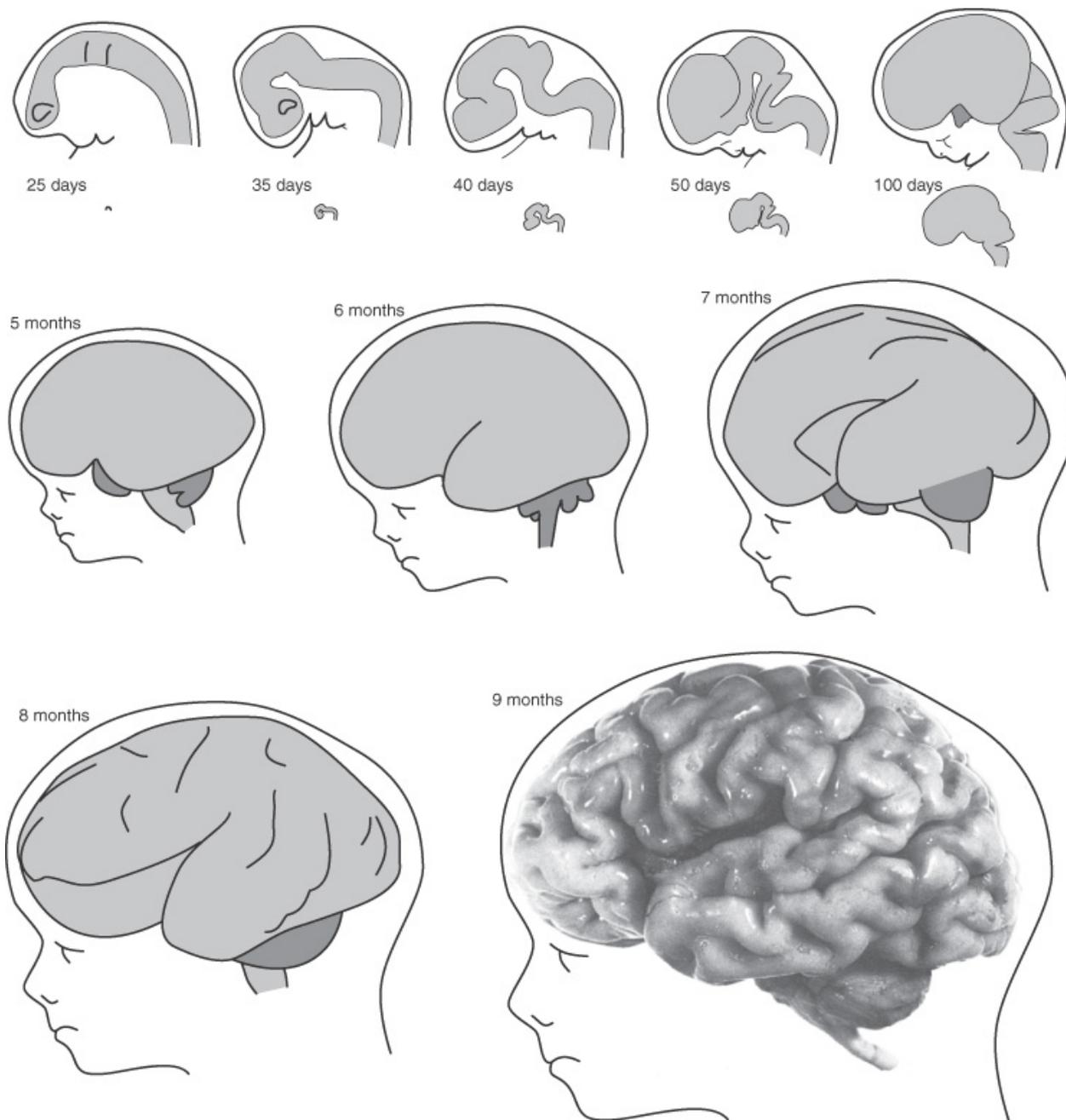


發育&可塑性



思想培訓 (BBC brain story)

掌握科學新趨勢 預見全球改變世界

SCIENTIFIC AMERICAN

中文版

NO. 106
2010年12月號

科學人

用膠帶撕出諾貝爾獎
專訪諾佛謝洛夫
p.48



sa.ylib.com

腦科學的明日之星

嬰兒在想什麼？他們如何理解這個世界？
解答人類心智奧秘，就看這顆小腦袋！

愛玩Facebook的你可能很自戀！ p.24

超越哈伯：韋伯太空望遠鏡 p.36

叢林裡的珍古德 p.100

視而不覺：眼盲還是心盲？ p.104



ISSN 1682 2811 12
4 719025 000594

定價 新台幣220元/港幣45元

2012/12/11

封面故事

探究心智原型

Nature vs. Nurture之再議

特定的能力指標和創新的實驗方法，讓天賦論者屢創佳績，似乎勝券在握。然而，我們是否大大低估了腦的學習能量？是否也該戒慎小心，不要把自己太多的想法塞進嬰兒小小的腦袋中？

撰文／曾志朗



我們如何從嬰兒變成現在的我？

嬰兒如何認識這個世界？

「人之初，性本善」，我們天生就擁有美感與道德嗎？

嬰幼兒能說話、會數數、懂人我關係辨識、知道時間與空間，這是與生俱來的基本認知能力，還是強大學習能力造就而成？



嬰兒會因好奇於鏡中自我影像而發出"Ah"的驚歎聲，這是100多年前達爾文觀察自己孩子成長過程即發現的現象。而今認知科學家認為，當嬰幼兒認識鏡中人就是自己時，可視為自我概念的完成指標。在沒有完成自我的認知之前，所有的學習經驗都是零散的，只是個體對外界刺激的反應，唯有「我」的概念形成，經驗才能環繞「我」而累積。實驗結果顯示，嬰兒大概在18-24個月時，完成自我的認知。

嬰兒看到新奇事物
或出乎他們意料的事
件時，目光往往會停
留較久。實驗人員可
依此判斷嬰兒所預期
的事物。



證明「人之初，性本善」的關鍵實驗

一開始，螢幕上出現一座綠色小山，一個畫有一隻眼睛的藍色三角形正由右邊山腳慢慢往山上移動，終於爬上山坡。畫面又重複一次，藍色三角形又由山腳往上爬，走到半山腰，後方來了一個畫有一隻眼睛的紅色圓形，很快追上藍色三角形，並貼在一起，然後兩者上升速度同時加快，很快抵達山頂。畫面又換了，藍色三角形仍由山腳往上爬，爬到一半，從山上來了一個畫有一隻眼睛的黃色四方形，而且滑行快速，把藍色三角形撞下山去。

這些不同情況的動畫反覆播出幾次後，實驗者讓小嬰兒休息一會兒，再用聲音把他的視線引回螢幕上。螢幕的左右邊各有一隻眼睛，一邊是黃色四方形，一邊是紅色圓形。實驗者測量嬰兒眼睛注視的位置、凝視的次數以及時間長度，相較之下，就可以得出嬰兒的偏好。結果很清楚，嬰兒以統計上非常顯著的差異數，呈現對友善助人的喜好，而目光則很少停留在做出推人下山動作的黃色四方形上。也就是說，在科學研究的檢驗下，嬰兒表現出本性善良的傾向。

影片

助人上山 推人下山

獸之初、性本惡，人呢？

孟子說善、荀子道惡的人性辯論，會在生物演化的研究中得到答案嗎？

奈爾注意到六億年前屬於原生代（Proterozoic）的有殼微生物克勞德管蟲（Cloudinids）被發現的時候，有好多都是殼上有圖形破洞，像是被掠食者蹂躪過的痕跡。所以，他認為在幾億年前就有掠食的行為，而且掠食行為的演化漸漸形成「痛苦 - 血 - 死亡」的情緒結構，某些刺激（例如獵物的恐懼表情加上鮮紅血跡，以及死亡前的尖叫聲）和食物下肚後的滿足感相結合，就變成有增強（reinforcement）的作用。這些刺激也就在腦裡形成了三種侵略本能的迴路：掠食相關的侵略表現、憤怒所帶來的侵略表現，以及性相關的侵略表現；也就是說，與這些刺激相伴而來的快感，是有報酬作用的。這也說明了為什麼動物的掠食行為會同時活化腦內啡的分泌，而最高活化的部位也落在腦的快樂中心區。

掠食的殘酷習性，一旦在動物腦裡形成反射性的迴路，則其擴張到人類的狩獵行為也就不足為奇了。由考古人類學的化石證據裡，以最保守的估計，人科動物（hominid）在250萬年前就有肉食的行為了，則對獵物「痛苦 - 血 - 死亡」的情緒就會跟著產生，但其表現的方式也會隨著社會的群體規範，而變成隱藏性的潛在型態了。殘酷的外顯特徵深藏在偽裝的面具之下，但殘酷的本質卻在虐待兒童、情敵廝殺，及街頭毒打「看不順眼的人」的暴行上表露無餘。此外，所謂「旁觀者」的冷漠無情，其實也是一種殘酷的表現。由此看來，「人之異於禽獸幾希」的那一點點稀有之處，大概指的就是懂得掩飾殘酷的那點小聰明吧！

