

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

魏振展*

臺北市立大學

*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@gmail.com

DOI:10.6167/JSR.201812_27(2).0004

投稿日期：2017 年 11 月 接受日期：2017 年 12 月

摘 要

緒論：呼吸肌在人體獲取氧氣扮演著相當重要的角色，而呼吸肌如同骨骼肌一樣，可經由訓練來增強肌肉的強韌度，以減緩疲勞的產生。鐵人三項為高強度競技運動，身體對氧氣的需求極高，運動過程心跳及呼吸加快，進而對呼吸肌群的依賴，因此本研究目的在探討呼吸肌訓練對鐵人三項選手身體組成與運動表現（游泳 1,500 公尺、跑步 10,000 公尺）之影響。方法：11 位鐵人三項選手，以身高、體重及最大攝氧量 (maximal oxygen consumption, VO_{2max}) 之數值進行配對分為呼吸訓練組 (173.83 ± 7.41 公分、 65.83 ± 8.24 公斤、 51.50 ± 7.89 ml/kg/min, $n = 6$) 及控制組 (170.20 ± 11.10 公分、 63.26 ± 10.29 公斤、 48.20 ± 4.15 ml/kg/min, $n = 5$)，訓練組使用呼吸訓練器進行 4 週呼吸肌訓練，兩組在訓練前後均接受身體組成、最大攝氧量、專項運動表現檢測、最大呼吸肌肌力等測量。結果：4 週呼吸肌訓練對鐵人三項選手身體組成中，增加大腿肌肉百分比 (+ 2.19% vs. + 0.88%, $p < .05$)，以及降低臀部脂肪百分比皆優於控制組 (- 7.17% vs. - 4.83%, $p < .05$)，最大攝氧量表表現部分，呼吸肌訓練組顯著優於控制組 (4.42% vs. 1.57%, $p < .05$)，而在專項運動表現及呼吸肌肌力，兩組之間無顯著差異。結論：4 週呼吸肌訓練可有效改善鐵人三項選手身體組成，進而提升最大攝氧量的能力。

關鍵詞：呼吸肌訓練器、最大攝氧量、最大呼吸壓力

壹、緒論

人體呼吸肌（橫膈膜、內肋間肌、外肋間肌、胸鎖乳突肌、腹肌等），是安靜與運動時，協助氣體交換的重要肌群。過去呼吸肌群被視為是高度有氧性的肌群，具有充足的血液供給，對於疲勞則具有高度的阻抗性 (Dempsey, Romer, Rodman, Miller, & Smith, 2006)，而經由呼吸肌訓練可以增加呼吸肌肉的有氧能力，延遲無氧閾值 (anaerobic threshold, AT) 的出現，增進耐力運動表現 (Griffiths & McConnell, 2007)。長時間非最大運動或短時間高強度運動，身體藉由有氧的途徑來製造運動所需的能量，因此導致換氣量的增加，同時增加對呼吸肌的使用，造成呼吸肌的疲勞 (Loke, Mahler, & Virgulto, 1982)，進而影響身體四肢的疲勞 (Romer, Lovering, Haverkamp, Pegelow, & Dempsey, 2006)，間接影響運動表現能力。因此，倘若能提升呼吸肌的作功能力或降低呼吸肌在運動中的疲勞程度，將可能有助於改善工作肌群的肌肉氧飽和度，進而提升耐力性運動表現 (鄭景峰, 2015)。

鐵人三項運動距離為游泳 1.5 公里、自行車 40 公里、跑步 10 公里，此比賽距離也被稱為鐵人三項「奧運標準距離」(Olympic distance) (蔣昇杰、張瑞泰, 2013)，是一項高度耐力競賽項目，所以在訓練上以提升選手的有氧運動能力 (aerobic capacity) 為主。先前研究指出，低訓練量的高強度間歇訓練 (high-intensity interval training, HIIT)，可以節省大量的時間外，亦可有效提升有氧能力極佳的運

動員之耐力運動表現，並減少過度訓練的風險 (Laursen, 2010)。然而，鐵人三項運動在高強度或持續性長時間訓練，可能會導致呼吸功能降低、低血氧、呼吸肌疲勞與呼吸困難等，進而影響整體運動表現 (Wells & Norris, 2009)。而呼吸肌就如同骨骼肌一樣，可透過訓練加以鍛鍊，Sale (1988) 指出，呼吸肌力的訓練有助於改善呼吸肌群張力收縮的協調與效率，因此運動選手會透過呼吸肌訓練，來鍛鍊運動時所需呼吸肌群的肌力，來增加動作表現，並延長運動表現時間使其較不易產生疲勞 (郭培圻、蔣孝珍, 2009)。因此透過呼吸肌訓練使得呼吸肌疲勞的現象延後，以利氧氣正常的供給，促進體內產生足夠三磷酸腺苷 (adenosine triphosphate, ATP) 能量提供動作肌群的使用，進而提升運動表現。

身體組成與運動表現是透過長年的累積交互影響的，一個人如果具備適合某運動專項的身體組成，便可能有較佳的表現，而長期接受某種專項運動的訓練，也可能會產生專項特有的身體組成 (鄭吉祥、何立安, 2012)；某些身體組成比例可能有利於專項表現，因此具備這些身體組成的運動選手在競技當中具有較大的優勢 (Ali, Hanachi, & Nejad, 2010)。先前研究調查參加世界大學鐵人三項運動會的選手，體脂肪百分比與當次的比賽名次表現呈現負相關 (Bilgin, 2016)，而前導研究中發現鐵人三項競賽時間與體脂肪有高度正相關 ($r = .76$)。簡言之，身體組成中的脂肪百分比越低，鐵人三項的競賽成績表現就越好。

