

國立臺灣體育運動大學  
National Taiwan University of Physical  
Education and Sport  
體育研究所碩士學位論文

高溫脫水與復水對男子足球運動員之生  
理變化及運動表現的影響

THE EFFECT OF HYPERTHERMIA  
DEHYDRATION AND REHYDRATION ON THE  
EXERCISE PERFORMANCE AND  
BIOCHEMICAL INDEX IN ELITE FOOTBALL  
PLAYERS



研究生：黃永樺 撰

指導教授：陳裕鏞 博士

中華民國 101 年 7 月

論文名稱：高溫脫水與復水對男子足球運動員之生理變化及  
運動表現的影響

總頁數：144 頁

院校所組別：國立臺灣體育運動大學體育研究所自然科學組

畢業時間及提要別：一百學年度第二學期碩士論文題要

研究生：黃永樑

指導教授：陳裕鏞 博士

### 中文摘要

本研究目的：針對臺灣體育運動大學 24 位男子足球運動員，年齡  $19.75 \pm 1.26$  歲、身高  $174.33 \pm 4.87$  公分、最大攝氧量  $62.38 \pm 4.07 \text{ ml/min/kg}$ 、環境溫度  $31.44 \pm 0.95^\circ\text{C}$ 、相對濕度  $54.17 \pm 7.39\%$ 、訓練年資  $10.08 \pm 1.10$  年，透過脫水及復水方式來了解脫水前、脫水後與復水後運動表現之關係。

研究方法：利用 3 小時跑步機方式脫水，利用帳篷與加熱器方式製造高溫的環境。實驗方式以跑 5 分鐘休息 5 分鐘的方式，並讓身體達到 3% 以上的脫水量。復水時間為 2 小時。特殊配方含有鉀、鈉、肌酸磷酸和甘油。

研究結果：生理指標方面，脫水後尿液比重增加、體重下降、體脂率下降、體溫增加、收縮壓增加、舒張壓增加、尿液鈉離子增加、尿液鉀離子增加、血清滲透壓增加、血清鈉離子增加、血清鉀離子增加、血清氯離子增加，以上皆達

顯著差異；復水後大多數生理指標能夠快速恢復到脫水前狀態。運動指標方面，脫水對於肌力、肌耐力有影響；復水後肌力、敏捷性、速度能夠能夠快速恢復到脫水前狀態。專注力方面，結果顯示 2.92%脫水量與復水對於專注力的影響皆無顯著差異。在肌肉傷害指標脫水後皆達顯著增加；復水後肌肉損害恢復能有所幫助。從以上指標顯示我們新開發的補水配方(特殊飲料，SCG)能有效的提昇運動表現和生化指標。

關鍵詞：甘油、運動指標、生化指標、專注力、肌肉傷害。

Huang, Yong Cheng.(2012). The Effect Of Hyperthermia Dehydration And Rehydration On The Exercise Performance And Biochemical Index In Elite Football Players  
Unpublished Master thesis, National Taiwan University of Physical Education and Sport.

### **Abstract**

To elucidate the effects of hyperthermal dehydration and rehydration on the exercise performances in football, 24 elite players who is male collegiate aged  $19.75 \pm 1.26$  years, with height of  $174.33 \pm 4.87$ cm and  $\dot{V}O_{2\max}$  at  $62.38 \pm 4.07$ ml/min/kg were recruited to undergo dehydration and rehydration in controlled environment at relative humidity at  $54.17 \pm 7.39$  % and temperature at  $31.44 \pm 0.95$  °C . The target dehydration as 3% was completed for 3 hours running procedure under air-conditioned chamber, subsequently, rehydration procedure for 2 hours. The rehydration formula contained sodium potassium, creatine phosphate and glycerol. After dehydration up to 2.92%, the urine specific gravity, urine sodium, urine potassium and urinary osmolality all increased. The exercise performances such as 1 RM back squat and One-Minute Sit-Ups Test decreased as the dehydration. The concentration after dehydration had no changes. The administration of our newly developed rehydrating formula can effectively improve the exercise performance and biochemical index.

Keywords: glycerol, exercise indicators, biochemical index, concentration, muscle injury.

## 謝誌

我竟然從研究所畢業了。從前總覺得這是遙不可及的夢想，現在回想起來，才發現一路走來真的遇到好多貴人，大家一點一滴的給予我能量，讓我慢慢吸收長大，最終在人生這條道路上有小小成就，未來我也會更加努力，來報答曾經幫助我的人。

首先真的要感謝我的父母及姑姑，讓我在求學階段都能夠順利如期畢業，在經濟上給予我豐富的資源，使我沒有後顧之憂。接著也很感謝我的教練楊佩玲老師，從小就拉拔我長大，並且不辭辛勞一直教導我們要好好努力，未來成為體育老師。而在大學求學階段，最感謝的就是陳裕鏞老師，並且也是我的指導教授，從大學三年我就開始跟在老師身邊，一邊做研究、一邊也教導我許多課業、生活等各種事情，就像亦師亦友般的照顧，使我從中學學習到許多寶貴的經驗。

而在求學階段很高興能有很棒的研究團隊，感謝伯偉、陳捷學長的幫助以及哲宇、于嘉、景華、盈真等研究室同學的幫忙，特別要謝謝哲宇的幫助，讓我在求學這兩年收益良多。另外也很感謝趙榮瑞老師提供足球校隊，使得我碩士論文順利完成，也謝謝炯成、明雁、慧傑在枯燥的實驗中陪我度過許多時光。總之本篇論文得以順利完成，真的需要大家每個人的幫助，才讓我在浩瀚無涯的學識裡完成小小的成就。

真的很謝謝你們。

永樺 謹誌

中華民國一〇一年八月

## 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	III
謝誌 .....	V
目錄 .....	VI
表目錄 .....	VIII
圖目錄 .....	X
第壹章 緒論 .....	1
第一節 研究背景與動機 .....	1
第二節 研究目的 .....	3
第三節 研究假設 .....	3
第四節 研究範圍與限制 .....	4
第五節 操作型定義 .....	5
第貳章 文獻探討 .....	7
第一節 足球運動生理特性及運動能力之相關研究 .....	8
第二節 脫水對生理機能的影響 .....	11
第三節 脫水對運動能力的影響 .....	15
第四節 液體補充對生理機能及運動能力之探討 .....	17
第五節 肌酸與甘油對運動能力之相關研究 .....	18
第六節 本章小結 .....	21
第參章 研究方法 .....	23
第一節 實驗架構 .....	23
第二節 實驗時間與地點 .....	24
第三節 實驗參與者 .....	24
第四節 實驗設備與器材 .....	24

第五節	測驗項目 .....	30
第六節	實驗流程與步驟 .....	36
第七節	資料處理與統計分析 .....	44
第四章	結果 .....	45
第一節	脫水前、脫水後、復水後對生理變化之影響 .	45
第二節	脫水前、脫水後、復水後對運動能力之影響 .	65
第三節	脫水前、脫水後、復水後對專注力之影響 ....	70
第四節	脫水前、脫水後、復水後對肌肉傷害之影響 .	77
第五章	討論 .....	80
第一節	脫水前、脫水後、復水後對生理變化之影響 .	80
第二節	脫水前、脫水後、復水後對運動能力之影響 .	95
第三節	脫水前、脫水後、復水後對專注力之影響 ..	101
第四節	脫水前、脫水後、復水後對肌肉傷害之影響	104
第六章	結論與建議 .....	108
第一節	結論 .....	108
第二節	建議 .....	110
參考文獻	.....	112
中文部分	.....	112
西文部分	.....	114
附錄一	實驗參與者須知 .....	129
附錄二	參與者同意書 .....	130
附錄三	身體活動健康調查表 .....	130
附錄四	訓練狀況年資調查表 .....	131

## 表目錄

表 2-1 生化檢驗正常值 .....	12
表 3-1 7-ELEVEN 握便當-真飽黑胡椒雞排 .....	30
表 3-2 舒跑運動飲料成分 .....	33
表 3-3 電解質濃度 .....	33
表 4-1 實驗參與者基本資料 .....	46
表 4-2 尿液比重在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	47
表 4-3 體重在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	48
表 4-4 體脂率在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	49
表 4-5 體溫在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	51
表 4-6 血壓在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	53
表 4-7 尿液滲透壓在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	56
表 4-8 尿液鈉離子在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	57
表 4-9 尿液鉀離子在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	59
表 4-10 尿液氯離子在脫水前、脫水後、復水後之變化 ....	61
表 4-11 血清滲透壓在脫水前、脫水後、復水後之變化 ....	62
表 4-12 血清鈉離子在脫水前、脫水後、復水後之變化 ....	63
表 4-13 血清鉀離子在脫水前、脫水後、復水後之變化 ....	64
表 4-14 血清氯離子在脫水前、脫水後、復水後之變化 ....	65
表 4-15 1RM 背蹲舉在脫水前、脫水後、復水後之變化 ....	66
表 4-16 垂直跳在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	67
表 4-17 一分鐘仰臥起坐脫水前、脫水後、復水後之變化 .	68
表 4-18 T 測驗在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	69
表 4-19 40 碼衝刺在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	70
表 4-20 空間簡單反應在脫水前、脫水後、復水後之變化 .	71

表 4-21 複雜反應在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	73
表 4-22 注意干擾排除在脫水前、脫水後、復水後之變化 .	75
表 4-23 肌酸激酶在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	77
表 4-24 乳酸脫氫酵素在脫水前、脫水後、復水後之變化 .	78
表 4-25 心肌性肌酸激酶在脫水前、脫水後、復水後之變化 .....	79

## 圖目錄

圖 2-1 文獻探討架構圖 .....	7
圖 3-1 實驗架構圖 .....	23
圖 3-2 生物電子阻抗分析儀 .....	25
圖 3-3 史密斯訓練機 .....	26
圖 3-4 POLAR 心跳監測器 .....	27
圖 3-5 電子血壓計 (AND UA-767).....	27
圖 3-6 JOHNSON-T7000 PRO 跑步機 .....	28
圖 3-7 基礎體溫計 REX.....	28
圖 3-8 BODYSTAT® QUADSCAN 4000.....	29
圖 3-9 溫、溼度感應器 .....	30
圖 3-10 跑步機與加熱器以及環境示意圖 .....	31
圖 3-11 舒跑運動飲料、肌酸與甘油 .....	32
圖 3-12 T 測試 (T-TEST).....	36
圖 3-13 實驗流程圖 .....	38
圖 3-14 高溫脫水方式之流程圖 .....	39
圖 3-15 復水方式之流程圖 .....	40
圖 4-1 體重變化率 .....	48
圖 4-2 體脂率變化率 .....	50
圖 4-3 體溫變化率 .....	51
圖 4-4 收縮壓變化率 .....	54
圖 4-5 舒張壓變化率 .....	54
圖 4-6 空間簡單反應時間 .....	72
圖 4-7 空間簡單反應錯誤率 .....	72
圖 4-8 複雜反應 .....	74

圖 4-9 複雜反應錯誤率 .....	74
圖 4-10 注意、干擾排除反應時間 .....	76
圖 4-11 注意、干擾排除錯誤率 .....	76

# 第壹章 緒論

## 第一節 研究背景與動機

足球是現今世界上最受觀眾歡迎的體育運動之一，且有著悠久的歷史典故，也是世界運動人口最多的一項運動，其中以每四年一次的國際足總世界盃(FIFA World Cup)，常被人稱為世界盃足球賽，或稱為世界盃，這項比賽每次都讓足球迷為之瘋狂，全球也都焦點在這場盛會上，近年來靠媒體的報導民眾對足球的熱誠也大幅的增加。雖然國內對足球運動的風氣並不像棒球或籃球這麼熱烈，足球比賽轉播或報導往往也沒有歐美地區這麼熱絡，但是臺灣的足球運動代表隊仍有相當不錯的表現。

足球比賽是由兩隊各派 11 名選手參與，場地的距離沒有一定的規定，長度介於 100 至 110 公尺（110 至 120 碼），寬度則介於 65 至 75 公尺（70 至 80 碼）時間為 90 分鐘。足球運動員整場比賽下來所流失的水分，平均身體體重都會下降 2 至 3 公斤，優秀選手水分流失更可能達到 4 公斤以上，這樣會使足球運動員因脫水(dehydration)而讓運動能力下降，因為人體在高溫環境中進行訓練會使身體產生內在性的熱，藉由大量排汗可維持體溫恆定，卻可能導致體內水分不足(Gleeson, 1998)。Gonzalez-Alonso et al.(1999)認為脫水情形如果超過體重的 2%，則對運動表現有明顯的抑制作用，當脫水達體重 4-5%時，會使運動疲勞(fatigue)提早發生，若失去水分程度達體重 9-12%，將危及生命，甚至造成死亡(Wilmore & Costill,1999)。或者在高溫環境下比賽未適當補充水分而造成的急性脫水，都有可能損害運動員身體的健

康。

Coutts et al. (2002)的研究證實多樣性的活動如奧運規模的鐵人三項，要長時間補充水分是很困難的。因此在高強度運動下會使核心溫度升高可能會造成流汗率的增加和身體水分的流失，在這種情況下，許多人很難同時攝取到水分。因此水分流失會造成身體機能下降，只要能維持身體足夠的水分，或者快速復水補充能量，往往就成為獲勝的契機了。很多營養協會或營養師也都認為運動後的恢復，選擇適合的食物或補充劑可以增加運動表現及健康。並且有許多學者認為適當補充含醣類與電解質的液體，會比喝水來的更有效且恢復體力來得更快(黃玉娟，2001；Wong, Williams, Simpson, & Ogaki, 1998)；以及甘油加水的補充方式來增加身體水分會比只有單獨喝水來的好(Lyons & Riedesel, 1993；Magal et al., 2003；Koenigsberg et al., 1995；Riedesel et al., 1987)。

並且 Coutts et al. (2002)；Anderson et al. (2001)；Scheett et al. (2001)；Montner et al. (1996)的研究顯示攝取甘油對生理作用有正面的幫助。因此這些運動員脫水的議題，教練及選手們必須注意與了解，這樣才能夠避免脫水所造成的傷害。

國內對於足球運動員脫水與復水的相關研究甚少，於是激起想要研究足球運動員在比賽大量流失的水分及快速復水的情形，因此設計一個實驗，進行模擬高溫環境下脫水所造成的生理變化與飲用特殊飲料，是否能幫助足球運動員快速恢復運動表現，以期望這個研究對足球運動員的運動表現有

所幫助。

## 第二節 研究目的

本研究目的是針對臺灣體育運動大學男子足球運動員，根據 3 小時的脫水及 2 小時的復水，比較脫水前與脫水後及復水後，藉由復水的特殊配方(市售舒跑運動飲料+肌酸+甘油)是否能夠快速恢復到脫水前的運動表現。

## 第三節 研究假設

首先進行脫水前的生理指標(尿液：Na、K、Cl、Osmolality、血液：Na、K、Cl、Osmolality、LDH、CK、CK-MB。)及運動指標(最大肌力、爆發力、肌耐力、敏捷性、速度、無氧能力)等運動表現之檢測，來評估正常狀態下的運動表現，接著針對足球運動員進行 3 小時跑步機上的高溫脫水並限制飲水，預計身體脫水達到 3-4% 以上，並身體溫度達 39 度以上，再進行各項生理指標及運動指標，接著再進行 2 小時的復水並飲用特殊配方，再進行各項生理指標及運動指標來評估運動表現是否具有顯著相關。研究假設如下：

- 一、足球運動員在脫水後與脫水前對運動表現及生理指標，具顯著之差異。
- 二、足球運動員在復水後與脫水後對運動表現及生理指標，具顯著之差異。
- 三、足球運動員在復水後與脫水前對運動表現及生理指標，並無顯著之差異。

## 第四節 研究範圍與限制

### 一、研究樣本範圍

本研究以國立臺灣體育學院男子足球運動員 24 位為實驗參與者，年齡 18-20 歲、身高 168-180 公分、體重 58-74 公斤、體脂率 18-24%，所有實驗參與者均接受規律足球運動訓練至少 10 年以上，每週訓練時數至少 20 小時以上，且身體無心血管與代謝方面之疾病，健康良好無其他外疾。

### 二、實驗範圍

針對實驗參與者全程限制飲水及控制每日基礎能量所需，預計身體脫水能夠達到 3-4% 以上。探討脫水前、脫水後及脫水後的 2 小時飲用特殊飲料配方為復水方式，對足球運動員之運動指標與生理指標的運動表現之檢測。

基於維護實驗參與者的健康與安全考量及控制能量一致性，固定供給早餐之熱量飲食，由 7-11 購買的握便當熱量約 450 大卡，盡量做到實驗參與者在實驗期間的一致性。

### 三、研究限制

- (一)、由於無法控制實驗參與者前一天晚上飲食及運動量，以及樣本數量不夠多且廣泛也沒有對照組，為本研究限制之一。
- (二)、本研究的實驗較為辛苦且需要花一整天的時間來配合，因此實驗參與者參與意願較低，但是因為教練的要求不可不參與，所以在實驗參與者的心態無法一致

性，有些會努力盡力去完成這項實驗，但也有配合度較低的受試者，雖然有被逼的感覺，但也都順利完成實驗，因此在受試者的努力程度上會有落差，為本研究限制之一。

## 第五節 操作型定義

### 一、高溫脫水

本實驗利用低強度 3 小時跑步機方式快速脫水，藉由帳篷與加熱器方式模擬足球場上高溫的環境。跑步機速度為每小時 10 公里。實驗方式以跑 5 分鐘休息 5 分鐘的方式為 1 回合，共 18 回合，讓身體達到 3% 以上的脫水量。實驗期間也限制實驗參與者飲食及水分。

### 二、身體復水

本實驗之復水方法：讓實驗參與者在冷氣房裡進行 2 小時自由休息的恢復方式，依照實驗參與者脫水量來分別給予不同的復水量，復水則用特殊飲料每半小時給予受試者來飲用。補充液體則以市售的舒跑運動飲料與肌酸以及甘油，為本研究之特殊飲料配方。運動飲料 (Sports drinks)、肌酸 (Creatine) 以及甘油 (glycerol) 以上三種配方各取英文第一個字，當作是特殊飲料 (SCG) 的縮寫。復水方式為：

(一)、依照脫水量來給予舒跑運動飲料每公斤體重 1000cc。

(二)、肌酸依照實驗參與者脫水後的總體重給予每公斤體

重 0.5 公克。

(三)、甘油依照實驗參與者脫水後的總體重給予每公斤體重 1 公克。

會使用這兩種材料是因為有 González-Alonso et al.(1992)研究指出 6%的醣類及電解質飲料對身體復水有最佳的效果及維持運動時體液平衡及能量的補給。而甘油則有把水分保留在身體裡的作用(Koenigsberg et al.,1995)。

### 三、運動表現

指運動員運用身體各種肢體、器官及生理機能能夠有效反應各種運動狀態的身體能力。本研究的運動表現利用最大肌力(1RM 背蹲舉)、肌耐力(1 分鐘仰臥起坐)、爆發力(垂直跳)、敏捷性(T-Test)、速度(40 碼衝刺)等運動指標來評估足球運動員的運動表現。各組間休息時間 4 分鐘，避免運動疲勞影響到成績，因為有學者提到 4 分鐘是恢復肌肝醣的最佳時間。

## 第貳章 文獻探討

本篇研究宗旨是藉由高溫環境下所產生的脫水現象，對足球運動員生理變化及運動表現的影響，在經過飲用特殊飲料身體能夠快速恢復脫水前的狀態。

本章將以第一節足球運動生理特性及運動能力之相關研究、第二節脫水對生理機能的影響、第三節脫水對運動能力之影響、第四節液體補充對生理機能及運動能力之探討、第五節肌酸與甘油對運動能力之相關研究，綜合以上並歸納出結果，如圖 2-1。

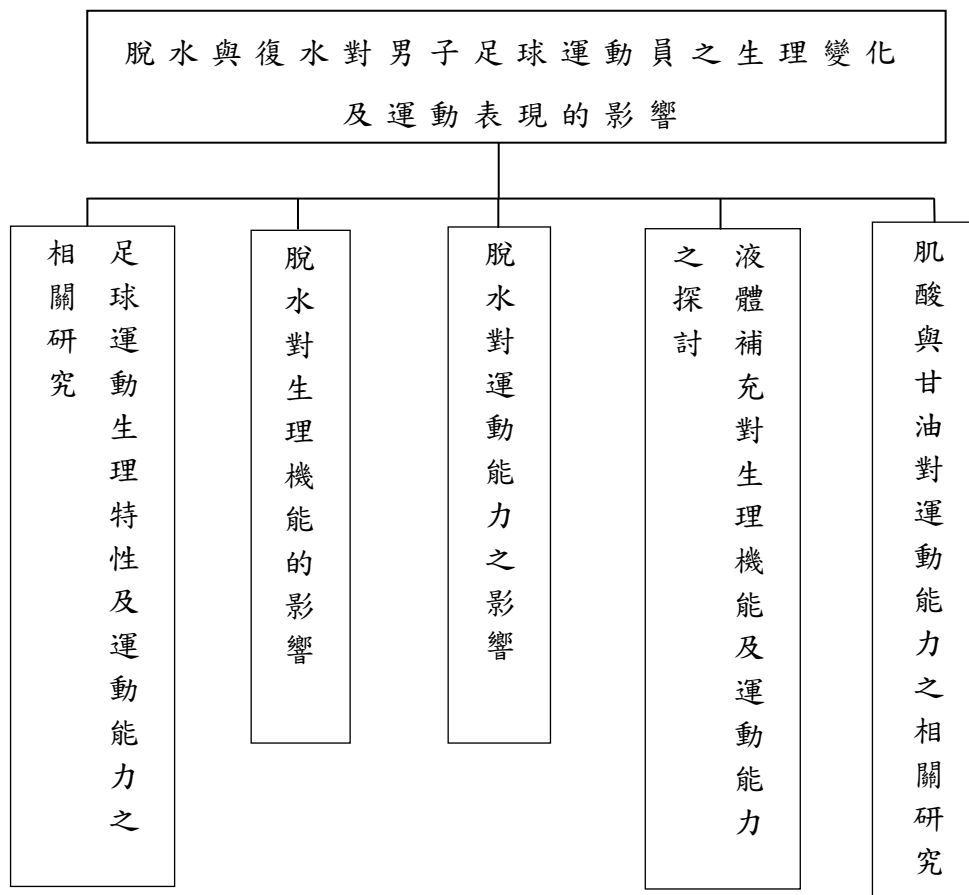


圖 2-1 文獻探討架構圖

## 第一節 足球運動生理特性及運動能力之相關研究

### 一、足球運動生理特性

#### (一)、有氧能力

由於足球比賽時間約 90 分鐘的耐力型運動，經常處於攻防的狀態，在這種長時間狀況下，就被歸類為有氧代謝 (aerobic metabolism) 為主的運動。從何伯瑋 (2009) 論文中提到足球運動員的最大攝氧量 ( $\dot{V}O_2\max$ ) 平均為  $57.79 \pm 5.01 \text{ml/kg/min}$ ，大學生的最大攝氧量平均為  $48.08 \pm 5.83 \text{ml/kg/min}$ ，最大攝氧量越高的人，代表心肺功能越好。Rienzi et al. (2000) 學者研究指出，英國超級聯盟足球運動員每場比賽約跑 10 公里，表示有氧能力對於足球運動員來說是非常重要，由此可知足球運動是需要有良好的心肺耐力對於勝負上往往是不可或缺的一環。

#### (二)、無氧能力

足球另外一個特性，選手會在比賽中所展現各種高強度及高難度動作 (如盤球、剷球、射門、爭球等) 都會動用到無氧代謝 (anaerobic metabolism) 來完成這些動作。Bangsbo 在 1994 年研究中發現，足球運動員做完指定動作 5 分鐘後，所蒐集血液樣本中獲知的，乳酸值與運動前足球運動員所作的運動量呈正相關。Tomlin 與 Wenger (2001) 學者認為具有較高最大攝氧量的足球運動員，乳酸堆積的濃度較低，可能是增加有氧的反應，因此增加乳酸的移除，並促進磷酸激酶在合成的因素。因為有較優的有氧系統能力，就不容易進入無氧代謝，對選手來講就能維持更長的高強度運動。另外 Mohr

et al. (2003)觀察到足球運動員快速短跑在整個比賽中大約佔了 1-11%的比例。相當於整個比賽的 0.5-3.0% (Helgerund, Engen, & Wisloff, 2001)。因為這些高強度的動作並不會一直常常發生，換句話說誰能夠在短時間取得先機，比對手有更高的生理特質往往就是比賽結果的關鍵因素。因此可得知足球運動是有氧系統所占的比率較無氧系統來的高。

### (三)、肌力、爆發力

肌力是所有運動表現的基本能力之一，是指肌肉群所能產生最大的張力，而肌肉產生力量的大小，是依照大肌肉群參與收縮的程度來訂定的。先前研究中也發現，最大肌力(1RM)與加速度與位移速度間有顯著的相關(Hoff & Almasbakk, 1995)。另外在爆發力方面，爆發力的大小可以決定跳多高、跑多快，尤其在足球運動項目中，他需要非常多技術性的動作，在 1998 年 Wisloff、Helgerud 與 Hoff 學者認為優秀足球運動員垂直跳高的理想成績應該接近 60 公分；而且陳鴻在 1986 的研究發現我國青年足球運動員垂直跳的能力( $56.30 \pm 6.02$  公分)並不會輸給歐美的球員。所以如果能強化肌力與爆發力就能減少受傷的機會，並能在比賽中從事更有利的跳躍、踢球、劇球及短跑等動作(Lehnhart, Lehnhart, Young, & Butterfield, 1996)。本研究採用 1RM 背蹲舉與垂直跳來判定肌力及爆發力的表現。

