

短期訓練對青年田徑選手 200 公尺速度表現之影響 Effects of short-term training on 200 meter performance in young sprinters

¹陳德盛 Te-Sheng Chen ²陳佳慧 Chia-Hui Chen ³張嘉澤 Jia-Tzer Jang

^{1,3}國立體育大學競技與教練科學研究所 Graduate Institute of Athletics and Coaching Science, National Taiwan Sport University

²運動能力診斷與訓練調整研究中心 Sport Performance Diagnostic Institute.

投稿日期：2017 年 3 月；通過日期：2017 年 5 月

摘 要

緒論：探討青少年運動員短期兩週力量耐力與登階衝刺訓練對 200 公尺分段速度表現和運動後乳酸及心跳反應。**方法：**14 名青年短距離運動員依 200 公尺速度平均分配至力量耐力組($n=7$; age: 17.3 ± 1.1 years, body mass: 67.2 ± 6.8 kg, body height: 172.3 ± 6.8 cm)與登階衝刺組($n=7$; age: 17.3 ± 1.3 years, body mass: 66.3 ± 6.1 kg, body height: 171.7 ± 8.4 cm)。力量耐力組進行一週三次，每次五組的 1/2 蹲舉訓練(40% 1RM)，組間休息 2 分鐘；登階衝刺組為 5 組 20 公尺登階衝刺(50 階)，組休 2 分鐘；兩組每週訓練結合兩天中等強度耐力跑(HRmax 70%)，訓練為期兩週。訓練前後實施 200 公尺分段速度(0-50m, 50-100m, 100-150m, 150-200m)、乳酸與心跳數據收集。**結果：**兩組訓練後，200 公尺測試後的壓力反應(乳酸與心跳)無組間顯著差異。力量耐力訓練提高 200 公尺整體和中後段速度表現(50-200m, $+0.98\%$, $p < .05$)，登階衝刺提高中後段速度表現(50-200m, $p < .05$)，但起跑加速階段皆退步(0-50m, $p < .05$)，兩組間無顯著差異。登階訓練後，200 公尺恢復乳酸值顯著下降於恢復期第 10 分鐘(T-1: 15.61; T-2:14.51 mmol/l, $p < .05$)。**結論：**短週期兩週力量耐力與登階衝刺訓練能改善青年選手 200 公尺中後段速度表現，但不利於起跑加速改善，建議短週期徑賽訓練時除了速度與相關體能訓練外，須維持起跑專項技術訓練。

關鍵詞：肌耐力、登階衝刺、速度曲線、神經肌肉適應

壹、緒論

長期的規律訓練證實能有效提高速度與力量表現，不過在整年度訓練周期規劃中，特別在週期轉換階段、賽前調整等階段，教練往往須因應選手能力進行針對性的調整，就徑賽離選手而言例如：起跑技術、高速穩定、欄間動作等等，教練通常在日常規律訓練課程外，額外實施所謂的特訓或稱作輔助訓練，而這種只針對某種能力的訓練通常以短周期實施，該實施的模式有二，第一種為選手在規律訓練課程之外再增加輔助訓練；第二種為只針對某種缺乏的能力實施針對性的訓練，期間不額外進行其他訓練。就生理變化而言，Burgomaster et al., (2006)研究發現兩週高強度間歇訓練能增加肝醣儲存與肌肉氧化能力；也有實驗指出，兩週訓練可以提高最大攝氧峰值、脂肪代謝效率與肌肉內粒線體的活性 (Talanian, Galloway,

Heigenhauser, Bonen, & Spriet, 2007)，Skucas and Pokvytyte (2016)以兩週腳踏車漸增至耗竭性訓練也發現能改善殘障運動員的耐力能力。因此，基於上述生理適應，短期訓練可能有助於改變速度、力量與耐力能力(Brown & Whitehurst, 2003; Archer et al., 2016; Skucas et al., 2016)，然而短期訓練過程必須建立在運動的刺激是否足夠上，所以短期訓練大多以高強度運動為設計主軸，當短周期的訓練促使人體生理產生變化後，訓練相關的強度設定是否能夠誘發運動表現提升，則較少進行探討。

短距離徑賽，指距離 400 公尺以內，或競賽時間小於 3 分鐘的徑賽項目(許樹淵，1994)。徑賽從起跑反應開始，選手依序呈現起跑加速、最高速度表現、高速度穩定維持這四階段。速度訓練的增進，除了選手先天條件與有效率的動作技巧外，搭配合適的訓練

