

腦科學&科技&社會

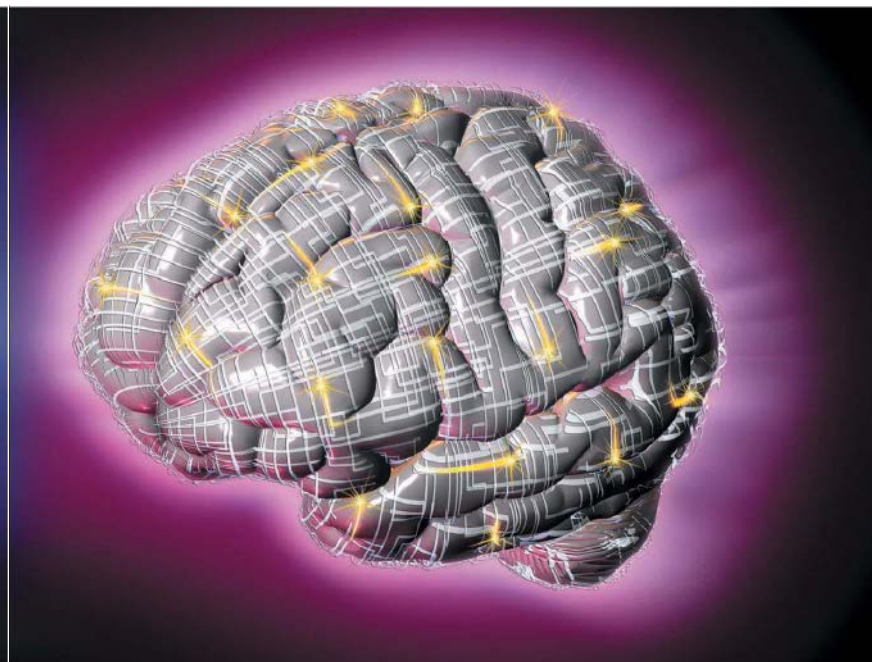
STS

Science-Technology-Society

腦&性別

腦&機器

腦&法律



神經科學

男腦女腦 真不同

撰文 卡希爾 (Larry Cahill)

翻譯 王道選

男人來自火星，女人來自金星？

腦子的性別差異

- 神經科學家發現，男性與女性的腦子在解剖、化學與功能上都有不同之處。
- 這些差異分佈在腦子的各處，包括涉及語言、記憶、情緒、視覺、聽覺、導航的區域。
- 科學家正在研究兩性腦子的差異，與兩性認知、行為的差異，想找出兩者的關聯。他們的發現，對於治療精神分裂症、抑鬱症、藥物癮、創傷後壓力失調等神經性疾疾病，也許能提供重要的睿見。因為不同性別的病人，致病機制也許不同，醫師應該針對性別設計治療方式。

男性之間的差異，大於女性

在數學測驗拿高分的族群中，男性人數遠超過女性，但是男性別高興得太早，拿低分的族群中，男性人數也遠多過女性

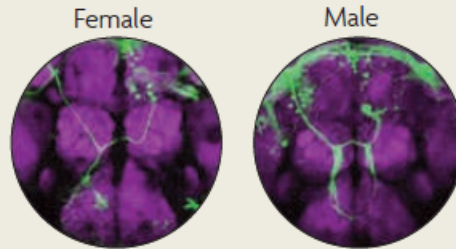
果蠅與線蟲的神經網絡性差異是由基因決定

REVIEWS

Sex-specific neuronal networks

Drosophila melanogaster

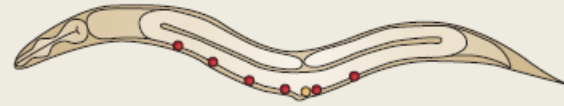
- Ratio of sex chromosomes to autosomes
- Female-only expression of *Sxl*
- Female-only expression of *tra*
- Sex-specific splicing of *fru*
- Sex-specific splicing of *dsx*



Caenorhabditis elegans

- No central (i.e. gonadal) regulator of sexual dimorphism
- *tra-1* acts in sexually dimorphic somatic cells
- *mab-3* involved in sex-specific behaviour

Hermaphrodite



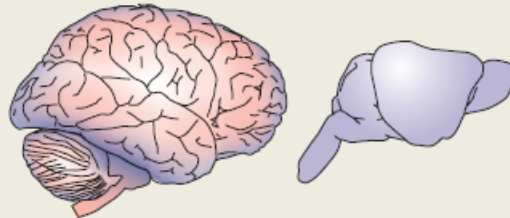
Male



Sex-specific neuronal networks?

Mammals e.g. mice and humans

- Genes that escape X inactivation
- Y chromosome genes
- Genes controlling sex hormone production
- Epigenetic regulation?
- DMRT genes?



Sex differences in molecular neuroscience: from fruit flies to humans

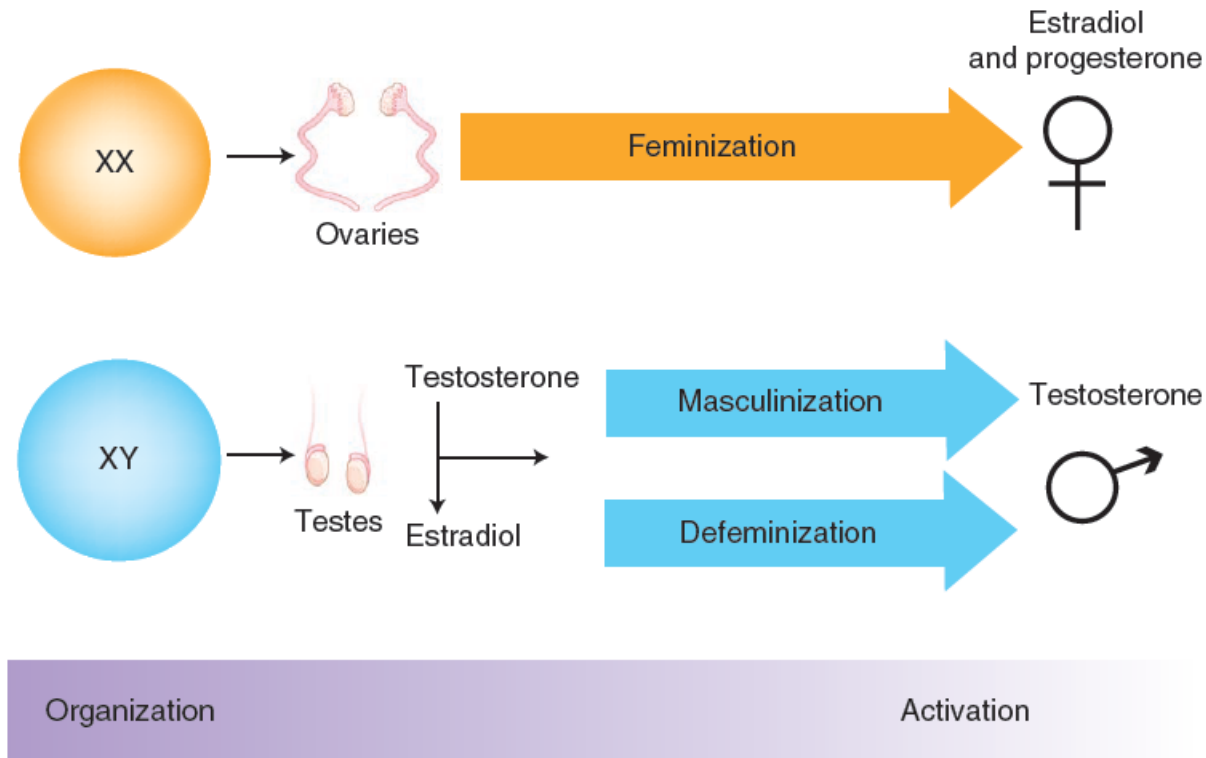
Elena Jazin* and Larry Cahill†

Abstract | A plethora of discoveries relating to sex influences on brain function is rapidly moving this field into the spotlight for most areas of neuroscience. The domain of molecular or genetic neuroscience is no exception. The goal of this article is to highlight key developments concerning sex-based dimorphisms in molecular neuroscience, describe control mechanisms regulating these differences, address the implications of these dimorphisms for normal and abnormal brain function and discuss what these advances mean for future work in the field. The overriding conclusion is that, as for neuroscience in general, molecular neuroscience has to take into account potential sex influences that might modify signalling pathways.

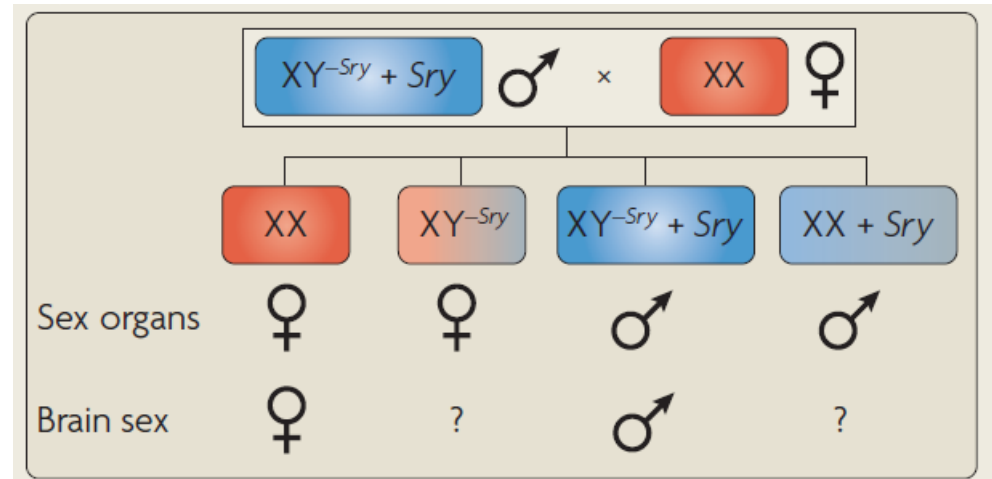
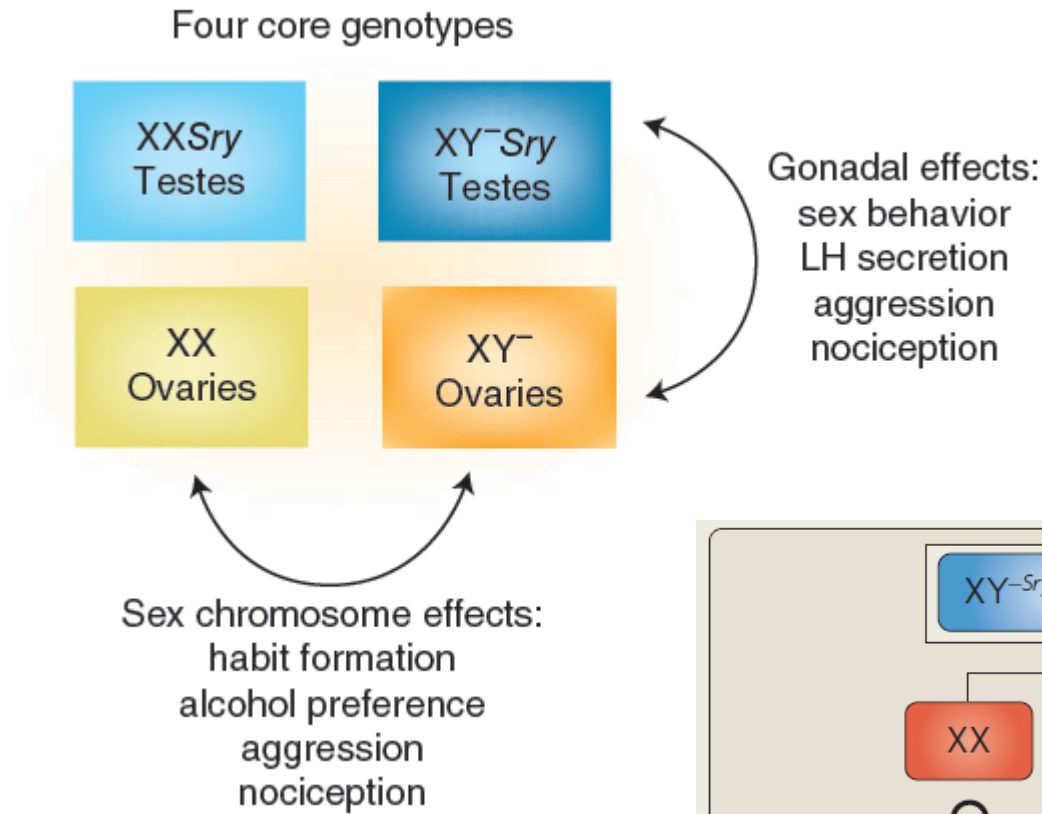
Reframing sexual differentiation of the brain

