

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 登階運動後不同恢復期心跳數與心肺耐力指數評估最大攝氧量之分析

Estimation of VO₂max: A Comparative Analysis of Postexercise Heart Rate and Cardiorespiratory Endurance Index from 3-minute Step Test

doi:10.6127/JEPF.2007.06.12

運動生理暨體能學報, (6), 2007

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (6), 2007

作者/Author：劉錦謀(Chin-Mou Liu);林貴福(Kuei-Fu Lin)

頁數/Page：131-142

出版日期/Publication Date：2007/08

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.2007.06.12>



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



登階運動後不同恢復期心跳數與心肺耐力指數 評估最大攝氧量之分析

劉錦謀* 林貴福
國立新竹教育大學

摘要

本研究旨在分析登階運動後不同恢復心跳數對評估有氧適能的效度。以 31 名男性大學生為受試對象，平均年齡 19.77 ± 1.20 歲、身高 173.31 ± 6.26 公分、體重 64.34 ± 8.91 公斤、最大攝氧量 ($\dot{V}O_{2\max}$) $47.08 \pm 3.39 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。所有受試者依平衡次序進行一次最大努力運動測驗與三次不同負荷登階測驗，登階負荷分別為登階高度 30、35 和 40 公分配合 24 次/分的登階頻率，依登階運動後三種不同恢復期評估參數進行分析，包括恢復期 5-20 秒 (PHR15)、60 秒 (PHR60) 兩項恢復心跳數與恢復期 1 分至 1 分 30 秒、2 分至 2 分 30 秒與 3 分至 3 分 30 秒恢復心跳數核算獲得之心肺耐力指數等評估參數為研究變項。以最大努力運動測驗所得 $\dot{V}O_{2\max}$ 為有氧適能水準的指標，透過積差相關法分析不同負荷登階測驗後，不同恢復期心跳數及心肺耐力指數分別與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之相關；以直線迴歸分析不同恢復期心跳數與心肺耐力指數評估有氧適能效度，所有統計值的顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。統計結果發現以登階高度 40 公分配合登階頻率 24 次/分的組合進行測驗，依恢復心跳數核算之心肺耐力指數擁有最佳預測有氧適能的效度 ($r = .50, p < .05$) 與較小的誤差 ($\text{SEE} = 2.94 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)。因此，針對男性大學生族群，以登階高度 40 公分和登階頻率 24 次/分進行登階測驗，其所獲得的心肺耐力指數是為評估有氧適能的最佳參數。

關鍵詞：登階測驗、恢復心跳數、有氧適能

連絡作者：劉錦謀

聯絡電話：0933469479

投稿日期：96 年 03 月

通訊地址：300 新竹市南大路 521 號

E-mail：seamon21@hotmail.com

接受日期：96 年 06 月

緒論

問題背景

三分鐘登階測驗 (three minute step test) 是為評估有氧適能的間接檢測方法之一，其理論依據在於經訓練的受試者（或稱有氧適能較佳者）比未經訓練的受試者在從事運動時生理機能有較佳的工作效率，運動後具有較強的恢復能力，造成個體之間的恢復速率會有所差異 (Powers & Howley, 2001)，而三分鐘登階測驗即是以運動後恢復心跳數為參數，據此來判斷受測對象有氧適能的優劣。過去所發展的登階測驗中，恢復心跳數的擷取時機皆不盡相同，Queens' College Step Test (McArdle, Katch, & Katch, 1991) 以恢復期 5-20 秒的恢復心跳次數為參數，YMCA Step Test (Golding, Myers, & Sinning, 1989) 則以恢復期第一分鐘的心跳次數為參數，並且研究證實，恢復期第一分鐘或以內的恢復心跳數與最大攝氧量 (maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2max}$) 的關係最為密切，研究者建議選擇恢復期第一分鐘的恢復心跳數代入心肺耐力指數公式 (薛淑琦, 1992)，過去文獻則採用恢復期 5-20 秒的脈搏數，做為評估有氧適能的依據 (Bell & Jacobs, 1992; Buono, Roby, Micale, Sallis, & Shepard, 1991; Francis & Cuiepper, 1988; Francis & Brasher, 1992; Jones, Wakefield & Koataki, 1987)，然而，相較於國內所使用的三分鐘登階測驗仍參照 Harvard Step Test (Brouha, 1943)的心肺耐力指數公式，以恢復

