

國立體育大學

競技學院

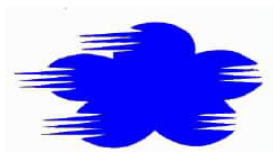
競技與教練科學研究所碩士論文

3 天 HIIT 訓練對階梯式負荷心跳率調節與
訓練適應之效果

**The Effect of Three Day's HIIT on Heart Rate
adjustment and Training adaptation in Progressive**

指導教授：張嘉澤 博士
研 究 生：陳湘婷 撰

中 華 民 國 108 年 5 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

本論文：3 天 HIIT 訓練對階梯式負荷心跳率調節與訓練適應之
效果

係國立體育大學競技與教練科學研究所研究生陳湘婷所提，
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

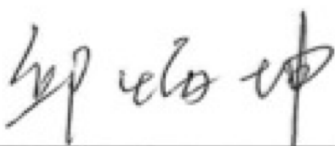
中華民國 108 年 5 月

論文考試委員



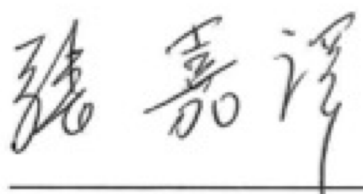
王淑華博士

台北市立大學教授



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)

3天 HIIT 訓練對階梯式負荷心跳率調節與 訓練適應之效果

摘要

目的：探討 3 天 HIIT 訓練對階梯式負荷心跳率適應效果及最大心跳率與間歇期心跳率之影響。**方法：**以 8 名成年體育相關科系學生，具有規律運動習慣一週三次以上，且每次運動心跳率達 140 min^{-1} 以上之成年人（平均年齡 22 ± 2 歲），**測試方式：**本研究分為前測 (Test-1)、後測 (Test-2)、三天高強度訓練及兩天恢復期。Test-1、Test-2 為有氧-無氧閾值之階梯式負荷跑步機測試，三天高強度訓練皆運用跑步機進行訓練。測試所得數據以 t Test 進行前測與後測數據差異分析。本研究統計考驗水準定為 $\alpha = .05$ 。**結果：**結果分析顯示階梯式負荷在速度 2.5 m/s 平均值為 $135 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ (Test-1)，後測 (Test-2) 則為 $131 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ ，兩次差異 4 min^{-1} ($p > 0.05$)。跑步速度 3.0 m/s ，Test-1 與 Test-2 心跳率平均值則分別為 $156 \pm 11 \text{ min}^{-1}$ 、 $150 \pm 10 \text{ min}^{-1}$ ，平均值差異 6 min^{-1} ($p < 0.05$)。第一天與第三天訓練心跳率平均值為 $177 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ (Day-1) 與 $170 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ (Day-3)，兩者差異 7 min^{-1} ($p < 0.05$)。

結論：研究結果分析發現，應用跑步機進行三天高強度間歇訓練，可以快速改善心臟壓縮調節機制，在體循環中對心跳率的調節也獲得適應。

關鍵字：HIIT、心跳率

The Effect of Three Day's HIIT on Heart Rate adjustment and Training adaptation in Progressive

Abstract

Objective: To explore the effect of three day's High-intensity interval training on the adaptive response of step load heart rate and the maximum heart rate and intermittent heart rate. **Methods:** The subjects were 8 sports-related students with regular exercise habits of more than three times a week with a heart rate over 140 min^{-1} (22 ± 2 years) for each time. **Test method:** The study was divided into pre-test (Test-1), post-test (Test-2), three-day high-intensity training and a two-day recovery period. Test-1 and Test-2 are step-type load treadmill tests with aerobic-anaerobic thresholds, and three-day high-intensity training uses treadmills for training. Paired-t test was used to analysis parameters. The statistical significance was set as $\alpha = .05$. **Results:** The results showed that the step-load test at a speed of 2.5 m/s was $135 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ (Test-1), and $131 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ (Test-2), the mean difference was 4 min^{-1} ($p > 0.05$). The treadmill was 3.0 m/s , the average heart rate of Test-1 and Test-2 was $156 \pm 11 \text{ min}^{-1}$ and $150 \pm 10 \text{ min}^{-1}$, average difference 6 min^{-1} ($p < 0.05$). The average heart rate of the first and third days of training was $177 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ (Day-1) and $170 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ (Day-3), the difference was 7 min^{-1} ($p < 0.05$). **Conclusion:** The results of the study found that the application of a treadmill for three days of high-intensity interval training can quickly improve the cardiac compression regulation mechanism, and the adjustment of heart rate in the systemic circulation is also adapted.

Key words : High intensity interval training, Heart rate.

致謝

本論文能夠順利完成，首先要感謝指導教授張嘉澤博士，讓我能先全心全意的完成選手階段的目標後再投入學術研究上，非常感謝教授在學術研究上給予我細心的指導與協助，並能在百忙之中不時給予時間進行討論、指導我正確的研究方向，使我能從國訓中心返回學校後快速進入狀況。教授在學術研究及對自我嚴格要求的態度、精神都是我學習的榜樣，在此致上最深的謝意。承蒙邱炳坤教授、王淑華教授在論文上給予的指導，使論文更臻完備，特此表達由衷感謝。

在 SPDI 實驗室的時間不到一年，但在這段期間所學習到的經驗是對未來在訓練應用方面上幫助非常大的，深深改變了我對競技訓練的看法！非常慶幸自己可以進入這個強大的團隊。感謝 SPDI 的夥伴們，庭羽、筑筠、逸哲、卓賢、嘉華、彥宇、閔勳、富康、昭閔、惠瑩、思恩，因為有你們使我的研究生涯中充滿回憶，謝謝你們在我遇到學術研究上的困難時，伸出援手替我解惑。也感謝袁愈光老師，在接受訓練期間常常給予我對於人生不同的啟發。施測期間，非常感謝所有受試者的配合與努力，使本論文實驗能夠順利完成。在此，致上最深的謝意。

最後我要感謝我的家人及先生，在精神上給予我的支持與鼓勵，成為我最強大的後盾，讓我能在無後顧之憂下追求理想，完成學業及訓練，特將此榮耀，與您們一同分享，謝謝您們。

陳湘婷 謹識

目 錄

目 錄	I
表目錄	III
圖目錄	IV
中英文對照縮寫表.....	V
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的	2
第貳章 文獻探討.....	3
第一節 高強度間歇訓練 (HIIT).....	3
第二節 運動與恢復期心跳率	7
第三節 運動負荷與生理適應	9
第四節 階梯式負荷上升生理機制	12
第五節 文獻總結	14
第參章 研究方法與步驟	15
第一節 研究對象	15
第二節 實驗時間與地點	15
第三節 實驗儀器與設備	16
第四節 實驗方法	18
第五節 實驗流程	21
第六節 資料處理與統計分析	22
第肆章 結果分析與討論	23
第一節 階梯式負荷上升與間歇期心跳率.....	23
第二節 跑步機三天 HIIT 訓練心跳率	26

第三節 第二天訓練個人心跳率分析	34
第伍章 結論	36
參考文獻.....	37
附錄	42



表目錄

表 2-1：高強度間歇訓練研究分析	6
表 2-2：以心跳率表示訓練負荷強度	7
表 2-3：訓練強度與恢復關係 (張嘉澤，2005).....	10
表 2-4：耐力訓練效果藉助心跳率分析 (Böhmer et al., 1993)	11
表 2-5：有氧-無氧閾值診斷判斷 (張嘉澤，2010).....	12
表 3-1：受試者基本資料	15
表 3-2：有氧-無氧閾值測試方式 (Mader et al., 1976)	18
表 3-3：實驗方法	20
表 4-3-1 第二天訓練心跳率.....	34

圖目錄

圖 2-1：運動負荷與生物適應 (Jakolew,1972)	9
圖 3-1：i-Heart 心跳率偵測儀	16
圖 3-2：hp 高速跑步機.....	17
圖 3-3：SEIKO 碼錶.....	17
圖 3-4：實驗執行時間.....	19
圖 3-5：實驗流程	21
圖 4-1-1：Test-1、Test-2 階梯式負荷心跳率曲線之分析	24
圖 4-1-2：Test-1、Test-2 階梯式負荷間歇期心跳率曲線之分析	24
圖 4-2-1：跑步機訓練 Day-1、Day-3 心跳率曲線之分析	26
圖 4-2-2：跑步機訓練 Day-1、Day-3 間歇期心跳率.....	28
圖 4-2-3：Day-1、Day-3 個人階梯式負荷最高速度訓練結束後心跳率(6x)30	
圖 4-2-4：Day-1、Day-3 訓練結束後第一分鐘(E1)及第五分鐘(E5)心跳率 32	

中英文對照縮寫表

縮寫	英文	中文
ATP-CP	Adenstine triphosphate creatine phosphate	線苷三磷酸
cm	centimetre	公分
E5	End or the five minute	運動結束後第五分鐘
HIIT	High-intensity interval training	高強度間歇
HR	Heart rate	心跳率
m	Meter	公尺
min ⁻¹	Beat per minute	每分鐘心跳率
mmol/l	Millimol per liter	每公升所含有之毫莫耳數
2 mmol/l	Aerobic threshold	有氧閾值
4 mmol/l	Anaerobic threshold	無氧閾值
m/s	Meter per scond	每秒每公尺速度
Treamil	Treamil	跑步機
Rep	Repetition	趟間休息
RPM	Revolution Per Minute	每分鐘轉速

