

第參章 方法

第一節 受試對象

本研究以台北市立體育學院西式划船隊的 21 名優秀划船選手為受試對象，其中包含 15 名男性與 6 名女性。每位受試者於實驗前發給受試者須知（見附錄一）。在實驗開始前，每位受試者均瞭解本研究的目的、實驗流程以及可能發生的危險，並填寫健康情況調查表（見附錄二），且在自願同意書上簽名（見附錄三）；於資料顯示身體健康狀況良好，且願意參加本研究後，才正式成為本研究的受試者。

第二節 實驗設計

一、自變項

本研究的增補方式採單盲實驗設計，將受試者隨機分成三組，肌酸組（CrG, n=7; 5 男, 2 女）、肌酸+醣類組（CrCG, n=7; 5 男, 2 女）與安慰劑組（PlG, n=7; 5 男, 2 女）。

二、依變項

1. 遞增負荷最大運動時的每分鐘攝氧量與血乳酸值。
2. 個體無氧閾值與乳酸閾值（4 mmol/L）所對應的功率。
3. 2000 公尺室內划船運動測驗的每 500 公尺的分段成績與運動心跳率。
4. 2000 公尺室內划船運動測驗前後的血乳酸值與血氨濃度。

5. 2×30 秒溫蓋特測驗的功率峰值、至功率峰值的運動時間、平均功率、功率遞減率以及測驗前後的血乳酸值與血氨濃度。
6. 安靜休息時的血漿肌酸激酶活性。
7. 坐姿心跳率變異性。

