

國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

耐力能力對青少年籃球比賽體循環與能量代謝之
影響

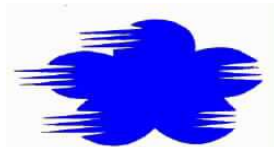
**The Effect of Young People's Endurance
Capacity in Basketball on Their Circulation and
Metabolism**

指導教授：張嘉澤 博士

共同指導教授：詹元碩 博士

研 究 生：黃有祥 撰

中 華 民 國 103 年 6 月



國立體育大學
National Taiwan Sport University

本論文：耐力能力對青少年籃球比賽體循環與能量代謝之影響

係國立體育大學教練研究所研究生 黃 有 祥 所提，
作為審查授予體育學碩士學位之一部分。

本論文承蒙下列考試委員審查通過

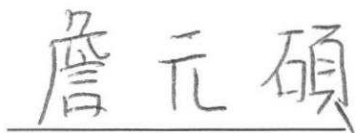
中 華 民 國 一 〇 一 年 六 月

論 文 考 試 委 員



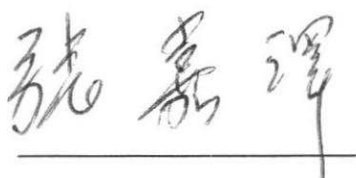
呂 欣 善 博 士

國立臺灣體育運動大學教授



詹 元 碩 博 士

國立臺北教育大學助理教授



張 嘉 澤 博 士

國立體育大學助理教授

(本論文指導教授)

致謝

感謝指導教授張嘉澤博士的指導，得以如期完成本論文，教授於學業上有如嚴父，凡事皆要求我們嚴謹、認真、負責；在生活上又如同慈母，對我們關愛有加，照顧得無微不至，在碩士學位的求學階段，能追隨教授學習實在是件十分幸運之事，在此致上由衷的感謝。本論文承蒙呂欣善教授、詹元碩教授殷切指導，使本論文更加完善，在此敬申謝意。

在學期間，感謝所上邱炳坤老師、湯文慈老師、詹貴惠老師、鄭世忠老師與張育愷老師，在課堂上的教導，讓我在教練專業能力上獲益良多並有所提升；感謝張茵婷助教對於許多細節上的協助與提醒，讓我們更順利完成研究所相關事務。感謝 SPDI 的夥伴們，學長姊：佳慧、月琪、德盛、櫻灣、仁傑、曉芬、育彬、吉堯、韋如、展明、宗翰；同學：奕棠、詠日、心儀、玉兒；學弟妹：婉禎、奕勳、敬衡、汶琳、思涵，因為有你們的協助與幫忙，實驗才能順利完成，此外特別感謝尤建昌教練與其選手參與本研究，感謝你們。

最後，要感謝我的家人與朋友，在我研讀期間的支持與體諒；還有感謝大學母系一體育推廣學系籃球專項運動指導組的學弟妹們，協助本研究實驗之裁判與紀錄台工作，使實驗得以順利完成。在此，特將此成果與你們一同分享，以表達对大家道不完的感激。

耐力能力對青少年籃球比賽體循環與能量代謝之影響

摘要

目的：透過基礎與專項耐力檢測，對應模擬正式比賽之方式，探討青少年籃球選手比賽中生理反應之情形，及基礎與專項耐力對於青少年籃球選手競技能力之影響。方法：以 10 名國中男子甲組球員為研究對象（身高 173.1 ± 7.8 cm；體重 61.6 ± 8.4 kg；年齡 15.5 ± 0.7 years；球齡 2.6 ± 1.07 years），分別依序進行專項耐力、基礎耐力與模擬比賽等三項測試。專項耐力以 10 m 折返跑方式進行，心跳率與血乳酸採集時間為安靜值 (R)、每趟結束後 (1x ~ 5x) 與恢復期至第 7 min (E3 ~ E7)；基礎耐力以 Mader et al. (1976) 之階梯式負荷方式進行至個人最大負荷，心跳率與血乳酸採集時間為安靜值與每階結束後；正式比賽模擬則採用 FIBA 最新修訂之國際籃球規則進行，心跳率與血乳酸採集時間點為安靜值 (R)、每節開始 (R1 ~ R4) 與結束 (1x ~ 4x) 及賽後恢復期至第 15 min (E3 ~ E15)，比賽測試皆全程錄影並於事後進行球權輪替次數與個人參與快攻次數分析。以描述性統計分析討論受試者階梯式負荷結果、10 m 折返跑血乳酸值結果、模擬比賽測試球權輪替次數與快攻次數之結果；以單因子變異數分析與 Tukey HSD 事後比較法分析 10 m 折返跑每趟之間心跳率與速度之差異、模擬比賽各節之間心跳率與血乳酸之差異；以皮爾遜積差相關進行 10 m 折返跑血乳酸最大值與比賽中血乳酸最大值之相關、有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之相關、有氧閾值速度與比賽後恢復期血乳酸下降百分比之相關、無氧閾值速度與比賽中乳酸最大值之相關；顯著水準為 $\alpha = 0.05$ 。

結論如下：

- 一、青少年籃球比賽呈現高心跳率 (HR_{max} 80 %) 但低乳酸堆積之症狀（各節皆低於 8 mmol/l），顯示籃球比賽確實是在無氧狀態下進行，但無氧醱效

解使用程度卻不高，此症狀支持籃球比賽主要是在無氧非乳酸的狀態下進行，籃球運動的專項耐力應為 ATP-PC。

- 二、青少年籃球比賽之比賽節奏（球權輪替次數）與快攻頻率（快攻發動次數）將影響比賽中之能量代謝。
- 三、10 m 折返跑測試最大乳酸值與比賽最大乳酸值呈現正相關，相關值 $r = 0.58$ ，兩者未達顯著差異 ($p > 0.05$)，但達中度以上相關。結果所呈現症狀符合生理機轉，10 m 折返跑測試之模式建議可參考當作專項耐力測試方式之一。
- 四、有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標相關值為 $r = 0.21$ ，兩者呈現低度相關，未達顯著 ($p > 0.05$)。但透過四象限分析對應個人 10 m 折返跑專項測試討論，專項測試與有氧閾值速度兩項皆佳者，其比賽乳酸堆積指標亦相對較低，因此平時訓練亦不可忽視運動員有氧能力訓練，才能與專項耐力相輔相成。
- 五、有氧閾值速度與賽後恢復期血乳酸下降百分比呈現正相關，相關值 $r = 0.62$ ，兩者未達顯著相關 ($p > 0.05$)，但達中度以上相關。結果呈現之症狀符合生理機轉，有氧能力對於運動員血乳酸排除與恢復有一定的影響。
- 六、無氧閾值速度與比賽血乳酸最大值相關值為 $r = 0.29$ ，兩者呈現低度相關，未達顯著 ($p > 0.05$)。透過個人分析，無氧閾值能力越高者，其能承受更更加頻繁之高強度運動負荷（快攻）；而在相近強度下，無氧閾值能力越高者，其運動中減少乳酸堆積與迅速排除乳酸之能力相對較佳。

關鍵詞：有氧-無氧閾值、2-4 mmol/l、無氧非乳酸、ATP-PC

The Effect of Young People's Endurance Capacity in Basketball on Their Circulation and Metabolism

Abstract

Objective: basic and specific endurance testing that corresponds to a basketball game simulation to find young basketball players physiological reactions during a game. Determine the impact of stamina on competitive ability for young basketball players. Methods: Ten Junior High School males as Group A in this study (height 173.1 ± 7.8 cm; weight 61.6 ± 8.4 kg; age 15.5 ± 0.7 years; basketball playing experience 2.6 ± 1.07 years) were tested for specific endurance, basic stamina and basketball game simulation abilities. The specific endurance test was for heart rate and lactic acid level values in blood using a 10 meter shuttle run method. Heart rate and lactic acid level value acquisition occurred during resting time (R), after the end of each section (1x ~ 5x) and a 7 minute recovery (E3 ~ E7). Basic stamina testing used the step method of Mader et al. (1976) increasing to the maximum stamina load for the individual. The heart rate and lactic acid level values were acquired during rest periods after each step section was over. The basketball game simulation adopted the latest revision of the International Basketball FIBA rules. Heart rate and blood lactic acid level values were collected during rest periods (R), as well as at the beginning (R1 ~ R4) and end (1x ~ 4x) of the game during the 15 minute recovery period (E3 ~ E15). The video of the game was analyzed afterwards to find each player's frequency of ball possession and individual fast-break participation. Descriptive statistics were used to discuss subjects step method and 10 meter shuttle blood lactic acid level results, as well as the simulation basketball game's ball possession frequency and fast-break

results. One way ANOVA and Tukey HSD analysis were used for the comparison of differences in heart rate and speed for the 10 meter shuttle run test, as well as differences in the heart rate and lactic acid level in the basketball game simulation. The Pearson product-moment correlation found a relationship between the 10 meter shuttle run's maximum blood lactic acid level results and the basketball game's maximum blood lactic acid level results. There was a correlation in the aerobic threshold speed and basketball game lactic acid accumulation indicators. The aerobic threshold speed and the recovery period after the basketball game showed a decrease in the correlation percentage with the blood lactic acid level. There was a correlation in the anaerobic threshold speed and the basketball game's maximum lactic acid value; with a significant level of $\alpha = 0.05$.

The conclusions are as follows:

- I. During a basketball game young people have a high heart rate ($HR_{\max}$ 80%), but low symptoms of lactic acid accumulation (each section was below 8 mmol/l). This shows that a basketball game is really carried out under anaerobic conditions, but with a low degree of anaerobic sugar efficiency use. This symptom mainly supports that the game of basketball is in a non-lactic anaerobic state, thus the stamina used in basketball should be supported by ATP-PC.
- II. The basketball game tempo (the frequency of ball possession) and the fast-break frequency (number of fast-breaks) will affect energy metabolism during the competition.
- III. There was a positive correlation between the 10 meter shuttle run test maximum values and the lactic acid maximum values. The correlation value was $r = 0.58$, with no significant difference between the two ($p > .05$), but this was only a moderate correlation. The results presented are consistent with the symptoms of

physiological mechanisms involved, as participation in the 10 meter shuttle run test is recommended as one of the specific endurance test models.

- IV. Aerobic threshold speed has a correlation with the basketball game lactic acid accumulation index of $r = 0.21$, thus showing a low degree of correlation between the two, which is not significant ($p > .05$). After a four-quadrant analysis of each individual's 10 meter shuttle run specific tests, these specific test results and aerobic threshold speeds are both good. Both have a relatively lower lactic acid accumulation index than the basketball game's results, therefore aerobic capacity training should not be ignored as it complements physical endurance.
- V. The aerobic threshold speed and after basketball game recovery period blood lactic acid have a positive correlation in percentage decrease with a value of $r = 0.62$, which is a non-significant correlation between the two ($p > .05$), although the correlation was moderate. The results were consistent with physiological mechanisms symptoms: aerobic capacity had an effect on the removal of lactic acid in the blood and recovery.
- VI. The anaerobic threshold speed and the basketball game maximum blood lactic values have a correlation of $r = 0.29$, showing a low degree of correlation which is not significant ($p > .05$). Through individual analysis the anaerobic threshold had a higher capacity as it used more frequently and is more able to withstand high-intensity exercise loads (such as fast-breaks). The anaerobic threshold higher capacity is of a similar intensity and during exercise it reduces the lactic acid accumulation and is relatively better in its ability to rapidly eliminate lactic acid.

Keywords: aerobic/anaerobic threshold, 2-4 mmol/l, non-lactic anaerobic, ATP-PC

目錄

致謝.....	I
中文摘要.....	II
英文摘要.....	IV
目錄.....	VII
表目錄.....	IX
圖目錄.....	X
縮寫對照表.....	XI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 名詞操作性定義.....	3
第二章 文獻探討.....	5
第一節 籃球運動競技負荷與生理反應相關研究.....	5
第二節 血乳酸應用相關研究.....	8
第三節 心跳率相關研究.....	12
第四節 無氧非乳酸耐力相關研究.....	14
第五節 有氧-無氧閾值相關研究.....	16
第六節 文獻總結.....	18
第三章 研究方法.....	19
第一節 研究對象.....	19

第二節	實驗流程.....	20
第三節	實驗方法與步驟.....	21
第四節	實驗主要儀器與器材.....	25
第五節	資料處理與統計分析.....	27
第四章	結果分析與討論.....	29
第一節	階梯式負荷測試分析.....	29
第二節	10 m 折返跑測試分析.....	31
第三節	模擬比賽測試分析.....	33
第四節	10 m 折返跑血乳酸最大值與比賽血乳酸最大值之相關.....	35
第五節	有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之相關.....	36
第六節	有氧閾值速度與賽後恢復期血乳酸下降百分比之相關.....	39
第七節	無氧閾值速度與比賽中乳酸最大值之相關.....	41
第五章	結論.....	43
參考文獻		44
中文部分.....		44
外文部分.....		45
網路部分.....		49
附錄		
受試者疾病調查表.....		50

表目錄

表 1：乳酸曲線影響因素.....	10
表 2：無氧非乳酸常數.....	11
表 3：運動強度對應心跳率百分等級表.....	12
表 4：運動後恢復期第 5 min 心跳率判定標準.....	13
表 5：受試者基本資料.....	19
表 6：實驗收集參數與時間.....	24
表 7：階梯式負荷測試心跳率與有氧無氧閾值速度之平均數與標準差.....	30
表 8：10m 折返跑測試心跳率與速度之平均數與標準差.....	31
表 9：模擬比賽分組同質性檢定.....	33
表 10：模擬比賽測試各參數之統計分析.....	34

圖目錄

圖 1：實驗流程圖.....	20
圖 2：專項耐力測式方式.....	21
圖 3：基礎耐力測式方式.....	22
圖 4：POLAR Team System.....	25
圖 5：採血工具組.....	25
圖 6：SEIKO 碼錶 (S056).....	26
圖 7：血糖乳酸分析儀 (BIOSEN C_line Clinic).....	26
圖 8：籃球比賽紀錄台相關器材.....	27
圖 9：階梯式負荷測試心跳率與乳酸值之平均數與標準差.....	29
圖 10：受試者 10m 折返跑測試血乳酸平均數與標準差.....	32
圖 11：10m 折返跑血乳酸最大值與比賽血乳酸最大值之相關.....	35
圖 12：有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之相關.....	37
圖 13：有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之四象限分析圖.....	38
圖 14：有氧閾值速度與賽後恢復期乳酸下降百分比之相關.....	40
圖 15：無氧閾值速度與比賽中乳酸最大值之相關.....	41

