

有氧運動和阻力運動對能量消耗之探討

陳彥齊¹

¹ 國立屏東科技大學休閒運動健康系研究所

摘要

現代人由於生活忙碌、大眾運輸便捷，日常生活中缺乏運動，導致肥胖、慢性疾病比例逐年劇升。如何選擇最理想的體重控制方式，是近來備受關心之重要課題。目的：本文旨在有氧運動和阻力運動對能量消耗之探討。方法：以文獻回顧方式探討有氧運動和阻力運動對能量消耗之相關研究。結論：不論有氧運動或是阻力運動，當運動強度越高，持續時間越久，身體所需消耗的能量越多，長期而言對脂肪氧化的效果似乎有顯著的成效，近期相關研究證實，阻力運動的總能量消耗並不亞於有氧運動，阻力運動強度越高、持續時間越長，運動後過攝氧量就越明顯，總能量消耗也會隨之增加。

關鍵詞：有氧運動、阻力運動、能量消耗

一、緒論

現代人由於生活忙碌、大眾運輸便捷，日常生活中缺乏運動，導致肥胖、慢性疾病比例逐年劇升。如何選擇最理想的體重控制方式，是近來備受關心之重要課題。運動是指具有計畫性、結構性、重複性及促進特定健康目標的身體活動[32]。運動能量消耗除了運動中，還有運動後的能量消耗，又稱運動後過攝氧量(Excess Post-exercise Oxygen Consumption, EPOC)。EPOC 是指運動結束後，生理反應從運動狀態中逐漸恢復至安靜休息水準時，此階段高於安靜攝氧量額外氧氣的消耗量[11]。每人每日的總能量消耗(total daily energy expenditure, TDEE)包括三大部分，休息代謝率(RMR)、飲食生熱效應(diet-induced thermogenesis, DIT)、身體活動的能量消耗(physical activity energy expenditure, PAEE) [21]。

RMR 約佔總能量消耗(TDEE)最大組成部分 60-75%，是在休息狀態下身體消

耗的能量，用以維持基本的身體機能。當肌肉每增加 1 公斤，約可提升 21 kcal/kg 的消耗，當個體肌肉質量越多，RMR 就高。因此，RMR 變化對身體組成與肌肉質量有顯著的相關 [38]。Knab 等人 [15] 研究劇烈運動對 RMR 的影響。結果顯示，劇烈運動中能量消耗明顯上升，且運動後的能量消耗長達 14 小時(190 ± 71.4 kcal)。Rosenberger, Meyer, Walitzek and Kindermann [25] 研究長期有氧耐力訓練對 RMR 及脂肪氧化的影響，結果顯示經過 12 個月的訓練後，RMR 無顯著差異，但在體脂肪部分顯著減少 $3.4 \pm 2.1\%$ ，且在較高的運動強度時脂肪氧化效果越明顯。Sénéchala 等人 [27] 研究停經後肥胖婦女在減肥期間對 RMR 的影響，結果顯示 RMR 提升只發生在減肥初期，5 週後則無顯著差異。但在體重、脂肪含量和休息心跳率部分有明顯改善。透過上述三則文獻發現肌肉質量越多，RMR 就高，且運動強度越高，需要恢復至休息時間延長，能

量消耗的提升越明顯。長期有氧訓練雖無法提升 RMR，但於減少體脂肪和體重、心跳率的改善有不錯成效。

飲食生熱效應(DIT)約占 TDEE 的 10%，是指人體在攝取食物之後，體內必須消耗能量來將食物消化，其代謝過程會產生熱能，導致代謝率會比食用前還高的情形。研究顯示，運動與 DIT 具有高度的正相關，尤其是在有氧適能方面 [8]。DIT 對肥胖者的影響，文獻指出肥胖者有較低的 DIT，且發現 DIT 與體脂肪呈負相關 [8]。Nelson 等人 [20] 研究肥胖停經後女性的飲食減重計畫，結果發現肥胖女性減重前後之 DIT 均明顯低於非肥胖組。Binzen, Swan and Manore [4] 類似研究也顯示，同樣分給受試者 720 大卡，結果發現肥胖組的 DIT 顯著低於體型瘦和中的組別。透過上述文獻得知，肥胖者 DIT 不論減重前、減重後皆低於非肥胖者，且不易經有飲食控制而提升 DIT，因此這似乎告知肥胖患者唯有透過運動結合飲食控制的方式，才能達到最佳的減重效果。

