

# 三種電腦化輔助溝通系統替代性點選設備的 操作表現：以腦性麻痺學生為對象

陳科含

國立屏東大學教育學系研究所  
研究生

陳明聰\*

國立嘉義大學特殊教育學系  
教授

## 摘要

腦性麻痺學生在使用輔助溝通設備時，常因上肢控制困難而需特殊的點選設備，目前市售有許多新的點選設備可供選擇，但不同設備的特性是否會影響操作表現呢？因此，本研究目的在探討腦性麻痺學生和一般學生使用三種替代性點選設備（相機鼠標、眼控滑鼠、藍芽滑鼠眼鏡）執行移動距離相同但目標物尺寸不同（4公分、2公分）的點選任務之操作正確率和花費時間。此外，也進一步了解受測者操作這些新興電腦點選設備後之主觀感受。本研究採三因子混合設計的準實驗設計，以南部地區6歲到18歲之腦性麻痺學生及其同年齡同性別之一般學生各17位為研究對象。結果發現：1.在正確率上，一般生表現比較好，至於尺寸在練習後則沒有效果，藍芽滑鼠眼鏡比眼控滑鼠為佳。2.在花費時間上，練習後，設備沒有效果，對腦麻生而言，任務尺寸會影響操作時間，但腦麻生只有在小尺寸時操作時間較一般生長。3.在主觀感受上，兩組人對三種設備的操作費力度、學習困難度、外觀接受度、操作舒適度和整體滿意度均持正向的看法。

**關鍵字：**腦性麻痺、輔助溝通系統、替代性點選設備

## 壹、緒論

發展性障礙學生（students with developmental disabilities）是典型的輔助溝通系統（augmentative and alternative communication, AAC）潛在使用者（以下簡稱AAC使用者），包括：智能障礙（智障）、腦性麻痺（腦麻）、自閉症、發展性語言失用症等（Beukelman & Mirenda, 2013）。根據國內的文獻分析研究結果也指出，在其分析之1997年到2015年間的20篇AAC介入研究中，共有35位

受試者，其中智障者最多（11位，含唐氏症有20位）、自閉症次之（9位）、腦麻再次之（5位）（黃宜屏、吳雅萍、陳佩伶、陳明聰，2016；Wu, Chen, & Wang, 2011）。腦性麻痺的個案雖不是最多，但國外根據調查，患有腦性麻痺者，70%伴隨有口語和語言損傷（Beukelman & Mirenda, 2013）；臺灣的調查則指出腦性麻痺兒童語言障礙達100%（林寶貴、林美秀，1994）。此結果顯示腦性麻痺學生也是AAC的潛在使用者。

而且，腦性麻痺學生的AAC介入評估比

\*通訊作者：陳明聰 mtchen@mail.ncyu.edu.tw

較複雜。除了口語表達的困難外，由於他們主要是以運動機能為主的障礙，腦性麻痺學生常受限於異常的神經動作控制，如神經反射異常（abnormal reflex）、肌肉張力異常（abnormal muscle tone）、姿勢的異常、聯合運動、肌力不足、感覺系統缺損與動作學習等問題（Harrison, Harrison, Croft, Harrison, & Troyanovich, 1999），而影響其肢體動作的表現。張嘉獻、陳嘉玲、洪禎雯、陳玉瑩（2007）指出最常見之三種腦性麻痺類型及其所佔之比例為痙攣型（spasticity type）70-80%、徐動型（athetoid）10-15%和運動失調型（ataxia）1-3%。痙攣型的學生常因動作僵硬而無法控制手部肌肉、無法按到所有按鍵及控制滑鼠，而需用其他替代設備來取代一般滑鼠功能（陳明聰、朱繼農、吳亭芳、葉志青、孟令夫，2005）。

操作能力是AAC使用者溝通能力的重要元素之一。在Light（1989）提出的AAC使用者溝通能力中（Light & McNaughton, 2014），溝通能力包含：溝通功能（functionality of communication）、溝通適切性（adequacy of communication）、充分的知識、判斷及能力（sufficient knowledge, judgment, and skills）、個人社會心理因素和外在環境因素。其中充分的知識、判斷及能力所包括的4種能力最為核心。這四種能力分別為：語言能力（linguistic competence）、操作能力（operational competence）、社會能力（social competence）、及策略能力（strategic competence）。其中的操作能力，包括使用非輔助性AAC所需個人手勢和肢體動作；以及使用輔助性AAC時所需的基本控制（access）和正確且有效操作的能力（Light, 1989）。

American Speech-Language-Hearing Association（ASHA）（2020）認為AAC有四個重要元素，分別是：符號（symbol）、設備（aid）、策略（strategy）、和技術（technique

）。其中設備是指溝通輔具，包括低科技的紙本溝通板、高科技的平板溝通器。策略是指如何更有效能和效率的使用符號，也就是增加溝通率（communication rate）的設計，如版面編排方式、符號編碼方式等。技術是指溝通訊息的儲存方式和設備操作（access）方式，例如：用手指直接點選、用頭控滑鼠來點選，或是使用單鍵開關搭配掃描方式來選擇符號，直接選擇的速度較快，仍為選用的首要選擇。

因此，操作能力的學習也是AAC學習成果的評量項目之一（陳明聰、吳雅萍、陳思涵，2017）。當然，操作能力也是在AAC介入評估過程中相當重要的評估項目之一。對於腦性麻痺學生而言，常有動作控制的困難，在評估過程應根據學生的動作操作能力選擇適合的操作方式，以協助個案有效操作AAC。隨著科技的進步，高科技電腦化的輔助溝通系統日益普及，尤其是應用程式（application, app）的應用更是近來的主流，近年來也有許多應用i-Pad AAC的研究回顧（Alhajeri, Anderson, & Alant, 2017; Alzrayer, Banda, & Koul, 2014; Yavich, & Davidovich, 2019）。

高科技的AAC設備可以提供更多彈性的直接選擇方式，新的替代性點選設備也日新月異，例如利用腦波控制方式產生文字訊息來溝通（郭雅雯、陳明聰，2016），或是利用追蹤技術作為眼控滑鼠來操作AAC（Karlsson, Allsop, Dee-Price & Wallen, 2018; Karlsson, Bech, Stone, Vale, Griffin, Monbaliu, & Wallen, 2019），其中眼控滑鼠的商業產品更是日益成熟，且價格更為便宜，因此近來也有一些市售眼控滑鼠可供AAC使用者選用，例如Tobii Dynavox的PC Eye系列〔Tobii Dynavox（2020）〕、Gazepoint的GP3系列〔Gazepoint（2020）〕。此外，國內也逐漸引進各式替代點選的設備或軟體來協助身心障礙者電腦化AAC的點選，例如：紅外線滑鼠、藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡

、飛行滑鼠 (<https://newrepat.sfaa.gov.tw/home/pavs/product>)。

雖然個案適合的點選設備需要依個案能力和需求來選擇，但如果能有同一類個案在設備上的操作表現資料，則可以提供選用時的參考。國外也早有許多關於比較不同替代設備的研究，像Treviranus和Tannock (1987)以搖桿和特殊開關訓練兩位腦性麻痺學生，讓他們可以利用電腦來與人溝通；Lau和O'Leary (1993)比較傳統口杖、頭控滑鼠、以及舌控開關的輸入效能。

除了點選設備本身的效能外，AAC版面上的符號尺寸也是影響操作表現的重要因子 (Beukelman & Mirenda, 2013)。因為根據人機互動的原則，費茲定律 (Fitts' law) 指出目標物的尺寸和移動距離決定任務的困難度，也就是困難指數 (index of difficulty, ID) (Fitts, 1954)。ID也可以決定移動的時間，因為移動時間 (MT) =  $a + b * ID$ ， $ID = \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$  (MacKenzie, 1992)，D代表移動距離，W代表目標物寬度。就是如果移動距離相同，目標物的尺寸愈小，所需移動的時間愈長。

但費茲定律並沒有探討ID和任務操作正確性的關係，因為費茲定律假設操作的錯誤率在4%以下 (Soukoreff & MacKenzie, 2004)。過去Lin、Chen、Chang、Yeh、Meng (2009)曾以智能障礙學生和一般同儕為對象探討在不同ID下滑鼠操作的正確性和移動時間，結果發現，對一般同儕而言，在不同ID下，錯誤率均在4%以下，且彼此間沒有差異；但對智能障學生而言，在不同ID下，錯誤率均在4%以上，且彼此間有顯著差異。不過當尺寸較大時，身心障礙學生和一般同儕在相同的設備上，操作正確率無差異，但操作時間較慢。前述滑鼠操作的結果能否用來說明使用新興點選科技時，ID和操作正確性的關係呢？尤其對有動作控制困難的腦性麻痺學生和一般同儕在操