期 1 分至 1 分 30 秒、2 分至 2 分 30 秒及 3 分至 3 分 30 秒的心跳數為參數進行評估，因此，不同時段恢復心跳數和心肺耐力指數 (Cardiorespiratory Endurance Index, CEI) 是否影響登階測驗評估個體有氧適能的正確性？選擇何時段恢復心跳數做為評估參數，使登階測驗有最佳的預測有氧適能效度？應做進一步釐清。

此外，登階測驗的構成要素包括登階高度、登階次數與運動持續時間，運動負荷的強弱即來自於此若干構成要素的變化，國內明訂三分鐘登階測驗以 35 公分的登階高度配合 24 次/分登階頻率做為 6 歲至 65 歲國民有氧適能的評估工具 (行政院體育委員會, 1998)，而 Queens' College Step Test 與 YMCA Step Test 除了恢復心跳數擷取時機與國內不同之外，在登階高度上亦不盡相同 (如表一)，因此，為比較不同時段恢復心跳率對登階測驗評估有氧適能效度的影響，本研究以 30、35 及 40 公分的登階高度，配合 24 次/分的登階頻率，運動持續時間 3 分鐘，做為登階測驗的強度負荷組合，考驗男性大學生進行登階測驗後的不同時段恢復心跳數及心肺耐力指數分別與最大有氧能力的相關，並依直線迴歸分析登階測驗評估有氧適能的效度與變異，以探索男性大學生進行登階測驗後，最佳的恢復心跳數擷取時機。

表一 不同登階測驗內容摘要表

名稱	對象	階高 公分 (英吋)	頻率 (次/分)	時間 (分)	恢復心跳率 擷取時機
Harvard step test	男性 大學生	50.8 (20)	30	5	運動後坐姿恢復 1 分至 1 分 30 秒 2 分至 2 分 30 秒 3 分至 3 分 30 秒
Queens' college step test	大學 成年人	41.25 (16.25)	男性 24 女性 22	3	運動後立姿恢復 第 5-20 秒
YMCA step test	健康 成年人	30.5 (12)	24	3	運動後坐姿恢復第 1 分鐘
三分鐘 登階測驗	6-65 歲 國民	35	24	3	同於 Harvard step test

名詞操作性定義

不同時段恢復心跳數

受試者進行登階測驗後，於恢復期不同時段的心跳數。以登階運動後 5-20 秒心跳數 (5 to 20-sec postexercise heart rate, PHR15) 及運動後第 1 分鐘 (60-sec postexercise heart rate, PHR60)，為本研究主要的恢復心跳數參數。

心肺耐力指數

以三分鐘登階測驗後，恢復期 1 分至 1 分 30 秒 (A)、2 分至 2 分 30 秒 (B) 與 3 分至 3 分 30 秒 (C) 的心跳數，代入心肺耐力指數公式 (行政院體育委員會，1998) 所核算數值即為心肺耐力指數，簡稱 CEI。公式為：

$$\text{心肺耐力指數} = \frac{\text{運動持續時間(s)}}{(A + B + C) \times 2} \times 100$$

研究方法

研究對象

本研究以男性非體育科系大學一般生 31 名為研究對象，每週運動約 4-8 小時，活動內容以競賽運動為主 (籃球、羽球)。經說明後瞭解研究相關內容，並填具身體活動調查表 (physical activity readiness questionnaire, PAR-Q) (Thomas, Reading, & Shephard, 1992) 做為篩選適合參與實驗與否之依據，確立過去均無心臟、血壓或骨關節等疾病，或經醫師囑咐不宜從事劇烈運動之相關病史，再簽署受試者同意書後始為本研究受試者。基本資料如下表二。

表二 受試者基本資料 (N = 31)

	最大值	最小值	全距	平均值±標準差
年齡 (yr)	23.00	18.00	5.00	19.77 ± 1.20
身高 (cm)	186.00	160.00	24.00	173.31 ± 6.26
體重 (kg)	95.60	48.10	47.50	64.34 ± 8.91
BMI (kg/m ²)	27.93	17.51	10.42	21.36 ± 2.14
$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	53.62	38.39	15.23	47.08 ± 3.39

