

國立臺灣師範大學運動與休閒學院

體育學系 碩士學位論文

跆拳道不同預備站姿旋踢之生物力學分析



研究生：葉勝維

指導教授：蔡虔祿

中華民國 104 年 6 月

中華民國臺北市

# 跆拳道不同預備站姿旋踢之生物力學分析

2015 年 6 月

研究生:葉勝維

指導教授:蔡虔祿

## 摘要

**目的:** 本研究針對不同預備站姿旋踢踢擊動作進行生物力學分析,探討不同預備站姿旋踢踢擊動作參數特性及差異。**方法:**以八名男子跆拳道選手(身高 $174\pm 5.9$  cm,體重 $64\pm 6.5$  kg)練習跆拳道已達六年以上為受試對象,利用2塊Kistler (1000Hz) 測力板、10台Vicon MX-13<sup>+</sup> (200Hz) 紅外線攝影機和Dae do 跆拳道電子護胸系統,同步蒐集受試者在不同預備站姿旋踢動作過程中的相關力學參數,統計方法以無母數弗里曼二因子等級變異數分析,來考驗跆拳道不同預備站姿與不同踢擊高度之力學參數之差異,顯著水準訂為 $\alpha = .05$ ,若達顯著則進行事後比較。**結果:**一、在不同預備站姿旋踢各階段時間分析於攻擊期「跳動中端」顯著快於「原地上端」及「原地中端」動作。二、重心垂直位移量於下蹲期以「跳動上端」、「跳動中端」顯著大於「原地上端」、「原地中端」動作;「跳動上端」、「原地上端」的攻擊期重心垂直速度顯著大於「原地中端」動作。三、垂直和水平地面反作用力、垂直及水平的最大發力率與水平衝量以「跳動上端」及「跳動中端」顯著大於「原地上端」及「原地中端」動作。四、支撐腳的垂直地面反作用力以「跳動上端」顯著大於「跳動中端」;水平地面反作用力以「跳動上端」顯著大於「原地上端」;垂直發力率以「跳動上端」顯著大於「原地上端」、「原地中端」動作。「跳動站姿」的旋踢動作的確有較大地面反作用、水平衝量、發力率及較快的攻擊時間。**建議:**比賽攻擊時可採用「跳動站姿」較有利於攻擊速度及踢擊力量。

**關鍵詞:** 旋踢、運動學、動力學、牽張縮短循環、電子護具

# **Biomechanical Analyses of Different Preparatory Standing Postures for Roundhouse Kick in Taekwondo**

June, 2015

Author : Yeh, Sheng-Wei

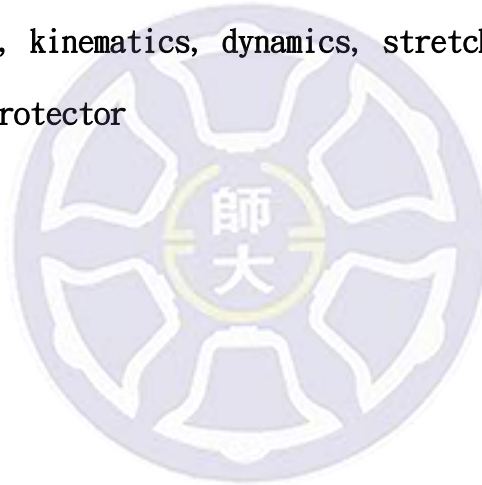
Advisor: Tsai, Chien-Lu

## **Abstract**

The present study aimed to analyze and investigate the biomechanical characteristics of Taekwondo turning kicks from different ready stances. Eight male Taekwondo athletes (height:  $174 \pm 5.9$  cm; weight:  $64 \pm 6.5$  kg) with six years of training in Taekwondo served as the participants of this study. By using two Kistler (1000Hz) force plates, ten Vicon MX-13<sup>+</sup> (200Hz) ultra-red cameras and a Dae-do electronic trunk protect system simultaneously collected the actions of different ready stances Taekwondo turning kicks to attack the upper body and the middle body by the participants. The Friedman two-way analysis of variance by ranks nonparametric statistical test was to investigate the differences among four combinations, the significant level was as  $\alpha = .05$ , the Post-hoc comparison was conducted where significant level was attained. The results were as follow, 1. Concerning the time spent on the kick from different stances, that “jumping mid kick” was significantly faster than “on the spot high kick” and “on spot mid kick.” 2., The vertical displacement of the “jumping mid kick” and the “jumping high kick“ was greater than the “on the spot mid kick” and “on spot high kick.” during the stage of squatting stance, while during the defensive stage, “jump high kick” and “on the spot h kick” were significantly greater than “on the spot high kick.” 3. With respect to ground reaction force, vertical and horizontal ground reaction force, maximum vertical and horizontal rate of force development, and horizontal measurement, 4. The support leg ground reaction vertical force of the ”jump high kick” and the “jump mid kick” were

significantly greater than “on the spot high kick” and “on the spot mid kick” As to horizontal ground reaction force, “jump high kick” was significantly greater than the “on the spot high kick”, the rate of vertical force development of the “jump high kick” was significantly larger than “on the spot high kick” and “on the spot mid kick”. The study showed that “jump stance” performed greater ground reaction force, horizontal impulse, rate of force development, and faster attack duration time. The turning kick from “jump stance” did have more ground reaction force and horizontal measurement, higher rate of force development, and speedier offense. We suggest that the Taekwondo athletes should do “jump stance” to increase their offense speed and kicking force.

**Keywords:** turning kick, kinematics, dynamics, stretch-shortening cycle, electronic protector



## 謝 誌

轉眼間三年研究生的日子終於結束了，回憶起剛開學台中、台北兩地的往返已不計其數。如今，到了寫致謝詞的這一刻！在此，首先要感謝的是本人的指導教授蔡虔祿 博士，在求學期間，受到蔡虔祿老師悉心與不厭其煩的指導，讓我在有關生物力學學術上之研究過程中，得到許多寶貴經驗並對此領域有更深的瞭解，讓勝維獲益匪淺。更要感謝黃長福 教授與蔡葉榮 教授擔任本次口試委員，給予勝維的指導及寶貴的意見，使得本論文更加完整與嚴謹。此論文能如期完成，除了感謝各位教授的指導，還要感謝我的高中體育教師謝坤宏啟發我對體育運動的熱忱，還有尹彰學長、俊榮學長、同學建堯、本泓、志岳、中謙、宗翰，無論在實驗上或課堂上有任何問題，都會想盡辦法協助我解決問題，並且感謝跆拳道隊李佳融教練，讓跆拳道隊學弟協助參與本次實驗，沒有大家的幫忙與配合本人將無法完成。最後，更要感謝爸、媽的支持與鼓勵，總是在我最心煩、無助的時候給予鼓勵和體諒，你們是我前進的動力，沒有你們的支持與鼓勵就沒今天的成就。另外要特別感謝從小一起長大的好朋友竣翔及雅惠學姐、亦芳、芸甄、君綾、易嘉、和美實驗中學鐘教練的協助、彰化奧運村跆拳道館的所有學生們，有你們的鼓勵讓我更有勇氣去完成目標，更讓我無後顧之憂地完成學業。謹以此論文獻給所有關心我與支持我的人，再次感謝你們的協助！

# 目 次

頁次

口試委員與系主任簽字之論文通過簽名表.....	I
論文授權書.....	II
中文摘要.....	III
英文摘要.....	IV
謝誌.....	VI
目次.....	VII
表次.....	X
圖次.....	XI
<b>第壹章 緒論.....</b>	<b>1</b>
第一節 前言.....	1
第二節 研究背景.....	2
第三節 研究目的.....	5
第四節 研究範圍.....	5
第五節 研究限制.....	6
第六節 名詞解釋及操作性定義.....	6
第七節 研究重要性.....	10

<b>第貳章 文獻探討 .....</b>	<b>11</b>
第一節 跆拳道比賽踢擊動作型態分析研究 .....	11
第二節 跆拳道踢擊相關力學原理 .....	14
第三節 跆拳道旋踢動作之運動學、動力學分析研究 .....	18
第四節 文獻總結 .....	22
<b>第參章 研究方法與步驟 .....</b>	<b>23</b>
第一節 研究對象 .....	23
第二節 實驗時間與地點 .....	24
第三節 實驗設計 .....	24
第四節 實驗儀器與設備 .....	25
第五節 實驗場地配置圖 .....	29
第六節 實驗步驟與流程 .....	30
第七節 資料處理與統計分析 .....	38
<b>第肆章 結果 .....</b>	<b>41</b>
第一節 跆拳道不同預備站姿旋踢各階段時間分析 .....	42
第二節 跆拳道不同預備站姿旋踢重心及重心位移 .....	44
第三節 跆拳道不同預備站姿旋踢下肢關節角度、角位移、角速度 .....	51
第四節 跆拳道不同預備站姿旋踢地面反作用力 .....	64
第五節 跆拳道不同預備站姿旋踢踢擊力量 .....	70
<b>第伍章 討論與結論 .....</b>	<b>71</b>
第一節 討論 .....	71
第二節 結論 .....	78

第陸章 建議 .....	79
參考文獻 .....	80
中文部份 .....	80
英文部份 .....	83
受試者同意書 .....	84
受試者基本資料表 .....	85
紀錄表 .....	86





## 表 次

表3-1 跆拳道不同預備站姿旋踢受試者基本資料 .....	23
表3-2 跆拳道不同預備站姿旋踢反光球黏貼位置表 .....	32
表3-3 跆拳道Dae do 電子護胸組別、級別與力量一覽表 .....	35
表3-4 跆拳道不同預備站姿旋踢Dae do電子護胸校正數據一覽表 .....	35
表4-1 不同預備站姿旋踢各分期時間無母數二因子變異數分析摘要表 .....	42
表4-2 不同預備站姿旋踢各分期重心水平位移變化量摘要表 .....	44
表4-3 不同預備站姿旋踢各分期重心垂直位移變化量摘要表 .....	45
表4-4 不同預備站姿旋踢重心各分期水平位移量摘要表 .....	46
表4-5 不同預備站姿旋踢重心各分期垂直位移量摘要表 .....	47
表4-6 不同預備站姿旋踢重心水平速度摘要表 .....	48
表4-7 不同預備站姿旋踢重心垂直速度摘要表 .....	49
表4-8 不同預備站姿旋踢重心合速度摘要表 .....	50
表4-9 不同預備站姿旋踢攻擊腳下肢各關節角度摘要表 .....	52
表4-10 不同預備站姿旋踢攻擊腳下肢各關節角位移摘要表 .....	55
表4-11 不同預備站姿旋踢攻擊腳下肢各關節角速度摘要表 .....	58
表4-12 不同預備站姿旋踢攻擊腳下肢關節角速度峰值摘要表 .....	60
表4-13 不同預備站姿旋踢支撐腳下肢各關節角位移摘要表 .....	62
表4-14 不同預備站姿旋踢攻擊腳地面反作用力、發力率及衝量摘要表 .....	65
表4-15 不同預備站姿旋踢支撐腳地面反作用力、發力率及衝量摘要表 .....	78
表4-16 不同預備站姿旋踢踢擊力量摘要表 .....	70

## 圖 次

圖 1-1 跆拳道不同預備站姿旋踢動作分解圖 .....	6
圖 1-2 跆拳道不同預備站姿旋踢原地站姿分解圖 .....	7
圖 1-3 跆拳道不同預備站姿旋踢跳動站姿分解圖 .....	7
圖 1-4 跆拳道不同預備站姿旋踢下肢關節角度示意圖.....	8
圖 1-5 跆拳道不同預備站姿旋踢動作分期圖 .....	10
圖 3-1 跆拳道不同預備站姿旋踢實驗架構圖 .....	24
圖 3-2 Vicon MX13 <sup>+</sup> 紅外線攝影機 .....	25
圖 3-3 Kistler三維測力板測 .....	25
圖 3-4 Vicon Nexus 同步連結運動學與動力學示意圖 .....	26
圖 3-5 Dae do 電子護胸.....	26
圖 3-6 Dae do 發射器.....	26
圖 3-7 Dae do 接受器.....	27
圖 3-8 Dae do 感應襪套.....	27
圖 3-9 自製踢靶.....	27
圖 3-10 同步器.....	28
圖 3-11 Kistler三維測力板測 .....	28
圖 3-12 跆拳道不同預備站姿旋踢實驗場地配置圖 .....	29
圖 3-13 跆拳道不同預備站姿旋踢實驗流程圖 .....	30
圖 3-14 跆拳道不同預備站姿旋踢反光球黏貼位置圖 .....	31
圖 3-15 跆拳道不同預備站姿旋踢人體資料肢段光點建檔圖 .....	33
圖 3-16 跆拳道不同預備站姿旋踢關節連結肢段圖 .....	34
圖 3-17 跆拳道不同預備站姿旋踢Dae do 電子護具校正公式圖 .....	36
圖 3-18 跆拳道不同預備站姿旋踢肢段座標 .....	38
圖 3-19 跆拳道不同預備站姿旋踢地面反作用力示意圖 .....	39

# 第壹章 緒論

## 第一節 前言

跆拳道 (Taekwondo) 運動起源於韓國，我國於民國56年自韓國引進跆拳道運動，經過四十餘年的努力推展，始得在臺灣蓬勃發展並締造無數佳蹟。在韓國多方努力推展下，於2000年雪梨奧運會正式列為比賽項目。2004年雅典奧運會我國一舉奪下2金1銀輝煌成績，也是我國參於奧運會72年以來首度摘金項目之一，累積至今共獲2金1銀5銅之佳績，顯示我國跆拳道實力在世界各國中佔有舉足輕重之地位。近年跆拳道運動逐漸成為各國奪牌熱門項目之一，更讓我國深刻體認要持續保有我國跆拳道的奪金難度更加困難，因此運動科學研究的介入已勢在必行。

世界跆拳道聯盟 (World Taekwondo Federation, 簡稱WTF)，為求能讓比賽在公平、公正、公開的機制下有客觀的依據，於2008年亞錦賽開始正式實施電子護具的使用，以及不斷的修改競賽規則條文以符合客觀、公正。並將比賽場地修改為10公尺×10公尺 (競賽區8m×8m)，採高得分制，上端攻擊部位更改為3分，轉身攻擊動作中端部位為2分，正面攻擊中端部位為1分 (中華民國跆拳道協會，2010)。跆拳道競賽，選手在踢擊時動作方面千變萬化，動作組合多元。在應新規則實施後，選手攻擊型態由單一重擊的得分動作型態改為連續快速攻擊的得分型態 (念裕祥、張榮三、湯文慈，2006)。林榮培 (2002) 指出各種踢擊動作在短時間踢擊至對方，在雙方的接觸時間內出腳攻擊次數越多，命中目標的機會也相對增加，因此，踢擊速度與跆拳道競技成績密不可分。研究者針對過往跆拳道競賽技術分析文獻中發現，旋踢動作為比賽時主要的攻擊動作之一。邱共鈺 (2007) 更指出攻擊動作中，旋踢動作是各量級選手使用率最高的攻擊技術動作。另外跆拳道在攻擊部位方面依攻擊部位可分為中端與上端攻擊兩種，胡伯綱、秦玉芳 (2009) 研究指出新規則實施後，我國跆拳道選手在攻擊型態上不論在主動、反擊或近身攻擊時，均以中端攻擊得分動作的比率最高，其次是上端攻擊得分動作。由於新規則的實施，將上端部位得分改為3分不僅增加了比賽可看性，相信無形中也提升選手們在場

上的主動攻擊意識，未來上端攻擊將成為首要重點。

綜合以上所述，世界跆拳道聯盟在規則的修改後，競賽區場地縮小是為了使選手能積極主動攻擊，由原本單一動作型態改為主動連續攻擊動作型態。而上端得分的改變下選手在動作選擇上將會以高得分動作為優先策略應對。另外陳俊汕（1995）指出，敏捷性的運動項目，刺激出現到引起動作反應的時間是相當的快速，通常是以毫秒計算。在敏捷性運動項目中，運動員在刺激出現後反應快慢及準確性是競賽獲勝的重要因素。就此而言跆拳道比賽屬於短時間快速攻擊型態的運動項目，在短時間內完成攻擊前準備，在得分上可佔較高得分優勢。因此，為了讓我國跆拳道運動能在國際競賽中保持良好的競爭力，努力研究各種攻擊技術方法外也要針對新規則的改變，預測日後技術發展走向。本研究欲藉由力學儀器分析不同預備站姿旋踢動作進行中、上端攻擊部位之運動學及動力學特性，提供教練及選手在比賽中戰術的運用及訓練教學課程的規劃，已占有極為重要的地位。

## 第二節 研究背景

2000年雪梨奧運會跆拳道列為正式競賽項目後，各國紛紛將跆拳道項目列為奪牌重要項目之一。我國於2000年雪梨奧運會獲得2銀；2004年的雅典奧運一舉奪下2金1銀；2008年北京奧運獲得2銅的之佳績。更顯示了我國跆拳道在國際競賽中奪牌機率較高的項目之一。世界跆拳道聯盟（World Taekwondo Federation, WTF）為增加比賽的可看性，改變競賽規則並實施電子護具的使用，另外在上端攻擊部位變更為3分，主要是激發選手主動攻擊意識，也因為規則的改變比賽的戲劇性逆轉增加，使選手反敗為勝的機會大增，選手不到最後一秒無法確定真正的結果。因此，選手勢必在跆拳道訓練上及比賽戰術的運用有所改變。在跆拳道技術結構中，主要由六種踢擊動作所構成而衍生許多不同踢法及變化，依照不同的情況使用不同踢擊方法，而不同的踢擊所展現的攻擊力亦不相同（秦玉芳，1996），而六種踢擊動作中又以旋踢最具代表性之動作。邱共鈺、姜義村（2009）2009年臺北聽奧跆拳道比賽技術分析研究指出，跆拳道各種踢擊動作，不

論在攻擊率、得分率及成功率方面均以旋踢為主軸。其原因為旋踢在動作速度方面最快、攻擊時間最短、衝量值最大，攻擊腳收腳角度越小力量越大，且後腳速度及力量均大於前腳，在踢擊速度上因膝關節夾腳在加上軀幹旋轉，速度上呈現二段加速模式。另外在攻擊部位又可分為中端攻擊與上端攻擊，根據過往研究我國在跆拳道比賽主要得分動作還是以中端旋踢為主，反觀上端得分踢法，則相對較不受重視。其原因上端攻擊時間長、距離長、難度也較高。而現今新規則得分趨勢，在得分動作型態區隔化後，更加突顯出在比賽中若於關鍵時刻運用上端及轉身動作得分，不僅可先取得高分、提高勝算，亦可反敗為勝（張家豪，2010）。

任何運動在開始動作前皆有其預備動作，而預備姿勢好壞攸關動作開始的連貫性。就跆拳道而言其預備姿勢可分為原地站姿及跳動站姿兩種，按照個人習慣、攻擊部位採取不同的預備姿勢，而好的預備姿勢可提供順暢的踢擊動作。（吳靜怡、王令儀，2011）指出比賽時會因與對手的距離不同而使用不同的預備站姿與步法相互搭配進行踢擊，步法係指移動的方法，若步法不夠靈敏，就算有再好的技術也將無法好好發揮（王智慧，2008）指出有正確的預備姿勢並搭配良好的步法才能在場上佔據較有利的位置及有效的攻防動作。因此，跆拳道比賽屬於短時間快速攻擊型態的競技項目，在比賽過程中要能快速啟動踢擊，其預備姿勢就相當重要。另外身體的活動需仰賴肌肉的收縮才能完成，肌肉可分為隨意肌和不隨意肌兩種，隨意肌的兩端因附於骨骼上並跨越骨節，又稱為骨骼肌。骨骼肌在收縮時可以帶動骨骼活動，在不同組合的肌肉收縮會產生不一樣的運動模式。肌纖維收縮產生力量，通常是經由中樞神經衝動傳達到肌肉纖維，讓肌肉產生收縮。依據肌肉收縮長度的變化情形，可分為等長、向心與離心收縮等三種（蘇志雄、袁慧儀，1996）。在運動中，身體肢段周期性受衝力作用，此刻肌肉首先作離心收縮，然後跟著快速向心收縮，此先離心工作再向心工作的收縮方式，稱為牽張—縮短循環（Stretch—Shortening—Cycle），簡稱SSC（Norman & Komi 1979），劉宇（2000）研究指出SSC之所以能夠使力量增加、產生較大爆發力之生理機制有二：（一）彈性能量的利用：向心收縮之前的牽張將使肌肉產生較大的功，其原因為肌肉牽張所儲存的彈性能量所致。（二）牽張反射：SSC的另一個重要機制為牽張反射，當肌肉被拉長時，啟動

肌纖維中肌梭，藉神經纖維通過脊髓弧（spinal arc）通知運動神經纖維，對該肌纖維進行收縮，以避免肌肉過度拉長。由於此種反射性機制結合肌肉自主性收縮力量，所以能夠產生更大的爆發力。

Asmussen 與 Bonde-peterson (1974) 針對SSC 跳躍動作研究中，結果顯示離心後馬上向心收縮可提高向心力量，小幅度的角位移會產生較高的機械效率，能提高肌力和爆發力。其原因身體肌肉利用了彈性能機制，當肌肉離心時肌纖維承受了負荷，此負荷傳送到彈性組織並且儲存為彈性能，當向心收縮時，彈性組織會將所增加的彈性能來提供所需。所以牽張收縮速度越快偶聯時間越短，肌肉所使用彈性能的能力愈好，產生的力量和完成的能量就愈大 (Asmussen &Bonde-peterson, 1974; Bosco, Viitasalo, Komi & Luhtanen, 1982; Bosco, Tarkka &Komi, 1982b)。因此跆拳道預備姿勢其原理與SSC 跳躍動作相符，離心之後馬上向心收縮可以提高向心力量，小幅度角位移動作會產生較高的機械效率，及提高肌力和爆發力。

