

國立體育大學
運動科學研究所碩士論文

單次不同型態高強度運動對
肌肉疲勞及損傷之探討

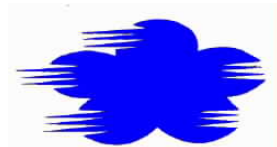
**The Investigation of Different Types of Acute High Intensity Sprint
Exercise on Muscle Damage and Fatigue**



指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：陳德盛 撰

中 華 民 國 九 十 九 年 六 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

單次不同型態高強度運動對肌肉疲勞及 損傷之探討

摘要

目的：比較單次兩種高強度衝刺運動，對高中短距離徑賽選手疲勞與損傷指標之影響。方法：本研究採交叉重複試驗設計，以 7 名高中短距離徑賽選手(平均年齡： 15.57 ± 1.05 歲；身高： 171.01 ± 5.04 公分；體重： 59.73 ± 6.37 公斤；訓練年數： 3.71 ± 1.98 年)於不同研究日程下分別參與間歇 2x3x200 公尺與重複 6x200 公尺兩種高強度衝刺負荷，並於負荷前、中、後 15 分鐘內，量測受試者之肌肉疲勞與損傷參數(乳酸、血氨、肌酸激酶、自覺費力分數與衝刺成績等)。此外，在運動後 24 小時另增一時間點以量測血漿 CK 值。藉皮爾森積差相關觀察肌酸激酶、乳酸、自覺費力分數與速度之間的關係，並以相依樣本 t 考驗檢驗兩種負荷之間的差異，統計水準定 $p < .05$ 。結論如下：

(一) 單次高強度衝刺負荷對肌肉疲勞指標之差異：

- 1、血氨：高強度衝刺負荷對血氨並未呈現差異；就間歇負荷，血氨隨著負荷次數增加而呈現上升。
- 2、乳酸：兩種衝刺型態對乳酸累積並無顯著差異，但乳酸值隨負荷次數的增加而有上升的趨勢。

(二) 兩種運動負荷型態對肌酸激酶並無顯著差異，但短時間高強度負荷(即 6x200 公尺)能造成肌酸激酶迅速升高；單次高強度間歇負荷後，肌酸激酶峰值出現時間點可能在 24 小時以內。

(三) 比較單次高強度間歇與重複負荷與速度表現之差異：

重複負荷速度表現隨衝刺次數的增加而呈現減退，間歇負荷則較不一致。

(四) 單次高強度間歇與重複負荷對肌肉疲勞與損傷指標對速度的關係：

1、間歇方式：速度與肌酸激酶、自覺費力分數呈正相關，與乳酸最大值為負相關。

2、重複方式：速度與肌酸激酶無相關，與自覺費力分數是低度負相關，和乳酸最大值為負相關。

關鍵詞：間歇衝刺、重複衝刺、200 公尺、乳酸、速度



The Investigation of Different Types of Acute High Intensity Sprint Exercise on Muscle Damage and Fatigue

Abstract

Purpose: This study was to compare the effects of two types of high intensity sprint exercise on fatigue and muscle damage in male high school sprinters. **Material and Methods:** Seven male high school sprinters (age: 15.57 ± 1.05 years, height: 171.01 ± 5.04 cm, weight: 59.73 ± 6.37 kg, trained for 3.71 ± 1.98 years on average) performed high intensity interval sprint (HIIS, 2 x 3 x 200m) and high intensity repeated sprint (HIRS, 6 x 200m) on separated days in a cross over, repeated measure design. The physiological makers (lactate, ammonia, creatine kinase[CK], ratings of perceived exertion [RPE]) and speed performance were measured before, during and within 15min after exercise. Additionally, another time point at 24 hr after exercise was added to evaluate serum CK level. The realtionships between physiological makers (creatine kinase, lactate, and RPE) and the speed performance were estimated by *Pearson's correlation coefficients*. Furthermore, *paired t-test* was used to analyze these parameters. The statistical significance was set as $p < .05$

The conclusions of this study were summarized as follow:

(1) Muscle fatigue makers:

(a) Ammonia: There were no differences between

HIIS and HIRS. As for the interval load, the increasing content of ammonia was in proportion to the increase of interval sprint loads.

(b) Lactate: There were no differences between HIIS and HIRS. However, the increasing content of lactate was in proportion to the increase of sprint loads.

(2) There were no differences on CK between HIIS and HIRS, but CK level elevated rapidly at the end of HIIS. The peak value of CK level might appear within 24h after acute HIIS load.

(3) The speed performance:

The speed performance exhibited attenuating response with the increase of HIRS load, but HIIS did not show the same results with HIRS.

(4) The relationships between physiological markers (muscle damage and fatigue) and speed performance at HIIS and HIRS:

(a) HIIS: The speed performance showed positive correlation with CK, RPE, but showed negative correlation with La_{max} .

(b) HIRS: There were no relationships between speed performance and CK. Low negative correlation was found between speed performance and RPE, and La_{max} had negative correlation with speed performance.

Key words : interval sprint, repeated sprint, 200 meter, lactate, speed

致 謝 詞

本論文得以完成，首先必須感謝指導教授張嘉澤博士的悉心指導，以及口試委員呂欣善教授及詹元碩博士批閱斧正，特置卷首，使本篇研究得以順利完成，在此致上由衷的敬意與感謝。另外，對於實驗實施與細節部分感謝本校教練所博士班佳慧與月琪學姊之協助，亦表深深的感謝。

本研究得以順利執行有賴學長邱威達教練與其選手的參與以及 SPDI 成員、長庚技術學院助教雅陵學姐以及其學生的幫忙，謝謝你們。

短短兩年的碩士生涯中，最要感謝老師、SPDI 學長姐與、榆倩學姐、棕焰及峻忠學長有如親人般的關照與教誨，讓我在需要協助時伸出援手並給予支持，讓我得以在兩年過程中順利取得學位，在此致上十二萬分的謝意。

最後，最要感謝的是家人對我的支持與包容，讓我得以在無後顧之憂下，追求理想，在此願以本研究獻給支持我的所有師長及親友，與您共同分享這份成果。

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
致謝詞	V
目錄	VI
表目錄	VIII
圖目錄	IX
中英文對照與縮寫表	X
第壹章 緒論	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的	3
第貳章 文獻探討	4
第一節 前言	4
第二節 肌肉疲勞指標	5
第三節 肌肉損傷指標	8
第四節 高強度間歇與重複訓練之特性	10
第五節 文獻總結	12
第參章 研究方法	13
第一節 研究對象	13
第二節 實驗時間與地點	14
第三節 實驗儀器與設備	14
第四節 實驗設計	15
第五節 實驗流程圖	17

第六節	資料分析與處理-----	18
第肆章	結果與分析-----	19
第一節	間歇與重複運動之速度表現-----	19
第二節	間歇與重複對疲勞指標之變化-----	21
第三節	間歇與重複對肌肉損傷指標之變化-----	25
第四節	乳酸最大值與肌酸激酶、速度表現之相關-----	29
第伍章	討論-----	33
第一節	不同負荷方式對於速度表現的差異-----	33
第二節	不同負荷方式對疲勞指標的差異-----	34
第三節	不同負荷方式對於損傷指標的差異-----	35
第四節	不同負荷方式對於疲勞、損傷指標以及速度之關係-----	38
第陸章	結論與建議-----	41
第一節	結論-----	41
第二節	建議-----	42
參考文獻		43
附錄		55
附錄一	運動能力診斷中心疾病調查表-----	55

表 目 錄

表 3-1	受試者基本資料	13
表 3-2	運動負荷內容	15
表 3-3	生物參數採集方式與時間點	16
表 4-1	受試者 200m 速度	19
表 4-2	間歇與重複負荷方式速度比較	20
表 4-3	間歇與重複方式不同時間點乳酸之比較	22
表 4-4	間歇與重複方式血氨之比較	23
表 4-5	間歇與重複方式肌酸激酶之比較	25
表 6-1	訓練目的與內容	40
表 6-2	一週訓練安排	40



圖 目 錄

圖 3-1	實驗執执行程序	16
圖 3-2	實驗流程圖	17
圖 4-1	間歇與重複方式速度曲線	21
圖 4-2	間歇與重複方式乳酸之比較	22
圖 4-3	間歇與重複負荷方式之 RPE 與速度相關圖	24
圖 4-4	間歇與重複方式對 CK 與不同時間點之比較	25
圖 4-5	間歇與重複方式肌酸激酶與速度之對照	26
圖 4-6	間歇方式肌酸激酶與速度之相關	27
圖 4-7	重複負荷肌酸激酶與速度之相關	27
圖 4-8	間歇負荷乳酸最大值與肌酸激酶之相關	28
圖 4-9	重複負荷乳酸最大值與肌酸激酶之相關	29
圖 4-10	間歇負荷乳酸最大值與全程平均速度之相關	29
圖 4-11	重複負荷乳酸最大值與全程平均速度之相關	30

中英文對照與縮寫表

英文	縮寫	中文
adenosine dephosphate	ADP	腺苷二霖酸
adenosine triphosphate	ATP	腺苷三磷酸
alanine aminotransferase,	ALT	穀丙轉氨酶
alanine monophosphate	AMP	單磷酸腺苷
alanine monophosphate deaminase	AMP deaminase ; AMPD	腺苷酸脫氨酶
aspartate aminotransferase	AST	天冬氨酸轉氨酶
Blood-Brain Barrier	BBB	血腦障壁
centimeter	cm	公分
creatine kinase ; Creatine phosphokinase	CK ; CPK	肌酸激酶
difference	Diff	差異
gas exchange threshold	GET	換氣閾值
heart fatty acid binding protein	H-FABP	心臟脂肪酸結合蛋白質
inosine monophosphate	IMP	肌核苷
kilogram	kg	公斤
lactate	La	乳酸
lactate dehydrogenase	LDH	乳酸脫氫酶
maximum	max	最大值
mean	M	平均數
meter	m	公尺
m/s	Meters per second	公尺/秒
minimum	min	最小值
myoglobin	Mb	肌紅素
ammonia	NH ₃	血氨
phosphate	Pi	磷酸根
purine nucleotide cycle	PNC	嘌呤核苷酸循環
Rating of perceived exertion	RPE	自覺費力分數
second	s	秒
Standard deviation	SD	標準差
velocity	V	速度(率)
year	yr	年齡(數)

第壹章 緒論

第一節 研究動機

在競爭激烈的短距離徑賽中，如何在最短時間發揮出本身最大運動能力是每個教練與選手所追求的，不過，在訓練的過程中選手常必須承受高強度、大量或長時間的訓練，以期在比賽中獲取佳績。一般常見的訓練課程除了提高有氧與加速乳酸排除能力的耐力性訓練外，最普遍的即為間歇 (interval training) 與重複訓練 (repetition training) 了；高強度間歇訓練除了能夠改善乳酸排除速度、無氧能量路徑下的運動表現之外，也能使有氧及無氧之間能量轉換效率提高，而重複訓練能改善超無氧閾值 (8-10 mmol/l) 能力。

疲勞一詞可定義為：「生理的運作過程中，因工作而導致人體無法維持在一定水平上運作，而限制了正常的生理運作甚至導致疾病的產生」(Simonson, 1971)。而所謂的肌肉疲勞 (muscle fatigue) 是指神經肌肉系統產生的力量下降或無法維持動作表現所致 (Bigland-Ritchie & Woods, 1984; Jaric, Sasa, Sladjan, Milos, & Radmila, 1997)，通常造成的原因是過於劇烈或是持久性運動後所產生的現象，上述評估的條件大多藉由最大自主收縮 (Grandevia, Enoka, McComas, Stuart, & Thomas, 1995) 與運用肌肉重複或持續收縮中的功率輸出結果來表示 (Sterner, Pincivero, & Lephart, 1998)。不過，不同的運動型態

所造成的疲勞特性亦不相同。但就一般而言，依疲勞的特性可區分為中樞性與周邊性疲勞二種；中樞疲勞指源自於中樞神經系統內所產生的疲勞，以大腦內神經細胞與脊髓突觸部未引起的因素居多；周邊疲勞的發生常見於運動訓練的過程中，由於骨骼肌的大量使用所導致，有鑑於此，運動訓練學家或一般教練常可透過基本生理參數如心跳率或血液分析如乳酸、血氨、激酸肌酶等，分別來評估肌肉疲勞與損傷的程度。

