

無氧運動能力對軍事人員運動表現之探討

作者/陳彥齊 上尉



專業軍官班 110 年班、體幹班 135 期、國立屏東科技大學休閒運動康系研究所碩士、曾任排長、體育官、現任國軍運動科學推廣中心教官。

提要

- 一、軍事人員在任務中時常面臨無氧運動的挑戰，諸如攀爬、障礙跨越、敏捷位移、負重搬運、拖曳、重物推舉、戰備裝載、射擊及近身格鬥等動作，對於「肌力」與「爆發力」的身體要求很高，在美軍野戰準則(FM7-22)中也指出這兩項指標的重要性。
- 二、「無氧動力」是軍事人員必須具備的重要條件之一，才符合運動科學原則的運動訓練法，將其部隊實戰體能訓練效益最佳化，可依循「檢測」士兵的身體素質狀況與實戰所需運動能力，本研究採溫蓋特檢測實證部隊無氧動力表現，結果發現與國內運動員及國外軍事武裝部隊表現落差甚鉅，這似乎反應國軍當前部隊針對「肌力」與「爆發力」的專項體能訓練缺乏。
- 三、目前國軍年度三項「基本體能」，僅屬軍事人員的基本身體素質檢測，似乎較難負荷支撐專項體能的特殊性，且測驗偏頗於肌肉耐力、有氧能力為訓測主軸，對於「無氧動力」檢測則無相對配套措施，審視美軍體能訓測作法，實足對國軍體能訓測啟發與方向發展。

關鍵字：無氧動力、溫蓋特檢測、軍事體能、戰鬥表現。

壹、前言

近期重大國際事件烏俄戰爭，透過媒播影音、錄像等平台，釋出叢林、城鎮戰場及單兵殊死搏鬥畫面，深刻體現出實際執行戰鬥任務時，其節奏快、過程激烈、強度超高，且戰場狀況瞬息萬變，戰鬥過程亦須配合任務執行多樣化與不預期的戰鬥行動，任務中消耗大量的體力，諸如攀爬、障礙跨越、敏捷位移、負重搬運、拖曳、重物推舉、戰備裝載、射擊及近身格鬥等戰鬥動作，¹時常面臨無氧活動的挑戰，而這些動作對於「肌力」與「爆發力」要求很高。²在美軍野戰準則(FM7-22)中也指出這兩項指標的重要性，亦代表著個人是否具備一定的無氧運動能力(以下稱為無氧動力)，關係著官兵有沒有辦法適應戰場上的超高強度，故「無氧動力」是軍事人員必須具備的重要條件。³

無氧動力是指身體透過無氧性代謝路徑，從事激烈運動的能力，通常是指短時間劇烈運動的能力或能量。人體的無氧動力可以區分為「速度性無氧動力」、「質量性無氧動力」兩類，「速度性無氧動力」代表人體在時間內產生最大負荷(或速度)的能力；「質量性無氧動力」則代表人體在短時間內的最大作功能力的輸出，⁴而本研究針對後者實證研究，並採用溫蓋特檢測評估無氧動力的表現，是量化的重要參考指標。Michael 等學者研究運用固定式自行車平台對軍事人員實施溫蓋特檢測，結果發現有重量訓練和肌力訓練習慣的軍事人員擁有較優異的無氧動力表現。⁵Knapik 軍事專家研究結果發現陸軍步兵在戰場執行任務時對無氧動力和上半身肌力、爆發力有高度的相關性。⁶美陸軍於 2020 年將長達 40 年的體適能鑑測(Army Physical Fitness Test, APFT)改革為美國陸軍戰鬥體適能(Army Combat Fitness Test, ACFT)，透過實證研究分析，將「硬舉」、「負重拖曳」等動作納入體能測評，使訓練貼近實戰化，並提升軍事人員戰場的存活率。⁷綜合上述相關文獻，無氧動力對於軍事人員尤為重要，然而國內無氧動力對國軍部隊研究

1 吳榮福、林育成，〈軍人「戰鬥體能」訓練發展之研究〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 576 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 69-84。

2 楊尚融、林育成，〈強化體能訓練策略增進戰鬥體能-以烏俄戰爭為例〉，《步兵季刊》(高雄市)，第 260 期，陸軍步兵訓練指揮部，西元，2024 年，頁 4-5。

3 美國陸軍訓練暨準則司令部(TRADOC)，《野外手冊 Fiedld Manual 7-22/軍隊物理準備培訓陸軍體能訓練 Physical Readiness Training》(北京：軍事誼文出版社，2012 年 10 月)，頁 1-5。

4 王順正，〈運動生理學網站-無氧運動能力的特殊性〉，www.epsport.net，頁 1。(檢索時間：民國 114 年 6 月 24 日)。

5 Michael F. Zpan, Alan W. Arata, Letitia H. Dawson, Alfred L. Wile, Tamara L Payn, Megan E. Hannon. (2009). 〈Wingte Anaerobic Test Peak Power and Anaerobic Capacity Classifications for Men and Women Intercollegiate Athletes〉，《Journal of Strength and Conditioning Research》，23(9):2598-2604.

6 Knapik, J., Daniels, W., Murphy, M., Fitzgerald, P., Drews, F., & Vogel, J. (1990). 〈Physiological factors in infantry operations〉，《Eur J Appl Physiol Occup Physiol》，60(3):233-8.

7 蘇明仁，〈運用戰術肌力體能訓練提升部隊訓練初探〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 579 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 43-56。

議題非常少，因此促發本研究動機，藉由探討無氧運動能力對軍事人員運動表現的研究，以作為日後國軍官兵訓練之參考。

貳、運動表現的生理能量系統

人體運動表現是身體各器官與組織機能的綜合能力，生理上常用無氧運動和有氧運動能力來界定，本章將論述能量來源系統。在運動生理學角度，肌肉收縮的能量主要透過分解一種名為三磷酸腺苷(**Adenosine triphosphate, ATP**)的化學物質去釋放，然而人體內的 **ATP** 存量非常有限，故此人體的能量系統主要區分三大類，磷酸原系統(**Phosphagen System**，又稱 **ATP-PC**)、乳酸系統(**Lactate Acid System**)以及有氧系統(**Oxidative System**)，其中磷酸原系統和乳酸系統屬無氧系統(**Anaerobic System**)，可在沒有氧氣的情況下重新組合 **ATP**。各系統特點如下：

一、磷酸原系統：

磷酸原系統也稱為磷化物(**ATP-PC**)系統，是人體製造 **ATP** 最快速的方式，此系統是藉由肌肉細胞中磷酸肌酸(**phosphocreatine, PC**)的分解所產生的能量來生成 **ATP**，磷酸原系統具有總供給能量少、持續供給的時間短、能量提供速度最快，不會產生乳酸、不需要氧氣參與等特性，所以是肌肉進行爆發性高強度運動主要能量來源，例如硬舉、短跑衝刺等動作，大約可維持 10 秒左右的運動時間，若超過這個時間，肌肉便需依賴其它系統產生 **ATP** 的能量。

