

國小學童心肺耐力測驗方法之探討

黃榮宗 國立新竹教育大學體育學系講師

前言

美國健康體育休閒舞蹈協會 (American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, AAHPERD) 自 1958 年提出美國青少年體能測驗 (AAHPERD Youth Fitness Test) 之後，體能測驗逐漸引起各國重視，並於 1976 年提出運動能力和健康體能不同屬性的概念，1984 年正式將原本所強調的敏捷、協調、速度、反應與知覺等運動能力，歸屬為「運動體能」；而心肺耐力、肌力 / 肌耐力、柔軟度及身體組成等，歸屬為「健康體能」。2000 年以後，美國運動醫學會 (American College of Sports Medicine [ACSM], 2003) 以實證研究為基礎，提出身體組成、肌肉適能、柔軟度及有氧適能等要素為健康的基礎，並據此提出改善或促進的運動指引。國內教育部推行的體適能政策，實以 1984 年 AAHPERD 所提之健康有關的體適能為主軸，制定評估體適能要素涵蓋身體組成、肌力 / 肌耐力、柔軟度、心肺耐力及動力表現。

根據體適能要素擬定的測驗項目有：身體質量指數、一分鐘屈膝仰臥起坐、坐姿體前彎、800/1600 公尺跑走，以及立定跳遠此五項的測驗。

代表體適能水準的檢測項目會隨著年代、對象而有所變動，然而心肺耐力一直都是體（適）能檢測的重點項目。心肺耐力是指長時間的身體活動中，心臟、肺臟和血管攜帶氧氣供給細胞使用的能力；具有較佳的心肺耐力者，除了更有能力應付各種工作挑戰，不易產生疲倦外，更可降低罹患心血管疾病、高血壓或其他慢性病的機率 (ACSM, 2010)，顯示心肺耐力是維持身體健康最重要的指標。我國教育部於 1995 年公布台閩地區中小學體能測驗項目，1998 年起推行體適能檢測與體適能護照相關制度，期望國小學童培養規律運動習慣，達到增進健康的目的。但是，國小學童處於發育階段，具有心跳率較快和換氣量較小的生理特性 (蘇雪月、莊順發、鍾麗琴、戴瑄、沈賈堯, 2002)，

加上缺乏運動測驗的動機，可能會影響測驗的信效度（龔憶琳，1990）。基於國小學童的心肺耐力是影響未來成年時期健康的重要因素（Dennison, Straus, Mellits, & Charney, 1998），實有探討有效評估國小學童心肺耐力測驗方法的必要。

發展歷程

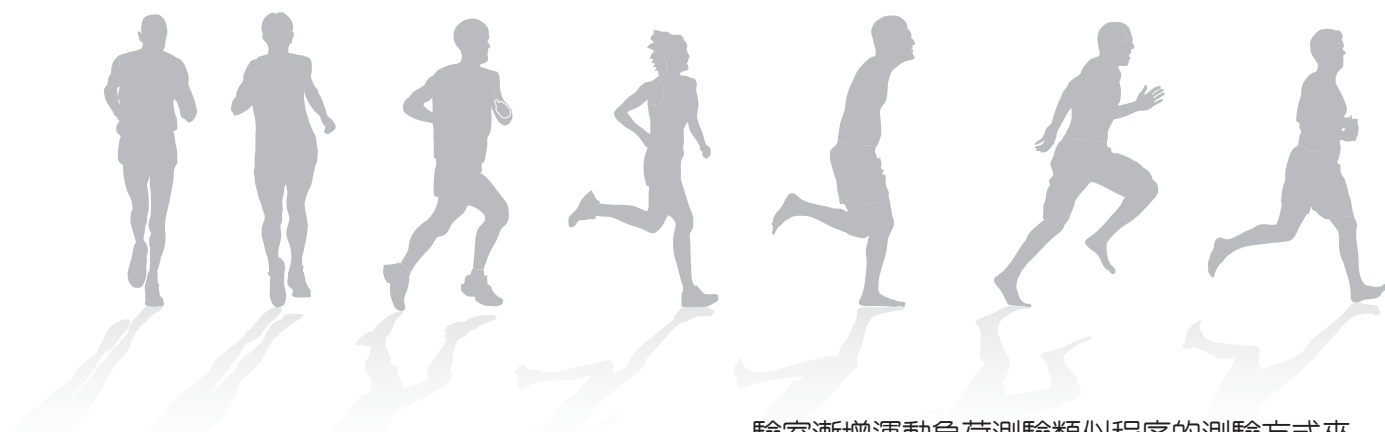
最大攝氧量（maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2max}$ ）代表著一個人在最激烈運動下，身體組織細胞每分鐘所能消耗或利用的氧最高值（王于卿、郭明珠、廖敏君、陳麒旭、陳坤樺，1998），也就是說最大攝氧量代表身體整體氧氣供輸能力及運用能力的優劣。能較精準測驗最大攝氧量的方法，是透過實驗室儀器配合下進行漸增強度運動測驗，但是實驗室測驗的儀器昂貴、受試者要運動到衰竭，而且無法同時多人測驗，故以實驗室測驗方法較難全

