

單次間歇訓練中休息方式對於耐力選手之影響

李綿綿¹ 王錠堯¹ 楊孫錦² 王再彬² 黃溶棋¹

¹國立體育大學 ²世新大學

摘 要

目的：探討 4mmol/l 速度間歇訓練以固定時間 40 秒 (time determinant, TD) 與回到 2mmol/l 心跳率 (heart rate determinant, HRD) 休息方式對於中長距離選手的影響。方法：受試者為 8 名青少年男性中長距離選手，年齡 16.6 ± 0.5 歲、身高 171.1 ± 3.8 公分、體重 61.3 ± 6.0 公斤。受試者先接受漸增強度跑步測驗後一週，以平衡次序接受不同休息方式的 4mmol 速度 (3.8 ± 0.3 m/s) 間歇訓練 (2 sets \times 5 repetitions \times 3 min)，兩次訓練至少間隔 48 小時。記錄訓練中第 1、3、5、6、8、10 次 (repetition, rep) 後及訓練結束後第 3、5 分鐘的血乳酸 (blood lactate, La) 與心跳率 (heart rate, HR)。測驗結果使用相依樣本二因子變異數分析進行比較，顯著水準訂為 $p < .05$ 。結果：不同休息方式對於訓練中 La 有交互作用 ($F=10.52$, $p < .05$)，而 HR 則無 ($p > .05$)；TD 訓練後第 3 分鐘的 La 顯著高於 HRD，但 HR 無顯著差異。TD 時，rep 3 (3.09 ± 0.16 mmol/l) 及 rep 8 (2.86 ± 0.17 mmol/l) 的 La 與 rep 1 (3.93 ± 0.14 mmol/l) 有顯著差異 ($p < .05$)，HR 隨著反覆逐漸上升；HRD 時，rep 5、rep 8、rep 10 (2.79 ± 0.16 - 3.51 ± 0.13 mmol/l) 的 La 顯著低於 rep1 (3.85 ± 0.11 mmol/l)，而 HR 亦隨著反覆而上升。結論：休息方式會影響中長距離選手在單次 4mmol/l 速度間歇訓練中的肌肉能量代謝，但對於體循環的改變影響不大。

關鍵詞：無氧閾值、有氧閾值、血乳酸、心跳率

壹、緒論

規律的間歇訓練已經是耐力運動員訓練中不可或缺的元素，其基本定義為一段完整的訓練時間被相對應的休息時間所分割。間歇訓練的組成可分為工作強度與時間、休息強度與時間以及總做功時間。間歇訓練主要為重複以相對較高強度（等於或高於最大乳酸穩定

強度)進行的訓練,穿插輕度動態恢復或安靜休息之恢復時間。間歇訓練的目地主要是為了提升持續訓練中所能忍受的強度,累積更大的訓練刺激 (Balsom, Seger, Sjodin, & Ekblom, 1992)。然而根據訓練目地的不同,間歇訓練可分成有氧性及無氧性 (Billat, 2001a; Billat, 2001b),有氧性間歇訓練是以較慢的速度進行,工作時間約維持 3 至 15 分鐘而休息時間僅能有 60 至 90 秒,該訓練的目的是讓運動員身體維持在目前最高穩定狀態速度 (Hawley, Myburgh, Noakes, & Dennis, 1997)。大多數的中長距離跑者都需要提升最高的穩定速度,因此有氧性間歇訓練在中長距離選手的訓練中相當普遍。有氧性間歇訓練的優點包括增進乳酸的動力學、活化特定的神經模式徵召比賽速度需要的肌肉纖維、培養抗疲勞能力並且提升運動能力表現 (Lindsay 等, 1996; Hawley 等, 1997; Westgarth 等, 1997; Stepto, Hawley, Dennis, & Hopkins, 1999)。

