

不同測試方式在手球選手能量系統提供之探討

王月琪 陳佳慧 張嘉澤

國立體育學院

摘要

目的：藉由不同測試方式，分別探討 10 公尺直線折返跑及 4 點轉折跑之能量系統使用情形，比較 10 公尺直線折返跑與 4 點轉折跑之關係，以期能在訓練中實際運用並能發揮加倍效果。**方法：**以 12 位國中男性手球運動員為研究對象，測試方式分為以 10 公尺直線折返跑與 4 點轉折跑為主要方式，兩次測試間隔一週。SPSS for Windows 10.0 統計軟體，分別做最大乳酸代謝率、最大乳酸、最大心跳率及速度，進行相依樣本 t 考驗。以皮爾遜積差相關作 10 公尺直線折返跑和 4 點轉折跑最大乳酸代謝率之關係。**結果：**10 公尺直線折返跑與 4 點轉折跑之乳酸代謝率未達顯著相關 ($r=0.1$)，平均值分別為 0.2 ± 0.1 與 0.5 ± 0.1 mmol/l·s。**結論：**10 公尺直線折返跑與 4 點轉折跑皆為手球運動項目經常應用之訓練方式，而其肌肉收縮方式造成不同之乳酸堆積。於體循環系統之負荷判斷，兩項測試強度一致。然而從新陳代謝系統觀察，兩項測試之主要能量提供來源不同。因此建議訓練提昇無氧糖酵解能力，以 4 點轉折跑為主要方式。若加強無氧非乳酸耐力，則以 10 公尺直線折返跑作為訓練方式。

關鍵詞：能量系統、直線折返跑、轉折跑、最大乳酸代謝率

壹、緒論

手球運動比賽型態呈現快速度進攻與回防之節奏，運動員必需具備能量快速恢復能力。如果能夠了解手球主要能量提供系統，對於教練在訓練方式之應用，將有正面意義。林明拓(1994)指出手球比賽的動作型態包括攻防間的追逐、攻擊的傳接移位、閃切技術、防守阻截與抄球等。Konzak 和 Schacke(in Cuesta, 1988)統計手球球員在一場 60 分鐘的手球比賽中，做了 190 次的動作節奏變化、279 次的方向轉變，以及 16 次的跳躍動作。Clanton 等人(1997)指出短距離的衝刺跑對手球運動而言是十分重要的，例如在許多比賽情況中，造成失誤時，球員必須要快速回防，而其最常衝刺的距離約在 20-30 公尺。手球場地長度為 40 公尺，實際比賽中球員所跑的距離不超過 6000 公尺，而在跑動的過程中會使用不一樣的速度、路徑，以及時常變換方向；所以球員必須訓練他們在帶球或不帶球時，皆能維持高速度移動的能力。由這些相關文獻得知，手球選手在大部份的比賽時間內持續著進行快節奏的攻防，因此具備專項耐力(ATP-PC)與快速恢復能力(有氧耐力)者，才能有最佳表現，贏得最後勝利。

手球專項耐力能量提供主要以 ATP-PC 系統為主，如傳接球、快攻衝刺、射門與守門等動作型態都是在短時間內完成的動作。Weicker(1994)專項耐力的要求是依據比賽時間與所需能量提供系統來區分，短時間高強度的比賽負荷和球類運動比賽能量提供來源皆是無氧非乳酸系統。Neumann(1991)指出大部分球類運動(包括手球)的動作型態皆是屬於「短時間高強度」的，其能量系統屬於「無氧非乳酸」及「無氧糖酵解」系統。Dal Monte(1983)與 Mader(1985)亦指出手球運動所需的能量系統 ATP-PC 系統約佔 80%、乳酸系統佔 10%、有氧系統佔 10%。

。由這些相關文獻得知，手球運動的動作型態為短時間高強度且能量系統提供主要是以無氧非乳酸系統為主。因此無氧非乳酸(ATP-PC)耐力能力為手球運動的專項耐力。無氧非乳酸系統主要是由肌酸激酶(CP)和腺核苷酸激酶(ATPase)所激發再生成的，再生過程中並不會產生乳酸。在肌肉中 ATP 和 PC 的儲存量相當有限，

只能提供短時間高強度大約 10 秒內的能量(Wilmore & Costill,1995)。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具有重要性的。

