

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

▶ 女子網球單打正式比賽特徵與心跳率相關之個案分析

A Case Study for the Relationships between Competitive Characteristics and Maximal Heart Rate for Women's Official Tennis Singles Matches

doi:10.6127/JEPF.2008.08.03

運動生理暨體能學報, (8), 2008

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (8), 2008

作者/Author：梁龍鏡(Lung-Ching Liang);范姜文姣(Wen-Wen Fanjiang);黎俊彥(Alex-JY Lee)

頁數/Page：25-33

出版日期/Publication Date：2008/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6127/JEPF.2008.08.03>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



女子網球單打正式比賽特徵與心跳率相關之個案分析

梁龍鏡 范姜文姍 黎俊彥*

國立新竹教育大學體育學系

摘要

目的：為探討女子網球單打比賽每局競賽特徵與最高心跳率之相關。方法：受試者為一位優秀女子網球選手（20 歲），參加 2006 年全國大專運動會女子甲組單打共四場 46 局之比賽，並獲得第七名之佳績。受試者於每盤比賽時穿戴 polar 無線遙測心率錶，同步量測與記錄整個比賽過程中之心跳變化，並以數位攝錄影機拍攝整個競賽過程，分析每局比賽時間（PT）、實際比賽時間（RPT）、平均每點實際比賽時間（RPTPP）、有效比賽時間比率（EPT）、點數和（SP）、擊球次數和（SS）、每點平均擊球次數（SSPP）、單位時間之擊球次數（SF）、有效發球與後續拉球球數之和（ESR）、平均每點有效發球與後續拉球球數之和（ESRPP）以及最高心跳率（HRM）等變項的相關。**結果：**顯示各變項與每局 HRM 的相關係數分別為：ESRPP， $r=.92$ ；SSPP， $r=.91$ ；RPTPP， $r=.75$ ；ESR， $r=.67$ ；SS， $r=.63$ ；RPT， $r=.56$ ；EPT， $r=.54$ ；與 PT， $r=.42$ 。顯示網球女子單打比賽每局之 HRM 與 ESRPP 之相關程度是最密切的。**結論：**女子選手平日之練習應考量比賽節奏，並且把包含發球的連續擊球做為訓練的重點，將可在平常就能充分適應比賽時激烈強度，而能在正式比賽的時候，發揮較佳水準與保有傑出的運動表現。

關鍵詞：網球比賽、心跳率

連絡作者：黎俊彥

聯絡電話：(03) 5213132#2400

投稿日期：2008 年 02 月

通訊地址：新竹市南大路 521 號

E-mail：jylee@mail.nhcue.edu.tw

接受日期：2008 年 5 月

結論

問題背景

網球是一種歷史悠久且相當普遍之競技運動，網球運動的週期性運動特徵包含了典型平均 3-8 秒的短促、激烈擊球，再接續著約 20-25 秒之休息 (Konig et al., 2001; Lees, 2003)，而網球的專項技巧、有氧適能、爆發力、肌力、敏捷度、協調性與比賽戰術，對於流暢的球感與傑出運動表現都是重要之因素 (Kanehisa, Kuno, Katsuta, & Fukunaga, 2006; Konig et al., 2001; Smekal et al., 2001)。國內研究也驗證女子網球單打比賽每局比賽之運動強度大約為 $80\% \dot{V}O_{2max}$ ，而最高與最低運動強度之變化大且迅速，因此網球女子單打選手需適度而激烈之專項體能訓練，以增進臨場運動表現與獲勝機率 (梁龍鏡、黃美雯、黎俊彥, 2007)。

近年來國內女子網球好手分別在 2006 年杜哈亞運、2007 年澳洲公開賽與美國公開賽均獲得佳績，使大眾慢慢發覺台灣發展網球運動之潛力，或許有可能成為繼棒球之後的第二項國球，而諸如詹詠然、莊佳容、謝淑薇等網球好手也是國內網球界與大眾所熟知之響叮噠人物。不過我們看看鄰近的中國大陸及日本所培養出來的選手，她們的體型條件與本國選手相似，但卻有更佳的世界排名，足以說明國內之選手仍然有進步的空間。至於要完成百尺竿頭更進一步的任務，就必須充分了解網球的競賽特徵，再配合並加強有效的科學化訓練，方能獲得立竿見影的成效。