第三節 實驗日期

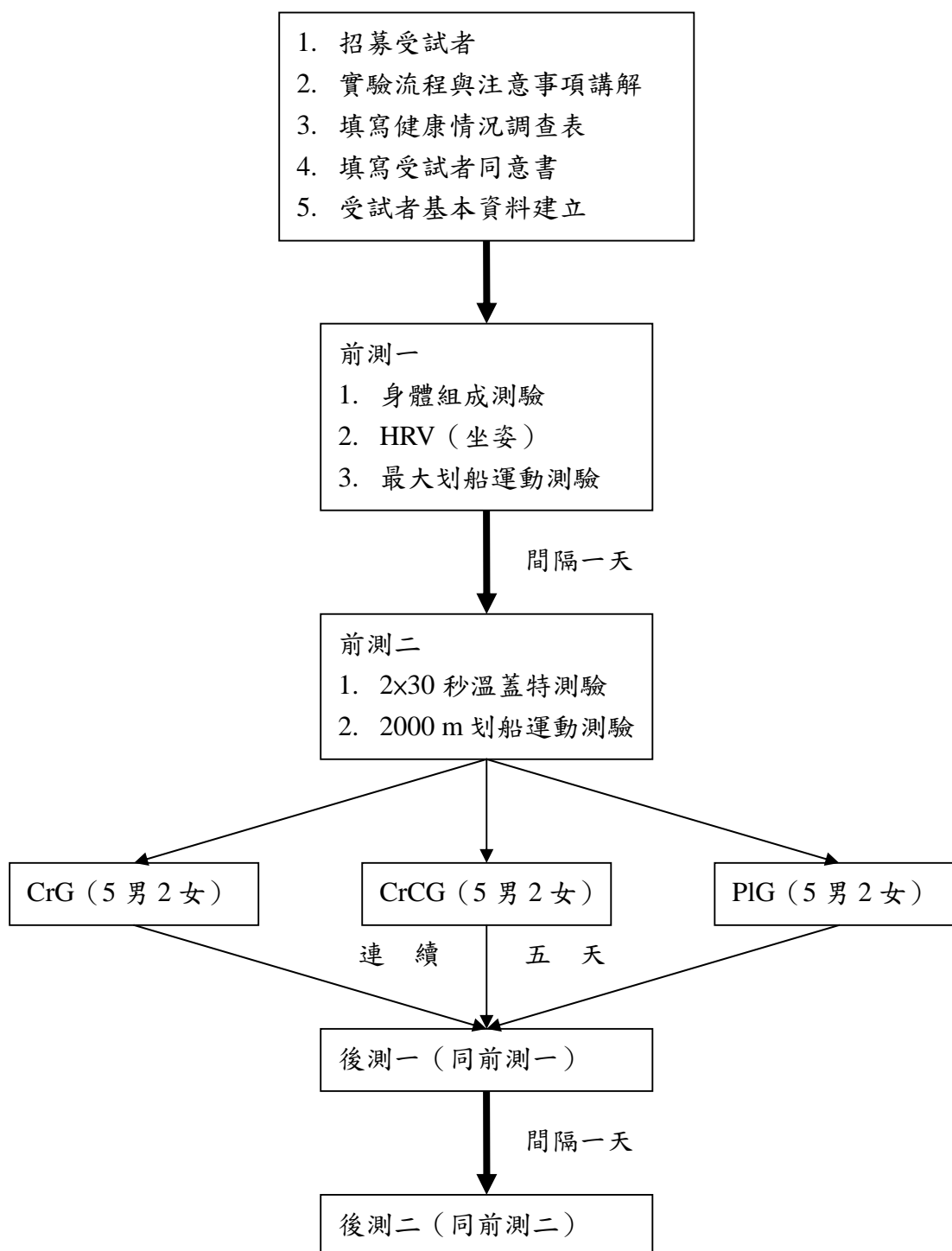
本研究於民國 93 年 8 月 2 日至民國 93 年 8 月 14 日實施。

第四節 實驗地點

國立台灣師範大學體育學系運動生理學實驗室。

第五節 實驗流程

本實驗的實驗流程如圖四。



圖四 實驗流程示意圖。HRV：心跳率變異性測驗；CrG：肌酸組；CrCG：肌酸+醣類組；PlG：安慰劑組。

第六節 實驗方法與步驟

所有受試者必須在增補前後分別進行 2 次的測驗，2 次的測驗均間隔 1 天（見圖四）。前測一與後測一的運動測驗項目包括最大划船運動測驗、心跳率變異性測驗與身體組成測驗，而前測二與後測二則包括 2000 公尺划船運動測驗以及 2×30 秒溫蓋特測驗。

一、實驗前準備階段

（一）儀器之校正及檢視

1. Vmax 29 電腦能量代謝測量系統 (SensorMedics, The CardioPulmonary Care CompanyTM, USA)：使用前先以兩種標準氣體（其一為內含 26.2%O₂ 的氣瓶，另一為內含 16.2%O₂ 與 3.98%CO₂ 的氣瓶）進行校正，以確定分析 O₂ 和 CO₂ 的準確性，再依操作手冊所列之程序進行氣量之比對和系統之測試。
2. 腳踏車測功儀 (Monark 839E, Finland)：使用前依操作手冊所列之程序與方法進行阻力與速度之校正。
3. 室內划船測功儀 (Concept II, Morrisville, VT, USA)：使用前依操作手冊所列之程序與方法進行阻力與速度之校正。
4. 生物電阻身體組成分析儀 (Inbody 2.0, Biospace Co.,

- Ltd., Korea)：使用前依操作手冊所列之程序與方法進行校正。
5. 心電圖顯示器：本實驗採用日本 Fukuda M·E Kogyo 公司 Bio-scope M200 型心電圖顯示器和無線電接收器，使用前檢查顯示器與 Vmax 29 電腦能量代謝測量系統之連線是否接妥，並校正二者之間電壓高度與速度是否相等。
 6. Polar 無線心跳率紀錄錶 (Polar S810i™, Polar Electro Inc, Finland)：本實驗採用 EDGE™ 公司所製的 Polar 錶，記錄運動時的每跳心跳率。使用前檢查心跳率發報器是否將心跳率資料傳送至手錶顯示器上，並與橈動脈實測值進行比對校正。
 7. 血乳酸分析器：本實驗採用 YSI Model 23L (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, USA)，分析測驗前後的血乳酸值。使用前依操作手冊所列之程序與方法進行血乳酸標準溶液之校正 (5 mmol/L 與 15 mmol/L)。
 8. 檢視抽血針筒、止血帶、採血器、採血針等用具是否清潔、安全，並確定醫護人員的支援時間。

