



軍事教育

3000公尺跑步測驗 逆轉勝實例

助理教授 蔡玉敏、空軍上尉 王勁鈞

提

要

凡尚未退伍的國軍軍職人員，每年都必須接受一次國軍三項基本體能測驗的檢測，測驗結果將做為升遷時，汰弱留優的遴選參考項目之一；此外，國防部明令規定，國軍軍事校院應屆畢業生，三項基本體能皆必須達到19-21歲組的合格標準，始得畢業。此對於許多常以臨時抱佛腳心態，平日未積極落實執行自我體能訓練者而言，早已惡視體能測驗為軍旅生涯的最大挑戰。其中，最常見未達合格標準的測驗項目，是2分鐘俯地挺身或3000公尺徒手跑測驗。

本文以一位在第8學期開學後第4週的基本體能普測週，3000公尺成績尚未達到畢業標準，但在經過2個月又4天的密集體能加強訓練，於畢業前兩個月、第2次體能補測時，已達到畢業合格標準的女學生為研究對象，將其成功逆轉勝實例的訓練過程，轉以文字陳述，期能協助更多尚有相同困擾問題者，日後從事自我體能訓練之參考範本。

本案成功逆轉勝3000公尺跑步測驗結果的主要原因，概可歸納為兩大類，一是正確的體能訓練課表協助於短時間內明顯大幅度提升體能水準，二是各方助力產生複合式成效。本案結論，學生應時時維持高度的自我體能訓練態度，並認真學習正確的體能訓練方法，隊職官與幹部對學生生活管理的能力，應包括具有正確的體能訓練觀念，體育教官師應發揮專業的體能訓練輔導機制，隨時提供正確資訊以協助隊職官與幹部解惑，同儕之間應負起互相督導的義務，一起提升全年班整體的體能水準。



壹、前言

國軍新制基本體能測驗項目，包括2分鐘仰臥起坐、2分鐘俯地挺身、3000公尺跑步等三項，男、女的測驗項目皆同，唯差別在於完成的次數、跑步時間、俯地挺身時胸部離地面的高度。國軍自民國98年開始試行新制國軍基本體能測驗，99年開始落實執行，並將測驗成績列入人事考評，同年，空軍官校學生的基本體能測驗實施辦法與測驗規定、合格標準，也依法修訂並落實執行畢業生的體能測驗合格門檻規定。

空軍官校學生畢業後，分別服役於地勤與飛行等兩種不同性質的軍種。畢業即就業，由於軍事校院畢業生在畢業當下即刻變身為職業軍人身份就職，為了因應職業需求，因而訂定畢業者必須達到符合職業軍人的基本體能標準。經調查，三軍軍官學生在學期間的年齡為17-23歲之間，畢業時的平均年齡約莫21歲左右，因此，國防部統一要求軍事校院畢業生以19-21歲組的合格標準為畢業體能合格標準，即男生的仰臥起坐必須達43次、女生33次，男生俯地挺身為51次、女生36次，男生3000公尺跑步必須14分鐘完成、女生16分50秒。

往年出現準畢業生於畢業之前尚未達到畢業合格標準者，大多以俯地挺身或3000公尺跑步為主。依據作者長期任教的觀察結果，發現導致原因大致可區分為三大類。第一類是因罹病導致無法於第八學期正常接受測驗。第二類是因為體重過重，導致超過自身體能所能承受的負擔範圍。第三類則是平日訓練未落實，導致體能水準與其他同學落差太大。其中，除了第一類型為不可抗拒因素外，第二、三類型皆可歸究為個人因素。

心病要用心藥醫，對症下藥才是治本的方法。有關第二、三類型的人為因素，基本上可經由兩種控制方法，再加上一種積極行為，進而就可輕易的達到合格的目標。兩種控制方法分別為控制熱量的攝入、增加熱量的消耗，熱量的攝入，是指應慎選並避免攝入油炸、高糖、高鹽、高熱量的食物，同時仍應注意均衡的飲食；控制熱量的消耗，則必須配合積極的行為，共同執行，意即應落實實施、執行大眾化的運動訓練計畫。

本案是以1位在第8學期開學後第4週的體能普測，3000公尺徒手跑步測驗尚以落差3分25秒鐘之距，未達畢業合格標準的應屆畢業女生為研究對象。在透過兩個月嚴格的平日與假日生活管理(控制飲食)、增加心理壓力程度、介入心理輔導機制、修正跑步姿勢與密集的體能加強訓練之後，終於順利在畢業之前，第二次體能補測時，通過畢業合格標準的要求。



在體能的專業訓練課程中，縱使所有人的操作課表項目皆相同，但是由於受訓者的體能水準各不相同，因此實操訓練課表必須因人而異、對症下藥，才能使訓練獲得最好的訓練效果。本案以通過3000公尺徒手跑步測驗為訓練目的，因此在擬訂訓練課表之前，必須先瞭解3000公尺跑步測驗的距離，究竟是屬於短、中、長的哪一種距離型態，因為體能訓練最應優先注重的，就是必須針對不同類型的體能能量需求，安排適當的、合理的、不同的課程。其次，必須瞭解訓練的目的（訓練方向），是為了提升耐跑的距離，還是固定距離內的跑步速度，因為這是影響訓練能否在最短時間內達到預設目的的重要關鍵。最後，再根據受訓者現階段的體能狀況，依據預設的訓練目的與運動特殊性，設定其能力範圍內所能達成的短、中、長期訓練目標，安排實操課表內容。當然，決定訓練結果的最後關鍵，仍在於是否落實執行訓練計劃、訓練過程中是否仔細觀察並記錄受訓者的每日訓練狀況、是否進行適當的訓練強度與訓練量的調整；此外，還應格外注意，避免產生過度疲勞與運動傷害，因為這兩項因素通常是導致體能訓練出現反效果的無形殺手。

以下內文，先陳述研究對象的訪談內容，並彙整其所提供、執行的體能訓練課程、各項配套的生活管理措施等資料。其後，作者將透過相關的學理資料，支持與釋疑各項實操課程與生活配套的功效。期能藉由此次成功的訓練經驗，提供予後續同樣需要自我加強體能訓練者執行、規劃之參考。

貳、實際案例解說

一、體能加強訓練課程實際操作過程：

- (一)官方測驗過程：2月24日基本體能普測日，3000公尺跑步測驗結果為20分15秒，未達16分50秒畢業合格標準。4月21日開始實施每週1次，由體育教官正式執行的畢業生3000公尺跑步補測，本次測驗結果為17分50秒，仍未達畢業合格標準。4月28日為體育教官執行的第2次基本體能補測，結果以16分41秒達到畢業合格標準。前後共計耗時約2個月4天。
- (二)協助訓練團體的人員身份與功能：
 - (1)同班同學暨同寢室友，每日隨時陪伴在旁，負責監督、控制受訓者的飲食內容，並全程陪伴與執行各項體能訓練。
 - (2)前任中隊隊長，協助根據受訓者體能水準，提供體能加強訓練的課表內容。
 - (3)現任中隊隊長，於下午經常抽空陪訓，同時兼負督訓功能。
 - (4)體育軍職教官，協助自畢業前兩個月起，於每週體育課執行3000公尺跑步補測。
 - (5)體育課授課老師，於每週體育課，受訓者完成官方的3000公尺跑步測驗之後，立即以對談方式，進行心理強化輔導，協助其回顧過去訓練時



