

國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

一週高強度訓練對青少年角力選手
適應與閾值耐力之影響

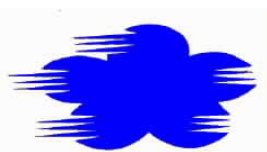
**The effect of a week high-intensity interval training of
teenager wrestling athlete on adaptation and
foundation ability.**

指導教授：張嘉澤 博士

共同指導教授：邱炳坤 博士

研 究 生：余進益 撰

中 華 民 國 105 年 6 月



國立體育大學
National Taiwan Sport University

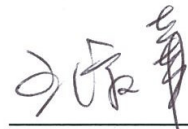
本論文：一週高強度訓練對青少年角力選手適應與閾值耐力
之影響

係國立體育大學教練研究所研究生 余進益 所提，
作為審查授予體育學碩士學位之一部分。

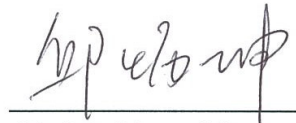
本論文承蒙下列考試委員審查通過

中華民國一零五年六月

論文考試委員


王淑華 博士

臺北市立大學教授


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)

一週高強度訓練對青少年角力選手 適應與閾值耐力之影響

摘要

目的：一週高強度訓練對青少年角力選手適應與閾值耐力之影響。方法：受試者為 7 位青少年角力選手。參與一週高強度訓練及前後測。測試分為測試與訓練，測試分別為 150m 及個人閾值耐力 (2-4mmol/l) 兩項；訓練為連續 5 天，項目共包括 120m、150m 全力跑、力量耐力（徒手）及有氧耐力。研究結果：一週高強度訓練有效提升 150m 速度能力，達顯著差異 ($p<0.05$)；在乳酸方面，結束後第五分鐘之乳酸值，達顯著下降 ($p<0.05$)。在個人閾值耐力方面，有氧與無氧閾值速度無顯著提升，心跳率與乳酸皆未達顯著差異 ($p>0.05$)。結論：一週高強度訓練在速度、恢復期乳酸及閾值耐力方面呈現顯著差異，此現象表示教練及選手能以短時間高強度刺激來提升選手閾值耐力，縮短訓練時間、適應強度並提升運動表現。

關鍵詞：有氧-無氧閾值、無氧醣酵解、無氧耐力、適應

The effect of a week high-intensity interval training of teenager wrestling athlete on adaptation and foundation ability.

Abstract

Objective: A week of high intensity training and adapt to the effects of endurance threshold on young athletes wrestling. **Methods:** Subjects were seven teenagers wrestling players. Participate in weekly high intensity training and before and after the test. Test consists of testing and training, testing and respectively 150m individual threshold endurance (2-4mmol/l) , training for five consecutive days, the project includes a total of 120m, 150m fully running, strength endurance (unarmed) and aerobic endurance. **The result:** A week of high intensity training to effectively enhance the 150m speed capability of significant differences ($p < 0.05$), in terms of lactic acid, lactic acid value after the end of the fifth minute, reaching significant decrease ($p < 0.05$). In the individual threshold endurance, aerobic and anaerobic threshold speed no significant increase, heart rate and lactic acid garnered significant difference ($p > 0.05$). **Conclusion:** A week of high intensity training presents significant differences in terms of speed, recovery of lactic acid and threshold endurance, this phenomenon represents coaches and players can be short-term high-intensity stimulation to enhance the players threshold endurance, shorten training time, intensity and improve athletic performance.

Keywords: Aerobic - anaerobic threshold, anaerobic glycolysis, anaerobic endurance, adaptation

致 謝

首先要感謝指導教授張嘉澤博士，讓我有機會進入SPDI運動能力診斷與調整實驗室這個大家庭，從不懂數據到應用數據，將訓練概念統整，運用體能交互關係，擬定訓練計劃，以科學系統化訓練，加上嘉澤老師的耐心指導，讓我獲益良多。另本論文承蒙邱炳坤教授、王淑惠教授殷切指導，使論文內容更臻完備，特此敬申謝意。

就讀期間，感謝競技與教練科學研究所的所有教師之教誨，感謝SPDI夥伴們的互相幫忙與協助，敬衡、德盛、婉柔、松潛、俊霖、忻宸、乙正、浩陽、梓陞、凱琳、吳凱、宥緯、佳容、沛蓁、彥宇、田剛，及研究所同學文阡、台霖、金山的協助與砥礪，感謝蔡青宏學長的技術指導，由於您們，讓我的研究生涯充滿回憶，永身難忘。在此，由衷致上無限的感恩與謝意。

另外，感謝當初鼓勵我報考的同事貴安，及最支持我、幫助我的太太榆甄和寶貝兒子及女兒的加油打氣，使我更有信心、排除萬難堅持到最後，終於完成二年的碩士學位，謝謝大家。

余進益 謹識

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
致謝.....	III
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
中英文對照縮寫表.....	VIII
第壹章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 研究背景與動機.....	1
第三節 研究目的.....	3
第四節 名詞解釋.....	3
第貳章 文獻探討.....	5
第一節 有氧-無氧閾值 2-4mmol/l.....	5
第二節 乳酸.....	7
第三節 心跳率.....	10
第四節 適應.....	12
第五節 高強度間歇.....	14
第六節 文獻總結.....	16
第參章 研究方法.....	17
第一節 研究對象.....	17
第二節 實驗時間與實驗場地.....	17
第三節 實驗儀器與實驗設備.....	18
第四節 實驗設計與實驗方法.....	20

第五節	實驗程序與流程.....	24
第六節	資料處理與分析.....	25
第肆章	結果分析與討論.....	26
第一節	訓練數據分析.....	26
第二節	專項 150m 測驗結果分析.....	30
第三節	閾值測驗結果分析.....	33
第伍章	結論.....	36
參考文獻		37
中文文獻.....		37
英文文獻.....		39
附錄一	衛生福利部桃園醫院同意臨床實驗證明書.....	41
附錄二	運動能力診斷中心疾病調查表.....	42

表目錄

表 2-1 閾值指標.....	6
表 2-2 最大負荷第五分鐘心跳率判斷.....	10
表 2-3 用心跳率表示的訓練負荷強度.....	11
表 2-4 訓練強度與恢復關係.....	14
表 3-1 前測 (T1) 與後測 (T2) 血液測試採集時間.....	21
表 3-2 訓練期 (5 天) 血液測試採集採集時間.....	21
表 3-3 訓練課表.....	23
表 3-4 徒手力量耐力訓練.....	23
表 4-1 間歇訓練心跳率.....	27
表 4-2 專項 150m 測試乳酸堆積濃度.....	32
表 4-3 前(T1)、後測(T2)有氧(2 mmol/l)閾值與無氧(4 mmol/l)閾值比.....	35
表 4-4 2-4 mmol/l 乳酸濃度分析.....	35

圖目錄

圖 2-1 Mader et al. (1976) 乳酸閾值曲線.....	5
圖 2-2 運動時間與能量系統.....	8
圖 2-3 運動訓練改善生物參數的時間 (Neumann, 1990).....	12
圖 2-4 訓練與生理組織適應程序 (Grosse et al., 2001).....	12
圖 2-5 Jakowlew (1972) 生物適應程序.....	13
圖 3-1 hp 高速跑步機.....	18
圖 3-2 乳酸血醣分析儀.....	18
圖 3-3 i-Heart 心率錶.....	19
圖 3-4 實驗程序與測試時.....	22
圖 4-1 第一天 (Tr-1) 與第五天 (Tr-5) 間歇訓練速度分析.....	26
圖 4-2 間歇訓練血液乳酸堆積濃度.....	28
圖 4-3 間歇訓練恢復期乳酸曲線分析.....	29
圖 4-4 150m 速度測試.....	30
圖 4-5 專項 150m 測試乳酸堆積濃度與心跳率.....	31
圖 4-6 階梯式負荷 2-4mmol/l.....	33
圖 4-7 2-4 mmol/l 乳酸濃度分析.....	34

中英文對照縮寫表

縮寫	英文	中文
ATP	Adenstine 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
HR	Heart rate	心跳率
La	Lactate	乳酸
m	Meter	公尺
min ⁻¹	Beat per minute	每分鐘心跳率
m/s	Meter per scond	每秒每公尺速度
2 mmol/l	Aerobic threshold	有氧閾值
4 mmol/l	Anaerobic threshold	無氧閾值
S	Second	秒
T1	Test-1	前測
T2	Test-2	後測
Tr-1	Training-1	訓練第 1 天
Tr-5	Training-5	訓練第 5 天
E1~E15	End of the first minute to fifteenth minutes	運動結束第 1 至第 15 分鐘
HIIT	High-intensity interval training	高強度間歇

第壹章 緒論

第一節 前言

角力運動在 1896 年第一屆奧運就已列入正式比賽項目之一，同時在世界各國都是非常盛行的一項運動。近年國際總會 (FILA) 不斷將角力規則做修改，增加比賽的可看性，快速的比賽節奏吸引觀眾們的喜愛並延續角力的生命力 (張瑞興, 沙玲莉, 2002)。現今角力訓練已不再是傳統土法練鋼方式，更需科學化的運動能力診斷分析與訓練，而過去研究把循環訓練視為角力訓練優先選擇 (張銀霖, 2006)。

角力屬無氧非乳酸、非循環式運動項目，規律的耐力訓練可以增進許多生理上的適應。本研究以高強度間歇模式 (High-intensity interval training, HIIT) 訓練來增進運動表現，以五天高強度間歇跑，來刺激訓練中所能忍受的強度，並且顛覆傳統的高乳酸耐力訓練。進而提昇角力選手閾值耐力及快速恢復能力，讓每一次快速技術攻擊，以時間差獲得勝利。

第二節 研究背景與動機

角力是一項兩人在 9 公尺直徑圓圈中以明確規則搏鬥，應變對手各種阻力的一項運動。規則以二分鐘兩回合中場休息 30 秒，過程中一方先得十分或壓制對手雙肩著地即獲勝，因此需具備有氧耐力，有氧能力改善才能提高 ATP-PC 系統，有氧耐力佳對於技術表現也會比較好。

因此須具備肌力、爆發力、肌耐力及心肺耐力等等在複雜動作組合中摔倒和自身相同體重對手 (郭慎, 1989)。角力運動是指雙方互相對抗下，沒有

一定的程式和技術動作攻擊，以速度、技術和力量來控制對方，在對抗過程中，以多個不同軸項的旋轉方式來完成（宋一夫，1997）。

柏拉圖也曾說過：最優美的運動是最省力的方式獲得最大的效果，角力是以借力使力物理學，定義為使物體產生運動及改變運動狀態（黃武雄，1987）。過去研究指出，兩週的高強度訓練在專項體能訓練下，各生理生化指標顯著，摔跤運動員身體機能下降，出現過度訓練症狀，連續高強度專項體能訓練後應適度調整與恢復，避免疲勞產生（孫紅梅，2010）。運動訓練的效果是每位選手、教練共同追求的目的，身為教練都想知道如何在短時間、高強度的訓練下達到適應及成績進步。自 1976 年德國開始應用有氧及無氧閾值 2-4mmol/l 在訓練診斷及調整控制訓練的質與量。近年來訓練的趨勢與方式不斷強調訓練的經濟效益，因此發展出短時間高強度間歇訓練，可在短時間高強度的訓練提升有氧代謝能力。

Wang 與 Hsu (2012) 研究指出連續七天的 HIIT 訓練有加強增進有氧耐力。要延長高速度訓練時間，其肌肉能量須要具備高度 PFK 酵素活性，以提昇無氧糖酵解效率（葉明春、張嘉澤等人），因此運動能力可經由訓練提升（Zintel, 1994）。本研究採用一週高強度 HIIT 訓練來降低血液乳酸、恢復心跳率及速度進步來提升基礎能力。而角力屬無氧非乳酸耐力之項目，同時須具備速度及無氧能力。有氧恢復及高速度恆定來產生適應，而維持高速度的快速耐力能力，主要訓練為快速產生高速度恆定（steady state），規律的耐力訓練可以增進很多生理上的適應，提升訓練所能忍受的強度，經由高強度刺激及減少訓練時間（Balsom, seeer, sjodin & Ekblom, 1992）進而縮短時間達到傳統耐力訓練相同的效果（Laursen & Jenkins, 2002）。

