

能量消耗與體重控制

傅正思¹、黃憲鐘²、馬君萍³、王耀聰^{2,*}

¹ 國立臺東大學體育學系

² 國立中興大學體育室

³ 僑光科技大學體育室

摘要

社會形態改變，民生物質不斷的大量生產。從消費者的角度來看，表面上雖然受惠，從另一角度而言，飲食起居如果不懂節制，到最後受害的還是消費者。根據世界健康組織 (World Health Organization) 1998 年的調查數據指出，將身體質量指數 25~29.9 定義為過重，30 以上為肥胖，全世界有將近 2 億 5 千萬 (約占全世界人口 7%) 肥胖的成人，以及 5 億過重的成人。肥胖，容易引起許多疾病，它所消耗的個人以及社會成本，更是難以數計，如何建立正確體重控制觀念，相信是許多人所興趣知道的；本文嘗試由能量消耗 (energy expenditure) 的觀點切入，探討身體消耗能量的管道有哪些，期望對體重控制有興趣的人，透過觀念的加強認知，身體力行，擬定適當的運動計劃，真正的達到體重控制的目的。

關鍵字：休息代謝率、餐食熱效應

壹、緒論

由於社會形態的改變，二十一世紀的今天，民生物質不斷的大量生產。商人們為了市場競爭，推陳出新許多物美價廉的貨品，期望以薄利多銷的方式，來爭取消費者的認同；從消費者的角度來看，表面上雖然受惠，從另一個角度而言，飲食起居如果不懂節制，到後來，受害的還是自己。

肥胖，營養過剩，一直是現代社會中許多家庭所困擾的問題（方進隆，1993）；根據世界健康組織（World Health Organization）1998年的調查指出，將身體質量指數 25~29.9 定義為過重，30 以上為肥胖，全世界有將近 5 億過重的成人，以及近 2 億 5 千萬（約占全世界人口 7%）肥胖的成人。從以上的數據不難看出，肥胖，一直是許多人的困擾。肥胖容易造成的疾病有：高血壓、中風、心臟方面疾病、高血脂症、糖尿病、情緒失調、睡眠失調、飲食失調、骨關節炎、痛風、膽囊方面疾病及某些癌症…它所消耗的個人以及社會成本，更是難以數計；如何建立正確的體重控制觀念，並且具體實踐，來維持正常的體重，本文嘗試由能量消耗（energy expenditure）的觀點切入，期望對體重控制有興趣的人，有所助益。

貳、能量消耗的測量方法

從能量不滅的觀點來看，身體吸收的能量，如果等於身體消耗的能量，體重就像平衡狀態的天平，不會有所變化（傅正思、吳昶潤，1999）；反之，如果吸收的能量，大於所消耗的，這時，體重將會逐漸增加。

如何測量身體能量消耗，一直是運動生理學家們想了解的。早期測量能量消耗的方法，使用直接熱量法，它是由 Zuntz 及 Hagemann 在西元 1800 年晚期所提出。測量方式是讓受試者進入一個特殊設計密閉的熱量計內，熱量計內壁的四周，有許多的銅管，銅管內有水流通過。當受試者在熱量計內從事任何活動，依照能量不滅定律，身體由輻射或其它途徑所散發的熱量，將使水溫上升。水溫上升之度數，藉由熱量的換算，可算出身體消耗能量之多寡（Wilmore & Costill, 1994）。

這樣的測量方法，雖然較為準確，但是測量起來，耗時費力，所需的成本也較高；另外，它所測量的身體能量變化，必須耗費較長的時間觀察，對於快速、短時間內的能量改變，並無法提供正確的實驗數值。於是，後來發明了間接測量方法。

葡萄糖和脂肪的代謝，需要氧氣的參與，代謝的結果，會產生二氧化碳和水（林正常，1987）。肺中氧氣的消耗和二氧化碳的產生，可反應身體組織中所消耗的氧及所產生的二氧化碳，因此，利用採氣的方式分析肺部氣體在呼吸交換時氧氣與二氧化碳的變

