

國立體育大學
競技學院
教練研究所博士論文

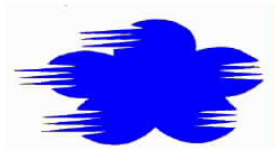
熱環境藉助冷卻背心對西式划船測功儀高強度
無氧負荷運動能力與生理反應之影響

**Effect of Wearing a Cooling Vest in Heat with Rowing Ergometer on
High-Intensity Anaerobic Exercise Capacity and Physiological Responses**

指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：陳佳慧 撰

中 華 民 國 102 年 6 月



國立體育大學

National Taiwan Sport University

熱環境藉助冷卻背心對西式划船測功儀高強度無氧負荷運動能力與生理反應之影響

摘要

本研究目的在探討熱環境藉助冷卻背心對西式划船測功儀高強度負荷與高強度間歇負荷型態其運動能力以及生理反應之影響。方法：研究對象為 8 名高中男性西式划船單人雙槳選手，本實驗設計採用平衡次序及重複量數之方式進行，讓所有實驗參加者皆在穿著冷卻背心 (Cooling) 與無冷卻背心 (Non cooling) 兩種情況下進行高強度無氧負荷 (2000 m) 與高強度無氧間歇負荷 (4×1000 m) 測試。分別觀察乳酸、血糖、血液氣體〈氧分壓、二氧化碳分壓、酸鹼值〉、心跳率、溫度〈耳溫、身體皮膚平均溫度〉、運動努力知覺量表與熱感覺量表之影響。研究結果顯示：於高強度無氧負荷 (2000 m)，穿著冷卻背心 (Cooling) 在運動結束後、運動結束後恢復期身體皮膚平均溫度與耳溫均達顯著差異，心跳率於恢復期第五分鐘亦達顯著差異。Cooling 可使划船總時間下降與總輸出功率提昇，血液乳酸於恢復期第十分鐘顯著差異。於 4×1000 m 高強度無氧負荷，穿著冷卻背心 (Cooling) 在運動結束後恢復期耳溫與身體皮膚平均溫度皆達顯著差異，運動中與恢復期熱感覺指數均達顯著差異。血液氣體 pO_2 、 pCO_2 與 pH 於兩種情況下，均未達顯著差異。結論：於熱環境下運動，Cooling 有效提升高強度無氧負荷 (2000 m) 完成總時間與總輸出功率，且在 4 次 1000 m 相同完成時間下，亦有效減少輸出功率且減少乳酸增加百分比。其原因為 Cooling 具有顯著下降耳溫與身體皮膚平均溫度有效調節身體溫度與熱感覺呈現顯著舒適。

關鍵詞：溫度調節、血液氣體、熱感覺

Effect of Wearing a Cooling Vest in Heat with Rowing Ergometer on High-Intensity Anaerobic Exercise Capacity and Physiological Responses

ABSTRACT

The **purpose** of this study was to investigate the effects of wearing a cooling vest with rowing ergometer on high intensity anaerobic exercise ability and physiological responses in heat condition. **Methods:** Eight single skilled young male rowers participated in this study. A counter balance order was used for all subjects. Repeated high intensity anaerobic exercise (2000 m) and high intensity intermittent exercise (4×1000 m) tests were completed on two occasions: one with a cooling vest and one without a vest. Measures: Lactate, glucose, blood gas (partial pressure of oxygen, partial pressure of carbon dioxide, and pH), heart rate, temperature (ear, skin), rating of perceived exertion (RPE) and thermal sensation. **Results:** The ear and skin temperature were significantly different in cooling compared with non cooling after high intensity anaerobic exercise (2000 m) and recovery phase. Heart rate in the 5th minute of the recovery phase, was significantly decreased more in cooling than in non cooling. Time of performance and power output were decreased and increase. Blood lactate was significantly decreased in 10th minute of the recovery phase. In the high intensity intermittent exercise (4×1000 m) test, the ear and skin temperature during the recovery phase were significantly different. Thermal sensation was significantly lower during exercise and recovery phase in cooling. The pO₂, pCO₂ and pH between the two trials were not different. **Conclusion:** Cooling could promote the performance time and power output in high intensity anaerobic exercise (2000 m), furthermore

decrease the power output and percentage of lactate production in each 1000 m rowing (4×1000 m). That might due to the fact that wearing a cooling vest influenced the temperature of the ears and skin, and provided the human body a good thermoregulatory and comfortable thermal sensation during high intensity exercise.

Keywords: Thermoregulatory, Blood gas, Thermal sensation

致 謝

首先感謝吾師張嘉澤教授，引導我進入運動訓練、訓練生理以及運動能力診斷領域。在博士班的學習過程中，對我不厭其煩的耐心指導、提供許多研究方向的指點與建議，並於研究過程中，不時關切研究進度，促使本研究能如期完成，心中百感交集，充滿感激。同時，感謝口試委員陳俊忠教授、陳甫州教授、呂欣善教授以及詹元碩教授，給予論文提供思考邏輯、相關知識指導與建議，使得本論文更臻完善，特此敬申謝意。

在求學期間，感謝教練研究所所長邱炳坤教授、季力康教授、湯文慈教授、諸多老師的幫助、指導和體諒，順利完成學業。所辦月娥老師、麗蕙、茵婷們有關修業課程與相關規定的協助與幫忙。月琪、雅陵學姊與孟龍學長全家、翠娟學姊、宜正學長、珍輝學長、德盛、展明、櫻灣學姊、奕堂...等人，對於實驗研究的協助。另外感謝所有運動能力診斷 (SPDI) 之同袍，族繁不及備載於此由衷致謝。感謝莊教練以及參與本研究的全體受試者辛苦的配合，由於你們的協助、幫忙與支持，讓佳慧感到相當窩心，得以本論文實驗能夠順利完成。衷心感謝高厝教練、張生平老師、謝志君教練以及王秀銀老師給予無限的鼓勵，促使學生有毅力能完成艱辛之過程。

最後，感謝一路辛苦栽培我的父母以及姐姐與哥哥，給予精神上與實質上的鼓勵與支持，讓佳慧無後顧之憂，順利完成學業，特將此榮耀與您們一同分享，謝謝您們！

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
致謝	IV
目錄	V
表目錄	VII
圖目錄	VIII
中英文對照縮寫表	X

第壹章 緒論

第一節 前言	1
第二節 研究動機	3
第三節 研究目的	6
第四節 名詞操作性定義	7

第貳章 文獻探討

第一節 西式划船運動特性與能量代謝	9
第二節 環境溫度與濕度對人體影響	18
第三節 身體的熱平衡與溫度調節控制	22
第四節 冷卻對新陳代謝、體循環與運動表現之影響	28

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象	38
第二節 實驗時間與地點	38
第三節 實驗流程	39
第四節 實驗方法與步驟	40
第五節 實驗儀器	45
第六節 資料處理與統計分析	53

第肆章 結果

第一節 冷卻背心對西式划船 2000 m 測功儀高強度無氧運動能力、身體溫度調節、體循環與新陳代謝之影響	55
第二節 冷卻背心對高強度無氧間歇負荷運動能力、身體溫度調節、體循環與新陳代謝之影響	67

第伍章 討論

第一節 冷卻背心對 2000 m 測功儀高強度無氧負荷運動能力與生理反應之影響	78
第二節 冷卻背心對 4×1000 m 測功儀高強度無氧間歇負荷運動能力與生理反應之影響	84

第陸章 結論

第一節 結論	88
--------------	----

參考文獻

90

附錄

附錄 一 實驗參加同意書	102
附錄 二 疾病調查表	103
附錄 三 熱感覺量表	104
附錄 四 運動努力知覺量表(RPE)	105
附錄 五 人體試驗審查證明	106

表目錄

表 2-4-1	冷卻對無氧與間歇運動新陳代謝、體循環與運動表現之相關研究整	34
表 2-4-2	冷卻對持續性耐力與耗竭運動新陳代謝、體循環與運動表現之相關研 究整理	35
表 3-1-1	受試者基本資料	38
表 4-1	2000 m 測功儀高強度負荷與 4×1000 m 測功儀高強度間歇負荷環境溫 度與濕度	54
表 4-1-1	2000 m 划船測功儀總時間、總槳貧及總輸出功率之分析	55
表 4-1-2	2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷前(R)與結束後(E1)之體重分析	58
表 4-1-3	2000 m 划船測功儀運動結束後(E1)運動努力知覺量表(RPE)之分析	60
表 4-2-1	4×1000 m 高強度無氧間歇負荷完成時間之分析	67
表 4-2-2	4×1000 m 高強度無氧間歇負荷前(R)與結束後(E1)之體重分析	70
表 4-2-3	4×1000 m 高強度無氧間歇負荷運動努力知覺量表(RPE)之分析	72
表 4-2-4	4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束後血氨(NH ₃)之分析	76

圖目錄

圖 2-1-1 能量提供與運動持續時間之關係.....	13
圖 2-1-2 無氧糖酵解作用.....	14
圖 2-1-3 有氧糖酵解作用.....	15
圖 2-1-4 嘌呤核酸循環.....	16
圖 2-2-1 不同環境溫度於休息狀態，分佈人體各部位之體溫.....	20
圖 2-3-1 熱由皮膚移除.....	23
圖 2-3-2 人體活動肌產熱和將熱傳送到核心至皮膚，在適當的環境條件，以消耗體內多餘的熱能至環境中.....	24
圖 2-3-3 體溫過高時，下視丘控制體溫機制.....	26
圖 2-3-4 體溫過低時，下視丘控制體溫機制.....	27
圖 3-3-1 實驗流程圖.....	39
圖 3-4-1 2000 m 測功儀高強度無氧負荷實驗流程與生物參數.....	42
圖 3-4-2 4x1000 m 高強度無氧間歇負荷實驗流程與生物參數.....	44
圖 3-5-1 冷卻背心.....	45
圖 3-5-2 測功儀 Concept II Model E.....	46
圖 3-5-3 測功儀面板（內含五個模式）.....	46
圖 3-5-4 血液氣體分析儀與晶片.....	47
圖 3-5-5 乳酸血糖分析儀.....	48
圖 3-5-6 掌上型安分析儀主機.....	49
圖 3-5-7 專用試紙.....	49
圖 3-5-8 心跳錶、心跳偵測帶、IrDA 紅外線.....	49
圖 3-5-9 溫濕度測量器.....	50
圖 3-5-10 耳溫槍.....	50
圖 3-5-11 額溫槍.....	51
圖 3-5-12 紅外線測溫儀.....	51
圖 3-5-13 電暖器.....	52
圖 3-5-14 身體組成分析儀(InBody).....	52
圖 4-1-1 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷分段速度之分析.....	56
圖 4-1-2 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷分段槳頻之分析.....	56
圖 4-1-3 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷分段功率之分析.....	57
圖 4-1-4 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷前(R)、熱身後(WU)、休息(R2)與結束後平均耳溫之分析.....	59
圖 4-1-5 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷前(R)、熱身後(WU)、休息(R2)與結束後身體皮膚平均溫度之分析.....	60

圖 4-1-6 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷前(R)、熱身後(WU)、休息(R2)與 結束後熱感覺量表之分析.....	61
圖 4-1-7 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷結束(E1)與運動結束後恢復期第五 (E5)分鐘心跳率之分析.....	62
圖 4-1-8 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷前(R)、熱身後(WU)、休息(R2)與 結束後乳酸(La)之分析.....	64
圖 4-1-9 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷最大乳酸值與速度之分析.....	64
圖 4-1-10 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷結束後血氨(NH ₃)之分析.....	65
圖 4-1-11 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷結束(E1)血液乳酸與身體皮膚平 均溫度之分析.....	66
圖 4-2-1 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷輸出功率下降百分比(%).....	68
圖 4-2-2 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷槳頻平均值之分析.....	69
圖 4-2-3 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷前(R)、熱身後(WU)、休息(R2)、4 次 與結束後恢復期平均耳溫之分析.....	71
圖 4-2-4 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷身體皮膚平均溫度分析.....	71
圖 4-2-5 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷熱感覺量表之分析.....	73
圖 4-2-6 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷心跳率之分析.....	74
圖 4-2-7 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束(4x)與恢復期第五(E5)分鐘心跳率 之分析.....	74
圖 4-2-8 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷血液乳酸增加百分比(%).....	75
圖 4-2-9 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束後恢復期血液乳酸之分析.....	76
圖 4-2-10 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束後血液氣體分析之氧分壓(pO ₂)、 二氧化碳分壓(pCO ₂)與酸鹼值(pH)之分析.....	77

中英文對照縮寫表

縮寫	英文	中文
ADP	Adenosine diphosphate	腺嘌呤核苷二磷酸
AMP	adenosine monophosphate	單磷酸腺苷
ATP	adenosine triphosphate	腺嘌呤核苷三磷酸
ATP-PC	adenosine triphosphate - phosphocreatine	磷化物系統
BE	base excess	細胞外液過量鹼
CP	creatine phosphate	磷酸肌酸
E1-E15	end of the first minute to fifteenth minute	運動結束第一分鐘至第十五鐘
HR	heart rate	心跳率
hr	hour	小時
IMP	inosine monophosphate	肌核苷單磷酸鹽
kg	kilogram	公斤
km	kilometer	公里
km/h	kilometer per hour	每小時所含有之公里
La	lactic acid	乳酸
La _{max}	maximal lactic acid	最大乳酸
m	meter	公尺
ml	milliliter	毫升
mmHg	millimeter hydrargyrum	毫米汞柱
mmol/l	millimoles per liter	每公升所含有之毫莫耳數
min	minute	分鐘
min ⁻¹	beat per minute	每分鐘心跳數
m/s	meter per second	每秒公尺數
NH ₃	ammonia	血氨
O ₂	oxygen	氧氣
pCO ₂	partial pressure of carbondioxide	二氧化碳分壓
PFK	phosphofructokinase	磷酸果糖激酶
pH	pondus hydrogenii	酸鹼值

Pi	phosphate	磷酸根
pO ₂	partial pressure of oxygen	氧分壓
R	rest	安靜值
R2	-	休息
RPE	rating of perceived exertion	運動努力知覺量表
rpm	revolutions per minute	每分鐘轉速
sec	second	秒
SPM	-	槳頻
μl	microliter	微升
μmol/L	micromoles per litre	每公升所含有之微莫耳數
T	temperature	溫度
T _c	core body temperature	核心溫度
T _{chest}	chest temperature	胸腔溫度
T _{es}	esophagus temperature	食道溫度
T _b	lower body temperature	下半身溫度
T _{left arm}	left arm temperature	左手臂溫度
T _{left thigh}	left thigh temperature	左大腿溫度
T _{left leg}	left leg temperature	左小腿溫度
T _{mb}	mean body temperature	身體平均溫度
T _{mu}	muscle temperature	肌肉溫度
T _{re}	rectum temperature	直腸溫度
TS	thermal sensation	熱感覺量表
T _{sk}	skin temperature	皮膚溫度
T _{ty}	ear temperature	耳溫度
T _{up}	upper body temperature	上半身溫度
$\dot{V}O_{2max}$	maximal oxygen consumption	最大攝氧量
W	watt	瓦特
WU	Warm up	熱身

第壹章 緒論

第一節 前言

近代訓練模式不斷的在改變，而訓練工具運用廣泛且創新，或以外加的輔助（如，營養增補劑、吸取高濃度氧氣、低氧等）方式，以期望能夠讓運動員在最短期間可以達到個人最佳能力，甚至可以延長運動生涯巔峰時間。訓練型態以及輔助方式是教練與運動科學人員可控制的，但氣候環境卻是無法控制的因子。台灣位於亞熱帶地區，天氣型態屬於夏季濕熱，炎熱與潮濕的氣候限制了身體的能力轉移到熱環境。我們面臨的挑戰是如何保持熱平衡，在熱環境運動下可能會伴隨負面的心理、生理反應以及熱疾病等現象。因此，教練和選手一直關注著如何克服在熱環境下訓練或比賽，以達到理想訓練品質和完美比賽表現。

有許多運動項目需要在炎熱與潮濕的環境下進行訓練，且不論是在室外或室內。在室外訓練或比賽時，空氣的冷卻效果是依賴於空氣流動經過身體的表面，以及雲層減少了熱負荷；相反地，室內有空調設備提供，但並非全部運動場地皆有。在濕熱環境下進行運動訓練，將會影響人體的體溫調節系統。Febbraio, Snow, Stathis, Hargreaves, and Carey (1994b) 和 Galloway and Maughan (1997) 指出在熱環境與溫和氣候環境的比較下，耐力能力會因高溫而下降；而運動耗竭時間會受到身體最初溫度之高低而有所影響。因此在熱環境下運動產生疲勞以及限制耐力表現的主要因素源自於身體核心溫度的升高。許多研究已經運用不同冷卻方法降低核心溫度的增加，來提升運動表現、消除疲勞，或防止熱傷害的形成(Arngrimsson, Petitt, Stueck, Jorgensen, & Cureton, 2004; Booth, Wilsmore, Macdonald, Zeyl, McGhee, & Calvert, 2001; Cheung & Robinson, 2004)。關於冷卻方式相關之研究可運用經由將水灌注的衣服 (Gold &

Zornitzer, 1968; Shapiro, Pandolf, Sawka, & Goldman., 1982) 、水浸泡 (Marsh & Sleivert, 1999) 、冷水淋浴 (Drust et al., 2000) 、以風扇吹乾或濕的皮膚 (Mitchell, Schiller, Miller, & Dugas, 2001) 、以及冰袋 (Price & Mather, 2004) 等方法。運動訓練多於室外進行，但有時會因其他因素必需調整在室內環境，在夏季天氣炎熱會造成室內環境溫度居高不下且並非都有空調設備，在這樣的訓練環境下其訓練效果必將有所受限；目前國內於冷卻之應用研究較少運用在競技運動上，因此本研究旨在探討，藉助冷卻背心在 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷與 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷測試之影響，期望本研究結果能提供運動科學研究人員、運動教練與競技運動員於室內或室外之熱環境訓練或者比賽時，能降低個人身體核心溫度再運用其他有效以及快速訓練模式或輔助方式，使訓練效果相得益彰。

第二節 研究動機

環境溫度一直被認為是一個影響耐力運動表現的關鍵因素。過去發現，個體的身體性能在高溫 (30~40 °C) 條件下，明顯低於較涼 (3~20 °C) 條件。在熱環境中，過量的疲勞性運動會影響到生理、能量代謝、心肺功能、身體內體液的平衡，以及中樞神經系統與動作控制。在新陳代謝方面，低血糖與肌肉肝醣耗竭是影響長距離激烈運動疲勞的因素。而在熱環境下運動，肌肉肝醣的下降率顯著增加 (Febbraio, Snow, Hargreaves, Stathis, Martin, & Carey, 1994a; Parkin, Carey, Zhao, & Febbraio, 1999)，同時伴隨著碳水化合物的氧化與乳酸的累積。在高強度運動中，熱壓力會減少心搏量、心輸出量、肌肉血流量和氧氣的傳送，從而減少最大攝氧量 (González-Alonso & Calbet, 2003)。當環境溫度超過30 °C和相對濕度60 %以上時，人體會發生無法適應熱壓力 (heat stress)。在熱環境下，這些條件因素將限制人體藉由蒸發散熱之能力 (Brearley & Finn, 2003)。因此，當代謝所產生的熱能超過週邊環境時，核心溫度將會上升。高溫會造成身體增加生理傷害，且會減少運動能力或導致衰竭、熱損傷和死亡。Olschewski and Bruck (1988)、Cheung and McLellan (1998)、González-Alonso, Teller, Andersen, Jensen, Hyldig, and Nielsen (1999) 等人研究發現，當身體核心溫度高於39~40 °C，會導致增加心血管、熱和知覺壓力，而會限制耐力運動之表現。由此可知，如果核心溫度是使運動表現在高溫受限之一個關鍵因素，若讓核心溫度於運動前，利用冷卻下降之機制，使在運動時溫度下降或減低熱衰竭發生。當核心溫度降低 0.5 °C時，已經被證實在濕熱環境下，可以改善運動最後幾分鐘之表現 (Marsh & Sleivert, 1999; Cotter, Sleivert, Roberts, & Febbraio, 2001) 以及至1小時之表現 (Kay, Taaffe, & Marino, 1999; Booth, Marino & Ward, 1997)。

運動藉助冷卻的方式已受到關注，而在運動前實施冷卻再進行運動表現的

方式稱為“pre-cooling”，且已經被證明在炎熱的環境增加運動耐力 (Booth et al., 2001)。因此，有一些研究已經進行冷卻對其體溫調節系統之效果，一些研究則又加上新陳代謝方面去探討其效果。這些研究分別於運動前、中以及全程運用冷卻方式對其體溫調節反應包括直腸溫度下降 (Marsh & Sleivert, 1999)、肌肉、食道溫度下降 (Booth et al., 2001)、皮膚溫度下降 (Gonzalez-Alonzo et al., 1999; Hasegawa, Takatori, Komura, & Yamasaki, 2005)、提高熱舒適 (Duffield, Dawson, Bishop, Fitzsimons, & Lawrence, 2003)、降低汗水率 (Hessemer, Brück, Böderker, & Breidenbach, 1984)。而新陳代謝方面，在乳酸 (Booth et al., 2001)、血液氣體參數 (Hessemer et al., 1984) 均無改變，心跳率下降 (Lee & Haymes, 1995) 或無改變 (Duffield et al., 2003)。在運動努力知覺量表方面表有下降 (Hasegawa et al., 2005) 或不變 (Webborn, Price, Castle, & Goosey-Tolfrey, 2010)。其運用冷卻研究多為持續性耐力以及耗竭運動為主 (Schmidt & Brück, 1981; Hessemer et al., 1984; Olschewski & Bruck., 1988; Lee & Haymes., 1995; Arngrimsson et al., 2004; Hunter, Hopkins, & Casat, 2006)，而無氧或間歇運動較少 (Marsh & Sleivert., 1999; Joch, Ückert, & Fricke, 2003; Castle, Macdonald, Philp, Webborn, Watt, & Maxwell, 2006)。而冷卻的時間點則劃分為於運動前 (Booth et al., 2001)、運動期間 (Price & Mather., 2004)，或運動全程 (Webborn et al., 2010) 冷卻身體使核心溫度降低。在這些研究利用之方式則有水灌注的衣服、水浸泡、淋浴、冰袋、喝水以及低溫室等但最有效的方法卻並非是最實用的 (Marino, 2002)。因此為了克服實際使用的限制，冰背心的使用已被證明 (Myler, Hahn, & Tumilty, 1989; Duffield et al., 2003) 能立即和有效地實施冷卻刺激。冰背心輕便易攜帶，只需要放置一個冰櫃，使冰和絕緣冷卻器，保持低溫即可。

西式划船運動比賽距離主要為 2000 m，比賽時間約 6~7 min 30 sec 或 6~7 min 完成。Steinacker (1993) 指出其比賽能量為無氧系統 (ATP-PC、無氧糖酵

解) 以及有氧系統。然而西式划船運動訓練受環境因素影響，因為其主訓練場地需要在水上，因此在訓練需搭配室內划船訓練器材；Koutedakis, Frischknecht, and Murphy (1997) 指出測功儀 Concept II 划船器可作為室內主要訓練器材，其動作型態幾乎接近實際在水上的划船動作。在國內、外的訓練中，教練最常採用 2000 m 測試方式評定划船運動員比賽能力。

依據上述，在濕熱環境下運動，運用冷卻所產生之反應：一、目前冷卻對人體體溫調節方面有幫助，但在新陳代謝方面尚無明顯改善；二、冷卻研究多為持續性長時間耐力 (30 min~1 hr) 以及耗竭性運動型態，而在單次短時間 5~10 min 之運動型態尚無；三、冷卻的時間點，多為運動之熱身前，其次為運動間歇期，但運動全程使用較少；這原因可能歸咎於：（一）水浸泡與淋浴等方式於運動全程使用會造成身體溼滑，必須擦拭乾所以不便利；（二）水灌注的衣服，會涉及到水的重量，若運用於運動全程也不適合；（三）冰袋也不適合於全程使用，因重量與方便性；（四）喝水，若於運動過程中喝冰水會使胃不舒服、喝過多會導致頻尿；（五）低溫室，使用性佳但價位昂貴，若屬室外運動則不便使用；（六）雖然有研究是利用冰背心或夾克，但是在衣服上有口袋可放冰，因此其重量約為 4 kg，也較多運用於熱身前或間歇期。因此，本研究利用冷卻背心（材質為凝膠，重量較輕）全程使用於西式划船測功儀 2000 m 高強度無氧負荷與 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷，對其運動能力、身體溫度調節能力、新陳代謝與體循環之影響。

第三節 研究目的

依據上述的研究動機，本研究主要目的如下：

- 一、探討冷卻背心對西式划船選手測功儀高強度無氧負荷 (2000 m) 運動能力（完成時間、瓦特、槳頻）、身體溫度調節（耳溫、身體皮膚平均溫度）、運動努力知覺量表、熱感覺量表、體循環（心跳率）與新陳代謝（乳酸、血氨）之影響。
- 二、探討冷卻背心對西式划船選手測功儀高強度無氧間歇 (4×1000 m) 負荷運動能力（完成時間、瓦特、槳頻）、身體溫度調節（耳溫、身體皮膚平均溫度）、運動努力知覺量表、熱感覺量表、體循環（心跳率）與新陳代謝（乳酸、血氨、氧分壓、二氧化碳分壓、血液酸鹼值）之影響。

第四節 名詞操作性定義

一、核心溫度 (core body temperature)

人體的體溫是恆定的，其內在體溫維持在 $37\pm0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，稱為核心溫度。傳統的方法是於口腔測量，將溫度計插入舌頭下，但此方式會受技術因素或存在口腔中的液體溫度影響。另一種為腋下體溫，測量位置於腋下若位置錯誤則會導致測量溫度不準確。另外兩個最準確的測量方法分別為直腸溫度和耳溫，直腸溫度需將溫度計插入至直腸足夠的距離，但在本研究運動測試過程時較為不便利，因此不使用此方式。耳溫則是測量由耳鼓膜以及其周圍組織所釋放出的紅外線熱量；當正確的溫度讀數確定後，耳溫槍會結束測量並顯示出結果，提供了一個準確的身體核心溫度，因此本研究是利用量測耳溫來代表核心溫度。

二、身體皮膚平均溫度

運用 Ramanathan (1964) 之計算方式。測量身體四個部位，胸部、上臂、大腿以及小腿，並將帶入公式換算。本研究於實驗測量前，先將測量部位於參加者身體上先標記。本研究將測量胸部、左手臂、左大腿以及左小腿。其公式如下：平均皮膚溫度=0.3（胸部+左上臂）+0.2（左大腿+左小腿）。

三、高強度無氧負荷

典型的西式划船比賽主要距離以 2000 m 為主，然而在室外西式划船運動表現的測試會受到風和水流等影響，而在訓練時能模擬實際比賽的情境可提升運動能力與比賽表現；因此測功儀設計已在划船訓練上被大量使用。Birkner et al. (1988) 指出可於划船測功儀上進行 2000 m 測試，可以預估其比賽競技能力。因此，本研究高強度無氧負荷是指西式划船單人雙槳選手於室內划船測功儀上進行 2000 m 高強度無氧負荷測試。

四、高強度無氧間歇負荷

在 2000 m 西式划船運動比賽中，其能量系統使用磷化物 (ATP-PC) 、無氧糖酵解與有氧能力；雖然其中以有氧比例占較高，但其動作特性主要以力量輸出較多，相對的能量提供需要增加，因此在訓練上主要提升其無氧糖酵解耐力能力。因此，本研究以於室內划船測功儀上進行其高強度無氧間歇 4×1000 m 負荷測試。

第貳章 文獻探討

本研究之文獻探討分成四個部分呈現：第一節、西式划船運動特性與能量代謝；第二節、環境溫度與濕度對人體影響；第三節、身體的熱平衡與溫度調節控制；第四節、冷卻對新陳代謝、體循環與運動表現之影響。

第一節 西式划船運動特性與能量代謝

一、西式划船 (Rowing) 比賽動作型態與能量代謝

西式划船 (Rowing) 運動是屬於水上運動之一，其運動型態主要是使船在水上快速前進，並且在規定的距離內，以最快的時間完成。西式划船運動男生與女生比賽距離主要為 2000 m，有時會因需要而將比賽距離延長或縮短。典型的西式划船單人雙槳 2000 m 比賽，完成時間約 5.5~7 min (Hagerman, 1984；Mäestu, Jürimäe & Jürimäe, 2005)、6~7 min (Jürimäe & Jürimäe, 2001) 或 6~7 min 30 sec (Gullstrand, 1996)。因此，就完成比賽之時間來判斷，西式划船 2000 m 比賽之能量需求大約占有氧能量，Mickelson and Hagerman (1982) 研究指出有氧能量 70 %和無氧能量則為 30 %；Roth, Hasart, Wolf, & Pansold (1983) 有氧能量 67 %和無氧能量 33 %。但是，其動作型態手臂、腿部與軀幹必須同步工作 (Steinacker, Lormes, Lehmann, & Altenburg, 1998) 且需要增加肌肉力量使船可以快速在水面移動 (Steinacker, 1993)，因此，划船槳頻次數與力量輸出相關研究，Mäestu et al. (2005) 研究指出需要平均約 200 次槳頻且高的力量與耐力輸出來完成比賽，而每槳頻力量輸出功率約 350~400 W (Hagerman, 1984)，在國際西式划船選手則平均每槳輸出功率則為 450-550 W (Steinacker, 1993)。綜合上述，可發現 2000 m 西式划船屬於力量耐力型態，比賽能量因為無氧系統（磷化物 ATP-PC、無氧糖酵解）以及有氧系統三者均重要 (Steinacker, 1993)，