中英文縮寫對照表

ATP - PC	磷化物系統；無氧非乳酸系統
ACSM	American College of Sports Medicine ，美國運動醫學學會
2-4 mmol/l	有氧-無氧閾值
FIBA	Fédération Internationale de Basketball ，國際籃球總會
JHBL	Junior High School Basketball League ，國中籃球聯賽
HBL	High School Basketball League ，高中籃球聯賽
UBA	University Basketball Association ，大專籃球聯賽
SBL	Super Basketball League ，超級籃球聯賽
WSBL	Women's Super Basketball League ，女子超級籃球聯賽
NCAA	National Collegiate Athletic Association ，美國國家大學運動聯盟
NBA	National Basketball Association ，美國國家職業籃球聯盟
NBCCA	National Basketball Conditioning Coach Association ，美國國家籃球教練協會
pH	酸鹼值
E*	運動結束後第 * 分鐘
*x	第 * 次採血點
PFK	Phosphofructokinase ，磷酸果糖激酶
ADP	adenosine diphosphate ，二磷酸腺苷
ATP	adenosine triphosphate ，三磷酸腺苷
PC	Phosphocreatine ，磷酸肌酸
V4	無氧閾值（4 mmol/l）速度
HR	heart rate ，心跳率

La	Lactate ，血乳酸
S	second ，秒
M	meter ，公尺
Min	minute ，分鐘
%	percentage ，百分比
mmol/l	millimol per liter ，每公升所含的毫莫耳數
m/s	meter / second ，公尺／秒
mmol/l · s	millimol per liter / second ，每公升所含的毫莫耳數／秒
min ⁻¹	beat per minute ，每分鐘心跳數
ml/kg/min	milliliter / kilogram / minute ，毫升/公斤/分鐘
μ M/g	micron / g ，微米／克
mmol/l/min	millimol per liter / minute ，每公升所含的毫莫耳數／分鐘

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

籃球運動於 1891 年，由美國春田學院的 James Naismith 博士發明，由最原始草創的十三條規則，經歷百餘年的衝擊，規則不斷修訂，使得比賽的節奏、強度與精采度不斷提升，特別是於 1932 年增訂的限制區 3 s 規則與 1984 年增設的三分線，使身高不再是絕對性地主宰比賽勝負的主要因素，促使籃球比賽的攻擊範圍擴大，強度、對抗性與技術水平提高，朝向快與靈活的趨勢演變。

現今國際籃球規則明訂，籃球比賽每場每隊可以登錄 12 名球員，5 人在場上比賽，其餘球員為替補員，球隊可在規則規範下自由調度球員上下場。然而根據國內 99 學年度國中甲組男子籃球聯賽決賽紀錄，8 間學校每隊應賽五場比賽，共有 27 人五場均先發，平均上場時間為 31.84 ± 3.58 min，當中有 5 人平均上場時間超過 35 min，其中更有一名選手上場時間高達 39.2 min，幾近打滿整場比賽，當中甚至有一場比賽打滿整場 40 min (中華民國高中體育總會，2010)。由這些數據可以得知，我國目前國中籃球比賽趨勢，各隊的主力選手出賽時間相當於整場比賽總時間的 80%，必須擁有相當的耐力水準。

耐力可分為「基礎耐力」與「專項耐力」，基礎耐力即為個人有氧-無氧閾值能力，主要反映在有氧能力的好壞，且與 ATP-PC 系統恢復速率息息相關；專項耐力為運動專項的主要能量代謝路徑，直接影響到專項運動的比賽能力，而依據運動型態的不同，可分為循環式項目所需的無氧乳酸耐力（田徑、游泳、自行車等）與非循環式項目所需的無氧非乳酸耐力（球類、技術攻擊類等），其會直接影響比賽的專項能力與技術表現（張嘉澤，2008）。

過去國內外僅有少數幾篇研究，直接從籃球比賽中進行生理負荷之探討 (McInnes, Carlson, Jones, & McKenna, 1995; Narazaki, Berg, Stergiou, & Chen, 2009;

許智超，2004；賴國弘、胡國興、吳慧君，2006)，McInnes et al. (1995) 的研究結果，籃球選手一場比賽平均心跳率可高達最大心跳率的 $89 \pm 9\%$ ，其強度達到無氧等級 (Friel, 1998)；而關於賽後恢復期乳酸最大值的研究結果，分別從最低 $3.2 \pm 0.9 \text{ mmol/l}$ 至最高 $6.8 \pm 2.8 \text{ mmol/l}$ 不等，這樣的差異可能與對象年齡層、性別或球隊打法的不同所致 (Hoffman, 2003)。當血液乳酸值達到 8 mmol/l ，才會影響技術表現，使其穩定性下降 (Liesen, Ludemann, Schmengler, Föhrenbach, & Mader, 1985; Janssen, 2001)，但從之前的研究結果來看，籃球比賽產生的乳酸值甚至可能低於無氧閾值 (4 mmol/l)，顯示籃球比賽主要還是仰賴 ATP-PC 系統為主。

然而過去的研究對象年齡層皆在高中以上，且只有在賽後恢復期進行研究，而籃球比賽分為四節，每節 10 min，總時間共 40 min，比賽中間歇性高強度運動是不斷地反覆進行 (Hoffman & Maresh, 2000)，在國內國中聯賽各隊之主力選手必須出賽高達總時間 80 % 的趨勢下，深入探討其比賽過程中生理反應之情形，以及探討運動員個人之基礎與專項耐力對於比賽中生理反應的影響是有必要的。

第二節 研究目的

基於上述之背景與動機，本研究希望透過基礎與專項耐力檢測，對應模擬正式比賽之方式，探討青少年籃球選手比賽中生理反應之情形，以及探討基礎與專項耐力對於青少年籃球選手競技能力之影響，其研究目的分別如下：

- 一、探討青少年籃球比賽心跳率與乳酸堆積情形。
- 二、探討 10 m 折返跑測試血乳酸最大值與比賽中血乳酸最大值之相關。
- 三、探討有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之相關。

- 四、 探討有氧閾值速度與比賽後恢復期血乳酸下降百分比之相關。
- 五、 探討無氧閾值速度與比賽中乳酸最大值之相關。

第三節 名詞操作性定義

- 一、 基礎耐力：即為受試者個人乳酸曲線之「有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l)」，是經由 Mader, Liesen, Heck, Philippi, Rost, Schürch and Hollmann (1976) 提出之階梯式負荷方式測得。
- 二、 專項耐力：是指按照運動項目個別之比賽節奏為間歇性或持續性而定義，本研究之運動項目為籃球，屬於間歇性（非循環式）項目，故其專項耐力為無氧非乳酸（張嘉澤，2008）。
- 三、 無氧非乳酸耐力：即能量路徑中 ATP-PC 系統之恢復速率。ATP-PC 系統主要是由肌肉中現存的 ATP 與磷酸肌酸 (PC) 分解再合成兩種能量產生方式所構成，其代謝過程中無須氧氣介入，也不會產生乳酸 (Janssen, 2001)。本研究將透過 10 m 折返跑測試，再經由 Leyk, Baum, Wamser, Selle, Hoffmann and Essfeld (1997) 提出之乳酸堆積指標公式與 Neumann and Schüller (2001) 提出之最佳乳酸曲線理論進行計算與分析。
- 四、 有氧-無氧閾值耐力：透過 Mader et al. (1976) 提出之階梯式負荷方式，再經由德國研發之軟體 Lactate Express 套入 Mader 4 mmol/l 之公式而計算出個人有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l) 之對應速度 (m/s)。
- 五、 乳酸堆積指標：是由 Leyk et al. (1997) 提出之乳酸堆積指標理論，其公式為「 $\text{乳酸堆積指標} = (\text{結束後最大乳酸值} - \text{安靜乳酸值}) / \text{運動時間}$ 」，競技運動員判定的標準為其值小於 0.5 mmol/l · s，才表示其無氧非乳酸能力佳。

- 六、 乳酸下降百分比：指受試者正式比賽模擬後，恢復期血乳酸下降比例，其計算方式為：「 $(\text{賽後恢復期最大血乳酸值} - \text{賽後恢復期 E15 血乳酸值}) / \text{賽後恢復期最大血乳酸值}$ 。」
- 七、 比賽節奏：本研究定義為比賽雙方攻守轉換的緊湊程度，將呈現於兩隊之「球權輪替次數」與「快攻發動次數」。
- 八、 球權輪替次數：根據國際籃球總會 (Fédération Internationale de Basketball, FIBA) 於 2010 年最新修訂之國際籃球規則中第 14 條「球的控制」之 14.1 之定義判定球隊是否掌握該次進攻權，確定掌握進攻權則記一次進攻次數。
- 九、 快攻發動次數：根據教育部體育 (1998) 編訂之體育大辭典，對於籃球「快攻」一詞之解釋，比賽中攻守交換時，在防守隊明顯回防措手不及，意圖運用快速運球或傳球之方式迅速完成一次進攻則記一次快攻次數。

第二章 文獻探討

本章節將分為五個部分進行探討：一、籃球運動競技負荷與生理反應相關研究；二、血乳酸之相關研究；三、心跳率之相關研究；四、無氧非乳酸耐力之相關研究；五、有氧-無氧閾值之相關研究。

第一節 籃球運動競技負荷與生理反應相關研究

籃球比賽被定義為將球投入敵隊籃圈內為主要目的，並防止敵隊得分，以比賽結束時得分較多之一隊為獲勝隊伍的比賽項目。籃球規則經歷多次的重大改變，特別是於 1932 年增訂的限制區 3 s 規則與 1984 年增設的三分線，改變了「得中鋒者得天下」的情況，高大球員主宰比賽勝負的絕對性不再，促使籃球比賽的攻擊範圍擴大，朝向快與靈活的趨勢演變。FIBA 也於 1956 年、1972 年分別增加了進攻時間 30 s 與 10 s 帶球過半場之規則，使得籃球比賽的節奏更為緊湊，1998 年再次將進攻時間與帶球過半場時間分別縮短至 24 s 與 8 s，並將比賽切割成 4 節，此改變更進一步地提高籃球比賽的強度與張力。規則修改至今，在進攻上有限制區 3 s、發球與持球 5 s、8 s 過半場與進攻時間 24 s 等不同時間上的限制，使得比賽節奏上相當緊湊，促使籃球運動必須在高強度間歇性的無氧狀態下進行。

根據 FIBA 最新修訂的國際籃球規則，現今的標準國際籃球比賽，總時間為 40 min，分為四節，一節 10 min，兩節為一個半場，每隊一場比賽可以登錄 12 名球員，5 人在場上比賽，其餘球員為替補員，球隊可在規則規範內自由調度球員上下場，但籃球比賽可能因對象、比賽性質與各國籃協規定的不同，而有不同的比賽時間或規則的變更。目前國內的國小籃球聯賽，因主辦單位競賽規程的

差異，一場時間為 24 min 或 32 min，共分四節，一節為 6 min 或 8 min，兩節為一個半場，進攻時間為 30 s，每位球員出賽至多兩節，且取消三分球計分的規則。國內國中籃球聯賽 (JHBL) 預賽之比賽時間為每節 8 min，其餘規則皆遵循國際籃球規則；決賽則連同比賽時間一切遵循國際籃球規則。國內高中籃球聯賽 (HBL)、大專籃球聯賽 (UBA)、社會甲組聯賽、超級籃球聯賽 (SBL、WSBL)、威廉瓊斯杯國際籃球邀請賽 (William Jones' Cup International Tournament) 等，一切規則皆遵循國際籃球規則。全世界著名的籃球最高殿堂——美國國家職業籃球聯盟 (National Basketball Association, NBA) 則將每節的時間延長為 12 min，比賽時間共 48 min，並且為了提升球賽之對抗強度與可看性，還增加了防守 3 s 的特殊規則。

籃球比賽因對象年齡層、比賽性質、各國籃協規定上不同，而比賽時間與規則上有些許的差異，也因教練員的戰術、球員特性、球員身材與球隊球風上的不同，而有不同的打法，在生理要求上也會存在著一些差異 (Hoffman, 2003)。儘管如此，籃球比賽是一項將球投入敵隊籃圈內 (得分) 為主要目的之運動項目，一些與得分有直接關係的技術，例如：跳投、切入上籃、快攻……等，其發生的時間短且強度高，必須仰賴無氧能量才能將這些技術發揮的淋漓盡致，因此不論比賽層級與規則上的差異，無氧能力的好壞還是直接影響著比賽的勝負 (Hoffman et al., 2000)。

McInnes et al. (1995) 利用攝影機拍攝 8 位澳洲職業籃球選手比賽過程進行分析，結果顯示運動員在比賽中每 2 s 就改變一次運動方式，被視為高強度的運動方式約每 21 s 出現一次，但僅占整場比賽的 15%，且 65% 的時間運動強度只稍微大於步行而已，若單純從此結果而言，籃球運動有過半的時間是在有氧狀態下進行，似乎不是那麼絕對地仰賴無氧能力。雖然如此，但運動項目的專項能量要求，應是依照其比賽之節奏的持續性或間歇性而決定，不是比賽的總時間 (張嘉澤，2010)，而非循環式運動項目 (球類、技術攻擊類等)，應以其得分的

手段為依據來判斷其專項能量。美國國家籃球體能訓練教練協會 (National Basketball Conditioning Coach Association, NBCCA) 亦表示，籃球運動需要反覆的使用維時短暫卻高強度的動作，因此與無氧系統有較高的關聯。因此正如前面所述，儘管籃球比賽中過半的時間處於低強度的運動型態，但比賽中是那些常見與得分有直接關係的高強度技術直接決定了比賽的勝負 (Hoffman et al., 2000)。