網球研究用來代表競賽特徵的指標，通常包括整場比賽時間 (playing time, PT)、每

一局的比賽時間、實際比賽時間 (real playing time, RPT)、有效比賽時間比率 (effective playing time, EPT)、比賽休息比、每點實際比賽時間 (real play time per point, RPTPP)、整場點數和 (sum of point, SP)、每一局的點數和、單位時間之擊球次數 (stroke frequency, SF) 等 (吳忠芳、李建平、郭世傑, 2006; Christmass, Richmond, Cable, Arthur, & Hartmann, 1998; Elliot, Dawson, & Pyke, 1985; Reilly & Palmer, 1995; Morante & Brotherhood, 2005; Smekal et al., 2003)。以 2005 年男子網球四大公開賽為例，整場比賽的平均時間是 153 分鐘，每一點 (point) 拉球 (含著地抽球、凌空截擊與其他方式之擊球) 的平均時間在 4.4-12.2 秒之間，而真正比賽的時間佔整場時間的比例是 16.3%-29.4%。比賽與休息的時間比 (比賽休息比) 是 1 : 2.4-4.7 之間。再者，以法網與美網而言，每場比賽平均的點數和為 245 點，每局平均點數為 6.5 點，真正比賽休息比為 1 比 3.7 (吳忠芳等, 2006)。

研究目的

運動中的心跳率可應用於評估運動強度，先前研究的對象都是以男性運動員為主，且其研究設計都僅在控制情況下之實驗室或是模擬競賽，因此其數據或許不能完全適用於女性運動員或是實際競賽情境。依研究者本身擔任校隊網球教練多年之經驗發現：比賽當中的擊球次數和 (sum of stroke, SS)、每點平均擊球次數 (sum of stroke per point, SSPP)、有效發球與後續拉球球數之和 (effective serve and rallies, ESR)、平均每點有效發球與後續拉球球數之和 (effective serve and rallies per point, ESRPP) 與網球比

賽的勝負息息相關，然而卻未有任何研究探討之，因此本研究目的是要探討女子網球單打比賽的競賽特徵與每局最高心跳率之相關，期望所得結果將有助於訓練計畫之安排。

名詞解釋

比賽時間 (PT)

從裁判宣布比賽開始到結束所需時間。

實際比賽時間 (RPT)

雙方選手在每場比賽過程中，真正比賽所用之時間。

每局實際比賽時間

雙方選手在每局比賽過程中，真正比賽所用之時間。

每點實際比賽時間 (RPTTP)

雙方選手在每點比賽過程中，真正比賽所用之時間。

有效比賽時間比率 (EPT)

每場實際比賽時間與比賽時間之比值，公式為 $EPT = RPT / PT$ ；以「%」表示。

點數和 (SP)

每場比賽選手雙方獲得點數之總和。

每局擊球數 (SS)

每局比賽過程中擊球之總數，包括成功與失敗之發球，以及雙方拉球的擊球數。

每點擊球數 (SSPP)

每點比賽過程中擊球之總數，包括成功與失敗之發球，以及雙方拉球的擊球數。

每分鐘擊球次數 (SF)

比賽過程中平均每分鐘擊球之次數。

每局有效發球與拉球數之和 (ESR)

每局比賽過程中擊球之總數，但不包括發球觸網 (let) 或失誤 (fault)。

每點有效發球與拉球數之和 (ESRPP)

