



一次高強度訓練組合對乳酸與心跳率曲線之影響

方奕晴¹ 張嘉澤¹ 陳德盛²

¹ 國立體育大學競技與教練科學研究所

² SPDI 運動能力診斷與訓練調整研究中心

壹、緒論

有氧無氧閾值為運動員之基礎體能，在過去訓練週期需達 4 到 6 週才能改善基礎體能。許惠明 (2006) 以 9 名手球運動員進行 5 週訓練，其研究結果改善了受試者有氧及無氧閾值之心跳率，而速度則無顯著差異。另有研究以 16 名中長跑選手進行 6 週間歇訓練，在後測之無氧閾值速度呈現進步 (黃奕達與蔡崇濱, 2011)。高強度間歇訓練 (HIIT) 是近幾年來的訓練主流 (Kravitz, 2014; Emberts, Porcari, Dobers-tein, Steffen, & Foster, 2013; Liu, Su, Jiang, Wen, & Shao, 2018)，研究指出 HIIT 的訓練效果和長時間耐力訓練相同 (Laursen, 2010)，Gibala 與 McGee (2008) 更指出 HIIT 可增加 PGC-1 α 並減少乳酸累積。超低溫冷卻是以極低溫氮氣直接接觸人體皮膚表層，冷縮熱漲的原理導致體表微血管收縮與舒張，加速了血管中的血液流動，並能產生提升氧分壓與減少二氧化碳分壓之效果。最早期超低溫冷卻被應用於治療，而近來也逐漸用於恢復或訓練中。Ückert 等 (2003) 於腳踏車 250 Watt 間歇測試前與間歇期進行超低溫冷卻，發現受試者負荷心跳率顯著下降。而將超低溫冷卻應用於高強度肌肉力量訓練後則能減少引發肌肉疼痛之酵素 (Frick, 1989)。

然而，競技運動競爭更趨激烈，追求短時間內改善體能的情形下，短週期訓練的相關研究因應而生 (Chen & Hsieh, 2001; Kasai et al., 2017; Coburn, Housh, Malek, & Weir, 2006)。而在縮短訓練週期的情況下，訓練的強度勢必得提高。但是高強度的運動負荷將造成人體極大的生理壓力。Fitts (2016) 指出高強度的肌肉收縮會導致人體 pH 值下降至 6.3 至 6.2。Wilkinson, Smeeton, 與 Watt (2010) 表示高強度運動將形成高血氣，而血氣濃度則會損害腦功能並影響神經傳導途徑。

因此，本研究將於實驗中應用超低溫冷卻以舒緩受試者負荷壓力進而探討單日高強度訓練是否能產生改善基礎體能之效果。

貳、研究方法

對象

本研究受試者為 8 名體育相關科系學生，平均身高 168.9 $\pm$ 5.9 cm，體重 69.4 $\pm$ 8.7 kg，年齡 24.6 $\pm$ 3.1 years，其運動頻率為每週三次以上，每次至少 20 min，並且無運動傷害。

方式

本研究實驗日程為連續三天，依序為前測 (T1)、單日訓練與後測 (T2)，三天皆以腳踏車測功儀 (Lode Excalibur Sport; Lode BV, Groningen, Netherlands) 為實驗負荷工具，並以半罩式低溫艙 (Space Cabin, Criomed Ltd, Kherson, Ukraine) 進行冷卻。前後測為個人有氧無氧閾值基礎耐力測試 (Mader, 1976)，測試初始的強度為 100 Watt 並維持 70~80 rpm，持續踩踏 3 min 後功率即自動增加 30 Watt，測試直到受試者力竭即停止。此測試每 3 分鐘所採集生物參數 (乳酸、心跳率) 將以乳酸分析軟體 (Lactate Express, Mesics, Germany) 計算出個人之有氧、無氧能力，單日訓練則依前測結果設定訓練強度。單日訓練包含兩項，依序為持續負荷與間歇負荷。持續負荷以無氧閾值能力 (6 mmol/L-Watt) 不斷地踩踏 10 min，並維持 70~80 rpm。間歇負荷則以最大負荷功率 (Wattmax) 進行 4x90 s 間歇訓練，亦維持 70~80 rpm，間歇期 60 s 則以 100 Watt 與 60~70 rpm 輕鬆踩踏。冷卻 (-120°C) 一次時間為 120 s，兩次為一組，組間休息 3 min。本研究應用冷卻於 5 個時間點：前測與後測結束後 3 min、單日訓練之持續負荷前 3 min 以及間歇負荷前、後各 3 min。

