

軟式網球發球肢體動作探討

柯荃元

國立臺灣體育學院競技運動研究所

壹、前言

網球運動是屬於一種複雜變動的模式，在網球中成功取決於很多種不同的因素條件，而不管是軟式或網球運動，在發球的戰略及技術上都是重要的表現，發球的動作技巧能讓選手事半功倍的靈活運用，能影響比賽中勝負關鍵的影響力。許樹淵（1997）指出發球時，應用軀幹側屈和肘伸主要用來增加臀、脊柱、肩迴旋軸、球接觸點間之迴旋半徑，增加轉動慣量，加大角動量，產生更大的球拍速度動能。故發球的動作型態是由下、上肢與軀幹相互連結，產生動能來帶動擊球動作。而發球是比賽時攻擊行動的開端，每位球員的發球特質都不相同，利用生物力學的原理及輔助，能幫助球員在動作技巧上更加流暢和增加動能的發展。

網球運動是一種全面與開放性的運動，每各動作的技巧各有難易之精華的地方。在比賽場上球員運用發球技術爭取場上的優勢，既然發球如此的重要，也是最得以信賴的動作，顧學習時，因了解動作型態的型式，以免因為姿勢不正確而導致球技無法發揮或運動傷害。

軟式網球及網球發球技術類型有異曲同工之處，江少鈞（2008）指出軟式網球的動作屬性與網球的型態大同小異，必須運用身體下肢和上肢各個關節的一連串精密配合，才能完成最佳化的擊球動作，因此對身體的協調性、反應能力等都有提升的作用。因此探討網球發球的動力學型態，可引用在軟式網球發球整體動作動能傳遞的運動。

貳、發球技術型態

網球發球有不同的技術(平擊、上旋、側旋)，每種擊球法的方式，對落點的彈跳和速度都有所差異。在且網球發球如用相同力量，可能會應擊球點位置的不同，在球路的行徑路線將有很大的差別性，此為網球旋轉的差異現象。(張世聰、方同賢、郭旭東、曹健仲，2007) 指出軟式網球獲勝隊再發球的落點及力道上有較多的變化，且運用不同的發球方式製造得分，

因此多元的發球是提高得分機率因素之一。由此顯示速度、角度、彈跳，是影響發球的重要因素，如何運用身體各肢體的特質與連貫，將是重要的發展課題。Durovic, Lozovina, and Mrduljaš (2008) 指出發球的動力學過程，由 8 項正確的生物力學要素為標準，1、利用膝蓋的屈曲和地面的反作用力，使力量產生；2、肩、髖關節向前伸張，來產生旋轉力；3、肩關節旋轉產生離心動作；4、手臂向前旋轉和向內旋轉動作；5、手屈伸動作；6、身體由底線，以軀幹屈曲向前旋轉；7、雙腳重心以右向左做跟隨動作；8、繼續往前動作，直到身體獲得平衡。由此可知，發球時關節旋轉活動的角度，是不同關節旋轉活動的總和結果，利用這些概念，提高網球發球技術的表現，是非常重要的運動技術。

一、發球下肢肢體運作探討

下肢是個整合的動力鏈，其由髖關節、膝關節、踝關節以及足部各關節共同活動組合而成。網球發球是一種藉由身體各個肢段之有效整合，應用肢體近端至遠端動作的連貫性，將來自地面的反作用力，經由下肢的蹬伸傳遞軀幹的旋轉力量，利用慣用臂一連串的機械效率做鞭打動作來完成發球的擊球動作（羅國城、王苓華，2003）。故發球時下肢對於地面反作用力的影響，與下肢各肢段關節的角動量，結合軀幹及上肢及球拍產生槓桿連結，使球能擊強而有力的速度。

羅國城、王苓華（2003）研究指出，下肢及軀幹之三維運動學資料顯示，在踝關節之運動無論平擊或上旋發球其主要動作為背屈及庶屈；膝關節之主要運動為屈曲及伸張，於球拍下擺中期開始彎曲，並於加速期到達最大值，以上旋發球之最大屈曲角度約 50 度；髖關節在發球運動週期中皆處於彎曲，只有在擊球前伸直達到 0 度左右，但隨即再度彎曲；骨盆於直立姿勢時皆為順時針方向（向外）旋轉，直到加速期才開始往直立姿勢方向旋轉；軀幹於直立姿勢時皆為順時針方向（向外）旋轉、前屈，然後身體於拋球後開始往後曲及往右側彎曲，在後屈方面，於擊球前達到最大值。由此可見，發球動作是經由下肢的屈伸，產生反作用力得到功。故較大的膝關節屈曲角度大時，水平速度小，垂直速度大，可增加軀前伸展的能量，能產生更大的力量和運動速度。而下肢各肢段關節的旋轉、屈曲角度，都將會影響擊球的方向及速度的快慢。