因此，在訓練也必須提升其無氧糖酵解耐力之能力。在運動員的運動表現可以測試其 2000 m 的時間作為判斷，然而，想要在規定的距離用最快的速度完成時，必須提高划槳頻率與每一划槳的力量輸出，但是在船滑行過程中，船身會受到風和水流的阻力等因素影響其速度和生理變化，因此在運動員生理參數的研究就顯得非常困難，且在室外西式划船運動訓練的強度也會受其相同因素影響。因此，測功儀的設計開始被運用於測試其運動表現與生理反應，同樣的，在訓練時能模擬實際比賽的情境而被大量使用於划船訓練，已提升運動能力與比賽表現。划船器材大多是利用阻力讓使用者施力而達到運動的目的，目前 Concept II 測功儀屬於風阻力葉扇式設計可配合個人做功的大小，向上加重阻力或向下減輕阻力，Craven, Kinch, Parker, & Walter (1993) 研究利用划船測功儀 Concept II 進行槳頻分析，其結果發現與實際划船的槳頻次數相當接近且可以精確的測試其生理特徵，Koutedakis et al. (1997) 指出測功儀 Concept II 划船測功儀可作為室內主要訓練器材，其動作型態幾乎接近實際在水上的划船動作，因此已廣泛的被運用。

二、西式划船 2000 m 測功儀動作型態與能量代謝

在相關西式划船2000 m測功儀之研究，Cosgrove, Wilson, Watt, & Grant (1999) 研究以大學男生西式划船選手為對象，以Concept II 進行，其完成時間約6 min 30 sec ~ 7 min 45 sec 且 Jürimäe, Peter-Turpin, Cortell-Tormo, Chinchilla-Mira, Cejuela-Anta, Maestu, Purge, & Jürimäe (2009) 研究以12位大專西式划船選手為研究對象，以Concept II 進行，其完成時間平均值約6 min 57 sec，因此，就完成比賽之時間來判斷，西式划船2000 m比賽之能量需求大約占有氧能量，也有些研究 (Droghetti, Jensen, & Nilsen, 1991; Gullstrand, 1996) 利用划船測功儀模擬比賽情境進行2000 m測試時，結果發現其能量消耗無氧系統約25~35 %，有氧系統則約65~75 %；在總力量輸出平均約311 W (Jürimäe et al., 2009) 。由此，

可知，在西式划船測功儀其動作特性與其比賽相似，主要以每槳力量輸出功率較多，相對的能量提供需要增加，因此，非只提升有氧耐力而並須提升其無氧糖酵解專項耐力能力。

目前在訓練型態上主要以高強度間歇訓練來提升其專項耐力，其負荷強度則是透過實際專項運動所需耐力而設定，通過反覆刺激，使運動的生理組織系統獲得更高的適應能力，以提升其運動項目所需之耐力能力。因此，西式划船主要以高強度無氧間歇運動型態為訓練方式，主要能量來源是依靠無氧能量代謝系統的磷化物 (ATP-PC) 系統和無氧糖酵解 (Anaerobic glycolysis) 兩種作用以產生高能分子腺嘌呤核苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP) 以提供肌肉收縮時所需之能量，而能量代謝系統在產生ATP的速率也將會影響到訓練效果與運動能力，且在依靠無氧糖酵解作用途徑產生ATP時，則會導致肌肉組織產生大量乳酸，導致乳酸堆積以致於干擾肌肉收縮、神經衝動傳導以及體內酸鹼平衡的改變，進而發生疲勞的情況，使運動能力下降。

三、運動強度與能量代謝

當人體從事運動會隨著在運動過程中所使用之能量系統而影響其專項表現。腺嘌呤核苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP) 是細胞內所有生物能量的運儲者，且 ATP 的形成是藉著生物細胞內養分燃燒所形成，而後再被生物體用於合成細胞物質、肌肉收縮、神經信息傳遞及其他多種生理反應，因此凡是需要能量，就必須仰賴 ATP。然而，ATP 的來源可從不同能量系統產生。能量系統的使用，主要會因人體於運動過程或專項運動之運動強度、持續時間、反覆次數以及間歇休息時間型態等而有所不同。人體運用三大能量系統來提供 ATP 的來源，即為磷化物 (ATP-PC)、無氧糖酵解 (Anaerobic glycolysis)、以及有氧 (aerobic) 能量系統 (Wilmore, Costill, & Kenney, 2008)。

Romijn, Coyle, Sidossis, Gastaldelli, Horowitz, Endert, & Wolfe (1993) 指出運動持續時間與運動強度是影響運動中所使用何種能量系統的主要因素。當運動强度高所持續時間則短，如短距離衝刺，此時所使用的能量則為 ATP-PC 或無氧糖酵解系統。相反地，當運動強度逐漸變低時，所持續運動時間則變長，如馬拉松，此時所使用的主要能量則為無氧系統轉化為有氧能量系統。依據 Badtke (1987) 能量提供與運動時間之關係，可了解高強度運動 0~10 sec 主要能量來源為磷化物 (ATP-PC) 系統，而運動持續 0~3 min 之高強度運動則為無氧糖酵解系統；在隨著持續時間大於 3 min 以上則主要能量會以有氧系統為主，如圖 2-1-1。而糖酵解作用 (glycolysis) 是葡萄糖代謝的主要路徑，也是以產生乙醯輔酶 A (acetyl-CoA) 進入檸檬酸環 (citric acid cycle) 行氧化反應。因此，糖酵解作用可分為無氧與有氧二個階段，當肌肉細胞中氧氣供應不足的情況下仍能產生 ATP，同時，丙酮酸會轉換成代謝產物乳酸，此稱為無氧糖酵解系統，如圖 2-1-2；反之，當肌肉細胞中氧氣足夠供應的情況下，丙酮酸為糖酵解得主終產物且不會堆積，會進一步氧化成水和二氧化碳，此稱為有氧糖酵解系統，如圖 2-1-3 (Wilmore et al., 2007)。在短時間高強度持續運動時，ATP 利用的速率超過氧化磷酸化以及糖酵解系統產生 ATP 時，為維持 ATP 的濃度，CP 經由肌酸激酶催化 $CP + ADP \rightarrow C + ATP$ 。當 CP 濃度減少而 ADP 濃度升高時，導致 $2ADP \rightarrow ATP + AMP$ ，此反應需要在肌酸激酶催化下完成，而 ADP 則是腺苷酸脫氨酶 (adenylate deaminase) 最有效的催化劑。高強度運動由於乳酸堆積與 pH 值下降時，肌肉的腺苷酸脫氨酶活性會增加，加速 $AMP + H_2O \rightarrow IMP + NH_3$ 並推進 $2ADP \rightarrow ATP + AMP$ 的反應。

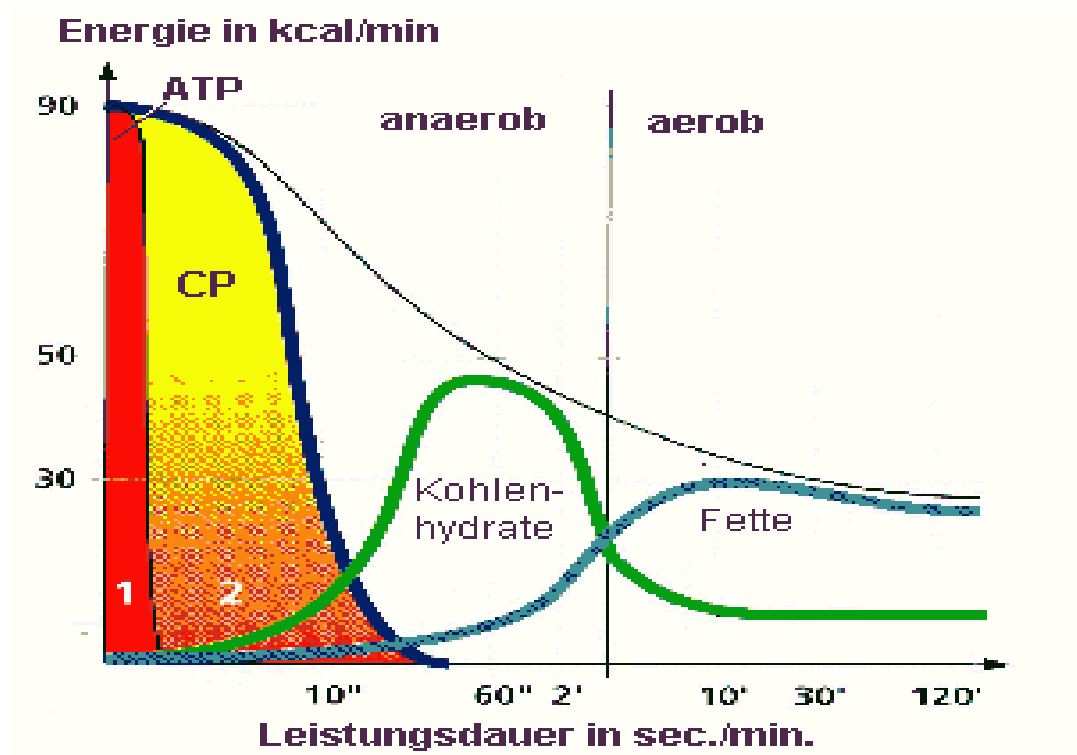


圖 2-1-1 能量提供與運動持續時間之關係(引自 Badtke (1987) . Sportmedizinisch Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings. Leipzig.)

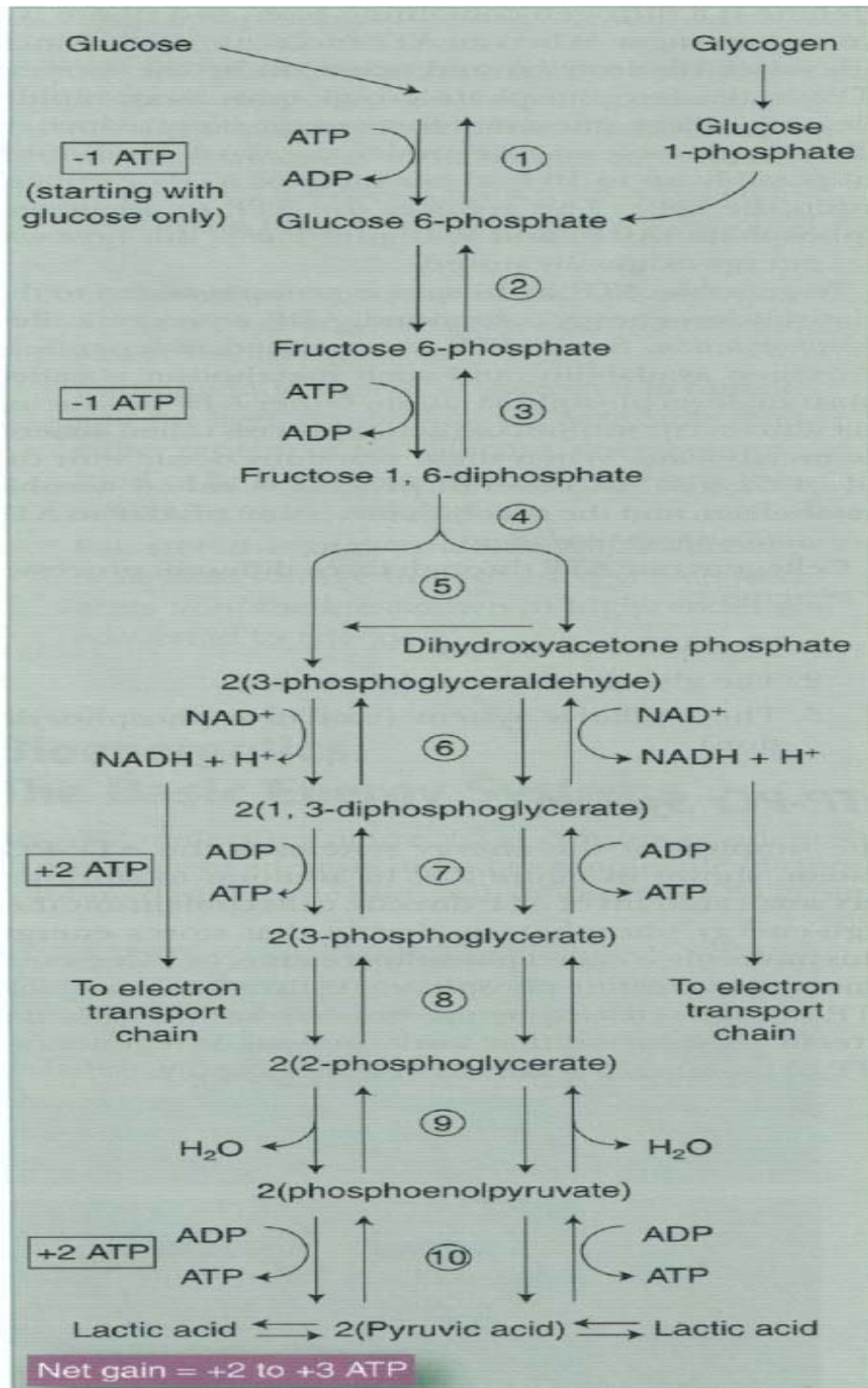


圖 2-1-2 無氧糖酵解作用（引自 Wilmore, Costill, & Kenney, 2008, p52）

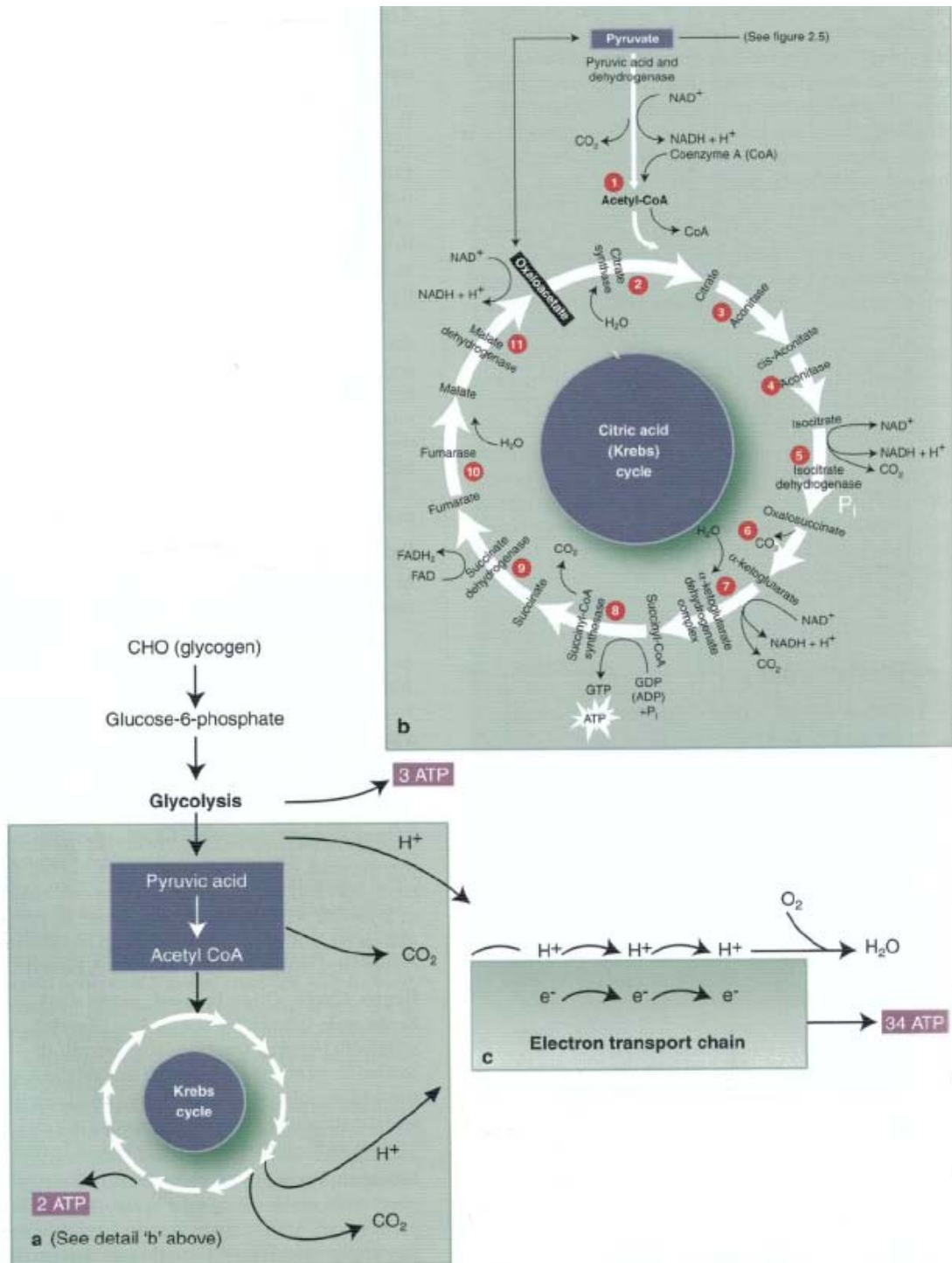


圖 2-1-3 有氧糖酵解作用（引自 Wilmore, Costill, & Kenney, 2008, p54）

因此，另一個新陳代謝產物血氨 (NH_3) 亦產生， NH_3 的形成主要是蛋白質消化代謝作用以及尿液代謝作用。而運動負荷產生乳酸 (La) 與血氨 (NH_3) 濃度堆積，主要來自白肌 (Typ-II b) 肌肉纖維 (Stegemann, 1971)。特別是短時間高負荷運動與力量輸出型態項目，需要大量ATP以供運動使用，因此大量進行無氧糖酵解作用產生乳酸之外，必須在啟動嘌呤核苷酸循環 (The Purine Nucleotide Cycle)，如圖2-1-4，因此，產生血氨 (Lowenstein, 1972)。Sewell, Gleeson, & Blannin (1994) 研究也指出運動中乳酸顯著增加時，有利於活化腺苷酸脫氨酶促進腺苷酸分解而血氨濃度增加。

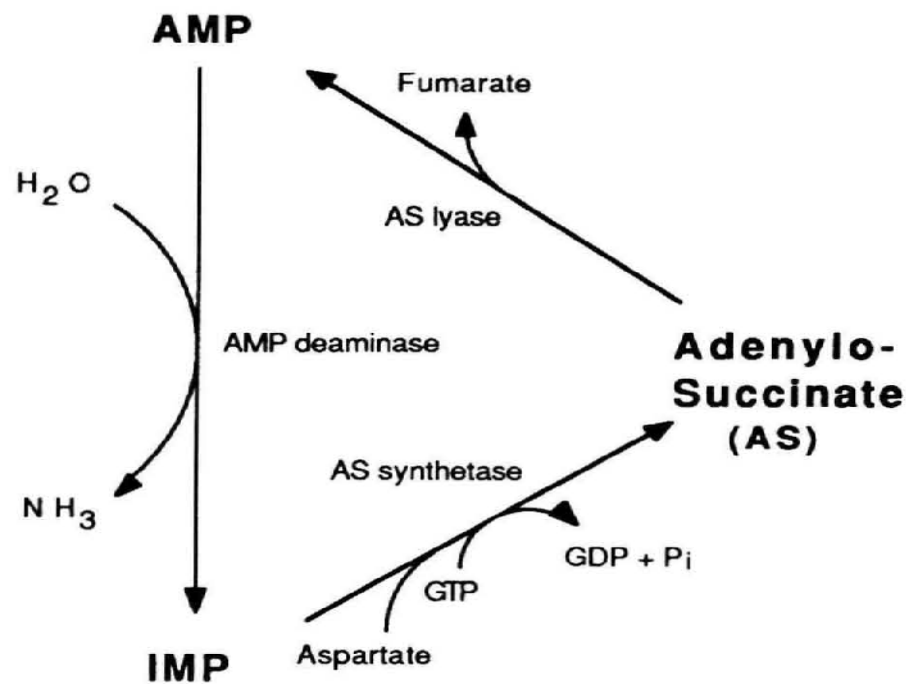


圖2-1-4 嘌呤核苷酸循環 (The Purine Nucleotide Cycle) (引自Lowenstein, 1972)

藉由上述，可了解 2000 m 西式划船比賽與划船測功儀，完成時間約 6~7 min 30 sec，以運動時間其能量主要是有氧系統，但透過相關文獻發現，其無氧糖酵解系統與其重要。因此，在訓練上主要透過高強度間歇方式，來提升其無氧糖酵解之耐力能力。然而，在運動強度與能量提供路徑之相關文獻可瞭解，透過能量系統代謝產物乳酸、血氨等生理參數作為瞭解在高強度無氧持續負荷或間歇負荷運動型態之能量系統運用，且可最為運動強度判斷、高強度無氧運動與間歇運動負荷後疲勞判斷之功能。

第二節 環境溫度與濕度對人體影響

一、熱環境

當人體在熱環境 (35 °C) 與溫度 (20 °C) 時，其分佈於人體各部位之體溫會有所不同，如圖 2-2-1。在炎熱的環境條件下，從事劇烈運動會提高身體核心溫度，且每隔 5-7 分鐘運動溫度上升 1 °C (Kay et al., 1999) 。González-Alonso et al. (1999) 研究在熱環境 (40 °C) 下，運動能力時間至耗竭與核心溫度呈負相關，當核心體溫度超過 39 °C，維持最大肌肉活化的能力可能會受損，因此最終的結果會導致運動表現提早結束。

在熱環境中，過量的疲勞性運動會潛在性的影響到生理和新陳代謝。這些包含了心肺功能、身體內體液的平衡、能量代謝，以及中樞神經系統與動作控制。在心血管功能，當在熱環境運動時，交感神經系統將訊息傳達至心臟，增加心跳率以及左心室收縮增加，因此，心跳率逐漸升高，以補償周邊血液量因而降低每跳輸出量。另外，交感神經系統將訊息傳達至使得非必需的臟器（腸、肝臟及腎臟），引發這些區域循環血管收縮，使更多心臟輸出血液量流至皮膚，而未流入肌肉 (Wilmore et al., 2008) 。在高強度運動中，熱壓力會減少每跳輸出量、心輸出量、肌肉血流量和氧氣的傳送，從而減少最大攝氧量 (González-Alonso and Calbet., 2003) 。而在體液平衡方面，當環境溫度超出皮膚溫度時，使身體產生熱，此時則需依賴蒸發作用，也就是增加流汗進行來完成身體體溫調節。然而高溫及脫水是最大的負面影響因子 (González-Alonso, Mora-Rodríguez, Below, & Coyle, 1997) 。當汗液流失率過高時，會導致血液量減少，因此限制血液量回流到心臟而導致心跳率上升與減少心輸出量，進而降低運動表現。此外高溫造成的脫水現象也會降低每跳輸出量、心輸出量、平均動脈血壓 (González-Alonso et al., 1997) 及肌肉的血液流動 (González-Alonso, Calbet, & Nielsen, 1998) ，亦會減弱運動員耐受高溫的能力 (González-Alonso

et al., 1997; Sawka, Young, Latzka, Neufer, Quigley, & Pandolf, 1992)。

在新陳代謝部分，肌肉肝醣耗竭與低血糖是影響長距離激烈運動疲勞的因素。而在熱環境下運動，肌肉肝醣的下降率顯著增加 (Parkin et al., 1999; Febbraio et al., 1994a)，同時伴隨著碳水化合物的氧化與乳酸的累積。這機轉被認為是增強了肌肉肝醣的分解，但亦提升腎上腺素循環與肌肉溫度的增加 (Febbraio, 2001)。然而 Snow, Febbraio, Carey, and Hargreaves (1993) 研究發現當在 40 °C 下運動時，肌肉溫度會上升進而增加 NH₃ 濃度與高的 NH₃ 堆積。由於在運動過程熱壓力會使腎上腺素增加 (Dolny & Lemon, 1988; Neilsen, Savard, Richter, Hargreaves, & Saltin, 1990)，因此，在兔子肌肉內的肌核苷單磷酸鹽 (inosine monophosphate, IMP) 與血氨 (NH₃) 亦增加 (Goodman & Lowenstein, 1977)。當減少氧氣的釋放時，會增加依靠無氧能量代謝來源 (Fink, Costill, & Van Handel, 1975)，與嘌呤核酸循環 (Sahlin & Katz, 1989) 而導致增加 NH₃。然而在運動後期的觀察中，血液的流量減少並沒有減少葡萄糖或游離脂肪酸傳送，乳酸的清除、骨骼肌和碳水化合物的氧化、肌肉肝醣的使用與乳酸生成增加，因此造成疲勞的產生是因為身體溫度過熱造成的而不是因為新陳代謝的因素 (González-Alonso et al., 1999)。人體在運動時，代謝作用亢進，細胞內的化學變化激烈，需要氧氣及二氧化碳的產生較安靜時多，因此使得血液中的氣體含量與酸鹼值等生理反應急速的變化。而在高強度無氧負荷下，當減少氧氣的釋放時，會增加依靠無氧能量代謝來源 (Fink et al., 1975)，乳酸會上升，此時血液 pH 值下降，則血紅素-氧解離曲線向右移動，表示在組織內有較多氧氣從血紅素釋放出來，稱為波爾效應 (Bohr effect)，且血液的溫度亦會影響氧氣的解離，也就是當血液溫度上升時，血紅素-氧解離曲線向右移動，也就是高溫會讓血紅素的氧親和力下降，因而造成氧釋放；另一個影響因素則是二氧化碳，其對於血紅素-氧解離曲線的影響只佔一小部分。亦有研究表示，神經肌肉疲勞在長時間的自行車運動中的熱量和輸出功率在工作環境溫度降低時會增加

(Tatterson, Hahn, Martin, & Febbraio, 2000; Tucker, Rauch, Harley, & Noakes, 2004)。

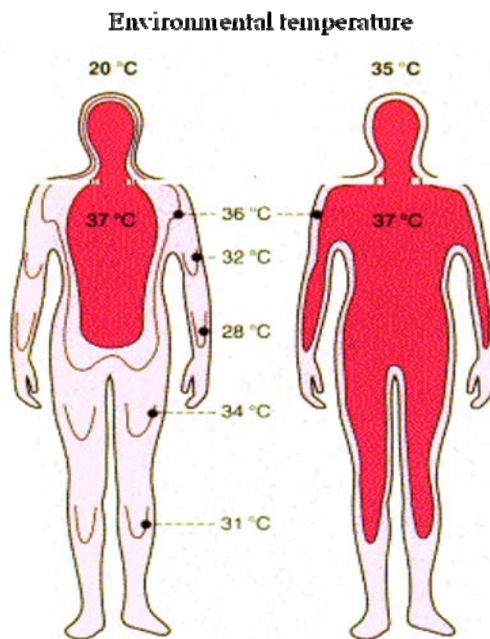


圖 2-2-1 不同環境溫度於休息狀態，分部人體各部位之體溫。修改自 Marees (2002) . Sportphysiologie (pp.536) . Köln, Sport und Buch Strauss.