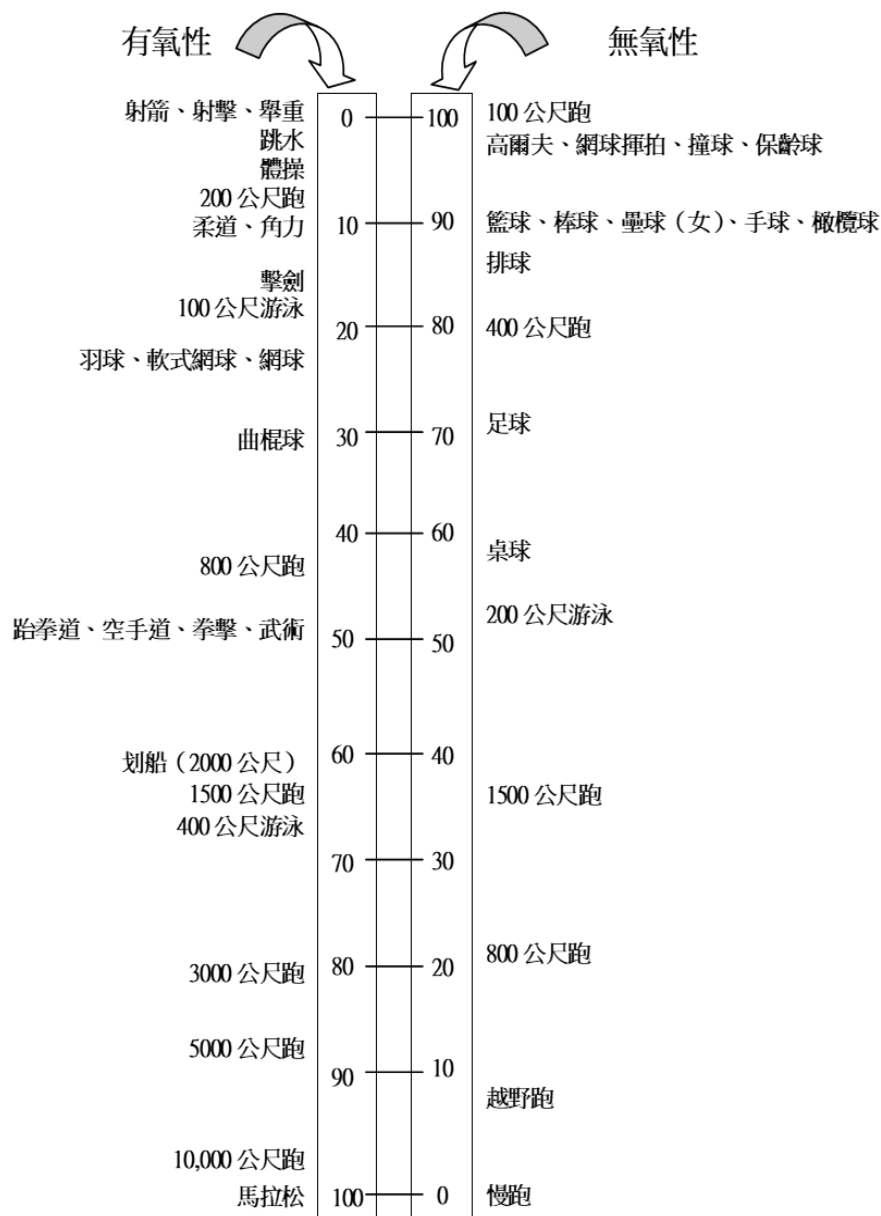
二、乳酸系統：

在無氧情況下，分解儲存在肌肉中的碳水化合物(葡萄糖或肝醣)產生能量並重新合成 **ATP**，此特性能量供給速度較磷酸原系統慢，但比有氧系統快，可維持約 1-3 鐘的高強度運動，例如 200 公尺跑與 400 公尺跑等。乳酸系統在無氧氣的高強度運動下，會產生的副產物名為乳酸，當乳酸大量堆積時，氫離子的大量堆積將會造成肌肉的酸鹼值下降，進而導致肌肉的疲勞，很多人誤會乳酸會造成痠痛，但延遲性肌肉痠痛其實與乳酸無關，乳酸會在運動後幾分鐘內代謝成二氧化碳、水或再次被用作能量。

三、有氧系統：

是指身體利用氧氣，將醣類、脂肪與蛋白質進行分解，進而生成大量的 **ATP**。由於此系統需要氧氣的參與，因此被稱為有氧系統。由於有氧系統可產生大量的 **ATP**，因此可提供超過 3 分鐘以上長時間強度運動的能量所需，例如慢跑、馬拉松等。

綜整上述，三大能量系統並非各自獨立作業，而是會交互作用（圖一），⁸當我們在從事高強度運動時，從短跑到超過 30 分鐘的跑步，所有能量系統均會共同工作來供給所需的能量。但通常會以其中某一系統為主要供能系統。例如在 100 公尺跑時，磷酸原系統是主要的供能系統，但是乳酸系統與有氧系統仍有供應少部份的能量；而在馬拉松運動時，有氧系統便是主要的供能系統，但磷酸原系統與乳酸系統也會參與部份的能量來源。



圖一 能量連續標尺圖

資料來源：林正常著，《運動生理學（增訂四版）》（臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月），頁 34。

⁸ 林正常，《運動生理學（增訂四版）》（臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月），頁 34。

參、運動表現的有氧與無氧能力評測方法

有氧與無氧能力的評測方式分別針對身體不同的能量系統進行測試，本章將介紹常見評測方式與專有名詞說明(如表一)。

一、有氧能力的評測方式：

有氧能力指在有氧能量系統供能下，所能完成的最大運動表現，常見生理指標主要包括最大攝氧量、無氧閾值、跑步經濟性、臨界負荷及運動自覺量表等方式(表一)，而在國軍部隊現行評估方式既有三千公尺跑步、五公里健走、二十公尺漸進式折返跑、八百公尺游走、五分鐘跳繩等五項。

(一) 最大攝氧量(maximal oxygen consumption, $\dot{V}O_2\text{max}$)

最大攝氧量($\dot{V}O_2\text{max}$)是衡量一個人有氧耐力的關鍵指標，代表身體在運動過程中所能消耗的最大氧氣量(ml/kg/min)。以下是幾種常見的評估方式：