內容對於速度的展現，具有重要的影響。就訓練的角度而言，當徑賽距離愈短，表示選手必須盡早達到最高速度，並能穩定維持高速度的能力直到終點 (Saltin, 1986；張嘉澤，2014)。Otsuka, Kawahara, and Isaka (2016)指出，當跑者速度提高時，代表能接受更高的訓練強度與具備更快的動作速度。表示當教練目的是提高速度表現時，應先追求最高速度的提升，其次再於改善其餘生理機制，例如高速度穩定能力等。因此就教練與選手訓練目的而言，應以提高最高速度的展現作為訓練的優先重點。負重與阻力衝刺模式是常見的速度訓練方式之一，如階梯衝刺(stair sprint)、雪橇跑(sled-pulling sprint)等，並常見運用於各運動項目的訓練方式之一，除了固定機械式的電動登階台外，實際訓練現場，大多以就地取材便於實施的方式為取代。長期性登階訓練(每次> 2 分鐘)早已證實具有許多生理效益，如促進心肺功能改善、降低心血管風險因子、最大攝氧量提升等(Boreham, Kennedy, Murphy, Tully, Wallace, & Young, 2005)。階梯式訓練內容的設定與訓練的效果也會因其坡度、每階高度、階梯數和距離等因素而產生差異；階梯訓練又可區分成離心性的下梯(stair descending)訓練與向心性的登梯(stair ascending)訓練兩種(Theodorou et al., 2013)。Hunter, Marshall, and McNair (2004)指出，短距離衝刺選手的髖部伸肌肌群必須強而有力，特別在後腿肌與臀大肌的部分，就其動作機制而言，階梯訓練與田徑動作的抬腿跑和上坡跑的動作相近，因此有助於改善速度表現。另一方面，衝刺型態的運動項目，對於阻力的訓練多著重於增進瞬發力(explosive)的訓練模式。然而，除了瞬發力訓練外，維持高速度穩定的表現以及延後速度的下降的時間，對於徑賽最後階段的維持亦對結果造成關鍵的影響。Harre (1986) 指出，欲提昇速度能力必須具備肌肉力量與快速收縮耐力，欲維持高速度階段穩定的表現，必須透過力量耐力(strength endurance)訓練模式來進行。過去研究指出，短期阻力訓練能在不促使肌肉肥大下產生神經性適應，例如增加動作單元激發率和招募比率增加，能使提高速度表現(Brown et al., 2003; Gabrel, Kamen, & Frost, 2006)。力量耐力，是指在短時間內，維持高動力輸出的能力 (Hollmann & Hettinger, 1990)，阻力負荷介於 1RM 的 40-70%，重複次數 20-30 次，訓練組數 3-5 組，每組間休息時間不多於 2 分鐘(Pampus, Lehnertz, & Martin, 1989)，力量耐力訓練目的在於改善肌肉能量供應的效率，並能在較長時間下持續維持高動力輸出 (Martin, Carl, & Lehnertz, 1993;

張嘉澤，2014)，並且也能提高最大力量(Rhea et al., 2003)。

登階衝刺與力量耐力兩種阻力性的訓練，就長周期訓練發現具有顯著的效果，但在短周期訓練下，這兩種訓練模式是否有助於改善短距離的衝刺項目仍不清楚。因此，本研究欲以高中運動員為對象探討階梯衝刺訓練與力量耐力訓練兩種訓練模式，透過兩週共六次的應用，觀察訓練前後每 50 公尺分段速度表現，並觀察運動結束後運動員身體負荷程度。

貳、方法

一、研究對象

14 名高中男子田徑選手(平均年齡 17.29 ± 1.07 歲，訓練年數 3.14 ± 1.83 年，200 公尺平均速度 7.90 ± 0.64 m/s)參與本實驗，每週從事三次以上規律訓練，深蹲(1/2 back squat)最大力量 (Repetition maximum, 1RM) 183.1 ± 26.2 kg。訓練前進行個人 200 公尺速度測試，並以最終速度表現依平衡次序法分成階梯組(staircase group, SG; $n=7$, 171.71 ± 8.42 公分、 66.31 ± 6.11 公斤)與力量耐力組(strength endurance group, EG; $n=7$, 172.86 ± 5.27 公分、 68.14 ± 7.78 公斤)，選手接受實驗與訓練階段為準備期 II：指在年度第一場比賽完賽後，進行改善比賽期 I 體能缺點之訓練階段(張嘉澤，2014)。所有受試者在實驗開始前，皆充分了解該實驗兩週訓練的內容與強度，並填寫受試者同意書，且在訓練過程中要求維持日常生活作息與並與教練針對訓練內容進行訓練量控制，不額外補充運動增能食品。

二、研究設計與方法

(一)研究設計

受試者在訓練前接受個人 200 公尺最大速度測試，記錄每位選手的分段速度，每分段為 50 公尺，並以此作為分組依據。透過平衡次序法分組使兩組受試者間同質，分為階梯組與力量耐力組，在最大速度測驗後間隔 2 天，其中 EG 測驗個人蹲舉最大肌力(1RM)，作為訓練負荷之依據。待所有前測完後同樣間隔 2 天後，隨即開始進行兩週訓練(訓練內容如表 1 所示)。當完成訓練後間隔 2 天，同樣在相同時間實施個人 200 公尺最大速度測試與每 50 公尺的分段速度，其中 200 公尺最佳表現在前測(訓練前)和後測(訓練後)皆進行兩次測驗，兩次速度測驗間隔 30 分鐘，且前後測皆透過耳垂採血的方式採集乳酸，並記錄心跳值，乳酸與心跳值除了安靜值，資料收集以個人最佳表現那次為數據採用依據。