身體活動的能量消耗(PAEE)占 TDEE 的最大變異部分 30%，據 Levine, Melanson, Weslertep and Hill [16] 指出 PAEE 是指骨骼肌收縮、位移所產生的能量消耗，其形態包含上課騎腳踏車、市場買菜提重物、爬樓梯、做家事等。研究證實身體活動可幫助過重和肥胖的患者提升 RMR 及減少體脂肪、維持肌肉適能、提升新陳代謝率等 [3]。林正常、王順正、吳忠芳 [34] 研究國人日常身體活動的能量消耗，結果發現走路散步為國人普遍身體活動方式，居家活動較高能量消耗項目為上下樓梯、洗車；休閒活動則為呼拉圈、騎腳踏車、打保齡球、打網球、太極拳等大肌群活動動作。透過上述文獻發現，身體活動可幫助肥胖者提升 RMR 並同時增加能量消耗及

減少體脂肪、維持肌肉適能、提升新陳代謝率。

體重控制的基本原則是能量消耗多於能量攝取，運動的能量消耗除了運動中，同時也包括運動後恢復期的能量消耗，早期運動生理學者提倡以長時間、中高強度的有氧運動來增加能量消耗，並進一步減少脂肪含量。但對於工作繁忙的現代人，很難擠出那麼長的運動時間。因此有學者建議以阻力運動來代替較長時間的有氧運動 [31]。劉亦陞、謝伸裕 [37] 研究單次長時間與多次短時間運動對能量消耗之影響，結果發現多次短時間的運動方式在恢復期的能量消耗與總能量消耗利用脂肪的含量顯著於單次長時間運動方式。由此可知，想要增加能量消耗，不見得一定要很長的運動時間，多次短時間運動累積的效果對健康及體適能促進亦有相同效益。阻力訓練在本質上是間歇運動，其益處不僅能增加肌肉質量、爆發力、肌耐力，更可提升肌肉粒線體數、活化酵素作用，降低肌肉量流失率。近幾年來更廣泛運用於復健、體重控制、增進心理健康、降低心血管疾病與預防運動傷害等。美國運動醫學會 [2] 也將阻力運動視為促進身體健康最好運動之一，更是整體健康計畫中不可或缺之成分。近期阻力運動於能量相關研究證實，阻力運動的總能量消耗並不亞於有氧運動，阻力運動強度越高、持續時間越長，EPOC 就越明顯，總能量消耗也會隨之增加 [36]。因此本文將以文獻回顧方式探討有氧運動和阻力運動對能量消耗之相關研究，以供一般大眾、體重控制者及運動人士之參考。

