

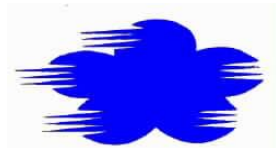
國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

三天急性訓練對柔道選手無氧非乳酸耐力與
心跳率之影響

**Acute Effects of Three - day Training on
Anaerobic Alactacid and Heart Rate of
Judoka**

指導教授：張嘉澤 博士
共同指導教授：侯碧燕 博士
研 究 生：黃翊婷 撰

中 華 民 國 107 年 7 月



國立體育大學
National Taiwan Sport University

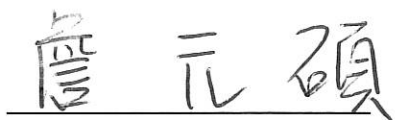
本論文：三天急性訓練對柔道選手無氧非乳酸耐力與心跳率之影響

係國立體育大學競技與教練科學研究所研究生 黃翊婷 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

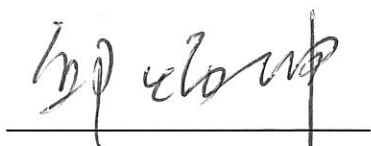
中華民國 107 年 5 月

論文考試委員



詹 元 碩

國立台北教育大學教授



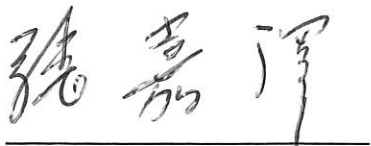
邱 炳 坤

國立體育大學教授



侯 碧 燕

國立體育大學助理教授
(本論文共同指導教授)



張 嘉 澤

國立體育大學助理教授
(本論文指導教授)

三天急性訓練對柔道選手無氧非乳酸耐力與心跳率之影響

摘要

目的：探討急性高強度間歇訓練對柔道選手無氧非乳酸耐力與心跳率之影響。**方法：**以成年 8 名大專甲組柔道選手為受試者（平均年齡： 20.88 ± 0.83 歲；身高： 168.13 ± 4.67 公分；體重： 67.13 ± 4.79 公斤；訓練年數： 9.75 ± 0.7 年），**測試方式：**本研究內容分為「前測（T-1）、後測（T-2）」，T-1、T-2 為柔道專項測試 I- 專項 Uchi-komi 與柔道專項測試 II- 柔道模擬對抗賽，共兩項測試及「三天高強度訓練」。測驗所得數據以相依樣本 t 考驗分析之差異。本研究顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。**結果：**Uchi-Komi 乳酸堆積 T-1 與 T-2 達顯著差異 ($p < .05$)；Randori 乳酸堆積 T-1 與 T-2 未達顯著差異 ($p > .05$)。Uchi-komi 乳酸堆積指標 T-1 與 T-2 達顯著差異 ($p < .05$)。Randori 最大乳酸形成率 T-1 與 T-2 差異為 $0.03 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ 未達顯著差異 ($p > .05$)。T-1 Randori 與 T-1 Uchi-komi 的心跳率，兩者之間呈現正相關 ($r^2 = 0.89$)；T-2 Randori 與 Uchi-komi 的心跳率兩者之間呈現正相關 ($r^2 = 0.64$)。**結論：**透過三天高強度訓練可以快速改善運動員肌肉 ATP-PC 能量路徑，在體循環中對心跳率的調節也獲得了適應。

關鍵詞：柔道、ATP-PC、無氧非乳酸、心跳率、急性訓練

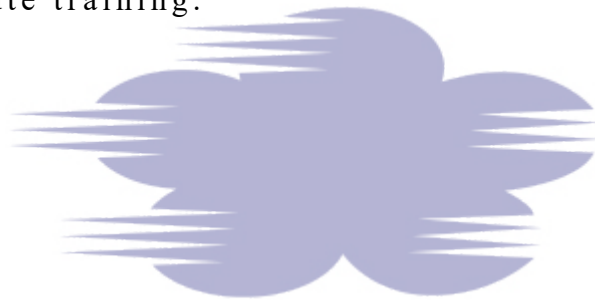
Acute Effects of Three - day Training on Anaerobic Alactacid and Heart Rate of Judoka

Abstract

Objective : To explore the effect of acute high-intensity interval training on Anaerobic Alactacid and heart rate of judoka .**Methods :** 8 adult judo A group judoka as subjects (Average age: 20.88 ± 0.83 age, Height: 168.13 ± 4.67 cm, Weight: 67.13 ± 4.79 kg, Training years: 9.75 ± 0.7 years).**Test method :** The content of this study is divided into "pre-test (T-1), post-test (T-2)", T-1, T-2 for judo special test I-special Uchi-komi and judo special test II - judo simulation match, A total of two tests and "three days of high intensity training".**Results :** Uchi-Komi lactic acid accumulation T-1 was significantly different from T-2 ($p < .05$); Randori lactic acid accumulation T-1 and T-2 were not significantly different ($p > .05$). Uchi-komi lactic acid accumulation index T-1 was significantly different from T-2 ($p < .05$). The maximum lactic acid formation rate of Randori is different from T-2 by 0.03 mmol/l. s did not reach significant difference ($p > .05$). The heart rate of T-1 Randori and T-1 Uchi-komi was positively correlated ($r^2 = 0.89$); there was a positive correlation between T-2 Randori and Uchi-komi's heart rate ($r^2 = 0.64$). **Conclusion :** Through three days of high-intensity training, the athlete's muscle ATP-PC energy path can be quickly

improved, and the adjustment of heart rate in the systemic circulation is also adapted.

Key words: Judo, ATP-PC, Anaerobic alactacid, Heart rate,
Acute training.



致 謝

在兩年的研究所生活中，首先誠摯的感謝指導教授張嘉澤博士總是在繁忙中抽空至國訓中心來悉心指導以及鞭策，在學術研究上給予我盡心的指導與協助，不時的討論並指導我正確的方向使我獲益良多，也讓當選手的我能無後顧之憂全心全意的在競技成績上闖蕩，促使我能在學術兼顧下讓本研究如期完成。在此致上最深的感謝。承蒙侯碧燕教授、詹元碩教授、邱炳坤教授在論文上給予精闢的見解與啟發，使本論文內容更臻完備，特此表達由衷的謝意。

在實驗室學習的時間實質上僅僅只有半學期之久，但這半年是我在研究所期間收穫最多的時候。感謝 SPDI 裡的每位菁英夥伴，學姊：佳慧、玉兒、婉柔、心儀、秀雅、詩涵、凱琳，學長：德盛、俊霖、昱中、吳凱、乙正、田剛、嘉華、楊永，以及皓程、聖庭、奕晴、庭羽、寶潤、紫瑄、奕甯、淑婷、彥宇、卓賢，因為有你們讓我的生活無時無刻都是實驗人生，也讓我的研究生涯充滿著驚喜與回憶，終身難忘。施測期間衷心感謝嘉倫教練放心讓學弟交付與我以及辛苦參與本研究的受試者柔道隊學弟們，使本論文實驗得以順利完成，謝謝您們。

最後，要感謝我的家人及身旁所有的朋友們一路上的支持與鼓勵，讓我在追求理想和目標過程中還擁有最強後盾，特將此榮耀與您們一同分享，謝謝您們。

黃翊婷 謹識

目 錄

摘 要	I
Abstract	II
致 謝	IV
目 錄	V
表 目 錄	VII
圖 目 錄	VIII
中英文對照表	IX
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	2
第三節 研究目的	3
第四節 名詞操作性定義	4
第貳章 文獻探討	5
第一節 ATP-PC 之探討	5
第二節 心跳率之探討	7
第三節 高強度間歇訓練	8
第四節 急性運動訓練	9
第五節 適應生理機制	11
第六節 文獻總結	13
第參章 研究方法與步驟	14
第一節 研究對象	14
第二節 實驗時間及地點	14
第三節 實驗儀器與設備	15
第四節 實驗方法	17

第五節	實驗步驟	22
第六節	資料處理	23
第肆章	結果分析與討論	24
第一節	訓練心跳率	24
第二節	速度與協調	27
第三節	柔道專項乳酸分析	30
第四節	柔道專項測試動作頻率	37
第五節	柔道專項測試心跳率	40
第伍章	結論	44
參考文獻		45
附 錄		51



表 目 錄

表 3-1-1 受試者基本資料	14
表 3-4-1 檢測內容與訓練方式	17
表 3-4-2 HIIT 訓練內容	19
表 3-4-3 快速力量	20



圖 目 錄

圖 2-1-1 運動時間與能量系統 (Badtke, 1987).....	5
圖 2-3-1 訓練與生理組織適應程序 (Grosse et al., 2001) ...	11
圖 3-3-1 德國製血糖乳酸分析儀	15
圖 3-3-2 i-Heart 心跳率偵測儀器	15
圖 3-4-1 協調訓練	20
圖 3-4-2 研究測試與流程圖	21
圖 3-5-1 實驗步驟圖	22
圖 4-1-1 第一天與第三天 HIIT 訓練 HR	24
圖 4-1-2 第一天與第三天 HIIT 動作頻率	26
圖 4-2-1 第一天與第三天 20 m 訓練	27
圖 4-2-2 兩種不同組合協調之比較	29
圖 4-3-1 Uchi-Komi 與 Randori 最大乳酸堆積前後測之比較	30
圖 4-3-2 前、後測專項連攻法乳酸堆積指標之比較	32
圖 4-3-3 前、後測專項模擬比賽最大乳酸形成率之比較 ...	34
圖 4-3-4 模擬比賽攻擊次數與最大乳酸形成率之相關圖 ...	35
圖 4-4-1 柔道專項 Uchi-Komi 動作頻率 (T1-T2) 分析	37
圖 4-4-2 第三天訓練 (Tr-3) 20 m 速度與後測 (T-2) Uchi- komi 動作次數相關分析	38
圖 4-5-1 前、後測專項連攻法次數與心跳率之比較	40
圖 4-5-2 T-1 與 T-2 Randori HR 與 Uchi-komi HR 相關圖 ...	42

中英文對照表

縮寫	英文	中文
I.J.F	International Judo Federation	國際柔道總會
ATP	Adenosine triphosphate	腺苷三磷酸
PC	phosphocreatine	磷酸肌酸
ADP	Adenosine dephosphate	腺苷二磷酸
AMP	Alanine monophosphate	單磷酸腺苷
HR	Heart rate	心跳率
min ⁻¹	beat per minute	每分鐘心跳數
La	Lactate	乳酸
PFK	phosphofructokinase	磷酸果糖激酶
mmol/l	millimole per liter	每公升所含的毫莫耳數
HIIT	High Intensity Interval Training	高強度間歇訓練
E1~E15	End of the first minute to fifteenth minute	運動結束後第 1 至 15 分鐘
min	Minute	分鐘
s	Second	秒

m	Meter	公尺
m/s	Meter per second	每秒每公尺速度
T-1	Test-1	前測
T-2	Test-2	後測
Tr-1	Test traing-1	第一天訓練
Tr-2	Test traing-2	第二天訓練
Tr-3	Test traing-3	第三天訓練



第壹章 緒論

第一節 研究背景

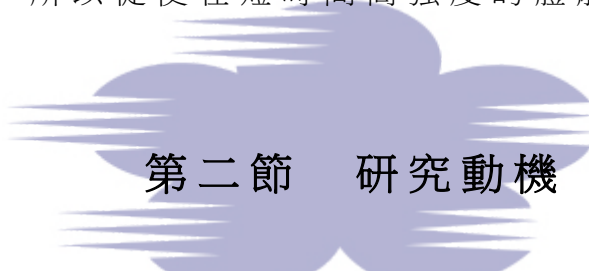
柔道屬於技擊性運動，是由兩個人接觸而形成的對抗性比賽，比賽過程是屬於短時間、高強度的運動負荷（廖俊強、許吉越，2008）、非循環式的運動型態。柔道比賽依據摔倒對方、壓制對方、使用勒頸技及關節技，制伏對手來達到獲勝，屬於開放式的運動（王德英，1994）。

IJF 在奧運會結束後，會依據上一個奧運週期所有比賽做討論，並修訂下一個奧運週期的規則。在 2017 修訂了新的規則，在使用新規則的過程中，也不斷地進行修正規則使之更為合理。而修訂後的規則將應用在 2020 奧運週期裡，目的是讓選手能首要積極攻擊並獲得一勝。

比賽規則的修訂較為重大的修改如下：(1) 男子比賽時間從原本的 5 分鐘更改為 4 分鐘，與女子皆為 4 分鐘是為了遵守國際奧委會希望的平等，且為了爭取男女混合團體賽項目，所以將比賽時間的統一定為 4 分鐘。(2) 取消原本的有效（Yuko）得分，將只有一勝（Ippon）和半勝（Waza-ari）。(3) 壓制時間 10 至 19 秒為半勝；20 秒為一勝。(4) 在常規比賽時間內（4 分鐘），選手只能由技術得分（半勝或一勝）；指導不會決定勝負，除了犯規輸（直接或累計）之外。換句話說，指導絕對不是得分。(5) 在黃金得分比賽中，只能靠技術得分（半勝或一勝），或是犯規輸（直接犯規輸或是以指導累進犯

