



# 嬰兒，學習有道

從嬰兒大腦的研究，已經找到一些可改善閱讀、寫字、算術，甚至社交技巧的新方法。

撰文／斯蒂克斯（Gary Stix） 翻譯／謝伯讓

---

## 重點提要

---

- 神經科學家透過各種研究方法和最新的技術，已經發現我們在學習新事物的時候，大腦內所發生的最根本變化。
- 等到這些研究更成熟時，學齡前兒童甚至嬰兒，或許都可透過簡單的遊戲，來確保他們在上學前就擁有足夠的認知能力。
- 如果成功的話，這種及早介入的方法將可以明顯降低各種學習障礙的發生，並進而大幅改變幼兒教育的模式。
- 科學家、教育人員以及家長必須小心各種誇大不實的大腦訓練法。有許多方法宣稱可以幫助孩童，但卻沒有任何證據支持。



科學家利用「思想探測帽」記錄一歲女童艾莉絲大腦活動的電訊號，希望了解幼童如何處理和基本語言有關的聲音資訊。

# 盧

卡斯只有八個月大，他那毛髮稀疏的大頭上剛貼好128個電極，一名研究助理在他的面前努力吹泡泡討他歡心，但盧卡斯似乎不為所動，畢竟他從四個月大開始就已經來到這個嬰兒研究實驗室做過多次實驗，今天的場面對他來說早已見怪不怪。盧卡斯和過去15年來1000名以上的嬰幼兒一樣，都在幫助美國路特格大學的伯納西（April A. Benasich）等人，研究是否有可能在孩童年紀很小的時候，就得知將來會不會有語言障礙，並導致上小學後面臨學習上的困難。

有許多研究人員透過記錄腦波的技術來了解學習的歷程，伯納西正是其中一位核心人物。這門新興的科學稱為神經教育學（neuroeducation），旨在解答長久以來困擾著認知心理學家和小學教師的問題。

舉例來說，新生兒處理聲音和影像的能力，為何跟他們日後學習字母與單字的能力有關？嬰幼兒的注意力能否集中，和他們日後學業上的表現有何關係？教育者該如何培養兒童的社交能力（這是課堂中必備的一項重要能力）？這些研究，將使心理學與教育學研究累積的知識更加完整。

科學家也將提供以腦科學為基礎的新觀點，希望能藉此強化學習能力，提早建立嬰幼兒將來的閱讀、寫字、算術以及生存技能，好讓他們能適應托兒所和未來的複雜社交網絡。這些研究工作大多著重在出生後第一年以及小學一、二年級，因為有些研究顯示，大腦在這個階段最有可塑性。

## 「啊哈！」的瞬間

聲音感知的認知歷程是語言理解能力的關鍵，也是將來讀寫能力的基礎。而伯納西研究的主題，就是幼

童在感知聲音時所發生的各種異常現象。伯納西當過護士，後來她去讀了兩個博士學位，現在把研究目標鎖定在「啊哈！現象」，也就是當認知到某些新事物時，腦中的電生理訊號會出現突然的變化。

伯納西的實驗室位於紐澤西州的紐瓦克，他們讓盧卡斯以及其他嬰兒持續聽一些特定頻率的聲音，並記錄大腦對不同聲音的電生理反應。典型的腦電圖（EEG）反應會出現下凹的波形，表示大腦已經辨認出某些聲音的改變；如果下凹波形延遲出現，就表示大腦並沒有即時辨識出聲音的變化。研究發現，六個月大的嬰兒如果有這種電生理訊號遲緩現象，表示他們3~5歲時將有語言問題。處理快速轉換的訊號，是基本語言認知必備的能力，如果孩童無法在早期聽見或即時處理語言的某些組成元素（例如“da”或“pa”的聲音），他們對音節和字詞的學習就會比較慢，也會影響日後閱讀時的流暢性。伯納西也發現，在聲音測試中表現較差的孩童，8~9年後的語言心理測試表現也會比較差，最近的這些新發現，為她先前的研究結果提供了比較嚴謹的佐證。