過往教練對預備站姿之使用時機的看法並不一致，只能憑教練經驗及選手習慣來進行指導。而過去研究針對跆拳道旋踢踢擊動作皆以原地踢擊作為力學分析，較無法符合比賽實況。其次，對於下肢肌肉而言，具有牽張循環-SSC 的自然機制，對於增進跆拳道踢擊表現意義為何?值得深入探討。因此，本研究針對跆拳道在踢擊前的準備動作，以原地站姿和跳動站姿兩種站姿進行旋踢踢擊動作為研究重點，以更接近實戰狀態的實驗設計來掌握技術特性。由於旋踢踢擊動作速度快，並無法直接用肉眼看出旋踢的踢擊過程，因此本研究透過測力板、紅外線攝影機及比賽中使用之電子護具以科研的方法蒐集和分析探討選手旋踢踢擊動作過程的運動學參數資料，提供選手與教練瞭解據以分析運動技術的優劣，進而尋求最佳的運動技術。

### 第三節 研究目的

本研究旨在透過不同預備站姿（原地站姿及跳動站姿），探討旋踢中端及上端踢擊動作的生物力學參數特徵及差異，研究結果期能做為往後跆拳道教練在動作指導之參考依據。其具體目的如下：

一、比較不同預備站姿中端旋踢踢擊動作力學參數之差異：

二、比較不同預備站姿上端旋踢踢擊動作力學參數之差異：

本研究主要分析參數如下：

一、運動學：反應時間、重心位移、動作時間、下肢各關節角度、角速度、角位移等參數。

二、動力學：發力率、衝量、踢擊力量數值等參數。

### 第四節 研究範圍

本研究受試者為8名男子跆拳道選手，學習跆拳道長達6年以上之選手為受試者，以「原地站姿」和「跳動站姿」為旋踢踢擊前的準備動作，踢擊高度區分為上端及中端兩種高度，受試者雙腳站上測力板，採預備站姿面對自製踢靶並目視LED 訊號燈，當訊號燈亮起時，就直接就地進行旋踢動作，資料蒐集旋踢下蹲期、推蹬期、收腿期、攻擊期及動作時間之運動學和動力學等資料做為本研究之主要研究範圍。

## 第五節 研究限制

- 一、本研究無法在實際比賽中進行研究測試，為取得精確研究資料只能在實驗室進行，可能會與實際對戰時有些許差異。
- 二、本實驗設定踢擊的方向為直線攻擊，無法做出比賽時多種動態踢擊的方向。

## 第六節 名詞解釋及操作性定義

- 一、旋踢（round kick）：身體呈側身前後腳開立，由後腳蹬地向前抬腿沿膝，使小腿收縮呈夾角站姿，再以支撐腳腕關節為軸由後腳跟向前旋轉帶動臀部，並以膝關節為軸使半月弧度彈震帶動腳背向目標踢出如圖1-1。



圖1-1 跆拳道不同預備站姿旋踢動作分解圖



二、原地站姿:為跆拳道選手踢擊前的準備站姿之一，其動作要領為選手以實戰姿勢，同時雙膝微屈的預蹲準備姿勢如圖1-2。

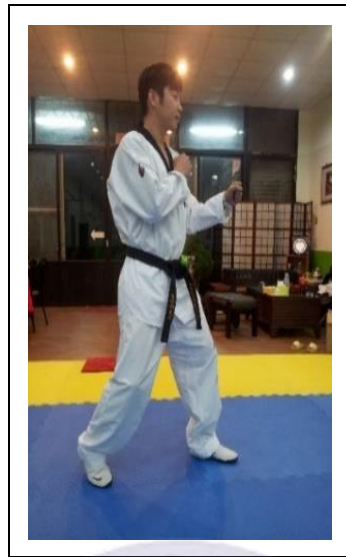


圖1-2 跆拳道不同預備站姿「原地站姿」分解圖

三、跳動站姿:為跆拳道選手踢擊前的準備站姿之一，其動作要領為選手以實戰姿勢，同時雙腳在原地跳動的準備姿勢如圖1-3。



圖1-3 跆拳道不同預備站姿「跳動站姿」分解圖

四、動作時間:個體接受刺激後肌肉收縮完成某動作之全程時間。本研究之動作時間為受試者攻擊腳離開測力板後至踢擊到Dae do護胸之時間。

五、動作位移:動作位移為受試者攻擊腳蹬離測力板瞬間至踢中Dae do 護胸之攻擊腳

移動之軌跡。

六、動作時間：本研究動作時間定義為受試者攻擊腳蹬離測力板後至踢中Dae do 護胸瞬間之時間。

七、踢擊力量：本研究踢擊力量定義為攻擊腳蹬離測力板後踢擊Dae do 護胸，可啟動Dae do 護具接受攻擊力量並將踢擊力量（數值）顯示於電腦，在經校正以線性迴歸公式換算取得實際數值 (N)。

八、角速度：肩軸定義是指左右兩肩之連線，而髖軸則定義為左右兩髖之連線；在軀幹角速度的部分，本研究中主要是以上述兩軸投影在水平面上的角速度來觀察軀幹旋轉情形。

九、下肢各關節角度示意圖：本研究定義攻擊腳下肢髖關節、膝關節及踝關節角度如圖1-4。髖關節角度：軀幹和大腿間的夾角；膝關節角度：大腿和小腿間的夾角；踝關節角度：小腿和腳掌間的夾角。

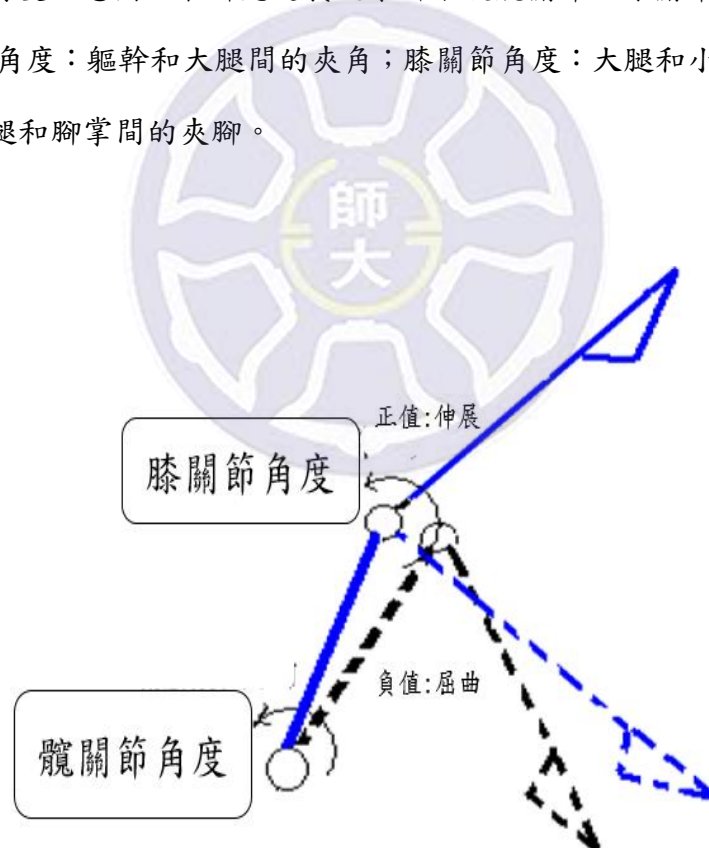


圖1-4 跆拳道不同預備站姿旋踢下肢關節角度示意圖

在本研究的各關節角度定義，在X 軸方向代表在矢狀面的運動，在Y 軸方向表示在額狀面的運動，在Z 軸方向表示在水平面的運動，各關節角度動作定義如下：

1. 髖關節角度（大腿與骨盆間的角度）：正值表示彎屈（flexion），負值表示伸展（extension）。
2. 膝關節角度（大腿與小腿間的角度）：正值表示伸展（extension），負值表示彎屈（flexion）。
3. 踝關節角度（小腿與腳掌間的角度）：正值表示屈足背（dorsiflexion），負值表示屈蹠（plantar flexion）。踝關節X 軸向以站立時直角角度設為0度。

十、發力率：（Rate of Force Development, RFD）—單位時間內力量的變化率，反應力量曲線的斜率變化，RFD 是爆發力的重要指標之一，其公式為  $RFD = (\Delta F / \Delta T)$ 。

十一、衝量（impulse）：力量-時間曲線函數，其公式為  $I = \int F dt$ 。

十二、動作分期：為了有利於旋踢動作的運動學參數的探討及特徵描述，在本研究中將旋踢動作進行階段性劃分，其中包含了下列幾個關鍵時間點，如圖1-5：

- （一）訊號燈亮起至重心最低點，稱為下蹲期E1。
- （二）訊號燈亮起至攻擊腳離開測力板，稱為反應時間E2。
- （三）重心最低點離開測力板瞬間，稱為推蹬期E3。
- （四）攻擊腳離開測力板至攻擊腳屈膝至最小角度，稱為收腿期E4。
- （五）攻擊腳屈膝至最小角度開始增加至擊中Dae do 護胸瞬間，稱為攻擊期E5。
- （六）攻擊腳離開測力板至踢擊中Dae do 護胸瞬間，稱為攻擊動作時間E6。
- （七）攻擊腳離開Dae do護胸至落地瞬間，稱為收腿動作E7。

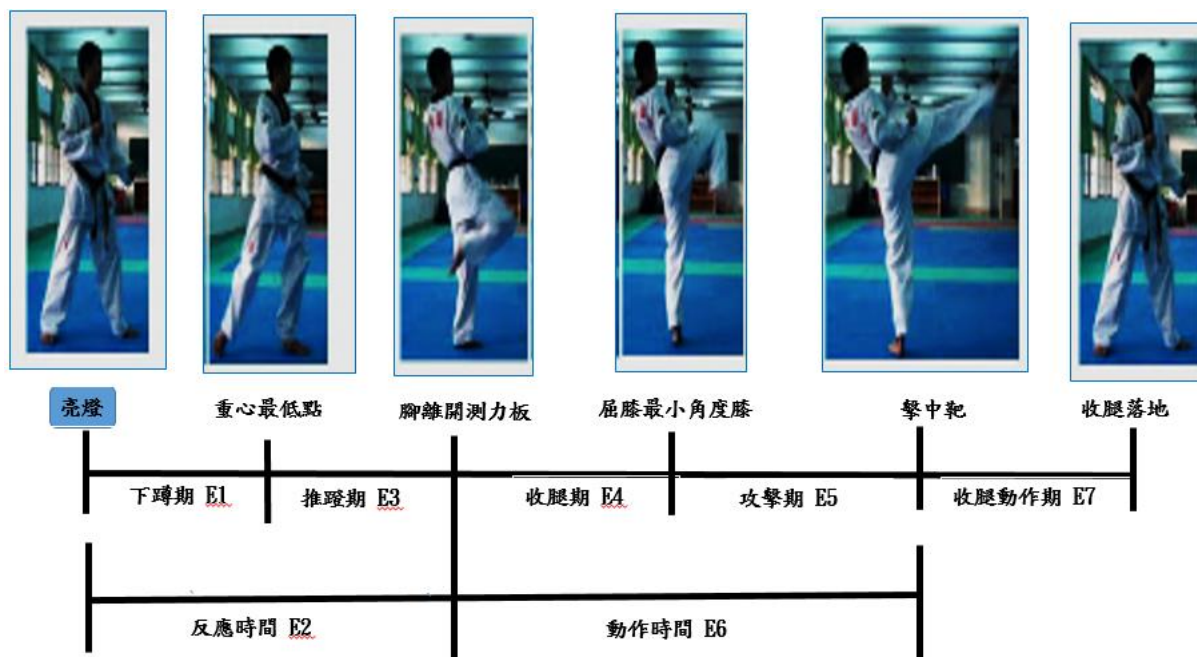


圖1-5 跆拳道不同預備站姿旋踢動作分期界定圖

## 第七節 研究重要性

本研究所得結果之數據，可提供教練及選手在跆拳道訓練教學上參考不同預備站姿之使用時機，並可針對個人預備姿勢的優、缺點加以強化或修正，以提升訓練效果。綜而言之，研究結果可進一步瞭解跆拳道旋踢踢擊動作的生物力學並可發展動作技術與訓練方法。

# 第壹章 文獻探討

任何人體運動都必須遵守力學原理，許多精巧美妙的動作都是經過運動生物力學的仔細推敲，並加以實地分析驗證之後才產生（相子元、何維華、湯文慈、念裕祥，2005）。本章針對跆拳道踢擊相關文獻分為三節，依序對跆拳道旋踢踢擊動作型態之相關研究及跆拳道動作之運動學、動力學研究分析相關文獻進行探討。

## 第一節 跆拳道比賽踢擊動作型態分析研究

2009 年跆拳道比賽開始實施電子護具的使用，跆拳道競賽規則相對改變，選手皆以高得分動作為優先。因此跆拳道選手如果沒有正確而紮實的基本踢擊技術，將會影響踢擊的準確性、速度、力量及控制身體動作等能力。而選手攻擊動作中不論男女最常用的攻擊與得分動作為旋踢，主要的原因是因為旋踢動作有較多變化且速度快力量大（蔡明志，1998）。

An (1983) 曾針對1981~1982年間100名韓國優秀跆拳道選手，在50場重要的賽會中各種踢法的使用次數和得分率進行研究，結果發現：

- (一) 不同攻擊動作出現的次數的高低，順序依序為旋踢、下壓踢、側踢、後旋踢。
- (二) 不同量級得分數的統計發現，得分數最高的量級是蠅量級，而輕量級的得分數均高於重量級。
- (三) 不同攻擊動作得分數的高低，順序依序為旋踢、後踢、下壓踢、後旋踢。

錢紀明、李志文（1994）利用電動計時器針對我國7名跆拳道國家代表隊選手，進行六種攻擊動作（前踢、下壓踢、旋踢、後踢、側踢、後旋踢）測試及分析比較。研究結果發現旋踢的動作速度最快，其餘依序為側踢、前踢、後旋踢，最慢為下壓踢。

蔡明志（1988）探討1997 香港第6屆女子世界跆拳道錦標賽，各量級得牌選手（32人，計148場次），在各類攻擊動作型態及各比賽層級中，運用之攻擊率、得分率及成功率的情形，來瞭解目前世界各量級女子優秀選手技戰術的運用方式與獲勝因素。其結果如下：

- (一) 攻擊率最高，其順序依序為旋踢、後踢、下壓、後旋踢、前踢、側踢、正拳。
- (二) 得分率最高，其順序依序為旋踢、後踢、下壓、後旋踢、前踢、側踢、正拳。
- (三) 成功率最高，其順序依序為旋踢、後踢、下壓、後旋踢、前踢、側踢、正拳。

Kim (1988) 以1988年60名韓國奧運女子跆拳道國家培訓隊選手和64名女子高中培訓隊選手為受試者，利用模擬比賽的方式進行六種跆拳道攻擊動作的使用頻率、得分與成功率記錄分析。結果發現：

- (一) 各類攻擊動作的攻擊率旋踢最高(61.40%)，其餘為下壓、後踢、側踢、和後旋踢。
- (二) 得分率方面旋踢最高(67.89%)，其餘為下壓、前踢、後踢、側踢、和後旋踢。
- (三) 成功率方面則以下壓最高(39.15%)，其餘依序為旋踢、後踢、前踢、側踢、和後旋踢。

洪佳君(2001)針對2000年雪梨奧運女子跆拳道49公斤級以下之選手，將比賽技術動作分為主動攻擊與被動攻擊，區分左右腳進行分析。研究者利用觀察法，在15場比賽中研究發現，主動攻擊以旋踢、滑步旋踢、下壓為主要技術；被動攻擊則以旋踢、後踢、前腳旋踢為主。

宋玉麒(2005)針對2005年東亞運動會男子跆拳道比賽，中華隊、韓國隊及中國隊比賽技術進行分析。研究者以觀察法，將其數據量化分析，針對主動和被動、右腳和左腳及對戰時前腳和後腳所搭配的攻擊及得分次數百分比，以二分法與交叉綜合描述。該研究結果發現：

- (一) 中華隊以主動以右後腳、中國隊以主動左後腳、韓國隊以被動右後腳為主要的得分攻擊型態。
- (二) 韓國隊主動與被動攻擊均衡，中華隊著重主動攻擊，中國隊著重被動攻擊。
- (三) 三隊皆以後腳攻擊為主。該研究最大發現，三隊比賽技術動作均以旋踢為主，中國隊、韓國隊成功率以旋踢最高，中華隊以後踢最高。

邱共鈺、陳淑貞、孟範武、相子元（2005）探討2004年荷蘭公開賽54-58級金牌選手朱木炎，於五場比賽中每回合動作攻擊型態與攻擊數、得分數之分析比較，以瞭解朱木炎選手比賽中使用攻擊技術型態，提供給教練與選手訓練及比賽的參考。研究法利用影帶系統觀察法加以記錄統整，將記錄後的資料進行量化處理分析，並針對每場三回合中主動和被動、右腳和左腳與搭配前腳和後腳的攻擊數、得分數與成功率進行綜合性描述。結果發現：

- （一）在攻擊型態為主動攻擊選手，攻擊腳為後腳。
- （二）主動攻擊時前後腳與左右腳交叉分析，在主、被動以右後腳攻擊數為最高，右前腳最低。
- （三）攻擊動作主要以旋踢、前踩、下壓踢為主。
- （四）得分數以旋踢動作最高、成功率以下壓踢與後踢為最高。

胡博綱（2011）研究跆拳道比賽新規則攻擊動作技術分析，以2009年世界錦標賽男子國家代表隊決選的16位選手為觀察對象，先以錄影紀錄比賽情況後，再請裁判事後針對選手攻擊動作型態進行判定分析。其研究發現如下：

- （一）旋踢攻擊動作仍是比賽中攻擊率、得分率、成功率最高的常用動作，在八個量級中的總得分率佔86.47%，其次為後踢佔6.02%，後依序為下壓4.51%，轉身旋踢佔3.01%，前踩、後旋踢、正拳為0%。
- （二）攻擊率除了旋踢78.47%依舊維持最高外，次為下壓7.67%高於後踢的4.95%，但下壓的成功率卻低於後踢。
- （三）選手攻擊型態之攻擊數、攻擊率的高低依序為中端83.91%、上端8.42%、轉身動作7.67%，其得分率之排序亦為相同。

## 第二節 跆拳道踢擊相關力學原理

近年來運動科學對於跆拳道有許多的研究報告，對跆拳道運動發展有許多的助益，而跆拳道動作所涉及的技术層面雖因不同踢法而有差異，但其共同的變數仍離不開生物力學的範疇，本節以力學原理及理論來瞭解踢擊相關原理。

### 一、關節活動順序原理：

人體各關節肌力強弱隨著肌肉生理橫斷面積的變小逐漸變弱，而人體四肢是由近端到遠端人體活動時近端到遠端所受到不同的阻力矩，因此，人體關節的活動有其順序原理（李良標、呂秋平，1991）。動力鏈（kinetic chain）這個名詞最早的定義源自於機械工程用來分析連桿系統（Linkage system），由Steindler（1955）將此觀念應用在人體活動上，他將人體的每一個肢節視為一連桿，而每一連桿相接處即為關節，且每個連桿相接後成一個鏈狀物，他發現若是末端肢節受到阻力而無法自由移動，其肌肉的徵召與關節的活動方式會與末端肢節可自由活動的狀況有所不同，因此他將連桿系統末端受到一外來阻力而無法自由活動稱為閉鎖動力鏈系統（closed kinetic chain system），而連桿系統末端可自由活動則稱為開放動力鏈系統（open kinetic chain system）。人體在開放性動力鏈過程中肢體的各部位是將動力逐漸傳遞給下一個相連接的肢體，然後先前的肢體隨即進入固定或者是減速的階段讓末端的肢體能發揮先前傳遞的動力。也因此開放式動力鏈肢段移動的序列性正可以用來解釋發揮最大速度的動作。換句話說，如果要發揮肢體末端最大速度，就要讓肢體的序列移動更順利，使得能量在傳遞過程中沒有損耗（鍾祥賜、蕭秀萍，2004）。（柯玉貞，2001）分析國內甲組跆拳道選手之後旋踢動作後指出，受試者攻擊腳的各關節速度最大值分別為：腕關節 $3.32 \pm 0.46 \text{m/sec}$ 、膝關節 $6.12 \pm 0.61 \text{m/sec}$ 、踝關節 $8.98 \pm 0.85 \text{m/sec}$ ，此速度遠端大於近端之現象便為人體動力鏈的順序原理，在此特性下之受試者有較佳的攻擊速度。但並非所有踢擊動作均符合動力鏈原理李政霖、陳志文、黃長福（2006）之跳後踢的研究中，皆指出攻擊腳在踢擊階段，其攻擊腳是不符合動力鏈之理論，以攻擊腳關節線速度顯示，其傳遞時序為腕關節、踝關節至膝關節，由角線速度顯示，其傳遞時序為踝關節、膝關節至腕關節。



二、林建發 (1990) 以功率、衝量-動量等式、槓桿原理、鞭打活動原理以及緩衝動作原理等九個面向來加以說明：

(一) 功率 (power): 功率為單位時間內所完成的功，即  $P = w/t = F \times v$  由此功率的公式可以瞭解，功率為力量與速度的乘積。另外，功率又可以用另一名詞“爆發力”來說明，亦即爆發力為最大力量與最快速度的乘積。一個攻擊的動作要成功而有效，就須具有快速步伐移動與快速的踢腿。而加快移動速度與踢腿速度，就足以使對方無法及時防禦，自然就能掌握攻擊的優勢。

(二) 衝量-動量定律: 衝量=動量等式， $F \Delta t = m \Delta v$ 。力量與速度的有效配合能夠達成有效的攻擊，故如何產生最大力量與最大加速度和兩者因素之配合為研究攻擊爆發力的重要課題。因此欲產生肌肉收縮的最大功率，即產生最大的爆發力，除了對肌肉從事最大肌力的重量訓練之外，還得訓練肌肉收縮的速度；除此之外，還必須練習肌肉收縮用力程度與動作產生的過程以及速度相互間的配合。

