

鐵人三項菁英選手三週高質量訓練有效提升身體組成 肌肉量及降低脂肪率

魏振展^{1,*} 林惠美¹ 蔡鏞申² 許志傑¹

¹ 臺北市立大學水上運動學系

² 臺北市立大學運動器材科技研究所

*通訊作者：魏振展

通訊地址：111 臺北市士林區忠誠路二段 101 號

E-mail: tom911072@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202112_30(2).0005

投稿日期：2020 年 7 月 接受日期：2020 年 11 月

摘 要

緒論：身體組成會影響有氧耐力運動表現。鐵人三項是高度耐力運動項目，選手在賽場面臨多元的環境變化，而長時間的比賽過程，對選手體能消耗劇烈，為瞭解身體組成對三項運動的影響，因此本研究以不同等級的鐵人三項選手，同時接受三週高質量訓練，探討菁英選手與一般選手的身體組成及競技表現之影響。方法：10 位鐵人三項選手，以最近一年內入選國家代表隊為菁英選手組（男：3 名、女：2 名；平均年齡： 21.2 ± 1.0 歲、鐵人訓練年資： 6.0 ± 1.8 年）及未入選國家代表隊為一般選手組（男：4 名、女生：1 名；平均年齡： 20.0 ± 0.5 歲、鐵人訓練年資： 3.8 ± 1.0 年），兩組安排三週高質量訓練，在實驗前後均接受身體組成檢測，並於二週後參加全國鐵人三項錦標賽。結果：鐵人三項菁英選手在三週高質量訓練後相較一般選手，肌肉量（ $+1.05$ vs. $+0.83$ kg, $p < .05$ ）有顯著提升，脂肪率（ -1.62 vs. -0.82% , $p < .05$ ）顯著下降，體重無顯著差異。所有選手之脂肪率與自由車、跑步及總時間有正相關，肌肉量與自由車時間為負相關，菁英選手在跑步及總成績皆優於一般選手。結論：鐵人三項菁英選手三週高質量訓練可有效提升身體肌肉量及降低脂肪率，有助於跑步及總體成績的表現。

關鍵詞：身體組成、奧運標準距離、體脂肪率

壹、緒論

鐵人三項「奧運標準距離」(Olympic standard distance) 為游泳 1.5 公里、自行車 40 公里、跑步 10 公里，是項高度心肺耐力的運動項目(蔣昇杰、張瑞泰，2013)。研究統計 2001 年世界錦標賽分齡 20 ~ 24 歲男子選手前 50 名平均完成時間 2 時 00 分 33 秒(游泳 19 分 11 秒、自由車 1 時 00 分 36 秒、跑步 36 分 52 秒)(Bentley, Millet, Vleck, & McNaughton, 2002)，依據比賽時間，鐵人三項選手需花費較高的訓練時間，才能具備優異的三項運動能力。先前一項質性研究以 2012 年倫敦奧運第 7 名鐵人三項女子選手為參與者，監控年度週期訓練計劃，紀錄游泳每週平均完成 25 ± 8 公里，自由車每週平均完成 9 ± 3 小時，跑步每週平均完成 5 ± 2 小時，經過一年比賽競賽表現後，選手當年世界排名由第 14 名提高至第 8 名(Mujika, 2014)。因此，在鐵人三項訓練中需綜合三種運動項目，並增加訓練時數，有助於選手提升競技運動的表現。

鐵人三項選手面對高質量訓練時，身體經歷長時間運動會在血液、肌肉及心肺系統等生理機能上產生不同反應，如心跳加速、肌肉收縮、體溫升高等，導致身體能量過度消耗(Etxebarria, Mujika, & Pyne, 2019)，同時耐力訓練也會引起生長激素上升，提高交感神經系統(Kravitz, 2014)，而身體為維持長時間的運動，會藉由能量代謝分解脂肪及碳水化合物供應肌肉作功，進而影響鐵人三項選手身體組成的結果。先前研究指出，身體質量指數(body

mass index, BMI) 愈高，耐力運動表現愈差(宋孟遠、張世沛、步國財，2006；盧廷峻，2010)，而鐵人三項運動中的自由車與跑步需要較低的脂肪比例(Sleivert & Rowlands, 1996)，過去研究發現在長距離的鐵人三項運動，身體纖細瘦長的選手表現較優異(Kandel, Baeyens, & Clarys, 2014)。因此，菁英鐵人三項選手除了長期接受有氧耐力訓練外，更需要在訓練及比賽期間維持良好的身體組成比例，並且降低身體脂肪率，以利鐵人三項的競技表現。

