

國立臺灣體育運動大學競技運動學系
碩士學位論文

優秀游泳選手訓練期間體液平衡之研究
A STUDY ON FLUID BALANCE DURING TRAINING IN
WELL-TRAINED SWIMMERS



研 究 生：薛淳方 撰

指導教授：張振崗 教授

中 華 民 國 101 年 7 月

論文名稱:優秀游泳選手訓練期間體液平衡之研究

總頁數:66

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:100 學年度第 2 學期碩士學位論文提要

研究生:薛淳方

指導教授:張振崗教授

中文摘要

對運動員而言，若運動時水份不足，會影響能量代謝、循環系統、體溫調節及肌肉收縮，進而降低運動表現。運動期間水份平衡與流汗率的相關研究，大多數探討陸上耐力與球類運動，而游泳選手訓練處於水的環境中，和陸上運動情況有很大的差異，但是相關研究卻相當少。本研究目的為探討優秀男女游泳選手在不同水溫環境下的流汗率及體液與電解質平衡狀況。本研究以 19 名長期接受游泳訓練者為受試者，分別於高水溫(30℃)與低水溫(22℃)環境進行測試。高水溫受試者共 14 名(10 名男性，4 名女性)，男性身高 174.0 ± 5.3 公分、體重 68.0 ± 11.4 公斤、年齡 16.0 ± 1.1 歲；女性身高 162.8 ± 3.0 公分、體重 57.1 ± 5.3 公斤、年齡 15.0 ± 1.4 歲。低水溫受試者共 5 名(2 名男性，3 名女性)，男性身高 173.5 ± 6.4 公分、體重 62.4 ± 5.6 公斤、年齡 17.0 ± 0.0 歲；女性身高 167 ± 2.6 公分、體重 59.5 ± 6.4 公斤、年齡 17.0 ± 0.0 歲。記錄訓練期間的飲水量，並在訓練前後，收集受試者體重、尿液與靜脈血液樣本。分析尿液滲透壓和比重值，及血漿中的血紅素、鈉、鉀、葡萄糖、乳酸和氨的濃度。在高水溫環境下流汗率分別為 0.57 ± 0.45 L/hr，喝水量分別為 0.55 ± 0.32 L/hr 體重變化率分別為 $0.29 \pm 1.00\%$ 。在低水溫環境下流汗率分別為 0.14 ± 0.30 L/hr；喝水量分別為 0.11 ± 0.03 L/hr，體重變

化率分別為 $-0.09\pm 1.02\%$ 。

在高水溫與低水溫的狀況下，喝水量與流汗率均呈現顯著正相關。平均訓練前後血液鈉離子偏高，鉀離子濃度以及尿液滲透壓均在正常值範圍。本研究結果顯示，游泳訓練的流汗率可能低於在相同環境溫度下進行的陸上運動；且流汗率較高的游泳選手，可能有較高的口渴感覺，而於訓練中攝取較多的水分。但仍有 5 名受試者在訓練後體重流失大於 1%，包括 3 名在高水溫環境，以及 2 名在低水溫環境。另外，在流汗率、喝水量、血液電解質濃度變化等變數，仍有顯著的個人差異。因此，游泳選手在訓練時，但仍有相當的排汗率，尤其是在高水溫的情況，應注意補充水份。

關鍵詞:流汗率、喝水量、體重變化率

Abstract

Dehydration has detrimental effect on energy metabolism, circulation, temperature regulation, and muscle contraction, leading to decreased exercise performance. Most studies that investigated fluid balance and sweat rate focus on endurance and ball sports on land. Swimmers are trained in water environment, which is very different from the situations in land. The purpose of this study is to investigate the fluid and electrolyte balance in well-trained male and female swimmers after a single training session in different water temperature. This study included 19 well-trained swimmers in high (30°C) and low (22°C) water temperature. The high water temperature trial included 14 subjects, 10 males and 4 females. The males averaged 174 ± 5.3 cm in height, 68 ± 11.4 kg in weight, and 16 ± 1.1 years. The females averaged 162.8 ± 3.0 cm in height, 57.1 ± 5.3 kg in weight, and 15 ± 1.4 years. The low water temperature trial included 5 subjects, 2 males and 3 females. The males averaged 173.5 ± 6.4 cm in height, 62.4 ± 5.6 kg in weight, and 17.0 ± 0.0 years. The females averaged 167 ± 2.6 cm in height, 59.5 ± 6.4 kg in weight, and 17.0 ± 0.0 years. Urine and venous blood samples were collected before, during, and after the training sessions. Body weight was measured before and after the training. The amount of water consumed during the training was recorded. Plasma concentrations of hemoglobin, sodium, potassium, glucose, lactate, and ammonia, and urine osmolarity and gravity were measured. In high water temperature trial, the sweat rate was 0.57 ± 0.45 L/hr, water consumption rate was 0.55 ± 0.32 L/hr, and body weight change rate was $0.29\pm1.00\%$. In low

water temperature trial, the sweat rate was 0.14 ± 0.30 L/hr, water consumption rate was 0.11 ± 0.03 L/hr, and body weight change rate was $-0.09 \pm 1.02\%$. In both trials, water consumption and sweat rate were positively correlated. Average plasma electrolytes and urine osmolarity were within the normal range. This study revealed that sweat rate in swimming may be lower than that in land exercise under similar temperature. In addition, the swimmers with higher sweat rates may have stronger feeling of thirst, therefore consumed more water during training. However, there were still 5 subjects who lost more than 1% body weight after the training, including 3 in high temperature trial and 2 in low temperature trial. This study also showed significant interpersonal differences in sweat rate, water consumption, and plasma electrolyte concentrations. In conclusion, the well-trained swimmers still have significant sweat rate, while the thirst feeling may not induce sufficient water consumption. Swimmers should be aware of sufficient water consumption during training, especially in high water temperature.

Key words : sweat rate, water consumption rate, body weight change rate

謝誌

從沒想過自己會考上研究所，甚至更沒想過自己會到運科這大家庭，這段時間，說長不長，說短不短。經過大風大浪，終於畢業了。最要感謝我的指導教授張振崗老師，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取得平衡，張老師告訴我不要讓人家說，達到了進研究所目的，就不練習了。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，從營養的攝取對運動員重要性及實際應用使我受益良多，在我受傷時，張老師不時關心我狀況更擔心我體力下滑，叮嚀我可藉由跑步與騎腳踏車維持心肺耐力，好讓之後回到運動場上的訓練可以更快跟上腳步。對於腦袋不開竅的我，張老師總是一而再、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，張振崗老師。

在研究計畫及論文口試，感謝口試委員巫錦霖教授、程一雄教授，悉心的提攜與指點，提供了許多值得思考的方向，使我的論文寫作方向更加明確。

還有一位要感謝的就是洪暉老師，在碩班這段期間因為練習受傷，老師得知後，給予我最好的防護員，幫助我做肌力訓練讓我盡快復原，雖然復健之路辛苦，也發生一些不在預料之中的事，還好有陳儀學姐陪伴我、鼓勵我、每天都詢問我狀況；幫我做復健才可以回到運動場上並奪得好成績。

謝謝蘇金德老師、李振昌老師的教導，讓我順利考上研究所，在這段期間無時無刻關心我的課業，每當大專運動會即將到來，老師更關心練習狀況是否維持最佳狀態，壓力難免有，告訴自己化壓力為助力，這樣就會

更有目標與動力了。

在實驗時，需要辛苦的受試者，首先，要特別感謝南港高中蔡軒宇老師，給我這個機會也全力協助我的論文實驗，還有南港高中的泳將們，謝謝你們的全力配合，在蔡老師細心與用心的帶領下，預祝各位選手再創佳績。還有西苑高中周志松老師及游泳隊的選手，辛苦你們了，你們真的是鋼鐵人丫~~在寒流來臨時，不畏寒冷的幫學姐完成論文實驗，雖然已經在泳池裡冷得半死，教練給的課表，你們還是得練完拉~沒有你們大家的幫忙與協助，我想我真得沒辦法如期畢業吧!!

感謝在我做實驗時，有玉芳學姐、維哲學長、沂欣、阿貓、忠志、雅琄、伊甯、滷蛋，謝謝你們大家犧牲了自己時間協助我完成整個實驗，團結就是力量，沒有你們大家的幫忙與協助，我應該又要多延畢一年了吧!!哈哈~~最後論文寫作時，謝謝玉芳學姐、玫蕙學姐、志暉學長、名穗、雅琄、沂欣、滷蛋、伊甯、忠志、阿鑣，大家一起互相加油打氣，有問題時互相幫忙與協助並解決問題，因為有大家的陪伴，如今才能順利完成論文，謝謝你們大家。

目錄

中文摘要	I
ABSTRACT	III
謝誌	V
目錄	VII
表目錄	IX
圖目錄	X
第一章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究目的	2
第二章 文獻探討	3
第一節 游泳運動水份與電解質平衡	3
第二節 其他運動水份與電解質平衡	5
第三節 脫水對運動的影響	8
第四節 文獻總結	11
第三章 研究方法與步驟	13
第一節 研究對象	13
第二節 訓練課表	13
第三節 研究步驟	15
第四節 血液生化分析	16

第五節 資料處理	18
第肆章 結果	20
第一節 體液平衡	20
第二節 電解質平衡	22
第三節 血液生化值	22
第伍章 討論	24
第陸章 結論與建議	28
第一節 結論	28
第二節 建議	28
參考文獻	60
中文部份	60
英文部份	61
附錄一、受試者同意書	65

表目錄

表 一、游泳不同水溫的水份流失與流汗率	29
表 二、不同溫度水份流失與流汗率	30
表 三、全部受試者基本資料	32
表 四、男性受試者喝水量、體重變化率、流汗率、血漿體積改變率、訓練 前後尿液滲透壓	33
表 五、女性受試者喝水量、體重變化率、流汗率、血漿體積改變率、訓練 前後尿液滲透壓	34
表 六、高水溫受試者喝水量、訓練前後體重、血漿體積改變率、流汗量	35
表 七、高水溫受試者訓練前中後尿液比重	36
表 八、高水溫受試者訓練前中後尿液分析結果	37
表 九、低水溫受試者喝水量、訓練前後體重、血漿體積改變率、流汗量	38
表 十、低水溫受試者訓練前中後尿液比重	39
表 十一、低水溫受試者訓練前中後尿液分析結果	40
表 十二、高水溫訓練前後血液電解質分析結果	41
表 十三、低水溫訓練前後血液電解質分析結果	42
表 十四、高水溫受試者訓練前後血液葡萄糖、氮、乳酸分析結果	43
表 十五、低水溫受試者訓練前後血液葡萄糖、氮、乳酸分析結果	44

圖目錄

圖 一、全部受試者喝水量及流汗率之相關性	45
圖 二、全部受試者流汗率及體重變化率之相關性	46
圖 三、全部受試者喝水率及體重變化率之相關性	47
圖 四、全部受試者訓練前後尿液滲透壓之相關性	48
圖 五、高水溫受試者喝水量及流汗率之相關性	49
圖 六、高水溫受試者流汗率及體重變化率之相關性	50
圖 七、高水溫受試者喝水率及體重變化率之相關性	51
圖 八、高水溫受試者訓練前後尿液滲透壓之相關性	52
圖 九、高低水溫男性受試者喝水量及流汗率之相關性	53
圖 十、高低水溫男性受試者流汗率及體重變化率之相關性	54
圖 十一、高低水溫男性受試者喝水率及體重變化率之相關性	55
圖 十二、高低水溫男性受試者訓練前後尿液滲透壓之相關性	56
圖 十三、高低水溫女性受試者喝水量及流汗率之相關性	57
圖 十四、高低水溫女性受試者流汗率及體重變化率之相關性	58
圖 十五、高低水溫女性受試者喝水率及體重變化率之相關性	59

第一章 緒論

第一節 研究背景

體內水份和電解質的失衡可能影響細胞和組織功能，從而降低運動表現。運動中因汗水流失，會導致細胞內和細胞外的脫水，縱使很小程度的脫水(1%體重)，即可能會增加心血管功能的負擔，使運動中心跳率不成比例的增加；並且會限制肌肉產生的熱量傳遞到皮膚表面，因而不利於體內的熱量散失。因此，體內水分的缺乏會導致運動能力降低，而且容易導致熱損傷。

汗水中電解質（如鈉、鉀、鈣、鎂等）的流失量取決於汗水的總流失量和汗水中電解質的濃度，劇烈運動會讓身體的水份和電解質經由汗水流失，可能會導致運動能力降低、心律不整或肌肉抽筋等現象。

環境的溫度與濕度、空氣流通狀況、運動強度、運動者的個別差異、以及有否擦拭汗水等，都會改變運動時的流汗狀況。

目前研究已證實，過多的水份與電解質流失會影響運動表現，但大多數研究著重於陸上與耐力運動，游泳相關的研究很少。游泳雖然是在低於體溫的環境中進行運動，但是並不會因為身體週遭都是水，而不排出汗水。而且游泳選手會在不同水溫環境進行訓練，不同水溫可能造成不同的流汗率，水份與電解質流失過多，可能影響訓練的效果。

第二節 研究目的

本研究目的為探討優秀男女游泳選手在單一次訓練中，在不同水溫的環境下的流汗率，及體液與電解質鈉、鉀離子的平衡狀況。

第二章 文獻探討

運動中流汗造成的脫水其實是多種因素綜合影響的結果，包含運動強度和外界環境條件(溫度、濕度、風速等)個別差異；汗水中的電解質流失，也可能會造成體內電解質不平衡，這些都會影響運動表現，且會按遺傳、膳食、流汗速率和熱適應能力而有出入。雖然汗腺可重新吸收鈉和氯，但其吸收能力並不會隨著流汗速率的上升而有所提高，因而使汗水中鈉和氯的流失會隨著流汗加快而升高。熱適應 (heat acclimatization) 可增強汗腺再吸收鈉和氯的能力，使人體在任何汗液流失速率之下，汗液中氯化鈉的濃度都會較低 (Sawka, 2007)。

