

國立臺灣師範大學運動與休閒學院運動競技學系

碩士論文

Department of Athletic Performance

College of Sports and Recreation

National Taiwan Normal University

Master Thesis

我國優秀大專田徑男子 400 公尺跑分段配速節奏之探討

On the Split Speed Tempo of the 400-meter Athletics: The Case of
the National University and College Athletic Games

馮丞毅

FONG, Cheng Yi

指導教授：蔡於儒 博士

Advisor：Tsai, Yu-Ju, Ph.D.

中華民國 111 年 08 月

August 2022

我國優秀大專田徑男子 400 公尺跑分段配速節奏之探討

2022 年 8 月

研究生:馮丞毅

指導老師:蔡於儒

摘要

目的：本研究旨在探討我國優秀大專田徑男子 400 公尺選手，400 公尺跑分段配速節奏與 400 公尺運動表現之關係，並與世界級 400 公尺選手比較分段配速節奏策略間之差異。**方法：**研究對象為優秀大專田徑男子甲組 400 公尺選手及三位亞奧運培訓選手，透過比賽影片，分析 400 公尺跑分段配速節奏時間參數與 400 公尺運動表現之關係，相關研究參數以皮爾森基差相關進行統計分析。**結果：**後 300 公尺跑分段配速時間及後 200 公尺跑分段配速時間與 400 公尺運動表現呈高顯著性相關；第三段 100 公尺跑分段配速時間與後 300 公尺跑分段配速節奏呈高顯著性相關；第四段 100 公尺跑分段配速時間與後 200 公尺跑分段配速節奏呈高顯著性相關；每 100 公尺跑分段配速節奏最高速度峰值出現在第二段 100 公尺跑階段，相關配速時間與 400 公尺運動表現呈高顯著性相關；比較前、後 200 公尺跑分段配速時間，速度遞減率越低 400 公尺運動表現越好。**結論：**第三段 100 公尺跑分段配速節奏是影響後 300 公尺跑分段配速時間的主要因素，該階段應盡可能維持配速跑節奏；第四段 100 公尺配速跑階段，為 400 公尺跑過程中乳酸堆積量相對較高之階段，個人耐乳酸能力、運動中代謝乳酸能力及有氧供能時的速度能力影響了該階段跑的配速節奏。

關鍵詞：分段配速、速度遞減率

**On the Split Speed Tempo of the 400-meter Athletics: The Case of the National
University and College Athletic Games**

August,2022

Author: FONG,Cheng Yi
Advisor: Tsai,Yu-Ju

ABSTRACT

The aim of the study is to discuss the relationship between the 400-meter running with split pace tempo and the sports performance in men's 400 meters in the National University and College Athletic Games. Then the study discusses its differences with the world 400 meters' athletes with split pace tempo. The subjects of this study are 400 meter athletes of men's Grade A of National University and College Athletic Games as well as three athletes in training for Asian Olympic Games. The study analyzed the relationship between the time parameters of the split pace and the performance of the 400-meter running through the film of the race. The correlation parameters were statistically analyzed by Pearson product-moment correlation coefficient. The split pace time of the last 300 meters and the split pace time of the last 200 meters were significantly correlated with the performance of the 400 meters. There is a significant correlation between the pace time of the third 100-meter running and the pace of the last 300-meter running. There is a significant correlation between the pace time of the fourth 100-meter running and the pace tempo of the last 200-meter running. The peak value of the tempo of each 100-meter running appeared in the second 100-meter running stage, and the relevant pace time was significantly correlated with the performance of 400-meter running. After comparing the pace time before and after the 200-meter running, the study finds that the lower the speed lapse rate, the better the 400-meter running performance. The split tempo of the third 100-meter running is the main factor affecting the time of the third 300-meter running. The tempo of the third 100-meter running should be maintained as much as possible in this stage. In the fourth stage of 100-meter pace running, the lactate accumulation is relatively high during 400-meter running. The individual's ability of lactate tolerance, metabolizing lactate during exercise, and speed ability during aerobic energy supply affect the pace tempo of this stage of running.

Keywords: split pace, lapse rate of speed

目次

中文摘要	i
英文摘要	ii
目次	iii
表次	v
圖次	vi
第壹章 緒論.....	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	1
第三節 研究目的	4
第四節 研究假設	4
第五節 研究範圍與限制	5
第六節 名詞解釋	5
第貳章 文獻探討.....	9
第一節 400 公尺跑能量系統	9
第二節 400 公尺跑配速節奏分析	10
第三節 文獻總結	11
第參章 實驗方法與步驟.....	12
第一節 研究對象.....	12
第二節 研究工具	12
第三節 實驗程序	13
第四節 資料處理與統計分析	14
第肆章 研究結果.....	15
第一節 相關研究之描述性統計	15

第二節 相關研究參數間相關性敘述	16
第五章 討論.....	19
第一節 相關研究參數討論	19
第二節 國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手配速策略之差異.....	20
第六章 結論與建議.....	27
第一節 結論	27
第二節 建議.....	27
參考文獻.....	29
附錄.....	31
附錄一 受試者須知	31
附錄二 實驗參與者同意書	32
附錄三 實驗參與者基本資料表	33

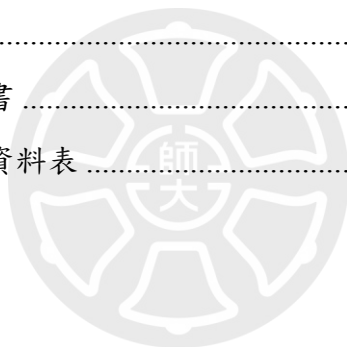


表 次

表 1-1 全國田徑男子 400 公尺歷年成績.....	3
表 1-2 2018 年亞洲運動會田徑男子 400 公尺決賽成績.....	3
表 1-3 2019 年亞洲田徑錦標賽田徑男子 400 公尺決賽成績.....	4
表 4-1 起跑反應時間、300 公尺分段配速、200 公尺分段配速.....	15
表 4-2 300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速參數統計.....	16
表 4-3 起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與 400 公尺成績相關.....	17
表 4-4 300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速相關.....	18
表 5-1 國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑男子 400 公尺選手當年度 200 公尺與 400 公尺最佳成績.....	22
表 5-2 國內優秀 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手分段配速之比較.....	23
表 5-3 國內優秀 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手 200 公尺分段配速之相對速度及差值.....	25
表 5-4 國內優秀 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手各分段配速.....	25

圖 次

圖 1-1 各分段起終點圖.....	6
圖 1-2 第一段 100 公尺分段終點.....	6
圖 1-3 第二段 100 公尺分段終點.....	7
圖 1-4 第三段 100 公尺分段終點.....	7
圖 1-5 第四段 100 公尺分段終點.....	8
圖 3-1 iphone.....	12
圖 3-2 AVIPlayer.....	12
圖 3-3 場地布置.....	14



第壹章 緒論

第一節 研究背景

短距離競賽項目為 100 公尺、200 公尺及 400 公尺，或比賽時間在三分鐘內的徑賽項目(許樹淵, 1994)。400 公尺跑主要能量來源為(1)磷酸化合物的分解；(2)無氧醣酵解過程中產生 ATP；(3)有氧代謝過程中產生 ATP。Hill (1999)研究發現 400 公尺跑在有氧與無氧能量供應比例分別為 37%-38%與 62%-63%，這顯示田徑 400 公尺跑主要是以無氧醣酵解的能量供應為主，因此針對 400 公尺選手而言，影響運動表現與個人速度耐力、代謝運動過程中產生大量乳酸的能力，比賽過程中速度維持及減少速度遞減的能力有關(林智偉 et al., 2017)。

400 公尺跑是一項週期性項目，除了要求選手具備良好的速度能力和速度耐力外，為提高運動表現，選手會在比賽過程中採用合理的速度分配，進而達到最佳的比賽成績，夏崇德 (2002)研究指出 400 公尺跑成績與各 100 公尺分段跑成績有直接的關聯性，其中第三段及第四段的 100 公尺分段是影響 400 公尺跑成績的關鍵因素。