Laursen and Jenkins (2002) 認為 HIIT 可以提升糖酵解與氧化酵素的活性，強化短時間高強度運動表現及（Vo₂ peak）的原因在於間歇方式減少 ATP 的產生，進而提升有氧能量代謝系統的能量需求。

第三節 研究目的

本研究目的有下列兩點：

- 一、一週高強度訓練對閾值耐力之影響。
- 二、一週高強度訓練對適應之影響。

第四節 名詞解釋

一、高強度間歇負荷

本研究以高強度間歇提升基礎耐力 (Mader et al, 1976) 維持高速的快速耐力能力，主要目的為快速產生高速度穩定 (Steady state) (張嘉澤, 2008)，提升訓練中所能忍受的強度，累積更大的訓練刺激及減少訓練時間 (Ba'soon, Seger, Sjodin&Ekblom, 1992)。

二、有氧-無氧閾值 2-4mmol/l

基礎耐力是依據 Mader et al. (1976) 所提出有氧-無氧閾值 2-4mmol 理論，當乳酸值在 2mmol/l 界定為有氧運動型態高於 4mmol/l 界定為無氧運動型態。

三、乳酸

乳酸來源來自碳水化合物中間產物，運動強度提高到無氧型態，乳酸值開始產生，當乳酸產生越多運動能力會受到限制。

四、心跳率

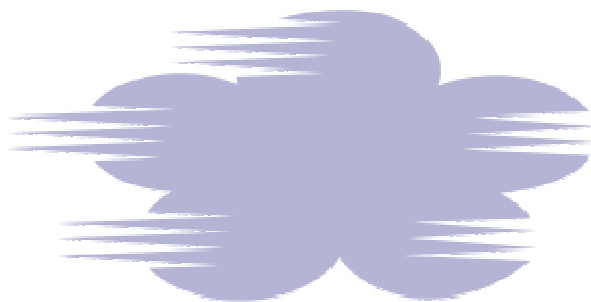
本研究中指心跳率為心臟跳動之頻率，為受測者測驗後 5min 以 i-Heart 心律錶所測得之數值。

五、力量耐力

力量耐力訓練主要是改善肌肉的能量流動和維持長時間高力量衝刺的能力，在運動持續時間內，以快速提供能量與醣質新生，長時間維持衝刺的力量能力，並增加肌肉周邊微血管數量，恢復再生能力。

六、適應

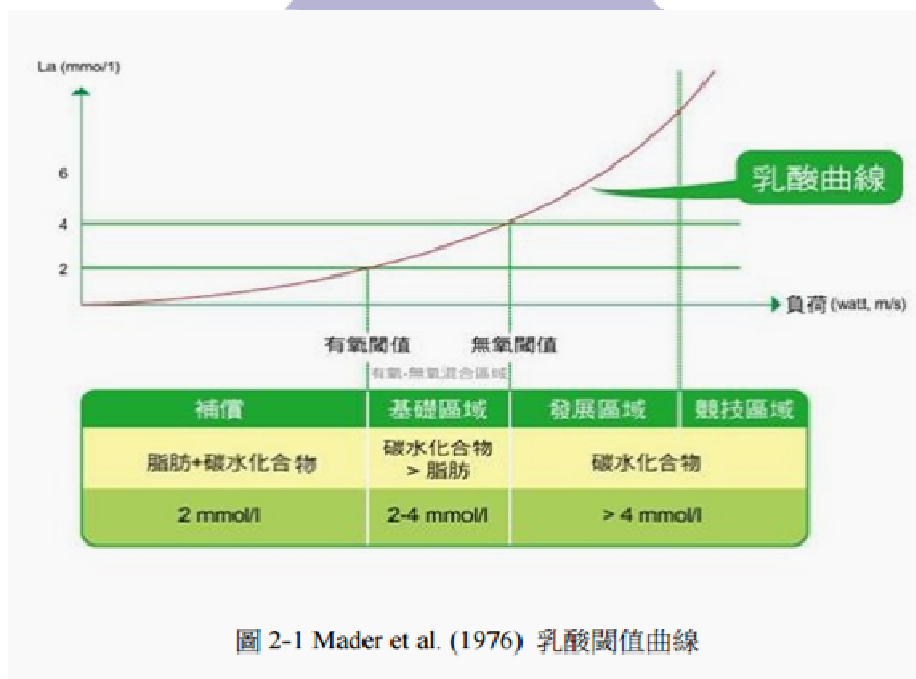
指身體對外來的訓練刺激所產生身體機能適應的表現，並作為體能訓練的進步條件。



第貳章 文獻探討

第一節 有氧-無氧閾值 2-4mmol/l

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運用，此將乳酸值分為 2 mmol/l (有氧閾值)及 4 mmol/l (無氧閾值)來判斷最佳指標，如圖 2-1。有氧閾值指的是有機體在氧氣傳輸下參與產生能量的能力，進而判斷選手耐力好與壞。Neumann & Berbalk (1991) 指出有氧能力越強其無氧非乳酸能量恢復能力就越快。它的出現時間點也是在無氧閾值之前，乳酸含量比安靜值高，肌肉活動是由有氧的糖酵解和脂肪作為代謝提供能量動員，有氧能力的提昇可以幫助選手每分鐘心跳率的輸出量，提供血液供應氧的能力，並可在恢復期提高乳酸的排除率。有氧閾值的增強也可以提昇無氧糖酵解的基礎能力。



過去對無氧閾值研究，有用乳酸或心跳率作為判斷指標（表 2-1）。無氧閾值相關測驗源自於 1951 年 Karrasch 等人 (Heck & Hermann,1990) 直到目前仍不斷進行。

表 2-1 閾值指標

理論	年份	閾值參數	方式	閾值名稱
Karrasch Muller	1951	HR	Max.steady state HR	持續能力界線
Mader et al.	1976	La	4mmol/l 速度	2-4mmol/l 閾值
Kindermann et al.	1978	La	運動負荷在 2-4mmol/l	有氧-無氧閾混合值
Keul et al.	1979	La	$\tan \alpha=1.26$ 速度	個人閾值
Sjodin et al.	1979	La	4mmol/l 速度	血液乳酸開始堆積 點
Farrell et al.	1979	La	血漿乳酸上升 超過安靜值	血漿乳酸開始堆積 點
Pessenhofer et al.	1981	La	乳酸曲線最小 平方函數	個人有氧-無氧混合 閾值
Stegmann et al.	1980	La	Tan 51 34 乳酸曲線	個人無氧閾值
Simon et al.	1981	La	$\tan \alpha=1$ 速度	個人無氧閾值
Bunc et al.	1982	La	乳酸切線曲線	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

資料引用：張嘉澤 (2010) 運動能力診斷與訓練調整

如上表 2-1，自 1959-1991 共有 12 篇比較具有應用性的研究理論，其中最具實用性與分析性且適用於一般人及運動員的為 Mader 等 (1976) 所提出有氧-無氧

閾值理論。有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l) 對最大乳酸穩定的判定是在乳酸值 mmol/kg。

Hollmann et al. (1987) 指出，競技運動員有氧閾值 (2mmol/l) 速度必須 ≥ 2.8 m/s，心跳率 $< 140 \text{ min}^{-1}$ ，無氧閾值 (4 mmol/l) 必須 ≥ 3.5 m/s，心跳率 $< 156 \text{ min}^{-1}$ 。此能力有助於生物參數恢復速度，特別在短時間高強度運動中，此專項能量能提昇無氧非乳酸能力的恢復 (張嘉澤, 2010)。過去研究指出 ATP 系統能力越好，就能延緩進入無氧醣酵解階段；有氧耐力增強，更能提昇 ATP-PC 能力 (McMahon & Jenkin, 2002; Bishop, Edgs, & Goodman, 2004)。肖國強等人 (1999) 研究手球運動員在比賽前期以高強度訓練，明顯對無氧能力有所提昇。陳江圳 (2005) 探討 5 週耐力網球訓練，以心跳率作為強度指標，測試結果能有效改善有氧能力，並提昇無氧非乳酸能力。Neumann (1991) 指出有氧能力越好其無氧非乳酸能力恢復就越快。以上研究得知角力比賽過程中，都需要具備基礎能力和專項耐力，收集心跳率能了解強度負荷和體能狀況。

第二節 乳酸

過去研究乳酸濃度常被用於做判斷運動強度的指標 (Heck, Mader & Muller, 1986) 研究，Hollmann 與 Liesen (1973) 指出乳酸的產生是依據運動的時間、強度和運動的項目，乳酸堆積濃度而有所高低，因此也需要視當時糖質新生速度而定。無氧醣酵解的中間產物為乳酸，而乳酸的產生機制來自於高強度運動。而小於 10s 高強度訓練最大的動員能力則是 ATP-PC 至 20s 為無氧醣酵解系統 (圖 2-2)。

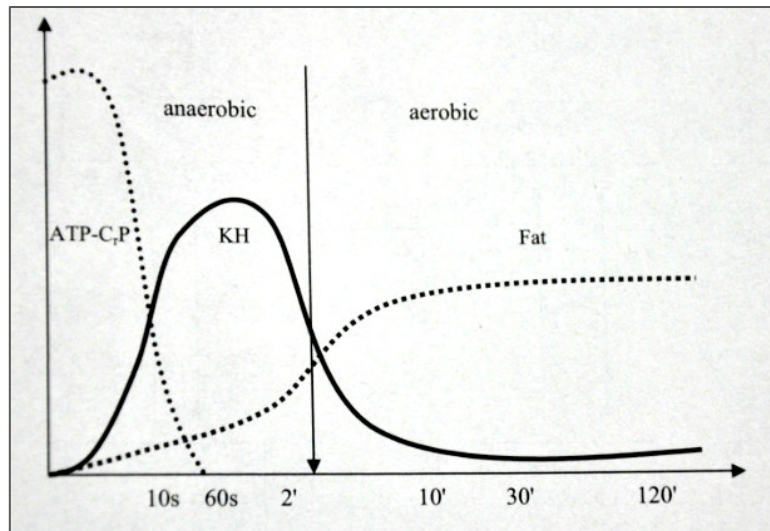


圖 2-2：運動時間與能量系統

Neumann, Pfutzner 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 3 分鐘開始，因此提出最佳乳酸曲線的論點，運動員對血乳酸排除較快，且動態活動休息時間比靜態休息方式較好 (Neumann, 1991)。

Carter 與 Jones (2000) 研究中提到減少在運動中乳酸的堆積，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，延緩醣類在高強度負荷下耗盡，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)。

楊孟龍 (2008) 研究結果指出，有氧耐力越好，乳酸排除也越快，無氧耐力越好，在高強度負荷中所產生乳酸就越低。(張嘉澤、詹元碩，2005) 指出可藉助乳酸代謝與有氧閾值耐力能力做為評價方式。過多的血液乳酸會造成運動員的疲勞，而在疲勞的情形下便無法表現出運動員應有的技術水準。

Neumann, G.; Pfutzner, A.; Hottentott, K. (1993) 提出乳酸在訓練調整上的控制與應用，在訓練檢測藉助血液乳酸值分析，具有作為運動強度、訓練與比

賽、運動能力、有氧能力、訓練範圍、訓練類型及訓練方法等判斷功能。在比賽時對手實力高運動強度大，血液與肌肉乳酸的含量也會上升而直接影響了代謝過程，而導致肌肉的暫時性疲勞（梁龍鏡，1988）。

