國立政治大學心理學系

碩士學位論文

初探數學學習障礙症學童認知缺損型態之異質性

The heterogeneous defective pattern of cognitive functions in children with mathematics learning disorder: A preliminary study

指導教授：楊啟正 博士

研究生：李雪靖 撰

中華民國 一一一年六月

DOI:10.6814/NCCU202200532

謝辭

從未想過能有機會來政大唸書，只是南國孩子總留戀於炙熱的太陽，對寬廣的馬路的馬路有所嚮往。在台北的這段日子，即便有許多不習慣，但我始終相信一切都是最好的安排。

首先，謝謝我的指導教授楊啟正老師，您總是不吝嗇地給予我支持與鼓勵，也嚴厲地教導、指正我的過失。亦師亦友的關係，使我們無所不談。能跟著老師學習，是非常幸運的一件事。也感謝老師總能收集到很棒的研究室夥伴—蘇、yaya、pony、意琳和欣平，能和你們肆無忌憚的聊天，非常快樂。謝謝心理所的好友們—楊皓涵、盛與珞，我們一起迷惘、一起成長。在彼此更前進時，著實地感到滿足。特別謝謝我的室友—蘇與楊皓涵，謝謝你們讓我在陌生的城市中，第一次有了歸屬的感覺。謝謝我們如此日常的生活，也成為我願意留下的唯一理由。

謝謝我的摯友，雅惠、智文、文鎧、儒、強銘、小佑、旻與熊，我們從小一起長大，至今仍並肩看著那山海日落。謝謝你們總是溫柔地承接著我所有的任性、不安與荒唐。能在小時候遇見你們，何其幸運。謝謝我的莊，你總是毫不保留地告訴我，我有多好。甚至在我不喜歡自己的時候，仍一如既往地相信我、給我鼓勵，成為我最堅固的後援會。

謝謝我的家人，老爸、老媽、老哥、阿祥、阿公、阿嬤還有外婆，我的靈魂承載著你們的重量。你們的支持是我最大的動力，謝謝你們告訴我可以成為任何樣子，並真心地為我感到驕傲。

最後，我想謝謝自己。謝謝你很盡力地去面對這世界的難題，學著釋懷那些事與願違。在快樂的時候認真快樂，在傷心的時候好好難過。願你能持續練習溫柔，不把一切都視為理所當然，記得無論如何都要成為一個善良的人。希望你也會覺得身為自己，是非常值得的一件事情。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

摘要

背景：數學學習障礙症患者可能於學習基礎數學概念、數學事實提取、計算與推理中出現困難；這些症狀不僅會影響學業表現和就業機會，亦對日常生活造成困難。過去研究多探討患者於數學核心能力上的缺損，較少分析其神經心理功能；不僅如此，近期學者證實數學學習障礙症患者具高異質性之神經心理功能缺損。有鑑於此，本研究欲分析數學學習障礙症患者多面向神經心理功能與數學核心能力，並探究兩者間的關連性；除此之外，以個案系列分析方式，檢驗每位患者於整體認知缺損型態上的異質性，並進一步試圖將該群患者的整體認知缺損型態進行分類。

方法：本研究共招募 10 位國小五、六年級數學學習障礙症患者，與 30 位一般發展之國小五、六年級學童參與研究。所有受試者皆接受數學核心能力評估，以及多面向神經心理功能評估，包括：智力、訊息處理速度/命名速度、情節記憶（語文、視覺、數字情節記憶）與執行功能（語文工作記憶、視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性），並將上述評估結果以 t 檢定與一般發展學童進行比較外；同時以修正 t 檢定，檢驗單一個案之分數與控制組是否具有顯著差異。最後，採用皮爾森相關，探討神經心理功能與數學核心能力間的關連性。

結果：本研究發現數學學習障礙症患者具顯著之多面向神經心理功能與數學核心能力缺損；且每位患者所展現出的認知缺損型態之差異性大。其次，數學學習障礙症患者之神經心理功能與數學核心能力具明顯關連性，包括數字概念與預估智商、語文情節記憶具顯著相關；估算與視覺情節記憶具顯著相關；計算與訊息處理速度、視覺情節記憶與概念形成具顯著相關；而應用題則與語文情節記憶、轉換能力具顯著相關。最後，數學學習障礙症患者的認知缺損型態可區分為三種類型—輕微神經心理功能缺損型、特定神經心理功能缺損型，以及廣泛神經心理功能缺損型。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

結論：每位數學學習障礙症患者的認知缺損型態不同，且神經心理功能缺損的表現差異尤大。因此，即便該群體皆於學習數學上遇到困難，仍需對其神經心理功能做進一步評估與分析，方能釐清患者的整體認知缺損並提供適當的協助與治療。

關鍵字：數學學習障礙症、數學核心能力、神經心理功能、認知功能型態、異質性

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

Abstract

Background: Mathematics learning disorder（MLD）may have difficulties in learning basic mathematical concepts, retrievaling arithmetic facts, calculation and reasoning; These symptoms will not only affect patient's academic performance and employment, but cause their maladaptiveness in daily life. Previous studies have explored the defects of patients' mathematical ability without detailed analyses of their neuropsychological functions, which might the reason for a high heterogeneity of cognitive defective pattern of MLD. This study thus aims to analyze multi-faceted neuropsychological functions and mathematical ability of patients with MLD, and to further explore their associations. By means of case series analysis, the classification of MLD in terms of their cognitive defective pattern was presented.

Methods: This study recruited 10 fifth and sixth grade patients with MLD and 30 typical development（TD）children. All participants will receive assessments of mathematical ability and multi-faceted neuropsychological functions, including intelligence, information processing speed/naming speed, episodic memory （verbal, visual, numerical episodic memory） and executive function （verbal working memory, visual spatial working memory, inhibition ability, switching ability, concept formation, thinking fluency）. The neuropsychological function of MLD group and TD group was tested by t test, and the modified t test was used to test whether the scores of a single case were significantly different from the TD group. In addition, the pearson correlation was used to explore the correlation between neuropsychological functions and mathematical ability.

Results: The results showed that patients with MLD had significant deficits in neuropsychological functions and mathematical abilities, and their cognitive deficitive pattern was highly heterogeneous. Second, the neuropsychological functions were

DOI:10.6814/NCCU202200532

significantly correlated with mathematical abilities, such that number concept had a significant correlation with estimated IQ and verbal episodic memory; number estimates had a significant correlation with visual episodic memory; calculation had a significant correlation with information processing speed, visual episodic memory and concept formation; word problem had a significant correlation with verbal episodic memory and switching ability. The cognitive defective pattern in patients with MLD could be further divided into three subtypes: Minimal Neuropsychological Impairment, Specific Neuropsychological Impairment and Global Neuropsychological Impairment.

Conclusion: Each patient with MLD had different cognitive defective pattern, especially differences in neuropsychological deficits. Therefore, even if they all had difficulty in learning mathematics, further evaluation of their neuropsychological functions were required to clarify the patient's overall cognitive deficits and provide appropriate assistance and treatment.

Keywords: Mathematics learning disorder, Mathematics ability, Neuropsychological function, Cognitive function pattern, Heterogeneity

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

目次

第一章 緒論 1

特定學習障礙症與數學學習障礙症 1

數學學習障礙症之數學核心能力缺損 2

數學學習障礙症之神經心理功能表現 6

數學學習障礙症缺損假說 14

數學學習障礙症患者的認知缺損型態 17

第二章 方法 24

受試者 24

研究程序 25

研究工具 26

分析方法 30

第三章 結果 31

研究參與者之基本資料 31

一般發展學童與數學學習障礙症患者之神經心理功能差異 34

數學學習障礙症患者之神經心理功能缺損型態 38

數學學習障礙症患者之數學核心能力缺損型態 49

數學學習障礙症患者神經心理功能與數學核心能力間的相關 53

數學學習障礙症患者整體認知缺損型態 57

第四章 討論 61

數學學習障礙症患者之神經心理功能缺損 61

數學學習障礙症患者之數學核心能力 69

DOI:10.6814/NCCU202200532

數學核心能力與神經心理功能間的關連性.....72

數學學習障礙症患者之整體認知缺損型態.....79

研究限制.....88

未來方向.....90

參考文獻 92

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

圖次

圖 1 Rubinsten 與 Henik（2009）提出之數學障礙三種神經認知型態.....21

圖 2 MLD 患者之數學核心能力.....51

圖 3 MLD 患者生理、認知、行為模式.....82

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表次

表 1 數學學習障礙症患者之人口學變項與臨床特徵.....32
表 2 一般發展學童與數學學習障礙症患者人口學變項.....33
表 3 一般發展學童與數學學習障礙症神經心理評估結果.....36
表 4 數學學習障礙症患者之神經心理功能表現.....43
表 5 數學學習障礙症患者之神經心理功能缺損型態.....47
表 6 數學學習障礙症患者之數學核心能力缺損型態.....52
表 7 數學學習障礙症患者神經心理功能與數學核心能力之相關.....54
表 8 數學學習障礙症患者之整體認知缺損型態.....58

國立政治大學
National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

第一章 緒論

特定學習障礙症與數學學習障礙症

特定學習障礙症（Specific Learning Disorder, SLD）為個體存在學習和運用學術技巧的困難，即便經過針對性的處遇介入，仍出現閱讀不精確或緩慢而費力、閱讀理解文字困難、拼音困難、書寫表達困難，或在掌握數感、數的實際法則、計算或數學推理有困難等症狀，且上述症狀至少一項持續六個月以上（American Psychiatric Association, 2013）。依據教育部統計 108 學年度各級學校特殊教育身心障礙類學生人數，全臺灣身心障礙學生人數共有 105,743 人，其中學習障礙學生 39,308 人，占了全體身心障礙比例的 37%。事實上，自教育部 102 學年度的統計起，學習障礙學生人數就已成為各類身心障礙之冠，由此可見此議題在國內教育界中的重要性。

根據美國精神疾病診斷及統計手冊第五版（Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, DSM-5, APA, 2013）所提出之 SLD 患者的缺損症狀，可進一步將患者註記為：閱讀缺損（with impairment in reading）、書寫缺損（with impairment in writing）或數學缺損（with impairment in mathematics）。數學缺損者常被稱為數學障礙，其盛行率為 3 至 7%（APA, 2013）。數學障礙者在掌握數感、數學既定事實（arithmetic fact）、計算，以及數學推理上出現顯著困難，意即其對於數字大小與關係的理解欠佳；即便隨著年齡發展，仍僅使用「數手指」的方式來進行個位數加法，無法透過直接提取數學既定事實的相關記憶進行運算。在計算過程中，患者較難掌握計算法則，在推理時難以應用數學概念、數學事實和計算程序技巧於解題之中（APA, 2013）。這些困難不僅影響患者的學業表現和就業機會，亦會造成日常生活的挫折，此行為困難對於個人、家庭、或社會層次皆有之影響（王宣惠與洪儷瑜，2019）。

數學障礙症的研究起源於 20 世紀，由學者 Ladislav Kosc 於 1974 年發表一項有關於數學能力缺損的系統性研究，並引入「發展性失算症」

DOI:10.6814/NCCU202200532

（developmental dyscalculia, DD）的概念。研究者認為數學障礙者是因大腦負責數學能力發展相關的腦區，出現遺傳或先天性上的發展障礙，使個體出現特定於數學能力上的缺損。雖然後續學者對於數學障礙症的現象描述與成因有所探究，但是對於它的臨床診斷直至 80 年代末期才可看見。美國精神疾病診斷及統計手冊第三版修正版（Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, DSM-III-R, APA, 1987）中提出 DD 的診斷標準，定義為個體在校一般學習能力及智力符合預期，但在數學個別化標準測驗的表現與預期應有的表現出現顯著差距。到 DSM-IV（APA, 1994）時，將 DD 更名為數學障礙症（mathematics disorder, MD），其診斷標準與第三版修正版相似，皆採智力與數學表現之差距取向。然而，即便 DSM-IV 已將 DD 名稱更改為 MD，但仍有許多學者沿用 DD 之名稱（Butterworth, 2011; Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Landerl, Göbel, & Moll, 2013）。近期，DSM-5（APA, 2013）則將先前提出之三種亞型（閱讀障礙、書寫障礙、數學障礙）予以整合，更名為特定學習障礙症，並採用註明障礙類別的方式，註記為閱讀障礙、書寫障礙和數學障礙三類。除了將 SLD 各亞型取消外，DSM-5 亦將診斷概念由「差距標準」轉為強調「核心能力缺陷」，並提出數學學習障礙（mathematics learning disorder, MLD）的四大核心缺損「數感（number sense）、算數實際法則（arithmetic facts）的記憶（memorization）、計算（calculation）和推理（math reasoning）」，呈現其臨床上的區辨診斷。

數學學習障礙症之數學核心能力缺損

數感

人類天生具有辨識、表徵、操弄數量的能力，稱之為數感（Dehaene, 1997）。這是個體在發展出語言能力之前，即對數值差異具有敏感性，且辨別差異的精確程度隨著發展而逐漸提高（Lipton & Spelke, 2003; Xu, Spelke, & Goddard, 2005）；此數感更是後續發展成數字系統、數學能力的基礎

DOI:10.6814/NCCU202200532

（Butterworth, 2011）。過去研究者提出缺損數字模組假設（defective number module hypothesis），認為 MLD 患者是因天生發展數感上有所異常，使其對於數量、數字的表徵能力出現顯著缺陷，導致在基礎數量辨別和數字概念的掌握上出現困難，進而無法完成更進階的數學運作，例如：計算和推理（Butterworth, 2005）。然而，亦有學者（Rousselle & Noel, 2007; Rubinsten & Henik, 2005）提出不同看法，認為個體在學習數字符號時，會與天生的內在數量表徵系統進行對應；而 MLD 患者是因數量表徵與數字符號自動連結的能力出現缺損，才造成後續學習數學上的困難，此假說稱之為連接缺損假說（access deficit hypothesis）。

MLD 患者在數感或數字系統上的缺損，使其在基礎數量與數字上的操弄出現困難。過去研究發現 MLD 患者在數數（Landerl et al., 2004）、非符號數量比較作業（例如：圓點）和數字比較作業上的精準度和完成速度皆比一般發展兒童差（Mussolin, Mejias, & Noel, 2010; Rousselle & Noel, 2007）。MLD 患者在數數過程中更容易出現重複計數的情況（Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007）。有學者試圖分析 MLD 患者與一般發展學童在比較數字上所展現出的行為差異，評估兩者於數字距離效應（The distance effect, Moyer & Landauer, 1967）上的表現。所謂距離效應，是指個體在進行數字比較時，若兩個數字間的差距越小，會使得個體在比較過程中所花費的時間和錯誤會增加，意即若要比較 1 和 9、5 和 6 的數字大小時，個體會較快速且正確地反應出 1 和 9 的比較結果。隨著年齡增長，一般發展學童在數感上的發展更具精確度後，此距離效應會逐漸消退（Holloway & Ansari, 2009）；然而，MLD 患者在進行數字比較時仍會出現顯著的距離效應（Ashkenazi, Mark-Zigdon, & Henik, 2009; Landerl & Kolle, 2009; Mussolin & Noel, 2008）。

數學事實提取

除了數感之外， MLD 患者在進行簡單個位數加減法時，常仍須仰賴手指或口頭計算，無法從長期記憶中自動且快速地提取出正確答案（Geary,

DOI:10.6814/NCCU202200532

2011b）。事實上，就數學能力發展軌跡而言，一般發展學童於國小二年級後，算術技巧可從手指數數，轉換至口頭計算或直接從長期記憶中提取出數學事實，但 MLD 患者並未出現這樣的轉換；甚至在整個小學階段，數學事實提取能力都未有顯著發展（洪儷瑜、連文宏，2019）。就有研究者（Geary, 2004）提出，即便 MLD 患者嘗試以提取方式進行解題，他們仍會出現更多的錯誤，且花費時間也較一般發展兒童來的長。國內學者連文宏與洪儷瑜（2017）亦指出，國中階段的 MLD 患者仍出現明顯的數學事實提取困難，其困難反映在提取的速度緩慢，而非解題的正確性，而他們亦認為此特徵應是 MLD 患者的核心缺陷。

計算

個體計算能力的發展程序並非僅是單純地從計數策略轉換成數學事實提取策略，而是隨著年紀增長，經教育後學習到更多的計算策略，可使用多項策略來解決不同的問題。個體可能會透過提取的方式來獲得 1 加 3 等於 4 的答案，但透過數數的方式來解決 7 加 8。在學習的過程中，能運用的策略組合會逐漸增多，並能在多種策略中進行適應和轉換（Siegler & Shrager, 1984）。然而，過去研究發現，MLD 患者即使年紀和受教育時間增長，他們仍仰賴計數方式來進行簡單加減（Geary, 1993）；除此之外，其計數策略的解題速度亦未隨著年紀增長而出現顯著提升（Geary, Brown, & Samaranayake, 1991）。Geary、Hoard、Hoard 與 Bailey（2012）分析 MLD 患者與一般發展學童在簡單計算時採用數學事實提取策略的表現型態，發現國小二年級 MLD 患者在數學事實提取策略的錯誤比為 1.3 比 1，一般發展兒童的錯誤率則為 12 比 1；到了國小四年級後，MLD 的錯誤率為 3.4 比 1，一般發展學童的錯誤率則為 19 比 1。即便 MLD 患者的錯誤率隨著年紀上升而下降，但仍顯著高於一般發展學童。國內學者連文宏與洪儷瑜（2017）亦證實，即便到國中階段，MLD 在多位數計算上仍遇到許多困難，即使正確性尚佳，但計算速度相當緩慢。

DOI:10.6814/NCCU202200532

另一方面，MLD 患者在簡單計算時，比起同儕出現更多程序性錯誤（procedural error, Geary, Hoard, Nugent, & Bailey, 2012），其中最常見的錯誤為減法時未進行借位。例如：51 減 16，MLD 患者並未向 5 借用，而是直接將 6 減 1，並獲得 45 的答案；MLD 患者在此類型的錯誤率高達 25%，而一般發展兒童的錯誤率僅有 9%。另一種錯誤為跨零借用（borrowing across zero），意指當被減數尾數為 0 時，MLD 患者並未向被減數之十位數進行借位，而是直接將減數之個位數值減去 0，例如：30 減 12，MLD 患者會獲得 22 的答案。此類型的錯誤率在 MLD 患者為 16%，與一般發展學童 7%的錯誤率亦明顯不同（Raghubar et al., 2009）。

推理

MLD 患者在數學推理的主要缺損為，應用數學概念、實際法則，或是程序處理計量的問題上出現嚴重的困難（APA, 2013）；意即患者在數感、數學事實提取，和計算上的缺損，使其後續在運用基本數學概念時遇到困難。根據先前文獻可得知，數感和數學事實提取是個體在進行個位數計算、多位數計算與應用題上的關鍵技巧（Geary et al., 1991）。國內學者洪儷瑜與連文宏（2019）運用結構方程模型來探討台灣一年級至六年級學童計算能力之間的預測路徑，發現一、二年級學童的數學事實提取能力能有效預測後續計算表現；三、四年級學童的數學事實提取能力可分別預測分解與重組（透過已建立的數學事實導出另一個數學事實的能力）和複雜計算能力，而五、六年級學童的分解與重組能預測複雜計算能力。由此可知，個體的數學能力是逐漸累積而成的，是從個體對於數量的基本認識，建立起數量與數字之間的表徵對應，已達成對數字概念的通盤理解，才能執行計算；接著，累積數學既定事實，依此根基進行更複雜的運算。然而，MLD 患者正是因為在基礎的數感上出現缺損，使得其難以掌握數的概念，無法完成簡單數學運算，更無法應對複雜度更高的問題。

DOI:10.6814/NCCU202200532

數學學習障礙症之神經心理功能表現

由上述可知，數學能力需要一套基本的數字核心系統，而 MLD 患者在此套系統上出現缺損，使其在學習數學上遇到困難。然而 Geary（1993）認為，即便數字核心系統對於個體發展數學的基本認知相當重要，但無論是簡單或複雜計算，皆需要涉及其他認知功能，並非是單一數字系統所能解釋；因此，若僅透過數字系統缺損的角度去理解 MLD 患者在學習數學上的困難，似乎仍顯不足。後續研究亦支持 Geary（1993）的看法，他們發現個體在進行數學任務時，是需要多項神經心理功能一併運作，例如：良好的處理速度（information processing speed）可增加訊息保留時間，幫助個體在訊息尚未消退之前完成處理的動作（Geary, 1993）；抑制無關訊息的能力則能提升工作記憶容量（Peng, Congying, Beilei, & Sha, 2012），使個體在進行數學任務時能將注意力放置在相關的訊息上，較更有效率地對訊息進行處理。除此之外，工作記憶（working memory）則可幫助數字訊息短暫地維持、並進行處理（Geary, 1993）。有鑑於此，數學運算確實需要多項認知功能的參與，也使得學者們嘗試進一步探討 MLD 患者的神經心理功能。

訊息處理速度

訊息處理速度是指個體完成一項認知活動，從訊息的接收、編碼、處理，至做出反應所需要的時間。在數學運算中，訊息處理速度能力扮演了相當重要的角色，它可以促進訊息運作效率，成功在記憶力衰退之前對訊息進行處理；亦能協助個體快速地從長期記憶中提取出先前所累積的既定數學事實或解題方式，讓更多的認知資源保留在工作記憶之中（Geary, 1993）。若個體訊息處理速度較慢，在運算過程中則需花費較多時間；當訊息相關記憶開始衰退，便會阻礙成功解題經驗進入長期記憶的機會（Geary et al., 1991），使得個體所存取的應用策略較少，往後也較無策略可加以運用。

DOI:10.6814/NCCU202200532

即使控制了閱讀能力、長期記憶和短期記憶後，仍可見訊息處理速度對於數學能力的貢獻性（Bull & Johnston, 1997）。事實上，訊息處理速度在個體學習初期時，即對數學表現有較顯著的影響（Panaoura & Philippou, 2007），亦能有效預測往後的計算表現（Fuchs et al., 2006; Hecht, Torgesen, Wagner, & Rashotte, 2001）。Fuchs 等人（2006）進一步將數學題目分為個位數計算、二位數計算以及應用題，分別探討各題型與訊息處理速度間的關係，同樣發現訊息處理速度最能有效預測基礎之個位數計算能力。不僅如此，與數字相關的訊息處理速度更能有效預測個體的數學成就（Geary, 2011a）。

許多研究皆證實比起一般發展兒童，MLD 患者的訊息處理速度顯著較慢（Bull & Johnston, 1997; Cirino, Fuchs, Elias, Powell, & Schumacher, 2015; Geary, 1993; Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007; Landerl et al., 2004; Passolunghi, 2011）。若與其他學習障礙類型相比，訊息處理速度能力緩慢更被視為特定於 MLD 患者的認知功能缺損（Cirino et al., 2015）。Peng 等人（2018）亦認為，處理速度是所有 MLD 患者都會出現的普遍缺損，且此缺損是跨時間的穩定標記。

另一方面，亦有學者進一步分析 MLD 患者在不同訊息處理速度測驗上的表現。Landerl 等人（2004）嘗試採用命名顏色測驗和命名數字測驗作為評估工具；結果顯示，即使控制了命名顏色的速度，MLD 患者在命名數字的表現仍顯著慢於對照組。van der Sluis、De Jong 與 Van der Leij（2004）則發現 MLD 患者在數字和數量的命名速度較慢，但在字母和物品上的命名速度與一般發展兒童相比則無明顯落後。較近期學者 Moll、Gobel、Gooch、Landerl 與 Snowling（2016）採用兩種訊息處理速度作業（一為含有另一則為刪除詞彙作業，意即使用學童不熟悉的文字作為評估媒介。請學童在眾多詞彙當中，快速地劃去目標詞彙）分析 MLD 患者在文字和數字的訊息處理速度表現，結果指出無論是數字或文字作業，MLD 患者在處理速度上的表現與一般發展兒童無異。可見，即便許多研究提出 MLD 患者於訊息處理速度上的缺損，但結果仍分歧。

DOI:10.6814/NCCU202200532

從上述可知，訊息處理速度在數學運算中扮演重要角色，特別是在進行簡單計算時。許多研究發現 MLD 患者在訊息處理速度上的緩慢，甚至認為此困難對於 MLD 患者來說是特定且跨時間的普遍特徵。除此之外，更有研究發現 MLD 患者在訊息處理速度的表現會受到本身對於「數字」的障礙影響，其在含有數字的訊息處理速度上表現會更差。

記憶

記憶是由不同的認知處理歷程和多元記憶系統所組合成的功能，其歷程可包含訊息的編碼（encoding）、儲存（storage），以及提取（retrieval）；而人的記憶是以多重系統形式存在，不同系統會儲存不同類別的訊息，也有其對應之腦部結構運作機制（Squire, 2004）。

過去研究常探討短期記憶（short-term memory）在數學運算中的角色，分析個體對訊息進行編碼、儲存和提取的能力，與數學能力間的關連性。研究發現短期記憶能有效預測個體的數學能力（Swanson & Kim, 2007），Gathercole、Alloway、Willis 與 Adams（2006）針對 6 至 11 歲兒童進行縱貫研究，成長曲線分析結果顯示，若個體在學齡前具有更佳的語文短期記憶，會使其數學成就在學習初期時保持優勢。Bull、Espy 與 Wiebe（2008）則針對 4 歲幼童進行評估，並追蹤參與者在小學一年級的數學成就，結果發現個體在學齡前的視覺空間短期記憶是數學成就的重要預測指標。

