

國立臺灣體育學院
National Taiwan College of Physical Education
運動健康科學學系碩士班
碩士學位論文

單車長途騎乘對體適能與血液生化值
的影響之研究

Influences of Long-Term Cycling on Physical Fitness and
Biochemical Profile in Sedentary Subjects



研究生：陳毓庭

指導教授：邱彥成 教授

中華民國 99 年 7 月

單車長途騎乘對體適能與血液生化值的影響之研究

中文摘要

國內單車環島的風氣日益盛行，一般休閒的單車騎乘不只可以節能減碳，且對於我們的身體適能有相當良好的助益，但單車環島的強度是對我們有幫助的嗎？長時間的單車長途騎乘對我們身體又有什麼影響呢？本篇研究目的為探討單日長時間多天數的單車長途騎乘對於一般人身體適能及血液生化值的影響。本研究自「2008年鐵駱駝單車環島生活體驗隊」招募體適能部份受試者27名（男性20名，女性7名），血液生化值部份受試者32名（男性24名，女性8名），完成為期15天的單車環島活動（共計1145公里），每位受試者平均每日騎乘5-6小時。體適能部份，受試者在出發前及活動結束後三天，接受七項體適能項目的測試。體適能項目包括身體組成、最大攝氧量（ VO_{2max} ）、20公尺衝刺、握力、擺臂下蹲跳（CMJ）、原地垂直跳（SJ）及30秒無氧動力測試（Wingate test）。結果顯示體重、BMI、右手握力、SJ、下肢平均輸出動力（MP）及最大輸出動力（PP）皆顯著下降， VO_{2max} 則顯著高於環島前。血液生化值部份，在環島第一天、第五天、第十天、第十五天及環島結束後第四天採集血液樣本。分析血清肌酸激酶（CK）、乳酸脫氫酶（LDH）、血尿素氮（BUN）、尿酸（UA）、睪固酮（Testosterone）與皮質醇（Cortisol）。結果顯示，CK濃度在環島第五天顯著增加，而在第十天、第十五天及環島結束後第四天則顯著減少。LDH

在環島活動期間無顯著變化。BUN 在環島第五天及第十五天有顯著的增加。UA 在環島第五天顯著增加，第十天後恢復至出發前水平。Testosterone 在環島第五天顯著減少，在第十天後恢復至出發前水平，在環島結束後第四天上升達顯著。Cortisol 在環島活動期間無顯著變化。本研究結果顯示，未受訓練者從事長時間單車活動後，對於 BMI 及體重控制有良好的幫助，且在有氧能力方面亦有所改善，大部份血液生化值也在環島結束後恢復安靜時水平，顯示了身體的適應現象，以及運動強度的適當。

關鍵字：運動、單車環島活動、體適能

Influences of Long-Term Cycling on Physical Fitness and Biochemical Profile in Sedentary Subjects

Abstract

In Taiwan, cycling has become increasingly popular. Riding a bicycle will not only save environmental energy, but also have very good effects on our physical fitness. Cycling around the island has any help at all? What are the influences of long-term bicycle riding on physical fitness? The purpose of this study was to explore the influences of a long-term cycling tour on physical fitness and biochemical profile in sedentary subjects. Twenty seven untrained people (20 males, 7 females) were recruited in physical fitness items from participants of 2008 cycling tour of Taiwan, and thirty two (24 males, 8 females) untrained people were recruited in biochemical profile items. The event concluded 15-day cycling around Taiwan (1145 kilometers). Each subject had to pedal about 5~6 hours averagely each day. They were tested seven items of physical fitness before departure, and within 3 days after the end of the activity. Physical fitness project included body composition, maximum oxygen uptake (VO_{2max}), 20-meter sprint, grip strength, counter movement jump (CMJ), static jump (SJ), and the 30s Wingate test. The results showed that body weight, BMI, right hand grip strength, SJ, mean

power (MP), and peak power (PP) were significantly decreased. VO_{2max} was significantly higher than that before cycling around the island. Part of the biochemical profile, fasting blood samples were collected in the early morning on day 1, 5, 10, 15 during the tour and 4 days after the end of the activity. Creatine Kinase(CK), Lactate Dehydrogenase(LDH), Blood Urine Nitrogen(BUN), Uric Acid(UA), Testosterone, and Cortisol were analyzed. The results showed that CK concentration was significantly increased on day 5 and significantly decreased on day 10, 15, and post-4. There were no significant changes in Cortisol and LDH during the activity. BUN concentration was significantly increased on day 5 and day 15. UA concentration was significantly increased on day 5 and return to basal level after day 10. Testosterone concentration was significantly decreased on day 5 but return to basal level on day 10 and significantly higher than basal level on post-4. Results of current study suggested that changes of BMI showed the good effect of body weight control, and it showed the large improvement on the aerobic power. Most of blood biochemical profile return to basal level after the end of the event. It showed that cycling around Taiwan induced body adaptation effect and appropriate exercise intensity.

Keywords : Exercise, Fitness, Cycling

目錄

中文摘要	-----	I
英文摘要	-----	
誌謝	-----	
目錄	-----	
表目錄	-----	
圖目錄	-----	
第壹章 緒論	-----	1
第一節 研究背景	-----	1
第二節 研究目的	-----	1
第三節 研究問題	-----	2
第四節 研究假設	-----	2
第五節 研究範圍與限制	-----	3
第六節 名詞解釋	-----	4
第貳章 文獻探討	-----	5
第一節 無氧能力	-----	5
第二節 最大攝氧量	-----	5
第三節 運動生化指標	-----	6
第參章 研究方法與步驟	-----	12
第一節 研究對象	-----	12
第二節 實驗設計	-----	12
第三節 實驗儀器與方法	-----	15
第四節 實驗流程	-----	20
第五節 資料搜集	-----	21
第六節 統計方法	-----	21
第肆章 結果		

一、受試者基本資料	22
二、體適能各項數值	23
三、血液生化值	25
第伍章 討論	
一、環島前與環島後體適能之變化	33
二、環島前與環島後血液生化之變化	34
一、結論與建議	
第一節 結論	37
第二節 建議	38
參考文獻	39
一、中文部份	39
二、外文部份	40

表目錄

表 1	行程、單日里程及總里程表	13
表 2	受試者基本資料	22
表 3	環島前與環島後之體適能項目變化	23
表 4	環島過程與環島後血液生化值之變化	25

圖目錄

圖 1	海拔高度變化圖及環島行程中採血點-----	14
圖 2	CK 變化-----	26
圖 3	LDH 變化-----	27
圖 4	BUN 變化-----	28
圖 5	UA 變化-----	29
圖 6	Testosterone 變化-----	30
圖 7	Cortisol 變化-----	31
圖 8	T/C 變化-----	32

附錄目錄

附錄 1	受試者同意書	-----	45
附錄 2	健康情況調查表	-----	46

第壹章 緒論

第一節 研究背景

近十年來，身體健康是全民所重視的課題，而繁忙的生活與工作，卻造成現代人休閒活動量的減少，加以發達的生活科技，人們走向少動多靜的坐式生活，心血管疾病、癌症等發生率節節攀升。因此休閒活動的提倡有助於改善大眾健康，而生活步調緊張的一般民眾，對於特別抽空從事休閒活動並不熱衷，但單車休閒活動卻日益盛行，因為以單車取代交通工具，不但節能又可達到運動的效果，工作與健康並行的休閒活動則更為坐式生活者喜愛，因此越來越多的一般健康民眾或坐式生活者加入了單車休閒活動的行列。

單車休閒活動對於一般人的身體適能有什麼影響呢？怎樣程度的單車活動才算是有益，怎樣又是過度的運動，又是否因此造成疲勞的現象呢？因此，本研究藉由十五天的長途單車騎乘，探討身體適能及說明與單車騎乘的關係。

第二節 研究目的

本研究主要探討在十五天長途的單車騎乘前後對身體適能以及血液生化值(包含 Creatine Kinase、Lactate Dehydrogenase、Blood Urine Nitrogen、Uric Acid、Testosterone、Cortisol、T/C)的影響。

第三節 研究問題

- 一、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，體重及 BMI 的差異。
- 二、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，左右手握力的差異。
- 三、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，對 20 公尺衝刺的影響。
- 四、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，對原地垂直跳（Static Jump，以下簡稱 SJ）的影響。
- 五、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，對擺臂下蹲垂直跳（Counter Movement Jump，以下簡稱 CMJ）的影響。
- 六、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，下肢無氧動力的差異（包含 Mean Power，以下簡稱 MP；Peak Power，以下簡稱 PP）。
- 七、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，最大攝氧量的差異。
- 八、探討一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前、中、後，血液生化值的變化（含 Creatine Kinase、Lactate Dehydrogenase、Blood Urine Nitrogen、Uric Acid、Testosterone、Cortisol、T/C）。

第四節 研究假設

- 一、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，體重及

- BMI 無差異。
- 二、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，左右手的握力均無差異。
 - 三、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，對 20 公尺衝刺表現無差異。
 - 四、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，對原地垂直跳表現無差異。
 - 五、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，對擺臂下蹲垂直跳表現無差異。
 - 六、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，下肢無氧動力無差異。
 - 七、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前與後，最大攝氧量無差異。
 - 八、一般健康民眾在十五天長途單車騎乘前、中、後，血液生化值中的 Creatine Kinase、Lactate Dehydrogenase、Blood Urine Nitrogen、Uric Acid、Testosterone、Cortisol、T/C 沒有差異。

