

網球截擊應具備的肌力要素與肌肉收縮特性 The characteristics of strength elements and muscle contraction on tennis volley

江勁政 Ching-Cheng Chiang

長庚科技大學健康照護研究所 Graduate Institute of Health Care, Chang Gung University of Science and Technology

投稿日期: 2017 年 11 月; 通過日期: 2018 年 3 月

摘 要

緒論: 優秀截擊技術是網前得分的利器。網球截擊技術依動作可分為準備期、拉拍期、前揮擊球期及跟隨期等四個階段, 瞭解肌力要素與肌肉收縮特性是提升網球技術不可或缺的一環。**方法:** 本文透過下肢肌群、軀幹與網球截擊動作、上肢肌群與網球截擊動作及網球截擊動作的肌力訓練方法分析, 使教練、選手對於執行截擊動作所動用到的肌群有進一步了解。**結果:** 網球截擊應具備的肌力要素, 在下肢部分宜以爆發力為主, 可以藉由深跳及箱跳動作加以鍛鍊; 軀幹部分則以肌耐力為主, 可以透過仰臥屈膝動作訓練; 上肢部分亦以肌耐力為主, 可以藉三頭肌滑輪下拉動作訓練。**結論:** 網球截擊跑動、急停、屈膝等過程時, 由於下肢必須吸收地面傳來的反作用力, 選手應具備良好的肌力才得以在穩定平衡的狀態下擊球, 軀幹的核心肌群會隨著網球擊球加速及減速的動態過程收縮或放鬆, 強化上肢段動力鍊之傳遞, 讓下肢及核心肌群的力量更有效率的傳遞至拍頭, 也可減少肩、肘、腕關節的負荷。因此瞭解截擊技術有助於執行肌力訓練計畫及減少傷害產生。

關鍵詞: 運動表現、肌群、網球技術

壹、緒論

截擊(volley) 是網球重要的基本技術亦是得分的利器之一, 主要定義是球尚未落地時就直接將球回擊給對手, 在網球比賽中扮演網前得分(net points won)的關鍵角色, 無論是屬於發球上網型(serve and volleyer) 的單打選手或是經常需要上網對峙爭取網前分的雙打選手, 均應精熟這項技能。在比賽中應用的頻率會依場地表面速度的快慢而有所不同, 此外, 戰術應用的時機, 多在發球上網截擊、接發球上網截擊、中場隨球上網截擊(approach shots)、放短球後上網截擊、吊高球後上網截擊等 (林俊宏、鍾志明, 2005), 雙打比賽使用的機會通常較單打比賽多, 亦經常於雙打比賽搶打戰術時應用(簡瑞宇、詹建人, 2011)。

隨著網球選手身體素質提高、球拍科技的改良及科學化的訓練等因素, 現今國際網壇的競爭強度更甚以往, 國內選手的培育過程大多以底線擊球為主, 隨著技、戰術的進步, 可精熟更多技巧來因應未來職業賽場多元的挑戰, 截擊是成為優秀選手應具備的技術之一, 以現年 37 歲、手握 20 座史上男單最大滿貫冠軍的球王羅傑-費德勒 (Roger Federer) 為例, 費德

勒是目前全面型打法球員 (all-court player) 的代表, 不僅底線攻擊犀利, 步法 (footwork) 靈活, 亦能根據場地材質、比分情況, 適時變化戰術上網截擊取分, 尤其在快速的草地球場, 網前得分的比例更高, 在 2017 年獲得第 8 座溫布敦網球賽金盃的每場比賽, 網前得分率皆高達 70% 以上, 對於摘冠應有實際上的助益。