鐵人三項選手每場賽事時間約 2 小時，每週訓練時間約 25 ~ 35 小時，大量的體能消耗及有氧能量系統訓練，造就菁英選手在身體組成中的脂肪顯著少於一般選手(Landers, Blanksby, Ackland, & Smith, 2000)，先前的一份研究調查菁英鐵人三項選手的平均體脂肪約 11%(Santos et al., 2014)。身體組成中過多的體脂肪導致體重過重，是影響運動能力下降或引起運動傷害的主要原因(賴映帆、林瑞興，2007)，學者 Bilgin (2016) 研究調查第九屆世界大學鐵人三項錦標賽的 43 名參賽選手，身體組成的體脂肪率及脂肪量會影響比賽成績($p < .01$)，BMI 與比賽表現呈負相關，並且選手的體脂肪百分比與鐵人三項比賽的跑步時間呈正相關(Bilgin, 2016)。上述研究皆顯示鐵人三項運動表現與身體組成皆有高度相關。

鐵人三項運動在高強度競賽或長時間高質量訓練，會破壞肌肉纖維，造成骨骼肌疲勞與身體發炎反應等現象，不僅會影

響整體運動的表現 (Wells & Norris, 2009)，甚至提高運動傷害的風險，對選手是相當不利的影響，過去研究指出 27 位男性選手，參加超級鐵人三項競賽 (Ironman distance) 後，體重平均下降 1.8 公斤，骨骼肌肉平均減少 1 公斤 (Knechtle, Baumann, Wirth, Knechtle, & Rosemann, 2010)。另一研究也顯示，超級鐵人三項競賽會高度破壞身體組成，造成肌肉蛋白質分解，減少身體肌肉量，導致肝醣及水分的流失，進而降低運動表現 (Mueller, Anliker, Knechtle, Knechtle, & Toigo, 2013)。另一方面，運動訓練造成的肌肉損傷，在經過適當的休息恢復後，透過營養補充、肌纖維修補機制，人體會產生超補償現象，而此功能是增進人體組織再造，並有效提高運動表現的過程 (張智翔、李淑惠, 2015)。因此，在高質量訓練後，如何維持並增加身體組成中肌肉量，似乎是影響運動恢復及提高競技表現的關鍵。

從事鐵人三項競技運動必須長時間接受高強度訓練，並面對三種運動項目的挑戰，對選手在體能狀態及心理壓力是項嚴格的考驗，在高度競技環境中，要成為菁英選手是非常不容易。過去研究指出，菁英選手的動機比一般選手來的高，且願意花費更多時間投入訓練，並專注各項生活管理來提升競技表現 (Gould, Dieffenbach, & Moffett, 2002)。因此，鐵人三項選手在接受嚴格訓練外，維持良好的生活型態，保持專項化的身體組成是提高自我表現的關鍵。然而，不同等級之鐵人三項選手，在面對三週高質量訓練過程，是否能維持良好的自主性，保

持較好的身體組成，是本研究主要探討的方向。

貳、方法

一、研究對象

本研究之參與對象為鐵人三項選手 (一年參加 3 場以上奧運距離)，且有規律訓練 (一個禮拜訓練六次以上，每次 60 分鐘以上) 之鐵人三項選手共 10 名 (男: 7 名、女: 3 名)，並將選手分成最近一年內曾入選國家代表隊之選手為菁英選手組 (男: 3 名、女: 2 名; 平均年齡: 21.2 ± 1.0 歲、鐵人訓練年資: 6.0 ± 1.8 年) 及未入選國家代表隊為一般選手組 (男: 4 名、女: 1; 平均年齡: 20.0 ± 0.5 歲、鐵人訓練年資: 3.8 ± 1.0 年)。每位受試者先前無嚴重骨骼神經肌肉傷害或外科史、3 個月內無下肢傷害史，並排除心血管疾病的受試者，所有受試者在實驗過程不得飲用酒精及服用營養補充劑或其他藥物，受試者實驗前均先瞭解實驗流程，並取得受試者同意後實施。

二、研究設計

10 位鐵人三項選手在實驗前、後檢測身體組成，並接受連續三週鐵人三項專業訓練，課程內容規劃以高質量訓練為安排，每週訓練時數為 25 小時，如表 1 (最近一年平均週訓練時數為 13.47 小時)。每週進行 6 天 16 次訓練，其中有 6 次安排強度 80% 以上的訓練課程 (運動強度以 VO_{2max} 的百分比心跳數訂定)，並結合鐵人三項專業課

表 1 三週鐵人三項訓練內容

項目	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	總時間
游泳	游泳 1 小時 (速度訓練) (強度 100%)	游泳 2 小時 (技術調整) (強度 50%)	游泳 1 小時 (閾值訓練) (強度 85%)	游泳 2 小時 (開放水域) (強度 60%)	游泳 1 小時 (技術調整) (強度 50%)	游泳 1 小時 (閾值訓練) (強度 85%)	8 小時
自行車	自由車 2 小時 (強度 90%)	自行車 3 小時 (強度 60%)	自由車 2 小時 (強度 60%)		自行車 3 小時 (強度 90%)	自由車 2 小時 (強度 60%)	12 小時
跑步	跑步 1 小時 (強度 75%)		跑步 1 小時 (強度 60%)	跑步 1 小時 (間歇訓練) (強度 90%)	跑步 1 小時 (強度 60%)	跑步 1 小時 (強度 60%)	5 小時

