

# 本文章已註冊DOI數位物件識別碼

## ▶ 女子短跑運動員無氧跑步能力的研究

Studies of the Anaerobic Running Capacity on Short-Distance Female Runners

doi:10.6127/JEPF.2005.02.07

運動生理暨體能學報, (2), 2005

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (2), 2005

作者/Author：康風都(Fon-Du Kan)

頁數/Page：79-91

出版日期/Publication Date：2005/04

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6127/JEPF.2005.02.07>



*DOI Enhanced*

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



# 女子短跑運動員無氧跑步能力的研究

康風都

國立嘉義大學

## 摘要

本研究目的在探討不同短距離最佳跑步成績推算速度-時間非線性模式 (V-t)、速度-時間倒數線性模式 (V-1/t)、距離-時間線性模式 (D-t)、三參數非線性模式 (3P) 所得之無氧跑步能力 (anaerobic running capacity, 簡稱 ARC) 與垂直跳測驗、短距離最大努力跑步測驗、Margaria-Kalamen 動力測驗和 Wingate 動力測驗成績的相關, 確認跑步 ARC 的效度。本研究以 16 名女子短距離跑步運動員為受試對象, 依平衡次序的方式, 進行田徑場五個不同距離 (50m、100m、200m、300m 和 400m) 的最大跑步能力測驗, 以求得各數學模式之 ARC。本研究也進行垂直跳測驗、Margaria-Kalamen 動力測驗和 Wingate 動力測驗。測驗結果以單因子重覆量數變異數分析, 考驗各種測量方法所測得之 ARC 差異, 以皮爾遜積差相關探討各種數學模式之跑步 ARC 與不同無氧運動能力測驗結果間的相關與差異情形。實驗結果發現, 各數學模式所推算出來的 ARC 皆達顯著差異水準, 尤其是 3P 非線性模式所推算的 ARC 更能代表全部無氧能量所能作功的距離。各數學模式 ARC 與各種無氧動力測驗之相關中, 只發現兩非線性模式之 ARC 與各無氧動力測驗的相關達顯著水準, 而以 3P 非線性模式之 ARC 與各無氧動力測驗相關較高 ( $r=.81\sim.83$ ), 本研究結果顯示 3P 非線性模式為評估女子短距離運動員無氧跑步能力之最佳數學模式。

**關鍵詞：**短距離選手、無氧跑步能力、無氧動力測驗

---

連絡作者：康風都

通訊地址：

聯絡電話：

E-mail：

投稿日期：93 年 8 月

接受日期：93 年 8 月

## 結論

無氧運動能力是身體透過無氧性代謝路徑，從事激烈運動的能力，通常是指短而劇烈運動的能力或能量（林正常，1996）。呂香珠（1991）則將人體的無氧運動能力，分為速度性無氧運動能力與質量性無氧運動能力。前者代表人體在短時間內產生最大負荷（或速度）的能力，後者則代表人體在短時間內的<sup>最大</sup>作功能力，二種無氧運動能力雖然相互關連，卻也同時代表不同的無氧運動能力。

在人體跑步無氧運動能力的測驗中，以短距離（50m、100m 或 200m 等）的最大努力跑步測驗最為簡便，雖然這種測驗的結果是以平均速度的方式來呈現跑者的跑步無氧運動能力，但仍然是最直接且經常被採用的跑步無氧運動能力測驗。另外，垂直跳動力測驗也是相當簡單的無氧運動能力測驗，雖然只以簡單的跳躍高度來代表受試者的無氧運動能力，但經過簡單的數學計算後，仍然可代表人體短時間（1 秒以內的靜止到最大表現作功能力，由 ATP-PC 磷化物系統提供能量）無氧運動能力的好方法（王順正，1992；呂香珠，1991）。

除了垂直跳與短距離最大努力跑步的無氧運動能力測驗以外，1968 年 Margaria-Kalamen 以跑樓梯方式測驗受試者的無氧動力（約 0.5 秒左右的動態作功能力，由 ATP-PC 磷化物系統提供能量），與 1977 年 Wingate 以腳踏車測功器（ergometer）測驗受試者的無氧運動能力（30 秒，由 ATP-PC 磷化物系統與無氧糖酵解系統提供能量）（林正常，1996），也都是常被採用的無氧能力測驗。但是，這些利用非跑步的方式測驗跑步選手的

