

國立臺灣體育運動大學
National Taiwan University of Physical Education and Sport
體育研究所碩士學位論文

序列性旋踢動作是否影響
訊息處理的時間



研究生：謝采樺 撰

指導教授：陳重佑 博士

中華民國 103 年 7 月

論文名稱：序列性旋踢動作是否影響訊息處理的時間

總頁數：35 頁

院校組別：國立臺灣體育運動大學體育研究所

畢業時間及提要：102 度第 2 學期碩士論文提要

研究生：謝采樺

指導教授：陳重佑博士

中文摘要

本研究的主要目的為探討動作的複雜性對於訊息處理所需時間的影響。實驗的參與者為 11 名男性與 6 名女性跆拳道運動員，共 17 名。實驗參與者隨機完成 3 種動作難度任務，包括：滑步旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢等，每種難度動作執行 6 次。使用 Biopac MP-150 多通道訊號處理系統（2000 Hz）蒐集魚際肌的肌電訊號、加速度傳感器與外接燈源等資料，再以 AcqKnowledge 4.2 版計算動作前時間、動作時間、全部反應時間。經重複量數單因子變異數分析與 HSD 法事後比較後，結果發現三種難度動作前時間沒有差異（ $p > .05$ ），而全部反應時間與動作時間，則皆顯示簡單難度動作的時間顯著小於高難度動作（ $ps < .05$ ）。顯示在執行跆拳道連續踢擊動作時，接續的踢擊動作會在第 1 次踢擊過程中進行編序，因而延長了第 1 次踢的動作時間。

關鍵詞：跆拳道、反應時間、肌電圖

Does the Serial Kick Effect the Time of Information Processing

Tsai-Hua Hsieh

Abstract

The purpose of this study was to investigate that reaction time increases as the complexity of the roundhouse kicks in taekwondo to be made increased. The voluntary participants were 11 males and 6 females, 17 in total, of taekwondo athletes. Using the simple reaction time paradigm, participants were asked to perform front leg roundhouse kick, back leg roundhouse kick following front leg roundhouse kick, and back leg roundhouse kick and turn around roundhouse kick following right roundhouse kick randomly. Every task performed 6 times. The BioPac system (MP150, 2000 Hz) with wireless EMG sensor and accelerometer were synchronized to record the signals of the process of movements. The AcqKnowledge version 4.2 was used to analyze premotor time, response time, and movement times. Repeated measure one way ANOVA and HSD post hoc were used to compare the duration difference of three movements with the alpha level .05. The result showed there were no difference in premotor time among three tasks ($p > .05$). But the movement durations and response times in complex tasks were longer than simple tasks ($ps < .05$). It indicated that the duration of first kick was delay to organize and to program the next kick during the serial kicks of taekwondo.

Key words: taekwondo, reaction time, electromyography

謝誌

碩士論文能順利的完成，首先衷心感謝我的指導教授陳重佑老師，感謝老師不厭其煩一次又一次的悉心指導，我想再也找不到一位老師能如此無條件的付出。這一段研究生活在老師身上學到了對研究嚴謹的態度，以及對學生的耐心指教，這兩年的所學對我日後的教學生涯受益無窮，再次感謝老師的指導與付出。

在論文口試期間，感謝國立屏東教育大學涂瑞洪教授、國立臺中教育大學林靜兒博士、國立彰化師範大學陳帝佑教授的指導批評，感謝口試委員細心審閱，並提供許多指教與建議，讓本論文內容豐富許多。

再來要感謝偉勳、建志、郁婷、兆渝、晴惠、綺珊及宛如在實驗與論文上的幫助，年紀稍長的我，在研究這條路相當艱辛，沒有你們的協助，我想我無法如期完成，真的谢谢你们真好。

接著感謝福興武術國民中小學的所有同事們，讓我在學校與研究室奔波的期間裡分擔了學校事務，能夠毫無後顧之憂的專心做實驗與論文寫作，對於同事們的付出除了感謝還是感謝。

最後要謝謝我一對貼心、獨立又懂事的宥安與佩羽，不論在學業上還是在日常生活，都能讓我不需為他們煩惱，並給我精神與生活上的支持與安慰，這都是我在研究上寫作上最大的動力。

謝采樺 謹誌

中華民國 103 年 7 月

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
謝 誌	III
目 錄	IV
表 目 錄	VI
圖 目 錄	VII
第壹章 緒 論	1
第一節 問題背景	1
第二節 研究目的	4
第三節 名詞解釋	4
第四節 研究範圍與限制	5
第五節 研究重要性	6
第貳章 文獻探討	7
第一節 反應時間與訊息處理	7
第二節 影響反應時間的因素	10
第三節 結 語	14
第參章 研究方法與步驟	15
第一節、實驗參加者	15
第二節、實驗儀器與設備	16
第三節、實驗設計	18
第四節、實驗流程與步驟	21
第五節、資料處理與分析	22
第肆章、結果與討論	24
第一節、動作前時間的分析	24
第二節、動作時間的分析	25

第三節、全部反應時間的分析 -----	26
第四節、第 2 次踢擊時間的分析 -----	27
第五節、綜合討論 -----	28
第伍章、結論與建議 -----	31
第一節、結論 -----	31
第二節、建議 -----	32
引用文獻 -----	33
中文部分 -----	33
外文部分 -----	34

表目錄

表 1. 實驗參與者基本資料 -----	15
表 2. 動作前時間的變異數分析摘要 -----	25
表 3. 動作時間的變異數分析摘要 -----	26
表 4. 全部反應時間的變異數分析摘要 -----	27
表 5. 第 2 次踢擊時間的變異數分析摘要 -----	28

圖目錄

圖 1. 反應時間研究典範的各成份-----	8
圖 2. Biopac MP-150 多通道訊號處理系統-----	16
圖 3. 筆記型電腦一台-----	17
圖 4. EMG 肌電傳感器-----	17
圖 5. 實驗儀器設置-----	18
圖 6. 滑步旋踢-----	19
圖 7. 滑步旋踢接後腳旋踢-----	20
圖 8. 滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢-----	21
圖 9. 三動作階段參數定義-----	23
圖 10. 三種難度動作在動作前時間、動作時間、旋踢動作 全部反應時間與第二次踢擊動作之動作時間平均數 與標準差-----	30

第壹章 緒論

第一節 問題背景

1966年臺灣自韓國引進了一種運動項目－跆拳道。經過幾十年的推廣，臺灣也屢次在國際賽場上締造佳績，更於2000年開始在世界最高等奧運會中屢獲佳績，目前已成為臺灣重點發展的運動項目之一。跆拳道屬於雙人格鬥的技擊項目，特色是以下肢來移動、閃躲及攻擊，且需要在短時間內做出一連串的攻擊動作，比賽過程中有教練在場邊指導，及時給予運動員戰略以及適當的提醒。跆拳道有許多的基本動作，這些基本動作包含了力量、空間、速度、方向等幾項元素；此外，運動員需要了解對手的習慣動作、攻擊戰術、型態等，運用自身的專長及身體條件素質，研究出一套反擊的戰術（蔡明志、陳靜玲、陳麒文，2003），也要學習如何在對戰過程中，能夠專注以及迅速準確的判斷，這些都是需要從每次訓練中去累積經驗。