化，便可間接的計算出能量的消耗。早期採氣的方法，使用道格拉斯袋 (Douglas bags) 搜集氣體，袋子是用橡膠製成，貼上帆布，因著名的生理學家 C.G.Douglas 發明所命名；採完氣後，再用修蘭德氣體分析法，可以分析出氧氣和二氧化碳的含量；現在，台灣大部分的實驗室，都採用氣體分析裝置，受試者只要戴上一個特殊的面罩，面罩上插有一條管子，管子直接將氣體引進機器內部，藉由電腦的分析，便能很快的測出氧氣和二氧化碳的含量。當我們得到氧氣及二氧化碳的含量時，便能間接地計算出所消耗能量之多寡。

參、身體總能量的消耗

身體總能量的消耗，分為三個部分，那就是休息代謝率 (Resting metabolic rate, RMR)、餐食熱效應 (Thermic effect of food, TEF) 以及身體活動能量消耗 (Energy expended in physical activity, EEACT)。

一、休息代謝率

休息代謝率是指身體在休息時，維持正常生理狀態所需要之最基本能量，大約佔身體總能量消耗的 70% 左右，正常人每日休息代謝率約 1500 千卡 (Allen, James, David, & Rod, 1999)。影響休息代謝率的因素有很多，一般相信，身體的非脂肪組織 (fat-free mass) 多寡是最主要的影響因素，其它因素如甲狀腺、腎上腺荷爾蒙等，也會影響到休息代謝率的變化；休息代謝率男性高於女性，隨著年紀的增長，兩性都有逐漸降低的趨勢；身體活動對休息代謝率的影響，研究的結果有不同的看法；有學者指出，將耐力運動訓練和坐式生活習慣的人相比較，規律從事耐力運動訓練者，有較高的休息代謝率；Arciero, Goran, 與 Poehlman (1993) 等人以 500 位健康的男性及女性受試者研究更指出，最高氧攝取量可做為預測休息代謝率的良好指標，最高氧攝取量越高者，其休息代謝率也越高；不過其它的研究卻指出，有耐力運動訓練習慣的人，其休息代謝率和坐式生活習慣者，並無任何差異。這樣的研究差異，或許和測量休息代謝率的時間點有關；贊成彼此之間有差異的研究，大多在運動完後的 24 小時內測量；不贊成的研究，大部分在運動完 48 到 56 小時後才測量。造成兩者之間的差異，或許是身體為了代償激烈運動所消耗之能量，因而造成休息代謝率升高的暫時現象，並不是運動訓練產生的適應效果所致。

從另外的角度研究發現，能量的攝取和消耗，如果搭配不同的組合方式，也會影響休息代謝率的高低；Poehlman, Melby, Badylak, 與 Calles (1989) 指出，以高能量攝取，搭配高能量消耗，可提高耐力運動訓練選手的休息代謝率，Bullough, Harris, Gillette, 與 Melby (1995) 等人的研究結果，亦支持這樣的假設，也就是說無論是受過訓練，或是未

受過訓練的人，當他們以高能量攝取高能量消耗從事激烈運動後，休息代謝率，都有明顯提高的現象。雖然隨著測量時間點的延長，休息代謝率的值有逐漸回復降低的趨勢，站在體重控制的觀點來看，它所消耗的總能量，對於體重控制還是有正面幫助的。

二、餐食熱效應

餐食熱效應大約佔身體總能量消耗的 8~10% 左右，正常人每日所消耗之能量約 200 千卡；它的功能主要提供身體消化、吸收以及分解大量養分所需之能量；在消化、吸收以及分解的過程，血漿中胰島素濃度會升高，胰島素濃度升高會刺激交感神經的活動，因此身體能量的消耗也會提高。攝取不同的餐食，所消耗的能量多寡也都不一樣，通常測量餐食熱效應的方法，是讓受試者攝取固定成份並且已知熱量多寡的食物，請受試者保持躺著或坐著的姿勢，維持休息狀態，然後持續的測量其能量的消耗情形；一般來說，餐食熱效應的部分，應該是高出休息代謝率的部分，它的計算方式，最簡單的方法就是將攝取食物時的代謝率減掉安靜休息時的代謝率；不同的食物攝取，有不同的餐食熱效應，有的食物甚至其餐食熱效應可以維持到 6 個小時之久。