無氧能力，可能會受到跑步及不同測驗方式的特殊性影響，而降低對無氧跑步能力的評估效果。

近幾年來，運動科學的研究發展出「臨界動力（critical power，簡稱 CP）」的新概念。最早是由 Monod & Scherrer（1965）以肌肉動態（dynamic）與靜態（static）收縮時的負荷耐力關係，利用人體不同負荷強度下，有氧性與無氧性能量供應變化趨勢推算的 CP（最大有氧運動能力）與無氧工作能力（最大無氧運動能力 anaerobic work capacity，簡稱 AWC）。由於臨界動力的測驗是依據不同運動負荷能夠持續的時間長短來作為數學模式的推算。至目前為止，常見的數學推算模式除了 Monod & Scherrer（1965）最早提出的速度-時間非線性模式（V-t）外，後來還發展出 Hughson et al.（1984）的速度-時間倒數線性模式（V-1/t）、Moritani et al.（1981）的距離-時間線性模式（D-t）和 Hopkins et al.（1989）的最大持續運動時間、運動負荷、最大瞬間速度（maximal instantaneous velocity，簡稱 Vmax）三參數非線性模式（3P）。

透過以上各種數學模式的推算，已有相當多的文獻証實 CP 與有氧能力的相關，也獲得相當一致的結論；但是對於另一 AWC 變項的研究卻相當少，從過去的文獻中，比較各種數學模式 AWC 時，研究者皆是選擇腳踏車測功器或是游泳選手（Hill et al., 1994; Lane et al., 1994），只有吳忠芳等人（1999）從事長跑選手不同數學模式 ARC 的比較研究，但只是針對各數學模式間的比較，無任何的效標來確定 ARC 之效度，因此，無法了解 ARC 在生理學上的真正代表意義。

本研究希望透過女子短距離選手，探討

各種計算 ARC 數學模式與各種無氧運動能力測驗的相關，以確定各種數學模式 ARC 所代表的生理意義與效度，使臨界動力的概念更加明確，讓數學模式對運動趨勢的描述能更加精確，將來教練或教師只要從臨界動力的測驗，即可了解選手有氧與無氧的能力，因此，對 ARC 更進一步的探討，是相當值得研究的主題。

## 研究方法

本研究是以女子短距離選手 16 名為研究

受試對象，採受試者內設計，每一位受試者必須同時接受不同距離 (50m、100m、200m、300m 和 400m) 最大努力跑步測驗、垂直跳、Margaria-Kalamen 動力測驗及 Wingate 動力測驗，以便確認各數學模式所推算之跑步 ARC 與不同無氧運動能力測驗結果間的相關情形。測驗採平衡次序的方式進行，測驗的項目與項目之間，最少間隔 24 小時。

### 實驗方法

#### 無氧跑步能力的推算方法

將各距離之跑步成績依下列四種方法計算出無氧跑步能力：

#### 1. 速度與時間非線性模式：

$$t(\text{最大持續運動時間}) = \frac{ARC(\text{無氧跑步能力})}{V(\text{運動速度}) - CV(\text{臨界速度})}$$

#### 2. 速度與時間的倒數線性模式：

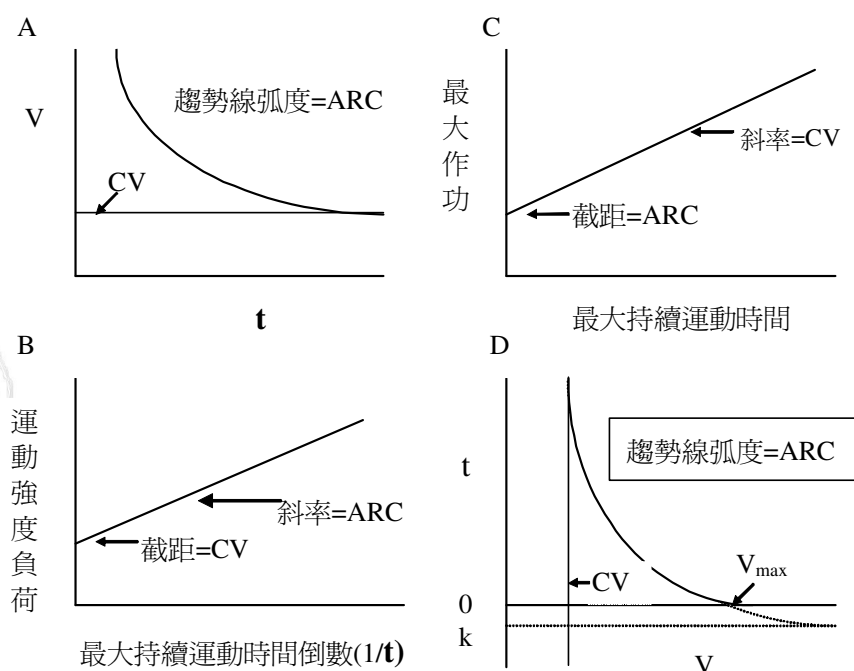
$$V = CV + \frac{ARC}{t}$$

#### 3. 距離與時間線性模式：

$$D(\text{距離}) = ARC + CV \times t$$

#### 4. 三個參數的非線性 CP 模式：

$$t = \frac{ARC}{V - CV} - \frac{ARC}{V_{\max} - CV}$$



圖一 不同的無氧跑步能力數學推算模式圖。(A 為運動負荷與最大持續運動時間的非線性模式；B 為運動負荷與最大持續運動時間倒數的線性模式；C 為最大作功與最大持續運動時間的線性模式；D 為三參數的非線性 CP 計算模式。)

