

戴爾嘎多是腦部刺激研究的先驅明星，



腦晶片

X

撰文 霍根 (John Horgan)

翻譯 潘震澤

但他40年前的工作，如今大多已不為人知，
究竟發生了什麼事？

1970年代初期，美國耶魯大學生理學教授戴爾嘎多（Jose Manuel Rodriguez Delgado）是全球最知名、也最具爭議的神經科學家之一。1970年，《紐約時報雜誌》的某期封面故事，稱頌他為「激勵人心的新『心理文明社會』先知，該社會成員可影響並改變自身的精神功能。」那篇文章還說：有些耶魯同事從戴爾嘎多的工作裡，看到「令人害怕的潛能」。

不管怎麼說，戴爾嘎多率先嘗試了最讓人不安的科技，就是能接收並發出訊息給神經元的腦晶片，這種電子裝置可用來操弄心智。一直以來，腦晶片總是科幻小說及影片裡的最佳道具，從《終極人》到《駭客任務》都是如此；如今科學家則嘗試用它來治療癲癇、帕金森氏症、癱瘓、失明和其他疾病。就某方面而言，戴爾嘎多幾十年前的一些實驗，比今日的任何實驗都引人注目。他將裝有無線電的電極陣列（他稱之為「刺激接收器」）植入貓、猴子、猩猩、長臂猿、牛，甚至人的腦中，按下某個按鈕，就能控制受試者的心靈及軀體。

不過，自從1974年戴爾嘎多搬回西班牙後，他在美國的名氣就逐漸消褪，而且還不只是從大眾的記憶裡消失，甚至也從其他科學家的腦海及引用文獻裡



檔案

左頁的電極，是戴爾嘎多所發明、利用電來刺激腦部的裝置。他將電極植入猴、猴（上圖）、公牛、貓或人的腦中，來研究行為及動作的控制。這些電極可植入腦中長達兩年以上，都不會造成併發症。

匿跡。他曾發表超過500篇經同儕審查的論文，並於1969年出版一本廣受評論的專書，只不過這些著作都很少被現代研究人員引用。事實上，一些熟悉他早期工作的人，都以為他過世了；然而，戴爾嘎多不但活著，而且還很健康。戴爾嘎多最近才和夫人卡若蘭從西班牙搬到美國聖地牙哥，他對於當代利用刺激特定腦區來治療某些疾病的努力，有獨特的看法。

前額葉切除術正流行時

戴爾嘎多1915年出生在西班牙隆達市，1930年代在馬德里大學取得醫學學位。雖然傳言不斷，說他支持法朗哥的法西斯政權，但實際上他在當醫學生時，曾加入共和軍的醫療部隊，而共和軍在西班牙內戰時，可是與法朗哥敵對的。在法朗哥擊潰共和軍後，戴爾嘎多曾遭拘押，在集中營裡待了五個月才得以重拾學業。

戴爾嘎多最早想要同父親一樣，當個眼科醫生，但他在某個生理實驗室工作的經驗，加上閱讀了西班牙偉大神經科學家雷蒙卡厚爾的著作，讓他深受感動：「腦部有這麼多的奧秘，過去我們對它的了解是那麼少，現在還是那麼少！」尤其是瑞士生理學家黑斯的實驗工作，更引起他極大興趣。黑斯從1920年起就以實驗顯

示，在貓腦不同部位植入金屬絲後，給予通電刺激，可以引起像是憤怒、飢餓以及想睡等反應。

1946年，戴爾嘎多取得耶魯大學的一年期獎學金；1950年接受了生理學系的聘任。當時的耶魯生理系主任傅爾頓在精神病治療史上，扮演了重要角色；1935年，傅爾頓在倫敦的演講中，報告了關於黑猩猩的研究，名叫貝琪的黑猩猩原本脾氣暴躁且「神經質」，但以手術破壞前額葉之後，卻變得平靜且溫順。葡萄牙精神科醫師莫尼茲聽了這場演講，就開始為精神病人進行切除前額葉的手術，並宣稱效果卓著。莫尼茲獲頒1949年的諾貝爾獎之後，前額葉切除術也變成廣為流行的精神病治療法。