1. 直接測量法

早期直接測量法採用道格拉斯袋(Douglas bag)在實驗室評估，採集呼氣，測量一定時間(通常為 1 分鐘)內，呼吸與吸氣氧的差額，配合二氧化碳分析，所得的每分鐘攝氧量的測量，上述使用道格拉斯袋直接測量法，隨著科技進步漸為電腦化的能量代謝測量系統所取代，受測者在實驗室裡結合跑步機或腳踏車上進行逐步遞增強度的運動，同時使用氣體分析儀器量測吸入和呼出的氣體，最劇烈運動時，人的攝氧水準達到最高峰值，稱為最大攝氧量。在運動生理學領域上，被公認為最精確的評估方式。在軍事領域應用，澳大利亞陸軍研究負重行軍結合能量代謝系統儀器評估士兵的最大攝氧量與有氧能力，同時監控心跳率的變化，進而輔助開立精準的訓練課表。

2. 間接預估法

間接預估法通常是透過心跳率、運動表現來預估最大攝氧量，雖然不如直接測量法精確，但較容易實施。常見的預估方式有步行測試(Rockport walk test)快速走完 1 英里(約 1.6 公里)，記錄所需時間與完成後的心率。跑步測試(Cooper 12 Minute Run Test)為 12 分鐘跑最大距離，再將完成的距離套用至公式((距離 m-504.9) / 44.73)，所得最後數值為最大攝氧量。Bruce 測試(Bruce Treadmill Protocol)一種分階段增加坡度與速度的跑步機測試，常見於醫院，測試完成的階段數可對應預估最大攝氧量的標準表格。穿戴裝置應用，根據你的心率、速度與運動歷史自動預估最大攝氧量，如 Apple Watch、Garmin、Polar 等。

(二) 無氧閾值(Anaerobic Threshold)

無氧閾值是因代謝酸化而導致血中乳酸及攝氧量不成比例的上升，無氧

閾值高的運動員表示可以接受較高運動強度有氧的挑戰。以分析乳酸而判定的無氧閾值稱為乳酸閾值；以換氣為判定方式的無氧閾值稱為換氣閾值；以心跳為判定方式的無氧閾值稱為心跳閾值。測驗的方式與最大攝氧量相同，但不需讓受試者測驗至衰竭，因此，實用性較最大攝氧量來得高。⁹

(三) 跑步經濟性(Running Economy)

跑步經濟性是指在非最大強度的跑步過程中，人體所消耗的能量高低情形。在相同的跑步速度與一絕對運動強度下，所需要的攝氧量愈少(較低的最大攝氧量百分比)，即代表運動的經濟性愈好，反之則較差。¹⁰跑步測驗時，可讓受試者完成某一強度跑步機速度持續 6 分鐘，並以跑步最後一分鐘攝氧量平均值為該速度下之跑步經濟性，再以此不同速度與攝氧量求得一迴歸方程式，最後代入最大攝氧量，即可推算出最大攝氧量速度。

(四) 臨界功率(critical power, CP)與臨界速度(critical velocity, CV)

臨界功率與臨界速度為間接評估無氧閾值與預測有氧耐力運動表現的生理指標。臨界功率與臨界速度共通的使用，但因訓練的方式不同而異。臨界功率與臨界速度和無氧閾值概念上幾乎一樣，但前者指「生理反應上的穩定」，後者指「運動能力上不疲勞」。¹¹常見檢測方式有運用划船測功儀和溫蓋特無氧動力檢測。Vanhatalo 等學者提出以腳踏車測功儀進行單次三分鐘衰竭測驗，測驗過程紀錄功率的輸出，將最後三十秒的動力輸出平均值訂為結束功率(end test power, EP)，並將高於結束功率的作功量訂為高於結束功率之總作功(work done above the EP, WEP)，該研究以 10 名受試者於腳踏車測功儀上進行三分鐘衰竭測驗以判定結束功率，並以 5 種固定負荷 (70%、80%、100%、105% 及 60% 或 110%) 衰竭測驗判定臨界功率，結果確認利用單次三分鐘腳踏車衰竭測驗可有效評量臨界功率。¹²

(五) 運動自覺量表(Borg Rating of Perceived Exertion, RPE)

此量表是由瑞典生理學家 Gunnar Borg 提出，是讓運動者主觀評估運動時的費力程度，廣泛用於運動訓練、心肺復健、體適能評估領域，而此運動量表區分兩個版本，常見有原始 Borg RPE 15 級運動自覺量表，從 6 分（完全不費力）到 20 分（最大努力）來評估，另一種為 10 級運動自覺量表，運動強度從 0 分（沒有感覺）到 10 分(最大努力)。第一種 15 級量表，自覺強度的值與心跳率有相關，從 6 分開始代表安靜心跳率每分鐘 60 次至

9 林正常，〈運動生理學網站-有氧運動-無氧閾值〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 27 日）。

10 王順正，〈運動生理學網站-跑步經濟性〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 28 日）。

11 林正常，〈運動生理學網站-臨界速度在耐力訓練上的應用〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 24 日）。

12 Vanhatalo, A., Jonathan, H. D., & Burnley, M. (2007). 〈Determination of critical power using a 3-min all-out- cycling test〉, 《Med Sci Sports Exerc》, 39(3):548-55.

20 分代表最大心跳率每分鐘 200 次，研究發現 15 級的運動自覺量表，可以確實反應出運動過程中的強度變化狀況，而且與運動心跳率、攝氧量和血乳酸堆積成正比；第二種自覺量表，則呈現非線性的自覺強度上升比例，無論採用上述哪一版本，實際運用時有其簡單方便且具特殊代表性的價值存在，值得運用與參考。¹³

表一 有氧能力評測方法

常見評測方法	內容
最大攝氧量	評估有氧耐力的關鍵指標，代表身體在運動過程中所能消耗的最大氧氣量(ml/kg/min)。
無氧閾值	運動中因代謝酸化而導致血中乳酸及攝氧量不成比例的上升，無氧閾值高的運動員表示可以接受較高運動強度有氧的挑戰。
跑步經濟性	指在非最大強度的跑步過程中，人體所消耗的能量高低情形。
臨界功率(速度)	為間接評估無氧閾值與預測有氧耐力運動表現的生理指標。
運動自覺量表	指運動者主觀評估運動時的費力程度，廣泛用於運動訓練、心肺復健、體適能評估領域。

資料來源:筆者自行彙整

(六) 國軍部隊現行有氧心肺適能測項

為培養官兵良好運動習性，保持健康體態，利用多元訓測方式實施自主運動，藉完善訓練及鑑測作法，使官兵採循序漸進方式，在公平、公正原則下，運用多項、簡單及便利之訓測機制，在安全基礎上樂於訓練，養成自動自發及自我要求習性。訓測對象為國軍五十九歲以下現役軍官、士官、士兵。國軍六十歲以上人員，採健走、游泳等方式自主訓練，以維持健康體適能。心肺適能測項既有三千公尺徒手跑步、五公里健走、二十公尺漸進式折返跑、八百公尺游走、五分鐘跳繩任選一項測驗，訓測標準為各單項均達合格標準，區分男、女及年齡層計算成績(如表二)。¹⁴