在動作學習領域裡，跆拳道是屬於複雜性的動作技能，動作過程中90%是以下肢踢擊技術組成，這項競技運動項目中，運動員需要在短時間內決定攻擊的動作，而在動作技能分類中，動作行為是屬於序列動作技能(serial motor skills)，是由數個間斷動作(discrete movements)依照一定的順序所構成(Gallahue & Ozmun, 2002; Schmidt & Lee, 2005)。早期許多研究學者會用訊息處理觀點(information processing)來探討個體動作行為的表現，因為人從出生到老死的過程中，都是經過不斷的成長與成熟的發展過程，也會隨著年齡不斷

的增加，個體在面對相同的外在環境的刺激，會產生不同的動作行為表現，而動作控制的訊息處理觀點，又經常被用來探討動作行為的表現，這樣的動作發展過程成為了個體發展中很重要的一個環節。

訊息處理的歷程則是一種將刺激輸入（stimulus identification）、反應選擇（response selection）到反應編序（response programming）而輸出的歷程，將這樣的過程比喻成一種電腦的處理器，像是電腦處理資料的方式一樣，需要經過輸入、編碼、解碼、輸出等過程。這些過程常被用來解釋人類的動作行為，就是經由感官覺察、注意與辨認身邊週遭環境後，將收到的訊息輸入進大腦吸收、編排完然後輸出，這樣的模式所產生一連串的動作行為歷程，稱為訊息處理模式。個體在接收到刺激後，經過一連串的辨認，將這些訊息變成神經衝動，再經過中樞神經系統變成進行處理，再傳達至大腦轉換吸收後輸出到肌肉，然後產生動作，形成知覺認知的一段歷程這整個過程稱之為反應時間。而訊息處理就是將人類接受到刺激時到動作輸出前分為三個階段，分別為刺激確認階段（stimulus identification stage）、反應選擇階段（response selection stage）及反應編序階段（response programming stage）。

訊息處理觀點中最著名的就是1960年Henry and Rogers的記憶鼓理論提出，當實驗設計中的動作越多，也就是複雜度越高，是否會造成個體在執行動作編序上的影響，以跆拳道項目來說，一場比賽中，在有限的時間內，如何正確判斷出攻擊動作，這個動作又是否會因為對手或是教練所給的訊息而有所影響，值得深入研究探討。

速度和準確度的訊息處理觀點是眾多運動項目，關注的重要論題。而速度與準確度之間存在著相互消長（speed-accuracy trade-off）的問題，在 1899 年 Woodworth 就提出速度與準確度消長，也就是「相互消長」的概念，說明速度越快準確度降低，如要要求速度準確度就會減慢；如要要求準確度速度就會減慢。說明了一種動作行為的現象，若是要求個體在動作時非常的快速，動作的準確度往往因此下降，相反的，若是希望提昇動作的準確度，則必須犧牲動作的速度，所以若是希望動作達到又快速又準確的狀態，就一定會有他的限制存在。在許多的動作技能中，速度與準確度經常會互相牽制影響，卻又扮演著很重要的角色，例如：跆拳道運動員需要在短時間內作出防守以及攻擊的動作，都需要有一定的速度與準確性才有辦法完成。Woodworth(1899) 的實驗中，他要求實驗參與者在一張紙上反覆左右來回畫直線的動作，發現動作的準確性會因為速度的增加而有所降低，而這樣的結果只能說明速度與準確度會互相牽制影響，卻沒有具體的數據作為一個依據，一直到 1954 年 Fitts 以訊息處理的觀點，發展出一套模式去解釋人類複雜動作行為，透過數學模式加以描述解釋，不僅可以將動作行為數據化，速度與準確度之間消長的問題也可以用訊息處理的能力來加以解釋。為了將個體的動作執行或產生過程深入解釋，將人腦比擬為電腦的運算模式，促使多元議題或跨領域議題的研究產出，然而，快速編序動作，進而產生複雜或序列性動作的訊息處理問題，則需要更多的深入研究，來填補其內容的不足，因此而引發研究的目的。

第二節 研究目的

利用三種不同旋踢攻擊動作，將攻擊動作分為滑步旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢接360度旋踢等，比較其動作執行前的反應時間改變，並解釋複雜的動作編序歷程對訊息處理所需時間的影響。

第三節 名詞解釋

一、訊息處理 (information processing)

訊息處理是指個體從刺激輸入到反應輸出 (stimulus response) 的一種處理模式，這樣的過程被比喻成一種電腦的處理器，主要說明個體在接收到外界刺激後，進行的一連串的辨識，並且說明人類在接收到外在環境的刺激時，經過中樞神經系統處理進行編碼，再傳達至大腦轉換吸收後輸出，形成知覺認知的一段歷程，就像是電腦處理資料的方式一樣，需要經過輸入、編碼、解碼、輸出等過程，而這些過程用來解釋人類的動作行為，就是經由感官覺察、注意與辨認身邊週遭環境後，將收到的刺激輸入進大腦吸收、編排然後輸出，這樣的概念所產生一連串的動作行為歷程，稱為訊息處理模式。

二、反應時間 (reaction time, RT)

反應時間是開始訊號或刺激源 (stimulus) 出現，到動作開始前的時間間隔。從訊息處理的觀點，反應時間被解釋為訊息處理所需的時間。

三、序列性動作技能 (serial motor skill)

具有明確的開始與結束的動作稱之為單一動作技能，或間斷性動作技能，將數個間斷性動作串聯起來的動作則稱之為序列性動作。例如柔道掃腳與過肩摔都是間斷性動作，但將這兩個動作串聯起來就是序列性動作，序列性動作相對於間斷性動作有較高的動作複雜性。

第四節 研究範圍與限制

本研究以訊息處理的觀點去探討不同攻擊動作的速度是否會影響反應時間。實驗參與者皆為跆拳道專長的國中生，接受過長期專業的跆拳道訓練。實驗開始前，我們會告知每一個實驗參與者，並且要求實驗參與者要用最快速的時間，並且又準確的方式，將動作完成，完成每一個工作。本研究就是要去探討在聽到提示後到開始移動前的這一段時間是否有所差異，但是由於實驗參與者對於快速及準確的認知不同，所以本研究只能假定每一位實驗參與者必定會盡最大的努力，展現最好的動作表現。

第五節 研究重要性

本研究延續 Henry and Rogers (1960) 實驗的概念，去探討不同攻擊動作的複雜性，是否會影響動作執行反應時間。也就是說，本研究進一步檢證動作複雜性對 RT 的影響，而過去相關的研究也證實了反應編序階段與 RT 有關 (Schmidt & Lee, 2005)，因此從簡單到複雜的動作編序歷程對訊息處理的時間需求，在本研究能獲得更顯著具有確實根據。

眾多運動項目中，有許多的運動類型是屬於需要快速及準確完成的，在完成這樣類型的動作時，學習者因為花費更多的時間來做動作編序，造成反應時間的增加，解釋了動作中反應編序的重要性，因此動作編序就成為動作過程中很重要的一個環節。