規輸) 來贏得比賽。處罰不會變成技術得分。(6) 指導 (Shido) 只有三次，而不是以前的四次。第三次指導 (Shido) 即為犯規輸 (Hansoku Make)。為了簡化裁判的判決以及某些抓握上衣或腰帶的動作是相當容易理解的，所有的非正常抓握 (手槍抓握、口袋抓握、腰帶抓握、單邊抓握、交叉抓握...)，在立即施技攻擊的狀況下，是可以允許的。但若不是在立即攻擊的狀況下，這些抓握將被判以指導的處罰。

各國為因應柔道規則改變，追求一勝的技術更為重要，並給予選手更多抓握道服上限制的減少，但必須立即進行攻擊，否則判以指導。這些規則的修訂使比賽的節奏將會更快、攻擊次數也會更多，所以促使在短時間高強度的體能會有更高的要求。



第二節 研究動機

從柔道的動作特性來看，柔道選手需要重複且高強度的運動表現，從運動時間來分析，柔道動作實施範圍在 10~30 秒，這剛好在乳酸系統供能範圍之內 (劉金龍，2007)。其所需能量代謝系統是從無氧非乳酸轉換成無氧醣酵解系統。為因應 2020 東京奧運年，2017 年開始了新的規則週期，新規則使得柔道比賽上更追求一勝、讓比賽節奏更為緊湊，且在非正規搶手時允許手槍抓握、口袋抓握等...，但前提是進行這些非正規的抓握方式時必須抓握道服後立即進行攻擊，否則處以犯規，所以在比賽節奏上會來的比以往更快，也因道服抓握放寬，使柔道技術上有更多讓選手發揮技術空間。

當今的科學化訓練日新月異，不只是訓練方式和訓練型態上的改變，輔助訓練器材也一直推陳出新，提昇訓練品質及運動表現，訓練週期也隨之縮短。近代相關研究發現六週（陳銘正，2005）、四週（陳佳慧等人，2007）、兩週（Rodas et al., 2005）、三天（Wang, Smith, & Jang, 2009）的週期訓練都能有效提昇運動能力。而三天的高強度訓練目的則是要突破無氧機制，之後再回去原來的訓練模式中，就能夠提升原來的能力。可運用在專項期中，能夠快速改善與穩定專項體能。現今以賽代訓的訓練模式浮出檯面，訓練週期較為短暫或較不完善；實施新規則的賽制才剛開始，在過去的文獻中都是以舊規則賽制為主要研究探討。

綜合以上論述，在發展技術及戰術上有很大的改變與增進，使得比賽中的攻擊節奏更快，另一方面也影響了運動員的體能訓練模式，各國在體能訓練上早已加入科學化的運動能力診斷與訓練，過去有關體能的訓練都用長時間的訓練模式，故本研究將針對規則的修改利用短時間高強度間歇模式來進行訓練。

第三節 研究目的

- 一、探討三天急性訓練負荷對柔道專項無氧非乳酸耐力之效果
- 二、探討三天急性訓練負荷對柔道專項心跳率之效果

第四節 名詞操作性定義

一、Uchi-komi

中文譯為連攻法，在日本講道館出版的《柔道用語小辭典》(講道館，2000)一書中解釋為：柔道技術經由不斷的反覆練習，有系統、結構且費時、直接碰撞的練習，都是所謂的連攻法。本研究實驗所做連攻法為單臂過肩摔 (Ipponseoi nage)，而連攻法頻率次數的定義為 frequency。

二、Randori

Randori 是日語漢字“亂取り”翻譯而來的，中文譯為柔道模擬比賽。Randori 時，雙方都能互相使用各種技術攻擊及防守（反擊），是柔道訓練中增進實力重要的練習方法之一。本研究實驗攻擊頻率次數的認定為：成功摔倒對手得分的攻擊為有效的攻擊、使對手失去重心或造成威脅的攻擊就算沒有得分也一併視為有效的攻擊，本研究沒有加入寢技的攻擊。而本研究實驗攻擊頻率次數的定義為 attacks。

第貳章 文獻探討

第一節 ATP-PC 之探討

過去研究顯示運動時間小於 10 秒的高強度運動能量來源主要為 ATP-PC 系統，因此 PC 再生能力較佳者，其在小於 10 秒的反覆高強度運動時，血乳酸的堆積會較低。血乳酸堆積越高，表示 ATP-PC 系統運用能力越差（Harmer et al., 2000; Edge et al., 2005）。因此，運動強度與時間呈現之關係如圖 2-1-1。

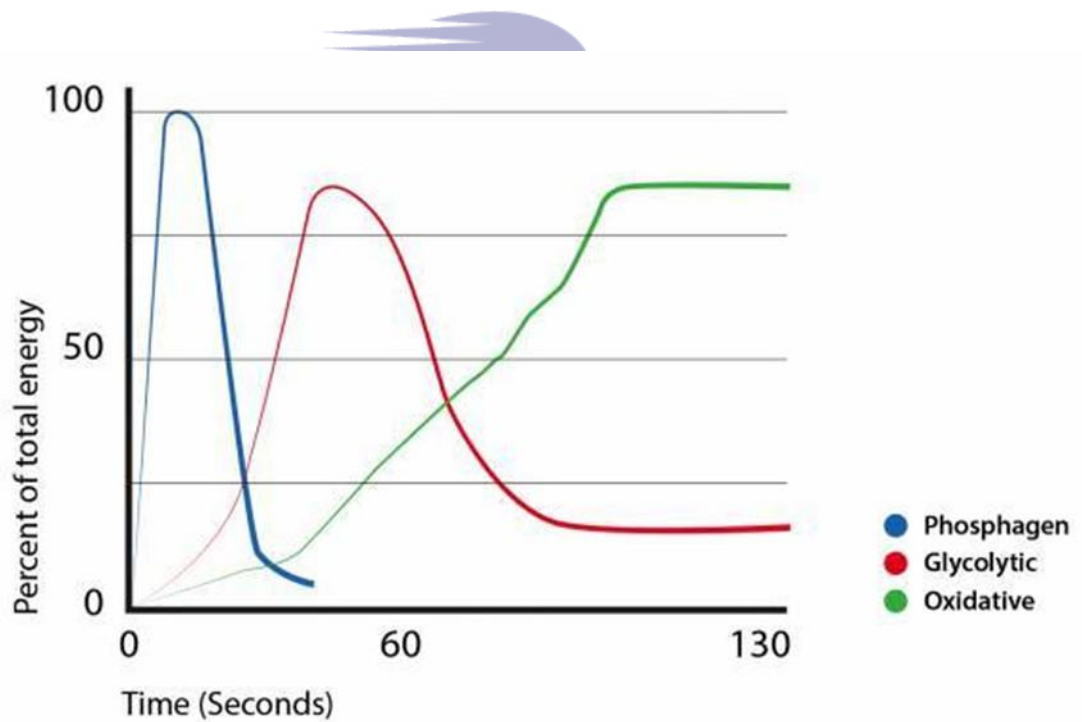


圖 2-1-1 運動時間與能量系統 (Badtke, 1987)

ATP-PC 系統所能提供的能量極為有限，只能提供短時間高強度大約 10 s 內的能量 (Wilmore & Costill, 1994)，但它的重要性並不在於所能夠提供能量的多寡，而在於能夠提供即時的能量作肌肉活動之用。因此，對於那些強度大、速度高，並且只需在數秒間完成的活動，如起跑、跳躍、投擲、舉重、柔道瞬間摔倒動作等，ATP-PC 系統的作用尤為重要。由於 ATP-PC 系統並不需要把氧氣輸送到肌肉中才能運作，所需的燃料 (ATP 及 PC) 亦早已儲存於肌肉細胞之中，而且當 PC 被分解時所涉及的化學反應亦較另外兩個供能系統少，所以 ATP-PC 系統是人體內最迅速的能量來源。ATP-PC 系統產生能量的過程中，無須氧氣的介入，亦不會產生乳酸，但當該系統耗竭時，無氧醣酵解 (乳酸系統) 即隨接而上，而會伴隨著乳酸與氫離子堆積造成肌肉疲勞 (Janssen, 2001)。

對於球類與技擊類等非循環式項目而言，ATP-PC 為其主要的專項耐力，重點在於提升 PC 快速再生的能力 (張嘉澤，2008)，非循環式運動項目的動作特徵為強度高、時間短、具多變性，且比賽具有節奏性、間歇性。

Mader (1994a) 的研究發現，運動負荷後乳酸形成率低於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，可以判斷其無氧非乳酸分解與再合成的速率佳。而無氧非乳酸耐力可以藉由設計類似比賽型態的方式或是接近專項動作的型態來進行測試，亦可作為訓練的方式 (李伯倫、許晉哲、張嘉澤，2005)。過去研究證實有氧能力佳，對於乳酸排除有顯著差異，對於每一場比賽提升 ATP-PC 機制達到短暫間歇恢復快，不容易疲勞並維持比賽續航力 (余進益，2016)。

楊孟龍等人 (2008) 研究結果指出，無氧耐力能力越好，在高強度負荷中產生乳酸就越低。

第二節 心跳率之探討

心跳率代表人體每分鐘心臟所跳動的次數。其主要是受到位於心臟右心房的竇房結所調控，而竇房結有如心臟幫浦的節律器，受到交感與副交感神經所控制 (Lederer, 2004)。運動時身體的恆定遭受到干擾，血乳酸堆積、組織缺氧、荷爾蒙釋放等眾多因素，促使大腦必須透過交感神經傳遞訊號，調控心臟收縮的力量與頻率，以提高心跳率，促使每跳輸出量增加來提高血液供應量至目標器官，以助於組織器官的運作。

Neumann and Berbalk (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。Hottenrott (1993) 指出，心跳率可用來判斷個體的訓練效果及承受負荷能力。而最大心跳率 (HR_{max}) 是透過 220-年齡 (男性) 與 200-年齡 (女性) 所得，隨著年齡增加最大心跳率也會跟著降低 (Hollmann et al., 1978)。

過去已經有許多研究表示，高強度阻力性的運動訓練，可以提高左心室的壓縮力量 (Urhausen et al., 2000)。心跳率是直接反應運動強度的指標，可以做為運動強度設定與訓練效果分析。

第三節 高強度間歇訓練

高強度間歇訓練 (High Intensity Interval Training-HIIT) 指的是在高強度的運動後伴隨著不完全休息，再緊接著進行高強度的訓練，使訓練過程能反覆處於高強度負荷，以獲得更高的生理刺激稱之。HIIT 訓練適應的顯現在於乳酸輸出的活性增強與上升、改善乳酸滲透能力、有氧的積極化，促使氧債快速排除、提升 PC 的分解與再生、無氧糖酵解的積極化（無氧非乳酸能力）、增強心臟與呼吸的工作能力、改善乳酸排除速度、改善無氧與有氧的能量提供轉換（張嘉澤，2008）。Powers and 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。Heck et al. (2002) 指出，進行高強度間歇訓練時，因肌肉能量提供路徑約 90 % 為無氧狀態，促使粒線體呈現高度無氧循環，因此訓練後可提升肌肉磷酸果糖激酶 (PFK) 的活性。Weicker et al. (1994) 指出，運動員在高負荷劑量，重複接受刺激狀態下，可提升肌肉對無氧收縮產生適應反應，進而增加無氧糖酵解的活性。Pichot et al. (2002) 指出高強度間歇訓練可以改變心臟自律神經之平衡狀態，使交感神經活性高於副交感神經活性。

蕭敬衡與張嘉澤 (2013) 研究結果顯示，受試者在連續三天急性高強度間歇訓練 (4×200m) 中，平均輸出功率皆呈現上升之情形，最大心跳率較第一天下降。

第四節 急性運動訓練

在單次的急性運動負荷刺激下，體內會產生許多生理反應來接受這些運動刺激：體循環的改變造成心跳率的上升、乳酸濃度的上升以及 NH_3 的升高 (Beneke, Leithäuser, & Hütler, 2001)。

近代趨勢著重在高品質的負荷模式，因此訓練範圍相對的減少。此生理反應機制適應主要來自 Hood (2001) 所提出的粒線體與基因編碼，人體在接受負荷刺激時，內部組織立即負荷產生反應，特別是短時間高強度的運動方式。在 HIIT 整個執行的過程中，能夠讓身體接受負荷刺激，又能夠適當的產生適應進而產生訓練效果，因此「時間」的掌控是個很重要的因素 (Astrand, Astrand, & Christensen, 1960; Christensen, Hedman, & Saltin, 1960)。

