

濕熱環境中實施冷卻對漸進式負荷恢復期血乳酸與心跳率之影響

黃俊霖¹、陳佳慧²、王月琪¹、張嘉澤²

國立體育大學競技與教練科學研究所¹ 台灣運動能力診斷與訓練調整研究中心²

摘要

目的：本研究目的探討在濕熱環境（約為 30°C / 73%）中穿著冷卻背心於漸增式運動負荷後恢復期血液乳酸與心跳率之影響。**方法：**本研究以 4 名有運動習慣（一周 3~4 次）的健康男性進行測試，平均年齡為 26.0±4.9（歲），身高平均為 172.7±7.6 cm，體重平均為 66.0±7.8 kg，並以隨機平衡次序分配受試者以個人最大努力完成兩次漸增式運動負荷，兩次測試前 10 分鐘與運動中穿著冷卻背心或未穿著冷卻背心。於跑步機進行漸增式運動負荷，開始速度為 2.5 m/s，每 5 分鐘上升 0.5 m/s，直到速度至 4.0m/s 為止，總負荷時間為 20 分鐘。在運動前與運動後分別記錄心跳率與採集耳垂血液進行乳酸分析。**結果：**在血液乳酸方面，恢復期（E1、E3、E5、E7、E10）各時間點冷卻組均低於非冷卻組，未達顯著差異（ $p>0.05$ ）；乳酸排除率冷卻組與非冷卻組分別為 0.35±0.15 和 0.30±0.05 mmol/l·min（ $p>0.05$ ）。在心跳率方面，運動負荷後（E1）與恢復期第五分鐘（E5）之差異，冷卻組與非冷卻組分別顯著下降為 61±8 和 54±9 min⁻¹，但在兩組比較均未達顯著差異。結論：於漸增式負荷運動前 10 分鐘與運動中穿著冷卻背心對恢復期血液乳酸與心跳率未達顯著差異。

關鍵詞：體循環、新陳代謝

問題背景

運動員在場上除了來自對手的壓力外，還必須面臨環境的挑戰。在濕熱環境下運動，體循環系統的負擔加重，身體的散熱功能將受到限制。當熱負荷持續增加造成體溫調節產生障礙時，不僅影響運動員的發揮，更可能會引發熱傷害，危及生命健康。因此找出相對應的方法是必要的，且在運動過程中穿著冷凍背心被證實為有效且實用的(Duffield et al., 2003)。

在急性漸增負荷的運動刺激下，生理平衡將受到干擾。為應付內在與外在環境所需，身體各部位將加速調節，生理症狀反應即隨之而生，其中心跳率是反應最快與最直接的生理參數。同時間由於肌肉持續的收縮，無氧糖酵解的活化使肌肉內乳酸產生的速率大於排除，當擴散至血液時因而造成血乳酸的大量堆積，最高峰值會出現在運動結束後的第 3 分鐘開始 (Neumann et. al., 2001)。

熱環境下運動時，肌肉所產生的熱必須藉由心臟壓縮與循環系統傳到皮膚表面以進行散熱，因此血流必須重新分配，因而降低了血液回流心臟的量與每跳輸出量，使得心跳率的急速上昇即為一種代償現象 (Casa, 1999)。任何一個會造成體循環系統過度負擔或干擾散熱的因素，都會嚴重的破壞運動表現，並增加熱傷害的機會。除了體溫上昇與心跳加速外，耗氧量與排汗量也會跟著上昇 (Siegel, 2011)，並且骨骼肌會使用更多的肝糖作為能量來源，因而產生較多的乳酸 (Rowell et al., 1969)。

過去研究指出，在運動中穿著冷卻背心能有效降低皮膚表面與內部的核心溫度，減少血液到皮膚表面進行散熱的需要，因而能維持心臟的每跳輸出量與降低心跳率，增加氧氣運輸到骨骼肌的機會，因此能減緩體循環系統與肌肉能量代謝的壓力 (Hessemer et al., 1984)。然而，在濕熱環境中穿著冷卻背心進行運動負荷對恢復期體循環與能量代謝的研究卻相對較少。因此，本研究將探討在熱環境中穿著冷卻背心於漸增負荷刺激下對恢復期之心跳率與血乳酸的影響。

研究方法

本實驗研究對象為 4 名有運動習慣的健康男性（一週 3-4 天），平均身高為 172.7 ± 7.6 cm，體重 66.0 ± 7.8 kg，年齡為 26.0 ± 4.9 歲。每位受試者將於控制溫度與濕度的研究室中參與連續兩天跑步機的漸增負荷測試，一天穿著冷卻背心進行預冷（10min）與運動中冷卻，另一天不進行冷卻；受試者並以平衡次序法分配參與兩種測試的順序。漸增負荷採階梯式，開始速度為 2.5m/s，每五分鐘增加 0.5 m/s，一直到 4.0 m/s 為止。總負荷時間為 20 分鐘。