所謂肌肉損傷 (muscle damage) 也被稱為運動誘發性肌肉損傷 (exercise-induced muscle damage, EIMD)，最常見於離心運動、高強度或不熟悉的動作後所會產生的現象(Miles & Clarkson, 1994; Twist & Eston, 2005)。目前，大致可區分成兩種說法，用來說明造成肌肉損傷的原因。其一，為新陳代謝的超載所引起也稱為新陳代謝壓力，即體內對ATP的需求超過所能供給的量，使細胞內鈣離子出現超載的現象，亦即表示當肌肉損傷時，鈣離子無法正常的回到肌漿網而大量堆積於細胞內造成細胞內無法達到穩定狀態，引起骨骼肌中的蛋白質分解以及發炎反應 (Armstrong, Warren, & Warren, 1991)；其二為機械性壓力，在離心性運動中機械性壓力是引起肌肉損傷的主要原因，肌肉無力感、痠痛、腫脹或血液肌酸激酶 (creatine kinase, CK)活性升高等症狀出現，即表示肌肉出現損傷(Ebbeling & Clarkson, 1989)。

重複與間歇訓練是常見於各種運動項目中的訓練方式之一，近幾年興起高強度間歇訓練 (high-intensity interval sprint training, HIST) 被認為能增強高強度的運動表現，而高強度間歇與重複性衝刺 (high-intensity repetition sprint training, HIRT)這兩種型態而言，對於肌肉損傷以及個體疲勞仍未有人

就此有過更深的討論與觀察，更重要的在於，普遍針對肌肉疲勞與損傷的實驗皆屬於透過實驗室內的儀器，藉由人為的操弄來觀察肌肉發炎現象，而本實驗則以戶外實地施行的方式進行，目的為更接近實際訓練狀態。因此，本研究將透過高強度衝刺型態來觀察高中短距離徑賽選手在兩種不同型態的衝刺下，對身體的負荷產生變化，並探討運動後肌肉發炎酵素的指標差異，期望能提供運動訓練者作為增進訓練品質的參考依據。

第二節 研究目的

依據研究動機，本論文研究目的如下：

- 一、比較單次高強度間歇與重複負荷對肌肉疲勞指標-血氨、乳酸的變化。
- 二、比較單次高強度間歇與重複負荷對肌肉損傷指標-肌酸激酶的影響。
- 三、比較單次高強度間歇與重複負荷與速度表現之差異。
- 四、比較單次高強度間歇與重複負荷對肌肉疲勞與損傷指標對速度的關係。

第貳章 文獻探討

第一節 前言

運動所導致的肌肉損傷是一種肌肉細胞膜被破壞產生發炎的過程，造成體內血液與酵素活性改變，例如肌酸激酶 (CK)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH)、穀丙轉氨酶 (alanine aminotransferase, ALT) 或天冬氨酸轉氨酶 (aspartate aminotransferase, AST) 等，因此也常被利用作為肌肉損傷的指標 (Hoffman & Clemens, 1996; Chevion et al, 2003; Vimercatti, Zovico, Carvalho, Barreto, & Machado, 2008)。

目前常用於監控肌肉發炎的生化指標，大致可區分為急性評定指標以及慢性肌肉傷害兩部分；就急性肌肉損傷而言，肌紅素 (myoglobin, Mb) 與心臟脂肪酸結合蛋白質 (heart fatty acid binding protein, H-FABP) 等能夠評估運動後所造成的急性損傷程度；另一方面，肌肉發炎指標則可藉由肌酸激酶與乳酸脫氫酶等 (陳忠慶與陳信良，2005)。

第二節 肌肉疲勞指標

一、血氨

血氨 (ammonia, NH_3) 是人體內各器官與組織代謝的產物之一，是一種小分子物質，它在細胞內產生後會經過細胞膜進入血液，並且可透過血腦障壁 (Blood-Brain Barrier, BBB) 進入中樞神經系統。因此，早在西元 1922 就有人提出氨與疲勞之間是有關係的 (Mutch & Banister, 1983)。在短時間高強度的激烈運動中，人對於 ATP (三磷酸腺苷) 需求急遽，致使大量的 ADP (二磷酸腺苷) 與 Pi (磷酸根) 結合以應付 ATP 需求，每 2 分子的 ADP 與 Pi 結合會產生 1 分子的 ATP 與 AMP (單磷酸腺苷)，當 AMP 進入到嘌呤核苷酸循環 (purine nucleotide cycle, PNC)，透過腺苷酸脫氨酶 (AMP deaminase) 的催化而產生氨與 IMP (肌核苷) (Weicker, 1988；黃麟棋與張嘉澤，2007)。無論是耐力性或短時間激烈性運動皆會使血氨濃度上升，運動時，骨骼肌是體內產生氨的主要部位，特別是快縮肌，換句話說，血液中氨的濃度取決於肌肉的生成 (Lowenstein, 1972)，隨著運動強度、運動時間、運動型態等因素的變化，將會影響血液中氨濃度的高低。Allaen and Conn (1960) 研究發現，當一般健康大眾以中低強度進行運動後，血液中的血氨濃度並無大幅的改變，不過若在高負荷下進行運動則血氨濃度則可能增加至安靜值的 400% 倍之多，Buono (1984) 亦指出強度在 60-70% $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ 時，會提高血氨生成，強度提升到 90-100% 後血氨生成斜率最大。由上述可知血氨可作為運動負荷強度的參考指標 (Urhausen & Kindermann, 1992)。

二、乳酸

乳酸是無氧醣解路徑中，丙酮酸接受氫離子所產生的產物，也是醣質新生的先驅物，在有氧的狀態下，人體產生能量的過程中也會產生乳酸，兩者在不同路徑下所產生的乳酸濃度對生理的變化也會產生差異。人體在激烈運動中，因乳酸的大量生成，將伴隨著氫離子濃度上升，造成身體pH值下降，產生所謂的酸化現象(Sahlin, Harris, Nyling, & Hultman, 1976)。

短時間高強度運動負荷下，例如200m 衝刺的運動型態，運動時間介於20-30sec 之間，其能量代謝來源，有氧能量代謝占了 20%，無氧能量代謝則達80% (Hargreaves, 1995)，因此在無氧路徑的副產物乳酸與氫離子將在非常短的時間內大量的產生，使組織中酸性物質過量堆積，該物質即乳酸將會干擾肌肉的收縮、神經傳導的速度及能源的利用，或是造成代謝過程中能力的下降，進而造成疲勞 (Stamford, Weltman, Moffatt & Sady, 1981； Kirkendall, 1990)。不過，影響乳酸濃度的變化在訓練上大致可區分成三類，分別為一：運動的強度；二：參與的肌肉量；三：持續的時間 (Hultman & Sholm, 1980)。Tesch, Sjödín, Thorstensson and Karlsson (1978) 對人體的股外側肌實施30sec 與60sec 的最大肌力測驗，並以肌肉切片觀察乳酸去氫酶(LDH)與乳酸同工酶活性的變化後發現，快縮肌纖維的活動可能造成體內pH值與乳酸的變化，因此，乳酸與體內酸鹼值可以用來評估肌肉是否受損的因子之一。另一方面，Horita and Ishiko (1987) 則以健康男性為對象，透過等速收縮的方式評估不同收縮頻率下，肌電圖與乳酸之間的關係，結果發現肌肉電氣活動的效率下降與乳酸的累積程度有相對應的關係，表示肌電圖與乳酸同樣能用來評估肌肉疲勞的現象，並且乳酸的濃度

可能直接或間接損害肌肉的功能。因此，而乳酸亦可做為運動強度、肝醣儲存情況、疲勞甚至調控的方法之一 (Weinecker, 1993；Hottenrott, 1993)。

三、心跳率、自覺費力分數與肌肉疲勞之關係

心跳率所代表的含意為人體每分鐘所跳動的次數，心跳次數的高低是透過交感神經與副交感神經系統相互拮抗作用所致，通常可藉由儀器或徒手的方式得知，它所反映的是人體面對外界或內在變化的過程中，最立即且直接的反應，一般而言除了用來評估病理性疾病外，也透過心跳率的高低來觀察運動負荷與恢復的情形。Hottenrott (1993) 指出，心跳率可用來判斷個體的訓練效果及承受負荷的能力。Gleeson, Blannin, Zhu, Brooks, and Cave (1995) 與 Gleeson, Blannin, Walsh, Field, and Pritchard (1998) 表示，無論在最大或非最大的運動負荷之下，所誘發的肌肉損傷將使乳酸濃度增高與心跳率的提升。

自覺費力分數(rating of perceived exertion, RPE)，通常以表格呈現，稱之為運動自覺量表，是由一位瑞典的生理學家 Gunnar Borg (1962) 所發展運用於運動測試之中的量表，該量表分數的等級與運動中的心跳率呈現線性的關係，並且與耗氧量及乳酸堆積呈現出高度的相關達0.80至0.90之間 (Borg, 1982)。Noble, Borg, Jacobs, Ceci, and Kaiser (1983)以十名男性為對象，藉由三種運動測試(腿部費力、心肺努力與腿部疼痛)讓受試者以知覺評估其數值，並與乳酸和心跳率一起測驗後發現，心跳率的上升與肌肉中乳酸濃度以及運動強度呈現正向的線性關係。而 Borg, Ljunggren, and Ceci (1985) 以28名男性為對象，透過腳踏車測功儀以漸增至最大努力的方式，評估自我

費力程度與測量心跳和血乳酸三者之間的關係，該論點表示心跳率與血乳酸能夠預測自我費力的程度，並且能夠用來評估腿部疼痛的程度。Dunbar, Robertson, Baun, Blandin, Metz, Burdett, and Goss (1992) 針對有規律性運動習慣者為對象，透過不同強度的運動負荷與運動自覺量表相對照之後發現，自覺費力分數能夠有效的評估規律性的運動強度。這表示乳酸、自覺費力分數與心跳率三者有著密切的關係，並且對於肌肉損傷具有預測性的能力。

第三節 肌肉損傷指標

一、肌酸激酶

肌酸激酶 (creatine kinase, CK) 也稱磷酸肌酸激酶 (creatine phosphokinase, CPK) 是一種大量存於健康肌細胞中的肌纖維膜與粒線體模間隙中的酵素，負責無氧運動型態，能量補充與 ATP 恢復過程的中間催化酵素；而 CK 亦存於心肌、大腦、腸道等處的粒線體中。目前發現 CK 有三種結構不同，但能催化相同生化反應的同工酶，分別存在於腦組織的 CK-BB、心肌的 CK-MB 與骨骼肌中的 CK-MM，而此三處若有損傷均可能造成 CK 值的上升，而身體活動可能造成體內許多酵素活性上升，CK 就是其中一 (Hortobagyi & Denahan, 1989；Noakes, 1987)，也因此臨床上常藉測定 CK 活性來評估肌肉、心臟與腦病變的問題 (Hoffman & Clemens, 1996；鄭桂玫與洪明吉，2000)。正常情況下，男性安靜時 CK 值介於 55-170 U/L，女性大約 30-135 U/L 之間 (Pagana & Pagana, 1995)，並且女性的

CK 值普遍低於男性 (Fu, You, & Kong, 2002)。

骨骼肌肉組織的損傷主要是因為代謝性 (metabolic) 與機械性 (mechanical) 兩種壓力造成 (Pyne, 1994)。一般而言，CK 只有極少部分存在於血液中，不過，激烈的運動將使身體產生自由基，會導致細胞氧化受損 (Davies, Quintaniha, Brooks, & Packer, 1982)，肌肉組織缺氧、離子濃度的改變、體溫的升高及兒茶酚胺釋放等因素的影響，會使肌纖維膜滲透性也會增加 (Pyne, 1994；Hanel, Law, & Mortensen, 2003；Urhausen & Kindenmann, 1992)，就運動型態而言，高負荷的離心與向心性收縮都將提高 CK 活性，亦代表著肌節 (Sarcomere) 中的 Z 盤 (Z-disc) 產生了損傷 (Hortobagyi & Denahan, 1989)，這將使得受損肌肉中的 CK 大量釋出，並進入到血液之中，造成運動表現下降 (Ebbeling & Clarkson, 1989；Miles & Clarkson, 1994)。但是，CK 的個別差異很大，運動員在常規訓練下普遍高於非規律訓練的一般人，有時甚至高出 2 到 3 倍 (馮煒權，2000)。血液中 CK 活性的高低取決於運動持續的時間、強度以及運動型態 (Urhausen & Kindermann, 1992)。

