

## 加拿大應推動數學教學改革，以提升學習成果-中篇

駐加拿大代表處教育組

### 讓數學教學符合學習科學—數學教學必須以高品質的實證為根基

加拿大在改善數學成果的障礙在於許多學校的數學課程並未以科學實證為依據，來指導最有效的教與學方式。現今流行的數學課程強調探究式 (inquiry-based learning) 或發現式學習 (discovery-based learning)、協作解題 (collaboration problem solving) 或開放性任務 (open-ended task) 等方法。然而，大量研究顯示，學生的解題能力需要透過明確的教師引導式教學來發展，這種教學包含清楚的講解、範例示範、有目的的練習與回饋 (Archer 等人，2011; Fuchs 等人，2021; Hughes 等人，2017; Stockard，2018; Sweller 等人，2010; Kirschner 等人，2006; Hartman 等人，2023; Guilmois 等人，2025)。

正如 OECD 教育與技能司司長 Andreas Schleicher 指出，PISA 成績顯示，教師主導的教學比以學生為導向的學習更能有效預測學業成就 (Schleicher，2019)。近期對歐洲多國 PISA 數據的分析亦發現，學生導向 (或探究式) 教學與 PISA 數學成就呈負相關 (Liu 等人，2024)。類似的關聯也出現在 2010 年的「泛加拿大學習評量計畫」(Pan-Canadian Assessment Program，簡稱 PCAP) 中：教師主導的教學與較佳的數學表現相關，而間接教學則與較低分數高度相關 (CMEC，2012)。

明確的教學方式 (explicit instruction) 有利於不同類型的學生，對初學者尤其關鍵。Powell 等人 (2025) 將系統化的明確教學描述為「在數學領域中具有最強研究基礎的教學方法，特別適用於有數學障礙或學習困難的學生」。根據 Hughes 等人 (2017) 的研究，明確教學包含五個核心要素：

- 示範 (Model)：教師以清晰、簡潔的方式示範關鍵概念。
- 拆解概念 (Break down concepts)：將複雜技能拆分為可掌握的步驟。
- 逐步減少支持 (Fade support)：隨著學生掌握能力的提升，逐步減

少引導。

- 回應與回饋 (Respond and feedback)：提供學生回應與回饋的頻繁機會。
- 練習 (Practice)：設計有目的性的練習以鞏固熟練度。

然而，加拿大教師的專業發展在數學領域上極少聚焦於明確教學。一些受歡迎的教材甚至排斥教師示範，將明確教學貶為「死背/模仿 (mimicking)」(Boryga, 2024)。這種研究證據與實際教學脫節的現象，削弱學生的學習成效。

### 政府應建立明確的「實證標準」

多數數學教材與教學法被標榜為「以研究為基礎」，但該用語缺乏具體標準來界定何謂可信的證據。在科學領域，這意味著嚴謹且可重複的實證；然而在教育領域，卻可能只是問卷調查、個案研究，甚至主觀意見偽裝成證據。若無明確的實證標準，學校將持續採用缺乏嚴格研究支持的教學方案。

由教育科學研究院 (Institute of Educational Sciences, 簡稱 IES) 發布的 What Works Clearinghouse 實務指引 (Fuchs 等人, 2021; Gersten 等人, 2009) 提供了對教學方法的鑑定與評估。全國數學顧問小組 (National Math Advisory Panel, 以下簡稱 NMAP) (2008) 及 Barak Rosenshine (2012) 也整理出高品質數學教學研究的摘要。省級政府應依據這些研究綜述，建立明確的實證標準，優先採用隨機對照試驗及經同儕審查、可量化成效的研究，並將資金導向具有實證基礎的教學計畫。

### 將學習科學專家加入數學改革

認知科學家、行為科學家與教育心理學家一再警告，加拿大數學教育中缺乏以實證為基礎的教學法，並長期存在偽科學性教學實踐 (Coddington 等人, 2023; Hartman 等人, 2023)。這些專家對學生如何建構數學知識與技能有專業觀點，但未被充分運用。省級政府應主動邀請這些專家參與教學標準設定，並確保課程、教材與最新的學習研究證據相符。

### 數學改革落後於閱讀改革

安大略省、沙士卡其灣省及緬尼托巴省的「閱讀權利調查報告」(Ontario Human Rights Commission 2022; Saskatchewan Human Rights Commission 2023; Manitoba Human Rights Commission 2025)指出，現行做法忽視大量關於閱讀教學的研究成果，即「閱讀科學 (science of reading)」。加拿大部分省政府和學校教育局已開始重構教學政策，以修復多年來閱讀教學的錯誤 (Timmons, 2024; CBC Radio, 2024; Macintosh, 2025)。然而，數學領域尚未獲得相同程度的重視與改革，儘管已有豐富的嚴謹研究，教育者對學生如何最有效地學習數學的認知仍有限。不同於閱讀，學生在家庭中可能從親子共讀中獲得額外練習；而多數加拿大學生學習數學的唯一渠道是學校課堂，因此確保教學與實證一致顯得尤為重要。

### 可行的政策建議

- 為數學課程建立明確的實證標準，並優先採用隨機對照試驗與經同儕審查、顯示能有效提升學生數學成就的研究。
- 優先資助與高品質實證一致的數學課程與教師專業發展計畫。
- 邀請學習科學領域專家—包含認知科學、行為科學與教育心理學研究者—以及具有效果實證的資深教師，共同指導數學教學的實證應用。