### (四)、肌耐力

肌耐力定義為：肌肉在低至中強度下持續收縮的運動。Vera-Garcia et al (2000)研究指出屈膝仰臥起坐，腹直肌約有 21% 的最大自主收縮，因此符合肌耐力的定義。Wilmore 與

Costill(1988)從基礎生理學的觀點來看，肌耐力是一組肌肉群在一段時間內能維持固定反覆收縮的能力；而在陳榮煌、蘇俊賢與陳雍元等學者在2005年研究中，也認為高強度的比賽場上，肌耐力更能讓選手持續運動的重要指標之一。判定運動表現能力上也很適合(Safrit & Wood,1995)。因此足球運動員在比賽時能有較優的肌耐力表現，獲勝機率也較為高。故本研究採用1分鐘仰臥起坐的最高次數作為測驗肌耐力之依據。

#### (五)、速度

足球比賽中無論是進攻或防守，都需要有良好的速度能力，隨著運動科學的發達，運動員的體能越來越好，足球運動員的移防速度也越來越快，並且與比賽水準成正相關。劉丹(2006)實驗發現足球比賽中每次約90秒，會進行一次大約15尺的短跑。除了身體位移上的速度，還需要注重肌力速度。2010年陳彥峯與顏克典認為近年來肌力訓練，必須考慮執行訓練動作的速度因素，因為專項動作被要求在極短時間內完成。而且速度與肌力有息息相關，想要提升速度也必須有強壯的肌力。因此選手的肌力速度的好壞對於獲勝是非常關鍵的。本研究速度測試採用40碼衝刺之依據。

#### (六)、敏捷性

Corbin與Lindsey(1994)認為敏捷性就是指動作上加速和往後、垂直、橫向等方向快速變換位置、改變動作的反應能力。Craig(2004)研究發現敏捷反應是透過中樞神經與肌肉、肌梭、高爾肌鍵器與本體感覺器的神經適應。Robinson & Owens(2004)指出許多運動項目中敏捷性對選手來講是相當

重要的。因為足球比賽中最常出現就是爭球、盤球等動作，這些都必須要有很好的敏捷性，才有辦法作出高技巧的技術。因此可以了解敏捷性對足球運動員的重要性，擁有良好的敏捷性就能提升運動表現。本研究採取 T-Test 進行測試。

## 第二節 脫水對生理機能的影響

足球運動員在比賽場裡都會流失大量的體液，Maughan 與 Shirreffs (1998) 也認為運動員在高溫環境下則會加速體液的流失，假如沒有適時的補充水分就容易陷入脫水狀態，嚴重時更可能傷害身體及生命。因此運動員及教練對脫水的認知就顯得非常重要，接著將介紹身體脫水時會對身體生理機能有那些傷害，以及判定身體達到脫水的指標。下表為各項生化檢驗正常值，如表 2-1。

表 2-1 生化檢驗正常值

血清 (Serum)			尿液 (Urinary)		
滲透壓	275-295	mOSM/L	滲透壓	50-1200	mOSM/L
鈉	132-146	mmol/L	鈉	40-220	mmol/L
鉀	3.5-5.5	mmol/L	鉀	25-125	mmol/L
氯	99-109	mmol/L	氯	110-250	mmol/L
肌酸激酶	38-174	U/L			
乳酸脫氫酶	120-246	U/L			
心肌性肌酸磷酸激酶	0.6-6.3	ng/mL			

## 一、脫水對血液的影響

### (一)、乳酸脫氫酶 (Lactic Dehydrogenase, LDH)

它是一種進行醱解作用的酵素，存在於人體各個組織細胞中，當運動時組織被破壞釋放在血液中，當足球運動員在戶外比賽時，常常會因為高溫環境下運動，加上必須長時間動用到全身的肌肉不停地奔跑，通常快速短時間的運動，肌肉收縮時會使用肌肉內的肝醣並轉化成葡萄糖產生能量，這時的無氧能量代謝就會釋放出大量的乳酸 (lactic acid, LA)，因為肌肉中產生過多的氫離子 ( $H^+$ ) 無法代謝，因此與丙酮酸 (pyruvate) 結合產生乳酸，所以可以判定血液中的乳酸值升高表示進入了無氧代謝。

### (二)、肌酸激酶 (Creatine Kinase, CK)

因為肌肉收縮反應所需要的激酶 (creatine)，可以使肌肉

收縮持續不斷進行。Eston et al.(1996)以及 Seaman 與 Ianuzzo (1988)許多學者發現運動後 CK 活性在運動 24-48 小時內都有顯著上升。而運動時產生 CK 值上升 Pyne (1994)認為 CK 一般較少出現在血液當中，只有當肌纖維壞死或細胞膜損害會使 CK 釋放到血液當中。另外 Ebbeling 與 Clarkson (1989)也發現在高強度的運動，CK 值明顯上升，會使得動作表現能力下降。因此測量 CK 值做為肌肉傷害的指標之一。

### (三)、心肌性肌酸磷激酶 (Creatine Kinase-Myocardial Band, CK-MB)

本實驗為了要判斷 CK 濃度的上升原因是肌肉損傷還是心肌的損傷，因為只有在細胞損傷時才會釋放出來並且被偵測到，因此再加入 CK-MB 指標再一次確定。Mair et al.(1991)研究發現 CK-MB 指標是最好診斷出急性心肌梗塞的指標，因為在人體各個組織中，存在心肌部位的比例最高，並且心肌壞死的 0-6 小時內會出現血液中；2-4 小時內就會有胸痛症狀。因此本實驗可以判斷運動時的傷害是肌肉造成的還是心肌所造成，也確保受試者的安全性。

### (四)、血清滲透壓 (Serum Osmolality)

滲透壓的作用是穩定血液中透析與過濾的壓力。在 2011 年 Tsong-rong、Ming-feng 與 Chun-hao 等學者的研究利用血清滲透壓來觀察脫水情況，發現脫水前與脫水後的血清滲透壓有明顯不同；與 Popowski、Oppliger 與 Lambert (2001)研究發現在中強度急性脫水時血清滲透壓有相關。因此了解在脫水時身體的滲透壓會有所差異，本實驗就選用血清滲透壓來當作脫水指標。

## (五)、血清電解質(Serum Electrolytes)

van Beaumont et al.(1973)研究發現運動後血清的電解質濃度與安靜值比較有顯著差異。而他們的濃度會因為運動強度的高低而有所不同，因此我們可以預估受試者在運動時會有鈉離子、鉀離子與氯離子跑到細胞外。但是在 Goodman、Rogers 與 Vermaak (1985)等人研究中短時間運動(約 10 分鐘)電解質鈉濃度的變化，只是細胞內與細胞外之間的短暫轉移而已，並在 30 分鐘內可恢復到安靜值。曾聰樑;黃賢堅(1990)也認為血清中電解質鈉、鉀、氯離子在運動後都會減少，但也都會在 30 分鐘休息後恢復休息時的濃度。

## 二、脫水對尿液的影響

### (一)、尿液滲透壓(Urinary Osmolality)

使用尿液滲透壓可以評估受試者的電解質與水分之間的平衡狀態，並且了解受試者身體是否有脫水現象。Shirreffs et al.(1998)研究證實使用尿液滲透壓可以快速與簡便知道運動員身體的水分狀態。另外在 2000 年 Shirreffs 研究指出目前的證據表示認為尿液滲透壓是有最有效標的。因此本實驗選用尿液滲透壓來表示參與者身體是否達到脫水狀態。

### (二)、尿液電解質(Urinary Electrolytes)

測試尿液中的電解質可以知道參與者身體鈉、鉀、氯的含量。從 Knechtle et al.(2010)研究證明尿液中的電解質(鈉與鉀)會隨著增加運動量而有所改變。表示在運動過程中運動員流失的水分會讓尿液的電解質上升，因此本實驗也加入尿液電解質來觀察參與者是否有脫水現象。

### 第三節 脫水對運動能力的影響

Kleiner(1999)認為輕度脫水(約 1-2%)的水分流失，會影響運動表現及身體健康。Wilmore 與 Costill(1994)認為當身體脫水量達到 3%時，將會影響到運動成績，5%可能會熱衰竭，7%就身體就會達到危險狀態，10%即可能熱中暑。Edwards et al.(2007)提到一場球賽結束後未補充水分有輕度脫水(體重約 1.5-2%)的現象，且結果證實輕度脫水是不利於足球的運動表現。目前國內外都有許多一系列的研究證明脫水對運動能力與健康都有高相關的影響。

足球運動員的運動能力包括:肌力、肌耐力、爆發力、敏捷、速度、有氧能力為主、無氧能力為輔等等。一場比賽下來足球運動員身體都呈現脫水現象，都會影響到足球運動員的運動能力，如果可以快速恢復身體水分、電解質的平衡就能夠恢復運動能力。目前在脫水對運動能力的影響之相關文獻有許多學者在研究，以下分為幾個觀點來探討。

#### 一、脫水對肌力、肌耐力的影響

Jones et al.(2008)研究在高溫潮濕的環境進行脫水約體重 3%，實驗結果證明脫水會讓肌力下降，並且會提高肌肉骨骼損傷機率。Houtkooper et al.(2007)也認為在運動前、中、後都應該維持足夠身體所需的水分與電解質，這對比賽或是訓練都是非常重要的因素。

另外也有學者有著不同的結果與觀點。Mountain et al.(1998)實驗前受試者在攝氏 40°C 房間待上 2-3 小時，之後 3-8 小時不補充水分，結果發現高溫脫水方式並不會影響到肌力與肌耐力。在拳擊選手方面謝錦城與方進隆(1989)的研

究也認為連續 4 天限制飲食及配合運動減去 4% 體重後肌力與肌耐力並沒有顯著的改變。由以上文獻可知，在高溫急性短時間的脫水對肌力、肌耐力會造成影響，而脫水時間較長或限制飲食的脫水方式，對於肌力、肌耐力較不受到影響。

## 二、脫水對爆發力及速度的影響

爆發力是肌力與速度所組成的，而爆發力對許多競技項目來講一直扮演著重要因素，通常爆發力好的運動員，肌力與速度都會有不錯的表現。而有關足球運動在脫水對爆發力及速度的影響之相關文獻較為缺乏，僅有少數幾篇。

Judelson et al.(2007)脫水與未脫水組在爆發力垂直跳的測試中並沒有差異。另外 Greig et al.(2005)研究中發現田徑短跑選手使用利尿劑來脫水，結果對垂直跳的高度是沒有差異的。此外也有學者的研究中有不同的見解，Gutiérrez et al.(2003)利用蒸汽浴方式，調查快速脫水對肌力與爆發力的影響。實驗結果男子在上肢的最大肌力與下肢爆發力皆無顯著差異。在女子中蹲跳的成績則有顯著差異，且體重下降越多蹲跳成績下降越明顯。因此推論在女子選手脫水量越高爆發力的表現就越差。

## 三、脫水對心肺功能的影響

目前脫水對心肺功能(Cardiopulmonary Function)的影響，有許多國內外學者感到興趣的，嘗試很多不同方式進行脫水，有限制飲食長時間等方法，因此這邊的文獻探討就只專注於本研究的高溫急速脫水的方法，目前有很多研究證實高溫急速脫水會造成心肺功能的下降。而評估心肺功能的方式也有很多方式，其中以  $\dot{V}O_{2max}$ (最大攝氧量)被許多學者公認是目

前測量心肺功能最好的效標。González-Alonso 等學者在 1997 年的研究結果證明，運動員在高溫脫水下運動心肺功能都有明顯的下降，因為無法維持住心輸出量及血壓。Sawka et al.(2000)研究結果認為脫水會降低血漿容量(並增加血漿滲透性)提升熱應變與降低運動表現。因此短時間快速脫水對心肺功能會造成損害，進而影響到運動表現。

#### 第四節 液體補充對生理機能及運動能力之探討

一場球賽下來運動員的肝醣幾乎耗盡，身體的水分也失衡，Murray(1996)以及 Sawka et al.(1992)指出當運動員在炎熱的環境下競爭，補充水分來降低身體核心溫度是非常重要的。這時候的復水(液體補充)就顯得非常重要，我們可以從運動員缺少的水分、電解質快速補充恢復運動能力，就可以增加下一場的競賽獲勝率。在 1992 年 González-Alonso 等學者研究在高溫環境下運動(約 32°C、相對溼度 40%)，運動後 2 小時進行復水(環境溫度約 21°C、相對溼度 60%)，利用三種常見的液體補充的飲料，(a)含有咖啡因健怡可樂(diet cola)組、(b)含有 6%的碳水化合物及電解質組，以及(c)純水組一起比較，結果發現含有 6%的碳水化合物及電解質對身體復水的效果最佳，也表示能夠快速恢復失去的水分及能量。

美國運動醫學會(ACSM,1996)建議運動前 2 小時應該喝約 500 毫升的液體，運動中攝取約 15-22°C 的液體會增加腸胃的吸收，也能避免大量水分流失，在激烈運動後建議補充約 100 毫升含有 4-8%的碳水化合物，以及 0.5-0.7 毫克的鈉

可以增加身體留住水分的效果。Williams、Raven 與 Fogt 在 2003 年研究高碳水化合物與蛋白質 (high carbohydrate-protein) 與傳統 6% 的碳水化合物與電解質 (carbohydrate-electrolyte) 進行比較，發現高碳水化合物與蛋白質恢復肌肝糖的儲存量效果最佳。

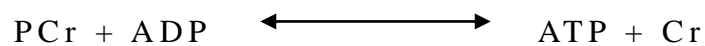
## 第五節 肌酸與甘油對運動能力之相關研究

近年來許多運動員為了追求更高的運動表現，肌酸 (Creatine) 已經被大量的運動員所使用，也是屬於合法的營養增補劑，他是以化學合成的方式來製作。Plisk 與 Kreider (1999) 的調查報告中指出 1960 年代的東歐選手已經有服用肌酸的經驗，在 1996 年亞特蘭大奧運會，約有 75% 以上的運動員有服用肌酸的習慣，並且都認為肌酸有助於提高運動表現。

### 一、肌酸特性與運動能力之關係

肌酸是在 1832 年法國科學家 Michel Fugene Chevreul 從肉類萃取發現的。他是由精氨酸 (Arginine)、甘氨酸 (Glycine) 與甲硫氨酸 (Methionine) 三種氨基酸所組合，在肝臟、腎臟與胰臟的酵素作用下合成。Balsom、Söderlund 與 Ekblom (1994) 人體中的肌酸超過 95% 是存在於骨骼肌中，其中 1/3 為游離肌酸 (Cr<sub>f</sub>)，2/3 是磷酸肌酸 (Cr<sub>phos</sub>) 型式存在，其餘 5% 主要在腦、心臟及睪丸中。當高強度的激烈運動能量來源是 ATP (adenosine triphosphate, ATP) (三磷酸腺苷) 釋放能量提供肌肉收縮的時間僅為 1-3 秒，當 ATP 不夠時儲存在肌肉中的磷酸肌酸 (phosphor creatine, PCr)，透過肌酸激酶 (CK) 的催化作

用，使磷酸肌酸中的一個磷分子被分解與 ADP (adenosine diphosphate, ADP)(二磷酸腺苷)重新合成 ATP 產生能量，但是肌肉中的磷酸肌酸(PCr)含量僅能提供肌肉收縮的能量約 8-10 秒，之後身體的 ATP 就會被全數耗盡，並且啟動無氧醣酵解來提供能量。其反應方程式為：



傅正思、洪新來、林作慶(2002)認為肌酸對體內肌酸含量有增加效果；而體內有高肌酸含量可以增進 ATP-PC 系統能量來源，對於短時間、高爆能的無氧運動項目有促進之效果。Williams、Kreider 與 Branch(1999)學者的著作歸納出人類透過飲食攝取，每人每日可以得到約 2 公克的肌酸，而每公斤肌肉組織中不超過 5 公克，但是每人每日因身體活動量而消耗也約 2 公克的肌酸。因此想要大量補充肌酸增加運動能力，就得靠肌酸補充劑來增加效果。

## 二、肌酸補充方法

肌酸的補充並不是看誰吃的多，身體肌肉肌酸含量就會增加，而是要有方法來補充使用讓身體達到最大吸收效果。Williams(1999)等學者認為肌酸補充可分成兩種方式，不分體重每天增補 20-30 公克，或者按照體重每天每公斤體重 0.3 公克的方式，分成四次服用每次 5-7 公克，間隔時間約 3-4 小時，連續補充 5-7 天；維持期則採用不分體重每天 2-3 公克，或按照體重每天每公斤體重 0.03 公克方式，持續增補 4-10 週。Harris et al.(1992)研究結果也發現肌酸超補對肌肉中的 ATP 含量沒有增加，反而從腎臟排出造成腎臟的負擔。

傅正思(2002)等學者整理出國外研究補充肌酸的攝取量分為：主要補充期每天約 20-30 公克，維持期補充約 2-5 公克與 Williams(1999)等學者整理的肌酸補充方式想差不遠，結果大多數研究證實體內肌酸含量、磷酸肌酸含量均有增加的效果。Vandenbergh et al. (1996)研究發現肌酸與咖啡因一起服用肌肉磷酸肌酸(PCr)濃度增加，表示在激烈運動 PC 沒有完全使用，反而抑制等速肌力的運動表現。

### 三、甘油對運動能力之關係

已經有多研究證明脫水是會降低運動表現，因此要如何保持身體的水分維持運動能力，也是目前許多科學家努力的方向。目前許多學者也認為甘油(glycerol)是一種不錯的補充劑。例如 Anderson et al. (2001)發現攝取甘油飲料在高溫下的練習會降低的心血管與體溫應變能力。同樣 Montner et al.(1996)發現在運動前、後使用甘油飲料會降低心跳率和增加心輸出量。其他學者也顯示出攝取甘油後會有較佳的運動表現。

Koenigsberg et al.(1995)研究設計分成兩組一組加入甘油為實驗組，沒有加入甘油為控制組，所有參與者服用大量水分(39.2 與 51.1 毫升/公斤體重/天)與實驗組加入甘油(2.9-3.1 克/公斤體重/天)，控制組則沒有。實驗期間持續 32 與 49 小時不能喝水，結果發現不管是在 32 或 49 小時發現實驗組有攝取甘油的尿液量較少，證明攝取甘油身體可以在長時間保持水分，並且減少所需水分流失。

Wapnir et al.(1996)認為甘油是一種親水性，可吸收又有豐富的能量，可以使水分吸收更有效率的溶質。在老鼠實驗

中發現甘油與玉米糖漿結合比市售的運動飲料(蔗糖+果糖+葡萄糖)來的效果更好，並且推估可能增強人類水分的吸收。

另外 Kavouras et al.(1998)也發現自行車選手用盡全力騎乘的時間，在運動前有補充甘油的組別比沒有補充水份的組別有較長的運動時間。雖然這些研究結果，並沒有顯示出在運動前甘油超補會比只攝取水份有較多的效益。(Inder et al.,1998; Magal et al.,2003)因此，國際體育教練協會認為甘油超補還是屬於模稜兩可的階段。(Casa et al., 2000)

Lyons et al.(1990)的研究在高溫乾燥的環境中以最大攝氧量 60%進行運動，並於開始實驗後 2.5 小時進行液體攝取。實驗分為三個組別，實驗 1.讓參與者攝取甘油 (1 公克/公斤體重) 以及水分(21.4 毫升/公斤體重);實驗 2.只有攝取水分(21.4 毫升/公斤體重);實驗 3.測試開始就攝取水份(3.3 毫升/公斤體重)。結果發現在中強度的運動實驗 1.使用甘油組的流汗率升高與較低核心溫度(肛溫)，在血紅蛋白、血溶比或血清電解質的濃度較沒有改變，因此可以證明在中強度運動攝取甘油能增加身體散熱效果。

## 第六節 本章小結

根據上面的文獻回顧發現運動過程中身體所流失的水分，都會降低運動員的運動表現以及生理狀況。尤其足球運動是長時間偏有氧運動的項目，只要身體有脫水狀況不管你的肌力、肌耐力、速度、敏捷性、協調性等都會受到影響，如何留住身體水分似乎就成為獲勝的關鍵之一，所以這是教練以選手都必須重視的。

另外如何在比賽前、中、後身體的水分能夠維持，所以復水也是另外一門學問了，假設比賽前選手沒有注意攝取水份的重要，還沒比賽都已呈現脫水狀況，那之前辛苦訓練是不是就白費了，比賽中要是能夠保持身體水分平衡就可以提高運動表現，甚至贏過對手增加獲勝機率，比賽後如果能快速恢復水分，也就能快速恢復疲勞，對於選手在接下一場比賽就不會有太多倦怠感，讓選手能夠盡心盡力、全力以赴的表現。

## 第參章 研究方法

### 第一節 實驗架構

根據本研究目的與研究假設，探討足球運動員脫水後使用特殊飲料是否能夠快速恢復運動表現之影響，以運動指標、血液、尿液樣本、E-PRIME 專注力測試軟體 (Homa, Hout, Milliken, & Milliken, 2011) 來探討足球運動員脫水及復水的運動表現。實驗架構圖簡述，如圖 3-1。

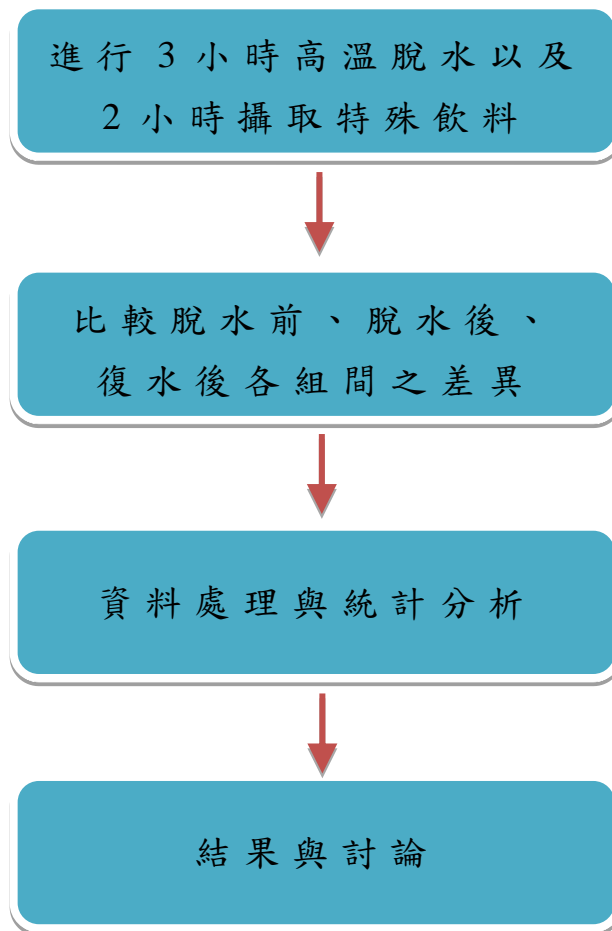


圖 3-1 實驗架構圖

## 第二節 實驗時間與地點

### 一、實驗時間

中華民國 100 年 08 月至 100 年 10 月，三個月，再加上中華民國 101 年 04 月至 101 年 06 月，三個月，總共實驗階段時間為六個月。

### 二、實驗地點

國立臺灣體育運動大學田徑場體能訓練室。

國立臺灣體育運動大學體操館二樓運動科學中心。

## 第三節 實驗參與者

本研究以國立臺灣體育運動大學男子足球運動員 24 位為實驗參與者，平均年齡  $19.75 \pm 1.26$  歲、身高  $174.33 \pm 4.87$  公分、體重  $70.25 \pm 6.63$  公斤、體脂率  $22.58 \pm 3.05\%$ ，所有實驗參與者均接受規律足球運動訓練至少 10 年以上，每週訓練至少 20 小時以上時數，且身體無心血管與代謝方面之疾病，健康良好並無其他外疾。

## 第四節 實驗設備與器材

### 一、人體參數測量工具

使用身高測量計，測量身高。體重與體脂肪率的測量器是利用 FFP-329B OSERIO 生物電子阻抗分析儀(啟德電子有限公司)取得，如圖 3-2。



圖 3-2 生物電子阻抗分析儀

## 二、 E-PRIME 專注力測試軟體

實驗方法：一共有三個小程式，來檢定神經疲勞是否有產生。由簡單到複雜分別為：

1. 空間簡單反應時間 ○
2. 複雜反應時間 ■ ■
3. 注意、干擾排除 <<>>>

操作方法如下：

- (一)、30 秒熟悉操作（練習），以及正式實驗 3 分鐘，練習成功率需達 9 成以上方能進入正式實驗。
- (二)、所得結果以毫秒計算。
- (三)、最後結果 = 去除最大值與最小值後的結果之平均值。