2016 年里約奧運時，南非田徑選手 Wayde Van Niekerk 在 400 公尺決賽跑出 43.03 秒的成績，同時打破奧運紀錄及世界紀錄(43.18 秒)。Wayde Van Niekerk 的 200 公尺個人最佳成績為 19.98 秒，這顯示他每一百公尺平均用 9.99 的時間完成 200 公尺比賽，而他的 400 公尺比賽過程中每分段 100 公尺平均用 10.76 秒完成，綜合上述研究可知，400 公尺選手除要求個人速度能力外，在比賽過程中合理的安排速度跑節奏是影響 400 公尺運動表現的關鍵因素。

第二節 研究動機

400 公尺跑是田徑競賽短距離項目中最困難的項目之一，它要求運動員必須具有良好的短跑技術，同時，具備很好的速度、速度耐力和專項體能。從生理探討，400 公尺跑主要由醣酵解系統提供能量，隨著運動強度增強，乳酸的產生則會增加，在醣酵解系統的能量供應上所產生的乳酸代謝物，導致肌肉產生疲勞痠痛感，也是影響運動表現的

因素(Holloszy, 1982)。因此，如何在 400 公尺比賽中，維持高速度且延緩速度下降，速度分配是非常重要的(Abbiss & Laursen, 2008)。在 400 公尺跑中，要如何正確分配跑速是影響比賽成績的重要因素。Hanon and Gajer (2009)研究指出 400 公尺成績越好，前、後段 200 公尺的成績差距越小，跑速越趨於均速。

基於上述說明，Wayde Van Niekerk 在 2016 年里約奧運，男子 400 公尺決賽跑出 43.03 秒的成績，每 100 公尺平均用 10.76 秒完成 400 公尺比賽，實際上 Wayde Van Niekerk 每段 100 公尺分段都以不同速度進行進行配速，達到最合理的配速策略，相較於我國田徑 400 公尺成績，2015 年陳傑所跑出 46.35 秒後，我國就無人打破陳傑的紀錄。查閱我國田徑男子 400 公尺歷年十傑的成績(表 1-1)，可以發現我國歷年第一傑成績，在 2018 年雅加達亞運會的田徑男子 400 公尺決賽中，雖能進入決賽圈(表 1-2)，但在 2019 年亞錦賽是無法晉級決賽圈，這可看出我國田徑男子 400 公尺想要在亞洲性賽事奪牌仍有很大的努力空間(表 1-3)。因此，本研究欲藉由 400 公尺分段分析以瞭解影響優秀田徑男子 400 公尺選手成績的因素，以提供教練與選手訓練之依據，提高運動表現，增加國際賽事競爭力。



表 1-1 全國田徑男子 400 公尺歷年成績

歷年名次	成績	姓名	比賽時間
1	46.35	陳傑	2015/10/19
2	46.48	楊隆翔	2019/04/29
3	46.50	余晨逸	2019/03/31
4	46.72	張博智	1998/10/26
5	46.74	陳天文	1998/10/26
6	46.94	王榮華	1977/05/12
7	46.98	王偉旭	2013/11/30
8	47.01	劉元凱	2001/10/22
9	47.04	林光亮	1988/06/05
10	47.23	陳弘順	1991/10/28

表 1-2 2018 年亞洲運動會田徑男子 400 公尺決賽成績

名次	成績	姓名(國家)
1	44.89	HASSAN Abdalelah(QAT)
2	45.69	YAHIYA Muhammed(IND)
3	45.70	KHAMIS Ali(BRN)
4	45.84	AROKIARAJIV(IND)
5	45.89	WALSH Julian Jrummi(JPN)
6	46.17	LITVIN Mikhail(KAZ)
7	46.41	ABBAS Abbas(BRN)
8	46.49	HEWA KUMARAGE Kalinga Kumarage(SRI)

表 1-3 2019 年亞洲田徑錦標賽田徑男子 400 公尺決賽成績

名次	成績	姓名(國家)
1	44.84	KARAM Yousef(KUW)
2	45.14	ABUBAKER Abbas(BRN)
3	45.25	LITVIN Mikhail(KAZ)
4	45.37	RAJIV Arokia(IND)
5	45.55	WALSH Julian Jrummi(JPN)
6	45.74	YASSEN Taha Hussein(IRQ)
7	46.10	YAHIYA Muhammed Anas(IND)
	DQ	ITO Rikuya(JPN)

第三節 研究目的

本研究主要目的是藉由分析 111 年全國大專校院田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會田徑男子 400 公尺前八名選手為研究對象，使用多台手機拍攝每 100 公尺分段，並進行各分段計時的方式，探討影響 400 公尺成績之因素，其中 300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速之關係。比較國內優秀 400 公尺選手與國際性 400 公尺選手之配速策略之差異，以提供教練與選手簡單方便的檢測方式，提升運動表現，爭取國際比賽成績。針對此目的，本研究分別就下列四個研究方向探討之：

- 一、起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與 400 公尺成績之相關
- 二、300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速之相關
- 三、國內優秀選手與國際性選手前、後 200 公尺分段配速之差異

第四節 研究假設

本研究針對分段配速相關參數與 400 公尺跑成績提出下列假設：

- 一、起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與終點成績具有正相關
- 二、300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速具有正相關

三、國內優秀選手與國際性選手前、後 200 公尺分段配速具有差異

第五節 研究範圍與限制

本研究之研究範圍界定如下:

- 一、研究對象:本研究是以 111 年全國大專校院田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會男子四百公尺前八名(扣除重複選手)及三名亞運培訓隊選手，總共 14 名，為本研究之研究對象。
- 二、研究影片蒐集:本研究主要利用 400 公尺跑影片及 4 個分段點影片以分析 400 公尺跑各分段配速跑時間(配速節奏)為研究範圍。相關影片之取得:111 年全國大專校院田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會皆透過現場拍攝以取得研究相關影片。
- 三、研究內容:以 111 年全國大專校院田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會兩場比賽影片探討下列相關研究:起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與 400 公尺成績之關係;300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速之關係。
- 四、研究限制:
 - (一) 影片角度限制:因拍攝角度固定，需要拍攝一到九道，秒數分析時會有些微誤差，視為本研究之限制。
 - (二) 各手機拍攝之同步:每支手機錄影時間不同，故統一先拍攝發令裁判完成發令後，再將鏡頭轉移到各分段終點進行拍攝。

第六節 名詞解釋

本研究之操作型定義如下:

- 一、第一段 100 公尺分段配速:指起點-100 公尺處之跑動時間。
- 二、第二段 100 公尺分段配速:指 100-200 公尺處之跑動時間。
- 三、第三段 100 公尺分段配速:指 200-300 公尺處之跑動時間。
- 四、第四段 100 公尺分段配速:指 300-400 公尺終點之跑動時間。
- 五、前段 200 公尺分段配速:指起點-200 公尺處之跑動時間。
- 六、中段 200 公尺分段配速:指 100-300 公尺處之跑動時間。

- 七、後段 200 公尺分段配速: 指 200-400 公尺終點之跑動時間。
- 八、前段 300 公尺分段配速: 指起點-300 公尺處之跑動時間。
- 九、後段 300 公尺分段配速: 指 100-400 公尺終點之跑動時間。
- 十、起跑反應時間: 起跑時選手接收指令後, 用力推蹬出起跑架, 起跑架上的感應板感應受力, 做出反應動作所需的時間稱為反應時間。