第貳章 文獻探討

本章將研究問題背景、訊息處理理論及其相關文獻研究加以探討，分為第一節、反應時間與訊息處理；第二節、影響反應時間的因素；第三節、結語。

第一節 反應時間與訊息處理

反應時間 (reaction time, RT) 如圖 1 所示，指的是開始訊號或刺激源 (stimulus) 到動作響應啟動之間的時間間隔 (Magill, 1998)，如同在田徑比賽中，短跑競賽的鳴槍即是訊號開始，當運動員聽到槍聲後腳離開起跑架的動作瞬間，即為上述的響應啟動，也就是說，從鳴槍到運動員產生動作的這段時間稱為 RT。事實上，Magill (1998) 指出 RT 可以再分為兩個部分，分別是動作前時間 (pro-motor time) 與肌肉動作時間 (motor time)，動作前時間指的是開始訊號後，大腦中樞接收訊息至輸出命令的這一段時間過程，此一過程稱之為訊息處理 (information processing) 階段，而肌肉動作時間則是周邊神經組織反應動作的時間，然而從外在是無法直接觀察到反應時間的兩個過程現象，因此，必須藉由 EMG 儀器才能觀察到更細微的反應動作階段。另外，從反應時間的研究典範中，可以分為全部反應時間 (response time) 與反應時間 (reaction time)，全部反應時間包括訊號開始、動作開始與動作結束等三個階段，反應時間的界定為訊號開始到動作開始之間，而動作開始到動作結束稱為動作時間 (movement time)。

事實上，運動員接受訊號後到動作開始之間其真正的動作皆未產生移動，而真正產生明顯動作前，參與工作的肌肉動作已開始工作一段時間後，才會產生肢體改變，此階段則屬於肌肉動作時間。而動作開始時間可從運動員腳踩在起跑架上會有一段力量的維持，當下肢離開起跑架時力量則會逐漸下降至零，由此，可清楚的定義動作開始時間點，而動作結束以運動員腳踩出第一步視為動作結束，當已知動作開始至動作結束可獲得動作時間，將反應時間與動作時間相加則為全部反應時間。從反應時間的研究中可知，許多動作執行的開始到結束都具有反應時間作用於其中，而不同的反應時間實驗設計，可以檢視個體對於訊息處理的能力。

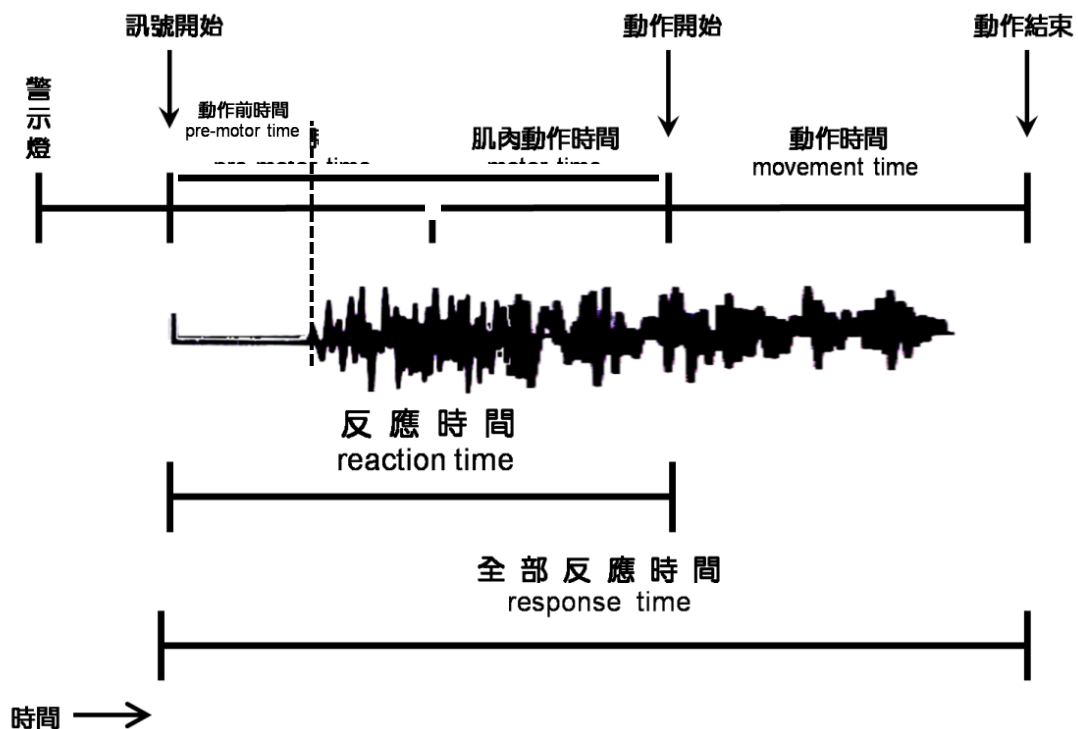


圖 1. 反應時間研究典範的各成份。

在動作行為領域中，訊息處理觀點經常被用來探討動作行為的表現，並且將人類的大腦比喻成電腦 (Schmidt & Lee, 2005)，當個體受到外在環境的刺激時，經過中樞神經系統處理進行編碼，再經由大腦運算後輸出，形成知覺認知的一段程，而這些過程用來解釋人類的動作行為，就是經由感官覺察、注意與辨認身邊週遭環境後，將收到的刺激輸入進大腦、編排然後輸出，這樣的概念所產生一連串的动作行為歷程，稱為訊息處理模式 (information processing model)。訊息處理模式將人類接受到這樣的刺激時到動作輸出前為三個階段，分別為刺激確認階段 (stimulus identification stage)、反應選擇階段 (response selection stage) 及反應編序階段 (response programming stage)。第一，個體透過受器接收刺激後，經由感覺神經元傳導到大腦，大腦感覺到刺激的發生，並分析確認之，這個階段通常稱為刺激辨認階段。第二，大腦接收刺激並適當分析後，大腦會選擇該如何反應，或選擇不採取任何行動，這個階段通常稱為反應選擇階段。第三，大腦做出反應選擇之後，會透過運動神經元將反應訊息傳導到動器，再由動器做出反應。大腦做出反應選擇後到動器做出反應前的階段，通常稱為反應初始階段 (response initiation stage)，也就是反應編序階段。

Lee 與 Wynne (1980) 的研究中就使用了肌電圖 (electromyography, EMG) 去蒐集動作時實驗參與者的肌肉訊號。實驗設計中包含反應時間設備以及在前三角肌、對側股二頭肌、對側股二頭肌等 3 個肌群放置 EMG，蒐集 EMG 訊號及反應時間訊號。研究者要求實驗參與者直立站立著，

手放在反應時間設備的按鍵上，等到訊號燈亮刺激源輸入後，放在按鍵上的手隨即放開，接著向上平舉到與肩同高的目標位置，實驗參與者在前三角肌、對側股二頭肌、對側股二頭肌上放置肌電圖，可以看到反應時間在這一段時間在刺激輸入後，同側股二頭肌最先開始工作來做平衡，接著是前三角肌最後對側股二頭肌也產生工作，一直到動作開始。從這個實驗也可以更深入了解動作準備過程中所發生的變化（Magill,2007）。