## 三、筆記型電腦

為 ASUS A42JA，功能為配合儀器資料分析與儲存。

#### 四、重量訓練器材

利用史密斯訓練機來測出運動員最大肌力（背蹲舉），有不同大小的槓片能使用，重量差距最小為 2.5 公斤，如圖 3-3。



圖 3-3 史密斯訓練機

#### 五、碼表、哨子、角標

- (一) 碼表為競賽用至少可以顯示 0.1 秒做為計時用。
- (二) 哨子做為發令之用途。
- (三) 角標則用於 T 測試，數量 4-6 個。

#### 六、Polar 心跳監測器 (POLAR-RS800)

此儀器為隨身攜帶型可連續監測心跳率之儀器，可以提供準確心跳率來預估運動強度量度。實驗完畢後取下經由紅外線偵測器傳輸至電腦進行分析，如圖 3-4。



圖 3-4 Polar 心跳監測器

#### 七、電子血壓計(AND UA-767)

以血壓計測量並記錄受試者的收縮壓與舒張壓之變化，測量時受試者採坐姿及測量左上臂，如圖 3-5。



圖 3-5 電子血壓計(AND UA-767)

#### 八、跑步機(位於田徑場體能訓練室)

本實驗用 Johnson-T7000 PRO 兩台跑步機，跑步速度設定為每小時 10 公里。規格：214x82x144 公分；跑帶面積：51x160 公分，仰角範圍：0 ~ 15 %。顯示功能：面板可顯示

步數、卡路里、步數、心跳率、目標心率、實際心率、速度、時間、距離、坡度。速度 0.8-20 公里/小時，跑步範圍 40×130 CM，最大承載量：159 公斤，如圖 3-6。



圖 3-6 Johnson-T7000 PRO 跑步機

### 九、基礎體溫計 REX

利用儀器可以測得小數點以下兩位肛門口的溫度，首先使用保險套套住基礎體溫計前端的探針，接著測量受試者肛門口的溫度，靜待 10~15 秒發出嗶嗶聲響後拿出，呈現出來的數值再寫到紙本做為記錄，如圖 3-7。



圖 3-7 基礎體溫計 REX

## 十、Bodystat® Quadscan 4000

儀器可以測得體脂肪率、細胞內、外液之水分以及身體的阻抗值。測量時受試者必須平躺放鬆的姿勢，接著右手掌及右腳掌分別用電極片貼上，之後用傳輸夾分別夾住兩端後進行測試，實驗結束後利用藍芽傳輸至電腦進行分析，儀器由啟德電子有限公司取得，如圖 3-8。



圖 3-8 Bodystat® Quadscan 4000

## 十一、溫、溼度感應器

產品名稱：LabQuest 實驗分析採集器，規格：320 x 240 像素 LCD 彩色觸控顯示螢，並具 LED 背光燈增強明亮清晰度。最大取樣速率：100,000 Hz。具 USB 傳輸 A、B 端插槽，可連結電腦或印表機。外部尺寸：17x 12 公分以下。可接溫度感應器：範圍：-40 ~ 135 °C；相對濕度感應器：範圍：0 ~ 95 %，精度：±5 %，如圖 3-9。



圖 3-9 溫、溼度感應器

## 第五節 測驗項目

### 一、高溫脫水實驗

(一)、首先給受試者每日基礎能量需求之飲食，一個小時後進行基本運動表現測試及生理檢測。表 3-1 為早餐成分之詳細資料。

表 3-1 7-ELEVEN 握便當-真飽黑胡椒雞排

成分	營養標示	每 100 克
超級壽司米	天然海鹽	熱量
糯米		180 大卡
雞腿排		蛋白質
蔬菜		6 公克
雞蛋		脂肪
海苔		4 公克
調味料		飽和脂肪
		0.6 公克
		反式脂肪
		0 公克
		碳水化合物
		30 公克
		鈉
		275 毫克

- (二)、利用蚊帳外部再加一層塑膠袋以及兩台加熱器，讓受試者在蚊帳內脫水，模擬比賽時的高溫環境，如圖 3-10。
- (三)、蚊帳內使用兩台跑步機，跑步速度設定為每小時 10 公里。脫水方式是跑步機上跑步 5 分鐘、休息 5 分鐘為一回合，共 18 回合，時間 3 小時。
- (四)、休息時間受試者必須測量體溫、體重、體脂率與血壓，觀察脫水時的變化率。



圖 3-10 跑步機與加熱器以及環境示意圖

## 二、身體復水

- (一)、本實驗模擬一天有兩場足球賽程，因此進行 2 小時的復水時間，希望身體能夠快速恢復到脫水前的狀態。首先對實驗參與者進行 3 小時高溫脫水後，使身體能夠達 3-4% 以上的脫水量。
- (二)、接著依照脫水量來給予舒跑運動飲料每公斤體重 1000cc；再加入肌酸依照實驗參與者脫水後的總體重給予每公斤體重 0.5 公克；再加入甘油依照實驗參與者脫水後的總體重給予每公斤體重 1 公克，以上為復水配方。
- (三)、在 2 小時的復水時間裡，特殊飲料的總量平分為四等分，每 30 分鐘分別給予受試者飲用，在第三次飲用前再做一次尿液採集，當作復水中的指標。



圖 3-11 舒跑運動飲料、肌酸與甘油

舒跑運動飲料的成分與電解質如表 3-2，3-3。

表 3-2 舒跑運動飲料成分

飲料成分	香料	綜合胺基酸	營養標示	每 100 毫升
水	葡萄糖	L-精胺酸	熱量	27.2 大卡
果糖	檸檬酸鈉	L-離胺酸	蛋白質	0.0 公克
砂糖	氯化鈉	L-白胺酸	脂肪	0.0 公克
寡糖	甘胺酸	L-異白胺酸	飽和脂肪	0.0 公克
檸檬酸	維生素 C	L-纈胺酸	反式脂肪	0.0 公克
	乳酸鈣	L-天門冬酸鈉	碳水化合物	6.8 公克
	氯化鉀		鈉	42.0 毫克
	氯化鎂			

表 3-3 電解質濃度

陽離子		(mmol/L)	陰離子		(mmol/L)
Na <sup>+</sup>	鈉	18.0	Cl <sup>-</sup>	氯	14.0
K <sup>+</sup>	鉀	2.4	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	磷酸根	0.1
Ca <sup>2+</sup>	鈣	1.6			
Mg <sup>2+</sup>	鎂	0.8			

### 三、運動指標

#### (一)、最大肌力測試 (1RM 背蹲舉)

背蹲舉是使用史密斯訓練架(Smith machine)受試者在儀器中間且平坦堅硬的地面進行，橫槓兩端由2名測試員負責保護受試者，先讓受試者用輕重量進行熱身，並詢問受試者以前最大重量為依據來增加重量，接著進行一次的最大肌力的試舉，受試者慢慢下蹲持續彎曲直到大腿與地面平行，方可往上移動，直到受試者完成放槓動作才算成功，最後試驗到受試者無法抬起重量為止。總共測試三次各組間休息時間4分鐘，避免運動疲勞影響到成績。

#### (二)、肌耐力-仰臥起坐(sit-up)

受試者以坐姿方式在軟墊上，雙手交叉於肩膀處，雙手手掌放置肩膀上，腳底平行貼於地板，膝關節屈膝90度角，另一位測試員則以雙手壓住受試者的腳踝，開始時受試者必須平躺於地面，利用腹部力量抬起上半身，雙手手肘必須碰觸大腿膝蓋處為一下次數，反覆持續一分鐘。另一位測試員則讀出目前正確次數，並且記錄。若受試者動作不標準則不予計算，口頭需重複上一次正確次數。總共測試三次各組間休息時間4分鐘，避免運動疲勞影響到成績。

#### (三)、爆發力測試-垂直跳(Vertical Jump)

選擇一面牆壁，牆上要先丈量註記單位，受試者的指尖需沾紅色印泥，接著受試者雙腳下蹲彎曲、雙手後擺，之後立即雙腳向上蹬跳，在最高點時受試者的指尖碰觸牆壁最為記號，將三次測試取最佳成績紀錄下來，成績最小紀錄到1公分。總共測試三次各組間休息時間4分鐘，避免運動疲勞

影響到成績。

#### (四)、敏捷性測試(T-Test)

利用平坦且有良好摩擦力的地板上進行測試，如圖 3-2 利用四個角標分別為(A、B、C、D 點)，受試者熱身活動後在 A 點進行測試，聽到哨聲響起開始計時，受試者快速衝向 B 點並以右手碰觸角標底部後，接著以側併步向 C 點移動並以左手碰觸角標底部後，再用側併步向右 10 碼，以右手碰觸 D 點角標底部後，再向左移動至 B 點並以左手碰觸角標底部。最後倒退跑方式衝過 A 點，此時停止計時。(在 B、C、D 點移動時應注意臉部須朝正前方，且雙腳不得交叉)。為求安全在 A 點後方應放置軟墊，以防止受試者向後跑時不慎摔倒，進行兩次測試中取最佳成績，取到小數點後第一位。若沒依照規定完成者不以計算成績。總共測試三次各組間休息時間 4 分鐘，避免運動疲勞影響到成績，如圖 3-12。

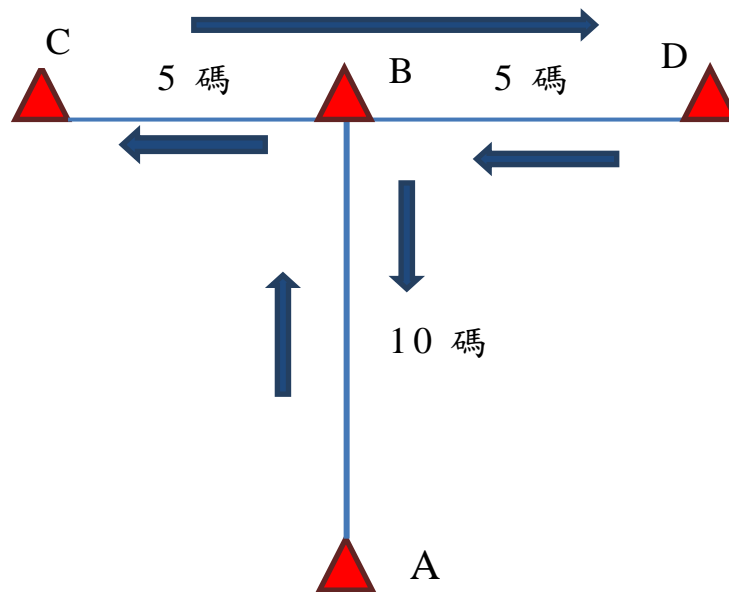


圖 3-12 T 測試 (T-Test)

(五)、速度 (40 碼衝刺測驗)

在國際標準的 PU 跑道上進行 40 碼衝刺測驗，丈量出 40 碼的距離並設置起點與終點，且終點線後方至少有 20 碼以上的緩衝區，以提供減速緩衝。受試者熱身活動後開始測試，受試者以站立式起跑進行 2 次最大的努力衝刺 40 碼，以 2 次成績平均值最為最後成績，取到小數點後第一位。總共測試三次各組間休息時間 4 分鐘，避免運動疲勞影響到成績。

### 第六節 實驗流程與步驟

實驗前告知所有實驗參與者流程及注意事項，並請參與者必須全力配合以求實驗的效度，實驗前應避免熬夜、酗酒與服用大量刺激性飲料或長期服用藥物等不良因素。實驗當天參與者詳閱「實驗參與者須知」(附錄一)並簽署同意「實

驗參與者同意書」(附錄二)、填寫「健康狀況調查表」(附錄三)、「訓練狀況年資調查表」(附錄四)及個人基本資料表。

#### 一、實驗流程

本研究實驗高溫脫水與復水之流程如下圖 3-13；高溫脫水方式之流程圖 3-14；復水方式之流程圖 3-15。

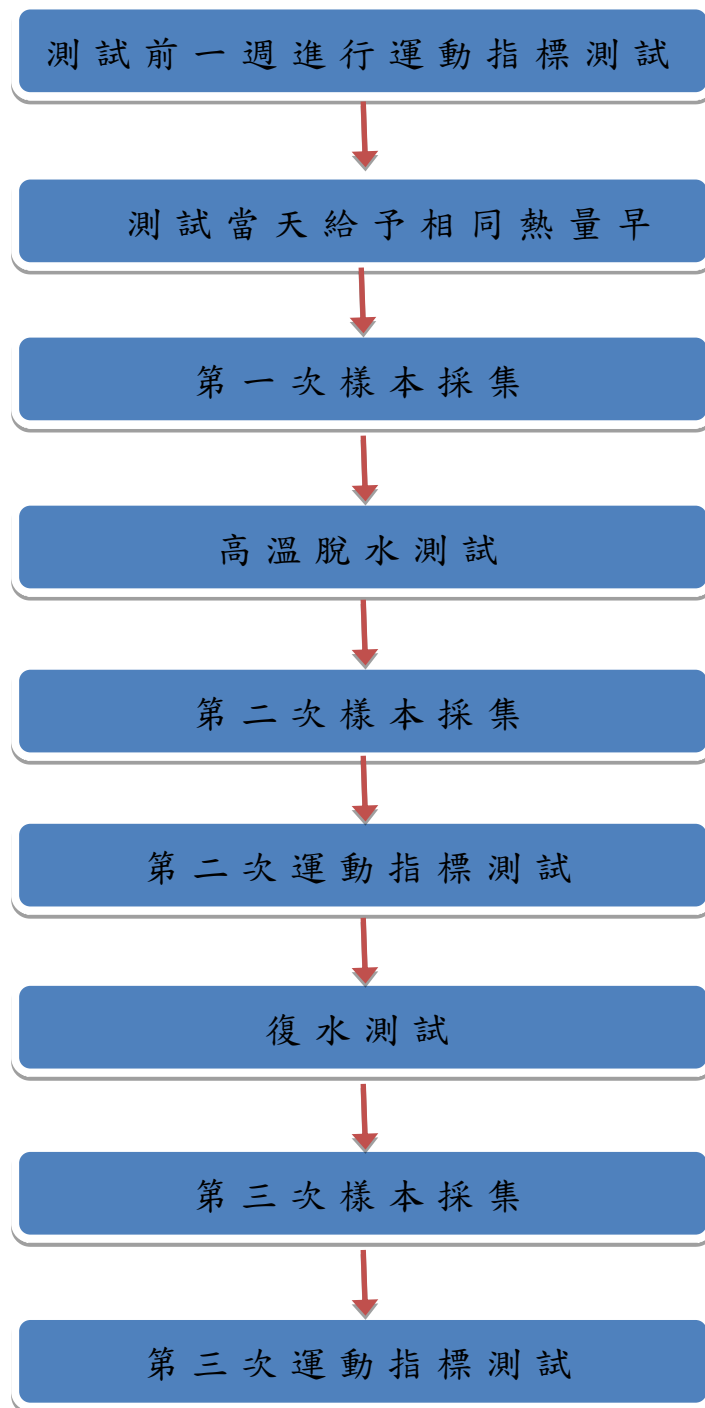


圖 3-13 實驗流程圖

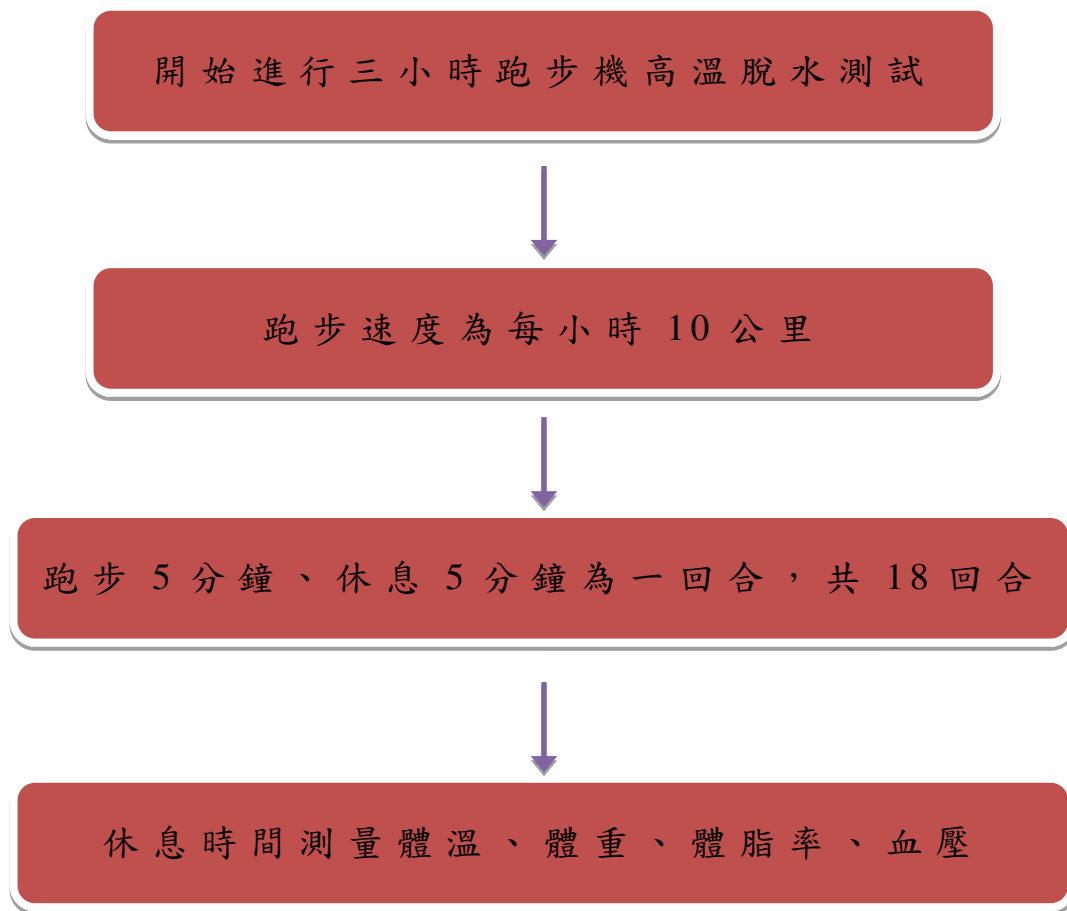


圖 3-14 高溫脫水方式之流程圖

開始兩小時攝取特殊飲料(SCG)復水階段



運動飲料依照脫水量來給予復水量  
給予方式：每公斤體重 1000cc 來計算



肌酸依照實驗參與者脫水後的總體重  
給予方式：每公斤體重 0.5 公克



甘油依照實驗參與者脫水後的總體重給予  
方式：每公斤體重 1 公克

圖 3-15 復水方式之流程圖

## 二、實驗步驟

### (一)、第一次運動指標

首先讓受試者在實驗前一週的早上測得一般狀態下的運動指標，做為脫水前的資料。

### (二)、早餐

實驗當天統一給予受試者一份 7-11 握便當，熱量大約 450 大卡，以達到飲食熱量一致性，並且安靜休息期間限制劇烈運動，一小時後進行生理檢測。

### (三)、第一次樣本採集

#### 1. 測量受試者身高、體重、體脂率

以身高計測量身高，體脂計測體重及體脂肪率，請受試者先上廁所清除尿液及糞便，接著脫掉襪子以站姿方式進行測試，所測得的身高、體重、體脂率以公分、公斤、百分率為單位，計算到小數點第一位，以下四捨五入。

#### 2. 尿液採集

抽取約 8cc 的尿液後放置 4°C 的冷藏冰箱，於實驗結束後利用保麗龍盒裡面放置冰電送至檢驗所進行分析。分析項目為脫水前、脫水後、復水後的鈉、鉀、氯及滲透壓來評估是否有脫水現象。

#### 3. 血液採集

在肘關節靜脈抽取約 10cc 血液後，馬上使用離心機分離血球與血清，之後再抽取 4cc 的血清放置於 -20°C 的冷凍冰箱，隔天在保麗龍盒裡面放置冰電送至檢驗所進行分析。分析項目為脫水前、脫水後、復水後的

滲透壓、鈉、鉀、氯、CK、CK-MB、LDH 評估是否有脫水現象及乳酸的產生。

#### 4. 體溫

使用基礎體溫計來監測人體溫度，以評估身體溫度是否有達到比賽時高溫狀態。

#### 5. 心跳率

全程攜帶 Polar 表監測心跳的變化，並觀察受試者在高溫脫水時的運動強度，以及復水狀態下的心跳率是否有達到脫水前的狀態。

#### 6. 血壓計

測量脫水前的安靜血壓值，共兩次並取平均值。

#### 7. QuodScan

測得脫水前的身體阻抗值、體脂肪、細胞內、外液之水分。

#### 8. E-PRIME 專注力測試

測得受試者脫水前專注力表現做為資料。

### (四)、高溫脫水實驗

1. 利用蚊帳外部再加一層塑膠袋以及兩台加熱器，讓受試者在蚊帳內脫水，模擬出比賽時的高溫環境。
2. 蚊帳內使用兩台跑步機，跑步速度設定為每小時 10 公里。脫水方式是跑步機上跑步 5 分鐘、休息 5 分鐘為一回合，共 18 回合，時間 3 小時。
3. 休息時間受試者必須測量體溫、體重、體脂率及血壓，觀察脫水時的變化率。

(五)、第二次樣本採集

脫水後馬上進行生理檢測，項目與第一次檢測相同，以便與脫水前進行對照，了解受試者身體差異程度。

(六)、第二次運動指標

讓受試者做完生理檢測後馬上進行運動指標，以便與脫水前進行對照，了解受試者運動表現之差異。

(七)、復水實驗

1. 依照脫水量來給予舒跑運動飲料每公斤體重 1000cc；再加入肌酸依照實驗參與者脫水後的總體重給予每公斤體重 0.5 公克；再加入甘油依照實驗參與者脫水後的總體重給予每公斤體重 1 公克，以上為復水配方。
2. 在 2 小時後復水時間裡，特殊飲料的總量平分為四等分，每 30 分鐘分別給予受試者飲用，在第三次飲用前再做一次尿液採集，當作復水中的指標。

(八)、第三次樣本採集

復水後馬上進行生理檢測，項目與第一次檢測相同，以便與脫水前、脫水後進行對照，了解受試者身體差異程度。

(九)、第三次運動指標

讓受試者做完生理檢測後馬上進行運動指標，以便與脫水前、脫水後進行對照，了解受試者運動表現之差異。

## 第七節 資料處理與統計分析

本研究所有資料均採用 SPSS 12.0 for Windows 統計套裝軟體進行統計處理與分析，顯著水準訂為  $\alpha = .05$ ，採用之統計方式如下：

- 一、以描述性統計來表示受試者脫水前、脫水後與復水後之各項基本生理資料，如身高、體重、體脂肪率、血液、尿液資料分析等。
- 二、以相依樣本 t 檢定 (dependent t-test) 統計方式，分析考驗說明：
  - (一)、脫水前與脫水後對足球運動員的體重、體脂率、血液、尿液、專注力、QuadScan 及運動能力 (最大肌力、肌耐力、爆發力、敏捷性、速度) 之變化情形與相關性。
  - (二)、復水後與脫水後對足球運動員的體重、體脂率、血液、尿液、專注力、QuadScan 及運動能力 (最大肌力、肌耐力、爆發力、敏捷性、速度) 之變化情形與相關性。
  - (三)、復水後與脫水前對足球運動員的體重、體脂率、血液、尿液、專注力、QuadScan 及運動能力 (最大肌力、肌耐力、爆發力、敏捷性、速度) 之變化情形與相關性。

## 第肆章 結果

本章節主要是呈現實驗參與者所得的數據結果，再使用相依樣本 T 檢定來進行統計分析，內容敘述共分為四節之後在依照各個項目分別來進行結果分析，每小節分為：第一節為脫水前、脫水後、復水後對生理變化之影響、第二節為脫水前、脫水後、復水後對運動能力之影響、第三節為脫水前、脫水後、復水後對專注力反應之影響、第四節為脫水前、脫水後、復水後對肌肉傷害之影響。

### 第一節 脫水前、脫水後、復水後對生理變化之影響

#### 一、受試者基本資料之分析

本研究以國立臺灣體育運動大學足球運動代表隊男子足球運動員 24 位，年齡  $19.75 \pm 1.26$  歲、身高  $174.33 \pm 4.87$  公分、最大攝氧量  $62.38 \pm 4.07 \text{ ml/min/kg}$ 、高溫脫水環境溫度  $31.44 \pm 0.95^\circ\text{C}$ 、相對濕度  $54.17 \pm 7.39\%$ 、訓練年資  $10.08 \pm 1.10$  年，所有實驗參與者基本資料以平均數與標準差呈現如表 4-1 所示：

表 4-1 實驗參與者基本資料

項目(單位)	平均數	標準差
年齡(歲)	19.75	1.26
身高(cm)	174.33	4.87
最大攝氧量 (ml/min/kg)	62.38	4.07
高溫環境溫度(°C)	31.44	0.95
高溫的相對溼度(%)	54.17	7.39
減去的體重(Kg)	2.01	0.42
高溫脫水的體溫(°C)	37.76	0.51
訓練年資(年)	10.08	1.10
訓練天數(每週)	5.50	0.51
訓練時間(每日/h)	3.42	0.65

## 二、脫水前、脫水後、復水後對尿液比重變化之影響

脫水後與脫水前的尿液比重經成對樣本 T 檢定後，t 值為 3.09， $P=.005$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後尿液比重增加了  $0.40\% \pm 0.63\%$ ；復水後與脫水後的比較 t 值為 -2.25， $P=.034$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液比重減少了  $-0.27\% \pm 0.59\%$ ；復水後與脫水前的比較 t 值為 0.87， $P=.396$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液比重增加  $0.12\% \pm 0.69\%$ 。結果如表 4-2 所示：

表 4-2 尿液比重在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	1.029	0.007		
脫水後－脫水前	0.40%	0.63%	3.09	.005*
尿液 脫水後	1.033	0.006		
比重 復水後－脫水後	-0.27%	0.59%	-2.25	.034*
復水後	1.030	0.005		
復水後－脫水前	0.12%	0.69%	0.87	.396