第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

運動的型態分為持續性與間歇性兩項。但是，在耐力能力的分析皆以階梯式負荷增加 ($\text{VO}_{2\text{max}}$ 、2-4 mmol/l 閾值耐力) 方式進行。測試方式就是訓練方式，這是運動科學研究的主要目的。階梯式負荷增加，與運動比賽模式相似，隨著比賽距離與時間增加，身體的壓力也跟著上昇。因此，如何調節比賽過程中的體循環負荷。延長競技比賽運動員的續航力，是目前運動教練所追求的。

過去，在耐力的訓練，皆應用長時間與長距離方式。但是在這種模式訓練下無法提高訓練的強度 (質)，將影響運動員的專項無氧耐力的改善。近代比賽隨著規則改變，比賽的節奏也跟著加速。因此，運動員在比賽過程的體循環調節是非常重要的。

高強度間歇訓練模式 (HIIT)，所產生的無氧生理機制改善，與長時間持續跑步相同 (Laursen, 2010)。此種訓練方式只需要短時間的訓練且對於運動員與一般人的要求是相同的，HIIT 訓練能在短時間內改善肌肉無氧機制，降低體循環壓力。這種生理機制的調節，對運動員在比賽過程中的肌肉缺氧是非常重要的。過去研究發現應用 HIIT 運動負荷，可以提高肌肉細胞內 PGC-1 α 的協調，進而改變了組合物中的乳酸脫氫酶 (LDH)，防止在運動過程中血乳酸增加 (Norrbon et al., 2004)。

但是，要幾次的訓練頻率，才能真正提升運動員的無氧機制反應？運動員對訓練負荷劑量的適應，可以產生生理機制快速的調節？這是本研究要探討的。

第二節 研究目的

- 1.探討三天 HIIT 訓練對階梯式負荷心跳率適應之效果
- 2.探討三天 HIIT 訓練對最大心跳率與間歇期心跳率之影響



第貳章 文獻探討

第一節 高強度間歇訓練 (HIIT)

競技運動比賽受到規則與對手的競爭，比賽過程佔有極大的百分比呈現在高無氧狀態。這種無氧的反應，將造成運動員的壓力與降低競技能力。在過去研究上顯示運動過程肌肉提早進入無氧能量代謝，將產生血液乳酸的堆積。另一症狀來自體循環的反應，提高心臟的壓縮。在過去的研究發現，運動強度在最大攝氧量 (VO_{2max}) 50-60%，將誘發壓力荷爾蒙兒茶酚氨 (Catecholamine) 上昇 (Hollmann et al., 1982)。這個機制也將提高交感神經的活性，產生高心跳率現象。

一般人，安靜心跳率平均在每分鐘 72 min^{-1} 左右，但運動員大部分會低於 72 min^{-1} 。過去研究指出以心跳率作為負荷強度對 9 名國中手球選手進行 5 週訓練，訓練內容依設定閾值心跳率分成 A、B 兩組，並在 200 m 運動場上完成 20 分鐘持續跑，結果發現在有氧-無氧閾值心跳率有明顯下降的情況 ($p < 0.05$)，並對基礎體能、運動後恢復方面上會有良好的效果呈現 (詹蕙真、張嘉澤，2006)。

黃翊婷 (2018) 以三天進行高強度訓練，6 組 20 m 及 2 組 HIIT (伏地挺身彈跳、下蹲跳、伏地挺身波比跳、單人連攻法) 訓練中發現，第三天的心跳率比第一天低，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。

高強度間歇訓練的目的，是改善無氧效率與快速耐力能力。其特點是運動過程中不完全休息 (動態休息)，接著進行個人心跳率 95% 的訓練，使訓

練過程能反覆處於高強度負荷，獲得更高的生理刺激，其目的為改善無氧效率、快速耐力能力及增強左心室壓縮及呼吸的工作能力（張嘉澤，2008）。透過強度設定與間歇休息的時間長短，維持連續的高強度訓練，使肌肉細胞之能力路徑呈現 90% 的無氧狀態。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。余進益 (2016) 以 1 週高強度訓練對青少年角力選手適應與閾值耐力影響，結果指出速度、恢復期乳酸及閾值耐力呈現顯著差異。HIIT 訓練模式也能減少選手體液的流失、體內電解質失衡、甚至影響過度訓練等症狀 (Burgomaster et al., 2008; Sanchez, 2013; Shiraev & Barclay, 2012)。

過去 Acevedo et al. (1989) 研究發現，應用最大心跳率 90-95% 進行 HIIT 訓練，結果顯示受試者在 10 km 跑步測試時間與心跳率下降現象。間歇訓練方式，每次時間約 1 分鐘，強度為 95 %-100 %，間歇休息時間 3 分鐘，此訓練較能有效提高無氧耐力能力。研究指出連續六週 300 m 高強度間歇訓練對 400 m 選手訓練後心跳率的恢復能力有提升的現象 (郭吉強，1997)。

蕭敬衡與張嘉澤 (2013) 探討急性高強度間歇訓練對街舞 Breaking 選手專項心跳率之影響，以三套 1 min 之 Breaking 整套動作作為專項前、後測試，透過連續三天高強度訓練 (划船測功儀，Level 4 進行 4x200 m)，發現在高強度訓練能夠產生生理上的適應並且降低運動負荷心跳率及提升耐力能力。

余進益 (2016) 將一週高強度訓練，分別以三天進行 3x3x120 m，每次休息五分鐘，組間休息十分鐘，及兩天進行 3x150m 間歇十分鐘進行研究。發現速度、心跳呈現進步，有助於選手在高強度比賽提升閾值能力，並在比賽結束後短時間達到恢復。研究發現運動員在不同負荷強度刺激，心跳率亦呈現直線上昇趨勢 (Zintl, 1994)。

Burgomaster et al. (2008) 指出，短時間高強度間歇訓練的時間明顯低於傳統耐力訓練，在代謝適應上最具有時效性，能增加骨骼肌氧化能力和

改善運動中的代謝機制。間歇訓練也是常見的訓練方式之一，主要是透過乳酸濃度及氫離子的變化進而改善體循環系統，讓身體對強度產生適應並藉此提昇耐力能力（Hargreaves et al., 1998），Weicker et al. (1994) 指出，運動員在高負荷訓練，重複的接受刺激下，可以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。

Abdullah Alansare et al. (2018)，以短期 HIIT 訓練及中等強度連續訓練 (MICT) 作為比較，受試者為 13 名低運動量的男性成年人，以隨機分組的方式分為兩組，在進行實驗前 24 至 48 小時內不飲用任何含咖啡因的產品。實驗時間為兩週，每週四次，並在訓練期間每五分鐘記錄心跳及轉速。實驗開始前以腳踏車進行五分鐘的熱身後開始實驗。HIIT 組訓練 20 分鐘，受試者強度設定大於 90%，速度在 100 RPM 或更高，並在恢復期降到 50 RPM。MICT 組的強度設定為 60-75% 的 40 分鐘循環訓練，速度維持在 60 RPM。結果發現 HIIT 組的訓練負荷明顯高於 MICT 組，而 MICT 總訓練持續時間高於 HIIT 組，但 HIIT 組在改善心跳率方面卻優於 MICT 組。

Hamid Arazi et al. (2017)，以八位足球運動員進行為期六週的 HIIT 訓練，每週進行三天。運動員以最大心跳率的 90% 將球運行 90 秒，接著步行 90 秒。間歇休息兩分鐘進行三組，結果發現對於改善足球運動員的有氧和無氧適應有顯著效果（表 2-1）。

表 2-1：高強度間歇訓練研究分析

研究者	受試者 (n)	運動強度	效果
黃翊婷	8	個人最快速度	可以快速改善運動員 肌肉 ATP-PC 能量路徑
余進益	7	100%	心跳、乳酸呈現進步
Acevedo et al.(1989)	7	90-95% (HR _{max})	10km time ↓ HR ↓
Abdullah Alansare et al. (2018)	13	90% / 60-75%	HIIT 組改善心跳率 方面優於 MICT 組
Hamid Arazi et al. (2017)	8	90%	有氧-無氧適應有顯著 效果

第二節 運動與恢復期心跳率

心跳率是最快反應運動強度的生理機制，Böhmer (1975) 指出，運動時心跳率上升的快慢及運動結束後的速率，皆可顯示出心肺適能的優劣，對一般人而言，安靜心跳率越低者代表心肺功能越好，Nikiforov (1974) 以心跳率強度作為分類 (表 2-2)。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，體能較差者恢復較慢。

表 2-2：以心跳率表示訓練負荷強度

強度型態	每分鐘心跳率
低	120 ~ 150
中	150 ~ 170
高	170 ~ 185
最大	>185

Hottenrott (1993) 指出，心跳率可用來判斷個體的訓練效果以及承受負荷的能力。目前也是最廣泛用來觀察訓練強度的生物參數，最大心跳率為每分鐘最大心跳率，男性為 220-年齡、女性 200-年齡 (WHO 衛生組織)，而心跳率的結果也會隨著年齡增長而下降，Achten 與 Jeukendrup (2003) 認為，影響心跳率的成因有很多，包括濕度、環境、噪音等等的因素，皆會提高心跳率，當身體狀況不佳時，運動心跳率也會有明顯的提升。

心跳可以在運動負荷中或運動後來觀察恢復情形，數值越低代表心肺功能越好。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 (Hollmann et al., 1982)。Smith (1982) 指出，受試者透過耐力訓練後，不僅安靜值心跳率下降，其相同負荷下之心跳率也會下降，當每跳輸出量增加，進而提升氧氣運送至作用肌及排除廢物之能力，而提升運動表現。

蔡秀雅 (2015) 以腳踏車進行 2-4 mmol/l 測試，發現心跳率會隨著負荷增加而上升，此症狀反應受試者體循環壓力受肌肉收縮負荷影響。一般而言，強度越高心跳也會越高 (張嘉澤，2010)。