資料來源：本研究整理。

註：運動強度以 VO_{2max} 的百分比心跳數訂定。每場訓練時數含熱身及緩和時間 (約 20 分鐘)。

程安排游泳、自由車及跑步訓練，每天進行 3 小時以上訓練時間 (含熱身運動、主要訓練、緩和運動)，訓練結束後二週，所有選手參加 2018 宜蘭梅花湖鐵人三項全國錦標賽。本研究三週訓練期間，採集中訓練營管理，選手三餐飲食統一由訓練營安排，早上吐司、果醬、雞蛋；午餐及晚餐提供便當做為熱量供應，每人三餐攝取熱量約每公斤 40 卡 (正常體重且重度工作者) (衛生福利部國民健康署，2018)。

三、身體組成測量

所有選手在正式實驗前與三週高質量訓練實驗介入後於空腹狀態下測量身體組成。透過非侵入式檢測方式，以身體組成分析儀 (dual-energy X-ray absorptiometry, DEXA) (Lunar, iDAX, GE healthcare, WI, USA)，進行三週訓練前、後身體組成測量，並分析體脂肪率、肌肉量、體重等資料。

四、鐵人三項競賽

所有選手在進行三週高質量訓練後，參加 2018 宜蘭梅花湖鐵人三項全國錦標賽，

奧運標準距離菁英組賽事，並記錄游泳、自由車、跑步及總成績各分段成績資料。

五、最大攝氧量

本研究正式實驗前兩週，使用攜帶式運動心肺功能檢測系統 (MetaMax 3B Portable CPX System, CORTEX Biophysik, Leipzig, Germany) 儀器進行最大攝氧量測試，檢測跑步攝氧量於跑步機上測試，過程採用布魯斯 (Bruce protocol) 實驗流程 (Bruce, Kusumi, & Hosmer, 1973)，每三分鐘上升速度及坡度，跑至受試者耗竭，如表 2。測驗前皆讓受試者適應戴面罩運動，熟悉測驗流程，才開始進行最大攝氧量測驗。

表 2 布魯斯跑步實驗流程

坡度 (%)	速度 (mph)	持續時間 (分鐘)
10	1.7	3
12	2.5	3
14	3.4	3
16	4.2	3
18	5.0	3
20	5.5	3
20	6.0	3

資料來源：本研究整理。

六、統計分析

本研究所得各項數據，以 Excel 及 SPSS 20.0 統計軟體進行資料整理與分析。建立選手各項基本資料及身體組成作描述性統計，以平均數 ± 標準誤 (mean ± SEM) 表示，並以無母數分析 Mann-Whitney *U*-test 比較兩組在三週訓練前後測各項參數 (身體組成：體脂肪率、肌肉量、體重) 變化量差異，及在全國錦標賽各項成績的差異，並取所有選手的身體組成及鐵人三項比賽成績做皮爾森相關分析 (Pearson correlation)，本研究以 $p < .05$ 為顯著水準。

參、結果

一、鐵人三項選手各項基本資料

本研究鐵人三項選手之年齡、訓練年資、身高及最大攝氧量，如表 3。

表 3 鐵人三項選手各項基本資料

項目	一般選手 ^a	菁英選手 ^a	<i>p</i> 值
年齡 (年)	20.0 ± 0.5	21.2 ± 0.3	.147
鐵人訓練年資 (年)	3.8 ± 1.0	6.0 ± 1.8	.161
最大攝氧量 (ml/min/kg)	52.60 ± 2.11	53.80 ± 1.74	.336

資料來源：本研究整理。

註：以平均數 ± 標準誤 (mean ± SEM) 表示。

^a $n = 5$ 。

表 4 三週高質量訓練對鐵人三項選手身體組成前後比較

項目	一般選手組 ^a			菁英選手組 ^a		
	訓練前	訓練後	<i>p</i> 值	訓練前	訓練後	<i>p</i> 值
脂肪率 (%)	21.04 ± 1.94	20.22 ± 1.86	.123	19.26 ± 3.03	17.64 ± 3.24	.004
肌肉量 (kg)	52.98 ± 2.72	53.20 ± 3.02	.606	46.78 ± 4.47	47.87 ± 4.44	.016
體重 (kg)	69.79 ± 2.24	69.41 ± 2.65	.475	59.88 ± 3.61	60.14 ± 3.34	.598

資料來源：本研究整理。

註：以平均數 ± 標準誤 (mean ± SEM) 表示。

^a $n = 5$ 。

二、三週高質量訓練對鐵人三項選手的身體組成

本研究統計三週高質量訓練對鐵人三項選手的身體組成比例前後比較，經過三週訓練後，菁英選手在身體組成的體脂肪率顯著減少及肌肉量顯著增加，且兩組在體重無明顯差異，結果如表 4。