侯麗（2009）以廣州青年柔道運動員，進行模擬比賽後血乳酸為 8.01 ± 2.11 mmol/l。陳德盛、張嘉澤、徐建信（2009）柔道比賽乳酸值介於 4-14 mmol/l 之間，對手的攻擊強度和比賽的時間對乳酸的改變有很大的影響。過去研究乳酸濃度常被用於做判斷運動強度的指標（Heck, Mader & Muller, 1986）。

Karlsson, Peterson, Henriksson, 與 Knuttgen (1975) 指出，乳酸堆積會造成神經衝動的傳導慢及肌肉收縮能力變差，因而導致疲勞。因此，運動教練可以根據心跳與乳酸分析所得數值，來安排適合的運動模式作為訓練指標。

在一般訓練情況，藉助運動中或運動結束，所產生的血液乳酸堆積濃度，作出訓練判斷，是最簡單且容易的措施（Hollmann et al., 1981）。林文弢（1996）指出，近年來對於乳酸的研究與探討頗多，而利用乳酸閾值作為運動能力的檢測與訓練效果的評估也是近年來的趨勢。目前能夠提供準確生理反應之生物參數，唯有血液乳酸值（Heck, 1990），且穩定狀態下乳酸堆積的情形可作為運動負荷參考（Wells, J. G. I., Balke, B., & Van Fossan, D. 1957）。

因此，運動教練可以根據心跳與乳酸分析所得數值，來安排適合的運動模式，作為訓練指標。希望能夠藉由本研究的專項測試方式，以最快的速度取得選手之生理反應參數，並提供教練診斷數據與分析結果，讓教練們能夠在短時間內作出訓練調整，適時改變訓練內容，獲得好的成績。

第三節 心跳率

心跳率在運動中主要是個體在接受不同訓練項目後，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，一般正常心臟能完成更多的工作，運動時心跳率上升的快慢及運動結束後恢復至安靜狀態的速率皆可以顯示心肺適能的優劣 (BÖhmer et al, 1975)，心跳率在運動負荷中常當作運動強度指標依據，也可了解訓練負荷感受 (表 2-2)。

表 2-2 最大負荷第五分鐘心跳率判斷

最大負荷第五分鐘心跳率	評價
> 130min	很差
130~120min	差
120~115min	尚可
115~105min	好
105~100min	很好
<100min	高競技能力

心跳率是反映人體生理機能最容易測定的目標，也是體育和訓練中最有效和最容易獲得的反應身體機能狀態的指標 (陳江圳，2015)。運動後心跳率下降速度，可作為判斷循環系統的功能；體能較佳者恢復速度較快，反之恢復則較慢 (Rost, R.; Hollmann, W., 1982)。而心跳率的測量可評估人體的身體狀態，還可判定心肺功能優劣，作為運動強度指標，評估運動能量消耗，評估運動訓練效果，就運動後心跳率的恢復情形可看出身體代謝水平好壞；體能較佳者恢復得較快，體能較差者恢復則較慢。為了解運動中的運動強度，較簡易的方法也就是心跳率測試法。

血液乳酸與心跳率在生理學以及訓練學上是常被利用的兩個生理指數，前者上升的原因是因為在無氧的情況下進行醣酵解，而後者是因為人體的需氧量

上升而使得心臟跳動次數增加，兩者上升的原因都是因為運動強度增加而導致，而兩者都可作為運動強度的設定以及訓練效果的檢測。

Bompa and Zivic (1981) 指出，訓練時運動員體驗各種運動強度，身體增加生理功能以迎合訓練需求，而後產生適應。因為這些變化，尤其是心跳率，教練可用以偵測與控制訓練計畫的強度。而欲發展某一運動能力，刺激的強度必須達到或超過閾值水準，才會進步。在不同程的耐力對運動訓練上的血乳酸與心跳率也會有所不同。

陳丙紳 (2014) 研究指出柔道訓練時，以 90s 最大能力對抗，最大心跳率平均為 188 min^{-1} ；無氧負荷 150m 全力跑，心跳率平均值為 $187\text{-}190 \text{ min}^{-1}$ 。(林革友, 郭永安, 2000) 跆拳道比賽 3 分鐘 3 回合，比賽中的心跳率 165 min^{-1} ，有時可達 192 min^{-1} 。(陳德盛、張嘉澤, 2010) 研究田徑選手前測跑完 200 m，最大平均心跳率為 $188 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ ，經過兩週訓練後，後測最大平均心跳率為 $188 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ 。

Karvonen, Kentala. and Mustala (1957) 以安靜心跳率加上最大與安靜值較差的 60%，作為訓練強度，用以提昇耐力訓練效果。Nikiforov (1974) 年以心跳率強度作分類，如表 2-3 所示。就運動後心跳率的恢復速度可看出，體循環水平好壞；體能較佳者恢復較快，體能較差者恢復則較慢。因為這些變化，尤其是心跳率，教練可用來看出選手在訓練時，對強度所產生的生理機制及身體負荷。

表 2-3 用心跳率表示的訓練負荷強度

區	強度型態	每分心跳率
1	低	120~150
2	中	150~170
3	高	170~185
4	最大	>185

第四節 適應

過去研究提到五天的訓練中，身體對強度適應的改變很快，心跳率一天就能有效改善，乳酸約一週 (Neumann & Hottenrott, 2002) 。如圖 2-3 所示。

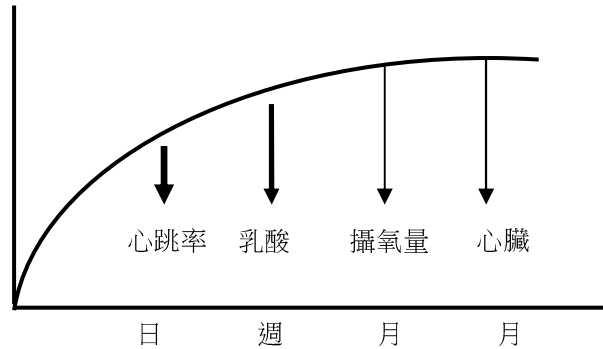


圖 2-3 運動訓練改善生物參數的時間 (Neumann, 1990)

當訓練時，身體器官對運動負荷產生型態的改變，意指身體的運動負荷能力開始進入“調整”階段。生理反應最先快速產生心跳調節的適應，其次是排除血液乳酸的能力。身體負荷產生時，不同訓練及訓練強度的安排，身體負荷即進入適應程序，進而達到訓練效果。如圖 2-4 所示。

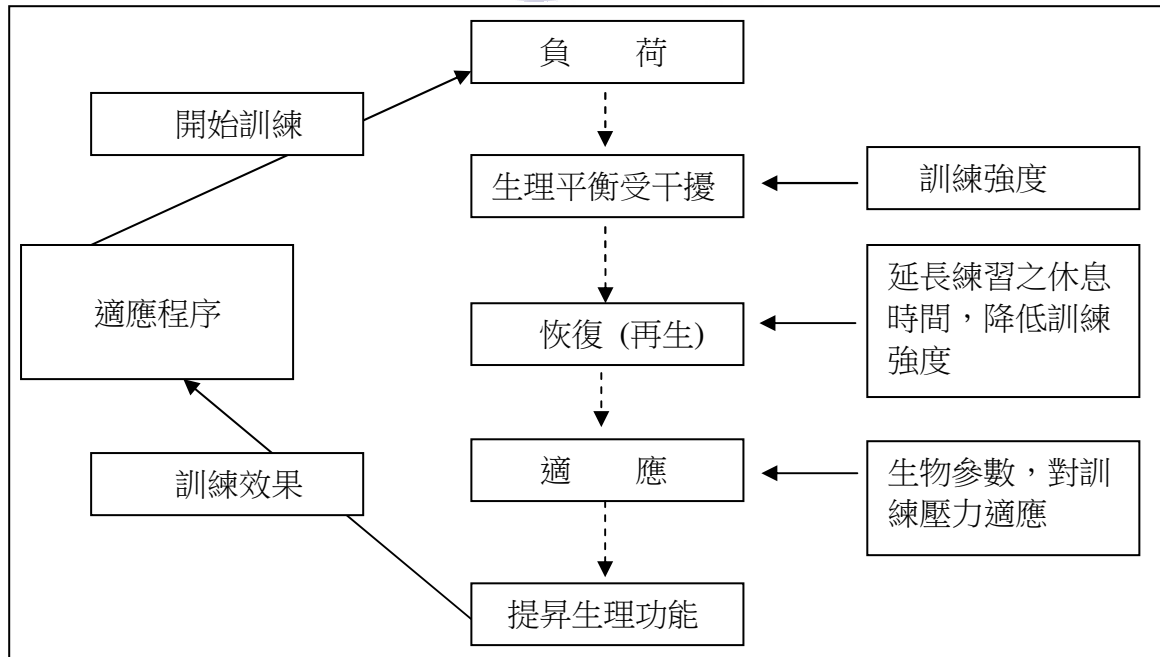


圖 2-4：訓練與生理組織適應程序 (Grosse et al., 2001)

因相同的負荷時間對器官組織產生的適應在一樣的時間負荷，乳酸值將下降。Jakowlew (1972) 提出超補償理論 (Supercompensation) 是指人體生物學對外來刺激，所產生的器官組織的“適應”表現。如圖 2-5 所示。

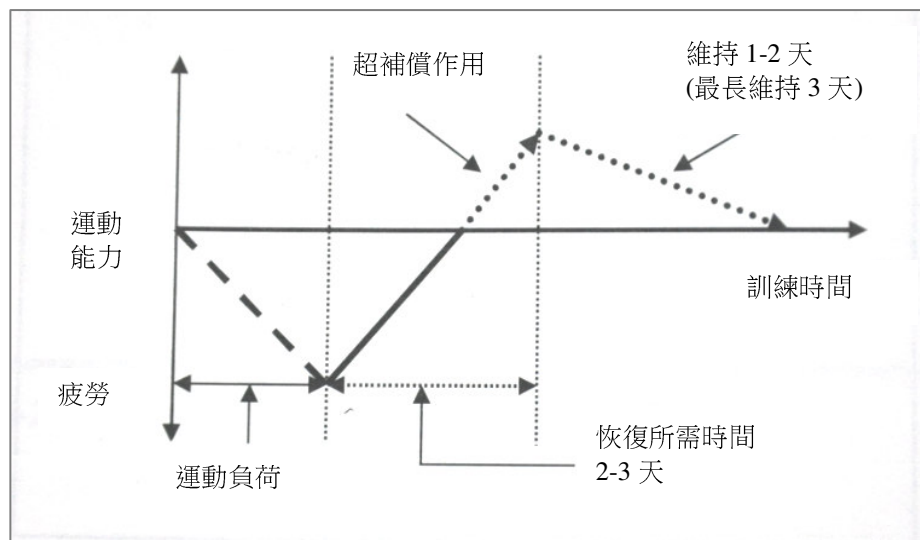


圖 2-5：Jakowlew (1972) 生物適應程序

高強度的負荷產生身體負荷需求，維持運動能力的水準。疲勞恢復主要是構成超補償的負荷的因素。當選手習慣先前的訓練強度，就不容易產生超補償作用。這時就必須提高訓練強度 (Findeisen, Linke & Pickenhain, 1980)。如圖 2-5 所示。

運動訓練的強度恢復有 (1) 強度低的訓練負荷，需較長時間的恢復，其運動效果差。(2) 恢復時間不足夠，再持續強度訓練，將導致過度訓練。(3) 有正常的訓練負荷又具有足夠時間讓選手恢復，即產生正適應反應，相反未達適應症狀如：不明確的訓練計劃、訓練處方不明確、沒有順序的訓練單元導致恢復的時間不夠等因素 (表 2-4)。

表 2-4：訓練強度與恢復關係

	足夠恢復時間	未完全恢復	沒有恢復時間
低強度	能力下降	能力不變	心理疲勞
適當負荷	正適應	無法產生適應	疲勞形成
高強度負荷	器官組織適應	開始堆積疲勞	產生過度訓練症狀