Brack (2003)研究分析手球訓練效果反應指出，該項目運動員必需具備短距離耐力與高品質有氧能力。他透過 10 次 20 公尺個人最大速度重複訓練方式進行測試，結果顯示，有氧能力較低者，其訓練後乳酸堆積亦大(>6mmol/l)。反之，其乳酸堆積< 4 mmol/l。Krüger (1997)對 5 種球類項目之比賽與訓練能量提供路徑研究，其中手球項目在比賽中最大乳酸堆積平均值 8 mmol/l，個人最大達 10 mmol/l，最小則為 5 mmol/l。訓練測試以 5 組 4 次 5 公尺(5x4x5 公尺)折返跑方式進行，結果顯示乳酸堆積平均值亦達 7 mmol/l，個人最大達到 12 mmol/l。Brack (2002)以手球雙人快攻訓練方式，觀察其恢復速度，在短暫間歇期間乳酸排除速度，進行專項耐力研究測試。在 3 組 2 次(3x2x34 公尺)最大速度快攻折返，選手最大乳酸堆積於第 5 分鐘出現，個人最大達 6 mmol/l，最小只達 3 mmol/l。其恢復速度均在 3 分鐘內達到顯著差異。手球運動選材，利用 4x10 公尺折返跑來測試其敏捷能力(Lidor et al, 2005)。詹蕙真(2005) 利用 20 公尺衝刺 2 組 5 次(2 x 5 x 20 公尺)的測試方式，評估手球運動專項耐力。因此本研究目的為：一、探討 10 公尺直線折返跑能量系統使用情形。二、探討 4 點轉折跑能量系統使用情形。三、比較 10 公尺直線折返跑與 4 點轉折跑之關係。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以國中男子手球隊八、九年級學生，共 12 人進行測試，參與者平均年齡為 14.33 (year)，平均身高為 172.17(cm)，平均體重為 62.33(kg)，平均球齡為 4.5(year)，受試者基本資料如表 1。

表 1：受試者基本資料

	平均數	標準差	最小值	最大值
年齡(year)	14.33	0.65	13	15
身高(cm)	172.17	6.37	158	181
體重(kg)	62.33	6.92	49	72
訓練年數 (year)	4.5	1.17	2	5

二、實驗儀器

(一)德國製乳酸分析儀。

(二)Polar 錶(610i)心跳偵測儀。

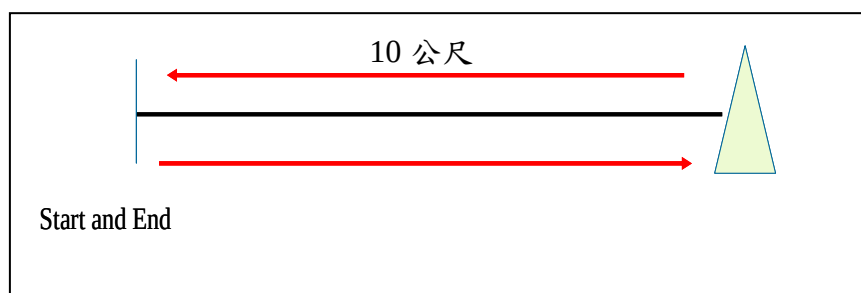
(三)碼表、測距輪、貼布、圓錐筒、皮尺、酒精、外科用手套、採血針、採血毛管、紅血球破壞劑、及 200m 田徑場。

三、實驗方法

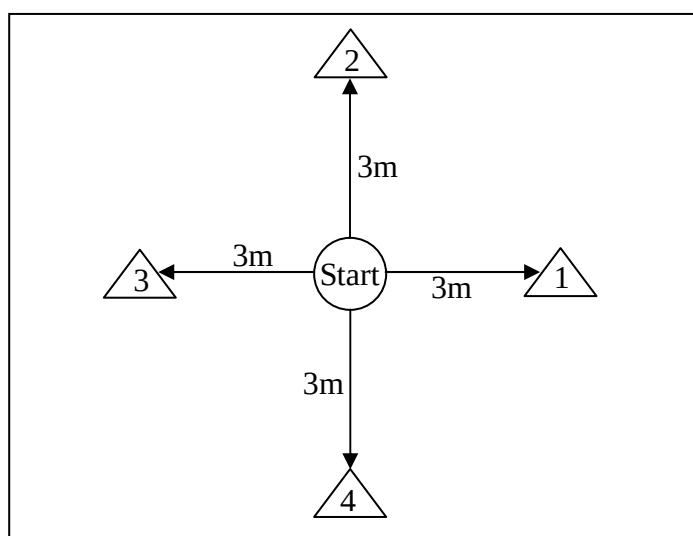
事先聯絡受試者，說明整個測試流程，取得受試者同意後，讓受試者填寫基本資料表、疾病調查表。測驗方式(表 2)為 10 公尺折返跑和四點轉折跑兩種測試，且分兩個禮拜進行。10 直線公尺折返跑(圖一)，以個人最大速度跑，重複 5 次，每次間隔休息 40 秒。4 點轉折跑(圖二)，以個人最大速度跑，重複 3 次，每次間隔休息 40 秒，由中心點開始向 1 號衝刺並繞過再回到中心點，依照號碼順序往 2 號再衝刺轉折，依此類推，直到繞過 4 號回到中心點。在測試前先採集參與者安靜值乳酸，在每次測試結束皆記錄其速度(秒)及心跳率，並於第三、四、五測試後，及測試結束後三、五分鐘採集乳酸。