(二) 受試者之準備

實驗前發給每位受試者乙份受試者須知及同意書，並向受試者說明有關研究目的、過程及回答相關問題，同時要求受試者在同意書上簽名，表示願意參與本實驗。測驗當天再向受試者詳述測驗程序、方法及相關細節，實驗期間隨時回答受試者的疑問，並要求受試者：

1. 實驗期間禁止喝酒，並請食用平常習慣之飲食，測驗當天不得抽煙。
2. 在測驗前 24 小時不得飲用咖啡、茶、可可亞及其他含咖啡因的飲料。
3. 在前測一與後測一之前，須禁食至少 3 小時以上，包含禁止大量攝取水分。
4. 在實驗前 30 分鐘，穿著運動服裝到達實驗室。

(三) 實驗環境紀錄

本研究之實驗進行時溫度控制在 20~22°C。

二、最大划船運動測驗

本測驗包括四個步驟：

(一) 心電圖電極之安裝

先用酒精擦拭受試者電極安裝部位，負極貼於受試者的

胸骨柄上端，正極貼於左側第五肋骨和左鎖骨正中央向下垂線交點（即 V_5 位置），將電極由導線接至心電圖無線電發報器，再將無線電發報器以彈性繃帶固定在下背部左右髂棘連線上，並檢視心電圖顯示器是否正確地接收心電圖無線電發報器的訊號，且顯示於螢幕上。

（二）採氣裝置

以採集氣體之專用口罩，罩住受試者的鼻與嘴部，將呼出的氣體透過導氣管（蛇管）連接到 Vmax 29 電腦能量代謝測量系統之氣體入口。

（三）運動測驗

受試者在 5 分鐘的熱身後，依據 Beneke 等（2001）所設計的非連續性漸增運動負荷，在室內划船測功儀上進行測驗。測驗開始時的強度設定為 145 W，持續 3 分鐘，爾後每 3 分鐘增加 35 W 直至受試者感到衰竭為止，其間每級負荷需分隔 60 秒，以供血液樣本的取得。

（四）氣體能量分析與血乳酸濃度分析

進行最大划船運動測驗時，採開放式能量代謝測量法，在划船測功儀上運動時，以口罩將受試者呼出的氣體做氣體分析，本實驗採用 Vmax 29 電腦能量代謝測量系統，全部

測驗過程每 10 秒分析和記錄資料一次，並由印表機列印在報表紙上，分析項目包括每分鐘攝氧量以及每分鐘心跳率。

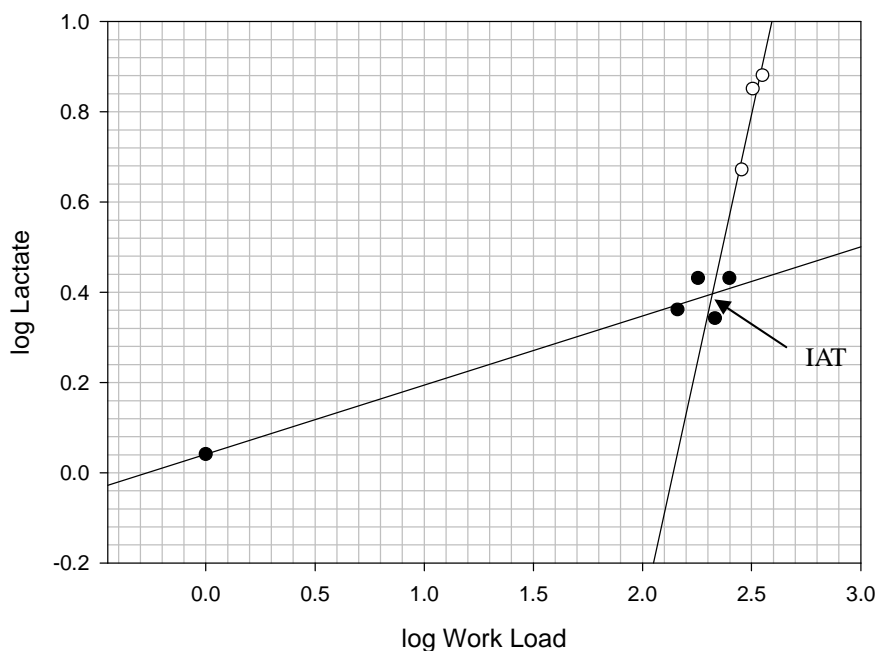
本實驗採用 YSI Model 23L 分析每級負荷結束時以及恢復期第 2、5、10 分鐘的血乳酸值，以供個體無氧閾值與乳酸閾值的分析。