Margaret M McCarthy¹ & Arthur P Arnold²

傳統觀點：大腦的性差異由賀爾蒙決定

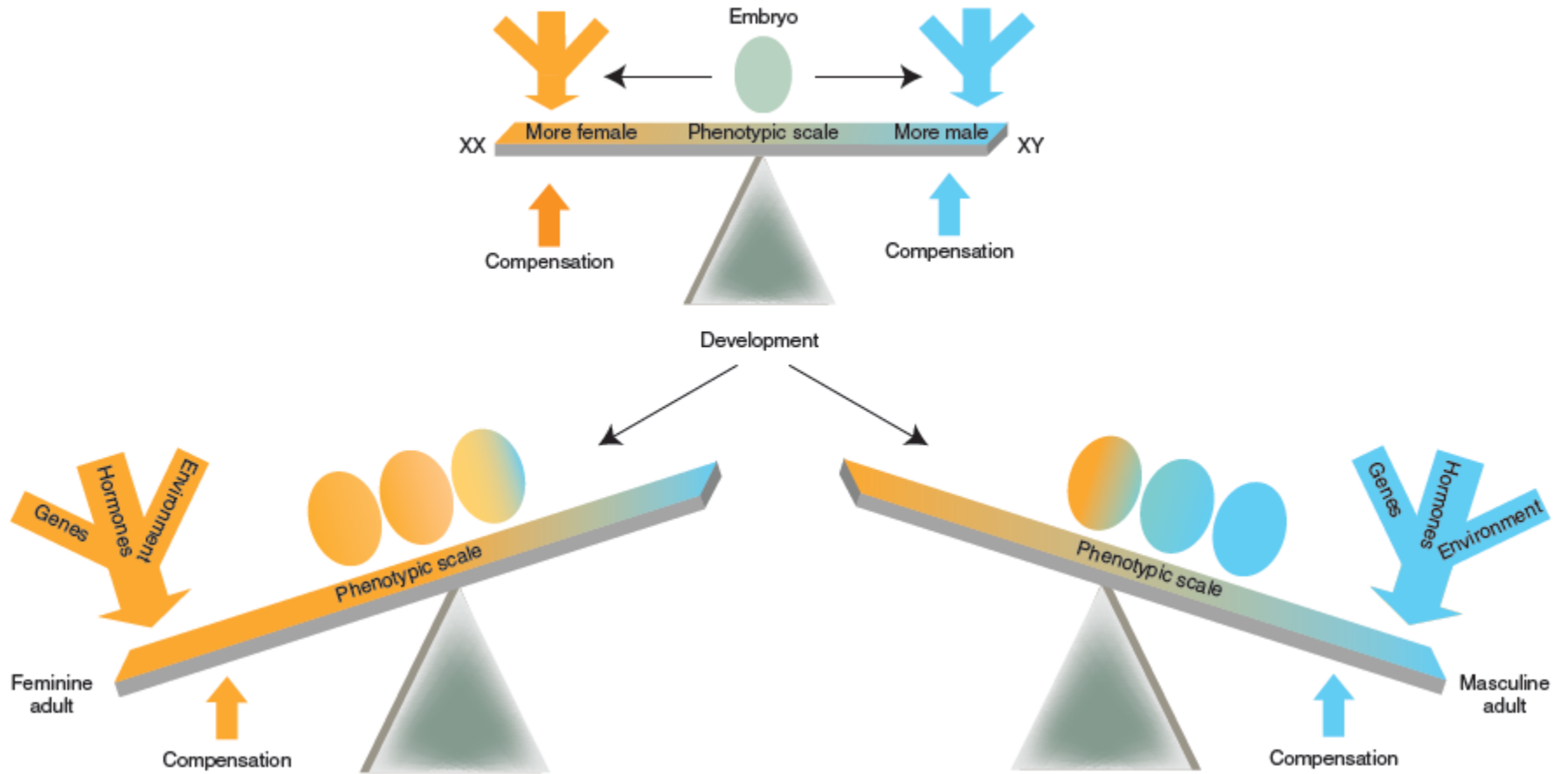


修正後的傳統觀點：大腦的性差異由賀爾蒙及基因決定



Jazin and Cahill, *NRN* 2010

現代觀點：大腦的性差異由賀爾蒙、基因、及環境決定



哈佛校長失言風波

今年1月14日，美國哈佛大學校長桑默斯在一個會議中觸犯了一個敏感的禁忌。他公開說，在科學這一行裡，優秀的女性比男性少，也許是兩性的腦子有生物學差異的緣故。麻省理工學院的女性生物學家霍普金斯（Nancy Hopkins）對桑默斯的言論十分感冒，當場退席。

科學研究怎麼說？解剖學差異與智能差異有關的證據，很難找到。就拿標準化的智力測驗成績來說好了，性差微不足道，有時女生高一些，有時男生高一些。雖然神經科學家發現腦子的結構與功能有許多性差，可是這些差異



桑默斯今年2月在前往校務會議的路上，與記者相遇。

對科學事業的影響，現在沒有人能下結論。何況，即使它們有影響，又如何與文化因素的影響比較？

不過，男人與女人的腦子以多少有點兒不同的方式，達到同樣的智力水平，倒有可能。舉例來說，最近有份研究報告指出，兩性的腦子可能以不同的方式，解決像是在智力測驗中遭遇的那些問題。這個研究是美國加州大學爾灣分校的海爾（Richard Haier）與同事及新墨西哥大學的研究夥伴一齊做的。他們結合了MRI與認

知測驗，想找出腦子裡不同部位的灰質、白質體積與智力測驗成績的關聯。灰質由腦子裡處理訊息的神經元的細胞本體構成；白質由神經元用來傳遞訊息的軸突組成。兩性的灰質、白質體積都與智力測驗的成績有關聯，但是各個大腦區域與智力測驗成績的關聯，男生女生就不一樣了。

這些發現還沒有經過其他實驗室的驗證。不過，即使證實了，科學家仍然還有個問題沒有解答：已發現的腦子性差與男生女生的推理模式有沒有關係？有什麼關係？

（Scientific American 編輯部）

Rapid Communication

The neuroanatomy of general intelligence: sex matters

Richard J. Haier,^{a,*} Rex E. Jung,^b Ronald A. Yeo,^c Kevin Head,^a and Michael T. Alkire^d

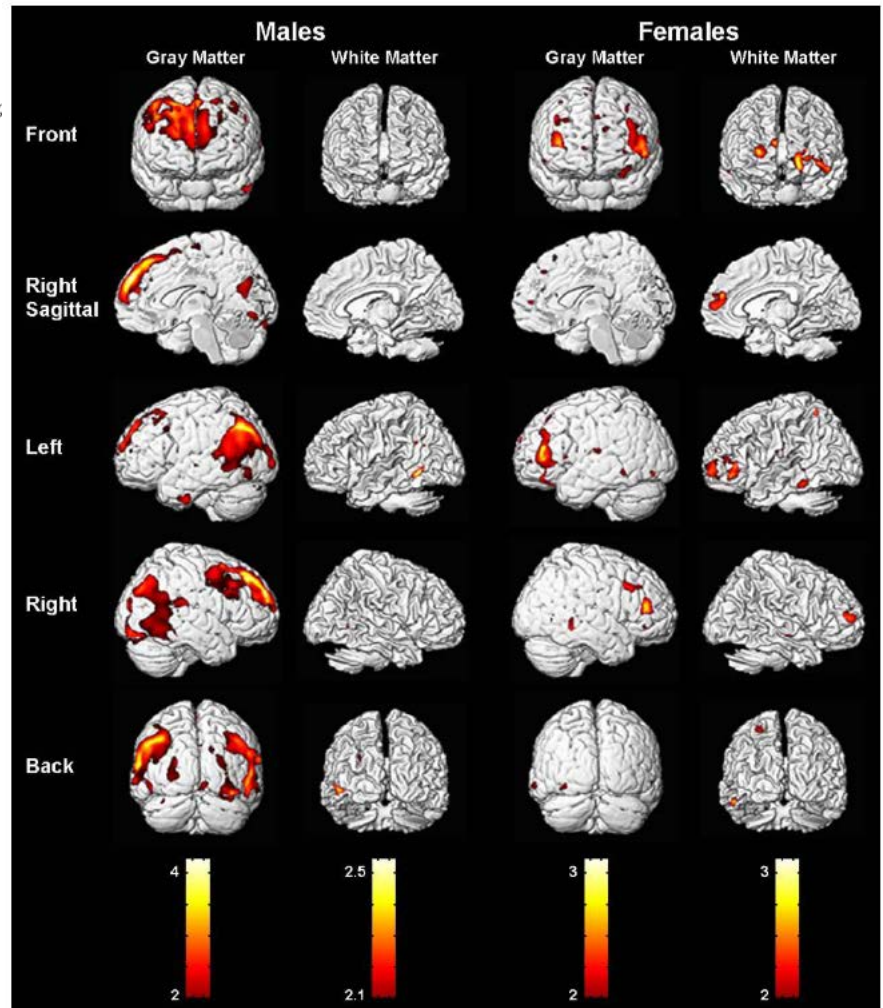
^aDepartment of Pediatrics, University of California, Med. Sci. I, B140, Irvine, CA 92697-5000, USA

