

融入平板 APP 於書寫障礙國小學童之書寫學習成效研究

藍婕寧¹、楊叔卿^{2,*}、林子馨³

摘要：書寫能力對兒童的學習和發展至關重要，會影響學童的學業表現、兒童自尊的建立、情緒及社交互動的發展。屬於學習障礙亞型的書寫障礙，常見表徵如：寫不出字、寫字錯誤率高及標點符號誤用及寫作困難。隨著科技的進步，融入平板電腦的優勢於語言學習及治療領域的應用在語言學習、識字表現上都有許多正面的學習成效，但在書寫教學的應用上仍缺乏介入成效研究。因而，本研究旨在探討使用平板搭配本跨域研究團隊研發的應用程式（application, APP）「寫寫字」與傳統紙本教材，在改善書寫障礙兒童識字與書寫學習的成效。研究方法採準實驗設計，邀請 21 位國小書寫障礙學童參與，依介入之教學媒材分成使用平板 APP 的實驗組（ $n = 10$ ）與使用紙本教材的對照組（ $n = 11$ ）。一共介入六堂 30 分鐘書寫教學，利用自編前後測書寫測驗、課堂觀察紀錄，及三角驗證法，深度瞭解書寫障礙兒童在平板電腦輔助下的學習成效及學習動機。研究結果顯示，全體受試者經六堂書寫教學後寫字正確率的表現皆有立即效果，且使用平板 APP 對於起始書寫水平較高的學童有較好的寫字正確率成效。本研究亦針對未來使用 APP 等科技融入書寫障礙教學提出建議。

關鍵字：平板 APP、書寫教學、書寫障礙

A Study on the Effectiveness of Integrating Tablet APP in Writing Instruction for Elementary School Students With Writing Difficulties

Lan, Chieh-Ning¹ Young, Shwu-Ching Sheiiy^{2,*} Lin, Tzu-Shin³

Abstract: Character writing ability is crucial for children's learning and development. Poor character writing skills and quality not only affect students' academic performance but also impact their self-esteem, emotional development, and social interactions. Written expression disorder, a subtype of learning disabilities, is characterized by difficulties such as spelling errors, misuse of punctuation, and difficulty with grammar. With technological advancements, the integration of tablets in language learning and clinical therapy has

投稿日期：2024 年 7 月 19 日；通過日期：2024 年 10 月 12 日。

本論文感謝兩位匿名評審的修正意見，文中言論由作者自行負責。

¹ 亞東紀念醫院語言治療師

² 國立清華大學學習科學與科技研究所教授

³ 國立中央大學認知神經科學研究所跨領域神經科學國際研究生博士學位學程博士候選人

* 通訊作者：楊叔卿，E-mail：scy@mx.nthu.edu.tw

shown positive learning outcomes in language acquisition and character recognition. However, there is still a lack of intervention efficacy studies in handwriting instruction. This study aims to investigate the effectiveness of using a tablet Application (APP) and traditional paper-based materials in improving character recognition and handwriting learning outcomes for children with written expression disorder. The research method uses a quasi-experimental design, including 21 elementary school students with written expression disorder, divided into experimental and control groups. A total of six 30-minute writing instruction sessions were conducted. To evaluate the student's writing performance and learning motivation, the pre-/post-writing assessments, the classroom worksheets, the parent questionnaires, and interviews were used for the analysis. Results showed that after 6 sessions of writing instructions, all participants demonstrated immediate improvement in character recognition and handwriting accuracy. The use of the tablet APP was particularly effective for students with initially low handwriting levels.

Keywords: tablet APP, writing intervention, written expression disorder

壹、前言

書寫是一項需要整合感覺運動的技巧、認知及語言能力的複雜任務 (Yeung et al., 2013)，該能力之發展需要花費大量時間的練習，並經由學習來完備 (Graham, 2019)。個體會藉由筆在紙材上書寫、電腦打字或用觸控螢幕書寫等方法來表現對於文字系統的理解及應用，更是現代人自我表達及溝通的重要途徑 (李瑩均, 2004; Graham et al., 2018; Plane et al., 2016)。儘管書寫產出文字的速率遠低於電腦打字，但書寫能力的培養對於提升識字與記憶文字之表現、閱讀能力、寫作能力、學業表現都有所貢獻 (林子馨, 2021; Stevenson & Just, 2014)。

儘管書寫的重要性已被多次探討，並非每一位兒童都能順利習得這項技能：不少 (6 ~ 33%) 的兒童曾遭遇到手寫上的困難 (Duiser et al., 2020; Hamstra-Bletz & Blöte, 1993; Karlsdottir & Stefasson, 2002; Smits-

Engelsman et al., 2001)。除了一般兒童外，更有另一群孩童在日常書寫任務上屢屢受挫，與同儕的書寫能力差距甚遠。書寫障礙兒童在書寫任務的不同階段 (例：字形提取、文字易讀性、書寫相關行為任務) 皆會遭遇挫折，這些表現不但會造成書寫障礙族群與他人的文字溝通互動受到阻礙，更可能導致學業表現不佳、習得無助或是自信心低落等問題，強烈影響兒童的身心發展 (李怡靜, 2013; Dinehart, 2014)。

為幫助書寫障礙族群提升書寫表現、學業表現以及自信心等能力，各種治療與教學策略、工具被應用於實務現場。近年來，學習者藉由行動裝置制定學習策略、尋求學習上的協助、進行電腦輔助協作學習，更是成為提高讀寫能力的學習工具之一 (Bernacki et al., 2020)。隨著平板電腦的普及，平板電腦介入學習的比例也大幅上升，增添教學與學習的多種面向 (Haßler et al., 2016)。本研究探討利

用平板電腦搭配自編書寫練習應用程式（application, APP）軟體「寫寫字」是否能提升書寫障礙兒童書寫相關各項表現，包含量化的寫字正確率以及質性的寫字表現、文字易讀性與書寫相關行為表現。本 APP 提供使用者簡單易懂的書寫鷹架系統，以輔助書寫學習；APP 同時附可愛的獎章系統，屬在正確學習書寫文字後即可獲得的正向回饋。

本研究待答問題包含：

- 一、平板電腦與紙本分別介入書寫，對於書寫障礙兒童寫字正確率有何組間差異？
- 二、平板電腦與紙本介入書寫對書寫障礙兒童的寫字表現、文字易讀性及書寫相關行為表現之影響為何？