每點比賽過程中擊球之總數，但不包括發球觸網或失誤。

研究方法與步驟

研究對象

一位自願參與研究的健康女性網球運動員 (20 歲，身高 167 公分，體重 62 公斤)，研究進行時每週訓練時數至少 12 小時以上。實驗過程是在實際 2006 年大專運動會的女子單打正式比賽中，以無線心率錶 (polar sport tester 4000) 與 DV 數位攝影機 (SONY DCR-PC330 Handycam)，量測並記錄運動員之心跳與競賽特徵。

每場比賽皆於戶外硬地 PU 球場進行，比賽期間之平均氣溫為 $28.75 \pm 2.48^{\circ}\text{C}$ ，相對溼度為 $60.75 \pm 9.61\%$ ，每場比賽前均有五分鐘之熱身，賽制為一盤 (set) 8 局及決勝局 (tie break) 之制度。在第一局結束與每間隔兩局時必須換邊 (end)，賽事依國際網球規則進行。在每場比賽前受試者皆被提醒且皆能夠於場地交換期間飲水，以避免脫水對運動表現與生理需求可能之影響 (Kay & Marino, 2000)。

心跳率之記錄

以 polar 無線心率錶 (sport tester 4000 heart rate monitor, Polar Electro, Kempele, Finland) 收集心跳率，此儀器包含一組心率感測器以及訊息接收器。穿戴於胸前之心率感測器會將感測到有關心跳的訊息，以無線電的方式把訊息發射出去，而戴於手腕部位的訊息接收器則會將此訊息加以記錄。每盤比賽開始時啟動無線心率錶，並以每 5 秒的

間隔記錄受試者當下之每分鐘心率次數，待比賽終了，再透過紅外線傳輸介面（polar interface unit），將資料傳送至個人電腦並結合 Polar-HR 軟體與 DV 數位攝影機處理，分別找出每盤比賽中不同局數之心跳率與心跳之走勢圖，與個別時序心跳率的平均值、最大值與最小值，圖一為某場比賽過程受試者心跳率之變化記錄圖。

比賽特徵

研究以 DV 數位攝影機全程錄製每場比賽，並與 polar 無線心率錶同步，監控並記錄每局與每點之持續時間、每點的來回球數、以及換邊休息之時間（梁龍鏡等，2007；Smekal et al., 2001），並由這些資料分析計算每場比賽之特徵，包括 PT、RPT、RPTTP、EPT、SP、SS、SSPP、SF、ESR、ESRPP 等。

過程

實驗設定與資料收集之流程為：1. 受試

者於正式競賽前三天於實驗室進行最大攝氧量運動測試；2. 於受試者進行正式錦標賽前五分鐘佩戴 polar 無線心率錶，並確認資料傳輸與紀錄無誤；3. 受試者正式比賽前啟動 polar 無線心率錶與 DV 數位攝影機，同步監測與錄製整個競賽過程；4. 競賽結束後將 polar 無線心率錶資料傳輸至筆記型電腦，而所錄製之 DV 數位影帶也將其轉換為光碟影片檔；5. 於實驗室中分析整理競賽過程之心率數據與競賽特徵。

資料處理

研究資料以 SPSS 10.0 套裝統計軟體（Statistical Package for Social Sciences）進行分析，所得數據以平均數 \pm 標準差表示，以皮爾遜積差相關係數（Pearson product-moment correlation coefficient）分析最高心跳率（HRM）與競賽特徵雙變項之相關，統計顯著水準皆訂為 $\alpha=.05$ 。



圖一 受試者於某場競賽之心跳率變化圖（含熱身、各局比賽與換邊休息）

結果與討論

受試者所參與之錦標賽，每場比賽採取一盤 8 局及決勝局之制度，四天之中共進行四場共 46 局之比賽，並獲得女子甲組單打第

七名，各場競賽特徵之統計資料如表一所示。

為了確切評估競賽特徵，進一步以每局為單位進行統計分析，各項競賽特徵之基本統計如表二所示。

表一 各場比賽各項競賽特徵之基本統計表

| 變項 | PT | RPT | EPT | SP | SS | ESR |
|-----|---------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 平均數 | 2082.00 | 796.50 | 38.12 | 61.00 | 265.00 | 228.00 |
| 標準差 | 310.00 | 215.50 | 5.34 | 7.00 | 83.00 | 82.00 |