過去呼吸肌訓練研究對競技運動表

現，各持不同意見。Edwards, Wells, and Butterly (2008) 研究指出，4 週吸氣肌訓練，對跑步 5,000 公尺運動表現有顯著提升。而在 Wilson et al. (2014) 游泳選手研究，發現訓練前使用呼吸肌訓練加游泳熱身的選手，在 100 公尺最大運動表現顯著提升。另一研究以鐵人三項選手做呼吸肌訓練，檢測自行車功能閾值功率 (functional threshold power, FTP)，研究結果顯示在自行車功能閾值功率表現並無顯著改善 (吳家瑋、傅正思、李淑玲，2014)。根據上述研究顯示，呼吸肌對專項訓練證據上仍未明顯，而文獻回顧中也未發現有呼吸肌訓練對身體組成的影響，因此本研究進一步觀察短期呼吸肌訓練，對鐵人三項選手身體組成與專項運動表現之影響。

貳、方法

一、研究對象

本研究之參與對象為鐵人三項運動員 (一年參加 3 場以上奧運距離 [Olympic distance])，且有規律訓練 (一個禮拜訓練 4 次以上，每次 60 分鐘以上) 之選手共 11 名 (男：8 名、女：3 名)，並將參與者分成呼吸訓練組 (男：5 名、女：1 名；平均年齡：20.33 ± 1.03 歲、平均身高：173.83 ± 7.41 公分、平均體重：65.83 ± 8.24 公斤、平均最大吸氣壓力：120.50 ± 39.86 cmH₂O、平均最大吐氣壓力：143.17 ± 52.53 cmH₂O、平均最大攝氧量：51.50 ± 7.89 ml/kg/min)，以及控制組 (男：3 名、

女：2 名；平均年齡：20.40 ± 1.14 歲、平均身高：170.20 ± 11.10 公分、平均體重：63.25 ± 10.29 公斤、平均最大吸氣壓力：85.80 ± 19.18 cmH₂O、平均最大吐氣壓力：115.00 ± 40.21 cmH₂O、平均最大攝氧量：48.20 ± 4.15 ml/kg/min) 兩組間之年齡、身高、體重、最大呼吸壓力及 VO_{2max} 之數值經統計比較後無明顯差異。所有參與者確認均無神經肌肉骨骼系統及呼吸系統之病史，並瞭解研究內容無疑問後，完成同意書簽署，開始進行實驗。

二、研究設計

11 位參與者在進行最大攝氧量測試後，依其年齡、身高、體重、最大呼吸壓力及最大攝氧量之數值進行配對分為控制組 ($n = 5$) 及呼吸肌訓練組 ($n = 6$)，呼吸肌訓練器材採用健氣家 Bravo 舒呼樂訓練躍級款 (DT13，昭華國際股份有限公司，臺北市，臺灣)。本研究使用呼吸肌訓練器以吸、吐兩種方式各訓練 30 下，訓練強度設定為最大吸、吐壓力 50% (cmH₂O)，每天於上午專項訓練前及下午專項訓練前共進行兩次呼吸肌訓練，每週專項總訓練內容如表 1 所示，配合每週 4 天專項訓練時間做本研究呼吸肌肌力訓練方式。Volianitis et al. (2001) 的研究顯示，4 週的吸氣肌訓練，有助於改善划船選手的最大吸氣壓力 (maximal inspiratory pressure, P_Imax) 與 6 分鐘划船衰竭測驗運動表現，因此本研究設計同為 4 週訓練時間，共訓練次數達 32 次。本研究在執行過程中雖有提醒所有運動員須維持正常的飲食狀態，

表 1 每週專項總訓練內容

時段	訓練一	訓練二	訓練三	訓練四	總時間	強度
上午	游泳 1 小時 (速度訓練) (強度 100%)	游泳 1 小時 (技術調整) (強度 50%)	游泳 1 小時 (閾值訓練) (強度 85%)	游泳 1 小時 (開放水域) (強度 60%)	4 小時	50 ~ 100%
下午	轉換訓練 90 分鐘 自由車 60 分鐘 (強度 90%) 跑步 30 分鐘 (強度 75%)	肌力訓練 1 小時 (強度 80%)	轉換訓練 90 分鐘 自由車 60 分鐘 (強度 60%) 跑步 30 分鐘 (強度 60%)	跑步 1 小時 (間歇訓練) (強度 90%)	5 小時	60 ~ 90%

資料來源：本研究整理。

註：強度為專項訓練課表中主要內容以 VO_{2max} 表示，肌力訓練強度為 1RM 表示。訓練總時數含熱身時間 (約 20 分鐘)，以及各強度訓練的恢復時間。

不刻意增減體重，然而，運動員在實驗過程中的飲食情形可能會影響本研究結果，實為本研究之限制。

三、身體組成測量

所有運動員在正式實驗前與 4 週呼吸肌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 iDXA, GE healthcare, IL, USA)，進行訓練前、後身體組成測量，並分析各肢段體脂肪百分比、肌肉百分比等資料。

四、最大呼吸壓力測驗

本研究呼吸肌肌力的功能指標，使用呼吸肌功能測量儀 (Micro RPM, Micro Medical Cardinal Health, Rochester, UK) 測量最大吸氣壓力 (maximal inspiratory pressure, P_Imax) 與最大呼氣壓力 (maximal expiratory pressure, P_Emax)。依據 American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS, 2002) 測量方法，至少測量 10