第五節 研究範圍與限制

- 一、研究對象年齡為 17 至 36 歲，來自全國各大專院校大專生及一般健康民眾，體適能部份共 27 名，血液生化值部份共 32 名，並以完成十五天單車環島為目標。
- 二、本研究是以 97 年及 98 年 7 月中旬至下旬，進行為期十五天的單車騎乘，平均每日騎乘 74.2 公里，總里程 1114 公里。

- 三、因受測者眾多，體適能檢測無法在一天內施測完所有受測者，騎乘結束後的後測，各受測者的休息天數略有差異，但規定必須於環島結束後第 3 至第 5 天內施測完畢。
- 四、十五天內各天騎乘強度不盡相同，距離與海拔高度也不盡相同。
- 五、十五天內飲食無法強制介入，因此只能口頭提醒受測者不宜有太刺激食物或煙酒等，抽血前至少禁食八小時。

第六節 名詞解釋

- 一、本研究體適能檢測項目包含體重、BMI、握力、最大攝氧量、20 公尺衝刺、原地垂直跳、擺臂下蹲垂直跳。

二、無氧動力 (Anaerobic Power)

無氧動力通常是指在最短時間內，在無氧條件下，發揮出最大力量和速度的能力 (楊錫鑲, 1997)。無氧動力是身體透過無氧代謝路徑，從事短時間高強度的運動能力 (林正常, 1993)。無氧動力主要因為體內存有磷化物與肝醣，可以在氧氣缺乏的情況下，產生 ATP，提供人體能量需求。

三、血液生化值 (Biochemical Parameters)

本研究所指血液生化值為血清肌酸激酶 (Creatine Kinase, CK)、乳酸脫氫酶 (Lactate Dehydrogenase, LDH)、尿素氮 (Blood Urine Nitrogen, BUN)、尿酸 (Uric Acid, UA)、血清睪固酮 (Testosterone)、皮質醇 (Cortisol)。

第貳章 文獻探討

第一節 無氧能力

肌肉收縮所需能量來源為 ATP，ATP 變為 ADP+ Pi，並釋放能量。身體可透過磷化物系統 (ATP-PC)、乳酸系統和有氧系統三種途徑獲得 ATP (Bompa, 1999)。在運動過程中，提供能量的代謝系統，隨著運動強度和時間的改變而有所不同，可能同時包含有氧和無氧系統，3 分鐘內高強度運動，0~30 秒無氧能量的代謝比率為 80%，有氧為 20%；60~90 秒，無氧能量代謝比率為 45%，有氧為 55%；120~180 秒，無氧能量代謝比率為 30%，有氧為 70% (Hargreaves, 1995)。檢定和評估無氧能力的方法很多，本研究採用溫蓋特 (Wingate) 無氧動力測驗，是以以色列溫蓋特體育學院運動醫學系在 1977 年提出的方法，以腳踏車測功器為工具，全力運動持續 30 秒，以測量受試者無氧動力，可測出最高無氧動力值、無氧能力、平均無氧動力和動力遞減率，可了解到 ATP-PC 和無氧醣酵解的狀況 (Bar-Or, Dotan and Inbar, 1977)。此測驗有高重覆性，且對於腳踏車手來說是測氧無氧動力輸出的好方法 (Jacobs, 1980)。

第二節 最大攝氧量

最大攝氧量 (VO_{2max}) 是指人在海平面上，從事激烈運動下，組織細胞所能消耗或利用之氧的最高值 (林正常, 1997)。一個人自 25 歲開始，最大攝氧量每十年會減少 5-15%

(Heath, Hagberg, Ehsani and Holloszy, 1981)。Hagberg 等學者 (1989) 指出，老年人和年輕人一樣，在經過長時間的耐力訓練後，最大攝氧量可以增加 10-30%，且和年輕人一樣，最大攝氧量增加的大小，和運動的強度有關，低強度的訓練只會有很少的改變，甚至沒有影響。因此本研究也探討了運動前與運動後，最大攝氧量的改變，來觀察運動的強度及訓練的效果。

第三節 運動生化指標

單車長途騎乘，對於一般未受過訓練的健康民眾而言，將可能造成一些疲勞或過度訓練的情況，若恢復與休息不足，長時間的疲勞累積將引發身體不適與生理功能異常，而生理生化指標是運動科學人員用來監控運動員生理狀況、訓練效果及恢復情形，本篇研究採用數種常用的生理生化指標分析單車長途騎乘前、騎乘階段、與騎乘結束後生理變化情形。

一、血清肌酸激酶 (Creatine Kinase, CK)

CK 廣泛存在於骨骼肌、心肌、腦及前列腺等器官，而以骨骼肌含量最豐，是骨骼肌能量代謝主要催化酶之一，在肌肉收縮過程中催化 ATP 與 PC 之間的高能磷酸鍵 ($\sim P$) 之可逆反應，(即 $ADP + PC \rightleftharpoons ATP + C$)，以保證劇烈運動時肌肉收縮的能量供用與 ATP 的再合成。CK 是一個快速的 ATP 再生催化酶及低閾值的 ADP 感受器 (Wallimann,

Wyss, Brdiczka, Nicolay and Eppenberger, 1992)。平常安靜時血液中 CK 活性很低。而運動負荷、肌肉酸痛與血清中 CK 水準有高度相關 (Chen, Serfass and Apple, 2000)。Kanter 等學者(1988)，研究 80 公里的馬拉松賽跑後，發現因為肌肉組織的損傷，造成 CK 活性的顯著上升。另一項針對山東理工大學十名男田徑運動員所做的研究，在運動員激烈運動後 24 小時，血清肌酸激酶升高達顯著，結果發現，劇烈運動可導致活動肌細胞膜通透性增加或肌纖維損傷，造成 CK 活性升高 (董群，董傑，王海誠，2005)。而 CK 對於女性運動員也有相同的指標意義，一項針對五名優秀女性自行車選手的研究表明，經過兩個月大負荷的冬訓之後，CK 濃度明顯高於冬訓前 (楊海燕，2003)。因此，運動強度是決定 CK 活性增高的一個重要因素，在高強度間歇訓練之後 CK 活性會升高，而以 VO_{2max} 65-70% 進行運動，運動時間為 30 分鐘以上，運動後血清 CK 活性增高且與運動時間長短成正相關。

二、 乳酸脫氫酶 (Lactate Dehydrogenase, LDH)

乳酸脫氫酶存在於骨骼肌細胞內，是催化丙酮酸生成乳酸的反應酶。Pansare, Kulkarni and Pendse (1989) 指出，LDH 屬於醣解酵素，運動用以催化提供能量給肌肉，長時間實施非最大負荷訓練，LDH 可能增至兩倍。血液中 LDH 濃度升高，表示骨骼肌細胞膜通透性升高或骨骼肌細胞損傷，Lawler 等學者 (1993) 的研究也指出，運動後人類或老鼠的肌肉中，LDH 活性顯著增加。因此，運動後 LDH 升高濃度

與運動強度增加呈正相關 (Shimomura, Murakami and Nakai, 2000)。一項以 6 位男性、3 位女性為受試者的實驗，進行游泳、跑步、自行車等三項運動，結果顯示 LDH 高於運動前達兩倍以上，研究認為 LDH 上升起因於腎臟及內臟器官受損 (Robert, Holly and Barnard, 1986)。另一項針對剛經歷完全國公路錦標賽(107 公里)的自行車選手所做的研究，結果發現，血漿乳酸脫氫酶活性在賽後 7 小時和 24 小時分別增加了 82.6% 和 66.2%，而結論指出選手在完成自由車公路賽後，短期內可能增加內生性抗氧化物及肌肉損傷 (劉錫崑，曾文培，2007)。因此，測量 LDH 濃度可作為訓練量與訓練強度修正的依據。

三、血尿素氮 (Blood Urine Nitrogen, BUN)

尿素是體內蛋白質和氨基酸的分解產物，正常情況下，其生成與排泄處於平衡狀態，但激烈運動後，體內蛋白質分解代謝加強，因而血中尿素氮含量增加。因此，血中尿素氮可作為衡量體內蛋白質分解代謝之指標。

運動員空腹之血尿素氮較一般人高，可能是運動引起蛋白質分解代謝加強之緣故。而血尿素氮亦是評定腎臟功能的一項常見指標 (Wu JL, Wu QP, Huang JM, Chen RY, Cai M and Tan JB, 2007)。一般正常 BUN 值範圍在 7-23 mg/dL，若超過 23 mg/dL，很有可能是訓練量過大，無法適應 (顏克典，2003)。一項針對十名女性公路自行車手所做的研究，在經過三週大運動量的訓練之後，早晨血尿素氮值明顯高於訓練前，而在經過一週恢復性的訓練之後，各項指標均恢復訓練

