

徑賽 200 公尺及 400 公尺分段速度 對成績與最大乳酸之研究

陳佳慧¹、王月琪^{1*}、黃雅陵²、張嘉澤¹

¹ 國立體育大學競技與教練科學研究所

² 長庚科技大學體育室

摘 要

研究目的：透過運動能力診斷之方式，應用分段速度分析最高速度出現之距離，與運動結束後乳酸堆積情況，分別判斷 200 與 400 公尺選手能力並給予訓練建議調整方式。方法：受試者為高中男性 200 與 400 公尺徑賽項目選手各 6 名，利用分段速度測試儀器，每 50 公尺放置 1 個紅外線感測器，收集分段速度數據，並於測試結束後進行血液乳酸參數分析。結果：200 與 400 公尺測試受試者均於 50-100 公尺分段時達最高速度，且至終點前速度下降曲線明顯而影響成績；另外在測試結束後之最高乳酸堆積出現時間亦不一致。結論：200 與 400 公尺最高速度顯現距離太早且其後隨即快速下降，可能受專項耐力不足影響；無氧醣酵解能力差者會影響最大乳酸值與出現時間點過早。建議增加間歇訓練和速度訓練，以提高運動員的能力。

關鍵詞：快速耐力、診斷、無氧醣酵解

* 通訊作者：王月琪；國立體育大學競技與教練科學研究所；E-mail: wang5252@gmail.com

壹、緒論

目前競技運動已朝向訓練科學化，其目的為能有效提升運動員之體能能力，改善運動中身體能量使用、快速恢復以及增進運動表現進而邁向運動的最高殿堂－奧林匹克運動會。然而科學化的訓練除了運用不同科技儀器、營養增補或其他方式之外，目前也著重於如何運用科學化運動能力診斷方式與分析，了解每位選手真實的體能狀況，並透過診斷結果提供個人的訓練負荷劑量與調整方式。因此如何運用簡單之生物參數，不需要透過繁複的採樣過程與長時間的分析，便可立即了解選手能力，並直接提供訓練方式以應用於訓練上，進而能有效提升訓練效果與運動表現，已是目前訓練科學上一個重要之議題。然而不同運動項目有其專項能力的要求，每位運動員都必須具備所屬項目的專項能力，張嘉澤（2008）指出可應用運動能力診斷與評估之方式，內容包含基礎診斷、專項診斷、訓練檢測與比賽檢測；且透過成熟的診斷技術與已知的各項生物參數，作為診斷的數據；並將所得之數據加以分析，進而了解選手個人技術水準、生理狀態以制定訓練方式且有效地掌握各種訓練負荷與方法，使訓練更具有個人化和目的性。

徑賽短距離項目為比賽距離於 400 公尺以內，或者是比賽時間小於 3 分鐘（許樹淵，1994），且以最快速度在最短時間贏得比賽。速度為全身或身體的任一部位透過空間從一位置移動至另一位置快慢的能力，換句話說，也就是單位時間位移的變化量，位移的距離愈長，速度愈快即表示有較佳的速度表現。在徑賽短距離速度研究方面，許樹淵（1998）針對 1997 年世界田徑錦標賽 200 公尺男、女生前八強選手每 50 公尺分段速度比較發現，在 0-100 公尺階段男、女生速度表現呈現快速上升，100-150 公尺速度表現開始下降，150-200 公尺速度趨於恆定。在 400 公尺速度研究方面，Sonntag（1990）針對德國徑賽 400 公尺男、女選手進行分段速度分析，結果顯示男女選手之最高速度均呈現於 100-200 公尺，於 200 公尺後速度表現呈現慢慢下降趨勢至結束。因此，由分段速度研究發現，比賽開始高速度出現時間點、如何維持高速度與延緩速度減退對於短距離的項目非常重要，本研究欲以每 50 公尺分段方式，觀察其速度變化之改變。

Saltin（1986）指出短距離項目若要獲得佳績必須考慮到高速度穩定與維持能力，即短距離耐力的能力，又可稱為快速耐力（張嘉澤，2008）。此能力為維持高速度穩定，必須仰賴充足的能量系統供應（Hautier et al., 1994）。Weicker 與 Strobel（1994）指出短距離跑者高的開始速度出現時間點是取決於 ATP-PC（無氧

