

國立臺灣體育學院
National Taiwan College of Physical Education
體育研究所碩士學位論文

**不同難度單向度拖曳工作
對反應時間的影響**
**EFFECTS OF INDEX OF DIFFICULTY
ON REACTION TIME
OF ONE DIMENSION DRAGGING TASK**



研究生：張綺珊 撰
指導教授：陳重佑 博士

中華民國 100 年 7 月

論文名稱：不同難度單向度拖曳工作對反應時間的影響

總頁數：47

院校組別：國立臺灣體育學院體育研究所

畢業時間及提要：九十九學年度第二學期碩士論文提要

研究生：張綺珊

指導教授：陳重佑博士

中文摘要

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，也被視為訊息處理的重要證據。愈複雜的動作伴隨著反應時間增加，常被用來解釋訊息處理中的反應編序階段。透過費茲定律，工作困難度易於被量化，並用來評估人類動作系統的訊息處理能力。本實驗的目的在於探討單向度間斷拖曳工作下，不同難度指數對反應時間的影響。實驗參與者為 6 位男生和 5 位女生（ 19.2 ± 2.5 歲）。本研究將動作難度目標寬度 2 公分與目標距離 4、8、16、32 公分的工作，分別為 1、2、3、4 的難度指數重新計算，結果為 2.06、3.03、4.01、5.01 bits。實驗參與者被要求 LED 燈亮之後，在線性移動儀上進行間斷式拖曳動作（手臂的水平內移）至目標區。研究將肌電傳感器置於前三角肌肌腹位置，使用 Biopac MP-150 system（1000Hz）搭配 AcqKnowledge ver. 3.9.1 來記錄及分析動作前時間（premotor time）、肌肉動作時間（motor time）、反應時間（reaction time）及動作時間（movement time）。實驗結果顯示，隨著難度指數增加，動作時間也跟著增加， $F(3, 30) = 28.16$ ， $p < .05$ ，但是動作前時間、肌肉動作時間及反應時間並未因難度指數而有所不同（ $p > .05$ ）。研究顯示在單向度拖曳工作下，操弄四種不同難度指數，並不會造成訊息處理的變化。

關鍵字：Fitts 定律、訊息處理論、難度指數

Effects of Index of Difficulty on Reaction Time of One Dimension Dragging Task

Chang, Chi-Shan

ABSTRACT

Reaction time is not only defined as the duration of stimulus input and movement output, but is regarded as the important evidence of information processing model. The reaction time increasing with the complexity of the movement be increased is used to explain the stage of response programming which is the last stage of information processing. The task difficulty is easy to quantify in bits to assess the information processing capacity of the behavior of the human motor system through the analysis of Fitts' law. The purpose of this study was to investigate the change of reaction time for different indexes of difficulty (ID) for discrete one dimension dragging task. Six boys and five girls (19.2 ± 2.5 years old) were recruited as the participants for this study. Participants were required to perform discrete dragging tasks (horizontal adduction at the shoulder) on a linear displacement meter (Gefran Model PK-M-0600-L) under the conditions of constant target width (2 cm) and four movement amplitudes (4 cm, 8 cm, 16 cm, and 32 cm that ID values were 2.06, 3.03, 4.01, and 5.01 bits respectively) after the trigger of LED light. A pre-amplifier EMG transducer with ground electrode was placed on the belly of anterior deltoid. The Biopac MP-100 system (1000 Hz) with AcqKnowledge ver. 3.9.1 was used to record and analyse the premotor time, motor time, reaction time, and movement time. The result showed movement time was increasing significantly following with the increase of ID values, $F(3, 30) = 28.16$, $p < .05$. But premotor time, motor time, and reaction time were no difference among four ID values ($ps > .05$). It indicated that the four ID values of one dimension dragging task that study manipulated did not lead to change of the information processing.

Key words: Fitts' law, information processing, index of difficulty

謝誌

終於，碩士生涯即將結束，心中百感交集，能重新學習是自己沒有預料到的事，也不敢相信自己完成了這不可能的任務。這些年，不管是學習過程還是團隊訓練，都讓我的每一天過得充實。

回想當時，能有機會再踏入校園，首先要感謝唐人屏老師，在決定要重拾課本後，讓我節省了很多時間去找尋方向，很快的可以進入考試的準備階段，不僅在大學時期學術、技術專業的培養，也在研究所階段給予大力的支持與鼓勵，讓我感受到無比的溫暖。再來要感謝的就是影響我最深的指導教授 - 陳重佑博士，感謝老師在學術研究的這一路上，儘管曾經歷失望、放棄，但是老師從來沒有放棄過，不斷關心及鼓勵，讓我能順利完成這艱難的碩士學位；也感謝老師讓我在他身邊學習，老師對於學術研究的嚴謹、認真還有堅持，相信沒有什麼事是解決不了的，是我最大的收穫。其次，還要感謝林靜兒博士，不厭其煩的指導及耐心的引導，讓我在原本陌生的領域中，慢慢學習與摸索；感謝陳帝佑博士對我的論文給予建議與指導，也給我不同的思考空間，讓這論文能更豐富與完整。

很多人說做研究是寂寞的，我卻覺得我很幸運，在這求學過程中有郁婷學姊、義傑學長、偉勳、文進、昱銘、建壹、晴惠、茂萍、麗子、俊憲以及威勁所有團員的陪伴，一起努力並且互相打氣，尤其在我遇到困難時，適時給我的幫助，都讓我在做研究的過程中不孤單，更勇敢的完成。

最後，這珍貴的成果，要與我的家人分享。非常感謝我的父母，他們是我最大的力量，從小到大不論我選擇哪一條路，永遠給我最大的空間還有支持，讓我能做自己想做的事；還有感謝姐姐這一路的關心與鼓勵；感謝姐夫在論文最後階段給予的意見，有你們在我才能安心的去突破很多的難關，進而實現這個夢想，這份榮耀與你們一同分享。