註：變項（單位）：PT（秒）；RPT（秒）；EPT（%）；SP（個）；SS（次）；ESR（次）。

表二 各局比賽各項競賽特徵之基本統計表

| 變項 | PT | RPT | RPTPP | EPT | SP | SS | SSPP | SF | ESR | ESRPP | HRM |
|-----|--------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| 平均數 | 193.79 | 83.84 | 12.63 | 42.62 | 6.42 | 27.89 | 4.14 | 20.30 | 24.00 | 3.57 | 172.26 |
| 標準差 | 124.40 | 57.69 | 5.04 | 9.43 | 3.32 | 20.54 | 1.74 | 5.50 | 18.55 | 1.71 | 10.85 |

註：變項（單位）：PT（秒）；RPT（秒）；RPTPP（秒）；EPT（%）；SP（個）；SS（次）；SSPP（次）；SF（次/分）；ESR（次）；ESRPP（次）；HRM（次/分）。

本研究之女子單打比賽，每場是採取一盤 8 局及決勝局之制度。若以一盤 2082 秒換算一盤 6 局及決勝局之制度，其時間是 26.03 分。而再換算成比賽五盤之時間（含盤與盤之間的 2 分鐘休息），則是約 138.13 分（ $26.03 \times 5 + 8$ ），此時間與男子溫布頓網球公開賽的平均時間 137.00 ± 69.10 分相似，但略低於澳洲公開賽的 154.20 ± 47.20 分、美國公開賽的 155.20 ± 16.70 分以及法國公開賽的 166.10 ± 22.70 分（Morante & Brotherhood, 2005），此差異可能在於參與研究之錦標賽，是在球速較快的硬地 PU 球場進行，以及較快的一盤（8 set）決勝局之比賽節奏。

EPT 是指有效比賽時間比率，依據先前之研究，男子職業網球的 EPT 是在 17.5-29.4% 之間，若換算成比賽休息比（實際

競賽時間除以休息時間）則是在 1 : 2.4-4.7 之間（Christmass et al., 1998; Elliot et al., 1985; Reilly & Palmer, 1995; Morante & Brotherhood, 2005; Smekal et al., 2003）。研究結果，受試者的 EPT 是 38.12%，比賽休息比則是 1 : 1.62。從數據上看來，研究結果所得到的 EPT 與比賽休息比，相較於男子職業網球，是有所不同的。結果要歸因於每場比賽是採取一盤（8 set）來決定勝負，選手不但少了盤與盤之間的 2 分鐘休息，而且在體能上的負擔也會較輕，選手就比較不會充分利用規則所允許的休息時間。因此，在這種情況下，比賽的節奏自然就會加快，EPT 及比賽休息比的比值也都會較高。

RPTPP 是每點的實際競賽時間，先前研究結果顯示男子職業網球的 RPTPP 是在

4.0-12.2 秒之間 (吳忠芳等, 2006; Therminarias, Dansou, Chirpaz-Oddou, Gharib, & Quirion, 1991), 而研究結果顯示, 女單 RPTPP 是 12.63 ± 5.04 秒。從數據上來看, 受試者有較高的 RPTPP。這些差異可能是亞洲女子網球選手特徵所造成的, 其特徵包括有較佳的穩定性以及較差的爆發力與肌力。因此相較於男子職業網球選手, 雖然有較佳的穩定性, 但是在球速較慢的情況下, RPTPP 就會有偏高之現象。

SP 是指每場比賽選手雙方獲得點數之總合。先前研究的結果顯示在 2005 年美國公開賽與法國公開賽的男子每場比賽的平均 SP 為 245 點, 每局的平均 SP 則是 6.5 點 (吳忠芳等, 2006), 研究結果則顯示女單每局的平均 SP 是 6.42 點。因此以每局的平均 SP 而言, 國內女子網球選手每局的平均 SP 和男子職業網球選手每局的平均 SP 可說是相當地接近。

