

熱身模式與熱身後恢復時間對短跑衝刺及垂直跳的影響

張祐華¹、周宜辰²、盧淑雲²、徐志翔^{3*}

摘要

目的：探討運動前介入動態熱身或靜態伸展，並搭配不同時間的休息，對短跑衝刺速度及垂直跳高度的影響。**方法：**研究對象為12位田徑隊短跑選手，依平衡次序分別進行靜態伸展或動態熱身，在搭配不同休息時間後（0、10、20分鐘），測驗60公尺短跑衝刺或垂直跳。以重覆量數二因子變異數分析，比較熱身模式與休息時間對測驗結果的影響（ $p < .05$ ）。**結果：**60公尺短跑衝刺在動態熱身後休息10分鐘，出現最快速度（ 8.77 ± 0.80 公尺／秒）。垂直跳則在動態熱身後直接開始測驗的成績最佳（ 65.50 ± 8.80 公分）。**結論：**對爆發性運動而言，動態熱身較靜態伸展有更佳的效果，但動態熱身會消耗較多的能量，依據不同的運動項目，在熱身後須搭配適當的恢復時間，以獲得最佳的運動表現。

關鍵詞：爆發力、動態熱身、靜態伸展、衝刺速度

Effects of Warm-Up Model and Recovery Time After Warm-Up on Sprinting and Vertical Jump

Yu-Hua Chang¹, Yi-Chen Choc², Shu-Yun Lu², Chih-Hsiang Hsu^{3*}

Abstract

Purpose: The aim of this study was to investigate the static stretching and dynamic warm-up effects by the recovery time after regular warm-up on sprinting speed and jumping height. **Methods:** Twelve track athletes participate in this repeated measures. All participants tested 60 meter sprinting or jumping height after static stretching or dynamic warm-up respectively, with 0, 10 or 20 minute recovery. The raw data was analyzed by a two-way repeated measure analysis of variance (ANOVA), comparing the influences of dynamic or static stretching on the test results. **Results:** The fastest sprinting speed (8.77 ± 0.80 m/sec) induced by dynamic warm-up with 10 minute recovery, and the highest jumping height (65.5 ± 8.8 cm) induced by dynamic warm-up with 0 minute recovery. **Conclusion:** For explosive exercise, the dynamic warm-up showed better effect than the static stretching. It is necessary to pair the appropriate break length with specific exercise in order to demonstrate the best exercising performance.

Keywords: explosive power, dynamic warm-up, static stretching, sprinting speed

Submitted for publication: July 11, 2017; Accepted for publication: January 7, 2018

1 中國文化大學運動教練研究所；Graduate Institute of Sport Coaching Science, Chinese Culture University

2 國立清華大學體育室；Physical Education Office, National Tsing Hua University

3 國立臺北商業大學體育室；Physical Education Office, National Taipei University of Business

* Corresponding author: 徐志翔 E-mail: jerrycarry.tw@gmail.com

壹、問題背景

正式運動前的熱身活動目的在於增加肌肉與韌帶的柔軟度，刺激末梢血流循環，並提升身體的核心溫度及肌肉神經反應速度，理想的熱身活動可以使動作更加協調、發揮較佳的運動表現（Smith, 1994）。熱身活動後使身體溫度提高，在這期間促進血紅蛋白跟肌紅蛋白內的氧解離、活化代謝反應、增加肌肉的血流量、減少肌肉沾黏、增加神經元受體感受性和增加神經衝動的速度（Shellock & Prentice, 1985），因此熱身的內容希望可以在最少體能消耗的情況之下，提升身體與肌肉的溫度。熱身活動的內容取決於許多因素，其中包含運動員本身的體能、熱身強度、熱身時間長短、比賽項目、恢復時間、環境因素及承辦單位的限制等，都會影響隨後運動的表現（Bishop, 2003）。Nelson, Allen, Cornwell, and Kokkonen（2001）指出運動前執行靜態伸展，會影響肌肉活化而減少肌肉等速收縮的力量，並降低短跑衝刺的表現。Holt and Lambourne（2008）以足球運動員為對象，隨機分配進行四種不同的熱身活動，包含低強度有氧運動、靜態伸展、動態運動及動態伸展（dynamic stretch），結果發現每種熱身組的垂直跳表現比熱身前有顯著提升，但靜態伸展組的垂直跳提升幅度低於其他三組。Winchester, Nelson, Landin, Young, and Schexnayder（2008）以田徑運動員為對象，同樣先進行30分鐘動態運動（例如：馬克操），然後再分別進行靜態伸展組和不伸展組，並於熱身結束後直接開始進行測驗，結果發現不伸展組的40公尺衝刺成績優於靜態伸展組，表示靜態伸展可能抵消動態熱身對運動表現的益處。柯莉綦、郭怡瑩與何立安（2016）以靜態伸展、靜態伸展加動態運動及不熱身的方式，比較熱身前、熱身後立即及熱身後5分鐘的運動表現差異。結果發現，30公尺衝刺皆無顯著差異，但靜態伸展加動態運動的垂直跳後測成績顯著優於前測；靜態伸展組垂直跳熱身後休息5分鐘的成績顯著低於熱身前，表示靜態伸展即使沒有立即降