#### 垂直跳動力測驗

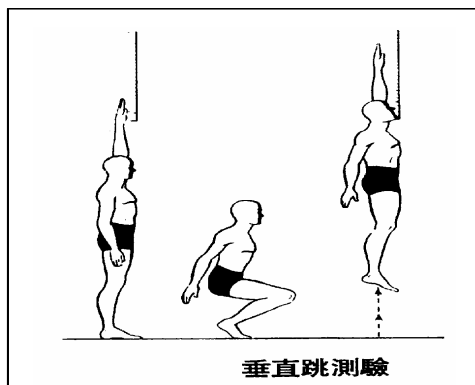
目的：測量腿部垂直跳躍的動力

器材設備：電動垂直跳測驗板

1.程序說明：受試者側面向牆而立，雙足併攏，靠牆之手先拍感應板成歸零狀態，後

再盡力向上跳躍至最高點再拍感應板（如圖二）。注意跳躍時不得墊腳或助跑。

2.成績計算：每人得試跳 3 至 5 次，取最佳之成績。



圖二 垂直跳動力測驗

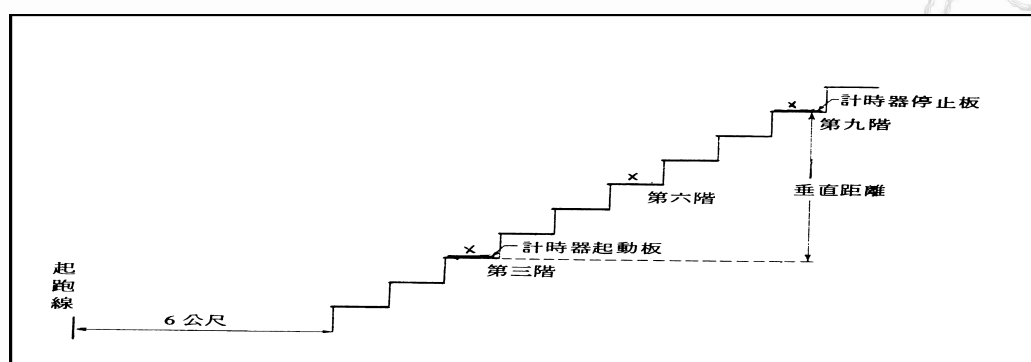
## Margaria-Kalamen 動力測驗

Kalamen (1968) 根據 Margaria 的方法修改而得測驗非乳酸性無氧動力 (ATP-PC 磷酸化系統) 的方法。受試者從一助跑線 (6m) 往樓梯衝上, 每三階一步地踩上樓梯, 紅外

線計時器安置在第 3 階和第 9 階上, 測量自第 3 階至第 9 階所耗時間, 通常在 0.5 秒左右。(如圖三)

此測驗動力的計算方法如下:

$$\text{動力 (Kgm / sec)} = \frac{\text{體重 (kg)} \times \text{三階到九階垂直距離 (m)}}{\text{秒數 (sec)}}$$



圖三 Margaria-Kalamen 動力測驗

## 溫蓋特無氧動力測驗

1.準備運動: 受試者在較低的運動強度下從事準備運動達 5 分鐘, 踏板轉速維持在 50~60rpm 其間做 4~5 次為時 4~6 秒的最快速全力踩車。

2.休息階段: 準備運動後, 受試者做 2~5 分鐘的休息, 或負荷阻力調至最小繼續做動態休息。

3.加速期: 加速期時間為時 15 秒, 前 10 秒的負荷阻力是正式 Wingate 測驗阻力的 1/3, 其踏板轉速為 20-50rpm; 後 5 秒逐漸增加阻力到真正的 Wingate 阻力 (Force), 然後, 全部的加速期不得超過 15 秒。

Wingate 負荷阻力 (N) =

體重 (Kg)  $\times$  0.9 (男)

體重 (Kg)  $\times$  0.86 (女)