非乳酸)系統容積,在距離 140 公尺後,呈現高度無氧醣酵解路徑,也就是維持高速度穩定之關鍵能量系統,即為其專項耐力,亦稱「快速耐力能力」。而此系統路徑提供是碳水化合物在醣酵解路徑是接受血液葡萄糖,在運動負荷中動脈血液葡萄糖濃度,將增強肝糖分解(Wassermann & Cherrington, 1991)以製造 ATP 能量,且此過程中會產生代謝物質乳酸。當乳酸產生堆積時肌肉便開始疲勞,力量的維持也開始下降,便無法維持高速度能力;若要維持高速度肌肉收縮與穩定高速度品質,唯有提昇 ATP 與 PCr 在細胞溶質(Cytosol)內再組成速度。然而乳酸生成是先由肌肉產生再擴散至血液中,此時血液酸性會上升因而會使中樞神經對肌肉驅動力的下降(Cairns, 2006),因此 Neumann (1991)提出在運動結束後最佳乳酸的曲線,於第 10 (E10) 與 15 (E15) 分鐘呈現最大值為最佳。

依據上述徑賽短距離項目最高速度顯現距離與能量路徑供應,本研究目的主要透過分段速度分析,觀察 200 與 400 公尺測試後運動結束後乳酸堆積情況,進行診斷並給予訓練建議調整方式。

貳、方法

一、研究對象

本研究係以 200 與 400 公尺高中田徑項目男性選手分別各 6 名為研究對象,其基本資料分別為 200 公尺選手(年齡 16.33 ± 1.21 歲、身高 172.83 ± 4.45 公分、體重 63.83 ± 3.49 公斤),最佳比賽成績平均為 23.18 ± 0.48 秒;400 公尺選手(年齡 18.33 ± 2.88 歲、身高 173.50 ± 5.54 公分、體重 63.83 ± 5.27 公斤),最佳比賽成績平均為 52.33 ± 1.48 秒。事先聯繫參與者,書面資料告知整個測試流程;並取得受試者同意後,讓參與者填寫個人基本資料表及疾病調查表。進行本研究測試前兩天皆無高強度訓練或比賽,避免影響測試結果。

二、研究步驟

(一) 測試內容

事先先聯繫參與者並說明整個測試過程,取得同意後填寫基本資料表和疾病調查表。測試前,選手先進行 20 分鐘熱身及伸展,之後接著進行漸速跑;測試開始每位受試者均於第三跑道進行。首先 200 公尺選手依據編號順序先進行測試,

接著換 400 公尺選手依編號順序進行，每位選手盡個人最大能力完成測試項目。

(二) 生物參數蒐集

在測試前先於耳垂採集血液乳酸 (Lactate，在本研究中縮寫為 La) 之安靜值 (R) 作為基準值，且於測試結束後第 1 分鐘 (E1)、第 3 (E3)、第 5 (E5)、第 7 (E7)、第 10 (E10) 與第 15 分鐘 (E15) 採集 10 μ l 之血液進行乳酸分析，並分別記錄 200、400 公尺每 50 公尺分段時間與總完成時間。

三、實驗儀器

(一) 芬蘭制多功能攜帶式運動數據檢測儀 (Newtest Powertimer)

芬蘭是研究發明及最早使用這部 Newtest Powertime 攜帶式運動數據檢測儀的國家，它的系統設計是由許多教練、訓練員、運動科學家提供的建議所完成，檢測系統中的方法和公式，是經過許多運動科學研究證實和理論所設定 (Newtest Oy, 2004)，是標準實用的運動能力檢測儀器，內含測力板、紅外線感應器組；可測試種類包含垂直跳測試、速度測試、敏捷測試、無氧能力測試和心肺功能的評估。在測試前，必須先將受試者個人之基本資料輸入至電腦，以便測試時與 Newtest Powertimer 連接使用。因此本實驗採用此儀器以得測試之分段速度準確性，避免使用碼表而有人工手按計時之誤差產生。

(二) 手提電腦一部 (Compaq PresarioV3000)、400 公尺 PU 跑道與測距輪。

四、實驗場地設計

於 400 公尺田徑場佈置，Newtest Powertimer 主機置於田徑場正中央。200 公尺測試，於第一跑道上架設紅外線感應器共 4 個，分別置於第三跑道起點、每 50 公尺處和終點處，如圖 1 所示。400 公尺測試，於第一跑道上架設紅外線感應器共 9 個，分別置於第三跑道起點、每 50 公尺處和終點處，如圖 2 所示。