的成功經驗與感覺，建立自信心，堅定自我挑戰信念，並提供尚須修正的訓練建議事項與改善方法、學理資訊。

(三) 本案訓練課程內容(如表1)：依訓練目標之不同，訓練課程概分為第一、第二個月等兩個階段。第一階段主要訓練目標，設定於提升受訓者可以跑很長距離的有氧耐力跑能力，主要訓練項目有每週2次的環場9公里不限時慢跑、2次的限時限組內休息時間的800公尺間歇跑，5次的不限時修正跑步姿勢訓練。第二階段主要訓練目標，設定於提升受訓者的耐乳酸兼有氧能力、核心肌群肌肉力量、堅強毅力，主要訓練項目有每週3次的核心肌群肌力、2次的瑜珈伸展動作、1次的限時環場9公里跑步、1次的最高平均速的定速跑或限時限組內休息時間的800公尺間歇跑、3次的不限時環場9公里跑步訓練。另外，在通過測驗之前的最後一週，加入每分鐘180步步貧的訓練要求。

(四) 第一與第二階段訓練內容的差異(如表2)：第一階段實施限時(要求強度)跑步訓練的總距離為9.6公里，不限時跑步訓練的總距離為39至53.25公里；第二階段的限時或限速(要求強度)跑步訓練的總距離提升為16至17.25公里

表1、兩個月主要的體能加強訓練內容

星期	時間	第一個月	第二個月
一、五	晨間 0600 至 0700	不限時環場 9.0 Km 慢跑	1. 核心肌群訓練(包括：平板、抬腿、俯地挺身、仰臥起坐、坐姿左右轉體)，每個動作 20 秒 x5 組(至少)，共至少 30 分鐘。 2. 體能許可時，再加徒手深蹲。包括：原地、跨步、前弓後箭步，每種動作 20-30 秒 x5 組。
	下午 1640 至 1800	1. 不限時間歇 800 M x 3 組。 或不限時間歇 1050 M 慢跑 x5 圈。 2. 跑步過程中，調整跑步姿勢。 3. 伸展操。	週一：計時環場 9.0 Km 跑步(限時 1 小時 10 分內完成)。 週五：3000 公尺跑步測驗。
二、四	晨間	間歇 800 M x 6 組 (每組設定 4 分 30 秒完成 組間休息 2 分鐘)	伸展操、瑜珈伸展動作 30 分鐘
	下午	同星期一	PU 田徑場慢跑 30 分鐘、不限圈數，調整跑步姿勢
三	晨間	同星期一	同星期一
	下午	同星期一	以下二選一進行。 1. 間歇 800 M 跑，第 1-3 圈限時 4 分鐘完成、組間休息 4 分鐘。第 4-5 圈時限 5 分鐘完成，組間休息 2 分鐘。 2. 或以 3000 M 及格時間(16 分 50 秒)之平均速度(約 $3 \text{ M} \cdot \text{秒}^{-1}$)，進行 1050 M 持續跑 4-5 圈。
六、日		無訓練，正常放假。	1. 不放假。 2. 不限時環場 9.0 Km 慢跑。 3. 伸展操、瑜珈深度伸展動作。



表2、第一與第二個月訓練附註與記事

第一個月	第二個月
1. 早上為耐力訓練的重點；下午實際訓練內容配合早上做調整，但重點是修正跑步姿勢。 2. 體重維持65公斤不變。 3. 週六、日未進行任何訓練，正常放假(此舉常使受訓者無法獲得充足休息，月底還因此而受傷。) 4. 雖有限定800公尺間歇跑的完成時間，但現實訓練並未完全達到時限規定。 5. 每次訓練結束，現場進行20分鐘動、靜態伸展操。回隊上或利用晚上空餘時間，再做類似瑜珈動作的深層拉筋與抬腿等動作。 6. 每週二、四為最高強度訓練日。一、三、五為中強度日。六、日為完全休息日。 7. 整月的要求強度跑步訓練總距離為9.6 Km，不限時跑步訓練總距離為39~53.25 Km。 第一個月整體訓練結果： (1)目的：課表內容主以加強有氧耐力跑能力，輔以修正跑步姿勢、提升跑步經濟性。 (2)正向：受訓者的精神狀況並不受影響；主因每日晚上提早睡覺，保持充足的睡眠與休息。 (3)負向：腳因放假時再度受傷(屬舊傷)，間接影響訓練正常化；唯，有安排接受物理治療。	1. 下午為耐力訓練的重點；隔日早上依前天下午訓練狀況，視為調整課程。 2. 開始進行飲食控制，體重於一個月內順利由65公斤減至62公斤(身高約162公分)。 3. 週六、週日不放假，留校訓練不計時9.0 Km環場慢跑與伸展操。 4-1. 以3000 M及格時間(16分50秒)之平均速度(約3公尺·秒-1)，進行每圈1050 M於5分53秒內完成，並持續跑4-5圈。最初2週僅前2圈可於時限內完成，能完成第4-5圈是在第4週。 4-2. 在800 M間歇跑，要求不同速限完成、不同組間休息時間的目的：前3圈主求耐力速度，後2圈為累積訓練量，同時磨練毅力。 5. 每次於訓練結束後，現場進行20分鐘動、靜態的伸展操。回隊上或利用晚上空餘時間，再做類似瑜珈動作的深層拉筋，與抬腿等動作。 6. 週一、三、五為高強度訓練日。週二、四為低強度訓練日，主要做為高強度訓練後的調整。週六、日為中強度訓練日。 7. 整月的要求強度跑步訓練總距離為16~17.5 Km(增加約2倍)，不限時跑步訓練總距離為至少295 Km(減少約1/3至1/2)。 8. 額外要求佩帶節拍器進行每分鐘180步步頻的跑步訓練。 9. 第1週因前月最末一週週末跌倒受傷而實施減量訓練；之後再逐漸增加並恢復設定訓練量。 10. 自第3週起，體育教官於每週體育課進行3000 M補測。 第二個月整體訓練結果： (1)目的：主以提升耐乳酸兼有氧能力，輔以提升核心肌群肌力、跑步步頻。 (2)提升步頻訓練法介入1週後，立即通過測驗標準。 (3)正向：各方面能力皆獲得明顯提升，且心情愉悅、有自信心。 (4)負向：無任何負向反應。