McInnes et al. (1995) 針對 8 位澳洲的職業籃球選手比賽過程的研究中，結果呈現，其平均心跳率為 $169 \pm 9 \text{ min}^{-1}$ ，相當於選手最大心跳率的 $89 \pm 9\%$ ，其中 75% 的比賽時間選手心跳率處於最大值的 85%，15% 的時間選手的心跳率高達最大值的 95%，而賽後血乳酸濃度最大值為 $6.8 \pm 2.8 \text{ mmol/l}$ 。

許智超 (2004) 針對國內 12 名高中籃球聯賽甲組的男子球員進行不同位置比賽生理負荷差異之研究，結果顯示其賽後恢復期乳酸最大值為 $4.43 \pm 2.15 \text{ mmol/l}$ ，出現在賽後第 1 min；且研究結果亦顯示，雖然在比賽中不同強度技術的使用上，是有存在著差異，但最大攝氧量、無氧動力、無氧能力及疲勞指數上，不會因打的位置不同而有所差異。

賴國弘等人 (2006) 針對 15 名國內優秀女子高中籃球選手分成三組進行競賽負荷與生理機能之研究，結果顯示，低強度運動比例平均佔出賽時間的 60.43%，中等強度運動比例佔 31.07%，高強度運動比例僅佔 9.22%；不同位置球員之最大攝氧量、無氧動力、無氧能力以及動力遞減率，均未達顯著差異；不同位置球員其賽後恢復期之乳酸最大值平均為 $3.49 \pm 1.23 \text{ mmol/l}$ ，均出現在賽後第 1 min，且不同位置上亦未達顯著差異。

Narazaki et al. (2009) 在美國大學二級籃球聯賽 (NCAA)，針對男、女各 6 名球員為研究對象，監控 20 min 比賽，以攜帶式儀器測量攝氧量，並於暫停時檢測血乳酸，且比賽全程錄影，結果呈現，男、女生攝氧量分別為 33.4 ± 4.0 與 $36.9 \pm 2.6 \text{ ml/kg/min}$ ；血乳酸值分別為 3.2 ± 0.9 與 $4.2 \pm 1.3 \text{ mmol/l}$ ；而動作比例上跑步與跳躍動作為 34.1%、走動為 56.8%、站立為 9.0%。

過去的研究已發現在運動的過程中，血液乳酸值若達到 8 mmol/l，則會影響到動作協調，使技術表現的穩定性下降 (Liesen et al., 1985; Janssen, 2001)。但從上面的幾份研究相較之下，除了 McInnes et al. (1995) 的研究中，職業水準的籃球比賽球員賽後恢復期乳酸最大值有達到 6.8 ± 2.8 mmol/l，其他層級的籃球比賽，賽後恢復期血液乳酸最大值均未超過 6 mmol/l，甚至可能低於無氧閾值 (賴國弘等人，2006)，從這些結果我們可以推論，在籃球比賽中，仰賴無氧能量中的 ATP-PC 系統可能大過於仰賴無氧醣酵解系統。

若按照動作型態來區分，籃球屬於非循環式運動項目，非循環式運動項目的特徵是運動是在間歇性的狀態下進行，且運動的開始至結束，動作並非單一性，每個動作之間都是短暫且多變，故其專項耐力應為無氧非乳酸 (張嘉澤，2008)。整理先前的研究，我們可得到一個結論，籃球運動的專項耐力應為無氧非乳酸耐力，擁有優異的無氧非乳酸耐力，才能做為勝利的根基。

第二節 血乳酸應用相關研究

乳酸是運動中能量代謝時，碳水化合物經由醣酵解作用後之中間產物丙酮酸，在缺乏氧氣的介入下，而使其轉化為乳酸。乳酸的生成會伴隨著氫離子的產生，過度堆積會造成肌肉細胞 pH 值下降導致所謂的乳酸性酸中毒的現象，而導致肌肉疲勞；且高濃度的氫離子會抑制磷酸果糖激酶 (Phosphofructokinase, PFK) 之活性，降低 PC 的再生速率，對肌肉收縮造成阻礙影響力量的展現，進而限制了運動表現 (Nadel, 2003)。

運動中影響血乳酸產生有下列三項主要因素：一、運動強度；二、被徵召的肌肉量；三、運動持續時間 (Hultman & Saholm, 1980; Itoh & Ohkuwo, 1991)。從過去的研究已經得知，若血液中的乳酸值堆積達到 8 mmol/l，即會影響動作

協調，使肌肉收縮效率降低，影響技術的表現 (Liesen et al., 1985; Janssen, 2001) ，Mainwood and Renaud (1985) 則表示，當肌肉內的乳酸濃度高達 $20 \sim 25 \mu\text{M/g}$ 時，人體的疲勞程度足以造成運動完全終止。

相較於其他的生理檢測方式，目前採集血乳酸在實務上是較為方便與實用的執行方式，因其只要透過耳垂採血即可立即利用儀器化驗，且血乳酸能直接反映體內能量代謝之情況，故近年來許多運動能力診斷或研究都透過檢測乳酸值之方式進行研究。近代血乳酸廣泛地應用在運動強度與運動負荷的判定，其應用方式主要有下列幾點：一、運動強度之判斷；二、能量代謝負荷之判斷；三、訓練與比賽之運動能力判斷；四、有氧能力之判斷；五、訓練範圍之判斷；六、訓練類型之判斷；七、訓練方法之判斷 (Neumann, Pfuetzner, & Hottentott, 1993) 。

Mader et al. (1976) 使用階梯式負荷之方式，將個人乳酸曲線之 2 mmol/l 定義為有氧閾值，此強度下能量代謝來源為脂肪與碳水化合物；介於 2 mmol/l 與 4 mmol/l 時為有氧-無氧混合區域，此時能量代謝碳水化合物使用率大於脂肪； 4 mmol/l 則被定義為無氧閾值，超過此強度能量代謝幾乎以碳水化合物之無氧代謝為主，乳酸曲線會迅速地不成比例上升。而此測試方式經過許多討論與研究之後，在歐洲各國已成為公認的基礎耐力檢測方式 (張嘉澤、詹元碩，2005) 。

Neumann et al. (1989) 表示，個人乳酸曲線會受到眾多因素的影響，而產生不同的症狀，如表 1：

表 1. 乳酸曲線影響因素

影響因素	影響因素發展程度	乳酸曲線改變
基礎有氧能力	高	向右向下
	低	沒有改變或向左向下
有氧-無氧基礎能力	高	向右維持在中間
	低	向左維持在中間
無氧基礎能力	高	曲線大幅度上升
	低	曲線平緩，最大乳酸值降低
肝醣儲存的程度	儲存達 100 %	沒有改變，或向左向下
	肝醣耗盡	向右向下
肌肉型態	慢縮肌 70 % 以上	向右向下
	快縮肌 40 % 以上	向左向下

(Neumann et al., 1989)

Mader (1994a) 提出乳酸最大形成率之理論，其公式為「最大乳酸形成率 = (負荷結束乳酸值 - 安靜乳酸值) / 負荷時間 - 無氧非乳酸常數」，而無氧非乳酸常數如表 2：

表 2. 無氧非乳酸常數

負荷時間	常數
10 s	3 s
20 s	4 s
50 ~ 60 s	8 s

(Mader, 1994a)

而運動負荷後乳酸形成率低於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，可以判斷其無氧非乳酸分解與再合成的速率佳，但此公式主要為針對循環式運動項目。

Leyk et al. (1997) 提出乳酸堆積指標理論，則較適合應用在非循環式運動項目，其公式為「乳酸堆積指標 = (結束後最大乳酸值 - 安靜乳酸值) / 運動時間」，而競技運動員其指標應小於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，才表示其無氧非乳酸能力佳。

Neuman, Pfützner and Berbalk (2001) 表示，乳酸在短時間高強度的運動中會不斷地堆積，而至運動結束後會出現峰值，通常在結束後第 3 min (E3) 開始，因此提出了最佳乳酸曲線的論點，其分析依據下列三點：一、運動結束後乳酸峰值是否出現在 E1；二、乳酸峰值出現時機（越延遲越好）；三、乳酸峰值出現時機與最後採集時間點之差異。而依據第三點，可進而計算乳酸排除率，計算方法為：「最後採集時間 - 最大負荷後乳酸峰值 / 排除時間」，而競技運動員血乳酸排除速率可達 0.5 mmol/l/min 。

血乳酸歷經幾十年的研究，已經發展出許多理論可供運動科學人員、教練員與訓練員參考，從事競技運動訓練之相關工作人士可針對個別運動項目的獨特性，採取適宜的方式對運動員進行能力診斷，對於競技運動訓練之品質與效率必定有正面的幫助。

第三節 心跳率相關研究

心跳率是反映體循環狀況的重要生理參數，其主要是受到位於心臟右心房的竇房結所調控，而竇房結有如心臟幫浦的節律器，受到交感與副交感神經所控制 (Lederer, 2004)。運動時身體的恆定遭受到干擾，組織缺氧、血乳酸堆積、荷爾蒙釋放等眾多因素，促使大腦必須透過交感神經傳遞訊號，調控心臟收縮的力量與頻率，以提高心跳率，增加每跳輸出量來增加血液供應量至目標器官，以助於組織器官作業。

心跳率目前是能有效判定運動強度的方式之一，因其能直接反映出體循環的狀況，且在目前實務上只要配戴心律錶或是以手指按壓脈搏處即可測量，不論對於運動員或是一般人，都是最為方便且實用的運動強度監控方式。美國運動醫學學會 (American College of Sports Medicine, ACSM) 於 1998 年建議以最大心跳率的百分比來區分運動強度，最大心跳率計算的公式為：「 $220 - \text{年齡}$ 」。Friel (2003) 則按照心跳率百分比將運動強度分為五個等級，如表 3：

表 3. 運動強度對應心跳率百分等級表

運動強度 (HR _{max} %)	強度等級	生理負荷
50 % ~ 60 %	恢復區	輕度運動，適合熱身與緩和運動。
60 % ~ 70 %	低強度有氧區	中度有氧，能量代謝以自由脂肪酸為主。
70 % ~ 80 %	高強度有氧區	較強有氧運動，能量代謝以有氧醣解為主。
80 % ~ 90 %	無氧區	無氧狀態，能量代謝以無氧醣酵解為主。
90 % ~ 100 %	極限區	人體的運動極限，於此強度下執行運動須謹慎小心。

(Friel, 2003)

Böhmer et al. (1975) 表示最大運動結束後之恢復期地 5 min 心跳率可以代表運動員之恢復能力，亦可用來評估有氧耐力訓練的效果，判定的標準如表 4：

表 4. 運動後恢復期第 5 min 心跳率判定標準

HR (min^{-1})	能力
> 130	差
120 ~ 130	不好
115 ~ 120	好
105 ~ 110	非常好
< 100	高競技運動能力

(Böhmer et. al., 1975)

過去已經有許多研究表示，運動員透過耐力訓練後，在安靜狀態與非最大運動強度下可以有效將低心跳率，這樣表示體循環的作業能力提升，心臟有較好的作業能力，在相同的工作負荷下能作較少的功，因而身體能維持在較佳的穩定狀態 (Wilmore, Costill, & Kenney, 2008)。

陳江圳 (2004) 針對 12 名國小五、六年級的網球選手，以閾值心跳率為負荷強度，施予 5 週、每週 3 次、每次 20 min 的持續跑耐力訓練，其後測 Cooper-Test 進步幅度、專項負荷後恢復心跳率降低幅度與專項擊球失誤率降低幅度，皆達到顯著水準；且專項擊球測試之結束心跳率與每組結束心跳率降低幅度亦達顯著水準；而 Cooper-Test 之成績與擊球失誤率呈負相關、擊球失誤率與專項負荷後恢復心跳率呈正相關。

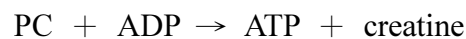
劉展明與張嘉澤 (2009) 分別以全國運動會級與縣級兩名青年射箭選手，研究優秀與一般射箭選手在對抗賽時心跳率的差異對於比賽成績的影響。結果呈現，優秀選手成績高於一般選手，且四回合之心跳率皆低於一般選手。

郭亞涵 (2008) 對於 10 名國內高中甲組籃球選手，以 80 % 無氧閾值心跳率作為有氧耐力訓練強度，進行 4 週、每週 3 次、每次 20 min 之有氧耐力訓練，結果呈現，籃球選手透過有氧耐力訓練後，有氧閾值心跳率有下降，且專項負荷後之平均心跳率亦下降，且專項負荷後罰球命中率由 46 % 提升至 56 % 。

透過上面的研究我們可以得知，透過耐力訓練降低安靜狀態與非最大運動強度下的心跳率，對於命中率與準確性有高水平要求的運動有一定的影響，因其表示運動員在相對運動強度下可以維持較佳的技術穩定性來穩定運動表現。

第四節 無氧非乳酸耐力相關研究

無氧非乳酸即所謂的磷化物系統 (ATP-PC)，其主要是由肌肉中現存的 ATP 與磷酸肌酸 (PC) 分解再合成兩種能量產生方式所構成：



肌肉中既有的 ATP 含量非常有限，大約只能支持 2 s 內的運動，隨即銜接而上的即磷酸肌酸 (PC) 之分解與再合成來提供能量，大約能再支持 6 ~ 8 s 的運動，故整個 ATP-PC 系統大約只能支持 10 s 內的運動型態。ATP-PC 系統產生能量的過程中，無須氧氣的介入，亦不會產生乳酸，但當該系統耗竭時，無氧醱酵解（乳酸系統）即隨接而上，而會伴隨著乳酸與氫離子堆積造成肌肉疲勞 (Janssen, 2001)。

對於球類與技術攻擊類等非循環式項目而言，ATP-PC 為其主要的專項耐力，重點在於提升 PC 快速再生的能力 (張嘉澤，2008)，非循環式運動項目的動作特徵為強度高、時間短、具多變性，且比賽具有節奏性、間歇性。Newsholme, Blomstrand, Mcandrew and Parry-Billings. (1992) 表示，肌肉是否有足夠的 ATP

儲存量，是影響短時間高強度負荷節奏運動型態所造成之疲勞的主因。而當肌肉中現有的 ATP 耗竭時，如果沒有充足的 PC 進行分解與再合成 ATP，則肌肉收縮速度將會下降 10 % (Hollmann & Hettinger, 1990)。