在負荷結束時，體內恢復的生物參數第一為心跳率，接下來是能量酵素 PCr。乳酸的排除則在訓練結束第 15 分鐘開始，乳酸則休息 1 小時就能夠恢復到訓練前的乳酸值。訓練上的適應，則要視訓練的不同要求、訓練強度的安排及質與量的安排而定。如本研究設計高強度的訓練負荷下進行前測、後測，藉由心跳率是否呈現下降，判斷訓練是否提升運動能力（張嘉澤,2013）。

第五節 高強度間歇

高強度間歇 (High-intensity interval training. HIIT)，是指運動不完全休息下繼續進行高強度訓練，高強度負荷下產生刺激，進而改善無氧機制，快速耐力增強心臟壓縮能力及呼吸工作能力（張嘉澤, 2008）。

Heck et al. (2002) 進行高強度間歇，能讓肌肉的能量供應為 90%以上，呈現無氧狀態，使粒腺體高度呈現無氧循環，因此能增進磷酸果激酶 (PFK) 活性。以往提升耐力的訓練方式主要是針對長時間的中等強度進行訓練，以提升肌肉氧化能力和改變相同負荷下的代謝路徑，而達到其耐力增進的效果 (Gollnick et al., 1973)。然而，中強度的耐力訓練是需要較長的訓練週期與訓練時間才會提升運動能力，也同樣具有提升耐力效果。因此訓練時間和週期較短的間歇訓練 (interval training) 型態與概念被廣為運用。間歇訓練主要是運動中

配合休息並且在未完全恢復前再繼續運動的訓練方式，使身體累積更大的訓練刺激進而提升訓練中所能忍受的強度，並且減少訓練的時間 (Balsom, Seger, Sjodin, & Ekblom, 1992)。

間歇訓練的方式為一段完整的訓練時被分割出相對應的不充分休息，具有運動期與恢復期的特性 (Billat, 2001)。規律的耐力訓練可以增進許多生理上的適應，包括承受長期的高負荷訓練量或在固定的時間、距離維持高力量輸出能力 (Coyle, 1995)，及改變骨骼肌肉的物質代謝能力 (Holloszy & Coyle, 1984)。一般傳統耐力訓練方式，皆是使用長期的中等強度進行持續訓練，來提升肌肉氧化能力和改變相同負荷下的代謝路徑，以增耐力能力 (Gollnick et al., 1973)。而要在較短的訓練時間內達到與傳統耐力訓練相似的效果可以使用 HIIT 方式 (Laursen & Jenkins, 2002)。通常最大或接近最大的攝氧量 (例如： $\geq 90\%$ 最大攝氧量) 的運動強度重複數秒到數分鐘的運動，並依照訓練強度，間歇數分鐘的安靜休息或動態恢復 (Gibala & McGee, 2008)。HIIT 可以同時提升糖解與氧化酵素的活性，強化短時間高強度運動表現及 VO_{2max} (或 VO_{2peak}) 的原因在於間歇的方式減少了無氧 ATP 的產生，進而增加了有氧代謝部份的能量需求 (Laursen and Jenkins, 2002)。張嘉澤 (2008) 指出高強度間歇，能讓訓練產生適應，改善乳酸的滲透能力，提昇 CRP 的分解再生，使乳酸輸出活性增加。

第六節 文獻總結

以上文獻總述，歸納下列幾點：

- 一、短時間的高強度訓練，能讓教練了解到如何有效增強角力選手的無氧機制
 - 二、運用無氧非乳酸訓練，精確調整訓練的質與量。
 - 三、以高強度的訓練刺激，降低乳酸及心跳率，進而產生適應，有效提昇角力選手戰術技術上的應用。
 - 四、心跳率對訓練的影響很大，在高強度間歇後心跳率會超過 90%以上，心跳率恢復越快，運動能力就表現越好。
 - 五、高強度間歇能改善乳酸的轉化能力，加速代謝，不會因為乳酸堆積而影響運動能力表現，有氧能力佳，其乳酸代謝能力就越好。
- 因此以 HIIT 訓練可以增進運動中的無氧能力。



第參章 研究方法

第一節 研究對象

本實驗研究經送審 IRB 通過（如附錄二），再進行研究測試，受試者為 7 位，年齡 12-14 歲且運動訓練年資達三年之青少年角力運動員，測驗前先說明目的、流程，填寫家長同意書，受試者同意書及運動能力診斷調查表，並明確在同意書上簽名。

第二節 實驗時間與實驗場地

一、實驗時間：

前測：民國 105 年 4 月 27、29 日。

後測：民國 105 年 5 月 09、11 日。

二、實驗地點：

- 1.國立體育大學田徑場
- 2.運動能力診斷與調整實驗室

第三節 實驗儀器與實驗設備

本實驗研究儀器及設備包括：

一、hp 高速跑步機 (made in Germany)。

德國 Hp Cosmos 高速跑步機 (Pluto)，最高速度為 45 km/h (12.5 m/s)，跑步面積：長 190 公分 (74.83")，寬 65 公分 (25.59")。



圖 3-1：hp 高速跑步機

二、乳酸血醣分析儀 (Diagnostic Biosen C-line ; EKF- diagnostic)。

Biosen C-line 乳酸與血糖分析儀器，分析血液量為 10 μ ，採濕式分析。血液採集至化驗時間，可間隔 48 h。可同時顯示乳酸與血糖濃度。

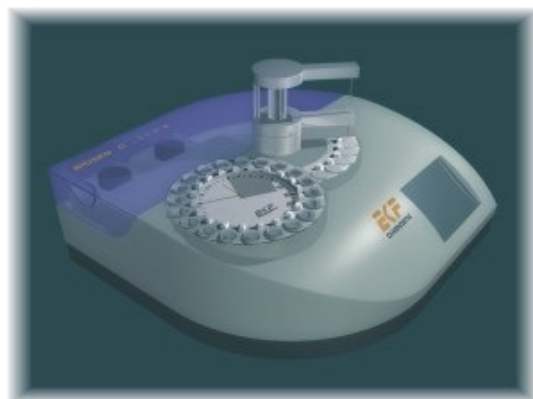


圖 3-2：乳酸血醣分析儀

三、採血工具（包括：採血針、採血毛管、清潔消毒用酒精、外科用手套、衛生紙、冰桶等）。

四、心率錶 (i-Heart)。

能同步即時監測 50 人以上心跳率及個別心跳率，能無線傳輸有效距離達 150 m 以上。儀器配備包含：中繼站 4 台、2 個 SMA 外接天線、無線頻率 (2.4G (2460MHz)、接收靈敏度約 -110 dBm。接收器 1 台，連接電腦將心跳帶中繼站資料傳輸回電腦。

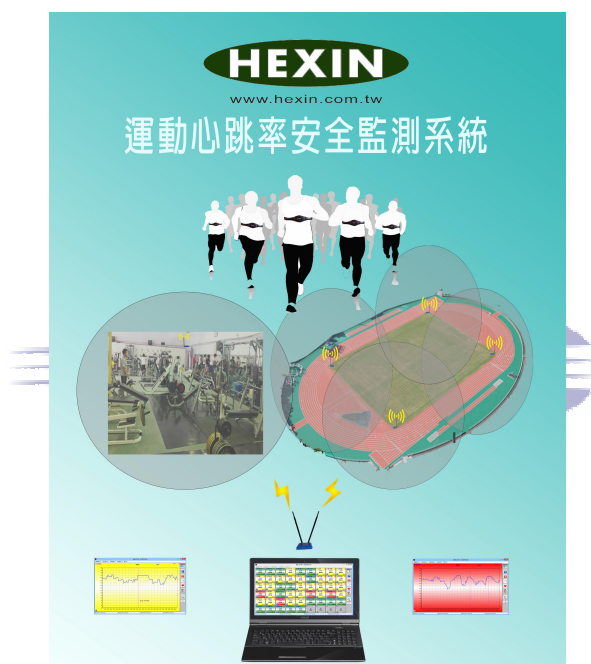


圖 3-3：i-Heart 心率錶

五、計時碼錶、測距輪。

第四節 實驗設計與實驗方法

一、實驗設計

本研究實驗分為前測(T1)與後測 (T2) 及 5 天訓練週期。T1 與 T2 測試分為一次 150 m (1x150m) 個人最大速度跑與個人閾值耐力 (2-4 mmol/l) 兩項。研究實驗程序與測試時間，如圖 3-4 所示。

(一) 前測 T1 與後測 T2 試方式相同 (表 3-1)：

1. 150m 快速耐力：

受試者戴上心率錶 (i-Heart)，收集結束後心跳及結束後第五分鐘(E5)之心跳值，並採集安靜乳酸值。測驗時以站立式起跑，盡最大努力跑完成檢測，並記錄其成績。

2. 閾值檢測(2-4mmol/l)：

受試者在基礎耐力測試前，需先戴上 i-Heart 心率錶，並於耳垂採集 10 μ l 的血液，作為安靜時乳酸值檢驗及記錄安靜時的心跳。個人有氧-無氧閾值 (2-4mmol/l) 測試在 h/p/cosmos 跑步機進行，以階梯式的方式測試，開始速度為 2.5 m/s，每階持續 5min，每階間休 30sec，並實施耳垂採血 10 μ l、記錄心跳率，接下來每階速度上昇 0.5 m/s。測試進行直到受試者所能承受最大負荷為止。

(二) 5 天訓練週期：

星期一、三、五進行 3x3x120 m 全力跑，訓練前先採集耳垂 10 μ l 的血液做為安靜乳酸值，每一次全力跑完後休息 5 分鐘，跑完三次休息 10 分鐘(為一組)，於第一組及第三組分別採集耳垂 10 μ l 血液，共 9 次 120 m 全力跑(共三組)，結束後於第 3、5、7、10、15 分鐘採集耳垂 10 μ l 血液 (表 3-2)。星期二、四進行 3 次 150m 全力跑，每一次全力跑完後休息 10 分鐘。

二、實驗方法

表 3-1： 前測 (T1) 與後測 (T2) 血液測試採集時間

檢測項目	方式	參數	R	1x	2x	3x	4x	5x	E1	E5	E10	E15
T1	150m 快速耐力	R	●						●	●	●	●
		HR	▲						▲	▲	▲	▲
	休息 1 日											
	2-4mmol/l 階梯式負荷跑	La	●	●	●	●	●	●				
		HR	▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲		
	休息 2 日											
T2	150m 快速耐力	R	●						●	●	●	●
		HR	▲						▲	▲	▲	▲
	休息 1 日											
	2-4mmol/l 階梯式負荷跑	La	●	●	●	●	●	●				
		HR	▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲		

表 3-2：訓練期 (5 天) 血液測試採集採集時間

訓練項目	訓練範圍	參數	R	S1	S2	S3	E3	E7	E10	E15
HIIT 訓練	星期一 3x3x120m	La	●	●		●	●	●	●	●
		HR	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲
	星期二 3x150m									
	星期三 3x3x120m	La								
		HR								
	星期四 3x150m									
	星期五 3x3x120m	La	●	●		●	●	●	●	●
		HR	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲
	間隔 2 天休息									