實驗方法與步驟

本研究受試者以平衡次序法分別完成三次登階測驗與一次最大努力運動測驗，每次登階測驗相隔時間至少 24 小時，最大努力運動測驗與下一次的測驗相隔至少 48 小時，受試者均於 2 週內完成所有測驗項目。

受試者進行三分鐘登階測驗前以坐姿休息 5 分鐘，其後隨節拍器之節奏 (96 拍/分；即 24 次/分)，連續上下登階箱 3 分鐘。運動 3 分鐘後，請受試者靜坐於椅子上安靜休息，依心跳記錄器 (K4b² 氣體分析儀內建心率偵測系統) 記錄受試者恢復期起之心跳率，心跳數依 K4b² 氣體分析儀之備套電腦軟體設定為每五秒記錄一次心跳率，依 PHR15、PHR60 及 CEI 擷取不同時段之心跳率平均值核算之。而不同時段恢復心跳數與 CEI 即為本研究之分析變項。

受試者依 Bruce protocol 於原地跑步機進行一次最大努力運動測驗 (林正常，1995)，全程配帶 K4b² 氣體分析儀，若受試者於運動過程中，達到下列兩項或兩項以上反應則判定受試者已達個人 $\dot{V}O_2\text{max}$ ，並依此為本研究之效標變項。。

繼續增加負荷後，所增加的攝氧量 < 2ml · kg⁻¹ · min⁻¹。

受試者的心跳數達最大心跳數 ± 10 次/分。

呼吸商 > 1.10。

Borg 運動自覺量表 (rating of perceived exertion, RPE) ≥ 18。

再繼續運動，攝氧量呈現下降。

研究工具

K4b² 氣體分析儀 (Cosmed K4b² system, Italy)

計量並分析受試者運動過程中的攝氧量，單位為 ml · kg⁻¹ · min⁻¹。內建心率偵測系統，全程記錄受試者運動過程中的心跳率，並由配套電腦軟體設定為每五秒記錄單位。

原地跑步器 (Steelflex treadmill XT-7600, Taiwan)

受試者透過原地跑步機進行最大努力運動測驗，依 Bruce protocol 漸增跑速及坡度。

登階箱 (platform)

以自製 30、35 及 40 公分高之立體木質登階箱，做為受試者進行登階測驗的工具，

登階箱表面經過防滑處理。

碼錶 (CASIO stopwatch HS-10W, Japan)

以碼錶記錄受試者進行登階測驗的運動期與恢復期的時間。

節拍器 (COUNT Multi-Feature metronome DK-22, Taiwan)

以節拍器的穩定節奏聲響引導受試者進行登階的動作頻率，節拍設定為每分鐘 96 拍，即為每分鐘上下登階箱 24 次。

資料處理與分析

以描述統計呈現受試者基本資料。

透過皮爾森積差相關法 (Pearson's product-moment correlation) 考驗登階測驗後，PHR15、PHR60 及 CEI 分別與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之相關。再以相關係數的差異檢定，比較三

者相關係數間的優劣。

以直線迴歸分析 (Linear regression analysis) 登階測驗評估有氧適能效率與變異。

以 Bland-Altman plot 圖示預測值相對實測值之間的偏離情形。

所有統計值的顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

結果與討論

本研究經統計分析後，各時段恢復心跳數、CEI 分別與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之相關呈現如表三。統計結果發現，PHR15 與 PHR60 僅於登階頻率 24 次/分、登階高度 40 公分時與 $\dot{V}O_{2\max}$ 的相關係數達顯著水準，而 CEI 則在登階高度 35 公分與 40 公分時達顯著相關，其中又以 CEI 在登階高度 40 公分時，與 $\dot{V}O_{2\max}$ 的相關程度最為密切 ($r = .50$, $p < .05$)。

表三 不同時段恢復心跳數、CEI 與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之相關係數摘要表

運動負荷		PHR15	PHR60	CEI
登階頻率	登階高度			
24 次/分	30 公分	-.32	-.21	.18
	35 公分	-.29	-.22	.38*
	40 公分	-.36*	-.48*	.50*

* $p < .05$

過去研究以 25-40 公分的高度進行登階測驗，發現登階高度為 35 公分及 40 公分時的評估結果，與 $\dot{V}O_{2\max}$ 有較密切的關係，相關係數介於 $r = .68$ -.89 (吳忠勳，2004；薛淑琦，1992；Shapiro, Shapiro, & Magazanik, 1976)，證實以較高的登階高度 (35-40 公分)