二、有氧運動對能量消耗之探討

早期專家學者認為有氧運動為最適合減重的運動模式[7, 19]。Gwinup [12] 以年輕婦女為受試者探討不同有氧運動對減肥的影響，隨機分為快走組、腳踏車組及游泳組，結果發現6週訓練後快走組與自行車組在降低體重與體脂肪量的成效顯著大於游泳組。Dengel et al. [7] 以有氧訓練方式介入47名久坐不動的老年男性探討減重效果的影響，結果顯示長達10週的有氧訓練能有效降低體重與脂肪含量。因此美國運動醫學會 [1] 的指引公告，就建議如是以減重為目標的族群，有氧運動為最佳的運動選項。透過上述三則文獻發現，長期有氧運動能有效降低身體脂肪量，但需要耗費相對較長的運動時間才能達到體脂肪或體重的減少。因此，就有學者提出間歇性運動，來提供不易挪出時間運動或需要減重和體重控制的人們作為另一參考。劉亦陞、謝仲裕 [37] 以16名健康男生為受試對象，研究單次長時間(30min)與多次短時間運動(10min × 3)對能量消耗之影響，結果顯示，多次短時間的運動在恢復期能量消耗與總能量消耗均顯著大於單次長時間的運動。Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen and Spriet [28] 以8位健康女性(年齡 22 ± 1 歲；最大攝氧量 23.6 ± 2.4 ml/kg/min)，每週3至4次間歇訓練(每次10 × 4分鐘，強度為90%最大攝氧量峰值，休息時間2分鐘)，結果發現脂肪代謝比率顯著提升36%。Whyte, Gill and Cathcart [30] 針對肥胖患者實施30秒間歇訓練，休息時間為4分30秒，每週6次，每次4至6循環，為期2週。結果發現有氧及無氧能力均明顯提升，且腰臀圍減少並改善胰島素敏感度。透過上述三則文獻顯示，間歇性運動建議採用多次短時間的運動方式，除了增加能量消耗，短期

內還能有效快速降低體脂肪、改善胰島素敏感度。

三、阻力運動對能量消耗之探討

阻力運動的運動模式類似於高強度間歇性運動[33]，其運動中能量來源多以碳水化合物為主，因此被歸類為無氧運動。先前的研究已證實阻力運動有助於提升肌肉適能 [6]、骨質密度和平衡能力 [29] 與生理機轉[35]。在能量消耗方面，Melby, Tincknell and Schmidt [18]以6名男性受試者進行阻力運動(12RM, 7~10REP, 7個動作, 3組)，結果發現運動後1小時的EPOC為4公升。隔年Melby, Scholl, Edward and Bullough [17] 類似阻力運動研究(70%1RM, 8~12REP, 10個動作, 6組)，結果發現EPOC後2小時有7公升，RMR較安靜值高出4.7%，並在運動後15小時仍發現EPOC的存在。Osterberg and Melby [23] 以7名女性為研究對象，結果發現運動後3小時VO₂上升13%，運動後16小時RMR高出安靜值4.2%。Rezek等人 [24] 以無氧健身運動介入肥胖兒童與青少年身體組成的影響，結果經8週無氧健身運動後，身體質量與體脂肪部分明顯下降。Ormsbee等人 [22] 以24名男性受試者做阻力訓練每週3次持續6週，結果顯示6週的阻力訓練改善脂肪氧化效果。Hallsworth等人 [13] 以19位受試者做研究，其中11位受試者接受8週阻力訓練課程，結果發現阻力訓練8週後，肝臟脂肪顯著減少13%，且發現脂肪氧化的效果有顯著增加。從上述文獻得知，長期阻力訓練有助於增加肌肉適能、提高RMR、增加能量消耗與EPOC、改善運動後脂肪氧化效果。