當恐懼被用來做為安邦定國的利器，文化層面的殘暴（如宗教戰爭中的殘殺異端，如麥卡錫式那類趕盡殺絕的抹紅、抹黑……）也就被合理化了。三K黨的成員手拿著燃燒的十字架，做出喪盡天良的酷行，卻仍口中高喊著替天行道的聖示！當「狗」仔隊拚命掘人隱私，逼當事人窘態畢現，只能做困「獸」之爭時，追尋八卦新聞的難道不是那嗜血的讀者與電視機前的觀眾嗎？當道貌岸然的醫生們，拿著病人的病歷，在電視機前張牙舞爪時，他們展現的難道不是掠食者要置獵物於死地的殘暴行徑嗎？

對人之初、性本善或本惡的辯論，心理學家當然是很敏感的。記得米爾格蘭《電醒世界的人》（*The man who shocked the world*）一書中的那個實驗嗎？正直善良的人會在實驗者的指引之下，伸手按鈕去電擊無辜的受試者，即使聽見了他們的慘叫聲，也會在實驗者權威式的指導下，按下更高電量的電擊鈕。人性中隱藏的殘酷之惡，不經意的就顯現出來，只要實驗者說責任由他負，就很容易無視受試者的哀號，而繼續往高電壓的鈕按下去！

雅典的奴隸與盲人手杖

蘇格拉底的「幾何天賦論」

笛卡兒的「空間交叉論」

再被用來支持天賦論，但從現代科學方法的嚴謹度來檢驗，它們都不應該是很強的證據，因為兩者都低估了後天學習的能量。那名奴隸雖然沒受過正規教育，但10幾歲的小孩在社會化過程中到底有哪些經驗並不清楚；而盲人以棍代眼，要經過多少磨練才能運用自如，其中的跌跌撞撞豈能輕易為人所知？

嬰兒比你 想得還聰明

嬰兒對這個世界似乎一無所知，但他們能觀察、也懂得利用統計，進而理解外界事物。他們的思考能力，遠超過我們的想像！

撰文／賈布尼克（Alison Gopnik） 攝影／阿契柏德（Timothy Archibald）
翻譯／涂可欣



三個月大的嬰兒「知道」物體不可能懸空而立

實驗者把物件放在一個盒子上推動，停下來的時候，如果底下還有盒子支撐著，則嬰兒眼睛看著就轉到別的地方去了，一副理所當然的模樣。但如果把物件推出了盒子，底下毫無支撐，物件卻沒有掉下來，嬰兒的眼睛就會一直看，注視的時間很長，一副不可思議的模樣。研究者利用眼球追蹤儀把注視時間登錄下來，兩相比較，沒支撐的凝視時間比有支撐的凝視時間長了很多，而且達統計上的顯著差異程度，表示物件懸空不掉下來，是會引起嬰兒的驚奇的。

18個月的幼兒可以理解別人的觀點

在14個月和18個月大的幼兒面前，實驗人員放了一碗花椰菜和一碗小魚餅乾，然後一邊吃一邊做出噁心或快樂的表情，再伸出手來問兒童：「可以分我一些嗎？」如果實驗人員吃花椰菜時露出喜歡的模樣，18個月大的幼兒就會拿花椰菜給她，即使自己不想吃花椰菜（14個月的幼兒則會給她餅乾）。因此即使年紀這樣幼小，兒童已經不完全以自我為中心了，至少在簡單的情況下，他們能理解別人的觀點。

嬰兒有非常細緻的語音分辨能力

1971年，美國布朗大學的艾瑪斯（Peter Eimas）利用習慣化做了一個非常精采的嬰兒實驗，他讓嬰兒吸吮一個特製奶嘴，奶嘴的一端連接到電腦上，嬰兒每吸一下，就會出現一聲由電腦合成的語音 /ba/。聲音一出，嬰兒的注意力就被牽動了，當他再吸吮一下，/ba/ 的聲音又會出現，如此 /ba/、/ba/、/ba/……一直重複。起初嬰兒吸的力量大，次數也頻繁，但隨著重複聽到的語音 /ba/，使他習慣化，接下來會隔很久才再吸吮一次，如果聽到的又是 /ba/ 聲，嬰兒吸吮的次數就越來越少了。實驗者在此時利用嬰兒偶爾間的吸吮，播放另一個合成語音 /pa/。如果嬰兒 /pa/、/ba/ 不分，則習慣化會繼續使吸吮次數降低；但如果他能區辨 /pa/、/ba/，那麼新奇的刺激就產生反習慣化，嬰兒的注意力會使得吸吮的次數一下子增加很多。這個實驗結果證實了嬰兒有很細緻的語音分辨能力。

從統計歸納結論

1996年，當時在美國羅徹斯特大學共事的薩弗蘭（Jenny R. Saffran）、亞斯林（Richard N. Aslin）和紐波特（Elissa L. Newport）率先證明兒童的這項能力，利用的是語言的聲音模式。他們對8個月大的嬰兒播放具有統計規律性的音節序列，例如/bi/之後大多接/da/音，只有三分之一的機率接/ro/音。接著，研究人員播放一些遵循模式或違反模式的新序列，嬰兒對那些統計上不尋常的序列會聆聽較長的時間。最近還有研究顯示，嬰兒能偵測音樂音調和視覺景象的統計模式，以及更抽象的文法模式。

嬰兒甚至能理解統計樣本和總體的關係。2008年，我和同事徐緋（Fei Xu）在美國加州大學柏克萊分校進行一項實驗，給8個月大的嬰兒看一箱混合了不同顏色的乒乓球，例如80%的白球、20%的紅球。實驗人員看似從箱中隨機取出五顆球，如果取出的是不太可能的組合，像是四顆紅球和一顆白球，嬰兒會顯得較驚訝（目不轉睛看得較久），比研究人員取出四顆白球和一顆紅球的組合時看得久。



小小統計學家：嬰兒擁有高超的統計分析能力。研究人員從大多是白球的箱子中取出數量特別多的紅球，並讓8個月大的嬰兒在一旁觀看，結果這舉動引起了嬰兒的注意；研究人員改變實驗的操作，例如將紅球與白球的角色對調，以檢驗是否可能有其他解釋（例如嬰兒可能對紅色物體較感興趣）。研究人員也利用黃色和綠色的玩具來檢驗20個月大的幼童，發現當一個人拿出特別多的少見顏色玩具時，幼童會推斷此人喜歡那個顏色。因此，嬰兒和幼童的學習方式和科學家一樣，都會觀察、統計，然後從中推導結論。

20個月大的幼兒可以藉由統計資訊來理解別人的偏好

能夠掌握統計模式只是科學發現的第一步，更讓人驚奇的是，兒童和科學家一樣，能利用這些統計資訊來了解這個世界。在一個類似乒乓球實驗的研究中，我們用綠色青蛙和黃色小鴨玩具來測試20個月大的幼兒。實驗人員從箱中取出五個玩具擺在桌上，然後要兒童從中選一個給她。如果實驗人員從幾乎全是綠色玩具的箱子中大多取出綠色青蛙，則兒童在顏色選擇上沒有偏好；但如果從箱子取出的大多是小鴨，兒童就會選出小鴨交給她，顯然兒童認為實驗人員選了這個統計上較不可能的選擇，表示她不是隨機選取，而是偏好小鴨。

「玩具偵測器」 (運用統計結果來學習機器運作)

2007年，我和現在任教於美國康乃爾大學的庫席納（Tamar Kushnir）發現，學齡前兒童會運用機率來學習機器的運作機制。我們重複將兩個積木中的一個放到機器上，黃色積木放在機器上時，每三次有兩次機器會亮起來，但藍色的積木每六次只有兩次會亮。接著我們將積木交給孩童，要他們讓機器發光，這些兒童還不會加減運算，卻傾向把發光機率較高的黃色積木放到機器上。



從操作中學習因果關係

天生實驗家：四歲兒童擅長對證據做詮釋，從而學習因果關係，像是判斷機器上的某個齒輪是否會帶動另一個齒輪（下方照片）。有些孩童甚至會自行玩玩具、進行正確的實驗，從而歸納出正確的結論。研究人員還設計了一種「玩具偵測器」，當特定積木組合放在機器上時，讓機器發光的機率會比其他組合更高（85頁照片）。研究人員發現，四歲兒童能夠運用統計結果來學習機器如何運作，即使面對的是一種出乎意料的全新情況。事實上，當證據顯示機器對積木的反應異於平常時，兒童比成人更容易保持開放接受的心態。

取下藍色齒輪，再打開開關，黃色齒輪仍會轉動；但如果取下黃色齒輪再打開開關，則什麼事也不會發生。接著，我們要求兒童指出符合運作模式的圖片，四歲兒童都能根據我們呈現的證據選出正確圖片。此外，若讓其他兒童自行接觸這些玩具，他們玩齒輪的方式有助於得知機器如何運作，就像是做實驗一樣。



兒童在遊戲中探索因果關係

在另一個研究中，舒茲使用一個有兩根桿子的玩具，按下後分別有小鴨和玩偶會跳出來。第一組學齡前兒童看到實驗人員按壓其中一根桿子會跳出小鴨，按另一根桿子會跳出玩偶；第二組兒童則看到實驗人員同時按兩根桿子，小鴨和玩偶一起跳出，但沒有看到分別按兩根桿子的結果。然後實驗人員讓兒童自己動手玩。跑去玩的第一組兒童比第二組兒童少很多，因為他們已經知道玩具的機制了，探索的興致也就不高；第二組兒童則面對一個謎題，會主動去玩，並很快發現那兩根桿子有什麼作用。