作新興的點選設備時，其操作表現如何？不同ID間的表現如何？仍是值得探討的主題。

點選設備操作表現可以分為主觀與客觀表現。就客觀表現而言，有許多指標用於探討身心障礙者操作點選設備的表現，依指標的性質可以分為效果 (effectiveness) 的指標和品質 (quality) 的指標 (Chen, Lin, & Ko, 2010)。張芸婷、陳明聰 (2010)分析國內外21篇點選任務表現相關研究結果指出，這些研究以正確率 (14篇)及總時間 (11篇)兩種指標最常被用來解釋個案在點選設備的操作表現。

這兩個是屬於效果的指標，至於操作過程的操作品質則有其它指標，例如Lin等人 (2009)的滑鼠點選研究就以目標區再進入次數 (N of target reentry, TRE) (在完成任務前游標進入目標區域後又離開目標區，然後再次進入目標區的次數。此指標可以用來探討最後階段的準確性)、距離比值 (Rate of PL/TA) (指游標真正移動的距離與目標設定距離之比)、移動變異量 (movement variety, MV) (移動變異量是指游標沿著直線軸並平行於任務軸線之變化量)、移動單位 (movement units, MU) (指游標加速和減速的階段)。由於本研究探討的點選設備都是靠使用者身體部位移動來執行點選任務，而非過去研究常用之滑鼠、軌跡球或開關滑鼠，因此，只先以效果指標的正確率和操作總時間為客觀的操作表現指標。

主觀感受也是設備表現的指標。研究中主觀效標的評量方式通常都以問卷形式來進行，常見的問題，如：所需力量、操作的流暢性、操作的費力程度、準確度、操作速度、舒適度、輸入設備的操作外型、手指疲勞度、手腕疲勞度、手臂疲勞度、肩膀疲勞度、頸部疲勞度等 (張芸婷、陳明聰, 2010)。此外，這些設備均非一般人常用的點選設備，除了用傳統費力程度、舒適度來評估以外，也宜採用可用性

(usability) 評估用的學習困難度和設備選用時常使用的外觀接受度作為評估的指標。

基於上述的問題背景與研究動機和相關研究之探討，本研究具體探討三個研究問題：

一、腦性麻痺學生和一般學生使用三種替代性點選設備在不同尺寸點選任務上的正確率表現是否有差異？

二、腦性麻痺學生和一般學生使用三種替代性點選設備完成不同尺寸點選任務所花的時間是否有差異？

三、腦性麻痺學生和一般學生對操作三種點選設備之主觀感受為何？是否有差異？

## 貳、研究方法

本研究採三因子混合設計的準實驗設計，比較腦性麻痺學生與一般學生（組別）使用三種電腦化輔助溝通系統替代點選設備（設備），分別為：藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡、Tobii眼控滑鼠及相機鼠標（Camera Mouse），在相同距離不同目標尺寸之兩種困難指數的點選任務上（目標物尺寸），操作正確率、所花時間與主觀感受（自覺費力程度、學習困難度、設備外觀接受度、操作舒適度及整體滿意度）的差異情形。其中組別為獨立樣本，設備和任務是相依樣本的重複測量。

### 一、研究對象

根據研究目的，本研究採立意和便利取樣方式，選取腦性麻痺學生及與腦性麻痺學生相同性別和年級之一般學生為研究對象。以下分別說明邀請研究對象的條件以及過程。

研究者邀請腦性麻痺學生參與者，他們需先符合以下條件：

（一）就讀高中下以教育階段，年齡介於6歲到18歲。

（二）經鑑輔會鑑定為腦性麻痺，或領有

身心障礙證明且經醫師診斷為腦性麻痺者。

（三）托尼非語文智力測驗（TONI-3）標準分數達85分以上，而且能了解操作點選設備的一般指令，如上下左右方向、將物體移至某處等指令與測試流程。

（四）坐姿或輔助性坐姿可維持60分鐘以上，且根據學校教師或照顧人員觀察，無嚴重情緒困擾並能操作點選設備者。

（五）操作一般滑鼠之點選正確率未達90%者。

（六）裸視視力或矯正視力達0.8以上且聽力正常者。

（七）半年內未接受特別醫療處置者。

（八）願意配合執行本研究實驗項目且取得家長或監護人同意者。

在確認腦性麻痺學生之參與者後再邀請一般學生。除了配合腦性麻痺學生之性別和年級外，一般學生需符合以下條件：

（一）裸視視力或矯正視力達0.8以上且聽力正常者。

（二）未具身心障礙學生身份，且沒有特殊身體疾病（如癲癇、心臟病...）。

（三）願意配合執行本研究所有施測項目且取得家長或監護人同意者。

本研究採便利取樣，先向南部學校或機構說明本研究目的，徵詢是否有符合研究對象條件的腦性麻痺學生，並協助詢問家長參與意願。在取得家長同意書後，再根據前述條件加以檢核。

結果經由學校和機構推薦符合前述條件且取得家長同意書者共32位，進一步根據前述取樣條件逐一檢核，結果有14位不符合收案標準，其原因包括：托尼非語文智力測驗分數未達標準、視力異常或頭部控制不佳。另有1位因身體狀況較特殊最後和其教師討論後也不納入。所以最後有17位學生參與，分佈在南部五個縣市，其中有8位是小學生（小二1人、小三2

人、小四2人、小五2人、小六1人）、6位國中生（國一1人、國二2人、國三3人）、和3位高中生（均為高二學生）。性別分佈以男生為主有12位，女生有5位。

根據上述這17位腦性麻痺學生的性別和年級，研究者再連絡高中以下學校，邀請相同年級和性別之學生參與本實驗。最後也有與腦性麻痺學生相同之年級和性別之17位一般學生在取得家長同意後參與本研究。

## 二、實驗設計

考量研究對象數量較少且年級範圍較大，所以除了用性別和年級來配對取樣外，也採用重複測量的方式來減少個體間的差異。

本研究的自變項包括一個背景變項—組別（腦性麻痺組和一般學生組）、一個設備變項（藍芽滑鼠眼鏡、眼控滑鼠、相機鼠標）和一個任務變項為點選目標尺寸（136px和68px），固定移動長度為170px，在螢幕解析度為1024\*758下，34px約為一公分，所以移動距離為5公分，目標尺寸分別為4公分和2公分。因此這兩個點選任務的困難指數（index of difficulty, ID）分別為：1.17和1.81。實驗任務是每一位研究參與者使用每一種設備要執行兩種目標物尺寸（困難指數）的點選，每個目標物尺寸有上下左右以及對角線共8個方位的點選，因此，一個目標物尺寸共點選8次。為了不讓受試者可以先預測下個目標物出現的方向，實驗過程，螢幕上一次只會出現一個目標物，當該目標物消失後才會隨機出現下個方向的目标物。

本研究探討的依變項是操作設備執行點選任務的正確率（accuracy）、操作總時間（total time，簡稱操作時間）以及操作後的主觀感受。正確率：是指受測者正確反應次數佔總測驗次數的百分比，計算方式為： $(\text{正確數}/\text{總數}) \times 100\%$ 。操作時間：是指正確完成單

一點選任務所花的全部時間，也就是時間愈短正確操作速度愈快。主觀感受：是指受試者在操作三種設備之後對於設備操作自覺費力程度、學習困難度、設備外觀接受度、操作舒適度的主觀評定分數。此外，為減少其他干擾因素對實驗結果之影響，因此對測驗環境、施測者、及裝置擺放位置，加以控制。

## 三、研究工具

本研究使用之工具，根據其使用性質分為「篩選工具」、「評量工具」及「實驗工具」三類。篩選工具包括：托尼非語文智力測驗-再版（TONI-3）（吳武典、胡心慈、蔡崇建、王振德、林幸台、郭靜姿，2006）和肢體障礙者電腦輔具評量表（吳亭芳，2002）。TONI-3是用來確認腦麻學生認知功能。肢體障礙者電腦輔具評量表是用來初步評估個案的姿勢擺位、操作控制部位與方式。

評量工具包括：一般滑鼠動作能力評估軟體（簡稱CAT）（陳明聰等人，2005）和主觀感受之視覺問卷。CAT系統的測驗是由六個模組（module）所組成，包含生理資料、觀看個案開關評估資料、觀看個案滑鼠評估資料、觀看個案鍵盤評估資料、觀看個案功能性評估資料、產生報表及新增評估資料，具有良好的內容效度（content validity）與區分效度（discriminant validity）（Chen, Chu, Wu, & Yeh, 2006）。本研究主要用來評量不同設備執行點選任務的表現，系統會自動蒐集並產出一次測驗8個任務的平均正確率和操作時間。

主觀感受之視覺問卷，主要了解使用者操作過設備後對學習操作設備的困難程度、操作過程的費力程度和外觀接受程度，研究者參考Chen、Cko、Chen和Chiang（2007）的系統可用性評估量表的項目，問卷內容包括自覺費力程度、學習困難度、設備外觀接受度、操作舒適度與整體滿意度，由研究者自編，並把

Chen等人的五等量表填答方案改成0分到10分的方式。

研究對象在使用三種新興電腦點選設備後，根據操作點選設備後的主觀感受分別針對三種設備各自填答，從0分到10分。其中自覺費力程度和學習困難度是分數愈高代表愈費力和愈難學；設備外觀接受度、操作舒適度與整體滿意度則是分數愈高代表愈能接受、愈舒適和愈滿意。若腦麻生因動作受限無法自行圈選答案者，由研究者依照研究對象表達之結果，代為填答。