陳全壽(2014) 曾指出追求巔峰的運動表現不僅是一門大的學問, 而且是一個多學科綜合應用科學, 好的技術必須符合以下四個特徵: 包括選手的體格特徵、體力特徵、性格特徵及項目特徵, 因此, 具備好的體力基礎, 技術才能確實發揮。網球截擊技術的動作過程, 可分為準備期 (preparation)、拉拍期 (backswing)、前揮擊球期 (forward swing to impact) 及跟隨期 (follow through) 四個期別 (Elliot, Overheu, & Marsh, 1988), 在截擊準備擊球前, 身體各肢段由下而上是否依動力鏈 (kinetic chain) 原理確實傳遞將攸關截擊球品質, 莊惠雯與江勁彥(2007) 指出, 動力鏈是影響截擊技術的流暢度與增加截擊擊球速度的重要關

鍵，從墊步(split step)、側身轉體、引拍尋找正確擊球點、擊球剎那、完成跟隨動作皆需環環相扣。因此，本文將以下肢、軀幹肌群與網球截擊動作、上肢肌群與網球截擊動作及網球截擊動作的肌力訓練方法分別說明，冀望能提供給選手及教練作為專項肌力訓練時參考。

貳、下肢肌群、軀幹與網球截擊動作

在執行上網截擊戰術時，皆必須利用下肢加速跑到網前、抵達擊球位置時減速及瞬間移位、降低身體重心、在平衡身體的狀態下來完成擊球。而 Martin, Bideau, Nicolas, Delamarche, and Kulpa (2012) 曾指出，衝刺至網前的速度是具傑出運動表現的發球上網型選手所需的關鍵特徵。除了截擊技術表現外，如果各肢段力量傳遞過程無法順利連結，而由其他肢段來協助，將會使肌肉等組織超過負荷而造成運動傷害 (Kibler & Sciascia, 2004)。已有國外研究提及下肢肌力、爆發力對於網球選手的重要及相關性 (Girard & Millet, 2009)，在網球截擊動作中以墊步及前揮擊球期的弓步動作(lunges) 會動用到下肢肌群，Elliott (2006) 指出墊步在截擊準備期時扮演重要角色，主要由膝關節伸肌群(extensor at the knee joint)的股四頭肌 (quadriceps) 伸展來儲存和釋放彈性能，以利快速啟動身體動作迎擊來球。而弓步動作在截擊時扮演的角色是控制重心，讓身體在保持平衡的狀態下以正確的姿勢擊球，擊球前主要利用腿後肌群 (hamstring) 的股二頭肌(biceps femoris)、半腱肌 (semitendinosus)、半膜肌 (semimembranosus) 離心收縮後跨步，擊球瞬間則需動用到臀中肌 (gluteus medius)、臀大肌 (gluteus maximus) 及股四頭肌群的股直肌 (rectus femoris)、股外側肌 (vastus lateralis)、股內側肌 (vastus medialis)、股間肌 (vastus intermedus) 的收縮來維持弓步動作並控制身體重心以適當的姿勢擊球(Roetert & Kovacs, 2011)。

而軀幹肌群在力量傳遞過程扮演了中繼控制與穩定的重要角色 (Hirashima, Yamane, Nakamura, & Ohtsuki, 2008)，由於腹腔部位在人體結構上比較沒有受到骨骼的保護，因此，較需仰賴核心肌群的包覆來支撐，讓軀幹能朝著各方向彎曲或維持穩定的姿勢，從前側的腹部肌群，包括腹直肌(rectus abdominis)、由外而內的腹外斜肌(external oblique)、腹內斜肌(internal oblique)、腹橫肌 (transversus)，到後側的豎脊肌群(erector spinae) 等皆會動用到。以前揮擊球期及

跟隨期跨步動作時為例，透過腹部肌群及豎脊肌群等軀幹核心肌群向心及離心收縮來旋轉軀幹(rotate the trunk) 以利迎擊來球並將球回擊至適當位置，主要扮演穩定身體的作用(Roetert & Kovacs, 2011)。