表一、兩週訓練內容

星期	階梯訓練組 SG	力量耐力組 EG
一	訓練型態：間歇	訓練型態：循環
三	內容：5x20m	內容：5x20
五	強度：100%	強度：40% (1RM)
	組間休息：2 min (動態休息)	組間休息：2 min (動態休息)。
	階梯規格：50 階 (階高約 40cm)	註：力量耐力訓練模式以 Pampus, Lehnertz, 與 Martin (1989)為依據。
二	慢跑	慢跑
四	強度：HR _{max} 70%。	強度：HR _{max} 70%。
	時間：20 分鐘	時間：20 分鐘

(二)前後測與訓練執行

執行訓練前兩天以及兩週訓練後間隔兩天，進行個人 200 公尺速度測試，並於 0(起點)、50、100、150 和 200 公尺(終點)架設分段計時器(Newtest 300-series powertimer, Newtest Oy, Oulu, Finland)，並配戴心率錶(Polar 610i, Kempele, Finland)紀錄至運動結束後第 5 分鐘；以耳垂採血方式(10 μ l)採集乳酸(Biosen C line, EKF Diagnostic, Germany)，其時間分別為測試前與結束後的第 一、三、五、七、十、十五分鐘。

訓練過程中，週一、三、五的訓練不同外，其他時間皆為相同訓練內容，並且訓練時間固定為下午 14:30-16:00，由研究者與教練參與訓練執行，選手在執行登階衝刺與力量耐力組訓練前之暖身統一為 1200 公尺慢跑、田徑動態操(馬克操)，訓練與實驗期間要求維持正常生活作息且不額外補充增能食品。

三、資料處理

本研究以 SPSS 20.0 套裝軟體進行各資料分析，所測得數據以平均數與標準差表示作描述性統計(Descriptive statistics)呈現。以混和設計二因子變異數分析(mixed design, two-way analysis of variance, two-way ANOVA)比較各組別訓練前後之差異(訓練方式 x 時間點)，各段速度、乳酸、心跳值之交互作用與差異情形，若交互作用達顯著水準則考驗單純主要效果，SigmaPlot 8.0 製作圖型，顯著水準定為 $p < .05$ 。

參、結果

一、結果

(一)分段速度比較

訓練前後之力量耐力與階梯訓練組每 50 公尺分段速度呈現於表 2，兩週訓練後，SG 與 EG 整體平均速度進步 0.99%與 0.98%，EG 進步達顯著差異($p < .05$)。階梯衝刺組訓練前後平均速度分別是 8.11 vs. 8.23 m/s，力量耐力則是 7.98 vs. 8.15m/s；分段速度部分，EG 與

SG 在 50-100, 100-150, 150-200m 顯著進步($p < .05$)，然而，兩組在起跑第一階段(0-50m)皆顯著低於前測。

表二、階梯訓練與力量耐力組速度比較表

分段速度 (m/s)	SG (n=7)		EG (n=7)	
	訓練前	訓練後	訓練前	訓練後
0-50m	7.61 $\pm$ 0.29*	7.19 $\pm$ 0.28	7.52 $\pm$ 0.29*	7.12 $\pm$ 0.40
50-100m	8.94 $\pm$ 0.37	9.43 $\pm$ 0.45*	8.76 $\pm$ 0.36	9.39 $\pm$ 0.42*
100-150m	7.18 $\pm$ 0.39	7.49 $\pm$ 0.34*	7.06 $\pm$ 0.48	7.40 $\pm$ 0.46*
150-200m	8.71 $\pm$ 0.59	8.81 $\pm$ 0.52*	8.59 $\pm$ 0.66	8.69 $\pm$ 0.63*
0-200m	8.11 $\pm$ 0.85	8.23 $\pm$ 1.02	7.98 $\pm$ 0.39	8.15 $\pm$ 1.05*
進步百分比		+0.99%		+0.98%*

註：*代表各組內前後測比較達顯著差異， $p < .05$ 。

(二)乳酸值比較

SG 與 EG 之乳酸最高值出現介於運動結束後的五至十分鐘之間。SG 後測第 10 分鐘，乳酸值顯著低於訓練前 (E10pre: 15.61 $\pm$ 1.79, E10post: 14.51 $\pm$ 1.58 mmol/l)，其餘 SG 和 EG 的訓練前後各時間點皆無差異。EG 最高值皆在運動結束後第十分鐘(E10pre: 14.83, E10post: 14.62 mmol/l)，組間也無顯著差異(如表 3)。