參、結果分析與討論

結果分析發現，T2 從 100W 至 220W 之乳酸濃度僅有微幅下降，幾乎無改善，改善最明顯為 190W，但僅達 0.34 mmol/L (圖 1)。在心跳率部分，100 W 至 250 W 於 T2 皆下降，其中差異最大為 100 W，達 11 min⁻¹，其次為 130 W，達 10 min⁻¹，功率越大，差異越小。280 W 之差異為 2 min⁻¹ (圖 2)。

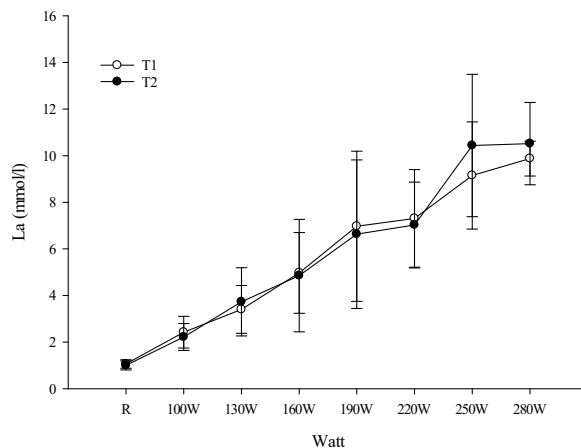


圖 1 前測與後測乳酸曲線

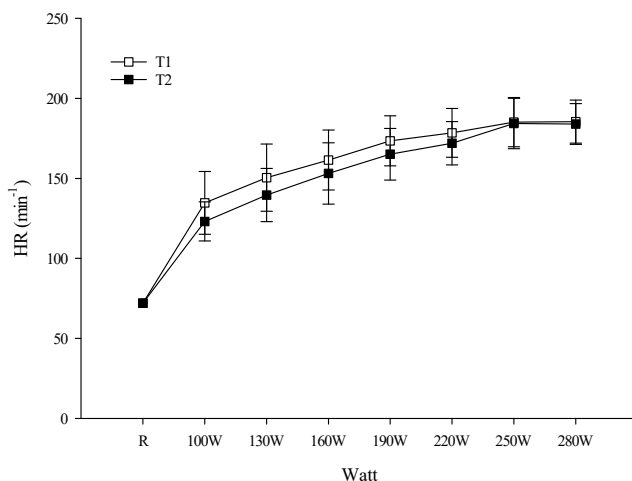


圖 2 前測與後測心跳率曲線

根據本研究結果可發現，經單日高強度訓練，受試者對於負荷時所產生之肌肉能量代謝壓力未能產生較好的調節能力。儘管相關研究提出高強度間歇訓練有激活 PGC-1 α 進而促進粒腺體合成、協助改變乳酸脫氫酶及減少負荷過程中乳酸生成 (Gibala & McGee, 2008)，以及增厚 MCT 膜並減少乳酸流入血液 (Juel, 2004) 等益處。但是，肌肉能量代謝能力的改善須透過增加體內粒腺體數量及肌肉周邊微血管數量，而 Zintl (1994) 指出須數天至數週才能生成新的組織蛋白質，且減少乳酸生成是以週為單位才能改善 (Neumann, 1990)。因此，本研究經單日訓練無法減少受試者負荷中之乳酸生成。

其次，本研究發現後測低功率之心跳率與個人最大負荷心跳率有所改善。人體能在短時間內承受高強度負荷將促使身體組織與腦進行調節，促進身體對急性負荷產生對應的適應 (Krüger, Marces, Dittmar, Sperlich, & Mester, 2015)，例如加強壓縮左心室以增加血液動力，急速收縮肌肉周邊微血管進而提升組織之血容量與負荷肌群含氧量 (Costello et al., 2013; González-Alonso & Calbet, 2003)、提升每跳輸出量 (Zalewski et al., 2014)、活化副交感活性 (Hausswirth et al., 2013)。Schaun 與 Del (2018) 進行全身徒手力量以及腳踏車測功儀兩種模式之高強度間歇訓練，結果發現副交感神經之抑制作用經訓練一天兩種模式皆提高並降低心跳率。而本研究結果亦呈現單日訓練可降低低階心跳率。

肆、結論

研究結果分析發現，在單次運動負荷刺激心跳率均呈現下降趨勢，這種症狀反應表示體循環已獲得改善調節機制的功能。因此，建議欲維持運動員體循環機制功能，可以透過持續與間歇運動組合方式進行。

