

閾值心跳率訓練對手球選手有氧與無氧閾值能力影響之探討

許惠明
通識中心

摘要

本研究主要目的在探討以不同閾值心跳率做為訓練負荷強度，對國中男子手球隊選手有氧及無氧閾值能力之影響。本研究受試者共9名，平均年齡為 14.6 ± 0.5 (歲)，身高 169.3 ± 6.8 (公分)，體重 53.9 ± 9.0 (公斤)，訓練年齡 1.6 ± 0.5 (年)。訓練時間為期五週，每週三次，每次20分鐘。測驗所得資料，以SPSSfor Windows 10.0版套裝軟體作統計分析後，再以單因子變異數分析進行各項考驗。研究結果顯示：

- 一、經五週訓練後，有氧與無氧閾值速度皆未達顯著差異；而在有氧與無氧閾值心跳率方面，皆達顯著差異($p<0.05$)。
- 二、持續跑距離於前、後測皆達顯著差異($p<0.05$)。
- 三、在乳酸代謝率部份，以閾值心跳率訓練負荷設定及乳酸代謝排除速率明顯提升，達顯著差異($p<0.05$)。
- 四、訓練至第五週時，運動後恢復心跳率皆明顯下降，達顯著差異($p<0.05$)。

經過討論之後，得到以下結論：本研究發現經過五週後，以個人有氧閾值設定強度之耐力訓練，受試者在個人有氧與無氧閾值速度方面無明顯提昇，而在個人有氧與無氧閾值心跳率方面呈現顯著性的下降。選手五週持續跑距離明顯進步而運動結束恢復心跳率則顯著下降。由以上研究顯示，以有氧閾值時的強度，作為耐力性運動訓練的負荷基準，對運動後恢復方面有顯著效果。

關鍵詞：運動後恢復心跳率、有氧閾值、無氧閾值。

壹、緒論**一、前言**

手球運動之活動方式近似足球運動，其技術與戰術又與籃球運動類同，而特重團隊合作與強調服從精神則與橄欖球一致。因此手球被認為是綜合籃球、足球、橄欖球等運動的球類活動。

手球正式列入奧運競賽項目始於1936年柏林奧林匹克運動會，當時只有男子組十一人制，直至1976年加拿大蒙特婁奧運會才增列女子手球比賽。近年來，我國手球代表隊除1990年第一屆亞洲青年女子手球錦標賽榮獲銀牌，同年北京亞運會奪得銅牌與青年男子組榮獲1992年亞洲青年盃第二名外，其餘均與獎牌無緣。反觀同為亞洲的韓國，卻於1988年與1992年蟬聯女子手球奧運冠軍。

近年來，各國透過運動科學的理論與訓練，成績亦不斷地提昇，而我國成績卻遲遲無法突破，在比賽中我們可看見選手們在上半場表現不錯，然而到了下半場，往往因為體能大幅滑落而導致成績不佳，其原因不外乎持續性耐力不佳以至於影響快速恢復能力，然而沒有體能就沒有技術亦沒有所謂的戰術，那麼究竟如何運用科學的方法於訓練上，使手球運動能達成最佳之訓練效果，以提昇比賽成績，這是目前最重要的課題，也是我們今後該努力的方向。

二、研究動機

手球運動是一種短時間、高強度的間歇運動，快速的恢復能力(無氧非乳酸的恢復能力)是非常重要的。一場正式的手球比賽會有兩個三十分鐘的半場，半場間休息時間為十分鐘，所以通常一場手球比賽是需要持續一個小時以上的運動，雖然屬於長時間的競技項目，但是絕大多數的動作表現卻是需要快速、突發、有力的運用不同的速度、節奏、方向、姿勢，並且在起動、停止、變換方向、轉身等動作皆能越快越好，才能在激烈的攻守對抗中取得主動和優勢。很明顯的手球比賽的能量供應方式是以無氧非乳酸能力為主，但也不應忽視有氧能力的訓練。謝鐵兔(1998)指出長時間持續性有氧能力的訓練，將有助於無氧能力的恢復。而無氧非乳酸的恢復能力是建立在高能力的有氧耐力上(Weicker等,1994)。

手球運動要求的體能除了速度、反應、肌力外，耐力亦非常重要。據陳全壽(1998)、董國珍(1990)與劉獻武(1991)等人指出，在訓練兒童或青少年時若能掌握運動項目的特性，在開始專項訓練前盡量多參與各種項目不同形式的訓練，使身體具備良好的全面性體能，即使開始訓練的時間較晚，同樣可以較快達到高水準的運動成績。就目前而言，國內手球訓練方式，多數以教練個人經驗為主要訓練方式，缺乏以科學的理論為基礎，所以選手花了很多的時間練習，卻無法達到令人滿意的訓練效果，以至於競技水準無法提昇，可見得在不了解選手個人生理狀況所得訓練效果是有限的。

洪淑芳在2001年以16名入選2001年女子手球東亞運動會代表隊選手為對象，比較大陸、韓國和我國優秀女子手球運動員體型及有氧與無氧能力之差異，結果顯示：一、體型部份，我國在平均身高與體重皆比其他參賽國差。二、有氧能力部份：大陸與韓國在最大攝氧量($\dot{V}O_2\max$)、換氣量(VE)的表現高於我國優秀選手。三、無氧能力部份：我國選手在無氧功率方面略高於大陸。而在30秒疲勞指數下降率方面，韓國大幅度優於大陸及台灣。由上述研究中，可看出國內女子手球運動員不僅在體型方面，甚至於在最大攝氧量($\dot{V}O_2\max$)及有氧能力方面皆不及大陸與韓國，這也是我們在國際賽中成績一直無法突破之原因。