(五) 乳酸閾值分析

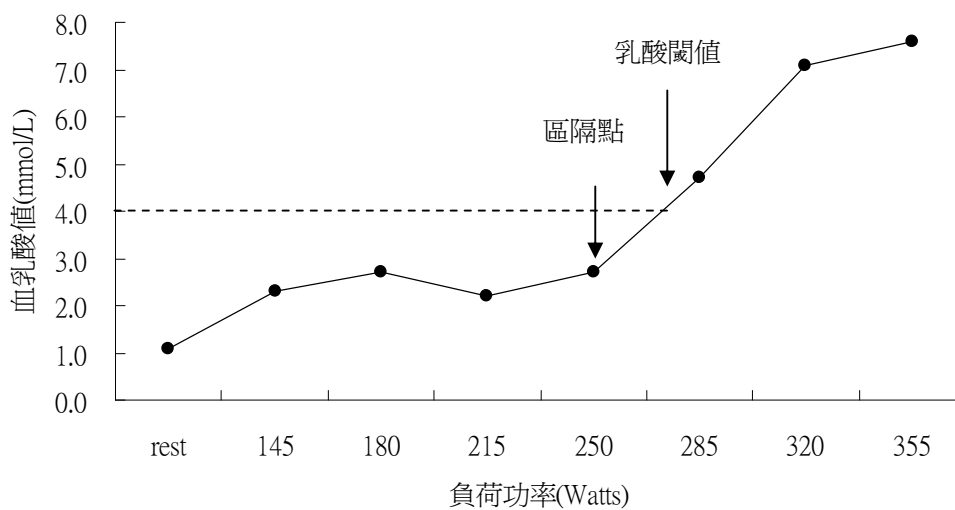
本研究利用 SigamaPlot 2002 for Windows Version 8.0 軟體依據 Beaver 等 (1985) 與 Chwalbińska-Moneta (2003) 所提出的血乳酸與負荷功率之對數—對數轉換法 (log-log transformation) 進行個體無氧閾值的判定，如圖五。

對數—對數轉換法的分析必須先將受試者在最大划船運動測驗時的所有血乳酸值與負荷功率區分成兩部分，亦即在區隔點 (division point) 以上及以下的血乳酸值與負荷功率。區隔點的判定是在血乳酸與負荷功率曲線圖上(圖六)，利用視覺的方式分辨出血乳酸值開始突然劇增的運動負荷。隨後將兩部分的血乳酸值與負荷功率分別進行對數的轉換，並於血乳酸值與負荷功率對數—對數轉換圖上標記每一級負荷對數值所對應的血乳酸對數值。爾後，再分別畫出兩部分的迴歸線，並找出兩迴歸線之交點，則此交點所對應的