低運動表現的現象，可能也會延遲的影響運動表現。因此對於爆發力型的運動模式，直接進行動態運動可能是較理想的熱身方式。

在熱身後須進行適當的休息，讓熱身時所消耗的體能有時間獲得回復，但過長的休息時間可能會減少熱身的效果。在完成熱身的15至20分鐘過後，肌肉溫度開始降低，雖然降低的速度取決於熱身的強度和持續時間以及環境條件（Saltin, Gage, & Stolwijk, 1968），但過長的休息時間將開始損失熱身所帶來的效益。Neiva et al.（2016）以相似的實驗設計比較游泳運動員在熱身後，分別經由10分鐘和20分鐘的休息，再進行100公尺游泳測試。結果發現，經由10分鐘休息過後的游泳測試成績較佳，並且在測驗前處於高核心溫度、心跳率及攝氧量的狀態。Crewther et al.（2011）在高強度阻力方式熱身後的16分鐘內，進行多次的垂直跳測驗，結果發現熱身後4、8、12分鐘時的成績最佳，熱身後15秒及16分鐘時成績較差，但熱身前後5與10公尺的衝刺速度沒有差異。因此不同方式的熱身後可能需要搭配不同的恢復時間，能否在獲得足夠恢復的情況下仍保持熱身的效果，可能會影響熱身後隨即的運動表現。

綜合上述得知熱身後的恢復時間長短會影響核心溫度。不同的熱身方式，如靜態伸展會影響垂直跳的運動表現，另外對於短跑衝刺的影響，因結果不盡相同，可能由於短跑衝刺的加速期（12-35公尺）與速度維持期（35-65公尺）等影響（Maćkała, Fostiak, & Kowalski, 2015），因此將衝刺過程分段後可能可以進一步釐清相關的影響。因此，本研究主要目的在探討主要運動前介入動態熱身或靜態伸展，並搭配不同恢復時間（0、10及20分鐘）的休息，對短跑衝刺速度及垂直跳高度的影響。

貳、研究方法

一、研究對象

以12名大學田徑隊短跑選手（男生9名、女生3名）為研究對象（平均年齡為22.40 ±

2.10歲、身高 172.20 ± 7.00 公分、體重 62.20 ± 9.10 公斤）。實驗前發給每位研究對象「研究對象告知後同意書」及「健康狀況調查表」，告知本研究的目的、流程、實驗注意事項，在沒有任何心理與身體功能上的障礙下，並以年齡預測最大心跳率（最大心跳率 = $220 - \text{年齡}$ ）的方式，作為換算熱身強度的依據。在徵詢其同意後，簽署同意書及填寫基本資料，始為本研究研究對象（表一）。

二、實驗方法與流程

（一）實驗設計

本研究採重複量數實驗設計，12名研究對象以平衡次序原則分別接受六種實驗處理，及兩種運動測試，兩種運動測試前的實驗處理為分別進行。受試者自主進行5分鐘的慢跑活動，結束時量測心跳率，並需低於65% HR_{\max} 使得繼續後續實驗。在慢跑熱身後介入靜態伸展或動態熱身，熱身結束後，分別進