手球運動的耐力指標應是全場均能維持最佳技術的能力，因球賽過程不同，手球運動的能量系統比例亦有所變化，由於有氧耐力的增強，可以提高每跳輸出量、增加全身血液的供給，因而提高供氧的能力，可為無氧非乳酸耐力的發展提供良好的基礎。因此

建議實施無氧非乳酸耐力訓練之前或同時，應進行有氧耐力訓練。無氧閾值是運動時迅速的引起體內乳酸堆積所需要的最大攝氧利用率，它是反映人體耐力性工作能力的重要指標。用血乳酸的測定可以直接得到無氧閾值的數據，而找出最佳之閾值強度進行訓練對於手球運動員有氧能力的提高有更好的效果。如果教練能確實掌握選手本身所需改進的生理能量系統的供能水平與體能差異，在訓練的調整與應用上配合科學的理論與方法，相信對競技成績的提升有莫大裨益。

當前手球比賽競爭程度日益激烈，對運動員的體能和技戰術的要求愈來愈高。如何使訓練能更接近或達到比賽的需求，這關係到如何科學地安排訓練內容和合理掌握訓練負荷量和強度的問題。透過基礎耐力能力和專項能力的診斷為手球選手提供訓練時準確的負荷強度，在國外已行之多年，可是目前國內有關手球訓練負荷強度的研究資料非常有限，鑑於此原因，本研究希望透過基礎耐力能力的診斷後，以不同閾值心跳率負荷強度，做為訓練方式，並找出最佳閾值心跳率負荷強度，本研究結果可提供手球教練安排訓練內容和合理掌握訓練負荷量及強度之參考依據。

三、研究目的

本研究是以個人有氧閾值心跳率作為運動強度指標的方式，讓受試者進行五週、每週三次，每次二十分鐘的持續跑訓練，探討耐力訓練前、後之差異。本研究訓練週數是依據德國學者Neumann G.(1991)所提人體的適應週期為4-6周而設定，研究目的分別如下：

- (一) 探討藉助有氧閾值心跳率訓練強度設定之五週持續跑，對手球隊選手有氧與無氧閾值能力之影響。
- (二) 探討五週後有氧閾值心跳率的強度設定訓練對心跳率恢復的影響。

四、研究範圍與限制

- (一) 本研究是以桃園縣平鎮市平興國中手球隊男性選手九位為受試對象。
- (二) 受試者在進行五週訓練及測試過程中，研究者僅能以口頭鼓勵受試者盡最大努力配合實驗。

五、名詞解釋

- (一) 心跳率：心跳率為單位時間心臟跳動之頻率。心跳率可以反映出身體對於運動負荷的感受，與運動強度成直線關係，故可以心跳率為運動強度的指標。在本研究中所指之心跳率為受試者測試時，以 Polar 心跳監測器所測得之數值，單位為次/分。
- (二) 訓練後心跳率：本研究中訓練後心跳率指的是訓練結束後第五分鐘恢復心跳率。
- (三) 有氧閾值(aerobic threshold)：指發生在無氧閾值之前，乳酸濃度稍微上升，偏離安靜值。

- (四) 無氧閾值(anaerobic threshold)：指開始迅速及系統性地增加血乳酸濃度的攝氧量，也可以稱為乳酸閾值。
- (五) 乳酸(Lactate)：由於葡萄糖的不完全分解而產生可以引起疲勞的乳酸系統的代謝產物。

貳、文獻探討

本研究目的是探討以不同閾值心跳率訓練對手球隊選手有氧與無氧閾值能力的影響，本章共分四節，其內容分別為：

- 一、手球運動的能量供應系統
- 二、有氧及無氧閾值能力之相關文獻。
- 三、心跳率之相關研究。
- 四、文獻總結。

一、手球運動的能量供應系統

手球運動屬於高強度、長時間激烈對抗的運動，其所需的能量系統包括：無氧系統和有氧系統。手球專項耐力能量提供主要以ATP-PC系統為主，如傳球、接球、快攻與射門等技術都是在幾秒內完成的動作。李誠志(1994)指出手球比賽要求運動員在時間和空間上取得優勢，爭取主動；運動員應具備快速的奔跑能力，準確強有力的射門和傳球技術及攻防對抗時的衝撞能力。其能量消耗大，ATP-CP和糖酵解能量系統佔80%左右，負荷強度大。

Dal Monte(1983)指出手球運動所需的能量系統中ATP-PC系統約佔80%、有氧系統佔10%。大陸多位學者提出雖然手球運動比賽時間為一小時，但期間快速奔跑、滑步動作、射門、防守步法、快速移位等動作都屬無氧非乳酸能量系統，所以在能量系統方面，無氧能量系統高於有氧系統。因此，手球專項無氧非乳酸的耐力訓練對手球運動員來說是非常重要的。而無氧非乳酸能量的恢復，是依據有氧耐力而來(Weicker等,1994)。

手球運動的體能是全面性的，而全身性的體能中以敏捷性和協調性最重要，據林明鈺(1997)指出手球攻防間的追逐、攻擊的傳接移位、閃切技術、防守的阻截與抄球等活動，均屬敏捷性能力，通常以折返跑、側移來測驗敏捷性。然而跑是手球運動最基本的活動，在競賽中佔極大的份量。據東德學者於世界杯手球賽中，曾計算一名球員曾在一場比賽中跑的距離是 8365 公尺(賀漢森，1985)足見手球需要跑得快且能持久。整個比賽在一小時中既有將近跑一萬公尺的距離，持續耐力是絕對必要的，耐力不足將影響戰力(林明鈺，1997)。