次直到有三次數值差異在 5% 以內，且測量過程中無咳嗽、漏氣、吹口阻塞等干擾因素，方可被接受 (ATS/ERS, 2002)。所有參與者在正式實驗前與 4 週實驗介入後進行最大呼吸肌力檢測。

五、最大攝氧量檢測

本研究於跑步機 (Run 7410/TJ, Runner, Cavezzo, Italy) 進行最大攝氧量測試，並使用 Cortex 氣體分析儀 MetaMax 3B (Cortex Biophysik Nonnenstrasse, Leipzig, Germany) 儀器進行分析，採用 Bruce 漸增強度測驗 (Bruce, Kusumi, & Hosmer, 1973) 流程，參與者先安靜休息 10 分鐘後開始檢測，起始速度 2.7 kph，坡度 10%，每 3 分鐘為一階，共 7 階。測驗前三天讓參與者每天適應面罩呼吸 10 分鐘後，才開始進行測驗。

六、專項運動表現

使用 Seiko (S056-4000, SEIKO, Tokyo, Japan) 碼表檢測游泳專項，以鐵人三項奧運標準距離 1,500 公尺作為檢測方式，於

國際標準游泳池 50 公尺進行測驗，每人皆進行來回 15 趟，記錄至小數點十分位，登入成績。跑步專項以鐵人三項奧運標準距離 10,000 公尺做為檢測方式，於標準田徑場 400 公尺進行 10,000 公尺測驗，每人皆進行 25 圈，記錄至小數點十分位，登入成績。檢測流程分別於測驗日早上，參與者同時進行游泳測驗，同日下午參與者同時進行跑步測驗。

七、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。建立運動員各項基本資料及身體組成作描述性統計，以平均數 \pm 標準誤 (mean \pm SEM) 表示，相關資料以表格方式呈現，進一步分析、探討，並以無母數分析 Mann-Whitney *U*-test 比較前測及後測兩組間所測得各項參數 (運動表現：VO_{2max}、最大呼吸肌力、專項運動表現；身體組成：體脂肪百分比、骨骼肌百分比) 的差異，本研究以 $p < .05$ 為顯著水準。

參、結果

本研究觀察呼吸肌訓練對於身體組成、最大攝氧量、最大呼吸壓力及專項運動表現之影響，結果如表 2。訓練前兩組在各項參數間皆無顯著差異。經過 4 週介入後，呼吸肌訓練組之臀部脂肪百分比、大腿肌肉百分比、最大攝氧量顯著優於控制組。然而，兩組在最大呼吸壓力與專項運動表現，皆無明顯差異。

肆、討論

一、討論

鐵人三項為高強度競技比賽，運動中身體對氧氣的需求極高，因而促使人體心跳及呼吸加快，而呼吸肌在人體獲取氧氣扮演著相當重要的角色，呼吸肌如同骨骼肌一樣，可經由訓練來增強肌肉的強韌度，進而減緩疲勞的產生 (郭培圻、蔣孝珍，2009)，以利提升競技運動表現。本研究試圖以鐵人三項選手呼吸肌訓練作為輔助，

表 2 呼吸肌訓練介入對最大呼吸壓力、身體組成、最大攝氧量及專項運動表現之影響

各項參數	控制組 ($n = 5$)		呼吸肌訓練組 ($n = 6$)		後測兩組 組間 p 值
	訓練前	訓練後	訓練前	訓練後	
PI _{max} (cmH ₂ O)	85.80 \pm 19.18	97.00 \pm 12.54	120.50 \pm 39.86	128.50 \pm 14.61	0.25
PE _{max} (cmH ₂ O)	115.00 \pm 40.21	126.60 \pm 23.63	143.17 \pm 52.53	159.17 \pm 28.14	0.13
臀部脂肪 (%)	1.74 \pm 0.92	1.66 \pm 0.41	1.68 \pm 0.99	1.55 \pm 0.37*	0.04
大腿肌肉 (%)	16.90 \pm 4.76	17.08 \pm 2.20	18.42 \pm 3.45	18.80 \pm 1.40*	0.01
VO _{2max} (ml/kg/min)	48.20 \pm 4.15	48.80 \pm 1.80	51.50 \pm 7.89	53.83 \pm 3.65*	0.03
跑步 (10,000 m)	2931.40 \pm 463.69	2930.00 \pm 201.47	2796.50 \pm 433.84	2768.83 \pm 156.60	0.65
游泳 (1,500 m)	1521.80 \pm 104.14	1498.20 \pm 38.53	1519.00 \pm 225.77	1490.67 \pm 71.59	0.37

註：VO_{2max}：最大攝氧量；PI_{max}：最大吸氣壓力，PE_{max}：最大吐氣壓力。

* $p < .05$

觀察 4 週的呼吸肌訓練介入對鐵人三項選手改善身體組成及提升競技運動表現之影響。本研究主要發現為鐵人三項選手在 4 週呼吸肌訓練後能有效增加大腿肌肉百分比及降低臀部體脂肪百分比，同時改善鐵人三項運動員最大攝氧量表現，但在呼吸肌肌力與專項運動表現（游泳 1,500 公尺、跑步 10,000 公尺），則無明顯差異。本研究結果顯示，呼吸肌訓練對鐵人三項選手身體組成改善及最大攝氧量提升有顯著效果。