第一節 游泳運動水份與電解質平衡

Macaluso, Felice, Boscaino, Bonsignore, Stampone, Farina, and Morici (2011)以 9 名男性競技游泳選手為研究對象，分別在水溫 23、27 和 32°C 的環境游 5000 m，運動前後收集血液和尿液，並記錄體重。在水溫 32°C 脫水率 $2.2 \pm 0.7\%$ ，顯著高於 23°C ($0.9 \pm 0.5\%$)、27°C ($1.3 \pm 0.6\%$)，32°C 流汗率 (1.25 ± 0.37 L/hr)顯著高於 23°C (0.48 ± 0.28 L/hr)與 27°C (0.76 ± 0.36 L/hr);23°C 水溫的尿液量 (122.6 ± 62.4 ml)高於 27 與 32°C (分別為 78.2 ± 24.9 與 81.4 ± 37.0 ml)。鈉離子三種溫度測試前後之改變量均無顯著差異。

Maughan, Dargavel, Hares, and Shirreffs (2009)以 17 名訓練有素的游泳選手為研究對象，每天訓練 2 次，每次持續 105 分鐘高強度間歇訓練，距離 5000 m，先進行第一次測試，2 天後再進行第二次測試，兩次測試強度均相同，17 名受試者有 9 名受試者在早上 5:30-7:15 測試，另外 8 名受試者則在晚上 6:15-8:00 測試，兩天後兩組受試測試時間互換。室溫 36°C，水溫 27.4°C，訓練前後收集尿液及測量體重，喝水量 489 ± 270 ml。第一天與第二天平均體重下降 0.10 ± 0.50 kg，相當於脫水 $0.1 \pm 0.7\%$ ，血液鉀離子濃度第一天顯著高於第二天。

Leiper, and Maughan (2004)以 8 名競技游泳選手為對象，並以 6 名無規律運動同年齡選手為控制組，7 天中進行游泳訓練 9 次，距離共為 42.4 km，訓練水溫 26-29°C，競技游泳選手脫水為 54 ± 18 ml/kg/day，顯著大於控制組 28 ± 21 ml/kg/day，競技游泳選手 calculated non-renal daily water 降低為 41 ± 21 ml/kg/day，顯著大於控制組 13 ± 20 ml/kg/day。

Higham, Naughton, Burt, and Shi (2009)以 35 名競技游泳選手(男 18 名，女 17 名)和較少活動 41 名為對照組(男 29 名，女 12 名)為研究對象，受試者自行補充水份，連續監測 4 天，游泳選手一天訓練 2 次，每次訓練量最少 4500 m，控制組除學校以外的體育活動，身體活動不超過 5 小時，4 天期間游泳選手脫水程度 $2.37 \pm 1.11\%$ ，顯著高於對照組 $0.32 \pm 0.63\%$ ，相對游泳選手液體攝入顯著高於對照組，但仍不足以彌補汗水的流失。

Henkin, Sehl, and Meyer (2010)以 30 名男性為受試者，分別為耐力跑步運動員、耐力游泳選手、非運動員各 10 名，

於溫度 32°C，濕度 40%環境下，以 65-75%VO_{2max} 進行腳踏車運動 30 分鐘，游泳選手流汗量 0.9±0.3 L，與非運動員 0.6±0.2 L 無顯著差異，跑步運動員流汗量 1.5±0.2 L，顯著高於游泳選手和非運動員，顯示跑步運動員流汗率高於游泳選手和非運動員；汗液中電解質鈉離子和氯離子濃度方面，游泳選手 (65.4±5.5 和 61.2±8.1 mmol/L)，非運動員 (67.3±8.5 和 58.3±9.6 mmol/L)，顯著高於跑步運動員 (45.2±7.5 和 38.9±8.3 mmol/L)。

游泳雖是在水中進行運動，散熱功能較佳，但若水溫過高或訓練的時間過長，可能會造成流汗率增加、電解質流失現象、血漿體積降低。因此，在較高的水溫從事游泳訓練，應該注意水份的補充。但在低水溫環境，仍有一定程度水份流失，亦需注意水份補充。

第二節 其他運動水份與電解質平衡

Maughan, Merson, Broad, and Shirreffs (2004) 以 24 名英超聯賽足球隊球員為對象，於 90 分鐘季前訓練賽中，以無孔塑料薄膜貼於前臂，胸部，背部和大腿等部份，收集汗水，氣溫為 24-29°C，濕度 46-64%，體重比訓練前減少 1.10±0.43 kg，液體攝取量為 971±303 ml，估計總汗水流失 2033±413 ml，訓練前平均尿液滲透壓為 666±311 mosmol/kg，為正常範圍，顯示賽前體內水分充足。在另一研究中，Maughan, Shirreffs, Merson, and Horswill (2005) 以 17 名菁英足球運動員為研究對象，在溫度 5°C，相對濕度 81%環境下，進行 90 分鐘的訓

練，訓練中平均汗水流失 1690 ± 450 ml，液體攝入量為 423 ± 215 ml，平均汗液中的鈉離子濃度 42.5 ± 13.0 mmol/L；鉀離子濃度為 4.2 ± 1.0 mmol/L，訓練過程中氯化鈉流失 4.3 ± 1.8 g，結果顯示訓練後的體重顯著低於訓練前體重，相當於脫水 $1.62 \pm 0.55\%$ 。

Kurdak et al., (2010)以 22 名男選手為對象，探討在 $34.4 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 炎熱溫度環境下的足球比賽，汗水流失及飲水行為的狀況。進行 90 分鐘比賽後，水份攝取 1474 ± 423 ml，汗水流失 3.1 ± 0.6 L。第二場比賽，相同的球員在 2 週後，同樣在炎熱環境中，有 11 名球員，在比賽之前和比賽期間補充運動飲料 1347 ± 411 ml；另外 11 名補充等量水份，結果顯示，在炎熱的天氣，即使補充水份和運動飲料，電解質及汗水也會大量流失。

Walsh, Noakes, Hawley, and Dennis (1994)以 6 名自行車選手為研究對象，在氣溫 32°C ，以 $70\% \text{VO}_{2\text{max}}$ 運動 60 分鐘，在完全沒有水份補充的情況下，脫水程度為 1.8% 體重，以 $90\% \text{VO}_{2\text{max}}$ 運動至衰竭，並補充 400 ml 液體，則沒有脫水現象，完全沒有補充水份者，運動表現能力會降低 31% 。

Barr et al., (1991)以 5 男 3 女自行車耐力選手，分別進行 3 個測試(完全沒有水份補充、補充生理食鹽水、水份補充 25 mmol/l)，在溫度 30°C ，以 $55\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ，持續 6 小時運動，脫水程度完全沒有補充水份測試為 6.4% ，補充水份和補充生理食鹽水兩測試則沒有脫水。無任何水份補充者，運動表現明顯降低 25% 。

Bachle et al., (2001)以 10 名自行車愛好者為研究對象，在 21°C 中等溫度環境，以 $65\text{--}80\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ，持續 60 分鐘的自

行車運動，分別補充水份 1200 ml 及沒有水份補充，在沒有水份補充的情況下，脫水程度 1.0% 體重，水份補充測試則增加 0.5% 體重，運動表現和疲勞程度在兩測試間則無差異。

McConnell et al., (1999) 以 8 名訓練有素男性自行車耐力選手為研究對象，在溫度 21°C，以 80%VO_{2max} 運動 45 分鐘，隨後進行 15 分鐘全力運動，二次測試分別為隨時接受水份補充及沒有水份補充，在沒有水份補充測試脫水程度 1.9±0.0%，高於水份補充測試 0.0±0.1%，但運動表現並無差異。

Robinson et al., (1995) 以 8 名耐力自行車為研究對象，在溫度 20°C，以 85%VO_{2max} 運動 60 分鐘，分別進行沒有補充水份及水份補充(人工甜味劑+水)二個測試，沒有補充水份測試脫水 2.3% 體重，顯著高於水份補充測試之 0.9% 體重，沒有補充水份測試之受試者直腸溫度明顯上升，水份補充測試的運動表現增加 1.7%。

Fallowfield et al., (1996) 以 8 名受試者為研究對象，在溫度 20°C，以 70%VO_{2max} 跑至衰竭，受試者各進行 2 次測試，第一次為完全無任攝取何液體，第二次每 15 分鐘攝取 2.0 ml/kg 液體，水份補充測試脫水程度比無任何液體補充測試少 2.7%。

Mudambo et al., (1997) 以 18 名受試者無補充水，及 6 名受試者每 20 分鐘補充 400 ml 之液體，在熱環境進行 3 小時跑走測試，無補充液體組脫水程度為 7%，高於補充液體組 2.8%，沒有補充組疲勞速率明顯增加，且 18 名中有 6 名未完成實驗。

Lott and Galloway (2011) 以 16 名室內網球比賽男性為研究對象，在室內溫度 17±2°C，相對濕度 42±9% 環境進行比賽，

比賽時間 68.1 ± 12.8 分鐘，流汗率 1.1 ± 0.4 L/hr，液體攝取為 1.0 ± 0.6 L/hr，體重流失 0.15 ± 0.74 %，結果顯示，在溫和的室溫條件下攝取足夠的液體，可以完全彌補汗水的流失。

第三節 脫水對運動的影響

實際的汗水流失速率會因個別運動員、運動項目和氣候的不同而有出入，而脫水對運動影響，會因環境溫度、運動種類和個人生理特質而有差異。

Shirreffs (2005)指出身體健康或耐力運動時在冷環境溫度 ($5-10^{\circ}\text{C}$) 或常溫 ($20-22^{\circ}\text{C}$)，有些人可以忍受體內水分損失達2%體重，但在高環境溫度(30°C 以上)，水分損失達2%體重，運動能力則會顯著下降，並可能會造成熱損傷。

Maughan and Shirreffs (2010)指出在持續長時間運動和熱環境中，嚴重脫水會損害身體和心理及表現的下降，運動前體內水份情況，可以根據尿液的頻率、數量、顏色、比重值或滲透壓來評估。運動時，水份狀況的變化，從運動前後體重變化，及運動期間水份攝取量，可以估計汗水的損失，運動前水份狀況液體和電解質補充需要考慮到個人需求。

Duvillard, Arciero, Tietjen-Smith, and Alford (2008)指出根據不同類型訓練或比賽，長時間耐力運動項目應補充含碳水化合物和電解質的液體，水份不足明顯會影響表現，增加熱壓力，降低血漿量，加速疲勞，然而，過度飲水可能導致鈉離子過低，在某些情況下可能會導致低血鈉症。

運動時體重的改變可以用來計算汗液的流失速率。由於

汗液的比重 (specific gravity) 約為 1.0 g/ml，每減輕 1 g 的體重就代表流失了 1 ml 的汗水。因此，運動前後體重的改變則可以用作水分補充的指標。對大部分人來說，水分流失超過 2% 體重，便會開始影響到有氧運動和認知上的表現在炎熱的天氣下尤其顯著，但實際情況會按環境溫度、運動種類和個人生理特質而有差異。在較寒冷的天氣下，脫水超過 3% 體重，才會開始影響到有氧運動的表現。不過，即使脫水程度超過 3-5% 體重，仍不會影響到無氧運動和肌肉力量的表現 (Sawka 等，2007)。

Maughan (2010) 指出馬拉松選手競賽，最佳溫度一般為 10-12°C，在高溫、高濕度進行馬拉松競賽會影響耐力運動表現，脫水會降低心血管功能，導致肌肉、皮膚等組織血流減少。有越來越多的證據顯示，高環境溫度和脫水會影響運動表現。

Shirreffs (2009) 指出脫水會影響身體和心理表現，但目前大多研究針對耐力運動項目，在高溫環境中 (31-32°C)，脫水相當於 2% 體重，會損害運動耐力表現，如果在溫帶環境 (20-21°C)，脫水 2% 體重，對運動表現的影響較小。

Sawka et al., (1992) 指出，受試者在相同環境下，以 47% $\text{VO}_{2\text{max}}$ 運動至衰竭，受試者分別處於體水恆定及脫水 8% 體重的狀況，結果顯示嚴重脫水會導致運動持續時間顯著降低。

Sawka 等 (2007) 指出，運動員在訓練及比賽中，每小時流失 0.5 至 2.0 公升的汗液。Godek, Bartolozzi 與 Godek (2005) 發現，夏天時進行越野賽跑，平均流汗率為 1.77 L/hr；冬天進行半程馬拉松，平均汗水流水仍可達 1.49

L/hr (Burke, 2005)。

脫水不但會影響到運動表現，甚至可能導致熱衰竭，或中暑的嚴重後果。美國一個為期22年的長期研究顯示(Carter等, 2005)，中暑而需要留院的軍人，約有17%脫水的情況。骨骼肌的抽筋情況也認為是由於脫水，再加上電解質不足和肌肉疲勞所致；而且容易抽筋的人士，亦認為是出汗較多並同時流失大量鈉的一群(Bergeron, 2003; Stofan 等, 2001)。

Maughan & Shirreffs (2010)指出脫水如果嚴重，會影響到運動表現及危害身體健康，爆發力型選手影響則較小，耐力運動或團隊及激烈運動將會受到影響，輕度脫水不會造成人體傷害，許多運動員在訓練前已有脫水現象，但鼓勵運動員在訓練前就需補充足夠水份。

American College of Sports Medicine 對運動時水分的補充有下列的建議 (Sawka, 2007)：

運動前的 4 小時，便應開始按體重補充水份（約5-7 ml/kg），如果之後未有小便或尿液的顏色仍較深，便應在運動前的 2 小時，再按體重補充水份（約3-5 ml/kg）。在運動前數小時開始補充水份，能確保尿液的輸出，亦即體內的水平衡，在運動開始前已回復正常。飲用含鈉的飲料或飲料中加少量食鹽，能刺激口渴的感覺及保存喝進的水份。一般來說，15-21 °C 的水較為可口。

運動時水份補充的目標就是防止脫水（超過2%體重）和保持電解質的平衡，補充的量和速率要按個人的汗液流失速率、運動的持續時間和可以給予補充水份的機會（水站的設置）而定。運動的持續時間越長（超過 3 小時），水份補充與汗液流失之間的平衡越加重要，否則會造成脫水或運動性

