

國立臺灣體育運動大學競技運動學系  
碩士學位論文

補充不同增補劑對自由車選手公路賽中 100 公尺  
衝坡專項成績與血球變化之影響

EFFECT OF INGESTING DIFFERENT  
SUPPLEMENTARY SOLUTIONS ON RESULTS AND  
BLOOD BIOCHEMICAL INDICIS OF CYCLING IN  
ROAD RACE OF 100 METERS SPRINT CLIMBING



研究生：曾筱嘉 撰  
指導教授：方世華 教授

中華民國 102 年 7 月

論文名稱:不同增補劑對自由車選手公路賽中 100 公尺衝坡專項成績與血球變化之影響

總頁數:58

院校所組別:國立臺灣體育運動大學競技運動學系碩士班

畢業及提要別:101 學年度第 2 學期碩士學位論文提要

研究生:曾筱嘉指導教授:方世華教授

## 中文摘要

研究背景：為了激發運動員身體機能的最大潛力，以達到更快、更高、更強的目標，必須在訓練過程中進行生理、生化、營養學等方面的研究，藉由運動量、運動強度、疲勞及恢復的監控，讓教練更準確掌握運動員對訓練負荷的承受能力及合理安排訓練課表，促進選手達到最佳競技狀態。目的：本文旨在探討男性自由車選手攝取不同增補液後，其 100 公尺公路賽爬坡衝刺成績與生化指標是否有改變。方法：以 9 名大甲高中自由車隊選手為研究對象，平均年齡  $17.7 \pm 1.03$  歲，採隨機交叉排定操弄順序，分別為補充市售運動補充飲料(POW)、綠茶(TEA)及糖水(CHO)。每隔一周換一種增補液進行運動測試，30 分鐘熱身後，進行模擬比賽時高強度的爬坡衝刺，每組 8 次，組間休息 10 分鐘，共 3 組，測試總時間為 2 小時。於運動前、後 10 分鐘及隔天早上採取靜脈血液樣本，並分析血漿肌酸激酶，乳酸，睪固酮，可體松，紅血球，白血球，嗜中性球，淋巴細胞及血糖。不管是 POW 組、TEA 組或是 CHO 組在運動後或者是隔天，紅血球數與運動前比較沒有顯著差異。在 POW 組運動後白血球顯著增加，在 TEA 組裡面運動後則顯著下降，而在 CHO 組的部分運動後也有顯著增加，在各組之間運動後或者是隔天都沒有顯著差異。嗜中性球的變化在 POW 組、TEA 組及 CHO 組運動後均有顯著增加，在各組之間運動後的 POW 組比 CHO 組以及 TEA 組的組間的嗜中性白血球有顯著增加。淋巴細胞的變化在 POW 組及 CHO 組運動後有顯著下降，但在 TEA 組裡面運動前後沒有顯著變化。血糖的變化在 POW 組與 CHO 組運動前後沒有顯著變化，但 TEA 組在運

動後顯著下降。三組乳酸的變化在運動後以及隔天均有顯著增加。肌酸激酶的變化在三組運動後均無顯著差異，只有 POW 組於運動後隔天顯著高於運動前。睪固酮的變化在 POW 組及 CHO 組運動後有顯著下降；而運動後隔天三組睪固酮值均顯著增加。皮質醇的變化在 POW 組、TEA 組以及 CHO 組運動前、後以及隔天都沒有顯著的變化；而運動後隔天 POW 組比其他兩組的皮質醇值有顯著增加。結論：本論文中青少年自由車選手在模擬比賽訓練過程，補充不同增補液對運動表現沒有顯著影響。

**關鍵字：**增補劑、睪固酮、可體松、嗜中性白血球

## Abstract

Background: To motivate the athlete's potential in sports performance, and to reach the goals of faster, higher, and stronger, we have to do research in training physiology, biochemistry, and nutrition and monitor the training volume, intensity, fatigue, and recovery so that coaches can understand exactly the athlete's tolerance in training load and make an appropriate training program. Purpose: To understand the effect of different supplementary solutions on performance and biochemical indices of 100 meters sprint in climbing. Methods: The subjects were 9 athletes recruited from Da-Jia senior high school and the average age is  $17.7 \pm 1.03$  years old. Each subject was assigned randomly and in cross orders to different sequences of intervention, included over-the-counter sports powder (POW), green tea (TEA), and sugar solution (CHO). There are 3 non-continued weeks and we gave one supplementary solution in each week. The total time is 2 hours and procedure of exercise test was included: 30 minutes for warm up, 3 sets 100 meters sprint climbing and 8 sprints in each set, and 10 minutes for rest between sets. We collected venous blood sample before exercise, after exercise for 10 minutes, and morning in next day, and then, the serum creatine kinase (CK), Lactic acid, testosterone (T), cortisol (C), erythrocytes, leukocytes, neutrophils, lymph cell, and glucose were analyzed. Result: There is no difference between the effects of different supplementary solutions on erythrocytes, leukocytes. In POW, TEA, and CHO duration, leukocytes, neutrophils, and lactic acid increased significantly, and lymph cells and testosterone declined significantly; leukocytes increased significantly in POW and CHO, but decreased significantly in TEA; neutrophils increase significantly in all interventions and POW was more significant than other interventions; lymph cells decreased significantly after exercise tests in POW and CHO and increased significantly in TEA; there's no significant change of blood glucose in POW and CHO, but blood glucose declined significantly; lactic acid increased significantly in all interventions; creatine kinase has no

significant change in all interventions, but increased significantly in next day of POW; testosterone decline significantly in POW and CHO, and increased significantly in next day of all interventions; cortisol has no significant change in all interventions, and however, the increased degree was larger in next day of POW than other interventions. Conclusion: Based on the results from junior athletes in the exercise tests, there is no effect of different supplementary solutions on sports performance.

**Key words: supplementary 、 testosterone 、 cortisol 、 neutrophil**

## 謝誌

上研究所一直是最掙扎的選擇，一路上內心不停的在拔河，甚至有著不想畢業的念頭。論文的完成，最要感謝我的指導教授方世華老師，對我的包容與諒解，在我有問題時給我許多寶貴意見與空間，讓我在訓練和比賽及實驗中不會有衝突點，尤其是在那段我想放棄撰寫論文的時期，不知該如何繼續時，老師的溫暖關懷，給了我不小的安定，最後，謝謝老師，在我研究所這段期間的照顧及時常詢問我比賽成績與練習狀況，對於我這個糊塗鬼，方老師總是一而再、再而三的包容，即使到最後修改論文時間，還是不辭辛勞的給予我意見及教誨，因為有您的體諒及幫忙，使得本論文能夠更完整而嚴謹，謝謝您，方世華老師。

在研究計畫及論文口試，感謝口試委員李再立教授、張振崗教授，兩位教授對論文的指證及口試時間的探討，讓我發現論文撰寫上的疏漏與盲點，也不辭辛勞細心的提攜與指點，使我更能更正且讓論文寫作方向更加完整。

同時也要感謝江思翰學弟，在口試當天的協助與辛勞。不然我的口試可能真的會開天窗啊。

在實驗時，需要辛苦的受試者，首先，要特別感謝大甲高中徐瑞德教練與林昆鴻教練，給我這個機會也全力協助我的論文實驗，還有大甲高中的自由車團隊們，謝謝你們的全力配合，我知道有的人怕抽血有的人怕痛，還是願意犧牲你們的手臂讓我做血液採檢，真的很感謝你們的配合讓學姐完成論文實驗，沒有你們大家的幫忙與協助，我想我真得沒辦法如期畢業！

感謝在我做實驗時，有佩玉學姐、承訓學長、愛奇學妹，謝謝你們犧牲了自己時間協助我完成整個實驗，沒有你們大家的幫忙與協助，我應該

又要繼續延畢了！論文的寫作過程就像是一種人生的修行，可以正視自己的缺點，訓練自己面對現實，並解決問題，論文的完成，只是這一段過程的句點並也是下一段人生歷程的起點。

## 目錄

中文摘要 .....	I
ABSTRACT .....	III
謝誌 .....	V
目錄 .....	VII
表目錄 .....	IX
圖目錄 .....	X
<b>第一章 緒論</b> .....	<b>1</b>
第一節 研究背景 .....	1
第二節 研究動機 .....	2
第三節 研究目的 .....	3
第四節 名詞解釋 .....	3
第五節 研究限制與範圍 .....	5
<b>第二章 文獻探討</b> .....	<b>6</b>
第一節 探討不同增補益對自由車選手公路賽中 100 公尺衝坡專項成績之影響 .....	8
第二節 探討不同增補液對自由車選手不同血球變化之影響 .....	9
第三節 探討不同增補液對自由車選手血糖及乳酸之影響 .....	12
第四節 探討不同增補液對自由車選手肌肉損傷及疲勞之影響 .....	14

第五節探討不同增補液對自由車選手荷爾蒙之影響.....	17
<b>第參章研究方法與步驟</b> .....	20
第一節研究對象.....	20
第二節實驗設計.....	20
第三節研究步驟.....	20
第四節實驗流程.....	25
第五節統計方法.....	25
<b>第肆章結果</b> .....	27
第一節運動表現.....	27
第二節血液生化值.....	27
<b>第伍章討論</b> .....	29
第一節 血液生化值標.....	29
<b>參考文獻</b> .....	42
中文部份.....	42
英文部份.....	42
<b>附錄一、受試者同意書</b> .....	57

## 表目錄

表一、受試者基本資料 .....	35
表二、不同增補劑在運動前後血液生化值的變化 .....	36

## 圖目錄

圖一、補充不同增補劑在運動前後血糖的變化 .....	37
圖二、補充不同增補劑在運動前後及隔天早上乳酸的變化 .....	38
圖三、補充不同增補劑在運動前後及隔天早上肌酸激酶的變化 .....	39
圖四、補充不同增補劑在運動前後及隔天早上皮質醇的變化 .....	40
圖五、補充不同增補劑在運動前後及隔天早上睪固酮的變化 .....	41

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景

近百年來，奧林匹克自由車運動競賽項目及比賽方法不斷變化，在國際賽上目前將自由車分為場地、公路、登山賽等三類，各個項目在運動特徵上均屬由下肢沿圓周踏、週期性的半機械運動項目，雖有共通性，但也因比賽距離與性質的不同，所需具備的運動能力是有區別。自由車選手需具備良好的體能，例如：肌力、速度和耐力等，才能在比賽中運用專項技術獲得更好的成績。過去調查研究中已指出較優秀的手球、足球運動員有較佳的體能(Al-Hazzaa et al., 2001; Gorostiaga, Granados, Ibanez, & Izquierdo, 2005; Jensen, Jacobsen, Hetland, & Tveit, 1997; Wisløff, Helgerud, & Hoff, 1998)，也有探討增補劑對自由車選手體能之影響，研究指出人體在高強度的自行車運動中補充檸檬碳酸鈉後，乳酸濃度顯著增加(van Someren K, Fulcher K, McCarthy J, Moore J, Horgan G, Langford R, 1988)，若在90分鐘的自行車運動中補充支鏈氨基酸後，肌酸激酶會降低，而在運動中補充碳水化合物後，肌酸激酶有明顯增加(Greer BK, Woodard JL, White JP, Arguello EM, Haymes EM, 2007)。超耐力項目運動員在比賽開始前應仔細計劃營養策略，然而目前並無國內自由車選手運動增補劑與運動表現之相關研究。

除了定期實施適合自由車運動的專項體能檢測外，利用唾液或血液的檢測以監控生理指標，了解運動員的體能及生

理狀況也是相當重要的。人體內分泌腺激素(hormone)的分泌，其中睪固酮(testosterone, T)、皮質醇(cortisol, C)和兩者的比率(T/C ratio)常做為運動員體內合成及分解作用平衡狀況的指標，已有研究(Chang, Tseng, Tan, Hsuuw, & Lee-Hsieh, 2005; Gorostiaga, Izquierdo, Iturralde, Ruesta, & Ibanez, 1999; Lutoslawska, Obminski, Krogulski, & Senddecki, 1991)分別針對鐵人三項、手球及獨木舟等不同項目，發現長時間參與耐力訓練或高負荷訓練後，若是運動員恢復時間不足，體內T/C比率會降低。Adlercreutz et al. (1986)曾建議T/C值是最為敏感的訓練壓力指標，也是判斷過度訓練的基準，當其比值降到30%以下，即可認定是過度訓練或過度疲勞，當處於疲勞狀態而持續進行高強度訓練，可能因而導致運動員受傷或運動成績無法進步等負面影響。