Bompa(1981)指出，多數運動項目都可以採用以有氧訓練為主的方法，正如MacDougall(1974)所提出的，訓練有素的有氧系統，即使在以無氧系統為主的項目，仍可

以增加整體的能量供應。亦即有較高的有氧能力有助於從事無氧活動，而經過良好有氧訓練的運動員比缺乏此方面訓練的運動員恢復的更快(林正常，2001)。

二、有氧與無氧閾值能力相關文獻

有氧能力，是指有機體在氧的參與下產生能量的能力，它也決定運動員的耐力好壞。有氧運動能力受到運動員體內供氧能力的影響，因此，任何耐力訓練都應該包括提高供氧系統能力的訓練。中強度長時間的耐力訓練，可以透過提高肌紅蛋白含量（一種用以儲存及輸送氧氣的氧合蛋白）、粒線體激酶（大小及數量）、肝醣儲存量及氧化能力，使提升有氧運動能力。而長時間活動的主要適應，是提高呼吸量、呼吸率、增加氧輸送量、增加心輸出量及增加肌肉粒線體密度。因此，良好的有氧訓練，也能相當程度的提升無氧能力（Gollnick,1973）。

無氧閾值對個人有氧能力、身體適能和訓練效果可以提供最重要的訊息(龔憶琳，1990)。無論哪一種無氧閾值，都必須要受測者從事不同強度遞進的運動負荷測驗，在運動中或運動後，針對血液乳酸、換氣或心跳率反應進行分析(林正常，1995)。

自Hollmann (1959) 以換氣轉折點作為無氧閾值的評價開始，就打開了以無氧閾值作為研究與訓練應用的序幕。經過多年的討論與訓練上的應用，最後以Mader等人(1976)提出2-4mmol/l乳酸值的速度，最具實用性與方便測試進行。

血乳酸可評定運動員的有氧和無氧代謝能力，這已成為實驗室的常規和較簡單的方式（林正常，2002）。正常情況下，乳酸的生成與消除處於動態平衡中，運動員安靜時與平常人並無差異。運動時，血乳酸濃度上升，主要是在骨骼肌中生成，然後透過細胞進入血液，並隨著血液循環到達身體的其他組織被代謝消除。運動強度的大小與血乳酸具有直接的關係，在一定範圍內，隨運動強度增大，乳酸生成則增多（郭子淵，2001）。

乳酸經常被等同於運動負荷強度的生化指標，且常用於訓練強度的評定及調控，以及應用於訓練方法的選擇和運動疲勞的診斷（Weltman,1995；林文弢，1996；馮煒權，1998）。

Koch and Rucker (1980)指出，在耐力性有氧運動開始 4-6 週左右，身體便會做出適應，心臟輸出量增加，血漿容量增加，身體血液容量增加，血紅素總量增加。

Yoshida等人(1982)以動脈血乳酸測量後得知的運動強度來探討耐力訓練的效果。七名大學男生，每次騎車15分鐘，每週三天，為期八週，訓練前先從事遞增阻力運動測驗(50rpm，每分鐘增加25W)，找出4mmol/L乳酸濃度的訓練強度，另有六名男生為控制組。結果發現八週無氧閾值強度的訓練，受試者的AT- $\dot{V}O_2$ 增加37%(AT以 $\dot{V}O_2$ 表示)， $\dot{V}O_{2max}$ 進步14%。在非最大運動強度反應， $\dot{V}O_2$ ，VE，HR，R及乳酸(LA)分別顯著地降低了4%，15%，10%，5%及23%。相形之下，控制組則沒有顯著改變。研究結果顯示無氧閾值強

度的訓練(4mmol/L)有效地增加無氧閾值和 $\dot{V}O_{2max}$ 。

MacRae 等人(1992)，以 8 名非運動員進行 9 週耐力訓練後，發現在一定的運動強度下乳酸濃度皆顯著降低。

肖國強等人(1999)研究優秀手球運動員比賽前期高強度訓練對有氧無氧能力的影響。結果顯示:受試者最大無氧能力有顯著增加($p < 0.05$)，同時第二次測定的 LAm_{ax} 、LT、OBLA-V與第一次相比有顯著增加均為($p < 0.05$)。在男女組之間均有相同結果。結果指出比賽前期進行高強度訓練對男女手球運動員有氧無氧能力的提高具有重要作用。

據林文弢(2000)指出從I-BLA曲線圖能清楚評定耐力水平。一般來說，隨著耐力水平的提高，I-BLA曲線明顯右移，乳酸閾功率(或跑、游速度)增大。如圖2-1。如果圖2-1中是同一個人不同訓練階段的I-BLA曲線，則可作為耐力訓練效果的評定。假如I-BLA曲線與前次所測比較出現右移(a-b-c-d-e)，說明乳酸無增高速度增快，運動員的耐力能力明顯提高；假如I-BLA曲線出現左移，則是血乳酸增加了，而速度反而減慢，運動員的耐力能力下降；假設I-BLA曲線徘徊或無位移則是耐力運動能力無改善。

