

國立臺灣體育學院體育研究所  
碩士學位論文

國小學童手寫表現與捏力控制

THE CONTROL OF PINCH FORCE AND  
HANDWRITTEN PERFORMANCE IN SCHOOLCHILDREN



研 究 生：陳玉如 撰  
指 導 教 授：陳重佑 博士

中 華 民 國 九 十 四 年 六 月

論文名稱：國小學童手寫表現與捏力控制

總頁數：80 頁

院校組別：國立臺灣體育學院體育研究所

畢業時間及提要別：九十三年學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：陳玉如

指導教授：陳重佑博士

論文提要及內容：

#### 中文摘要

本研究主要探討不同書寫表現之國小學童，其手部精細動作在不同用力程度下，捏力控制的準確性與穩定性相對於不同年級層的比較。實驗分別以國小二、四、六年級各 20、20、19 名學童為實驗參加者，實驗前由專家教師評定，分為字跡美觀整齊與字跡潦草難認等兩組，實驗要求實驗參加者試做最大捏力之 15%、25% 以及 38% 等捏力控制之測試。捏力表現係通過 Biometrics E-LINK 上肢肌力檢測與分析系統進行資料的收集，並計算絕對誤差 (AE)、恆常誤差 (CE)、整體變異 (TV)、絕對恆常誤差 (ACE)、變異誤差 (VE)、變異誤差係數 (VE-CV) 等，相對於不同力量大小的控制進行誤差測量。統計方法採用 2 (書寫表現) × 3 (年級) 獨立樣本二因子變異數分析，統計的顯著水準訂為  $\alpha = .05$ 。研究結果顯示，三種力量控制的所有誤差變項在書寫表現與年級二因子的交互作用均無顯著差異 ( $p > .05$ )，年級因子在小、中力量表現也無顯著差異；書寫因子在 15% 力量的測試中各組力量均超過目標力量，且字跡美觀整齊組的力量控制恆常誤差 ( $0.36 \pm 0.37\text{kgw}$ ) 顯著低於字跡潦草難認組 ( $0.70 \pm 0.73\text{kgw}$ ) 達到顯著差異 ( $F_{(1,53)} = 4.60, p < .05, \eta^2 = .08, \text{power} = .56$ )。在 15%、25% 捏力控制的書寫表現，VE 和 VE-CV 未達顯著；而 38% 工作要求下，VE 分數與 TV 分數都是字跡美觀整齊組顯著低於字跡潦草難認組。顯示較小力量控制的準確性與較大力量控制的穩定性對寫字表現仍有影響。

**關鍵詞：**手寫、動作控制、誤差測量、捏力

## The Control of Pinch Force and Handwritten Performance in Schoolchildren

Yu-Ju Chen

### ABSTRACT

This study focuses on the performance of handwriting to compare the grade difference and the control of pinch force for schoolchildren. Fifty-nine health volunteer schoolchildren without learning retardation for each grade group (grade 2, grade 4, and grade 6) served as participants in this study. Participants were selected from two groups, students with good handwriting that could possibly reflect the art of calligraphy and students with poor handwriting that reflects cacography, by experienced elementary school teachers. Every participant was asked to perform relative pinch force in the 15%, 25%, and 38% peak pinch force. The Biometrics E-Link system with pinchmeter was used to record and assess the pinch force between the tip of the thumb and the knuckle of the index finger. The absolute error (AE), constant error (CE), variable error (VE), coefficient of relative variable error (VE-CV), total variability (TV), and absolute constant error (ACE) were used to evaluate the inconsistency and the accuracy of the fine control of pinch force. 2 (the performances of handwritten)  $\times$  3 (grades) independent two way ANOVA was adopted to analyze the statistical difference with an alpha level of .05. The results showed that all components of force control error were no any statistics interaction between the factors of handwritten performances and grades ( $p > .05$ ). There were no any grade differences under the small and median control of pinch force. The handwritten factor under 15% peak pinch force showed both groups performed excess of pinch force to achieve the target force, and the constant error for the student with good handwriting ( $0.36 \pm 0.37\text{kgw}$ ) was lower than the student with poor handwriting ( $0.70 \pm 0.73\text{kgw}$ ;  $F_{(1, 53)} = 4.60$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2 = .08$ , power = .56). The VE score and the VE-CE score had no any difference between two groups of handwritten under 15% and 25% peak pinch force, but the VE score and the VE-CE score in 38% peak pinch force were showed the student with good handwriting was lower than the student with poor handwriting. It indicated that the accuracy of control in small pinch force and the stability of control in large pinch force affected the handwritten performance.

**Keywords:** handwritten, motor control, measures of error, pinch force



## 目 錄

摘要 .....	I
謝 誌 .....	III
目 錄 .....	IV
表 目 錄 .....	VI
圖 目 錄 .....	VII
第 壹 章、緒 論 .....	1
第 一 節、問 題 背 景 .....	1
第 二 節、研 究 目 的 與 假 設 .....	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 的 重 要 性 .....	8
第 貳 章、文 獻 探 討 .....	9
第 一 節、動 作 程 式 是 否 存 在 .....	9
第 二 節、寫 字 控 制 的 影 響 因 素 .....	13
第 三 節、精 細 動 作 控 制 相 關 的 問 題 .....	18
第 四 節、書 寫 能 力 對 學 業 表 現 的 相 關 研 究 .....	19
第 五 節、本 章 總 結 .....	20
第 參 章、研 究 方 法 與 步 驟 .....	22
第 一 節、實 驗 參 加 者 .....	22
第 二 節、實 驗 時 間 與 地 點 .....	23

第三節、實驗儀器設備與場地佈置 .....	23
第四節、實驗步驟 .....	25
第五節、資料的收集與統計處 .....	27
第四章、結果與討論 .....	31
第一節、書寫表現與最大捏力的測驗 .....	31
第二節、捏力控制準確性的差異 .....	36
第三節、捏力控制穩定性的差異 .....	48
第四節、綜合討論 .....	59
第五章、結論與建議 .....	66
第一節、結論 .....	66
第二節、建議 .....	67
引用文獻 .....	69
一、中文部分 .....	69
二、英文部分 .....	70
附錄 .....	76
附錄一、不同年級在各目標力量的描述性統計值 .....	76
附錄二、參與學術研究家長（監護人）同意書 .....	79

## 表目錄

表 1：不同年級各組最大捏力之平均數、標準差與變異係數...	34
表 2：年級在最大力量平均數之主要效果事後比較.....	35
表 3：三種目標捏力測試在準確性參數之平均數與標準差...	37
表 4：三種目標捏力在年級與書寫表現之絕對誤差二因子變異數分析摘要表.....	39
表 5：年級在絕對誤差之主要效果事後比較.....	40
表 6：三種目標捏力在年級與書寫表現之恆常誤差二因子變異數分析摘要表.....	43
表 7：三種目標捏力在年級與書寫表現之絕對恆常誤差值二因子變異數分析摘要表.....	46
表 8：三種目標捏力測試在穩定性參數之平均數與標準差...	49
表 9：三種目標捏力在年級與書寫表現之變異誤差二因子變異數分析摘要表.....	50
表 10：年級在 38%目標力量變異誤差之主要效果事後比較...	51
表 11：三種目標捏力在年級與書寫表現之變異誤差係數二因子變異數分析摘要表.....	54
表 12：三種目標捏力在年級與書寫表現之整體變異二因子變異數分析摘要表.....	56
表 13：各年級實驗參加者捏力測試在 15%目標力量之平均數與標準差.....	76
表 14：各年級實驗參加者捏力測試在 25%目標力量之平均數與標準差.....	77
表 15：各年級實驗參加者捏力測試在 38%目標力量之平均數與標準差.....	78

## 圖目錄

圖 1：實驗檢測現場 .....	24
圖 2：實驗流程圖 .....	26
圖 3：所有實驗參加者「永」字正楷書寫字跡摘錄 .....	32
圖 4：工作力量與年級、書寫表現之絕對誤差 .....	41
圖 5：工作力量與年級、書寫表現之恆常誤差 .....	44
圖 6：工作力量與年級、書寫表現之絕對恆常誤差 .....	47
圖 7：工作力量與年級、書寫表現之變異誤差 .....	52
圖 8：工作力量與年級、書寫表現之變異誤差係數 .....	55
圖 9：模擬力量與年級、書寫表現之整體變異 .....	58

# 第壹章 緒論

## 第一節 問題背景

每個人在日常生活中的行、立、坐、臥，一天之中不曉得要動作幾次？但是，人們在表現出這些行為時是如此的習以為常幾乎不需要思考。如果說，這些行為根本不需要學習，個體天生本來就會，似乎也說得通。不過，生物體天生就會嗎？這是個耐人尋味的問題。

個體從誕生開始，其動作發展可分為四個階段：反射動作（reflexive movement）期、初始動作（rudimentary movement）期、基本動作（fundamental movement）期以及特殊化動作（specialized movement）期（Gallahue & Ozmun, 2002）；而動作發展分期又可區隔出三種動作形式：操作性（manipulation movement）動作、移動性（locomotion movement）動作與穩定性（stability movement）動作。由於所有特殊化動作如球類、體能、生活功能性技能（如騎車、開車）等等，都是藉由各種基本動作所組成，所以此三種基本動作能力將影響個體後續特殊動作之發展。

早期的動作行為學經常以訊息處理（information processing approach）觀點，來分析探討動作行為與表現之間的問題。訊息處理學派將個體比喻為一部中樞處理器（CPU），當不同的外界刺激源進入中樞神經系統後，不同條件的訊息處理到反應動作出現的時間將有差異。依此概念所創建說明動作行為的基礎理論有三：Henry and Rogers(1960)

的記憶鼓理論 (memory drum theory)、Adams (1971) 提出的閉鎖環理論 (closed-loop theory) 以及 Schmidt (1975) 的基模理論。Henry and Rogers 假定在神經系統中有記憶鼓存在，每當個體要執行某一特殊動作技能時，就必須從記憶鼓當中提取動作程式 (motor program)，由於這樣的技能表現模式並不強調動作過程的錯誤修正問題，所以常被稱為是一種開放環式 (open-loop) 的動作控制系統。Adams (1971) 提出的閉鎖環理論則特別強調錯誤偵測 (error detection) 與錯誤修正 (error correction)，所以其理論的基本假定就是動作的產生必有記憶痕跡 (memory trace) 與知覺痕跡 (perceptual trace)。記憶痕跡乃一簡單動作程式，負責起始動作的工作；而知覺痕跡則為動作起始後錯誤修正的評估機制，因此動作學習的成效有賴於個體記憶痕跡與知覺痕跡強化的程度。但是，Adams 閉鎖環理論對大腦記憶容量限制無法解釋且對新動作產生的原因難以闡述，因此 Schmidt (1975) 提出基模理論觀點，假定個體藉由回憶基模 (recall schema) 來啟動動作，同時以確認基模 (recognition schema) 做動作控制的評估。回憶基模依據初始情境與動作結果兩者為變項，與反應指認確定動作參數之間的關係，提供個體適當的訊息與參數進一步產生動作；確認基模則是依據初始情境與動作結果兩種變項與內在知覺結果之間的關係，負責對個體動作控制以及動作執行的結果做評估。

依據皮亞傑的認知發展理論，兒童發展分為四個階段：感覺動作期 (0-2 歲)、前運思期 (2-7 歲)、具體運思期 (7-11 歲)、形式運思期 (11 歲以上)。又從動作發展的順序來看，個體的發展是由上而下，由內而外，由軀幹而四肢。因此即

使是不同區域、不同人種，個體將會因為自然的成熟，通過相類似的動作發展里程碑（motor development milestone）（McGraw, 1935），加上經驗與練習，動作技能的執行將會被發展。

Magill（2004）提出動作程式（motor program）概念是動作控制理論的核心，其基本假定為個體內在存有記憶架構以處理、協調動作的控制，當人們做連續動作如跳舞、彈琴時，通常需藉由動作程式來處理時間與空間的問題（Stelmach & Teulings, 1987）。不過，從動作行為的觀點，隨著身體的成長與成熟，嬰幼兒持續運用身體的感覺及動作來探索整個世界，藉著爬、坐、走、跑、跳等混合動作型態調適以及結合各種感官來從事學習，當幼兒對周圍的事物表現興趣而有所行動，他才能從累積行動的經驗當中，建立對事物的概念與獲得知識（Shaffer, 2003）。因此，動態系統理論（dynamical systems theory）支持者認為，每一個新的動作技巧都是由個體主動組織各次動作系統（sub-systems）成為複雜的新動作，而新動作又因為內外調適而變得更加協調順暢，以協助個體獲得新技能（Thelen, 1995）。

每一種運動都必須姿勢或外型穩定的維持，尋找手寫能力的控制機制一直是動作控制領域很重要的課題之一。一個複雜的寫字動作除了腕關節之外，可能還有握筆姿勢、坐姿、頭部位置、眼睛與書寫材料距離穩定與否等問題。Teulings and Schomaker（1993）指出，書寫能力（handwriting）是一連串運筆軌跡的結合呈現，即使只是單純複製一個符號，書寫的表現仍須透過動作程式來完成。另外，Konczak（2003）則認為書寫能力在工作同時接受回饋訊息，對書寫表現不斷

做適度修正。

有許多針對書寫能力的研究指出，書寫表現高低對於在學期間兒童的學習確實有影響。McHale and Cermak (1992) 指出，兒童在校約有 30%-60% 的時間是花費在以書寫為主要操作的事情上，因此擁有良好書寫能力將使兒童的學習變得更有效率。在握筆執行寫字工作時，由於手指的微幅放射動作 (minute radial finger movement) 引導而寫出文字，Cornhill and Smith (1996) 假定在握筆時，個體依賴精確的本體知覺訊息調整最適當的力量進行書寫。而最主要的影響是手指握住筆時，寫字能力的表現主要是靠著手捏著筆去產生位置的改變。

不管是從教育、心理、生理或其他領域，進行影響書寫能力的研究均相當的多，當個體握筆寫字時，未必全然都使用最大力量進行動作表現，對不同粗細或長短線條的處理，可能有時使用大力量有時使用小力量。雖然在寫字表現時不外乎也有空間的問題，但是力量大小的控制，在準確性與變異性的考量之下，是否就是影響寫字表現的情況？以往對寫字能力的相關研究多從運動覺、視覺動作統合、手眼協調等方向進行深入了解，而對於進行寫字作業時個體內在肌肉關節調控與適應的課題，雖有部分研究但尚未有確定的結果。因此，對於力量適應的控制以及年級差異對手寫表現的效應，確實值得深入探討。

## 第二節 研究目的與假設

### 一、研究目的

本研究的主要目的，旨在探討不同書寫能力之國小學童，其手部精細動作在不同用力程度下，力量控制的準確性與穩定性相對於不同年級層的比較。

### 二、研究假設

- (一) 書寫能力與不同年級差異有交互作用關係的存在。
- (二) 不同書寫能力對力量控制準確度的主要效果，有顯著差異。
- (三) 不同年級差異對力量控制準確度的主要效果，有顯著差異。

## 第三節 名詞解釋與操作型定義

### 一、書寫 (handwriting)

書寫為運用寫字工具將必須書寫的材料寫下來，當寫字時如字體大小是否一致、容不容易讀、是否在一條線上以及傾斜的程度等，是分辨寫字能力好壞的依據 (Cornhill & Smith, 1996)。書寫又可稱為手寫、寫字或書寫能力等，本研究中對良好書寫 (good handwriting) 能力之操作型定義為：正確筆劃與結構、字跡端正書寫無誤、能在一條直線上、字的大小能一致、字與字的間隔能一致、沒有或少錯誤、容易辨識以及美觀；不佳之書寫 (poor handwriting) 能力為字跡

潦草、難以辨讀、字體未寫在一條直線上、字的大小不一致、字與字的間隔不一致、筆劃多出或少於正確的字。

## 二、誤差的測量 (measures of error)

在行為的表現中，通常要求個體的動作錯誤能夠最少或愈小愈好，因此在動作結果的誤差測量裡，準確分數 (accuracy score) 就成了動作表現評估的指標 (Schmidt & Lee, 2005)。在誤差的測量裡，主要應包含準確性 (accuracy) 與變異性 (variability)，準確性反應動作的正確程度，而變異性則反應動作控制的穩定。評估動作控制準確性指標包含：恆常誤差 (constant error, 簡稱 CE)、絕對誤差 (absolute error, 簡稱 AE)、整體變異 (total variability, 簡稱 TV)、絕對恆常誤差 (absolute constant error, 簡稱 ACE)；評估動作控制穩定性指標則包含：變異誤差 (variable error, 簡稱 VE)、變異誤差係數 (coefficient of relative variable error, 簡稱 VE-CV)，以上誤差分數，是傳統動作行為學領域裡用來作為動作誤差計算的指標。