本研究發現鐵人三項選手介入 4 週呼吸肌訓練對身體組成有增加下肢肌肉率及減少脂肪率的效果，過去文獻尚未有相關之研究，本研究是目前唯一呼吸肌訓練與身體組成有關的發表。先前研究指出，當呼吸肌疲勞時，所誘發的呼吸肌代謝反射 (respiratory muscle metaboreflex) 會造成血液的重新分配（從工作肌流向呼吸肌），增加對運動中骨骼肌的疲勞程度 (Dempsey et al., 2006; Dempsey, Sheel, St Croix, & Morgan, 2002)，進而提升運動時的強度。另一研究 Keramidis, Kounalakis, Eiken, and Mekjavic (2011) 指出，運動前的呼吸肌自主性疲勞，使隨後自行車運動時的腿部與呼吸肌的肌肉氧飽和度降低，造成訓練挑戰提高，因此研究結果證實運動中呼吸肌的疲勞現象，為降低運動表現的原因之一。而在 Harms et al. (1997) 研究中發現，下肢運動骨骼肌與血液的關係，在進行自行車最大強度運動時，呼吸肌的作功與腿部血流量 ($r = -.84, p < .05$) 及攝氧量 ($r = -.77, p < .05$) 成反比，此研究

結果顯示當呼吸肌作功增加時，將會降低下肢的血流量與攝氧量水準，進而增加身體對運動時的負荷。由上述研究發現，呼吸肌疲勞所誘發的呼吸肌代謝反射，導致骨骼肌提前發生疲勞的反應，進而提升運動員從事專項運動的強度，增加身體負荷程度。先前 Trapp, Chisholm, Freund, and Boutcher (2008) 研究指出，每週三天的高強度間歇運動 (high intensity intermittent exercise, HIIE) 進行 15 週的訓練，能有效減少體脂肪量。另外，黃獻宗、陳家祥、林俊達與涂瑞洪 (2015) 等學者提出高強度間歇訓練比有氧持續運動有較佳的後燃效應 (after-burn effect)，並造成多種立即生理反應能使身體消耗更多能量，達到減少身體脂肪的效果。由於本研究在專項訓練前使用呼吸器訓練，而鐵人三項訓練涵蓋兩項下肢運動（自行車及跑步），進而影響訓練時下肢骨骼肌群在運動中的疲勞程度，提升整體運動強度，達到改善身體組成效果，因此本研究推測此因素是造成下肢增加大腿肌肉率及減少臀部脂肪率的最大主因。

鐵人三項選手介入呼吸肌訓練，促使專項訓練強度提升進而有效改善身體組成，而我們在前導研究發現鐵人三項選手體脂肪與最大攝氧量呈中等負相關 ($r = -.68$)，因此本研究推測 4 週呼吸肌訓練後對鐵人三項選手的最大攝氧量提升與身體組成的改變有相關。先前研究指出 16 名健康人士，分成吸氣訓練組 50% 強度及控制組 15% 強度，經過連續 4 週（每次 30 下、每日 2 次、每週 7 天，共 56 次）呼吸

肌訓練，研究結果顯示吸氣訓練組增加最大攝氧量能力 (Bailey et al., 2010)。另一研究以 20 名 18 ~ 25 歲的健康大專生為參與對象，分成呼吸肌訓練組及控制組，進行持續 6 週 (每次 30 下、每天 2 次、每週 5 天，共 60 次) 的呼吸肌訓練，結果顯示在使用游泳測功儀檢測的最大攝氧量有顯著提升 (郭琦圻、邱琴瑟, 2011)。另外，Guenette et al. (2006) 研究，以 15 名健康成年人為參與對象，比較呼吸肌訓練對男女性之間的差異 (男性 7 名平均年齡為 22.1 ± 1.5 歲與女性 8 名平均年齡為 24.5 ± 4.9 歲)，使用吸氣訓練器進行 5 週 (每次 30 下、每天 2 次、每週 5 天，共 50 次)，結果顯示在各項數據表現上男女性之間並沒有顯著差異，但最大攝氧量男、女性在呼吸肌訓練後皆有顯著的增加 ($p < .05$)。從上述研究可以發現健康人士在介入呼吸肌訓練下，最大攝氧量有顯著的成長。然而，在呼吸肌訓練中是否對最大攝氧量都有正面影響，Romer, McConnell, and Jones (2002) 以 16 名自行車選手為對象，分成控制組 15% 強度，吸氣訓練組 50% 強度，連續 5 週 (每次 30 下、每天 2 次、每週 7 天，共 70 次) 呼吸肌訓練，結果發現兩組最大攝氧量無顯著差異。另一研究 Kilding, Brown, and McConnell (2010) 以 16 名游泳選手，分成控制組 15% 強度，吸氣訓練組 50% 強度，連續 6 週 (每次 30 下、每天 2 次、每週 7 天，共 84 次)，結果發現兩組最大攝氧量並無顯著差異。根據上述研究發現，一般健康人士與運動員在介入呼吸肌訓練，後者較難改善最大攝