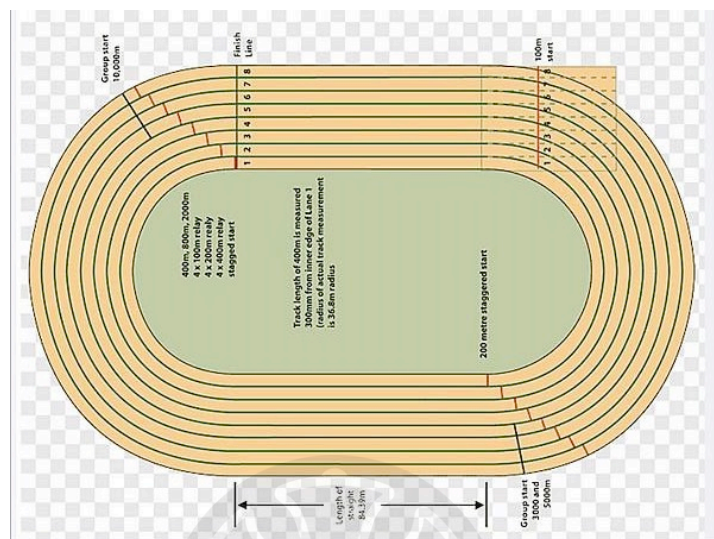


圖 1-1 各分段起終點圖



圖 1-2 第一段 100 公尺分段終點



圖 1-3 第二段 100 公尺分段終點



圖 1-4 第三段 100 公尺分段終點



圖 1-5 第四段 100 公尺分段終點



第貳章 文獻探討

第一節 400 公尺跑能量系統

多數研究結果顯示，四百公尺跑在生理上受的 ATP-PC 能量系統、乳酸系統及少許有氧系統的影響，Reis and Miguel (2007)研究發現 400 公尺跑在有氧與無氧能量供應比例分別為 32%與 68%，而Duffield et al. (2005)研究也發現相似的有氧與無氧能量供應比例為 41-45%與 55-59%。Cairns (2006)指出若要保持高速度續航力及高強度肌肉收縮，唯有提升 ATP 與 PCr 在細胞溶質內在組成速度。而醣類在無氧的介入下，還原成乳酸，同時產生少量同時產生少量 ATP 的能量提供提供系統。乳酸生成是由肌肉產生再擴散再擴散至血液中，此時血液 PH 值會下降使中樞神經對肌肉的驅動力下降。當乳酸堆積達到一個上限（乳酸閾值），運動員會因運動員會因肌肉疲勞痠痛感而影響運動能力(Hirvonen et al., 1992)。

短跑運動員在進行速度訓練時，尤其是起跑及起跑後的加速跑，肌肉收縮的能量主要是無氧代謝的 ATP-PC 系統負責供能，以確保起跑後能發揮最高的速度，且在第 2~3 秒達到最大值，一般亦只能維持 4~5 秒，加上體內的氧儲備，共只能維持 6 秒左右的極限速度跑。在經歷 5~6 秒的全速跑後，隨著快縮肌纖維中磷酸肌酸的消耗，其供能轉由醣酵解維持 ATP 的再合成。但在醣酵解供能過程中，血液中乳酸值會不斷增高，致快縮肌纖維產生疲勞，使肌肉收縮力量及收縮速度下降，因而降低肌輸出功率(Hirvonen et al., 1992)。因此，短跑速度訓練時，主作用肌群必須進行無氧力量和無氧耐力二方面的訓練，既要提高快縮肌纖維在缺氧狀態下的快速收縮能力，又要提高快縮肌纖維的抗乳酸工作能力(林正常, 2002)

就理論而言，400 公尺跑速度訓練時，10 秒以內運動供能主要是由磷酸原系統供應，但在能量供應過程中醣酵解系統也同時參與供能，且具一定比重(Nummela et al., 1996)。因此，在 400 公尺跑速度訓練中，在加強磷酸原系統能力訓練時，不能不重視加強醣酵解系統的能力訓練，亦即需從事一定比例長於 10 秒以上的高速度耐力訓練，以提升速度維持能力。但針對 400 公尺成績次優秀的運動員，不僅要加強醣酵解系統供能能力，更重要的是要提高磷酸原系統的能量輸出功率，亦即在以維持磷酸原系統供能的時間內，運動員盡可能的跑過更長的距離(蔡於儒, 2012)。

綜合上述，為維持磷酸原系統及醣酵解供能的時間內，可跑更長的距離，專項速度訓練時應要求：(1)提高肌肉中磷酸原系統的儲存量，以提供起跑、加速跑及增大途中跑最高速度的能量保證；(2)提高磷酸原系統供能的輸出功率訓練，因 CP 轉化 ATP 的速度，直接影響了供能的功率輸出；(3)改善彎道跑步技術以提高工作效率，使磷酸原系統及醣酵解系統的供能過程中，可跑更長的距離；(4)改善和提高醣酵解機制供能的能力，以提高維持最高速度的能力；(5)有氧能力可更快速代謝乳酸，將乳酸轉化成代謝燃料。

第二節 400 公尺跑配速節奏分析

跑是連續性的技術，隨著跑步距離不同而有不同的速度(吳文宏 et al., 2003)。許樹淵 (1992)指出，平均速度是步幅與步頻的乘積，這兩個因素的變化決定速度的快慢。跑步是步幅及步頻不斷變化、組合的能夠達到過程，步幅由推蹬距離、空中距離、著地距離三個部分所構成。而步頻則由每一步所花費的時間得來，也就是著地時間及空中時間。步幅由三段距離組成，起蹬距離：起蹬距離與起蹬離地時重心之投影點 (S1)；飛程或騰空時的距離(S2)；著地點與重心投影點之距離(S3)。其公式為步幅=S1+S2+S3(Hay, 1985; Hunter et al., 2004a)。

從過去文獻的研究結果中，增加跑步的速度時，是步幅先隨著之增加而改變，再來才是步頻(Clarke et al., 1985)。由此可見當速度改變時步幅相較於步頻有比較大的影響。有研究指出，在短距離徑賽的減速階段，保持較高步頻能有較佳的表現(Hunter et al., 2004b)。

四百公尺跑現在的競技水平，平均速度超過 8 m/s，但是在後半段會受到身體疲勞的因素影響造成速度下降，如何運用步幅及步頻的組合減少速度遞減的問題。短距離徑賽項目必須要考慮速度維持的能力，才能維持高速度跑的持續時間及速度下降的情況(Saltin, 1987)。

在四百公尺跑配速的研究發現，世界級、國家級、地區級的運動員使用不同的配速策略，在世界級的男、女選手使用了更大比例的最大速度 (200 公尺最佳成績 96-97%) 的配速策略來完成前段 200 公尺(Hanon & Gajer, 2009)。四百公尺選手類型可分為「耐力型」、「速度型」兩種類型，耐力型運動員使用 200 公尺最大速度的 90-93%配速策略執行前兩百公尺跑，延遲高乳酸堆積的出現，減緩速度遞減；速度型選手則是使用較

快的配速策略完成前兩百公尺（200m 最大速度 95-98%），後半段盡可能維持速度(Hart, 2000)。

綜合上述，個別運動員的分段速度中發現，前段 200 公尺速度若過於快速可能導致運動員的不適應且能量供給方面消耗過於快速，進而演變成前、後 200 公尺秒數差距過大，導致最終成績不理想；若使用前段太慢的配速策略，即使前後分段速度下降情形不高，但由於速度過慢，使得無法趕上跑得更快的運動員，這兩種狀況的最終都會導致成績的不理想，從許多研究結果也可以瞭解 400 公尺的配速策略仍是十分重要，運動員因從平時訓練中找到適合自己的配速策略；建議運動員於平時訓練中，教練或運動員本身能夠找出適合運動員的特質與個人表現的配速策略。