大多數間歇訓練的休息方式採用固定時間 (Billat, 2001a),一般有氧性間歇訓練的休息時間為 60 至 90 秒,但考慮到一般經過長期耐力訓練的選手都會有著較佳的恢復能力(血乳酸的排除或是心跳率的下降) (林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君, 2001/2002) 及採血的時間,本研究設定 40 秒。部分的研究 (Demarie, Koralsztein, & Billat, 2000) 及實務的訓練上仍會採用恢復到特定心跳率的方式,根據 Mader 等 (1976) 的理論,心跳率降至 2mmol/l 有氧閾值心跳率時表示身體已經進入有氧代謝,因此本研究以有氧閾值心跳率為開始運動的心跳率。然而針對中長距離選手雖然心跳率可以反映出運動強度及恢復的情況,但是從心跳率並無法察覺到體內肌肉新陳代謝的情形,因此使用恢復到特定心跳率的休息方式會使間歇訓練中的恢復期過長而影響訓練效果,因此間歇訓練中所使用的休息方式有進一步探討的必要。此外,過去間歇訓練的強度幾乎都使用最大攝氧量或最大攝氧量速度 (velocity associated with the maximal oxygen consumption, $v\dot{V}O_{2max}$) 的百分比設定 (Billat, 2001a),但是 Baldwin, Snow, and Febbraio (2000) 的研究指出相較於最大攝氧量或最大攝氧量速度百分比,以乳酸閾值百分比設定運動強度時,其使用的能量系統及心臟的壓力對於訓練程度不同的受試者較為一致,因此本研究以 4mmol/l 無氧閾值設定間歇訓練的運動強度。

根據上述的探討,本研究將探討單次 4mmol/l 速度間歇訓練時以固定時間 (40 秒) 與恢復到特定心跳 (2mmol/l 有氧閾值心跳率) 不同休息方式時對於中長距離選手的影響,並且分析不同休息方式時血乳酸與心跳率的變化情形。

貳、研究方法

一、受試者與研究流程

八位經過長期耐力訓練的中長距離青少年選手自願參加本研究,其基本資料如表 1,測驗前需填寫受試者同意書並瞭解整個研究流程,在接受本研究測驗前的 3 天內沒有接受高強度訓練。受試者必須到實驗室 3 次,第 1 次接受漸增強度跑步測試取得受試者有氧及無氧閾值的速度及心跳率,第 2、3 次則以平衡次序接受不同休息方式的間歇跑步訓練,每次

測驗皆間隔 48 小時以上。

表 1 受試者基本資料

年齡 (yrs)	身高 (cm)	體重 (kg)	有氧閾值 (m/s)	有氧閾值 HR(min ⁻¹)	無氧閾值 (m/s)	無氧閾值 HR(min ⁻¹)
16.6±0.5	171.1±3.8	61.3±6.0	2.4±0.1	130.4±2.0	3.8±0.1	164.8±4.0

二、測驗方式

受試者第 1 次到實驗室先進行身高與體重測量。進行 5 分鐘熱身後接受跑步機 (h/p/cosmos pulsar 3p 4.0) 上的漸增強度測驗 (Mader et al., 1976)，起始速度為 2.0 m/s 每一階持續 5 分鐘，每增加一階增加 0.5 m/s 直到受試者衰竭為止，階與階間休息 40 秒以耳垂採血方式測量血乳酸 (Diagnostic Biosen C_line 德國製乳酸血糖分析儀) 並記錄心跳率 (Polar 610i)，之後透過軟體計算受試者 2mmol/l 及 4mmol/l 乳酸閾值的速度及心跳率做為正式訓練時的依據。