氧量能力，而過去運動員接受訓練呼吸肌皆以吸氣訓練為主，但本研究以鐵人三項運動員為參與者，實驗設計為吸氣及吐氣兩種訓練方式，使運動員在呼吸肌訓練上造成較大的負荷，並且安排在專項訓練前進行，導致呼吸肌在專項訓練時較易產生疲勞現象，使身體發生呼吸肌代謝反射，提高骨骼肌工作負荷，因而造成體脂肪及肌肉量的改變，先前學者林建得、陳坤樺與洪睿聲 (2004) 研究指出，身體組成與最大攝氧量呈負相關 ($r = -.69$)，過量的脂肪囤積造成運動時身體負荷增加，導致運動能力下降，進而降低最大攝氧量的表現，而 Tolfrey et al. (2006) 研究更指出最大攝氧量相對單位 (ml/kg/min) 中，比較身體組成之體重、去脂體重與下肢肌群量，下肢肌肉量對最大攝氧量的是較佳的相對單位的指標。因此本研究推測 4 週的呼吸肌訓練對最大攝氧量的提升與身體組成的改變有較大的關係。

鐵人三項專項表現以游泳及跑步作為測驗項目，尚未執行自行車作為專項檢測項目，主要因為在奧林匹克運動會標準距離的菁英組賽事中自行車比賽項目過程，會因為輪車 (drafting) 規定，導致場地及人為對整體表現的影響，而無法客觀判斷自行車單項能力的好壞。先前研究收集 2009 至 2014 年共 36 場的鐵人三項世界盃中，各單項成績與比賽總成績的相關，結果顯示單項的跑步成績對鐵人三項比賽有高度的相關 ($r = .87$)，游泳單項成績上與鐵人三項比賽有中程度 ($r = .31$) 相關，自行車單項成績上與鐵人三項比賽只有低程

度 ($r = .13$) 相關，因此各單項表現對總成績影響以跑步居首，游泳居次，自行車相關程度最低 (Pupiš, Pavlík, Pivovarníček, & Pavlović, 2015)。先前研究指出 12 位男性鐵人三項選手分成 6 名控制組及 6 名呼吸訓練組，連續 4 週以呼吸訓練器 (每次 30 下、每天 2 次、每週 5 天，共 40 次) 進行呼吸肌訓練，研究結果發現在自行車運動表現未達顯著差異 (吳家瑋等人，2014)。另一研究以 19 名划船選手，分成兩組，一組為 8 名控制組，另一組 11 名閾值強度吸氣訓練組，進行 6 週 (每次 4~5 分鐘、每天 5~7 次、每週 5 天，150~210 次)，研究結果發現兩組在 2,000 公尺划船成績並未有顯著差異 (Riganas, Vrabas, Christoulas, & Mandroukas, 2008)。另外，Forbes, Game, Syrotuik, Jones, and Bell (2011) 指出，同樣以 21 名划船選手，分成兩組，一組為呼吸訓練組 100% 強度，控制組 10~15% 強度，進行 10 週呼吸肌訓練 (每次 24~30 下、前面 4 週每天 1 次、後面 6 週每天 2 次，共 112 次)，研究結果發現兩組在 2,000 公尺划船成績並未有顯著差異。本研究的結果發現與上述的研究結果一致，透過呼吸肌訓練的選手在專項成績表現未有顯著的改善，但呼吸肌訓練在專項表現仍有研究指出具有改善效果，Kilding et al. (2010) 研究以 16 名游泳選手，分成控制組 15% 強度，吸氣訓練組 50% 強度，連續 6 週 (每次 30 下、每天 2 次、每週 7 天，共 84 次) 呼吸肌訓練，結果發現短距離項目 100 公尺 (1.2%) 與 200 公尺 (2.7%) 成績顯著上升，而中長距離 400 公尺未達顯著

差異。同樣以游泳選手作為研究對象，藍立群 (2012) 以 18 名高中游泳選手為運動員，分成兩組控制組 20% 強度、吸氣肌訓練組 80% 強度，連續 6 週 (每次 30 下、每天 1 次、每週 5 天，共 30 次) 呼吸肌訓練，結果發現短距離 50 公尺游泳成績顯著上升。根據上述研究發現游泳運動使用呼吸肌訓練在短距離項目能顯著提升運動表現。另外，Johnson, Sharpe, and Brown (2007) 研究以 18 名自由車選手，分成兩組吸氣訓練組 50% 強度，控制組 0% 強度，連續 6 週 (每次 30 下、每天 2 次、每週 7 天，共 84 次) 呼吸肌訓練，研究結果發現在 25 公里個人計時賽 (2.66%) 及無氧動力 (+20%) 成績顯著上升。另一研究同樣以自由車選手為對象，18 名運動員分成兩組，吸氣訓練組 50% 強度，控制組 15% 強度，連續 6 週 (每次 30 下、每天 2 次、每週 7 天，共 84 次) 呼吸肌訓練，研究結果顯示在 20 公里 (3.5%) 與 40 公里 (3.4%) 個人計時賽成績顯著改善 (Romer et al., 2002)。上述研究可發現自行車選手在使用呼吸肌訓練對專項表現上有明顯的改善。本研究檢測游泳以長距離 1,500 公尺項目及跑步項目 10,000 公尺，並未發現有顯著差異，推測原因為 4 週呼吸肌訓練時間較短，對需要長期訓練的鐵人三項運動較無明顯的影響。先前 Ofoghi, Zeleznikow, Macmahon, Rehula, and Dwyer (2016) 研究指出，鐵人三項專項成績表現受到複雜因素影響，似乎只分析單一因素無法完整瞭解成績改變情形。另鐵人三項運動需同時兼顧三種訓練項目，分散各專項訓練