乳酸值，即為個體無氧閾值之乳酸值，而交點所對應的負荷功率值，即為個體無氧閾值之運動強度。



圖五 個體無氧閾值對數—對數轉換法示意圖。●：區隔點以下之負荷與血乳酸值；○：區隔點以上之負荷與血乳酸值；IAT：個體無氧閾值。



圖六 血乳酸值—負荷功率圖。

本研究的乳酸閾值分析，則是在血乳酸值－負荷功率圖上（圖六），利用內插法找出血乳酸值為 4 mmol/L 所對應的負荷功率，即為本研究所指的乳酸閾值。

（六）衰竭判定

受試者衰竭的判定指標則依據 Riechman 等（2002）所提出的判定原則：

1. 呼吸交換率（ $\dot{V}CO_2:\dot{V}O_2$ ）大於 1.2。
2. 心跳率大於年齡預估的最大值。
3. 當運動強度增加時，每分鐘攝氧量呈現水平而未上升的狀態（ $< 150 \text{ ml/min}$ ）。
4. 主觀的疲勞、衰竭和無法繼續運動測驗。

若受試者達到上述四項中的任何三項，即判定該受試者已達個人最大的攝氧量。最大心跳率的判定，則選取受試者於運動測驗中之最高值。

三、 2000 公尺划船運動測驗

受試者於室內划船測功儀上進行 2000 公尺模擬比賽的最大努力運動測驗。在 2000 公尺模擬比賽的運動測驗前，受試者須先進行適度熱身與伸展。同時，在整個運動過程中，以 Polar 無線心跳率紀錄錶全程監控受試者的心跳率。

四、 溫蓋特測驗

本研究採用腳踏車測功儀 (Monark 839E, Finland) 讓受試者進行 2 次 30 秒的溫蓋特測驗，間隔休息 4 分鐘。測驗開始前，由受試者自行調整坐椅高度與手把位置。本研究所採用的負荷阻力為受試者自身體重的 7% (Tarnopolsky & MacLennan, 2000)。在 2 次溫蓋特測驗之間，讓受試者持續採腳踏車 4 分鐘，負荷阻力為 0 公斤進行動態休息。

在 2000 公尺划船運動測驗開始前 2 分鐘、溫蓋特測驗後第 5 分鐘與 2000 公尺划船運動測驗後第 5 分鐘，另以指尖採血方式採集受試者血液樣本，並以 YSI Model 23L 分析血乳酸值。

五、 血液分析與處理

在前測二與後測二進行運動測驗之前，由合格護士在受試者的肘前靜脈進行真空抽血，並將 10 毫升的血液樣本分別注入生化試管與 EDTA 試管中。採集於生化試管的血液樣本，立即以每分鐘 3000 轉的離心速率進行 10 分鐘的離心處理，隨後將血清 (serum) 取出置於另一生化試管中，以供肌酸激酶同功酶 (CK isoenzyme) 的分析。EDTA 試管內的血液樣本則可供隨後血氨濃度的分析。本研究所採集的試管血液樣本，利用冰浴的方式送至檢驗所 (台北市，邱內科) 進行化驗。血液樣本的採集時間點包括測驗前、溫蓋特測驗

後第 5 分鐘與 2000 公尺划船運動測驗後第 5 分鐘。

本研究肌酸激酶同功酶的檢驗方法是採用 Helena 快速電泳法 (Helena REP CK-2 method) 來測定三種不同的同功酶活性：CK-BB、CK-MB (與心肌損傷有關) 與 CK-MM (與骨骼肌損傷有關)。利用肌酸激酶同功酶在 pH 值為 8.6 的緩衝液中，所帶陰淨電荷的不同，使其在不同電場中，透過不同移向陽極的速率進行電泳法 (electrophoresis) 分離。電泳後再與基質輔酶試劑反應作用，利用螢光掃描，並計算出 NADH 百分比含量，即可換算出各同功酶之活性。

本研究血氨濃度的分析則是將 10 μ l 的檢體滴到試藥片 (slide) 上，並在塗佈層上均勻分散開。水與非蛋白質物質移動到試劑層中並與緩衝劑混合，此時氨離子 (ammonium ions) 會轉變成氣態氨 (ammonia)，並向下滲透致半透膜層。半透膜層僅允許氨通過並防止緩衝劑或氫氧根離子到達指示層。氨在指示層與指示劑 (bromophenol blue) 結合產生有顏色的複合物，經過一段時間的反應後，利用 Dye 的反射光 (600 nm) 密度計算氨濃度。