表三、兩組乳酸前後測比較

	SG		EG	
	T-1	T-2	T-1	T-2
R	1.17 $\pm$ 0.48	1.61 $\pm$ 0.42	1.49 $\pm$ 0.68	1.87 $\pm$ 1.25
E1	8.06 $\pm$ 2.10	6.03 $\pm$ 1.82	6.68 $\pm$ 1.57	6.58 $\pm$ 1.07
E3	13.13 $\pm$ 1.33	14.04 $\pm$ 1.59	12.61 $\pm$ 1.27	12.15 $\pm$ 1.38
E5	15.27 $\pm$ 1.68	15.62 $\pm$ 0.86	14.66 $\pm$ 1.70	14.31 $\pm$ 2.31
E7	15.64 $\pm$ 1.85	15.54 $\pm$ 0.74	15.25 $\pm$ 1.78	14.91 $\pm$ 2.35
E10	15.61 $\pm$ 1.79	14.51 $\pm$ 1.58*	14.83 $\pm$ 2.01	14.62 $\pm$ 2.22
E15	13.92 $\pm$ 2.09	13.38 $\pm$ 2.53	13.80 $\pm$ 2.23	13.66 $\pm$ 2.41

*組內比較呈顯著差異 ($p < .05$)。

(三)心跳比較

兩組訓練前後記錄時間點為安靜值、運動結束立即 (R, E1)，兩週訓練後，EG 組在 E1 呈現上升現象(E1: 196 $\pm$ 5.13 vs. 200 $\pm$ 6.87 bpm)，在兩組運動結束後立即心跳組內與組間皆未達顯著差異，如圖 1 表示。

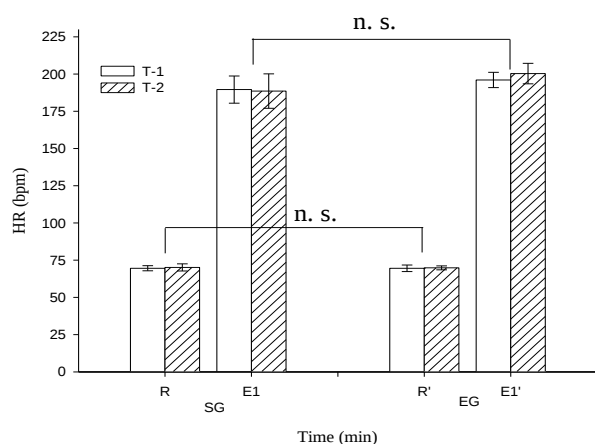


圖 1、兩組訓練前後之心跳比較
 註：n.s.指組間無顯著差異($p > .05$)；R 為安靜值(rest)；
 E1 指運動後第一分鐘(end of exercise)。

肆、討論

本研究主要發現結果如下：(一)短期階梯衝刺與力量耐力訓練能提高 200 公尺中後段 50-150m 速度表現；(二)短期力量耐力與階梯衝刺訓練不能改善 200 公尺加速期 0-50m 速度表現；(三)高強度負荷下，短期階梯衝刺與力量耐力表現無法降低負荷壓力反應。(一)短期階梯與力量耐力訓練對 200 公尺分段速度表現

短期階梯衝刺與力量耐力訓練對於 200 公尺中後段速度(50-150m)具有提升的效果。就短期訓練，Blazevich, Gill, Deans, and Zhou (2007) 進行下肢肌力訓練(knee extension)發現 2.5 與 5 週訓練能提高力量表現，並指出肌力訓練後，初期力量的提升主要由於神經適應造成。Kidgell, Stokes, Castricum, 與 Pearce (2010)並指出，短期等張肌力訓練(4 週，1RM 80%)，能改變腦皮質脊髓路徑(corticospinal pathway)投射到動作神經元控制肌肉動作，進而改變神經傳導速度。Vorup, Tybirk, Gunnarsson, Ravnholt, Dalsgaard, and Bangsbo (2016) 研究也指出，進行短週期性的速耐力(speed endurance)與力量訓練同時降低訓練量有助於促進無氧運動下的肌肉適應。20m 階梯衝刺就訓練時間而言介於 13-15 秒之間，雖然時間很短但對選手而言，衝刺過程必須抬高膝蓋高度，增加下肢負荷，該模式類似負重衝刺的訓練模式，當衝刺過程在追求最快速度展現同時須提高抬腿高度時，有助於促使步頻加快，轉換至平地跑時，可能有助於促使衝刺過程腿部擺動速度提高與更具效率。力量耐力為後蹲式(back squat)有助於提升垂直衝量能力，因此有助於跑者在跑