蕭婉柔 (2015) 從研究中，可以看到 3 天 HIIT 相同強度訓練，肌肉及器官組織對於腳踏車及划船機這些阻力型運動收縮反應機制產生適應，而有更高強度的表現，因此心跳率呈現下降情形。李雅惠 (2005) 將七名女子中長跑選手為受試者，以無氧閾值作為訓練負荷，每週三次、每次 30 分鐘，持續五週後結果發現個人無氧閾值的心跳率有明顯的降低。蕭敬衡與張嘉澤 (2013) 研究顯示，受試者在進行連續三天 HIIT 訓練 (4x200m) 中，最大心跳率較第一天低，而平均輸出功率呈現上升。

第三節 運動負荷與生理適應

訓練會因為訓練強度的設定來達到一定的生理刺激，並在訓練後透過恢復再生來產生適應，而面對外來刺激快速產生適應的是心跳。不同的運動總類，需要具備不同的訓練方法。Jakowlew (1972) 提出超補償理論（運動負荷與生物適應）是依據人體生物學對外來刺激，器官所產生的“適應”描述。生理在高強度負荷要求，達到保持的能力。超補償是受訓練負荷的影響，當選手已經適應先前的訓練強度後就不容易再產生“超補償”作用。如果要繼續產生負荷效果，就需要再提升訓練負荷 (Findeisen, Linke&Pickenhain, 1980)。

當身體接受運動負荷時，生理會立即產生反應，最先呈現的症狀就是疲勞反應。而巔峰期只能維持 1-2 天，最多 3 天，運動負荷造成生理機轉功能下降，需要 2-3 天的恢復時間才能達到超補償作用，而此時必須降低運動負荷範圍及劑量 (圖 2-1)。如果訓練計畫應用超補償原理編排，一週只能兩次最大負荷訓練強度。

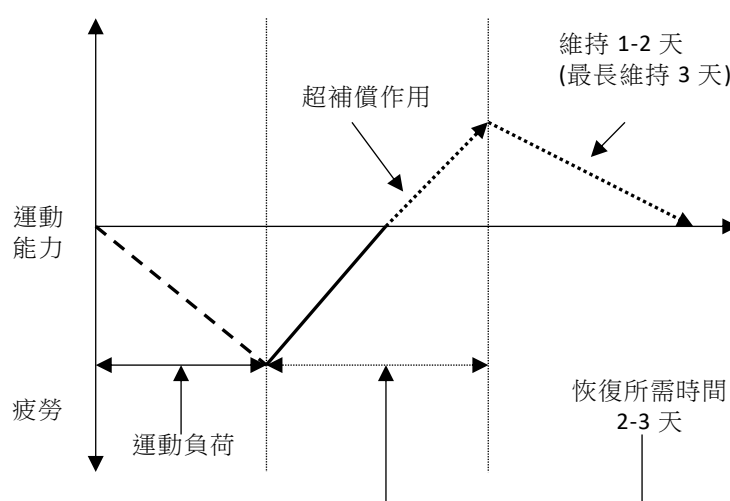


圖 2-1：運動負荷與生物適應 (Jakowlew, 1972)

運動訓練的強度與恢復關係：

- (1) 在低強度的訓練負荷，需要較長的時間恢復，且會導致訓練效果下降。
- (2) 適當的訓練又有足夠的恢復時間，即產生正適應現象。
- (3) 恢復時間不足，再進行高強度訓練，會導致過度訓練症狀。

而在訓練計畫不明確、沒有準確的訓練劑量、訓練單元順序、恢復時間不足等因素，皆會產生負適應症狀（表 2-3）。

表 2-3：訓練強度與恢復關係（張嘉澤，2005）

	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

在運動負荷中，身體機轉的恢復是需要時間的，依照運動型態與負荷可分為三個階段：短時間恢復、中時間恢復、長時間恢復。而體內恢復速度最快的生物參數是心跳，以日為單位（Neumann and Berbalk,1990）。心跳率會隨著訓練強度增加而上升，直到個人最大心跳率為止。當最大負荷結束後，第 5 分鐘心跳率可作為恢復速度機轉判斷（表 2-4）。

表 2-4：耐力訓練效果藉助心跳率分析 (Böhmer et al., 1993)

運動結束後 E5 心跳率	評價
$>130 \text{ min}^{-1}$	很差
$130-120 \text{ min}^{-1}$	差
$120-115 \text{ min}^{-1}$	可以
$115-105 \text{ min}^{-1}$	好
$105-100 \text{ min}^{-1}$	很好
$<100 \text{ min}^{-1}$	高競技能力



第四節 階梯式負荷上升生理機制

競技運動訓練與比賽過程中呈現高強度與低負荷現象，因此造成肌肉能量供應路徑進入有氧-無氧的反應（張嘉澤，2018）。Hollmann and Rost (1982) 研究發現，運動員個人的有氧閾值高者，間歇訓練的間歇期心跳率也呈現快速下降反應，在肌肉的能量 ATP-CP 路徑也呈現快速重組現象 (Weicker et al., 1994)。

Mader et al. (1976) 應用乳酸提出有氧 (2 mmol/l) 及無氧 (4 mmol/l) 閾值應用，使用階梯式負荷方式來分析心跳率以及乳酸，進而得到選手有氧-無氧閾值速度。其血液乳酸值低於 2 mmol/l，即為有氧運動，若運動負荷造成血液乳酸值超過 4 mmol/l 則為無氧運動。

不同運動項目，其比賽負荷壓力有所差異，在有氧無氧閾值中高速度時維持低心跳率，則表示個人閾值速度越高者，對瞬間無氧負荷刺激調節與比賽中恢復速度亦快（表 2-5）。

表 2-5：有氧-無氧閾值診斷判斷（張嘉澤，2010）

2-4 mmol/l 診斷症狀		判斷
有氧閾值 (2mmol/l)	低速度 (m/s) 高心跳率 (HR)	非常差
	低速度 (m/s) 低心跳率 (HR)	差
	高速度 (m/s) 高心跳率 (HR)	可
	高速度 (m/s) 低心跳率 (HR)	非常好
無氧閾值 (4mmol/l)	低速度 (m/s) 高心跳率 (HR)	非常差
	高速度 (m/s) 高心跳率 (HR)	可
	高速度 (m/s) 低心跳率 (HR)	非常好

有氧耐力的改善，最佳方式為持續跑步方式，在低負荷劑量，肌肉持續性的收縮可以提高細胞粒線體的化學變化 (Cori Cycle) 速度。Hollmann et al. (2002) 研究發現，以 2 mmol/l 負荷強度進行不同時間持續跑訓練，結果發現 20 min 的持續跑步，對粒線體化學變化最佳。欲提升無氧 (4 mmol/l) 閾值耐力能力，則可以改善無氧性運動生理機制反應。Mader et al. (1976) 研究認為，循環式運動項目 (游泳、自行車、划船等)，必須具備高無氧閾值能力，才能在競技比賽中維持高速度的穩定。



第五節 文獻總結

經由上列文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

- 一、高強度間歇訓練可以改善無氧效率、快速耐力能力及增強左心室壓縮與呼吸的工作能力。
- 二、心跳率是所有生理參數中適應最快的。
- 三、訓練會因為訓練強度的設定來達到一定的生理適應，並在訓練後透過恢復再生來產生適應。



第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究受試者為成年體育相關科系學生 8 名，具有規律運動習慣一週三次以上，且每次運動心跳率達 140 min^{-1} 以上之成年人 (>20 歲)，實驗進行前向所有受試者說明實驗流程及研究目的，並經過受試者同意後，由本人填寫「受試者同意書」、「運動能力診斷疾病調查表」。

表 3-1：受試者基本資料

	身高 (cm)	體重 (kg)	年齡 (age)
平均值	171.8	68.7	23.3
標準差	± 3.1	± 5.2	± 1.2

第二節 實驗時間與地點

一、實驗時間：

108 年 1 月 11 日至 108 年 1 月 18 日

二、實驗地點：

國立體育大學運動能力診斷與調整實驗室 (SPDI)

第三節 實驗儀器與設備

本實驗研究儀器及設備包括：

一、i-Heart 心跳率偵測儀器 (台灣)

可同步即時偵測 50 個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，且彼此訊號不互相干擾。儀器設備包含：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。接收器一台，連接電腦將心跳帶中繼站資訊傳輸回電腦。i-Heart 心跳率偵測儀器在本實驗測驗及訓練中皆全程配戴 (圖 3-1)。



圖 3-1：i-Heart 心跳率偵測儀

二、高速跑步機 High Speed Treadmill (德國)

德國 Hp Cosmos 高速跑步機，最高速度為 45 km/h (12.5 m/s)，跑步面積：長 190 cm，寬 65 cm。高速跑步機在本實驗中全程使用 (圖 3-2)。



圖 3-2：hp 高速跑步機

三、SEIKO 碼錶

碼錶在本實驗中紀錄：間歇休息時間、恢復期時間 (圖 3-3)。



圖 3-3：SEIKO 碼錶

第四節 實驗方法

本實驗時間共八天，分為：前測 (Test-1)、後測 (Test-2)，三天高強度訓練及兩天恢復期。Test-1 與 Test-2 相同，以有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l) 之階梯式負荷跑步機進行測試，測試進行至個人最大負荷為主。受試者將配戴心率錶 (i-Heart)，開始速度 2.5m/s，每階上升速度 0.5 m/s 持續時間五分鐘，間歇休息 30 秒，並記錄每階心跳率、間歇期心跳率以及恢復期第五分鐘心跳率 (表 3-1)。