張綺珊 謹誌

中華民國 100 年 7 月

目 錄

| | | |
|---------------------------|-------|-----|
| 摘要 | ----- | |
| 謝 誌 | ----- | |
| 目 錄 | ----- | V |
| 表 目 錄 | ----- | VI |
| 圖 目 錄 | ----- | VII |
| | | |
| 第 一 章、緒 論 | ----- | 1 |
| 第 一 節、問 題 背 景 | ----- | 1 |
| 第 二 節、研 究 目 的 | ----- | 5 |
| 第 三 節、名 詞 解 釋 與 操 作 性 定 義 | ----- | 5 |
| 第 四 節、研 究 範 圍 與 限 制 | ----- | 7 |
| 第 五 節、研 究 重 要 性 | ----- | 7 |
| | | |
| 第 二 章、文 獻 探 討 | ----- | 9 |
| 第 一 節、訊 息 處 理 模 式 | ----- | 9 |
| 第 二 節、Fitts 定 律 與 應 用 | ----- | 13 |
| 第 三 節、本 章 總 結 | ----- | 17 |
| | | |
| 第 三 章、研 究 方 法 與 步 驟 | ----- | 18 |
| 第 一 節、實 驗 參 與 者 | ----- | 18 |
| 第 二 節、實 驗 儀 器 與 設 備 | ----- | 18 |
| 第 三 節、實 驗 設 計 | ----- | 20 |
| 第 四 節、實 驗 流 程 與 步 驟 | ----- | 21 |
| 第 五 節、資 料 處 理 與 分 析 | ----- | 22 |

| | |
|------------------------|----|
| 第四章、結果與討論 | 23 |
| 第一節、難度計算方式分析 | 23 |
| 第二節、各難度工作之反應時間及動作時間 | 24 |
| 第三節、各難度工作之動作前時間及肌肉動作時間 | 26 |
| 第四節、綜合討論 | 29 |
| 第五章、結論與建議 | 31 |
| 第一節、結論 | 31 |
| 第二節、建議 | 31 |
| 引用文獻 | 33 |
| 一、英文部分 | 33 |
| 附錄 | |
| 附錄一、實驗參與者須知及同意書 | 36 |

表目錄

| | |
|--|----|
| 表 1：4 種工作之目標寬度與距離組合整理 ----- | 20 |
| 表 2：動作難度計算表 ----- | 24 |
| 表 3：4 種工作任務的反應時間及動作時間之描述統計 ----- | 25 |
| 表 4：4 種工作任務的動作前時間及肌肉動作時間之描述統計 ----- | 27 |
| 表 5：實驗參與者於 4 種工作的動作前時間、肌肉動作時間、反應時間- 動作時間之變異數分析摘要表 ----- | 28 |

圖目錄

| | |
|-----------------------------|----|
| 圖 1：反應時間研究典範的各成分 | 10 |
| 圖 2：Fitts 實驗設計圖 | 15 |
| 圖 3：線性移動儀 | 19 |
| 圖 4：Biopac MP-150 多通道訊號處理系統 | 19 |
| 圖 5：筆記型電腦一台 | 19 |
| 圖 6：反應時間及動作時間直方圖 | 26 |
| 圖 7：動作前時間及肌肉動作時間直方圖 | 28 |

第一章 緒論

第一節 問題背景

在日常生活中，人類很多的動作行為都是由數個間斷動作組合而成的，例如講電話時，個體會先伸手拿起電話，再將電話移至耳朵完成動作行為，又或是穿鞋子時，個體會先將腳放置鞋子裡，然後再進行綁鞋帶的動作行為。在動作技能分類中，這些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）。

人的一生從出生到老死的階段過程中，都是經過不斷的成長與成熟的發展過程，也因為隨著年齡不斷的增長，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，而這樣的動作發展過程成為了個體發展的很重要的一個環節，然而為了更了解人類動作發展的過程，訊息處理觀點已被許多研究學者用來探討個體動作行為的表現。動作控制的訊息處理觀點，經常被用來探討動作行為的表現，而訊息處理則是一種將刺激輸入到反應輸出（stimulus response）的這個過程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中樞神經系統編排然後輸出，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。訊息處理就是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）。在過去許多相關的研究中已對各個階段進行探討，其中主要的實驗操弄都是藉由不一樣的實驗設計，去實驗某一個階段的條件，並且，將三個階段因素加以結合，觀察每個階段反應時間的變化，再探討三階段對於反應時間的影響情況。刺激確認階段中，可以透過刺激的偵測（stimulus detection），刺激的強度（stimulus intensity）以及刺激的型態（stimulus modality）等條件的操弄，以及刺激強度的大小，去觀察這些外在環境的刺激對於大腦辨識事物的能力的影響情況。這樣的訊息處理模式指出，從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，形成知覺認知這一段歷程所需要的時間，稱之為反應時間。

1960年 Henry 和 Rogers 的記憶鼓理論提出了，當實驗設計中的分段動作越多，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。他們設計了三種不同的動作難度，由簡單動作到複雜動作，發現雖然這三種動作複雜度不同，但是實驗參與者在執行每一種動作難度前的訊息刺激是一樣的，且在操作前實驗參與者都已清楚知道要執行何種動作，所以反應時間的增加是因為實驗參與者反應編序的時間

增長而導致反應時間的增加，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）。Henry 和 Rogers（1960）認為，是因為複雜性動作，所需要的動作程式比較複雜，它必須從記憶中提取比較多的訊息，並且進入中樞神經系統進行編序，再傳輸到肌肉做輸出的動作，這樣的動作過程則需要更多時間。在訊息處理觀點，Henry 和 Rogers（1960）的研究於反應編序的裡被視為很重要的文獻（Fischman, et al., 2008; Schmidt & Lee, 2005）。在訊息處理三階段的觀點，訊息處理理論裡面還有速度與準確度消長的問題，早在 1899 年 Woodworth 就提出速度與準確度「相互消長」(speed-accuracy trade-off) 的概念。速度越快準確度降低，要求準確度速度就會減慢。速度和準確度是許多動作技能不可或缺的重要因素。

Woodworth（1899）提出了，速度與準確度之間存在著相互消長（speed-accuracy trade-off）的問題，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：投手必須快速的將球投進捕手的手套裡，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作左右來回反覆畫直線的動作，結果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。