在過去的研究已發現，ATP-PC 系統恢復的速率很快，在完全耗竭的狀況下，運動結束後約 30 s 內即可恢復 70 %，而在運動後 3 ~ 5 min 內即可完全恢復 (Janssen, 2001)。而擁有優異的有氧能力，對於無氧能力也有相當的益處，ATP-PC 系統恢復能力的好壞，與有氧能力有一定的關係，張嘉澤 (2008) 表示擁有好的有氧能力，有助於身體在短時間內快速地恢復 ATP-PC 系統，使選手足以應付長時間的比賽。

Mader (1994a) 的研究發現，運動負荷後乳酸形成率低於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，可以判斷其無氧非乳酸分解與再合成的速率佳。而無氧非乳酸耐力可以藉由設計類似比賽型態的方式或是接近專項動作的型態來進行測試，亦可作為訓練的方式 (李伯倫、許晉哲、張嘉澤，2005)；洪麗敏、陳鳳盈與張嘉澤 (2005) 以 $2 \times 30 \text{ m}$ 之最大速度跑、組間動態休息 40 ~ 60 s，作為高中 9 名女子足球選手無氧非乳酸耐力的檢測方式；詹蕙真與張嘉澤 (2005) 針對國內 12 名國中手球選手進行專項耐力檢測，採用 $2 \times 5 \times 20 \text{ m}$ 快速跑作為無氧非乳酸耐力之檢測方式；張煥清、黃怡仁與張嘉澤等 (2007) 以 3 趟二段式 (3 m、10 m) 衝刺折返跑，每趟間歇 30 s 的方式，針對國內國、高中 24 名合球選手 (男 13 名、女 11 名) 作為無氧非乳酸耐力檢測之方式；陳紫君、林嬌娟與張嘉澤 (2007) 以排球的三種專項技術作為組合 (跳躍攻擊 + 攔網 + 跳躍攻擊動作)，針對 15 名國內國中男子排球選手作為無氧非乳酸耐力的診斷方式。

李伯倫等人 (2005) 利用籃球 1/4 半場，針對 10 名國內高中籃球聯賽甲組選手進行 5 趟三角形高速短距離折返跑，每趟間歇 60 s，於每趟結束後記錄完成時間與心跳率，並於第 1、3、5 趟結束後第 1 min 採集耳垂血檢測乳酸值與運動後恢復期第 3、5、10 min 紀錄心跳率。其研究結果發現：(一) 受

試者每趟平均完成時間為 11.6 ± 0.58 s，接近籃球比賽短時間高強度的動作型態，可藉以當作籃球專項耐力測驗的方式或訓練模式；(二) 乳酸代謝率越低者，閾值速度越快者，其運動能力相對較佳。

詹政學 (2005) 針對國內 7 名高中男子籃球選手，進行無氧非乳酸耐力訓練對於動態三分球投籃命中率影響之研究，於每週進行 3 次，每次 30 min 之 20 m 衝刺折返跑作為無氧非乳酸耐力訓練，研究結果發現，受試者經訓練後，其後測之 20 m 最大速度跑與 20 m 衝刺折返跑成績皆有顯著效果；而後測之動態三分球命中率提升了 12.5 %。

由先前的研究可以發現，無氧非乳酸耐力的檢測方式，可以依據運動項目的不同，個別針對其專項的技術或比賽型態設計，而設計出之方式亦可當作專項耐力訓練的模式，且選手進行專項耐力訓練後，其技術表現亦能有所提升。

第五節 有氧-無氧閾值相關研究

Mader et al. (1976) 於階梯式負荷之測試方式，分別將乳酸值 2 mmol/l 定義為有氧閾值，4 mmol/l 則為無氧閾值，之後這種階梯式負荷的模式，經過眾多學者多年來不斷地研究與討論，被認同為最具實務應用上之效益，爾後便廣為運科人員利用於檢測運動員的個人基礎耐力之方式。

當運動強度低於有氧閾值時，人體的能量來源主要為脂肪與碳水化合物之有氧代謝；介於有氧與無氧閾值之運動強度時，碳水化合物的代謝將大於脂肪；運動強度超過無氧閾值時，能量來源幾乎以碳水化合物之無氧代謝為主 (Pansold, Roth, Zinner, Hasart, & Gabriel, 1982)。無氧閾值代表的意義為最大乳酸穩定 (steady-state) 的臨界點，意即乳酸的生成與排除達到最大的平衡點 (Mader et al., 1976)，而訓練有素的運動員，甚至可在將近最大攝氧量 80 % 的強度下還處於

有氧狀態，因其有減少乳酸堆積與迅速排除乳酸之能力 (Keul & Haralambie, 1997)，而此一生理機轉決定於運動員無氧閾值之高低。

H. Hollmann, Schürch, Heck, Mader, Rost and W. Hollmann (1987) 的研究表示，競技運動員之有氧閾值速度須達到 2.8 m/s；無氧閾值速度須達到 3.5 m/s，才能在運動中加速乳酸排除，特別是專項耐力為 ATP-PC 的非循環式運動項目。張嘉澤 (2008) 有氧耐力能力為各種運動項目之必備基礎，不論任何運動項目之選手，皆應擁有良好的有氧耐力能力，使身體能在短時間內快速恢復 ATP-PC 系統，以應付長時間之比賽。而有氧-無氧閾值測試的結果不僅能分析個人基礎耐力，更可當作耐力訓練強度之依據與評估訓練效果 (張嘉澤，2008)。

李雅惠、張嘉澤 (2004) 利用此測試方式針對國內高中 8 女性中距離田徑選手進行無氧閾值診斷，並在五週訓練之後執行後測，進行訓練效果探討，結果呈現受試者乳酸與心跳率曲線皆向下向右移動，說明了有氧-無氧閾值測試為有效的科學診斷方法。

王月琪 (2008) 利用無氧閾值速度 (V4) 作為訓練強度，針對一名每週規律運動 2~3 次之中年男子，進行兩週 6 天之持續跑訓練，每次訓練間隔 1 天，訓練範圍為 5 × 3.5 m/s，每次 5 min，間歇 40 s，每次訓練共 30 min，前、中、後測為高強度持續跑漸增式負荷方式測試 (2.5、3.5、4.5 m/s，每階 5 min)，結果顯示，受試者後測之最大乳酸值有下降之現象。

詹惠珍、張嘉澤 (2005) 利用有氧-無氧閾值測試結果之有氧閾值對應心跳率作為訓練強度依據，針對國內國中男子手球選手 9 名進行五週，每週 3 次之 20 min 持續跑訓練，結果顯示受試者訓練後其基礎耐力與運動後之恢復能力均有顯著提升。

龔純玉 (2006) 以 8 名國中男子拔河選手，以個人有氧閾值設定為訓練負荷強度，進行為期五週，每週 3 次，每次 20 min 之基礎耐力訓練，結果顯示五週的基礎耐力訓練對於拔河選手有氧能力與拔河專項能力，皆有提升的效果。

有氧-無氧閾值測試的結果，不但能當作擬定耐力訓練強度之依據，亦可用來評定運動員耐力水準，間接預估運動員比賽的表現。

第六節 文獻總結

- 一、國內國中籃球比賽，主力選手上場時間將近整場比賽 80 % (31.84 ± 3.58 min)，對耐力有相當的要求。
- 二、籃球比賽選手的平均心跳率可達到 HR_{max} 的 85 % 以上，且比賽節奏相當緊湊，對選手生理上有相當高的負荷。
- 三、籃球運動的專項耐力為無氧非乳酸，但當 ATP-PC 耗竭後即會動用無氧醣酵解而使乳酸值上升影響技術表現。
- 四、有氧能力能幫助乳酸排除與 ATP-PC 之恢復，並且能降低非最大運動負荷之心跳率，保障選手技術表現的品質。

第三章 研究方法

第一節 研究對象

本研究將以 10 名國內國中男子籃球聯賽甲組球員為研究對象，依照其母隊擔任位置挑選中鋒 2 名，前鋒 4 名，後衛 4 名，其基本資料呈現於表 5，實驗前將對受試者與其教練充分說明實驗流程及填寫疾病調查表並簽名。

表 5. 受試者基本資料 (n = 10)

	平均數 $\pm$ 標準差	單位
身高	173.1 $\pm$ 7.8	cm
體重	61.6 $\pm$ 8.4	kg
年齡	15.5 $\pm$ 0.7	years
球齡	2.6 $\pm$ 1.07	years

第二節 實驗流程

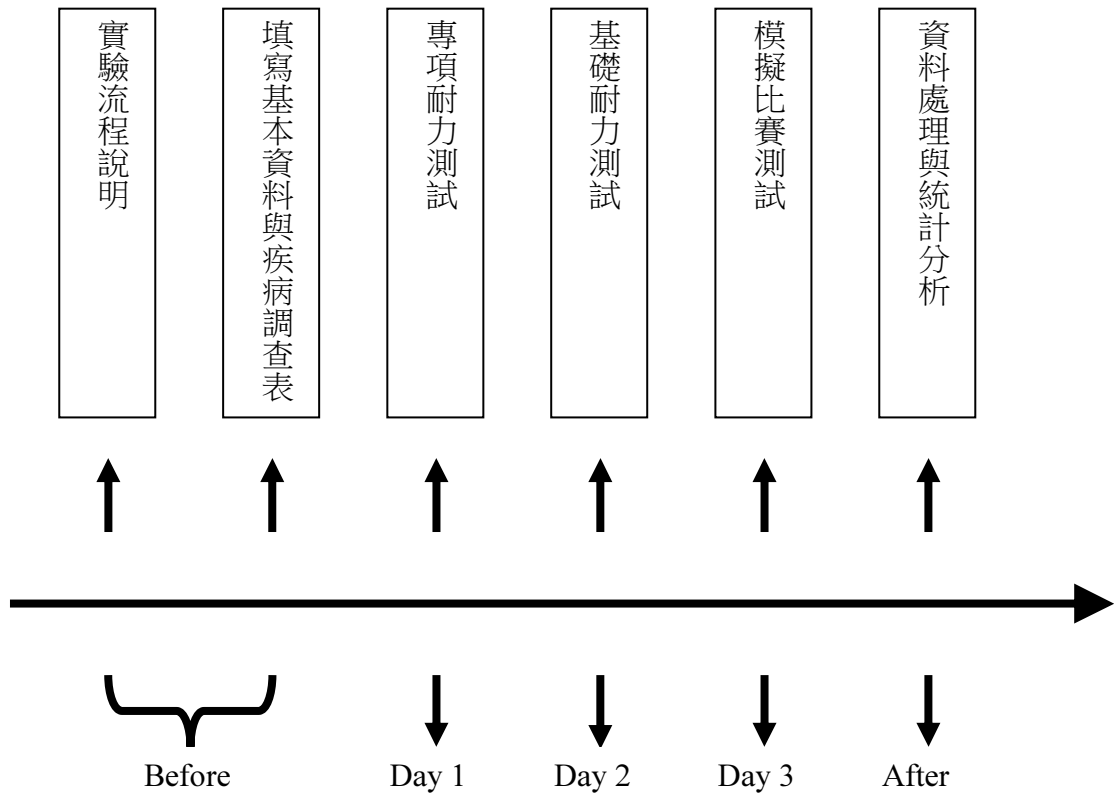


圖 1. 實驗流程圖

第三節 實驗方法與步驟

本研究將分別進行專項耐力、基礎耐力與正式比賽模擬等三項測試。專項耐力將以 10 m 折返跑的方式進行；基礎耐力採用 Mader et al. (1976) 所提出之階梯式負荷方式進行；正式比賽模擬則採用 FIBA 最新修訂之國際籃球規則進行。各測試之進行方式與收集參數將於下列詳述：

一、10 m 折返跑測試

本研究專項耐力測試（無氧非乳酸耐力），將以 10 m 折返跑方式進行，測試方式如圖 2。負荷強度為 100 %，採重複方式進行，範圍為 5 × 10 m 折返，每趟之間休息 60 s。

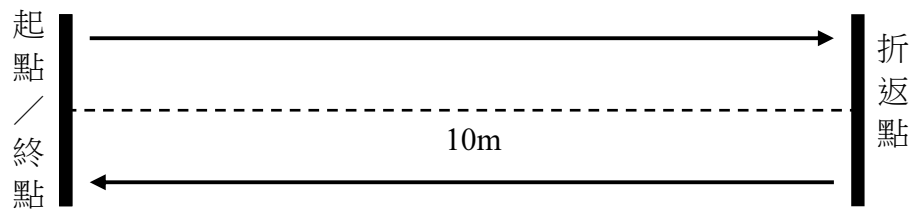


圖 2. 專項耐力測試方式

二、基礎耐力測試

本研究基礎耐力測試採用 Mader et al. (1976) 所提出之階梯式負荷方式，於 200 m 田徑場進行，如圖 3。進行方式為起始速度 2.5 m/s，每階上升 0.5 m/s，每階持續時間為 5 min，每階之間間歇 30 s 進行耳垂採血與紀錄心跳率，所有受試者負荷至個人最大能力。