前水準，這些結果表明了應用這些生化指標來安排訓練是確實可行的（張文祥，王松，2001）。

四、尿酸（Uric Acid, UA）

運動量的大小與運動前後的 UA 變化值有關，劇烈運動時會增加 UA 量（John R. Sutton, Cornelius J. Toews, Graham R. Ward and Irving H. Fox, 1980）。運動量大時，運動員 UA 變化量約 1-3.5 mmol/L，若安靜時 UA 濃度達 7.5-8 mmol/L，則顯示運動員已達過度疲勞狀態（林文強，1996）。在從事高負荷的訓練後，UA 濃度明顯升高，顯示出 UA 可作為疲勞與過度訓練的生化指標（Ferreira, Brau, Nikolovski, Raja, Palmer and Fournier, 2001）。以 UA 評定訓練負荷量，若 UA 在整個訓練週期保持不變，則表示訓練量過低，應增加負荷，提高運動能力；若 UA 在訓練初期上升，中、後期恢復正常水準，說明運動員對運動訓練產生適應，運動能力提升；若 UA 在訓練週期一直處於高水平，表明運動負荷過大，應減量負荷以防運動員過度疲勞（張愛芳，2005）。一項針對長跑訓練與運動強度對 UA 影響的研究中，顯示長跑訓練者與一般人未訓練者，兩組在經過強度 73% VO_{2max} ，30 分鐘的跑步後，兩組 UA 值皆顯著高於運動前，亦顯著高於 53% VO_{2max} 的運動強度所產生的 UA 值，而兩組在運動後 24 小時，UA 皆恢復運動前水準（方進隆，1990）。由此可知，UA 可以反應訓練強度，並監控運動員適應情形。

五、 血清睪固酮 (Testosterone) 與皮質醇 (Cortisol)

睪固酮和皮質醇都屬於荷爾蒙，可能可應用兩者濃度變化來評估是否疲勞與過度訓練。

睪固酮是體內活性最高的雄性激素，主要功能為促進體內的合成代謝，有助於提高力量、速度及耐力訓練，因此當體內血清睪固酮升高時，代表合成代謝較旺盛，訓練強度適當或可再提高，但長時間運動或高強度運動訓練會造成睪固酮下降。一項針對鐵人三項的研究，賽後 48 小時內，睪固酮下降 23%，游離睪固酮也下降，且至賽後四天仍未恢復到安靜時的水準，而皮質醇則增加 4.5 倍 (Urhausn, 1987)，而睪固酮降低對運動後的恢復期是不利的。在前文所提 (楊海燕, 2003) 的研究中，五位優秀女性自行車手在經過兩個月大負荷冬訓後，除了測得 CK 濃度的顯著上升，也發現睪固酮的顯著下降，研究結果顯示，教練應注意調整運動員的訓練量，以防止運動員過度疲勞的產生。

皮質醇是由腎上腺皮質所分泌，是促進體內分解代謝的重要激素。隨著運動強度增大，腎上腺皮質激素上升，血清皮質醇濃度也上升，但長時間運動時，會導致腎上腺皮質激素的耗竭，血清皮質醇濃度也下降，運動能力降低。運動時皮質醇的增加有利於動員能量供應，但運動後持續偏高則不利於恢復。因此測量皮質醇可評定運動員腎上腺皮質的機能和恢復狀態。

血清睪固酮和皮質醇比值 (Testosterone/Cortisol, T/C)，在單次運動後，尤其是 1-2 小時的運動後，血清睪固酮通常會下降，而皮質醇則上升，T/C 比值明顯下降，比單

獨看睪固酮或皮質醇的變化更明顯。睪固酮在人體屬於合成作用，皮質醇則為分解作用，當分解大於合成時，表示身體處於疲勞，因此選手血液中與唾液中 T/C 比值，可能可以做為判斷是否過度訓練以及預測運動表現的指標 (Urhausen, Gabriel, & Kindermann, 1995)。Passelergue 等學者 (1999) 觀察 15 名年輕的國際級及國家級角力選手，在為期兩天的競賽中以及賽後恢復期間，其唾液 Testosterone、Cortisol 以及 T/C 比值的變化，發現在整個比賽中 Cortisol 大幅上升至約為安靜 2.5 倍，Testosterone 則沒有變化，但賽事結束後 Cortisol 快速下降回安靜值，而 Testosterone 則顯著上升，造成高 T/C 比值，說明競賽造成 T/C 比值下降，而恢復期則持續著高 T/C 比值。另一項對不同性別的自行車選手所做的研究，在同樣高強度的運動訓練後，分析睪固酮和皮質醇，以及 T/C 比值。睪固酮及皮質醇的濃度，男性運動員皆顯著高於女性運動員與一般人；但在 T/C 比值上，男性運動員顯著高於一般人，但女性運動員卻顯著低於一般人，結論指出，體能水平不同的運動員對同一運動負荷，就有不同的激素反應，而 T/C 比值更可以看出這種變化 (李世成, 2006)。

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究是以參加 2008 年 7 月份由台灣體育大學（台中）主辦的鐵駱駝單車環島體驗隊的 81 名參加者中，徵求自願受試者，體適能部份 27 名，血液生化值部份 32 名，所有受試者均需於行前說明會時，詳細了解環島行程與實驗流程，填寫基本資料及健康狀況調查表，並簽屬受試者同意書。受試者並無任何心血管疾病、高血脂、糖尿病等疾病，實驗期間並無服用任何藥物。

第二節 實驗設計

2008 年 7 月 13 日，由國立台灣體育大學（台中）校本部出發，向北行進，進行為期十五天的單車騎乘環島，7 月 27 日回到體育大學，全長共計 1114 公里，騎乘時間為早上七點至下午五點，夜間不騎乘，行程表如圖一。

受試者接受體適能項目前測，以及下肢無氧動力測試，皆於出發前一星期內（7 月 7 日至 7 月 12 日）全部完成，後測皆於環島結束後三至五天內（7 月 30 日至 8 月 1 日）測驗完畢。

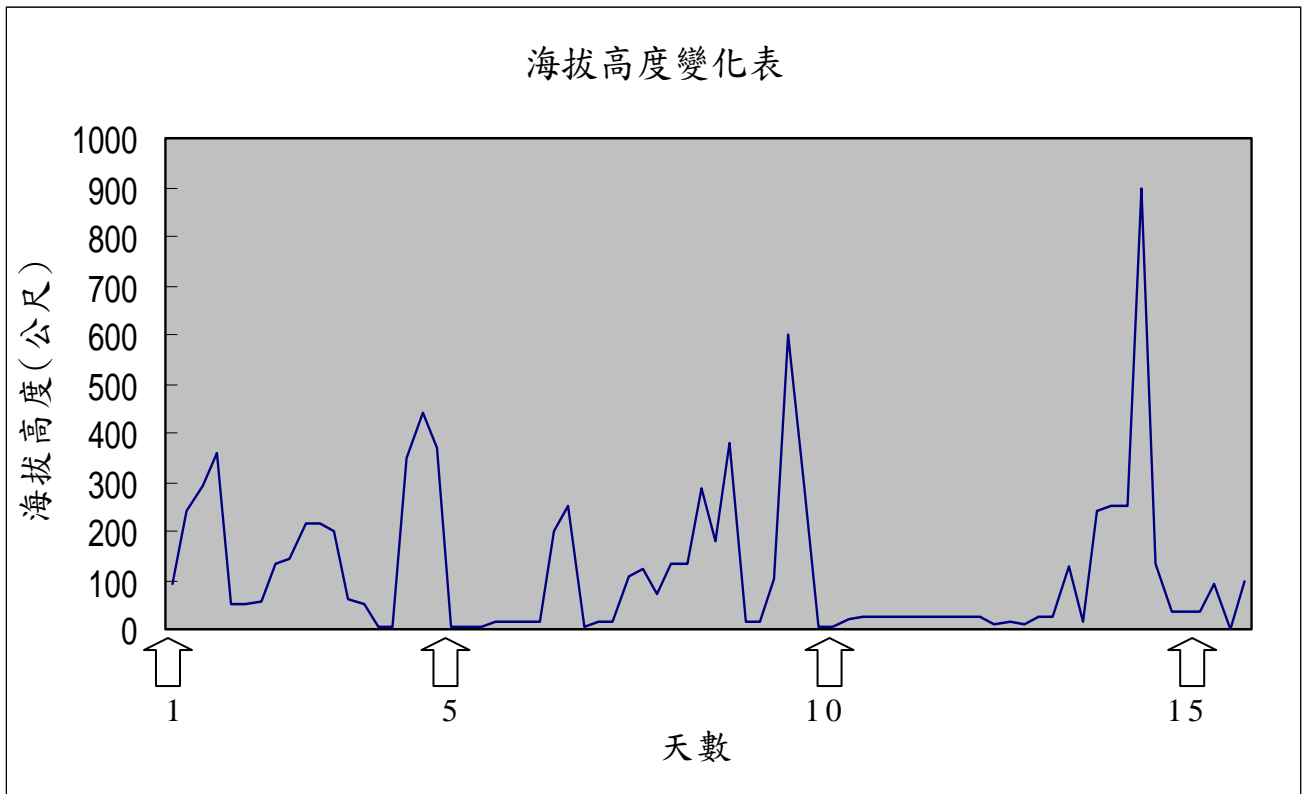
血液採樣分為五個採血點，分別為出發當日（7 月 13 日）、出發後第五天（7 月 17 日）、出發後第十天（7 月 22 日）、出發後第十五天（7 月 27 日）、結束後第四天（7 月 31 日）。