透過 EMG 訊號看到反應時間，在刺激輸入後，工作手尚未抬起來前，其實肌肉會依據他的功能與目的的不同依序產生工作，利用肌電圖測出動作前時間（pre-motor time），就是同側的股二頭肌訊號出現以前的這段時間，除此之外，還可以看到主要工作手的訊號出來前，同側的股二頭肌就已經有肌電訊號，接著手臂前三角肌的訊號出現之後對側股二頭肌也跟著產生工作訊號，這一段時間就是肌肉動作的時間（motor time）。從這裡就可以知道，其實在真正工作之前，動作已經開始在做編序的一個動作，經過這些編序的歷程才將動作做輸出，這就是三階段裡反應編序的階段。所以這個實驗除了為訊息處理三階段提供了一個很重要的實證資料，也清楚說明了動作中反應編序的重要性。

第二節 影響反應時間的因素

影響反應時間的因素是指訊息處理所需時間影響的因素，荷蘭醫生 Donders（1868/1969）最早提出訊息處理理論的看法，在認知心理學的觀點中，提出了訊息需在中樞系統經過

一連串在時間上不重疊 (nonoverlapping) 的處理階段才能產生動作階段的觀念。Schmidt and Lee (1999) 指出人類從刺激輸入至動作開始所經歷的時間，它包含了三個訊息處理階段，第一階段是刺激辨認階段 (stimulus identification phase)、第二階段為反應選擇階段 (response selection phase)、第三階段則為反應編序階段 (response programming phase)。

就訊息處理模式來說第一階段是刺激辨認階段，個體透過受器偵測到刺激，經由感覺神經元傳導到大腦，然後刺激被分析確認，故將此階段區分為，刺激偵測 (stimulus detection) 及型態確認 (pattern recognition) 兩個次階段，在刺激偵測階段，是透過視覺 (vision)、嗅覺 (smell)、觸覺 (touch)、及聽覺 (audition) 等經由感覺神經元傳導到大腦，大腦感覺到刺激的發生辨別其重要性，例如桌上看到杯子，杯子的形狀、大小、杯子裡面是否有裝水此階段為刺偵測階段，又眼睛看見光線，光線進入眼睛的視網膜透過受器接收刺激後，經由感覺神經元傳導到大腦，大腦感覺到刺激的發生，這刺激或許進一步在不同的層級分析處理，直到刺激接觸記憶 (contact memory)，表示刺激的一些記憶形式被喚起，可縮短 RT，就好像我們看到紅燈就代表停止或危險的號誌。另外刺激強度越強，RT 越短 (例如：光線越強，聲音越大)；刺激形式也會影響 RT (例如：視覺刺激的 RT 較聽覺或觸覺的 RT 長)。以上這些歷程都須經由刺激引發記憶中的適當連結，型態確認 (pattern recognition) 是依過去的經驗與記憶去確認訊息的型態為何？日常生活中生物體必須常常從刺激確認型態，例如從物體的表面形狀取得，或從運動中的球確認其方向、移動速度、旋轉形式，部份的這些型態確

認跟遺傳有關（例如：有關生存）。西洋棋棋士的重要研究顯示學習會影響型態確認（deGroot, 1946/1978; Chase & Simon, 1973），deGroot 的研究中要求西洋棋大師和中上棋力的西洋棋棋士觀看 5 秒下半局棋盤後，恢復西洋棋的棋子位置，結果顯示西洋棋大師重新將棋子復位的能力較優秀。Chase and Simon（1973）的實驗，加入將西洋棋子在棋盤上隨機擺放的情境，在隨機擺放的情境下，西洋棋大師和中等棋力的西洋棋棋士重新復位棋子的能力均相同。這可以解釋西洋棋大師通過多年棋局比賽的經驗，而增進了刺激辨認階段的歷程。

而反應選擇階段中主要是在探討刺激辨認之後，大腦中樞神經系統選擇適合的反應，這個階段通常稱為反應選擇階段。當反應選擇被決定以後，就會將動作訊息傳送到動器上再做出反應。在柔道比賽中當要攻擊時，所做出的破勢、移動要如何攻擊，在反應選擇階段提供了決定（decision）。Magill（1998）認為影響反應時間因素為刺激反應選擇的數目（number of stimulus response alternatives），Hick（1952）和 Hyman（1953）指出刺激反應選擇數目和 RT 的關係為 Hick 定律（Hick's law，希克定律），其意義為刺激反應選擇的數目越多時，反應選擇需求的訊息處理時間也就越多。事實上，早在 1885 年的 Merkel 研究就提出這樣的問題（Woodworth, 1938），通過右手指，標示阿拉伯數字 1 到 5，並在左手指，標示羅馬數字 I 到 V，在一組測試中，Merkel 全部使用 10 個可能的刺激-反應（S-R）配對，所以就有 10 個可能刺激的試做；要注意的是，在任一試做中，每一組可能的刺激源只有一個刺激出現，Merkel 研究刺激反應配對數目（從 1 到 10）

與選擇 RT 的關係。

大腦所做出的反應選擇後到動器做出反應前的階段，一般稱為反應初始階段（response initiation stage），也就是反應編序階段。複雜動作伴隨著反應時間增加，常被用來解釋訊息處理論中的反應編序階段，而反應編序階段中複雜動作對於反應時間影響的研究也是最為人熟知的。當動作越複雜，動作開始前的反應時間越長，說明個體所需要的反應編序處理時間更長（Fischman, Christina, & Anson, 2008; Henry & Rogers, 1960; Khan, Lawrence, Buckolz, & Franks, 2006; Khan et al., 2008; Magnuson et al., 2008; Smiley-Oyen et al., 2007），這個階段的反應時間不單被定義為刺激輸入與動作輸出所持續的時間，也被視為訊息處理理論的重要證據。

1960 年 Henry and Rogers 的經典實驗就提供了有力的證據，說明越複雜的動作需要更多的動作程式來做反應編序的工作，當動作變的更複雜，導致訊息處理量增加，相對的反應時間也會隨之增加。這個實驗是屬於連續性的循環動作，他們設計了 A、B、C 三種不同的實驗，實驗設計 A，個體將手指放在按鈕上預備，等訊號燈亮後將手指放開，反應時間為 165 毫秒；實驗設計 B，重複 A 的步驟後，接著拍打在距離按鈕 30 公分高的網球，反應時間為 199 毫秒；實驗設計 C，重複 A 及 B 步驟後，再接著抓取第一顆網球旁的另一顆網球，反應時間為 212 毫秒。在實驗 A 動作最簡單、最容易，所以花的時間最短，實驗 C 動作最複雜時間為最長，由此實驗可發現，隨著難度的增加實驗參與者需要更多的動作程式來做反應編序的工作，而訊息處理的歷程也會隨之增長，也就說明了複雜性動作反應時間會長於簡單動作反應時間。在這三

種不同的序列動作中，發現了，動作的複雜度與反應時間的關係，Henry and Rogers (1960) 也說明了此現象的原因，他們認為雖然三種動作設計並非相同，但是三種動作設計的外在刺激一樣，也就是在執行動作之前，實驗參與者已經知道要執行什麼樣的動作，所以反應時間的增加，是因為反應編序的時間所需要的時間增加，因此，當實驗中的動作序列動作越多，提高了動作的複雜度，他所需要的反應時間就越長，這是因為複雜性動作比簡單性動作更需要較長的時間來做動作存取與準備的動作 (Fischman & Lim, 1991)。