第三節 文獻總結

綜合上述研究可知，分段配速對田徑 400 公尺成績表現有著決定性的影響。因此，本研究欲藉由探討前段 300 公尺分段配速、後段 300 公尺分段配速、前段 200 公尺配速、中段 200 公尺配速、後段 200 公尺配速及第一段 100 公尺分段配速、第二段 100 公尺分段配速、第三段 100 公尺分段配速、第四段 100 公尺分段配速與 400 公尺成績之相關，以瞭解優秀田徑男子 400 公尺選手分段配速跑速度節奏與田徑 400 公尺運動表現之關係與特徵，期望能提供教練與選手訓練方向，以協助我國田徑男子 400 公尺選手提升運動表現。

第參章 實驗方法與步驟

第一節 研究對象

本研究是以 111 年全國大專校院田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會男子四百公尺前八名(扣除重複選手)及三名亞運培訓隊選手，總共 14 名為研究對象，藉由實際比賽影片以蒐集我國優秀田徑男子 400 公尺選手分段配速跑速度節奏與運動表現之相關參數。

第二節 研究工具

本研究使用所需的實驗儀器與設備為 iPhone 手機 6 台進行拍攝(圖 3-1)，擷取頻率為 60Hz，後將拍攝所得之影片藉由 AVIPlayer(圖 3-2)動作分析系統擷取全程各分段配速跑影片，分析各分段配速跑時間(速度)。



圖 3-1 iPhone



圖 3-2 AVIPlayer

第三節 實驗程序

本研究兩場決賽影片資料蒐集之拍攝時間與地點如下：

一、111 年全國大專校院田徑公開賽田徑男子 400 公尺決賽影片資料蒐集：

- (一) 拍攝時間：111 年 3 月 27 日 14:15
- (二) 影片由現場拍攝。
- (三) 選手資料由中華民國田徑協會提供。
- (四) 拍攝地點：板橋第一體育場。
- (五) 拍攝位置：田徑男子 400 公尺決賽影片拍攝，由 6 台手機同時攝影，分別在操場 350 公尺處、150 公尺處、1500 公尺起點處、200 公尺起點處、100 公尺起點處及終點線之觀眾席正上方進行拍攝影片(圖 3-3)。

二、111 年全國大專校院運動會田徑男子 400 公尺決賽影片資料蒐集：

- (一) 拍攝時間：111 年 5 月 9 日 15:15
- (二) 影片由現場拍攝。
- (三) 選手資料由賽事承辦單位-國立體育大學提供。
- (四) 拍攝地點：國立體育大學田徑比賽場地。
- (五) 拍攝位置：田徑男子 400 公尺決賽影片拍攝，由 6 台手機同時攝影，分別在操場 350 公尺處、150 公尺處、1500 公尺起點處、200 公尺起點處、100 公尺起點處及終點線之觀眾席正上方進行拍攝影片。拍攝方式模擬 111 年全國大專校院田徑公開賽田徑男子 400 公尺決賽拍攝位置。

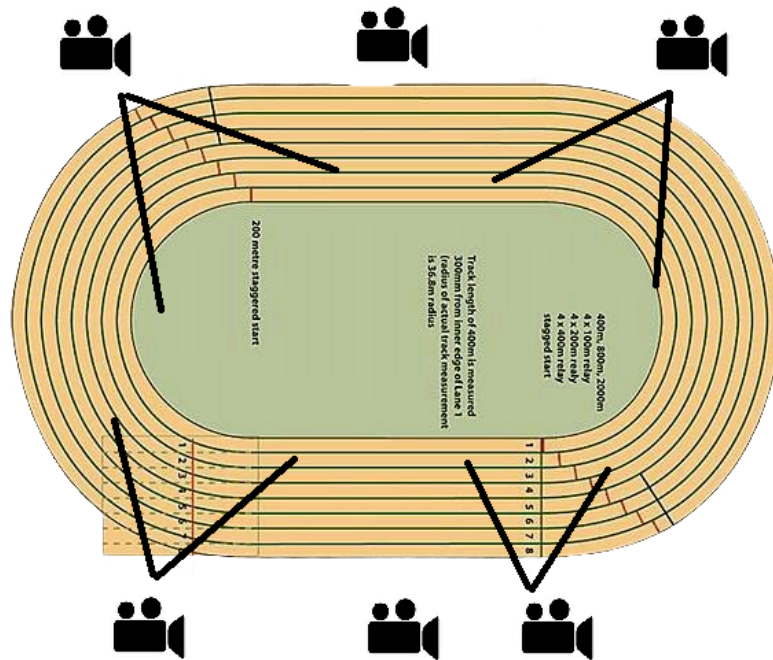


圖 3-3 場地布置

第四節 資料處理與統計分析

一、資料處理

本研究相關影片之分析，主要藉由 AVIPlayer 動作分析系統以擷取田徑 400 公尺全程跑中各分段配速跑之影片，並將各相關影片轉為靜態影像檔，再透過 Microsoft Excel 2010 計算各分段配速跑靜態影像張數，已取得各分段配速跑速度節奏相關參數。

二、統計分析

根據本研究的目的，採用 SPSS 23.0 for windows 統計套裝軟體進行統計分析，藉由描述性統計以敘述研究參數間之變化，透過皮爾森積差相關法(Pearson's Correlation)探討各參數間之關係，各參數間相關係數如下:以 0.4~0.7 為中度相關，0.75 以上為高度相關。

第肆章 研究結果

第一節 相關研究之描述性統計

本研究主要目的是藉由分析 111 年全國大專田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會田徑男子 400 公尺前八名選手分段配速時間與 400 公尺成績之關係，因此，本研究分別就起跑反應時間、300 公尺分段配速時間、200 公尺分段配速時間、100 公尺分段配速時間預測 400 公尺成績探討之。

一、起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與 400 公尺成績參數之描述統計

有關田徑 400 公尺選手在起跑反應時間、200 公尺分段配速時間、300 公尺分段配速時間對 400 公尺跑成績影響之相關參數之描述性統計，如表 4-1 所示。

由表 4-1 可知，111 年全國大專田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會田徑男子 400 公尺前八名選手之起跑反應時間為 0.165 秒±0.01 秒，前段 200 公尺分段配速時間為 22.69 秒±0.43 秒，中段 200 公尺分段配速時間為 23.58 秒±0.51 秒，後段 200 公尺分段配速時間為 26.27 秒±1.1 秒，前段 300 公尺分段配速時間為 34.82 秒±0.55 秒，後段 300 公尺分段配速時間為 37.72 秒±1.16 秒。

表 4-1 起跑反應時間、300 公尺分段配速、200 公尺分段配速(N=14)

	平均值(秒)	標準差(秒)
終點成績(秒)	48.96	±1.10
反應時間(秒)	.16	±.013
前段200公尺時間(秒)	22.6	±.43
中段200公尺時間(秒)	23.58	±.51
後段200公尺時間(秒)	26.27	±1.10
前段300公尺時間(秒)	34.82	±.55
後段300公尺時間(秒)	37.72	±1.16

二、300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速參數之描述性統計

有關本研究之配速分段時間分別為：前段 300 公尺、後段 300 公尺、前段 200 公尺、中段 200 公尺、後段 200 公尺、第一段 100 公尺、第二段 100 公尺、第三段 100 公尺、第四段 100 公尺，相關描述性統計，如表 4-2 所示。

由 4-2 可知，第一段 100 公尺時間 11.14 秒±0.31 秒、第二段 100 公尺時間 11.44 秒±0.25 秒、第三段 100 公尺時間 12.13 秒±0.34 秒、第四段 100 公尺時間 14.14 秒±0.79 秒。由表中可知，前段 200 公尺是分段配速跑最高速階段，第三段 100 公尺為 400 公尺跑減速階段，這與研究相符，其研究指出 100-200 公尺處出現速度的高峰點，從第三段 100 公尺開始分段配速明顯下降。

表 4-2 300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速參數統計(N=14)

