

第貳章 文獻探討

一、網球運動生理反應之探討

攝氧量、心跳率及乳酸濃度常用來評量運動強度的高低(林正常, 1995)。網球比賽中,在每一分之間的休息是屬於有氧耐力,為了在每一球進行時皆能在能量供應充分的狀態下進行,能量再補充恢復的速度是決勝的重要因素 (Chandler, 1995)。網球選手在能量上的需求特性是以無氧系統為主,爆發性的發球動作、底線揮擊以及快速的左右來回移位均需要極高的無氧能力。不同材質的網球場地,選手所需要的能量系統也會有所不同。

表 2-1 為整合近年來探討競技網球運動生理反應的文獻,研究發現,在網球單打比賽中,平均心跳率介於 $147.0 \pm 15 \sim 162.7 \pm 3.0$ bpm,而血乳酸濃度介於 $2.07 \pm 0.9 \sim 5.86 \pm 1.33$ mmol · L⁻¹ 之間。

表 2-1 競技網球運動生理反應文獻比較表

| | 心跳率 (bpm) | 血乳酸值 (mmol · L ⁻¹) |
|---------------------|--------------|--------------------------------|
| Christmass 等 (1998) | 162.7±3.0 | 5.86±1.33 |
| Smekal 等 (2001) | 151.0±19 | 2.07±0.9 |
| 陳志榮 (2004) | 150.12±11.71 | - |
| Jaime 等 (2005) | 147.0±15 | 4.0±1.1 |

資料來源：修改自吳忠芳 (2006)

Christmass, Richmond, Cable, 與 Hartmann (1998) 研究發現，8 名州代表的男子網球選手在單打比賽中統計顯示，選手平均血乳酸濃度從賽前的 $2.13 \pm 0.32 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 至第六次換場休息時上升至 $5.86 \pm 1.33 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，比賽過程中平均心跳率為 $162.7 \pm 3 \text{ bpm}$ 。Fernandez 等 (2005) 研究顯示 6 名職業男子網球選手在紅土球場上的血乳酸平均值為 $3.79 \pm 2.03 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。國內陳志榮 (2003) 也以國立體育學院甲組男子網球選手進行模擬比賽測驗，實驗測得在比賽中選手心跳率平均值為 $150.12 \pm 11.71 \text{ bpm}$ 。研究指出，男子單打網球比賽平均心跳率介於 $140 \sim 160 \text{ bpm}$ ，而長時間快速度來回擊球時心跳率會上升至 $190 \sim 200 \text{ bpm}$ (Fernandez, Mendez-Villanueva, & Pluim, 2006)。Weber (2003) 針對 2002 法國公開賽及 2003 美國公開賽中，男子準決賽與決賽內容統計，發現無論是擊球時間、來回擊球次數以及每次來回擊球的時間，紅土球場的法國公開賽在擊球時間與次數上都比硬地球場的美國公開賽都來的多。這也顯示，在紅土球場上，因為球速較緩慢，擊球的時間拉長，對選手來說也造成較大的生理負荷。

二、網球比賽時間分析

網球比賽的時間依比賽性質而有所不同，分為一盤決勝制、三盤二勝制及五盤三勝制。一盤決勝與三盤二勝制平均所需花費的時間約一至三小時左右，五盤三勝制的比賽時間更可能長達四到五個小時。

根據國際網球總會規定，在網球比賽中每一分之間可以休息 20 秒鐘；每兩局換邊時有 90 秒的休息時間；每盤結束有 2 分鐘的休息時間。在表 2-2 列出了 2005 年四大網球公開賽比賽時間的統計，從表中可發現平均總比賽時間約為 153 分鐘；每一分來回所花費時間平均介於 4.4~15 秒；運動與休息時間的比約為 1：3.7；有效運動時間佔總比賽時間約 15.1~34.2%。從上述的統計數字得知，男子網球單打的型態是屬於一種短時間的間歇性競賽運動。

表 2-2 2005 年四大網球公開賽比賽時間統計

| | 總比賽時間 (分鐘) | 每一分來回 時間 (秒) | 有效運動時間 (%) | 運動與休息 時間比例 |
|--------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| 澳洲公開賽 | 154.2±47.2 | 6.4±1.4 | 17.5±2.4 | 1：4.7 |
| 法國公開賽 | 166.1±22.7 | 12.2±2.8 | 29.4±4.8 | 1：2.4 |
| 溫布頓公開賽 | 137.0±69.1 | 5.2±0.8 | 20.5±2.1 | 1：3.9 |
| 美國公開賽 | 155.2±16.7 | 7.9±2.0 | 20.9±4.2 | 1：3.8 |

資料來源：修改自吳忠芳 (2006)

網球場地材質的不同也可能會影響到整體的比賽時間，O'Donoghue 與 Ingram (2001) 提到，在硬地球場每分來回平均所花費的時間為 6.3±1.85 秒；紅土球場平均所花費的時間為 7.7±1.75 秒；草地球場平均所花費的時間為 4.3±1.63 秒。近年來 König 等 (2001) 及 Smekal (2001) 的研究均發現，選手在比賽中每次來回的擊球時間