如果伯納西和其他研究人員能夠找出嬰幼兒未來可能會出現的語言問題，或許就能透過開發發展中大腦的固有可塑性（大腦為了因應新的經歷而改變的能力），以達到矯正的目的。對於大腦發展正常的嬰兒而言，這甚至能夠增進其基本功能。伯納西說：「最容易確認出大腦是否正朝著最佳學習模式發展的時間，或許是在出生後第一年的前幾個月。」

## 新生兒處理聲音和影像的能力，為何跟日後學習單字的能力有關？幼兒的注意力能否集中，和學業表現又有何關係？

即使是在襁褓階段，也可以透過遊戲來增強學習能力。伯納西的研究團隊設計了一個遊戲，訓練小嬰兒在聽到音調變化時，以轉頭或改變視線（以追蹤感測器來偵測）的方式做出反應。當小嬰兒做出動作，電腦就會播放一小段影片做為鼓勵。伯納西團

隊在2010年下半年的一項預備研究報告中指出，有15名健康的嬰兒在接受了幾個星期的訓練之後，對音調的反應比對照組的嬰兒更快。伯納西希望她的研究能夠證實，這項遊戲或許能

幫助那些無法正常處理聲音的嬰兒做出更快的反應。她已經開始和有興趣的玩具廠商接洽，希望開發出一種放置在嬰兒床邊的裝置，以訓練嬰兒感知快速的聲音變換。

## 數感天生

提早讓認知功能暖身，或許也能幫助嬰兒發展基本的數學能力。法國國家健康暨醫療研究院的神經科學家狄昂（Stanislas Dehaene）是數字認知研究領域的領導者，他不斷嘗試發展一些方法來幫助早期學習數學有困難的兒童。嬰兒一出生就具備一些辨識數目的能力，狄昂表示，如果這項能力沒有在一開始就準備妥當，那麼這名小孩日後在學習算術和更高深的數學時就會發生困難。若能協助嬰幼兒建立狄昂所說的這種「數感」，或許就能讓學習緩慢的兒童在學數學時少痛苦幾年。

上述的研究和著名心理學家皮亞傑（Jean Piaget）的意見完全相左，皮亞傑認為嬰兒在學習數學時，大腦有如一張白紙。皮亞傑認為，兒童要歷

經許多年與積木、圈圈燕麥餅或是其他物品的互動，才能發展出基本的數目概念。孩童最終會了解：當他們把桌上的圈圈餅推來推去時，改變的只是圈圈餅的位置，但圈圈餅的總數並不會改變。

神經科學界已經累積了大量的研究數據，顯示人類與其他動物都具備基本的數感。當然嬰兒也不會一從媽媽肚子裡出來，就知道什麼是微分方程式。然而實驗發現，幼兒看到糖果堆時，會很自然把手伸向數量最多的那一堆。其他的研究也顯示，即便是只有幾個月大的嬰兒，也懂得比較多寡。如果他們看到簾幕後面藏有五個物品，接著又看到另外五個物品也被放到簾幕之後，要是簾幕撤掉後只出現五個物品，他們會覺得很詫異。嬰幼兒似乎還有其他與生俱來的數學能力。嬰兒是天生的估計高手，他們也可以確切區分數目，但最多只能分辨到三或四。狄昂已經利用儀器確認出一個位於頂葉（頂葉內側溝）的重要腦區，處理數字和大約數量的工作都在這裡進行。（你可以把手放在頭部後上方，該處就是頂葉所在。）