4.正式測驗: 受試者盡力踩車以克服車輪的慣性。測驗者同時逐漸地調整阻力鈕, 調至規定負荷 (體重  $\times$  0.86), 此一調整阻力時間應在 2~4 秒內完成。當規定 (最佳) 負荷調到時 (2~4 秒內), 同時 RPM 要超過 80, 開始計數達 30 秒。在此 30 秒內受試者盡全力踩車。踩車數每秒鐘為單元記錄一次, 記錄方法由印表機直接列印出。

5.恢復活動: 為避免受試者在短暫全速踩車後, 發生暈倒現象, 受試者在 30 秒最大用力踩車後, 繼續踩車 2~3 分鐘, 在此時間負荷盡量減輕, 可設定在 5~20N, 踏板轉速在 50rpm。

## 資料處理

以單因子重覆量數變異數分析考驗各數

學模式所得之無氧跑步能力的差異，若變異數分析結果達  $p < .05$  之顯著差異水準，則再以薛費氏法進行事後比較。以積差相關統計法，評量各數學模式 ARC 與不同無氧運動能力測驗結果之相關，以及評量不同數學模式無氧跑步能力之相關，及其與運動表現的相關。本研究以  $\alpha = .05$  為顯著水準。

## 研究結果

本研究以國內女子短距離跑步選手 16 名為對象，受試者分別接受 50m、100m、200m、300m 及 400m 之最大努力跑步測驗，以及垂直跳測驗、馬加利亞-卡門 (Margaria-Kalamen) 動力測驗和溫蓋特 (Wingate) 動力測驗，測驗成績如下表 (表一) 所示。

表一 受試者各項基本測驗資料表

	平均數	標準差	最大值	最小值
50m(sec)	6.7788	0.4050	7.45	6.21
100m(sec)	13.359	0.7631	14.33	12.06
200m(sec)	28.095	1.6133	30.37	25.71
300m(sec)	45.635	3.6960	49.50	38.65
400m(sec)	64.213	4.1109	69.00	58.29
垂直跳(cm)	50.875	5.9428	65.00	41.00
馬加利亞-卡門(Kgm/sec)	104.480	13.2640	127.29	81.35
溫蓋特(Watt)	207.688	21.1750	257.00	182.00

### 各數學模式之無氧跑步能力的差異

各數學模式所得之 ARC 如下表，其中以 3P 模式的距離最長，依次為 V-t 模式、D-t 模式、V-1/t 模式的距離。各數學模式之無氧跑步能力的差異，經由相依樣本變異數分析

後，達顯著差異水準 ( $p < .05$ )，摘要表如表三。進行薛費氏法事後比較，結果顯示各種數學模式所得之 ARC 皆達顯著差異水準。

表二 各數學模式 ARC 之統計表

模式	距離(M)
V-t	28.97
V-1/t	7.37
D-t	18.38
3P	585.53

表三 各數學模式無氧跑步能力變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
組間	3930024	3	1310008	75.122
組內	1046308	60	17438.46	
總和	4976332	63		

\* $p < .05$ 

各數學模式之無氧跑步能力與無氧動力測驗相關

本研究之各數學模式 ARC 之間的相關，只發現線性與線性模式 ( $r=.760$ ) 及非線性與非線性模式之間的相關 ( $r=.713$ ) 達顯著水準，其餘各模式間皆未達顯著水準。另外，各無氧動力測驗間的相關也都達顯著水準，其中以溫蓋特與馬加利亞—卡門動力測驗的

相關最高 ( $r=.741$ )。

各數學模式 ARC 與各無氧動力測驗之間的相關方面，發現除馬加利亞—卡門動力測驗與 V-t 模式外，兩非線性模式的 ARC 與各無氧動力測驗的相關達顯著水準 ( $r=.482 \sim .830$ )，而線性模式的 ARC 與各無氧動力測驗的相關皆未達顯著相關水準。

表四 各數學模式無氧跑步能力與無氧動力測驗間相關係數表

	V-t	V-1/t	D-t	3P	Win	M-K	V-J
速度與時間非線性(V-t)	1						
速度與時間倒數線性(V-1/t)	-0.125	1					
距離與時間線性(D-t)	0.172	0.760*	1				
三參數非線性(3P)	0.713*	-0.397	-0.279	1			
溫蓋特(Win)	0.556*	-0.351	-0.338	0.810*	1		
馬加利亞-卡門(M-K)	0.313	-0.100	-0.177	0.482*	0.741*	1	
垂直跳(V-J)	0.637*	-0.281	-0.008	0.830*	0.633*	0.449*	1