下降至 8 秒以下，顯示當今比賽節奏變化的迅速。事實上不只有場地材質會影響選手的擊球表現，選手擊球的策略也會有所影響。西班牙網球名將 Juan Carlos Ferrero 2001~2003 年間於紅土球場的表現統計，整場比賽中實際擊球時間不超過總比賽時間的 20%，每次來回擊球的時間約為 8 秒鐘，每一分擊球次數約為 3 次。其數據與 2002 年美國網球公開賽男子網球選手 Andre Agassi 與 Lleyton Hewitt 的表現相似 (Weber, 2003)。

三、不同材質網球場地與比賽時間之關係

因各地方天氣及風俗民情的不同，因此，不同國家及不同地區有著不一樣類型的球場。主要的網球場類型分為三大類，分別為泥土(紅土、金剛沙)、草地(天然、人工、塑膠草皮)、硬地(PU、富麗克)球場。Richers (1995) 研究顯示，草地球場上 ATP-PC 系統約占超過 80%，而無氧乳酸及有氧系統皆不超過 10%；硬地球場上 ATP-PC 系統佔將近 75%，無氧乳酸系統佔超過 15%，有氧系統不超過 10%；紅土球場上 ATP-PC 系統佔約 70%，無氧乳酸系統佔超過 20%，有氧系統則不超過 10%。筆者整理了近年來學者的研究發現如表 2-3，資料顯示男子網球選手在硬地球場的平均心跳率及血乳酸值較紅土球場的值低，造成主要的原因為在紅土球場上球速較緩慢，相對擊球的時間拉長，對選手來說也造成較大的生理負荷。而 Girard 與 Millet

(2004) 的研究發現在硬球場的心跳率與乳酸濃度卻高於其他學者在紅土球場的數據，所造成主要的原因可能是因為受試者選手層級不同而造成出現不同的數值。

表 2-3 男子網球選手心跳率與乳酸濃度文獻比較表

| | 心跳率 (bpm) | 血乳酸濃 (mmol · L ⁻¹) | 場地 |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------|
| Reilly 與 Palmer (1993) | 144±19.0 | 2.0±0.4 | 硬地 |
| Smekal 等 (2001) | 151±19.0 | 2.07±0.88 | 紅土 |
| Girard 與 Millet (2004) | 181±11.9 172±17.2 | 3.08±1.12 2.36±0.47 | 紅土 硬地 |
| Fernandez 等 (2005) | 147±15.0 | 4.0±1.1 | 紅土 |

不同材質的球場對選手比賽的打法戰略也有所不同，如紅土球場因為是沙土的材質，場地顆粒較粗、摩擦力大，使得網球在紅土上行進的速度較慢，選手在比賽過程中來回的球數及時間相對拉長，所以對腳步的移動較費力，故大都數是以底線抽球的打法為主，這類型打法的選手以當今球王納達爾 (Rafael Nadal) 最具代表；草地球場是所有類型當中球速最快的球場，球落地之後因為接觸到的不是粗糙的地面而是草地，球落地之後彈跳的角度低且球速快，使得選手在擊球的時候得因應這快速的來球而提早準備。這類型的球場較適合發球上網

型的打法，最具代表的選手為前世界球王山普拉斯 (Pete Sampras) ；硬地球場是分布最廣及最方便整理的球場，他不受限於天氣的因素，例如下雨天過後紅土及草地球場的整理需花費相當多的時間恢復，硬地球場只需將球場上的積水推掉即可。此類型的球場為中快速的球場，擊球的類型是以底線抽球為主，相當適合快節奏打法的選手，其最具代表性的選手為網壇傳奇阿格西 (Andre Agassi) ，他擅長在底線快速的來回跑動擊球。表 2-4 列出在 2001 年四大公開賽中場地的材質、球場的速度、平均每一分擊球來回時間及戰術的百分比分析。

表 2-4 2001 年四大網球公開賽分析表

| | 場地材質 | 球場速度 | 每一分來回 時間 (秒) | 底線擊球 百分比 (%) |
|--------|------|------|-----------------|-----------------|
| 澳洲公開賽 | 硬地 | 中快 | 6.3±1.85 | 46.6±12.5 |
| 法國公開賽 | 紅土 | 慢 | 7.7±1.75 | 51.9± 1.42 |
| 溫布頓公開賽 | 草地 | 快 | 4.3±1.63 | 19.7±19.4 |
| 美國公開賽 | 硬地 | 中快 | 5.8±1.95 | 35.4± 1.95 |

資料來源：(O'Donoghue & Ingram, 2001)

不同材質的球場造成球落地後旋轉的方向、高度、速度不同，也使得選手的打法得依場地的不同而調整，身體疲勞的程度也會因為不同材質的球場而有所不同。相較於快速的草地球場，在慢速的紅土球場上，選手擊球來回的時間比較長，也使得選手得付出更多的體力來

面對。而選手在球場上疲勞時會導致擊球的質量與精準度受到影響，造成失誤的增加，進而影響比賽的勝負。

四、文獻總結

由上述文獻可發現，網球運動強度平均心跳率及乳酸濃度並無特別高之數值，運動強度屬於中高強度。現代競賽網球的能量來源系統主要是ATP-PC系統所提供，而有氧系統是幫助選手在有限的休息階段恢復體力。我們可以從生理負荷上得知其比賽的強度指標，其造成這些生理反應的數值不單只是比賽的強度，選手的戰術運用、打法、比賽時的溫溼度及比賽場地材質的不同，皆會影響選手的運動表現而影響生理負荷的數值。因此希望透過本實驗所得，能協助選手設計一套符合比賽強度的訓練方式。