這些研究顯示，兒童自發玩遊戲時（東摸摸西摸摸），正是他們探索因果關係和進行實驗的時候，也是發現這個世界如何運作最有效的途徑。

直接告訴幼兒正確答案會抹煞他們的創造力

我們團隊最近的另一項研究顯示，覺得受到指導的幼童會修正自己的統計分析，結果可能較無創意。實驗人員讓四歲兒童接觸一個玩具，如果以正確步驟操作，例如先拉一下把手再擠一下球體，玩具就會播放音樂。實驗人員對一些孩童說：「我不知道這個玩具怎麼玩，來試試看吧！」然後開始示範各種長短不一的步驟，有些只要簡短步驟即可讓玩具發出音樂，有些不行。接著她要求兒童自己動手，許多兒童都會嘗試使用簡短的正确步驟，把一些觀察統計時覺得多餘的動作聰明地省略掉。

實驗人員又告訴另一批兒童，她會先教他們玩具如何玩，直接告訴他們哪一些步驟播得出音樂、哪一些行不通，並依照步驟示範一次。等她要求兒童動手時，他們會完全模仿整個步驟程序，沒有人嘗試簡短步驟。這些兒童忽略了自己所見的統計結果嗎？或許不是，他們的行為正符合貝氏模型的描述：「老師」應該會選擇最值得學的步驟來教。簡單地說，如果她知道捷徑，就不會示範多餘的動作。

嬰兒可以改變與創造、學習與探索

從演化角度來看，人類最顯著的特性之一就是未成熟期（immaturity）非常漫長。人類的童年期比其他生物漫長許多，為什麼演化會讓人類的嬰兒長時間如此無助，需要成人含辛茹苦地照顧以才得以生存？

放眼動物界，動物聰明靈巧的程度往往與幼年的未成熟期有關。早熟性（precocial）物種例如雞，高度仰賴一些與生俱來的能力，以適應特定的環境區位，因此牠們成熟得很快。而需要親代餵養照顧的晚熟性（altricial）物種則主要依賴學習。舉例來說，烏鴉得到一個新物件（譬如一條鐵絲），可以想辦法把它轉變成工具，但是年幼烏鴉依賴父母的時間，比小雞漫長許多。

嬰幼兒的前額葉缺乏控制力，但在不受抑制的情形下，反而讓他們可以創造探索、靈巧學習

類似的實驗在好幾個嬰兒實驗室都得到同樣的結果，嬰兒不會說話卻能用眼睛表達他們對美的看法。他們偏好注目的排序，和成人的美的排序，有很高的相關，充份表示了愛美果真是人的天性。更值得我們深思的是，經過20幾年的社會化，大學生對美的看法竟然和初生嬰兒沒有兩樣，表示愛美其實是有很深的生物基礎的。

嬰兒眼裡有西施

讓初生嬰兒當選美裁判，保證過程公正，選出絕對的自然美！

撰文／曾志朗

首先，科學家要為「客觀界定美貌」這個向度去建立一組女人臉形的相片，相片中每一張臉的髮型都差不多，除了眉毛及五官的變化之外，其他可能影響臉形特徵的變異都盡量去除，譬如都不戴眼鏡。用這樣謹慎小心的態度去拍攝出20張不同女人的臉的相片，然後請100位大學生各自針對這20張臉做出美或不美的評估，計算這100人的給分得出平均值，就會得到這20張臉由最不美到一般到最美的排列。我們把這20張臉的美的程度量化，有了客觀的美的高低排序。

接下來，再到婦產科醫院找到40位4~6個月大的嬰兒，每次測試一位。讓嬰兒坐在媽媽的懷中，正前方放著兩個電視螢光幕，左右對稱，螢光幕上各有一張由20張臉隨機選出的臉，然後測量嬰兒的眼光在每一張相片停留的時間，近年來發展心理學家一再證實嬰兒「偏好注目」的時間，反映出嬰兒對該物件的喜好傾向。因此，我們面臨兩個問題，第一、嬰兒可能區分這20張臉的照片？第二、如果第一個答案是肯定的，則這20張臉的排列次序和那100位學生所排的次序有關聯嗎？在我給您答案之前，必須提醒一個重要的實驗步驟，即媽媽必須要戴上眼罩，否則透過肢體語言，媽媽的喜好可能就在無意中影響了嬰兒的選擇。

天賦數感・大腦可塑

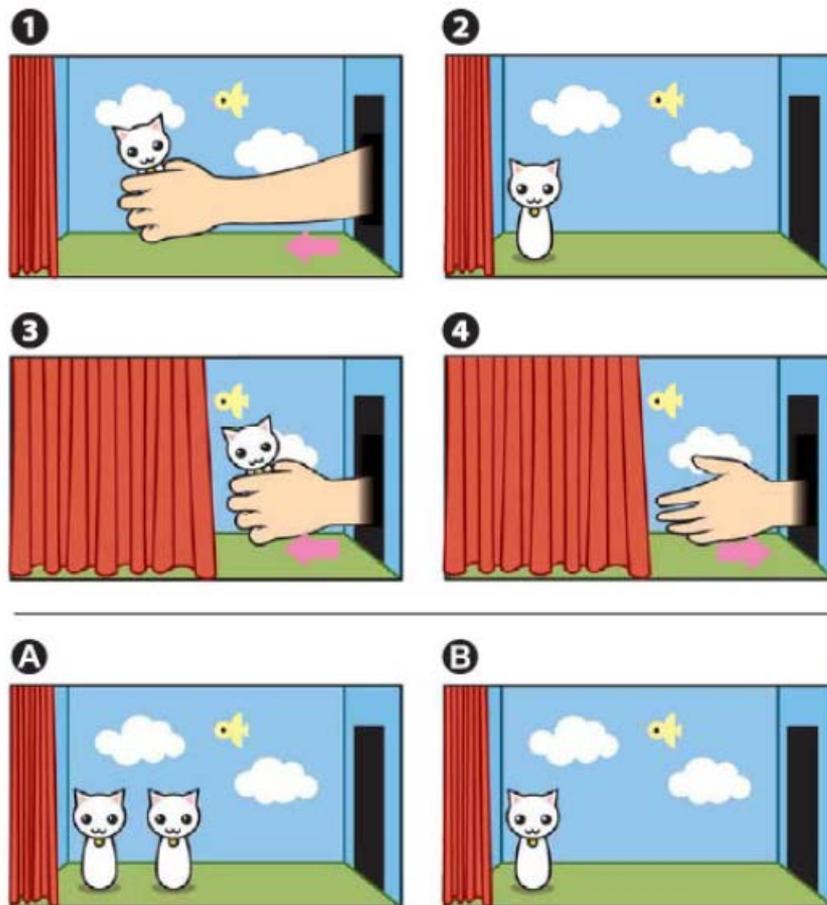
嬰兒天生有數感，知道一加一等於二。然而，大腦何以能形成抽象的數學概念？如何應付書寫的文字和數字？當共通的基本認知能力和後天文化建構而成的能力相互競爭時，大腦有何策略？《科學人》特別專訪以研究數感成名的法國認知神經科學家狄昂。

採訪／許碧純



嬰兒天生會數數

美國耶魯大學心理學教授溫恩1992年發表在《自然》上的經典研究顯示，四、五個月大的嬰兒會期待一加一等於二。在這個小玩偶戲台上，首先研究人員將一個玩偶放在舞台上空手離去，留下玩偶在舞台上（**1**和**2**），然後布幕打開，再放進第二個，空手離開（**3**和**4**）。當布幕打開時，有時舞台上呈現兩個玩偶（**A**），有時則只有一個（**B**另一個由研究人員偷偷取走），結果顯示，嬰兒理解一加一等於一的時間要比一加一等於二所花的時間長；研究者也進行另一組實驗二減一，結果也發現嬰兒理解二減一等於二所花的時間要長於二減一等於一。



