



冷卻降溫對階梯式負荷乳酸堆積與身體皮膚溫度之影響

李智瑋¹ 陳佳慧² 張嘉澤²

¹國立體育大學競技與教練科學研究所

²台灣運動能力診斷與訓練調整中心

摘要

本研究目的在探討冷卻降溫對階梯式負荷乳酸堆積與身體皮膚溫度之影響。對象為 4 名大專健康男性運動員，受試者的平均年齡為 25.3 ± 3.3 歲，身高與體重分別為 172.3 ± 6.8 公分與 66.7 ± 7.1 公斤。測試以階梯式負荷上昇方式作為測試，開始速度為 2.5 m/s；每階上昇 0.5 m/s；每階持續 5 分鐘；每階休息 40 秒並採集血液 (10 μ l) 與量測皮膚溫度，測試至受試者個人最大負荷為止。結果：開始速度 2.5 m/s 負荷，未冷卻平均值為 2.18 ± 0.35 mmol/l，冷卻測試則為 1.69 ± 0.14 mmol/l，兩者差異 -0.49 mmol/l ($p < 0.05$)。在最高負荷 4.0 m/s，未冷卻與冷卻乳酸平均值分別為 8.33 ± 2.57 mmol/l 與 7.67 ± 1.89 mmol/l，差異 -0.66 mmol/l ($p > 0.05$)。身體皮膚溫度在開始速度 2.5 m/s，未冷卻與冷卻平均值分別為 32.1 ± 1.1 與 26.5 ± 2.8 °C 兩者差異 -5.6 °C ($p < 0.05$)。最高負荷在未冷卻與冷卻平均值則分別為 35.1 ± 1.1 與 32.1 ± 2.2 °C 兩者差異 -3.0 °C ($p < 0.05$)。結論：運動中穿著冷卻背心，在階梯式負荷模式並未實質產生影響肌肉能量路徑。但是在身體溫度上，卻能夠明顯顯著降低體表溫度。若在室外應用，則可改善運動員對熱環境的壓力，進而提昇訓練品質。

關鍵字：冷卻降溫，乳酸，體表溫度



壹、問題背景

近代訓練科學進步科技不斷的研發創新，藉由訓練工具的輔助日漸普遍，其目的是期望運動員能在進行訓練時提高訓練品質與效果，進而提昇運動表現以及延長運動生涯巔峰時間。有許多國家或運動項目需要在濕熱環境下進行訓練，而人體熱傳導與散熱作用取決於皮膚以及環境溫度，因此對於身體的熱平衡與溫度調節是一大考驗。

正常人體核心溫度約為 37 °C (世界衛生組織 WHO)，體溫調節中樞位於下視丘，負責接收來自身體各部位熱感受器 (Thermoreceptor) 的訊號，透過生物回饋系統調控產熱 (Heat production) 和散熱 (Heat loss) 的過程，使體溫保持在一個穩定的設定點，以維持生理機能的正常運作 (Blatteis, 2001)。當人體在從事劇烈運動時，身體產生的熱主要來自骨骼肌的活動與受酵素激發而提高的基礎代謝率，而身體散熱則主要靠皮膚，包含輻射、傳導、對流與蒸發等四種方式。熱環境下運動時，骨骼肌所產生的熱必須藉由血液對流的方式流動於皮膚，並藉由蒸發轉移至環境中。因此，身體大部份的血液會流到骨骼肌與皮膚，使體內血液重新分配導致降低血液回流至心臟，因此降低心臟的每跳輸出量，而人體為維持心輸出量來供應身體所需，促使心跳率急速上昇。此外，熱環境下運動會使肌肉肝醣的使用率增加 (Parkin et al., 1999)。同時，伴隨著碳水化合物氧化與乳酸的堆積，造成人體 pH 值下降，干擾肌肉收縮、神經傳導的速度及能量來源應用，使代謝能力下降進而造成疲勞 (Stamford, Moffatt, & Sady, 1981)。