(三) 動量不減定律: 有效的攻擊乃是攻擊者的攻擊動作有效地擊中對方身體，所以基本上，攻擊實為兩碰撞物體的研究，依據動量不減定律，及碰撞前動量之和等於碰撞後動量之和。當兩位選手攻擊時發生的撞擊，因為兩者的質量為固定的常數，作用力  $F$  (力道或殺傷力) 的大小就取決於兩者移動的速度與方向，兩者移動速度愈快而且速度的方向相反，因此兩者碰撞的作用時間減少，作用力就增加，攻擊至對手的殺傷力也就很大了。反之，兩者碰撞時的速度慢而且移動方向相同，則兩者碰撞的作用時間就拉長，產生的作用力 (力道或殺傷力) 就減少了。

(四) 槓桿原理: 人體的活動就像是一部複雜的機器，骨骼、肌肉為人體的架構。人類一切身體的運動都是靠肌肉的收縮而活動，肌肉為力量的來源，骨骼為槓桿，關節為支點。整體的活動就是以槓桿原理為基礎，若是以力矩的公式來表示，則為： $M$  (力矩) =  $F$  (力)  $\times$   $l$  (力臂)。

(五) 關節活動順序性原理:跆拳道之攻擊動作正是以槓桿原理來產生力量，就以整個攻擊動作來剖析是從身體軀幹脊柱為中心，一連串的槓桿結合，動作由中心傳出至末梢。傳動的過程由中心大的關節逐漸傳至末端較小的關節，逐漸加速至最大。

(六) 鞭打活動原理:由轉矩等於轉動慣量乘以角加速度，又轉動慣量=質量×半徑的平方。由此可知人體骨骼肢斷就是一個轉動慣量，通常愈接近人體中心的轉動慣量愈大，離中心愈遠的轉動慣量愈小。鞭打活動的原理就像是皮鞭抽動一樣，由肢體較大的關節傳遞至末端較小的關節，整個過程不斷的加速，最後產生最快的瞬間速度(李誠志,1994)。跆拳道之任何攻擊動作都是依此原則來產生最快速的動作。

(七) 擺動動作原理:擺動動作最主要的目的是為了提高或降低身體的重心，人體的重心的位置是隨著肢體的動作及姿勢而產生改變。以跆拳道之攻擊動作來舉例說明:例如，執行下壓的攻擊動作時，屈膝提腳上舉的同時，雙臂上舉以提高自己身體的重心，可以更容易提高踢腳高度，有效地擊中對方的頭部。另外，其他各種踢擊動作，手臂配合踢腳的自然擺動，也是為了調整重心與平衡動作。

(八) 相向動作原理:就跆拳道踢擊動作而言，大部份的動作都是以軀幹為中心軸而旋轉的角運動，不是以順時針方向就是以反時針方向旋轉的運動。為了求取身體的平衡，一個順時針方向的角運動必然有另一反時針方向的角運動與之平衡。例如，一腿右旋踢，髖部隨踢腳方向繞軀幹以逆時針方向旋轉，而肩部以反方向繞軀幹順時針旋轉，同時手臂後擺，這也是為了身體的平衡。如此平衡的動作，對於快速的踢腳以及跳踢的動作更為重要，因為愈快速的動作與騰空的動作，身體是更容易重心不穩，因此平衡動作相形之下更加重要了。

(九) 緩衝動作原理:在抵抗外力的過程中，下肢由伸展狀態轉為屈曲狀態的動作過程稱為下肢的緩衝動作。緩衝動作在跆拳道運動中的作用有:1.減少外力作用:踢腳、跳踢、飛踢以及步伐移位的落地動作，落地的瞬間，肌肉離心收縮以減少地面的反作用力。2.為連續動作技術的重要環節:緩衝動作藉肌肉的離心收縮，迅速收腿、移位時重心的收回以及攻擊後落地的緩衝等。緩衝動作的好壞與下一個動作的連繫是息息相關的，所以它是連續動作的重要環節。3.非代謝能的利用:緩衝動作能夠將動作的動能轉變為位

能（肌肉之張能）、並在後續的動作中轉換為動能。此動能並非由肌肉中能量物質的耗產生的，因此節省了人體的能量消耗。

### 三、牽張縮短循環-SSC:

肌肉的工作型態一般分為等長收縮、離心收縮和向心收縮，但是如此的分類法無法完全代表肌肉的自然工作型態，以跑跳中肌肉受到外力的作用而被拉長，此時肌肉首先做離心收縮，隨即伴隨著向心收縮，這種離心收縮和向心收縮的結合，實際上完成了一種肌肉的自然機制，此種現象常被描述為牽張縮短循環SSC (Komi,1986)。

Asmussen 與 Bonde-peterson (1974) 針對SSC跳躍動作研究中，結果證明離心後馬上向心收縮可以提升向心力量，小幅度的角位移動作會有較高的機械效率，能提升肌力和爆發力。原因是身體的肌肉利用了彈性能機制。當肌肉做離心時肌纖維承受了負荷，此負荷會傳送至彈性組織並且儲存為彈性能，當向心收縮時，彈性組織會傳送所增加的彈性能來提供所需。所以牽張收縮速度越快時，偶聯時間越小，肌肉所用彈性能的能力越好，產生的力量和完成的能量就越大 (Asmussen & Bonde-peterson, 1974; Bosco, Viitasalo, Komi & Luhtanen, 1982; Bosco, Tarkka & Komi, 1982b)。

劉宇 (2000) 探討牽張縮短循環 (SSC) 中的深跳動作 (drop jump DJ) 之運動學、動力學和肌肉工作特徵，以了解兩種不同的牽張幅度的彈性能能力、牽張反射肌電和運動表現。結果顯示：結果表明淺蹲跳法能夠儲存較多的彈性能並能更有效加以利用，激發較多的牽張反射興奮，單位時間內徵召較多的運動單位，對於肌肉可產生較大的刺激，最後產生較大的向心力，這些結果都在在顯示訓練時宜採淺蹲跳法。但另一方面，淺蹲跳法雖然可以產生較大的離心和向心力量，但決定騰空高度的最後關鍵是衝量，力量只是衝量的一個重要因素，不足於決定最後的運動表現。深蹲跳法由於較大的衝量而跳出較高的騰空高度，比賽時的目的是為了求得較佳的運動成績，所以宜回歸自然的深蹲動作。就跆拳道在踢擊動作而言，不論是在原地踢擊或躍起踢擊前，其預備姿勢皆有彈動動作 (counter movement) 有預先牽張 (pre-stretch) 的介入，而後伴隨著向心的收縮的現象發生，因此，跆拳道預備姿勢符合此一原理利用彈性能帶動踢擊表現。

### 第三節 跆拳道旋踢動作之運動學、動力學分析研究

#### 一、旋踢動作運動學相關研究：

周桂名 (1996) 以男女選手在跆拳道四種基本動作 (腳背旋踢、下壓、後踢、旋踢) 對踢擊的反應時間、平均速度進行差異分析比較，結果指出：

- (一) 在四種攻擊動作的反應時間中，以下壓0.422 (sec) 與腳背旋踢0.440 (sec) 較快，而後旋踢0.472 (sec) 與後踢0.492 (sec) 相形之下則較慢。
- (二) 在攻擊的平均速度方面，以腳背旋踢的攻擊速度8.84 (m/sec) 最快，其次為後踢8.36 (m/sec)，在其次為後旋踢7.39 (m/sec)，速度最慢為下壓6.45 (m/sec)，彼此間皆達到顯著差異。

蔡葉榮 (1999) 以省立泰山高中二十名跆拳道男選手為受試對象，針對下壓踢動作之各階段時間、運動學及動力學參數，並探討影響下壓踢動作時間與踢擊速度之生物力學參數，使用Kistler測力系統、PeakPerformance 動作影像分析系統等研究儀器，結果發現攻擊腿之前、後地面作用力越大，動作時間將會越快；攻擊腿的平均合速度為髖關節1.822 m/sec、膝關節5.439 m/sec、踝關節7.454 m/sec、足尖8.810 m/sec；攻擊腿的最大速度為：髖關節2.51 m/sec、膝關節5.95 m/sec、踝關節9.44 m/sec、足尖10.480 m/sec，所有受試者攻擊腿各關節活動順序符合人體動力鏈的順序原理。

柯玉貞 (2000) 針對國內甲組跆拳道選手8名，以 Peak Performace 高速攝影機 (120 Hz) 兩台，對後旋踢進行分析，結果顯示後旋踢攻擊腳的各關節速度最大值依序為髖關節 (0.254±0.038)、膝關節 (0.144±0.032)、踝關節 (0.131±0.084)、足尖(0.096±0.123)，出現順序依次為髖、膝、踝、足尖，這樣的現象是符合動力鏈原理，遠端大於近端，會有較佳的攻擊速度。因此動力鏈原理在跆拳道下肢動作的踢擊是由大腿啟動帶動膝關節、踝關節，導致踝關節末梢速度加快。在每一項運動項目中，其動作的表現需上下肢各關節、肌肉的協調與配合，方能有較佳的表現。

以羅月英、王翔星 (2000) 聲光反應器、加速規、Bio-pack. System，針對六名體育系跆拳道選手的旋踢攻擊動作模式，探討直接旋踢與反擊旋踢動作的速度週期變化進行

運動學分析比較，加速規至於脛骨前緣，測慣用腳全程加速度的週期變化，另一加速規置於踢靶內側結束點，結果：一、直接旋踢的動作開始有一小段正加速度，推論是來自腳蹬地的反作用力，接著是維持等速狀態，在動作全程之80%處產生極大加速度，推論是由於末端轉腰動作帶動下肢技巧所致；二、反擊旋踢動作開始時，因前腳與後腳作相對運動（前腳向後拉，後腳向前提），故未有明顯加速度現象，但隨後身體向後傾小腿迅速向前擺動的相對運動，使增加加速度（動作全程60%處），在動作末端又因轉腰帶動下肢的技巧，故再次產生極大加速度現象。

胡宗祥、陳曉光 (2006) 的研究中亦指出，以13位北京省優秀與非優秀跆拳道運動員，利用紅外線高速攝影系統針對旋踢技術中軀幹運動學之分析，結果發現在旋踢過程中軀幹參與了兩次的轉動，第一次轉動為蹬地提膝階段，第二次轉動則隨著攻擊腿伸展增大其穩定度所為；兩次轉動的總幅度平均為 $76.43^\circ$ ，最大扭轉角速度為 $595.02\text{ }^\circ/\text{s}$ ，第一次扭轉最大角度出現的時間與踝關節點最大速度之間相關係數達顯著 ( $r=-0.77, p<.05$ )，表示扭轉後會加快後續動作的完成，縮短動作完成時間並提高速度；不同水平運動員的軀幹轉動角度與角速度變化雖一致，但優秀運動員軀幹扭轉幅度大、速度快。因此在動作的踢擊中，不管單一或是連續動作，末梢速度、加速度的增加，髖關節都將扮演啟動動力鏈的重要樞紐，以利縮短攻擊時間，進而達到快速的踢擊能力。

王翔星、李文娟、相子元 (2007) 自行設計一速度偵測器 (Velocity monitor system) 並配合全身反應器 (Whole body reaction system) 等運科儀器，比較不同量級跆拳道選手旋踢踢擊反應時間、動作速度及踢擊末端速度之差異。以22名國立體育學院男子跆拳道選手為受試者，並將受試者依體重區分為輕量級組、中量級組及重量級組。研究結果顯示：在旋踢動作速度的部分，輕量級選手的旋踢速度 ( $8.32\text{ m/sec} \pm 0.72$ ) 顯著優於中、重量級選手，但中量級選手旋踢速度 ( $7.55\text{ m/sec} \pm 0.46$ ) 並無顯著優於重量級選手 ( $6.90\text{ m/sec} \pm 0.60$ )，至於末端踢擊速度輕量級選手雖未顯著快於中、重量級選手，但比較動作速度與末端踢擊速度卻發現，輕量級選手末端踢擊速度相較於動作速度只衰退7.93%，中量級衰退12.5%，重量級選手甚至衰退20.28%，在開放式動力鏈的動作中，末端速度

的衰退與執行動作的目的有關，若執行動作的目的是速度（如羽球的殺球），將可展現較快動作的末端速度，但若執行動作的目的是重負荷的（如舉重），末端速度則呈現減速現象，因此，推論在跆拳道比賽中，由於輕量級選手習慣於賽場中展現突襲的攻擊模式或快速的纏鬥踢擊（湯惠雯，2001），也因此專項練習時著重於快速踢擊訓練，推論此長期快速踢擊的訓練，為輕量級能夠發揮較快動作速度之原因，而重量級選手習慣以重擊方式取分，因此獲得大力量的旋踢踢擊技巧，相對降低旋踢動作速度的發揮，也可能是末端速度衰減的重要因素之一。

鍾壁年、陳福進、黃世傑、劉佳鎮、陳太正（2008）利用兩部JVC9800攝影機與SiliconCoach動作分析軟體，以曾憶萱選手為對象，探討慣用邊與非慣用邊之旋踢運動學參數，結果發現攻擊腳由離地瞬間至膝關節完全伸展踢擊到踢靶，並非只有速度直線上升，在踝關節上會出現三段加速之模式，且踝關節速度受膝關節速度、膝關節夾腳及軀幹轉動速度影響，並符合鞭打原理。



## 二、旋踢動作動力學相關研究：

周桂明 (1996) 利用聲光反應器、加速規、磁帶記錄器、資料擷取分析系統、踢靶，針對男女共19位跆拳道選手進行旋踢、後踢、下壓踢、後旋踢等四個動作，研究結果指出：平均力量為旋踢596kgw、後踢520kgw、下壓踢257kgw、後旋踢520kgw。

林仁彬、江界山、向淑慧 (1997) 透過FSCAN 鞋底測力器，分析跆拳道左、右腳原地側踢攻擊和左、右腳滑步側踢攻擊，四種動作之攻擊力量的大小，結果發現：原地左腳側踢顯著小於原地右腳側踢與滑步右腳側踢；滑步右腳側踢力量最大，依序為滑步左腳側踢和原地右腳側踢，原地左腳側踢力量最小。

張榮三、相子元 (1997) 分析旋踢動作在一般和屈膝兩種踢法時，其反應、動作、末端時間及踢擊力量差異，使用聲光反應器、張力計及角度計針對12名體院選手作測試，結果發現在反應及動作時間上無差異，但攻擊力量為182.83nt及216.90nt，與踢擊過程中三個角度（動作前角度、踢中靶角度、回收角度）有顯著負相關，表示收腿與踢中靶的角度及動作完成之膝關節回收角度越小時，則產生越大的力量。

Concel 等 (1998) 以類似足底壓力器之壓電片黏貼於踢靶上，進行前踢、旋踢、後踢動作之力量分析，結果顯示旋踢力量值最大高達470kgw。

李政霖、秦玉芳 (2004) 研究主要是比較分析男子跆拳道前四量級選手之後腳攻擊動作中的後腳旋踢、反擊旋踢與前腳攻擊動作中之前腳旋踢及；骨步旋踢的表現差異。結果顯示：在相對力量和相對爆發力上，兩者皆顯示後腳旋踢和反擊旋踢明顯大於前腳旋踢和滑步旋踢 ( $p < .05$ )。

根據牛頓第二運動定律：衝量等於動量的變化 ( $Ft = MV_2 - MV_1$ )，所以腳作用地面所產生的衝量大小將影響到起腳的速度和動作時間。Tsai 等人 (2005) 分析八位體院跆拳道選手前腳下壓踢的地面反作用力，結果顯示垂直地面反作用力和衝量分別為0.96B W和77.57N-s，經作者的進一步指出，若要縮短下壓踢擺動時間，必須增加下肢末端的動力和彈力。

Lee 等人 (2005) 以六名有世界比賽經驗的跆拳道選手，利用Biovision加速規測量兩種前腳旋踢（前腳旋踢、滑步旋踢）及後腳旋踢（後腳直接旋踢、反擊旋踢）之力量，

結果顯示後腳之踢擊力量顯著大於前腳。

洪彰岑 (2006) 利用F-scan鞋底測力系統及運動影像分析系統，探討對反擊跳後踢影響動作時間及攻擊力量的因素進行探討。結果發現:一、後踢在踢擊過程中應減少身體軀幹前傾並盡量將兩腿夾緊，以縮短動作時間進而提高踢擊力量。二、重心速度最大值出現的時間應盡量接近攻擊瞬間，以獲得較大攻擊力量。

#### 第四節 文獻總結

綜合以上文獻探討可以發現跆拳道踢其共同的變數仍離不開生物力學的範疇，在所有攻擊動作中旋踢踢擊仍是選手最常使用之動作之一，其原因旋踢踢擊速度快、攻擊力量大、變化多等特性，不管再主動攻擊方面或是被動攻擊方面都能有較佳踢擊表現，另外在踢擊或躍起踢擊前，其下肢皆會有彈動動作的現象發生，所產生的彈性動作符合牽張縮短循環-(SSC) 在踢擊過程中可形成較大衝量的累積，而有較大的動量改變，因此，針對不同預備姿勢型態做深入的了解已刻不容緩，並以旋踢動作做分析，期能對動作有更詳盡的了解，以作為教練及選手在訓練與技術應用上的重要依據。



## 第參章 研究方法與步驟

本研究旨在探討跆拳道選手以「原地站姿」和「跳動站姿」兩種預備站姿進行中端及上端旋踢動作的生物力學特徵及差異，根據研究目的將研究方法與步驟分為：第一節、研究對象；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗設計；第四節、實驗儀器與設備；第五節、實驗場地配置圖；第六節、實驗步驟與流程；第七節、資料處理與統計分析。

### 第一節 研究對象

本研究是以八名男子跆拳道隊一至三量級選手為受試對象，接受專項訓練時間至少達六年以上，目前身心狀況良好，且均已熟練以原地站姿及跳動站姿來進行旋踢動作。研究者向受試者說明研究計畫主題及實驗方法與流程後，徵得受試者同意並於同意書上簽名後，即正式成為本研究受試對象。受試者基本資料如表3-1 所示。

表3-1 跆拳道不同預備站姿旋踢受試者基本資料

受試者	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)	專項訓練 (年)	最佳成就
A	22	172	72	10	全中運第三名
B	24	174	67	12	全大運第一名
C	18	180	70	6	總統盃第三名
D	23	170	62	9	全大運第四名
E	21	169	56	11	大運會第三名
F	21	170	53	10	國際武藝公開賽第三名
G	19	170	62	12	世錦賽第三名
H	18	187	70	8	全國亞洲盃青少年選拔第一名
平均值	20.75±2.1	174±5.9	64±6.5	9.75±1.9	

## 第二節 實驗時間與地點

本研究進行之實驗時間與地點如下：

- 一、預備實驗時間：民國 104 年 2 月 6-8 日。
- 二、正式實驗時間：民國 104 年 2 月 13-15 日。
- 三、實驗地點：台灣師範大學體育系運動生物力學實驗室。

## 第三節 實驗設計

本實驗自變項分別為不同預備站姿（原地站姿、跳動站姿）與不同踢擊高度（中端：全體受試者以原地站姿站立時，軀幹中心點距離地面高度的平均值；上端：全體受試者以原地站立時，下巴下緣距離地面高度的平均值）。依變項分別為運動學：重心位移與速度、軀幹角速度、下肢各關節角度、角位移、角速度、各階段動作時間；動力學：地面反作用力、踢靶平均力量、衝量、發力率。本實驗設計架構圖如圖3-1 所示：

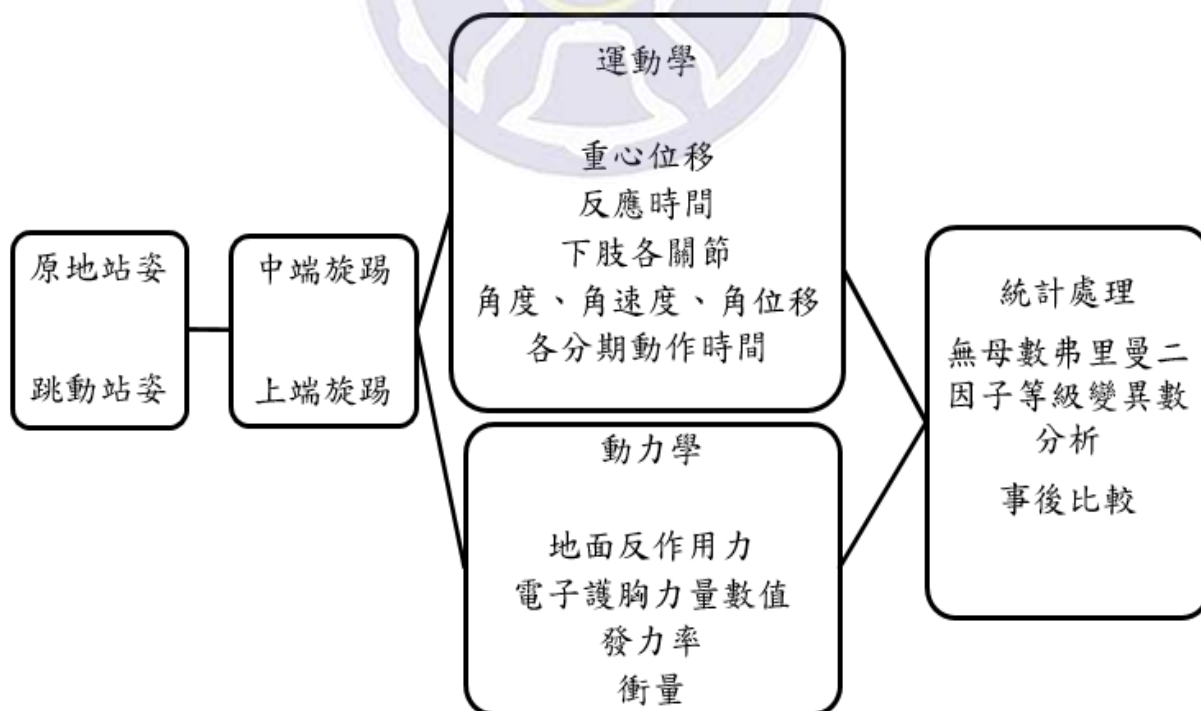


圖3-1 跆拳道不同預備站姿旋踢實驗架構圖

#### 第四節 實驗儀器與設備

本研究所採用的實驗方法中使用的儀器與設備，可區分為運動學測量與動力學測量兩大部分。

##### 一、使用儀器簡介：

(一) 運動學測量部分：10架高解析度紅外線攝影機 (Vicon MX-13<sup>+</sup>) 200Hz。如圖3-2



圖3-2 Vicon MX-13<sup>+</sup> 紅外線攝影機

(二) 動力學測量部分：三維測力板2塊 (小塊 Kistler 9821, 60 cm × 40 cm) 1000 Hz  
如圖3-3。

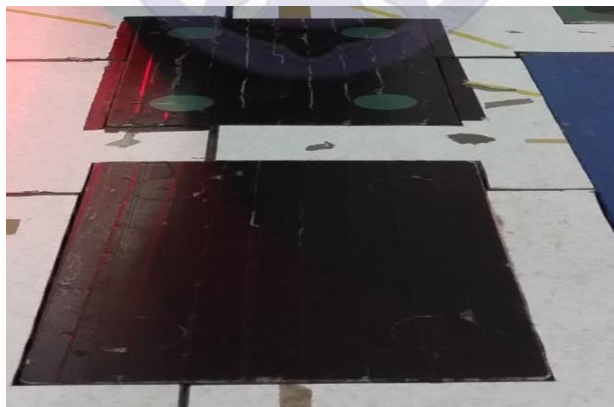


圖3-3 Kistler三維測力板測

(三) Vicon Nexus1.7軟體同步連結:開啟軟體設定鍵 (Setup) 設定連結Vicon MX-13+ 攝影機與Kistler 測力板類比 (Analog) 訊號輸入圖3-4, 並將測力板與動作影像之三軸合成為一。