事實上，MLD 患者在短期記憶上確實具有缺損，但研究結果仍尚未有定論。早期研究者（Hitch & McAuley, 1991）已指出，MLD 患者的短期記憶較差，可能是受到其從長期記憶中提取數字表徵時的速度較慢所致。除此之外，Swanson（2012）評估青少年 MLD 患者的短期記憶，要求個體背誦隨機呈現之英文子音字串（例如：F J Q），字串數量範圍為 2 至 9 個；研究亦顯示 MLD 患者有顯著的短期記憶缺損。然而，亦有研究並不支持上述看法；Passolunghi 與 Siegel（2001）選擇標準化數學測驗中百分等級低於 30 的國小三、四年級數學困難者，進行文字和數字短期記憶評估。結果顯示，數學困難學童並未在兩

DOI:10.6814/NCCU202200532

項短期記憶評估上出現顯著缺損，但因該研究之對象為數學困難學童，並非數學障礙者，兩者缺損程度和核心困難可能有所差異；即便如此，研究者仍發現數學困難學童在立即回憶數字訊息時的表現較差，此情況可能是因其從長期記憶中提取數字相關訊息的速度較慢所影響。

根據上述，MLD 患者的短期記憶相較於其他認知功能受到關注較少，學者也持不同看法。部分研究認為 MLD 患者短期記憶雖有缺損，但可能是其他神經心理功能的表現異常所致。

執行功能

執行功能（executive function）屬於高層次的認知功能，意指個體在完成目標導向的行為時，在過程中制定目標、計劃，以及有效執行計劃所需的認知能力（Lezak, 1982）。Lezak（2004）將執行功能操作化定義為四個部分—意圖（volition）、計畫（planning）、有目的的行動（purposive action），以及有效的表現（effective performance）；由此可知，執行功能可包含許多概念，例如：工作記憶（working memory）、抑制能力（inhibition）、轉換能力（switching）、概念形成（concept formation）、思考流暢性（thinking fluency）等。

許多研究已證實執行功能與數學成就之間的關連性（Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Cragg & Gilmore, 2014; Espy et al., 2004）。舉例來說，Bull 與 Scerif（2001）發現工作記憶、抑制能力和轉換能力可有效預測數學成就；且當控制閱讀能力和智力後，即便各項執行功能的預測力下降許多，但執行功能對於數學能力依舊具有其獨立的預測力。除此之外，學齡前的執行功能表現是往後學習數學的基礎（Bull et al., 2008）。由上述結果可證實執行功能與數學能力之間的關連性，且在眾多執行功能中，個體之工作記憶、抑制能力、轉換能力是參與數學運算上的重要功能。因此，以下將進一步說明 MLD 患者在執行功能上的三項重要概念—工作記憶、抑制能力與轉換能力的表現。

工作記憶

DOI:10.6814/NCCU202200532

工作記憶是個體在進行認知任務中，同時將訊息短暫儲存和運作處理的能力（Baddeley & Hitch, 1974）。在數學任務的過程中，工作記憶可以幫助數字訊息可以短暫地維持、並進行處理，是進行數學任務中相當重要的認知功能（Peng, Namkung, Barnes, & Sun, 2016）。

就發展階段來說，縱貫研究指出學齡前個體的工作記憶表現能有效預測其學齡間的數學表現（Welsh, Nix, Blair, Bierman, & Nelson, 2010）；甚至對於不同年齡階段的學童來說，工作記憶對於數學成就皆有穩定且顯著的貢獻性（Bull & Scerif, 2001; De Smedt et al., 2009; Geary, 2011a; Geary, Nicholas, Li, & Sun, 2017; Toll, Van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2011; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012）。事實上，即便控制了其他認知功能，仍可見工作記憶對於數學成就之獨特貢獻性（Berg, 2008）。除此之外，亦有研究發現不同類型的工作記憶（語文工作記憶、視覺空間工作記憶）皆可有效預測學童的計算能力。然而，部分研究者則特別強調視覺空間工作記憶對於基礎數學能力的重要性（Ashkenazi, Rosenberg-Lee, Metcalfe, Swigart, & Menon, 2013）。比起語文工作記憶、智力以及閱讀能力，視覺空間工作記憶對於數值運算（數字書寫、辨別、背誦，以及簡單的加減乘除）的預測性較高，並認為在數量、數字和算術技能發展的初始階段，個體明顯仰賴於視覺空間表徵能力。

不僅如此，有學者嘗試以 Baddeley 與 Hitch（1974）所提出的工作記憶模型作為基礎，分別探討視覺空間描繪板（visuospatial sketchpad）、語音迴路（phonological loop），以及中央執行系統（central executive system）對於數學能力的貢獻性。結果亦支持視覺空間工作記憶最能有效預測數學能力（Holmes & Adams, 2006），且此關係於各年齡層學童身上皆可發現（Bull et al., 2008）。然而，隨著年級增長，工作記憶模型中的中央執行系統更是成為影響個體數學能力的重要因素（Geary, 2011a）。綜合上述，工作記憶能力確實為發展數學能力的重要基礎。

DOI:10.6814/NCCU202200532

許多研究進一步證實 MLD 患者在工作記憶上的缺損。Geary 等人（2007）發現 MLD 患者在中央執行系統、語音迴路跟視覺空間描繪版都出現明顯缺損。亦有學者嘗試探究 MLD 患者在不同類型工作記憶（文字、數字以及視覺空間工作記憶）的表現，皆發現 MLD 患者有語文、視覺空間和數字工作記憶上的缺損（Moll, Gobel, Gooch, Landerl, & Snowling, 2016; Passolunghi & Siegel, 2001; Peng et al., 2012; Swanson & Jerman, 2006）。然而，部分學者認為 MLD 患者僅在視覺空間工作記憶的表現上比一般發展學童來的差（Andersson & Östergren, 2012），視覺空間工作記憶才是 MLD 特殊的缺損的表現（Andersson, 2010; Ashkenazi et al., 2013）。

根據上述，工作記憶為個體發展數學能力的重要因素，而 MLD 患者確實有明顯的工作記憶缺損。倘若細究工作記憶的各項子系統、和不同類型工作記憶表現，其結果尚有不一致之處；即便如此，仍可發現 MLD 患者在視覺空間工作記憶的普遍缺損。

抑制能力

抑制能力為抑制環境中較具有支配性或自動性訊息的能力，能幫助個體將認知資源有效地運用在適合當下目標的反應。在數學運算時，抑制能力能有效阻擋無關訊息進入認知系統，增加可使用的認知資源，使工作記憶能有效處理訊息、順利地從長期記憶中提取相關訊息（Peng et al., 2012）。

過去研究發現，抑制能力可有效預測學齡前幼童的數數能力（Lan, Legare, Ponitz, Li, & Morrison, 2011），和往後的數學能力（Bull & Scerif, 2001; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006）；即便控制了其他執行功能後，仍可見抑制能力對於數學表現獨立的預測力（Espy et al., 2004）。Bull 與 Scerif（2001）進一步發現，數學能力僅和特定類型的抑制能力具關連性，也就是數學能力僅與數量數字抑制作業中的干擾表現有顯著相關，但此關連性並未在顏色文字抑制作業中發現。然而，仍部分學者持反對意見，Toll、Van der Ven、Kroesberge 與 Van

DOI:10.6814/NCCU202200532

Luit（2011）則認為，個體於國小初期的數學任務相對簡單，不太需要高階認知功能的參與，因此才未發現抑制能力對於數學成就的貢獻性。

即便如此，仍有文獻指出 MLD 患者在抑制能力上的表現較差（van der Sluis, de Jong, & van der Leij, 2004），研究者（Szucs, Devine, Soltesz, Nobes, & Gabriel, 2013）發現無論何種形式的抑制能力測驗（含有數字或動物），MLD 患者皆無法如控制組一樣有效抵抗無關刺激的侵入。同時，其他學者（Passolunghi, 2011; Passolunghi & Siegel, 2001）觀察到，MLD 患者在工作記憶測驗中時常回應許多先前未出現過的詞彙；對此他們認為，MLD 患者在工作記憶的缺損是因抑制能力受損，導致無法抑制、忽略與當下不相關的訊息。

綜合上述，就學習數學的長期歷程來看，抑制能力不單在幼童學習數數時就展現重要性，在往後進階的數學任務亦有貢獻。許多研究發現 MLD 患者在抑制能力上的缺損；若進一步分析不同類型的抑制能力，可得知其表現似乎會受到數字特殊性影響，在抑制數字訊息時會出現更明顯的缺損。不僅如此，MLD 患者的抑制能力可能會干擾其他認知功能表現，而其他認知困難亦會對抑制能力帶來影響。

轉換能力

轉換能力為在集合、任務或策略之間切換的能力。在數學運算中，個體需在不同的符號之間轉換、嘗試眾多的解題步驟，以及在複雜的應用問題中切換算法。過去學者已證實，轉換能力與數學表現有關（Bull et al., 2008; Yeniad, Malda, Mesman, van Ijzendoorn, & Pieper, 2013）。Bull 與 Scerif（2001）發現數學能力較差的學童，在威斯康辛卡片分類測驗（Wisconsin Card Sorting Task, WCST; Heaton, 1981）會出現較多的固著反應；進一步分析其分類模式，這群學童起初在生成分類策略時並未出現顯著困難，然而一旦生成策略，便難以轉換至新策略。

相較於其他執行功能，關於 MLD 患者轉換能力的相關研究較少（Bull & Scerif, 2001; van der Sluis et al., 2004; Willcutt et al., 2013），且仍未有定論。

DOI:10.6814/NCCU202200532

Willcutt 等人（2013）發現平均年齡 11 歲 MLD 患者，在 WCST 中難以轉換規則，並認為其轉換能力出現顯著困難；且此困難為特定於 MLD 患者的認知缺損，並未在其他學習障礙學童當中發現。van der Sluis、De Jong 與 van der Leij（2004）則是探討 MLD 患者在不同轉換作業，包括命名轉換作業與路徑描繪測驗（Trail Making Test, TMT, Reitan, 1958）的表現。結果顯示，MLD 患者僅在 TMT 出現顯著缺損；且當進一步控制數字的影響後，TMT 的缺損仍存在。據此，他們認為命名轉換作業僅需在數字和形狀兩種不同集合中轉換，TMT 則需在更多類別（數字、字母和順序）中進行轉換，而 MLD 患者僅在執行複雜的轉換作業時會出現困難。除此之外，研究者進一步將抑制能力和轉換能力結合，設計出抑制轉換作業，並與單純抑制作業和轉換作業的表現進行比較。結果顯示，MLD 患者的主要困難仍是在轉換能力上的缺損。

然而，部分學者並未發現 MLD 患者在轉換能力出現困難（Toll et al., 2011）。Toll 等人（2011）針對在校數學成績低於 25%的 6 歲學童在兩項轉換作業—分類作業（Sorting Task, Zelazo et al. 2003）和動物轉換作業（Animal Shifting, van der Sluis et al., 2007）的表現，結果並未指出其在轉換作業上的缺損。他們認為一、二年級學童所面對的數學任務較簡單，不需使用轉換能力；因此，並未在數學成績較差的學童中發現此缺損。

針對上述不一致的研究結果，Van der Ven 等人（2012）認為，對於 7 至 8 歲的學童而言，轉換能力尚未能獨立發展為一項執行功能；且 Lee、Bull 與 Ho（2013）同樣認為，對於幼童來說，其執行功能僅能區分出工作記憶和抑制合併轉換能力兩大概念，抑制能力和轉換能力須至青少年時期才能分離為獨立概念（Lee, Bull, & Ho, 2013）。也就是說，即便轉換能力在數學認知過程中有其重要性，亦有研究證實 MLD 患者有轉換能力上的困難；但受到執行功能本身的發展機制，會隨著年紀增長而逐漸成熟，與數學任務複雜度所影響，目前對於 MLD 患者的轉換能力表現較不清楚，仍需更多研究進行探討。

DOI:10.6814/NCCU202200532

根據上述各項神經心理功能研究，雖然發現 MLD 患者確實具特定神經心理功能之缺損，但仍有許多尚未釐清之處。主要原因可能受到受試者樣本特性，例如：研究參與者年齡、疾患嚴重程度、有無共病其他學障類別，以及所採用之神經心理衡鑑工具類型等因素所影響。因此，Peng 等人（2018）針對 1920 年至 2017 年在學術期刊上發表之 MLD 患者神經心理功能研究進行後設分析。結果指出，MLD 患者有顯著的神經心理功能缺損，其缺損嚴重程度由重至輕微分別為處理速度、工作記憶、注意力、短期記憶、執行功能和視覺空間能力；除了注意力外，其他神經心理功能皆為 MLD 患者跨時間的普遍缺損。其中，處理速度和工作記憶表現會受到 MLD 患者對於數字的脆弱性影響，導致在面對數字相關的處理速度和工作記憶任務時，缺損程度會更加顯著，而 MLD 患者的嚴重程度僅會影響其在處理速度上的表現（Peng et al., 2018）。

數學學習障礙症缺損假說

由前述文獻回顧可發現，MLD 患者會出現數學核心能力缺損與神經心理功能缺損兩大困難，而這兩大核心缺損也引發學者們討論造成 MLD 患者行為困難的背後機制。目前主要有三大假說嘗試解釋 MLD 患者之病理現象，一為探討 MLD 患者在數學核心能力缺損的特定性（domain specific）缺損假說；二為探討 MLD 患者在神經心理功能缺損的普遍性（domain general）缺損假說；最後則是結合數學核心能力和神經心理功能缺損的綜合性缺損假說。

特定性缺損

特定性缺損假說（Andersson, 2010; Butterworth, 2005）認為 MLD 患者之所以出現數學上的困難，是源於個體在發展人類天生具有的「數感」上出現遲緩，使其對於數量表徵、數字的操弄能力出現困難，導致在基礎數量辨別和數字概念的掌握上出現缺損，進而無法完成更進階的數學運作。

許多腦部功能研究顯示，個體在進行基礎數學任務（例如：數數、數量判斷、比較數字大小、計算）時，頂葉中的頂內溝（intraparietal sulcus, IPS）會出

DOI:10.6814/NCCU202200532

現明顯活化（Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003; Piazza, Pinel, Le Bihan, & Dehaene, 2007; Simon, Mangin, Cohen, Le Bihan, & Dehaene, 2002）；因此，該區域被視為數學能力核心區域。事實上，過去學者發現 MLD 患者在進行數字比較作業（Mussolin, De Volder, Grandin, Nassogne, & Noël, 2010）和計算時（Kucian et al., 2006），大腦中的 IPS 的活化程度較少；甚至發現 MLD 患者大腦中的 IPS 有灰質減少的情況出現（Rykhlevskaia, Uddin, Kondos, & Menon, 2009）。有鑑於此，特定性缺損是影響 MLD 患者在行為困難上的關鍵因素（Chan & Ho, 2010）。

普遍性缺損

提出「普遍性缺損假說」的學者則認為，個體在進行數學運算時是需要眾多認知功能，例如：訊息處理速度、記憶、工作記憶、抑制能力、轉換能力等共同運作。因此，MLD 患者之所以出現學習數學上的困難，是因為神經心理功能出現普遍性的異常所導致（Ashkenazi et al., 2013; Johnson, Humphrey, Mellard, & Swanson, 2010; Swanson & Jerman, 2006）。

在腦部功能性造影的研究指出，個體在進行數學任務時，所運用的資源是涵蓋全腦，包括頂葉、額葉、顳葉及枕葉皆有活化情況（張葶葶、龍姿蓁，2017）。即便先前腦部功能研究皆指出頂葉在數學運作上的重要性，但亦不能忽略頂葉在其他認知功能上的參與。舉例來說，數學能力核心區域－角回（angular gyrus），除了在辨識、書寫數字、理解和執行計算時扮演重要角色外，它與「顳葉－額葉」子系統，以及海馬回（hippocampus）、尾狀核（caudate nucleus）和楔前葉（precuneus）等區域有很強的相互作用（Uddin et al., 2010）。在許多需從記憶當中提取訊息（Spaniol et al., 2009），以及需要抑制反應的任務中皆會被活化（Wager et al., 2005）。換言之，角回不僅是運作數字的要角，還參與了其他認知功能的運作，更是各腦區關鍵的連結點。另一方面，頂葉與其他腦區的連結性亦是進行認知活動相當重要的關鍵，例如：前側 IPS 和額葉系統之間存在連結（Dehaene et al., 2003; Uddin et al., 2010），反映出

DOI:10.6814/NCCU202200532

在進行數字處理歷程時需要更高階的認知功能；而後側 IPS 和後枕葉之視覺皮質存在連結，顯示出個體在將數量訊息轉換為數字時，同樣需要視覺空間的能力（Uddin et al., 2010）。由上述可知，即便是單一皮質，也同時參與了許多認知功能的運作；單一認知功能，其涉及的腦區亦相當廣泛。因此，在了解個體進行認知任務時不能忽略全腦運作之共同性。

許多研究支持上述看法並證實，與一般發展兒童相比，MLD 患者在多個腦部區域灰質體積皆都有出現顯著減少的情況。Ryhkhlevskaia、Uddin、Kondos 與 Menon（2009）針對 7 至 9 歲 MLD 患者進行腦部核磁共振（Magnetic Resonance Imaging, MRI）檢查，發現其多處腦部結構，如：楔葉（cuneus）、楔前葉、外側枕葉皮層（lateral occipital cortex）、梭狀回（fusiform gyrus）、雙側頂上小葉（superior parietal lobule）、內側顳葉（medial temporal lobe），以及海馬迴的灰質體積出現顯著減少。其他學者亦指出 MLD 患者腦部結構之白質部分，例如：右半球的額枕下束（inferior fronto-occipital fasciculus）、胼胝體（corpus callosum）、下縱束（inferior longitudinal fasciculus）、上縱束（superior longitudinal fasciculus）、前側視丘輻射（anterior thalamic radiation），以及左半球的上縱束、胼胝體和前側視丘輻射，都顯著比一般發展兒童來得少；尤其是額葉和頂葉之間的白質連結，MLD 患者未如對照組般，出現隨年齡增長而增加連結的情況（Ranpura et al., 2013）。甚至有學者進一步認為，頂葉與梭狀回之間神經纖維連結的缺損，可能是特定於 MLD 患者的神經脆弱性（Rykhlevskaia et al., 2009）。

如上所述，無論是腦部多個區域的灰質體積或白質連結，MLD 患者皆出現結構上的缺損。因此，學者認為 MLD 患者是因腦部多項區域出現普遍性缺損，影響神經心理功能發展，造成其在學習數學上遇到困難。

綜合性缺損

無論是特定性缺損或普遍性缺損假說，在解釋 MLD 患者的行為缺損皆有其未竟之處，於是結合特定性缺損與普遍性缺損的綜合性缺損假說（Andersson

DOI:10.6814/NCCU202200532

& Östergren, 2012; Geary et al., 2007; Peng et al., 2018）則逐漸受到重視。這派學者認為，MLD 患者是因個體先天數感出現缺損，且神經心理功能在發展過程中出現缺損，使其同時在「數學」和「學習」層面上出現困難，進而出現數學學習障礙症的特定表現。

支持此假說的學者認為，在生理層面上，MLD 患者於 IPS 和腦部多處灰白質出現結構上的缺損；因此，數學核心能力和神經心理功能缺損是同時存在、且互相影響。其實早在將近 30 年前，Geary（1993）即認為 MLD 患者的數學基礎概念薄弱和計算程序困難，是與個體從語意記憶（semantic memory）中表徵數學事實的特定性缺損，以及視覺空間能力的普遍性缺陷有關。爾後，Geary 等人（2007）探討國小一、二年級 MLD 患者的數學核心能力（數列、數線估計、數數、加法技巧）和神經心理功能（工作記憶和處理速度）間的關連性時，亦發現 MLD 患者在數數、加法過程中的缺損與工作記憶和處理速度有關；特別是工作記憶中的中央執行系統，更是重要的關鍵預測因素。另一方面，國內學者洪儷瑜（2010）同樣認為，MLD 患者的數字概念困難可能源於其在視覺空間能力、工作記憶和處理速度上的缺損，數學事實提取和計算能力的缺陷則是受到工作記憶和處理速度的影響；工作記憶和視覺空間能力甚至能有效預測其在文字應用題上缺損。

由上述可知，MLD 患者在腦部特定區域和普遍區域皆出現結構上的缺損，導致其同時出現數學核心能力與神經心理功能的異常表現，且兩者間有其關連性。近期之後設分析研究（Peng et al., 2018）。亦較支持綜合性缺損假說，認為 MLD 患者的認知功能缺損樣態同時結合了特定性的數字處理缺損，以及普遍性的神經心理功能缺損。

數學學習障礙症患者的認知缺損型態

由於 MLD 患者同時具有特定性和普遍性的認知缺損，近期便開始有學者嘗試探討 MLD 患者的整體認知缺損型態。其實早在 1993 年，Geary（1993）

DOI:10.6814/NCCU202200532

將 MLD 患者區分為三種認知缺損類型—程序錯誤類型、數學事實提取困難類型，以及表徵數字空間訊息困難類型；其中，程序錯誤、數學事實提取困難可能與數數知識、數數速度和工作記憶有關連性，認為此兩種可再區分為更基礎的認知缺損類型。爾後，Geary 與 Hoard（2005）認為，MLD 患者的數學事實提取困難，是個體對於數學相關語意記憶（semantic memory）出現缺損，於是將數學事實提取困難類型修正為語意記憶困難類型。近期研究者 Karagiannakis、Baccaglini-Frank 與 Papadatos（2014）則依循 Geary（1993）的想法，並整合先前研究結果，提出 MLD 患者可區分為四種認知缺損類型：一、在表徵數量、與數字連結時出現困難的「內在數量表徵缺損類型」；二、工作記憶缺損、無法抑制無關訊息進入工作記憶，以及語意記憶缺損的「記憶力缺損類型」；三、抑制能力、更新能力、轉換能力與決策困難的「推理缺損類型」；四、「視覺空間缺損類型」。與此同時，另有研究者 Bartelet、Ansari、Vaessen 與 Blomert（2014）認為先前分類研究，大多是基於理論，採用由上而下（top-down）的方法制定出缺損類型。此做法侷限了分類類別，亦會造成將兩種不同認知特徵的 MLD 患者，聚合為一個先前所預設類型的情況。因此，他們以 226 位國小 MLD 患者在數學核心能力和神經心理功能上的表現，透過因素分析，採用由下而上（bottom-up）的方式，區辨出 MLD 患者的認知缺損類型。結果顯示，MLD 患者可區分出六個群體，分別為：心理數線缺損類型、近似數字系統（approximate number system, ANS）缺損類型、空間困難類型、連結缺損（access deficit）類型、無數字認知缺損類型，以及多樣性缺損類型（garden-variety subtype）。

上述研究區辨出的認知缺損類型迥異，無論是基於理論或是採用評估資料做為分類依據，兩者皆有其缺失存在。首先，以根據理論制定的分類而言，Karagiannakis、Baccaglini-Frank 與 Papadatos（2014）所提的神經心理功能歸類仍有所疑慮：首先，其將工作記憶分類為記憶缺損類型，但工作記憶應更接近於執行功能，並非是記憶類型；再者，「無法抑制無關訊息進入工作記憶」應

DOI:10.6814/NCCU202200532

屬抑制能力困難，亦不適合被列為記憶力缺損類型；最後，訊息處理速度為 MLD 患者的主要認知缺損，而該研究並未提及訊息處理速度，或說明其未被列入認知缺損類型的原因，訊息處理速度的重要性可能被忽略。另一方面，以資料作為分類依據的研究（Bartelet et al., 2014）而言，他們在數學核心能力上採用不同面向的測量，包括：估算數量、數數、數線、數字大小等七項測驗；然而，在神經心理功能評估僅採用文字短期工作記憶、空間短期工作記憶作為評估項目，甚至將短期記憶和工作記憶兩大概念進行合併。可見研究者皆較著重於數學核心能力，但在神經心理功能缺損上的探究較少。

本研究認為 MLD 患者的病理共識為綜合性缺損，在探討其認知缺損型態時，應相等重視特定性與普遍性缺損，將數學核心能力與神經心理功能一併納入討論。不僅如此，本研究亦針對許多學者使用數學核心能力作為個案於特定性缺損上表現有所疑慮。先前研究指出有些數學核心能力（例如：計算、應用）可由更基礎的神經心理功能負責；因此，並非所有數學核心能力皆屬特定性缺損之範圍。倘若研究者未檢視數學核心能力涵蓋之概念，可能會造成評估出的認知能力不僅含有特定性缺損，亦會包含普遍性缺損，進而影響判定個案認知缺損型態之混亂。綜上所述，往後在釐清 MLD 患者之認知缺損型態時，不單需提升對於神經心理功能的重視，還需辨明數學核心能力所涵蓋的概念。

