



階梯式負荷與跑步機坡度間歇運動組合對血液乳酸與心跳率之影響

陳品言 張嘉澤 王璟諭

¹ 國立體育大學競技與教練科學研究所

壹、緒論

近年來比賽的頻率逐漸上升，若要保持運動表現則必須透過短週期且不造成過量疲勞的急性適應訓練來調整運動員狀態，而維持競賽中的能力就特別重要。此能力則為基礎耐力-II(有氧-無氧混合耐力)，其主要功能在於降低體循環與肌肉無氧代謝壓力 (Janssen et al., 1989)。Foreman et al., 2022 指出以相同速度在斜坡上跑步會導致心率 (HR)、氧氣消耗 (VO₂)、呼吸交換比率以及血乳酸濃度 (BL) 增加。提升運動強度。並且透過間歇訓練 (Interval Training) 方式，可以提升增加氧化脂肪與碳水化合物代謝。主要因素在於粒線體檸檬酸合成酶活性提高，降低糖酵解 (Glycolysis) 分解與乳酸堆積 (Burgomaster et al., 2008)。

無氧運動負荷是所有競技運動員必需面對的壓力，主要因素在於肌肉的無氧代謝產物 "Lactate"。Laursen et al. (2002) 對高強度間歇負荷 (HIIT) 研究發現，在高乳酸堆積濃度會誘發 PGC-1 α 的產生。而在 Benton et al. (2008) 的研究則證明 PGC-1 α 可以降低血液的乳酸堆積。為此本研究目的為探討坡度訓練結合間歇訓練形成的組合式訓練對於肌肉無氧代謝與體循環壓力之影響。

貳、研究方法

對象

受試者為 5 名健康成人，平均年齡為 35.8 \pm 10.5 year，平均身高與體重則分別為 170.6 \pm 16.4 cm、66.6 \pm 20 kg。

方式

本研究測試分為階梯式負荷上升 (A、B) 與間歇運動兩項組合。階梯式負荷開始速度為 2.5 m/s，每階持續 3 分鐘，每階速度增加 0.5 m/s，最高速度為 3.5 m/s。間歇運動負荷強度則為 4 次 4.0 m/s (4x4.0 m/s)，持續時間 30s，每次間歇 30s，跑步機坡度設定為 2.5° (4.5%)。生物參數記錄分別為血液乳酸 (La) 與心跳率 (HR)。

參、結果分析與討論

結果分析顯示血液乳酸 (La) 堆積濃度在階梯式負荷 (A) 開始速度 2.5 m/s 平均值為 2.5 \pm 0.8 mmol/l，最高速度 3.5 m/s 則為 5.5 \pm 1.4 mmol/l。兩次平均值差異 +3.1 mmol/l (p>0.05)。第二次階梯式負荷 (B) 速度 2.5 m/s 與 3.5 m/s 乳酸堆積濃度平均值差異 +1.1 mmol/l。兩項測試最高速度 3.5 m/s (A、B) 乳酸濃度平均值差異 +0.5 mmol/l (p>0.05) (圖-4)。圖-3 為階梯式上升心跳率分析。階梯式負荷上升 (A) 心跳率分析顯示在 2.5 m/s 與 3.5 m/s 平均值差異 +28 min⁻¹ (p<0.05)，在 B 測試平均值則分別為 144 \pm 11 (2.5 m/s)、169 \pm 8.7 min⁻¹ (3.5 m/s)，兩次平均值差異 +25 min⁻¹ (p<0.05)。兩次最高速度 3.5 m/s (A、B) 心跳率平均值差異 +1min⁻¹ (p>0.05)。圖-2 為間歇運動負荷體循環心跳率分析顯示在第一次 (1x) 平均值為 146 \pm 16 min⁻¹，第四次 (4x) 則為 166 \pm 11 min⁻¹。兩次平均值差異 +20 min⁻¹ (p<0.05)。圖-2: 跑步機坡度跑步 (4x4.0 m/s/30s) 心跳率 (HR) 與乳酸 (La) 分析。

