



持續跑步運動與低氧間歇運動訓練組合對血液乳酸與心跳率之影響

王璟諭¹ 張嘉澤² 陳品言³

¹ 國立體育大學競技與教練科學研究所

壹、緒論

無氧運動引起肌肉器官組織的壓力，在高運動強度產生 6 mmol/l 的乳酸堆積，也將引起壓力荷爾蒙的產生 (Weicker et al., 1994)。運動負荷心跳率大於 190 min⁻¹ 將可作為個人最大負荷判斷指標 (Hollmann et al., 1982)。在低氧環境下運動，大腦會調節身體組織缺氧的狀況，增加心臟跳動的頻率、心搏力道，以提高心輸出量 (Levine, B. D., & Stray-Gundersen, J. 1997)。過去自然高地與常壓低氧運動訓練，皆被認為是長時間耐力運動的訓練方式。近代低氧短時間高負荷劑量重複訓練 RSH (repeated sprint training under normobaric hypoxic conditions) 方式，被認為可以提高球類與技擊項目運動員在比賽中的續航力 (Girard et al., 2011)。高強度間歇訓練 HIIT (High-Intensity Interval Training) 的運動刺激，誘發的肌肉細胞功能比持續性運動方式高 (Laursen 2010)。Brook et al. (1999) 的研究證明，在高強度間歇訓練 (HIIT) 的無氧負荷下，可以誘發肌肉細胞的 MCT-1 產生。MCT-1 可以穩定血液 pH 值與降低乳酸堆積濃度 (Brook et al., 1999)。Komi (1984) 的研究指出，呈現肌肉收縮的機制主要來自主動肌與拮抗肌的交互關係。運動過程中肌肉呈現 SSC (stretch-shortening cycle) 伸展收縮循環。肌肉疲勞將影響 SSC 機制，並導致肌肉纖維動員速度下降，影響力量輸出。Schmidtbleicher et al. (1982) 研究指出 CMJ (Counter Movement Jump) 跳躍是呈現瞬間下肢力量表現的最佳方式。

近代競技運動比賽頻率不斷提升，運動員必須面對更高的體能負荷。因此，組合式的訓練方式因應而生。本實驗研究目的是要探討持續跑步運動和低氧間歇運動的組合式運動型態，對於肌肉無氧代謝和體循環壓力之影響。

貳、研究方法

對象

本研究受試者為 5 名健康的成人 (3 男、2 女)。平均年齡為 35.8 ± 16.4 歲。身高為 170.6 ± 10.5 cm。體重為 66.2 ± 20 kg。

方式

本研究方法分為兩項不同運動負荷的組合。一項是 3 分鐘的持續跑步，運動強度設定為 3.5 m/s，一項是低氧 (O₂-13%) 間歇運動，氧氣濃度設定為 13%，運動強度設定為 4.0 m/s，進行 4x30s 的間歇運動，間歇期以走路動態休息 40 秒。兩項運動型態之間的間歇時間為 7 分鐘，並且在低氧間歇運動後再進行一次持續跑步。兩次持續跑步前測試 CMJ 進行下肢動力分析。運動期間生物參數記錄在持續跑步後、恢復期第五分鐘 (E5) 和低氧運動第二次 (2X) 及第四次 (4X) 後收集血液乳酸 (La)、並且在每一次運動後和恢復期第五分鐘都記錄心跳率 (HR)、每一次低氧運動後紀錄血氧濃度 (SpO₂)，兩項組合運動負荷與間歇時間一共是 21 分鐘 (圖-1)。

參、結果分析與討論

結果分析發現持續跑步血液乳酸堆積濃度在第一次 (S1) 與第二次 (S2) 分別為 4.4±0.6、5.7±1.5 mmol/l，兩次平均值差異 +1.3 mmol/l (p>0.05)。兩次持續跑步恢復期第 5 min (E5) 乳酸堆積濃度平均值差異 +1.1 mmol/l (p>0.05)。低氧間歇運動在第 2 次 (2x) 乳酸濃度為 4.4±1.1 mmol/l，第 4 次 (4x) 為 4.4±1.0 mmol/l，平均值差異 +0.3 mmol/l (p>0.05) (圖-1)。心跳率分析發現。兩次持續跑步心跳率平均值差異 +3 min⁻¹ (p>0.05)。低氧間歇運動第一次 (1x) 與第四次 (4x) 心跳率平均值分別為 147±10.0、157±9.1 min⁻¹，平均值差異 +10 min⁻¹ (p<0.05)。間歇負荷恢復期第 5 分鐘 (e5) 與持續跑步 (S2) 恢復期 (E5) 心跳率平均值差異 +4 min⁻¹ (p>0.05) (圖-2)。下肢跳躍 (CMJ) 分析，運動前 (Pre) 平均值為 35.7±4.9 cm，與運動後 (Post) 則為 35.6±5.3 cm，兩次跳躍高度平均值差異 -0.1 cm (p>0.05) (圖-3)。

過去在 All out 症狀判斷以運動心跳率 > 190 min⁻¹ 作為分析指標。本研究運動強度接近個人最高負荷指標的 85% (HRmax)，乳酸堆積濃度未達 6 mmol，因此推定這種組合運動型態不會累積造成過大的體循環壓力以及造成額外的心理壓力 (Weicker et al., 1994)。肌肉疲勞指標 CMJ 跳躍的結果分析發現，前側與後側平均值差異為 -0.1 公分 (圖-3)。此現象顯示組合式運動型態未影響肌肉 SSC 機制。

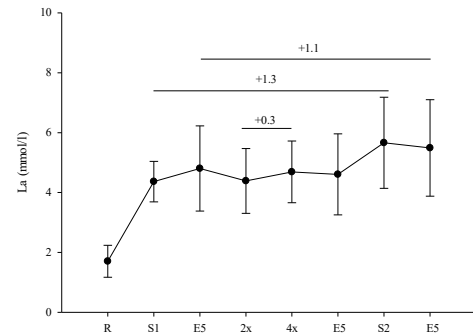


圖-1: 血液乳酸堆積濃度分析

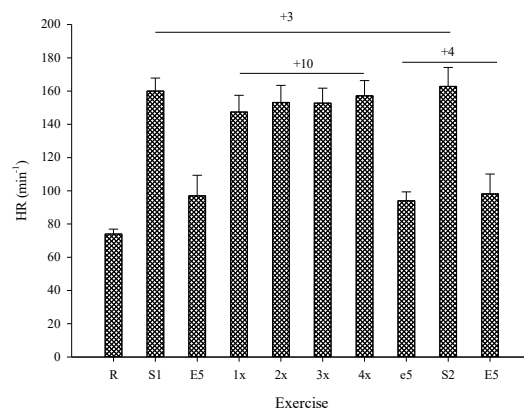


圖-2: 運動負荷心跳率分析

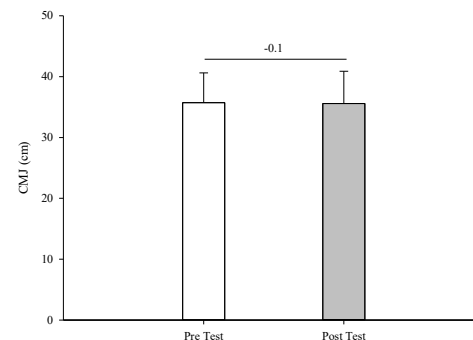


圖-3: CMJ 跳躍分析

肆、結論

低氧間歇運動與持續跑步的運動組合，既能達到無氧閾值的運動強度，也不會造成太大的體循環壓力和疲勞堆積。因此建議可以進行此種運動組合，提升基礎耐力與心肺功能。