探究 MLD 患者的整體認知缺損型態有其重要性外，亦有學者開始關注 MLD 患者具高異質性的認知缺損特徵。早期便有學者（Rubinsten & Henik, 2009）就認為，因 MLD 患者同時具有特定性與普遍性缺損，每位患者於兩者上不同的缺損型態，是造成該群體高異質性的認知缺損型態和多樣行為困難的主因。Rubinsten 與 Henik（2009）認為，MLD 患者可依據其腦區和認知功能缺損，區分為三種神經認知型態，即為：DD、MLD，以及 DD 共病其他發展性疾患，如圖 1 所示。他們表示，因單一 IPS 的生理缺陷，使個體在處理數量時出現困難，此生理和認知缺損型態屬於 DD 患者的表現，即圖 1 中的 a 部分；接著，MLD 患者（即 b 部分）在數學能力上的缺損，不僅是因單一 IPS 結構缺

DOI:10.6814/NCCU202200532

損，更涉及其他腦區之結構異常，造成患者於數感和該腦區負責之神經心理功能出現缺損；且研究者認為每位患者在不同腦區的結構缺損、或是該腦區負責之不同神經心理功能上的缺損，正是造成 MLD 患者在認知缺損型態上高異質性的原因。舉例來說，b 部分的（i）為，有些 MLD 患者除了 IPS 的缺損外，在其他腦區（例如：額葉）亦出現缺損，導致其不僅在數量表徵上出現困難，亦在神經心理功能（如：工作記憶）出現缺損，使其在學習數學上遇到困難；b 部分的（ii）為，有些 MLD 患者僅出現單一 IPS 上的缺陷，但因頂葉同時參與許多認知功能，因此並非僅影響到個體的數量表徵能力，頂葉所參與之神經心理功能亦會受到影響。也就是說，患者於 IPS 上的缺損，會造成其於數量處理上的困難；而 IPS 同時涉及注意力，患者於數量處理和注意力上的缺損，造成其在學習數學上遇到困難。b 部分的（iii）則是有些 MLD 患者是在數量相關的腦區受損，例如：IPS 或梭狀回，使個體在數量表徵上出現異常；且該腦區負責之神經心理功能（例如：空間處理）亦會出現缺損，兩者缺損結合後造成患者出現顯著之數學能力缺損。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

圖 1 Rubinsten 與 Henik（2009）提出之數學障礙三種神經認知型態

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

由上述可得知，從行為層面來看，MLD 患者皆是在學習數學上遇到困難，但若細究其生理缺損和神經心理功能型態，其實有相當大的差異。MLD 患者在 IPS 上的缺損，是使其展現出特定於學習數學困難的關鍵因素；但其在不同腦區的缺損樣態，是造成認知功能和行為表現上出現高異質性的原因。因此，重視 MLD 患者的神經心理功能表現有其必要性。除此之外，Rubinsten 與 Henik（2009）更是認為，僅在處理數量上產生缺損的 DD 患者非常少見，合併多項認知功能缺損的 MLD 患者才較符合臨床現況，是值得未來研究持續探討的議題。事實上，近期亦有學者（Traff, Olsson, Ostergren, & Skagerlund, 2016）以個案分析方式，細究 MLD 患者迴異之認知缺損。他們針對四位 MLD 學童的行為困難，以個案分析方式詳細探討患者在基本數學核心能力（數量、數字大小、辨識時間、心理旋轉）和神經心理功能（語文工作記憶、視覺工作記憶、轉換能力、命名顏色速度、命名數字速度）上的表現。結果發現，每位患者在兩大向度上皆有缺損，且缺損型態迴異。此結果一方面證實 MLD 患者的認知缺損多樣性；另一方面，研究者亦認為應建立 MLD 患者為高異質性群體之共識。

從文獻回顧中可得知，MLD 患者在生理上具有特定性和普遍性腦區的缺陷，使得數感和神經心理功能發展異常，造成其在數學核心能力上出現困難。然而，個體可能潛在於生理層面上迴異的缺損型態，使得每位患者有不同的認知功能缺損，進而反映出高異質性的數學核心能力困難。許多研究皆想探索 MLD 患者的認知缺損型態，但受到高異質性的認知缺損特徵，使目前對於該群體的認知缺損型態仍有須釐清之處，與再次檢驗之必要性。

在欲探討 MLD 患者整體認知缺損型態的目標之下，本研究欲先檢驗 MLD 患之神經心理功能表現。即便過去已有眾多學者探討 MLD 患者的神經心理功能，但仍有其限制。首先，工作記憶和處理速度被認為是 MLD 患者的普遍缺損，但其他神經心理功能，例如：情節記憶、執行功能—抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性等的研究較少，且尚未有定論。其次，許多研究僅探討 MLD 患者單項或少數神經心理功能表現，並未同時檢驗其他神經心理功

DOI:10.6814/NCCU202200532

能，未能整體呈現認知缺損之型態。據此，本研究將納入不同面向的神經心理功能，包括：整體智力、訊息處理速度/命名速度、情節記憶（語文、圖形、數字）、執行功能（語文工作記憶、視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性），分析 MLD 患者的神經心理功能缺損型態。除此之外，本研究欲探討其於數學核心能力上的缺損，以呈現 MLD 的整體認知缺損型態。最後，欲檢驗神經心理功能與數學核心能力之間的相關性，釐清特定性缺損中常使用之數學核心能力概念是否與普遍性缺損之概念相關，亦能協助梳理 MLD 患者之認知缺損型態。

有鑑於此，本研究嘗試探索下列問題：（1）MLD 患者的神經心理功能—整體智力功能（智力商數、語文工作記憶、訊息處理速度）、情節記憶（語文、圖形、數字）、執行功能（視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性）、命名速度等神經心理功能與一般發展兒童相比，是否具明顯缺損？（2）MLD 患者之數學核心能力（數感、計算與應用）表現為何？（3）MLD 患者於整體智力功能（語文工作記憶、訊息處理速度）、情節記憶（語文、圖形、數字）、執行功能（視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性）、命名速度等神經心理功能之表現，與數學核心能力（數感、計算與應用）間之關連性為何？（4）MLD 患者於神經心理功能與數學核心能力之整體認知缺損型態為何？

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

第二章 方法

受試者

本研究經國立政治大學研究倫理委員會（研究倫理委員會案號：NCCU-REC-202108-I082）同意，於 2021 年 9 月至 2022 年 6 月間，藉由網路公告方式，共招募到 10 位國小五年級、六年級 MLD 患者進行研究。MLD 患者篩選條件主要有二：（1）受試者為國小五年級、六年級學童。本研究以此範圍之學童做為主要受試者，原因在於欲探討 MLD 患者的執行功能表現時，須考量到該功能之發展機制，以及學童面對的數學任務複雜程度等因素；倘若將研究對象設定為中低年級學童，可能會受到執行功能尚未發展成熟，或數學任務較為簡單，尚不需要高階認知功能參與，進而造成結果上的混淆。（2）由醫院診斷出 MLD 之學童。根據教育部（2013）診斷數學學習障礙症之定義為，一：個體的智力落於正常範圍，或在正常程度以上；二，個體在數學標準化測驗上得分低於百分等級 15 以下。此標準中所運用之常見數學標準化測驗為：基本數學概念評量（柯華葳，1999）、國民小學五至六年級數學診斷測驗（孟瑛如、簡吟文、邱佳寧、陳虹君、周文聿，2015），與基本數學核心能力測驗（洪儷瑜、連文宏，2015）等。

事實上，國內各縣市對於 SLD 患者的分類有所差異，且在診斷 MLD 所採用的數學標準化測驗不一。有鑑於此，為了避免受試者樣本異質性過高，本研究以數學核心能力測驗（洪儷瑜、連文宏，2015）作為篩選依據，評斷標準為得分低於百分等級 9 以下，視為在數學核心能力上有顯著困難，即可納入研究成為受試者。除此之外，若有下列情況則不納入本研究中：（1）有其他重大疾病、感官異常或障礙（例如：聽力或視力障礙、腦部損傷等）和情緒困擾。（2）有出現文化刺激不足或教學不當等環境等因素影響其學業表現。

本研究另招募 30 位國小五年級、六年級的一般發展兒童（typical development, TD）學童做為對照組。此 TD 受試者則須符合下列條件：（1）介

DOI:10.6814/NCCU202200532

於國小五年級至六年級之學童；（2）無其他重大疾病（例如：發展性疾患、腦部損傷等）、感官異常，和情緒困擾，則可納入本研究。

研究程序

研究者首先於社群媒體上張貼招募受試者訊息，有興趣之受試者家長得知後可填寫報名表單加入。當研究者收到表單資料後，便會聯繫受試者家長說明研究目的、評估流程、所得資料用途等；若受試者家長有興趣參與，則進一步確認受試者有無符合收案條件，亦會詢問受試者參與之意願。受試者和家長同意參與後，便可加入本研究。於正式評估前，研究者會說明目的、評估進行方式、資料使用方式與參與者權利等內容，並在受試者和其家屬同意後簽署研究同意書。

受試者將接受多面向之神經心理功能評估，包括：智力功能（整體智力商數、語文工作記憶、訊息處理速度）、情節記憶（語文、圖形、數字）、執行功能（視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性）、命名速度與數學核心能力評估。神經心理功能評估，將採用魏氏兒童智力量表第四版（陳榮華、陳心怡，2007）的部分分測驗—圖形設計、類同、記憶廣度、圖畫概念、符號替代、數字序列、矩陣推理與符號尋找，NEPSY-II（Korkman, Kirk, & Kemp, 2008）兒童神經心理評估的部分分測驗—字詞記憶測驗（List Memory）、圖形記憶測驗（Memory for Design）、動物分類測驗（Animal Sorting）、圖形流暢測驗（Design Fluency）和抑制測驗（Inhibition），魏氏記憶量表第三版（花茂棽等人，2005）的部分分測驗—視覺空間記憶廣度分測驗，以及序列數字學習測驗（Benton, Sivan, Hamsher, Varney, & Spreen., 1994）。數學核心能力則採用基本數學核心能力測驗（洪儷瑜、連文宏，2015）。

DOI:10.6814/NCCU202200532

若受試者居住於台北地區，會在國立政治大學之特定實驗室接受評估；若受試者在非台北地區，研究者會前往受試者所在縣市之適當地點進行評估。測驗形式採口頭回答和紙筆測驗，評估流程預計耗時兩小時。

研究工具

本研究探討 MLD 患者在數學核心能力與神經心理功能的表現，因此受試者將接受智力功能（工作記憶、訊息處理速度）、情節記憶（語文、視覺、數字）、執行功能（視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性）、命名速度，以及基本數學核心能力的評估。所使用之測驗工具如下：

1. 魏氏兒童智力量表第四版（Wechsler Intelligence Scale for Children Fourth Edition, WISC-IV）中文版：WISC-IV 中文版適用年齡為 6 歲至 16 歲 11 個月，測驗內容包含十個分測驗和四個交替分測驗，可測得全量表智商（FSIQ）與語文理解指數（Verbal Comprehension Index, VCI）、知覺推理（Perceptual Reasoning Index, PRI）、處理速度（Processing Speed Index, PSI）和工作記憶（Working Memory Index, WMI）四種組合分數，折半信度介於.85 至.96，重測信度則介於.83 至.94。本研究考量倘若受試者施以全套智力測驗，施測時間過長可能會引發疲勞效果，進而影響後續表現；因此，選擇陳心怡、花茂棽、張本聖與陳榮華（2011）所提出之魏氏兒童智力測驗簡式版本，以類同、矩陣推理、記憶廣度和符號尋找作為估計全量表智商的指標。除此之外，另加入圖形設計、圖畫概念、數字序列與符號尋找等四項分測驗，藉以完整分析受試者的知覺推理、工作記憶、處理速度與整體智力。
2. NEPSY-II 兒童神經心理評估測驗：本研究採用此測驗組合中之字詞記憶測驗（List Memory）、圖形記憶測驗（Memory for Design）、動物分類測驗（Animal Sorting）、圖形流暢測驗（Design Fluency）和抑制測驗

DOI:10.6814/NCCU202200532

（Inhibition），作為「語文情節記憶」、「視覺情節記憶」、「抑制能力」、「轉換能力」、「概念形成」與「思考流暢度」的評估指標。

(1) 字詞測驗（List Memory）：本分測驗是由主試者先念一組序列 1 字詞（共 15 個詞），請參與者以任何順序回憶這些詞。重複上述步驟四次後，主試者再念另一組序列 2 字詞（另外 15 個詞），並請參與者以任何順序回憶這些詞。最後，主試者在不重述第一組字詞的情況下，直接要求參與者盡可能地回憶序列 1 的詞，且可以依任何順序回憶這些詞。在完成字詞測驗後 25 分鐘，接著進行字詞測驗的回憶部分，在主試者不重念序列 1 字詞的情況下，請參與者盡可能地想出序列 1 的字詞，其可以任何順序進行回憶。

(2) 圖形記憶（Memory for Design）：本分測驗為視覺空間記憶測試，有多次的嘗試（trail），每次嘗試都有其任務難度變化之處。在第一次嘗試中，會請參與者看一張含有 6 個圖形的圖片，觀看時間為 10 秒，並要求參與者嘗試將圖形的位置記下來；接著，移開圖片，請參與者在 10 張圖形卡中選出 6 張剛剛呈現過的圖形，並按照先前位置將圖形卡擺放在卡片架上。在第二次嘗試中，同樣會請參與者觀看一張含有 6 個圖形的圖片 10 秒鐘，並要求參與者記憶圖形位置；接著，移開圖片，請參與者在 12 張圖形卡中選出 6 張剛剛呈現過的圖形，並按照先前位置擺放在卡片架上。在第三次嘗試中，讓參與者觀看一張含有 8 個圖形的圖片 10 秒鐘，其中有 6 個圖形跟上一張圖片的位置一樣，另外有 2 個圖形是新增的；接著，請參與者在 16 張圖形卡中選擇剛剛呈現的 8 張圖形，並放進相對應位置的卡片架上。在第四次嘗試中，讓參與者觀看一張含有 10 個圖形的圖片 10 秒鐘，其中有 8 個圖形跟上一張圖片的位置一樣，另外有 2 個圖形是新增的；接著，請參與者在 20 張圖形卡中選擇剛剛呈現的 10 張圖形，並放進相對應位置的卡片架上。最後，請參與者將這張圖片的圖形位置記下來。間隔 15 分鐘後，請參與者在 20 張

DOI:10.6814/NCCU202200532

圖形卡中選出先前要求記住的 10 張圖形，並放進相對應位置的卡片架裡。

(3) 抑制測驗（Inhibition）：本作業為計時測驗，參與者會依據指導語作出不同反應。此作業分成第一版本（item1）和第二版本（item2），第一版本刺激材料為黑白兩色的圓形和正方形，第二版本刺激材料為黑白兩色的向上箭頭和向下箭頭。兩種版本皆有以下三階段：命名階段（naming）、抑制階段（inhibition）和轉換階段（switching）。在命名階段時，參與者須回應看到的形狀，並依序回應出正方形或圓形；若參與者在命名階段出現五次錯誤，則終止測驗，轉而進行第二版本。在第二版本的命名階段則是請參與者回應箭頭的方向是「向上」還是「向下」，若參與者在此階段出現五次錯誤，則終止本測驗。在抑制階段時，要求參與者念出與刺激圖形相反的圖形名稱，例如：看到圓形時要念成「正方形」，看到正方形時要念成「圓形」；若參與者在此階段出現五次錯誤，則終止測驗，轉而進行第二版本。在第二版本中，要求參與者念出箭頭的相反方向，例如：看到向上箭頭要說「下」，看到向下的箭頭要說「上」，若參與者在此階段出現五次錯誤，則終止測驗。在轉換階段時，當參與者看到黑色的圖案時要說出圖形的「形狀」，看到白色的圖案時要說出「相反圖形名稱」，意即：看到黑色正方形，就說正方形；看到白色正方形，就說圓形。若參與者在此階段出現五次錯誤，則終止測驗，轉而進行第二版本。在第二版本中，當參與者看到黑色的箭頭，就要說出「箭頭的方向」，看到白色的箭頭時就說出「相反的方向」，意即：看到黑色向上箭頭，就說「上」；看到白色向上箭頭，就說「下」。

(4) 動物分類測驗（Animal Sorting）：主試者會呈現八張不同的動物卡片，請參與者依據任何特色將卡片分成兩組，每組包含四張。本作業施測時間限制為六分鐘，當參與者者停止作答且持續兩分鐘未反應時，則終止

DOI:10.6814/NCCU202200532

施測。

(5) 圖形流暢測驗（Design Fluency）：本測驗為非語言思考流暢性測驗，請參與者在限定時間內，在結構化點陣（structured array）和非結構化點陣（random array）中，將兩個或兩個以上的黑點用線連結起來，每個格子繪製出的圖形都要不同。

3. 魏氏記憶量表第三版（Wechsler Memory Scale, Third Edition, WMS–III）中文版—視覺空間記憶廣度分測驗：本研究選用魏氏記憶量表第三版的視覺空間記憶廣度分測驗作為視覺空間工作記憶之評估工具。測驗媒介為空間記憶廣度板，上頭有十個方塊，有順序和逆序兩種施測方式。施測順序空間記憶廣度時，主試者以特定的順序觸摸積木上方，接著要求參與者以同樣的順序點出來；施測逆向空間記憶廣度時，主試者同樣以特定的順序觸摸積木，但要求參與者以相反的順序點出來。每題得分皆為 1 分，任一題的兩個嘗試皆得 0 分即終止測驗。

4. 序列數字學習測驗：本研究選擇序列數字學習測驗作為情節記憶數字類型的評估工具。主試者念一串含有 12 個數字的數字串給受試者聽，要求受試者按照相同順序背誦出來。受試者會重複念數字串，直到受試者可以成功背誦兩次。

5. 基本數學核心能力測驗：該測驗屬計時性測驗，並依據年級分為二年級、中年級（國小三、四年級）和高年級（國小五、六年級以上）三種版本；本研究採用高年級版，其中含有五種題型：數字概念、估算、簡單計算、複雜計算及應用題。除了能評估個體在數感、計算上的表現外，另附有計算策略觀察訪談紀錄紙，紀錄參與者在進行計算時所使用的策略，可分為：「直接提取」、「有停頓，但沒有明顯行為」、「有停頓，而且運用嘴巴、點頭、敲手指或扳手指等數數動作」，以及「有停頓，而且轉成直式，或雖未改成直式，但用筆畫記號進行計算」等四個策略。計算其得分是否低於截分數，以及是否使用不成熟的計算策略，作為評鑑 MLD 學生數學事實

DOI:10.6814/NCCU202200532

提取的診斷工具。因此，可獲得個體在數感、簡單計算、複雜計算，以及數學事實提取的數學核心能力表現。分測驗之內部一致性信度介於.61至.90，折半信度則是介於.65 至.94。

分析方法

本研究使用 SPSS 版本 25（Statistical Package for Social Science, SPSS 25）進行統計分析。因本研究樣本數較少；因此，將採用無母數統計法進行分析。

本研究有兩組受試者，分別為 MLD 患者組與 TD 組。

1. 以描述性統計分析兩組之人口學變項，如：性別、年齡、年級；並比較兩組在這些變項上的差異。若變項為類別變項將使用卡方檢定；若當任一細格期望人數小於 5 則使用 Fisher-Freeman-Halton exact test（Freeman & Halton, 1951）。若為變項為連續變項，則採用 t 檢定。MLD 患者組將額外描述受試者之診斷以及居住地。
2. 採用 t 檢定檢驗 MLD 患者組與 TD 組於神經心理功能，如：智力商數、語文工作記憶、訊息處理速度、語文情節記憶、視覺情節記憶、數字情節記憶、視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性、命名速度的分數上有無顯著差異。
3. 採用 Sokal 與 Rohlf（1995）（引自 Crawford & Howell, 1998）提出之修正 t 檢定，將每位 MLD 患者之各項神經心理功能的分數，如：智力商數、語文工作記憶、訊息處理速度、語文情節記憶、視覺情節記憶、數字情節記憶、視覺空間工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性、命名速度，與 TD 組樣本進行比較，檢驗單一個案之分數與樣本是否具有顯著差異。
4. 採用皮爾森相關（Pearson correlation），檢驗 MLD 患者組之神經心理功能與數學核心能力間的相關。

DOI:10.6814/NCCU202200532

第三章 結果

本研究依研究目的，分析 MLD 患者的數學核心能力與神經心理功能缺損，並呈現兩者間的關連性，以探討 MLD 患者整體之認知缺損型態。以下說明結果：

研究參與者之基本資料

本研究共有 10 位國小 MLD 患者與 30 位 TD 學童進行研究。MLD 組中，共計 6 位五年級學童、4 位六年級學童；其中男童為 7 位，女童為 3 位，平均年齡為 11.23 歲。在 MLD 組內，3 位為單純 MLD 診斷，其餘皆有共病其他發展性疾患，有 4 位是與注意力不足/過動症（Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, ADHD）共病，1 位與自閉症類群障礙症（Autism Spectrum Disorder, ASD）共病，1 位與妥瑞氏症（Tourette syndrome, TS）共病，而有 1 位則同時與 ADHD、ASD 共病。MLD 組之人口學變項如表 1 所示。於 TD 組中，則包含 18 位五年級學童、12 位六年級學童；其中男童為 18 位，女童為 12 位，平均年齡為 10.9 歲。

TD 組與 MLD 組之人口學變項經統計分析後，兩組在性別（$p = .114$）、年齡（$p = .142$）上均無顯著差異，呈現如表 2。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 1

數學學習障礙症患者之人口學變項與臨床特徵

	性別	年齡	年級	診斷	地區
案 01	女	10.92	國小五年級	MLD	台北
案 02	男	10.92	國小五年級	MLD、ADHD	台北
案 03	男	12.08	國小六年級	MLD、ADHD	台中
案 04	男	11.5	國小六年級	MLD、ADHD	台中
案 05	男	11.58	國小六年級	MLD、ADHD、ASD	台中
案 06	男	10.58	國小五年級	MLD、ASD	台中
案 07	男	11.17	國小五年級	MLD、ADHD	嘉義
案 08	女	11.08	國小五年級	MLD	嘉義
案 09	女	11.75	國小六年級	MLD	嘉義
案 10	男	10.75	國小五年級	MLD、TS	嘉義

註：MLD＝數學學習障礙症患者。ADHD＝注意力不足/過動症。ASD＝自閉症類群障礙症。TS＝妥瑞氏症。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 2

一般發展學童與數學學習障礙症患者人口學變項

	一般發展學童（N=30）		數學學習障礙症患者（N=10）		統計值	*p*-value
性別	人數	百分比	人數	百分比	2.5[b]	.114
男童	18	60%	7	70%		
女童	12	40%	3	30%		
年級					1.6[b]	.206
國小五年級	18	60%	6	60%		
國小六年級	12	40%	4	40%		
	平均數	標準差	平均數	標準差		
年齡	10.90	0.64	11.23	0.48	-1.50[a]	.142

a: t test; b: Fisher-Freeman-Halton exact test

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

一般發展學童與數學學習障礙症患者之神經心理功能差異

為探討 MLD 患者的神經心理功能表現，本研究所採用之神經心理測驗組合可分為「智力功能」、「情節記憶」、「執行功能」與「訊息處理速度」四大部分。其中，情節記憶含有「語文」、「視覺」與「數字」三種不同類型；執行功能則含有「語文工作記憶」、「視覺空間工作記憶」、「抑制能力」、「轉換能力」、「概念形成」與「思考流暢性」等五項功能；訊息處理速度包含「訊息處理速度指標」與「命名速度」。研究結果即依此順序呈現。

本研究採用衡鑑工具有幾項須注意之處：首先，NEPSY-II 神經心理測驗目前尚未建立台灣兒童版常模，結果表中所得之量表分數與百分等級皆為與美國常模相比的結果。二為，於 NEPSY-II 神經心理測驗—字詞記憶中，因常模分數為非常態分佈，呈現 T 分數的效應較低，因此常模僅呈現百分等級。然而，考量到百分等級無法進行後續統計分析，本研究改以受試者的原始分數，即於測驗中回應的字詞個數作為立即回憶、學習字詞與延宕回憶字詞作為分析依據。三為，序列數字學習測驗目前亦尚未建立台灣兒童版常模；WMS-III 中的視覺空間記憶廣度測驗，該測驗適用對象為 16 至 89 歲受試者，不符合本研究對象之年齡層；因此，本研究將呈現兩項測驗之原始分數，並與 TD 組進行比較。以下呈現 TD 組與 MLD 組於各項神經心理測驗之表現，如表 3 所示。

智力

於 WISC-IV 中，TD 組與 MLD 組於整體智力商數（p = .000）具顯著差異。

情節記憶

於 NEPSY-II 字詞記憶中，TD 組與 MLD 組之立即回憶字詞個數（p = .401）未達顯著差異；而學習字詞個數（p = .016）、延宕回憶字詞個數（p = .000）則具顯著差異。於 NEPSY-II 的圖形記憶中，TD 組與 MLD 組於立即回