## 第二節 研究動機

自由車運動員的速度、力量、耐力等生理條件，直接影響運動表現，因此對自由車選手的專項體能要求較高。自由車選手的專項體能主要包括：有氧代謝能力、無氧代謝能力、專項力量以及騎乘技術等。運動訓練的本質是要不斷激發運動員身體機能的最大潛力，以達到更快、更高、更強的目標。因此，必須在訓練過程中進行生理、生化、營養學等方面的研究，對運動量、運動強度、疲勞及恢復進行監控，讓教練更準確掌握運動員對負荷的承受能力，合理安排訓練負荷，促進最佳競技狀態。

近幾年來，世界自行車運動水平不斷的提升，台灣自由車公路賽運動員在亞洲也已達到奪金的水準，但距離世界比

賽得名還有些需要努力的差距。研究者本身為自由車選手，在訓練和出國比賽的過程中，深深體會到運動教練應將運動與科學結合，才能尋找出最佳的運動增補劑；因此希望透過本研究的設計，分析、了解不同運動增補劑對專項成績之影響，以作為日後訓練上調控運動增補劑之依據，進而協助教練提升運動員創造最佳成績。

### **第三節 研究目的**

本研究目的是將監測國內優秀的自由車選手在模擬比賽過程中補充不同增補液對運動表現的變化，並採集血液以監測血液中不同種類的血球變化、血糖、乳酸、肌肉疲勞及損傷各項指標，以及唾液中免疫球蛋白A和荷爾蒙變化，藉以協助教練及選手調整比賽過程中最佳的增補液。本研究目的分別如下：

1. 探討不同增補液對自由車選手公路賽中100公尺衝坡專項成績之影響
2. 探討不同增補液對自由車選手不同血球變化之影響
3. 探討不同增補液對自由車選手血糖及乳酸之影響
4. 探討不同增補液對自由車選手肌肉疲勞及損傷之影響
5. 探討不同增補液對自由車選手荷爾蒙變化之影響

### **第四節 名詞解釋**

1. 100公尺衝坡專項成績

全長由上坡的長度為100公尺，坡度18%，接著平路500公尺以及下坡200公尺所形成的一個繞圈，記錄每圈上坡段100公尺所需要的秒數。

## 2. RPE(Rating of perceived exertion, RPE)

運動自覺量表是由瑞典生理學家GunnarBorg所發展出來的心理生理量表；透過知覺上的努力程度判斷，整合肌肉骨骼系統、呼吸循環系統與中樞神經系統的身體活動訊息,建立個人身體活動狀況的知覺感受(Irving et al., 2006);而RPE分數可以說是受試者主觀努力程度的一個很好的指標，以及提供受試者在遞增負荷運動測驗中遞增負荷的量化方法當受試者運動快耗竭時，其RPE值可以用來描述動強度。

## 3. 乳酸(Lactic acid)

血液中的葡萄糖進入肌肉或是肌肉中的肝醣經由糖解作用產生ATP，在無氧的參與下會形成乳酸。

## 4. 肌酸激酶 ( Creatine kinase , CK )

當肌肉細胞發生損傷的時候，肌肉細胞遭受到破壞時將肌酸激酶釋放出，因此可以把血液中的肌酸激酶視為肌肉傷害的指標。

## 5. 睪固酮 ( testosterone, T)

睪固酮為一種類固醇荷爾蒙(steroid hormone)，主要受到下視丘-腦下垂體-性腺軸控制，青春後，男性血漿中睪固酮約有0.6 $\mu$ g/dl，女性約有0.3 $\mu$ g /dl。

## 6. 皮質醇(cortisol, C)

皮質醇為一種固醇類荷爾蒙，由腎上腺皮質所分泌的主要醣皮質素(glucocorticoids)之一，而皮質醇的分泌受

到運動強度及時間、健康狀態、營養狀態及一天的週期等因素的影響。

#### **第五節 研究限制與範圍**

1. 本研究是以大甲高中自由車隊男性選手9位為受試對象。
2. 受試者在進行測試過程中，研究者僅能以口頭鼓勵受試者配合實驗盡最大努力。

## 第二章文獻探討

自由車運動運用肌肉收縮的方式可被區分成兩大類：向心性肌肉收縮（concentric contraction）與離心性肌肉收縮（eccentric contraction）。向心性肌肉收縮指施力時作用肌肉縮短的動作，此運動類型包括跑步、游泳與自由車等；相對的，重量訓練、自由車與下坡跑步時，肌肉仍然在承受張力時，則屬離心性肌肉收縮。在自由車選手訓練過程包含阻力訓練（resistance training）和有氧訓練（aerobic training），前者為典型含有較多離心性收縮的運動訓練方式；後者為典型含有較多向心性收縮的運動訓練方式。兩類型的運動均造成疲勞現象，但恢復速度差異很大，造成肌肉損傷的差異也很大。肌肉在修護的過程中會感受到疲勞感，並產生延遲性肌肉酸痛（delayed onset muscle soreness, DOMS）、肌力與關節活動度下降等，這一類的疲勞感需要數天的恢復時間（Amann, & Calbet, 2008）。自由車運動過程中隨著運動強度的增加，組織細胞為了應付運動強度上升時對 ATP 的需求增加，對氧氣的需求比例也會提高。然而，當細胞對氧氣的需求持續增加而氧氣輸送無法應付此狀況時，產生 ATP 的方式將更依賴無氧代謝系統，造成乳酸在肌肉與血液中的濃度上升，運動造成乳酸的增加與運動過程中疲勞的發生有某種程度的關聯（Allen, Lamb, & Westerblad, 2008），原因為乳酸解離時所產生的氫離子會抑制許多蛋白質，例如磷酸果糖激酶（phosphofructokinase, PFK）或肌酸激酶的活性而減緩糖解的速率，以及鈣離子的釋放而降低肌纖維收縮的能力（Cairns, 2006）。

自由車運動中除了肌肉系統的變化外，內分泌系統也同時改變，進而促進肌肉與肝臟肝醣的分解，在自由車運動後兒茶酚胺(catecholamine)濃度會顯著提升。兒茶酚胺包括腎上腺素(epinephrine)與正腎上腺素(norepinephrine)，此類激素對於心血管系統、平滑肌、神經內分泌的調節和代謝有廣泛的生理作用。研究發現，激烈或高強度運動後，會明顯增加體內腎上腺素與正腎上腺素的濃度(Fry, et al., 1994)，進而造成心跳加快、肝醣分解以及增加基礎代謝率等現象來應付運動過程中所帶來的生理壓力，因此，兒茶酚胺濃度的高低可做為評估自由車運動後身體恢復狀況的指標，還可測量其他與身體壓力反應有關的荷爾蒙，如：促腎上腺皮質激素(Adrenocorticotrophic hormone, ACTH)、皮質醇、睪固酮以及催乳素(prolactin)。運動後會增加腎上腺皮質激素的濃度而促進皮質醇的分泌(Tabata, Ogita, Miyachi, & Shibayama, 1991)，因此，監控自由車運動後腎上腺皮質激素與皮質醇濃度的變化，可了解身體在面臨運動壓力挑戰後的生理恢復情形。另外，睪固酮荷爾蒙是主要的男性性激素及同化激素，可促進肌肉的生長(Ferrando, et al., 2002)。然而，皮質醇與睪固酮在體內的作用則完全相反，在高強度自由車運動下，特別在血糖降低時皮質醇濃度上升，皮質醇被視為壓力荷爾蒙，當此荷爾蒙分泌增加時，會促使肝醣、蛋白質的分解，提供所需能量。目前認為運動後評估身體壓力恢復狀態可觀察睪固酮/皮質醇比值的變化，當睪固酮/皮質醇比值降低時則代表身體仍處於壓力狀態；Vervoorn等(1991)針對優秀划船選手進行疲勞檢測，發現當睪固酮/皮質醇比值長期低於30%時，容易引發過度訓練症狀。Maestu的研究中也指出，

進行三週高負荷訓練，睪固酮/皮質醇比值明顯下降。  
Adlercreutz等人（1986）曾建議睪固酮/皮質醇比值是最為敏感的訓練壓力指標，是判斷過度訓練的基準，當其比值降到30%以下，即可認定陷於過度疲勞的狀態。

## 第一節

### 探討不同增補液對自由車選手公路賽中 100 公尺衝坡專項成績之影響

蔗糖是單糖葡萄糖和果糖組成，研究表明蔗糖似乎是與其他高代謝碳水化合物（如葡萄糖，葡萄糖聚合物）一樣有效，提供一個外生燃料源，在耐力運動，刺激肝臟的合成，促進運動恢復和增強耐力運動（Wallis GA, Wittekind A, 2013）。有研究調查是否合併兩種碳水化合物攝入而啟動不同的腸道傳輸機制。9位訓練有素的男性自行車選手隨機分配進行了四次試驗，相隔至少1週。每次試驗包括了150分鐘的騎自行車的最大功率輸出在50%最大攝氧量，而受試者分別獲得1.8克/分鐘的葡萄糖、1.2克/分鐘的葡萄糖+蔗糖0.6克/分鐘的蔗糖，1.2克/分鐘的葡萄糖+0.6克/分鐘的麥芽糖或水。結果發現當攝入的葡萄糖和蔗糖的混合物（1.8克/分），在高速率下騎自行車行使過程中，外源性碳水化合物氧化率達到約1.25克/分鐘的峰值。（Jentjens RL, Venables MC, Jeukendrup AE, 2003）

過去研究者一直在研究發掘可以提高運動員運動能力的增補劑，綠茶萃取物已被證實可以提高運動能力，8位男性進行3次交叉，隨機雙盲，飲食控制的自行車研究，在6

天的實驗期間和運動試驗前 1 小時，所有參與者都收到了 3 種不同的增補劑（安慰劑組為 270 毫克，270 毫克 EGCG，和安慰劑組 270 毫克咖啡因 3 毫克/公斤體重）。每個參與者均會完成 3 個運動試驗，包括 60 分鐘的自行車，60% 最大攝氧量，緊接著個人 40 公里自行車計時賽。結果發現補充綠茶萃取物對脂肪氧化或騎自行車的運動表現，不像咖啡因增加自行車運動表現（Dean S, Braakhuis A, Paton C, 2009）。有研究發現碳水化合物攝入，可以增加靜態肌肉收縮力輸出，並增長運動時間，有助於提高運動員的訓練量。（Wax B, Brown SP, Webb HE, Kavazis AN, 2012）。在一項確定無熱量的代糖 CHOexog 的運動員在運動過程中的作用研究，採取隨機，交叉，雙盲試驗，23 位健康男性騎自行車運動員，運動前 120 分鐘開始每 15 分鐘攝入安慰劑或蔗糖。接著騎自行車強度為  $48.5 \pm 8.6\%$  最大攝氧量，期間補充麥芽糊精飲料（1.2g/min）。結果發現血糖，血漿胰島素和乳酸、碳水化合物和脂肪利用率、心跳率、主觀體力感覺疲勞評分，及腸胃症狀在不同的狀況下沒有顯著差異。（Stellingwerff T, Godin JP, Beaumont M, Tavenard A, Grathwohl D, van Bladeren PJ, Kapp AF, le Coutre J, Damak S, 2013）

## 第二節

### 探討不同增補液對自由車選手不同血球變化之影響

急性接觸中海拔高地環境可能提升自行車在平地上運動表現，因為空氣阻力減少的利益大於最大攝氧量的下降。相比之下，中海拔高地環境為山區時，自行車運動表現將降

低。優秀自行車運動員間常用的訓練做法，居住在高海拔地區，或居住在接近海平面的低氧環境下（約 2500 米），都在海平面高度追求增強運動表現。有文獻調查研究，在中度海拔（1500～3000 米）2 - 4 週，隨著水土不服的減少或肌肉中乳酸增加，增強肌肉的緩衝能力和些微的提高自行車力學效率。由相關文獻的分析表示自然的或是模擬的中等高度適應，無法充分地提高紅血球細胞體積和血紅蛋白量。此外，藉由研究一群集體受過良好培訓運動員的結果表示，增加海平面最大攝氧量，適應缺氧的可能性不大，但這種作法將提升紅血球細胞體積和血紅蛋白量。雖然生活在接近海平面的高度，但訓練以提高騎自行車的競爭力，需要進一步的研究，以確認其利益。（Hahn AG, Gore CJ, 2001）。在長時間的運動中攝入碳水化合物與嗜中性白血球和其衰減功能反應的數據較少，尚未有單獨的液體攝入影響免疫反應相關的資訊。過去研究探討定期流體攝入的影響與沒有液體攝入對血漿皮質醇相比，長時間騎車對循環中性顆粒細胞和脂多醣刺激中性顆粒細胞脫顆粒反應。在一項隨機的設計，9 位男性在兩次 2 小時自行車的強度為 65% 最大攝氧量，運動前與在運動過程中攝入兩種液體（檸檬味的水，流體試驗）或無液體攝入量。在休息時與運動後立即和運動後 1 小時取得靜脈血液樣本，運動後立即比無流體試驗血漿，皮質醇濃度顯著高於流體試驗。循環中性顆粒細胞數增加了 4.5 倍，脂多醣（Lipopolysaccharide, LPS）刺激中性顆粒細胞的彈性蛋白酶釋放下降低，各組間無顯著差異。結果表示單獨液體攝入循環中性顆粒細胞和循環中性顆粒細胞和脂多醣刺激中性顆粒細胞之脫顆粒反應在長時間的運動幾乎無影響（Bishop