受試者第 2、3 次都是在下午接受訓練，兩次訓練至少間隔 48 小時。訓練前兩小時不得進食 (可喝水)。本研究採受試者內設計，受試者以平衡次序接受兩次不同休息方式的間歇跑步測驗，其測驗流程如圖 1，總訓練內容為 (2 sets × 5 reps × 3 min)。休息方式分別為 reps 間休息 40 秒 (TD)，以及恢復到個人的 2mmol/l 心跳率 (HRD) 兩種。以耳垂採血及 Polar 錶記錄安靜 (r)、第 1、3、5、6、8、10 次 rep (1x、3x、5x、6x、8x、10x) 後及訓練後第 3、5 分鐘 (E3、E5) 的血乳酸 (La) 與心跳率 (HR)。

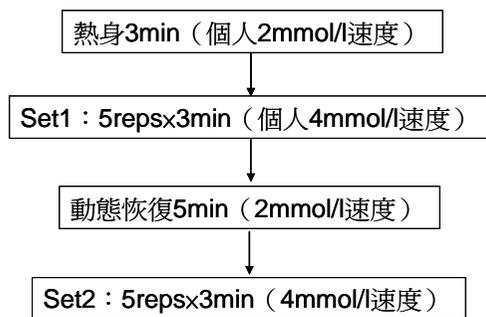


圖 1 間歇跑步測驗流程

三、統計分析

使用 SPSS 10.0 軟體進行分析，所有數值除了年齡、身高、體重外皆以 Mean ± SE 表示，TD 與 HRD 間歇跑步測驗相對應各反覆的血乳酸與心跳率以相依樣本二因子變異數分析進行比較，若交互作用達顯著，再進行單純主要效果比較 TD 與 HRD 組內及組間各反覆的差異，並以相依樣本 t 檢定比較訓練後的 La 與 HR，本研究顯著水準訂為 $p < .05$ 。

參、研究結果

一、TD 與 HRD 各反覆的 La 與 HR 比較

單次間歇訓練在不同休息方式時血乳酸有顯著的主要效果， $F(1,7)=7.89$ ， $p=.026$ ，反覆間亦有顯著主要效果， $F(5,35)=11.35$ ， $p=.000$ ，且交互作用達顯著水準， $F(5,35)=10.52$ ， $p=.000$ 如圖 2。在心跳率部分僅有反覆間達顯著主要效果， $F(5,35)=33.09$ ， $p=.000$ ，不同休息方式間無交互作用如表 2。顯示不同休息方式對於肌肉能量代謝與體循環有不同的影響。