五、資料處理

將所測得之數據依各組之平均數與標準差呈現，並計算出每 50 公尺分段速度，以 SigmaPlot 8.0 軟體進行圖形製作分析；以重複量數單因子變異數分析 200 與 400 公尺分段速度差異以及結束後各時間點乳酸值之差異；再以皮爾遜續差相關分別考驗各分段速度與總成績之關係。統計考驗水準訂為 $p = .05$ 。

參、結果

一、徑賽 200 公尺分析

表 1 則為 200 公尺每 50 公尺分段速度，由 0-50 公尺分段以平均 7.65 ± 0.21 m/s 速度起跑加速，於 50-100 公尺分段達到最高速度平均 8.79 ± 0.11 m/s，在 150-200 公尺分段以速度平均 7.84 ± 0.26 m/s 抵達終點；其中 50-100 公尺分段速度與其他分段速度皆達顯著差異 ($p < .05$)。200 公尺測試中個人最快成績為 23.87 s、最大乳酸值為 13.10 mmol/l，於測試結束後第 10 分鐘 (E10) 出現；最慢完成成績為 24.97 s、最大乳酸值為 16.40 mmol/l，於測試結束後第 5 分鐘 (E5) 出現，如表 2。最大乳酸平均值於結束後第 7 分鐘 (E7) 出現為 14.41 ± 0.88 mmol/l，顯著高於 E1 和 E3。而在個人每 50 公尺分段速度之分析圖中 (如圖 3)，6 名參與者分段速度的曲線呈現一致的趨勢，0-50 公尺加速期攀升幅度最大，且均於 50-100 公尺分段速度達到最大值，隨後在 100-150 與 150-200 公尺分段僅一位參與者其分段速度下降趨勢較緩，但其餘則有明顯的下降曲線。由表 3 可看出各分段速度與 200 公尺成績之相關係數在 0-50、100-150、150-200 公尺，均有達統計上之顯著水準，僅 50-100 公尺之相關係數 ($r = -.808$) 未達顯著水準；且各分段速度間亦有顯著相關。

二、徑賽 400 公尺分析

表 4 則為 400 公尺每 50 公尺分段速度分析結果，0-50 公尺分段平均速度為 7.78 m/s 起跑加速，最高速度於 50-100 公尺分段達到，平均為 8.27 m/s，在 350-400 公尺分段速度平均為 6.90 m/s；各分段速度均與 50-100 公尺 (最高速度出現點) 達顯著差異。400 公尺測試中個人最快成績為 51.03 s、其最大乳酸值為 21.44 mmol/l，於測試結束後第 3 分鐘 (E3) 出現；最慢完成成績為 55.93 s、最大乳酸值為 16.06 mmol/l，並於測試結束後第 10 分鐘 (E10) 出現，如表 5。最大乳酸平均值於結束後第 10 分鐘 (E10) 出現為 17.52 ± 1.57 mmol/l，僅顯著高於結束後第 1 分鐘 (E1)。而在個人每 50 公尺分段速度之分析圖中 (如圖 3)，6 名參與者於 0-200 分段速度的曲線趨勢呈現一致的，皆於 0-50 公尺加速期攀升幅度最大，且均於 50-100 公尺分段速度達到最大值，隨後在 100-150、150-200、200-250、250-300 公尺分段其分段速度有明顯的下降曲線；而在 300-350 公尺分段則有三位參與者速度呈現上升趨勢，但無法維持至 350-400 公尺分段。由表 6 可看出各分段速度與 400 公尺成績之相關係數除了在 50-100、300-350、350-400 公尺未達顯著水準，其

餘分段均有達統計上之顯著水準；且各分段速度間部分亦有顯著相關。

肆、討論

一、分段速度

透過分段速度測試，於 200 公尺選手可發現，高速度出現之距離為 50-100 公尺，在 150-200 公尺分段速度呈現快速下降趨勢。此結果與胡躍兵（2006）研究針對世界優秀男子 200 公尺選手以每 50 公尺分段進行速度分析，顯示於 50-100 公尺為最高速，最後 50 公尺速度為最低點之研究結果相似。王玉琴與李書玲（2005）對世界優秀女子 200 公尺選手研究其 50 公尺分段成績與總成績發現，0-50 公尺對總成績其相關係數影響較小，100-150 公尺間的分段速度對成績有重要影響，本研究與此結果相符合，在進入高速期後的速度維持能力會影響到最後的成績。而在最後衝刺階段的 150-200 公尺分段速度與 200 公尺成績亦呈現中高相關，此結果雖未達顯著水準但亦顯示出若選手能提高最後衝刺能力，或許會在勢均力敵的比賽中成為影響比賽勝負的關鍵。