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，不僅可以將動作難度量化，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。Fitts 定律的觀點一開始是建立在訊息處理理論 (information processing theory) 的基礎上，當個體在處理動作難度因為距離的增加或是目標區縮小時，為了能很準確又快速的達到目標區，就必須增加他訊息處理的時間來完成動作 (Schmidt & Lee, 2005)。Fitts 定律公式： $MT = a + b \left[\log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \right]$ ，MT 為動作時間， $\log_2 \left(\frac{2A}{W} \right)$ 為動作難度 (index of difficulty, ID)，a 與 b 為常數，b 值的倒數代表的就是訊息處理的速率，代表的意義為；單位時間內所處理的訊息位元數，也就是表現指數 (index of performance, IP)，這個公式是屬於一種線性方程式 ($Y = a + bX$)，所以動作難度 (ID) 就是由動作幅度 (amplitude, A) 和目標寬度 (target width, W) 組成的，它可以預測動作所需要的時間。

Fitts 定律的應用性擴展到人機介面 (human computer interaction, HCI) 的研究領域中，並且被廣泛的使用。HCI 領域學者，將這樣的概念應用到電腦的介面上，利用 Fitts 定律公式去推算電腦螢幕各選取區塊的應該如何配置，讓操作者能又快又準確的到達目標區，將人類經常使用的人機介面變得更人性化。由於 Fitts 的實驗設計皆是在 3 度空間內完成，而 Fitts 的預測公式與實驗設計只能將實驗數據進行量化，並不能排除 3 度空間所造成的不確定性，所以 1978 年 Card、English 和 Burr 三位研究者延續了 Fitts 的想法，改變了實驗設計，利用操作滑鼠進行拖曳工作，將動作改為 2 維

運動的動作模式，雖然降低了 Fitts 定律實驗設計的不確定性，但是在實驗參與者在操作滑鼠拖曳動作過程，會因個體而產生差異，因此，利用單維的直線運動去探討不同難度的操弄是否會影響反應時間，就能屏除實驗參與者在 2 維運動中的動作表現的不確定性。本研究希望透過單維的直線運動，去探討不同難度的操弄是否會影響反應時間。

第二節 研究目的

本研究目的使用 Henry 和 Rogers 的概念，加上用 Fitts 定率公式將難度量化後，再利用 4 種不同難度的工作任務，去探討不同難度單向度間斷拖曳工作，不同難度指數對反應時間的影響。

第三節 名詞解釋與操作性定義

壹、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中樞神經系統、編排然後輸出，這樣的觀念所產生一連串的動作行為歷程，稱為訊息處理模式。

貳、速度與準確度

Woodworth 在 1899 年提出了，速度與準確度之間存在著相互消長 (speed-accuracy trade-off) 的問題，說明了個體的一種動作行為現象，他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，速度就會相對的降低。

參、Fitts 定律

$MT = a + b \left[\log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \right]$ 是 Fitts 在 1954 年提出的一套數學公式，這套公式是用動作難度去預測完成動作所需的時間，MT 為動作時間，a 和 b 是常數，a 是回歸線的截距，b 是回歸線的斜率，b 值的倒數代表的就是訊息處理的速率，代表的意義為，單位時間內所處理的訊息位元數，也就是表現指數 (index of performance, IP)。因為訊息裡將人類的大腦比喻為電腦，log 以 2 為底，2 代表的是電腦程式語言中的 0 和 1 兩種訊號組成，是一個 2 進位的運算方法，單位為位元 (bit)，位元就是每秒的訊息處理量，難度越高所需要的位元就越多，這是代表著在兩個穩定的位置中，可以儲存 1 個訊息位元。A 則是動作移動的距離 (amplitude, A)，W 則是為目標區的寬度 (target width, W)，而動作難度是 log 以 2 為底 $\frac{2A}{W}$ ，就是用 2 倍的動作距離去除以目標區的寬度，

再用這兩變項組成之動作難度去預測完成動作所需的時間。

第四節 研究範圍與限制

有許多的訊息處理的相關研究，本研究以訊息處理的觀點去探討單向度拖曳工作下不同難度指數對反應時間的影響，利用線性移動儀設計簡單的實驗操弄，除了將工作簡化外，也將原本在 Fitts 定律中 3 度空間的不確定性排除，降低個體的不確定性。

本研究於實驗開始前，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，將感應器推至目標區，完成每一個工作。本研究就是要去探討在燈亮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 研究的重要性

日常生活中，有許多的動作類型是屬於需要快速及準確完成的，例如：棒球投手在接收到捕手暗號後，必須經過動作選擇、動作編序最後才將動作輸出，也就是將選擇的球路，準確又快速的把球投進捕手手套裡，而越難的球路準備時間就越長，也就需要足夠的反應時間來完成投球動作。又例如：舞蹈老師在教學的動作編排上，必須針對動作難度給予更多的準備拍，或是對動作順序的複雜度給予多次的練習次數，讓學習者在反應編序的階段，有足夠的時間將動作完整的呈現。為了更了解，個體在完成這樣類型的動作時，中樞神經系統必須花費更多的時間來做動作編序的動作，反應時間也會因此增加，清楚說明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。本研究將延伸 Henry 和 Rogers (1960) 實驗的概念，以及排除 Fitts 在 3 度空間外在環境下的不確定性，去探討不同難度單向度間斷拖曳工作對反應時間的影響。

第二章 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、訊息處理模式；第二節、Fitts 定律與應用；第三節、結語。

第一節 訊息處理模式

在動作行為領域中，訊息處理 (information processing) 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 (information processing model)。

訊息處理又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)。在過去許多相關的研究中已對各個階段進行探討，其中主要的實驗操弄都是藉由不一樣的實驗設計，去實驗某一個階段的條件，並且將三個階段因素加以結合，觀察每個階段反應時間的變化再探討三

階段對於反應時間的影響情況。刺激確認階段中，可以透過刺激的偵測 (stimulus detection)，刺激的強度 (stimulus intensity) 以及刺激的型態 (stimulus modality) 等條件的操弄，以及刺激強度的大小，去觀察這些外在環境的刺激對於大腦辨識事物的能力的影響情況，那這三階段所需要的時間稱之為反應時間，也就是訊息處理所需要的時間。