的時間，且在長距離項目中影響成績的因素較多，如動作技術、運動經濟性等，因此本研究在 4 週呼吸肌訓練對鐵人三項選手的專項（游泳、跑步）運動表現上沒有顯著差異。

先前研究以 18 名高中游泳選手為研究對象，分為控制組 20% 強度及吸氣訓練組 80% 強度，連續 6 週（每次 30 下、每日 1 次、每週 5 天，共 30 次），結果發現兩組之間 $P_{I_{max}}$ 與 $P_{E_{max}}$ 皆無顯著差異，但在最大吸氣肌力明顯高於前測（藍立群，2012）。另一研究以鐵人三項選手呼吸肌訓練，12 名男性鐵人三項選手為對象，分成呼吸訓練組及控制組，連續進行 4 週（每次 30 下、每天 2 次、每週 5 天，共 40 次）呼吸肌訓練，研究結果顯示在呼吸肌肌力表現，並無顯著改善（吳家瑋等人，2014）。上述研究與本研究結果相同，在呼吸肌訓練後並無顯著改善，但在吳政諺（2015）研究有不同結果，以 20 名大專健康學生為對象，區分為呼吸肌訓練 50% 強度與控制組，連續進行 6 週呼吸肌訓練（每次 30 下、每天 2 次、每週 5 天，共 60 次），最後研究結果顯示，在大專健康學生中呼吸訓練組的最大呼吸肌肌力顯著優於控制組。另一研究觀察 18 名自行車選手，同樣分為吸氣訓練組 50% 強度及控制組 0% 強度，在呼吸肌肌力訓練連續進行 6 週（每次 30 下、每天 2 次、每週 7 天，共 84 次），研究結果發現吸氣訓練組在最大吸氣肌力增加 19%，顯著優於控制組（Johnson et al., 2007）。根據上述研究，呼吸肌肌力的表現可能受到呼吸肌訓練時間與總次數影

響，透過呼吸肌訓練對運動員呼吸肌肌力，至少 6 週訓練時間次數達 60 以上較能有明顯改善。本研究以 4 週時間進行呼吸肌訓練，訓練次數共 32 次，呼吸肌肌力表現無顯著改善，主因可能為呼吸肌訓練的次數太少所造成。另外，根據上述研究發現一般健康人士經過呼吸肌訓練後成長幅度較大，推測主因有可能為運動員與一般健康人士的呼吸肌初始能力不同，本研究以鐵人三項運動員為參與者，呼吸肌初始能力為平均 $P_{I_{max}}$ 為 104.72 cmH₂O 及 $P_{E_{max}}$ 為 130.36 cmH₂O，吳政諺（2015）之研究，以大專健康學生為對象，呼吸肌初始能力為平均 $P_{I_{max}}$ 為 90.10 cmH₂O 及 $P_{E_{max}}$ 為 81.90 cmH₂O，數據顯示運動員在未受呼吸肌訓練下呼吸肌力表現就高於一般健康人士，運動員在平時訓練即能刺激呼吸肌能力，在長時間訓練過程中使用呼吸肌程度高出一般健康人士。因此，本研究推論 4 週呼吸肌訓練對鐵人三項運動員呼吸肌刺激不足及訓練時間不夠，導致無法明顯改善呼吸肌肌力。

國際鐵人三項總會 (International Triathlon Union, ITU) 宣布 2020 年東京奧林匹克運動會鐵人三項新增混合接力項目（每隊共 4 人 2 男 2 女，一人需完成游泳距離 250 ~ 300 公尺、自行車 5 ~ 8 公里、跑步 1.5 ~ 2 公里，接力順序為女、男、女、男），屆時鐵人三項運動將會產生三面金牌，面對同場賽事需完成短距離及奧林匹克運動會標準距離比賽，這對運動員體能上的考驗及恢復能力將是重要的研究課題。本研究探討鐵人三項運動員在常規訓練中介入呼吸肌

訓練，對運動員之身體組成、最大攝氧量、專項運動表現檢測與最大呼吸肌肌力之影響。研究結果指出呼吸肌訓練組在 4 週的介入後明顯降低臀部脂肪率與增加大腿肌肉率，同時最大攝氧量也顯著提升。先前研究指出，鐵人三項運動員體脂肪百分比與競賽成績的跑步時間呈正相關 (Bilgin, 2016)，顯示對於鐵人三項選手而言，較低的體脂肪百分比將有助於提高競技場上的運動表現。此外，先前游泳呼吸肌訓練研究發現對短距離項目成績有顯著上升 (藍立群, 2012)，因此建議未來可以針對較高強度短距離的鐵人三項混合接力項目，投入更多呼吸肌訓練相關研究，去探討短距離能力上是否能有效提升競技表現，力爭我國在鐵人三項國際賽事之獎牌。鐵人三項運動員面對高強度賽事，選手花費大量時間做訓練，因此教練需要有系統的安排三個不同項目的量與質，規劃提升身體素質的輔助訓練，並分配各項訓練時間的管理及做好保護選手避免受傷的風險，這對教練及運科人員是一大考驗。本研究提供一項方便、簡單的輔助訓練方式給教練擬訂課表的參考，希冀在提高強度訓練下達成更好的訓練效果。