於 400 公尺，李新立（2011）研究 17~19 歲優秀青年女子 400 公尺選手以每 100 公尺分段進行速度分析，研究結果顯示於第二個 100 公尺時出現最高速度；張軍霞（2004）研究 4 名世界級優秀男子 400 公尺選手以每 100 公尺進行分段速度分析，研究結果顯示最高速度亦是於第二個 100 公尺出現；Sonntag（1990）研究德國優秀徑賽 400 公尺選手，以 400 公尺成績將男、女生各分為 2 組；男生第一組成績平均為 44.97 秒（n=6）、另一組成績平均為 49.08 秒（n=8），女生第一組成績平均為 50.09 秒（n=5）、另一組成績平均為 52.15 秒（n=5）。以每 100 公尺分段進行速度分析，研究結果顯示其最高速度出現於 100-200 公尺，之後速度表現開始呈現緩慢下降趨勢；但本研究高中選手最高速度提早出現於 50-100 公尺，且於達到終點之間的每個分段速度呈現快速下降與上升不穩定的現象，顯示在最高速度達到後其維持高速度能力明顯不足，速度曲線呈現下降趨勢，尤其在本研究中 100-300 公尺間的每 50 公尺分段速度是影響最後 400 公尺成績的關鍵距離。Hautier 等（1994）研究指出維持高速度穩定能力，必須仰賴充足的能量系統供應，且 Weicker 與 Strobel（1994）指出短距離跑者，在距離 140 公尺後，呈現高度無氧醣酵解路徑，此系統路徑提供碳水化合物在醣酵解路徑接受血液葡萄糖，增強肝糖分解（Wassermann & Cherrington, 1991）以製造 ATP 能量，且此過程中會產生代

謝物質乳酸。當乳酸的製造率高於清除率時便產生乳酸堆積 (Gasser & Brooks, 1984)，乳酸產生堆積時肌肉便開始疲勞，力量的維持也開始下降，便無法維持高速度能力，亦即其快速耐力能力不足；因此，本研究 200 與 400 公尺選手其在最高速度出現時間點與高速度穩定能力方面，若要維持高速度肌肉收縮與穩定高速度品質，必須提昇 ATP 與 PCr 在細胞溶質 (Cytosol) 內再組成之速度。

二、運動結束後生理反應最大乳酸堆積觀察

當運動強度增加至需要以無氧醣酵解分解合成三磷酸腺苷時，工作肌群開始大量產生製造乳酸。當乳酸的製造率高於清除率時便產生乳酸堆積 (Gasser & Brooks, 1984)。而 Neumann (1991) 提出在運動結束後乳酸堆積出現時間曲線分析判斷是依據，運動結束後第一分鐘乳酸濃度是否已達最高值以及最大乳酸濃度出現時間點；也就是說當運動結束後第一分鐘若出現最高乳酸時，表示於運動過程中，因強度負荷增加使個體提早進入無氧醣酵解分解路徑產生大量乳酸導致堆積於運動一結束立即產生。反之，若於運動結束後越晚出現最大乳酸值時，亦可代表在運動過程中，強度負荷增加但個體尚未提早進入無氧醣酵解分解路徑，得以於運動結束後出現高點進而不影響運動能力。因此運動結束後生理反應之最大乳酸堆積與出現時間點觀察方面，兩項目在個人測試結束後最大乳酸堆積均呈現不一致反應，主要原因為乳酸與運動強度有關係，而運動強度在本研究是指 200 公尺與 400 公尺完成之時間。於本研究 200 公尺測試中，其中一位選手之乳酸堆積，最大達到 16.40 mmol/l，但速度僅達 8.01 m/s (24.97 s)；另一位則速度達到 8.38 m/s (23.87 s)，而乳酸堆積為 13.10 mmol/l。而於 400 公尺測試，有兩位選手乳酸堆積分別為 21.44 與 20.05 mmol/l，速度則分別為 7.83 與 7.56 m/s。Kindermann 與 Keul (1977) 針對世界級多種比賽項目研究其結束後乳酸堆積情形，其中徑賽 200 公尺乳酸堆積達 18 mmol/l (pH=7.0)，400 公尺達到 24 mmol/l (pH=6.8)，Sonntag (1990) 研究德國 52 名男性與 22 名女性徑賽 400 公尺選手結束後最大乳酸與完成時間之關係，研究發現平均時間與最大乳酸值於男性選手為 48.32±1.29 s 和 18.14±3.06 mmol/l；女生選手則為 53.37±1.42 s 和 17.74±2.35 mmol/l。Neumann (1990) 指出肌肉產生乳酸因素，主要在於負荷劑量，但從本研究 200 公尺與 400 公尺之選手所完成之速度與國家級和世界級有差異，因此在最大乳酸堆積與 Kindermann 與 Keul (1977) 研究不同。但再以運動結束後最大乳酸出現時間點分析，Neumann (1991) 提出乳酸排除曲線在運動結束後，第 10 (E10) 與 15 (E15)