結果分析與討論

圖-1 為兩種測試方式血乳酸恢復期的曲線圖。最大乳酸平均值皆發生在負荷結束後第 3 分鐘（E3）；乳酸排除率分別為：冷卻組 0.35 ± 0.15 mmol/l·min，非冷卻組 0.30 ± 0.05 mmol/l·min，在恢復期各時間點均未達顯著差異（ $p > 0.05$ ）。文獻指出，熱環境下的乳酸排除受個人有氧與熱適應的能力所影響（Wilmore, 1994）；本研究結果顯示，在漸增運動負荷的開始前及過程中實施冷卻，可將能量代謝的反應維持在較穩定的狀態，因而增加恢復期的乳酸排除率。

圖 2 為兩種測試方式心跳率恢復期的比較圖。冷卻組的恢復心跳率平均值為 122 ± 10 min⁻¹，前後心跳率的差異平均值為 -61 ± 8 min⁻¹；非冷卻組的恢復心跳率平均值為 131 ± 12 min⁻¹，前後心跳率的差異平均值為 -54 ± 9 min⁻¹；在恢復期各時間點均未達顯著差異（ $p > 0.05$ ）。本研究結果顯示實施冷卻能有效降加速體循環在恢復期的恢復，可能原因為冷卻背心能阻隔環境的熱輻射與熱傳導進入體內，減少血液流至皮膚表面散熱的需要，使得回流心臟的血量得以維持，每跳輸出量穩定，因而在恢復期時心跳率恢復較快。表-1 為本研究環境溫溼度與冷卻背心溫度。

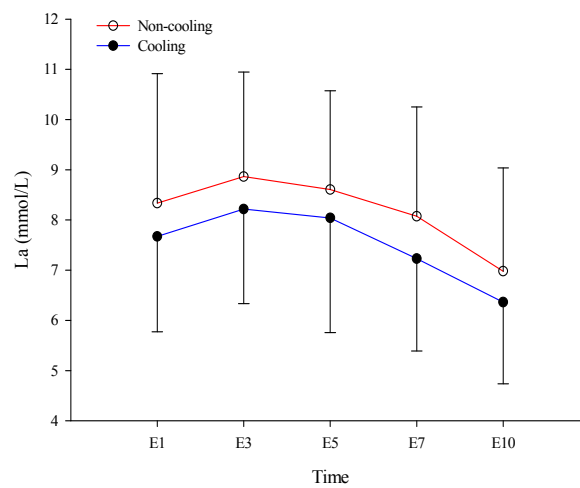


圖 1 恢復期血乳酸曲線圖

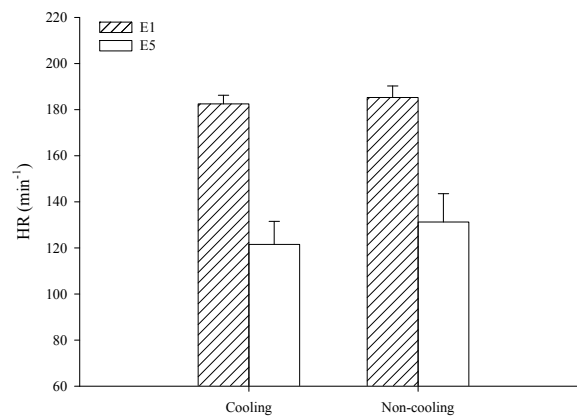


圖 2 恢復期心跳率比較圖

表 1 實驗環境與冷卻溫度

	溫度 (°C)	濕度 (%)	冷卻溫度(°C)
冷卻組	30.2 ± 0.6	73.2 ± 3.4	3.6 ± 1.5
非冷卻組	30.6 ± 0.2	72.2 ± 2.4	—

結論

研究結果分析顯示，在濕熱環境下穿著冷背心在運動前及運動過程中，實施冷卻能有效提昇運動負荷後之體循環與能量代謝的恢復速度，並減緩在相同強度下生理壓力症狀的反應。台灣地處亞熱帶，夏季氣溫與濕度皆高。為了確保訓練品質與訓練後的恢復機轉，建議在炎熱天氣訓練時可以藉助冷卻措施，避免訓練時產生過度的生理反應而導致熱傷害的發生與降低運動表現。

文獻

- Casa. (1999). Exercise in the Heat. I. Fundamentals of Thermal Physiology, Performance Implications, and Dehydration. *Journal of athletic training*, 34(3), 246-252.
- Duffield, R., Dawson, B., Bishop, D., Fitzsimons, M., & Lawrence, S. (2003). Effect of wearing an ice cooling jacket on repeat sprint performance in warm/humid conditions. *British Journal of Sports Medicine*, 37(2), 164-169.
- Hessemer, Langusch, Bruck, Bodeker, & Breidenbach. (1984). Effect of slightly lowered body temperatures on endurance performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 57(6), 1731-1737.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Berbaik, A. (2001). Optimiertes Ausdauertraining.
- Rowell, Brengelmann, Blackmon, Twiss, & Kusumi. (1969). Splanchnic blood flow and metabolism in heat-stressed man. *Journal of Applied Physiology*, 24, 475-484.
- Siegel. (2011). Thermoregulatory and exercise performance responses to cooling with ice slurry injection. Edith Cowan University.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.