目前兩週的訓練週期模式，每天負荷劑量著重在高質的刺激 (95-100%)，低訓練範圍方式。而三天的高強度訓練目的則是要突破無氧機制，之後再回去原來的訓練模式中，就能夠提升原來的能力。可運用在專項期中，能夠快速改善與穩定專項體能。

Wang, Smith, & Jang (2009) 在研究中運用三天高強度訓練是否快速改善選手體能能力，研究結果發現第三天訓練後乳酸明顯低於第一天。亦有研究連續三天急性高強度間歇訓練可快速改善街舞 Breaking 選手專項血乳酸的濃度、降低運動負荷心跳率，提升耐力能力 (蕭敬衡、張嘉澤，2013)。或是實施三天跑步機高強度漸歇訓練後乳酸恢復速度明顯提升 (蘇唯倫、陳佳慧、蕭敬衡、張嘉澤，2015)。以及在三天跑步機 HIIT 訓

練對階梯式負荷上昇心跳率與乳酸堆積之效果，研究結果可以改善肌肉神經傳導速度與肌肉無氧能量路徑。將訓練強度提高可提升肌肉無氧醣酵解的能力（黃沛蓁、張嘉澤、陳德盛，2016）。透過 20 m 訓練、跑步機協調訓練，進行三天高強度訓練在短時間內可快速提昇網球運動員之專項速度（胡浩陽，2017）。



第五節 適應生理機制

競技運動訓練，主要在於不斷進行身體結構改變，並產生適應之生物效果鏈（Grosse et al., 2001），如圖 2-4-1 所示。而身體組織改變適應，受訓練計畫內容影響。當生理的反應症狀產生，必須適當調整訓練時間與負荷劑量，才能提昇生理功能。

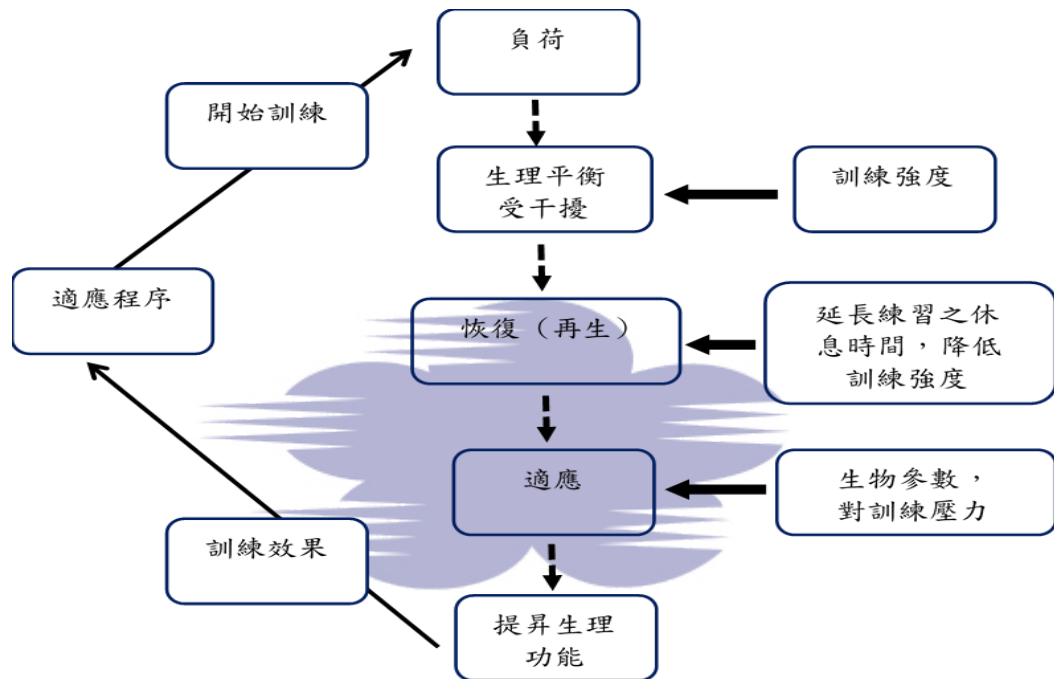


圖 2-3-1 訓練與生理組織適應程序 (Grosse et al., 2001)

生理適應與恢復（再生）是顯現訓練效果擬定訓練計畫內容之重要指標。唯有足夠的恢復時間，才能產生好的訓練適應與增加肌肉能量儲存。而訓練負荷劑量、時間與方式，是直接影響體內生物參數再生的主要因素。

影響適應程序的因素包含：訓練強度類型、訓練情況、訓練方式、訓練時間、訓練器材、心理因素、季節、性別與年齡（Weineck, 1996）。

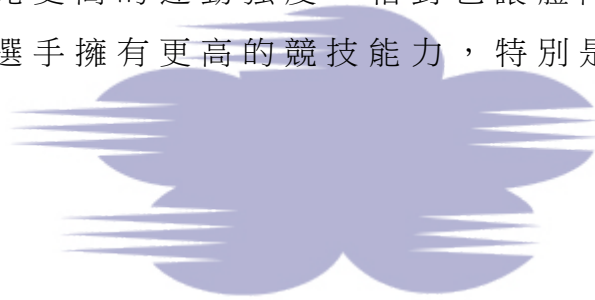
競技運動員對訓練強度的適應很快，依據生理適應週期為 4~6 週（Neumann 1991）。而器官組織的適應速度順序為心跳率、乳酸、攝氧量與心臟。其中心跳率是生理反應中適應最快的生物參數，其次是新陳代謝之肌肉能量入徑（Neumann et al., 2002）。

過去研究指出，於單次的高強度間歇負荷訓練結束後，血液內的氫離子與乳酸值會快速上升，肌肉中的肝糖也會快速下降，由於體內的氫離子濃度的改變，使得肌肉內的 ATP 合成速率變慢，間接影響到運動表現（Hargreaves et al., 1998）；但是在經過一段高強度間歇的訓練之後，體內產生適應，能夠適應比原先更高的運動強度，相對也讓體內的代謝速度加快，而使選手擁有更高的競技能力，特別是耐力方面（Perry, Heigenhauser, Bonen, & Sprieta, 2008; Babraj et al., 2009）。

第六節 文獻總結

經由上列文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

- 一、柔道瞬間摔倒動作為使用到 ATP-PC 系統，在比賽中積極獲得一勝此能量尤為重要。
- 二、依生物參數改善所需的時間，最快的是心跳，以日為單位。
- 三、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。
- 四、三天高強度訓練能夠快速改善體循環以及肌肉能力。
- 五、在經過一段高強度間歇的訓練之後，體內產生適應，能夠適應比原先更高的運動強度，相對也讓體內的代謝速度加快，而使選手擁有更高的競技能力，特別是耐力方面。



第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究對象將先送審人體試驗委員會 (IRB)，經過審核後以成年 20 歲 (含 20 歲) 8 名輕量級大專甲組柔道選手為受試者 (表 3-1-1)。實驗進行前向所有受試者說明實驗流程及研究目的，並經過受試者同意與瞭解後，由受試者本人填寫「受試者同意書」、「運動能力診斷疾病調查表」。

表 3-1-1 受試者基本資料

	年齡 (age)	身高 (cm)	體重 (kg)	訓練年數 (year)
平均數	20.88	168.13	67.13	9.75
標準差	±0.83	±4.67	±4.79	±0.7

第二節 實驗時間及地點

一、實驗時間：

106 年 12 月 1 日至 106 年 12 月 8 日

二、實驗地點

國立體育大學柔道場、體適能中心

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)，分析血液量為 $10\ \mu\text{l}$ ，採濕式分析。血液採集至化驗時間可間隔 48 小時。同時顯示乳酸與血糖濃度 (圖 3-3-1)。



圖 3-3-1 德國製血糖乳酸分析儀

- 二、i-Heart 心跳率偵測儀器 (台灣)，同步即時監測 50 人以上心跳率及個別心跳率，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, 2460 MHz)、接收靈敏度約 -110 dBm、接受器 1 台，連接電腦將心跳帶中繼站資料傳輸回電腦 (圖 3-5-2)。



圖 3-3-2 i-Heart 心跳率偵測儀器

三、採血工具（冰桶、紅血球破壞劑、毛管、採血針、酒精棉、外科手套等）。

四、標準柔道場（長 8m x 寬 8m）、體適能中心。

五、其他（SEIKO 碼錶、測距輪、協調訓練之器材、記錄表格）。



第四節 實驗方法

一、實驗方式：

本研究內容分為「前測 (T-1)、後測 (T-2)」及「三天高強度訓練」共八天。T-1、T-2 為柔道專項測試 I- 專項 Uchi-komi 與柔道專項測試 II- 柔道模擬對抗賽 (Randori)，共兩個項目。兩項測試間隔 15 分鐘。測試內容及生理參數整理於表 3-4-1 說明內容。

表 3-4-1 檢測內容與訓練方式

Test	項目	檢測及實驗	Bio
T-1 T-2	柔道專項 測試 I	專項 Uchi-komi 4x10s Rep 30s	La: R、E1、E3、E5 HR: 1x、2x、3x、4x、E5 記錄每組次數
	間隔 15min		
	柔道專項 測試 II	柔道模擬對抗賽 (Randori) 2x60s Rep 30s	La: R2、E1、E5、E10、 E15 HR: 1X、E1、E5 記錄每組攻擊次數
Tr-1 Tr-3	速度訓練	6x20m Rep 20s	記錄時間
	間隔 5min		
	HIIT 訓練	2x HIIT (表 3-4-2) Set 10min	HR: 記錄每次心跳率 記錄每項次數
Tr-2	協調訓練	3x A+B (圖 3-4-1)	記錄時間

		Rep 90s	
	間隔 5min		
	快速力量	5x7x 表 3-4-3 Rep 3min	

(一) 前測 (T-1) 及後測 (T-2) 測試方式：

1、柔道專項測試 I：專項 Uchi-komi 做 4 組 10 s 組間休息 30 s，統一以單臂過肩摔 (Ippon-seoi nage) 來進行，並以個人最快速度及最大力量來進行，並記錄每組次數和採集血液及記錄心跳率。最後使用 Leyk et al. (1997) 乳酸推積指標來計算。

公式如下：

乳酸推積指標 = (最大結束乳酸值 - 安靜值乳酸) / 運動時間 (Leyk et al., 1997)。

2、柔道專項測試 II：柔道模擬對抗賽 (Randori) 做 2 組 60 s 組間休息 30 s，以個人最快速度及最大力量來進行，並採集血液、記錄每組攻擊次數及心跳率。最後使用 Mader, (1994) 最大乳酸形成率來計算。

公式如下：

最大乳酸形成代謝率 = (最大乳酸堆積 - 安靜乳酸) / t 負荷 - t 常數 (Mader, 1994)。

常數：

< 10s - 3
10 - 20s - 4
20 - 50s - 6
50 - 60s - 8

(二) 三天高強度訓練內容：

第一天及第三天訓練內容相同。首先進行速度訓練，做 6 組 20 m，以個人最快速度來進行，並記錄時間。間隔 5 min 後，接著 HIIT 訓練做 2 組 (表 3-4-2)，組間休息 10 min，並記錄每次心跳率及每項次數，此訓練模式是依據日本東京體訓大學的教授田畑泉 (Izumi Tabata) 所提出，這項訓練提倡在運動時，盡可能使用更多的肌肉群，而其主要概念為「運動 20 秒，休息 10 秒，持續 8 個循環，共 4 分鐘」是一種高強度的間歇式訓練。

表 3-4-2 HIIT 訓練內容

	訓練項目	訓練範圍
A	伏地挺身彈跳	每項 20 s Rep 10 s
B	下蹲跳	
C	伏地挺身波比跳	
D	單人連攻法	
E	伏地挺身彈跳	
F	下蹲跳	
G	伏地挺身波比跳	
H	單人連攻法	

第二天為協調訓練（圖 3-4-1），利用兩種器材式訓練各做 3 組，組間休息 90 s，並記錄每組完成時間。間隔 5 min 後，接著快速力量訓練（表 3-4-3），以 5 組 7 下進行 2 種上肢、2 種下肢交叉進行，組間休息 3 min。

