

第五章 研究討論

第一節 全程時間與下肢動力鏈

於三百六十度跳後踢擊破動作中，全程時間約為 1 秒，但在本研究所分期別中，旋轉期是佔最多的比例，可見旋轉過程是踢擊的重要樞紐，而準備期重心前移至轉軸腳跨步的過程身體的穩定，是進入旋轉期，且可以預測旋轉階段的表現，最後騰空踢擊期，攻擊腳關節的屈伸的速度，是能否擊破木板的關鍵，而其表現情況，由下描述。

由表 4-4 得知髖、膝、踝峰值出現時間之百分比，在角速度峰值出現的時序為膝、髖、踝；而以線速度峰值出現的時序為髖、踝、膝，其肢段的活動順序並未由遠端關節傳遞至近端關節之動力鏈。

三百六十度跳後踢，於線速度動力鏈傳遞時序是與洪彰岑(1997)所研究後踢動力鏈傳遞時序為髖、踝至膝是相同的。與柯玉貞(2002)研究後旋踢中，有三名不符合動力鏈受試者，其傳遞時序也為髖、踝至膝相同。根據洪彰岑(1997)研究後踢，認為是因動作的專項特性，且不需要在動作過程克服較大的阻力，故導致和人體關節活動順序和鞭打原理不符。柯玉貞(2002)研究後旋踢，認為是因為於道館所接受的訓練有關，此為踢擊模式不符合動力鏈之主因。除了洪彰岑(1997)與柯玉貞(2002)之推論外，Lee, Hunang(2006)指出後踢、跳後踢與三百六十度跳後踢動作，在最後踢擊的部分，因動作型態相同，故在動作騰空後之運動學參數並無差異。推論三百六十度跳後踢與後踢型態之動力鏈傳遞順序是相同的。

三百六十度跳後踢，於線速度動力鏈傳遞時序為膝、髖、踝，與張榮三(1996)研究旋踢攻擊動作，和李政霖、陳志文、黃長福(2006)所研究後踢攻擊動作，所得到的結論皆為踢擊動作，在關節的屈伸中，膝是起主要作用。且在李政霖、陳志文、黃長福(2006)所研究後踢攻擊動作中，膝的最大角速度出現於擊正沙袋瞬間。有別於本研究動作，擊正木板瞬間是髖、膝

和踝達到最大角速度(圖 4-3)，且膝的角速度是三個關節中較小的。由動作型態推論因攻擊腳和轉軸腳是同一腳，故在騰空躍起動作時，是伸展踝，髌仍是屈曲的狀態，而膝是屈曲至準備踢擊動作，於準備踢擊動作後，伸展髌與膝向目標踢擊，踝必需屈曲以腳跟擊破木板，因此髌、膝、踝的角速度峰值大多出現場在擊破木板瞬間。

跆拳道後踢與三百六十度跳後踢動作型態，髌是先向前屈曲，再向後伸展，不同於足球踢球的動作型態，髌是先向後伸展，再向前屈曲，依序傳遞至膝與踝；投擲動作，肩是先向後伸展，再向前屈曲，依序傳遞至肘與腕。故推論肢段的活動順序與動力鏈傳遞，和動作型態有密切關係。

第二節 踢擊時重心位置與速度

重心位移可以評估動作的穩定度；當訓練選手任一個動作時，都要在旋轉與踢擊過程，要求重心的起伏不要過大，使全身儘量在同一平面移動，避免造成不必要的分力，影響攻擊力量(Ferrie, 1989)。

由力學的觀點，垂直的重心位移若起伏不大，節省垂直位能；左右的重心位移若起伏不大，表示身體運動時，旋轉幅度不大，代表身體愈穩定。本研究經標準差來評估三軸重心位移，由準備期至騰空踢擊期，在重心左右位移的徧移量起伏不大，表示旋轉過程中，身體晃動程度不大，能更精準的擊破木板；從準備期至旋轉期，在垂直位移的徧移量起伏不大，於騰空踢擊期，重心才向上移動，符合 Ferrie (1989)的跆拳道訓練法，也代表主要消耗能量是在騰空踢擊期；和三軸之重心位移曲線圖(圖 4-5)互相對應。說明了在三百六十度跳後踢擊破過程中，重心左右位移起伏不大，使身體在擊破過程中的轉動愈穩定，愈能擊破木板。

在重心速度方面，峰值出現時間大多發生在起跳騰空動作至準備踢擊踢擊動作(表 4-6 與表 4-2)，身體重心速度的峰值是在擊重木板之前達到，所發生的時間接進於起跳騰空動作或準備踢擊踢擊動作，若身體無法在起跳騰空動作或準備踢擊踢擊動作達到最高速速向目標踢擊，由拋體運動得知，受試者無法於騰空踢擊期，將本板擊破，且與劉宇、莊榮仁、連德亨(1995)、洪彰岑(1997)所作之武術踢擊動作的結果互相吻合。

第三節 旋轉期之地面反作用力

從旋轉腳和轉軸腳在垂直、水平方向之地面反作用力峰值與發生時間(表 4-7 和表 4-8)，首先是由旋轉腳垂直方向先達到峰值，再由水平方向達到峰值，推蹬離地，幫助身體加速旋轉，轉換至轉軸腳垂直方向先達到峰值，再由水平方向達到峰值，進入騰空踢擊期。