身體活動程度多寡是否會影響餐食熱效應，目前的研究並不一致，有些研究認為增加受試者的體適能可以增加餐食熱效應，有些研究則持相反的意見或認為體適能和餐食熱效應之間並無任何相關；Witt, Snook, O'Dorisio, Aivony, 與 Malarkey (1993) 指出，餐食熱效應的高低，會受到不同的測量時間點影響，他的研究指出，受過訓練的受試者在激烈運動完後的 12 到 24 小時內測量，其餐食熱效應有降低的傾向。由於許多的研究所得到的結果並不一致，我們很難去定論身體活動與餐食熱效應之間到底存在什麼樣的因果關係；還好身體活動程度的多寡，對餐食熱效應所造成的影響非常的小，學者專家們寧願將焦點放在增加身體活動能量消耗對體重控制的幫助。

三、身體活動能量消耗

身體活動能量消耗，大約佔身體總能量消耗的 15~50% 左右，主要和身體活動量多寡以及身體質量大小有關。身體活動量高的人，通常其每日能量消耗也會比一般人高；Ravussin, Lillioja, Anderson, Christin, 與 Bogardus (1986) 等人將不同的受試者放入熱量計內觀察其身體活動的能量消耗，結果發現不同的受試者其能量消耗的差距，竟然可從每日 830 千卡到 4180 千卡。另外，身體質量大小也會影響能量消耗，如果以相同的強度從事運動，身體質量大的人，其所消耗的能量，將遠遠超過身體質量小的人。不同項目的身體活動，有不同的能量消耗，表 1 是 Katch 與 Mcardle (1983) 等人針對不同項目的身體活動，其所消耗的能量，所做的整理。

表 1
不同項目身體活動之能量消耗

活動項目	每分鐘每公斤 體重消耗之熱量	活動項目	每分鐘每公斤 體重消耗之熱量
羽球	0.097	騎腳踏車 (5.5mph)	0.064
棒球 (投手除外)	0.060	騎腳踏車 (9.4mph)	0.100
籃球	0.138	有氧舞蹈 (中等強度)	0.102
撞球	0.043	飲食	0.023
保齡球	0.094	釣魚	0.064
獨木舟 (休閒的配速)	0.045	足球	0.132
清掃地毯	0.046	擲飛盤	0.100
循環訓練	0.185	整理園藝	0.090
烹飪	0.046	除草	0.112
高爾夫	0.085	慢跑 (5.3mph)	0.135
冰上曲棍球	0.157	慢跑 (6.7mph)	0.177
柔道	0.196	慢跑 (7.5mph)	0.209
跳繩 (每分 70 下)	0.162	安靜坐著	0.021
跳繩 (每分 125 下)	0.177	安靜站著	0.026
跳繩 (每分 145 下)	0.196	網球	0.109
空手道	0.149	走路 (正常速度)	0.080
長曲棍球	0.149	寫字 (坐著)	0.029
舒適的躺著	0.022	打掃	0.060

表 1 中之能量消耗，是以每分鐘每公斤體重所消耗之能量來計算。以 70 公斤體重為例，如果他能養成每天走路 (正常速度) 半小時，取代坐式不動的生活習慣，一年下來，他所消耗的能量，將有 61320 千卡之多

$$0.080 \times 30 (\text{分鐘}) \times 70 (\text{公斤}) \times 365 (\text{天}) = 61320 \text{ 千卡}$$

一磅重的脂肪燃燒，可產生 3500 千卡的熱量；將一年消耗的 61320 千卡，換算成脂肪，等於減輕了 17.52 磅 (61320÷3500) 重的脂肪，再換算成公斤 (除以 2.2)，等於 7.96 公斤，也就是說，只要能持之以恆的保持，一年下來，可以減輕相當於 7.96 公斤