## 三、精細動作 (fine motor)

Gallahue and Ozmun (2002) 解釋，所有關於部分人體的準確性動作，均可稱之為精細動作。

## 四、年級的差異

過去傳統討論年級差異時，可能只針對成熟或成長，而本研究所談的認知則有別於以往。年級的差異除了成長與成熟之外，應還包含認知也就是學習狀態。本研究除了並非談

論成長與成熟外，也排除智能不足因素，而要談論比較複雜的認知。根據教育部頒佈之國民中小學九年一貫課程綱要七大領域中本國語文之分段能力指標（教育部，2003），從學習的量上來看，國小一到三年級學童必須認識中國文字1000-1200字，而國小四到六年級學童則必須增加認識中國文字到2200-2700字，隨著年級增加所學課程與內容也隨之增加。再從學習的質上來談，國小一到三年級學童被要求能認識基本筆畫、養成良好書寫習慣、筆順正確以及擁有好的坐姿與握筆姿勢等等；而國小四到六年級學童除必須保持之前的良好書寫各項能力外，另外必須運筆熟練且書寫正確、迅速，能掌握筆畫、偏旁變化和間架結構原理。由此可見，隨著本國基本語文能力養成教育，年級的增加所需習得的能力不論在質上與量上都跟著增加，因此本研究基本假定，年級的差異即代表認知的差異。

#### 第四節 研究範圍與限制

以往對於書寫能力的相關研究，雖然因為不同的影響參數以不同研究對象、不同的實驗設計差異，而有不同的結果，但對於以個體對外力適應的精細動作表現仍是未知數，為了確認動作控制準確能力與書寫能力之相關，本研究以經由教師評定書寫表現且自願參加之二、四、六年級國小學童為研究對象，以了解兒童不同程度捏力準確度與寫字表現的關聯。

本研究之資料收集以 Biometrics 捏力計測量儀為測量工具，於實驗過程中當學童進行練習與實際測量時，要求覆誦

目標捏力大小以假定其確實了解實驗要求；除了力求實驗情境控制外，對於學童的努力也給予精神上的鼓勵。因此，本研究假定實驗參加者均了解目標捏力意義，且均能按照實驗要求盡力完成。

另外，由於認知差異無法以量化呈現，故本研究僅能從教學目標、學生表現以及學習的量與質上做認定。最後，由於本研究為橫向研究（cross sectional study），因此在未來縱貫年級效應上，應注意無法解釋年級改變的研究限制。

## 第五節 研究的重要性

擁有工整美觀字體，對於學生時代求學、成人之後就業以及考試與人際互動，均有正向助益。由於兒童在校進行的課程有超過一半的學習時間，是進行以書寫為主的工作（McHale & Cermak, 1992），不論是抄寫筆記、課堂作業習寫、回家功課等，皆須藉由書寫來完成，且多數學科的定期評量或平日測驗也是採用考試的型態進行，隨著年級的增長，愈來愈多的學科必須倚賴手寫能力作學科學習的輔助，因此書寫能力的重要性不言可喻。對於國小階段兒童，書寫能力的培養更是教育工作者在語文領域的首要教學目標之一。本研究可以了解不同寫字表現兒童，其精細動作力量控制準確情形，以及精細動作控制在年級上的效應，並以此作為國小教師對兒童寫字教學的指導，讓學童能勝任在校期間的各類學科要求。

## 第貳章 文獻探討

本章將以往與本研究相關的文獻加以整理探討，分為第一節、動作程式是否存在；第二節、寫字控制的影響因素；第三節、精細動作控制相關的問題；第四節、書寫能力對學業表現的相關研究；第五節、本章總結。

### 第一節 動作程式是否存在

對於日常生活中的行走、站立、跑步、睡夢時翻身等等行為，每個人似乎天生就會而且再平凡也不過。但是，為什麼個體天生就會這些生物體習以為常的活動？而個體真的天生就會嗎？到底事實的真相是如何呢？

動作程式理論是動作控制理論的核心，其基本假定為個體存在有記憶架構以處理協調動作的控制（Magill, 2004）。傳統的運動行為學經常使用認知心理學中的訊息處理（information processing approach）觀點，來分析探討動作行為與表現之間的問題。訊息處理學派將個體比喻為一部中樞處理器，當不同的外界刺激源進入中樞神經系統後，不同條件的訊息處理到反應動作出現的時間將有差異。這種以訊息處理來解釋動作行為的基礎理論有三：Henry and Rogers（1960）的記憶鼓理論（memory drum theory）、Adams（1971）提出的閉鎖環理論（closed-loop theory）以及 Schmidt（1975）創建的基模理論。

Henry and Rogers（1960）基於動作技能的表現是因為有

神經動作記憶的假定，提出記憶鼓理論。每當個體要執行某一特殊動作技能時，就必須從記憶鼓當中提取動作程式（motor program），而新的技能產生則需透過動作學習與動作程式的記憶來完成。由於這樣的技能表現模式並不強調動作過程的錯誤修正問題，所以常被稱為是一種開放環式（open-loop）的動作控制系統。Adams 於 1971 年提出的閉鎖環理論特別強調錯誤偵測（error detection）與錯誤修正（error correction）的能力，所以其理論的基本假定就是動作的產生必有記憶痕跡（memory trace）與知覺痕跡（perceptual trace）。其中，記憶痕跡為一個簡單的動作程式，負責起始動作的工作；而知覺痕跡則為動作起始後錯誤修正的評估機制，因此動作學習的成效，可以說就是個體的記憶痕跡與知覺痕跡強化的程度。閉鎖環理論最大的問題，在於對大腦記憶容量限制與新動作產生的原因無法作好的解釋。因此 Schmidt（1975）提出基模理論觀點，假定個體藉由回憶基模（recall schema）來啟動動作與確認基模（recognition schema）做動作控制的評估。回憶基模依據初始情境與動作結果兩者為變項，與反應指認確定動作參數之間的關係，提供個體適當的訊息與參數進一步產生動作；確認基模則是依據初始情境與動作結果兩種變項與內在知覺結果之間的關係負責個體動作控制以及動作執行的結果做評估。

近來以成人為研究對象，觀察個體做有特定目標的手臂動作發現，成年人比較容易以過去經驗學習操作新事物。透過練習，成年人能隨心所欲的移動物體，觀其動作表現的變異量也不會太高（Atkeson, 1989）。研究指出，不管是肢體

動力學 (limb dynamics) 或運動學 (kinematics) 現象，均是由存在於中樞神經內的一種動作內部模組 (internal motor models) 為基礎控制過程。一般而言，動作內部模組可以區分為：逆過程 (inverse models) 模式，經由神經命令支配肌肉使行動計畫 (action plan) 修正得更恰當；二為正過程 (forward models) 模式，藉由運動的現象使神經動作命令直接轉換為關節的運動特徵。簡單來說，逆過程模式以回饋方式將運動學資料改變為必要的前臂運動動作；相反的，正過程模式則擔任前饋角色且以力學角度去計算關節的運動來完成相對的改變。

從動作發展的觀點來看，嬰幼兒的各項能力發展起始於他對物體的感覺。瑞士兒童心理學家皮亞傑認為人類的智力是一種生物適應環境的結果，而在人類的生命當中智力會隨著個體與環境的互動而展現出動態的過程以及具發展性的結構。隨著身體的發育成熟，嬰幼兒持續運用身體的感覺及動作來探索整個世界，藉著捏、推、拉、拆、丟等混合動作過程以及結合各種感官來從事學習，當幼兒對周圍的事物有所行動，他才能從累積行動的經驗當中，建立對事物的概念與獲得知識。因此，依據皮亞傑的認知發展理論，兒童認知的發展與動作發展實為息息相關 (Shaffer, 2003)。據皮亞傑的認知概念可將兒童發展分為四個階段：感覺動作期 (0-2 歲)、前運思期 (2-7 歲) 正值入小學前與剛入小學之初、具體運思期 (7-11 歲) 正好為小學就學階段、形式運思期 (11 歲以上)。Gallahue and Ozmun (2002) 將個體從誕生開始其動作發展的形態分為反射動作 (reflexive movement) 期、初始動作 (rudimentary movement) 期、基本動作 (fundamental

movement) 期以及特殊化動作 (specialized movement) 期等四個階段，而動作發展分期又可區隔出三種動作形式：操作性 (manipulation) 動作、移動性 (locomotion) 動作與穩定性 (stability) 動作。由於所有特殊化動作如球類、體能、生活功能性技能 (如騎車、開車) 等等，都是藉由各種基本動作所組成，所以此三種基本動作能力將影響個體後續特殊動作之發展。

在動作發展的研究中，Thelen et al. (1993) 透過其研究結果發現，嬰兒在身體的質與量上快速成長的同時，神經系統也經歷快速發展的階段。為了學得更快更好的動作技巧，嬰兒必須協調募集的肌肉並與各種作用力交互產生改變。由運動所產生的力矩對於嬰兒初期的影響相當大，但隨著動作的發展，嬰兒會學著去減少由運動所產生的力矩，而使取物的動作更趨於穩定與成熟 (陳重佑、陳帝佑，2002；成戎珠，1994)。以個體、環境、工作任務三者動態交互作用為探討主軸，Shadmehr and Mussa-Ivaldi (1994) 以 8 名成年人為實驗參與者，讓個體在無法預知的外力干擾下畫出正方形，探討在力量適應的過程中逆過程模式所扮演的角色。研究結果發現當外力不存在時，前臂運動軌跡在與外力反方向的情形下，仍然有過度 (overshoot) 的補償現象；而對於未曾做過的動作，只要透過練習，個體仍然可以完成準確的動作。為了了解人們透過手臂運動的方式，去學習取物動作過程中個體對力量的適應，Konczak, Jansen, and Kalveram (2003) 對 39 名 4-11 歲大的兒童以及 7 名大人進行實驗，以了解他們在前臂動作上的適應情況，並檢查這些資料是否能支持人類的大腦在成長過程中，存有一個動態的逆過程模式。從實驗

處理後的運動學特徵顯示效應依然存在，相同的，在沒有外力作用的情況下，前臂動作仍然保有神經的控制程式，並且依然嘗試去產生一種隨時進行補償的機制。基於這樣的觀念，Schneiberg, Sveistrup, McFadyen, McKinley, and Levin (2002) 等人以 38 位 4-11 歲健康兒童以及 9 個成人為實驗參與對象，設計抓握圓錐體並放到指定位置的實驗，以了解手臂移動軌跡平滑趨勢與動作變異性對年級的關係。研究結果發現，當個體因年級增長日漸成熟，動作變異程度下降且內在關節協調更趨一致。

綜上所述，對於個體動作的學習以及動作發展過程中，動作程式似乎並非僅僅只是單獨在腦部獨立運作、思考、記憶並命令運動器官完成動作，而是個體透過運動器官並經由外在環境回饋所共同交互作用的結果，透過個體的成熟，神經控制機制與外在回饋等力量，將使個體的適應能力更好。

## 第二節 寫字控制的影響因素

尋找手寫能力的控制機制一直是動作控制領域很重要的課題之一 (Magill, 2004)。當人們做連續動作時，通常需藉由動作程式來處理時間與空間的問題 (Stelmach & Teulings, 1987)。書寫能力 (handwriting) 是一連串運筆軌跡的結合呈現，即使只是單純複製一個符號，書寫的表現仍須透過動作程式來完成 (Teulings & Schomaker, 1993)，而書寫能力也接受回饋機制的訊息做適度修正 (Konczak, 2003)。對於在學期間的兒童來說，有許多研究證明書寫能力對於兒童的

學習確實有影響。McHale and Cermak (1992) 透過對 6 個國小班級詳細紀錄整天的活動時發現，約有 30%-60% 的在校時間是花費在以書寫為主要操作的事情上。因此對於兒童來講，擁有良好書寫能力將使學習變得事半功倍。影響書寫能力的相關研究有很多，茲整理以下：

#### 一、運動覺 (kinesthesia)

運動覺是一種來自個體內部肌肉、關節、韌帶，對物體重量、手臂關節空間位置察覺的能力 (洪蘭, 2003)，從運動覺的觀點看，準確性是影響書寫能力的重要因素，他對兒童習字時握筆的壓力與位置提供訊息 (Benbow, 1995; Cuninham Amunsson, 1992)。Konczak, Jansen, and Kalveram (2003) 對 4-11 歲大的兒童以及成年人進行實驗，嘗試在外力干擾之下，完成前臂動作適應的研究，透過動作角度的分析證實，指出兒童隨著年齡的增加可能使其動作變異性減少，在工作同時接受回饋訊息以對表現不斷做適度修正。Schneck (1991) 研究有運動覺障礙的一年級兒童在手寫作業上的表現指出，這些兒童因為運動覺的功能不足結果大多會有笨拙的握筆姿勢以及寫字速度慢等現象。因為身體知覺系統能對動作提供立即有效的回饋訊息，故對於握筆動作的修正以及精確動作引導甚至比視覺輸入更加重要。

由於運動覺的測量不易，結果使得一些有關手寫能力表現的研究產生問題。Ziviani, Hayes, and Chant 在 1990 年使用南加州知覺統合測驗 (Southern California Sensory Integration Test, 簡稱 SCSIT) 對脊髓突出症 (myelomeningocele) 兒童測試後發現，運動覺與寫字表現

有關聯。但 Tseng and Murray 等人在 1994 年以 3-5 年級臺灣兒童對寫字時的知覺動作進行測量時，卻發現相反的結果。用 SCSIT 檢測運動覺，並沒有辦法對兒童字跡的辨讀提出合宜的解釋，而且對於兒童寫字能力的好壞判定，也難以做有效的評定。

## 二、手眼協調 (eye-hand coordination)

兒童的讀寫能力除了需要建立在語言、認知基礎之上，動作的控制與手眼協調發展也是輔助兒童書寫能力重要因素。進行書寫工作時，於動作初始就需要明確的視覺訊息作為參數，例如要把字寫在一條基準線上時，就必須靠視覺不斷協助手部動作做修正。由於視覺所提供的訊息對書寫工作具有影響性，當缺乏視覺時潦草的字跡也就出現 (Cornhill & Smith, 1996)。

動作準確測驗 (The Motor Accuracy Test, 1989, 簡稱 MAC) 是一種對兒童描圖準確能力的測驗，同時它也可以測出個體的動作控制能力，此測驗的得分依據主要以追蹤描摹曲線的速度與停留在線上的時間為參考 (Ayles, 1989)。Tseng and Murray (1994) 用 MAC 對臺灣三到五年級不同書寫表現的學童進行測驗，所得結果指出手眼協調對寫字表現有影響，但並非全部。只有當運動覺缺乏時，手眼協調的作用才會顯得更加吃重。

## 三、認知

當人們從事與知覺、思考、回憶、了解等相關的行為，其心智活動、處理運作的集合稱之為認知 (Ashcraft, 2004)。

兒童在進行書寫工作時，他動用了握筆、運筆、知覺能力，配合精細動作發展與手眼協調，由中樞神經系統去提取字的基本了解與記憶，然後才依據工作需求與環境因素，確認要寫的字體、筆順、筆劃、字義、拼音等等，最後完成寫字表現。Christensen (2004) 指出，拼字概念正確再結合精細手寫控制能力，才能展現出良好的拼字工作；而正確的拼字行為以及學童的高創造力，又與良好的寫作組織能力有強烈相關。

#### 四、視覺動作統合 (visuomotor integration)

不同的感覺刺激透過各神經系統做適當的組織整合，再由中樞神經系統啟動，使個體能與環境接觸做出行為並感到滿意，即為感覺統合 (高麗芷, 2001)。良好的感覺統合能讓人較容易從事閱讀、書寫、計算、組織等學習活動，透過好的感覺統合，個體擁有自我控制、概念理解並建立自信。

視覺隸屬於感覺統合一項，而視覺動作統合則指個體能把由視覺接收而來的訊息，經過心智上的操作最後以手部的動作來表現出此完整歷程的能力。根據兒童發展觀點，兒童在幼稚園大班的後半年視覺動作控制的能力應已發育完全，而視覺動作統合對兒童在進行抄寫工作或改變書寫字體時是一個重要的變數 (Cornhill & Smith, 1996)。Graham and Weintraub (1996) 文獻回顧時指出，當兒童進行抄寫工作時，在腦中必須先浮現字體的形狀、確認字義並用書寫工具把要抄寫的材料複製，若缺乏視覺訊息，則寫字速度變慢、易錯，且要把字體寫在同一水平線上的安排也變得更加困難。Rubin and Henderson (1982) 用 Bender (1946) 的視覺動作完形測

驗 ( Visual Motor Gestalt Test ) 對兒童做視覺動作統合測驗，發現手寫表現較差的兒童 ( poor handwriters ) 在此測驗中的得分都比手寫表現好的兒童 ( good handwriters ) 來得低；而 Maeland ( 1992 ) 以視覺動作統合發展測驗 ( Developmental Test of Visual-Motor Integration, 簡稱 VMI ) 對四年級兒童所做的測驗中發現，VMI 對手寫表現具有高度的預測力。在多項書寫的相關研究裡發現，即使用不同的測量方法，VMI 的表現與筆跡的易讀性有適度的關聯；VMI 得分較高者，其書寫作業能力也會比較好 ( Sovik, 1975, 1981; Maeland, 1992; Weil & Cunningham Amundson, 1994; Tseng & Murray, 1994 )。

