

五天訓練對公路車選手體循環與新陳代謝之個案研究

邱奕棠¹ 蕭敬衡¹ 王胤之¹ 張嘉澤²

¹國立體育大學教練所 ²國立體育大學技術研究所

摘要

目的：五天訓練對公路車選手體循環與新陳代謝之影響。對象：自由車選手男性 1 名，年齡為 23 歲；身高為 180 公分；體重 64 公斤；訓練年數為 12 年。**方法：**以固定式自由車於低氧艙 ($O_2=13\%$) 進行持續速度變換訓練 (30-45-30-45-30-25 km/h)，持續時間分別為 5-3-10-3-5-5 min (齒輪 53-16)，為期 2 天，第 3 天於常壓常氧做快速耐力訓練，以重覆方式，負荷強度為 100%，從事 6×40 km/h 持續 3min 訓練 (齒輪 53-15)，間歇休息時間 3 min，接著 2 天，進行相同低氧訓練，外加 2 次力量耐力訓練，並以固定式腳踏車進行漸增式耐力測試，在正式訓練前 (T1) 與五天訓練 (4 天低氧 1 天常氧) 測試後 (T2)，初始強度維 130 watt，每 3 min 上昇 30 watt，至受試者最大負荷能力，訓練中及耐力測試皆記錄心跳率即採集乳酸。**結果：**訓練中心跳率，第 1 天 (Tr-1) 與第 4 天 (Tr-4) 心跳率下降差異最大值在 3X (30 km/h) 為 9 min^{-1} ，心跳率下降差異最小值皆在 2X 和 4X (45km/h) 為 5 min^{-1} 。訓練中乳酸濃度，強度 2X (45 km/h)，第 1 天(Tr-1) 乳酸濃度為 16.72 mmol/l，第 4 天 (Tr-4) 乳酸濃度為 11.49 mmol/l，下降 5.23 mmol/l，而強度 6X (25 km/h) 負荷，第 1 天 (Tr-1) 與 第 4 天 (Tr-4) 乳酸濃度下降 0.85 mmol/l。兩次耐力測試，最大負荷皆為 400 Watt，T1 乳酸濃度為 18.41 mmol/l 與 T2 乳酸濃度為 14.34 mmol/l 相差 4.07 mmol/l，乳酸排除速率分別為 5.17 mmol/l 與 4.53 mmol/l。**結論：**選手於五天訓練(4 天低氧 1 天常氧)，於體循環與新陳代謝呈現下降趨勢，最大無氧乳酸耐力下降，結束後乳酸值延後出現。

關鍵詞： 自由車、耐力測試、心跳、乳酸

壹、緒論

一、研究背景

自由車項目中的公路賽選手，依據比賽特性和完成時間，耐力為此運動主要能力，Joe Friel (2003) 指出公路賽選手，長時間維持高速度的能力，恢復能力和衝點的衝刺能力相當重要，前述的能力皆與耐力有關，而耐力的提昇須改善其新陳代謝與體循環能力，其中涵蓋自主神經，心血管系統，脂肪組織和骨骼肌.....等，而過去已證實低氧可誘發以上生理機制 (Johnson et al., 1983; Bernardi et al., 2001; Garcia et al., 1999; Reynolds et al., 1999; Ponsont et al., 2006)，許多研究也證實常壓低氧訓練除了提昇生理機能對於運動能力的表現也有效果 (Nummela et al., 1996; Dufour et al., 2006; Meeuwsen et al., 2001)。Hollmann, & Liesen (1973)常壓低氧環境，無法改變血液血紅素濃度，但可以快速改善肌肉能量提供路徑，Brooks et al. (1991)中等強度的運動中會使用更多的碳水化合物作為燃料來源，Dofour et al. (2006) 與 Ponsot et al. (2006) 在低氧環境進行耐力訓練可使肌肉組織與體循環能力獲得明顯改善，Neumann et al. (2001) 透過最佳乳酸曲線與運動結束後乳酸排除可判斷選手無氧糖酵解效率，而過去研究多為長時間訓練後的探討，較少對於訓練過程中的生理變化探討，因此本研究以間歇的方式於常壓低氧做訓練，主要探討選手在短期低氧訓練中的生理適應及訓練後能量代謝之影響。