(約增加兩倍總距離)，不限時跑步訓練的總距離僅為至少29公里以上(約減少1/3至1/2總距離)，還有總時數至少150分鐘的核心肌群肌力訓練，以及週末假日的留校訓練作為，並於最後一週加入加快跑步步頻的要求。

五、小結：作者認為，訓練後的充足休息，是確保下一週可以正常執行訓練進度，同時提升運動強度的重點作為。經對照第一、二階段的訓練內容，發現第二階段訓練內容具有下列幾項特別的作法：(1)增加限時、限速跑步的訓練



量，具有提升耐力速度的效果。(2)加入核心肌群的肌力訓練，具有提升跑步經濟性的效果。(3)加快步頻的訓練要求，具有修正跑步姿勢的效果。(4)落實執行深層的伸展操，具有放鬆疲勞肌群的效果。此四點應可視為本案研究對象突破3000公尺跑步成績的體能訓練重點項目。除此之外，提供體能訓練課表的主訓者，認為受訓者的最大突破點，是經由參考徐國峰譯(2012)「跑步，該怎麼跑」書中所傳授的正確跑步方法，成功修正跑步姿勢的結果。

二、控制飲食：

第一個月，受試者曾試圖以禁食方法達到降低體重的目的，不過，由於禁食之後的隔餐，往往會促使食慾大增，導致大幅提升受訓者對食物的進食慾望、及體內對食物的吸收能力，因此並未達到預期的減重效果。

第二個月起，受訓者實施多項飲食控制，包括(1)杜絕一切含糖飲品，只喝大量的水(2)杜絕一切零食(3)不禁食，三餐正常食用，以米飯、麥片為主餐，唯限定每餐食用量為飯碗的八分滿，以及每日限半碗的肉類食物，不吃油炸肉，僅限食用燉肉或炒肉(4)每日食用1顆蘋果或芭樂，以補充維他命C(5)不限定蔬菜的進食量(此乃因受訓者飲食習慣偏重於肉類，比較排斥蔬菜類)(6)每天早上1顆水煮蛋，無水煮蛋時，以炒蛋、茶葉蛋代替(7)白天非三餐時間感覺肚子餓，可飲用300至400 cc的低或微糖豆漿，但是1天不得超過2次，且此也不是每天都喝。結果4週訓練之後的體重，順利減少了3公斤。

受訓者與協訓者一致認為，體重的順利降低，是使受訓者獲得跑步更輕鬆的重要感覺，對於提升跑步速度與跑更長距離的能力，都具有相當高度的正面影響力。

參、學理依據

本案受訓者的訓練課表，主要是參照徐國峰、曾奕穎、許紘瑋(2013)所建立的「跑力計算器」網站所提供的數據而修訂的訓練課表，由於該網站的訓練課表相當重視間歇跑訓練，因此，接下來有關體能訓練方面的學理內文，將著重於間歇跑訓練的介紹。

在第二章節，經比對第一、第二階段的訓練內容，得知第二階段明顯在4項訓練內容進行階式的改變，其分別代表著4種不同的訓練效果，簡述如下。(1)增加限時、限速跑步的訓練量，此提升運動強度的作法，具有提升「速耐力」的訓練效果。(2)加入核心肌群的肌力訓練，此具有持續大幅加強第一階段修正跑步姿勢的訓練效果，且進一步提供了提升跑步經濟性、跑步速度的輔助訓練效果。(3)落實



執行深層的伸展操，具有讓受訓者得以保持在逐漸增加的訓練量與運動強度壓力下，仍能維持健康、不發生運動傷害的效果。(4)加快步頻的訓練，由於提升步頻的首要條件就是縮短步幅，此改變有助於減少大腿用力、減緩腿部肌肉的疲勞出現時間、延長持續運動的能量，可以讓受訓者深刻感覺到身體變得更輕盈、跑步過程變得更輕鬆，體會跑步經濟性所帶來的好處，此具有增強心理正向能量的效果，而成功經驗的建立，具有間接並快速提供受訓者，強化後續進行持久活動的內在動力的效果。此外，主訓者認為受訓者突破成績的最大因素，是跑步姿勢的調整；作者也一致認同，此提升跑步經濟性的作法，確實有助於提供一個更為安全且有效率的訓練過程，也是受訓者最初能大躍進的突破跑步成績的轉折點。

通常，最常被運動員使用，做為提升有氧訓練的方式有三種，一是間歇或重複跑訓練，二是低強度的慢速長距離訓練，三是高強度持續跑訓練，從心理學立場來看，混合使用這三種方法，才能避免受訓者因單調的訓練計畫而感到厭煩(林貴福、徐台閣、吳慧君，2002)。其中，間歇跑、重複跑訓練的運動強度，均高於長時間持續跑，運動強度愈高，相對會提高發生運動傷害的風險，因此，對於訓練時間、運動強度、休息時間、間歇訓練組合的次數、重複訓練的數目，皆須格外嚴謹控制，以避免因過度訓練而造成的疲勞及運動傷害的發生等後遺症。本段內文將針對上述這幾項要點，分別加以說明如下。

一、如何運用間歇跑訓練提升3000公尺跑步成績：

(一)何謂間歇跑：

「間歇跑訓練」是藉由「跑步」時間與「休息」時間交替進行而組成的訓練課程。間歇跑的運動強度或速度，會比實際測驗時的連續跑的運動強度更高、速度更快，只是，必須在一次訓練過程中，將總訓練量分成若干小組，每一小組必須包括數趟的跑步距離，再於每兩趟之間加入組內休息時間(Resting-time within)、每兩小組之間加入比較長的組間休息時間(Resting-time between)。間歇訓練是由五個因素所構成，一是每次練習的時間和距離是可變換的，二是每次重複的次數與組數是可變換的，三是每次練習的負荷強度是可變換的，四是每次(組)練習的間歇時間必須為人體尚未完全恢復的狀態，五是間歇時間的休息方式(分為積極性與消極性兩種)以積極性休息為主(李誠志，1994)。

另外，必須特別介紹一種與間歇跑訓練非常相似的「重複跑」訓練，唯訓練量方面，兩者卻大不相同。重複跑訓練，意指在規定單位時間內，實施最大運動強度，或接近最大運動強度，反覆進行同一負荷的訓練模式(是不



可變化的)；與間歇跑訓練的最大不同處，乃重複跑訓練必須讓人體達到完全恢復或超量恢復的訓練狀態，再進行下一趟的訓練，通常做為賽前調整或模擬比賽強況的訓練方法(高雄縣體育會田徑委員會，2003；Roberts, Billeter & Howald, 1982)。