表面肌電圖具有安全、非侵入式且可量測較大範圍肌肉等優點，因此，較常應用於觀察運動過程中肌肉的活化(Cram, Kasman, & Holtz, 1998)。因此，透過肌電圖相關研究的觀察，可進一步了解擊球時各肌群肌肉活化狀況。在下肢肌電圖研究方面，Niemenen, Piirainen, Salmi, and Linnamo (2014) 以 9 位男子網球選手為受試者，利用肌電圖觀察有、無墊步動作對下肢動作的影響，結果揭示，有利用墊步動作的選手，下肢有較高的肌肉活化現象，顯示踝關節有不同的活動策略，且因受益於伸展縮短類型的肌肉動作 (stretch shortening type of muscle action)，而有更快速的啟動動作(start the movement)。在軀幹肌電圖研究方面，Chow, Carlton, Lim, Shim, Chae, and Kuenster (1999) 觀察截擊時肌肉活化情況，在軀幹部分肌群的研究結果指出，腹外斜肌的活化主要是身體同側側屈(ipsilateral lateral flexion) 引發橫向運動的作用，這有助於將重心線移向同側腳，使得選手在同側方向會有點不太穩定。而雙側豎脊肌(bilateral erector spinae) 在後擺期時，隨著擊球高度降低減少活化，意謂著這階段軀幹姿勢和動作在高和低截擊時會有所不同。

由上述下肢肌群、軀幹與網球截擊動作相關文獻可了解，下肢在截擊時所扮演的角色以墊步及弓步動作為主，從肌電圖文獻可進一步驗證墊步的重要性，動員的肌群以股四頭肌及腿後肌群為主。軀幹則以腹部肌群及豎脊肌群影響截擊動作最明顯，應當加強鍛鍊。

參、上肢肌群與網球截擊動作

手臂肌群在截擊的力量傳遞過程是屬於最後的肢段，主要在前揮擊球期時扮演控制拍面的角色，Elliott (2006) 指出在網球運動中，通常有二種肢段協調策略，一種為強力擊球(power stroke)，強調身體多個肢段依序協調以產生最快的拍頭速度，例如，發球和著地球。另一種為精確擊球(precision stroke)，跨步向前及持拍臂前揮擊球同時動作來產生拍頭速度，例如，截擊。擊球過程的前揮擊球期時，手臂肱二頭肌及屈腕肌群向心收縮以扮演加速的角色，而跟隨期時，肱三頭肌和伸腕肌群則離心收縮以扮演減速的角色，而擊球過程的拉拍期和跟隨期要盡量縮短以利擊球。

在截擊動作上肢肌電圖的研究方面, Chow et al., (1999) 曾以 7 位美國大學優秀男子選手為實驗參與者針對截擊球進行實驗, 結果指出, 各肌群肌肉活化程度隨著球速增加而增加, 在截擊時橈側伸腕肌的肌肉活化程度皆大於橈側屈腕肌, 主要是為了讓拍頭維持朝上而有屈腕(*cocking the wrist*) 的情況, 且在擊球瞬間(*ball impact*) 前有緊握球拍的情形。而肱三頭肌在前揮期的肌肉活化程度皆大於其他期別, 顯示伸肘(*elbow extension*) 主要讓截擊時執行重擊動作(*punching action*)。王苓華 (2003) 以 6 位男性全能型網球選手為研究對象, 探討反拍點擊式截擊與重擊式截擊時上肢 8 塊肌群肌肉活化程度, 結果顯示, 在反拍截擊後擺期時, 二種截擊動作皆以肱橈肌(*brachioradialis*) 活化程度最大, 以利屈肘動作, 加速期時, 以橈側伸腕肌與肱三頭肌活化程度最明顯, 橈側伸腕肌的活化大於橈側屈腕肌, 表示腕關節的伸張與外展是存在的, 有助於腕關節穩定, 而肱三頭肌在加速期的肌肉活化程度皆比其他階段大, 顯示完成截擊動作主要是肘的伸展。Chow, Knudson, Tillman, and Andrew (2007) 以 18 位男子、6 位女子共 24 位休閒級受試者的截擊球進行實驗, 而橈側伸腕肌在截擊後所顯示的高活化程度, 意謂著除了扮演強大的手腕穩定作用外亦可能刺激選手罹患網球肘。