實驗工具是三種「替代性選點設備」，包括：相機鼠標（camera mouse）（簡稱相機）、Tobii眼控滑鼠（Tobii PCEye Mini）（簡稱眼控）、藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡（GlassOuse）（簡稱眼鏡）。其功能主要提供無法使用傳統點選設備者，如個人電腦上使用滑鼠、平板上使用手直接點選，替代性的點選設備，這三種設備詳細規格如表1。相機鼠標是利用電腦的數位攝影機追蹤指定之身體部位的移動轉化為游標的移動；Tobii眼控滑鼠則是追蹤使用者眼球移動再轉成游標的移動；使用戴著藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡時，其陀螺儀會計算陀螺儀移動轉成游標的移動，它和相機鼠標基本上均需要使用者可以移動頭部或有可用之部位，但Tobii眼控滑鼠只需控制眼睛的移動。

此外，為了讓研究參與者先熟悉設備操作，本研究選擇四個Scratch 2.0製作的遊戲軟體，Scratch最早由麻省理工學院多媒體實驗室

（MIT Media Lab Cambridge, MA）研究開發，以圖形界面的方式，設計媒體或是遊戲軟體程式，以拖拉圖形界面來堆疊出程式所需之函數與指令，可使不懂得程式語言的開發者，仍能以最直覺、簡單的方式，製作出需要的軟體與遊戲（林敏記，2014）。本研究中所使用的遊戲分別為「收服卡通人物」，作者為0916491171（scratch會員帳號暱稱）（<https://scratch.mit.edu/projects/157143835/>）、「海底泡泡世界」，作者為abc888（scratch會員帳號暱稱）（<https://scratch.mit.edu/projects/24852918/>）、「記憶大考驗」，作者為shalley2546（scratch會員帳號暱稱）（<https://scratch.mit.edu/projects/21408511/>）、「螞蟻大作戰」，作者為hi0809（scratch會員帳號暱稱）（<https://scratch.mit.edu/projects/1683506/>），詳細說明如表2。這四個軟體的操作均需要對目標物進行點選以完成任務，這些遊戲主要用來讓研究參與者在練習前述三項替代點選設備時使用。

本研究使用的筆記型電腦為ASUS A550J，中央處理器為Intel（R）Core i7-4720HQ、內含8GB記憶體。作業系統為微軟的Windows 10。另外使用外接電腦螢幕之機型為ASUS VB175 19吋4:3標準螢幕、解析度為1280\*1024解析度，提供50000:1對比度、1670萬顯示色彩、具25度傾斜角度（向前5度、向後20度）。

表1  
本研究採用之三種點選設備說明

項目	Tobii眼控滑鼠 (Tobii PCEye Mini) 2016	相機鼠標 (Camera Mouse) 2018	藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡 (GlassOuse) 2017
圖示			
特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>·連接 : USB 2.0以上</li> <li>·尺寸 : 17 x 18 x 1.3cm</li> <li>·操作距離 : 45-80cm</li> <li>·頭動範圍: &gt;35cm x 30cm (橢圓)</li> <li>·支援螢幕 : 10.1-21吋</li> <li>·重量 : 59 g</li> <li>·可雙眼及配戴眼鏡使用</li> <li>·適用於 Windows 作業系統的電腦</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·內建網路相機或使用 USB 介面連接相機即可使用</li> <li>·Windows 作業系統的電腦都可執行</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·重量: 1 kg</li> <li>·尺寸: 30 x 30 x 30cm</li> <li>·系統支援 : Android 安卓裝置 (手機、平板、電腦、電視)、Windows 裝置 (手機、平板、電腦、電視)、Linux 裝置 (平板、電腦)、IOS (Mac 電腦)、Chrome OS</li> <li>·設備傳遞 : 可 160 度垂直、180 度水平、9 軸陀螺儀</li> <li>·校準 : 全自動</li> </ul>
移動方式	藉由眼球動作完全操作電腦游標	系統會在眉間、眼睛或鼻樑任一處進行校準，校準完成後藉由頭部移動控制游標	根據頭部移動控制游標
點選方式	游標停頓在螢幕上特定的位置一段時間，之後游標會自動啟動擊點	盯著像點擊的 UI 並且等待幾秒就可以完成點擊動作，點擊發生時會出現一個視覺效果來表達點擊成功的反饋	用嘴唇或牙齒點擊按鈕 (矽膠咬嘴 Mouse Bite) 點選

表2  
實驗中使用之遊戲說明

遊戲名稱	操作說明
收服卡通人物	滑鼠游標可控制寶貝球，當卡通人物出現時，將寶貝球移動到卡通人物身上並點下點選鍵便可將卡通人物收服。
海底泡泡世界	將游標移動至泡泡上方並點選後泡泡將會消失，並隨機從其他地方繼續出現。
記憶大考驗	有 6 種花色的圖卡，每種花色的圖卡都各有 2 張，共 12 張。玩家將滑鼠游標移至圖卡上方按下點選，圖卡便會自動翻面，待依序翻到兩張相同的圖卡即配對成功。
螞蟻大作戰	盤子上方會出現不同顏色的螞蟻，每種顏色的螞蟻各代表不同的分數，玩家必須移動滑鼠來控制螢幕中的箭頭，待箭頭瞄準螞蟻後，按下點選鍵，就會發射子彈攻擊螞蟻，並根據所攻擊之螞蟻顏色而獲得不同的分數。

#### 四、實驗流程

本研究考量研究參與者所在縣市分佈較廣以及不易安排多次實驗時間，因此以接受一次實驗為主，但實驗過程會依研究參與者的體力、專注情形，調整實驗過程的休息時間。整個實驗分為「實驗前置階段」、「測驗實施階段」與「測驗完成階段」三階段，而實驗中裝置擺設如圖1、圖2及圖3所示。

##### (一) 實驗前置階段

每次到研究參與者學校，研究者在學校提供之安靜的場地，先架設並測試設備是否正常。參與者到達後，則先核對基本資料以及再次確認家長同意書已簽署，然後設定電腦操作環境，並開啟CAT軟體，讓參與者調整至最適當的坐姿擺位，若是腦性麻痺學生，則根據「肢體障礙者電腦輔具評量表」坐姿擺位評估結果，選擇適合的坐姿，並依照個別特殊需求適時加裝胸帶、骨盆帶等，以確保受測者在測驗過程中身體之穩定性。接著進入測驗實施階段。

##### (二) 測驗實施階段

測驗實施階段約60分鐘，進行兩次操作練習和測驗。在測驗開始前，研究者以口頭方式介紹實驗設備並說明測驗內容與設備操作過程中之注意事項。然後先隨機分配三種新興電腦點選設備的操作順序，以減少順序效應。接著進行前測，也就是在未經訓練前，讓受測者先進行三種電腦點選設備操作之前測。然後進行第一次練習，研究者利用Scratch遊戲讓參與者練習，練習開始時，研究者先予以示範說明，再讓受測者演練；練習時，依受測者操作狀況給予口頭提示，受測者每項設備及每項遊戲各可進行2次的練習。總結活動時，研究者總結受測者的表現並給予鼓勵，同時，再次提醒受測者在操作實驗設備時須注意的部分，待練習後先休息再準備進入第一次後測。測驗過程，參與者操作點選設備來執行CAT系統呈現的點選任務，過程研究者不再給予受測者測驗操

作方式的提示或協助。休息後再進行第二次的練習和測驗，其程序和第一次練習與測驗相同。

##### (三) 測驗完成階段

測驗結束後，由研究者確認測驗資料是否有遺漏，以確保資料的完整性。在做完兩次測驗後，參與者利用視覺量表來評定三種設備的操作感受。最後，研究者對參與者表達感謝並結束實驗。

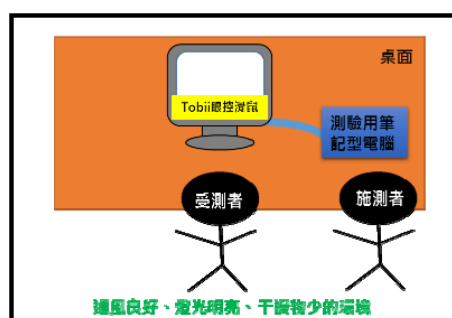


圖1 Tobii眼控滑鼠使用時擺設示意圖

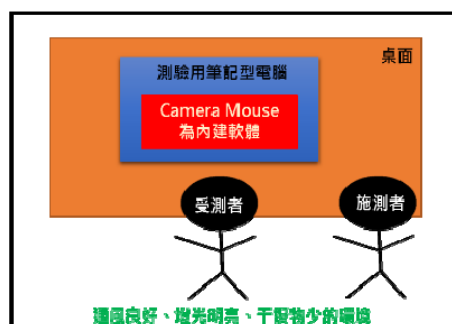


圖2 相機鼠標使用時擺設示意圖

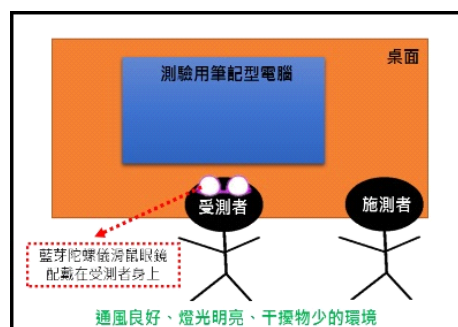


圖3 藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡使用時擺設示意圖



## 五、資料分析

本研究點選測驗的正確情形和時間由CAT系統自動記錄並產出EXCEL檔案格式，研究者先匯出個別研究參與者的紀錄，再整理成所有參與者三次測驗（前測和兩次後測）的表現紀錄。主觀感受量表則由研究者鍵入EXCEL整理。兩種資料再利用IBM SPSS統計軟體進行描述性統計與檢定，本研究顯著水準訂為.05。處理平均數和標準差呈現各依變項的情形，也使用以下統計分析方法來回答研究問題：