伍、結論

本研究發現，透過 4 週呼吸肌訓練對鐵人三項運動員能有效增加大腿肌肉率及減少臀部脂肪率，對身體組成具有明顯改善，同時也能增進運動員的最大攝氧量的效果。

致謝

本研究感謝臺北市大學運動生物力學實驗室提供相關實驗器材，運動器材科技研究所蔡鏞申教授協助指導本論文撰寫。

參考文獻

1. 吳政諺 (2015)。呼吸肌訓練對身體核心穩定度的影響 (未出版之碩士論文)。臺北市立大學，臺北市。
[Wu, C.-Y. (2015). *Effect of respiratory muscle training on core stability* (Unpublished master's thesis). University of Taipei, Taipei, Taiwan.]
2. 吳家瑋、傅正思、李淑玲 (2014)。呼吸肌訓練對男性鐵人三項選手訓練效果之影響。臺東大學體育學報，**21**，43-55。
[Wu, C.-W., Fu, C.-S., & Lee, S.-L. (2014). The effects of inspiratory muscle training on the triathlon performance of male athletes. *Journal of Physical Education National Taitung University*, *21*, 43-55.]
3. 林建得、陳坤樟、洪睿聲 (2004)。登階測驗與身體組成預測最大攝氧量。臺灣醫學，**8**(2)，175-183。doi:10.6320/FJM.2004.8(2).03
[Lin, C.-T., Chen, K., & Hong, J.-S. (2004). VO_{2max} predicted by step test and body composition. *Formosan Journal of Medicine*, *8*(2), 175-183. doi:10.6320/FJM.2004.8(2).03]
4. 郭堉圻、邱琴瑟 (2011)。呼吸肌阻力訓練對游泳攝氧量與肺功能表現之影響。運動教練科學，**24**，69-80。doi:10.6194/SCS.2011.24.06
[Kuo, Y.-C., & Chiou, C.-S. (2011). The effect of resistance respiratory muscle training (RRMT) on oxygen intake and

- pulmonary function of swimmers. *Sports Coaching Science*, 24, 69-80. doi:10.6194/SCS.2011.24.06]
5. 郭琦圻、蔣孝珍 (2009)。呼吸肌訓練在運動表現上的應用。中華體育季刊, 23(3), 55-61。doi:10.6223/qcpe.2303.200909.1906 [Kuo, Y.-C., & Jiang, X.-Z. (2009). Application of respiratory muscle training in sports performance. *Quarterly of Chinese Physical Education*, 23(3), 55-61. doi:10.6223/qcpe.2303.200909.1906]
 6. 黃獻宗、陳家祥、林俊達、涂瑞洪 (2015)。高強度間歇訓練對體重控制成效之探討。屏東大學體育, 1, 137-152。 [Huang, H.-T., Chen, C.-H., Lin, J.-D., & Tu, J.-H. (2015). The effectiveness of weight control by high intermittent intensity training: A review article. *Journal of Physical Education National Pingtung University*, 1, 137-152.]
 7. 鄭吉祥、何立安 (2012)。柔道專項競技能量代謝特性及應用。文化體育學刊, 15, 13-20。doi:10.6634/JPSS-CCU.201212.15.02 [Cheng, C.-H., & Ho, L.-A. (2012). Physiological characteristics of judo. *Journal of Physical Education and Sport Science*, 15, 13-20. doi:10.6634/JPSS-CCU.201212.15.02]
 8. 鄭景峰 (2015)。呼吸肌與耐力型運動表現。體育學報, 48(3), 227-238. doi:10.3966/102472972015094803001 [Cheng, C.-F. (2015). Respiratory muscles and endurance performance. *Physical Education Journal*, 48(3), 227-238. doi:10.3966/102472972015094803001]
 9. 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 [Cai, S.-J., & Chang, R.-T. (2013). Characteristics of the triathlon. *Journal of National Kaohsiung Normal University*, 11, 62-80. doi:10.6305/PENKNU.2013.11.5]
 10. 藍立群 (2012)。吸氣肌訓練介入對游泳選手運動表現之探討 (未出版之碩士論文)。國立臺北護理健康大學, 臺北市。 [Lan, L.-C. (2012). *Effects of inspiratory muscle training on the time trial performance in youth elite swimmers* (Unpublished master's thesis). National Taipei University of Nursing and Health Sciences, Taipei, Taiwan.]
 11. Ali, P. N., Hanachi, P., & Nejad, N. R. (2010). The relation of body fats, anthropometric factor and physiological functions of Iranian female National judo team. *Modern Applied Science*, 4(6), 25. doi:10.5539/mas.v4n6p25
 12. American Thoracic Society/European Respiratory Society. (2002). ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(4), 518-624. doi:10.1164/rccm.166.4.518
 13. Bailey, S. J., Romer, L. M., Kelly, J., Wilkerson, D. P., DiMenna, F. J., & Jones, A. M. (2010). Inspiratory muscle training enhances pulmonary O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 109(2), 457-468. doi:10.1152/jappphysiol.00077.2010
 14. Bilgin, U. (2016). Effects of body composition on race time in triathletes. *The Anthropologist*, 23(3), 406-413. doi:10.1080/09720073.2014.11891961
 15. 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
16. Dempsey, J. A., Romer, L., Rodman, J., Miller, J., & Smith, C. (2006). Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 151(2-3), 242-250. doi:10.1016/j.resp.2005.12.015.
 17. Dempsey, J. A., Sheel, A. W., St Croix, C. M., & Morgan, B. J. (2002). Respiratory influences on sympathetic vasomotor outflow in humans. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 130(1), 3-20. doi:10.1016/S0034-5687(01)00327-9
 18. Edwards, A. M., Wells, C., & Butterly, R. (2008). Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5,000 m running performance compared with cardiovascular training alone. *British Journal of Sports Medicine*, 42(10), 823-827. doi:10.1136/bjism.2007.045377
 19. Forbes, S., Game, A., Syrotuik, D., Jones, R., & Bell, G. J. (2011). The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Research in Sports Medicine*, 19(4), 217-230. doi:10.1080/15438627.2011.608033
 20. Griffiths, L. A., & McConnell, A. K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *European Journal of Applied Physiology*, 99(5), 457-466. doi:10.1007/s00421-006-0367-6
 21. Guenette, J. A., Martens, A. M., Lee, A. L., Tyler, G. D., Richards, J. C., Foster, G. E., ... Sheel, A. W. (2006). Variable effects of respiratory muscle training on cycle exercise performance in men and women. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(2), 159-166. doi:10.1139/h05-016
 22. Harms, C. A., Babcock, M. A., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nিকেle, G. A., Nelson, W. B., & Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 82(5), 1573-1583. doi:10.1152/jappl.1997.82.5.1573
 23. Johnson, M. A., Sharpe, G. R., & Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 761-770. doi:10.1007/s00421-007-0551-3
 24. Keramidas, M. E., Kounalakis, S. N., Eiken, O., & Mekjavic, I. B. (2011). Muscle and cerebral oxygenation during exercise performance after short-term respiratory work. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 175(2), 247-254. doi:10.1016/j.resp.2010.11.009
 25. Kilding, A. E., Brown, S., & McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 505-511. doi:10.1007/s00421-009-1228-x
 26. Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(S2), 1-10. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x
 27. Loke, J., Mahler, D. A., & Virgulto, J. A.