^bDepartment of Neurology and MIND Institute, University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131, USA

^cDepartment of Psychology, University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131, USA

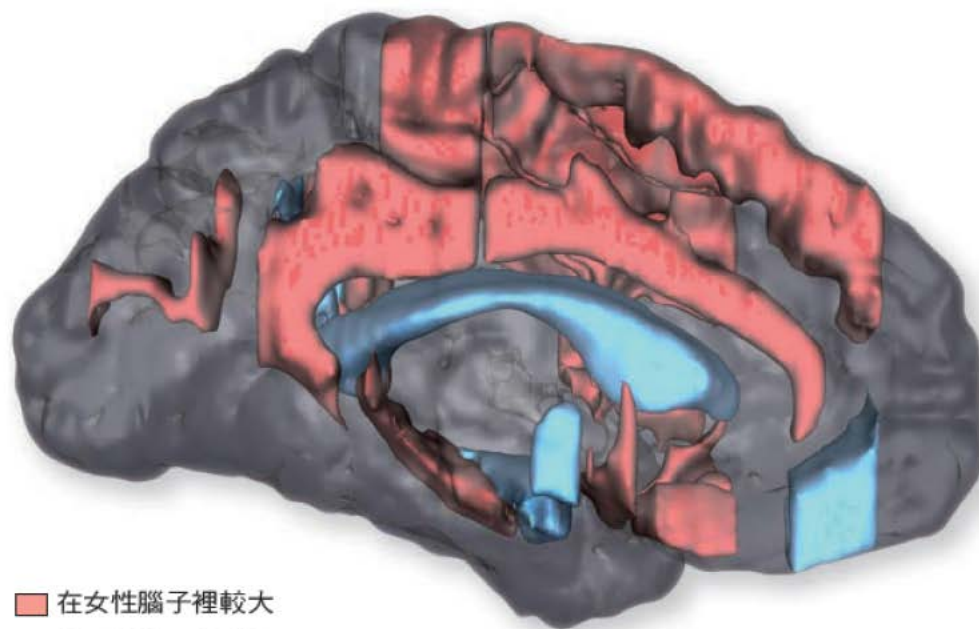
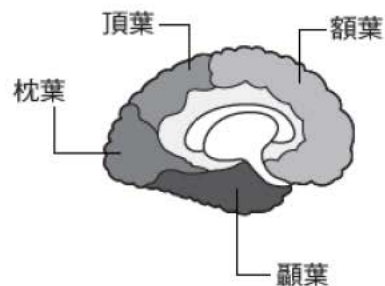
^dDepartment of Anesthesiology, University of California Irvine Medical Center, Bldg. 53, 104B, Orange, CA 92697, USA

We examined the relationship between structural brain variation and general intelligence using voxel-based morphometric analysis of MRI data in men and women with equivalent IQ scores. **Compared to men, women show more white matter and fewer gray matter areas related to intelligence.** In men IQ/gray matter correlations are strongest in frontal and parietal lobes (BA 8, 9, 39, 40), whereas the strongest correlations in women are in the frontal lobe (BA10) along with Broca's area. **Men and women apparently achieve similar IQ results with different brain regions,** suggesting that there is no singular underlying neuroanatomical structure to general intelligence and that different types of brain designs may manifest equivalent intellectual performance.



男女腦子大不同

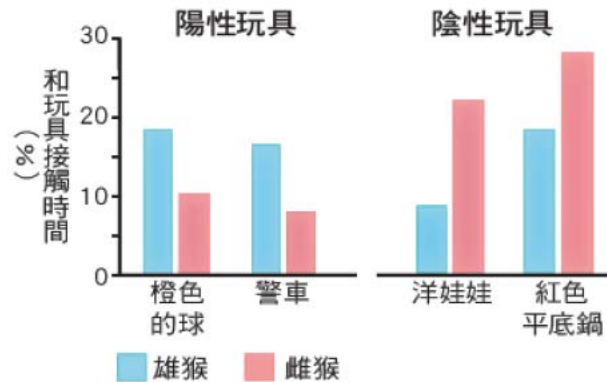
男性與女性的腦子，每個腦葉都有解剖差異。舉例來說，哈佛大學醫學院的哥德斯坦與同事測量了一些皮質區的體積，並算出每個區佔整個腦容量的比例。他們發現，在比例上有些區女人較大，有些區男人較大（下圖）。至於這些解剖差異是否會造成認知能力的差異，目前還不知道。



- 在女性腦子裡較大
- 在男性腦子裡較大

先天設定的線路？

美國德州農工大學亞歷山大與英國倫敦市大學海恩茲觀察的綠猴，對玩具表現出和人類兒童一樣的偏好。例如雄性（右圖上）接觸卡車的時間比較長，而雌性（右圖下）與洋娃娃處得比較久（下圖）。這種模式意味著，人類兒童的選擇傾向也許部份源自腦子裡的神經線路，而不完全是教養的產物。



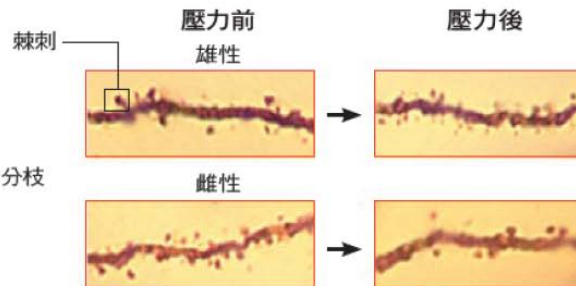
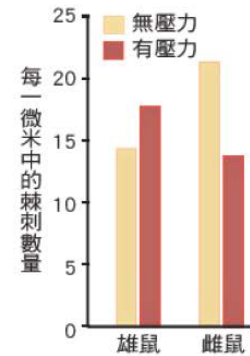
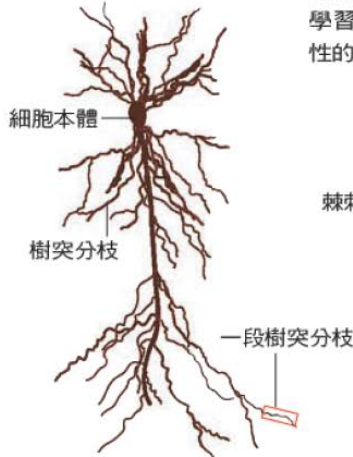
受到壓力的海馬

雄鼠腦子裡的海馬，對急性壓力與慢性壓力的反應，都與雌鼠不同。

急性壓力

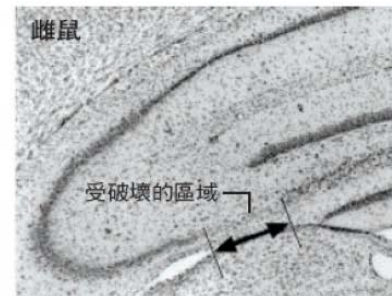
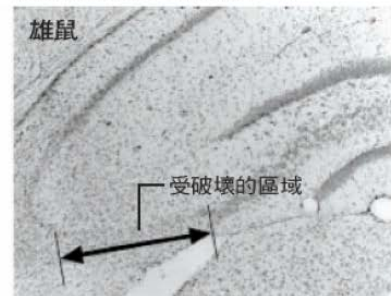
美國路特格大學雪爾斯的團隊發現，在雄鼠腦子裡，短期壓力使海馬神經元的樹突棘刺變得茂密，但是雌鼠海馬的樹突棘刺反而會減少（見顯微照片與右圖）。棘刺是樹突接收其他神經元的興奮訊號的構造。由於海馬與學習、記憶有關，這個發現讓人想到，短期壓力造成的解剖變化，也許會加強男性的學習能力，可是會削弱女性的學習能力。

海馬神經元



慢性壓力

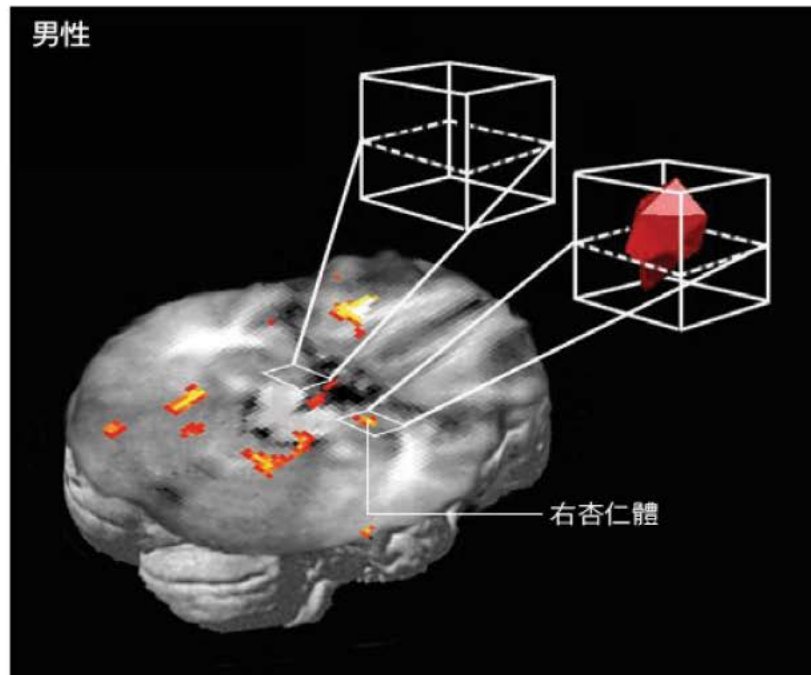
長期壓力就不同了，它也許使得雄鼠海馬更容易受傷害。美國亞利桑那州立大學的康拉德·傑可遜 (J. L. Jackson) 與懷斯 (L. S. Wise)，將一種神經毒素注入老鼠海馬中，發現受過慢性壓力之苦的雄鼠比起控制組的雄鼠，海馬遭受的破壞程度較大；雌鼠就不會。