參考文獻

- 許惠明 (2006)。閾值心跳率訓練對手球選手有氧與無氧閾值能力影響之探討。
- 黃奕達、蔡崇濱 (2011)。不同運動強度間歇訓練對中長跑選手無氧閾值速度及專項成績之影響。屏東教大體育第 14 期。
- Chen, T. C., & Hsieh, S. S. (2001). Effects of a 7-day eccentric training period on muscle damage and inflammation. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(10), 1732-1738.
- Coburn, J. W., Housh, T. J., Malek, M. H., & Weir, J. P. (2006). Neuromuscular responses to three days of velocity-specific isokinetic training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 892.
- Costello, J., Baker, P. R., Minett, G. M., Bieuzen, F., Stewart, I. B., & Bleakley, C. M. (2013). Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 10, CD010789.
- Embarts, T., Porcari, J., Dobers-tein, S., Steffen, J., & Foster, C. (2013). Exercise intensity and energy expenditure of a tabata workout. *Journal of sports science & medicine*, 12(3), 612.
- Fitts, R. (2016). The role of acidosis in fatigue: pro perspective. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Fricke, R. (1989). Ganzkörper-Kältetherapie in einer Kältekammer mit Temperaturen um -110 °C. *phys. Med. Balneol. Med. Klimatol. Grärfelfing*, 18, 1-10.
- Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. *Exercise and sport sciences reviews*, 36(2), 58-63.
- González-Alonso, J., & Calbet, J. A. (2003). Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation*, 107(6), 824-830.
- Hauswirth, C., Schaal, K., Le Meur, Y., Bieuzen, F., Filliard, J. R., Volondat, M., & Louis, J. (2013). Parasympathetic activity and blood catecholamine responses following a single partial-body cryostimulation and a whole-body cryostimulation. *Plos one*, 8(8), e72658.
- Juel, C. (2004). Laktattransport im Skelettmuskel: Trainingsinduzierte Anpassung und Bedeutung bei körperlicher Belastung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55(6), 157-160.
- Kasai, N., Kojima, C., Sumi, D., Takahashi, H., Goto, K., & Suzuki, Y. (2017). Impact of 5 days of sprint training in hypoxia on performance and muscle energy substances. *International journal of sports medicine*, 38(13), 983-991.
- Kravitz, L. (2014). Metabolic effects of HIIT. *IDEA Fitness Journal*, 11(5), 16-18.
- Krüger, M., de Marées, M., Dittmar, K. H., Sperlich, B., & Mester, J. (2015). Whole-body cryotherapy's enhancement of acute recovery of running performance in well-trained athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 10(5), 605-612.
- Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(s2), 1-10.
- Liu, Y., Su, H., Jiang, Z., Wen, T., & Shao, J. (2018). PO-098 Effect of HIIT on mitochondrial telomerase of skeletal muscle in aged rats. *Exercise Biochemistry Review*, 1(3).
- Mader, A. H. (1976). Zur beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor. *Sportarzt sportmed*, 27, 80-88.
- Neumann, G. (1990). Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme. In: *Das gross Buch vom Laufen*. Meyer & Meyer Verlag. 222-223
- Ross, L. M., Porter, R. R., & Durstine, J. L. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *Journal of sport and health science*, 5(2), 139-144.
- Schaun, G. Z., & Del Vecchio, F. B. (2018). High-Intensity Interval Exercises' Acute Impact on Heart Rate Variability: Comparison Between Whole-Body and Cycle Ergometer Protocols. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(1), 223-229.
- Uckert, S., & Joch, W. (2003). Der Einfluss von Kalte auf die Herzfrequenzvariabilität. *Osterreichisches Journal für Sportmedizin*.—2003, 33(2), 14-20.
- Wilkinson, D. J., Smeeton, N. J., & Watt, P. W. (2010). Ammonia metabolism, the brain and fatigue; revisiting the link. *Progress in neurobiology*, 91(3), 200-219.
- Zalewski, P., Buszko, K., Zawadka-Kunikowska, M., Słomko, J., Szrajda, J., Klawe, J. J., ... & Newton, J. (2014). Cardiovascular and autonomic responses to whole-body cryostimulation in essential hypertension. *Cryobiology*, 69(2), 249-255.
- Zintl, F. (1994) *Asusdauer-Training, Grundlagen-Methoden-Trainingssteuerung*. Zurich, BLV, Sportwissen.