低血鈉症。此外，個子大小有別的運動員，在不同的氣候環境下，進行不同速度的運動時，汗液流失速率的範圍約是 0.4-1.8 L/hr。

賽前體內水平衡正常的馬拉松運動員，Noakes (2003) 建議可隨意飲用飲料 0.4-0.8 L / hr。運動員的跑速越高，體重越重，氣候越炎熱，喝的應當較多；反過來說，個子較小，體重較輕，速度較慢的運動員，可以相對喝少些。Montain, Cheuvront 和 Sawka (2006) 也認同這個飲用分量。

Duvillard, Braun, Markofski, Beneke, and Leithäuser (2004) 許多研究證實，當運動員脫水 2% 體重，運動表現會下降，指出耐力運動員，訓練期間和訓練之後或比賽，應補充含有碳水化合物和電解質之液體。建議運動員在訓練前 1-2 小時前約喝 500 ml 的液體，飲用涼或冷的飲料，訓練中定期補充液體減少汗水損失。對於激烈的長時間運動持續時間超過 1 小時，運動員要補充醣類 30-60g/hr，及水份 600 至 1200 ml/hr，有效方法則在含有碳水化合物，加入鈉 (0.5-0.7 g/L)。在訓練期間或比賽，水份適當的補充，減少水份流失，避免過多的脫水，並維持血漿量，延緩疲勞維持運動表現並防止受傷。

第四節 文獻總結

過去流汗率和水份平衡，大多數研究著重於陸上運動，游泳相關的研究很少；從過去研究結果顯示，游泳運動流汗率小於陸上運動。

運動強度的高低與運動時間的長短，會影響流汗率與脫水率，當運動員脫水達2%體重，訓練效果與運動表現會下降。

人體內的水份隨時隨地都在流失，身體需要適時的補充水份，以達到體內的電解質平衡，在大量的水份流失時，不但要補充水份，還要補充電解質，運動員在激烈運動後，可飲用適量的含電解質飲料來補充。

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究分為二部份，高水溫部份以台北市立南港高中游泳隊 4 名女性，10 名男性為受試者，實驗時間在 2012 年 6 月 8 日，當日水溫 30℃，氣溫 29℃，濕度 90%；及 6 月 15 日，水溫 30℃，氣溫 31℃，濕度 81%，實驗地點為南港高中游泳池。低水溫部份，對象為臺中市游泳代表隊 3 名女性，2 名男性，實驗時間在 2012 年 3 月 9 日，當天水溫 22℃，氣溫 13℃，濕度 86%，實驗地點為臺中市三信游泳池。受試者均在全國中等學校運動會獲得個人或團體項目前三名，其中有 4 名受試者為 2011 世界中學運動會選手。受試者都是在身心狀況健康及正常情況下參與本實驗，在實驗開始前，會讓受試者與教練了解實驗程序與內容，受試者與監護人需簽署同意書。

第二節 訓練課表

訓練期間訓練課表依照訓練計畫進行，訓練量與強度，由教練當天訓練課程為主。不因本實驗之干擾，更改訓練課表。

一、高水溫訓練課表，6 月 8 日：

1.10×50 抬頭捷 55 秒/趟。

2.自由式打腿 20×50 公尺，50 秒/趟(4 休 1)。

3.夾浮板自由式 16×75 公尺，3、5、7 換氣；1:00/趟。

4.【25 公尺蝶式(25 秒/趟)+25 公尺自由式(45 秒/趟)+25 公尺衝刺+50 公尺自由式(1:05/趟)+25 公尺蝶式+75 公尺自由式(1:25/趟)+25 公尺蝶式+100 公尺自由式(1:45/趟)】四循環×2，組間休 1:00；25 公尺蝶式強度 100%，自由式男生 70%；女生 85%的強度；受試者訓練秒數均一致。

5.200 公尺慢游

6.總訓練時間 2 小時

二、高水溫受試者 14 號訓練課表：

1.400 公尺自由式慢游

2.20×50 公尺混合式基本動作 50 秒/趟

3.10×100 公尺夾浮板自由式 1:15/趟

4.10×50 自由式 1:00/趟，3 快 2 慢；2 快 2 慢；1 快

5.200 公尺慢游

6.總訓練時間 30 分鐘

三、高水溫訓練課表，6 月 15 日：

1.【75×1+100×1+75×1+100×1+75×1+100×1+75×1+100×1】

×3；1:15/趟；組間休 1:00。受試者訓練秒數均一致。

2.16 號受試者在第三組的課表為：50×16 蛙式分解 55 秒/趟。

3.200 公尺慢游

4.總訓練時間 1 小時 10 分。

四、低水溫訓練課表：

- 1.慢游 200 公尺+自由式技術 400 公尺。
- 2.打腿主項 8×100 公尺 2:00/趟。
- 3.帶板夾浮板划手 8×100(50 仰/50 自) 1:35/趟。
- 4.自由式 2×【8×150】第一組徒手、第二組帶板，個別秒數:11 號受試者第一組 1:45/趟、第二組 1:40/趟；12、19 號受試者第一組 1:55/趟、第二組 1:50/趟；17、18 號受試者第一組 2:05/趟、第二組 2:00/趟。
- 5.混合式 8×100 公尺，個別秒數:11、12、19 號 1:30/趟；17、18 號 1:40/趟。
- 6.受試者個人主項 20×50 公尺，個別秒數:11、12、19 號 50 秒/趟；17 號 55 秒/趟；19 號 1:00/趟。
- 7.200 公尺慢游
- 8.總訓練時間 2 小時

第三節 研究步驟

受試者平時每天訓練兩次，早上 6:30-8:30，下午 15:30-18:00，實驗時間為下午，測試當日受試者早上不做任何運動與訓練，測試均在游泳池，測驗當天量測水溫及記錄天氣溫度、濕度，記錄訓練課表，在訓練前、後，收集受試者所有尿液並秤重，及採集 10 ml 的靜脈血，供後續分析。

在進行訓練前第一次抽血，以經過 heparin 沖洗管壁之針筒，採集靜脈血 10 ml，將 1 ml 裝入針筒中，進行血液氣體的分析；其餘裝入於含有 heparin 之真空管中，送回實驗

室進行後續分析。

受試者著裝泳衣褲前，僅穿著內衣褲，測量體重，訓練結束後，受試者將身體擦乾及吹乾頭髮後，僅穿著相同內衣褲，再次量測體重。體重量測使用電子體重計(HD-382，TANITA，Japan)，取到小數第一位。

受試者的水瓶秤重使用電子秤(SF-400，China)，需先秤空瓶重量後，裝滿水後再一次秤重並記錄。整個訓練期間，受試者飲水只可以使用自己水瓶，並保持正常飲水狀況，且不可以將喝下去的水吐出。訓練後，受試者的水瓶再秤重。根據訓練前後水量差異，計算飲水量。

第四節 血液生化分析

血液檢測項目包含：白血球、紅血球、血紅素(Hemoglobin, Hb)、鈉離子、鉀離子、乳酸(lactate)、氨(NH₃)、葡萄糖(glucose)。

尿液檢測項目包含：尿液滲透壓(urine osmolality)、比重值(specific gravity)。

一、各項血液生化值分析

(一)血液氣體分析

以血液氣體分析儀(Osmetech OPTI4, Emergo, 歐洲)分析白血球、紅血球、血紅素、鈉離子、鉀離子。

(二)血球分析儀

以血球分析儀 (KX-21N, Sysmex, Kobe, Japan) 分析血比容、血紅素，再根據以下公式校正血漿體積變化量：

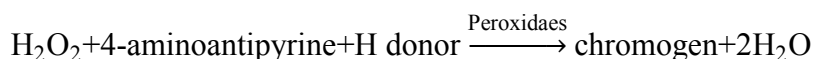
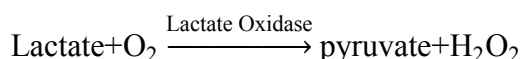
$$\Delta PV(\%) = 100 \times \left[100 \times (\text{Hb pre} / \text{Hct post}) \times (1 - \text{Hct post} / 100) - 100 + \text{Hct pre} / (100 - \text{Hct pre}) \right]$$

(ΔPV = 血漿變化量；Hb = 血紅素；Hct = 血比容)

$$\text{校正後數據} = \text{原始數據} \times \left[(100 + \Delta PV\%) / 100 \right]$$

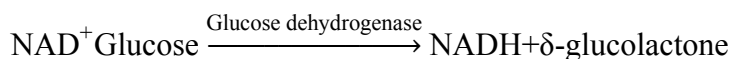
(三) 乳酸

血漿中乳酸濃度分析，採用商業試劑組 (11822837, Cobas, Co.)，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 550 nm，化學反應原理如下：



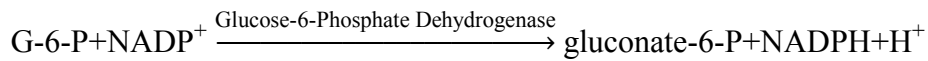
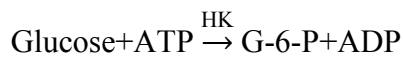
(四) 氨

血漿中氨濃度分析，採用商業試劑組 (77836、77837, 關東化學株式會社, Tokyo, Japan)，以全自動生化分析儀檢測，吸光值波長 450 nm，化學反應原理如下：



(五) 葡萄糖

血漿中葡萄糖濃度分析，採用商業試劑組(326022199、326022205，神奈川株式會社，Kanto, Japan)，以全自動生化分析檢測，吸光值波長 340 nm，副波長 450 nm，化學反應原理如下：



二、尿液檢測

尿液樣本取 50ml 送聯明醫事檢驗所分析比重值、滲透壓。

第五節 資料處理

假設汗水與飲水的比重均為 1.0 g/ml。利用 Pearson 相關分析所有受試者、不同水溫、不同性別受試者之體重變化量、喝水量、流汗量、訓練前尿液滲透壓、體重變化率、訓練後尿液滲透壓、血漿體積變化率等變數之間的相關性。

訓練前後鈉離子、鉀離子、葡萄糖、氮、乳酸之濃度，利用配對樣本 t 檢定。

訓練前中後尿液比重值，利用重複量數 (repeated measurement One-way ANOVA)。所有資料以 SPSS for Windows 18.0 版分析， $p < 0.05$ 達統計顯著水準。

$$\text{體重變化量} = (\text{訓練後體重} - \text{訓練後尿液重}) - (\text{訓練前體重} - \text{訓練前尿液重})$$

$$\text{體重變化率}(\%) = \frac{(\text{訓練後體重} - \text{訓練後尿液重}) - (\text{訓練前體重} - \text{訓練前尿液重})}{\text{訓練前體重} - \text{訓練前尿液重}} \times 100\%$$

$$\text{流汗量}(\text{ml}) = \text{體重變化量}(\text{g}) - \text{喝水量}(\text{ml})$$

$$\text{流汗率}(\%) = \frac{\text{流汗量}(\text{L})}{\text{體重}(\text{kg})} \times 100\%$$

$$\text{流汗率}(\text{L/hr}) = \frac{\text{流汗量}(\text{L})}{\text{總訓練時間}(\text{hr})}$$

第肆章 結果

本研究對象共 19 名，分別在高水溫與低水溫環境進行訓練。高水溫受試者共 14 名，男性 10 名身高 174.0 ± 5.3 公分、體重 68.0 ± 11.4 公斤、年齡 16.0 ± 1.1 歲；女性 4 名身高 162.8 ± 3.0 公分、體重 57.1 ± 5.3 公斤、年齡 15.0 ± 1.4 歲。低水溫受試者共 5 名，男性 2 名身高 173.5 ± 6.4 公分、體重 62.4 ± 5.6 公斤、年齡 17.0 ± 0.0 歲；女性 3 名身高 167.0 ± 2.6 公分、體重 59.5 ± 6.4 公斤、年齡 17.0 ± 0.0 歲，如表三。

第一節 體液平衡

(一) 全部受試者

全部男性受試者訓練前後體液平衡狀況如表四，流汗率 $1.73 \pm 1.56\%$ 、 0.59 ± 0.47 L/hr。全部女性受試者訓練前後體液平衡狀況如表五，流汗率 $0.52 \pm 1.07\%$ 、 0.24 ± 0.36 L/hr。其中有 6 名受試者訓練後脫水 0-1%，另有 4 名受試者脫水大於 1%。

全部受試者喝水量 (0.44 ± 0.34 L/hr) 及流汗率 (0.46 ± 0.45 L/hr)，兩者達顯著相關 ($r=0.314$ ， $p<0.05$) (圖一)。流汗率 (0.46 ± 0.45 L/hr) 及體重變化率 (0.05 ± 0.02 L/hr) 兩者達顯著相關 ($r=0.558$ ， $p<0.01$) (圖二)，顯示訓練時，流汗量多者，飲水亦較多。喝水率及體重變化率無顯著相關，圖三。訓練

前、後尿液滲透壓關係如圖四，兩者呈低度正相關($r=0.335$ ， $p<0.05$)。

(二) 高水溫受試者

高水溫受試者訓練前後體液平衡如表六，流汗率 0.57 ± 0.45 L/hr，體重變化率 $0.29\pm1.00\%$ 。

高水溫受試者喝水量及流汗率無顯著相關(圖五)，流汗率及體重變化率的關係無顯著相關(圖六)，喝水率及體重變化率的關係無顯著相關如圖七。訓練前、後尿液滲透壓關係如圖八，結果顯示兩者達低度相關($r=0.371$ ， $p<0.05$)。

高水溫訓練前中後尿液比重值如表七，具有顯著時間效應($p=0.002$)，訓練中顯著低於訓練前與訓練後，尿液分析結果如表八，訓練前中後尿液滲透壓均在正常範圍內。

(三) 低水溫受試者

低水溫受試者訓練前後體液平衡如表九，流汗率 0.14 ± 0.30 L/hr，體重變化率 $-0.09\pm1.02\%$ 。

低水溫訓練前中後尿液比重值無顯著差異(表十)，尿液分析結果如表十一，訓練前中後尿液滲透壓均在正常範圍內。

(四) 全部男性受試者

全部男性受試者喝水量及流汗率的關係如圖九，結果顯示兩者無顯著($r=0.235$ ， $p=0.110$)。流汗率及體重變化率的關係如圖十，結果顯示無顯著相關。喝水率及體重變化率的關係如圖十一，顯示兩者無顯著相關。訓練前、後尿液滲透