（一）採用混合設計三因子變異數分析（three-way ANOVA）來回答研究問題一及研究問題二，因為有組間變項：「組別」（腦麻生、一般生）、組內變項「設備」（相機鼠標、眼控滑鼠、藍芽滑鼠眼鏡）和「目標物尺寸」。若三因子交互作用顯著，則進行單純交互作用效果（simple interaction effect）考驗，並對有顯著者再進行單純主要效果（simple main effect）的考驗。若三因子交互作用不顯著，則檢視二因子交互作用，若二因子交互作用顯著，則進行單純主要效果考驗，若交互作用不顯著，則進行單因子的主要效果考驗。

（二）採用混合設計二因子變異數分析檢

視兩組參與者對操作三種點選設備之主觀感受，以回答研究問題三，因為有組間變項：「組別」（腦麻生、一般生）和組內變項「設備」（相機鼠標、眼控滑鼠、藍芽滑鼠眼鏡）。若二因子交互作用顯著，則進行單純主要效果（simple main effect）考驗，若交互作用不顯著，則進行單因子的主要效果考驗（main effect）。

## 參、結果與討論

### 一、兩組參與者使用不同設備執行點選任務的正確率分析

腦性麻痺學生和一般學生利用三種設備執行兩種不同尺寸選點任務的操作正確率的平均數和標準差整理如表3。表3中的初始正確率是指沒有經練習，只有介紹設備後，進行前測的正確率。練習後表現是經兩次練習後，在兩次後測時之正確率的平均。從平均數來看，在初始沒有練習前，由於這三種設備都是陌生的，兩組學生在兩個尺寸上的正確率都低於90%。但練習後的表現也只有一般學生組在操作藍芽滑鼠眼鏡執行2公分目標物點選時達96%的正確率。

表3

腦性麻痺學生和一般學生操作表現正確率之平均數和標準差（單位：%）

設備	腦性麻痺學生組 (n=17)								一般學生組 (n=17)							
	初始正確率				練習後正確率				初始正確率				練習後正確率			
	4公分		2公分		4公分		2公分		4公分		2公分		4公分		2公分	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
相機 眼控 眼鏡	.47	.31	.25	.30	.45	.22	.51	.17	.82	.19	.83	.17	.82	.20	.77	.20
	.44	.41	.36	.32	.51	.33	.36	.27	.79	.23	.60	.31	.79	.22	.77	.21
	.52	.34	.54	.39	.67	.25	.64	.23	.77	.27	.88	.15	.83	.14	.96	.07

### （一）初始正確率比較分析

初始表現正確率的三因子變異數分析結果

整理如表4，從表中可以知道：三因子間之交互作用未達顯著水準（ $F=2.684, p>.05$ ）。接

著檢視二因子交互作用，結果顯示，組別（A）與設備（B）（ $F=1.277, p>.05$ ）和組別（A）與目標物尺寸（C）（ $F=1.130, p>.05$ ）的二因子間之交互作用未達顯著水準。

設備（B）與目標物尺寸（C）的二因子交互作用達顯著水準（ $F=3.620, p<.05$ ），需進一步執行單純主要效果之檢定，如表5。從表中可知，在目標物為2公分（C2）時，設備（B）對操作正確率有顯著差異（ $F=4.99, p<.05$ ），從Scheff's test結果顯示藍芽滑鼠眼鏡（ $M=.71, SD=.34$ ）的正確率顯著高於眼控

滑鼠（ $M=.49, SD=.33$ ）（ $F=6.35, p<.05$ ）。設備在不同目標物尺寸的表现分析中，只有操作眼控滑鼠（B2）時，操作正確率因目標物尺寸（C）而有顯著差異（ $F=5.66, p<.05$ ），4公分（ $M=.62, SD=.38$ ）高於2公分（ $M=.48, SD=.34$ ）。

組別（A）因子（ $F=60.632, p<.05$ ）在設備初始操作的正確率有達顯著差異，從平均數可知，一般學生組（ $M=.78, SD=.24$ ）操作之正確率高於腦性麻痺學生組（ $M=.43, SD=.35$ ）。

表4  
組別、設備、目標物尺寸在初始表現正確率之三因子變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
組內						
設備（B）	.618	2	.309	2.235	.115	.618
對象×設備（A×B）	.353	2	.176	1.277	.286	.038
誤差（B）	8.842	64	.138			
目標物（C）	.176	1	.176	3.320	.078	.094
對象×目標物（A×C）	.060	1	.060	1.130	.296	.034
誤差（C）	1.701	32	.053			
設備×目標物（B×C）	.360	2	.180	3.620*	.032	.102
對象×設備×目標物（A×B×C）	.267	2	.134	2.684	.076	.077
誤差（B×C）	3.185	64	.050			
組間						
對象（A）	6.353	1	6.353	60.632**	.001	.655
誤差（A）	3.353	32	.105			

（二）練習後正確率比較分析

練習後正確率的三因子變異數分析結果整理如表6，從表中可以知道：三因子交互作用未達顯著水準（ $F=3.084, p>.05$ ）。接著進行二因子交互作用分析，組別（A）和設備（B）（ $F=.827, p>.05$ ）、組別（A）與目標物尺寸（C）（ $F=2.812, p>.05$ ）以及設備（B）與

目標物尺寸（C）之（ $F=2.573, p>.05$ ）交互作用未達顯著。接著分析各因子的主要效果，結果發現組別（A）在設備操作正確率有顯著差異（ $F=60.632, p<.05$ ），從平均數可以知，一般生（ $M=0.81, SD=0.21$ ）的正確率高於腦麻生（ $M=0.52, SD=0.27$ ）；設備（B）的正確率也有顯著差異（ $F=7.798, p=.001$ ）；從

Scheff's test事後比較結果可知，只有眼控和尺寸（C）（ $F=.266, p>.05$ ）則無顯著差異。眼鏡間有顯著差異（ $F=8.70, p<.05$ ）；目標物

表5  
設備、目標物大小在初始表現正確率上之單純主要效果分析表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
設備（B）						
at 4公分（C1）	.03	2	.01	.14	.871	.002
at 2公分（C2）	.95	2	.48	4.99**	.008	.070
誤差	12.61	132	.10			
目標物大小（C）						
at相機鼠標（B1）	.18	1	.18	3.45	.066	.033
at眼控滑鼠（B2）	.30	1	.30	5.66*	.019	.054
at滑鼠眼鏡（B3）	.06	1	.06	1.13	.290	.011
誤差	5.18	99	0.05			

表6  
受測對象、設備、目標物大小在練習後正確率之三因子變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
組內						
設備（B）	1.085	2	.542	7.798	.001	.196
對象×設備（A×B）	.115	2	.058	.827	.442	.025
誤差（B）	4.451	64	.070			
目標物（C）	.005	1	.005	.266	.609	.008
對象×目標物（A×C）	.052	1	.052	2.812	.103	.081
誤差（C）	.589	32	.018			
設備×目標物（B×C）	.162	2	.081	2.573	.084	.074
對象×設備×目標物 （A×B×C）	.194	2	.097	3.084	.053	.088
誤差（B×C）	2.014	64	.031			
組間						
對象（A）	4.560	1	4.560	60.632**	.000	.64
誤差（A）	2.488	32	.078			.7

## 二、兩組參與者使用不同設備執行點選任務的速度分析

腦性麻痺學生和一般學生利用三種設備執行兩種不同尺寸點選任務的操作時間之平均數和標準差整理如表7。表7中的初始時間是指在

前測時未經練習，只有介紹設備後進行操作，正確完成任務的總時間。練習後時間是經兩次練習後，在兩次後測正確完成任務之總時間的平均表現。

表7  
腦性麻痺學生和一般學生操作時間之平均數和標準差（單位：秒）

設備	腦性麻痺學生組 (n=17)								一般學生組 (n=17)							
	初始時間				練習後時間				初始時間				練習後時間			
	4公分		2公分		4公分		2公分		4公分		2公分		4公分		2公分	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
相機	8.03	4.15	15.45	9.63	6.21	3.23	9.20	5.49	2.81	0.99	2.69	0.91	2.13	0.87	2.81	0.44
眼控	10.43	6.42	13.08	7.72	7.54	4.82	8.70	6.00	3.08	0.63	3.58	1.74	3.05	1.06	2.72	0.53
眼鏡	9.03	5.96	20.7	14.63	7.68	4.49	11.58	7.86	2.51	0.69	4.96	6.16	2.30	0.71	2.60	0.65