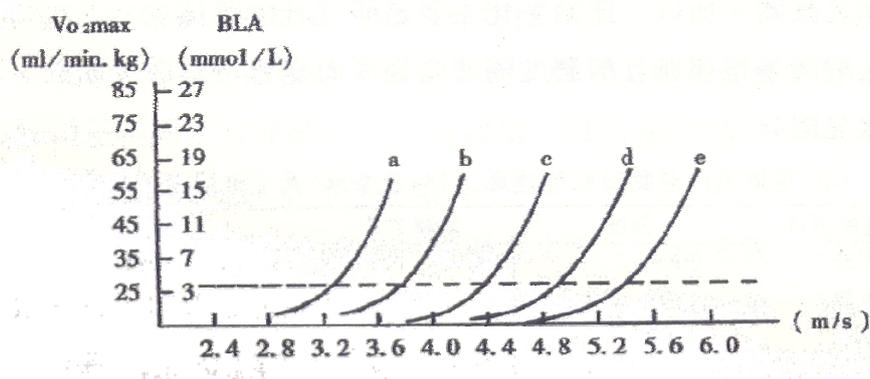


圖2-1 乳酸閾與有氧耐力訓練效果評定

(資料來源：林文弢，運動訓練生化分析。2000)

覃究勛等(2001)指出，無氧系統釋放的能量與運動強度直接相關。因此，有氧能量系統和無氧能量系統不僅取決距離，更取決於強度。無氧訓練必須與有氧訓練交替進行，但持續時超過 60 秒的運動項目還是應當以有氧訓練為主。

陳江圳(2005)探討五週耐力訓練對有氧與無氧非乳酸能力及網球專項能力的影響，結果顯示:五週耐力訓練能有效提升選手有氧能力、無氧非乳酸能力及有效降低網球選手擊球失誤率。

三、心跳率之相關研究

Bompa and Zivic(1981)指出，訓練時，運動員體驗各種運動強度，身體增加生理功能以迎合訓練需求，而後產生適應。因為這些變化，尤其是心跳率，教練可用以偵測與控制訓練計畫的強度。而欲發展某一運動能力，刺激的強度必須達到或超過閾值水準，才會進步。林文郎與何忠鋒（1997）認為在不同程度的耐力運動訓練上血乳酸與心跳率也會有所不同。

Karvonen, Kentala, and Mustala(1957)以安靜心跳率加最大與安靜值差的 60%，作為訓練強度，用以提昇耐力訓練效果。

1957 年，Wells 等人利用心跳及血乳酸率制定了一個運動強度的分類標準，表示在心跳率大於 100 為溫和；大於 120 為適量；大於 140 為中等強度；大於 160 為劇烈強度；小於 180 為最大強度；大於 180 為衰竭的運動強度。

Nikiforov 於 1974 年以心跳率的強度作分類，如表 2-1 所示。

表 2-1 用心跳率表示的訓練負荷強度

區	強度型態	每分心跳率
1	低	120~150
2	中	150~170
3	高	170~185
4	最大	>185

(資料來源：林正常等編譯，運動訓練法，2001。99 頁)

Wilmore & Costill(1994)認為心肺功能的訓練強度，至少應為最大攝氧量的 60%以上。自 1991 年以後，美國運動醫學會建議訓練心肺功能的強度範圍，若是以有氧訓練為目的，心跳數應維持在最大心跳率的 70%至 80%之間。而耐力運動(越野滑雪、跑步、划船、游泳)，要獲得訓練效果，心跳率必須超過 130 次/分之強度(Harre,1982)。不過此閾值因運動員個別差異而異。因此心跳的訓練閾值，受安靜心跳率與最大心跳率的影響。而心跳率是一種常見於控制運動強度的指標。故心跳率可以反映出身體對於運動負荷的感受，與運動強度成直線關係，故可以心跳率作為運動強度的指標。

四、文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

- (一) 高強度短時間間歇之運動項目，其主要能量提供系統為無氧非乳酸。而比賽中無氧非乳酸能量的快速恢復，必須依據個人的有氧耐力能力。透過實驗，找出有氧

- 無氧閾值出現時之速度與心跳率，作為訓練負荷強度，相當有效，亦對運動後恢復及專項成績方面有顯著效果。
- (二) 擁有很強的有氧運動能力不僅對訓練本身極為重要，更對訓練中和訓練結束後的快速恢復具有極大的幫助。
- (三) 在耐力性有氧運動開始 4-6 週左右，身體便會做出適應，在持續的中強度運動後，人體會反映出心跳率降低，顯示能力提昇。
- (四) 在訓練時測定血乳酸峰值變化，可掌握運動強度和訓練過程中運動員代謝能力的變化與運動時及運動後血乳酸的變化，並可評估訓練的效果與作為訓練調整之參考依據。
- (五) 透過心跳率，教練可以偵測與控制訓練計畫的強度，而找出閾值心跳率可提供教練有效的訓練方式。

參、研究方法

一、研究對象

本研究以桃園縣立平興國中手球隊學生九名進行測試，受試者平均年齡為平均年齡 14.6 ± 0.5 (歲)，身高 169.3 ± 6.8 (公分)，體重 53.9 ± 9.0 (公斤)，訓練年齡 1.6 ± 0.5 (年)。受試者基本資料如表表 3-1。

表3-1 受試者基本資料

摘要	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)	訓練年數
平均數	14.58	169.33	55.89	1.6
標準差	0.53	6.8	9.01	0.5

二、實驗器材

實驗主要使用儀器有：(1)YSI1500 乳酸分析儀，(2)Polar 錶(610i)，(3)碼表，(4)皮尺，(5)圓錐筒，(6)酒精、毛管、採血針、手套(外科用)，(7)血糖測試儀、試紙，(8)200m 運動場地(9)速度控制器等用具。