行0分鐘休息、10分鐘休息、20分鐘休息後，再進行短跑60公尺衝刺或垂直跳等測驗，每次實驗間相隔至少24小時。

（二）實驗流程

1. 靜態伸展組

受試者自主進行5分鐘低強度有氧慢跑，然後進行規定的伸展動作，包含：小腿肌群、股四頭肌、大腿內側肌群、腿後肌群及髖外展肌群（圖一），每個動作伸展10秒，動作間休息15秒，反覆兩循環（Gelen, 2011）。

- (1) 小腿肌群：身體面對牆壁，雙手置於牆面，前腳弓步彎曲，腳尖頂靠牆面；後腳伸直保持腳跟踩踏於地面，雙腳交替進行（圖一a）。
- (2) 股四頭肌：單腳站立，維持身體直立與平衡，非站立腳膝蓋彎曲，腳跟後勾，並以同側手抓握腳背，將腳跟拉向臀部，雙腳交替進行（圖一b）。

表一 受試者基本資料與熱身強度

性別	人數	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)	動態熱身強度 (% HR_{\max})	靜態伸展強度 (% HR_{\max})
男性	9	22.70 ± 2.10	175.60 ± 3.80	66.60 ± 5.22	79.94 ± 2.87	50.14 ± 2.13
女性	3	21.30 ± 2.08	162.00 ± 2.64	49.00 ± 1.73	78.14 ± 2.42	51.99 ± 2.93

註：個人的熱身強度，為三次完成該項熱身的平均強度。

a. 小腿肌群



b. 股四頭肌



c. 大腿內側肌群



d. 腿後肌群



e. 髖外展肌群



圖一 靜態伸展動作

- (3) 大腿內側肌群：採坐姿並雙腳彎曲，雙腳腳底互相碰觸，雙膝盡量碰觸地面，雙手前伸、上半身盡力向前趴臥（圖一c）。
- (4) 腿後肌群：採坐姿並雙腿伸直向前，雙手前伸、上半身盡力向前趴臥（圖一d）。
- (5) 髖外展肌群：採坐姿雙腿彎曲盤坐，將單側腳腳踝抬至對側腳膝蓋上方，並將膝蓋下壓，雙手前伸、上半身盡力向前趴臥，雙腳交替進行（圖一e）。

2. 動態熱身組

受試者自主進行5分鐘低強度有氧慢跑，然後進行規定的熱身動作，包含：微跳、高

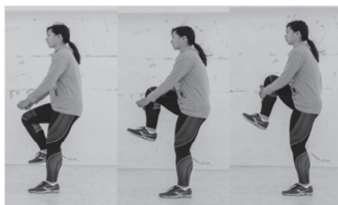
膝拉、輕踢臀部、抬腿跑、弓箭步走、直腿踢、高臀拉、A-跳躍、B-跳躍、快速抬腿跑、前交叉步、動力跳躍，共進行12個動作（圖二），每個動作皆操作15公尺的距離，每個動作間休息10秒，反覆兩循環（Gelen, 2011）。

- (1) 微跳：慢跑的同時，刻意將膝蓋些微抬起，形成小幅度的跳躍跑步（圖二a）。
- (2) 高膝拉：走路的時候，以雙手環抱單腳膝蓋並拉向胸部，雙腳交替進行（圖二b）。
- (3) 輕踢臀部：慢跑的時候，腳跟後勾，輕踢接觸臀部，避免大腿上抬（圖二c）。