進行登階測驗，評估 $\dot{V}O_{2\max}$ 有較佳的效率，而本研究亦證實，登階頻率 24 次/分、登階高度為 40 公分時，PHR15、PHR60 及 CEI 分別與 $\dot{V}O_{2\max}$ 的相關性 ($r = -.36$, $r = -.48$ 及 $r = .50$)，皆高於其他負荷組合。王順正、林正常 (1995) 針對 31 則登階測驗進

行效度概化的結果發現，登階測驗較適合於女性和青少年（11-18 歲），同時認為此現象可能是由於青少年運動能力較差，相較於青少年以上年齡者（如青年、青壯年），登階測驗所構成的相對運動強度可能比較強，也可能是青少年的身高較矮，相同的登階高度造成較大的相對運動強度。因此，針對男性大學生族群，應提高登階高度以增加進行登階測驗時的相對運動強度，藉以提昇登階測驗預測有氧適能效度。然而，Ashley, Smith, and Reneau (1997) 認為太高的登階高度，將使受試者下肢肌群加速疲勞而干擾測驗結果，並質疑測驗結果是代表下肢肌耐力水準，而非有氧適能。因此，提高登階高度亦有其恰當的範圍，本研究認為適合大學男性族群的三分鐘登階測驗，應改變登階高度為 40 公分，登階頻率 24 次/分。為比較不同時段恢復心跳數與 CEI 對登階測驗評估有氧適能效度的影響，依據表三的統計結果，本

研究選擇登階高度 40 公分配合登階頻率 24 次的負荷組合再進一步分析。

直線迴歸分析結果發現，以 CEI 與 PHR60 為預測變項的統計結果相類似（分別為 $r = .50$ 與 $r = -.48$ ），與 $\dot{V}O_{2\max}$ 的相關性略高於 PHR15 ($r = -.36$)，再以相關係數的差異檢定考驗三者之間的異同，統計結果發現，PHR15、PHR60 及 CEI 分別與 $\dot{V}O_{2\max}$ 的相關係數，兩兩之間均無統計上的差異（如表四），換言之，三者分別與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之間有同樣的相關程度。此外，估計標準誤（standard error of estimate, SEE）則介於 $2.94 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 至 $3.16 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，可見由登階測驗後恢復心跳率與 CEI 預測 $\dot{V}O_{2\max}$ 的正確性，皆在可接受的範圍，其中以 CEI 做為預測參數時，會有最佳的正確性與較小的誤差，而 PHR60 的分析結果同樣有相當類似的表現，做為預測參數時的誤差情形略低於 PHR15（如表五）。

表四 不同預測參數與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之相關係數差異考驗

	PHR15	PHR60	CEI
PHR15	—	-0.96	-0.85
PHR60		—	-0.24
CEI			—

$t_{97.5(28)} = \pm 2.048$

表五 不同時段心跳數、CEI 預測 $\dot{V}O_{2\max}$ 之直線迴歸分析結果摘要表

預測變項	截距	β	R	R^2	SEE
PHR15	64.309	-.481	-.36	.13	3.16
PHR60	60.831	-.113	-.48	.23	2.97
CEI	37.342	.145	.50	.25	2.94