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

### 三、脫水前、脫水後、復水後對體重變化之影響

脫水後與脫水前的體重經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -23.07，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現脫水後體重減少了 -2.92% ± 0.59% (kg)；復水後與脫水後的比較 t 值為 10.82，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後體重增加了 1.82% ± 0.79% (kg)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -11.04，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後體重減少了 -1.16% ± 0.48% (kg)。結果如表 4-3 所示；此外 3 小時的高溫脫水體重變化率如圖 4-1：

表 4-3 體重 在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	70.13	6.33		
脫水後 - 脫水前	-2.92%	0.59%	-23.07	.000*
體重				
脫水後	68.09	6.20		
(kg) 復水後 - 脫水後	1.82%	0.79%	10.82	.000*
復水後	69.33	6.31		
復水後 - 脫水前	-1.16%	0.48%	-11.04	.000*

\*P < .05

註：脫水後 - 脫水前；復水後 - 脫水後；復水後 - 脫水前皆為百分比變化率。

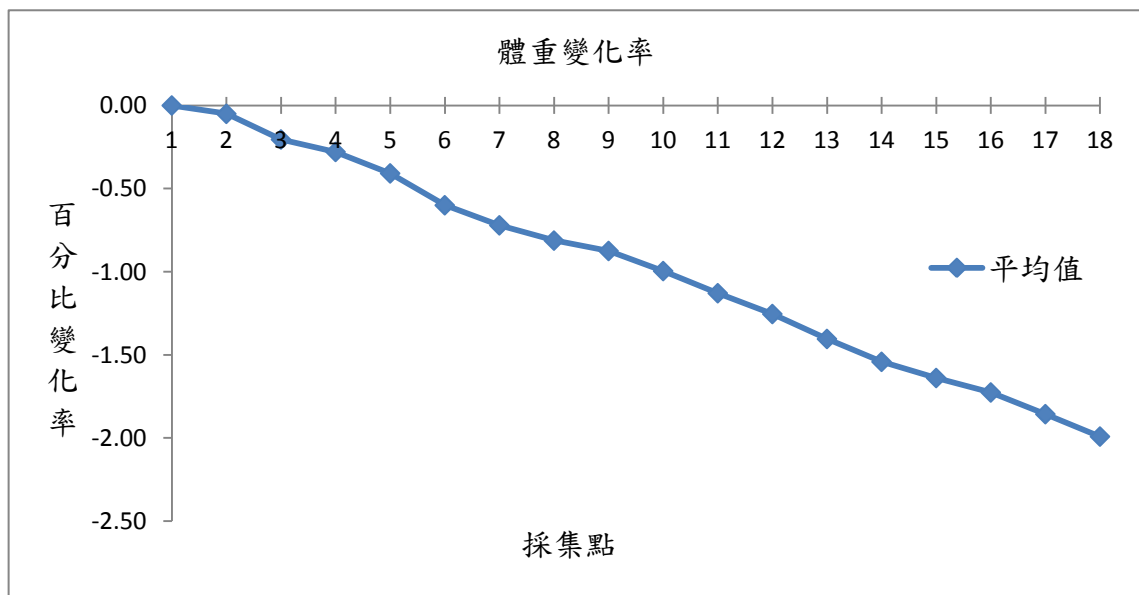


圖 4-1 體重變化率

#### 四、脫水前、脫水後、復水後對體脂率變化之影響

脫水後與脫水前的體脂率經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -8.35，P=.000，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後體脂率減少了  $-12.82\% \pm 7.94\%$  (%)；復水後與脫水後的比較 t 值為 8.18，P=.000，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後體脂率增加了  $18.93\% \pm 14.22\%$  (%)；復水後與脫水前的比較 t 值為 1.36，P=.185，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現復水後體脂率增加了  $2.98\% \pm 9.28\%$  (%)。結果如表 4-4 所示；此外 3 小時的高溫脫水體脂率變化率如圖 4-2：

表 4-4 體脂率在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	22.68	3.09		
體脂率 (%)				
脫水後－脫水前	-12.82%	7.94%	-8.35	.000*
脫水後	19.85	3.55		
復水後－脫水後	18.93%	14.22%	8.18	.000*
復水後	23.25	3.16		
復水後－脫水前	2.98%	9.28%	1.36	.185

\* $P < .05$

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

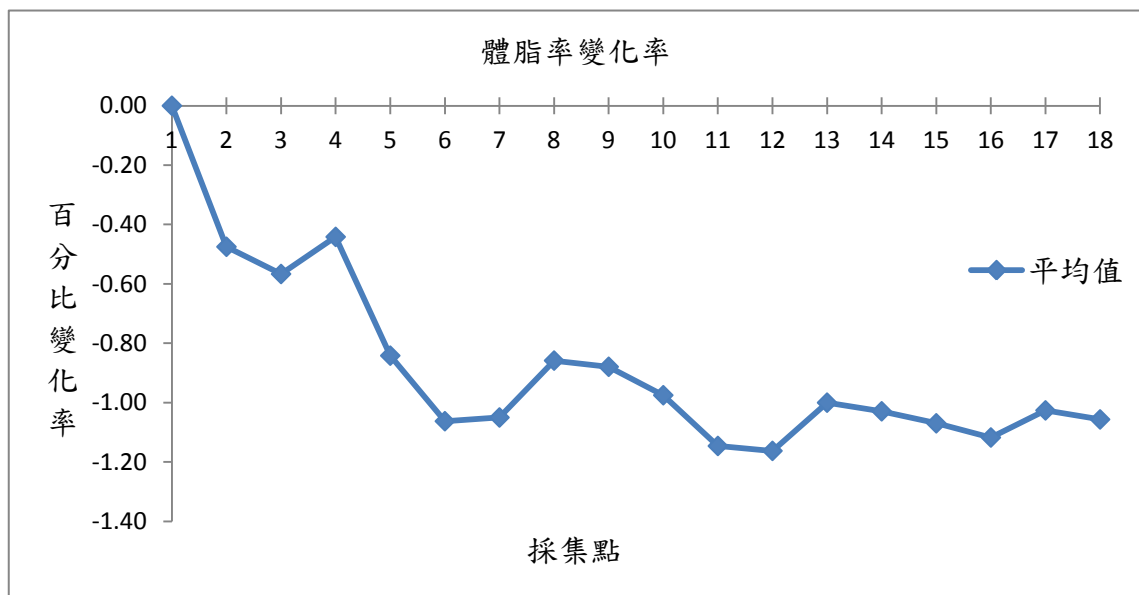


圖 4-2 體脂率變化率

### 五、脫水前、脫水後、復水後對體溫變化之影響

脫水後與脫水前的體溫經成對樣本 T 檢定後，t 值為 17.53， $P=0.000$ ，達顯著性  $P < .05$ ，並且發現脫水後體溫增加了  $1.99 \pm 0.56 (^{\circ}\text{C})$ ；復水後與脫水後的比較 t 值為 -19.96， $P=0.000$ ，達顯著性  $P < .05$ ，並且發現復水後體溫減少了  $-1.98 \pm 0.49 (^{\circ}\text{C})$ ；復水後與脫水前的比較 t 值為 0.14， $P=0.894$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後體溫略增了  $0.02 \pm 0.57 (^{\circ}\text{C})$ 。結果如表 4-5 所示；此外 3 小時的高溫脫水體溫變化率如圖 4-3：

表 4-5 體溫在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	36.30	0.46		
脫水後－脫水前	1.99	0.56	17.53	.000*
脫水後	38.29	0.67		
復水後－脫水後	-1.98	0.49	-19.9	.000*
復水後	36.31	0.66	6	
復水後－脫水前	0.02	0.57	0.14	.894

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

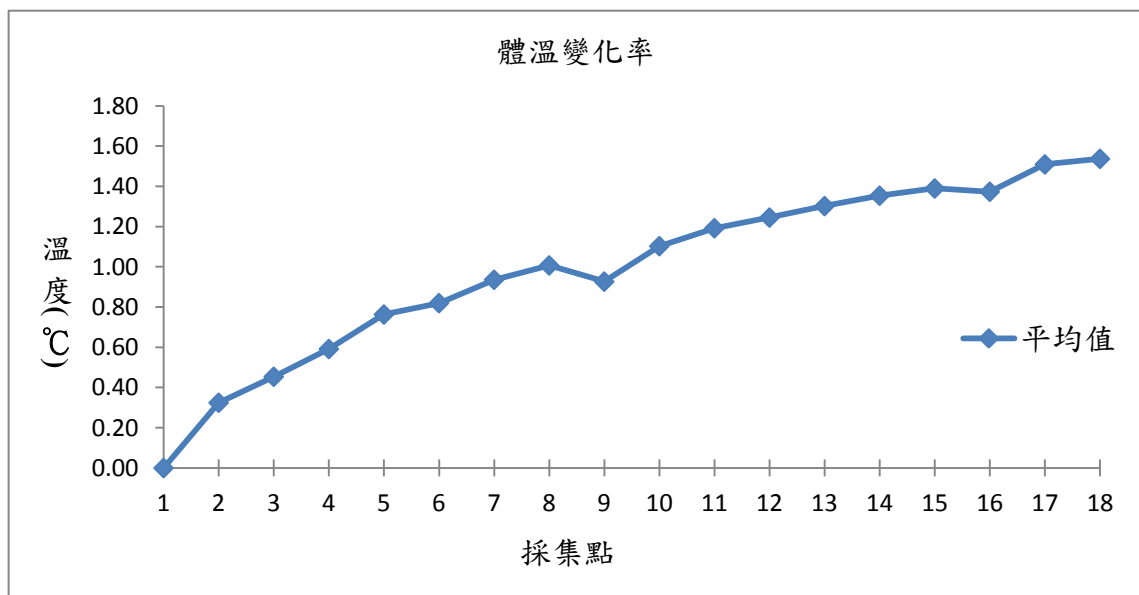


圖 4-3 體溫變化率

## 六、脫水前、脫水後、復水後對血壓變化之影響

### (一) 收縮壓

脫水後與脫水前的收縮壓經成對樣本 T 檢定後，t 值為 6.16， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ ，並且發現脫水後收縮壓增加了  $12.10 \pm 9.63(\text{mmHg})$ ；復水後與脫水後的比較 t 值為 -4.54， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ ，並且發現復水後收縮壓減少了  $-11.94 \pm 12.89(\text{mmHg})$ ；復水後與脫水前的比較 t 值為 0.09， $P=.928$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後收縮壓略增  $0.17 \pm 8.97(\text{mmHg})$ 。結果如表 4-6 所示；此外 3 小時的高溫脫水收縮壓變化率如圖 4-4：

### (二) 舒張壓

脫水後與脫水前的舒張壓經成對樣本 T 檢定後，t 值為 5.20， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ ，並且發現脫水後舒張壓增加了  $7.92 \pm 7.46(\text{mmHg})$ ；復水後與脫水後的比較 t 值為 -4.05， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ ，並且發現復水後舒張壓減少了  $-6.38 \pm 7.71(\text{mmHg})$ ；復水後與脫水前的比較 t 值為 1.43， $P=.166$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後舒張壓略增  $1.54 \pm 5.28(\text{mmHg})$ 。結果如表 4-6 所示；此外 3 小時的高溫脫水舒張壓變化率如圖 4-5：

表 4-6 血壓在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)		平均數	標準差	t	P 值
收縮 壓 (mm Hg)	脫水前	118.52	11.90		
	脫水後－脫水前	12.10	9.63	6.16	.000*
	脫水後	130.63	12.59		
	復水後－脫水後	-11.94	12.89	-4.54	.000*
	復水後	118.69	12.06		
	復水後－脫水前	0.17	8.97	0.09	.928
舒張 壓 (mm Hg)	脫水前	59.42	6.43		
	脫水後－脫水前	7.92	7.46	5.20	.000*
	脫水後	7.33	8.18		
	復水後－脫水後	-6.38	7.71	-4.05	.000*
	復水後	60.96	7.14		
	復水後－脫水前	1.54	5.28	1.43	.166

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

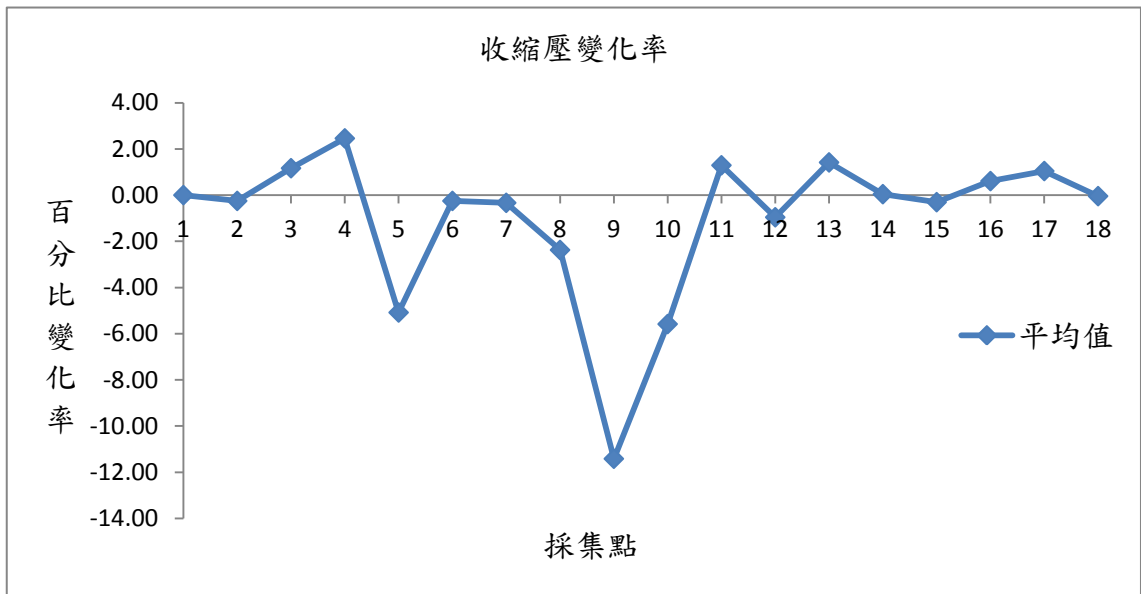


圖 4-4 收縮壓變化率

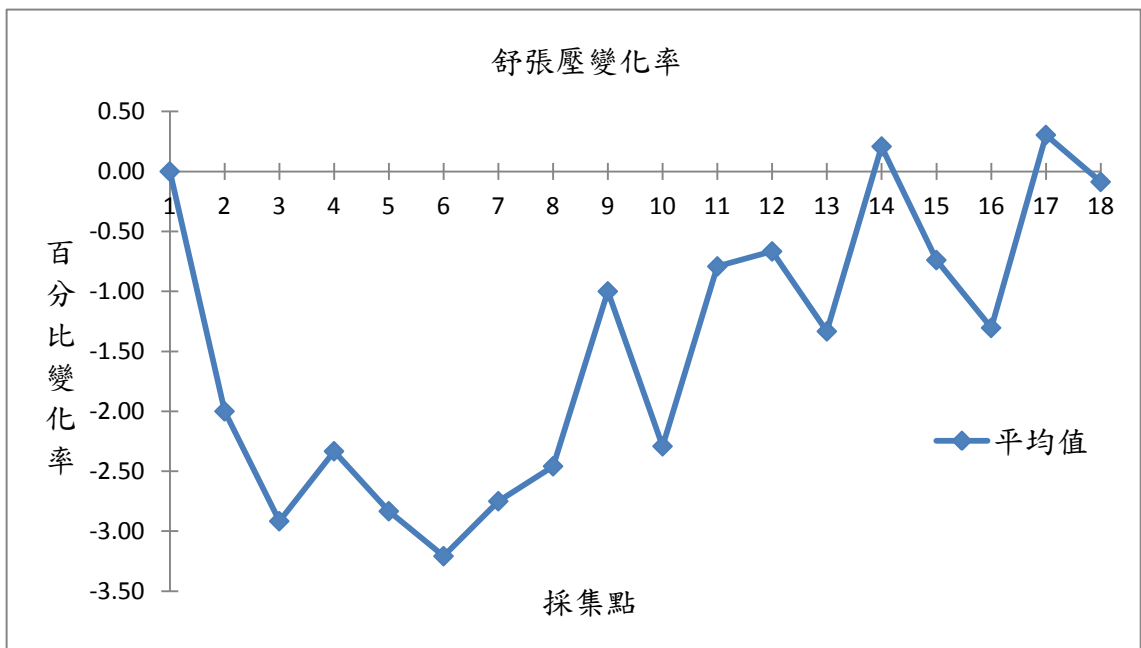


圖 4-5 舒張壓變化率

## 七、脫水前、脫水後、復水後對尿液滲透壓變化之影響

脫水後與脫水前的尿液滲透壓經成對樣本 T 檢定後，t 值為 1.70， $P=.102$ ，未達顯著性  $P>.05$ 。百分比變化率換算發現脫水後尿液滲透壓增加了  $8.79\% \pm 22.51\% (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ；復水後與脫水後的比較 t 值為 -7.10， $P=.000$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液滲透壓減少了  $-17.91\% \pm 13.55\% (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ；復水後與脫水前的比較 t 值為 -3.94， $P=.001$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液滲透壓減少了  $-10.26\% \pm 30.46\% (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ；復水中與脫水後的比較 t 值為 0.86， $P=.398$ ，未達顯著性  $P>.05$ 。百分比變化率換算發現復水中尿液滲透壓增加了  $3.98\% \pm 15.65\% (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ；復水後與復水中的比較 t 值為 -14.84， $P=.000^*$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液滲透壓減少了  $-21.02\% \pm 5.62\% (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ 。結果如表 4-7 所示：

表 4-7 尿液滲透壓在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	869.79	178.51		
尿液滲透壓 (mOsm · kg <sup>-1</sup> )				
脫水後－脫水前	8.79%	22.51%	1.70	.102
脫水後	918.38	156.49		
復水後－脫水後	-17.91%	13.55%	-7.10	.000*
復水後	737.96	80.73		
復水後－脫水前	-10.26%	30.46%	-3.94	.001*
復水中	937.63	110.48		
復水中－脫水後	3.98%	15.65%	0.86	.398
復水後－復水中	-21.02%	5.62%	-14.84	.000*

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前；復水中－脫水後；復水後－復水中皆為百分比變化率。

#### 八、脫水前、脫水後、復水後對尿液鈉離子變化之影響

脫水後與脫水前的尿液鈉離子經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -4.21，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現脫水後尿液鈉離子減少了 -30.23% ± 34.30% (mmol/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 0.44，P=.667，未達顯著性 P > .05。百分比變化率換算發現復水後尿液鈉離子增加了 70.36% ± 170.02% (mmol/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -3.16，P=.004，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後尿液鈉離子減少了 -16.52% ± 41.41% (mmol/L)；復水中與脫水後的比較 t 值為 2.35，P=.028，達顯著性 P < .05。百分

比變化率換算發現復水中尿液鈉離子增加了  $87.65\% \pm 184.33\%$  (mmol/L)；復水後與復水中的比較  $t$  值為  $-3.00$ ， $P=.006$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液鈉離子減少了  $-11.63\% \pm 19.91\%$  (mmol/L) 結果如表 4-8 所示：

表 4-8 尿液鈉離子在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	137.29	62.29		
脫水後－脫水前	-30.23%	34.30%	-4.21	.000*
尿液 脫水後	95.29	63.88		
鈉離 復水後－脫水後	70.36%	170.02%	0.44	.667
子 復水後	100.38	47.15		
(mm 復水後－脫水前	-16.52%	41.41%	-3.16	.004*
ol/L) 復水中	114.92	45.23		
復水中－脫水後	87.65%	184.33%	2.35	.028*
復水後－復水中	-11.63%	19.91%	-3.00	.006*

\* $P < .05$

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前；復水中－脫水後；復水後－復水中皆為百分比變化率。

### 九、脫水前、脫水後、復水後對尿液鉀離子變化之影響

脫水後與脫水前的尿液鉀離子經成對樣本 T 檢定後，t 值為 8.02， $P=.000$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現脫水後尿液鉀離子增加了  $171.84\% \pm 128.92\%$  (mmol/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -9.74， $P=.000$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液鉀離子減少了  $-79.45\% \pm 16.69%$  (mmol/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -4.33， $P=.000$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液鉀離子減少了  $-47.25\% \pm 40.47%$  (mmol/L)；復水中與脫水後的比較 t 值為 -3.12， $P=.005$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水中尿液鉀離子減少了  $-14.39\% \pm 42.84%$  (mmol/L)；復水後與復水中的比較 t 值為 -8.97， $P=.000$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液鉀離子減少了  $-74.73\% \pm 18.56%$  (mmol/L) 結果如表 4-9 所示：

表 4-9 尿液鉀離子在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	45.87	29.03		
脫水後－脫水前	171.84%	128.92%	8.02	.000*
尿液 脫水後	107.24	42.21		
鉀離 復水後－脫水後	-79.45%	16.69%	-9.74	.000*
子 復水後	16.94	7.93		
(mm 復水後－脫水前	-47.25%	40.47%	-4.33	.000*
ol/L) 復水中	81.01	32.48		
復水中－脫水後	-14.39%	42.84%	-3.12	.005*
復水後－復水中	-74.73%	18.56%	-8.97	.000*

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前；復水中－脫水後；復水後－復水中皆為百分比變化率。

#### 十、脫水前、脫水後、復水後對尿液氯離子變化之影響

脫水後與脫水前的尿液氯離子經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -0.03， $P=.973$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後尿液氯離子增加了  $13.37\% \pm 63.07\%$  (mmol/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -3.05， $P=.006$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液氯離子增加了  $7.44\% \pm 110.59\%$  (mmol/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -3.12， $P=.005$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液氯離子減少了  $-12.43\% \pm 49.64\%$  (mmol/L)；復水中與脫水後的比較 t 值為 -0.81， $P=.428$ ，未達顯著  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現復水中尿液氯離子增加了  $30.98\% \pm 124.72\%$  (mmol/L)；復水後與復水中的比較 t 值為 -4.65， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後尿液氯離子減少了  $-17.69\% \pm 26.39\%$  (mmol/L) 結果如表 4-10 所示：

表 4-10 尿液氯離子在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	136.13	69.83		
脫水後－脫水前	13.37%	63.07%	-0.03	.973
尿液 脫水後	135.67	71.12		
氯離 復水後－脫水後	7.44%	110.59%	-3.05	.006*
子 復水後	97.25	41.31		
(mm 復水後－脫水前	-12.43%	49.64%	-3.12	.005*
ol/L) 復水中	127.79	55.84		
復水中－脫水後	30.98%	124.72%	-0.81	.428
復水後－復水中	-17.69%	26.39%	-4.65	.000*

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前；復水中－脫水後；復水後－復水中皆為百分比變化率。

#### 十一、脫水前、脫水後、復水後對血清滲透壓變化之影響

脫水後與脫水前的血清滲透壓經成對樣本 T 檢定後，t 值為 2.81，P=.010，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現脫水後血清滲透壓略增 4.24% ± 8.10% (mOsm · kg<sup>-1</sup>)；復水後與脫水後的比較 t 值為 0.80，P=.435，未達顯著性 P > .05。百分比變化率換算發現復水後血清滲透壓略增 1.84% ± 10.42% (mOsm · kg<sup>-1</sup>)；復水後與脫水前的比較 t 值為 2.92，P=.008，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後血清滲透壓略增 5.78% ± 9.47% (mOsm · kg<sup>-1</sup>)。結果如表 4-11 所示：

表 4-11 血清滲透壓在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)		平均數	標準差	t	P 值
血清	脫水前	285.17	14.80		
滲透	脫水後－脫水前	4.24%	8.10%	2.81	.010*
壓	脫水後	296.25	11.02		
(mOs	復水後－脫水後	1.84%	10.42%	0.80	.435
m·kg	復水後	301.29	28.55		
<sup>-1</sup> )	復水後－脫水前	5.78%	9.47%	2.92	.008*

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

## 十二、脫水前、脫水後、復水後對血清鈉離子變化之影響

脫水後與脫水前的血清鈉離子經成對樣本 T 檢定後，t 值為 8.18，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現脫水後血清鈉離子略增 2.28%±1.37%(mmol/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -9.72，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後血清鈉離子減少 -2.67%±1.33%(mmol/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -1.93，P=.066，未達顯著性 P > .05。百分比變化率換算發現復水後血清鈉離子減少 -0.47%±1.19%(mmol/L)。結果如表 4-12 所示：

表 4-12 血清鈉離子在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)		平均數	標準差	t	P 值
血清 鈉離 子 (mmol/L)	脫水前	140.24	1.46		
	脫水後－脫水前	2.28%	1.37%	8.18	.000*
	脫水後	143.43	2.10		
	復水後－脫水後	-2.67%	1.33%	-9.72	.000*
	復水後	139.58	1.87		
	復水後－脫水前	-0.47%	1.19%	-1.93	.066

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

### 十三、脫水前、脫水後、復水後對血清鉀離子變化之影響

脫水後與脫水前的血清鉀離子經成對樣本 T 檢定後，t 值為 7.13，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現脫水後血清鉀離子增加 11.62%±8.40%(mmol/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -6.14，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後血清鉀離子減少 -7.00%±5.44%(mmol/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 2.20，P=.038，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後血清鉀離子增加 3.62%±7.51%(mmol/L)。結果如表 4-13 所示：