#### 五、手部操作 ( in-hand manipulation )

Cornhill and Smith ( 1996 ) 指出，精確而且快速操作寫字工具是完成書寫工作的必要條件。熟練的寫字動作主要藉由肘、腕關節肌肉，以最穩定的狀態不斷進行收縮與放鬆來呈現，其間透過拇指與其他手指的彼此調和，讓個體能用筆在書寫材料上完成寫字動作。根據 Levine, Oberklaid, and Meltzer ( 1981 ) 的研究，手部操作能力有障礙學童，可能是由於缺乏本體感受器的即時回饋訊息，結果導致從事寫字工作時，動作顯得笨拙甚至寫字表現較差。

在握筆執行寫字工作時，由於手指的微幅放射動作 ( minute radial finger movement ) 引導而寫出文字，Cornhill and Smith ( 1996 ) 假定在握筆時，個體依賴精確的本體知覺訊息調整最適當的力量進行書寫。雖然運筆時的觸覺或運動覺回饋相當的不同，但有許多研究者假定手部操作能力的發展對於手部本體知覺，兩者間具有高度相關 ( Benbow, 1995;

Case-Smith, 1991; Jennerod, Michel, & Prablanc, 1984; Levine, 1987; Stilwell & Cermak, 1995; Humphry, Jewell, & Rosenberger, 1995; Pehoski, 1995)，此類研究雖然已經有人探究，但尚未有確定的結果。對於內在肌肉控制能力與手寫表現的課題，目前似乎還有相當多可以再努力的空間。

### 第三節 精細動作控制相關的問題

Levine, Oberklaid, and Meltzer (1981) 對小學中高年級和國中學童研究指出，此一階段學童面臨大量閱讀以及更多的書寫工作，因為需處理更多的學業要求，兒童需要能更有效率的展現自我能力以解決問題。而因為課業壓力的加重，導致學童出現學習被動或突然的改變。值得令人注意的是書寫的內容長短與表達方式，造成學童書寫表現的直接困擾。Levine, Oberklaid, and Meltzer 還認為有書寫表達障礙學童，除了完成家庭作業吃力、寫作困難，甚至導致容易被嘲笑或影響社交能力與活動。因為有許多學科的定期評量或平日測驗都須透過書寫來完成，因此書寫能力的重要性不言而喻。按照 Gallahue and Ozmun (2002) 對兒童發展的分期看，兒童的基本動作有操作性技巧、移動性技巧與穩定性技巧。相較於移動性與穩定性技巧，手指間的運動屬於小肌肉活動。精細動作的發展是書寫技能不可或缺的要件，包括指間協調、小肌肉發展、手眼協調以及握筆、運筆能力等 (Lamme, 1979)。根據以往的研究，手部操作能力在性別上並沒有顯著的差異，但是當兒童隨著年級增長而漸趨成熟時，其手指移

動速度也隨之加快 (Pehoski, Henderson & Tickle, 1997)。Tseng and Hsueh (1997) 以臺灣臺北地區國小二到六年級在籍學級兒童 1525 人為對象，進行中文書寫工作表現測驗。研究中發現隨著年歲漸增，兒童的手寫速度表現也跟著變快。Schneiberg 等人 (2002) 研究發現，成人伸手取握固定不動的物體時，其運動覺相當的穩定與刻板 (stereotyped)，個體因成熟而展現動作變異程度下降，且關節內在協調更趨一致。不過本研究中指出運動覺的成熟速率並非如同以往研究，與年級的增長呈線性關係。

#### 第四節 書寫能力對學業表現的相關研究

Gardner (1983) 的多元智慧理論 (the theory of multiple intelligences) 肯定每個人天生擁有多種智慧能力，認為每個人具有語文、空間等八大智慧，而語文智慧又包含了口頭語言及書寫文字的能力。當兒童逐漸成熟入學開始接受教育，其書寫流暢能力會逐漸提升。事實上對於就學期間的兒童，不管是字彙增加或字義擴充變得更複雜，書寫能力一直是重要的結合表現技能 (Tseng & Hsueh, 1997)。

依據教育部「國民中小學九年一貫課程語文學習領域」頒定之課程綱要 (教育部，2003)，國小學童應被培養具備良好聽、說、讀、寫、作等基本能力，能使用語文充分表情達意以解決問題，並培養學生有效應用中國語文，從事思考、理解、推理、協調、討論、欣賞、創作等活動。當兒童入學接受基礎教育時，對於低年級兒童 (前三年) 的書寫能力主

要以培養熟練、流暢並能運用以處理學校課業為目標(Laszlo & Broderick, 1991; Maeland & Karsdottir, 1991)。Tseng 等人(1997)指出，透過書寫能給予兒童把所學所知展現於外的機會。對於不能有效以書寫來表達的兒童，常因為無法即時寫完試卷或測驗，結果這類兒童只好選擇以簡短詞彙表達或作答。當升上較高年級時，因為要大量閱讀以學習更多的課程，為了應付愈來愈多的寫作功課，兒童需要展現更有效率的能力來解決這些需求。因此若有良好的書寫能力，則可以處理繁重的課業而不必花費太多的力氣，而且優異的書寫能力還能幫助兒童在寫作的過程中自動化，不會干擾文思、想法。

正確的拼字概念與精細手寫控制能力兩者相結合，才能表現出正確的拼字工作(Christensen, 2004)；而正確拼字與學童的富創造性又與良好的寫作組織能力有強烈相關(De La Paz & Graham, 1995)。不管是小學或者國中階段，當出現低學業成就時，身為家長或學校老師都相當憂心。Levine 等人(1981)調查指出，在小學高年級和國中階段有低學業成就問題者，雖然早期不一定會有明顯的基礎發展失調症狀，但一般會有語言表達、精細動作控制(fine motor tasks)、手指感官辨別能力喪失(finger agnosia)、注意力以及記憶取回(retrieval memory)等問題。

## 第五節 本章總結

人的一生離不開寫字，能寫得一手好字的人在求學、考

試、求職甚至與人交往過程中，總是佔了一些優勢。

不論是教育部於八十二年所公佈的新課程標準或現在如火如荼執行的九年一貫課程綱要，國小教育階段的兒童在語文領域範疇內，識字、寫字能力必須和聆聽、說話、閱讀等其他能力結合，以期能增進語文學習的深度與廣度，進而培養學童自學能力。為了勝任各項學科的學習要求，兒童被期望擁有良好的書寫能力。

根據研究，大約有 10-30% 的國小兒童出現書寫障礙這樣的困擾 (Rosenblum, Parush, & Weiss, 2003; Karlsdottir & Stefansson, 2002)。在國小求學階段因為幾乎有將近一半以上的時間，兒童必須藉由書寫去表達、學習以及完成作業 (McHale & Cermak, 1992)。因此寫字表現不佳者常常會直、間接被認為不專心、偷懶或無心課業。而對於每天老師所交代的回家功課，寫字能力好的兒童可能半小時內早早寫完，但對於有寫字困難兒童，可能花費了加倍於同儕的時間卻得不到好成績，無形中寫字這一項工作成了有寫字困難兒童逃不掉的夢魘，也容易影響他們的學業成就與自尊。

良好的書寫能力並非自然生成，藉助運動覺、手眼協調、認知、視覺動作統合以及手部操作等諸多能力，透過教育與學習才能使寫字工作自動化且表現更好。在文獻的整理與回顧之中，對於影響寫字能力的諸多因素裡，握筆姿勢、寫字作業內容或寫字教學研究等已有多人從事研究，寫字速度也因年級的增長而變快，但手部控制能力對書寫表現間的探討以及年級上的效應卻尚未實施，因此找出精細動作控制能力與書寫表現間關聯，應是一項有意義與實用價值的研究。

## 第叁章 研究方法與步驟

本研究依研究問題所需，在研究方法與步驟上分為：第一節、實驗參加者；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗儀器設備與場地佈置；第四節、實驗步驟；第五節、資料的收集與統計處理。

### 第一節 實驗參加者

本實驗參加者為健康、無過動、無學習障礙之二、四、六年級在籍學童，實驗前經由 6 位專家教師評定，平均區分為字跡美觀整齊與字跡潦草難認兩組，各年段各 20 名共計 60 名。研究者對每位實驗參加者及其家長或監護人說明實驗流程與步驟，並簽署「參與學術研究家長同意書」，且於正式研究開始之前，請家長或監護人對其子女是否有肌肉張力或代謝異常等問題進行勾選。

所有實驗參加者於研究進行期間，依研究者要求完成三種不同之寫字表現。完成之書寫作品交由另 6 位專家教師對於實驗參加者字跡，以 Cornhill and Smith (1996) 和 Tseng (1993) 等人研究，對書寫能力判定標準為參考，於 7 天內按照 6 項標準進行兩次評分，以確定實驗參加者區分為字跡美觀整齊與字跡潦草難認兩組分組之可信度。6 項評分標準為：是否在一條直線上、字的大小是否一致、字與字的間隔距離是否一致、錯誤的有無與錯誤程度、是否容易辨識以及是否美觀。

根據兩次評分結果發現，因 6 位專家教師於評定六年級組某實驗參加者時變異過高，故該實驗參加者捏力表現資料予以淘汰。最後所蒐集資料，實驗參加者共 59 人，其中女生 31 人，男生 28 人。二年級組平均年級為  $8.20 \pm 0.39$  歲，四年級組平均年級為  $10.25 \pm 0.33$  歲，六年級組平均年級為  $12.19 \pm 0.25$  歲。

## 第二節 實驗時間與地點

為確認本研究實驗流程及相關細節，依實際需求前測時間定於中華民國九十四年一月二十日至一月三十日。前測所得資料經過分析、檢討與修正後，正式實驗時間定於中華民國九十四年三月十日至三月三十日。在考量實驗參加者內在效度能有較高水準的表現，並且不造成實驗參加者對陌生環境的不安，依本研究需求，實驗地點安排在臺中縣太平市東平國小校園內，自行佈置一不受外界干擾之實驗室。

## 第三節 實驗儀器設備與場地佈置

依本研究設計需求，使用之實驗儀器與設備包含測量部分與資料處理部份，：

一、測量部分：

- (一) 採用 Biometrics 捏力計測量儀進行實驗，以 Biometrics 公司 E-LINK 訊號處理系統資料收集。
- (二) COMPAQ Evo N610v 攜便式終端訊號處理系統乙部。

(三) Nikon Coolpix 4300 數位相機。

(四) 其他：如同步多功能紀錄碼表、滑鼠等。

二、資料處理部份：

(一) SPSS for Windows 10.0 版統計分析軟體。

(二) Microsoft Excel 2000 版資料分析系統。

為使本實驗可以有效進行，針對實驗器材裝置地點與實驗場地安排，場地布置如圖 1。實驗參加者到達後，由研究者對其說明實驗流程與注意事項。實驗參加者於接受說明與指導後，進行不同目標力量之測試工作。



圖 1：實驗檢測現場。(a)檢測全景(b)實驗參加者的捏握情況。

## 第四節 實驗步驟

以肌肉短時間內反覆工作觀點，100%最大力量只能施做一次，假定最大力量 80%約能反覆 5-8 次，最大力量的 50%則約能反覆 15 次，而最大力量的 25-40%則是反覆動作時較不易造成個體疲勞的一個範圍 (Bompa, 2001)。觀察人們從事一般寫字工作時，發現寫字持續時間可以長達數十分鐘，或是寫出的字數可達到數百字甚至更多。以如此的觀察結果，本研究假定個體進行寫字工作時，其手部小肌肉所使用的力量介於個人最大力量的 15-40%，故本研究以個人最大捏力平均值之 15%、25%以及 38%進行模擬力量測試。

本研究於實驗進行前，請專家教師評定學童字跡，篩選出二、四、六年級兒童字跡美觀整齊與字跡潦草難認兩群組，並從中徵詢自願參加者。在前測或正式實驗之前，均事先取得每一位實驗參加者監護人的實驗同意書。為使正式實驗進行時的整個流程能更加確定，故於正式實驗前先進行預備測試。

不論預備測試或正式測驗，實驗參加者在報到後，先聽取實驗流程與注意事項，然後參加不同程度捏力實驗之測試。研究者對實驗參加者說明關於實驗的整個操作流程，包括儀器操作方法、面版數值代表意義、練習次數、實驗施做次數、每次實驗動作與實驗過程中的休息時間、依據研究者所告知的目標力量(個人最大捏力平均數 15%、25%以及 38%力量)執行該次施力動作，以及在每一次完成動作後，依據電腦所顯示的數據來修正下一次的動作，並提醒實驗參加者執行捏力測驗時，要聽從研究者之指令開始動作，實驗流程

如圖 2。



圖 2：實驗流程圖

## 第五節 資料的收集與統計處理

本研究之運動學資料是以 Biometrics 公司 Biometrics E-LINK 訊號處理系統進行資料收集，通過恆常誤差 (CE)、變異誤差 (VE)、絕對誤差 (AE)、絕對恆常誤差 (ACE)、整體變異 (TV) 和變異誤差係數 (VE-CV) 等，相對於不同力量大小的控制精確度做誤差分析 (error analysis)。以下對評估動作表現的誤差測量參數做名詞解釋：

### 一、恆常誤差 (constant error, 簡稱 CE)

為工作力量偏差 (deviation) 之指標 (Schmidt & Lee, 2005)，本研究將工作測試的力量與實驗要求的目標力量相減，並計算其平均值，其計算公式如下：

$$CE = \frac{\sum(x_i - T)}{n}$$

$x_i$  為第  $i$  次的力量， $T$  為目標力量， $n$  為試做次數。

### 二、絕對誤差 (absolute error, 簡稱 AE)

為工作測試的力量與實驗要求的目標力量相減，並取絕對值加總平均 (Magill, 2004; Schmidt & Lee, 2005)，所得的數值是絕對值後的結果，目的為測量動作表現的準確性，其計算公式如下：

$$AE = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - T|}{n}$$

$x_i$  為第  $i$  次的力量， $T$  為目標力量， $n$  為試做次數。

### 三、變異誤差 (variable error, 簡稱 VE)

為目標力量的不一致性 (inconsistency) 指標 (Schmidt & Lee, 2005)。本研究計算實驗參加者在各工作力量重複施做的平均值，並將每次的工作力量減去此一平均值、平方、加總、除以工作次數、開平方，是為代表工作力量一致性的變異誤差，其計算公式如下：

$$VE = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{n}}$$

$x_i$  為第  $i$  次的力量， $M$  為試做  $n$  次的平均力量， $n$  為試做次數。

### 四、變異誤差係數 (coefficient of relative variable error, 簡稱 VE-CV)

由於實驗參加者工作表現的目標力量有所不同，而去直接探討變異誤差就有立足點是否一致的考量，因此，研究進一步將變異誤差除以實際工作的目標力量再乘 100，是為變異誤差係數，其計算公式如下：

$$VE-CV = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{n}} \times \frac{1}{M} \times 100 = \frac{VE}{M} \times 100$$

$x_i$  為第  $i$  次的力量， $M$  為試做  $n$  次的平均力量， $n$  為試做次數。

### 五、整體變異 (total variability, 簡稱 TV)

為測驗工作的整體誤差，本研究採以均方根誤差 (root mean square error) 分析來表達實驗參加者之於工作目標的整體變異。Schmidt and Lee (2005) 也特別根據整體變異的公式定義加以指出，整體變異乃變異誤差平方與恆常誤差平

方總和的平方根，或以公式表達如下：

$$TV = \sqrt{\frac{\sum (x_i - T)^2}{n}} \quad \text{或} \quad TV^2 = VE^2 + CE^2$$

$x_i$  為第  $i$  次的力量， $T$  為目標力量， $n$  為試做次數。

由於整體變異內含兩種參數，若恆常誤差低則表示動作表現接近目標力量，則整體變異就可以進一步協助詮釋變異誤差。而如果恆常誤差高則表示動作表現離目標力量大，那麼整體變異就反應了動作表現的準確性。但是若恆常誤差與變異誤差兩者差異不明顯，則整體變異就用以說明恆常誤差與變異誤差兩者共同作用的參考。

#### 六、絕對恆常誤差 (absolute constant error, 簡稱 ACE)

以恆常誤差作為偏差的依變項，可是恆常誤差的數值往往會產生實驗參加者間的正值與負值相互抵銷因素，因此，本研究對於恆常誤差進行絕對值的轉換計算，是為絕對恆常誤差。Schutz (1997) 也特別指出絕對恆常誤差乃實驗工作力量與實驗要求的目標力量差值的平均數，所以，可以用絕對恆常誤差作為準確度 (the measure of accuracy) 的參考。絕對恆常誤差公式表達如下：

$$ACE = | CE |$$

本研究統計方法採用 2 (書寫表現) × 3 (年級) 獨立樣本二因子變異數分析，顯著水準  $\alpha$  定為 .05 (林清山, 1992)。

實驗數據經變異數分析後，兩因子間若有交互作用存在，則進一步比較單純主要效果，並計算實驗處理效果（effect size，簡稱 ES）（Thomas, Salazar, & Landers, 1991）。不同年級若達顯著差異，則採用 Duncan 進行事後比較。

## 第肆章 結果與討論

本研究的主要目的，在於探討書寫能力在不同捏力控制準確度的年級差異，實驗所得數據經處理後，結果與討論共分為三部分加以說明：第一節、書寫表現與最大捏力的測驗；第二節、捏力控制準確性的差異；第三節、捏力控制穩定性的差異；第四節、綜合討論。此外，本研究統計方法採用  $2 \times 3$  獨立樣本二因子變異數分析，故每節結果的陳述均先探討不同寫字表現與年級的交互作用，交互作用達顯著後則進一步比較單純主要效果。但若無交互作用產生，則比較寫字表現與年級兩因子的主要效果，並探討動作準確性與穩定性的數值。