¹³ 王順正，〈運動生理學網站-運動強度的判定（自覺量表）〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 27 日）。

¹⁴ 國防部陸軍司令部，〈國軍體能訓測實施規定（112 年修訂版）〉。

表二 國軍有氧能力評測方法

國軍部隊評測方法	內容
三千公尺跑步	國軍體測採多元選項，依據「國防部陸軍司令部公佈國軍體能訓測實施規定（112 年修訂版）」，官兵標準區分男(女)性，且依照年齡分別為 29 歲以下、30 至 44 歲、45 歲以上對應各單項標準，60 分為合格。
二十公尺漸進式折返跑	
五公里健走	
五分鐘跳繩	
八百公尺游走	

資料來源：筆者自行彙整

二、無氧運動能力評測方式：

無氧運動能力是指身體透過無氧性代謝路徑，從事激烈運動的能力。一般來說，人體的無氧動力可以簡化為速度性無氧動力、質量性無氧動力兩類，速度性無氧動力代表人體在時間內產生最大負荷(或速度)的能力，質量性無氧動力則代表人體在短時間內的最大作功能力。¹⁵以下將論述常見無氧動力的評量方式，包含垂直跳動力檢測、衝刺跑步無氧動力測試及溫蓋特無氧動力測試等三項(如表三)。

(一) 垂直跳躍動力檢測(vertical jump, VJ)

垂直跳動力測驗(VJ)是最普遍且最簡單的無氧動力測驗。垂直跳動力測驗雖然簡單的以跳躍高度來代表受試者的無氧動力，經過簡單的數學計算，仍然是代表人體短時間(1 秒以內的靜止到最大表現作功能力，Sales 等學者以 13 名青少年男性五人制足球運動員為對象，受試者以隨機順序接受兩次實驗室的測驗，一次是垂直跳動力測驗，另一次是進行的衝刺跑步無氧動力測驗。結果顯示，垂直跳動力檢測和衝刺跑步無氧動力測驗之間存在顯著的相關性，由此可見，垂直跳躍動力測驗檢測是由磷酸原系統提供無氧動力之能量系統。¹⁶

(二) 衝刺跑步無氧動力測驗(running anaerobic sprint test , RAST)

人體衝刺跑步無氧動力測驗，通常以短距離(50、100 或 200 公尺等)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動力，是經常被採用的方法。¹⁷衝刺跑步無氧動力測驗是進

15 呂香珠，〈無氧動力測驗的新詮釋級應用時機。〉《中華體育季刊》，民國 80 年，4(4)，頁 61-69。

16 Sales, M. M., Maciel, P. A., Silva Aguiar, S. D., Asano, Y. R., Motta-Santos, D., Jose Fernando, V. N. M., Alves, M. P., Santos, A. P., Barbosa, P. L., Ernesto, C., & Sousa, V. C. (2018). 〈Veertical jump is strongly associated to running-based anaerobic sprint test in teenage futsal male athletes.〉, 《Sports》, 6(4):129.

17 王頌坊、鐘昱剴、林冠宇、何承訓、王順正，〈跑步成績評量換氣閾值與呼吸代償點速度的效度研究〉，《體育學報》(臺北市)，第 56 卷 2 期，國立中正大學，西元，2023 年，頁 167-168。

行六次 35 公尺最大努力跑步的無氧動力檢測，每次跑步之間有 10 秒的恢復時間，測驗結果以功率方式呈現。跑步功率 (power) 的評量 (單位為 watts)，是以跑者向前的作用力乘以平均速度 ($\text{power} = FV$) 來推算，向前的作用力則等於向前加速度 (a) 乘以體重 (a, $F = Ma$)，向前加速度則等於跑步距離 (m) 除以跑步時間 (s) 平方 ($a = m/s^2$)。跑步功率的計算是以體重 (kg) $\times$ 跑步距離 (m)² / 測驗時間 (s)³ (watts)。測量六次的最大值為峰值功率，六次的平均值為平均功率，最大功率與最小功率的比值為疲勞指數。Zagatto 等學者研究 40 名武裝部隊成員為對象，受試者先進行二次跑步衝刺跑步無氧動力測驗，結果發現衝刺跑步無氧動力測驗與 35、50、100、200、400 公尺的表現有顯著相關，表示衝刺跑步無氧動力測驗確實是測量跑步無氧動力和預測短距離衝刺表現的有效、可信方法。¹⁸

(三) 溫蓋特檢測(Wingate Anaerobic Test, WAnT)

溫蓋特檢測(WAnT)為一種於自行車運動中評估最大騎乘功率無氧能力的測試，此測試為受試者在一段短時間內(30 秒)於體重的百分比負荷下盡最大能力輸出受試者自身的最大功率。藉由進行溫蓋特檢測，可瞭解最大功率(peak power)、無氧能力(anaerobic capacity, AC)、無氧疲勞(anaerobic fatigue; AF)等資訊，參數內容包含最大功率，又稱動力峰值 (Peak Power, PP)、爆發性動力(Explosive Power, EP)、平均功率(Mean Power, MP)及疲勞指數(Fatigue Index, FI)。上述是溫蓋特無氧動力檢測參考的重要評估指標，¹⁹教練及選手可透過上述指標依需求制訂出對應之運動處方規劃。

18 Zagatto, M. A., Wladimir, R. B., & Gobatto, A. C. (2009). < Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. > , 《The Journal of Strength & Conditioning Research》, 23(6):1820-1827.

19 Kaminsky, L. A., Arena, R. & Myers, J. (2015). Reference Standards for Cadiorespiratory Fitness Measured with Cardipulmonary Excise Testing: Data form the fitness registry and the importance of excise national database, Mayo Cllinic Proceedings. 90(11):1515-1523.

表三 無氧能力評測方法

常見評測方法	內容
垂直跳躍-動力檢測	採 1 秒以內的靜止到最大作功的跳躍表現數據。
衝刺跑步-無氧動力測驗	以短距離(50m、100m 或 200m 等)的最大努力跑步測驗最為簡便，是以平均速度來呈現跑者的無氧動力，是經常被採用的方法。
溫蓋特-無氧動力檢測	評估最大騎乘功率無氧能力的測試，此測試為受試者在一段短時間內(30 秒)於體重的百分比負荷下盡最大能力輸出受試者自身的最大功率，廣泛運用於運動競技選手和軍事武裝部隊無氧動力檢測。