a. 微跳



b. 高膝拉



c. 輕踢臀部



d. 抬腿跑



e. 弓箭步走



f. 直腿踢



g. 高臀拉



h. A-跳躍



i. B-跳躍



j. 快速抬腿跑



k. 前交叉步



l. 動力跳躍



圖二 動態熱身動作

- (4) 抬腿跑：慢跑的同時，盡力抬高膝蓋，雙腳交替進行（圖二d）。
- (5) 弓箭步走：前腳大步跨出，並彎曲膝蓋降低髖部高度，直到後腳的膝蓋輕微接觸地面，雙腳交替進行（圖二e）。
- (6) 直腿踢：走路的同時，單腳向前方直膝抬起，同時雙臂向前伸出，手掌觸摸腳尖，雙腳交替進行（圖二f）。
- (7) 高臀拉：走路的同時，以雙手環握將單腳腳踝拉向胸部，雙腳交替進行（圖二g）。
- (8) A-跳躍：跑步的同時，將膝蓋盡力抬高，同時對側手臂向前向上擺動，雙腳交替進行（圖二h）。
- (9) B-跳躍：跑步的同時，盡力抬高膝蓋，抬至最高點後，腳掌前抬向前蹬出並快速下壓踏地，雙腳快速的交替進行（圖二i）。
- (10) 快速抬腿跑：跑步的同時，將膝蓋盡力抬高，並快速雙腳交替進行（圖二j）。
- (11) 前交叉步：側向跑步的同時，後側腳於前側腳的前方越過，持續側向前進（圖二k）。
- (12) 動力跳躍：跑步的同時，每一步皆奮力躍起，連續向前跳躍，並將膝蓋盡力靠向胸部（圖二l）。

（三）60公尺衝刺測驗

本研究之衝刺測驗採用International Association of Athletics Federations國際田徑賽制，測驗之受試者必須使用蹲踞式起跑，起跑口令為：「各就位——預備」，一旦發令員認為受試者的起跑姿勢穩定後，即可鳴槍。全程進行60公尺之全速衝刺測驗，在30公尺及60公尺處由計時人員，以碼表（S23601P1, SEIKO, Japan）記錄其衝刺時間（秒），記錄至小數第二位。為避免人工測驗誤差，發令員、30公尺處計時員、60公尺處計時員各自皆為同一人擔任。

（四）垂直跳測驗

本研究是以皮尺記錄進行垂直跳高度。測驗開始前，受試者雙腳與肩同寬站立於標定之1平方公尺正方形內，記錄尺標立於受試

者側面，單手按壓印泥後，單側手舉起按壓尺標，紀錄站立時高度，並隨即開始垂直跳測驗。受試者雙膝彎曲配合雙臂向上擺動同時，用力向上跳躍，騰空時盡量使身體呈一直線，手指觸摸尺標，落地時雙腳膝蓋微彎以緩衝落地造成之壓力，每種實驗均進行2次跳躍測驗，並以按壓之印記記錄其跳躍高度（公分），所得數值減去站立時高度，為個人垂直跳成績，並取兩次跳躍測驗中的最佳成績。

三、統計分析

本研究所得之各項資料，以電腦統計套裝軟體SPSS 22.0版本進行數據分析，統計顯著水準設為 $\alpha = .05$ 。本研究以重複量數二因子變異數分析，考驗兩種熱身模式以及三種休息時間的運動表現是否具有交互作用。當顯著水準達 $p < .05$ 時，進行主要單純效果分析，並以Fisher's least significant difference進行事後比較。

參、結果

一、衝刺距離對速度的影響

在60公尺衝刺的過程當中，於30公尺及60公尺處進行分段計時，0-30公尺為衝刺前段，30-60公尺為衝刺後段。結果發現無論進行靜態伸展或是動態熱身後，在不考慮熱身後休息時間的情況下，兩種熱身模式在衝刺前段速度都顯著低於衝刺後段速度（靜態伸展—衝刺前段： 6.41 ± 0.45 公尺／秒vs.衝刺後段速度： 7.21 ± 0.50 公尺／秒；動態熱身—衝刺前段： 6.52 ± 0.38 公尺／秒vs.衝刺後段速度： 7.38 ± 0.63 公尺／秒， $p < .05$ ）。

另外，兩種熱身模式並搭配不同恢復時間（無休息、休息10分鐘、休息20分鐘）皆顯示，衝刺後段的速度顯著高於衝刺前段（表二）。結果顯示進行短距離衝刺時，無論熱身模式或是熱身後的休息時間長短，以30公尺的距離進行衝刺尚無法加速至最高速度，相較之下以60公尺作為衝刺距離能產生