數數的能力：天生就會估算

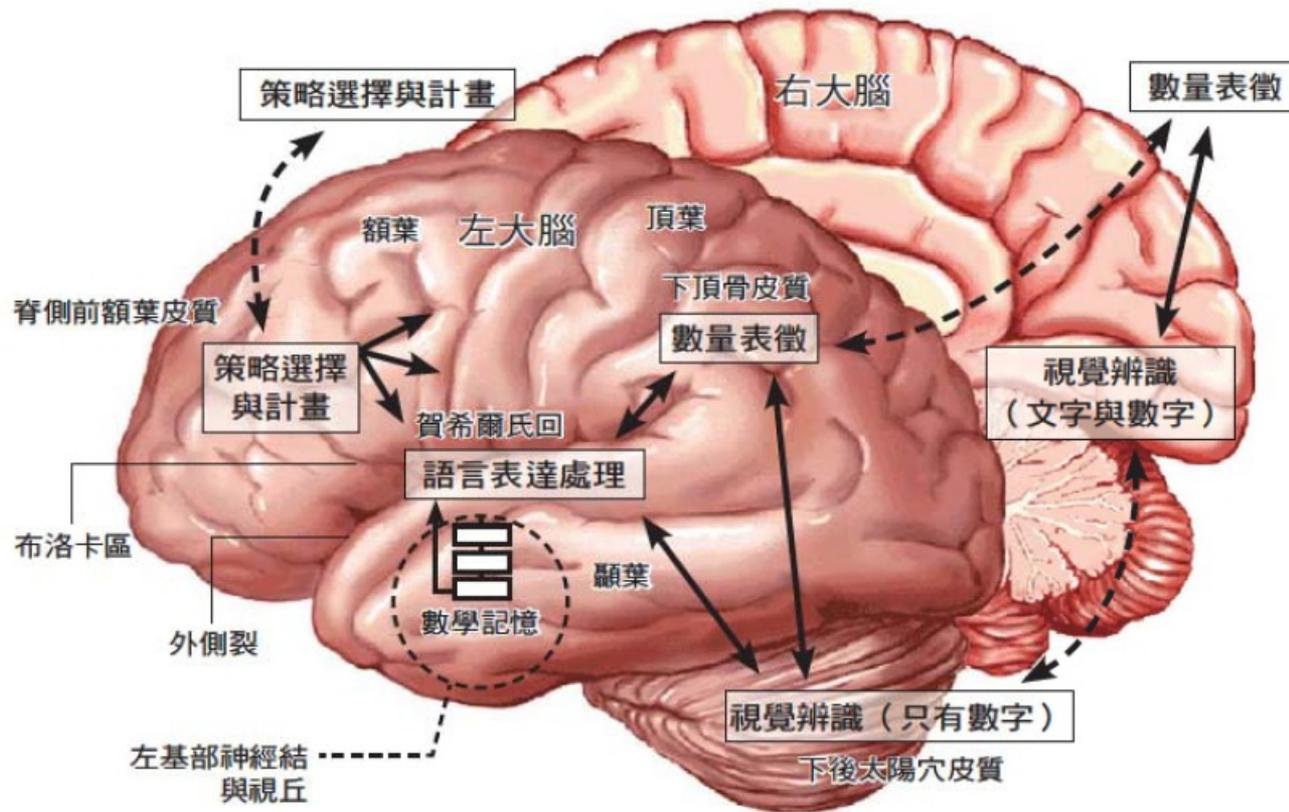
從一出生，我們就都有數數的概念。不過，有些孩童的這種天生技巧有缺陷，他們的人生也因此充滿折磨：例如收入較少、健康比較容易有問題等。狄昂和同事設計了一種名為「數字競賽」的遊戲來強化學齡前兒童天生就有的

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。



頂葉與數學能力之謎

數感從何而來？



60年前德國神經學家發現，左下頂骨皮質如果受損可能導致計算力缺失和書寫困難等障礙，狄昂和合作者柯恩 (Laurent Cohen) 在一些左下頂骨皮質受損的病患身上也看到喪失數字感的相同情形，而此區很可能就是與生俱來數感的地方。在此圖中，左右大腦都具有數量概念和阿拉伯數字的辨識能力，但只有左大腦有數字的語言表達。

我最喜歡舉的例子是同時刊登在《自然》上的兩篇研究，英國倫敦大學的勃吉斯（Neil Burgess）以及挪威科技大學的穆瑟（Edvard Moser）兩個獨立研究團隊分別透過老鼠腦細胞的研究發現，幼鼠在還不太能走動時，場所細胞（place cell）、網格細胞（grid cell）及頭部方位細胞（head orientation cell）就已經存在腦中了。他們的研究最精采之處在於顯示這些尚未開始在空間中進行探索的幼鼠，其大腦就已經展現系統性的神經組織，雖然還不是很完善，但這些細胞如同腦中的指南針一般，讓老鼠知道自己正朝著什麼方向移動。因此這些幼鼠並不是因為學習，而是腦中與生俱來的神經系統讓牠們具有方向感。

大腦提取規律性的能力並不足以解釋大腦如何形成數量、空間和時間的表徵或擁有語言的能力，因為嬰兒接收到的刺激不足以讓他們學習。

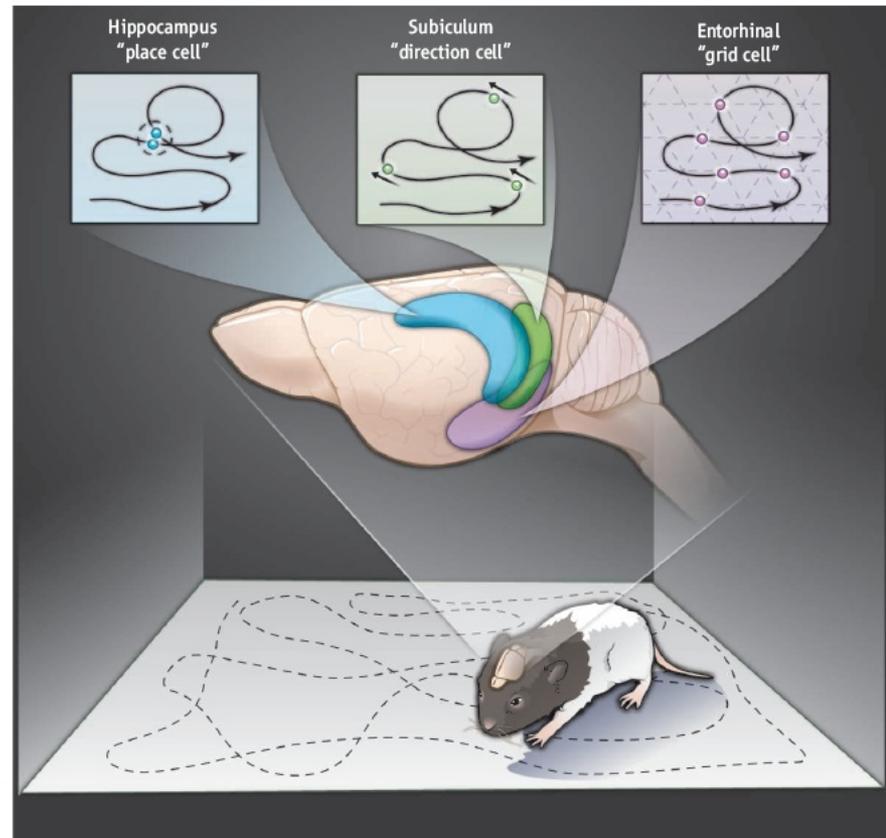
NEUROSCIENCE

A Kantian View of Space

Linda Palmer and Gary Lynch

How does the brain represent space? Is this representation entirely the result of learning from experience? In his *Critique of Pure Reason*, Immanuel Kant argued that there must be certain “a priori conditions” of cognition, which could not be derived from experience but must instead be given prior to it. His theory includes two “a priori pure forms” of space and of time, regarded as constraints of thought rather than results of investigation or experience (1, 2). On pages 1576 and 1573 of this issue, Langston *et al.* (3) and Wills *et al.* (4) both refer to Kant’s theory and report that critical components of the brain’s spatial representation systems are already in place when an animal first encounters an extended environment. This supports the view that spatial representation indeed includes an innate component prior to experience.

The animal brain is able to represent space without prior experience of exploring a location.



Exploring a new environment. In rat pups, a given place cell in the hippocampus fires whenever the animal traverses a particular location within the environment; a given direction cell fires whenever the animal’s head faces in a certain direction relative to its environment; and a given grid cell fires at the vertices of a regular, repeating grid that covers the environment. The direction and place cells are present when pups make their first such exploration; the time of grid cell appearance is disputed.

概算能力是天生的，線性數量概念是文化建構的

我們的目的是區分什麼是共同的基本認知能力，什麼又是後天文化建構的結果？讓我們回頭來談數量認知的研究。我們曾在亞馬遜河流域進行一系列心理學實驗，當然是行為實驗，因為那裡沒有任何腦造影儀器。亞馬遜孟杜魯古人（Mundurucu）的特別之處在於，他們不僅沒有到學校念過書或學過算術，在他們語言中也沒有詞彙用來表示超過五的數字，我們試圖研究這些人如何表徵數量概念，有兩個有趣的發現。

首先，即使他們沒有詞彙表達六以上的數量，他們跟我們一樣可以概算30~40個點的數量，顯示概算能力是人類共有的基本能力。其次，我們也觀察到文化間的具體差異，對我們而言，數字具有線性的特性，「1」接下來是「2」，「2」的下一個是「3」，它們之間是等距的。也就是說，「1」和「2」的間距與「8」和「9」的間距相等，因此數量可以用來測量空間。但是孟杜魯古人沒有線性數量的概念，對他們來說，「1」和「2」之間的距離比「8」和「9」之間的距離遠，意即「1」和「2」是不同的數量，但「8」和「9」則是相似的數量。顯示線性數量的概念其實是來自文化的建構。我認為這是一個很好的例子，可以說明什麼是人類共有的基本認知能力，什麼又是文化帶來的差異。

SA

亞洲文化具計算優勢？

有些研究指出，文化與語言在數學能力上發揮重要的作用，例如中文和日語。以中文來說，最重要的因素是中文數字詞彙的語法結構可以直接對應到十進位的結構，同時也對應到阿拉伯數字的書寫格式，中文數字符號系統只有13個獨立符號，即數字「一」至「九」，以及「十」、「百」、「千」、「萬」；也因此，使用者比較容易學習十進位制。