表 2 測驗方式

測驗方式	內容	收集參數
10 公尺直線折返跑	5×10 公尺	時間(秒)、心跳率、乳酸
4 點轉折跑	3×3 公尺	時間(秒)、心跳率、乳酸



圖一 10 公尺直線折返跑測試



圖二 四點轉折跑測試

四、資料處理

(一)SPSS for Windows 10.0 統計軟體，分別做最大乳酸代謝率、最大乳酸、最大心跳率及速度，進行相依樣本 t 考驗；以皮爾遜積差相關作 10 公尺直線折返跑和 4 點轉折跑最大乳酸代謝率之關係。

(二)SigmaPlot 8.0 製作曲線圖。

(三)乳酸堆積指標計算採 Leyk(1997)公式：(最大結束乳酸值-安靜值乳酸)/運動

時間。

參、結果與討論

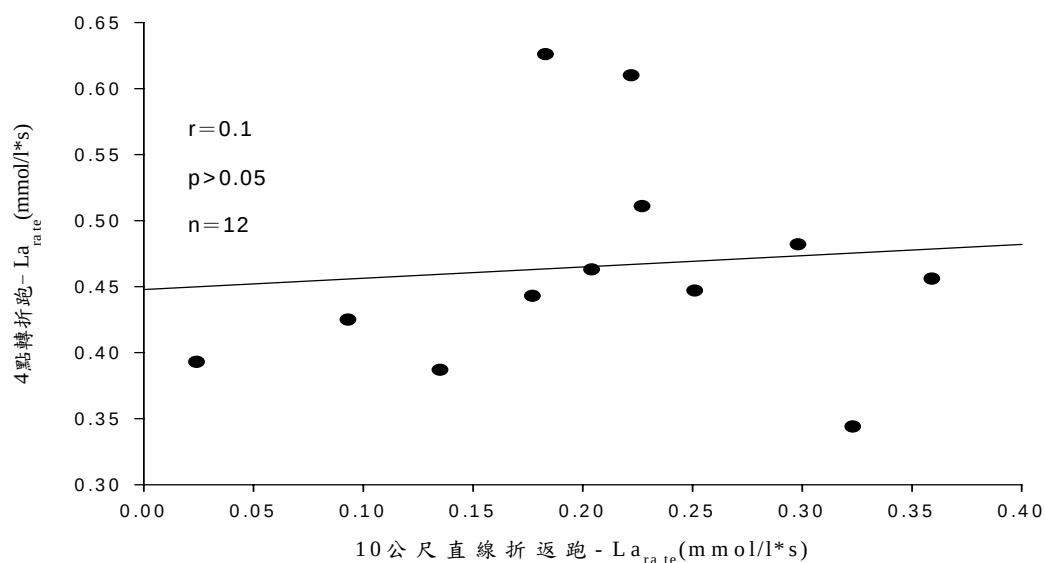
乳酸代謝率(La_{rate})於第一次測試(10 公尺直線折返跑)平均值為 0.21 ± 0.1 ，第二次測試(4 點轉折跑)則為 0.47 ± 0.1 mmol/l*s，兩次測試差異為 $+0.26$ ($p < 0.001$)。最大乳酸平均值(La_{max})兩次測試分別為 3.1 ± 0.6 與 6.1 ± 0.8 mmol/l ($p < 0.001$)。速度於兩次不同測試方式，差異為 -2.1 ($p < 0.001$)。如表 3 所示。