表二 不同熱身模式並搭配不同恢復時間後30公尺及60公尺的衝刺速度

	休息0分鐘		休息10分鐘		休息20分鐘	
	前段速度	後段速度	前段速度	後段速度	前段速度	後段速度
靜態伸展 (m/sec)	6.38 ± 0.46	7.21 ± 0.56*	6.42 ± 0.39	7.24 ± 0.51*	6.44 ± 0.53	7.19 ± 0.53*
動態熱身 (m/sec)	6.53 ± 0.37	7.32 ± 0.63*	6.62 ± 0.44	7.54 ± 0.54*	6.41 ± 0.44	7.28 ± 0.56*

註：* $p < .05$ （表示後段速度顯著優於前段速度）。

更快的衝刺速度。

二、熱身模式與休息時間對衝刺速度的影響

將熱身模式與熱身後休息時間進行二因子重複量數的比較後發現，熱身模式與休息時間之間交互作用達顯著水準（ $F = 3.79, p < .05$ ），單純主要效果檢驗發現，熱身模式對衝刺速度的影響，僅有在休息10分鐘的組別中具有顯著差異（靜態伸展 7.24 ± 0.51 公尺／秒vs.動態熱身 7.54 ± 0.54 公尺／秒， $p < .05$ ，見圖三）。綜合以上結果發現，僅有經由動態熱身過後休息10分鐘的時間，相較於靜態伸展過後，能顯著提升衝刺速度。

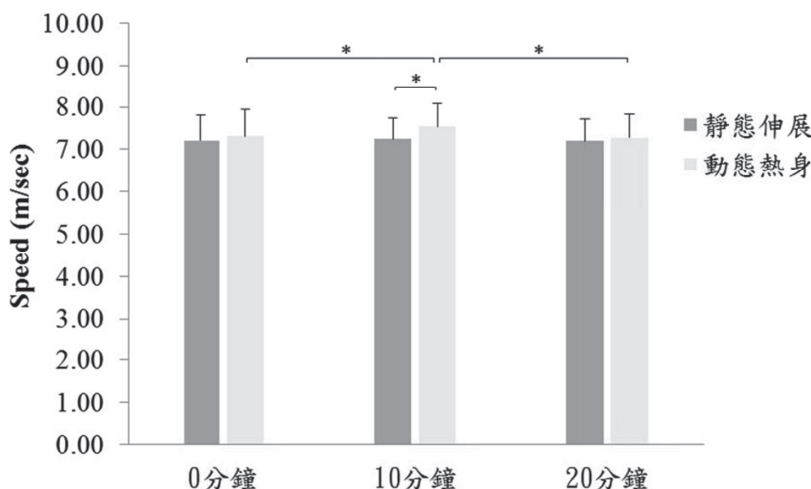
三、垂直跳測驗次數對跳躍高度的影響

在垂直跳測驗的過程當中，進行兩次

的測試，並以此進行結果分析。結果發現，兩種熱身模式在休息20分鐘過後再開始進行垂直跳測驗，第一跳與第二跳之間無顯著差異；但在兩種熱身後直接開始測驗以及熱身後休息10分鐘開始測驗時，第二跳成績皆顯著高於第一跳（表三）。

四、熱身模式與休息時間對垂直跳的影響

在連續兩次垂直跳測驗後，取最佳成績以重複量數二因子變異數分析，進行熱身模式與熱身後休息時間對垂直跳高度的比較。結果發現熱身模式與熱身後休息時間之間的交互作用達顯著水準（ $F = 13.14, p < .05$ ），在主要單純效果檢驗中發現，熱身後休息時間的因子，顯著影響在靜態伸展及動態熱身後垂直跳的高度；事後比較發現熱身模式僅在0分鐘的組別，對垂直跳高度造成顯著影響（靜態伸展： 60.75 ± 9.01 公分；動態熱身：



圖三 不同熱身模式與休息時間的衝刺速度

註：*兩者達顯著差異， $p < .05$ 。

表三 不同熱身模式並搭配不同恢復時間後垂直跳第一跳及第二跳的高度

	休息0分鐘		休息10分鐘		休息20分鐘	
	第一跳	第二跳	第一跳	第二跳	第一跳	第二跳
靜態伸展 (cm)	59.16 ± 8.34	60.75 ± 9.01*	57.41 ± 8.20	58.75 ± 8.24*	56.50 ± 8.90	57.83 ± 7.91
動態熱身 (cm)	63.50 ± 8.17	65.50 ± 8.80*	58.25 ± 8.90	59.83 ± 9.28*	57.83 ± 8.34	58.58 ± 8.51