估量群體大小的能力（這種能力也存在於海豚、老鼠、鴿子、獅子和猴子身上）或許是演化而來的，因為在遇到敵人時，你必須透過這種能力來衡量我方應該要拚鬥，或是趕快逃跑，此外也必須知道哪棵樹上有較多果實可以摘採。狄昂和法國國家科學研究中心的語言學家皮卡（Pierre Pica）等人合作，針對巴西亞馬遜河流域的孟杜魯古人進行研究（他們的語言中只有基本的數字辭彙），結果發現了更多的證據，支持這種估量群體大小的能力確實與生俱來。孟杜魯古部落的成年人能夠分辨哪一排的「點」比較多，他們的表現幾乎和法

## 搖籃中的教育： 及早為學習語言做準備

美國路特格大學的科學家已經發展出一些測驗，可測試嬰兒是否能夠正常認知聲音（下方上圖）；他們甚至還設計了一套遊戲，可以讓嬰兒在遊戲過程中逐漸培養聽說讀寫所需的能力（下方下圖）。

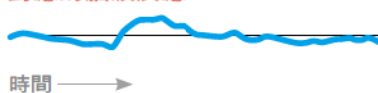
### 等待「啊哈！」時刻

在路特格大學嬰兒研究實驗室進行的研究中，科學家讓嬰兒戴上電極帽，記錄腦部對一個特定音頻A的腦波反應（下圖左）；當另一個音頻B短暫夾雜出現在音頻A之後、並且被大腦意識到時，腦波就會出現暫時的變動（「啊哈！」反應，下圖右）。如果這種腦波變化出現的時間較慢或幅度較小，嬰兒未來的語言能力可能就會出現問題。

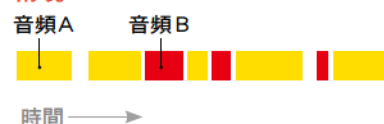
#### 情境一



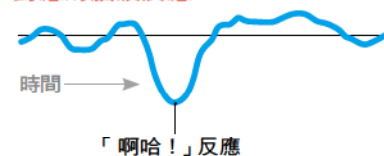
#### 對應的腦波反應



#### 情境二

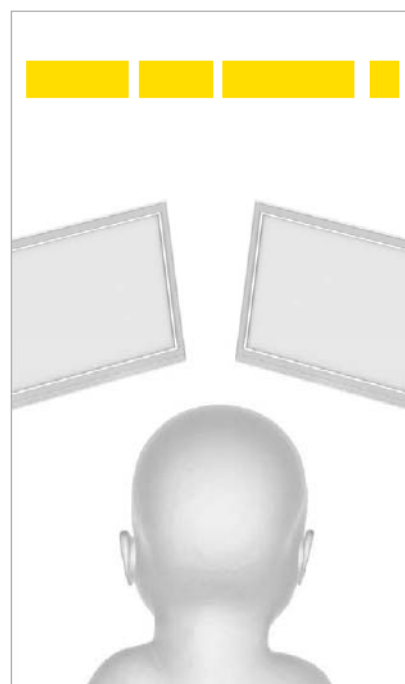


#### 對應的腦波反應



### 補習聽力：為嬰兒設計的遊戲

在嚐到了遊戲的樂趣之後，路特格大學的嬰兒對音頻高低的學習變得更有效率。嬰兒學會在聽到音頻B時轉頭（下圖左），但在聽到音頻A時不轉頭（下圖右），他們的獎賞是一小段影片。發出音頻的速度會越來越快，嬰兒的反應也會越來越準確。



國的對照組一樣好，但當研究人員從六個物體中移走四個時，大部份孟杜魯古人無法回答還剩下多少物體。

這種大略估算的系統是數學能力的基石，其他更複雜的運算都是建立在此系統之上。一旦這些基本能力有缺陷，都會對日後的學習造成障礙。在1990年代初，狄昂便假設兒童在年齡漸長後所學習的複雜運算，都是以他們原有的估量系統為根基。的確，過去10年來有許多研究都發現，若是嬰幼兒原本應具備的這種數值估算系統受損，這些小朋友上小學之後，在算術與一般數學測驗的表現都不太好。狄昂說：「我們了解到，在嬰兒期就已經具備的特定核心知識，將是日後學習某一門學科，例如算術時的基礎。」