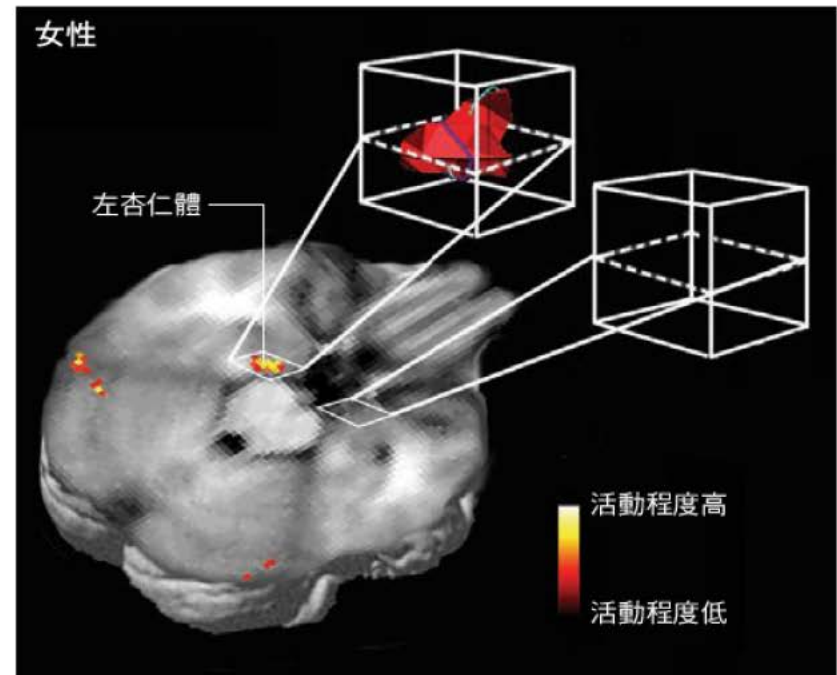
杏仁體與情緒記憶

杏仁體是記憶情緒事件不可或缺的大腦組件。本文作者與同事做過一個研究，就是讓志願者觀看牽動情緒的幻燈片，例如腐爛的動物屍體，同時觀察他們杏仁體的反應。結果兩性的杏仁體，各自有不同的反應。

明白說出自己**有強烈反應**的男性，右半球杏仁體的活動



最強烈（左圖），而且兩週後的回憶幾乎都正確。有強烈反應而且兩週後仍記得最清楚的女性，左半球杏仁體的活動最強烈（右圖）。我們後續的研究顯示，杏仁體要是受到壓抑，男性會難以憶起情緒故事的主旨，女性則會難以憶起故事的細節。



Sex-related impairment of memory for emotional events with β -adrenergic blockade

Larry Cahill^{a,*} and Anda van Stegeren^b

^a Department of Neurobiology and Behavior, Center for the Neurobiology of Learning and Memory, University of California, Irvine, CA 92697-3800, USA

^b Department of Clinical Psychology, University of Amsterdam and Cognitive Science Center, Amsterdam, The Netherlands

我們製作了一組幻燈片，敘述與媽媽同行的一個男孩遭遇的一場不幸意外。受試者在觀看這套幻燈片之前，必須服用「心得安」。一星期後，我們再測驗他們的記憶。結果顯示，「心得安」使男性不容易

記住故事比較整體的面相，也就是故事的梗概，例如故事說的是有個小男孩給車子輾過了。「心得安」對女性的影響正相反，它削弱了女性對次要細節的記憶，例如那個男孩拿著一個足球。

Table 1
Sample “Central” and “Peripheral” questions

Central

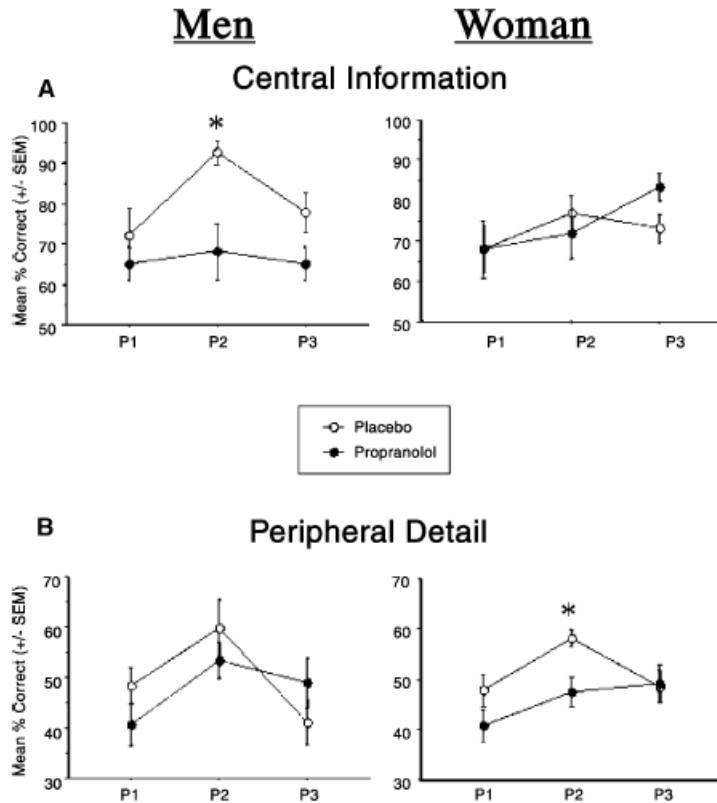
Who is pictured in Slide 1?

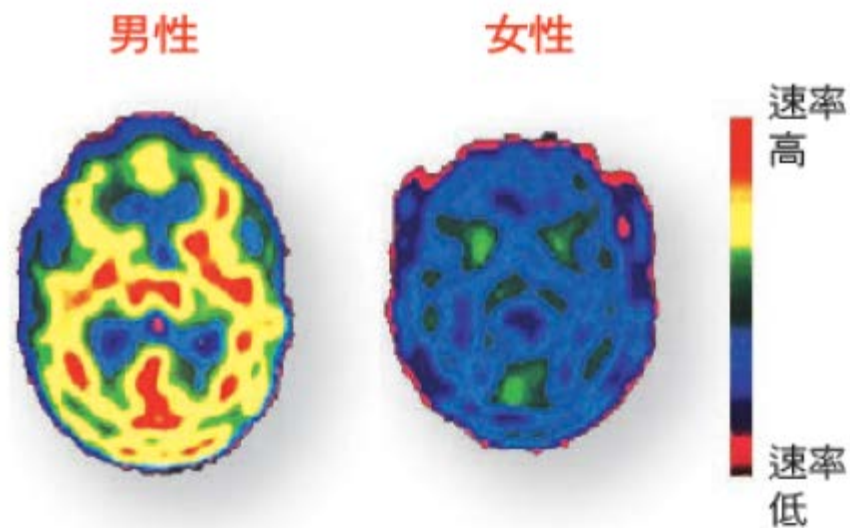
- (e) A mother and her son
- (f) A father and his son
- (g) A mother and father
- (h) No one is pictured

Peripheral

What is the boy carrying?

- (e) A soccer ball
- (f) His lunch
- (g) A backpack
- (h) A teddy bear





上圖是大腦的正子斷層掃描（PET）照片，由加拿大馬吉爾大學狄克西的團隊拍攝，顯示男性的腦子生產血清素的速率較女性高。血清素會影響心情，因此這個發現也許可以解釋女性比男性更容易得抑鬱症的事實。

Sex difference ≠ Gender difference

性差異 ≠ 性別差異

(即使腦的性差異確實存在)

大腦的可塑性

先入為主的想法，往往會影響大家對男生女生的表現評估

1. 交響樂團的應徵過程
2. 評估虛構副總裁的工作表現（能力、人緣）

COMMENTARY



M. GOLDWATER/ALAMY

Does gender matter?

The suggestion that women are not advancing in science because of innate inability is being taken seriously by some high-profile academics. **Ben A. Barres** explains what is wrong with the hypothesis.

2012/12/25



本期專題

性別與腦袋

性別平等教育季刊 NO.42

性別造成影響嗎？ 哈佛大學校長事件回應之一

◎Ben A. Barres (史丹佛大學神經生物學教授)

哈佛大學校長桑默思 (L. Summers) 在2005年的一次公開談話中觸及科學中的性別議題，提到男女天生固有 (intrinsic) 的差異可能是導致科學科技領域女性較少的原因。此話一出，立刻招致廣泛又激烈的回應與批評，後來更導致桑默思於2006年去職。本文作者拜瑞斯 (Ben A. Barres) 為美國史丹佛大學醫學院的神經生物學、發展生物學、神經學與神經科學教授。本文是他在《自然》雜誌發表的專文，對哈佛前校長桑默思以及他人有關女性天生科學能力較低劣的主張，提出嚴正反駁。

拜瑞斯原本生為女性（名芭芭拉），四十二歲時接受男性荷爾蒙治療，轉變為男性。他認為變性的過程，是一個人所能承受最艱難的經歷，這個經歷對他也深具解放與啟發作用，使他對很多事情都不再畏縮。他在本文的作者介紹中說，身為一個轉換性別之人，要談「男女兩性與生俱來的差異」這個話題的話，大概沒有人比他更清楚了。他語帶諷刺地說，他懷疑他的變性認同是肇因於胎兒時期，曝露在高劑量類似男性荷爾蒙藥物的使用；但要說兩性腦袋結構不同與專業學術領域中的成功有任何關連，那可是一點證據也沒有。拜瑞斯說，十年前在接受男性荷爾蒙施用的前後，他經歷了密集的認知能力測試。照理說來，他的空間能力應該在那之後增加才是。結果呢？是一點用也沒有，他到今天還是常常迷路（接著他又諷刺地開玩笑說，他開始有點不願意開口問路。意思是說，他開始像一般男性一樣不喜歡問路）。他說，只有一個讓他驚訝的「與生俱來」（intrinsic，引用自桑默思的用語）的差異，真的因為施用男性荷爾蒙而出現，那就是他開始施用後，真的不太能哭了。目前為止，他注意到最重要的「差異」，就是那些不知道他是由女生變成男生的人，對他比較尊重；「我甚至可以完整說完一句話，都不會有男性冒出來插嘴」。

The New York Times

A Conversation with Ben A. Barres

Dismissing 'Sexist Opinions' About Women's Place in Science

By CORNELIA DEAN

Published: July 18, 2006



NOW AND THEN

Ben A. Barres as
Barbara, age 34;
and as Ben at 42



Ben Barres recently

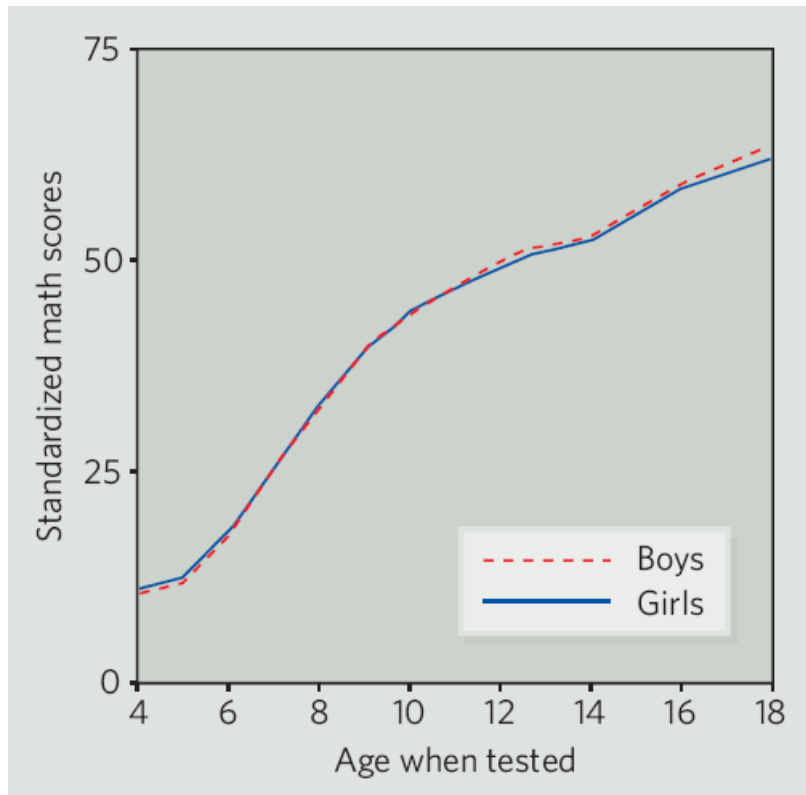
Q. When you were a woman did you experience bias?