NC, Scanlon GA, Walsh NP, McCallum LJ, Walker GJ, 2004)。另有研究在運動過程中攝取的碳水化合物（6 或 12% 碳水化合物飲料）進行持續 4 小時自行車運動，分析急性運動後免疫反應。發現攝取 6% 的碳水化合物飲料能夠降低吞噬細胞（嗜中性粒細胞和單核細胞）的釋放、減少皮質醇（Scharhag J, Meyer T, Auracher M, Gabriel HH, Kindermann W, 2006）。此研究主要探討攝入咖啡因對長時間騎車後中性顆粒細胞氧化爆發的影響。在兩部分的研究中，19 位騎自行車的男性（A 部分 - 11 人；B 部分 - 8 人）進行了 90 分鐘強度為 70% 的最大攝氧量，運動後的 1 小時攝取 6 毫克/公斤體重的咖啡因或安慰劑。咖啡因攝入沒有影響對 PMA 刺激氧化突發的反應（A 部分），但在安慰劑組減低了運動誘發下降反應的發生（B 部分）。咖啡因攝入後血清的咖啡因濃度和血漿腎上腺素濃度運動後顯著提高。此外，咖啡因的攝入使循環淋巴細胞數量增加，但中性顆粒細胞的數量沒有影響。因此，雖然咖啡因攝入腎上腺素會增加，這是不影響嗜中性白血球功能的預期下降。這表明在目前的的研究中，咖啡因攝入後藉由其他機制影響中性顆粒細胞功能（Walker GJ, Caudwell P, Dixon N, Bishop NC, 2006）。非最大強度固定持續時間的運動，咖啡因攝入與運動誘發中性粒細胞氧化爆發下降有關。然而，高強度運動力竭後的反應是未知的。9 位在 60 分鐘自行車開始前攝取每公斤體重 6 毫克咖啡因或安慰劑，進行 90 分鐘在 70% 最大耗氧量（最大攝氧量），個人計時的運動表現攝入咖啡因比安慰劑療效快 4%（ $P = 0.043$ ）。運動 90 分鐘後血漿腎上腺素濃度增加與咖啡因有關（ $P = 0.046$ ）。在運動 90 分鐘後立即計時賽，

以及計時賽的後 1 h，咖啡因也與增加血清中的咖啡因濃度 ( $P < 0.01$ )。然而，中性顆粒細胞氧化爆發的反應在運動後兩項試驗下降 ( $P = 0.002$ )。咖啡因對循環白血球細胞或中性顆粒細胞數量沒有影響，但計時賽後的淋巴細胞數量顯著降低 ( $P = 0.003$ )，此研究結果表示運動誘發中性顆粒細胞氧化爆發反應的衰減，這可能是與腎上腺素濃度增加 (Walker GJ, Dziubak A, Houghton L, Prendergast C, Lim L, Bishop NC, 2008)。研究比較三種不同比例的碳水化合物，CHO:PRO 比例為 2:1，3:1，4:1 與安慰劑組補充對於阻力運動 (全身:3 組  $\times$  8-10 的 70-75% 1RM) 引起的肌肉損傷指標的影響。研究的結果顯示血清肌酸激酶和肌紅素運動前與各組相比顯著增加，在運動後的 24 小時，血清肌酸激酶和肌紅素的水平顯著高於安慰劑組，所有組的運動後肌肉痠痛增加，但三組在任何時間點沒有顯著差異。運動後 24 小時血清肌酸激酶和肌紅素降低，但絲毫不影響在運動後任何時間點的肌肉痠痛，且三組之間無顯著差異 (Samadi A, Gaeini AA, Kordi MR, Rahimi M, Rahnema N, Bambaiechi E, 2012)

### 第三節

#### 探討不同增補液對自由車選手血糖及乳酸之影響

過去已有許多研究證明在休息狀態下攝入碳水化合物的飲品，可恢復低血糖及運動表現。本次調查的目的是研究不同來源碳水化合物和不同濃度的碳水化合物飲料消耗的影響。18 位自行車選手，早上 8 點吃完標準化的早餐，上午 10 點進行暖身程序為 20 分鐘，隨後 7 分鐘休息之後，受試

者在騎自行車 45 分鐘，大約心跳率達 150 下/分鐘。在暖身的過程中以隨機順序食用含碳水化合物的飲料（無論是蔗糖，果糖，麥芽糖糊精或葡萄糖）或安慰劑。研究結果表示，暖身和最終的運動會導致兒茶酚胺增加和胰島素減少。增加碳水化合物的量和更高的濃度與安慰劑相比，血糖水平增加（Brouns F, Rehrer NJ, Saris WH, Beckers E, Menheere P, ten Hoor F, 1989）。有研究指出口服攝入咖啡因影響劇烈的間歇性運動表現和肌肉間隙離子濃度。兩個研究（S1 和 S2）；在 S1 中，12 名受試者完成 Yo-Yo 間歇性測試之前攝入咖啡因（6 毫克/每公斤體重）或安慰劑（安慰劑）。在 S2 中，6 個受試者進行低強度（20 W）和三強度（50 W）各 3 分鐘（相隔 5 分鐘）獨腿膝蓋伸展運動，分析測定肌肉間隙 K (+) 和 Na (+)。咖啡因在休息時與運動過程中的血漿游離脂肪酸比安慰劑高（ $P < 0.05$ ）。咖啡因與安慰劑相比的血糖峰值（ $8.0 \pm 0.6$  比  $6.2 \pm 0.4 \mu\text{mol/L}$ ），血漿  $\text{NH}_3$ （ $137.2 \pm 10.8$  與  $113.4 \pm 13.3 \mu\text{mol/L}$  的）也高於對照組（ $P < 0.05$ ），總之，咖啡因的攝入量提高耐疲勞性（Mohr M, Nielsen JJ, Bangsbo J, 2011）。另有研究評估急性攝入綠茶多酚對暴露在劇烈運動的足球運動員的影響，對 16 名選手進行一般的準備期，期間所有運動員參加了一個肌力訓練計劃，發展力量耐力強度。綠茶多酚（640 毫克）或安慰劑單劑量攝入後，所有運動員進行激烈的肌肉耐力測試，包括 3 套 2 力量練習（臥推，蹲舉）進行。在運動前，肌肉耐力測試後的 5 分鐘，24 小時後的恢復分別採集血液樣本。結果在兩組中，血漿尿酸和總抗氧化狀態顯著增加，運動後及經過 24 小時的恢復期仍然升高。紅血球細胞超氧化酶活性沒有明顯改變，而在這兩個群

體中肌酸激酶活性顯著增加，24小時後恢復（Jówko E, Sacharuk J, Balasinska B, Wilczak J, Charmas M, Ostaszewski P, Charmas R. ,2012），這項研究的目的是探討運動前同時攝取蛋白質與碳水化合物對血糖反應的影響。21位受試者，參加四個試驗以隨機順序。這些包括：1) 休息時攝取葡萄糖，2) 休息時攝入葡萄糖和蛋白質，3) 運動後攝入葡萄糖，4) 運動後攝取葡萄糖和蛋白質。強度為最大心跳率 60% 的 45 分鐘自行車運動。測試飲料含有 50 克葡萄糖，乳清蛋白採用 20 克或 50 克葡萄糖。採取靜脈血液樣本在基準線和隨後每 2 小時 15 分鐘後飲料的消耗。隨後分析血漿葡萄糖和胰島素的結果顯示在健康受試者蛋白質與碳水化合物的共同攝取降低血糖反應及增加胰島素反應，而運動前似乎沒有任何影響，另外血糖或胰島素濃度對運動效果沒有顯著反應（Roberts S, Desbrow B, Grant G, Anoopkumar-Dukie S, Leveritt M, 2013）。

#### **第四節**

#### **探討不同增補液對自由車選手肌肉疲勞及損傷之影響**

當肌肉持續收縮，即無法避免產生肌肉疲勞的現象。這種現象可以透過測量肌肉最大等長收縮、動態收縮肌力降低的程度、乳酸及血氨來評估。運動造成乳酸的增加與運動過程中疲勞的發生有某種程度的關聯（Allen, Lamb, & Westerblad, 2008），血氨濃度的上升所造成的疲勞現象與神經系統疲勞也有很高的關聯性（Davis, & Bailey, 1997）。

咖啡因攝入對急性上身阻力運動耗竭後肌肉疼痛的影響。有氧運動模式顯示，攝入咖啡因可以抑制運動引起的肌肉疼痛，可增強肌肉的強度性能和降低上身肌肉疼痛感（Duncan MJ, Oxford SW, 2012）。12位男性進行攝入含咖啡因的與安慰劑。一項隨機，雙盲，交叉，安慰劑對照實驗設計，在三個不同條件下高阻力運動的神經肌肉測試，針對等距最大自主收縮和等距電刺激強度的右膝進行測定，以確定咖啡因的作用機制。這些結果發現咖啡因的增加具有直接影響神經肌肉功能（Mora-Rodríguez R, García Pallarés J, López-Samanes Á, Ortega JF, Fernández-Elías VE, 2012）。運動過程中含咖啡因的能量飲品已成為最常用的飲料。這項研究的目的是在兩種含咖啡因劑量的能量飲料，探討上下半身功率負載時的肌肉表現。12位受試者在一項隨機的順序，使用從市面上購買能量飲料（FURE®，ProEnergetics）或一樣的飲品每公斤體重攝入1至3毫克的咖啡因，不含咖啡因（安慰劑）。含咖啡因飲料的攝入與安慰劑相比，咖啡因能量飲料至少有3毫克/公斤劑量，顯著提高深蹲和臥推最大肌肉力量（Del Coso J, Salinero JJ, González-Millán C, Abián-Vicén J, Pérez-González B, 2012）。研究結果顯示在靜態的肌肉收縮之前和期間攝入碳水化合物，可以增加輸出力和增加耗盡體力的時間，可能有助於提高運動員的訓練量（Wax B, Brown SP, Webb HE, Kavazis AN, 2012）。研究表明蔗糖似乎是與其他高代謝碳水化合物（如葡萄糖，葡萄糖聚合物）一樣有效，提供一個外生燃料源，在耐力運動，刺激肝臟和肌肉肝醣的合成，有助於運動恢復和改善耐力運動性能。（Wallis GA, Wittekind A, 2013）以往的研究表示，運

動引起的肌肉損傷可能因併服蛋白質和碳水化合物的補充而衰減。這項研究結果發現併服蛋白質和碳水化合物降低血清肌酸激酶和肌紅蛋白在運動後 24 小時，但絲毫不影響在任何時間點運動後的肌肉酸痛（Samadi A, Gaeini AA, Kordi MR, Rahimi M, Rahnama N, Bambaiechi E, 2012）。針對自行車與三鐵選手進行試驗，運動前肝醣含量和咖啡因攝入對輸出功率有顯著的影響。咖啡因的攝取提高功率輸出，功率輸出的增加提供了運動表現的優勢，並可能進一步提升增強式訓練的反應（Lane SC, Areta JL, Bird SR, Coffey VG, Burke LM, Desbrow B, Karagounis LG, Hawley JA, 2013）。咖啡因提高了短時間和長時間的跑步和騎自行車的運動表現，腿部肌肉的續航力依靠於功率輸出。10 個訓練有素的男性越野滑雪，進行了一項採用隨機，雙盲，交叉設計的安慰劑和咖啡因試驗。運動表現的評估是由一個 8 公里的越野雙竿運動表現測試所完成的時間。運動前 75 分鐘攝入咖啡因（6 毫克/每公斤體重）或安慰劑，結果發現在咖啡因組受試者保持較高的速度和心率，和運動後的乳酸值較高，並提高運動表現，可能是減少勞累的知覺或促進運動單位召集（Stadheim HK, Kvamme B, Olsen R, Drevon CA, Ivy JL, Jensen J, 2013）。從運動後快速補充增補液研究的證據表明，加入碳水化合物增補液與水的安慰劑相比會增加流體恢復率。添加蛋白質的碳水化合物可能進一步凸顯了有益的影響。攝入的碳水化合物補充劑，尤其是那些與蛋白質結合，可能有助於減少運動引起的肌肉損傷，伴隨著肌肉酸痛使肌肉功能降低（Mitchell JB, 2013）。