大約有3-6%的兒童有算術障礙，

這可說是計算方面的閱讀障礙，也就是一般所稱的計算能力發展遲緩；和閱讀障礙比起來，教育人員比較少注意到算術障礙的問題，然而兩者都會造成相當嚴重的影響。2011年5月《科學》的一篇評論文章就提到：「他們賺得少、花得少，很有可能會生病，也比較容易觸法，他們在學校時需要較多的幫助。」

和語言方面的障礙一樣，及早對算術障礙進行矯治或許會有幫助。狄昂的團隊設計了一款簡單的電腦遊戲，希望能加強數學能力。這款遊戲名為「數字競賽」(Number Race)，可以讓4-8歲的兒童運用到這些基本的計算能力。其中一個遊戲設計有兩堆金塊，小朋友必須在電腦所扮演的對手下手前，先選擇數量較多的那一堆，否則電腦就會把金塊偷走。這個

遊戲會依據小朋友的能力自動調整難度，在較高階的遊戲中，小朋友必須先加上或減去一些金塊，才能比較哪一堆金塊數量最多。只要小朋友獲勝，電腦就會根據小朋友所贏得的金塊數量往前推進，最先走到終點的一方就是贏家。

這個開放源碼的遊戲已經被翻譯成八種語言，即使它並未強調對於腦部訓練的功效，但在芬蘭已經有超過兩萬名老師從一個由政府支持的研究機構下載這款軟體。如今已有數個對照研究對它進行測試，看看能否有效預防算術障礙，以及能否幫助健康的兒童加強基本的數感。

### 自制能力

良好學習能力的認知基礎，是奠定在心理學家所謂的執行功能上。執

## [ 數學遊戲 ]

### 數數的能力：天生就會估算

從一出生，我們就都有數數的概念。不過，有些孩童的這種天生技巧有缺陷，他們的人生也因此充滿折磨：例如收入較少、健康比較容易有問題等。狄昂和同事設計了一種名為「數字競賽」的遊戲來強化學齡前兒童天生就有的

估算能力。小朋友必須搶在電腦偷走金幣之前，判斷哪一組金幣的數目較多（左圖上），每答對一題，小朋友的遊戲虛擬分身就會等量前進；答錯的話就只會依據他所選的數目前進（右圖下）。最先抵達終點的一方獲勝。



行功能包含了注意力、暫時把聽覺與視覺資訊存放在工作記憶中的能力，以及延遲享樂的能力等。這些能力或許可以預測孩童未來在學校或甚至職場上的表現。1972年，美國史丹佛大學的研究人員進行了一項著名的實驗：「這裡有一顆棉花糖，如果我回來時你還沒吃，我就會再給你一顆當做獎勵。」結果發現，不論他有多想吃糖，願意壓抑慾望並等待的小孩，學業表現和未來的生活都過得比較好。

過去10年來，專家學者逐漸開始認為執行功能是一種可以教導的能力。有一套叫做「心智工具」(Tools of the Mind)的教育課程，在美國低收入學區的學校中發揮了不錯的成效(低收入學區學童的表現通常比高收入學區學童差)。這套課程訓練學童抵抗誘惑和各種令人分心的事物，同時也教導他們一些可以增進工作記憶和彈性思考的技巧。舉例來說，有一種自我克制的方法，就是讓孩童大聲告訴自己該怎麼做。這類技巧的潛在影響力非常強大，在一些高等學習的研究中心裡，經濟學家甚至用以衡量公共政策改進人民自制能力的可能性，有篇發表於《美國國家科學院學報》的文章表示，希望藉此「降低犯罪率並提升民眾的健康與經濟狀態」。

最近有些神經科學實驗室的發現更支持了上述觀點，新發現也顯示，抵抗棉花糖誘惑的枯燥練習並不是唯一的必要方法；音樂訓練也可以達到同樣的功效。這項發現證實了努力練習樂器有助於學業表現，呼應了《虎媽的戰歌》作者蔡美兒的觀點：她堅持女兒必須勤練小提琴和鋼琴。樂器練習似乎可以增強注意力、工作記憶以及自制力。