SF 是擊球頻率, 以每分鐘的擊球次數來表示。先前研究結果指出, 男子職業網球選手在比賽中的擊球頻率是每分鐘 42-45 次 (Morante & Brotherhood, 2005; Smekal et al., 2001), 而研究結果顯示, 女單網球比賽的 SF 是 20.30 ± 5.50 次/分, 這結果明顯只是男子職業網球選手的一半左右。而會有如此的差異, 可能要歸因於女選手的球速比男選手慢, 以及國內女選手在比賽中會使用較多慢速的高吊球。

HRM 與各項競賽特徵的相關係數分別如表三所列。由低到高之順序, 分別與每一局 HRM 有顯著相關及其相關係數為: PT ($r=.42$)、EPT ($r=.54$)、RPT ($r=.56$)、SS ($r=.63$)、ESR ($r=.67$)、RPTPP ($r=.75$)、SSPP ($r=.91$)、ESRPP ($r=.92$), 研究結果顯示網球女子單打比賽每局 HRM 與 ESRPP 之相關程度最高。

表三 最高心跳率與各項競賽特徵的相關係數表 (n=46)

| | PT | RPT | RPTPP | EPT | SP | SS | SSPP | SF | ESR | ESRPP |
|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| HRM | 0.42* | 0.56* | 0.75* | 0.54* | 0.22 | 0.63* | 0.91* | 0.22 | 0.67* | 0.92* |

* $p<.05$ 。

運動中心跳率的測量通常被用來評估運動強度, 因此網球比賽中每局的 HRM, 可作為評估該局最大運動強度的指標 (梁龍鏡等, 2007), 並可以透過運動中的最高心跳率與各個競賽特徵指標的相關分析, 進一步了解何種指標和運動強度會有較高的相關。

如表三, 研究發現 SP、SF 分別與 HRM 似乎並無顯著相關, 因此後續研究若單以點數的多寡與平均每分鐘的擊球次數的多寡, 可能無法適切的評估或預測其該局最大運動

強度。研究結果並驗證 PT、EPT、RPT、SS、ESR、RPTPP、SSPP 與 ESRPP 等競賽特徵指標, 與正式比賽時每局的 HRM, 有顯著的關係存在, 若每局比賽時間、每局有效比賽時間比率、每局實際競賽時間、每局擊球數、每局有效發球與拉球數之和、每點實際競賽時間、每點擊球數、每點有效發球與拉球數之和等指標越大, 會使選手在競賽中之心跳率明顯增加。

顯著的相關性愈高, 評估或預測其該局

最大運動強度就會愈準確。因此，每點實際競賽時間、每點擊球數、每點有效發球與拉球數和等三項指標（表三），來做為評估或預測其該局最大運動強度，會有較高的準確性，其原因應為此三項指標皆是以網球分出勝負的最小單位（點）當基準作為網球競賽特徵的指標。

研究顯示網球女子單打比賽每一局之 ESRPP 與 HRM 之相關程度是最高的，意即若要評估或預測其該局最大運動強度，「每點有效發球與拉球數之和」是最佳的指標，此發現也符合「網球競賽的能量需求顯著受拉球持續時間影響」之觀點（Reilly & Palmer, 1995; Smekal et al., 2001），而可歸因於此項指標之測量是不受發球觸網及發球失誤的影響，而且測量是始於選手有效（成功）的發球，並且止於該點活動的結束，它有「活動不中斷」的特性。

結論與建議

女子網球單打比賽之競賽特徵與男子網球單打比賽之競賽特徵不同，而每點實際競賽時間、每點擊球數、每點有效發球與拉球數和等三項競賽特徵，皆與競賽過程最高心跳率有顯著相關，因此女子選手平日之練習應考量比賽節奏，並且把包含發球的連續擊球做為訓練的重點，除可提供女子正式網球單打競賽特徵的客觀指標，也提供網球專項體能訓練相關之參考標準。