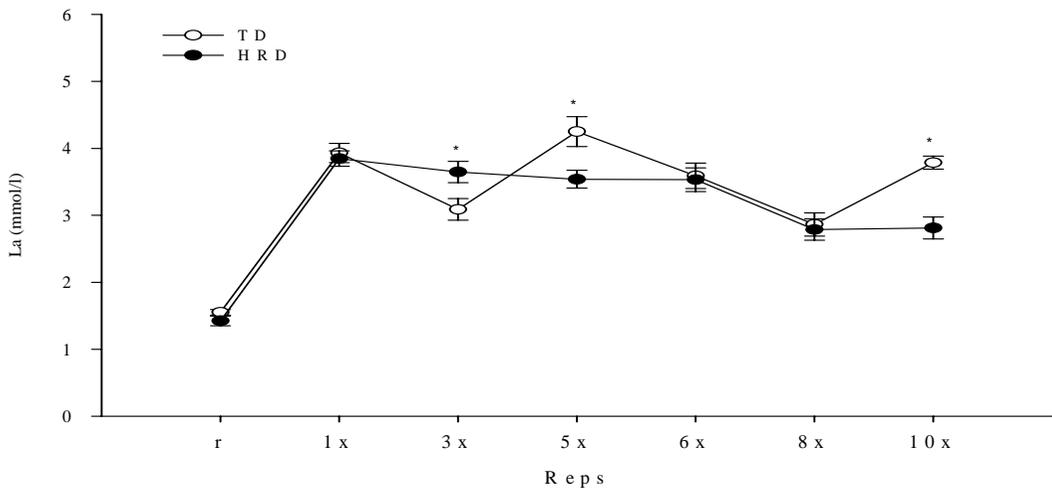


圖 2 TD 與 HRD 各反覆的 La 比較圖

*表示不同休息方式間有顯著差異 $p < .05$

二、TD 與 HRD 中 La 與 HR 的組間與組內變化

兩次測驗前的安靜血乳酸及心跳率皆未達顯著差異，顯示受試者訓練前的狀態相同，不同休息方式間的血乳酸在 3x、5x 及 10x 有顯著差異 ($p < .05$)，心跳率皆無顯著差異 ($p > .05$)。TD 內 3x 及 8x 的血乳酸顯著低於 1x ($p < .05$)，HRD 內 5x、8x、10x 的血乳酸皆顯著低於 1x ($p < .05$)。不同休息方式的心跳率都是隨著反覆增加逐漸上升。

表 2 TD 與 HRD 中各反覆的 La 與 HR 值

(N=8)	TD-La (mM)	TD-HR (min^{-1})	HRD-La (mM)	HRD-HR (min^{-1})
r	1.55±0.04	64.6±1.6	1.42±0.07	64.5±1.2
1x	3.93±0.14	158.4±3.6	3.85±0.11	157.5±2.4
3x	3.09±0.16* [#]	163.6±3.8	3.65±0.16*	163.8±2.4
5x	4.25±0.22*	168.0±3.9	3.54±0.13* [#]	164.5±2.3
6x	3.59±0.19	164.9±3.7	3.53±0.18	162.8±2.2
8x	2.86±0.17 [#]	169.1±3.8	2.79±0.16 [#]	166.6±2.5
10x	3.79±0.10*	170.6±4.4	2.81±0.16* [#]	167.8±2.4

註：*表示 TD 與 HRD 有顯著差異 ($p < .05$)，#表示組內與 1x 有顯著差異 ($p < .05$)

三、訓練後 La 與 HR 的比較

不同休息方式訓練後 E3 的血乳酸有顯著差異 (3.44 ± 0.17 vs. 2.62 ± 0.14 , $p < .05$)，E5 的血乳酸 (2.60 ± 0.12 vs. 2.62 ± 0.11) 與訓練後心跳率 (E3: 103.6 ± 4.8 vs. 97.9 ± 2.0 ; E5: 92.4 ± 4.1 vs. 88.3 ± 2.1) 皆未達顯著差異 ($p > .05$)。顯示訓練後 TD 所累積的血乳酸值較高，而心跳率不同休息方式間沒有差異，不過 TD 的心跳率都略高於 HRD。