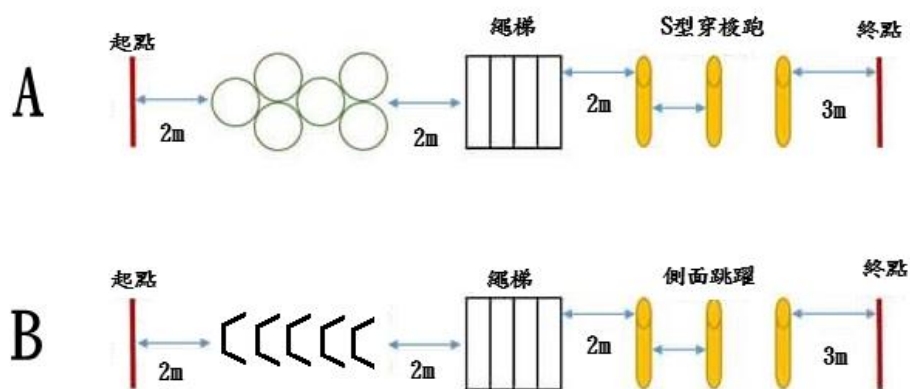


圖 3-4-1 協調訓練

表 3-4-3 快速力量

	訓練項目	重量
1	俯身划船	1RM (30%)
2	蹲舉跳躍	
3	站姿平推	
4	腿部推蹬	

二、研究測試流程

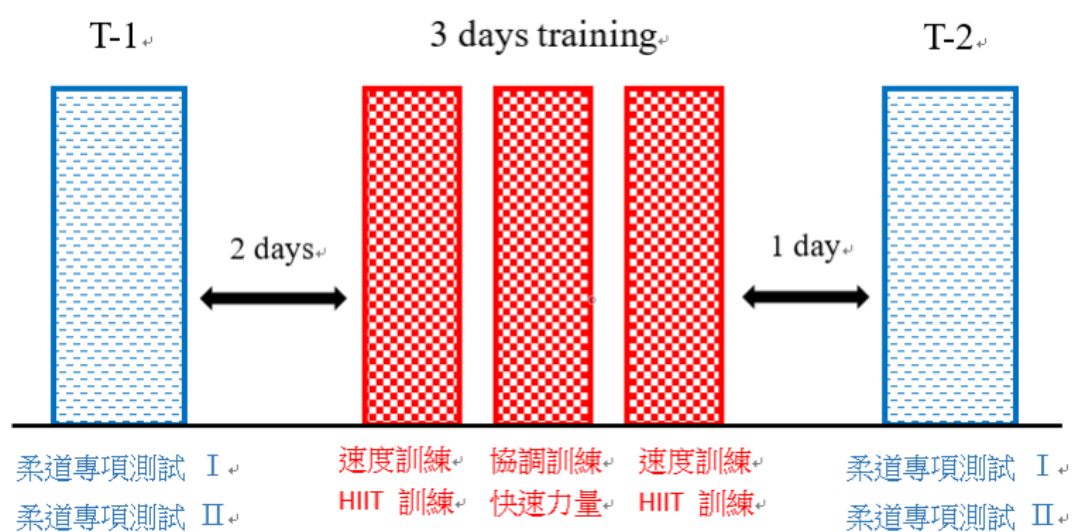


圖 3-4-2 研究測試與流程圖

第五節 實驗步驟

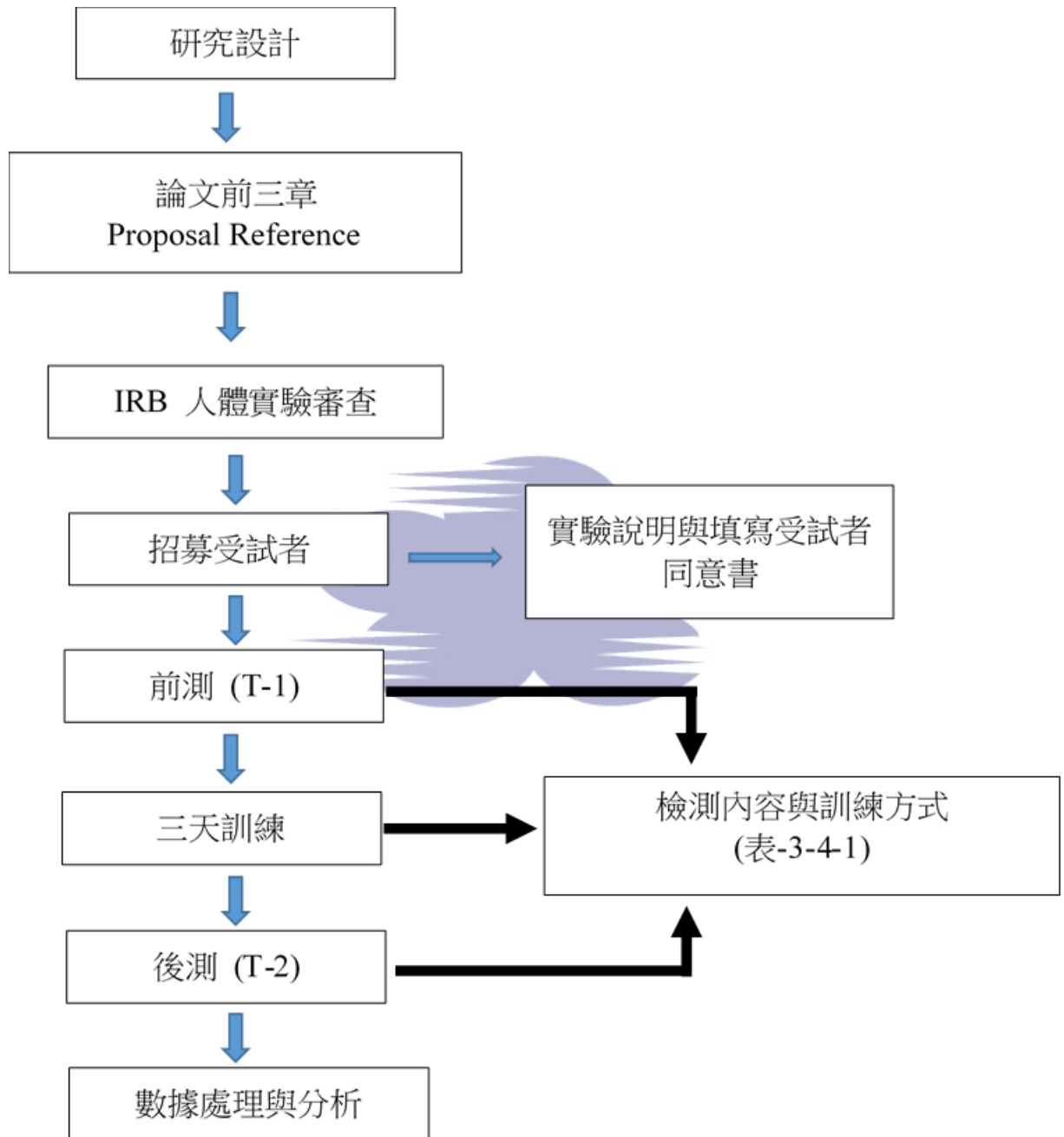
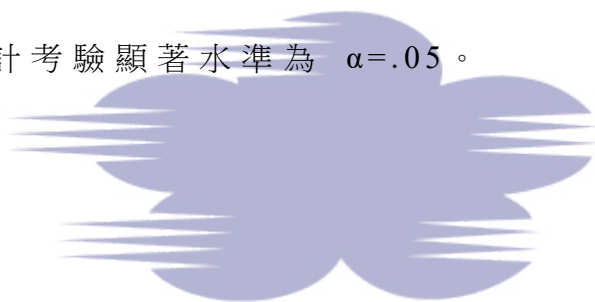


圖 3-5-1 實驗步驟圖

第六節 資料處理

- 一、本研究資料以 SPSS for windows 20.0 套裝軟體進行統計軟體分析，利用皮爾森積差相關分析各參數之相關。
- 二、受測選手基本資料與檢測數據，以描敘性統計方式、平均數、標準差表示。
- 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同一測試各參數於不同時間點之差異。
- 五、曲線圖形製作採用 Sigma Plot 12.5 版進行直線迴歸相關分析。
- 六、本研究統計考驗顯著水準為 $\alpha=.05$ 。



第肆章 結果分析與討論

第一節 訓練心跳率

一、HIIT 心跳率之比較

在訓練的第一天 (Tr-1) 與第三天 (Tr-3) 進行 HIIT 訓練，Tr-1 的平均心跳率 1x 為 $191 \pm 7.84 \text{ min}^{-1}$ ，2x 為 $193 \pm 6.28 \text{ min}^{-1}$ ，Tr-3 的平均心跳率 1x 為 $190 \pm 7.19 \text{ min}^{-1}$ ，2x 為 $194 \pm 5.39 \text{ min}^{-1}$ ，如圖 4-1-1 所示。

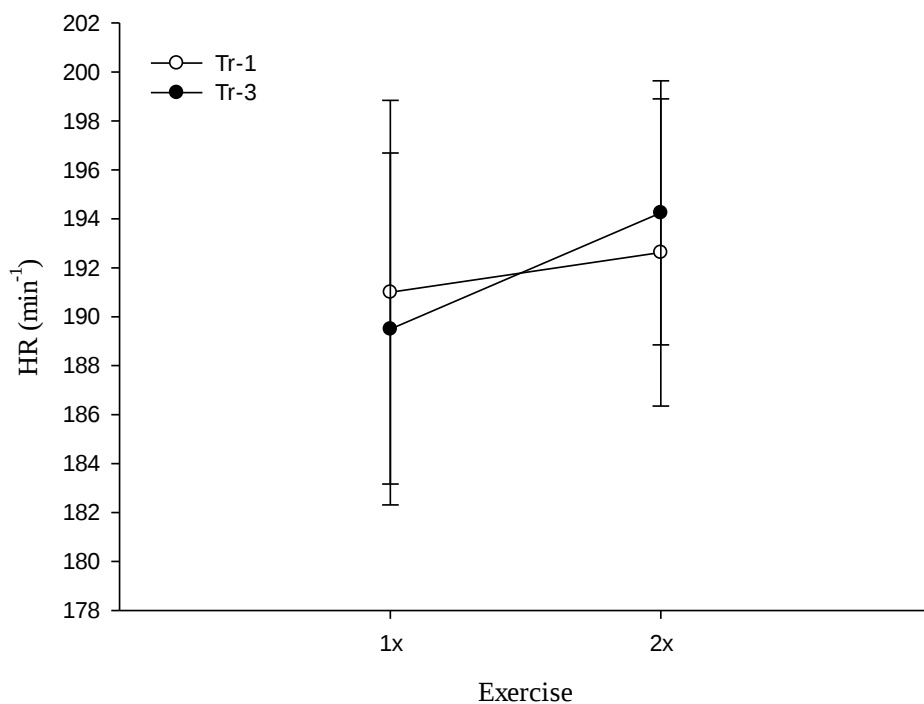


圖 4-1-1 第一天與第三天 HIIT 訓練 HR

在本研究結果中（圖 4-1-1），Tr-3 1x 的心跳率比 Tr-1 要低，但在 2x 時 Tr-3 的心跳率比 Tr-1 要高。雖然在 Tr-3 的訓練 2x 的心跳率並沒有下降，無明顯進步的趨向，但並不表示此訓練沒有獲得適應的效果，因為從圖 4-1-2 中可以發現 Tr-3 的每一項動作頻率都是增加的，而蕭敬衡與張嘉澤（2013）研究結果顯示，受試者在連續三天急性高強度間歇訓練（4x200 m）中，平均輸出功率皆呈現上升之情形，與本研究動作頻率增加是相符的。Hollmann et al. (1982) 也指出最大運動負荷症狀反應，在心跳率達 190 min^{-1} ，即可判斷為個人的最高所能夠承受的強度。在心跳率已達最高承受的強度，而動作頻率還增加表示肌肉力量輸出已呈現適應的反應。

二、HIIT 動作頻率之比較

在 Tr-1 合計動作頻率次數 A(伏地挺身彈跳) 平均為 51 ± 0.44 下，B(下蹲跳) 為 22 ± 1.06 下，C(伏地挺身波比跳) 為 13 ± 0.09 下，D(單人連攻法) 為 21 ± 0.35 下，E(伏地挺身彈跳) 為 43 ± 0.27 下，F(下蹲跳) 為 21 ± 0.88 下，G(伏地挺身波比跳) 為 13 ± 0.44 下，H(單人連攻法) 為 21 ± 0.88 下；Tr-3 合計動作頻率次數 A(伏地挺身彈跳) 平均為 58 ± 1.15 下，B(下蹲跳) 為 24 ± 0.62 下，C(伏地挺身波比跳) 為 14 ± 0.18 下，D(單人連攻法) 為 23 ± 0.88 下，E(伏地挺身彈跳) 為 50 ± 0.00 下，F(下蹲跳) 為 24 ± 1.06 下，G(伏地挺身波比跳) 為 14 ± 0.44 下，H(單人連攻法) 為 23 ± 0.71 下，如圖 4-1-2 所示。