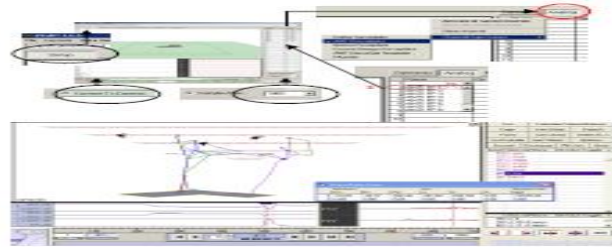


圖3-4 Vicon Nexus1.7 同步連結運動學與動力學示意圖

(四) Dae do電子護胸: 本次研究以全新Dae do 護胸已經過原廠檢測無誤之護胸, 整件護胸皆為感應面, 打擊感應面並由電腦顯示踢擊護胸承受壓力值之數據 (數值) 做為踢擊力量代表值, 接觸面積感應器連結感應襪上之感應器圖3-5 Dae do 電子護胸。



圖3-5 Dae do 電子護胸

(五) Dae do發射器: 裝置於電子護胸內做連結用, 接收護胸上感應器之資訊, 計算打擊程度及辨認有效之攻擊圖3-6 Dae do 發射器。



圖3-6 Dae do 發射器

(六) Dae do接收器：接收器連結在電腦上用於接收電子護胸內之發射器及裁判計分控制器-100%無線電軟體操作及設定簡單，最低程度之有效點（電源開始）可以從1~100開始設定，所以任何種類皆可以此系統圖3-7 Dae do 接受器。



圖3-7 Dae do 接受器

(七) Dae do 感應襪套：本次研究以全新 Dae do 感應襪套，內建有感應器，此作用乃是當攻擊腳接近攻擊目標時，則能產生感應作用（不受絕緣體阻隔）；而當感應作用出現時，方能啟動護具接受攻擊力量之（數值）圖 3-8 感應襪套。



圖3-8 Dae do 感應襪套

(八) 自製踢靶：圖3-9。



圖3-9 自製踢靶

(九)同步器:主要連接LED 訊號燈,當受試者以預備姿站立於測力板後按下紅色按鈕,此時燈源訊號同步亮起即開始踢擊。圖3-10同步器

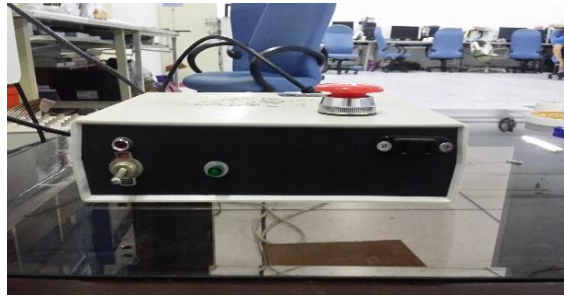


圖3-10 同步器

二、 各測量系統分別詳述如下：

(一) 動作分析系統:利用10架Vicon MX-13<sup>+</sup> 高解析度紅外線攝影機200Hz,對受試者踢擊動作進行拍攝並擷取反光球的訊號。由三維動作分析系統之Vicon Nexus1.7 軟體擷取受試者身上之反光球參數數值,再由Workstation 軟體進行光球命名。

(二) Kistler 測力系統測力板:利用Kistler 三維測力板測小塊2塊1000 Hz其地面反作力,由Vicon Nexus1.7 軟體擷取力板資料再由Excel來計算動力學資料。圖3-11



圖3-11 跆拳道不同預備站姿旋踢實驗場地與動作實景圖

(三)力量量測系統:為了直接量測出旋踢動作的攻擊效果，本力量量測系統使用Dae do護胸及感應襪套內建有感應器，此作用乃是當攻擊腳攻擊目標時，則能產生感應作用（不受絕緣體阻隔）；而當感應作用出現時，方能啟動護具接受攻擊所承受之壓力值，並將踢擊力量數值顯示於電腦。

## 第五節 實驗場地配置圖

一、實驗場地配置圖:圖3-12

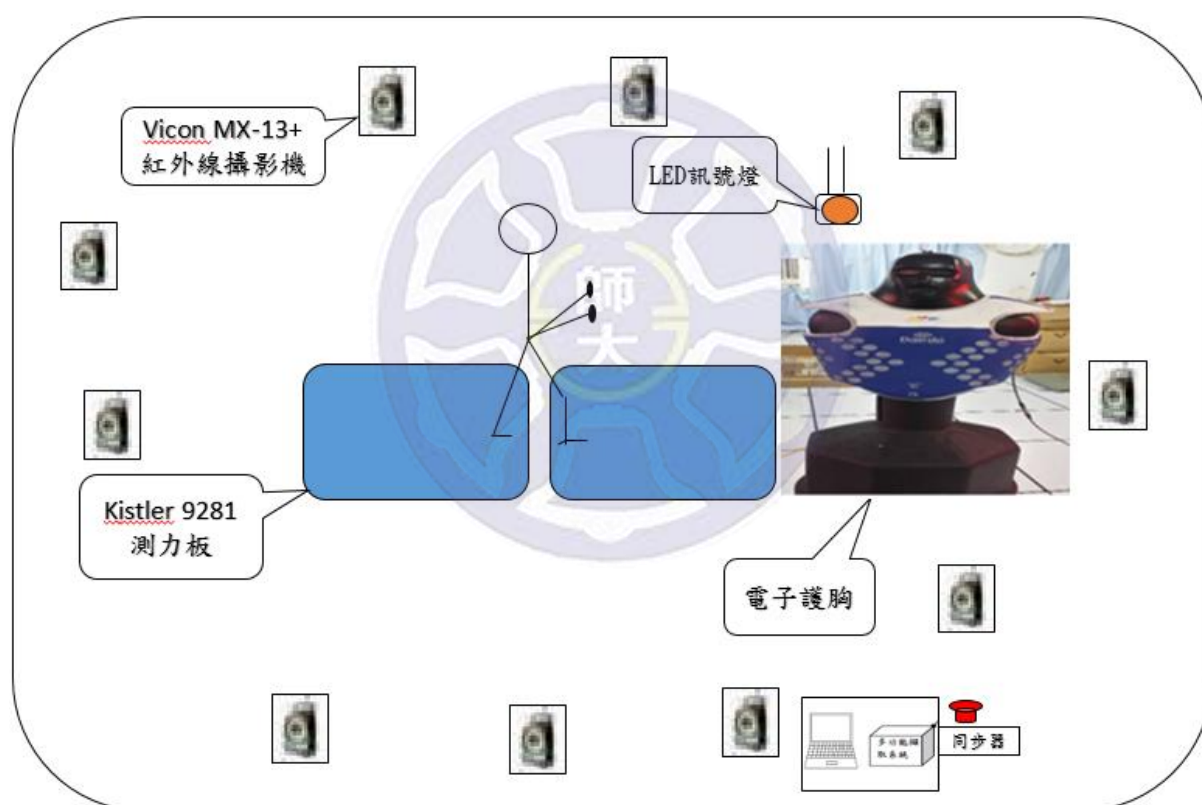


圖3-12 跆拳道不同預備站姿旋踢實驗場地配置圖

## 第六節 實驗步驟與流程

本實驗挑選的受試者均是目前國內跆拳道現役選手，均已具備良好的踢擊手準，且已熟悉本實驗的動作要求，本研究實驗步驟如圖3-13。

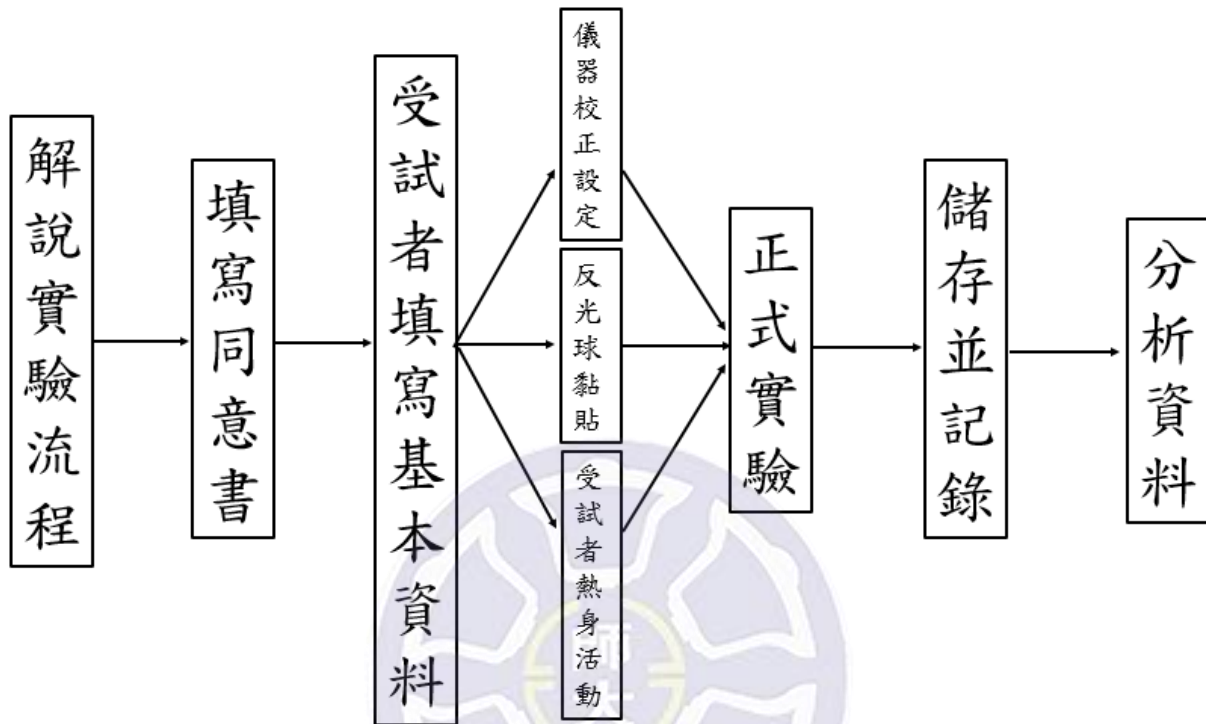


圖3-13 跆拳道不同預備站姿旋踢實驗流程圖



### 一、受試者熱身活動：

依照受試者平常在訓練前所做的熱身活動，包括慢跑、伸展操及踢擊動作。

### 二、光球黏貼位置：

本實驗以10部Vicon MX-13<sup>+</sup> 紅外線攝影機、靜態L-frame 參考架定義空間座標、動態參考架定義空間座標、動態T 型校正棒、Vicon Nexus 1.7 版軟體、Visual 3D 動作擷取軟體、身上各部位黏貼反光球共計51顆，如圖3-14。

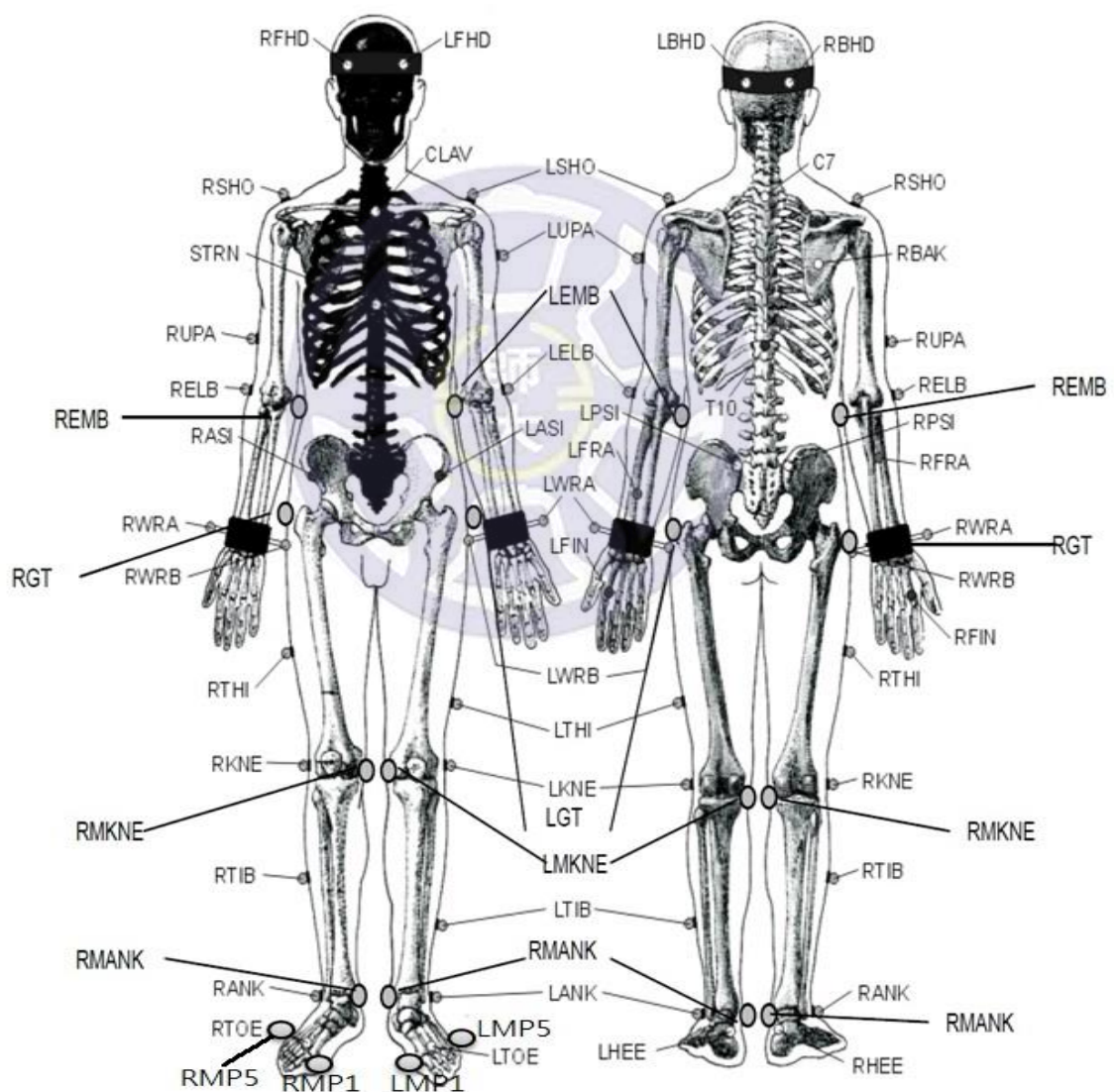


圖3-14 跆拳道不同預備站姿旋踢反光球黏貼位置圖

表 3-2 跆拳道不同預備站姿旋踢反光球黏貼位置表

代號	位置	代號	位置
LFHD	額頭左前	LASI	髌骨左前方
RFHD	額頭右前	RASI	髌骨右前方
LBHD	頭後左側	LPSI	左髂後上棘
RBHD	頭後右側	RPSI	右髂後上棘
C7	頸椎第七節	T10	胸椎第十節
CLAV	鎖骨	STRN	胸骨
RBAK	右肩胛骨中段	RSHO	右肩鎖關節
LSHO	左肩鎖關節	RUPA	右肱骨外側下部 1/3 處
LUPA	左肱骨外側上部 1/3 處	RELB	右手肘外側上髁
LELB	左手肘外側上髁	RMELB	右手肘內側上髁
LMELB	左手肘內側上髁	RFRA	右手前臂上部 1/3 處
LFRA	左手前臂下部 1/3 處	RWRA	右手腕橈骨莖狀突外側
LWRA	左手腕橈骨莖狀突外側	RWRB	右手腕尺骨莖狀突外側
LWRB	左手腕尺骨莖狀突外側	RFIN	右手食指第三節骨基部
LFIN	左手食指第三節骨基部	RGT	右腿大轉子
LGT	左腿大轉子	RTHI	右大腿外側上部 1/3 處
LTHI	左大腿外側下部 1/3 處	RKNE	右膝股骨外側
LKNE	左膝股骨外側	PMANK	右膝股骨內側
LMKNE	左膝股骨內側	RTIB	右小腿外側上部 1/3 處
LTIB	左小腿外側下部 1/3 處	RANK	右踝腓骨外側
LANK	左踝腓骨外側	RMANK	右踝脛骨內側
LMANK	左踝脛骨內側	RHEE	右腳腳後跟
LHEE	左腳腳後跟	RTOE	右腳趾頭
LTOE	左腳趾頭	RMP1	右腳拇趾長趾關節
LMP1	左腳拇趾長趾關節	RMP5	右腳小趾掌趾關節
LMP5	左腳小趾掌趾關節		

### 三、儀器校正與測試流程：

- (一) 測試前之測力板校正 (Kistler) 測力板經移動後不是原廠三軸設定方向，所以改變測力板記事簿中的矩陣程式，使測力板與攝影L 座標尺同軸向。
- (二) 測試前之攝影環境校正Kistler 測力板三軸與攝影之光點座標尺相同軸，進行3D 空間之靜態校正，再以T 型光點刷進行10台攝影機攝影範圍之壘堆區的動態校正，以測試預期動作（光點移動）的攫取效果。
- (三) 事前建立動作檔受試者貼光點的名稱，然後讓受測者貼光點進入攝影環境，以大字形 (T-pose) 站姿，接受攫取圖3-15。



圖3-15 跆拳道不同預備站姿旋踢人體肢段光點建檔圖

(四) 動作檔的完善與即時肢段圖的處理T-pose 的光點經過軟體之確認後，給予點的連線編輯，以及設定點與點相互自動追蹤的連結特色後，產生隨後動作攫取關節點連結成肢段圖，圖3-16。

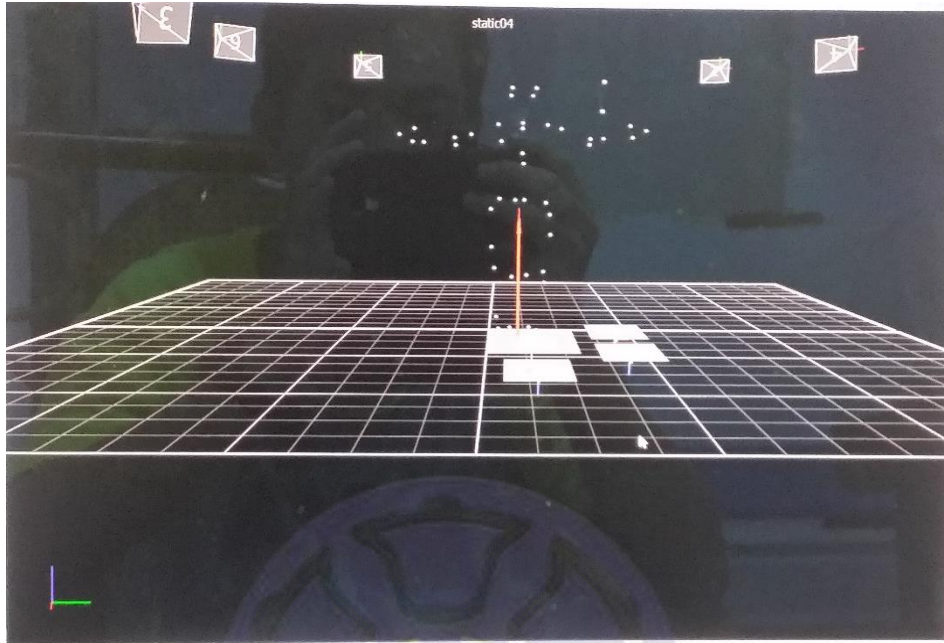


圖3-16 跆拳道不同預備站姿旋踢關節點連結成肢段圖

(五) Dae do電子護胸校正:表3-3為跆拳道Dae do 電子護胸組別、級別與力量一覽表。本次研究是透過Dae do 電子護胸進行力量量測分析，因此進行電子護胸校正，所實用校正儀器為 (Kistler 9281) 測力板取樣頻率設定200Hz；其測量分別為 (Kistler 9281) 測力板和Dae do 護胸及感應襪套內建有感應器，此作用乃是當攻擊目標時，則能產生感應作用 (不受絕緣體阻隔)；而當感應作用出現時，方能啟動護具接受攻擊所承受之壓力值，並將攻擊力量數值顯示於電腦。校正步驟流程先將電子護胸平放於 (Kistler 9281) 測力板上，受試者先行穿戴電子感應套襪以掌擊方式垂直攻擊電子護胸並測試45次，擷取電子護胸數值及 (Kistler 9281) 測力板資料，以線性迴歸方式進行分析比較，如表3-4 校正所得資料經由Excel 軟體求得校對公式。