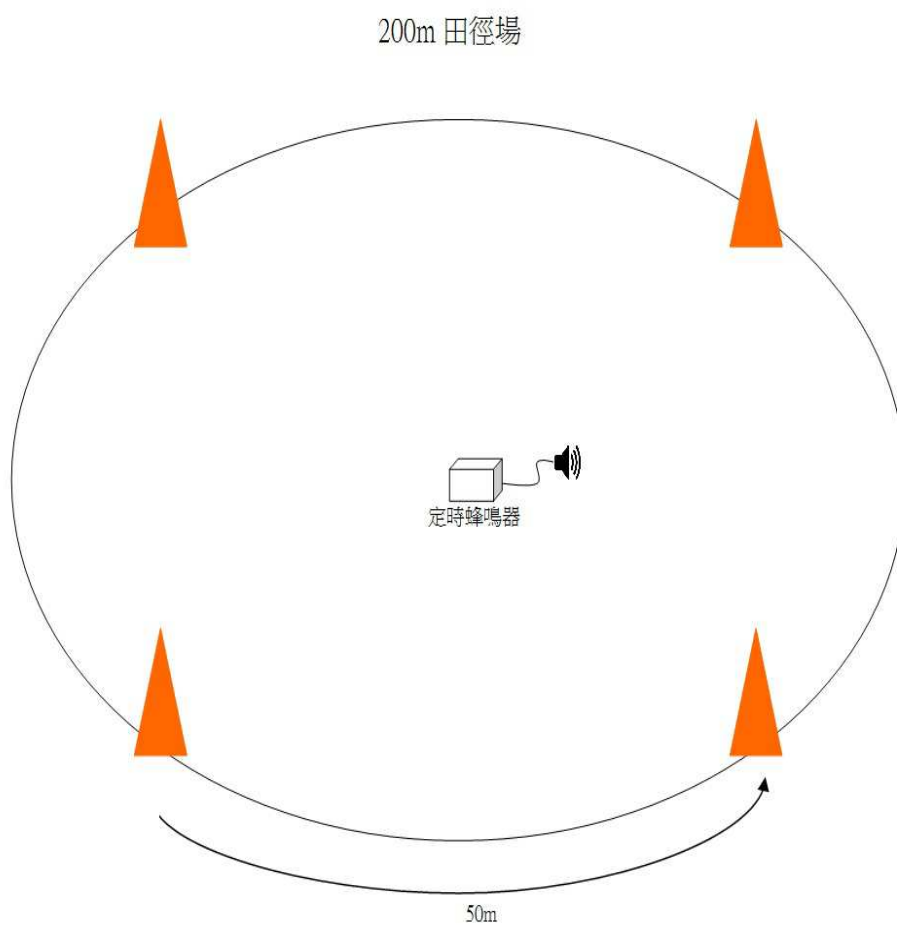


圖 3. 基礎耐力測式方式

三、模擬比賽測試

- (一) 本研究之正式模擬比賽測試，其場地與規則完全遵循 FIBA (2010) 最新修訂之國際籃球規則進行比賽進行。
- (二) 比賽將受試者分成 A 、 B 兩隊進行對抗，每隊將按位置分配中鋒 1 名、前鋒 2 名、後衛 2 名，分組將依照受試者之身高、體重、球齡、有氧-無氧閾值速度與專項測試乳酸堆積指標等參數平均分配於兩組，並透過同質性檢定確認兩隊無差異。
- (三) 每隊分配教練員一名，教練員皆為受試者所屬球隊之教練團成員。

- (四) 比賽過程中不得換人，所有受試者須打滿整場 40 min，五次犯滿不退場繼續比賽。
- (五) 本次正式比賽模擬測試將以 2 人裁判進行執法工作，協助執法之裁判皆具備中華民國籃球協會國家 B 級裁判證；紀錄台人員共 5 名，皆具備中華民國籃球協會國家 C 級裁判證。
- (六) 受試者比賽全程皆配戴心率感應帶，收集全程心跳率。
- (七) 測試開始所有受試者於安靜狀態配戴心律帶並採集血乳酸安靜值 (R)，熱身 15 min 之後再採集血乳酸值 R2，則比賽正式進行。
- (八) 比賽中每節開始前與結束時皆會採集血乳酸，第四節結束後，血乳酸將收集至恢復期第 15 min，則測試方為完成。
- (九) 獲勝之一組每人將贈予 NIKE 雙面籃球訓練背心乙件以示鼓勵。
- (十) 比賽將全程錄影並於事後進行統計各節攻守輪替次數與快攻發動次數。

四、實驗收集參數

實驗所收集之參數如表 6 所示。

表 6. 實驗收集參數與時間

測試	參數	單位	收集時間
10 m 折返跑	完成時間	S	1x、2x、3x、4x、5x
	HR	min ⁻¹	1x、2x、3x、4x、5x、E5
	La	mmol/l	R、1x、2x、3x、4x、5x、 E3、E5、E7
階梯式負荷	HR	min ⁻¹	每階結束 (至個人最大負荷)
	La	mmol/l	R、每階結束 (至個人最大負荷)
	HR	min ⁻¹	全程
模擬比賽	La	mmol/l	R、R2、1x、R3、2x、R4、3x、 R5、4x、E3、E5、E7、E10、E15
	球權輪替次數	次	全程 (影片分析)
	快攻次數	次	全程 (影片分析)

第四節 實驗主要儀器與器材

- 一、 POLAR Team System ：內含充電器乙個、傳輸座乙個以及心律感應器與心律帶各 10 組。



圖 4. POLAR Team System

- 二、 採血工具一組。



圖 5. 採血工具一組

三、SEIKO 碼錶 (S056)



圖 6. SEIKO 碼錶 (S056)

四、血糖乳酸分析儀 (BIOSEN C_line Clinic)



圖 7. 血糖乳酸分析儀 (BIOSEN C_line Clinic)

五、籃球比賽紀錄台相關器材：比賽紀錄單、攻守紀錄表、記分板、球權指示牌、犯規牌、加罰指示角錐、碼錶等。



圖 8. 籃球比賽紀錄台相關器材

第五節 資料處理與統計分析

一、資料處理：

- (一) 所有數據以平均數與標準差或百分比呈現。
- (二) 所有心跳率數據以 Polar Precision Performance™ 4 SW 官方應用軟體進行資料整理。
- (三) 基礎耐力以德國研發之 Lactate Express 軟體帶入 Mader 4 mmol/l 公式計算出個人有氧-無氧閾值 (2-4 mmol/l) 之速度。
- (四) 所有資料以 SPSS 18.0 中文視窗版套裝軟體進行統計分析。

(五) 所有圖形以 SigmaPlot 8.0 進行製圖。

二、統計分析：

(一) 以描述性統計針對下列結果進行分析：

1. 階梯式負荷之結果分析。
2. 10 m 折返跑測試之血乳酸結果分析。
3. 模擬比賽測試球權輪替次數與快攻次數分析。

(二) 以單因子變異數分析與 Tukey HSD 事後比較法進行下列分析：

1. 10 m 折返跑測試每趟之間心跳率與速度之差異。
2. 模擬比賽測試各節之間心跳率與血乳酸之差異。

(三) 以皮爾遜積差相關進行下列結果分析：

1. 10 m 折返跑測試血乳酸最大值與比賽中血乳酸最大值之相關。
2. 有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之關係。
3. 有氧閾值速度與比賽後恢復期血乳酸下降百分比之相關。
4. 無氧閾值速度與比賽中乳酸最大值之相關。

(四) 顯著水準為 $\alpha = 0.05$ 。

第四章 結果分析與討論

第一節 階梯式負荷測試分析

一、階梯式負荷測試血乳酸與心跳率分析

圖 9 為階梯式負荷測試血乳酸與心跳率每階之平均數與標準差，受試者於 2.5 m/s 之速度時，平均血乳酸值為 1.78 ± 0.49 mmol/l，心跳率為 140 ± 7 min⁻¹；速度於 4.0 m/s 時，平均血乳酸與心跳率則分別為 7.13 ± 2.61 mmol/l 與 186 ± 4 min⁻¹，兩者平均血乳酸與心跳率之差異分別為 5.53 mmol/l 與 46 min⁻¹。10 名受試者當中有 4 名完成至 4.5 m/s 之負荷。

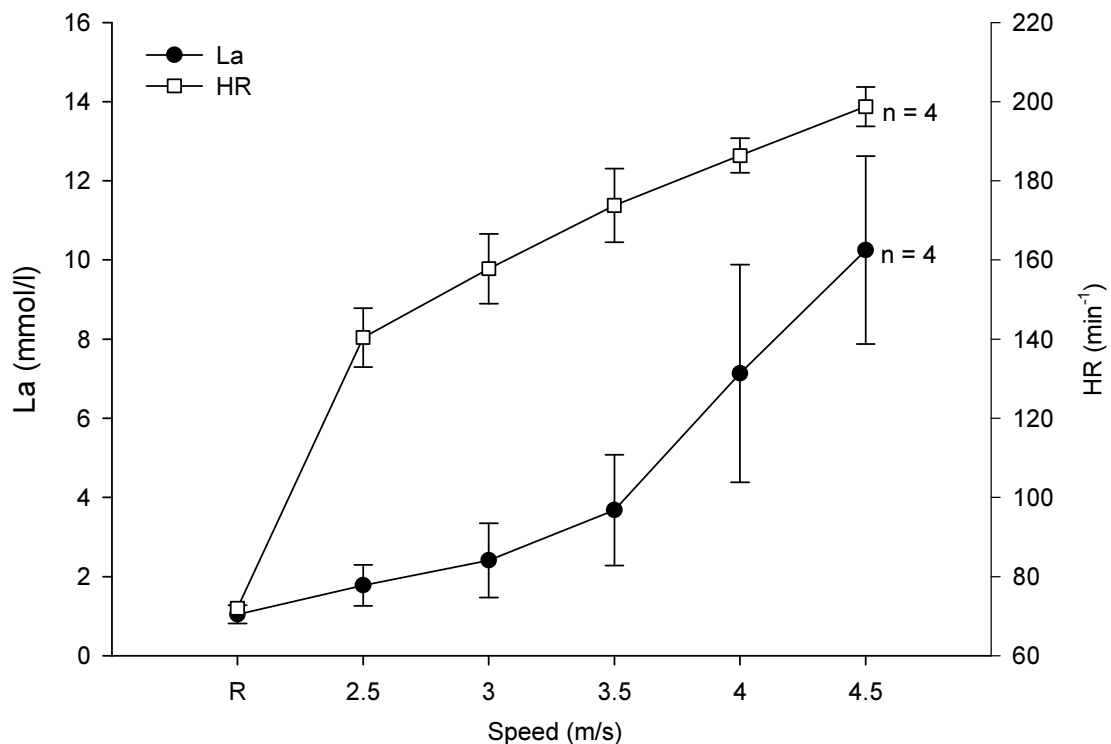


圖 9. 階梯式負荷測試心跳率與乳酸值之平均數與標準差

二、階梯式負荷測試心跳率與有氧-無氧閾值速度之分析

表 7 為閾值心跳率與速度平均值標準差。有氧閾值速度 (V2) 平均值為 2.6 ± 0.8 m/s，心跳率則為 147 ± 20 min⁻¹。無氧閾值速度 (V4) 與心跳率分別為 3.6 ± 0.4 m/s、 177 ± 7 min⁻¹。個人最大有氧閾值速度為 3.5 m/s，無氧閾值速度則為 4.0 m/s。

表 7. 階梯式負荷測試心跳率與有氧-無氧閾值速度之平均數與標準差

	HR (min ⁻¹)	Speed (m/s)
V2	147 ± 20	2.6 ± 0.8
V4	177 ± 7	3.6 ± 0.4

Hollmann et al. (1987) 指出，競技運動員之有氧閾值速度 (V2) 須達到 2.8 m/s；無氧閾值速度 (V4) 須達到 3.5 m/s，在運動中才能加速乳酸排除，尤其是以 ATP-PC 為專項耐力的非循環式運動項目。研究結果發現受試者之有氧閾值能力，並未達上述文獻標準。無氧閾值耐力則在標準之上，此現象顯示受試者之基礎耐力能力是呈現不穩定狀態。在訓練實務上，耐力訓練應以有氧閾值速度 (V2) 與無氧閾值速度 (V4) 為設定點，分別設定有氧耐力訓練或是無氧耐力訓練之訓練強度 (張嘉澤，2010)。本次研究之受試者可能平時耐力訓練強度設定過高或是太過著重於無氧性的專項訓練，而導致只有在無氧閾值速度 (V4) 產生較明顯之訓練效益，而有氧閾值的部分並未產生適應，以致有氧閾值速度 (V2) 與體循環並未達到 Hollmann et al. (1987) 所提出之標準。

第二節 10 m 折返跑測試分析

一、10 m 折返跑測試心跳率與速度

表 8 為受試者 10 m 折返跑測試心跳率與速度之分析。第一趟 (1x) 速度平均值為 4.6 ± 0.3 m/s，心跳率平均值為 138 ± 15 min⁻¹。第五趟 (5x) 速度平均值為 4.7 ± 0.3 m/s，心跳率平均值為 148 ± 11 min⁻¹。各趟之間心跳率與速度皆未達顯著差異 ($p > 0.05$)。

表 8. 10 m 折返跑測試心跳率與速度之平均數與標準差 (n = 10)

	HR (min ⁻¹)	Speed (m/s)
1x	138 ± 15	4.6 ± 0.3
2x	143 ± 13	4.5 ± 0.1
3x	148 ± 10	4.5 ± 0.2
4x	146 ± 12	4.7 ± 0.3
5x	148 ± 11	4.7 ± 0.3

二、10 m 折返跑血乳酸分析

受試者 10 m 折返跑測試，運動中第一趟 (1x) 其值為 1.81 ± 0.3 mmol/l，最大值為 4.47 ± 0.79 mmol/l，出現在運動中第五趟 (5x)，與第一趟 (1x) 差異為 2.66 mmol/l，達顯著差異 ($p < 0.05$)，如圖 10。