為了減緩身體因熱壓力所造成的疲勞以及維持訓練品質並提昇運動表現，身體必須在產熱與散熱當中取得平衡。1996 年亞特蘭大夏季奧林匹克運動會，澳大利亞在訓練當中，運用冷卻背心與環境溫度的隔絕，使體內溫度能透過血管血液流動至皮膚與冷卻背心接觸，進而達到降溫效果。同時皮膚血管收縮促使更多血液回流至心臟，使血液重新分配，提供更多氧氣至骨骼肌，因而減緩體循環與代謝壓力，提昇訓練品質和運動表現。過去研究也指出，在運動中穿著冷卻背心進行冷卻降溫，能有效降低身體皮膚溫度與核心溫度，增加氧氣輸送至骨骼肌，因此能減緩體循環系統與肌肉能量代謝的壓力 (Hessemer et al., 1984; Lee & Haymes, 1995; Olschewski & Bruck, 1988)。但是在何種運動強度負荷下，以及冷卻降溫的時間點，可以有效改善體循環與新陳代謝





的壓力則未有明確的指標。因此，本研究目的將探討冷卻降溫對階梯式負荷乳酸堆積與身體皮膚溫度之影響。

貳、研究方法

一、對象

本研究以 4 名大專健康男性運動員為受試對象，實驗前須事先告知受試者整個實驗流程與注意事項，並填寫運動能力診斷疾病調查表與實驗同意書，如表-1 所示。

表-1 受試者基本資料

項目	Mean±SD
年齡 (歲)	25.3±3.3
身高 (公分)	172.3±6.8
體重 (公斤)	66.7±7.1

二、方式

測試以 Mader et al. (1976) 階梯式負荷上昇方式作為測試，開始速度為 2.5 m/s；每階上昇 0.5 m/s；每階持續 5 分鐘；每階休息 40 秒並採集血液 (10 μ l) 與量測皮膚溫度，測試至受試者個人最大負荷為止。環境溫度在冷卻與未冷卻分別控制在 30.5 ± 0.5 、 30.6 ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$ 以及相對平均濕度 69.6 ± 7.6 、 $71.2\pm2.7\%$ 。身體皮膚溫度量測點為胸部 (乳頭上方 3 公分)。冷卻的時間為運動前 10 分鐘 (5 分鐘更換背心) 以及運動全程，冷卻背心的平均溫度為 3.3 ± 1.2 $^{\circ}\text{C}$ 本實驗採平衡次序方式進行，實驗時間為 2 天，讓所有受試者在穿著冷卻背心與無冷卻背心下進行階梯式負荷測試。採集生物參數以相依樣本 t 考驗檢定進行冷卻與未冷卻在階梯式負荷下乳酸堆積與身體皮膚溫度之影響，本研究顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

參、結果分析與討論

階梯式負荷測試在未冷卻與冷卻之乳酸方面，結果顯示第一次 (2.5 m/s) 負荷，未冷卻與冷卻乳酸平均值分別為 2.18 ± 0.35 mmol/l 與 1.69 ± 0.14 mmol/l，兩者差異 -0.49 mmol/l ($p<0.05$)。在第四次 (4 m/s) 負荷乳酸值達到最高，未冷卻與冷卻乳酸平均值分別為 8.33 ± 2.57 mmol/l 與 7.67 ± 1.89 mmol/l，兩者差異 -0.66 mmol/l ($p>0.05$)，如圖-1 所示。結果顯示，冷卻在相同的運動負荷下，乳酸平均值均低於未冷卻，且在低強度





(2.5 m/s) 中達到顯著差異。表示在運動前實施冷卻能有效的減少體內的熱囤積，而在運動中實施冷卻能有效降低身體皮膚與核心溫度，減少血液流動至皮膚微血管進行散熱的需要，因而能維持心臟的每跳輸出量，增加氧氣輸送至骨骼肌的機會，因此能減緩體循環系統與肌肉能量代謝的壓力 (Hessemer et al., 1984; Lee & Haymes, 1995; Olschewski & Bruck, 1988)。