(一) 初始時間比較分析  
前測時的完成任務所花時間之三因子變異數分析結果如表8。從表中可知，三因子交互作用未達顯著水準 ( $F=1.701, p>.05$ )。接著進行二因子變異數分析，結果顯示，組別 (A) ) 與設備 (B) 交互作用未達顯著水準 ( $F=.885, p>.05$ )；組別 (A) 與目標物尺寸 (C) ( $F=12.068, p<.05$ ) 以及設備 (B) 與目標物尺寸 (C) ( $F=3.833, p<.05$ ) 交互作用達顯著，需進一步進行單純主要效果之檢定。

表8  
受測對象、設備、目標物大小在初始操作時間之三因子變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
組內						
設備 (B)	167.420	2	83.712	2.151	.125	.063
對象×設備 (A×B)	68.909	2	34.455	.885	.418	.027
誤差 (B)	2490.477	64	38.914			
目標物 (C)	855.712	1	855.712	20.358**	.000	.389
對象×目標物 (A×C)	507.277	1	507.277	12.068*	.001	.274
誤差 (C)	1345.067	32	42.033			
設備×目標物 (B×C)	261.528	2	130.764	3.833*	.027	.107
對象×設備×目標物 (A×B×C)	116.029	2	58.015	1.701	.191	.050
誤差 (B×C)	2183.152	64	34.112			
組間						
對象 (A)	4618.819	1	4618.819	71.906**	.000	.692
誤差 (A)	2055.494	32	64.234			

組別 (A) 與目標物尺寸 (C) 的交互作用結果如表9。從表中可知，在目標物尺寸為4公分 (C1) 和2公分 (C2) 時，腦麻生所花費的操作時間均較一般生長 (腦麻生平均數=12.48, 標準差=11.53；一般生平均數=3.07, 標準差=1.38)。對腦麻生 (A1) 而言，小目標 (2公分) 所花費的時間較大目標 (4公分) 多 (4公分=10.49, 標準差=11.33；2公分=14.47, 標準差=11.50) ( $F=64.00, p<.05$ )，對一般生 (A2) 而言，則無顯著差異 (

$F=1.06, p>.05$  )。

設備 (B) 與目標物尺寸 (C) 的單純主要效果分析結果如表10。從表中可知，在目標物尺寸為2公分 (C2) 時，三種設備的操作時間有顯著差異 ( $F=201.77, p<.05$ ) (相機平均數=9.07，標準差=9.35；眼控平均數=8.33，標準差=7.33；眼鏡平均數=12.83，標準差=13.67)，在大尺寸4公分 (C1) 就沒有差異 ( $F=.38, p>.05$ )。

從 Scheff's test 事後比較結果可知，使用

相機 ( $F=7.05, p<.05$ ) 和眼鏡 ( $F=10.09, p<.01$ ) 時的時間均高於眼控；對相機鼠標 ( $F=5.25, p<.05$ ) 和藍芽滑鼠眼鏡 ( $F=16.69, p<.05$ ) 而言，操作時間會因目標物尺寸有顯著差異。從平均數觀之，相機鼠標 (4公分：M=7.06，SD=10.29；2公分：M=9.00，SD=10.66) 和藍芽滑鼠眼鏡 (4公分：M=6.23，SD=8.18；2公分：M=8.40，SD=10.83) 均是小尺寸目標所需時間較長。

表9  
組別和目標物大小 (A×C) 在初始操作時間上之單純主要效果分析表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
受測對象 (A)						
at 4公分 (C1)	987.35	1	987.35	93.32**	.000	.593
at 2公分 (C2)	2134.77	1	2134.77	201.77**	.000	.759
誤差	677.12	64	10.58			
目標物大小 (C)						
at 腦麻生 (A1)	269.69	1	269.69	16.74**	.000	.343
at 一般生 (A2)	2.69	1	2.69	0.17	.685	.005
誤差	515.42	32	16.11			

表10  
設備、目標物大小 (B×C) 在操作初始時間上之單純主要效果分析表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
設備 (B)						
at 4公分 (C1)	32.67	2	16.33	.38	.686	.007
at 2公分 (C2)	396.24	2	198.12	4.58**	.012	.084
誤差	4283.27	99	43.27			
目標物大小 (C)						
at 相機鼠標 (B1)	226.48	1	226.48	5.25**	.023	.038
at 眼控滑鼠 (B2)	42.12	1	42.12	0.98	.324	.007
at 滑鼠眼鏡 (B3)	849.02	1	849.02	19.69**	.000	.129
誤差	5291.64	132	43.12			

(二) 練習後時間比較分析

經練習後之正確點選所花時間的三因子變異數分析結果如表11，從表中可知，三因子交互作用結果未達顯著水準 ( $F=4.736, p>.05$ )。

接著進行二因子變異數分析，結果顯示，組別 (A) 與設備 (B) ( $F=1.253, p>.05$ ) 以及設備 (B) 與目標物尺寸 (C) ( $F=1.703, p>.05$ ) 交互作用未達顯著水準；組別 (A) 與目標物

尺寸 (C) ( $F=15.537, p<.05$ ) 交互作用達顯著，需進一步進行單純主要效果之檢定。

組別 (A) 與目標物尺寸 (C) 的單純主要效果分析結果如表 12。從表中可知，在目標物 4 公分 (C1) 時，組別 (A) 在操作時間上無顯著差異 ( $F=1.58, p>.05$ )。在目標物 2 公分 (C2) 時，組別 (A) 在操作時間有顯著差異 ( $F=3.71, p<.05$ )，腦麻生正確操作所需時間較一般生多 (腦麻生平均數=12.15，標準差=8.76；一般生平均數=3.33，標準差=1.76)。

對腦麻生 (A1) 而言，在不同目標物尺寸 (C) 任務操作時間達顯著差異 ( $F=2.23, p<.05$ )，小目標 (2 公分) 所花費的時間較點選大目標 (4 公分) 多 (4 公分： $M=6.60, SD=6.93$ ；2 公分： $M=12.15, SD=8.76$ )。對一般生 (A2) 而言，在不同目標物尺寸 (C) 任務操作時間無顯著差異 ( $F=.01, p>.05$ )。至於設備 (B) 的主要效果分析顯示，在練習後正確操作時間並無顯著差異 ( $F=.906, p>.05$ )。

表 11  
受測對象、設備、目標物大小在練習後操作時間之三因子變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
組內						
設備 (B)	31.044	2	15.522	.906	.409	.028
對象×設備 (A×B)	49.920	2	21.460	1.253	.293	.038
誤差 (B)	1096.280	64	17.129			
目標物 (C)	107.692	1	107.692	21.597***	.000	.403
對象×目標物 (A×C)	77.478	1	77.478	15.537***	.000	.327
誤差 (C)	159.569	32	4.987			
設備×目標物 (B×C)	27.741	2	13.871	1.703	.190	.051
對象×設備×目標物 (A×B×C)	9.473	2	4.736	.582	.562	.018
誤差 (B×C)	521.268	64	8.145			
組間						
對象 (A)	1764.353	1	1764.353	47.412***	.000	.597
誤差 (A)	1190.824	32	37.213			

表 12  
受測對象、目標物大小 (A×C) 在練習後操作時間之單純主要效果分析表

變異來源	SS	df	MS	F	p	$\eta_p^2$
受測對象 (A)						
at 4 公分 (C1)	367.42	33	11.13	1.58	.058	.449
at 2 公分 (C2)	861.80	33	26.12	3.71***	.000	.656
誤差	450.11	64	7.03			
目標物大小 (C)						
at 腦麻生 (A1)	122.47	33	3.71	2.23*	.012	.697
at 一般生 (A2)	.077	1	0.02	.01	1.000	.014
誤差	53.18	32	1.66			

三、兩組學生對三種電腦點選設備操作之主觀感受

兩組學生對三種設備操作之主觀感受評定

結果整理如表13所示。在自覺費力程度和學習困難度的分數愈低愈好；設備外觀接受度、操作舒適度和整體滿意度的得分則愈高愈好。

表13  
兩組學生對操作三種電腦點選設備之主觀感受描述統計摘要表

評估項目	相機鼠標				眼控滑鼠				藍芽滑鼠眼鏡			
	腦麻		一般		腦麻		一般		腦麻		一般	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
費力程度	2.82	3.08	1.71	2.17	5.47	3.62	3.76	3.01	2.94	2.72	1.59	1.83
學習困難	2.47	3.12	0.94	1.29	4.65	3.57	2.41	1.97	2.53	2.26	0.53	1.00
接受度	9.18	1.55	9.82	0.39	8.00	2.09	8.71	2.46	8.35	1.80	7.76	2.48
舒適度	8.12	2.52	8.24	2.07	5.06	3.32	7.65	2.06	7.18	2.09	7.76	2.22
整體滿意	8.12	1.96	8.76	1.52	6.35	3.08	8.12	2.08	8.06	1.60	8.65	1.69