由圖 4-7 見旋轉腳支撐推蹬和轉軸腳跨步旋轉之間作用的情形。在力板作用的情形從預備期、跨步期至旋轉旋期來看，當轉軸腳由預備期到跨步期，旋轉腳扮演支撐的角色，而支撐時間佔了預備動作到騰空起跳動作約 42%，而後當轉軸腳著地，進入旋轉期，旋轉腳才進行推蹬期，幫助身體加速旋轉，在旋轉腳的推蹬期和轉軸腳的旋轉期有互相重疊，此段時間，旋轉腳推蹬，幫助加速轉軸腳向後旋轉，當旋轉至垂直方向峰值和水平方向峰值後，離地騰空。

在支撐期，旋轉腳垂直力量的峰值，推論是因轉軸腳要著地時，重心向前所造成的；而水平力量才具真正推蹬作用，幫助旋轉加速。因本研究要求受試者必需騰空擊破木板，故於轉軸腳方面，垂直方向之力量是要讓取得騰空高度與時間，完成本研究之動作要求，再水平方向的力量作用，決定了攻擊距離，故轉軸腳之垂直與水平力量，決定了旋轉期重心速度的改變，也關係到騰空踢擊期中，攻擊距離和攻擊腳屈伸的踢擊表現。

在旋轉期轉軸腳的衝量和推蹬期旋轉腳的衝量，由於支撐期的時間較長，故旋轉腳推蹬的時間短，但旋轉腳推蹬衝量，給予地面一個初始力和速度，是有助於轉軸腳的旋轉；而轉軸腳於旋轉期的衝量，是給予向上躍起的高度和向前移動的距離。

第四節 擊破木板與未擊破木板參數之比較

由受試者取有好距離後，就定位時，統計有擊破木板組，其初始距離，大約是身高的 0.7 倍左右。經過旋轉期進騰空踢擊期，攻擊腳膝關節屈伸角度，其活動範圍，擊破木板組和未擊破木板組的角度大約在 57° ，而攻擊的距離大約是初始距離的 0.5 倍，雖未達顯著差異，但可供選手教練做為一個訓練的依據。

在重心最快合速度上，擊破木板組略大於未擊破木板組，且大約全程 80% 到達最高速度，表示在踢擊過程中，不是只靠攻擊腳的屈伸，身體重心若沒有跟上，也會使有效質量下降(Tsaousidis and Zatsiorsk, 1996)。而在騰空踢擊期中，攻擊腳腕、膝、踝的最快速度與角速度腕的最快速度未達顯著差異，推論可能是因為同一個人所踢擊之故。

於擊破瞬間，攻擊腳腳跟合速度並差異，但在攻擊腳腳跟之水平速度，擊破木板組顯著大於未擊破木板組，而擊破木板主要貢獻速度方向為水平方向，推論擊破木板組，是因合速度貢獻於水平方向較多故能擊破木板；而未擊破木板組，因將合速度貢獻於垂直方向較多，未能擊破木板。並且在擊破瞬間，攻擊腳腕、膝、踝的速度，在腕之線速度和踝之線速度顯著差異，踝之線速度與腳跟水平速度是相同的效果；在本擊破動作中，於腕的線速度達顯著，故推論擊破木板與腕伸展的速度有關；腕的最大角速度也達顯著，利用伸腕的方式來進行擊破；但膝的角速度與線速度未達顯著，推論因膝在接觸期的活動範圍並未達顯著，且在擊破動作中，膝並無完全伸展，故膝的角速度與線速度未達峰值。於另一方面來說，擊破動作與對練動作的差異在於腕的伸展，於對練，為了使一連串動作流暢，腕的伸展控制了下一個動作的準備，伸展範圍不能太多，但於擊破上，為了擊破木板，腕的伸展因不需考慮下一個動作，會增大伸展的範圍，也使得腕的線速度增快。在任一個踢擊動作，都著重末端的速度，畢竟末端的速度，可表達運動表現，而下肢關節的末端為踝關節，故達顯著水準，也因此腳跟

的水平速度也達顯著水準，擊破木板。

擊破瞬間髌、膝、踝的角度也可看出擊破的狀況，髌與膝的角度並無顯著差異，擊破木板組踝關節有比未擊破木板組小的趨勢，因為後踢是利用腳跟踢擊木板，若踝關節角度小，則不需要在擊破瞬間再屈踝，也等同於小腿和腳為一個剛體，有利於順利擊破木板。

於地面反作用力上，未擊破木板組的垂直與水平最大力量，皆較大於擊破木板組的趨勢。依照力學的原理推論，蹬地的力量大因有助於擊破木板，但也有可能是因為旋轉腳推蹬力量大，導致身體旋轉速度快，轉軸腳蹬地力量大，影響到攻擊腳的運動，且在未擊破組中，旋轉期轉軸腳和推蹬期旋轉腳之垂直與水平衝量，皆大於擊破組。推論旋轉腳與轉軸腳於動作之間的時機掌控與推蹬力量有一關係存在，且本研究動作是以轉動為主，理論上是否應用力矩與角衝量來說明，進行評估和衡量。

由上述的討論可以得到，能否擊破木板是與攻擊腳腳跟水平速度有關，在運動表現中，踝關節的速度的表現，是能看出是否能擊破木板；另一方面，髌關節的活動是另一個能否擊破木板特徵，能擊破木板組，在擊破瞬間髌關節的速度與角速度皆比未擊破組快，而不是文獻所述的膝關節(李政霖、陳志文、黃長福，2006)，推論是所踢擊目標不同導致，在踢擊沙袋中，可知踢擊至沙袋時，膝關節幾乎完全伸展，並速度與角速度幾乎到達峰值，但擊破木板時，膝關節並無完全伸展，因而導致髌關節之角速度峰值幾乎在擊破瞬間達到，且與未擊破木板組達到顯著差異，故能否擊破木板，與髌、踝、碰撞點腳跟之速度密切的關係。