



# 低氧不同運動型態組合對肌肉無氧代謝之急性調節效果

鄭晉賢<sup>1</sup> 張嘉澤<sup>2</sup> 王璟諭<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立體育大學競技與教練科學研究所

心跳率方面在兩組的第二次運動結束後 G-A 最大心跳率平均值為

近代競技運動員必需面對更高的比賽要求。因此，各種不同的訓練方式也因應而生。其中多項組合的訓練方式，才能提升與維持運動員競賽能力。

低氧訓練的氧氣濃度是依據負荷強度與持續時間擬定 (Neumann et al., 1994)。Berlung (1992) 的研究提出氧氣濃度約 11.3 - 16.1% 為適合進行運動負荷訓練及生理補償區域，此濃度約為海拔 2000 - 4500m。Hoppeler (2001) 的研究裡也發現了，低氧訓練可以刺激肌肉內的生物化學和結構變化。例如：促進人體細胞粒線體的增加。

中等強度持續訓練 MICT (Moderate-Intensity Continuous Training) 過去作為長距離有氧訓練方式，訓練強度通常定於 HRmax 60-70% (Burgomaster, 2008)。

高強度間歇訓練 HIIT (High-Intensity Interval Training)，其特點是在短時間內進行高強度的運動訓練。這種訓練方式目的為改善無氧效率、快速耐力能力、增強左心室壓縮及呼吸的工作能力 (張嘉澤, 2008)。Jacobs (2013) 比較短時間高強度訓練 (HIIT) 與傳統中強度持續性訓練 (MICT)，結果顯示 HIIT 訓練會達到更高的乳酸濃度，但在訓練的恢復期間乳酸的排除速率更快。

Oliveira (2018) 研究發現，在有氧訓練與阻力訓練併行時，先進行有氧訓練再進行阻力訓練可有較更低的血液乳酸濃度。可見在訓練中不同運動型態的組合順序，會對人體的肌肉無氧代謝造成影響。過去也有一些研究比較了單一運用低氧持續訓練 (CHT) 和低氧間歇訓練 (IHT) (Dufour et al., 2006)。其結果顯示，在低氧條件下 IHT 組在高強度運動階段的心跳率顯著高於 CHT 組。可見過去較多是以單一比較兩種運動型態在各項生物參數的差異，較少以兩種運動型態結合作訓練組合進行比較。

綜合以上背景，本研究將以耐力訓練的運動型態作為主要研究目的，應用不同的訓練組合順序進行實驗測試。

## 貳、研究方法

### 對象

本研究測試受試者為 5 名健康成人。年齡平均值為 24±0.7 歲。體重平均值為 76.8±1.4 公斤。身高平均值為 175.6±2.1 公分。持續跑運動強度平均值為 3.44±0.34 m/s。間歇跑運動強度平均值為 6.22±0.21 m/s。

### 方式

本實驗共進行 2 天，主要的儀器設備為高速度跑步機。實驗時的氧氣濃度設定為 O<sub>2</sub>-13% 以及休息時 O<sub>2</sub>-20.9%。持續跑強度設定為 30m 衝刺速度 50%，運動範圍為持續 3 min。高強度間歇跑強度設定為 30m 衝刺速度 90%，運動範圍為 1 組 3 次每次 10s。兩項運動訓練間隔 3 分鐘在常氧環境中進行靜態休息。本實驗所採集的生物參數共兩項，分別為心跳率 (HR) 以及 乳酸值 (La)。採集時間分別會在運動前 (R)、第一項運動結束後 (S1) 以及運動結束後恢復期第 1、5、10 分鐘 (E1-E5-E10 min) 進行蒐集 (圖-1)。兩項運動訓練執行的順序會以 S 形分配進行分組，以平衡次序法進行。數據以相依樣本 T test 進行統計分析。

## 參、結果分析與討論

結果分析顯示 A-組 (G-A) 間歇跑 (Interval) 血液乳酸堆積濃度為 5.4±1.6 mmol/l，B-組 (G-B) 則為 7.59±3.3 mmol/l，兩項差異 2.19 mmol/l。持續跑乳酸濃度在 G-A 與 G-B 組分別為 8.06±2.2、6.19±3.0 mmol/l，平均值差異 -1.87 mmol/l (圖-1)。上述結果分析發現，持續跑與間歇組合運動，執行的先後順序影響血液乳酸堆積濃度 (圖-1)。在 Fleck (1994) 的研究也指出，人體會因為運動的頻率及運動的持續時間延長，而改變肌肉能量代謝路徑。運動持續時間越長，也將增加肌肉的疲勞。