表 3 兩次測試生物參數平均值與標準差

	10 公尺 直線折返跑	4 點 轉折跑	t
La_{rate} (mmol/l*s)	0.21 ± 0.1	0.47 ± 0.1	-7.37*
La_{max} (mmol/l)	3.1 ± 0.6	6.1 ± 0.8	-10.36 *
HR_{max} (min-1)	151 ± 9.12	166 ± 7.4	-6.37 *
Speed(sec)	4.27 ± 0.1	9.64 ± 0.14	-102 *

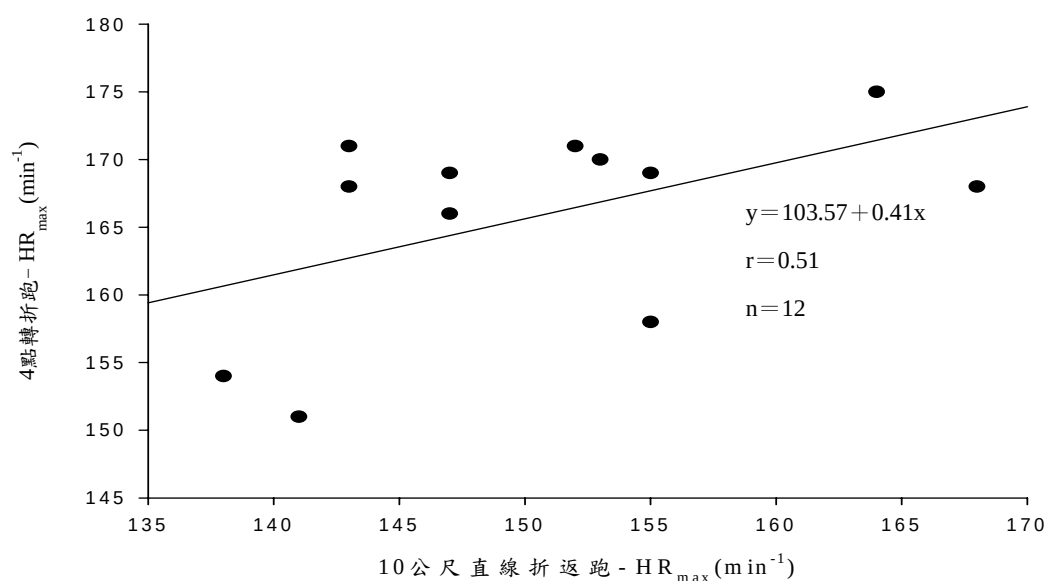
*表示 $p < 0.05$

圖三為 4 點轉折跑之乳酸代謝率與 10 公尺直線折返跑之關係，兩者呈現無相關($r=0.1$)。測試結果 4 點轉折跑高於 10 公尺直線折返跑，4 點轉折跑運動型態呈現多次轉折點，肌肉承受快速離心與向心收縮轉換，其能量消耗快速由 ATP 轉換到無氧糖酵解系統。10 公尺直線折返跑速度平均值為 4.6 ± 0.2 m/s，其負荷強度高於 4 點轉折跑，而呈現低乳酸代謝率。其症狀可能為運動型態所造成，肌肉收縮於直線折返跑動作中，只有一次呈現離心動作(轉折點)。因此其能量來源，主要為 ATP-PC。它適用於準備期之耐力訓練，提升無氧非乳酸之酵素活性。4 點轉折跑之運動型態呈現高無氧糖酵解能量消耗，這種測試方式適合運用於專項期之訓練。



圖三 10公尺直線折返跑與四點轉折跑乳酸代謝率相關分析

最大負荷心跳率，10公尺直線折返跑與4點轉折跑呈現正相關($r=0.51$)。如圖四所示。4點轉折跑動作型態為多次轉折致使速度下降，然而因肌肉收縮快速變化，促使體循環加速而導致高心跳率。這種運動方式，同時造成體循環與新陳代謝系統之負荷。依據訓練生理反應，這種症狀符合訓練學之專項期訓練要求。對於提昇選手之專項耐力能力，具有高度成效(Weineck, 1996)。



圖四 兩種測試方式之最大負荷心跳率關係

Weicker et al. (1994) 以最大乳酸堆積 (La_{max}) 作為無氧糖酵解活性判斷，在短時間高強度運動結束後之 1-3-5 min 進行採血。本研究發現 10 公尺直線折返跑與 4 點轉折跑測試之最大乳酸堆積時間點，介於第 3 與第 5 分鐘。而 4 點轉折跑之最大乳酸堆積平均值達 $6.1 \pm 0.8 \text{ mmol/l}$ ，這與 Leyk et al. (1998) 對球類項目進行無氧耐力測驗(5×30 公尺)相同。