貳、文獻探討

一、書寫障礙

根據《精神疾病診斷與統計手冊》（American Psychiatric Association〔APA〕2013）定義，書寫表達障礙（written expression disorder）屬特殊型學習障礙（specific learning disorder）的亞型，在我國則是屬於《特殊教育法》（教育部，2023）中學習障礙的一種亞型。該族群智力正常，在接受充足教學刺激後，該族群的書寫表現仍舊明顯落後於其認知水平及年紀的能力，屬於一種神經發展性疾患，更經常與注意力缺失過動症、自閉症或其他類型的學習障礙族群高度重疊（Mayes et al., 2020）。

根據林子馨（2021）整理，書寫障礙族群經常出現的書寫問題包含：影響正確字形的「錯別字」、影響字形外觀及閱讀流暢性的「文字易讀性」（legibility）和

影響書寫任務的「書寫行為表現問題」。書寫障礙兒童經常有寫不出字或者寫字錯誤率很高的情況發生，這些錯別字會影響到讀者對於文義、字義的理解，直接造成資訊傳遞上的困難。錯誤的類型包含增減筆劃、基本部件錯置、基本部件的替代或省略、同音別字、鏡像字及詞序顛倒（張韶霞、余南瑩，2010）。易讀性意指文字的間接架構跟字間排列整齊程度（李瑩均，2004；Zeng, 1993），雖然筆畫或字形沒有本質上的錯誤，但因為文字結構不良、排列混亂、部件之間或是字間間隔不當等因素導致閱讀者在理解字義時受到阻礙（Feder & Majnemer, 2007; Hammerschmidt & Sudsawad, 2004）。Lu 等人（2024）整理過去研究成果發現一個人的文字易讀性與其視動整合能力（visual-motor integration, VMI）成中度相關。書寫行為表現間接影響到書寫成品，不一定造成錯別字或易讀性問題，但會造成兒童在書寫任務上的不流暢、自動化歷程受阻，進而影響更高層級的寫作任務（Graham & Weintraub, 1996）。這些行為上的問題包含書寫速度緩慢、不當握筆或寫字姿勢、注意力維持不佳等情況（張烈芳，2008；楊坤堂，2003；Engel-Yeger et al., 2009; Feder & Majnemer, 2007）。

針對漢字的書寫障礙治療之期刊研究數量甚少（張麗蓮，2017），較多研究針對提升一般兒童書寫表現進行探討（如：李冠儀〔2020〕）。國內對於書寫障礙兒童所設計的書寫治療及教學方案目前仍以提升孩童識字量與提升文字易讀性為主（翁瑞敏，2015；張麗蓮，2017；Chang & Yu, 2014; Hoy et al., 2011），較缺乏針對文字產出的書寫任務練習（何芮瑤，2019）。

二、平板電腦介入書寫教學

數位科技介入教學在教育場域逐漸成為顯學，尤其是以平板電腦、智慧型手機等行動裝置，更憑藉著提供（一）行動教學與學習的可能性、（二）適性化學習、（三）實境式學習、（四）情境化學習和（五）個人化學習優勢成為重要的教學及學習工具之一（Traxler & Wishart, 2011）。平板電腦是一種具有觸控螢幕、體積較多數行動裝置大的個人化裝置，功能與筆記型電腦相仿，在攜帶上卻更為便利。平板電腦等行動載體能夠在學習活動中去除人為的情緒或心理因素干擾，建立一個以學習者為中心的學習環境，並提供學習者穩定、快速、重複性的支持（簡錦鳳，2008）。應用於治療與教學現場，平板裝置具有多功能合一的優勢，學習內容更容易客製化，觸控螢幕能提供立即的多媒體互動學習體驗，容易攜帶的特性更讓知識的獲取更加便利（Major et al., 2017）。

行動輔助語言學習（mobile-assisted-language-learning, MALL）承接電腦輔助語言學習的各項優勢，提供學習者更加個人化、不受時空限制的學習體驗（Kukulska-Hulme et al., 2017），占 K-12 行動學習研究的 21%（Crompton et al., 2017）。根據 Wen 與 Walters（2022）的元分析研究，1990 ~ 2020 年間的研究成果顯示科技介入書寫教學對於增進書寫品質而言持支持態度，但是使用觸控螢幕媒介的書寫學習工具之學習成效卻幾乎沒有被探討（Kalati & Kim, 2022）。然而在利用平板電腦執行書寫任務時，由於其觸控螢幕所帶來的本體覺回饋與紙筆書寫有異，可能讓兒童的書寫任務變得更加困難

（Gerth et al., 2016; Guilbert et al., 2019; Palmis et al., 2017）。

在幼兒及學童學習書寫字母的相關研究中，平板電腦對於提升紙筆練習成效的效果並不一致（Berninger et al., 2015; Bonneton-Botté et al., 2020; Patchan & Puranik, 2016; Tang et al., 2024）。在我國國語文教學領域，儘管較少期刊論文深入探討，但過去已有多篇學位論文探討 MALL 之教學成效。據林子馨（2021）整理近五年內之相關學位論文，多數研究以閱讀與識字等語言輸入的練習為主，研究場域仍較缺乏利用科技介入書寫相關訓練的工具。在學習任務上，各篇研究皆顯示行動載體介入教學具有即時成效與提升學習動機的作用，但在保留成效上之成果不一。綜觀學界研究之成果，目前還需更多研究探索平板電腦介入教學對於書寫能力培養的成效。

除了科技介入教學外，近年來科技輔具在臨床評估、治療或特教現場更扮演重要的角色（朱惠甄、孟瑛如，2014；Ismaili & Ibrahim, 2017; Qahmash, 2018）。在國內的書寫評估中，黃文豐等人（2020）利用平板電腦去提取書寫者的字跡尺寸、偏轉角度、偏移距離、模板差異度，提供職能治療師對於文字易讀性之評估。除了平板電腦外，Serpa-Andrade 等人（2024）則利用自行開發的運動手環、觸控筆與觸控面板，在書寫的同時量測焦慮程度（心律）、手腕與筆之夾角、筆與紙面之夾角、書寫力道以及握筆力道，藉此瞭解寫字運動（graphomotor）的各項生理參數。在治療或教學現場，曾思軒與吳純慧（2022）利用平板電腦、針對低視力兒童進行部件識字策略教學介入，目的用來提

升該族群之書寫表現。研究結果發現：經過該療程後的學童具有較高的學習動機和較好的文字易讀性，在書寫成品的正確率上具有立即成效，但短期和長期保留成效較不一定。

由於過去研究對於平板電腦介入書寫教學之成效未有定論，更鮮有研究針對書寫障礙兒童設計以書寫為核心的科技輔具，本研究藉由比較提供平板電腦與紙本介入書寫障礙兒童書寫療程的成效差異。