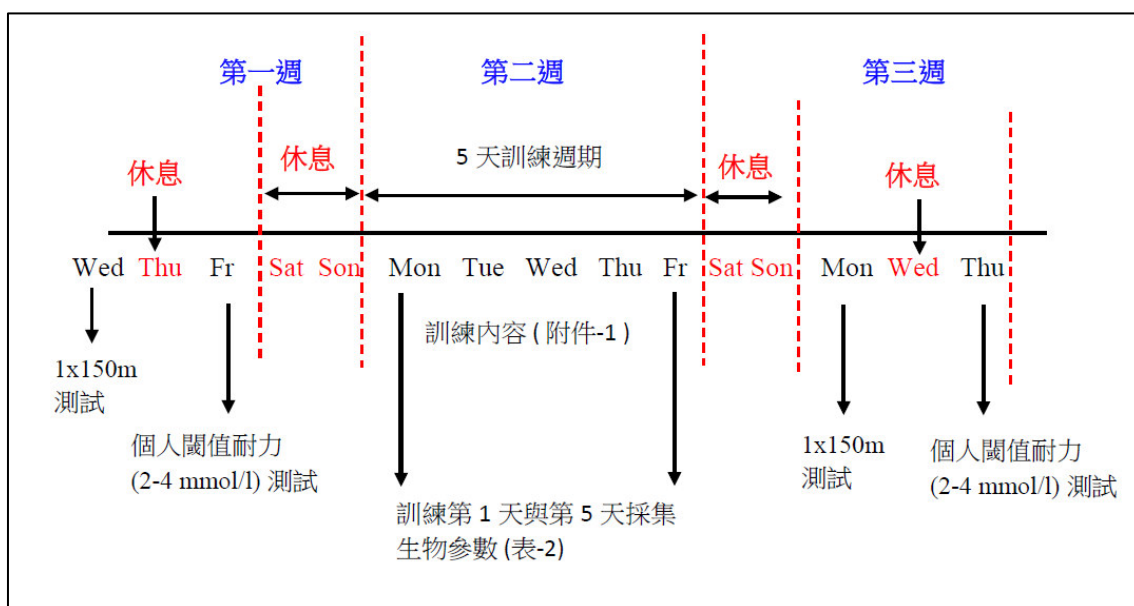
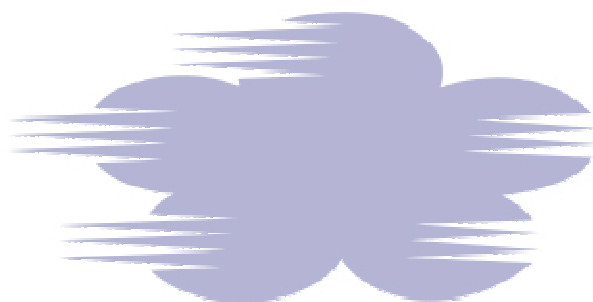


圖 3-4：實驗程序與測試時間



三、訓練課表 (表 3-3)

Days	內容	1	2
Mon		快速耐力	有氧耐力
	方式	HIIT	持續
	負荷	100%	2mmol/l
	範圍	3x3x120m	15 min
	休息	Set 10, Rep 3min	
Tue	目的	快速耐力	力量耐力(徒手)
	方式	重複	重複
	負荷	100%	最佳動作
	範圍	3x150m	4x5 種組合動作
	休息	Rep 10min	Set 60s
Wed	目的	快速耐力	有氧耐力
	方式	HIIT	持續
	負荷	100%	2mmol/l
	範圍	3x3x120m	15 min
	休息	Set 10, Rep3min	
Tue	目的	快速耐力	力量耐力(徒手)
	方式	重複	重複
	負荷	100%	最佳動作
	範圍	3x150m	4x5 種組合動作
	休息	Rep 10min	Set 60s
Fri	目的	快速耐力	有氧耐力
	方式	HIIT	持續
	負荷	100%	2mmol/l
	範圍	3x3x120m	15 min
	休息	Set 10, Rep 3min	

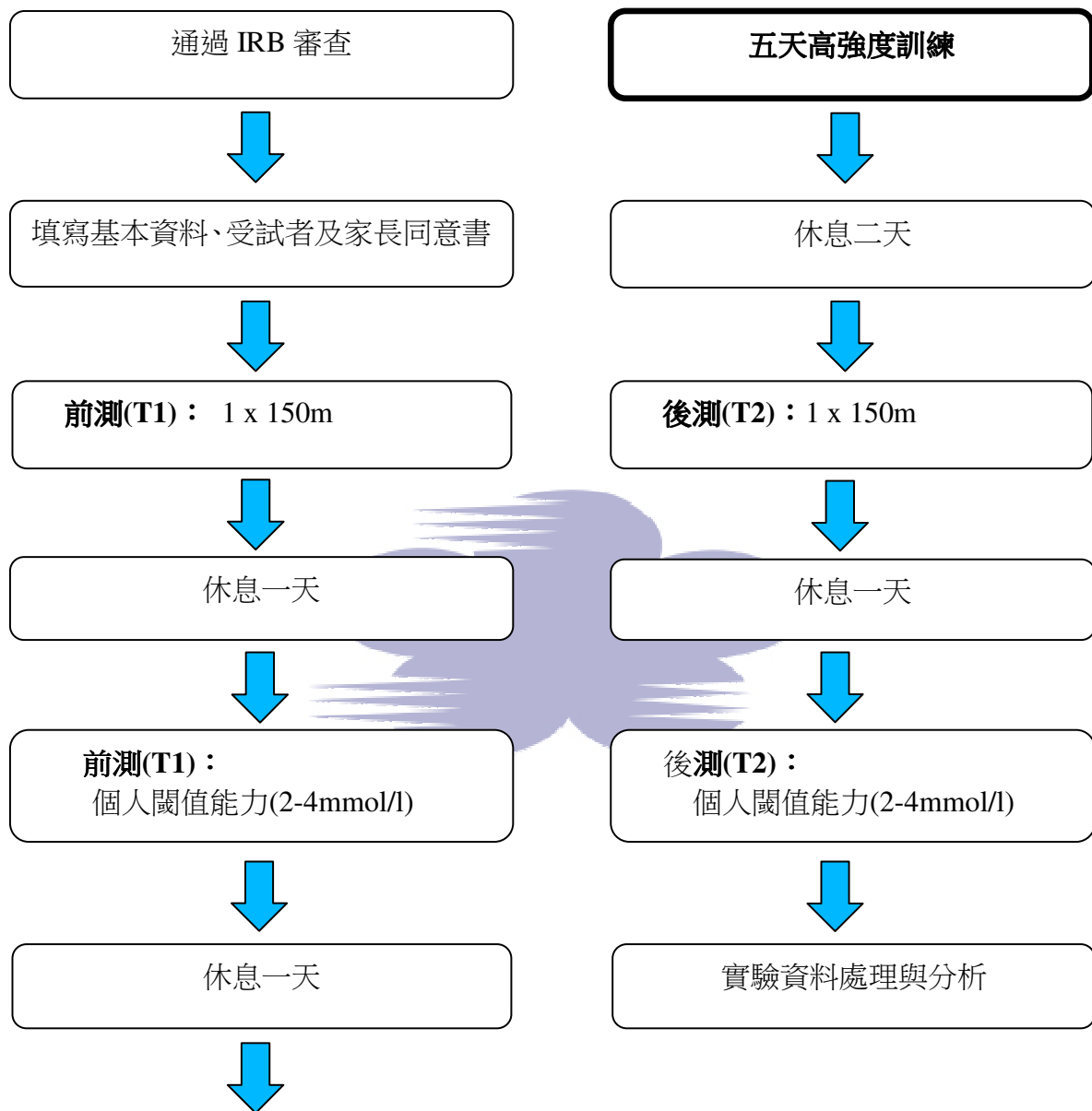
表 3-4 徒手力量耐力訓練

	執行動作	時間
1	原地抬腿跑	10s
2	垂直跳躍縮腿	5 次
3	扶地交互跑	10s
4	屈膝仰臥起坐	10 次
5	托比跳躍	6 次

所有動作以個人最快速度完成，動作與動作之間沒有休息

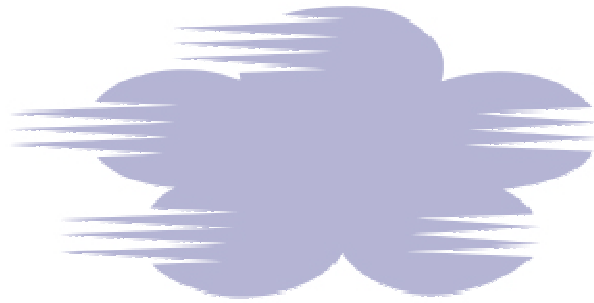
第五節 實驗程序與流程

一、實驗流程圖



第六節 資料處理與分析

- 一、受試者基本資料與檢測數據，以描述統計方法、平均數、標準差來表示。
- 二、以 SPSS for Windows 22.0 中文視窗版統計軟體進行統計分析及 Sigma Plot 8.0 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、以重覆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 $\alpha=0.5$



第肆章 結果分析與討論

第一節 訓練數據分析

一、高強度間歇 120 m 訓練速度

結果分析顯示，訓練第一天 (Tr-1) 在第一組 (Set-1) 速度平均值為 17.7 ± 0.6 s，第五天 (Tr-5) 速度平均值則為 18.2 ± 0.4 s (Set-1)。兩次平均值差異 $+0.5$ s ($p > 0.05$)。在 Set-2 訓練 Tr-1 與 Tr-5 速度平均值分別為 19.0 ± 0.3 s、 18.5 ± 0.3 s，兩次平均值差異 -0.5 s ($p > 0.05$)。Tr-1 與 Tr-5 訓練在 Set-3 速度平均值為 19.3 ± 0.5 s、 18.8 ± 0.5 s，平均值差異 -0.5 s ($p > 0.05$) (如圖 4-1)。

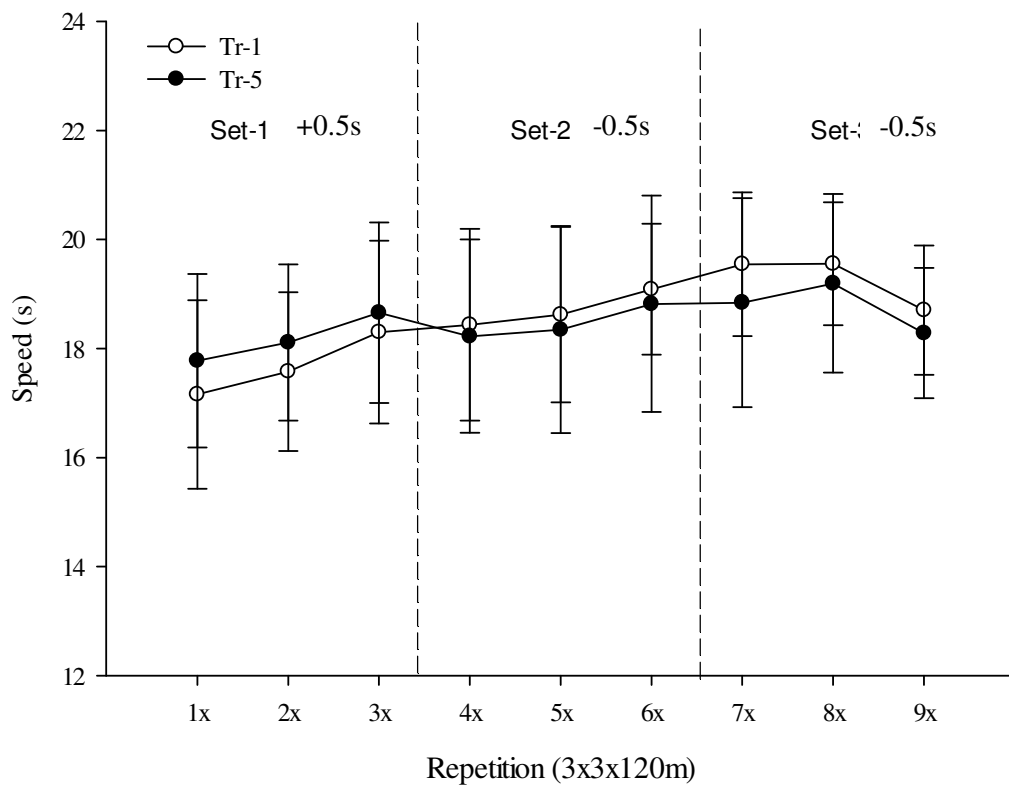


圖 4-1: 第一天 (Tr-1) 與第五天 (Tr-5) 間歇訓練速度分析

本研究透過一週高強度訓練，在圖 4-1 所示。在 Set-2、Set-3 速度下降主要是因訓練時產生適應。經過 Tr-1 和 Tr-5 的比較在 Set-2 和 Set-3 兩組平均差異-0.5 s，表示 5 天高強度訓練能讓身體受到刺激而成績進步。因此速度進步主要是顯現肌肉的持續性 SSC 機轉，技擊類比賽則在於 SSC 的頻率變換。要延長高速度訓練時間，其肌肉能量須要具備高度 PFK 酵素活性，以提昇無氧糖酵解效率（葉明春、張嘉澤等人），運動能力是可經由訓練提升（Zintel 1994）與本研究相符，如圖 4-1 呈現下降趨勢。