二、冷環境

在冷環境中，身體的反應為產熱和保溫。當皮膚及其他部位的冷接受器接受刺激時，即傳至下視丘後部，發動產熱反應。利用代謝、內分泌系統使身體體內產熱量增加，皮膚中的血管收縮，減少身體表面血流量，使散熱減少。在冷環境運動，在新陳代謝方面，由於肌肉溫度下降，會使用較多的肝醣同時造成更多乳酸堆積；但是，當運動持續在寒冷的增加也導致脂肪代謝逐漸增加 (Doubt, 1991; Shephard, 1993)。在心肺功能方面，運動換氣量會顯著增加，最大攝氧量會低於在常溫環境；心跳率與心輸出量則不會顯著改變。而身體體溫調節方面，由於其換氣量增加，可增加從呼吸散熱。肌肉與核心溫度與常溫比較，無顯著差異 (Doubt, 1991)。

三、濕度

濕度在氣象學是指空氣濕度，是空氣中水蒸氣的含量指標，通常以相對濕度表示。而在醫學上空氣的濕度與呼吸之間有非常緊密的關係。氧氣要通過肺泡進入血液時，在一定的濕度下較容易；一般人在相對濕度 45-55 %環境下會感覺最舒適。若在一个熱且不通風的房間或空間其相對濕度會比較低，此時可能會對皮膚產生不舒適。當環境濕度過高時，會影響人體調節體溫的排汗功能，因此會有悶熱的感覺產生；相反的，當在環境濕度低，將會有助於汗水蒸發與散熱作用。濕度會影響我們對熱壓力的知覺。10 %相對濕度的乾燥環境下，雖然流很多汗，但由於蒸發速度很快，使人不自覺在流汗；但高達 90 %相對濕度的環境下，由於空氣幾乎飽和於水蒸氣 (90 %)，只有非常少的汗水可蒸發，以致體熱難以排出，人體自然會覺得非常不舒服。

第三節 身體的熱平衡與溫度調節控制

一、熱平衡

在人類的核心溫度調節在一個狹窄的範圍內，對應的最佳溫度為能有效維持身體功能 (Blatteis, 2001)。這種穩定性意味著個體熱平衡複雜的相互作用，導致產熱和熱散失。產熱是身體的內源性（代謝）和外源性（環境）的熱負荷，而熱散失是導致熱能交換的環境，通過傳導，對流，輻射和蒸發。Blatteis (2001) 指出在運動過程中，因產熱提高基礎代謝率，增加肌肉的活動，在某些情況下溫暖的環境也會造成身體傳熱的增強，如運動時產出的熱量超過散熱，將導致核心溫度相應增加。

（一）熱能產生機轉

身體熱能的產生，來自細胞內物質氧化以及代謝過程，而產熱的多少會受身體代謝速率影響。安靜時代謝速率是維持休息中細胞功能所需的代謝速率，骨骼肌是身體最大的熱量來源，可以增加產生到 100 倍以上的熱量。當人體開始運動時，肌肉代謝產生熱能，以及肌肉傳導到血液與皮膚的熱能，三者相加結果，多餘之能量會使肌肉溫度會急速上升。然而隨著運動持續，會造成更多由肌肉到血液的熱量轉移。隨著靜脈血離開肌肉進入身體核心，因而造成核心溫度上升。

（二）熱散失機轉

當人體體內熱量過高，需達到平衡機制時，身體核心的熱量會先藉由傳導與對流方式移至身體表面-皮膚。藉由血液系統將熱能經由血液對流至皮膚血管

圖 2-3-1。

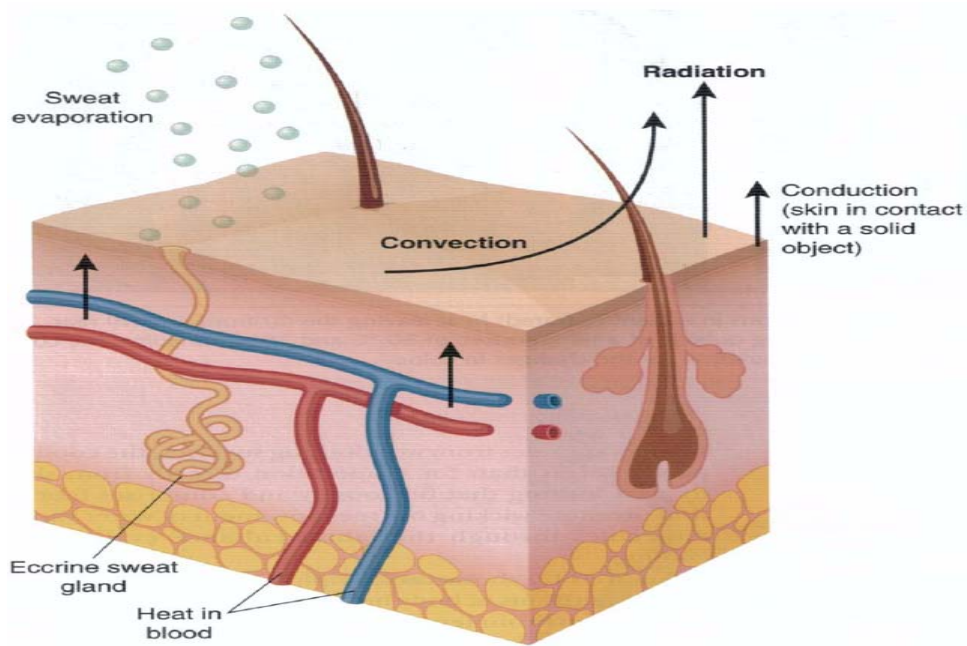


圖 2-3-1 熱由皮膚移除（引自 Wilmore, Costill, & Kenney, 2008, p255）

在生理的控制下，核心的熱能轉移到皮膚是主要影響改變皮膚血流之因素。此外，身體核心熱能除了移至皮膚之外，部分的熱能可經由呼吸道的水分蒸發、尿液等分散離開核心。但是呼吸道水分蒸發速率主要是肺換氣速率的函數會隨著運動強度所造成大幅度代謝速率改變而形成線性增加。之後，所有轉移至皮膚的熱能必須藉由輻射、傳導、對流、蒸發四種方式將熱能移到環境中，如圖 2-3-2。

輻射 (radiation)：是指熱能以電磁波或熱能波，不經由接觸，直接散射到環境中。在一般狀況下，60 %的體熱都經由輻射作用來散熱，其中大部份由頭部（約佔 50 %）、雙手及腳來散熱。但當環境溫度超過 32 °C 時，身體幾乎無法藉輻射作用來散熱。**傳導 (conduction)：**是指體熱經由直接接觸而散失，由高溫的物體向較低溫的物體。其中，水的傳導作用比空氣快 240 倍。因此，如穿著濕衣服，熱量將快速的散失。**對流 (convection)：**是指熱能經由周圍空氣的流動而散失，當身體藉由傳導流失熱量到週遭較冷空氣時，接觸皮膚的空氣

溫度立即升高。蒸發 (evaporation)：是身體進行熱能傳遞的最後一個方式。是指在運動時，人體可以藉由汗液從皮膚經由蒸發而變為水蒸氣。蒸發之速率會因皮膚與環境之間水蒸氣壓梯度成正比。流汗是一種由交感神經控制主動蒸發作用使熱能流失的過程。當溫度超過 32°C 時，身體散熱最主要是靠流汗蒸發來完成。然而當環境的相對濕度超過 75 %時蒸發散熱的能力就會降低。



圖 2-3-2 人體活動肌產熱和將熱傳送到核心至皮膚，在適當的環境條件，以消耗體內多餘的熱能至環境中，引用 Gisolfi and Wenger (1984) . Temperature regulation during exercise: old concepts, new ideas. Temperature regulation during exercise, 12, 339-372.

二、人體溫度調節控制

體溫通常是指身體核心的溫度，其內在體溫維持在 $37\pm0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，稱為核心溫度。在人體體溫調節，下視丘是扮演著身體恆溫器的功能。身體各部位的溫度訊息會傳入下視丘，並且啟動複雜的機制，處理與調整熱能得失，當核心溫度異常時馬上進行修正使身體回到正常體溫。下視丘前葉，為負責管理人體中樞溫度上升；下視丘後葉，則為反應人體溫度下降。人體的溫度的受納器主要來自中樞（中樞受納器）與皮膚（末梢受納器），都連結皮質和下視丘的溫度調節中樞，產生隨意的與反射的調節動作。溫度調節反應器包括骨骼肌、平滑肌、輸送血液到達皮膚的動脈、汗腺、甲狀腺、腎上腺素和副腎上腺素。當身體溫度過高時，下視丘前葉會刺激刺激汗腺排汗與皮膚血管舒張，於是促使皮膚血流量增高，進而導致大量散熱。此訊息是經由交感神經系統傳送到外分泌汗腺以及皮膚動脈血管，當熱散失發生及體溫下降，負回饋則會降低下視丘初期支配交感神經訊息的輸出，如圖 2-3-3。相反地，當感覺冷時下視丘將訊息傳遞至皮膚的血管收縮、骨骼肌引發寒顫以及甲狀腺素釋放使身體產熱，如圖 2-3-4。

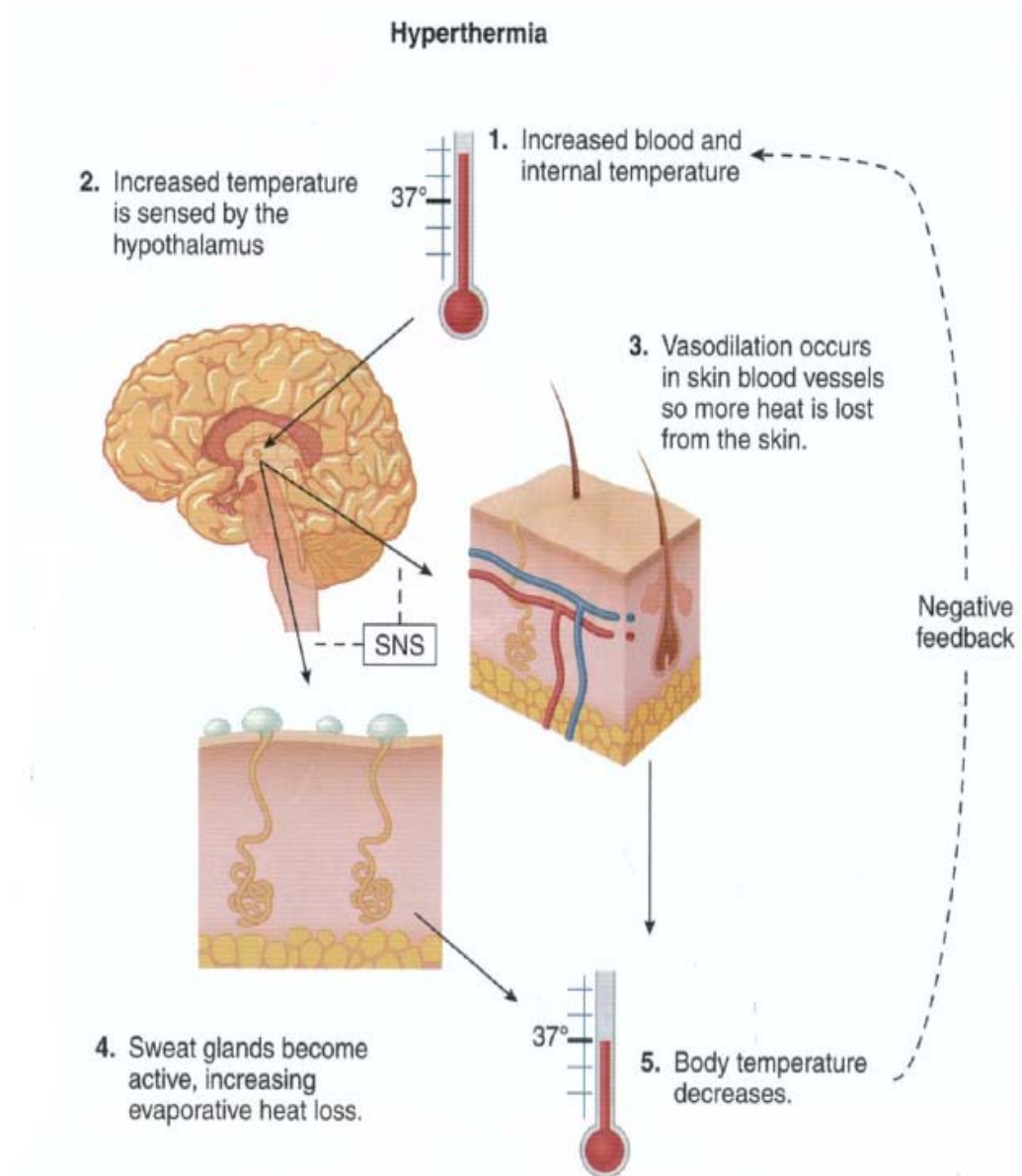


圖 2-3-3 體溫過高時，下視丘控制體溫機制（引自 Wilmore, Costill, & Kenney, 2008, p258）

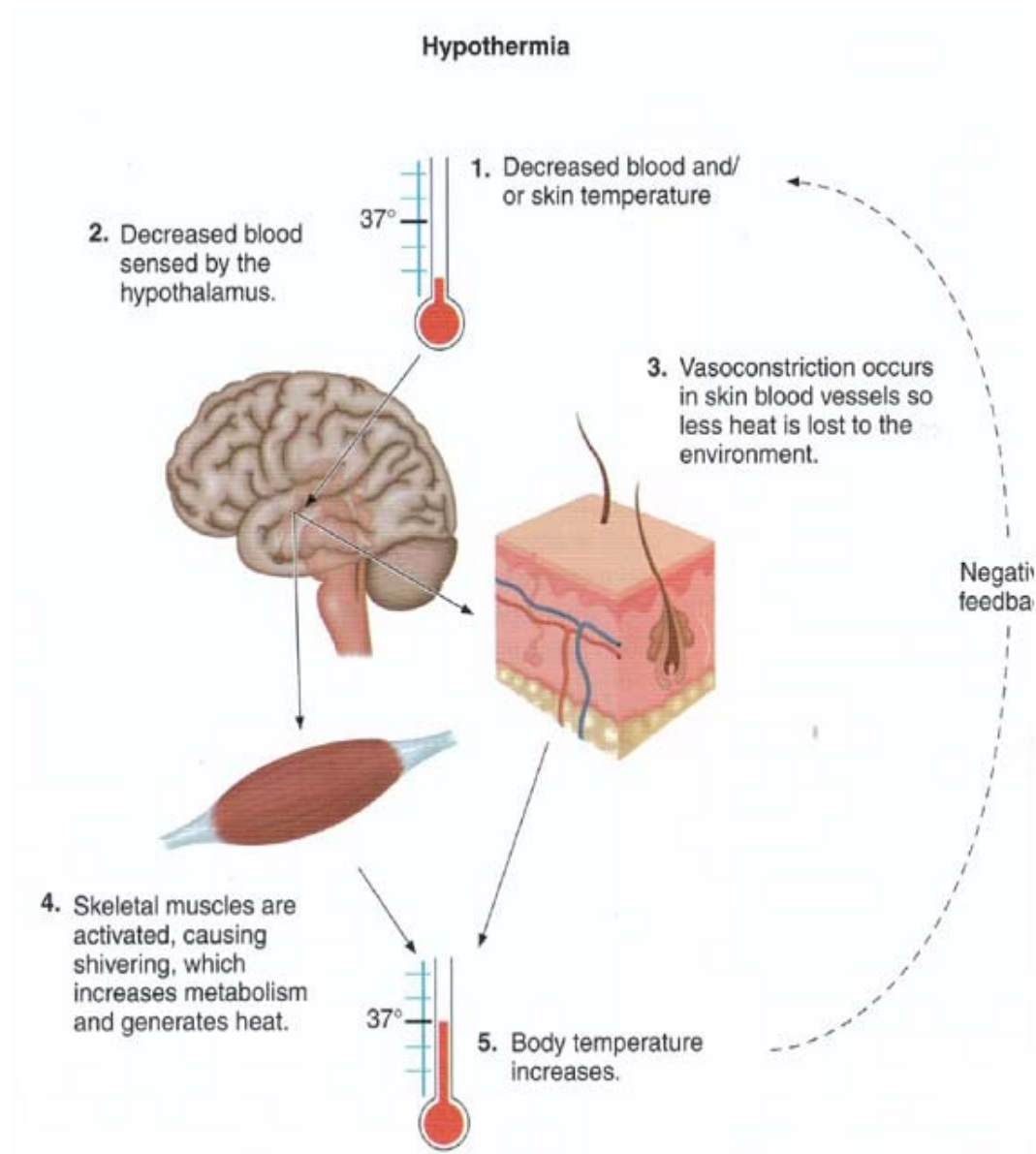


圖 2-3-4 體溫過低時，下視丘控制體溫機制（引自 Wilmore, Costill, & Kenney, 2008, p259）

第四節 冷卻對新陳代謝、體循環與運動表現之影響

由於冷卻可使身體核心溫度下降，因此有不少研究探討利用不同冷卻方式、不同時間點使用冷卻對新陳代謝、體循環與運動表現之影響。以下文獻分為兩部分探討，第一部分為冷卻對無氧與間歇運動表現之相關研究，第二部分為冷卻對耐力運動表現之相關研究；並將相關文獻整理成表 2-4-1 與表 2-4-2 呈現。

一、冷卻對無氧與間歇運動新陳代謝、體循環與運動表現

Marsh and Sleivert (1999) 以 13 位男性全國性與國際性自由車選手，以隨機次序分配方式。每位受試者需接受 2 次實驗處理，包括冷卻（運動前 30 min 利用水浸泡(12-14 °C)方式冷卻軀幹部位）與未冷卻（控制組）。受試者在環境溫度與濕度分別為 29 °C 與 80 %下，進行 10 min 熱身與 70 sec 腳踏車最大動力測試，研究結果發現心跳率與乳酸於冷卻後高於冷卻前但無顯著差異；心跳率在熱身第 5 min 與第 10 min 顯著低於控制組；而冷卻組在核心、mean body 與上半身皮膚溫度顯著低於控制組；而在 70 sec 腳踏車最大動力測試表現，運動前冷卻顯著增加動力輸出 (581 - 603 W) 。Duffield et al. (2003) 探討 7 位男性曲棍球選手，以隨機平衡次序方式。每位受試者需接受 2 次實驗處理，包括冷卻熱身後 5 min、間歇時間 (2×5 min 和 1×10 min) 利用冰夾克方式冷卻與未冷卻（控制組）。受試者在環境溫度與濕度分別為 30 °C 與 60 %下，進行腳踏車重覆間歇衝刺測試，總時間為 80 min，分四節、每節 15 min。在每節進行 5 sec 腳踏車衝刺與 55 sec 休息，共 15 次且又額外再增加 3 次衝刺因此總共為 18 次。第一、二節與第三、四節中間休息 5 min，第二、三節休息 10 min 分別進行冷卻，研究結果顯示在動力輸出、心跳率、乳酸、核心、胸部皮膚溫度與皮膚平均溫度、運動知覺量表以及汗流失均無達顯著差異。然而此篇研究再利用統計

的效應值 (effect size) 進行統計分析，效應值是一群能測量治療成效大小的指標，而它們與樣本大小並不相關。效應值普遍使用在 "變化分析" 的研究上，並從一特定的研究範圍內歸納出結果，因此發現在冷卻組有高的效應值 (effect size)，也就是高的有效值在低乳酸、汗流失率與皮膚平均溫度。

Castle et al. (2006) 以隨機次序分配方式探討 20 位男性足球與橄欖球運動員在濕熱環境下(約 33 °C / 51 %)，進行腳踏車間歇衝刺測試 (20×5 sec 衝刺，間歇休息包括休息 10 sec 以及動態恢復 105 sec，共 2 min)，分別於熱身 (5 min 95 W/80 rpm、30 sec 休息以及 30 sec 120 W/100 rpm) 前以 4 種不同冷卻方式之研究。(一) 控制組 (Control)：無冷卻，坐著 20 min；(二) 冰背心 (Vest)：表面溫度約 10 °C，重量 1.4 kg，冷卻時間 20 min；(三) 水浸泡 (Water)：水溫約為 17 °C，浸泡高度至肩部，浸泡時間 20 min；(四) 冰袋 (Packs)：溫度約-16 °C，冷卻位置於大腿前、後及側面且含蓋四頭肌等肌群，冷卻時間 20 min。研究結果顯示，在最大動力輸出與每趟衝刺所做的功，冰袋冷卻顯著高於控制組；而在總做功的量冰背心與冰袋均顯著高於控制組；在 20 min 4 種不同冷卻方式之直腸及肌肉溫度比較，均無顯著差異；但在皮膚溫度方面，水浸泡以及冰袋顯著低於控制組；心跳率方面，只有水浸泡顯著高於控制組。在熱身階段 4 種不同冷卻方式比較，直腸及肌肉溫度均無顯著差異；但在皮膚溫度方面，水浸泡顯著低於控制組；在心跳率方面，水浸泡以及冰袋顯著低於控制組。在腳踏車衝刺階段 4 種不同冷卻方式之比較，直腸溫度均無顯著差異；在肌肉溫度方面，水浸泡與冰袋顯著低於控制組；在皮膚溫度方面，冰背心、水浸泡與冰袋均顯著低於控制組；水浸泡之心跳率顯著低於控制組。因此，在腳踏車間歇衝刺利用冰袋冷卻大腿在最大動力輸出方面優於上半身或全身冷卻。

二、冷卻對耐力運動新陳代謝、體循環與運動表現

Schmidt & Brück (1981) 探討利用運動前冷卻策略對身體溫度與運動表現之影響。以 12 位 (3 女、9 男) 有訓練的划船選手，以隨機次序分配方式進行 2 個實驗設計，主要耐力運動為於 18 °C 環境下腳踏車漸增測試，開始瓦特為 80、100 或 120 W，每 4 min 增加 20、40 或 60 W 直到受試者耗竭。在主要耐力運動前分為 2 種不同冷卻：(一) 控制組 (control test)：於 28 °C 環境下坐著休息 30 min，在進入可控制溫度之房間 (18 °C) 約 12 min 後立即開始耐力運動；(二) 低溫室 (precooling test)：於 28 °C 環境下坐著休息 30 min，在進入可控制溫度之房間冷卻 (18 °C) 約 70 min、再將溫度回溫 (20 min) 後最後將溫度降至 (0 °C) 約 20 min 後立即開始耐力運動。研究結果顯示，低溫室運動測試心跳率顯著低於控制組，但在最大平均做功率、最大動力輸出、耗竭時間並沒有減少；低溫室流汗比率最高，但在身體核心、平均皮膚以及身體平均溫度呈現低的。然而，預冷後汗水分泌大大減少，顯示體溫調節作用亦減少。然而 Hessemer et al. (1984) 也用相同的實驗設計，但耐力運動為 60 min 腳踏車測試。除了原先的生物參數之外，又外加血液參數 (La 、 pO_2 、 pCO_2 、 pH 、 β -endorphin) 以 8 位男性有訓練年輕之划船選手進行探討。研究結果顯示，低溫室組之腳踏車做功率 (W)、攝氧量 (O_2 uptake) 以及氧脈 (O_2 pulse) 高於控制組而流汗率低於控制組，身體各部位之溫度無差異；兩種方式之比較，心跳率、乳酸以及酸鹼值均無差異。其研究結論指出可以改善運動表現之原因為低溫室組可增加氧氣提供到工作肌。

Lee and Haymes (1995) 研究以 14 位男性生理健康之跑者，探討運動全身冷卻對運動表現與溫度調節反應之影響。首先所有受試者於跑步機上進行漸增負荷至耗竭，取得其 $\dot{V}O_{2max}$ ；以隨機分配依序進行 2 個實驗設計，主要耐力運動為於正常環境 (約 24 °C / 51-52 %) 下以個人 82 % $\dot{V}O_{2max}$ 之強度跑至受試者耗竭為止。在主要運動前以 2 種不同冷卻方式：(一) 控制組 (NC)：於正常

環境（約 24°C / 53 %）下休息 30 min；（二）低溫室組（HC）：於約 5 °C / 68 % 下休息 30 min。在 2 種方式 30 min 後，於（約 24 °C / 53 %）下休息約 10-16 min，立即進行主要耐力運動測試。研究結果顯示，在運動前直腸溫度，低溫室組顯著低於控制組；在耐力運動時間表現，低溫室組顯著高於控制組；在耐力運動過程中之直腸、皮膚以及身體溫度低溫室組顯著高於控制組。在耐力運動前與結束後之比較，低溫室組在皮膚、身體溫度以及心跳率均顯著改變。乳酸在運動前低溫室組顯著高於控制組，氧脈（O₂ pulse）在休息時，低溫室組顯著高於控制組；運動結束後兩種方式之比較，直腸溫度、心跳率與乳酸沒有差異。因此，利用低溫室於運動前冷卻，可以增加身體熱儲蓄率和減少新陳代謝與心血管系統之壓力，而增加耐力運動時間。Booth et al. (2001) 探討固定強度持續腳踏車測試，肌肉與食道溫度下降，但在肌肉代謝指標無改變，這些數據表示，全身預冷不會改變肌肉代謝強度運動中的熱量。因該可能是體溫調節和心血管應變縮減，降低肌肉和核心溫度。

Arngrimsson et al. (2004) 探討在熱環境（32 °C / 50 %）下穿著冰背心熱身對 5 km 跑步表現之影響。重覆量數設計，以 17 位（9 男、8 女）競技跑者為受試者先進行跑步機漸增速度至耗竭測試；以平衡次序法於腳踏車進行 2 次模擬 5 km 測試。在模擬 5 km 測試熱身階段採用 2 種方式：（一）穿著 T-shirt (C) 組進行熱身；（二）穿著冰背心 (V) 進行熱身。熱身內容為正常熱身速度跑 10 min、伸展 10 min、跑步 10 min（約 1.6 km/h）、4 次（20~30 sec）大步走與 30~40 sec 休息共約 38 min；結束後將 T-shirt 或冰背心脫掉立即進行 5 km 測試。研究結果顯示，穿著冰背心 (V) 熱身組在開始 5 km 測試時直腸、食道、皮膚溫度、心跳率與熱不舒適性均低於 T-shirt (C) 組；在 5 km 完成之時間比較，穿著冰背心 (V) 熱身組顯著少於 T-shirt (C) 組。因此，穿著冰背心 (V) 熱身，可以增加耐力運動表現；其原因為冷卻可使在運動前期熱、心血管應變以及熱不舒適感降低，使在運動後段時速度可以更快。

Hasegawa et al. (2005) 探討在溫暖環境中，穿著冷卻夾克對體溫反應與耐力運動表現之影響。以 9 位男生有訓練者，首先所有受試者於腳踏車上進行漸增負荷至耗竭，取得其 $\dot{V}O_{2max}$ ；再以隨機分配依序進行 4 次實驗，主要運動為於腳踏車以個人 60 % $\dot{V}O_{2max}$ 之強度運動 60 min，休息 4 min 後立即以個人 80 % $\dot{V}O_{2max}$ 至衰竭。在主要運動測試前分為 4 種不同方式：(一) 無喝水組 (NW)：於測試前不喝水，在正常環境 (26 °C) 下休息 30 min；(二) 喝水組 (W)：於測試前 2 小時喝 500 ml 的水 (14~16 °C)，在正常環境下休息 30 min；(三) 冷卻夾克組 (C)：在正常環境下穿著冷卻夾克 30 min；(四) 冷卻夾克+喝水組 (C+W)：於測試前 2 小時喝 500 ml 的水 (14~16 °C)，在正常環境下穿著冷卻夾克 30 min。在 4 種方式 30 min 後，10 min 伸展運動進行主要運動測試；但在冷卻夾克組以及冷卻夾克+喝水組於 60 min 運動後才可將夾克脫去。研究結果顯示，運動前 4 種不同方式冷卻比較，直腸溫度於個人 60 % $\dot{V}O_{2max}$ 之強度運動 60 min 中與耗竭運動均無沒有差異，但在運動後冷卻夾克+喝水組顯著低於冷卻夾克組以及喝水組；在心跳率方面，冷卻夾克組以及冷卻夾克+喝水組顯著低於無喝水組與喝水組；在運動努力知覺量表 (RPE)，冷卻夾克+喝水組低於其他三組；在運動耗竭時間表現，冷卻夾克+喝水組顯著長於其他三組。因此，於運動前使用冷卻夾克與喝水之方式，可以增加耐力運動表現；其原因為冷卻可使到達身體溫度危險極限、減少體溫調節以及傷害心血管系統。

Hunter et al. (2006) 研究馬拉松比賽前之熱身階段進行冷卻 (CL) 與未冷卻 (C) 對運動前、後身體核心溫度之影響，以 18 位女性運動員為研究對象，馬拉松比賽距離分別為 4 km (CL:4 人與 C:4 人，共 8 人；環境溫度濕度為 27 °C / 45 %) 與 5 km (CL:5 人 C:5 人，共 10 人；環境溫度濕度為 26 °C / 72 %)。研究結果顯示，在馬拉松比賽前 10 min 與 1 min 之身體核心溫度，冷卻組顯著低於未冷卻組；不論於 4 km 與 5 km 馬拉松比賽後之身體核心溫度增加比率之比較，冷卻組顯著低於未冷卻。Ückert and Joch (2007) 探討 20 位男性有規律運

動者以隨機次序分配方式。每位受試者需接受 3 次實驗處理，主要測試內容為跑步機漸增測試，開始速度為 9 km/h，以每 5 min 增加 1 km/h 直到受試者耗竭。但在進行主要測試之前，分 3 種不同熱身方式，(一) WU 組-進行 20 min 熱身 (5 min 自己選擇速度以及 15 min 個人最大心跳率 70 %)；(二) PC 組-利用冰冷背心 (0~5 °C) 冷卻 20 min；(三) C 組-無任何特殊準備。研究結果顯示，運動前利用冷卻方式 (PC) 於跑步表現時間 (32.5 min) 顯著高於 WU 組 (26.9 min) 與 C 組 (30.3 min)；不同熱身方式前、後比較，PC 組心跳率、鼓膜溫度以及皮膚溫度顯著低於 WU 組；3 種不同熱身方式於漸增測試之比較，心跳率、乳酸與核心溫度無顯著差異。

Webborn et al. (2010) 探討在熱環境下冷卻戰略是否改善手臂間歇衝刺表現。以隨機次序重複方式，將 8 位男性輪椅運動員需接受 3 次實驗處理，於熱身前 3 種不同冷卻方式：(一) 控制組 (CON)：在正常環境 (約 20 °C / 45 %) 下休息 20 min；(二) 運動前冷卻組 (PRE)：在正常環境下利用冰冷背心冷卻 20 min；(三) 運動期間全程冷卻組 (DUR)：在正常環境下休息 20 min，運動期間穿冰冷背心。然後進入濕熱環境 (約 32 °C / 50 %) 熱身 7 min 結束後，進行手臂間歇衝刺測試每次 5 sec 衝刺，間歇休息包括休息 10 sec 以及動態恢復 105 sec，共 2 min 測試至耗竭。研究結果顯示，在間歇衝刺耗竭時間與衝刺次數方面，運動前冷卻組與運動期間全程冷卻組顯著高於控制組；最大動力輸出方面，運動期間全程冷卻組顯著高低於控制組與運動前冷卻組；在心跳率與運動知覺量表，無顯著差異。但在間歇衝刺測試過程中，運動前冷卻組與運動期間全程冷卻組在身體核心與皮膚溫度顯著低於控制組。皮膚溫度方面，運動期間全程冷卻組顯著低於運動前冷卻組，相反的，在身體核心溫度方面，運動期間全程冷卻組顯著高於運動前冷卻組。