註：* $p < .05$ （表示第二跳垂直跳高度顯著優於第一跳高度）。

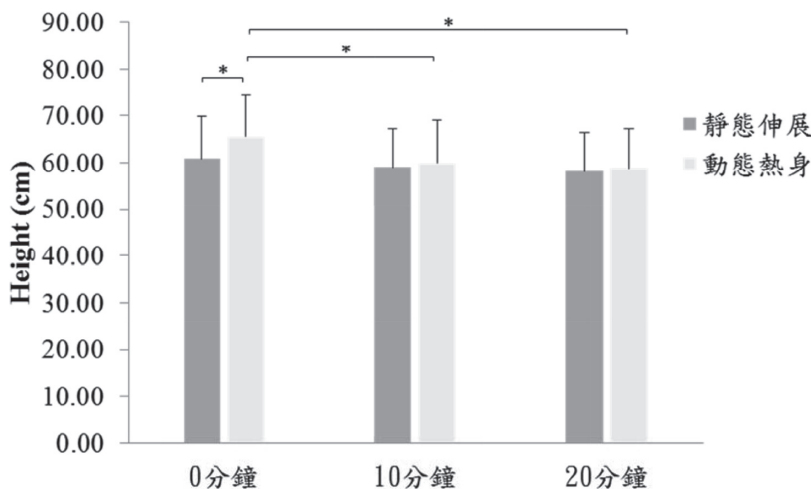
65.50 ± 8.80公分， $p < .05$ ，見圖四）；而熱身後休息時間僅在動態熱身後休息0分鐘顯著高於其他兩組（0分鐘：65.50 ± 8.80公分；10分鐘：59.83 ± 9.28公分；20分鐘：58.58 ± 8.51公分， $p < .05$ ，見圖四），熱身後休息10分鐘與休息20分鐘的垂直跳成績無顯著差異。以上結果發現，動態熱身較靜態伸展僅在熱身後休息0分鐘時，顯著提升垂直跳高度，熱身後經過10分鐘或20分鐘的休息後，經由兩種熱身方式後的垂直跳高度皆無顯著差異，因此動態熱身後直接進行垂直跳測驗，相較靜態伸展後進行測驗，可獲得較佳的跳躍高度。

肆、討論

本研究探討不同熱身模式與熱身後休息時間對於短跑衝刺與垂直跳的主要影響為，在動態熱身過後，不論短跑衝刺或是垂直跳的成

績，都顯著優於靜態伸展。此外，在動態熱身後休息10分鐘，短跑衝刺的速度顯著快於休息0分鐘與休息20分鐘。但垂直跳的最佳成績則是出現在動態熱身過後直接開始測驗，經過10分鐘與20分鐘的休息過後，成績都顯著低於休息0分鐘。因此，本研究的結果支持過往以動態熱身作為熱身方式的結果，但可能仍須考量運動項目，在熱身後選擇適當的休息時間，才有助於運動成績的提升。

Nelson et al. (2001) 認為靜態伸展的熱身活動，會限制爆發力型運動項目的運動表現，在過去研究中卻指出對於短跑衝刺運動，動態熱身與靜態伸展後對於運動表現的改變並無差異（柯莉蓁等，2016），但這可能是來自於測驗時的距離所造成的影響。因短跑衝刺的過程可略分為加速期及最大速度期，加速期為12公尺至35公尺，並在35公尺至65公尺之間達到最大速度（Maćkała et al., 2015），而過往針對短跑衝刺測驗的距離皆



圖四 不同熱身模式與休息時間的垂直跳高度

註：*兩者達顯著差異， $p < .05$ 。

在20公尺至40公尺，並未達到最大速度所需的距離。在本實驗中將衝刺距離延長至60公尺，並發現30至60公尺的平均速度快於0至30公尺的平均速度，因此延長衝刺的距離過後，更能讓受試者產生最快的跑步速度。