\* $p < .05$ 

最大瞬間速度 ( $V_{max}$ ) 與無氧動力測驗相關

本研究的最大瞬間速度與各種無氧動力測驗間的相關皆達顯著水準 ( $r=.564 \sim .777$ )，

其中以垂直跳與最大瞬間速度的.777 相關最高。

表五  $V_{max}$  與無氧動力測驗相關係數表

	溫蓋特	馬加利亞—卡門	垂直跳
最大瞬間速度	.762*	.564*	.777*

\* $p < .05$ 

運動表現與無氧跑步能力之相關

本研究各數學模式之 ARC 與各測驗距離運動表現 (平均速度) 的相關中發現，兩非

線性模式之 ARC 與各運動表現皆達顯著相關水準，且 3P 模式之 ARC 與各運動表現的相

關 ( $r=-.870\sim-.906$ ) 高於 V-t 模式 ( $r=-.550\sim-.703$ ); 另外, 兩線性的 V-1/t 模式只與 200m、300m 及 400m 的運動表現, 以及 D-t 模式與

400m 的運動表現達顯著水準 ( $r$  分別為 .455、.569、.526 及 .469)。

表六 運動表現與 ARC 之相關係數表

	50m	100m	200m	300m	400m
V-t	-0.628*	-0.703*	-0.613*	-0.634*	-0.550*
V-1/t	0.159	0.239	0.455*	0.569*	0.526*
D-t	0.127	0.126	0.262	0.399	0.469*
3P	-0.870*	-0.906*	-0.903*	-0.899*	-0.905*

\* $p<.05$

#### 運動表現與無氧動力相關

本研究中各測驗距離之運動表現與各種無氧動力測驗的相關皆達顯著水準, 其中以 3P 非線性模式所推算出的最大瞬間速度 ( $V_{max}$ ), 隨著平均速度愈快相關係數愈高。

而溫蓋特動力測驗及垂直跳測驗與各距離運動表現的相關都在 .80 以上的水準。如表七所示。

表七 運動表現與無氧動力測驗相關係數表

	50m	100m	200m	300m	400m
溫蓋特	-0.809*	-0.871*	-0.820*	-0.819*	-0.864*
馬加利亞-卡門	-0.588*	-0.583*	-0.537*	-0.518*	-0.569*
垂直跳	-0.838*	-0.845*	-0.858*	-0.831*	-0.787*
最大瞬間速度	-0.915*	-0.933*	-0.825*	-0.721*	-0.760*

\* $p<.05$

#### 討論

##### 各數學模式無氧跑步能力之差異

本研究各數學模式之無氧跑步能力 (ARC) 間的差異, 經變異數分析的結果顯示皆達顯著差異水準, 與吳忠芳等 (1999) 的研究結果相同。但是, 本研究之各數學模式 ARC 與吳忠芳等 (1999) 的研究結果相較之下, 在速度與時間非線性模式及兩線性模式方面, 較吳忠芳等人的研究結果低 (28.94m、7.30m 和 18.30m vs. 293.25m、126.58m 和 171.41m), 只有 3P 非線性模式則

與吳忠芳等人的研究結果相差不多 (585.53m v.s. 552.33m)。如此的差異, 可能是因為測驗距離的組合或受試者特質不同所造成, 本研究的測驗較偏向短距離及以短距離選手為受試者, 與吳忠芳等人 (1999) 則較偏重中長距離 (400m、800m、1500m、3000m、5000m 及 10000m) 做為跑步測驗距離及中長距離選手為受試者, 造成兩種不同類型測驗組合及受試者所繪製成的運動表現趨勢線有所差異, 進而影響 ARC。

早期針對臨界動力 (CP) 與無氧閾值的相關研究中, 已發現兩線性數學模式 CP 值高估及 ARC 值低估的現象, 後來發展出三參數的數學模式處理後即可降低 CP 值及提高 ARC 的推算值 (吳忠芳等, 1999; Morton, 1996), 與本研究所得到的結果相同。

另外, 本研究各數學模式之 ARC 雖然皆達顯著差異水準, 但從運動的時間來看, 各模式的 ARC 都在無氧能量系統的範圍內, 可能代表不同無氧能量的組成。不過, 前三種數學模式 (V-t 非線性、V-1/t 線性模式與 D-t 線性模式) 所推算的值 (7-29m) 大約只有 2~4 秒的運動時間, 很難評量出選手真正的無氧運動能力。唯有 3P 非線性模式所推算出來的值 (585m), 其運動時間大約在一分半鐘左右, 與整個無氧能量系統的無氧運動能力 (ATP-PC 磷化物系統加上無氧糖酵解系統) 相當, 也就是呂香珠 (1991) 所指的質量性無氧運動能力, 可代表人體在短時間內的最大作功能力。因此, 單從各數學模式 ARC 的比較中, 以 3P 非線性模式之 ARC 最具代表無氧運動能力。