- (1982). Respiratory muscle fatigue after marathon running. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 52(4), 821-824. doi:10.1152/jappl.1982.52.4.821
28. Ofoghi, B., Zeleznikow, J., Macmahon, C., Rehula, J., & Dwyer, D. B. (2016). Performance analysis and prediction in triathlon. *Journal of Sports Sciences*, 34(7), 607-612. doi:10.1080/02640414.2015.1065341
29. 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), 62-64.
30. Riganas, C. S., Vrabas, I. S., Christoulas, K., & Mandroukas, K. (2008). Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO_{2max} levels in well trained rowers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 285-292.
31. Romer, L. M., Lovering, A. T., Haverkamp, H. C., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2006). Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *The Journal of Physiology*, 571(2), 425-439. doi:10.1113/jphysiol.2005.099697
32. Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: Effects of inspiratory muscle training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(5), 785-792. doi:10.1097/00005768-200205000-00010
33. Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(S5), 135-145. doi:10.1249/00005768-198810001-00009
34. Tolfrey, K., Barker, A., Thom, J. M., Morse, C. I., Narici, M. V., & Batterham, A. M. (2006). Scaling of maximal oxygen uptake by lower leg muscle volume in boys and men. *Journal of Applied Physiology*, 100(6), 1851-1856. doi:10.1152/jappphysiol.01213.2005
35. Trapp, E. G., Chisholm, D. J., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity*, 32(4), 684-691. doi:10.1038/sj.ijo.0803781
36. Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 803-809. doi:10.1097/00005768-200105000-00020
37. 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
38. Wilson, E. E., McKeever, T. M., Lobb, C., Sherriff, T., Gupta, L., Hearson, G., ... Shaw, D. E. (2014). Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, 48(9), 789-791. doi:10.1136/bjsports-2013-092523

Effects of Short-Term Respiratory Muscle Training on Body Composition and Exercise Performance in Triathletes

Chen-Chan Wei*

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@gmail.com

DOI:10.6167/JSR.201812_27(2).0004

Received: November, 2017 Accepted: December, 2017

Abstract

Introduction: The respiratory muscles was important role to get oxygen, and respiratory muscle similar skeletal muscle, the body can be training to enhance the strength of the muscles, therefore to induce the muscle fatigue. Triathlon is a high-intensity competition, body needs high level of oxygen in the race. When exercising, heart rate and breathing frequency are faster therefore oxygen uptake depends on the strength of respiratory muscles. The purpose of this study was to investigate the effects of respiratory muscle training on the physical composition of the triathletes and the performance of the triathlon (swimming 1,500 meters, running 10,000 meters). **Methods:** A total of 11 triathletes were recruited. Matched pair grouping method was adopted to divide the triathletes by their height, body weight and maximal oxygen consumption (VO_{2max}) into the breathing training (173.83 ± 7.41 cm、 65.83 ± 8.24 kg、 51.50 ± 7.89 ml/kg/min, $n = 6$) and control group (170.20 ± 11.10 cm、 63.26 ± 10.29 kg、 48.20 ± 4.15 ml/kg/min, $n = 5$). 4-week intervention, in which the triathletes using a breathing trainer to training the respiratory muscle. The triathlete's body composition, VO_{2max} , performance of the triathlon, and maximal respiratory muscle pressure were measured before and after the intervention. **Results:** After the intervention, the changes in thigh muscle ratio and buttocks fat ratio of the breathing training group were more favorable than those of the control group (+ 2.19%, + 0.88% vs. - 7.17%, - 4.83%, $p < .05$), the VO_{2max} was significantly enhanced than control groups (4.42% vs. 1.57%, $p < .05$), in the performance of triathlon and respiratory muscle there was no difference between the

two groups ($p > .05$). Conclusion: Four week respiratory muscle training could effectively improves the body composition and further enhances the aerobic capability in these young triathletes.

Keywords: breathing trainer, maximal oxygen consumption, maximal respiratory muscle pressure