資料來源:筆者自行彙整

肆、溫蓋特無氧動力檢測與軍事人員實戰化體能表現關係

「無氧動力」是指在不依賴氧氣的情況下，於極短時間內產生較大功率的能力，溫蓋特檢測是一種評估「無氧動力」標準的重要參考指標。目前相關研究顯示溫蓋特檢測多運用於專項「肌力」和「爆發力」的競技運動員，依據 Kaminsky 等學者研究健康成年男性、女性採用固定式踏車實施溫蓋特檢測評估無氧動力關鍵指標包括最大功率、平均功率、最大攝氧量及疲勞指數等四項。郭志輝學者探討田徑各項運動員的無氧動力特質，受試者為男性 54 位田徑運動員（包含短跑 22 位、跳遠 16 位、投擲選手 7 位、長跑 9 位），使用 MONARK 設置固定式腳踏車測功儀，在自行車平台上用個人最大努力測試 10 秒，結果顯示短跑、跳遠及投擲選手無氧動力的表現明顯優於長跑選手。²⁰陳天文學者分析 58 位國內大專男子運動員無氧動力表現，最大輸出功率值為 678.63 ± 151.52 瓦特，平均輸出功率值為 520.66 ± 87.49 瓦特。²¹何振倫和翁明嘉學者研究 12 位有重量訓練習慣的健康男性，利用溫蓋特測試無氧動力結果，最大輸出功率為 954.44 ± 128.46 瓦特、平均輸出功率為 694.89 ± 99.97 瓦特。²²

20 郭志輝，〈田徑運動員無氧動力特質的研究〉，《北體學報》，民國 85 年，11，頁 1-29。

21 陳天文，〈不同運動項目大專男子運動員無氧動力表現之分析〉，《運動教練科學》，民國 101 年，26，頁 41-50。

22 何振倫、翁明嘉，〈不同強度與無氧動力表現在堪薩斯單邊深蹲測試之比較〉，《未發表之碩士論文》，民國 107 年，臺北市，中國文化大學體育學系運動教練研究所。

在軍事領域上國外對於使用溫蓋特檢測評估武裝部隊的無氧動力相關研究，亦不在少數，且有系統化建立常模供參考，然而國內卻鮮少有針對軍事人員對於應用溫蓋特檢測來評估無氧動力的相關研究，因此本章蒐集相關文獻，探討溫蓋特無氧動力檢測與軍事人員實戰化體能表現關係。

Michael 等學者研究美國空軍(男性 1,374 名)進行溫蓋特檢測，結果顯示美國空軍男性最大功率為 951 瓦特、平均功率為 686 瓦特，研究結論表明軍事人員無氧動力功率範圍值建議為 760-920 瓦特。²³Knapik 等學者研究美陸軍步兵 34 位男性於為期 5 天的模擬戰鬥中觀察戰士們的生理適應性反應，在演習戰鬥前，先行量測身體組成和最大攝氧量，並進行前後兩次的陸軍體能測試、溫蓋特無氧能力測試及等長、等速肌肉力量疲勞測試，結果顯示，無氧能力和肌力訓練有高度的關聯性，且發現上半身肌力和無氧能力對陸軍步兵行動很重要。²⁴Barringer 等學者研究美陸軍 1,141 名遊騎兵肌力與體能訓練指標對身體評估測試之間的關聯性，結果顯示，下半身力量、拉力和無氧訓練對身體評估測驗的合格率有很大的影響，此外，研究亦發現具有較大下半身力量的軍事人員，其兩者的運動表現更為優秀。²⁵美陸軍於 2020 年改革執行新式美國陸軍戰鬥體適能，其主要目的讓戰士的體能測項貼近實戰化，並以降低傷損為主要目的，其中硬舉、負重拖曳衝刺等，分別針對軍事人員的爆發力、肌力和無氧能力做評估，硬舉為評估下肢肌力與爆發力，負重拖曳則是無氧能力的評估。Dobbs 等學者以 19 名美陸軍預備軍官為受試對象，研究美國陸軍戰鬥體適能與溫蓋特檢測的無氧動力之間的相關性，研究顯示兩者有高密切的相關度。²⁶

Curiel-Regueros 等學者研究藉由高強度間歇訓練對職業軍事人員的生心理反應的影響，對象為 20 位西班牙士兵，採前後測兩次，並以重複量數的研究方法實施，高強度間歇訓練的運動時間為 30 秒、組間休息 30 秒，各大組間休息為 5 分鐘，結果顯示，透過高強度間歇訓練明顯改善士兵無氧能力，降低無氧閾值、腿部力量增加、安靜心跳率及疲勞度下降。²⁷

23 同註 5。

24 同註 6。

25 Barringer, N. D., McKinnon, C. J., O'Brien, N. C., & Kardouni, J. R., (2019). 〈Relationship of Strength and Conditioning Metrics to Success on the Army Ranger Physical Assessment Test〉, 《Comparative Study J Strength Cond Res》, 33(4):958-964. Curiel-Regueros, A., Fernández-Lucas, J., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). 〈Effectiveness of an applied high intensity interval training as a specific operative training〉,《Physiol Behav》, 201:208-211.

26 Dobbs C.W., Almonroeder G. T., Carpenter, M., Schmitt, E. R., Jacobon, K. A., Luedke, A. J., Roberts, M. B., & Jagim, R. A. (2025). 〈Relationships Between the Army Combat Fitness Test Scoring Structure and Laboratory Measurements of Physical Fitness in Reserve Officer Training Corps Cadets〉, 《J Strength Cond Res》, 39(7):798-808.

27 Curiel-Regueros, A., Fernández-Lucas, J., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). 〈Effectiveness of an applied

Faff 和 Korneta 研究 39 位波蘭陸軍傘兵在服役 18 個月期間運動表現的變化，在服役期間的第 3、12 和第 18 個月後接受檢測，測驗項目包括最大攝氧量、有氧能力測試及採用溫蓋特檢測無氧動力和最大肌力檢測等進行評估，結果顯示，經過 18 週訓練，肌肉量增加、身體脂肪下降，無氧能力及抗疲勞度顯著提升，同時在最大肌力和肌耐力的運動表現明顯改善。²⁸

王振生和林麗娟學者探討高強度間歇訓練對國軍基本體能、無氧動力與身體組成之影響，此研究召集 37 位軍事人員，平均年齡 20 歲，隨機分配為實驗組(N=19)和控制組(N=18)進行為期四週的體能訓練(有氧訓練為俯地挺身、仰臥起坐、三千公尺、無氧訓練為固定式高功率踏車溫蓋特檢測)，實驗組體能訓練內容包含每週 3 次、每次 36 分鐘的高強度間歇訓練，控制組則為每週 3 次、每次 90 分鐘，結果顯示高強度間歇訓練組別的全項測驗結果皆優於控制組，其中實驗組前後測對比無氧能力，最大功率與平均功率皆提升 6%。²⁹綜合上述相關文獻，得知無氧動力的優劣與仿真戰場情境的模擬戰鬥中具高度相關性，指出應用溫蓋特檢測作為無氧動力表現評估的重要參考依據。

伍、軍事人員無氧動力檢測

一、研究對象：

本研究對象為 49 位陸軍地面部隊男性，採單次實測，當日氣溫 29 度、濕度 45%，地點為陸軍步兵訓練指揮部運動科學推廣中心，受試人員皆為自願參與，且皆完成年度體檢，確認無家族病史、傷痛痼疾。基本資料平均年齡 25.27 歲、標準誤差值 3.64；身高 173.35 公分、標準誤差值 5.24；體重 68.27 公斤、標準誤差值 7.81；身體質量指數 22.78、標準誤差值 2.60(如表四)。

表四 受試人員基本資料(N=49)

項目	平均標準誤差值
年齡 (歲)	25.27 ± 3.64
身高 (公分)	173.35 ± 5.24
體重 (公斤)	68.27 ± 7.81
身體質量指數 (BMI)	22.78 ± 2.60

資料來源:筆者自行彙整

high intensity interval training as a specific operative training》，《Physiol Behav》，201:208-211.