註：運動負荷統一為登階高度 40 公分配合登階 24 次/分

過去研究不同時段恢復心跳數與 $\dot{V}O_{2\max}$ 的相關文獻中，Santo and Golding (2003) 發現 PHR15 與 PHR60 的預測 $\dot{V}O_{2\max}$ 效度沒有差異（分別為 $r = -.58$ 、 $r = -.61$ ），Francis and Cuiepper (1988) 以 30 位 19-35 歲的女性為受試者進行三分鐘登階測驗，依受試者恢復期站姿 PHR15，發現與最大攝氧為呈顯著相關（ $r = -.70$ ），又 Francis and Brasher (1992) 以 33 位 18-47 歲的男性為受試者，用三種不同登階頻率（22 次/分、26 次/分、30 次/分）的三分鐘登階測驗，同樣測量受試者恢復期站姿 PHR15，結果顯示三種不同之登階測驗所得的恢復心跳數與 $\dot{V}O_{2\max}$ 相關程度依序為 $r = -.77$ 、 $r = -.81$ 和 $r = -.81$ ，在早期 McArdle, Katch, Pechar, Jacobson, and Ruck (1972)、Watkins (1984) 更揭示出 PHR15 與 $\dot{V}O_{2\max}$ 的相關性高達 $r = -.92$ 與 $r = -.94$ ，顯示過去研究認為 PHR15、PHR60 分別與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之間均達顯著相關，並且 PHR15 與 PHR60 的預測 $\dot{V}O_{2\max}$ 效度似乎沒有差異。而本研究相較於過去文獻雖有類似的結果，PHR15 與 $\dot{V}O_{2\max}$ 之間的相關性與 PHR60 的考驗結果無統計上的差異，但即使是相關性最高的 CEI ($r = .50$)，均不及過去的研究結果（相關係數介於 $r = -.58$ 至 $r = -.94$ ），惟 Francis and Braserr (1992)、Francis and Cuiepper (1988)、McArdle 等 (1972) 與 Watkins (1984) 的研究於登階運動後採立姿恢復，而本研究依據我國行政院體委會 (1998) 所訂制的檢測流程（同於 Harvard step test 的恢復心跳數擷取流程），於運動後旋即採坐姿恢復，不同的恢復姿勢將影響運動後恢復心跳

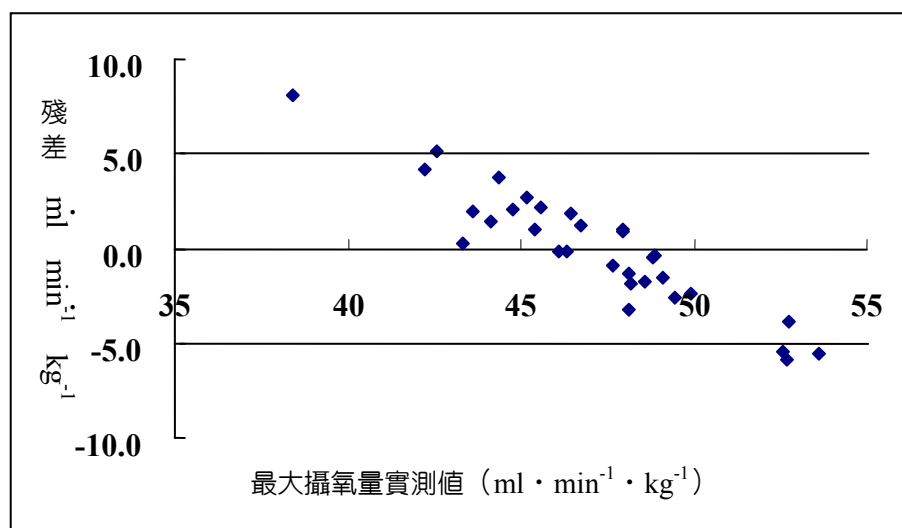
數的變化 (Santo & Golding, 2003)，亦間接影響恢復心跳數的預測有氧適能效度。然而，王文筆、林正常 (2002) 曾以三分鐘登階後走動、立姿及坐姿三種恢復姿勢，量測恢復期心跳數並核算 CEI，考驗三種不同 CEI 與 3000 公尺耐力跑步測驗成績的相關，結果發現三種 CEI 與耐力跑成績均無顯著相關，並且立、坐姿恢復所得的 CEI 並無顯著差異。但 CEI 的測量時間較長，為登階運動後 1 分鐘至運動後 3 分 30 秒，相較於 PHR15 及 PHR60，於登階運動後 5 到 20 秒及 60 秒內的心跳數，是否會受到登階運動後恢復姿勢的影響，仍有待進一步的探討，因此，未來可分析不同恢復姿勢和恢復心跳數的擷取時機，以找出最佳的恢復心跳數的擷取模式。此外，過去文獻所採用的登階負荷與受試者年齡、性別與體能水準等變項，相較於本研究均不盡相同，針對不同登階負荷與研究對象是否有同於本研究的結果，未來研究亦有加深加廣的必要。而本研究結果認為我國男性大學生依登階高度 40 公分、登階頻率 24 次/分，進行三分鐘登階測驗的恢復期若採坐姿休息，應以 CEI 為評估有氧適能參數以達最佳的評估效度（ $r = .50, p < .05$ ）。