## 第五節

### 探討不同增補液對自由車選手荷爾蒙之影響

睪固酮為一種固醇類荷爾蒙主要為同化作用，不僅可促進蛋白質的合成（Kraemer & Ratamess, 2005），亦可影響肌酸磷酸的合成作用。能促進運動後肌細胞重建，造成肌肉肥大而增強肌力（Crewther, Keogh, Cronin, & Cook, 2006），睪固酮與運動能力有關，當睪固酮濃度上升，可透過內分泌調控以達到身體適應，進而可提升運動表現；反之，過度訓練、疲勞、運動能力降低時，常出現嚴重血中睪固酮濃度低下現象，運動表現明顯下降（Halsen & Jeukendrup, 2004）

短時間的激烈運動後血漿中的睪固酮濃度會呈現增加的現象（Urhausen et al., 1995），而增加的幅度會受到運動強度、運動量及肌肉量之影響，睪固酮濃度增加的主要原因可能是血液濃縮，亦可能為運動時血液重新分配。若是在3小時的長時間高負荷運動期間（如鐵人三項），血漿中睪固酮濃度則會降低（Urhausen et al., 1995），Doerr (1976)認為可能因運動期間皮質醇分泌增加進而抑制睪固酮的分泌，因而造成血漿中睪固酮濃度降低。由於休息狀態皮質醇的濃度變化不大，而在運動期間分泌增加，相對地睪固酮生成量減少，長時間刺激使皮質醇濃度升高，如此會影響人體機能，運動表現亦隨之下降。在Hoogeveen等(1996)指出，自由車選手經過三個月的訓練後睪固酮濃度降低。

皮質醇為一種固醇類荷爾蒙，是由腎上腺皮質所分泌的主要醣皮質素之一，而皮質醇的分泌受到運動強度及時間、健康狀態、營養狀態及一天的週期等因素的影響。過度的運

動訓練會造成血液中皮質醇濃度增加，同時血液中皮質醇濃度升高時會抑制血液中醣類作為能量來源，促進脂肪酸、胺基酸等轉變為葡萄糖作為能量來源，但肌肉細胞及脂肪組織對葡萄糖的吸收率會降低。一般而言，隨著運動強度以及運動時間的增加，體內皮質醇濃度亦隨之增加。如：在長時間中強度下的馬拉松運動，皮質醇的濃度亦會提升(Steinacker, Lormes, Reissnecker, & Liu, 2004)；阻力運動訓練會造成皮質醇濃度的上升；短時間激烈運動也出現皮質醇濃度增加的現象，儘管於各種不同型態運動訓練下，皮質醇濃度均呈現增加的現象，但經由Nieman等(1997)的研究中發現，以 $76.7 \pm 0.4\% \text{VO}_{2\text{max}}$ 的高強度下跑步2.5小時，並在過程中補充碳水化合物，可以維持運動中血糖濃度不致降低，也減少了皮質醇濃度於運動中上升的現象，因此運動中碳水化合物的補充可以抑制皮質醇的釋放。

另有研究系統性地評估耐力鍛煉的持續時間對男性荷爾蒙濃度的效果，並同時控制運動強度和訓練狀態。8位耐力訓練的男性完成了靜態的控制階段和三種跑步機上跑40，80，和120分鐘的強度為55%最大攝氧量。在階段前及開始跑步之後的1，2，3和4小時採集血液，分析血漿黃體生成激素，硫酸脫氫異雄酮，皮質醇，游離和總睪固酮。黃體生成激素與休息部分相比是顯著高於跑步的階段。游離和總睪固酮在80和120分鐘運行後的第一個小時普遍增加，然後在未來3小時的恢復呈穩步下降趨勢。皮質醇只有在120分鐘跑後明顯增加，但在所有其他階段跨越時間呈下降。結果表示運動持續時間會影響耐力運動的荷爾蒙反應(Tremblay MS, Copeland JL, Van Helder W, 2005)。國際奧

委會解除咖啡因之禁用。有關咖啡因有利於運動表現的各個方面的影響受到大家的重視。阻力運動前 1 小時，24 位職業橄欖球聯賽的球員攝入咖啡因的劑量為 0，200，400，800 毫克（隨機順序）。咖啡因攝入後，運動過程中，辜固酮濃度在運動過程中增加 15%。經過合成代謝作用，可能會抵消由相對的分解代謝作用的增加，皮質醇和辜酮皮質醇比值得到的下降。（Beaven CM, Hopkins WG, Hansen KT, Wood MR, Cronin JB, Lowe TE, 2008）。

## 第參章研究方法與步驟

### 第一節 研究對象

本研究以目前國內頂尖車隊之一，「台中市自由車隊」選手9位男性為受試對象。受試者基本資料如表一。這些受試者都是在身體、心理狀況健康的情況下參與本研究，在實驗開始之前，會讓受試者與教練了解整個實驗的程序及內容，以及實驗過程中可能會發生的危險狀況，本實驗步驟已通過國立台灣體育運動大學人體試驗倫理委員會審查。本人及監護人均填寫受試者同意書。

### 第二節 實驗設計

本研究目的為探討運動增補液對優秀自由車選手運動表現之影響。在模擬公路賽中給予增補液，並於訓練前、後及隔天早上分別收集血液檢體，進行生理數值檢測；在模擬公路賽後評估專項運動表現及疲勞自覺量表評估；由此得知不同運動增補液對於自由車選手專項運動成績是否有正向的幫助。

測驗地點分別在清水鰲峰山自由車場及國立台灣體育運動大學運動科學中心進行測驗。

### 第三節 實驗材料與方法

#### 壹、血液採集

本研究血液採集由合格護理人員執行，每次血液採集量10毫升，血液裝置ETDA採血管中，輕輕搖晃，避免產生凝固，再取出1毫升的血液檢測CBC，之後把其餘的置入離心機中，以1500 g的轉速離心10分鐘，取其上清液儲存於攝氏-80度的冰箱等待分析。血液樣本取自手臂靜脈，在專項體能測驗開始之前、之後及隔天早餐前，共計3個採血點。

模擬公路賽中每位受試者必須喝下480毫升的增補劑，樣本分析方法：

#### 一、 血球種類分析：

全血以自動血球分析儀（sysmex KX-21N, Kobe, Japan）檢測血紅素（Hemoglobin, Hb），紅血球數，白血球數、嗜中性白血球血紅素作為運動中血漿量改變之校正用途。血比容校正：從事長時間耐力性的運動，常導致排汗率升高，易發生脫水現象。因此，在進行實驗研究血液時，脫水校正是一項必要的程序。儘管途中運動員可以隨時補充飲水，長距離與高強度的運動，必然產生脫水現象，必須進行血比容校正。本實驗採用 Dill and Costill (1974) 的公式進行校正。

#### 二、 肌酸激酶活性

血漿中肌酸激酶活性採用肌酸激酶活性檢定用體外診斷試劑（775287529, 關東化學株式會社, Tokyo, Japan），以全自動生化分析儀檢測（Hitachi 7020, Ibaraki, Japan），吸光值波長340 nm。

#### 三、 乳酸脫氫酶（lactate dehydrogenase, LDH）活性

血漿中乳酸脫氫酶活性採用乳酸脫氫酶測定試劑 (20300AMZ00410,shino,Tokyo,Japan)，以全自動生化分析儀檢測 (Hitachi 7020)，吸光值波長340 nm。

#### 四、 乳酸濃度

血漿中乳酸濃度以商業試劑進行操作 (Randox Co.,Antrim,Unites Kindom) 以全自動生化分析儀檢測 (Hitachi 7020)，吸光值波長550 nm。

#### 五、 葡萄糖濃度

血漿中葡萄糖濃度以商業試劑 (Quick Auto Neo Glu. HK) 進行操作反應 (Shino,Tokyo,Janpan)，以全自動生化分析儀檢測 (Hitachi 7020)，吸光值波長340 nm，副波長450 nm。

#### 六、 睪固酮濃度

唾液睪固酮使用 DRG Instruments (Marburg, Germany) Salivary Testosterone ELISA (NO.DX-SLV-3013)。步驟如下，準備好適當數量的 Microtiterwells (coated with anti-Testosterone antibody),將唾液100 $\mu$ l加入well中，另外 Standard (分別為0、10、50、100、500、1000、5000 pg/mL) 與 Control (High、Low)也各取100 $\mu$ l分別加入適當的well中，接著每一個well加入200 $\mu$ l並充分混合,置室溫60分鐘；每個well用40倍稀釋好的 Wash solution 400 $\mu$ l清洗三次，接著每個

well加入 200 $\mu$ l的 substrate solution室溫反應 30分鐘；最後每個 well 加入 100 $\mu$ l stop solution，並且在 10分鐘內以 ELISA reader波長 450 nm偵測其吸光；使用 4-Parameter logistics方計算 standard，得到曲線公式與 R2 值，將唾液樣本的吸光值帶入曲線公式得到濃度 (pg/mL),其濃度 pg/mL  $\times$  3.47/1000 可換算成 nmol/L。

## 七、皮質固醇濃度

唾液皮質醇使用 DRG Instruments (Marburg, Germany) Salivary Cortisol ELISA (NO.DX-SLV-2930)。步驟如下，準備好適當數量的 Microtiterwells (coated with mouse anti-Cortisol antiserum)，唾液 100 $\mu$ l加入 well中；另外 Standard (分別為 0、2、5、10、20、40、80 ng/mL)與 Control (High、Low)也各取 100 $\mu$ l分別加入適當的 well中，接著每一個 well 加入 200 Ugate 並充分混合，置室溫 60分鐘；每個 well用 40倍稀釋好的 Wash Solution 400 $\mu$ l清洗，接著每個 well 加入 200 $\mu$ l的 Substrate solution 室溫反應 30分鐘；最後每 well加入 100 $\mu$ l Stop Solution，並且在 10分鐘內以 ELISAreader波長 450 nm 偵測其吸光值；使用 4-Parameter logistics方法計算 Standard，得到曲線公式與 R2值，將唾液樣本的吸光值帶入曲線公式得到濃度 (ng/mL)，濃度 ng/mL  $\times$  2.76 可換算成 nmol/L。校正公式為：

## 貳、綠茶的製備

綠茶是購買天仁茗茶公司所生產的碧螺春綠茶。泡製方法參考自 Yang 等 (2007) 所發表的文章及本實驗之前學生

論文(何承訓)，以低溫泡茶葉可以增加兒茶素的釋放並減少過多的咖啡因(D. J. Yang, Hwang, & Lin, 2007)。製備方法為300 g的茶葉加上9000 ml的水以25°C冷泡24小時。泡製完成的綠茶委託中國醫藥大學藥學系李珮端教授實驗室以高效液相層析法(high-performance liquid chromatography, HPLC)的方法檢測綠茶中兒茶素(EGCG, EGC, ECG & EC)以及咖啡因的含量(Hou, Chao, Ho, Wen, & Hsiu, 2003; Lai, Hsiu, Tsai, Hou, & Chao, 2003)。泡製完成的冷泡綠茶放置於-20°C冰箱，直到實驗前才解凍使用。依據受試者體重計算出所要攝取的咖啡因(6 mg/kg)及兒茶素(22 mg/kg)含量，再換算為每位受試者要攝取的綠茶量。經過之前實驗室的預試驗，70 kg體重的受測者大約要喝500 ml的冷泡綠茶，請受測者在10分鐘之內飲用完畢。