三、鐵人三項選手身體組成與比賽表現相關結果

本研究探討鐵人三項選手身體組成與比賽表現相關結果，如表 5。鐵人三項選手完成一場奧運標準距離賽事，身體組成中的脂肪率與自由車、跑步及總成績時間有顯著正相關，肌肉量與自由車項目時間有顯著負相關。

表 5 鐵人三項選手身體組成與比賽表現相關結果

項目	脂肪率	肌肉量	體重
	相關係數 (<i>p</i> 值)	相關係數 (<i>p</i> 值)	相關係數 (<i>p</i> 值)
游泳 (秒)	.28 (.231)	-.03 (.474)	.17 (.328)
自由車 (秒)	.85 (.002)	-.65 (.028)	-.34 (.183)
跑步 (秒)	.66 (.026)	-.17 (.334)	.22 (.288)
總成績 (秒)	.80 (.005)	-.45 (.109)	-.09 (.406)

資料來源：本研究整理。

四、鐵人三項選手競賽成績表現資料

本研究分析鐵人三項選手參加 2018 宜蘭梅花湖鐵人三項全國錦標賽，紀錄競賽中游泳、自由車、跑步及總成績等表現資料，兩組在跑步及總成績表現有顯著差異，結果如表 6。

肆、討論與建議

本研究發現鐵人三項菁英選手在經歷三週高質量訓練後，對身體組成控制有較佳的表現，能降低身體脂肪率並提高肌肉量。另外，本研究從競技比賽中發現，鐵人三項選手參加奧運標準距離菁英組賽事，自由車、跑步及總完成時間與身體脂肪率

呈高度正相關，並且身體肌肉量愈高自由車項目時間愈短，而比賽結果菁英選手在單項跑步及總成績表現顯著優於一般選手，此結果似乎與維持較佳的身體組成（低脂肪率及高肌肉量），以利提高鐵人三項競技表現有關，以下將針對各項研究結果及其相關因素進行討論。

本研究以高質量訓練作為研究介入，兩組選手在體脂率和肌肉量都有改善的趨勢，其發現與先前研究相似，研究以 41 名健康女性為參與者，隨機分成高強度循環訓練組、有氧訓練組及控制組，以三種不同強度訓練方式進行八週時間，研究結果發現，高強度循環訓練組在身體組成中增肌減脂的效果表現最明顯，且瘦體素賀爾蒙也有效下降，肌力表現也顯著提升（何

表 6 鐵人三項選手競賽成績表現資料

項目	一般選手 ^a	菁英選手 ^b	<i>p</i> 值
游泳 (秒)	1579.00 ± 45.67	1450.25 ± 57.52	.059
自由車 (秒)	4269.40 ± 185.69	3901.25 ± 135.74	.086
跑步 (秒)	2318.80 ± 98.03	2021.50 ± 77.76	.028
總成績 (秒)	8167.20 ± 273.44	7373.00 ± 206.76	.031

資料來源：本研究整理。

註：菁英選手中有一位受傷，未參加比賽。以平均數 ± 標準誤 (mean ± SEM) 表示。

^a *n* = 5; ^b *n* = 4。

松諺等人, 2018), 顯示較高強度的訓練, 對身體組成及運動表現皆有較好的效果。另一項統合分析的研究也發現, 強度較高的間歇訓練相較中等強度有氧運動, 身體面對運動挑戰後的生理反應, 如血壓、心跳率、脂蛋白、血糖、胰島素及氧化壓力等, 具有顯著的改善效果 (Weston, Wisløff, & Coombes, 2014)。學者郭家驊 (2015) 表示, 高強度訓練會引起身體能量供給的重新分配, 運動中提高強度, 會動員較多的肌纖維與肌肉組織, 訓練後用餐, 碳資源及胰島素會增加分配進入肌肉組織, 藉以減少餐後能源回補至脂肪組織的情況, 因而改善身體組成的增肌減脂效果。且在高強度訓練後, 補給時間會影響身體組成的比例, 而其他以外時間必須嚴格控制熱量攝取, 如無飢餓感時可不必強迫用餐, 以保持專項選手身體組成的較佳比例 (郭家驊, 2015)。綜合上述研究, 高強度的訓練對身體組成、運動表現及生理機能的改善, 似乎有更多證據顯示具有較佳的功用。因此, 本研究安排三週高質量的鐵人三項訓練, 以增加生理反應的刺激, 進而改善身體組成的變化, 同時本研究也發現, 接受三週高質量訓練後的鐵人三項選手, 在身體組成的肌肉量及脂肪率都有改善的趨勢, 研究結果與先前研究一致, 但經兩組統計分析比較後, 菁英選手顯著優於一般選手, 其結果與先前一項跆拳道研究相似, 其方法將跆拳道選手分為全國前 4 名為優秀選手組, 及其他名次為次佳選手組, 兩組同時進行身體組成及體適能檢測, 研究結果發現, 菁英選手組的身體組成脂肪率及肌