傅爾頓一開始覺得很不安，因為他用來安撫黑猩猩的做法，卻給用在人身上；但後來卻成為精神手術的保守支持者。戴爾嘎多並不同意他導師的立場，他回憶道：「我認為傅爾頓及莫尼茲破壞腦子的做法，真是太可怕了。」黑斯與莫尼茲同獲1949年的諾貝爾獎，而戴爾嘎多認為相較之下，利用黑斯率先發展的電刺激法來治療精神疾病「保守得多」。戴爾嘎多說：「我的想法是在腦中植入電極，而避免進行前額葉切除術。」

促使戴爾嘎多在科學研究上成功的

關鍵之一，是他具有發明的天賦；有位耶魯同事曾經稱他為「科技怪才」。在戴爾嘎多早期的實驗中，植入實驗動物腦中電極所接的電線，經由頭殼穿出皮膚，再與笨重的電子儀器相接，以便記錄數據並施予電刺激。這樣的裝置不但限制了受試動物的行動，也容易讓牠們遭受感染。因此，戴爾嘎多設計了只有美元五角硬幣大小的無線電刺激接收器，可整個植入受試動物體內。他另外的發明包括早期的心律調整器，還有植入式的「化學電極」，可將精確劑量的藥物，直接釋放到腦中特定區域。

1952年，戴爾嘎多與人共同發表了第一篇將電極長期植入人腦的同儕審查論文，比另一篇美國杜蘭大學希斯的相近報告，只早了些許時間。其後20年間，戴爾嘎多在羅德島一家現已關閉的精神病院，為25位左右的受試者植入電極，這些人大多數是精神分裂及癲癇患者。戴爾嘎多說，他只在病得極為嚴重、且對先前所有治療都沒有反應的病人身上動手術。從一開始，他置放電極的位置，就是根據動物實驗、腦部損傷病人的病例，以及加拿大神經外科醫師潘菲德的工作而定。潘菲德從1930年代起，在給癲癇病人動腦部手術前，都會先刺激病人的腦子，以決定該從哪裡動手術。

腦部植入電極

- 戴爾嘎多是腦中植入電極這項技術的先驅；他最出名的事蹟，大概是在面對一隻朝向他攻擊的鬥牛時，單單只是按下搖控器上的按鈕，將電訊送入鬥牛腦中，就讓鬥牛停了下來。
- 1970年代初期，戴爾嘎多從譽滿天下淪為飽受批評。1974年，他從美國移居西班牙，而逐漸從大眾的印象以及神經科學家的引用文獻中消聲匿跡。
- 不過，他的成就，卻為現代的腦部植入科技鋪了路；這項科技目前正捲土重來，改善了癲癇病人的生活品質，以及帕金森氏症和肌張力不全患者的運動失常現象。
- 最近，已90高齡的戴爾嘎多搬回美國定居；他對目前腦植入研究的前景與危機，仍充滿強烈的意見。

馴服鬥牛

戴爾嘎多的實驗顯示，刺激病人的運動皮質會引起特定身體反應，好比肢體的動作。有位病人在接受刺激時拳頭緊握，就算想抗拒也沒用；這位病人的感想是：「醫生啊，我想你的電力比我的意志力還強。」另一位病人接受刺激時頭會左右轉動，但他堅稱那是他主動要這麼做的，他的說辭是：「我在找我的拖鞋。」



卡若蘭是戴爾嘎多的妻子，自從兩人於1950年代在耶魯大學結識以來，卡若蘭就一直從旁協助戴爾嘎多的實驗。照片中卡若蘭正在監視猴子的腦電波記錄。

針對控制情緒的邊緣系統，戴爾嘎多能刺激不同區域，而引發病人產生害怕、生氣、情慾、歡喜、多話和其他反應；有些反應的程度之強令人吃驚。在某個實驗，戴爾嘎多和兩位哈佛大學的合作者，以電流刺激一位21歲女性癲癇患者的顳葉。刺激前，這位患者正平靜地彈吉他；刺激後，她突然怒氣衝天，將吉他朝牆上砸爛，還差點打到一位研究人員的腦袋。