表 2-4-1 冷卻對無氧與間歇運動新陳代謝、體循環與

運動表現之相關研究整理

作者 (年代)	冷卻方法與時間	測試方式	運動表現與生物參數反應
Friek (1989)	Pre-cooling 低溫室(-110°C)	高強度肌肉力量訓練後 3x2 min (低溫室)	未發現運動員骨骼肌內另發肌肉疼痛之酵素
Marsh & Sleivert (1999)	Pre-cooling (30 min) -控制組 -水浸包 12-14°C	70s 腳踏車最大動力測試	T_{re} 、 T_{mb} 、 T_b 、 T_{up} ↓ 70s 腳踏車最大動力輸出 ↑ La 、 HR —
Hollensteiner (2003)	Pre-cooling 低溫室(-110°C)	停留 3 min	肌肉疼痛顯著下降
Joch et al. (2003)	Pre-cooling (3 min) 低溫室(-110°C)	腳踏車 5x2 min (250W)	實驗後運動結束血液乳酸與 NH_3 顯著低於對照組
Duffield et al. (2003)	熱身後 5min 與間歇期 (2x5 min 和 1x10 min) -控制組 -冰夾克	腳踏車重覆間歇衝刺	熱不舒服感、口渴比率 ↓ 動力輸出 — La 、 HR 、 RPE 、 T_c 、 T_{sk} 、汗流失率 —
Rudolf (2005)	Precooling 低溫室 (-110°C)	停留 3x3 min	改變 β -Endorphin 與免疫系統功能
Castle et al (2006)	Pre-cooling (20 min) -控制組 -冰背心組 -水浸包組 -冰袋組	手臂腳踏車間歇衝刺	冰背心、水浸包、冰袋 -運動表現 ↑ $-T_{sk}$ 、 T_{re} 、 T_{mu} ↓

↑：上升；↓：下降；—：無變化； T_{re} ：直腸溫度； T_{mb} ：身體平均溫度、 T_b ：下半身溫度； T_{up} ：上半身溫度； T_{sk} ：皮膚溫度； T_{mu} ：肌肉溫度； T_c ：核心溫度； La ：乳酸； HR ：心跳率

表 2-4-2 冷卻對持續性耐力與耗竭運動新陳代謝、體循環與
運動表現之相關研究整理

作者 (年代)	冷卻方法與時間	測試方式	運動表現與血液參數反應
Schmidt & Brück (1981)	Precooling -控制組 -低溫室組 0-18 °C	腳踏車漸增負荷則 試至耗竭	低溫室組 - 耗竭時間、工作表現 ↑ - HR ↓ - T_{ty} 、 T_{es} 、 T_{sk} 、 T_{mb} —
Hessemer et al. (1984)	Pre-cooling -控制組(CONT) -低溫室(PRET) 0-18 °C	60 min 腳踏車測試	- 運動能力、 O_2 uptake、 O_2 pulse ↑ (PRET) - 流汗率 ↓ (PRET) 兩種運動後比較 - HR、La、 pO_2 、 pCO_2 、pH、BE — - T_{ty} 、 T_{es} 、 T_{sk} 、 T_{mb} —
Olschewski & Bruck. (1988)	Pre-cooling -低溫室(0 °C)	腳踏車漸增負荷則 試至耗竭	持續耐力時間
Lee & Haymes (1995)	Pre-cooling (30 min) -控制(NC)24 °C -低溫室(HC)5 °C	82% $\dot{V}O_{2max}$ 強度跑 步至耗竭	耐力表現及身體熱儲蓄率 ↑ (HC) 運動前比運動後 - T_{sk} 、 T_{mb} 、HR ↓ (HC) 運動後 - T_{sk} 、HR、La — (HC vs. NC)
Smith et al. (1997)	Pre-cooling 低溫室(-110 °C) 比賽前進入 3x3min	鐵人三項運動測試	顯著改善運動員耐力能力 乳酸倒置 ↓
Booth et al. (2001)	Pre-cooling -控制組 38 °C -水浸包組 24-29 °C	於腳踏車以 強度 60% $\dot{V}O_{2peak}$ 35 min	在運動期間 - T_{mu} 、 T_{es} ↓ (水浸包組) 兩種比較 - 肌肉代謝指標 muscle glycogen、triglyceride、 denosine triphosphate、creatine phosphate、creatine or La —

Ückert and Joch (2003)	Pre-cooling 低溫室(-110°C)	腳踏車250Watt 間歇測試	測試前與間歇期進入低溫倉之運動員負荷心 跳率顯著下降
Amgrimsson et al. (2004)	熱身期間(38min) - T-shirt(C) -冰背心(V)約4 kg	跑步機5 km 測試	運動表現 ↑(V) T _{re} 、T _{sk} 、T _{es} 、HR ↓(V) 熱不舒適感 ↓
Hasegawa et al. (2005)	Precooling (30 min) -沒喝水組(NW) -喝水組(W) -冰背心(C) -冰背心+喝水組 (C+W)	60 min (60% $\dot{V}O_2$ max)+80% $\dot{V}O_2$ max 至耗竭	在60 min 運動 - T _{re} — - T _{sk} 、HR ↓(C、C+W) - RPE ↓(C+W) 在耗竭運動 - 耗竭運動時間 ↑(C+W) - T _{re} —
Hunter et al. (2006)	Precooling -控制組 -冰背心(4.4kg) -熱身活動	4km和5 km 馬拉松 比賽	運動表現 — 運動前10 min 與1 min T _c ↓
Ückert & Joch (2007)	Precooling (20min) -控制組 -冰背心	跑步機漸增 測試	跑步時間 ↑ La、HR、T _c —
Webbom et al. (2010)	Precooling (20min) -控制組 -冰背心組 -運動期間全程冷卻 組	腳踏車間歇衝刺測 試至耗竭	冰背心組、運動期間全程冷卻組 - 運動表現 ↑ - T _c 、T _{sk} ↓ - HR、RPE —

↑：上升；↓：下降；—：無變化；T_{re}：直腸溫度；T_{mb}：身體平均溫度、T_b：下半身溫度；T_{up}：上半身溫度；T_{mi}：肌肉溫度；T_{sk}：皮膚溫度；T_{es}：食道溫度；T_{ty}：耳溫度；T_c：核心溫度；La：乳酸；HR：心跳率；NH₃：血氨；pO₂：氧分壓；pCO₂：二氧化碳分壓；pH：酸鹼值；BE：細胞外液過量鹼；β-endorphin：β-腦內啡；RPE：運動努力知覺量表

從上述相關文獻探討得知，有關冷卻之研究多在於耐力運動（30~60 min 或更長），而無氧運動較少。而冷卻時間點為運動熱身前、運動間歇期、熱身期間以及全程，其中運用在運動熱身前冷卻之研究最多，但在運動全程使用之研究較少。在冷卻身體溫度的方式很多（如低溫室、水浸泡、冰袋、喝水、冰背心以及冰夾克等）對其持續性長時間耐力運動與耗竭運動表現大部分都有增加，但在無氧運動表現卻不一致；而在體溫調節方面，直腸、肌肉、皮膚、鼓膜以及食道溫度幾乎都有顯著下降，且提高熱舒適、降低汗水率。而在新陳代謝方面，在乳酸、血液氣體參數（氧分壓、二氧分壓、酸鹼值）均無改變，心跳率則呈現下降或無改變，運動努力知覺量表則呈現有下降或不變之現象。

第參章 研究方法與步驟

本章主要分為下列六個部分加以敘述探討：第一節、研究對象；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗流程；第四節、實驗方法與步驟；第五節、實驗儀器；第六節、資料處理與統計分析。

第一節 研究對象

本研究以 8 名高中健康男性西式划船單人雙槳選手為參與對象。測試前向參與者說明測試流程後，隨即給予每位參與者一份「測試同意書」、「運動能力診斷疾病調查表」，並於閱讀、填寫完畢後，請參與者於測試同意書上簽名。再利用身體組成分析儀 (InBody)，分析肌肉重與體脂重，如表 3-1-1 所示。

表 3-1-1 受試者基本資料

項目	Mean±SD
年齡（歲）	17.6±0.5
身高（公分）	178.8±3.6
體重（公斤）	75.0±0.4
肌肉重（公斤）	60.3±5.3
體脂重（公斤）	10.7±3.8
訓練年數（年）	2.0

第二節 實驗時間與地點

實驗時間為 99 年 7 月 27~8 月 4 日，實驗地點為桃園某中學划船訓練室。

第三節 實驗流程

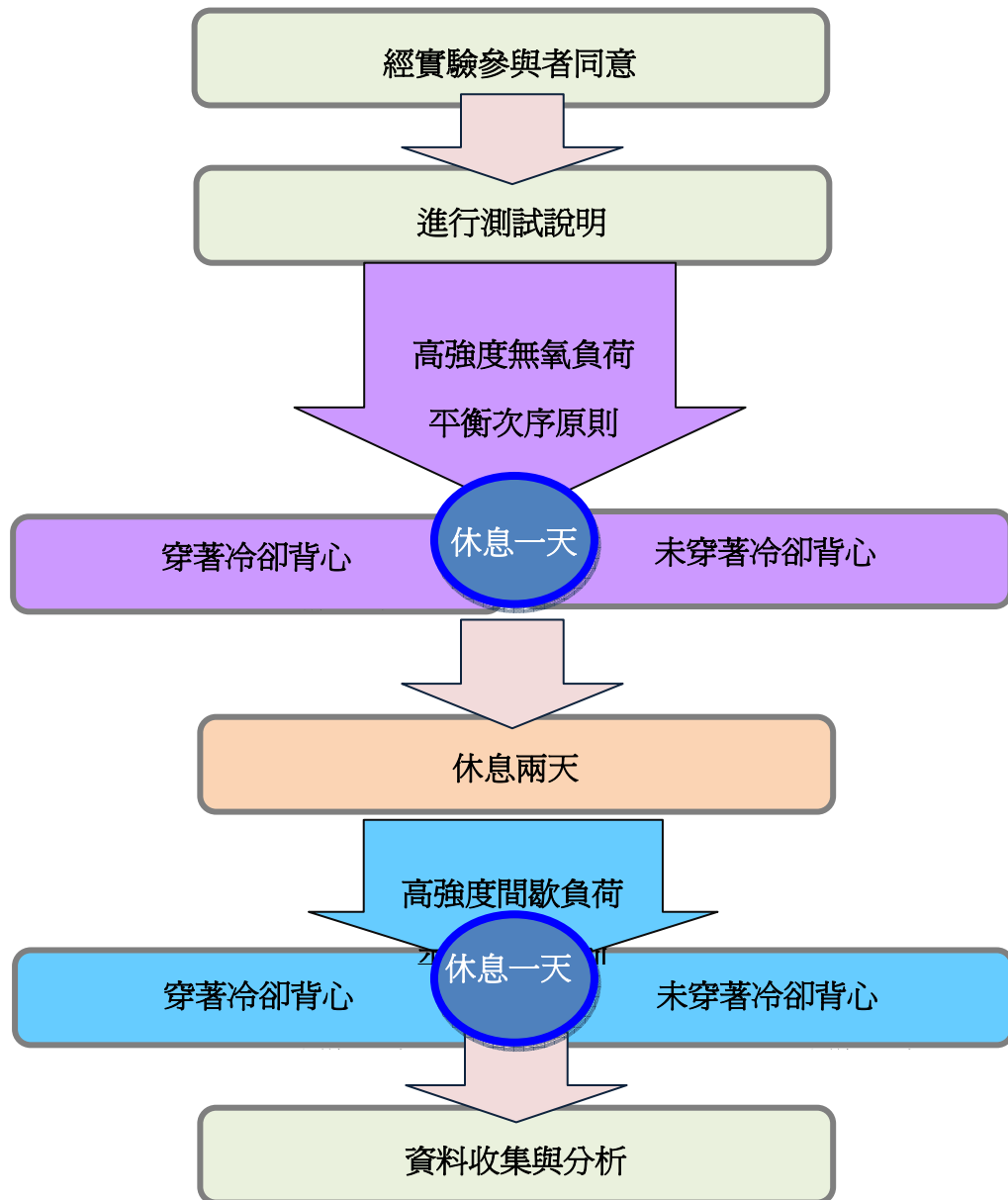


圖 3-3-1 實驗流程圖

第四節 實驗方法與步驟

一、運動測試方式與步驟

運動測試步驟所有參與者於實驗前均瞭解本研究目的與方法後，皆填寫運動能力診斷疾病調查表以及研究參加同意書；於資料顯示身體健康狀況良好，且願意參加本實驗後，才正式成為本研究的參與者。參與者在實驗前 24 小時無高強度訓練、飲用含酒精、咖啡等刺激食物與任何營養增補。

本研究主要分成 4 個階段進行，第 1、2 階段為高強度無氧負荷 (2000 m) 測試，第 1、2 階段中間休息一天。再間隔兩天後再進行第 3、4 階段為高強度無氧間歇 (4×1000 m) 負荷，其負荷強度設定則是依據個人 2000 m 測試所得其 1000 m 完成之時間；第 3、4 階段中間休息一天。本實驗設計（第 1、2、3、4 階段）採用平衡次序 (counter balance method) 以及重複量數之方式進行，讓所有實驗參加者皆在穿著冷卻背心與無冷卻背心兩種情況下進行高強度無氧負荷與間歇負荷測試。穿著低溫背心之時間從熱身開始至測試結束。

二、測試方式說明

（一）2000 m 室內划船測功儀高強度負荷測試步驟與內容：

於溫度與濕度約 29.70~30.36 °C 與 83.1~83.55 %環境下進行，參與者先進行 20 min 熱身與伸展後，於室內划船測功儀 (Concept II Model E) 上進行 2000 m 最大努力測試，阻力設定為 Level 5 並利用划船測功儀測量記錄完成總時間、瓦特、槳頻與每 250 m 之分段時間、瓦特、槳頻。所有參與者依平衡次序之方式進行兩次有、無穿著冷卻背心之高強度負荷測試。在測試過程，每位參與者皆提供一瓶 500 ml 之純水。本研究觀察之生物參數包括乳酸 (Lactic acid, La)、血氨 (Ammonia, NH₃)、心跳率 (Heart Rate, HR)、溫度 (Temperature, T)、運動努力知覺量表 (Rating of Perceived Exertion, RPE) 與熱感覺量表

(Thermal sensation, TS) 等分別於測試結束後各時間點進行收集，如圖 3-4-1。

生物參數說明如下：

1. 乳酸 (La)

在運動前安靜時，於耳垂採 10 μ l 血液做為安靜值 (R) 乳酸值；隨後於熱身後 (WU)、休息 (R2)、2000 m 測試結束後 (E1) 與運動結束後恢復期第三 (E3)、五 (E5)、七 (E7)、五 (E10)、十五 (E15) 分鐘亦以耳垂採 10 μ l 血液，再以乳酸分析儀測量分析。

2. 血氨 (NH_3)

在 2000 m 划船測功儀負荷結束後 (E1)，以採血筆採取指尖血 20 μ l 血液，以掌上型氨分析儀 (Pocketchem BA PA-4130) 進行分析。

3. 心跳率 (HR)

在運動前將心跳錶戴於手上以及心跳偵測帶戴於胸骨上偵測心跳，收集 2000 m 划船測功儀負荷結束後 (E1) 以及運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘之心跳率，再以 Polar Pro Trainer 5 軟體分析。

4. 溫度 (temperature)

在運動前安靜時 (R)、熱身後 (WU)、休息 (R2) 以及 2000 m 划船測功儀負荷結束後 (E1) 與運動結束後恢復期第五 (E5)、十 (E10)、十五 (E15) 分鐘，利用耳溫槍與額溫槍測試各階段溫度。包括耳溫 (T_{ty})、胸腔 (T_{chest})、左手臂 ($T_{\text{left arm}}$)、左大腿 ($T_{\text{left thigh}}$)、左小腿 ($T_{\text{left leg}}$)。

5. 運動努力知覺量表 (RPE)

於 2000 m 划船測功儀負荷結束後 (E1) 記錄其指數。

6. 熱感覺量表 (TS)

在運動前 (R)、熱身後 (WU)、休息 (R2) 以及 2000 m 划船測功儀負荷結束後 (E1) 與運動結束後恢復期第五 (E5)、十 (E10)、十五 (E15) 分鐘記錄其指數。

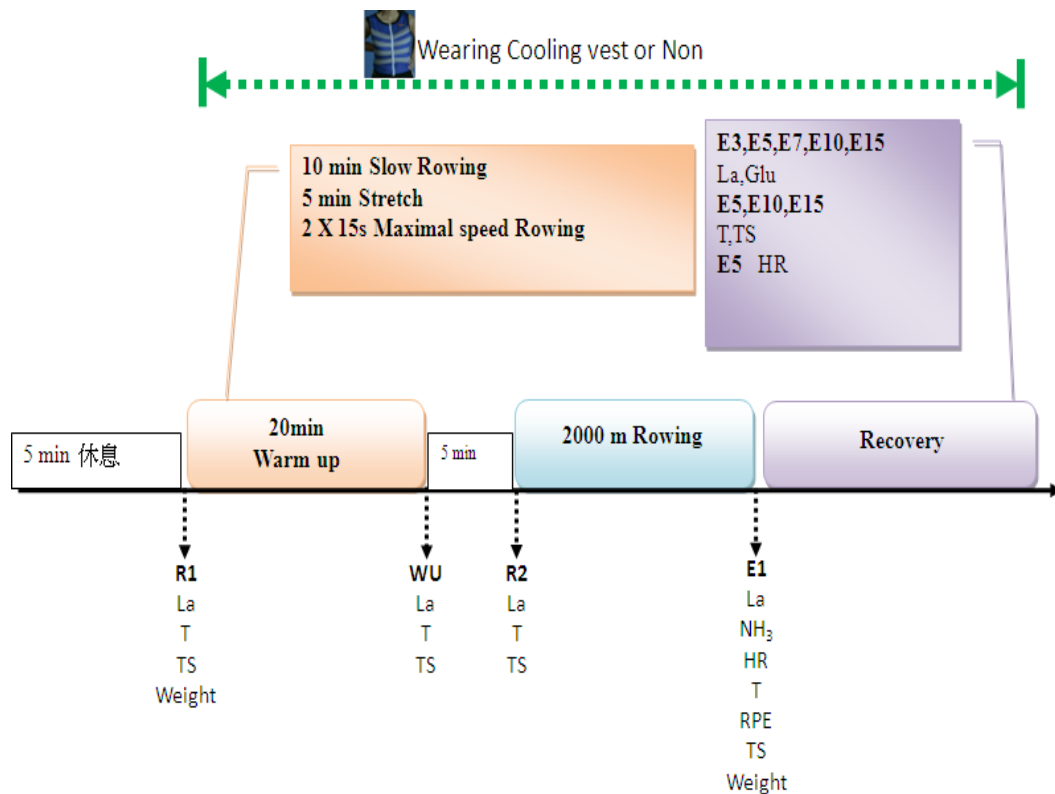


圖 3-4-1 2000 m 測功儀高強度無氧負荷實驗流程與生物參數

(二) 4×1000 m 測功儀高強度間歇無氧負荷測試步驟與內容：

於溫度與濕度約 30.81~31.07 °C 與 70.69~80.20 %環境下進行，參與者先進行 20 min 熱身與伸展後，於划船測功儀上以個人 1000 m 之時間為負荷進行 4 次 1000 m 間歇負荷，次與次之間安插 6 min 休息；並利用划船測功儀測量記錄每次完成時間、瓦特與槳頻。所有參與者依平衡次序之方式進行兩次有、無穿著冷凍背心之高強度間歇無氧負荷測試。在測試過程，每位參與者皆提供兩瓶 500 ml 之純水。本研究觀察之生物參數包括乳酸 (Lactate, La)、血氨 (NH₃)、血液氣體參數 (blood gas)、心跳率 (Heart Rate, HR)、溫度 (Temperature, T)、運動努力知覺量表 (Rating of Perceived Exertion, RPE) 與熱感覺量表 (Thermal sensation, TS) 等分別於測試結束後各時間點進行收集，如圖 3-4-2，生物參數說明如下：

1. 乳酸 (La)

在運動前安靜時，於耳垂採 10 μ l 血液做為安靜值 (R) 乳酸值；隨後於熱身後 (WU)、休息 (R2)、4×1000 m 測試結束後 (1x、2x、3x、4x) 與運動結束後恢復期第三 (E3)、五 (E5)、七 (E7)、十 (E10)、十五 (E15) 分鐘亦以耳垂採 10 μ l 血液，再以乳酸分析儀測量分析。

2. 心跳率 (HR)

在運動前將心跳錶戴於手上以及心跳偵測帶戴於胸骨上偵測心跳，收集 4×1000 m 測試結束後 (1x、2x、3x、4x) 與運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘之心跳率，再以 Polar Pro Trainer 5 軟體分析。

3. 血液氣體參數 (blood gas)

在運動前安靜時 (R)、第四 (4x) 次 1000 m 測試結束後，以採血筆採取指尖血 100 μ l 血液，以血液氣體分析儀 (Abbott I - STAT HAND HELD ANALYZER) 與晶片 (G3+) 直接測定血液中的氧分壓 (partial pressure of oxygen, pO_2)、二氧化碳分壓 (partial pressure of carbondioxide, pCO_2) 與酸鹼值 (pondus hydrogenii, pH)。

4. 血氨 (NH_3)

在第二 (2x)、四 (4x) 次 1000 m 測試結束後，以採血筆採取指尖血 20 μ l 血液，以掌上型氨分析儀 (Pocketchem BA PA-4130) 進行分析。

5. 溫度 (temperature)

在運動前安靜時 (R)、熱身後 (WU)、4×1000 m 測試結束後 (1x、2x、3x、4x) 與運動結束後恢復期第五 (E5)、十 (E10)、十五 (E15) 分鐘利用耳溫槍與額溫槍測試各階段溫度。包括耳溫 (T_{ty})、胸腔 (T_{chest})、左手臂 ($T_{left arm}$)、左大腿 ($T_{left thigh}$)、左小腿 ($T_{left leg}$)。

6.運動努力知覺量表 (RPE)

在 4×1000 m 測試結束後 (1x、2x、3x、4x) ，記錄其指數。

7.熱感覺量表 (TS)

在運動前 (R) 、熱身後 (WU) 、休息 (R2) 以及 4×1000 m (1x、2x、3x、4x) 測試結束後與運動後恢復期第五 (E5) 、十 (E10) 、十五 (E15) 分鐘記錄其指數。

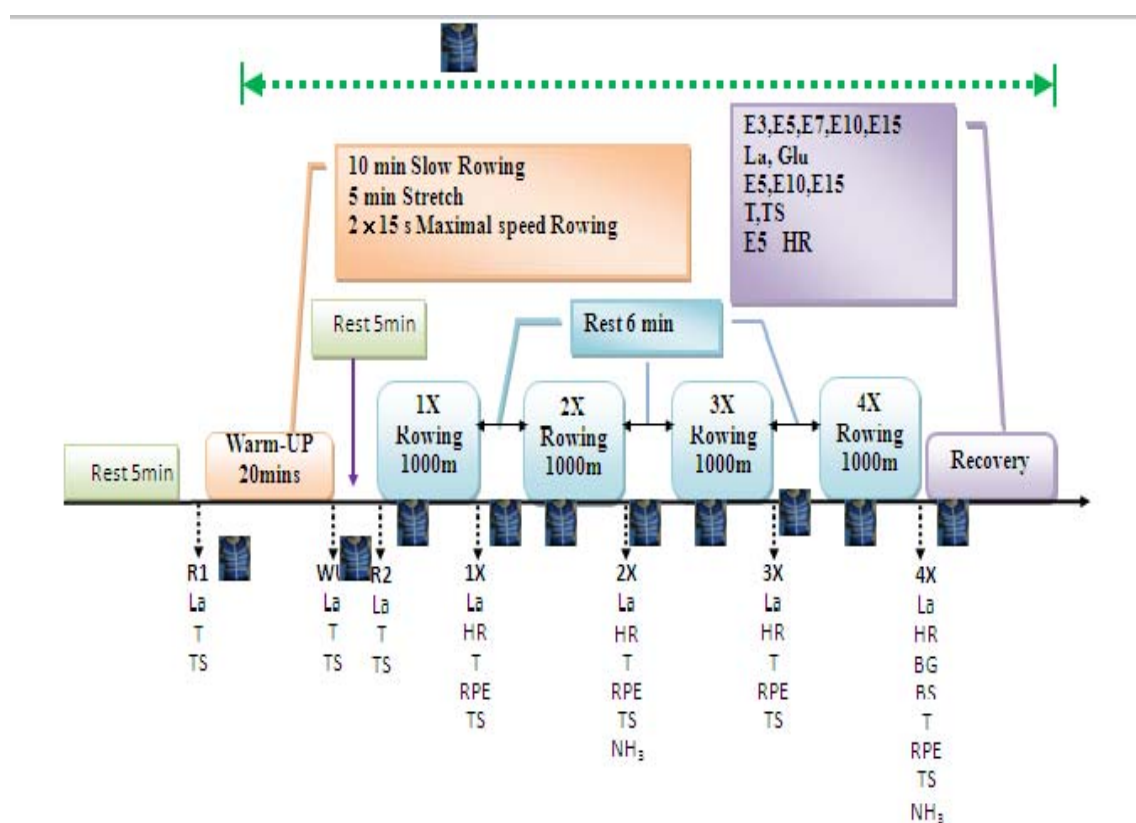


圖 3-4-2 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷實驗流程與生物參數

第五節 實驗儀器

一、冷卻背心 (Cooling vest)

廠牌：Sanitaetshaus Korting，產地澳大利亞，冷卻材質為凝膠，份部於前面有 8 個、背部有 6 個，尺寸分別為 2S、3M、2L，共 7 件，如圖 3-5-1。



圖 3-5-1 冷卻背心

二、划船測功儀 (Concept II Model E)

划船器材大多是利用阻力讓使用者施力而達到運動的目的。阻力的來源可分為皮帶、彈簧、油壓管式及葉扇等四種。圖 3-5-2 為 Concept II 屬於葉扇式划船測功儀，葉扇式的設計可配合個人做功的大小，向上加重阻力；向下減輕阻力，如圖。其面版顯示器為 PM4，共有 5 種模式可顯示每分鐘預估的槳頻數、距離、時間、功率、心跳率和卡路里 (Calorie) 等，如圖 3-5-3。



圖 3-5-2 測功儀 Concept II Model E

(引自 www.concept2.com/us/indoorrowers/default.asp)



圖 3-5-3 測功儀面板（內含五個模式）

(引自 www.concept2.com/us/indoorrowers/monitors/pm4.asp)

三、血液氣體分析儀 (Abbott i - STAT HAND HELD ANALYZER)

此儀器製造於美國，內含血液氣體分析儀、儀器校正、紅外線印表機等。主要利用晶片中的特定酵素與血液中的待測物質作用，產生氧化還原反應，因此產生電位差以及電流，感應器會量測電位差與電流大小以量測電流通過樣本時的傳導度，樣本的濃度與傳導度以及電流有相關性。當溶液的濃度越高，傳導度以及電流就越高越大，反之亦然。此儀器也提供了快速簡易的分析，得到準確的血液中含氧量，以及酸鹼的平衡狀態。利用晶片方式，其重量只有 18 盎司；要執行測試，100 μ l 全血滴到晶片中，然後插入到掌上電腦。使用晶片為 G3⁺系統化提供精確的測定血液中的氧分壓 (pO_2)、二氧化碳分壓 (pCO_2) 與酸鹼值 (pH)。



圖 3-5-4 血液氣體分析儀與晶片

(引自 www.cliawaived.com/web/Basic_Metabolic_Status.htm)

四、乳酸血糖分析儀 (Diagnostic Biosen C_line, EFK)

此儀器製造於德國，此反應原理主要依據電化學測量 (electro-chemical measuring) 原理，透過晶片感應特製化原理來達到測量目的，如圖 3-5-5。



圖 3-5-5 乳酸血糖分析儀（引自 www.tytnb.com/xjsb/article/351.html）

五、掌上型氨分析儀 (Pocketchem BA PA-4130)

此儀器製造於日本，是一部輕小又方便攜帶的儀器。Lockwood et al. (1979) 診斷和治療與高血氨症有關聯的急性肝疾病或新陳代謝失調的可透過血氨來判斷。有一些方法可以來判斷高血氨症有關聯的急性肝疾病或新陳代謝失調，如擴散、離子交換樹脂和利用酵素直接比色方法等。此外，測試時採血必須快速，因為收集血液時，血氨的濃度會伴隨時間而上升。PocketChemTM B（圖 3-5-6）和 AMMONIA CHECKER II（圖 3-5-7）系統提供簡單、迅速和準確的方式，在室內或室外只要少量的血液樣本 (20 μ l)，即可測得血氨 (NH_3) 濃度。



圖 3-5-6 掌上型氨分析儀主機 (引自
www.arkray.co.jp/english/products/poc.html)