	平均值(秒)	標準差(秒)
第一段100公尺時間(秒)	11.24	±.31
第二段100公尺時間(秒)	11.44	±.25
第三段100公尺時間(秒)	12.13	±.34
第四段100公尺時間(秒)	14.14	±.79
前段200公尺時間(秒)	22.69	±.43
中段200公尺時間(秒)	23.58	±.51
後段200公尺時間(秒)	26.27	±1.10
前段300公尺時間(秒)	34.82	±.55
後段300公尺時間(秒)	37.72	±1.16

第二節 相關研究參數間相關性敘述

一、起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與 400 公尺成績參數之相關係數

由表 4-3 可知起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與 400 公尺成績參數之相關係數。400 公尺成績與後段 200 公尺分段配速時間呈高度顯著性相關($r = .923, p < .05$)，與後段 300 公尺分段配速時間呈高度顯著性相關($r = .964, p < .05$)，這顯示我國優秀男子 400 公尺選手，後段 200 公尺分段配速時間與後段 300 公尺分段配速時間是影響成績的關鍵因素。有關起跑反應時間對終點成績呈低度負相關($r = -.538$)，顯示起跑反應時間對終點成績無影響。

表 4-3 起跑反應時間、200 公尺分段配速、300 公尺分段配速與 400 公尺成績相關

	終點 成績	起跑反 應時間	前段 200 公尺	中段 200 公尺	後段 200 公尺	前段 300 公尺	後段 300 公尺
終點成績(秒)	1	-.538*	.216	.831**	.923**	.738**	.964**
起跑反應時間 (秒)		1	.337	-.354	-.675**	-.131	-.605*
前段 200 公尺 時間(秒)			1	.347	-.178	.778**	-.014
中段 200 公尺 時間(秒)				1	.700**	.833**	.832**
後段 200 公尺 時間(秒)					1	.436	.977**
前段 300 公尺 時間(秒)						1	.590*
後段 300 公尺 時間(秒)							1

二、300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速參數之相關係數

由表 4-3 已說明優秀男子 400 公尺選手分段配速跑是影響 400 公尺成績的主要因素，400 公尺跑歷經起跑及 4 段 100 公尺分段配速的過程，因此，本研究藉由兩段 300 公尺分段配速時間(前段 300 公尺分段配速、後段 300 公尺分段配速)、三段 200 公尺分段配速時間(前段 200 公尺分段配速、中段 200 公尺分段配速、後段 200 公尺分段配速)與四段 100 公尺分段配速時間(第一段 100 公尺分段配速、第二段 100 公尺分段配速、第三段 100 公尺分段配速、第四段 100 公尺分段配速)參數之相關係數。從表 4-4 可知，後 200 公尺分段配速與第三段 100 公尺分段配速($r=.916$ ， $p<.05$)、第四段 100 公尺分段配速($r=.984$ ， $p<.05$)之關係均呈高度顯著性關係，這顯示第三段 100 公尺分段配速及第四段 100 公尺分段配速是影響後段 200 公尺分段配速主要因素。後段 300 公尺分段配速與第三段 100 公尺分段配速($r=.957$ ， $p<.05$)、第四段 100 公尺分段配速($r=.934$ ， $p<.05$)之關係均呈高度顯著性關係，這顯示第三段 100 公尺分段配速及第四段 100 公尺分段配速是影響後段 300 公尺分段配速主要因素。

由表 4-5 亦可知，後段 300 公尺分段配速與中段 200 公尺分段配速($r=.832$ ， $p<.05$)、與後段 200 公尺分段配速($r=.977$ ， $p<.05$)均呈高顯著性相關。

表 4-4 300 公尺分段配速、200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速相關

	第一段 100 公 尺	第二段 100 公 尺	第三 段 100 公尺	第四段 100 公 尺	前段 200 公 尺	中段 200 公 尺	後段 200 公 尺	前段 300 公尺	後段 300 公尺
第一段 100 公 尺時間(秒)	1	.181	-.352	-.356	.821**	-.151	-.368	.421	-.309
第二段 100 公 尺時間(秒)		1	.423	.019	.710**	.784**	.148	.821**	.357
第三段 100 公 尺時間(秒)			1	.831**	-.006	.894**	.916**	.623**	.957**
第四段 100 公 尺時間(秒)				1	-.244	.578*	.984**	.331	.934**
前段 200 公尺 時間(秒)					1	.347	-.178	.778**	-.014
中段 200 公尺 時間(秒)						1	.700**	.833**	.832**
後段 200 公尺 時間(秒)							1	.436	.977**
前段 300 公尺 時間(秒)								1	.590*
後段 300 公尺 時間(秒)									1



第五章 討論

本研究主要目的是藉由分析 111 年全國大專田徑公開賽、111 年全國大專校院運動會田徑男子 400 公尺前八名選手(扣除重複選手)以及三位亞運培訓隊選手為研究對象，並藉由比較國際性選手與國內優秀選手配速策略之差異，探討 400 公尺分段配速與田徑 400 公尺運動表現之關係，基於上述，本研究分別就相關研究參數討論及國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性 400 公尺選手配速策略之差異進行分析討論。

第一節 相關研究參數討論

一、300 公尺分段配速與 400 公尺成績參數之關係

有關 300 公尺分段配速與 400 公尺成績參數之相關係數，如 4-3 所示。根據本研究相關顯示終點成績與後段 300 公尺分段配速呈高度顯著性相關($r = .964, p < .05$)，與前段 300 公尺分段配速呈中度正相關($r = .738, p < .05$)，這說明我國大專優秀田徑 400 公尺選手，後段 300 公尺分段配速是影響其成績的主要因素。有關 300 公尺分段配速與 100 公尺分段配速之相關係數，如表 4-4 所示，後段 300 公尺分段配速與第三段 100 公尺分段配速呈高顯著性相關($r = .957, p < .05$)，與第四段 100 公尺分段配速呈高顯著性相關($r = .934, p < .05$)，這說明國內優秀田徑男子 400 公尺選手彎道跑技術及速度維持能力(速耐力)是影響後段 300 公尺配速的因素，根據 Reis and Miguel (2007) 研究發現 400 公尺跑在無氧與有氧能量供應比例分別為 68% 與 32%；Spencer and Gustin (2001) 研究亦顯示無氧與有氧能量供應比例為 57% 與 43%。有此可知，速度耐力的維持與有氧能力有關聯，這顯示乳酸系統供能時速度維持能力及有氧能力對 400 公尺後段速耐力的重要性。綜合上述，第三段 100 公尺配速及第四段 100 公尺配速是影響 400 公尺公尺運動表現的關鍵因素，尤其是第三段 100 公尺分段配速的速度維持能力至為關鍵，就國內優秀田徑男子 400 公尺選手而言，如何利用彎道跑技術減少彎道速度遞減及提升速耐力，是教練及選手在訓練上的重點。

二、200 公尺分段配速與 400 公尺成績之關係

有關 200 公尺分段配速與 400 公尺成績之相關係數，如 4-3 所示。根據本研究相關顯示 400 公尺跑成績與後段 200 公尺分段配速呈高度顯著性相關($r = .923, p < .05$)，這說明我國大專優秀 400 公尺選手，後段 200 公尺分段配速是影響其成績的因素之一。而 200 公尺分段配速與 100 公尺分段配速之相關係數，如表 4-4 所示。後段 200 公尺分段配速與第四段 100 公尺分段配速呈高顯著性相關($r = .984, p < .05$)，這顯示第四段 100 公尺分段配速的速度維持能力是影響後段 200 公尺分段配速的關鍵因素，決定 400 公尺跑的終點成績。根據 Rankinen et al. (1986) 研究指出肌肉生成的乳酸鹽可以在肌纖維中直接氧化代謝掉，或是被傳送到其他肌群被氧化代謝掉，亦可以透過血液被傳送到肝臟轉換成葡萄糖，這說明第四段 100 公尺分段配速與有氧能力有關，運動中代謝乳酸的能力是影響速度耐力的因素，400 公尺項目屬於無氧性項目，欲提高運動表現需要提高乳酸系統功能時速度維持能力，不可避免的是 400 公尺跑後段一定會有有氧系統參與，身體在產生乳酸鹽時如何在動態中代謝的能力是有氧系統功能在後段的重要性。基於上述可知，影響後段 200 公尺最後 100 公尺分段配速的能力除了速度維持能力外，很重要的在於有氧的代謝能力。藉由本研究可知，在 400 公尺跑後段時，無氧系統供能時，運動能力會下降，是否與在身體呈高乳酸的情況下，選手的快縮肌如何維持工作能力有很大的關係？