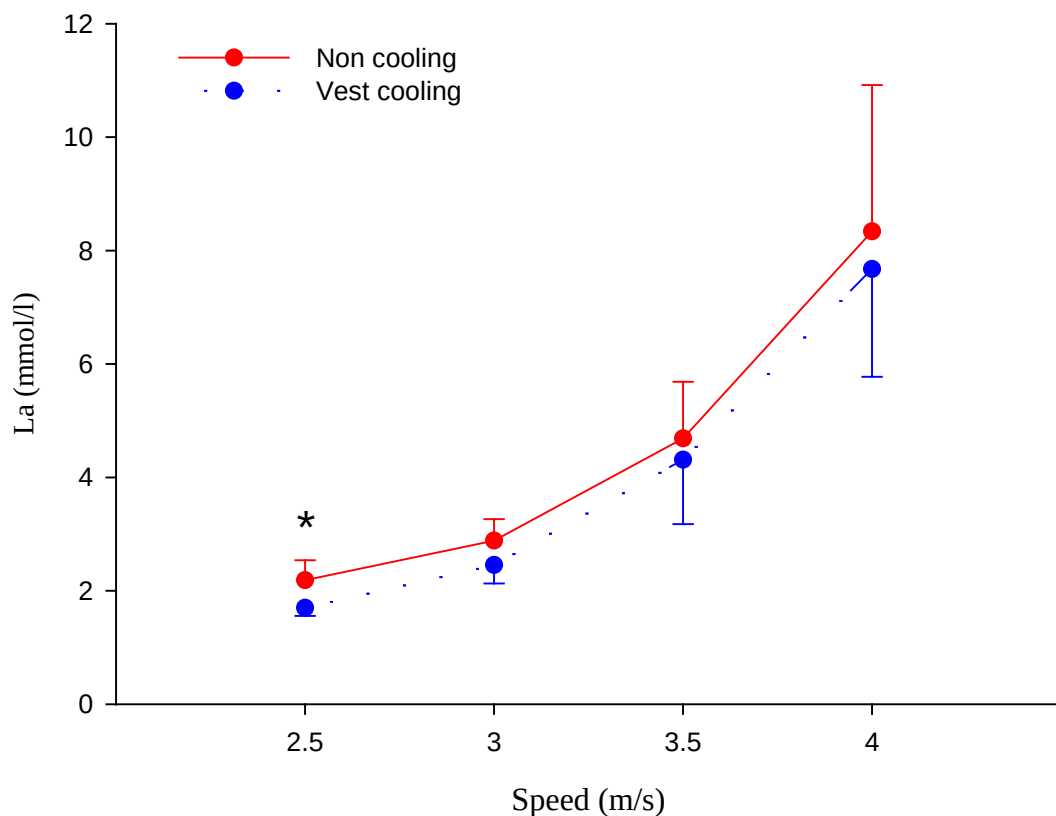


圖-1 階梯式負荷乳酸之分析

階梯式負荷測試在未冷卻與冷卻之身體皮膚溫度方面，結果顯示於第一次 (2.5 m/s) 負荷後，未冷卻與冷卻身體皮膚溫度平均值分別為 32.1 ± 1.1 與 26.5 ± 2.8 °C 兩者差異-5.6 °C ($p < 0.05$)。在第四次 (4 m/s) 負荷，未冷卻與冷卻平均值分別為 35.1 ± 1.1 與 32.1 ± 2.2 °C 兩者差異-3.0 °C ($p < 0.05$)，四次負荷身體皮膚溫度之平均值冷卻均低於未冷卻，且達顯著差異 ($p < 0.05$)，如圖-2 所示。結果分析顯示，冷卻在相同的運動負荷下，身體皮膚溫度平均值均低於未冷卻。此現象顯示，未冷卻在運動時主要以流汗蒸發作用來進行體溫調節，因此造成身體水份流失過多。Cheung (2010) 指出當身體水份





流失過多時，會增加體內組織壓力，引起血漿容積下降以及血漿黏性上昇，進而使心跳率上昇、身體溫度上昇以及皮膚血液流通下降等生理症狀出現。相反冷卻除了利用流汗蒸發作用進行調節外，透過冷卻擴張皮膚微血管增加皮膚血流散熱降溫維持體內平衡，使運動負荷過程中可以有效維持身體的體溫調節。