另一個文化差異是利用算盤所做的訓練，算盤是相當有趣的工具，它利用可移動的算珠來模擬計數的概念，是一種非符號的表達方式，是數學教學上很好的輔助教材。由狄昂實驗室開發的一套「數學競賽」（Number Race）軟體，已經有多國語版，可以幫助兒童發展數字感、學習數量和空間對應關係、數量符號，以及學習十進位的結構，而靈感正是來自於算盤。（文／許碧純）

再現大腦可塑性： 人臉與文字辨識共爭同一腦區

對大腦正在發育的學齡兒童來說，學校教育取代了演化的角色，不需要透過基因改造，在短短幾週或幾個月內，就為孩子的大腦帶來改變。



大腦為因應閱讀這個後天文化建構出來的能力，而將原本負責物體辨識的視覺神經系統轉為辨識字母形狀，顯示大腦的可塑性，也證實了學會閱讀帶給大腦的改變，對大腦正在發育的學齡孩童尤為重要。

閱讀改變大腦的神經網絡

就在兩週前，我們有一篇研究文盲大腦的論文被《科學》接受。我們比較了會閱讀與不會閱讀的人的大腦，發現這兩組人在大腦中展現的主要差異正是在視覺字形區，這個區域活化的程度會隨著閱讀經驗而增加，而它對非文字形狀（如棋盤狀）的刺激，以及對人臉的刺激，反應都有下降的趨勢，這似乎暗示著不同種類的刺激在同一腦區的競爭關係。

我們認為這是因為文字辨識與人臉辨識運用了大腦皮質中非常相近的區域，當這個腦區被用來處理其中一種刺激時，就會降低對另一種刺激的活化反應。雖然這個現象造成的效果量很小，但仍具統計的顯著性。這個發現的意義在於證實大腦會挪出皮質的資源，來支援學習新的文化能力，學會閱讀這件事明顯改變了我們的大腦。

嬰兒天生會說話？

有人讚美嬰兒是最好的語言學家，因為他們身處在兩、三種不同語言的環境中而能運用自如。究竟什麼能力是嬰兒天生就有的？是統計分析的學習能力還是特定語言習得裝置？人類語言起源的辯論尚未休止，澳洲認知科學家克瑞恩從語言習得研究中得到哪些證據？

採訪／許碧純



嬰兒是最好的語言學家，他們即使身處多語言環境，也可以快速學會不同語言，並運用自如。



嬰兒會說話是因為成人的語言刺激嗎？語言習得研究者發現，孩子在說話時所出現的某些「錯誤」，並非源自他們接收到的成人語言，這正顯現出孩子不是嘗試要跟成人一樣說話，而是將語言經驗套用到他們先天具有的語言架構之中，然後嘗試驗證不同的假設。

例。由於英語母語的孩子在開始說話時，似乎會出現漢語中的一小部份語法結構，因此我們也針對漢語母語的孩子和英語母語的孩子來做研究。對英語母語的成人來說，“The panda didn't eat both the carrot and the pepper.” 這個句子的意思是貓熊可能吃了胡蘿蔔或青椒，但貓熊並沒有兩種都吃。這個句子如果直接翻譯成中文，會是「貓熊沒有吃胡蘿蔔和青椒」，對漢語母語的成人來說，意思是不管胡蘿蔔或青椒，貓熊都沒吃。所以，把英文翻譯成中文，得到的解釋是不同的。

當我們在實驗中對英語母語的孩子說這句英文，並告訴他們熊貓吃了其中一種，小朋友的反應是「錯了！」這個現象說明，英語母語的孩子不可能是從英語母語的成人那裡學習而來，因為孩子的理解跟英語母語成人不同，卻跟人類另一個語言的特色相同，亦即與漢語相同，這就是孩子所

從跨語言研究 尋找語言共通指標

在兒童語言發展研究上，我們首次可以問以下的問題：三歲的幼童知不知道有些句子可以加入「任何」，而有些句子不能？在英語中，any 可以出現在帶有否定詞的句子，但不能出現在肯定詞的句型中，所以“Nobody ate any of the cake.”是對的，而“Everybody ate any of the cake.”是錯誤的語法；漢語中，「沒有人吃任何蛋糕」是對的，「每個人吃任何蛋糕」則是錯誤的。



英文

- ✓ Nobody ate any of the cake
- ✗ Everybody ate any of the cake



漢語

- ✓ 沒有人吃任何蛋糕
- ✗ 每個人吃任何蛋糕

漢語及英語具有共通的特質，
即使母語不同，他們使用的大腦結構也很相似

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？

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／斯嘉利科 (Gary Saxe) 翻譯／謝怡謙

重點摘要

- 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，大腦內所發生的劇烈變化。
- 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。
- 從學成功的話，這種及早介入的方法將可以預防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，有許多方法實際可以幫助孩童，但卻沒有任何證據支持。