透過上述研究可得知, 除了瞭解進行網球截擊技術時肢段的協調策略, 也觀察到在不同期別手臂各肌肉群的參與及活化情形, 主要動用的肌群則包括上臂肱二頭肌、肱三頭肌及前臂屈腕肌和伸腕肌群, 應當透過訓練予以強化。

肆、網球截擊動作的肌力訓練方法

肌力訓練必須根據不同專項運動的特性來實施, 目的是達到各專項運動對力量和速度的要求並改善選手基礎體能, 以利轉換成技術與戰術發揮, 提升運動表現、獲取佳績。力量和速度的乘積即為爆發力的展現, 力量的發揮則有賴最大肌力的提升, 由於最大肌力會受到肌纖維組成、肌肉橫斷面積和所動員的運動單位等要素影響, 因此, 為了要讓肌肉肥大並增加肌肉量, 就需透過肌力訓練對肌肉施以適度的負荷, 讓更多肌纖維收縮來達成, 強化過程須注意訓練肌群及強度應根據不同運動項目而異, 以避免肌肉過度肥大對動作速度造成負面影響。因此, 肌力訓練計畫為了達到訓練效果, 擬定時也應考慮訓練形式、強度、頻率、時間等。肌力在網球選手所須具備的各項體能要

素中已是不可或缺的一環(江勁彥、張家昌、蔡忠昌, 2014; Kovacs, 2006), 而網球是相當重視個別化的運動, 訓練計畫必須根據選手年齡、技術水準、擊球特性等而有所不同, 肌力訓練計畫亦應當考慮漸進原則並具週期化(*periodized*), 而網球週期化肌力訓練的正面影響已有研究證實, Kraemer et al., (2003) 曾針對大學女網選手分別進行週期性及非週期性肌力訓練後, 觀察肌力及專項技術的運動表現, 結果指出, 經果九個月訓練後, 週期性訓練組的選手在握力、垂直跳、1RM 的腿部推蹬(*leg press*)、臥推(*bench press*)及肩部推舉(*shoulder press*) 的肌力表現及發球、正拍、反拍擊球速度的網球技術表現皆有顯著進步。

基於下肢、軀幹以及上肢肌群在截擊動作中所扮演的不同作用及重要性, 以下就截擊專項特性進行肌力訓練方法說明。

一、下肢肌力訓練

下肢肌力在比賽中攸關截擊球的品質, 包括發球上網後的截擊或雙打中在網前對峙時的截擊, 選手經常需要依來球位置快速衝向網前或迅速左右移位來擊球, 此外, 面對快速來球, 亦常利用墊步動作伸展縮短循環(*stretch-shortening cycle, SSC*) 的效益來增加選手移位速度與力量(王思宜, 2012; 江勁彥、莊惠雯, 2012)。因此, 對於截擊應具備的下肢肌力要素, 應當以爆發力為優先鍛鍊。為提升截擊時下肢股四頭肌群和腿後肌群之肌力, 利用增強式訓練(*plyometric*) 對提升爆發力是可行方式之一, Fernandez-Fernandez, de Villarreal, Sanz-Rivas, and Moya (2016) 曾以 60 位青少年選手為研究對象, 其中 30 位實驗組選手以 8 週增強式訓練介入並搭配例行的網球訓練, 結果實驗組選手在垂直跳高度、立定跳遠距離、20M 短跑時間、藥球過頭前拋及發球速度等皆有顯著進步, 因此, 增強式訓練對於年輕選手爆發力來說, 是一重要的刺激因素。此外, 對於一般網球運動員在橫向反應時間、4 公尺短距離橫向及直線衝刺等需要依賴腿部推蹬(*push-off*) 後, 瞬間產生反作用力的動作是有幫助(Salonikidis & Zafeiridis, 2008)。Reid and Schenker (2008) 指出增強式訓練在網球運動的應用可利用深跳(*depth jump*) 動作來強化, 可訓練到的下肢肌群為臀大肌及腿後肌群, 依不同箱子高度是調整負荷的方式之一, 建議至少 40 公分(Thomas, French & Hayes, 2009; Luebbbers et al., 2003)。此外, 以箱跳(*box jump*) 動作則可鍛鍊股四頭肌群, 得依跳躍能力及身高選擇高度 40-70 公分的箱子, 建議以不超過選手穿鞋站立時, 從

