。優秀跆拳道運動員心理技能之分析研究。屏東教大運動科學學刊，**3(1)**，161-170。
- 蔡葉榮 (2007)。跆拳道兩種預備站姿跳後踢之生物力學分析。台灣師範大學體育學系學位論文。

二、 英文部分

- Arany, Z., Foo, S. Y., Ma, Y., Ruas, J. L., Bommi-Reddy, A., Girun, G., et al. (2008). HIF- independent regulation of VEGF and angiogenesis by the transcriptional coactivator PGC-1alpha. *Nature*, 451(7181), 1008-1012.
- Astand, P. O., & Rodahl, K. (1986). Textbook of Work physiology (3rd ed), New York: McGraw- Hill.

- Allen, S. I., Conn, H. O. (1960). Observations on the effect of exercise on blood ammonia concentration in man. *Yale Journal of Applied Physiology*, 57, 35-139.
- Berglund, B.(1992). High-altitude Training. Aspects of Haematological Adaptation. *Sport Med.* 14, 289-303.
- Bernardi, L., Passino, C., Serebrovskaya, Z., Serebrovskaya, T., & Appenzeller, O.(2001). Respiratory and cardiovascular adaptations to progressive hypoxia. *Eur Heart J*, 22(10), 879- 886.
- Brooks, G.A., Butterfield, G.,E., Wolfel, R., Groves, B. M., Mazzeo, R.S., Sutton, J. R. (1991). Increased dependence in blood glucose after acclimatization to 4,300m. *Journal of Applied Physiology*, 70(2), 919-927.
- Brogerg, S., & Sahlin, K. (1989). Adenine nucleotide degradation in human skeletal muscle during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67, 116-122.
- Bridge CA, Jones MA, Hitchen P, Sanchez X, (2007) • Heart rate responses to Taekwondo training in experienced practitioners. Sport and Exercise Research Group, Edge Hill University, Ormskirk, UK.
Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association, 21(3), 718-723.
- Bridge CA, Jones MA, Drust B. (2009). Int J Sports Physiol Perform. Physiological responses and perceived exertion during international Taekwondo competition. *Dec*;4(4),485-93.
- Busse, M., Maassen, N., Böning, D. (1986): Neuorientierung in der Laktatdiagnostik: Laktat als Glykogenindikator. *Leistungssport*. 33-35.
- Chiodo, Salvatore., Tessitore, Antonio., & Lupo, Corrado. (2012). Effects of official youth taekwondo competition on jump and strength performance, *European Journal of Sport Science*, 12(2), 113-120.
- Dudley, G. A., Staron, R. S., Murray, T. F., Hagerman, F. C., & Luginbuhl, A.(1983). Muscle fiber composition and blood ammonia level after intense exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 54, 582-586.
- De-Meersman Re. (1992). Respiratory sinus arrhythmia alteration following training in endurance athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64(5), 434-436.

- Dofour, S.P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer- Wolf, E., Geny, B., Lampert, E., Flück, M., Hoppeler, H., Billat, V., Mettauer, B., Richard, R., Lonsdorfer, J. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runner. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1238-1248.
- Friel, Joe. (2003). The Cyclist's Training Bible, Third Edition. Grosser, M.; Starischka, S, Zimmermann, E. (1981). Allgemeine Trainingsprinzipien und biologische adaptation. In: 張嘉澤，訓練學，台北縣：運動能力診斷協會。
- Eriksson, L. S., Broberg, S., Bjorkman, O., & Wahren, J. (1985). Ammonia metabolism during exercise in man. *Clinical Physiology*, 5, 325-336.
- Fa'bio Angioluci Diniz Campos, Ro'mulo Bertuzzi, Antonio Carlos Dourado, Victor Gustavo Ferreira Santos& Emerson Franchini,(2012) 。Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *Eur J Appl Physiol*, 112, 1221–1228. metabolischen Parameteren.
- Fuchs, & Manfred, R. (1990). Höhenttraining. *Deutscher Sportbund Bundesaussch Leistungssport*. Münster Philippka. 49-50.
- Gollnick, P. R., Armstrong, C., Sanbert, W., Sembrowich, R., Sepherd, & Saltin, B. (1973). *Glycogen depletion patterns in human skeletal muscle fibers during prolonged works*.
- G. Markovic, V. Vucetic, M. Cardinale, (2008) 。Heart Rate and Lactae Responses to Taekwondo Fight in Elite Women Performers. Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, Croatia, Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, Croatia, University of Aberdeen, *College of Life Sciences and Medicine, School of Medical Sciences*.
- Garcia, J. A., McMinn, S. B., Zuckerman, J. H., Fixler, D. E., & Levine, B. D. (1999) The role of the right ventricle during hypobarichypoxic exercise: Insights from patients after the fontan operation. *Med Sci Sports Exerc*, 31(2), 269-276.
- Grosser, M.; Starischka, S.; Zimmermann, E.(2001): Das neue Konditionstraining.
- Heck. H., Schulz, H. (2002). Methoden der anaeroben Leistungsdiagnostik. *Deutsche Z SportMed* 53, 7(8) , 202 -212.
- Heck, H. (1990). Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. *Trainerakademie Köln, schorndorf. Hofmann*. 39-46.