(二)運動強度的設定：

1. 優先瞭解所使用的能量系統：在設定運動強度之前，必須先瞭解能量系統與運動項目之間的關係。在運動能量系統方面，103年全國大專校院運動大會的一般男子組3000公尺障礙決賽最後一名(第27名)成績為12分47秒、公開女子組最後一名(第6名；沒有一般女子組)成績為12分54秒(國立雲林科技大學，2014)。國軍大專院校畢業生的3000公尺畢業標準，男生為14分鐘、女生為16分50秒鐘(空軍軍官學校，2014)。上述這些運動時間都是在6至30分鐘之間完成的運動項目，運動期間是屬於中等運動強度，仰賴10-40%無氧能量系統、90-60%有氧能量系統，主要偏賴於有氧的能量系統，循環系統相當亢進，心肌長時間賣力參與，這種長時間的運動，配速與能量的妥善分配，是相當重要的事(蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳，2001)。

2. 瞭解訓練目的、訂定訓練目標：

瞭解運動項目與能量系統之間的關係之後，接著，在訂定訓練計畫內容時，還必須先確定訓練的目的，才能訂定訓練的目標。例如，欲提升3000公尺跑步成績，若對象是無法跑完3000公尺者，則訓練目的應該設定為增長所能完成的跑步距離；但是，若對象是可以跑完3000公尺，但卻一直無法在合格時間內完成者，則訓練目的應設定為提升跑步速度。

通常，要改善有氧耐力，都會以改善最大攝氧量為訓練目的。改善最大攝氧量的間歇訓練，通常要運用到超過60秒的時間，使有氧產生的ATP達到最大量(林貴福等，2002)。若訓練目的是能順利完成3000公尺的跑步距離，則為訓練目的應為促進心肺血管循環系統及心肌發達，此建議參考蔡崇濱等(2001)翻譯的「運動訓練法」的建議，以中等運動強度、有氧能量高達90%、無氧能量僅10%的有氧能量系統，並採用70-80%最大肌力強度，進行持續運動時間6至30分鐘的長距離跑步訓練；若訓練目的提升3000公尺跑步的完成時間，則訓練目標應為提升速耐力，宜以非最大運動強度、有氧產能30%、無氧產能70%的乳酸兼有氧能量系統，並採用80-90%的最大肌力強度，進行持續運動時間為1至6分鐘的跑步距離之間歇訓



練(但須為多組數訓練)。

3. 設定運動強度：

運動強度是指單位時間內，運動員所做的功，是屬於質的成分；單位時間內所做的功愈高，表示運動強度愈強。對於跑步這種週期性動作運動項目來說，最好成績的每秒鐘跑步速度(m/s)，就是該項競跑距離的最大平均速度，又就是後續將設定為訓練強度的重要參考依據。不過，在設定之際，必須嚴謹考量運動強度與訓練量，因為這兩項之間具有負相關的關係，是影響訓練進步與否的重要操弄關鍵。

例如，以速度或肌力為主的運動，強調的是運動強度的進步情況；但是，對於耐力項目來說，受運動強度影響的程度比較少，反之，訓練量的堆疊，才是促進進步的主要原因(蔡崇濱等，2001)。由於訓練量與運動強度，兩者之間是負相關的關係，所以，當訓練量減少時，運動強度才有增加的可能；也就是說，如果想要藉由增加運動強度來提升跑步速度，一開始就必須採取減少訓練量的作法，如此，才能順利提升運動強度。不過必須格外注意，當運動強度低於30%的最大強度時，由於此運動強度不足以對生理產生適當的刺激，因此，即使採用了高訓練量，仍然無法有效的產生運動生理適應效果(Harre, 1982)。也就是說，運動強度至少必須為最大強度的30%以上。此外，尚須注意運動強度若過大，容易發生運動傷害，所以，應採取漸進增加強度或負荷量的作法，才是避免發生運動傷害，造成負面訓練效果的重要措施。「百分之十法」，是指每週的運動強度或訓練量，不應超過10%，是一個避免大幅增加運動強度或訓練量而造成運動傷害的經驗法則，例如，一位跑者每週跑50公里，則下週的訓練量最多僅可調高到55公里(Micheli, 1988)。

以跑步速度來設定運動強度時的範例說明。倘若有一位5,000或10,000公尺的長跑選手，訓練目的是為了提升跑步速度，則100%運動強度是指他的比賽時配速，平日訓練時則可採用125%或更大速率來進行訓練(蔡崇濱等，2001)。不過，實際上，這是不可能做到的事，所以，必須把總跑步距離分成好幾趟，然後在每一趟的跑速上做比較快速跑的要求，此即為提升跑速的間歇跑或重複跑訓練法。又如，一個1500公尺成績為3分40秒的運動員，以增加訓練量為訓練目的時，則他的1500公尺平均最大速度約為每秒6.82公尺(計算方式： $1500\text{m} / (3 \times 60\text{秒} + 40\text{秒})$)，若欲進行重複跑8趟400公尺，即表示每趟400公尺的完成時間應設定為57至58秒



(400公尺/6.82公尺 每秒-1)(Alford, Holmes, Hill & Wilson, 1985)。

以跑步時的運動心跳率來設定運動強度時的範例說明。當以提升有氧能量系統為訓練目標時，應採用每分鐘心跳率120-150次的低運動強度進行跑步訓練，但若以提升乳酸兼有氧能量系統為訓練目標時，則宜採用每分鐘心跳率170-185的非最大高強度進行跑步訓練(蔡崇濱等，2001)。唯須注意，欲發展某一項運動能力，刺激的強度必須達到、或超過閾值水準(閾值分為乳酸值約在2 mmol/L的運動強度稱為有氧閾值，乳酸值約在4 mmol/L的運動強度則稱為無氧閾值等兩種。有氧閾值以下的運動強度，有氧能量系統的供給佔優勢，運動心跳率大約在65%最大心跳率，約低於無氧閾值時的心跳率40下左右[Davis, Bull & Roscoe, 2000]；無氧閾值以上的運動強度，則無氧能量系統供能的比例逐漸增加，運動心跳率大約是80-90%最大心跳率[Janssen, 2001])，才會發生運動的生理適應能力，不過，閾值會因人的體能差異而不相同。Harre(1982)指出，跑步、游泳…等耐力訓練，運動心跳率至少必須超過每分鐘130次，才有訓練效果。但是，早期學者Sharkey與Holliman(1967)的研究結論則支持訓練心跳率應達到每分鐘至少150次以上。Fox等(1993)建議高中或大專學生若想獲得顯著的訓練效果，在運動目標心跳率的設定上，應達到最大心跳率的85-95%。上述這些指標意義，正說明了一般僅追求身體健康為目標者，運動時的運動強度大約只須設定在每分鐘心跳率130次即可，但若想追求更卓越的成就感，讓成績有明顯的突破，就應提升到每分鐘心跳率至少150次的要求，至於年輕力壯、精力旺盛的大學生，相對更應提高要求。

4. 注意年齡因素：年齡會影響心跳率，年齡愈高，最大心跳率會愈低，所以，運動心跳率的設定，必須考量年齡因素。一般簡易的運動心跳率換算方法為，220減年齡，再減安靜心跳率(早上起床，尚未起身之前，躺在床上並測量1分鐘的安靜心跳數，此即為安靜心跳率)，乘以預設的運動強度，再加上安靜心跳率，所得數字即為運動訓練時的運動心跳率。通常運動心跳率會設定上限與下限，只要運動期間的心跳率處於此兩個數字之間，就是訓練時的合理運動強度。