表 3-2：有氧-無氧閾值測試方式 (Mader et al., 1976)

階次	速度(m/s)	負荷時間(min)
1	2.5	5
2	3.0	5
3	3.5	5
4	4.0	5
5	4.5	5
6	5.0	5
至個人最大負荷		

前測 (Test-1) 在星期五進行測試，測試結束後有兩天恢復期，並於禮拜一開始進行連續三天高強度訓練，訓練結束後休息一天，再於禮拜五進行後側 (Test-2) 如圖 3-4 所示。

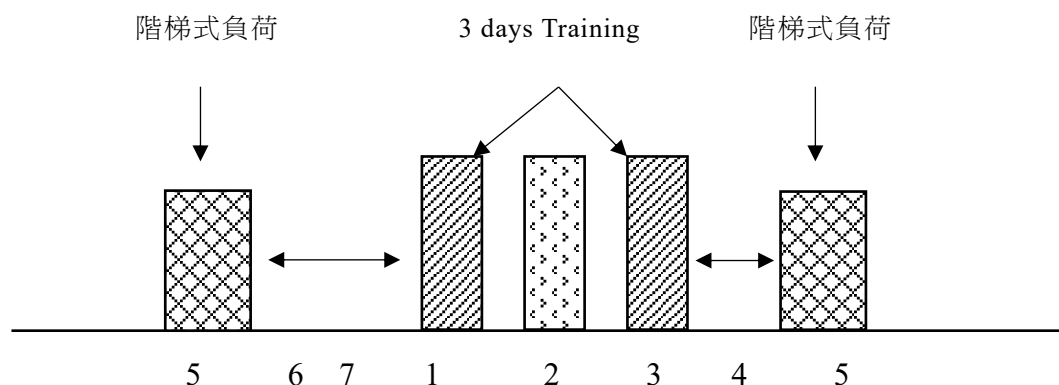


圖 3-4：實驗執行時間

三天高強度訓練皆全程使用跑步機進行，受試者需配戴心率錶 (i-Heart)，訓練第一天與第三天相同，以跑步機進行 3x2x60s 個人階段式負荷訓練 (最高速度)，間歇休息 60s (2.0 m/s)，組間休息 3 min (下跑步機以站立式休息)，記錄每次負荷心跳率、間歇期心跳率、以及恢復期第 5 分鐘心跳率 (E5)。

第二天訓練進 4x60s 個人階段式負荷最高速度，間歇休息 60s (2.0 m/s)，記錄每次負荷心跳率、間歇期心跳率、以及恢復期第 5 分鐘心跳率 (E5)。如表 3-2 所示。

表 3-3：實驗方法

測試內容		生物參數 (HR)
Test-1	階梯式負荷上昇	紀錄每階速度心跳率
	2.5-3.0-3.5-4.0-4.5 m/s	紀錄間歇期心跳率
	測試進行至個人最大負荷	紀錄恢復期第 5 分鐘心跳率
	每階持續時間為 5 min (Rep 30s)	(E5)
3 days Training	Day-1	紀錄每次負荷心跳率
	Treamill:	紀錄間歇期心跳率
	3x2x60s 階梯式負荷最高速度	紀錄恢復期第 5 分鐘心跳率
	(Set 3 min, Rep 60s-2.0 m/s)	(E5)
	Day-2	紀錄每次負荷心跳率
	Treamill:	紀錄間歇期心跳率
	4x60s 階梯式負荷最高速度	紀錄恢復期第 5 分鐘心跳率
	(Rep 60s-2.0 m/s)	(E5)
	Day-3	紀錄每次負荷心跳率
	同 Day-1 訓練模式	紀錄間歇期心跳率
		紀錄恢復期第 5 分鐘心跳率
		(E5)
Test-2	同 Test 1 測試方式	紀錄每階速度心跳率
		紀錄間歇期心跳率
		紀錄恢復期第 5 分鐘心跳率
		(E5)

第五節 實驗流程

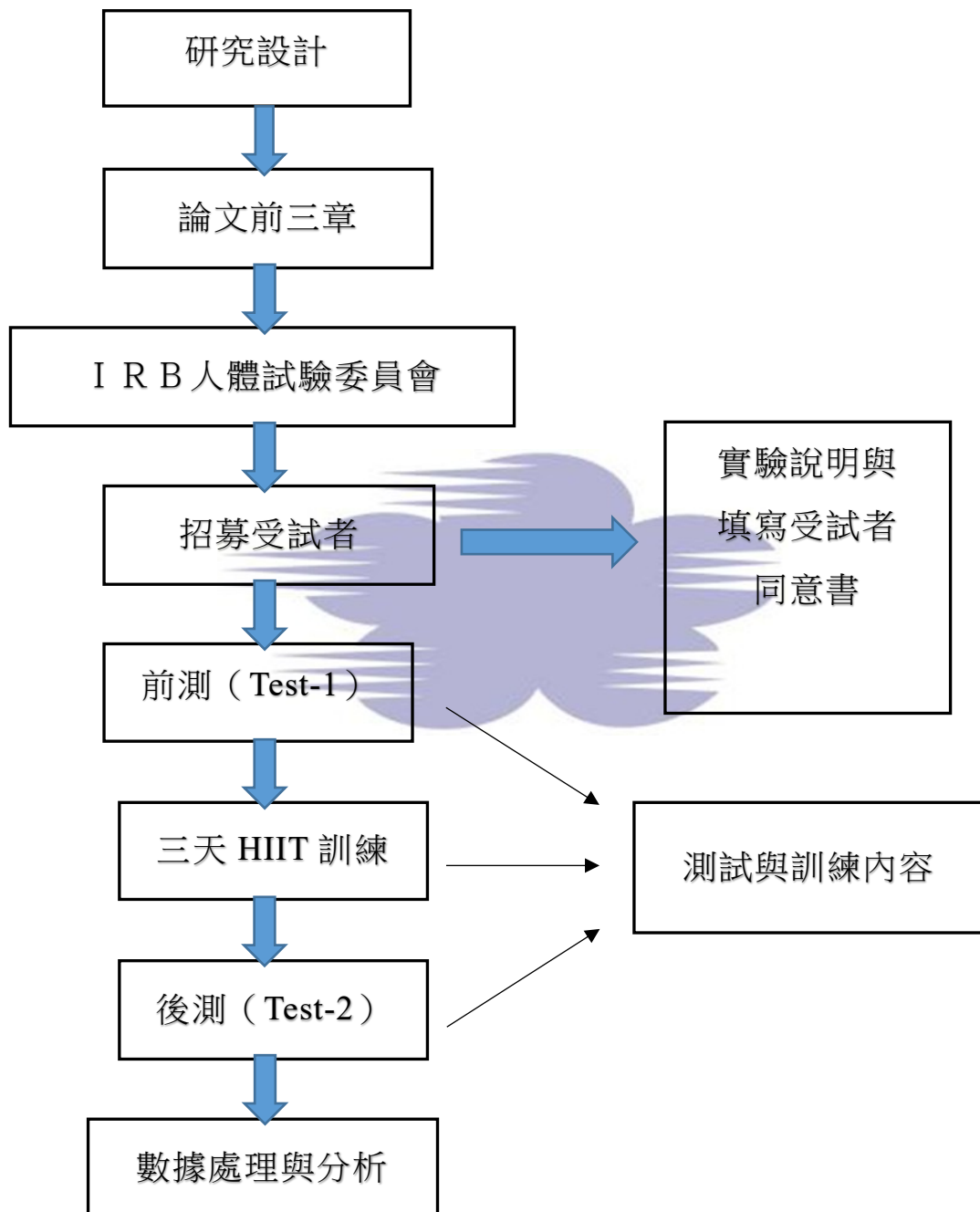


圖 3-5：實驗流程

第六節 資料處理與統計分析

- 一、本研究資料以 SPSS for Windows 20.0 套裝軟體進行統計分析
- 二、受試者基本資料以檢測數據，以描述性統計、平均值、標準差表示
- 三、以 t Test 進行前測與後測數據差異分析
- 四、本研究統計考驗水準定為 $\alpha = .05$



第肆章 結果分析與討論

第一節 階梯式負荷上升與間歇期心跳率

圖 4-1-1 為階梯式負荷前 (Test-1)、後 (Test-2) 測試心跳率曲線。在跑步機速度 2.5 m/s 前測心跳率為 $135 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ 、後測心跳率為 $131 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ ，後測心跳率呈現下降現象，差異為 4 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > 0.05$)。在速度 3.0 m/s 前後測心跳率為 $156 \pm 11 \text{ min}^{-1}$ 及 $150 \pm 10 \text{ min}^{-1}$ ，差異為 6 min^{-1} ，達顯著差異下降 ($p < 0.05$)。速度 3.5 m/s 則為 $171 \pm 11 \text{ min}^{-1}$ 及 $166 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ ，差異為 4 min^{-1} ，達顯著差異下降 ($p < 0.05$)。速度 4.0 m/s 前後測心跳率為 $184 \pm 10 \text{ min}^{-1}$ 及 $182 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ ，差異為 2 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > 0.05$)。速度 4.5 m/s，心跳率則為 $189 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ 及 $194 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ ，後測上升 5 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > 0.05$)。速度 5.0 m/s 前、後測心跳率皆為 187 min^{-1} ，未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