行程、單日里程及總里程（公里）如下表一：

表一

天數	上午	里 程	下午	里 程	當日總 里程
1	台中-三義	53	三義-苗栗	0	53
2	苗栗-北埔	48	北埔-關西	24	72
3	關西-鶯歌	22	鶯歌-台北市	37	59
4	台北市-坪林	40	坪林-宜蘭	43	83
5	宜蘭-(火車)花蓮	5	花蓮	0	5
6	花蓮-天祥	48	天祥-花蓮	52	100
7	花蓮-光復	60	光復-玉里	48	108
8	玉里-鹿野	63	鹿野-台東	28	91
9	台東-大武	56	大武-車城	64	120
10	車城-恆春	67	恆春	0	67
11	墾丁假期			0	0
12	恆春-新埤	59	新埤-屏東	28	87
13	屏東-楠栖	69	楠栖-大埔	34	103
14	大埔-中埔	46	中埔-嘉義	20	66
15	嘉義-台中	100			100
合計					1114

圖一 海拔高度變化圖及環島行程中採血點



箭頭處為採血點，分別為第一天（出發當天）、第五天、第十天、第十五天，第五個採血點為環島結束後第四天，因此並標示在環島十五天內。

第三節 實驗儀器與方法

一、血液採集

採血時間為清晨六點，受試者採血前至少禁食八小時，由合格護理人員進行抽血。先請受試者握拳並綁上止血帶，選擇肘內側正中靜脈，由合格護理人員將 Vacuette 針頭(0.70 mm × 38 mm) 插入手肘靜脈，採用 6 ml 含抗凝血劑真空管收集血液，共 3 管，及 9ml 不含抗凝血劑真空管收集血液，共 1 管，總採集血液 27ml，以高速離心機離心，速度為 3000rpm (10 分鐘)，離心後抽取上層血清液，放置於-20 度冰箱內。



二、Wingate Anaerobic Test

以腳踏車測功器 (894E, Monark, Varberg, Sweden) 為測量工具，負重強度男性為每公斤體重 0.08 kg，女性為每公斤體重 0.06 kg (例如 100 公斤男性，負重為 8 公斤)，測驗流程比照 Wingate anaerobic test (Inbar, Bar-Or, Skinner, 1996)。受試者於施測前調整手握把與座墊高度至最適位置，告知測驗流程，並說明注意事項，臀部不可離開座墊。正式開始前，讓受試者以無負重踩車暖身 2-3 分鐘，正式開始時，受試者在無負重情況下全力踩車至最高速，並持續峰值 3 至 5 秒後施測人員放下負重，受試者依然持續踩車 30 秒，並由電腦紀錄 30 秒內最大動力 (peak power)、平均動力 (mean power)。



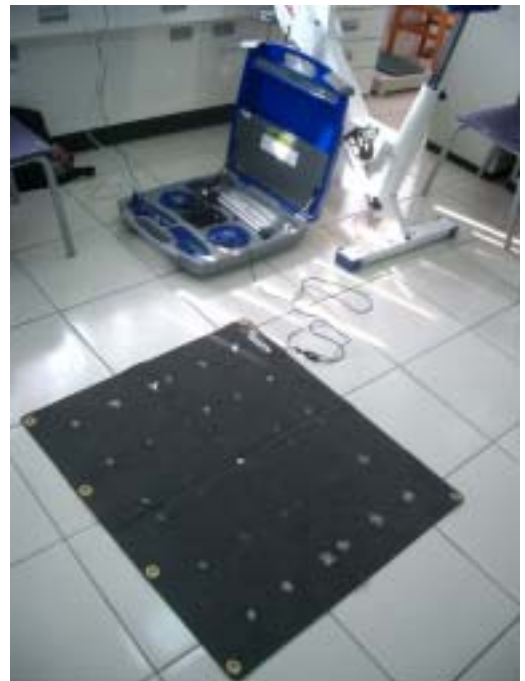
三、最大攝氧量測量

以氣體分析儀及功率腳踏車為測量工具，受試者於施測前調整把手與座椅高度至最適位置，告知測驗流程及說明注意事項，受試者戴上面罩並接上氣體分析儀分析運動中換氣量，測驗開始時，男性為 75 Watt 負重，女性為 50 Watt，轉速需維持在每分鐘 60 轉，每三分鐘增加 25 Watt，直至受試者筋疲力竭（衰竭）無法再維持 60 轉/分（rpm），結束測驗。氣體分析儀分析測得受試者最大攝氧量。



四、體適能分析

20 公尺衝刺、原地垂直跳、擺臂下蹲垂直跳皆以 NewTest 儀器配合踏墊及光柵測量；握力以握力計測得左右手最大握力；下肢無氧動力以腳踏車測功器（894E, Monark, Varberg, Sweden）為測量工具，實施 Wingate aerobic test。



五、生化分析

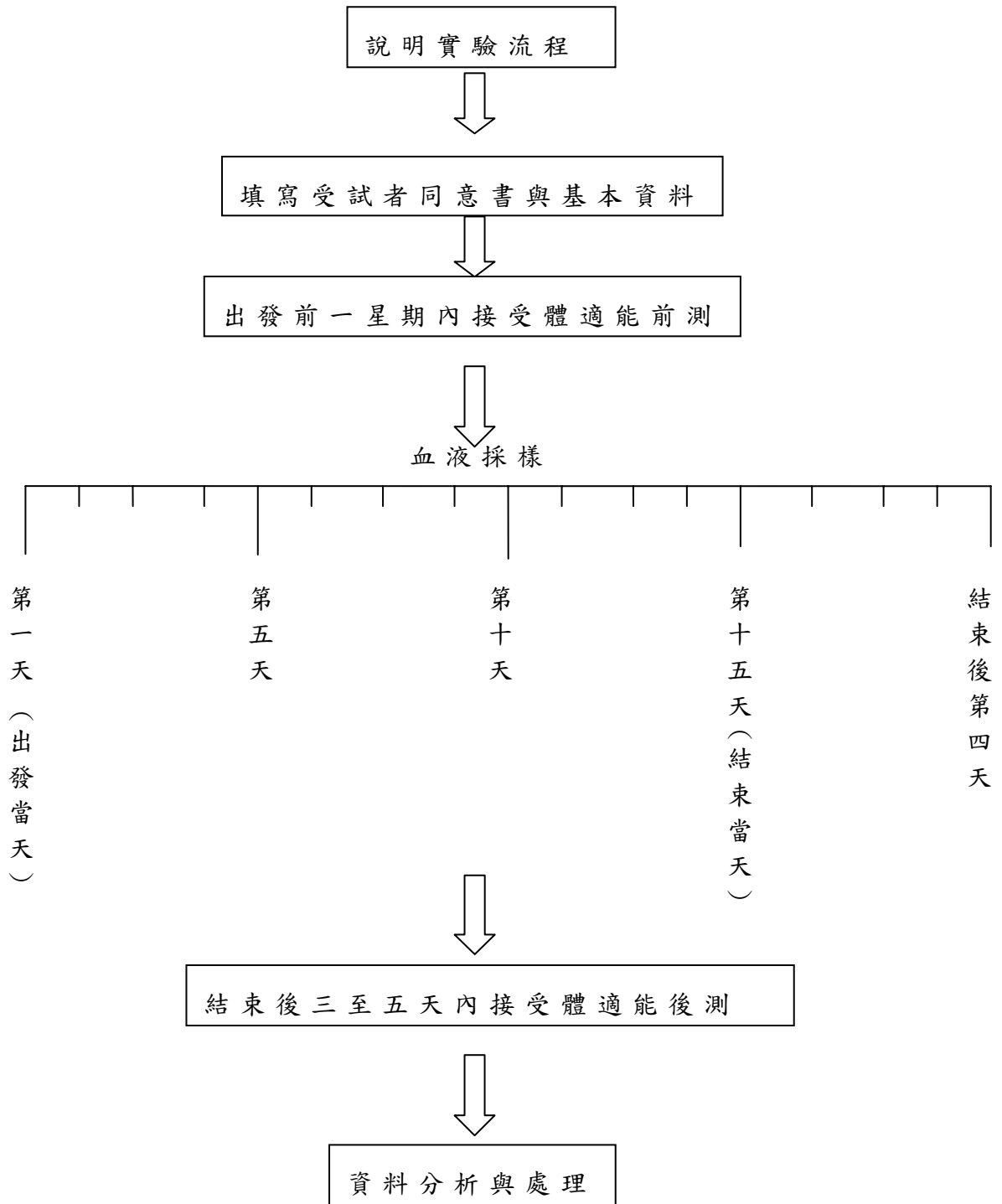
血液生化分析以自動生化分析儀（Hitachi 7020, Hitachi Science systems, Ltd, Ibaraki, Japan）分析：

1. 血清肌酸激酶（Creatine Kinase, CK）濃度，採用 CicaLiquid CK商業試劑組（WAKO, Osaka, Japan）。
2. 乳酸脫氫酶（Lactate Dehydrogenase, LDH）濃度，採用 Lactic acid dehydrogenase, LD:Lactate dehydrogenase, EC1.1.1.27商業試劑組（WAKO, Osaka, Japan）。
3. 尿素氮（Blood Urine Nitrogen, BUN）濃度，採用 Determiner UN L·LTYPE 商業試劑組（WAKO, Osaka, Japan）。
4. 尿酸（Uric Acid, UA）濃度，採用 UA 商業試劑組（WAKO, Osaka, Japan）。