三、實驗設計

實驗流程包括前測，正式實驗與後測。主要內容如圖3-1。

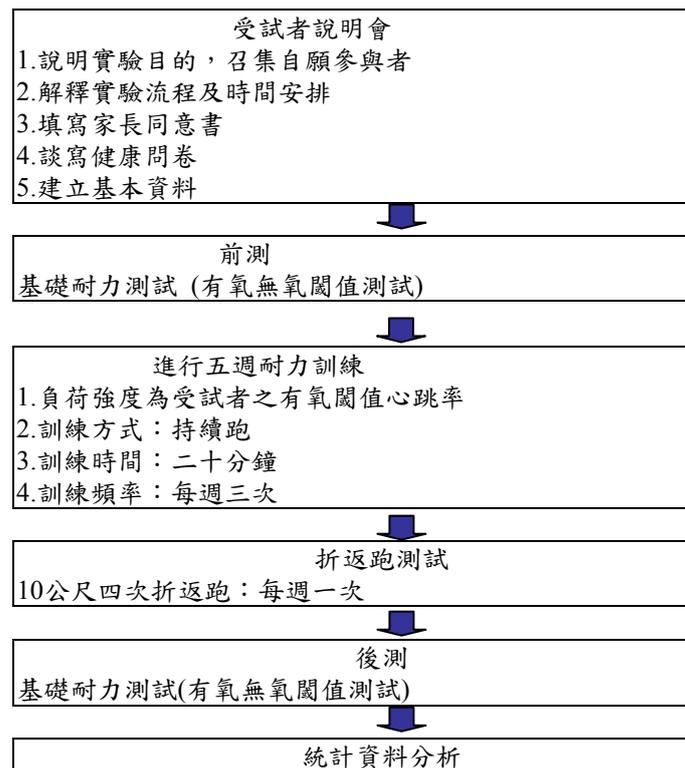


圖 3-1 實驗流程圖

四、實驗方式

(一)有氧-無氧閾值測試(前、後測)

基礎測試之前，參與者帶上Polar錶(610i)，並且於耳垂採10 μ l血液，做為安靜值乳酸檢驗及記錄安靜心跳率。熱身結束後，受試者在200公尺運動場上以2.5m/s的速度開始進行第一階測試。在階與階之間休息30s(採血與心跳率記錄)，每階速度上昇0.5m/s。每階持續時間為5分鐘，測試進行一直到受試者所能承受之最高負荷為止如表3-2。為了速度控制，在200公尺的操場上放一個速度控制器，速度控制器可調整每階所必須跑的速度，並在200公尺的操場上測試，場地上每50公尺放置三角錐筒作為標記如圖3-2。

表 3-2 有氧-無氧閾值測試

步驟	測試強度
開始速度	2.5m/s
每階上昇負荷	0.5m/s
每階進行時間	5min
每階休息	30s(採血，心跳率紀錄)
測試進行時間	運動員最大負荷

(Mader et al. 1976)

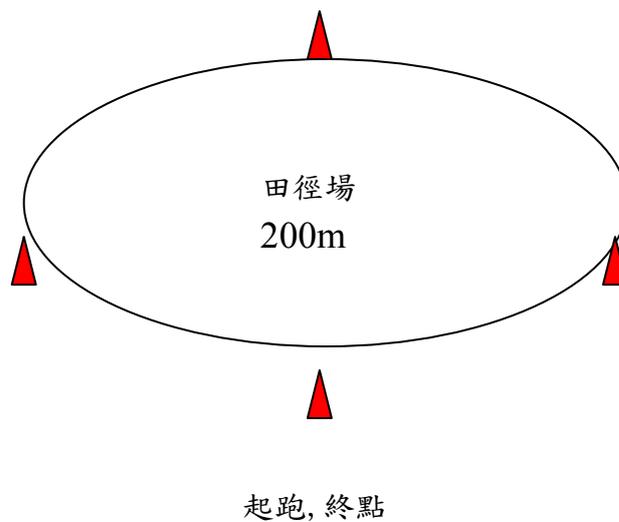


圖 3-2 有氧-無氧閾值測試場地佈置圖

(二)持續跑訓練

受試者帶上 Polar 錶，依設定之閾值心跳率在 200m 運動場完成分 20 鐘持續跑並登記成績 (m) 與運動結束第五分鐘心跳率。

(三)折返跑測試

每週一次折返跑考驗(10 公尺四次折返跑)作 3 個 SET，每個 SET 休息 60s。

測驗儀器：WATER RESISTANT JEX500碼錶。

測驗方法：劃兩條距離 10 公尺的平行線，球員站在平行線(起點線)的後面做預備跑姿，一次以兩位球員同時測驗折返跑，整個過程必須以最大努力跑。共作 3 個 SET，SET 與 SET 之間休息一分鐘。(如圖 3-3)

1. 第一SET紀錄所測得之成績與心跳率。
2. 第二SET紀錄所測得之成績、心跳率與血乳酸。
3. 第三SET紀錄所測得之成績及運動結束後第一、三、五分鐘之心跳率與血乳酸。
4. 採血點：於第二SET結束及第三SET結束之第一、三、五分鐘進行採血。