表14  
兩組學生對操作三種電腦點選設備之主觀感受平均得分的變異數分析結果

評估項目	二因子變異數分析	組別主要效果	設備主要效果
費力程度	$F=.095$	$F=6.27^*$ 腦麻>一般	$F=7.96^{**}$ 眼控>相機、眼鏡
學習困難	$F=.19$	$F=16.5^{***}$ 腦麻>一般	$F=7.3^{**}$ 眼控>相機、眼鏡
接受度	$F=1.212$	$F=0.43$	$F=5.27^{**}$ 相機>眼控、眼鏡
舒適度	$F=2.485$	$F=5.22^*$ 腦麻>一般	$F=4.88^*$ 相機>眼控
整體滿意	$F=.936$	$F=6.39^*$ 腦麻>一般	$F=3.85^*$ 相機>眼控

\* $p<.05$ ; \*\* $p<.01$ ; \*\*\* $p<.001$

(一) 自覺費力程度的比較分析

從表13中可知，兩組人對三種設備的操作費力程度評分均低，代表這些人對使用這些設備後並不覺得操作上需要費力。不過，從比較大的標準差也顯示，這些人的看法仍存有許多差異性。

二因子變異數分析結果顯示二因子交互作用不顯著 ( $F=.095, p=.91$ )，因此分別檢視組別和設備的主要效果。結果發現，組別 ( $F=6.27, p=.014$ ) 和設備 ( $F=7.96, p=.001$ ) 的主要效果差異均顯著，在組別部分，腦麻生組 ( $M=3.75, SD=3.34$ ) 比一般生組覺得費力 ( $M=2.35, SD=2.55$ )。在設備部分，Turkey HS

D事後比較顯示眼控滑鼠 ( $M=4.62, SD= 3.394$ ) 顯著大於相機鼠標 ( $M=2.26, SD=2.689$ ) ( $p=.002$ ) 與藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡 ( $M=2.26, SD=2.391$ ) ( $p=.002$ )。

(二) 學習困難度的比較分析

從表13中可知，兩組人對三種設備的學習困難程度評分均低，代表這些人對學習操作這些設備並不覺得有困難。不過，從比較大的標準差也顯示，這些人的看法仍存有許多差異性。

二因子變異數分析結果顯示二因子交互作

用不顯著 ( $F=.19, p=.83$ )，因此分別檢視組別和設備的主要效果。結果發現，組別 ( $F=16.50, p=.001$ ) 和設備 ( $F=7.30, p<.001$ ) 的主要效果差異均顯著，在組別部分，腦麻生組 ( $M=3.22, SD=3.14$ ) 比一般生組覺得困難 ( $M=1.29, SD=1.66$ )。在設備部分，Turkey HSD 事後比較顯示眼控滑鼠 ( $M=3.53, SD=3.057$ ) 顯著大於相機鼠標 ( $M=1.71, SD=2.481$ ) ( $p=.006$ ) 與藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡 ( $M=1.53, SD=2.004$ ) ( $p=.002$ )。

#### (三) 設備外觀接受度的比較分析

從表13中可知，兩組人對三種設備的外觀接受程度評分均高，介於7.7到9.8，代表這些人對這些設備的外觀基本上是接受的。

二因子變異數分析結果顯示二因子交互作用不顯著 ( $F=1.21, p=.32$ )，因此分別檢視組別和設備的主要效果。結果發現，組別主要效果沒有差異 ( $F=0.43, p=.507$ )；設備的主要效果差異達顯著 ( $F=5.27, p=.007$ )，經 Turkey HSD 事後比較顯示相機鼠標 ( $M=9.50, SD=1.161$ ) 顯著大於眼控滑鼠 ( $M=8.35, SD=2.281$ ) ( $p=.043$ ) 與藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡 ( $M=8.64, SD=2.159$ ) ( $p=.008$ )。

#### (四) 操作舒適度的比較分析

從表13中可知，兩組人對三種設備的操作舒適度評分除腦麻組對眼控滑鼠評分為5.06外，其餘都在7分以上，代表這些人對操作這些設備是感到舒適的。

二因子變異數分析結果顯示二因子交互作用不顯著 ( $F=2.49, p=.089$ )，因此分別檢視組別和設備的主要效果。結果發現，組別 ( $F=5.22, p=.024$ ) 和設備 ( $F=4.88, p=.010$ ) 的主要效果差異均顯著，在組別部分，腦麻生組 ( $M=6.78, SD=2.94$ ) 比一般生組覺得較不舒適 ( $M=7.88, SD=2.09$ )。在設備部分，Turkey HSD 事後比較顯示相機鼠標 ( $M=8.18, SD=2.276$ ) 顯著大於眼控滑鼠 ( $M=6.35,$

$SD=3.024$ ) ( $p=.007$ )。

#### (五) 整體滿意度的比較分析

從表13中可知，兩組人對三種設備的整體滿意度評分，除腦麻組對眼控滑鼠評分為6.35外，其餘都在8分以上，代表這些人對操作這些設備是感到滿意的。

二因子變異數分析結果顯示二因子交互作用不顯著 ( $F=0.94, p=.396$ )，因此分別檢視組別和設備的主要效果。結果發現，組別 ( $F=6.39, p=.013$ ) 和設備 ( $F=3.85, p=.025$ ) 的主要效果差異均顯著，在組別部分，腦麻生組 ( $M=7.51, SD=2.40$ ) 比一般生組覺得較不滿意 ( $M=8.51, SD=1.62$ )。在設備部分，Turkey HSD 事後比較顯示相機鼠標 ( $M=8.44, SD=1.761$ ) 顯著於眼控滑鼠 ( $M=7.24, SD=2.742$ ) ( $p=.038$ )。

## 四、討論

本研究主要目的在探討腦性麻痺學生和一般學生使用三種替代性點選設備執行不同尺寸點選任務的正確率和操作時間表現。研究者將前述實驗任務之統計考驗結果整理如表15。

從前述結果可知，操作正確率部分，在完全沒有使用經驗時，各組使用三種設備來執行兩種目標物尺寸的操作正確率均低於90%。在組別、設備和目標物尺寸三個變項間的交互作用分析上發現，只有設備和目標物尺寸有顯著交互作用，而根據單純主要效果檢定結果發現，在設備上，只有在操作眼控滑鼠時，大尺寸目標物的正確率高於小尺寸目標物。在目標物尺寸上，只有在小尺寸(2公分)時，藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡的正確率顯著高於眼控滑鼠。至於組別的主要效果考驗結果顯示，一般學生組的正確率顯著高於腦麻學生組。

而在兩個兩次練習後的平均正確率表現上，各組使用三種設備來執行兩種目標物尺寸的操作正確率均仍低，只有一般學生組操作藍芽



滑鼠眼鏡執行2公分目標物點選時達96%的正確率，其餘均低於90%。在三個變項間的交互作用分析則發現三個變項間均無交互作用，主要效果檢定結果發現只有組別和設備有差異，根據事後比較可知，一般學生組的正確率高於腦麻學生組，藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡的正確率顯著高於眼控滑鼠。

比較有無練習的前後表現結果分析可知，經過兩個兩次練習的平均正確率表現仍無法達

到在96%正確率以上的費茲定律假定。不同於滑鼠的操作，一般學生在不同難度下均有96%以上的正確率（Lin et al., 2009）。可能是這些研究參與者並不熟悉這三種設備的操作，未來可能可以招募一般學生進行長期的使用練習，探討其學習的曲線，以及最終的正確率表現，也可以作為未來個案選用點選設備後的練習後評量表現之參考。

表15  
實驗任務之統計分析結果摘要表

比較項目	正確率		時間	
	初始表現	練習後表現	初始表現	練習後表現
A*B*C	X	X	X	X
A*B	X	X	X	X
A*C	X	X	腦痺：小>大 尺寸：一般>腦痺	腦痺：小>大 小：一般>腦痺
B*C	O 眼控：大>小 小：眼鏡>眼控	X	O 眼控：小>大 小：眼鏡>眼控； 相機>眼控	X
A	O 一般>腦痺	O 一般>腦痺	—	—
B	—	O 眼鏡>眼控	—	X
C	—	X	—	—

註：A代表對象、B代表設備、C代表目標物、O代表有顯著差異、X代表無顯著差異、—代表不需進行比較。

而從平均數比較分析結果，則可以發現，組別的主要效果在初始表現和練習後表現均顯著，當然一般學生組正確率高於腦麻學生組，效果值 $\eta^2=.655$ 。這也代表著雖然一般學生也沒有使用這些設備的經驗，任務完成的正確率也不高，但仍高於動作控制有困難的腦性麻痺學生。