六、心跳率變異性測驗

本研究以 Polar 心跳率紀錄錶 (Polar S810iTM, Polar Electro Inc, Finland)，紀錄坐姿休息的 R-R 間隔數。為達到心跳率的穩定狀態

(steady state)，心跳率的紀錄需至少 6 分鐘，並以最後 5 分鐘的 R-R 間隔數，進行後續的分析處理。坐姿休息的安靜心跳率數據，是在前測一與後測一進行最大划船運動測驗之前取得。

透過紅外線傳輸線 (Polar IR interface, Polar Electro Inc, Finland)，讀取 Polar 心跳率紀錄錶所紀錄之 R-R 間隔數資料，並以 Polar Precision Performance SW 3.0 軟體進行異位性心跳數 (ectopic beats) 的自動修正，再轉換成 ASCII 檔，而本實驗僅使用異位性心跳數修正在 15% 以內的 R-R 間隔數資料進行功率頻譜分析。

本實驗依據 Shin 等 (1997) 所提出的方法，進行心跳率變異性的功率頻譜分析。透過 AcqKnowledge version 3.7.1 軟體，將每階段最後 5 分鐘之 R-R 間隔數資料 (取樣頻率至少 512 或 1,024 Hz)，進行快速傅力葉轉換 (Fast Fourier Transform, hamming window) 的處理，進而在功率頻譜圖上定義出 VLF (0.00-0.04 Hz)、LF (0.04-0.15 Hz)、HF (0.15-0.4 Hz) 的絕對功率值 (ms^2) 與峰值頻率 (Hz)。

七、身體組成測驗

本研究利用生物電阻身體組成分析儀 (InBody 2.0, Biospace Co., Ltd., Korea)，進行受試者的身體組成分析；所測量的數據包含體

重、體脂肪百分比、脂肪重、去脂體重、肌肉重、細胞內外液重等。

測驗時間為受試者在前測一與後測一到達實驗室時進行。

八、飲食記錄與分析

本研究利用營養攝取記錄表（見附錄四）分別記錄受試者開始增補之前（93年8月2日與3日）以及增補時的第一與第二天（93年8月10日與11日）之營養攝取狀況。在開始進行飲食記錄之前，由合格營養師向所有受試者講解與示範營養攝取記錄的方式以及飲食教育課程，並確定每位受試者均能詳細記錄自身的飲食情形。隨後，由該營養師利用食物代換數的方式，並參照行政院衛生署（1998a，1998b）的食品營養成分標準，逐一分析每位受試者每日的營養攝取情形。

九、副作用記錄

本研究根據 Branch（2003）、Hespel 等（2001a）以及 Terjung 等（2000）的論述性文章編製副作用記錄表（見附錄五），用以記錄每位受試者在增補期間之自述性主觀症狀，包括噁心、嘔吐、腹瀉、腸胃不適、肌肉痙攣、水腫現象等。

十、肌酸與醣類的增補方式與配製

本研究依據 Syrotuik 等（2001）所提出的增補方式進行肌酸或安慰劑的增補，亦即每天4次，每天服用每公斤體重0.3克的肌

酸膠囊或偽膠囊，連續 5 天的方式進行增補（4x5gx5d），每次攝取的間隔必須至少 2 小時以上。肌酸膠囊內含純度為 99.9% 的單氫氧基肌酸（PhosphagenTM，Experimental and Applied Sciences, USA），而偽膠囊則填充纖維素。

由於每顆膠囊重 0.5 克，因此在計算受試者每日肌酸膠囊或偽膠囊攝取量時，超過 0.25 克者，需多服 1 顆膠囊，亦即若體重為 63 公斤者，每日必須攝取 38 顆膠囊（ $63 \times 0.3 = 18.9$ 克），而體重為 62 公斤者，每日則須攝取 37 顆膠囊（ $62 \times 0.3 = 18.6$ 克）。