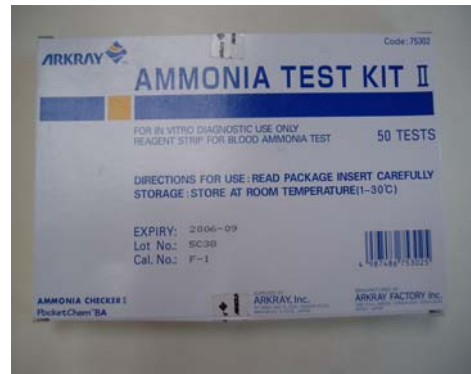


圖 3-5-7 專用試紙
(Ammonia Test Kit II)

六、心跳錶偵測器 (Polar S725x)

此型號為中國製，內包括手錶、心跳偵測帶 (圖 3-4-9)、Polar ProTrainer 5™ Professional Training Software 軟體、自行車迴轉數感應器以及時數哩程感應器等。其功能可記錄跑步或騎自行車之全程心跳率、速度、腳踏圈數及功率輸出、可設定個人運動時間和心率上下限等。需利用 IrDA 紅外線 (圖 3-5-8) 將數據傳輸至電腦與其軟體應用分析。



圖 3-5-8 心跳錶、心跳偵測帶、IrDA 紅外線

(引自 www.polar-deutschland.de/de/support/produkt_support?product=285
www.polar-deutschland.de/de/produkte/accessoires)

七、溫濕度測量器

Thermo recorder (TR-72U) ，此儀器為日本製，可全程記錄溫度與濕度，如圖 3-5-9 。



圖 3-5-9 溫濕度測量器（引自

<http://french.alibaba.com/product-tp/t-and-d-web-thermo-recorder-tr-72w--103608266.html>）

八、耳溫槍

德國百靈耳溫槍，型號IRT4520，共2支，測量由耳鼓膜以及其周圍組織所釋放出的紅外線熱量。德國百靈耳溫槍放在耳道內時，會持續探測紅外線熱量；當正確的溫度讀數確定後，耳溫槍會結束測量並顯示出結果，如圖3-5-10。



圖3-5-10 耳溫槍（引自 www.srci.com.tw/fever-brochure.htm）

九、額溫槍

紅外線額溫槍，型號TM-966，共2支，可測量的溫度範圍為體溫32 °C ~42 °C其他用途溫度0°C~100 °C；測試距離只需3~5 cm即可測得。測量方式屬於熱電偶，有一個激光瞄準系統，激光束所指的地方就是測量溫度的部位，本研究用來測量身體皮膚溫度，如圖3-5-11。



圖3-5-11 額溫槍（引自 www.yalab.com.tw）

十、紅外線測溫儀

品牌為香港優利德 (UNI-T) 於中國製，型號 UT300A 非接觸式紅外線測溫儀，可通過測量目標表面所輻射紅外能量來確定表面溫度。測量範圍-18 °C~280 °C、距離與光點直徑比為 10:1，本研究用來測量冷卻背心之溫度，如圖 3-5-12。



圖 3-5-12 紅外線測溫儀（引自 <http://www.ycisto.cn/pddetaildate/product>）

十一、電暖器

北方陶瓷遙控電暖器 (PTC1960TR)，直立式出風口受風面廣，藉由左右擺動送出熱風，暖房效果又快又平均，如圖 3-5-13。



圖 3-5-13 電暖器（引自 <http://buy.yahoo.com.tw/gdsale/gdsale.asp?gdid=1774341#>）

十二、身體組成分析儀(InBody)

此儀器為 InBody3.0，是利用生物電阻抗(BIA)原理來檢測身體組成之醫學儀器，來分析肌肉量、脂肪量、脂肪分佈、體液診斷等功能，如圖 3-5-14。



圖 3-5-14 身體組成分析儀

（引自 http://image.ehsy.com/pic_lib/2009/06/24/1245812912.jpg）

十三、酒精、採血筆、採血針、採血毛管、紅血球破壞劑、手套（外科用）、碼錶、冰桶、溫度計。

第六節 資料處理與統計分析

- 一、本研究中所有數值皆以平均數與標準差 (Mean±SD) 表示。
- 二、以 Sigma Plot 8.0 套裝軟體進行圖形繪製。
- 三、以 Concept II 軟體分析划船測功儀之各參數。
- 四、以 Polar Pro Trainer 5TM Professional Training Software 軟體進行心跳率輸出分析。
- 五、以相依樣本 t 考驗分析方式進行穿與無穿著冷卻下，於高強無氧運動 (2000 m) 與間歇無氧運動 (4×1000 m) 負荷表現各時間點參數之差異。
- 六、以重複量數二因子變異數分析 (two-way ANOVA, repeated measures) 設計比較有、無穿冷卻背心情況下，運動期間與運動結束後恢復期各參數之差異。若主要效果或單純主要效果達顯著水準，則進一步以 LSD 法進行試後比較。
- 七、本研究之 SPSS 16.0 統計套裝軟體進行分析，所有顯著差異水準訂為 $p<0.05$ 。

第肆章 結果

本章內容將冷卻背心運用於西式划船 2000 m 測功儀高強度負荷與 4 ×1000 m 高強度間歇負荷測試所得之參數進行整理及分析，並以文字敘述、表格及圖形等型態進行描述與呈現。將分為第一節、冷卻背心對西式划船 2000 m 測功儀高強度無氧運動能力、身體溫度調節、體循環與新陳代謝之影響；與第二節、冷卻背心對於西式划船 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷運動能力、身體溫度調節、體循環與新陳代謝之影響等分做說明。

表 4-1 2000 m 測功儀高強度負荷與 4 ×1000 m 高強度間歇負荷環境溫度與濕度

	2000 m	4×1000 m
溫度(°C)	29.7~30.4	30.8~31.1
濕度(%)	83.1~83.6	70.7~80.2

第一節 冷卻背心對西式划船 2000 m 測功儀高強度無氧運動能力、身體溫度調節、體循環與新陳代謝之影響

一、2000 m 划船測功儀高強度無氧運動能力

在 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷測試運動能力分析，將兩種狀況以相依樣本 t 考驗分析，結果顯示 Cooling 總完成時間平均值為 422.10 ± 14.18 sec，Non Cooling 則為 424.09 ± 16.43 sec，兩項差異 -1.99 sec ($p > 0.05$)。總槳頻於 Cooling 與 Non Cooling 則平均值分別為 29.75 ± 1.67 、 30.0 ± 1.77 次；總輸出功率平均值 Cooling 為 299.75 ± 31.24 W 與 Non Cooling，差異 $+3.87$ Watt ($p > 0.05$)，如表 4-1-1 所示。

在 2000 m 分段速度於距離 1250 m、1500 m 與 1750 m，Cooling 與 Non Cooling 速度差異分別為 $+0.04$ m/s、 $+0.04$ m/s 與 $+0.03$ m/s，並未達顯著差異 ($p > 0.05$ ，圖 4-1-1)。分段槳頻 (SPM) 於距離 500 m、750 m 與 1000 m，Cooling 槳頻平均值分別為 29.38 ± 1.77 、 29.00 ± 1.93 、 29.38 ± 1.92 ，與 Non Cooling 相同距離差異分別為 -0.50 、 -0.50 、 -0.50 次 ($p > 0.05$ ，圖 4-1-2)。分段輸出功率 Cooling 於 250 m、750 m、1000 m、1250 m、1500 m、1750 m、2000 m 平均值均高於 Non Cooling，差異則分別為 $+5.00$ 、 $+2.25$ 、 $+1.25$ 、 $+7.62$ 、 $+6.50$ 、 $+5.25$ 與 $+1.50$ Watt ($p > 0.05$ ，圖 4-1-3 所示)。

表 4-1-1 2000m 划船測功儀總時間、總槳頻及總輸出功率之分析

	Non Cooling	Cooling	Diff.	p
總時間 (s)	424.09 ± 16.43	422.10 ± 14.18	-1.99	0.235
總槳頻 (SPM)	30.00 ± 1.77	29.75 ± 1.67	-0.25	0.598
總輸出功率 (W)	295.88 ± 33.94	299.75 ± 31.24	+3.87	0.224

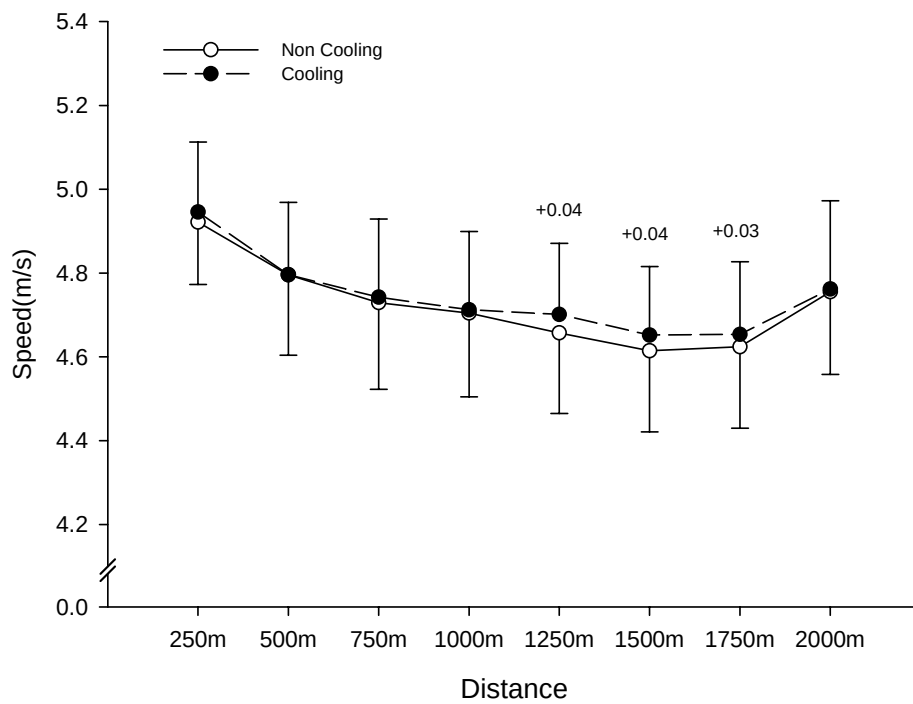


圖 4-1-1 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷分段速度之分析

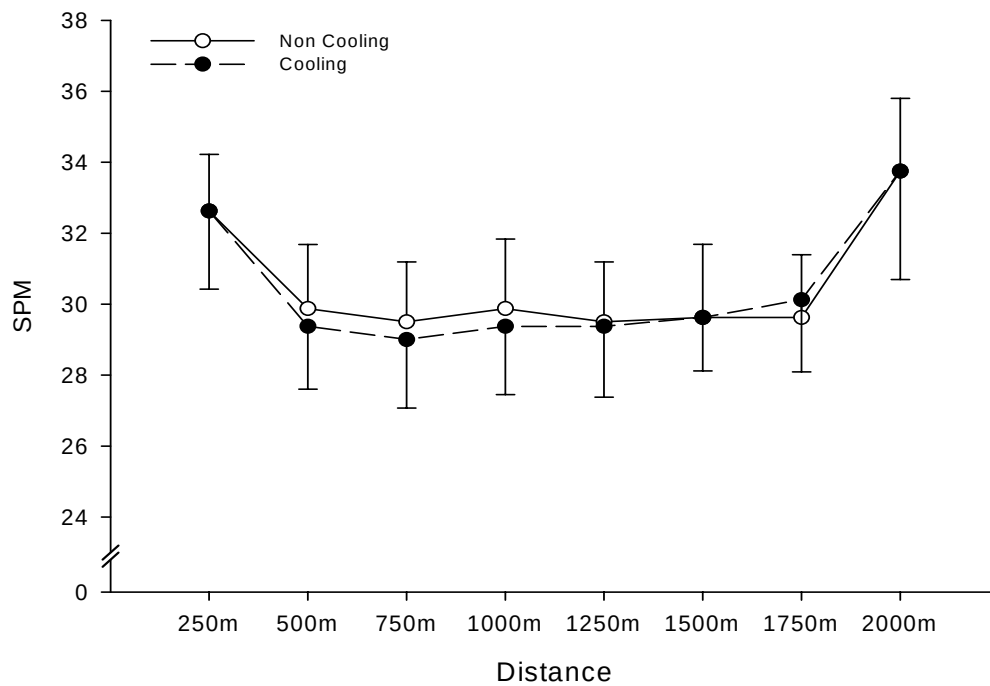


圖 4-1-2 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷分段槳頻之分析

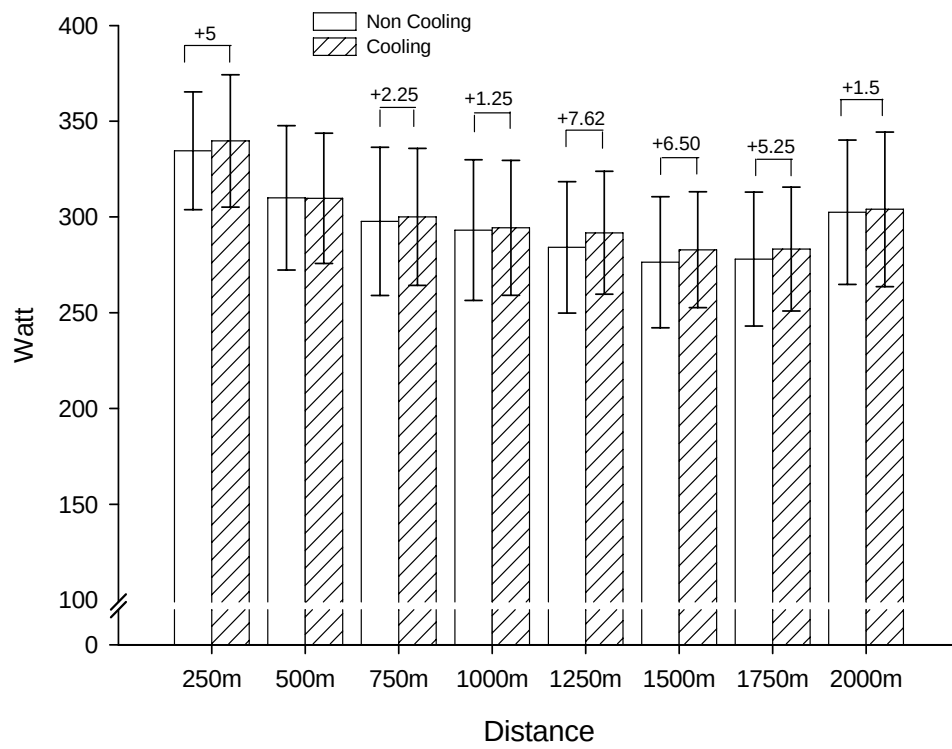


圖 4-1-3 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷分段功率之分析

二、身體溫度調節

(一) 體重

表 4-1-2 為 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷測試體重分析。Cooling 於測試負荷前 (R) 體重平均值為 75.08 ± 8.45 kg，運動結束 (E1) 則為 74.82 ± 8.34 kg，兩次差異 -0.26 kg ($p > 0.05$)。Non Cooling 測試負荷前 (R) 與運動結束 (E1) 體重有下降 0.31 kg 達顯著差異 ($p < 0.05$)。Cooling 與 Non Cooling 於測試負荷前 (R) 與運動結束 (E1) 體重差異分別為 0.06 kg ($p > 0.05$) 和 0.01 kg ($p > 0.05$) 未達顯著差異。

表 4-1-2 2000m 划船測功儀高強度無氧負荷前 (R) 與結束後 (E1) 之體重分析

	Weight (kg)		
	R	E1	Diff.
Non Cooling	75.14 ± 8.51	74.83 ± 8.58^a	-0.31
Cooling	75.08 ± 8.45	74.82 ± 8.34	-0.26
<i>p</i>	0.713	0.958	

a 表示組內達顯著差異

(二) 耳溫與身體皮膚平均溫度

2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷於身體溫度調節方面，耳溫於運動結束後 (E1) Cooling 平均值為 37.43 ± 0.34 °C，Non Cooling 則為 37.59 ± 0.32 °C，兩者差異 0.16 °C 達顯著 ($p < 0.05$)。Cooling 與 Non Cooling 耳溫於運動結束後恢復期第五 (E5)、十 (E10) 與十五 (E15) 分鐘平均值差異分別為 -0.21 、 -0.20 、 -0.16 °C ($p < 0.05$ ，圖 4-1-4 所示)。

在身體皮膚溫度方面，Cooling 於運動結束後 (E1) 與運動結束後恢復期第五 (E5)、十 (E10) 與十五 (E15) 分鐘，其平均值分別為 32.31 ± 1.17 、

33.29±1.57、33.93±1.4 與 34.26±1.31 °C。Non Cooling 於運動結束後 (E1) 平均值為 34.43±0.68 °C，其與 Cooling (E1) 差異為 +2.12 °C ($p<0.05$)。運動結束後恢復期第五 (E5)、十 (E10) 與十五 (E15) 分鐘兩者差異則分別為+3.07、+2.79、+2.26 °C 均達顯著差異 ($p<0.05$)，如圖 4-1-5 所示。

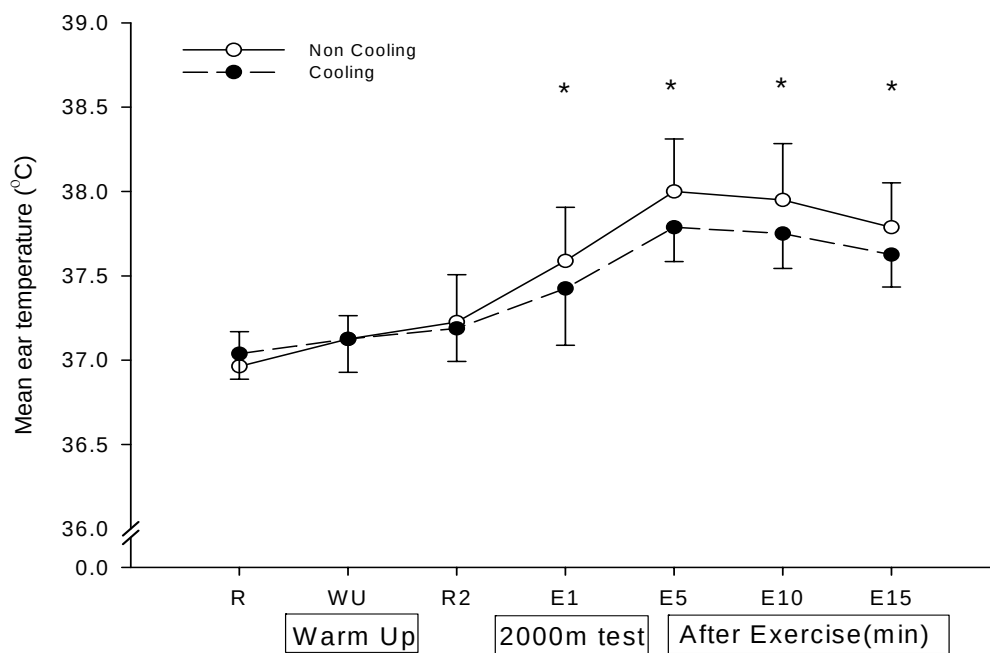


圖 4-1-4 2000m 划船測功儀高強度無氧負荷前 (R)、熱身後 (WU)、休息 (R2) 與結束後平均耳溫之分析

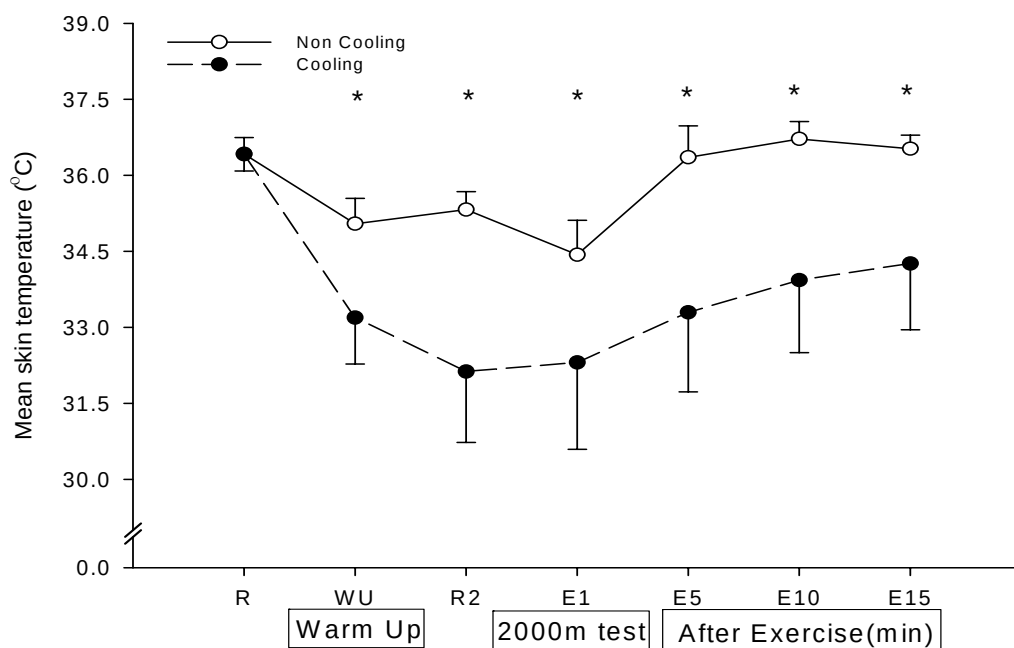


圖 4-1-5 2000m 划船測功儀高強度無氧負荷前 (R)、熱身後 (WU)、休息 (R2) 與結束後身體皮膚平均溫度之分析

(三) 運動努力知覺量表 (RPE) 與熱感覺量表 (TS)

2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷運動努力知覺量表 (RPE)，在 Non Cooling 與 Cooling 測試，Cooling 於運動結束 (E1) 平均值為 18.56 ± 1.24 ，Non Cooling 則為 19.00 ± 0.71 ，差異為 -0.44 ($p > 0.05$ ，表 4-1-3)。

表 4-1-3 2000m 划船測功儀運動結束後 (E1) 運動努力知覺量表 (RPE) 之分析

RPE	
運動結束 (E1)	
Non Cooling	19.00 ± 0.71
Cooling	18.56 ± 1.24
Diff.	-0.44

在熱感覺量表方面，Cooling 於熱身後 (WU) 平均值為 5.67 ± 1.12 ，Non Cooling 則為 7.33 ± 0.71 ，兩者差異為 $+1.66$ ($p < 0.05$)。運動結束 (E1) 熱感覺量表平均值於 Cooling 與 Non Cooling 分別為 8.00 ± 0.71 、 8.67 ± 0.50 ，兩者差異 $+0.67$ ($p < 0.05$)。Cooling 與 Non Cooling 於運動結束後恢復期第五 (E5)、十 (E10) 與十五 (E15) 分鐘亦達顯著差異 ($p < 0.05$)，如圖 4-1-6 所示。

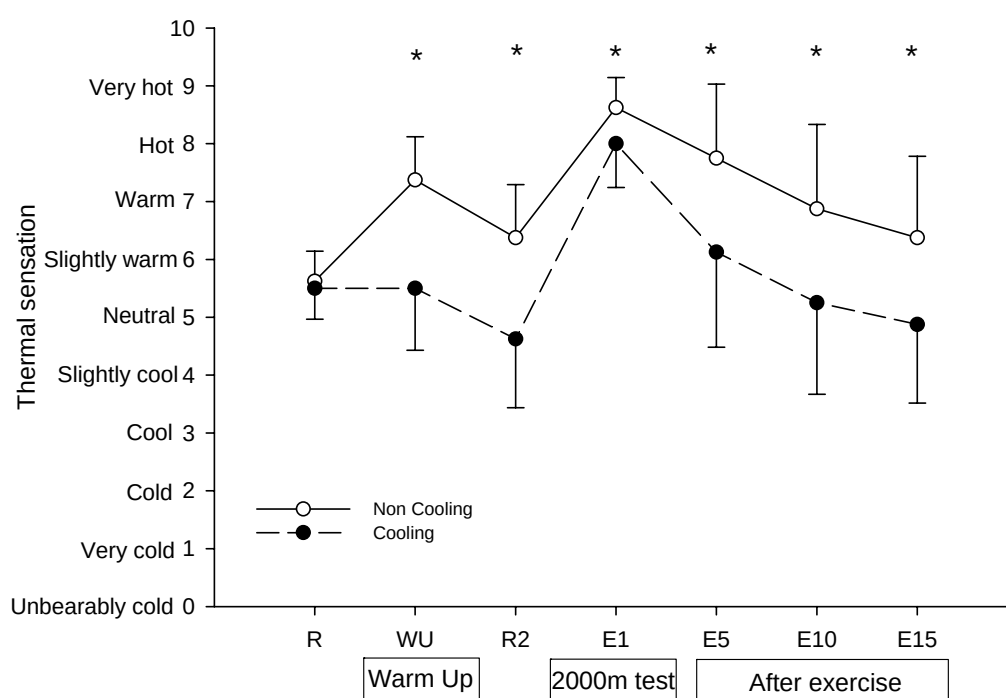


圖 4-1-6 2000m 划船測功儀高強度無氧負荷前 (R)、熱身後 (WU)、休息 (R2) 與結束後熱感覺量表之分析

(四) 心跳率

在 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷運動結束 (E1)，心跳率於 Non Cooling 與 Cooling 平均值分別為 $195 \pm 5.53 \text{ min}^{-1}$ 與 $194 \pm 5.65 \text{ min}^{-1}$ ，兩次差異 -1 min^{-1} ($p > 0.05$)。Non Cooling 運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘心跳率平均值

爲 $135 \pm 11.47 \text{ min}^{-1}$ ，Cooling 則爲 $128 \pm 12.12 \text{ min}^{-1}$ ，兩次差異 -7 min^{-1} ($p < 0.05$)，如圖 4-1-7 所示。

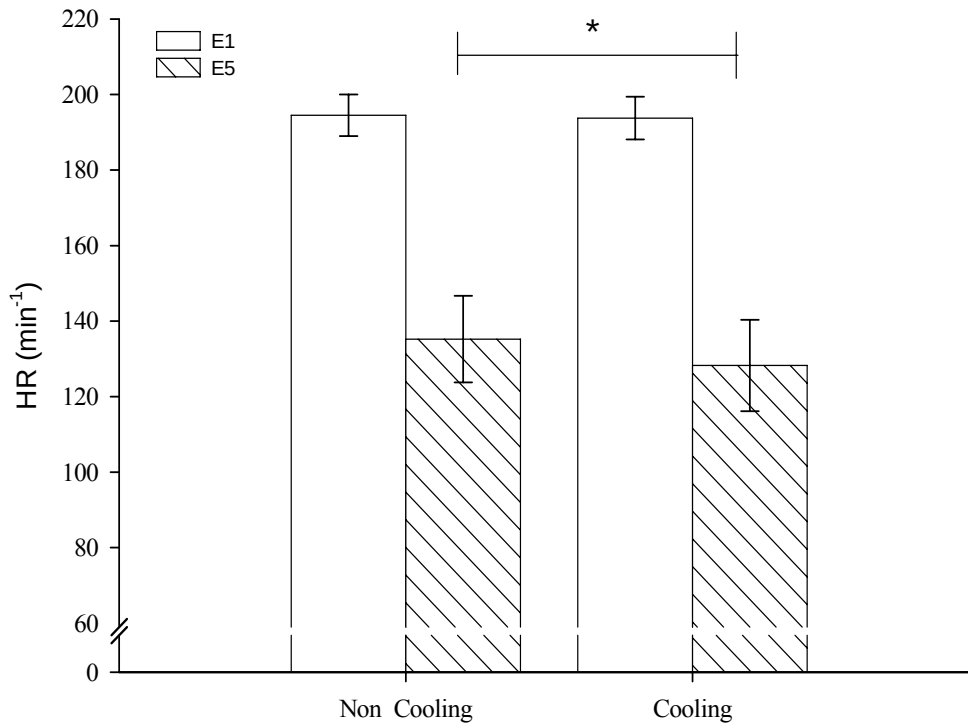


圖 4-1-7 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷結束 (E1) 與運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘心跳率之分析

三、新陳代謝

(一) 乳酸 (La)

圖 4-1-8 爲 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷運動結束血液乳酸分析。Non Cooling 與 Cooling 於運動結束 (E1) 平均值分別爲 $18.11 \pm 2.26 \text{ mmol/l}$ 與 $17.24 \pm 2.78 \text{ mmol/l}$ ，兩次差異爲 -0.87 mmol/l ($p > 0.05$)。最大乳酸顯現時間於 Cooling 爲運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘，其平均值爲 $17.39 \pm 1.91 \text{ mmol/l}$ 。Non Cooling 則於運動結束後恢復期第十 (E10) 分鐘顯現，乳酸平均值則爲

18.18±2.88 mmol/l。兩者最大乳酸平均值差異為 +0.79 mmol/l ($p<0.05$)。運動結束後恢復期 Cooling 於第五 (E5) 分鐘即呈現下降趨勢，其平均值則分別為 16.80±2.37 (E7)、16.17±2.91 (E10)、14.68±2.94 (E15)。Cooling 與 Non Cooling 於運動結束後恢復期第十 (E10) 分鐘，乳酸平均值達顯著差異 ($p<0.05$)。

血液最大乳酸 (La_{max}) 濃度於 Non Cooling 平均值為 19.43±2.34 mmol/l，個人最大值為 23.55 mmol/l，最小則為 16.30 mmol/l。Cooling 最大與最小平均值則分別為 22.68 mmol/l、15.83 mmol/l。Non Cooling 與 Cooling 測試最大乳酸平均值差異 -1.17 mmol/l ($p>0.05$)。兩次測試速度平均值分別為 4.72±0.18 m/s (Non Cooling) 與 4.74±0.16 m/s (Cooling)，差異為+0.02 m/s ($p>0.05$)，如圖 4-1-9 所示。