肆、結論與建議

本研究所得資料分析與討論，獲得以下結論：

- 一、10 公尺直線折返跑測試方式之運動型態，可以提升無氧非乳酸耐力。
- 二、4 點轉折跑測試使用無氧糖酵解耗能系統。
- 三、兩種測試負荷型態不同，各有其能量提供路徑。對於訓練效果判斷與專項能力分析，兩項測試方式適用於不同週期判斷。10 公尺直線折返跑適用於專項期，4 點轉折跑適用於準備期。此兩項測試亦可作為訓練方式，對於選手之專項能力提昇更具成效。

參考文獻

- 林明拓(1997)：手球。國立體育學院教練研究所技術報告書。24 頁。
- 詹蕙真、許惠明、張嘉澤(2005)：手球運動員專項能力診斷與分析。2005 年全國大專校院運動會體育學術研討會，國立中正大學。
- Brack, R. (2002). *Sportspielspezifische Trainingslehre*. Wissenschafts- und objekttheoretische Grundlagen am Beispiel Handball. Ahrensburg. 115-120.
- Brack, R. (2003). *Training-Wirkungs-Analyse der Vorbereitungsperiode im Handball*. In: Sportmedizinische Trainingssteuerung. Band 4, 215-223.
- Clanton, R.E., & Dwight, M.P. (1997). *Team Handball: Steps to Success*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Dal Monte, A. (1983). The functional values of sport. Firenze: Sansoni.
- Grenzen der Standard-Ausdauerverfahren in den Sportspielen*. In: Bundesinstitut für Sportwissenschaft. 243-248.
- Leyk, D., Baum, K., Wamser, P., Selle, K., Hoffmann, U., & Essfeld, D. (1998). Krüger, J.: (1997). Ergebnisse aus Feldstufentests von 5 Mannschaften im hohen Leistungsbereich. *Bundesinstitut für Sportwissenschaft wissenschaftliche Berichte und Materialien*. 224-230.
- Mader, A. (1985). Personal communication with author. Vancouver, British Columbia.
- Neumann, G., & Berbalk, A. (1991). Umstellung und Anpassung des Organismus-grundlegende Voraussetzung der sportlichen Leistungsfähigkeit.
- Ronnie, L., Barekek, F., Michal, A., Yoram, C., Gil, S. & Yanl, L. (2001). Measurement of Talent in Team Handball : The Questionable Use of Motor and Physical Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 318-325.
- Weicker, H., Strobel, G. (1994). Sportmedizin. *Biochemischphysiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung*. 65-68.
- Weineck, J. (1996). *Optimales Training*. 9. Auflage. Perimed Verlag. 440-443.

The Discussion of Different Test Methods on Handball

Athletes' Application of Energy System

Yueh-chi Wang, Jia-hui Chen, Jia-tzer Jang
Graduate Institute of Coach Science, National College of Physical
Education and Sports

ABSTRACT

Purpose: To discuss the application of energy system of 10m straight shuttle run and 4 point turns run by different methods. To compare the relationships between the 10m straight shuttle run and 4 point turns run, expecting have double effects when practical application among training. **Method:** twelve male junior high school handball athletes were involved this study. 10m straight shuttle run and 4 point turns run were major test methods and twice test was separated one week. The results of maximum lactate-rate, maximum lactate, maximum heart rate and speed were analyzed by repeats t-test. The maximum lactate-rate of 10m straight shuttle run and 4 point turns run were analyzed by Pearson product-moment correlation to test. **Result:** 10m straight shuttle run had no significant relationship ($r=0.1$) with 4 point turns run($p<.05$), average value were 0.2 ± 0.1 , 0.5 ± 0.1 mmol/l·s, respectively. **Conclusion:** straight shuttle run and 4 point turns run were training methods of high frequency on handball exercise, but different methods of muscle contraction maded different accumulation of lactate. Two kind of test intensity were same that were determined by load of body cycle system. But major energy system of two test were different that were determined by metabolism. Therefore the 4 point turns run is best training method for ability of anaerobic glycolysis. The 10m straight shuttle run was better method for endurance ability of ATP-CP.

Key words: energy system, straight shuttle run, turn run,, maximum lactate-rate