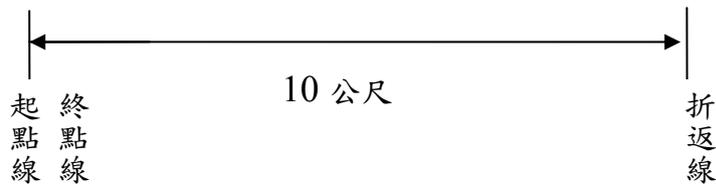


圖 3-3 10 公尺 4 次折返跑測驗示意圖

五、資料分析與處理

本研究以 SPSS for Windows 10.0 版套裝軟體作統計分析，統計方法如下：

- (一) 以描述性統計（平均數、標準差）表示受試者各項測驗結果。
- (二) 以單因子變異數分析，考驗訓練前、後有氧-無氧閾值的速度與心跳率及訓練前、後恢復心跳率之差異。
- (三) 有氧-無氧閾值分析採用德國奧林匹克中心所研發之 Laktat-Exprot 共用軟體；曲線圖形製作採用 SigmaPlot 8.0 版。
- (四) 最大乳酸代謝率代謝計算採 Mader(1994)公式：運動結束最大乳酸堆積/運動速度 (m/s)。
- (五) 本研究的統計考驗水準為 $\alpha=0.05$ 。

肆、結果與分析

本研究是以桃園縣平興國中手球隊選手九位為受試對象。受試者分別接受基礎能力測試(前測)，之後以有氧閾值心跳率作為負荷強度從事耐力訓練五週，再做後測，本研究結果經分析與處理後說明如下。

一、有氧閾值

表4 -1是個人有氧閾值前(Test-1)、後(Test-2)分析表。在Test-1速度平均數為 1.9 ± 0.2 m/s，Test-2為 1.9 ± 0.3 m/s，Test-1心跳率 $163.3 \pm 8.8 \text{min}^{-1}$ ，而Test-2則為 $133.2 \pm 18.8 \text{min}^{-1}$ 。結果顯示有氧閾值速度無顯著差異($p > .05$)，有氧閾值心跳率達顯著差異($p < .05$)。

表4-1 個人有氧閾值(2mmol/l)分析
有氧閾值(2mmol/l)

Nr.	m/s		HR	
	T-1	T-2	T-1	T-2
1	2.2	2.1	174	152
2	2.1	2.2	147	138
3	2.0	1.9	167	171
4	1.5	1.5	164	116
5	1.9	2.0	168	146
6	1.9	2.0	163	104
7	2.0	1.9	152	119
8	1.5	1.5	160	144
9	1.9	2.0	175	124
M±SD	1.9±0.2	1.9±0.3	163.3±8.8	133.2±18.8

二、無氧閾值

表4-2為選手們個人訓練前(Test-1)、後(Test-2)無氧閾值分析表。在Test-1速度為 $2.7\pm 0.2\text{m/s}$ ，Test-2為 $2.7\pm 0.2\text{m/s}$ ，Test-1心跳率為 $180\pm 8.6\text{min}^{-1}$ ，而Test-2則為 $158\pm 14.4\text{min}^{-1}$ 。表4-2Test-2速度與Test-1無差異，Test-2無氧閾值心跳率則達顯著差異($p < .05$)。

表4-2 個人無氧閾值(4mmol/l)分析
無氧閾值(4mmol/l)

Nr.	m/s		HR	
	T-1	T-2	T-1	T-2
1	2.8	3.0	194	177
2	2.7	2.8	171	143
3	2.8	2.6	192	184
4	2.2	2.4	172	140
5	2.7	2.9	182	170
6	2.7	2.9	176	143
7	2.9	2.9	171	152
8	2.4	2.4	180	168
9	2.7	2.7	189	159
M±SD	2.7±0.2	2.7±0.2	180±8.6	158±14.4

三、有氧與無氧閾值分析

有氧與無氧閾值前後測試，Test-1 最大速度為 4m/s，而最大心跳率與乳酸值分別為 $205 \pm 4.58 \text{min}^{-1}$ 與 $10.86 \pm 1.07 \text{mmol/l}$ 。Test-2 最大速度與心跳率分別為 4.5m/s 與 $196 \pm 1.41 \text{min}^{-1}$ ，最大乳酸值則為 $9.39 \pm 0.52 \text{mmol/l}$ (如圖 4-1)。