地板到股骨大轉子(greater trochanter) 和股骨外側髁(lateral femoral condyle) 之間中點的高度(Faulkinbury et al., 2011)。由於體重是負荷來源,訓練時會在瞬間對肌肉骨骼系統施加頗大的壓力,因此,訓練前應具備基本的下肢肌力,實施時須謹慎以避免受傷,本文以深跳及箱跳為例說明(Roetert & Kovacs, 2011):

(一)、形式 1: 深跳,先站立於箱上預備,開始後從箱上落下(step down),雙腳落地後盡可能縮短著地時間並迅速垂直向上跳躍,完成後計 1 次。

形式 2: 箱跳,預備時,雙腳與肩同寬面對箱子距離約 0.3-0.6 公尺站立,開始後,雙腳跳至箱上,盡可能讓動作輕緩且臀部呈坐姿狀態,如此可強化較佳的著陸機制(landing mechanics) 並減緩對膝關節的衝擊。接著往後跳回原來準備姿勢,保持胸膛直立並固定姿勢,動作宜輕緩以吸收地面反作用力,完成後計 1 次。

(二)、次數及組數: 反覆跳 6 次為 1 組,進行 3 組。

(三)、休息時間: 每組之間休息 3 分鐘。

(四)、頻率: 每週 2-3 次並間隔 1-2 天。

訓練形式與負荷可依選手程度變化及調整,以避免造成下肢運動傷害。

二、軀幹肌力訓練

截擊時軀幹所扮演的角色首重維持身體穩定,進而使上肢能穩固拍面擊球,動作型態較不需動員大的運動單位徵召來產生力量,而臨場實務上,在截擊過程如無法一球致勝,經常會多拍來回,尤其雙打比賽中處理低截擊球(low volley)的頻率增加時,就須具備軀幹肌群的肌耐力才得以應付。利用徒手進行體重訓練(body weight training) 是提升肌力的另一項選擇,美國運動醫學會(ACSM) 在 2015 年全球體適能趨勢調查中,體重訓練已躍升至第一名的位置,其主要利用體重當作阻力,相較於啞鈴或槓鈴等負重訓練安全,且不限場地皆可藉體重進行一些動作的鍛鍊,例如,伏地挺身訓練等(侯彥竹、相子元, 2015)。趙曉雯、趙曉涵、王鶴森與周峻忠(2015) 利用核心訓練搭配阻力訓練觀察大專甲組女子選手在國際網球評等(International Tennis Number, ITN) 的專項技術表現,結果顯示,同時進行六個月核心訓練及阻力訓練的選手,在底線擊球深度、準確性、截擊深度、發球準確性及移動能力的後測結果皆顯著優於前測,此外,在 ITN 級數與總得分的進步幅度均顯著優於核心訓練組與控制組。選手可利用各種棒式動作(plank) 或仰臥屈膝(crunch) 的等長或動態收縮訓練方式並逐步提

