

第貳章 文獻探討

本章針對不同騎乘姿勢下的生理反應，主要分為三大部分進行探討：

- 一、運動中呼吸循環系統的生理反應；
- 二、肌電圖與腳踏車漸增負荷運動；
- 三、不同騎乘姿勢於運動中的生理反應；
- 四、本章總結。

一、運動中的呼吸循環系統的生理反應

無論是在安靜或運動狀態，人體在整體攝氧過程中，其實不單單只有呼吸系統參與，更是要藉由循環系統之運輸，才能達到氧氣運輸與使用之功效，而人體的攝氧過程，可以簡單的包含：人體藉由口鼻由大氣之中獲取氧氣(吸氧)，再借由心肺與血管的幫助將氧氣輸送至各個組織與器官(運氧)，而各組織再與血管進行氣體交換以獲取氧氣與排除二氧化碳(耗氧)。透過上述的描述，不難瞭解到，呼吸循環系統有密不可分的關係。

(一) 循環系統之概述

人體內的循環系統是由血液在各組織與器官之間形成一封閉迴路，而體內血液的運輸則是有賴於心臟(壓力源頭)的推動，再藉由肌肉幫浦(muscle pump)的作用，使血液能在此封閉迴路內單一方向的流動。心臟的跳動，代表心肌產生一收縮作用，其收縮目的在於使心臟能擠出血液，因人體內的循環系統呈現不間斷的流動，這代表心臟必須不斷地跳動來輸送出血液。心臟的跳動是由位於右心房的節律點所引起，此節律點稱為竇房

節 (sinoatrial node, SA node), 因竇房節本身自發性的跳動, 引起電位上的改變, 並延著竇房節→心肌 (心房) →房室節→左右分枝束→普金氏纖維→心肌 (心室) 的路徑, 讓心臟產生收縮 (心跳), 輸送出血液。節律點竇房節一分鐘大約會產生 60-80 次的跳動, 但透過交感神經系統與副交感神經系統的控制, 則可以加快或減低竇房節跳動的頻率 (Spyer, 1994), 交感神經系統刺激下時, 會引起心跳率的上升及增加心肌收縮力; 副交感神經系統刺激下時, 會引起心跳率的下降及減少心肌收縮力。交感神經系統與副交感神經系統對心臟控制的平衡與否, 則是由延腦內心血管控制中樞所維持, 心血管控制中樞監控血液內的一些重要參數 (如: 血壓、氧分壓與二氧化碳分壓), 來增進交感神經系統與副交感神經系統, 以維持人體內部的平衡。

心臟產生收縮 (心跳), 由左心室所輸送出的血液稱為每跳輸出量, 而每跳輸出量與心跳率的乘積, 即所謂心輸出量。

$$\text{心輸出量} = \text{每跳輸出量} \times \text{心跳率}$$

在安靜或運動狀態中, 每跳輸出量則由三個變項所調節:

1. 心舒末期容積 (EDV)

心舒末期容積通常稱為前負荷 (preload), 即心臟在舒張末期心室內的血量, 由著名的 Frank-Starling Law 中以可證實, 心室的收縮能力會隨心舒末期容積的擴大而增大, 而這意味較大的心舒末期容積將可增加

心輸出量。

2. 平均動脈壓

平均動脈壓通常稱為後負荷 (afterload)，代表主動脈壓。左心室收縮之所以能輸出血液，主要即在於左心室收縮產生的壓力大於主動脈壓。在運動中，因動脈血管的擴張，後負荷減少，使心臟比安靜下能更容易輸送出血液。

3. 心室收縮力

心室收縮力的大小，代表心室能輸送出血液的量。心室收縮力最主要受到激素濃度影響，如交感神經刺激時，神經末梢釋放神經傳導物腎上腺素與正腎上腺素，這引起表面受器對 Ca^{2+} 通透性的增加，使心室收縮力增強；而副交感神經刺激時，神經末梢釋放神經傳導物乙醯膽鹼 (acetylcholine)，引起心肌細胞對 K^{+} 通透性的提高，降低靜止膜電位，延緩電位的去極化發生，使心室收縮力降低。

(二) 運動中的循環系統

運動過程中，因身體活動量的提升，身體對氧的需求量也相對提升，而人體可分別透過血流的再分配與藉由心輸出量的提升，提升血流量，以維持供需的平衡。

隨運動強度的提升，心輸出量的改變與身體的需求量成正比，心輸出

量的改變可透過兩方面來達成，分別是心跳率與每跳輸出量。一般人的每跳輸出量隨著運動強度的提升，隨之升高，但到 40 % 運動強度時，每跳輸出量即不再增加，呈現一高原 (plateau) 狀態 (Gerstenblith, 1987)；但在一些耐力性運動員身上，每跳輸出量的增加則不會有高原狀態 (Glendhill, Cox, & Jamnik, 1994)。