西北大學聽覺神經科學實驗室主任克勞斯(Nina Kraus)所帶領的研究團隊，也貢獻了一些相關研究結果。她生長在一個聲音背景非常多元的家庭，母親是

## [ 認清事實 ]

### 關於大腦的五大迷思

有些大家耳熟能詳的兒童學習觀念，可能會導致老師和家長採取錯誤的教學方式。

**迷思：人類只用了10%的大腦。**

**事實** 10% (有些人說20%) 只是一個傳言而已。最近有一部電影「藥命效應」(Limitless) 就是針對這個迷思大做文章，電影敘述一種神奇的藥，男主角吃下這種藥之後，其尚未被使用的記憶力和腦力就完全開發出來。在現實世界的教室中，老師可以要求學生再努力一點，但這樣的要求並不會啟動那些「未被使用」的神經迴路，學生的課業表現並不會因為神經反應強化，就突然變得更好。

**迷思：「使用左腦」和「使用右腦」的人有所不同。**

**事實** 「左腦負責理性、右腦掌管直覺與藝術」的說法只是無稽之談，人類同時使用兩側的大腦處理所有的認知功能。左腦和右腦的區別一開始是來自於我們對語言、空間和情緒的處理：有許多人(但不是所有人)的語言處理較偏重在左腦，而空間和情緒處理則較偏重右腦。心理學家和有些人曾經使用這樣的區分方法來解釋人格上的差異；在教育領域中，過去也有些教育方式曾經要求降低對於理性「左腦」的依賴。然而當今的腦造影研究，並沒有發現任何證據支持創造力位於右腦；另外，在閱讀和計算時，我們會同時使用左腦和右腦。

**迷思：一定要先學會一種語言，才能學另一種語言。**

**事實** 孩童可以同時學英語和法語，不會因此混淆語言，也不會有發展遲緩的現象。認為語言會互相干擾的原因是不同腦區會相互競爭資源；但同時學習兩種語言的孩童，其實可以更廣泛了解語言的結構。

**迷思：男性和女性的大腦有所不同，並且影響兩性的學習能力。**

**事實** 兩性的大腦結構的確有所不同，而且生理上的差異也確實可能影響其功能。然而，目前沒有任何研究顯示性別差異可能會影響神經網絡在學習時的連結過程。即使發現有一些性別上的差異，可能也只是極小的差異或只是平均後所產生的結果，換言之，這些差異並不必然存在於任何個體之中。

**迷思：每個小孩都有其獨特的學習模式。**

**事實** 有些人認為學童的學習成果，會因為他們對某些特定感官訊息的偏好而有所不同(例如有「視覺學習者」和以聽覺為重的學習者)，但是這種說法並沒有確切的證據支持。關於許多這一類的迷思，社會大眾的誤解似乎已經完全脫離了科學證據。曾經主持英國神經教育學前景討論會的神經科學家傅瑞斯(Uta Frith)表示：「社會大眾強烈想知道神經科學對教育的影響。也因此，社會上就出現了許多完全未經測試且不是非常科學的偏方。」他希望家長與教師要謹慎應對。

資料來源：Mind, Brain and Education Science, by Tracey Tokuhama-Espinosa (W. W. Norton, 2010); Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science (OECD, 2007); OECD Educational Ministerial Meeting, November 4-5, 2010.