升動作難度及持續時間,來提升軀幹及腹部核心肌群的穩定能力及減少受傷的機率。Barber-Westin, Hermeto, and Noyes (2015) 曾針對青少年網球選手以棒式動作及仰臥屈膝等動作進行為期 6 週的訓練,結果顯示,對於選手腹部核心肌群的肌耐力表現確實有顯著提升。因此,本文以仰臥屈膝為例說明,可訓練到的肌群為腹直肌、腹橫肌、腹外斜肌、腹內斜肌(Barber-Westin, Hermeto, & Noyes, 2010):

(一)、形式: 預備時先躺於地墊上,雙手置於大腿下,開始時,雙腳同時抬離地面約 15 公分,保持這個姿勢並維持一段時間後以碼表紀錄。

(二)、次數及組數: 持續 30-60 秒為 1 組,進行 3 組。

(三)、休息時間: 每組之間休息 1 分鐘。

(四)、頻率: 每週 3 次並間隔 1-2 天。

三、上肢肌力訓練

現今選手擊球速度快,截擊時為了吸收球體的動能,對於上肢負荷極大,必須注意以避免受傷。尤其,雙打選手面對快速來球時,需反覆控制拍面迎擊,因此,為了減少疲勞的因素影響擊球,對於截擊球來說,以強化上肢肌耐力為首要之務。王翔星、莊進德、相子元與陳全壽(2006) 曾指出,肌力訓練所執行的動作,應該考慮到最快的肌肉收縮能力,而阻力訓練時強調快速收縮的概念即是凸顯阻力訓練的速度特殊性,亦即最佳力量的獲得應發生在訓練時或接近訓練時的速度,建議優秀選手不僅提升最大肌力,也應考慮動作執行的速度,因此,教練在利用肌力訓練強化運動員的肌力時,能均衡考量動作執行時的重量負荷與收縮速度,讓訓練動作的執行盡可能符合實際專項動作的表現。此外,肌力訓練動作的形式也可適當的變化,以符合實際擊球動作。Roetert and Kovacs (2011) 指出,在截擊擊球剎那時,為確保適當的擊球點和擊球力量,肱三頭肌會持續等長收縮以維持肘關節穩固,建議鍛鍊該肌群肌耐力,以減少可能造成的上肢傷害,並以可鍛鍊到肱三頭肌及前臂肌群的三頭肌滑輪下拉(triceps cable push-down) 為例說明動作要領:

(一)、形式: 預備時,雙腿併攏站立,雙手與肩同寬握好握把於腰部前方,屈肘與肩關節約呈 90 度,開始後,保持上背直立並施力將滑輪下拉直到握把抵達大腿位置,停留 2 秒後,回到腰部預備動作位置後計 1 次,下拉及回復動作速度各以 2 秒完成,動作過程僅能有肘關節伸展、屈曲動作並感覺肱三頭肌收縮,使為正確動作。