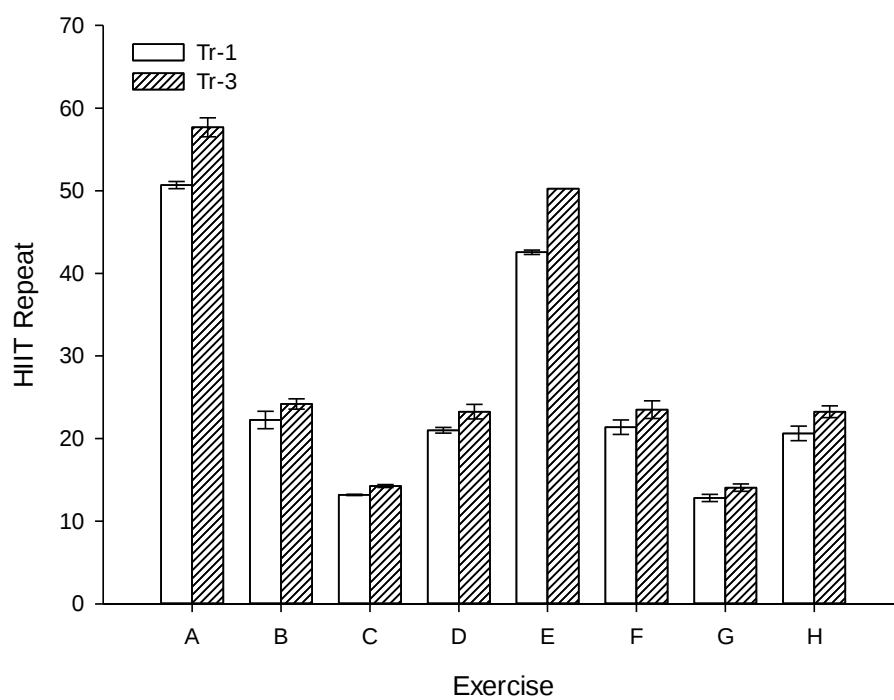


圖 4-1-2 第一天與第三天 HIIT 動作頻率

第二節 速度與協調

一、20 m 速度之比較

在訓練的第一天 (Tr-1) 與第三天 (Tr-3) 進行 20 m 速度訓練，Tr-1 的平均速度為 6.48 ± 0.07 m/s，Tr-3 的平均速度為 6.47 ± 0.06 m/s，兩次測試未呈現顯著差異，如圖 4-2-1 所示。

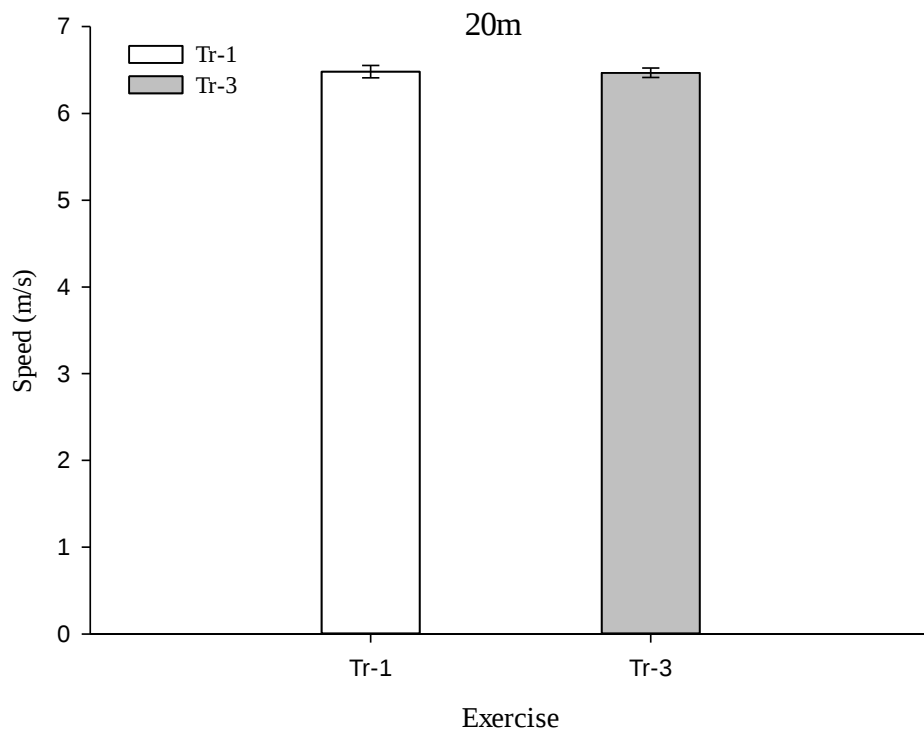


圖 4-2-1 第一天與第三天 20 m 訓練

在研究數據中顯示，前測與後測的 20 m 速度未呈現改變現象 (圖 4-2-1)。在過去研究文獻也發現短期的速度訓練，無法提升肌肉伸縮循環機轉。要改善伸縮循環速度 (SSC)，必須同時提升肌肉力量 (Komi, 1986a)。

本研究訓練方式為快速力量+力量耐力 HIIT 訓練模式無法提升受試者最大肌力。另一因素在於神經傳導速度，這個機制的改善必須包含協調的能力。這兩項能力的適應必須透過一段時間的訓練才能達到。

雖然在三天內無法達到速度的改善，但是也未呈現退步現象。這個現象顯示肌肉神經機轉在三天高強度訓練，也未呈現疲勞反應。Harre (1986) 指出亦提昇速度能力，必須具備肌肉力量與快速收縮耐力。Zierz et al. (1991) 指出速度與力量的輸出受肌肉纖維動員與神經傳導速度影響。

二、協調速度 (A、B) 之比較

協調 A 的訓練在第一次 (1x) 的平均速度為 9.17 ± 0.85 秒，第二次 (2x) 為 8.43 ± 0.40 秒，第三次 (3x) 為 8.18 ± 0.44 秒；協調 B 的訓練在第一次 (1x) 的平均速度為 10.71 ± 1.09 秒，第二次 (2x) 為 10.61 ± 0.72 秒，第三次 (3x) 為 10.51 ± 0.99 秒，如圖 4-2-2 所示。

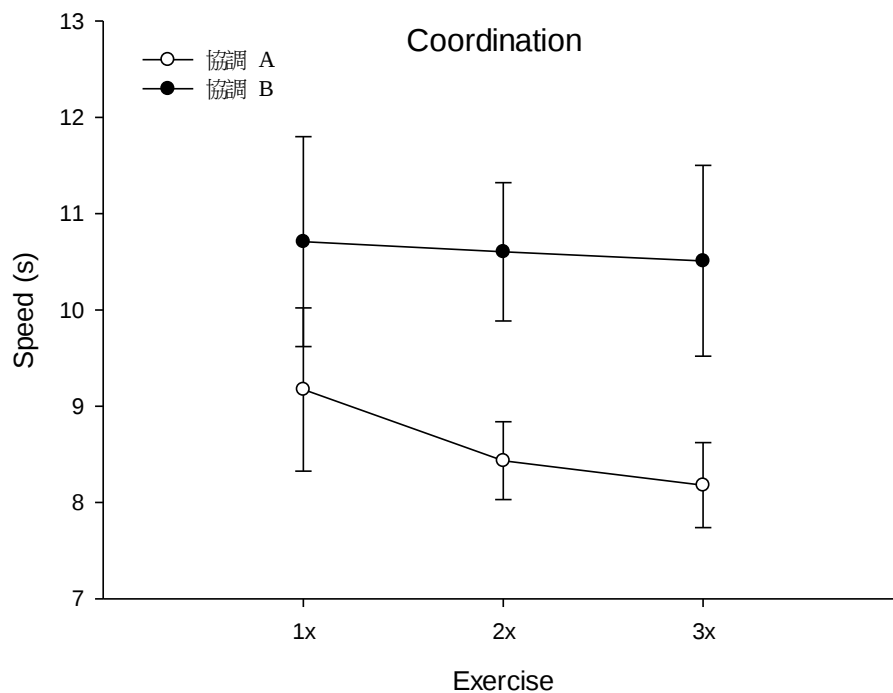


圖 4-2-2 兩種不同組合協調之比較

結果分析顯示 (圖 4-2-2)，兩種不同組合的協調中在 1x 中速度明顯較慢，是因為大腦才開始對於新的身體活動刺激產生了反應路徑，到了 3x 秒數呈現下降的趨勢，是因為前額葉皮質區建立了反應路徑，使肌肉支配身體更有效率，然後對於此路徑產生了自然反應 (適應)。所以 A 與 B 兩種不同組合中在 3x 的秒數都呈現進步的現象。而協調能力提升後還可以同時提升並改善專項能力，呈現出高等級的流暢度 (Neumaier, 1999)。

第三節 柔道專項乳酸分析

一、柔道專項測試最大乳酸堆積

Uchi-Komi 前測 (T-1) 乳酸堆積平均為 7.99 ± 1.77 mmol/l，後測 (T-2) 平均為 6.00 ± 1.69 mmol/l。T-1 與 T-2 差異為 2 mmol/l，達顯著差異 ($p < .05$)；Randori 前測 (T-1) 乳酸堆積平均為 13.75 ± 2.62 mmol/l，後測 (T-2) 平均為 12.06 ± 3.39 mmol/l。T-1 與 T-2 差異為 1.68 mmol/l，未達顯著差異 ($P > .05$)，如圖 4-3-1 所示。

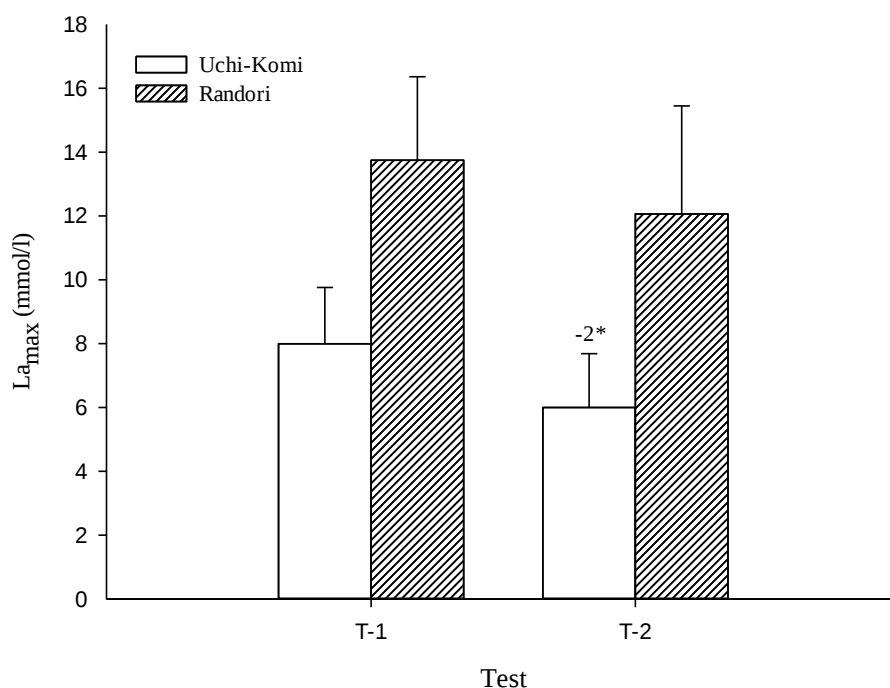


圖 4-3-1 Uchi-Komi 與 Randori 最大乳酸堆積前後測之比較

結果分析顯示 (圖 4-2-1)，在後測 (T-2) 乳酸最大堆積呈現顯著下降。這個現象顯示三天高強度訓練提高肌肉無氧糖酵

解代謝能力。在 Heck (2002) 認為無氧代謝路徑適應比有氧代謝快。這個生理機制主要來自運動員在無氧負荷調解呼吸方式與肌肉細胞分子變化所造成。在過去的文獻指出經過一段高強度間歇的訓練之後，體內產生適應，相對也讓體內的代謝速度加快，而使選手擁有更高的競技能力，特別是無氧耐力方面 (Perry, Heigenhauser, Bonen, & Sprieta, 2008; Babraj et al., 2009)。上述研究與本研究結果相符。

而 Karlsson et al. (1975) 指出運動中如果乳酸大量堆積，導致肌肉產生疲勞狀態，疲勞狀態下進而影響肌肉間的協調，將無法維持正常的動作表現 (Jaric et al., 1997)。因此，在訓練或在比賽中，乳酸如果快速堆積，造成肌間不協調，會影響運動的表現。另一個研究也指出，乳酸濃度超過 12 mmol/l 時，將影響技術動作的執行 (Liesen, 1983)。

二、柔道專項 Uchi-komi 乳酸堆積指標

前測 (T-1) 平均為 $0.8 \pm 1.8 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，經過三天高強度訓練後後測 (T-2) 平均為 $0.6 \pm 1.7 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，T-1 與 T-2 差異為 $0.2 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ($p < .05$) 達顯著差異 (圖 4-3-2)。

