

重組傷痛的記憶

一位飽受家人慘痛經歷所苦的神經科學家指出，
將來人們可以藉由在對的時間
服用一小顆藥丸——或是找治療師談談，
來消除痛苦記憶所帶來的創傷。

文 Stephen S. Hall

譯 陳佳穎

繪圖 Jacob Escobedo

星期六的晚上，位於紐約心理分析機構（New York Psychoanalytic Institute）二樓的演講廳裡，坐了類型各異的聽眾，有一群是頭髮灰白、看起來頭腦很好，像是來自上東區（Upper East Side）的族群；而另一群則是外表邋遢、身穿深色牛仔褲、活動於市中心區的年輕研究生。台上的演講者是神經科學家席勒（Daniela Schiller），她抬頭挺胸、秀髮又直又長，是位極有吸引力的人物，她停下手邊千頭萬緒的工作，帶給聽眾一場有關記憶的講座。

席勒解釋，近年來包括她自己在內的研究發現，記憶並非大腦裡不會改變的物理痕跡。事實上，記憶是具有可塑性的構思結果，每次它們在被喚起的時候，都可能被重建。研究顯示，醫生以及心理治療師或許可用這樣的知識，協助病患在創傷事件被喚

起時，阻隔他們所經歷的恐懼情緒，把長期以來磨耗人們精神的焦慮感來源，轉換為一段在記憶之巷中遇到的仁善經驗。

演講完畢後，席勒回頭做她原本從事的興趣——在一個由紐約市的神經科學家們所組成的搖滾樂團「杏仁岩（Amygdaloid）」裡擔任合音，還有製造重拍節奏的鼓手角色。杏仁岩在紐約心理分析機構舉辦的第二屆年度「重金屬音樂秀（Heavy Metal Variety Show）」中，表演了多首拿手曲目，例如和認知有關的〈我心之理〉（*Theory of My Mind*），跟記憶有關的〈痕跡〉（*Trace*）、關於精神病理學的〈腦力激盪〉（*Brainstorm*）等。

「只要給我一顆藥丸，」席勒在一首名為〈記憶藥丸〉（*Memory Pill*）的歌曲中，低聲吟唱著副歌：「把我的記憶洗去……」。

本刊獨家取得美國麻省理工學院

Technology Review 期刊圖文授權

Technology Review, Published by MIT.

TECHNOLOGY REVIEW

Internet URL: www.technologyreview.com

Technology
PUBLISHED BY MIT
Review

諷刺的是，如果席勒和其他人的研究的根基夠穩固，大眾甚至不需要藥丸，就可以除去一段驚恐或飽受折磨的記憶。

40歲的席勒，一向是提倡重新檢視「人類記憶在大部分基礎層面運作方式」的先鋒者。目前她在西奈山醫學院（Mount Sinai School of Medicine）的實驗室團隊、紐約大學（New York University）的前同事，以及愈來愈多的研究同好所累積的成果指出，人們可透過增加新資訊，或是在不同情境下喚起記憶的方式，改變一段記憶對情緒所產生的影響。這個假設挑戰了神經科學這個已有百年歷史的領域，也顛覆了上至法國知名小說家、《追憶似水年華》的作者普魯斯特（Marcel Proust），下至暢銷回憶錄這些文化標竿。它改變了人們對記憶和認同的恆久性的看法，



並提出用極端的非藥理途徑來治療某些病症，如創傷後心理壓力緊張症候群（Post-traumatic stress disorder, PTSD），其他因懼怕而生的焦慮症（fear-based anxiety disorders），甚至還有成癮行為。

2010年，刊載於《自然期刊》（*Nature*）的一篇指標性研究裡，時任紐約大學的博士後研究的席勒和紐約大學的同事們，包括勒杜克斯（Joseph E. LeDoux）、菲爾普斯（Elizabeth A. Phelps），公布了他們進行的人類實驗結果，顯示人們每次回憶起一個事件時，記憶會被重塑。他們的研究還指出，一個創傷或令人不悅的事件被回溯後，若能在緊接的一段狹窄空窗期裡——在這幾個幾小時內，大腦正用一磚一瓦的分子結構重建記憶——引入跟該事件有關的緩解資訊，這段記憶的情緒經驗就能被改寫。

「當你影響到記憶的情緒層面時，記憶的內容並不會受到影響。」席勒解釋：「那些經歷仍舊完好存在於你的記憶裡，你只是少了情緒記憶罷了。」

恐懼訓練

「記憶會不斷被重寫」這個看法，其實並非全新觀點。至少在1960年代，就已出現記憶複寫效果的實驗證據。然而，幾十年來，主流研究者們傾向忽略這類的研究發現，因為它跟普遍為人所接受的、

