

有氧能力對最大運動負荷血糖穩定之影響

王月琪¹ 楊孟龍² 陳佳慧¹ 張嘉澤¹
¹國立臺灣體育大學
²高苑科技大學

壹、前言

胰島素(insulin)是調節細胞外葡萄糖(glucose)進入細胞內，作為能量的路徑。倘若胰島素調節產生障礙，細胞外糖分無法進入細胞，將會造成血糖濃度上升。然而在運動中的血糖穩定(glucose steady-state)與糖質新生(gluconeogenesis)，有賴於胰島素促使糖酵解(glycolysis)作用，穿入肌肉細胞壁與蛋白質(protein)分解作為能量提供來源(Weicker, 1994)。在運動負荷中之血糖穩定又受有耐耐力(2mmol/l 閾值)的影響(Mader et al., 1991)，特別是在無氧(anaerobic)狀態之運動負荷。而另一調節運動負荷血糖濃度，來自昇糖素(glucagon)，它不只作用於肝臟，對骨骼肌與心肌亦有分解肝糖(glycogen)功能(Walter et al., 2002)。因此在長時間運動負荷肝臟之代謝狀況，血液葡萄糖的提供是來自肝。此症狀反應由葡萄糖 6-磷酸 (glucose-6-phosphatase)進行糖質新生、糖酵解與除磷酸基作用 (dephosphorylation)，因而促使血糖上升(Löffler et al., 1988)。在馬拉松的比賽中，肌肉呈現高肝糖分解壓力，隨著比賽距離增加，肝糖的釋放首先來自磷酸分解 (phosphorylase)。肝糖耗盡後再重組，是依據尿核甘二磷酸葡萄糖(uridine diphosphate glucose)活性，特別是在碳水化合物缺乏的狀態下。

綜合上述運動負荷糖酵解與糖質新生路徑，皆在壓力下產生。而有氧能力在長時間運動負荷扮演的角色，不在恢復期(recovery)，而是在運動負荷中。也就是運動員必須在訓練中或是比賽中，就能夠產生糖質新生，持續提供身體在運動負荷時使用。因此，本研究想要更進一步了解，有氧能力對運動負荷中之血糖濃度穩定與糖質新生速度之間的變化情形。

貳、研究方法

一、受試者

本研究以 8 名中長跑女性運動員為受試對象，受試者接受實驗測試前三天不得進行高強度訓練，以免影響實驗結果。所有運動員皆須填寫參加同意書，其基本資料如表-1。

表-1 受試者基本資料

(N=8)	年齡 (years)	身高 (cm)	體重 (kg)	訓練年數 (years)
Mean±SD	17.38±0.52	158.00±4.75	49.38±4.87	1±0.46
Max	18	161	56	1.5
Min	17	150	39	0.5

二、實驗方法

(一) 實驗步驟

首先進行第一項基礎耐力測試，應用 Mader 等(1976)所設計之有氧-無氧閾值(2-4 mmol/l)階梯式漸增負荷(T-1)，於跑步機上進行測試，起始速度定為 2.0 m/s，每階持續時間為 5 mins，每次增加 0.5 m/s 至個人最大負荷為止。並以其軟體分析出受試者個人之有氧-無氧閾值之速度與心跳率，並記錄其最後一階之速度以作為第二項最大運動負荷測試(T-2)之強度設定。

T-2 之最大運動負荷型態為持續跑方式，負荷強度以 T-1 之最後一階速度，每次持續時間 3 mins，間歇休息 30 s，負荷次數共 5 次。

(二) 生物參數收集

生物參數樣本觀察為血液乳酸值、血糖值與心跳率，於 T-1 與 T-2 測試每階段間歇休息時間採取血液樣本 10 µl 並記錄心跳率。

(三) 資料處理

1、採取之血液以 EFK 德國製乳酸血糖分析儀，進行分析乳酸與血糖值。心跳率由 POLAR(610i)心跳偵測器接收，並以其軟體進行傳輸與整理。

2、有氧-無氧閾值判斷採用德國奧林匹克中心所研發之軟體 Laktat-Explorer 進行分析。

3、以 SigmaPlot 8.0 軟體進行統計分析與圖形製作。

參、結果與討論

階梯式負荷漸增測試，最大負荷速度達 4 m/s，最小為 3 m/s。個人有氧閾值平均介於 1.83±0.55 m/s，心跳率 149±11.39 min⁻¹。個人有氧閾值最大速度達 2.8 m/s，最小則為 1.1 m/s。如表-2 所示。