自動免疫電子冷光儀（Hitachi Elecsys 2010, Roche Diagnostics, Germany）分析：

1. 血清睪固酮（Testosterone）濃度
2. 皮質醇（Cortisol）濃度。

第四節 實驗流程



第五節 資料搜集

本研究收集每位受試者基本資料，包含身高、體重、年齡；下肢無氧動力測試收集每 5 秒之無氧動力值及最大無氧動力值，並計算 30 秒內之最大動力（peak power）、平均動力（mean power）。

第六節 統計方法

所有數據皆以平均數±標準差的方式表示。利用成對樣本 T 檢定（Paired T test）比較環島前與環島後體適能相關項目的差異，以重複量數單因子變異數分析（one-way ANOVA）比較環島前、中、後各採血點之間的差異，若主效應顯著，則以 Bonferroni 進行事後比較。顯著水準定於 $p < .05$ ，所有資料以 SPSS for Windows 12.0 套裝軟體加以統計分析。

第肆章 結果

一、受試者基本資料

受試者基本資料如表二，本研究對象體適能部份共 27 名，(男性 20 名、女性 7 名)，血液生化分析部份共 32 名(男性 24 名、女性 8 名)。

表二 受試者基本資料

	體適能 (n=27)	血液生化 (n=32)
年齡 (age)	22.8±3.29	23.9±6.17
身高 (M)	1.69±0.08	1.69±0.08
體重 (kg)	62.2±8.86	61.8±9.08

二、體適能各項數值

受試者各項體適能數值資料如表三

表三 體適能項目變化

	環島前	環島後
體重 (kg)	62.2±8.86	61.6±8.9*
BMI	21.7±1.9	21.4±1.7*
左手握力 (kg)	41.1±9.7	39.8±9.6
右手握力 (kg)	43.5±9.8	41.5±9.7*
Static Jump (cm)	29.8±8.9	22.4±8.3*
Counter Movement Jump (cm)	30.5±10.2	27.6±9.4
20公尺衝刺 (s)	3.31±0.58	3.34±0.59
Mean Power (W/kg)	2.38±0.68	1.71±0.78*
Peak Power (W/kg)	4.72±1.24	3.6±0.99*
VO _{2max} (ml/kg/min)	37.58±8.9	41.56±6.81*

備註：*代表與環島前達顯著差異， $p < 0.05$

(一) 體重

受試者體重與環島前比較，在環島結束後顯著下降
($p=0.03$)。

(二) BMI

受試者 BMI 與環島前比較，在環島結束後顯著下降
($p=0.021$)。

(三) 左手握力

受試者在環島前與環島後，左手握力無顯著差異。

(四) 右手握力

受試者在環島前與環島後，右手握力顯著下降
($p=0.03$)。

(五) SJ

受試者在環島前與環島後，SJ 高度顯著下降
($p < 0.001$)。

(六) CMJ

受試者在環島前與環島後，CMJ 高度無顯著差異
($p=0.073$)。

(七) VO_{2max}

受試者 VO_{2max} 在環島結束後顯著上升 ($p < 0.001$)。

(八) 20 公尺衝刺

受試者在環島前與環島後，20 公尺衝刺無顯著差異
($p=0.588$)。

(九) 無氧動力 Mean Power

受試者在環島前與環島後，MP 顯著下降 ($p < 0.001$)。

(十) 無氧動力 Peak Power

受試者在環島前與環島後，PP 顯著下降 ($p < 0.001$)。

三、血液生化值

受試者血液生化值資料如表四

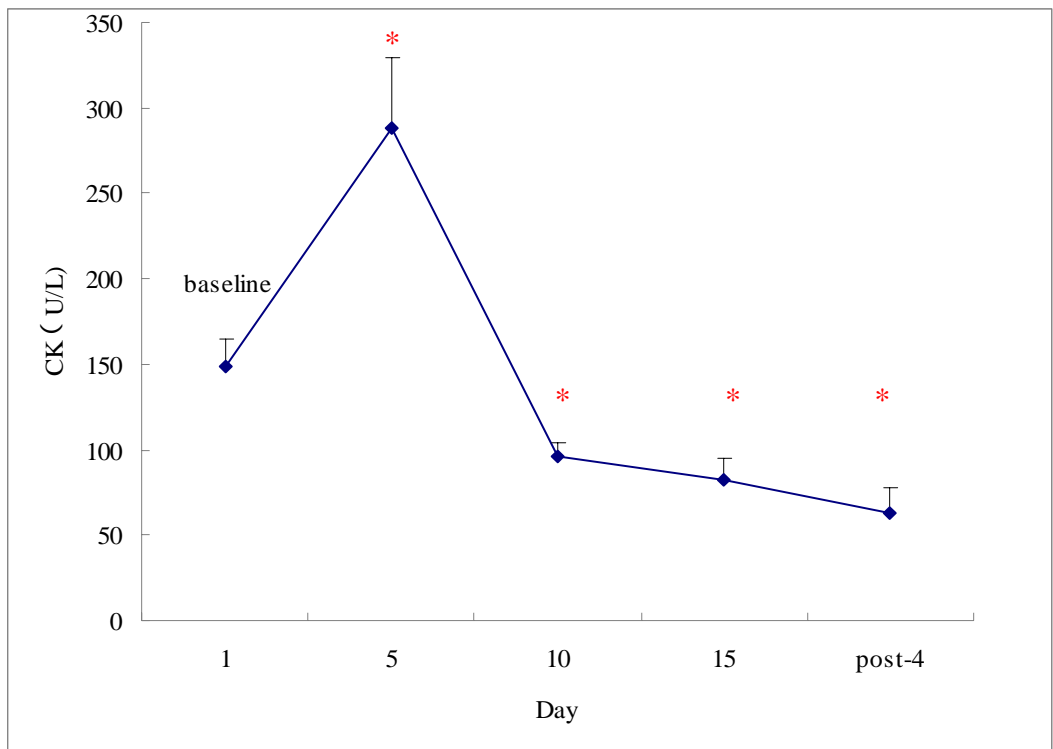
表四 血液生化值變化

	(baseline) Day1	Day5	Day10	Day15	Post-4
CK (U/L)	148.13±16.65	288.75±40.83*	95.69±8.76*	82.53±11.95*	62.34±15.62*
LDH (U/L)	437.56±67.73	480.94±87.62	450.03±69.57	468.4±68.64	522.44±107.29*
BUN (mg/dl)	15±3.7	18±4.5*	16±5	19.4±4.6*	13.3±3.4
UA (mg/dl)	6.19±1.47	6.84±1.66*	6.63±1.65	6.73±1.42	5.63±1.341
Testosterone (mg/L)	17.11±10.37	15.37±9.38*	17.29±10.93	18.07±11.72	23.96±14.79*
Cortisol (ug/dl)	5.43±1.73	5.67±1.17	5.9±0.89	5.52±0.92	4.49±1.27
T/C	3.79±2.97	2.89±1.92	3.04±1.97	3.4±2.24	5.61±3.58*

備註：*代表與baseline達顯著差異，p < 0.05

(一) CK 濃度變化

受試者 CK 濃度在第二個採血點顯著高於 baseline ($p=0.009$)，第三、四、五個採血點皆顯著低於 baseline (p 值分別為 0.02，0.006，0.002)，如圖二。

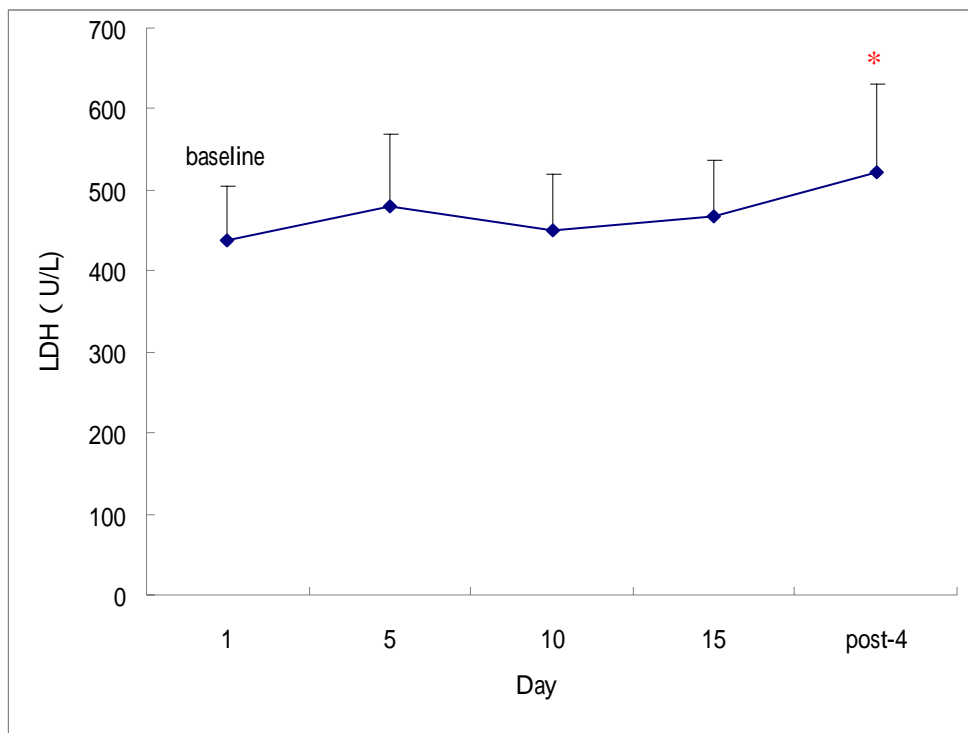


圖二 環島過程中與環島後 CK 濃度變化

備註：*代表與 baseline 達顯著差異， $p < 0.05$

(二) LDH 濃度變化

受試者 LDH 濃度在第二、三、四個採血點皆與 baseline 無顯著差異 (p 值分別為 0.104, 1, 0.237), 第五個採血點顯著高於 baseline ($p < 0.001$), 如圖三。