過去研究中指出動態熱身後能有效提升的與爆發力有關的運動表現 (Holt & Lambourne, 2008)，在本研究中動態熱身後則顯著提升短跑衝刺與垂直跳成績，這可能是來自於動態熱身相較於靜態伸展更能夠提升肌肉溫度、增加神經衝動的傳送速率，有效提升肌肉收縮的力量及速度 (Bishop, 2003)。在動態熱身當中也較能招募II型肌纖維的活化 (Stewart & Sleivert, 1998)，同時增加肌球蛋白輕鏈 (myosin light chains) 的磷酸化及運動神經元刺激 (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005)。短跑衝刺前的高強度熱身，透過活化後的增能作用 (post-activation potentiation, PAP)，招募更多II型肌纖維，以提升爆發性運動表現 (廖書劍、鄭景峰, 2015; Tillin & Bishop, 2009)，但活化後的增能作用會隨著休息的時間逐漸降低。本研究中的60公尺短跑衝刺與垂直跳等運動項目，皆屬於短時間的爆發力型運動，因此相較於靜態伸展的方式，動態熱身可能可以產生較高的肌肉溫度及肌肉活化的程度，進而提升爆發力型運動的運動表現。

本研究中發現儘管動態熱身方式能提升爆發力型運動的表現，但是熱身後的休息時間也會影響動態熱身的效果。雖然熱身的強度、持續時間以及環境條件會影響熱身的效果，但在熱身過後的15-20分鐘，仍會造成核心溫度急遽下降，進而影響隨後運動表現 (Saltin, Gage, & Stolwijk, 1968)。因此在熱身過後的15分鐘內，將對短時間爆發力型的運動表現有最大助益 (Bishop, 2003)。相關研究也證實在動態熱身過後，經由10分鐘的休息恢復時間，隨後100公尺自由式的表現較佳，其推論可能是核心溫度、心跳率及每分鐘攝氧量維持較好的效果 (Neiva et al., 2016)。但若在熱身後直接開始主要運動，也可能會無法出現最佳的運動表現，在本研

究中最佳的60公尺衝刺速度出現在動態熱身後休息10分鐘的組別，但是垂直跳的最佳成績卻出現在動態熱身後立即測驗的組別。60公尺短跑與垂直跳雖然都屬爆發力型的運動，但是垂直跳的過程於瞬間立即完成的運動，而60公尺短跑衝刺屬於週期性運動，且須以最大功率約6-8秒才能完成，可能由於運動過程的持續時間不同，在熱身過後需要不同的休息時間。Wilson et al. (2013) 指出在動態熱身時，運動強度約處於60-85% HR_{max} 之間，這種中高強度以上動態熱身方式，運動後休息時間至少為7-10分鐘，可提升隨後爆發力的表現。本研究中的動態熱身強度平均為 $79.49 \pm 2.78\% HR_{max}$ ，與前述研究的強度相近，這種較高強度的熱身活動，會大量消耗肌肉內的腺嘌呤核苷三磷酸 (adenosine triphosphat, ATP)，而ATP的再合成需要在運動後3-5分鐘進行，磷酸肌酸 (creatine phosphate, CP) 的再補充在運動後的8分鐘內完成 (林正常, 2004)。而5-7秒以內的高強度運動將耗盡ATP-CP系統，且持續運動將提升增加糖解作用以產生能量的重要性 (Hirvonen, Rehuman, Rusko, & Härkönen, 1987)，雖然熱身運動不會將肌肉內的能量消耗殆盡，但較高強度或較長時間的熱身可能還是會影響肌肉內能量的儲存。如果在熱身後隨之而來的運動，需要耗費大量肌肉內能量，可能就會因熱身後休息恢復的時間不足，肌肉內的磷酸肌酸尚未完全回復，導致影響爆發力型運動的運動表現。但由於垂直跳是在瞬間立即完成的運動項目，在經由動態熱身後，肌肉內ATP沒有消耗殆盡的情況下，尚能提供垂直跳運動使用，因此在本研究中的垂直跳成績在動態熱身休息0分鐘，所得的測驗結果最佳。而這也反映出，動態熱身過後，越快開始進行後續的主要運動運動可能更能保持熱身對運動表現的效果，但由於動態熱身的過程具有較高的運動強度，因此須考慮到熱身後的運動項目或持續時間，避免在尚未獲得足夠休息而導致熱身後開始運動時，肌肉內能量不足的情況。本研究中僅記錄兩種熱身模式的運動強度，並無測量實際能量消耗的情形，對於在熱身過後肌肉