第三節 結語

訊息處理理論，從刺激輸入到動作輸出，個體會經歷不同的訊息處理過程的階段，並且在訊息處理的最後階段完成動作編序，而不同的外在因素會對不同的訊息處理階段產生影響，來讓個體做出適當的動作。而 Lee 在 1980 年的實驗中了解，其實在真正工作之前，動作已經開始在做編序的一個動作，經過這些編序的歷程才將動作做輸出，這就是三階段裡反應編序的階段。所以這個實驗除了為訊息處理三階段提供了一個很重要的實證資料也清楚說明了動作中反應編序的重要性。

第參章 研究方法與步驟

本研究依研究問題所需，分成以下幾點陳述：第一節、實驗參加者；第二節、實驗儀器與設備；第三節、實驗設計；第四節、實驗流程與步驟；第五節、資料處理與分析。

第一節、實驗參加者

本研究實驗參與者為 17 名跆拳道專長運動員，其中包括 11 名男性與 6 名女性，平均年齡、身高、體重及練習年齡（括號為標準差）分別為 14.3（1.0）歲、161.3（8.6）公分、50.7（11.3）公斤與 2.2（1.0）歲。實驗參與者於正式實驗前均已簽署「實驗參與者須知同意書」。研究者均在實驗進行前告知每位實驗參與者實驗操作流程以及注意事項，以確保實驗參與者之權益。

表 1. 實驗參與者基本資料

N = 17	平均數	標準差
年齡（歲）	14.3	1.0
身高（公分）	161.3	8.6
體重（公斤）	50.7	11.3
練習年齡（歲）	2.2	1.0

第二節 實驗儀器與設備

本研究所使用之實驗儀器設備與資料分析軟體敘述如下：

一、實驗儀器設備

- (一) Biopac MP-150 多通道訊號處理系統(2000 Hz)(圖 2)
- (二) 筆記型電腦一台(圖 3)
- (三) EMG 肌電傳感器(圖 4)
- (四) 加速度傳感器(500 g)與刺激光源(圖 5)

二、資料分析軟體

- (一) AcqKnowledge 4.2 版分析軟體
- (二) SPSS for Windows 15.0 版統計分析軟體



圖 2. Biopac MP-150 多通道訊號處理系統。

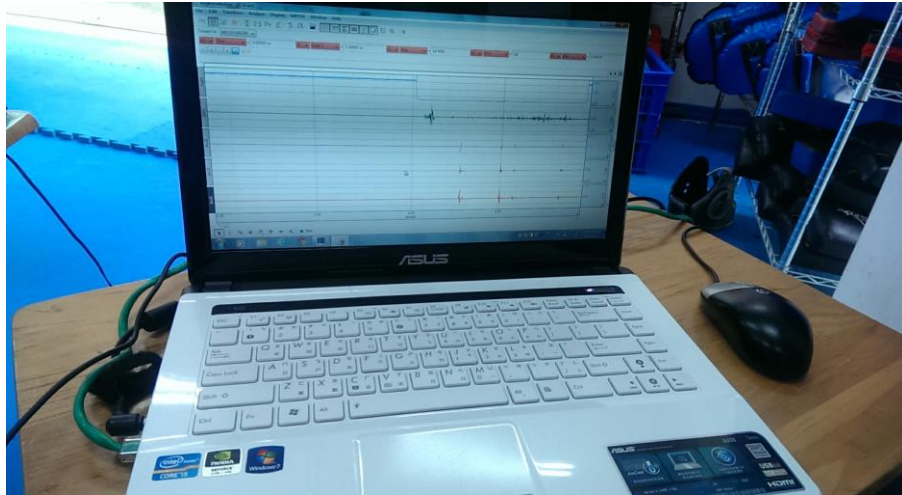


圖 3. 筆記型電腦。



圖 4. EMG 肌電傳感器。



圖 5. 實驗儀器設置。(A 為刺激燈源，B 為加速度規)

第三節 實驗設計

本研究為 17 位跆拳道運動員反應時間探討，研究不同攻擊動作難度是否會影響反應時間。就實驗設計而言，這個實驗工作是屬於下肢攻擊動作，實驗參與者是以站姿的方式，使用下肢擊中沙袋的中端目標區。研究者將隨機抽取動作難度，在接收到訊息後做動作，並且必須擊中假人上的中端目標區內。本研究實驗攻擊動作難度分為 3 種，分別滑步旋踢、(圖 7)、滑步旋踢接後腳旋踢(圖 8)、滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢(圖 9)，在固定位置做三種不同的攻擊動作，這 3 種攻擊動作難度順序，係採用隨機的方式決定。



圖 6. 滑步旋踢。



圖 7. 滑步旋踢接後腳旋踢。

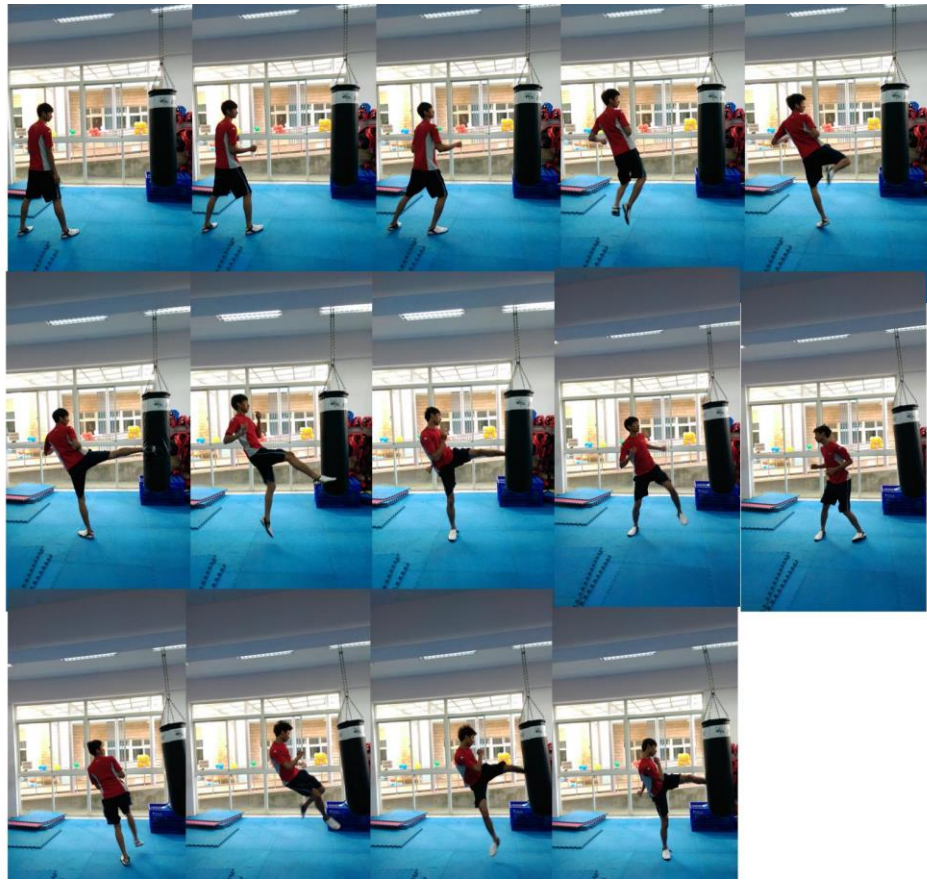


圖 8. 滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢。

第四節 實驗流程與步驟

本研究實驗參與者為 17 位國中跆拳道專業運動員，實驗進行前，研究者會請時驗參與者簽署「實驗參與者須知同意書」，並告知每位參與者的實驗流程與操作方式，包括每人皆須隨機完成 3 種動作難度任務，每種難度進行 6 次，在看到刺激光源出現後，立即握左拳，再分別執行滑步旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢。實驗過程中研究者會隨時提醒實驗參與者必須以快速與準確的方