圖 4-1-2 為 Test-1 與 Test-2 階梯式負荷間歇期心跳率，心跳率分別為：
 $113 \pm 14 \text{ min}^{-1}$ 、 $110 \pm 11 \text{ min}^{-1}$ (R1)； $138 \pm 16 \text{ min}^{-1}$ 、 $127 \pm 14 \text{ min}^{-1}$ (R2)； $150 \pm 19 \text{ min}^{-1}$ 、 $147 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ (R3)； $146 \pm 18 \text{ min}^{-1}$ 、 $157 \pm 13 \text{ min}^{-1}$ (R4)； $143 \pm 19 \text{ min}^{-1}$ 、 $149 \pm 13 \text{ min}^{-1}$ (R5)。

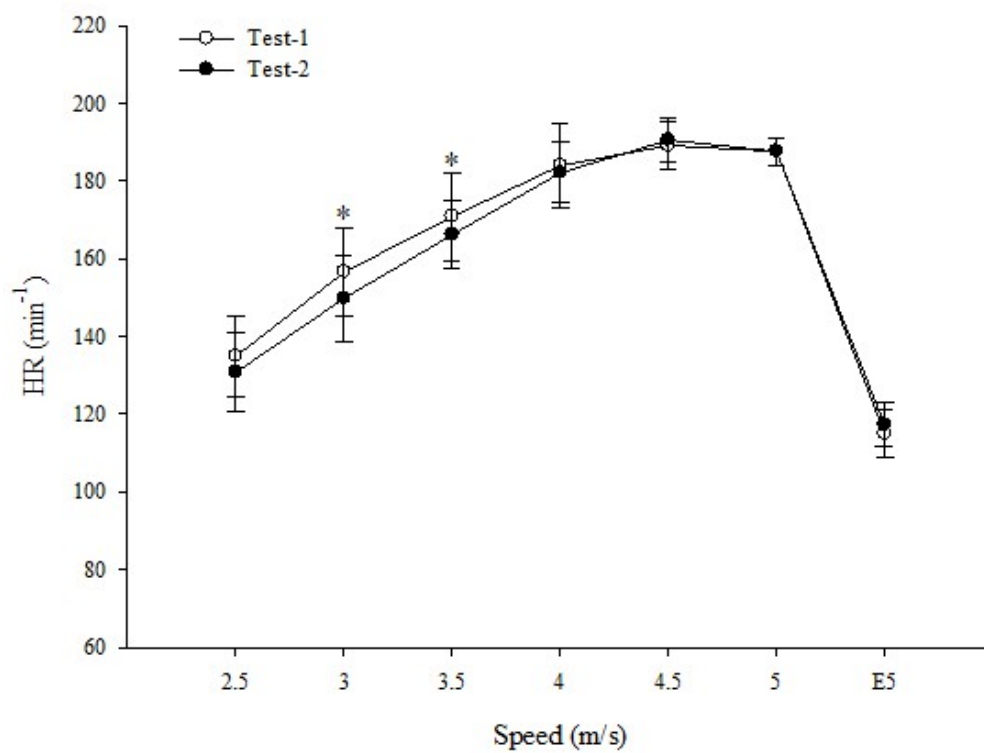


圖 4-1-1：Test-1、Test-2 階梯式負荷心跳率曲線之分析

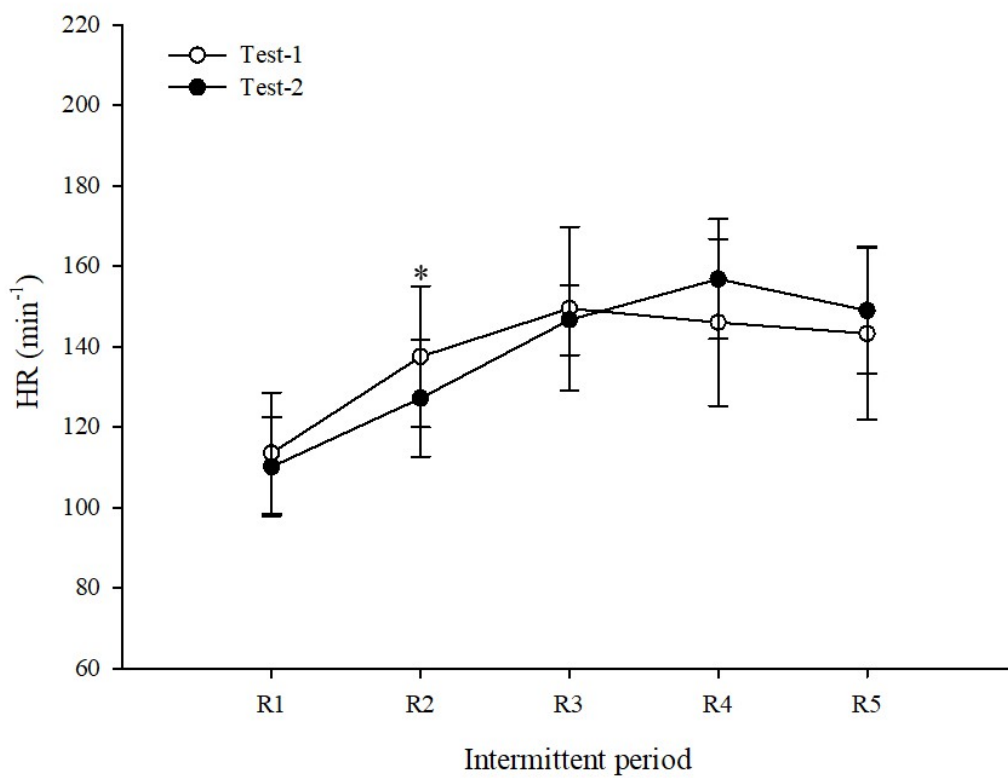


圖 4-1-2：Test-1、Test-2 階梯式負荷間歇期心跳率曲線之分析

本研究結果顯示在 Test-2 跑步機速度 2.5 m/s、3.0 m/s、3.5 m/s、4.0 m/s，心跳率均呈現下降趨勢（圖 4-1-1），且在速度 3.0 m/s 及 3.5 m/s 達顯著差異。圖 4-1-2 為 Test-2 間歇期心跳率，在 R1、R2、R3 心跳率均呈現下降現象，且在間歇期 R2 時平均心跳率下降最多，差異為 10 min^{-1} ，達顯著差異 ($p<0.05$)。有氧耐力能力為各種項目的必備能力，不論任何運動項目選手皆應有良好的有氧耐力能力，使身體能在短時間內快速恢復（張嘉澤，2008），且透過訓練是可以有效地加速心跳恢復的時間（Marsh，2003）。

蕭婉柔（2015）運用阻力型運動進行 3 天 HIIT 訓練發現，肌肉及器官組織對於此種收縮反應機制產生適應，且體循環壓力也較第一天小，因此心跳率呈現下降情形，與本實驗相符。在 Krüger, Marees, Dittmar, Sperlich, & Mester (2015) 的研究發現，人體能在短時間內承受高強度負荷促使身體組織與腦進行調節，且身體對急性負荷產生對應的適應，根據 Harmer et al. (2000) 的觀點來看，訓練強度是否足以刺激醣酵解能力並且增進無氧醣酵解酵素的活性，才是提升無氧耐力的重點。而從本研究中也發現後測心跳率及個人最大負荷心跳率已獲得改善調節機制的功能。

第二節 跑步機三天 HIIT 訓練心跳率

一、跑步機訓練 Day-1 與 Day-3 心跳率曲線之分析

HIIT 訓練的 Day-3 訓練心跳率較 Day-1 下降且均達顯著差異 ($p<0.05$)。圖 4-2-1 為個人最高速度進行 3x2x60 秒的第一天 (Day-1) 與第三天 (Day-3) 跑步機訓練分析,在 Day-1 第一次 (1x) 負荷心跳率平均值為 $165\pm 6 \text{ min}^{-1}$, Day-3 則為 $158\pm 8 \text{ min}^{-1}$, 兩者差異 7 min^{-1} , 達顯著差異 ($p<0.01$)。2x 心跳率平均值分別為 $171\pm 8 \text{ min}^{-1}$ 、 $164\pm 8 \text{ min}^{-1}$, 兩者差異 7 min^{-1} , 達顯著差異 ($p<0.01$)。3x 心跳率平均值為 $171\pm 8 \text{ min}^{-1}$ 、 $163\pm 7 \text{ min}^{-1}$, 兩者差異 8 min^{-1} , 達顯著差異 ($p<0.01$)。4x 心跳率平均值為 $172\pm 8 \text{ min}^{-1}$ 、 $168\pm 8 \text{ min}^{-1}$, 兩者差異 4 min^{-1} , 達顯著差異 ($p<0.05$)。5x 心跳率平均值為 $173\pm 7 \text{ min}^{-1}$ 、 $167\pm 8 \text{ min}^{-1}$, 兩者差異 6 min^{-1} , 達顯著差異 ($p<0.05$)。6x 心跳率平均值則為 $177\pm 8 \text{ min}^{-1}$ 、 $170\pm 7 \text{ min}^{-1}$, 兩者差異 7 min^{-1} , 達顯著差異 ($p<0.05$)。