圖3-17 跆拳道不同預備站姿旋踢電子護具校正公式圖。

表 3-3 跆拳道 Dae do 電子護胸組別、級別與力量一覽表

組別		男子組						
級別名稱	鰭量級	繩量級	雛量級	羽量級	輕量級	中乙級	中量級	重量級
重量	54	54~58	58~63	63~68	68~74	74~80	80~87	87
	kg↓	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg↑
護具尺寸	# 2	# 2	# 3	# 3	# 3	# 4	# 4	# 4
力量指數	20	22	29	30	31	34	35	36
組別		女子組						
級別名稱	鰭量級	繩量級	雛量級	羽量級	輕量級	中乙級	中量級	重量級
重量	46	46~49	49~53	53~57	57~62	62~67	67~73	73
	kg ↓	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg ↑
護具尺寸	# 1	# 2	# 2	# 2	# 3	# 3	# 3	# 4
力量指數	16	20	20	22	26	28	30	31

表 3-4 跆拳道不同預備站姿旋踢 Dae do 電子護胸校正數據一覽表

電子護具校正數據								
項次	電子護具指數	測力板數值(N)	項次	電子護具指數	測力板數值(N)	項次	電子護具指數	測力板數值(N)
1	24	2517.4	16	34	3516.4	31	42	4567
2	26	2774	17	42	4504.2	32	46	4839
3	18	2076	18	32	3503.8	33	48	5266.4
4	22	2387.2	19	40	4332.8	34	48	5255.2
5	30	3182.2	20	40	4394.2	35	34	3696.4
6	22	2309.4	21	36	3802.8	36	48	5032.6
7	30	3236.2	22	40	4232.6	37	56	6064.6
8	18	2134	23	46	5008.6	38	32	3482.8
9	22	2488	24	36	3900.2	39	32	3485.6
10	28	2981.2	25	40	4351.6	40	44	4776.6
11	36	3937.4	26	40	4338.6	41	30	3336.4
12	26	2748.8	27	36	3883.2	42	56	6038.8
13	26	2790.2	28	46	4926.8	43	52	5466.6
14	24	2621.4	29	32	3581.2	44	50	5366.6
15	30	3233.2	30	32	3437	45	54	5879.8

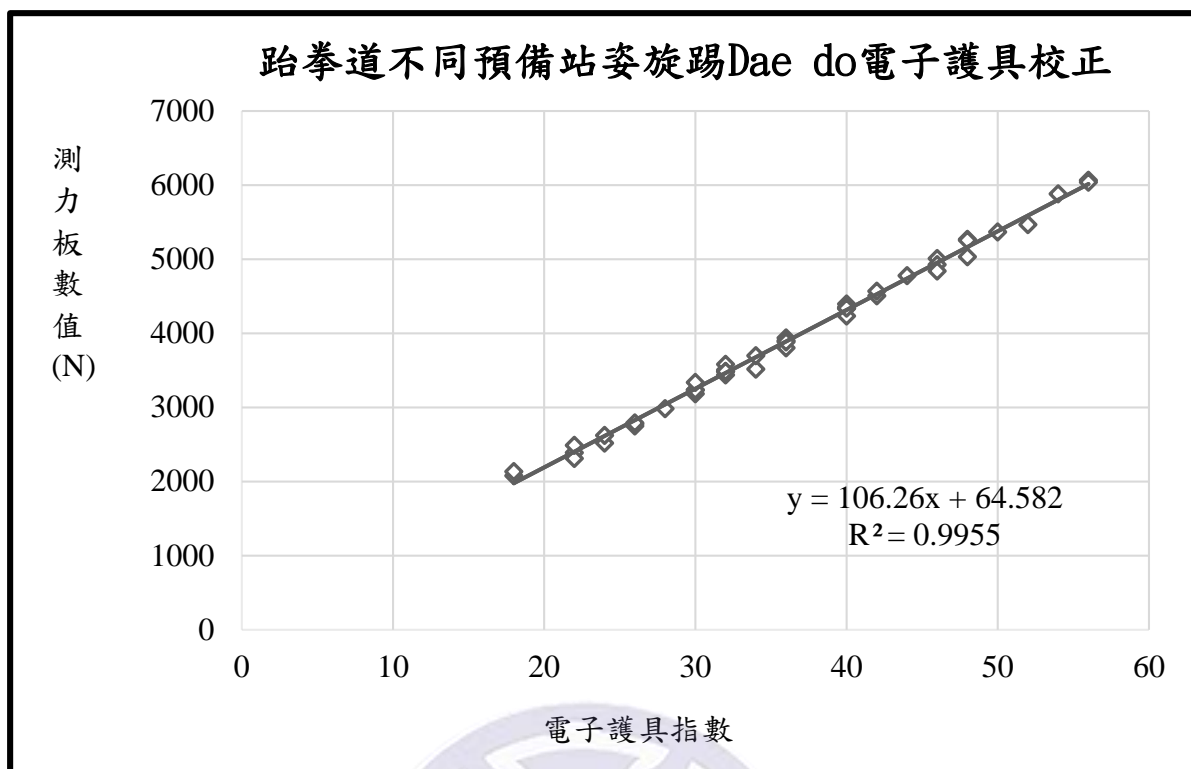


圖3-17 跆拳道不同預備站姿旋踢Dae do 電子護具校正公式圖



#### 四、正式實驗：

- (一)本實驗使用10台紅外線攝影機，要求受試者身著黑色萊卡布料緊身褲，腳上穿戴Dae do 電子感應襪套、並於受試者身上貼上白色反光球。為避免因實驗設計之次序先後而產生的實驗誤差，依平衡次序 (counterbalances order) 方式進行測試，動作變異方面，為減少動作的變異性，所以在受試者的挑選方面，則選擇技術水準較高的選手從事實驗。
- (二)請受試者以預備站姿雙腳分別站於2塊測力板上面對自製踢靶，目視電子訊號燈，當LED 訊號燈亮起時就直接就地進行旋踢動作踢擊動作，當受試者的攻擊腳踢中電子護胸出現得分數據，才能視為有效動作踢擊動作。踢擊動作完成後需回復至原來預備姿勢才能離開測力板。



## 第七節 資料處理與統計分析

### 一、 運動學資料處理：

(一) 將實驗場地有可能使用到的範圍用反光球標示圍起來，並調整10架Vicon MX-13<sup>+</sup> 紅外線攝影機之鏡頭，使每個鏡頭皆可完全照到欲實驗之範圍，並設定其採樣 頻率200Hz。利用L-frame參考架進行靜態紅外線攝影機校正，再揮動T-wand 校正棒將受試者所運動的空間完全掃過，進行動態校正，並利用Nexus 軟體擷取校正資料。

(二) 實驗結束後收集Vicon MX-13<sup>+</sup> 紅外線攝影機的反光球資料，經由Nexus1.7 版軟體進行補點及修勻後，輸出C3D 檔至C-motion的Visual 3D 軟體，輸入參與者身高、體重及肢段參數以建立模型，如圖3-18。身體肢段的建立是運用關節兩側所貼的反光球算出關節中心，近端關節加上遠端關節決定肢段，而座標系統是利用相同肢段的近、遠端（靠近人體軀幹的視為近端，反之遠端）關節中心連線得到長軸 (Z)，並取其單位向量為 $\hat{z}$ ；關節兩側反光球連線與 $\hat{z}$ 外積決定Y軸方向，並取其單位向量為 $\hat{y}$ ；X軸方向之單位向量 $\hat{x}$ 由 $\hat{z}$ 與 $\hat{y}$ 外積決定。

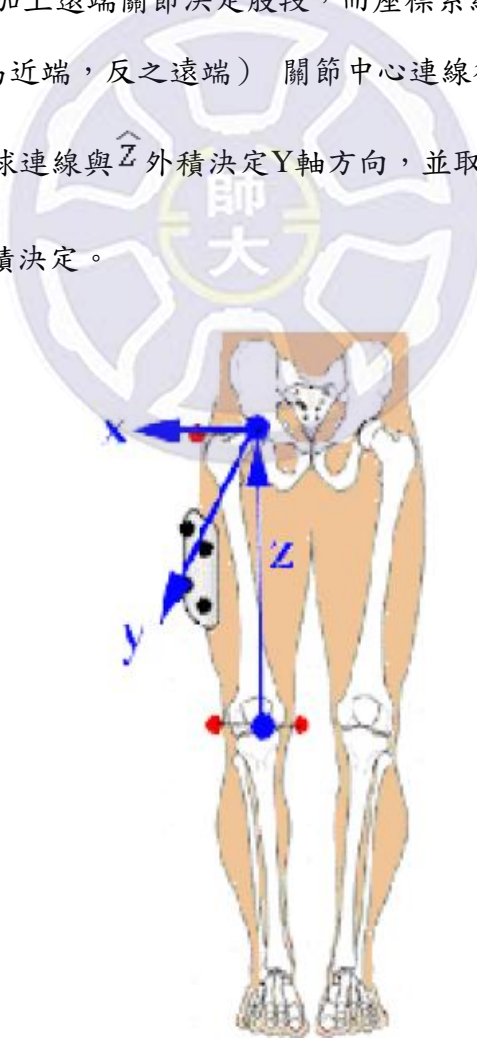


圖3-18 跆拳道不同預備站姿旋踢肢段座標



待全身肢段建立完成，便以完成靜態姿勢的設定，可輸入動態的試作，利用軟體中尤拉角公式計算出下肢關節的角度、角速度。關節角度定義為遠端肢段（下以遠端表示）相對於近端參考肢段（下以近端表示）的旋轉，因此髌關節角度由大腿（遠端）相對於軀幹（近端）旋轉、膝關節角度為踝（遠端）相對於小腿（近端）的旋轉以及踝關節角度為腳掌（遠端）相對於小腿（近端）所決定。關節角速度定義為遠端肢段相對應近端肢段的關節之間的向量，髌、膝、踝三關節角速度定義與上述角度相同。

## 二、動力學資料處理：

（一）檢查測力板是否平穩，並設定採樣頻率（1000Hz）。實驗進行前，並於軟體上進行歸零校正，確保資料的正確性。

（二）由測力板所測得的地面反作用力資料，將使用軟體，進行擷取Vicon Nexus 1.7軟體，並取得（X）水平、（Y）左右與垂直（Z）方向之地面反作用力值以及壓力中心，進行各項動力學資料的運算。

（三）動力學各參數計算方法：

將三維測力板所測得在踢擊動作中，三軸地面反作用力（ $F_x$ ：人體前後軸之地面反作用力； $F_y$ ：人體左右軸之地面反作用力； $F_z$ ：人體縱軸之地面反作用力）的資料匯出至Excel檔，動力學計算方式如下，圖3-19。

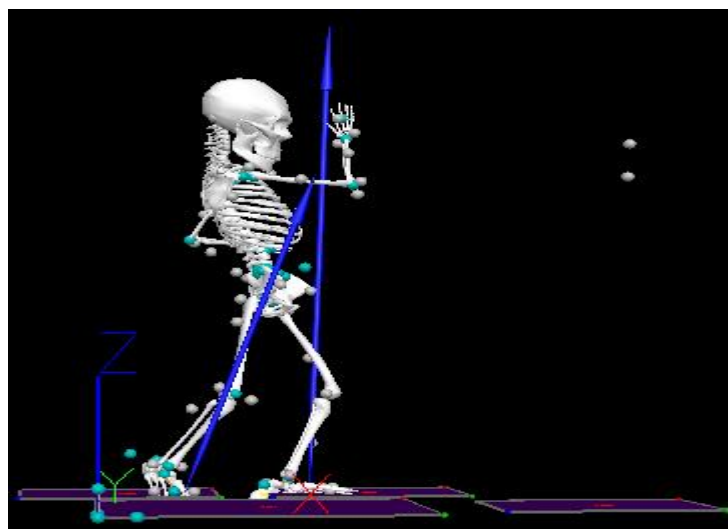


圖3-19 跆拳道不同預備站姿旋踢地面反作用力示意圖

1. 發力率 (Rate of Force Development ; RFD) :單位時間內力量的變化率，反應力量曲線的斜率變化，RFD 是爆發力的重要指標之一，其公式為：

$$RFD = \frac{\Delta F (N)}{\Delta t (s)}。$$

2. 根據動量-衝量定理:其公式為：

$$Ft = MV_2 - MV_1$$

3. 最大發力率:快速肌力指數 (Speed Strength Index ;SSI) 指與產生的時間所成的比例，公式為：

$$SSI = \frac{F_{\max} (N)}{t_{\max} - t_0 (s)}。$$

4. 蹬伸期地面反作用力最大峰值:當膝關節最低點轉而向上蹬伸至離地瞬間期間，地面反作用力-時間曲線上出現最大數值，此數值稱為蹬伸期地面反作用力最大峰值。

三、 資料選取與統計分析：

(一) 實驗時每位受試者進行「原地站姿」與「跳動站姿」各三次中、上端踢擊動作，由於跆拳道是講求踢擊速度，故在資料的選取上，本研究選取其「原地站姿」與「跳動站姿」踢擊過程中動作時間最快的一次來進行分析。

(二) 本研究資料統計分析採用無母數弗里曼二因子等級變異數分析來分別考驗「原地中端」與「跳動中端」、「原地上端」與「跳動上端」旋踢動作之運動學及動力學參數差異，顯著水準設為 $\alpha = .05$ ，若達顯著差異時，再進行事後比較，而事後比較的計算方法及公式如下：

$$| Ru - Rv | \geq Z \times [K \times (K-1) / 6N]^{1/2}$$

$Ru$ 、 $Rv$ ：組的等級平均數； $N$ ：樣本數； $K$  處理組數

$Z$  的計算： $P$  (概率) =  $0.5 - \alpha / [K \times (K-1)]$ ； $\alpha$  為顯著水準.05

得  $P$  為 0.4958，查附表 A (林清山，2009)，得  $Z$  為 2.64

## 第肆章 結果

本章將透過Vicon MX-13<sup>+</sup> 紅外線攝影機系統與2塊Kistler 9281 測力板所蒐集的資料的運動學及動力學資料來分析不同預備站姿旋踢相關運動生物力學參數特徵及差異。因此本章將跆拳道旋踢動作的動作分期，按照六個關鍵時間點（Events）來說明跆拳道旋踢動作過程中各階段運動生物力學特徵，在運動學部份探討：反應時間、重心位移、動作速度、攻擊腳及支撐腳下肢各關節角度、角速度、角位移；動力學部份探討：發力率、衝量、電子護具力量數值，為本次動力學主要探討之目的。此外更進一步探電子護具所校正之公式，計算出踢擊力量以判斷選手在比賽場上所踢擊的相關踢擊力量。將分為個部份：第一節 跆拳道不同預備站姿旋踢各階段時間分析；第二節 跆拳道不同預備站姿旋踢重心位移及重心速度分析；第三節 跆拳道不同預備站姿旋踢下肢各關節角度、角速度、角位移分析；第四節 跆拳道不同預備站姿旋踢地面反作用力、發力率及衝量分析；第五節 踢擊力量。



## 第一節 跆拳道不同預備站姿旋踢各階段時間分析

表4-1 不同預備站姿旋踢各分期時間無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
反應時間 E2 (sec)	原地上端	0.497 ± 0.160				
	跳動上端	0.502 ± 0.163	--			
	原地中端	0.488 ± 0.989	--	--		
	跳動中端	0.487 ± 0.197	--	--	--	
下蹲期 E1 (sec)	原地上端	0.221 ± 0.340				
	跳動上端	0.284 ± 0.188	--			
	原地中端	0.282 ± 0.094	--	--		
推蹬期 E3 (sec)	原地上端	0.276 ± 0.270				
	跳動上端	0.218 ± 0.040	--			
	原地中端	0.206 ± 0.034	--	--		
收腿期 E4 (sec)	原地上端	0.138 ± 0.028				
	跳動上端	0.135 ± 0.018	--			
	原地中端	0.137 ± 0.042	--	--		
攻擊期 E5 (sec)	原地上端	0.141 ± 0.307				*
	跳動上端	0.132 ± 0.027	--			
	原地中端	0.135 ± 0.035	--	--		*
動作時間 E6 (sec)	原地上端	0.279 ± 0.038				
	跳動上端	0.267 ± 0.215	--			
	原地中端	0.272 ± 0.035	--	--		
全程動作 時間 (sec)	原地上端	0.776 ± 0.156				
	跳動上端	0.769 ± 0.166	--			
	原地中端	0.760 ± 0.937	--	--		
跳動中端	跳動中端	0.740 ± 0.203	--	--	--	

\*p < .05

表 4-1 所呈現為跆拳道不同預備站姿旋踢動作型態各階段時間的分析資料。包括反應時間和下蹲時間、推蹬期、收腿期和攻擊期及全程時間。在反應時間方面其平均值介於 0.487 ~ 0.502 (sec) 之間最大值為「跳動上端」，最小值為「跳動中端」；在下蹲時間方面其平均值介於 0.221 ~ 0.284 (sec) 之間最大值為「跳動上端」，最小值為「原地上端」；在推蹬期方面其平均值介於 0.206 ~ 0.276 (sec) 之間最大值為「原地上端」，最小值為「跳動中端」；收腿期方面其平均值介於 0.134 ~ 0.138 (sec) 之間最大值為「原地上端」，最小值為「跳動中端」；在攻擊期 E5 時間方面其平均值介於 0.119 ~ 0.141 (sec) 之間「原地上端」大於「跳動中端」、「原地上端」大於「跳動中端」( $p < .05$ )，結果顯示原地站姿於攻擊期 E5 有顯著差異。在動作時間方面，平均值介於 0.253 ~ 0.279 (sec) 之間最大值為「原地上端」，最小值為「跳動中端」。在全程時間方面平均值介於 0.740 ~ 0.776 (sec) 之間最大值為「原地上端」，最小值為「跳動中端」，由表 4-1 所呈現為不同站姿旋踢動作型態各階段時間分析資料，在攻擊期 E5 有顯著差異，期餘各階段時間均未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

## 第二節 跆拳道不同預備站姿旋踢重心及重心位移

### 一、重心水平位移變化量

表4-2 為不同預備站姿各分期重心水平位移變化量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表，四種動作於下蹲期其數值介於0.453-0.498 (m) 以「跳動上端」數值較大，「跳動中端」數值較小；推蹬期介於0.557-0.596(m) 以「原地上端」數值較大，「跳動中端」數值較小；收腿期介於0.670-0.728 (m) 以「原地上端」數值較大，「原地中端」數值較小；攻擊期介於0.781-0.837 (m) 以「跳動上端」數值較大，「原地中端」數值較小；四種動作在重心各分期水平位移變化量經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表4-2 不同預備站姿旋踢重心各分期水平位移變化量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表(N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動上端	原地中端	跳動中端
下蹲期 重心最低點 (m)	原地上端	0.490 ± 0.106				
	跳動上端	0.498 ± 0.086	--			
	原地中端	0.467 ± 0.085	--	--		
	跳動中端	0.453 ± 0.082	--	--	--	
推蹬期 攻擊腳離開 測力版瞬間 (m)	原地上端	0.596 ± 0.032				
	跳動上端	0.581 ± 0.033	--			
	原地中端	0.558 ± 0.063	--	--		
	跳動中端	0.557 ± 0.060	--	--	--	
收腿期 攻擊腳膝關節 屈曲最小 角度 (m)	原地上端	0.728 ± 0.038				
	跳動上端	0.715 ± 0.042	--			
	原地中端	0.670 ± 0.051	--	--		
	跳動中端	0.680 ± 0.074	--	--	--	
攻擊期 攻擊腳擊中 靶瞬間 (m)	原地上端	0.836 ± 0.631				
	跳動上端	0.837 ± 0.550	--			
	原地中端	0.781 ± 0.047	--	--		
	跳動中端	0.804 ± 0.057	--	--	--	

## 二、重心垂直位移變化量

表4-3 為重心各分期垂直位移變化量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表，結果顯示四種動作在下蹲期最小值為「跳動中端」0.878 (m)，最大值為「原地中端」0.911 (m)；推蹬期最小值為「跳動上端」0.908 (m)，最大值為「跳動中端」0.948 (m)；收腿期最小值為「原地上端」1.057 (m)，最大值為「跳動上端」1.063 (m)；攻擊期最小值為「跳動中端」1.108 (m)，最大值為「跳動上端」1.115 (m)，在重心各分期垂直位移量位移變化量經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表4-3 不同預備站姿旋踢重心各分期垂直位移變化量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 重心最低點 (m)	原地上端	0.896 ± 0.074				
	跳動上端	0.884 ± 0.065	--			
	原地中端	0.911 ± 0.076	--	--		
	跳動中端	0.878 ± 0.069	--	--	--	
推蹬期 攻擊腳離開測 力版瞬間 (m)	原地上端	0.933 ± 0.022				
	跳動上端	0.908 ± 0.040	--			
	原地中端	0.925 ± 0.036	--	--		
	跳動中端	0.948 ± 0.011	--	--	--	
收腿期 攻擊腳膝關節 屈曲最小角度 (m)	原地上端	1.057 ± 0.040				
	跳動上端	1.063 ± 0.040	--			
	原地中端	1.058 ± 0.044	--	--		
	跳動中端	1.060 ± 0.039	--	--	--	
攻擊期 攻擊腳擊中靶 瞬間 (m)	原地上端	1.109 ± 0.051				
	跳動上端	1.115 ± 0.060	--			
	原地中端	1.098 ± 0.039	--	--		
	跳動中端	1.108 ± 0.048	--	--	--	