古典音樂家，並且從克勞斯小時候就一直以母語義大利文跟這位未來的神經科學家說話。克勞斯現在仍然彈鋼琴、吉他和打鼓，她說：「我喜歡極了，這是我生命中很重要的一部份。」雖然她認為自己只是個「業餘音樂家」。

克勞斯採用EEG來測量神經系統對各種音樂組成元素（音高、節奏以及音色）的反應，並且試著回答究竟音樂練習所造成的神經變化能不能增進認知功能。她的研究結果顯示，音樂訓練的確可以增強工作記憶，或許最重要的一項發現是：音樂訓練可以讓學生成為更出色的傾聽者，幫助他們從七嘴八舌的課堂環境中擷取出講演的資訊。

利用音樂訓練來刺激大腦的做法，只是剛起步而已。有許多問題仍待回答，例如究竟哪一類的練習才能增進執行功能？該彈吉他或者鋼琴？該演奏莫札特還是披頭四的曲子？關鍵問題在於，音樂課程是否能幫助有學習障礙的學生，或是那些來自低收入學區的學生？

雖然目前仍然有很多問題，但是克勞斯以一個小故事告訴我們音樂訓練的影響範圍，並不只限於幫助學業表現：洛杉磯的和聲計畫（Harmony Project）針對低收入學區的學童進行音樂教育，最近幾年，有數十位學生已經從高中畢業並進入大學，他們大多是家族裡第一位上大學的小孩。

和聲計畫的發起人馬丁（Margaret Martin）請克勞斯使用可攜式EEG以及聲音處理軟體，來研究音樂究竟如何影響孩童。這位業餘音樂家內舉不

避親，認為吉他比其他那些刺激大腦的遊戲要好多了，她說：「如果學生必須在樂器與鍛鍊記憶力的電腦遊戲之間做選擇，毫無疑問，我認為前者對神經系統較有幫助。如果想學會某一首吉他演奏曲，你就必須記住它，並且還要努力不懈地練習才行。」

### 警告：不要過度渲染

成功的學習必須涵蓋四個“R”，包括傳統的“R”：閱讀（reading）、寫字（writing）、算術（arithmetic），以及第四個“R”自制（regulation of one's impulses），而當各種與成功學習的大腦機制有關的研究正如火如荼展開時，神經教育領域的許多科學家也努力希望自己不要過度渲染了研究結果。雖然科學家迫切想利用自己的發現來幫助孩童，但他們知道這些研究仍有很長的路要走。他們也知道，老師和家長早已被許多令人頭昏眼花、未經證實有效、甚至是誇大不實的產品和輔助學習課程所淹沒。

舉例來說，多年前曾經有一家小公司一直宣稱：小孩只要聆聽莫札特的奏鳴曲就能變得更聰明。然而，這項宣稱卻禁不起任何檢驗。克勞斯的研究顯示，如果

要有任何的成長獲益，就一定要透過學習樂器來鍛鍊腦中的聽覺處理區域：練習越多，你就越能夠辨別聲音中的細微差異。光聆聽是不夠的。

同樣的，甚至許多號稱有科學證據支持的大腦訓練技巧，現在也都受到質疑。今年3月出版的《兒童心理學與神經學期刊》上有一篇綜合分析文章，回顧了一種可能是最廣為人知的大腦訓練方法「快語」

（Fast ForWord）的相關研究，這方法源自於路特格大學的塔拉爾（Paula A. Tallal）、加州大學舊金山分校的莫山尼奇（Michael Merzenich）等人所設計的軟體。結果發現，根本沒有任何證據證明這套軟體可以幫助有語言障礙和閱讀障礙的孩童。該軟體跟伯納西（她曾經是塔拉爾的博士後研究員）的方法類似，都是設計來改善兒童對聲音訊號的處理缺陷。製作這套軟體的公司「科學學習」（Scientific Learning）針對這篇文章發表了嚴正的反駁，他們認為該文章在進行文獻回顧時的選擇標準有太多限制，而且文獻回顧中提及的許多項研究並未嚴格執行這套軟體，此外，在這些研究發表過後，他們的「快語」軟體已經有所改進。