科學家利用「迷你掃描儀」記錄一歲五個月小孩大腦活動的電流，希望了解這些如何處理和基本的語言有關的聲母變化。

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。

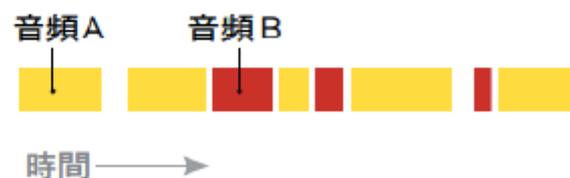
情境一



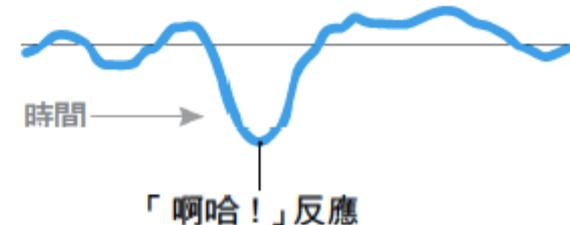
對應的腦波反應



情境二

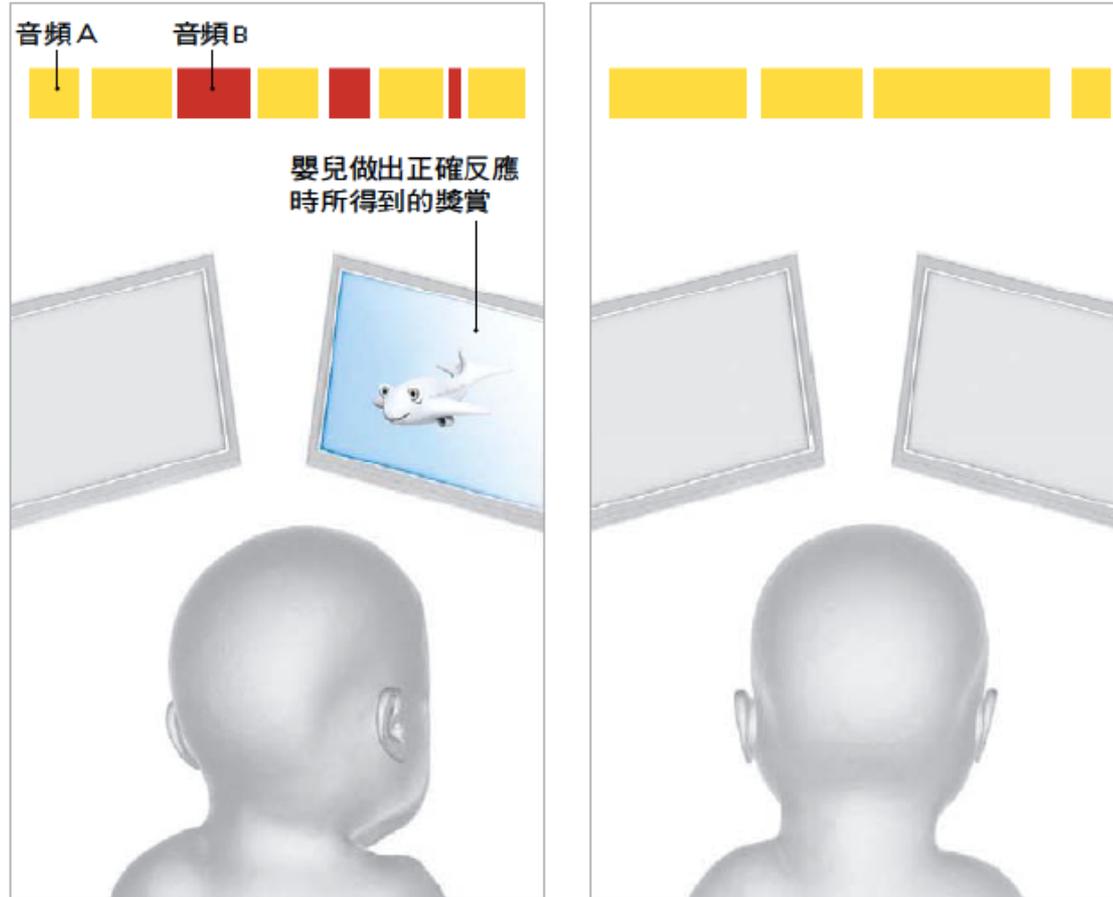


對應的腦波反應



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。

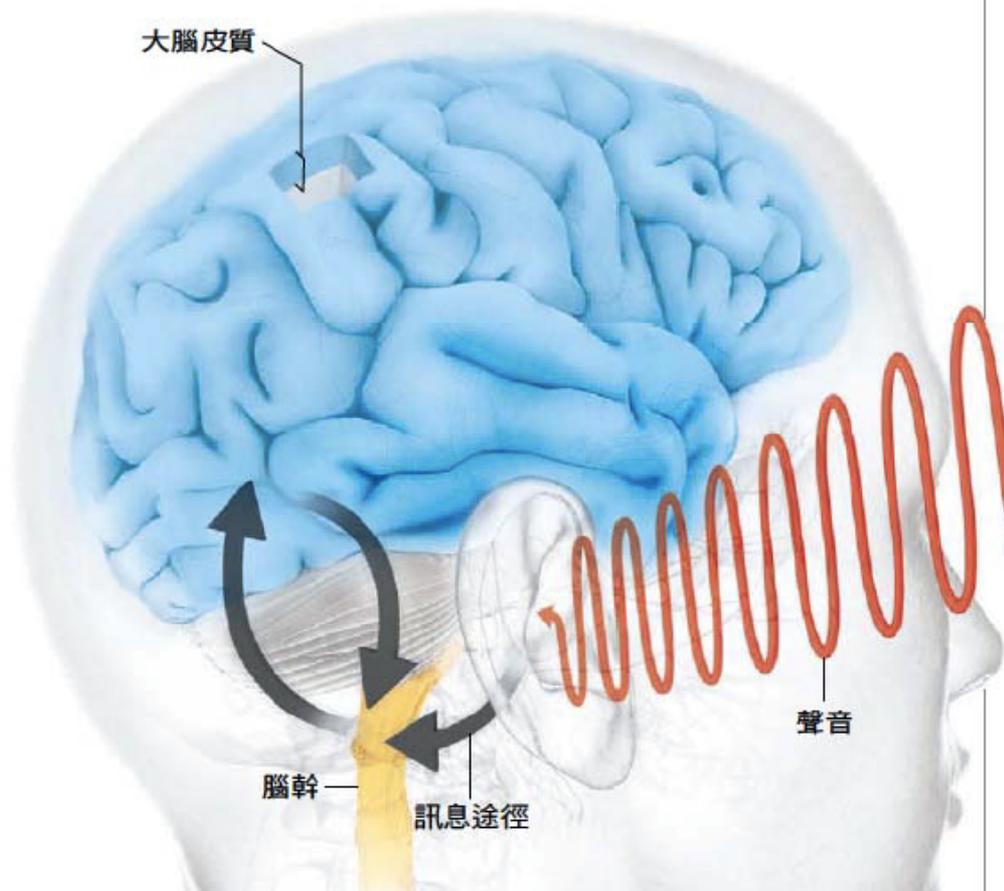
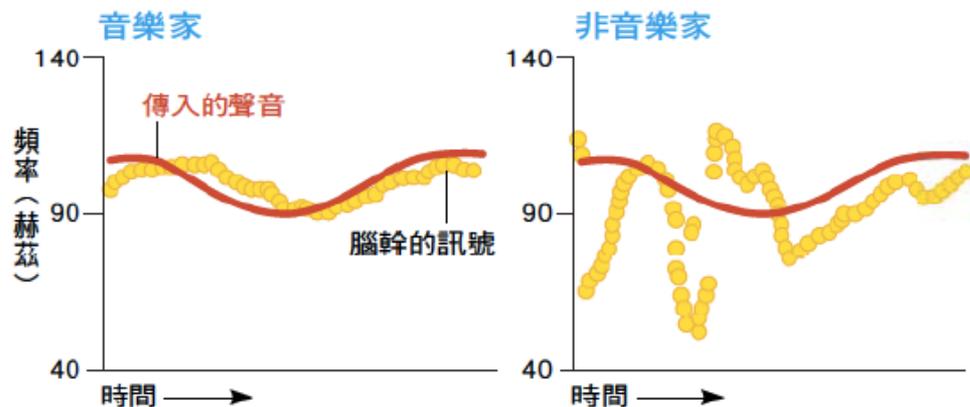


最好的大腦訓練： 拉小提琴

幼年時嚴格的音樂訓練不只可以讓你學會樂器，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。



音樂訓練可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。

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，如果想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。

視覺大腦的適應力
BBC Human Senses

聽覺大腦的適應力
Real Life Batman

神經可塑性

(Bach-y-Rita)

1. 利用刺激舌頭恢復前庭半規管功能
2. 利用刺激背部恢復視覺功能
3. 利用復健恢復65歲中風父親的行動功能

神經可塑性 (Merzenich)

大腦地圖上的神經元會因為它們在同一時間一起活化而連接得更緊密

假如地圖可以改變，那麼那些天生大腦有問題的人就有希望了

大腦不像電腦，大腦是可以不停的適應環境，替自己升級的

所以人的一生，從搖籃到墳墓，都有這種可塑性。即使老年人也可以改善他的認知功能

神經生物學

重建大腦的可塑性

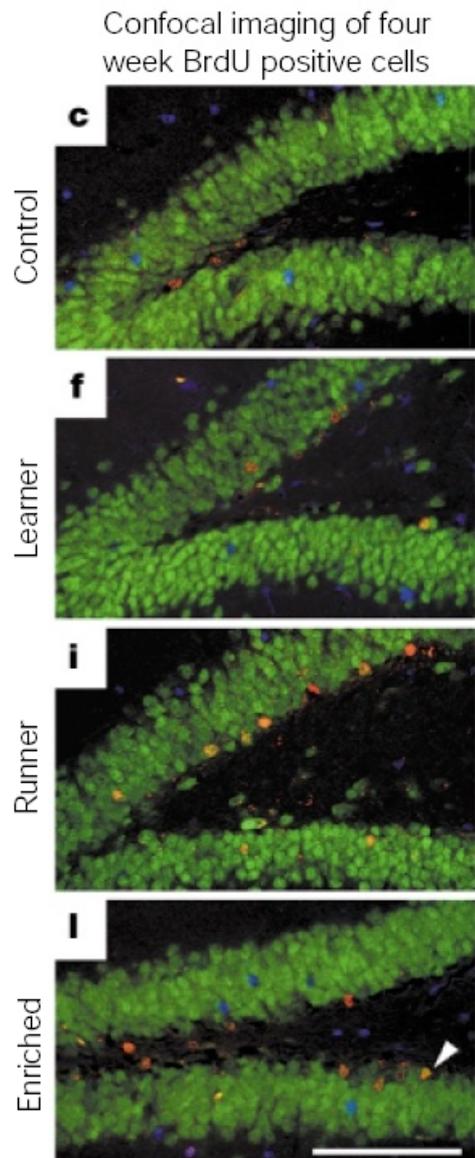
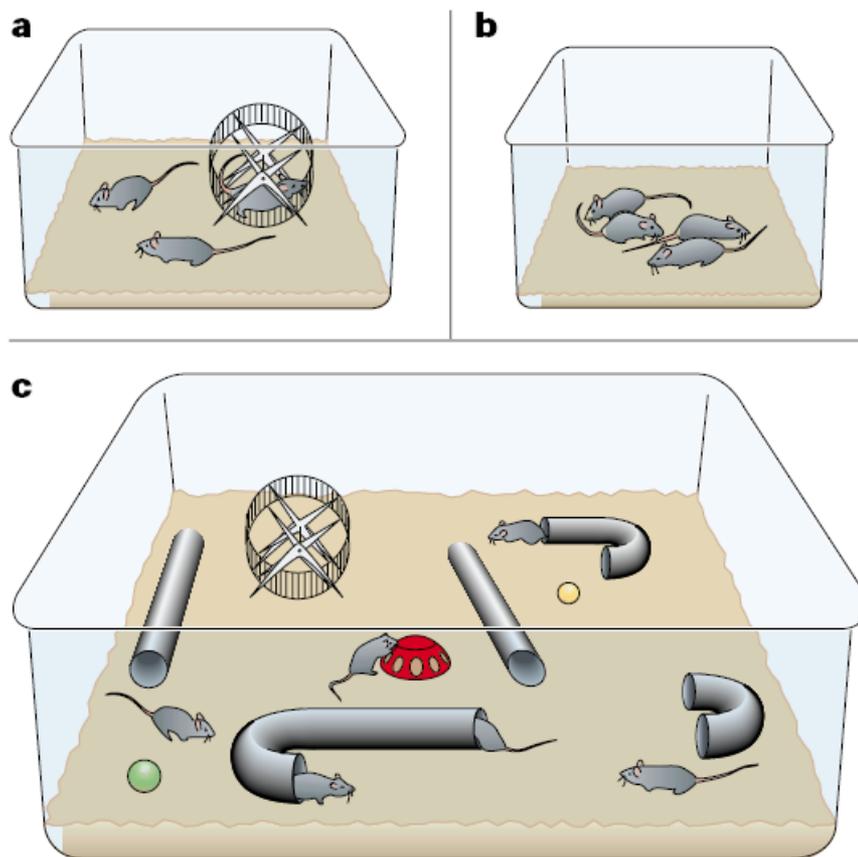
對於弱視的研究，說明了成人的大腦如何重新接線回復幼年時的樣子。