式踢到目標區，過程中會蒐集肌肉動作時間（motor time）、反應時間（reaction time）及動作時間（movement time）。本研究也使用 EMG 肌電傳感器來蒐集魚際肌的肌電訊號，去計算動作前時間（pre-motor time）。研究者會要求實驗參與者以離沙袋 1 公尺的距離，分別作出滑步旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢，而且研究者會要求實驗參與者要用最快速的時間並且又準確的方式踢中目標區，每種動作難度做 6 次，並且每次皆須以快速與準確的方式完成工作。本研究目的要探討在接收到訊息後到開始移動前的動作前時間（pre-motor time），肌肉動作時間（motor time），反應時間（reaction time），動作時間（movement time）是否會因為動作難度的增加造成反應時間有所差異。

第五節 資料處理與分析

本研究實驗使用 EMG 肌電傳感器來蒐集魚際肌的肌電訊號，通過 MP-150 以及 AcqKnowledge 去計算動作前時間（pre-motor time）、動作時間（motor time）、全部反應時間（reaction time）及動作時間（movement time）。如圖 9 線 A 至線 B 的時間差為動作前時間，線 B 至線 C 的時間差為本研究之動作時間，有別於傳統反應時間的定義，本研究之動作時間包含肌肉動作時間與動作時間，線 A 至線 D 的時間差為全部反應時間，線 C 至線 D 的時間差為第 2 次踢擊時間。通過 BiopacMP-150 多通道訊號處理系統來進行蒐集，採樣頻率是 2000 Hz。本研究統計方法使用重複量數單因子變異數分析（one way ANOVA），顯著差異為 $\alpha = .05$ ，統計若達顯

著則進一步使用 HSD 事後比較法分析。

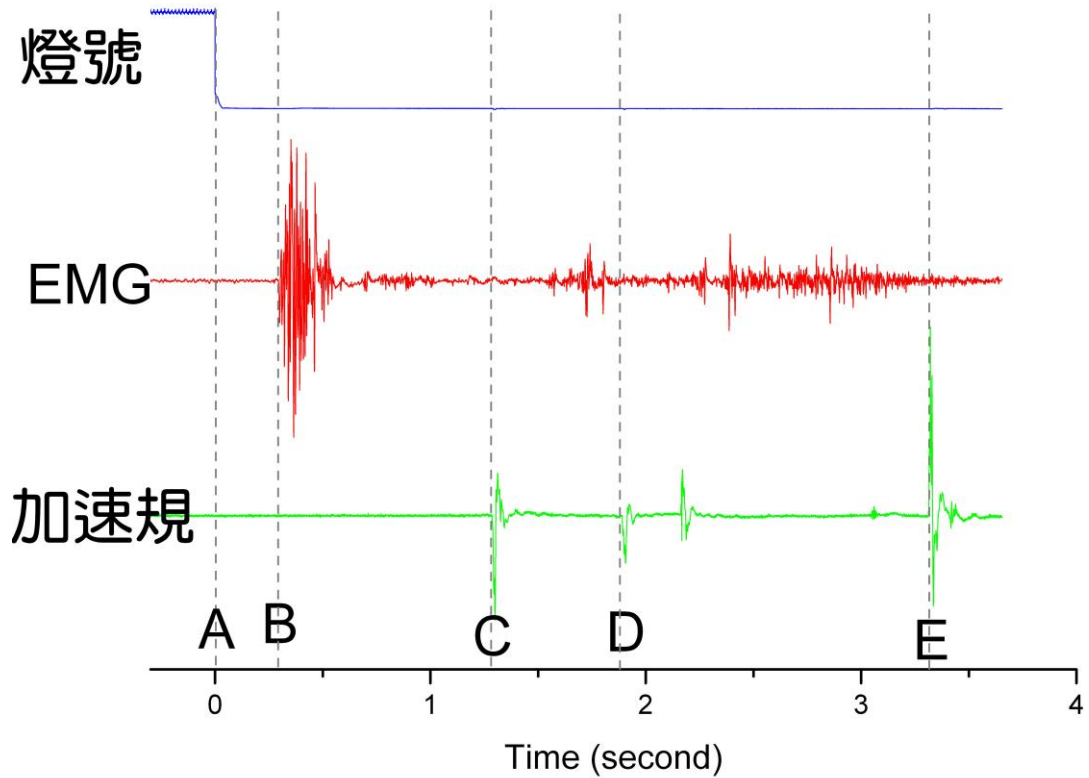


圖 9. 動作階段參數定義。線 A 為刺激源訊號出現，B 為肌肉工作開始，C 為第 1 次踢擊目標區瞬間，D 為第 2 二次踢擊目標區瞬間，E 為第 3 次踢擊目標區瞬間。

第肆章 結果與討論

本研究依動作執行階段結果，分成以下幾點陳述：第一節、動作前時間的分析；第二節、動作時間的分析；第三節、全部反應時間的分析；第四節、第 2 次踢擊時間的分析；第五節、綜合討論。

第一節 動作前時間的分析

動作前時間係指由訊號開始至肌肉電訊號開始瞬間之過程時間，其所代表的意義較為貼近人類接受訊號刺激後所開始產生的訊息處理時間，故本研究為了瞭解不同動作難度是否會影響動作執行的動作前時間，招募共 17 位實驗參與者自願參與本研究，要求實驗參與者隨機執行 3 種動作難度，包括：滑步旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢與滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢，經重複量數單因子變異數分析後如表 2，結果顯示滑步旋踢 (212.1 ± 48.7 ms)、滑步旋踢接後腳旋踢 (219.7 ± 46.3 ms) 與滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢 (218.4 ± 43.0 ms) 未達顯著差異， $F(2, 32) = 0.667$, $p = .520$ ，說明所有實驗參與者，在執行三種動作難度的動作前時間相同，也就是說在本研究的操弄下，動作前時間的過程並不會因為動作難度的差異有所改變。