DOI:10.6814/NCCU202200532

憶分數（$p = .001$）、延宕回憶分數（$p = .001$）皆具顯著差異。於序列數字學習測驗中，TD 組與 MLD 組之原始分數（$p = .001$）亦具顯著差異。

執行功能

於 WISC-IV 中，TD 組與 MLD 組之工作記憶指數（$p = .000$）具顯著差異。於 WMS-III 視覺空間記憶廣度測驗中，TD 組與 MLD 組之原始分數（$p = .000$）具顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗中，TD 組與 MLD 組於抑制能力分數（$p = .003$）與轉換能力分數（$p = .002$）皆具顯著差異。於 NEPSY-II 動物分類測驗中，TD 組與 MLD 組之概念形成分數（$p = .000$）具顯著差異。於 NEPSY-II 圖形流暢測驗中，TD 組與 MLD 組之思考流暢性分數（$p = .000$）具顯著差異。

訊息處理速度

於 WISC-IV 中，TD 組與 MLD 組之訊息處理速度指數（$p = .006$）皆具顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗中，TD 組與 MLD 組之命名速度分數（$p = .521$）未具顯著差異。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 3

一般發展學童與數學學習障礙症神經心理評估結果

				一般發展學童		數學學習障礙症學童		t-test	*p*-value
				平均數	標準差	平均數	標準差		
智力功能	WISC-IV	智力商數	指數	112.83	10.40	88.30	13.75	5.95	.000***
			百分等級	75.87	17.32	28.40	25.41		
情節記憶	NEPSY-II 字詞記憶	立即回憶字詞	原始分數	5.87	1.57	5.40	1.26	0.85	.401
		學習回憶字詞	原始分數	6.67	1.86	4.80	2.49	2.52	.016*
		延宕回憶字詞	原始分數	11.67	1.86	8.80	2.35	3.95	.000***
	NEPSY-II 圖形記憶	立即回憶	量表分數	11.40	3.47	7.10	2.85	3.53	.001**
			百分等級	63.47	32.09	23.90	23.58		
		延宕回憶	量表分數	11.30	3.14	7.20	2.30	3.79	.001**
			百分等級	61.80	31.57	22.80	20.85		
	序列數字學習測驗		原始分數	12.13	7.01	2.90	5.63	3.77	.001**
執行功能	WISC-IV	工作記憶指數	指數	106.63	10.81	87.90	8.14	5.01	.000***

DOI:10.6814/NCCU202200532

			百分等級	63.93	22.00	23.50	16.45		
	WMS-III 視覺空間記憶廣度		原始分數	17.13	3.01	12.10	3.14	4.53	.000***
	NEPSY-II 抑制測驗	抑制能力	量表分數	10.87	2.80	7.20	4.13	3.171	.003**
			百分等級	58.73	29.83	31.72	28.13		
		轉換能力	量表分數	12.73	2.86	8.90	4.04	3.30	.002**
			百分等級	74.10	25.05	43.01	34.58		
	NEPSY-II 動物分類	概念形成	量表分數	10.70	2.25	6.40	2.76	4.95	.000***
			百分等級	56.67	23.48	19.10	22.58		
	NEPSY-II 圖形流暢	思考流暢性	量表分數	11.67	2.14	8.00	2.67	4.41	.000***
			百分等級	67.37	22.16	31.00	24.77		
訊息處理速度	WISC-IV	訊息處理速度	指數	104.17	11.39	91.10	15.23	2.89	.006**
			百分等級	58.33	23.85	34.60	27.22		
	NEPSY-II 抑制測驗	命名速度	量表分數	11.93	3.68	11.40	1.51	0.65	.521
			百分等級	67.00	32.51	66.70	18.22		

*p< .05 **p< .01 ***p< .001

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

數學學習障礙症患者之神經心理功能缺損型態

前述說明 MLD 患者與一般發展學童於神經心理功能上的差異；然而，MLD 患者可能具高異質性的神經心理功能缺損，僅用整體平均數來瞭解其缺損樣態，明顯不足。因此，本研究將採用單案例分析法（Sokal & Rohlf, 1995）之修正 t 檢定，以單一個案為基礎，將每位患者的每項測驗與控制組進行比較，檢視不同患者之神經心理功能表現，以呈現其缺損型態。表 4 呈現 10 位 MLD 患者於神經心理功能上的缺損型態。

案 01

於 WISV-IV 中，整體之智力商數（$p = .089$）、工作記憶（$p = .272$）、訊息處理速度（$p = .528$）皆與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .904$）、學習字詞個數（$p = .192$）、延宕回憶字詞個數（$p = .363$）皆與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 圖形測驗中，立即回憶分數（$p = .171$）、延宕回憶分數（$p = .238$）與 TD 組無顯著差異。序列數字學習測驗原始分數（$p = .050$）與 TD 組具顯著差異。於 WMS-III 視覺空間記憶廣度測驗之原始分數（$p = .094$）與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗中。抑制分數（$p = .161$）與轉換分數（$p = .667$）、命名速度（$p = .612$）與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 動物分類測驗中，概念形成分數（$p = .232$）與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 圖形流暢測驗中，思考流暢性分數（$p = .051$）與 TD 組無顯著差異。

案 02

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（$p = .234$）、工作記憶（$p = .079$）、訊息處理速度（$p = .100$）皆與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .295$）、學習字詞個數（$p = .192$）、延宕回憶字詞個數（$p = .192$）皆與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 圖形測驗中，立即回憶分數（$p = .171$）、延宕回憶分數（$p = .155$）與 TD 組無顯著差異。序列數字學習

DOI:10.6814/NCCU202200532

測驗之原始分數（p = .050）與 TD 組具顯著差異。於 WMS-III 視覺空間記憶廣度之原始分數（p = .013）與 TD 組具顯著缺損。NEPSY-II 抑制測驗之抑制分數（p = .005）、轉換分數（p = .005）與 TD 組具顯著缺損；而命名速度（p = .507）無顯著缺損。於 NEPSY-II 動物分類測驗，概念形成分數（p = .381）與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 圖形流暢測驗，思考流暢性分數（p = .007）則具顯著差異。

案 03

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（p = .001）、工作記憶（p = .022）、訊息處理速度（p = .000）皆與 TD 組具顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（p = .532）、學習字詞個數（p = .569）、延宕回憶字詞個數（p = .368）皆與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 圖形測驗，立即回憶分數（p = .171）、延宕回憶分數（p = .094）與 TD 組無顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（p = .132）與 TD 組未具顯著差異。於 WMS-III 視覺空間記憶廣度之原始分數（p = .027）與 TD 組具顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗，抑制分數（p = .092）、轉換分數（p = .537）、命名速度（p = .305）與 TD 組無顯著差異。NEPSY-II 動物分類測驗，概念形成分數（p = .009）與 NEPSY-II 圖形流暢測驗之思考流暢性分數（p = .000）皆具顯著差異。

案 04

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（p = .049）與 TD 組具顯著差異，工作記憶（p = .126）、訊息處理速度（p = .193）則無顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（p = .295）、學習字詞個數（p = .703）、延宕回憶字詞個數（p = .192）皆與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 圖形測驗中，立即回憶分數（p = .567）、延宕回憶分數（p = .343）與 TD 組無顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（p = .050）與 TD 組具顯著差異。WMS-III 視覺空間記憶廣度分數（p = .027）與 TD 組具顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗中，抑制分數（p = .518）、轉換分數（p = .105）、命名速度（p =0.22）與 TD 組無

DOI:10.6814/NCCU202200532

顯著差異。NEPSY-II 動物分類測驗之概念形成分數（$p = .552$）、NEPSY-II 圖形流暢測驗之思考流暢性分數（$p = .115$）與 TD 組未具顯著差異。

案 05

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（$p = .002$）、工作記憶（$p = .012$）、訊息處理速度（$p = .016$）皆與 TD 組具顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .125$）與 TD 組無顯著差異；學習字詞個數（$p = .000$）、延宕回憶字詞個數（$p = .000$）則具顯著差異。於 NEPSY-II 圖形測驗中，立即回憶分數（$p = .022$）、延宕回憶分數（$p = .029$）與 TD 組皆具顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（$p = .050$）與 TD 組具顯著差異。WMS-III 視覺空間記憶廣度分數（$p = .157$）與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗中，抑制分數（$p = .653$）、轉換分數（$p = .057$）、命名速度（$p = .507$）與 TD 組無顯著差異。NEPSY-II 動物分類測驗之概念形成分數（$p = .003$）與 NEPSY-II 圖形流暢測驗之思考流暢性分數（$p = .007$）則具顯著差異。

案 06

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（$p = .051$）、工作記憶（$p = .057$）、訊息處理速度（$p = .629$）皆與 TD 組未顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .125$）、學習字詞個數（$p = .756$）、延宕回憶字詞個數（$p = .085$）皆與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 圖形測驗中，立即回憶分數（$p = .347$）、延宕回憶分數（$p = .463$）與 TD 組無顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（$p = .050$）與 TD 組具顯著差異。WMS-III 視覺空間記憶廣度之原始分數（$p = .052$）與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗中，抑制分數（$p = .258$）、轉換分數（$p = .258$）、命名速度（$p = .520$）與 TD 組無顯著差異。於 NEPSY-II 動物分類測驗中，概念形成分數（$p = .058$）與 TD 組無顯著差異。NEPSY-II 圖形流暢測驗，思考流暢性分數（$p = .020$）則具顯著差異。

DOI:10.6814/NCCU202200532

案 07

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（$p = .000$）、工作記憶（$p = .006$）、訊息處理速度（$p = .016$）皆與 TD 組皆具顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .532$）、學習字詞個數（$p = .084$）與 TD 組無顯著差異；延宕回憶字詞個數（$p = .031$）則具顯著差異。於 NEPSY-II 圖形測驗中，立即回憶分數（$p = .068$）與 TD 組無顯著差異，延宕回憶分數（$p = .029$）與 TD 組則具顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（$p = .050$）與 TD 組具顯著差異。WMS-III 視覺空間記憶廣度之原始分數（$p = .001$）與 TD 組具顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗之抑制分數（$p = .000$）、轉換分數（$p = .000$）與 TD 組具顯著差異；命名速度（$p = .507$）則無顯著差異。NEPSY-II 動物分類測驗，概念形成分數（$p = .001$）具顯著差異。NEPSY-II 圖形流暢測驗，思考流暢性分數（$p = .224$）與 TD 組則無顯著差異。

案 08

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（$p = .000$）、工作記憶（$p = .012$）具顯著差異，訊息處理速度（$p = .193$）則無顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .125$）與 TD 組無顯著差異；學習字詞個數（$p = .031$）、延宕回憶字詞個數（$p = .031$）則具顯著差異。NEPSY-II 圖形測驗，立即回憶分數（$p = .022$）與 TD 組具顯著差異；延宕回憶分數（$p = .094$）則無顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（$p = .050$）與 TD 組具顯著差異。WMS-III 視覺空間記憶廣度之原始分數（$p = .027$）與 TD 組具顯著差異。NEPSY-II 抑制測驗，抑制分數（$p = .000$）、轉換分數（$p = .006$）與 TD 組具顯著差異；命名速度（$p = .507$）則無顯著差異。於 NEPSY-II 動物分類測驗，概念形成分數（$p = .024$）與 TD 組具顯著差異。NEPSY-II 圖形流暢測驗，思考流暢性分數（$p = .051$）與 TD 組則無顯著差異。

案 09

DOI:10.6814/NCCU202200532

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（$p = .003$）、工作記憶（$p = .012$）與 TD 組具顯著差異，訊息處理速度（$p = .720$）則無顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .532$）、學習字詞個數（$p = .192$）、延宕回憶字詞個數（$p = .192$）皆與 TD 組無顯著差異。NEPSY-II 圖形測驗，立即回憶分數（$p = .171$）、延宕回憶分數（$p = .054$）與 TD 組無顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（$p = .283$）與 TD 組無顯著差異。於 WMS-III 視覺空間記憶廣度分數（$p = .357$）與 TD 組無顯著差異。NEPSY-II 抑制測驗，抑制分數（$p = .258$）、轉換分數（$p = .278$）、命名速度（$p = .507$）與 TD 組無顯著差異。NEPSY-II 動物分類測驗，概念形成分數（$p = .009$）與 TD 組具顯著差異。NEPSY-II 圖形流暢測驗之思考流暢性分數（$p = .380$）則無顯著差異。

案 10

於 WISC-IV 中，整體之智力商數（$p = .341$）、工作記憶（$p = .270$）訊息處理速度（$p = .151$）與 TD 組皆無顯著差異。於 NEPSY-II 字詞記憶中，立即回憶字詞個數（$p = .532$）、學習字詞個數（$p = .031$）、延宕回憶字詞個數（$p = .031$）皆與 TD 組無顯著差異。NEPSY-II 圖形測驗，立即回憶分數（$p = .012$）、延宕回憶分數（$p = .015$）皆與 TD 組具顯著差異。序列數字學習測驗之原始分數（$p = .750$）與 TD 組無顯著差異。WMS-III 視覺空間記憶廣度分數（$p = .483$）與 TD 組未具顯著差異。於 NEPSY-II 抑制測驗中，抑制分數（$p = .518$）、轉換分數（$p = .537$）、命名速度（$p = .612$）與 TD 組未具顯著差異。NEPSY-II 動物分類測驗之概念形成分數（$p = .003$）與 TD 組具顯著差異。NEPSY-II 圖形流暢測驗之思考流暢性分數（$p = .600$）與 TD 組則無顯著差異。

整體而言，除了「立即回憶字詞數」與「命名速度」為所有 MLD 患者無缺損之功能外，其餘功能皆部分有患者比 TD 組來得差。每位患者於神經心理功能上的缺損表現如表 5 所示。

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 4

數學學習障礙症患者之神經心理功能表現

			數學學習障礙症患者									
			案 01（無共病）		案 02（ADHD）		案 03（ADHD）		案 04（ADHD）		案 05（ADHD、ASD）	
			t	*p*-value	*t*	*p*-value	*t*	*p*-value	*t*	*p*-value	*t*	*p*-value
神經心理功能	測驗名稱	分析向度										
智力功能	WISC-IV	智力商數	-1.38	.089	-0.74	.234	-3.40	.001**	-1.71	.049*	-3.15	.002**
情節記憶	NEPSY-II											
	字詞記憶	立即回憶字詞個數	1.33	.904	-0.55	.295	0.08	.532	-0.55	.295	-1.17	.125
		學習字詞個數	-0.88	.192	-0.88	.192	0.18	.569	0.70	.756	-3.53	.000***
		延宕回憶字詞個數	-0.35	.363	-0.88	.192	-0.35	.368	-0.88	.192	-4.59	.000***
	圖形記憶	立即回憶	-0.96	.171	-0.96	.171	-0.96	.171	0.17	.567	-2.10	.022*
		延宕回憶	-0.72	.238	-1.03	.155	-1.35	.094	-0.41	.343	-1.97	.029*

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

	序列數字學習測驗	原始分數	-1.70	.050*	-1.70	.050*	-1.14	.132	-1.70	.050*	-1.70	.050*
執行功能	WISC-IV	工作記憶指數	-0.61	.272	-1.45	.079	-2.10	.022*	-1.17	.126	-2.37	.012*
	WMS-III 視覺空間記憶廣度		-1.35	.094	-2.33	.013*	-2.00	.027*	-2.00	.027*	-1.02	.157
	NEPSY-II											
	抑制測驗	抑制能力	-1.01	.161	-2.77	.005**	-1.36	.092	0.05	.518	0.40	.653
		轉換能力	0.44	.667	-1.97	.029*	0.09	.537	-1.28	.105	-1.62	.057
	動物分類	概念形成	-0.74	.232	-0.31	.381	-2.49	.009**	0.13	.552	-2.93	.003**
	圖形流暢	思考流暢性	-1.69	.051	-2.61	.007**	-3.99	.000***	-1.23	.115	-2.61	.007**
訊息處理速度	WISC-IV	訊息處理速度指數	0.07	.528	-1.31	.100	-3.65	.000***	-0.88	.193	-2.26	.016*
	NEPSY-II 抑制測驗	命名速度	0.29	.612	0.02	.507	-0.52	.305	-0.78	.220	0.02	.507

*p< .05 **p< .01 ***p< .001

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 4

數學學習障礙症患者之神經心理功能缺損表現（續）

			數學學習障礙症患者									
			案 06（ASD）		案 07（ADHD）		案 08（無共病）		案 09（無共病）		案 10（TS）	
			t	*p*-value	*t*	*p*-value	*t*	*p*-value	*t*	*p*-value	*t*	*p*-value
神經心理功能	測驗名稱	分析向度										
智力功能	WISC-IV	智力商數	-1.69	.051	-4.27	.000***	-3.47	.000***	-2.99	.003**	-0.41	.341
情節記憶	NEPSY-II											
	字詞記憶	立即回憶字詞個數	-1.17	.125	0.08	.532	-1.17	.125	0.08	.532	0.08	.532
		學習字詞個數	0.70	.756	-1.41	.084	-1.94	.031*	-0.88	.192	-1.94	.031*
		延宕回憶字詞個數	-1.41	.084*	-1.94	.031*	-1.94	.031*	-0.88	.192	-1.94	.031*
	圖形記憶	立即回憶	-0.40	.347	-1.53	.068	-2.10	.022*	-0.96	.171	-2.38	.012*
		延宕回憶	-0.09	.463	-1.97	.029*	-1.35	.094	-1.66	.054	-2.29	.015*

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

	序列數字學習測驗	原始分數	-1.70	.050*	-1.70	.050*	-1.70	.050*	-0.58	.283	0.68	.750
執行功能	WISC-IV	工作記憶指數	-1.63	.057	-2.65	.006**	-2.37	.012*	-2.37	.012*	-0.61	.270
	WMS-III 視覺空間記憶廣度		-1.68	.052	-3.64	.001**	-2.00	.027*	-0.37	.357	-0.04	.483
	NEPSY-II											
	抑制測驗	抑制能力	-0.66	.258	-3.47	.000***	-3.47	.000***	-0.66	.258	0.05	.518
		轉換能力	-1.63	.057	-4.04	.000***	-2.66	.006**	-0.60	.278	0.09	.537
	動物分類	概念形成	-1.62	.058	-3.37	.001**	-2.06	.024*	-2.49	.009**	-2.93	.003**
	圖形流暢	思考流暢性	-2.15	.020*	-0.77	.224	-1.69	.051	-0.31	.380	0.15	.600
訊息處理速度	WISC-IV	訊息處理速度指數	0.33	.629	-2.26	.016*	-0.88	.193	0.59	.720	-1.05	.151
	NEPSY-II 抑制測驗	命名速度	-0.78	.22	0.02	.507	0.02	.507	0.02	.507	0.29	.612

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

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 5

數學學習障礙症患者之神經心理功能缺損型態

			數學學習障礙症患者									
			案 01	案 02	案 03	案 04	案 05	案 06	案 07	案 08	案 09	案 10
		共病情況	無	ADHD	ADHD	ADHD	ADHD ASD	ASD	ADHD	無	無	TS
智力功能	WISC-IV	智力商數			✗	✗	✗		✗	✗	✗	
情節記憶	NEPSY-II 字詞記憶	立即回憶詞個數										
		學習字詞個數					✗			✗		✗
		延宕回憶字詞個數					✗		✗	✗		✗
	NEPSY-II 圖形記憶	立即記憶					✗			✗		✗
		延宕記憶					✗		✗			✗
	序列數字學習測驗	原始分數	✗	✗		✗	✗	✗	✗	✗		
執行功能	WISC-IV	工作記憶指數			✗		✗		✗	✗	✗	
	WMS-III 視覺空間記憶廣度			✗	✗	✗			✗	✗	✗	✗

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

	NEPSY-II 抑制測驗	抑制能力	x					x	x		
		轉換能力	x					x	x		
	NEPSY-II 動物分類	概念形成		x		x		x	x	x	x
	NEPSY-II 圖形流暢	思考流暢性	x	x		x	x				
訊息處理速度	WISC-IV	訊息處理速度指數		x		x		x	x		
	NEPSY-II 抑制測驗	命名速度									

註：x 為該測驗分數與與控制組相比顯著較差

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

數學學習障礙症患者之數學核心能力缺損型態

本研究欲探討 MLD 患者整體之認知缺損型態，先前已呈現患者的神經心理功能缺損型態，以下將探討其於數學核心能力上的表現。本研究所採用《基本數學核心能力測驗》作為測量數學核心能力之評估工具，其內含四大核心能力—數感、數學事實提取、計算與應用；其中數感分為數字概念與估算，計算亦區分為簡單計算與複雜計算。以下將呈現每位患者的數學核心能力，如圖 2 所示。

案 01

案 01 僅於數字概念中出現缺損，複雜計算落於缺損邊緣，估算、簡單計算、與應用題皆未出現缺損。

案 02

案 02 於數字概念、、簡單計算、應用題、複雜計算出現缺損，估算則無缺損。

案 03

案 03 於數字概念、簡單計算、應用題、複雜計算出現缺損，估算則落於缺損邊緣。

案 04

案 04 於數字概念、應用題出現缺損，複雜計算落入缺損邊緣，估算、簡單計算則無缺損。

案 05

案 05 於數字概念、估算、簡單計算、複雜計算、應用題皆出現缺損。

案 06

案 06 於數字概念、複雜計算、應用題出現缺損，估算於缺損邊緣，簡單計算則無缺損。

案 07

DOI:10.6814/NCCU202200532

案 07 於數字概念、簡單計算、複雜計算、應用題出現缺損，估算則落於缺損邊緣。

案 08

案 08 於數字概念、估算、複雜計算、應用題出現缺損，簡單計算則無缺損。

案 09

案 09 於數字概念、複雜計算、應用題出現缺損，估算、簡單計算則無缺損。

案 10

案 10 於簡單計算、複雜計算、應用題出現缺損，數字概念與估算則落入缺損邊緣。

整體而言，雖然絕大多數 MLD 患者於數感中之「數字概念」明顯較差，但並非每位患者皆於各項數學核心能力上皆出現缺損，如表 6 所示。其中，「估算」，僅有兩位患者出現缺損；而「計算」與「應用題」則是超過半數患者具缺損。特別的是，於簡單計算中有三位 MLD 患者（案 04、案 06、案 08），他們皆在時限內答對所有題項；但因常模於簡單計算上的分數分佈並非常態，因此換算出的百分等級僅為一個級距，本研究以該級距之最低百分等級作為代表。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

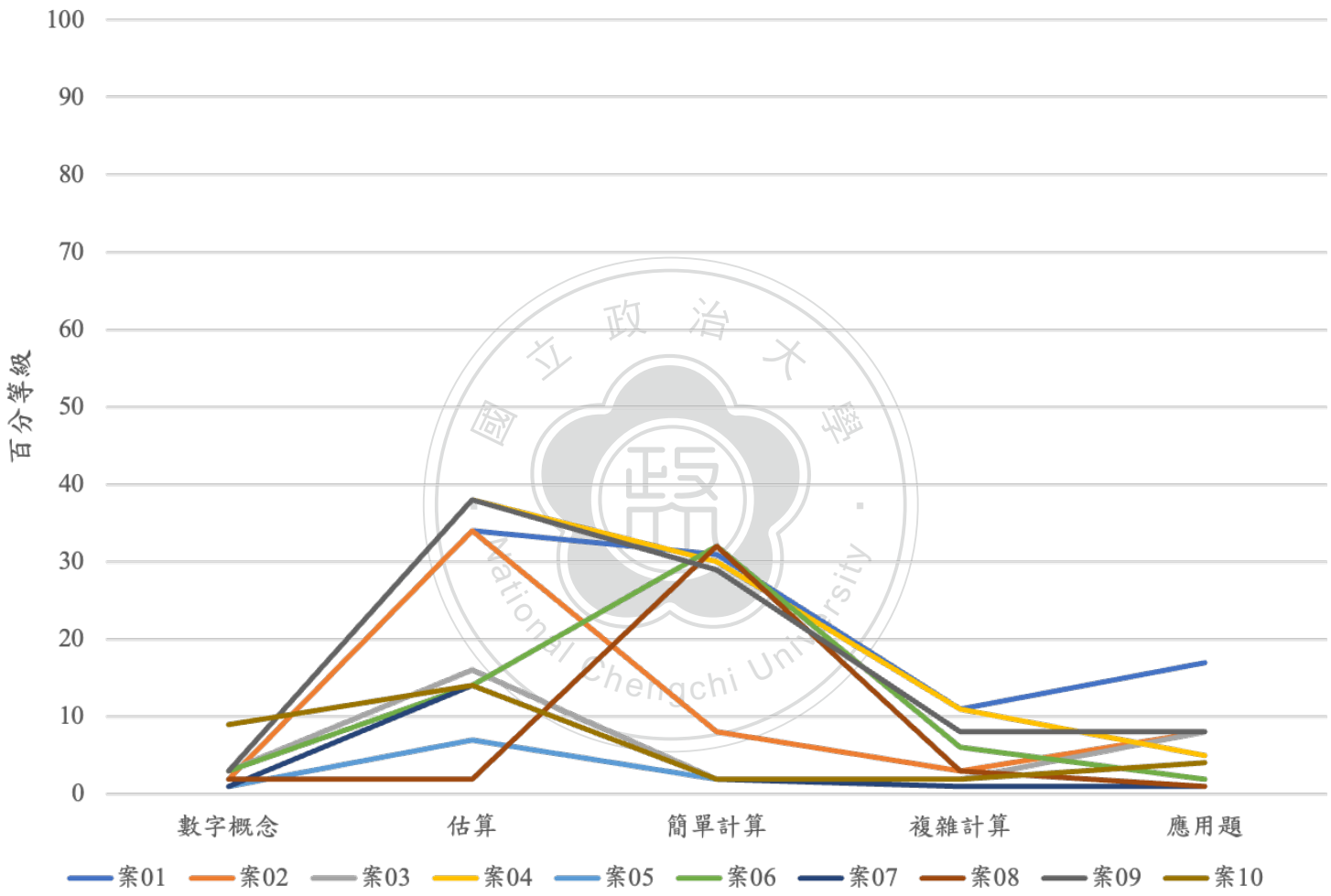

圖 2 MLD 患者之數學核心能力

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 6

數學學習障礙症患者之數學核心能力缺損型態

		數學學習障礙症患者									
		案 01	案 02	案 03	案 04	案 05	案 06	案 07	案 08	案 09	案 10
基本數學核心能力測驗											
數感	數字概念	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	△
	估算				△	✗	△	△	✗		△
計算	簡單計算		✗	✗		✗		✗			✗
	複雜計算	△	✗	✗	△	✗	✗	✗	✗	✗	✗
應用	應用題		✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