(三)運動密度的設定：

關於訓練密度(Density)，兩個訓練課程之間的休息時間，取決於每一個訓練課程的運動強度與持續時間。當運動強度超過非最大運動強度時，必



須安排比較長的休息時間，以促進體力的恢復；相反的，如果運動強度比較低，則只需要比較少的休息時間。

以時間比率來說，通常，運動時間與休息時間為1:1，但是對於未經過相當程度訓練的受訓者所設計的間歇訓練，則宜採1:2或1:3 (strand & Rodahl, 1985)。蔡崇濱等(2001)翻譯的「運動訓練法」書本中指出，長距離耐力訓練的最適當密度，為運動時間：休息時間=2:1至1:1，換言之，就是休息時間為運動時間的一半，但是，若使用高強度刺激來發展耐力時，則密度必須修正為1:3至1:6，休息時間為運動時間的3至6倍。高雄縣體育會田徑委員會(2003)也建議，間歇跑訓練的練習與休息的時間比率，建議為1:1或1:3，但是重複跑建議為1:4或1:5。這個比率的差別，正是因為跑的距離愈長，所需時間愈長、運動強度就愈低，間歇跑比持續跑的運動強度還要高，而重複跑的運動強度又比間歇跑還要高，所以，休息所需時間與跑步時間的比率，也應隨著運動強度的提升而進行適當的向上調整；此外，跑步與休息的時間比率，必須依據受訓者的體能狀況，隨時進行適當調整，才是間歇跑訓練的精髓。

心跳率，最能反應受訓者當下的生理狀況，所以很適合做為間歇跑訓練時，量度運動強度與恢復程度的依據，如果受訓者可以配戴心率錶進行訓練，除了可以更為精準的控制運動強度之外，更可以確實的掌控運動後的恢復情況，做為下一趟開跑的依據，進行更精準的休息時間控制。國外學者Harre(1982)建議，必須等心跳率下降到每分鐘120至140下，才可以開始下一趟的反覆跑。又如，傳統的100、200、400、600公尺跑步距離的間歇跑訓練法，要求運動時的每分鐘心跳率必須達到180下，但是，在下一趟起跑之前，心跳率必須回復到每分鐘120下(Alford, et al., 1985; strand & Rodahl, 1986)。如果心跳率未能順利於規定時間內回復到應有的數據，此即表示身體已產生嚴重疲勞、今日體能的極限，根據作者親身執教的訓練經驗，此時最多只能再進行最後一趟不計時跑步訓練，主要目的為訓練毅力、耐苦能力，或停止訓練。但是，若沒有配戴心率錶，就無法精準掌控受訓者真實的疲勞狀況，進而無形中造成過度訓練，或訓練量不夠的窘況。

(四) 訓練週期：

重覆練習，是學習技術或發展體能的要素，為了產生訓練效果，必須重覆至少2-3次，具有相同訓練目標與內容的訓練課程。訓練方法學中指出，小週期是一年之中重覆出現的週訓練，一個小週期之中，並非所有訓練課表



都具備相同的性質，它的訓練目標、運動強度、訓練量、課表內容、訓練方法，以及任何可以支配訓練階段的因素，因為運動員不穩定的心理與生理需求，動作能力、恢復需求、再生、測驗或比賽日期，而有所調整；1個小週期並非刻板的指定為1週，它亦可能是由幾天所組成的一個循環，並且後續會重覆出現的短期訓練計劃(蔡崇濱等，2001)。

欲發展如本案的3000公尺跑步之非最大強度的特殊耐力，作者建議可參考蔡崇濱等(2001)翻譯的「運動訓練法」，在小週期的安排方面，視受訓者的體能水準與訓練目標，一週可以規劃1-3次的高峰訓練，其中，必須包括1-2次的測驗時所需最大強度的特殊耐力(90-100%的最大負荷)課程，之後，再將剩餘時間交錯安排中強度(80-90%的最大負荷)和低強度(50-80%的最大負荷)課程，其中的低強度訓練日可視為恢復日，此外，週日必須為完全休息，以儲備下一個小週期所需的體能水準。

在運動強度與訓練量的考量上，除了必須依據小週期理論進行安排，另外還應考量大週期問題，一個大週期是由數個小週期所組成。由於有氧耐力運動類型的訓練，心肺系統必須花費比較長的時間適應耐力運動，因此需要比較長的大週期訓練時間。

大週期裏面的幾個小週期的運動強度安排，亦應有高強度小週期(可能安排2-3個高強度訓練日)、中強度小週期(可能安排1-2個高強度訓練日)、低強度小週期(可能僅安排0-1個高強度訓練日；此週也可視為恢復週)(蔡崇濱等，2001)。例如，若以4週為一個大週期，並以逐漸增強訓練高度的安排方法，則第1週可安排1個高強度日，第2週2個高強度日，第3週3個高強度日，第4週0個高強度日、僅由中、低強度組成，主要做為第3週最高強度訓練之後的恢復期。

二、肌力的提升：

由於最大肌力的訓練與反覆次數呈反比，因此，訓練目標若為提升最大肌力，則反覆次數僅須設定為1次。但是，3000公尺跑步是屬於長距離的跑步，運動動作屬於週期性動作，持久運動時間是偏重於有氧能量系統，因此，最需發展的肌肉力量，應為肌耐力，而不是最大肌力。

根據蔡崇濱等(2001)翻譯的「運動訓練法」的「採用不同的負荷發展的運動能力」的圖解，建議週期性(例如：跑步、游泳、騎自行車)的運動項目，發展肌耐力的負荷重量為20-50%的最大肌力，發展爆發力則為30-50%的最大肌力，另外在「發展不同型態的肌力所需要的反覆數」的圖解，建議週期性的



肌耐力訓練的反覆次數，每組為30-250次，必須進行5組，即為每次肌力訓練課應完成的總反覆次數；此外，肌耐力訓練模式為「低至中負荷、高反覆、低組數、低至中動作節奏、低至中程度休息時間」的訓練模式，至於平日訓練所應採用的正確反覆次數，計算公式如下：最大反覆次數 負荷重量的百分比。

例如，先測出欲訓練的肌肉群（執行動作，例如蹲舉），僅能舉起1次的最大肌力數值為100公斤，再將最大肌力100公斤乘以日後欲進行的負荷重量假設為50%最大肌力（100公斤 $\times$ 0.5 = 50公斤），先將該負荷重量讓受訓者進行一次最大反覆次數的實際操作測驗，例如僅可完成30下，則平日訓練時應完成的反覆次數為30 $\times$ 0.5=15下，即是平日訓練時的每組反覆次數。若要增加訓練量，可以採用增加負荷重量或減少休息時間、增加反覆次數等方式。