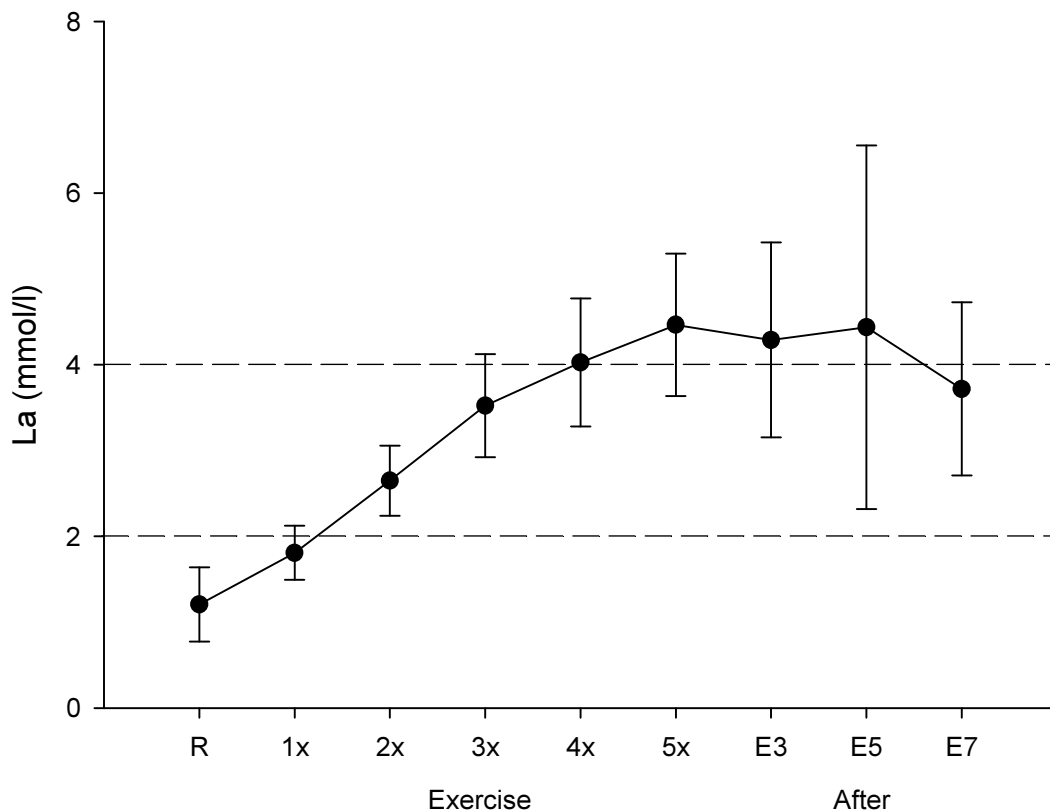


圖 10. 受試者 10 m 折返跑測試血乳酸平均數與標準差

本研究結果發現折返測試最大乳酸濃度於運動結束 (5x) 顯現，且超過無氧閾值 (4 mmol/l)，此症狀顯示受試者之能量路徑 ATP-PC 系統在快速分解與重組反應，提早進入無氧醣酵解系統。根據 Neumann et al. (2001) 提出之最佳乳酸曲線，運動結束恢復期之最高乳酸濃度時間，越晚出現越好。此生理反應主要在於肌肉產生之乳酸，並未在運動中滲透進入血液循環。過去研究指出肌肉產生之乳酸，進入血液循環將影響其他生理機制，特別是荷爾蒙反應 (Weicker et al., 1994)。結果分析 (圖 10) 顯示受試者之最大乳酸濃度於運動結束，立即呈現最高值，此現象將影響受試者運動中的表現，特別是對於非循環式項目之運動員。當運動中提早進入無氧醣酵解反應，伴隨而生的乳酸會限制肌肉收縮之能力，並延遲恢復時間，使運動員在運動過程中提早進入疲勞狀態。

第三節 模擬比賽測試分析

一、模擬比賽分組同質性檢定

本研究受試者分為 A 、 B 兩組進行對抗，兩組所有參數之平均數與標準差呈現於表 9 ，並透過同質性檢定進行分析，兩組所有參數皆未達顯著差異 ($p > 0.05$) 。

表 9. 模擬比賽分組同質性檢定

	身高 (cm)	體重 (kg)	球齡 (years)	V2 (m/s)	V4 (m/s)	10m 折返跑 La Index (mmol/l · s)
A 組 (n=5)	172.8 ± 8.79	61 ± 5.43	2.6 ± 0.55	2.46 ± 0.75	3.6 ± 0.29	0.8 ± 0.15
B 組 (n=5)	173.4 ± 7.67	62.2 ± 12.09	2.6 ± 1.52	2.72 ± 0.91	3.52 ± 0.45	1.07 ± 0.59
diff	0.6	1.2	0	0.26	0.08	0.27
p	0.921	0.105	0.136	0.979	0.523	0.055

二、模擬比賽各節平均心跳率與平均血乳酸值之分析

本研究受試者平均最大心跳率為 $205 \pm 1 \text{ min}^{-1}$ ，而比賽各節心跳率介於 $174 \pm 10 \sim 162 \pm 15 \text{ min}^{-1}$ ， $\text{HR}_{\max}$ 介於 79 ~ 84 %；血乳酸值則介於 $6.31 \pm 2.89 \text{ mmol/l}$ 。心跳率各節之間皆未達顯著差異 ($p > 0.05$)，血乳酸第一節與第三、四節達顯著差異 ($p < 0.05$)。球權輪替最頻繁為第一節，共 65 次；最小值

為 43 次，出現在第三節，兩者差異為 22 次。快攻次數最大值為第一節之 24 次，佔該進攻比例 37 % ；最小值為第三節之 6 次，該節比例為 14 % ，兩者差異為 18 次。如表 10 。

表 10. 模擬比賽測試各參數之統計分析

	HR (min^{-1})	HR _{max} (%)	La (mmol/l)	球權 輪替次數	快攻 發動次數	快攻 比例
第一節	167 $\pm$ 15	81	6.31 $\pm$ 2.89	65	24	37 %
第二節	174 $\pm$ 10	84	* 4.43 $\pm$ 1.64	57	14	25 %
第三節	162 $\pm$ 15	79	2.27 $\pm$ 0.52	43	6	14 %
第四節	169 $\pm$ 11	82	3.84 $\pm$ 1.37	56	14	25 %

本研究結果比賽平均心跳率，不論是全程還是各節，都相當於最大心跳率的 80 % 左右，與 McInnes et al. (1995) 的研究結果相似，此症狀表示，即便是青少年的籃球比賽，心跳率依然達到無氧等級 (Friel, 2003) ，顯示籃球運動確實主要是以無氧系統為主。血乳酸的部分，過去對於籃球比賽血乳酸的研究結果介於 3.2 $\pm$ 0.9 mmol/l $\sim$ 6.8 $\pm$ 2.8 mmol/l ，而本研究之結果平均值介於 6.31 $\pm$ 2.89 mmol/l $\sim$ 2.27 $\pm$ 0.52 mmol/l ，與過去研究相似，且不論各節或全程之比賽，乳酸值均未超過 8 mmol/l ，均不至於影響技術表現 (Liesen et al., 1985) 。本研究比賽心跳率皆處於無氧等級左右，但就血乳酸堆積的程度而言，無氧醣酵解使用的比例似乎不高，甚至整個下半場的時間，平均血乳酸值皆低於無氧閾值 (4 mmol/l) ，此現象更進一步支持，籃球運動的專項耐力應為 ATP-PC 。

四節之間血乳酸值互有很大的差異，此症狀應是受到比賽節奏的影響所致。比賽平均最大乳酸值出現在第一節，透過比賽事後錄影分析，兩隊該節的球權輪替次數與快攻比例皆高於其他三節，顯示在第一節當中比賽節奏緊湊，因而提高

了高強度運動比例；反之平均血乳酸最小值出現在第三節，兩隊該節球權輪替次數與快攻比例為四節中最少者，而使比賽節奏相對較趨於平緩。

第四節 10 m 折返跑血乳酸最大值與比賽血乳酸最大值之相關

比賽最大乳酸堆積介於 11.13 ~ 3.75 mmol/l，個人最大值為 11.13 mmol/l。10 m 折返跑測試乳酸最大值則介於 3.14 ~ 9.81 mmol/l 之間，個人最大值為 9.81 mmol/l。兩項測試呈現正相關，相關值為 $r = 0.58$ 。如圖 11 所示。

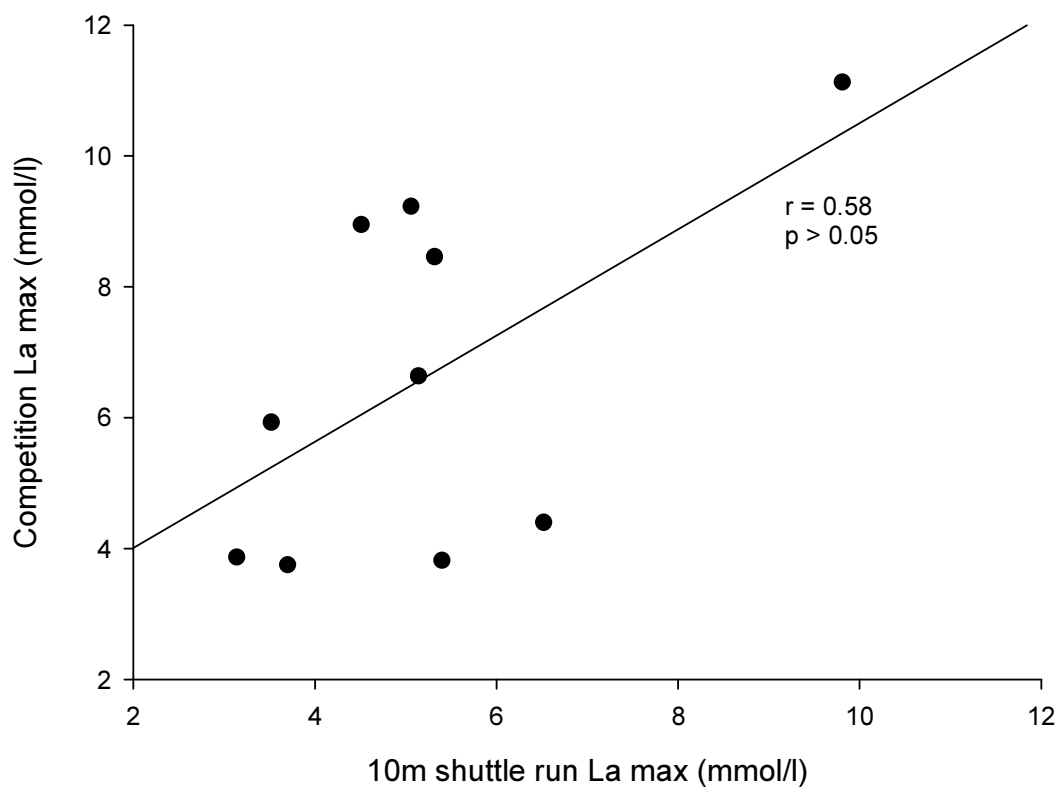


圖 11. 10 m 折返跑血乳酸最大值與比賽血乳酸最大值之相關

本次研究結果受試者專項耐力測試最大乳酸值最高者為 9.81 mmol/l，其比

賽最大血乳酸值亦為最高者 (11.13 mmol/l) ，均超過 8 mmol/l ，此現象對於該名受試者而言是不利於比賽中的技術表現 (Liesen et al., 1985 ; Janssen, 2001) ；專項測試最低者為 3.14 mmol/l ，其比賽最大血乳酸值為 3.87 mmol/l ，為第三低者。在無氧非乳酸的專項測試中，其最大血乳酸值越高，代表沒有足夠的 PC 進行分解與再合成 ATP ，而若要持續維持運動強度則必須進入無氧糖酵解，因而導致高乳酸值堆積 (Hollmann & Hettinger, 1990) ，而本研究結果符合此生理機轉，專項測試較佳者，比賽的最大血乳酸值相對偏低。本測試是以 5 × 10 m 折返之方式執行，操作便易，未來實務上，本方式可參考作為專項測試之模式，以評估選手之專項體能。

第五節 有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之相關

比賽乳酸堆積指標介於 0.25 ~ 0.97 mmol/l · s ，個人最大值為 0.97 mmol/l · s 。個人有氧閾值速度 (V2) 則介於 1.2 ~ 3.5 m/s 之間，個人最大值為 3.5 m/s 。兩項測試相關值為 $r = 0.21$ 。如圖 12 所示。

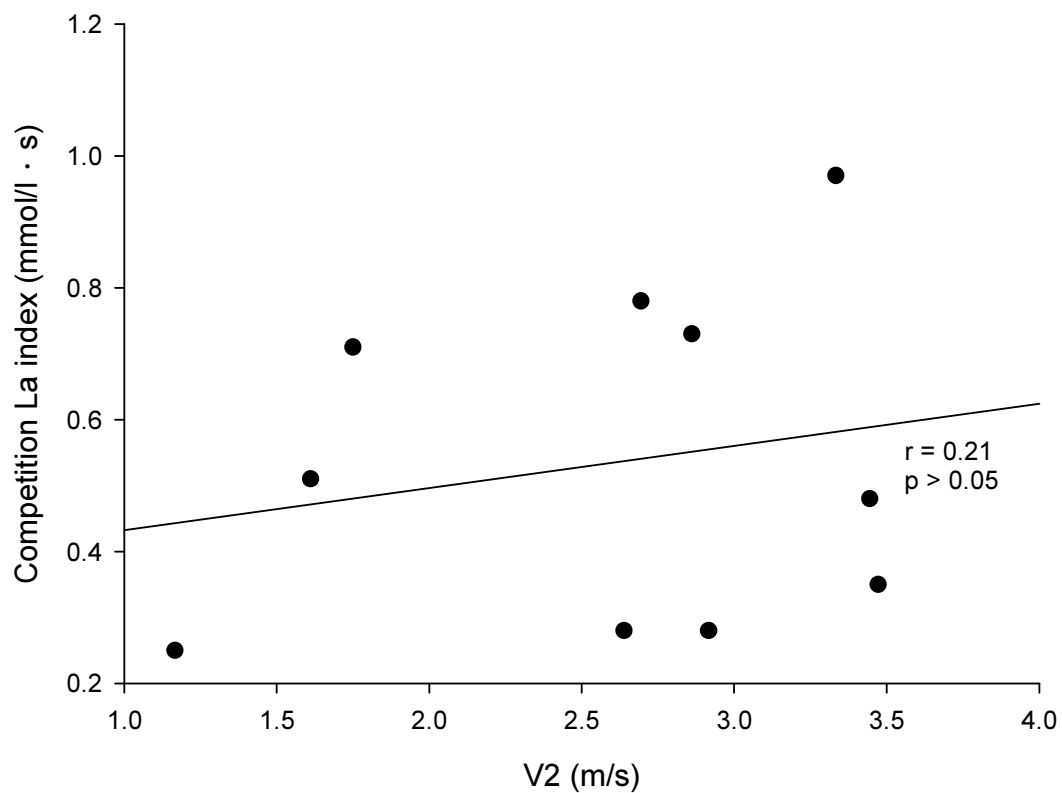


圖 12. 有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之相關

競技運動員之乳酸堆積指標，應小於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，才代表其無氧非乳酸能力佳 (Leyk et al., 1997)；而張嘉澤 (2008) 表示有優異的有氧能力，有助於運動員 ATP-PC 系統恢復的能力。本研究結果呈現正相關，不符合過去研究之生理機轉，造成此症狀之因素可透過下面四象限分析圖 (圖 13) 加以討論：