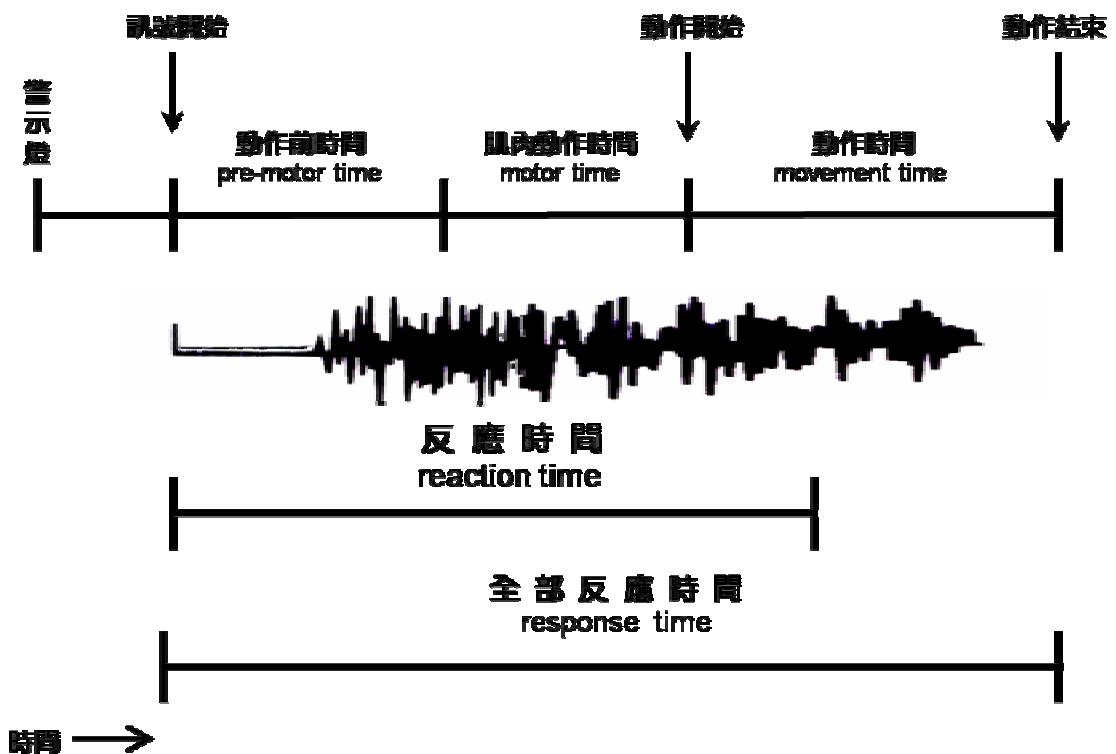


圖 1：反應時間研究典範的各成份

在圖 1 中可以看到訊息處理階段過程的分段圖，訊號要開始前，有一個警示燈的提示，在訊號開始訊號燈亮後，一直到動作開始前的這一段時間就稱為反應時間。接著動作開

始最後動作時間產生到動作結束，這一段稱為動作時間，那從訊號開始到動作結束的整個動作歷程稱為全部反應時間。在反應時間裡又可以區分為，動作前時間以及肌肉動作時間，這個階段所需的時間可以利用肌電圖來看，結果發現到其實在動作開始以前，大腦受到訊號燈的刺激源後，肌肉已經開始產生準備工作，來為後面的動作做準備。

過去也有許多相關研究，針對這訊息處理三個階段進行探討，主要的使用方法就是操弄不同的實驗設計，去觀察每一個階段對於反應時間的變化以及影響反應時間的情形。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所熟知的。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, 1984; Fischman & Lim, 1991; 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 和 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 和 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是一樣的，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)。

Lee 在 1980 年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 3 個肌群放置 EMG，蒐集 EMG 訊號及反應時間訊號。作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（Lee, 1980）。

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 Fitts 定律與應用

速度和準確度是許多動作技能不可或缺的重要因素。Woodworth 在 1899 年提出了，速度與準確度之間存在著相互消長（speed-accuracy trade-off）的問題，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，就一定會有其限制存在。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：投手必須快速的將球投進捕手的手套裡，都需要有一定的速度與準確性才有辦法完成。Woodworth 的實驗中，他要求實驗參與者在一張紙上作左右來回反覆畫直線的動作，結果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。

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。Fitts 定律的觀點一開始是建立在訊息處理理論 (information processing theory) 的基礎上，當個體在處理動作難度因為距離的增加或是目標區縮小時，為了能很準確又快速的達到目標區，就必須增加他訊息處理的時間來完成動作 (Schmidt & Lee, 2005)。

Fitts 的實驗設計中，有移動圓盤 (disk transfer)、移動圖釘 (pin transfer) 以及快速來回反覆點觸的動作 (reciprocal tapping) (如圖 2) 三組動作，這三組動作都是屬於在 3 度空間完成，也就是 3 維運動。其中快速來回反覆點觸的動作 (reciprocal tapping) 的實驗是受目標區大小以及動作距離所影響，當目標區越小或者是動作距離越長時的動作難度會越難，這個實驗不但成為了在動作行為學的領域中經常被廣泛使用的經典實驗，也間接驗證了它在動作技能中的實用性。

$$MT = a + b \left[\log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \right]$$

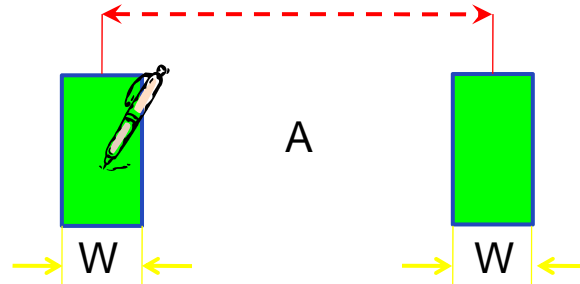


圖 2：Fitts 實驗設計圖

Fitts 也提出了一套定律公式：

$$MT = a + b \left[\log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \right]$$

