

以眼動追蹤技術探討學習障礙學生的閱讀歷程

林玉霞
國立嘉義大學

中文摘要

一九七〇年代開始，嚴謹的眼動研究開始出現在社會科學研究中。相關研究學者指出眼球凝視追蹤技術（eye tracking）是一種較貼近自然狀態的心智量測技術，可以更精細地紀錄閱讀的認知歷程。國內有相當比例的學習障礙學生被診斷出有閱讀困難或疑似有閱讀障礙，對其特殊教育與學習輔導的需求亦日益迫切。本文將採文獻探討方式說明學習障礙學生在閱讀歷程的表現，眼球凝視追蹤技術的發展與測量，學習障礙學生在閱讀歷程的眼動型態，並針對未來教學與研究提出建議。

關鍵詞：學習障礙、眼球凝視追蹤技術、閱讀認知歷程

壹、學習障礙學生在閱讀歷程的表現

閱讀能力是個人終身學習的基石，也是國家競爭力的重要指標。然而，閱讀能力並非天生就擁有，而需透過親師引導、課程安排與教學，來增進個人的閱讀技能（Bender & Larkin, 2009）。有少部分的兒童會因為某些因素成為閱讀困難的高危險群，其中有一類學童稱為學習障礙（learning disabilities）。

依據我國《身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法》（2012）第十條所定，「學習障礙統稱神經心理功能異常而顯現出注意、記憶、理解、知覺、知覺動作、推理等能力有問題，致在聽、說、讀、寫或算等學習上有顯著困難者；其障礙並非因感官、智能、情緒等障礙因素或文化刺激不足、教學不當等環境因素所直接造成之結果。前項所定學習障礙，其鑑定基準依下列各款規定：一、智力

正常或在正常程度以上。二、個人內在能力有顯著差異。三、聽覺理解、口語表達、識字、閱讀理解、書寫、數學運算等學習表現有顯著困難，且經確定一般教育所提供之介入，仍難有效改善」。

簡言之，學習障礙者是指在聽、說、讀、寫、算等學科領域有顯著的學習困難，其智力表現則在一般水準或水準以上，其所遭遇之困難非因感官、文化剝奪等原因，且確定普通教育環境所提供之學習輔導，仍難有效改善。對學習障礙學生來說，識字與閱讀理解困難是多數學習障礙學生都會出現的問題，研究指出高達八成的學習障礙學生有閱讀方面的困難 (Lerner & Johns, 2012; Mercer & Pullen, 2009)。而目前國內也有相當比例的學習障礙學生被診斷出有閱讀困難或疑似有閱讀障礙 (洪儷瑜、王瓊珠, 2010)。研究者與游琇雯 (2014) 整理相關文獻，將學習障礙學生常見之閱讀理解困難表現整理如下：

(一) 識字困難

Lerner 和 Kline (2006) 提到，學習障礙學生中有閱讀困難的比例為 80%，而其中 90% 有識字方面的問題。學習障礙學生在識字方面的問題，將直接影響閱讀理解的成效。

(二) 字詞理解的困難

字與詞是組織文學作品的基礎成分，孟瑛如 (2002) 指出學習障礙學生在辨識相似字形有困難、辭彙理解差、無法知道一詞多義或不同詞彙相似詞意的詞句。

(三) 文章推論理解的困難

Mayer (林清山譯, 1990) 認為要達到閱讀理解，需在閱讀時做推論以及運用文章結構來確認重要的訊息。孟瑛如 (2002) 提到學習障礙學生無法回答文章中基本事實的問題、無法瞭解所閱讀文章的主題、重點或文章前後段之間的關係。程貴聯 (2007) 也指出學習障礙學生除了無法統整上下文線索，以及無法掌握文章頂層結構外，對文章整體概念的掌握也不完全。

(四) 文章記憶的困難

學習障礙學生的長、短期記憶能力不佳，且對訊息使用自動化的程度不足，因而造成閱讀時訊息的保留成效不佳。洪儷瑜（2000）指出學習障礙學生對文章中序列回憶問題和主題回憶問題都有困難。例如：無法說出故事情節的前後關係、無法說出閱讀文章的主題等。孟瑛如（2002）、楊坤堂（2008）也認為學習障礙學生不容易記住學過的內容，或是雖然學會了，但過一會兒或數日就忘記了。