參、研究方法與設計

根據前面所述的研究動機、目的以及文獻探討，研究者比較融入平板及 APP 書寫教學模式與紙本教學模式於臨床實務中的實際成效。

一、研究對象

本研究經亞東紀念醫院人體試驗委員會審通過（研究倫理核准文件：研究計畫編號 110022-F），於 2020 ~ 2021 年透過精神科醫師、兒科醫師或學校老師轉介學童在該醫院兒童發展中心收入 30 位 7 ~ 13 歲具書寫障礙的國小學童及其家長，實際符合收案條件並完成實驗的受試者共 21 位學童（男生 11 人、女生 10 人，平均年齡 8.2 ± 1.2 歲）及其家長，如表一。

納入條件包含：（一）就讀我國國民小學一至六年級學童、（二）母語為我國國語、（三）學童具學校／醫院提供學習障礙或書寫障礙診斷，或是（四）智力正常且具一年內的《基本讀寫字綜合測驗》／《國民小學一至三年級書寫表達診斷測驗》（Writing Expression Diagnostic Assessment for Grades 1-3 [WEDA/G1-3]）／《國民小學四至六年級書寫表達

表一
參與者背景資料（ $N = 21$ ）

類別／分組	實驗組 ($n = 10$)	控制組 ($n = 11$)
性別		
男	4 人	7 人
女	6 人	4 人
年齡（歲）		
<i>M</i>	8.3	8.1
<i>SD</i>	± 1.1	± 1.2
年級		
二	3 人	4 人
三	4 人	4 人
四	2 人	2 人
五	1 人	1 人
有	7 人	7 人
AHAD		
無	3 人	4 人

資料來源：作者自行整理。

註：ADHD：注意力不足過動症 (Attention deficit hyperactivity disorder)

診斷測驗》（WEDA/G4-6）書寫測驗分數，參照其年級水平，書寫表現百分等級 < 10 。排除條件包含：（一）參與課程時數 $< 90\%$ 課程時段及（二）未能完成測驗一、二任一測驗者。

二、研究方法、實驗程序與參與者

為瞭解不同教學媒材對於書寫障礙兒童之成效，本研究採「準實驗設計」，分成實驗組（ $n = 10$ ），接受 6 堂 APP 輔助書寫教學，及控制組（ $n = 11$ ），接受 6 堂紙本介入教學。為納入研究倫理委員會建議之平等教學對待的考量，以對抗平衡設計（counter-balance），讓所有受試者接受兩種教學媒材，符合研究倫理的正義原則。亦即兩組受試在第一階段教學媒材介入後，再接受另一種教學媒材介入之課程（實驗組再接受紙本，控制組再接受平

板 APP)，然而本研究僅採用正式實驗的前六堂教學收集之數據進行分析，後續第二階段的六堂教學及其成效不納入本研究範疇。本研究採兼具量化與質化之混合式資料分析，綜合性地分析書寫障礙兒童的書寫表現。

本教學實驗施行時間為 2020 年 10 月至 2021 年 2 月，課程地點為亞東醫院兒童發展中心語言治療室。書寫教學課程介入總時長為 3 ~ 4 週，每週兩堂書寫教學課程，共 6 堂課，每堂課 30 分鐘。書寫障礙兒童依照可以前來的時間以及教室可使用的時間分成 2 ~ 3 人一班。每堂課程中有一位語言治療師負責推動課程，並有 1 ~ 2 位助手協助輔導書寫障礙兒童操作平板電腦，並協助語言治療師教學。此外，兩組除了教學媒材使用不同外，實驗組及控制組所使接受的教學流程皆相同，皆包含目標字默寫及造詞任務。

三、教學教材與 APP 設計

(一) 書寫教學內容設計

本研究的書寫教學內容設計參考了 Graham (2019) 與 Kang 等人 (2016) 針對有效書寫教學內容的研究建議。Graham 在 2019 年的回顧性研究統整出有效的書寫教學應包含下列三點面向，分別是 1. 提供系統化及書寫外顯知識的教學；2. 練習書寫基礎技巧時提供多樣的方法及充足的練習次數／時長；3. 訂定明確及特定的書寫目標（如：特定情境或語境下的書寫任務及表現）且教學目標中需包含真實情境下的練習情境、書寫知識、學習歷程及可以引發學習動機的特性。相似地建議同樣出現在 Kang 等人的系統性回顧研究裡，經研究者統整 1975 ~ 2015 年

期間針對書寫障礙兒童在閱讀書寫介入策略後，針對有效的讀寫介入教學提出了建議，包含下列兩大原則，分別是 1. 高度結構化、多向度的介入策略，同時在介入時給予大量的示範、引導的練習、重複的給予支持及；2. 整合閱讀及書寫任務、給予同儕支持系統及融入圖像化資訊整合的任務。綜合上述研究結果，我們統整出下列在書寫教學內容設計時應考量的向度並以其為要領設計了書寫教學流程及教學內容：1. 提供學童結構化的功能性的書寫練習；2. 在學童遇到學習困難時給予多向度的提示、示範、大量的引導及足夠的練習量；3. 教學內容需要結合閱讀任務一同練習。

書寫教學為結構化的內容設計及教學流程，包含閱讀理解、朗讀、漢字文字概念知識（如：組字結構、部件知識等）、及功能性的造詞或造句練習。目標字的選擇參照教育部國小補救教學建議二至三年級應用常用字（字頻為 600 ~ 900 字）。教學流程為：句子朗讀、在語句中辨識目標組字結構、視覺提示下完成目標字解構、延宕書寫目標字並使用目標字造詞。在孩子有書寫上的困難時教學者會提供大量的引導及示範，另外藉由小團體的上課方式加入同儕支持系統。

(二) APP 輔助書寫教學軟體設計

行動學習隨著近年來科技與網路的普及進入大眾的視野，藉由提供彈性的學習空間、環境設計及個人化的互動機制，在先前的研究中獲得廣泛的正面回饋（朱惠甄、孟瑛如，2014；Ismaili & Ibrahimi, 2017; Qahmash, 2018）。隨著科技的快速進展，科技工具例如平板電腦成為普遍的資訊工具，適合作為學習鷹架（Davis &

Miyake, 2004)。本研究所使用的 APP 之教學架構納入鷹架系統，提供學習者以下六項優勢：「引發學習者興趣」、「減少問題自由度」、「持續引導學習方向」、「向學習者指出關鍵點」、「控制學習者的挫折經驗」、「提供示範」（Wood et al., 1976）。相較起以人為教學主體的人為鷹架，科技工具等人造物鷹架不受人類的情緒、情境及心理因素干擾，能夠提供較為穩定、快速、重複性的支持（謝州恩，2013）。本 APP 另一項重要特色是書寫正確後可獲得的獎章，Devedžić 與 Jovanović（2015）整理學習者使用獎章系統後的成效，發現獎章系統，藉以：