第二節 國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手配速策略之差異

有關與國際性田徑 400 公尺選手配速策略差異之討論，主要是針對本研究主要研究之對象與里約奧運田徑 400 公尺冠軍 Wayde Van Niekerk 及里約奧運田徑 400 公尺銀牌 Kirani Jame 進行分析討論，國際性田徑 400 公尺選手之資料由國際田徑總會官方網站提供。針對此目的，分別為 200 公尺 400 公尺最佳成績比較分析、速度遞減率比較分析、配速策略之差異探討之。

一、200 公尺 400 公尺最佳成績比較分析

200 公尺最佳成績影響了 400 公尺跑運動表現(Gajer et al., 2007)優秀田徑 400 公尺選手的 200 公尺最佳成績乘 2 加上 3.5 秒為其 400 公尺應跑出之成績(Gambetta, 1978)，藉

由上述之公式，本研究欲藉由分析國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性 400 公尺選手之 200 公尺最佳成績及預測的 400 公尺成績之差異。基於上述，本研究之研究限制為採用該年度 200 公尺最佳成績與 400 公尺最佳成績，該年度未參賽 200 公尺項目的選手，就不採用該數據做比較，符合條件的選手分別為 Wayde Van Niekerk、Kirani James、楊隆翔及吳政諺。

由表 5-1 可知，Wayde Van Niekerk 最佳 200 公尺成績為 19.84 秒，最佳 400 公尺成績為 43.03 秒，推估 400 公尺成績為 43.18 秒，最佳 400 公尺成績與推估 400 公尺成績之差值為 0.15 秒；Kirani James 最佳 200 公尺成績為 20.41 秒，最佳 400 公尺成績為 43.74 秒，推估 400 公尺成績為 44.32 秒，最佳 400 公尺成績與推估 400 公尺成績之差值為 0.58 秒；楊隆翔最佳 200 公尺成績為 21.86 秒，最佳 400 公尺成績為 48.03 秒，推估 400 公尺成績為 47.22 秒，最佳 400 公尺成績與推估 400 公尺成績之差值為 0.81 秒；吳政諺最佳 200 公尺成績為 22.40 秒，最佳 400 公尺成績為 48.38 秒，推估 400 公尺成績為 48.30 秒，最佳 400 公尺成績與推估 400 公尺成績之差值為 0.08 秒，根據上述，吳政諺的差值 0.08 秒是最接近預估值，這有可能與該比賽並非吳政諺 200 公尺最佳成績表現有關，基於上述比較分析，國內優秀田徑男子 400 公尺選手除了需要提升 200 公尺的速度外，需要針對配速策略進行分析討論，以找出國內優秀田徑 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手的差異，為瞭解此問題須就 400 公尺每 200 公尺分段速度遞減進行分析討論，以找出與國際性田徑 400 公尺選手之差異。

表 5-1 國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑男子 400 公尺選手當年度 200 公尺與 400 公尺最佳成績

	Wayde Van Niekerk	Kirani James	受試者 B	受試者 D
	奧運 1	奧運 12	全運會 2	大專錦 1
最佳 200 公尺	19.84	20.41	21.86	22.40
最佳 400 公尺	43.03	43.74	48.03	48.38
推估之 400 公尺成績	43.18	44.32	47.22	48.30
差值	0.15	0.58	0.81	0.08

單位為秒

二、速度遞減率比較分析

400 公尺跑是最有難度的田徑競賽項目之一，必須能夠在身體極度疲勞的狀況下保持高速度衝刺(Graubner et al., 2009)。Hanon and Gajer (2009)的研究指出速度遞減率為第二段 100 公尺分段配速(峰值速度)減去最後一段 100 公尺分段速度再除以峰值速度的百分比，上述研究僅分析峰值速度與最後一段 100 公尺分段的平均速度之速度遞減比率，因此，本研究除針對峰值速度及最後一段 100 公尺分段的速度遞減率進行分析討論，並藉由此公式分析前、後 200 公尺分段配速，以瞭解前、後 200 公尺分段配速的速度變化情形。

由表 5-2 可知，國際性田徑 400 公尺選手第一段 200 公尺分段配速及第二段 200 公尺分段配速差值分別為 Wayde Van Niekerk -1.95 秒及 Kirani James -2.64 秒，速度遞減的比率分別為 Wayde Van Niekerk -9.5%及 Kirani James -12.8%，而國內優秀田徑男子 400 公尺選手 200 公尺分段配速差值則分別為陳傑-2.95 秒、楊隆翔-2.99 秒、余晨逸-3.23 秒及吳政諺-3.92 秒，速度遞減的比率分別為陳傑-13.2%、楊隆翔-13.3%、余晨逸-14.4%、及吳政諺-17.2%，這說明國內優秀田徑男子 400 公尺選手在後半段速度遞減的比例是較明顯，這可能與運動過程中代謝乳酸的能力及配速策略有關係。基於上述比較分析，國際性田徑 400 公尺選手第二段 100 公尺分段配速及第四段 100 公尺分段配速差值分別為 Wayde Van Niekerk -2.21 秒及 Kirani James -2.8 秒，速度遞減的比率分別為 Wayde Van

Niekerk -22.6%及 Kirani James -28.6%，而國內優秀田徑男子 400 公尺選手 200 公尺分段配速差值則分別為陳傑-2.39 秒、楊隆翔-2.57 秒、余晨逸-2.63 秒及吳政諺-2.25 秒，速度遞減的比率分別為陳傑-17.6%、楊隆翔-18.6%、余晨逸-19.2%及吳政諺-16.6%，藉由上述比較分析，我們可以發現國際性田徑 400 公尺選手前、後 200 公尺的速度遞減率較小，而國內優秀田徑男子 400 公尺選手前、後 200 公尺的速度遞減率較大，但是在比較峰值速度與最後一段 100 公尺的速度遞減率時，國際性田徑 400 公尺選手反而較大，國內優秀田徑男子 400 公尺選手則是較小，顯然第三段 100 公尺分段配速是很重要的因素，是否與選手每 100 公尺分段配速策略有關，為瞭解配速策略對成績的影響，分析 200 公尺分段配速及每 100 公尺分段配速之速度變化情形，比較國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手配速策略之差異。

表 5-2 國內優秀 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手分段配速之比較

	Wayde Van Niekerk	Kirani James	受試者 A	受試者 B	受試者 C	受試者 D
第一段 200 公尺	20.54	20.56	22.37	22.52	22.41	22.73
第二段 200 公尺	22.49	23.20	25.32	25.51	25.64	26.65
差值	-1.95	-2.64	-2.95	-2.99	-3.23	-3.92
速度遞減率	-9.5%	-12.8%	-13.2%	-13.3%	-14.4%	17.2%

單位為秒

三、配速策略之差異

為比較國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手分段配速的差異，分析 200 公尺分段配速之相對速度及每 100 公尺分段配速秒數，瞭解配速策略對成績的影響。200 公尺分段配速之相對速度數據是使用該年度 200 公尺最佳成績做比較，因此有些選手當年度未參賽 200 公尺項目，就不採用該選手的數據做比較。

根據Hart (2000)的研究指出四百公尺選手類型可分為「耐力型」、「速度型」兩種類型，耐力型運動員使用 200 公尺最大速度的 90-93%配速策略執行前兩百公尺跑，延遲高乳酸堆積的出現，減緩速度遞減；速度型選手則是使用較快的配速策略完成前兩百