表 2. 動作前時間的變異數分析摘要

變異來源	df	MS	F	p	η^2	power
動作難度	2	280.98	0.667	.520	.040	.152
殘差	32	421.31				

第二節 動作時間的分析

在本研究的實驗設計中，有別於以往反應時間相關研究的操作，以隨機出現的燈源做為訊號開始的刺激，肌肉電訊號作為動作開始的來源，再經由目標區的加速度傳感器做為動作結束的瞬間，因此在本節次中所討論的動作時間，即為肌肉出現電訊號瞬間至加速度傳感器訊號開始出現之區間，也就是說 3 種難度的各個時間階段，都是以第一腳觸及目標區瞬間作為動作結束之計算。其中 3 種難度的動作時間分別為：滑步旋踢（ $M = 761.1 \text{ ms}$ ， $SD = 169.0 \text{ ms}$ ）、滑步旋踢接後腳旋踢（ $M = 806.9 \text{ ms}$ ， $SD = 151.7 \text{ ms}$ ）與滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢（ $M = 827.4 \text{ ms}$ ， $SD = 156.2 \text{ ms}$ ），經重複量數單因子變異數分析後如表 3，結果顯示出執行 3 種難度的動作時間達顯著差異， $F(1.47, 32) = 8.055$ ， $p = .004$ ， $\eta^2 = .335$ ， $\text{power} = .871$ ，再經 HSD 法事後比較發現，滑步旋踢的動作時間顯著小於滑步旋踢接後腳旋踢與滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢，說明了在執行相對簡單的技術時，動作編序到執行的時間相對較短。

表 3. 動作時間的變異數分析摘要

變異來源	df	MS	F	p	η^2	power
動作難度	1.47	19562.93	8.055	.004	.335	.871
殘差	32	2428.81				

第三節 全部反應時間的分析

全部反應時間係為訊號刺激源開始至擊中目標區的瞬間，在本研究的設計中，根據訊息處理理論的觀點來看，隨著動作難度越高，大腦在執行編序的時間也會相對增加，進而導致完成整體動作的反應時間也增加，故本研究根據實驗所或獲得的 3 種難度數據，由簡單至困難的滑步旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢與滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢平均全部反應時間（括號為標準差）分別為 973.2（158.6）ms、1026.6（148.3）ms 與 1045.8（161.6）ms，將上述資料進行重複量數單因子變異數分析後如表 4，結果達統計顯著差異， $F(1.48, 32) = 11.031$, $p = .001$, $\eta^2 = .408$, $power = .985$ ，說明了三種動作難度的全部反應時間有差異，再經 HSD 法事後比較發現，滑步旋踢的全部反應時間顯著小於滑步旋踢接後腳旋踢與滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢的全部反應時間，也就是說在執行相對簡單的難度技術時，從動作編序到完成動作的執行的時間相對較短。

表 4. 全部反應時間的變異數分析摘要

變異來源	df	MS	F	p	η^2	power
動作難度	1.48	24038.69	11.031	.001	.408	.985
殘差	32	2179.11				

第四節 第 2 次踢擊時間的分析

第 2 次踢擊時間指的是踢擊目標區第 1 次至第 2 次過程的時間，也就是踢第一腳至第二腳之間的時間，本研究 3 種踢擊動作分別會接觸目標區 1 次、2 次與 3 次，而本節次主要針對第 2 次踢擊時間進行比較，因為滑步旋踢僅 1 次踢擊目標區的動作，所以不多做討論，為了比較滑步旋踢接後腳旋踢與滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢的第 2 次踢擊目標區時間，將第 2 次踢擊的時間減去第 1 次踢擊時間後，所獲得參數如下：滑步旋踢接後腳旋踢為 982.3 ± 267.9 毫秒、滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢為 1020.3 ± 237.6 毫秒，經重複量數單因子變異數分析後如表 5，結果達統計顯著差異， $F(1, 16) = 4.841$ ， $p = .043$ ， $\eta^2 = .232$ ， $power = .543$ ，說明了在第 2 次踢擊時間的比較上，難度 2 的滑步旋踢接後腳旋踢動作顯著快於難度 3，說明了在組織動作前的編序過程，對於執行相對簡單的難度動作時，能有較快速的表現。

表 5. 第 2 次踢擊時間的變異數分析摘要

變異來源	df	MS	F	p	η^2	power
動作難度	1	12234.13	4.841	.043	.232	.543
殘差	16	2526.95				

第五節 綜合討論

當跆拳道運動員身處與競技場上時，面對瞬息萬變的技擊過程中，攻防的剎那轉換交替快速多變，此時便面臨了選擇攻擊方式的思考情境，無論是運用單一攻擊方式還是多種技術的組合攻擊，運動員都可能在這個瞬間遭受對手的攻擊，此時對於動作的反應時間來看，就成為閃避攻擊或是時間差攻擊中非常重要的一種能力，而選擇確適的攻擊模式也是影響比賽結果的關鍵因素之一，如何在對手出擊後立即反應閃躲或是組織攻擊，就成為跆拳道或技擊類項目中非常重要的關鍵，然而，從訊息處理理論的觀點來看，若將 Schmidt and Lee (1999) 提出的三個階段應用到本研究來看，從動作前時間可以了解到運動員對與三種難度的動作編序情況是否有差異，也就是選擇單一難度或多個難度是否會有不同的動作前時間，而動作時間可以說明對於三種難度而言，動作編序到選擇執行複雜動作的過程中是否符合訊息處理理論的觀點，指的是越複雜的技術或難度將會增加訊息處理的時間，而全部反應時間旨確認自刺激源開始至完成第一次踢擊的瞬間，該動作則包含了刺激辨認階段、反應選擇階段與反應編序階

段，而本研究主要探討 3 種難度動作是否會影響反應選擇與反應編序階段的時間，即在探討三種難度的選擇以及三種難度動作的編序，是否會造成時間上的差異，進而提出量化結果，支持訊息處理理論的觀點。

因此，本研究修改了 Lee and Wynne (1980) 的方法，除了使用燈光刺激原與肌電圖獲取動作前時間外，更利用加速度傳感器獲得全部反應時間的資料，而本研究 3 種難度動作在動作前時間的比較上並沒有顯著差異，與先前許多的研究結果不同 (Fischman, Christina, & Anson, 2008; Henry & Rogers, 1960; Khan, Lawrence, Buckolz, & Franks, 2006; Smiley-Oyen et al., 2007)，也就是本研究的 3 種難度技術複雜程度，無法有效的凸顯出運動員在反應編序的過程的落差，這樣的結果有兩種解釋，3 種動作的複雜程度不足，以致於動作前時間無顯著差異；或是運動員在實驗過程中，由於已先知會即將執行的動作為何，因此過度將注意力集中在握拳的動作上，使得運動員在執行 3 種動作時，都特別在意刺激源出現後的第一個工作，因而導致動作前時間沒有差異。

另外，觀察動作時間的部分，單一旋踢動作的動作時間顯著短於另外兩個較為複雜的動作 (圖 10)，說明了從運動員的肌肉開始工作瞬間到接觸目標區的過程中，單純滑步旋踢所使用的時間最少。