1. 支持學習者設立目標、建立規劃並自我

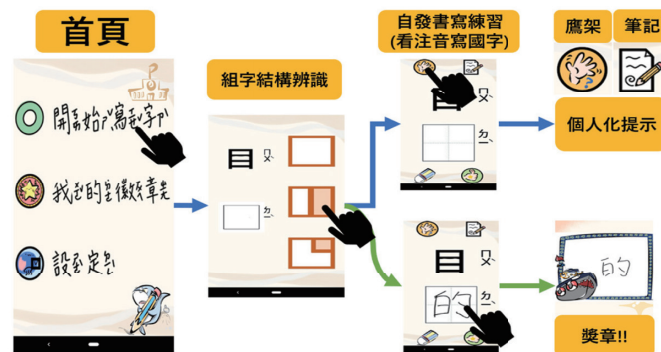
- 覺察；2. 摘要與整合來自各種學習環境的學習軌跡並提供回饋；3. 識別不熟悉及未習得技能並加以學習。

本研究團隊包含國立清華大學師生及亞東紀念醫院語言治療師，於 2020 年 2 ~ 6 月完成書寫 APP 軟體——「寫寫字」，其系統介面功能設計、系統架構圖（圖一）及書寫提示鷹架（圖二）如下。

學童用觸控平板的方式操作 APP 書寫輔助系統的介面，經教學者在上課前設定好學習目標字、目標字字數及目標字出現順序後即可開始操作。在教學者的引導下學童按下「開始寫字」進行書寫練習，本實驗中每堂課會有四個目標字要練習，

圖一

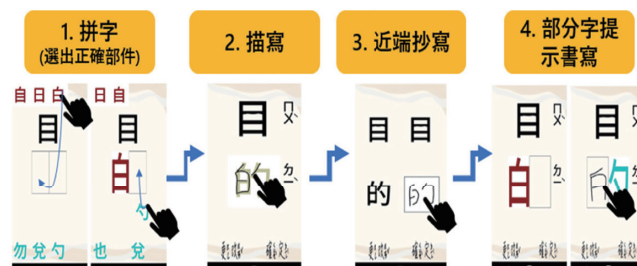
APP 輔助書寫教學系統架構圖



資料來源：本研究自行整理

圖二

APP 輔助書寫教學系統——系統性的書寫提示鷹架



資料來源：本研究自行整理

以圖一為例，目標字為「目的」的「的」。在看到刺激詞彙後，學童需要先選出目標字的正確組字結構後才能進入自發的書寫練習，接下來分成兩種情況：一是學童可以正確書寫出目標字，則其會獲得目標字獎章作為增強物，徽章會儲存於「我的獎章」中作為視覺化的正增強及學童書寫練習的歷程紀錄保存；二是學童無法正確書寫出目標字，則教學者會引導學童按下「鷹架」（幫忙）的按鈕進入系統性的書寫提示鷹架練習（如圖二），經系統提供結構化、大量的示範及引導下，個案可以藉由拼字、描寫、近端抄寫、部分字提示下書寫等提示功能慢慢建構文字結構知識、部件知識及在引導下完成目標字的書寫練習。

本研究團隊設計輔助書寫教學 APP 搭載於 Android 平板上，結合行動學習的優點與有效書寫教學內容設計要點，提供學習者個人化的提示功能、系統性的書寫提示鷹架、及立即性的正增強功能，以增加受試者之學習動機、降低學習挫折，達成更適性化的教學、練習。

（三）資料蒐集

本研究資料蒐集的方法包含量化與質化，包括以下四種：

1. 測驗及評量

受試學童會在課程前（測驗一）、後（測驗二）完成自編識寫紙筆測驗。紙筆測驗包含四個分測驗，主要聚焦於學童對文字組字概念的認識及文字的使用能力，分測驗包含（1）漢字部件辨別、（2）辨別漢字的組字結構、（3）看詞選字識字測驗、及（4）看注音書寫國字測驗。寫字測驗「正確書寫」之折半信度為 0.98，

效度部分，測驗中 70% 的目標書寫字出現頻率小於 300，為國小一年級應能書寫之範圍，出現頻率最低之目標字為 707，為國小二年級應能書寫之範圍內（教育部，2011），所有目標字皆為收案對象之年級應習得的漢字範圍。

2. 觀察

研究者在每堂課程進行觀察，課程結束後與一位職能治療師討論上課內容並總結紀錄，觀察焦點為上課期間學童的學習態度及參與表現，亦在課程中錄音說明學童上課表現。另在課程結束後訪談家長，瞭解孩童在治療室外的寫字相關學習表現的變化。

3. 課堂學習單

課堂學習單為紙筆練習單張，依照研究實驗設計分為兩個版本，分別為 APP 輔助教學版本與紙本教學版本。APP 輔助教學版本之課堂學習單為單面列印，包含（1）目標組字結構辨識及解構練習、（2）看字造詞練習。而紙本教學版本之課堂學習單為雙面列印，包含（1）目標組字結構辨識及解構練習、（2）組字規則提示下書寫目標字、（3）看字造詞練習。課堂學習單為功能性的書寫練習，用以記錄受試學童每一堂課的書寫表現。

（四）資料分析

本研究的量化數據使用 Excel 進行獨立樣本 t 檢定。質化數據則將課堂練習單掃描後儲存，由一位語言治療師與一位職能治療師進行分析。所有學童皆有一組四位編碼：第一碼為受試組別（E：實驗組；C：控制組），第二、三碼為流水號（01~21），第四碼為性別（1：男；2：女）。

肆、研究結果

為瞭解平板電腦介入書寫對於書寫障礙兒童的成效，並比較平板電腦介入書寫與紙本介入書寫在書寫障礙兒童的書寫正確率之差異，研究結果一是依測驗與評量以及課堂學習單之結果以回應研究待答問題一，進行分析。

一、平板電腦與紙本分別介入書寫對書寫障礙兒童的寫字成效之組間差異

本研究使用獨立樣本 t 檢定比較實驗組與控制組在測驗一寫字分測驗測驗分數之組間差異，研究結果顯示在「看注音書寫國字測驗」($t(19) = -0.18; p = .86$) 測驗分數未達顯著差異。顯示實驗組與控制組在教學前在寫字能力表現沒有明顯的組間差異。