表 4-13 血清鉀離子在脫水前、脫水後、復水後之變化

	名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
血清 鉀離 子 (mmol/L)	脫水前	3.97	0.28		
	脫水後－脫水前	11.62%	8.40%	7.13	.000*
	脫水後	4.41	0.18		
	復水後－脫水後	-7.00%	5.44%	-6.14	.000*
	復水後	4.10	0.20		
	復水後－脫水前	3.62%	7.51%	2.20	.038*

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

#### 十四、脫水前、脫水後、復水後對血清氯離子變化之影響

脫水後與脫水前的血清氯離子經成對樣本 T 檢定後，t 值為 6.04，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現脫水後血清氯離子增加 2.28% ± 1.86% (mmol/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -6.75，P=.000，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後血清氯離子減少 -2.35% ± 1.72% (mmol/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -0.45，P=.658，未達顯著性 P > .05。百分比變化率換算發現復水後血清氯離子減少 -0.14% ± 1.59% (mmol/L)。結果如表 4-14 所示：

表 4-14 血清氯離子在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)		平均數	標準差	t	P 值
血清 氯離 子 (mmol/L)	脫水前	101.58	1.36		
	脫水後－脫水前	2.28%	1.86%	6.04	.000*
	脫水後	103.90	2.25		
	復水後－脫水後	-2.35%	1.72%	-6.75	.000*
	復水後	101.43	1.87		
	復水後－脫水前	-0.14%	1.59%	-0.45	.658

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

## 第二節 脫水前、脫水後、復水後對運動能力之影響

### 一、脫水前、脫水後、復水後對 1RM 背蹲舉變化之影響

脫水後與脫水前的 1RM 背蹲舉經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -3.61，P=.002，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現脫水後 1RM 背蹲舉減少 7.97%±9.19% (kg)；復水後與脫水後的比較 t 值為 3.88，P=.001，達顯著性 P < .05。百分比變化率換算發現復水後 1RM 背蹲舉增加 7.73%±9.89%(kg)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -0.78，P=.448，未達顯著性 P > .05。百分比變化率換算發現復水後 1RM 背蹲舉減少 1.41%±10.18% (kg)。結果如表 4-15 所示：

表 4-15 1RM 背蹲舉在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)		平均數	標準差	t	P 值
1RM 背 蹲 舉 (kg)	脫水前	110.66	14.55		
	脫水後－脫水前	-7.97%	9.19%	-3.61	.002*
	脫水後	103.13	12.67		
	復水後－脫水後	7.73%	9.89%	3.88	.001*
	復水後	110.76	14.52		
	復水後－脫水前	-1.41%	10.18%	-0.78	.448

\* $P < .05$

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

## 二、脫水前、脫水後、復水後對垂直跳變化之影響

脫水後與脫水前的垂直跳經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -1.11， $P = .284$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後垂直跳減少  $-0.53\% \pm 2.13\%$  (cm)；復水後與脫水後的比較 t 值為 1.31， $P = .203$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現復水後垂直跳增加  $0.39\% \pm 1.45\%$  (cm)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -0.22， $P = .831$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現復水後垂直跳減少  $-0.07\% \pm 1.53\%$  (cm)。結果如表 4-16 所示：

表 4-16 垂直跳在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	279.13	11.49		
垂 脫水後－脫水前	-0.53%	2.13%	-1.11	.284
直 脫水後	278.69	13.16		
跳 復水後－脫水後	0.39%	1.45%	1.31	.203
(cm) 復水後	279.73	13.01		
復水後－脫水前	-0.07%	1.53%	-0.22	.831

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

### 三、脫水前、脫水後、復水後對一分鐘仰臥起坐變化之影響

脫水後與脫水前的一分鐘仰臥起坐經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -4.59， $P=.000$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現脫水後一分鐘仰臥起坐減少  $-10.87\% \pm 10.11\%$ (次)；復水後與脫水後的比較 t 值為 1.77， $P=.090$ ，未達顯著性  $P>.05$ 。百分比變化率換算發現復水後一分鐘仰臥起坐增加  $3.86\% \pm 10.76\%$ (次)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -3.18， $P=.005$ ，達顯著性  $P<.05$ 。百分比變化率換算發現復水後一分鐘仰臥起坐減少  $-8.40\% \pm 11.29\%$ (次)。結果如表 4-17 所示：

表 4-17 一分鐘仰臥起坐脫水前、脫水後、復水後之變化

	名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
一分鐘仰臥起坐(次)	脫水前	54.24	4.00		
	脫水後－脫水前	-10.87%	10.11%	-4.59	.000*
	脫水後	49.04	6.77		
	復水後－脫水後	3.86%	10.76%	1.77	.090
	復水後	50.77	7.36		
	復水後－脫水前	-8.40%	11.29%	-3.18	.005*

\*P < .05

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

#### 四、脫水前、脫水後、復水後對 T 測驗變化之影響

脫水後與脫水前的 T 測驗經成對樣本 T 檢定後，t 值為 0.27，P=.788，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後 T 測驗時間增加  $0.83\% \pm 8.75\%(s)$ ；復水後與脫水後的比較 t 值為 -3.17，P=.004，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 T 測驗時間減少  $-5.60\% \pm 8.60\%(s)$ ；復水後與脫水前的比較 t 值為 -2.79，P=.012，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 T 測驗時間減少  $-5.52\% \pm 8.39\%(s)$ 。結果如表 4-18 所示：

表 4-18 T 測驗在脫水前、脫水後、復水後之變化

	名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
	脫水前	11.32	1.06		
T	脫水後－脫水前	0.83%	8.75%	0.27	.788
測	脫水後	11.08	1.23		
驗	復水後－脫水後	-5.60%	8.60%	-3.17	.004*
(s)	復水後	10.43	1.28		
	復水後－脫水前	-5.52%	8.39%	-2.79	.012*

\* $P < .05$

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

#### 五、脫水前、脫水後、復水後對 40 碼衝刺變化之影響

脫水後與脫水前的 40 碼衝刺經成對樣本 T 檢定後，t 值為 -0.73， $P = .474$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後 40 碼衝刺時間減少  $-1.50 \pm 10.64\%$ (s)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -3.41， $P = .002$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 40 碼衝刺時間減少  $5.41\% \pm 7.11\%$ (s)；復水後與脫水前的比較 t 值為 -3.37， $P = .003$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 40 碼衝刺時間減少  $-7.09\% \pm 9.23\%$ (s)。結果如表 4-19 所示：

表 4-19 40 碼衝刺在脫水前、脫水後、復水後之變化

	名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
40 碼 衝 刺 (s)	脫水前	5.87	0.51		
	脫水後－脫水前	-1.50%	10.64%	-0.73	.474
	脫水後	5.72	0.59		
	復水後－脫水後	-5.41%	7.11%	-3.41	.002*
	復水後	5.39	0.47		
	復水後－脫水前	-7.09%	9.23%	-3.37	.003*

\* $P < .05$

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

### 第三節 脫水前、脫水後、復水後對專注力之影響

#### 一、脫水前、脫水後、復水後對空間簡單反應變化之影響

脫水後與脫水前的空間簡單反應經成對樣本 T 檢定後，t 值為 1.81， $P=.084$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現脫水後空間簡單反應時間增加  $16.61 \pm 35.66$ (毫秒)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -0.03， $P=.976$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後空間簡單反應時間減少  $-5.23 \pm 40.75$ (毫秒)；復水後與脫水前的比較 t 值為 1.50， $P=.146$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後空間簡單反應時間增加  $11.38 \pm 40.35$ (毫秒)。結果如表 4-20 所示；平均反應時間如圖 4-6；平均錯誤率如圖 4-7：

表 4-20 空間簡單反應在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)		平均數	標準差	t	P 值
空間 簡單 反應 (毫 秒)	脫水前	243.09	37.04		
	脫水後－脫水前	16.61	35.66	1.81	.084
	脫水後	255.59	43.43		
	復水後－脫水後	-5.23	40.75	-0.03	.976
	復水後	255.36	47.50		
	復水後－脫水前	11.38	40.35	1.50	.146

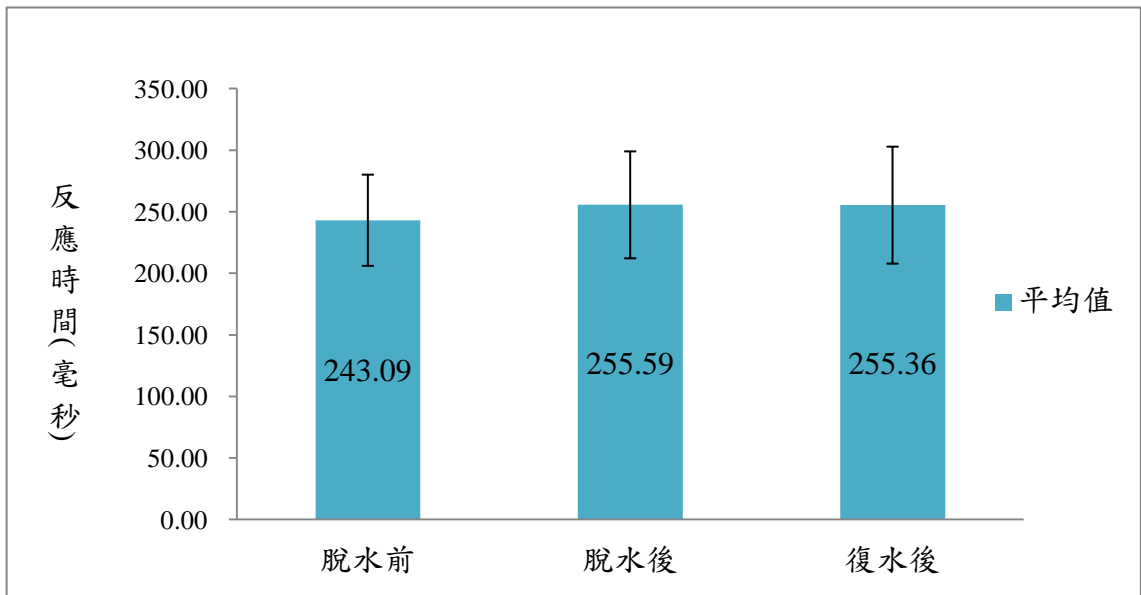


圖 4-6 空間簡單反應時間

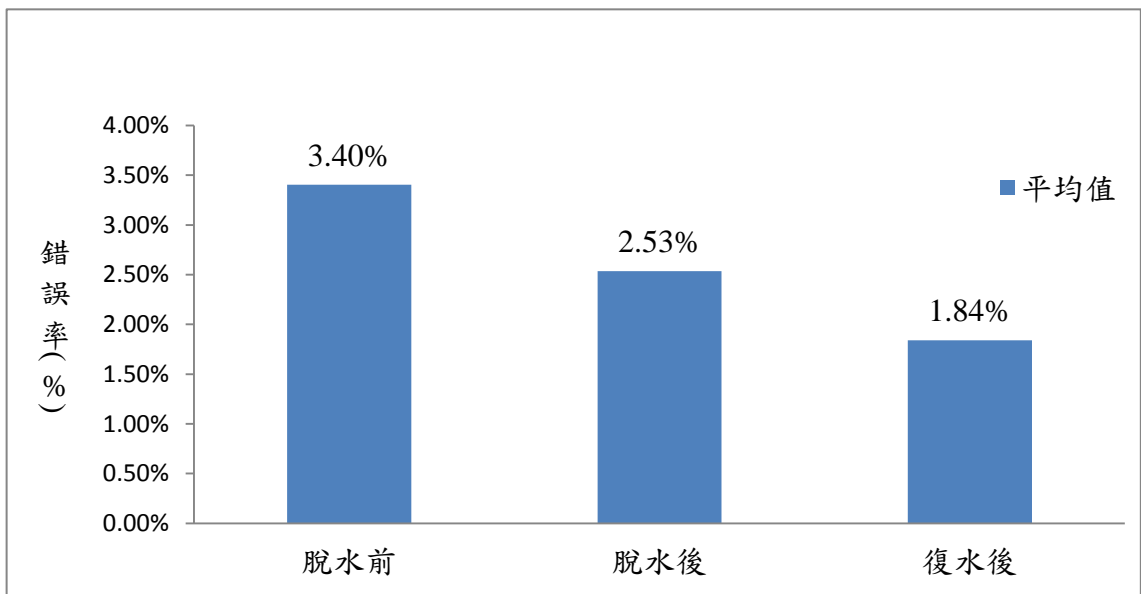


圖 4-7 空間簡單反應錯誤率

## 二、脫水前、脫水後、復水後對複雜反應變化之影響

脫水後與脫水前的複雜反應經成對樣本 T 檢定後，t 值為 1.64， $P=.114$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現脫水後複雜反應時間增加  $13.30 \pm 44.80$ (毫秒)；復水後與脫水後的比較 t 值為 1.61， $P=.120$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後複雜反應時間增加  $12.01 \pm 33.02$ (毫秒)；復水後與脫水前的比較 t 值為 1.91， $P=.069$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後複雜反應時間增加  $26.54 \pm 64.86$ (毫秒)。結果如表 4-21 所示；平均反應時間如圖 4-8；平均錯誤率如圖 4-9：

表 4-21 複雜反應在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值	
脫水前	358.08	51.73			
複雜反應(毫 秒)	脫水後 - 脫水前	13.30	44.80	1.64	.114
	脫水後	372.89	61.29		
	復水後 - 脫水後	12.01	33.02	1.61	.120
	復水後	383.50	68.98		
	復水後 - 脫水前	26.54	64.86	1.91	.069

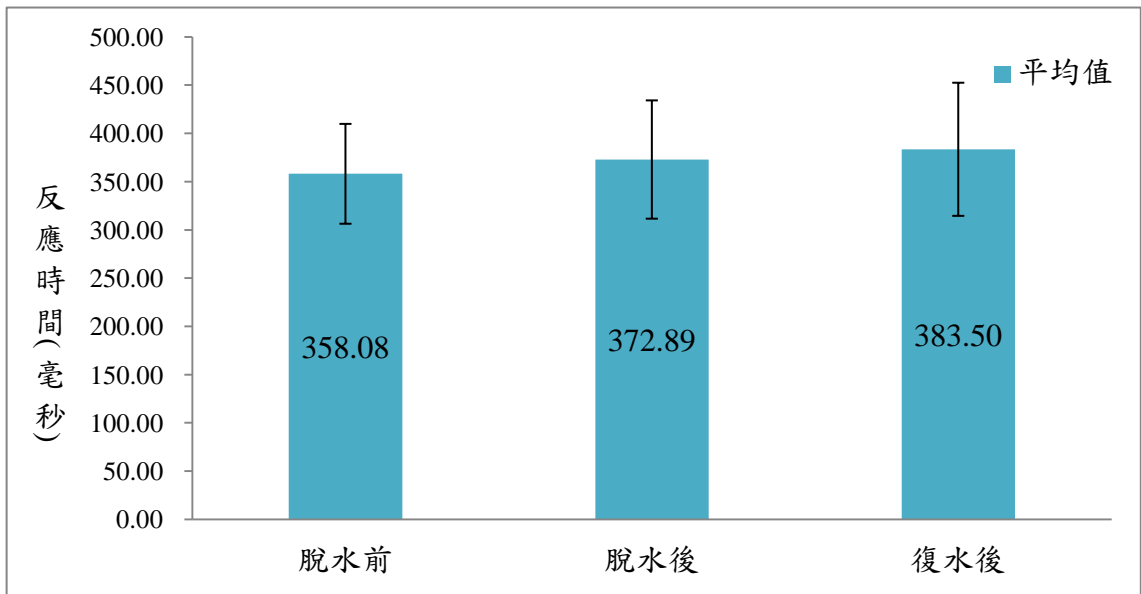


圖 4-8 複雜反應

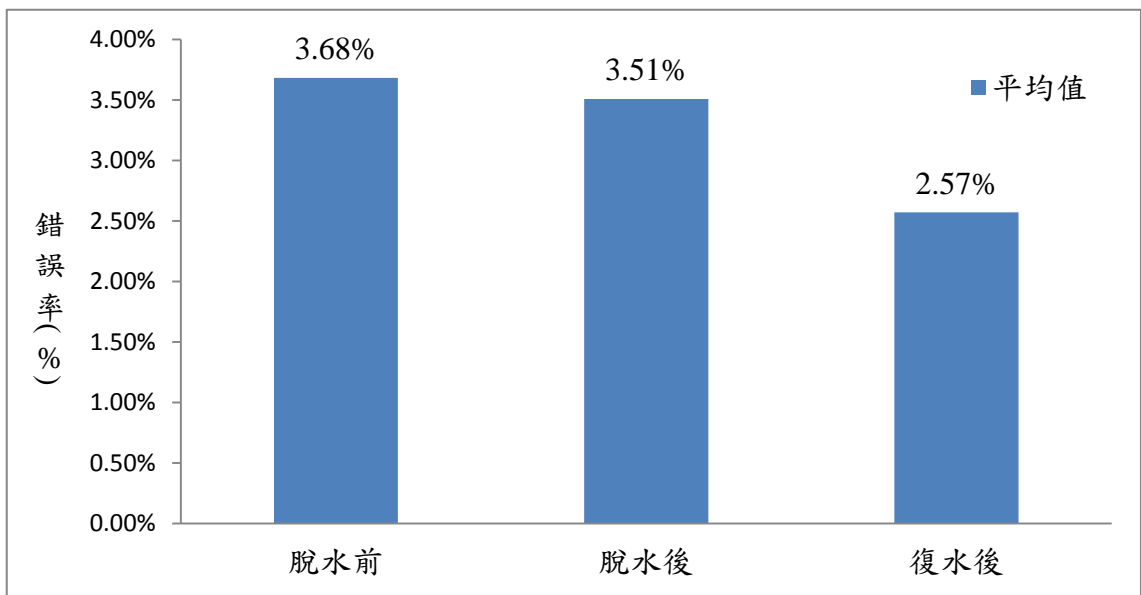


圖 4-9 複雜反應錯誤率

### 三、脫水前、脫水後、復水後對注意、干擾排除變化之影響

脫水後與脫水前的注意、干擾排除經成對樣本 T 檢定後， $t$  值為  $-0.96$ ， $P=.346$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現脫水後注意、干擾排除時間減少  $-4.22 \pm 31.19$ (毫秒)；復水後與脫水後的比較  $t$  值為  $1.51$ ， $P=.146$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後注意、干擾排除時間增加  $8.76 \pm 36.19$ (毫秒)；復水後與脫水前的比較  $t$  值為  $0.77$ ， $P=.448$ ，未達顯著性  $P > .05$ ，並且發現復水後注意、干擾排除時間增加  $4.54 \pm 34.62$ (毫秒)。結果如表 4-22 所示；平均反應時間如圖 4-10；平均錯誤率如圖 4-11：

表 4-22 注意干擾排除在脫水前、脫水後、復水後之變化

	名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
注意 干擾 排除 (毫 秒)	脫水前	356.37	44.95		
	脫水後－脫水前	-4.22	31.19	-0.96	.346
	脫水後	350.61	49.28		
	復水後－脫水後	8.76	36.19	1.51	.146
	復水後	361.74	51.57		
	復水後－脫水前	4.54	34.62	0.77	.448

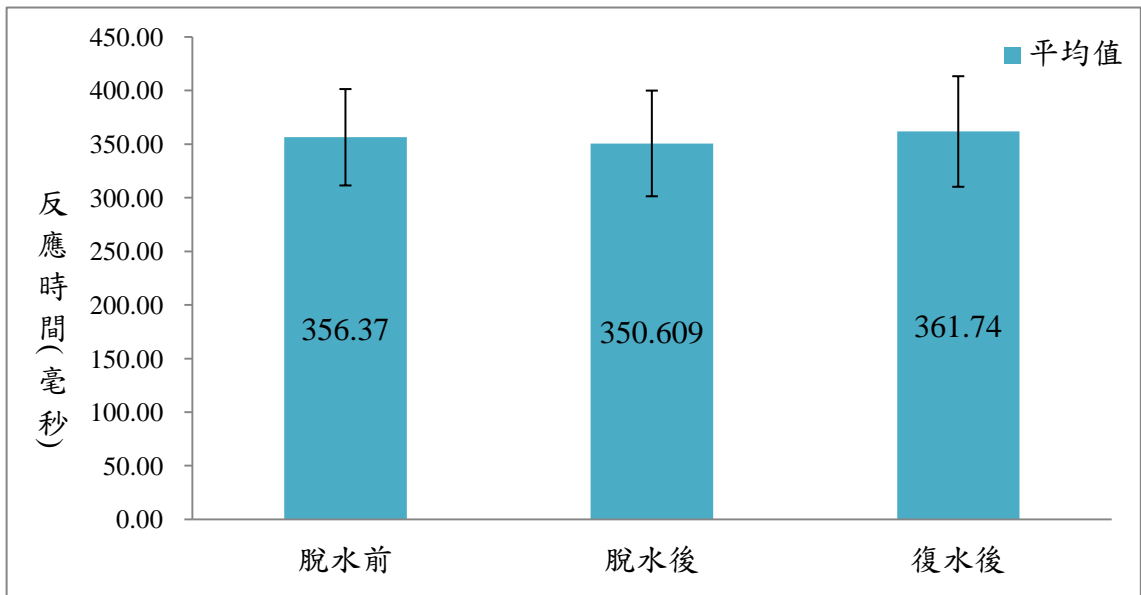


圖 4-10 注意、干擾排除反應時間

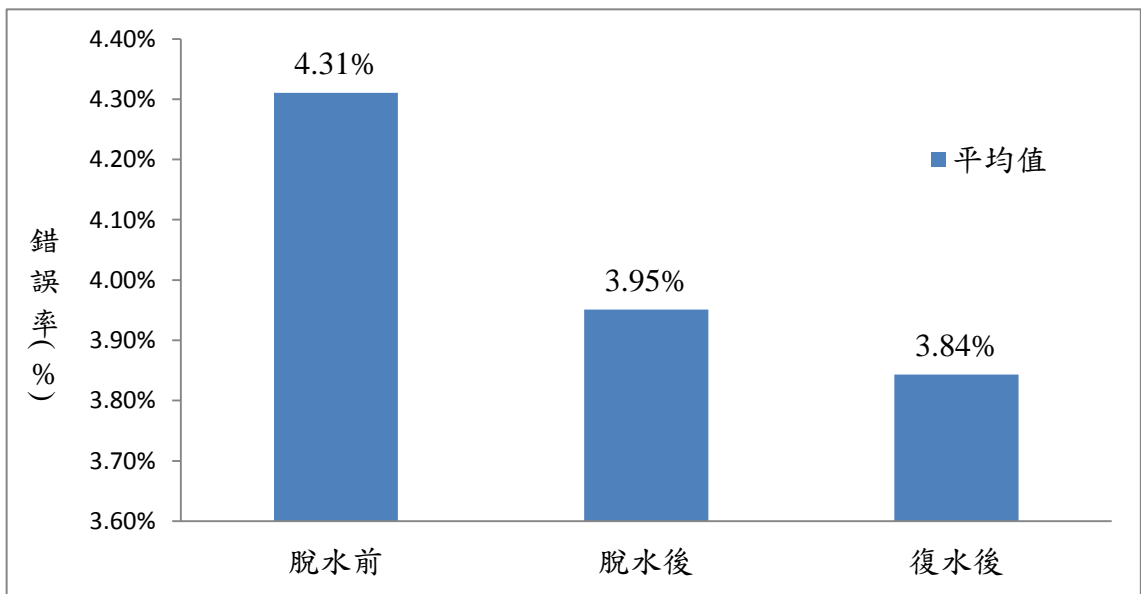


圖 4-11 注意、干擾排除錯誤率

#### 第四節 脫水前、脫水後、復水後對肌肉傷害之影響

##### 一、脫水前、脫水後、復水後對肌酸激酶變化之影響

脫水後與脫水前的肌酸激酶(CK)經成對樣本 T 檢定後，t 值為 6.66， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後 CK 值增加  $27.66\% \pm 8.23\%$ (U/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -3.50， $P=.002$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 CK 值減少  $-9.68\% \pm 9.65\%$ (U/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 4.57， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 CK 值增加  $15.18\% \pm 13.95\%$ (U/L)。結果如表 4-23 所示：

表 4-23 肌酸激酶在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	330.63	231.83		
CK 脫水後	419.17	291.52		
(U/L) 脫水後－脫水前	27.66%	8.23%	6.66	.000*
復水後－脫水後	-9.68%	9.65%	-3.50	.002*
復水後	369.04	239.99		
復水後－脫水前	15.18%	13.95%	4.57	.000*

\* $P < .05$

註：脫水後－脫水前；復水後－脫水後；復水後－脫水前皆為百分比變化率。

## 二、脫水前、脫水後、復水後對乳酸脫氫酵素變化之影響

脫水後與脫水前的乳酸脫氫酵素(LDH)經成對樣本 T 檢定後，t 值為 6.96， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後 LDH 值增加  $17.66\% \pm 12.10\%$ (U/L)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -4.23， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 LDH 值減少  $-9.82\% \pm 11.85\%$ (U/L)；復水後與脫水前的比較 t 值為 2.04， $P=.053$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 LDH 值增加  $5.47\% \pm 13.00\%$ (U/L)。結果如表 4-24 所示：

表 4-24 乳酸脫氫酵素在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	190.75	33.52		
LDH 脫水後 - 脫水前	17.66%	12.10%	6.96	.000*
脫水後	223.50	41.20		
(U/L) 復水後 - 脫水後	-9.82%	11.85%	-4.23	.000*
復水後	200.67	40.05		
復水後 - 脫水前	5.47%	13.00%	2.04	.053