在沒練習前，設備和目標物尺寸有交互作用，但練習後則沒有交互作用，且只有設備有主要效果，是藍芽陀螺儀滑鼠眼鏡的正確率顯

著高於眼控滑鼠。這結果意謂著設備本身的特性可能會造成操作正確率的不同。眼控滑鼠利用眼球移動來操作滑鼠游標，移動控制的精確性可能需要更多的練習。此外，目標物尺寸對正確率的影響只有出現在初始沒有練習的時候，經過短暫練習後，尺寸就沒有影響了。

在正確完成點選任務的所花的時間部分，前測時，三個因子的交作用不顯著，只有組別和尺寸、設備和尺寸有交互作用，組別和尺寸的單純主要效果檢定結果發現，腦麻組在兩種

尺寸的任務都花較長時間，但只有腦麻組在小尺寸上花的時間較大尺寸為長。設備和尺寸的單純主要效果檢定結果發現，只有在小尺寸時，三種設備的操作時間有差異，在操作相機滑鼠和眼鏡滑鼠時，小尺寸的時間比較長。而在兩次練習後的平均表現上，則顯示只有組別和尺寸有交互作用，單純主要效果檢定結果發現，只有在小尺寸時腦麻組操作時間較長，此外，只有腦麻組的小尺寸時間會長於大尺寸組，但一般組沒有。而設備的主要效果則無差異。

比較沒有練習的初始表現和練習後的表現可知，腦麻組在沒有練習前，兩種目標物尺寸的操作時間都高於一般學生組，練習後則只有小尺寸有明顯差異。至於設備則只有在沒有練習的初始測驗中，在執行小尺寸點選時，相機滑鼠和眼鏡滑鼠所花的時間顯著高於眼控滑鼠，練習後則三種設備間沒有差異。此結果意謂著，練習後在能正確點選的情況下，操作所花的時間並不會因設備而有所差異。

尺寸（困難指數）對於操作時間的效果，只有在腦麻組的表現，即使是練習後，也是小尺寸的時間明顯高於大尺寸。但小尺寸的影響在練習後仍顯現在組別間，腦麻組在小尺寸時操作時間較長。

從整體來看，在接受兩個兩次的練習後，點選的正確率仍偏低，但三個變項（組別、設備、目標物尺寸）間並無交互作用，且在主要效果上只有組別的一般學生組優於腦麻學生組和設備的相機優於眼控，目標物尺寸則無差異。至於正確點選所花時間部分，則只有組別和目標物尺寸有交互作用，主要是腦麻組在小尺寸所花時間高於大尺寸；在小尺寸時，腦麻組所花時間高於一般生組。可見在移動距離相同，但尺寸不同的效果只有發生在腦麻組，而一般生組則未顯著，並不完全符合費茲定律，可能是本研究使用的兩種尺寸分別為2公分和4公分直徑的目標物，難度指數較低，因此時間的差異對一般生才不顯著。但由於只有少數的練習機會，如果在熟悉後，表現是否不同？則值得進一步探討。

兩組參與者對設備操作後的主觀感受得分之統計分析結果整理如表16，從表中可知整體而言，組別和設備間並無交互作用，從各自的主要效果分析結果可知，在操作這三種設備上，雖然腦麻組學生主觀覺得比較費力，但從兩組評定的操作費力和學習困難度得分均偏低來看，對這三種設備的操作，基本上並不覺得費力或有學習上的困難。

表16  
主觀感受評定得分統計分析結果摘要表

比較項目	費力	困難	外觀	舒適	整體滿意
A*B	X	X	X	X	X
A	○腦麻>一般	○腦麻>一般	X	○一般>腦麻	○一般>腦麻
B	○眼控>相機 眼控>眼鏡	○眼控>相機 眼控>眼鏡	○相機>眼控 相機>眼鏡	○相機>眼控	○相機>眼控

註：A代表對象、B代表設備、○代表有顯著差異、X代表無顯著差異。

至於在設備外觀的接受度上，各組對三種設備的評定得分均在8分以上，組別的差異也不顯著，只是兩組人對相機鼠標的外觀接受度顯著高於眼控和藍芽滑鼠眼鏡。至於操作的舒適度而言，兩組人對三種設備的評分有些分歧

，從5分到8分，主要效果分析結果則指出一般生組的得分較腦麻生組高，也就是整體而言，一般生覺得較舒適；設備部分則是相機鼠標的操作舒適度顯著高於眼控滑鼠。整體的操作滿意度也顯示除了腦麻組對眼控滑鼠的評分較低

外，其它的得分均在8分以上，一般生組覺得比較滿意，設備方面則是相機鼠標的整體滿意度顯著高於眼控滑鼠。

整體而言，兩組人都對這三種設備的操作給予正向的評價，只是一般生組似乎更為肯定，至於設備部分則可以發現眼控滑鼠的評價較低，不管從操作費力程度、學習困難度、外觀接受度和操作舒適度都低於其他的設備，這可能跟操作所需的能力有關，相機鼠標和藍芽滑鼠眼鏡，基本是移動頭來移動螢幕上的游標到目標物，但眼控滑鼠則是藉眼球的移動，可能對所有參與者而言，更加不習慣。此外，這結果也值得輔助溝通介入實務關注，雖然近來眼控技術日益成熟而且設備價格比較便宜，而讓各大輔助溝通系統的廠商紛紛納入眼控滑鼠，作為點選的操作方式，但就使用者主觀感受上的評價最低，操作的實際表現也不突出。

此外，不同於Chen等人（2007）的可用性評估採用5點量表方式，本研究使用0分到10分的方式來填寫，或許可以讓答填更敏銳的反應其主觀感受，但也可能讓原本沒有差異的項目因此而顯現出差異，或許之後可能考量改變評定的級距。除此之外，或許也可以增加練習操作之後再訪談使用的主觀感受，也可以更多了解使用者的想法。

## 肆、結論與建議

### 一、結論

根據前述的研究結果，本研究可以得到以下的結論：

（一）在正確率上，未練習前的初始表現，一般生正確率高於腦麻生；在操作眼控設備時，大尺寸（4公分）高於小尺寸（2公分），但在小尺寸時，藍芽滑鼠眼鏡高於眼控滑鼠。在練習後的表現則沒有變項間的交互作用，一般生正確率仍高於腦麻生，藍芽滑鼠眼鏡高於眼

控滑鼠。整體而言，一般生表現比較好，至於尺寸在練習後則沒有效果，藍芽滑鼠眼鏡比眼控滑鼠為佳。

（二）在所花的時間上，未練習前的初始表現，在兩種目標物尺寸下，都是腦麻生所花的時間多於一般生，不過只有腦麻生在小尺寸所花的時間高於大尺寸；只有在使用眼控滑鼠時，小尺寸任務所花的時間較大尺寸長，至於在執行小尺寸任務時，藍芽滑鼠眼鏡所花的時間也高於眼控滑鼠。練習後的表現，腦麻生在小尺寸所花的時間仍高於大尺寸，腦麻生在執行小尺寸任務所花的時間仍多於一般生。整體而言，練習後，設備沒有效果，任務尺寸則影響腦麻生的操作時間，腦麻生只有在小尺寸時操作時間較一般生長。這也代表，一旦是正確操作且經練習後，設備對操作時間沒有影響，而腦麻生和一般生的差異也只有在較小尺寸的任務上。

（三）在主觀感受上，兩組人對三種設備的操作費力度、學習困難度、外觀接受度、操作舒適度和整體滿意度均持正向的看法，不過一般生的評價高於腦麻生，而眼控滑鼠則有較低的評價。

（四）綜合前述的實驗結果和主觀的感受可知，整體而言，藍芽滑鼠眼鏡應對於腦性麻痺學生可以作為優先選擇的替代點選設備。雖然操作時間較長，但在正確率和操作困難度及自覺費力程度來看，藍芽滑鼠眼鏡均有較佳的表現。此外，仍須考量目標物需要較大的尺寸，至少在練習時期需要提供大尺寸的目標物，再視學生的操作表現決定是否縮小。

### 二、建議

本研究屬對使用者、設備和點選任務之特性進行的初探性研究，根據本研究的發現，提出以下的建議供未來研究參考：

（一）以個案方式配合點選設備選用流程，

讓個案進行更長時間的練習，以探討對這些新興設備的學習曲線。

本研究雖讓研究參與者接受兩次各兩節的練習，再取兩次測驗的平均作為正確率和時間表現的資料，但從正確率看，即使是一般生其正確率也偏低，未來可能可以招募少數個案，利用單一受試實驗設計並選用特定設備的流程，進行較長時間的練習和測驗，如此不但可以了解特定腦性麻痺學生對於點選設備的表現，更可以探討設備的學習曲線，可以供實務介入時的參考。

(二) 設計多樣的**操作任務難度**，以探討不同操作任務難度對操作表現的影響。

本研究雖然發現尺寸對正確率沒有主要效果，在所花時間上只有對腦麻生有效果，但由於本研究只使用兩種尺寸，而且尺寸偏大，任務的困難指數較低。未來研究也可以設計更多樣的任務，例如相同尺寸不同距離，或相同困難指數但不同距離和不同尺寸，也可以更了解不同困難指數之任務對於操作的影響。