二、發球上肢動力學探討

軟式網球運動中，不論移位、揮拍擊球等動作是一連串力量與速度的結合。而在擊球技巧的關鍵之一是上肢運動，因此上肢力量的表現是優秀選手不可或缺的技能。許樹淵(1997)認為發球時身體移動的順序是由下肢、軀幹、肩關節、肘關節、腕關節、至球拍，而肩關節扮演上肢帶動擊球旋轉的軸，向前揮拍時以肩關節為圓心在加速度初期作外展動作，加速度後期接近擊球瞬間有很明顯的外旋運動，故在肘關節是延續加速度時的伸張動作，隨著肩關節外旋的動作，產生旋前、旋後之動作，而腕關節之主要運動為屈曲、伸張運動與尺向及橈向運動。Groppe(1984)提出的：「為了更有效率地發球，他建議力量宜自地面產生，再經由腿、腰臀、軀幹及上肢的身體連鎖系統轉換」動力鏈的觀念。並與「在克服阻力或自體移位過程中，上肢諸環節依次加速與制動，使末端環節產生極大速度或打擊力的動作形式稱鞭打動作。由此得知兩位學者指出的，發球技術是應用上肢各關節的彎曲和伸展使全身的動力鏈行使動作，顯示發球動力主要以軀幹傾向、旋轉以及肘關節伸張，產生轉動慣量與角加速度，因此各關節的角度將影響擊球時力的大小與作用力。

王芩華(2001)研究指出軟式網球在肩部旋轉肌群內旋和外旋時的功率和總功量是否受到旋轉動作、收縮形式以及測試速度的影響。在向心和離心收縮方面，肩部肌群的旋轉功率明顯地隨著角速度的增加而增加，同時，肩部的旋轉功率在離心收縮方面比向心收縮大。肩部的總功量方面，外旋肌群消耗了比內旋肌群更多的功。由此得知軟式網球在上肢關節旋轉角度大小，會影響肩部肌群的旋轉功量，肩關節是影響上肢整體作功的軸心，較多的軀幹側屈，能增加肩關節與腕關節做更大的外展加速度動作，以及能產生較大的轉動慣量，因此關係球速快慢因素與作功給球的旋轉度。

參、結語

發球是軟式網球運動中的開端，也是進行攻擊的開始，發球是可以不受任何影響，來展現自我技術的能力。藉由生物力學探討，我們可了解人體運動分析中，發球運動中各關節的變化範圍與模式，以及探討地面反作用力、動作分析、速度、力量、角動量、轉動慣量等各因素的科學解釋。

無論是軟式網球與網球選手，在發球時下肢對於地面反作用力的影響，與下肢各肢段關節的角動量與轉動慣量，是帶動發球時產生更大的垂直速度，可增加軀前伸展的衝量，產生更大的力量和運動速度。發球在上

肢運作是一種動力鏈的效應，而軀幹屈曲與旋轉是主要帶動上肢發展的開始，而肩關節扮演上肢帶動擊球旋轉的軸，因而連貫腕關節至球拍加速度的運動，故增加較大的屈曲角度，能使肢體得到較多的作功，而產生更多的能量。

故發球時各肢段變化的線動量是產生肢段動能的來源，角動量變化大小的產生因力矩大小所牽動；在整體發球的過程中，線動量快速提昇，產生瞬間力量供配強而有力的發球，故在技巧上有異曲同工之妙。提供網球選手在發球方面的訓練及過程的評估。

參考文獻

- 王苓華 (2001)。軟式網球選手肩部旋轉肌群的功率與總功量之研究。大專體育學刊, 3(2), 153-160。
- 江少鈞 (2009)。軟式網球正手擊球之運動學與逆動力學分析。未出版碩士論文，台北市立體育學院，台北市。
- 許樹淵(1997)。運動生物力學。台北市：合記。
- 張世聰、方同賢、郭旭東、曹健仲 (2007)。2005 年世界青少年軟式網球雙打技術分析。北體學報, 15, 312-321。
- 羅國城、王苓華 (2003)。網球發球軀幹及下肢運動學與重心力矩之分析。大專體育學刊, 5(1), 205-215。
- Durovic, N., Lozovina, V. and Mrduljas. (2008). New biomechanical model for tennis serve. *Acta Kinesiologica*, 2(2), 45-49.
- Groppel, J. L. (1984). The Biomechanics of Tennis: An Overview. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2, 141-155.