A. 當我是麻省理工學院的大學部學生時，和一大群男生同上一班數學課。在所有學生中，我是唯一解答出了一題數學難題的人，但教授卻認定是我的男朋友幫我解出來的，所以不算成績

我在博士班時申請一項學術聲望很高的獎助金，雖然看過兩人申請資料的哈佛院長跟我保證我的申請實力強過對手（我已經發表了六篇有影響力的論文，而我的男性對手只發表過一篇），但最後我還是輸給他

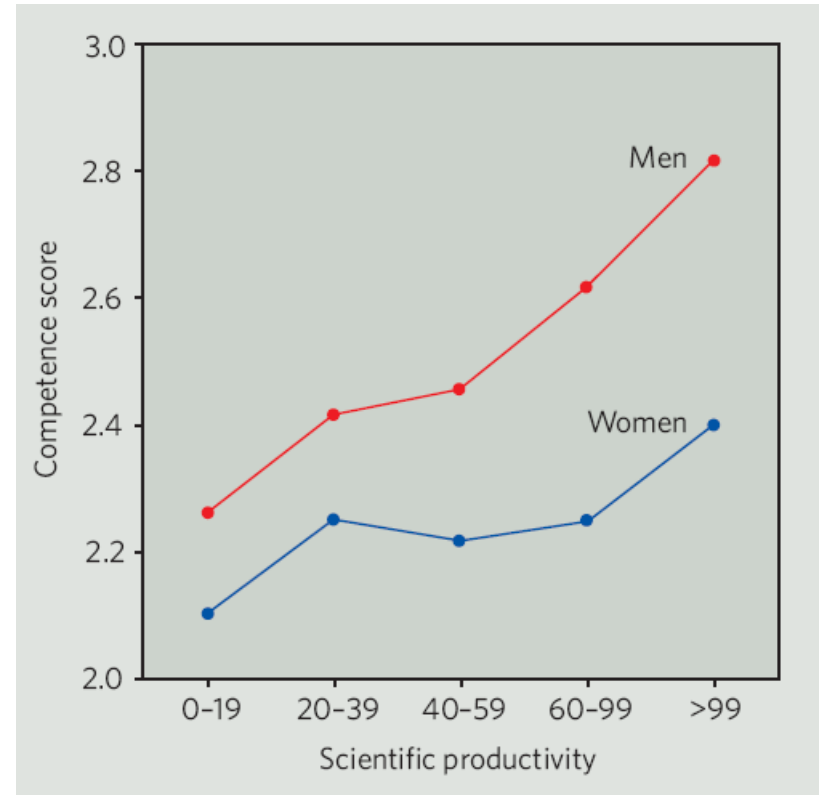
在我改變性別後，一名不明究裡的學院教師曾評論說，「班·拜瑞斯在今天的討論會表現得好極了。他做的研究比他妹妹做的好得多。」

數學能力並無性別差異



美國在學年齡從四歲到十八歲學生的數學測驗平均分數，看不出任何明顯的性別差異

性別偏見卻會造成表現不同



在瑞典，女性學者所獲能力指數評定較具有同級生產力的男性學者為低

“Simply raising expectations for women in science may be the single most important factor in helping them make it to the top.”
— Virginia Valian

增強信心

最後，我們應教導年輕科學家如何在歧視的世界求生存。自信是提升及喜愛研究生涯決定性的因素。女孩從年幼時就收到不宜在科學界發展的訊息，而訊息的來源包括父母、朋友、同學，甚至老師。當老師對學生的期待不高時，學生的表現會較差。不論是傳送或默然接受這些訊息，我們都有錯。不論年輕學生的性別，老師在每一個學習階段，都應鼓勵學生，因為鼓勵的言詞可能產生很大的影響。所有學生，不論男女，也應學習技巧地發表論文、在會議時發問以影響出席的效果、多認識其他教師學者以助於申請工作或研究計劃、學習領袖的技能以便於在學術界生存與晉升。

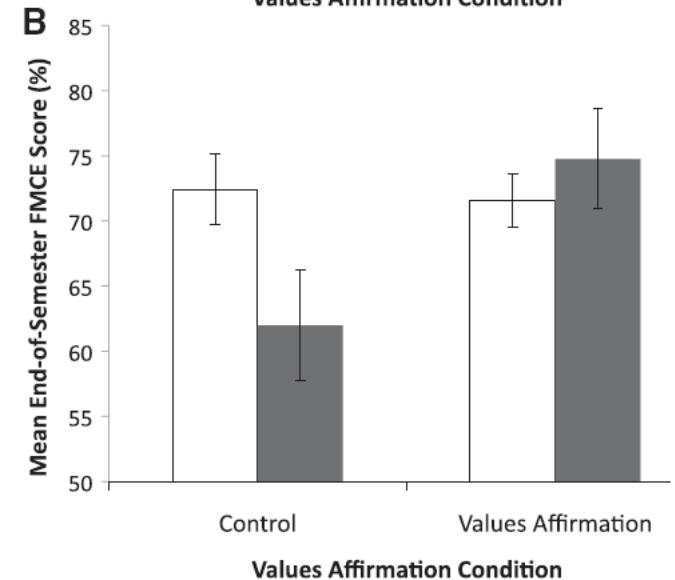
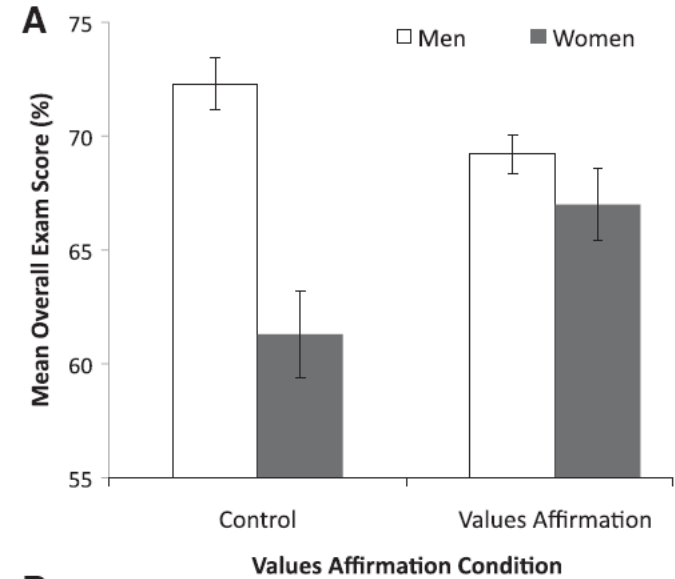
由於女性與少數族裔學生在這些地方比較沒自信，他們信任的良師更應特別鼓勵他們積極主動。年輕的男學生常有機會接受在走道上的隨機教誨，我不確定有多少女性或少數族裔學生有這樣的機會。身為資深的教師，我們當義不容辭地看顧有才華的年輕人，包括女性及少數族裔學生，並盡己之能幫助他們事業的發展。♥

Reducing the Gender Achievement Gap in College Science: A Classroom Study of Values Affirmation

Akira Miyake,^{1*} Lauren E. Kost-Smith,² Noah D. Finkelstein,² Steven J. Pollock,² Geoffrey L. Cohen,³ Tiffany A. Ito¹

In many science, technology, engineering, and mathematics disciplines, women are outperformed by men in test scores, jeopardizing their success in science-oriented courses and careers. The current study tested the effectiveness of a psychological intervention, called values affirmation, in reducing the gender achievement gap in a college-level introductory physics class. In this randomized double-blind study, 399 students either wrote about their most important values or not, twice at the beginning of the 15-week course. Values affirmation reduced the male-female performance and learning difference substantially and elevated women's modal grades from the C to B range. Benefits were strongest for women who tended to endorse the stereotype that men do better than women in physics. A brief psychological intervention may be a promising way to address the gender gap in science performance and learning.

請她們在考試前先肯定自己的價值及想一想其他成就傑出的女性，可以提升她們的成績





PSYCHOLOGY

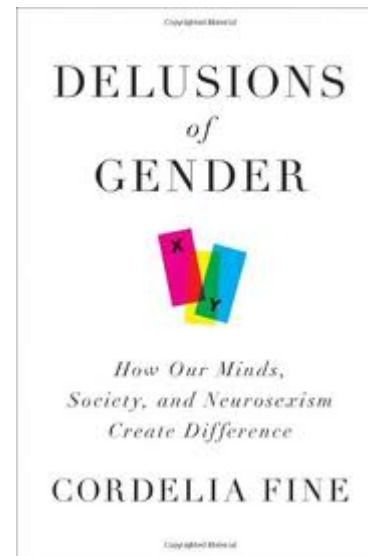
More alike than different

Two books debunk gender differences in the brain, discovers **Virginia Valian**.

NEUROSCIENCE

How Neuromythologies Support Sex Role Stereotypes

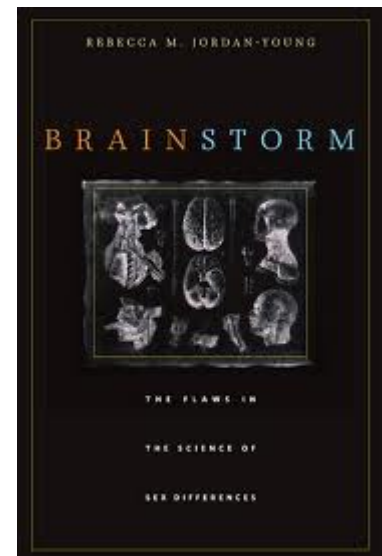
Diane F. Halpern



Delusions of Gender
How Our Minds, Society,
and Neurosexism Create
Difference

by *Cordelia Fine*

Norton, New York, 2010.
368 pp. \$25.95, C\$32.50.
ISBN 9780393068382.



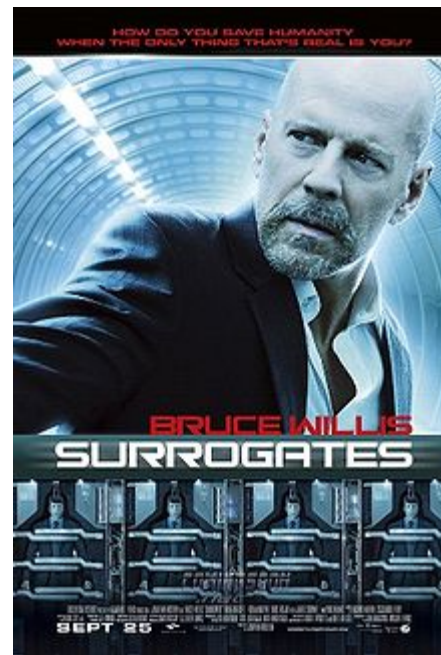
Brain Storm
The Flaws in the Science
of Sex Differences

by *Rebecca M. Jordan-Young*
Harvard University Press,
Cambridge, MA, 2010.
408 pp. \$35, £25.95, €31.50.
ISBN 9780674057302.