四、有氧運動和阻力運動對能量消耗之探討

從運動生理學觀點，有氧運動與阻力運動的最大差別在於能量來源與代謝途徑，有氧運動時能量來源為脂肪，阻力運動時多為碳水化合物，這差異與運動模式、強度有關 [36]，所以有氧運動中脂肪利用的比率會較阻力運動來得高，也因此早期專家學者多以有氧運動來提倡減重 [7]，但隨著運動生理研究的不斷發現，Gaesser and Brooks [11] 提出 EPOC 理論，學者認為運動後多消耗的攝氧量與能量，並不是完全都和身體借氧，而是個人內在差異的因素（如肌肉中 PC 的再合成、乳酸移除、身體溫度、體內激素升高等），使得人體在運動過後仍保持高的耗氧與能量消耗狀態，而近來文獻指出不論有氧運動或阻力運動，強度越高，持續時間越久，EPOC 的量越多，能量消耗也會越多 [36]。Burlinson et al. [5] 以 15 位男性進行阻力運動（60%1RM、2 組、休息時間 1 分鐘，8 個動作）所測得之攝氧量，藉此作為有氧運動強度設定，結果發現阻力運動後能量消耗顯著於有氧運動。Elliot et al. [10] 類似研究也證實運動後恢復期，阻力運動的能量消耗並不亞於有氧運動。Drummond, Vehrs, Schaalje and Parcell [9] 研究探討有氧運動和阻力運動順序對 EPOC 的影響，結果發現先做有氧運動在做阻力運動的設計，比較其他組別（跑步組、阻力運動組、先阻力在跑步組）的 EPOC 來得持續更久的時間，因此美國運動醫學會 [2] 修正其減重為目標的指引，建議減重或需要體重控制的族群，運用有氧運動與阻力運動的結合，會使身體消耗更多的能量，進一步達成減重目標 [2]。而近期 Scott, Leighton, Ahearn, and McManus [26] 最新研究以 13 名男性為研究受試者，結果也發現高強度阻力訓練在

總能量消耗與 EPOC 顯著高於有氧運動。

綜合上述研究觀點，在類似同等性攝氧量、運動強度的有氧運動與阻力運動比較能量消耗差異，運動中阻力運動能量來源多為碳水化合物，而有氧運動則是脂肪為能源，故阻力運動中能量消耗與脂肪氧化效果不及有氧運動，但在阻力運動後的脂肪利用則顯著高於有氧運動，所需消耗脂肪作為能量也比有氧運動來得多。對於長期訓練而言，有氧運動與阻力運動，先前的研究指出阻力訓練能增加肌肉質量，促使代謝率提高，每增加肌肉 1 公斤，約可提升 21 kcal/kg 的能量消耗，因此長期 RMR 會有提高的趨勢，而有氧運動長期訓練僅能維持住肌肉質量，並無增加的趨勢，因此無法提升代謝率，RMR 則無差異。因此阻力訓練會增加肌肉質量，使 RMR 提升，必然會伴隨更多的耗氧量與能量消耗，且當阻力運動強度越高時、身體所需要恢復的時間越久、EPOC 就越多，脂肪氧化的量也會越明顯，因此近來阻力運動以被美國運動醫學會視為重要之運動處方。

五、結論

綜觀以上相關文獻所述，可歸納出下列幾點：

一、不論有氧運動或是阻力運動，當運動強度越高，持續時間越久，身體所需消耗的能量越多，長期而言對脂肪氧化的效果似乎有顯著的成效。

二、長期阻力運動能增加肌肉質量、提高RMR，致使總能量消耗增加並延長EPOC的生成量，最後達到減脂和體重控制的目標；而有氧運動長期訓練而言，雖然可以有效達到減重和減少體脂肪的效果，但對於肌肉質量僅以維持狀態，長期並無法RMR，因此難以增加能量消耗的效益。

三、能量消耗方面，在相同或類似的作功量的情況下，運動強度越高，EE就消耗越多，EPOC的生成量也越多；而在不同作功量的情況下，休息時間越短，攝氧量越高，實驗參與者的疲勞率(FR)越高。