### 三、重心水平位移量

表4-4 為不同預備站姿各分期重心水平位移量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表，結果顯示四組在旋踢攻擊腳動作重心水平位移量四種動作均未達顯著差異，四種動作於下蹲期其數值介於0.044~0.071 (m) 以「原地上端」數值較大，「原地中端」數值較小；推蹬期介於0.088~0.145 (m) 以「原地上端」數值較大，「原地中端」數值較小；收腿期介於0.129~0.149 (m) 以「原地上端」數值較大，「原地中端」數值較小；攻擊期介於0.091~0.111 (m) 以「跳動上端」數值較大，「原地中端」數值較小；四種動作在重心各分期水平位移量經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；水平總位移量介於0.385~0.432 (m) 以「跳動上端」數值較大，「原地中端」數值較小 ( $p > .05$ )。

表4-4 不同預備站姿旋踢重心各分期水平位移量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動上端	原地中端	跳動中端
下蹲期 (m)	原地上端	0.044 ± 0.040				
	跳動上端	0.070 ± 0.094	--			
	原地中端	0.071 ± 0.026	--	--		
	跳動中端	0.062 ± 0.036	--	--	--	
推蹬期 (m)	原地上端	0.145 ± 0.080				
	跳動上端	0.100 ± 0.041	--			
	原地中端	0.088 ± 0.024	--	--		
收腿期 (m)	原地上端	0.149 ± 0.064				
	跳動上端	0.133 ± 0.026	--			
	原地中端	0.129 ± 0.033	--	--		
攻擊期 (m)	原地上端	0.105 ± 0.024				
	跳動上端	0.111 ± 0.028	--			
	原地中端	0.091 ± 0.024	--	--		
水平總位移量 (m)	原地上端	0.431 ± 0.105				
	跳動上端	0.432 ± 0.091	--			
	原地中端	0.385 ± 0.096	--	--		
	跳動中端	0.401 ± 0.055	--	--	--	



#### 四、 重心垂直位移量

表4-5 為不同預備站姿各分期重心垂直位移量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表，四種動作於下蹲期其數值介於-0.010~-0.078 (m) 以「跳動上端」顯著大於，「原地上端」、「原地中端」，「跳動中端」顯著大於，「原地上端」、「原地中端」( $p < .05$ )；推蹬期介於0.019~0.055 (m) 以「跳動上端」數值較大，「原地上端」數值較小；收腿期介於0.105~0.149 (m) 以「跳動上端」數值較大，「原地上端」數值較小；攻擊期介於0.019~0.024 (m) 以「原地中端」數值較大，「跳動上端」數值較小；四種動作在重心各分期垂直位移量經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；垂直總位移量介於0.119~0.164 (m) 以「原地中端」數值較大，「跳動上端」數值較小 ( $p > .05$ )。

表 4-5 不同預備站姿旋踢重心垂直位移量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 (m)	原地上端	-0.010 ± 0.012	*			*
	跳動上端	-0.078 ± 0.034	--		*	
	原地中端	-0.020 ± 0.004	--	--		*
	跳動中端	-0.065 ± 0.018	--	--		--
推蹬期 (m)	原地上端	0.019 ± 0.025				
	跳動上端	0.055 ± 0.029	--			
	原地中端	0.036 ± 0.016	--	--		
	跳動中端	0.516 ± 0.032	--	--		--
收腿期 (m)	原地上端	0.105 ± 0.012				
	跳動上端	0.140 ± 0.016	--			
	原地中端	0.119 ± 0.032	--	--		
	跳動中端	0.131 ± 0.024	--	--		--
攻擊期 (m)	原地上端	0.020 ± 0.012				
	跳動上端	0.019 ± 0.027	--			
	原地中端	0.024 ± 0.005	--	--		
	跳動中端	0.023 ± 0.014	--	--		--
垂直總位移量 (m)	原地上端	0.133 ± 0.023				
	跳動上端	0.119 ± 0.024	--			
	原地中端	0.164 ± 0.045	--	--		
	跳動中端	0.132 ± 0.051	--	--		--

\* $p < .05$

## 五、重心水平速度

表4-6 為重心各分期水平速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表，結果顯示「原地上端」與「跳動中端」及「原地上端」與「跳動上端」四組在旋踢動作重心水平速度動作中，根據重心水平速度數值於下蹲期E1四種動作平均為 0.513 ~ 0.830 (m/sec) 最大值為「跳動上端」最小值為「原地上端」；推蹬期E3 分別為 0.844 ~ 1.067 (m/sec) 最大值為「跳動上端」最小值為「原地上端」；收腿期E4 分別為 0.702 ~ 0.873 最大值為「跳動上端」最小值為「原地上端」；攻擊期E5 分別為 0.472 ~ 0.749 (m/sec) 最大值為「跳動上端」最小值為「原地上端」，經統計檢驗未達顯著差異( $p > .05$ )。

表4-6 不同預備站姿旋踢重心水平速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動上端	原地上端	跳動中端
下蹲期 重心最低點 (m/s)	原地上端	0.513 ± 0.257				
	跳動上端	0.646 ± 0.173	--			
	原地上端	0.635 ± 0.012	--	--		
	跳動中端	0.830 ± 0.082	--	--	--	
推蹬期 攻擊腳離開 測力版瞬間 (m/s)	原地上端	0.844 ± 0.441				
	跳動上端	1.067 ± 0.221	--			
	原地上端	1.014 ± 0.270	--	--		
	跳動中端	1.046 ± 0.131	--	--	--	
收腿期 攻擊腳膝關節 屈曲最小 角度 (m/s)	原地上端	0.702 ± 0.359				
	跳動上端	0.873 ± 0.147	--			
	原地上端	0.824 ± 0.173	--	--		
	跳動中端	0.838 ± 0.204	--	--	--	
攻擊期 攻擊腳擊中 靶瞬間 (m/s)	原地上端	0.710 ± 0.271				
	跳動上端	0.749 ± 0.142	--			
	原地上端	0.472 ± 0.269	--	--		
	跳動中端	0.488 ± 0.068	--	--	--	

## 六、 重心垂直速度

表4-7 為各分期重心垂直速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表，結果顯示「原地中端」與「跳動中端」及「原地上端」與「跳動上端」，根據重心垂直速度於下蹲期E1 四種動作數值平均介於為 0.011 ~ 0.059 (m/sec)最大值為「跳動中端」最小值為「原地上端」；推蹬期E3 分別為 0.616~0.949 (m/sec) 最大值為「原地中端」最小值為「跳動中端」；收腿期E4 分別為 0.485~0.657 (m/sec) 最大值為「跳動中端」最小值為「跳動上端」，經統計檢驗皆未達顯著差異 ( $p > .05$ )；攻擊期E5 分別為 -0.012 ~ -0.231 (m/sec) 經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )，事後比較結果「跳動上端」大於「原地中端」；「原地上端」大於「原地中端」。

表4-7 不同預備站姿旋踢重心垂直速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 重心最低點 (m/s)	原地上端	0.011±0.012				
	跳動上端	0.059±0.101	--			
	原地中端	0.015±0.014	--	--		
	跳動中端	0.021±0.023	--	--	--	
推蹬期 攻擊腳離開 測力版瞬間 (m/s)	原地上端	0.616±0.443				
	跳動上端	0.949±0.316	--			
	原地中端	0.778±0.303	--	--		
	跳動中端	0.706±0.498	--	--	--	
收腿期 攻擊腳膝關節 屈曲最小 角度 (m/s)	原地上端	0.566±0.295				
	跳動上端	0.657±0.251	--			
	原地中端	0.625±0.165	--	--		
	跳動中端	0.485±0.235	--	--	--	
攻擊期 攻擊腳擊中 靶瞬間 (m/s)	原地上端	-0.229±0.058		*		
	跳動上端	-0.231±0.056	--	*		
	原地中端	-0.102±0.099	--	--		
	跳動中端	-0.106±0.138	--	--	--	

\* $p < .05$

## 七、重心合速度

表4-8 為各分期重心合速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表，根據重心合速度數值於下蹲期E1 四種動作平均為 0.354 ~ 0.81 (m/sec) 最大值為「跳動上端」最小值為「原地上端」；推蹬期E3 分別為 0.844 ~ 1.067 (m/sec) 最大值為「跳動上端」最小值為「原地上端」；收腿期E4 分別為 0.702 ~ 0.873 最大值為「跳動上端」最小值為「原地上端」；攻擊期E5 分別為 0.472 ~ 0.749 (m/sec) 最大值為「跳動中端」最小值為「原地上端」，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表4-8 不同預備站姿旋踢重心合速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數	標準差	事後比較		
				跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 重心最低點 (m/s)	原地上端	0.354±0.340				
	跳動上端	0.811±0.268	--			
	原地中端	0.641±0.315	--	--		
	跳動中端	0.703±0.200	--	--	--	
推蹬期 攻擊腳離開 測力版瞬間 (m/s)	原地上端	1.124±0.574				
	跳動上端	1.506±0.276	--			
	原地中端	1.366±0.235	--	--		
	跳動中端	1.387±0.277	--	--	--	
收腿期 攻擊腳膝關節 屈曲最小 角度 (m/s)	原地上端	0.933±0.478				
	跳動上端	1.176±0.221	--			
	原地中端	1.108±0.111	--	--		
	跳動中端	1.047±0.172	--	--	--	
攻擊期 攻擊腳擊中 靶瞬間 (m/s)	原地上端	0.593±0.311				
	跳動上端	0.842±0.098	--			
	原地中端	0.532±0.253	--	--		
	跳動中端	0.672±0.304	--	--	--	

### 第三節 跆拳道不同預備站姿旋下肢各關節角度、角位移、角速度

#### 一、攻擊腳下肢關節角度

表4-9 呈現攻擊腳髖、膝、踝關節在各分期角度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表。在於下蹲期E1 髖關節角度數值介於  $-4.858 \sim -9.646$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「跳動上端」；膝關節角度數值介於  $-12.448 \sim -22.40$  (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動中端」；踝關節角度數值介於  $3.034 \sim 6.264$  (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。推蹬期E3 髖關節角度數值介於  $-1.163 \sim -7.175$  (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動上端」；膝關節角度數值介於  $-43.990 \sim -47.526$  (deg) 較小值為「跳動上端」、較大值為「原地中端」；踝關節角度數值介於  $-26.122 \sim -33.107$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。收腿期E4 髖關節角度數值介於  $25.301 \sim 29.822$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地中端」；膝關節角度數值介於  $-106.226 \sim -108.738$  (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「原地上端」；踝關節角度數值介於  $-29.507 \sim -52.656$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。攻擊期E5 髖關節角速度數值介於  $34.682 \sim 49.956$  (deg/s) 較小值為「跳動中端」、較大值為「跳動上端」；膝關節角速度數值介於  $-36.853 \sim -46.549$  (deg/s) 較小值為「跳動上端」、較大值為「原地中端」；踝關節角速度數值介於  $-33.721 \sim -49.379$  (deg/s) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動中端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表 4-9 不同預備站姿攻擊腳下肢各關節角度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表

參數變項	關節	動作	平均數	標準差	事後比較		
					跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 重心最低點 (deg)	髖	原地上端	-7.295	±7.724			
		跳動上端	-9.646	±4.986	--		
		原地中端	-6.459	±7.679	--	--	
		跳動中端	-4.858	±7.707	--	--	--
	膝	原地上端	-12.448	±3.481			
		跳動上端	-18.186	±9.524	--		
		原地中端	-17.342	±2.424	--	--	
		跳動中端	-22.403	±5.467	--	--	--
	踝	原地上端	3.034	±0.998			
		跳動上端	6.264	±3.628	--		
		原地中端	4.068	±1.094	--	--	
		跳動中端	5.573	±1.936	--	--	--
推蹬期 攻擊腳離開 測力板瞬間 (deg)	髖	原地上端	-1.192	±7.695			
		跳動上端	-7.175	±3.356	--		
		原地中端	-1.163	±5.68	--	--	
		跳動中端	-5.717	±4.412	--	--	--
	膝	原地上端	-45.071	±5.677			
		跳動上端	-43.990	±4.834	--		
		原地中端	-47.526	±3.527	--	--	
		跳動中端	-44.201	±6.253	--	--	--
	踝	原地上端	-33.107	±4.900			
		跳動上端	-31.767	±5.536	--		
		原地中端	-29.955	±4.779	--	--	
		跳動中端	-26.122	±5.177	--	--	--

收腿期 膝關節彎屈 最小角度 (deg)	腕	原地上端	27.184±4.294			
		跳動上端	27.395±6.043	--		
		原地中端	29.822±7.960	--	--	
		跳動中端	25.301±3.202	--	--	--
	膝	原地上端	-108.738±23.060			
		跳動上端	-107.170±16.401	--		
		原地中端	-106.226±8.789	--	--	
		跳動中端	-107.100±7.724	--	--	--
	踝	原地上端	-52.656±19.733			
		跳動上端	-45.170±12.672	--		
		原地中端	-46.785±5.000	--	--	
		跳動中端	-29.507±12.941	--	--	--
攻擊期 攻擊腳擊中 靶瞬間 (deg)	腕	原地上端	40.894±25.639			
		跳動上端	49.956±32.467	--		
		原地中端	39.747±23.089	--	--	
		跳動中端	34.682±23.272	--	--	--
	膝	原地上端	-37.184±12.047			
		跳動上端	-36.853±11.916	--		
		原地中端	-44.532±2.995	--	--	
		跳動中端	-46.549±10.287	--	--	--
	踝	原地上端	-48.391±10.603			
		跳動上端	-49.272±10.156	--		
		原地中端	-49.379±4.643	--	--	
		跳動中端	-33.721±9.874	--	--	--

(N=8)

## 二、攻擊腳下肢關節角位移

表4-10 呈現攻擊腳髖、膝、踝關節在各階段的角位移無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表。在於下蹲期E1 髖關節角位移數值介於  $-4.786 \sim -7.584$  (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動中端」；膝關節角位移數值介於  $-21.192 \sim -41.347$  (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動中端」；踝關節角位移數值介於  $1.071 \sim 7.123$  (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

推蹬期E3 髖關節角位移數值介於  $-6.378 \sim -14.765$  (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動上端」；膝關節角位移數值介於  $-17.980 \sim -38.546$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」；踝關節角位移數值介於  $-26.868 \sim -36.809$  (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

收腿期E4 髖關節角位移數值介於  $18.094 \sim 24.119$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」；膝關節角位移數值介於  $-56.667 \sim -63.179$  (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動上端」；踝關節角位移數值介於  $-4.003 \sim -19.033$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

攻擊期E5 髖關節角位移數值介於  $12.697 \sim 21.806$  (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動上端」；膝關節角位移數值介於  $59.394 \sim 74.387$  (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」；踝關節角位移數值介於  $-0.484 \sim -6.786$  (deg) 較小值為「跳動上端」、較大值為「原地上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。



表 4-10 不同預備站姿攻擊腳下肢各關節角位移無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表

參數變項	關節	動作	平均數 標準差	事後比較		
				跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 E1 (deg)	髖	原地上端	-4.786±7.136			
		跳動上端	-4.801±11.803	--		
		原地中端	-5.124±6.822	--	--	
		跳動中端	-7.584±11.020	--	--	--
	膝	原地上端	-37.533±6.820			
		跳動上端	-41.347±18.868	--		
		原地中端	-21.192±27.680	--	--	
		跳動中端	-29.634±16.067	--	--	--
	踝	原地上端	3.981±1.784			
		跳動上端	7.123±9.923	--		
		原地中端	1.071±7.184	--	--	
		跳動中端	1.255±8.356	--	--	--
推蹬期 E3 (deg)	髖	原地上端	-10.769±28.398			
		跳動上端	-14.765±29.571	--		
		原地中端	-6.378±26.755	--	--	
		跳動中端	-8.977±24.336	--	--	--
	膝	原地上端	-38.546±6.389			
		跳動上端	-24.913±20.720	--		
		原地中端	-23.557±18.993	--	--	
		跳動中端	-17.980±19.864	--	--	--
	踝	原地上端	-26.868±22.639			
		跳動上端	-36.809±15.522	--		
		原地中端	-27.853±9.549	--	--	
		跳動中端	-30.963±21.108	--	--	--

收腿期 E4 (deg)	腕	原地上端	24.119±8.613			
		跳動上端	23.950±12.369	--		
		原地上端	23.525±10.061	--	--	
		跳動中端	18.094±18.229	--	--	--
	膝	原地上端	-60.700±23.196			
		跳動上端	-63.179±16.795	--		
		原地上端	-56.667±5.940	--	--	
		跳動中端	-62.898±7.621	--	--	--
	踝	原地上端	-19.033±17.703			
		跳動上端	-13.471±10.807	--		
		原地上端	-16.832±4.458	--	--	
		跳動中端	-4.003±17.969	--	--	--
攻擊期 E5 (deg)	腕	原地上端	12.697±21.629			
		跳動上端	21.806±16.463	--		
		原地上端	14.233±12.569	--	--	
		跳動中端	17.605±15.034	--	--	--
	膝	原地上端	74.387±15.763			
		跳動上端	72.387±23.684	--		
		原地上端	65.627±9.594	--	--	
		跳動中端	59.394±15.011	--	--	--
	踝	原地上端	-6.786±26.513			
		跳動上端	-0.484±8.647	--		
		原地上端	-2.351±7.113	--	--	
		跳動中端	-0.714±9.566	--	--	--

(N=8)

### 三、攻擊腳下肢關節角速度

表4-11 呈現攻擊腳髖、膝、踝關節各分期角速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表。在於下蹲期E1 髖關節角速度數值介於 -111.123~-142.092 (deg/s) 較小值為「原地中端」、較大值為「原地上端」；膝關節角速度數值介於 -78.875~-169.118 (deg/s) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動中端」；踝關節角速度數值介於 -70.202~-188.442 (deg/s) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地中端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p>.05$ )。推蹬期E3 髖關節角速度數值介於 96.867~108.902 (deg/s) 較小值為「跳動上端」、較大值為「原地中端」；膝關節角速度數值介於 -489.102~-530.554 (deg/s) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動中端」；踝關節角速度數值介於 -441.067~-581.711 (deg/s) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p>.05$ )。收腿期E4 髖關節角速度數值介於 81.036~172.237 (deg/s) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動中端」；膝關節角速度數值介於 -24.034~-63.057 (deg/s) 較小值為「跳動中端」、較大值為「跳動上端」；踝關節角速度數值介於 -28.603~-62.828 (deg/s) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地中端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p>.05$ )。攻擊期E5 髖關節角速度數值介於 265.283~378.647 (deg/s) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動中端」；膝關節角速度數值介於 393.659~421.523 (deg/s) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動上端」；踝關節角速度數值介於 43.797~94.880 (deg/s) 較小值為「原地中端」、較大值為「跳動上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p>.05$ )。

表 4-11 不同預備站姿攻擊腳下肢各關節角速度無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表

參數變項	關節	動作	平均數	標準差	事後比較		
					跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 E1 重心最低點 (deg/s)	髖	原地上端	-142.092±98.532				
		跳動上端	-120.148±82.954	--			
		原地中端	-111.123±63.859	--	--		
		跳動中端	-129.250±62.992	--	--	--	
	膝	原地上端	-131.653±140.380				
		跳動上端	-209.967±228.069	--			
		原地中端	-169.118±139.464	--	--		
		跳動中端	-78.875±162.439	--	--	--	
	踝	原地上端	-71.061±70.287				
		跳動上端	-153.926±130.868	--			
		原地中端	-188.442±141.483	--	--		
		跳動中端	-70.202±87.333	--	--	--	
推蹬期 E3 攻擊腳離開 測力板瞬間 (deg/s)	髖	原地上端	103.600±33.233				
		跳動上端	96.867±18.046	--			
		原地中端	108.902±28.636	--	--		
		跳動中端	102.588±27.272	--	--	--	
	膝	原地上端	-489.102±158.920				
		跳動上端	-500.864±167.566	--			
		原地中端	-519.409±141.181	--	--		
		跳動中端	-530.554±104.755	--	--	--	
	踝	原地上端	-581.711±168.685				
		跳動上端	-563.406±193.029	--			
		原地中端	-558.4848±217.356	--	--		
		跳動中端	-441.067±76.721	--	--	--	

收腿期 E4 膝關節彎屈 最小角度 (deg/s)	腕	原地上端	81.036±22.368			
		跳動上端	117.381±43.902	--		
		原地上端	121.637±134.521	--	--	
		跳動中端	172.237±106.399	--	--	--
	膝	原地上端	-61.983±52.297			
		跳動上端	-63.057±76.733	--		
		原地上端	-27.425±14.446	--	--	
		跳動中端	-24.034±116.462	--	--	--
	踝	原地上端	-38.009±105.954			
		跳動上端	-34.523±89.432	--		
		原地上端	-62.828±75.103	--	--	
		跳動中端	-28.603±139.446	--	--	--
攻擊期 E5 攻擊腳擊中 靶瞬間 (deg/s)	腕	原地上端	302.747±191.745			
		跳動上端	378.647±238.752	--		
		原地上端	265.283±206.624	--	--	
		跳動中端	355.635±182.435	--	--	--
	膝	原地上端	393.659±89.961			
		跳動上端	415.095±21.095	--		
		原地上端	420.523±49.948	--	--	
		跳動中端	421.441±56.275	--	--	--
	踝	原地上端	43.797±57.182			
		跳動上端	82.907±65.808	--		
		原地上端	78.603±22.298	--	--	
		跳動中端	94.880±100.302	--	--	--

(N=8)