\* $P < .05$

註：脫水後 - 脫水前；復水後 - 脫水後；復水後 - 脫水前皆為百分比變化率。

### 三、脫水前、脫水後、復水後對心肌性肌酸激酶變化之影響

脫水後與脫水前的心肌性肌酸激酶(CK-MB)經成對樣本 T 檢定後，t 值為 4.21， $P=.000$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現脫水後 CK-MB 值增加  $18.70\% \pm 13.96\%$  (ng/mL)；復水後與脫水後的比較 t 值為 -3.92， $P=.001$ ，達顯著性  $P < .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 CK-MB 值減少  $-12.68\% \pm 10.65\%$  (ng/mL)；復水後與脫水前的比較 t 值為 0.42， $P=.678$ ，未達顯著性  $P > .05$ 。百分比變化率換算發現復水後 CK-MB 值增加  $3.07\% \pm 13.62\%$  (ng/mL)。結果如表 4-25 所示：

表 4-25 心肌性肌酸激酶在脫水前、脫水後、復水後之變化

名稱(單位)	平均數	標準差	t	P 值
脫水前	9.47	6.11		
CK- 脫水後 - 脫水前	18.70%	13.96%	4.21	.000*
MB 脫水後	11.16	7.50		
(ng/ 復水後 - 脫水後	-12.68%	10.65%	-3.92	.001*
mL) 復水後	9.55	6.11		
復水後 - 脫水前	3.07%	13.62%	0.42	.678

\* $P < .05$

註：脫水後 - 脫水前；復水後 - 脫水後；復水後 - 脫水前皆為百分比變化率。

## 第五章 討論

本章將以第肆章研究結果來做討論，本章共分為四節之後在依照各個項目分別進行討論，第一節為脫水前、脫水後、復水後對生理變化之影響、第二節為脫水前、脫水後、復水後對運動能力之影響、第三節為脫水前、脫水後、復水後對專注力反應之影響、第四節為脫水前、脫水後、復水後對肌肉傷害之影響。

### 第一節 脫水前、脫水後、復水後對生理變化之影響

#### 一、尿液比重之變化

尿液比重的測量是為了判斷受試者的身體是否有達到脫水狀態。Armstrong et al.(1997)提到藉由判斷尿比重的範圍正常值約在 1.013 到 1.015 之間。Oppliger et al (2005)和 Popowski et al.(2001)所做的研究結果非常相似，尿液比重的基礎值為 1.008、脫水 1% 比重為 1.010、脫水 3% 比重為 1.020、脫水 5% 比重為 1.027，30 分鐘的恢復比重為 1.032、60 分鐘的恢復比重為 1.023。

Jang et al.(2011)找了 25 位角力選手進行 84 小時限制攝取水分，結果發現脫水前尿液比重為  $1.013 \pm 0.004$ ，脫水後脫水組平均減少  $4.52 \pm 1.32\%$  的水分，尿液比重為  $1.030 \pm 0.004$ ，與 Popowsk 等學者所提到的結果非常符合。而本研究實驗參與者在脫水前平均為  $1.029 \pm 0.007$  就已經達到脫水 5% 的標準。Wingo et al. (2004) 在測試前所有受試者都脫了自己體重 2.8% 的水量又進行了 30 公里的腳踏車測試，結果在脫水組結束後脫了  $5.02 \pm 0.19\%$  的水分，尿液比重為

1.025±0.002。而本實驗經過 3 小時高溫脫水平均減少了 2.92%±0.59% 的水分，比重為 1.033±0.006 與脫水前有明顯的增加。雖然不及 Jang 等人實驗的脫水量，但是從尿液比重來看，所有受試者皆以達到 5% 以上的脫水量。

本研究經由 2 小時飲用 SCG 尿液比重有獲得補償與恢復平均為 1.030±0.005，與脫水後比較平均下降了 0.27±0.59%，而 Wingo et al. (2004) 有攝取甘油組實驗後測得的數值 1.020±0.001 比脫水組 1.025±0.002 來的低，表示攝取甘油對於降低尿液比重是有幫助的，因為我們的配方甘油與肌酸都有保水的功能，因此使身體脫水現象能有所改善。雖然本研究復水後比脫水後比較有顯著降低，並且接近脫水前的狀態，但是實驗參與者的身體還屬於在脫水狀態，並沒有恢復到一般正常人的狀態。因此建議足球運動員在平常時多攝取水分，這樣在專長訓練或是比賽才會有較佳的運動表現。

## 二、體重之變化

本研究所有實驗參與者經過 3 小時的高溫脫水，(在跑步機上進行，速度為 10 公里/小時，室溫 31.44±0.95℃，相對濕度 54.17 ± 7.39%) 與脫水前比較體重平均下降 2.92%±0.59%。Armstrong et al.(1997)找了 10 位男性一般大學生並非是運動員，進行 90 分鐘的熱應力測試(跑步機上行走，速度在 5.6 公里/小時，室溫 33℃，相對濕度 56%)；實驗結果在脫水+沒有喝水這組在體重上平均下降 1.5±0.1%。由於本實驗的測試時間比這位學者來的久，多出 2 倍的時間，且運動強度比較高，約多出 2 倍的強度，因此在於體重下降

的幅度也比較多。

在復水方面本實驗經由 2 小時飲用 SCG 與脫水後比較平均體重提升  $1.24 \pm 0.08\text{kg}$  大約增加 1.82%，與脫水前的平均體中少了  $0.81 \pm 0.01\text{kg}$  大約還缺少 1.16%。結果顯示與 Maughan & Shirreffs(1998)指出液體的補充必須為流失水分的 150% 以上才夠。表示本研究依照脫水量來給予復水量，對於體重的恢復是不夠的，而且人體水分吸收的速度也沒有這麼快速反應。

而 Wingo et al (2004)的研究在脫水後進行 30 公里的測試有喝水甘油組的平均體重又減少 1.8kg；沒有補充則減少 4kg，表示飲用甘油對於維持水分流失是有幫助的，而這位學者的研究因為有繼續在運動，因此只能探討他減緩體重是有幫助的。另外本實驗另一項配方肌酸，有許多學者認為服用肌酸會使體重增加是因為他有保水的功效，剛好符合 Harris et al.(1992)以及 Balsom et al.(1993)研究結果都發現有補充肌酸組在體重都有顯著增加。

另外在甘油方面 Murray(1996)指出隨意攝取甘油可能會造成體重的增加，導致運動表現下降等問題。而本研究飲用 SCG 並且讓受試者自由休息，因此讓體重比脫水後有明顯提升，但是也發現只有 2 小時的復水時間是無法讓體重恢復到脫水前的狀態。

### 三、體脂率之變化

本研究測量實驗參與者的體脂率是使用生物電阻抗分析儀(bioelectrical impedance analysis, BIA)，經過 3 小時高溫

脫水後平均脫水量為  $2.92\% \pm 0.59\%$ ，而在體脂率方面與脫水前比較降低了  $12.82\% \pm 7.94\%$  並達顯著差異；與 Thompson et al.(1991)找了 10 位男性白人，年齡 18-44 歲，在蒸氣室進行 30 分鐘的試驗，結果平均脫水量為 2.81%，在脫水組的體脂率有顯著下降與本研究相符合。經過 2 小時飲用 SCG 來補充水分，體脂率平均都恢復到脫水前的狀態甚至還要高。

不過體脂率有可能這麼快速下降與增加嗎？Knechtle et al.(2009)找了 12 位男性白人進行 12 小時的超長距離的游泳，在比賽前與比賽後會進行核磁共振檢，結果所有受試者游泳平均距離為  $29.4 \pm 5.1$  公里，而在體重、體脂率、骨骼肌肉量以及全身總水量與脫水前比較都沒有顯著差異，由以上結果更加證明低溫環境下就算運動時間長達 12 小時，只要沒有脫水對於身體組成的變化並不會太大，正好與本研究高溫環境下運動相反。因此推算脫水會使身體內的水分產生變化，引起身體內鈉離子、鉀離子失衡，造成 BIA 預估錯誤造成體脂率的增加與減少。

#### 四、體溫之變化

監測體溫是為了及時注意受試者的狀態，因為人是恆溫動物想要改變身體溫度就需要有激烈的改變，而體溫高低起伏的變化，往往就代表許多器官系統的運作。而本研究所有實驗參與者在脫水前的平均體溫為  $36.30 \pm 0.46^\circ\text{C}$ ，經過 3 小時的高溫脫水後平均體溫為  $38.29 \pm 0.67^\circ\text{C}$ ，與脫水前比較大約上升了  $1.99 \pm 0.56^\circ\text{C}$ 。

Cheung & McLellan(1998)找了 15 健康男性，測試前一

天都脫水自己體重的 2.5%，並且從最大攝氧量分為兩組一般組 ( $\text{VO}_{2\max}$  為  $46.1 \pm 2.9 \text{ ml/min/kg}$ ) 和優秀組 ( $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\max}$  為  $59.8 \pm 2.8 \text{ ml/min/kg}$ )，進行 1 小時高溫環境下運動，年齡從 18-40 歲。結果在一般脫水組脫了  $2.78 \pm 0.92\%$  的體重，體溫則是從  $37.26 \pm 0.27^\circ\text{C}$  上升到  $38.69 \pm 0.30^\circ\text{C}$ ，優秀脫水組脫了  $2.04 \pm 0.52\%$  的體重，體溫從  $36.9 \pm 0.22^\circ\text{C}$  上升到  $39.20 \pm 0.08^\circ\text{C}$ 。

Armstrong et al.(1997)經過 90 分鐘測試脫水+沒有喝水組最後平均溫度為  $39.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ，大約上升了  $1.8 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ，雖然脫水後平均溫度比本研究結果來的高，或許是因環境濕度、溫度的差異造成的結果。而與脫水前相比較發現這兩組人都上升幅度非常相近，表示人體的體溫恆定是有一套非常精密的機制在控制，因此想要讓體溫上升超過  $2^\circ\text{C}$  是非常困難的，不管是國內或國外研究。

在復水方面本實驗經由 2 小時飲用 SCG 平均體溫都下降至  $36.31 \pm 0.66^\circ\text{C}$ ，與脫水前比較可以說將近百分之百的恢復，這也再次證明，人體對於體溫的調控是非常精密且準確的。而 Wingo et al (2004) 的研究有喝甘油組的平均體溫  $38.49 \pm 0.23^\circ\text{C}$  都低於沒有補充的平均體溫  $38.67 \pm 0.14^\circ\text{C}$ ；另外也有意外的發現，只有飲用白開水組  $38.01 \pm 0.26^\circ\text{C}$  都低於其他兩組。

因此水分在體內的保留對於體溫維持恆定的影響很重要。所以本研究飲用 SCG 加上自由休息，並且此配方有保留水分使體溫維持恆定的功能，使得體溫可以恢復到脫水前的狀態。

## 五、血壓之變化

鄭憲成(1994)等學者找了 22 位高中足球運動員進行一場 90 分鐘正規足球比賽，測試前所有人的收縮壓(SBP)為  $113.27 \pm 10.2$ (mmHg)、舒張壓(DBP)為  $68.27 \pm 7.5$ (mmHg)；測試後 SBP 為  $110.63 \pm 11.4$ (mmHg)、DBP 為  $71.09 \pm 6.6$ (mmHg)。本研究實驗參與者 SBP 為  $118.52 \pm 11.90$ (mmHg)、DBP 為  $59.42 \pm 6.43$ (mmHg)、脫水後 SBP  $130.63 \pm 12.59$ (mmHg)、DBP 為  $67.33 \pm 8.18$ (mmHg)。Ribeiro et al.(2004)找了 16 為健康男性分為高血壓組、正常組，並且又細分飲水組與脫水組(進行 60 分鐘測試，運動強度為最大攝氧量小於 40%、室溫 30°C、相對溼度 85%)，結果顯示受試者的水分大約減少 0.78%(低強度運動)，不管有沒有攝取水分並不會影響 SBP、DBP 的反應。

而本研究受試者經過 3 小時的熱脫水 SBP 增加  $12.10 \pm 9.63$ (mmHg)、DBP 也增加  $7.92 \pm 7.46$ (mmHg)與脫水前有顯著差異。會造成不同的結果可能原因是，本研究測試脫水時間大於 Ribeiro et al.(2004)學者的 3 倍、運動強度不同以及脫水量也不同等因素。符合 Rowell et al.(1996)提到在高溫環境下運動的期間，為了要維持心血管系統的需求，因此血壓、肌肉血流量和體溫的都會有所提高。自主神經會試圖維持心輸出量和肌肉與皮膚所需的血流量，因此會產生更大的血管收縮使得內臟器官或其他地方的血液流量轉移。

經由 2 個小時的復水飲用 SCG 後與脫水前比較 SBP、DBP 都無顯著差異。由於本實驗復水期間採用自由休息方式，因此受試者會自行躺在墊子上休息，加上休息時間長以及都是優秀運動員且有強大的心肺功能，所以復水後的血壓皆恢復

到脫水前的狀態。

值得注意的是，從尿液比重或者尿液滲透壓在脫水前實驗參與者證實都有脫水的現象，而在血壓方面本研究的參與者與一般人比較是無顯著差異。因此推論出本實驗參與者可能已經習慣性保持脫水的狀態，對於這方面差異值得未來更進一步來探討。

## 六、尿液滲透壓之變化

尿液滲透壓也是來觀察實驗參與者身體是否有達到脫水的狀態，本研究在脫水前所測得尿液滲透壓為  $869.79 \pm 178.51 (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，而 Oppliger et al.(2005)研究指出脫水 5% 所測的尿液滲透壓平均為  $605.9 (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，可以清楚地指出實驗參與者在還沒測試前身體的水分已經超過 5%。其他學者所做的研究如 Jang et al.(2011)找了 25 位角力選手進行 84 小時限制攝取水分，結果發現脫水前尿液滲透壓  $471.3 \pm 85.2 (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，以及 Saat et al.(2005)找了 16 位一般男性進行自行車的測試，測試前尿液滲透壓  $294 \pm 276 (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$  就算是進行了 90 分鐘的測試後  $438 \pm 216 (\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，還是與本研究實驗參與者的脫水前滲透壓差距甚多。有此可知足球運動員平常需要攝取大量的水分，來補充訓練或比賽失去的水分。

而本研究經過 3 小時熱脫水的尿液滲透壓與其他學著的差異，在 Edwards et al.(2007)找了 11 位中度等級(非頂級)男性足球運動員分成三組並經過 90 分鐘的測試，實驗結果在脫水組的體重平均減少  $2.4\% \pm 0.8\%$ ，這時候的尿液滲透壓大

約  $680(\text{mOsm}\cdot\text{kg}^{-1})$  左右，與漱口組所測得的結果非常相似；以及 Jang et al.(2011)角力選手進行 84 小時脫水組體重平均減少  $4.52\pm 1.32\%$ ，尿液滲透壓為  $914.0\pm 93.2(\text{mOsm}\cdot\text{kg}^{-1})$ ；而本研究實驗參與者體重平均減少  $2.92\%\pm 0.59\%$ ，尿液滲透壓為  $918.38\pm 156.49(\text{mOsm}\cdot\text{kg}^{-1})$ ，因此由 Edwards et al.(2007) 的研究可以推算出足球比賽一場下來身體所脫水的量平均超過 5%，甚至某些位置足球運動員可能達到 7 至 8% 的脫水量。

復水階段經過 1 小時飲用 SCG 後(復水中)，發現尿液滲透壓值是最高的階段，剛好符合 Oppliger et al.(2005) 的研究在運動後 30 分鐘尿液滲透壓達到最高值，與本研究的結果非常相似。而復水中與復水後比較，發現最後一小時下降比例達到  $21.02\%\pm 5.62\%$ ，表示本研究的特殊配方能夠有效把攝取的水分留在身體裡，因此經由 2 小時飲用 SCG 後與脫水後比較有顯著降低大約  $17.91\pm 13.55\%$ 。另外復水後與脫水前比較也降低了  $10.26\%\pm 30.46\%$ ，再次證明脫水前實驗參與者已經達到脫水現象，如果能夠延長復水時間，相信能幫助足球運動員恢復到與其他學者相同狀態。

## 七、尿液鈉離子之變化

鈉離子在人體細胞外液有較多的含量，並且是主要的陽離子，在高溫環境下運動會加速體內水分的流失，由於鈉離子的再吸收時間變短，這時候鈉離子就會隨著大量的汗液與尿液排出，使得體內的鈉離子快速下降，而尿液鉀離子的正常範圍為  $40-220(\text{mmol/L})$ 。

Saat et al.(2005)找了 16 位一般男性進行 90 分鐘的實驗，

首先進行 10 分鐘的熱身，接著進行 60 分鐘的自行車測試，以及最後 20 分鐘的休息時間。結果測試前為  $71 \pm 53$  (mmol/L) 測試後為  $92 \pm 25$  (mmol/L) 平均有上升的趨勢，但是並沒有顯著差異。而本實驗在脫水前尿液鈉離子為  $137.29 \pm 62.29$  (mmol/L)、脫水後為  $95.29 \pm 63.88$  (mmol/L) 達到顯著下降，與 Saat 等學者的研究結果剛好相反。因此推估取樣採集點不相同，本研究是脫水後立即採集，而 Saat 等學者是測試後有 20 分鐘的休息時間，所以造成不一樣的結果。

而本實驗在經過 1 小時的復水階段，發現尿液鈉離子為  $114.92 \pm 45.23$  (mmol/L)，2 小時後為  $100.38 \pm 47.15$  (mmol/L)，復水後 2 小時與脫水後比較並沒有顯著差異，表示攝取 SCG 並不會有效增加尿液鈉離子的含量，推測體內鈉離子的恢復速度需要更長的時間，並且從腎臟排出的尿液反應並且沒有這麼快速，不過從血清鈉離子的含量來看是有達到顯著差異的。雖然各組之間有顯著差異，但一切都還是在正常檢測範圍內，皆沒有出現危險數據，因此對於受試者的健康並不會造成傷害。

## 八、尿液鉀離子之變化

鉀離子是細胞內液中主要的陽離子，是負責調節細胞水分的平衡、酸鹼的平衡、肌肉訊號傳導以及電解質的平衡等。當尿液中的鉀離子上升時就表示有脫水情形，而尿液鉀離子的正常範圍值為 25-125 (mmol/L)。

Saat et al.(2005)找了 16 位一般男性進行 90 分鐘自行車測試，脫水前為  $13 \pm 16$  (mmol/L) 脫水後為  $30 \pm 21$  (mmol/L)，

而本研究脫水前為  $45.87 \pm 29.03(\text{mmol/L})$  脫水後為  $107.24 \pm 42.21(\text{mmol/L})$ ，在脫水前、後比較則有顯著性的增加。本研究所得到的數值皆比 Saat 等學者來的高，因此推測實驗參與者取樣不同，以及實驗方式的不同造成不一樣的結果。但從數據來看則明顯指出，介入運動後尿液鉀離子是會有上升的趨勢，說明了實驗參與者是有脫水的現象；但數據顯示未超過參考範圍，因此推論出實驗參與者有輕度脫水狀態。

本研究經過 1 小時補充 SCG 這時候的尿液鉀離子濃度為  $81.01 \pm 32.48(\text{mmol/L})$ ，2 小時後則為  $16.94 \pm 7.93(\text{mmol/L})$ ，與脫水後、脫水前比較有達到顯著下降，甚至比脫水前還要低，接近 Saat 等學者在脫水前的數值。顯示本研究的實驗參與者平常的尿液鉀離子偏高，並且透過 2 小時補充 SCG 對於降低尿液鉀離子有非常顯著的效果。

## 九、尿液氯離子之變化

氯離子是存在體內最多的陰離子，他會與陽離子的鈉共同維持滲透壓和水分的平衡。Sherman & Eisinger(1982)也提到同時監測尿液鈉離子和氯離子的濃度是非常有用的，因為他可以維護全身的體水分和電解質的平衡，如果發生異常狀態就可以馬上預測腎臟的代償性的反應。因為當電解質失衡時，體內為了要維持氯離子的含量，此時尿液中的氯就會降低，而尿液氯離子正常範圍值為  $110-250(\text{mmol/L})$ 。

Saat et al.(2005)找了 16 位一般男性進行 90 分鐘自行車測試，脫水前為  $51 \pm 63(\text{mmol/L})$  脫水後為  $90 \pm 43(\text{mmol/L})$ ，

而本研究脫水前為  $136.13 \pm 69.83(\text{mmol/L})$  脫水後為  $135.67 \pm 71.12(\text{mmol/L})$ 。由於只有少數文獻中提到使用尿液氯離子當作指標來探討，因此本作者只好用這篇學者的研究數據來進行比較，發現兩者的數據有很大的差異，Saat 等學者的數值都低於正常範圍有點出乎意外，而本作者的研究從脫水前、後的比較是沒有差異，並且參考範圍都在正常值內。

經過復水 1 小時攝取 SCG 後發現尿液氯離子濃度為  $127.79 \pm 55.84(\text{mmol/L})$  在統計上並無顯著下降，但是從平均值來看是有些微降低，而 2 小時後的氯離子為  $97.25 \pm 41.31(\text{mmol/L})$ ，與脫水前、後比較都有顯著的下降，但值得注意的是復水後氯離子濃度明顯低於參考正常範圍；但是與 Saat 等學者比較氯離子的濃度還是高於這位學者的研究。

## 十、血清滲透壓之變化

血清滲透壓這項指標也可以判斷實驗參與者身體內的水分是否有達到脫水的狀態。González-Alonso et al.(2000)以 60%最大攝氧量在高溫環境 ( $35^{\circ}\text{C}$ ) 下進行 2 小時脫水之自行車測試，之後休息 45 分鐘後，接著以最大攝氧量  $72 \pm 3\%$  的強度進行 30 分鐘自行車測試。結果未脫水組血清滲透壓為  $279 \pm 2(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，在脫水 3% 組則為  $291 \pm 2(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ 。

Jang et al.(2011)找了 25 位角力選手來進行脫水測試，未脫水組脫水前為  $283.2 \pm 5.2(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，脫水後為  $285.5 \pm 4.8(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ；脫水組脫水前  $284.3 \pm 3.6(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，脫水後為  $301.6 \pm 3.6(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，都證明了脫水對於血清滲

透壓會有所改變。而本研究在脫水前的血清滲透壓為  $285.17 \pm 14.80(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$  經過 3 小時脫水後為  $296.25 \pm 11.02(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，與其他學者的研究結果非常相似皆有明顯上升。而 Oppliger et al.(2005)研究提到脫水達到 5% 時血清滲透壓約  $304.0(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，然而從這項指標可以推論本研究方法經過 3 小時的高溫脫水，並沒有達到 5% 以上的脫水量，與尿液比重及尿液滲透壓指標有所差異，因此推估這本實驗參與者在某些生理指標與一般人的生理狀態是有差異的，值得後續再繼續追蹤找出影響因素。Oppliger 等學者也提到當受試者在未脫水的情況下血清滲透壓為  $287.6(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，證明本研究的實驗參與者在脫水前水分是正常狀態。另外在本研究中發現脫水後有一位受試者異常達到  $341.0(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$ ，但是他脫水前  $283.0(\text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1})$  與其他受試者是相似的。

在復水方面 Riedesel et al.(1987)指出攝取每公斤體重 1 克的甘油可以提高血清滲透壓 2 小時，以及維持 4 小時減少尿液的產生，而本實驗在復水後 ( $301.29 \pm 28.55 \text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 與脫水後 ( $296.25 \pm 11.02 \text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 比較雖然無統計上的差異，但是平均值有些微提升。但是與脫水前比較就有達到顯著差異。由此可知攝取可以甘油減少尿液產生並且有保水的效果，Murray(1996)認為這是因為甘油分子會使體內水分緩慢滲透的效果，雖然只有短暫的保水功能，但這也足以應付一場足球比賽了。在本實驗中也發現一位受試者在整個實驗階段數值異於別人(脫水前 296、脫水後 293、復水後達到  $430 \text{mOsm} \cdot \text{kg}^{-1}$ )。

## 十一、血清鈉離子之變化

血清鈉離子是人體體液中最重要之電解質，他是細胞外液體最主要的陽離子，主要是維持滲透壓、酸鹼值的平衡等功能，因此觀測血清鈉濃度可以直接反應出體內水分的平衡狀態，當濃度變高代表身體有脫水現象，並且可能出現心智混亂的情形；而因脫水而引起之高濃度的血清鈉，可以透過適當的液體補充得到恢復。

Rivera-Brown et al.(1999)找了 12 位受過訓練的小孩(11-14 歲)進行 3 小時的實驗，分為喝水組以及特殊飲料組(加入 6% 碳水化合物和 18 氯化鈉 mmol/L)，結果攝取飲料組體重增加了 0.18%，喝水組體重則減少了 0.94%。在血清鈉離子方面攝取特殊飲料測試前為  $131.6 \pm 1.2$ (mmol/L)；測試後為  $130.0 \pm 1.1$ (mmol/L)，表示對攝取特殊飲料對於血清鈉離子的恆定是有幫助的。剛好符合本實驗結果，測試前為  $140.24 \pm 1.46$ (mmol/L)，復水後為  $139.58 \pm 1.87$ (mmol/L)，而本實驗的復水配方與 Rivera-Brown 等人的配方相似，結果恢復上優於 Rivera-Brown 等人所做的實驗，因此推估可能是本實驗的配方還加上了肌酸與甘油以及較長的復水時間。