(五) 閱讀策略使用的困難

閱讀理解策略的使用會激發較高層次的認知運作，進而促使讀者重新建構文意（吳訓生，2001，2002）。學習障礙學生的閱讀策略使用的少，且無法有效運用閱讀策略來解決閱讀問題，或是適時的修正自己的閱讀策略，因而造成學習障礙學生閱讀理解困難的重要因素（蔡麗萍、吳麗婷、陳明聰，2004）。

(六) 自我監控閱讀表現的困難

Short 與 Ryan（1984）指出學習

障礙學生以及低閱讀能力學生往往缺乏閱讀目的的覺知，缺乏主動監控閱讀的行為，並在選擇和使用後設認知策略解決問題時有困難。

(七) 類化的困難

Swanson（1989）指出學習障礙學生在閱讀時無法適時選用適當策略，也無法視情況運用先備知識。MacInnis 和 Hemming（1995）亦指出學障學生多具類化的困難，不易將文章中的概念轉移到其他文體中。

綜合上述，學習障礙學生的閱讀困難包括識字、字詞理解、文章推論理解、文章記憶、閱讀策略使用、自我監控和類化等。

當學生出現閱讀困難，可透過閱讀理解策略來提升其理解能力。Duke 與 Pearson（2002）列舉有效的閱讀理解策略包括：預測、放聲思考、對文章結構的了解、增加文本中的視覺表徵、摘要、文章中的附加問題或自我提問等，此六種為美國 2000 年閱讀小組報告（Nation Reading Panel Report）中

所提到有效閱讀策略。其中強調「視覺表徵」對學習的重要性是以下擬探討的焦點。

貳、眼球凝視追蹤技術的發展與測量

當讀者看到一個詞彙時，必然移動眼球 (eye movement)，產生眼球凝視 (fixation) 和視線跳躍 (saccades)；眼球凝視大約佔 90%，視線跳躍約佔 10%、運動距離大於 0.2 度以上、速度達 30-500 度/s，最高 900 度/s，而且視覺系統會產生暫時關閉的效應 (Rayner, 1998)。研究指出閱讀文字有方向性，平均凝視時間約為 200-250ms，視線跳躍幅度約 2-4 度，有視覺 (字形)、聽覺 (字音)、與記憶 (字義) 的特化神經活動，有意識的眼球運動多反映出高層次的認知活動 (Rayner, 1998)。Rayner (1998) 將眼動研究分為以下四期：

1. 草創的第一期 (1879-1920)：發現眼球運動的基本生理特徵。
2. 第二期 (1930-1958)：行為主義的應用議題。
3. 第三期 (1970-1998)：眼球

追蹤技術精進時期。

4. 第四期 (1998-current)：展開互動應用的時期，甚至有人利用眼球運動方式來進行繪畫或音樂的創作。

眼動追蹤技術可以探討讀者閱讀時的注意力分佈、眼動凝視區域以及所使用的策略 (Poole & Ball, 2006)，更重要的是能掌控讀者對整個訊息處理的歷程，隨著眼動追蹤技術進步，能透過眼動儀器記錄讀者的閱讀軌跡，了解與其他同樣是擷取閱讀歷程的研究技術來得更精細 (劉嘉茹、侯依伶, 2011)。Rayner (1998) 指出，閱讀時的眼動型態和反應時間，可以反映讀者對文字認知及語言理解的歷程，透過眼動型態的分析可推論人類內在心智運作的情形。隨著讀者的閱讀能力成熟，眼球凝視與視線跳躍逐漸穩定，代表著閱讀者對高層次認知活動的掌握越好 (Feng, Miller, Shu, & Zhang, 2009)。應用眼動型態探討閱讀歷程的相關研究中，常使用的眼動研究指標分述如下：

1. 總凝視時間 (total fixation durations, TFD)