然而，本研究在各時段恢復心跳數與 CEI 分別預測 $\dot{V}O_{2\max}$ 的估計標準 (SEE) 則優於過去的研究結果，可能是由於本研究的受試者族群同質性高所造成。Hui and Cheung (2004) 依據登階測驗後的結果，與其他不同 $\dot{V}O_{2\max}$ 間接測量法做比較，發現登階測驗不僅在評估有氧適能正確性方面（ $r = .78$ ）不亞於其他測驗方法（ $r = .71$ 至 r

= .80)，SEE 亦有較小的表現 ($SEE = 3.81 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)，其他研究則介於 4.07 至 $4.78 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)，而本研究 SEE 又小於 Hui and Cheung 的研究 (SEE 介於 2.94 至 $3.16 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)。但仍有類似的研究提出，登階測驗不僅在評估有氧適能效率不及其他測驗方法，SEE 更高達 $5.57 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，認為登階測驗存在高誤差、低相關的問題 (Zwiren, Freedson, Ward, Wike, & Rippe, 1991)。然而，Zwiren 等 (1991) 採運動後立姿恢復，依 PHR15 的心跳數做為預測參數，但以 McArdle 等 (1972) 的預測公式求得 $\dot{V}O_{2\max}$ 預測值，而非直接以 PHR15 測量值進行迴歸分析，再者，作者所使用的 Queens' College Step Test 並非針對 30-39 的

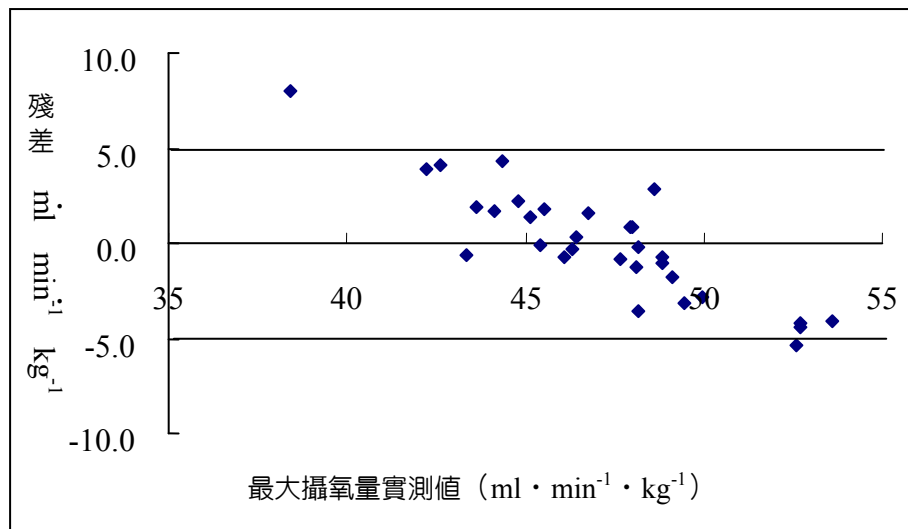
女性受試者而設計，運動負荷可能超過受試者適應的範圍，因此，預測公式與運動負荷亦可能造成研究結果呈現高誤差、低相關的原因。

再以 Bland-Altman plot (Bland & Altman, 1986) 圖示 $\dot{V}O_{2\max}$ 預測值相對於實測值的偏離情形，透過預測值相對於實測值的殘餘誤差項 (residual)，呈現各個受試者的測驗結果相對於實測值的差異。圖一、二及三即分別為 PHR15、PHR60 及 CEI 的統計結果，圖一顯示有 83% 的殘餘誤差項小於 $5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，而圖二、三則皆為 93.55%，證實以 PHR60 與 CEI 做為預測參數時， $\dot{V}O_{2\max}$ 的預測結果過於偏離實測值的可能性較小。