6000毫升的水加入200克的茶葉，取出2000毫升的茶，在2000毫升的茶加入58克的果糖與29.1克的葡萄糖。

#### 參、 PowerBar® C2MAX 的製備

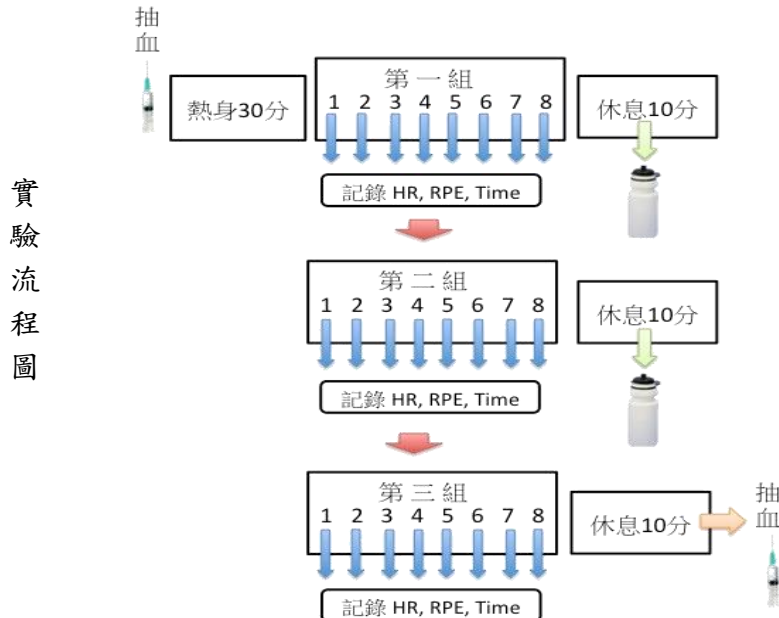
專用的 PowerBar® C2MAX 雙源能量混合物(公司名)，以2:1的葡萄糖果糖的混合物，已被發現提供了20-50%的更多的能量，增加了耐力的運動表現。PowerBar® C2MAX 的成份：C2 MAX 碳水化合物混合物(麥芽糊精，果糖，葡萄糖)，檸檬酸，檸檬酸鈉，鹽，鈣，矽酸鉀，檸檬酸，天然香料，薑黃提取物。份量1湯匙(18 g)，泡240ML。PowerBar® C2MAX 每240毫升含有190毫克的鈉，是一些運動員的肌肉痙攣，汗液中電解質流失的關鍵。

#### 肆、 糖水

6000 毫升的水加入 175 克的果糖與 87.5 克的葡萄糖，當作對照組。

#### 第四節 實驗流程

每天下午 2 點先採集第一次血液，採集後開始 30 分鐘的熱身，熱身後進行第一組總共 6.4 公里模擬公路賽，其中包含 8 趟 100 公尺衝坡，記錄完成每一趟 100 公尺衝坡時間，RPE 以及心跳，10 分鐘（給予補充每公斤體重 80 毫升的不同增補液）後進行第二組模擬公路賽，休息 10 分鐘（給予補充每公斤體重 80 毫升的不同增補液）後再進行第三組，完成後休息 10 分鐘進行第二次血液採集。隔天早上 8 點在收集一次血液。



## 第五節 統計方法

本研究以 SPSS for Windows 12.0 中文視窗版套裝軟體進行統計分析，所有數值均以平均數±標準差的方式呈現，以重複量數變異數(repeated measures ANOVA)分析優秀青年自由車選手在訓練前後專項體能的檢測以及荷爾蒙反應之差異，若有達到顯著差異，使用薛費法(Scheffe)進行試後比較，所有推論統計之顯著差異值皆訂在  $p<.05$ 。

## 第肆章 結果

### 第一節 運動表現

三次各八趟的 100 公尺衝坡完成秒數不管是 POW 組、TEA 組以及 CHO 組都沒有顯著差異，表示三組之間的運動表現相似。

### 第二節 血液生化值

#### 一、紅血球

不管是 POW 組、TEA 組或是 CHO 組在運動後或者是隔天，紅血球數與運動前比較沒有顯著差異。

#### 二、白血球

在 POW 組運動後白血球顯著增加，在 TEA 組裡面運動後則顯著下降，而在 CHO 組的部分運動後也有顯著增加。在各組之間運動後或者是隔天都沒有顯著差異。

#### 三、嗜中性球

嗜中性球的變化在 POW 組、TEA 組及 CHO 組運動後均有顯著增加；在各組之間運動後的 POW 組比 CHO 組以及 TEA 組的組間的嗜中性白血球有顯著增加。

#### 四、淋巴細胞

淋巴細胞的變化在 POW 組及 CHO 組運動後有顯著下降，但在 TEA 組裡面運動前後沒有顯著變化。在各組之間運動後的 TEA 組比 CHO 組以及 POW 組跟組間他的淋巴球有顯著增加，在各組間運動後的隔天的 POW 組比 TEA 組以及 CHO 組跟組間他的淋巴球有顯著增加。

#### 五、血糖

血糖的變化在 POW 組與 CHO 組運動前後沒有顯著變化，但 TEA 組在運動後顯著下降。

#### 六、乳酸

三組乳酸的變化在運動後以及隔天均有顯著增加。

#### 七、肌酸激酶

肌酸激酶的變化在三組運動後均無顯著差異，只有 POW 組於運動後隔天顯著高於運動前。

#### 八、睪固酮

睪固酮的變化在 POW 組及 CHO 組運動後有顯著下降；而運動後隔天三組睪固酮值均顯著增加。

#### 九、皮質醇

皮質醇的變化在 POW 組、TEA 組以及 CHO 組運動前、後以及隔天都沒有顯著的變化；而運動後隔天 POW 組比其他兩組的皮質醇值有顯著增加。

## 第五章 討論

### 第一節 血液生化指標

#### 一、 運動後白血球的變化

13 位自願參加運動試驗開始於 20 W 的輸出功率用，每 3 分鐘增加 20 W 直至精疲力盡，指出人體在 2 小時的自行車運動後，嗜中性白血球會增加（Duda K, Majerczak J, Zoładz JA, Duda JP, Kołodziejcki L, Rychlik U, Kulpa J, 2005），另外研究發現 8 位健康受過耐力訓練的男性在激烈 1 小時的自行車運動測試後，肌肉損傷指標、嗜中性白血球與白細胞介素都有顯著增加，（Neubauer O, Sabapathy S, Lazarus R, Jowett JB, Desbrow B, Peake JM, Cameron-Smith D, Haseler LJ, Wagner KH, Bulmer AC, 2013）；研究指出在 4 小時 70% 個人無氧閾值的自行車恆定強度運動後嗜中性白血球沒有顯著改變（Scharhag J, Meyer T, Gabriel HH, Schlick B, Faude O, Kindermann W, 2005）

#### 二、 補充運動增補劑對嗜中性白血球的變化

14 位國際自行車與鐵人三項選手，在 400 米的跑道上進行 70% 個別無氧閾值，指出在運動中補充碳水化合物後，嗜中性白血球會增加（Scharhag J, Meyer T, Auracher M, Gabriel HH, Kindermann W, 2006）。

研究顯示 12 名訓練有素的男性自行車選手，進行了一個降低肝醣的自行車運動，無論是未來 3 天每日能量攝入碳水化合物大於 70%（高）或小於 10%（低）。在第 4 天，受試

者進行運動試驗，包括騎自行車 1 小時，隨後立即在 60% 最大功率確保能量的消耗相當於最大功率為 80% 的 30 分鐘循環時間的試驗，實驗結果人體在劇烈的自行車運動中補充碳水化合物後，嗜中性白血球會減少 (Bishop NC, Walsh NP, Haines DL, Richards EE, Gleeson M, 2001)。受試者在試驗前及測驗期間每隔 15 分鐘攝入安慰劑或碳水化合物飲料，結果顯示人體在運動中補充碳水化合物後，嗜中性白血球會減少 (Bishop NC, Blannin AK, Walsh NP, Gleeson M, 2001)。14 位自行車耐力選手的平均年齡 25 歲，最大攝氧量  $67 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ 公斤}^{-1}$ ，在個體無氧閾值的 70% 穩定的狀態騎自行車 4 小時。長時間的激烈運動中補充碳水化合物後，嗜中性白血球會減少 (Scharhag J, Meyer T, Gabriel HH, Auracher M, Kindermann W, 2002)。9 位男性在 65% 最大攝氧量騎自行車 2 小時前攝入液體（檸檬味的水）或無液體攝入，研究認為人體在長時間的自行車運動中補充碳水化合物後，嗜中性白血球會增加 (Bishop NC, Scanlon GA, Walsh NP, McCallum LJ, Walker GJ, 2004)。若在運動中補充碳水化合物加維他命 C 後，運動後的血漿的皮質醇濃度、白血球細胞總數和嗜中性白血球數都有明顯減少 (Davison G, Gleeson M, 2005)。研究結果指出 19 位受過耐力訓練的男性自行車選手進行了 90 分鐘的 70% 最大攝氧量的運動後 1 小時攝取 6 毫克/公斤體重的咖啡因或安慰劑。研究指出人體在長時間的自行車運動中補充咖啡因後，嗜中性白血球會減少 (Walker GJ, Caudwell P, Dixon N, Bishop NC, 2006)。研究結果顯示 19 位耐力訓練的男性攝取 6 毫克/公斤體重的咖啡因或安慰劑後騎自行車進行了 90 分鐘 70% 的最大攝氧量。咖啡因攝

入後，運動後 1 小時顯著提高血清的咖啡因濃度和血漿腎上腺素濃度。此外，咖啡因攝入使循環中淋巴細胞計數增加，而對中性顆粒細胞的數量沒有影響 (Walker GJ, Caudwell P, Dixon N, Bishop NC, 2006)。結果顯示 9 位在 60 分鐘自行車開始前攝取每公斤體重 6 毫克咖啡因或安慰劑，運動 90 分鐘後血漿腎上腺素濃度增加與咖啡因有關。在運動 90 分鐘後立即計時賽，以及計時賽的後 1 小時，咖啡因也與增加血清中的咖啡因濃度。然而，中性顆粒細胞氧化爆發的反應在運動後兩項試驗下降。咖啡因對循環白血球細胞或中性顆粒細胞數量沒有影響，但計時賽後的咖啡因淋巴細胞數量顯著降低 (Walker GJ, Dziubak A, Houghton L, Prendergast C, Lim L, Bishop NC, 2008)。9 位受過耐力訓練的男性騎自行車選手，騎自行車 90 分鐘 60 分鐘前攝取每公斤體重 6 毫克咖啡因或安慰劑，在 70% 最大攝氧量強度，結果顯示人體在非最大強度的自行車運動中補充咖啡因後，嗜中性白血球會減少 (Walker GJ, Dziubak A, Houghton L, Prendergast C, Lim L, Bishop NC, 2008)。

### 三、 運動後肌酸激酶的變化

研究指出認為人體在 3 小時 165 公里的自行車運動後，肌酸激酶會增加 (Sureda A, Ferrer MD, Tauler P, Maestre I, Aguiló A, Córdova A, Tur JA, Roche E, Pons A, 2007)。

### 四、 補充運動增補劑對肌酸激酶的變化

若在 90 分鐘的自行車運動中補充支鏈氨基酸後，肌酸激酶會降低，而在運動中補充碳水化合物後，肌酸激酶有明顯

增加 ( Greer BK, Woodard JL, White JP, Arguello EM, Haymes EM,2007)。研究結果指出人體在電腦模擬 60 公里的自行車運動測試中補充碳水化合物與蛋白質後，血漿中的肌酸激酶量和肌肉痠痛有顯著增加 (Saunders MJ, Moore RW, Kies AK, Luden ND, Pratt CA,2009)。

#### 五、 運動後乳酸的變化

鐵人三項男子業餘選手在一個國際自行車錦標賽 800 公里長的自行車賽 (約 23 小時)。結果顯示人體在約 200 公里的自行車運動後，白血球、嗜中性白血球與乳酸都會增加 (Bessa A, Nissenbaum M, Monteiro A, Gandra PG, Nunes LS, Bassini-Cameron A, Werneck-de-Castro JP, de Macedo DV, Cameron LC,2008)。

#### 六、 補充運動增補劑對乳酸的變化

研究結果指出人體在高強度的自行車運動中補充檸檬酸鈉後，乳酸濃度顯著增加 (van Someren K, Fulcher K, McCarthy J, Moore J, Horgan G, Langford R,1988)。結果顯示人體在高強度的自行車運動中補充口服乳酸後，乳酸有顯著上升 (Morris DM, Shafer RS, Fairbrother KR, Woodall MW,2011)。而在自行車最大功率輸出的運動測試中補充咖啡因後，血乳酸濃度有明顯增加 (Doherty M, Smith P, Hughes M, Davison R,2004)。同時在自行車間歇衝刺運動中補充咖啡因後，乳酸有明顯增加 (Lee CL, Cheng CF, Lin JC, Huang HW,2012)。研究結果指出 28 位男生進行了單一回合的阻力運動 (全身：3 套×8-10 次 70-75% 1RM)。研究表明，運動引

起的肌肉損傷可能因併服蛋白質和碳水化合物的補充而衰減。這項研究結果發現併服蛋白質和碳水化合物降低血清肌酸激酶和肌紅素在運動後 24 小時，但絲毫不影響在任何時間點運動後的肌肉酸痛。(Samadi A, Gaeini AA, Kordi MR, Rahimi M, Rahnama N, Bambaiechi E,2012)