撰文／斯蒂克斯（Gary Stix）



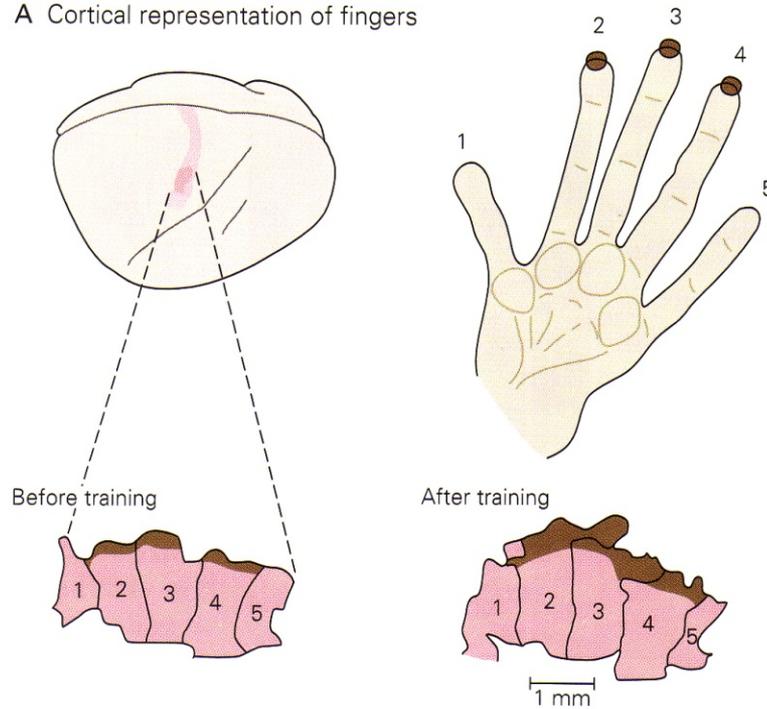
視力練習：單眼弱視的兒童在視力發展的關鍵期將正常的眼睛用眼罩遮上，就可以重新連接大腦的線路，讓受損的眼睛恢復視力。

豐富的環境可促進海馬迴神經細胞增生

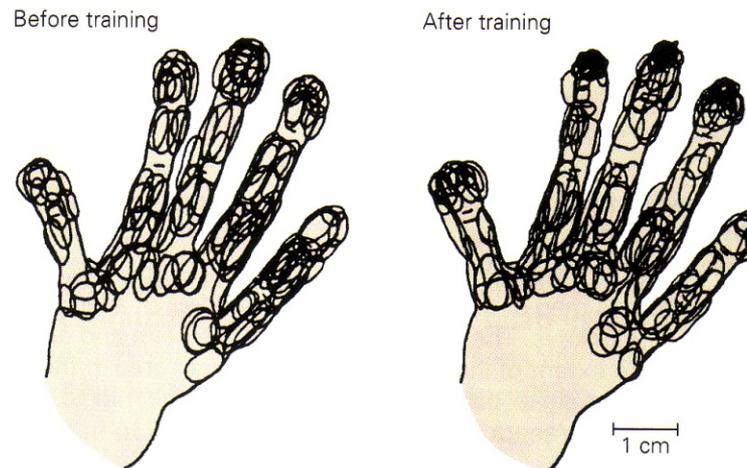


加強使用特定手指可增大其在大腦皮質上的區域

A Cortical representation of fingers

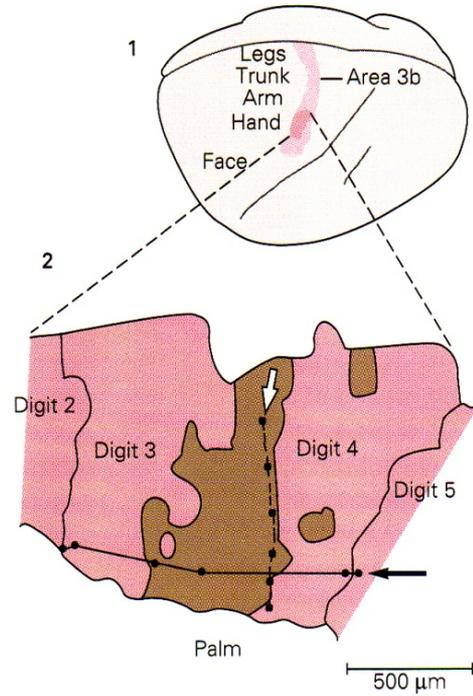


B Cortical receptive fields of fingers

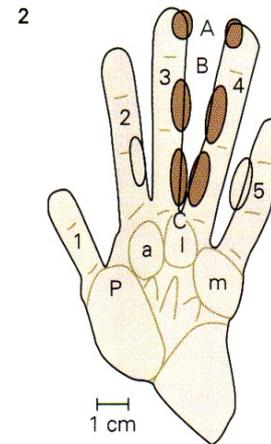
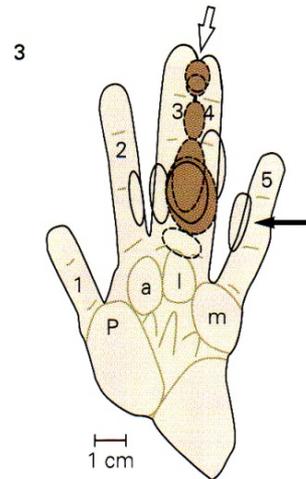
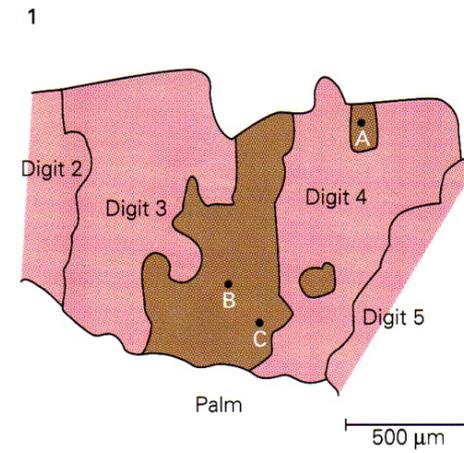


強迫兩指並用可改變其在大腦皮質上的區域

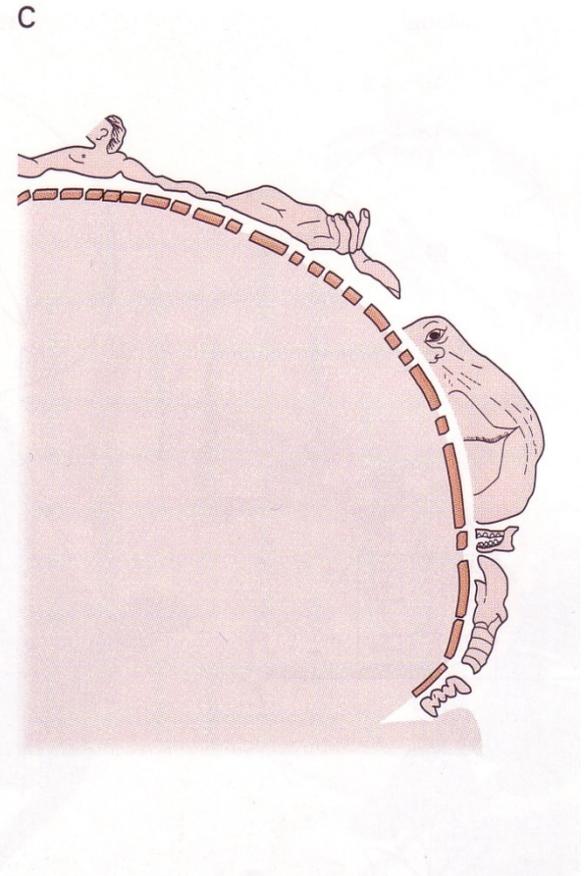
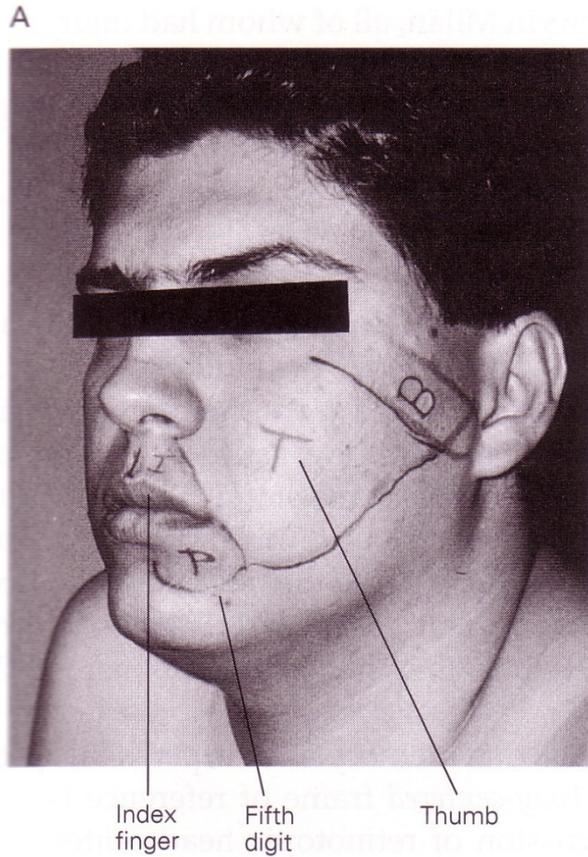
A Cortical representation of the fused digits of the hand