為眼睛凝視的總時間。凝視時間是閱讀中最常被使用的眼動指標之一，在進行教育及心理學研究時，較少針對單一個凝視或跳視進行分析，相反地，通常是以讀者注視某個興趣區域的時間來進行統計分析，此指標反應讀者處理閱讀材料所耗費的心力程度，「總凝視時間」為讀者視線進入某個興趣區域至離開前的凝視時間總合。一般而言，注視時間越長，代表讀者想要或需要花較多的時間處理該區域的訊息(Canham, & Hegarty, 2010)，反映出此區域的內容難度較高，正在進行較為耗時的認知處理，或是此區域較能引起讀者的注意(Holsanova, Holmberg, & Holmqvist, 2009)。

2. 凝視點 (fixation count)

為眼睛凝視點的數量，也稱作凝視次數。Rayner (1998) 指出，在閱讀時我們的眼球是持續在進行移動，當眼球短暫在螢幕上停留約 200 到 300 毫秒時，將會產生凝視點 (fixation)。凝視點可以代表學習者閱讀教材的專

注程度，因此可透過凝視點了解學習者閱讀時的注意力分佈。

3. 圖文之間移動次數 (the number of saccades)

此指標反映讀者成功整合圖文訊息的一種過程(簡郁芬、吳昭容, 2012)。但 Holsanova 等人 (2009) 認為此指標除了可能反應讀者對圖文材料成功整合的效果，也可解釋為讀者整合有困難以致於不斷嘗試的結果。

4. 眼球移動順序 (sequence of fixations, SOF)

以此指標反映閱讀路徑，例如先讀圖再讀文字或先讀文字再讀圖等，整體眼動的路徑；也可反映讀圖或讀文字內部本身，局部眼動的路徑(簡郁芬、吳昭容, 2012)。

5. 圖佔圖文凝視時間比例 (the ratio of total fixation durations)

有研究以此指標顯示讀者注意力分配在圖上的多寡；但也有研究將此指標解釋為低背景知識讀者無法仰賴文

字形成系統表徵，而發展出的補償策略，藉由圖來形成知識表徵，因此低背景知識讀者閱讀圖的比例顯著提升（簡郁芬、吳昭容，2012）。

6. 文字區迴視次數 (Times of regression in a text zone)

迴視次數是指逆著閱讀方向回到曾經讀過的文字區凝視次數，代表讀者對於此部份資訊的整合或是重新解釋語意的歷程（Rayner, 1998）。

7. 平均跳視距離 (mean saccade length)

此指標反映訊息量負荷的結果，跳視的距離越大，反應訊息的密度程度越低；跳視的距離越小，則反應訊息的密度程度越高（陳學志、賴惠德、邱發忠，2010）。也就是說，跳視的距離反應出訊息的密度程度，即訊息密度愈大，跳視的長度就愈短；訊息密度越小，跳視的長度就越長。

進行眼動研究需要兩台電腦，一台電腦負責呈現實驗刺激材料（句子、文章、或圖片），另一台電腦連接到眼動

儀負責記錄實驗的即時過程，兩台電腦透過網路溝通。

眼動儀是一套即時臉部和凝視追蹤系統，以非侵入式的感測方式，記錄眼睛的凝視歷程。受試者不必配帶任何護目鏡、電線或其它感測裝置，搭配一個紅外線與兩個攝影機，作為被動測量裝置，追蹤頭部位置與眼睛凝視的軌跡，可由所得到的影像分析出目標臉部的特徵，並依照可設定的取樣頻率（例如 60Hz，也就是 1 秒鐘收集 60 次眼球運動的資料），每隔一段時間（例如 2 毫秒）記錄一次眼睛當下的位置。

眼動實驗進行前，會先對受試者進行簡短的實驗說明，使受試者了解實驗步驟。正式實驗開始前，先為實驗受試者進行九點校正作業（calibration and validation）。若校正測試結果沒有明顯錯誤，眼動儀將計算九點校正過程中，螢幕與眼球移動的對應函數，並直接將眼球移動的移動量換算為螢幕座標的位移量。正式實驗採個別施測。受試者坐在呈現刺激的電腦螢幕前閱讀句子