28 Faff, J. & Korneta, K. (2000). 〈Changes in aerobic and anaerobic fitness in the Polish army paratroopers during their military service〉，《Aviat Space Environ Med》，71(9):920-4.

29 王振生、林麗娟，〈高強度間歇訓練對國軍基本體能、無氧動力與身體組成之影響〉。《未發表之碩士論文》，民國 110 年，台南市，國立成功大學運動健康與休閒管理在職專班研究所。

二、檢測器材之應用：

(一) 身體組成分析儀(ACCUNIQ BC380)：

主要快速、簡易、精準量測受試者基本身體素質(體重、體脂肪百分比、脂肪重、內臟脂肪、身體質量指數、肌肉重、骨骼肌重、基礎代謝率、腰圍、臀圍、身體水分、蛋白質、卡路里等身體組成，根據官方和多項研究顯示，該儀器信效度對肌肉量、無脂體重($r=0.985$)與雙能 X 光吸收儀(男性 $r=0.946$ ；女性 $r=0.957$)具有高度相關性(如圖二)，該儀器採用生物電阻法(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)進行(如圖三)，意旨妨礙電流通之阻力，在物理學上就是電阻。因此，即使在體重相同的人身上，若體脂肪含量越多則產生電阻阻抗愈大。



圖二 身體組成分析儀
資料來源：筆者自行拍攝



圖三 身體組成量測
資料來源：筆者自行拍攝

(二) 固定式高功率踏車儀(CYCLUS 2)-溫蓋特檢測模式：

在一固定式自行車平台(如圖四)上進行，以最大速度踩踏 30 秒，數據透過面板評估人體的無氧運動能力表現(如圖五)，多項研究顯示 CYCLUS 2 儀器對於最大功率與平均功率的測量具有高度信度($ICC>0.90$)；此外在效度的相關性，與其他無氧能力測驗達到高度正相關，特別是針對磷酸原與乳酸系統的代謝表現高度關聯性，在準則效度面，溫蓋特檢測對於無氧代謝需求與短跑、自行車衝刺選手具高度的預測力。



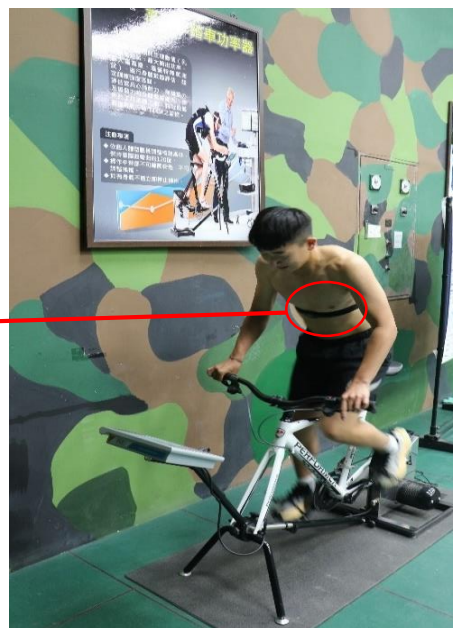
圖四 固定式高功率踏車儀
資料來源：筆者自行拍攝



圖五 溫蓋特檢測模式
資料來源：筆者自行拍攝

(三) 胸前心率監控帶：

心跳監控帶，採用無線藍芽感應技術，胸前兩側有晶片，將心跳帶穿戴至胸前，概約兩乳頭中間下緣處，經 **CYCLUS 2** 系統，心跳率收集方式，可設定為每秒或每分鐘，而本研究設定為每秒收集一次心跳數據，本研究主要收集數據為最大心跳率、最小心跳率、運動期間心跳率平均值（如圖六），相關研究顯示 **CYCLUS 2** 系統的胸前心率監控帶相較於其他穿戴手錶或光電式感測器，是最具顯著優勢，具有高度信度，尤其在劇烈運動的情況下；此外在心電圖效度的誤差值在 ± 1 次，相關係數 $r=0.98\sim 0.99$ 。

