

無氧閾值速度對最大乳酸堆積之影響

邱奕棠¹ 李黛安² 陳佳慧¹ 張嘉澤²

¹ 國立體育大學教練研究所 ² 國立體育大學運動技術研究所

壹、緒論

透過階梯式負荷測試至個人最大負荷能力，可以藉由強度與乳酸的關係，判斷出個人的有氧閾值與無氧閾值。Wassermann 等人 (1973) 指出透過漸增式負荷至個人最大負荷能力，初始強度乳酸高於安靜值，隨著強度增加會出現一個非線性的轉折，稱為無氧閾值。Mader 等人 (1976) 進一步指出無氧閾值被判定於一個強度的輸出所相對應的乳酸濃度為 4mmol/l。根據各種相關文獻，有氧閾值與無氧閾值被定義為乳酸值於 2 和 4mmol/l (Kindermann et al., 1979; Skinner & McLellan, 1980)。Pansold (1982) 以乳酸閾值與能量代謝關係指出有氧閾值(2mmol/l)能量主要來源以脂肪加碳水化合物為人體運動的補償區，2-4mmol/l 區間為有氧與無氧混合區域，能量來源同樣為脂肪加碳水化合物 (碳水化合物大於脂肪) 為人體運動的基礎區域，高於無氧閾值 (4mmol/l) 以後的能量路徑為碳水化合物為人體運動的發展區域與競技區域。

激烈運動中，靠著肌肉中肌酸磷酸維持約 10 秒左右的能量，若是持續高強度運動，則需要動用無氧醣酵解作用持續提供肌肉收縮所需的 ATP 能量，此時乳酸開始大量生成，乳酸的上升間接影響選手運動表現，而無氧閾值能力愈好，在高強度負荷下，乳酸濃度愈低，能夠維持肌肉的力量輸出品質。Power 與 Howley (2002) 表示無氧閾值不但可以因訓練而提升，以此閾值作為耐力性運動訓練指標也相當有效。

無氧能力關係運動員於高強度運動負荷下是否有足夠的能量提供，無氧閾值能力佳的選手可以維持高負荷下動作的穩定及肌肉不易疲勞。Hollmann 等人 (1987) 指出競技運動員有無氧閾值最低標準為 3.5 m/s，心跳率為 156 min⁻¹。依據不同的運動項目有其專項能力，但良好基礎耐力是每個競技運動員所必備的。

貳、研究方法

一、對象

本研究受試者為球類運動選手男性 9 名和女性 2 名(n=11)，平均年齡為 21±0.74 歲；身高平均為 178.09±6.61 公分；體重平均為 73.55±13.63 公斤；訓練年數為 11.36±1.92 年。

二、方式

以 Mader 等人 (1976) 有氧-無氧測試方式診斷於室外 400m 場地進行單次階梯式負荷，直到個人最大負荷能力，設置 8 個角錐 (間隔 50m)，並以速度控制器控制選手速度，取得選手無氧閾值(4mmol/l)速度與結速最大乳酸濃度。起始速度為 2.5m/s，每階持續時間為 5min，上升速度為 0.5m/s，直到受試者最大負荷階數，紀錄心跳及並採集乳酸。

三、資料處理

(一) 有氧-無氧閾值判斷採用德國奧林匹克中心所研發之軟體 Lakat Explorer。

(二) 以 Microsoft Excel 處理本研究所得數據。

參、結果分析與討論

圖-1 為有氧閾值-無氧閾值測試，有 8 位選手 (7 男 1 女) 最大負荷速度達到 4 m/s，其餘 3 位選手 (2 男 1 女) 為 3.5 m/s。初使速度 2.5m/s，乳酸平均值为 2.10±0.67 mmol/l，心跳平均值為 157.36±12.45 min⁻¹。最後一階 8 名選手乳酸及心跳平均值分別為 8.44±3.93 mmol/l 與 194.50±7.62 min⁻¹。11 名球類選手 4mmol/l 的平均速度為 3.3±0.4 m/s，心跳率為 181.1±13.3 min⁻¹。