參考文獻：

- [1] American College of Sports Medicine. (2002). Position Stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 364-80.
- [2] American College of Sports Medicine. (2006). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (7th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- [3] Audelin, M. C., Savage, P. D., Toth, M. J., Berino, J. H., Schneider, D. J., Bunn, J. Y., Ludlow, M., & Ades, P. A. (2012). Change of energy expenditure from physical activity is the most powerful determinant of improved insulin sensitivity in overweight patients with coronary artery disease participating in an intensive lifestyle modification program. *Metabolism: clinical and experimental*. 61, 672-679.
- [4] Binzen, C. A., Swan, P. D., & Manore, M. M. (2001). Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 392-398.
- [5] Burleson, M. A., O'Bryant, H. S., & Stone, M. H. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on excess post-exercise oxygen consumption. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(4), 518-522.
- [6] Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Abeysekara, S., & Zello, G. A. (2011). Short-Term Heavy Resistance Training Eliminates Age-Related Deficits in Muscle Mass and Strength in Healthy Older Males. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25 (2), 326-333.
- [7] Dengel, D. R., Pratley, R. E., Hagberg, J. M., Rogus, E. M., & Goldberg, A. P. (1996). Distinct effects of aerobic exercise training and weight loss on glucose homeostasis in obese sedentary men. *Journal of Applied Physiology*. 81(1), 318-325.
- [8] Diepvens, K., Westerterp, R. K., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2007). Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. *American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. 292, 77-85.
- [9] Drummond, M. J., Vehrss, P. R., Schaalje, G. B., & Parcell, A. C., (2005).

- Aerobic and resistance exercise sequence affects excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(2), 332-337.
- [10] Elliot, D. L., Goldberg, L., & Kuehl, K. S. (1992). Effects of resistance training on excess postexercise oxygen consumption. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(2), 77-81.
- [11] Gasser, G. A., & Brooks, G. A. (1984). Metabolic bases of excess post exercise oxygen consumption: A review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(1), 29-43.
- [12] Gwinup, G. (1987). Weight loss without dietary restriction: Efficacy of different forms of aerobic exercise. *American Journal of Sports Medicine*. 15(3), 275-279.
- [13] Hallsworth, K., Fattakhova, G., Hollingsworth, K., Christian G. T., Moore, S., Taylor, R., Day, C. P., & Trenell, M. I. (2011). Resistance exercise reduces liver fat and its mediators in non-alcoholic fatty liver disease independent of weight loss. *Gut*. 60,1278-1283.
- [14] Irfan, M., & David, J. L. (2008). A Comparison of Aerobic Exercise and Resistance Training in Patients With and Without Chronic Kidney Disease. *Advanced Chronic Kidney Disease*. 15(1), 83-96.
- [15] Knab, A. M., Shanelyr. A., Corbin, K. D., Jin, F., Sha, W., & Nieman, D. C. (2011). A 45-Minute Vigorous Exercise Bout Increases Metabolic Rate for 14 Hours. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 43(9), 1643-1648.
- [16] Levine, J., Melanson, E. L., Weslertep, K. R., & Hill. J. O. (2001). Measurement of the components of nonexercise activity thermogenesis. *The American Journal of Physiology*, 281, 670-675.
- [17] Melby, C., Scholl, C., Edwards, G., & Bullough, R. (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1847-1853.
- [18] Melby, C. L., Tincknell, T., & Schmidt, W. D. (1992). Energy expenditure following about of non-steady state resistance exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(2), 128-135.
- [19] Miller, W. C., Koceja, D. M., & Hamilton, E. J. (1997). A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *International Journal of Obesity*. 21, 941-947.
- [20] Nelson, K. M., Weinsier, R. L., James, L. D., Darnell, B., Hunter, G., & Long, C. L. (1992). Effect of weight reduction on resting energy expenditure, substrate utilization, and the thermic effect of food in moderately obese women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 55(5), 924-933.
- [21] Ohkawara, K., Hikiyara, Y., Matsuo, T., Melanson, E. L., & Hibi, M. (2012). Variable factors of total daily energy expenditure in humans. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 1(3), 389-399.