綜觀課程之前後表現，研究結果顯示受試者在經過書寫教學後在寫字正確率上皆有明顯提升（如表二）。實驗組與控制組分別經過平板 APP 及紙本介入教學後，以成對樣本 t 檢定比較寫字分測驗於測驗一、二之平均測驗分數差異，實驗組在「看注音書寫國字測驗」的測驗一、二有顯著提升；控制組亦在「看注音書寫國字測驗」的測驗一、二平均測驗分數皆有顯著提升。

為進一步探討書寫教學成效是否受教學材料的差異影響，表三呈現了實驗組與控制組各項分測驗測驗分數的進步幅度，結果顯示：使用獨立樣本 t 檢定比對實驗組與控制組在測驗一、二之寫字測驗測驗分數進步幅度，可以發現在經過不同媒材介入教學後，測驗一、二分數進步幅度達顯著差異 ($t(19) = -1.96; p = .03 < .05$)。進一步分析組間在測驗一、二的進步幅度，實驗組在測驗一、二「看注音書寫國字測驗」測驗分數平均進步 7.3/80 個字 (9.1%)，而控制組在測驗一、二「看注音書寫國字測驗」測驗分數平均進步 12.8/80 個字 (16.0%)。研究結果顯示在教學前後，使用紙本教材的控制組與使用 APP 輔助教材的實驗組的寫字測驗均有明顯的進步。

綜合以上結果，融入書寫 APP 之平板電腦介入書寫對於書寫障礙兒童之寫字表現具有成效。但在第一階段課程，接受紙本介入的控制組在寫字任務中的進步幅度顯著大於接受平板電腦介入的實驗組，推測其進步幅度的差異來自於課程當中書寫練習量的不同。

為回應研究待答問題二，本研究依課堂紀錄單之質性資料進行分析。

表二

實驗組及控制組受試者識字及寫字測驗分數、標準差及正確率 ($N = 21$)

			平均分數	SD	正確率 (%)	顯著性 (p -value)
看注音書寫國字測驗	實驗組 ($n = 10$)	測驗一	26.60	18.45	33.25	< .001***
		測驗二	34.80	19.99	48.50	
	控制組 ($n = 11$)	測驗一	28.09	21.70	35.11	< .001***
		測驗二	42.18	19.99	52.73	

*** $p < .001$ 。

資料來源：研究者自行整理。

表三
實驗組及控制組受試者寫字測驗分數

受試者	測驗一	測驗二	進步字數	進步幅度 (%)	受試者	測驗一	測驗二	進步字數	進步幅度 (%)
E011	67	74	7	8.8	C111	45	58	13	16.3
E022	46	54	8	10.0	C122	36	50	14	17.5
E032	28	34	6	7.5	C132	4	8	4	5.0
E041	10	17	7	8.8	C142	37	55	18	22.5
E052	21	32	11	13.8	C151	11	29	18	22.5
E062	27	42	15	18.8	C161	23	48	25	31.3
E072	26	30	4	5.0	C172	29	38	9	11.3
E081	25	23	-2	-2.5	C181	65	71	6	7.5
E092	13	29	16	20.0	C191	42	55	13	16.3
E101	3	4	1	1.3	C201	3	5	2	2.5
					C211	15	34	19	23.8
實驗組平均	26.6	33.9	7.3	9.1	控制組平均	28.2	41.0	12.8	16.0

資料來源：研究者自行整理。

二、平板電腦與紙本介入書寫對
書寫障礙兒童的寫字表現、
文字易讀性及書寫相關行為
表現影響

為探討使用不同教學媒材對書寫障礙兒童的文字易讀性及書寫相關行為表現的差異，本研究取受試者於第一堂與最後一堂（第六堂）的書寫表現作為範例，代表性的呈現課程前後的進展表現。根據課堂學習單的書寫成品及上課時研究成員的觀察紀錄分為三點分析，分別是「書寫相關行為」、「寫字表現」及「文字易讀性」，圖三呈現之書寫成品範例，選擇分數位於其年級中位數，皆有注意力不足過動症（Attention Deficit Hyperactivity Disorder, AHAD）診斷的實驗組受試者 E062、E081 及控制組受試者 C191、C201。

所有參與者的書寫行為表現的問題，包含書寫速度緩慢、書寫時的注意力維持不佳、對書寫任務感到挫折或逃避等。統整觀察紀錄可發現受試者不論是使用 APP

或紙本受試者，在六堂教學後之書寫學習動機、課堂參與度都有正面的提升，受試者對書寫的負面情緒行為有減少，尤其是在使用 APP 教學時，部分受試者表現出高度動機、願意重複練習目標字，且會主動操作 APP 超前書寫任務進度、書寫新字，範例詳圖三。

寫字表現包含學習者書寫時的寫字正確率、寫字速度、書寫造詞數量及寫作能力等，綜合圖三之課堂學習單及觀察紀錄，可以發現不論是使用 APP 或紙本受試者在一階段課程後，寫字正確率、寫字速度及書寫造詞數量皆有正面的效果，如圖三的 E062、C191、C201 受試範例。部分受試者在寫字表現亦有正面的效果，圖三的實驗組 E062、控制組 C201，都可以寫出四字片語或短句。雖然寫字速度、寫字正確率及寫字表現的個體差異大，但兩組組間差異顯示，使用紙本的控制組比使用 APP 輔助寫字的實驗組，在課堂上可以寫出更多的造詞、造句。

文字易讀性係指文字的間接架構跟字間排列整齊程度。綜合圖三課堂學習單及觀察紀錄，發現部分受試者在書寫教學前有部件配置有重疊（如 E072）、詞彙字形大小不一（如 E072）、無法配合書寫框分配文字位置及大小（如 E072、C201、C191），經過第一階段課程教學後，都有正面的效果。由於本實驗未使用量化的工具測量文字易讀性表現，僅由研究員訪談職能治療師，比較實驗組及控制組經六堂課後文字易讀性表現差異。文字易讀性主要是分析寫出正確字的成品，在寫作語境的被理解程度及工整度，本研究書寫障礙兒童在書寫出正確字有明顯的困難，個體差異較組間差異明顯，整體受試者在詞彙語境下的文字易讀性尚可，由於文字成品的語境侷限在詞彙，針對「文字內部件配置不佳」的受試者在教學後，其文字易讀性皆有正面的效果。