步時重新定位(reposition)自己的擺動腿，誘發下肢伸肌群作用的增強 (Yetter & Moir, 2008)，因此兩種訓練導致速度表現進步可能是由於神經適應造成。Barnes, Hopkins, McGuigan, and Kilding (2013)指出，以上坡衝刺訓練發現，6 週訓練縮短 2% 的 5000 公尺時間表現，並在動作效率上指出，上坡跑時較平地更需要抬高膝蓋的動作，在衝刺模式下可能提高動作經濟性，使動作更有效率，降低長距離運動耗能。綜合上述，短期階梯衝刺訓練造成 200m 中後段速度改善可能是由於神經快速適應與階梯衝刺時的動作效益提升所造成。

另一方面，Kraemer 等 (1995) 比較肌力與耐力混合訓練與單純肌力與耐力訓練後顯示，高強度肌力訓練能夠改善肌纖維 I、IIa、IIc，耐力訓練則能增進 I 與 IIc，並且效益均高於兩種混合的模式。就短距離高速度穩定取決高強度耐力能力，這仰賴肌肉力量的水平。Stone 等 (2006) 指出，高強度耐力與肌力具有相關性，因此肌力訓練有助於提高強度耐力表現。然而，McBride, Triplett-McBride, Davie, 與 Newton (2002)比較 1RM 30 與 80%對速度與下肢跳躍的表現發現後發現，輕負荷訓練時因肌肉動作較為輕快，有助於增加動作速度與速度專項的提升。就青少年力量訓練而言，無論是中等負荷多次反覆(2 Sets, 12-15 RM)與低反覆 (2 Sets, 4-6 RM) 全身性阻力訓練都能提高肌肉耐力與最大肌力表現 (Assunção, Bottaro, Ferreira-Junior, Izquierdo, Cadore, & Gentil, 2016)。就負荷與重複次數而言，Anderson and Kearney (1982)比較重負荷(6-8 RM)、中等負荷(30-40 RM)、輕負荷(100-150 RM)反覆後發現，骨骼肌具有一般和特殊性適應現象，三種負荷都能提高最大肌力與力量耐力，但訓練效果會因負荷強度和反覆次數的時間長度有所區別。Güllich and Schmidtbleicher (1999)也表示，力量耐力訓練除了能提高肌耐力，也有助於提高肌肉氧化酵素活性與肌纖維周邊微血管數量，並能促進最大力量和肌肉量增加。本研究以下肢力量耐力訓練，因其反覆次數的時間相較階梯衝刺時間長，可能促使 EG 在最後一階段仍有較穩定的速度表現。因此，阻力訓練若以低負荷(1RM 40%)進行，相較於重負荷(1RM > 80%)能有較快的反覆速度，有助於肌肉收縮速度適應。這可能部分能解釋 EG 在最後一階段(150-200m)顯著提高的原因。

(二)短期訓練對起跑加速度表現

本研究發現，兩週訓練後發現兩組在起跑第一階段(加速期)呈現顯著退步。Zafeiridis, Saraslanidis,

Manou, Ioakimidis, Dipla, and Kellis (2005)研究指出, 負重衝刺能改善短距離加速期速度表現, 非負重衝刺則提高最高速度階段表現, 主要是由於負重造成立即性的運動學上的變化, 使動作軌跡更接近於衝刺動作特性, 即身體向前傾斜角度較大。雖然本研究的登階衝刺與力量耐力皆為負重訓練(登階為自身體重), 但登階衝刺在阻力負荷上相對較低, 而力量耐力則無附加衝刺訓練, 因此可能無法促進下肢肌肉作有更強力的推伸, 因此造成起跑加速階段退步的現象。而階梯衝刺在運動學上, 身體較為直立, 因此本研究之訓練刺激可能不足以改善加速期速度表現。Pavlović, Bonacin, and Bonacin (2012)指出, 起跑反應時間需要運動員快速專項的動作整合, 並和最高速度具正相關。該階段並與手腳動作協調、短時間力量的產出開始於起跑加速階段能有效的完成動作, 這些過程是需要動作學習獲得(ille, Selin, Do, & Thon, 2013)。雖然兩週訓練提高了速度表現, 但對於起跑加速動作的技術層面並未進行訓練, 因此亦可能是造成該階段表現下降的原因。