註：✗為患者之該項測驗之百分等級落入缺損；△為該項測驗之百分等級於缺損邊緣。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

數學學習障礙症患者神經心理功能與數學核心能力間的相關

本研究欲探討 MLD 患者神經心理功能與數學核心能力之間的相關，以釐清數學核心能力所涵蓋之概念。因此，透過統計方式檢驗各項神經心理功能與五大項數學核心能力間的關連性，結果呈現如表 7。

基本數學核心能力測驗—數字概念與 WISC-IV 預估智商（r =.64, *p* = .050）、語文記憶延宕字詞個數（=.67, *p* = .034）具有顯著相關。估算與 NEPSY-II—圖形測驗立即回憶分數（r =.66, *p* = .036）具有顯著相關。簡單計算與 WISC-IV 訊息處理速度（r =.80, *p* = .006）、NEPSY-II—圖形測驗延宕回憶分數（r =.64, *p* = .048）、動物分類測驗概念形成（r =.65, *p* = .044）具有顯著相關。複雜計算與 WISC-IV 訊息處理速度（r =.83, *p* = .003）、NEPSY-II—圖形測驗立即回憶分數（r =.65, *p* = .044）、圖形測驗延宕回憶分數（r =.67, *p* = .036）、動物分類測驗—概念形成（r =.73, *p* = .017）具有顯著相關。應用題與 NEPSY-II—字詞記憶立即回憶字詞個數（r =.67, *p* = .035）、抑制測驗—轉換能力（r =.80, *p* = .005）具有顯著相關。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 7

數學學習障礙症患者神經心理功能與數學核心能力之相關

	基本數學核心能力測驗									
	數感				計算				應用	
	數字概念		估算		簡單計算		複雜計算		應用題	
	r	*p*-value	r	*p*-value	r	*p*-value	r	*p*-value	r	*p*-value
智力功能										
WISC-IV										
預估智商	.64	.050*	.48	.160	.49	.153	.90	.075	.51	.136
情節記憶										
NEPSY-II										
字詞記憶										
立即記憶字詞個數	.40	.249	.58	.077	.05	.895	.18	.624	.67	.035*
學習字詞個數	.60	.066	.55	.101	.53	.114	.52	.122	.32	.368
延宕記憶字詞個數	.67*	.034	.63	.052	.60	.065	.53	.113	.62	.059
圖形記憶										
立即回憶分數	.37	.298	.66	.036*	.45	.188	.57	.083	.37	.288

DOI:10.6814/NCCU202200532

延宕回憶分數	.20	.574	.33	.351	.62	.055	.71	.021*	.22	.544
序列數字學習測驗	.60	.070	.10	.781	.01	.990	-.03	.936	.22	.551
執行功能										
WAIS-IV										
工作記憶指數	.63	.052	.48	.159	.45	.198	.60	.064	.56	.095
WMS-III										
視覺空間記憶廣度	.28	.432	.07	.853	.15	.681	.36	.309	.39	.266
NEPSY-II										
抑制測驗										
抑制能力	.22	.550	.27	.459	-.08	.824	.30	.397	.34	.340
轉換能力	.45	.191	.39	.265	.15	.675	.44	.202	.80	.005**
動物分類										
概念形成	.26	.465	.51	.131	.65	.044*	.73	.017*	.45	.189
圖形流暢										
思考流暢性	.42	.230	.17	.644	.34	.344	.23	.519	-.15	.675

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

訊息處理速度										
WAIS-IV										
訊息處理速度指數	.37	.293	.31	.388	.80	.006**	.83	.003**	.18	.626
NEPSY-II										
抑制測驗										
命名速度	-.14	.705	-.10	.775	-.16	.654	-.20	.578	.13	.722

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

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

數學學習障礙症患者整體認知缺損型態

結合上述 MLD 患者於神經心理功能和數學核心能力上的表現，呈現該群體之整體認知缺損型態。於每位患者之缺損型態中可見，每位患者於兩大缺損向度迥異，是具有高異質性認知缺損之群體。

本研究進一步發現，MLD 患者的神經心理功能缺損型態初步可區分為三種類型：一、輕微神經心理功能缺損之 MLD 患者（Minimal Neuropsychological Impairment – MLD, MNI-MLD）；二、特定神經心理功能缺損之 MLD 患者（Specific Neuropsychological Impairment – MLD, SNI-MLD）；三、廣泛神經心理功能缺損之 MLD 患者（Global Neuropsychological Impairment, GNI-MLD）。此三種分類方式之定義為：輕微神經心理功能缺損之 MLD 患者，僅於 1 至 2 項測驗上出現缺損；本研究有四位受試者—案 01、案 04、案 06、案 09 僅於少數神經心理功能出現缺損，屬 MNI-MLD 類別。再者，特定神經心理功能缺損之 MLD 患者，在「情節記憶」、「執行功能」、「訊息處理速度」三項中，有一項半數以上的分測驗出現缺損，即被視為集中缺損於該功能；本研究有兩位受試者—案 02 與案 10，分別集中缺損於「執行功能」與「情節記憶」，則被歸類為 SNI-MLD。最後，則是廣泛神經心理功能缺損之 MLD 患者，於「情節記憶」、「執行功能」、「訊息處理速度」中，有兩項以上的分測驗，半數以上的分測驗落於缺損範圍，即被視為廣泛缺損；本研究之案 03、案 05、案 07、案 08，於神經心理功能上出現廣泛缺損，被歸類為 GNI-MLD。如表 8 所示。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

表 8

數學學習障礙症患者之整體認知缺損型態

	數學學習障礙症患者									
	案 01	案 04	案 06	案 09	案 02	案 10	案 03	案 05	案 07	案 08
神經心理功能										
智力功能										
智力商數		✗		✗			✗	✗	✗	✗
情節記憶										
語文										
立即回憶						✗		✗		✗
延宕回憶						✗		✗	✗	✗
視覺										
立即回憶						✗		✗		✗
延宕回憶						✗		✗	✗	

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

數字	X	X	X		X			X	X	X
執行功能										
語文工作記憶				X			X	X	X	X
視覺空間工作記憶		X			X		X		X	X
抑制能力					X				X	X
轉換能力					X				X	X
概念形成				X		X	X	X	X	X
思考流暢性			X		X		X	X		
訊息處理速度										
訊息處理速度							X	X	X	X
命名速度										
數學核心能力										

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

數感											
數字概念	✗	✗	✗	✗		✗		✗	✗	✗	✗
估算									✗		✗
計算						✗		✗			
簡單計算						✗	✗	✗	✗	✗	
複雜計算			✗	✗		✗	✗	✗	✗	✗	✗
應用											
應用題		✗	✗	✗		✗	✗	✗	✗	✗	✗

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

第四章 討論

過去對於 MLD 患者的病理現象，從特定性假說、普遍性假說，到現在較廣為接受的綜合性缺損假說，已有豐富的文獻討論；然而，多數學者專注於探討患者的數學核心能力異常，對於神經心理功能的研究相對較缺乏。事實上，許多研究發現 MLD 患者具有高異質性的認知缺損型態，但卻又未進一步檢視數學核心能力與神經心理功能的表現，以及兩者間的關連性。據此，本研究以個案系列研究的方式，逐一檢視 10 位 MLD 患者的數學核心能力與神經心理功能，檢驗不同功能間之關連性；並探討 MLD 患者整體之認知缺損型態，嘗試將認知缺損型態進行分類。根據研究目的與問題，以下將針對四個方向進行討論：（1）MLD 患者之神經心理功能缺損。（2）MLD 患者之數學核心能力缺損。（3）MLD 患者神經心理功能與數學核心能力之間的關連性。（4）MLD 患整體認知缺損型態之異質性。

數學學習障礙症患者之神經心理功能缺損

本研究結果發現，與一般發展學童相比，MLD 患者除了少數神經心理功能（例如：語文立即回憶與命名速度）未出現缺損，其餘功能皆顯著較差。以下將針對 MLD 患者於各項功能的整體平均表現進行討論。

智力功能

本研究採用魏氏兒童智力測驗第四版之簡式版本（陳心怡等人，2011）預估受試者之智力功能；結果顯示，MLD 患者之智力明顯較 TD 組差。此結果與 Poletti（2016）發現的一致；其針對 24 位平均年齡 10 歲的 MLD 學童，以魏氏兒童智力測驗第四版進行評估，結果顯示，MLD 患者具明顯較差的智力商數。此外，De Weerdt 等人（2013）亦針對 22 位平均年齡 12 歲的 MLD 學童，採用魏氏兒童智力測驗第三版之簡式版本，以詞彙測驗、類同測驗、連環圖系與圖形設計分測驗作為估計智商之工具；結果同樣指出，相較於一般發展兒童表現

DOI:10.6814/NCCU202200532

較差，MLD 患者具有較差之智力。由此可知，無論採用簡式版本或進行完整評估，MLD 患者之智力顯著差於一般發展學童。

情節記憶

本研究使用三種不同類型—語文、視覺、數字之測驗材料評估 MLD 患者的情節記憶；結果指出，MLD 患者皆於三項情節記憶皆出現缺損。但有趣的是，在語文類型的記憶功能表現較不一致。MLD 患者並未於「立即回憶字詞」的表現產生缺損，但是在「延宕回憶字詞」時出現困難。除此之外，本研究亦顯示 MLD 患者於語文與圖形延宕回憶的平均百分等級具明顯差異，他們在語文延宕回憶上的平均百分等級為 51，而視覺延宕回憶平均百分等級僅有 21。

首先，針對 MLD 患者於多數情節記憶功能顯著較差的結果，本研究得到過去文獻的支持。舉例來說，Swanson 與 Jerman（2006）針對 2003 年之前發表有關於 MLD 患者的 29 篇記憶研究進行分析，發現 MLD 患者具有較差之語文情節記憶；不僅如此，Szucs（2016）透過分析 32 篇有關於 MLD 患者記憶能力之相關研究，結果亦顯示 MLD 患者於語文情節記憶上出現顯著缺損。在視覺情節記憶部分也有類似發現，Moll 等人（2016）針對 15 位平均年齡 9 歲 MLD 患者，以方塊回憶測驗作為評估視覺情節記憶表現，結果指出 MLD 患者於視覺情節記憶中表現顯著較差；另外，Szucs（2016）透過比較 665 名 MLD 學童和 1049 名一般發展學童的視覺情節記憶表現，亦獲得 MLD 患者具視覺情節記憶缺損之結果；且當控制了兩組的閱讀能力，彼此間的能力差距更為明顯。由上述可知，無論過去研究與本研究，皆證實 MLD 患者具顯著之語文與視覺情節記憶缺損。

再者，本研究發現於語文與視覺情節記憶中，MLD 患者的視覺情節記憶缺損較為明顯，此結果亦與先前研究之結論相似。過去學者（Moll et al., 2016; Swanson & Jerman, 2006; Szucs, 2016）比較 MLD 患者於語文及視覺情節記憶上的表現，顯示出 MLD 患者於語文情節記憶上缺損的效果量較小，而於視覺情節記憶上的缺損較為顯著。對於 MLD 患者在語文與視覺情節記憶上之表現有

DOI:10.6814/NCCU202200532

異的原因，可能與「視覺空間」對數學能力具顯著影響有關。舉例來說，早期 Rourke（1993）便提到失算症的本質是由於表徵空間能力出現缺陷，若個體在表徵數字的空間訊息上出現缺損會影響到個體對位值的理解（Geary, 1993）。事實上，數字在空間上的表徵可能為一條心理數線（Dehaene et al., 2003）。，其具有由小至大的連續性質、從左至右的空間特性。當個體在進行數字比較時，會依據該數字於心理數線上所在的位置，藉由比較兩數字與基準點之距離來判斷大小。同時，透過腦部功能研究亦指出，個體進行數字處理作業時，與空間處理相關之後側上頂葉系統（posterior superior parietal system）會出現明顯活化。由上述可知，視覺空間對於數學能力發展之重要性，進而影響 MLD 患者於視覺情節記憶的缺損更為顯著。

除此之外，考量過去學者較少同時呈現 MLD 患者於不同測驗材料之情節記憶缺損，本研究除了探討語文與視覺情節記憶外，亦另外檢驗其於數字情節記憶上的表現。結果顯示，MLD 患者具有數字情節記憶上的明顯缺損。此結果與過去研究相符，無論是 Peng 等人（2012）針對 18 位平均年齡 11 歲之 MLD 學童，採用魏氏兒童智力測驗之順背記憶廣度作為評估工具，抑或是 Swanson 與 Jerman（2006）透過整合分析，探討 MLD 患者於背誦數字串上的表現，皆指出 MLD 患者具較差之數字情節記憶表現。

由上述可知，無論是何種類型之情節記憶，MLD 患者皆出現顯著缺損。早期學者 Geary（1993）認為，MLD 患者具數字情節記憶缺損，是因其從語意記憶中表徵數學事實的能力出現缺損，導致儲存數字訊息時遇到困難；然而，隨著更多研究證實 MLD 患者具有不同類型之情節記憶缺損，並非僅有數字情節記憶。Landerl 等人（2004）表示，早期論點混淆語意記憶與數字知識兩項概念，除了並無證據表明 MLD 患者具有語意記憶上的缺損，且語意記憶與一般記憶過程亦不同。據此，他們認為 MLD 患者於數字情節記憶上的缺損，不僅是受到該群體對於數字的認知脆弱性影響，其本身記憶系統亦是存在缺陷。本研究間接支持 Landerl 等人（2004）的看法，證實 MLD 患者於不同類型之情節

DOI:10.6814/NCCU202200532

記憶皆出現顯著缺損是相吻合。整體來說，無論是何種類型之情節記憶，MLD 患者皆具顯著缺損。

執行功能

本研究針對 MLD 患者之執行功能—工作記憶、抑制能力、轉換能力、概念形成、思考流暢性進行評估，並發現 MLD 具有顯著之執行功能缺損。以下將針對患者於各項功能上的表現進行說明。

工作記憶

本研究發現 MLD 患者具有顯著之語文與視覺空間工作記憶缺損，此結果與近年研究者（Peng & Fuchs, 2016; Szucs, 2016）透過整合分析的結果相符。Szucs（2016）比較 665 名 MLD 學童和 1049 名一般發展學童的工作記憶表現，指出 MLD 患者具顯著之工作記憶缺損，且效果量大。Peng 與 Fuchs（2016）則將工作記憶作業區分為含有數字與文字工作記憶，透過分析 471 名 MLD 患者與 1175 名一般發展學童之表現，研究顯示無論是在何種工作記憶表現，MLD 患者皆出現顯著缺損之結論。

倘若將工作記憶進一步依語文與視覺空間兩部分來討論，首先可發現在語文工作記憶方面，本研究證實 MLD 患者於 WISC-IV 之工作記憶指標顯著差於控制組，此與過去研究（Poletti, 2016; Toffalini, Giofrè, & Cornoldi, 2017）。結果一致。舉例來說，Poletti（2016）針對 24 位平均年齡 10 歲之 MLD 學童，進行魏氏兒童智力測驗第四版評估，研究顯示與一般發展組相比，MLD 患者具有較差之工作記憶指數。Toffalin 等人（2016）亦有類似結果，他們評估 93 位平均年齡 12 歲 MLD 學童的智力功能，以魏氏兒童智力測驗第四版評估，同樣指出 MLD 患者具有較差之工作記憶指數。

除此之外，本研究發現 MLD 患者於視覺空間工作記憶上出現缺損。此結果亦得到過去學者的支持。Mammarella、Caviola、Giofre 與 Szucs（2018）採用多種視覺空間工作記憶測量，一為空間同時矩陣，即於 5 乘 5 矩陣中，同時出現 2 至 8 個不等的黑點，要求受試者記下黑點所在之處；另一為空間序列矩

DOI:10.6814/NCCU202200532

陣，要求受試者記住矩陣中黑點顯示之順序。研究顯示，平均年齡 9 歲的 24 位 MLD 學童於兩項作業中皆出現顯著缺損，且效果量均大。Passolunghi 與 Mammarella（2012）以 35 位平均年齡 10 歲 MLD 患者作為研究對象，採用簡單矩陣作業與複雜矩陣作業作為視覺空間工作記憶之測量方式（前者為受試者需在 4 乘 4 矩陣中，記憶方塊亮起之順序；後者為要求受試者記住最後一個亮起之位置外，還須在特定格子中出現亮點時，按下空白鍵），比較不同形式之視覺空間工作記憶表現。結果亦呈現 MLD 患者於兩項作業上皆出現顯著缺損，且於複雜矩陣作業之表現顯著差於簡單矩陣作業。由上述可知，MLD 患者無論是在簡單或複雜視覺空間工作記憶中皆出現顯著缺損，且當測驗難度增加時，其缺損程度亦更明顯。

抑制能力

本研究發現 MLD 患者具有顯著之抑制能力缺損，但先前研究者之結果較無定論。首先，Szucs 等人（2013）以三種不同形式的抑制作業（動物史楚普作業、數值史楚普作業、數值/尺寸史楚普作業），對 12 位 9 至 10 歲 MLD 患者進行評估；研究顯示，無論何種形式的抑制能力測驗，MLD 患者皆出現顯著缺損。但另一方面，van der Sluis 等人（2004）針對 18 位平均年齡 10 歲之 MLD 學童，進行不同類型之抑制作業（數量、物品命名），結果卻僅獲得 MLD 患者於數量抑制作業上出現缺損，並未在物品命名抑制作業中出現困難；且當進一步經統計控制後，發現其在數量抑制作業的缺損可能是因命名數量速度較慢所致。本研究採用 NEPSY-II 抑制測驗，以圖形的形狀和方向作為評估媒介，要求參與者念出與刺激圖形相反的圖形名稱，以及念出與箭頭方向相反之方向。有趣的是，本研究之 MLD 患者的命名速度表現與一般發展組無差異，可見其於抑制能力上的缺損並非受到命名速度缺損所致；有鑑於此，本研究較支持 MLD 患者於抑制能力上確實具明顯缺損，而非受命名速度所影響。

轉換能力

DOI:10.6814/NCCU202200532

本研究顯示 MLD 患者具有顯著的轉換能力缺損；即便過去探討 MLD 患者轉換能力的學者較少，但仍有研究指出 MLD 患者具有顯著的轉換能力缺損。van der Sluis 等人（2004）採用命名轉換作業（刺激為形狀中含有數字之圖片，受試者須根據刺激的顏色來命名圖形或數字；當刺激物為黃色時，須命名數字，而當刺激物為藍色時，須被命名形狀）與路徑描繪測驗作為 18 位四、五年級 MLD 學童轉換能力之評估工具，結果指出 MLD 患者僅於路徑描繪測驗出現缺損。他們認為，路徑描繪作業除了需要在多個向度中進行轉換，還需涉及依循前一個動作並啟動下一個行動之更新能力協助；而轉換作業則較為單純地於當下兩種向度中（形狀、數字）進行轉換。也就是說，若以單純命名轉換作業評估時，MLD 患者的轉換能力缺損較不明顯。與此同時，van der Sluis 等人（2004）設計一項進階轉換作業，進一步探討 MLD 患者之轉換表現。於測驗中，受試者將會看到結合兩種不同大小的形狀（例如：大圓中有小三角形），當圖片呈黃色時，須要唸出裡面的形狀；當圖片呈藍色時，則須唸出外面的形狀。結果顯示，MLD 患者於此作業中出現顯著缺損。

由上述文獻可知，MLD 患者於進階轉換作業上出現缺損，而非較初階之轉換作業。主要原因在於，初階作業之轉換向度為不同類別（形狀與數字），而進階作業之轉換向度皆為同個類別（形狀）。後者由於是相同類別，使得刺激的差異較小，個體較難以抑制而造成轉換的難度增加；換言之，MLD 患者的轉換能力不足以應對難度較高之轉換能力測驗。

本研究所採用 NEPSY-II 的轉換分測驗，測驗內容為有不同顏色（黑、白）之形狀（正方形、圓形），要求受試者當刺激呈現黑色時要說出刺激的「形狀」，當呈現白色時則說出「另一個形狀」。此研究設計較似於 van der Sluis 等人（2004）所設計之進階轉換作業，受試者亦是在相同類別（形狀）中進行轉換；除此之外，本研究受試者並非僅於呈現的刺激中進行轉換（內或外側形狀），還須回應出與當下呈現刺激相反之圖形（若呈現正方形，須唸出圓形）。也就是說，相較於 van der Sluis 等人（2004）設計之進階轉換作業，本

DOI:10.6814/NCCU202200532

研究所採用之轉換分測驗，不僅須依據規則進行轉換、抑制當下顯示的刺激，還須從記憶系統中提取出另一項刺激，而 MLD 患者在此進階轉換作業上亦出現明顯缺損。根據上述可知，隨著轉換測驗的難度增加，MLD 患者的轉換能力不足以應對測驗需求時則會出現明顯缺損。

概念形成

本研究發現 MLD 患者出現顯著之概念形成缺損，而此項神經心理功能於過去研究之探討較少。早期學者 Bull 與 Scerif（2001）嘗試探討 93 位平均年齡 7 歲的一般發展學童於 WCST 上的表現，結果指出數學能力較差的學童，在起初生成分類策略時並無顯著困難；不過，倘若其一旦生成策略，便難以轉換至新策略，也造成完成分類的個數較少。除此之外，研究者（Compton, Fuchs, Fuchs, Lambert, & Hamlett, 2012）針對 32 位 MLD 三年級學童，檢驗患者於 Woodcock–Johnson 認知能力測驗（Woodcock et al., 2001）之概念形成分測驗的表現，結果亦顯示 MLD 患者具有顯著之缺損。由上述可知，即便針對 MLD 患者之概念形成相關研究較少，但仍可藉由過去研究與本研究看出其具有概念形成之缺損。

思考流暢性

本研究結果顯示，MLD 患者具有顯著之思考流暢性缺損；此結果與過去研究結果部分相符。Andersson 與 Lyxell（2007）以 31 位 10 歲 MLD 患者作為研究對象，檢驗其於語文流暢性作業中的表現，要求受試者於不同語意類別（動物與食物）以及不同音韻類別（以 f 與 s 開頭）中盡可能產生更多字詞；結果指出，相較於一般發展學童，MLD 患者思考流暢性明顯較差。即便本研究則採用圖形流暢性作為評估思考流暢性的衡鑑工具，即要求受試者盡可能地繪製出不同的圖形，但結果同樣證實，MLD 患者在圖形流暢性測驗具明顯缺損。由此可知，無論是語文或是圖形類型之思考流暢性表現，MLD 患者皆可能出現顯著困難。

訊息處理速度

DOI:10.6814/NCCU202200532

本研究中嘗試探討 MLD 患者於兩種不同訊息處理速度上的表現，一為以 WISC-IV 中符號尋找和符號替代分測驗所組成之訊息處理速度；另一則為使用 NEPSY-II 抑制測驗—命名形狀、顏色與箭頭方向之命名測驗。以下將分別呈現 MLD 患者於兩者上的表現。

本研究發現 MLD 患者於 WISC-IV 之訊息處理速度指標顯著差於控制組，此研究結果與過去研究結果相同。Passolunghi（2011）以魏氏兒童智力測驗第三版之符號尋找分測驗作為評估工具，分析 18 位國小四年級 MLD 患者的訊息處理速度指數，結果顯示 MLD 患者之表現顯著差於控制組。Peng 等人（2018）則分析 1920 年至 2017 年在學術期刊上發表之 MLD 患者神經心理功能研究進行後設分析。結果指出，MLD 患者有顯著的訊息處理速度缺損。