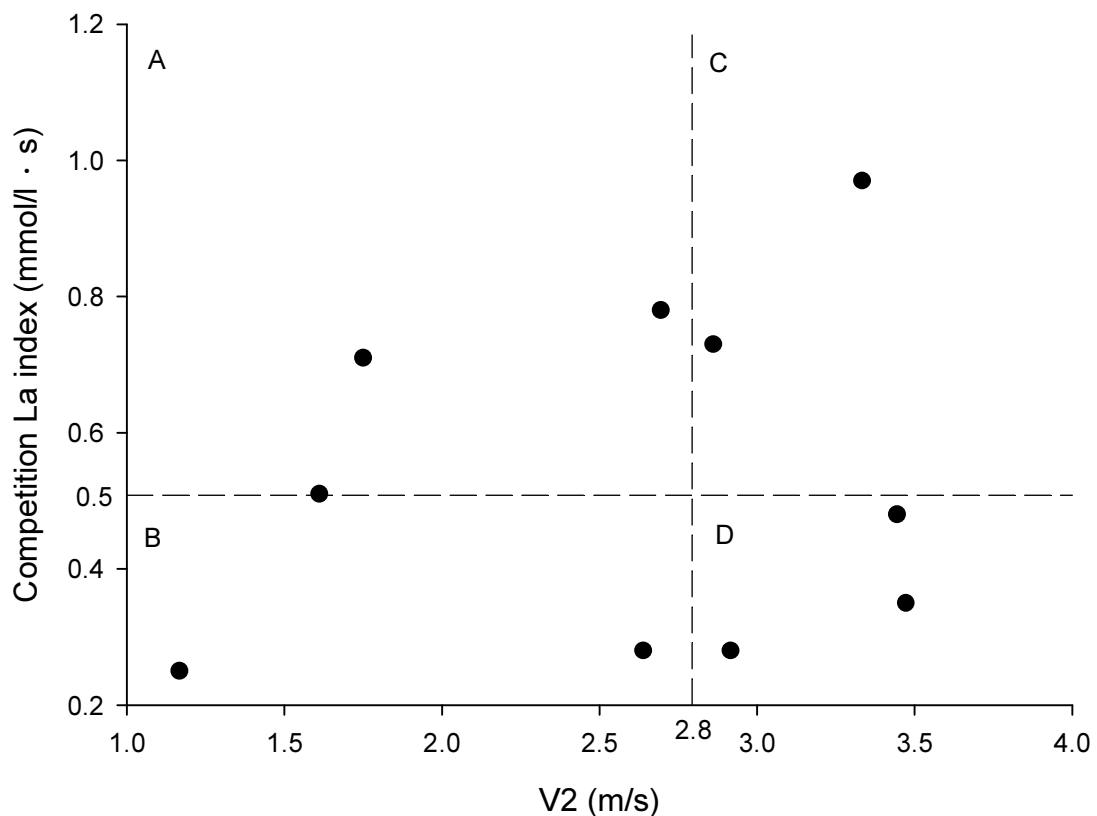


圖 13. 有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標之四象限分析圖

研究結果當中有 3 名選手位於 D 區塊，其有氧閾值 (V2) 達到競技運動員之標準 (2.8 m/s)，比賽乳酸堆積指標亦低於 0.5 mmol/l · s，位於此區塊之選手，其症狀符合生理機轉，當有氧能力越好，越助於 ATP-PC 系統之恢復，乳酸堆積指標相對較低；且該 3 名選手，其 10 m 折返跑專項測試運動中乳酸最高值分別為 3.14 mmol/l、3.52 mmol/l、3.96 mmol/l，皆低於 4 mmol/l，表示其專項耐力透過訓練達到良好的適應；因此在專項耐力與有氧耐力相互配合之下，其比賽測試中無氧非乳酸系統之分解與再合成之效率，足以支持運動的進行，而不需要大比例地使用無氧醣酵解來支持運動，不會使乳酸堆積過高導致選手提早進入疲勞狀態。

位於 C 區塊之 2 名選手，雖然 V2 達到 2.8 m/s 之標準，但乳酸堆積指標

卻高於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，此症狀可能與該 2 名選手之專項耐力有關，2 名選手 10 m 折返跑測試最大乳酸值皆高於無氧閾值 (4 mmol/l)，且其中 1 名更是高達 9.81 mmol/l ，此現象表示其 ATP-PC 系統的分解與再合成效率不佳，因此能量路徑必須轉向無氧醣酵解來繼續支持高強度運動，因而產生高乳酸值 (Hollmann & Hettinger, 1990)。

其餘 5 名選手位於 A、B 二區塊，其 V2 皆未達到 2.8 m/s 之標準，當中 2 名位於 A 區塊之選手，其比賽乳酸堆積指標皆大於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，此症狀亦符合生理機轉，當選手有氧能力不足時，ATP-PC 系統的恢復能力相對有限，因此更容易提早進入無氧醣酵解路徑來支持運動，造成乳酸快速堆積，乳酸堆積指標亦相對較高；而其中另 3 名位於 B 區塊之選手，其 V2 未達到標準，但乳酸堆積指標卻低於 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{s}$ ，此現象應亦是受到比賽中使用高強度運動的比例較低所影響，該兩名選手比賽中快攻參與次數分別為 5、6 次，為所有受試者參與最少者，表示本次比賽測試，其高強度運動出現的比例相對較低，此因素應是影響本節結果與過去研究之生理機制不符之原因。

第六節 有氧閾值速度與賽後恢復期血乳酸下降百分比之相關

賽後恢復期乳酸下降百分比介於 $25 \sim 57\%$ ，個人最大值為 57% 。有氧閾值速度 (V2) 則介於 $1.2 \sim 3.5 \text{ m/s}$ ，個人最快速度為 3.5 m/s 。兩者呈現正相關，相關值為 $r = 0.62$ ，如圖 14 所示。

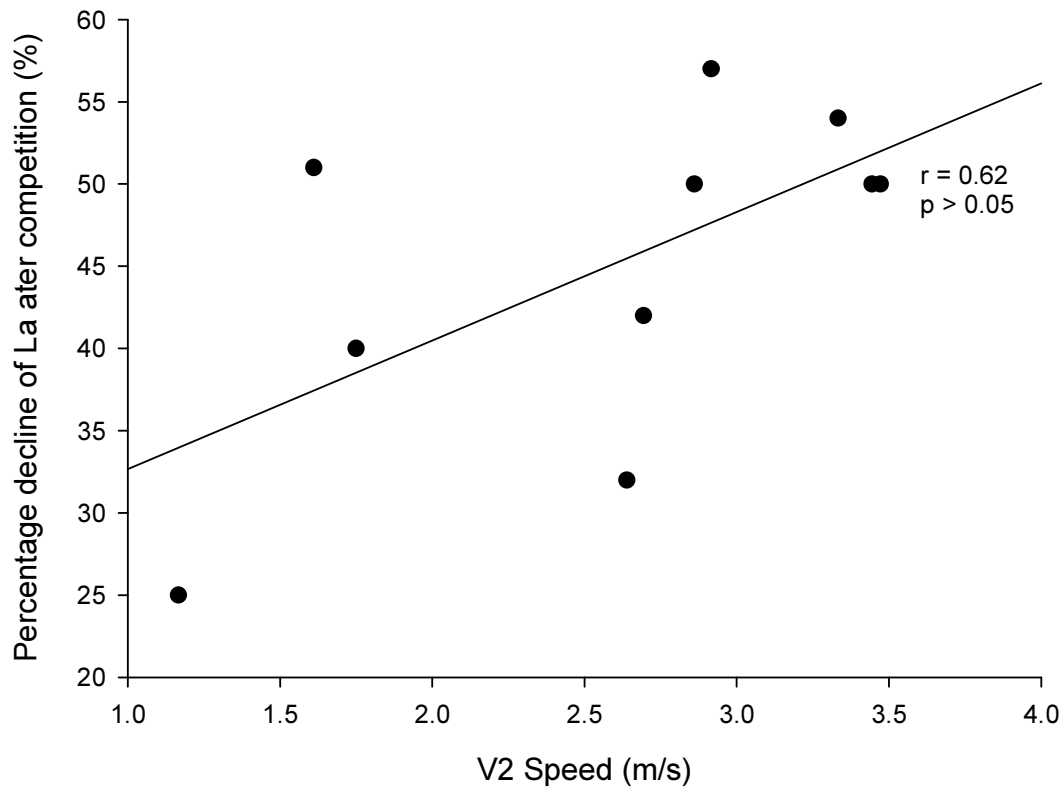


圖 14. 有氧閾值速度與賽後恢復期乳酸下降百分比之相關

本研究結果，受試者當中有 5 名有氧閾值速度 (V2) 達到競技運動員 2.8 m/s 之標準 (Hollmann et al., 1987)，其乳酸下降百分比皆大於 50 % ；而乳酸下降百分比最低者為 25 % ，其有氧閾值速度 (V2) 為 1.2 m/s ，亦為最低者。此現象符合生理機轉，運動中從肌肉產生的乳酸會滲透至血液，然後分別由肝臟 (50 %) 、非無氧肌群 (30 %) 、心肌 (10 %) 與腎臟 (10 %) 排除 (Mader et al., 1979) ，而運送到肝臟的乳酸，會在肝臟還原成丙酮酸，接著還原成肝糖，再回到肌肉中進入克立循環，以供能量再利用 (Nelson et al., 2005) ，而此機轉決定於有氧代謝之轉換程度 (Heck, 1990) ，故有氧閾值速度 (V2) 越高者，其乳酸下降比例越大。

第七節 無氧閾值速度與比賽中乳酸最大值之相關

無氧閾值速度介於 2.8 ~ 4.0 m/s，個人最大值為 4.0 m/s。比賽中乳酸最大值則介於 3.75 ~ 11.13 mmol/l，個人最大值為 11.13 mmol/l。兩項測試相關值為 $r = 0.29$ ，未達顯著相關 ($p > 0.05$)。如圖 15 所示。

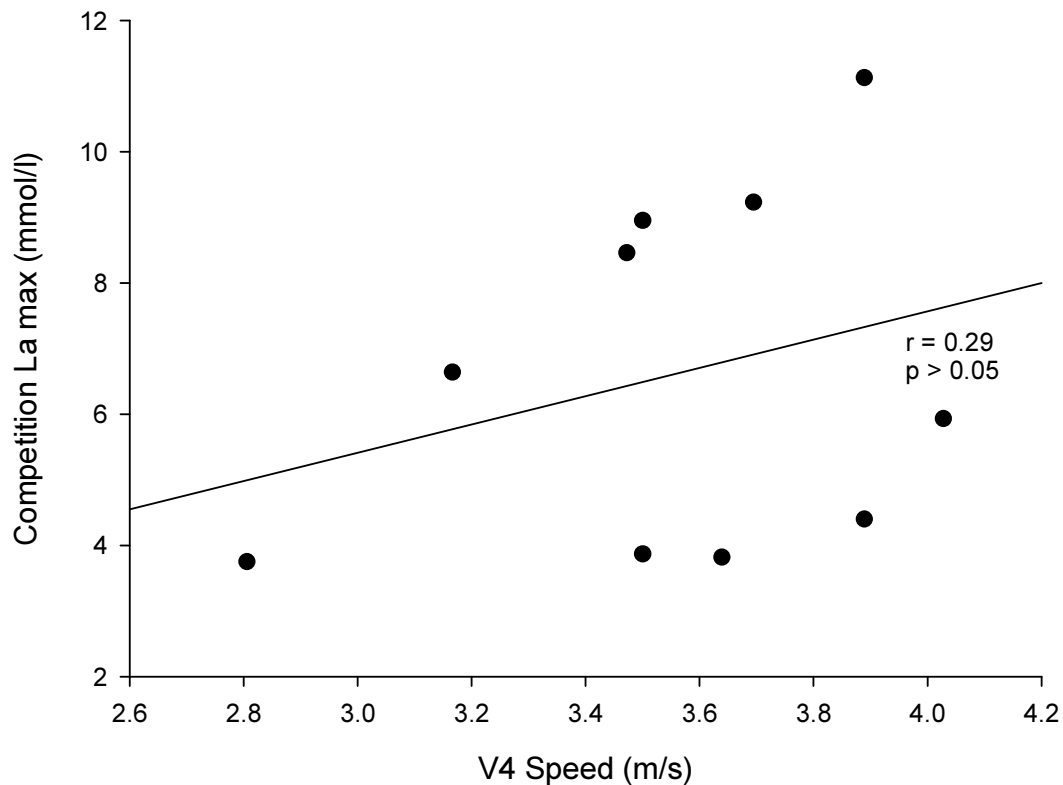


圖 15. 無氧閾值速度與比賽中乳酸最大值之相關

無氧閾值代表著運動員最大乳酸穩定 (steady-state) 的臨界點 (Mader et al., 1976)，當 V_4 越高時其運動中減少乳酸堆積與迅速排除乳酸之能力越佳 (Keul & Haralambie, 1997)。無氧閾值亦為運動員基礎無氧能力的指標，Neumann et al. (1989) 亦表示，個人無氧能力基礎越高時，其乳酸曲線會呈現大幅大上升的症狀，表示其能承受更高強度的運動負荷；反之，則乳酸曲線變化趨於平緩，且最