面實施於國小學童心肺耐力檢測，因此許多實地測驗法（field test）應運而生，大致上可分為三大類：固定距離跑走測驗（1 英哩、1600m、800m 跑走測驗）、固定時間跑走測驗（12 分鐘、9 分鐘跑走測驗）和其他（PACER、3 分鐘登階測驗、遞增頻率登階測）。從近 20 年國小學童心肺耐力測驗方法文獻中分析，測驗方法的發展歷程分為四個時期：

一、1997 年以前

以非最大努力運動的 3 分鐘登階測驗為主。登階測驗模式可追溯到 1943 年的哈佛登階測驗，被認為是一種安全又有效的心肺耐力測驗工具（薛淑琦、李寧遠、陳俊忠，1993）。但是，用非最大運動來評估最大攝氧量容易產生較大的誤差（Bono, Roby, Micale, Sallis, & Shepard, 1991），加上國小學童具有心跳數恢復快的特性（蘇雪月等，2002），而且下肢肌群疲勞也可能干擾測驗結果（Ashley, Smith, & Reneau, 1997），因此 3 分鐘登階測驗往往不能有效評估國小學童心肺耐力。即使，針對計算恢復心跳數距離運動結束時間過長的缺點，改採用恢復期 1-1.5 分鐘的心跳數當運動表現依據，顯著性仍然不高（林瑞興，1997），或是針對運動負荷較低的缺點，改用負重登階以增加運動負荷，3 分鐘登階測驗效度仍遠不及 800m 跑走測驗（蔡櫻蘭，1996）。





二、1997 年到 2002 年

以 800m 跑走測驗為主。直接以完成秒數當指標，簡單易測，沒有 3 分鐘登階測驗的缺失，而且跑步屬於全身性運動，與最大攝氧量有高度相關（Bono et al., 1991）。同時教育部體適能檢測也是以 800m 跑走為心肺耐力的檢測方式，因此 800m 跑走測驗正式成為主流。不過 800m 跑走測驗的缺失也開始被討論，它屬於戶外測驗，會受溫度、風速等外在環境影響，而且測驗過程受試者需要自行配速，但不合理配速可能使受試者難用最高穩定的速度來完成測驗，可能會影響評估心肺耐力的效度，前述之因素，也讓 800m 跑走測驗能否真正有效評估國小學童心肺耐力受到質疑。

三、2002 年到 2006 年

以漸增強度測驗為主，研究指出國小學童體適能測驗項目的難度、鑑別度及最大訊息量等值均不高，其中 800m 跑走測驗最低，鑑別度只有 0.03（蔡櫻蘭，2002）。為了改善 800m 跑走測驗的缺失，開始嘗試採用與實

驗室漸增運動負荷測驗類似程序的測驗方式來評估國小學童心肺耐力。研究指出國小學童運用 PACER 測驗和遞增頻率登階測驗，發現成績與最大攝氧量達到高度相關（吳忠勳，2004；蔡櫻蘭、邱思慈，2006），它們具備 800m 跑走測驗和實驗室測驗的優點，成為 800m 跑走測驗之外另一個選擇。