網球選手的訓練必須針對網球競賽特徵來加以設計，因此教練若能依據「每局最大運動強度」與「每點有效發球與拉球數之和」有著高度相關的特性，並基於女單網球競賽特徵來設計適當的體能訓練法，在平常就以比賽的節奏，並且把包含發球的連續擊球作為訓練的重點，在平常即充分適應比賽情況下的強度，相信選手在正式競賽時一定能有更傑出的運動表現。

引用文獻

- 吳忠芳、李建平、郭世傑（2006）：網球單打比賽的生理學分析。**運動生理暨體能學報**，4，21-28。
- 梁龍鏡、黃美雯、黎俊彥（2007）：個案分析女子網球單打正式比賽之運動強度。**運動生理暨體能學報**，6，143-152。
- Christmass, M. A., Richmond, S. E., Cable, N. T., Arthur, P. G., & Hartmann, P. E. (1998). Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. *Journal of Sports Sciences*, 16(8), 739-747.
- Elliot, B., Dawson, B., & Pyke, F. (1985). The energetics of singles tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 11-20.
- Kanehisa, H., Kuno, S., Katsuta, S., & Fukunaga, T. (2006). A 2-year follow-up study on muscle size and dynamic strength in teenage tennis players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(2), 93-101.
- Kay, D., & Marino, F. E. (2000). Fluid ingestion and exercise hyperthermia: Implications for performance, thermoregulation, metabolism and the development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 18(2), 71-82.
- Konig, D., Huonker, M., Schmid, A., Halle, M., Berg, A., & Keul, J. (2001). Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 654-658.
- Lees, A. (2003). Science and the major racket sports: A review. *Journal of Sports Science*, 21(9), 707-732.
- Morante, S. M., & Brotherhood, J. R. (2005). Match characteristics of professional singles tennis. *Medicine and Science in Tennis*, 10 (3), 12-13.

- Reilly, T., Hughes, M., & Lees, A. (1995). Investigation of exercise intensity in male singles lawn tennis. In T. Reilly & J. Palmer (Eds.), *Science and Racket Sports* (pp. 10-13). New Fetter Lane, London: Taylor & Francis.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Tschan, H., Baron, R., Hofmann, P., et al. (2003). Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *European Journal of Applied Physiology*, 89(5), 489-495.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., et al. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 999-1005.
- Therminarias, A., Dansou, P., Chirpaz-Oddou, M. F., Gharib, C., & Quirion, A. (1991). Hormonal and metabolic changes during a strenuous tennis match: Effect of ageing. *International Journal of Sports Medicine*, 12(1), 10-16.

A Case Study for the Relationships between Competitive Characteristics and Maximal Heart Rate for Women's Official Tennis Singles Matches

Liang, Lung-Ching FanJiang, Wen-Wen Lee, Alex-JY*

Department of Physical Education, National HsinChu University of Education

Abstract

The purpose of this study was to examine the relationships between the competitive characteristics and maximal heart rate (HRM) for women's singles match during an official event. One elite female tennis athlete (20 years old) participated 4 matches, total 46 games in an official tennis singles championship in 2006 Taiwan University Sport Games and won the 7th position finally. HR was measured continuously during each match by Polar® Sport Tester 4000. In addition, each match was filmed and analyzed the playing time (PT), real playing time (RPT), RPT per point (RPTPP), effective playing time (EPT), sum of points (SP), sum of stroke (SS), sum of stroke per point (SSPP), frequency of stroke (SF in strokes/min), effective serve and rallies (ESR), effective serve and rallies per point (ESRPP), and HRM. Strong correlations were found between the competitive characteristics and the HRM for each game in PT ($r=.42$), EPT ($r=.54$), RPT ($r=.56$), SS ($r=.63$), ESR ($r=.67$), RPTPP ($r=.75$), SSPP ($r=.91$) and ESRPP ($r=.92$) respectively. It is suggest that the woman tennis training program should take consideration of these characteristics for the best performance during each match.

Key words: Tennis, Game, Heart rate