這套公式是用動作難度去預測完成動作所需的時間，MT 為動作時間，a 和 b 是常數，b 值的倒數代表的就是訊息處理的速率，代表的意義為單位時間內所處理的訊息位元數，也就是表現指數（index of performance, IP），A 就是動作移動的距離（amplitude, A），W 則是為目標區的寬度（target width, W），而動作難度是 \log 以 2 為底 $\frac{2A}{W}$ ，就是用 2 倍的動作距離去除以目標區的寬度，再用這兩變項組成之動作難度去預測完成動作所需的時間。這樣的公式是屬於電腦程式語；言，用 0 和 1 兩種訊號組成，是一種 2 進位的運算方式，單位為位元（bit），a 是回歸線的截距，b 是回歸線的斜率，a 為基準值，b 為訊息處理能力。因為訊息裡將人類的大腦比喻為電腦， \log 以 2 為底的 2 代表電腦的程式語言中的 0 和 1 兩種訊號組成，是一個 2 進位的運算方法，單位為位元，位元就是每秒的訊息處理量，難度越高所需要的位元就越

多，這是代表著在兩個穩定的位置中，可以儲存 1 個訊息位元。主要解釋在兩個穩定的位置中，可以儲存 1 個訊息位元 (Shannon, 1948)。用這樣的預測公式，去計算點與點之間的直線距離作為參數。透過公式後可以知道，動作時間主要受到動作距離與目標區大小所影響，當動作距離越大或目標區越小時，動作難度提高，所需動作時間就越長，所以動作時間是會隨著動作難度的增加而增加，這就說明了動作時間與動作難度之間乃為一個線性的函數關係。現今有許多研究者還是持續利用表現指數去解釋訊息處理的能力，了解到表現指數已經是訊息處理能力的一種指標 (Sugden, 1980)。

但是，由於 Fitts 的實驗設計皆是在 3 度空間內完成，而 Fitts 的預測公式與實驗設計只能將實驗數據進行量化，未能排除 3 度空間所造成的不確定性，所以 1978 年 Card、English 和 Burr 三位研究者延續了 Fitts 的想法，改變實驗設計的動作模式，並且將這樣的概念應用到電腦的介面上，除了降低了 Fitts 定律實驗設計的不確定性，也將 Fitts 定律的應用性擴展到人機介面 (human computer interaction, HCI) 的研究領域中，並且被廣泛的使用，也替 Woodworth 在 1899 年提出的速度與準確度之間存在著相互消長 (speed-accuracy trade-off) 的問題，提供了解釋說明的一種定律。

第三節 本章總結

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。而個體在接收到外在環境刺激後，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。

動作行為的模式不僅多樣又複雜，Fitts 在 1954 年首先提出的數學模式，除了解釋人類複雜的動作行為外，也將動作行為數據化，甚至在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。

第三章 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 實驗參與者

本研究實驗參與者為 11 名身心健康、無肢體障礙之成人，其中包括 6 名男性與 5 名女性，其平均年齡為 19.2 ± 2.5 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加者之權益。

第二節 實驗儀器與設備

本研究使用之實驗儀器設備與資料分析軟體敘述如下：

壹、實驗儀器設備

- 一、線性移動儀 (Gefran Model PK-M-0600-L, 如圖 3)
- 二、Biopac MP-150 多通道訊號處理系統 (1000Hz, 如圖 4)
- 三、筆記型電腦一台 (如圖 5)

貳、資料分析軟體

- 一、AcqKnowledge ver. 3.9.1 版分析軟體
- 二、SPSS for Windows 15.0 版統計分析軟體



圖 3：線性移動儀



圖 4：Biopac MP-150 多通道訊號處理系統

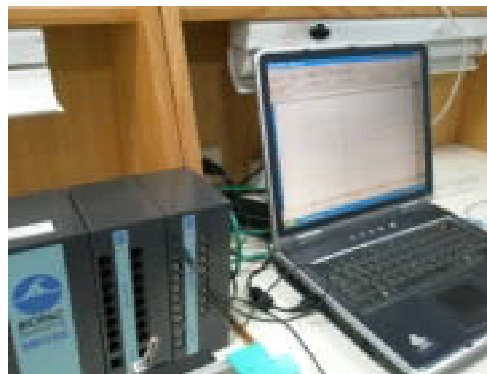


圖 5：筆記型電腦一台

第三節 實驗設計

本研究用 Henry 和 Rogers(1960) 的概念再加上用 Fitts 定率公式將難度量化後，去研究不同難度單向度間斷拖曳工作對反應時間的影響。就實驗設計而言，這個實驗工作是屬於間斷式拖曳工作，實驗參與者是以坐姿的方式將手放在感應器上，其原因則是因為以坐姿測試可避免實驗中造成其他肌肉工作，也可以減少平衡問題，再以用手臂向內移的一個方式來進行實驗。實驗者將線性移動儀左邊黏上紅色膠帶目標區，再用黃色膠帶黏上四種動作距離的目標區，實驗參與者會隨機抽取動作難度，用壓克力板製作的感應器，在兩點的目標區內來回拖曳，並且必須讓感應器落在兩側的目標區內。本研究實驗有 4 種難度，分別為 4、8、16、32 公分，在同樣的目標區 2 公分去移動 4 個不同的距離，這 4 種工作難度是用擲骰子的方式隨機決定，根據 4 種相同目標區，不同的工作距離，通過 Fitts 定律所計算的理論難度指數分別是 2、3、4、5 位元（如表 1）。

表 1：4 種工作難度之目標寬度與距離組合整理表

| 工作 | A (公分) | W (公分) | 理論 ID (位元) |
|----|-----------|-----------|---------------|
| 1 | 4 | 2 | 2 |
| 2 | 8 | 2 | 3 |
| 3 | 16 | 2 | 4 |
| 4 | 32 | 2 | 5 |

第四節 實驗流程與步驟

本研究實驗參與者為 11 位身心健康之大學生，實驗進行前，實驗者會請實驗參與者簽署「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 4 種工作難度任務，每種難度試做 3 次，分別為 2 公分寬度（W）與距離（A）為 4、8、16、32 公分所組成的 4 種動作難度，每種難度動作做 15 次，每種難度中間休息 3 分鐘，實驗過程中實驗者會隨機提醒實驗參與者必須以快速與準確的方式到達目標區，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 肌電傳感器來蒐集前三角肌的肌電訊號，去計算動作前時間（pre-motor time）。實驗者會要求實驗參與者將手握住感應器，並且以手臂垂直線性移動儀的狀態下，在訊號燈亮後距離目標區，4、8、16、32 公分的位置，將感應器推至目標區，而且實驗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，將感應器推至目標區，每種難度動作做 15 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燈亮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）及動作時間（movement time）是否會因為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