壓關係如圖十二，結果顯示兩者達顯著正相關($r=0.585$ ， $p<0.01$)。而有 1 名受試者在訓練前尿液滲透壓超過參考值範圍，表示在訓練前可能已出現脫水現象。

(五) 全部女性受試者

受試者喝水量及流汗率的關係如圖十三，兩者間沒有相關。流汗率及體重變化率的關係如圖十四，兩者無相關性。喝水率及體重變化率的關係如圖十五，顯示兩者無顯著相關。

第二節 電解質平衡

一、高水溫

全部高水溫受試者訓練前後血液鈉、鉀離子濃度如表十二，鈉、鉀離子濃度訓練前後無顯著差異($p=0.880$ and $p=0.278$)，全部受試者訓練前後鈉離子濃度偏高。

二、低水溫

全部低水溫受試者訓練前後血液鈉、鉀離子濃度如表十三，鈉、鉀離子濃度訓練前後無顯著差異($p=0.599$ and $p=0.175$)，有 4 名受試者訓練前後鈉離子濃度偏高。

第三節 血液生化值

一、葡萄糖濃度

高水溫訓練前後葡萄糖濃度無顯著差異 ($p=0.176$)，如表十四。低水溫訓練前後葡萄糖濃度無顯著差異 ($p=0.592$)，如表十五。

二、 氮濃度

高水溫訓練前後氮濃度無顯著差異 ($p=0.089$)，如表十四。低水溫訓練前後氮濃度無顯著差異 ($p=0.255$)，如表十五。

三、 乳酸濃度

在高水溫訓練前乳酸濃度 3.05 ± 0.70 mmol/L，訓練後乳酸濃度 2.75 ± 1.06 mmol/L，訓練前乳酸高於訓練後乳酸，但無顯著差異 ($p=0.055$)，如表十四。可能因為游泳訓練的收操與陸上運動可能有所不同，游泳訓練結束收操都是在水裡放鬆慢游，使訓練後乳酸已大部份代謝。低水溫的訓練前乳酸濃度 2.15 ± 0.42 mmol/L，訓練後乳酸濃度 2.02 ± 0.73 mmol/L，無顯著差異 ($p=0.577$)，如表十五。

第伍章 討論

本實驗主要結果顯示，高水溫流汗率 0.57 ± 0.45 L/hr，低水溫流汗率 0.14 ± 0.30 L/hr，仍有顯著汗水流失，且高水溫流失較多；若訓練期間水份補充不足，仍會脫水。喝水量與流汗率，呈現顯著正相關，表示流汗越多，喝水也越多，但是喝水量與流汗率都有很大個人差異。

本研究流汗率，與 Henkin 等人(2010)游泳運動員流汗率 0.9 ± 0.3 L/hr 之結果相較，無論高水溫與低水溫的流汗率，本研究流汗率均較少。本研究高水溫(30°C)流汗率 1.58 ± 1.57 %，低水溫(22°C)流汗率平均 0.47 ± 0.98 %，與過去 Macaluso 等人 (2011) 在 32°C 游泳後流汗率 2.2 ± 0.7 %與 23°C 游泳後流汗率 0.9 ± 0.5 %，研究結果相較，本研究結果流汗率較少。

本研究高水溫與其他運動項目比較，在 $34.4 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 炎熱天氣，進行 90 分鐘的足球比賽，流汗率 2.2 ± 0.9 % (Kurdak, et al., 2010)。Mudambo 等人(1997)在 39°C 炎熱天氣進行 3 小時，跑走測試，自由補充水份，體重流失 2.8%。過去研究顯示其他運動項目的流汗率都明顯高於本研究高水溫流汗率，推估可能與運動時間與強度有所影響。從研究結果顯示，游泳運動員流汗率與其他運動項目比較，游泳運動員的流汗率都比陸上或其他運動項目流汗率少。

低水溫與其他運動項目， 21°C 中等環境溫度，騎乘自行車 60 分鐘，自由補充水分，則體重增加 0.5 %，(Bachle, et al., 2001)。相同環境，自行車測試，以 85% $\text{VO}_{2\text{max}}$ 運動 1

小時，自由補充水份，體重增加 $0.0 \pm 0.1\%$ (McConnell, et al., 1999)，與過去的研究比較，本研究低水溫流汗率較高。

Maughan 等人(2004)指出在足球運動員，90 分鐘訓練，液體攝取量為 971 ± 303 ml，總汗水流失 2033 ± 413 ml。在另一研究中，Maughan 等人(2005)指出足球運動員，在 5°C 低溫環境下訓練 90 分鐘，液體攝入為 423 ± 215 ml；汗水流失為 1.69 ± 0.45 L。

Bachel 等人(2001)指出持續 60 分鐘自行車運動，補充水份 1200 ml，體重上升 0.5%。McConnell 等人(1999)指出自行車耐力選手以 $80\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ，持續 45 分鐘，自由補充水分，結果顯示脫水率 $1.9 \pm 0.0\%$ 。Robinson 等人(1995)指出自行車選手以 $85\% \text{VO}_{2\text{max}}$ 運動 1 小時，自由補充水份，脫水率 0.9%。Mudambo 等人(1997)指出每 20 分鐘補充 400 ml 液體，在熱環境下進行 3 小時走跑測試運動，脫水程度為 2.8%。Lott 等人(2011)指出網球室內比賽，受試者流汗率為 1.1 ± 0.4 L/hr；液體攝取為 1.0 ± 0.6 L/hr；體重流失 $0.15 \pm 0.74\%$ 。結果顯示，在溫和的室溫條件下攝取足夠的液體，可減少汗水流失。以上的研究指出，運動時水份攝取的多寡，會影響運動後水份流失及流汗率。

本研究受試者自行選擇喝水量，無論在高水溫或低水溫，訓練後女性體重變化有下降趨勢，男性選手沒有。女性選手攝取的水量 (254.0 ± 150.6 ml)，低於男性選手攝取的水量 (545.9 ± 371.6 ml)，顯示女性選手可能較容易有脫水現象。

本研究在電解質濃度鈉離子高於過去 Macaluso 等人(2005)研究， 23°C 測試前、後 (Pre 141.0 ± 1.4 ; Post 141.0 ± 1.6 mmol/L) 與 32°C (Pre 141.2 ± 1.8 ; Post 144.3 ± 1.0 mmol/L)

及 27°C (Pre 136.7 ± 2.2 ; Post 138.5 ± 2.7 mmol/L)。而本研究高水溫訓練前鈉離子濃度 156.6 ± 4.7 mmol/L；訓練後 157.0 ± 10.21 mmol/L，低水溫訓練前鈉離子濃度 155.3 ± 7.6 mmol/L；訓練後 160.8 ± 17.9 mmol/L。

Maughan 等人 (2004)在足球項目中，訓練前尿液滲透壓為 666 ± 311 mOsmol/kg 在正常範圍值，本研究高水溫低水溫受試者訓練前後尿液滲透壓，都在正常範圍內，表示受試者在訓練前身體內的水份充足。

然而在本研究受試者中，有 4 名受試者在訓練前尿液滲透壓接近範圍上限，2 名受試者訓練中喝水量比較多分別為 1105.5 ml/hr、814 ml/hr；另外兩名受試者雖然喝水量不算多 344 ml/hr、280.2 ml/hr，雖然有個體差異，但這 4 名受試者在訓練前身體已有缺水狀況，雖然這些受試者在訓練中都有補充水份，但他們訓練後身體內還是處於缺水情況，建議訓練前盡量保持水份充足，訓練後才不會造成水份不足現象。

本研究顯示，在高低水溫訓練前後，葡萄糖無顯著差異，可得知受試者在整個訓練期間能量來源是充足的。而氮，在高低水溫的訓練前後同樣沒有達到顯著差異，雖然高低水溫訓練前後氮濃度無顯著差異，但高水溫訓練前後氮濃度數值明顯比低水溫偏高，本實驗並沒有飲食控制，可能導致高水溫氮濃度數值偏高之原因。乳酸在高低水溫訓練前後沒有達顯著差異，可能與訓練強度或間歇訓練課表及受試者在訓練後會放鬆慢游收操，而影響到乳酸在訓練後沒有達顯著的原因。

實際的建議在訓練前 2 小時，至少先攝取 500 ml 的液體，訓練前 15 分鐘再攝取 500 ml 的液體；在訓練的期間中，15-20

分鐘攝取 120-180 ml 的液體，需養成這樣習慣的喝水頻率不要等到口渴再喝水，如果訓練期間超過 60 分鐘，可考慮飲用運動飲料。

為了讓身體隨時保有足夠的水份，在運動期間，最好每 15 分鐘就補充適量的液體，不要等到感覺口渴了再找水喝，那時身體其實已處於口渴或是缺水狀態，對運動員訓練效果不佳，進而影響運動表現。

American College of Sports Medicine (Sawka, 2007)，對陸上運動時水份補充，在涼爽(炎熱)的運動環境或高(低)強度運動，建議補充 0.4-0.8 L/hr 的液體。根據本研究游泳高水溫流汗率 0.57 ± 0.45 L/hr，低水溫流汗率 0.14 ± 0.30 L/hr，建議以此數據做為游泳運動員訓練期間補充液體的基準，但個別運動員仍需於運動前後測量體重，評估個人汗水流失狀況，再調整個人液體攝取量，當運動員喝足夠水份，可以避免脫水，進而維持運動表現。

第陸章 結論與建議

第一節 結論

游泳選手訓練時，較不感覺口渴，可能造成運動員忽視補充水份，但仍有一定程度的排汗，不論高低水溫環境，均應注意補充水份，尤其高水溫環境流汗較多，更應注意水份補充。

第二節 建議

本研究並沒有分析流汗率、脫水率對運動表現及監測心率，未來研究可以進一步探討

表 一、游泳不同水溫的水份流失與流汗率

時間/強度	水溫(°C)	流汗率/脫水程度	參考文獻
模擬比賽在開放水域游 5000m 無補充水份	23 27 32	脫水程度 23°C:0.9±0.5% 27°C:1.3±0.6% 32°C:2.2±0.7% 32°C 水溫脫水程度顯著高於 23°C、27°C	Macaluso, et al., 2011
105 分鐘的高強度間歇訓練，距離 5000m 平均喝水量 489±270 毫升	27.4	脫水程度 0.1±0.7%	Maughan, et al., 2009
控制組無規律運動 水分攝取 1500±30 ml/天 游泳持續 7 天的研究，共 9 次訓練，平均訓練量共 42.4km 水分攝取 1700±80 ml/天	26-29	游泳選手水份流失(54±18ml · kg · day ⁻¹) 顯著高於控制組(28±21 ml · kg · day ⁻¹)	John, et al., 2004
游泳 跑步 非運動員 65-75%Vo ₂ max，持續 30 分鐘腳踏車測試 測試 2 小時後給予 500 c.c.水份	32	流汗率 游泳 0.9±0.3 L/hr 跑步 1.5±0.2 L/hr 非運動員 0.6±0.2 L/hr 跑步者的流汗量顯著高於游泳選手和非運動員	Henkin et al., 2010

表 二、不同溫度水份流失與流汗率

運動種類	氣溫(°C)	流汗率/脫水程度	參考文獻
足球 90 分鐘的訓練 液體攝取 971±303ml	24-29	流汗率 2033±413 ml/hr	Maughan, et al., 2004
足球 90 分鐘比賽 11 名受試者，賽前 賽中給予補充運動飲料，另外 11 名補充水份	34.4±0.6	脫水 2.2±0.9%	Kurdak, et al., 2010
進行兩次自行車測試，以隨機採樣 1.持續 60 分鐘 70%VO _{2max} 無補充水份 2.90% VO _{2max} 至衰竭 補充氯化鈉	32	沒有補充水份組脫水 1.8%	Walsh, et al., 1994
自行車耐力運動員 55% VO _{2max} 持續 6 小時運動	30	1.沒有補充組脫水 6.4% 2.補充水份、生理鹽水沒有脫水	Barr, et al., 1991
自行車持續 60 分鐘的運動表現測試	21	1.沒有水份補充組脫水 1.0% 2.水份補充則增加體重 0.5%	Bachle, et al., 2001
足球 90 分鐘訓練 液體攝取 423±215ml	5	1.69±0.45 L/hr	Maughan et al., 2005

運動種類	氣溫(°C)	脫水程度	參考文獻
自行車 以 80%VO _{2max} 持續運動 60 分鐘	20	1.沒有補充組脫水 2.3%顯著高於水份補充 0.9% 2.水份補充運動表現提昇 1.7%	Robinson, et al., 1995
70%VO _{2max} 至衰竭 進行兩次測試，一次無補充，另一次 每 15 分鐘補充 2.0 ml/kg	20	未補充液體脫水 2.7 % 運動表現未補充液體的衰竭時間較快	Fallowfield, et al., 1996
走、跑測試 3 小時 18 名受試者為補充液體 6 名受試者每 20 分鐘補充 400ml 液體	39	未補充液體脫水 7%,顯著高於補充液體 2.8%	Mudambo, et al., 1997
室內網球比賽 68.1±12.8 分鐘 液體攝取 1000ml	17±2	體重流失 0.15±0.74 % 流汗率 1.1±0.4 L/hr	Matthew, et al., 2011
自行車，持續 1 小時測試 45 分鐘 85% VO _{2max} ，隨後進行 15 分鐘全力運動	21	沒有補充水份脫水 1.9±0.0% 水份補充 0.0±0.1%	Mcconell, et al., 1999

表 三、全部受試者基本資料（平均數±標準差）

高水溫	身高 (公分)	體重 (公斤)	年齡 (歲)
男 (n=10)	174.0±5.3	68±11.4	16±1.1
女 (n=4)	162.8±3.0	57.1±5.3	15±1.4

低水溫	身高 (公分)	體重 (公斤)	年齡 (歲)
男 (n=2)	173.5±6.4	62.4±5.6	17±0.0
女 (n=3)	167.0±2.6	59.5±6.4	17±0.0

