



# 急性不同肌肉收縮方式對 ATP-PC 能量路徑探討

黃翊婷<sup>1</sup> 張嘉澤<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立體育大學競技與教練科學研究所

## 壹、緒論

運動負荷主要能量路徑為脂肪、碳水化合物與蛋白質三種。從能量產生方式又分為無氧糖酵解(乳酸、非乳酸)、無氧與有氧混和、有氧路徑。運動負荷時間<10s, 主要能量來源以為無氧非乳酸 ATP-PC。40s 運動負荷其能量來源以無氧糖酵解系統作為主要路徑。有氧閾值代表運動員在運動中與運動後的恢復能力。透過耐力訓練可以提昇運動員供氧系統的能力, 改善心肺適能、增加每跳輸出量 與紅血球數量, 以及降低安靜時的血壓 (Jackson, Beard, and Wier, 1995)。在能量代謝路徑上, 有氧閾值反應了粒線體接受丙酮酸進入克勞伯循環的能力, 因而提高碳水化合物的使用率, 減緩醣類在高強度負荷下的耗盡, 減少運動當中乳酸的堆積。因此, 好的有氧閾值能力也間接地提昇無氧能力。若持續高強度的運動, 則能量的供給必須大量依賴無氧糖酵解的路徑, 因此產生高的乳酸堆積。運動員的無氧閾值能力愈好, 在高強度負荷下產生的乳酸較低, 愈能維持肌肉力量輸出的品質。因此, 無氧閾值佳的選手較能夠在高負荷下維持動作的穩定與抵抗肌肉疲勞的發生。

而血乳酸的排除, 是透過體循環系統的輸送, 肌肉與血液中的乳酸值需要花 5 分鐘以上才能恢復平衡, 競技運動員血液乳酸排除速度可達 0.5 mmol/l/min, 未訓練者排除速度為 0.3 mmol/l/min (Neumann et al.,1991)。因此運動員對血乳酸排除速度較強, 且動態活動休息時間比靜態休息方式較好。在運動時的乳酸排除率是根據有氧代謝的轉換程度及乳酸濃度, 這兩項因素越高, 乳酸被排除越大 (Heck, 1990)。

## 貳、研究方法

受試者為 6 名健康體育科系學生。平均年齡為 22.7±0.5 歲; 平均體重 61.5±12.3kg; 平均身高 165.3±6.7 cm。研究測試分為 10 m 衝刺與急性跳繩、1000 m 跑步三項。受試者在測試前先進行熱身。10 m 衝刺進行 3 次, 每次休息 20 秒。急性跳繩共進行 5 次, 每次 10 秒, 間歇 20 秒。三項測試皆間隔 20 min。生物參數採血時間點為運動前安靜值 (R) 與運動結束後第一分鐘 E1、E3、E5、E7。1000 m 跑步進行 1 次, 結束後記錄完成秒數。以 t-Test 進行乳酸排除速度差異分析, 再以皮爾遜積差相關進行 1000m 速度與乳酸排除速度相關分析。

## 參、結果分析與討論

兩種無氧非乳酸耐力測試, 10m 恢復期最大乳酸堆積於 1 分鐘 (E1) 出現, 平均值為 1.98±0.33 mmol/l, 與最後採集時間乳酸值 1.69±0.37 mmol/l, 兩項差異為-0.29 mmol/l。跳繩恢復期最大乳酸堆積於第 1 分鐘 (E1) 出現, 平均值為 3.57±1.19 mmol/l, 與最後採集時間乳酸值 3.01±0.87 mmol/l, 兩項差異為-0.55 mmol/l。

血乳酸的排除, 是透過體循環系統的輸送, 肌肉與血液中的乳酸值需要花 5 分鐘以上才能恢復平衡, 競技運動員血液乳酸排除速度可達 0.5 mmol/l/min, 未訓練者排除速度為 0.3 mmol/l/min (Neumann et al.,1991)。因此運動員對血乳酸排除速度較強, 且動態活動休息時間比靜態休息方式較好。本研究結果發現 10 m 恢復期最大血液乳酸排除速度未呈現顯著差異。此現象表示有氧耐力能力不好, 在運動時的乳酸排除率是根據有氧代謝的轉換程度及乳酸濃度, 這兩項因素越高, 乳酸被排除越大 (Heck, 1990)。

結果分析顯 10 m 乳酸排除速度介於-0.07 mmol/l 至-0.54 mmol/l。跳繩乳酸排除速度則介於-0.26 mmol/l 至-0.96 mmol/l 之間。1000 m 跑步速度介於 3.7-5.3 m/s 之間。其相關係數分別為 0.05、0.004。三者均未呈現相關, 如圖二所示。

過去文獻指出耐力能力高者, 其乳酸的排除速度也越快 (Hollmann et al.,1982)。但是在本研究發現, 1000m 跑步速度快者, 其乳酸的排除也未符合上述文獻生理機制。這個現象可能在於受試者 APT-PC 能量快速耗盡, 因此提早進入無氧糖酵解路徑。這個現象與 Hollmann et al.,(1982) 研究相符。

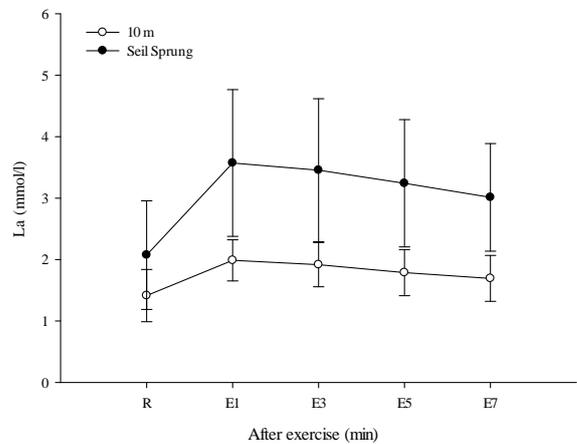


圖-1：跳繩與 10 m 衝刺血液乳酸堆積曲線與排除分析

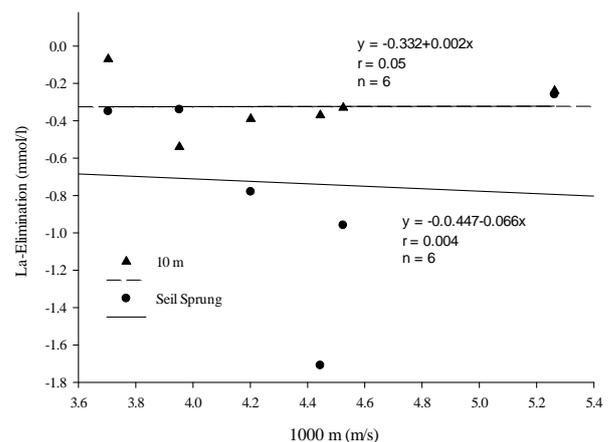


圖-2：1000m 速度對急性運動負荷乳酸排除之分析

## 肆、結論

研究結果分析發現, 1000m 跑步速度快者, 其乳酸的排除速度慢是因為 APT-PC 能量快速耗盡, 因此提早進入無氧糖酵解路徑。因此建議提昇有氧耐力能力來幫助提升恢復機制。

## 參考文獻

- Heck, H. (1990). *Energetoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik*. Köln:schorndorf.
- Hollmann, W., Rost, R. (1982). *Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Grundlagen Technik und Interpretation ergometrischer Untersuchungsverfahren*. 120-126.
- Neumann, G.(1991):*Zur Leistungsstruktur der Kurz- und Mittelzeitausdauer Sportartenaus sportmedizinischer Sicht*. Leistungspot 21,29.