肉量顯著改善, 其原因文章作者表示與選手年齡大小有關 (蘇泰源、蔡忠昌, 2017)。本研究鐵人三項菁英選手的年齡上大於一般選手組, 另接受專項訓練時間是一般選手的將近兩倍, 因此擁有較豐富的專項訓練經驗, 且具備廣泛的運動專業知識, 對自我認知及專業素養上高於一般選手, 因此菁英選手有較高自我管理能力的。先前研究也顯示, 菁英選手的心理動機比一般選手高, 並且願意花較多的時間及心思在專項訓練上 (Gould et al., 2002), 過去研究曾深度訪談菁英選手, 發現他們有共同的心理特徵, 包括目標設定、求勝意志、主動積極、樂觀、情緒管理及自我控制能力等 (陳靜, 2005; 鄭溫暖、廖主民, 2001), 且心理動機強的選手會有較正向情緒、認知和行為反應的條件, 這些原因都將促成菁英選手多方位面的發展 (陳怡婷、黃崇儒、洪聰敏, 2011)。綜合上述研究, 菁英選手在心理特質上對求勝的渴望及自我要求的能力會大於一般選手, 且在自我控制能力上能做出較好的程度。因此, 本研究的實驗設計以不同水準的鐵人三項選手, 同時間同地點的完成三週一模一樣的高質量訓練課程, 且在訓練期間選手攝取相似的三餐飲食內容, 僅有不同的自主管理生活, 在經過三週訓練後檢測身體組成, 研究結果: 菁英選手組在身體體脂肪率及肌肉量有顯著改善, 能造成兩組間最大的差異, 推論原因為鐵人三項菁英選手擁有較高專業知識的素養, 並能做出較佳的自我生活管理要求。因此, 在所有選手都接受相同的運動訓練, 但菁英選手能有突出的

表現，除專注投入訓練外，更能內化自我管理的約束，藉此提高身體組成最優化的狀態，進而成為更優異的鐵人三項選手，然而，針對不同水準運動員研究介入的文獻較少，且研究對象為菁英選手也不易尋找，因此本研究結果發現，對耐力運動項目的選手，具有參考價值，可惜本研究未探討兩組之心理層面問題，建議未來可以加入在相關的研究問題中。

本研究結果發現，參加鐵人三項奧運距離菁英組賽事的選手，身體脂肪率與競賽分項中的自由車、跑步及比賽完成時間有高度相關，肌肉量與自由車完成時間呈高度負相關，儘管游泳與身體組成無顯著相關，可能是水中的浮力可乘載身體重量，而游泳技術層面較高（吳綜晏、涂瑞洪、林俊達、陳家祥，2015），因此身體組成較不影響游泳表現。在鐵人三項運動中，40公里自由車占整體比賽時間最長，其中在菁英組賽事可以輪車（drafting）規定，因此選手比賽中會有各種突圍、攻擊等比賽策略，容易造成肌肉更大的負擔。先前研究發現，訓練有素的自由車選手需要較高的肌肉量來面對比賽的各種地形及考驗（da Rocha Penteado et al., 2010），而鐵人三項選手與自由車選手的生理條件（最大攝氧量、安靜心跳率、無氧能力）與身體組成有較高的相似程度（Arslan & Aras, 2016），因此菁英選手有較高的肌肉量，可以在自由車項目中節省更多能量分配，同時也能影響轉換後跑步的表現，以發揮完整的跑步實力，對提升鐵人三項比賽成績上有較好的結果（張國彬、馬軍榮、吳東昇，2015）。先前研究指出，鐵人三項運動在身體組成與競

技表現有中到高度相關，選手在具備較低的脂肪率及較高的肌肉量，對有氧運動競技表現有正面的影響（魏振展，2018）。而過去研究調查參加2009年世界大學鐵人三項錦標賽的選手，發現選手體脂肪率與該場次的比賽名次及單項跑步時間呈正相關（Bilgin, 2016）。研究進一步分析，選手的身體組成與比賽各單項完成時間的相關，結果發現，身體脂肪率在各單項的完成時間有中到高度正相關（游泳： $r = .711$ ，自由車： $r = .868$ ，跑步： $r = .866$ ），而肌肉量在自由車和跑步完成時間有較高程度的負相關（游泳： $r = -.497$ ，自由車： $r = -.748$ ，跑步： $r = -.687$ ），因此，建議鐵人三項選手在身體組成，擁有愈低脂肪率及愈高肌肉量，對自由車及跑步單項成績及總成績會有較佳的表現（Bilgin, Çetin, Çolak, Yarim, & Taskin, 2017; Pupiš, Pavlík, Pivovarniček, & Pavlović, 2015）。本研究也有同樣的發現，菁英選手在鐵人三項競賽中，單項跑步表現顯著高於一般選手，進而獲得較佳的總成績，這與菁英選手有較低的身體脂肪率有關。先前研究以28名競技跑者與17名業餘跑者比較身體組成，結果發現，競技跑者的身體脂肪顯著低於業餘跑者（Moses et al., 2013）。因此，無論跑者或鐵人三項的菁英選手，身體組成中脂肪與肌肉的比例都會影響跑步的能力（Sellés-Pérez, Fernández-Sáez, Ferriz-Valero, Esteve-Lanao, & Cejuela, 2019）。而鐵人三項的菁英組賽事，一開始游泳項目比賽的過程，選手實力相差不大，上岸後在第一轉換區（transition），選手會聚集成一大集團，並且在自由車項目上利用輪車的技巧，節省體力以及掌控