表 四、男性受試者喝水量、體重變化率、流汗率、血漿體積改變率、訓練前後尿液滲透壓

ID	性別	水溫	訓練前體重 (kg)	喝水量 (L/hr)	體重變化率 (%)	體重變化率 (L/hr)	流汗率 (%)	流汗率 (L/hr)	血漿體積改變率 (%)	訓練前尿液滲透壓 (mOsmol/kg)	訓練後尿液滲透壓 (mOsmol/kg)
1	男	高	59.2	0.41	-1.82	0.03	3.19	0.94	2.20	600	231
2	男	高	68.0	0.81	-1.07	0.03	3.46	1.18	2.23	1096	789
3	男	高	51.9	0.34	-0.81	0.03	2.13	0.55	3.47	1235	1054
4	男	高	65.6	0.40	-0.57	0.03	1.78	0.58	-4.36	859	315
5	男	高	59.8	1.11	-1.47	0.03	5.17	1.58	3.35	1044	952
6	男	高	60.8	1.04	1.43	0.05	0.56	0.29	8.03	356	115
7	男	高	77.7	0.63	0.50	0.07	0.43	0.29	1.88	994	916
8	男	高	92.9	0.99	0.72	0.08	0.52	0.41	7.87	452	308
9	男	高	69.1	0.52	-0.08	0.06	0.96	0.57	-15.71	263	97
10	男	高	70.0	0.08	0.52	0.06	-0.40	-0.24	-3.35	851	433
平		均	67.5±11.4	0.63±0.34	-0.27±1.1	0.05±0.02	1.78±1.72	0.62±0.51	0.56±6.97	775.0±336.7	521.0±368.5
11	男	低	66.3	0.14	-0.95	0.03	1.36	0.45	1.81	111	415
12	男	低	58.4	0.09	-1.29	0.03	1.59	0.46	-14.78	346	579
平		均	62.4±5.6	0.12±0.04	-1.12±0.24	0.03±0.00	1.48±0.16	0.46±0.01	-6.49±11.73	228.5±166.2	497.0±116.0
全		部	66.6±10.7	0.55±0.37	-0.41±1.01	0.04±0.02	1.73±1.56	0.59±0.47	-0.61±7.73	683.9±374.9	517.0±335.3

表 五、女性受試者喝水量、體重變化率、流汗率、血漿體積改變率、訓練前後尿液滲透壓

ID	性別	水溫	訓練前體重 (kg)	喝水量 (L/hr)	體重變化率 (%)	體重變化率 (L/hr)	流汗率 (%)	流汗率 (L/hr)	血漿體積改變率 (%)	訓練前尿液滲透壓 (mOsmol/kg)	訓練後尿液滲透壓 (mOsmol/kg)
13	女	高	50.9	0.26	-1.66	0.03	2.67	0.68	2.87	202	722
14	女	高	55.4	0.43	-0.22	0.11	0.61	0.67	3.55	411	826
15	女	高	63.6	0.28	-0.34	0.05	0.85	0.47	-4.20	1107	938
16	女	高	58.4	0.47	0.79	0.05	0.14	0.07	2.28	697	118
平		均	57.1±5.3	0.36±0.11	-0.36±1.01	0.06±0.03	1.07±1.11	0.47±0.29	1.13±3.59	604.3±391.8	651.0±366.1
17	女	低	52.4	0.10	0.13	0.03	0.26	0.07	14.43	430	461
18	女	低	64.8	0.09	0.48	0.03	-0.19	-0.06	2.89	814	708
19	女	低	61.2	0.15	1.18	0.03	-0.68	-0.21	11.95	524	705
平		均	59.2±6.4	0.11±0.03	0.60±0.53	0.03±0.00	-0.20±0.47	-0.07±0.14	9.76±6.07	589.3±200.2	624.7±141.7
全		部	58.1±5.4	0.25±0.15	0.05±0.93	0.05±0.03	0.52±1.07	0.24±0.36	4.82±6.33	597.9±300.3	639.7±271.9

尿液滲透壓正常範圍值 50-1200 mOsmol/kg (聯合檢驗目錄 2011 p224)

低水溫 22°C

高水溫 30°C

表 六、高水溫受試者喝水量、訓練前後體重、血漿體積改變率、流汗量 (平均值±標準差)

	喝水量 (ml/hr)	喝水量 (L/hr)	訓練前體重 (kg)	訓練後體重 (kg)	體重變化率 (%)	血漿體積 改變率 (%)	流汗率 (%)	流汗率 (L/hr)
男 (n=10)	632.6±344.2	0.63±0.34	67.41±11.43	67.29±11.82	0.26±1.05	0.56±6.97	1.78±1.72	0.61±0.50
女 (n=4)	358.3±104.2	0.36±0.10	56.95±5.34	56.77±5.64	0.36±1.01	1.13±3.59	1.07±1.11	0.47±0.29
男+女 (n=14)	554.2±319.0	0.55±0.32	64.42±11.01	64.28±11.33	0.29±1.00	0.72±6.05	1.58±1.57	0.57±0.45

表 七、高水溫受試者訓練前中後尿液比重（平均值±標準差）

	訓練前	訓練中	訓練後
男 (n=10)	1.018±0.009	1.011±0.011	1.015±0.011
女 (n=4)	1.011±0.009	1.000±0.000	1.020±0.011
全部	1.016±0.009	1.009±0.011	1.016±0.011

表 八、高水溫受試者訓練前中後尿液分析結果（平均值±標準差）

	訓練前		訓練中		訓練後	
	尿液量	滲透壓	尿液量	滲透壓	尿液量	滲透壓
	(g)	(mOsmol/kg)	(g)	(mOsmol/kg)	(g)	(mOsmol/kg)
男 (n=10)	88.2±67.96	775±336.73	60.5±72.91	225±387.68	101.4±76.51	521±368.47
女 (n=4)	126.75±84.98	604.25±391.80	140*	144*	106.25±121.68	651±366.12
男+女 (n=14)	99.21±72.05	726.21±346.88	53.21±70.38	171.21±336.34	102.79±86.45	558.14±358.67

*只有一位受試者

尿液滲透壓正常範圍值 50-1200 mOsmol/kg （聯合檢驗目錄 2011 p224）

表 九、低水溫受試者喝水量、訓練前後體重、血漿體積改變率、流汗量 (平均值±標準差)

	喝水量 (ml/hr)	喝水量 (L/hr)	訓練前體重 (kg)	訓練後體重 (kg)	體重變化率 (%)	血漿體積 改變率 (%)	流汗量 (%)	流汗率 (L/hr)
男 (n=2)	112.5±36.1	0.11±0.04	62.10±5.64	61.41±5.73	-1.12±0.25	-6.49±11.73	1.4±0.16	0.46±0.01
女 (n=3)	115.0±31.4	0.12±0.03	59.37±6.41	59.73±6.61	0.59±0.53	9.76±6.07	-0.20±0.47	-0.07±0.14
男+女(n=5)	114.0±28.7	0.11±0.03	60.46±5.55	60.40±5.56	-0.09±1.02	3.26±11.49	0.47±0.98	0.14±0.30

表 十、低水溫受試者訓練前中後尿液比重（平均值±標準差）

	訓練前	訓練中	訓練後
男 (n=2)	1.008±0.004	1.008±0.004	1.015±0.007
女 (n=3)	1.015±0.005	1.012±0.003	1.015±0.005
全部	1.012±0.006	1.010±0.004	1.015±0.005

表 十一、低水溫受試者訓練前中後尿液分析結果 (平均值±標準差)

	訓練前		訓練中		訓練後	
	尿液量	滲透壓	尿液量	滲透壓	尿液量	滲透壓
	(g)	(mOsmol/kg)	(g)	(mOsmol/kg)	(g)	(mOsmol/kg)
男 (n=2)	254±57.98	228.5 ±166.17	332.5±81.32	193.5±78.49	143±5.66	497±115.97
女 (n=3)	100.33±33.50	589.33±200.16	167±35.17	560±50.47	68.67±4.93	624.67±141.75
男+女 (n=5)	161.80±92.12	445±256.90	233.20±102.41	413.40±207.63	98.40±40.96	573.60±135.27

尿液滲透壓正常範圍值 50-1200 mOsmol/kg (聯合檢驗目錄 2011 p224)

表 十二、高水溫訓練前後血液電解質分析結果 (平均值±標準差)

	訓練前		訓練後	
	Na ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)
男 (n=10)	156.4±4.9	4.45±0.25	155.3±10.6	4.54±0.26
女 (n=4)	157.3±4.6	4.37±0.35	161.3±8.9	4.58±0.38
男+女 (n=14)	156.6±4.7	4.43±0.27	157.0±10.2	4.55±0.28

Na⁺ 參考值範圍: 135.0-145.0 mmol/L (MHAR Blood Gas Analyser Survey 2004)

K⁺ 參考值範圍: 3.50-5.10 mmol/L (MHAR Blood Gas Analyser Survey 2004)

表 十三、低水溫訓練前後血液電解質分析結果 (平均值±標準差)

	訓練前		訓練後	
	Na ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)
男 (n=2)	157.4±7.7	4.37±0.40	148.6±18.5	5.07±0.50
女 (n=3)	153.9±8.9	4.56±0.37	169.0±14.9	4.79±0.46
男+女 (n=5)	155.3±7.6	4.48±0.34	160.8±17.9	4.90±0.44

Na⁺ 參考值範圍: 135.0-145.0 mmol/L (MHAR Blood Gas Analyser Survey 2004)

K⁺ 參考值範圍: 3.50-5.10 mmol/L (MHAR Blood Gas Analyser Survey 2004)

表 十四、高水溫受試者訓練前後血液葡萄糖、氮、乳酸分析結果 (平均值±標準差)

	訓練前			訓練後		
	葡萄糖 (mmol/L)	氮 (μ mol/L)	乳酸 (mmol/L)	葡萄糖 (mmol/L)	氮 (μ mol/L)	乳酸 (mmol/L)
男 (n=10)	4.61±0.54	139.5±19.1	3.24±0.70	4.70±0.44	134.5±18.9	2.57±0.79
女 (n=4)	4.62±0.43	146.3±21.3	2.58±0.52	5.24±0.74	117.1±8.3	2.58±1.74
男+女 (n=14)	4.61±0.49	141.4±19.2	3.05±0.70	4.86±0.57	129.5±18.1	2.57±1.06

表十五、低水溫受試者訓練前後血液葡萄糖、氮、乳酸分析結果 (平均值±標準差)

	訓練前			訓練後		
	葡萄糖 (mmol/L)	氮 (μ mol/L)	乳酸 (mmol/L)	葡萄糖 (mmol/L)	氮 (μ mol/L)	乳酸 (mmol/L)
男 (n=2)	4.75±0.12	52.3±5.9	2.61±0.08	4.18±0.63	47.8±20.2	2.56±1.06
女 (n=3)	4.99±0.49	66.3±39.3	1.85±0.13	5.04±0.57	33.0±3.8	1.66±0.05
男+女 (n=5)	4.89±0.38	60.7±29.0	2.15±0.42	4.70±0.70	38.9±13.2	2.02±0.73