分鐘呈現最大值為最佳。本研究發現 200 公尺選手只有一位在第 10 分鐘 (E10) 顯現，而 400 公尺選手則有 4 位。雖然其中一位 400 公尺選手之最大乳酸堆積為 20.05 mmol/l 且出現於第 15 (E15) 分鐘，但速度僅為 7.56 m/s (52.90 s)；也就是雖具有最佳乳酸堆積曲線，但是速度仍有發展空間。

依據本研究高中男子競賽選手分段速度與運動結束後乳酸及乳酸堆積出現時間之結果與討論顯示，本研究高中男子 200 公尺 1、2、4 號三位參與者其無氧醣酵解能力佳但其速度能力待加強，而 3、5、6 號三位參與者其無氧醣酵解與速度能力缺乏。另外在高中男子 400 公尺方面，1 號參與者其無氧醣酵解能力尚可，速度能力佳，2 號參與者其無氧醣酵解能力佳但其速度能力待加強，而 3、4、5、6 號四位參與者其無氧醣酵解能力尚可但速度能力差。依據 Grosser (1989) 研究循環式運動項目指出，快速耐力能力佳者可穩定高速度距離，亦可產生較低的乳酸堆積。因此本研究依據測試結果與訓練學理論基礎 (林正常，2011；張嘉澤，2008)，建議本研究高中男子 200 公尺參與者其症狀呈現無氧醣酵解能力差者，可以 150 公尺的間歇訓練提升其專項耐力能力；速度能力差者，先以短距離 30 公尺衝刺提升速度能力後，再利用 80 或 150 公尺衝刺增加穩定高速度能力，每週至少三次，藉以穩定 100-150 公尺的速度與提升在最後衝刺階段 150 至 200 公尺的續航能力。在高中男子 400 公尺方面，參與者其症狀呈現無氧醣酵解能力差者，可加入 200 公尺的間歇訓練提升其專項耐力能力；速度能力差者，利用 400 公尺最佳成績的 90 %作為訓練強度利用跑步機做 20 秒的高速練習，增加穩定高速度能力，每週至少三次，藉此使達到最高速度後能穩定與緩慢速度下降曲線至終點。

伍、結論與建議

本研究中高中男子徑賽 200 與 400 公尺參與者之最高速度顯現距離太早且其後隨即快速下降，可能受專項耐力不足影響；無氧醣酵解能力差者會影響最大乳酸值與出現時間點過早。建議於訓練處方增加間歇訓練和速度訓練，以做為個人訓練調整進而提高運動員的能力。

參考文獻

- 王玉琴、李書玲（2005）。世界優秀女子 200m 運動員速度分配特徵的統計學分析。武漢體育學院學報，39(12)，76-78。
- 全國中等學校運動會（2012）。競賽成績。網址 <http://sport101.tpec.edu.tw/files/11-1000-103.php>
- 李新立（2011）。對江蘇省青年女子 400 米運動員分段速度的研究。少年體育訓練，2，67-68。
- 林正常（總校閱）、劉立宇、吳忠芳、林政東、鄭景峰、吳柏翰、林明儒（譯）（2011）。運動訓練法。臺北市：藝軒圖書。（Bompa, T. O., & Haff, G. G., 2009）
- 胡躍兵（2006）。世界優秀男子 200 m 跑運動員速度分配特徵的新視角分析。巢湖學院學報，8(6)，79-81。
- 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。
- 許樹淵（1998）。1997 年世界田徑錦標賽短距離跑分段時間分析。中華體育季刊，12(1)，121-130。
- 張軍霞（2004）。400 米跑速度與速度耐力訓練的探討。山西師大體育學院學報，19(1)，69-71。
- 張嘉澤（2008）。訓練學。桃園縣：台灣運動能力診斷協會。
- Cairns, S. P. (2006). Lactic acid and exercise performance. *Sport Medicine*, 36, 279-291.
- Gasser, G., & Brooks, G. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 16, 29-43.
- Grosser, M. (1989). *Training der konditionellen Fähigkeit* (pp. 117-120). Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Hautier, C. A., Wouassi, D., Arsac, L. M., Bitanga, E., Thiriet, P., & Lacour, J. R. (1994). Relationships between post competition blood lactate concentration and average running velocity over 100-m and 200-m races. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 68(6), 508-513.