本研究實驗主要是在線性移動儀上操作整個實驗，使用了 Biopac MP-150 多通道訊號處理系統來進行蒐集，採樣頻率是 1000H z，搜集的資料會經過筆記型電腦來進行記錄。本研究還有用 EMG 肌電傳感器來蒐集前三角肌的機電訊號，通過 Biopac MP-150 以及 AcqKnowledge 去計算動作前時間 (pre-motor time)、動作時間 (motor time)、反應時間 (reaction time) 及動作時間 (movement time)。本研究統計方法使用重複量數單因子變異數分析 (one way ANOVA)，顯著差異的臨界值訂定為 $\alpha = .05$ 。

第四章 結果與討論

本研究主要目的是透過單向度間斷拖曳工作下，觀察不同難度指數對反應時間動作時間、動作前時間與肌肉動作時間的影響，實驗經統計分析後結果與討論共分為四個部分：第一節、難度計算方式分析；第二節、各難度之反應時間、及動作時間；第三節、各難度之動作前時間、肌肉動作時間；第四節、綜合討論。

第一節 難度計算方式分析

本研究透過 Fitts 定律，工作困難度易於被量化，並用來評估人類動作系統的訊息處理能力。難度計算方式是使用原始公式 $MT = a + b \left[\log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \right]$ ，動作難度的重新計算（如表 2），其原因是實驗中實驗者會要求實驗參與者準確的進入到目標區，但是由於本研究是屬於拖曳式工作，要到達目標區有一定的誤差，實驗過程中仍然有幅度過大或是不足，而沒有在目標區域內的情況。由表 2 可以看到原始難度計算公式中，在目標寬度 2 公分以及目標距離 4 公分（工作 1）、8 公分（工作 2）、16 公分（工作 3）與 32 公分（工作 4）的難度指數，分別為 2、3、4、5 位元，而在本研究將動作難度重新計算結果，寬度 2 公分以及目標距離 4 公分（工作 1）、8 公分（工作 2）、16 公分（工作 3）與 32 公分（工作 4）的難度指數，分別為 2.06、3.03、4.01、5.01 位元，重新結果與 Fitts 定律所預測的難度指數相符合。

表 2：動作難度計算表

| 工作 | 原始難度公式 | | | 動作難度 | | |
|----|-----------|-----------|----|-----------|-----------|------|
| | A (公分) | W (公分) | ID | A (公分) | W (公分) | ID |
| 1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2.06 |
| 2 | 8 | 2 | 3 | 8 | 2 | 3.03 |
| 3 | 16 | 2 | 4 | 16 | 2 | 4.01 |
| 4 | 32 | 2 | 5 | 32 | 2 | 5.01 |

第二節 各難度工作之反應時間及動作時間

本研究目的主要探討不同難度指數對於反應時間的影響。11 位實驗參與者進行目標寬度 2 公分以及移動距離 4 (工作 1)、8 (工作 2)、16 (工作 3) 與 32 (工作 4) 公分的 4 種難度工作情境，觀察不變的目標區與 4 種工作難度的反應時間與動作時間，其平均數與標準差整理如表 3，經變異數分析後結果如表 5。在反應時間的部分，4 種難度工作之平均數與標準差如下：工作 1 (2.06 位元) 為 $0.280 \pm 0.082s$ 、工作 2 (3.03 位元) 為 $0.285 \pm 0.074s$ 、工作 3 (4.01 位元) 為 $0.276 \pm 0.040s$ 、工作 4 (5.01 位元) 為 $0.296 \pm 0.099s$ ，就反應時間部分進行重覆量數單因子變異數統計分析，結果顯示反應時間在 4 種難度工作下的反應時間未達顯著差異， $F(3, 30) = 0.62$ ， $\eta^2 = .06$ ， $power = .61$ 。動作時間平均數與標準差

分別如下：工作 1(2.06 位元)為 $0.229 \pm 0.066s$ 、工作 2(3.03 位元)為 $0.265 \pm 0.095s$ 、工作 3(4.01 位元)為 $0.346 \pm 0.126s$ 、工作 4 (5.01 位元) 為 $0.398 \pm 0.154s$ ，經統計分析後顯示在 4 種難度工作下的動作時間達顯著水準， $F(3, 30) = 28.16$ ， $\eta^2 = .74$ ， $power = .05$ 。因此，研究將對動作時間進行事後比較結果顯示，動作時間方面的工作 4 (5.01 位元) 小於工作 3 (4.01 位元) 小於工作 2 (3.03 位元) 小於工作 1 (2.06 位元)。

表 3：4 種工作難度的反應時間及動作時間之描述統計

| 工 作 | ID (W, A) | 反應時間 | | 動作時間 | |
|--------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | M | SD | M | SD |
| 1 | ID 2 W = 2, A = 4 | 0.280 | 0.082 | 0.229 | 0.066 |
| 2 | ID 3 W = 2, A = 8 | 0.285 | 0.074 | 0.265 | 0.095 |
| 3 | ID 4 W = 2, A = 16 | 0.276 | 0.040 | 0.346 | 0.126 |
| 4 | ID 5 W = 2, A = 32 | 0.296 | 0.099 | 0.398 | 0.154 |