Koutedakis, Raafat, Sharp, Rosmarin, Beard, and Robbins (1993) 以奧運選手和一般非訓練者為對象，比較血液中各酵素活性的差異後發現，運動員安靜狀態下 CK 活性是高於非訓練者的。這樣的結果同樣在 Vincent and Vincent (1997) 的研究之中獲得證實，他們藉由舉重選手與未經訓練者的對照，透過多項的下肢阻力負荷後，觀察兩組之間的差異後發現，在安靜時運動員的 CK 活性高於一般健康受試者，但在阻力負荷後其 CK 值是低於非訓練者的。在上述文獻之後可發現一項原則，即運動強度與運動時間和 CK 活性是呈現正相關的現象，激烈運動後

CK峰值通常在24小時後出現，但依強度的不同也有可能持續上升到第48或72小時 (Brancaccio, Limongelli, & Maffulli, 2006)，而超長時間的運動甚至使CK上升的時間延長至數天之後。這現象可能會抑制能量的合成並導致疲勞的發生(Harries, Williams, Stanish, & Micheli, 1994)。

第四節 高強度間歇與重複訓練之特性

一、間歇訓練相關文獻

間歇訓練起源甚早，Billat (2001) 表示，20世紀初期一位芬蘭的10000m 奧運冠軍選手 Hannes Kolehmainen 就已經透過間歇訓練來增進自己的運動表現。在1930-40年代，由 Woldemar Gerschler 介紹了衝刺間歇訓練 (sprint interval training, SIT) 後，便開始被廣泛的運用於運動競技上並且創造了許多世界紀錄 (Coyle, 2005)。之後隨著時間的演變，後人根據間歇衝刺型態的基本模式，進而針對強度、休息時間、距離等依據進行變化，而呈現今日的模樣，而高強度間歇衝刺即為其中的一種訓練方式。

高強度間歇訓練指在高強度運動之下 ($\geq \text{VO}_{2\text{peak}}90\%$) 以間歇的衝刺型態 (如衝刺或騎車等循環性項目) 進行，通常伴隨著數秒至數分鐘的低強度動態恢復形式 (Gibala & McGee, 2008)。而訓練內容的設計主要以能量的需求與疲勞的情形為考慮之因素，造成上述兩者的原因是由於乳酸的累積以及肝醣的需求所造成，也因此內容設計上會考量到下列幾項因素：(1)

跑步的速度或強度；(2)訓練過程中，組內以及組間的休息；(3)重複的次數 (Macleod & Donald, 1993) ；(4)跑步的距離 (Balsom, Seger, Ekblom, & Sjödín, 1992)。

有研究指出，高強度間歇訓練後將使腿部力量下降，在進行相同速度性訓練時自我費力分數升高，並且產生疲勞症狀 (Fry, Morton, Garcia-Webb, & Keast, 1991； Robson-Ansley, Blannin, & Gleeson, 2007)，而這種運動負荷的壓力(stress)可能會導致運動員發生肌肉損傷的情況 (Edge, Mündel, Weir, & Cochrane, 2009)。另外，也將使心跳率提高、跑步效率下降 (Zavorsky, Montgomery, & Pearsall, 1998)。Davies, Rowlands, and Eston (2009) 透過離心性運動使受試者產生肌肉損傷，將運動前與運動後對照發現，在負荷結束之後，運動所誘發的肌肉損傷導致身體產生攝氧量與 RPE 顯著上升的現象，並表示在損傷發生後，換氣閾值 (gas exchange threshold, GET)與 RPE 也有著高度密切的關係。Balsom, Seger, Ekblom, and Sjödín (1992) 以三次三種不同距離(15m、30m、40m)的間歇衝刺，搭配相同休息時間(30 sec)觀察測試前後乳酸、速度、耗氧量、尿素等生理反應後發現，隨著距離越長，乳酸濃度將隨之上升，速度表現下降，整體表現也與參與組數的增加而有下降的現象。

二、重複訓練相關文獻

Spencer, Lawrence, Rechichi, Bishop, Dawson, and Goodman (2004) 在綜合各文獻後表示，在高強度負荷之下同樣透過跑步或腳踏車等循環性運動項目以衝刺型態進行，衝刺時間大多介於數秒至數十秒之間，其中，組與組之間的休息以完全休息的型態進行，通常每組訓練時間不多於3min。許多

文獻綜合歸納後可發現，重複訓練強度大多需以比賽速度的100% (1-2分鐘的比賽項目)，負荷時間介於20-30 sec，組內完全休息時間介於20-30 sec，組間休息則應大於5-7min。因此，實施高強度重複訓練時，必須依訓練的強度與距離不同而應施予不同休息時間；而這種型態就能量供能系統而言，主要是希望能夠減少過多無氧供能路徑的負擔，增加有氧能量部分 (Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005)。但亦有研究指出，短時間的重複性衝刺間的恢復型態中，若能以低強度的動態恢復，能夠促使乳酸排除進而降低肌肉酸性 (Signorile, Ingalls, & Tremblay, 1993)。但就目前而言，少有文獻以高強度重複衝刺型態來探討與肌肉疲勞與發炎之間的關係。



第五節 文獻總結

綜合上述文獻可知，高強度訓練實施可能會造成肌肉疲勞甚至損傷的情形發生，不過大多文獻設計多以離心性運動造成的損傷為主，而室外實驗多以短距離 (60m 以下) 的運動距離實施，就實際運動訓練上，高強度間歇與高強度重複性訓練的研究是目前最普遍被利用於提高無氧供能效率、快速耐力以及耐乳酸能力的訓練模式，但在這高強度負荷很可能會導致損傷發生，影響訓練成效，進一步降低運動表現甚至阻礙健康的發展。因此，本研究欲針對單次兩種不同高強度訓練型態為負荷因子，觀察該負荷強度對於受試者在運動中與結束後身體之肌肉疲勞、發炎指標以及速度表現等參數下所產生的變化。

第參章 研究方法

第一節 研究對象

本研究以 7 名正規律訓練之高中短距離男性徑賽選手為受試對象，並分別進行兩種不同運動測試（間歇組測試與重複組測試），該選手基本資料如表 3-1 所示。在進行本次實驗前，會先告知受試者本實驗流程與必須配合之處後，請受試者填寫個人基本資料與實驗同意書，並且排除患有心臟血管疾病、氣喘與肌肉疼痛者等身體不適者嚴禁參與本實驗，此外在實驗過程中，將要求受試者除了實驗之外嚴禁任何運動訓練並維持正常生活作息。

表 3-1 受試者基本資料

	年齡(age)	身高(cm)	體重(kg)	訓練年數(yr)
平均數	15.57	171.01	59.73	3.71
標準差	1.05	5.04	6.37	1.98

第二節 實驗時間與地點

實驗時間：2010 年 3 月下午

實驗地點：長庚大學田徑場、國立體育大學運動技術研究所運動能力診斷中心

第三節 實驗儀器與設備

- 一、 心率偵測器 (Polar 610i)
- 二、 SEIKO 碼錶
- 三、 採血工具 (採血針、酒精、手術用手套、紅血球破壞劑、衛生紙、毛管、冰桶等)
- 四、 乳酸血糖分析儀 (Diagnostic Biosen C-line ; EKF-diagnostic)
- 五、 Catellani Lentrifu'g 離心機
- 六、 DR LANGE LT500 加熱器
- 七、 肌酸激酶分析儀 Photometer DP600 (made in Germany)
- 八、 Borg's Scale 自覺量表 (6-20 Scales)
- 九、 血氨測定儀 (PocketChem BA PA-4130 ; ARKRAY)

第四節 實驗設計

本實驗以受試者 7 人，將分別參與兩種負荷型態，在進行運動負荷之前先實施前測，目的為紀錄每位受試者 200m 之最大速度，作為運動負荷依據。

實驗分成前測與主實驗（運動負荷）兩部分，主實驗分成間歇 (Interval) 與重複 (Repetition)兩種方式，該負荷內容如表 3-2，所有受試者在不同天數各參與其中一種運動負荷測試，並以指尖與耳垂採血的方式採集，採血過程中，考量採集部位的依據在於血量的多寡，故本實驗中藉由指尖採集 CK (60 μ l) 與 NH₃ (20 μ l)，乳酸(10 μ l)則以耳垂方式採集。採集時間點如表 3-3，每種運動負荷測試將間隔三天，目地為減少過長時間停止訓練所導致運動能力下降，以及讓每位受試者有充分時間休息恢復，並在該測試隔天早晨採取 CK 血液樣本。

進行主實驗測試前，每位受試者依前測速度為依據進行分組，將速度相近之 2-3 人為一組，目地為使每位受試者皆能以最大努力進行實驗，實驗執执行程序如圖 3-1。

表 3-2 運動負荷內容

	運動強度	範圍	組內休息	組間休息
間歇組	Speed _{max} 90%	2x3x200m	90sec 動態恢復	10min
重複組	Speed _{max} 90%	2x3x200m	3min 完全休息	10min

表 3-3 生物參數採集方式與時間點

參數 \	R	1X	2X	3X	4X	5X	6X	E3	E5	E7	E10	E15	24hr
CK	●											●	●
NH ₃	●			●			●						
La	●			●			●	●	●	●	●	●	
RPE	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
HR		○	○	○	○	○	○		○				
Speed		○	○	○	○	○	○						
採血 方式	指 尖			指 尖			指 尖	耳 垂	耳 垂	耳 垂	耳 垂	指 尖	指 尖

● 血液樣本；○ 非血液樣本

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	T-1				T-2				T-3		
		Rest				CK				CK	