公尺（200m 最大速度 95-98%），後半段盡可能維持速度。由表 5-3 可知，Wayde Van Niekerk 與 Kirani James 的前 200 公尺分段配速分別使用 200 公尺最佳時間的 96%及 99% 完成，楊隆翔與吳政諺則分別是使用 200 公尺最佳時間的 97%、98.5%完成，這顯示本研究探討之國際田徑 400 公尺選手 Wayde Van Niekerk 與 Kirani James 及國內優秀田徑男子 400 公尺選手楊隆翔與吳政諺是屬於速度型，由此可知，Wayde Van Niekerk、Kirani James、楊隆翔及吳政諺是使用相似的配速策略，由上述分析可知，楊隆翔與吳政諺需提升最高速度能力，進而改善 200 公尺的速度；比較國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手後 200 公尺分段配速，Wayde Van Niekerk 與 Kirani James 分別使用 200 公尺最佳成績的 88%及 87%完成，楊隆翔與吳政諺分別使用 200 公尺最佳成績的 85%及 84%完成，由此可知，楊隆翔與吳政諺的後 200 公尺分段配速速度下降的幅度比 Wayde Van Niekerk 與 Kirani James 高，這可能與國際性 400 公尺選手在高乳酸堆積的狀態下，快縮肌維持高速度收縮的能力較好。根據上述分析討論，Wayde Van Niekerk、Kirani James、楊隆翔及吳政諺都是屬於速度型選手，本研究其他該年度未有 200 公尺成績的選手無法進行 200 公尺配速相對速度之分析討論，因此，分析每 100 公尺分段配速的秒數，瞭解配速策略對成績的影響。

由表 5-4 可知，第一段 100 公尺分段配速分別為 Wayde Van Niekerk 10.76 秒、Kirani James 10.80 秒、陳傑 11.19 秒、楊隆翔 11.23 秒、余晨逸 11.06 秒及吳政諺 11.33 秒；第二段 100 公尺分段配速分別為 Wayde Van Niekerk 9.78 秒、Kirani James 9.76 秒、陳傑 11.19 秒、楊隆翔 11.23 秒、余晨逸 11.06 秒及吳政諺 11.33 秒，這顯示第二段 100 公尺分段配速是四段分段配速中速度最快的一段，這說明國內優秀田徑男子 400 公尺選手需加強 200 公尺速度；第三段 100 公尺分段配速分別為 Wayde Van Niekerk 10.50 秒、Kirani James 10.64 秒、陳傑 11.74 秒、楊隆翔 11.71 秒、余晨逸 11.95 秒及吳政諺 12.07 秒，由分段配速可知 Wayde Van Niekerk 與 Kirani James 的第三段 100 公尺分段配速比第一段 100 公尺分段配速還快，這說明國內優秀田徑男子 400 公尺選手的第一段 100 公尺分段配速可能過快，使峰值速度提早出現，導致身體能量消耗較多，造成乳酸開始堆積 (Hirvonen et al., 1992)；國際性田徑 400 公尺選手第四段 100 公尺分段配速分別為 Wayde Van Niekerk 11.99 秒及 Kirani James 12.56 秒，與第三段 100 公尺分段之速度遞減率分別為 Wayde Van Niekerk -14.2%及 Kirani James -18%，而國內優秀田徑男子 400 公尺選手第四段 100 公尺分段配速則分別為陳傑 13.58 秒、楊隆翔 13.80 秒、余晨逸 13.69 秒及吳

政諺 13.58 秒，與第三段 100 公尺分段配速之速度遞減率分別為-15.7%、-17.8%、-14.6%及-12.5%，由上述分析可知，國內優秀田徑男子 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選選可能在肌肉耐乳酸方面訓練相當多，但是在運動過程中代謝乳酸的訓練是相對欠缺。

表 5-3 國內優秀 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手 200 公尺分段配速之相對速度及差值

	Wayde Van Niekerk	Kirani James	受試者 B	受試者 D
第一段 200 公尺	20.54	20.56	22.52	22.73
相對速度	96.5%	99%	97%	98.5%
第二段 200 公尺	22.49	23.20	25.51	26.65
相對速度	88%	87%	85%	84%

單位為秒

表 5-4 國內優秀 400 公尺選手與國際性田徑 400 公尺選手各分段配速

	Wayde Van Niekerk	Kirani James	受試者 A	受試者 B	受試者 C	受試者 D	受試者 E
第一段 100 公尺	10.76	10.80	11.18	11.29	11.35	11.40	10.91
第二段 100 公尺	9.78	9.76	11.19	11.23	11.06	11.33	11.54
第三段 100 公尺	10.50	10.64	11.74	11.71	11.95	12.07	11.97
第四段 100 公尺	11.99	12.56	13.58	13.80	13.69	13.58	13.44
400 公尺 成績	43.03	43.74	47.69	48.03	48.05	48.38	47.86

單位為秒

四、小結

綜合上述研究結果顯示，200 公尺速度會影響 400 公尺跑的運動表現，個人當年度 200 公尺最佳成績會影響當年度 400 公尺的運動表現，第三段 100 公尺分段及第四段 100 公尺分段是影響 400 公尺公尺運動表現的關鍵因素，以國際性田徑 400 公尺選手與國內優秀田徑男子 400 公尺選手進行比較，相關性比較分析結果比較如下：

- 一、國內優秀田徑男子 400 公尺選手必須提高 200 公尺最佳成績。
- 二、第三段 100 公尺分段必須克服身體高乳酸堆積所造成的速度遞減。
- 三、第四段 100 公尺分段需要提升身體在動態中代謝乳酸的能力。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

本研究藉由分析國內外優秀田徑男子 400 公尺選手決賽時分段配速與 400 公尺跑成績之關係，就旗呈現之趨勢與特徵，提共我國教練及選手訓練之方向，提升運動表現爭取國際比賽獎牌。綜合研究結果與討論，可歸納下列三點：

- 一、200 公尺最佳成績會影響 400 公尺的運動表現。
- 二、後 300 公尺分段及後 200 公尺分段成績是影響 400 公尺運動表現的關鍵因素。
- 三、400 公尺跑的峰值速度出現在第二段 100 公尺分段配速。
- 四、前、後 200 公尺分段成績，速度遞減率越低會有較佳的 400 公尺運動表現。
- 五、第三段 100 公尺分段配速是影響後 300 公尺分段成績的主要因素，要盡可能減少速度流失。
- 六、第四段 100 公尺分段配速為 400 公尺跑過程乳酸堆積的最高峰階段，因此，耐乳酸能力、運動中代謝乳酸的能力及有氧供能時的速度能力是影響第四段 100 公尺分段配速的主要因素。
- 七、兩位國際性選手的配速策略為第二段 100 公尺分段秒數最快，其次是第三段 100 公尺分段，再來是第一段 100 公尺分段，最後是第四段 100 公尺分段。

第二節 建議

本研究主要藉由分析國內外優秀田徑 400 公尺選手分段配速與 400 公尺跑成績之關係。綜合上述研究可知，分段配速對田徑 400 公尺成績表現有著決定性的影響，而 200 公尺速度也影響了 400 公尺跑的運動表現，因此，本研究的建議如下：

- 一、國內優秀田徑男子 400 公尺選手需要提升 200 公尺的速度，以利 400 公尺配速策略得應用。
- 二、國際性 400 公尺選手在第三段 100 公尺分段的速度遞減比例較國內優秀田徑男子

400 公尺選手為大，可能與國際性選手的配速策略有關係，國際性選手在第三段 100 公尺分段配速仍能將速度維持在 10.50 左右，這顯示國際性選手身體在高乳酸情況下，還可以維持肌肉快速收縮的能力，可以提高最大肌力及肌肉的爆發耐力，以提升肌肉耐乳酸的能力。