### 第一節 書寫表現與最大捏力的測驗

研究為了探討寫字表現在不同捏力控制準確度的年級差異，首先通過班級老師挑選字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組學童共 60 人，並徵得家長同意成為實驗參加者。為了確認班級老師對實驗參加者分組的效度，故每一位實驗參加者於進行捏力測試之前，先進行「永」字與「媽」字的寫字工作，而後再邀請另 6 位專家教師對所有實驗參加者之字跡，採用以下 6 個標準進行再次確認：字體是否在一條直線上、字體的大小是否一致、字與字的間隔距離是否一致、錯誤的有無與錯誤程度、字跡是否容易辨識以及字體是否美觀。所有實驗參加者之「永」字字跡摘錄如圖 3 所示。

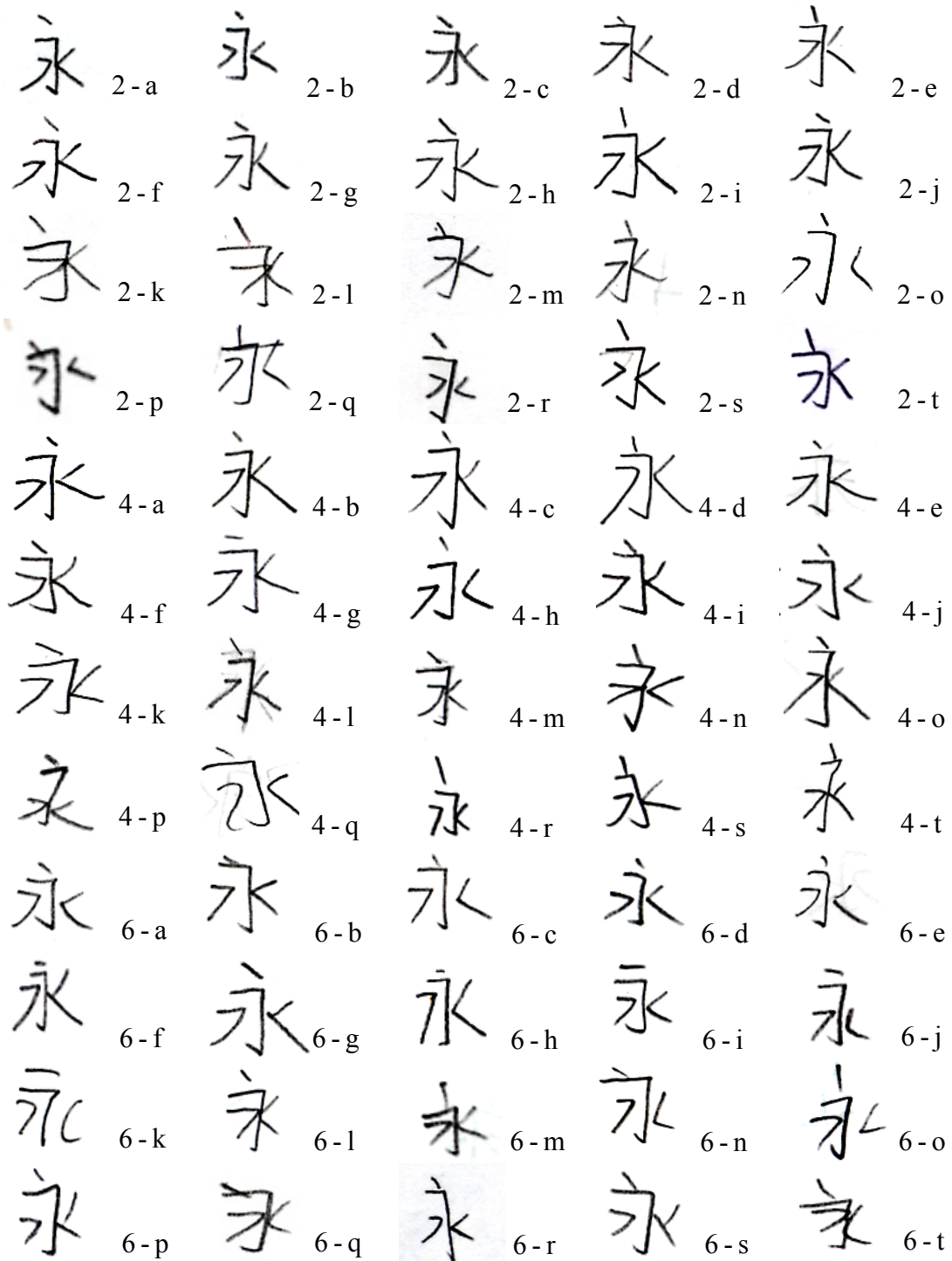


圖 3：所有實驗參加者「永」字正楷書寫字跡摘錄。2 為二年級；4 為四年級；6 為六年級；a-j 為字跡美觀整齊組；k-t 為字跡潦草難認組。

在書寫表現再確認的鑑別結果顯示，2-f、4-e 和 6-g 是 6 位評判者評定為字跡最漂亮整齊組。再觀察圖 3 發現，字跡潦草難認組的書寫表現，普遍有字體歪斜、字體空間結構不平均、某部分特大或過小、筆畫會抖或者超出格子的現象。這樣的結果說明，若學童有書寫表現障礙，除了可能是因為空間、認知、坐姿等問題以外，也有可能是因為手部小肌肉力量控制的困擾所造成。透過上述再次檢視過程，6 位擔任再次確認書寫表現之專家教師，對於實驗參加者 6-j 書寫工作表現之判定有較大的不一致觀點，為免影響研究分組結果故予以刪除此一資料。

研究以二、四、六年級之國小學童，進行三種目標捏力測驗。而進行三種目標力量測驗之前，每位實驗參加者必須先試作 5 次最大捏力。最大力量的測驗係每位實驗參加者在拇指與食指相互作用的最大捏力表現下，分別施做 5 次之力量控制能力測驗，所得資料求取平均值與標準差。另外，林清山（1992）認為為了瞭解不同的團體在內部的差異比較，若直接比較其標準差恐有立足點不同的問題，故也須計算出各團體之相對差異係數（coefficient of relative variability，簡稱 CV），以進一步互相比較。本研究希望對各年級組的個別差異進行瞭解，故同時計算其相對差異係數，其描述性統計值如表 1 所示。

根據表 1 結果顯示，二年級最大力量平均值在字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組分別為  $2.42 \pm 0.68\text{kgw}$ 、 $3.24 \pm 1.06\text{kgw}$ ，四年級最大力量平均值在字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組分別為  $3.02 \pm 1.11\text{kgw}$ 、 $2.91 \pm 0.86\text{kgw}$ ，而六年級字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組之最大力量平均值（ $4.20$

± 0.79kgw、4.51 ± 0.73kgw) 就表面看來則高於其他兩組。

表 1：不同年級各組最大捏力之平均數、標準差與變異係數

參數	字跡美觀整齊		字跡潦草難認		ANOVA <i>F</i>		
	平均數	標準差	平均數	標準差	年級 (G)	書寫表現 (W)	G×W
最大力量 (kgw)					17.35*	2.14	1.38
二年級	2.42	0.68	3.24	1.06			
四年級	3.02	1.11	2.91	0.86			
六年級	4.20	0.79	4.51	0.73			
最大力量變異性 (kgw)					2.99	0.00	0.17
二年級	0.23	0.12	0.21	0.08			
四年級	0.22	0.12	0.20	0.09			
六年級	0.29	0.18	0.31	0.14			
最大力量變異係數 (%)					1.09	1.86	1.23
二年級	10.37	7.41	6.70	2.09			
四年級	7.15	2.15	6.81	2.27			
六年級	6.98	4.25	6.79	2.60			

註：\*p < .05

經過  $2 \times 3$  獨立樣本二因子變異數分析後發現，書寫表現與年級的交互作用在最大力量 ( $F_{(2,53)}=1.38$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.05$ ,  $power=.28$ )，並無顯著差異存在，但最大力量之年級主要效果則達到統計上的顯著水準 ( $F_{(2,53)}=17.35$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2=.40$ ,  $power=1.00$ )，故以 Duncan 進行事後比較，結果如表 2 所示，六年級之最大力量大於二年級與四年級，而二年級與四年級的最大力量則無明顯差異。在最大力量之書寫表現因子主要效果 ( $F_{(1,53)}=2.14$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.04$ ,  $power=.30$ ) 並未達到顯著水準，表示書寫表現並不受到最大力量的影響。

表 2：年級在最大力量平均數之主要效果事後比較

年級	最大力量 (kgw)	二年級	四年級	六年級
二年級	2.83	--		*
四年級	2.97		--	*
六年級	4.36			--

註：\* $p < .05$

為了澄清最大力量的穩定性有無年級或書寫表現上差異，故仍必須對最大力量的變異性與最大力量的變異係數進行檢證，若 5 次最大捏力的標準差高，則表示最大捏力動作表現較不穩定。觀察表 1 發現，在最大力量的變異性 ( $F_{(2,53)}=0.17$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.00$ ,  $power=.07$ ) 與最大力量變異係數 ( $F_{(2,53)}=1.23$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.04$ ,  $power=.26$ ) 等參數

上，年級與書寫表現沒有交互作用存在，而最大力量變異性的年級 ( $F_{(2,53)}=2.99$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.10$ ,  $\text{power}=.56$ ) 與書寫表現因子 ( $F_{(1,53)}=0.00$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.00$ ,  $\text{power}=.05$ ) 主要效果也均未達顯著差異。在最大力量的變異係數上，年級 ( $F_{(2,53)}=1.09$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.04$ ,  $\text{power}=.23$ ) 與書寫表現因子 ( $F_{(1,53)}=1.86$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.03$ ,  $\text{power}=.27$ ) 也未達顯著水準，表示兩者並沒有統計上顯著差異的意義，這也說明了本研究的實驗參加者最大力量的動作表現相當穩定，並不因年級不同或書寫表現而有所變異。

從最大捏力的描述統計資料進一步分析，以六年級而論，其最大力量平均值約為 4.36kgw，故六年級 15%目標力量約為 0.65kgw，25%目標力量約為 1.09kgw，38%目標力量約為 1.66kgw。其次以四年級來看，其最大力量平均值約為 2.97kgw，故四年級 15%目標力量約為 0.45kgw，25%目標力量約為 0.74kgw，38%目標力量約為 1.13kgw。最後從二年級來談，最大力量平均值約為 2.83kgw，故二年級 15%目標力量約為 0.42kgw，25%目標力量約為 0.71kgw，38%目標力量約為 1.08kgw。

## 第二節 捏力控制準確性的差異

本研究以三種不同年級之國小學童共 59 人，其中字跡美觀整齊組 29 人與字跡潦草難認組 30 人，進行三種目標捏力測驗。在個人最大捏力平均值 15%、25%和 38%的目標捏力要求下，分別試作 10 次之力量控制能力測驗。藉由資料蒐集

與誤差分析，比較不同年級組學童其書寫能力在捏力控制準確度上的差異。研究在準確性意義的探討，要求實驗參加者盡力達成目標力量後，才去計算與目標力量的差異。各組三種目標捏力測量結果之準確性參數，其平均值與標準差資料如表 3 所示。

表 3：三種目標捏力測試在準確性參數之平均數與標準差

目標力量	字跡美觀整齊		字跡潦草難認	
	平均數	標準差	平均數	標準差
絕對誤差 (kgw)				
15%目標捏力	0.41	0.32	0.73	0.68
25%目標捏力	0.34	0.29	0.65	0.70
38%目標捏力	0.43	0.36	0.62	0.46
恆常誤差 (kgw)				
15%目標捏力	0.36	0.37	0.68	0.73
25%目標捏力	0.24	0.37	0.55	0.77
38%目標捏力	0.19	0.53	0.49	0.61
絕對恆常誤差 (kgw)				
15%目標捏力	0.39	0.33	0.72	0.69
25%目標捏力	0.31	0.31	0.62	0.71
38%目標捏力	0.40	0.39	0.59	0.51

為了檢測不同書寫表現之實驗參加者其工作力量偏差情況，故將工作測試的力量與實驗要求的目標力量相減，並取絕對值加總平均，是為絕對誤差 (AE)；將工作測試的力量

與實驗要求的目標力量相減，並計算其平均值，是為恆常誤差（CE）；又為避免恆常誤差數值的正負值互相抵銷因素，故將恆常誤差施以絕對值的轉換，是為絕對恆常誤差（ACE）。Schutz（1997）也特別指出絕對恆常誤差乃實驗工作力量與實驗要求的目標力量差值的平均數，所以，可以用絕對恆常誤差作為準確度（the measure of accuracy）的參考。由表 3 發現，字跡美觀整齊組在三種目標捏力要求下，其絕對誤差、恆常誤差與絕對恆常誤差之描述性統計值，都比字跡潦草難認組低許多，特別在 15% 以及 25% 的目標捏力情況下，尤其明顯。因此需要對不同書寫表現者，其手部小肌肉力量控制的準確程度，進行統計上的考驗。

#### 一、動作準確性絕對誤差分析

絕對誤差是一種測量動作準確性的誤差分數，其公式為計算工作力量與目標力量的平均偏差後取絕對值，是故無法顯示用力太過或不足的方向性。各組經過 10 次試作（trials）後其正式動作控制的表現比較，以年級與書寫表現之獨立樣本二因子變異數進行分析，各組捏力表現絕對誤差值的二因子變異數分析摘要表如表 4。本研究中，在可以反覆次數最多，且不易疲累的 15% 的目標捏力要求下，書寫與年級交互作用未達顯著差異（ $F_{(2,53)}=0.99$ ， $p > .05$ ， $\eta^2=.04$ ， $\text{power}=.21$ ），顯示書寫表現與年級間無交互作用存在；而年級因子主要效果也未達顯著差異（ $F_{(2,53)}=1.00$ ， $p > .05$ ， $\eta^2=.04$ ， $\text{power}=.21$ ）。但不同書寫表現因子之主要效果則達到統計上的顯著水準（ $F_{(1,53)}=5.21$ ， $p < .05$ ， $\eta^2=.09$ ， $\text{power}=.61$ ）。而在能反覆次數中等的 25% 目標捏力要求下，

書寫與年級交互作用亦未達顯著差異 ( $F_{(2,53)}=0.94$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.03$ ,  $power=.20$ ), 年級因子主要效果也未達顯著差異 ( $F_{(2,53)}=1.27$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2=.05$ ,  $power=.26$ ), 但不同書寫表現因子之主要效果則達到統計上的顯著水準 ( $F_{(1,53)}=4.70$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2=.08$ ,  $power=.57$ )。

表 4：三種目標捏力在年級與書寫表現之絕對誤差二因子變異數分析摘要表

變異來源	MS	F	$\eta^2$	Power (1- $\beta$ )
15%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.28	1.00	.04	.21
寫字表現 <sup>b</sup>	1.48	5.21*	.09	.61
年級×寫字表現 <sup>a</sup>	0.28	0.99	.04	.21
25%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.36	1.27	.05	.26
寫字表現 <sup>b</sup>	1.34	4.70*	.08	.57
年級×寫字表現 <sup>a</sup>	0.27	0.94	.03	.20
38%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.53	3.26*	.11	.60
寫字表現 <sup>b</sup>	0.51	3.15	.06	.41
年級×寫字表現 <sup>a</sup>	0.08	0.05	.00	.06

註： $\eta^2$ =處理效果 (effect size)；\* $p < .05$

<sup>a</sup>df=2, 53；<sup>b</sup>df=1, 53

38%的目標捏力在本研究中為反覆施做次數最少的一種

用力情境，其書寫與年級交互作用也未達顯著差異 ( $F_{(2,53)}=0.05$ ， $p > .05$ ， $\eta^2=.00$ ， $power=.06$ )，因此進一步觀察各因子的主要效果，結果發現不同書寫表現因子 ( $F_{(1,53)}=3.15$ ， $p > .05$ ， $\eta^2=.06$ ， $power=.41$ ) 之主要效果未達到統計上的顯著水準，而年級因子主要效果則達顯著差異 ( $F_{(2,53)}=3.26$ ， $p < .05$ ， $\eta^2=.11$ ， $power=.60$ )，故以 Duncan 進行事後比較，結果如表 5 所示，在最大工作力量要求的情境下，二年級與四年級間以及四年級與六年級間之絕對誤差沒有明顯差異，但六年級動作表現之絕對誤差則比二年級大，說明六年級實驗參加者其動作表現的穩定性較二年級有更多的變異。

表 5：年級在絕對誤差之主要效果事後比較

年級	絕對誤差 (kgw)	二年級	四年級	六年級
二年級	0.37	--		*
四年級	0.51		--	
六年級	0.71			--

註：\* $p < .05$

就交互作用而論，不管在哪一種工作力量，年級與書寫表現之間均未達顯著差異，顯示力量控制在年級與書寫表現並無交互作用存在。再者年級因子方面，在 15%、25% 力量的表現其主要效果未達顯著水準，表示對於小力量與中力量