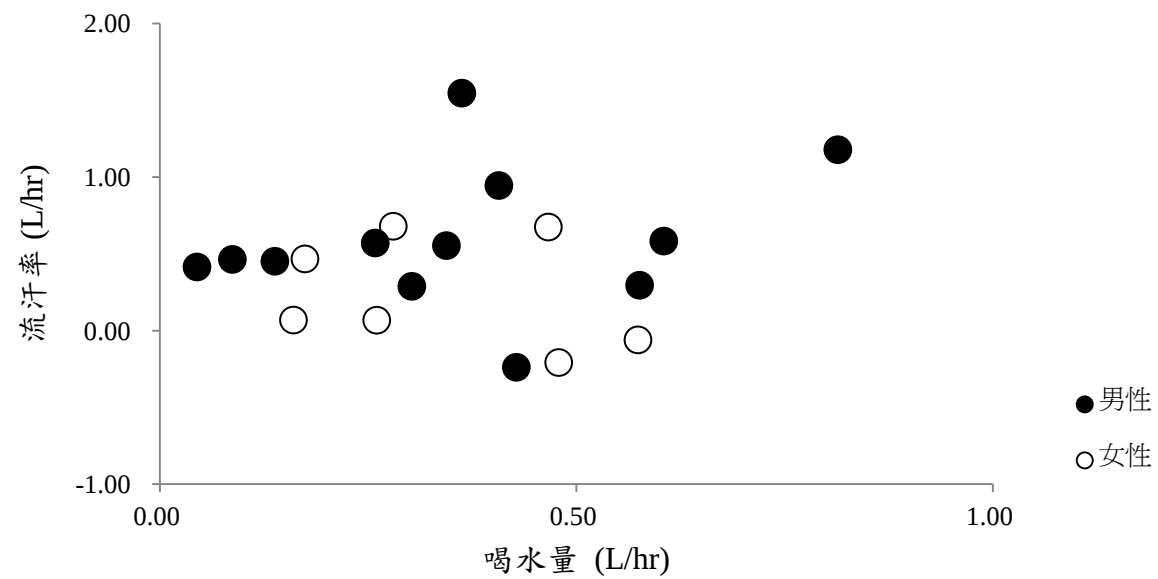


圖 一、全部受試者喝水量及流汗率之相關性

全部： $r=0.314$ ， $p<0.05$ ；趨勢線公式 $y=0.336x+0.339$ ； $n=19$

男性： $r=0.235$ ， $p=0.110$ ；趨勢線公式 $y=0.548x+0.387$ ； $n=12$

女性： $r=0.264$ ， $p=0.238$ ；趨勢線公式 $y=-0.607x+0.448$ ； $n=7$

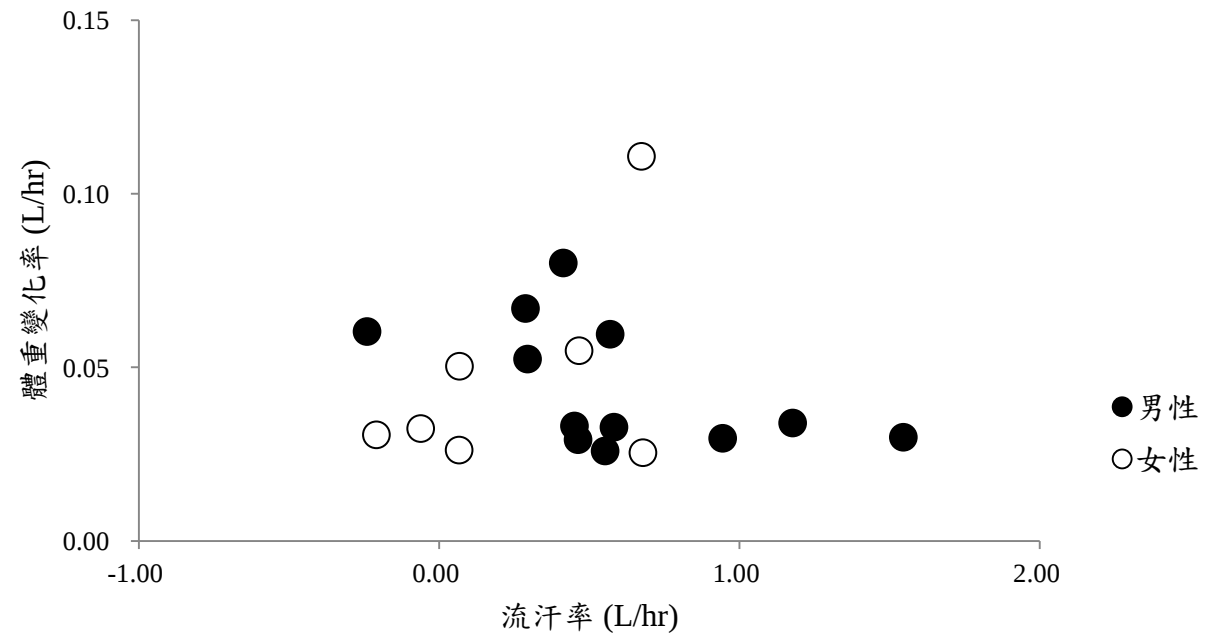


圖 二、全部受試者流汗率及體重變化率之相關性

全部： $r=0.558$ ， $p<0.01$ ；趨勢線公式 $y=-0.005x+0.048$ ； $n=19$

男性： $r=0.295$ ， $p=0.068$ ；趨勢線公式 $y=-0.021x+0.057$ ； $n=12$

女性： $r=0.312$ ， $p=0.192$ ；趨勢線公式 $y=0.004x+0.036$ ； $n=7$

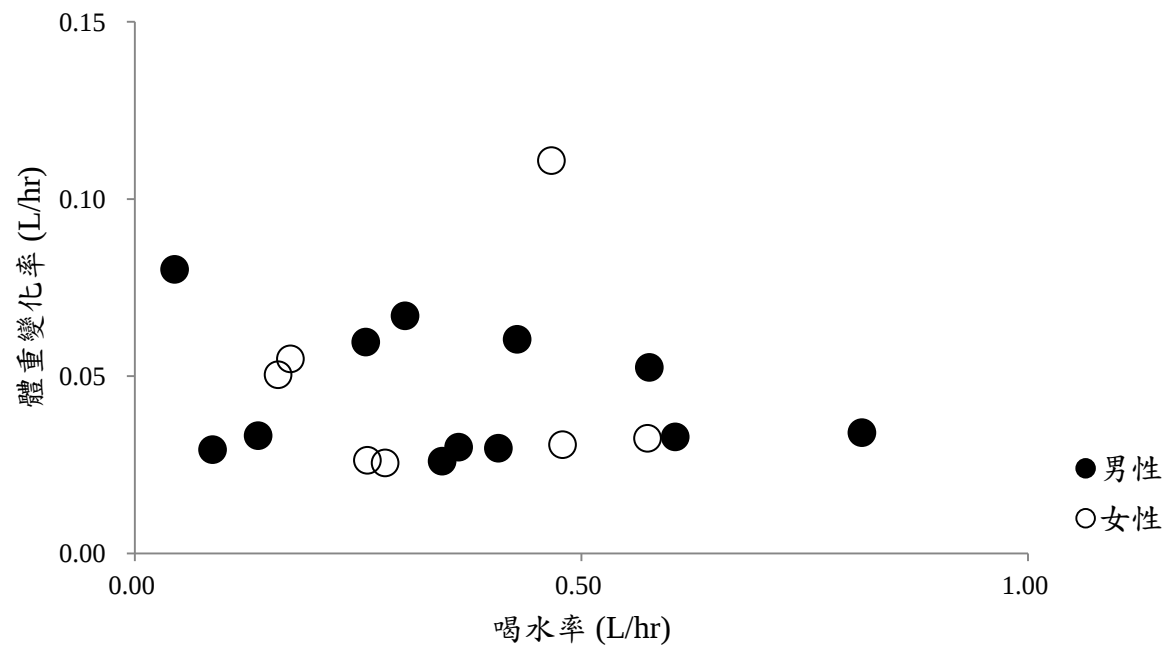


圖 三、全部受試者喝水率及體重變化率之相關性

全部： $r=0.069$ ， $p=0.227$ ；趨勢線公式 $y=-0.013x+0.050$ ； $n=19$

男性： $r=0.071$ ， $p=0.399$ ；趨勢線公式 $y=-0.022x+0.052$ ； $n=12$

女性： $r=0.496$ ， $p=0.077$ ；趨勢線公式 $y=0.021x+0.039$ ； $n=7$

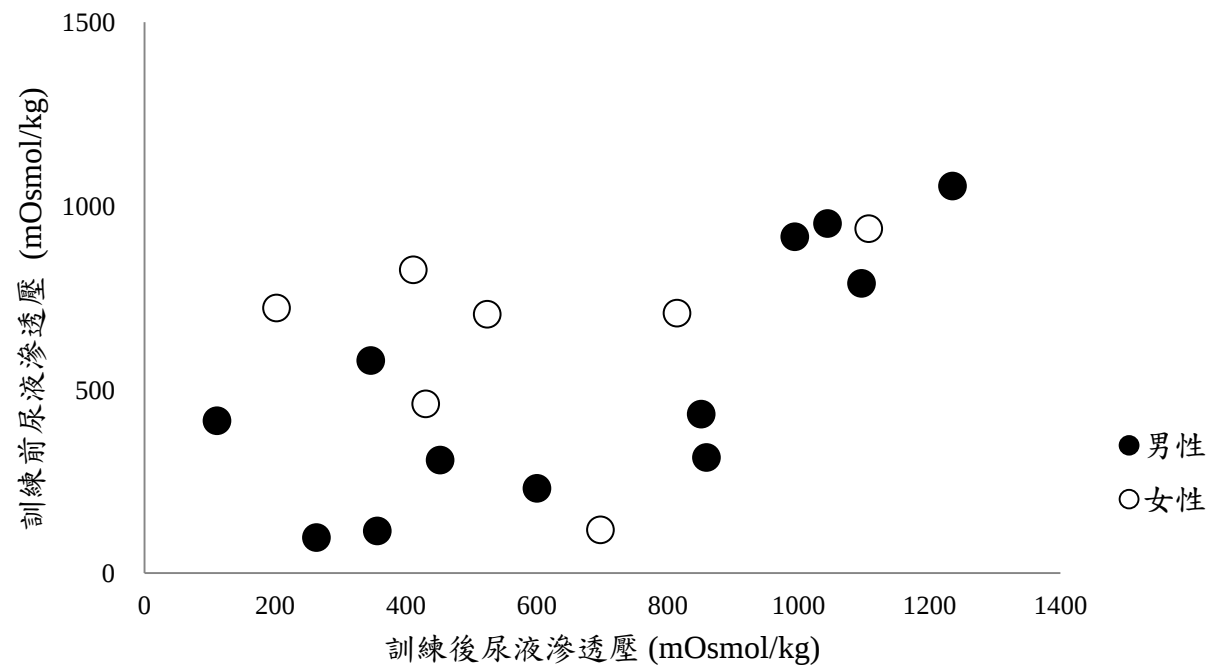


圖 四、全部受試者訓練前後尿液滲透壓之相關性

全部： $r=0.335$ ， $p<0.05$ ；趨勢線公式 $y=0.639x+304.9$ ； $n=19$

男性： $r=0.585$ ， $p<0.01$ ；趨勢線公式 $y=0.684x+49.11$ ； $n=12$

女性： $r=0.022$ ， $p=0.751$ ；趨勢線公式 $y=0.134x+559.3$ ； $n=7$

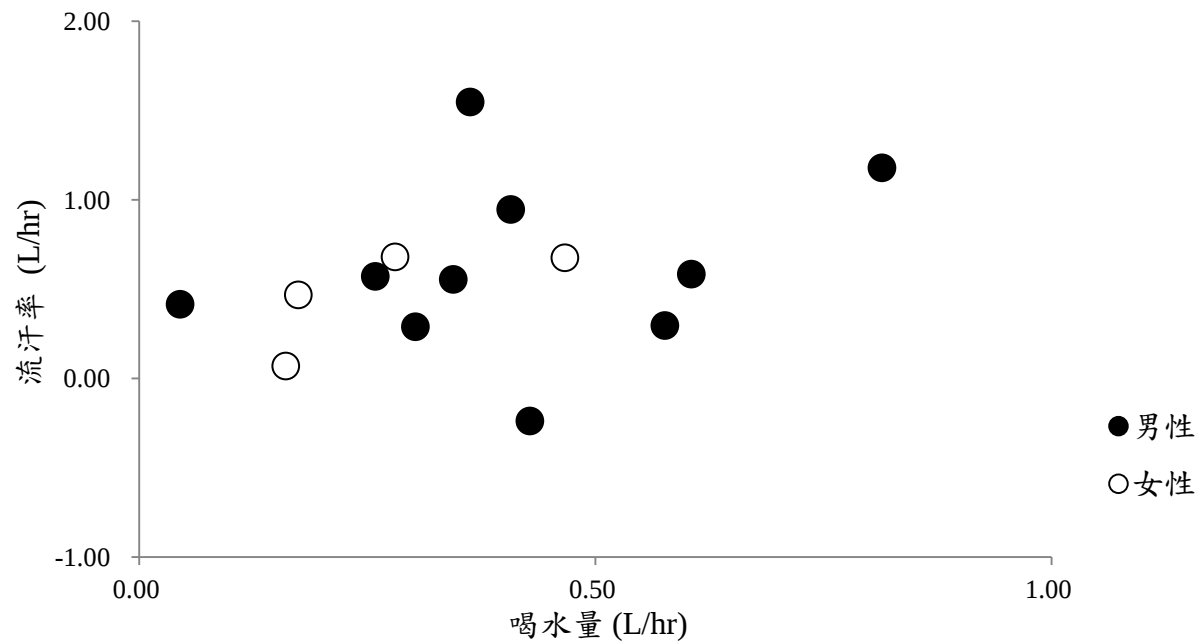


圖 五、高水溫受試者喝水量及流汗率之相關性