三、國內優秀田徑男子 400 公尺選手第四段 100 公尺分段速度遞減率較國際性選手高，可能與運動過程中代謝乳酸的能力及配速策略有關係，可提升最大攝氧量或增加動態代謝的訓練，以提高運動中代謝乳酸的能力。

四、找出適合運動員特質及個人表現的配速策略。

五、未來研究方向可增加國際性選手以及國內優秀田徑男子 400 公尺選手的樣本數，以探討各區域及層級選手的配速策略。



參考文獻

- 吳文宏, 陶以哲, 柯仲彥, 張恆南, & 王喬木. (2003). 四百公尺跑之探討. *文化體育學刊*, (1 期): p37-44.
- 林正常. (2002). *運動科學與訓練: 運動教練手冊*. 銀禾文化.
- 林智偉, 張立羣, & 梁澤敬. (2017). 田徑 400 公尺配速對成績, 分段速度和血乳酸的影響. *競技運動*, 19(第 2), 11-22.
- 夏崇德. (2002). 400m 跑競賽成績與 100m 跑分段相應速度回歸分析. *中國體育科技*, 38(5), 42-45.
- 許樹淵. (1992). *田徑論*. 台北市: 偉彬體育研究社.
- 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.
- 蔡於儒. (2012). *田徑競賽實務報告: 杜珈霖參加 2009 年香港東亞運動會訓練實務*. 易利圖書.
- Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2008). Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports medicine*, 38(3), 239-252.
- Cairns, S. P. (2006). Lactic acid and exercise performance. *Sports medicine*, 36(4), 279-291.
- Clarke, T., Cooper, L., Hamill, C., & Clark, D. (1985). The effect of varied stride rate upon shank deceleration in running. *Journal of sports sciences*, 3(1), 41-49.
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02640418508729731?needAccess=true>
- Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *Journal of sports sciences*, 23(3), 299-307.
- Gajer, B., Hanon, C., & Thepaut-Mathieu, C. (2007). Velocity and stride parameters in the 400 metres. *New studies in athletics*, 22(3), 39.
- Graubner, R., Buckwitz, R., Landmann, M., & Starke, A. (2009). Final report: sprint men. *Hommel H (Project Coordinator), Biomechanical analyses at the 12th IAAF World Championships in Athletics, Berlin*, 15-23.
- Hanon, C., & Gajer, B. (2009). Velocity and stride parameters of world-class 400-meter athletes compared with less experienced runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 524-531.
- Hart, C. (2000). 400 meters S. *USA track Field, Human Kinetics*, 51-61.
- Hay, J. (1985). *The biomechanics of sports techniques*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ

[Google Scholar].

Hill, D. W. (1999). Energy system contributions in middle-distance running events. *Journal of sports sciences*, 17(6), 477-483.

Hirvonen, J., Nummela, A., Rusko, H., Rehunen, S., & Härkönen, M. (1992). Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. *Can J Sport Sci*, 17(2), 141-144.

Holloszy, J. (1982). Muscle metabolism during exercise. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 63(5), 231-234.

Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004a). Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(2), 261-271.

Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004b). Segment-interaction analysis of the stance limb in sprint running. *Journal of biomechanics*, 37(9), 1439-1446.

Nummela, A., Stray-Gundersen, J., & Rusko, H. (1996). Effects of fatigue on stride characteristics during a short-term maximal run. *Journal of applied Biomechanics*, 12(2), 151-160.

Reis, V. M., & Miguel, P. P. (2007). Changes in the accumulated oxygen deficit and energy cost of running 400 metres. *New studies in athletics*, 22(2), 49.

Saltin, B. (1987). The physiological and biochemical basis of aerobic and anaerobic capacities in man: effect of training and range of adaptation. Maehlum, S. Nilsson, S., Renstrom, P.(Eds.), *An Update in Sports Medicine: Proc. 2nd Scand. Conf. in Sports Med*,

Spencer, M. R., & Gatin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200-to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(1), 157-162.

2022 台灣田徑資訊站 (nd)。男子 400 公尺歷代百傑。檢索於 2022 年 07 月 01 日，來自

<https://info.taiwanathletics.com/2022%E7%94%B7%E5%AD%90400%E5%85%AC%E5%B0%BA%E6%AD%B7%E4%BB%A3%E7%99%BE%E5%82%91/>

Indonesia Asian Games Organizing Committee, Panitia Nasional Penyelenggara Asian Games 2018 (nd)。2018 年亞洲運動會田徑男子 400 公尺決賽成績。檢索於 2022 年 07 月 01 日，來自

<https://web.archive.org/web/20180701140301/https://www.asiangames2018.id/sports/name/atl etik>

THE ASIAN ATHLETICS ASSOCIATION(nd)。2019 年亞洲田徑錦標賽田徑男子 400 公尺決賽成績。檢索於 2022 年 07 月 01 日，來自 <http://www.athleticsasia.org/>

附錄

附錄一 受試者須知

感謝您參加本項研究，題目為「我國優秀大專田徑男子 400 公尺跑分段配速節奏之探討」，目的主要在探討我國優秀大專田徑男子 400 公尺選手，400 公尺跑分段配速節奏與 400 公尺運動表現之關係，並與世界級 400 公尺選手比較分段配速節奏策略間之差異。

為避免其他因素之影響，使實驗得以順利進行，敬請遵守下列事項：

- 一、請據實填寫基本資料。
- 二、受試者必須有操作橋式的經驗，且無下肢無肌肉或骨骼傷害、頭部的傷害或神經系統疾病的健康人。
- 三、事先了解實驗流程。
- 四、在實驗進行前，做好暖身活動，避免受傷。
- 五、請穿著輕便衣物，以方便動作為主。

再次感謝您的熱情參與合作！

國立臺灣師範大學運動競技學系 研究生 馮丞毅敬上

附錄二 實驗參與者同意書

本人已詳細閱讀實驗參與者須知內容，且經過研究者解說後，已完全了解實驗內容、步驟，以及實驗期間可能發生的狀況。本人同意參加此實驗「我國優秀大專田徑男子 400 公尺跑分段配速節奏之探討」，且在實驗期間會全力配合，並盡自己最大努力來完成此實驗。

實驗名稱：我國優秀大專田徑男子 400 公尺跑分段配速節奏之探討

參與者保護說明

- 一、您將具有隱私權和匿名的權力。
- 二、實驗者在實驗內容和實驗目的有告知您的責任。
- 三、您可以隨時要求解答有關實驗的各種問題。

參與者：_____（簽名）

日期：_____

因為您的熱情協助，使本研究得以順利完成，且對運動生物力學領域有所貢獻，誠摯感謝您的支持與配合！

國立臺灣師範大學運動競技學系 研究生 馮丞毅敬上

附錄三 實驗參與者基本資料表

在您瞭解本實驗並且願意參與本實驗後，請填寫下列各項基本資料，讓實驗者瞭解您的生理狀況以及運動背景，得以使實驗順利進行。而您所填寫的各項資料將會受到嚴格保密，不會有公開的危險。

參與者姓名：_____

出生日期：_____

身高：_____公分

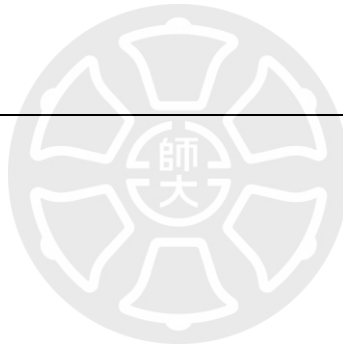
體重：_____公斤

近 12 個月內，是否有下肢肌肉、骨骼、肌腱、韌帶的運動傷害：

是 否

如受過傷，受傷部位：_____

是否痊癒：是 否



謝謝您如實填寫！

國立臺灣師範大學運動競技學系 研究生 馮丞毅敬上