(三) 呼吸系統之概述

人體的呼吸器官主要包含口、鼻、氣管、肺、支氣管與肺泡，其中可劃分為傳導區與呼吸區，顧名思義，傳導區僅負責氣體的運送，故別名死腔 (dead space)；而呼吸區則是肺中可進行氣體交換的區域，包含呼吸性小支氣管與肺泡。

人體呼吸的機制主要是由於肺與外界氣體壓力差所造成，吸氣是由於肺中的壓力低於外界壓力，而呼氣則是肺中的壓力高於外界壓力。在安靜時，呼氣是被動產生，而運動時卻是主動產生，但吸氣不論是安靜或運動時，皆是主動發生 (Stamenovic, 1990)。橫隔膜 (diaphragm) 是人體內最重要的呼吸肌，橫隔膜收縮時，腹腔產生下縮，使肺內壓力低於外界大氣壓力，空氣進入肺內。橫隔膜被向上推時，腹腔產生上舉，使肺內壓力高於外界大氣壓力，空氣流出肺部。

(四) 運動中的呼吸系統

漸增式運動測驗過程中，攝氧量會隨運動強度的提升而增加，並呈現一線性關係，而在漸增式運動過程中，血乳酸濃度呈現非線性的轉折點，即所謂的乳酸閾值 (lactate threshold, LT)。當人體處於低強度運動時，攝氧量將呈現一穩定狀態 (steady-state)，而在高強度運動時，即高於乳酸閾值時，攝氧量並不會呈現穩定狀態而將會隨運動強度提升增加直到運動結束，而此作用即稱為攝氧動力學之慢速部分 (the slow component of VO_2 kinetics) (Whipp, 1994)。

攝氧動力學之慢速部分指出，當運動強度超過乳酸閾值時，攝氧量與做功輸出之間的關係即呈現曲線的變化，而非再是線性的增加 (Zoladz, Rademaker, & Sargeant, 1995)。的確，先前的研究已充分證實，在漸增式運動測驗中，當某運動強度所產生的乳酸濃度大於乳酸閾值的反應時，將對攝氧量造成不成比例的增加，而這一部分所增加的攝氧量即代表肌肉作功效率 (muscle mechanical efficiency) 的下降。其中肌肉作功效率下降的影響因素，包含：

1. 額外的活動肌參與運動
2. 激烈的呼吸肌參與活動
3. 召募 type II 型肌纖維
4. H^+ 的累積與 pH 值的降低
5. 肌肉溫度的增加

二、 肌電圖與腳踏車漸增負荷運動

生物體內的肌肉組織是由許多種不同類型的肌纖維所構成，其肌纖維類型的差異，主要因結構上的特性與神經控制的差異，而造成其在類型分類上的不同。當肌肉要產生收縮之前，皆有賴神經衝動傳遞訊息至肌纖維方能產生肌肉收縮而來執行各式各類的動作。單一次的神經衝動只能產生單次的肌纖維收縮，此時所產生的力量十分小，因此當人體需應付外在較大力量負荷時，神經衝動必須連續發生，以產生一連串的肌肉收縮來對應之。而這看似簡單的肌肉收縮，實際上則是由一系列體內生化變化而達成，包含離子濃度的維持與變化、膜電位的改變、神經衝動的傳遞、神經傳遞物質的釋放與動作電位的發生等等，以產生肌肉收縮的現象。這肌肉收縮的現象，可藉由電極紀錄運動單位動作電位之變化，以圖形表示即為肌電圖 (electromyography, EMG)。

Lucia (1997) 以心臟移植病患，施以漸增負荷式腳踏車運動測試為其復健，收集其股四頭肌之積分肌電、心跳率與血乳酸；以氣體分析測量其無氧閾值 (Anaerobic threshold)，並搭配積分肌電閾值、心跳閾值與血乳酸閾值三者去檢測其相關性，結果發現，積分肌電圖與心跳閾值、血乳酸閾值三者呈現高度相關，相對的三個閾值出現時的攝氧量在統計上也是呈現高度相關 ($p < .05$)。Perry 等人 (2001) 將肌電圖用來評估在漸增負荷式腳踏車運動中，與心跳率及運動自覺努力程度之相關性研究。結果發現，肌電