二、研究目的

- (一) 五天訓練期間對於公路車選手新陳代謝與體循環之變化
- (二) 五天訓練對最大無氧乳酸耐力之影響。

貳、研究方法

一、研究對象；

本研究對象為自由車公路賽選手，年齡 23 歲，身高與體重分別為 180cm 與 64kg，訓練年數 12 年，最佳成績為新喀里多冠軍

二、研究方式：

以固定式自由車於低氧艙 ($O_2=13\%$) 進行持續速度變換訓練(30-45-30-45-30-25 km/h)，持續時間分別為 5-3-10-3-5-5min (齒輪 53-16)，為期 2 天，第 3 天於常壓常氧做快速耐力訓練，以重覆方式，負荷為 90%，從事 6x40km/h 持續 3min 訓練 (齒輪 53-15)，間歇休息時間 3min，接著 2 天，進行相同低氧訓練，外加 2 次力量耐力訓練，並以固定式腳踏車進行漸增式耐力測試，在正式訓練前 (T1) 與 4 天低氧訓練後測試 (T2)，初始強度維 130 watt，每 3 min 上昇 30 watt，至受試者最大負荷能力，訓練中即耐力測試皆記錄心跳率即採集乳酸。

三、資料處理

(一)以 EFK 德國製乳酸血糖分析儀，進行分析乳酸與血糖值。

(二)以 Microsoft Excel 處理本研究數據。

(三)圖形製作採用 Sigma Plot 8.0

叁、結果與討論

圖-1 為受試者低氧訓練中不同強度負荷之心跳率變化，第 1 天 (Tr-1) 與第 4 天 (Tr-4) 心跳率下降差異最大值在 3X (30 km/h) 為 9min^{-1} ，心跳率下降差異最小值皆在 2X 和 4X (45 km/h) 為 5min^{-1} 。此症狀反應體循環能力的改善，且較低強度的負荷，心跳率變異較大，其機制可能是低氧降低運動時心跳率和肺氣通氣量，增加了心輸出量來補償心跳率降低 (Tkatchouk et al., 1993)。Neumann (1990) 指出訓練中人體組織系統，最快改善的是心跳，以日為單位，與此研究相似。

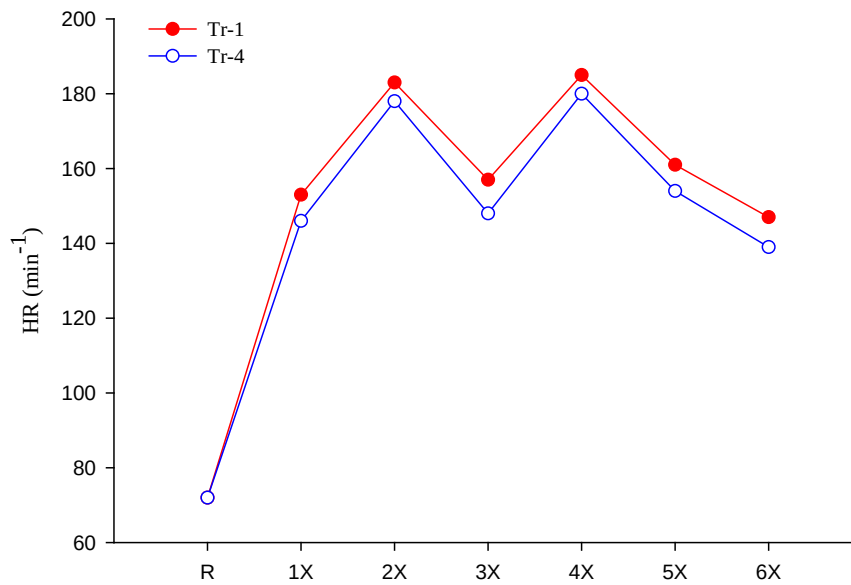


圖-1：兩次低氧訓練中不同強度負荷心跳率之比較

註：1X、2X、3X、4X、5X、6X 分別代表負荷強度(30-45-30-45-30-25 km/h)

研究結果受試者在強度 2X (45 km/h) 負荷，第 1 天 (Tr-1) 乳酸濃度為 16.72 mmol/l，第 4 天(Tr-4) 乳酸濃度為 11.49 mmol/l，下降 5.23 mmol/l，而強度 6X (25 km/h) 負荷，第 1 天 (Tr-1) 與 第 4 天 (Tr-4) 乳酸濃度下降 0.85 mmol/l。此症狀反應能量代謝改善，特別在強度較高的負荷，乳酸濃度下降的數值愈高，其機為低氧的刺激，改善 PFK 酵素活性，提昇肌肉能量代謝能力，Brooks et al. (1991) 指出常壓低氧環境下，中等強度的運動中會使用更多的碳水化合物作為燃料來源，Hollmann and Liesen (1973) 指出常壓低氧環境可以快速改善肌肉能量提供路徑，與本研究相似。