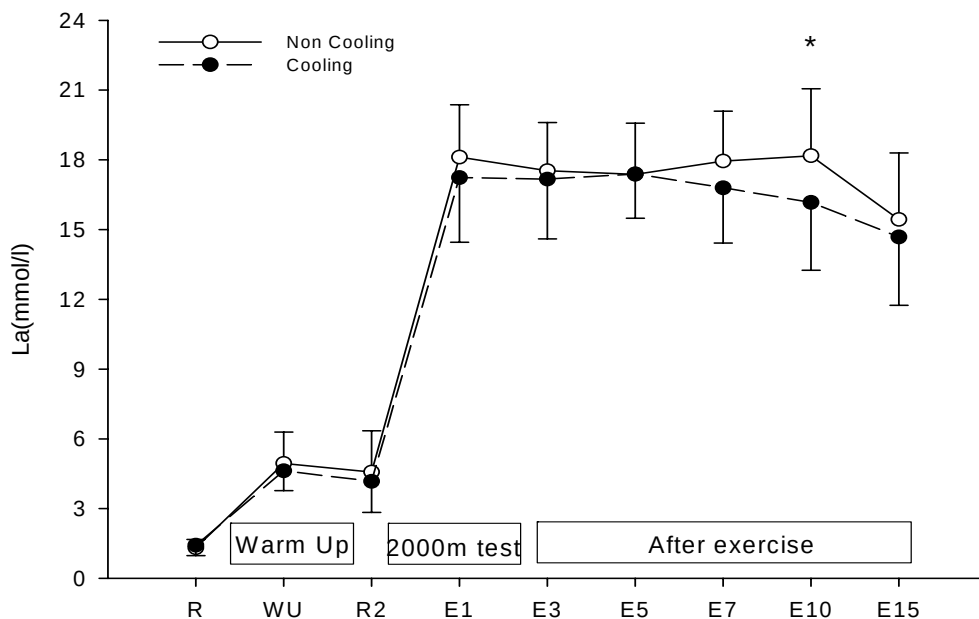


圖 4-1-8 2000m 划船測功儀高強度無氧負荷前 (R)、熱身後 (WU)、休息 (R2) 與結束後乳酸 (La) 之分析

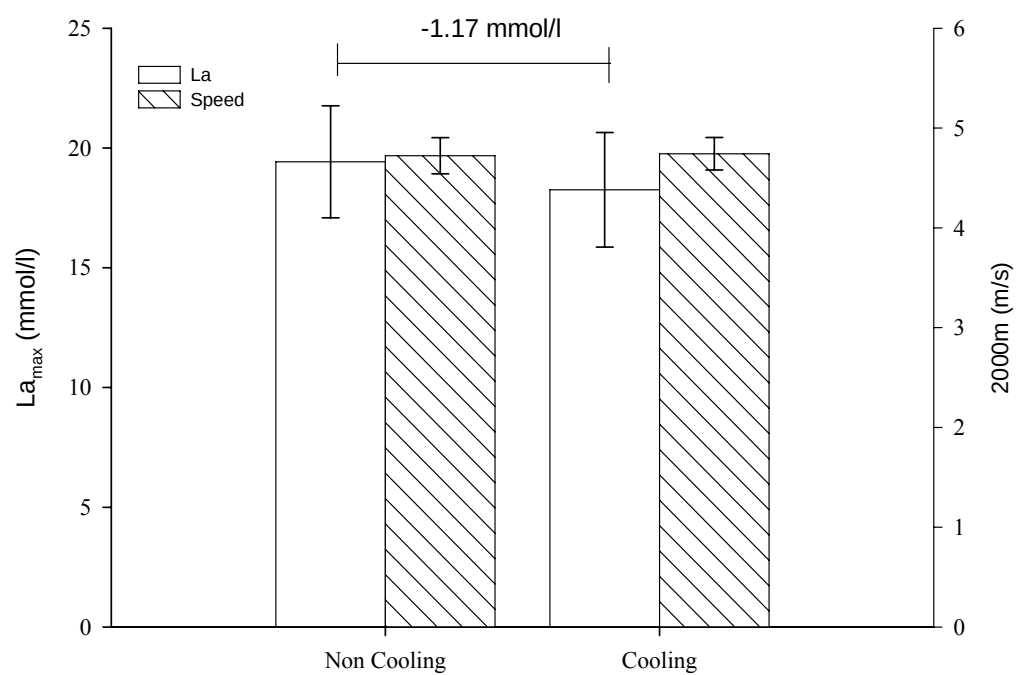


圖 4-1-9 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷最大乳酸值與速度之分析

(二) 血氨 (NH_3)

在血氨 (NH_3) 值方面，於運動結束 (E1)，Non Cooling 平均值為 $209.25 \pm 46.04 \mu\text{mol/L}$ ，個人最大值達 $282 \mu\text{mol/L}$ 。Cooling 平均值則為 $188.75 \pm 4.52 \mu\text{mol/L}$ ，個人最大值則達 $228 \mu\text{mol/L}$ 。Non Cooling 與 Cooling 平均值差異為 $-20.50 \mu\text{mol/L}$ ($p > 0.05$)，如圖 4-1-10 所示。

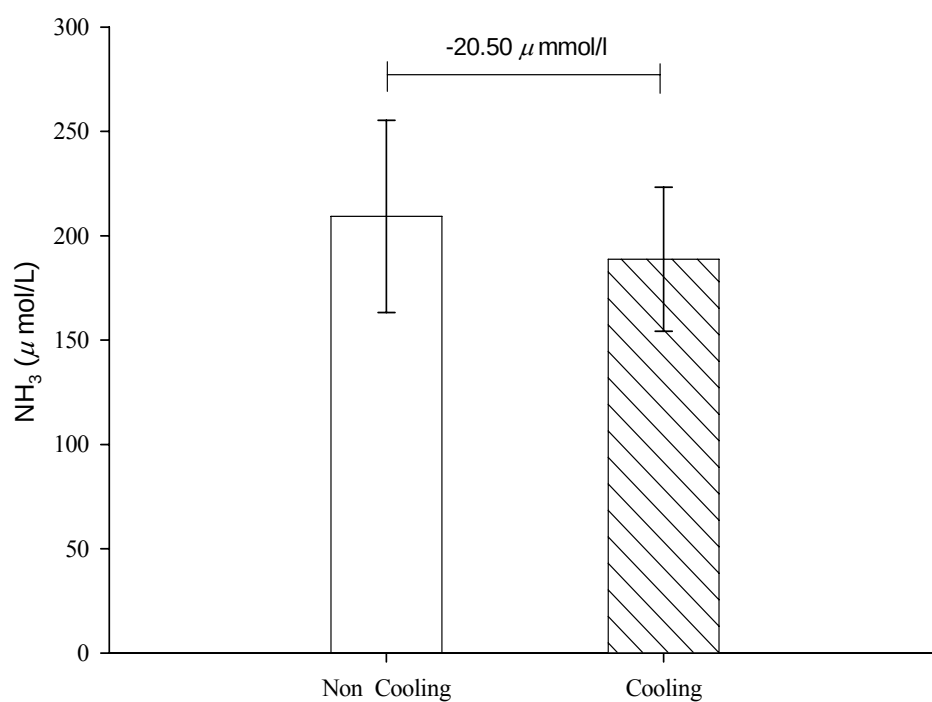


圖 4-1-10 2000m 划船測功儀高強度無氧負荷結束後血氨 (NH_3) 濃度之分析

(三) 2000m 划船測功儀高強度無氧負荷結束 (E1) 血液乳酸與身體皮膚平均溫度之四象限關係

Non Cooling 運動結束 (E1) 血液乳酸濃度平均值介於 14.32~21.79 mmol/l，身體皮膚平均溫度則在 33.56~35.39 °C 之間。Cooling 運動結束 (E1) 血液乳酸濃度則介於 11.76~20.01 mmol/l，其身體皮膚平均溫度則在 28.83~34.56 °C 之間，如圖 4-1-11 所示。

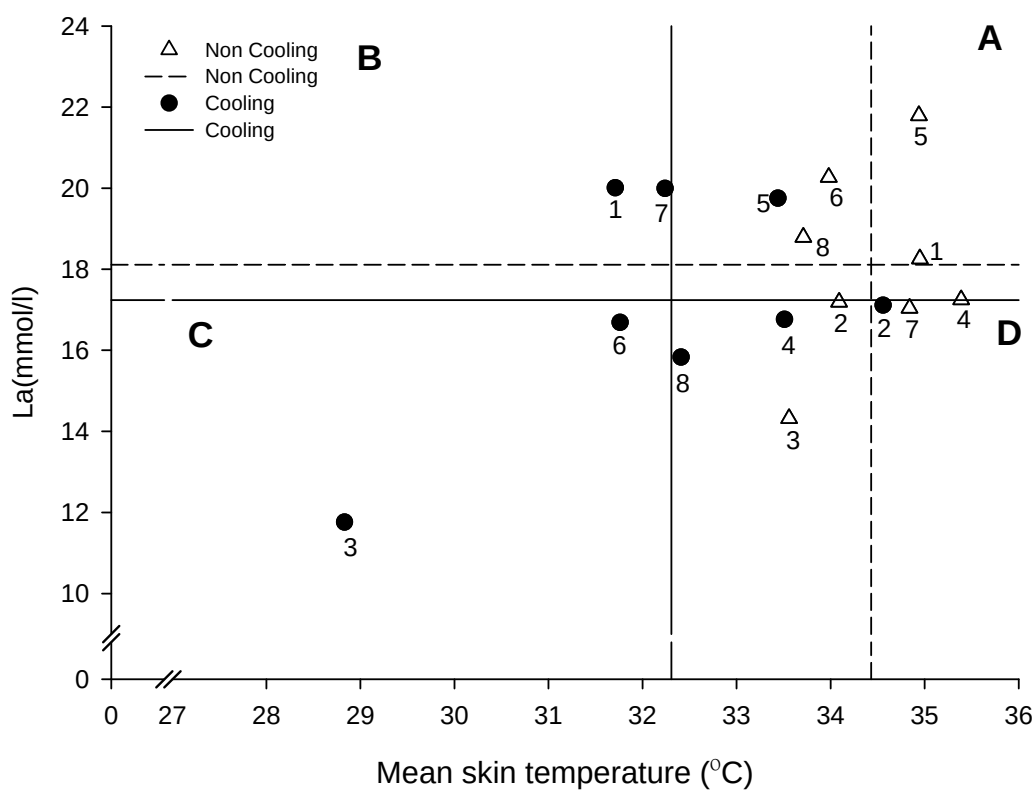


圖 4-1-11 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷結束 (E1) 血液乳酸與身體皮膚平均溫度之分析

第二節 冷卻背心對高強度無氧間歇負荷運動能力、身體溫度調節、體循環與新陳代謝之影響

一、4×1000 m 划船測功儀高強度無氧間歇負荷運動能力

表 4-2-1 為 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷時間分析，Non Cooling 第一次 (1x) 負荷時間平均值為 211.55 ± 7.86 sec，Cooling 則為 210.95 ± 9.77 sec，兩者差異 -0.6 sec ($p < 0.05$)。運動負荷第一次 (1x) 與第四次 (4x) 平均值差異於 Non Cooling 為 +6.41 sec ($p < 0.05$)，Cooling 差異則為 +6.98 sec ($p < 0.05$)。Non Cooling 與 Cooling 最後一次測試 (4x) 時間平均值分別為 217.96 ± 8.65 、 217.93 ± 9.60 sec，兩者平均值差異為 +0.03 sec ($p > 0.05$)。

表 4-2-1 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷完成時間之分析

	Time (sec)			
	1x	2x	3x	4x
Non Cooling	211.55 ± 7.86	212.39 ± 7.54	216.15 ± 8.31^{ab}	217.96 ± 8.65^{ab}
Cooling	210.95 ± 9.77	212.24 ± 6.41	216.33 ± 8.23^{ab}	217.93 ± 9.60^{ab}

a 表示組內與 1x 達顯著差異；b 表示組內與 2x 達顯著差異

Non Cooling 划槳輸出功率於第一次 (1x) 1000 m 負荷平均值為 297.94 ± 34.00 W，第二次 (2x) 輸出功率平均值下降 1.09 ± 2.05 %，第三 (3x) 與第四次 (4x) 則分別下降 6.15 ± 4.04 %、 8.33 ± 6.69 % ($p < 0.05$)。Cooling 第一次 (1x) 功率輸出平均值為 302.19 ± 46.08 W，第二次 (2x) 與第三次 (3x) 則分別為下降 2.19 ± 5.61 %、 7.05 ± 6.78 %，第四次 (4x) 則為下降 8.86 ± 9.07 % ($p < 0.05$)。Non Cooling 與 Cooling 兩項測試輸出功率下降百分比均未達顯著差異 ($p > 0.05$)，如圖 4-2-1 所示。Non Cooling 於 4×1000 m 負荷槳頻 (SPM)，第一

次 (1x) 1000 m 平均值為 29.28 ± 1.69 次，Cooling 則為 29.59 ± 2.26 次，兩者差異為 0.31 次 ($p > 0.05$)。最後一次 (4x) 1000 m 運動負荷槳頻平均值於 Non Cooling 與 Cooling 分別為 29.13 ± 1.96 、 29.25 ± 1.75 次，兩者差異為 -0.12 ($p > 0.05$)，如圖 4-2-2 所示。

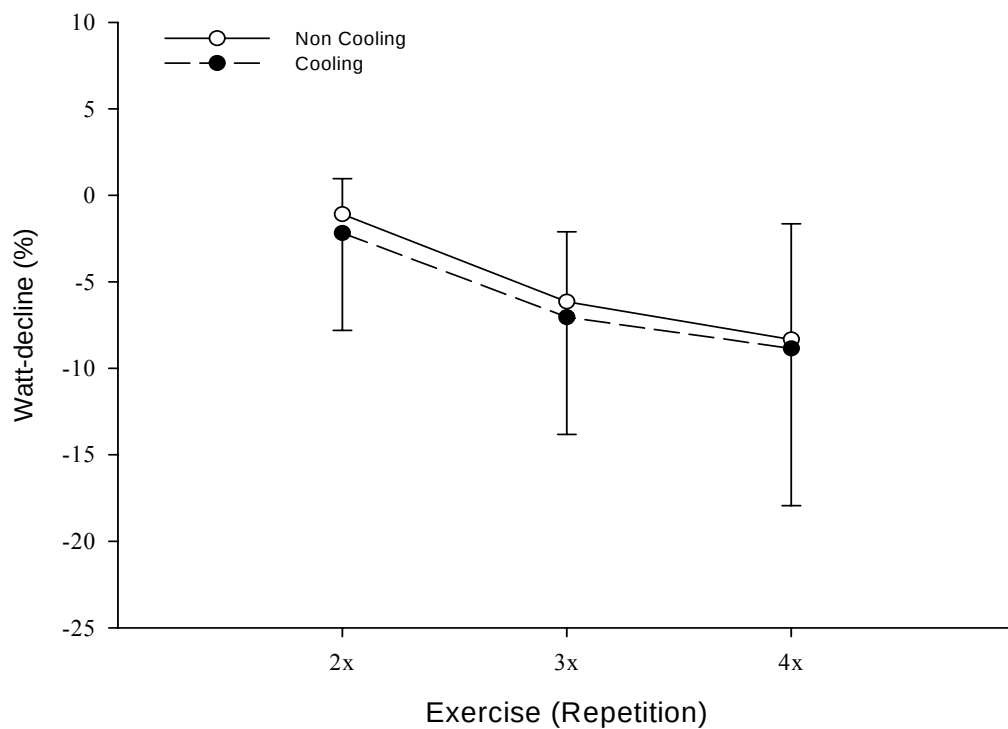


圖 4-2-1 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷輸出功率下降百分比 (%)

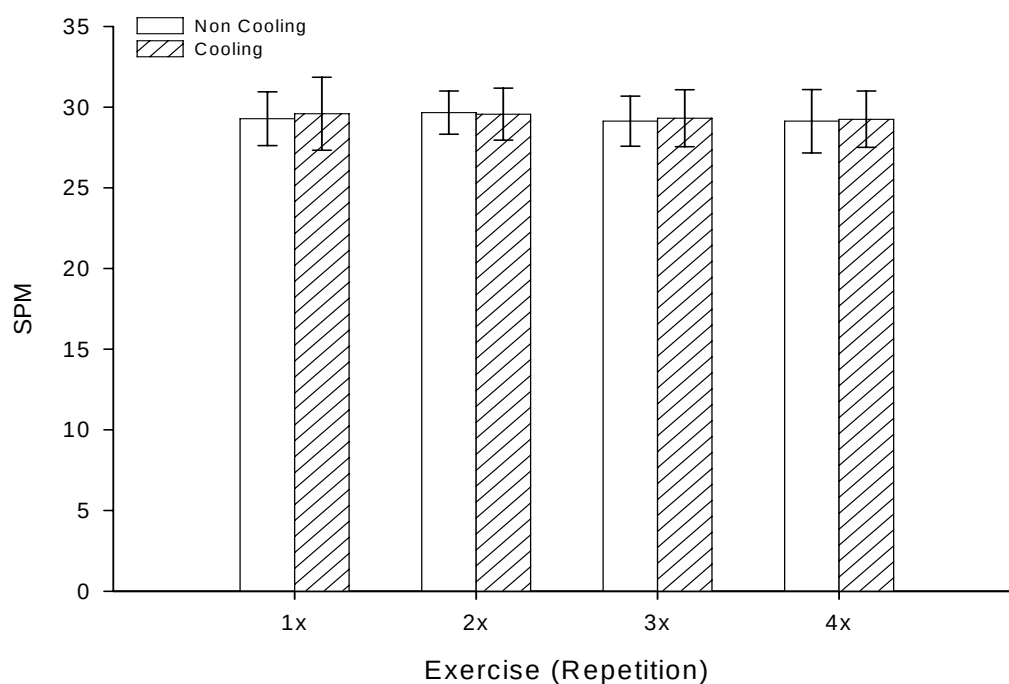


圖 4-2-2 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷槳頻平均值之分析

二、身體溫度調節

(一) 體重

表 4-2-2 為 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷運動前 (R) 與運動結束 (E1) 之體重分析。Non Cooling 運動前 (R) 體重為 74.79 ± 8.09 kg，運動結束 (E1) 則為 74.43 ± 8.12 kg，兩次平均值差異 -0.36 kg ($p < 0.05$)；Cooling 則 -0.18 kg 未達顯著 ($p > 0.05$)。Non Cooling 與 Cooling 於運動結束 (E1) 體重平均值差異 0.38 kg 達顯著 ($p < 0.05$)。

表 4-2-2 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷前 (R) 與結束後 (E1) 之體重分析

	Weight (kg)		
	R	E1	Diff.
Non Cooling	74.79±8.09	74.43±8.12 ^a	-0.36
Cooling	74.91±8.28	74.81±8.39*	-0.18
<i>p</i>	0.419	0.037	

a 表示組內達顯著差異；*表示組間達顯著差異

(二) 耳溫與身體皮膚平均溫度

Non Cooling 與 Cooling 於 4×1000 m，第一次 (1x) 1000 m 負荷耳溫平均值分別為 37.06±0.23 °C、37.11±0.10 °C，兩者差異 0.05 °C ($p>0.05$)。Cooling 於最後 (4x) 測試耳溫平均值為 37.68±0.28 °C，Non Cooling 則為 37.83±0.38 °C，兩者差異 0.15 °C ($p>0.05$)。Cooling 第一次 (1x) 與第四次 (4x) 耳溫平均值差異 +0.57 °C ($p>0.05$)，Non Cooling 差異則為 +0.77 °C ($p>0.05$)。運動結束恢復期第五 (E5)、十 (E10)、十五 (E15) 分鐘於 Cooling 與 Non Cooling 耳溫平均值均達顯著差異 ($p<0.05$ ，圖 4-2-3)。

身體皮膚平均溫度於 Non Cooling 第一次 (1x) 平均值為 33.72 ±1.02 °C，第二次 (2x)、三次 (3x) 與四次 (4x) 則分別為 34.44±1.00、34.72±0.83、35.05±0.86 °C。第一次 (1x) 與第四次 (4x) 平均溫度差異為 +1.33 °C ($p<0.05$)。Cooling 與 Non Cooling 比較，於第一次 (1x) 平均值差異 -2.68 °C ($p<0.05$)，第二 (2x)、第三 (3x)、第四次 (4x) 兩者平均值差異分別 -3.52、-3.65、-3.13 °C，均達顯著差異 ($p<0.05$)，如圖 4-2-4 所示。

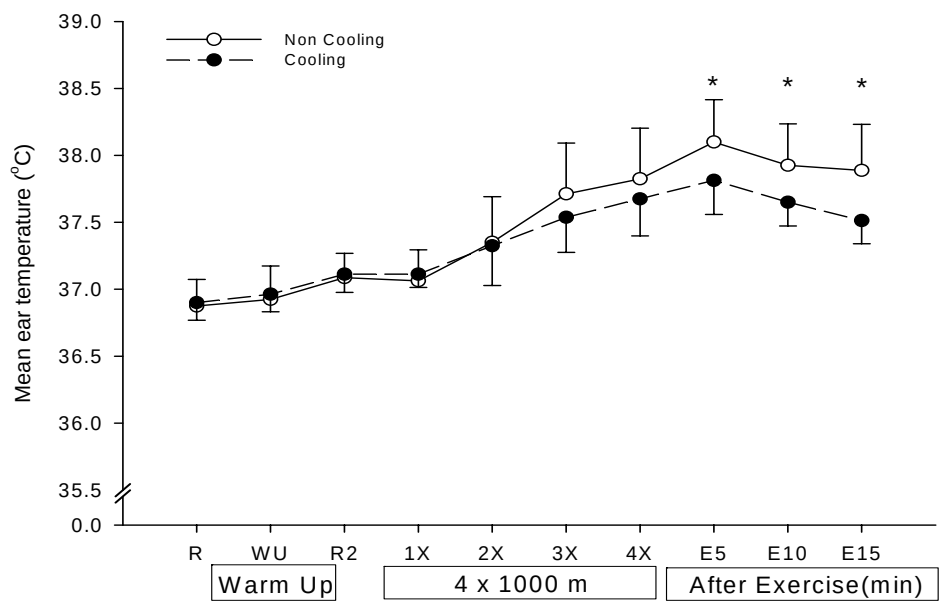


圖 4-2-3 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷前 (R)、熱身後 (WU)、休息 (R2)、4 次與結束後恢復期平均耳溫之分析

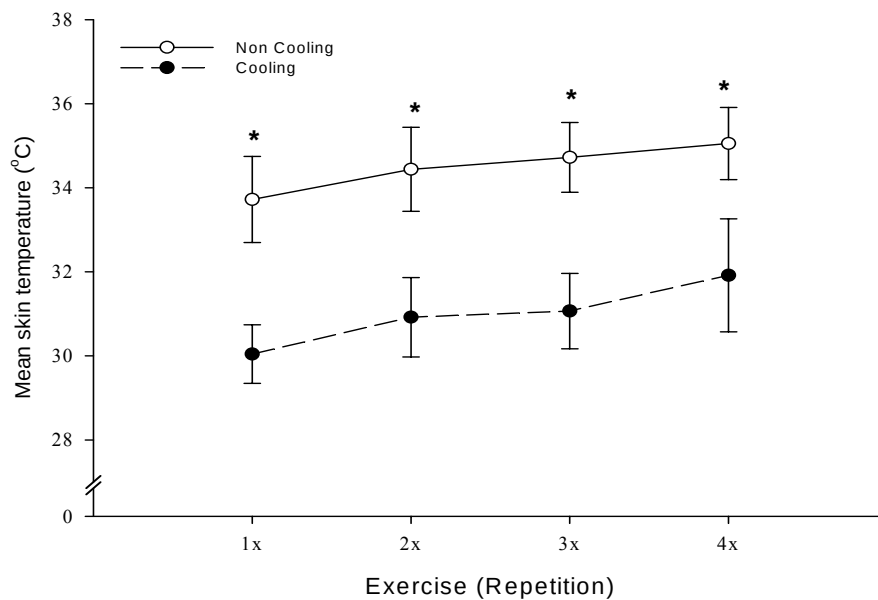


圖 4-2-4 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷身體皮膚平均溫度之分析

（三）運動努力知覺量表 (RPE) 與熱感覺量表 (TS)

表 4-2-3 為 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷 RPE 量表分析。Non Cooling 第一次 (1x) 1000 m 測試 RPE 平均值為 15.38 ± 1.51 ，Cooling 則為 14.63 ± 1.30 ，兩者差異 -0.75 ($p > 0.05$)。最後測試第四次 (4x) RPE 量表平均值於 Non Cooling 與 Cooling 兩者比較，並未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

表 4-2-3 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷運動努力知覺量表指數 (RPE) 分析

	RPE			
	1x	2x	3x	4x
Non Cooling	15.38 ± 1.51	17.00 ± 1.85	17.88 ± 1.81	18.88 ± 1.73
Cooling	14.63 ± 1.30	16.13 ± 2.59	17.63 ± 1.51	18.75 ± 1.67

熱感覺量表 (TS) 於 Non Cooling 與 Cooling 測試，熱身結束 (WU) 平均值分別為 7.25 ± 0.46 、 5.50 ± 1.20 ，兩者差異 -1.75 ($p < 0.05$)。Non Cooling 於運動負荷第二 (2x)、三 (3x) 與四 (4x) 平均值分別為 8.25 ± 0.71 (熱)、 8.38 ± 0.74 (熱) 與 8.75 ± 0.71 (熱)。Cooling 於 2x、3x 與 4x 平均值則分別為 7.25 ± 0.89 (溫熱)、 7.63 ± 0.92 (溫熱) 與 8.13 ± 0.64 (熱)。Non Cooling 與 Cooling 兩者平均值差異於 2x、3x、4x 負荷皆達顯著差異 ($p < 0.05$)。如圖 4-2-5 所示。

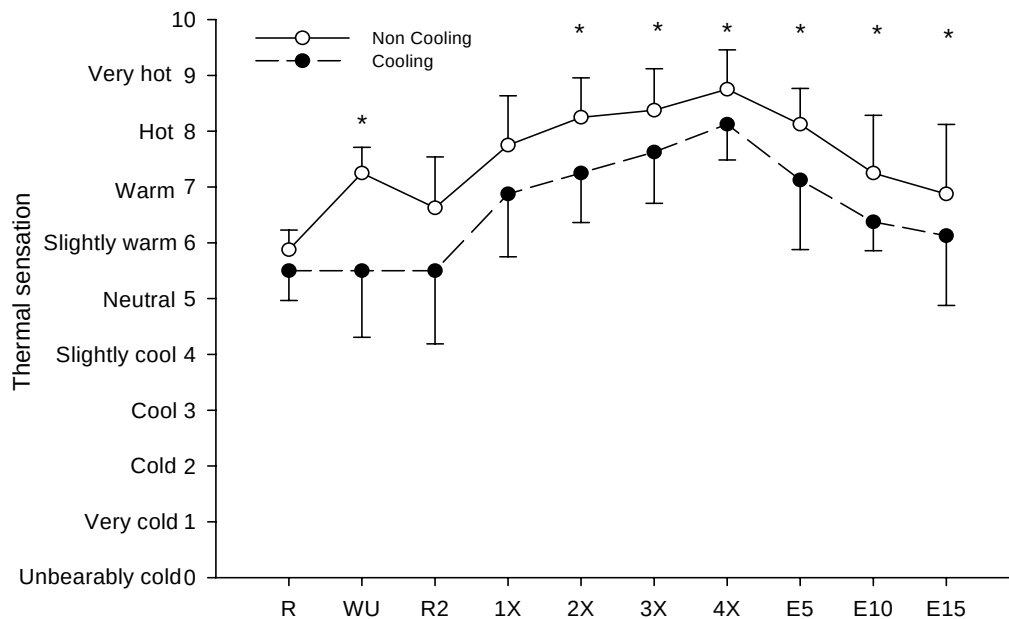


圖 4-2-5 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷熱感覺量表之分析

(四) 心跳率

圖 4-2-6 為 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷心跳率分析。Non Cooling 於第一次 (1x) 運動負荷 1000 m 心跳率平均值為 $185 \pm 6.25 \text{ min}^{-1}$ ，第四次 (4x) 則為 $198 \pm 5.59 \text{ min}^{-1}$ ，兩次差異 $+13 \text{ min}^{-1}$ ($p < 0.05$)。Cooling 測試 1x 與 4x 心跳率平均值分別為 184 ± 3.18 、 $194 \pm 4.94 \text{ min}^{-1}$ ，兩次平均值差異則為 $+10 \text{ min}^{-1}$ ($p < 0.05$)。最後第四次 (4x) 測試 Non Cooling 與 Cooling 兩者心跳率平均值均未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

運動負荷結束 (4x) 與運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘心跳率平均值差異於 Non Cooling 為 -55 min^{-1} ($p < 0.05$)，Cooling 則為 -57 min^{-1} ($p < 0.05$)。Non Cooling 與 Cooling 兩者於運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘心跳率平均值則未達顯著差異 ($p > 0.05$)，如圖 4-2-7 所示。