雖然本研究從 3P 非線性模式所推算出來的 ARC 與吳忠芳等人 (1999) 以中長距離所推算出的 ARC 相當, 但是, 另一推算出之臨界速度可能有低估的現象, 是否為原本「臨界速度」基本定義為理論上可維持長時間運動而不會疲勞的運動強度, 必須經過實際的實驗才可証實。不過從臨界速度平均值約每秒 3.24m 的速度來看, 可能不是代表最大有氧能力的臨界速度。因此, 本研究以短距離的測驗組合所推算出的 3P 非線性模式 ARC, 雖然也能有效評估選手無氧運動能力, 但是, 臨界速度有低估的現象。過去的

研究針對臨界速度的測驗方式已有相當的研究, Hill (1993) 的文章中則指出, 以 4 至 5 個固定負荷來評量, 是測量臨界動力強度的理想測驗次數, 而且最大持續運動時間的差異以 10 分鐘以上為佳。是否評量無氧運動能力測驗的組合也要有如此的限定, 值得日後加以探討, 尋找出可同時評量有氧與無氧運動能力的最佳數學模式。

#### 各數學模式無氧跑步能力與無氧動力測驗之相關

##### 各數學模式無氧跑步能力間之相關

本研究中各數學模式 ARC 間的相關, 只發現速度-時間倒數與距離-時間兩線性模式 ( $r=.760$ ) 及速度-時間與三參數兩非線性模式之間的相關 ( $r=.713$ ) 達顯著水準, 其餘各模式間皆未達顯著水準。這結果與吳忠芳等 (1999) 認為各數學模式 ARC 皆達顯著相關水準有些許的不同。除了上述不同測驗距離組合及受試者所造成的原因外, Green et al. (1995) 曾針對 CP 測驗或測量時, 運動結束時間的判斷 (通常以無法跟上踩踏頻率來判定), 對於 CP 測量值的計算並沒有顯著的影響, 但是對於 ARC 測量值的計算結果則有顯著的差異影響。Green et al. 發現延緩運動結束時間的判定, 對於 ARC 的測量值會有顯著的提高, 可見數學模式所推算出的 ARC 變異性相當大, 或許這也是造成結果不同的原因之一, 值得日後再度深入探討。

##### 各數學模式無氧跑步能力與無氧動力測驗之相關

各數學模式 ARC 與各無氧動力測驗間的相關方面, 發現除馬加利亞-卡門動力測驗與 V-t 模式外, 兩非線性模式的 ARC 與各無氧動力測驗的相關皆達顯著水準

( $r=.482\sim.830$ )，且 3P 非線性模式與各無氧動力測驗的相關比 V-t 非線性模式的高，而兩線性模式的 ARC 則與各無氧動力測驗皆未達顯著相關水準。

在溫蓋特動力測驗與各數學模式 ARC 的相關方面，與 1988 年 Nebelsick-Gullett et al. 研究及 1989 年 Vandewalle et al. 研究 ( $r=.69$ ) 相同，但是，1996 年 Bulbulian 的研究卻發現 ARC 與 Wingate 的相關未達顯著水準 ( $r=.07$ )，前二個研究的結果與 Bulbulian 的結果不一致，是否因其受試者的同質性不高所引起，或是跑步選手對踩車運動的熟悉程度，進而影響溫蓋特的測驗結果，有待進一步的探討。

#### 最大瞬間速度 ( $V_{max}$ ) 與無氧動力測驗之相關

本研究之最大瞬間速度與無氧動力測驗間的相關皆達顯著水準，其中與垂直跳的相關最高 ( $r=.777$ )，其次是與溫蓋特無氧動力測驗 ( $r=.762$ )，與馬加利亞-卡門無氧動力測驗相關較低 ( $r=.564$ )，顯示  $V_{max}$  也是評估無氧運動能力的有效指標。

#### 運動表現與無氧跑步能力之相關

本研究中各數學模式之 ARC 與各測驗距離運動表現 (平均速度) 的相關中發現，兩非線性模式之 ARC 與各運動表現皆達顯著相關水準，且 3P 模式之 ARC 與各運動表現的相關 ( $r=.870\sim.906$ ) 高於 V-t 模式 ( $r=.550\sim.703$ )；另外，兩線性的 V-1/t 模式只與 200m、300m 及 400m 的運動表現，以及 D-t 模式只與 400m 的運動表現達顯著水準 ( $r$  值分別為 .455、.569、.526 及 .469)。結果顯示非線性數學模式評估無氧運動能力的效果優於線性

數學模式，而 3P 非線性模式又優於 V-t 非線性模式。由此可見，從各數學模式的比較中，3P 非線性數學模式所推算出的 ARC 值不但可代表全部無氧能力所能作功的距離，並且與代表無氧性運動表現的 50m、100m、200m、300m 及 400m 有高度的相關，是本研究中最佳的數學推算模式，與吳忠芳等人 (1999) 的研究結果相同。