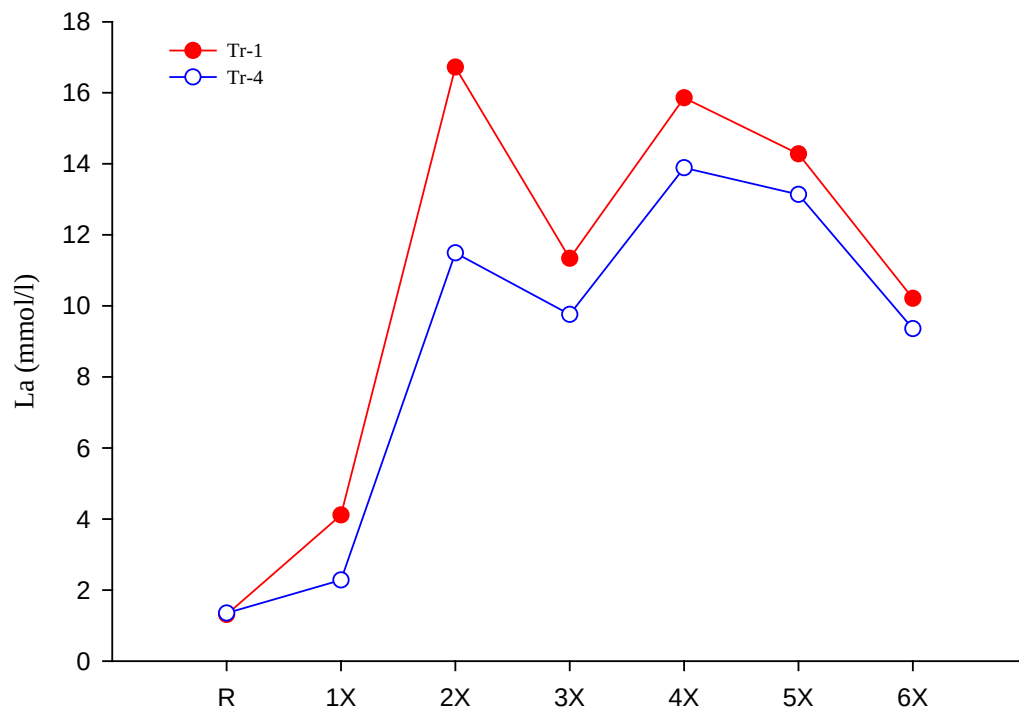


圖-2：兩次低氧訓練中不同強度負荷乳酸濃度之比較

註：1X、2X、3X、4X、5X、6X 分別代表負荷強度(30-45-30-45-30-25 km/h)

兩次耐力測試，最大負荷皆為 400Watt，T1 乳酸濃度為 18.41 mmol/l 與 T2 乳酸濃度為 14.34 mmol/l 相差 4.07 mmol/l，乳酸排除量分別為 5.17 mmol/l 與 4.53mmol/l，乳酸下降率分別為 28%與 32%，T2 乳酸值由 E1 延後至 E3。此症狀顯示最大無氧乳酸耐力下降，可能為無氧糖酵解使用效率提昇。Neumann et al. (2001) 指出最佳乳酸曲線，運動後結束乳酸值要低，乳酸值延後較佳，與本研究相符，Karlsson et al. (1975) 指出乳酸的堆積會造成神經傳導及肌肉收縮能力下降，導致肌肉產生疲勞狀態，因此糖酵解的能力提昇，可能對於運動表現能夠改善。