圖 3-1 實驗執行程序

註：T-1:200m 前測；T-2: 間歇與重複實驗；T-3: 間歇與重複實驗

第五節 實驗流程圖

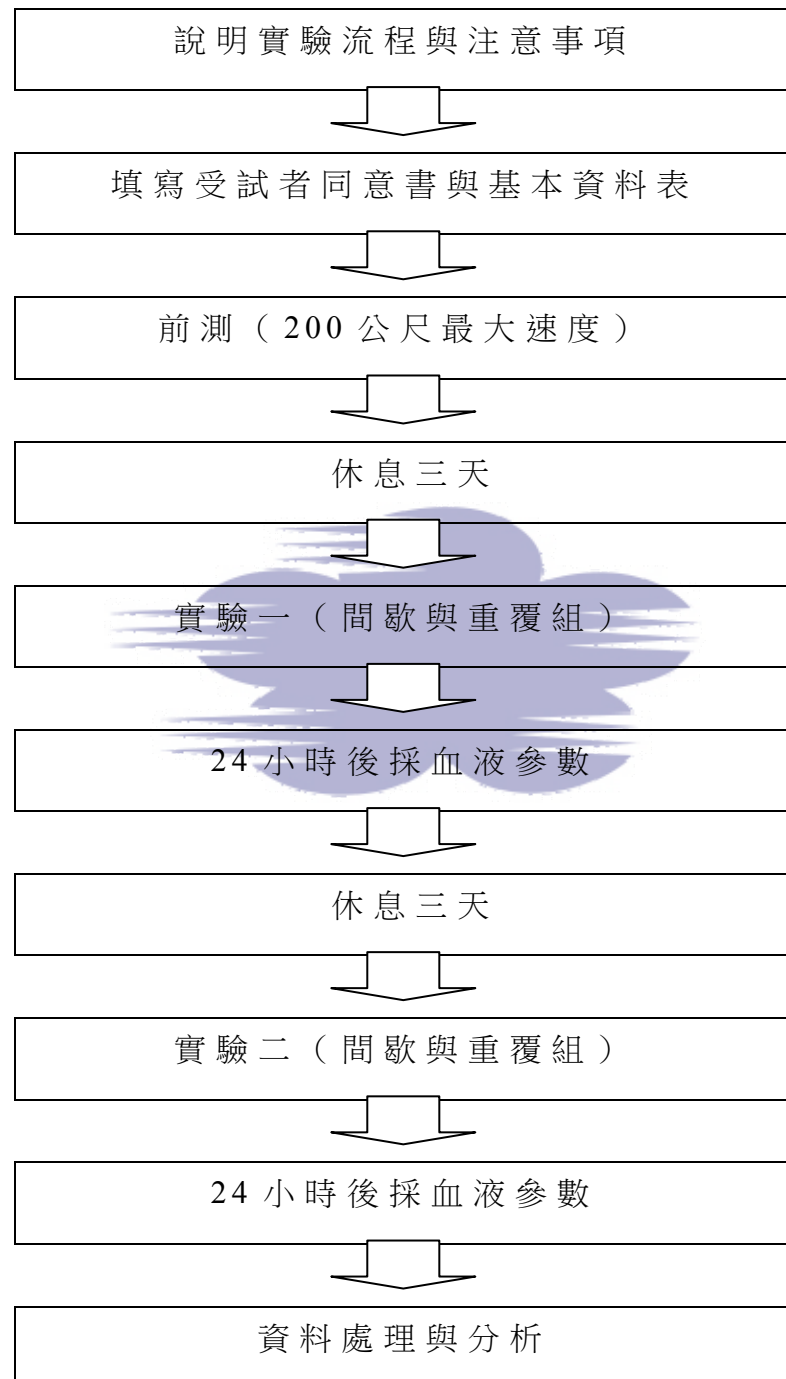


圖 3-2 實驗流程圖

第六節 資料分析與處理

本研究將實驗所收集的各種資料（乳酸、速度、肌酸激酶、血氨與自覺費力分數）以不同負荷為依據，依不同生物參數採集之時間，以相依樣本 t 考驗檢驗兩種負荷間是否有差異，並以皮爾森積差相關觀察肌酸激酶、乳酸、自覺費力分數與速度之間的關係。本研究以 SPSS 12.0 套裝軟體進行統計分析，顯著水準為 $\alpha = 0.05$ 。



第肆章 結果與分析

本章依據實驗前、後所收集與測得之數據經統計分析與製圖處理後，區分成數節如下呈現：

第一節、間歇與重複訓之速度表現

第二節、間歇與重複對疲勞指標之變化

第三節、間歇與重複對肌肉損傷指標之變化

第四節、乳酸最大值與肌酸激酶、速度表現之相關

第一節 間歇與重複運動之速度表現

一、受試者 200m 最大速度

本研究受試者共七名，皆為訓練至少平均兩年以上之高中短距離徑賽選手，本次 200m 速度檢測，平均速度為 8.199 ± 0.225 m/s，最高速度為 8.684 m/s，最低速度為 8.029 m/s，如 4-1 所示。

表 4-1 受試者 200m 速度

Speed	Mean $\pm$ SD(m/s)	Max(m/s)	Min(m/s)
200m	8.199 ± 0.225	8.684	8.029
V _{max 90%}	7.38	7.82	7.23

二、間歇與重複速度比較

共六趟的 200m 衝刺後發現，兩種方式平均速度並無顯著差異，間歇與重複負荷之速度分別為 $6.837 \pm 0.561 \text{ m/s}$ 與 $6.873 \pm 0.539 \text{ m/s}$ ，就最高與最低速度而言，重複負荷速度皆高於間歇負荷，如表 4-2。重複負荷(6x200m)衝刺之中有 4 次速度表現優於間歇負荷，但皆未達顯著；而間歇負荷第 4 及第 6 次衝刺(即後半段速度)表現較佳，且第 4 趟速度差異達到顯著($p < .05$)，如圖 4-1 所示。

表 4-2 間歇與重複負荷方式速度比較

Speed (m/s)	間歇	重複	Diff
M $\pm$ SD	6.837 ± 0.561	6.873 ± 0.539	0.036
Max	7.883	8.306	
Min	5.135	5.777	

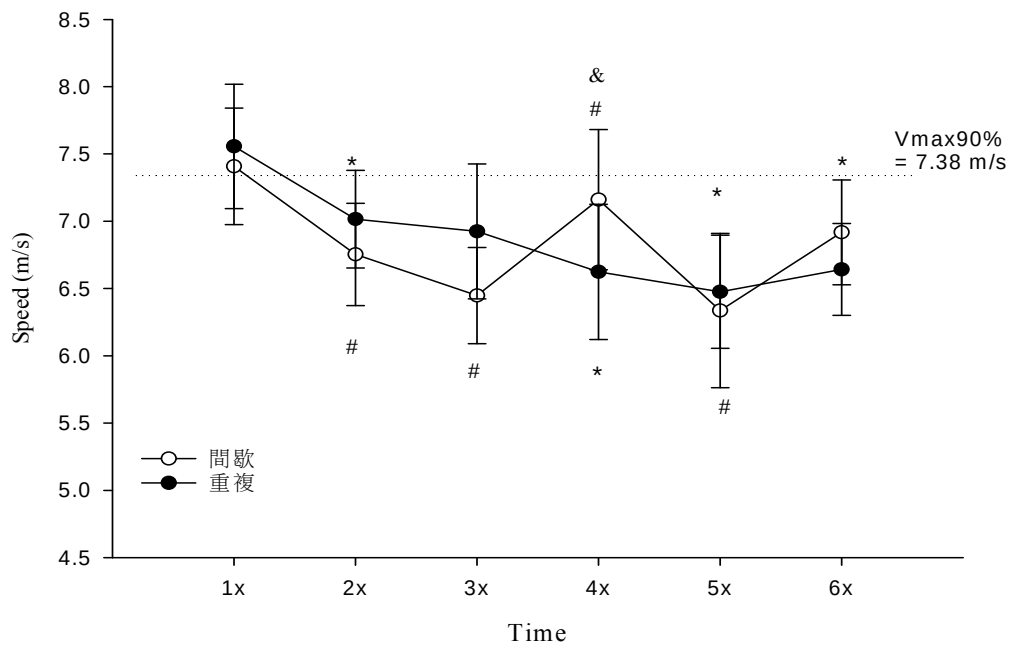


圖 4-1 間歇與重複方式速度曲線

註：* 重複負荷組內與第一次速度比較之差異；# 間歇負荷組內與第一次速度比較之差異；& 間歇與重複負荷間差異。

第二節 間歇與重複對疲勞指標之變化

一、間歇與重複乳酸之比較

由表 4-3 與圖 4-2 所示，間歇負荷之乳酸的安靜值、運動中第三趟(3x)與最後一趟結束(6x)分別為 1.36 ± 0.46 、 16.94 ± 3.69 以及 $23.63 \pm 4.04 \text{ mmol/l}$ ；而重複負荷依序為 1.61 ± 0.26 、 19.07 ± 4.15 和 $22.52 \pm 1.60 \text{ mmol/l}$ 。該兩負荷方式的 3x 與 6x 以及結束後第 3、5、7、10 與 15min (E3、E5、E7、E10、E15)之數值皆未達顯著差異 ($p > .05$)。

表 4-3 間歇與重複方式不同時間點乳酸之比較

La (mmol/l)	間歇	重複	Diff
R	1.36 ± 0.46	1.61 ± 0.26	0.25
3x	16.94 ± 3.69	19.07 ± 4.15	2.13
6x	23.63 ± 4.04	22.52 ± 1.60	0.11

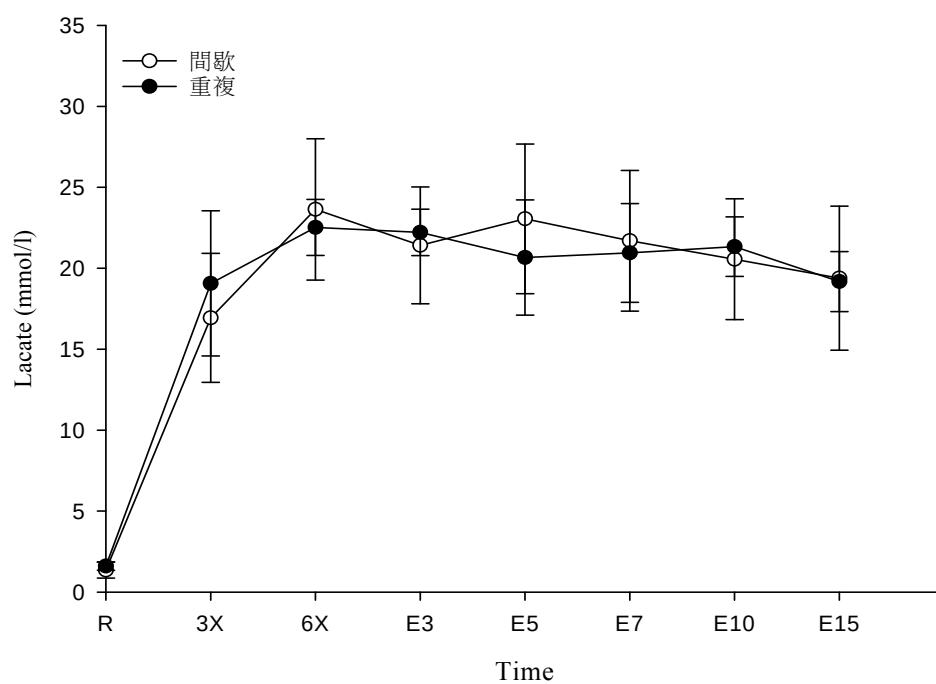


圖 4-2 間歇與重複方式乳酸之比較

二、間歇與重複血氨之比較

間歇負荷的血氨依時間順序為安靜值(R)為 $56.71 \pm 12.74 \mu\text{mol/l}$ 、運動中第 3 趟(3x)是 $161.57 \pm 82.34 \mu\text{mol/l}$ 與第 6 趟(6x) $210.00 \pm 73.59 \mu\text{mol/l}$ ；重複負荷則依序是 55.28 ± 24.46 、 191.57 ± 72.79 與 $213.00 \pm 95.12 \mu\text{mol/l}$ 。兩種方式組內各自與 R 對照後發現有差異($p < .05$)，而兩種方式間的 R、3x、6x 並無差異($p > .05$)，結果數值如表 4-4。

表 4-4 間歇與重複方式血氨之比較

NH ₃ ($\mu\text{mol/l}$)	間歇	重複	Diff
R	56.71 ± 12.74	55.28 ± 24.46	1.43
3x	161.57 ± 82.34 #	191.57 ± 72.79 *	30
6x	210.00 ± 73.59 # §	213.00 ± 95.12 *	3

註：* 重複負荷組內與安靜值達顯著差異；# 間歇負荷組內與安靜值達顯著差異，§間歇組 3x 與 6x 達顯著差異。

三、RPE 與速度表現之相關

間歇與重複負荷之自覺費力分數(RPE)與速度表現相關如圖 4-3 所示，間歇組之 RPE 與速度的直線相關係數為 $r = 0.68$ ，其直線回歸方程式為 $y = 4.19x - 11.88$ ；重複組的 RPE 與速度相關則為 $r = -0.30$ ，直線回歸方程式 $y = -1.62x + 28.17$ 。