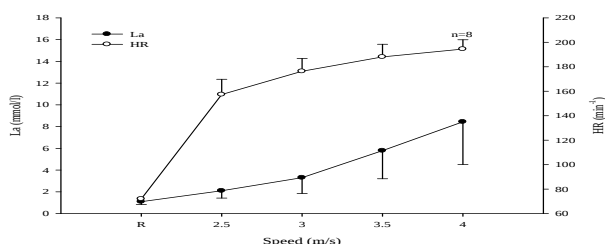


圖-1: 階梯式負荷上升心跳率與乳酸濃度平均值與標準差

本研究結果與 Wassermann 等人 (1973) 指出透過漸增式負荷隨著強度增加會出現一個非線性的轉折，稱為無氧閾值相似。Hollmann 等人(1987) 指出競技無氧閾值最低標準為 3.5 m/s，心跳率為 156 min⁻¹。不同項目的運動有其不同的專項體能，但是基礎體能對於任何一項運動都是重要的，研究結果，11 名受試者平均速度(3.3±0.4 m/s)與心跳率(181.1±13.3 min⁻¹)未能達到標準，推測可能與訓練型態有關。

最大乳酸堆積濃度與無氧閾值速度(V4)之相關 r = -0.5，直線方程式 y = 21.771-4.069x。如圖-2 所示。

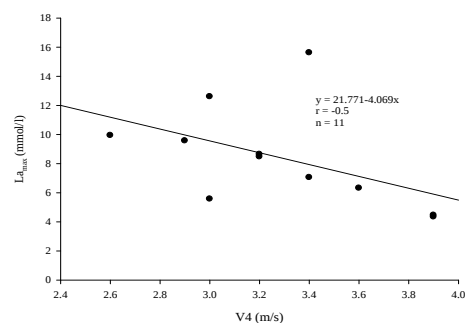


圖-2: 最大乳酸堆積濃度與無氧閾值速度(V4)之關係

本研究結果顯示無氧閾值能力越高，最大乳酸濃度越低。此圖的趨勢與葉明春等人(2006)以六位高中中場跑運動員為對象，實施五週的快速耐力間歇訓練，最大乳酸堆積濃度與無氧閾值速度的關係相同，皆呈現負相關。人體在運動負荷中，可以承受的負荷強度越高且乳酸濃度低時，表示運動負荷中乳酸還未大量滲透到血液中，進而延長運動表現，減緩運動中肌肉產生疲勞狀態。Karlsson 等人(1975) 指出乳酸的對肌肉會造成神經傳導及肌肉收縮能力下降，導致肌肉產生疲勞狀態，疲勞狀態下間而影響肌肉間的協調，而無法維持正常的動作表現。(Jaric et al., 1997)

肆、結論與建議

根據研究結果與上述文獻，11 名球類選手無氧能量使用情形呈現不佳，而無氧閾值速度愈高，最大乳酸濃度呈現愈低，結果未達顯著。建議選手應增進無氧閾值(4mmol/l)速度能力，可能改善運動對無氧能量的使用，進而運動中，不立即動用乳酸系統，影響運動表現。

選擇性參考文獻

- 葉明春、林輝明、賴峻男、張嘉澤、呂欣善 (2006)。間歇訓練對乳酸閾值之效應。**全民運動學術研討會**，2007，國立台灣體育學院學報。
- Jaric, S., Sasa, R., Sladjan, M., Milos, L., & Radmila, A. (1997) A comparison of the effect of agonist and antagonist muscle fatigue on performance of rapid movement. *Eur J Appl Physiol*, 76: p41-47.
- Karlsson, J., Peterson, F.B., Henriksson, J., & Knuttgen, H. G.. (1975) effect of previous exercise with arm and legs on metabolism and performance in exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*.
- Kindermann, W., Simon, G., Keul, J. (1979) The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol* 42:45—34
- Mader, A., Liesen, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P., Hollmann, W. (1976) Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportart Sportmed* 27:80—88
- Wassermann, K., Whipp, B.J., Koyal, S.N., Beaver, W.L. (1973) Anaerobic threshold and Respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35:236—243