或許在所有發現中，最具有醫療前景的，是刺激邊緣腦區一處稱為中膈的所在，可引起病人的喜悅感；其程度之強，在某些案例可以對抗抑鬱，甚至身體的疼痛。然而戴爾嘎多對於人類受試者並非來者不拒，因為植入電極的治療效益並不可靠，會因病人不同而有大幅變異；就算是同一位病人，結果也可能無從預期。事實上，在戴爾嘎多的記憶裡，他拒絕的病人要比他實際治療的更多。他拒絕的病人當中有位年輕女性，性行為放蕩且

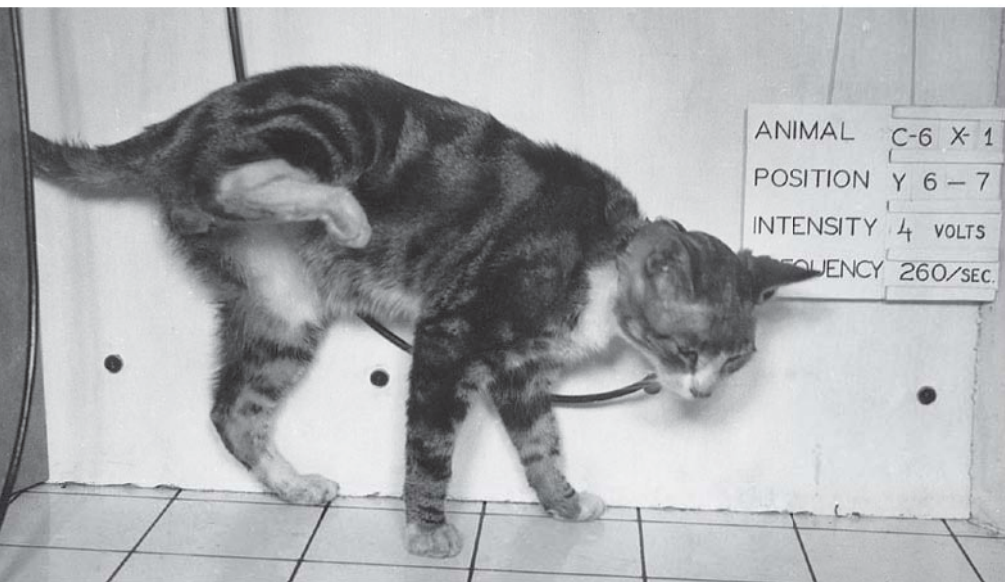
有暴力傾向，經常出入監獄及精神病院。雖然該女子及其父母都請求戴爾嘎多幫她植入電極，但戴爾嘎多拒絕了。他認為：對於像這位女子的病例，並沒有可辨識的神經缺失，電刺激技術還處於太過粗淺的階段。

戴爾嘎多在猴子及其他動物身上做過更深入的研究；通常目標集中在能引發或抑制攻擊性的神經區域。有一項示範實驗，是探討電刺激對社會階級的影響，戴爾嘎多將刺激接收器植入一隻喜歡欺負弱小的獼猴腦中，然後在籠子裡安裝一個控制桿，只要拉下桿子，就會引發刺激接收器，刺激該猴子的尾核（控制自主運動的腦區），使那隻受欺負人的猴子安分下來。沒過多久，動物籠裡一隻雌猴就發現了控制桿的威力；只要該公猴威脅到牠，牠就拉下控制桿。戴爾嘎多從不忌諱擬人化的解釋，他是這麼寫的：「小老百姓利用遙控來反制獨裁者的古老夢想，終於得到實現；至少

在我們豢養的猴子群裡是如此。」

戴爾嘎多最出名的實驗，是1963年在西班牙哥多華的一處公牛養殖場進行的。他在好幾隻鬥牛的腦中植入刺激接收器之後，就站在鬥牛場中，一次面對一隻公牛，藉由按下手持搖控器上的按鈕，來控制每隻動物的行為。其中一個有照片為證的驚人實例，是戴爾嘎多面對衝向他的公牛，利用搖控器刺激公牛的尾核，而迫使鬥牛在離他幾呎遠的地方停了下來。