- Kindermann, W., & Keul, J. (1977). Lactate acidosis with different form of sport activities. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences*, 2, 177-182.
- Neumann, G. (1990). Die Leistungsstruktur in den ausdauersportarten aus sportmedizinischer Sicht. *Leistungssport*, 20, 14-20.
- Neumann, G. (1991). Zur Leistungsstruktur der Kurz-und Mittelzeitausdauer-Sportarten aus sportmedizinischer Sicht. *Leistungssport*, 21, 29-32.
- Newtest Oy. (2004). *Testing Athletic Performance in Team and Power Sports* (pp.3-7). Oulu: Matti Tossavainen.
- Sonntag, O. (1990). Zur wechselwirkung aerober und anaerober Stoffwechsel mechanismen wahrend sportlicher Belastungen in der Kurzzeitausdauer unter besonderer Berucksichtigung der leichtathletischen Disziplin 400 m (Langsprint). Halle: Universität Halle-Wittenberg.
- Saltin, B. (1986). The physiological and biochemical 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.
- Wassermann, D. H., & Cherrington, A. D. (1991). Hepatic fuel metabolism during muscular work: role and regulation. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 260, 811-824.
- Weicker, H., & Strobel, G. (1994). Sportmedizin. *Biochemischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung* (pp. 48-50). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

圖表說明

表 1 200 公尺每 50 公尺分段速度之平均值、最大與最小值彙整表

Distance	M±SD (m/s)	Max	Min
0-50 m	7.65±0.21	8.04	7.50
50-100 m	8.79±0.11 ^a	8.93	8.69
100-150 m	8.48±0.19 ^{ab}	8.74	8.31
150-200 m	7.84±0.26 ^{bc}	8.33	7.66

^a 表示與 0-50 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^b 表示與 50-100 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^c 表示與 100-150 m 有顯著差異 ($p < .05$)

表 2 200 公尺測試結束後個時間點乳酸值與最大乳酸值出現人數表

	E1	E3	E5	E7	E10	E15
La (mmol/l)	6.97±1.82	12.54±1.47 ^a	14.09±1.58 ^{ab}	14.41±0.88 ^{ab}	13.92±1.12 ^{ab}	12.59±1.75 ^{ac}
Max	10.11	14.42	16.40	15.18	15.07	14.39
Min	5.31	10.91	12.07	12.96	12.25	10.01
人數	0	0	2	3	1	0

^a 表示與 E1 有顯著差異 ($p < .05$)

^b 表示與 E3 有顯著差異 ($p < .05$)

^c 表示與 E5 有顯著差異 ($p < .05$)

^d 表示與 E7 有顯著差異 ($p < .05$)

^e 表示與 E15 有顯著差異 ($p < .05$)

表 3 200 公尺成績 (s) 與各分段速度 (m/s) 之相關矩陣摘要表

	成績	0-50m	50-100m	100-150m	150-200m
成績	1.000	-.888*	-.808	-.903*	-.902*
0-50m		1.000	.930**	.992**	.950**
50-100m			1.000	.957**	.857*
100-150m				1.000	.954**
150-200m					1.000

表 4 400 公尺每 50 公尺分段速度之平均值、最大與最小值彙整表

Distance	M±SD (m/s)	Max	Min
0-50m	7.78±0.33	8.28	7.47
50-100m	8.27±0.39 ^a	8.85	7.73
100-150m	8.01±0.44 ^{ab}	8.70	7.53
150-200m	7.62±0.32 ^{abc}	8.08	7.26
200-250m	7.28±0.30 ^{abcd}	7.72	7.01
250-300m	7.02±0.32 ^{abcde}	7.51	6.71
300-350m	6.90±0.27 ^{abcde}	7.18	6.55
350-400m	6.40±0.34 ^{abcdefg}	6.84	5.90

^a 表示與 0-50 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^b 表示與 50-100 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^c 表示與 100-150 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^d 表示與 150-200 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^e 表示與 200-250 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^f 表示與 250-300 m 有顯著差異 ($p < .05$)

^g 表示與 350-400 m 有顯著差異 ($p < .05$)