重的脂肪，這麼有效的方法，你還有什麼好猶豫呢？表 1 中所列的每分鐘每公斤體重所消耗之能量，乃採用平均值的計算標準，供做參考，個人在不同的運動項目上，不同的努力程度，都將影響此值的大小，進而影響到身體活動能量的消耗。

肆、身體總能量消耗、飲食和體重控制之間的關係

如果我們用休息代謝率、飲食生熱效應以及身體活動能量消耗，三種能量總合來代表身體總能量消耗，攝入食物所產生之熱量來代表身體總能量所得，如何達到兩者間的平衡（身體總能量消耗等於身體總能量所得），可說是體重控制的最佳方法，這時候的體重理論上，將維持不變；如果想減輕體重的話，則必須達到能量總合負的平衡，也就是身體總能量消耗大於總能量所得；當身體能量總合呈現正的平衡傾向時，體重將會逐漸上升。理想的體重控制方法，應該是飲食控制，配合規律的運動習慣，試想，休息代謝率（70% 左右）及飲食生熱效應（8~10% 左右），雖然佔身體總能量消耗的 80% 左右，實際上，它在不同的個體上，個別差異並不大，反之，剩下的身體活動能量消耗部分，佔身體總能量消耗將近 20%，這百分之二十，反而是比較容易掌握的部分，如果能從增加身體活動，來達到消耗過多的能量，加上飲食控制，保持一定的能量攝取，相信必能做好最佳的體重控制。在此值得注意的是，專家們特別指出，透過飲食控制，規律運動控制體重的方法，最好能夠持續的維持，太嚴厲的飲食控制，或太過激烈的運動要求，反而不容易持續長久，如此一來，體重有可能像溜溜球一樣，時而標準，時而太胖。這樣不規律的結果，容易讓有心控制體重的人，失去了參與的動機，並且養成不健康的生活型態，進而影響到健康。根據一些研究更指出，這種不正常的生活型態，有可能會降低休息代謝率，並且增加心臟方面的危險疾病，因而導致死亡。

休息代謝率，會隨著年紀的增長而降低，如果保持一定的能量攝取，沒有增加身體活動量，體重，也會逐漸增加，我們看到許多中年發福的例子，很多人心中納悶「我並沒有比年輕時會吃，為什麼，體重會一直直線上升呢！」也就是這樣的道理。所以，要想保持年輕時，優美的身材，要不是減少飲食能量攝取，不然就得增加身體的活動能量消耗，當然，如果能夠兩者同時實施，效果將會更好。

另外，影響休息代謝率的因素，還有一個必須列入考量的，那就是體內的生熱作用。它主要是靠飲食和身體內部荷爾蒙的調節，來維持身體保持在一個健康的溫度狀況。譬如，體內的甲狀腺，它的分泌，將使休息代謝率提高；學者專家們試圖研究體內生熱作用和肥胖以及體重控制之間的關係，來進一步控制體重，不過，如果和攝入的飲食能量，及身體活動能量消耗相比較，其實，體內生熱作用所消耗的能量，也是微不足道的。美國運動醫學會指出，運動可以增加能量的消耗，可以預防因嚴格的飲食熱量控制，所

引起的非脂肪組織 (fat-free tissue) 流失率降低，並且，透過身體基礎代謝率的維持，可達成健身減肥，控制體重的效果。不過，美國運動醫學會同時也指出，在體重控制的過程中，有些是特別必須注意的，譬如，每天的能量攝食，不可低於 1200 千卡，當熱量攝取過低時，體內的保護機制也將啟動，最後的結果，將造成基礎代謝率的降低；另外，每週所減輕之體重，最好不要超過 1 公斤，透過認知和行為改變法，避免導致肥胖的不良飲食習慣，一再發生。運動計劃的擬定，以增加每日 300 大卡以上之能量消耗及全身性的有氧運動較佳，在目標的設定方面，要以能夠完成為主，切勿好高騖遠的訂定一些太難或太不切實際的目標，導致計畫失敗。