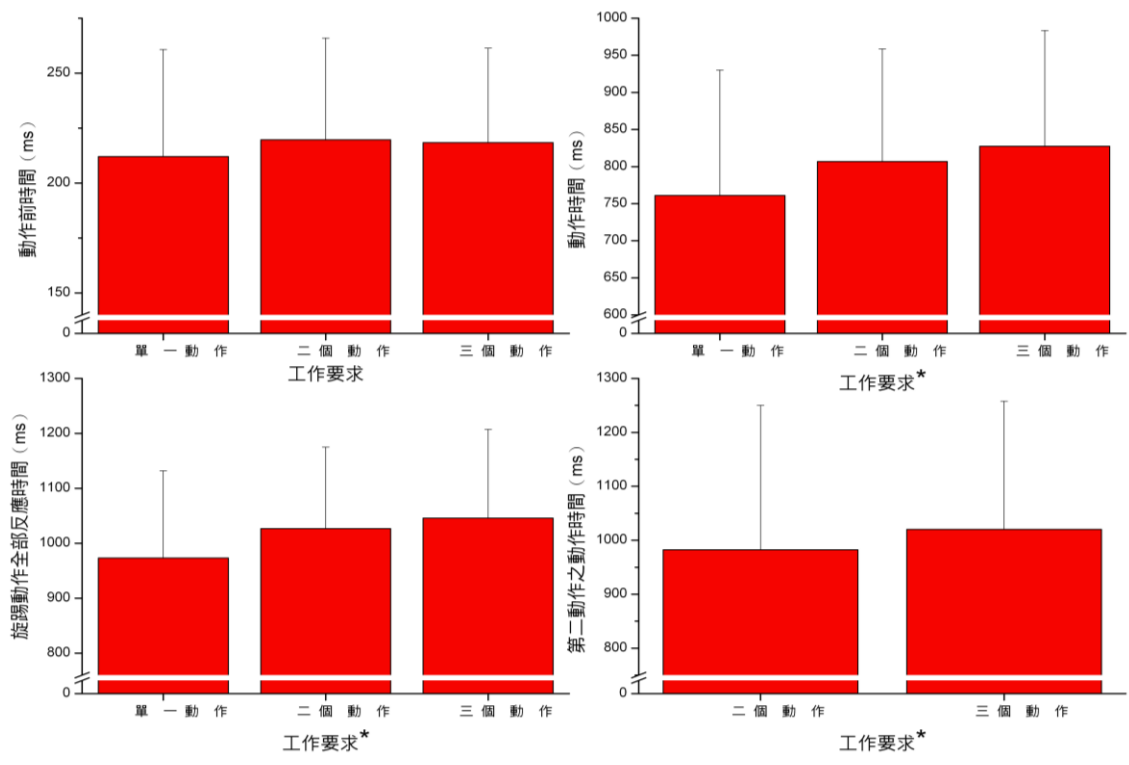


圖 10. 各種難度動作的動作前時間、動作時間、旋踢動作全部反應時間與第二次踢擊動作之動作時間。*p < .05

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究實驗參與者為 17 位本校國中跆拳道選手，目的為利用 3 種不同旋踢攻擊動作，將攻擊動作分為滑步旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢、滑步旋踢接後腳旋踢接 360 度旋踢等，比較其動作執行前的反應時間改變，並解釋複雜的動作編序歷程對訊息處理所需時間的影響探討在接收到訊息後到開始移動前的動作前時間 (pre-motor time)，肌肉動作時間 (motor time)，反應時間 (reaction time)，動作時間 (movement time)，進而探討不同動作難度是否會影響動作執行的動作前時間。

研究結果中發現，在動作前時間的 3 種動作難度未達顯著差異，($p > .05$) 說明所有實驗參與者，在執行三種動作難度的動作前時間相同，也就是說在本研究的操弄下，動作前時間的過程並不會因為動作難度的差異有所改變。而動作時間、全部反應時間及第 2 次踢擊時間的 3 種難度經分析後，結果顯示皆達顯著差異 ($ps < .05$)，說明了在執行相對簡單的技術時，動作編序到執行的動作時間及全部反應時間相對較短。而在第 2 次踢擊時間，組織動作前的編序過程，對於執行相對簡單的難度動作時，能有較快速的表現。

第二節 建議

1960年 Henry 和 Rogers 的經典實驗中，說明越複雜的動作需要更多的動作程式來做反應編序的工作，當動作變的更複雜，導致訊息處理量增加，相對的反應時間也會隨之增加，此理論在研究結果中並未得到證實。本研究的3種難度技術複雜程度，無法有效的突顯出運動員在反應編序的過程的落差，這樣的結果有兩種解釋，3種動作的複雜程度不足，以致於動作前時間無顯著差異；或是運動員在實驗過程中，由於已先知會即將執行的動作為何，因此過度將注意力集中在握拳的動作上，使得運動員在執行3種動作時，都特別在意刺激源出現後的第一個工作，因而導致動作前時間沒有差異。因本研究實驗參與者皆為跆拳道專長之運動員，對於動作難度有一定的熟悉度，而隨著實驗次數的增加對於動作的操作也越來越純熟，未來可在動作難度上重新加以設計，在探討動作難度中的反應編序的時間是否會因為動作難度的增加而有所影響。

引用文獻

中文部分：

- 林清山 (1993)。心理與教育統計學。臺北市：東華。
- 邱浩政 (2005)。量化研究法二：統計原理與分析技術。臺北市：雙葉。
- 胡明霞 (2009)。動作控制與動作學習。臺北縣：金名。

英文部分：

- Fischman, M. G. (1984). Programming times as a function of number of movement part and changes in movement direction. *Journal of Motor Behavior*, 16(4), 405-423.
- Fischman, M. G., & Lim, C. H. (1991). Influence of extended practice on programming time, movement time, and transfer in simple target-striking responses. *Journal of Motor Behavior*, 23(1), 39-50.
- Fischman, M. G., Christina, R. W., & Anson, J. G. (2008). Memory drum theory's C movement: Revelations from Franklin Henry. *Research Quarterly for Exercise and sport*, 79(3), 312-318.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2002). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults* (5th ed.). Singapore : McGraw-Hill.

- Khan, M. A., Lawrence, G. P., Buckolz, E., & Franks, I. M. (2006). Programming strategies for rapid aiming movement under simple and choice reaction time conditions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(3), 524-542.
- Lee, A. M., Landin, D. K., & Carter, J. A. (1992). Students' thoughts during tennis instruction. *Journal of Teaching in Physical Education*, 11, 256-257.
- Magill, R. A. (2007). *Motor learning and control: Concept and applications* (8th ed.). New York : McGraw-Hill.
- Magnuson, C. E., Robin, D. A., & Wright, D. L. (2008). Motor programming when sequencing multiple elements of same duration. *Journal of Motor Behavior*, 40(6), 532-544.
- McKenzie, T. L., Clark, E. K., & McKenzie, R. (1984). Instructional strategies: Influence on teacher and student behavior. *Journal of Teaching in Physical Education*, 3 (2), 20-28.
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M. G. Wade & H. T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341-361). Amsterdam : Martius Nijhoff.

- Schmidt, R.A., & Lee, T. D. (2005). *Motor control and learning: A behavior emphasis* (4th ed.). Champaign, IL : Human Kinetics.
- Smiley-Oyen, A. L., Lowry, K. A., & Kerr, J. P. (2007). Planning and control of sequential rapid aiming in adults with Parkinson's disease. *Journal of Motor Behavior*, 39(2), 103-114.
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance: A situation-based learning approach* (4th ed.). Champaign, IL : Human Kinetics.
- Sugden, D. A. (1980). Movement speed in children. *Journal of Motor Behavior*, 12, 125-132.
- Woodworth, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movement. *Psychological Review Monographs*, 3(13),1-114.