(二)、負荷、次數及組數: 40-60%1RM, 反覆 12-20 次

為 1 組, 進行 3 組。

(三)、休息時間: 每組之間休息 1 分鐘。

(四)、頻率: 每週 2-3 次並間隔 1-2 天。

負荷設定宜以提升肌耐力為目的, 掌握低強度、高次數、短休息時間的訓練原則, 動作過程則應保持背部挺直, 以確實施力鍛鍊上肢肌群。

伍、結論

網球比賽强度高、時間長, 對於選手技術、心理及體能素質的要求極高, 在體能素質部分, 不僅須具備肌肉力量, 良好的肌耐力亦不可或缺, 在技術面, 如果具備精熟的截擊技術, 對於征戰漫長賽季的選手而言, 在比賽中執行節能化戰術或在球速快、反應時間短的草地球場適時發球上網或伺機截擊取分, 可讓自己在體能調整上更為有利。在網球截擊跑動、急停、屈膝等過程時, 由於下肢必須吸收地面傳來的反作用力, 選手應具備良好的肌力才得以在穩定平衡的狀態下擊球, 軀幹的核心肌群會隨著網球擊球加速及減速的動態過程收縮或放鬆, 選手如能加以鍛鍊, 除了可維持身軀的穩定外, 也能增進擊球表現並減少運動傷害, 而強化肢段動力鍊, 增加下肢及核心肌群的力量更有效率的傳遞至拍頭, 也可減少肩、肘、腕關節的負荷。因此, 肌力訓練時先了解選手的層級、擅長打法、場地材質等因素, 適當調整訓練負荷並掌握漸進訓練原則, 盡可能模擬實際截擊動作情境, 注意上、下肢及軀幹向心、離心側肌肉的平衡, 期使教練、選手對於執行截擊動作所動用到的肌群有進一步了解, 並對教練執行訓練計畫及提升選手運動表現、強化關節穩定性、減少傷害能有所幫助。

引用文獻

- 王苓華 (2003)。網球反拍截擊動作之上肢肌肉活化與動量傳遞之研究。《體育學報》, 35, 59-68。
- 王翔星、莊進德、相子元、陳全壽 (2006)。阻力訓練對動作速度與爆發力的特殊性發展。《運動教練科學》, 7, 87-95。
- 王思宜 (2012)。開跳步動作對網球側向移位之影響: 個案研究。《運動表現期刊》, 7, 158-160。
- 江勁彥、張家昌、蔡忠昌 (2014)。青少年網球選手擊球速度與肌力、柔軟度、敏捷、平衡表現之相關性研究。《運動教練科學》, 33, 39-50。
- 江勁彥、莊惠雯 (2012)。墊步動作在網球移位技術之應用。《中華體育季刊》, 26(1), 151-156。

林俊宏、鍾志明 (2005)。網球截擊技術與戰略應用分析。《大專體育》, 77, 32-37。

侯彥竹、相子元 (2015)。從2015年全球體適能調查探討未來趨勢。《運動表現期刊》, 1(2), 33-37。

陳全壽 (2014)。追求卓越的運動表現。《運動表現期刊》, 1(1), 1-5。

莊惠雯、江勁彥 (2007)。網球截擊技術與應用分析。《大專體育》, (93), 15-23。

趙曉雯、趙曉涵、王鶴森、周峻忠 (2015)。核心訓練搭配阻力訓練對大專甲組女子網球選手技能表現之影響。《體育學報》, 35(3), 239-250。

簡瑞宇、詹建人 (2011)。網球截擊技術及雙打「搶打戰術」之應用分析。《大專體育》, 114, 61-68。

Barber-Westin, S. D., Hermeto, A. A., & Noyes, F. R. (2010). A six-week neuromuscular training program for competitive junior tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2372-2382.

Barber-Westin, S. D., Hermeto, A. A., & Noyes, F. R. (2015). A six-week neuromuscular and performance training program improves speed, agility, dynamic balance, and core endurance in junior tennis players. *Journal of Athletic Enhancement*, 4(1), 1-8.

Chow, J. W., Carlton, L. G., Lim, Y. T., Shim, J. H., Chae, W. S., & Kuenster, A. F. (1999). Muscle activation during the tennis volley. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6), 846-854.

Chow, J. W., Knudson, D. V., Tillman, M. D., & Andrew, D. P. (2007). Pre- and post-impact muscle activation in the tennis volley: Effects of ball speed, ball size and side of the body. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 754-759.

Cram, J. R., Kasman, G. S., & Holtz, J. (1998). *Introduction to surface electromyography*. Gaithersburg, MD: Aspen publications.

Elliott, B., Overheu, P., & Marsh, A. (1988). The service line and net volley in tennis: A cinematographic analysis. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(2), 10-18.

Elliott, B. (2006). Biomechanics and tennis. *British Journal of Sports Medicine*. 40, 392-396.