然而，本研究結果並未發現 MLD 患者於命名速度上出現缺損，此結果亦與過去研究結果（Landerl et al., 2004; van der Sluis et al., 2004）相符。Landerl 等人（2004）以命名顏色測驗作為衡鑑工具，評估 10 位 8 至 9 歲 MLD 患者的命名速度表現，但並未證實 MLD 患者於命名顏色速度呈現缺損。van der Sluis 等人（2004）則是採用命名字母與物品速度測驗，對 18 位四、五年級 MLD 學童進行分析；研究結果同樣顯示，患者於字母和物品上的命名速度與一般發展兒童相比無差異。

針對本研究發現 MLD 患者於命名速度未出現缺損，但於訊息處理速度上顯著較差的結果，可能的原因在於命名測驗只涉及刺激間的知覺辨別，並不涉及決策速度、符號關連（Cirino et al., 2015）。相較之下，WISC-IV 符號尋找與符號替代之分測驗需要更多的認知資源投入，例如：心理動作速度、視覺動作整合能力；因此，MLD 患者於此類訊息處理速度上之表現缺損較為顯著。

由於過去研究多偏重探討 MLD 患者於數學相關能力或成就表現，較少針對神經心理功能進行探討，更遑論同時分析 MLD 患者多項神經心理功能。本研究證實，與一般發展學童相比，MLD 患者具有多面向之神經心理功能缺損。

DOI:10.6814/NCCU202200532

數學學習障礙症患者之數學核心能力

本研究採用《基本數學核心測驗》作為評估數學核心能力之工具，該測驗評估患者於數感、計算與應用題上的表現，以下將針對每位 MLD 患者於各項數學核心能力表現進行說明。

在數感部分，本研究分別測量兩類數感—數字概念與估算；其中，數字概念包含：數量序列、數字型態、數字位值；估算則要求個體不計算，依據題目如：三位數乘兩位數最接近多少？快速地從選項中（三位數、四位數與五位數）選出接近的答案。結果發現，受試者僅於「數字概念」出現廣泛性缺損；然而，在「估算」上除了兩位 MLD 患者出現缺損外，其餘患者皆無明顯缺損。

過去學者在探討 MLD 患者數感表現時，會採用不同測驗進行評估。Chan 與 Ho（2010）評估 84 位 7 至 11 歲 MLD 學童之數感，其數感任務包括數字比較大小、排序、估算與數感相關之應用題。結果顯示，MLD 患者出現顯著的數感缺損；然而，研究者並未將各項數感分測驗進行分析，僅將各分測驗集結為一個總分。因此，未能看到 MLD 患者於不同數感上的表現。除此之外，Geary 等人（2007）則是採用數字集（Number sets）（要求受試者選出圖片中的刺激數量或數字總和為 5）、心理數線（要求受試者於一條橫線上標記出目標數字的位置）、數數（請受試者判斷正在進行數數的玩偶，其數數方式是否正確）等測試作為數感的評估工具。研究顯示，相較於一般發展兒童，MLD 患者在數字集上的判斷速度顯著慢且正確性低；且於心理數線作業中，MLD 患者表徵出的數字位置準確性亦較低。然而，該研究卻發現 MLD 患者於判斷數數之正確性表現與控制組無異，但其在重複數數上的表現相對較差；據此，研究者推論 MLD 患者傾向認為所有數數都是正確的，因此僅於「檢驗錯誤數數」出現明顯困難。國內學者洪儷瑜（2008）則分析 25 位四年級 MLD 學童於不同數感（數的意義、數量概念、合成、估算、數值檢索）作業上的表現。結果顯示，即便

DOI:10.6814/NCCU202200532

MLD 患者整體的數感表現顯著差於控制組，但並非所有患者皆於數感作業上出現缺損；其中，數的意義、數量概念、估算僅有 20%的患者出現缺損，合成有 16%的患者出現缺損，數值檢索甚至只有 8%的患者出現缺損。由上述可知，數感為較廣泛之概念，學者常用不同的測驗進行評估，而每項作業涉及不同能力，因此造成 MLD 患者於各數感作業上的表現有所差異；此情況亦可從本研究患者於兩項數感分測驗不同之表現中看出。

即便數感之概念本身有其異質性存在，學者們多認為 MLD 患者仍具有明顯數感上的缺損。本研究結果亦證實，幾乎所有 MLD 患者皆具顯著的數感缺損；此研究結果間接支持過去學者（Butterworth, 2005）認為，MLD 患者是天生數感發展異常，導致在基礎數量辨別與數字概念的掌握上出現困難，進而影響學習數學的表現。更重要的是，本研究之 MLD 患者於數感內涵中，尤其是「數字概念」部分出現一致性的缺損，或可推測此類數學核心能力為診斷 MLD 之必要條件。

於計算中，本研究採用之基本數學核心能力測驗中，將計算區分為「簡單計算」與「複雜計算」。結果顯示，有半數的 MLD 患者於簡單計算上出現缺損，甚至有八成之 MLD 患者於複雜計算上出現顯著缺損。以下將針對兩項研究結果進明說明。

於簡單計算部分，結果顯示有三位 MLD 患者（案 04、案 06、案 08）能在時限內快速地答對所有題項，而亦有患者表現是落於缺損範圍；可見表現差異相當大。於本研究之簡單計算中，題目為十位數不進位加與不借位減法、個位數乘法與個位數乘十位數；對於一般發展學童來說，此題型通常可立即作出反應，也就是能直接從長期記憶中提取出數學既定事實，不需停頓或採取其他策略（口頭數數或手指數數）來幫助解題，此正是評估個體數學事實提取能力的工具。雖然本研究中半數患者於簡單計算中表現缺損，但於時限內快速答對所有題項的 MLD 患者，顯示出其能透過數學事實提取之方式來進行解題；意即，在 DSM-5 所定義之數學核心能力—數學既定事實中並未出現缺損。

DOI:10.6814/NCCU202200532

上述發現與過去研究部分有異。多數學者指出，MLD 患者具有計算上的缺損，Rousselle 與 Noel（2007）認為，無論是有時間限制或無時間限制的個位數加減法，MLD 患者皆出現差於控制組的表現。Landerl 等人（2004）則是探討 10 位 8 至 9 歲 MLD 學童於個位數加法、減法與乘法上的表現；結果亦顯示，相較於一般發展學童，MLD 患者於三項簡單計算中皆出現顯著困難，且於乘法中的答題正確性與花費時間顯著差於加減法之表現。然而，上述研究與本研究不同之處在於，其測驗方法皆未呈現每位 MLD 患者於測驗中的表現，僅呈現受試者之整體缺損情況。即便如此，仍可從 Rousselle 與 Noel（2007）之 MLD 患者於測驗分數上的平均數與標準差，看出該群體於計算能力的差異性其實相當高；舉例來說，於無限時加法中，MLD 患者平均答對率為 69%，標準差為 11%；一般發展學童之答對率 94%，標準差為 7%。於無限時減法中，MLD 患者答對率為 55%，標準差為 13%；但一般發展學童答對率 86%，標準差為 10%。MLD 組的標準差皆大於一般發展組，意為資料離散程度較大，反映出該群體之計算能力仍具差異表現。不僅如此，若一並檢視兩組的平均數與標準差，可見兩者資料有重疊之處，例如 MLD 組中，限時加法能力為平均數高一個標準差的個案，會與控制組中低於平均數兩個標準差的個案表現是一樣的。即便少數，但仍有 MLD 患者的計算能力是與一般發展學童無明顯差異。再者，Landerl 等人（2004）則是將研究結果以長條圖方式呈現 MLD 患者與一般發展學童於三項計算測驗上的差異。即便未能獲取研究之數據，但仍可從圖表中看出，MLD 患者於三項計算測驗的平均反應時間多於控制組，答題正確性亦低於控制組。不僅如此，於長條圖中的誤差線可看出，MLD 患者於三項計算中反應時間與正確性的標準差皆多於控制組，顯見其資料亦呈現出較大之離散程度。綜上所述，雖然多數學者認為 MLD 患者於計算的表現明顯較差，但倘若以個別患者之表現來看，異質性仍大。

相較於數感與簡單計算，複雜計算和應用題皆為較進階之題項，而本研究結果顯示多數 MLD 患者於複雜計算與應用題上出現缺損。此結果與過去學者

DOI:10.6814/NCCU202200532

（Iglesias-Sarmiento, Deano, Alfonso, & Conde, 2017）以 30 位四至六年級 MLD 學童作為研究對象，發現相較於一般發展學童，MLD 於應用題上出現顯著缺損的結果一致。不僅如此，國內連文宏與洪儷瑜（2017）使用個案研究法探討國中 MLD 患者於多位數加法、減法、乘法計算的表現，其作業涉及較複雜之借位、進位程序；結果亦顯示 MLD 患者出現顯著困難。

本研究發現多數 MLD 患者具有顯著之數學核心能力缺損；然而，若個別檢視每位患者於數學核心能力的缺損型態仍具有差異性，並非每位 MLD 患者皆出現一致性缺損；且並非每位患者皆出現廣泛的數學核心能力缺損，甚至有患者於某能力的表現完好。此研究結果與 Kaufmann 等人（2013）提出之想法一致。他們針對當前有關於數學障礙者的研究進行說明，表示受到早期失算症的研究影響，多數研究僅關注計算障礙的個體；然而，數學能力不僅含有計算能力，亦涵蓋不同之概念。即便單就計算能力而言，其仍由多項能力之組成，例如：數字概念、數學事實、計算程序等。倘若單方面討論個體於「計算」上的表現，即便個體具明顯困難，但造成缺損的原因不見得相同；抑或是個體計算能力良好，但仍可能於次領域中出現缺損。意即，每位 MLD 患者於數學能力上的缺損型態有異；Kaufmann 等人（2013）甚至認為，當前的研究問題應更著重於探討 MLD 患者的數學能力分佈是否為連續光譜或集中缺損於極端。

換言之，無論是過去研究或本研究皆指出，即便數學核心能力為數學障礙症者的共同缺損，但並非所有患者出現相似的缺損，每位 MLD 患者於數學核心能力缺損型態亦有可能是以連續性光譜（spectrum）的方式分佈，亦具有高異質性。

數學核心能力與神經心理功能間的關連性

除了探究 MLD 患者於神經心理功能與數學核心能力的個別缺損之外，本研究亦證實數學核心能力與多項神經心理功能間的相關性。以下將分別討論數

DOI:10.6814/NCCU202200532

學核心能力—數感、計算（簡單、複雜計算）、應用題與各項神經心理功能間的關連性。

數感

本研究發現數感中的「數字概念」與智力、語文情節記憶具有顯著相關，而「估算」則與視覺情節記憶具有顯著相關。首先，過去較少研究探討數字概念與智力、語文延宕回憶關連性的研究較少。研究者（Chan & Ho, 2010; Geary, 2011a; Passolunghi, 2011）通常是將智力功能作為控制的變項，配對與 MLD 患者相似之智力表現的一般發展學童，進行後續比較；然而，亦有研究檢驗個體的智力與數感上的關連性（Hornung, Schiltz, Brunner, & Martin, 2014; Stock, Desoete, & Roeyers, 2009）。Hornung 等人（2014）以瑞文彩色推理測驗（Raven's Colored Progressive Matrices，Raven et al., 1998）評估 165 名一般發展幼童之流體智力，並且以數線估計作為數感之評估向度；結果顯示，流體智力能有效預測個體於數線估計上的表現。他們認為，流體智力功能較仰賴個體的非語文推理能力，當認知任務—數線估計需涉及位值、空間概念時，便證實兩者間的顯著關係。

在估算部分，本研究選用之估算測驗，題項為「不要計算的情況下，選出 123 乘 98，最接近三位、四位或五位數？」抑或是「請選出較合理的描述，例如：腳踏車約是我的 2 步長、教室的黑板約是我的 30 步長。」個體在面對上述題目時，因為無法同時進行額外計算，須仰賴從長期記憶中提取出相關知識與過去經驗來進行答題。因此，這樣的歷程可能使得估算與情節記憶的關連性較高。然而，過去並未有文獻直接探討「估算」與「情節記憶」之關係，僅部分研究嘗試討論數感與神經心理功能間的相關性。可惜的是，受到數感為較廣泛之概念，各研究採用不同的評估作業且研究目的亦不同，導致想探討的神經心理功能向度不盡相同。回顧文獻，尚未有研究與本研究相似，檢驗多項神經心理功能與數字概念（數量序列、數字型態、數字位值）與估算上的關連性，但仍可發現數感與神經心理功能間的關係。舉例來說，Chan 與 Ho（2010）檢驗

DOI:10.6814/NCCU202200532

數感（包含數字比較大小、排序、估算、位值概念）與神經心理功能（工作記憶、處理速度）間的關係；結果顯示，數感、位值概念皆與工作記憶、處理速度具顯著相關。除此之外，國內學者洪儷瑜（2010）以 6 位三年級 MLD 學童與 19 位五年級 MLD 學童作為研究對象，評估數感（數字順序、識字表徵、數列、位值）與神經心理功能（命名速度、工作記憶、訊息處理速度），並檢驗兩大概念之關連性；結果亦指出，除了數字命名速度之外，數感與其餘神經心理功能具顯著相關。

綜合上述，無論是過去研究或本研究皆指出，數感與其他神經心理功能間具顯著相關，可見基礎的數學核心能力仍須神經心理功能之共同運作。

計算

於計算中，本研究發現無論是簡單計算或複雜計算，皆與訊息處理速度、視覺情節記憶、概念形成具顯著相關。針對訊息處理速度部分，本研究結果與過去研究相符。Chan 與 Ho（2010）同時評估 84 位 7 至 11 歲 MLD 學童的數學核心能力（數學事實提取、計算）與神經心理功能（工作記憶、訊息處理速度），發現 MLD 患者於計算上的表現會受到個體之訊息處理速度影響。再者，洪儷瑜（2010）以 6 位三年級 MLD 學童與 19 位五年級 MLD 學童作為研究對象，評估計算（個位數加減、個位數乘法、二位數加減法、二位數進位借位加減法）與神經心理功能（命名速度、工作記憶、訊息處理速度）並檢驗兩大概念之關連性；研究亦指出，計算上的表現會受到個體之訊息處理速度影響。

除了統計量化分析之結果外，本研究亦能從受試者於計算測驗中的行為觀察，看見類似的趨勢。本研究發現，落入簡單計算缺損範圍的 MLD 學童中，其於測驗中的行為表現亦有所差異；有些為答題正確性高，但作答速度較慢，以致無法於時限內完成所有題項，有些則是答題正確性即已偏低。上述兩種行為模式反映出不同認知缺損的可能性，前者可能是訊息處理速度較慢所致；後者則是因本身數感較差，在掌握、理解數相關知識時遇到困難，導致其在簡單

DOI:10.6814/NCCU202200532

計算上出現缺損。事實上，前者之狀況相似於連文宏與洪儷瑜（2017）曾提出「MLD 患者計算的正確性高，但完成速度緩慢」的缺損特徵；不僅如此，早期學者 Geary（1993）就已認為，MLD 患者之數學事實提取困難可能與數數速度具有關連性。而本研究皆支持上述看法，無論是簡單或是複雜計算皆與訊息處理速度具顯著相關。

另一方面，過去亦有研究指出情節記憶與計算間的關連性。Swanson 與 Kim（2007）針對 353 名一般發展學童，檢驗情節記憶、工作記憶、命名速度與計算間的關連性；結果顯示，即便情節記憶並非於最具影響力的預測變項，但仍可發現其能有效預測個體的計算能力。不僅如此，學者（Alloway & Passolunghi, 2011）將情節記憶區分為語文（數字回憶、字詞回憶、非字詞回憶）與視覺情節記憶（點矩陣任務、迷宮記憶、方塊回憶任務），並檢驗其與基礎數學能力（數字比較、數字排序、數字換算、個位數加減）之相關性。他們發現比起語文情節記憶，視覺情節記憶更能預測個體之基礎數學能力。本研究亦支持上述看法，證實相較於語文情節記憶，計算能力與視覺情節記憶相關性較高。

即便針對概念形成與計算間相關性的研究較少，但仍有研究者嘗試探究一般發展學童之數學能力與概念形成間的關連性。Seethaler、Fuchs、Star 與 Bryant（2011）發現，三年級學童的概念形成能力可有效預測其於國小五年級時的計算表現（包括：整數、分數、小數、百分比和代數方程的個位數、多位數加法、減法乘法、除法）。研究者認為個體在進行計算時，會在無既定規則之任務中形成一套準則，並根據此準則解決任務。本研究支持上述結果，顯示無論是簡單計算與複雜計算皆與概念形成具有顯著相關。然而，相較於該研究所檢驗之計算能力，本研究所採用之計算題目為以整數為主，包含個位數與多位數加減、減法、乘法，並無涉及不同數值之計算與除法，即便屬較為單一的題項，但仍可看出計算能力與概念形成間的相關性。

應用題

DOI:10.6814/NCCU202200532

本研究結果顯示，應用題與語文情節記憶、轉換能力具有顯著相關，此結果與過去研究部分相同。Swanson 與 Beebe-Frankenberger（2004）以 132 位低數學成就之學童（智力高於 85、數學標準化測驗低於百分等級 25）作為研究對象，探討多項神經心理功能與文字應用題間的關連性。結果顯示，情節記憶能有效預測個體於應用題上的表現。研究者認為，個體在進行解題時，須從長期記憶中提取出解決問題所需之數學程序與相關知識；即便相較於其他神經心理功能，情節記憶對於應用題來說未佔突出之貢獻性，但仍不能忽略其參與其中之可能性。

另一方面，針對個體之轉換能力與應用題間關係的文獻較為少數，Bellon、Fias 與 De Smedt（2019）嘗試探討轉換能力與基礎數學能力間的關連性，其針對 127 名 7 至 8 歲一般發展學童，並未發現轉換能力與加法、乘法間的顯著相關性。研究者認為，因不同的數學能力需要不同的神經心理功能參與；對於加法、乘法來說，其較倚重數學事實之提取，因此並未於該研究中發現與轉換能力的關連性，但並不表示其對於數學能力未具貢獻性。相較於該研究，本研究正是於採用較進階之應用題，且發現轉換能力與應用題間的關連性；由此可知，當數學任務越趨複雜時，例如：於應用題中，個體須在不同計算程序—加、減、乘、除中進行轉換，因而較仰賴個體之轉換能力之參與。

除了上述本研究結果呈現之數學核心能力與神經心理功能的關連性之外，過去學者亦發現其他神經心理功能與數學核心能力有關，但本研究並未證實此關連性，主要包含執行功能中的工作記憶、抑制能力與思考流暢度，以下將分別說明。

於工作記憶部分，過去研究大多指出工作記憶對於數學能力的重要貢獻性（Geary et al., 2007; Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010）；然而，本研究並未發現工作記憶與任何數學核心能力間的關連性。即便如此，若細究過去研究所採用之神經心理衡鑑工具與其研究結果，便會發現箇中差異。Geary 等人（2007）以 15 位 MLD 患者作為研究對象，其將工作記憶區分為中央執行系統、語音迴

DOI:10.6814/NCCU202200532

路和視覺空間模板，並分別檢驗其與數學能力—數字集、數線估計、數數知識、個位數加法與多位數加法間的關連性。其採用兒童版工作記憶測驗（Working Memory Test Battery for Children, WMTB – C; Pickering & Gathercole, 2001）作為評估工作記憶之工具；其中，中央執行系統則以三種雙重任務—語音回憶（要求受試者判斷主試者念出的短句是否正確，並在聽完所有句子之後，按照呈現之順序回憶出每個句子的最後一個單字）、數數回憶（要求受試者數點，並於數數結束後，按順序回憶各刺激之點數）、逆向數字背誦作為評估工具。語音迴路，以數字回憶、字詞回憶、非字詞回憶來進行評估，皆為要求受試者複誦出主試者所唸出的數字/字詞/非字詞順序。視覺空間描繪版，則以方塊回憶（請受試者敲擊出主試者敲擊方塊之順序）、迷宮回憶測驗（請受試者回憶出迷宮的解決路線）進行評估。研究結果顯示，中央執行系統能有效預測個體於所有數學任務的表現，此關連性並未於語音迴路與視覺空間描繪版中出現。兩者反倒於任務中的細節表現較具關連性，例如：於個位數加法中，手指計數錯誤與較低的語音迴路表現有關；於多位數加法中，頻繁使用最小計數與較佳的視覺空間描繪版表現有關。據此，Geary 等人（2007）認為，中央執行系統是 MLD 患者於各項數學認知任務中的核心缺損；而語音迴路與視覺空間描繪版可能會導致更細節之數學認知能力缺損。不僅如此，Fuchs 等人（2006）針對 312 位三年級一般發展學童，採用語音回憶測驗、逆序背誦數字測驗作為工作記憶指標，並檢驗其與各位數計算、複雜計算與應用題的關連性。研究亦顯示，工作記憶與個體於數學事實提取、計算與應用題上的表現無顯著相關；且工作記憶也未能有效地預測個體於計算、應用題上的表現。

針對上述不一致之研究結果，Raghubar 等人（2010）透過整合分析提出，事實上，並非所有研究皆指出工作記憶與數學能力間的關連性，主要造成結果差異的關鍵原因在於工作記憶任務性質、個體採用之策略、探討之數學能力、受試者年齡…等皆是影響因素。他們進一步發現，當研究者欲探討「兒童」之工作記憶與數學能力間的關連性時，研究者會考量到，兒童處理的數學任務相

DOI:10.6814/NCCU202200532

對於成人簡單許多，未必能涵蓋到工作記憶對解決雙重任務的貢獻性；因此，研究時常設計為要求個體於單一分測驗中，面對不同的數學運算（加、減、乘、除），進而提升其複雜度。若是以此種題型，才更需要個體運用維持、監控、調節訊息的能力，而顯示出工作記憶參與其中的結果。回顧本研究選用之計算測驗，其區分為六項分測驗，且每項分測驗中皆以單一的運算方法，甚至將是否進位與借位進行區分；由此可知，受試者較不需要在單一分測驗中，面對不同的運算方式，可能因而使本研究計算能力與工作記憶之相關結果不易顯著。

再者，本研究並未發現抑制能力與任何數學核心能力間的關連性，而過去亦有研究支持此發現。Bellon 等人（2019）嘗試探討抑制能力與基礎數學能力間的關連性，針對 127 名 7 至 8 歲一般發展學童，並未發現抑制能力與加法、乘法間的顯著相關性。研究者據此認為，當個體在進行加法與乘法時，較倚重數學事實之提取，並不需要抑制能力之參與。不僅如此，Swanson 與 Beebe-Frankenberger（2004）以 132 位低數學成就之學童（智力高於 85、數學標準化測驗低於百分等級 25）作為研究對象，並採用隨機生成作業（受試者先是按照順序快速地寫出數字與字母；接著，要求受試者以隨機、非系統化的順序快速地書寫出數字或字母）作為評估抑制能力之依據，並探討抑制能力與應用題間的關連性。結果同樣顯示，個體抑制能力未能有效預測個體於應用題上的表現。由上可知，無論是何種數學任務，過去研究並未發現其與抑制能力間的顯著關係。

最後，本研究並未發現以圖形作為思考流暢性測試時與基本數學核心能力的顯著關係，此結果與過去研究（Stievano, Cammisuli, Michetti, Ceccolin, & Anobile, 2018）相符。Stievano 等人（2018）評估 68 名 8 至 11 歲一般發展學童於兩種思考流暢性（音韻流暢性、圖形流暢性）與數量比較、計算間的關連性。相較於圖形流暢性，僅音韻流暢性與數量比較、計算具顯著相關。他們認為，個體在進行數量比較或計算時，須從長期記憶中提取出數學事實；因此，

DOI:10.6814/NCCU202200532

較倚重於個體之語文流暢性參與。亦有研究支持上述語文思考流暢性與數學核心能力間的關連性。Andersson（2007）針對 69 名二至四年級之一般發展學童，檢驗多項神經心理功能與應用題間的關連。該研究亦證實，即便控制了閱讀、智力與年齡後，仍可發現語文流暢性可有效預測個體之應用題表現。Andersson（2008）進一步以 141 名三、四年級學童作為研究對象，分析多項認知功能與計算能力間的關連性。結果顯示，語文流暢性能有效預測個體數學事實提取與多位數加減法的表現，且其對於數學事實提取的貢獻性更為明顯。該群學者同樣認為，數學事實提取的過程正是需活化與提取長期記憶中的訊息；而語文流暢性本身就是從長期記憶中提取出相關訊息的能力，因此成為數學事實提取的重要預測指標。有鑑於此，當個體在處理應用題時，除了須提取出儲存之數學事實外，還須從提取出與任務相關之語文訊息，或既定的解題方式。

過去研究皆證實語文流暢性與數學核心能力間的關連性，並認為在處理數學任務時，個體須仰賴其提取相關語文訊息的能力。然而，Andersson（2007）與 Andersson（2008）並未同時檢驗圖形流暢性與數學能力間的關連性，但仍可於 Stievano 等人（2018）中看出，相較於語文流暢性，圖形流暢性與數學任務較無明顯之關連性。本研究雖然未納入患者之語文流暢性，但於圖形流暢性中所獲得之無關結果則與過去結果相符。