或看圖片，實驗者則透過記錄眼動的電腦螢幕來監看眼球記錄的情形，並執行或開始記錄眼動等指令。

參、學習障礙學生在閱讀歷程的眼動型態

國內相當缺乏相關的實徵研究瞭解學習障礙學生在閱讀歷程的眼動表現，以下針對以學習障礙學生為受試對象所進行之相關研究進行說明。

李佳昕(2013)運用眼動儀探討國中學習障礙生和國中普通生閱讀不同形式的文章(包括：文字不作改變、關鍵字字級提升及附有插圖之文章作為閱讀材料)之眼動歷程，接著實施閱讀測驗。研究結果指出(1)學障生和普通生注視整篇文章的時間有顯著差異，但關鍵字提高和插圖確實能吸引學習障礙生閱讀，且將整篇文章閱讀完畢的意願提高。(2)關鍵字提升及附有插圖之文章所測驗的成績顯示，此兩種教材編輯模式能有效提升學習障礙生的理解能力。

陳明蕾與柯華葳(2013)以眼動儀

記錄國小三至六年級學障生在閱讀不同文體時，詞彙之特徵對他們眼動型態的影響。研究結果顯示，不論是第一次連續凝視時間(first gaze)、重新迴視的總時間(rereading gaze)或總閱讀時間(total reading time)，學障生和普通生之眼動型態都受詞頻效果的影響。整體而言，文體和詞彙特徵對學習障礙兒童的閱讀雖有影響，但他們的閱讀時間比普通生要來得長，且停留在國小三至四年級的閱讀型態，並未隨著年級漸增而有逐漸成熟的發展曲線。

游琇雯(2014)以眼動技術探討國小高年級學習障礙學生與普通班學生在閱讀科學文本之眼動表現及閱讀理解表現，並進一步探討眼動表現和閱讀理解表現之相關性。研究採實驗研究法，研究對象為72名嘉義縣市國小高年級學生，計有學障生36名和普通生36名。研究結果顯示，不管是圖文科學文本或純文科學文本，兩組受試學生眼動表現的差異在於，學障學生總凝視時間

較長、有較多的凝視點、較多的圖文交互次數以及迴視次數。也就是說，受試學生在閱讀科學文本，文字區花費的凝視時間比圖示區高。學障生在科學文本的閱讀時間比普通生長，圖文交互閱讀次數、圖區的閱讀時間以及文字區的迴視次數比普通生多，但在文章關鍵區域

的閱讀時間卻低於普通生。另外，兩組學生在圖文科學文本的閱讀時間及閱讀理解表現達正相關；純文方面，只有學障生達正相關。茲舉例說明學習障礙學生在純文科學文本的眼動表現如下：

圖 1 學習障礙學生在純文科學文本的路徑圖

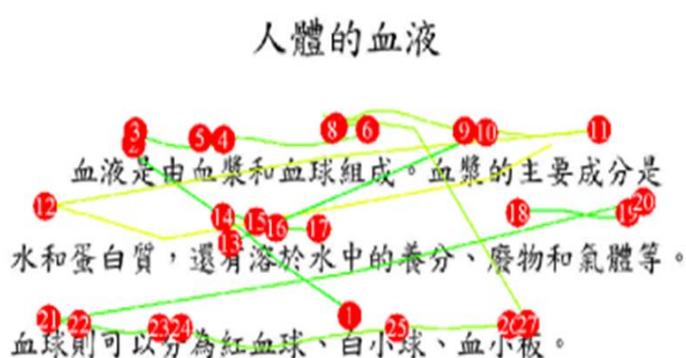


圖 2 普通生在純文科學文本的路徑圖

林美杏 (2014) 則是探討國小五、六年級學障學生與普通學生在閱讀不同筆劃數、不同部件數以及不同字元數中文字之眼動凝視時間的差異情形、瞭解國小五、六年級學障學生與普通學生在不同筆劃數、不同部件數以及不同字元數中文