比賽的節奏，轉換至跑步項目後，選手才會盡最大努力程度，爭取最佳名次。因此，跑步能力會影響鐵人三項的比賽結果，而本研究發現菁英選手在跑步項目上有較大的優勢，因而在總體成績表現優於一般選手，這項結果對日後鐵人三項訓練著重在跑步項目上，有較好的參考價值。

本研究結果菁英選手在三週的高質量訓練後，能有效改善身體組成的脂肪率及肌肉量，以利發揮跑步項目的最佳狀態，獲得較優異的比賽整體成績，這似乎與菁英選手的心理動機與自我管理能力有關，建議未來研究可以探討不同水準的選手，在心理層面所產生的影響。

參考文獻

1. 宋孟遠、張世沛、步國財 (2006)。不同身體質量指數與體適能表現差異研究——以國立勤益技術學院學生為例。《運動休閒餐旅研究》，**1**(1)，115-128。doi:10.29429/JSLHR.200603_1(1).06
[Sung, M.-Y., Chang, S.-P., & Bu, G.-C. (2006). Body mass index and physical fitness performance in National Chin-Yi Institute of Technology. *Journal of Sport, Leisure and Hospitality Research*, *1*(1), 115-128. doi:10.29429/JSLHR.200603_1(1).06]
2. 何松諺、陳竝廷、鍾雨純、王止俞、劉祐君、吳慧君 (2018)。短時間高強度循環訓練對中高齡女性身體組成、代謝症候群、下肢肌力及相關血液指標之影響。《體育學報》，**51**(2)，155-168。doi:10.3966/102472972018065102002
[Ho, S.-Y., Chen, H.-T., Chung, Y.-C., Wang, Z.-Y., Liu, Y.-C., & Wu, H.-J. (2018). Effect of short-term high-intensity circuit training on body composition, metabolic syndrome, lower limb muscular strength and blood parameters in middle-aged women. *Physical Education Journal*, *51*(2), 155-168. doi:10.3966/102472972018065102002]
3. 吳綜晏、涂瑞洪、林俊達、陳家祥 (2015)。游泳運動訓練初探。《屏東大學體育》，**1**，85-93。
[Wu, Z.-Y., Tu, J.-H., Lin, J.-D., & Chen, C.-H. (2015). The first exploration of swimming sports training. *National Pingtung University Sport*, *1*, 85-93.]
4. 陳怡婷、黃崇儒、洪聰敏 (2011)。優秀桌球選手最佳運動表現的心理狀態。《大專體育學刊》，**13**(1)，44-54。doi:10.5297/ser.1301.005
[Chen, I.-T., Huang, C.-J., & Hung, T.-M. (2011). Mental state at peak performance in elite table tennis players. *Sports & Exercise Research*, *13*(1), 44-54. doi:10.5297/ser.1301.005]
5. 陳靜 (2005)。中國優秀運動員心理特質之研究 (未出版之碩士論文)。臺北市立體育學院，臺北市。
[Chen, J. (2005). *A study of the psychological characteristics of Chinese outstanding athletes* (Unpublished master's thesis). Taipei Physical Education College, Taipei, Taiwan.]
6. 郭家驊 (2015)。主編評論：運動能有效減肥但並非靠燃燒脂肪。《大專體育學刊》，**17**(2)，i-iv。doi:10.5297/ser.1702.editorial
[Kuo, C.-H. (2015). Editor-in-chief's paper: Fat reducing effect of exercise training is not mediated by fat burning. *Sports & Exercise*