《紐約時報》將此事件登在報紙頭版，宣稱那是「有史以來，利用外力控制腦部，而隨意改變動物行為的最神奇示範。」其他的報導文章裡，則稱頌戴爾嘎多將一頭具有攻擊性的野獸，轉變成真真正世界裡的「斐迪南公牛」，斐迪南是一本流行兒童故事書裡的英雄：一頭個性溫和的公牛。



貓受到腦中植入電極的通電刺激，而產生抬起後腳的反應。戴爾嘎多說，在1950年代進行的這項實驗中，那隻貓並未顯示出有什麼不舒服。

以科學的重要性而言，戴爾嘎多認為他在派蒂這隻雌黑猩猩身上所做的實驗，更值得重視。戴爾嘎多將植入派蒂腦中的刺激接收器做了設定，使其能夠偵測某種從杏仁體發出、稱為紡錘波的特殊自發性訊號。刺激接收器只要偵測到紡錘波，就會刺激派蒂腦中的中央灰質區，造成「負面反應」，也就是痛苦或不舒服的感覺。經過兩小時的這種負向回饋，派蒂的杏仁體產生的紡錘波減少了50%；六天之內，紡錘波出現的頻率更降低了99%。然而派蒂看起來並不怎麼健康，戴爾嘎多寫道：牠變得「更為安

靜、注意力較不集中，進行行為測試時也較不起勁。」雖然如此，戴爾嘎多預測這種「自動學習」的技術，可用來平息癲癇或恐慌發作，以及其他會出現特殊腦部訊號的病症。

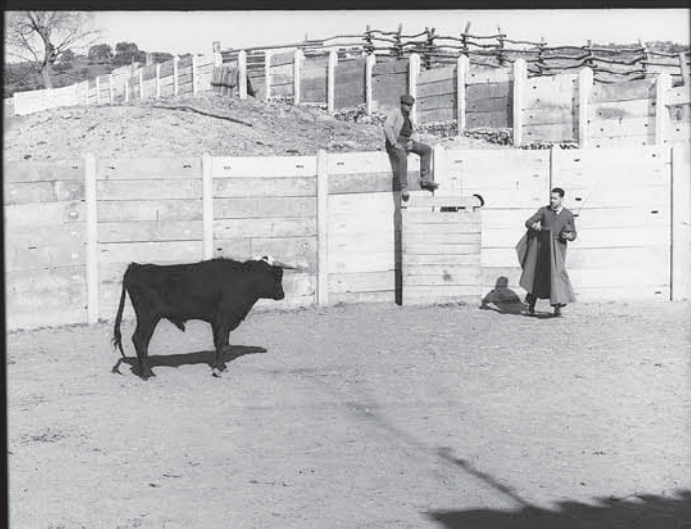
戴爾嘎多的研究不但受到民間單位的支助，同時也得到美國海軍研究部等軍方機構的支援。不過，戴爾嘎多堅稱，某些陰謀論者的指控不實，他從來沒有接受過中央情報局的支援。戴爾嘎多自稱是個和平主義者，他說來自美國五角大廈的贊助者把他的研究視為基礎研究，從未操縱他朝軍事應用的方向進行。他一向駁斥如下