#### 七、 運動後荷爾蒙的變化

15-16 歲健康男性小學生參加了 6×8 秒衝刺，穿插 30 秒恢復間的自行車肌力計，在自行車運動後，皮質醇有顯著增加。(Thomas NE, Leyshon A, Hughes MG, Davies B, Graham M, Baker JS.2009)過去有研究指出在 4 個月的賽季中，專業排球運動員的免疫反應。在一開始選手參加了遞增式最大自行車測驗，於在賽季結束作為對照組，定期選擇休閒活動，人體在運動後，皮質醇會增加。(Córdova A, Sureda A, Tur JA, Pons A,2010)。

有實驗結果指出 16 位成年人進行了 2 小時的固定式的自行車，強度為 65% 最大攝氧量的中高強度自行車運動後，唾液中的皮質醇會減少。(Allgrove JE, Geneen L, Latif S, Gleeson M,2009)。另外研究指出 16 位成年人進行了 2 小時 4 個循環(每 10 分鐘休息 3 分鐘的運動循環)的自行車運動，人體在中高強度的自行車運動後，唾液中的皮質醇沒有顯著差異(McAnulty SR, McAnulty LS, Morrow JD, Nieman DC, Owens JT, Carper CM,2007)。

#### 八、 補充運動增補劑對荷爾蒙的變化

9 位經過耐力訓練的男性，2.5 小時在行使 60% 的最大攝氧量，經過 2 週的安慰劑或維他命 C 的補充。研究結果人體在自由車運動中補充維他命 C 後，皮質醇會減少，而嗜中性白血球會增加 (Davison G, Gleeson M, 2006)。

14 名以色列國家隊排球精英男子參與一個典型的 60 分鐘排球訓練之前和之後，7 個星期訓練後導致一個無氧和有氧能力的顯著改善，研究結果顯示在運動後生長激素和睾固酮顯著增加與 IL-6 也有顯著的增加。(Nemet D, Portal S, Zadik Z, Pilz-Burstein R, Adler-Portal D, Meckel Y, Eliakim A, 2012)

表一 受試者基本資料

項目	平均數 ± SD
年齡 (年)	17.77 ± 1.03
身高 (公分)	173 ± 3.88
體重 (公斤)	64.33 ± 6.42
BMI	21.56 ± 2.67

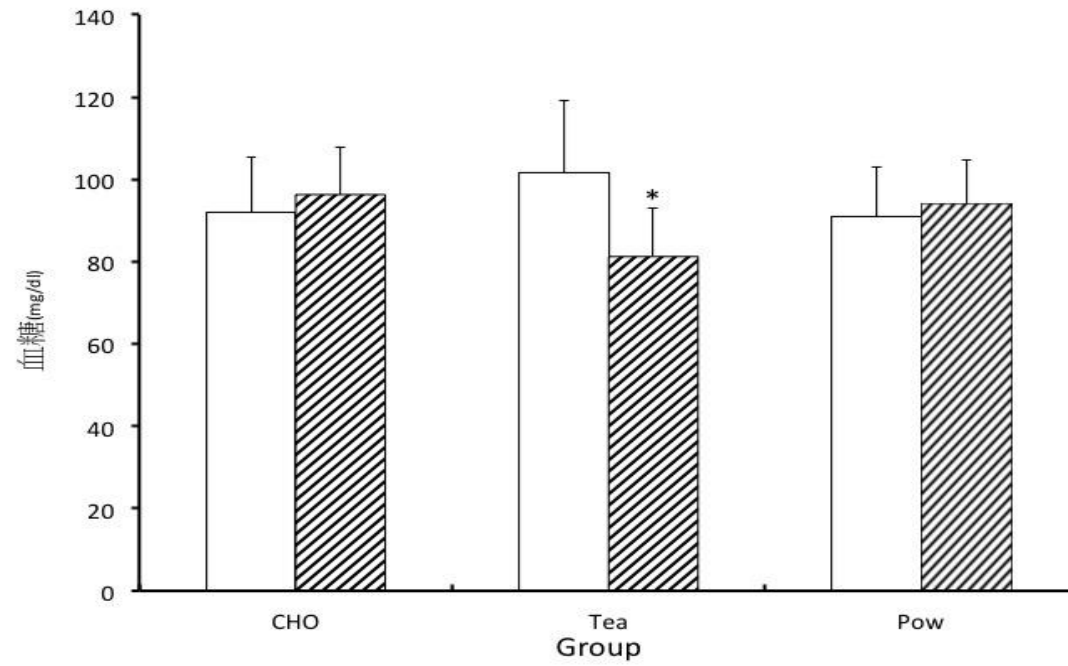
BMI,body mass 身體質量指數

表二不同增補劑在運動前後血液生化值變化

group	CHO			Tea			Pow		
	Pre.	Post	o/n	Pre.	Post	o/n	Pre.	Post	o/n
RBC( $10^6$ /ul)	4.53 ± 0.40	4.52 ± 0.45	4.54 ± 0.04	4.57 ± 0.40	4.61 ± 0.48	4.53 ± 0.49	4.55 ± 0.44	4.57 ± 0.47	4.73 ± 0.45
WBC( $10^3$ /ul)	5.39 ± 0.63	8.44 ± 1.12 <sup>***</sup>	5.08 ± 0.48	5.37 ± 0.67	8.78 ± 1.08 <sup>**</sup>	4.92 ± 0.52 <sup>##</sup>	5.13 ± 0.52	8.73 ± 0.90 <sup>**</sup>	4.86 ± 0.46 <sup>###</sup>
NEUT(%)	50.24 ± 7.90	77.68 ± 5.31 <sup>***</sup>	57.22 ± 6.72 <sup>###</sup>	50.10 ± 7.28	66.16 ± 11.42	50.62 ± 6.99	48.33 ± 4.75	79.03 ± 4.52 <sup>***</sup>	52.14 ± 4.22 <sup>##</sup>
LYM(%)	38.77 ± 7.43	15.31 ± 4.01 <sup>***</sup>	33.51 ± 7.64 <sup>##</sup>	38.78 ± 7.88	24.23 ± 9.50	36.77 ± 6.94	39.38 ± 8.47	13.45 ± 2.73 <sup>**</sup>	39.41 ± 4.06 <sup>###</sup>

\*表示與 Pre.達顯著異,\*\*p<.01,\*\*\*p<.001.

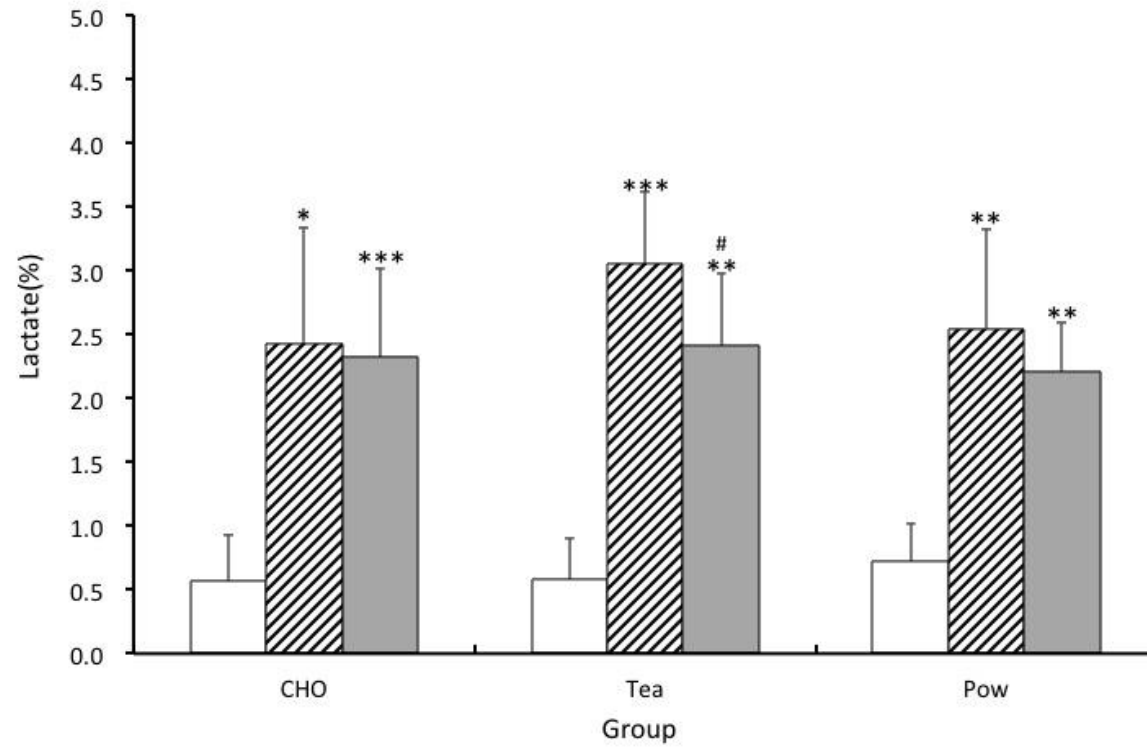
#表示與 Post 達顯著異,##p<.01,###p<.001.



