

生理機能之量度



運動出自肌肉收縮，而肌肉收縮需要能量。能量的基本來源是食物，食物經轉化成為機械能和熱能的過程，即為代謝作用 (metabolism)。轉化所得的機械能有些用於身體內部運作 (如呼吸、消化、循環等) 的需要，有些則用於表現於外的體力活動。上述任何一種情況都會伴隨產生熱能，所產生的熱能通常超過身體的需要，因此多餘的熱量必須藉由各種方式從身體散發出去。

由於人體活動主要是靠有氧過程來供應能量，在活動水準所需的氧氣(包含人體在平靜時平均每分鐘的需氧量 250 c.c.左右) 超過正常血液循環之供給時，呼吸循環系統就會加快呼吸的速度以吸入更多的氧氣進入肺部，並加快心臟跳動速度以提供更多的氧分。

活動時所需要的氧氣量，稱為氧需要量 (oxygen demand)；而在活動中所攝取到的氧氣量，稱為氧攝取量 (oxygen uptake)；活動中組織所消耗的氧氣量，稱為氧消耗量 (oxygen consumed)。當氧需要量超過氧攝取量時，稱為「氧債」(oxygen debt)。人體所能負擔的氧債有一定的限度 (正常人約 3 至 5 公升，受過訓練的人可達 10 至 15 公升)，如果達到這一限度，即無法繼續進行此種強度的活動了。通常所謂最大氧債忍耐能力，就是表示無氧反應的能力，而最大氧攝取能力，則表示有氧反應的能力。氧債在活動停止後開始償還，因此，在恢復過程中的耗氧量仍要比平靜狀態下者為高，一直到氧債全部償還為止。

人體能量消耗之量度可分為兩類：身體大體活動和局部肌肉活動。

一、身體大體活動之量度

正如前述，耗氧量是身體能量需求的一項指標。一公升的氧氣大約可提供相當於 5 大卡的能量；所以，氧消耗量可以換算成大卡 (Kilocalories, kcal)。如果氧需求量增加了，心臟血管系統的

功能也會「加速」，使得心搏率 (heart rate)、血壓 (blood pressure)、呼吸率 (respiratory rate) 和心縮排血量 (stroke volume) 等跟著增加，(心縮排血量是指心臟每跳一下可泵出的血流量)。

人們工作時耗氧量 (通常以每分鐘的公升數表示) 的測量不是一件容易的事，必須收集人們呼出的廢氣予以分析，由於量測時要讓受試者戴上特製口罩，並且夾住鼻子，所以會使人感到不適和妨礙工作的進行。傳統的方法是使用 Douglas 袋，最新開發出來的設備，則可同時測量心搏並即時分析廢氣，且運用電腦套裝軟體，將氧氣消耗等資料立刻分析出來。耗氧量雖然可以用心搏來估算，可是此二變項間的關係卻因人而異；所以，如果要用心搏率來推估耗氧量，必須經過個別的校正程序。校正的方法是先讓個人在實驗室的模擬工作環境下，進行各種不同劇烈程度的運動 (例如在跑步機上以不同速度行走)，以測定受試者心搏率和耗氧量兩者之間的關係。

另外一種以心搏率為基礎的量度是心搏恢復曲線 (heart rate recovery curve)，這是一條在工作後每間隔一段期間 (如一、二或三分鐘) 測量心搏率所獲得的曲線。一般來說，工作的活動強度愈大，恢復到工作前心搏率的時間就愈長。由於沒有一種單一的生理測量值得以作為確實反映生理緊張程度的指標，所以不少學者也嘗試使用各種混合指標。然而，這些綜合指數仍不甚理想，因為實務上如何去安排這許多測量儀器仍存有許多困難問題，所以，像心搏率和耗氧量等單一參項，在顯示生理緊張的量度上，還是比較實用。

二、局部肌肉活動之量度

關於個別肌肉或肌肉群生理條件的測量方法之一，就是利用肌電圖 (Electromyogram, EMG)。肌電圖就是將電極裝置於肌肉表面皮膚或肌肉內部，而測量肌肉在活動時微弱的電流變化，並藉增幅器加以放大記錄。吾人可經由這種肌電波的變化，得到以下資訊：

1. 可以衡量特定肌束的活動水準。
2. 在某肌肉活動中，瞭解主動肌與拮抗肌在特定動作中發動的順序。
3. 對肌肉疲勞的識別和預測。

肌電圖所表現的變化，是一種經由運動神經纖維傳達至肌肉的神經衝動。一般而言，肌電圖的肌動波 (myograms) 愈大，參

與活動的運動單位就愈多，運動單位興奮的程度也愈高，故通常利用肌電圖可以推測局部肌肉活動的劇烈程度。

記錄肌電圖的電極有兩種型式。一種是「針狀電極」(needle electrodes)，它是利用探針插入皮膚下的肌肉組織中，用以探測該肌肉甚或運動單位活動時的電極變化，通常用在醫學診斷和治療方面。針狀電極除了插刺會帶來疼痛外，由於消毒及專業處理能力之因素，也許會帶來意外感染，因此，在人因工程的研究上宜儘量避免。另一種稱為「表面電極」(surface electrodes)，這種電極板是用一種鍍上氯化銀的銀板，覆在皮膚的表面，並在銀板與皮膚表面之間塗上一種糊狀物，以測量皮膚下方肌肉的活動電位。用此方法所測得的肌電圖，實際上是許多運動單位的活動電位之總和。可是動態工作的肌電圖其解釋遠比靜態工作更為困難，所以企圖對於複雜的動態情況下的記錄予以數量化並沒有多大用處；但是透過具有豐富實務經驗的研究人員的定性解釋，仍具有其功用。

我們在研究體力活動和工作負荷時，就經常以測量能量消耗的方法，作為選取適合工作方法的依據，另外，為了不宜勞動過度，能量消耗也應維持在合理的限度之內，政府的勞工法規也可作為立法的依據之一。我們在各種視頻節目中，總會看到有些民族喜歡以頭頂的方式攜物，就算婦女也可頭頂許多物品，不用手扶仍照常行動自如，經研究發現，果然是以頭頂物要比手提、肩挑、背馱……等方式的能量消耗節省得多。