三、跑步經濟性的提升：

有氧耐力訓練中，最普遍被測量的適應作用之一，就是測量與最大心輸出量有關的最大攝氧量，是否有增加的現象(Brooks, Fahey & White, 1996)。其實，改善最大攝氧量，只是提升耐力的一個變數，另外還應增進乳酸閾值與改進跑步的經濟性(林貴福等，2002)。接受6至12個月的體能訓練期，才能讓最大攝氧量獲得最大的生理適應作用，其實，真正想讓長期有氧耐力訓練獲得顯著的改善，首推改善跑步經濟性，會比增加攝氧量及使用氧氣的最大能力還要容易(蔡崇濱等，2004)。本案對象已接受4年大學的體能訓練期，但3000公尺跑步仍未達合格標準，由此推論最大問題應與跑步經濟性有關。至於影響跑步經濟性的相關因素，大致可包括環境、生理、訓練等三大因素(林信甫、莊泰源，2003)。於以下內文簡述之。

在環境因素方面，影響因素包括1. 地面的性質，例如跑沙灘的攝氧量比跑草地來得高(Pinnington & Dawson, 1999)。2. 實驗室跑步機與戶外跑步兩種，在以傑出選手進行室內跑步機與室外無風狀態的比較研究時，Daniels(1985)發現室外的攝氧量比實驗室高7%左右；此外，Davies(1980)發現每秒5公尺的馬拉松跑步、每秒6公尺的中距離跑步、每秒10公尺的短距離跑步，其室外的攝氧量測量值，分別比室內高出約2%、4%、10%，不過，若將跑步機坡度升高1%，則消耗的能量與戶外時相當。由於本案研究對象的測驗場地與平日長距離持續跑訓練，都在室外柏油路面上進行，因此，可摒除測驗時受場地影響的因素，至於少部分間歇或重複跑訓練場地則是在PU田徑跑道上進行，因此，該項訓練課程就應加以考慮，PU跑道的攝氧量可能比柏油路訓練為低，據此增強運動強度、訓練量。



在生理因素方面，影響因素包括1. 性別，Morgan與Craib(1992)以比較快的跑步速度進行研究，結論指出，女性由於身體組成以及跑步時的垂直位移比較大，因此跑步經濟性比男性為差。2. 年齡，在Krahenbuhl與Williams(1992)的回顧性研究的結論指出，兒童至成年人時期，跑步經濟性會隨著年齡的增長，對應休息代謝率變得比較低、換氣量比較低、步頻比較低、步幅比較少而獲得提升。但是，Martin、Rothstein與Larish(1992)研究發現，成年至老年時期，可能隨著年齡的增長，對應相同肌力下，徵召比較多運動單位、增加動作中使用的快肌纖維比率，進而造成氧需求量提升而導致跑步經濟性下降。3. 體溫，Gasser與Brooks(1984)研究結論認為，長時間運動下，身體核心體溫會上升，因此增加換氣率與末梢血流量、降低氧化磷酸化效率，造成攝氧量增加，跑步經濟性下降。不過，Morgan(1992)研究結論認為，經過體能訓練之後，身體能夠以降低體溫調節反應與肌肉工作效率、減少能量消耗等方式，提升身體在體溫過熱情況下的運動適應能力。4. 疲勞，Millet、Millet、Hofmann與Candau(2000)研究發現，中等程度的鐵人三項選手，因為呼吸肌的攝氧量增加(此可視為疲勞的程度性)，導致腳踏車後跑步的能量消耗量，比傑出選手還要多。5. 換氣量，Tomas、Fernhall與Granat(1999)研究發現，不論男、女性，換氣量是影響跑步經濟性的主要原因；Morgan與Craib(1992)認為減少換氣量，跑步經濟性才會提升。6. 柔軟度，Craib、Mitchell、Fields、Cooper、Hopewell與Morgan(1996)研究發現，髖關節與後大腿肌群的柔軟度比較差者，跑步經濟性反而比較好。由於本案研究對象僅1位，因此可以不用考慮性別、年齡的影響因素。在設定平日訓練課表時，應加以考量、注意控制的生理影響因素，應包括運動時的核心體溫、運動期間的疲勞程度與運動後的恢復狀況、攸關換氣量的訓練課表的運動強度設定、髖關節柔軟度的訓練。

在訓練因素方面，影響因素包括1. 訓練方式，Franch、Maksen、Djurhuus與Pedersen(1998)研究結果發現，高強度與長距離間歇跑方式，有助於改善跑步經濟性，但短距離間歇跑則沒有顯著的改善效果。2. 過度訓練與減量訓練，Kuipers與Keizer(1988)提出，短時間過度訓練之後，若沒有足夠的休息，會增加徵召與刺激動作單位，進而增加氧需求量(表示跑步經濟性降低了)；Houmard、Costill、Mitchell、Park、Hickner與Roemmich(1990)研究結果發現，7天的減量訓練期，並不會改變跑步經濟性，但是21天的減量訓練期，會讓跑步經濟性逐漸變差。3. 肌力訓練，Paavolainen、Hakkinen、



Hamalainen、Nummela與Rusko(1999)發現，透過肌肉的爆發力訓練，可以改善神經肌肉的功能，有助於改善跑步經濟性；Millet、Haïyen與Caudau(2002)研究結果顯示，14週耐力加肌力的體能訓練後，會比單純只做耐力訓練課程者，更具有明顯提升跑步經濟性的效果。

綜整上述文獻探討結果，本案研究對象應進行的訓練課程，應著重於比較長距離的高強度間歇跑，此外，若身體產生不適感，則減量訓練或調整期，宜限定為7天，另外，耐力訓練課程應加入避免提升髖關節與後大腿肌柔軟度的肌力訓練課程。

此外，本研究對象的跑步姿勢深受徐國峰譯(2012)「跑步，該怎麼跑」書中轉述Nicholas Romanov與John Robson積極宣導的「姿勢跑法」(Post Method of Running)的影響而獲得正確的修正。書中強調跑步應遵循幾項重點觀念，例如以腳掌前緣的球狀部位著地，著地時盡可能地保持輕盈，運用緊湊的步伐，減少多餘的動作，雙腳始終保持彎曲，秉持「關鍵跑步姿勢」…。所以，跑步姿勢的修正，應該擺在所有訓練應注意的第一要項。