- Hermann, G., Scholz, M., Vieten, M., Kohloeffel, M., (2008). Reaction and performance time of Taekwondo top-athletes demonstrating the baldung-chagi. In: *Proceedings of the 26th International Symposium on Biomechanics in Sports. Seoul, Korea*, pp. 416–419.
- Hollmann, H., Schurch, P., Tail, H., Mader, A., Rust, R., Hollmann, W. (1987). Kardiopulmonale reaction and aerobic threshold with different load forms. *Sports Medicine*, 38(4), 144-156.
- Hollman, W., Liesen, H. (1973). Der Einfluß eines zweiwöchigen Höhentrainings auf die Leitungsfähigkeit im Flachland, *gemessen an spiroergometrischen und*.
- Hultman, E., & Saholm, K. (1980). Acid- base balance during Exercise. *Exercise and sport Science Review*, 8, 41-128.
- Hottenrott, K. (1993). *Trainingssteuerung im Ausdauersport*.
- Hollman, W., & Rost, R. (1981). Ergometrie zur Hypertoniediagnostik. Dt. med. Wschr. 106. In. 張嘉澤 運動能力診斷與訓練調整.
- Holmes, B. F., Kurth- Kraczek, E. J., & Winder, W. W. (1999). Chronic activation of 5'-AMP-activated protein kinase increases GLUT-4, hexokinase, and glycogen in muscle. *Journal of Applied Physiology*, 85(5), 1990-1995.
- Itoh H., & Ohkuwa. T. (1990). Peak blood ammonia and lactate after submaximal. III axmal and supramaximal exercise in sprinters and long- distance runner. *European Journal of Applied Physiology*. 60(4).
- Itoh, H.O. (1991). Ammonia and lactate in the blood after short- term sprint exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 22-25.
- Johnson, T. S., Young, J. B., & Landsberg, L. (1983). Sympathoadrenal responses to acute and chronic hypoxia in the rat. *J Clin Invest*, 71(5), 1263-1272.
- Jokl, E., Jokl. P., & Seaton, D.C. (1969). Effect of altitude upon 1968 Olympic Games running performance. *INTERNATIONAL OF BIOMETEOROLOGY*, 13, 3-4, 309-311.
- Janssen, P. M. (1989). *Ausdauertraining-Trainingssteuerung über die Herzfrequenz-und Milchsäurebestimmung*. Verlagsgesellschaft Erlangen. 151-152.
- Karlsson, J. & Saltin, B. (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 31(2), 203-206.