圖一 不同增補劑在運動前後血糖的變化

所有數值均以平均數及標準差表示；白色代表訓練前，斜線代表訓練後

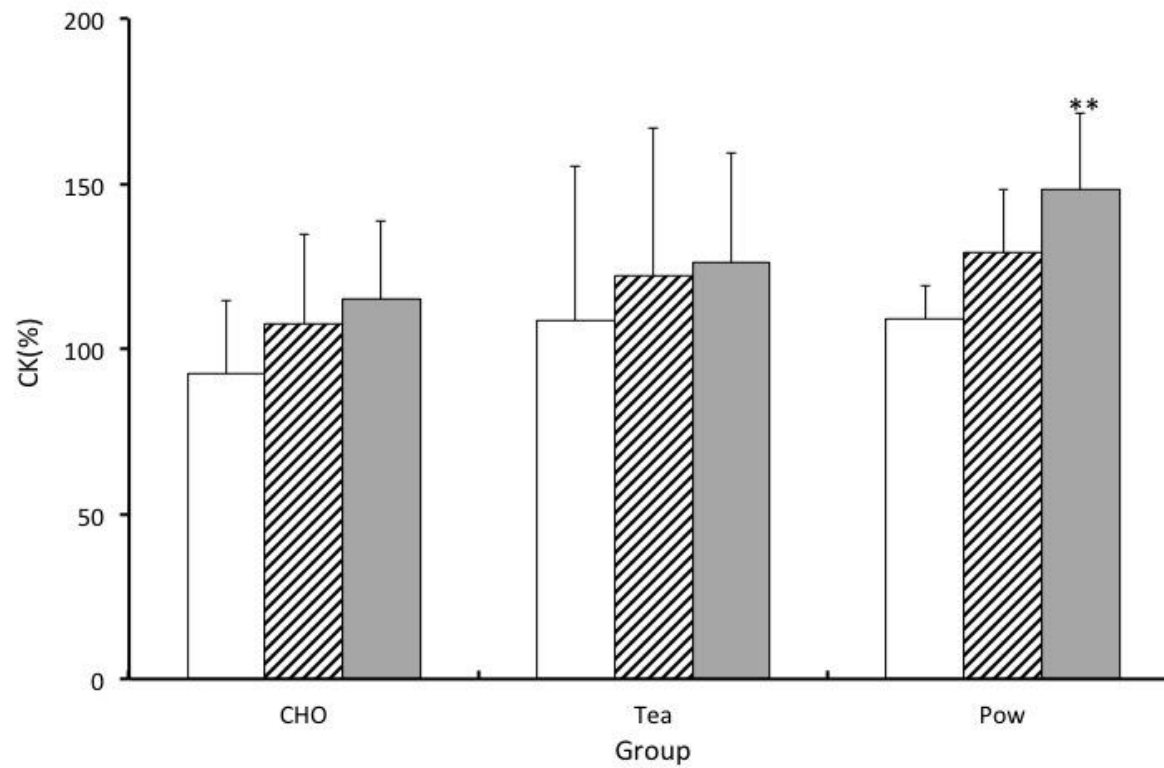
\*  $p < 0.05$



圖二 不同增補劑在運動前後及隔天乳酸的變化

所有數值均以平均數及標準差表示；白色代表訓練前，斜線代表訓練後，灰色代表隔天早上

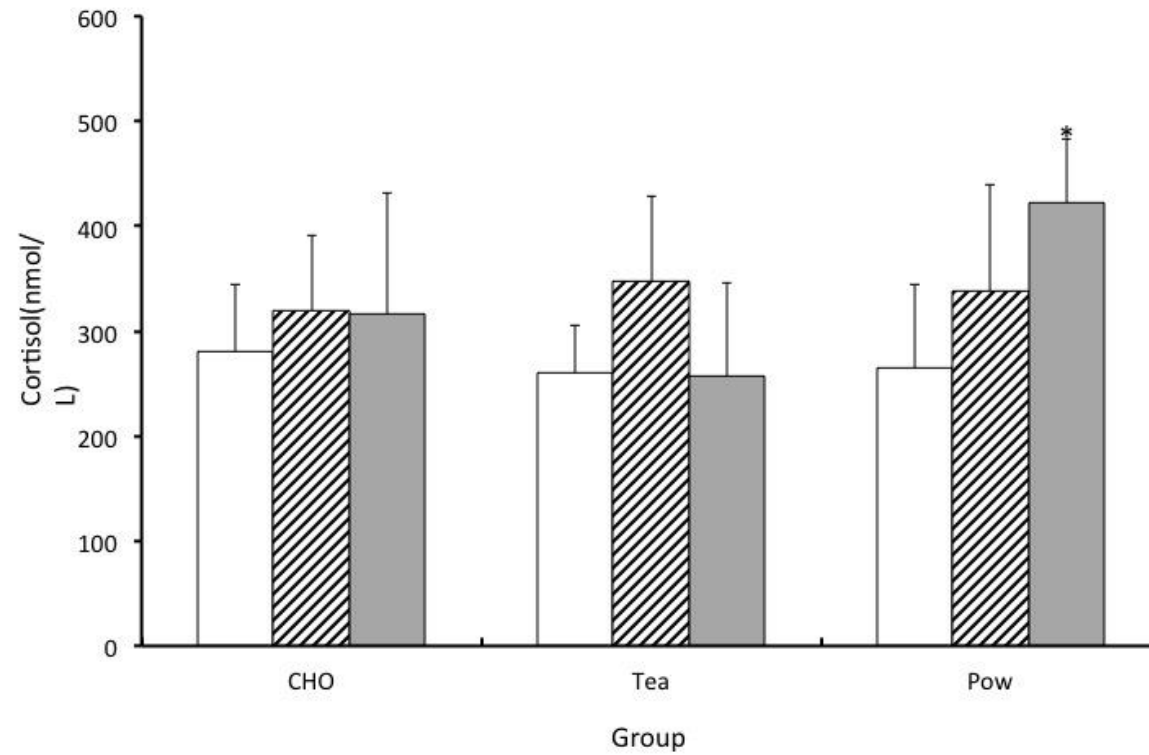
\*  $p < 0.05$



圖三 不同增補劑在運動前後及隔天肌酸激酶的變化

所有數值均以平均數及標準差表示；白色代表訓練前，斜線代表訓練後，灰色代表隔天早上

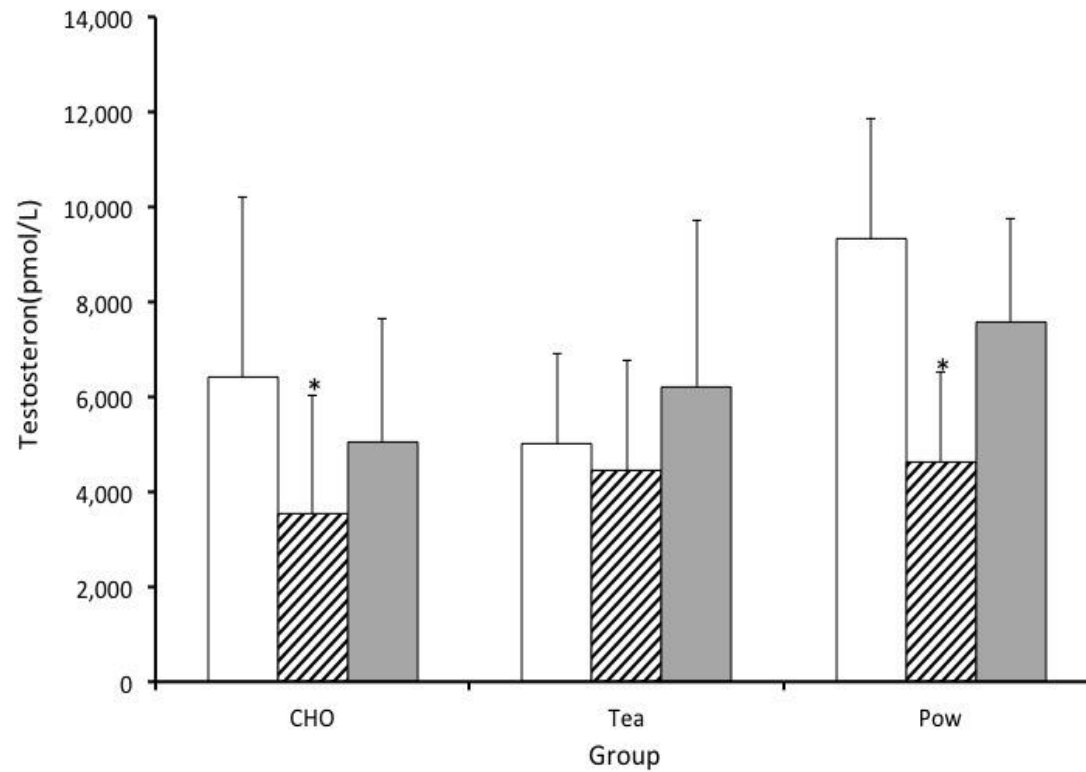
\*  $p < 0.05$



圖四不同增補劑在運動前後及隔天皮質醇的變化

所有數值均以平均數及標準差表示；白色代表訓練前，斜線代表訓練後，灰色代表隔天早上

\*  $p < 0.05$



圖五不同增補劑在運動前後及隔天睪固酮的變化

所有數值均以平均數及標準差表示；白色代表訓練前，斜線代表訓練後，灰色代表隔天早上

\*  $p < 0.05$

## 參考文獻

### 一、中文部份

王順正與林正常(1995)：臨界負荷評估無氧閾值的效度概  
化。中華民國大專體育

林正常(2001)。運動生理學。台北：師大書苑，397-408。

林正常(1995)：運動生理學實驗指引。師大書苑有限公司，  
151-158。

鄭安城、林正常(1993)：登階測驗對最大攝氧量的預測研究。  
體育學報，16輯，327-339頁。

### 二、外文部份

Adlercreutz, H., Fotsis, T., Bannwart, C., Wähälä, K., Mäkelä,  
T., Brunow, G., Hase, T. (1986). Determination of urinary  
lignans and phytoestrogen metabolites, potential  
antiestrogens and anticarcinogens, in urine of women on  
various habitual diets. *Journal of Steroid Biochemistry*,  
25(5B), 791-797.

Adlercreutz, H., Harkonen, M., Kuoppasalmi, K., Naveri, H.,  
Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A., &  
Karvonen, J. (1986). Effect of training on plasma  
anabolic and catabolic steroid hormones and their  
response during physical exercise. *International Journal  
of Sports Medicine*, 7, 27-28.

Allen, D. G., Lamb, G. D. & Westerblad, H. (2008). Skeletal  
Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiological  
Reviews*, 88, 287-332.

Al-Hazzaa, H. M., Almuzaini, K. S., Al-Refae, S. A.,

- Sulaiman, M. A., Dafterdar, M. Y., Al-Ghamdi, A., & Al-Khuraiji, K. N. (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 54-61.
- Allgrove JE, Geneen L, Latif S, Gleeson M. (2009). Influence of a fed or fasted state on the s-IgA response to prolonged cycling in active men and women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009 Jun;19(3):209-21.
- Amann, M. & Calbet, J. A. L. (2008). Convective oxygen transport and fatigue. *Journal of applied physiology*, 104(3), 861-870.
- Astrand, P.O. & Rodahl, K. (1986). Textbook of Work Physiology - Physiological Bases of Exercise. *Third Edition. McGRAW-HILL.*
- 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
- Bessa A, Nissenbaum M, Monteiro A, Gandra PG, Nunes LS, Bassini-Cameron A, Werneck-de-Castro JP, de Macedo DV, Cameron LC. (2008). High-intensity ultraendurance promotes early release of muscle injury markers. *Br J Sports Med.* 2008 Nov;42(11):889-93. doi: 10.1136/bjism.2007.043786. Epub 2008 Jan 18.
- Beaven CM, Hopkins WG, Hansen KT, Wood MR, Cronin JB, Lowe TE. (2008). Dose effect of caffeine on testosterone and cortisol responses to resistance

- exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008 Apr;18(2):131-41.
- Bishop NC, Blannin AK, Walsh NP, Gleeson M. (2001). Carbohydrate beverage ingestion and neutrophil degranulation responses following cycling to fatigue at 75% VO<sub>2</sub> max. *Int J Sports Med.* 2001 Apr;22(3):226-31.
- Bishop NC, Scanlon GA, Walsh NP, McCallum LJ, Walker GJ. (2004). No effect of fluid intake on neutrophil responses to prolonged cycling. *J Sports Sci.* 2004 Nov-Dec;22(11-12):1091-8.
- Bishop NC, Walsh NP, Haines DL, Richards EE, Gleeson M. (2001). Pre-exercise carbohydrate status and immune responses to prolonged cycling: I. Effect on neutrophil degranulation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001 Dec;11(4):490-502.
- Brouns F, Rehrer NJ, Saris WH, Beckers E, Menheere P, ten Hoor F. (1989). Effect of carbohydrate intake during warming-up on the regulation of blood glucose during exercise. *Int J Sports Med.* 1989 May;10 Suppl 1:S68-75.
- Cairns, S.P. (2006). Lactic acid and exercise performance - culprit or friend? *The Journal of sports medicine*, 36, 279-291.
- Chang, C. K., Tseng, H. F., Tan, H. F., Hsuuw, Y. D., & Lee-Hsieh, J. (2005). Responses of saliva testosterone, cortisol, and testosterone-to-cortisol ratio to a triathlon in young and middle-aged males. *Biology of Sport*,

22(3), 227-235.

- Córdova A, Sureda A, Tur JA, Pons A. (2010). Immune response to exercise in elite sportsmen during the competitive season. *J Physiol Biochem.* 2010 Mar;66(1):1-6. doi: 10.1007/s13105-010-0001-2. Epub 2010 Apr 29.
- Crewther, B., Keogh, J., Cronin, J., & Cook, C. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. *Sports Medicine*, 36(3), 215-238.
- Davison G, Gleeson M. (2005). Influence of acute vitamin C and/or carbohydrate ingestion on hormonal, cytokine, and immune responses to prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Oct;15(5):465-79.
- Davison G, Gleeson M. (2006). The effect of 2 weeks vitamin C supplementation on immunoendocrine responses to 2.5 h cycling exercise in man. *Eur J Appl Physiol.* 2006 Jul;97(4):454-61. Epub 2006 May 10.
- Davis, J.M. & Bailey, S.P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(1), 45-57
- Dean S, Braakhuis A, Paton C. (2009). The effects of EGCG on fat oxidation and endurance performance in male cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009 Dec;19(6):624-44.
- Del Coso J, Salinero JJ, González-Millán C, Abián-Vicén J, Pérez-González B. (2012). Dose response effects of a

caffeine-containing energy drink on muscle performance: a repeated measures design. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012 May 8;9(1):21. doi: 10.1186/1550-2783-9-21.

Doherty M, Smith P, Hughes M, Davison R. (2004). Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. *J Sports Sci.* 2004 Jul;22(7):637-43.

Duclos, M., Guinot, M., & Le Bouc, Y. (2007). Cortisol and GH: odd and controversial ideas. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32(5), 895-903.

Duncan MJ, Oxford SW. (2012). Acute caffeine ingestion enhances performance and dampens muscle pain following resistance exercise to failure. *J Sports Med Phys Fitness.* 2012 Jun;52(3):280-5.

Duda K, Majerczak J, Zoładz JA, Duda JP, Kołodziejcki L, Rychlik U, Kulpa J. (2005). Effect of incremental cycling exercise performed before and 24 hours after blood withdrawal on the concentration of morphologic elements of blood in young health men. *Przegl Lek.* 2005;62(7):661-6.

Ferrando, A. A., Sheffield-Moore, M., Yeckel, C.W., Gilkison, C., Jiang, J. & Achacosa, A. et al. (2002). Testosterone administration to older men improves muscle function: molecular and physiological mechanisms. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism.* 282,

E601-E607.

- Fry, A. C., Kraemer, W. J., Van Borselen, F., Lynch, J. M., Triplett, N. T. & Koziris, L. P. et al. (1994). Catecholamine responses to short-term high-intensity resistance exercise overtraining. *Journal of applied physiology*, 77, 941-946.
- Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., & Ibanez, J. (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 485-493.
- Greer BK, Woodard JL, White JP, Arguello EM, Haymes EM. (2007). Branched-chain amino acid supplementation and indicators of muscle damage after endurance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007 Dec;17(6):595-607.
- Hahn AG, Gore CJ. (2001). The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. *Sports Med*. 2001;31(7):533-57.
- Hagberg JM, Graves JE, Limacher M, Woods DR, Leggett SH, Cononie C, Gruer 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.
- Halson, S. L., & Jeukendrup, A. E. (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Medicine*, 34(14), 967-981.