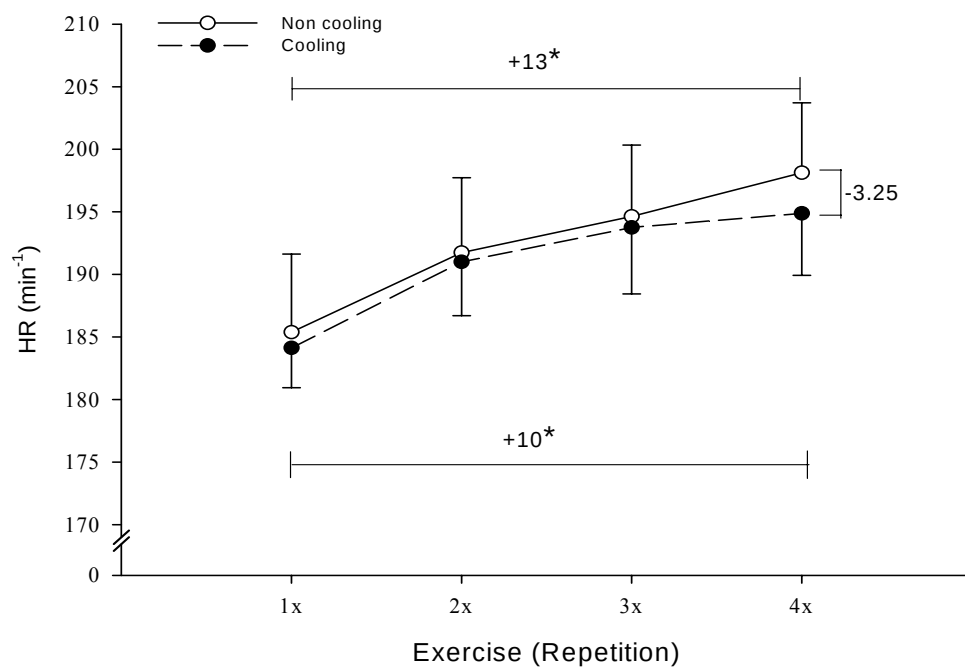


圖 4-2-6 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷心跳率之分析

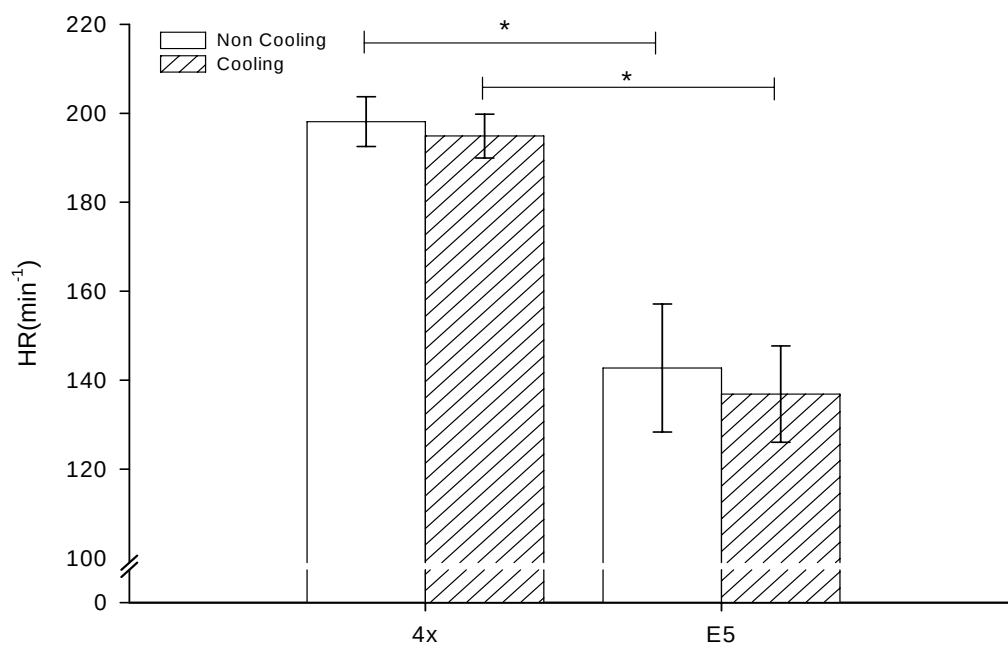


圖 4-2-7 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束(4x)與恢復期第五分鐘(E5)心跳率

三、新陳代謝

(一) 乳酸

圖 4-2-8 為 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷血液乳酸增加百分比。Non Cooling 第一次 (1x) 血液乳酸平均值為 9.11 ± 1.74 mmol/l，第二次 (2x)、第三 (3x) 與第四次 (4x) 乳酸平均值分別比第一次 (1x) 增加 37.80 ± 7.56 、 $37.09.56 \pm 8.36$ 與 46.56 ± 7.23 %；2x 與 4x 之乳酸增加百分比差異為 +8.76 %。Cooling 於第一次 (1x) 1000 m 負荷乳酸平均值為 9.29 ± 1.36 mmol/l，第二次 (2x)、第三 (3x) 與第四次 (4x) 乳酸平均值分別比第一次 (1x) 增加 35.90 ± 6.65 、 33.13 ± 5.39 與 44.35 ± 6.51 %；其 2x 與 4x 之乳酸增加百分比差異為 +8.45 %。Non Cooling 與 Cooling 乳酸增加百分比之差異於第二次 (2x) 負荷差異為 -1.90 % ($p > 0.05$)，第三 (3x) 與第四 (4x) 則分別差異 -3.96 % ($p > 0.05$) 與 -2.21 % ($p > 0.05$)。

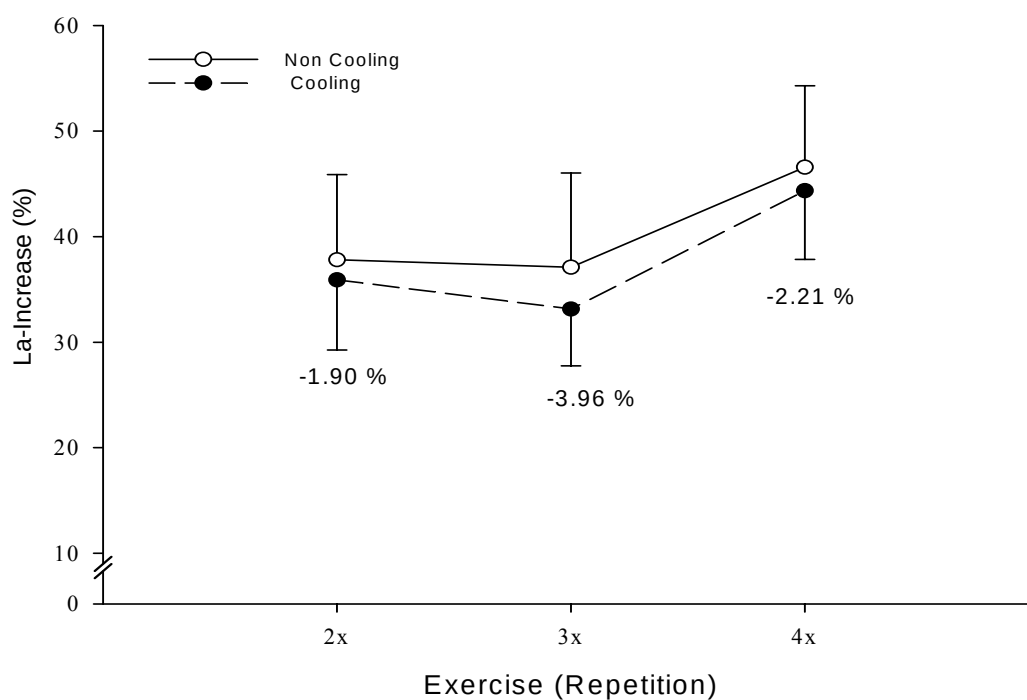


圖 4-2-8 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷血液乳酸增加百分比 (%)

運動結束後恢復期第三 (E3) 、五 (E5) 、七 (E7) 、十 (E10) 、十五 (E15) 分鐘之乳酸濃度，Non Cooling 與 Cooling 未達顯著差異 ($p>0.05$) ，如圖 4-2-9 所示。

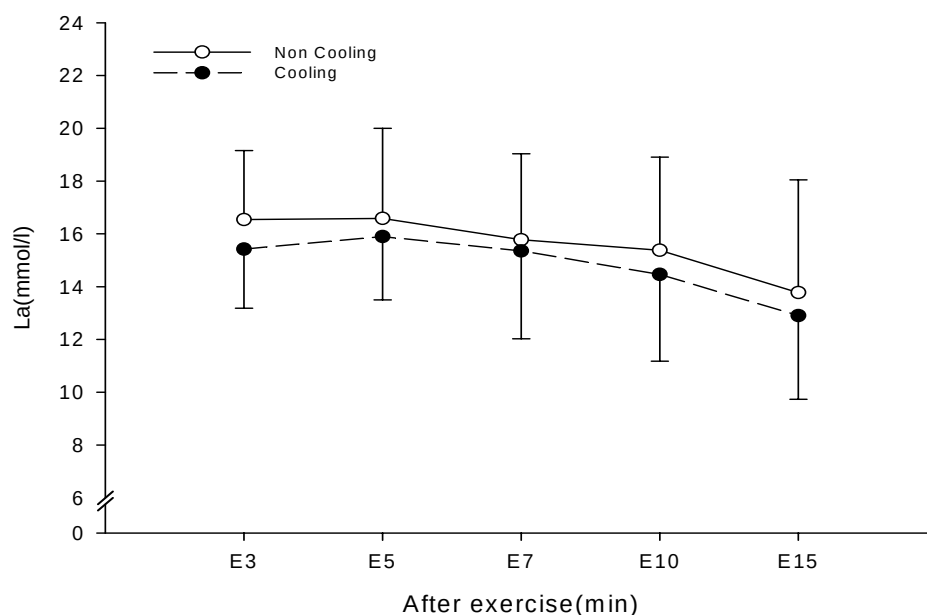


圖 4-2-9 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束後恢復期血乳酸之分析

(二) 血氨

血氨 (NH_3) 濃度於 Non Cooling 之第二次 (2x) 與第四次 (4x) 平均分別為 115.50 ± 18.48 、 $142.88 \pm 25.40 \mu\text{mol/L}$ ，與 Cooling 於 2x 負荷 NH_3 濃度差異為 $-4.37 \mu\text{mol/L}$ ($p>0.05$)，最後測試 4x 差異則為 $+5.62 \mu\text{mol/L}$ ($p>0.05$)，如表 4-2-4 所示。

表 4-2-4 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束後血氨 (NH_3) 之分析

$\text{NH}_3 (\mu\text{mol/L})$				
	Non Cooling	Cooling	Diff.	<i>p</i>
2x	115.50 ± 18.48	111.13 ± 24.65	-4.37	0.659
4x	142.88 ± 25.40	148.50 ± 19.27	+5.62	0.482

(三) 血液氣體

圖 4-2-10 為 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束 (E1) 血液氣體氧分壓 (pO_2)、二氧化碳分壓 (pCO_2) 與酸鹼值 (pH) 分析。Non Cooling 血液 pO_2 含量平均值為 73.25 ± 6.09 mmHg, pCO_2 與 pH 值則分別為 29.10 ± 2.11 mmHg、 7.18 ± 0.07 。Cooling 狀態血液 pO_2 濃度平均值為 73.50 ± 4.50 mmHg, 與 Non Cooling 平均值差異則為 $+1.13$ mmHg, 未達顯著 ($p > 0.05$)。Cooling 與 Non Cooling 血液 pCO_2 平均值差異為 -0.22 mmHg, 未達顯著 ($p > 0.05$)，血液 pH 濃度差異則為 -0.02 , 並達顯著差異 ($p > 0.05$)。

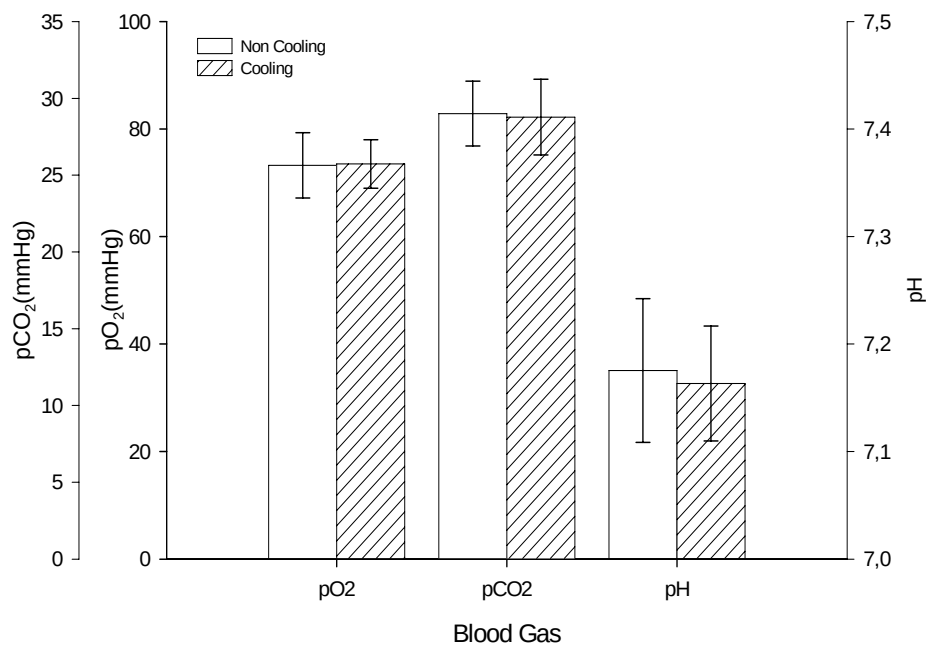


圖 4-2-10 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷結束後血液氣體之氧分壓 (pO_2)、二氧化碳分壓 (pCO_2) 與酸鹼值 (pH) 之分析

第伍章 討論

本章節將就研究結果進行討論，討論之內容包含：第一節、冷卻背心對 2000 m 划船測功儀運動能力與生理反應（身體溫度調節、體循環與新陳代謝）之影響。第二節、冷卻背心對西式划船高強度間歇負荷運動能力與生理反應（身體溫度調節、體循環與新陳代謝）之影響。

第一節 冷卻背心對 2000 m 測功儀高強度無氧負荷運動能力與生理反應之影響

一、冷卻背心對 2000 m 測功儀運動能力之效果

經由本研究結果顯示，2000 m 測功儀完成總時間，Cooling 較 Non Cooling 快 1.99 sec，總輸出功率則增加 3.87 W，總槳頻 (SPM) 則減少 0.25 次（表 4-1-1），並未達顯著差異。雖然在統計分析上並沒有達顯著的差異 ($p>0.05$)，但是實際訓練上已提昇訓練品質。Harre (1986) 指出訓練欲達效果，首先必須先提昇訓練品質，由此症狀顯現在高溫濕熱環境下，運動員處於高負荷狀態下，但卻呈現低壓力下進行訓練。

而在 2000 m 分段分析，於分段時間結果顯示距離在 1250~1750 m 之間，Cooling 呈現比較快與穩定之速度（圖 4-1-1）。此現象顯示身體在 Cooling 下，身體皮膚溫度下降（圖 4-1-5），促使受試者之熱感覺 (TS) 較為舒適亦受到極大變化（圖 4-1-6）。過去研究 (Simon, 1995) 指出，身體因散熱因素，必須透過提高體循環與新陳代謝速度，以提昇體內排熱速度。本研究結果發現，體循環心跳率數據分析在 Cooling 與 Non Cooling 下，並未產生顯著差異（圖 4-1-7）。但是在測試結束後恢復期第五 (E5) 分鐘心跳率，Cooling 下降速度快於 Non

Cooling (-7 min^{-1} , $p<0.05$)。過去研究指出最大負荷運動結束，恢復期心跳率下降速度，可以作為有氧耐力能力指標。而另一種症狀反應，也可能加速恢復期心跳率下降速度，即為體循環在高強度負荷下，未呈現負荷壓力 (Hollmann and Hettinger, 1980)。本研究結果顯示，可能是受試者身體皮膚溫度下降，因而降低體循環負荷壓力，加速下降恢復期心跳率。

過去冷卻相關研究，指出於運動熱身前利用冷卻之方法可以幫助持續性耐力性 (Booth, et al., 2001, Arngrmsson, et al., 2004) 或耗竭性運動之表現 (Schmidt & Brück, 1981, Olschewski & Bruck, 1988, Hasegawa, et al., 2005)，本研究則是運用全程 Cooling 於高強度無氧運動負荷型態，因此未呈現與其相同結果。在完成時間雖然未達顯著差異，但 Cooling 仍進步達 1.99 sec，對於西式划船選手在分秒必爭的比賽中而言，就可能產生效益且 Hollmann (1985) 指出競技體能改善，速度只能達到 20 %。

二、冷卻背心對 2000 m 測功儀負荷身體溫度調節與體循環之影響

人體主要藉由兩種反應器進行身體的體溫調節：一是增加汗腺分泌，身體散熱最主要是靠流汗蒸發來完成身體體溫調節系統，也就是當皮膚或血液的溫度升高時，下視丘藉由神經衝動將訊息傳遞至汗腺，此使汗腺會分泌汗液，當身體越熱則排汗量則會越多，直到汗水從皮膚蒸發將身體的熱帶走；二則是擴張皮膚血管，當皮膚或血液的溫度升高時，下視丘藉由神經衝動將訊息傳遞至供給皮膚血流的動脈，並使其擴張以增加皮膚血流散熱。而當身體水分過少時，將會影響溫度調節、限制有效的維持溫度，由本研究結果顯示，於 2000 m 划船測功儀負荷前 (R) 與結束後 (E1) 之體重 (表 4-1-2) 發現，Cooling 呈現下降趨勢 (-0.26 kg , $p>0.05$)，但 Non Cooling 則顯著減少 0.31 kg ($p<0.05$)。此現象顯示，高強度無氧運動時 Non Cooling 身體水分流失量多，亦產生脫水現象，導致降低每跳輸出量、心輸出量、平均動脈血壓 (González-Alonso et al,

1997)，最後導致運動能力下降。反之，Cooling 未呈現此症狀，且在身體皮膚平均溫度於結束後 (E1) 顯著低於 Non Cooling(圖 4-1-5)。此症狀顯示，Cooling 情況下運動時，利用上述兩種反應器進行身體溫度調節，使在運動負荷過程可以有效維持身體溫度。

在耳溫(圖 4-1-4)分析，運動結束後與運動結束後恢復期，Cooling 均顯著低於 Non Cooling ($p<0.05$)，當身體核心溫度高於 39~40°C 時，會導致增加心血管、熱和知覺壓力，而會限制耐力運動之表現 (Olschewski & Bruck, 1988；Cheung & McLellan, 1998；González-Alonso et al., 1999)。身體皮膚平均溫度(圖 4-1-5)，相對於體溫身體皮膚對環境變化更為敏感，主要是因為皮膚分布在身體表面，其中分佈這許多溫度感應器，當人體在安靜時，感到熱舒適的皮膚溫度範圍約 33 °C (Satran, 2008)。結果顯示，Cooling 於 2000 m 測功儀負荷結束和運動結束後恢復期均顯著低於 Non Cooling，此結果表示全程冷卻有效降低身體核心溫度與身體皮膚平均溫度以維持體內平衡，使在 2000 m 測功儀負荷身體溫度調節更有效率與 Hasegawa et al. (2005) 結果相似，其研究運用 4 種情況(控制組、喝水(14~16 °C)、穿冰夾克和穿冰夾克加喝水)，研究結果發現，穿冰夾克和穿冰夾克加喝水組的汗流失顯著低於控制組與喝水組；且在身體皮膚平均溫度穿冰夾克和穿冰夾克加喝水組也顯著低於控制組與喝水組。這樣的結果指出雖然穿著冰夾克會使身體皮膚表面上的汗蒸發受抑制，但在身體皮膚平均溫度顯著低，此症狀顯示冰夾克可使身體皮膚維持低溫，而非蒸發汗水的傳導損失增加，對冷卻的效果亦可以防止脫水率的增加。因此，穿著冰夾克被認為有效的使身體體溫調節系統和運動表現。

在體循環心跳率方面，過去一些相關預冷研究顯示在長時間耐力或耗竭性運動前穿著冰背心 (Schmidt & Brück, 1981；Arngrimsson et al., 2004；Hasegawa et al., 2005)、喝冰水 (Hasegawa et al., 2005) 或低溫艙 (Lee & Haymes, 1995；Ücker & Joch, 2003) 均可以降低心跳率。在本研究結果兩種狀態下於測試結束

後 (E1) ，其平均最大心跳率 Cooling 較 Non Cooling 低 (1 min^{-1} , $p>0.05$) 未達顯著差異。此結果與 Marsh and Sleivert (1999) 的研究高強度腳踏車運動結果相同，以 13 名全國或國家級自由車選手，於熱身前應用冷水 30 min 冷卻或無冷卻，於熱身結束後進行一次 70 sec 腳踏車動力測試，結果發現結束後心跳率於熱身前有冷卻較低但無顯著差異。Schmidt and Brück (1981) 研究指出在預冷情況下，不同強度運動下可以降低心跳率，則表示可以減少改善循環系統之壓力。在運動結束後恢復期第五 (E5) 分鐘之心跳率 (圖 4-1-7) ，Cooling 心跳率下降速度顯著快於 Non Cooling (-7 min^{-1} , $p<0.05$) 。Hollmann et al. (1980) 研究指出當體循環在高強度負荷下，未呈現負荷壓力時，其運動結束後恢復期心跳率呈現快速下降之現象。因此，本研究結果顯示，受試者於 Cooling 運動負荷結束後恢復期身體皮膚平均溫度下降 (圖 4-1-5) 且熱感覺量表指數 (圖 4-1-6) 優於 Non Cooling，因而降低體循環負荷壓力，以至於加速恢復期心跳率下降。

在運動努力知覺量表 (Rating of Perceived exertion, RPE) ，本研究結果顯示在兩種情況下結束後 (E1) 之比較，Cooling 的 RPE 指數低於 Non Cooling，未達顯著差異 (表 4-1-3) ，此結果與 Smith et al. (1997) 及 Drust et al. (2000) 在最大或高強度運動前，有、無預冷的狀態下其 RPE 指數均會達到最大，且 Garcin, Wolff, and Bejma (2003) 與 Ozkan and Kin-Isler (2007) 指出可利用 RPE 檢測於運動負荷強度訓練或測試時，運動員本身的自覺疲勞程度，即是會得運動強度負荷的有效指標。而本研究 2000 m 測功儀負荷屬於高強度無氧負荷型態，因此，在此兩種情況之下其 RPE 指數均達到最大負荷之反應。在熱感覺量表方析 (圖 4-1-6) ，本研究結果顯示 Non Cooling，其熱感覺呈現不舒適的感覺；而全程 Cooling，雖然 RPE 指數增加，但熱感覺量表卻呈現顯著有效改善運動員的熱舒適感與 Duffield et al. (2003) 研究結果相同，表示在熱環境下運動表現未改善，但運動員心裡對熱感覺，可以呈現高度舒適感。此現象對於技術訓練與高強度間歇性練習，具有提昇訓練品質效果 (Schmidt & Thews, 1990) 。

實際上對競技運動訓練而言，訓練環境是無法去改變，且訓練型態以高強度負荷為主，Pimental (1991) 熱感覺與熱舒適主要是由於中樞溫度感受器或核心溫度增加反應而產生之感覺，Non Cooling 在其體重達顯著下降、耳溫亦即核心溫度上升熱感覺量表呈現不舒適感，且運動負荷感覺高 (RPE) 導致恢復期心跳率恢復慢。反之，雖然 Cooling 運動負荷感覺高 (RPE)，但在耳溫與身體皮膚平均溫度呈現低、熱舒適感覺亦顯著良好，且運動後恢復心跳率顯著下降，可表示在熱環境訓練時，Cooling 可使受試者在高強度負荷，有較好的心生理感受。

三、冷卻背心對 2000 m 測功儀負荷新陳代謝乳酸 (La) 與血氨 (NH₃) 之影響

2000 m 測功儀負荷在乳酸 (La) 方面，血液乳酸堆積與排除速度，在結果分析發現於 Cooling 下受試者均優於 Non Cooling (圖 4-1-8)。Stegemann (1971) 指出運動負荷產生 La 與 NH₃ 堆積，主要來自 Typ-II b 肌肉纖維。特別是短時間高負荷運動與力量輸出型態項目，其能量提供主要在 Lohmann reaction 路徑結束後，在負荷時間延長或上述能量耗盡時，必須應用丙酮酸 (Pyruvat) 與 AMP-IMP 路徑，繼續提供運動負荷所需之能量。本研究結果發現，在 Cooling 與 Non Cooling 情況下，其速度差異 +0.02 m/s，但是血液最大乳酸堆積濃度差異則達 -1.17 mmol/l (圖 4-1-9)。Hollmann (1985) 指出競技體能改善，從開始訓練製一段時間後，速度只能達到 20 %改善，而力量與耐力則分別為 120 %和 200 %改善，因此，在本研究中 2000 m 速度 (於 Cooling)，可達+0.02 m/s 改善效果。此現象可能在於受試者 (Cooling) 之新陳代謝改變所致。過去研究亦指出在高強度運動中能量的產生，是由不同之化學變化同時產生的，它是一個動態變化的綜合供能系統。因此代謝過程之化學變化速度，決定運動的持續能力 (Hollman & Hettinger, 1980)。Mader, Hartmann, & Hollmann. (1988) 提出西式 2000 m 個人雙槳比賽，必須具備最大力量耐力與高無氧糖酵解代謝效率，才能

維持長距離高速度穩定能力。在 Cooling 下運動，可以加速肌肉無氧糖酵解效率 (Joch & Ückert, 2003 ; Joch & Ückert, 2005 ; Ückert & Joch, 2004 ; Ückert & Joch, 2005) 。本研究結果另一症狀反應，在於透過四象限圖形分析個人 2000 m 划船測功儀結束後乳酸與身體皮膚平均溫度分佈之情形 (圖 4-1-11) ，其中有 5 位選手於 Cooling 下進行 2000 m 測功儀運動，其結束後乳酸與身體皮膚平均值均優於 Non Cooling，意謂在身體皮膚平均溫度低者，其血液乳酸濃度亦低。此現象與 Martin, Allan, Rebecca, Kelly, Lee, & Smith. (1998) 研究相似，在 Cooling 下血液乳酸均低於 Non Cooling 狀態。

在血氨 (NH_3) 方析，2000 m 測功儀負荷屬高強度無氧負荷運動，主要以糖酵解作用產生 ATP 能量以供運動時使用。Baechle and Earle (2000) 指出在此系統作用下，其中有一個酵素酶會影響調節糖酵解作用的速率，即為磷酸果糖激酶 (phosphofructokinase, PFK) ，而 NH_3 又是誘發 PFK 活性的重要離子 (Mutch & Banister, 1983) 。本研究結果 (圖 4-1-10) 顯示，Cooling 之血液 NH_3 濃度於 2000 m 測功儀負荷平均值低於 Non Cooling ($-20.6 \mu\text{mmol}$, $p>0.05$) ，Dolny and Lemon (1988) 與 Neilsen et al. (1990) 也指出在長時間運動中熱壓力亦會牽連腎上腺素 (Adrenaline) 增加，當腎上腺素 (Adrenaline) 增加也會使老鼠肌肉內的 IMP 與 NH_3 增加 (Goodman & Lowenstein, 1977) ，且在 Cooling 狀態下，耳溫 (圖 4-1-4) 與身體皮膚平均溫度 (圖 4-1-5) 均下降，亦產生較佳之熱感覺 (圖 4-1-6) 。此兩者症狀反應，降低肌肉在高負荷狀態下之新陳代謝壓力與體循環，可推測於 Cooling 情況下可使腎上腺素 (Adrenaline) 與皮質醇 (Cortisol) 亦呈現穩定症狀，因此減少 AMP-IMP 路徑，而降低 NH_3 產生。另外，Weicker and Strobel (1994) 指出力量輸出運動項目，受訓練型態與劑量影響，而提昇其肌肉蛋白質代謝速度，而本研究受試者於 Non Cooling，其蛋白質分解中間產物 NH_3 濃度最高達 $282 \mu\text{mol/L}$ ，Cooling，則為 $228 \mu\text{mol/L}$ ；因此，在本研究高負荷力量輸出之運動，其能量提供路徑亦減少肌肉蛋白質來源。

第二節 冷卻背心對 4×1000 m 測功儀高強度無氧間歇負荷運動能力與生理反應之影響

一、冷卻背心對 4×1000 m 測功儀高強度間歇負荷運動能力之效果

4×1000 m 間歇負荷，結果顯示完成之時間，Non Cooling 與 Cooling 於四次(1x、2x、3x、4x) 間歇負荷，兩種型態皆於 2x 呈現下降趨勢，並未達顯著差異 ($p>0.05$ ，表 4-2-1)。另一數據分析呈現後段第 3x 與 4x 時間，則分別與 1x、2x 達顯著差異 ($p<0.05$)。而在輸出功率方面，Non Cooling 與 Cooling，第 2x、3x、4x 與第 1x 輸出功率均下降百分比(圖 4-2-1) 未達顯著差異。在槳頻 (SPM) 方面，Non Cooling 與 Cooling 也呈現無差異(圖 4-2-2)。綜合上述，在相同完成時間 4×1000 m，發現雖然於 Cooling 輸出功率低於 Non Cooling 狀態，但在完成時間或槳頻次數卻未達顯著差異。Cooling 與 Non Cooling 在間歇負荷時間平均值未達顯著差異之下，於 Cooling 測試，卻可以以較少的力量輸出完成。此現象足以證明改善人體對環境造成之熱反應，在相同速度下，減少力量輸出。