「我們需要做更多研究」這句陳腔濫調，應該廣泛套用在神經教育學各種研究上。例如，狄昂的數字遊戲就還需要經過許多細部調整，才可能被大家接受。最近一項有對照組的研究顯示，這個遊戲可以幫助兒童比較數字大小，但是它對計數與算術技巧並沒有幫助。這個遊戲現在已經有新版本，研究人員希望能夠改善上述那些問題。另外，關於音樂訓練是否真能提升孩童的執行功能並增進智力，也有一些發現對此提出質疑。

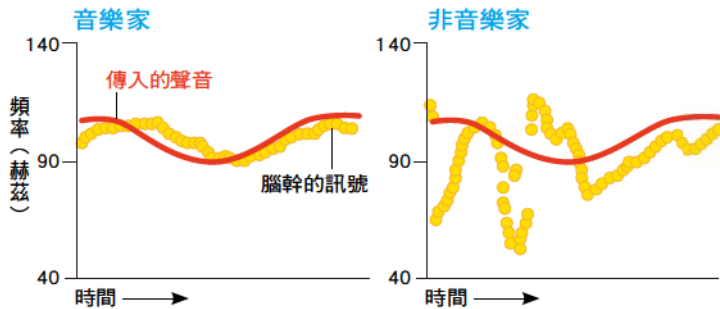
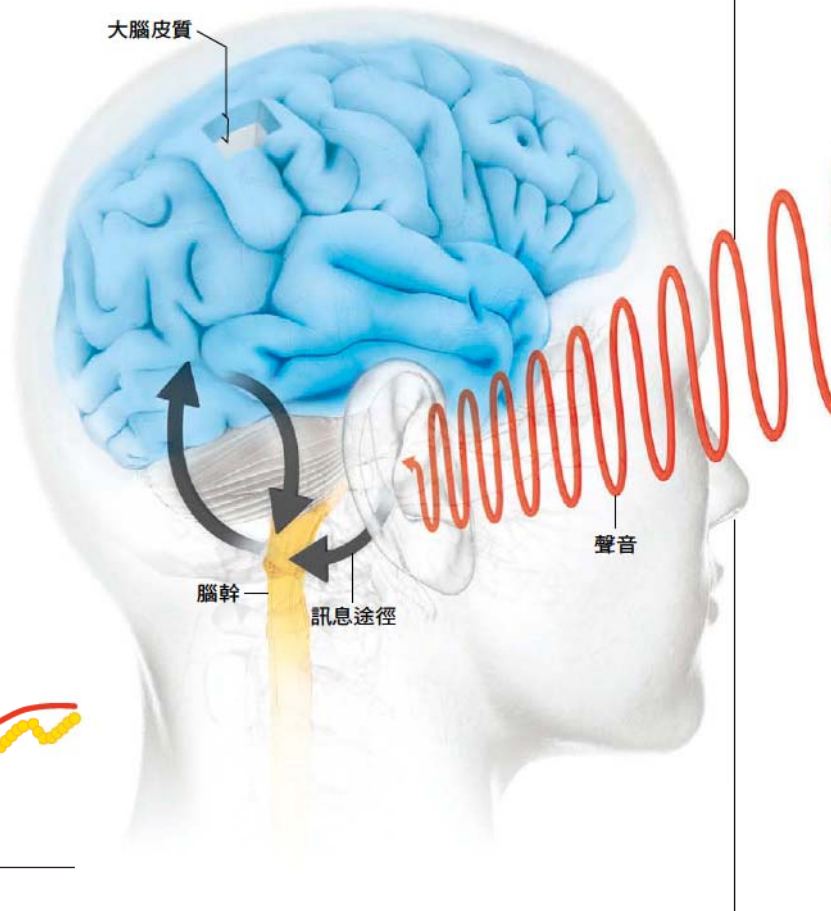
在這個新興領域中，許多研究結果常常會互相矛盾，更新的研究則又會推翻先前所有的結論。這種曲折的研究過程讓我們看到了科學的進展，但也造成了許多倉促的錯誤結論。在神經教育學這個領域中，老師和家長有時候會變成鼓吹「科學實證」軟體與教育課程的受害者。美國紐澤西州海蘭帕克的中央學校是一所特殊教育學校，接受州內各公立學校的學生，該校數學老師雷布恩（Deborah