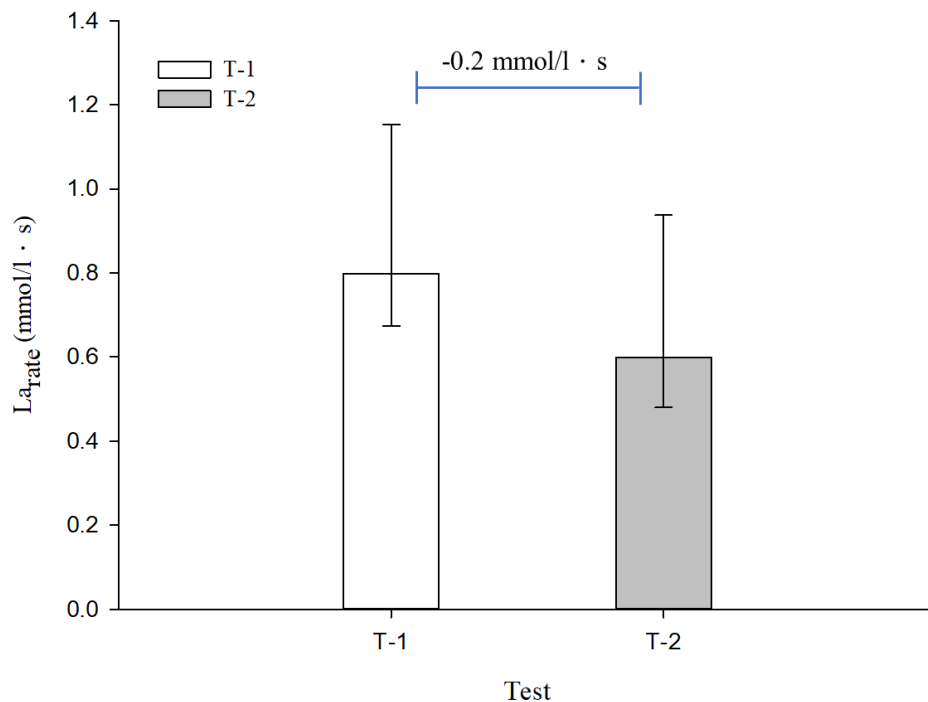


圖 4-3-2 前、後測專項連攻法乳酸堆積指標之比較

過去文獻指出 10 秒內高強度運動刺激，主要能量來源為 ATP-PC 系統 (Neumann, 1990)。而本研究應用 Lehmann (2000) 理論加以修改，進行 10 秒柔道 Uchi-komi 測試。結果發現在前測 (T-1) 與後測 (T-2) 乳酸堆積指標均 $> 0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ (圖 4-1-1)，這個現象顯示受試者肌肉快速進入無氧醣酵解路徑。這種症狀也表示受試者在 $4 \times 10 \text{ s}$ 運動負荷，並不是完全以 ATP-PC 作為能量來源，顯示出受試者在專項無氧非乳酸系統能力較不佳。Leyk et al. (1997) 的研究指出，競技運動員之乳酸堆積指標應 $< 0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ 。

在本研究另一發現，透過三天的 HIIT 訓練。結果分析顯示 T-2 的乳酸堆積指標下降 $0.2 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ($p < .05$)，這個現

象表示在高強度間歇訓練下，可以快速改善運動員肌肉 ATP-PC 能量路徑。在過去的研究均指出，無氧非乳酸 ATP-PC 系統的恢復，是依據有氧閾值 (2 mmol/l) 的耐力能力 (Weicker & Strobel., 1994)。這個機制的提升，是必須透過一段時間 (2-4 週) 的訓練，才能獲得有氧閾值耐力的改善。但是，在近代研究也發現，應用 HIIT 方式也可以增加氧化脂肪與碳水化合物代謝，主要因素在於粒線體酶檸檬酸合酶活性提高，降低糖源分解與乳酸堆積。同時增加 MCT₁ 和 MCT₄ 轉運蛋白活性有氧機制 (Burgomaster al., 2008)。在 Heck et al. (2002) 研究也發現，進行高強度間歇訓練時，因肌肉能量提供路徑約 90 % 為無氧狀態，促使粒線體呈現高度無氧循環，因此訓練後可提昇肌肉磷酸果糖激酶 (PFK) 的活性。因此，本研究受試者在 3 天的 HIIT 訓練獲得肌肉細胞無氧機制 (ATP-PC、無氧醣酵解) 的改善。

三、柔道專項 Randori 最大乳酸形成率

前測 (T-1) 平均為 $0.26 \pm 0.04 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，經過三天高強度訓練後後測 (T-2) 平均為 $0.23 \pm 0.07 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，T-1 與 T-2 差異為 $0.03 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ($p > .05$) 未達顯著差異。如圖 4-3-3 所示。

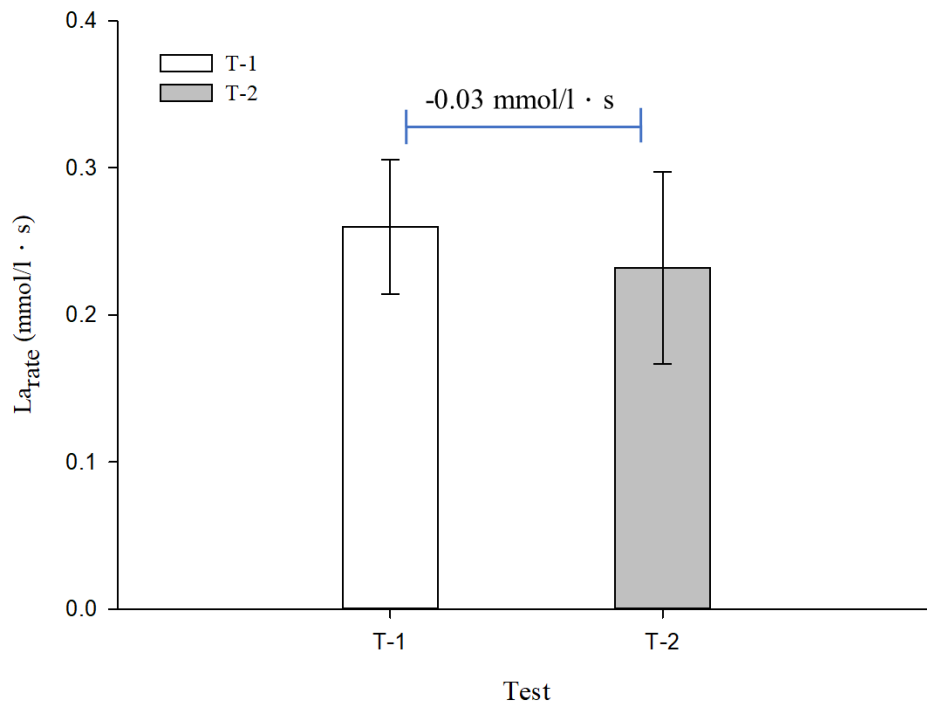


圖 4-3-3 前、後測專項模擬比賽最大乳酸形成率之比較

在結果分析發現呈現下降趨勢 (圖 4-1-2)。這個現象顯示，肌肉在高強度阻力下收縮，其能量代謝已完全進入 ATP-PC 系統。過去的研究指出運動員最大乳酸形成率應該小於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ (Mader, 1994)。從這個生理機制反應顯示在三天高強度訓練，受試者在 AMP 進入 IMP 轉化成 ADP 速度提高。這個路徑可以讓肌肉不斷的應用 ATP-PC 系統。這個機制受到有氧閾值耐力的影響 (Hollmann et al., 1982)，在過去研究證實有氧能力佳，對於乳酸排除有顯著差異，對於每一場比賽提升 ATP-PC 機制達到短暫間歇恢復快，不容易疲勞並維持比賽續航力 (余進益, 2016)。過去研究亦指出，運動員在高負荷劑量，重複接受刺激狀態下，可提升肌肉對無氧收縮產生適應反應，

進而增加無氧糖酵解的活性 (Weicker et al., 1994)。近代趨勢著重在高品質的負荷模式，因此訓練範圍相對的減少。此生理反應機制適應主要來自 Hood (2001) 所提出的粒線體與基因編碼，人體在接受負荷刺激時，內部組織立即負荷產生反應，特別是短時間高強度的運動方式，在本研究 T-2 也發現了這樣的適應 (圖 4-3-3)。

四、模擬比賽攻擊次數與最大乳酸形成率

Randori 攻擊次數 T-1 介於 4~7 下之間，最大乳酸形成率介於 0.20 mmol/l·s 至 0.35 mmol/l·s，兩者呈現負相關 ($r^2=0.66$)；T-2 介於 4~7 下之間，最大乳酸行形成率介於 0.15 mmol/l·s 至 0.36 mmol/l·s 之間，兩者未呈現相關 ($r^2=0.006$)，如圖 4-3-4 所示。

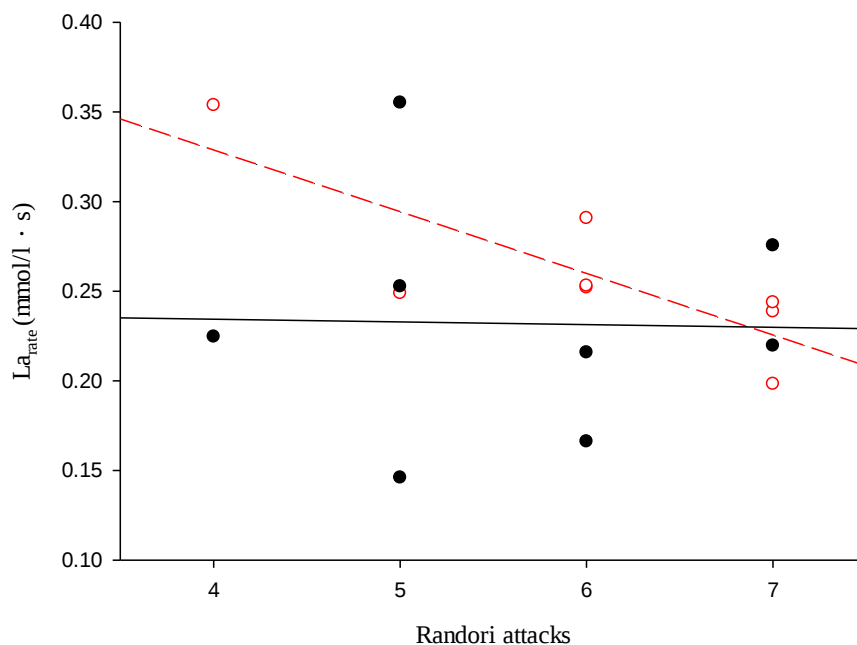


圖 4-3-4 模擬比賽攻擊次數與最大乳酸形成率之相關圖

結果顯示（圖 4-3-4），兩次測試（T-1、T-2）受試者最大乳酸形成率皆 $< 0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，而 Mader (1994a) 的研究發現，運動負荷後乳酸形成率低於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，可以判斷其無氧非乳酸分解與再合成的速度未受到三天 HIIT 訓練影響。

在個別的受試者中發現，攻擊次數最多其最大乳酸形成率也是低的反應。這個現象表示他們在柔道專項運動負荷 (Randori) 能夠快速恢復 ATP-PC 系統。

在過去陳德盛等人 (2009) 以柔道比賽負荷與專項測試比較研究中發現，柔道比賽強度可能因為施術型態以及攻擊的頻率有關，或是對手的防禦抵擋能力不同而有所影響。這種比賽節奏，運動員具備快速恢復 ATP-PC 系統能量路徑，可以降低快速比賽節奏的疲勞。