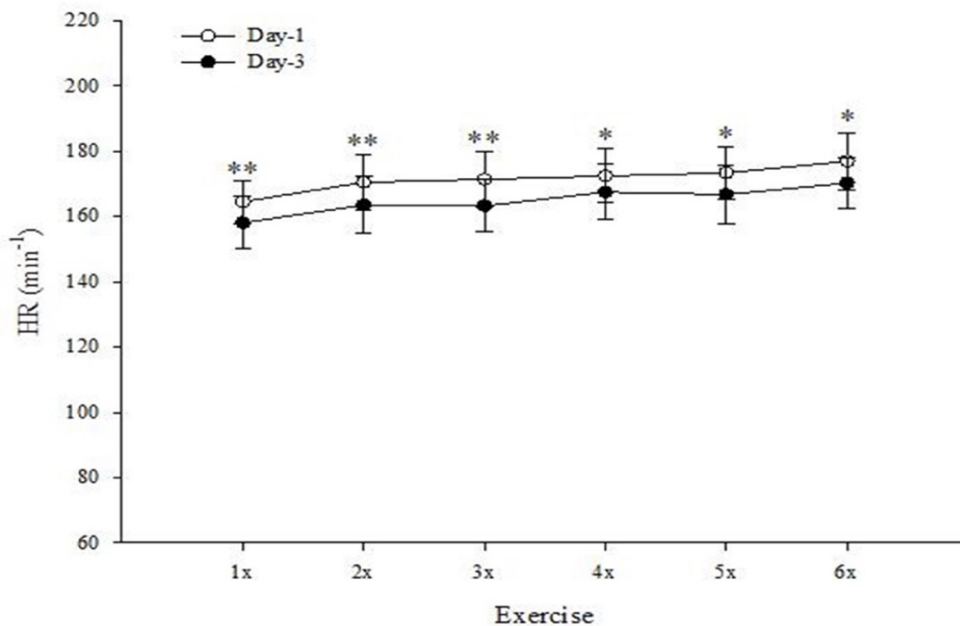


圖 4-2-1：跑步機訓練 Day-1、Day-3 心跳率曲線之分析

註：* ($p<0.05$); ** ($p<0.01$)。

結果分析顯示，第三天訓練 (Day-3) 心跳率均呈現下降趨勢 (圖 4-2-1)。這種症狀反應機制，來自無氧負荷對壓力荷爾蒙兒茶酚胺的調節。在本研究也發現，第一天訓練 (Day-1) 呈現比較高的心跳率。這種現象反應主要來自受試者對運動負荷的調節，在開始接觸新的運動型態，腦對體循環與新陳代謝壓力還未產生即時的反應。因此，造成高心跳率現象。在高強度負荷造成肌肉缺氧，心臟必須進行快速壓縮提高組織的氧氣量。因此，造成兒茶酚胺的釋放提高心跳率 (Naimo et al., 2015)。

在 Burgomaster et al. (2008) 的研究也發現，肌肉在不習慣收縮模式，將造成體循環與能量代謝路徑的壓力。Day-3 訓練心跳率的下降，除了兒茶酚胺釋放對自律神經進行調節，誘發副交感神經活性外。另一原因可能是肌肉對快速收縮的適應，在 Gibala et al. (2008) 進行高強度間歇訓練研究也呈現相同現象。

二、跑步機訓練 Day-1 與 Day-3 間歇期心跳率

圖 4-2-2 為 Day-1 與 Day-3 跑步機訓練間歇期心跳率，訓練內容為 3x2x60s，R1、R3、R5 為間歇休息並以速度 2.0 m/s 休息 60s，Set-1、Set-2 則為組間休息並以站立式休息方式休息 3 min。

平均心跳率下降最多的在 R1，Day-1 心跳率平均值在 $148 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ 之間，Day-3 則在 $134 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ 之間，兩者相差 14 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < 0.01$)。心跳率下降最少的在 Set-1，平均值分別為 $108 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ 、 $101 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ ，兩者相差 7 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < 0.01$)。R5 心跳率平均值為 $155 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ 、 $143 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ ，兩者差異 12 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < 0.001$)。

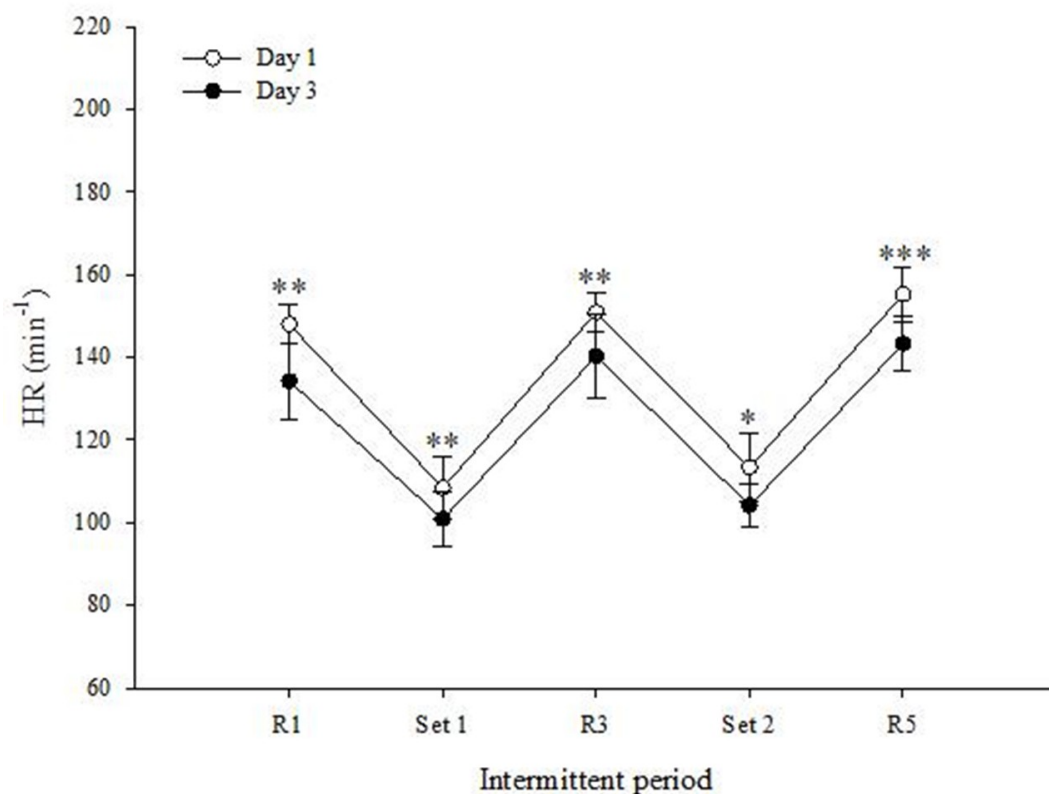


圖 4-2-2：跑步機訓練 Day-1、Day-3 間歇期心跳率

註：* ($p < 0.05$); ** ($p < 0.01$); *** ($p < 0.001$)。

受試者在接受高強度訓練後，Day-3 間歇期心跳率均有達顯著下降，Sedlock (1996) 指出，運動後恢復心跳率與基礎體能有關，且會因訓練而有所影響，並在 HIIT 訓練後能同時改善有氧和無氧能力 (Whyte et al., 2010)，此現象顯示心臟為供給足夠血流流量以應付運動訓練時組織所需要產生的生理適應，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，也可了解訓練的負荷相符。

就 HIIT 訓練而言，關於體循環 (Wisloff et al., 2009)、能量代謝 (Talanian et al., 2007)、運動表現 (速度、耐力) (Neal et al., 2013) 等，對於運動員、一般人與慢性病患者皆具有正面的效果 (Burgomaster et al., 2006)。長時間或足夠的訓練強度將可能造成中樞或周邊疲勞的疲勞，且這不同的疲勞來源並不一定會同時產生，最終卻會相互影響 (Knicker, Renshaw, 29 Oldham, & Cairns, 2011)。李婉貞在 2014 年研究顯示，連續五天 HIIT 訓練，乳酸值在後測明顯下降，心跳曲線卻往上移動，推論為累積疲勞高、影響交感神經所導致。

而本研究進行三天 HIIT 訓練在間歇期心跳率均呈現顯著下降，表示未呈現上述疲勞反應 (Burgomaster et al., 2008; Sanchez, 2013; Shiraev and Barclay, 2012)。且本研究間歇期心跳率與 Bompa and Zivic (1981) 提出，訓練時運動員接收各種運動強度，身體增加生理功能以迎合訓練需求，而後產生適應也有所相符。

三、Day-1、Day-3 訓練結束後個人心跳率分析 (6x)

圖 4-2-3 為 Day-1、Day-3 進行 3x2x60s 個人階梯式負荷最高速度第三組第二趟 (6x) 訓練結束後個人心跳率分析。NO.1 在有氧-無氧閾值速度測試中完成速度 4.5 m/s，Day-1 (6x) 心跳率 187 min⁻¹、Day-3 (6x) 心跳率 175 min⁻¹，差異為 12 min⁻¹。NO.2 在測試中完成速度 4.5 m/s，Day-1 心跳率 181 min⁻¹、Day-3 心跳率 173 min⁻¹，差異為 8 min⁻¹。NO.3 完成速度 5.0 m/s，Day-1 心跳率 175 min⁻¹、Day-3 心跳率 168 min⁻¹，差異為 7 min⁻¹。NO.4 完成速度 4.0 m/s，Day-1 心跳率 181 min⁻¹、Day-3 心跳率 175 min⁻¹，差異為 6 min⁻¹。NO.5 在測試中完成速度 4.0 m/s，Day-1 心跳率 159 min⁻¹、Day-3 心跳率 162 min⁻¹，差異為 3 min⁻¹。NO.6 在測試中完成速度 4.5 m/s，Day-1 心跳率 184 min⁻¹、Day-3 心跳率 180 min⁻¹，差異為 4 min⁻¹。NO.7 在測試中完成速度 5.0 m/s，Day-1 心跳率 175 min⁻¹、Day-3 心跳率 173 min⁻¹，差異為 2 min⁻¹。NO.8 則在測試中完成速度 4.0 m/s，Day-1 心跳率 173 min⁻¹、Day-3 心跳率 156 min⁻¹，差異為 17 min⁻¹。