有關記憶的運作方式的科學理論相悖。

上述所提及較普遍之記憶科學的觀點，在20世紀初開始成為主流。1900年的時候，兩位德國科學家謬勒（Georg Elias Müller）和皮爾柴克（Alfons Pilzecker）在德國哥廷根大學（University of Göttingen）進行了一系列人類實驗。他們的研究結果顯示，記憶在形成的時候是很脆弱的，但會隨著時間被強化及凝固（consolidated）；記憶一旦被凝固了，基本上就變得相當穩定，它們會被像檔案櫃裡的檔案般恆久地儲存在大腦裡，並在有需求時被回溯。

神經科學家們花了數十年的時間仔細研究，才梳理出一套記憶行程的基本機制，用來解釋凝固化（consolidation）是如何在神經元和蛋白質的層次上運作：一段經驗透過感官知覺進入大腦的神經結構中，而大腦中樞一個稱為「海馬體（hippocampus）」的區域，會為這段經驗「編碼」，然後經由生物化學和電訊號的傳送，把這個經驗送至大腦其他掌管思考的區域儲存起來。關於海馬體，一個很著名的案例是H.M.。H.M.是一名年輕的男子，他在1953年的時候為治療令人心力交瘁的癲癇症而動了手術，手術中摘除了他的海馬體；他在2008年去世，終其一生身體都很健康，但

他除了無法學新的運動技巧外，也再也不能建立長期記憶。

接續的研究，釐清了單純叫作「記憶」的東西並不存在；事實上，由於採行了不同的神經途徑以達成不同的生物目的。記憶分成了很多種類型，「插曲式」（episodic）記憶是指特定過往事件的結合；「程序性」（procedural）記憶是指能夠記得像騎腳踏車、丟球這類特定運動技巧的能力；至於情緒記憶中一種特別強烈的形式——恐懼記憶，指的則是由於回溯起一段生理或情緒上的危險經驗，因壓力所帶來的立即知覺。

儘管如此，無論是哪種記憶，凝固化理論認為，記憶是早先發生的事件一種長期儲存、固定不會變動的神經記錄。每當一段記憶在你腦海中浮現，無論它是被某種令人不悅的情緒，或者一塊誘人的瑪德琳蛋糕（madeleine）所觸動，基本上人所捕捉到的，都是一段先前事件的永恆敘述。就這個觀點，人類就是自己腦內牢不可破的記憶總合。一直到近代，神經科學界的領導人物、加州大學爾灣分校（University of California, Irvine）的麥高（James L. McGaugh）在其2000年刊載於《科學期刊》（*Science*）的回顧專文〈記憶——一個世紀的凝固化研究〉（*Memory—A Century of Consolidation*）中，還在歡慶凝



固化理論的成就，該理論仍然引領探索「形成長期記憶的生物過程」的基礎研究。

後來看來，普魯斯特不算是個神經科學家，而我們也無法用凝固化理論來解釋跟記憶有關的任何事。這個事實在幾十年來有關恐懼訓練的研究歷程中，變得愈來愈明顯。

某天下午，在席勒的西奈山實驗室裡，她給記者來了點恐懼訓練的震撼教育。她團隊裡的一位博士後研究員班茲（Dorothee

在旁邊的螢幕上秀出預期性焦慮反應的曲線圖，這是恐懼訓練的典型反應。她說：「拿老鼠進行測試，結果也是一樣的。」

在1960和1970年代，幾個研究團隊在老鼠身上實驗這類型的恐懼記憶，以找出記憶凝固化理論的漏洞。舉例來說，1968年由羅格斯大學（Rutgers University）的路易斯（Donald J. Lewis）所帶領的研究顯示，如果老鼠被誘發去喚起特定記憶後，馬上施以強烈的電痙攣（electro convulsive

（Rishon LeZion）長大，這個位於台拉維夫東南方幾英里的海邊平原城市，是以色列的第四大城市。席勒稱以前的自己是個溜滑板的「科學書呆子」，她在四個孩子中排行老么，母親來自摩洛哥，而充滿人文素養的父親則來自烏克蘭——她表示，自己的家庭是一個典型的以色列大熔爐。青少年時期的她身材高壯、擁有歐洲人的輪廓，她回憶到因為自己長得像德國人，讓她覺得跟鄰居小孩格格不入。