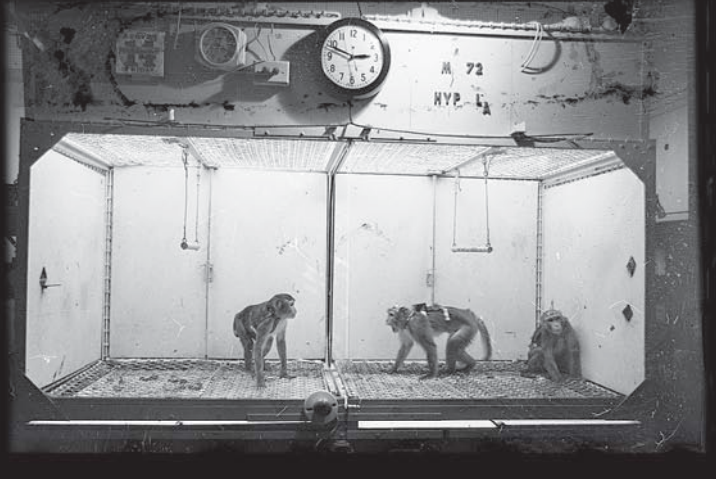
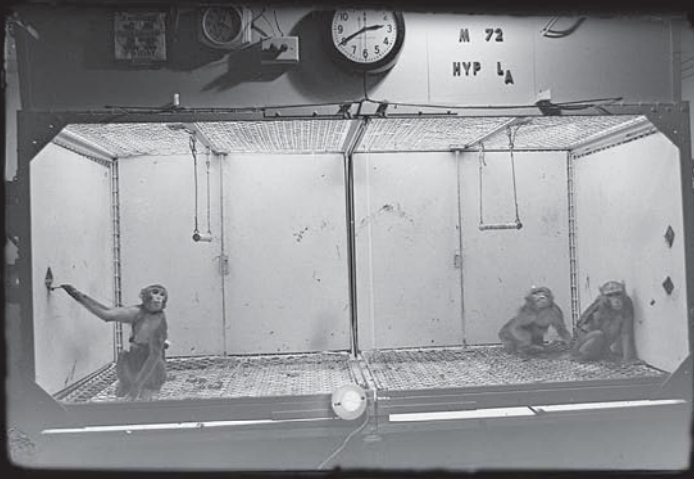
的猜測：植入腦中的電極可能製造出聽從指令殺人的機器戰士，好比小說及電影《戰略迷魂》中遭到洗腦的殺手。（1962年的原版電影裡，殺手是受到心理學的方法控制；2004年重拍的電影情節則是利用腦晶片。）戴爾嘎多堅稱：腦刺激可能「促進或抑制攻擊行為」，卻不能「引導出朝向特定目標的攻擊行為。」

展望「心理文明的社會」

1969年，戴爾嘎多在《物理控制心智》一書中，描述了腦刺激的研究，並探討其寓意。他用猴子、貓、公牛以及兩位年輕女性的照片，來說明他的想法；這兩位婦女纏著頭巾，以遮掩頭上的刺激接收器。戴爾嘎多評論道：女性病人「利用戴上吸引人的帽子或假髮，來遮住頭上的電子裝備，顯示女性適應環境的特質。」戴爾嘎多詳細說明了腦刺激做法的限制，對於小說家歐威爾所提出的可能性：「邪惡的科學家利用植入腦中的電極把人變成奴隸」，則予以淡化處理。

1963年發生在西班牙鬥牛場的真實照片：腦中植入刺激接收器的鬥牛（下圖左）朝向戴爾嘎多進攻（下圖中間兩張）；當戴爾嘎多發出無線電訊號，鬥牛就停了下來，並轉頭而去（下圖右）。批評者宣稱，該刺激並未如戴爾嘎多所說，平息了公牛的攻擊性本能，而是強迫其轉向左邊。在西班牙隆達市這個鬥牛大本營長大的戴爾嘎多，承認在電訊迫使鬥牛放棄追逐之前，他感到「害怕」。





然而他的某些言論，卻帶有類似傳教的語氣，讓人不安。他宣稱：神經科技正邁向「征服心智」的境界，進而可創造「一個不那麼殘酷、更快樂且更好的人。」已逝的物理學家莫里森在*Scientific American*的書評中說，《物理控制心智》一書對於電刺激實驗，提供了「深思熟慮的最先進描述」；但他補充道，這種做法所顯示的意涵，可是「令人有些不安」。

1970年，曾與戴爾嘎多短暫合作過的兩位哈佛醫學院研究員，厄文及馬克爆發了一項醜聞，而使得戴爾嘎多的研究領域也捲入其中。（麥克·克萊頓是厄文的學生之一，他寫的暢銷小說《終極人》是關於一場出了問題的仿生學實驗；靈感就是來自厄文、馬克及戴爾嘎多的研究。）厄文及馬