- [22] Ormsbee, M. J., Thomas, D. D., Mandler, W. K., Ward, E. G., Kinsey A. W., Panton, L. B., Scheett, T. P., Hooshmand, S., Simonavice, Emily., & Kim, J. S. (2013). The effects of pre- and post-exercise consumption of multi-ingredient performance supplements on cardiovascular health and body fat in trained men after six weeks of resistance training: a stratified, randomized, double-blind study. *Nutrition and Metabolism*. 10, 10-39.
- [23] Osterberg, K. L., & Melby, C. L. (2000). Effect of acute resistance exercise on post-exercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 10(1), 71-81.
- [24] Rezek, K. K., Knechtel, B., Fenzl, M., Schlegel, C., Konrad, M., & Rosemann, T. (2013). The effects of an 8-week multicomponent inpatient treatment program on body composition and anaerobic fitness in overweight and obese children and adolescents. *International Journal of General Medicine*. 6, 159-166.
- [25] Rosenberger, F. S., Meyer, T., Walitzek, S., & Kindermann, W. (2010). Effects of One Year Aerobic Endurance Training on Resting Metabolic Rate and Exercise Fat Oxidation in Previously Untrained Men and Women Metabolic Endurance Training Adaptations. *International Journal of Sports Medicine*. 31(7), 498-504.
- [26] Scott, C. B., Leighton, B. H., Ahearn, K. J., & McManus, J. J. (2011). Aerobic, anaerobic and excess post-exercise oxygen consumption energy expenditure of muscular endurance and strength: 1-set of bench press to muscular fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(4), 903-908.
- [27] Sénéchal, M., Arguinc, H., Boucharda, D. R., Carpentier, A. C., Ardilouze, J. L., Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*. 102, 1439-1447.
- [28] Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*. 102, 1439-1447.
- [29] Teresa L. A., Lindsay S. N., Peter G. B., Lynn B., Maureen C. A., & Todd C. H. (2010). Resistance Training and Executive Functions A 12-Month Randomized Controlled Trial. *Archives of Internal Medicine*. 170(2), 170-178.
- [30] Whyte L. J., Gill J. M., & Cathcart, A. J. (2010). Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism Clinical and Experimental*. 59, 1421-1428.
- [31] Wu, B. H., & Lin, J. C. (2006). The effects of exercise intensity on EPOC and substrate use after resistance exercise. *Journal of Exercise Science and Fitness*. 4(2), 104-110.

- [32] 行政院衛生署國民健康局(2010)。台灣健康體能指引。臺北：邱淑媿。
- [33] 何柏瑋、陳裕鏞(2009)。運動後過攝氧量之探討。體育學刊，9，103-116。
- [34] 林正常、王順正、吳忠芳(2005)。日常生活身體活動的能量消耗研究。運動生理暨體能學報，2，55-66。
- [35] 林正常、吳柏翰(2008)。碳水化合物攝取對運動後荷爾蒙反應之影響。大專體育，10(1)，151-162。
- [36] 黃依婷(2009)。有氧運動與阻力運動於運動後能量消耗的效果。大專體育，102(2)，189-195。
- [37] 劉亦陞、謝仲裕(2007)。單次長時間與多次短時間運動對能量消耗之影響。體育學報，40(1)，15-27。
- [38] 潘賢章(2007)。不同速度阻力運動對能量消耗與合成性荷爾蒙的影響。未出版之碩士論文，臺北市，國立臺灣師範大學體育學系。

Discussion on energy expenditure of aerobic exercise and resistance exercise

Yei-Chi Chen¹

¹Department of Recreational Sport and Health Promotion, National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Due to the busy life, convenient transportation, and lack of exercise in daily life, the proportion of obesity and chronic diseases has risen sharply year by year. How to choose the most ideal weight control method is an important topic that has recently received much attention. Purpose: This paper aims to explore the energy expenditure of aerobic exercise and resistance exercise. Methods: A literature review was conducted to investigate the relationship between aerobic exercise and resistance exercise on energy expenditure. Conclusion: Regardless of aerobic exercise or resistance exercise, the higher the exercise intensity and the longer the duration, the more energy the body needs to consume. In the long run, the effect on fat oxidation seems to have a significant effect. Recent studies have confirmed that resistance The total energy expenditure of exercise is no less than that of aerobic exercise. The higher the resistance exercise intensity and the longer the duration, the more obvious the EPOC and the total energy consumption will increase.

Key words : Aerobic exercise, Resistance exercise, Energy expenditure