字之閱讀表現的差異情形。在研究對象方面，研究者將受試學生分為兩組，以普通學生作為對照組，來呈現學障學生的眼動凝視時間以及閱讀表現情形。根據研究結果，所得結論如下：（一）學障生在閱讀「不同筆劃數」中文字時，眼球凝視時間高於普通生。且發現受試學生在「高筆劃」的凝視時間高於「中筆劃」與「低筆劃」。（二）學障生在閱讀「不同部件數」中文字時，眼球凝視時間高於普通學生。但在三種部件數的凝視時間上並無顯著差異。（三）學障生在閱讀「不同字元數」中文字時，眼球凝視時間高於普通生。且發現兩類學生均在「二字元」的凝視時間最低，其次為「三字元」，「四字元」凝視時間最高。（四）學障生在辨識「不同筆劃數」中文字時，平均閱讀表現低於普通生。且發現受試學生在「低筆劃」閱讀表現平均數最高，「中筆劃」次之，「高筆劃」最低。（五）學障生在辨識「不同部件數」中文字時，平均閱讀表現低於普通生。但在三種部件數的閱讀表現上並無顯著差異。（六）學障生在辨識「不同字元數」中文字時，平均閱讀表現低於普通生。且發現學障生在「二字元」閱讀表現平均數最高，其次為「三字元」，「四字元」最低。普通生則在「二字元」閱讀表現優於「三字元」與「四字元」。

肆、幫助學習障礙學生閱讀理解的教學建議：

從上述幾篇相關研究得到的研究結果，對於教育現場的教學以及未來研究提出以下的建議：

- （一）學習障礙學生在整體篇章的閱讀速度或詞彙處理的速度，都較一般生來得慢，而此差距會隨年級增加而呈現逐漸擴大的趨勢。但是，故事基模能協助四年級以上學習障礙學生詞彙語意觸接的效率。
- （二）關鍵字提示和插圖確實能吸引學習障礙學生閱讀，而且能提高學習障礙學生將整篇文章閱讀完畢的意願。
- （三）在科學文本中加入圖示，雖無法增進本研究學習障礙學生閱讀之理解，但

可增加學習障礙學生閱讀之意願，建議教師給學習障礙學生閱讀科學文本時，可放入和文章內容相關的圖示。

- (四) 學習障礙學生在閱讀圖文科學文本時，因對文字的處理較不足，因此較依賴圖所帶來的訊息，相較之下，普通生而言因具備較好的能力，足以處理文字的訊息，較少將注意力置於圖示上。因此，建議教師對於國小學習障礙學生之科學文本閱讀材料可增加圖示以幫助其閱讀。
- (五) 學習障礙學生因閱讀理解困難或受限個人工作記憶容量，在科學文本之閱讀需要花比普通生更多的時間，因此，建議教師能在科學文本閱讀時，給予學習障礙學生更多的時間。
- (六) 學習障礙學生不論是在不同筆劃數、部件數及字元數的凝視時間，都較普通生來得慢，所以教師在教學上，若能提供筆劃適中的中文字詞，便能協助學生學習。
- (七) 未來相關研究可彈性調整閱讀理解測驗方式。例如：改以口頭問答的方式來了解學習障礙學生對文章之理解程度，可讓學生閱讀完一段文章後，便回答一至二題問題。
- (八) 未來研究可從學習障礙學生中已被評估為「閱讀障礙」的學生，繼續以眼動技術探討其線上閱讀的歷程，更有系統地累積「閱讀困難或閱讀障礙」學生閱讀歷程之實徵性資料。

參考文獻

一、中文部分

- 李佳昕(2013)。運用眼動儀探討學習障礙生閱讀不同教材編輯模式之研究(未出版之碩士論文)。中原大學，桃園。
- 吳訓生(2001)。國小低閱讀理解能力學生閱讀理解策略教學效果之研究。**特殊教育學報**，15，177-215。
- 吳訓生(2002)。國小高、低閱讀理解能力學生閱讀理解策略之比較研究。**特殊教育學報**，16，65-104。
- 林清山(譯)(1990)。教育心理學—認知取向(原作者：R. E. Mayer)。台北：