Tirumala and Motimath (2014)針對大學足球運動員進行兩週下肢肌群彈力帶(3set, 8-12 RM, 4 次/週)訓練, 能提高 40 呎(約 12 公尺)技術測驗速度與垂直跳躍高度, 並指出短期訓練主要是由於神經性適應, 使神經衝動的激發率(firing of neural impulses)增加, 從而強化了動作單元招募最終造成力量性表現提高。有較高的水平動力較垂直力量能有較好的起跑加速能力(Mero, 1988), 而水平動力較佳的選手能在與地面反作用力在速度維持期維持較穩定的速度表現, 而最大力量的提升並無法提升水平推進能力上 (Kugler & Janshen, 2009), 這可能表示下肢力量雖然與速度具有相關性, 但下肢力量訓練後還需要透過專項訓練, 例如衝刺型態的速度訓練來協助運動能力轉移(Seitz, Reyes, Tran, Saez de Villarreal, & Haff, 2014)。Slawinski et al., (2010) 針對起跑動力研究指出, 選手的肌肉力量與手臂協調能力有助提升起跑效率, 同時建議若要改善短距離速度能力必須增加力量訓練。Zafeiridis et al., (2005) 指出阻力雪橇負重衝刺訓練(resisted sled pulling, 5kg, 4x20m)能提高起跑加速能力, 並指出加速階段需仰賴有力的膕繩肌腱、膝蓋和臀部伸肌肌群, 而衝刺跑能提升最高速度表現。本研究使用蹲舉力量耐力訓練與階梯衝刺模式在短期訓練週期無法提升起跑速度可能在於雖然相同動用到腿部肌群, 但力量耐力訓練時肌肉動作的模式較慢, 因此也可能

造成起跑加速退步的原因之一。

(三)短期訓練對高強度運動負荷效果

本研究結果顯示, 短期訓練對 200 公尺衝刺後之乳酸值多呈下降趨勢, 但除階梯衝刺組在結束後顯著低於訓練前之乳酸值($p < .05$), 其餘為呈現顯著差異, 且兩組間也無差異。雖然部分研究指出短期的適應主要是由於長時間的中等運動強度(2h/d, 65-75% VO_{2max})提高工作肌對氧氣利用率、伴隨骨骼肌較多的血液量和較高的輸出量反應, 並且能降低運動中與結束後乳酸值 (Bonen, McCullagh, Putman, Hultman, Jones, & Heigenhauser, 1998; Green, Jones, & Painter, 1990; Laursen & Jenkins, 2002)。本研究訓練模式雖然在一週中也進行兩次低強度慢跑, 但訓練時間 30 分鐘可能不足以誘發上述文獻的適應現象。Esfandiari, Sasson, 與 Goodman (2014)研究指出, 12 天高強度間歇(8-12 x 60s, VO_{2max} 95-100%)與持續性中等強度(90-120min, VO_{2max} 65%)訓練能改善最大攝氧量與左心室再注血量。本研究兩種訓練後 200m 負荷心跳率並無顯著差異, 可能在於 200m 衝刺要求須以盡個人最大努力進行, 因此訓練前後心跳率無異的原因。就運動後乳酸值而言, 兩組訓練後乳酸值大多呈現下降, 但除了階梯訓練組在 200m 恢復期第 10 分鐘顯著低於訓練前($p < .05$), 其餘雖然大多呈現乳酸值下降, 但未呈顯著差異。何正峰、李文志與王錠堯(2008)以兩週高強度間歇與 10m 速度變換跑發現, 兩週訓練能改善有氧-無氧閾值速度, 並能降低運動負荷乳酸值。Spina, Chi, Hopkins, Nemeth, Lowry, and Holloszy (1996) 研究指出, 短期訓練(2h/day, VO_{2peak} 60-70%, 7-10 天)後, 能在相同運動負荷下降低乳酸值, 主要是因為該訓練提高檸檬酸合成酶(citrate synthase, CS)、 β -羥脂醯輔酶 A 脫氫酶(β -hydroxyacyl CoA dehydrogenase)等物質活性, 整體提高粒線體酵素活性所致。短期中等強度腳踏車訓練(2h/d, VO_{2peak} 65%, 6 天) 致使肌肉肝醣分解的減少可能部份是由於粒線體增加造成 (Chesley, Heigenhauser, & Spriet, 1996), 上述文獻就單回訓練間而言較長, Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky, and Gibala (2010) 同樣進行兩週訓練, 但訓練時間縮短為 8-12 次 60 秒衝刺發現能提高骨骼肌粒線體能力與運動表現。本研究 SG 衝刺時間介於 13-15 秒之間, 間歇休息採動態恢復屬於高強度無氧間歇訓練, 相較前述文獻的負荷時間與訓練量皆較少, 可能因此就能量代謝負荷之刺激較低的原因, 當無氧性刺激不足可能無法誘發足夠的代謝適應現象。

伍、結論與建議

短期力量耐力與登階衝刺訓練有助提高本研究對象 200 公尺中後段速度，但無法促使起跑加速期速度表現改善，在高強度負荷(200 公尺)不能降低恢復期乳酸值與心跳率。

建議未來教練與選手欲提高 200 公尺中後段速度表現能應用登階衝刺與負重力量耐力訓練，但仍須結合起跑反應及起跑加速等技術訓練，以提高整體運動表現。研究限制，頂尖選手能力與本研究對象有所差異，因此欲提高頂尖選手之速度表現需未來實驗探究。