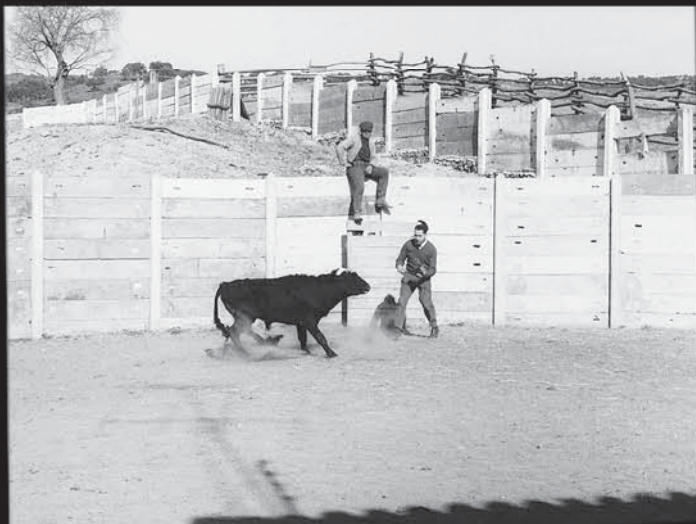
克在他們所寫的《暴力與腦》一書中建議，對於在城市中心造成暴亂的黑人，或許可利用腦刺激或手術來消弭他們的暴力傾向。1972年，杜蘭大學的精神病學家希斯提出的報告，為腦部植入電極的研究引發了更多的質疑：他在一位男同性戀者與一位妓女性交時，用電刺激該男子腦部的中隔區域，而試圖改變其性向。

反對植入腦電極最激烈的人，是精神科醫師布瑞根（近幾十年來，他把注意力放在精神病藥物的危險上）。1972年，布瑞根在遞交美國國會記錄的證詞中，將戴爾嘎多、厄文、馬克及希斯幾位，歸為鼓吹前額葉切除人士的同類，並譴責他們想要製造出「任何脫離常軌的人都遭到手術摧殘的社會。」布瑞根隨意引用《物理

左圖中最左邊的雌獼猴，學會了只要拉下籠子當中的桿子，就可逃過與帶頭公獼猴的衝突。該控制桿會傳送訊息給公猴腦中的刺激接收器，使其安靜下來。在左圖中位於最右邊的帶頭公猴，正處於平靜的狀態；在右圖裡則表現出攻擊性。除了這項在1960年代所做的實驗之外，戴爾嘎多還進行了許多研究，以探討腦刺激對社交互動的影響。

控制心智》的內容，並指戴爾嘎多為「科技極權主義的頭號擁護者。」密西根大學安娜堡分校的神經生理學家菲冷斯坦於1973年出版的《控制腦》一書中，對於戴爾嘎多等人的腦電極植入研究，提出了詳細的科學批評，聲稱腦刺激的結果，不像支持者所說的那麼準確，治療效果也沒那麼好。（戴爾嘎多在自己的文章中，也曾指出許多與菲冷斯坦相同的論點。）

這時開始有素不相識的人，出面指責戴爾嘎多偷偷在他們腦中植入刺激



霍根是美國紐澤西州荷波肯市史蒂文斯理工學院的科學寫作中心主任。他於1986~1997年曾任職*Scientific American*，直到最近都是自由撰稿人。著有《科學之終結》、《尚未發現的心靈》以及《理性神秘主義》等書。

接收器。有位戴爾嘎多從沒見過的婦女，為此控告戴爾嘎多與耶魯大學，求償100萬美元。就在這場鬧劇進行之時，西班牙的衛生部長帕拉西提出邀請，要戴爾嘎多幫忙馬德里自主大學成立一所醫學院；戴爾嘎多答應了，於是在1974年帶著妻子和兩個小孩回到西班牙。他堅稱自己並非為了研究引起的爭議而逃離美國，只是西班牙衛生部長提出的條件太好了，讓他無法拒絕：「我問部長，『我有同耶魯一樣的設備嗎？』部長說，