- Hoogeveen, A.R., & Zonderland, M.L. (1996). Relationships between testosterone, cortisol and performance in professional cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 17 (6), 423-428.
- Jacobs, I. The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate Anaerobic Test. *Int. J. Sports Med.* 1:21-24, 1980.
- Jensen, J., Jacobsen, S. T., Hetland, S., & Tveit, P. (1997). Effect of combined endurance, strength and sprint training on maximal oxygen uptake, isometric strength and sprint performance in female elite handball players during a season. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 354-358.
- Jentjens RL, Venables MC, Jeukendrup AE. (2003). Oxidation of exogenous glucose, sucrose, and maltose during prolonged cycling exercise. *J Appl Physiol.* 2004 Apr;96(4):1285-91. Epub 2003 Dec 2.
- Jówko E, Sacharuk J, Balasinska B, Wilczak J, Charmas M, Ostaszewski P, Charmas R. (2012). Effect of a single dose of green tea polyphenols on the blood markers of exercise-induced oxidative stress in soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012 Dec;22(6):486-96. Epub 2012 Jul 4.
- Jówko E, Sacharuk J, Balasinska B, Wilczak J, Charmas M, Ostaszewski P, Charmas R. (2012). Effect of a single dose of green tea polyphenols on the blood markers of

- exercise-induced oxidative stress in soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012 Dec;22(6):486-96.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 35(4), 339-361.
- Lee CL, Cheng CF, Lin JC, Huang HW. (2012). Caffeine's effect on intermittent sprint cycling performance with different rest intervals. *Eur J Appl Physiol.* 2012 Jun;112(6):2107-16. doi: 10.1007/s00421-011-2181-z. Epub 2011 Sep 30.
- Lane SC, Areta JL, Bird SR, Coffey VG, Burke LM, Desbrow B, Karagounis LG, Hawley JA. (2013). Caffeine Ingestion and Cycling Power Output in a Low or Normal Muscle Glycogen State. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Feb 22. [Epub ahead of print]
- Lutoslawska, G., Obminski, Z., Krogulski, A., & Senddecki, W. (1991). Plasma cortisol and testosterone following 19-km and 42-km kayak races. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31, 538-542.
- Maestu, J., Jurimae, J., & Jurimae, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Medicine*, 35(7), 597-617.
- McAnulty SR, McAnulty LS, Morrow JD, Nieman DC, Owens JT, Carper CM. (2007). Influence of carbohydrate, intense exercise, and rest intervals on hormonal and oxidative changes. *Int J Sport Nutr Exerc*

- Metab.* 2007 Oct;17(5):478-90.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (1973). Exercise physiology: Energy, nutrition and human Performance (2<sup>nd</sup> ed.). Philadelphia : Lea & Febiger.
- Mitchell JB. (2013). Ingestion of carbohydrate during recovery in exercising people. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2013 Jul;16(4):461-5. doi: 10.1097/MCO.0b013e328361c526.
- Mohr M, Nielsen JJ, Bangsbo J. (2011). Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. *J Appl Physiol.* 2011 Nov;111(5):1372-9. doi: 10.1152/jappphysiol.01028.2010. Epub 2011 Aug 11.
- Morris DM, Shafer RS, Fairbrother KR, Woodall MW. (2011). Effects of lactate consumption on blood bicarbonate levels and performance during high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011 Aug;21(4):311-7.
- Mora-Rodríguez R, García Pallarés J, López-Samanes Á, Ortega JF, Fernández-Elías VE. (2012). Caffeine ingestion reverses the circadian rhythm effects on neuromuscular performance in highly resistance-trained men. *PLoS One.* 2012;7(4):e33807. doi: 10.1371/journal.pone.0033807. Epub 2012 Apr 4.
- Nemet D, Portal S, Zadik Z, Pilz-Burstein R, Adler-Portal D, Meckel Y, Eliakim A. (2012). Training increases anabolic response and reduces inflammatory response to

a single practice in elite male adolescent volleyball players. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2012;25(9-10):875-80. doi: 10.1515/jpem-2012-0094.

Neubauer O, Sabapathy S, Lazarus R, Jowett JB, Desbrow B, Peake JM, Cameron-Smith D, Haseler LJ, Wagner KH, Bulmer AC. (2013). Transcriptome analysis of neutrophils after endurance exercise reveals novel signaling mechanisms in the immune response to physiological stress. *J Appl Physiol.* 2013 Apr 11. [Epub ahead of print]

Niemen, D.C., Henson, D.A., Garner, E.B., Butterworth, D.E., Warren, B.J., Utter, A., Davis, J.M., Fagoaga, O.R., & Nehlsen-Cannarella, S.L.(1997). Carbohydrate affects natural killer cell redistribution but not activity after running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(10), 1318-1324.

Obminski, Z., & Stupnicki, R. (1997). Comparison of the testosterone-to-cortisol ratio values obtained from hormonal assays in saliva and serum. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 37, 50-55.

Roberts S, Desbrow B, Grant G, Anoopkumar-Dukie S, Leveritt M. (2013). Glycemic response to carbohydrate and the effects of exercise and protein. *Nutrition.* 2013 Jun;29(6):881-5. doi: 10.1016/j.nut.2012.12.022. Epub 2013 Mar 13.

- Samadi A, Gaeini AA, Kordi MR, Rahimi M, Rahnama N, Bambaiechi E. (2012). Effect of various ratios of carbohydrate-protein supplementation on resistance exercise-induced muscle damage. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012 Apr;52(2):151-7.
- Saunders MJ, Moore RW, Kies AK, Luden ND, Pratt CA. (2009). Carbohydrate and protein hydrolysate coingestions improvement of late-exercise time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2009 Apr;19(2):136-49.
- Scharhag J, Meyer T, Gabriel HH, Auracher M, Kindermann W. (2002). Mobilization and oxidative burst of neutrophils are influenced by carbohydrate supplementation during prolonged cycling in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2002 Oct;87(6):584-7. *Epub 2002 Jul 24*.
- Scharhag J, Meyer T, Gabriel HH, Schlick B, Faude O, Kindermann W. (2005). Does prolonged cycling of moderate intensity affect immune cell function? *Br J Sports Med*. 2005 Mar;39(3):171-7; discussion 171-7.
- Scharhag J, Meyer T, Auracher M, Gabriel HH, Kindermann W. (2006). Effects of graded carbohydrate supplementation on the immune response in cycling. *Med Sci Sports Exerc*. 2006 Feb;38(2):286-92.
- Stadheim HK, Kvamme B, Olsen R, Drevon CA, Ivy

- JL, Jensen J. (2013). Caffeine Increases Performance in Cross-country Double-Poling Time Trial Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Apr 15. [Epub ahead of print]
- Steinacker, J. M., Lormes, W., Reissnecker, S., & Liu, Y. (2004). New aspects of the hormone and cytokine response to training. *European Journal of Applied Physiology*, 91(4), 382-391.
- Stellingwerff T, Godin JP, Beaumont M, Tavenard A, Grathwohl D, van Bladeren PJ, Kapp AF, le Coutre J, Damak S. (2013). Effects of Pre-Exercise Sucralose Ingestion on Carbohydrate Oxidation During Exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013 May 20. [Epub ahead of print]
- Sureda A, Ferrer MD, Tauler P, Maestre I, Aguiló A, Córdova A, Tur JA, Roche E, Pons A. (2007). Intense physical activity enhances neutrophil antioxidant enzyme gene expression. *Immunocytochemistry evidence for catalase secretion. Free Radic Res.* 2007 Aug;41(8):874-83.
- Tabata, I., Ogita, F., Miyachi, M. & Shibayama, H. (1991). Effect of low blood glucose on plasma CRF, ACTH, and cortisol during prolonged physical exercise. *Journal of applied physiology*, 71, 1807-1812.
- Tazzeo T, Bates G, Roman HN, Lauzon AM, Khasnis MD, Eto M, Janssen LJ. (2012). Caffeine relaxes smooth muscle through actin depolymerization. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2012 Aug 15;303(4):L334-42. doi:

- 10.1152/ajplung.00103.2012. Epub 2012 Jun 8.
- Thomas NE, Leyshon A, Hughes MG, Davies B, Graham M, Baker JS. (2009). The effect of anaerobic exercise on salivary cortisol, testosterone and immunoglobulin (A) in boys aged 15-16 years. *Eur J Appl Physiol.* 2009 Nov;107(4):455-61. doi: 10.1007/s00421-009-1146-y. Epub 2009 Aug 11.
- Tremblay MS, Copeland JL, Van Helder W. (2004). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *J Appl Physiol.* 2004 Feb;96(2):531-9. Epub 2003 Sep 26.
- Tremblay MS, Copeland JL, Van Helder W. (2005). Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. *Eur J Appl Physiol.* 2005 Aug;94(5-6):505-13. Epub 2005 Jun 8.
- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine*, 20(4), 251-276.
- van Someren K, Fulcher K, McCarthy J, Moore J, Horgan G, Langford R. (1988). An investigation into the effects of sodium citrate ingestion on high-intensity exercise performance. *Int J Sport Nutr.* 1998 Dec;8(4):356-63.
- Vervoorn, C., Quist, A. M., Vermulast, L. A. M., Erich, W. B. M., Devries, W. R., Thijssen, J. H. H. (1991). The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. *Sports*

*Medicine*, 12(5), 257-263.

- Walker GJ, Caudwell P, Dixon N, Bishop NC. (2006). The effect of caffeine ingestion on neutrophil oxidative burst responses following prolonged cycling. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006 Feb;16(1):24-35.
- Walker GJ, Caudwell P, Dixon N, Bishop NC. (2006). The effect of caffeine ingestion on human neutrophil oxidative burst responses following time-trial cycling. *J Sports Sci.* 2008 Apr;26(6):611-9. doi: 10.1080/02640410701654306.
- Walker GJ, Dziubak A, Houghton L, Prendergast C, Lim L, Bishop NC. (2008). The effect of caffeine ingestion on human neutrophil oxidative burst responses following time-trial cycling. *J Sports Sci.* 2008 Apr;26(6):611-9. doi: 10.1080/02640410701654306.
- Wallis GA, Wittekind A. (2013). Is There a Specific Role for Sucrose in Sports and Exercise Performance? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013 Apr 18. [Epub ahead of print]
- Wax B, Brown SP, Webb HE, Kavazis AN. (2012). Effects of carbohydrate supplementation on force output and time to exhaustion during static leg contractions superimposed with electromyostimulation. *J Strength Cond Res.* 2012 Jun;26(6):1717-23. doi: 10.1519/JSC.0b013e318234ec0e.
- Wisløff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science*

*in Sports & Exercise, 30(3), 462-467.*

## 受試者同意書

計畫名稱：不同增補劑對自由車選手公路賽中 100 公尺衝坡專項成績之影響

計畫主持人：方世華

計畫執行單位：國立台灣體育運動大學競技運動學系

電話：04-22213108 轉 2214

聯絡人：曾筱嘉 0925650410

我瞭解這個研究的目的是在於探討，不同增補劑對自由車選手公路賽中 100 公尺衝坡專項成績之影響，對於提升運動表現非常重要。

我瞭解我在參與研究期間，不可抽菸或喝酒，並盡量維持固定的生活作息、飲食、與運動訓練。我瞭解我將接受一個禮拜共 9 次連續三週的血液採集。

研究人員已經向我充分說明，我瞭解計畫執行機構將維護受試者在試驗過程中應得之權益，我在試驗過程中無須提出任何理由可隨時撤回同意，退出試驗，且不會引起任何不愉快，不會遭受處罰或損失應得之利益，或影響我的任何成績與權益，而且我的檢查結果將絕對保密，一個研究的號碼會取代我的姓名，試驗所得資料可能發表於學術性雜誌，但我的姓名將不會公佈，我的隱私將絕對保密，我所提供的唾液也絕對不外流，除了有關機構依法調查外，研究人員將會盡力維護我的隱私。我參加本試驗皆不須繳交任何額外費用。

我已經詳細閱讀以上資料，研究人員已經對我詳細解釋內

容，相關研究人員也已經回答我所有的疑問，我已了解且同意參與此項研究計畫，自願擔任受試者，並同意本計畫研究人員使用我的唾液檢體進行分析。如果我以後有問題，我可與計畫主持人聯絡，日後如果受試者同意書內容有任何更新，或有新資訊可能影響受試者繼續參與試驗之意願，我將隨時收到更新後的內容。

自願受試者簽名：日期：

法定監護人簽名：日期：