伍、結語

美國華盛頓大學醫學中心 Miller, Koceja, 與 Hamilton (1997) 等人，在西元 1997 年，針對過去 25 年來，從事飲食控制、運動 (有氧運動為主) 以及飲食控制配合運動等三種不同方法的研究加以綜合，並且歸納指出體重控制的方法，以飲食控制配合運動組的效果最好。飲食好比攝入能量，運動好比消耗能量，運動配合飲食控制，得到的效果，一定比兩種方法單獨實施的效果好。特別值得注意的是，體重的減輕過程，必須是循序漸進的，千萬不可為了達到速效，而忽略了膳食營養的補充，到頭來，人是瘦了，健康也沒了。

天下沒有白吃的午餐，更不可能大快朵頤，又能不勞而獲的保持理想的體重；誠如古代名人所說：「要怎麼收穫，必先怎麼栽！」知道體重控制的方法以後，還必須能夠持之以恆的保持下去，才可能得到你想得到的結果。

參考文獻

- 方進隆 (1993)。《運動與健康—減肥健身與疾病的運動處方》。台北：漢文書店。
- 林正常 (1987)。《運動生理學—訓練的科學基礎》。台北：健行文化出版事業有限公司。
- 傅正思、吳昶潤 (1999)。運動與體重控制。《台灣體育》，101，5-8。
- Allen, W. J., James, R. M., David, W. H., & Rod, K. D. (1999). *Physical activity for health and fitness*. Human kinetics.
- Arciero, P., Goran, M. I., & Poehlman, E. T. (1993). Resting metabolic is lower in women than in men. *Journal of Applied Physiology*, 75, 2514-2520.
- Bullough, R. C., Harris, M. A., Gillette, C. G., & Melby, C. L. (1995). Interaction of acute changes in exercise energy expenditure and energy intake on resting metabolic rate.

American Journal of Clinical Nutrition, 61, 473-481.

- Katch, F. I., & Mcardle, W. D. (1983). *Nutrition, weight control, and exercise*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Miller, W. C., Koceja, D. M., & Hamilton, E. J. (1997). A meta-analysis of the past 25 years of weight research using diet, exercise or diet plus exercise intervention, *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders*, 21 (10), 941-947.
- Poehlman, E. T., Melby, C. L., Badylak, S. F., & Calles, J. (1989). Aerobic fitness and resting energy expenditure in young adult males. *Metabolism*, 38, 85-90.
- Ravussin, E., Lillioja, S., Anderson, T. E., Christin, L., & Bogardus, C. (1986). Determinants of 24-hour energy expenditure in man: Methods and results using a respiratory chamber. *Journal of Clinical Investigation*, 78, 1568-1578.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*, Human Kinetics.
- Witt, K. A., Snook, J. T., O'Dorisio, T. M., Aivony, D., & Malarkey, W. B. (1993). Exercise training and dietary carbohydrate: Effects on selected hormones and the thermic effect of feeding, *International Journal of Sport Nutrition*, 3, 272-289.

Energy Expenditure and Weight Control

Cheng-Sze Fu¹, Hsien-Chung Huang²
Chun-Ping Ma³ and Yao-Tsung Wang^{2,*}

¹ Department of Physical Education, National Taitung University

² Office of Physical Education, National Chung Hsing University

³ Office of Physical Education, Overseas Chinese University

Abstract

As social morphological changes, livelihood substances were constantly mass produced. From the consumer's point of view, it was very convenient. From another point of view, if you do not understand the daily diet control, finally you would be victims. According to the World Health Organization of 1998, if the body mass index of 25 to 29.9 was defined as overweight, over 30 was obese, there were nearly 250 million (about 7% of the world's population) obese adults and 500 million overweight adults. Obesity prone to induced many diseases, not to mention of personal and social costs. It was believed that many people were interested to know how to establish the correct concept of weight control. This paper tried to explore the relationship between energy expenditure and weight control. Expecting the results can strengthen the awareness concept for those people who were interested in weight control and encouraging those people developing appropriate exercise program, reaching the real purpose of weight control.

Keywords: resting metabolic rate, thermic effect of food