B Cortical representation after surgical separation of digits



幻肢 (Phantom limb)



大腦灰質上的增大可影響猴群的社會地位

4 NOVEMBER 2011 VOL 334 SCIENCE



NEUROSCIENCE

The Brain's Social Network

Online social network size is reflected in human brain structure

R. Kanai^{1,*}, B. Bahrami^{1,2,3,4}, R. Roylance⁵ and G. Rees^{1,2}

¹*UCL Institute of Cognitive Neuroscience, 17 Queen Square, London WC1N 3AR, UK*

²*Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, University College London, 12 Queen Square, London WC1N 3BG, UK*

³*Interacting Minds Project, Institute of Anthropology, Archaeology, Linguistics, Aarhus University and* ⁴*Centre of Functionally Integrative Neuroscience, Aarhus University Hospital, Norrebrogade 44, Building 10 G, 8000 Aarhus, Denmark*

⁵*Institute of Cancer, Barts and The London School of Medicine and Dentistry, Charterhouse Square, London EC1M 6BQ, UK*

The increasing ubiquity of web-based social networking services is a striking feature of modern human society. The degree to which individuals participate in these networks varies substantially for reasons that are unclear. Here, we show a biological basis for such variability by demonstrating that **quantitative variation in the number of friends an individual declares on a web-based social networking service reliably predicted grey matter density in the right superior temporal sulcus, left middle temporal gyrus and entorhinal cortex**. Such regions have been previously implicated in social perception and associative memory, respectively. We further show that variability in the size of such online friendship networks was significantly correlated with the size of more intimate real-world social groups. However, the brain regions we identified were specifically associated with online social network size, whereas the grey matter density of the amygdala was correlated both with online and real-world social network sizes. Taken together, our findings demonstrate that the size of an individual's online social network is closely linked to focal brain structure implicated in social cognition.

改變是大腦的天性

每一個經驗都改變大腦的连接

大腦的可塑性就是越常用的，连接越強，不常用的就被荒草淹沒了

大腦一出生時是個很粗略的簡圖，因為神經還未分化完成。關鍵期時，接觸到刺激可以讓皮質分化
(自閉症可能是過早關掉了關鍵期)

臨時抱佛腳與每天唸書慢慢累積這兩種神經迴路的改變是不同的

可以透過想像力來改變大腦

如果大腦有可塑性，那為何我們長大後不容易學新的語言或技能？

好書分享

天生嬰才 Naitre Humain

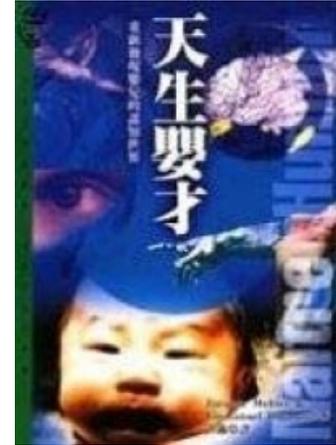
作者：J.Mehler & E.Dup/著

原文作者：J.Mehler & E.Dup

譯者：洪蘭

出版社：遠流

出版日期：1996年04月01日



人有別於其他生物的特質是什麼？這些屬於人的本質是與生俱來或是學習經驗的累積？作者在書中梳理了近三十年來，認知科學領域探討人類早期知識發展所得到的豐碩成果。

一反行為主義的刻板印象，嬰兒既非一張白紙也不光只懂得吃喝拉撒睡。透過嚴謹的實驗設計與觀察，認知科學家眼中看見一個整備妥當、迫不及待展現智慧潛能的新生個體。

本書結構嚴謹行文環環相扣，舉證、譬喻恰如其分，絕非尋常只顧傳播新知的科學報導堪與比擬。

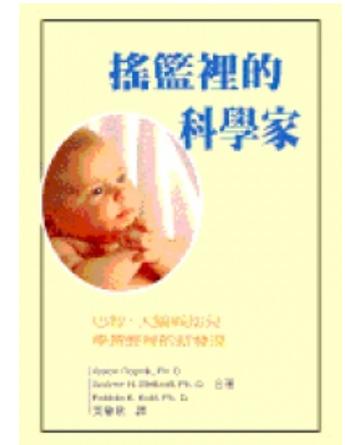
搖籃裡的科學家

作者：Alison Gopnik, Andrew Meltzoff, & Patricia Kuhl

譯者：黃馨慧

出版社：信誼基金出版社

出版日期：2000年10月15日



你可能會有一點驚訝，但更令人訝異的是，孩子可以正確地學到人們會用不同角度看事情的重要事實。當然，不同的是，人是如何用不同的角度瞭解世界？孩子們對此仍有許多待學之處。顯然地，成人也有很多需要學習的地方，因此，坊間才會有一大堆討論男女之間鴻溝的書籍。但是在我們踏出人生的第一步不久之後，我們也跟著開始邁向學習那個理解之路了。

「搖籃裡的科學家」所呈現的嶄新知識，正足以幫助我們更瞭解嬰幼兒的發展特色與驚人表現。期望藉由本書的出版，能夠喚起大眾對生命、對嬰幼兒重新認識，並帶動國內研究的水準，提升嬰幼兒照顧的專業知能，讓父母們也能更正確地掌握與孩子互動的時光。

數字感—1、2、3哪裡來？ The Number Sense

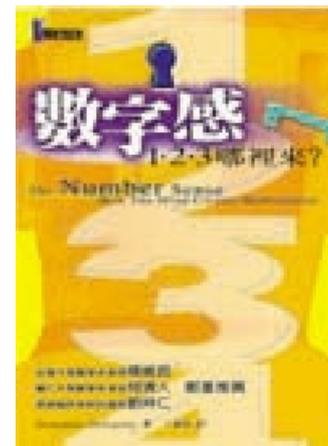
作者：戴亞奈

原文作者：Stanislas Dehaene

譯者：王麗娟

出版社：先覺

出版日期：2000年04月26日



當你看到此書時，可能注意到頁數，也可能留意了價錢，你會發現，生活無處不與數字習習相關。但我們很少去想：為什麼會有數字？人腦如何算出 $2+2=4$ ？為什麼有些人就是對數學一籌莫展？為什麼傑出的數學家多為男性？數字的奇妙進化不得不教我們驚奇。人天生就俱有數字感，襁褓中的嬰兒就己能辨識物體的數量；但人腦無法容納大數字，物件一但超出三，就會增加視覺的負擔以及計算的時間，所以各民族的書寫數字從三之後開始變形，以方便記憶使用；此外，和西歐語文比較起來，中文是學習數學最好的語言，而阿拉伯數字是最實用簡潔的書寫系統。

我們常讚嘆某些人對數字的天賦異秉，卻忽略天資相同的學生，可能因為數學課上老師的不同教法，而成為數學天才或白癡，興趣或熱情所佔的決定成分更大。上天賜給人類美好的禮物，使我們能運用數字這抽象的文字和概念，但一旦大腦受了損傷，就連簡單的數字能力也會消失， $2+2$ 可能會等於3！

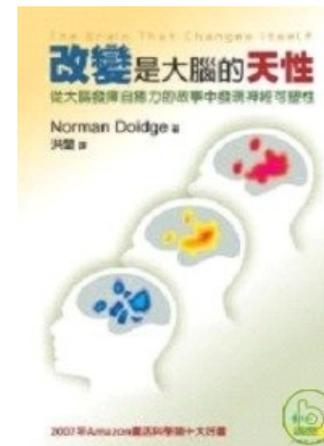
改變是大腦的天性-從大腦發揮自癒力的故事中發現神經可塑性

作者：Norman Doidge

譯者：洪蘭

出版社：遠流

出版日期：2008年03月28日



腦是一個有機體，可以改變它自己的結構和功能，只要還活著，年紀再大仍能不斷改變。「神經可塑性」是近期神經科學最大的突破，這個革命性的發現，推翻了幾百年來認定大腦在成年後不能改變的看法。神經細胞可以重新生長、產生新連結的現象，不但給心智有缺陷的人帶來希望，也給過去認為不可治療的大腦傷害帶來復原的機會，而且還讓我們看到健康大腦擁有的驚人適應力。

多吉醫師是位精神科醫師和研究者，他投身於大腦可塑性的研究，而且遇見了最聰明的科學家，和生命被改變的病人。這本書包含多個個案的研究，那些長久以來被認為無可藥救的病人奇蹟般的進步：我們看到天生只有半邊大腦的米雪兒，重新組織她的腦，可以像正常人一樣工作；被認為是智障的楊透過大腦的訓練，現在能夠治療其他像她一樣的人。盲人可以看見，智商可以提昇，年老的大腦變年輕，痛苦的幻肢不痛了，中風病人恢復原有身體功能，腦性麻痺的孩子學會更優雅的走路，憂鬱和焦慮消失了，困擾一輩子的個性也改變了。