第四節 柔道專項測試動作頻率

一、前測 (T-1) 與後測 (T-2) Uchi-Komi 頻率之關係

Uchi-Komi 動作頻率 T-1 介於 14~17 次，T-2 則介於 13~17 次之間，兩者呈現正相關 ($r^2=0.8$)，如圖 4-4-1 所示。

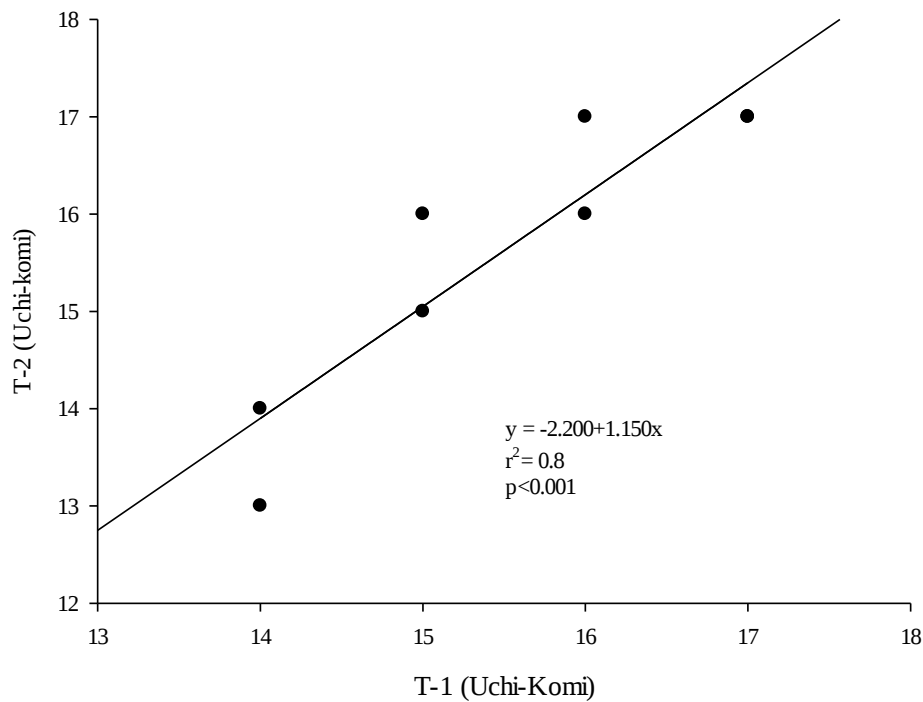


圖 4-4-1 柔道專項 Uchi-Komi 動作頻率 (T1-T2) 分析

在上述結果分析發現，T-1 與 T-2 Uchi-Komi 動作頻率呈現正相關 (圖 4-4-1)。這個現象顯示在兩次的測試受試者能力表現一致，在過去研究對柔道連攻法動作速度要求解說，這個動作必須具備高肌肉收縮循環速度與肌肉纖維動員程序 (Roth & Willimczik, 1999)。在本研究中只進行三天訓練無法提高肌肉高速度收縮的適應，在肌肉伸縮循環 (SSC) 速度改善必須兩

周以上時間。雖然本研究未呈現顯著改善，是因為速度也受到了力量的影響，而本研究未做最大力量的訓練故無法提升攻擊頻率，但受試者也未呈現退步現象。

二、20m 速度與 Uchi-komi 次數之關係

第三天訓練 (Tr-3) 20 m 速度介於 6.17 m/s 至 6.78 m/s 之間，後測 (T-2) 柔道專項 Uchi-komi 動作次數則介於 13~17 次之間。兩項運動測試相關分析，兩者未呈顯著相關 ($r^2=0.2$)，如圖 4-4-2 所示。

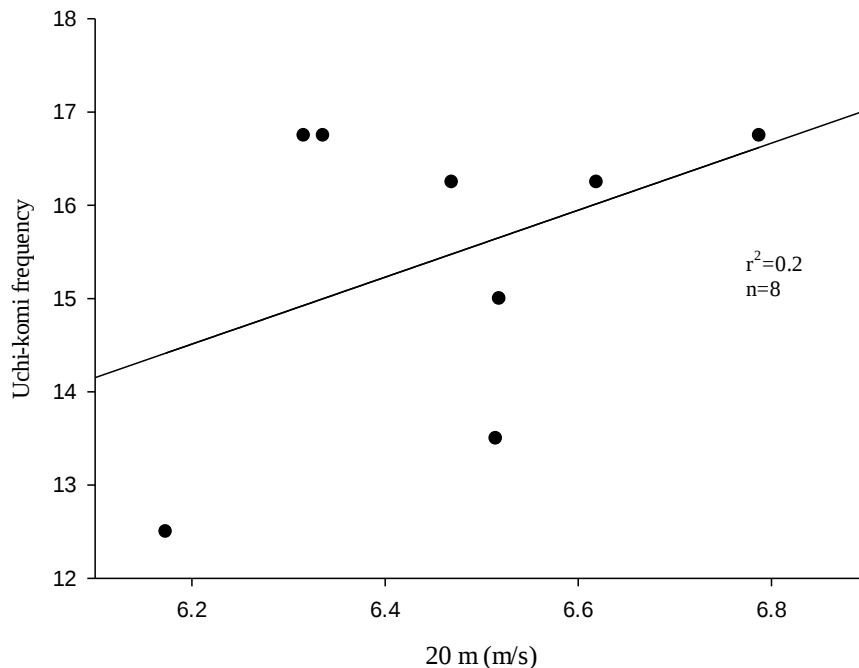


圖 4-4-2 第三天訓練 (Tr-3) 20 m 速度與後測 (T-2) Uchi-komi 動作次數相關分析

在結果分析中發現，雖未呈現顯著相關，但在個別程度上，20 m 速度越快者，Uchi-komi 的次數也越多，Harre (1986) 指

出亦提昇速度能力，必須具備肌肉力量與快速收縮耐力。這個反應症狀主要呈現在肌肉的收縮速度與力量的機制，在過去研究亦指出，肌肉呈現力量的輸出與運動專項動作的連結速度，必須具備 SSC 機轉 (Komi et al., 1979 & Edmann 1994)。而 Nuumann and Hottenrott (2002) 提出速度訓練可以使肌肉之間與肌肉組織達到伸縮之協調能夠準確地參與動作進行，擴大運動終板，增加神經傳導的速度，使更多肌肉被動員。

因此，亦提升柔道專項動作 (Uchi Komi) 速度，必須先改善肌肉的伸縮循環 (SSC)。



第五節 柔道專項測試心跳率

一、Uchi-komi-次數與心跳率之比較

柔道專項 Uchi-komi 前測 (T-1) 第一次 (1x) 的平均次數為 15 ± 1.64 下、心跳率為 $166 \pm 9.89 \text{ min}^{-1}$ ，第二次 (2x) 為 16 ± 1.19 下、 $177 \pm 11.19 \text{ min}^{-1}$ ，第三次 (3x) 為 15 ± 1.16 下、 $179 \pm 9.46 \text{ min}^{-1}$ ，第四次 (4x) 為 16 ± 1.49 下、 $181 \pm 9.70 \text{ min}^{-1}$ ；在後側 (T-2) 第一次 (1x) 的平均次數為 16 ± 1.41 下心跳率為 $169 \pm 12.35 \text{ min}^{-1}$ ，第二次 (2x) 為 15 ± 1.92 下、 $175 \pm 9.53 \text{ min}^{-1}$ ，第三次 (3x) 為 15 ± 1.92 下、 $178 \pm 9.13 \text{ min}^{-1}$ ，第四次 (4x) 為 16 ± 1.51 下、 $179 \pm 8.03 \text{ min}^{-1}$ ，如圖 4-5-1 所示。

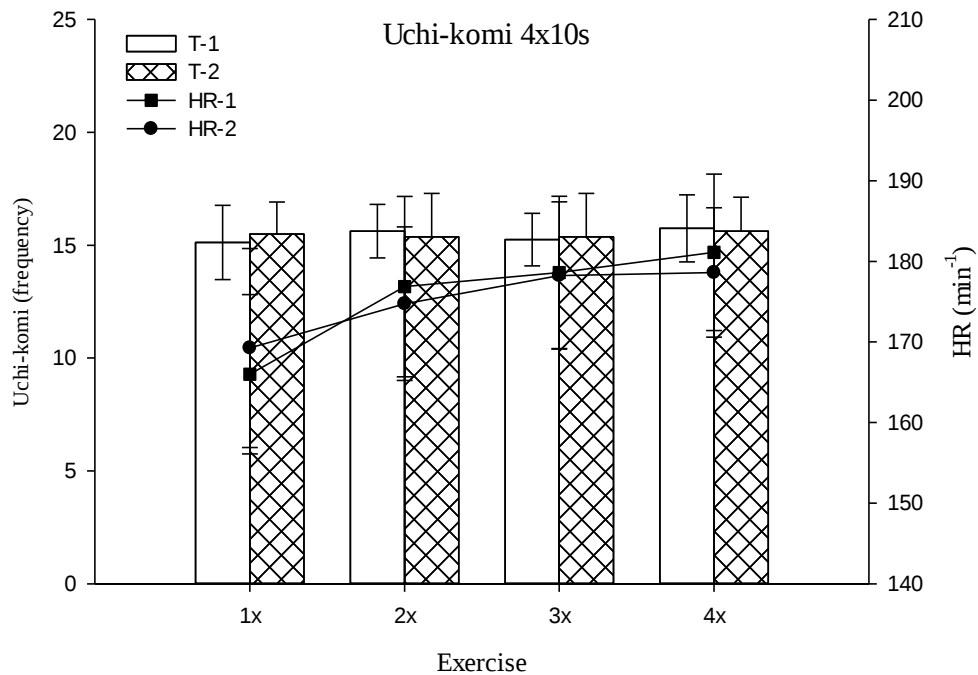


圖 4-5-1 前、後測專項連攻法次數與心跳率之比較

研究結果分析發現在柔道基礎動作 Uchi-komi 測試，動作次數與心跳率皆獲得改善（圖 4-5-1），Engelhardt and Neumann (1994) 研究提出疲勞堆積理論，身體壓力會隨著負荷增加而提高。另一研究亦提出心跳率的高低可以判斷負荷劑量與運動者對負荷型態生理症狀反應，一般而言強度越高心跳也會呈現越高（張嘉澤，2010）。本研究之結果與上述兩個文獻不相符，在 T-2 中發現心跳率是下降的，這個症狀顯示體循環在短時間高強度的訓練下對心跳率的調節獲得了適應。

在三天訓練改變了 Uchi-komi 的動作速度，這個機制主要在於三天訓練包含速度與協調動作。過去的研究中發現透過協調訓練可以增加肌肉與神經之間的控制能力（肌間、肌內協調），增進神經傳導速度與肌肉組織（Grosser, 1991）。

二、模擬比賽與連攻法心跳率之關係

T-1 Randori 2x60 s 的心跳率介於 176 min^{-1} 至 199 min^{-1} 之間，Uchi-komi 4x10 s 的心跳率介於 163 min^{-1} 至 193 min^{-1} 之間，兩者之間呈現正相關 ($r^2=0.89$)；T-2 Randori 2x60 s 的心跳率介於 173 min^{-1} 至 196 min^{-1} 之間，Uchi-komi 4x10 s 的心跳率介於 158 min^{-1} 至 188 min^{-1} 之間，兩者之間呈現正相關 ($r^2=0.64$)，如圖 4-5-2 所示。

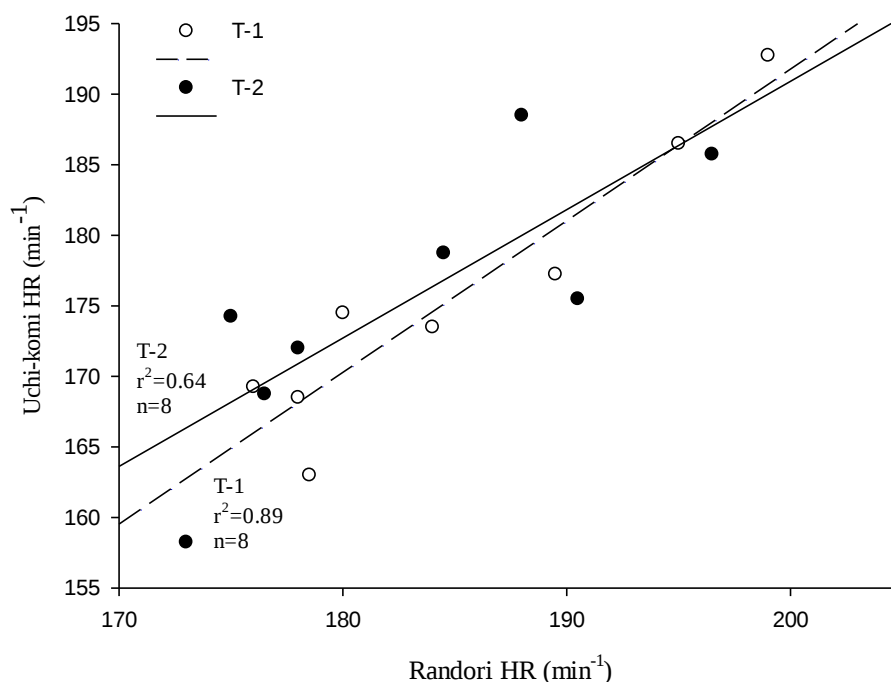


圖 4-5-2 T-1 與 T-2 Randori HR 與 Uchi-komi HR 相關圖

研究結果分析發現，T-1 和 T-2 連攻法 (4x10 s) 與模擬比賽 (2x60 s) 兩者之間的心跳率呈現正相關 (圖 4-4-2)。過去研究指出在短時間快速的肌肉收縮下，將促使肌肉呈現無氧狀態，此時將增加心跳率及心輸出量，以供更多的血液運送至作用肌群上 (Baechle & Earle., 2000)。在分析上發現受試者高 Randori 心跳率較高者，其 Uchi-Komi 運動負荷也呈現高心跳率現象。這個現象表示無氧耐力影響體循環功能，此症狀反應出受試者體循環能力較差，反之，Randori 心跳率較低者，其 Uchi-Komi 運動負荷也呈現較低的心跳率，可表示該受試者擁有較佳的體循環能力。在 Neumann et al. (1981) 的研究認為體循環的功能受到無氧機制的限制。其主要因素在肌肉缺氧狀態