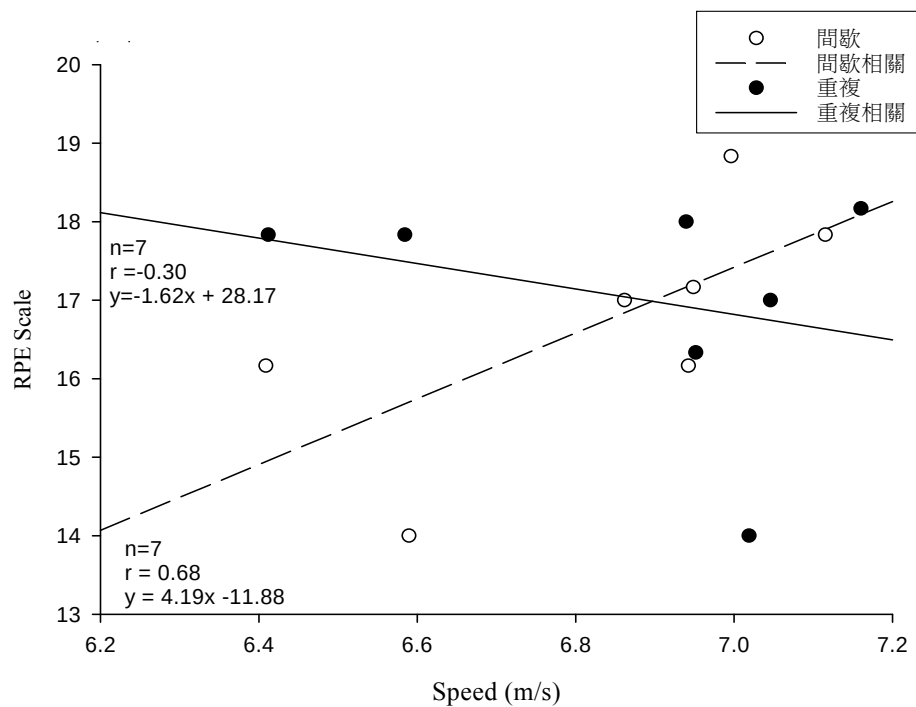


圖 4-3 間歇與重複負荷芳式之 RPE 與速度相關圖

第三節 間歇與重複對肌肉損傷指標之變化

一、間歇與重複肌酸激酶之比較

間歇與重複方式的肌酸激酶依時間可區分為安靜值、運動後第 15min 與隔天早晨(24hr)，其值如表 4-5 所示。並由圖 4-4 發現，重複負荷之 R(186.47 ± 83.18 U/l)與 E15(234.43 ± 102.01 U/l) 肌酸激酶差異達到顯著 ($p < .05$)，其餘兩方式之組內與組間值則皆未達顯著差異。

表 4-5 間歇與重複方式肌酸激酶之比較

CK(U/l)	間歇	重複	Diff
R	165.33 ± 53.89	186.47 ± 83.18	21.14
E15	200.57 ± 56.63	$234.43 \pm 102.01^*$	33.86
24hr	195.43 ± 42.79	247.14 ± 95.11	51.71

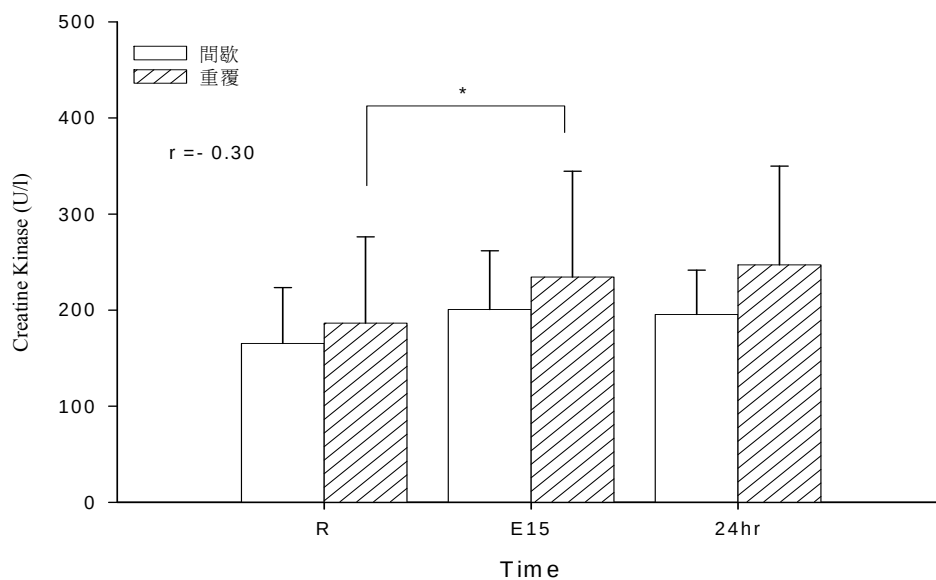


圖 4-4 間歇與重複方式對 CK 與不同時間點之比較

二、肌酸激酶與速度對照

間歇與重複負荷之肌酸激酶(24hr)與速度平均分別為 195.43 ± 42.79 U/l 與 247.24 ± 95.12 U/l 以及 6.84 ± 0.23 m/s 與 6.87 ± 0.25 m/s，肌酸激酶與速度未達顯著差異($p>.05$)，如圖 4-5 表示。

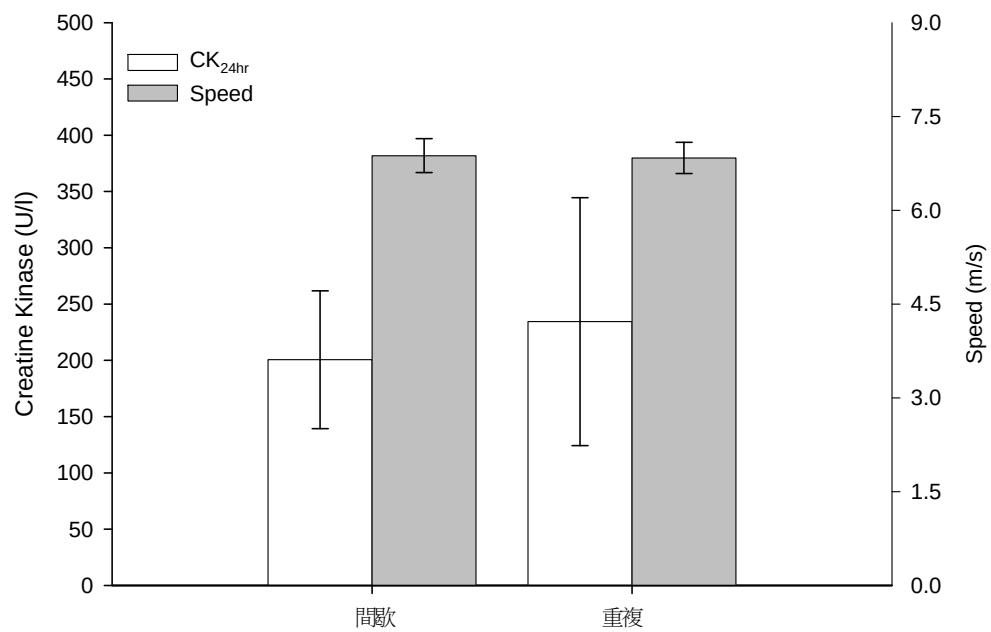


圖 4-5 間歇與重複方式肌酸激酶與速度之對照

三、間歇負荷的肌酸激酶與整體平均速度之相關

間歇負荷運動結束後第 15min 的肌酸激酶(CK_{E15})與全程平均速度表現之直線相關 $r = -0.67$ ，直線方程式 $y = -165.17x + 1329.82$ ，如圖 4- 6 所示。

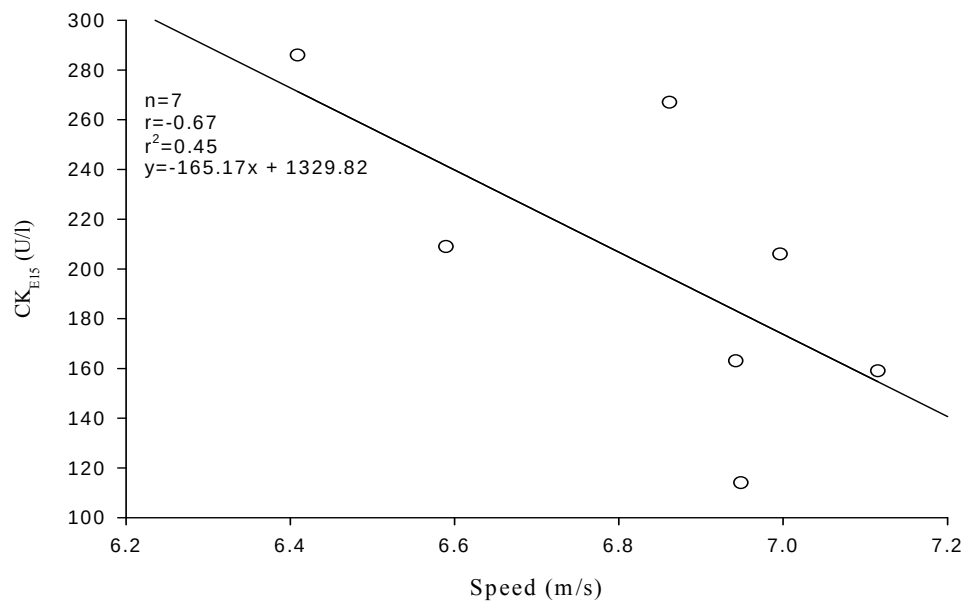


圖 4-6 間歇方式肌酸激酶與速度之相關

四、重複負荷肌酸激酶與全程平均速度相關

重複負荷運動結束後第 15min 的肌酸激酶(CK_{E15})與全程平均速度表現之直線相關 $r = -0.04$ ，直線方程式 $y = -17.44x + 354.27$ ，如圖 4-7 所示。

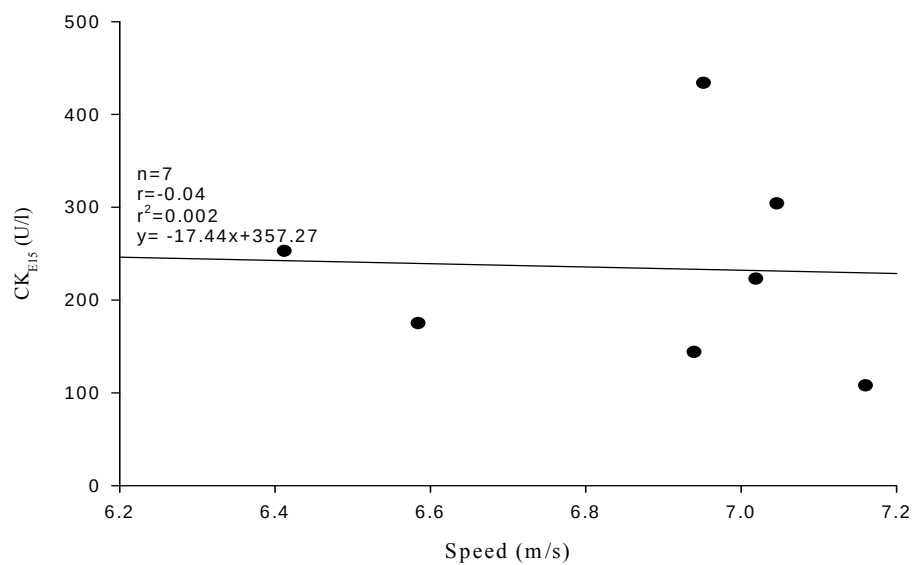


圖 4-7 重複負荷肌酸激酶與速度之相關

第四節 乳酸最大值與肌酸激酶、速度表現之相關

一、間歇負荷乳酸最大值與肌酸激酶相關

圖 4-8 為間歇負荷乳酸最大值 (La_{max}) 與肌酸激酶 (CK_{E15}) 之相關分析， La_{max} 與 CK_{E15} 相關值 $r = -0.55$ ，直線回歸方程式為 $y = -7.82x + 396.55$ 。