數學學習障礙症患者之整體認知缺損型態

由前述包含 MLD 患者於神經心理功能與數學核心能力上的表現，本研究將綜合數學核心能力與神經心理功能上的缺損，討論每位患者可能存在之不同認知缺損型態。

首先，本研究結果顯示每位 MLD 患者皆具有神經心理功能與數學核心能力上的缺損，並沒有患者僅出現單一方面的缺損。此發現不僅與 Peng 等人（2018）認為 MLD 患者同時具有兩大核心症狀，更支持 Rubinsten 與 Henik（2009）之概念，認為僅在處理數量上產生缺損的患者非常少見，合併多項認

DOI:10.6814/NCCU202200532

知功能缺損的 MLD 患者才較符合臨床現況，更是值得未來研究持續探討的議題。

再者，倘若細究每位患者於兩大缺損上的型態，發現每位患者缺損之向度迥異，可能是具有高異質性的群體。然而，並未顯示出共病患者有無出現一致性的缺損趨勢，或是造成更廣泛的缺損。更重要的是，本研究進一步發現，MLD 患者的神經心理功能缺損型態初步可區分為三種類型：MNI-MLD、SNI-MLD 與 GNI-MLD。此缺損類型同樣間接支持 Rubinsten 與 Henik（2009）認為 MLD 患者的神經心理功能缺損型態可作為其認知缺損的分類依據。

以 MNI-MLD 患者來說，本研究中有四位受試者—案 01、案 04、案 06、案 09 屬於此類別。倘若檢視四位患者之整體認知缺損型態，可將其區分為兩種類型，一為數學核心能力出現廣泛缺損之案 04、案 06、案 09；另一則為僅於數感上出現缺損的案 01。以下將分別討論這兩種類型的整體認知缺損型態。

首先，案 04、案 06、案 09 出現少數神經心理功能缺損，但數學核心能力出現較廣泛性缺損的型態。這樣的認知缺損型態可能較符合特定性缺損假說（Andersson, 2010; Butterworth, 2005）所認為 MLD 患者之所以出現數學上的困難，是源於個體在發展人類天生具有的「數感」上出現遲緩，使其對於數量表徵、數字的操弄能力出現困難，導致在基礎數量辨別和數字概念的掌握上出現缺損，進而無法完成更進階的數學運作。此認知型態亦間接支持過去學者認為，MLD 患者於涉及與數學能力有關的特定大腦區域—頂內溝出現缺損（Kucian et al., 2006; Mussolin et al., 2010），因而影響其於數學能力上的表現。即便 Rubinsten 與 Henik（2009）認為，僅於數量處理上遇到困難之 MLD 患者較少見，但此類型之個案正是符合因單一 IPS 的生理缺陷，使個體在處理數量時出現困難之數學障礙患者。

不僅如此，上述三位個案之認知缺損型態亦符合 Butterworth、Varma 與 Laurillard（2011）提出 MLD 患者之「生理、認知、行為模式」，如圖 3 所示。他們認為，頂葉是算術能力的神經基礎，而 MLD 患者於頂葉上的缺損是

DOI:10.6814/NCCU202200532

影響其於數量表徵、數字概念、數學事實提取的表現，造成個體於學習數學上的困難。基於此概念，他們以階層式的架構去討論 MLD 患者於生理、認知、行為層面上的情況，以及三層面間的相互作用。如模型所示，第一層以生理—基因與大腦結構，其中頂葉為討論之核心，特別是頂內溝與角回，並且亦說明其他腦區之重要性與關連性。第二層為認知，包含數量表徵與操弄、數字、數學事實提取與概念、規則與程序等；且可看出學者著重於「數量表徵與操弄」，認為其餘能力會受到個體數量表徵與操弄的能力所影響。第三層為行為，則是個體於數學能力上的缺損。

倘若將案 04、案 06 與案 09 之認知缺損型態套用於該模型之中，能間接說明造成該類型個案認知缺損型態的原因。也就是說，案 04、06、09 皆於數感上出現缺損，此基礎能力影響個體於後續計算、應用題上的表現。即便本研究無法檢驗於數學核心能力中的階層關係，但基於該模型，亦可嘗試解析此類 MLD 患者出現數學行為困難的原因。

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

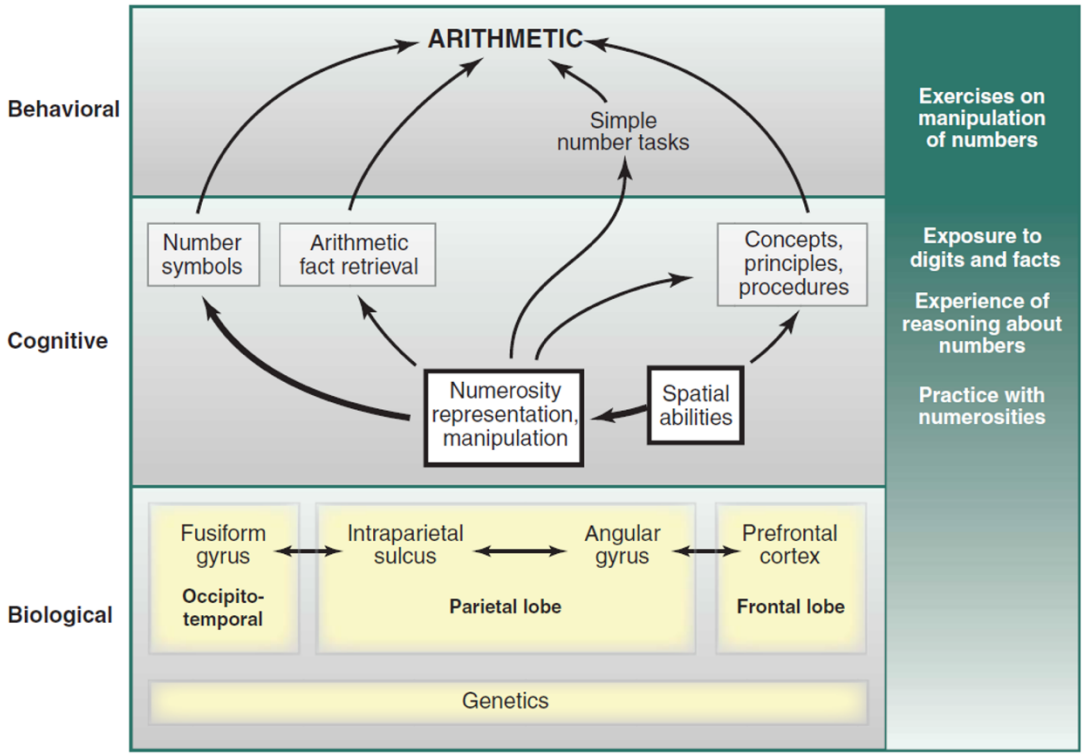

圖 3 MLD 患者生理、認知、行為模式

資料來源：Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. （2011）. Dyscalculia: from brain to education. *Science*, *332*（6033）, 1049-1053.

National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

其次，則為具少數神經心理功能缺損，且於數學核心能力上僅於數感出現缺損的案 01。此個案於複雜計算上的表現落於缺損邊緣，但並未於簡單計算、應用題上出現顯著缺損。然而，若依據特定性缺損假說，MLD 患者於數感上的缺損應會影響到進階之數學能力；由此可知，此類型之個案並不符合特定性缺損假說之看法，反而證實數感缺損未必會造成個體數學核心能力之廣泛障礙。

於先前段落曾提及，無論是數感、計算亦或是應用題上的表現，每位 MLD 患者的缺損型態具有相當大的差異，並非所有患者皆於每項數學核心能力上出現一致的缺損，且本研究確實發現僅於數感上出現缺損的個案。不僅如此，此個案之認知缺損型態間接驗證了 Kaufmann 等人（2013）提出，每位 MLD 患者於數學核心能力缺損型態可能是以連續性光譜（spectrum）的方式分佈，是具高度異質性的；另一方面，或許能從案 01 僅於數感上出現缺損的現象，足見數感對於 MLD 患者之重要性。

以 SNI-MLD 患者來說，本研究有兩位患者屬此類別，為集中缺損於執行功能的案 02，與集中缺損於情節記憶的案 10。此類型個案的整體認知缺損型態較符合綜合性缺損假說（Peng et al., 2018）認為，MLD 患者是同時具有數學核心能力與神經心理功能缺損，先天數感發展異常，且神經心理功能在發展過程中出現缺損，使其同時在「數學」和「學習」層面上出現困難，進而出現數學學習障礙症的特定表現。有趣的是，於多項神經心理功能中，案 02 僅集中缺損於「執行功能」，案 10 則是集中缺損於「情節記憶」，以下分別討論兩位患者之認知缺損型態。

案 02，集中缺損於「執行功能」上，此特殊之神經心理功能缺損型態間接支持過去探討 MLD 患者腦部功能結果（Ashkenazi, Rosenberg-Lee, Tenison, & Menon, 2012）。如：Ashkenazi 等人（2012）指出，MLD 患者在進行計算時，不僅是頂葉相關區域如：頂內溝、緣上回（supramarginal gyrus）活化程度較少，亦發現雙背外側前額葉皮質的活化程度亦顯著較少。意即，MLD 不僅是頂葉區域受損，與執行功能相關之額葉區域亦可能出現發展較差的情況。Ranpura

DOI:10.6814/NCCU202200532

等人（2013）支持上述看法且指出，MLD 患者之額葉和頂葉間的白質連結，並未如對照組般，出現隨年齡增長而增加連結的情況；此神經連結的發展異常亦會影響患者在進行數學任務時，有效運用兩者腦區所涉及之神經心理功能。本研究中案 02 之神經心理功能缺損型態，也許呈現出前述針對 MLD 患者腦部功能缺損研究，對照出的認知缺損表現。

案 10，集中缺損於情節記憶，此特定之神經心理功能缺損型態亦間接支持過去探討 MLD 患者腦部功能結果。Askenazi 等人（2009）的早期研究已發現，MLD 患者之內側顳葉、海馬迴的灰質體積出現顯著減少。較近期之學者 Qin 等人（2014）則透過腦部功能研究，發現當個體進行數學事實提取與算數時，海馬迴會出現活化，協助個體提取數學相關記憶或策略來進行解題；不僅如此，海馬迴更被認為參與了個體進行加法、減法時的視覺空間表徵能力（Mathieu et al., 2018）。由此可知，個體在進行數學運作時需要顳葉區域之參與，而案 10 之神經心理功能缺損型態，便有可能反映出上述生理研究之認知缺損型態。

最後則是 GNI-MLD，本研究則有四位患者（案 03、案 05、案 07、案 08）屬於此類。倘若探討四位患者整體認知缺損型態，可看出其於神經心理功能與數學核心能力上皆具廣泛性缺損。此類型個案符合綜合性缺損假說認為，MLD 患者同時具有數學核心能力與神經心理功能缺損，代表該群體不僅是特定腦區，可能是各腦區出現普遍性的發展異常，因此造成其於數學能力的廣泛缺損。

此認知缺損類型進一步支持個體在進行數學任務時，是結合全腦區運作後的結果（Arsalidou, Pawliw-Levac, Sadeghi, & Pascual-Leone, 2018; Qin et al., 2014）。早期的結構性神經影像研究，包含 Ryhkhlevskaia 等人（2009）與 Uddin 等人（2010）皆指出，MLD 患者在多個腦部區域灰質體積皆都有出現顯著減少的情況。較近期的功能性神經影像研究亦證實上述看法，如：Arsalidou 等人（2018）透過整合分析，提出個體在進行計算時，多元腦區皆會出現活

DOI:10.6814/NCCU202200532

化；除了許多研究指出頂葉為數學核心區域外，大致可再區分為三大明顯活化區域，一為島葉（insula），另一為扣帶回，最後則是左側中央前回（left precentral gyrus），延伸到額下回（inferior frontal gyri）和中額回（middle frontal gyri）之背外側前額葉皮質。Qin 等人（2014）亦發現，當個體進行數學事實提取與算數時，海馬迴與額葉皆會出現活化，協助個體提取相關記憶與監控、調節訊息。除此之外，被視為數學核心區域之頂內溝，與其他腦區之連結亦是不能忽略的重點，例如：前側頂內溝和額葉系統之間存在連結（Dehaene et al., 2003），反映出在進行數字處理歷程時需要更高階的認知功能，而後側頂內溝和後枕葉之視覺皮質之連結，則顯示出個體在將數量訊息轉換為數字時，是需要空間訊息方面發揮作用（Uddin et al., 2010）。

由上述可知，個體在進行數學運算時，不僅需要對於 IPS 所負責之數量、數字基礎表徵、處理能力外，亦需要多項腦區負責之神經心理功能參與。本研究於此類別之四位患者所展現出的整體認知缺損型態，或許能反映出於生理層面中，其不僅於與數學相關之特定腦區出現發展異常，其他腦區的發展亦可能較差，導致該群體之患者出現神經心理功能與數學核心能力的廣泛缺損。

另一方面，本研究觀察到 GNI-MLD 中所有患者的智力表現皆較差，甚至落於缺損邊緣；事實上，過去智力功能在 MLD 或 SLD 之相關研究中，多是「控制變項」，藉以排除此功能對於其他功能或行為表現的影響。針對此情形，考量到本研究僅採用魏氏兒童智力測驗中的部分分測驗來預估智力商數，不排除所得之智力商數可能有所偏誤。除此之外，本研究中四位受試者的智力表現顯著較差，且皆分佈於 GNI-MLD 類別中，代表此類型之 MLD 患者，亦可能會受到智力表現較差的影響，致使整體認知缺損型態皆出現全面性的缺損。

雖 GNI-MLD 與 SNI-MLD 中的案 02 之整體認知缺損型態皆較符合綜合性假說之推測，但兩群體於數學核心能力上的缺損程度仍有差異，更顯露出神經心理功能於 MLD 異質性的重要角色。即便兩群體於數學核心能力中皆出現廣泛性的缺損，SNI-MLD 中案 02 於數學核心能力上的百分位數仍皆高於 GNI-

DOI:10.6814/NCCU202200532

MLD 中的案 03、案 05、案 07、案 08；意即，GNI-MLD 於數學核心能力上出現嚴重程度較高之缺損。由此可推測，神經心理功能缺損程度很可能是影響個體展現出數學核心能力缺損程度的重要關鍵。由上述可知，縱使 MLD 患者同時具有神經心理功能與數學核心能力的缺損，但仍需要考量每位患者於兩大缺損上的困難程度；若單就缺損與否，便很有可能無法看出其細節之表現與兩大缺損間的作用。

整體來說，本研究以神經心理功能缺損的廣泛程度作為 MLD 患者的分類依據，此分類方式雖然與過去學者以「神經心理功能缺損類型」（Geary & Hoard, 2005; Karagiannakis et al., 2014）進行區分的方式有所不同，但其內涵仍有相似之處。首先為 MNI-MLD，本研究發現此類 MLD 患者僅於少數神經心理功能上出現缺損；然而，過去針對該類型之 MLD 患者的關注度較少，可能的原因之一為過去研究者多以神經心理功能缺損類別來看，以致於此類型之個案無法適切區分。即便如此，仍有學者提出較接近於 MNI-MLD 所展現出的神經心理功能缺損型態。Rubinsten 與 Henik（2009）在他們的 MLD 分類概念中即認為，有一群 MLD 患者僅於數感上出現缺損，但並未於神經心理功能上出現缺損。即使本研究之 MNI-MLD 並未如同他們所描述的這類患者，於神經心理功能上未有明顯缺損，但確實 MNI-MLD 患者僅於極少數的神經心理功能上呈現異常。倘若進一步考量本研究所採用之神經心理衡鑑工具並非皆適用於研究對象之年齡，特別是數字情節記憶與視覺空間工作記憶之衡鑑工具，而 MNI-MLD 中的案 01 僅於數字情節記憶缺損，案 04 則是僅於數字情節記憶與視覺空間工作記憶出現缺損。這也間接代表，此類功能缺損之表現可能受到常模代表性之偏誤所影響，而造成低估患者能力的狀況。由此可知，本研究中 MNI-MLD 之案 01、案 04 可能更接近於 Rubinsten 與 Henik（2009）所提出之 DD 類型。

再者，為本研究中的 SCI-MLD 患者與 Karagiannakis 等人（2014）所提出之四種認知缺損類型結果部分相符。其中 SNI-MLD 集中於「執行功能」的缺

DOI:10.6814/NCCU202200532

損型態，能對應到研究者所提出，於抑制能力、更新能力、轉換能力與決策困難的推理缺損類型；即便本研究與過去研究之分類名稱不同，但仍可從其分類說明看出其皆為執行功能之概念。另一方面，Karagiannakis 等人（2014）將「工作記憶缺損」、「無法抑制無關訊息進入工作記憶」歸類為「記憶力缺損類型」；然而，兩描述背後之概念應為工作記憶與抑制能力，似乎較屬執行功能之概念。更重要的是，除了工作記憶、抑制能力與轉換能力概念外，本研究額外檢驗 MLD 患者於概念形成、思考流暢性的表現，發現 SNI-MLD 患者於思考流暢性上有顯著異常；延伸 Karagiannakis 等人（2014）所提出之執行功能涵蓋能力，再次驗證 MLD 內有集中缺損於執行功能的特定類型。

另一 SNI-MLD 患者則為集中於「情節記憶」的功能缺損，此類型之個案僅部分吻合於 Karagiannakis 等人（2014）所提出「記憶力缺損類型」。主要是因其該學者提出的「記憶力缺損類型」為「工作記憶缺損、無法抑制無關訊息進入工作記憶，以及語意記憶缺損」，其中的前兩項功能已於前段提及其不適合作為記憶功能的考量；再者，針對 MLD 患者之語意記憶缺損，早期學者 Landerl 等人（2004）就表示此論點有其疏漏之處，此論點是混淆語意記憶與數字知識兩項概念，且並無證據表明 MLD 患者具有語意記憶上的缺損。有鑑於此，本研究相較於 Karagiannakis 等人（2014）的看法，更精確地證實有特定類型的 MLD 患者，其神經心理功能缺損以「情節記憶」為主。

最後則是 GNI-MLD。過去亦較少研究針對此類型之 MLD 患者進行探討，主要原因可能受到研究方法的影響。倘若採用群集分析，因該類型之患者於神經心理功能具廣泛缺損，於技術上可能仍會將其歸類於某神經心理功能缺損類別中。然而，GNI-SLD 之缺損型態由於涉及的神經心理功能廣泛，亦可能無法以「功能缺損類型」進行分類。本研究則透過個案系列分析法，證實神經心理功能出現廣泛缺損之 MLD 認知缺損型態。

綜合上述，本研究以「神經心理功能缺損的廣泛程度」作為分類方法，或許能跳脫過去研究者將個案歸於某些神經心理功能缺損類別的框架，呈現輕微

DOI:10.6814/NCCU202200532

至廣泛神經心理功能缺損之 MLD 患者的整體認知缺損型態。此分類方式不僅可補足過去研究缺失之處，更有機會能呈現出 MLD 患者的多樣性認知特徵。

結論

本研究結果顯示，MLD 患者具多面向神經心理功能與數學核心能力缺損，且兩者具有關連性。倘若進一步細究每位 MLD 患者於神經心理功能與數學核心能力上表現，則可看出迥異之缺損型態，證實該群體具高異質性的認知特徵。更重要的是，本研究進一步發現 MLD 患者之認知缺損型態可依其神經心理功能缺損的廣泛程度初步區分為三種類型，顯示若從行為層面來看，MLD 患者除了在數學核心能力上的困難之外，神經心理功能缺損的評估與分析，或許是確實診斷與協助 MLD 患者的重要關鍵。

研究限制

即便本研究透過個案系列研究，證實 MLD 患者具有高異質性的認知缺損型態，但仍有於探討概念、研究方法與推論上的疏漏之處，以下將逐一說明本研究之限制。

於探討概念中，本研究欲探討 MLD 患者整體認知缺損型態；然而，無論是數學核心能力或是神經心理功能，本研究能檢驗的功能有限，無法全面地分析患者之能力，可能會影響呈現出的認知型態結果。再者，本研究試圖以神經心理功能與數學核心能力缺損型態，推論 MLD 患者於生理上的缺陷。然而，本研究並未透過腦部照影作為判斷依據，僅能過去生理結構與神經心理功能之關連性間接進行討論。

於研究方法上亦有些許限制，可進一步分為「研究對象」與「研究工具」上的限制進行說明。

首先，於研究對象的選擇上，本研究有四點限制。一、受試者之診斷。本研究對象設定為已被診斷為數學學習障礙症之學童；然而，於十位受試者中，僅有四位具有數學學習障礙症之診斷，其餘僅具有特定學習障礙症診斷。會出

DOI:10.6814/NCCU202200532

現上述情況，主要是受到台灣教育界對於數學障礙症的關注較少，並未進一步將特定學習障礙症患者區分為為閱讀、書寫或數學障礙類型。多數受試者家長在填答資料時，表示受試者具有學習障礙症診斷，但並未標記其類型，而受試者僅於數學學習上出現顯著困難。考量到此情況，本研究採用《基本數學核心能力測驗》（洪儷瑜、連文宏，2015）作為篩選依據，評斷標準為得分低於百分等級 9 以下，則可視為其在數學核心能力上有顯著困難。然而，該測驗亦有其限制，未能涵蓋到所有數學能力範圍，可能無法如實地反映出患者於其他數學能力上的表現。二、共病情況。研究中僅有 3 位 MLD 患者並未與其他發展性疾患共病，其餘皆有共病於其他發展性疾患，且共病之發展性疾患相當多元，包含：注意力不足/過動症、自閉症類群障礙症、妥瑞氏症、甚至有同時與注意力不足/過動症、自閉症類群障礙症共病之患者；不過，經過分析每位 MLD 患者的共病情況與神經心理功能表現之差異後，本研究並未發現共病患者出現一致的缺損趨勢，或一致性造成患者更廣泛的缺損型態。除此之外，本研究亦未能進一步排除共病之神經機制對於個體所展現出的認知缺損型態之影響，可能會造成所得之研究結果未能適切地反映出 MLD 患者的核心缺損。三、地區性。本研究招募之 10 位受試者，有四位於台北、兩位於台中、四位於嘉義；即便本研究嘗試擴大招募不同地區之受試者，盡量減少因地區性所造成的受試者特性、接受之教育品質的差異、社經地位上的外在因素，但仍僅招募到特定區域之受試者，無法排除背景因素對認知缺損型態之影響。最後，則是樣本數。本研究樣本數明顯較少，會進一步造成下列三項限制：一、本研究嘗試將 MLD 患者進行分類，但在樣本數較少的情況下，分類代表性不足。二、在推論該群體之整體認知缺損型態時，可能因資料量少，進而出現多樣性較大的情況，並不見得反映出該群體的異質性表現。三、探討神經心理功能與數學核心能力兩大缺損間的關連性時，因數據較少，未能適切地呈現出變項間關係的強度和方向。

DOI:10.6814/NCCU202200532

於研究工具中，本研究選定之神經心理功能與數學核心能力中，每項能力皆有不同的測驗工具，倘若選用不同之測驗媒介可能會造成涉及的能力有所差異；也就是說，MLD 患者之認知缺損型態可能會受到採用不同衡鑑工具的影響，進而造成無法如實地反映出該群體之認知缺損型態。其次，本研究選用之神經心理衡鑑工具中，仍有其限制之處。例如 NEPSY-II 為美國版之兒童神經心理功能測驗，所參照之常模為國外常模，不見得能適切地反映出國內學童之認知表現。此外，於 NEPSY-II 測驗中，仍有因語言、文化上的差異，造成測驗內容可能出現適用性的問題。特別是「字詞測驗」中，語文刺激為翻譯的字詞，其中「牧草」、「籬笆」、「瞳孔」較為西方常見之字詞，於中文上並未如此常見，可能會因字詞頻率影響個體所展現的能力。考量到上述情況，本研究嘗試控制對照國外常模可能會產生偏誤的影響；因此，將兩組於 NEPSY-II 分測驗中的原始分數進行 t 檢定。結果仍然顯示，以原始分數進行比較之結果，與採量表分數分析的結果是相同的。再者，本研究選用之 WMS-III 視覺空間工作記憶測驗與序列數字學習測驗，並不符合本研究對象之年齡，可能會造成低估受試者的表現。

未來方向

基於本研究結果與所提及之研究限制，以下將逐項說明未來研究方向。

首先，本研究發現 MLD 患者整體認知缺損型態可區辨為三種類型之結果，有以下有三項未來方向之建議。一、此三種缺損類型是基於本研究所選用之神經心理功能所得結果，倘若將更多神經心理功能納入考量，亦或是採用不同之神經心理衡鑑工具，是否能見相同的缺損趨勢？特別是 SNI-MLD，是否還能見其展現出特定於「情節記憶」與「執行功能」上的缺損，值得更進一步之瞭解。二、因本研究未透過腦照影檢驗個案之腦部結構，因此無法推論受試者之腦部結構缺損情況是否亦能區分為三種類型，例如：MNI-MLD 患者之腦部結構出現較少缺損，SNI-MLD 之腦部結構中僅集中缺損於某腦區，GNI-MLD