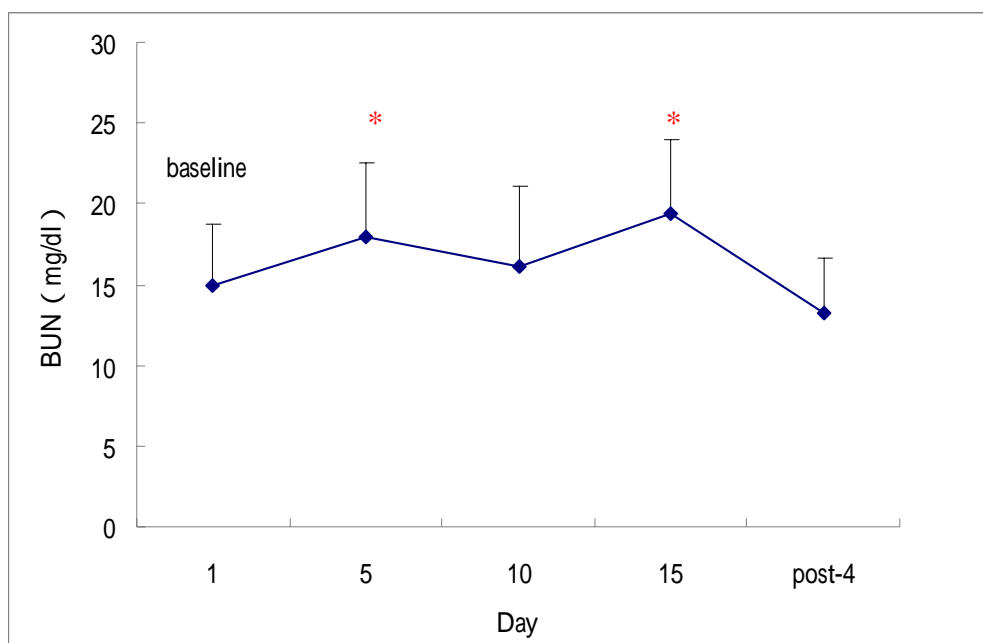


圖三 環島過程中與環島後 LDH 變化

備註：*代表與 baseline 達顯著差異， $p < 0.05$

(三) BUN 濃度變化

受試者 BUN 濃度在第二個及第四個採血點皆顯著高於 baseline ($p=0.008$, $p < 0.001$)，第三個及第五個採血點與 baseline 皆無顯著差異 ($p=1$, $p=0.059$)，如圖四。

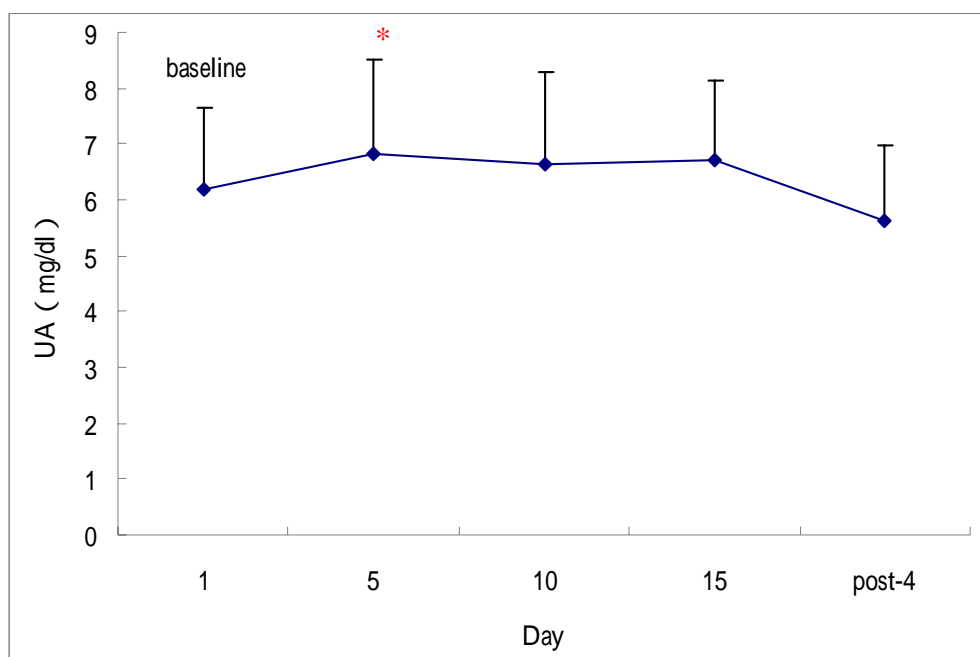


圖四 環島過程中與環島後 BUN 變化

備註：*代表與 baseline 達顯著差異， $p < 0.05$

(四) UA 濃度變化

受試者 UA 濃度在第二個採血點顯著高於 baseline ($p=0.042$)，第三、四、五個採血點皆與 baseline 無顯著差異 (p 值分別為 0.536, 0.156, 0.076)，如圖五。

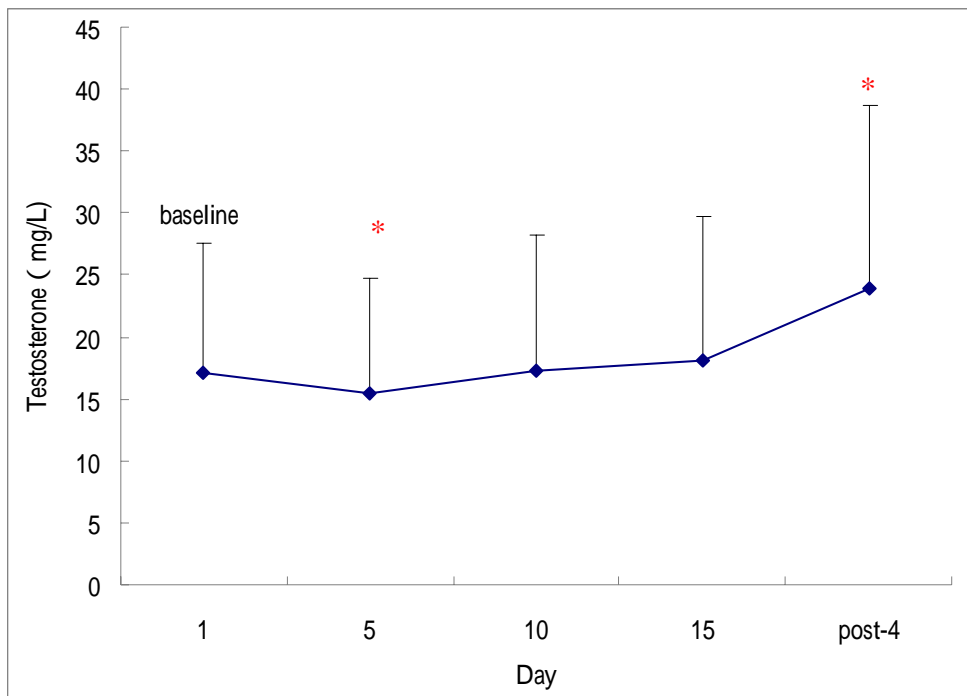


圖五 環島過程中與環島後 UA 變化

備註：*代表與 baseline 達顯著差異， $p < 0.05$

(五) Testosterone 濃度變化

受試者 Testosterone 濃度在第二個採血點顯著低於 baseline ($p=0.049$)，第五個採血點顯著高於 baseline ($p < 0.001$)，第三個及第四個採血點與 baseline 皆無顯著差異 ($p=1$ ， $p=1$)，如圖六。