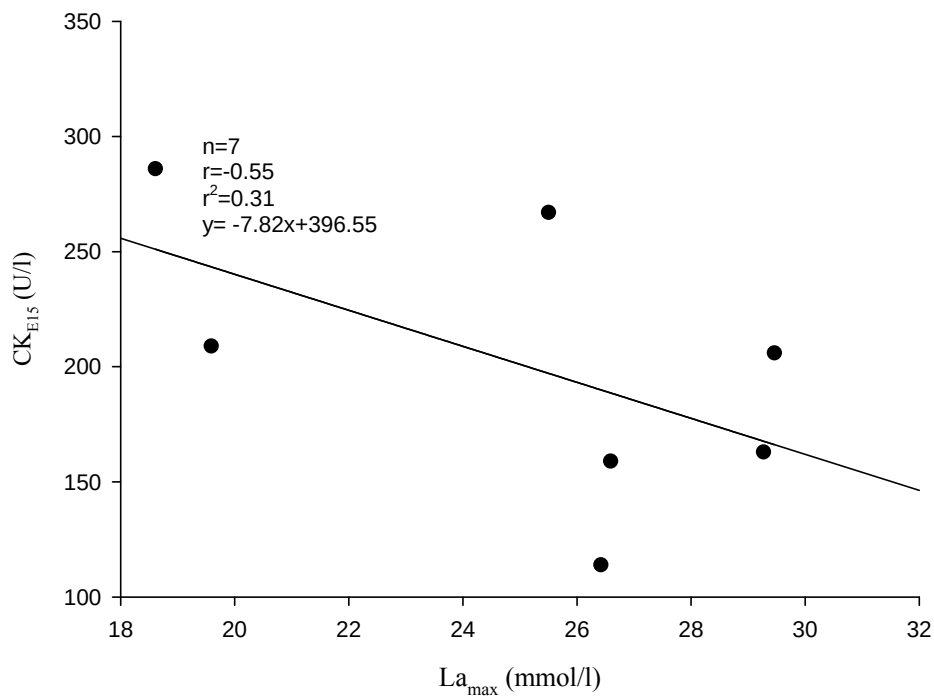


圖 4-8 間歇負荷乳酸最大值與肌酸激酶之相關

二、重複負荷乳酸最大值與肌酸激酶相關

重複負荷 La_{max} 與 CK_{E15} 之相關值分別為 $r = -0.49$ ，直線回歸方程式為 $y = -22.89x + 776.88$ ，如圖 4-9 所示。

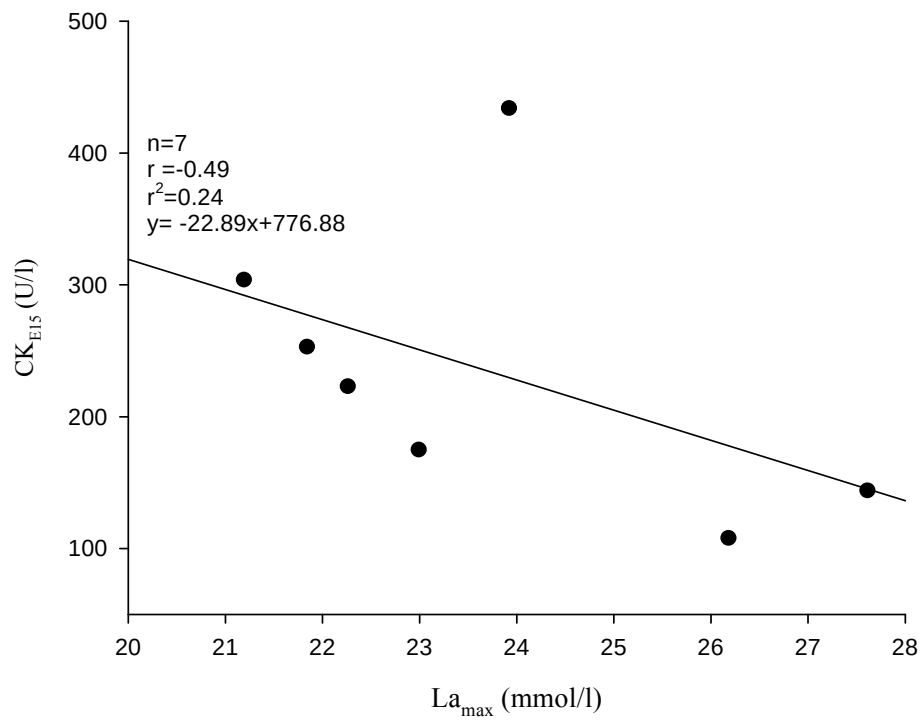


圖 4-9 重複負荷乳酸最大值與肌酸激酶之相關

三、間歇負荷乳酸最大值與整體平均速度相關

間歇負荷 La_{max} 與全程平均速度呈高度相關 $r = 0.9$ ，直線方程式 $y = 15.74x - 82.59$ ，如圖 4-10 所示。

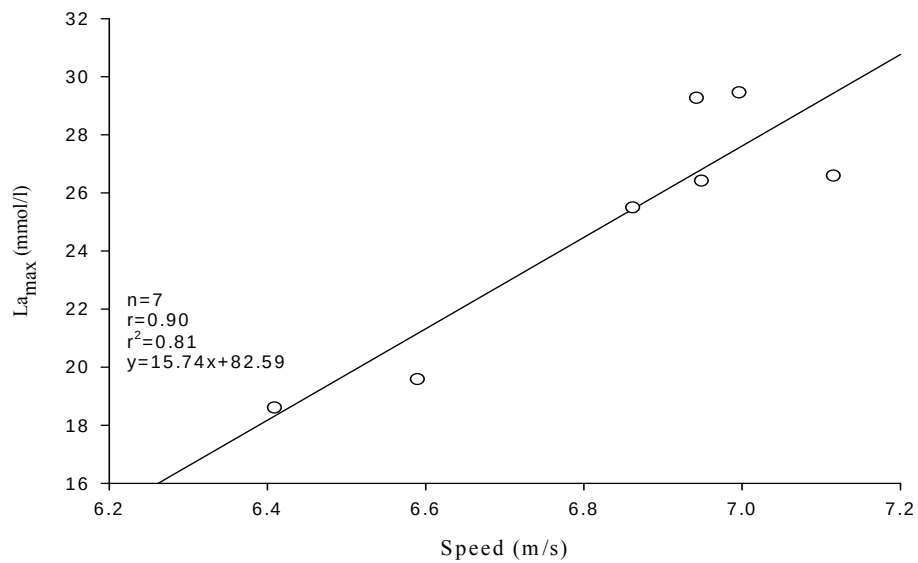


圖 4-10 間歇負荷乳酸最大值與全程平均速度之相關

四、重複負荷乳酸最大值與全程平均速度相關

間歇負荷 La_{max} 與全程平均速度呈高度相關 $r = 0.36$ ，直線方程式為 $y = 3.20x + 1.73$ ，如圖 4-11 所示。

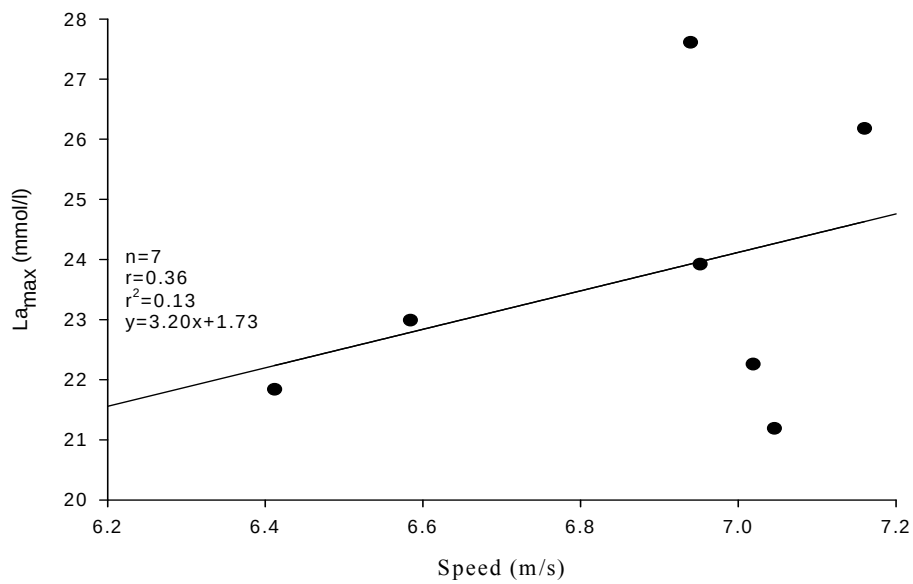


圖 4-11 重複負荷乳酸最大值與全程平均速度之相關

第五章 討論

本章節依據研究目的以及研究的結果加以分析探討，並依以下各節予以討論：

- 一、不同負荷方式對於速度表現之差異
- 二、不同負荷方式對於疲勞指標之差異
- 三、不同負荷方式對於損傷指標之差異
- 四、不同負荷方式對於疲勞、損傷指標以及速度之關係

第一節 不同負荷方式對於速度表現的差異

由圖 4-1 與表 4-2 所示，200m 衝刺所需時間大約介於 20-30sec 之間，能量的來源有 80% 以 ATP-CP 與無氧糖解系統提供，而有氧能量代謝亦佔了 20% 左右 (Hargreaves, 1995)。本研究比較間歇與重複負荷之整體的平均速度(表 4-2)後發現，重複組在 6 趟的速度表現是呈現依序減退的現象，這可能是因為在高強度負荷之後造成腿部肌力下降，並產生疲勞狀態有關 (Robson-Ansley et al., 2007)，不過能量供應能力下降、神經系統功能減退亦可能造成動作頻率降低，也可能是造成速度表現下降的因素之一。從圖 4-1 可明顯發現，間歇與重複方式不同之處在於第 3 與 4 趟之間(即組間休息前後)，前三趟間歇負荷組速度階低於重複負荷，而第三趟速度差異達 0.5m/s(間歇：6.45 m/s；重複：6.93 m/s)。第四趟則呈現恢復的態勢，不過之後的表現亦隨即下降，這可能是輕微的動態恢復確實能快速促進乳酸的排除以及磷酸肌酸的恢復 (McCartney, 1986；

Bogdanis, 1995)，而間歇負荷方式的第三趟速度大幅減退後隨即獲得較長時間的休息，這可能使得該組受測者得到較重複負荷完全的休息，因此速度表現得以回昇。

第二節 不同負荷方式對疲勞指標的差異

一、乳酸

本研究結果顯示(表 4-3 與圖 4-2)，高強度間歇與重複兩種負荷，第 3 趟的乳酸值顯著高於安靜值(間歇負荷： 16.94 ± 3.69 mmol/l；重複負荷： 19.07 ± 4.15 mmol/l)，這與 Peters Futre, Noakes, Raine, and Terblanche (1987) 研究相似，多次高強度衝刺後，乳酸濃度將大於 13 mmol/l，並進一步指出，動態恢復將提高乳酸移除率。Macleod and Donald (1993) 表示間歇運動負荷次數的增多，乳酸濃度將隨之提高，這與本研究所呈現之現象相同。不過從兩種負荷從乳酸值來觀察，並無顯著差異，這可能是因為重複負荷在多次衝刺負荷後，其能量來源從無氧醣解代謝轉換由部份有氧代謝提供，而減少無氧供能入徑的產物-乳酸的堆積 (Gaitanos et al., 1993)所致；而間歇負荷因組間休息較少的緣故，造成乳酸生成量仍高於排除速度。此外，一篇針對間歇運動休息時間的研究亦表示，至少兩次以上的高強度間歇，其組間恢復時間若小於 90 秒，將無法持續維持相同運動表現亦在本研究得到相同的結果 (Billaut, Giacomoni, and Guy Falgairette, 2003)。因此在本研究中，高強度間歇與重複衝刺的負荷對於乳酸累積程度並無差異性存在，這意味兩種負荷程度是相同的，不過在運動負荷間可發現乳酸隨著負荷次數增加而有提高的現象。

二、血氨

運動過程中，血氨主要是由嘌呤核苷酸循環(PNC)路徑刺激而產生 (Meyer, Dudley, & Terjung, 1980)，而短時間高強度或長時間運動下，即能快速造成血氨濃度上升 (Mark & Bailey, 1997)。本研究結果顯示(表 4-4)，隨著運動次數提高，血氨也有升高的趨勢並且兩種方式在運動中與結束後之值皆顯著高於安靜值，不過持續相同強度負荷時，血氨並不會依負荷次數增加而有提高的現象 (Ghosh, Abdullah, and Kishan, 2008)。此外，間歇負荷的血氨在 3x 以及 6x 後皆低於重覆負荷方式，這和 Bogdanis et al. (1996) 的研究相同，該研究藉高強度反覆衝刺的形式，分別以不同恢復型態實施後發現，動態恢復組的血氨呈現較低的現象，不過在兩趟的 30 秒負荷之下，並未在乳酸以及 pH 值方面發現任何差異存在。Nielsen et al. (2001)指出，運動過程中血氨的產生，可能是由於局部肌肉的疲勞而導致神經肌肉活性的下降，也進一步對中樞神經系統的運作造成影響。因此在本研究中，高強度間歇與重覆衝刺的負荷對於血氨並無差異性存在，不過針對研究中間歇方式而言，可發現血氨隨著負荷次數增加而有顯著提高的現象，而間歇與重複兩種方式在運動負荷中，在血氨值上並無差異存在。