二、高強度 120 m 間歇訓練心跳率

結果分析在 Tr-1 間歇訓練心跳率，平均值為 $183 \pm 9.1 \text{ min}^{-1}$ (Set-1)，Set-2 訓練心跳率則為 $182 \pm 8.9 \text{ min}^{-1}$ 。第五天訓練 (Tr-5) 心跳率則分別為 $176 \pm 14.1 \text{ min}^{-1}$ (Set-1)、 $184 \pm 10.6 \text{ min}^{-1}$ (Set-2)。Tr-1 與 Tr-5 心跳率在 Set-1 平均值差異 -7 min^{-1} ($p < 0.05$)，Set-2 訓練心跳率在 Tr-1 與 Tr-5 則未呈現差異。恢復期第五分鐘 (E5) 心跳率在 Tr-1 與 Tr-5 平均值差異 -10 min^{-1} ($p < 0.05$)。如表 4-1 所示。

表 4-1：間歇訓練心跳率 *表示顯著差異

Training	Set-1	Set-2	E5
Tr-1	183 ± 9.1	182 ± 8.9	137 ± 9.7
Tr-5	176 ± 14.1	184 ± 10.6	127 ± 18.1
Diff.	-7*	+2	-10*

表 4-1 為應用一週高強度訓練能讓心跳率在運動中選手在接受專項 120m 後，心臟為供給足夠血流流量以應付運動訓練時組織所需所產生的生理適應，本研究在 Set-1 心跳率下降 7min、E5 下降 10min 與 Bohmer et al. (1975) 所提出心跳率在運動負荷中常當作運動強度指標依據，也可了解訓練負荷感受。本研究 120m 訓練心跳率與 Bompá and Zivic (1981) 指出，訓練時運動員體驗各種運動強度，身體增加生理功能以迎合訓練需求，而後產生適應而有所相符達到顯著差異。

三、高強度 120m 間歇訓練乳酸堆積濃度分析

圖 4-2 為運動負荷血液乳酸堆積濃度分析。結果分析顯示在訓練 Set-1 血液乳酸堆積平均值在 Tr-1 與 Tr-5 分別為 9.6 ± 2.1 mmol/l、 8.4 ± 3.7 mmol/l，差異 -1.2 mmol/l ($p > 0.05$)。Tr-1 與 Tr-5 訓練在 Set-3 乳酸堆積濃度平均值差異 -0.2 mmol/l ($p > 0.05$)。

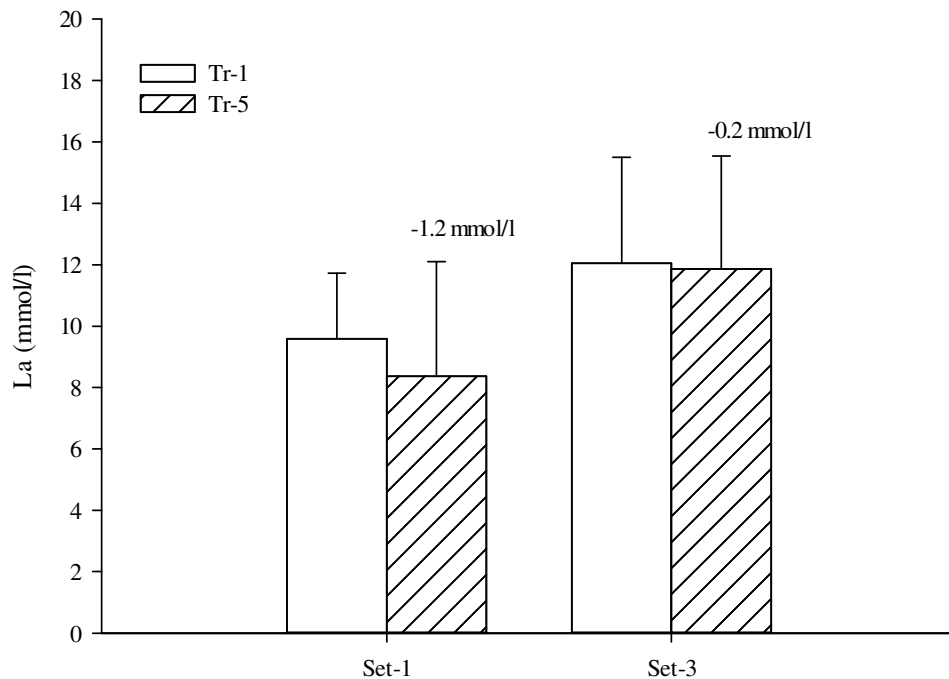


圖 4-2：間歇訓練血液乳酸堆積濃度

楊孟龍 (2008) 研究結果指出，有氧耐力越好，乳酸排除也越快，無氧耐力越好，在高強度負荷中所產生乳酸就越低。本研究圖 4-2 顯示高強度間歇乳 120m 乳酸分析 Set-1 下降 1.2 mmol/l，Set-3 下降 0.2 mmol/l。過去研究也提到五天的訓練中，身體對強度適應的改變很快，乳酸約一週 (Neumann & Hottenrott, 2002)，與上述文獻相符。圖 4-2 所示，訓練在短時間高強度訓練刺激下運動時間為 20-30 s 之間，來源為有氧代謝能量 20%，無氧代謝能量 80% (Hargreaves, 1995)，葉明春、呂欣善、張嘉澤 (2006) 指出身體器官經相同強度訓練下，對訓練產生適應，乳酸會呈現下降效果。

四、間歇訓練恢復期血液乳酸曲線與速度

恢復期血液乳酸曲線分析顯示，在 Tr-1 第三分鐘 (E3) 乳酸濃度達 11.7 ± 2.9 mmol/l，Tr-5 則為 13.1 ± 4.7 mmol/l，兩次差異 $+1.4$ mmol/l ($p > 0.05$)。恢復期第五分鐘 (E5) 乳酸堆積濃度 Tr-1 與 Tr-5 分別為 12.4 ± 2.9 mmol/l、 12.6 ± 4.1 mmol/l，平均值差異 $+0.2$ mmol/l ($p > 0.05$)。在 Set-3 速度 120m 時間平均值下降 -0.5 s ($p > 0.05$)，如圖 4.3 所示。

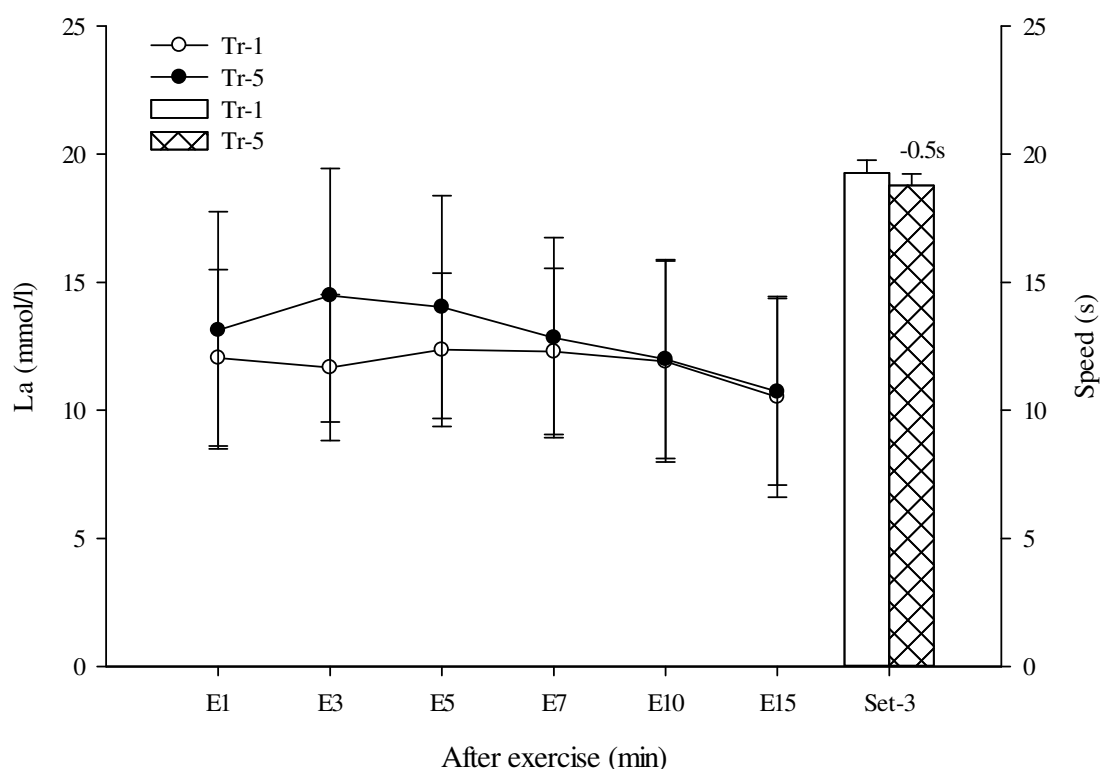


圖 4-3：間歇訓練恢復期乳酸曲線分析

圖 4-3 發現一週高強度訓練後，乳酸恢復期並沒有顯著下降，原因在於高強度負荷的同時乳酸量大於排除率，乳酸堆積就會產生，雖然本研究乳酸沒有顯著下降。但速度是呈現下降 0.5s，以乳酸恢復期曲線來看是呈現下降狀態。表示恢復能力還不錯，運動結束後乳酸的恢復及排除會因為有氧閾值能力而有所影響 (Mader, 1984)。

第二節 專項 150m 測驗結果分析

一、專項 150 m測驗速度分析

結果分析顯示，150 m 前測 T1 與 T2 速度平均值分別為 21.9 ± 1.9 s、 21.4 ± 1.9 s，平均差異 -0.5 s ($p > 0.05$)，如圖 4-4 所示。乳酸明顯下降，心跳率降至 140 min^{-1} 。Engelhardt and Neumann (1994) 發現高強度負荷後使心跳率上升，是因為呼吸的頻率節奏太快，導致疲勞的堆積，因強度大使體循環升高。