引用文獻

- 何正峰、李文志、王錠堯 (2008)。兩週不同型態跑步訓練對有氧及無氧耐力之影響。《運動生理暨體能學報》，8，81-89。
- 許樹淵 (1994)。運動生物力學在短距離跑上的應用。《中華體育季刊》，8(2)，196-201。
- 張嘉澤 (2014)。訓練學。新北市：台灣運動能力診斷協會。
- Anderson, T., & Kearney, J. T. (1982). Muscular Strength and Absolute and Relative Endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(1), 1-7.
- Archer, D. C., Brown, L. E., Coburn, J. W., Galpin, A. J., Drouet, P. C., Leyva, W. D., Munger, C. N., & Wong, C. N. (2016). Effects of sport-term jump squat training with and without chains on strength and power in recreational lifters. *International Journal of Kinesiology & Sports Science*, 4(4), 18-24.
- Assunção, A. R., Bottaro, M., Ferreira-Junior, J. B., Izquierdo, M., Cadore, E. L., & Gentil, P. (2016). The chronic effects of low- and high-intensity resistance training on muscular fitness in adolescents. *PLoS One*, 11(8), 1-11.
- Barnes, K. R., Hopkins, W. G., McGuigan, M. R., & Kilding, A. E. (2013). Effects of different uphill interval-training programs on running economy and performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 639-647.
- Blazevich, A. J., Gill, N. D., Deans, N., & Zhou, S. (2007). Lack of human muscle architectural adaptation after short-term strength training. *Muscle Nerve*, 35(1), 78-86.
- Bonen, A., McCullagh, K. J., Putman, C. T., Hultman, E., Jones, N. L., & Heigenhauser, G. J. (1998). Short-term training increases human muscle MCT1 and femoral venous lactate in relation to muscle lactate. *American Journal of Physiology*, 274(1), E102-E107.
- Boreham, C. A. G., Kennedy, R. A., Murphy, M. H., Tully, M., Wallace, W. F. M., & Young, I. (2005). Training effects of short bouts of stair climbing on cardiorespiratory fitness, blood lipids, and homocysteine in sedentary young women. *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), 590-593.
- Brown, L. E., & Whitehurst, M. (2003). The effect of short-term isokinetic training on force and rate of velocity development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 88-94.
- Burgomaster, K. A., Essen, M., Gibala, M. J., Little, J. P., Wilkin, G. P., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., & Raha, S. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, 575(3), 901-911.
- Chesley, A., Heigenhauser, G. J., & Spriet, L. L. (1996). Regulation of muscle glycogen phosphorylase activity following short-term endurance training. *American Journal of Physiology*, 270(2), 328-335.
- Esfandiari, S., Sasson, Z., & Goodman, J. M. (2014). Short-term high-intensity interval and continuous moderate-intensity training improve maximal aerobic power and diastolic filling during exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 114(2), 331-343.
- Gabrel, D. A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: Mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149.

- Green, H. J., Jones, L.L., & Painter, D.C. (1990). Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(4), 488-493.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden [Structure of motor strength and the training methods] . *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50(7+8), 223-234.
- Harre, D. (1986). *Trainingslehre*. Berlin. Sportverlag.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004). Segment-interaction analysis of the stance limb in sprint running. *Journal of Biomechanics*, 37(9), 1439-1446.
- Ille, A., Selin, I., Do, M. C., & Thon, B. (2013). Attentional focus effects on sprint start performance as a function of skill level. *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1705-1712.
- Kidgell, D. J., Stokes, M. A., Castricum, T. J., & Pearce, A. J. (2010). Neurophysiological responses after short-term strength training of the biceps brachii muscle. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 3123-3132.
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T., & Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976-989.
- Kugler, F., & Janshen, L. (2009). Body position determines propulsive forces in accelerated running. *Journal of Biomechanics*, 43(2), 343-348.
- Little, J.P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M.A., & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *The Journal of Physiology*, 588(6), 1011-1022.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 75-82.
- Mero, A. (1988). Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(2), 94-98.
- Otsuka, M., Kawahara, T., & Isaka, T. (2016). Acute response of well-trained sprinters to a 100-m race: higher sprinting velocity achieved with increased step rate compared with speed training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 635-642.
- Pampus, B., Lehnertz, K., & Martin, D. (1989). Die Wirkung unterschiedlicher Belastungsintensitäten auf die Entwicklung von Maximalkraft und Kraftausdauer. *Leistungssport*, 19(4), 5-10.
- Pavlović, P., Bonacin, D., & Bonacin, D. (2012). Differences in time of start reaction in the sprint disciplines in the finals of the olympic games (Athens, 2004 – London, 2012). *Act Kinesiologica*, 8(1), 53-61.
- Rhea, M. R., Phillips, W. T., Burkett, L. N., Stone, W. J., Ball, S. D., Alvar, B. A., & Thomas, A. B. (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 82-87.
- Saltin, B. (1986). *The physiological and bio-chemical basis of aerobic and anaerobic capacities in man; effect of training and range of adaption*. In: Maehlum, S., Nilsson, S., Renstrom, P., (Eds.), *An Update in Sports Medicine: Proceedings from the Second Scandinavian Conference in Sports Medicine*, 16-59.
- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., Saez de Villarreal, E., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(12), 1693-1702.