大乳酸值降低的現象，本研究結果合乎上述生理機轉。本研究受試者當中共有 5 名受試者 V4 達到 3.6 (m/s) 之標準，其中 3 名受試者，在比賽測試中，透過影片分析，快攻參與次數高居前三 (28 、 19 、 17 次)，比賽乳酸最大值分別為 11.3 mmol/l 、 5.93 mmol/l 、 9.23 mmol/l 、該 3 名選手之 V4 速度分別為 3.9 m/s (第 2) 、 4.0 m/s (第 1) 、 3.7 m/s (第 4)，此現象能對應 Neumann et al. (1989) 之理論，無氧閾值能力越高者，其能承受更高強度的運動負荷，V4 之能力可能是支持該 3 名選手能在比賽中執行更多高強度運動 (快攻) 次數之基礎。此外，上述 3 名受試者當中，其中兩名快攻參與次數為 19 次與 17 次之受試者，兩者比賽乳酸最大值分別為 5.93 mmol/l 、 9.23 mmol/l ； V4 速度分別為 4.0 m/s 、 3.7 m/s ，此症狀則應對 Mader et al. (1976) 提出之生理機轉，前者之 V4 能力高於後者，故雖然其快攻參與次數多於後者，但其 V4 之能力使其相較於後者更能在比賽中減少乳酸堆積與迅速排除乳酸。

本研究當中另有 2 名受試者，比賽快攻參與次數透過影片分析皆為 9 次，但兩者之 V4 速度分別為 3.9 m/s 與 3.5 m/s ，比賽測試最大乳酸值分別為 4.4 mmol/l 與 8.95 mmol/l ，此症狀亦符合 Mader et al. (1976) 提出之生理機轉，在相近強度下，V4 能力越高者，其運動中減少乳酸堆積與迅速排除乳酸之能力相對較佳。兩者在比賽測試中，快攻參與次數相同，但前者 V4 能力明顯優於後者，此應為後者比賽中最大乳酸值高過於前者之原因。

第五章 結論

本研究針對三項測試結果所呈現出來的症狀，分別加以分析討論後，歸納出的結論如下：

- 一、青少年籃球比賽呈現高心跳率 (HR_{max} 80 %) 但低乳酸堆積之症狀(各節皆低於 8 mmol/l)，顯示籃球比賽確實是在無氧狀態下進行，但無氧醣酵解使用程度卻不高，此症狀支持籃球比賽主要是在無氧非乳酸的狀態下進行，籃球運動的專項耐力應為 ATP-PC。
- 二、青少年籃球比賽之比賽節奏 (球權輪替次數) 與快攻頻率 (快攻發動次數) 將影響比賽中之能量代謝。
- 三、10 m 折返跑測試最大乳酸值與比賽最大乳酸值呈現正相關，相關值 $r = 0.58$ ，兩者未達顯著差異 ($p > 0.05$)。然而結果所呈現症狀符合生理機轉，10 m 折返跑測試之模式建議可參考當作專項耐力測試方式之一。
- 四、有氧閾值速度與比賽乳酸堆積指標相關值為 $r = 0.21$ ，兩者未達顯著相關 ($p > 0.05$)。但透過四象限分析對應個人 10 m 折返跑專項測試討論，專項測試與有氧閾值速度兩項皆佳者，其比賽乳酸堆積指標亦相對較低，因此平時訓練亦不可忽視運動員有氧能力訓練，才能與專項耐力相輔相成。
- 五、有氧閾值速度與賽後恢復期血乳酸下降百分比呈現正相關，相關值 $r = 0.62$ ，兩者未達顯著相關 ($p > 0.05$)。然而結果呈現之症狀符合生理機轉，有氧能力對於運動員血乳酸排除與恢復有一定的影響。
- 六、無氧閾值速度與比賽血乳酸最大值相關值為 $r = 0.29$ ，兩者未達顯著相關 ($p > 0.05$)。透過個人分析，無氧閾值能力越高者，其能承受更更加頻繁之高強度運動負荷 (快攻)；而在相近強度下，無氧閾值能力越高者，其運動中減少乳酸堆積與迅速排除乳酸之能力相對較佳。

參考文獻

一、中文部分

- 王月琪 (2008) 。 V4 訓練對有氧-無氧閾值與高劑量負荷能力之影響。 **2008 國際體育運動與健康休閒研討會**。銘傳大學。
- 孫歡 (譯) (2003) 。 **NBA 體能訓練** (原作者：全美籃球體能教練員協會) 。北京：人民體育出版社。
- 李伯倫、許晉哲、張嘉澤 (2004) 。籃球專項耐力診斷與評價。 **2005 年國際運動教育學術研討會**。國立體育學院。
- 李雅惠、張嘉澤 (2004) 。無氧閾值 (2-4 mmol/l) 診斷與訓練效果。**運動生理暨體能學報**， **1** ， 129-133 。
- 陳江圳 (2004) 。五週耐力訓練對國小網球選手專項能力表現的影響。國立體育學院教練研究所，碩士論文，桃園縣。
- 陳紫君、林嬌娟、張嘉澤 (2007) 。國中男子排球運動專項能力分析與探討。 **96 年度大專體育學術研討會**。臺北市立體育學院。
- 張煥清、黃怡仁、張嘉澤 (2007) 。青少年和球選手運動能力診斷方式探討與分析。**運動教練科學**， **9** ， 165-174 頁。
- 張嘉澤 (2008) 。**訓練學**。臺北縣：臺灣運動能力診斷協會。
- 張嘉澤 (2010) 。**運動能力診斷與訓練調整**。臺北縣：臺灣運動能力診斷協會。
- 張嘉澤、詹元碩 (2005) 。運動能力之診斷與訓練調整。**國民體育季刊**， **146** ， 44-52 頁。
- 洪麗敏、陳鳳盈、張嘉澤 (2005) 。足球專項能力診斷與分析。 **2005 年國際運動健康科學學術研討會**。國立臺灣體育學院。
- 郭亞涵 (2008) 。**有氧耐力訓練對籃球專項運動負荷後罰球命中率之影響**。國立

- 體育大學教練研究所，碩士論文，桃園縣。
- 教育部體育 (1998)。**體育大辭典**。台北市：臺灣商務印書館股份有限公司。
- 許智超 (2004)。**不同位置優秀高中男子籃球選手比賽生理負荷之探討**。碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 中華民國籃球協會 (編譯) (2010)。**國際籃球規則與二人・三人裁判法**。台北市：中華民國籃球協會。
- 詹政學 (2005)。**無氧非乳酸耐力訓練對高中生籃球選手動態三分線投籃命中率之影響**。國立體育學院教練研究所，碩士論文，桃園縣。
- 詹蕙真、張嘉澤 (2005)。手球選手訓練負荷藉助心跳率對有氧-無氧閾值之影響。
- 2005 年國際運動教育學術研討會**。國立體育學院。
- 劉展明、張嘉澤 (2009)。優秀與一般選手射箭對抗賽心跳率隊成績穩定之探討。
- 2009 體育運動學術團體聯合年會暨學術研討會**。國立臺灣大學。
- 賴國弘、胡國興、吳慧君 (2006)。優秀高中女子籃球選手生理機能與競賽運動負荷之分析。**運動生理暨體能學報，五輯**， 93-102 頁。
- 樓迎統 (編訂監修) (2007)。**醫學生理學** (原作者 W. F. Boron & E. L. Boulpaep)。臺北市：合計出版社。

二、外文部分

- Böhmer, D., Baron, D., Bausenwein, I., Fischer, H. Groher, W., Hess, M., Jäger, D., Martin, L., Mühlfahrt, J., Nöcker, P., Nowacki, G., Rompe, A., Thiel, B., Schmücker, O. (1975). Das sportmedizinische Untersuchungssystem. Leistungssport, Beiheft. (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Friel, J. (2003). The Cyclist's Training BiBle, Third Edition. Boulder: VeloPress.
- Heck, H. (1990). Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik.

- Trainerakademie Köln, schormdorf. Hofmann.(pp. 39-46). (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Hoffman, J.R. & Maresh, C.M. (2000). Physiology of Basketball. In: W. E. Garrett & D. T. Kirkendall (Eds.), Exercise and Sport Science, (pp. 733-744). Philadelphia: Lippicott Williams & Wilkins.
- Hoffman, J. R. (2003). Physiology of basketball. In: Douglas B. McKeag (Ed.), Basketball: Olympic Handbook of Sports Medicine (pp. 14-27). New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Hollmann, W., Hettinger, T.H. (1990). Sportmedizin. Glundlagen fuer Arbeit Training und Praeventivmedizin. Auglage 2. (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Hollmann, H.; Schürch, P.; Heck, H.; Mader, A.; Rost, R.; & Hollmann, W. (1987). Kardiopulmonale Reaktion und aerob anaerobe Schwelle bei verschiedenen Belastungsformen. Dtsch. Z. Sportmed. 38 (4), 144-156. (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Hultman, E., & Saholm, K. (1980). Acid-base balance during exercise. Exercise and Sport Science Review, 8, 41-128.
- Itoh, H., & Ohkuwa (1991). Ammonia and lactate in the blood after short-term sprint exercise. European Journal of Applied Physiology, 62, 22-25.
- Janssen P. (2001). Lactate Threshold Training. Champaign : Human Kinetics.
- Keul, J., Haralambie, G. (1973). Die Wirkung von Kohlenhydraten auf die Leistungsfähigkeit und die energieliefernden Substraten im Blut bei langwährender Körperarbeit. Dtsch. Med. Wschr. 98. 1806-1811.
- Lederer, W. J. (2003). Cardiac Electrophysiology and Electrocardiogram. In: Walter F. Boron & Emile L. Boulpaep (Eds.), Textbook of Medical Physiology, (pp.

- 283-300). Philadelphia: W. B. Saunders.
- Liesen, H.; Ludemann, E.; Schmengler, D.; Föhrenbach, R.; Mader, A. (1985). Trainingssterung im Hochleistungssport: Einige Aspekte und Beispiele. DzSmed 1, 8–18. (as cited in 張嘉澤, 訓練學)。
- Leyk, D., Baum, K., Wamser, P., Selle, K., Hoffmann, U., Essfeld, D. (1997). Grenzen der Standard-Ausdauerverfahren in den Sportspielen. Bundersinstitiut für Sportwissenschaft. Band 6. 243–250. (as cited in 張嘉澤, 運動能力診斷與訓練調整)。
- Mader, A., H. Heck, R. Föhrenbach, W. Hollmann (1979). Das statische und dynamische Verhalten des Laktats und des Säure-Basen-Status im Bereich niedriger bis maximaler Azidosen bei 400-m-und 800-Läufern bei beiden Geschlechtern nach Belastungsabbruch. Dtsch Z. Sportmed. 7. 203; 8, 249. (as cited in 張嘉澤, 運動能力診斷與訓練調整)。
- Mader, A., H. Liesen, H. Heck, H. Philippi, R. Rost, P. Schürch, W. Hollmann. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmedizin. 27 (4), 80–88. (as cited in 張嘉澤, 運動能力診斷與訓練調整)。
- Mader, A. (1994a). Aussagekraft der Laktatleistungskurve in Kombination mit anaeroben Tests zur Bestimmung der stoffwechselkapazit. In: Clasing, D., Weicker, H., Böning, D. (Hrsg.). Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik in der Leistungsdiagnostik. Stuttgart Jena. New York: Fischer. (as cited in 張嘉澤, 運動能力診斷與訓練調整)。
- Mainwood, G. W., & Renaud, J. M. (1985). The effect of acid-base on fatigue of skeletal muscle. Canada Journal Physiology Pharmacoplogy, 63, 43-416.
- McInnes, S. E. Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna M. J. (1995). The physiological

- load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sport Sciences*, 13, 387 – 397.
- Nadel E. (2003). Exercise Physiology and Sports Science. In: Walter F. Boron & Emile L. Boulpaep (Eds.), *Textbook of Medical Physiology*, (pp. 769-779). Philadelphia: W. B. Saunders.
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N., & Chen, B. (2009). Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19 (3), 425 – 432.
- Nelson, David L., & Cox, Michael M. (2005). *Lehninger Principles of Biochemistry* Fourth Edition, (pp. 543). New York: W.H. Freeman and Company.
- Neumann, G., Pfützner, A., Hottentott, K. (1993). *Alles unter Kontrolle*. 1. Auflage. Aachen: Meyer & Meyer. (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Neumann, G., Pfützner, A., Berbalk, A. (2001). *Optimiertes Ausdauertraining*. 295. (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Neumann, G., Schüler, K. P. (1989) *Sportmedizinische Funktionsdiagnostik*, Sportmed. Schriftenreihe, Bd. 25. J. A. Barth. Leipzig. (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Newsholme, E. A., Blomstrand, E., McAndrew, N., & Parry-Billings. (1992). Biochemical Causes of Fatigue and Overtraining. In Hollmann et al., *Sportmedizin* (pp 120-125). (as cited in 張嘉澤，運動能力診斷與訓練調整)。
- Pansold, B., Rothm W., Zinner, J., Hasart, E., Gabriel, B. (1982). Die Leistungs-Kurve ein Grundprinzip sportmedizinischer Leistungsdiagnostik. *Med u. Sport* 22, 107-112. (as cited in 張嘉澤，訓練學)。
- Weicker, H., Strobel, G. (1994). *Sportmedizin und Biochemischphysiologische*

Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung. Fischer, S. 40-56.

Wilmore, J. H., Costill, D. L., and Kenney, W. L. (Eds) (2007). Physiology of sport and exercise: Fourth Edition. Champaign : Human Kinetics.

三、網路部分

中華民國高中體育總會 (2010)。高級中等學校籃球聯賽攻守統計。
http://apps.shssf.edu.tw/HBL_StatsTotal.asp?themainyear=99&themaingender=男。

附錄



運動能力診斷與訓練調整研究中心

訓練生理與健康實驗室 疾病調查表

姓 名：	出生年月：	身高 (cm)：	體重 (kg)：	性別：
項目：		最佳成績：		訓練年數：

請據實回答以下問題：

1. 是否有心臟疾病	☐ 是	☐ 否
2. 是否有血液疾病	☐ 是	☐ 否
3. 是否有糖尿病	☐ 是	☐ 否
4. 是否有高血壓	☐ 是	☐ 否
5. 是否有氣喘疾病	☐ 是	☐ 否
6. 是否有癲癇症	☐ 是	☐ 否
7. 是否有肌肉疼痛	☐ 是	☐ 否
8. 是否有感冒症狀	☐ 是	☐ 否
9. 最近六個月是否有開刀手術	☐ 是	☐ 否

10. 其他：

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

運動員簽名：_____ 日期：_____

教 練 簽名：_____

www.spdi.idv.tw