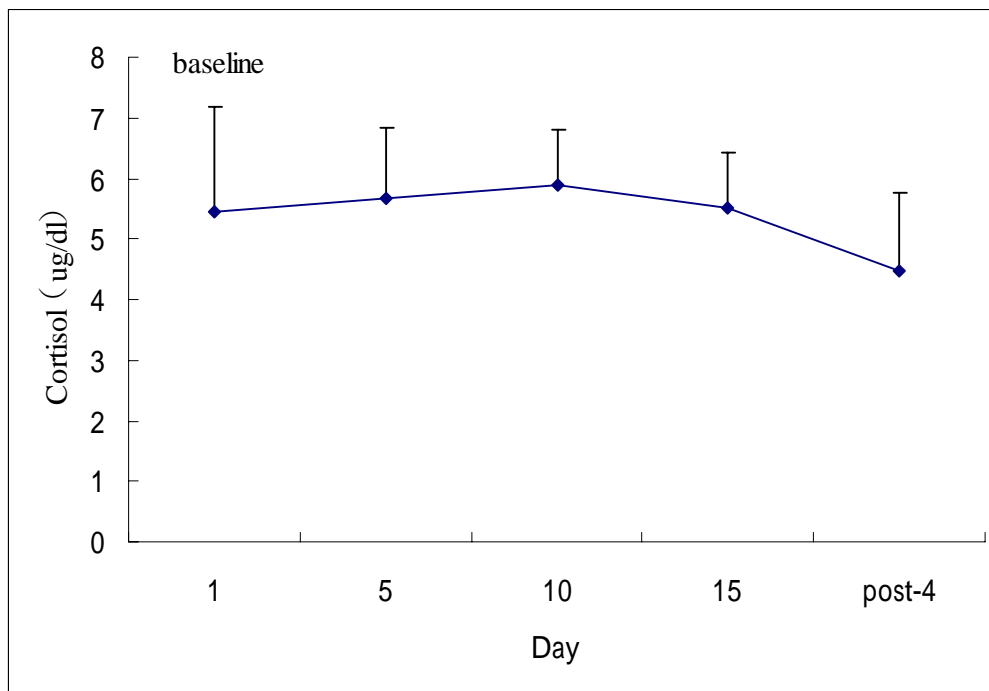


圖六 環島過程中與環島後 Testosterone 變化

備註：*代表與 baseline 達顯著差異， $p < 0.05$

(六) Cortisol 濃度變化

受試者 Cortisol 濃度在各採血點與 baseline 比較皆無顯著差異。(p 值分別為 1, 1, 1, 0.164), 如圖七。

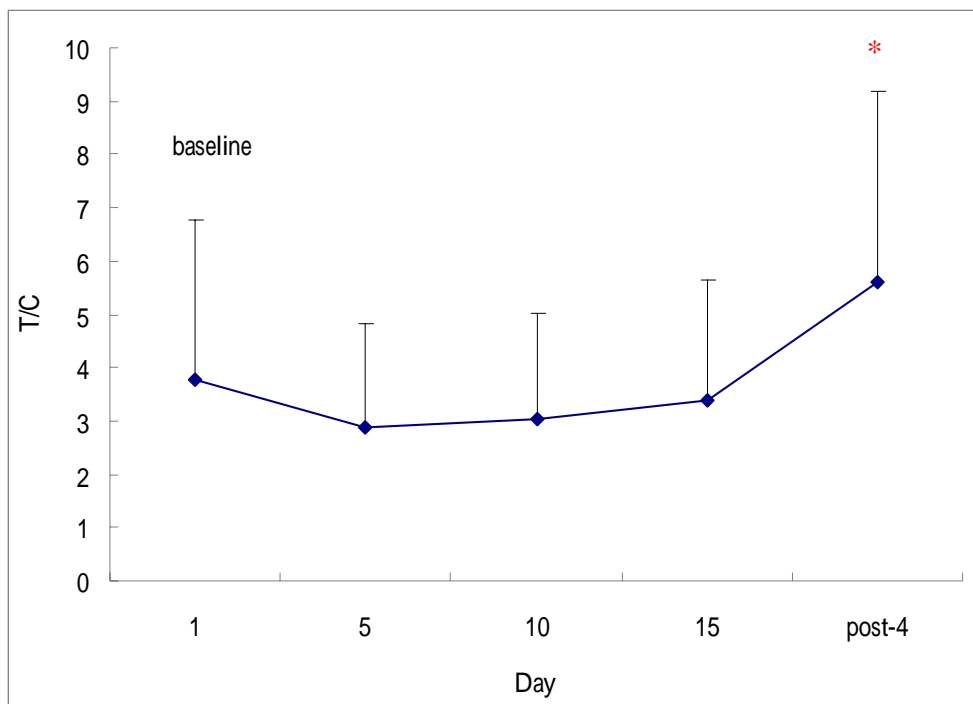


圖七 環島過程中與環島後 Cortisol 變化

備註：*代表與 baseline 達顯著差異， $p < 0.05$

(七) T/C 變化

受試者 T/C 在第五個採血點顯著高於 baseline ($p=0.017$)，第二、三、四個採血點皆與 baseline 無顯著差異 (p 值分別為 0.177, 0.479, 1)，如圖八。



圖八 環島過程中與環島後 T/C 變化

備註：*代表與 baseline 達顯著差異， $p < 0.05$

第五章 討論

一、環島前與環島後體適能之變化

本研究探討單車環島前與環島後體適能的變化，藉以了解多日長途的單車活動對於坐式生活者的助益。

受試者體重及 BMI 在環島結束後三至五天內的結果顯示，比起環島出發前有顯著的下降（ p 值分別為 0.03, 0.021）。根據美國國家衛生研究院（1998）定義的 BMI 標準，低於 18.5 為過輕，18.5~24.9 屬於正常範圍，25 以上則為過重，依程度再區分為肥胖一、二、三級。本研究受試者 BMI 皆落於正常範圍，且環島後仍能顯著降低 BMI，而 Willett（1991）等學者表示高 BMI 與高罹病率與死亡率有關。因此，在正常範圍內的 BMI 若仍能有效降低，對於預防冠心病與降低罹病率及死亡率應有一定的助益。

受試者環島結束後，左手與右手的握力皆有下降的趨勢，右手握力更下降達顯著（ $p=0.03$ ）。SJ 及 CMJ 部份皆有下降的趨勢，SJ 更下降達顯著（ $p < 0.001$ ）。下肢無氧動力部份，MP 與 PP 皆顯著下降（ $P < 0.001$ ， $P < 0.001$ ）。20 公尺跑步衝刺，環島前與環島後無顯著差異（ $p=0.588$ ）。從這幾項肌力測試部份來看，類似於短時間最大肌力的測試，從上肢的手握力到下肢的跳躍、跑步及無氧動力輸出，幾乎都是呈現類似下降的結果，顯示出連續多日且單日長時間長途

的單車騎乘，對於無氧能力與最大肌力部份可能沒有助益。

VO_{2max} 的高低是評估心肺有氧適能最有效的測試方法之一， VO_{2max} 越高代表心肺功能越好（Klinzing, 1982; Maksud, 1976; Pollock, 1971），ACSM定義有氧適能(Aerobic Fitness)為「有能力使用大肌肉從事輕度、中度，到高強度的運動且持續一段時間」。受試者環島結束後 VO_{2max} 顯著高於環島前（ $p < 0,001$ ），顯示本單車環島活動較偏向有氧運動，並且能有效提升心肺有氧適能。Demirel(1999)等學者指出，在十週的長時間運動（每天90分鐘）能使骨骼肌TypeIIb纖維變成TypeI纖維。因此，單車環島可能有相類似的效果，致使骨骼肌TypeIIb纖維比例下降，TypeI纖維比例提高，也可說明部份無氧能力項目的結果顯著下降，而有氧適能的項目顯著上升，可能是由於肌纖維型態的改變。另一種可能，無氧能力、部份肌力的衰退，也可能只是起因於單純的肌肉疲勞，恢復時間不足所導致。

二、環島前與環島後血液生化之變化

受試者CK濃度和UA濃度部份，第二個採血點(Day5)皆上升至整個環島過程的最高峰（如圖二、圖五）。與第一個採血點（baseline）做比較，UA濃度在第二個採血點顯著高於baseline（ $p=0.042$ ），第三、四、五個採血點則下降至與baseline沒有差異；CK濃度在第二個採血點更顯著高於所有各採血點，但在第三、四、五個採血點顯著下降至比baseline

更低。BUN 濃度(如圖四)，則有相類似於 CK 與 UA 的結果，環島過程中(第二、三、四個採血點)皆高於 baseline，第二、四個採血點達顯著($p=0.008$ ， $p<0.001$)，直至第五個採血點才下降至與 baseline 無顯著差異。LDH 濃度(如圖二)，則有上升驅勢，且第五個採血點顯著高於 baseline($p<0.001$)。

董群等學者(2005)說明劇烈運動可導致活動肌細胞膜通透性增加或肌纖維損傷，造成 CK 活性升高；顏克典(2003)指出一般安靜時 CK 標準值為 26-330 U/L，LDH 標準值為 89-221 U/L；林文弢(1996)指出運動員安靜時 UA 高於 7.5-8 mg/dl 顯示達過度疲勞。由圖二及圖五所示，我們看到 CK 及 UA 在出發前幾天的顯著上升，但之後則下降至與 baseline 無異，甚至更低。張愛芳(2005)指出，若 UA 在整個訓練週期保持不變，則表示訓練量過低，應增加負荷，提高運動能力；若 UA 在訓練初期上升，中、後期恢復正常水準，說明運動員對運動訓練產生適應，運動能力提升；若 UA 在訓練週期一直處於高水平，表明運動負荷過大，應減量負荷以防運動員過度疲勞。CK 與 UA 的結果推論單車環島活動對於一般坐式生活者應是適當強度的一種訓練，CK 與 UA 在初期上升，中、後期恢復正常水準，對訓練產生適應，運動能力提升，且 CK 與 UA 平均峰值並未達到過度疲勞的情況。顏克典(2003)指出對運動員而言，BUN 約 7-23 mg/dl，高於 23 mg/dl 則可能是訓練量過大。由圖四所示，環島過程中，受試者 BUN 濃度也相類似於 CK 與 UA 的結果，亦支持適當強度訓練的說法，且未達到過度疲勞，而圖三所示，緩緩升高的 LDH，則可能是骨骼肌細胞膜通透性升高或骨骼肌細胞損