控制的準確性，與年級的差異並沒有因果關係，而 38% 較大目標力量的動作控制表現在年級因子上則達顯著 ( $p < .05$ )。另外書寫表現因子方面，在 15%、25% 力量的情況下則達顯著水準，代表字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組其動作控制之準確程度有顯著差異，進一步比較不同書寫表現絕對誤差值的平均數發現，字跡美觀整齊組 ( $0.41 \pm 0.32\text{kgw}$ 、 $0.34 \pm 0.29\text{kgw}$ ) 的誤差值，顯著低於字跡潦草難認組 ( $0.73 \pm 0.68\text{kgw}$ 、 $0.65 \pm 0.70\text{kgw}$ )，但在 38% 的工作情況下則又未達顯著水準。

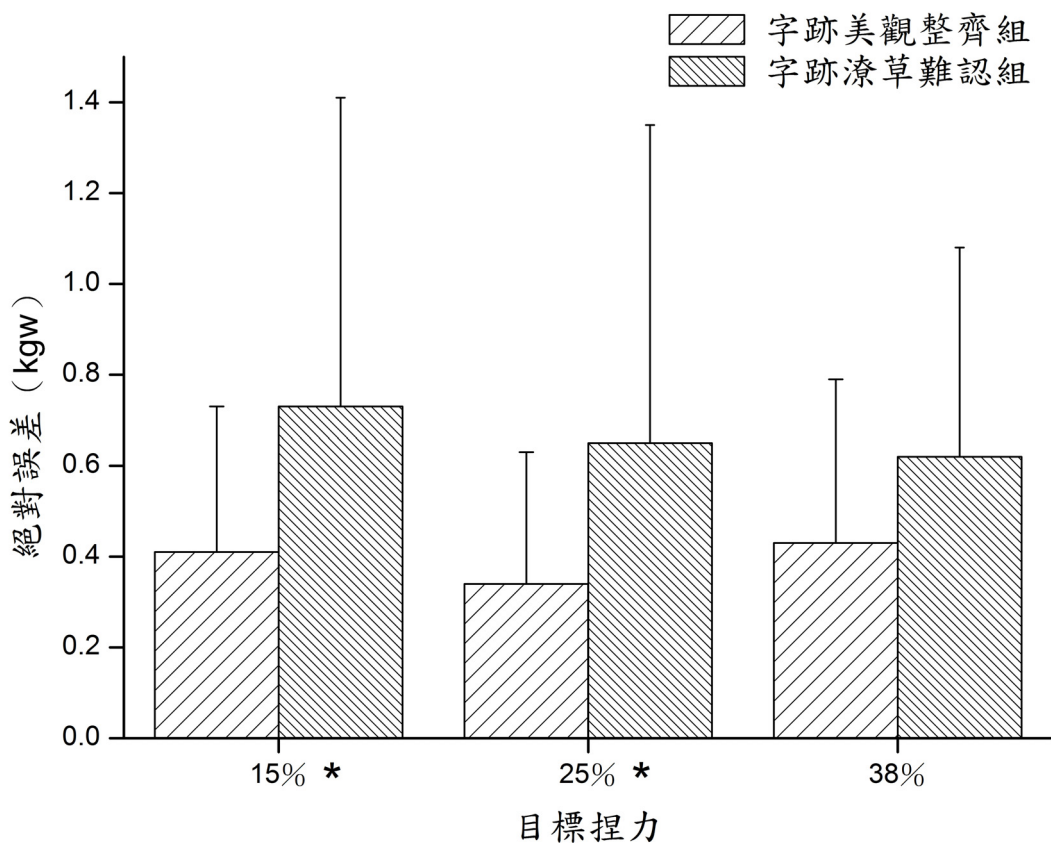


圖 4：工作力量與年級、書寫表現之絕對誤差。

\* $p < .05$

在處理效果 (effect size, 簡稱 ES) 方面, 變異數分析以關連強度 ( $\eta^2$ ) 代表 ES。Kirk (1995) 指出一般在動作行為科學中, ES 值意味著兩組之間因為實驗的操弄而產生的差異, 小於 0.1 者屬於小處理效果, 也就是說不同書寫表現兩組之間就統計上有差異, 但屬於小程度差異。各組在動作準確性的絕對誤差值之平均數, 如圖 4 所示。假定力量小則使用肌肉少, 根據圖 4 顯示, 在 15%、25% 的小力量實驗要求中, 書寫表現的捏力控制準確性已達顯著水準 ( $p < .05$ ), 字跡美觀整齊組的捏力控制準確程度要比字跡潦草難認組來得好, 而較大力量之 38% 工作要求, 兩者差異則不大。

## 二、動作準確性恆常誤差分析

當進行動作準確性測量時, 在統計上首先要考慮恆常誤差值 (CE), 此誤差值為工作力量偏差 (deviation) 之指標 (Schmidt & Lee, 2005)。本研究對工作測試的力量與實驗要求的目標力量相減, 並計算其平均值, 並對年級與書寫表現之獨立樣本二因子變異數進行分析, 各組在三種捏力控制表現恆常誤差值的二因子變異數分析摘要表如表 6 顯示, 在 15% 的目標捏力要求下, 同樣代表動作準確性的恆常誤差值, 書寫與年級交互作用沒有差異 ( $F_{(2,53)}=0.80$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .03$ ,  $\text{power} = .18$ ), 進一步觀察年級因子主要效果也沒有顯著差異 ( $F_{(2,53)}=0.95$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .04$ ,  $\text{power} = .20$ ), 但不同書寫表現因子之主要效果則達到統計上的顯著水準 ( $F_{(1,53)}=4.60$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2 = .08$ ,  $\text{power} = .56$ )。在 25% 的目標捏力要求下, 書寫與年級交互作用 ( $F_{(2,53)}=1.51$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .05$ ,  $\text{power} = .31$ ), 與年級因子主要效果

( $F_{(2,53)}=1.99$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .07$ ,  $power = .39$ ), 以及不同寫字表現因子 ( $F_{(1,53)}=4.00$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .07$ ,  $power = .50$ ) 之主要效果均未達到統計上的顯著水準。

表 6：三種目標掙力在年級與書寫表現之恆常誤差二因子變異數分析摘要表

變異來源	MS	F	$\eta^2$	Power (1- $\beta$ )
15%的目標掙力				
年級 <sup>a</sup>	0.32	0.95	.04	.21
書寫表現 <sup>b</sup>	1.56	4.60*	.08	.56
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.27	0.80	.03	.18
25%的目標掙力				
年級 <sup>a</sup>	0.70	1.99	.07	.39
書寫表現 <sup>b</sup>	1.38	4.00	.07	.50
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.53	1.51	.05	.31
38%的目標掙力				
年級 <sup>a</sup>	0.57	1.74	.06	.39
書寫表現 <sup>b</sup>	1.26	3.83	.07	.49
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.18	0.55	.02	.14

註： $\eta^2$ =處理效果 (effect size)；\* $p < .05$

<sup>a</sup>df=2, 53；<sup>b</sup>df=1, 53

相同的在 38%的目標掙力要求下，書寫與年級交互作用 ( $F_{(2,53)}=0.55$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .02$ ,  $power = .14$ )，年級因子主要效果 ( $F_{(2,53)}=1.74$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .06$ ,  $power = .39$ )，

以及不同書寫表現因子之主要效果也均未達到統計上的顯著水準 ( $F_{(1,53)}=3.83$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .07$ ,  $\text{power} = .49$ )。這樣的結果，說明實驗參加者在較大目標力量的偏差，沒有因為不同書寫表現、不同年級而有所差異。

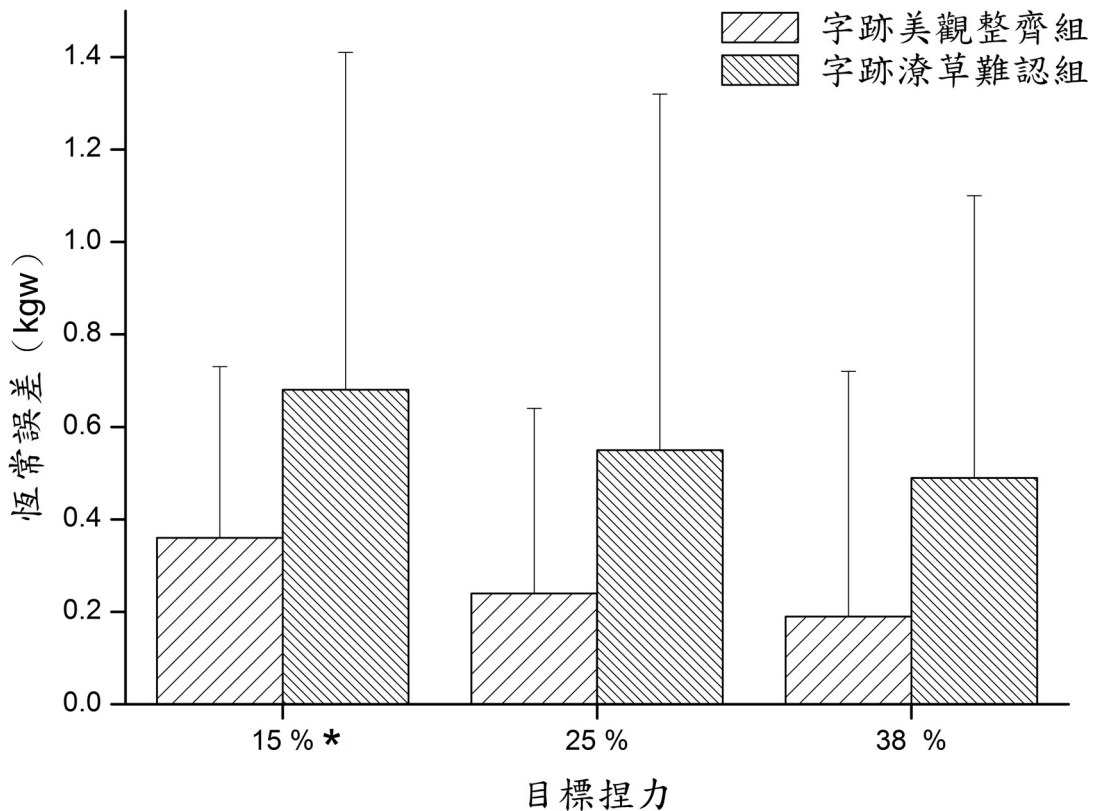


圖 5：工作力量與年級、書寫表現之恆常誤差。

\* $p < .05$

再者，在年級方面，三種目標力量之主要效果亦未達顯著水準，表示年級的差異並非影響動作控制準確性的重要因素。而書寫表現因子在 15% 捏力的情況下達顯著水準，代表字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組其小肌肉動作控制之準確

程度有顯著差異，進一步比較書寫表現的平均數發現，字跡美觀整齊組 ( $0.36 \pm 0.37\text{kgw}$ ) 的誤差值，顯著低於字跡潦草難認組 ( $0.68 \pm 0.73\text{kgw}$ )；而在 25%、38% 的工作力量下，書寫表現因子均未達顯著水準，各組恆常誤差值之平均數如圖 5 所示。由於透過恆常誤差分析，可以看出捏力表現的方向性，而根據圖 5 說明，實驗參加者在進行三種目標力量的控制時，均有用力高過目標力量的現象，而字跡美觀整齊組超過目標力量的差值，則低於字跡潦草難認組。Wann and Nimmo-Smith (1991) 也曾指出，有手寫問題兒童大多因為有握筆時用力過度的困擾。

### 三、動作準確性絕對恆常誤差分析

以恆常誤差作為研究之依變項，由於其數值往往會產生實驗參加者間的正值與負值相互抵銷因素，故本研究對於恆常誤差進行絕對值的轉換計算，是為絕對恆常誤差，並依此作為動作表現準確度之參考。各組在三種目標捏力控制表現絕對恆常誤差值的二因子變異數分析如表 7 所示。經過  $2 \times 3$  獨立樣本二因子變異數分析後發現，在 15% 與 25% 的目標捏力要求下，書寫與年級交互作用均未達顯著差異 (15%:  $F_{(2,53)}=0.98$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .04$ ,  $\text{power} = .21$ ; 25%:  $F_{(2,53)}=1.07$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .04$ ,  $\text{power} = .23$ )，而年級因子主要效果也未達顯著差異 (15%:  $F_{(2,53)}=1.02$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .04$ ,  $\text{power} = .22$ ; 25%:  $F_{(2,53)}=1.05$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .04$ ,  $\text{power} = .22$ )。再進一步觀察不同書寫表現因子 (15%:  $F_{(1,53)}=5.51$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2 = .09$ ,  $\text{power} = .64$ ; 25%:  $F_{(1,53)}=4.56$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2 = .08$ ,  $\text{power} = .56$ ) 之主要效果時，則此兩種工

作力量的絕對恆常誤差均達到 .05 的顯著水準。在 38% 的目標捏力要求下，書寫與年級交互作用 ( $F_{(2,53)}=0.06$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .00$ ,  $power = .06$ )、年級因子主要效果 ( $F_{(2,53)}=2.66$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .09$ ,  $power = .51$ ) 和書寫表現因子之主要效果 ( $F_{(1,53)}=2.39$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .02$ ,  $power = .04$ )，皆未達到統計上的顯著水準。

表 7：三種目標捏力在年級與書寫表現之絕對恆常誤差值二因子變異數分析摘要表

變異來源	MS	F	$\eta^2$	Power (1- $\beta$ )
15% 的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.30	1.02	.04	.22
書寫表現 <sup>b</sup>	1.63	5.51*	.09	.64
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.29	0.98	.04	.21
25% 的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.32	1.05	.04	.22
書寫表現 <sup>b</sup>	1.40	4.56*	.08	.56
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.33	1.07	.04	.23
38% 的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.54	2.66	.09	.51
書寫表現 <sup>b</sup>	0.48	2.39	.04	.33
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.01	0.06	.00	.06

註： $\eta^2$  = 處理效果 (effect size)；\* $p < .05$

<sup>a</sup>df=2, 53；<sup>b</sup>df=1, 53

此一結果雖然說明估算目標力量偏差的絕對恆常誤差，在年級與書寫的交互作用上沒有顯著差異存在，但是就書寫表現因子的主要效果分析看來，對於實驗要求的工作力量，愈是屬於小力量處理部分的絕對恆常誤差值之平均數發現，字跡美觀整齊組的誤差值（ $0.39 \pm 0.33\text{kgw}$ 、 $0.31 \pm 0.31\text{kgw}$ ），顯著低於字跡潦草難認組（ $0.72 \pm 0.69\text{kgw}$ 、 $0.62 \pm 0.71\text{kgw}$ ），也就是說字跡美觀整齊組之準確度顯著高於字跡潦草難認組。而在 38% 的工作要求情況下，此絕對恆常誤差值並未達到顯著水準，各組絕對恆常誤差值之平均數如圖 6 所示。

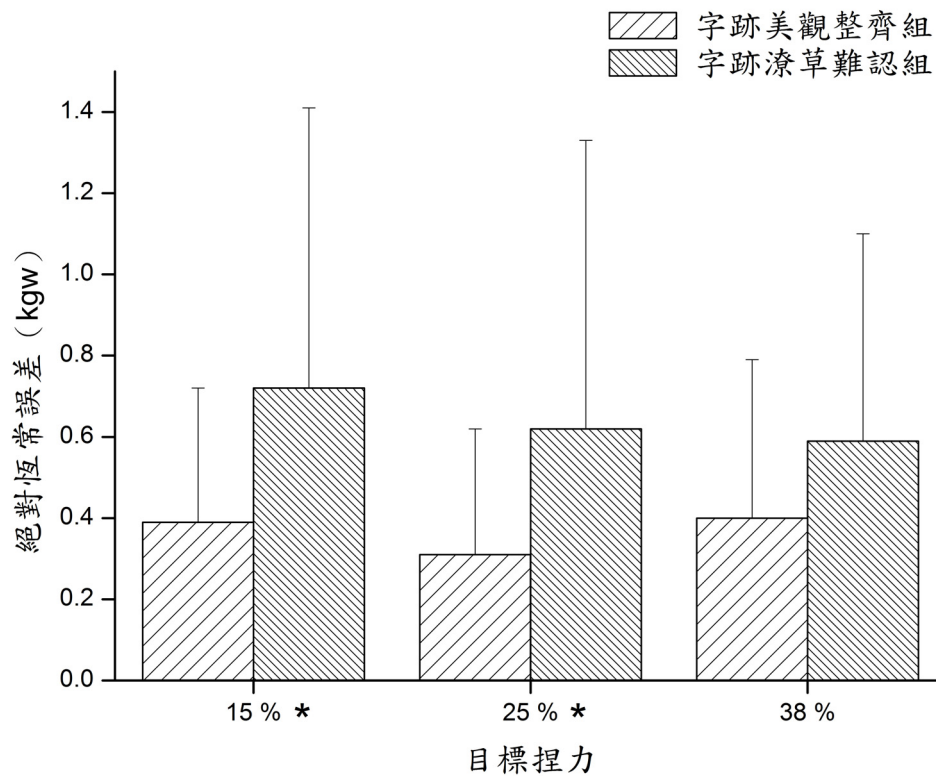


圖 6：工作力量與年級、書寫表現之絕對恆常誤差

\*p < .05

絕對恆常誤差是依據實際捏力與實驗要求目標力量相減的平均數計算，雖然不探討施力的方向性，但卻可以分析出動作準確程度。觀察圖 6 可以瞭解，字跡美觀整齊組在 15% 和 25% 小力量控制的表現，其絕對恆常誤差值均低於字跡潦草難認組，也就是說其捏力控制之準確程度優於字跡潦草難認組。而在 38% 工作力量上，字跡美觀整齊組顯示略低於潦草難認組，但並無統計上的差異存在。