COMMENTARY

Man, machine and in between

Brain-implantable devices have a promising future. Key safety issues must be resolved, but the ethics of this new technology present few totally new challenges, says **Jens Clausen**.



Human brain-machine applications

Deep brain stimulation (DBS)

Electrical signals generated in a central computing unit (CCU) placed subcutaneously are sent to electrodes implanted deeply in the brain to stimulate specific structures, such as the subthalamic nucleus in patients with Parkinson's disease.

Research directions: DBS is being extended to earlier stages of Parkinson's disease and to some other neurological impairments, including epilepsy, minimally conscious states and psychiatric disorders.

Cochlear implants

Acoustic signals are recorded by an external microphone and sent to a CCU placed outside the skull (containing a speech processor and a

radio transmitter) to generate electrical impulses. These are sent wirelessly to a receiver inside the skull and stimulate the auditory nerve at the internal neural interface — an electrode implanted into the cochlea in the inner ear.

Research directions: for those whose auditory nerve is damaged, similar devices implanted into acoustically relevant areas of the brainstem or the midbrain are being tested clinically.

Retinal implants

Visual signals are recorded through light-sensitive diodes that stimulate the remaining cells of the retina. Alternatively, external signals recorded by camera are sent to an implant directly interfaced with the optic nerve. Some visual prostheses

bypass the retina and stimulate the visual cortex.

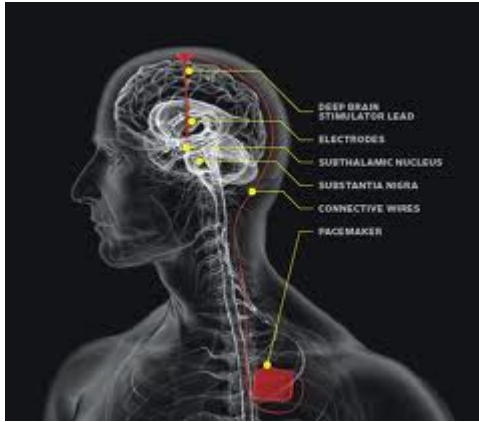
Research directions: external power sources may be needed to provide the electrical stimulation required by some of these implants. Technologies for providing this power are being investigated.

Brain-machine interface-based motor prostheses

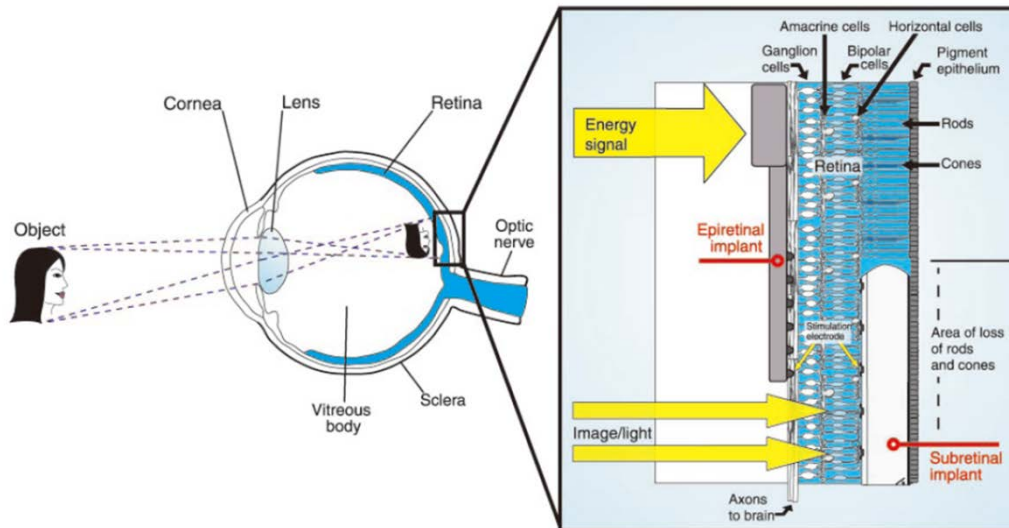
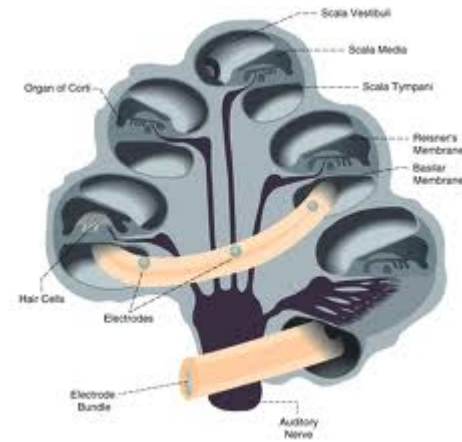
Motor signals are recorded through electrodes implanted in the brain and sent to a CCU, which computes and generates signals to direct an artificial limb.

Research directions: animal experiments are becoming widespread. In experiments in patients with epilepsy, epicortical grid electrodes are placed on the surface of the brain to examine and improve decoding algorithms.

Deep brain stimulation



Cochlear implants



Retinal implants

- Epiretinal prosthesis
- Subretinal prosthesis

戴爾嘎多是腦部刺激研究的先驅明星，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，該社會成員可能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」。

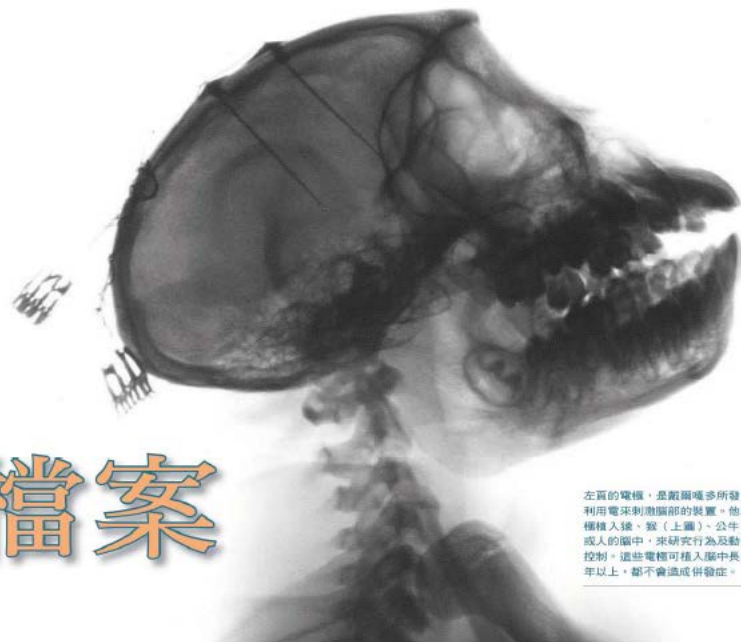
不管怎麼說，戴爾嘎多率先嘗試了最讓人不安的科技，就是能接收並發出訊息給神經元的腦晶片，這種電子裝置可用來操弄心智。一直以來，腦晶片總是科幻小說及影片裡的最佳道具，從《終極人》到《駭客任務》都是如此；如今科學家則嘗試用它來治療癱瘓、帕金森氏症、癱瘓、失明和其他疾病。就某方面而言，戴爾嘎多幾十年前的一些實驗，比今日的任何實驗都引人注意。他將裝有無線電的電極陣列（他稱之為「刺激接收器」）植入貓、猴子、猩猩、長臂猿、牛，甚至人的腦中，按下某個按鈕，就能控制受試者的心靈及軀體。

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退，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

腦晶片 X 檔案

撰文 霍根 (John Horgan)

翻譯 潘震澤



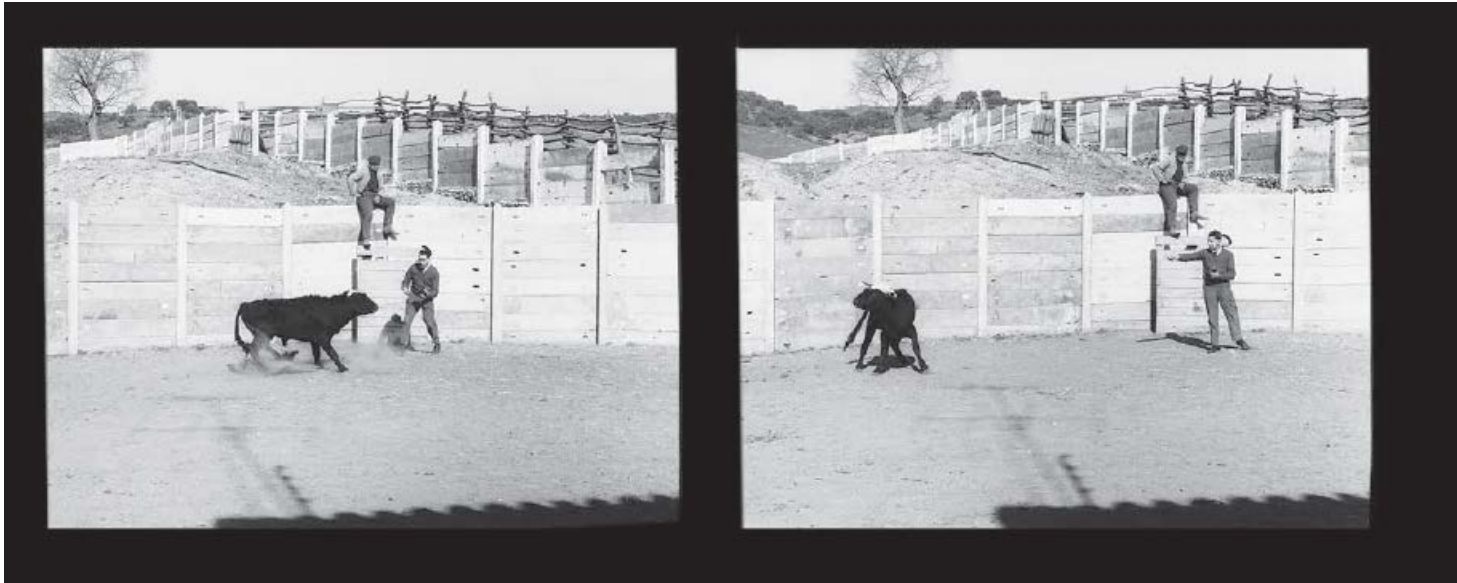
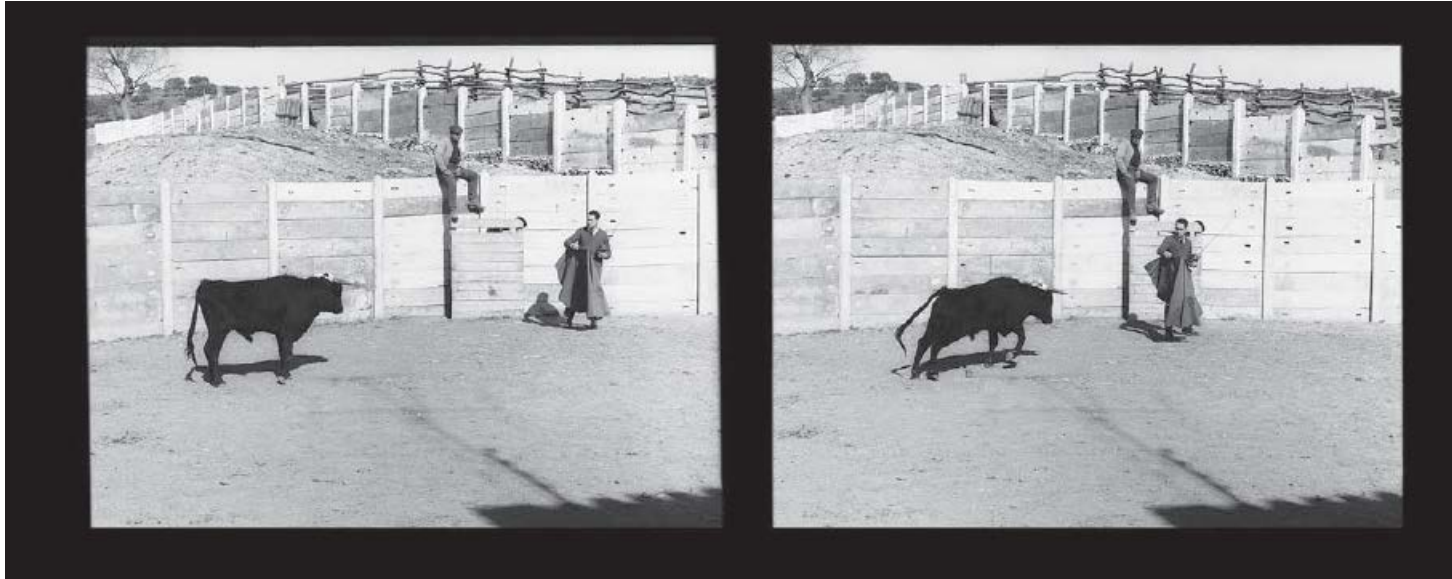
左頁的電極，是戴爾嘎多所發明，利用電來刺激腦部的裝置。他將電極植入猿、猴（上圖）、公牛、貓或人的腦中，來研究行為及動作的控制。這些電極可植入腦中長達兩年以上，都不會造成併發症。