四、減重的正確觀念：

減重，絕對有助於提升跑步成績，但必須以減掉的是體脂肪而不是肌肉或體內的水份為前題，否則將致反效果。欲有效的控制體重，最好的方法，就是預估能量的需求量。一個人，一天所消耗的熱量可分為三個部分，第一部分是基礎代謝率(基本代謝率是指一個人在靜態的情況下，維持生命所需的最低熱量消耗卡數，簡單來說，若基本代謝率是1200卡路里，就算整天在睡覺，沒有任何其他活動的話，這天也會消耗1200卡路里)，約佔了人體總熱量消耗的65至70%，第二部分是身體活動，約佔總熱量消耗的15至30%，第三部分是食物的熱效應，佔的比例最少約10%，這三者的比例大致已經固定，食物熱效應是(基礎代謝率+活動量) × 10%或÷ 9，此外，飲食中可以提供熱量的營養素有醣類(碳水化合物)、脂肪、蛋白質、酒精、有機酸等，它們所含的熱量(以每公克為單位)分別為醣類4大卡、脂肪9大卡、蛋白質4大卡、酒精7大卡、有機酸2.4大卡；計算食物或飲食所含的熱量，必須先知道其中的各項熱量營養素的重量，再利用下列公式計算：醣類克數×4+蛋白質克數×4+脂肪克數×9+酒精克數×7=熱量(大卡)(賴婉婷、周柏佑，2014)。所以，一個人一天的熱量總攝取量，不宜少於足以維持生命現象的基礎代謝能量1200大卡。

蔡崇濱等(2004)翻譯的「肌力與體能訓練」書籍中的表12.9利用活動程度來預估男性與女性運動員的每日卡路里需求，其中，依活動程度分為輕度(



在水平面上以2.5至3.5mph速度走路、修車工作、大掃除、高爾夫、風帆、桌球)活動時，每公斤體重可消耗熱量為，男性38大卡、女性35大卡，進行中度(以3.5至4.0 mph(英哩 每小時-1)的速度走路，或鋤草、搬運重物、打網球、跳舞、滑雪、自由車)活動時則為男性41大卡、女性37大卡，進行激烈(上坡走路、伐木、激烈徒手挖土、籃球、攀岩、足球)活動時則為男性50大卡、女性44大卡。預估方式，例如一位體重60公斤的女性，參與中度運動，則能量需求是 $60 \times 37 \text{大卡} = 2220 \text{大卡}$ ；再加上一般男性的基礎代謝能量為1500大卡、女性為1200大卡，所以，該位女性當日的能量需求為 $2220 \text{大卡} + 1200 \text{大卡} = 3420 \text{大卡}$ 。也就是說，該女子當日的熱量攝取，必須高於1200大卡，但低於3420大卡，如此長期累積，即可順利達到合理且安全的減重目的。

許多人想利用跑步來達到減重的目的，但是，Bornstein(2013)提出5個欲利用跑步達到減肥效果的誤錯作法，簡述如下。

- (一)一成不變。不斷重複進行相同運動強度與訓練量的跑步，由於身體的新陳代謝與反應能力已經產生了生理適應能力，故熱量的消耗變少了，這就是所謂的「運動生理穩定狀態」，也是無法達成長期減肥計劃的主要原因。建議加入重量訓練，以提升熱量消耗量，因為重量訓練會產生肌肉微小撕裂，但人體有自動修補功能，在癒合過程需要能量，且會持續近2天左右，因此可提高新陳代謝，燃燒更多熱量。
- (二)跑得太長，而不是更快。美國西安大略大學比較一組進行4至6組的高運動強度30秒衝刺者，與一組進行長時間、低強度有氧運動30至60分鐘者，結果衝刺組因為高運動強度的衝刺過程使身體內部產生類似重量訓練效果的變化，身體恢復過程需要能量，才能把運動中所產生的乳酸轉換成葡萄糖，並且恢復血中的荷爾蒙水平，但是所有的身體恢復過程，皆意味著身體必須更努力工作、燃燒更多脂肪、產生更多熱能，然而這些現象，都不會發生在穩定的低強度有氧運動中，因此所燃燒的脂肪是低運動強度的有氧組的2倍以上。
- (三)過於專注在熱量的消耗。只要活著，舉凡睡覺、站立、吃飯、思考等，都需要大量的能量，且這些正常生活作息總加起來的所需能量，遠比在健身房所燃燒的還要多。所以，只要提升基礎代謝率，就能增加能量的消耗。利用從事高運動強度的重量訓練或衝刺來增加肌肉量，就是提升基礎代謝率的好方法。
- (四)應嘗試其它形式的有氧運動。持續長時間、比較低強度的耐力型跑步或走路



，會減低肌力與肌肉的成長；即使增加強度並且在斜坡上跑，對於肌肉增長及燃燒脂肪而言，騎自行車會是個更好的選擇。也就是說，若運動的目標是減重，則最有效率的耐力型運動項目是騎腳踏車，跑步還算其次。

(五) 跑太多了。運動雖有益健康，但畢竟還是會對身體產生壓力，這股壓力會影響體內負責控制減脂荷爾蒙的能力。長跑會導致皮質醇持續增加，長期如此會導致更多的發炎、恢復比較慢、肌肉組織分解、建立脂肪，甚至傷害免疫功能，如果身體承受來自運動所產生的壓力過大，不管是因為運動時間太長，或是因為沒有攝取適當的營養素進行恢復，都會傷害甲狀腺、降低新陳代謝，讓減重更為困難。每天進行1小時有氧運動，對減脂來說已綽綽有餘，但若每天進行2至4小時跑步，卻沒有減掉體重(或可能增加體重)，就得考慮一方面減少跑步頻率，另一方面增加阻力(肌肉力量)訓練。

肆、結語

經解析本案研究對象在畢業之前，利用體能加強訓練實操課程，成功於畢業前兩個月達到畢業標準，作者認為成功原因可歸納為兩大類，一是正確的體能訓練課表協助於短時間內明顯大幅提升體能水準，二是各方助力產生複合式成效。

在體能訓練成效方面，可歸納出下列6點原因：1. 以漸增方式，逐漸增加限時、限速跑步的訓練量，有效提升耐力速度。2. 進行核心肌群的肌力訓練，有效提升跑步經濟性。3. 加快步頻訓練，發揮修正跑步姿勢的輔助效果。4. 進行深層的伸展操，有效放鬆疲勞肌群，抑制運動傷害與過度疲勞現象的產生。5. 成功減重，無形中成為明顯提升體能的最佳輔助因素。6. 成功修正跑步姿勢，此為最初成績可以突破長期窘況的重要關鍵點。

另外，有關複合式助力方面，可規納出下列4個構因：1. 具有正確體能訓練觀念的隊職幹部，提供對症下藥的體能訓練課表。2. 威嚴的體育教官，及時給予心理壓力，強迫其以積極態度正視畢業體能標準的自我挑戰問題。3. 具有愛心的同儕，齊心協助監控平日生活作息，避免其發生不良飲食習慣並陪訓體能，提升其參訓動機。4. 體育老師適時介入心理輔導，誘導提升自信心，強化從事訓練的內在動機。

本案結論，在軍校中，學生應時時維持高度的自我體能訓練態度，並不恥下問，認真學習正確的體能訓練方法。隊職官與幹部對學生生活管理的能力，應包括具有正確的體能訓練觀念。體育教官師應發揮專業的體能訓練輔導機制，隨時提供正確資訊以協助隊職官與幹部解惑。同儕之間，應負起互相督導的義務，一起提升全年班整體的體能水準。