### 以評量與數據促進改革

加拿大缺乏明確且一致的數學學習進展衡量方式，若無可靠數據，學校便難以及早診斷問題、有效介入，或確認學生是否達到學習進度。各省政府應著重發展兩種類型的評量：標準化測驗與普及性篩檢 (universal screening)。

### 省級標準化測驗

標準化測驗通常於學期或學年末實施，用以測量學生學習成果、監控教學系統表現、並確保公開透明。

研究指出，學生的測驗分數能良好預測其後續的學術成果、升學能力與未來收入潛力 (DeChane 等人, 2024)。可靠的數據使教育系統能及早縮小能力差距，降低未來教育不平等。Bergbauer 等人 (2018) 分析來自 59 國、超過兩百萬名學生的 PISA 微觀數據 (2000 - 201

六個測驗週期)，發現使用標準化測驗進行問責與跨校比較的制度，與學生學習成果提升呈正相關。像愛沙尼亞與葡萄牙等國，透過標準化評量提升 PISA 成效與教育公平；相對地，西班牙 1990 年代因評量不足而未及時發現落後學生，導致教育差距擴大 (Crato, 2021)。

標準化測驗能提供教師、家長、決策者與公眾關鍵資訊，讓家長更瞭解孩子的學習狀況，政策制定者能有效配置資源，社會大眾能檢視教育系統的透明度。許多國家會每年進行全國性標準化評量並公開分校結果，但在加拿大並不普遍。目前加國測驗頻率過低，削弱早期介入與問責能力。此外，部分省份評量診斷性不足，例如安大略省的 EQAO 測驗允許三年級學生使用計算機，使得教師無法判斷學生是否真正掌握基本算術或具備將基礎數學內容轉換到自動反應的能力。

### **基礎數學熟練度的重要性**

基礎算術熟練度是高階數學學習的根基。然而，多數省級評量未充分檢測學生是否熟練此項技能。英國針對 9 歲學生（四年級）實施強制「乘法表檢測」，明確傳達基礎數學熟練度的重要性，並促使學校重視基礎數學 (Gibb, 2025; Gibb 與 Peal, 2025; 英國教育部, 2025)。

能正確且快速從記憶中提取數學（例如乘法表）的能力，稱為基礎數學熟練度或自動反應能力。這項能力能減少認知負荷，讓學生更容易處理涉及基礎數學的複雜運算 (NMAP, 2008; Hartman 等人, 2023; McNeil 等人, 2025)。例如，當學生需要為分母為 6 和 8 的分數找出最小公倍數時，具自動反應能力者能立即得到 24；而缺乏熟練度的學生則會卡在計算過程中。

大量研究已記錄有效培養基礎數學熟練度的教學方法 (Coddling 等人, 2011; Poncy 等人, 2007、2010、2015; Stokke, 2024)。若學校未蒐集可靠數據，就難以配置足夠資源或辨識需要支持的學生。在小學階段實施強制乘法表檢測，是一項簡單且成效顯著的政策措施。

### **普及性篩檢：識別可能學習落後的學生**

標準化測驗提供系統層級的數據，而普及性篩檢則是每年進行兩至三次的短時限測驗，用於迅速辨識落後學生，並及時運用實證基礎

介入以確保他們能公平參與核心課程。

省級人權委員會在閱讀報告中強調普及篩檢的重要性（Ontario HRC 2022；Saskatchewan HRC 2023；Manitoba HRC 2025），數學教育也需同等重視。早期研究顯示，當篩檢數據與有效干預結合時，學生的數學成就會提升（Fuchs 等人，1989、1991；Allinder 等人，2000；Nelson 等人，2023）。教育科學研究院的反應介入實務指南建議（Response to Intervention recommends，簡稱 RTI），對 K-8 年級學生每年進行兩次篩檢，採用短於 20 分鐘、具可靠性與預測效度的測量工具（Gersten 等人，2009）。採用經驗證的篩檢工具對準確辨識學習落後高風險學生至關重要（VanDerHeyden 等人，2021；VanDerHeyden 與 Solomon，2023）。

僅進行篩檢仍不足，必須搭配具實證支持的干預方案，即與無系統性或「自創式」教學方案往往難以改善落後學生的學習狀況。

### 澄清關於「限時活動」的迷思

部分人擔心限時評量會引發焦慮，但研究並不支持此說。相反地，學習困難本身才是導致數學焦慮的主要因素（Maki 等人，2024）。因此，減少焦慮的最佳方式是提升學生學習成果。限時活動，例如低風險限時練習和限時檢索練習，對於培養學生的數學流暢性至關重要。限時活動是 IES（教育科學研究所）關於為學習困難學生提供循證支持的實務指南中的一項重要建議，並且有強有力的證據表明，限時活動能夠提高學生的數學成績（Fuchs et al. 2021）。許多限時活動和評估都很簡短，學生往往樂於參與。

諸如標準化測驗和篩檢之類的限時活動對於確保學生獲得所需支持至關重要，標準化測驗提供學習成果的展現機會，篩檢則如同學業「健檢」，有助於及早發現問題。

### 具體行動建議

- 在四年級結束前實施強制乘法表測驗。
- 禁止小學省級評量中使用計算機。
- 為 K-8 年級學生實施具有預測效度的數學普及篩檢。
- 將篩檢與基於實證的介入方案一併整合。

- 加強省級標準化測驗，在關鍵年級施測並追蹤學生進展。

撰稿人/譯稿人：黃鳳鈺

資料來源：「Getting Math Instruction Right: Strategies for Improving Achievement in Canada」，Anna Stokke，C.D. Howe Institute，2026年1月13日

<https://cdhowe.org/publication/getting-math-instruction-right-strategies-for-improving-achievement-in-canada/>