在脫水方面 Jang et al.(2011)的研究結果，在脫水前血清鈉離子為  $147.4 \pm 1.9$ (mmol/L)，經過 84 小時限制攝取水分後為  $154.3 \pm 3.6$ (mmol/L)，與脫水前有顯著增加。本研究在脫水後為  $143.43 \pm 2.10$ (mmol/L)結果都有顯著差異，雖然上升比例有所不同，可能是因為時間與脫水方式不同而造成的結果。總之，證實脫水後血清鈉離子是會增加的，而攝取特殊飲料可以減緩血清中鈉離子的增加。

## 十二、血清鉀離子之變化

血清鉀離子在人體內的含量是鈉離子的兩倍多，是人體細胞內液的主要陽離子，同時在控制體內水分與電解質的平衡上是非常重要的元素。他主要功能是保持滲透壓的恆定，當血清內鉀離子值低於 3.5(mmol/L)稱為低血鉀，常見症狀如肌肉無力感。而當運動員在進行激烈運動時，這時候的骨骼肌就會釋放鉀離子到血液中，通常運動強度越高所釋放的鉀離子也就越多，因此本研究可以透過這項指標來判斷脫水的運動強度。

Saat et al.(2005)找了 16 位一般男性進行 90 分鐘自行車測試，結果血清鉀離子脫水前為  $3.4 \pm 0.3$ (mmol/L)、脫水後為  $5.1 \pm 0.6$ (mmol/L)，以及 Jang et al.(2011)找了 25 位角力選手進行 84 小時限制攝取水分，結果血清鉀離子從脫水前為  $5.2 \pm 0.3$ (mmol/L)、脫水後  $5.7 \pm 0.6$ (mmol/L)。González-Alonso et al.(2000)找了八位耐力型自行車選手，血清鉀離子在未脫水組為  $5.2 \pm 0.3$ (mmol/L)；脫水 1.5% 為  $5.2 \pm 0.3$ (mmol/L)；脫水 3% 為  $5.3 \pm 0.2$ (mmol/L)；脫水 4.2% 為  $5.5 \pm 0.5$ (mmol/L)。而本研究結果從脫水前  $3.97 \pm 0.28$ (mmol/L)、脫水後為  $4.41 \pm 0.18$ (mmol/L)平均增加了 0.44(mmol/L)，由此可知經過 3 小時的脫水對於受試者來講強度是屬於低強度的。

在復水階段 Latzka et al.(1997)找了八位男性進行測試，年齡範圍(19-36 歲)，並且每隔 20 分鐘補充液體，結果經過 120 分鐘的測試在有補充甘油組的從  $4.0 \pm 0.1$ (mmol/L)上升至  $4.6 \pm 0.2$ (mmol/L)，補充水組則是  $4.0 \pm 0.1$ (mmol/L)上升至  $4.4 \pm 0.2$ (mmol/L)，表示不管運動中是否有攝取水分對於血清鉀離子都會有增加現象，另外也發現補充甘油組對於並不會

有抑制的效果。本研究在復水後鉀離子為  $4.10 \pm 0.20$  (mmol/L) 與脫水後比較有顯著下降，這可能是因為測試方法不同而有所差異，因為本研究攝取 SCG 是在休息狀態，而 Latzka 等人的研究是運動過程中補充。但是與脫水前比較也有顯著差異，表示 2 小時攝取 SCG 對於鉀離子並不會恢復到脫水前的狀態，可能還有受到別的因素所影響。

### 十三、血清氯離子之變化

血清氯離子是人體細胞外液中主要的陰離子，是血液電解質中唯一也是體內存在最多的陰離子，主要功能是與鈉離子維持體液的滲透壓和調節體內水分的平衡。正常參考值為 97-107 (mmol/L)，當血氯高於正常值就表示嚴重脫水等現象；運動員在激烈運動時造成大量水分流失，這時候就會引起氯離子的上升。

González-Alonso et al.(2000)找了八位耐力型自行車選手以 60% 最大攝氧量在高溫環境 ( $35^{\circ}\text{C}$ ) 下進行 2 小時脫水，結果在未脫水組血清氯離子為  $105 \pm 3$  (mmol/L)；脫水 1.5% 組為  $107 \pm 2$  (mmol/L)；脫水 3% 組為  $109 \pm 2$  (mmol/L)；脫水 4.2 組為  $112 \pm 2$  (mmol/L)，表示隨著脫水量越多血清氯離子的值就會越高。而本研究脫水前為  $101.58 \pm 1.36$  (mmol/L) 脫水後為  $103.90 \pm 2.25$  (mmol/L)，體重則脫水  $2.92\% \pm 0.59\%$  公斤。由於本研究的運動強度與 González-Alonso 等人所測試方式不同，因此在血氯值並沒有大幅的增加。

在復水方面 Rivera-Brown et al.(1999)找了 12 位受過訓練的小孩 (11-14 歲) 進行 3 小時的實驗，分為喝水組以及攝取

特殊飲料組(加入 6%碳水化合物和 18 氯化鈉 mmol/L)，並且在運動階段立即補充水分，結果在攝取特殊飲料組測試前為  $113.5 \pm 1.3$ (mmol/L)脫水後為  $110.5 \pm 1.2$ (mmol/L)，體重稍微增加(0.18%)；喝水組脫水前為  $113.9 \pm 0.9$ (mmol/L)，脫水後為  $112.4 \pm 1.2$ (mmol/L)，體重則稍微下降約(0.94%)。顯示攝取特殊飲料對於減緩氯離子的增加沒有幫助，但是對於保留水分是有幫助的。而本研究的實驗脫水後血清氯離子為  $103.90 \pm 2.25$ (mmol/L)復水後為  $101.43 \pm 1.87$ (mmol/L)，體重則稍微增加  $1.82\% \pm 0.79\%$  公斤。

由於本實驗與 Rivera-Brown 等作者實驗方式有所不同，因此在氯離子方面有顯著下降，並且與脫水前的狀態非常相近，可能是本實驗的復水階段採自由休息狀態，且休息時間較長，而造成不一樣的結果。

## 第二節 脫水前、脫水後、復水後對運動能力之影響

本研究所測得的運動指標是延續阮昇浩(2010)的碩士論文，找了 22 名男子角力選手來進行 60 小時非熱模式下脫水(限制飲水)方式，使身體脫水達到 3-4%，復水時所使用配方也非常相近(比例不同)。詳細資料如表 5-1：

表 5-1 特殊配方的差異

	本研究	阮昇浩
對象	男子足球運動員	男子角力運動員
人數	24 位	22 位
復水時間	2 小時的復水	16 小時的復水
運動飲料	每公斤體重 1000cc	補充 3000c.c
甘油	每公斤體重 1 公克	每公斤體重 1 公克
肌酸	每公斤體重 0.5 公克	10g/1000 運動飲料

### 一、背蹲舉之變化

本研究在最大肌力測試採用 1RM 背蹲舉，在脫水前平均為  $110.66 \pm 14.55$  公斤、脫水後為  $103.13 \pm 12.67$  公斤，與阮昇浩(2010)所做的角力運動員從脫水前平均為  $152.27 \pm 26.21$  公斤、脫水後為  $122.95 \pm 14.69$  公斤，皆有達到顯著性下降，顯示運動中脫水對於最大肌力會造成影響。

在經過復水階段攝取 SCG 本實驗為  $110.76 \pm 14.52$  公斤，

而阮昇浩(2010)的實驗為  $141.82 \pm 26.79$  公斤，與脫水後比較都有明顯恢復，值得注意的是本研究復水後的最大肌力已經恢復到脫水前的狀態，而阮昇浩(2010)與脫水前的狀態卻無法立即恢復，這也許是配方上的差異，或者脫水方式不同所造成的差異性。也間接證實了 2 小時飲用 SCG 對於最大肌力能有快速恢復的效果。

## 二、垂直跳之變化

在垂直跳方面是為了測量足球運動員的爆發力，本研究在脫水前平均高度為  $279.13 \pm 11.49$  公分、脫水後為  $278.69 \pm 13.16$  公分，並無顯著差異，剛好符合 Judelson et al.(2007)指出脫水與未脫水組在爆發力垂直跳的測試中並沒有差異；以及 Greig et al.(2005)研究中發現田徑短跑選手使用利尿劑來脫水，結果對垂直跳的高度是沒有差異的。

而阮昇浩(2010)實驗是利用 1RM 爆發力上舉，因為兩者的運動型態不同，所需要的爆發力也有所差別，在脫水平均為  $88.41 \pm 17.14$  公斤、脫水後為  $82.95 \pm 16.30$  公斤，有顯著性下降。這兩者所動用到的肌群不太一樣，因此推估在垂直跳因為是利用大腿力量往上跳，所需要的負擔小且時間短，因此對於脫水所造成的影響也較小。而阮昇浩(2010)的實驗需要利用手臂舉起重物，並且瞬間向上抬舉，這所耗的功較大且所需能量較多，因此脫水造成的影響也較嚴重。

在復水後本研究的垂直跳高度為  $279.73 \pm 13.01$  公分，與脫水前、後都並無差異，顯示攝取 SCG 並不會增加垂直跳的爆發力，或許還有其他因素造成的。而 1RM 爆發力上舉在復

水後為  $91.14 \pm 18.12$  公斤與脫水前、後都有顯著性提高，令人感到意外的是，在 1RM 爆發力上舉這項運動能力，攝取 SCG 與脫水前比較有顯著性的增加，顯示這個配方或許能夠加強爆發力，未來值得更進一步的探討。

### 三、一分鐘仰臥起坐之變化

本研究藉由一分鐘仰臥起坐當作足球運動員的肌耐力指標，本研究在脫水前平均次數為  $54.24 \pm 4.00$  次、脫水後為  $49.04 \pm 6.77$  次。而阮昇浩(2010)的實驗脫水前平均為  $65.05 \pm 7.51$  次、脫水後為  $58.36 \pm 9.73$  次，兩者的實驗在統計上皆有顯著下降，顯示脫水對於肌耐力的運動表現是有影響的。

而經由 2 小時的復水階段後一分鐘仰臥起坐平均次數為  $50.77 \pm 7.36$  次，與脫水後並無差異，顯示藉由 2 小時攝取 SCG 對於肌耐力的運動表現並沒有幫助。阮昇浩(2010)的實驗經過 60 小時復水後為  $66.27 \pm 8.44$  次，與脫水後比較有顯著增加，並且與脫水前比較在統計上無顯著差異，表示攝取 SCG 確實有幫助提升肌耐力的運動表現。

會有如此差異，可能是因為阮昇浩(2010)的實驗是經過 60 小時復水階段，在這期間內有許多變因產生，可能身體有其他代償作用使得肌耐力得以恢復，而本實驗因為時間較短，因此對於肌耐力的表現並沒有發生快速恢復的狀況。

#### 四、T 測驗之變化

T 測驗主要用來判斷足球運動員的敏捷性測試，結果發現在脫水前平均時間為  $11.32 \pm 1.06$  秒、脫水後為  $11.08 \pm 1.23$  秒，在脫水前、後比較並無統計上的差異。而阮昇浩(2010)的實驗在脫水前平均時間為  $10.89 \pm 0.79$  秒、脫水後為  $11.07 \pm 0.77$  秒，且秒數上有顯著增加。兩者差異可能是因為在脫水方法或專項運動型態上而造成的差異性。

在復水階段，本研究復水後平均時間為  $10.43 \pm 1.28$  秒，與脫水後比較在平均時間上有顯著下降，在和脫水前比較秒數上也達到顯著下降；而在阮昇浩(2010)的實驗復水後為  $10.19 \pm 0.83$  秒與本研究相似，與脫水前、後比較在秒數上都有顯著下降。表示不管是 2 小時或 60 小時的攝取 SCG 對於敏捷性的測試能有所提升。

#### 五、40 碼衝刺之變化

40 碼衝刺主要是用來觀察足球運動員的短距離速度能力，結果發現脫水前平均時間為  $5.87 \pm 0.51$  秒、脫水後為  $5.72 \pm 0.59$  秒，兩者之間並無顯著差異，與阮昇浩(2010)的實驗結果相似脫水前為  $5.80 \pm 0.46$  秒、脫水後為  $5.91 \pm 0.44$  秒，顯示脫水對於速度能力的影響並不會很大。

接著經過復水階段發現復水後的平均時間為  $5.39 \pm 0.47$  秒，而阮昇浩(2010)的實驗為  $5.65 \pm 0.33$  秒，由於脫水前、後並無顯著差，而經過 2 小時攝取 SCG，結果所花費的時間都低於其他兩組，證明 SCG 對速度能力的提升是有所幫助的。

由於運動指標的數據較多，因此在最後部分把本研究的結果與阮昇浩(2010)的實驗結果整理成表格進行比較，如表5-2。

表 5-2 運動指標的差異

	足球運動員		角力運動員	
	脫水後	復水後	脫水後	復水後
背蹲舉	▽	△*	▽	△
垂直跳	□	□	—	—
仰臥起坐	▽	□	▽	△*
T 測驗	□	▽*	▽	▽*
40 碼衝刺	□	▽*	□	▽*
爆發上舉	—	—	▽	△*

註：1.△達顯著增加；▽達顯著下降；□未達顯著。

2.\*恢復到脫水前狀態。

3.—未測試。

### 第三節 脫水前、脫水後、復水後對專注力之影響

Ali(2011)研究提到足球的運動表現是能夠有效的發揮出在球場上快速變化的情況下應用高水平的認知、知覺和動作技巧，是這些優秀足球運動員應該具有的條件。而 Williams et al.(1994)研究也提到，有經驗的足球運動員在比賽中視線會專注於隊形變化、其他球員的位置和跑位的變化，由此可知足球運動員需要快速、精準的判斷出場上的瞬息萬變的變化。

Mudambo et al.(1997)找了 18 位軍人(年齡為 26 歲)，在高溫環境下(溫度 39.4°C、相對溼度 28%)進行 16 公里的跑步，結果在脫水組體重平均下降  $4.9 \pm 0.4$  公斤、攝取葡萄糖/電解質平均下降  $1.3 \pm 0.2$  公斤、水/果糖平均下降  $1.6 \pm 0.3$  公斤、喝水組平均下降  $2.0 \pm 0.1$  公斤。結果顯示疲勞是由多個交互作用的因素所引起的，並且發現攝取葡萄糖/電解質這組的疲勞感覺量表(RPE)的分數最低，減少熱壓力的生理效果也是最佳。

因此本研究利用三種專注力測試來判斷，經過接近 3% 的脫水量是否有影響到足球運動員的反應時間。

#### 一、空間簡單反應之變化

這項測試是指給實驗參與者單一刺激，並要求做單一的反應。操作方式：當螢幕畫面出現白色圈圈時，實驗參與者要立即點擊滑鼠左鍵，結果在本研究脫水前平均反應時間為  $243.09 \pm 37.04$ (毫秒)、脫水後為  $255.59 \pm 43.43$ (毫秒)、復水後為  $255.36 \pm 47.50$ (毫秒)。這三組的反應時間並無顯著差異，

但是從百分比變化率平均值來看，脫水後與脫水前比較大約增加了  $16.61 \pm 35.66$ (毫秒)、復水後與脫水後比較大約減少了  $5.23 \pm 40.75$ (毫秒)。雖然統計上無顯著差異，但是還是有些微的趨勢變化，另外證實 2.92% 的脫水量，對於優秀足球運動員在反應時間上並不會造成負擔。

## 二、複雜反應之變化

這項測試是給予實驗參與者兩種不同顏色的刺激，並要求實驗參與者做出其相對應的反應。結果本研究在脫水前平均反應時間為  $358.08 \pm 51.73$ (毫秒)、脫水後  $372.89 \pm 61.29$ (毫秒)、復水後為  $383.50 \pm 68.98$ (毫秒)。這三組的反應時間並無顯著差異，但是從百分比變化率平均值來看，脫水後與脫水前比較大約增加了  $13.30 \pm 44.80$ (毫秒)、復水後與脫水後比較大約又增加了  $12.01 \pm 33.02$ (毫秒)。從複雜反應來看確實比簡單反應的反應時間大約多了 100 毫秒，與 Donders(1868)所做的研究相符合。而本研究在復水後有最高的反應時間，推測或許實驗參與者進行了一整天的測試，身心都出現疲勞狀態，尤其又經過 2 小時的自由休息，使得每位受試者都出現倦怠想睡覺的想法，因此在這階段出現最高的反應時間。

## 三、注意、干擾排除之變化

給予實驗參與者幾種不同的刺激，要求實驗參與者只對其中一個特定刺激做出反應，而對其餘的刺激不進行反應。結果本研究在脫水前平均反應時間為  $356.37 \pm 44.95$ (毫秒)、

脫水後為  $350.61 \pm 49.28$ (毫秒)、復水後為  $361.74 \pm 51.57$ (毫秒)。這三組的反應時間並無顯著差異，但是從百分比變化率平均值來看，脫水後與脫水前比較大約減少了  $4.22 \pm 31.19$ (毫秒)、復水後與脫水後比較大約增加了  $8.76 \pm 36.19$ (毫秒)。本項測試指標是三個之中難度最高的，而反應時間並非最高，顯示實驗參與者在複雜、混亂中可以清楚的找尋到正確目標，這或許對他們在場上的運動表現會有相關，如正確跑位、以及精準的傳接球。

由於本研究並沒有對照組用同樣測試軟體來進行比較，因此推估 2.92% 的脫水量並不足以影響到優秀足球運動員在專注力上的判斷，與 Gonzalez-Alonso(1999)等人提到脫水如果達體重 4-5% 時，會使運動疲勞(fatigue)提早發生，以及 Rehrer(1994)的研究指出脫水 7% 才會產生幻覺，顯示需要再更多的脫水量才能使優秀足球運動員的專注力下降。

## 第四節 脫水前、脫水後、復水後對肌肉傷害之影響

### 一、肌酸激酶變化之變化

肌酸激酶(CK)主要存在於人體肌肉組織中，而 CK 只是一個關鍵酶，進一步可細分為三種同功異構物：CK-MM、CK-BB、CK-MB，當身體進行激烈運動造成肌肉損傷後，這時 CK 就會釋放到血液裡造成 CK 值上升，在 12-24 小時會達到最高峰。由此可知當肌肉損傷造成 CK 值上升，因此有許多學者認為運動員在賽前 1-2 天 CK 值的活性要在正常值範圍內(<170U/L)。

Siegel et al.(1980)找了 15 名參加波士頓男子馬拉松選手，運動前 CK 值平均為 161(U/L)、運動後 24 小時後為 3424(U/L)，賽後 4 週為 157(U/L)。

張敏娣(2010)等學者的研究，找了 17 位輔仁大學男子足球運動員進行 12 分鐘跑走，年齡約 18-25 歲並分為兩組，測試前實驗組的 CK 值為  $308.43 \pm 28.94$ (U/L)、控制組  $277.26 \pm 33.53$ (U/L)，測試後實驗組為  $528.17 \pm 124.29$ (U/L)、控制組為  $379.26 \pm 61.06$ (U/L)。

2011 年葉宣麟的碩士論文的研究找了 11 名健康的國中男學生，利用衰竭性循環式分腿蹲跳，跳到無法達成設定高度時即結束實驗，結果發現在測試前為  $196.5 \pm 183.3$ (U/L)、測試後 2 小時  $669.5 \pm 1221.6$ (U/L)、24 小時後為  $921.8 \pm 1850.0$ (U/L)、48 小時後  $289.2 \pm 144.2$ (U/L)。

而本研究的實驗參與者脫水前為  $330.63 \pm 231.83$ (U/L)，顯示平常的專長訓練對他們來說有一定的訓練強度，接著經過 3 小時的脫水測試後為  $419.17 \pm 291.52$ (U/L)，達到顯著增

加約 27.66% 的 CK 值，而在復水後為  $369.04 \pm 239.99$  (U/L)，並達到顯著降低約 -9.68%。雖然未恢復到脫水前狀態，但是從葉宣麟研究可知 CK 值在 24 小時內會持續上升，而本研究雖然未做後續追蹤，但是經過 2 小時攝取 SCG 有顯著下降值得後續加以研究。因此推測本研究的實驗參與者為優秀運動員，因為長期接觸足球專業訓練使得身體產生特殊變化，所產生了不一樣的結果。

另外標準差會這麼大的原因，可能是其中一位受試者在測試前 CK 值已達到 1075 (U/L)，因為從足球代表隊一次隨機抽取兩位來當受試者，因此無法控制實驗參與者前一天的訓練量。

## 二、乳酸脫氫酵素之變化

在人體所有細胞組織中均可以發現的酵素，也是醱解作用把丙酮酸轉化成乳酸的關鍵酵素，當細胞組織受到傷害時都會釋放出 LDH，因此藉由這項指標可以判斷脫水過程對於足球運動員的傷害。

而本研究在脫水前為  $190.75 \pm 33.52$  (U/L)、脫水後為  $223.50 \pm 41.20$  (U/L)，有顯著性的增加約 17.66%，雖然有增加但但還是在正常範圍內。另外 Lu et al.(2006)找了 16 位大學生進行布魯斯測試 (Bruce incremental protocol)，測試結束休息 30 分鐘在進行血液採集，結果發現在測試後 LDH 為  $375.45 \pm 50.49$  (U/L)。有此可知盡全力跑到衰竭後的 LDH 遠大於本實驗脫水後的數值，顯示本研究 3 小時高溫脫水方式並不會對足球運動員造成肌肉上的傷害，有可能是他們都經

過長時間的專業訓練，強化了生理上的適應。

在復水階段的 LDH 為  $200.67 \pm 40.05$  (U/L) 與脫水後比較有顯著降低，並且與脫水前比較已經沒有差異。剛好葉宣麟在 2011 年的研究找了 11 國中男學生，利用衰竭性循環式分腿蹲跳，結果發現在運動前為  $186.9 \pm 35.4$  (U/L)、測試後 2 小時  $214.7 \pm 44.4$  (U/L)、24 小時後為  $197.0 \pm 54.5$  (U/L)、48 小時後  $201.1 \pm 46.6$  (U/L)。發現在 2 小時後的 LDH 濃度是最高的，而本研究在 2 小時後是有顯著下降，這可能是經過 2 小時的休息再加上攝取 SCG 對於 LHD 恢復能有所改善，也或許因為受試者對象的不同造成不一樣的結果。

### 三、心肌性肌酸激酶之變化

心肌性肌酸激酶 (CK-MB) 是三種同功異構物中的其中之一，主要是存在於心肌中，同時在臨床上也是一種快速偵測心肌梗塞的指標，因為心肌出現損傷後 CK-MB 會出現在周邊血液當中，並且在 12 小時內達到最高值。以及 Müllner et al. (1996) 研究結果再次證明在 CK-MB 對於心肌損傷是很有價值的工具。

本研究的實驗參與者在脫水前為  $9.47 \pm 6.11$  (ng/mL)，正常範圍應該小於 6.6 (ng/mL)，結果實驗參與者都平均高於正常指標，顯示平常的訓練非常吃重，而脫水後 CK-MB 值為  $11.16 \pm 7.50$  (ng/mL)，達到顯著增加約 18.70%，以及葉宣麟 (2011) 找了 11 國中男學生，利用衰竭性循環式分腿蹲跳，結果發現在運動前為  $13.9 \pm 7.0$  (ng/mL)、測試後 2 小時為  $19.2 \pm 21.9$  (ng/mL)、24 小時後為  $23.6 \pm 18.3$  (ng/mL)、48 小時

後  $18.0 \pm 8.7$  (ng/mL)。

Siegel et al.(1981)找了 15 位參加波士頓男子馬拉松選手，運動前 CK-MB 平均為  $6.9 \pm 6.4$  (ng/mL)、運動後 24 小時後為  $105.3 \pm 99.3$  (ng/mL)，賽後 4 週為  $5.4 \pm 3.9$  (ng/mL)。都顯示在激烈運動後對於心肌都有一定損傷，但是 Siegel 等學者的研究提到運動後 CK-MB 平均高於正常值的 26 倍，並且經過心臟影像圖觀察並無發現異狀，表示運動員的 CK-MB 值並不是從心肌損害所造成的。

而本研究在攝取 SCG 後為  $9.55 \pm 6.11$  (ng/mL)，與脫水後比較有顯著減少約 -12.68%；與脫水前比較並無顯著的差異，表示攝取 SCG 有助於 CK-MB 的恢復。另外也推測或許本研究的實驗參與者為優秀運動員，因此在生理的恢復比一般人還要快速恢復，未來可以測試一般人以及拉長恢復時間做後續追蹤，或許會有驚奇的發現。

## 第陸章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究依據結果與討論所得到的結論，歸納成脫水引起的影響與復水後恢復的效果。

#### 一、生理變化之情形

##### (一)、脫水：

所有實驗參與者經過 3 小時高溫脫水後，與脫水前比較發現尿液比重增加、體重下降、體脂率下降、體溫增加、收縮壓增加、舒張壓增加、尿液鈉離子增加、尿液鉀離子增加、血清滲透壓增加、血清鈉離子增加、血清鉀離子增加、血清氯離子增加，以上皆達顯著差異。

結果表示在高溫環境下運動造成 2.92% 的脫水量，對於大部分生理狀態會有影響。

##### (二)、復水：

經過 2 小時攝取 SCG 的復水階段後，與脫水後比較發現尿液比重下降、體脂率增加、體溫下降、收縮壓下降、舒張壓下降、尿液滲透壓下降、尿液氯離子下降、血清鈉離子下降、血清氯離子下降，以上皆達顯著差異並恢復到脫水前狀態。