腦部植入電極

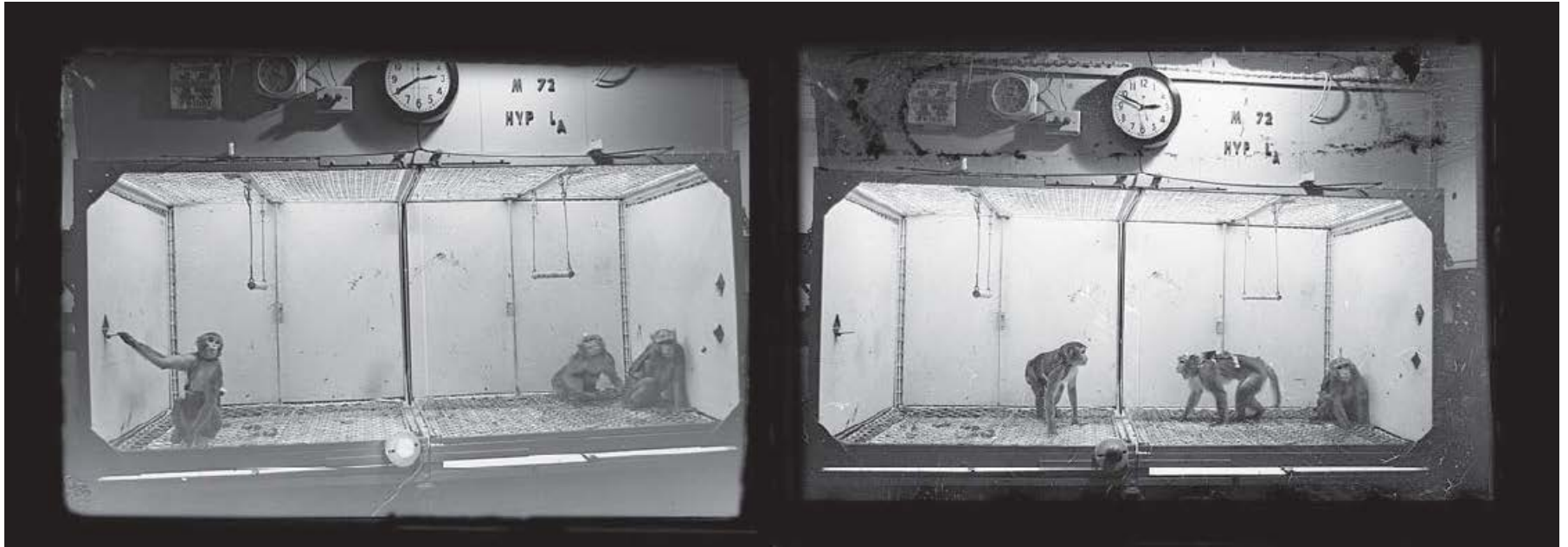
- 戴爾嘎多是腦中植入電極這項技術的先驅；他最出名的事蹟，大概是在面對一隻朝向他攻擊的鬥牛時，單單只是按下搖控器上的按鈕，將電訊送入鬥牛腦中，就讓鬥牛停了下來。
- 1970年代初期，戴爾嘎多從譽滿天下淪為飽受批評。1974年，他從美國移居西班牙，而逐漸從大眾的印象以及神經科學家的引用文獻中消聲匿跡。
- 不過，他的成就，卻為現代的腦部植入科技鋪了路；這項科技目前正捲土重來，改善了癲癇病人的生活品質，以及帕金森氏症和肌張力不全患者的運動失常現象。
- 最近，已90高齡的戴爾嘎多搬回美國定居；他對目前腦植入研究的前景與危機，仍充滿強烈的意見。



馴服鬥牛



電刺激對社會階級的影響



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。

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。



一隻名叫貝麗的夜猴坐在機械手臂上，她靠著想像自己的手臂在三維空間的移動，就能控制隔壁房間的這個機器。

【特別報導】

隨心而動

以意念操控

機器

撰文／尼可列利斯 (Miguel A. L. Nicolelis)

查品 (John K. Chapin)

翻譯／潘雲濤

腦部神經細胞的活動，可以轉換成電子訊號指揮機械手臂？
經由小夜猴貝麗的神奇實驗，我們彷彿看見夢想成真的曙光。

透過「腦機界面」，未來四肢癱瘓或中風的病人將可
心想事成，用「意念」來控制輪椅、義肢，
完成原本遙不可及的愿望。

小夜猴貝麗坐在隔壁家裡一張特殊的椅子上，地點是我們位於美國杜克大學的實驗室。貝麗的右手抓著操縱桿，同時看著顯示面板上一系列水平的線條。她曉得，當有燈光亮起，只要把操縱桿向左或向右移動以對應該亮光位置，就會有一滴果汁送進她的嘴裡。她喜歡玩這種遊戲，也相當在行。

貝麗頭上戴個罩子，固定在頭殼上，底下有四個塑膠接頭。從這些接頭伸出一捆微細的金屬絲，每根都比最細的縫衣線還細，插入貝麗大腦運動皮質的不同部位。運動皮質是腦中負責籌畫動作，並傳送指令給脊髓神經細胞執行計畫的組織。那100根金屬絲每一根都靠近單一個運動神經元；當神經產生放電，也就是出現「動作電位」(action potential)時，鄰近的微細金屬絲就會擷取其電流，順著一小簇金屬絲往上傳遞，穿過貝麗的頭蓋，抵達小隔間外桌上的一台電子儀器。該台儀器又與兩台電腦相接，一台就在隔壁房間，另一台則遠在半個美國外的地方。

位於走廊對側一間擁擠的房間裡，我們研究小組的成員都有些急躁不安；經過幾個月來的辛苦工作，我們正準備開始測試我們的想法：是否可將活生生個體腦裡的原始電流活性，即以簡單純的念头，轉換成可以指揮機器人的訊號？在2000年春天的那個午後，有個組裝完成、擁有多重關節的機械手臂擺在我們房裡，貝麗根本不曉得有這個東西存在，也看不到，但她即將進行首度的控制實驗。等貝麗的大腦一覺察到面板上有光亮起，桌上的電子儀器就執行了兩種同時的數學模型計算，快速分析由貝麗的腦細胞所產生的微小動作電位；位於我們實驗室的電腦，則會把該放電模式轉換成控制機械手臂的指令。位於北邊960公里外的美

貝麗的 960 公里長傳

a

植入的
微金屬絲陣列



頭罩

貝麗位於北
卡州都蘭姆
市的實驗室

位於走廊對面房間裡的
電腦 (左) 及機械手臂 (右)

腕關節

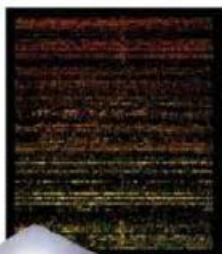
兩個機械手臂
產生同步反應

肘關節

位於麻州劍橋的
實驗室

b

光柵圖



經由電線傳輸的訊息

經由網路傳輸
傳輸的訊息

位於貝麗隔壁
房間的伺服器

乙太網路

哈維箱

c

Y

X

Z

預測手臂移動的情形

◆ 2002 年 12 月號

未來的願景

有朝一日，腦機界面將可幫助因脊髓受傷導致上下肢癱瘓的病人。將微金屬絲組成的微小陣列植入腦中好幾個運動皮質區域，並與頭骨上的神經晶片連結。病人以想像的方式，使其癱瘓的手臂以某種方式移動，好比說伸手去拿桌上的食物，該晶片能把這種意念轉換成一連串無線電頻率的訊號，以無線傳輸方式送給掛在輪椅後頭以電池操作的背包式小型電腦。

該電腦會將訊號轉換成動作的指令，並以無線方式傳送到植在病人手臂上的另一個晶片。這第二個晶片會刺激控制手臂肌肉的神經，讓手臂產生適宜的動作。除此之外，背包裡的電腦也能隨病人的意願，直接控制輪椅的馬達及方向控制器，讓輪椅朝她想要去的地方而行。電腦也可以傳送訊號給機械手臂（如果病人失去她原來的的手臂），或是接在輪椅上的機械手臂。杜克大學的沃爾夫製造了一個如下圖所示的神經晶片及背包的原型。



