

第三章 研究方法與步驟

一、受試對象與實驗地點

本研究以國內優秀女性划船選手 15 名為受試對象，實驗地點於國立台灣師範大學運動生理學實驗室。

二、實驗方法與程序

(一) 實驗設計

本研究採受試者內設計，在測量完身高、體重、坐高以及總皮脂厚之後，受試者首先經平衡次序安排，進行不同距離(400 公尺、600 公尺與 800 公尺與 1000 公尺)與不同時間 (90 秒、240 秒、600 秒與 1200 秒) 的衝刺測驗，以公式換算分別獲得 CV 與 CP 值。接著受試者於划船器測功儀上進行漸增負荷的最大攝氧量測驗，同時採集乳酸以計算無氧閾值 (AT4) 2000 公尺划船測功儀的衝刺測驗，作為運動表現的指標以及無氧動力測驗以獲得能量消耗與無氧動力指標。在獲得 CP 及 CV 後，依平衡次序的方式，分別進行 20 分鐘臨界負荷的固定強度運動測驗，運動測驗過程中的 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘與 20 分鐘，詳細記錄下每位受試者的心跳率、換氣量、氧攝取量、二氧化碳產生量等人體生理反應的變化情形。每位受試者每次進行運動測驗至少間隔 24 小時以上。

(二) 實驗前的準備

本實驗實驗前的準備包括下列幾項：

1. 實驗儀器校正及檢視

- (1)Vmax29 氣體分析系統的檢測與校正。
- (2)划船測功儀的固定與檢測。
- (3)心電圖監視系統 (MP100) 檢測與校正。
- (4)Polar 心跳記錄器的檢測與校正。
- (5)YSI 1500 乳酸測試儀的檢測與校正
- (5)實驗環境：將實驗室溫度控制在 25 ± 1 間。

2.測驗人員的準備

- (1)研究者必須先對測驗人員說明清楚研究的目的、方法與受試者須知。
- (2)測驗人員必須先瞭解划船測功儀的使用方法。
- (3)測驗人員必須瞭解自己負責之實驗儀器的操作方式。
- (4)測驗人員皆進行實驗前測試，確保實驗流程與設計無誤，以利實驗順利進行。

3.受試者的準備

- (1)受試者在參與實驗前，對於研究的目的、方法與受試者須知，必須有所瞭解。
- (2)受試者填寫健康狀況問卷調查表及受試者同意書，並與研究者約定好實驗日期、時間。
- (3)受試者必須依約定的時間穿著運動衣褲至實驗地點，實驗前 12 小時內不得飲用含有咖啡因的飲料，不得做激烈運動。

(三) 實驗方法

1.以不同距離划船成績換算臨界速度

本研究每位受試者分別接受 400 公尺 600 公尺 800 公尺與 1000

公尺的最佳划船成績測驗，受試者在每次測驗時，皆以心跳監測錶監控，以確定受試者是否盡力。

所獲得的不同距離運動成績，再依 McDowell 等人 (1988) 所提出的線性模式求得 CV。其運算公式為： $D = CV(T) + AWC$ 。

2. 以不同時間划船作功輸出換算臨界動力

本研究每位受試者分別接受 90 秒、240 秒、600 秒與 1200 秒的測驗，求得在不同運動時間內的全部作功量，以作功量 = $A \times$ 持續時間 + B 的公式 (Clingleffer 等人, 1994a) 求得 CP。

3. 皮脂厚、淨體重與坐高測量

本研究以皮脂夾分別測量每位受試者身體七個部位的皮脂厚，每個部位各測量三次並取其平均值。本測驗由同一位接受過訓練之人員所完成，各個測試部位為肱三頭肌 (肘部鷹嘴突與肩突形成垂直線之中點)、肩胛骨下緣 (肩胛骨之下緣，與脊柱成四十五度之斜線)、小腿 (最大小腿圍中央側面)、大腿 (膝蓋骨與髌骨前脊形成垂直線之中點)、腸骨上方 (腸骨外側上方並與髌骨後緣形成四十五度之斜線)、腹部 (肚臍右邊約 2.5 公分形成之垂直線) 與胸部 (腋窩折層與乳頭中間形成之斜線) (吳慧君編, 1999)，將各部位的測量值相加為總皮脂厚。坐高測量為受試者坐於椅子上，於牆壁上貼一量尺，測量椅子至頭頂的距離，為坐高 (sitting height)。

4. 划船測功儀上 CP 與 CV 的持續運動時間

本研究每位受試者分別在划船器測功儀上，以所測得 CV、CP，讓受試者進行最大持續運動時間測驗，分別在運動測驗過程中的 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘與 20 分鐘，詳細記錄下每位受試者的心跳率