『噢，不只那樣，還要更好。』」

回到西班牙後，戴爾嘎多將研究重點轉移到可影響腦部的非侵入式做法；他的想法是：在醫學應用上，那可能比植入電極更容易讓人接受。早在跨顱磁性刺激法等新技術出現前，戴爾嘎多就發明了類似光環的裝置及頭盔，可將電磁脈衝送至特定神經區域。他將這項裝置應用在動物和志願受試者身上（包括他自己和女兒琳達），發現能夠引起想睡、警醒以及其他狀態。他甚至成功改善了某些帕金森氏症患者的肢體震顫情形。

終究，戴爾嘎多還是未能完全避開爭議。1980年代中期，《萬象》雜誌的一篇文章，還有BBC及CNN製作的紀錄片，都引用戴爾嘎多的工作為間接證據，指稱美國及蘇聯可能秘密發展以遙控方式改變人心的方法。戴爾

嘎多指出，電磁脈衝的強度及準確性隨距離增加而遽減，他並駁斥這些改變心智的說法為「科學幻想」。

除了這些短暫的新聞外，戴爾嘎多的工作已不像先前那般受到注意。雖然他持續發表論文，特別是有關電磁輻射對認知、行為以及胚胎生長的影響，但大多只發表在西班牙的期刊上。再來，由於倫理上的爭議，腦刺激研究在美國停滯不前，計畫補助停止，研究人員也轉向其他研究領域，特別是精神病藥理學；與腦部刺激或手術相比，使用藥物來治療腦部疾病似乎是更安全有效的做法。直到近10年來，由於數學運算、電極製作、微電子學以及腦部造影等技術的進展，加上研究人員日益體認到，使用藥物治療精神疾病有所局限，腦中植入電極的研究才又復甦起來。

今日的腦部植入

50年前，戴爾嘎多和其他少數的勇敢科學家，率先探討腦中植入電極可能造成的影響時，或許並未預見有這麼一天，許多人將由於這條研究路線而受益。顯然，最成功的植入裝置（或稱為「神經補體」），非人工耳蝸莫屬。目前已經有超過七萬人接受了這種裝置，藉由置於體外的麥克風將訊號傳送給聽神經，患者至少恢復了最起碼的聽覺。超過三萬名受帕金森氏症以及其他運動障礙所苦的人（包括右圖中的17歲少女韋納），腦部也植入了刺激器。還有同樣多的癲癇患者，接受了能夠刺激頸部迷走神經的治療裝置。

其他形式的補體研究工作，進展較為緩慢。利用刺激腦部及迷走神經，來治療像是抑鬱、強迫症、恐慌發作以及慢性疼痛等疾病的臨床試驗，目前正在進行當中。人工視網膜，也就是模擬眼睛處理訊息並刺激視神經或視覺皮質的感光晶片，也已經在好幾位失明患者身上測試過，只不過患者通常最多只能「看到」一些光點而已。

最近有好幾個團隊表示，猴子能「單靠意念」（套用媒體報導慣用的說法）來控制電腦及機械手臂；其實那靠的不是心電感應，而是植入腦中的電極所擷取的神經訊號。這種做法對於癱瘓病人具有的潛在好處，再明顯不過；不過到目前為止，以人為對象所做的試驗只進行過幾次，效



由於患有肌張力不全症，韋納被困在輪椅上達七年之久（左圖）；這種疾病會造成無法控制的肌肉抽搐。她在13歲時，腦中植入了以電池供電的電極，還動手術修復扭曲的肌肉，並拉長肌腱，如今她已能不靠協助而自行走動（右圖）。

果也有限。可望幫助阿茲海默症及其他疾病患者恢復記憶的晶片，還要再過1~2年的時間，才能從老鼠實驗進展到人體試驗。

神經補體的潛在市場極大：據估計，全美有1000萬人受重鬱侵襲，450萬人遭阿茲海默症造成的失憶所苦，超過200萬人由於脊髓受傷、肌萎縮性偏側硬化症及中風而癱瘓，還有超過100萬人屬於法定目盲。