### 第三節 捏力控制穩定性的差異

為了檢測不同書寫表現實驗參加者在工作力量施做的變異情況，本研究以字跡美觀整齊與字跡潦草難認兩種表現，進行三種目標捏力控制測驗，並將所得資料進行分析，探討書寫表現與年級的交互作用。各組三種捏力測量結果之穩定性參數，所得結果描述性統計之平均值與標準差資料如表 8 所示。觀察表 8 發現，變異誤差之全體表現在 15% 與 25% 目標捏力情境下為  $0.24 \pm 0.13 \text{kgw}$ ，在 38% 目標捏力則為  $0.27 \pm 0.13 \text{kgw}$ 。而從描述統計的結果觀察發現，隨著工作力量的增加，變異誤差係數有下降的現象。但再看整體變異之平均數與標準差發現，字跡美觀整齊組其平均數與標準差不論在任何一種工作力量的表現上，均稍低於字跡潦草難認組，但仍無法由直接觀察以得到足夠訊息，故針對年級與書寫表現之變異誤差 (VE)、變異誤差係數 (VE-CV) 與整體變異 (TV)，進一步作統計上的考驗與分析。

表 8：三種目標捏力測試在穩定性參數之平均數與標準差

目標力量	字跡美觀整齊		字跡潦草難認	
	平均數	標準差	平均數	標準差
變異誤差 ( kgw )				
15%目標捏力	0.22	0.11	0.25	0.15
25%目標捏力	0.21	0.10	0.27	0.15
38%目標捏力	0.23	0.11	0.31	0.13
變異誤差係數 (%)				
15%目標捏力	28.19	11.24	24.84	9.21
25%目標捏力	21.00	5.91	20.64	7.00
38%目標捏力	17.09	5.07	19.37	8.22
整體變異 ( kgw )				
15%目標捏力	0.46	0.32	0.78	0.68
25%目標捏力	0.40	0.30	0.70	0.70
38%目標捏力	0.49	0.38	0.70	0.49

一、動作穩定性變異誤差分析

本研究計算實驗參加者在各工作力量重複施做的平均值，並將每次的工作力量減去此一平均值、平方、加總、除以工作次數、開平方，是為代表工作力量一致性的變異誤差，也就是說，這是以計算實際工作力量與整體平均工作力量變

化情形的一種估計值。此方法主要用於測量個人平均工作動作表現的穩定性，而表達動作表現的變異性，但是卻無法反應出動作表現與目標力量的關係。

表 9：三種目標捏力在年級與書寫表現之變異誤差二因子變異數分析摘要表

變異來源	MS	F	$\eta^2$	Power( 1- $\beta$ )
15%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.02	0.90	.03	.20
書寫表現 <sup>b</sup>	0.02	1.07	.02	.17
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.06	0.32	.01	.09
25%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.04	3.06	.10	.57
書寫表現 <sup>b</sup>	0.05	3.36	.06	.44
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.01	0.99	.04	.21
38%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.05	3.36*	.11	.61
書寫表現 <sup>b</sup>	0.09	6.11*	.10	.68
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.07	0.53	.02	.13

註： $\eta^2$ =處理效果 ( effect size )；\* $p < .05$

<sup>a</sup>df=2, 53；<sup>b</sup>df=1, 53

各組在經過 10 次試作後，其正式動作控制的表現資料被蒐集，並以獨立樣本二因子變異數進行分析，在三種目標捏

力控制表現變異誤差值的二因子變異數分析如表 9 所示。經獨立樣本二因子變異數分析後，結果顯示三種目標力量相對於書寫表現與年級間交互作用均未達顯著水準，顯示書寫表現與年級間沒有因果關係。因此再進一步觀察各因子主要效果，結果發現不管是 15% 或 25% 的目標力量，其年級因子與書寫因子之主要效果，都沒有達顯著水準。而在 38% 的目標力量上，年級因子之主要效果達到顯著差異 ( $F_{(2,53)}=3.36$ ,  $p < .05$ ,  $\eta^2 = .11$ ,  $power = .61$ )，故以 Duncan 進行事後比較，結果如表 10 所示。

表 10：年級在 38% 目標力量變異誤差之主要效果事後比較

年級	變異誤差 (kgw)	二年級	四年級	六年級
二年級	0.24	--		*
四年級	0.25		--	*
六年級	0.33			--

註：\* $p < .05$

根據表 10，說明不同年級在較大力量的動作控制表現上，六年級的動作表現有較不穩定的趨勢，因此對於較高年級其動作穩定度反而變得愈差，從變異增加的觀點來看，對於是否要將目標力量偏差情況作標準化就有其必要，且對於愈成熟或愈成長，動作控制能力穩定性會變得愈不好，此一訊息的內涵意義就值得深入探討了。

另外，經獨立樣本二因子變異數分析後發現，本研究中最大力量 38% 的目標力量工作情況下，書寫因子之主要效果也達到顯著差異 ( $F_{(2,53)}=6.11$ ， $p < .05$ ， $\eta^2 = .10$ ， $power = .68$ )。此結果顯示在較大力量的情況下，動作控制穩定性與書寫表現有相關，各組變異誤差值之平均數如圖 7 所示。

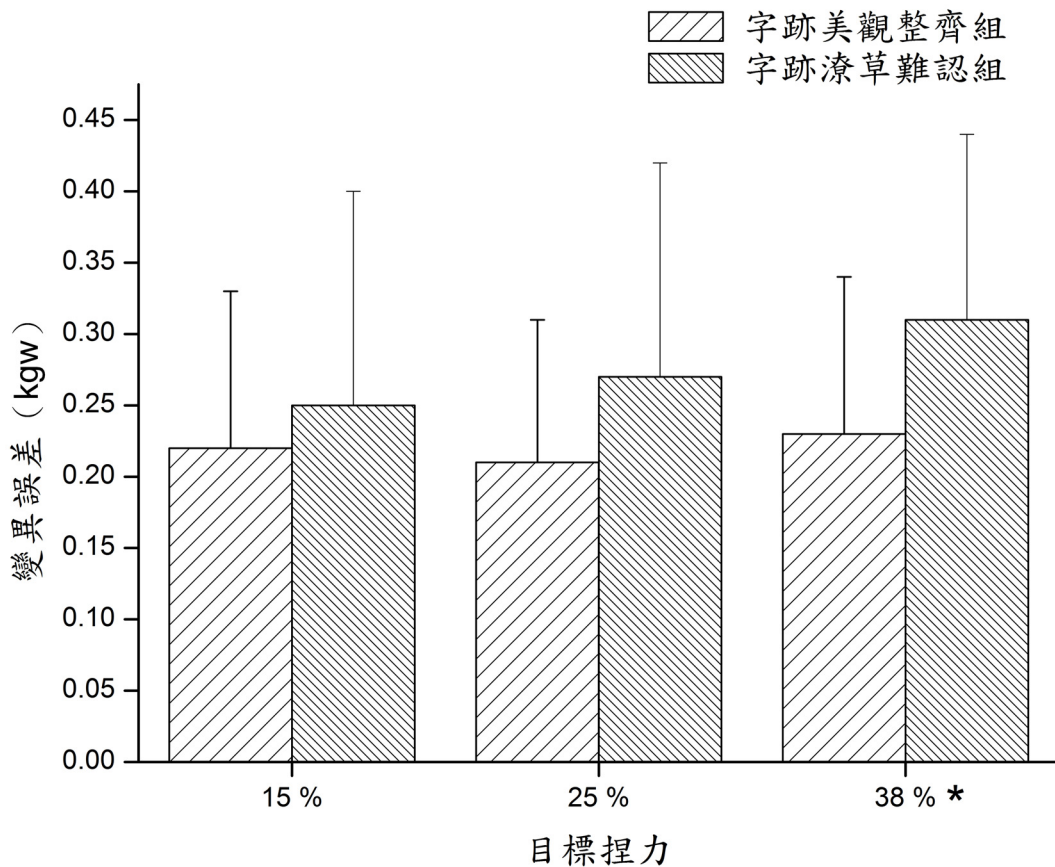


圖 7：工作力量與年級、書寫表現之變異誤差  
\* $p > .05$

由圖 7 發現在 15% 與 25% 目標力量上，字跡美觀整齊組

與字跡潦草難認組在捏力控制的穩定性並沒有差異，不過在 38% 的工作要求下則達到統計上的顯著差異。觀察字體結構，並非所有筆畫所使用力量都是一致的，當個體握筆書寫時可能用力狀況隨時改變，因此對於需使用較大力量時的書寫表現來講，力量控制的穩定應是影響書寫表現的因素。

## 二、動作穩定性變異誤差係數分析

本研究之實驗設計，係以實驗參加者個人最大捏力之平均值，取其 15%、25% 和 38% 等三種目標力量以進行測試。由於實驗參加者工作的目標力量有所不同，而如果直接探討變異誤差就有立足點是否一致的考量。因此，研究進一步將變異誤差除以實際的工作力量再乘 100，是為變異誤差係數，以消彌因立足點不同所帶來的計算干擾。在經過 10 次試作後，實驗參加者正式動作控制的表現資料被蒐集，經獨立樣本二因子變異數進行分析後，結果如表 11。

經獨立樣本二因子變異數分析發現，三種目標力量在書寫表現與年級間交互作用均未達顯著差異 ( $p > .05$ )，顯示書寫表現與年級間沒有因果關係。因此，研究則進一步觀察各因子主要效果，結果發現年級因子與書寫因子之主要效果也未達顯著差異 ( $p > .05$ )，更進一步說明書寫因子在三種目標力量施做時動作控制的穩定性，與年級的差異並沒有因果關係，也就是說力量控制並不因為年級的改變、書寫表現好壞而受到影響。所以，關於個體工作時施力穩定性或一致性問題，並沒有在本研究中產生。各組變異誤差係數之平均數如圖 8 所示。

表 11：三種目標捏力在年級與書寫表現之變異誤差係數二因子變異數分析摘要表

變異來源	MS	F	$\eta^2$	Power(1- $\beta$ )
15%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	267.22	2.64	.09	.50
書寫表現 <sup>b</sup>	160.47	1.59	.03	.24
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	54.15	0.54	.02	.13
25%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	84.27	2.03	.07	.40
書寫表現 <sup>b</sup>	1.05	0.03	.00	.05
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	9.25	0.22	.01	.08
38%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	99.00	2.28	.08	.44
書寫表現 <sup>b</sup>	82.13	1.89	.03	.27
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	89.87	2.07	.07	.41

註： $\eta^2$ =處理效果 (effect size)；\*p < .05

<sup>a</sup>df=2, 53；<sup>b</sup>df=1, 53

經變異誤差係數處理的目的，就是在使各實驗參加者的立足點一致情況下，以比較兩組在捏力控制的表現。根據表 11 所示，在捏力控制的一致性或穩定性從統計考驗上沒有差異的意義，說明各組間動作表現的偏量沒有什麼差異。根據圖 8 發現，雖然字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組間，沒有

哪一組的變異性明顯過大，但字跡美觀整齊組其動作控制表現隨著目標力量的增加，動作表現的不穩定性似乎有下降趨勢。

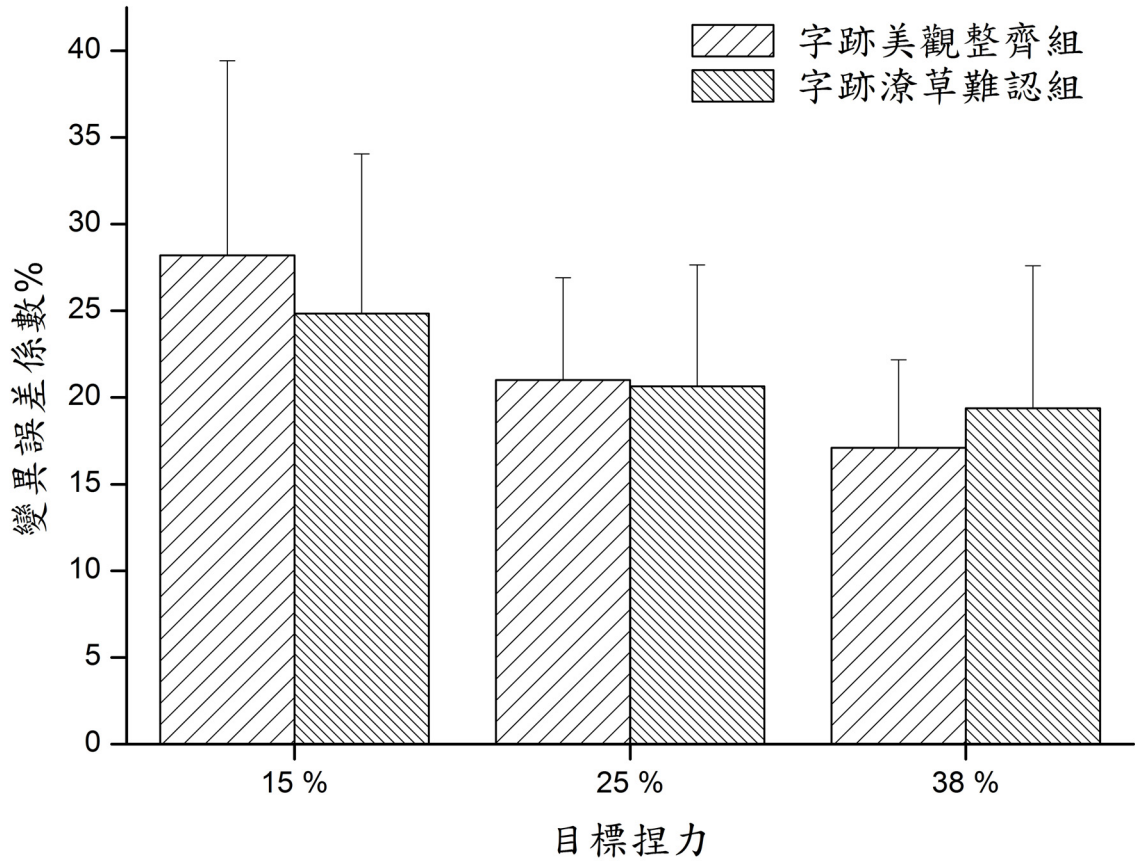


圖 8：工作力量與年級、書寫表現之變異誤差係數

\*p < .05

### 三、動作穩定性整體變異分析

依年級與書寫表現之獨立樣本二因子變異數進行分析，各組在三種目標捏力控制表現整體變異的二因子變異數分析如表 12 所示。

表 12：三種目標捏力在年級與書寫表現之整體變異二因子變異數分析摘要表

變異來源	MS	F	$\eta^2$	Power (1- $\beta$ )
15%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.24	0.81	.03	.18
書寫表現 <sup>b</sup>	1.49	5.06*	.09	.60
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.24	0.82	.03	.18
25%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.41	1.42	.05	.29
書寫表現 <sup>b</sup>	1.37	4.74*	.08	.57
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.29	1.01	.04	.22
38%的目標捏力				
年級 <sup>a</sup>	0.54	2.93	.10	.55
書寫表現 <sup>b</sup>	0.60	3.27	.06	.43
年級×書寫表現 <sup>a</sup>	0.01	0.06	.00	.06

註： $\eta^2$ =處理效果 (effect size)；\* $p < .05$

<sup>a</sup>df=2, 53；<sup>b</sup>df=1, 53

能代表動作準確性或穩定性的整體變異 (TV)，主要是考驗工作的整體誤差反應，本研究以均方根誤差 (root mean square error) 分析來表達實驗參加者對於工作目標的整體變異 (total variability, TV)。因此，Schmidt and Lee (2005) 也特別根據整體變異的公式定義加以指出，整體變異乃變異誤差平方與恆常誤差平方總和的平方根。依表 12 所示，在

15%的目標捏力要求下，書寫與年級交互作用 ( $F_{(2,53)}=0.82$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.03$ ， $\text{power}=.18$ )，及年級因子主要效果均無顯著差異 ( $F_{(2,53)}=0.81$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.03$ ， $\text{power}=.18$ )，但不同書寫表現因子之主要效果則達到統計上的顯著水準 ( $F_{(1,53)}=5.06$ ， $p<.05$ ， $\eta^2=.09$ ， $\text{power}=.60$ )，說明字跡整齊美觀組誤差 ( $0.46 \pm 0.32\text{kgw}$ ) 明顯少於字跡潦草難認組 ( $0.78 \pm 0.68\text{kgw}$ )。25%的目標捏力在本研究屬於中等力量，經統計檢驗後發現書寫與年級交互作用未達顯著 ( $F_{(2,53)}=1.01$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.04$ ， $\text{power}=.22$ )，年級因子主要效果也沒有顯著差異 ( $F_{(2,53)}=1.42$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.05$ ， $\text{power}=.29$ )，但在書寫表現因子之主要效果達統計上的顯著水準 ( $F_{(1,53)}=4.74$ ， $p<.05$ ， $\eta^2=.08$ ， $\text{power}=.57$ )，發現字跡整齊美觀組誤差 ( $0.40 \pm 0.30\text{kgw}$ ) 也明顯少於字跡潦草難認組 ( $0.70 \pm 0.70\text{kgw}$ )。不過在38%的目標捏力要求下，書寫與年級交互作用 ( $F_{(2,53)}=0.06$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.00$ ， $\text{power}=.06$ )、年級因子 ( $F_{(2,53)}=2.93$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.10$ ， $\text{power}=.55$ ) 以及不同書寫表現因子 ( $F_{(1,53)}=3.27$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.06$ ， $\text{power}=.43$ ) 之主要效果均未達到統計上的顯著水準，各組整體變異之平均數如圖9所示。