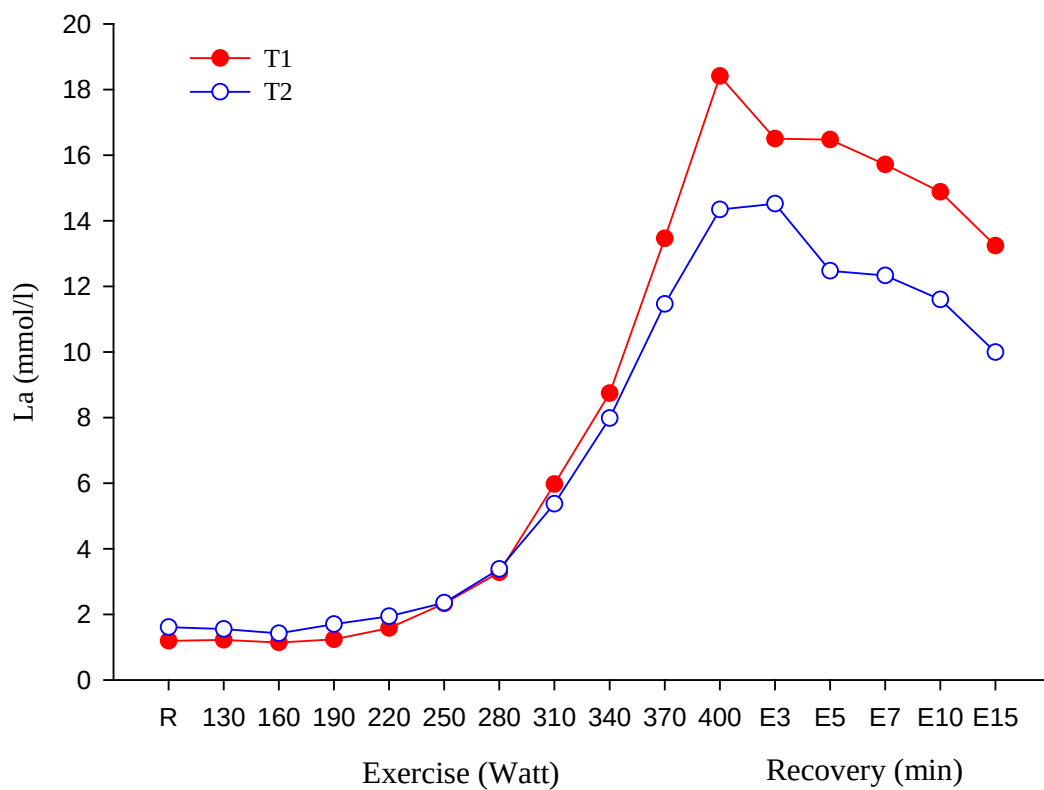


圖-3: T1 與 T2 腳踏車階梯式負荷比較

肆、結論

1. 五天訓練期間對於公路車選手新陳代謝與體循環呈現下降趨勢。
2. 五天訓練，最大無氧乳酸耐力提昇，乳酸值延後出現。

文献

- Brooks, G. A., Butterfield, G. E., Wolfel, R. R., Groves, B. M., Mazzeo, R. S., Sutton, J. R., (1991). Increased dependence on blood glucose after acclimatization to 4,300m. *Journal of Applied Physiology*, 70(2), 919-927.
- Dufour, S.P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., Lampert, E., Flück, M., Hoppeler, H., Billat, V., Mettauer, B., Richard, R., Lonsdorfer, J. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1238–1248.
- Hollman, W., Liesen, H. (1973). Der Einfluß eines zweiwöchigen Höhentrainings auf die Leistungsfähigkeit im Flachland, gemessen an spiroergometrischen und metabolischen Parametern.
- Johnson, T. S., Young, J. B., & Landsberg, L. (1983). Sympathoadrenal responses to acute and chronic hypoxia in the rat. *J Clin Invest*, 71(5), 1263-1272.
- Joe Friel (2003) *The Cyclist's Training Bible*.
- Karlsson, J., Peterson, F.B., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G. (1975) effect of previous exercise with arm and legs on metabolism and performance in exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*.
- Meeuwsen, T., Hendriksen, I. J., Holewijn, M. (2001). Training-induced increases in sea-level performance are enhanced by acute intermittent hypobaric hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 283–290.
- Neumann, G. (1990). Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme. In: Das große Buch vom Laufen. Meyer & Meyer Verlag. 222-223.
- Nummela, A., Jouste, P., & Rusko, H. (1996). Effect of living high and training low on sea level anaerobic performance in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, S124.

- Neumann, G, Pfützner, A., & Berbalk, A. (2001). Optimierte Ausdauertraining. 295.
- Ponsot, E., Dufour, S.P., Zoll, J., Doutrelau, S., N'Guessan B., Geny, B., Hoppeler, H., Lampert, E., Mettauer, B., Ventura-Clapier, R., Richard, R. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. II. Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1249–1257.
- Tkatchouk, E., Kondrykinskaya, L., & Ehrenbourg, I. (1993). Interval hypoxic training A method of improving occupational health/ Prod. 24th Congress of the International Commission on Occupational Health. France. Nice.