- Research*, 17(2), i-iv. doi:10.5297/ser.1702.editorial]
7. 張國彬、馬軍榮、吳東昇 (2015)。鐵人三項完賽之技術實踐經驗論敘。中華體育季刊，29(4)，287-293。doi:10.3966/102473002015122904005
[Chang, K.-P., Ma, C.-J., & Wu, T.-S. (2015). A discourse on skill practice experience of completed-oriented triathlon competition. *Quarterly of Chinese Physical Education*, 29(4), 287-293. doi:10.3966/102473002015122904005]
 8. 張智翔、李淑惠 (2015)。運動訓練之超補償效應評析。休閒運動管理學刊，1，26-33。
[Chan, T.-S., & Lee, S.-H. (2015). Analysis of the supercompensation effect of sports training. *Journal of Leisure and Sport Management*, 1, 26-33.]
 9. 衛生福利部國民健康署 (2018)。熱量來源。取自：<https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=544&pid=726>
[Health Promotion Administration, Ministry of Health and Welfare. (2018). *Food calorie source*. Retrieved from <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=544&pid=726>]
 10. 蔣昇杰、張瑞泰 (2013)。鐵人三項運動的特性。高師大體育，11，62-80。doi:10.6305/PENKNU.2013.11.5
[Jiang, S.-J., & Chang, R.-T. (2013). Characteristics of triathlon. *National Kaohsiung Normal University Sport*, 11, 62-80. doi:10.6305/PENKNU.2013.11.5]
 11. 鄭溫暖、廖主民 (2001)。以質的研究取向——初探本土優秀運動員的心理特性。體育學報，31，159-170。doi:10.6222/pej.0031.200109.5615
[Cheng, W.-N., & Liao, C.-M. (2001). A qualitative approach—The exploration of psychological characteristics of elite athletes in Taiwan. *Physical Education Journal*, 31, 159-170. doi:10.6222/pej.0031.200109.5615]
 12. 盧廷峻 (2010)。不同身體組成對體適能表現與運動態度之研究。運動與遊憩研究，4(3)，15-32。doi:10.29423/JSRR.201003_4(3).0002
[Lu, T.-C. (2010). The physical fitness performance and exercise attitude toward the body composition. *Journal of Sport and Recreation Research*, 4(3), 15-32. doi:10.29423/JSRR.201003_4(3).0002]
 13. 賴映帆、林瑞興 (2007)。大學男、女性學生身體組成差異之研究。屏東教大體育，11，183-190。
[Lai, Y.-F., & Lin, J.-H. (2007). A study of the difference in body composition between male and female university students. *National Pingtung University of Education Sport*, 11, 183-190.]
 14. 魏振展 (2018)。短期呼吸肌訓練介入對鐵人三項選手身體組成與運動表現之影響。運動研究，27(2)，37-51。doi:10.6167/JSR.201812_27(2).0004
[Wei, C.-C. (2018). Effects of short-term respiratory muscle training on body composition and exercise performance in triathletes. *Journal of Sports Research*, 27(2), 37-51. doi:10.6167/JSR.201812_27(2).0004]
 15. 蘇泰源、蔡忠昌 (2017)。優秀與次佳高中男子跆拳道選手身體組成和各項體能的差異。興大體育學刊，16，13-23。

- [Su, T.-Y., & Tsai, J.-C. (2017). Comparison of the body composition and fitness between the elite and sub-elite of high school male Taekwondo players. *Journal of NCHU Physical Education Research*, 16, 13-23.]
16. Arslan, E., & Aras, D. (2016). Comparison of body composition, heart rate variability, aerobic and anaerobic performance between competitive cyclists and triathletes. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(4), 1325-1329. doi:10.1589/jpts.28.1325
 17. Bentley, D. J., Millet, G. P., Vleck, V. E., & McNaughton, L. R. (2002). Specific aspects of contemporary triathlon. *Sports Medicine*, 32(6), 345-359. doi:10.2165/00007256-200232060-00001
 18. Bilgin, Ü. (2016). Effects of body composition on race time in triathletes. *The Anthropologist*, 23(3), 406-413. doi:10.1080/09720073.2014.11891961
 19. Bilgin, Ü., Çetin, E., Çolak, M., Yarim, İ., & Taşkin, H. (2017). Is body fat ratio of lower extremities a predictor of race time in university triathletes? *Journal of Physical Education & Sports Science*, 11(3), 227-233.
 20. Bruce, R. A., Kusumi, F., & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal*, 85(4), 546-562. doi:10.1016/0002-8703(73)90502-4
 21. da Rocha Penteado, V. S., de Moura Castro, C. H., de Medeiros Pinheiro, M., Santana, M., Bertolino, S., de Mello, M. T., & Szejnfeld, V. L. (2010). Diet, body composition, and bone mass in well-trained cyclists. *Journal of Clinical Densitometry*, 13(1), 43-50. doi:10.1016/j.jocd.2009.09.002
 22. Etxebarria, N., Mujika, I., & Pyne, D. B. (2019). Training and competition readiness in triathlon. *Sports*, 7(5), 101. doi:10.3390/sports7050101
 23. Gould, D., Dieffenbach, K., & Moffett, A. (2002). Psychological characteristics and their development in Olympic champions. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14(3), 172-204. doi:10.1080/10413200290103482
 24. Kandel, M., Baeyens, J. P., & Clarys, P. (2014). Somatotype, training and performance in Ironman athletes. *European Journal of Sport Science*, 14(4), 301-308. doi:10.1080/17461391.2013.813971
 25. Knechtle, B., Baumann, B., Wirth, A., Knechtle, P., & Rosemann, T. (2010). Male Ironman triathletes lose skeletal muscle mass. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 19(1), 91-97.
 26. Kravitz, L. (2014). Metabolic effects of HIIT. *Fitness Journal*, 11(5), 16-18.
 27. Landers, G., Blanksby, B., Ackland, T., & Smith, D. (2000). Morphology and performance of world championship triathletes. *Annals of Human Biology*, 27(4), 387-400. doi:10.1080/03014460050044865
 28. Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu, J., Mooses, K., Purge, P., & Jürimäe, T. (2013). Running economy and body composition between competitive and recreational level distance runners. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(3), 340-346. doi:10.1556/APhysiol.100.2013.3.10
 29. Mueller, S. M., Anliker, E., Knechtle, P., Knechtle, B., & Toigo, M. (2013). Changes