表 5 400 公尺測試結束後個時間點乳酸值與最大乳酸值出現人數表

	E1	E3	E5	E7	E10	E15
La (mmol/l)	8.98±1.36	16.97±2.60 ^a	17.21±1.56 ^a	17.44±1.77 ^a	17.52±1.57 ^a	17.05±2.52 ^a
Max	11.02	21.44	19.41	19.66	19.26	20.32
Min	7.32	14.31	15.28	15.19	15.8	14.77
人數	0	1	0	1	3	1

^a 表示與 E1 有顯著差異 ($p < .05$)

表 6 400 公尺成績 (s) 與各分段速度 (m/s) 之相關矩陣摘要表

成績	0-50m	50-100m	100-150m	150-200m	200-250m	250-300m	300-350m	350-400m
成績	1.000	-.888* - .777	-.903*	-.939**	-.966**	-.974**	-.675	-.624
0-50m	1.000	.925**	.992**	.972**	.958**	.800	.284	.224
50-100m		1.000	.952**	.897*	.837*	.621	.083	.188
100-150m			1.000	.978**	.954**	.804	.305	.259
150-200m				1.000	.987**	.861*	.427	.321
200-250m					1.000	.918**	.519	.416
250-300m						1.000	.799	.716
300-350m							1.000	.892*
350-400m								1.000

