



短時間與持續腳踏車無氧負荷對血液乳酸堆積之影響

彭昭閔¹ 張嘉澤¹

¹ 國立體育大學競技與教練科學研究所

壹、緒論

現今的比賽隨著節奏越來越快，強度與負荷量漸漸增加，為了能讓選手在更短的訓練時間達到訓練效果，因此必須要了解選手在接受運動負荷之後，會產生什麼症狀，並針對症狀去安排訓練計畫。不同的運動負荷會因型態、肌肉收縮模式、持續時間與強度而有不同的症狀，也會使用到不同的能量系統。能量系統分為無氧非乳酸、無氧醣酵解、以及有氧系統，其能量系統的需求取決於比賽的強度、距離與持續的時間 (Badtke, 1987)。運動負荷時間 < 10s，主要能量來源為無氧非乳酸 (anaerobic alactacid) ATP-PC。運動持續時間增加，其能量來源主要為無氧醣酵解系統。當運動負荷時間持續超過 10min，例如：徑賽 5000 – 10000m，則是以有氧醣酵解作為主要能量路徑 (Badtke, 1987)。

Heck 等人 (1981) 的研究中，以乳酸為運動負荷之指標，可正確判斷與辨別個人最大負荷程度。而 Hollmann & Rost (1982) 也提出，經過運動負荷之後，乳酸值是判斷能量代謝最好的方式。Mader 等人 (1980) 的研究指出，100m 以個人最大速度 (12 - 10s) 進行，其乳酸值會上升至 12 - 17 mmol/l。因此可了解急性運動負荷過大，在極短時間內達到個人最大強度時，肌肉急速缺氧，壓力負荷過大，動用到肌肉蛋白質進行能量供應，使壓力荷爾蒙上升，並產生高乳酸症狀。而隨著負荷時間的增加，中間無間歇休息，體內的壓力將持續的累積 (Neumann & Buhl, 1981)。Kindermann (1978) 提出，在運動中與運動後的最大乳酸值會因運動強度的不同而有所區別。訓練時強度高於個人的有氧閾值速度將無法形成乳酸穩定，乳酸就會進入血液中，並開始堆積 (張嘉澤, 2010)。因此本研究為探討短時間負荷和持續性無氧負荷運動兩者對血液乳酸堆積之影響。

貳、研究方法

研究對象

受試者為 6 名健康成人體育科系學生。平均年齡 22.5 ± 1.10 歲，身高體重分別為 173.5 ± 7.77 (cm)、 76 ± 9.94 (kg)。

方式

1) 以 Wingate 模式進行 10s 最大運動負荷，2) 以個人體重設定負荷指標 (男 3Watt/kg, 女 2.5Watt/kg) 進行 3min 運動負荷，轉速為 80-90U。兩項測試間隔 24h，測試前皆進行 5min 跑步機熱身 (2.5m/s)。研究測試生物參數血液乳酸收集恢復期第一分鐘 (E1)、E3、E5、E7、E10。

參、結果分析與討論

研究結果顯示腳踏車測功儀 10s 運動負荷最高功率輸出 707 ± 133 Watt (Peak Power)，3 min 運動負荷則為 204 ± 41 Watt。兩項運動負荷差異 504 Watt ($p < 0.05$)。運動結束第一分鐘 (E1) 血液乳酸堆積在 10s 與 3 min 負荷，平均值分別為 4.2 ± 1.7 mmol/l、 6.9 ± 2.2 mmol/l，兩項平均值差異 2.7 mmol/l ($p > 0.05$)。10s 急性負荷最高乳酸時間點出現在 E5，而 3min 持續性負荷則出現在 E3。在 3 min 持續運動恢復期 E10 下降 1.4 mmol/l ($p > 0.05$)，但是在 10s 運動負荷則未呈現下降趨勢 (圖-1)。