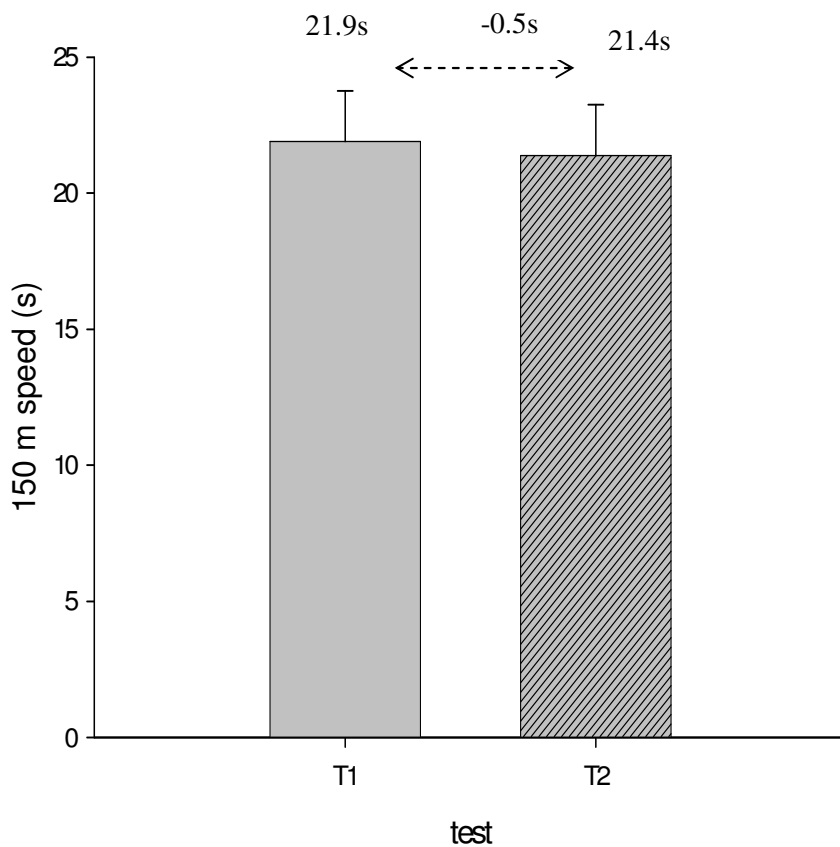


圖 4-4 150m 速度測試

研究結果圖 4-4 顯示 150 m 測試 T1、T2 速度平均下降 0.5 s，依據 Bompa and Zivic (1981) 指出，訓練時運動員體驗各種運動強度，身體增加生理功能以迎合訓練需求，而後產生適應。圖 4-5 顯示訓練上的適應，則要視訓練的不同要求、訓練

強度的安排及質與量的安排而定。因此本研究設計高強度的訓練負荷下進行前測、後測，藉由心跳率與速度呈現下降，更能提升運動能力。

二、專項 150 m 測驗乳酸分析

圖 4-5 為專項 150 m 測試 (Test) 運動負荷血液乳酸堆積濃度分析。結果分析顯示在測試 (Test) 結束第 1 分鐘 (E1) 血液乳酸堆積平均值 T-1 與 T-2 分別為 7.4 ± 3.7 mmol/l、 4.9 ± 1.2 mmol/l，平均差異 -2.5 mmol/l ($p < 0.05$)，結束後第 5 分鐘 (E5) 乳酸平均值 T-1 與 T-2 分別為 10.6 ± 3.2 mmol/l、 7.9 ± 1.2 mmol/l，平均差異 -2.7 mmol/l ($p < 0.05$)。在結束後第 10 分鐘 (E10) 乳酸平均值 T-1 與 T-2 分別為 10.1 ± 3.3 mmol/l、 6.7 ± 0.8 mmol/l，平均差異 -3.4 mmol/l ($p < 0.05$)。乳酸平均值在結束後第 15 分鐘 (E15) T-1 與 T-2 分別為 9.3 ± 3.5 mmol/l、 5.7 ± 1.7 mmol/l，平均差異 -3.5 mmol/l ($p < 0.05$)。

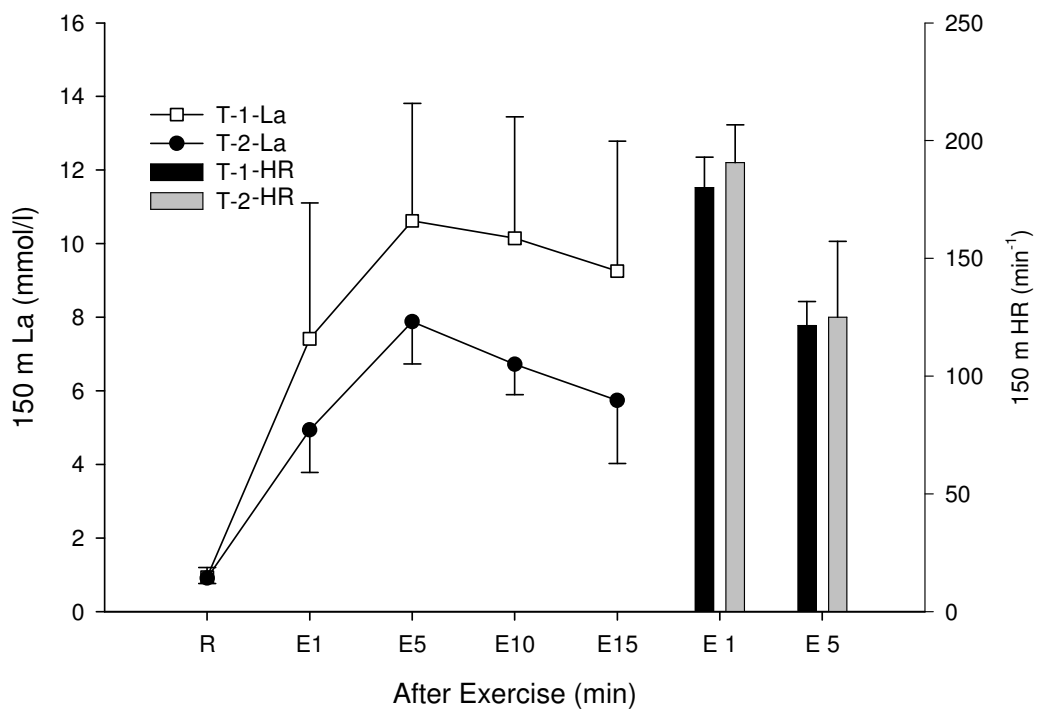


圖 4-5 專項 150m 測試乳酸堆積濃度與心跳率

表 4-2 專項 150 m 測試乳酸堆積濃度 以*表示顯著差異

	E1	E5	E10	E15
T-1	7.4±3.7	10.6±3.2	10.1±3.3	9.3±3.5
T-2	4.9±1.2	7.9±1.2	6.7±0.8	5.7±1.7
Diff.	-2.5*	-2.7*	-3.4*	-3.5*

圖 4-5 測驗下 T1 與 T2 在 E1 乳酸差異 -2.5 mmol/l, E5 差異 -2.7 mmol/l, E10 差異 -3.4 mmol/l, E15 差異 -3.5 mmol/l。依據 (Neumann, Pfitzner & 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 3 分鐘開始，因此提出最佳乳酸曲線的論點，運動員對血乳酸排除較快，且動態活動休息時間比靜態休息方式較好 (Neumann, 1991)。

Wangs and Hsu (2012) 研究指出連續七天的 HIIT 訓練有加強增進有氧耐力。要延長高速度訓練時間，其肌肉能量須要具備高度 PFK 酵素活性，以提昇無氧糖酵解效率 (葉明春、張嘉澤, 2006)，因此運動能力可經由訓練提升 (Zintel, 1994)。本研究依據 Jakowlew (1972) 提出超補償理論 (Supercompensation) 是指人體生物學對外來刺激所產生適應之表現。一週高強度間歇訓練，當選手習慣先前的訓練強度，就不容易產生超補償作用。這時就必須提高訓練的強度 (Findeisen, Linke & picken bain, 1980)。因此本研究在 T1 與 T2 恢復乳酸呈現顯著差異。

第三節 閾值測驗結果分析

一、階梯式速度及心跳率分析

結果分析在有氧閾值 2mmol/l 前測 (T1) 與後測 (T2) 速度平均值分別為 2.3 ± 1.0 m/s、 2.4 ± 0.9 m/s，平均差異為 +0.1 m/s。心跳率平均值則分別為 153 ± 25 min⁻¹ (T1)、 147 ± 27 min⁻¹ (T2)，平均差異為 -6 min⁻¹ (p<0.05)。無氧閾值 4 mmol/l 前測 (T1) 與後測 (T2) 速度平均值分別為 3.6 ± 0.3 m/s、 3.5 ± 0.3 m/s，平均差異為 -0.1 m/s，未呈現差異。心跳率平均值分別為 184 ± 5.4 min⁻¹ (T1)、 177 ± 8.3 min⁻¹ (T2)，平均差異為 -7 min⁻¹ (p<0.05)。如圖 4-6 所示。

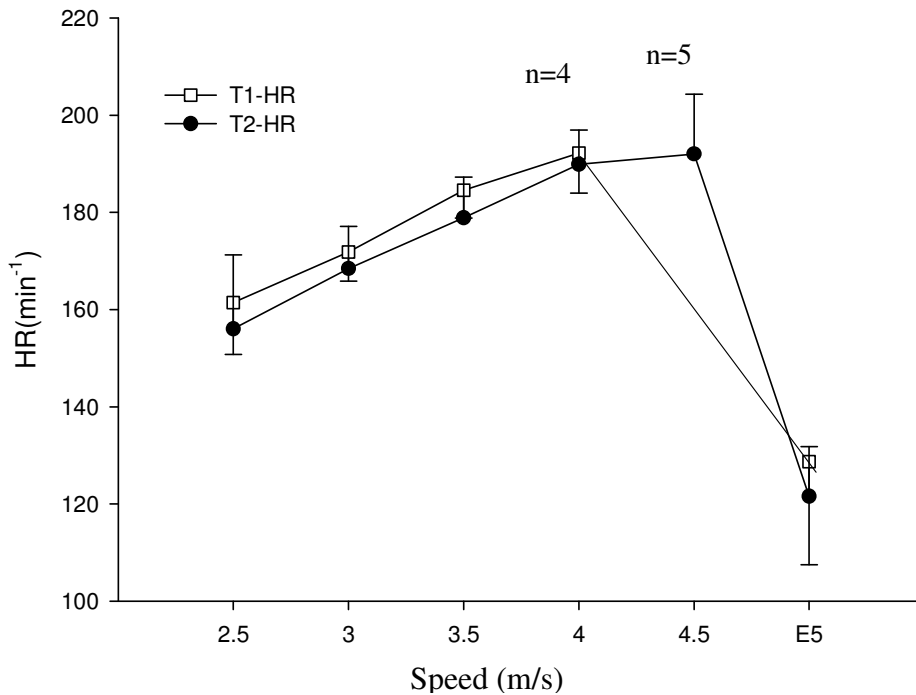


圖 4-6 階梯式負荷 2-4mmol/l

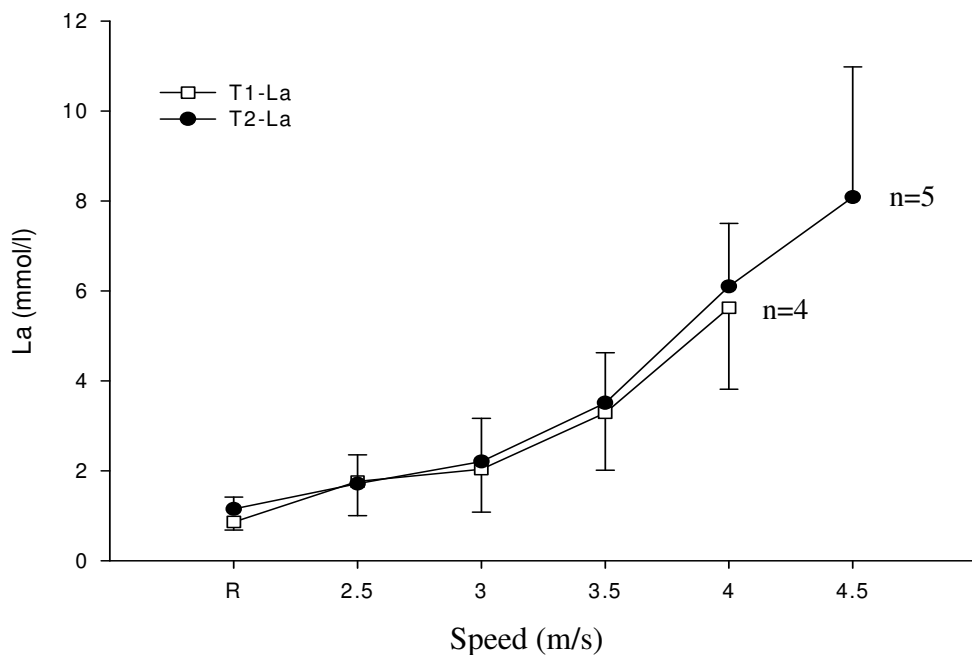


圖 4-7 2-4 mmol/l 乳酸濃度分析

二、有氧-無氧閾值乳酸分析

圖 4-7 為運動負荷血液乳酸堆積濃度分析。結果分析顯示有氧閾值 2 mmol/l 乳酸平均值前測 (T1) 與後測 (T2) 分別在每秒 2.5 m/s (1x) 為 1.7 ± 0.8 mmol/l、 1.2 ± 0.6 mmol/l，平均差異 -0.1 mmol/l。在每秒 3.0 m/s (2x) 為 2.0 ± 1.0 mmol/l、 2.2 ± 1.0 mmol/l，平均差異 +0.2 mmol/l ($p > 0.05$)，未呈現差異。在每秒 3.5 m/s (3x) 為 3.3 ± 1.3 mmol/l、 3.5 ± 1.1 mmol/l，乳酸平均增加 +0.2 mmol/l ($p > 0.05$)。每秒 4.0 m/s (4x) 為 5.6 ± 1.8 mmol/l、 6.1 ± 1.4 mmol/l，平均差異 +0.5 mmol/l ($p > 0.05$)。如表 4-3 所示。