統整上述內容分析研究結果，在書寫相關行為，兩組受試的書寫學習動機、課堂參與度都有正面影響，尤其使用 APP 時，部分受試者表現出高度動機願意重複練習、主動操作超前任務進度。整體受試者不論是使用 APP 或紙本學習，其寫字表現（如：寫字正確率、寫字速度、及書寫造詞數量）都有正面效果。在文字易讀性方面，整體受試者在使用 APP 或紙本書寫教學六堂課後，在詞彙階層的語境下，其文字易讀性都有正面效果，但個體差異大且未使用量化工具測量，觀察結果並未看出兩組在提升文字易讀性的差異。

伍、討論

經分析與回應各研究問題後，有以下兩項議題值得進一步討論，呈現如下。

一、平板電腦對比紙本介入書寫教學的寫字學習成效差異

根據研究待答問題一，本研究在融入平板電腦教學至書寫障礙學童的書寫教學中使用手指寫平板的方式，讓學童在練習書寫文字時有立即的視覺回饋及充足的感覺回饋輸入，並在書寫教學中提供聽、說、讀、寫的元素。從本研究的量化研究結果顯示，書寫障礙學童經六堂融入平板 APP 或紙本的書寫教學後，比較測驗一、二的分數，其寫字正確率表現皆有顯著提升的立即效果，在中文字的看注音寫國字的寫字正確率表現上有正面的立即效果。

後續比較本研究實驗組及控制組在寫字正確率，經測驗一、二的書寫正確率進步幅度可發現，使用紙筆練習的學童其平均寫字正確率進步幅度高於在平板上用手指書寫的學童。依據教學現場觀察，可能導致該結果的原因包含書寫練習量差異與對使用媒材操作不熟悉。首先，由於課堂時間長度相同，使用平板 APP 的實驗組受試兒童會比控制組多使用平板 APP 進行書寫或額外使用 APP 內鷹架系統，這時使用紙本的控制組會將該時段用來進行造詞任務，因此書寫量一定會大於實驗組的兒童。雖使用 APP 輔助書寫教學時的書寫練習量明顯低於紙本教學，但兩種媒材的教學介入都對書寫障礙兒童帶來顯著的立即成效，與先前學齡前兒童使用手指書寫平板的寫字成效表現有一致的效果（Patchan & Puranik, 2016; Tang et al., 2024）。除此之外，所有受試者在正規教育當中仍以紙筆組合進行書寫，因此對於使用平板配合手指書寫的模式較為不熟悉，使用上需要時間熟悉學習環境，可能也是導致學習成效較為不彰的結果。然

而，進一步看表三中，組內測驗一、二寫字測驗分數的表現可以發現：測驗一中表現較好的學童在使用平板電腦的課程中略有優勢，而對於原先基礎較差的學童來說紙本教學提供了更熟悉的練習媒介，該研究結果與先前學齡前兒童的表現有一致的結果（Bonneton-Botté et al., 2020）。另外，比較使用平板 APP 與紙本教學的學童書寫進步幅度，量化資料顯示使用紙本教材的學童在寫字測驗進步幅度上個體表現差異較大。

二、平板電腦對比紙本介入書寫教學的文字易讀性、學習行為及學習態度差異

根據研究待答問題二，包含課堂紀錄單、研究者的課堂觀察可以統整出一下使用不同教學媒材應用於書寫教學中學學習者在文字易讀性、學習行為及學習態度的表現差異。整體表現上，雖然使用平板 APP 或是紙本教學，對受試學童的寫字正確率、寫字速度、造詞數量、文字易讀性、讀寫學習動機、降低書寫時的負面情緒及課堂參與度等都有正面的效果。然而分別比較使用平板 APP 與紙本媒材的教學情境下，使用平板 APP 進行教學更有效提升學童的學習興趣、改善寫字工整度和寫字／寫作業速度，支持先前研究對科技介入閱讀書寫教學學習可提升學習成效及學習動機的結果（Bonneton-Botté et al., 2020; Kalati & Kim, 2022）。本研究所自行開發的 APP「寫寫字」融合了書寫提示鷹架系統、獎章系統，更藉由平板電腦作為載體，讓孩童們在使用的過程中增強學習動機。書寫提示鷹架系統讓書寫障礙兒童能系統性的拆解不認識的漢字，藉由理解漢字結構、部件位置，再進行文字

的描寫和抄寫，一步步的建立起使用者對於文字的概念。另一方面，獎章系統帶給學習者正向的學習回饋，在使用平板 APP 的過程中提供兒童良好的學習動機，進一步地鼓舞孩童們完成或超前教學任務。實驗組書寫障礙兒童增加的閱讀行為展現出了對文字不再陌生恐懼，更有意願接觸文字，對於閱讀或書寫能力的提升有改變的優勢。

從課堂紀錄單及研究者的觀察紀錄可發現，相較使用平板 APP 作為教材，使用紙本教材的受試者有更多的紙筆書寫練習量，且在造詞的數量、造詞的難度、造句的語句長度及複雜度上有更多的嘗試及進展，造成此現象的原因可能來自於在同樣的課堂時間內，使用平板 APP 的課堂會花較多時間在進行書寫目標字的鷹架功能，後續更高層級的書寫產出比例會因此降低。

陸、結論、未來建議與研究限制

本研究融入平板電腦以及紙本介入書寫教學，探討實驗組及對照組兩組書寫障礙兒童之書寫表現，並進一步瞭解不同教學媒材對於書寫表現的影響。本研究結論如下。

實驗組及控制組受試者在經過第一階段課程後，其寫字正確率表現皆有立即效果。然而，控制組在寫字測驗的進步幅度上顯著高於實驗組。進一步瞭解組內寫字學習成效並綜合質化資料的表現可知：一、使用平板 APP 的學童其寫字進步幅度小於使用紙本教學的學童。二、書寫教學介入前書寫表現水平較好的學童，在使用平板 APP 教學的書寫學習成效相對使

用紙本的表現好。三、書寫障礙兒童在使用平板 APP 作為教學媒材互動過程中表現出較強的學習動機，在文字易讀性或是書寫行為表現上都較控制組的表現出色。

由本研究結果可知，融入平板 APP 作為書寫教學教具在字詞語境下的應用，在書寫障礙兒童上具有顯著的成效。然而，使用平板 APP 與紙本介入書寫教學各有優勢：整體而言，紙本教學所展現的量化進步結果較有優勢，使用平板電腦介入書寫在學童的書寫相關質性表現上則更為突出。本研究所開發之書寫教學 APP 提供書寫障礙兒童良好的書寫提示鷹架，以提升書寫能力，同時提供學童進行學習任務時的獎章系統，利用正增強來提升學習動機。選擇書寫教學媒材的適用性，建議可依據學習者的起始書寫水平、書寫困難的語境、書寫學習態度及學習動機等層面考量。