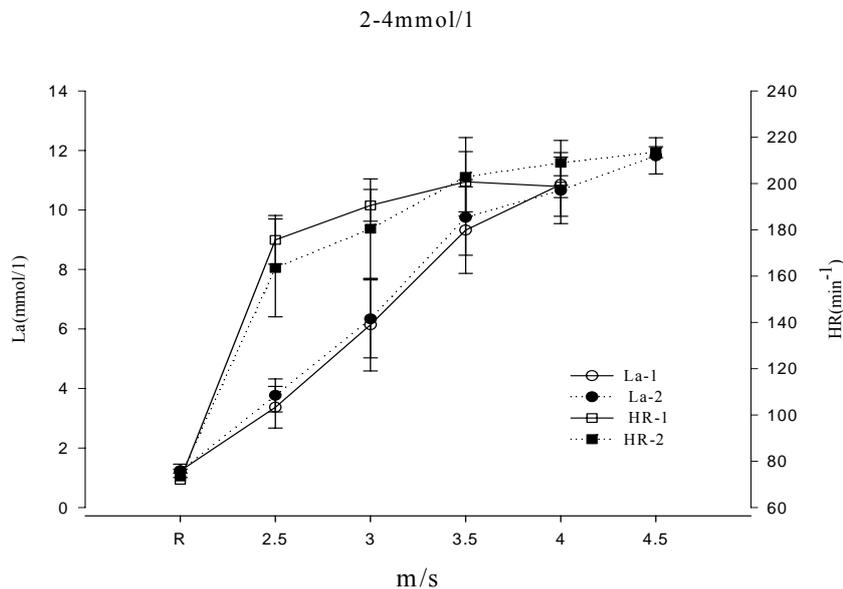


圖 4-1 Test-1 與 Test-2 有氧與無氧閾值比較，Test-2 最大速度提昇

四、五週距離與運動結束心跳率變化

本研究發現，兩組受試者在經過五週耐力訓練後，持續跑平均距離由第一週的2923公尺進步到第五週的3420公尺，進步達500公尺，約20%幅度，而且運動結束後心跳率也由第一週每分鐘的123次下降至111次，如表4-3及圖4-2，T-1至T-2持續跑距離皆明顯進步，並且達到顯著水準($p < 0.05$)。這與Davis(1979) 等人在研究無氧閾值的訓練效果中發現無氧閾值能力因耐力訓練而大幅提昇之結果相符合。

表 4-3 五週平均距離與運動結束心跳率紀錄表

週	平均距離	運動結束恢復心跳率
一	2923	123
二	3032	121
三	3026	111
四	3034	114
五	3420	111

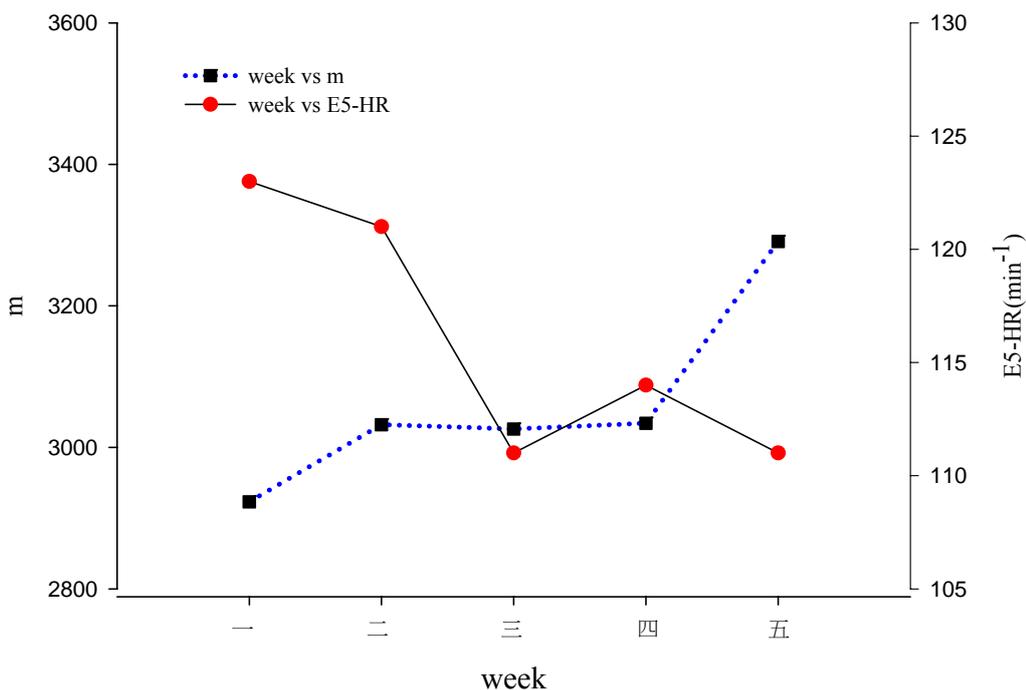


圖4-1 五週距離與運動結束心跳率變化圖

五、進步距離與運動結束恢復心跳率相關分析

經直線回歸相關分析發現五週之進步距離和運動結束恢復心跳率呈現負相關，相關係數為 -0.57。如圖 4-2。

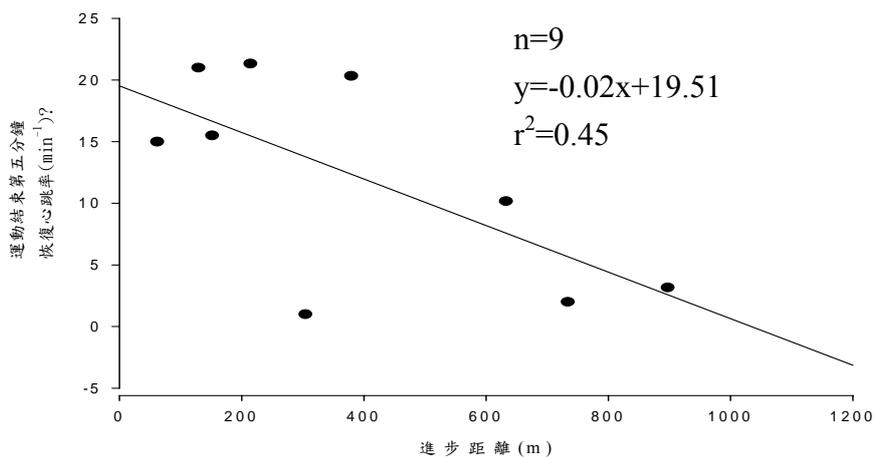


圖 4-2 進步距離與運動結束恢復心跳率相關比較

伍、結論

本研究發現經過五週後，以個人有氧閾值設定強度之耐力訓練，受試者在個人有氧與無氧閾值速度方面無明顯提昇，而在個人有氧與無氧閾值心跳率方面呈現顯著性的下降。選手五週持續跑距離明顯進步而運動結束恢復心跳率則顯著下降。由以上研究顯示，以有氧閾值時的強度，作為耐力性運動訓練的負荷基準，對運動後恢復方面有顯著效果。