兩項測試 (G-A、G-B) 恢復期血液乳酸堆積濃度在第 5 分鐘 (E5) 平均值為 9.14±3.1 mmol/l (G-A) 與 7.65±3.4 mmol/l (G-B)，平均值差異 1.49 mmol/l。恢復期第 10 分鐘 (E10) 兩項測試平均值差異 0.61 mmol/l (圖-2)。恢復期乳酸堆積濃度與排除速度，在 G-B 組合運動呈現較快的反應 (圖-2)。恢復期 G-B 組合運動乳酸低於 G-A 組，可能是 HIIT 刺激，血液乳酸在肌肉細胞進行穿梭 (Cell-cell and intracellular lactate shuttles)，誘發其他生理機制的調節 (Brooks 2009)，呈現比較快乳酸排除。

180.6 min<sup>-1</sup>，G-B 則為 172.6 min<sup>-1</sup>，兩項平均值差異 8 min<sup>-1</sup>。G-A 中因為先進行了間歇跑訓練讓人體已經達到一定的體循環壓力，造成了持續跑訓練有較高的心跳率。G-B 中可能是因為間歇跑訓練中受間歇期的休息時間影響，讓人體體循環壓力得到緩解。過去的研究指出在 HIIT 訓練的間歇期中，人體心跳率平均可以在一分鐘內下降達 27 次 (Buchheit et al., 2012)

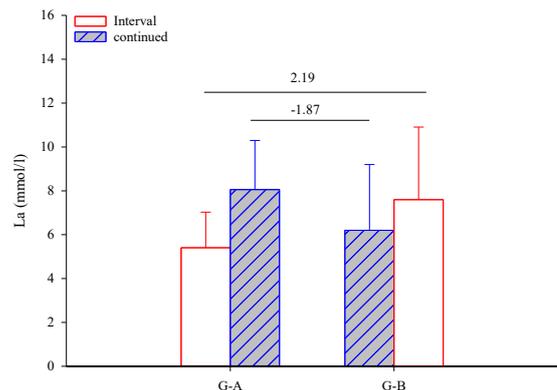


圖-1 不同運動方式組合血液乳酸 (La) 堆積濃度分析

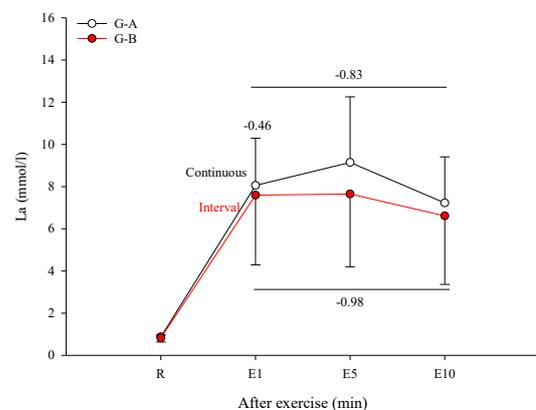


圖-2: 不同運動方式組合恢復期血液乳酸 (La) 堆積分析

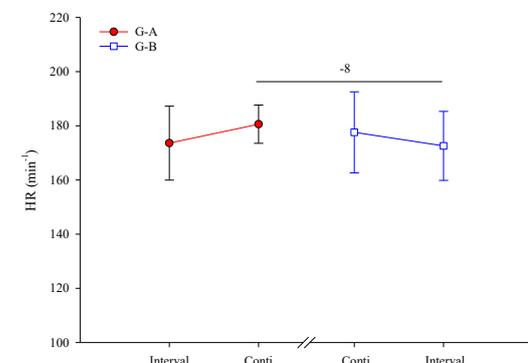


圖-3: 不同運動方式組合心跳率 (HR) 反應分析肆、結論

結論：研究結果分析證明運動型態執行順序，影響肌肉無氧代謝機制。特別是在兩項組合的第 2 次運動，間歇與持續兩項型態呈現相同的乳酸

堆積濃度。但是在運動負荷心跳率 G-B 則呈現比較低反應。