- Faulkinbury, K. J., Stieg, J. L., Tran, T. T., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Judelson, D. A. (2011). Effect of depth jump vs. box jump warm-ups on vertical jump in collegiate vs. club female volleyball players. *Medicina Sportiva*, 15 (3), 103-106.
- Fernandez-Fernandez, J., deVillarreal, E., Sanz-Rivas, D. & Moya, M. (2016). The effects of 8-week plyometric training on physical performance in young tennis players. *Pediatric Exercise Science*, 28 (1), 77-86.
- Girard, O., & Millet, G. P. (2009). Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1867-1872.
- Hirashima, M., Yamane, K., Nakamura, Y., & Ohtsuki, T. (2008). Kinetic chain of overarm throwing in terms of joint rotations revealed by induced acceleration analysis. *Journal of Biomechanics*, 41(13), 2874-2883.
- Kibler, W. B., & Sciascia, A. (2004). Kinetic chain contributions to elbow function and dysfunction in sports. *Clinics in Sports Medicine*, 23(4), 545-552.
- Kovacs, M. S. (2006). Applied physiology of tennis performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 381-386.
- Kraemer, W. J., Hakkinen, K., Triplett-McBride, N. T., Fry, A. C., Koziris, L. P., Ratamess, N. A., ... & Knuttgen, H. G. (2003). Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(1), 157-168.
- Luebbbers, P. E., Pottleiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., & Lockwood, R. H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 17(4), 704-709.
- Martin, C., Bideau, B., Nicolas, G., Delamarche, P., & Kulpa, R. (2012). How does the tennis serve technique influence the serve-and-volley? *Journal of Sports Sciences*, 30(11), 1149-1156.
- Nieminen, M. J. J., Piirainen, J. M., Salmi, J. A., & Linnamo, V. (2014). Effects of neuromuscular function and split step on reaction speed in simulated tennis response. *European Journal of Sport Science*, 14(4), 318-326.
- Reid, M., & Schneiker, K. (2008). Strength and conditioning in tennis: Current research and practice. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 248-256.
- Roetert, P., & Kovacs, M. (2011). *Tennis anatomy*. Champaign, IL: Human kinetics.
- Salonikidis, K., & Zafeiridis, A. (2008). The effects of plyometric, tennis-drills and combined training on reaction, lateral and linear speed, power, and strength in novice tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 182-191.
- Thomas, k., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(1), 332-335.

The characteristics of strength elements and muscle contraction on tennis volley

Ching-Cheng Chiang

Graduate Institute of Health Care, Chang Gung University of Science and Technology

Submit date : November 2017 ; Qualified date : March 2018

Abstract

Introduction: Excellent volley skill was a weapon for net points won. Tennis volley techniques can be divided into four distinct phases: preparation phase, backswing phase, forward swing to impact phase and follow through phase. Understanding strength elements and muscle contraction was an integral part of improving tennis skills. **Methods:** This study analyzed tennis volley in different groups: 1. lower limb and trunk muscle group; 2. upper limb muscle group. 3. Strength training methods of tennis volley. Allows coaches and players to learn more about the muscles used in performing volley movements. **Results:** The strength elements of tennis volley: the main part of the lower extremities was the power that can be exercised by deep jump and box jump movements; the main part of the torso was muscular endurance that can be exercised by crunch movements; the upper extremities were also mainly based on muscular endurance that can be exercised by triceps cable push-down movements. **Conclusions:** In the process of tennis volley such as running, emergency stop, knee flexion, etc., because the lower limbs must absorb the reaction force from the ground, the player should have good muscle strength to hit the ball in a stable and balanced state. The core muscles of the trunk contract or relax with the dynamic process of acceleration and deceleration when hitting the ball. Intensifying the transmission of the upper limbs' kinetic chain allows the power of the lower limbs and core muscles to be transmitted to the racket head more efficiently, and also reduces the load on the shoulders, elbows and wrists. It was hoped that the study will help coaches to execute the muscle training programs, to improve the player's performance, and to reduce injuries.

Keywords: sports performance, muscle group, tennis technique