本實驗結果支持 APP 融入書寫教學之立即效果，然而，由於受試者的特殊性，研究限制包含受試者樣本數較少，且介入實驗及資料收集期間僅在 2020 年 10 月至 2021 年 2 月間，尚無法追蹤受試者介入表現後的保留效果。建議未來研究可以更完整探究介入方案後的短期及長期保留效果，並與傳統書寫治療策略比較效果，也需要納入更多書寫障礙兒童來驗證方案療效。另外，針對書寫表現成效，建議未來可採用標準化的評估工具評估完整書寫表現向度，如：文字易讀性、造詞／造句、標點符號使用等。由於受試者間的書寫表現差異不小，研究結果建議可進一步探討個人化的調整書寫介入模式。

參考文獻

- 朱惠甄、孟瑛如 (2014)。資訊科技融入特殊教育現況與趨勢探討。特教論壇，17，52-71。https://doi.org/10.6502/SEF.2014.17.52-71
- 何芮瑤 (2019)。先讀後寫？西方近百年幼兒書寫研究回顧及其對臺灣幼兒書寫教育政策的檢討。當代教育研究季刊，27 (4)，37，39，41-69。https://doi.org/10.6151/CERQ.201912_27(4).0002
- 李怡靜 (2013)。淺談資源班書寫障礙學生教學與個案實例分享。國小特殊教育，55，55-64。
- 李冠儀 (2020)。書寫介入方案之發展與可行性研究：以中文字特徵為基礎〔未出版之碩士論文〕。國立臺灣大學。
- 李瑩均 (2004)。寫字困難學生寫字特徵之分析。師大學報：教育類，49 (2)，43-64。https://doi.org/10.29882/JTNUE.200410.0003
- 林子馨 (2021)。自紙本及平板電腦介入教學之觀點探討臺灣書寫困難兒童的書寫歷程展現〔未出版之碩士論文〕。國立清華大學。
- 翁瑞敏 (2015)。臺灣近十年識字教學研究之回顧與展望〔未出版之碩士論文〕。國立臺中教育大學。
- 教育部 (2011)。國民小學國語文科補救教學基本學習內容 100 年公告 (試行版)【國民小學語文學習領域 (國語文)】。中華民國教育部國民及學前教育署。https://priori.moe.gov.tw/resource/
- 教育部 (2023)。特殊教育法。全國法規資料庫。https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=H0080027
- 張烈芳 (2008)。書寫困難兒童寫字表現之個案研究〔未出版之碩士論文〕。國立臺北教育大學。

- 張韶霞、余南瑩（2010）。有無發展協調障礙之寫字困難兒童的寫字表現與原因之探討。《職能治療學會雜誌》，28（1），13-28。
- 張麗蓮（2017）。臺灣寫字研究文獻探究。《教育理論與實踐學刊》，36，127-148。
[https://doi.org/10.7038/JETP.201712_\(36\).0006](https://doi.org/10.7038/JETP.201712_(36).0006)
- 黃文豐、蔡宗遠、王湑妮、陳顯齡（2020）。平板電腦化中文書寫易讀性評估之開發：書寫媒材與書寫易讀性之關聯性探討。《職能治療學會雜誌》，38（1），36-55。
[https://doi.org/10.6594/JTOTA.202006_38\(1\).0002](https://doi.org/10.6594/JTOTA.202006_38(1).0002)
- 曾思軒、吳純慧（2022）。結合平板電腦運用部件識字策略對提升國小低視力學生書寫效能之研究。《特教論壇》，33，1-26。
[https://doi.org/10.6502/SEF.202212_\(33\).0001](https://doi.org/10.6502/SEF.202212_(33).0001)
- 楊坤堂（2003）。《學習障礙導論》（第二版）。五南。
- 謝州恩（2013）。鷹架理論的發展、類型、模式與對科學教學的啟示。《科學教育月刊》，364，2-16。
[https://doi.org/10.6216/SEM.201311_\(364\).0001](https://doi.org/10.6216/SEM.201311_(364).0001)
- 簡錦鳳（2008）。文字鷹架對七年級學生科學解釋能力的影響〔未出版之碩士論文〕。國立臺灣師範大學。
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Author. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Bernacki, M. L., Greene, J. A., & Crompton, H. (2020). Mobile technology, learning, and achievement: Advances in understanding and measuring the role of mobile technology in education. *Contemporary Educational Psychology*, 60, Article 101827. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101827>
- Berninger, V. W., Richards, T., & Abbott, R. D. (2015). Differential diagnosis of dysgraphia, dyslexia, and OWL LD: Behavioral and neuroimaging evidence. *Reading and Writing*, 28(8), 1119-1153. <https://doi.org/10.1007/s11145-015-9565-0>
- Bonneton-Botté, N., Fleury, S., Girard, N., Magadou, M., Cherbonnier, A., Renault, M., Anquetil, E., & Jamet, E. (2020). Can tablet apps support the learning of handwriting? An investigation of learning outcomes in kindergarten classroom. *Computers & Education*, 151, Article 103831. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103831>
- Chang, S.-H., & Yu, N.-Y. (2014). The effect of computer-assisted therapeutic practice for children with handwriting deficit: A comparison with the effect of the traditional sensorimotor approach. *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1648-1657. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.024>
- Crompton, H., Burke, D., & Gregory, K. H. (2017). The use of mobile learning in PK-12 education: A systematic review. *Computers & Education*, 110, 51-63. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.013>
- Davis, E. A., & Miyake, N. (2004). Explorations of scaffolding in complex classroom systems. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 265-272. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_1
- Devedžić, V., & Jovanović, J. (2015). Developing open badges: A comprehensive approach. *Educational Technology Research and Development*, 63(4), 603-620. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9388-3>
- Dinehart, L. H. (2014). Handwriting in early childhood education: Current research and future implications. *Journal of Early Childhood Literacy*, 15(1), 97-118. <https://doi.org/10.1177/1468798414522825>
- Duiser, I. H. F., Ledebt, A., van der Kamp, J., & Savelsbergh, G. J. P. (2020). Persistent handwriting problems are hard to predict: A longitudinal study of the development of handwriting in primary school. *Re-*