與脫水前比較有達顯著差異但低於或高於脫水前狀態則有，體重下降、尿液鈉離子下降、血清滲透壓增加、血清鉀離子下降。

以上得知攝取 SCG 對於大多數生理指標能夠快速恢復到脫水前狀態，表示復水配方的保水效果非常好。

## 二、運動能力之情形

### (一)、脫水：

所有實驗參與者經過 3 小時高溫脫水後，與脫水前比較發現 1RM 背蹲舉下降、一分鐘仰臥起坐下降，以上皆達顯著差異。

結果表示在高溫環境下運動造成 2.92% 的脫水量，對於肌力、肌耐力有影響，而對爆發力、敏捷性、速度並不會造成運動表現的損害。

### (二)、復水：

經過 2 小時攝取 SCG 的復水階段後，與脫水後比較發現 1RM 背蹲舉增加達顯著差異並恢復到脫水前狀態；與脫水後比較 T 測驗、40 碼衝刺有達顯著下降；脫水前比較一分鐘仰臥起坐、T 測驗、40 碼衝刺有達顯著下降。

以上得知攝取 SCG 對於運動指標中的肌力、敏捷性、速度能夠能夠快速恢復到脫水前狀態，表示復水配方的效果非常好。

## 三、專注力之情形

所有實驗參與者經過 3 小時高溫脫水後，平均脫水量約 2.92%，結果顯示脫水對於專注力的影響皆無顯著差異。因此推測本研究的脫水的量並不足以影響到優秀足球運動員在專注力上的判斷。並且經由 2 小時攝取 SCG 的復水階段，也不會增加專注力讓反應時間變快。

#### 四、肌肉傷害之情形

##### (一)、脫水：

所有實驗參與者經過 3 小時高溫脫水後，與脫水前比較發現 CK 值增加、LDH 值增加、CK-MB 值增加，以上肌肉傷害指標皆達顯著增加。結果表示在高溫環境下運動造成 2.92% 的脫水量，會造成肌肉細胞組織的傷害。

##### (二)、復水：

經過 2 小時攝取 SCG 的復水階段後，與脫水後比較發現 LDH 值下降、CK-MB 值，皆達顯著下降並恢復到脫水前狀態。與脫水後比較 CK 值有達顯著下降；與脫水前比較 CK 值有達顯著增加。

以上得知 2 小時攝取 SCG 對於肌肉細胞組織恢復是有幫助的。

## 第二節 建議

由於已經有兩項運動員的研究數據，建議未來研究可以針對一般大眾來進行深入探討，就能知道 SCG 對於一般大眾是否有一樣快速恢復的效果，或許未來就是一種不錯的運動飲料。

本研究在復水階段攝取 SCG 發現大部分實驗參與者有腹瀉的現象，但是每個人的狀況不同，有些人在復水期間就會出現不舒服感，有些人則回到宿舍後才發生此症狀。因此本作者推測是因為復水的時間太短，以及攝取的液體溶液太多，造成特殊飲料滲透壓太高，讓人體無法全部吸收，因此造成腹瀉的狀況。剛好與 Brown(1947)研究相符合，顯示攝

取甘油的副作用輕者會有腸胃不適，更嚴重會有頭痛、頭暈以及嘔吐，因此在劑量上要尋找最適當補充液體的策略。顯示本研究 SCG 的劑量必須要再進行調整。

而本研究的實驗參與者經過 10 年以上專業訓練的優秀運動員，發現身體長期保持在脫水狀況，身體是否有出現特殊變化，值得未來加深研究探討以釐清是否有引起健康問題。

## 參考文獻

### 中文部分

- 何伯瑋(2009)。國內男性足球運動員與體育院校男大學生心肺適能的分析。未出版碩士論文，國立臺灣體育大學，台中市。
- 阮昇浩(2010)。非熱模式下脫水減重與復水對男子角力運動員運動能力之關係。未出版碩士論文，國立臺灣體育學院，台中市。
- 葉宣麟(2011)。國中學童實施循環式分腿蹲跳引起延遲性肌肉酸痛及橫紋肌溶解症之探討。未出版碩士論文，國立臺灣體育運動大學，台中市。
- 張敏娣、邱奕文、李寧遠(2010)。左旋肉鹼的補充對男子足球運動員運動表現與生化值之影響。臺大體育學報。17期，65-78。
- 陳彥峯、顏克典(2010)。爆發力對足球運動員專項體能影響之探討。屏東教大體育，13期，188-194。
- 陳榮煌、蘇俊賢、陳雍元(2005)。柔道運動訓練過程專項體能之探討。中華體育，19(2)，75-82。
- 陳鴻(1986)。我國青年足球運動員生理物質研究。體育學報，8期，267-284。
- 傅正思、洪新來、林作慶(2002)。肌酸補充對體內肌酸含量身體質量及垂直跳之影響。中州學報。15期。196-205。
- 曾聰樺、黃賢堅(1990)。有氧性及乳酸性跑步對血清電解質的影響。體育學報，12期，95-114。
- 黃玉娟(2001)。運動飲料攝取量對足球運動員運動後身體

復水之影響。未出版碩士論文，私立中國文化大學，台北市。

劉丹（2006）。足球體能訓練-高水平足球體能訓練理論與實証。北京：北京體育大學出版社。

鄭憲成、莊鏡清、王光濤（1994）。足球運動員於高氣溫狀態比賽後之生理變化。 *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*。11期。640-648。

## 西文部分

- Ali A. (2011) Measuring soccer skill performance: a review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(2), 170-83.
- Anderson, M. J., Cotter, J. D., Garnham, A. P., Casley, D. J., & Febbraio, M. A. (2001) Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in heat. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, 315-333.
- Armstrong, L. E., Maresh, C. M., Gabaree, C. V., Hoffman, J. R., Kavouras, S. A., Kenefick, R. W., Castellani, J. W., & Ahlquist, L. E. (1997) Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake. *Journal of Applied Physiology*, 82(6), 2028-2035.
- Balsom, P. D., Ekblom, B., Söderlund, B., Sjödln, B., & Hultman, E. (1993) Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3, 143-149.
- Balsom, P. D., Söderlund, K., & Ekblom, B. (1994) Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Medicin*, 18(4), 268-80
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer: with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica*

- Scand Suppl*, 619, 1-155.
- Brown, A. H. (1947) Water storage in the desert. In: Adolph EF, ed. *Physiology of Man in the Desert*. New York, NY: *Interscience Publications*, 136-159.
- Casa, D. J., Armstrong, L. E., Hillman, S. K., Montain, S. J., Reiff, R. V., Rich, B. S., Roberts, W. O., & Stone, J. A. (2000) National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training*, 35(2), 212-24.
- Cheung, S. S., & McLellan, T. M. (1998). Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 84(5), 1731-9.
- Corbin, C. B. & Lindsey, R. (1994). *Concepts of fitness and wellness, with laboratories*. Dubuque, IA: Brown & Benchmark Publishers.
- Coutts, A., Reaburn, P., Mummery, K., & Holmes, M. (2002) Olympic distance triathlon performance in high ambient temperatures. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12, 105-119.
- Craig, B. W. (2004). What is the scientific basis of speed and agility? *Strength & Conditioning Journal*, 26 (3), 13-14.
- Donders, F. C. (1868) Die Schnelligkeit psychischer Prozesse. *Arch Anat Physiol wiss Med*, 6, 657-681.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7 (4),

207-234.

- Edwards, A. M., Mann, M. E., Marfell-Jones, M. J., Rankin, D. M., Noakes, T. D., & Shillington, D. P. (2007). Influence of moderate dehydration on soccer performance : physiological responses to 45 min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(6), 385-391.
- Eston, R., Jackson, M. & Pears, J.( 1996). Association between the production of thiobarbituric reactive substances (malondialdehyde) and markers of muscle damage induced by uphill and downhill running. *Journal of Sports Sciences*, *14*(1), 80-81.
- Gleeson, M. (1998). Temperature regulation during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *19*, S96-S99.
- González-Alonso, J., Heaps, C. L., & Coyle, E. F. (1992) Rehydration after Exercise with Common Beverages and Water. *International Journal of Sports Medicine*, *13*(5), 399-406.
- González-Alonso, J., Mora-Rodríguez, R., Below, P. R., & Coyle, E. F. (1997). Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *Journal of Applied Physiology*, *82*(4), 1229-36.
- González-Alonso, J., Mora-Rodríguez, R., Coyle, E. F. (2000) Stroke volume during exercise: interaction of

- environment and hydration. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 278(2), 321-330.
- Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T., & Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 86(3), 1032-1039.
- Goodman, C., Rogers, G. G., Vermaak, H., & Goodman, M. R. (1985). Biochemical responses during recovery from maximal and submaximal swimming exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(4), 436-41.
- Gutiérrez, A., Mesa, J. L., Ruiz, J. R., Chiroso, L. J., & Castillo, M. J. (2003). Sauna-induced rapid weight loss decreases explosive power in women but not in men. *International Journal of Sports Medicine*, 24(7):518-22.
- Harris, R. C., Söderlund, K., & Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83(3), 367-74.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925-31.
- Hoff, J., & Almasbakk, B. (1995). The effects of maximum

- strength training on throwing velocity and muscle strength in female team- handball players. *Journal Strength Conditioning Research*, 9 (4), 255-8.
- Houtkooper, L., Abbot, J. M., Nimmo, M.; International Association of Athletics Federations. (2007) Nutrition for throwers, jumpers, and combined events athletes. *Journal of Sports Sciences*, 25, S39-47.
- Inder, W. J., Swanney, M. P., Donald, R. A., Prickett, T. C., & Hellemans, J. (1998) The effect of glycerol and desmopressin on exercise performance and hydration in triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1263-1269.
- Jang, T. R., Kao, M. F., Chen, C. H., Hsieh, K. C., Lai, W. Y., Chen, Y. Y. (2011) Alleviating effects of dehydration under no hyperthermia on the immunomodulatory response to the polysaccharide fraction from fu-ling (*Poria cocos*) in male collegiate wrestlers. *Chinese Medical Journal*, 124(4), 530-536.
- Jones, L. C., Cleary, M. A., Lopez, R. M., Zuri, R. E., & Lopez, R. (2008) Active dehydration impairs upper and lower body anaerobic muscular power. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 455-63.
- Judelson, D. A., Maresh, C. M., Farrell, M. J., Yamamoto, L. M., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., Volek, J. S., Spiering, B. A., Casa, D. J., & Anderson, J. M. (2007) Effect of hydration state on strength, power, and

- resistance exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10), 1817-24.
- Kleiner, S. M. (1999). Water: an essential but overlooked nutrient. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2), 200-206.
- Knechtle, B., Kiouplidis, K., Knechtle, P., Kohler, G., Imoberdorf, R. & Ballmer, P. (2010) Does a multi-stage ultra-endurance run cause de- or hyper hydration? *Journal of Human Sport and Exercise*, 5(1), 59-70
- Knechtle, B., Knechtle, P., Kaul, R., & Kohler, G. (2009) No change of body mass, fat mass, and skeletal muscle mass in ultraendurance swimmers after 12 hours of swimming. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 80(1), 62-70.
- Koenigsberg, P. S., Martin, K. K., Hlava, H. R., & Riedesel, M. L. (1995) Sustained hyperhydration with glycerol ingestion. *Life Sciences*, 57(7), 645-53.
- Latzka, W. A., Sawka, M. N., Montain, S. J., Skrinar, G. S., Fielding, R. A., Matott, R. P., & Pandolf, K. B. (1997) Hyperhydration: thermoregulatory effects during compensable exercise-heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 83(3), 860-6.
- Lehnhart, R. A., Lehnhart, H. R., Young, R., & Butterfield, S. A. (1996). Monitoring injuries on a college soccer team: the effect of strength training. *Journal of Strength Conditioning Research*, 10 (2), 115-9.
- Lu, H. K., Hsieh, C. C., Hsu, J. J., Yang, Y. K., Chou, H. N.

- (2006) Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2), 220-6.
- Lyons, T. P., & Riedesel, M. L. (1993) Glycerol-induced hyperhydration: its effects on fluid compartments in the rat. *Life Sciences*, 53, 1779-1787.
- Lyons, T. P., Riedesel, M. L., Meuli, L. E., & Chick, T. W. (1990). Effects of glycerol-induced hyperhydration prior to exercise in the heat on sweating and core temperature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 477-83.
- Magal, M., Webster, M. J., Sistrunk, L. E., Whitehead, M. T., Evans, R. K., Boyd, J. C. (2003) Comparison of glycerol and water hyperhydration regimens on tennis-related performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 150-156.
- Mair, J., Artner-Dworzak, E., Dienstl, A., Lechleitner, P., Morass, B., Smidt, J., Wagner, I., Wettach, C., & Puschendorf, B. (1991). Early detection of acute myocardial infarction by measurement of mass concentration of creatine kinase-MB. *The American Journal of Cardiology*, 68(17), 1545-50.
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (1998). Dehydration, Rehydration and exercise in the heat. *International journal of sports medicine*, 19, S167-S168.

- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Science*, 21(7), 519-28.
- Montain, S. J., Smith, S. A., Mattot, R. P., Zientara, G. P., Jolesz, F. A., & Sawka, M. N. (1998). Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a <sup>31</sup>P-MRS study. *Journal of Applied Physiology*, 84(6), 1889-94.
- Montner, P., Stark, D. M., Riedesel, M. L., Murata, G., Robergs, R., Timms, M., & Chick, T. W. (1996) Pre-exercise glycerol hydration improves cycling endurance time. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 27-33.
- Mudambo, K. S., Leese, G. P., & Rennie, M. J.(1997). Dehydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and the effects of fluid ingestion during and after exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76(6), 517-24.
- Müllner, M., Hirschl, M. M., Herkner, H., Sterz, F., Leitha, T., Exner, M., Binder, M., & Laggner, A. N. (1996) Creatine kinase-mb fraction and cardiac troponin T to diagnose acute myocardial infarction after cardiopulmonary resuscitation. *Journal of the American College of Cardiology*, 28(5), 1220-5.
- Murray, R. (1996). Dehydration, hyperthermia, and athletes:

- science and practice. *Journal of Athletic Training*, 31(3), 248-52.
- Oppliger, R. A., Magnes, S. A., Popowski, L. A., & Gisolfi, C. V. (2005) Accuracy of urine specific gravity and osmolality as indicators of hydration status. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15(3), 236-51.
- Plisk, S. S., & Kreider, R. B. (1999). Creatine Controversy? *Strength & Conditioning Journal*, 21(1), 14-23.
- Popowski, L. A., Oppliger, R. A., Patrick Lambert, G., Johnson, R. F., Kim Johnson, A., & Gisolf, C. V. (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 747-753.
- Pyne, D. B. (1994). Exercise-induced muscle damage and inflammation: a review. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 26(3-4), 49-58.
- Rehrer, N. J. (1994). The maintenance of fluid balance during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 15(3):122-5.
- Ribeiro, G. A., Rodrigues, L. O., Moreira, M. C., Silami-Garcia, E., Pascoa, M. R., & Camargos, F. F. (2004) Thermoregulation in hypertensive men exercising in the heat with water ingestion. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37(3), 409-17.
- Riedesel, M. L., Allen, D. Y., Peake, G. T., & Al-Qattan, K.

- (1987) Hyperhydration with glycerol solutions. *Journal of Applied Physiology*, 63, 2262–2268.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 40 (2), 162-9.
- Rivera-Brown, A. M., Gutiérrez, R., Gutiérrez, J. C., Frontera, W. R., & Bar-Or, O. (1999) Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *Journal of Applied Physiology*, 86(1), 78-84.
- Robinson, B. M. & Owens, B. (2004). Five-week program to increase agility, speed, and power in the preparation phase of a yearly training plan. *Strength and Conditioning Journal*, 26(5), 30-35.
- Rowell, L. B., O’Leary, D. S. & Kellogg Jr, D.L. (1996). Integration of cardiovascular control systems in dynamic exercise. In: Rowell LB & Shepherd JT (Editors), *Handbook of Physiology*. Section 12. American Physiological Society by Oxford University Press, New York, 770-838.
- Saat, M., Sirisinghe, R. G., Singh, R., & Tochihara, Y. (2005) Effects of short-term exercise in the heat on thermoregulation, blood parameters, sweat secretion and sweat composition of tropic-dwelling subjects. *Journal of*

- Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24(5), 541-9.
- Safrit, M. J., & Wood, T. M. (1995). *Introduction to measurement in physical education and exercise science*. (3<sup>rd</sup> ed.). St. Louis MI: Mosby.
- Sawka, M. N., Convertino, V. A., Eichner, E. R., Schnieder, S. M., & Young, A. J. (2000). Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(2), 332-48.
- Sawka, M. N., Young, A. J., Latzka, W. A., Neuffer, P. D., Quigley, M. D., & Pandolf, K. B. (1992) Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. *Journal of Applied Physiology*, 73, 368-375.
- Scheett, T. P., Webster, M. J., & Wagoner, K. D. (2001) Effectiveness of glycerol as a rehydrating agent. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, 63-71.
- Seaman, R., & Ianuzzo, C. D. (1988). Benefits of short-term muscular training in reducing the effects of muscular over-exertion. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58(3), 257-261.
- Sherman, R. A., & Eisinger, R. P. (1982) The use (and misuse) of urinary sodium and chloride measurements. *Journal American Medical Association*, 247(22), 3121-4.
- Shirreffs, S. M. (2000). Markers of hydration status. *The*

- Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(1), 80-84.
- Shirreffs, S. M., Aragon-Vargas, L. F., Chamorro, M., Maughan, R. J., Serratosa, L., & Zachwieja, J. J. (2005). The Sweating Response of Elite Professional Soccer Players to Training in the Heat. *International Journal of Sports Medicine*, 26(2), 90-95.
- Shirreffs, S.M., & Maughan, R. J. (1998). Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Medicine Science in Sports Exercise*, 30(11), 1598-1602.
- Siegel AJ, Silverman LM, & Lopez RE. (1980) Creatine kinase elevations in marathon runners: relationship to training and competition. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 53(4), 275-9.
- Siegel, A. J., Silverman, L. M., & Holman, B. L. (1981) Elevated creatine kinase MB isoenzyme levels in marathon runners. Normal myocardial scintigrams suggest noncardiac source. *Journal American Medical Association*, 246(18), 2049-51.
- Thompson, D. L., Thompson, W. R., Prestridge, T. J., Bailey, J. G., Bean, M. H., Brown, S. P., & McDaniel, J. B. (1991) Effects of hydration and dehydration on body composition analysis: a comparative study of bioelectric impedance analysis and hydrodensitometry. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(4), 565-70.

- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity exercise. *Sports Medicine*, 31 (1), 1-11.
- van Beaumont, W., Strand, J. C., Petrofsky, J. S., Hipskind, S. G., & Greenleaf, J. E. (1973). Changes in total plasma content of electrolytes and proteins with maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 34(1), 102-6.
- Vandenbergh, K., Gillis, N., Van Leemputte, M., Van Hecke, P., Vanstapel, F., & Hespel, P. (1996) Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *Journal of Applied Physiology*, 80(2):452-7.
- Vera-Garcia, F. J., Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2000) Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80(6), 564-9.
- Wapnir, R. A., Sia, M. C., & Fisher, S. E. (1996). Enhancement of intestinal water absorption and sodium transport by glycerol in rats. *Journal of Applied Physiology*, 81(6), 2523-7.
- Watson, G., Judelson, D. A., Armstrong, L. E., Yeargin, S. W., Casa, D. J., & Maresh, C. M. (2005). Influence of Diuretic-Induced Dehydration on Competitive Sprint and Power Performance. *Medicine Science in Sports Exercise*, 37(7), 1168-1174.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. G. (1994) Visual search strategies in experienced and

- inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 65(2), 127-35.
- Williams, M. B., Raven, P. B., Fogt, D. L., & Ivy, J. L. (2003). Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 12-19.
- Williams, M. H., Kreider, R. B., & Branch, J. D. (1999). Creatine: the power supplement. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). physiology of sport and exercise. United States: Human Kinetics.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1999). *Physiology of Sport and Exercise* (2<sup>nd</sup> ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilmore, J.H., & Costill, D. L. (1988) Training for sport and activity.(3rd ed.). Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown.
- Wingo, J. E., Casa, D. J., Berger, E. M., Dellis, W. O., Knight, J. C., McClung, J. M. (2004) Influence of a Pre-Exercise Glycerol Hydration Beverage on Performance and Physiologic Function During Mountain-Bike Races in the Heat. *Journal of Athletic Training*, 39(2), 169-175
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (3), 462-7.
- Wong, S. H., Williams, C., Simpson, M., & Ogaki, T. (1998). Influence of fluid intake pattern on short-term recovery from prolonged, submaximal running and subsequent

exercise capacity. *Journal of Sports Sciences*, 16(2),  
143-152.

## 附錄一 實驗參與者須知

感謝您參與本研究之實驗：

本研究題目【高溫脫水與復水對男子足球運動員運動表現的影響】

首先給受試者每日基礎能量需求之飲食，一個小時後進行基本運動表現測試及生理檢測，再利用高溫環境下使用跑步機進行3小時脫水，脫水步驟：運動5分鐘休息5分鐘為一個回合，共18個回合，使身體脫水達到3~4%以上。脫水後再進行運動表現及生理檢測，接者依照脫水量分別補充特殊運動飲料，藉由脫水前、後及復水後運動表現是否有產生影響。希望藉由本研究可以將結果提供給足球運動教練與選手做為參考。本實驗中，測試運動表現分別為：

- 1.最大肌力測試：1RM背蹲舉。
- 2.最大肌肉爆發力：垂直跳。
- 3.局部肌耐力：1分鐘仰臥起坐。
- 4.敏捷性：T測驗
- 5.無氧能力(速度)：40碼衝刺。

生理檢測分別為：

- 1.血液分析：Na、K、Cl、Osmolality、LDH、CK、CK-MB。
- 2.尿液分析：Na、K、Cl、Osmolality。
- 3.體溫、體重、體脂肪。
- 4.神經反應。
- 5.血壓、心跳率。
- 6.Quard Scan。

為獲得正確的研究結果，請您於實驗前避免熬夜、喝酒、劇烈運動與服用大量刺激性飲料或長期服用藥物等不良因素，而影響實驗信度。

感謝您的合作！

研究生 黃永樺 敬上

## 附錄二 參與者同意書

### 參與者同意書

本人\_\_\_\_\_已詳細閱讀實驗參與者須知，且經研究者解說後，了解實驗內容及步驟，本人同意參加本實驗研究。

實驗名稱：

高溫脫水與復水對男子足球運動員運動表現的影響

研究者：

國立臺灣體育運動大學體育研究所 研究生：黃永樺。

受試者：

簽章 \_\_\_\_\_

日期：           年       月       日

由於您的參與，使本研究得以順利完成，並在足球運動科學的研究領域提供貢獻，使足球運動選手之脫水與復水對運動表現的影響更為瞭解。最後在一次誠摯地感謝您的協助與參與。

## 附錄三 身體活動健康調查表

**身體健康調查表**

姓名（以正楷書寫）：

聯絡電話：

您目前有以下的病史或症狀嗎：

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 心臟疾病或心臟病          | <input type="checkbox"/> 血壓過高或有高血壓  |
| <input type="checkbox"/> 心絞痛、心悸音、心臟雜音或心律不整 |                                     |
| <input type="checkbox"/> 有心臟疾病、高血壓、中風的家族病史 |                                     |
| <input type="checkbox"/> 肺臟相關疾病            | <input type="checkbox"/> 中風         |
| <input type="checkbox"/> 氣喘                | <input type="checkbox"/> 癲癇         |
| <input type="checkbox"/> 藥物反應              | <input type="checkbox"/> 背部、頸部、膝蓋毛病 |
| <input type="checkbox"/> 糖尿病               |                                     |

若您有勾選以上任一項目，請您說明：\_\_\_\_\_

您最近曾受過傷嗎？  有  沒有（若有，請說明）：\_\_\_\_\_

請您列出其它我們須要注意的事項：\_\_\_\_\_

※請問經過評估後您認為自己是否可以參加人體體驗？

- 否  是

本人同意、授權 國立臺灣體育運動大學體育研究所 使用或複製所有關於本人參與試驗期間被拍攝之照片、攝影、錄音資料，作為教學及研究之用途。（不同意，請勾選）

- 不同意

參加者簽章：

日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

**附錄四 訓練狀況年資調查表**

### 訓練狀況年資調查表問卷

這份問卷要調查參與者，何時從事足球運動及年數與每日從事多少小時之足球運動之相關訓練為本研究之參考數據，請您在每一個問題圈選一個合適的答案。

#### 一、請問您何時開始從事足球運動？

國小： 1年級、 2年級、 3年級、 4年級、 5年級、 6年級。

國中： 1年級、 2年級、 3年級。

#### 二、請問您從事足球運動期間是否有中斷過？中斷時間多久？

有、 沒有(免填)。

幾個月： 1~2月  3~4月  5~6月  7~8月  9~10月  11~12月。

幾年： 1年、 2年、 3年、 4年以上。

為何中斷足球運動請詳述

---

#### 三、請問您每周、每日至少從事多久與足球運動相關之訓練？

每周： 1天、 2天、 3天、 4天、 5天、 6天、 7天。

每日： 1小時、 2小時、 3小時、 4小時、 5小時、 6小時  7小時、 8小時以上。

感謝您細心的填寫

這些資料將帶給我們寶貴的資訊

謝謝您再次的合作