下，將誘發心臟快速壓縮（跳動）。因此，提高運動員無氧耐力，可以降低肌肉缺氧下的體循環壓力。

另一個發現是受試者在 T-2 的心跳率明顯比 T-1 下降許多，在過去的研究也呈現，透過高強度的間歇訓練，能夠降低最大負荷心跳率（Wisloff et al., 2007）。



第伍章 結論

本研究透過三天高強度訓練對柔道專項測試身體負荷所產生之變化來做探討，研究結論如下：

- 一、透過三天高強度訓練可以快速改善運動員肌肉 ATP-PC 能量路徑，在體循環中對心跳率的調節也獲得了適應，這些症狀對選手在未來的比賽是好的。
- 二、在柔道比賽中擁有 ATP-PC 快速能量再恢復，能夠在快節奏的比賽中不容易疲勞。而 ATP-PC 能量再恢復也是依據有氧閾值耐力，所以在準備期時，應該要把選手的基礎體能培養至最佳能力，才能夠建構出良好的運動員的專項體能。
- 三、建議教練可以加入本研究訓練模式應用在準備期或專項期中，透過短時間的單次刺激來突破無氧機制，訓練後會有改變卻不穩定，但突破後再回到原來的週期訓練會使得選手擁有更高的競技能力。

參考文獻

中文部分

- 劉金龍 (2007) 不同能量代謝系統之柔道專項能力檢測與血氨指數的應用與探討。國立體育學院，碩士論文，桃園縣。
- 廖俊強、許吉越 (2008)。2008 年柔道規則修訂與國內柔道運動發展關係之探討。大專體育，99，79-84。
- 胡浩陽 (2016)。三天高強度訓練對適應與不同負荷肌肉收縮之效果。國立體育大學，碩士論文，桃園市。
- 黃沛蓁 張嘉澤 陳德盛 (2016)。3 天跑步機 HIIT 訓練對階梯式負荷上昇心跳率與乳酸堆積之效果-個案探討。國際運動生理及體能領域學術研討會。
- 張嘉澤 (2013)。生理適應速度與訓練週期。訓練學 (56-57 頁)。新北市林口區：台灣運動能力診斷協會。
- 陳佳慧、鞠欣馨、張嘉澤；運動教練科學 8 期 (2007/07)，97-103。
- 陳銘正 (2005)。六週戰鬥有氧課程對身體組成與耐力能力之影響。國立體育學院，碩士論文，桃園縣。
- 陳德盛、張嘉澤、徐建信 (2009)。柔道比賽負荷與專項檢測之比較。運動教練科學；15 期 (2009 / 09 / 01)，P23 – 32。
- 蕭敬衡 張嘉澤 (2013)。急性高強度間歇訓練對街舞 Breaking 選手專項心跳率、血乳酸之影響-個案研究。2013 休閒運動學術研討會。育達商業科技大學。

許成源、陳雍元、鄭吉祥 (1996)。柔道身體基本素質訓練模式之基本探討。台灣體育，85，35-37。

王德英、李誠志主編(1994)。教練訓練指南。台北市:文史哲。

蘇唯倫、陳佳慧、蕭敬衡、張嘉澤 (2015)。跑步機高強度間歇訓練對跳高選手無氧閾值耐力、恢復期乳酸曲線之影響。國際教練科學研討會。國立體育大學。

余進益 (2016)。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。國立體育大學競技學院競技與教練科學研究所，碩士論文，桃園市。

外文部分

Badtke, G. (1987): Sportmedizinische Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings. Barth, Leipzig.

Burgomaster KA, Howarth KR, Ohillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, Gibala MJ. (2008). Similar metabolic adaptation during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. J Physiol, 586: 151-160.

Degoutte, Jouanel, Filaire, (2003). Energy demands during a judo match and recovery. Br J Sports Med; 37: 245-249.

Edmann, K.A.P (1994). Die kontraktile Funktion der Skelettmuskelfaser. In: Kraft und Schnellkraft im Sport.102-106.

- Engelhardt, M., Neumann, G. (1994) . *Sportmedizin. München*. In:
Ausdauertraining. BLV Sportwissen, 104-105.
- Grosser, M.(1991).Schnelligkeitstraining.Grundlagen, Methoden,
Leistungssteuerung, Programme, BLV Sportwiss.
- Heck, H., Schulz, H. (2002). Methoden der anaeroben
Leistungsdiagnostik. Deutsche Z SportMed 53, 7+8, 202-
212.
- Hood, D. A. (2001). Plasticity in skeletal, cardiac, and smooth
muscle: Invited review: Contractile activity-induced
mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *J Appl Physiol*,
90(3), 1137-1157.
- Hernández García, R., & Torres Luque, G. (2007). ANÁLISIS
TEMPORAL DEL COMBATE DE JUDO EN COMPETICIÓN
AN ANALYSIS OF COMPETITION IN JUDO. *International
Journal of Medicine and Science of Physical Activity and
Sport*(25), 52-60.
- Hollmann, W., Rost, R. (1982): Belastungsuntersuchungen in der
Praxis. Grundlagen Technik und Interpretation
ergometrischer Untersuchungsverfahren. 120-126.
- Hottenrott, K. (1993). Trainingssteuerung im Ausdauersport:
Theorien-Untersuchungen-Beispiele: Czwalina.
- Jakowlew,N. (1972) :Die Bedeutung der Homoostasestörung für
die Effektivität Des Trainingsprozesse. *Medizin und sport*
13, 367-370.
- Karlsson, J., Peterson, F.B., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G..
(1975) effect of pervious exercise with arm and legs on

- metabolism and performance in exhaustive exercise. Journal of Applied Physiology.
- Komi, P. (1986a). The stretch-shortening cycle and human power output. In M. Buehrle (Eds). Human Muscle Power, 27-42.
- Leyk, D., Baum, K., Wamser, P., Selle, K., Hoffmann, U., Essfeld, D. (1997). Grenzen der Standard-Ausdauerverfahren in den Sportspielen. Bundersinstitiut für Sportwissenschaft. Band 6. 243–250. (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Neumaier, A (1999) Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining. In H.Mechling & A.Neumaier (Eds), Reihe: Training der Bewegungskoordination. Strauss. Neumann, G., Buhl, H. (1981). Biologische Leistungsvoraussetzungen und trainings-physiologische Aspekt bei trainierenden Frauen. Med Sport 21. 154-160.
- Neumann, G. (1991). Zur Leistungsstruktur der Kurz- und Mittelzeitausdauer Sportarten aus sportmedizinischer Sicht. Leistungssport 21, S. 29-31.
- Norman, R.W., Komi, P.V. (1979). Electromyographic delay in skeletal muscle under normal movement conditions. In: Kraft und Schnellkraft im Sport. 173-175.
- Mader, A. (1994a). Aussagekraft der Laktatleistungskurve in Kombination mit anaeroben Tests zur Bestimmung der stoffwechselkapazit. In: Clasing, D., Weicker, H., Böning, D. (Hrsg.). Stellenwert der Laktatbestimmung in der

Leistungsdiagnostik in der Leistungsdiagnostik. Stuttgart
Jena. New York: Fischer. (as cited in 張嘉澤，運動能力診
斷與訓練調整)。

Roth, K. & Willimczik, K. (1999). *Bewegungswissenschaft*. Reinbe-
ck: Rowohlt Verlag.

Powers S. K., & Howley E. T. (1997) Calculation of oxygen
uptake and carbon dioxide production. In: Exercise
Physiology: Theory and Application to Fitness and
Performance (3rd ed.). Madison, WI: Brown & Benchmark,
477-480.

Pulkkinen, W. (2001). The sport science of elite judo athletes: A
review and application for training. Ontario, Canada:
Pulkinetics.

Wang, Y. C., Smith, R.S., & Jang, J. T. (2009, June). Effects of
3 Days Training with Hyperoxia on Metabolism and
Systemic Circulation. Paper presented at the meeting of
14th Annual Congress of European College of Sport Science,
Oslo.

Weicker, H., & Strobel, G. (1994). Sportmedizin: Biochemisch-
physiologische Grundlagen und ihresportartspezifische
Bedeutung: G. Fischer Verlag, S.25-28.

Weineck, J. (1996): Sportbiologie. 5 Auflage, 26-27.

Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo
O, Haram PM, Tjonna AE, Helgerud J, Slordahl SA, Lee SJ,
Videm V, Bye A, Smith GL, Najjar SM, Ellingsen O, Skjaerpe
T: Superior cardiovascular effect of aerobic interval

training versus moderate continuous training in heart failure patients. A randomized study. Circulation 115 (2007) 3086-3094.

Urhausen, A., Schwarz, M., Stefan, S., Schwarz, L., Gabriel, HHW., Kindermann, W. (2000). Kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung durch einen Kraftausdauer-Zirkel in der ambulanten Herztherapie. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. Jahrgang 51, Nr. 4. 130-136.



附 錄

FJU-IRB F-034 /20151117

輔仁大學人體研究倫理委員會

通過證明

- 一、計畫編號： C106014
- 二、執行單位： 國立體育大學 競技與教練科學研究所
- 三、主 持 人：張嘉澤助理教授
- 四、共同/協同主持人：
 - (1) 黃翊婷/國立體育大學競技與教練科學研究所
 - (2) 黃聖庭/國立體育大學競技與教練科學研究所
- 五、計畫名稱： 三天急性訓練對柔道選手肌肉能量路徑與體循環之效果
- 六、計畫書版本/日期：第 1 版，2017/10/5
- 七、受試者說明暨同意書版本/日期：第 1 版，2017/10/5
- 八、計畫執行地點：
 - (1) 國立體育大學柔道場
 - (2) 國立體育大學體適能中心
- 九、研究方式/工具：招募廣告；2017/10/05
- 十、追蹤審查頻率： 每一年一次

上述計畫業於 106 年 10 月 13 日經本委員會審查通過，本通過證明有效期限自 106 年 10 月 13 日至 107 年 10 月 12 日有效，主持人最遲應於本通過證明有效期前 4 周，提交期中/追蹤報告至本委員會進行審查，並經審查通過後，方可繼續執行。研究計畫執行結束，應於結束後 3 個月內依規定向本委員會辦理結案，繳交結案報告。

計畫執行期間，若有變更或修正，計畫主持人需依相關規定提出修正(變更)申請，經本委員會審查通過後方可繼續執行。計畫執行中如有偏差或違規情事，應依規定及請求，向本委員會提出報告。

計畫執行期間，若有嚴重不良反應事件或其他無法預期情況，計畫主持人需依相關規定向本委員會通報。

本計畫如有修正(變更)、展延，請依本委員會核發之最新通過證明執行。

計畫如申請終止或經本委員會會議決議終止研究時，本通過證明自本委員會同意終止日起自動失效。

輔仁大學人體研究倫理委員會

主任委員



106年 10 月 18 日

Fu Jen Catholic University Institutional Review Board

510 Chung Cheng Rd, Hsinchuang District, New Taipei City 24205, Taiwan

TEL : 886-2-2905-6277, FAX : 886-2-2903-3546

Certificate of Approval

FJU-IRB NO : C106014

Title of protocol : Effect of Three - day Acute Training on Muscle Energy Path and
Body Circulation of Judo Players

Investigator : Assistant Professor Jia-Tzer Jang/Graduate Institute of Athletics and
Coaching Science/National Taiwan Sport University

Co-Investigator :

- (1) Huang, Yi-Ting/Graduate Institute of Athletics and Coaching
Science/National Taiwan Sport University
- (2) Huang, Sheng-Ting/Graduate Institute of Athletics and Coaching
Science/National Taiwan Sport University

Board Meeting/Approval Date : 2017/10/13

Expiry of Approval Date : 2017/10/13-2018/10/12

The protocol has been approved by the Institutional Review Board of Fu Jen Catholic University. The committee is organized under, and operates in accordance with Regulations of Fu Jen Catholic University and governmental laws and regulations. Continuing Review Application should be submitted to Institutional Review Board no later than 4 weeks before current approval expired. The investigator is required to report protocol amendment and serious adverse events in accordance with the Fu Jen Catholic University and governmental laws and regulations.

Chair's Signature

Institutional Review Board

10 / 18 / 2017
Date (mm / dd / yyyy)



運動能力診斷與訓練調整

疾病調查

編號：

姓 名：	出生年月：	身高 (cm)：	體重 (kg)：	性別：
項目：	最佳成績：		訓練年數：	
學校：			手機：	
Mail:				
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) _____				
4) _____				
運動員簽名： _____ 日期： _____				
教練簽名： _____ Mail: _____				

www.spdi.idv.tw