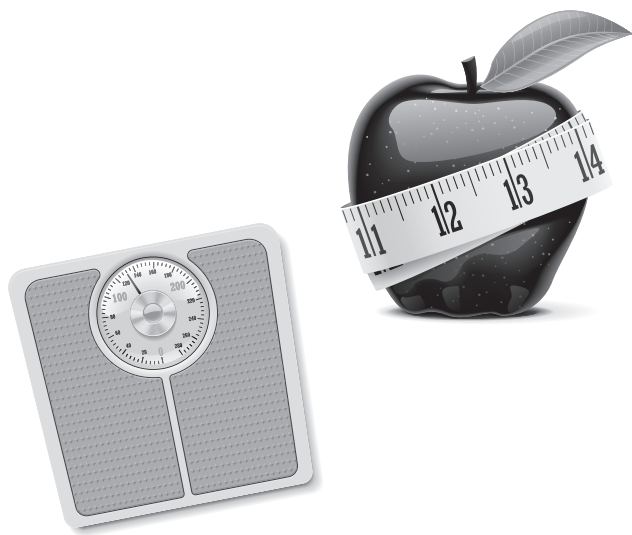
四、2007 年以後

2007 年以後進入了漸增強度測驗的反思。研究指出 PACER 和遞增頻率登階測驗的效度有性別差異，除了女生不適應高強度的運動模式外，更點出了漸增強度測驗後半段需要很高的測驗動機配合，可能因強度太高讓國小學童測不出真正的最大攝氧量，加上又有運動傷害的潛在危險，所以測驗心肺耐力還是以男女學童皆適合的 800m 跑走測驗為主（何建鋒，2007）。另外，跑走測驗強度、動機可能有疑慮情況下，出現探討何種跑走測驗距離為較適當的研究（陳永國、胡大元、楊忠祥，2009）。

測驗考量

一、測驗項目

體脂肪、年齡、體重、安靜心跳率等因素會影響國小學童心肺耐力（王于卿等，1998），因此在進行實證研究時除了運動測驗方法外，均會加入其他基本資料進行多元迴歸分析，期能更精準評估最大攝氧量，故採用何種基本資料進行多元迴歸分析也是測驗考量重點之一。以收縮壓、肩胛下緣皮脂厚為共同預測變項，雖然能有效提高決定係數，但不方便施測（林瑞興，1997），若以體重或 BMI 指數為共同預測變項，則能簡易地提高決定係數（何建鋒，2007）。



二、測驗效度

研究心肺耐力測驗方法是為了找出較精準預測最大攝氧量的方法，以判別出心肺耐力優劣，因此以效度為優先考量。實證研究指出 3 分鐘登階測驗不適用於國小學童，即

使提高登階負荷或加上其他生理變項發展出多元迴歸公式還是不適用（林瑞興，1997；王嘉靜，2005）。至於蔡櫻蘭（2002）探討 800m 跑走測驗的鑑別度只有 0.03，由於鑑別度是以跑步成績為量尺，形成試題特徵曲線，再以曲線斜率來判定，因此未必與最大攝氧量無顯著關係。況且，除非樣本數相當多，否則跑步成績容易有集中的偏態，造成曲線斜率平緩，鑑別度自然低。基此，何建鋒（2007）嘗試以 800 公尺跑走、PACER 和遞增頻率登階測驗等三種測驗成績，分別與最大攝氧量進行同時效度的比較，結果顯示三種測驗法都與最大攝氧量達到顯著相關，但因 PACER 和遞增頻率登階測驗有性別差異，所以提出 800m 跑走測驗仍是較適合國小學童檢測方式的建議。

三、測驗過程

PACER 和遞增運動負荷登階測驗因為測驗強度的關係（陳坤樺，2002）、跑走測驗因為配速或是中長距離跑步較易疲累的生理特性關係（Krahenbuhl & Williams, 1992），所以國小學童常用的心肺耐力測驗方法，都可能因為動機問題而影響測驗結果。因此進行 PACER 測驗時，宜事先讓受試者練習，熟悉測驗過程；進行遞增運動負荷登階測驗時，宜提醒受試者可更換前導腳，以減輕肌肉疲勞；在進行 800m 跑走測驗時，要鼓勵受試者盡可能地全程使用跑步。

四、測驗對象

非訓練過的國小學童，因為差異明顯，宜直接用 800m 跑走測驗完成測驗時間評估受試者心肺耐力差異。但部分研究指出接受運動訓練的國小學童可能檢測不出心肺耐力差異（Almarwaey, Jones, & Tolfrey, 2003），因此在心肺耐力差異不明顯的情況下，改以 1600m 跑走測驗較能評估出心肺耐力差異（陳永國等，2009）。