右圖攝於2005年8月，戴爾嘎多手上拿的是他所製作的兩個腦部植入電極。他曾經寫道，人類的使命應該從古老的格言「了解自己」，轉變為「建設自己」。

戴爾嘎多於1990年代初就停止了研究工作，但他仍密切注意腦刺激這個領域的發展。他認為當代研究員之所以沒有引用他的研究，並非因為他的研究具爭議性，而是出於無知；畢竟現代資料庫大多不包括1950及1960年代發表的論文，而那可是他的全盛時期。他對於腦刺激研究的東山再起感到異常興奮，因為他仍相信：腦刺激具有能解救人類免於精神疾病及天生攻擊性的潛力。他說：「我認為在不久的將來，我們將能夠幫助許多人，特別是利用非侵入式的做法。」

戴爾嘎多的後繼者也碰上一些當年他所面臨的問題，也就是神經科技可能遭到的濫用。某些自命權威者表達了他們的關切，好比《紐約時報》的專欄作家賽法爾寫道：某個「控制機構」可能利用腦晶片來「侵入我們兩耳之間的腦組織」。美國國防高等研究計畫署是腦植入研究的主要資助機構，該署官員曾公開表示，考慮把腦晶片植入軍人腦中，以強化他們的認知功能；對此，近期《自然》雜誌的一篇社論也表達了關切。此時，包括英國電腦科學家渥威克在內的某些科技狂熱份子則聲稱，腦晶片的潛在優點遠超過其風險；這些優點包括：可瞬間「下載」新語言及其他技能、以思想控制電腦及其他器械，以及利用心電感應與他人溝通等。

戴爾嘎多預測，神經科技的進展可能永遠都到不了許多人擔心或期望的境地。戴爾嘎多指出，渥威克及其他人想像中的應用，需要曉得複雜資訊在腦中的編碼方式，這個目標是神經科學家還遠遠構不著的。再者，戴



爾嘎多表示，想要學會量子力學或某種新語言，牽涉到「緩慢改變現有的神經連結，我不認為這是一蹴可幾的。」他補充道，腦刺激只能更改我們已經擁有的技術及能力。

不過，戴爾嘎多對於白宮生物倫理委員會及其他人的建議，卻感到不以為然；這些人主張我們根本不該動念追求某些科學目標，特別是牽涉到改變人類天性的議題。戴爾嘎多說，可確定的是，科技「就像雙面刃，有好壞兩面」，我們應該盡一切努力「避免有害的後果」，也要防止具破壞潛力的科技遭極權政府濫用，使他們取

得更大的權力，或是讓恐怖份子用來進行破壞。戴爾嘎多呼應他在《物理控制心智》一書中的主題，堅稱人類的天性並非靜止不變，而是屬於「動態」，不斷因為自我探索的衝動而改變。戴爾嘎多問道：「你能自絕於知識嗎？不可能！你能躲得過科技發展嗎？不可能！不管什麼倫理，也不論什麼個人信仰，不論如何，事情總是會向前而行的。」（本文譯自*Scientific American*

2005年10月號）

SA

潘震澤 目前任教於美國韋恩州立大學醫工所及奧克蘭大學生物系，專長為生理學。著有《生活無處不科學》、《科學讀書人》，近期譯有《夢的新解析》和《基因煉獄》等。

延伸閱讀

1. **Brain Control: A Critical Examination of Brain Stimulation and Psychosurgery.** Elliot S. Valenstein. John Wiley and Sons, 1973. (A contemporaneous scientific critique of the work of Delgado and other neuroscientists.)
2. **Controlling Robots with the Mind.** Miguel A. L. Nicolelis and John K. Chapin in *Scientific American*, Vol. 287, No. 4, pages 46–53; October 2002.
3. **Rebuilt: How Becoming Part Computer Made Me More Human.** Michael Chorost. Houghton Mifflin, 2005. (A personal story on the pros and cons of brain implants.)
4. 生物倫理委員會是直屬美國總統的諮詢委員會，該單位網址：www.bloethics.gov。
5. 關於現代腦刺激的研究概述，可參見以下網頁：www.bloethics.gov/transcripts/june04/session6.html
6. 關於稱頌腦刺激的一些想像應用，可參考網站：www.wireheading.com；以下網站則譴責腦刺激的研究，認為那是政府意圖進行思想控制的陰謀：www.mindjustice.org/