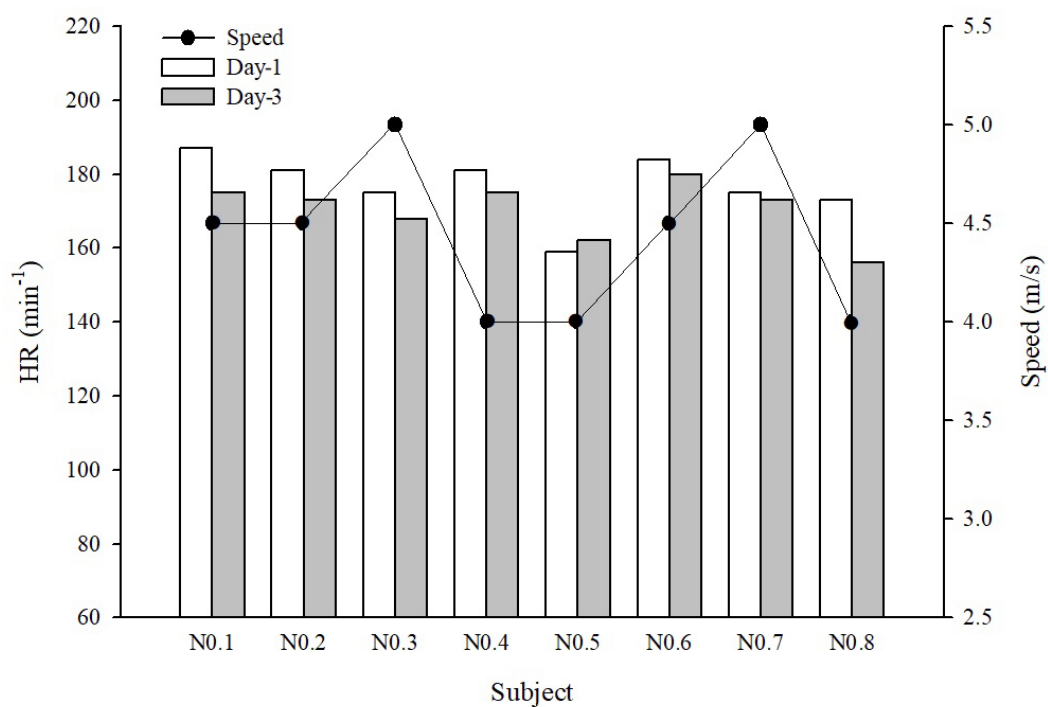


圖 4-2-3：Day-1、Day-3 個人階梯式負荷最高速度訓練結束後心跳率(6x)

圖 4-2-3 為 Day-1 與 Day-3 訓練結束後個人心跳率之分析 (6x)，研究結果顯示在相同強度訓練下受試者在 Day-3 訓練心跳率皆較 Day-1 下降，只有 NO.5 號受試者輕微上升。以 NO.3 與 NO.5 為例，NO.3 在有氧-無氧閾值測試時完成速度 5.0 m/s、No.5 則完成速度 4.0 m/s，Day-1 與 Day-3 (6x) 訓練時心跳率 No.3 為 175 min^{-1} 、 168 min^{-1} ，No.5 心跳率則為 159 min^{-1} 、 162 min^{-1} ，由此可知有氧-無氧閾值能力不同改善效果也不盡相同。

依據 De-Meersman (1992) 研究指出，長期接受運動訓練者，能提升有氧能力外也能促進副交感神經活性，經過訓練後亦能改善心臟調節能力。Pichot et al. (2000) 提出高強度訓練可改變心臟自律神經的平衡狀態，而使交感神經的活性高於副交感神經之活性。過去研究亦發現 HIIT 訓練更能有效的增加運動員無氧醣酵解供能力，並刺激抗氧化酶活性，提高其無氧耐力的水平 (韓義與孫卓，2016)。且高強度間歇訓練能讓心血管自主神經調控呈現正適應 (Felber Dietrich et al., 2008)。

四、跑步機訓練結束恢復期與第五分鐘心跳率

以跑步機進行個人最高速度 3x2x60s 訓練，Day-1 與 Day-3 結束後 E1 之比較，平均值分別為 $177 \pm 8 \text{ min}^{-1}$ 與 $170 \pm 7 \text{ min}^{-1}$ ，兩者差異 7 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < 0.05$)。Day-1 第五分鐘 (E5) 平均值為 $108 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ 、Day-3 (E5) 心跳率平均值則為 $99 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ ，兩者差異 9 min^{-1} ，達顯著差異 ($p < 0.05$)。

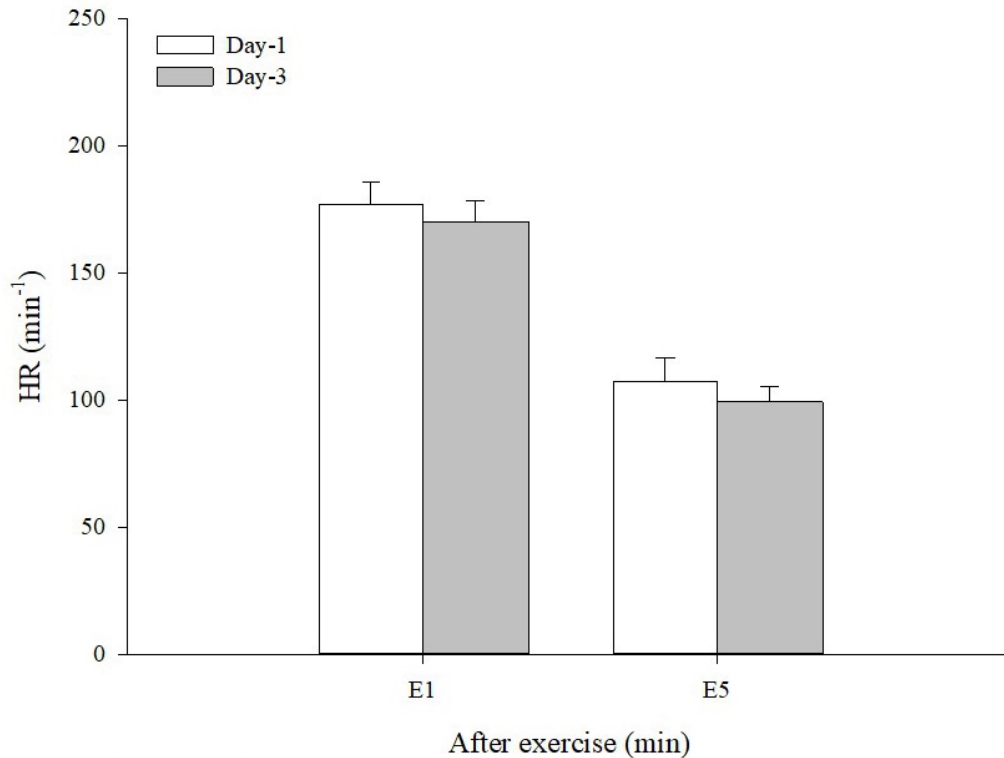


圖 4-2-4：Day-1、Day-3 訓練結束後第一分鐘(E1)及第五分鐘(E5)心跳率

運動後心跳率的恢復情形可以看得出身體代謝的好壞，體能佳者恢復得速度快，而體能較差者恢復速度則較慢。體循環受肌肉收縮負荷影響，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反應症狀，且心跳率是所有器官組織中適應最快的生理參數 (Neumann et al., 1993)。根據 Neumann (1990) 提出的四～六週生理適應週期原理，訓練節奏的改變，縮短訓練週期為 2 週，因此在生理的反應症狀調整，著重在心跳率與肌肉能量代謝的適應，但在本實驗中三天訓練心跳率即呈現相同效果。

競技運動主要在於透過訓練使身體組織改變、進而產生適應，當生理症狀反應產生後續要調整訓練時間及劑量，才能有效提升生理功能。Bohmer et al. (1975) 提出運動結束後以站立式方式休息至第五分鐘心跳率可以作為評估運動員恢復機轉。在本實驗中 Day-1 的 E5 心跳率為 $108 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ ，介於 $115-105 \text{ min}^{-1}$ 之間 (好)。經過訓練後在相同強度進行 Day-3 訓練，發現 E5 心跳率平均值為 $99 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ ，小於 100 min^{-1} 為具有高競技能力。



第三節 第二天訓練個人心跳率分析

表 4-3-1 為第二天訓練 4x60s 的個人心跳率，受試者 No.2、No.3、No.6 在階梯式負荷測試之最大速度為 4.5 m/s 以上，且最大心跳率達 192 min^{-1} 、 191 min^{-1} 、 196 min^{-1} 。而 1x 至 4x 上升最多的為 No.8，心跳率分別為 147 min^{-1} 、 165 min^{-1} ，兩者差異 18 min^{-1} 。差異最小則為 No.3，心跳率為 166 min^{-1} 、 171 min^{-1} ，差異為 5 min^{-1} 。

表 4-3-1 第二天訓練心跳率

No.	1x	2x	3x	4x	Diff.
					(4x)-(1x)
No.1	155	166	167	171	+16
No.2	155	168	163	162	+7
No.3	166	171	173	171	+5
No.4	161	169	172	176	+15
No.5	163	168	173	175	+12
No.6	176	177	186	183	+7
No.7	160	159	167	174	+14
No.8	147	156	161	165	+18

研究結果顯示 No.2、No.3、No.6 此三位受試者在 HIIT 訓練第二天，1x 至 4x 訓練中，心跳率未呈現大量上升，表示在運動過程中可以及時排除生理的障礙，且無造成器官組織的壓力。因此，未形成疲勞堆積（Lehmann,1953）。