圖、心跳率與運動自覺努力程度，在經標準化後，相對於作功量之線性相關，三者在統計上達到顯著相關 ($p < .05$)。

三、不同騎乘姿勢於運動中的反應

在過往的研究已證實在騎乘過程中，採用俯握姿勢時可以減少風阻所產生的影響，然而採用此姿勢下時的生理反應仍是有其爭議。

Faria 等人 (1978) 首次針對不同騎乘姿勢這一項議題進行實驗的研究，以優秀自由車選手為研究對象，其結果發現在衰竭性運動中，當採用彎把姿勢運動時，會比在直立姿勢下有較高的最大攝氧量、最大做功量與最大換氣量。但此研究並沒有針對非最大強度運動進行不同騎乘姿勢的比較。

Johnson and Schultz (1990) 以自由車選手在 80 % VO_2max 的強度，分別測試其彎把姿勢與俯握姿勢下的生理反應，包含攝氧量、換氣量、呼吸頻率與潮氣量，其結果發現在兩種姿勢下的生理反應並無顯著差異。

Origenes 等人 (1993) 以 10 名男性為研究對象，結果發現在衰竭性運動測驗中，最大攝氧量、最大心跳率、最大換氣量與最大做功輸出量上，俯握姿勢與直立姿勢均無顯著差異。

Sheel 等人 (1996) 的研究以戶外進行非最大強度運動，其結果發現直立姿勢下運動會比採用俯握姿勢時消耗更多的能量，這代表直立姿勢運動

較缺乏其經濟性，而風阻正是造成其差異最主要的因素。

Gnehm 等人 (1997) 在實驗室內以 14 名傑出自行車選手，並在每位選手自身的腳踏車上加裝模擬風阻阻力器來替代原地腳踏車測功儀，比較在 70% VO_2max 運動強度下直立姿勢、彎把姿勢與俯握姿勢的能量消耗，其結果發現在俯握姿勢下有較高的能量消耗，另外在心跳率與呼吸交換率等生理反應上，俯握姿勢也顯著高於直立姿勢與彎把姿勢；其中，心跳率、攝氧量與呼吸交換率等生理反應也由直立姿勢到彎把姿勢再到俯握姿勢有上升的趨勢，即使直立姿勢與彎把姿勢上並沒有達統計上的顯著差異。

之前的實驗大多是以自由車選手為研究，僅有 Origenes 等人 (1993) 的實驗中有 4 名一般男性為受試對象；而 Ashe 等人 (2003) 則是完全以 10 名未受過訓練的健康男性，比較非最大強度運動下直立姿勢與俯握姿勢的運動經濟性，其結果發現在俯握姿勢下有較高的能量消耗。

Berry 等人 (1994) 以 11 名優秀自由車選手為受試對象，比較在長時間高強度的腳踏車運動中，彎把姿勢與俯握姿勢的運動時間，其結果顯示兩種姿勢雖然沒有達統計上的顯著差異，但其受試者在彎把姿勢下的運動至衰竭時間仍明顯的高於俯握姿勢。

Heil 等人 (1995) 的實驗以 20 名鐵人三項選手與 5 名自由車選手為研究對象，發現在非最大運動強度下，髖關節角度在 90 度與 83 度運動時，將會比在 69 度下運動，有較低的攝氧量、心跳率與自覺努力程度。

Peveler 等人 (2005) 分別以 10 名自由車選手 (C 組) 與 10 名鐵人三項選手 (T 組) 為實驗對象, C 組平時皆採用彎把手把進行練習, 而 T 組的平時練習採用計時把進行練習, 兩組均至少有一年練習時間。其結果顯示, 在 70% $VO_2\max$ 運動強度下, C 組在直立姿勢時的攝氧量顯著低於俯握姿勢時, 而 T 組在兩種體姿則無顯著差異。

四、本章總結

- (一) 運動過程中, 呼吸循環系統受到許許多多的因子所影響, 而體姿上的改變, 將會對這些因子, 如橫隔膜、血壓與肌纖維召募等因子, 產生不一樣的反應。
- (二) 肌電圖也是代表身體反應上一良好指標與工具, 其不僅可代表肌肉收縮程度與徵召情形, 也可反應其疲勞狀態。
- (三) 腳踏車運動中, 不同騎乘姿勢對生理反應雖有不一樣的結果 (Origenes 等, 1993; Sheel 等, 1996; Gnehm 等, 1997; Ashe 等, 2003), 但其間的差異也受到受試者過去經驗、運動種類與運動流程設計所影響。