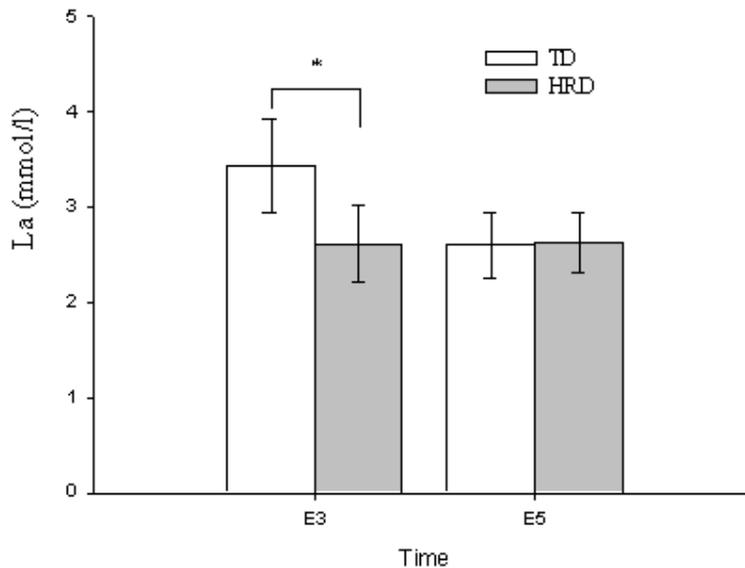


圖 3 不同訓練後血乳酸比較

*表示有顯著差異 $p < .05$

肆、討論

一、受試者背景與休息方式的操弄

受試者的無氧閾值速度達 3.8 m/s 且有氧閾值速度為 2.4 m/s 顯示其皆為受過良好訓練的選手，因此為了避免受試者在間歇訓練時恢復太快及採血時間的限制，因此將固定時間設為 40 秒。根據實驗中的觀察，HRD 的恢復時間則都高於 40 秒 (45.3-70.8s)，顯示本研究操弄的休息方式確實不同。

二、不同休息方式的血乳酸與心跳率比較

根據圖 2 的結果，TD 中各反覆的 La 起伏較大，TD 中 3x、5x 及 10x 的 La 與 HRD 皆達顯著差異 ($p < .05$)，顯示固定時間的休息方式可以較有效的刺激肌肉的能量代謝。TD 在運動初期的 La 較低，可能的原因是休息時間過短，沒有足夠的時間使 La 從肌肉中排除到血液中，在連續的運動刺激下，強迫肌肉氧化肌肉內乳酸當作來產生能量 (Brook, Dubouchaud, Brown, Sicurello, & Butz, 1999)，或是刺激肌肉內緩衝物質來中和所產生的乳酸 (Edge, Bishop, & Goodman, 2006)，乳酸產生後先存在肌肉中避免快速的擴散到血液中可以避免因為血液中酸性上升造成中樞神經對於肌肉驅動力的下降 (Cairns, 2006)，因此運動初期乳酸較晚擴散到血液中可以避免運動能力的下降。反觀 HRD 因為必須恢復到有氧閾值心跳率造成休息的時間越來越長，所以 La 較明顯的排除到血液當中，造成 La 相對於比較平穩，到了訓練最後甚至有明顯下降的情況，其主要原因應該是訓練中因休息時間過長，血乳酸相對已經排除所造成。整體來講，體循環中 HR 的反應主要取決於運動強度，不受到休息方式不同的影響，但是代表肌肉新陳代謝狀況的 La 卻會受到休息方式的影響而有所不同。

三、不同休息方式的組內變化

表二顯示兩種休息方式有交互作用後的簡單主要效果比較可以發現 TD 休息方式可以有效的造成血液中乳酸的起伏，而 HRD 休息方式可能因為休息的時間逐漸拉長造成血乳酸有逐漸下降的趨勢。從中長距離選手訓練的角度來說，HRD 的間歇訓練方式可能會造成訓練後期強度不足的效果，而 TD 的間歇訓練方式可以提供中長距離選手較有效率的刺激，並且訓練肌肉中堆積乳酸的能力。

TD 休息方式中各反覆的 HR 有逐漸上升的現象，顯示受試者心肺系統感受到的運動強度逐漸上升，然而 3x 及 8x 的 La 顯著低於 1x，且顯示 40 秒的休息方式在間歇訓練中產生了血乳酸起伏的現象，可能較短的休息時間 ($< 1\text{min}$) 可以刺激肌肉緩衝能力的產生，反觀 HRD 則無此現象 (休息時間 $> 1\text{min}$)，僅發現血乳酸在 5x、8x、10x 有顯著低於 1x 顯示可能因為休息時間過長造成訓練的刺激不足。

根據本研究的結果發現不同的休息方式會影響中長距離青少年選手在單次 4mmol/l 速度間歇訓練中的血乳酸反應，因此建議針對一般人或是在訓練的準備期可能可以採用恢復

到有氧閾值心跳率的休息方式，避免對心臟的刺激過於強烈也可使訓練時的血乳酸較為穩定；而對於優秀選手或是在訓練的專項期則採用固定時間的休息方式（< 1min）的方式，給予選手較強大的刺激，提高訓練的品質。未來應進一步研究短時間休息方式（< 1 min）間歇訓練對於生理反應的影響。