先就交互作用而論，不管在哪一種工作力量，年級與書寫表現之間仍無交互作用存在，顯示年級差異與不同書寫表現組的動作控制均未達顯著差異。本研究中由於恆常誤差值不大，故整體變異的誤差數值就主要反應在變異誤差上。透過誤差分析，年級因子不管是在哪一種目標力量上，其主要效果均未達顯著水準，表示不同書寫能力者其動作控制的穩定性，與年級的不同並沒有因果關係。另外，書寫表現因子

方面，在 15% 與 25% 的工作要求情況下達顯著水準，代表字跡美觀整齊組與字跡潦草難認組其小肌肉動作控制之穩定程度有顯著差異，進一步比較不同書寫表現整體變異的平均數發現，字跡美觀整齊組 ( $0.46 \pm 0.32\text{kgw}$ 、 $0.39 \pm 0.30\text{kgw}$ ) 的平均值，顯著低於字跡潦草難認組 ( $0.78 \pm 0.69\text{kgw}$ 、 $0.70 \pm 0.70\text{kgw}$ )，不過由於 ES 值均小於 0.1，所以不同書寫表現兩組之間就統計上雖有差異，但屬於小程度差異；而在 38% 的工作要求情況下，此整體變異仍未達顯著水準。

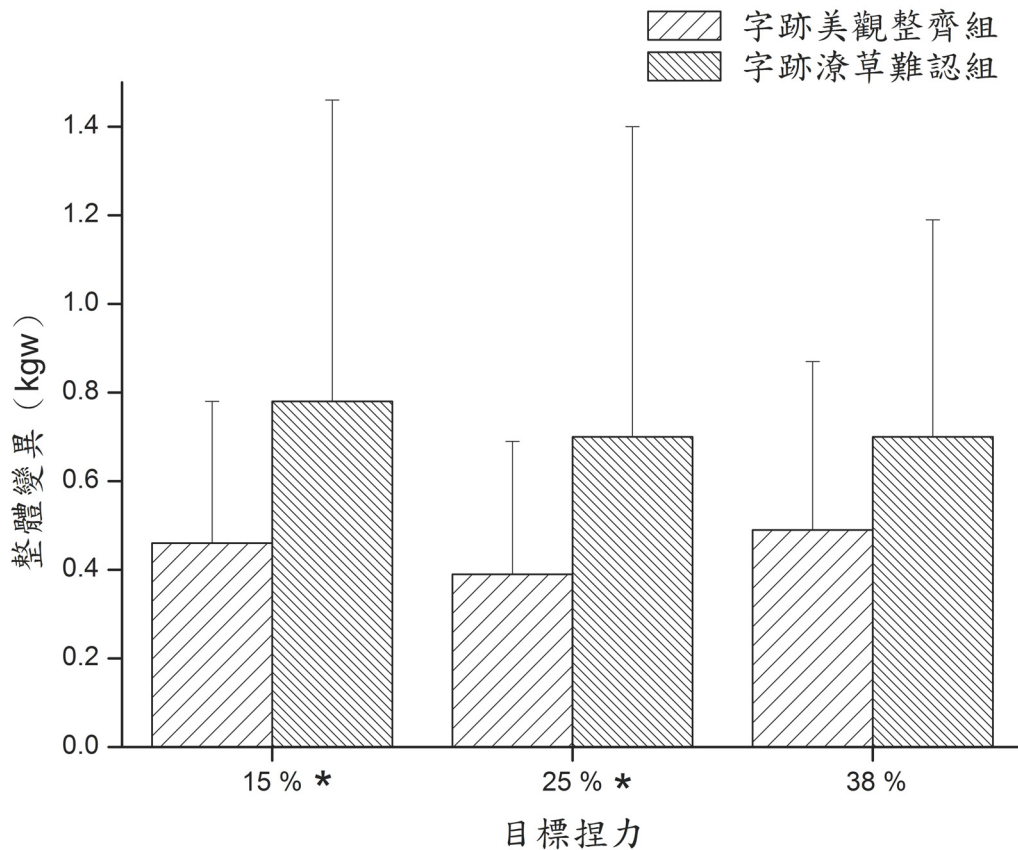


圖 9：模擬力量與年級、書寫表現之整體變異

\*  $p < .05$

## 第四節 綜合討論

本研究透過以手部小肌肉動作的工作力量測試與不同書寫表現，探討評估動作準確性的絕對誤差、恆常誤差及絕對恆常誤差，與代表動作穩定性的變異誤差、變異誤差係數和整體變異，對於國小學童書寫表現在年級上的影響。研究假定個體進行書寫工作時，其手部小肌肉所釋放的力量介於個人最大力量的 15-40%，故本研究以個人最大捏力平均值之 15%、25% 以及 38% 進行工作力量測試。

過去的研究認為書寫能力的表現與認知有關，拼字概念正確才能展現良好的拼字行為 (Christensen, 2004)，重新組織短文需儲存或提取對文字的理解 (Levine, Oberklaid, & Meltzer, 1981)，Braswell and Rosengren (2002) 則認為年齡是一種個體的限制，而因為生物力學或認知的因素限制 (constraints) 也會影響年齡，故成年人隨著年齡增加對認知的提升，應擁有更穩定的繪圖表現。教育部公布之九年一貫基本能力指標規定，本國語文的分段能力細目中對書寫的部分，要求一到三年級學童能養成良好的書寫姿勢 (良好的坐姿、正確的執筆和運筆的方法)，認識正確的筆順、寫出清楚的國字外，還必須認識常用中文字 1000-1200 字；對四到六年級學童書寫能力的培養，則強調要正確掌握字體結構、偏旁組合變化，以及認識常用中文字 2200-2700 個字。由此可見，透過國小語文基本教育的養成，在認知的程度相對於年級確實有差異。本研究中，所有實驗參加者來自國小二、四、六年級，且分為字跡美觀整齊與字跡潦草難認兩組，根據前述文獻，在年級反應著語文認知差異程度的基本假定

下，則國小六年級學童在認知上，就可以假定為較四年級與二年級佳。分析本研究在年級與書寫表現的二因子交互作用發現，在三種目標力量的所有誤差參數均未達顯著差異 ( $p > .05$ )。這樣的結果說明，年級與書寫表現兩者間沒有交互作用，也就是說本研究的測驗是透過捏力控制，而從捏力控制的觀點，動作準確度與穩定度在年級上的差異不是那麼的大，因此認知對於寫字表現具影響性的問題，在本研究中並沒有獲得證實，而這種認知的差異也不會影響到手寫能力的好壞。這樣的結果與過去的研究支持認知能力會影響書寫表現觀點不同 (Christensen, 2004; Levine, Oberklaid, & Meltzer, 1981)，分析其可能的原因是，年級的差異對於力量控制的動作要求並非重要影響因素；本研究也不排除在力量控制測驗工具或方法上精度提升的條件下，以進一步深入探討其中的差異。

對於書寫表現不好的個體，特別是在本研究已經排除有生理障礙的兒童，通常課程指導者或兒童的家長不禁想要問，是否因為缺乏練習問題或是年紀問題而影響書寫表現。依 Adams (1971) 的閉鎖環理論假定，記憶系統解釋動作的學習與獲得，而動作學習則在強化或加深記憶痕跡和知覺痕跡的記憶結構，所以同一個動作若經過反覆不斷練習，可以使個體加深對動作的印象與強化該動作。基於閉鎖環的概念，假設個體從 6 歲進入小學開始學寫字，每天寫 100 個字，每年上課日數約 200 天，一直到大學畢業的這段時間總共寫了 16 年，合計超過 30 萬字，所以，書寫的好壞表現就似乎應可以反應在各年段的書寫表現上。而本研究在年級相對於小力量與中力量的表現上，反應動作控制準確性或穩定性的

各參數均未達顯著差異。從最大力量為出發點發現，六年級實驗參加者的最大力量比四年級、二年級還要大，彼此間約有 1.5kgw 的差距，故可知六年級學童捏力工作能募集較多肌肉工作單位參與以產生動作，由此結果發現，或許四到六年級學童參與捏力工作的肌肉，就是一種動作成熟的轉換階段。另外，雖然捏力是精細控制的動作，但是當力量控制要求較高時，就會有比較多的工作單位參與。研究中 38% 目標力量雖然尚未到達最大力量的一半，但是在三種目標力量中隨著工作要求的增加，就會有比較多的工作單位參與。而從 AE 的結果應可發現，在 38% 的最大工作要求時，六年級學童因有較多肌肉單位參與工作，故除了讓捏力表現過大之外，且也讓動作的準確度下降。AE 的計算是把工作力量與目標力量相減並取絕對值加總平均，回溯先前的陳述，個體在捏力動作表現上均用力過度，但是反應在 CE 上時則無差異，由此說明在所有實驗參加者中有部分學童能更精確或小於目標力量，故減弱了 CE 的效果。六年級實驗參加者在 38% 力量控制的準確度與穩定度上，從 VE 發現六年級的穩定度低於二年級，代表六年級的動作變異量比較高。對於六年級的學童來說，由於捏力工作在募集的肌肉工作單位較多，再加上處於成熟發展的關鍵階段，所以個體在產生捏力工作的穩定性就有可能下降。而二年級與四年級的力量控制變異較低，由於成熟或成長原故，在可能無法動員更多工作單位，或只能動員一定相對少量比率的肌肉單位來產生工作，所以更可以說明動作穩定性的降低，並伴隨著年級準確性的降低而產生。因此說明，不管是各年級的內在變異或實驗參加者之間的差異，都可以發現這種捏力的控制表現，特別是在最大力

量時，六年級就經常較二年級與四年級有較低的穩定度與較低的準確度。在 38% 目標力量情境下，六年級實驗參加者的動作表現，有些個體可以募集較多動作單位，而有些個體則尚處於發展階段；而在 10 次動作內，個體本身有時會召集更多工作單位參與，但有時卻並非如此，故可發現六年級實驗參加者之內在差異頗大，結果造成 VE 值上升，以及穩定度下降的現象，而出現在較大捏力情境時就會有準確度下降的反應表現。由此可知，影響捏力控制的因素相當複雜，而年級的差異對於可能影響書寫能力的捏力控制表現，就並非主要影響因素，而且書寫練習次數的多寡對於書寫表現的提升，在本研究中也持保留態度。觀察實驗參加者的字跡摘錄，2-t、2k、4-m、4-r、6-q 和 6-t 的書寫表現，難以明顯看出六年級一定比四年級或二年級表現好，不過本研究對於年級的不同在書寫表現的相關 (grade-related) 或影響，也並非是本研究在質與量的結果而可以排除；然而，這些結果卻可以說明書寫表現與語文認知的發展或是與年齡的差異，不是相依的關係 (grade-dependent)。所以，Gallahue and Ozmun (2002) 曾經針對發展的概念指出“Development is age-related but not age-dependent.” (p. 5)，而對上述的討論結果提出一總和性的說明。

而在寫字表現分組的再次確認時，6 位專家教師於評分過程中發現年級差異與書寫的表現，也難以直觀做出判斷。因此，年級的差異對於可能影響書寫能力的捏力控制表現，則有待後續研究繼續追蹤深入。但是這樣的結果，也有可能因為影響書寫表現的因素過度複雜，以致無法直接就單一力量控制能力測量而得。

過去的研究發現，隨著年齡增加，適應的變異性也逐漸減少，動作會變得比較穩定。Konczak, Jansen, and Kalveram (2003) 嘗試在外力干擾之下，完成前臂動作適應的研究，其研究結果指出 8-11 歲兒童其動作適應的變異程度明顯低於 4-7 歲兒童，且其適應的變異程度已經接近成年人的表現。Schneiberg 等人 (2002) 在手臂移動軌跡平滑趨勢與動作變異性對年級的關係研究中發現，個體因年級增長日漸成熟，其動作變異程度下降且內在關節協調更趨於一致。本研究之實驗參加者其年齡層分佈 (二年級組  $8.20 \pm 0.39$  歲，四年級組  $10.25 \pm 0.33$  歲，六年級組平均  $12.19 \pm 0.25$  歲) 與過去研究相近，而力量控制表現對應於年級因子主要效果，在 15% 和 25% 目標力量的 VE 與 VE-CV 等關於穩定性之誤差值均未達到顯著差異 ( $p > .05$ )，觀察此兩種目標力量之描述性統計值時，發現不同年級實驗參加者在較小力量控制的動作差異，並沒有明顯的不同，而這樣的結果與過去的研究相符。在 38% 較大目標力量上，年級因子的 AE、VE 值卻達到顯著差異，而這樣的結果則又與過去的研究不一致。由於本研究以手部小肌肉對力量控制的變異性為依變項，所以造成不一致結果的原因，有可能是因為實驗操弄方法或觀察測驗變項不同使然。本研究從捏力控制的觀點觀察年級的差異，力量控制的準確度與變異程度在較小力量上，與過去研究的結果有共同的想法。本研究實驗參加者小力量控制在年級上沒有差異，可能是因為手部肌肉的發展，在 4-6 歲時就已經產生基本地發展有關 (Gallahue & Ozmun, 2002)。所以此結果說明較小力量控制的穩定性，在年級的差異上並沒有必然且正向的關係，但較大力量控制的準確性與穩定性，則因年

級不同而有更多的變異。雖然如此，但對於力量控制的穩定是否會因成熟或成長的因素有所改變，從本實驗結果還有待未來深入思考。

再進一步觀察書寫因子之主要效果，則發現書寫因子主要效果在 15% 工作力量之準確性參數（絕對誤差、恆常誤差及絕對恆常誤差）均有顯著差異性（ $p < .05$ ）。而在 25% 工作力量之準確性參數，除恆常誤差外（ $F_{(1,53)} = 4.00$ ， $p > .05$ ， $\eta^2 = .07$ ， $\text{power} = .50$ ），其他兩種誤差值均達到顯著水準。從描述性統計值中發現，字跡美觀整齊組的捏力表現比字跡潦草難認組的力量顯著低了許多，而此結果與 Wann and Nimmo-Smith (1991) 之論點相似。Wann and Nimmo-Smith 認為有書寫困難兒童，大多有握筆、運筆壓力過度的問題，故當人們進行熟練或較佳書寫動作時，並不需要用力太過以免降低手部肌肉的靈活度，宜避免用力過度造成手部肌肉疲勞，而影響寫字表現。研究中把整體變異視為動作穩定度之指標，其計算方法為變異誤差平方與恆常誤差平方總和的平方根。由於在 25% 工作要求情境下，CE 值未達顯著而 TV 則有統計上的意義，故其影響因素來自於 VE，也更能釐清捏力控制在書寫表現中，有著動作控制穩定度的問題。

針對生物體在特殊的工作環境或限制情境要求時，通常理論就可以用來解釋、說明或預測變項與變項間的關係 (Magill, 2004)，而 Fitts' Laws 就是以工作難度的不同說明動作速度與準確度兩者消長的問題 (Fitts, 1954)。從中文字體的書寫結構來看，由橫、豎、點、鉤等構成的字型，有著書寫時線條長、線條短的動作範圍異同，以及在排列時空間置放的變化。因此，書寫者往往有書寫線條長的筆畫時，動

作時間短或動作時間長，而書寫短線條筆畫時，動作時間長或動作時間短等狀況。因此，個體會以兩種策略來進行書寫：採增加力量，快速帶過方式來寫完；或是以速度變慢，但增加作用力時間（也就是增加控制）來表現。觀察人們寫字發現，完成大筆劃時動作速度要快（工作難度增加），則準確度就有可能隨之下降。因此，在動作結果一樣的假定之下，假定 15% 就是反應小力量的精確控制，而 25% 與 38% 就屬於中力量與大力量，因此小力量增加作用力時間，就成了動作準確度的重要因素。在誤差測量中，透過恆常誤差可以反應動作準確的方向與量，本研究恆常誤差在 15% 有顯著差異，但在 25% 卻未達顯著水準，說明了因為在小力量的捏力控制下才能顯示出方向，而力量控制的準確性才是影響書寫表現的重要因素。

一般人在寫字時，字體大小雖然人人各有不同，但差異不會太大。以文字的筆畫觀點來談，在小小的一個方框裡可能有橫、豎、點、鉤、撇、捺等不同方向的運筆需求，所以個體握筆書寫時要不斷藉助運動覺、視覺等不同的感覺刺激回饋訊息，以利個體與環境接觸時能修正動作並感到滿意。本研究所得結果在書寫因子之表現雖有顯著，但統計考驗力（power）都不是非常高，這樣的結果說明影響書寫表現因素，除了手部肌肉力量控制之外，應還有後續挖掘其他影響因素以深入研究的必要。