實驗發現 10s 急性運動負荷過大，速度與力量的輸出都明顯高過於腳踏車無氧 3min 運動負荷。雖然 <10s 的運動負荷主要能量來源為 ATP-PC，但經過這急劇的負荷後在極短的時間達到最大強度。由於肌肉缺氧速度快，強度負荷太高，因此必須動用到肌肉蛋白質進行能量供應，使壓力荷爾蒙上升，讓身體產生了高乳酸症狀。但乳酸進入血液需要時間，因此運動負荷結束後乳酸將持續上

升 (張嘉澤, 2010)。3min 腳踏車是持續性的運動負荷，在力量與速度皆呈現低強度穩定狀態，Neumann & Buhl (1981) 指出持續性運動負荷時間長且中間無間歇休息時間，造成體內壓力不斷累積，因此過程中就產生乳酸，所以在結束時，已呈現高酸症狀。Hollmann & Liesen (1973) 指出乳酸的產生量會隨運動的時間、強度以及項目而有所變動。因此在本實驗也發現，10s 的急性負荷與 3min 的持續負荷，亦產生不同乳酸呈現濃度。過去 Kindermann (1978) 研究中發現，在運動中與運動後的最大乳酸值會因運動強度的不同而有所區別，而本實驗也有相同發現。

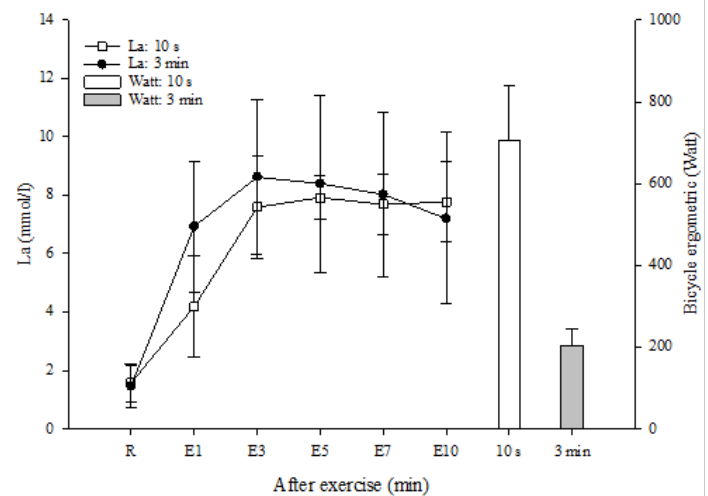


圖-1: 不同運動方式血液堆積濃度分析

肆、結論與建議

結果分析發現，在低負荷持續的運動模式，肌肉呈現高無氧反應。可透過最大乳酸穩定 (La_{maxSS}) 訓練，延緩最大乳酸值出現，以及降低最高乳酸值。在 10s 急性負荷後的高乳酸，可透過 HIIT 模式進行訓練，增加肌肉細胞中的粒腺體數量，降低乳酸值並使恢復期的代謝速率增加。

參考文獻

- 張嘉澤 (2010)。訓練學。台灣運動能力診斷協會。
- 張嘉澤 (2010)。運動能力診斷與訓練調整。台灣運動能力診斷協會。
- Badtke, G (1987): Sportmedizinische Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Training. Barth, Leipzig.
- Hollman, W., Rost, R. (1982): Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Grundlagen Technik und Interpretation ergometrischer Untersuchungsverfahren 120-126 102-126
- Hollmann, W.; Liesen, H. (1973): Der Einfluß eines zweiwöchigen Hohenstrainings auf die Leistungsfähigkeit im Flachland, gemessen an spiroergometrischen und metabolischen Parametern.
- Neumann, G., Buhl, H. (1981). Biologische Leistungsvoraussetzungen und trainings-physiologische Aspekt bei trainierenden Frauen. Med Sport 21. 154-160.
- Mader, A., H. Liesen, H. Heck, H. Philippi, R. Rost, P. Schürch, W. Hollmann. (1976): Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmedizin 27(4): 80-88.