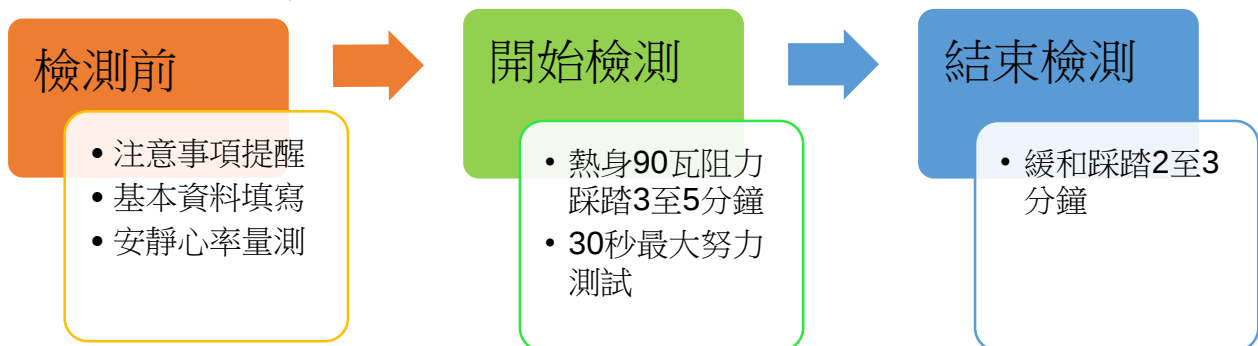


圖六 胸前心率監控帶
資料來源：筆者自行拍攝

三、實驗與檢測流程

本研究採用劉立宇³⁰和林正常博士相關研究為參照（如圖七）。³¹

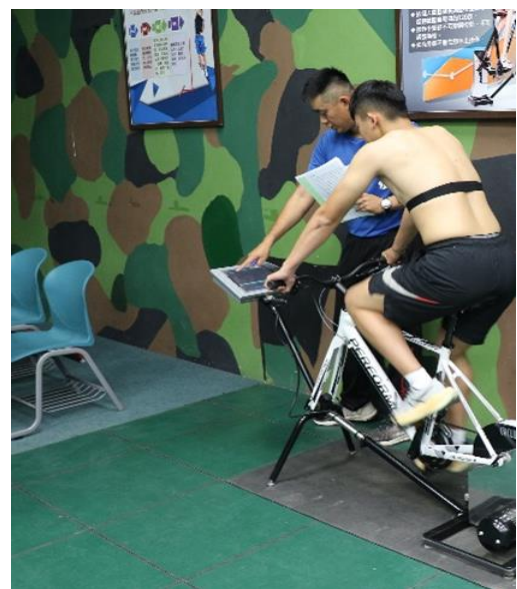
- (一) 檢測前準備: 在前 1 至 2 小時, 不進食, 可喝水, 告知受試人員個人權益、實驗流程及注意事項, 並測量身體組成分析儀, 記錄受測者的基本資料 (包含姓名、性別、年齡、身高、體重及背景資料等) 及測試環境資料 (如時間、地點、場地材質、天氣狀態、溫溼度等), 同時配戴胸前心率監控帶收集即時心跳率, 心跳率收集方式, 設定為每秒 (如圖八)。
- (二) 檢測開始與結束: 在固定式高功率自行車儀平台上, 待受測人員熱身 3-5 分後, 聽從鑑測官發令, 會倒數 3、2、1, GO, 立即以最大力量及速度踩踏自行車踏板, 途中不可變換齒比與變速,³²運動過程中受測人員可採用坐姿騎乘或站姿騎乘, 並嘗試維持 30 秒, 最後 5 秒時, 鑑測官會倒數 5、4、3、2、1、停, 並依指示進行 2-3 分鐘的緩和 (如圖九)。



圖七 溫蓋特檢測流程
資料來源: 筆者自行繪製



圖八 溫蓋特檢測實測與紀錄
資料來源: 筆者自行拍攝



圖九 溫蓋特檢測參數說明
資料來源: 筆者自行拍攝

30 劉立宇, 〈溫蓋特無氧動力與競賽成績的相關。〉《臺南師院學報》, 民國 91 年, 35, 頁 413-422。

31 林正常, 《運動生理學 (增訂四版)》(臺北: 師大書苑有限公司出版社, 2018 年 3 月), 頁 387-389。

32 固定式高功率自行車儀使用為平把, 大盤曲柄腿組規格為標準盤, 大盤齒比 53/39T、腿長 172.5cm、飛輪齒比 11-28T, 變速阻力齒比為 53T 對應 11T, 並進行強度及阻力設定 (男性: 90W、60rpm、1.5kg)。

四、統計分析

本研究以描述性統計方式呈現最大功率、平均功率及心跳率，皆透過儀器無線藍芽技術直接測量數據反饋，在統計分析彙整平均值、標準差、最大值及最小值，CYCLUS 2 系統數據設定公式參考 Monark 公司多年收集溫蓋特測試之常模，並根據德國自行車聯合會所使用最大肌力測試模式為參考。

陸、檢測結果與討論

本研究對象為 49 位陸軍健康男性，平均功率 492.94 瓦特、標準誤差值 61.51；最大功率 621.69 瓦特、標準誤差值 71.27；最大心跳率 161.59 次、標準誤差值 12.28，詳細紀錄如附表(如表五)。

表五 受試者溫蓋特檢測紀錄表

編號	平均功率	最大功率	最大心跳率
1	466	556	159
2	537	649	146
3	623	738	171
4	476	580	144
5	551	694	174
6	559	694	149
7	469	596	157
8	511	638	152
9	533	660	163
10	510	649	159
11	498	619	151
12	466	605	154
13	522	655	156
14	519	637	156
15	577	749	163
16	461	583	159
17	542	740	165
18	536	677	177
19	507	661	173
20	468	602	172
21	527	622	181
22	472	572	173
23	432	571	168
24	535	630	143
25	480	623	167
26	514	628	133
27	557	697	161
28	584	677	162
29	548	711	165
30	452	598	145
31	585	727	173
32	611	787	168
33	471	627	163
34	467	575	129
35	498	586	154
36	562	691	161
37	429	672	149
38	466	556	159
39	495	595	189
40	336	464	173
41	466	580	163
42	447	553	165
43	450	532	162
44	416	581	183
45	407	523	164
46	396	492	162
47	428	578	176
48	359	476	150
49	433	557	177
平均值	492.94	621.69	161.59
標準誤差值	61.51	71.27	12.28

資料來源：筆者自行彙整

本研究受試者為 49 位陸軍男性，最大功率為 621.69 ± 71.27 瓦特，平均功率 492.94 ± 61.51 瓦特，比較 Michael 等學者研究美國空軍（男性 1,374 名）進行溫蓋特檢測，結果顯示美國空軍男性最大功率為 951 瓦特、平均功率為 686 瓦，且建議軍事人員無氧動力功率輸出範圍在 760-920 瓦特較符合職務特殊性，兩者研究結果對比，本研究最大功率和平均功率明顯低於美國空軍研究無氧動力的表現結果，且在對比國內專家學者何振倫和翁明嘉研究 12 位有重量訓練習慣的健康男性，最大功率為 954.44 ± 128.46 瓦特、平均功率為 694.89 ± 99.97 瓦特，研究結果也明顯低於有重量訓練習慣健康男性(如表六)。

綜合上述討論，何振倫和翁明嘉學者與 Michael 等專家研究結果接近，且兩篇研究對象皆有重量訓練習慣，在美軍野戰準則(FM7-22) 中也指出「肌力」和「爆發力」是影響無氧動力表現重要參考指標。而美國陸軍戰鬥體適能研究報告更顯示將「硬舉」、「負重拖曳」等動作納入體能測評與訓練項目，可有效提升士兵的無氧動力。Michael 學者研究也指出重量訓練對於軍事人員執行作戰任務效率表現具高度相關性。反觀推論，本研究受試者可能因缺乏「肌力」和「爆發力」等神經肌肉的重量訓練刺激，以致溫蓋特無氧動力檢測之無氧動力呈現的輸出功率低於文獻報告平均值，值得部隊未來規劃訓測發展方向之參考。

表六 溫蓋特檢測相關文獻之無氧動力表現比較表

項目	平均功率	最大功率	訓練模式
本研究結果 (N=49)	492.94 ± 61.51 瓦特	621.69 ± 71.27 瓦特	未介入肌力訓練
Michael 等 學者(美國空 軍 N=1,374)	686 瓦特	951 瓦特	有介入肌力訓練
何振倫和翁 明嘉學者(大 專男運動員 N=12)	694.89 ± 99.97 瓦特	954.44 ± 128.46 瓦特	有介入肌力訓練
備註	本研究受測者的平均功率及最大功率，相較於文獻報告平均低於 200-330 瓦特範圍區間。		