(次/分)、換氣量 (L/min)、氧攝取量 (ml/kg/min)、二氧化碳 (ml/kg/min) 產生量等人體生理反應的變化情形，並記錄其最大持續運動時間。

5. 最大攝氧量的測量

(1) 採氣裝置

將採集氣體專用面罩罩住受試者的口與鼻，再將呼出之氣體透過採氣管連接到 Vmax29 電腦能量代謝系統之氣體入口。運動開始後，Vmax29 系統以 breath by breath 的方式自動採氣，並分析運動過程中每一吸吐的氧氣與二氧化碳濃度，並由電腦記錄下來。同時在運動過程中，受試者皆配戴 Polar 心跳記錄器與利用心電圖監視系統，測量其心跳。

(2) 運動測驗

本研究的運動測驗內容，是讓受試者在划船器測功儀上以漸增負荷的方式來進行，受試者首先進行 5 分鐘 25W 熱身運動，然後以 50W 開始每階段 5 分鐘，每一階段皆增加 50W，間隔休息一分鐘（改自 Riechman 等人，2002）。在休息時進行手指的毛細血管採血，每次採集 25 μ L 注入分析儀以測得乳酸濃度，直到受試者無法達到所要求的功率輸出為止，便停止測驗。此測驗過程中的最後階段當呼吸交換率 (RQ) > 1.10 與心跳接近最大心跳率時，所測得最高穩定攝氧量 (L/min)，代表選手的最大有氧能力 (VO_{2max})。



圖 1 漸增負荷測驗

6.無氧閾值 (AT4) 的測量

經由漸增負荷測驗所獲得不同階段的乳酸濃度後，參考 Borch (1999) 的指數公式 ($[La^-] = a \times e^{bx} + C$, x 為作功瓦特數)，換算出乳酸濃度為 4mM/L 所對應的作功瓦特數，作為無氧閾值指標(AT4)。



圖 2 毛細試管指尖乳酸採血

7.無氧能力與能量消耗之測量

在進行五分鐘的熱身之後，受試者以 2:16/500m 的速度於划船測功儀上運動 10 分鐘，採集其穩定攝氧量與作功輸出，分別求得其經濟性與作功效率，本研究作功效率的採用差效率 (delta efficiency)：完成的作功差(ΔW)/ 能量消耗差(ΔE)，作為計算效率的參考指標。接著在休息十分鐘且回到安靜代謝率時，進行兩次無氧動力測驗，受試者在三十秒內，進行最大努力的運動測試，分別記錄其無氧動力峰值 (peak power, P_{peak})：30 秒鐘內的功率輸出最大值；無氧能力 (anaerobic capacity, AnC)：30 秒鐘內的總作功值；平均最高無氧動力 (maximal mean power, P_{max})：30 秒鐘內的最高連續五槳的作功平均值；平均最低無氧動力 (minimum mean power, P_{min})：最後五槳的作功平均值；平均無氧動力 (mean power, P_{mean})：30 秒鐘內的平均作功值以及疲勞指數 (fatigue index, FI)： $(P_{max} - P_{min})/P_{mean}$ 。

(四)實驗器材

- 1.Vmax29 型電腦能量代謝系統：美國 Sensormedics 公司所製造的 Vmax29 型電腦能量代謝系統 (Metabolic Measurement Cart)。
- 2.心電圖監視系統：以 Biopac MP100 進行心電圖監控
- 3.Concept II 划船測功儀 (Concept II Inc., Morrisville., VT, U.S.A.)。
4. YSI 1500 乳酸分析儀：以 YSI 公司所製造的 YSI1500 型乳酸分析儀進行濃度測試。
- 4.訊息接收導線和電極片。
- 5.採氣用面罩。
- 6.碼錶二個。
7. Polar 心跳監測記錄器



圖 3 乳酸分析儀及划船測功儀電腦監控

三、資料處理與統計分析

- (一) 以描述統計法，求出受試者身高、體重、皮脂厚、坐高、不同距離的完成時間、不同時間的作功量、作功效率、經濟性以及各項生理測量指標平均值與標準差。
- (二) 以皮爾遜積差相關統計法，求出划船測功儀上所測得之最大攝氧量、AT4、無氧動力指標、經濟性、作功效率、CV、CP與2000公尺室內划船測功儀運動成績之相關程度。
- (三) 利用多元迴歸統計法，以室內2000公尺的運動成績為效標，加入體型特徵、最大攝氧量、AT4與無氧能力等指標，分別對於CV與經濟性、CP與作功效率進行不同模式的預測考驗。
- (四) 以相依樣本單因子變異數分析統計法，比較在CV與CP強度運動時，心跳率、換氣量、氧攝取量、二氧化碳產生量與血乳酸反應等生理變項。
- (五) 本研究的顯著水準 α 定為.05。