#### 運動表現與無氧動力測驗之相關

本研究中各距離的運動表現與各種無氧動力測驗的相關皆達顯著水準，其中，以 3P 模式所推出的  $V_{max}$  與運動表現最高，特別是平均速度愈快相關愈高，與 1999 年吳忠芳等人的研究結果相同。吳忠芳等人研究的測驗距離最短從 400m 至最長的 10000m，所推算出來的  $V_{max}$  只與 400m、800m 及 1500m 的相關達顯著水準，且與 400m 的相關高於 800m 及 1500m，當時吳忠芳等人就推測如果測驗的距離愈短相關可能會愈高的假設，本研究即証實了這項推測，在在證明  $V_{max}$  與無氧運動能力的關連性，且與速度較有關，也就是呂香珠 (1991) 所謂的速度性無氧運動能力，代表人體在短時間內產生最大負荷 (或速度) 的能力，與  $V_{max}$  原本的「最大瞬間速度」定義不謀而合，顯示  $V_{max}$  也是一評量女子短跑選手無氧運動能力的一項有效指標。另外，溫蓋特動力測驗及垂直跳測驗分別與各距離運動表現的相關較高。結果再次確認溫蓋特動力測驗及垂直跳對無氧運動能力評估的效度。但是，馬加利亞-卡門無氧動力測驗相關較低的結果，是否是因為受試者對跑樓梯運動的不熟悉所導致的影響，值得從心理學的

角度加以探討心理恐懼對測驗成績的影響；或是 0.5 秒左右極短時間的無氧動力(ATP-PC 磷化物系統)與一般的無氧工作能量(ATP-PC 磷化物系統及無氧醣酵解系統)之差異，也值得進一步探討。

## 結論

數學模式 ARC 之差異及與運動表現之相關

本研究中各數學模式所推算出來的 ARC 皆達顯著差異水準，只有 3P 非線性模式所推算的 ARC 較能代表全部無氧能量所能作功的距離，而且與各距離運動表現的相關達顯著水準，同時平均速度愈快相關係數愈高，為

本研究最佳之推算女子短距離選手無氧跑步能力之數學模式。

數學模式 ARC 與無氧動力測驗之相關

本研究中各數學模式 ARC 與各種無氧動力測驗之相關中，只發現兩非線性模式之 ARC 與各無氧動力測驗的相關達顯著水準，其中，又以 3P 非線性模式之 ARC 與各無氧動力測驗相關較高 ( $r=.810\sim.830$ )。另外，3P 非線性模式所推算出的另一最大瞬間速度 ( $V_{max}$ ) 變項，與各無氧動力測驗及各測驗距離運動表現的相關皆有高度的相關，在在證明 3P 非線性模式為評估女子短距離選手無氧跑步能力之最佳數學模式。

## 引用文獻

- 王順正 (1992)：垂直跳動力測驗的探討。**中華民國大專院校體育總會八十一年度體育學術研討會專刊**，349-362。
- 王順正 (1998)：長跑選手臨界速度跑的生理反應研究。國立台灣師範大學體育研究所博士論文，未出版，台北市。
- 王順正、林正常、莊泰源、郭堉圻 (1998)：實驗室與田徑場跑步速度耐力模式測驗結果的比較。**體育學報**，26，289-296。
- 吳忠芳、王順正、林玉瓊、莊泰源、林正常 (2000)：長跑選手無氧跑步能力判定法之比較研究。**體育學報**，28，369-378。
- 吳忠芳、林正常、王順正 (1998)：青少年游泳選手臨界速度數學推算模式之比較研究。**體育學報**，25，149-158。
- 呂香珠 (1991)：無氧動力測驗的新詮釋及其應用時機。**中華體育**，16，61-69。
- 林正常 (1993)：運動科學與訓練--運動教練手冊。台北：銀禾文化。
- 林正常 (1996)：運動生理學實驗指引。台北：師大書苑。
- Bangsbo, J., Michalsic, L., & Petersen, A. (1993). Accumulated  $O_2$  deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 14, 207-213.
- Bulbulian, R., Jeong, J. W., & Murphy, M. (1996). Comparison of anaerobic components of the Wingate and critical power tests in males and females. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 28, 1336-1341.
- Bulbulian, R., Wilcox, A. R., & Darabos, B. L. (1986). Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 18, 107-113.
- Craig, I. S., & Morgan, D. W. (1998). Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 30, 1631-1636.
- DeVries, H. A., & Moritani, T. (1980). A simple, direct method for estimation of aerobic power and anaerobic threshold. Abstract. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 12, 86.
- Gaesser, G. A., Carnevale, T. J., Garfinkel, A., Walter, D. O., & Womack, C. J. (1995). Estimation of critical power with nonlinear and linear models.