席勒對自己是何時開始對人類記憶的本質感到好奇，記得非常清楚。當時她六年級，那天是以色列一年一度的大屠殺紀念日（Holocaust Memorial Day）。因為學校作業所需，她想請父親談談身為大屠殺的倖存者的記憶，但父親卻閃避她的問題。父親在當天上午11點時的行為舉止，又特別讓她感到疑惑。11點的時候，各處同時響起警報聲，全國人民開始為這段創傷的歷史默哀。警報聲大作，正當所有以色列人都立正緬懷種族滅絕的犧牲者時，她的父親卻頑固地坐在廚房裡，喝着他的咖啡、看著他的報紙。

「德國人一定有對我父親做了些什麼，但因為他從來不提，我也無從知道。」席勒在2010年所舉辦的一場飛蛾故事會（The Moth）上，對現場爆滿的觀眾說道。

席勒在以色列服義務役期間，

記憶並非大腦裡不會改變的物理痕跡。事實上，
記憶是具有可塑性的構思結果。

Bentz)把一個電極貼在記者的右手腕上，通電後會放出輕度但惱人的電。她另外把幾個偵測器固定在記者左手的幾根指頭上，記錄皮膚的抽搐狀況，這些抽動反映了生理上的反應和恐懼。然後，他們讓記者觀看一系列電腦螢幕上的圖片——有時是藍色的圓柱、有時是紫色的。

記者很快就發現，他常常在藍色方形出現之後被電擊，皮膚的導讀數也反映了他所學到的這個規律。每次當藍色方形出現的時候，因為知道緊接著會被電擊，人就會焦慮起來。這個「學習」的過程只歷經了幾分鐘，然後席勒

shock)，就會消去老鼠先前所學習到的恐懼記憶。相反的，若對並未回溯該記憶的老鼠施以電痙攣，則不會造成記憶喪失。換句話說，在記憶被回溯後頃刻施加的強烈電擊，似乎有獨特的能力，能夠對記憶本身造成干擾，讓它以一種新的方式重新被凝固化。1980年代接續的研究，又再度確認了上述發現的部分成果，但它們太過偏離主流研究方法，因此並不太受重視。

默哀的時刻

在上述研究問世時，席勒還離這一切很遠。席勒在里雄萊錫安



曾舉辦多場科學和教育的研討會，這引領她後來到台拉維夫大學 (Tel Aviv University) 修習心理學與哲學；在校期間，她弄來了一套鼓，並組了一個叫「反叛運動」(Rebellion Movement) 的希伯來語搖滾樂團。席勒繼續往上攻讀學位，並於 2004 年的時候從台拉維夫大學取得心理生物學的博士學位。她回憶道，那一年她看了一部叫做《王牌冤家》(Eternal Sunshine of the Spotless Mind) 的電影，劇情描述一個年輕男子接受藥物治療，以忘卻有關他前女友和兩人分手的痛苦記憶。席勒誤以為，這部電影的發想源自勒杜克斯 (Joe LeDoux) 的研究，因此她申請勒杜克斯實驗室的博士後研究獎學金。

科學研究領域跟記憶一樣，時機是關鍵。席勒到紐約大學報

到的時候，神經科學界正要掀起第二波記憶再凝固化 (memory reconsolidation) 研究的浪潮。

故事變更

2000 年，勒杜克斯實驗室裡的一位博士後研究員納德 (Karim Nader) 用老鼠進行了一項實驗，以測試一種藥物對形成恐懼記憶的效果。這項研究為席勒接續在記憶形成方面的鑽研，鋪好了道路。當時，勒杜克斯用很堅定的語氣跟納德說，他的實驗是在虛擲時間跟金錢。儘管如此，納德還是做了實驗。納德的研究後來登上了《自然期刊》，激盪出學界對記憶再凝固化的新一波興趣。

在該實驗裡，首先在老鼠身上進行典型的恐懼訓練——老鼠接受修正版的巴伐洛夫 (Pavlovian) 試驗，訓練大鼠把一種噪音和疼痛電擊聯繫起來。實驗者能夠察覺到老鼠的記憶被喚醒，因為它們在聽到該噪音的時候，身體會僵住，只要老鼠一回憶起這恐怖的經驗，納德馬上在老鼠的杏仁核 (amygdala) 部位——大腦中公認儲存恐懼記憶的區域——注射一種會阻隔蛋白質合成的藥物。令人驚訝的是，噪音跟疼痛電擊間的聯繫就被蓋過了。自此以後，當噪音再響起時，老鼠不再因害怕被電擊而全身僵硬。