表-2 2mmol/l 速度、心跳率，及個人最大速度平均值、標準差

	2mmol/l		last stage speed
	m/s	HR(min ⁻¹)	m/s
Mean±SD	1.83±0.55	149±11.39	4±0.35
Max	2.8	163	4
Min	1.1	128	3

圖-1 為 5 次個人最大運動負荷中血糖上升百分比(基準值為運動測試前之血糖濃度)，第一次(1x)負荷血糖增加 103.7±9.7%，第二次(2x)增加 106.3±8.2%，第三(3x)、四(4x)、五(5x)次則分別上升 109.5±12.5、118.2±22.7、119.5±19.9%。最高平均血糖上升百分比為恢復期第三分鐘(E3)。個人最大血糖上升達 168.7%，於恢復期第十分鐘(E10)呈現，最小則只增加 71.1%，於第五次(5x)運動負荷顯現。Leyk 等(2000)研究指出在運動負荷中肌肉葡萄糖的調節，會受到肝糖儲存量與分解後再重組速度之影響。因此具有較高有氧耐力運動員，其在運動中之肌肉葡萄糖相對比較穩定(Mader, 1984)。本研究亦發現，有氧閾值速度較高者，其運動中血糖值變化亦較穩定。而有氧速度介於 1.1 至 1.4 m/s，其運動中血糖呈現高濃度反應(如圖-2)。這種症狀顯示，其肌肉中葡萄糖缺乏的情況，因此必須動員肝糖分解成葡萄糖的型態，再透過血液運輸進入至肌肉中，以提供肌肉持續收縮，維持能量來源。而此症狀反應表示運動員比較無法維持高速度之穩定(steady-state)，這與 Heck (1990)早期研究最大乳酸穩定(maximal lactate steady state, MLSS)相同，當個人在運動中提早產生高血糖濃度反應，相對地其在運動負荷中也會有提早衰竭的現象。

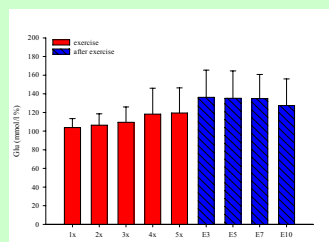


圖-1 最大運動負荷測試之血糖上升百分比

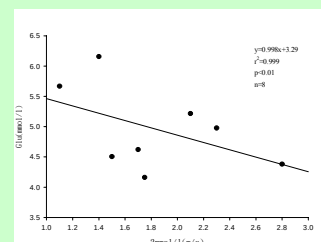


圖-2 有氧閾值(2mmol/l)速度與第五次(5x)運動負荷結束血糖值之關係

肆、結論與建議

有氧能力於最大運動負荷中之血糖濃度穩定與糖質新生速度之間的變化情形，於本研究中發現，有氧能力佳者其運動負荷時血糖濃度變化比較穩定；有氧能力較差者，在運動負荷中其糖質新生速度快，但會提早產生衰竭。

因此針對本研究中女性中長跑選手而言，有氧能力之優劣具有其重要性，必須先提升其有氧能力，讓體內有源源不絕的能量提供，才能在競賽中維持高速度表現，以爭取佳績。

參考文獻

- Boron, W., Boulpaep, E. (2002). Medical Physiology. Elsevier USA.
- Heck, H (1990): Laktat in der Leistungsdiagnostik. Verlag Karl Hofmann Schorndorf. 28-30.
- Leyk, D., Lötzerich, H. (2000). Muskulärer Energiestoffwechsel und Sport. Sport & Buch Strauss.
- Löffler, G., Petrides, P.E (1988) Physiologische Chemie. 4 Auflage, Springer Verlag.
- Mader, A. (1984). Eine Theorie zur Berechnung der Dynamik und des steady state von Phosphorylierungszustand und Stoffwechselsaktivität der Muskelzelle als Folge des Energiebedarfs. Habilitationsschrift. Köln.
- Mader, A.; Heck, H. (1991): Möglichkeiten und Aufgaben in der Forschung und Praxis der Humanleistungsphysiologie. Spectrum. 11-16.
- Weicker, H.; Strobel, G. (1994): Sportmedizin und Biochemisch-physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. Fischer, S. 40-56