- Medicine and Science in Exercise and Sports*, 27, 1430-1438.
- Green, S., & Dawson, B. T. (1996). Methodological effects on the  $\text{VO}_2$ -power regression and the accumulated  $\text{O}_2$  deficit. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 28, 392-397.
- Green, S., Bishop, D., & Jenkins, D. (1995). Effect of end-point cadence on the maximal work-time relationship. *European Journal of Applied Physiology*, 71, 559-561.
- Hill, D. W., & Smith, J. C. (1994). A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. *The Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 34, 23-37.
- Hill, D. W., Smith, J. C., Chasteen, S. D., Leuschel, J. L. & Miller, S. A. (1994). Methodological considerations in estimation of parameters of the power-time relationship. Abstract. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 26(5), 44.
- Hopkins, W. G., Edmund, I. M., Hamilton, B. H., Macfarlane, D. J. & Ross, B. H. (1989). Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. *Ergonomics*, 32, 1565-1571.
- Housh, D. J., Housh, T. J. & Bauge, S. M. (1990). A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61, 406-409.
- Housh, T. J., DeVries, H. A., Housh, D. J., Tichy, M. W., Smyth, K. D., & Tichy, A. M. (1991). The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. *The Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 31, 31-36.
- Housh, T. J., Johnson, G. O., McDowell, S. L., Housh, D. J. & Pepper, M. L. (1992). The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. *The Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 32, 117-122.
- Jenkins, D. G. & Quigley, B. M. (1991). The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. *Ergonomics*, 34, 13-22.
- Kalamen, J. (1968). *Measurement of maximum muscular power in man*. Doctoral Dissertation: The Ohio State University.
- Margaria, R., Aghemo, P. & Rovelli, E. (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *Journal of Applied Physiology*, 21, 1662-1664.
- Medbo, J. I., Mohn, A., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O. & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated  $\text{O}_2$  deficit. *Journal of Applied Physiology*, 64, 50-60.
- Monod, H. & Scherrer, J. (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, 8, 329-338.
- Morton, R. H. & Hodgson, D. J. (1996). The relationship between power output and endurance: a brief review. *European Journal Applied Physiology*, 73, 491-502.
- Morton, R. H. (1996). A 3-parameter critical power model. *Ergonomics*, 39, 611-619.
- Nebelsick-Gullett, L. J., Housh, T. J., Johnson, G. O. & Bauge, S. M. (1988). A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. *Ergonomics*, 31, 1413-1419.
- Toussaint, H. M., Wakayoshi, K., Hollander, A. P. & Ogita, F. (1998). Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 30, 144-151.
- Vandewalle, H., Kapitaniak, B., Grun, S., Raveneau, S. & Monod, H. (1989). Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. *European Journal Applied Physiology*, 58, 375-381.
- Vandewalle, H., Vautier, J. F., Kachouri, M., Lechevalier, J-M & Mond, H. (1997). Work-exhaustion time relationships and the critical power concept - a critical review. *The Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 37, 89-102.
- Weyand, P. G. & Cureton, K. J. (1993). Peak oxygen deficit during one and two legged cycling in men and women. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 25, 584-591.

## **Studies of the Anaerobic Running Capacity on Short-Distance Female Runners**

**Kan Fon-Du**

National Chiayi University

### **ABSTRACT**

The purposes of this study were to determine the anaerobic running capacity (ARC) and to study the relationship between statistic ARC values and real exercise performance. Subjects were 16 female runners. These runners were tested on five short-distances running with balanced order. The ARC data were obtained from the calculations using non-linear velocity-time model, linear model of velocity-1/time model, linear model of distance-time and non-linear model of three parameters. These ARC data were then analyzed by ANOVA with one-way repeated measures to study the significance of ARC values among those different models. The correlation between these ARC values and other anaerobic capacity tests, the measurements of vertical jump, Margaria-Kalamen test, and Wingate test on runners were also conducted. Pearson's product-moment statistic model was then employed to determine the correlation between the ARC values obtained from the statistical model and anaerobic capacity tests. The ARC values calculated from each model reached significant difference in this study, especially, the ARC determined by the 3P model was the better representative of all the anaerobic running distance tests. The correlation between ARC of two non-linear model and anaerobic tests showed significant correlations, especially, the ARC determined by the 3P model revealed a high correlation ( $r=.810\sim.830$ ). It is concluded that the 3P non-linear model is the best model for evaluating ARC in female short-distance runners.

**Key words:** Short-distance runner, Anaerobic running capacity, Anaerobic test