- Skucas, K. & Pokvytyte, V. (2016). Short term moderate intensive high volume training program provides aerobic endurance benefit in wheelchair basketball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, PMID: 27015102.
- Slawinski, J., Bonnefoy, A., Levêque, J. M., Ontanon, G., Riquet, A., Dumas, R., & Chèze, L. (2010). Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 896-905.
- Spina, R. J., Chi, M. M., Hopkins, M. G., Nemeth, P. M., Lowry, O. H., & Holloszy, J. O. (1996). Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7-10 days of cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(6), 2250-2254.
- Stone, M. H., Stone, M. E., Sands, W. A., Pierce, K. C., Newton, R. U., Haff, G. G., & Carlock, J. (2006). Maximum Strength and Strength Training---A Relationship to Endurance? *Strength & Conditioning Journal*, 28(3), 44-53.
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training : Optimising training programs and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73.
- Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1439-1447.
- Theodorou, A. A., Panayiotou, G., Paschalis, V., Nikolaidis, M. G., Kyparos, A., Mademli, L., Grivas, G. V., & Vrabas, I. S. (2013). Stair descending exercise increases muscle strength in elderly males with chronic heart failure. *BMC Research Notes*, 6, 87, 1-5.
- Tirumala, A. & Motimath, B. (2014). Effect of Resistance Tube Exercises on Kicking Accuracy, Vertical Jump and 40-Yard Technical Test in Competitive Football Players – An Experimental Study. *Human Movement*, 15(3), 152-159.
- Vorup, J., Tybirk, J., Gunnarsson, T. P., Ravnholt, T., Dalsgaard, S., & Bangsbo, J. (2016). Effect of speed endurance and strength training on performance, running economy and muscular adaptations in endurance-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 116(7), 1331-1341. doi: 10.1007/s00421-016-3356-4.
- Yetter, M. & Moir, G. L. (2008). The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 159-165.
- Zafeiridis, A., Saraslanidis, P., Manou, V., Ioakimidis, P., Dipla, K., & Kellis, S. (2005). The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(3), 284-290.

Effects of short-term training on 200 meter performance in young sprinters

¹Te-Sheng Chen ² Chia-Hui Chen ³ Jia-Tzer Jang *

^{1,3} Graduate Institute of Athletics and Coaching Science, National Taiwan Sport University

² Sport Performance Diagnostic Institute.

Submit date : March 2017 ; Qualified date : May 2017

Abstract

Introduction: The aim of this study was to investigate the effects of two-week short-term training programs for strength endurance and stair sprint on 200m split dash performance and lactate and heart rate responses in young athletes. **Methods:** 14 young short-distance athletes were firstly tested for 200-m sprint speed and, based on the speed test results, evenly assigned to two groups: Strength Endurance Group (EG, n=7; age: 17.3 ± 1.1 years, body mass: 67.2 ± 6.8 kg, body height: 172.3 ± 6.8 cm), and Stair Sprint Group (SG, n=7; age: 17.3 ± 1.3 years, body mass: 66.3 ± 6.1 kg, body height: 171.7 ± 8.4 cm). EG performed 5 sets of 20 repetitions of 1/2 back squat exercise at low load (40% 1RM) with 2min rest between sets. SG performed 5 sets of 20-meter (50 steps) stair sprint (intensity: 100%) with 2min rest interval. Both groups completed each training protocol 3 times per week combined with 2-day moderate-intensity continuous running (maximum heart rate, HR_{max} 70%) over two weeks. Pre- and post-test data of HR, lactate (La), and the mean velocity for each 50m interval (0-50m, 50-100m, 100-150m, 150-200m) were collected. **Results:** After the 2-week training, there were no significant differences between EG and SG in stress responses (La, HR) and 200m speed performance. However, both groups significantly increased the speed performance during the middle and last phases of 200-m (EG: 50-200m, +0.98%, $p < .05$; SG: 50-200m, $p < .05$), but decreased the speed in the first phase (0-50m, $p < .05$). After stair sprint training, the post-200m lactate level significantly dropped at the 10th minute of recovery phase (T-1: 15.61; T-2: 14.51 mmol/l, $p < .05$). **Conclusion:** This study shows that a two-week short-term strength endurance and stair sprint training could enhance the middle- and last phases of 200m performance in young sprinters, but did not improve the acceleration at the start. Therefore, for the short-term track and field training, we suggest that coach and athletes also focus on training for sprint start techniques besides speed and speed-related physical training.

Keywords: strength endurance, stair sprinting, speed curve, neuromuscular adaptation