研究數據分析顯示，間歇坡度跑步心跳率 (HR) 隨著運動頻率增加而上升 (圖-2)。其心跳率為最高負荷 87% (190 min⁻¹)。在兩次階梯式負荷 (Test-A、Test-B) 上升測試 (圖-3)，心跳率在最高速度 (3.5 m/s) 為 All Out 指標 (190 min⁻¹) 88%。過去研究指出，運動心跳率達最大負荷指標 80% 可以作為基礎與比賽之間的混合耐力訓練 (Karvonen et al., 1988)。此耐力主要生理機制調節為維持長時間負荷能量提供，與改善無氧負荷能量酵酶活性。在 Neumann et al. (1981) 的研究也發現應用 HRmax 80-90% 強度訓練，可以提升比賽體循環的續航力。

Test-A 和 Test-B 在 3.5m/s 的乳酸值差異為 +0.4、心跳率為 +13，能發現經過過度間歇跑訓練，即便 Test-B 在較高乳酸值的情況下進行最後一階 (3.5 m/s) 測試也能維持乳酸值，表示無氧代謝能力提升。

MacInnis & Gibala (2017) 研究發現間歇訓練會使骨骼肌粒線體密度上升，提升脂肪氧化能力，減少糖原降解和乳酸生成，同時提高乳酸閾值。上述文獻結果與本研究 Test-B 在 3.5m/s 時與 Test-A 有接近乳酸值的現象相符。

本研究的結果也發現訓練過程中的最大乳酸和心跳率並未達到 Hollmann et al (1982) 中 8mmol/l 以及 190min⁻¹ 的最大負荷指標。表示本研究在不會造成運動員過多的疲勞下便能提升無氧代謝能力。

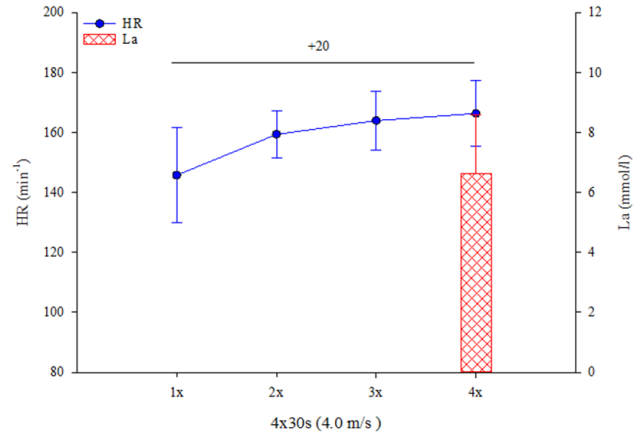


圖-1：跑步機坡度跑步心跳率 (HR) 與乳酸 (La) 分析

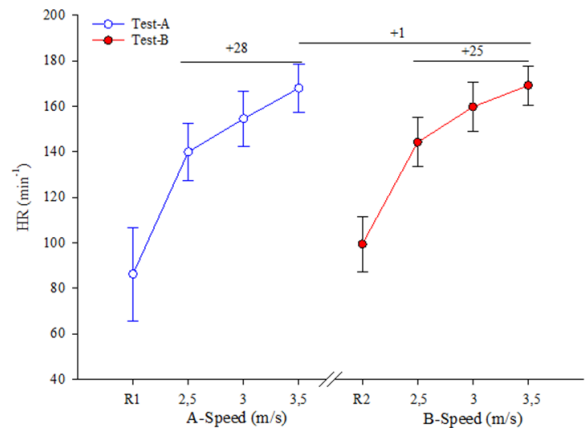


圖-2：階梯式負荷上升心跳率 (HR) 分析

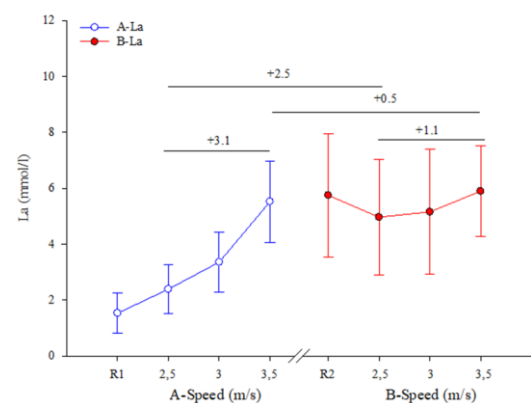


圖-3：Test A、B 血液乳酸 (La) 堆積濃度分析

肆、結論

本研究發現，組合式運動負荷可以提升運動員基礎耐力與一般人的有氧-無氧混合耐力的效果。本研究只進行一種組合方式測試，未來將再進行其他運動組合方式的研究，找出最佳的組合運動型態。