全部： $r=0.204$ ， $p=0.105$ ；趨勢線公式 $y=0.710x+304.7$ ； $n=14$

男性： $r=0.247$ ， $p=0.144$ ；趨勢線公式 $y=0.562x+0.380$ ； $n=10$

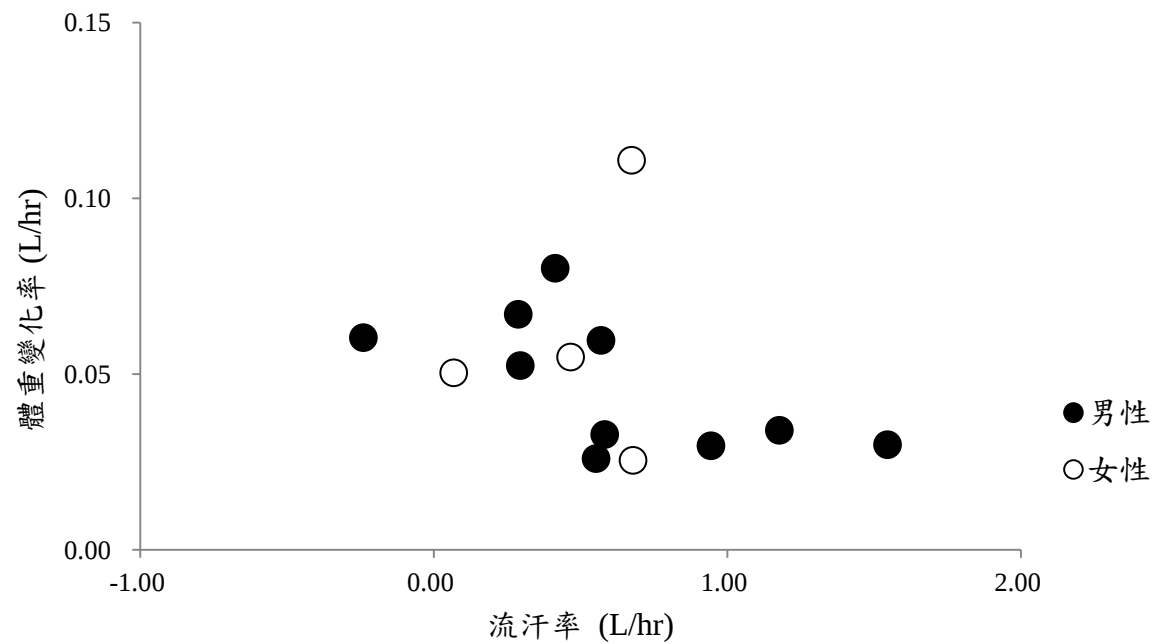


圖 六、高水溫受試者流汗率及體重變化率之相關性

全部： $r=0.149$ ， $p=0.173$ ；趨勢線公式 $y=-0.020x+0.062$ ； $n=14$

男性： $r=0.404$ ， $p<0.05$ ；趨勢線公式 $y=-0.023x+0.661$ ； $n=10$

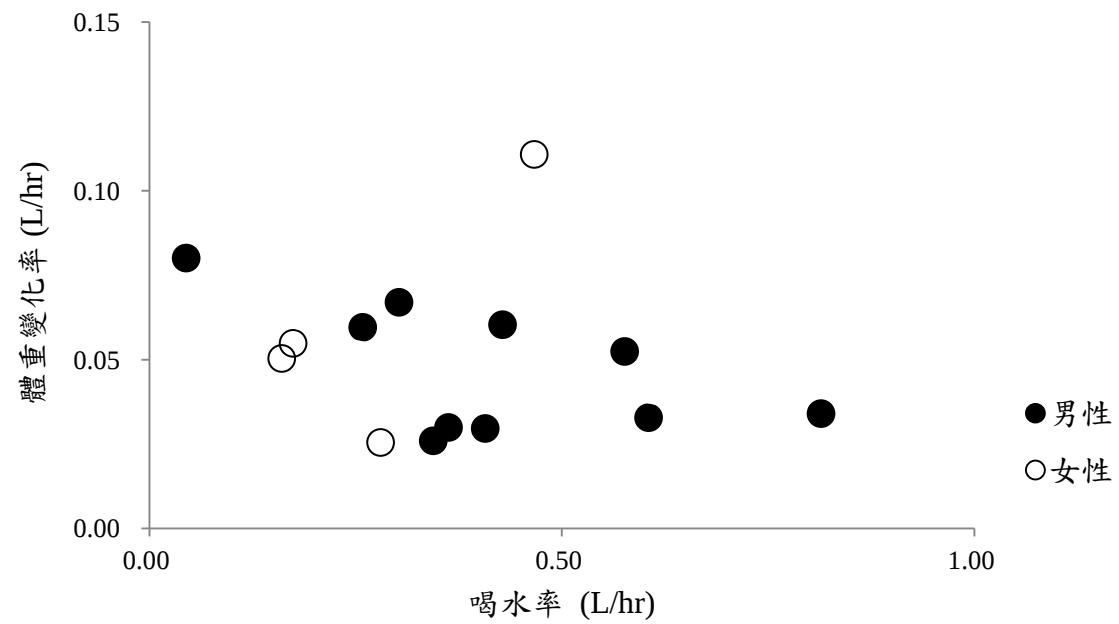


圖 七、高水溫受試者喝水率及體重變化率之相關性

全部： $r=0.000$ ， $p=0.947$ ；趨勢線公式 $y=-0.028x+0.061$ ； $n=14$

男性： $r=0.009$ ， $p=0.788$ ；趨勢線公式 $y=-0.051x+0.668$ ； $n=10$

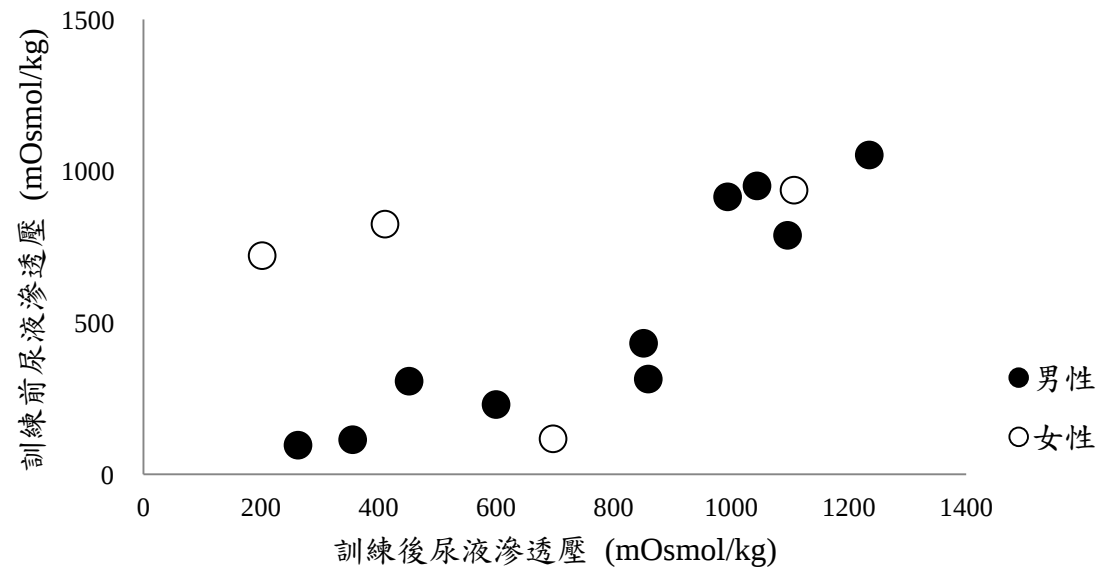


圖 八、高水溫受試者訓練前後尿液滲透壓之相關性

全部： $r=0.371$ ， $p<0.05$ ；趨勢線公式 $y=0.589x+397.3$ ； $n=14$

男性： $r=0.828$ ， $p<0.01$ ；趨勢線公式 $y=-0.051x+0.668$ ； $n=10$

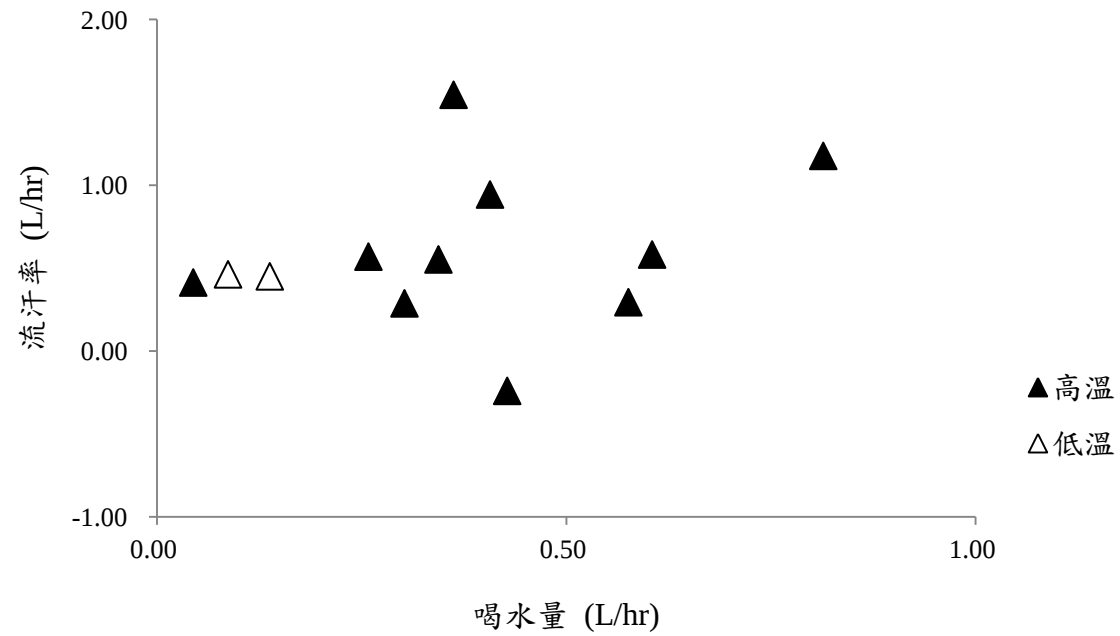


圖 九、高低水溫男性受試者喝水量及流汗率之相關性

全部： $r=0.235$ ， $p=0.110$ ；趨勢線公式 $y=0.548x+0.387$ ； $n=12$

男性： $r=0.247$ ， $p=0.144$ ；趨勢線公式 $y=0.562x+0.380$ ； $n=10$

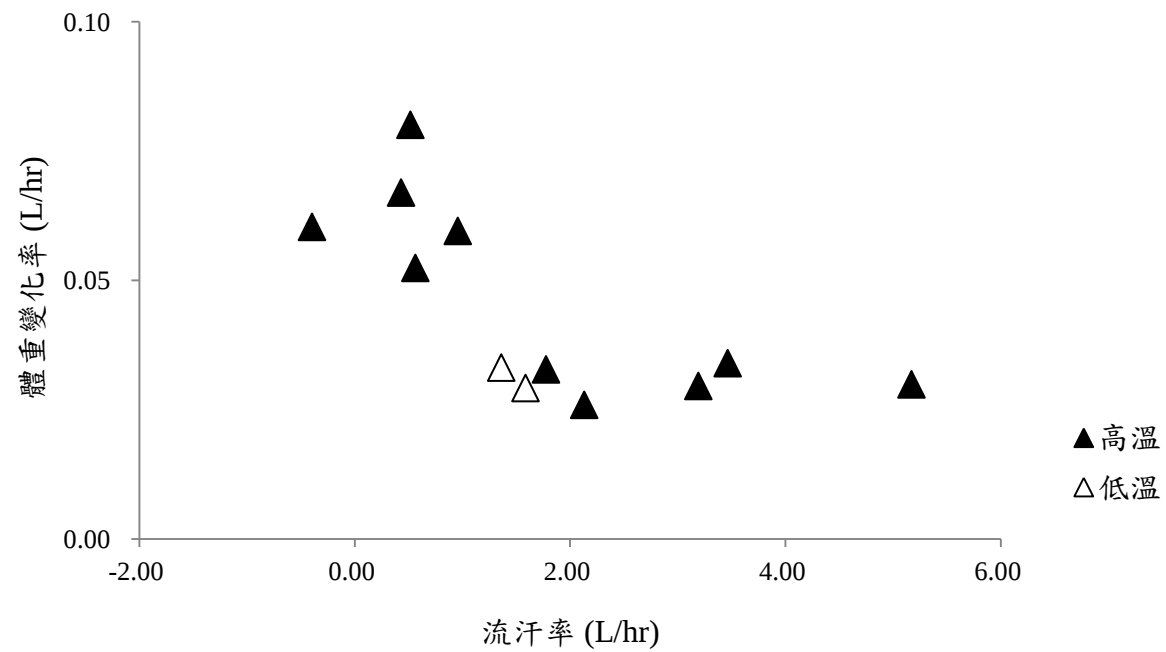


圖 十、高低水溫男性受試者流汗率及體重變化率之相關性
全部： $r=0.295$ ， $p=0.068$ ；趨勢線公式 $y=-0.021x+0.057$ ； $n=12$
男性： $r=0.404$ ， $p<0.05$ ；趨勢線公式 $y=-0.008x+0.062$ ； $n=10$