參考文獻

- 林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君(譯)(2002)。《運動生理學》。臺北市：藝軒。(Howley, E. T., 2001)
- Baldwin, J., Snow, R. J., & Febbraio, M. A. (2000). Effect of training status and relative exercise intensity on physiological responses in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1648–1654.
- Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjodin, B., & Ekblom, B. (1992). Maximal intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 528–533.
- Billat, V. L. (2001a). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 13–31.
- Billat, V. L. (2001b). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: Anaerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 75–90.
- Brooks, G. A., Dubouchaud, H., Brown, M., Sicurello, J. P., & Butz, C. E. (1999). Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, 96, 1129–1134.
- Cairns, S. P. (2006). Lactic acid and exercise performance. *Sports Medicine*, 36, 279–291.
- Demarie, S., Koralsztejn, J. P., & Billat, V. (2000). Time limit and time at $\dot{V}O_2\text{max}$ during a continuous and an intermittent run. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40, 96–102.
- Edge, J., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 97–105.
- Hawley, J. A., Myburgh, K. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Training techniques to improve fatigue resistance and enhanced endurance performance. *Journal of Sports Sciences*, 15, 325–333.
- Lindsay, F. H., Hawley, J. A., Myburgh, K. H., Schomer, H. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1427–1434.

- Mader, A., Lisen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., et al. (1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfaehigkeit in Labor. *Sportarzt und Sportmed*, 27, 80-88.
- Stepo, N. K., Hawley, J. A., Dennis, S. C., & Hopkins, W. G. (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 736 –741.
- Westgarth, T. C., Hawley, J. A., Rickard, S., Myburgh, K. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 298 –304.

Effect of Rest Strategies during Single Interval Training on Endurance Runners

Mien-Mien Lee¹, Ting-Yao Wang¹, Sun-Chin Yang², Tsai-Pin Wang², & Jiun-Chi, Huang¹

¹National Taiwan Sport University & ²Shih Hsin University

Abstract

Purpose: To investigate the effect of different rest strategies which were constant time (40 sec, TD) and back to 2mmol/l heart rate (HRD) during the 4mmol/l speed interval training on middle and long distance runners. **Methods:** Eight male adolescent middle and long distance runners (age: 16.6 ± 0.5 yrs, height: 171.1 ± 3.8 cm, weight: 61.3 ± 6.0 kg) were recruited in this study. Subjects were accepted to increment treadmill tests and after one week, two different rest strategies were applied to 4mmol/l speed (3.8 ± 0.3 m/s) interval running (2 sets×5 reps×3 min) in counter balance order with 48 hours separated. Blood lactate (La) and heart rate (HR) were recorded at 1st, 3rd, 5th, 6th, 8th, and 10th repetition and 3rd, 5th minute after training. Using two-way ANOVA with repeat measures to compare inter- and intra- La and HR during different rest strategies. The significant level was set at $p < .05$. **Results:** Interaction was showed on La at different rest strategies during training ($F=10.52 \cdot p < .05$), but it wasn't on HR ($p > .05$). After training, La at the 3rd minute of TD was significant higher than HRD, but no difference in HR was found. During the TD, La at rep3 (3.09 ± 0.16 mmol/l) and rep8 (2.86 ± 0.17 mmol/l) were significantly different from rep1 (3.93 ± 0.14 mmol/l) ($p < .05$) and HR were increased with repetitions ($p < .05$). During the HRD, the La of rep5, rep8 and rep10 (2.79 ± 0.16-3.51 ± 0.13 mmol/l) were significant lower than rep1 (3.85 ± 0.11 mmol/l) and HR increased with repetitions, too ($p < .05$). **Conclusion:** Different rest strategies may affect metabolism of muscle during 4mmol/l speed interval training but no significant effect on circulation.

Keywords: aerobic threshold, anaerobic threshold, blood lactate, heart rate