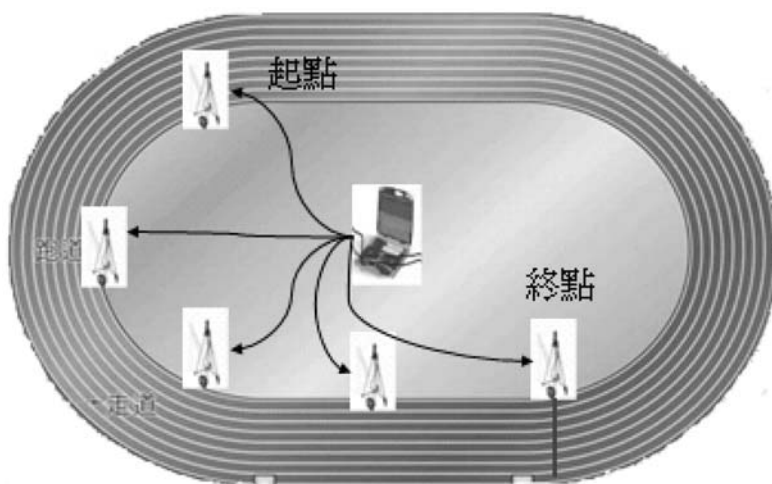


圖 1 200 公尺田徑場佈置

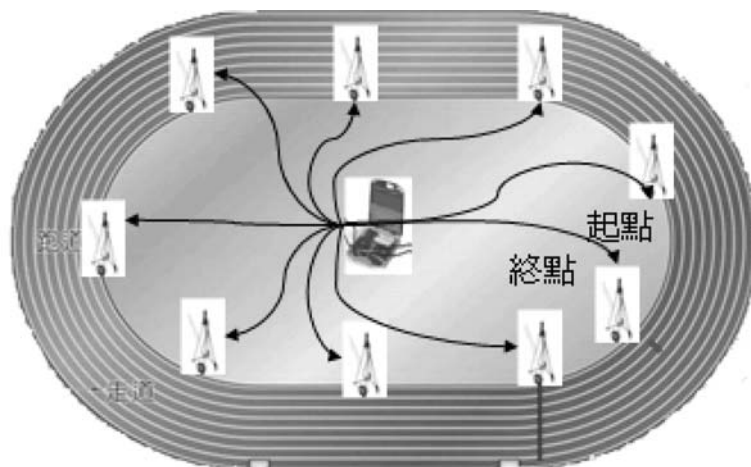


圖 2 400 公尺田徑場佈置

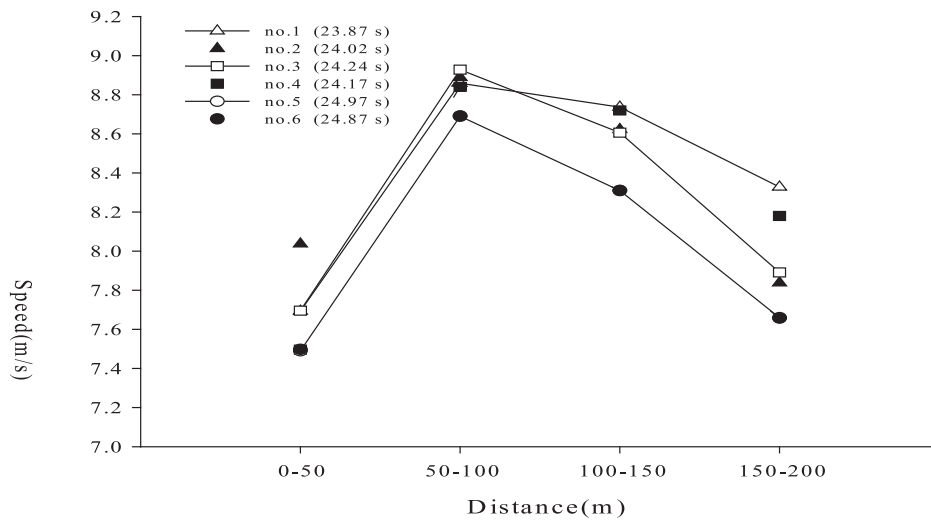


圖 3 200 公尺參與者個人每 50 公尺分段速度之分析

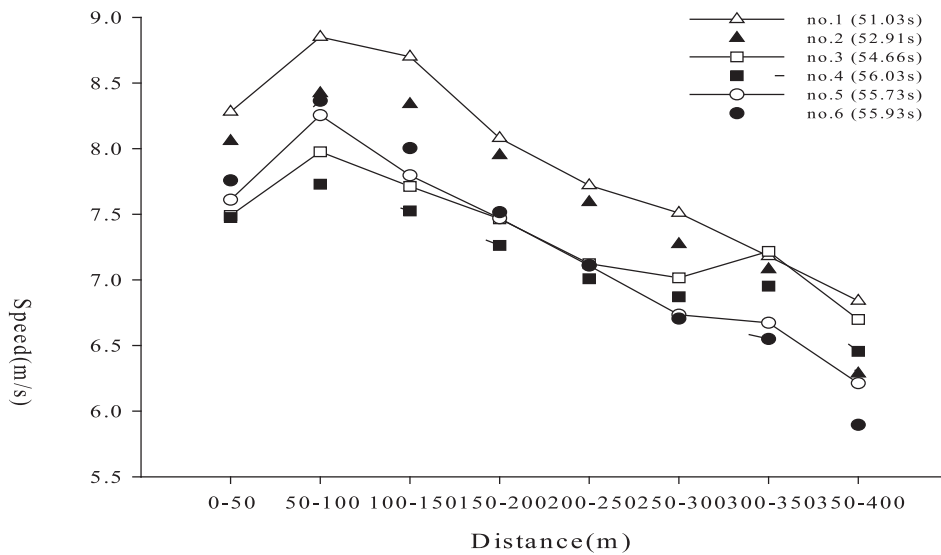


圖 4 400 公尺參與者個人每 50 公尺分段速度之分析

Investigate the Segmented Speed Analysis of 200-Meter and 400-Meter Sprint on performance and Maximum Lactic Acid

Chia-Hui Chen¹ Yueh-Chi Wang^{1*}

Yea-Ling Huang² Jai-Tzer Jang¹

¹Graduate Institute of Athletics and Coaching Science, National Taiwan Sport University

²Chang Gung University of Science and Technology, Office of Physical Education

Abstract

The **purpose** of this study was to diagnose athletic ability using application of segmented speed analysis, the maximum speed and movement after the accumulation of lactic acid to determine 200-meter and 400-meter of athletes' ability, and give suggestions for their training program respectively. **Method:** Twelve male senior track athletes (six 200-meter and six 400-meter runners) participated in this study. Each 50 meters an infra-red sensor recorded the speed of the athlete. Blood lactic acid was measured after the 200-meter or 400-meter running. Results: Maximum speed was reached at 100 meters for both 200-meter and 400-meter tests, and slow down the speed too fast affected the results. In addition, after the end of the test, the maximum lactic acid occur inconsistent. **Conclusion:** the maximum speed of 200 and 400 meters were both reach at 50-100m that was too early and then immediately decline that may affect with anaerobic endurance ability insufficient. Bad anaerobic glycolysis will affect the value

* Corresponding author: Yueh-Chi Wang; Graduate Institute of Athletics and Coaching Science, National Taiwan Sport University; E-mail: wang5252@gmail.com

of the maximum lactic acid and appear too early. Suggestions were to increase intermittent training and speed training to improve athlete's ability.

Keywords: speed endurance ability, diagnostic, anaerobic glycolysis