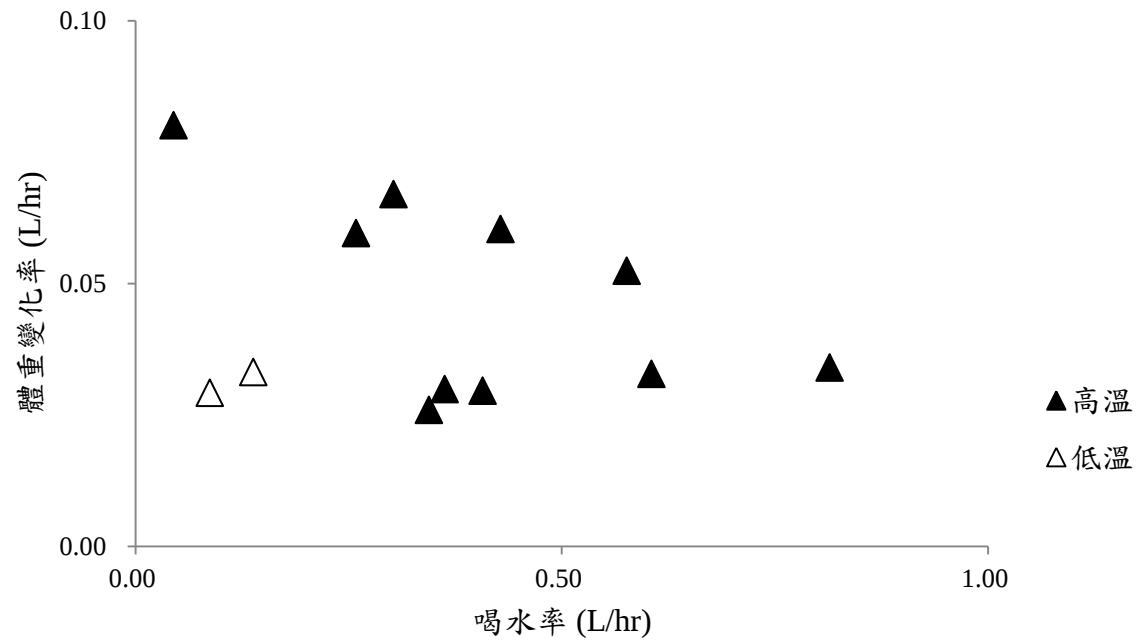


圖 十一、高低水溫男性受試者喝水率及體重變化率之相關性

全部： $r=0.071$ ， $p=0.399$ ；趨勢線公式 $y=-0.022x+0.052$ ； $n=12$

男性： $r=0.009$ ， $p=0.788$ ；趨勢線公式 $y=-0.051x+0.068$ ； $n=10$

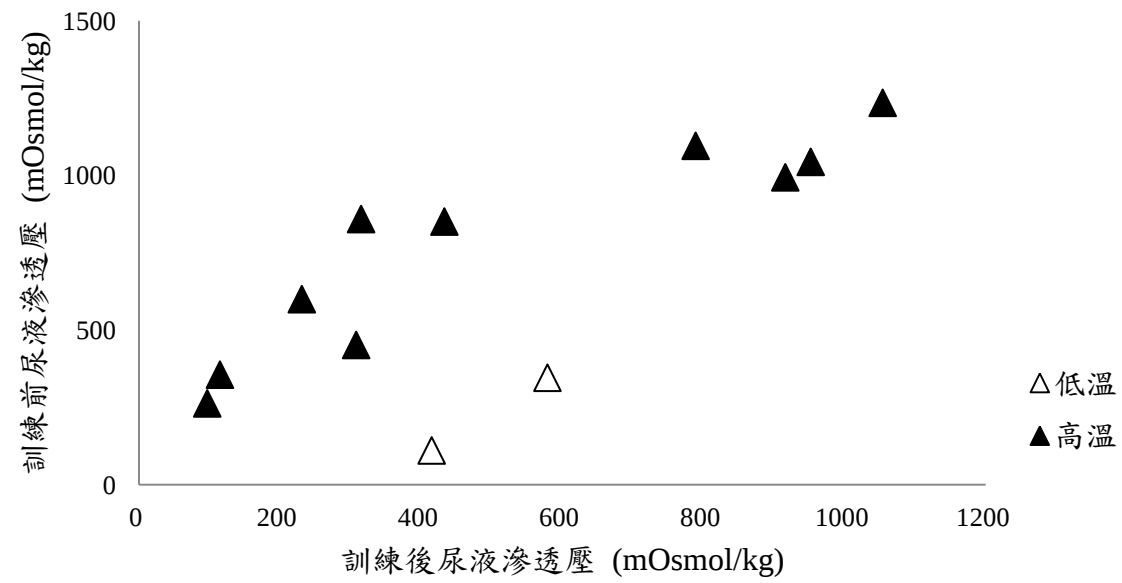


圖 十二、高低水溫男性受試者訓練前後尿液滲透壓之相關性

$r=0.585$, $p<0.01$; 趨勢線公式 $y=0.684x+49.11$; $n=12$

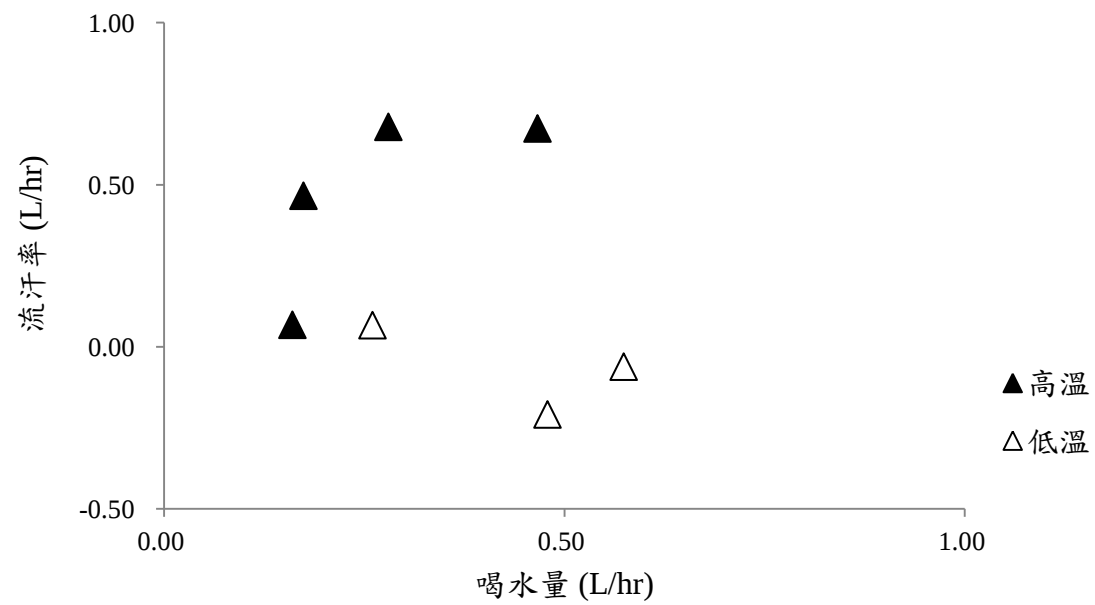


圖 十三、高低水溫女性受試者喝水量及流汗率之相關性

$r=0.264$ ， $p=0.238$ ；趨勢線公式 $y=-0.607x+0.448$ ； $n=7$

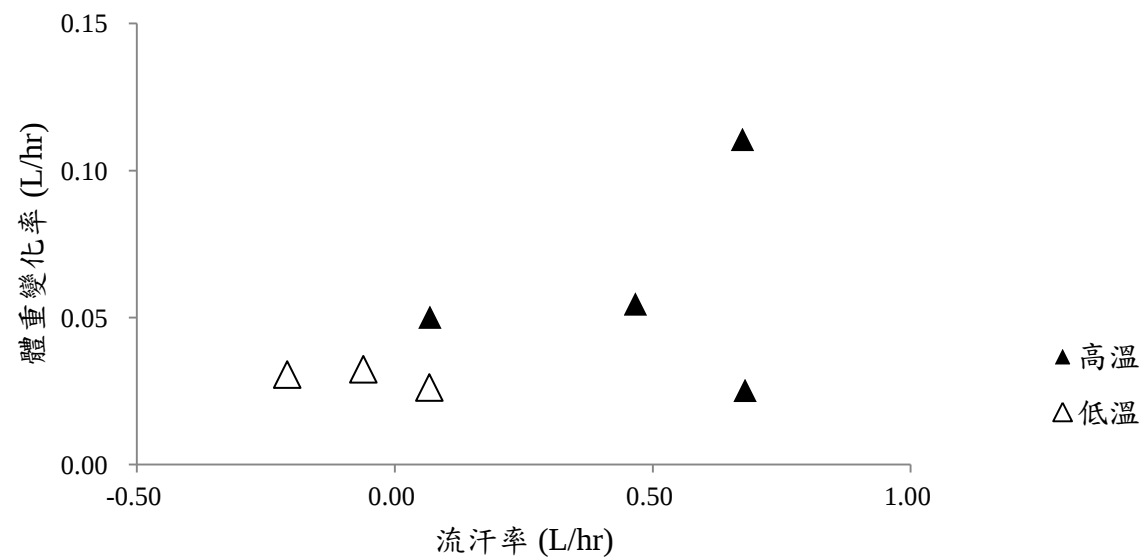


圖 十四、高低水溫女性受試者流汗率及體重變化率之相關性

$r=0.312$, $p=0.312$; 趨勢線公式 $y=0.044x+0.036$; $n=7$

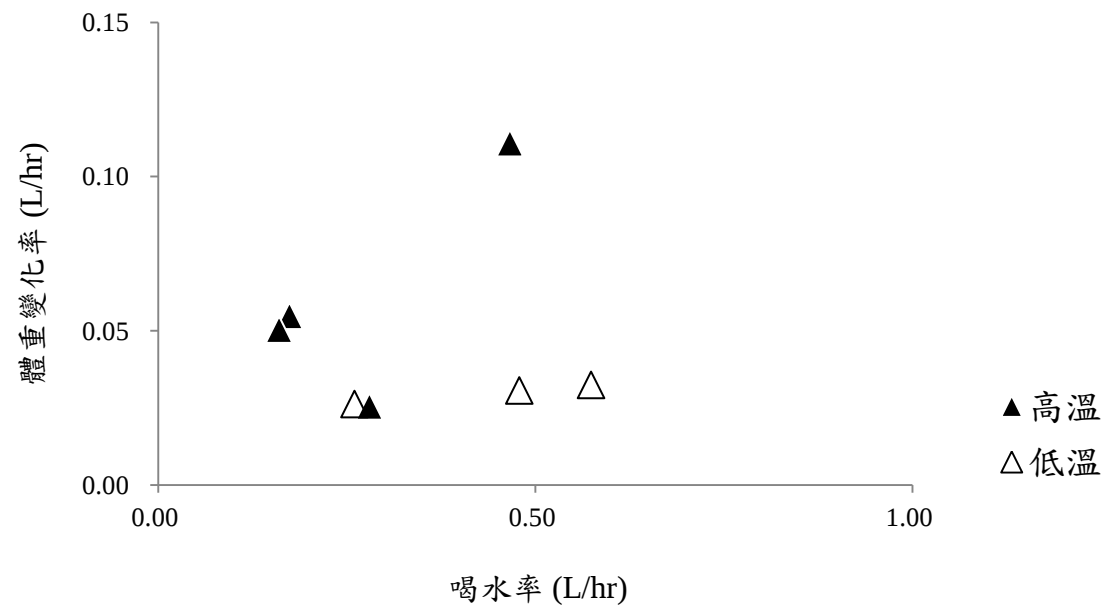


圖 十五、高低水溫女性受試者喝水率及體重變化率之相關性

$r=0.496$ ， $p=0.077$ ；趨勢線公式 $y=0.021x+0.039$ ； $n=7$

參考文獻

中文部份

施嘉美、鄭景峰、賴淑萍、鄭小嵐、李榮生、張雅茹（譯）（2008）。運動營養學。
臺北市：禾楓書局。

英文部份

- Barr, S.I., Costill, D.L., & Fink, W.J. (1991). Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(7), 811-7.
- Bergeron, M. F. (2003). Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 6, 19-27
- Burke, L. M., Wood, C., Pyne, D. B., Teleford, R. D., & Saunders, P. U. (2005). Effect of carbohydrate intake on half-marathon performance of well-trained runners. *Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 15, 573-589.
- Bachle, L., Eckerson, J., Albertso, L., Ebersole, K., Goodwin J., & Petzel, D. (2001) The effect of fluid replacement on endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 217–224.
- Carter, R. I., Cheuvront, S. N., Williams, J. O., et al. (2005). Hospitalization and death from heat illness in US Army soldiers, 1980-2002. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37, 1338-1344.
- Fallowfield, J. L., Williams, C., Booth, J., Choo, B. H., & Growns, S. (1996) Effect of water ingestion on endurance capacity during prolonged running. *Journal of Sports Science*, 14(6), 497-502.
- Godek, S. F., Bartolozzi, A. R., & Godek, J. J. (2005). Sweat rate and fluid turnover in American football players compared with runners in a hot and humid environment. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 205-211.
- Henkin, S., Sehl, P., & Meyer, F. (2010). Sweat rate and electrolyte concentration in swimmers, runners, and nonathletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 359.
- Higham, D. G., Naughton, G. A., Burt, L. A., & Shi, X. (2009). Comparison of fluid

- balance between competitive swimmers and less active adolescents. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(3), 259-274.
- Kurdak, S., Shirreffs, S., Maughan, R., Ozgüven, K., Zeren, C., Korkmaz, S., & Dvorak, J. (2010). Hydration and sweating responses to hot-weather football competition. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 133-139.
- Leiper, J. B., & Maughan, R. J. (2004). Comparison of water turnover rates in young swimmers in training and age-matched non-training individuals. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 347-357.
- Lott, M. J. E., & Galloway, S. D. R. (2011). Fluid balance and sodium losses during indoor tennis match play. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21(6), 492-500.
- Macaluso, F., Di Felice, V., Boscaino, G., Bonsignore, G., Stampone, T., Farina, F., & Morici, G. (2011). Effects of three different water temperatures on dehydration in competitive swimmers. *Science & Sports*, 26(5), 265-271.
- Maughan, R. (2010). Distance running in hot environments: a thermal challenge to the elite runner. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 95-102.
- Maughan, R., & Shirreffs, S. (2010a). Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 40-47.
- Maughan, R., & Shirreffs, S. (2010b). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 59-69.
- Maughan, R., Shirreffs, S., Merson, S., & Horswill, C. (2005). Fluid and electrolyte balance in elite male football (soccer) players training in a cool environment. *Journal of Sports Sciences*, 23, 73-79.

- Maughan, R. J., Merson, S. J., Broad, N. P., & Shirreffs, S. M. (2004). Fluid and electrolyte intake and loss in elite soccer players during training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 333-346.
- Mcconell, G. K., Stephens, T. J., & Canny, B. J. (1999). Fluid ingestion does not influence intense 1-h exercise performance in a mild environment. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(3), 386.
- Montain, S., Chevront, S., & Sawka, M. (2006). Exercise associated hyponatraemia: quantitative analysis to understand the aetiology. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 98-105.
- Mudambo, K., Leese, G., & Rennie, M. (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), 517-524.
- Noakes, T. (2003). Fluid replacement during marathon running. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(5), 309-318.
- Robinson, T. A., Hawley, J. A., Palmer, G. S., Wilson, G. R., Gray, D. A., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1995). Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(2), 153-160.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-390.
- Shirreffs, S. M. (2005). The importance of good hydration for work and exercise performance. *Nutrition Reviews*, 63, S14-S21.
- Stofan, J., Niksich, D., Horswill, C. A., Martin, R., Bream, T., & Murray, R. (2001). Sweat and sodium losses in cramp-prone professional football players. *Medicine*

& *Science in Sports & Exercise*, 33(5), S256.

von Duvillard, S. P., Arciero, P. J., Tietjen-Smith, T., & Alford, K. (2008). Sports drinks, exercise training, and competition. *Current Sports Medicine Reports*, 7(4), 202-208.

von Duvillard, S. P., Braun, W. A., Markofski, M., Beneke, R., & Leithäuser, R. (2004). Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition*, 20(7), 651-656.

Walsh, R., Noakes, T., Hawley, J., & Dennis, S. (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International Journal of Sports Medicine*, 15(7), 392-398.

附錄一、受試者同意書

受試者同意書

研究題目：優秀游泳選手訓練期間體液平衡之研究

研究人員：張振崗、薛淳方 聯絡電話:0910-707266

研究單位：國立臺灣體育運動大學運動科學研究中心

聯絡電話：04-22213108 轉 2210

我瞭解這個研究的目的是在於探討優秀男女游泳選手在單一次訓練中，水分與電解質鈉離子(Na^+)、鉀離子(K^+)平衡、及流汗率，可做為優秀游泳選手未來訓練期間，水分與電解質攝取之參考。

我瞭解我在參與研究期間，測試當日早上不做任何運動與訓練，下午受測由教練當日訓練課程為主，不因本實驗之干擾，更改訓練課表，並記錄訓練課程。訓練前、後；我將會先量體重，再從手肘靜脈抽血 10 ml，以及收集尿液。訓練中我只可以使用自己的水瓶喝水，且不可以將喝下去的水吐出，並保持一般訓練時的飲水狀況。如果在訓練中我想要上廁所，將會有研究人員跟隨我去，並收集所有尿液。訓練後將再進行一次同樣流程的量體重、抽血、與收集尿液。

我在測試期間，將由合格護士、護理師、或醫檢師自肘靜脈抽血，共 2 次抽血，每次抽血約 10 ml，血液樣本用於分析紅血球、白血球、血紅素、鈉離子、鉀離子；尿液樣本用於分析尿液比重，以瞭解體內水份與電解質的平衡狀態。此測試可做為優秀游泳選手未來訓練期間，水分與電解質攝取之參考。我瞭解抽血時可能會感覺稍微的疼痛。

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，或影響我在校的任何成績與權益，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，我所提供的血液檢體也絕對不外流，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血液檢體進行分析。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：_____

法定代理人簽名：_____日期：_____