註：ID 為難度指數 (位元/秒)；W 為目標寬度 (公分)；A 為動作距離 (公分)；平均數、標準差單位為秒。

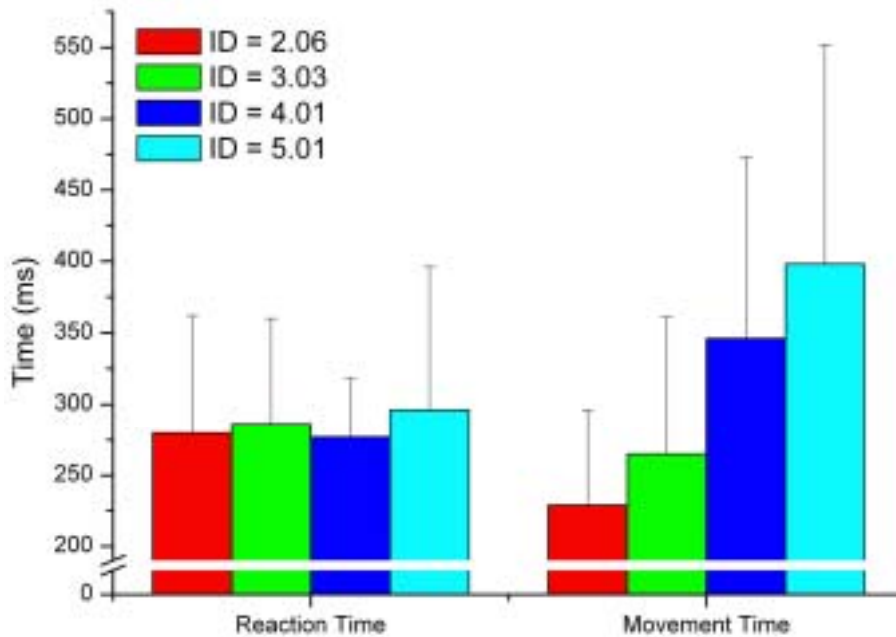


圖 6：反應時間及動作時間直方圖

第三節 各難度工作之動作前時間及肌肉動作時間

由於本研究主要探討訊息處理所需的時間，因此使用了 EMG 訊號處理系統來記錄與區分動作前時間以及肌肉動作時間，其動作前時間就是在訊號燈亮後動作開始前與肌肉開始工作前的時間差，也就是真正訊息處理所需要的時間。本研究 11 位實驗參與者，以不變的目標寬度 2 公分以及移動距離，4（工作 1）、8（工作 2）、16（工作 3）與 32（工作 4）公分的 4 種難度工作情境下的動作前時間與肌肉動作時間，平均數與標準差如表 4，再經由變異數分析後結果如表 5，以下是各工作難度之動作前時間平均數與標準差：工作 1（2.06 位元）為 $0.181 \pm 0.053s$ 、工作 2（3.03 位元）為 $0.183 \pm 0.041s$

為、工作 3 (4.01 位元) 為 $0.178 \pm 0.343s$ 、工作 4 (5.01 位元) 為 $0.209 \pm 0.077s$ ，就動作前時間部分進行重覆量數單因子變異數統計分析，結果顯示動作前時間在 4 種難度工作下的反應時間未達顯著差異， $F(3, 30) = 2.15$ ， $\eta^2 = .18$ ， $power = .11$ 。肌肉動作時間方面的平均數與標準差分別如下：工作 1 (2.06 位元) 為 $0.098 \pm 0.040s$ 、工作 2 (3.03 位元) 為 $0.102 \pm 0.043s$ 、工作 3 (4.01 位元) 為 $0.098 \pm 0.028s$ 、工作 4 (5.01 位元) 為 $0.086 \pm 0.039s$ ，經統計分析後，結果顯示在 4 種難度工作下的反應時間亦未達顯著差異， $F(3, 30) = 2.70$ ， $\eta^2 = .21$ ， $power = .06$ 。

表 4: 4 種工作難度的動作前時間及肌肉動作時間之描述統計

| 工 作 | ID (W, A) | 動作前時間 | | 肌肉動作時間 | |
|--------|-----------------------|-------|-------|--------|-------|
| | | M | SD | M | SD |
| 1 | ID 2 W = 2, A = 4 | 0.181 | 0.053 | 0.098 | 0.040 |
| 2 | ID 3 W = 2, A = 8 | 0.183 | 0.041 | 0.102 | 0.043 |
| 3 | ID 4 W = 2, A = 16 | 0.178 | 0.343 | 0.098 | 0.028 |
| 4 | ID 5 W = 2, A = 32 | 0.209 | 0.077 | 0.086 | 0.039 |

註：ID 為難度指數 (位元/秒)；W 為目標寬度 (公分)；A 為動作距離 (公分)；平均數、標準差單位為秒。

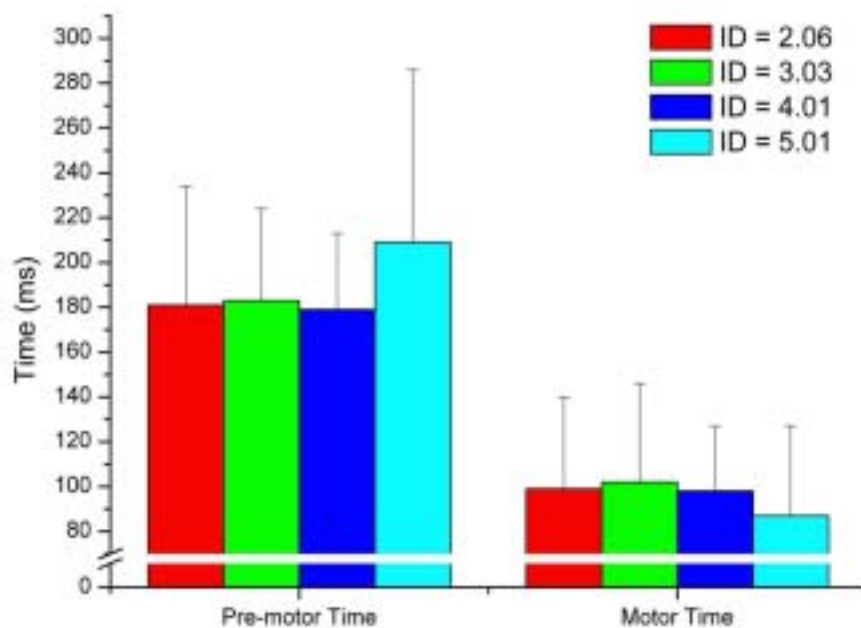


圖 7：動作前時間及肌肉動作時間直方圖

表 5：4 種工作的動作前時間、肌肉動作時間、反應時間與動作時間之變異數分析摘要表

| 變異來源 | | MS | F | η^2 | power |
|--------|-----------------|-------|--------|----------|-------|
| 動作前時間 | 工作 ^a | 0.002 | 2.15 | .18 | .11 |
| | 誤差 ^b | 0.001 | | | |
| 肌肉動作時間 | 工作 ^a | 0.000 | 2.70 | .21 | .06 |
| | 誤差 ^b | 0.000 | | | |
| 反應時間 | 工作 ^a | 0.001 | 0.62 | .06 | .61 |
| | 誤差 ^b | 0.001 | | | |
| 動作時間 | 工作 ^a | 0.065 | 28.16* | .74 | .00 |
| | 誤差 ^b | 0.002 | | | |