第三節 不同負荷方式對於損傷指標的差異

本研究發現(圖 4-4、4-8、4-9；表 4-3、4-4、4-5)，間歇負荷結束後第 15 分鐘測量的結果雖然高於安靜值，但並未達到顯著差異；不過重複負荷在相較於安靜值後，則有不同的結果，

並顯著高於該組的安靜值。除此之外，在研究中也呈現重複負荷後的CK值皆高於間歇負荷的現象，但並未達到顯著。Gill, Beaven, and Cook (2006) 以不同恢復型態評估賽後 CK值發現，低強度動態恢復能夠提高CK清除率，而被動恢復則無此效果。另一方面，Twist and Eston (2005) 以間歇的型態，藉測功儀評估最大強度間歇負荷 (10 x 6 sec)，觀察CK的反應後發現，若以最大強度進行，該運動時間大約2秒就可能造成CK的改變。Hortobagyi and Denahan (1989)指出，肌肉在非重量負荷下，無論是等張或等長性的肌肉收縮都能造成CK值的改變，其中以細胞膜的滲透性提高為首，引發肌肉的疲勞，其次，過高的負荷將造成Z-disks的損害，導致CK值的上升。從過去研究顯示，下坡跑 (downhill running)、舉重 (weightlifting) 與增強式運動 (plyometric exercise)後，CK值得最高峰發生在第48小時 (Horita et al., 1999 ; Byrne and Eston, 2002 ; Eston, 2002)。由上述得知，極短時間內以高強度負荷即可能造成CK值的提高，而運動持續的時間、型態以及強度亦對CK值造成影響 (Urhausen and Kindermann, 1992)。因此，CK峰值產生點會因運動型態的差異而造成不同的結果。高強度運動負荷後，立即實施低強度運動有助於加速 CK的清除速度，因為低強度運動能提高血液流動，使體內血流重新分配並增加血管擴張的程度 (Gill, Beaven, & Cook, 2006)，而肌肉在損傷的情況下，輕度的肌肉收縮會增加肌肉局部血流量增加，增加受損肌內氧的輸送量，舒緩腫脹，恢復肌肉收縮效率，進而減緩損傷的程度 (Mohr, Akers, & Wessman, 1987 ; Clemente, Matulions, Barron, & Currier, 1991)。這可能是本研究中，間歇方式的CK值低於重複方式的原因。

正常男性 CK 值大約在 200U/L；女性 120 U/L 的範圍內，而高於 200U/L 則可能造成疲勞與損傷的現象。Urhausen and Kindermann (1992)亦表示，日常接受規律訓練之運動員，其 CK 值大約介於 200U/L 之內。就本研究結果所示，間歇與重複方式在負荷結束後第 15 分鐘，大約介於 200-235U/L 之間，而重複負荷高於間歇負荷，顯示重複負荷有可能因其負荷中恢復型態的差異導致 CK 值不同的結果，除此之外，這可能進一步促使損傷的發生。

本研究透過高強度衝刺模式，能量來源以 ATP-CP 與無氧醣解系統為主，而持續多次的衝刺可發現乳酸值的上升是由於無氧醣解供能所致，使肌肉發生酸化現象；另一方面，在運動負荷之中，也發現受試者皆出現輕微的肌肉損傷現象。從 CK 與 La_{max} 之相關顯示，兩種方式的 CK 在第 15 分鐘時與 La_{max} 呈現負相關的趨勢。過去文獻得知，由於 CK 與 La 生成路徑的差別，致使兩者出現峰值時間點上的差異。一般而言，乳酸在運動結束至運動結束後第 15 分中會產生峰值；而運動結束後的第 8hr 會明顯升高，基於運動型態、恢復方式與持續時間的不同，CK 峰值出現點亦會隨之不同(Tiidus & Ianuzzo, 1983)。間歇與重複負荷 CK 峰值出現的時間點不同，間歇負荷 CK 峰值出現在運動結束後 24 小時之內，而重複負荷可能出現在第 24 小時之後。就兩種方式而言，CK 與 La_{max} 所出現的負相關可能是由於 CK 峰值與 La_{max} 出現的時間點不同所致。由上述得知，乳酸與肌酸激酶對於運動負荷與損傷具有指標性的意義。

第四節 不同負荷方式對於疲勞、損傷指標以及速度之關係

由結果顯示(圖 4-3、4-5、4-6、4-7、4-10 與 4-11)，間歇負荷的速度表現與 CK、RPE 呈現負相關，乳酸最大值與速度則是正相關。重複負荷的速度和 CK 無顯著相關性，與 RPE 的關係則呈現低度負相關，不過乳酸最大值則與間歇方式類似，皆呈現低度正相關。就間歇負荷的 CK 值而言，當速度愈快則 CK 值愈高，這可能意味著，當肌肉產生發炎或是損傷的現象，可能降低快縮肌的招募進而影響運動表現 (Twist & Eston, 2005)。不過重複負荷並無法從 CK 值的高低評斷速度可能的表現，這可能受限於受試者本身的體能以及恢復速度的不同所致，另外因重複負荷恢復型態的關係，可能造成恢復速度與衝刺的表現無法在極短的休息時間內達到平衡，而產生受試者之間表現的差異。

自覺費力指數與速度表現的相關性在本研究中出現了相異的結果，間歇負荷之速度表現與 RPE 呈現正相關；重複負荷則是低度負相關，從 Borg (1982)的研究指出，乳酸與 RPE 相關性介於 0.80 至 0.90 之間。不過，隨著衝刺次數的增加，的確會使個體自覺費力的程度增加 (Baron et al., 2009)。Novas, Rowbottom, and Jenkins (2003)指出，RPE 對能量消耗及心跳率呈現高度相關性($r \geq 0.89$; $r \geq 0.93$)，並表示 RPE 能用來評估能量消耗的程度。在本研究中，間歇負荷的乳酸在運動中低於重複負荷的關係下可以推測，當乳酸累積量超過了一定的程度，可能會產生速度隨著 RPE 的提高而有下降的趨勢，但由於重複組中相關性為 0.3，這表示還有其它因素會影響速度表現。

另外，在個體適度的乳酸累積量下，速度表現並不會應自覺費力程度的提高而有下降的情形發生。除此之外，當運動負荷接近至衰竭階段，個人主觀意識會經由穩定控制機制 (homeostatic control mechanism) 傳達出不舒適的感受，造成接下來運動表現的下降，而這種下降也可能是體內為維持穩定狀態的一連串的結果 (Noakes et al., 2005)。

Hirvonen, Rehunen, Rusko, and Härkönen (1987)的研究比較 40、60、80 與 100m 衝刺對能量代謝的關係後指出，無氧運動下，速度的減退可能與 ATP-CP 系統的耗竭轉而由無氧醣解路徑供能有關係。Baron et al. (2009)的研究透過三種不同的坡度執行 10 x 60m 的衝刺，並觀察乳酸與速度等表現，該結果本研究相似，此外並表示，速度隨著衝刺次數的增加而有下降的趨勢，最大心跳率與每趟衝刺間並無顯著差異，而乳酸在第 5 及第 10 趟皆顯著高於安靜值，但兩者間無差異存在。因此，從心跳率與乳酸兩者相較之下得知，速度表現與能量供需可能存在較大的關聯性。Fujitsuka et al. (1982)以非經過訓練的男性為對象，觀察乳酸最大值與不同短距離衝刺之間的關係後指出，乳酸最大值與 200m 速度的表現具有很高的相關性($r = -0.78$)。不過，Ohkuwa, et al. (1984)透過 400m 衝刺，藉由不同對象(非訓練者、短跑運動員與長距離跑者)對照後發現，就非訓練者與長跑運動員而言，400m 平均速度與乳酸最大值呈現正相關($r = 0.71$ ； $r = 0.71$)。這種相關上的差異可能是由於長期訓練型態的不同，造成肌肉型態適應上的差異所致。在本研究的結果顯示，兩種負荷模式與乳酸最大值皆呈現正相關，間歇與重複負荷相關值分別為 $r = 0.90$ 和 $r = 0.36$ ，因此，乳酸的最大值可能隨著速度的提升而提高，這可能與受試者為短跑運動員有關，

受過訓練的短跑運動員，當進行短時間最大負荷衝刺時，其快縮肌的招募也與非訓練者不同。由於間歇與重複負荷兩組不同恢復型態，造成乳酸排除速度上的差異，也因此造成速度表現的差異可能是造成研究中相關性差異的原因。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

本研究主要透過高強度衝刺型態來觀察高中短距離徑賽選手在兩種不同型態的衝刺下，對身體的負荷產生的變化，並探討運動後肌肉損傷指標差異，研究結論如下：

(一)單次高強度間歇與重複負荷對肌肉疲勞指標差異方面：

1、血氨：6x200m 的高強度間歇與重複衝刺負荷對血氨並無差異存在，不過就間歇負荷而言，血氨值會隨著負荷次數的增加而有上升的現象。

2、乳酸：兩種衝刺型態對乳酸累積並無顯著差異，但乳酸值會隨著負荷次數的增加而有上升的趨勢。

(二)兩種運動負荷型態對 CK 值而言並無顯著差異，但短時間高強度負荷(即 6x200m)組即造成 CK 值升高；單次高強度間歇負荷後，CK 峰值出現時間點可能在 24hr 以內。

(三)比較單次高強度間歇與重複負荷與速度表現之差異：

重複負荷速度表現隨著衝刺次數的增加而呈現減退，間歇負荷則表現出較不一致的現象。

(四)比較單次高強度間歇與重複負荷對肌肉疲勞與損傷指標對速度的關係：

1、間歇方式：速度與 CK、RPE 呈正相關，與 La_{max} 為負相關。

2、重複方式：速度與 CK 無相關，與 RPE 是低度負相關， La_{max} 為負相關。

第二節 建議

依據研究結果呈現之結論，本研究建議：

- 一、就競技運動員而言，高強度間歇與衝刺負荷可能會造成肌肉產生疲勞的現象，並可能造成輕微損傷發生，不過其值皆處於正常範圍之內，並且不會對隔天訓練造成影響。
- 二、一週訓練內容設計建議，欲安排間歇與重複負荷訓練應間隔至少兩天，避免疲勞與損傷而導致訓練品質下降。以下依據本研究負荷結果作教練訓練安排之建議如下：

表 6-1 訓練目的與內容

	訓練內容	
目的	改善無氧非乳酸與無氧糖解系統	
方式	間歇	重複
負荷	$V_{\max} 90\%$	$V_{\max} 90\%$
範圍	2x3x200m	6x200m
休息	Rep : $\geq 90s$; Set : 10min	Rep : $\geq 3min$; Set : 10min

表 6-2 一週訓練安排

week	訓練模式		
	A	B	C
Mon	間歇	間歇	重複
Tue			
Wed	間歇	重複	
Thu			間歇
Fri	間歇		

參考文獻

一、中文部分

- 陳忠慶、陳信良（2005）。離心運動對血液肌肉蛋白質評估指標的反應。 **運動生理暨體能學報**，2 期，1-17 頁。
- 張嘉澤（2008）。 **訓練學**。台北縣林口鄉：運動能力診斷協會。
- 黃鱗棋、張嘉澤（2007）。血液 NH₃ Index 與田徑運動訓練上之研究。 **國立體育學院論叢**，18 卷 3 期，73-80。
- 鄭桂玫、洪明吉（2000）。肌酸激酶對肌肉運動傷害評估之探討。 **大專體育**，49 期，189-193。
- 馮煒權（2000）。運動疲勞及過度訓練的生化診斷-運動生物化學動態之三。 **北京體育學院學報**，15 卷 1 期，1-11。

二、英文部分

- Allen, S. I., & Conn, H. O. (1960). Observations on the effect of exercise on blood ammonia concentration in man. *Yale Journal of Biology & Medicine*, 33, 133-144.
- Armstrong, R. B., Warren, G. L., & Warren, J. A. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fiber injury. *Sports Medicine*, 12(3), 184-207.
- Balsom, P. D., Seger, J. Y., Ekblom, B., & Sjödén, B. (1992). Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 144-149.
- Baron, B., Deruelle, F., Moullan, F., Dalleau, G., Verkindt, C., & Noakes, T. D. (2009). The eccentric muscle loading