## 最好的大腦訓練： 拉小提琴

幼年時嚴格的音樂訓練不只能讓你學會樂器，由於音樂訓練必須專注在細緻的聲音變化之上，你的語言理解能力和許多認知能力都會增強，包括注意力、工作記憶和自制力。

### 更優秀的傾聽者

音樂家對聲音的感知能力比非音樂家更敏銳，因為樂器練習讓整個大腦都受到鍛鍊。樂器的聲音會先從內耳的耳蝸傳到腦幹，再傳送到負責高層次功能的大腦皮質，然後再傳回到腦幹。這個反饋迴路可以讓音樂家大腦中的各個不同區域，協同產生一個曲調所該有的適當音頻。當我們觀察腦幹的電生理訊號時（下圖黃點），可以發現音樂家對音頻高低有較細膩的感知，他們對聲波（下圖紅線）的反應比非音樂家更精準。



Rebhuhn) 說：「這一切都很讓人困惑，我不知道要嘗試哪一種方法才好。我們沒有足夠的資訊和證據，可以跟校長說某一種方法的確有效。」

### 學前準備

科學家在不斷鑽研EEG的波形以及磁共振造影的複雜數位影像後，體認到：他們目前仍無法根據神經科學提供改善學習的確切方法。不過，這些研究將可以對未來的世代提供幫助。在2009年《科學》上的一篇回顧文章中，麻省理工學院的神經科學教授加布瑞里 (John D. E. Gabrieli) 提出了一項猜測，他認為遲早有一天，採用以大腦為基礎的評量方法，外加傳統的測試方法、家族病史，或許再加上基因測試，將可以在孩童六歲之前判

斷出是否有閱讀困難，如此一來，我們將可以密集進行早期治療，以消除學齡前兒童的閱讀障礙。

最近有一項研究發現，和標準的心理測驗相比，幼稚園孩童的EEG更能夠準確預測他們在小學五年級時的閱讀能力。透過大腦活動監測與其他標準方法多管齊下，每個小孩或許都可以在入學前就先接受評估，如果可行，我們甚至可根據最新的神經科學

發現來進行治療性的訓練。如果加布瑞里的猜測成真，腦科學或許可以為個人化教育帶來全新的意義：孩童的學習能力，將可以在他們進入學校之前就獲得提升。

SA

斯蒂克斯 (Gary Stix) 是 *Scientific American* 的編輯。

謝伯讓是美國達特茅斯學院認知科學博士，曾任麻省理工學院腦與認知科學系博士後研究員。現為杜克-新加坡國立大學醫學研究院助理教授、腦與意識實驗室主任，研究主題為人腦如何感知世界。

### 延伸閱讀

〈探究心智原型〉、〈天賦數感·大腦可塑〉，《科學人》2010年12月號。

*Mind, Brain, and Education Science*. Tracey Tokuhama-Espinosa. W. W. Norton, 2010.

*Maturation of Auditory Evoked Potentials from 6 to 48: Prediction to 3 and 4 Year Language and Cognitive Abilities*. Naseem Choudhury and April A. Benasich in *Clinical Neurophysiology*, Vol. 122, pages 320-338; 2011.

《數字感》，狄昂 (Stanislas Dehaene) 著，王麗娟譯，先覺出版社 (2000)；本書原版已於2011年由牛津大學出版社重新發行修訂版。

美國西北大學聽覺神經科學實驗室克勞斯的網頁：[www.brainvolts.northwestern.edu](http://www.brainvolts.northwestern.edu)

SCIENTIFIC AMERICAN ONLINE

關於伯納西的研究，可參見下方網頁的影片：[ScientificAmerican.com/aug2011/benasich](http://ScientificAmerican.com/aug2011/benasich)