DOI:10.6814/NCCU202200532

之腦部結構則出現廣泛的缺損，此亦為未來研究可以繼續探究之主題。三、本研究之 MLD 患者共病情況相當多元，除了與 ADHD 共病之外，其餘共病類別則只有一位個案做為代表。事實上，很難由單一個案的缺損情況代表整體認知缺損趨勢；往後研究可針對不同發展性疾患共病的 MLD 患者，探討所展現出的整體認知缺損型態是否也可依據神經心理功能廣泛程度來進行區分。

其次，本研究發現 MLD 患者於數學核心能力上的缺損具有異質性，且過去亦有學者提出 MLD 患者於數學核心能力上的缺損可能為光譜分佈，代表並非每位患者於所有數學核心能力皆出現一致性缺損。不僅如此，過去研究大多以「計算能力」作為評斷數學能力之代表，甚至將其視為診斷之依據。很顯然地，此情況並未考量 DSM-5 之診斷準則已由「差距標準」轉為強調「核心能力缺陷」，不再採用「智力與數學表現之差距取向」，而是以 MLD 患者四大核心缺損—數感、數學事實提取、計算和推理，作為判斷依據。也就是說，此方式忽略了患者於其他數學核心能力上的表現，是非常有可能出現鑑別錯誤的情況。據此，未來研究應當檢驗患者於各項數學核心能力上的表現，並非以單一能力論之；且倘若未來已累積足夠該群體於各項數學核心能力上的資料，便能從多項數學核心能力中區分出孰輕孰重，並將該能力視作 MLD 患者之缺損要件，甚至能依據此結果重新檢視診斷準則中提及的四大核心缺損，以判斷何項能力是最主要的關鍵。

最後，則是於本研究所採用之神經心理衡鑑工具中可看出，許多測驗未有國內常模予以對照，亦或是未有適用於兒童的相關神經心理衡鑑工具。據此，未來研究能針對國內兒童，發展相關之神經心理功能衡鑑工具；亦或是將現有之神經心理功能測驗，建立國內兒童版常模。倘若有更合適之評估工具，便能適切地反映出國內 MLD 學童之能力表現，以掌握該群體之認知缺損型態。

DOI:10.6814/NCCU202200532

參考文獻

王宣惠、洪儷瑜（2019）。我們真的認識數學障礙嗎？—臺灣數學障礙 20 年研究回顧與問題探究。**特殊教育研究學刊，44**，59-90。

孟瑛如、簡吟文（2014）。由 DSM-5 的改變談學習障礙未來的鑑定與教學輔導趨勢。**輔導季刊，50**，28-34。

孟瑛如、簡吟文、邱佳寧、陳虹君、周文聿（2015）。**國民小學五至六年級數學診斷測驗**。臺北市：心理。

柯華葳（1999）。**基礎數學概念評量—四、五、六年級題本**。臺北：行政院國家科學委員會。

柯華葳（2005）。數學學習障礙學生的診斷與確認。**特殊教育研究學刊，29**，113-126。

花茂棽、張本聖、林克能、楊建銘、盧小蓉、陳心怡（2005）。**魏氏記憶量表第三版（中文版）**。台北市：中國行為科學社。

洪儷瑜（2010）。**不同類型的數學學習障礙學童的數學能力發展研究**。行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告（編號：NSC98-2511-S-003-010-M），未出版。

洪儷瑜、連文宏（2018）。國小數學學習困難學童之心理數線表徵發展及其數線估計能力之研究。**特殊教育研究學刊，43**，29-52。

洪儷瑜、連文宏（2019）。國小學童計算能力之測量，發展軌跡與預測路徑。**測驗學刊，66**，51-82。

連文宏、洪儷瑜（2017）。數學學障與數學合併閱讀障礙國中生計算能力表現之特徵及其差異分析。**臺灣數學教育期刊，4**，35-62。

陳心怡、花茂棽、張本聖、陳榮華（2011）。以「魏氏兒童智力量表」（第四版）的四因素為基礎之簡式版本分析：臨床應用指引。**測驗學刊，58**，585-611。

DOI:10.6814/NCCU202200532

陳榮華、陳怡心（2007）。**魏氏兒童智力量表第四版（中文版）技術和解釋手冊**。台北；中國行為科學社。

Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. （2011）. The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences, 21*（1）, 133-137. doi:10.1016/j.lindif.2010.09.013

American Psychiatric Association （1987）. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*（3rd ed）. Washington DC: American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association （1994）. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*（4th ed）. Washington DC: American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association （2000）. *Diagnostic and Statistical manual of mental disorders*（4th ed-TR）. Washington DC: American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association （2013）. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*（5th ed）. Washington, DC: American Psychiatric Association.

Andersson, U. （2007）. The contribution of working memory to children's mathematical word problem solving. *Applied Cognitive Psychology, 21*（9）, 1201-1216. doi:10.1002/acp.1317

Andersson, U. （2008）. Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: the importance of central executive functions. *British Journal of Educational Psychology, 78*（2）, 181-203. doi:10.1348/000709907X209854

Andersson, U. （2010）. Skill development in different components of arithmetic and basic cognitive functions: Findings from a 3-year longitudinal study of children with different types of learning difficulties. *Journal of Educational Psychology, 102*（1）, 115-134. doi:10.1037/a0016838

DOI:10.6814/NCCU202200532

Andersson, U., & Lyxell, B. （2007）. Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, *96*（3）, 197-228.

Andersson, U., & Östergren, R. （2012）. Number magnitude processing and basic cognitive functions in children with mathematical learning disabilities. *Learning and Individual Differences, 22*（6）, 701-714. doi:10.1016/j.lindif.2012.05.004

Arsalidou, M., Pawliw-Levac, M., Sadeghi, M., & Pascual-Leone, J. （2018）. Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analyses of fMRI studies. *Developmental Cognitive Neuroscience, 30*, 239-250. doi:10.1016/j.dcn.2017.08.002

Ashkenazi, Mark-Zigdon, N., & Henik, A. （2009）. Numerical distance effect in developmental dyscalculia. *Cognitive Development, 24*（4）, 387-400. doi:10.1016/j.cogdev.2009.09.006

Ashkenazi, Rosenberg-Lee, M., Metcalfe, A., Swigart, A., & Menon, V. （2013）. Visuo-spatial working memory is an important source of domain-general vulnerability in the development of arithmetic cognition. *Neuropsychologia, 51*（11）, 2305-2317. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.031

Ashkenazi, Rosenberg-Lee, M., Tenison, C., & Menon, V. （2012）. Weak task-related modulation and stimulus representations during arithmetic problem solving in children with developmental dyscalculia. *Developmental Cognitive Neuroscience, 2*, S152-166. doi:10.1016/j.dcn.2011.09.006

Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A., & Blomert, L. （2014）. Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in Developmental Disabilities, 35*（3）, 657-670. doi:10.1016/j.ridd.2013.12.010

DOI:10.6814/NCCU202200532

Bellon, E., Fias, W., & De Smedt, B. （2019）. More than number sense: The additional role of executive functions and metacognition in arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 182*, 38-60. doi:10.1016/j.jecp.2019.01.012

Benton, A. L., Sivan, A. B., Hamsher, K. D., Varney, N. R., & Spreen, O. （1994）. *Contributions to neuropsychological assessment: A clinical manual*. Oxford University Press, USA.

Berg, D. H. （2008）. Working memory and arithmetic calculation in children: the contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*（4）, 288-308. doi:10.1016/j.jecp.2007.12.002

Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. （2008）. Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology, 33*（3）, 205-228. doi:10.1080/87565640801982312

Bull, R., & Johnston, R. S. （1997）. Children's Arithmetical Difficulties-Contributions from Processing Speed, Item Identification, and Short-Term Memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 65*（1）, 1-24.

Bull, R., & Scerif, G. （2001）. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology, 19*（3）, 273-293.

Butterworth, B. （2005）. The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*（1）, 3-18. doi:10.1111/j.1469-7610.2005.00374.x

Butterworth, B. （2011）. Foundational Numerical Capacities and the Origins of Dyscalculia. *In Space, Time and Number in the Brain*. 249-265.

DOI:10.6814/NCCU202200532

Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. （2011）. Dyscalculia: from brain to education. *Science, 332*（6033）, 1049-1053

Chan, B. M., & Ho, C. S. （2010）. The cognitive profile of Chinese children with mathematics difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 107*（3）, 260-279. doi:10.1016/j.jecp.2010.04.016

Cirino, P. T., Fuchs, L. S., Elias, J. T., Powell, S. R., & Schumacher, R. F. （2015）. Cognitive and mathematical profiles for different forms of learning difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 48*（2）, 156-175. doi:10.1177/0022219413494239

Compton, D. L., Fuchs, L. S., Fuchs, D., Lambert, W., & Hamlett, C. （2012）. The cognitive and academic profiles of reading and mathematics learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 45*（1）, 79-95. doi:10.1177/0022219410393012

Cragg, L., & Gilmore, C. （2014）. Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education, 3*（2）, 63-68. doi:10.1016/j.tine.2013.12.001

Crawford, J. R., & Howell, D. C. （1998）. Comparing an individual's test score against norms derived from small samples. *The Clinical Neuropsychologist, 12*（4）, 482-486.

De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquiere, P. （2009）. Working memory and individual differences in mathematics achievement: a longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of experimental child psychology, 103*（2）, 186-201. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.004

DOI:10.6814/NCCU202200532

De Weerdt, F., Desoete, A., & Roeyers, H. （2013）. Working memory in children with reading disabilities and/or mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *46*（5）, 461-472.

Dehaene, S. （1992）. Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*（1-2）, 1-42.

Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. （2003）. Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology, 20*（3）, 487-506. doi:10.1080/02643290244000239

Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. （2004）. The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 26*（1）, 465-486. doi:10.1207/s15326942dn2601_6

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., …Fletcher, J. M. （2006）. The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology, 98*（1）, 29-43. doi:10.1037/0022-0663.98.1.29

Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A. M. （2006）. Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 93*（3）, 265-281. doi:10.1016/j.jecp.2005.08.003

Geary, D. C. （1993）. Mathematical Disabilities Cognitive Neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin, 114*（2）, 345.

Geary, D. C. （2004）. Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*（1）, 4-15.

Geary, D. C. （2011a）. Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Neuropsychology, 47*（6）, 1539-1552. doi:10.1037/a0025510

DOI:10.6814/NCCU202200532

Geary, D. C. （2011b）. Consequences, characteristics, and causes of mathematical learning disabilities and persistent low achievement in mathematics. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 32*（3）, 250-263. doi:10.1097/DBP.0b013e318209edef

Geary, D. C., Brown, S. C., & Samaranayake, V. A. （1991）. Cognitive addition- A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology, 27*（7）, 787.

Geary, D. C., & Hoard, M. K. （2005）. Learning disabilities in arithmetic and mathematics. *Handbook of Mathematical Cognition, 253*, 268.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. （2007）. Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children With Mathematical Learning Disability. *Child Development, 78*（4）, 1343-1359.

Geary, D. C., Nicholas, A., Li, Y., & Sun, J. （2017）. Developmental Change in the Influence of Domain-General Abilities and Domain-Specific Knowledge on Mathematics Achievement: An Eight-Year Longitudinal Study. *Journal of Educational Psychology, 109*（5）, 680-693. doi:10.1037/edu0000159

Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. （2001）. The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: a longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*（2）, 192-227. doi:10.1006/jecp.2000.2586

Hitch, G. J., & McAuley, E. （1991）. Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychology, 82*（3）, 375-386.

DOI:10.6814/NCCU202200532

Holloway, I. D., & Ansari, D. （2009）. Mapping numerical magnitudes onto symbols: the numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*（1）, 17-29. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.001

Holmes, J., & Adams, J. W. （2006）. Working Memory and Children's Mathematical Skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology, 26*（3）, 339-366. doi:10.1080/01443410500341056

Hornung, C., Schiltz, C., Brunner, M., & Martin, R. （2014）. Predicting first-grade mathematics achievement: the contributions of domain-general cognitive abilities, nonverbal number sense, and early number competence. *Frontiers in Psychology, 5*, 272. doi:10.3389/fpsyg.2014.00272

Iglesias-Sarmiento, V., Deano, M., Alfonso, S., & Conde, A. （2017）. Mathematical learning disabilities and attention deficit and/or hyperactivity disorder: A study of the cognitive processes involved in arithmetic problem solving. *Research in Developmental Disabilities, 61*, 44-54. doi:10.1016/j.ridd.2016.12.012

Johnson, E. S., Humphrey, M., Mellard, D. F., Woods, K., & Swanson, H. L. （2010）. Cognitive processing deficits and students with specific learning disabilities. *Learning Disability Quarterly, 33*（1）, 3-18.

Karagiannakis, G., Baccaglini-Frank, A., & Papadatos, Y. （2014）. Mathematical learning difficulties subtypes classification. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 57. doi:10.3389/fnhum.2014.00057

Kucian, K., Loenneker, T., Dietrich, T., Dosch, M., Martin, E., & von Aster, M. （2006）. Impaired neural networks for approximate calculation in dyscalculic

DOI:10.6814/NCCU202200532

children: a functional MRI study. *Behavioral and Brain Functions, 2*, 31. doi:10.1186/1744-9081-2-31

Lan, X., Legare, C. H., Ponitz, C. C., Li, S., & Morrison, F. J. （2011）. Investigating the links between the subcomponents of executive function and academic achievement: a cross-cultural analysis of Chinese and American preschoolers. J *Journal of Experimental Child Psychology, 108*（3）, 677-692. doi:10.1016/j.jecp.2010.11.001

Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. （2004）. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8–9-year-old students. *Cognition, 93*（2）, 99-125. doi:10.1016/j.cognition.2003.11.004

Landerl, K., Göbel, S., & Moll, K. （2013）. Core deficit and individual manifestations of developmental dyscalculia （DD）: The role of comorbidity. *Trends in Neuroscience and Education, 2*（2）, 38-42. doi:10.1016/j.tine.2013.06.002

Landerl, K., & Kolle, C. （2009）. Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*（4）, 546-565. doi:10.1016/j.jecp.2008.12.006

Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. （2013）. Developmental changes in executive functioning. *Child Development, 84*（6）, 1933-1953. doi:10.1111/cdev.12096

Lezak, M. D. （1982）. The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology, 17*（1-4）, 281-297.

Lipton, J. S., & Spelke, E. S. （2003）. Origins of number sense: Large-number discrimination in human infants. *Psychological Science, 14*（5）, 396-401.

Mathieu, R., Epinat-Duclos, J., Leone, J., Fayol, M., Thevenot, C., & Prado, J. （2018）. Hippocampal spatial mechanisms relate to the development of

DOI:10.6814/NCCU202200532

arithmetic symbol processing in children. *Developmental Cognitive Neuroscience, 30*, 324-332. doi:10.1016/j.dcn.2017.06.001

Moll, K., Gobel, S. M., Gooch, D., Landerl, K., & Snowling, M. J. （2016）. Cognitive Risk Factors for Specific Learning Disorder: Processing Speed, Temporal Processing, and Working Memory. *Journal of Learning Disabilities, 49*（3）, 272-281. doi:10.1177/0022219414547221

Moyer, R. S., & Landauer, T. K. （1967）. Time required for Judgements of Numerical Inequality. *Nature, 215*（5109）, 1519-1520.

Mussolin, C., De Volder, A., Grandin, C., Schlögel, X., …Nassogne, M. C., & Noël, M. P. （2010）. Neural Correlates of Symbolic Number Comparison in Developmental Dyscalculia. *Journal of Cognitive Neuroscience, 22*（5）, 860-874.

Mussolin, C., Mejias, S., & Noel, M. P. （2010）. Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition, 115*（1）, 10-25. doi:10.1016/j.cognition.2009.10.006

Mussolin, C., & Noel, M. P. （2008）. Automaticity for numerical magnitude of two-digit Arabic numbers in children. *Acta Psychologica, 129*（2）, 264-272. doi:10.1016/j.actpsy.2008.08.001

Panaoura, A., & Philippou, G. （2007）. The developmental change of young pupils' metacognitive ability in mathematics in relation to their cognitive abilities. *Cognitive Development, 22*（2）, 149-164. doi:10.1016/j.cogdev.2006.08.004

Passolunghi, M. C. （2011）. Cognitive and Emotional Factors in Children with Mathematical Learning Disabilities. International *Journal of Disability, Development and Education, 58*（1）, 61-73. doi:10.1080/1034912x.2011.547351

DOI:10.6814/NCCU202200532

Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. （2001）. Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology, 80*（1）, 44-57. doi:10.1006/jecp.2000.2626

Peng, P., Congying, S., Beilei, L., & Sha, T. （2012）. Phonological storage and executive function deficits in children with mathematics difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 112*（4）, 452-466. doi:10.1016/j.jecp.2012.04.004

Peng, P., & Fuchs, D. （2016）. A Meta-Analysis of Working Memory Deficits in Children With Learning Difficulties: Is There a Difference Between Verbal Domain and Numerical Domain? *Journal of Learning Disabilities, 49*（1）, 3-20. doi:10.1177/0022219414521667

Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. （2016）. A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology, 108*（4）, 455-473. doi:10.1037/edu0000079

Peng, P., Wang, C., & Namkung, J. （2018）. Understanding the Cognition Related to Mathematics Difficulties: A Meta-Analysis on the Cognitive Deficit Profiles and the Bottleneck Theory. *Review of Educational Research, 88*（3）, 434-476. doi:10.3102/0034654317753350

Piazza, M., Pinel, P., Le Bihan, D., & Dehaene, S. （2007）. A magnitude code common to numerosities and number symbols in human intraparietal cortex. *Neuron, 53*（2）, 293-305. doi:10.1016/j.neuron.2006.11.022

Pickering, S., & Gathercole, S. （2001）. *Working Memory Test Battery for Children （WMTB-C）*. London, UK: Psychological Corporation.

DOI:10.6814/NCCU202200532

Poletti, M. （2016）. WISC-IV Intellectual Profiles in Italian Children With Specific Learning Disorder and Related Impairments in Reading, Written Expression, and Mathematics. *Journal of Learning Disabilities, 49*（3）, 320-335. doi:10.1177/0022219414555416

Qin, S., Cho, S., Chen, T., Rosenberg-Lee, M., Geary, D. C., & Menon, V. （2014）. Hippocampal-neocortical functional reorganization underlies children's cognitive development. *Nature Neuroscience, 17*（9）, 1263-1269. doi:10.1038/nn.3788

Raghubar, K., Barnes, A., & Hecht, A. （2010）. Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences, 20*（2）, 110-122. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005

Raghubar, K., Cirino, P., Barnes, M., Ewing-Cobbs, L., Fletcher, J., & Fuchs, L. （2009）. Errors in multi-digit arithmetic and behavioral inattention in children with math difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 42*（4）, 356-371.

Ranpura, A., Isaacs, E., Edmonds, C., Rogers, M., Lanigan, J., Singhal, A., . . . Butterworth, B. （2013）. Developmental trajectories of grey and white matter in dyscalculia. *Trends in Neuroscience and Education, 2*（2）, 56-64. doi:10.1016/j.tine.2013.06.007

Raven, J., Raven, J. C., and Court, J. H. （1998）. *Section 2: Coloured Progressive matrices*. *Manual for the Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales.* Great Britain: Oxford Psychologist Press.

Reitan, R. M.（1958）. Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills, 8*（3）, 271-276.

DOI:10.6814/NCCU202200532

Rourke, B. P. （1993）. Arithmetic disabilities, specific and otherwise: A neuropsychological perspective. *Journal of Learning disabilities, 26*（4）, 214-226.

Rousselle, L., & Noel, M. P. （2007）. Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: a comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition, 102*（3）, 361-395. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005

Rubinsten, O., & Henik, A. （2005）. Automatic activation of internal magnitudes: a study of developmental dyscalculia. *Neuropsychology, 19*（5）, 641-648. doi:10.1037/0894-4105.19.5.641

Rubinsten, O., & Henik, A. （2009）. Developmental dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences, 13*（2）, 92-99. doi:10.1016/j.tics.2008.11.002

Rykhlevskaia, E., Uddin, L. Q., Kondos, L., & Menon, V. （2009）. Neuroanatomical correlates of developmental dyscalculia: combined evidence from morphometry and tractography. *Frontiers in Human Neuroscience, 3*, 51. doi:10.3389/neuro.09.051.2009

Seethaler, P. M., Fuchs, L. S., Star, J. R., & Bryant, J. （2011）. The Cognitive Predictors of Computational Skill with Whole versus Rational Numbers: An Exploratory Study. *Learning and Individual Differences, 21*（5）, 536-542. doi:10.1016/j.lindif.2011.05.002

Simon, O., Mangin, J. F., Cohen, L., Le Bihan, D., & Dehaene, S. （2002）. Topographical layout of hand, eye, calculation, and language-related areas in the human parietal lobe. *Neuron, 33*（3）, 475-487.

國立政治大學 National Chengchi University

DOI:10.6814/NCCU202200532

Singer, H. S., Reiss, A. L., Brown, J. E., Aylward, E. H., Shih, B., Chee, E., ... & Denckla, M. B. （1993）. Volumetric MRI changes in basal ganglia of children with Tourette's syndrome. *Neurology, 43*（5）, 950-950.

Spaniol, J., Davidson, P. S., Kim, A. S., Han, H., Moscovitch, M., & Grady, C. L. （2009）. Event-related fMRI studies of episodic encoding and retrieval: meta-analyses using activation likelihood estimation. *Neuropsychologia, 47*（8-9）, 1765-1779. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.02.028

Squire, L. R. （2004）. Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory, 82*（3）, 171-177. doi:10.1016/j.nlm.2004.06.005

St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. （2006）. Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*（4）, 745-759. doi:10.1080/17470210500162854

Stievano, P., Cammisuli, D. M., Michetti, S., Ceccolin, C., & Anobile, G. （2018）. Cognitive processes underlying arithmetical skills in primary school: the role of fluency, handwriting, number line and number acuity. *Neuropsychological Trends, 23*, 115-138. doi:10.7358/neur-2018-023-camm

Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. （2009）. Predicting Arithmetic Abilities The Role of Preparatory Arithmetic Markers and Intelligence. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*（3）, 237-251.

Swanson, L., & Jerman, O. （2006）. Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research, 76*（2）, 249-274.

Swanson, L., & Kim, K. （2007）. Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence, 35*（2）, 151-168. doi:10.1016/j.intell.2006.07.001

DOI:10.6814/NCCU202200532

Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. （2004）. The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology, 96,* 471–491.

Szucs, D. （2016）. Subtypes and comorbidity in mathematical learning disabilities: Multidimensional study of verbal and visual memory processes is key to understanding. *Progress in Brain Research, 227*, 277-304. doi:10.1016/bs.pbr.2016.04.027

Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. （2013）. Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex, 49*（10）, 2674-2688. doi:10.1016/j.cortex.2013.06.007

Toffalini, E., Giofrè, D., & Cornoldi, C. （2017）. Strengths and Weaknesses in the Intellectual Profile of Different Subtypes of Specific Learning Disorder- A Study on 1,049 Diagnosed Children. *Clinical Psychological Science, 5*（2）, 402-409.

Toll, S. W., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. （2011）. Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 44*（6）, 521-532. doi:10.1177/0022219410387302

Traff, U., Olsson, L., Ostergren, R., & Skagerlund, K. （2016）. Heterogeneity of Developmental Dyscalculia: Cases with Different Deficit Profiles. *Frontiers in Psychology, 7*, 2000. doi:10.3389/fpsyg.2016.02000

Uddin, L. Q., Supekar, K., Amin, H., Rykhlevskaia, E., Nguyen, D. A., Greicius, M. D., & Menon, V. （2010）. Dissociable connectivity within human angular gyrus and intraparietal sulcus: evidence from functional and structural connectivity. *Cerebral Cortex, 20*（11）, 2636-2646. doi:10.1093/cercor/bhq011

DOI:10.6814/NCCU202200532

van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. （2004）. Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 87*（3）, 239-266. doi:10.1016/j.jecp.2003.12.002

Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. （2012）. The development of executive functions and early mathematics: a dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology, 82*（1）, 100-119. doi:10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x

Wager, T. D., Sylvester, C. Y., Lacey, S. C., Nee, D. E., Franklin, M., & Jonides, J. （2005）. Common and unique components of response inhibition revealed by fMRI. *Neuroimage, 27*（2）, 323-340. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.01.054

Welsh, J. A., Nix, R. L., Blair, C., Bierman, K. L., & Nelson, K. E. （2010）. The Development of Cognitive Skills and Gains in Academic School Readiness for Children from Low-Income Families. *Journal of Educational Psychology*, *102*（1）, 43-53. doi:10.1037/a0016738

Willcutt, E. G., Petrill, S. A., Wu, S., Boada, R., Defries, J. C., Olson, R. K., & Pennington, B. F. （2013）. Comorbidity between reading disability and math disability: concurrent psychopathology, functional impairment, and neuropsychological functioning. *Journal of Learning Disabilities*, *46*（6）, 500-516. doi:10.1177/0022219413477476

Xu, F., Spelke, E. S., & Goddard, S. （2005）. Number sense in human infants. *Developmental Science, 8*（1）, 88-101.

Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van Ijzendoorn, M. H., & Pieper, S. （2013）. Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences, 23*, 1-9. doi:10.1016/j.lindif.2012.10.004

DOI:10.6814/NCCU202200532