數十年來的研究已確定，要凝固長期記憶，在大腦的記憶路徑

中，蛋白質合成是必備物質，不過過去並沒有人發現，原來記憶在被回溯之後，也需要蛋白質合成——這也暗示了在那個時刻，記憶正在被凝固化。納德的實驗也顯示，注射的時間必須要對——只有在讓老鼠勾起那恐懼經驗時馬上施打藥物，才能透過阻隔蛋白質合成，讓可怕的記憶不再被喚起。如果納德多等六小時才注射藥物，就不會有效果，且原來的記憶仍原封不動。這是相當重要的生物化學線索，表示每次當我們回溯過往時，至少有某部分形式的記憶會在腦神經系統裡被重新組合。

席勒在 2004 年加入勒杜克斯的實驗室時，受命延伸納德的發現，並在人體測試某種藥物阻隔恐懼記憶的效果。先前用在齧齒目動物身上的藥物對人類來說毒性太強，而乙型腎上腺素對抗藥 (beta-adrenergic antagonists)——亦即「乙型阻斷劑」(beta blocker) 一類的抗憂鬱藥物，則是可能的選擇。其中一種藥是已獲美國食品藥物管理局 (FDA) 認可的普潘奈 (propranolol)，主要用來治療恐慌發作 (panic attack) 和怯場。席勒馬上就著手準備想測試普潘奈對人體的效果，而這也會是人體實驗的一種開創性的形式，但因為始終都無法取得相關單位的許可，實驗從未真的開始進行。她說：「我花了四年才拿

到許可。可是兩個月後，他們又撤銷了許可。我的整個博士後研究生涯，都花在等待這個實驗拿到許可。」她隨即補充說：「我現在仍舊沒拿到許可！」

席勒一邊等待不知何時才會下來的許可，一邊執行另一個更有趣的次計劃。這個次計劃的發想，是因為某次勒杜克斯實驗室的成員在開會時，她曾和同事討論到一些不尋常的數據：有一組老鼠在恐懼實驗中，做出預期之外的行為。

這批數據顯示，就算不使用阻隔蛋白質合成的藥物，也能夠干擾動物的恐懼記憶。席勒採用這個概念的要點，設計一系列在人類身上的恐懼實驗，而實驗室的另一位成員孟菲爾斯（Marie-H. Monfils），則同步在老鼠身上進行相同一組實驗。在人體實驗部分，志願者會先看到電腦螢幕上的藍色方形，然後被電擊。一旦藍色方形跟電擊連結在一起，恐懼記憶就形成了。席勒的研究發現，若在隔天持續這個造成恐懼記憶的過程，但趁在一段狹窄的空窗期時，把藍色方形跟電擊間的連結性打破——也就是說，顯示藍色方形，但不施以電擊——這個新訊息就會被納入記憶中。

在這裡，時機也一樣關鍵。如果在最初的記憶被回溯後的十分鐘之內，重新讓受試者看藍色方形，但不施以電擊，受試者重新

凝固化後的記憶版本，就沒有恐懼了。但若是在六小時後才進行相同的步驟，原先的恐懼就會原封不動。換句話說，干預若是發生在大腦正在重寫記憶時的短暫時間帶裡，原始的記憶就有機會被重組，其所附帶的情緒（恐懼）也可望被消除。紐約大學的團隊藉由操弄時間，已經發展出一套機制，讓人們可以重組一段令人害怕的記憶，重新賦予它一個比較沒這麼恐怖的結局。且這個新結局的效果會持續：實驗結束後一年，席勒和她的同僚把當初的受試者找回來，她們發現在受試者的腦海裡，跟那記憶有關的恐懼仍被有效阻絕。

這篇刊載於《自然期刊》的研究明白指出，記憶的再凝固化不僅僅發生在老鼠身上。

最安全的記憶

「記憶再凝固化」作為一個科學觀點，似乎羽翼已漸豐。席勒說，十年前她在出席神經科學學會（Society of Neuroscience）年會時，能在海報展裡看到一張海報是跟再凝固化理論有關，她就要暗自竊喜了：「現在，這類研究幾乎已攻陷海報展示廳裡的每一條走道。」

更重要的是，很快就有人開始複製和延伸席勒的研究。在去年，瑞典烏普薩拉大學（Uppsala University）的艾格倫（Thomas

Agren）和他的同僚的研究證實，在人重新勾起一段恐怖回憶時，干擾記憶的再凝固化，就能夠有效消除恐懼的效果。艾格倫的團隊分析受試者的大腦影像發現，大腦的杏仁核區域是已改變記憶的所在地。去年還有北京大學的薛延許（Yan-Xue Xue，音譯）和同事的研究顯示，他們使用非藥理的方式操弄記憶，改變海洛因成癮者一旦覺察環境中有某個因子，就會想用藥的習慣，來幫助他們戒除毒癮；研究者說，效果至少持續了半年，也就是整個研究耗費的時間。