傷。

從 Testosterone、Cortisol 與 T/C 比值來看，Testosterone 主要為同化作用，而 Cortisol 則為異化作用，透過 T/C 比值可了解體內調控同化-異化代謝之趨勢，顯示訓練中的運動表現與生理疲勞狀態 (Urhausen, Kindermann, 2002)。林建德、洪睿聲 (2003) 也指出，T/C 比值的提高，表示蛋白質同化合成作用提高，可能有助於運動機能提升，加速疲勞恢復及運動負荷之適應。由圖八所示，環島過程中 T/C 比值與之前的推論有較一致的結果，第二個採血點為 T/C 值最低點，顯示了類似訓練初期的不適應，異化作用較強，但第三與第四個採血點則可看出同化作用的增強，緩慢上升的趨勢，至第五個採血點達最高點且顯著高出 baseline 約 50% ($p=0.017$)，顯示環島結束後的身體適應與旺盛的合成代謝。

第陸章 結論與建議

第一節 結論

- 一、本研究在體適能部份顯示，連續多日且單日長時間的單車長途騎乘對於身體適能有良好的助益，包含體重、BMI 及心肺適能的改善。
- 二、在肌力及爆發力部份，連續多日且單日長時間的單車長途騎乘對於部份肌力沒有改善（如：上肢手握力、下肢肌力、下肢無氧動力），部份項目甚至出現顯著的衰退情形，但也可能是由於休息恢復的時間不足，肌肉疲勞所致，確切原因則需做更進一步探討。
- 三、本研究血液生化值顯示，連續多日且單日長時間的單車長途騎乘，對於一般坐式生活者，只有在環島活動前期會產生類似訓練初始的不適應，但強度並未到達過度訓練而產生疲勞，大部份的生化指標也在環島結束前幾天或結束後恢復安靜時的水準，顯示了身體的適應成效，但 LDH 的持續升高至環島結束後達顯著，暗示了可能存在的骨骼肌細胞損傷。

第二節 建議

- 一、在單車環島過程中監控心跳、乳酸等生理生化指標，可以更清楚的知道在環島過程中，運動強度的改變及受試者情況，也可做為數據分析時或路線規劃訂定時修正的依據。
- 二、未來可針對男性或女性受試者分開作探討，或是劃分年齡層作更深入的研究，也可針對改善老年人的體適能做不同的環島活動設計，如：路線平緩坡度的改變、總天數或單日騎乘時數的改變…等。
- 三、可介入飲食控制，方可採集不同時間點的血液做比較或探討；亦或加入某些食品或藥物觀察變化及影響。

參考文獻

一、中文部份

- 方進隆 (1990)。長跑訓練和運動強度對青年男子血清尿酸之影響。體育學報
- 董群、董傑、王海誠 (2005)。劇烈運動後血清肌酸激酶及其同功酶的變化。中國臨床康復
- 李世成、劉文軍、劉剛、趙永平、吳維毅、丘衛 (2006)。優秀自行車運動員冬訓期間的訓練監控與營養調控的研究。廣州體育學院學報
- 林建德、洪睿聲 (2003)。運動訓練與睪固酮、皮質醇。中華體育, 17 (3), 11-23。
- 林正常 (1993)。運動科學與訓練：運動教練手冊。台北縣：銀禾文化事業公司。
- 林正常 (1997)。運動生理學。台北：師大書苑
- 林文強 (1996)。運動負荷的生化評定。廣州：廣東高等教育出版社。
- 劉錫崑、曾文培 (2007)。自由車選手歷經全國公路錦標賽後抗氧化能力之變化。體育學報
- 張愛芳 (2005)。實用運動生物化學。北京市：北京體育大學出版社。
- 張文祥、王松 (2001)。女子公路自行車運動員大運動量訓練期間某些生化指標的變化。遼寧體育科技
- 楊海燕 (2003)。雲南省優秀女子自行車運動員冬訓期間某些

生化指標的監測研究。內蒙古體育科技
楊錫鑲 (1997)。運動生理學原理及應用。台北；中國文化大
學出版部。
顏克典 (2003)。訓練檢測與評估。中華民國手球協會資訊網。
資料引自 http://www.handball.org.tw/train_list.asp。

二、外文部份

American College of Sports Medicine (ACSM) (2000).
ACSM's guideline for exercise testing and prescription.
American College of Sports Medicine Position Stand.
Exercise and physical activity for older adults. Med Sci
Sports Exerc. 1998 Jun;30(6):992-1008. Review
Bar-Or O, Dotan R, Inbar O (1977) A 30-second all-out
ergometric test: its reliability and validity for anaerobic
capacity. Israel J Med Sci 13:326
Chen YJ, Serfass RC, Apple FS. Loss of myocardial CK-MB
into the circulation following 3.5 hours of swimming in a
rat model. Int J Sports Med. 2000 Nov;21(8):561-5.
Demirel HA, Powers SK, Naito H, et al: Exercise-induced
alterations in skeletal muscle myosin heavy chain
phenotype: dose-response relationship. J Appl Physiol
1999; 86:1002-8.

- Hagberg JM, Graves JE, Limacher M, Woods DR, Leggett SH, Cononie C, Gruber JJ, Pollock ML. Cardiovascular responses of 70- to 79-yr-old men and women to exercise training. *J Appl Physiol* 1989; 66(6):2589-2594.
- Hagberg JM, Montain SJ, Martin WH, III, Ehsani AA. Effect of exercise training in 60- to 69-year-old persons with essential hypertension. *Am J Cardiol* 1989; 64(5):348-353.
- Holly, R. G., Barnard, R. J., Rosenthal, M., Applegate, E., & Pritikin, N. (1986). Triathlete characterization and response to strenuous competition. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 18, 123–127.
- Jacobs, I. The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate Anaerobic Test. *Int. J. Sports Med.* 1:21–24, 1980.
- Kanter, M. M., Lesmes, G. R., Kaminsky, L. A., La Ham-Saeger, J. & Nequin, N. D. (1988) Serum creatine kinase and lactate dehydrogenase changes following an eighty kilometer race. Relationship to lipid peroxidation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57: 60-63.
- Klinzing, J. E., & Hazelton, I. M. (1982). The effects of exercise and weight change on cardiorespiratory endurance. *Journal of Sports Medicine*, 22, 469-476.

- Lawler JM, Powers SK, Visser T, Van Dijk H, Kordus MJ, Ji LL.
Acute exercise and skeletal muscle antioxidant and
metabolic enzymes: effects of fiber type and age. *Am J
Physiol* 265: R1344-R1350, 1993.
- Maksud, M. G., Cannistra, C., & Dublinski, D. (1976). Energy
expenditure and VO₂max of female athletes during
treadmill exercise. *Research Quarterly*, 47(4), 692-697.
- National Institutes of Health. 1998. Clinical guidelines on
the identification, evaluation, and treatment of
overweight and obesity.
- Pansare MS, Kulkarni AN, Pendse UB. Effect of yogic
training on serum LDH levels. *J Sports Med Phys Fitness*
1989;29:177-178.
- Passelergue, P., Lac, G., 1999. Saliva cortisol, testosterone and
T/C ratio variations during a wrestling competition and
during the postcompetitive recovery period. *Int. J.
Sports Med.* 20, 109-113.
- Pollock, M. L., Miller, H. S., Janeway, R., Linnerud, A. C.,
Robertson, B., & Valentino, R. (1971). Effects of
walking on body composition and cardiovascular function
of middle-aged men. *Journal of Applied Physiology*,
30(1), 126-130.

- Seals DR, Hagberg JM, Hurley BF, Ehsani AA, Holloszy JO.
Endurance training in older men and women. I.
Cardiovascular responses to exercise. *J Appl Physiol* 1984;
57(4):1024-1029.
- Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Obayashi M,
Li Z, Xu M, Sato Y, Kato T, Shimomura N, Fujitsuka N,
Tanaka K, Sato M. Suppression of glycogen consumption
during acute exercise by dietary branched-chain amino
acids in rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2000
Apr;46(2):71-7.
- Sutton, J.R.. Toews. C.J.. Ward, G.R. and Fox. I.H. (1980)
Purine metabolism during strenuous muscular exercise in
man. *Metabolism* 29. 254-260
- Urhausen A, Kindermann W. Behaviour of testosterone, sex
hormone binding globulin (SHBG), and cortisol before
and after a triathlon competition *Int J Sports Med*. 1987
Oct;8(5):305-8
- Urhausen A, Gabriel H, Kindermann W. Blood hormones as
markers of training stress and overtraining. *Sports Med*.
1995 Oct;20(4):251-76. Review.
- Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K. &
Eppenberger, H.M. (1992) Intracellular
compartmentation, structure and function of creatine
kinase isoenzymes: the 'phospho-creatine circuit' for

cellular energy homeostasis. *Biochem. J.* 281, 21-40.

Willett WC, Stampfer M, Manson J, Van Itallie T. New weight guidelines for Americans: justified or injudicious. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1 102-3.

WU JL, WU QP, HUANG JM, CHEN RY, CAI M, TAN JB:
Effects of L-malate on physical stamina and activities of enzymes related to the malate-aspartate shuttle in liver of mice. *Physiol Res* 56: 213-220, 2007.