## 第五章 結論與建議

本研究主要探討不同書寫能力之國小學童，其手部精細動作在不同用力程度下，力量控制的準確性與穩定性相對於不同年級層的比較。研究中以 59 名二、四、六年級在籍學童為實驗參加者，操弄的自變項為寫字好壞與年級的差異，依變項為動作表現與控制的動作準確性與穩定性。工作表現所獲得的資料經過轉換為絕對誤差、恆常誤差、整體變異及絕對恆常誤差、變異誤差和變異誤差係數等依變項的分數後，再以  $2 \times 3$  獨立樣本二因子變異數分析進行統計考驗，以下僅就研究的結果發現提出結論，並對未來的後續研究提出建議。

### 第一節 結論

從研究結果的分析發現，三種目標力量對應於書寫表現與年級因子的交互作用，其動作表現的準確性與穩定性均無交互作用存在。從力量控制的觀點，若年級的增加在學習內容上反應著語文認知的差異，其結果顯示小、中力量控制的誤差量就非是此年級差異的函數了，也說明年級差異並非影響書寫表現或捏力控制的重要因素。在最大力量的年級因子主要效果上達到顯著，顯示個體因為成長或成熟，手部力量也隨之增加。而在最大力量 38% 的工作要求下，年級因子的 AE、VE 有顯著差異存在，顯示個體因為成長或成熟而又需要募集較多工作單位時，也直間接造成動作的表現準確度以

及穩定度的下降，而在小力量與中力量部分並不受到年級的影響，排除了小力量控制與年級之間的因果關係，也不代表肢體長大或成熟就會使小力量控制的誤差降低。而 38%目標力量在動作穩定性的年級主要效果達顯著，說明對於較大力量的控制反而因為年級的增加而變得更多變異。此外，在書寫表現因子主要效果方面，15%力量之絕對誤差、恆常誤差與絕對恆常誤差達到顯著差異，字跡美觀整齊組誤差值顯著低於字跡潦草難認組。而在 25%力量之絕對誤差與絕對恆常誤差的分析顯示，字跡美觀整齊組顯著低於字跡潦草難認組。從 15%力量之恆常誤差有差異，而 25%力量之恆常誤差沒有差異來看，力量控制的準確性確實潛含著影響手寫能力的重要因素。最後，反應動作穩定性特徵的變異誤差與變異誤差係數中，在 15%與 25%目標力量的工作要求下，字跡美觀整齊組顯著與字跡潦草難認組並無顯著差異存在，說明個體在小力量以及中力量控制的一致性或穩定性上，並非影響書寫表現的重要因素。而在 38%目標力量上，變異誤差與整體變異達顯著，則反應了採取較大力量握筆策略個體在進行書寫工作時，其動作控制的準確性或穩定性仍對於書寫表現有影響。

## 第二節 建議

根據結果顯示，書寫表現並不因年級的差異而有較好的表現，因此，對於指導兒童習得良好書寫能力，不能期待因自然成長或成熟就有所改善。而手部小肌肉力量控制能力，

並沒有因為年級的改變，而變得更具準確性與穩定性，且更因為年級的差異，高年級的學童其動作的穩定性與準確性反而變異更大。因此，對於兒童手部小肌肉訓練工作，不應任其自然發展，宜給予捏力控制練習以祈使表現更好。最後，在書寫能力部分發現，字跡美觀整齊者與手部小肌肉控制的準確性，兩者間確實有正向關係；字跡潦草難認者其手部小肌肉控制的準確性，明顯較為不佳。因此，對於兒童開始學習書寫之初，多從事手部小肌肉活動或訓練，應有力量控制之正向助益。

本研究方法對書寫表現並未考慮不同握筆型態問題以及空間控制的感覺，未來對於引用本研究亦可以考慮到實驗的操弄，建議日後可立足於本研究結果，延續深入探討。此外，研究因子在結果達統計的顯著差異時，處理效果與統計考驗力不高的現象，對於本研究結果的引用，仍須諸多保留或謹慎解釋。

## 引用文獻

### 中文部分

- Ashcraft, M. H. (2004)。 **認知心理學** (陳學志、邱發忠、劉政宏、林宜利譯)。臺北市：學富。(原出版 2002 年)
- Bompa, T. O. (2001)。 **運動訓練法** (林正常、蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳編譯)。臺北市：藝軒。(原出版 1999 年)
- Gleitman, H. (1997)。 **心理學** (洪蘭譯)。臺北市：遠流。(原出版 1997 年)
- Shaffer, D. R. (2003)。 **發展心裡學** (蘇建文、王雪貞、林翠湄、連廷嘉、黃俊豪譯)。臺北市：學富文化。(原出版 1999 年)
- 成戎珠 (1994)。動作發展新理論-動力系統理論之介紹。 **中華物療誌**，19 (1)，88-97。
- 吳子宏 (2002)。「健康與體育領域」多元智慧教學策略。載於李勝雄 (主編)， **健康與體育教學策略** (pp. 187-225)。臺北市：五南。
- 林清山 (1992)。 **心理與教育統計學**。東華書局：臺北市。
- 胡名霞 (2003)。 **動作控制與動作學習**。臺北縣：金名。
- 高麗芷 (2001)。 **感覺統合上篇**。臺北市：上誼文化。
- 教育部 (2003)。 **國民中小學九年一貫課程綱要語文學習領域**。臺北市：作者。
- 陳重佑、陳帝佑 (2002)。動態系統理論在動作行為學之應用。 **彰化師大體育學報**，4，53-65。

## 外文部分

- Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3(2), 111-149.
- Atkeson, C. G. (1989). Learning arm kinematics and dynamics. *Annual Review of Neuroscience*, 12, 157-183.
- Benbow, M. (1995). Principles and practices of teaching handwriting. In A. Henderson & C. Pehoski (Eds.), *Hand function in the child: Foundations for remediation*. St. Louis, MO: Mosby.
- Behrman, A. L., & Harkema, S. J. (2000). Locomotor training after human spinal cord injury: A series of case studies. *American Physical Therapy Association*, 80(7), 688-700.
- Braswell, G. S., & Rosengren, K. S. (2002). The role of handedness in graphic production: Interactions between biomechanical and cognitive factors in drawing development. *British Journal of Developmental Psychology*, 20, 581-599.
- Cunningham Amundson, S. (1992). Handwriting: Evaluation and intervention in school settings. In J. Case-Smith & C. Pehoski (Eds.), *Developmental of hand skills in the child*. Rockville, MD: American Occupational Therapy Association.
- Christensen, C. A. (2004). Relationship between orthographic-motor integration and computer use for the production of creative and well-structured written text. *The British Journal of Educational Psychology*, 74(Pt. 4), 551-564.

- Cornhill, V. H., & Smith, J. C. (1996). Factors that relate to good and poor handwriting. *The American Journal of Occupational Therapy, 50*(9), 732-739.
- Deborah, M., Windsor, M. M., & Sharon, C. (2001). Handwriting readiness: Locatives and visuomotor skills in the kindergarten year. *Early Childhood Research & Practice, 3*, 1. Retrieved December 7, 2004, Retrieved November 12, 2004, from <http://ecrp.uiuc.edu/v3n1/marr.html>
- 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.
- Gallahue, D. L. (1996). *Developmental physical education for today's children* (3rd ed.). Dubuque, IA: Brown & Benchmark.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2002). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Garvey, M. A., Ziemann, U., Bartko, J. J., Denckla, M. B., Barker, C. A., & Wassermann, E. M. (2003). Cortical correlates of neuromotor development in healthy children. *Clinical Neurophysiology, 114*(9), 1662-1670.
- Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed. Multiple intelligences for the 21st century*, New York: Basic Books.

- Graham, S., & Weintraub, N. (1996). A review of handwriting research: Progress and prospects from 1980 to 1994. *Educational Psychology Review*, *8*(1), 7-87.
- Grillner, S., & Zangger, P. (1985). On the central generation of locomotion in the low spinal cat. *Experimental Brain Research*, *34*(2), 241-61.
- Grillner, S. (1985). Neurobiological bases of rhythmic motor acts in vertebrates. *Science*, *228*, 143-149.
- Henry, F. M., & Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a memory drum theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, *31*, 448-458.
- Karlsdottir, R., & Stefansson, T. (2002). Problems in developing functional handwriting. *Perceptual and Motor Skills*, *94*(2), 623-662.
- Kirk, R. E. (1995). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences* (3rd ed.). New York: Brook/ Cole.
- Konczak, J., Jansen, O. P., & Kalveram, K. T. (2003). Development of force adaptation during childhood. *Journal of Motor Behavior*, *35*(1), 41-52.
- Levine, M. D., Oberklaid, F., & Meltzer, L. (1981). Developmental output failure: A study of low productivity in school-aged children. *Pediatrics*, *67*(1), 18-25.
- Magill, R. A. (2004). *Motor learning and control: Concept and applications* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.

- McGraw, M. B. (1935). *Growth: A study of Johnny and Jimmy*. New York: Appleton-Century.
- McHale, K., & Cermak, S. A. (1992). Fine motor activities in elementary school: Preliminary findings and provisional implications for children with fine motor problems. *The American Journal of Occupational Therapy*, 46(10), 898-903.
- Pehoski, C., Henderson, A., & Tickle, D. L. (1997). In-hand manipulation in young children: Translation movements. *The American Journal of Occupational Therapy*, 51(9), 719-728.
- Rosenblum, S., Parush, S., & Weiss, P. L. (2003). The in air phenomenon: Temporal and spatial correlates of the handwriting process. *Perceptual and Motor Skills*, 96(3, Pt. 1), 933-954.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning theory. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schneiberg, S., Sveistrup, H., McFadyen, B., McKinley, P., & Levin, M. F. (2002). The development of coordination for reach-to-grasp movements in children. *Experimental Brain Research*, 146(2), 142-154.

- Shadmehr, R., & Mussa-Ivaldi F. A. (1994). Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task. *The Journal of Neuroscience*, *14*(5), 3208-3224.
- Stelmach, G. E., & Teulings, H. L. (1987). Temporal and spatial characteristics in repetitive movement. *International Journal of Neuroscience*, *35*(1-2), 51-58.
- Teulings, H. L., & Schomaker, L. R. (1993). Invariant properties between stroke features in handwriting. *Acta Psychologica*, *82*(1-3), 69-88.
- Thelen, E. (1995). Motor development: A new synthesis. *The American Psychologist*, *50*(2), 79-95.
- Thelen, E., Corbetta, D., Kamm, K., Spencer, J. P., Schneider, K., & Zernicke, R. F. (1993). The transition to reaching: Mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Development*, *64*(4), 1058-1098.
- Tseng, M. H., & Cermak, S. A. (1993). The influence of ergonomic factors and perceptual-motor abilities on handwriting performance. *The American Journal of Occupational Therapy*, *47*(10), 919-926.
- Tseng, M. H. (1993). Factorial validity of the Tseng handwriting problem checklist. *The American Journal of Occupational Therapy*, *11*, 13-27.
- Tseng, M. H., & Hsueh, I. P. (1997). Performance of school-aged children on a Chinese handwriting. *Occupational Therapy International*, *4*(4), 294-303.
- Wann, J., & Nimmo-Smith, I. (1991). The control of pen

pressure in handwriting: A subtle point. *Human Movement Science, 10*, 223-246.

## 附錄 I：不同年級在各目標力量的描述性統計值

表 13：各年級實驗參加者捏力測試在 15%目標力量之平均數與標準差

參數	字跡美觀整齊		字跡潦草難認	
	平均數	標準差	平均數	標準差
絕對誤差 (kgw)				
二年級	0.45	0.35	0.94	0.90
四年級	0.43	0.40	0.48	0.38
六年級	0.36	0.18	0.76	0.64
恆常誤差 (kgw)				
二年級	0.41	0.39	0.90	0.95
四年級	0.37	0.46	0.43	0.43
六年級	0.28	0.24	0.71	0.71
整體變異 (kgw)				
二年級	0.49	0.36	0.97	0.90
四年級	0.48	0.40	0.55	0.40
六年級	0.41	0.19	0.82	0.66
絕對恆常誤差 (kgw)				
二年級	0.43	0.36	0.94	0.91
四年級	0.41	0.42	0.47	0.39
六年級	0.32	0.18	0.75	0.65
變異誤差 (kgw)				
二年級	0.21	0.11	0.21	0.09
四年級	0.20	0.08	0.26	0.15
六年級	0.24	0.14	0.30	0.19
變異誤差係數 (%)				
二年級	26.95	6.15	20.04	8.43
四年級	30.81	15.04	30.33	6.61
六年級	26.67	11.51	24.15	9.93

表 14：各年級實驗參加者捏力測試在 25%目標力量之平均數與標準差

參數	字跡美觀整齊		字跡潦草難認	
	平均數	標準差	平均數	標準差
絕對誤差 (kgw)				
二年級	0.23	0.13	0.73	0.70
四年級	0.34	0.32	0.39	0.36
六年級	0.46	0.35	0.82	0.91
恆常誤差 (kgw)				
二年級	0.10	0.23	0.71	0.73
四年級	0.23	0.42	0.19	0.49
六年級	0.40	0.41	0.77	0.95
整體變異 (kgw)				
二年級	0.28	0.13	0.79	0.70
四年級	0.39	0.35	0.43	0.38
六年級	0.52	0.35	0.89	0.91
絕對恆常誤差 (kgw)				
二年級	0.20	0.15	0.72	0.71
四年級	0.33	0.33	0.35	0.38
六年級	0.41	0.40	0.79	0.93
變異誤差 (kgw)				
二年級	0.18	0.06	0.28	0.11
四年級	0.20	0.13	0.20	0.16
六年級	0.26	0.08	0.33	0.14
變異誤差係數 (%)				
二年級	23.80	7.24	21.96	6.80
四年級	20.48	4.55	20.97	8.23
六年級	18.44	4.75	19.00	6.07

表 15：各年級實驗參加者捏力測試在 38%目標力量之平均數與標準差

參數	字跡美觀整齊		字跡潦草難認	
	平均數	標準差	平均數	標準差
絕對誤差 (kgw)				
二年級	0.27	0.18	0.48	0.34
四年級	0.41	0.28	0.61	0.59
六年級	0.63	0.50	0.77	0.40
恆常誤差 (kgw)				
二年級	0.01	0.32	0.37	0.43
四年級	0.08	0.54	0.53	0.76
六年級	0.49	0.63	0.57	0.65
整體變異 (kgw)				
二年級	0.32	0.21	0.54	0.36
四年級	0.48	0.32	0.71	0.65
六年級	0.69	0.50	0.84	0.39
絕對恆常誤差 (kgw)				
二年級	0.24	0.20	0.41	0.38
四年級	0.41	0.34	0.64	0.66
六年級	0.59	0.53	0.72	0.45
變異誤差 (kgw)				
二年級	0.19	0.12	0.31	0.13
四年級	0.21	0.11	0.26	0.15
六年級	0.30	0.09	0.36	0.09
變異誤差係數 (%)				
二年級	18.01	5.47	23.50	8.78
四年級	18.45	5.55	15.98	5.08
六年級	14.57	3.32	18.64	9.09

## 附錄 II：參與學術研究家長（監護人）同意書

親愛的家長您好：

我是國立臺灣體育學院體育研究所的研究生，目前進行一項有關於兒童寫字表現與捏力控制的研究。由於貴子弟不論在年級或身體健康情況均非常符合研究的條件，因此想邀請貴子弟參與本次研究。本次研究的地點設於臺中縣太平市東平國小，全部所需時間為三十分鐘，測量的動作是以拇指與食指捏壓於測量儀器上。所使用的測量儀器與捏力動作，完全不會對小朋友造成任何傷害，研究的時間也不會影響貴子弟在學校的上課學習。為了尊重您的權益，您可以自由選擇要不要讓貴子弟參與本次研究。如果您同意讓貴子弟參與本次研究，但之後您的意願有所更改，仍可以告知本人後隨時退出研究，且不會對貴子弟有任何影響。本次研究測量的結果只當作研究之用，而相關資料的隱私權也將獲得保障。

最後，非常期盼您的協助！由於您的參與將使本研究得以順利完成，並對動作行為科學有相當大的貢獻。如果您對本次研究或是貴子弟的權益有任何問題，歡迎以電話連絡國立臺灣體育學院體育研究所研究生陳玉如。

研究者：陳玉如 TEL：04-22313791 ACT：0920346927

指導老師：陳重佑 博士

單位：國立臺灣體育學院體育研究所

經過閱讀，並且瞭解以上陳述，我同意我的孩子參與上述研究。

學生姓名：\_\_\_\_\_

出生日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

監護人簽名：\_\_\_\_\_

為了使研究可以順利進行，麻煩您填寫下面兩個問題：

一、您的孩子是否有以下情況：

感覺系統、神經肌肉代謝異常疾病、上肢受過嚴重外傷。

有，是\_\_\_\_\_。

沒有。

二、您的孩子是否有學習上的困擾，如過動。

有，是\_\_\_\_\_。

沒有。

感謝您的支持與參與！