二、冷卻背心對 4×1000 m 測功儀負荷身體溫度調節與體循環之影響

由本研究結果顯示，於 4×1000 m 間歇負荷前與結束後之體重差異(表 4-2-2) 可發現，Cooling 運動結束後體重較運動前減少 0.18 kg ($p>0.05$)，但 Non Cooling 運動結束後體重較運動前顯著減少 0.36 kg ($p<0.05$)，且兩種情況結束後之減少體重之重量比較達顯著差異 ($p<0.05$)。此現象顯示在熱環境下間歇運動負荷，Non Cooling 主要以汗腺路徑進行體溫調節，因此提升身體水分量流失過多，Cheung (2010)指出當身體水分流失過多時，會增加體內組織壓力，引起血液濃度變化(血漿容積下降、血漿黏性上升)，進而使心跳率上升，皮膚血液流通下降、身體溫度上升...等生理反應症狀出現，最後導致運動能力下降。

反之，Cooling 在間歇運動負荷體重減少未達差異且身體皮膚平均溫度（圖 4-2-4）於四次（1x、2x、3x、4x）均顯著低於 Non Cooling，此症狀反應利用汗腺調節之外，擴張皮膚血管方式以增加皮膚血流散熱維持體內平衡，使間歇運動負荷過程可以有效維持身體的體溫調節。

當核心溫度高於 39~40 °C 時，會導致增加心血管、熱和知覺壓力，而會限制耐力運動之表現 (Olschewski & Bruck, 1988；Cheung & McLellan, 1998；González-Alonso et al., 1999)。本研究結果亦呈現此症狀，從耳溫（圖 4-2-3）分析，4×1000 m 測功儀間歇負荷於 3x、4x 時，Cooling 低於 Non Cooling 未達顯著差異。在相同時間點 Cooling 負荷（3x、4x），其血液乳酸濃度亦低於 Non Cooling（圖 4-2-8），心跳率顯現亦相同，特別在第四次（4x）負荷（圖 4-2-6）。而影響心跳率與體溫控制主要是交感與副交感神經，當副交感神經降低時，心跳率會增高；而副交感神經提高時，心跳率則減低。當體溫高於正常值時，心跳率會有增加的情況 (Bregelman, 1983)。

在運動努力知覺量表 (Rating of Perceived exertion, RPE)，本研究結果顯示在 Non Cooling 與 Cooling 情況下於 4×1000 m 測功儀間歇負荷之比較，Cooling 的 RPE 指數低於 Non Cooling，未達顯著差異（表 4-2-3）。此結果與 Smith et al. (1997) 與 Drust et al. (2000) 指出在最大或高強度運動前，有、無預冷的狀態下其 RPE 指數均會達到最大。

熱感覺量表分析（圖 4-2-5），結果顯示 Cooling 於 4×1000 m 測功儀間歇負荷第 2x、3x、4x 與運動結束後恢復期。此生理反應主要在於身體負荷頻率增加，身體皮膚溫度（圖 4-2-4）亦未呈現上升趨勢，此結果也與 Duffield et al. (2003) 研究結果相同。表示在熱環境運動前與恢復期運用冷卻，其運動表現未達顯著差異，但運動員心裡對熱感覺，可以呈現高度舒適感。此現象對於技術訓練與高強度間歇性練習，具有提昇訓練品質效果 (Schmidt and Thews, 1990)。

三、冷卻背心對 4×1000 m 測功儀負荷新陳代謝乳酸 (La) 、血氨 (NH₃) 與血液氣體 (Blood gas) 之影響

高強度無氧間歇運動型態主要能量來源是依靠無氧能量代謝系統的磷化物 (ATP-PC) 系統和無氧糖酵解兩種作用以產生高能分子腺嘌呤核苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP) 以提供肌肉收縮時所需之能量，且間歇運動型態之休息屬於不完全休息之方式，因此，Klausen, Knuttgen, & Forster (1972) 指出，如果運動後恢復的時間過短，將會造成肌肉組織及血液中的乳酸無法有效地進行排除，也就是說將會影響恢復後的運動表現，當每次負荷頻率或強度增加一次，將會造成乳酸堆積越多，由本研究 4×1000 m 血液乳酸增加百分比（圖 4-2-8）結果得知，Cooling 於第二 (2x) 、三 (3x) 、四 (4x) 次增加百分比比較 Non Cooling 較少未達顯著差異 ($p>0.05$)。雖然在統計上未達顯著差異，但就訓練而言，Cooling 在相同強度下其體內堆積乳酸較少，表示可以改善肌肉能量代謝，此生理反應主要在於受試減少熱壓力負荷所致，因此在相同負荷下動員較少之肌肉量。Heck (1990) 指出在無氧負荷，亦提昇無氧糖酵解效率，肌肉收縮協調能力是主要因素。本研究結果顯示恢復期第三 (E3) 、五 (E5) 、七 (E7) 、十 (E10) 、十五 (E15) 分鐘乳酸也呈現較低未達顯著差異（圖 4-2-9）。

在血氨 (NH₃) 分析（表 4-2-4），本研究結果分析發現 Non Cooling 與 Cooling 在 4×1000 m 高強度間歇負荷比較，2x 與 4x 的 NH₃ 濃度未達顯著差異，此研究結果顯示高強度間歇負荷對於 ATP 的需求量急遽，除了大量進行無氧糖酵解作用產生乳酸之外，必須在啟動嘌呤核酸循環 (The Purine Nucleotide Cycle) 進行調節作用，因而增加體內 NH₃ 濃度 (Lowenstein, 1972)。

在血液氣體分析（圖 4-2-10），本研究結果發現 Cooling 與 Non Cooling 情況下，兩者血液氣體參數並未產生差異。Bacher (2005) 指出當身體溫度從正常 37°C 降低至 30°C 時，血液氣體 (pCO₂、pO₂、pH) 產生改變，但本研究在中在

第 4 次 1000 m 結束後兩組之耳溫平均值均未有顯著改變 (約 37.68 ~ 37.83 °C) , 因此在兩種情況下進行無氧運動負荷並未能改變血液氣體參數。另一解釋則為, 在過去對高地或低氧環境之下研究, 高地環境會降低肺泡氧分壓時, 肺部周圍的血液中含有的血紅素, 能達到氧飽和數量減少; 因此, 其結果顯示血液氣體 pO_2 、 pCO_2 、 pH 於缺氧下差異最大 (Rudolph & Yuan, 1966) 。此症狀顯示, 本研究主要在常壓常氧環境進行測試所至。

第陸章 結論

第一節 結論

一、冷卻背心對西式划船 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷運動能力與生理反應之效果方面：

透過全程冷卻背心 (Cooling)，對於 2000 m 划船測功儀高強度無氧負荷運動能力與生理反應之效果得到下列結論：

- (一) 具有提升 2000 m 完成時間之效果。
- (二) 具有提升 (1250 m、1500 m、1750 m) 完成時間之效果與分段輸出功率。
- (三) 對於身體溫度調節，於體重未達顯著下降，而耳溫與身體皮膚平均溫度顯著下降，表示具有顯著維持身體溫度調節。
- (四) 對於 2000 m 高強度無氧負荷後與恢復期熱感覺量表有顯著的影響。
- (五) 對於運動結束後心跳率沒有顯著影響，但於運動結束後恢復期第五分鐘有顯著下降。
- (六) 對於運動結束後的乳酸沒有顯著的影響，但於運動結束後恢復期第十分鐘有顯著下降。
- (七) 於 2000 m 高強度無氧負荷後的 RPE 指數沒有顯著影響。
- (八) 對於運動結束後血氨代謝情況沒有顯著的影響。

二、冷卻背心對西式划船 4×1000 m 測功儀高強度無氧間歇負荷運動能力與生理反應之效果方面：

透過全程冷卻背心 (Cooling)，對於固定時間 4×1000 m 划船測功儀高強度無間歇氧負荷運動能力與生理反應之效果得到下列結論：

- (一) 在 4×1000 m 固定相同完成時間下，具有下降輸出功率，表示可減少力

量輸出之效果。

- (二) 對於身體溫度調節，於體重未達顯著下降，而耳溫於恢復期與身體皮膚平均溫度於 4 次 1000 m 與恢復期均顯著下降，表示具有顯著維持身體溫度調節。
- (三) 對於 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷第 2x、3x、4x 與恢復期熱感覺量表有顯著的影響。
- (四) 對於 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷的 RPE 指數沒有顯著影響。
- (五) 對於 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷第 1x、2x、3x、4x 與運動結束後恢復期第五分鐘有心跳率沒有顯著影響。
- (六) 對於 4×1000 m 高強度無氧間歇負荷第 2x、3x、4x 乳酸增加百分比與恢復期乳酸沒有顯著的影響。
- (七) 對於運動結束後血氨代謝情況沒有顯著的影響。
- (八) 對於血液氣體參數 (pO_2 、 pCO_2 、pH) 沒有顯著的影響。

參考文獻

- Arngrimsson, S. A., Petitt, D. S., Stueck, M. G., Jorgensen, D. K., & Cureton, K. J. (2004). Cooling vest worn during active warm-up improves 5-km run performance in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1867-1874.
- Bacher, A. (2005). Effects of body temperature on blood gases. *Intensive Care Medicine*, 31, 24-27.
- Badtke, G. U. A. (1987). Sportmedizinisch Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings. Leipzig.
- Baechele, T. R., & Earle, R. W. (2000). *Essentials of strength training and conditioning* (2nd Edition). United States, Champaign IL: Human Kinetics.
- Birkner, W., Fritsch, W. (1988). *Zur Bedeutung der Ruderergometrie als Auswahlkriterium bei Leichtgewichtsruddern*. In: Das grosse Buch vom Rennrudern. Meyer & Meyer Verlag.
- Blatteis, C. M. (2001). *Physiology and Pathophysiology of Temperature Regulation*. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Booth, J., Marino, F., & Ward, J. J. (1997). Improved running performance in hot humid conditions following whole body pre-cooling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 943-949.
- Booth, J., Wilsmore, B. R., Macdonald, A. D., Zeyl, A., McGhee, S., Calvert, D., et al. (2001). Whole body pre-cooling does not alter human muscle metabolism during sub-maximal exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 84(6), 587-590.
- Borg, G. (1985). *An introduction to Borg's RPE-scale*. Ithaca, NY: Movement.
- Brearley, M. B., & Finn, J. P. (2003). Pre-cooling for performance in the tropics. *Sportscience*, 37, 175-180.

- Brengelmann, G. (1983). Circulatory adjustments to exercise and heat stress. *Annual Review of Physiology*, 45, 191-212.
- Castle, P. C., Macdonald, A. L., Philp, A., Webborn, A., Watt, P. W., & Maxwell, N. S. (2006). Precooling leg muscle improves intermittent sprint exercise performance in hot, humid conditions. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1377-1384.
- Cheung, S. S. (2010). *Advanced environmental exercise physiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cheung, S. S., & McLellan, T. M. (1998). Influence of heat acclimation, aerobic fitness and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 84, 1731-1739.
- Cheung, S., & Robinson, A. (2004). The influence of upper-body pre-cooling on repeated sprint performance in moderate ambient temperatures. *Journal of Sports Science*, 22(7), 605-612.
- Cosgrove, M. J., Wilson, J., Watt, D., & Grant, S. F. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by 2000 m ergometer test. *Journal of Sports Science*, 17, 845-852.
- Cotter, J. D., Sleivert, G. G., Roberts, W. S., & Febbraio, M. A. (2001). Effect of precooling with and without thigh cooling on strain and endurance exercise performance in the heat. *Comparative Biochemistry and Physiology A-Molecular and Integrative Physiology*, 128, 667-677.
- Craven, R. P., Kinch, R. F. T., Parker, D. F., & Walter, S. J. (1993). Stroke analysis using a modified Concept II rowing ergometer. *Journal of Physiology*, 459, 133P.

- Dolny, D. G., & Lemon, P. W. R. (1988). Effect of ambient temperature on protein breakdown during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 64, 550-555.
- Doubt, T. J. (1991). Physiology of exercise in the cold. *Sport Medicine*, 11(6), 367-381.
- Droghetti, P., Jensen, K., & Nilsen, T. S. (1991). The total estimated metabolic cost of rowing. *FISA Coach*, 2, 1-4.
- Drust, B., Cable, N.T., & Reilly, T. (2000). Investigation of the pre-cooling on the physiological responses to soccer-specific intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 11-17.
- Duffield, R., Dawson, B., Bishop, D., Fitzsimmons, M., & Lawrence, S. (2003). Effect of wearing an ice cooling jacket on repeated sprint performance in warm/humid conditions. *British Journal of Sports Medicine*, 37(2), 164-169.
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Hargreaves, M., Stathis, C. G., Martin, I. K., & Carey, M. F. (1994a). Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation. *Journal of Applied Physiology*, 76, 589-597.
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Stathis, C. G., Hargreaves, M. & Carey, M. F. (1994b). Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 77, 2827-2831.
- Febbraio, M. A. (2001). Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Medicine*, 31, 47-59.
- Fink, W. J., Costill, D. L., & Van Handel, P. J. (1975). Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *European Journal of Applied Physiology*, 34, 183-190.

- Fricke, R. (1989). Ganzkörperkältetherapie in einer Kältekammer mit Temperaturen um -110°C . *Z Phys Med Baln Med Klim*, 18, 1-10.
- Gagge, A.P., Stolwijk, J. A., & Hardy, J. D. (1967). Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. *Environmental Research*, 1, 1-20.
- Galloway, S. D. R., & Maughan R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1240–1249.
- Garcin, M., Wolff, M., & Bejma, T. (2003). Reliability of rating scales of perceived exertion and heart rate during progressive and maximal constant load exercise till exhaustion in physical education students. *International Journal of Sports Medicine*, 24(4), 285-290.
- Gisolfi, C. V., & Wenger, C. B. (1984). Temperature regulation during exercise: old concepts, new ideas. *Exercise and Sport Science Reviews*, 12, 339-372
- Gold, A. J., & Zornitzer, A. (1968). Effect of partial body cooling on man exercising in a hot, dry environment. *Aerospace Medicine*, 39(9), 944-946.
- González-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, 1032-1039.
- González-Alonso, J. & Calbet, J. A. L. (2003). Reduction in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation*, 107, 824-830.
- González-Alonso, J., Calbet, J., & Nielsen, B. (1998). Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *Journal of Physiology*, 513, 893-905.

- González-Alonso, J., Mora-Rodríguez, R., Below, P. R., & Coyle, E. (1997). Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise, *Journal of Applied Physiology*, 82, 1229-1236.
- Goodman, M. N., & Lowenstein, J. M. (1977). The purine nucleotide cycle. Studies of ammonia production by skeletal muscle in situ and in perfused preparations. *Journal of Biological Chemistry*, 252, 5054-5060.
- Gullstrand, L. (1996). Physiological responses to short-duration high-intensity intermittent rowing. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21(3), 197-208.
- Hagerman, F. C. (1984). Applied physiology of rowing. *Sports Medicine*, 1: 303-326.
- Harre, D. (1986). *Trainingslehre*. Berlin. In: Grosser et al.: Das neue Konditionstraining, 12-14.
- Hasegawa, H., Takatori, T., Komura, T., & Yamasaki, M. (2005). Wearing a cooling jacket during exercise reduces thermal strain and improves endurance exercise performance in a warm environment. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 122-128.
- Heck, H. (1990). *Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik*. Trainerakademie Köln, Schorndorf. Hofmann. 39-46.
- Hessemer, V., Brück, L. K., Böderker, R. H., & Breidenbach, T. (1984). Effect of slightly lowered body temperatures on endurance performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 57(6), 1731-1737.
- Hollensteiner, B. (2003). *Analgetische Wirkung einer Ganzkörperkältetherapie -110°C, 3min*. Unpublished doctoral dissertation, University of Münster.
- Hollman, W., & Hettinger, T. H. (1980). Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit

- Training und Präventivmedizin. Schattauer*, 382-386.
- Hollmann, W. (1985). Sportmedizinische Aspekte zur Muskelkraft und zum Krafttraining. *Lehre der Leichtathletik*, 24, 145.
- Hunter, I., Hopkins, J. T., & Casat, D. J. (2006). Warming up with an ice vest: core body temperature before and after cross-country racing. *Journal of Athletic Training*, 41(4), 371-374.
- Joch, W., & Ückert, S. (2003). Ausdauerleistung nach Kälteapplikation. *Leistungssport*, 33, 17-22.
- Joch, W., Ückert, S., & Fricke, R. (2003). *Die Bedeutung kurzfristig und hoch dosierter Kälteapplikation für die Realisierung sportlicher Leistungen*. BISp-Jahrbuch.
- Joch, W., & Ückert, S. (2005). *Precooling als Mittel der Leistungssteuerung in Training und Wettkampf*. BISp-Jahrbuch, 209-216.
- Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2001). Responses of blood hormones to the maximal rowing ergometer test in college rowers. *Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 73-77.
- Jürimäe, T., Peter-Turpin, J. A., Cortell-Tormo, J. M., Chinchilla-Mira, I. J., Cejuela-Anta, R., Mäestu, J., Purge, P., & Jürimäe, J. (2009). Relationship between rowing ergometer performance and physiological responses to upper and lower body exercise in rowers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 434-437
- Kay, D., Taaffe, D. R., & Marino, F. E. (1999). Whole-body Pre-cooling and heat strage during self-paced cycling performance in warm humid conditions. *Journal of Sports Sciences*, 17, 937-944.
- Klausen, K., Knuttgen, H. G., & Forster, H. (1972). Effect of Pre-existing high blood

- lactate concentration on maximal exercise performance. *Scandinavia Journal of Clinical Laboratory Investigate*, 30(4), 415-419.
- Koutedakis, Y., Frischknecht, R., & Murphy, M. (1997). Knee flexion to extension peak torque ratios and low-back injuries in highly active individuals. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 290-295.
- Lee, D. T., & Haymes, E. M. (1995). Exercise duration and thermoregulatory responses after whole body precooling. *Journal of Applied Physiology*, 79(6), 1971-1976.
- Lockwood, A. H., McDonald, J. M., Reiman, R. E., Gelbard, A. S., Laughlin, J. S., Duffy, T.E., & Plum, F. (1979). The dynamics of ammonia metabolism in Man effects of liver disease and hyperammonemia. *The Journal of Clinical Investigation*, 63(3), 449-60.
- Lowenstein, J. M. (1972). Ammonia production in muscle and other tissues: the purine nucleotide cycle. *Physiology Review*, 52(2), 382-414.
- Mäestu, J., Jürimäe J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Medicine*, 35, 597-617.
- Mader, A., Hartmann, U., Hollmann, W. (1988). Der Einfluss der ausdauer auf die 6 minütige maximale anaerobe und aerobe arbeitskapazität eines Eliterruders.
- Marees, H.(2002). *Sportphysiologie* (pp.536). Köln, Sport und Buch Strauss.
- Marino, F. E. (2002). Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. *British Journal of Sports Medicine*, 36(2), 89-94.
- Marsh, D., & Sleivert, G. (1999). Effect of precooling on high intensity cycling performance. *British Journal of Sports Medicine*, 33(6), 393-397
- Martin, D.T., Allan, G. H., Rebecca, R. T., Kelly, Y., Lee, H., & Smith, J. A. (1998). Ice Jackets are Cool. *Sportscience*, 2(4). Retrieved December, 1998, from

- <http://www.sportsci.org/jour/9804/dtm.html>.
- Mickelson, T. C., & Hagerman, F. C. (1982). Anaerobic threshold measurements of eliteoarmen. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 440-444.
- Mitchell, J. B., Schiller, E. R., Miller, J. R., & Dugas, J. P. (2001). The influence of different external cooling methods on thermoregulatory responses before and after intense intermittent exercise in the heat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 247-254.
- Mutch, B. J., & Banister, E. W. (1983). Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 41-50.
- Myler, G., Hahn, A. G., & Tumilty, D. M. (1989). The effects of preliminary skin cooling on performance of rowers in hot condition. *Excel*, 6, 17-21.
- Neilsen, B., Savard, G., Richter, E. A., Hargreaves, M., & Saltin, B. (1990). Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 69, 1040-1046.
- Olschewski, H., & Bruck, K. (1988). Thermoregulatory, cardiovascular, and muscular factors related to exercise after precooling. *Journal of Applied Physiology*, 64, 803-811.
- Ozkan, A., & Kin-Isler, A. (2007). The reliability and validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion in step dance sessions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 296-300.
- Parkin, J. M., Carey, M. F., Zhao, S., & Febbraio, M. A.(1999). Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 86, 902-908.
- Pimental, N. A. (1991). Physiological Acceptance Criteria for Cold Weather Clothing. *Navy Clothing and Textile Research Facility*, 22.

- Price, M. J., & Mather, M. I. (2004). The effects of two cooling strategies during prolonged arm crank exercise in hot conditions. *Aviation Space and Environment Medicine*, 75, 220-226.
- Ramanathan, N. L. (1964). A new weighting system for mean surface temperature of human body. *Journal of Applied Physiology*, 19, 531-533.
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiological*, 265, E380-391.
- Roth, W., Hasart, E., Wolf, W., & Pansold, B. (1983). Untersuchungen zur Dynamik der Energiebereitstellung während maximaler Mittelzeitausdauerbelastung. *Medizin und Sport*, 23, 107-114.
- Rudolf, S. (2005). *Bestimmung des β -Endorphin-immunoreaktiven Materials (β -ED IRM) und des N-acetyl- β -Endorphin-IRM (NAC IRM) im Plasma bei gesunden Probandinnen nach einer einmaligen Ganzkörperkältetherapie (GKKT) bei -110°C über 3 Minuten*. Unpublished doctoral dissertation, University of Münster.
- Rudolph, A. M., & Yuan, S. (1966). Response of the pulmonary vasculature to hypoxia and H^{+} ion concentration changes. *The Journal of Clinical Investigation*, 45(3), 399-411.
- Sahlin, K., & Katz, A. (1989). Hypoxaemia increases the accumulation of inosine monophosphate(IMP) in human skeletal muscle during submaximal exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 136, 199-203.
- Satran, L. (2008). *Factors influencing on running*. Sport Aerodynamics, ISBN 978-3-211-89296-1, 9-22.

- Sawka, M. N., Young, A. J., Latzka, W. A., Neufer, 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.
- Schmidt, V., & Brück, K. (1981). Effect of a precooling maneuver on body temperature and exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 50(4), 772-778.
- Schmidt, R.T., & Thews, G. (1990). *Physiologie des Menschen*. 24. Auflage. Springer Verlag. Berlin.
- Sewell, D. A., Gleeson, M., & Blannin A.K. (1994). Hyperammonemia in relation to high intensity exercise duration in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 69(4), 350-354.
- Shapiro, Y., Pandolf, K.B., Sawka, M.N., & Goldman, R.F. (1982). Auxiliary cooling: comparison of air-cooled vs. water-cooled vests in hot-dry and hot-wet environments. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 53(8), 785-789
- Shephard, R. J. (1993). Metabolic adaptations to exercise in the cold. An update. *Sport Medicine*, 16(4), 266-287.
- Simon, E. (1995). *Wärmehaushalt und Temperaturregelung*. In Schmidt, R., Thews, G.: *Physiologie des Menschen*. Auflage 26, S649-671. Berlin Heidelberg Springer Verlag.
- Smith, J. A., Yates, K., Lee, H., Thompson, M. W., Holcombe, B. V., & Martin, D. T. (1997). Pre-cooling improves cycling performance in hot/humid conditions. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 29, S1501-263.
- Snow, R. J., Febbraio, M. A., Carey, M. F., & Hargreaves, M. (1993). Heat stress increases ammonia accumulation during exercise in human. *Experimental physiology*, 78(6), 847-850.

- Stegemann, J. (1971). *Leistungsphysiologie*. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York.
- Steinacker, J. M. (1993). Physiological aspects of training in rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 14, 3-10.
- Steinacker, J. M., Lormes, W., Lehmann, M., & Altenburg, D. (1998). Training of rowers before world championships. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1158-1163.
- Tattersson, A. J., Hahn, A. G., Martin, D. T., & Febbraio, M. A. (2000). Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. *Journal of Science Medicine Sport*, 3, 186-193.
- Tucker, R., Rauch, L., Harley, Y. X. R., & Noakes, T. D. (2004). Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 448, 422-430.
- Ückert, S., & Joch, W. (2003). Der Einfluss von Kälte auf die Herzfrequenzvariabilität. *Öst Sport Medicine*, 2, 14-20.
- Ückert, S., & Joch, W. (2004). Der Einfluss von Kälte (Ganzkörperkälteapplikation) auf die Herzfrequenzvariabilität als Regenerationsbeschleuniger. In: Herzfrequenzvariabilität im Fitness- und Gesundheitssport, 103-111.
- Ückert, S., & Joch, W. (2005). Effects of pre-cooling on thermoregulation and endurance exercise. *New Studies in Athletics*, 4, 33-37.
- Ückert, S., & Joch, W. (2007). Effects of warm-up and precooling on endurance performance in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 380-384.
- Webborn, N., Price, M. J., Castle, P., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2010). Cooling strategies improve intermittent sprint performance in the heat of athletes with

- tetraplegia. *British Journal of Sports Medicine*, 44, 455-460.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). Sportmedizin und Biochemischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. Fischer, S.20-24
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2008). *Physiology of Sport and Exercise* (4th Edition). Champaign Ill: Human Kinetics.

附錄

附錄一

實驗參加者同意書

親愛的參加者，您好：

本研究主要目的在探討「熱環境藉助低溫背心對划船測功儀負荷之身體溫度調節與體循環之影響」。爲了保護參加者權益，研究人員隨時回答參加者提出的問題。本研究所得之所有資料與數據，僅供學術研究之應用。參與實驗的參加者請同意與注意下列事項：

- 1.本研究測試時間自 2010 年 7 月 27 至 2010 年 8 月 4 日止。
- 2.於實驗期間不得攝取任何增進運動表現之增補物品，且禁止飲用含咖啡因與酒精等刺激性飲料(茶、可樂)，請維持平常之飲食。
- 3.於測試前一天內不從事任何其他激烈之運動。
- 4.於實驗測試時，需採集血液樣本，採集方式包含耳垂與指尖，可能引起情況分別爲，耳垂採血因擠壓關係可能造成淤血症狀(1-2 天即可排除)；指尖採血因手指高密度神經網路，可能產生疼痛症狀(持續 2-4 天可排除)。

本人以詳閱上述各項資料，有關本研究計畫經過研究者詳細解說後，對本研究目的、方法與步驟皆了解並願意參與本研究。本研究非常感謝您的熱心參與及合作，使本研究得以順利進行與完成，再次感謝您。

實驗參加者：_____ (簽名)

日 期： 年 月 日

* 實驗參加者若您對本研究實驗有任何問題或疑問時，請聯絡本研究指導教授 張嘉澤 教授 (03)328-3201 轉 2426 或 研究生 陳佳慧 0939039512，再次感謝您的參加。

附錄二



運動能力診斷與訓練調整研究中心

訓練生理與健康實驗室 疾病調查表

姓 名：	出生年月：	身高 (cm)：	體重 (kg)：	性別：
項 目：		最佳成績：		訓練年數：

請據實回答以下問題：

1. 是否有心臟疾病	☐ 是	☐ 否
2. 是否有血液疾病	☐ 是	☐ 否
3. 是否有糖尿病	☐ 是	☐ 否
4. 是否有高血壓	☐ 是	☐ 否
5. 是否有氣喘疾病	☐ 是	☐ 否
6. 是否有癲癇症	☐ 是	☐ 否
7. 是否有肌肉疼痛	☐ 是	☐ 否
8. 是否有感冒症狀	☐ 是	☐ 否
9. 最近六個月是否有開刀手術	☐ 是	☐ 否
10. 其他：		

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

運動員簽名：_____ 日期：_____

教 練 簽 名：_____

附錄三

熱感覺量表

指數	感覺判斷
0	難以忍受的冷
1	非常冷
2	冷
3	涼爽
4	稍微涼爽
5	自然
6	稍微溫熱
7	溫熱
8	熱
9	非常熱

From Gagge et al.(1967)

附錄四

運動努力知覺量表 (RPE)

Brog-RPE-Scale	負荷感覺描述
6	完全沒有費力的感覺
7	
8	
9	非常輕鬆
10	
11	輕鬆
12	
13	稍微費力
14	
15	中度費力
16	
17	費力
18	
19	非常費力
20	最大負荷

From Borg (1985)

附錄五

人體試驗審查證明



國立體育大學人體試驗委員會

人體試驗審查通過證明函

查本校教練研究所 研究生陳佳慧申請之「熱環境藉助冷卻背心對西式划船測功儀高強度無氧負荷運動能力與生理反應之影響」關於使用人類受試者部份，業經本委員會於 99 年 7 月 5 日審查通過，特此證明。

主任委員 **湯文慈**

國立體育大學人體試驗委員會



中 華 民 國 9 9 年 0 7 月 0 5 日