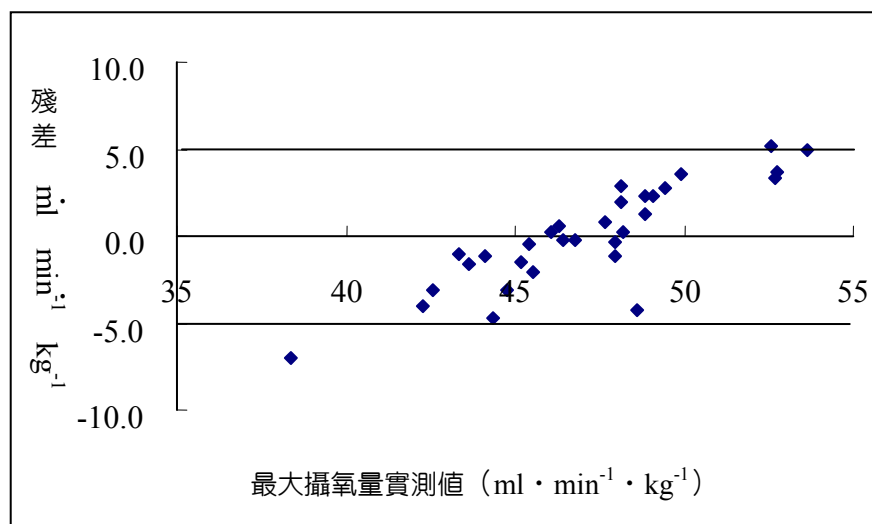
圖一 最大攝氧量預測值與實測值之誤差示意圖

*預測變項：PHR15



圖二 最大攝氧量預測值與實測值之誤差示意圖

*預測變項：PHR60



圖三 最大攝氧量預測值與實測值之誤差示意圖

*預測變項：CEI

依本研究結果，以登階運動後心跳數或 CEI 評估男性大學生有氧適能，應選擇登階高度 40 公分配合登階頻率 24 次/分的負荷組合，並且依 CEI 做為預測參數將有最佳的正確性與較小的誤差值 ($r = .50$, $SEE = 2.94 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)，其次，PHR60 也有相類似的評估結果 ($r = -.48$, $SEE = 2.97 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)，略優於 PHR15 的評估能力 ($r = -.36$, $SEE = 3.16 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)。因此，若考量大樣本和簡便的實用性需求，可選擇 PHR60 做為評估參數，唯 PHR60 在實際檢測場合中，須於運動結束後 5 秒內開始量測恢復期心跳數，若使用觸診法應審慎評估，以避免檢測人員未能在規範時間內測量正確的心跳數。

結論與建議

結論

本研究經討論分析後發現，以登階測驗評估男性大學生族群的有氧適能，應選擇登階高度 40 公分配合登階頻率 24 次/分的負荷組合，運動後採坐姿恢復，並依據 CEI 做為預測參數將有最佳的正確性與較小的誤差值，而 PHR60 亦有近似的研究結果，略優於 PHR15 的評估能力。

建議

登階測驗後不同的恢復姿勢將影響恢復期的心跳率變化，因此，未來可針對不同休息姿勢對恢復心跳數或 CEI 評估有氧適能效度的影響進行研究，以探索最佳的登階測驗評量方式。

本研究結果證實，針對我國男性大學生進行三分鐘登階測驗，評估參數 CEI 與 PHR60 有類似的評估效果，而在實際體能檢測場合，又以 PHR60 有較經濟的測驗時間，然若非訓練有素的檢測人員，或受測者的橈動脈搏動較微弱，採用觸診法可能會來不及在運動後 5 秒開始測量，未來實際應用應考慮適合的評估方式，以避免檢測人員未能在規範時間內測量正確的心跳數。

三分鐘登階測驗於國內施測對象為 6-65 歲的國民，而本研究僅以同質性較高的 18-23 歲大學男性為受試者，未來在測驗方法修改上，建議可參考本研究再做更廣泛的延伸，以建置較為適用的測驗方法或常模。

引用文獻

- 王文筆、林正常 (2002)：登階測驗恢復方式對心肺耐力指數的影響－以政治作戰學校專科二年級男生為例。**大專體育學刊**，4 (2)，179-186。
- 王順正、林正常 (1995)：登階測驗評估最大攝氧量的效度概化。**體育學報**，20，351-362。
- 吳忠勳 (2004)：遞增運動負荷登階測驗和 800 公尺跑走與最大攝氧量之相關研究。未出版碩士論文，國立屏東師範學院，屏東市。
- 林正常 (1995)：運動生理學實驗指引。臺北市：師大書苑有限公司。
- 行政院體育委員會 (1998)：國民體能檢測實務手冊。臺北市：行政院體育委員會。
- 薛淑琦 (1992)：腿長與不同負荷之登階測驗對青少年有氧適能之評估研究。未出版碩士論文，國立體育學院運動科學研究所，桃園縣。
- Ashley, C. D., Smith, J. F., & Reneau, P. D. (1997). A modified step test based on a function of subjects stature. *Perceptual and Motor Skills*, 1997, 85, 987-993.
- Bell, D. G., & Jacobs, I. (1992). Blood lactate