#### 四、攻擊腳下肢關節角速度峰值

表4-12 呈現攻擊腳腕、膝、踝關節角速度峰值無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表。在E3 ~ E5 攻擊腳腕、膝、踝關節屈曲角速度峰值參數，腕關節角速度峰值數值介於 211.082 ~ 240.517 (deg/s) 較小值為「原地中端」、較大值為「原地上端」；膝關節角速度峰值數值介於 852.126 ~ 1008.740 (deg/s) 較小值為「原地上端」、較大值為「原地中端」；踝關節角速度峰值數值介於 274.728 ~ 346.382 (deg/s) 較小值為「跳動上端」、較大值為「跳動中端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表 4-12 不同預備站姿旋踢攻擊腳下肢關節角速度峰值無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	關節	動作	平均數 標準差	事後比較		
				跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
E3 ~ E5 角速度峰值 (deg/s)	腕	原地上端	240.517±57.344			
		跳動上端	224.951±57.973	--		
		原地中端	211.082±81.629	--	--	
		跳動中端	230.771±85.074	--	--	--
	膝	原地上端	852.126±173.372			
		跳動上端	910.657±140.275	--		
		原地中端	1008.740±348.459	--	--	
		跳動中端	969.126±354.082	--	--	--
	踝	原地上端	335.423±172.915			
		跳動上端	274.728±153.437	--		
		原地中端	346.382±92.883	--	--	
		跳動中端	277.267±191.201	--	--	--

## 五、支撐腳下肢關節角位移

表4-13 呈現支撐腳髖、膝、踝關節各分期角位移母數弗里曼二因子變異數分析摘要表。在於下蹲期E1 髖關節角位移數值介於 29.103~49.151 (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動上端」；膝關節角位移數值介於-31.490~-52.292 (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動中端」；踝關節角位移數值介於 4.517~28.933 (deg) 較小值為「跳動上端」、較大值為「跳動中端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。推蹬期E3 髖關節角位移數值介於 -7.558~-17.402 (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「跳動上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p < .05$ )；膝關節角位移數值介於 3.565~9.585 (deg) 較小值為「跳動上端」、較大值為「跳動中端」；踝關節角位移數值介於 1.962~10.551 (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「原地上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。收腿期E4 髖關節角位移數值介於 -22.511~-29.450 (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動上端」；膝關節角位移數值介於 16.237~18.279 (deg) 較小值為「原地上端」、較大值為「跳動上端」；踝關節角位移數值介於 -15.105~-19.676 (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「原地上端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。攻擊期E5 髖關節角位移數值介於 17.734~30.684 (deg) 較小值為「原地中端」、較大值為「原地上端」；膝關節角位移數值介於 2.556~8.903 (deg) 較小值為「跳動中端」、較大值為「原地上端」；踝關節角位移數值介於 1.588~6.172 (deg) 較小值為「跳動上端」、較大值為「跳動中端」，經統計檢驗後未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表 4-13 不同預備站姿支撐腳下肢各關節角位移母數弗里曼二因子變異數分析摘要表

參數變項	關節	動作	平均數	標準差	事後比較		
					跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
下蹲期 E1 (deg)	髖	原地上端	29.103±18.547				
		跳動上端	49.151±11.478	--			
		原地中端	41.146±12.247	--	--		
		跳動中端	37.759±17.287	--	--	--	
	膝	原地上端	-31.490±24.830				
		跳動上端	-52.292±7.540	--			
		原地中端	-49.541±9.646	--	--		
		跳動中端	-45.105±24.830	--	--	--	
	踝	原地上端	5.224±15.651				
		跳動上端	4.517±7.638	--			
		原地中端	11.847±10.433	--	--		
		跳動中端	28.933±66.833	--	--	--	
推蹬期 E3 (deg)	髖	原地上端	-11.438±20.804				
		跳動上端	-17.402±6.660	--			
		原地中端	-8.024±9.572	--	--		
		跳動中端	-7.558±20.748	--	--	--	
	膝	原地上端	5.808±3.972				
		跳動上端	3.565±8.860	--			
		原地中端	8.333±2.185	--	--		
		跳動中端	9.585±5.464	--	--	--	
	踝	原地上端	10.551±9.887				
		跳動上端	10.364±5.399	--			
		原地中端	1.962±4.656	--	--		
		跳動中端	8.342±8.605	--	--	--	



收腿期 E4 (deg)	腕	原地上端	-22.511±7.472			
		跳動上端	-29.450±13.010	--		
		原地上端	-23.097±6.378	--	--	
		跳動中端	-28.193±7.066	--	--	--
	膝	原地上端	15.053±8.437			
		跳動上端	18.279±7.499	--		
		原地上端	16.237±8.675	--	--	
		跳動中端	18.050±10.904	--	--	--
	踝	原地上端	-19.676±9.266			
		跳動上端	-19.249±5.865	--		
		原地上端	-15.105±6.612	--	--	
		跳動中端	-17.316±6.880	--	--	--
攻擊期 E5 (deg)	腕	原地上端	30.684±17.245			
		跳動上端	28.169±28.044	--		
		原地上端	17.734±11.688	--	--	
		跳動中端	23.797±9.789	--	--	--
	膝	原地上端	8.903±9.737			
		跳動上端	6.921±11.053	--		
		原地上端	4.517±5.775	--	--	
		跳動中端	2.556±5.198	--	--	--
	踝	原地上端	-1.612±8.970			
		跳動上端	1.588±11.528	--		
		原地上端	3.864±5.970	--	--	
		跳動中端	6.172±5.456	--	--	--

(N=8)

#### 第四節 跆拳道不同預備站姿旋踢地面反作用力分析

##### 一、攻擊腳地面反作用力、發力率及衝量分析

表4-14 為「原地中端」與「跳動中端」及「原地上端」與「跳動上端」四組不同預備站姿旋踢動作地面反作用力參數在垂直地面反作用力值平均為原地中端 989.371 (N)、跳動中端 1455.719 (N)、原地上端 976.239 (N)、跳動上端 1431.302 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )；水平地面反作用力值平均為原地中端 373.371 (N)、跳動中端 580.567 (N)、原地上端 369.092 (N)、跳動上端 556.196 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )；垂直發力率值平均為原地中端 918.681 (N)、跳動中端 1337.575 (N)、原地上端 909.187 (N)、跳動上端 1320.351 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )；水平發力率值平均為原地中端 4256.074 (N)、跳動中端 9780.437 (N)、原地上端 4359.974 (N)、跳動上端 13841.197 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )；最大發力率值平均為原地中端 9297.997 (N)、跳動中端 20229.258 (N)、原地上端 9233.799 (N)、跳動上端 25615.342 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )，進一步事後比較結果「跳動中端」大於「原地中端」；「跳動上端」大於「原地中端」；「跳動中端」大於「原地上端」；「跳動上端」大於「原地上端」。最大發力率時間均為原地中端 0.392 (S)、跳動中端 0.310 (S)、原地上端 0.375 (S)、跳動上端 0.313 (S)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；垂直衝量值平均為原地中端 274.031 (N)、跳動中端 288.025 (N)、原地上端 268.690 (N)、跳動上端 300.183 (N)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；水平衝量值平均為原地中端 89.567 (N)、跳動中端 106.680 (N)、原地上端 89.287 (N)、跳動上端 110.004 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )，進一步事後比較結果「跳動中端」大於「原地中端」；「跳動上端」大於「原地中端」；「跳動上端」大於「原地上端」。總衝量值平均為原地中端 289.509 (N)、跳動中端 308.040 (N)、原地上端 284.068 (N)、跳動上端 321.001 (N)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表4-14 攻擊腳地面反作用力、發力率及衝量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表

參數變項	動作	平均數 標準差	事後比較		
			跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
垂直地面 反作用力 (N)	原地上端	976.239±183.447	*		*
	跳動上端	1431.302±348.575	--	*	
	原地中端	989.371±321.008	--	--	*
	跳動中端	1455.719±364.984	--	--	--
水平地面 反作用力 (N)	原地上端	369.092±85.052	*		*
	跳動上端	556.196±152.047	--	*	
	原地中端	373.371±127.730	--	--	*
	跳動中端	580.567±179.730	--	--	--
垂直發力率 (N/S)	原地上端	909.187±160.500	*		*
	跳動上端	1320.351±326.248	--	*	
	原地中端	918.681±300.083	--	--	*
	跳動中端	1337.575±320.568	--	--	--
水平發力率 (N/S)	原地上端	4359.974±1653.671	*		*
	跳動上端	13841.197±10699.654	--	*	
	原地中端	4256.074±2332.087	--	--	*
	跳動中端	9780.437±4464.403	--	--	--
最大發力率 (N/S)	原地上端	9233.799±7132.702	*		*
	跳動上端	25615.342±12318.810	--	*	
	原地中端	9297.997±5773.050	--	--	*
	跳動中端	20229.258±6597.349	--	--	--
最大發力率 時間 (S)	原地上端	0.375±0.211			
	跳動上端	0.313±0.228	--		
	原地中端	0.392±0.129	--	--	
	跳動中端	0.310±0.205	--	--	--

垂直衡量 (N•S)	原地上端	268.690±64.074			
	跳動上端	300.183±104.951	--		
	原地上端	274.031±118.964	--	--	
	跳動中端	288.025±157.159	--	--	--
水平衡量 (N•S)	原地上端	89.287±15.828	*		*
	跳動上端	110.004±28.941	--	*	
	原地上端	89.567±34.282	--	--	*
	跳動中端	106.680±44.563	--	--	--
總衡量 (N•S)	原地上端	284.068±65.105			
	跳動上端	321.001±107.865	--		
	原地上端	289.509±123.020	--	--	
	跳動中端	308.040±163.176	--	--	--

\*p < .05



## 二、支撐腳地面反作用力、發力率及衝量分析

表4-15 為「原地中端」與「跳動中端」及「原地上端」與「跳動上端」四組不同預備站姿旋踢支撐腳動作地面反作用力參數在垂直地面反作用力值平均為原地上端 1107.033 (N)、跳動上端 1307.572 (N)、原地中端 1071.685 (N)、跳動中端 1034.969 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ ) 以「跳動上端」大於「跳動中端」達顯著差異；水平地面反作用力值平均為原地上端 249.739 (N)、跳動上端 342.850 (N)、原地中端 197.036 (N)、跳動中端 305.859 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ ) 以「跳動上端」大於「原地上端」達顯著差異；垂直發力率值平均為原地上端 1136.669 (N)、跳動上端 1340.707 (N)、原地中端 1085.099 (N)、跳動中端 1076.135 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ ) 以「跳動上端」大於「原地上端」、「原地中端」；水平發力率值平均為原地上端 5550.471 (N)、跳動上端 8434.265 (N)、原地中端 3466.654 (N)、跳動中端 6491.808 (N)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；最大發力率值平均為原地上端 21587.429 (N)、跳動上端 29432.509 (N)、原地中端 17930.415 (N)、跳動中端 20317.069 (N)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；垂直衝量值平均為原地上端 126.118 (N)、跳動上端 167.310 (N)、原地中端 127.653 (N)、跳動中端 135.305 (N)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；水平衝量值平均為原地上端 89.287 (N)、跳動上端 110.004 (N)、原地中端 89.567 (N)、跳動中端 106.680 (N)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )；總衝量值平均為原地上端 130.320 (N)、跳動上端 173.661 (N)、原地中端 131.932 (N)、跳動中端 141.495 (N)，經統計檢驗未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表4-15 支撐腳地面反作用力、發力率及衡量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表

參數變項	動作	平均數 標準差	事後比較		
			跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
垂直地面 反作用力 (N)	原地上端	1107.033±119.691			
	跳動上端	1307.572±368.763	--		*
	原地中端	1071.685±146.180	--	--	
	跳動中端	1034.969±166.608	--	--	--
水平地面 反作用力 (N)	原地上端	249.739±117.771	*		
	跳動上端	342.850±124.511	--		
	原地中端	197.036±127.730	--	--	
	跳動中端	305.859±181.004	--	--	--
垂直發力率 (N/S)	原地上端	1136.669±124.686	*		
	跳動上端	1340.707±363.213	--	*	
	原地中端	1085.099±153.795	--	--	
	跳動中端	1076.135±204.567	--	--	--
水平發力率 (N/S)	原地上端	5550.471±3444.506			
	跳動上端	8434.265±5347.464	--		
	原地中端	3466.654±2278.138	--	--	
	跳動中端	6491.808±6548.323	--	--	--
最大發力率 (N/S)	原地上端	21587.429±125617.830			
	跳動上端	29432.509±15551.922	--		
	原地中端	17930.415±13348.821	--	--	
	跳動中端	20317.069±12057.469	--	--	--

垂直衡量 (N • S)	原地上端	126.118±36.339			
	跳動上端	167.310±57.093	--		
	原地中端	127.653±67.822	--	--	
	跳動中端	135.305±61.040	--	--	--
水平衡量 (N • S)	原地上端	89.287±15.828			
	跳動上端	110.004±28.941	--		
	原地中端	89.567±34.282	--	--	
	跳動中端	106.680±44.563	--	--	--
總衡量 (N • S)	原地上端	130.320±37.520			
	跳動上端	173.661±59.762	--		
	原地中端	131.932±69.495	--	--	
	跳動中端	141.495±65.205	--	--	--

\*p < .05



## 第五節 跆拳道不同預備站姿旋踢踢擊力量分析

### 一、踢擊力量

表4-16 為「原地上端」與「跳動上端」及「原地中端」與「跳動中端」，四種動作踢擊力量母數二因子變異數分析摘要表。踢擊力量分別為4407.959 (N)、4979.107 (N)、4554.067 (N)、4846.282 (N)，經統計檢驗均未達顯著差異 ( $p > .05$ )。

表4-16 不同預備站姿旋踢踢擊力量無母數弗里曼二因子變異數分析摘要表 (N=8)

參數變項	動作	平均數 標準差	事後比較		
			跳動 上端	原地 中端	跳動 中端
踢擊力量 (N)	原地上端	4407.959±884.373			
	跳動上端	4979.107±442.699	--		
	原地中端	4554.067±853.394	--	--	
	跳動中端	4846.282±523.394	--	--	--



## 第五章 討論與結論

### 第一節 討論

#### 一、反應時間

跆拳道比賽中雖以得分高低分出勝負，然而在臨場反應能有較快反應作出攻擊對於增進得分有較佳優勢，因此反應將是優秀選手必備的條件。本研究四種動作在反應時間分別為「原地上端」0.497 sec、「跳動上端」0.502 sec、「原地中端」0.488 sec、「跳動中端」0.487 sec，反應最快為「跳動中端」最慢為「跳動上端」，其結果類似王翔星(2007)不同量級旋踢動作運動學分析結果(0.43 sec~0.56 sec)；胡伯綱(2011)探討跆拳道選手在移動式踢靶旋踢與滑步旋踢攻擊時，反應時間、動作時間、攻擊距離、攻擊速度與攻擊力量，結果顯示在反應時間之平均值為(0.41~0.45 sec)。羅月英(2001)指出選手反應時間的快慢，可能受到外在與內在因素所影響，對於正式比賽時的情境與臨場的反應，選手欲增加踢擊力量，必將讓肌肉儲存更大的動能，以在動作產生時，獲得較大位能之情況，這些反應將使得選手在踢擊動作前，反應時間變的遲緩。本研究在不同預備站姿旋踢於反應時間並無顯著差異，但以「原地站姿」有較快反應時間之趨勢。另葉宇恆、楊梓楣(2013)探討跆拳道選手預備站姿之空間準確性知覺，結果顯示預備站姿與目標移動間的交互作用達顯著「蹲式站姿」的絕對誤差顯著低於「跳動站姿」，「蹲式站姿」足以使個體準確覺知最佳得分距離之關鍵訊息，而「跳動站姿」可能會造成空間準確性知覺判斷的干擾。

## 二、重心位移及重心速度

在人體動作發展中，我們常用重心變化範圍的大小，來判斷個體的穩定度，但在運動生物力學的分析上重心的變化，可讓我們了解整體動作變化的趨勢及變化的快慢，而使我們可以更精確的完成技術動作，由身體重心可瞭解整個身體的運動情形，在踢擊過程中得知重心移動方向及速度等參數，可提供教練及選手在訓練上運用之參考，故將針對不同階段之重心運動學參數進行分析，以瞭解不同預備站姿在運動學方面的特徵及差異。

跆拳道踢擊動作中身體重心會因不同踢擊動作特性而有所不同，身體重心水平位移大小因攻擊距離而有所不同，而身體重心垂直位移高度的有利於攻擊腳上抬至最高點。兩種預備站姿旋踢身體重心水平位移變化量及重心垂直位移變化量於下蹲期至攻擊期四種動作均未達顯著差異。在重心垂直位移量於下蹲期以「跳動上端」、「跳動中端」顯著大於「原地上端」、「原地中端」，可看出「跳動站姿」於下蹲期有較大深蹲幅度，鐘寶宏、相子元（2000）研究結果指出有較深且較快得下蹲速度可儲存更多得彈性能且能增加作用肌群向心收縮與拮抗肌群離心收縮，來提高跳躍的表現。推論「跳動站姿」有較深的下蹲幅度，能儲存較多彈性能之現像。四種動作垂直總位移量與蔡葉榮（2008）兩種預備站姿跳後踢中端重心垂直位移介於0.21 ~ 0.29 (m) 之結果有差異，推論跳後踢需要較大垂直位移及騰空時間幫助軀幹旋轉以至於有較大垂直位移，另在水平總位移量介於0.385~0.432 (m) 與跳後踢水平位介於0.13~0.17 (m) 之結果有差異，旋踢因動作特性屬於正面直接收腳攻擊不須騰空轉身，因此，有較大於跳後踢之水平攻擊距離，垂直總位移量以「原地站姿」有較大垂直位移之現像，蔡葉榮指出中端踢擊時其動作應要求減少身體重心在垂直方向的變化，以避免造成過多的向上或向下分力。在水平總位移量以「跳動站姿」有較大水平攻擊距離之趨勢。四種動作重心水平速度於各分期雖無顯著差異，但從下蹲期至攻擊期可看出「跳動站姿」有較快於「原地站姿」之趨勢，跆拳道踢擊時身體重心水平速度越快表示身體移動速度快，因此，對於旋踢動作重心水平速度越快，踢中目標的機會越高，而「跳動站姿」有較大重心水平速度。在垂直位移速度下蹲期以「跳動站姿」有較快下蹲速度之趨勢，推蹬期、收腿期以「跳動上端」有較

大垂直位移速度之現象，對於上端踢擊有較快垂直速度有利於攻擊腳上抬至最高點。而攻擊期重心垂直速度以「跳動上端」、「原地上端」顯著大於「原地中端」，推論其身體重心於收腿期已進入故定位置，此時膝關節開始伸展，因此，身體重心垂直速度漸減此刻重心垂直速度為負值，表示攻擊期時身體重心垂直速度往下是為了要使膝關節往上伸展以維持重心平衡。吳靜儀、王令儀（2011）指出下壓踢主要攻擊之得分是在下壓階段，因此下壓階段的重心水平速度及重心垂直速度也是非常重要的，有較快的重心水平速度及重心垂直速度，容易踢擊到對手。本研究四種動作重心水平速度最大值皆出現在推蹬期及收腿期雖無達顯著差異，表示重心於下蹲期至推蹬期是影響重心速度的關鍵，重心合速度於各分分期雖無達顯著差異但以「跳動站姿」有較快於「原地站姿」之現象。

### 三、下肢各關節角度、角速度

根據關節活動順序原理人體四肢關節由近端至遠端產生動作，而各關節所配置的肌肉由強變弱，當人體需要克服大阻力或需要表現出快速運動時，雖然人體各關節同時用力，但其中大關節總是先產生活動，並依據關節的大小，由肢體較大的關節傳遞至末端較小的關節，經由整個過程不斷的加速，最後產生最快的瞬間速度，依此原則來產生最快速的動作(李誠志，1994；蕭景琪，2009)。四種動作在推蹬期髖關節最先移動，髖關節達到速度最大值時，膝關節開始屈膝，髖關節此時是為將大腿抬起先做內收動作，同時膝關節屈膝並帶動踝關節往目標踢擊，在踝關節踢中目標前，髖關節會出現第二次扭轉，是為讓遠端關節能量釋放後做收腿的動作並維持身體重心。柯玉貞（2000）針對後旋踢所作的研究指出膝關節有兩個峰值，一次是腳離地時，另一次是經收縮之後要踢擊目標時的第二次蹬伸，與本研究結果相符。本研究四種動作膝關節皆有兩次加速行為，第一次出現於推蹬至屈膝最小角度前的推蹬動作，另一次是在收腿期至攻擊期膝關節伸展踢擊至目標前的加速現象。蕭淑萍（2003）並指出，透過能量傳遞產生鞭打行為在擊中目標時會有最大威力。另四種動作在關節角速度峰值雖未達顯著差異，但依屈曲角速度峰值數值大小以「原地站姿」角速度峰值有較大於「跳動站姿」之趨勢，本研究角速度峰值與蕭景琪（2009）優秀與次優秀選手最大速度攻擊腿下肢關節角速度峰值髖164.39 (deg/sec)、膝1328.25 (deg/sec)、踝637.31 (deg/sec) 結果類似。

四種動作髖關節角位移於踢擊動作開始攻擊腳於下蹲至推蹬髖關節與大腿間先做伸展為離心開始至蹬地後迅速收腿做向心動作，以利小腿向上收腿，四種動作髖關節角位移於各分期均未達顯著差異，但在推蹬期與攻擊期髖關節以「跳動上端」角位移有較大之趨勢。可以看出次髖關節角位移較大多可能會造成大腿向內收縮過多，可能會導致踝關節的攻擊距離變短，影響攻擊效果。四種動作髖關節角速度於各分期均未達顯著差異，角速度最大值出現於推蹬期、攻擊期髖關節內收速度以「跳動上端」、「跳動中端」數值較大於「原地上端」、「原地中端」之現像，髖關節帶動大腿屈曲的速度上較快，能瞬間快速度的抬膝，能加快膝關節向前做推伸之動作。髖關節角度於各分期均未達顯著差異，攻擊期以「跳動上端」有較大內收角度之趨勢。