- in body composition in triathletes during an Ironman race. *European Journal of Applied Physiology*, 113(9), 2343-2352. doi:10.1007/s00421-013-2670-3
30. Mujika, I. (2014). Olympic preparation of a world-class female triathlete. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 727-731. doi:10.1123/ijsp.2013-0245
31. Pupiš, M., Pavlík, J., Pivovarniček, P., & Pavlović, R. (2015). Dependence of the overall result in the Olympic triathlon on the performance of individual events. *Sport Science*, 8(2), 61-63.
32. Santos, D. A., Dawson, J. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., Allison, D. B., ... Silva, A. M. (2014). Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS ONE*, 9(5), e97846. doi:10.1371/journal.pone.0097846
33. Sellés-Pérez, S., Fernández-Sáez, J., Ferriz-Valero, A., Esteve-Lanao, J., & Cejuela, R. (2019). Changes in triathletes' performance and body composition during a specific training period for a Half-Ironman race. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 185-198. doi:10.2478/hukin-2018-0077
34. Sleivert, G. G., & Rowlands, D. S. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Medicine*, 22(1), 8-18. doi:10.2165/00007256-199622010-00002
35. Wells, G. D., & Norris, S. R. (2009). Assessment of physiological capacities of elite athletes & respiratory limitations to exercise performance. *Paediatric Respiratory Reviews*, 10(3), 91-98. doi:10.1016/j.prrv.2009.04.002
36. Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 48(16), 1227-1234. doi:10.1136/bjsports-2013-092576

Three-Week High-Volume Training Increases Muscle Mass and Decreases Body Fat Percentage in Elite Triathlon Athletes

Chen-Chan Wei^{1,*}, Hui-Mei Lin¹, Yung-Shen Tsai², Chi-Chieh Hsu¹

¹ Department of Aquatic Sports, University of Taipei

² Graduate Institute of Sports Equipment Technology, University of Taipei

*Corresponding author: Chen-Chan Wei

Address: No. 101, Sec. 2, Zhongcheng Rd. Shilin Dist., Taipei City 111, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: tom911072@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202112_30(2).0005

Received: July, 2020 Accepted: November, 2020

Abstract

Introduction: Body composition affects endurance sports performance. Triathlon is an extreme sport that includes swimming, cycling, and running with two transitions. Triathletes face a variety of competition environments during the long distance competition that requires lots of energy. This study investigated the effects of a 3-week high-quality triathlon training on the body composition of two different levels of triathletes (elite and non-elite). The relationships between their body composition and the performance during a national championship (with Olympic standard distance) were evaluated. **Methods:** Ten triathletes participated in this study. Five triathletes who were selected to the national team within one year belong to the elite group (male: 3, female: 2; average age: 21.2 ± 1.0 years old, triathlon training years: 6.0 ± 1.8). Another 5 triathletes who were not able to get into the national team belong to the non-elite group (male: 4; average age: 20.0 ± 0.5 years old, triathlon training years: 3.8 ± 1.0). These two groups of triathletes received a three-week high-quality triathlon training and then participated in a national championship (with Olympic standard distance) after 2 weeks of training. Their body compositions were measured before and after the high-quality training. **Results:** Muscle mass was increased (+1.05 vs. +0.83 kg, $p < .05$) and the body fat percentage was decreased (-1.62 vs. -0.82%, $p < .05$) after 3 weeks of high-volume training in the elite group while their body weights remain similar. Body fat percentage of all triathletes was positively correlated with cycling time, running time, and total race time. Their muscle mass was negatively correlated with cycling time. In addition, elite triathletes had better competition performance compared with their counterparts. **Conclusion:** Three-

魏振展 林惠美 蔡鏞申 許志傑

week high-quality training can effectively increase muscle mass and decrease body fat percentage for elite triathletes, further the results can conducive to running and overall performance.

Keywords: body composition, Olympic standard distance, body fat ratio