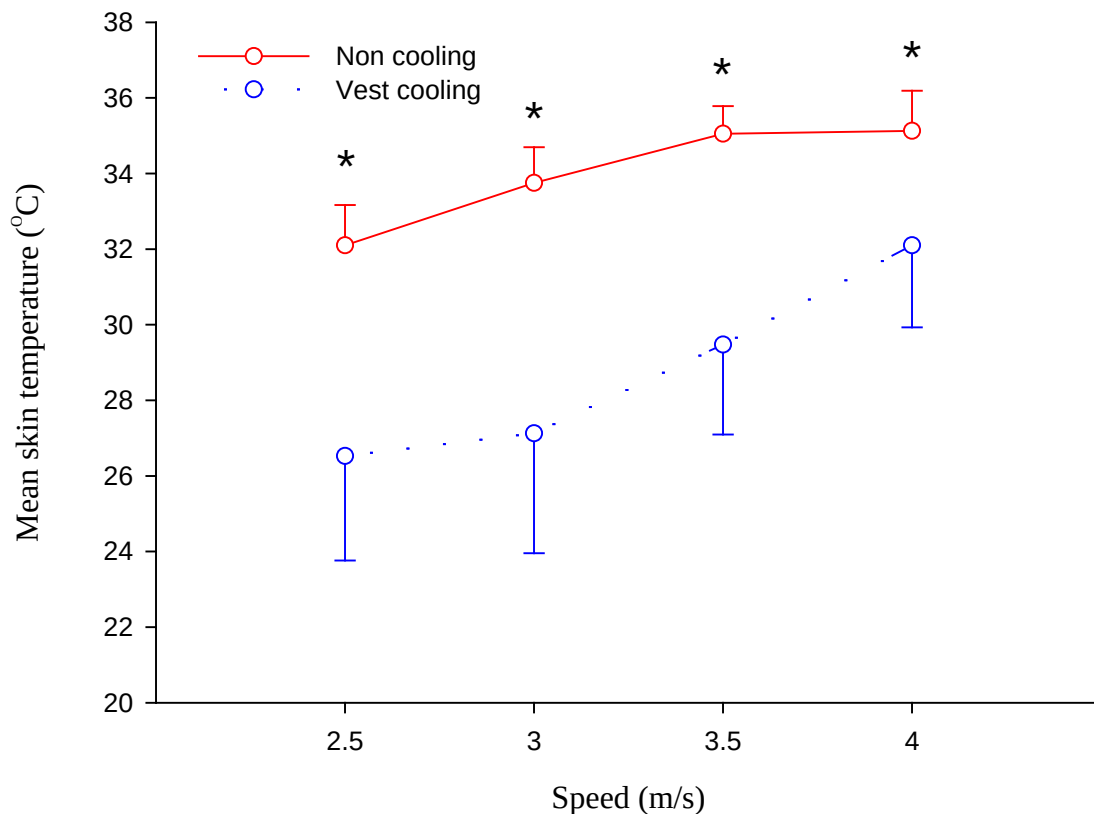


圖-2 階梯式負荷身體皮膚溫度之分析

肆、結論

運動中穿著冷卻背心，在階梯式負荷模式並未實質產生影響肌肉能量路徑。但是在身體溫度上，卻能夠明顯顯著降低體表溫度。若在室外應用，則可改善運動員對熱環境的壓力，進而提昇訓練品質。





參考文獻

世界衛生組織 (World Health Organization WHO)。健康主題。世界衛生組織中文網。

Blatteis, C. M. (2001). *Physiology and Pathophysiology of Temperature Regulation*.

Singapore: World Scientific Publishing Co.

Cheung, S. S. (2010). *Advanced environmental exercise physiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Hessemer, V., Bruck, L. K., Boderker, R. H., & Breidenbach, T. (1984). Effect of slightly lowered body temperatures on endurance performance in humans.

Journal of Applied Physiology, 57(6), 1731-1737.

Lee, D. T., & Haymes, E. M. (1995). Exercise duration and thermoregulatory responses after whole body precooling. *Journal of Applied Physiology*, 79(6), 1971-1976.

Mader., Lisen, H., Heck., Philippi, R., Schurch, P., & Hollamnn, W. (1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfahigkeit in Labor. *Sportarzt und Sportmed*. 27(4), 80-88.

Olschewski, H., & Bruck, K. (1988). Thermoregulatory, cardiovascular, and muscular factors related to exercise after precooling. *Journal of Applied Physiology*, 64, 803-811.





- 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.
- Stamford, B. A., Moffatt, R., & Sady, S. (1981). Exercise recovery above and below the anaerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied Physiology*, 51, (4) 840-844.