註： η^2 為處理效果 (effect size); ^adf = 3, ^bdf = 30; *p < .05。

第四節 綜合討論

訊息處理中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），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中樞神經系統編排然後輸出，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。

訊息處理模式主要說明在真正工作之前，個體的動作已經開始做編序的動作，經過這些編序的歷程將動作做輸出，這就是三階段裡反應編序的階段。在 Henry 和 Rogers (1960) 實驗中，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。而 Lee 也在 1980 年的實驗中發現，使用肌電圖（EMG）所蒐集到三頭肌及二頭肌的肌電訊號，顯示出當訊號開始到動作輸出的過程，個體在受到刺激後動作開始前肌肉已經產生預先工作的狀態，與 Henry 和 Rogers (1960) 提出動作中反應編序的重要性相符合。本研究使用單向度間斷拖曳工作排除 3 度空間的不確定後，將難度使用 Fitts 定率公式將難度量化，透過 Fitts 定律，工作困難度易於被量化，並用來評估人類動作系統的訊息處理能力，再加上 Henry 和 Rogers 的概念，探討當隨著難度指數的增加，是否會造成反應時間而有所不同，結果顯示，操弄工作 1 到工作 4 難度中，以不變的目標寬度 2 公分，動作距離 4、8、16 與 32 公分，經過重新計算後，工作 1 為 2.06 位元、工作 2 為 3.03 位元、工作 3 為 4.01 位元與工作 4 為

5.01 位元，結果與 Fitts 定律所預測的難度指數相符合。4 種難度工作中的反應時間、動作前時間與肌肉動作時間沒有達顯著差異，而在動作時間則是有達顯著差異。說明隨著動作難度指數增加，動作時間也跟著增加，但是對於訊息處理所需要的時間，也就是動作前時間、肌肉動作時間或是在沒有肌肉訊號可以測量區分時候的反應時間，在本研究都沒有發現會隨著難度指數的增加而有所不同。本研究中，4 種不同難度工作的訊息處理量不同，也就是訊息處理所需的時間，是否會隨著訊息處理量的增加而增加，在結果中並沒有呈現出來。本研究透過線性移動儀操作驗證不同難度對反應時間的影響，使用線性移動儀不但能將動作在空間中的確定性降低外，也可將實驗參與者每次拖曳工作的數值詳細的記錄，這樣的工作方式避免了在傳統點觸工作上的缺點，工作的效率也相對的提高。此外，本研究的實驗結果說明了，不同的工作難度並未能影響反應時間，但是本研究中的工作難度計算方法符合 Fitts 定律，因此，未來研究者能利用線性移動儀，並透過 Fitts 定律公式的計算，再將實驗設計重新設計後，詳細記錄動作過程，就更有利於去解釋動作過程產生的變化。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究結果推論出，以 11 位健康之大學生為實驗參與者，在線性移動儀上做間斷式拖曳工作，操弄工作 1 到工作 4 的難度中，以不變的目標寬度 2 公分，動作距離 4、8、16 與 32 公分，將 4 種難度工作重新計算後，工作 1 為 2.06 位元、工作 2 為 3.03 位元、工作 3 為 4.01 位元與工作 4 為 5.01 位元。工作難度經過重新計算，並且觀察動作前時間、肌肉動作時間、反應時間及動作時間，再用重複量數單因子變異數分析進行統計分析，探討反應時間是否會因為難度的增加而造成影響。研究結果中發現，透過在線性移動儀上做間斷式拖曳工作，操弄 4 種不同工作難度的實驗設計，在動作難度經過重新計算後確實與 Fitts 定律的公式相符合後，結果顯示隨著難度指數的增加動作時間也隨之增加，但是對於訊息處理所需要的時間，也就是全部反應時間，在本研究都沒有發現會隨著難度指數的增加而有所不同。本研究中 4 種不同難度的訊息處理量不同，反應時間也就是訊息處理所需的時間是否會隨著訊息處理量的增加而增加，在這個實驗裡並沒有得到證實。

第二節 建議

本研究透過線性移動儀操作驗證不同難度對反應時間的影響，使用線性移動儀不但能將動作在空間中的確定性降低外，也可將實驗參與者每次拖曳工作的數值詳細的記錄，這樣的工作方式避免了在傳統點觸工作上的缺點，工作的效率也相對的提高。此外，本研究的實驗結果說明了，不同的難度指數並未能影響反應時間，但是本研究中的工作難度經過重新計算後，符合 Fitts 定律，改善了以往研究中計算方式的缺失，因此，未來研究者能利用線性移動儀，並透過 Fitts 定律公式的計算，再將實驗設計重新設計後，詳細記錄動作過程，就更有利於去解釋動作過程產生的變化。

引用文獻

英文部分：

- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391.
- 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., 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
- 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.
- 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, T. D., & Hirota, T. T. (1980). Encoding specificity principle in motor short-term memory for movement extent. *Journal of Motor Behavior*, 12, 63-67.
- 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.
- 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.

附錄

附錄一

實驗參與者須知及同意書

親愛的同學您好：

感謝您參與本研究，本研究的題目為，【不同難度單向度拖曳工作對反應時間的影響】，目的是用 Henry 和 Rogers 的概念，加上用 Fitts 定率公式將難度量化，再用線性移動儀去研究，不同難度單向度間斷拖曳工作對反應時間的影響。實驗過程一共分為 4 個動作難度，每種動作做 15 次，每完成一種難度中間休息 3 分鐘。

本研究之參加者之基本資料與實驗結果僅供學術研究參考，不做其他用途。而在實驗過程中，若有任何不適，請立即告知研究者，可隨時退出實驗。經過閱讀和了解上述事項

並同意參加者，請您填寫以下參加者基本資料：

實驗參與者： _____ (簽名)

出生年月日：

聯絡電話：

研究者：張綺珊 手機：0910663813

指導教授：陳重佑 博士

單位：國立臺灣體育學院