2010年時，席勒在從紐約大學往北搬到西奈山，開始了一系列新的實驗，探討記憶再凝固化在臨床應用方面的潛力。這一部分算是解釋了為何她位於九樓辦公室的書桌底下會擺著一個籠子，裡面住著一隻大蜘蛛。這隻蜘蛛名叫「蜘蛛網2.0版」（Web 2.0），這個名字是席勒研究團隊中的一個成員取的，該成員以前是美國綜藝節目《週末夜現場》（Saturday Night Live）的編劇，牠在接下來跟克服恐蜘蛛症（arachnophobia）有關的非藥物人體實驗中，將扮演重要角色。

「我們正在檢視再凝固化的神經機制。」席勒說，學界對於其他動物身上的這套大腦機制——無論是在大腦突觸層級、或者整體大腦的層級——知道的較多，相

較之下，人腦的研究就困難了許多。席勒補充說：「基本上，你只有兩件事情可做，一是進行藥理研究；二是研究核磁共振（MRI）的影像，看人們在更新記憶時，大腦的活動狀況。」她希望在不久的將來，能夠發表在動物和人類身上的研究結果。

記憶的重建在治療方面很有潛力。在創傷事件發生的幾小時內使用普潘奈之類的藥物，可能改變該記憶所造成的長期情緒衝擊，或把衝擊減到最小。若無法取得這類藥物，當記憶是在安全、無威脅性的情境下被喚起時，記憶在稍晚後也可被重塑。哈佛醫學院（Harvard School of Medicine）的皮特曼（Roger Pitman）、麥基爾大學（McGill University）的納德（Karim Nader）和他們的同僚已發現，在人們憶起創傷經歷時給予普潘奈，能減緩記憶所帶來的情緒衝擊，這可望用於治療PTSD這類的焦慮病症。席勒說：「若來不及在事件發生後的幾小時內就進行干預的動作，你仍有機會重組這些傷痛的記憶。」

某種程度而言，再凝固化所造成的潛在文化衝擊，以及它在個人層面的含意，比科學技術更驚人。極端一點想，如果每次我們回憶起某一段往事的時候，記憶都被重寫，那它就不是以檔案的方式儲存在我們的腦海裡，它變成

只是最新一個版本的情節。每部自傳都是杜撰而來，而所謂的過往，也只不過是我們對它最近一次的重述。記憶的檔案資料，會混入任何形塑我們對它思考及感覺的新資訊。席勒表示：「我的結論是，記憶就是你當下的樣貌。它不存在於照片裡、也不存在於錄像中，你的記憶就是現在的你自己。」

保存記憶最好的方法，是把它化為一個故事，

收集、提煉並固定住

事件發生的經過和情緒反應的細節。

因此，依席勒的觀點，保存記憶的秘密不在大腦突觸裡的蛋白質合成，也不在來往於海馬體和大腦邊陲間的腦神經活動。她相信，保存記憶最好的方法，是把它化為一個故事，收集、提煉並固定住事件發生的經過和情緒反應的細節。她表示：「凍結一段記憶的唯一方式，是把它放進一個故事裡。」這也帶領讀者回到她父親的故事。

席勒在2010年飛蛾故事會上，首度提及大屠殺紀念日的故事時，她推測當時的警報聲作用像是心理學家所稱的「情境刺激」（conditioned stimulus）——一種很類似傳統巴伐洛夫實驗裡所使用、觸動痛苦回憶的感官提示。而

依記憶再凝固化研究的脈絡，她開始認為，自己的父親是藉由坐在廚房裡啜飲咖啡，來重寫他痛苦的記憶，讓舊的記憶和愉悅的活動連結起來。

就像記憶本身會被更新一樣，她的個人故事也開始有了新版本。去年，席勒的父親有史以來第一次談到自己青少年時期——在大飢荒期間，他無私的母親和

叔叔，還有他最重要的姐姐之間的親近。姐姐後來在大屠殺時過世。現在席勒猜測，她父親之所以不願意提起那些傷痛的事件，是因為他想要用一種美麗的方式保護和保存這些回憶，所以他永遠不需要回想起它們，而它們也不會失去在父親心目中的地位。

不過，從那次之後，一提到大屠殺，席勒和父親的對話互動又回到只剩下兩三個字。「因為記憶彌足珍貴，你並不想改變它們。」她說：「最安全的回憶，是那些你永遠想不起來的回憶。」

Stephen S. Hall的最新著作是《智慧：從哲學到神經科學》（*Wisdom: From Philosophy to Neuroscience*）（出版者：Vintage）。
Copyright © 2013, Stephen S. Hall All rights reserved. 