結語

分析國小學童心肺耐力相關文獻，800m 跑走測驗是國小學童目前評估心肺耐力較適當的方法。但是 800m 跑走測驗在受試者的動機與努力程度，以及評估不同生理特性的國小學童心肺耐力效度上，仍有需討論的空間，建議如下：

- 一、國內缺少國小學童跑走測驗後心跳率常模的建立，若能以跑走成績與運動後心跳率來評量國小學童的心肺耐力，加以確認國小學童在測驗過程中的努力程度。
- 二、如何將無氧能力、測驗動機、跑步經濟性等因素抽離是跑走測驗的難題，為了將無氧能力影響降低，最好方法是增加距離，不過增加距離恐怕會讓測驗動機和跑步經濟性的影響變大，因此「距離」是固定距離跑走測驗能否有效預測

最大攝氧量的關鍵，何種距離讓跑走測驗能較有效評估出國小學童的心肺耐力，也是值得探討的議題。

- 三、跑走測驗屬最大努力運動測驗，除了測驗動機，測驗安全性常讓施測者有所疑慮，尤其是面對有潛在風險的受試者（肥胖或氣喘等），如何讓 800m 跑走測驗在兼顧安全性和效度的情況下評估國內國小學童心肺耐力，也是值得探討的議題。

參考文獻

- 王于卿、郭明珠、廖敏君、陳麒旭、陳坤檸（1998）。體表面積與預估最高攝氧量研究。大專院校 87 年度體育學術研討會刊（頁 251-259）。台北市：中華民國大專院校體育總會。
- 王嘉靜（2005）。10-11 歲國小女童三分鐘登階測試與最大攝氧量之相關研究（未出版碩士論文）。國立體育大學，桃園。
- 何建鋒（2007）。國小學童 800 公尺跑走、PACER 及遞增運動負荷登階測驗預測最大攝氧量之研究（未出版碩士論文）。國立台北教育大學，台北市。
- 吳忠勳（2004）。遞增運動負荷登階測驗和 800m 與最大攝氧量之相關研究（未出版碩士論文）。國立屏東教育大學，屏東。
- 林瑞興（1997）。11-12 歲男童實驗室外測試法預測最大攝氧量之探討。體育學報，22，273-284。
- 陳永國、胡大元、楊忠祥（2009）。國小高年級男童跑步測驗成績與最大攝氧量相關研究。國立台北教育大學體育學術研討會（頁 270-275）。台北市：國立台北教育大學。

- 陳坤樺 (2002)。應用運動生理學。台北市：五南。
- 蔡櫻蘭 (1996)。不同負荷登階測驗對 10-12 歲女童心肺功能之評估。中華民國大專院校體育總會 85 年度體育學術研討會專刊 (頁 585-605)。台北市：中華民國大專院校體育總會
- 蔡櫻蘭 (2002)。國小體適能測量項目之研究。大專體育學刊，4 (1)，185-189。
- 蔡櫻蘭、邱思慈 (2006)。10-11 歲女童 20 公尺漸速來回跑測驗的信度和效度。大專體育學刊，8 (1)，125-131。
- 薛淑琦、李寧遠、陳俊忠 (1993)。不同負荷之登階測驗與最大耗氧量之相關研究。體育學報，15，263-278。
- 蘇雪月、莊順發、鍾麗琴、戴瑄、沈賈堯 (2002)。幼兒生理學。台北市：偉華。
- 龔憶琳 (1990)。無氧閥值在運動訓練上的應用。中華體育季刊，3 (4)，107-117。
- Almarwaey, O. A., Jones, A. M., & Tolfrey, K. (2003). Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3), 480-487.
- American College of Sports Medicine (2010). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (8th ed). Philadelphia(PA): Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine (2003). *ACSM fitness book/a proven step-by-step program from the experts*. Philadelphia(PA): Lippincott Williams & Wilkins.
- 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*, 85, 987-993.
- Bono, 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.
- Dennison, B. A., Straus, J. H., Mellits, E. D., & Charney, E. (1998). Childhood physical fitness tests: Predictor of adult physical activity levels. *Pediatrics*, 82(3), 324-330.
- Krahenbuhl, G. S., & Williams, T. J. (1992). Running economy: Changes with age during childhood and adolescence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(4), 462-466.
- Veronique, B., & Lopes, P. (2006). Indirect methods for estimation of aerobic power. In Peter J. Maud & Carl Foster (Eds.), *Physiology assessment of human fitness* (pp.35-56). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