本研究發現在有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l) 表 4-3、表 4-4 所示，依據 (Hollmann et al., 1987) 競技運動員的有氧閾值需達 ≥ 2.8 m/s，無氧閾值速度需達 ≥ 3.5 m/s。本研究結果分析 T1、T2 與文獻中的有氧閾值還有差距，無氧閾值達顯著改善 ($p < 0.05$)，此現象可能是著重於無氧耐力的訓練，有氧耐力還需加強。訓練中心跳率在生理適應是所有器官組織最快的，因此要提升有氧能力需透過較長的時間

低劑量訓練 (Neumann, 1990)。

本研究乳酸 T1、T2 未達差異，但在乳酸曲線平均則在 8 mmol/l，依 Hollmann and Liesen (1973) 指出，乳酸會隨著運動時間、運動強度及運動項目有所不同，也要看當下訓練情況，促使肝糖分解而影響乳酸產生，本研究 7 位受試者在 T1 只有 4 位受試者達 4 m/s，但在 T2 則有 5 人達 5 m/s。因此本研究心跳率及速度達顯著差異。

表 4-3 2-4 mmol/l 乳酸濃度分析

	2.5	3	3.5	4	4.5
T1	1.8±0.8	2.0±1.0	3.3±1.3	5.6±1.8	
T2	1.2±0.6	2.2±1.0	3.5±1.1	6.1±1.4	8.1±2.9
Diff.	-0.6	+0.2	+0.2	+0.5	

表 4-4 前 (T1)、後測 (T2) 有氧 (2 mmol/l) 閾值與無氧 (4 mmol/l) 閾值比較

	2 mmol/l		4 mmol/l	
	Speed (m/s)	HR(min ⁻¹)	Speed (m/s)	HR(min ⁻¹)
T1	2.3±1.0s	153±25.5 min ⁻¹	3.6±0.3s	184±5.4 min ⁻¹
T2	2.4±0.9s	147±27.0 min ⁻¹	3.5±0.3s	177±8.3 min ⁻¹
Diff.	+0.1	-6*	-0.1	-7*

第伍章 結論

本研究探討一週高強度訓練能否在短時間將閾值耐力能力提升，以高強度刺激，提高選手在比賽場上對抗強度適應的表現，研究結論如下：

一、一週高強度訓練對於速度、心跳、乳酸呈現進步，有助於選手在高強度比賽提升閾值能力，每一場比賽結束後，短時間達到恢復。

二、一週高強度訓練後乳酸顯著差異，提升選手在每一場比賽無氧耐力機制，增加無氧醣酵解活性，達到適應的效果。

有氧能力佳，對於乳酸排除有顯著差異，對於每一場比賽提升 ATP-CP 機制，達到短暫間歇恢復快，不容易疲勞維持比賽續航力。在現今的角力運動裏高強度間歇訓練是一種訓練型態，在一週高強度訓練後，能提升運動表現，由於規則修訂比賽時間縮短且賽會密集，選手需具備好的閾值耐力，因此建議教練及選手能以短時間高強度刺激來提升選手閾值耐力，縮短訓練時間、適應強度並提升運動表現。

參考文獻

一、中文文獻

- 吳聲賓 (2015)。無氧閾值耐力對單次低氧不同負荷型態與血液乳酸及心跳率之效果。未出版碩士論文，國立體育大學，桃園縣。
- 李綿綿 (2008)。高強度間歇訓練對輕艇專項訓練之影響。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 肖國強 (2008)。研究優秀手球運動員比賽前期高強度訓練對有氧無氧能力的影響。成都體育學報。
- 宋一夫 (1997)。角力運動特異及專項體能素質之探討。大專體育，34，112-115。
- 林宗翰 (2010)。兩週高強度訓練對三級跳遠能力之影響。未出版碩士論文，國立體育大學，桃園縣。
- 林革友、郭永安 (2000)。跆拳道運動員比賽前後最大攝氧量、血乳酸及血清 LDH 活性研究。中國體育科技，36(1)，40-41。
- 孫紅梅 (2010)。山東體育學院學報，第 26 卷第 11 期。
- 張育綺 (2014)。兩次低氧高強度間歇負荷對恢復速度與有氧閾值之效果。未出版碩士論文，國立體育大學，桃園縣。
- 張瑞興、沙玲莉 (2002)。中國古代角抵運動歷史之探討。文化體育。18 期，89-92 頁。
- 張銀霖、張驄榮 (2006)。循環訓練如何應用於角力運動之體能訓練。大專體育。82 期，1 頁。
- 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。
- 許惠明 (2006)。閾值心跳率訓練對手球選手有氧與無氧閾值能力影響之探討。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

- 楊孟龍、黃雅凌、林聖峰、廖清海 (2008)。網球選手基礎能力對專項耐力之影響。2008 年台灣運動生理學會年會及技術研討會，98-104
- 郭 慎 (1989)。角力裁判。卷 4 期，58-71 頁。
- 陳竑學 (2014)。高強度間歇訓練搭配輔酶 Q10 增補對有氧能力及心肌生物標記之影響。未出版碩士論文，國立體育大學，桃園縣。
- 陳丙紳 (2014)。不同測試方式對柔道專項負荷心跳率之關係 (未出版碩士論文)。國立體育大學，桃園縣。
- 陳德盛、張嘉澤(2010)。兩週階梯訓練對田徑選手 200 公尺速度表現之影響，運動教練科學，17，41-52。
- 陳江圳 (2005)。五週耐力訓練對國小網球選手專項能力表現的影響 (未出版碩士論文)。國立體育學院，桃園縣。
- 陳鳳盈 (2006)。五週訓練後女子壘球專項技術能力之乳酸，心跳率及專項能力變化之探討。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 黃武雄 (1987)。柔道學理新詮。臺北市，健行文化出版社。
- 詹蕙貞 (2006)。不同閾值心跳率訓練對手球隊選手有氧與無氧閾值能力影響之研究。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 廖櫻灣 (2011)。不同負荷型態對無氧閾值之影響。未出版碩士論文，國立體育大學，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. Paper presented at the 大葉大學研討會。
- 薛甄懋 (2015)。青少年柔道選手閾值能力對專項耐力之影響。未出版碩士論文，國立體育大學，桃園縣。

二、英文文獻

- Böhmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fisher, H., Groher, W., Hess, M., Jager, D., Martin, L., Mühlfahrt, J., Nöcker, P., Nowacki, G., Rompe, A., Thiel, B., & Schmücker, O. (1975). Das sportmedizinische Untersuchungssystem. *Leistungssport*, Beiheft In : 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整 (未出版)
- Carter, H., & Jones, A. M. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386
- Engelhardt, M., Neumann, G. (1994) . Sportmedizin. München. In: Ausdauertraining. BLV Sportwissen, 104-105.
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (2001). Das neue Konditionstraining München, Wien, Zürich: BLV. In : 張嘉澤，訓練學
- Harre, D. (1986). *Trainingslehre*. Berlin (DDR). 282-292.
- Heck, H. (1990). Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Köln, schorndorf. Hofmann. 39-46.
- Heck, H., & Schulz, H. (2002). Method end eranaeroben Leistungsdiagnostik *Deutsche Z SportMed*, 53, 7-8.
- Hollmann, W., Liesen, H. (1973). Der Einfluß eines zweiwöchigen Hohentrainings auf die Leistungsfähigkeit im Flachland, gemessen an spiroergometrischen und metabolischen Parametern. In : 張嘉澤運動能力診斷與訓練調整
- Hollmann, W., & Rost, R. (1982). Belastungsuntersuchungen in der Praxis.
- Hollmann, W., (1987). Kardiopulmonale Reaktion und aerob anaerobSchwelle bei verschiedenen Belastungsformen. *Deutsche Z SportMed*, 38(4), 144-156.
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P., & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportpezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit

- Labor. *Sportarzt und Sportmed*, 27(4), 80-88. (In 張嘉澤：訓練學)
- Neumann, G. (1991). Zur Leistungsstruktur der Kurz- und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sport - medizinischer Sicht. *Leistungssport* 21, 29-31. (In 張嘉澤：訓練學)
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottentott, K. (1993). Alles unter Kontrolle. Aachen: Meyer & Meyer. (In 張嘉澤：訓練學)
- Neumann, G., Pfützner, A., & Berbaik, A. (2001). Optimiertes Ausdauertraining. (In 張嘉澤：訓練學)
- Yin, C. F. (2006). The Discussion of Lactate, Heart rate And The Change of Specific Ability in Specific Skill Ability of Internal Female Softball Players Through 5 weeks Training.
- Zintl, F. (1994). Ausdauertraining (Zusammengestellt nach Angaben von Keuletal .1986, Kindermann1978, Badtkeetal.1987) Grundlagen, Methoden , Trainingssteuerung 188-189. (In 張嘉澤：運動能力診斷與訓練調整)

附錄一 衛生福利部桃園醫院同意臨床實驗證明書

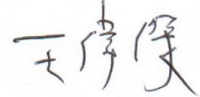
衛生福利部桃園醫院 醫學倫理及人體試驗審查委員會 同意臨床試驗證明書

查體育大學計畫主持人張嘉澤君主持「一週高強度訓練對青少年角力選手適應與閾值耐力之影響」案（TYGH104028號）經醫學倫理及人體試驗委員會審查通過，特此證明。有效期限至106年01月15日，且應接受IRB之監督。

後續定期追蹤之程序及要求

1. 期中報告繳交頻率:105年07月15日。
2. 結案報告：試驗完成後，應將執行情形及結果以書面報告IRB核備。
3. 計畫主持人須於到期6週內提出展延計畫之申請，方可繼續執行。
4. 計畫修正、暫停或終止執行請以書面通知本委員會。
5. 協同主持人: 余進益

主任委員：



105年01月15日

Protocol Title: The effect of a week high-intensity interval training of teenager wrestling athlete on adaptation and foundation ability.

Protocol No: TYGH104028

Protocol Version: V3.0

Protocol Version Date: 09/09/2015

Informed Consent Form Version: V3.0

Informed Consent Form Date: 09/09/2015

Principle Investigators: Jia-Tzer Jang

IRB No: TYGH104028

According to the written operating, GCP, and the applicable regulatory requirement, this study project is approved by the Institutional Review Board of the Taoyuan General Hospital.

This approval is valid for 1 year till 15 01, 2017. The principle investigator is required to submit the application for extension 6 weeks before the expired date. (If indicated by the regulations and laws, this project should be suspended or terminated after the approval of Department of Health, R.O.C.)

Chairman:



Institutional Review Board

Taoyuan General Hospital Taiwan R.O.C

附錄二 運動能力診斷中心疾病調查表



運動能力診斷中心疾病調查

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	☐ 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：_____