- Lederer, W. J. (2003). Cardiac Electrophysiology and Electrocardiogram. In: Walter F. Boron & Emile L. Boulpaep (Eds.), *Textbook of Medical Physiology*, (pp. 283-300). Philadelphia: W. B. Saunders.
- Lowenstein, J.M.(1990): The purine nucleotide cycle revised. *Int J sports Med* 11. 37-46. Lin, J., Wu, H., Tarr, P. T., Zhang, C.Y., Wu, Z., BOSS, O., et al.(2002). Transcriptional co-activator PGC- 1alpha drives the formation of slow- twitch muscle *fiber*. *Nature*, 418(6899), 707-801.
- Lowenstein, J.M .(1972). Ammonia production in muscle and other tissues: The purine nucleotide cycle. *Physiology Reviews*, 52, 382-413.
- Liesen H, Ludemann E, Schmengler D, Föhrenbach R, Mader A (1985). Trainingssteuerung im Hochleistungssport: einige Aspekte und Beispiele. *Dtsch Ztschr Sportmed*, 36, 8-18.
- Lo, P.,& Dudley, G. A.(1987). Endurance training reduces the magnitude of exercise-induced hyperammonemia in humans. *Journal of Applied Physiology*, 62, 1227-1230.
- Mutch, B. J., & Banister, R. B. (1983). Ammonia metabolism in exercise and fatigue : a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 41-50.
- Mader,A.;Liesen, H.; Heck,; Philippi, H Rost, R.; Schurch,P .;Hollam, W.(1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit in Labor. *Sportarzt und Sported*. 27. (4),80-88 In :張嘉澤，訓練學。
- Moron J.P., & Cable N. T. (2005). Effect of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. *Ergonomics*, 48, 1535-1546.
- Martin,D.;Carl.K. ; Lehnertz. K.(1991): *Handbuch Trainingslehre,1 Auflage*.
- Mettauer, B., Ventura- Clapier, R., Richard, R.(2006). Exercise training normobaric hypoxia in endurance runners. II. Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 100, 1249-125
- Meeuwssen, T., Hendriksen, I. J., Holewijn, M. (2001). Training- induced increases in sea-level performance enhanced by enhanced by acute intermittent hypobaric hyoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 283-290.
- Matsushigue, KA, Hartmann, K, and Franchini, E ,(2009). Taekwondo: Physiological responses and match analysis. *J Strength Cond Res* 23(4): 1112-1117.
- Neumann. G. (1990). *Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme*. In: Das gross Buch vom Laufen. Meyer& Meyer Verlag. 222-223.

- Nikiforov, I. (1974). About the structure of training in the boxing. *Scientific Work (Moscow)* 6, 81-91.
- Nummela, A., Joutte, P., & Rusko, H. (1996). Effect of living high and training low on sea level anaerobic performance in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, S124.
- Neumann, G.; Berbalk, A. (1991): Umstellung und Anpassung des Organismus grundlegende Voraussetzung der sportlichen Leistungsfähigkeit. Ojuka, E. O., Nolte, L. A., & Hollozy, J. O. (2000). Increased expression of GLUT-4 and hexokinase in rat epitrochlearis muscle exposed to AICAR in vitro. *Journal of Applied Physiology*, 88(3), 1072- 1075.
- Ponsot, E., Dufour, S. P., Zoll, J., Doutrelau, S., N'Guessan B., Hoppeler, H., Lampert, E., Poortmans, J.R. (2006). Exercise training normobaric hypoxia in endurance runners. improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1249-1257.
- Rowell, L.B., Johnson, D.G., & Chase, p.B. (1989). Hypoxemia raises muscle athletic activity but not norepinephrine. *Journal of Applied Physiology*, 66, 1736-1743.
- Ryan, R., Coyle, E. F., & Quick, R. W. (1990). Blood lactate profile throughout a training season in elite female swimmers. *Journal of Swimming Research*(3), 5-9.
- Reynolds, R. D., Lickteig, J. A., Deuster, P.A., Howard, M. P., Conway, J. M., Pietersma, A., (1999). Energy metabolism increases and regional body fat decreases while regional muscle mass is spared in humans climbing. *Mt. Everest. J. Nutr.*, 129(7), 1307-1324.
- Rowell, L. B., Johnson, D. G., & Chase, p. B. (1989). Hypoxemia raises muscle athletic activity but not norepinephrine. *Journal of Applied Physiology*, 66, 736-743.
- Röckl, K. S. C., Hirshman, M. F., Brandauer, J., Fujii, N., Witters, L. A., & Gooyear, L. J. (2007). Skeletal muscle adaptation to exercise training: AMP-activated protein kinase
- Rost, R., Hollman, W. (1982). *Belastungsuntersuchungen in der Praxis*. Stuttgart; Thieme. 41-50.
- Sahlin, K., Kata, A. (1988) *Purine Nucleotide metabolism*. In Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. 160-168.