四種動作膝關節於下蹲期至收腿期呈現屈曲狀態至攻擊期膝關節逐漸伸展，鐘壁年(2008)指出膝關節的屈曲是為減少下肢的轉動慣量，減少旋轉半徑，以提升轉動速度。四種動作於下蹲期膝關節角位移介於  $-21.192 \sim -41.347$  (deg) 與劉宇(2001)兩種不同牽張幅度深跳動作的生物力學要素和肌電現象之分析，淺蹲跳為全體總平均膝關節牽張角位移為  $70.4$  (deg)；深蹲的平均膝關節牽張角位移為  $90.9$  (deg)，林政東(2000)利用不同高度(20、40、60公分)進行兩種不同牽張幅度(淺蹲跳與深蹲跳)，研究結果發現，淺蹲跳有較大的離心末期力量，較短的偶聯時間，因此，推論淺蹲跳能儲存較大彈性，而且其淺蹲跳法能快速而有效的將彈性能轉換至向心階段，在SSC效果方面，淺蹲跳較深蹲跳有利。四種動作應屬於較淺的淺蹲跳以「跳動上端」其屈曲幅度較大；「原地中端」其屈曲幅度較小，膝關節下蹲期角速度介於  $-78.875 \sim -209.967$  (deg) 四種動作下蹲期角速度以「跳動上端」其屈曲角速度較大；「跳動中端」其屈曲角速度較小，在關節角度四種動作均未達顯著差異。柯玉貞(2000)針對後旋踢所作的研究指出膝關節有兩個峰值，一次是腳離地時，另一次是經收縮之後要踢擊目標時的第二次蹬伸。本研究推蹬期符合此現像推蹬期角速度介於  $-489.102 \sim -530.554$  (deg/s)，四種動作推蹬期角速度以「跳動中端」其屈曲角速度較大；「原地上端」其屈曲角速度較小，推蹬期角度介於  $-43.990 \sim -47.526$  (deg) 以「原地中端」其屈曲角度較大；「跳動上端」其屈曲角度較小，四種動作於下蹲期關節角位移、角度、角速度均未達顯著差異。收腿期四種動作呈

現屈曲狀態，邱共鈺、劉書衡，(2010) 以動力學分析旋踢屈膝踢擊之效應結果指出在屈膝過程中，屈膝夾角越小，在踢擊過程中，膝伸展的動作幅度越大，可得較大的踢擊動能，屈膝式旋踢之踢擊動能可高於直膝式旋踢之數倍之多。本研究收腿期膝關節屈曲角度介於  $-106.226 \sim -108.738$  (deg)，以「原地上端」其屈曲角度較大；「原地中端」其屈曲角度較小，四種動作均未達顯著差異。張榮三、相子元 (1997) 的研究也指出膝關節收腿角度越小踢擊力量越大。角速度介於  $-24.034 \sim -63.057$  (deg/s) 以「跳動上端」其屈曲角速度較大；「跳動中端」其屈曲角速度較小，角位移介於  $-56.667 \sim -63.179$  (deg)，四種動作均未達顯著差異。攻擊期膝關節屈曲角度介於  $-36.853 \sim -46.549$  (deg)，以「跳動中端」其屈曲角度較大；「跳動上端」其屈曲角度較小，角速度介於  $393.659 \sim 421.441$  (deg/s) 以「跳動中端」其伸展角速度較大；「原地上端」其伸展角速度較小，四種動作均未達顯著差異。四種動作依峰值出現符合其動力鏈原理，膝關節速度最大值出現於推蹬期及攻擊期符合柯玉貞 (2000) 針對後旋踢所作的研究指出膝關節有兩個峰值，Bonde-peterson (1974) 針對SSC跳躍動作研究中，結果證明離心之後馬上向心收縮可以提高向心力量，小幅度的角位移動作會產生較高的機械效率，能提高肌力和爆發力。下蹲期以「跳動站姿」屈曲角度有較大牽張幅度，因此，在推蹬期至擊中靶膝關節角速度以「跳動站姿」有較大於「原地站姿」之趨勢。

#### 四、動作時間與全程動作時間

跆拳道比賽主要是在動作時間越短內踢擊次數或速度越快，相對的得分的機會就越高，獲勝的機會也會大增 (林榮培，2002)。因此，攻擊時間的快慢是決定能否踢中對手的重要因素，而兩種不同預備站姿動作時間介於  $0.253 \sim 0.279$  (s) 均未達顯著差異，但在攻擊期以「跳動中端」顯著快於於「跳動上端」「原地上端」，推論「跳動中端」有助於末端速度。全程動作時間從亮燈至擊中靶瞬間平均時間介於  $0.740 \sim 0.776$  (s) 以「跳動站姿」較快於「原地站姿」之現像，全程動作時間均未達顯著差異。胡伯剛 (2011) 針對優秀跆拳道選手旋踢攻擊表現之分析：其動作時間平均為  $0.22 \sim 0.28$  (s)，其結果與本實驗結果類似。而本實驗在動作時間及全程動作時間以「跳動站姿」較快動作時間之趨勢。

## 五、地面反作用力

根據動量-衝量定理:  $Ft = mv_2 - mv_1$ ，當時間不變，攻擊腳蹬地力量越大時，產生的動量變化也越大。本實驗四種動作於垂直地面反作用力數值介於 976.239 ~ 1455.719 (N)；水平地面反作用力數值介於 369.092 ~ 580.567 (N) 經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )，進行事後比較結果，在垂直、水平地面反作用力「跳動站姿」大於「原地站姿」。實驗結果與蔡葉榮 (2008) 兩種預備站姿跳後踢在垂直數值介於 1207.6 ~ 1706.6 (N) 及水平 440.6 ~ 659.1 (N) 與其地面反作用力結果相符「跳動站姿」大於「原地站姿」，推論「跳動站姿」可能因跳動造成下肢「牽張-縮短循環 SSC」彈性能量的利用進而提升最大地面反作用力值。再依據牛頓第三定律-反作用力定律，本實驗「跳動站姿」，於跳動時雙腳同時離地因而有騰空高度，向下同時造就身體重力加速度所形成的一個朝向地心的力，因而地面也給一反作用力，因此「跳動站姿」有較大地面反作用力。支撐腳於垂直地面反作用力「跳動上端」大於「跳動中端」；水平方向地面反作用力「跳動上端」大於「原地上端」達顯著差異，「跳動上端」於支撐腳有較佳地面反作用。

## 六、發力率、衝量

發力率係單位時間內力量的變化率，反應出力量曲線的斜率變化也是爆發力指標之一。(Andersen, 2005) 提出運動員若能在短時間內產生較大的力量，便能形成較大的加速能力以增大速度變化。本實驗最大發力率數值介於 9233.799 ~ 25615.342 (N)；垂直發力率數值 909.187 ~ 1337.575 (N)；水平發力率數值 4256.074 ~ 13841.197 (N)，經統計檢驗達顯著差異 ( $p < .05$ )，進行事後比較結果，在垂直、水平及最大發力率「跳動站姿」大於「原地站姿」，而支撐腳於垂直發力率方面，「跳動站姿」顯著大於「原地站姿」，再從發力率出現時間來看「跳動站姿」能較快達到最大發力率，由此可知「跳動站姿」有助於產生較大向心力量進而增加瞬間力量。而一系統的改變是源自於衝量的作用，而兩種預備站姿在垂直衝量上並未有顯著差異，以旋踢動作而言需要較大水平分力，故在水平衝量上達顯著差異，經事後比較結果「跳動中端」大於「原地中端」；「跳動上端」大於「原地中端」及「原地上端」，而在總衝量上並未達顯著差異。根據衝量定理  $F\Delta t = m\Delta v$  我們可以理解有較大的衝量可行成較大動量的改變，進

而增攻擊腳離地速度，提升攻擊效果。周桂明 (1996) 針對男女共19位跆拳道選手進行旋踢、後踢、下壓踢、後旋踢等四個動作，研究結果指出：平均力量依序為旋踢596 (kgw)、後踢520 (kgw)、下壓踢257 (kgw)、後旋踢520 (kgw)。而本實驗與蔡葉榮 (2008) 兩種預備站姿跳後踢相比之下在垂直及水平衝量上皆大於跳後踢。因此，可推論旋踢在踢擊前有較大水平衝量及垂直衝量產生。

## 七、踢擊力量

本研究以Dae do 電子護具進行測試，四種動作分別為「原地中端」4554.067 (N)、 「跳動中端」4846.282 (N)、 「原地上端」4407.959 (N)、 「跳動上端」4979.107 (N)，以「跳動上端」踢擊力量較大，較小為「原地中端」，踢擊力量以「跳動站姿」有較大踢擊力量之現象，踢擊力量推論「跳動站姿」於蹬地後有較快踢擊時間之趨勢，根據牛頓第二運動定律：衝量等於動量的變化 ( $Ft = MV_2 - MV_1$ )，攻擊腳作用地面所產生的衝量大將影響到起腳的速度和動作時間。本研究與周桂明 (1996) 針對男女共19位跆拳道選手進行旋踢、後踢、下壓踢、後旋踢等四個動作，研究結果指出：平均力量依序為旋踢596 (kgw)、下壓踢257 (kgw)、後旋踢520 (kgw) 有較小於之現象，推論在Dae do 電子護具系統接收，整件護胸皆為感應面，打擊感應面並由電腦顯示踢擊護胸承受壓力值之數據經現性迴歸取得力量之數值，因此在接觸電子護具上「跳動站姿」故能與目標有較大的感應作用，反之，「原地站姿」在接觸Dae do 電子護具感應作用較小，所以在力量感應上，兩種預備站姿對踢擊力量的表現「跳動站姿」能有較大踢擊力量之現象。

## 第二節 結論

綜合本研究所得到的資料及討論，提出以下幾點結論：

- 一、動作時間方面：四種動作在各階段時間分析於攻擊期「跳動中端」顯著快於「原地上端」、「原地中端」。
- 二、反應時間：四種動作於反應時間上並無顯著差異，以「跳動上端」、「跳動中端」有較快於「原地上端」、「原地中端」之趨勢。
- 三、重心位移及速度方面：重心垂直位移量於下蹲期「跳動上端」、「跳動中端」顯著大於「原地上端」、「原地中端」，重心垂直速度於攻擊期「跳動上端」、「原地上端」顯著大於「原地中端」。
- 四、踢擊力量方面：四種動作於踢擊力量上並無顯著差異，以「跳動中端」、「跳動上端」有較大於「原地中端」、「原地上端」之現象。
- 五、地面反作用力：在垂直和水平地面反作用力、水平、垂直及最大發力率、水平衝量以「跳動上端」、「跳動中端」顯著大於「原地上端」、「原地中端」，「跳動站姿」明顯大於「原地站姿」。
- 六、支撐腳地面反作用力：在垂直地面反作用力以「跳動上端」大於「跳動中端」達顯著差異；水平地面反作用力以「跳動上端」顯著大於「原地上端」；垂直發力率以「跳動上端」顯著大於「原地上端」、「原地中端」。



## 第陸章 建議

綜合本研究所得到的結論，提出以下幾點建議：

- 一、兩種預備站姿以「跳動站姿」在下蹲期身體重心有較大垂直位移距離進而增加地面反作用力能產生較快推蹬速度，而「跳動中端」在末端攻擊期有較快攻擊時間，近距離攻擊時可採「跳動站姿」；四種動作於動作時間及踢擊力量雖未達顯著差異但以「跳動站姿」有較大於「原地站姿」之趨勢，如今跆拳道競賽採用電子護具計分，在踢擊得分主要取決於踢擊力大小，因此，比賽攻擊時可採用「跳動站姿」較有利於攻擊速度及踢擊力量。
- 二、在針對跆拳道電子護具在踢擊力量感應只能代表指數，並不能代表實際踢擊之磅數。因此，無法顯示實際踢擊力量，本次實驗採電子護具作為力量踢擊之依據，經本研究將電子護具做其校正，在經由線性迴歸公式取得實際力量值，未來可供教練在訓練上參考之依據。
- 三、建議未來可採用肌電圖進行分析，如此將能對主要肌群活化時機及軀幹與下肢肢段間之互動與協調有更進一步了解。

## 參考文獻

中文部份

中華民國跆拳道協會 (2010)。世界跆拳道聯盟最新跆拳道競賽規則。擷取於2013年8月20日，取自<http://www.taekwondo.org.tw/modules/tadnews/index.php?nsn=169>

行政院體育委員會 (2010)。歷年運動成績，擷取於2013年8月20日，取自，[http://www.nstc.org.tw/HomeStyle.aspx?urlFile=game\\_03.htm](http://www.nstc.org.tw/HomeStyle.aspx?urlFile=game_03.htm)

宋玉麒 (2005)。2005 東亞運跆拳道比賽三強技術分析。(未出版碩士論文)，中國文化大學，臺北市。

李良標、呂秋平等編著 (1991)。運動生物力學。北京市：北京體育出版社。

李政霖、秦玉芳 (2004)。跆拳道選手前腳與後腳旋踢動作之生物力學比較。大專體育學術專刊，P310-321；93年度 (2004/05/08)。

周桂名 (1996)。跆拳道攻擊動作之反應及動力學分析。(未出版碩士論文)，國立體育學院教練研究所，桃園縣。

周桂名、相子元 (1996)。跆拳道旋踢動作之生物力學分析。一九九六年國際運動訓練科學研討會，302-309。

念裕祥、張榮三、湯文慈 (2006)。優秀跆拳道選手滑步旋踢加空中二腳旋踢之運動學分析(摘要)。2006年臺灣運動生物力學年會(頁18)。屏東市：國立屏東教育大學。

林仁彬、江界山、向淑慧 (1997)。跆拳道原地側踢與滑步側踢力量比較。中華民國大專院校86年度體育學術研討會專刊，144-153。

林建發 (1990)。跆拳道攻擊技術之生物力學因素探討。中華體育，12(5)，91-97。

林榮培 (2002)。跆拳道運動員專項體能與致勝要素探討。中華體育季刊，16(1)，112-120。

邱共鈺、陳淑貞、孟範武、相子元 (2005)。2004年荷蘭公開賽男子組54-58公斤級金牌選手腳部得分技術分析：朱木炎選手之個案研究。大專體育學術專刊 94年度

(2005/05), 483-495。

邱共鈺、蔡明志、相子元 (2004)。92 年全國運動會跆拳道比賽男子蠅量級金牌選手技術分析-朱木炎選手之個案研究。2004 運動訓練學國際論壇專刊, 107-122。

邱共鈺、蔡明志、陳淑貞、吳燕妮 (2009)。95 年全中運高中男子組跆拳道比賽各量級金牌選手技術分析之研究。輔仁大學體育學刊, 6, 189-198。

柯玉貞 (2001)。跆拳道後旋踢之運動學分析。(未出版碩士論文), 國立台灣師範大學體育研究所, 台北市。

洪商來 (1997)。最新跆拳道。台南市: 世峰出版社。

洪彰岑 (2006)。跆拳道反擊跳後踢動作技術之運動生物力學分析。體育學報, 39(2), 25-40。

相子元、何維華、湯文慈、念裕祥 (2005)。生物力學儀器理論與實務。台灣運動生物力學學會, 富喬文化事業有限公司。

胡宗祥、陳曉光 (2006)。跆拳道旋踢技術中軀幹運動的生物力學分析。大陸體育科學研究, 10(3), 58-61。

胡博綱、秦玉芳 (2011)。優秀跆拳道選手旋踢攻擊表現之分析。(未出版碩士學位論文), 臺北市立體育學院, 台北市。

胡博綱、秦玉芳、陳銜澈、蘇泰源 (2011)。跆拳道比賽新規則攻擊動作技術分析之研究。運動研究, 20 (2), 12-20 頁

張榮三 (1997)。跆拳道旋踢攻擊動作之探討。(未出版碩士論文), 國立體育學院, 桃園縣。

陳俊汕 (1995)。反應時間與預期在快速運動項目的重要性。中華體育, 8-4, 39-47。

陸軍步兵學校 (2004)。陸軍步兵學校跆拳道教案。高雄: 陸軍步兵學校。

湯惠雯、相子元 (2001)。跆拳道五種不同類型旋踢攻擊動作之運動學與動力學分析比較, (未出版碩士論文), 國立體育學院, 桃園縣。

- 劉宇 (2000) 。兩種不同牽張幅度深跳動作的生物力學要素和肌電現象之分析。(未出版碩士論文)，中國文化大學，臺北市。
- 蔡明志 (1998) 。世界跆拳道錦標賽女子得牌選手攻擊動作型態之攻擊率、得分率及成功率之分析研究。(未出版碩士論文)，中國文化大學，臺北市。
- 蔡葉榮 (1999) 。跆拳道下壓踢動作之生物力學分析。國立台灣師範大學體育研究所，(未出版碩士論文)，台北市。
- 蔡葉榮、許志耀 (2002) 。跆拳道踢擊動作之技術分析。中華體育，16 (2),14-19。
- 蔡葉榮、黃長福 (2008) 。不同備站姿跳後踢之生物力學分析。(未出版博士論文)，國立台灣師範大學體育研究所，台北市。
- 蕭景琪、湯文慈 (2009) 。跆拳道優秀與次優秀選手連續旋踢下肢運動學之比較。(未出版碩士論文)，國立台灣體育大學，桃園縣。
- 蕭景琪、湯文慈 (2009) 。跆拳道近期競賽攻擊特徵與踢擊技術動作之探討。中華體育季刊 23 卷4期，68-76。
- 鍾璧年、陳福進、黃世傑、劉佳鎮、陳太正 (2008) 。優秀跆拳道選手慣用邊與非慣用邊之旋踢運動學分析-以曾憶萱選手為例。輔仁大學體育學刊，7，152-165。
- 羅月英 (2001) 。柔軟度對於女子跆拳道選手上端旋踢及下壓踢踢擊動作之影響。(未出版碩士論文)，國立體育學院，桃園縣。
- 羅月英、王翔星 (2000) 。跆拳道旋踢攻擊模式之運動學分析探討。2000 年運動生物力學應用與展望研討會，國立陽明大學，40-41。
- 蘇志雄、袁慧儀 (1996) 。肌肉特色。載於陳啟明編：運動醫學與科學 (135-139頁) 。香港：香港中文大學。
- 鐘祥賜、蕭秀萍 (2004 )。上肢投擲動作和開放式動力鏈理論探究。中華體育，18(1)，52-59。

外文部份

- An, Y. K. (1983). Study for numd ersud and scoring adility of each kicking. *Major in Physical Education Graduate School Dongguk University.*
- Asmussen, E. & Bonde-peterson, F. (1974). Storage of elasticenergy in skeletal muscle in man. *Acta Physiologic Scand, 91, 385-392.*
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V. & Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiating during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiology Scandinavuca, 114, 557-65.*
- Conkel, B. S., Braucht, J., Wilson, W., Pieter, W., Taaffe, D., & Fleck, S. J. (1998). Isokinetic torque, kick velocity and force in Taekwondo. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 20 (2), S5.*
- Kim, Y. I. (1988). A study on frequency of kick technique and Points in TaekwondoGames- Focused on Women Players . *University Advisor : Professor Kang Yong Ho .*
- Norman, R. W. & Komi, P. V. (1979). Electromyogaphic delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiologica Scandinavica, 106, 241.*
- Steindler, A. (1955). Kinesiology of the human body: under normal and pathological conditions. *Thomas: Springfield.*
- Sung, R. J. (1987). Mechanical analysis of the Basic Taekwondo Kicks. *Journal of Taekwondo, 61, 106-115.*
- Tsai (2005). The biomechanical analysis of the taekwondo front-leg Axe-Kick. In Q.Wang (Ed.), *Proceedingsof XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports: Volume1* (pp.437-440). China:Beijing .
- Winter,D.A (1990). Biomechanics and Motor Control of Hunan Movment. New York ; A Wiley- *Interscience Publication.*

## 受試者同意書

依實驗研究的規定與保護受測者的權益，研究者有義務將研究的內容和過程向受試者詳細說明清楚，並以適當言語回答受測者所有的疑慮和問題，且以保護受試者的安全為其首要。受試者如有改變意願時應立即告知實驗者，可隨時退出本次的研究，因此，本研究對於受試者而言並無任何限制。

實驗名稱：跆拳道不同預備站姿旋踢之生物力學分析

指導教授：蔡虔祿 博士

研究者：國立台灣師範大學體育研究所運動科學班研究生葉勝維

實驗地點：國立台灣師範大學運動生物力學實驗室

實驗儀器：動作分析系統

實驗時間：中華民國      年      月      日

測試內容：

- 一、以動作分析系統測試跆拳道不同預備站姿旋踢動作，受試者穿著緊身短褲，以雙面膠帶直接將反光球黏貼至皮膚上，將測試踢擊動作各三次。
- 二、整個踢擊過程，將特別針對下肢的動作踢擊運動學、動力學之相關分析做探討。如您願意參加這次的研究，請在本同意書下方親筆簽名，表示同意並遵守受試者同意書中之各項相關規定，最後，誠摯地感謝您熱心的參與及支持。

受試者簽名：

日期：中華民國      年      月      日



受試者編號：

動作	次數	反應時間	動作時間	重心位移	關節角速度	地面反作用力	踢靶平均數值	發力率	衝量
原地 上端 旋踢	1								
	2								
	3								
	4								
	5								



受試者編號：

動作	次數	反應時間	動作時間	重心位移	關節角速度	地面反作用力	踢靶平均數值	發力率	衝量
原地 中端 旋踢	1								
	2								
	3								
	4								
	5								

受試者編號：

動作	次數	反應時間	動作時間	重心位移	關節角速度	地面反作用力	踢靶平均數值	發力率	衝量
跳動 上端 旋踢	1								
	2								
	3								
	4								
	5								

受試者編號：

動作	次數	反應時間	動作時間	重心位移	關節角速度	地面反作用力	踢靶平均數值	發力率	衝量
跳動 中端 旋踢	1								
	2								
	3								
	4								
	5								