- influences the pacing strategies during repeated downhill sprint intervals. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 749-757.
- Bigland-Ritchie, B., & Woods, J. J. (1984). Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle & Nerve*, 7(9), 691-699.
- Billat, L. V. (2001). Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice: Special Recommendations for Middle-and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Billaut, F., Giacomoni, M., & Falgairette, G. (2003). Maximal intermittent cycling exercise: effects of recovery duration and gender. *Journal of Applied Physiology*, 195, 1632-1637.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K., Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *The Journal of Physiology*, 15(482), 467-480.
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 371-381.
- Borg, G., Ljunggren, G., & Ceci, R. (1985). The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 343-349.
- Buono, M. J. (1984). Blood lactate and ammonia accumulation during graded exercise in humans. *Journal of Applied*

- Physiology*, 57,135-141.
- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., & Maffulli, N. (2006).
Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 96-97.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002). Maximal intensity isometric and dynamic exercise performance following eccentric muscle actions. *Journal of Sports Sciences*, 20, 951-959.
- Chevion, S., Moran, D. S., Heled, Y., Shani, Y., Regev, G., Abbou, B., Berenshtein, E., Stadtman, E.R., & Epstein, Y. (2003). Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proceedings of the Nation Academy of Science of the United States of America*,100(9), 5119-5123.
- Clark, J. F. (1997). Creatine and phosphocreatine: a review of their use in exercise and sport. *Journal of Athletic Training*, 32, 45-51.
- Clemente, R. F., Matulions, D. H., Barron, K. W., & Currier, D. P. (1991). Effect of motor neuromuscular electrical stimulation on micro vascular perfusion of stimulated rat skeletal muscle. *Physical Therapy*, 71, 397-406.
- Coyle, E. F. (2005). Very intense exercise-training is extremely potent and time efficient: a reminder. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1983-1984.
- Davis, J. M. and Bailey, S. P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science Sports and Exercise*, 29(1), 45-57.

- Davies, K. J. A., Quintanilha, A. T., Brooks, G. A., & Packer, L. (1982). Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochemical Biophysical Research Communications*, 107(4), 1198-1205.
- Davies, R. C., Rowlands, A. V., & Eston, R. G. (2009). Effect of exercise-induced muscle damage on ventilatory and perceived exertion responses to moderate and severe intensity cycle exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 11-19.
- Duffied, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2004). Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7 (3), 302-313.
- Dunbar, C. C., Robertson, R. J., Baun, R., Blandin, M. F., Metz, K., Burdett, R., & Goss, F. L. (1992). The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(1), 94-99.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7(4), 207-234.
- Edge, J., Mündel, T., Weir, K., & Cochrane, D. J. (2009). The effects of acute whole body vibration as a recovery modality follow high-intensity interval in well-trained, middle-aged runners. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 421-428.
- Eston, R. G., Finney, S., Baker, S., Baltzopoulos, V. (1996).

- Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. *Journal of Sports Sciences*, 14, 291-299.
- Fry, R.W., Morton, A.R., Garcia-Webb, P., & Keast, D. (1991). Monitoring exercise stress by changes in metabolic and hormonal responses over a 24-h period. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63, 228-234.
- Fu, F. H., You, C. Y., Kong, Z. W. (2002). Acute changes in selected serum enzyme and metabolite concentrations in 12-yr to 14 yr old athletes after an all-out 100 m swimming sprint. *Perceptual and Motor Skills*, 95, 1171-1178.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75(2), 712-719.
- Ghosh, A. K., Abdullah, T. A., & Kishan, B. (2008). Effect of Hot Environment on Repetitive Sprint Performance and Maximal Accumulated O₂ Deficit of Cyclists. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 2(2), 94-100.
- Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic Adaptation to Short-term High-Intensity Interval Training : A Little Pain a Lot of Gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(2), 58-63.
- Gill, N. D., Beaven, C. M., & Cook, C. (2006). Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British*

- Journal of Sports Medicine*, 40, 260-263.
- Gleeson, M., Blannin, A. K., Zhu, B., Brooks, S., & Cave, R. (1995). Cardiorespiratory, hormonal and haematological responses to submaximal cycling performed 2 days after eccentric or concentric exercise bouts. *Journal of Sports Sciences*, 13(6), 471-479.
- Gleeson, M., Blannin, A. K., Walsh, N. P., Field, C. N., & Pritchard, J. C. (1998). Effect of exercise-induced muscle damage on the blood lactate response to incremental exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77, 292-295.
- Grandevia, S. C., Enoka, R. M., McComas, A. J., Stuart, D. G., & Thomas, C. K. (1995). *Fatigue*. New York: Plenum Press.
- Hanel, B., Law, I., & Mortensen, J. (2003). Maximal rowing has an acute effect on the blood-gas barrier in elite athletes. *Journal of Applied Physiology*, 95(3), 1076-1082.
- Hargreaves, M. (1995). *Exercise metabolism*. IL: Human Kinetics.
- Fujitsuka, N., Yamamoto, T., Ohkuwa, T., Saito, M., & Miyamura, M. (1982). Peak Blood Lactate after Short Periods of Maximal Treadmill Running. *European Journal of Applied Physiology*, 48, 289-296.
- Hargreaves, M. (1995). *Exercise metabolism*. IL: Human Kinetics.
- Harries, M., Williams, C., Stanish, W. D., & Micheli, L. J. (1994). *Oxford textbook of sports medicine*. Oxford Press.
- Hirvonen, J., Rehunen, S., Rusko, H., & Härkönen, M. (1987). Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate

- accumulation during short supramaximal exercise.
European Journal of Applied Physiology, 56, 253-259.
- Hoffman, E. P., & Clemens, P. R. (1996). HyperCKemic, proximal muscular dystrophies and the dystrophin membrane cytoskeleton, including dystrophinopathies, sarcoglycanopathies and merosinopathies. *Current Opinion in Rheumatology*, 8, 528-538.
- Horita, T & Ishiko, T. (1987). Relationships between muscle lactate accumulation and surface EMG activities during isokinetic contractions in man. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 18-23.
- Horita, T., Komi, P. V., Nicol, C., Kyröläinen, H. (1999). Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise on the time course of mechanical behaviour in the drop jump: possible role of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 160-167.
- Hortobagyi, T. & Denahan, T. (1989). Variability in creatine kinase : methodological, exercise and clinically related factors. *International Journal of Sports Medicine*, 10, 69-80.
- Hottenrott, K. (1993). Trainingssteuerung im Ausdauersport.
- Hultman, E., & Saholm, K. (1980). Acid – base balance during Exercise. *Exercise and Sport Science Review*, 8, 41-128.
- Kirkendall, D. T. (1990). Mechanisms of peripheral fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 444-449.

- Koutedakis, Y., Raafat, A., Sharp, N. C., Rosmarin, M. N., Beard, M. J., Robbins, S. W. (1993). Serum enzyme activities in individuals with different levels of physical fitness. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, 252-257.
- Jaric, S., Sasa, R., Sladjan, M., Milos, L., & Radmila, A. (1997). A comparison of the effect of agonist and antagonist muscle fatigue on performance of rapid movement. *European Journal of Applied Physiology*, 76, 41-47.
- Lowenstein, J. M. (1972). Ammonia production in muscle and other tissues : The purine nucleotide cycle. *Physiology Reviews*, 52, 382-413.
- Macleod, D. A. D., Maughan, R. J., Williams, C., Sharp, J. C. M., & Nutton, R. W. (1993). *Intermittent high intensity exercise*. E & FN Spon.
- Meyer, R. A., Dudley G. A., and Terjung, R. L. (1980). Ammonia, and IMP in different skeletal muscle fibers after exercise in rats. *Journal of Applied Physiology*, 49, 1037-1041.
- Miles, M. P. & Clarkson, P. M. (1994) . Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34 (3), 203-216
- Moeller, J. L., & McKeag, D. B. (1995). Exercise-induced rhabdomyolysis. *Sport Medicine and Arthroscopy Review*, 3, 274-279.
- Mohr, T., Akers, T. K., & Wessman, H. C. (1987). Effect of high

- voltage stimulation on blood flow in the rat hindlimb. *Physical Therapy*, 67, 526-533.
- Mutch, B. J., & Banister, R. B. (1983). Ammonia metabolism in exercise and fatigue : a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 41-50.
- Nielsen, B., Hyldig, T., Bidstrup, F., Gonzalez, F., Alonso, J., Christoffersen, G. F. (2001). Brain activity and fatigue during prolong exercise in heat. *Pfufers Archive*, 442(1), 41-48.
- Noakes, T. D. (1987). Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Medicine*, 4, 245-267.
- Noakes, T. D., St Clair Gibson, A., Lambert, E. V. (2005). From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. *British Journal of Sports Medicine* 39, 120–124.
- Noble, B. J., Borg, G. A. V., Jacobs, I., Ceci, R., & Kaiser, P. (1983). A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 523-528.
- Novas, A. M. P., Rowbottom, D. G., & Jenkins, D. G. (2003). A practical method of estimating energy expenditure during tennis play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 40-50.
- Pagana, K. D., & Pagana, T. J. (1995). Mosby's Diagnostic and

Laboratory Test Reference. 2nd ed. St Louis, MO:
Mosby-Year Book.

Peters Futre, E. M., Noakes, T. D., Raine, R. I., & Terblanche, S. E. (1987). Muscle glycogen repletion during active postexercise recovery. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 253, 305-311.

Pyne, D. B. (1994). Exercise-induced damage and inflammation. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 26, 49-58.

Robson-Ansley, P. J., Blannin, A., & Gleeson, M. (2007). Elevated plasma interleukin-6 levels in trained male triathletes following an acute period of intense interval training. *European Journal of Applied Physiology*, 99, 353-360.

Sahlin, K., Harris, R. C., Nyling, B., & Hultman, E. (1976). Lactate content and pH in muscle obtained after dynamic exercise. *Pflügers Archiv*, 367(2), 143-149.

Signorile, J. F., Ingalls, C., & Tremblay, L. M. (1993). The effects of active and passive recovery on short-term, high intensity power output. *Canadian Journal of Applied physiology*, 18(1), 31-42.

Simonson, E. (1971). *Physiology of Work Capacity and Fatigue*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005).

- Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, M., Lawrence, S., Rechichi, C., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C. (2004). Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *Journal Sports Sciences*, 22, 843-850.
- Stamford, B. A., Moffatt, R., & Sady, S. (1981). Exercise recovery above and below the anaerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied Physiology*, 51(4), 840-844.
- Sterner, R. L., Pincivero, D. M., & Lephart, S. M. (1998). The effects of muscular fatigue on shoulder proprioception. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 8, 96-101.
- Tesch, P., Sjödin, B., Thorstensson, A., & Karlsson, J. (1978). Muscle fatigue and its relation to lactate accumulation and LDH activity in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 103(4), 413-20.
- Twist, C & Eston, R. (2005). The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 652-658.
- Urhausen, A. & Kindermann, W. (1992). Biochemical monitoring of training. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2, 52-61.
- Robson-Ansley, P. J., Blannin, A., & Gleeson, M. (2007). Elevated plasma interleukin-6 levels in trained male triathletes following an acute period of intense interval

- training. *European Journal of Applied Physiology*, 99, 353-360.
- Vimeratti, N. S., Zovico, P. V. C., Carvalho, A. S., Barreto, J. G., Machado, M. (2009). Two doses of caffeine do not increase the risk of exercise-induced muscle damage or leukocytosis. *Physical Education and Sport*, 52, 96-99.
- Vincent, H. K., & Vincent, K. R. (1997). The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 431-437.
- Weicker, H. (1988). Purinnukleotidzyklus und muskuläre ammoniakproduktion. *Dtsch Z Sportmed*, 39, 172-178.
- Weinecker, H. & Strobel, G. (1993). Sportmedizin: Biochemisch-Physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. 58-60.
- Zavorsky, G. S., Montgomery, D. L., Pearsall, D. J. (1998). Effect of intense interval workouts on running economy using three recovery durations. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77, 224-230.

附錄一



運動能力診斷與訓練調整

運動能力診斷中心疾病調查表

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