資料來源:筆者自行彙整

柒、結語

本文透過實證和綜理國際運動科學研究得知，「肌力」和「爆發力」可能是影響無氧動力表現的重要參考指標，且各國軍事武裝部隊和美軍野戰準則(FM7-22)中也明確提出軍事人員在這兩項指標的重要性，併證實與戰場任務成功率及存活率有高度相關性，本研究結合運動科學儀器，驗證陸軍地面部隊人員的無氧動力表現，發現對比各國軍事武裝部隊人員具一定程度落差。因此，未來應可參考美國陸軍體能訓測內容，將其「硬舉」、「負重拖曳」等項目，納入訓測規劃方向發展參考，以精準訓練強化陸軍地面部隊之戰力。

參考文獻

- 一、王振生、林麗娟，〈高強度間歇訓練對國軍基本體能、無氧動力與身體組成之影響〉。《未發表之碩士論文》，民國 110 年，台南市，國立成功大學運動健康與休閒管理在職專班研究所。
- 二、王順正，〈跑步經濟性〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 28 日）
- 三、王順正，〈無氧運動能力的特殊性〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間：民國 114 年 6 月 24 日）。
- 四、王順正，〈運動強度的判定（自覺量表）〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 27 日）。
- 五、王頌坊、鐘昱剴、林冠宇、何承訓、王順正，〈跑步成績評量換氣閾值與呼吸代償點速度的效度研究〉，《體育學報》(臺北市)，第 56 卷 2 期，國立中正大學，西元，2023 年，頁 167-168。
- 六、郭志輝，〈田徑運動員無氧動力特質的研究。〉《北體學報》，民國 85 年，11，頁 1-29。
- 七、呂香珠，〈無氧動力測驗的新詮釋級應用時機。〉《中華體育季刊》，民國 80 年，4(4)，頁 61-69。
- 八、何振倫、翁明嘉，〈不同強度與無氧動力表現在堪薩斯單邊深蹲測試之比較〉。《未發表之碩士論文》，民國 107 年，臺北市，中國文化大學體育學系運動教練研究所。
- 九、林正常，〈有氧運動-無氧閾值〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 27 日）
- 十、林正常，〈臨界速度在耐力訓練上的應用〉，www.epsport.net，頁 1。（檢索時間 2025 年 6 月 24 日）

- 十一、林正常著，《運動生理學（增訂四版）》（臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月），頁 34。
- 十二、林正常，《運動生理學（增訂四版）》（臺北：師大書苑有限公司出版社，2018 年 3 月），頁 387-389。
- 十三、吳榮福、林育成，〈軍事人員「戰鬥體能」訓練發展之研究〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 576 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 69-84。
- 十四、美國陸軍訓練暨準則司令部(TRADOC)，《野外手冊 Fiedld Manual 7-22/ 軍隊物理準備培訓陸軍體能訓練 Physical Readiness Training》（北京：軍事誼文出版社，2012 年 10 月），頁 1-5。
- 十五、國防部陸軍司令部，〈國軍體能訓測實施規定（112 年修訂版）〉。
- 十六、劉立宇，〈溫蓋特無氧動力與競賽成績的相關。〉《臺南師院學報》，民國 91 年，35，頁 413-422。
- 十七、陳天文，〈不同運動項目大專男子運動員無氧動力表現之分析。〉《運動教練科學》，民國 101 年，26，頁 41-50。
- 十八、楊尚融、林育成，〈強化體能訓練策略增進戰鬥體能-以烏俄戰爭為例〉，《步兵季刊》(高雄市)，第 260 期，陸軍步兵訓練指揮部，西元，2024 年，頁 4-5。
- 十九、蘇明仁，〈運用戰術肌力體能訓練提升部隊訓練初探〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園市)，第 579 期 57 卷，陸軍司令部，西元，2021 年，頁 43-56。
- 二十、Barringer, N. D., McKinnon, C. J., O'Brien, N. C., & Kardouni, J. R., (2019). 〈Relationship of Strength and Conditioning Metrics to Success on the Army Ranger Physical Assessment Test〉, 《Comparative Study J Strength Cond Res》, 33(4):958-964.
- 二十一、Curiel-Regueros, A., Fernández-Lucas, J., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). 〈Effectiveness of an applied high intensity interval training as a specific operative training〉, 《Physiol Behav》, 201:208-211.
- 二十二、Dobbs C. W., Almonroeder G, T., Carpenter, M., Schmitt, E. R., Jacobon, K. A., Luedke, A. J., Roberts, M. B., & Jagim, R. A. (2025). 〈Relationships Between the Army Combat Fitness Test Scoring Structure and laboratory Measurements of Physical Fitness in Reserve Officer Training Corps Cadets〉, 《J Strength Cond Res》, 39(7):798-808.

- 二十三、Faff, J. & Korneta, K. (2000). 〈Changes in aerobic and anaerobic fitness in the Polish army paratroopers during their military service〉, 《Aviat Space Environ Med》, 71(9):920-4.
- 二十四、Kaminsky, L. A., Arena, R. & Myers, J. (2015). 〈Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness Measured with Cardipulmonary Excise Testing: Data form the fitness registry and the importance of excise national database〉, 《Mayo Cllinic Proceedings》, 90(11):1515-1523.
- 二十五、Knapik, J., Daniels, W., Murphy, M., Fitzgerald, P., Drews, F., & Vogel, J. (1990). 〈Physiological factors in infantry operations〉, 《Eur J Appl Physiol Occup Physiol》, 60(3):233-8.
- 二十六、Michael F, Zpan, Alan W. Arata, Letitia H. Dawson, Alfred L. Wile, Tamara L Payn, Megan E. Hannon. (2009). 〈Wingte Anaerobic Test Peak Power and Anaerobic Capacity Classifictions for Men and Women Intercollegiate Athletes〉, 《Journal of Strength and Conditioning Research》, 23(9):2598-2604.
- 二十七、Sales, M. M., Maciel, P. A., Silva Aguiar, S. D., Asano, Y. R., Motta-Santos, D., Jose Fernando, V. N. M., Alves, M. P., Santos, A. P., Barbosa, P. L., Ernesto, C., & Sousa, V. C. (2018). 〈Veertical jump is strongly associated to running-based anaerobic sprint test in teenage futsal male athletes.〉, 《Sports》, 6(4):129.
- 二十八、Vanhatalo, A., Jonathan, H. D., & Burnley, M. (2007). 〈Determination of critical power using a 3-min all-out- cycling test〉, 《Med Sci Sports Exerc》, 39(3):548-55.
- 二十九、Zagatto, M. A., Wladimir., R. B., & Gobatto, A. C. (2009). 〈Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances.〉, 《The Journal of Strength & Conditioning Research》, 23(6):1820-1827.