致 謝

感謝空官95期學生協助提供體能訓練實操課表等相關資料並接受訪問，不吝分享受訓與協助訓練的心得與感想。感謝王勁鈞教官協助校正訓練內容，並提供自身帶隊訓練的經驗分享、相關參考文獻資料、修稿建議。

參考文獻

- 李誠志(1994)。教練指南。台北市：文史哲出版社。
- 林信甫、莊泰源(2003)。跑步經濟性及其相關影響因素探討。中華體育季刊，17(3)，53-63頁。
- 空軍軍官學校(2014)。學生體測評分表。首頁/學術單位/總教官室/體育教育/體測專區，網址<http://www.cafa.edu.tw/sub/content/index.asp?Parser=1,12,341,256,329>
- 林貴福、徐台閣、吳慧君譯(2002)。運動生理學。台北市：藝軒圖書。原著：Powers, S. K., & Howley, E. T. (2001). Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance, 4th ed. New York: McGraw-Hill, Inc. McGraw-Hill Companies.
- 徐國峰譯(2012)。跑步，該怎麼跑。台北市：臉譜出版社。原著：Romanov, N., Robson, J., and Balsevich, V. (2002). Pose Method of Running. U. S. A. Midwest: Partners Pub Group.
- 徐國峰、曾奕穎、許紘瑋(2013)。跑力計算器使用說明。徐國峰與東華鐵人隊/「跑力」計算器的由來與使用說明，網址<http://rocky549.blogspot.tw/2013/12/blog-post.html>
- 高雄縣體育會田徑委員會(2002)。田徑教室(第一輯)。
- 高雄縣體育會田徑委員會(2003)。美國田徑訓練指南(第五輯)。
- 國立雲林科技大學(2014)。103全國大專運動校院田徑競賽成績。首頁/競賽成績/決賽成績查詢/田徑項目，網址<http://140.125.240.175/score103b/qryscher.aspx?mteam=%E5%85%A8%E9%83%A8&mkind=%E7%94%B0%E5%BE%91&mdate=%E5%85%A8%E9%83%A8>
- 蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳譯(2001)。運動訓練法。台北市：藝軒圖書。原著：Bompa, Tudor O. (1999). Theory and Methodology of Training/4th. Human Kinetics Publishers Inc.
- 蔡崇濱、林信甫、林政東、吳柏翰、鄭景峰、傅正思、戴堯種譯(2004)。肌力與體能訓練。台北縣：藝軒圖書。原著：Thomas R. Baechle & Roger W. Earle, National Strength and Conditioning Association. Human Kinetics Publishers, Inc.
- Alford, J., Holmes, B., Hill, R., and Wilson, H. (1985). Complete Guide to Running. London: Hamlyn.
- strand, P. O., and Rodahl, K. (1986). Textbook of Work Physiology. New York: McGraw-Hill Companies.
- Bornstein, A. (2013). 5 Reasons Running May Not Help You Lose Weight. Retrieved from Shape/weight-loss/strategies/ Recreation Web site: <http://www.shape.com/weight-loss/weight-loss-strategies/5-reasons-running-may-not-help-you-lose-weight>
- Brooks, G. A., Faher, T. D., and White, T. P. (1996). Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications, 2nd ed. Mountain View, CA: Mayfield.
- Craib, M. W., Mitchell, V. A., Fields, K. F., Cooper, T. R., Hopewell, R., and Morgan, D. W. (1996). The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. Medicine and Science in Sports and Exercise, 28(6), 737-743.
- Daniels, J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. Medicine and Science in Sports and Exercise, 17(3), 332-338.
- Davies, C. T. M. (1980). Effects of wind assistance and resistance on the forward motion of a runner. Journal of Applied Physiology, 48(4), 702-709.
- Davis, B., Bull, R., and Roscoe J. (2000). Physical Education and the Study of Sport. UK: Harcourt Publishers Ltd.
- Fox, E. L., Bower, R. W., and Foss, M. L. (1993). The Physiological Basis for Exercise and Sport (5th ed). Dubuque, IA: Wm. C. Brown.
- Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M. S., and Pedersen, P. K. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilator demands. Medicine and Science in



- Sports and Exercise, 30(8), 1250-1256.
- Gasser, G., and Lehenaff, D. (1984). Metabolic base of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 16, 29-43.
- Harre, D. (1982). *Trainingslehre* (Ed.). Berlin: Sportverlag.
- Houmard, J., Costill, d., Mitchell, J., Park, S., Hickner, R., and Roemmich, J. (1990). Reduced training maintains performance in distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 46-52.
- Janssen, P. (2001). *Lactate Threshold Training*. Champaign: Human Kinetics.
- Krahenbuhl, G. S., and Williams, T. J. (1992). Running economy: changes with age during childhood and adolescence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(4), 462-466.
- Kuipers, H., and Keiaer, H. (1988). Overtraining in elite athletes. *Sports Medicine*, 6, 79-92.
- Martin, P. E., Rothstein, D. E., and Larish, D. D. (1992). Effects of age and physical activity status on the speed-aerobic demand relationship of walking. *Journal of Applied Physiology*, 73(1), 200-206.
- Micheli, L. (1988). Injuries and prolonged exercise. In *Prolonged Exercise*, ed. Lamb, D., and Murray, R., 393-407. Indianapolis: Benchmark Press.
- Millet, B. P., Millet, G. Y., Hofmann, M. D., and Candau, R. B. (2000). Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: influence of performance level. *International Journal of sports Medicine*, 21, 127-132.
- Millet, G. P., Jaouen, B., and Caudau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and V02 kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351-1359.
- Morgan, D. W., and Craib, M. (1992). Physiological aspects of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(2), 456-461.
- Paavola, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., and Rusko, K. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
- Roberts, A. D., Billeter, R., and Howald, H. (1982). Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. *International Journal of sport Medicine*, 3, 18-21.
- Sharkey, B. J., and Holleman, J. P. (1967). Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities. *The Research Quarterly*, 38(4), 698-704.
- Thomas, D. Q., Fernhall, B., and Granat, H. (1999). Changes in running during a 5-km run in trained men and women runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(2), 162-167.

作者簡介

助理教授 蔡玉敏

學歷：桃園國立體育大學教練研究所碩士。經歷：空軍官校總教官室助教、講師，曾擔任學生田徑校代表隊教練。現職：擔任網球社團指導老師，以及學生網球校代表隊教練、空軍官校總教官室助理教授。

空軍上尉 王勁鈞

學歷：空軍軍官學校95年班、空軍作戰參謀軍官班101年甲班、空軍99年情報軍官班、空軍103年飛安官班。經歷：飛行官、飛行教官、區隊長、隊長。證照：中華民國鐵人三項B級教練、C級裁判。現職：空軍軍官學校飛行訓練指揮部飛行安全考核參謀官。