內能量的儲存情況為本研究限制。熱身過後休息期間能量回復的過程，仍需後續實驗加以釐清。

伍、結論

在進行60公尺短跑衝刺前，進行動態熱身較為理想，且需在熱身過後搭配10分鐘的休息時間，能獲得較佳的運動表現；但在進行垂直跳時，雖同樣經由動態熱身的方式較為理想，但在熱身過後須盡量減少等待的時間，盡快進行測驗以保持動態熱身的效果，達到最佳的運動表現。在進行爆發性運動之前，相較於靜態伸展，動態熱身對運動表現有較多的助益，但由於會消耗較多的能量，因此依據不同的運動項目，在熱身後須搭配足夠的恢復時間，以獲得最佳的運動表現。

參考文獻

- 林正常總校閱，蔡崇濱、林信甫、林政東、吳柏翰、鄭景峰、傅正思等譯，National Strength and Condition Association, Baechle, T. R., & Earle, R. W. 著（2004）。*肌力與體能訓練*。新北市：藝軒。
- 柯莉蓁、郭怡瑩、何立安（2016）。靜態伸展後接續動態準備運動對大學生跳躍能力及衝刺表現之影響。*大專體育學刊*, 18（2），92-100。doi: 10.5297/ser.1802.002
- 廖書劍、鄭景峰（2015）。高強度動態熱身對隨後衝刺表現影響之探討。*中華體育季刊*, 29（3），213-220。doi: 10.3966/102473002015092903006
- Bishop, D. (2003). Warm-up II-Performance changes following active warm-up and how to structure the warm-up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498.
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Middleton, M. K., Bunce, P. J., & Yang, G. Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3319-3325. doi: 10.1519/JSC.0b013e318215f560
- Gelen, E. (2011). Acute effects of different warm-up methods on jump performance in children. *Biology of Sport*, 28(2), 133-138. doi: 10.5604/947456
- Hirvonen, J., Rehunen, S., Rusko, H., & Härkönen, M. (1987). Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 56(3), 253-259. doi: 10.1007/BF00690889
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595. doi: 10.2165/00007256-200535070-00004
- Holt, B. W., & Lambourne, K. (2008). The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 226-229. doi: 10.1519/JSC.0b013e31815f9d6a
- Maćkała, K., Fostiak, M., & Kowalski, K. (2015). Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *Journal of Human Kinetics*, 45, 135-148. doi: 10.1515/hukin-2015-0014
- Neiva, H. P., Marques, M. C., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., Viana, J. L., & Marinho, D. A. (2016). Effects of 10 min vs. 20 min passive rest after warm-up on 100 m freestyle time-trial performance: A randomized crossover study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(1), 81-86. doi: 10.1016/j.jsams.2016.04.012
- Nelson, A. G., Allen, J. D., Cornwell, A., & Kokkonen, J. (2001). Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific. *Research*

- Quarterly for Exercise and Sport*, 72(1), 68-70. doi: 10.1080/02701367.2001.10608934
- Saltin, B., Gagge, A. P., & Stolwijk, J. A. J. (1968). Muscle temperature during submaximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 25(6), 679-688. doi: 10.1152/jappl.1968.25.6.679
- Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2(4), 267-278. doi: 10.2165/00007256-198502040-00004
- Smith, C. A. (1994). The warm-up procedure: To stretch or not to stretch. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 19(1), 12-17. doi: 10.2519/jospt.1994.19.1.12
- Stewart, I. B., & Sleivert, G. G. (1998). The effect of warm-up intensity on range of motion and anaerobic performance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(2), 154-161. doi: 10.2519/jospt.1998.27.2.154
- Tillin, M. N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166. doi: 10.2165/00007256-200939020-00004
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., et al. (2013). Meta-analysis of post activation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854-859. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb
- Winchester, J. B., Nelson, A. G., Landin, D., Young, M. A., & Schexnayder, I. C. (2008). Static stretching impairs sprinting performance in collegiate track and field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 13-18. doi: 10.1519/JSC.0b013e31815ef202