- response to the Canadian aerobic fitness test in females. *Canadian Journal of Sports Science*, 17(2), 148-151.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1, 307-310.
- Brouha, L. (1943). The step test: A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. *Research Quarterly*, 14(1), 31-36.
- Buono, M. J., Roby, J. J., Micale, F. G., Sallis, J. F., & Shepard, W. E. (1991). Validity and reliability of predicting maximum oxygen uptake via field tests in children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 3, 250-255.
- Francis, K., & Brasher, J. D. (1992). A high-adjusted step test for predicting maximal oxygen consumption in males. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(3), 282-287.
- Francis, K., & Cuieppper, M. (1988). Validation of a three minute high-adjusted step test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 28(3), 229-233.
- Golding, L. A., Myers, C. R., & Sinning, W. E. (1989). *Y's way to physical fitness* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hui, S. C., & Cheung, P. Y. (2004). Comparison of the effects of three stepping cadences on the criterion-related validity of a step test in Chinese children. *Measurement in Physical Education and Exercise science*, 8(3), 167-179.
- Jones, P. W., Wakefield, J. M., & Kontaki, E. (1987). A simple and portable paced step test for reproducible measurements of ventilation and oxygen consumption during exercise. *Thorax (London)*, 42(2), 136-143.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1991). *Exercise physiology: energy, nutrition and human performance*. (3rd ed.). Philadelphia: Lea & Febiger.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., Pechar, G. S., Jacobson, L., & Ruck, S. (1972). Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step-test scores in college women. *Medicine and Science in Sports*, 4, 182-186.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2001). *Exercise physiology*. (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Santo, A. S., & Golding, L. A. (2003). Predicting maximum oxygen uptake from a modified 3-minute step test. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(1), 110-115.
- Shapiro, A., Shapiro, Y., & Magazanik, A. (1976). Simple step test to predict aerobic capacity. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 16, 209-214.
- Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. J. (1992). Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sports Sciences*, 17(4), 338-345.
- Watkins, J. (1984). Step tests of cardiorespiratory fitness suitable for mass testing. *British Journal of Sports Medicine*, 18, 84-89.
- Zwiren, L. D., Freedson, P. S., Ward, A., Wilke, S., & Rippe, J. M. (1991). Estimation of $\dot{V}O_{2max}$: A comparative analysis of five exercise tests. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62(1), 73-78.

Estimation of $\dot{V}O_2\text{max}$: A Comparative Analysis of Postexercise Heart Rate and Cardiorespiratory Endurance Index from 3-minute Step Test

Chin-Mou Liu* Kuei-Fu Lin

National Hsinchu University of Education

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the accuracy of three postexercise heart rate parameters from 3-min step test to estimate $\dot{V}O_2\text{max}$. Thirty-one college male subjects ($M \pm SD = 19.77 \pm 1.20$ years; 173.31 ± 6.62 cm; 64.34 ± 8.91 kg) had $\dot{V}O_2\text{max}$ ($M \pm SD = 47.08 \pm 3.39$ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$) measured by Bruce treadmill test. Subjects performed three step tests (24 ascents/min) with stepping height were 30, 35, and 40 cm, respectively. Direct measurements of $\dot{V}O_2\text{max}$ obtained from the treadmill test were correlated with 5 to 20-sec postexercise heart rate (PHR15), 60-sec postexercise heart rate (PHR60), and Cardiorespiratory Endurance Index (CEI) calculated after three different step test protocols. Linear regression analysis used to determine the estimate $\dot{V}O_2\text{max}$ deviated from the measured $\dot{V}O_2\text{max}$. An alpha level of .05 was selected. Results indicated the CEI from performing 3-min step test with 40 cm of stepping height and 24 ascents/min of stepping cadences was seemed to be a more effective ($r = .50$) and lower standard error of estimates ($SEE = 2.94$ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$), which was practical field test to estimate the aerobic fitness of college males.

Key words: step test, postexercise heart rate, aerobic fitness