遠流。

林美杏 (2014)。以眼動凝視探究國小學習障礙學生中文字之詞長效果。(未出版之碩士論文)。國立嘉義大學，嘉義。

孟瑛如 (2002)。學習障礙與補救教學—教師與家長實用手冊。台北：五南。

洪麗瑜、王瓊珠 (2010)。閱讀障礙概論。載於柯華葳主編：中文閱讀障礙 (1-23 頁)。臺北市：心理。[Hugn, L. Y., & Wang, C. C. (2010). The introduction of reading dyslexia. In H. W. Ko (Ed.), *Chinese reading dyslexia* (pp. 1-23). Taipei, Taiwan: Psychological.]

教育部 (2012)。身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法。中華民國 101 年 9 月 28 日教育部臺參字第 1010173092C 號令修正發布。

陳明蕾、柯華葳 (2013)。學習障礙兒童線上閱讀歷程：來自眼球移動的證據。特殊教育學刊，38 (3)，1-23。

陳學志、賴惠德、邱發忠 (2010)。眼球追蹤技術在學習與教育上的應用。教育科學研究期刊，55 (4)，39-68。

游琇雯 (2014)。以眼動型態探討國小學習障礙學生在不同型式科學文本閱讀效益之研究。(未出版之碩士論文)。國立嘉義大學，嘉義。

程貴聯 (2007)。圖像化概念構圖策略對國小學習障礙學生閱讀理解成效之研究 (未出版之碩士論文)。彰化師範大學，彰化。

楊坤堂 (2008)。學習障礙導論。台北：五南。

劉嘉茹、侯依伶 (2011)。以眼動追蹤技術探討先備知識對科學圖形理解的影響。教育心理學報，43，227-250。

蔡麗萍、吳麗婷、陳明聰 (2004)。概念構圖在閱讀障礙學生閱讀理解教學之應用。特殊教育季刊，93，12-18。

簡郁芬、吳昭容 (2012)。以眼動型態和閱讀測驗表現探討箭頭在科學圖文閱讀中的圖示效果。中華心理學刊，54 (3)，385-402。

二、英文部分

Bender, W. N., & Larkin, M. J. (2th Eds.) (2009). *Reading Strategies for Elementary Students with Learning Difficulties: Strategies for RTI*. Corwin: A SAGE Company.

Canham, M., & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction, 20*, 155-166.

Duke, N. K., & Pearson, P. D. (2002). Effective practices for developing reading comprehension. In A. E. Farstrup, & S. J. Samuels (Eds.), *What research has to say about reading instruction* (pp. 205-242). Newark, DE: International Reading Association.

Feng, G., Miller, K., Shu, H., & Zhang, H. (2009). Orthography and

development of reading processes: An eye-movement study of Chinese and English. *Child Development*, 80 (3), 720-735.

Holsanova, J., Holmberg, N., & Holmqvist, K. (2009). Reading information graphics: The role of spatial contiguity and dual attentional guidance. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 1215-1226.

Lerner, J., & Johns, B. H. (2012). *Learning disabilities and related mild disabilities: Characteristics, teaching strategies and new directions*. Boston, MA: Houghton Mifflin.

Lerner, J., & Kline, F. (2006). *Learning Disabilities: Theories, diagnosis, and teaching strategies* (10th ed.). New York: Houghton Mifflin.

MacInnis, C., & Hemming, H. (1995). Linking the needs of students of students with learning disabilities to a whole language curriculum. *Journal of Learning Disabilities*, 28, 534-544.

Mercer, C. D., & Pullen, P. C. (2009). *Students with learning disabilities*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.

Poole, A., & Ball, L. J. (2006). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future prospects. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopedia of human computer interaction* (pp. 211-219). Hershey, Pennsylvania: Idea Group.

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124 (3), 372-422.

Short, E. J. & Ryan, E. B. (1984). Metacognitive Difference Between Skilled and Less Skilled Readers : Remediating Deficits Through Story Grammar and Attribution Training . *Journal of Educational sychology*, 76(2) ,225-235.