- search in *Developmental Disabilities*, 97, Article 103551. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.103551>
- Engel-Yeger, B., Nagauker-Yanuv, L., & Rosenblum, S. (2009). Handwriting performance, self-reports, and perceived self-efficacy among children with dysgraphia. *The American Journal of Occupational Therapy*, 63(2), 182-192. <https://doi.org/10.5014/ajot.63.2.182>
- Feder, K. P., & Majnemer, A. (2007). Handwriting development, competency, and intervention. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(4), 312-317. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00312.x>
- Gerth, S., Klassert, A., Dolk, T., Fliesser, M., Fischer, M. H., Nottbusch, G., & Festman, J. (2016). Is handwriting performance affected by the writing surface? Comparing preschoolers', second graders', and adults' writing performance on a tablet vs. paper. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 1308. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01308>
- Graham, S. (2019). Changing how writing is taught. *Review of Research in Education*, 43(1), 277-303. <https://doi.org/10.3102/0091732X18821125>
- Graham, S., Liu, X., Bartlett, B., Ng, C., Harris, K. R., Aitken, A., Barkel, A., Kavanaugh, C., & Talukdar, J. (2018). Reading for writing: A meta-analysis of the impact of reading interventions on writing. *Review of Educational Research*, 88(2), 243-284. <https://doi.org/10.3102/0034654317746927>
- Graham, S., & Weintraub, N. (1996). A review of handwriting research: Progress and prospects from 1980 to 1994. *Educational Psychology Review*, 8(1), 7-87. <https://doi.org/10.1007/BF01761831>
- Guilbert, J., Alamargot, D., & Morin, M.-F. (2019). Handwriting on a tablet screen: Role of visual and proprioceptive feedback in the control of movement by children and adults. *Human Movement Science*, 65, 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.09.001>
- Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: A critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139-156. <https://doi.org/10.1111/jcal.12123>
- Hammerschmidt, S. L., & Sudsawad, P. (2004). Teachers' survey on problems with handwriting: Referral, evaluation, and outcomes. *The American Journal of Occupational Therapy*, 58(2), 185-192. <https://doi.org/10.5014/ajot.58.2.185>
- Hamstra-Bletz, L., & Blöte, A. W. (1993). A longitudinal study on dysgraphic handwriting in primary school. *Journal of Learning Disabilities*, 26(10), 689-699. <https://doi.org/10.1177/002221949302601007>
- Ismaili, J., & Ibrahim, E. H. O. (2017). Mobile learning as alternative to assistive technology devices for special needs students. *Education and Information Technologies*, 22(3), 883-899. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9462-9>
- Kalati, A., & Kim, M. S. (2022). What is the effect of touchscreen technology on young children's learning? A systematic review. *Education and Information Technologies*, 27(5), 6893-6911. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10816-5>
- Kang, E. Y., McKenna, J. W., Arden, S., & Ciullo, S. (2016). Integrated reading and writing interventions for students with learning disabilities: A review of the literature. *Learning Disabilities Research & Practice*, 31(1), 22-33. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12091>
- Karlsdottir, R., & Stefansson, T. (2002). Problems in developing functional handwriting. *Perceptual and Motor Skills*, 94(2), 623-662. <https://doi.org/10.2466/pms.2002.94.2.623>
- Kukulska-Hulme, A., Lee, H., & Norris, L. (2017). Mobile learning revolution: Implications for language pedagogy. In C. A. Chapelle & S. Sauro (Eds.), *The handbook of technology and second language teaching and learning* (pp. 217-233). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118914069.ch15>
- Lu, H., Leung, F. K. S., & Fan, Z. (2024). A meta-analysis on the relation between handwriting and visual-motor integration. *Learning and Individual Differences*, 109, Article 102404. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102404>

- Major, L., Haßler, B., & Hennessy, S. (2017). Tablet use in schools: Impact, affordances and considerations. In A. Marcus-Quinn & T. Hourigan (Eds.), *Handbook on digital learning for K-12 schools* (pp. 115-128). Springer. http://doi.org/10.1007/978-3-319-33808-8_8
- Mayes, S. D., Waschbusch, D. A., Calhoun, S. L., & Mattison, R. E. (2020). How common are academic overachievement and underachievement in children with Autism or ADHD?. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 32(5), 775-783. <https://doi.org/10.1007/s10882-019-09719-8>
- Palmis, S., Danna, J., Velay, J.-L., & Longcamp, M. (2017). Motor control of handwriting in the developing brain: A review. In B. Rapp & M. McCloskey (Eds.), *Developmental dysgraphia* (pp. 123-140). Routledge. <http://doi.org/10.4324/9781351020107-7>
- Patchan, M. M., & Puranik, C. S. (2016). Using tablet computers to teach preschool children to write letters: Exploring the impact of extrinsic and intrinsic feedback. *Computers & Education*, 102, 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.07.007>
- Plane, S., Bazerman, C., Rondelli, F., Donahue, C., Applebee, A. N., Boré, C., ... & Russell, D (2016). *Recherches en écritures: Regards pluriels*. Crem.
- Qahmash, A. I. M. (2018). The potentials of using mobile technology in teaching individuals with learning disabilities: A review of special education technology literature. *TechTrends*, 62(6), 647-653. <http://doi.org/10.1007/s11528-018-0298-1>
- Serpa-Andrade, L. J., Pazos-Arias, J. J., Gil-Solla, A., Blanco-Fernández, Y., & López-Nores, M. (2024). An automatic feedback educational platform: Assessment and therapeutic intervention for writing learning in children with special educational needs. *Expert Systems with Applications*, 249(B), Article 123641. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123641>
- Smits-Engelsman, B. C. M., Niemeijer, A. S., & van Galen, G. P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*, 20(1-2), 161-182. [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(01\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(01)00033-1)
- Stevenson, N. C., & Just, C. (2014). In early education, why teach handwriting before keyboarding? *Early Childhood Education Journal*, 42(1), 49-56. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0565-2>
- Tang, J.-T., Chu, S.-T., & Chang, T.-F. (2024). Enhancing English alphabet handwriting skills in preschool children through digital game-based learning approach. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 18(1), 45-59. <https://doi.org/10.1080/17501229.2024.2352791>
- Traxler, J., & Wishart, J. M. (2011). *Making mobile learning work: Case studies of practice*. ESCalate.
- Wen, X., & Walters, S. M. (2022). The impact of technology on students' writing performances in elementary classrooms: A meta-analysis. *Computers and Education Open*, 3, Article 100082. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100082>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Yeung, P.-S., Ho, C. S.-H., Chan, D. W.-O., & Chung, K. K.-H. (2013). Modeling the relationships between cognitive-linguistic skills and writing in Chinese among elementary grades students. *Reading and Writing*, 26(7), 1195-1221. <https://doi.org/10.1007/s11145-012-9411-6>
- Zeng, Y. (1993). *A history of Chinese calligraphy*. Chinese University Press.