而隨著運動強度增加，須增加心臟跳動壓縮加速氧氣運輸，這是因為運動會造成身體組織缺氧且誘發防疫系統的啟動，而因運動高強度的負荷，肌肉能量提供路徑以無氧醣酵解為主。此生理反應機制適應主要是來自 Hood (2001) 所提出的粒線體與基因編碼，人體在接受負荷次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方式。在無氧負荷產生的代謝物，誘發賀爾蒙影響自律神經穩定，交感神經活性提高，促使心臟加速壓縮（跳動），另一調節機制，副交感神經同時參與調節維持心跳率的恆定（張嘉澤，2018）。



第伍章 結論

本研究透過三天 HIIT 訓練對階梯式負荷心跳率適應及最大心跳率與間歇期心跳率研究中發現，經過三天 HIIT 訓練後在階梯式負荷測試中，後測心跳率呈現下降現象，且在三天 HIIT 訓練中，第三天訓練最大心跳率及間歇期心跳率獲得改善趨勢，並在體循環對心跳率的調節獲得適應。此現象顯示運動後心跳率的恢復期情形與訓練強度及內容有關，長時間的訓練可能會造成中樞或周邊組織的疲勞。

因此，建議未來運動員在訓練時可以將本實驗訓練模式應用在專項期訓練，利用短時間高強度間歇的訓練模式使運動員能在短時間內提升專項體能及恢復能力。



參考文獻

一、 中文文獻

世界衛生組織 (WORLD HEALTH ORGANIZATION,WHO)。

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。未出版碩士論文，國立體育大學，桃園縣。

李雅惠 (2005)。無氧閾值對中長跑訓練效果的評估 (未出版之碩士論文)。桃園縣，國立體育學院教練研究所碩士論文。

李婉禎 (2014)。一週常氧與低氧訓練對跆拳道基礎耐力與專項、比賽恢復能力之影響。

郭吉強 (1997)。血乳酸對運動強度的影響。體育科學，2，63-64。

張嘉澤 (2010)。運動能力診斷與訓練調整。臺北縣：臺灣運動能力診斷協會。

詹蕙真、張嘉澤 (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。2005 國際運動教育學術研討會。桃園縣：國立體育學院。

張嘉澤 (2018)。兒童與青少年訓練：新北市林口區：台灣運動能力診斷協會。

蔡秀雅 (2015)。最大負荷劑量測試對柔道重量級選手心跳率之影響。

孫紅梅 (2010)。山東體育學院學報，第 26 卷第 11 期。

蕭婉柔 (2015)。急性短期不同高強度間歇訓練負荷型態對無氧能量路徑及心率變異度之效果。

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。

二、 外文文獻

- Abbas Keihaniyan, Amin Eatemady Boroujeni, Amir Oftade, Sheida Takhsha, Abbas Asadi, and Rodrigo Ramirez-Campillo (2017) : Effects of Heart Rate vs.Speed-Based High Intensity Interval Training on Aerobic and Anaerobic Capacity of Female Soccer Players.,Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Abdullah Alansare, Ken Alford, Sukho Lee, Tommie Church,and Hyun Chul Jung. (2018) : The Effects of High-Intensity Interval Training on Heart Rate Variability in Physically Inactive Adults., Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Acevedo E.O., Goldfarb A.H. (1989): Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. Med. Sci.Sports Exerc. 21: 563–568.
- Böhmer et al., (1975). Das sportmedizinische Untersuchung ssttem Leitungssport.
- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. J Physiology, 586 (1), 151-160.
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. Journal of Applied Physiology, 98(6), 1985-1990.
- Felber Dietrich, D., Ackermann-Liebrich, U., Schindler, C., Barthelemy, J. C., Brandli, O., Gold, D. R.,Gaspoz, J. M. (2008). Effect of physical activity on heart rate variability in normal weight, overweight and obese

- subjects. Eur J Appl Physiol, 104(3), 557-565.
- Harmer, A. R., McKenna, M. J., Snow, R. J., Ruell, P. A., Booth, J (2000). Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans., Journal of Applied Physiology, 89 (5), 1793-1803.
- Hargreaves, M., McKenna, M. J., Jenkins, D. G., Warmington, S. A., Li, J. L., Snow, R. J., & Febbraio, M. A. (1998). Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise (Vol. 84).
- Hamid Arazi, Abbas Keihaniyan, Amin Eatemady Boroujeni, Amir Oftade, Sheida Takhsha, Abbas Asadi, Rodrigo Ramirez-Campillo (2017). Effects of Heart Rate vs. Speed-Based High Intensity Interval Training on Aerobic and Anaerobic Capacity of Female Soccer Players.
- 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.
- 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.
- Jakowlew, N. (1972). Die Bedeutung der Homöostasestörung für die Effektivität des Trainingsprozesses. Medizin und Sport 13, 367-370.
- Krüger, M., de Marees, M., Dittmar, K. H., Sperlich, B., & Mester, J. (2015). Whole-body cryotherapy's enhancement of acute recovery of running performance in well-trained athletes. International journal of sports physiology and performance, 10 (5), 605-612.
- Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity

- or high-volume training? Scand J Med Sci Sports : 20 (Suppl. 2) : 1–10
- Lehmann, M., Keul, J., Schmid, p., Kindermann, W., Huder, G. (1980) Plasma
Katecholamine, Glukose, Lactate sowie aerobe und anaerobe Kapazität
bei Jugendlichen. Dt. Z. Sportmed. 10.287-295.
- Mader,A.,Lisen,H.,Heck,,Philippi,H.,Rost,R.,Schurch,P.,&Hollmann, W.
(1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen
Ausdauerleistungsfähigkeit in Labor. Sportarzt und Sportmed. 27(4),80-
88
- M. A. Naimo , E. O. de Souza , J. M. Wilson, A. L. Carpenter , P. Gilchrist ,
R. P. Lowery , B. Averbuch ,T. M. White , J. Joy (2015). High-intensity
Interval Training Has Positive Eff ects on Performance In Ice Hockey
Players. Sports Med ; 36: 61–66.
- Martin J. Gibala, and Sean L. McGee (2008). Metabolic Adaptations to Short-
term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain
American College of Sports Medicine.
- Norrbom J1, Sundberg CJ, Ameln H, Kraus WE, Jansson E, Gustafsson T.
(2004).PGC-1alpha mRNA expression is influenced by metabolic
perturbation in exercising human skeletal muscle. J Appl Physiol.
- Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O'Sullivan, A., Hamilton, D. L., De
Vito, 118 G., & Galloway, S. D. (2013). Six weeks of a polarized
training-intensity distribution leads to greater physiological and
performance adaptations than a threshold model in trained cyclists.
Journal of Applied Physiology, 114(4), 461- 471.
- Neumaan,G. (1990) Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme. In : Das
gross Buch vom Laufen. Meyer&Meyer , 222-223.
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.-M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P.,

- Barthelemy, J. C. (2000) . Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (10), 1729-1736.
- 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.
- Spina, R. J., Chi, M. M., Hopkins, M. G., Nemeth, P. M., Lowry, O. H., & Holloszy, J. O. (1996). Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7-10 days of cysle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(6), 2250-2254.
- Smith,B.W. (1982) .Anaerobitheshold of trainedswimmers.Unpublished Master'. sthesis. University of North CarolinaDtsch. Z.Sportmed.32,7-14.
- Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1439-1447.
- Whyte L.J., Gill J. M.R., Cathcart A.J. (2010). Effect of 2 weeks of sprint interval 47 training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism Clinical and Experimental* 59, 1421-1428
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø ., & Kemi, O. J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(3), 139-146. doi: 10.1097/JES.0b013e3181aa65fc.
- Zintl, F. (1994) . *Ausdauer Training.Grundlagen,Methoden,Trainingssteuerung*. Auflage 3. 108-109.

附錄

FJU-IRB F-034 /20181109

輔仁大學人體研究倫理委員會 通過證明

- 一、計畫編號：C107053
- 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、研究團隊成員：陳湘婷/國立體育大學競技與教練科學研究所
- 五、計畫名稱：3 天 HIIT 訓練對階梯式負荷心跳率調節與訓練適應之效果
- 六、計畫書版本/日期：第二版，2018/12/19
- 七、受試者說明暨同意書版本/日期：第 2 版，2018/12/19
- 八、計畫執行地點：國立體育大學 SPDI 運動能力診斷與訓練調整研究室
- 九、研究方式/工具：招募廣告:2018/12/3
- 十、追蹤審查頻率：每 1 年 1 次

上述計畫業於 107 年 12 月 21 日 經本委員會審查通過，本通過證明有效期限自 107 年 12 月 21 日 至 108 年 12 月 20 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



107 年 12 月 21 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

- I. FJU-IRB NO : C107053
- II. Study Institution(s): National Taiwan Sport University/ Graduate Institute of Athletics and Coaching Science
- III. Investigator : Assistant Professor Jia-Tzer Jang
- IV. Research team member(s) : Chen, Hsiang-Ting/ National Taiwan Sport University/ Graduate Institute of Athletics and Coaching Science
- V. Title of protocol : The Effect of Three Day's HIIT on Heart Rate adjustment and Training adaptation in Progressive
- VI. Protocol Version : 第二版, 2018/12/19
- VII. Informed Consent Form : 第2版, 2018/12/19
- VIII. Place of execution(s) : 國立體育大學 SPDI 運動能力診斷與訓練調整研究室
- IX. Study Tools : Recruitment Version : 2018/12/3
- X. Frequency of Interim Report : one year
- XI. Study Approval Period : 2018/12/21-2019/12/20

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

12 / 21 / 2018
Date (mm / dd / yyyy)