(三) 探討其他代表點選表現的指標。

本研究只採用兩個屬於效果指標的正確率和時間來代表點選的表現，過去人機互動的研究也指出有許多品質指標可以用來探討點選任務的表現，未來研究或許也可以尋找合適的品質指標，並加以探討。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 吳武典、胡心慈、蔡崇建、王振德、林幸台、郭靜姿 (2006)。托尼非語文智力測驗一再版 (TONI-3)。臺北：心理。
- 吳亭芳 (2002)。肢體障礙者電腦輔具評量及訓練成效之研究 (未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學，臺北。
- 林敏記 (2014)。比較兩種自製滑鼠於腦性麻痺

學生之點選成效 (未出版之碩士論文)。國立臺南大學，臺南。

- 林寶貴、林美秀 (1994)。學齡腦性麻痺兒童語言障礙及其相關研究。**聽語會刊**，10，30-52。
- 張芸婷、陳明聰 (2010)。電腦點選設備操作表現相關研究之回顧分析。**特殊教育與輔助科技學報**，2，101-123。
- 張嘉獻、陳嘉玲、洪禎雯、陳玉瑩 (2007)。**腦性麻痺兒照顧指南**。臺北：健康文化。
- 郭雅雯、陳明聰 (2016)。腦機介面在輔助溝通系統之應用。**特殊教育與輔助科技半年刊**，15，7-13。
- 陳明聰、朱繼農、吳亭芳、葉志青、孟令夫 (2005)。電腦化滑鼠點選動作能力評估系統的發展與應用。「2005教育資訊傳播與科技國際學術研討會」發表之論文，基隆。
- 陳明聰、吳雅萍、陳思涵 (2017)。輔助溝通系統介入成果評量架構之探究。**特殊教育季刊**，144，1-10。
- 黃宜屏、吳雅萍、陳佩伶、陳明聰 (2016)。輔助溝通介入對發展性障礙者表達性溝通成效探討：近六年臺灣研究系統性分析結果。**特教論壇**，21，45-64。
- 黃美娟 (1984)。台灣地區腦性麻痺500例之分析。**中華民國復健醫學會雜誌**，12 (5-13)。
- 衛生福利部社會及家庭署多功能輔具資源整合推廣中心 (2020)。**輔具產品**。臺北：衛生福利部社會及家庭署。線上檢索日期：2020年08月15日。取自：<https://newrepat.sfaa.gov.tw/home/pavs/product>。

### 二、英文部分

- American Speech-Language-Hearing Association (ASHA)(2020). *Augmentative and Alternative Communication*. retrieved from [https://www.asha.org/PRPSpecificTopic.aspx?folderid=8589942773&section=Key\\_Issues#AAC\\_Systems](https://www.asha.org/PRPSpecificTopic.aspx?folderid=8589942773&section=Key_Issues#AAC_Systems)

- Alhajeri, O., Anderson, J.A., & Alant, E. (2017). Effectiveness of the use of iPads to enhance communication and learning for students with autism: A systematic review. *International Journal of Technology and Inclusive Education (IJTIE)*, 6(1),1041-1056.
- Alzrayer, N., Banda, D.R. & Koul, R.K.(2014). Use of iPad/iPods with individuals with autism and other developmental disabilities: A meta-analysis of communication interventions. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders* , 1, 179–191.
- Beukelman, D., & Mirenda, P. (2013). *Augmentative and alternative communication: Supporting children and adults with complex communication needs* (4th ed.). Baltimore: Paul H. Brookes.
- Chen, M. C., Chu, C. N, Wu, T. F., and Yeh, C. C. (2006). Computerized assessment approach for evaluating computer interaction performance. *Lecture Notes in Computer Science*, 4061, 450-456.
- Chen, M. C., Cko C. C., Chen, L, Y., & Chiang C. H. (2007). Developing and evaluating a TriAccess Reading System. *Lecture Notes in Computer Science*, 4556, 234–241.
- Chen, M. C., Lin, Y. L., & Ko, C. C. (2010). Computerized assessing the mouse proficiency through multiple indicators. *Lecture Notes in Computer Science*, 6179, 193-199.
- Fitts, P.M.(1954).The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381-392.
- Gazepoint (2020,August 22). Eye tracking and neuromarketing research made easy [official website]. Retrieved from <https://www.gazept.com/shop/>.
- Harrison, D. D., Harrison, S. O., Croft, A. C., Harrison, D. E., & Troyanovich, S. J(1999). Sitting biomechanics part I: review of the literature. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 22(9),594-609.
- Karlsson, P., Bech, A., Stone, H., Vale, C., Griffin, S., Monbaliu, E., & Wallen, M. (2019). Eyes on communication: trialing eye-gaze control technology in young children with dyskinetic cerebral palsy. *Journal of Developmental Neurorehabilitation*, 22(2), 134-140.
- Karlsson,P., Allsop, A., Dee-Price, B., & Wallen, M.(2018). Eye-gaze control technology for children, adolescents and adults with cerebral palsy with significant physical disability: Findings from a systematic review, *Journal of Developmental Neurorehabilitation*,21(8), 497-505.
- Ko, C.C., Chang, C. H., Lin, Y. L., & Chen, M. C. (2011). An individualized E-reading system developed based on multirepresentations approach. *Journal of Educational Technology & Society*, 14 (4), 88–98.
- Lau, C., & O’Leary, S. (1993). Comparison of computer interface devices for persons with sever physical disabilities. *American Journal of Occupational Therapy*, 47 , 1022-1029.
- Light, J. & McNaughton, D.(2014). Communicative Competence for Individuals who require Augmentative and Alternative Communication: A New Definition for a New Era of Communication? *Augmentative and Alternative Communication*, 30(1), 1–18.
- Light, J.C. (1989). Toward a definition of communicative competence for individuals using augmentative and alternative communication systems. *Journal of Augmentative and Alternative Communication*, 5(4),137-144.

- Lin, Y. -L. Y, Chen, M.C. Chang, Y. T., Yeh, C. C., & Meng, L. F. (2009). The performance of mouse pointing and selecting for pupils with and without intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6), 1188-1195.
- MacKenzie, I. S. (1992). "Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction" (PDF). *Human-Computer Interaction*, 7, 91-139.
- Scratch(2.0 Offline Editor)[Computer Software].USA, Mass: Massachusetts Institute of Technology.
- Soukoreff, R. W., & MacKenzie, I. S. (2004). Towards a standard for pointing device evaluation: Perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61, 751-789.
- Tobii Dynovax (2020, August 22). Assistive technology for communication [official website]. Retrieved from <https://www.tobiidynavox.com/>.
- Treviranus, J., & Tannock, R. (1987). A scanning computer access system for children with severe physical disabilities. *The American Journal of Occupational Therapy*, 41, 733-738.
- Wu, Y. P., Chen, M. C., & Wang, H.P. (2011). Evaluating AAC treatment research: Lessons learned from a systematic review in Taiwan. Proceedings of the 5th International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology (i-CREATe '11) , Article 2, 1-4. Retrieved from <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2500753.2500756>.
- Yavich, R., & Davidovich, N.V. (2019). Use of iPads in the Education of Children with Autism-Spectrum Disorder. *Higher Education Studies*, 9, 214-225.

# Investigating the Operating Performance of Three Pointing Devices for Augmentative and Alternative Communication on Students with Cerebral Palsy

Ke-Han Chen

Postgraduate,  
Department of Educaiton  
National Pingtung University

Ming-Chung Chen

Professor,  
Department of Special Educaiton  
National Chiayi University

## Abstract

Students with cerebral palsy(CP)often need specific pointing devices because of difficulties in upper limb control when they use augmentative and alternative communication(AAC). There are many innovational pointing devices for selection currently, but will the features of different devices affect the operating performance? The purpose of this study is to explore the performance of three alternative pointers for operating AAC on students with CP, and to compare their performance with students without disabilities (ND) as well. This study adopted a quasi-experimental design of 3-factor mixed-design, group (CP, ND), devices (Camera mouse, Tobii PCEye mini, Glass Ouse), and target size (4 cm, 2 cm), to investigate the performance of accuracy and total time. Meanwhile, the subjective feeling of the participants after operating these pointing devices was also investigated. Seventeen students with CP, age from 6 to 18, from the southern Taiwan participated, meanwhile, 17 students with ND paired with age and gander were also recruited. The major findings included: 1. the students with ND performed higher accuracy than students with CP, but the target size did not impact performance after practice. Glass Ouse had higher accuracy than Tobii PCEye mini. 2.the devices did not affect the total time spent on task after practice. Students with CP spent more time in tasks of smaller target sizes, meanwhile, they also used more time only in tasks of smaller size when comparing with students with ND. 3. Both two groups have positive opinions on the effort needed for operation, difficulty of learning, appearance of device, comfort of operating and overall satisfaction for the three pointing devices.

**Keywords :** students with cerebral palsy, augmentative and alternative communication, alternative pointing devices