參考文獻

一、中文文獻

- 李誠志(1994)。教練訓練指南。文史哲出版社，914 頁。
- 肖國強(1999)。研究優秀手球運動員比賽前期高強度訓練對有氧無氧能力的影響。成都體育學報。
- 林文強 (1996)。運動負荷的生化評定。中國廣州：廣東高等教育出版社。
- 林文強 (2000)。運動訓練生化分析。台北市：文化大學出版部。
- 林文郎、何忠鋒 (1997)。血乳酸與運動之探討。中華民國大專體育運動總會編印，40，115-124。
- 林正常 (1995)。運動生理學實驗指引 (修訂三版)。台北：師大書苑。
- 林正常編著 (2002)。運動科學與訓練 (修訂三版)。台北.銀禾文化事業公司。
- 林明鈺(1997)。手球。國立體育學院教練研究所技術報告書。24 頁。
- 郭子淵 (2001)。應用生理生化指標對備戰第九屆全運會散打運動員賽前運動訓練控制的研究。安徽體育科技，92期，64-69。
- 陳江圳(2005)。青少年網球運動專項能力診斷之研究。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- 陳全壽 (1998)。由性別差地域差看兒童大肌肉活動能力、小肌肉活動能力、學科學習能力的發達傾向及相關。行政院國家科學委員會灣提研究計畫成果報告書。
- 馮煒權編著。(1998)。運動訓練生物化學。北京：北京體育大學出版社。
- 賀漢森(1985)。手球科學訓練法。中華民國體育協進會。
- 劉獻武 (1991)。運動選材學。北京:人民體育出版社。
- 譚究勛、楊枚、陳祖龍 (2001)。論技能類格鬥對抗項目競技能力的主導因素-兼談有氧、無氧能力與成績之關係。貴州體育科技，63，23-26。
- 龔憶琳(1990)。無氧閾值在運動訓練上的應用。中華體育。12 期，107-117 頁。
- 謝鐵兔(1998)。籃球運動項目的時間、空間特徵、供能特點與專項體能訓練。北京體育大學學報，21卷3期，83-84頁。

二、英文文獻

- Bompa, T., T. Bompa, and T. Zivic.1981. *Fitness and body development exercise*. Dubuque, IA:Kendall/Hunt.
- Dal Monte, A.(1983).*The functional values of sport*.Firenze: Sansoni. Heck, H;Liesen, H; Otto,

- M ; Hollmann, W.(1982). Das verhalten spiroergometrischer.
- Gollnick,P., R. Armstrong, C. Sanbert, W. Sembrowich, R. Sepherd, and B. Saltin. 1973. Glycogen depletion patterns in human skeletal muscle fibers during prolonged works. *pfugers archive*, 334, 1-12.
- Harre,D.(Ed.) 1982. *Trainingslehre*.Berlin:Sportverlag.
- Hollmann,W.(1959).*The relationship between PH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood, the ventilation (POW) and pulsfrequency durig increasing spiro-ergometric work in endurance-trained and untrained person*. Pan Armerican Congress for Sports edicine, Chikago.
- Karvonen, M., E. Kentala,and O. Mustala. 1957. The effects of training on heart rate. A longitudinal study. *American Medical and Experimental Biology*, 35, 307-315.
- Koch, G., & Rocker, L. (1980) Total amount of hemog lobin, plasma and blood volumes, and intravascular protein masses in trained boys. In K. Beng and Eriksson, B.O. (Eds.), *Children and Exercise IX*. Baltimore, MD. University Park Press, 15–109.
- MacDougall,J.1974.Limitations to anaerobic performance.Proceeding:*Science and the Athlete*. Hamilton: Coaching Association of Canada and McMaster University.
- Mader, A. (1994): Die Komponenten der Stoffwechselleistung in den leichtathletischen ausdauerdisziplinen- Bedeutung für die Wettkampfleistung und Moeglichkeiten zu ihrer Bestimmung. In: Tschiene, P. (Hrsg): *Neue tendenzen im Ausdauertraining*. Band 12Frankfurt, 127-219.
- Mader, A., and W. Hollmann. 1977. The importance of the elite rowers metabolic capacity in training and competition. *Beiheft zu Leistungssport*, 9, 9-59.
- MacRae,H.S.,Dennis, H.S.,Bosch,A.N. ,&Noakes ,T.D.(1992).Effects of training on lactate production and Removal during progressive exercise in human. *Journal of Applied Physiolog* , 72,1649-1656.
- Neumann.G.(1991).Zur Leistung stru Ktur der Kurz-undMittelzeitausdauer-Sportarten aus sport medizinischerSicht . *Leistungs sport*. 21.S.29–31.
- Nikiforov,I. 1974. About The structure of training in boxing. *Scientific Work (Moscow)* 6:81-91.
- Weicker, H.; Strobel G.: *Sportmedizin. Biochemischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung* (1994), S 65-66.
- Weltman, A. and V.L. Katch.Relationship between the onset of metabolic acidosis (anerobic threshold) and maximal oxygen uptake. *J. Sports.Med.* 19: 133-142, 1979.
- Wilmore , J . H . , & Costill , D.L. (1994). The physi ological basis of the condition in gprocess: Train in gfo rsportand activity. Dubuque , I A .
- Yoshida, T., Y. Suda and N. Takeuch. Endurance training regimen based upon arterial lactate: Effects on anerobic threshold.*Eur. J. Appl. Physiol.*49:223-230, 1982.