本研究的醣類增補方式則是依據 Steenge 等（2000）所提出的方式進行，亦即在每次的肌酸膠囊或偽膠囊攝取後的 30 分鐘，再攝取 500 毫升的葡萄糖水或偽糖水。本研究的葡萄糖水內含葡萄糖 50 克，而偽糖水則利用阿斯巴甜（aspartame）調製成與葡萄糖水相同甜度的溶液。同時，為了使葡萄糖水與偽糖水的口感與味道相似，兩者均添加蘋果口味香料劑。本研究所使用的葡萄糖水與偽糖水均委由台北市亞霸能量技研工程公司協助配製。

肌酸+醣類組，增補方式為每天 4 次，每天服用每公斤體重 0.3 克肌酸膠囊，連續服用 5 天，並於每次攝取肌酸 30 分鐘後，再攝取內含 50 克葡萄糖的 500 毫升葡萄糖水；肌酸組，增補方式為每天 4 次，每天服用每公斤體重 0.3 克肌酸膠囊，連續服用 5 天，每

次服用肌酸 30 分鐘後攝取 500 毫升的偽糖水；安慰劑組，增補方式為每天 4 次，每天服用每公斤體重 0.3 克纖維素（偽膠囊），連續服用 5 天，每次服用偽膠囊 30 分鐘後攝取 500 毫升的偽糖水。

十一、增補期間的訓練課表

本研究的受試者在增補期間需配合進行高訓練量的訓練課表，而訓練課表是由 2004 年世界大學划船錦標賽培訓隊的國家級教練林惠美教練與林博文教練所排定（附錄六）。受試者在增補期間的每日總訓練量約為每天 40 公里的實際水道（宜蘭冬山河）練習以及 10 公里的室內划船練習，每天分三次的訓練課進行。

第七節 資料分析與處理

實驗測量所得之各項資料，以電腦 SAS 統計軟體分別進行如下之統計分析，本研究顯著水準訂為 $\alpha = 0.05$ ：

- 一、以混合設計二因子變異數分析，考驗三組受試者（獨立樣本）在增補前後（重複量數），個體無氧閾值與乳酸閾值所對應的負荷功率；當統計顯著水準達 0.05 時，進行簡單主要效果以及杜凱氏事後比較之統計處理。
- 二、以混合設計二因子變異數分析，考驗三組受試者（獨立樣本）在增補前後（重複量數），坐姿休息之心跳率變異性；當統計顯著水準達 0.05 時，進行簡單主要效果以及杜凱氏事後比較

之統計處理。

- 三、以混合設計二因子變異數分析，考驗三組受試者（獨立樣本）在增補前後（重複量數）身體組成的各項數據；當統計顯著水準達 0.05 時，進行簡單主要效果以及杜凱氏事後比較之統計處理。
- 四、以混合設計二因子變異數分析，考驗三組受試者（獨立樣本）在增補前後（重複量數），最大划船運動測驗時各級負荷的每分鐘攝氧量、運動至衰竭之時間、血乳酸值與心跳率變化情形；當統計顯著水準達 0.05 時，進行簡單主要效果與杜凱氏事後比較之統計處理。
- 五、以混合設計二因子變異數分析，考驗三組受試者（獨立樣本）在增補前後（重複量數），2000 公尺划船運動測驗每 500 公尺分段成績以及運動前後之血氨濃度；當統計顯著水準達 0.05 時，進行簡單主要效果與杜凱氏事後比較之統計處理。
- 六、以混合設計二因子變異數分析，考驗三組受試者（獨立樣本）在增補前後（重複量數），2x30 秒溫蓋特測驗之功率峰值、至功率峰值的時間、平均功率、功率遞減率、血氨濃度與血乳酸值；當統計顯著水準達 0.05 時，進行簡單主要效果與杜凱氏事後比較之統計處理。

七、以混合設計二因子變異數分析，考驗三組受試者（獨立樣本）在增補前後（重複量數），每日飲食總攝取量、脂肪、蛋白質與醣類攝取總量；當統計顯著水準達 0.05 時，進行簡單主要效果與杜凱氏事後比較之統計處理。