- Sheffied, P. J., & Heimbach, R. D. (1996). Respiratory physiology. In: De-Hart(ed.):*Fundamental of Aerospace Medicine*, pp. 69-108. Baltimore: William & Wilkins.
- Sahlin, K., Harris, R. C., Nylin, B., & Hultman, E. (1976). Lactate content and pH in muscle obtained after dynamic exercise. *Pflügers Archiv*, 367(2), 143-149.
- Schlicht, Naretz, Witt, & Rieckert. (1990). Nutritional ergogenics in athletics. *Journal of Sports Sciences*, 13, 63-74.
- Sheffied P. J., & Heimbach, R. D. (1996). Respiratory physiology. In: De-Harr (ed.): *Fundamental of Aerospace Medicine*, pp. 69- 108. Baltimore: William & Wilkins.
- Sutton, J. R., (1991). Increased dependence on blood glucose after acclimatization to 4,300m, *Journal of Applied Physiology*, 70(2), 919-927.
- Ventura, Hoppeler, Seiler, Binggeli, Vogt, (2003). The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. *Int J Sports*, 24, 166-172.
- Winder, W. W. (2001). Energy-sensing and signaling by amp- activated protein kinase in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 91(3), 1017-1028.
- World Taekwondo Federation (2008). Rules and regulations (retrieved 21 March 2008. from: www.wtf.org)
- Westendorp, R, G, G., Blauw, G. J., Frolich, M., & Simon, R. (1997). Hypoxic Syncope. *Aviation Space Environment Medicine*, 68, 410-414.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). Sportmedizin und Biochemisch- Physiologische Grundlagen und ihre sportatspezifische Bedeutung. *Fischer*, S. 40-56 (Nr.030). Weicker, H.(1988). Purinnukleotidzyklus und muskuläre ammoniakproduktion. *Dtsch Z Sportmed*, 39, 172-178.
- Weicker, H.,& Strobel, G.(1994).*Sportmedizin: Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportatspezifische Bedeutung*, G. Fischer. Verlag, S.25-28 In:張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整。
- Zintl, F.(1994): *Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung*. In 張嘉澤，訓練學。
- Zintl, f., & Eisenhut, A.(1994). *Ausdauertraining*: BLV.
- Zimmermann, E. (1981). Allgemeine Trainingsprinzipien und biologische adaptation. In:張嘉澤，訓練學，台北縣：運動能力診斷協會。

附錄一

運動專項能力研究測試受試者同意書

碩士論文研究：一周常氧及低氧訓練對跆拳道選手比賽能力與能量代謝之影響		
執行單位：國立體育大學 競技與教練科學研究所		
執行研究生：__陳奕勳__ eMail: p7z262631@yahoo.com.tw 電話：0955262631		
聯絡地址：桃園縣龜山鄉文化一路 250 號		
受試者姓名：	性別：	年齡：
● 測試目的：低氧訓練是否可以快速改善競技能力與恢復適應效果。		
● 測試方法： 1) 基礎耐力測試 (Mader et al. 1976) 2) 跆拳道專項比賽測試 (3 回合比賽模式) 3) 常氧、低氧訓練 (個人閾值 V3-V6 負荷, O₂ -13%, O₂-21%)		
● 研究預期效益：未來對跆拳道訓練之負荷劑量更能夠準確控制與快速提昇專項體能，降低身體疲勞。		
● 測試可能引起情況： 1) 耳垂採血 10μl (大約一滴汗)，因擠壓關係可能造成耳垂淤血症狀 (1-2 天即可恢復)。指尖採血 25μl，因手指高密度神經網絡，可能產生疼痛症狀 (持續 1-2 天)		
● 測試進行限制活動：研究訓練期間，不可參與任何會造成身體疲勞之活動。		
● 參加本運動專項耐力診斷受試者個人權益將受以下保護： 1) 測試所得資料可能會發表於學術性雜誌，但受試者姓名將不會公佈，受試者之隱私將予以保密。 2) 受試者測試資料將以網絡資料庫型態呈現，供個人與教練訓練應用。 3) 受試者於實驗測試中發生運動傷害，本研究負責人將依據學生保險協助提出相關醫療申請。 4) 受試者於測試過程中可以隨時撤回同意，退出測試。		
● 本人已詳閱上列各項資料，有關本測試進行之疑問業經測試主持人詳細予以解釋，本人同意以自願受試者的身份接受測試。		
受試者簽名：_____	電話：_____	日期：_____
測試主持人簽名：_____	電話：0955-262-631	日期：_____

附錄二

受試者疾病調查表



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	☐ 是	☐ 否
2. 是否有血液疾病	☐ 是	☐ 否
3. 是否有糖尿病	☐ 是	☐ 否
4. 是否有高血壓	☐ 是	☐ 否
5. 是否有氣喘疾病	☐ 是	☐ 否
6. 是否有癲癇症	☐ 是	☐ 否
7. 是否有肌肉疼痛	☐ 是	☐ 否
8. 是否有感冒症狀	☐ 是	☐ 否
9. 最近六個月是否有開刀手術	☐ 是	☐ 否
10. 其他：		

1) _____

2) _____

3) _____

運動員簽名： _____ 日期： _____

教練簽名： _____