終極義肢

透過腦機界面，癱瘓病患已經可以利用腦波控制電子義肢，完成簡單的動作。

相信不久之後，「阿凡達」式的分身、腦網、下載記憶，都將逐一現實。

撰文／尼可列利斯 (Miguel A. L. Nicolelis)

翻譯／涂可欣



重點提要

- 科學家已經可以利用大腦信號，直接控制電腦和其他機器。
- 在未來，一種稱為「機械外骨骼」的全身式義肢，將可以直接與大腦連線。
- 腦波控制義肢和電腦的技術，預告了機器時代的來臨：人類將能發送心智電報，以傳遞思想。

重點提要

- 科學家已經可以利用大腦信號，直接控制電腦和其他機器。
- 在未來，一種稱為「機械外骨骼」的全身式義肢，將可以直接與大腦連線。
- 腦波控制義肢和電腦的技術，預告了機器時代的來臨：人類將能發送心智電報，以傳遞思想。

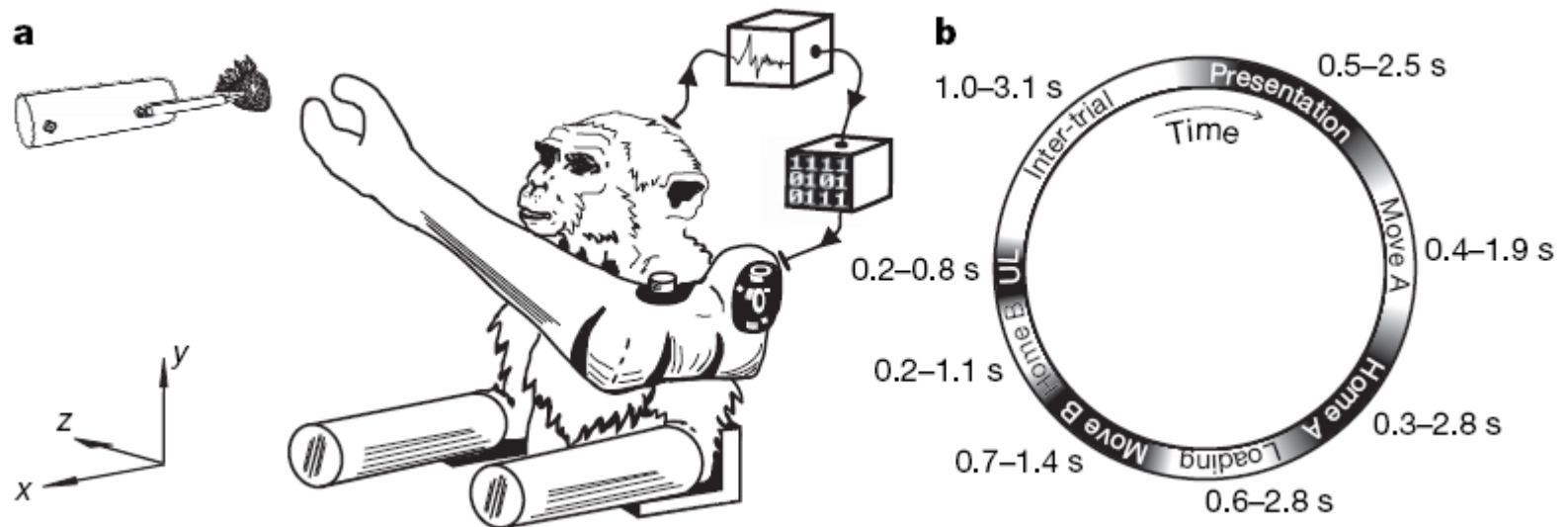


機械外骨骼：或許有一天，殘障人士能利用腦波來控制義肢、自行行走。

LETTERS

Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding

Meel Velliste¹, Sagi Perel^{2,3}, M. Chance Spalding^{2,3}, Andrew S. Whitford^{2,3} & Andrew B. Schwartz¹⁻⁶



[Movie](#)

Active tactile exploration using a brain-machine-brain interface

Joseph E. O'Doherty^{1,2}, Mikhail A. Lebedev^{2,3}, Peter J. Ifft^{1,2}, Katie Z. Zhuang^{1,2}, Solaimar & Miguel A. L. Nicolelis^{1,2,3,5,6}

Brain-machine interfaces^{1,2} use neuronal activity recorded from the brain to establish direct communication with external actuators, such as prosthetic arms. It is hoped that brain-machine interfaces can be used to restore the normal sensorimotor functions of the limbs, but so far they have lacked tactile sensation. Here we report the operation of a brain-machine-brain interface (BMBI) that both controls the exploratory reaching movements of an actuator and allows signalling of artificial tactile feedback through intracortical microstimulation (ICMS) of the primary somatosensory cortex. Monkeys performed an active exploration task in which an actuator (a computer cursor or a virtual-reality arm) was moved using a BMBI that derived motor commands from neuronal ensemble activity recorded in the primary motor cortex. ICMS feedback occurred whenever the actuator touched virtual objects. Temporal patterns of ICMS encoded the artificial tactile properties of each object. Neuronal recordings and ICMS epochs were temporally multiplexed to avoid interference. Two monkeys operated this BMBI to search for and distinguish one of three visually identical objects, using the virtual-reality arm to identify the unique artificial texture associated with each. These results suggest that clinical motor neuroprostheses might benefit from the addition of ICMS feedback to generate artificial somatic perceptions associated with mechanical, robotic or even virtual prostheses.

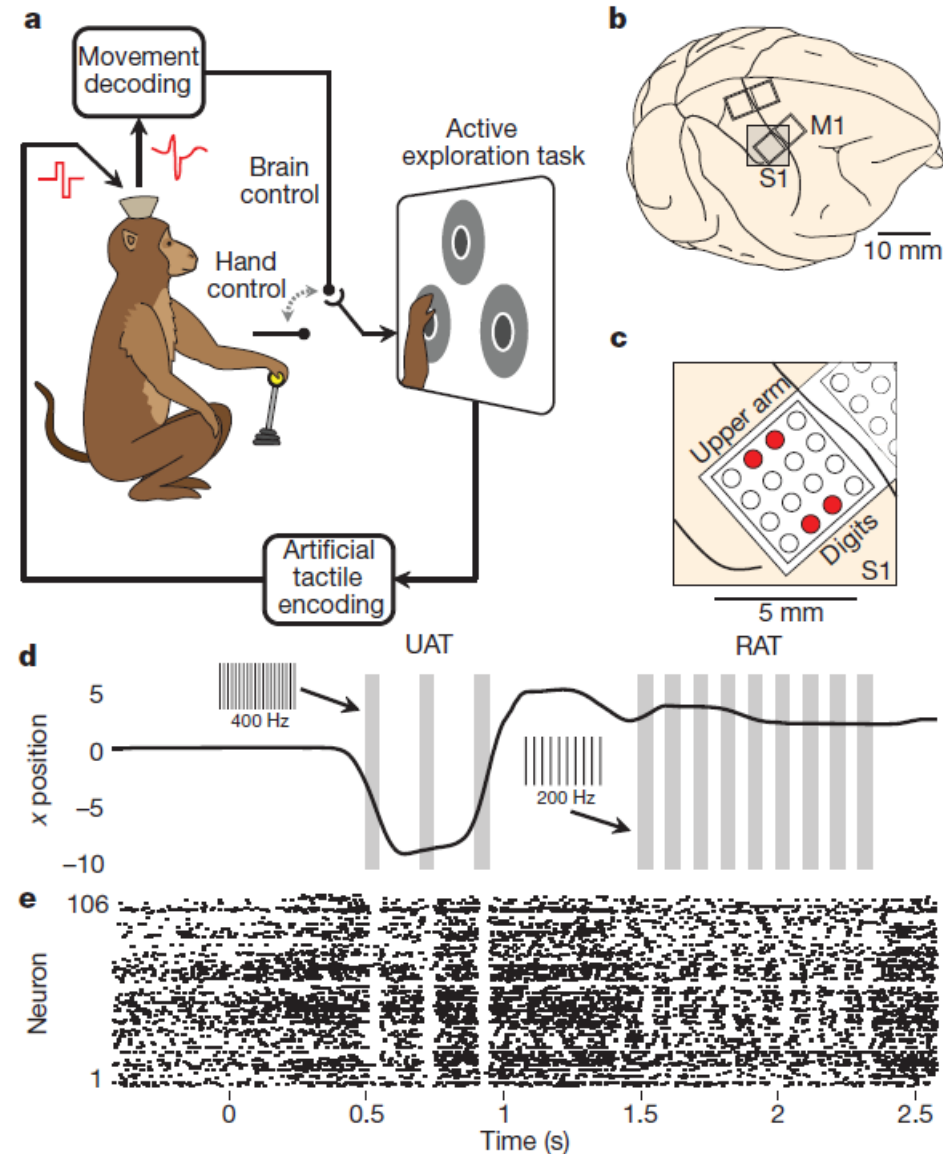


Figure 1 | The brain-machine-brain interface. **a**, Movement intentions are decoded from M1; artificial tactile feedback is delivered to S1. **b**, Microwires were implanted in M1 and S1. **c**, Microwires used for ICMS in monkey M are accented in red. **d**, Actuator movements for a trial in which monkey M explores UAT but ultimately selects RAT. Grey bars indicate stimulation patterns; insets indicate the ICMS frequency. **e**, Rastergram of M1 neurons recorded during the trial shown in **d**.

ARTICLES

Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia

Leigh R. Hochberg^{1,2,4}, Mijail D. Serruya^{2,3}, Gerhard M. Friehs^{5,6}, Jon A. Mukand^{7,8}, Maryam Saleh⁹†, Abraham H. Caplan⁹, Almut Branner¹⁰, David Chen¹¹, Richard D. Penn¹² & John P. Donoghue^{2,9}



Mind control: Matt Nagle's neuroprosthetic lets him move a cursor using thought alone.



Milestone, 2012

神經工程學

腦機界面 以意馭動

癱瘓病人靠意念控制肢體
將不再是好萊塢科幻電影的情節。

撰文／尼可列利斯 (Miguel A. L. Nicolelis)
翻譯／涂可欣

- 2014年於巴西舉辦的世界杯足球賽，為大腦控外骨骼裝提供了一個試驗場，如果順利的話，將由一名殘障青少年開球。

2012/12/25



逐步走向腦控義肢

人類使用義肢已有數千年歷史，這是對戰爭、天生缺陷和其他類型創傷合理的因應辦法。科技進步至今，我們終於可直接透過腦部發出的電訊號來控制人工肢體。

公元前1500-1000年 第一個歷史文獻記錄

當時成書的印度教聖書提到，維席帕拉（Vishpala）在戰役中受傷截肢，她裝上鐵義肢後又回到部隊。



公元前400年 古器物

1858年在義大利南部出土了一具目前所知最古老的義肢，約在公元前300多年以銅和木材製成，用來取代小腿。

14世紀 槍枝與截肢

當火藥引進歐洲戰場前線時，因傷截肢的士兵大幅增加。16世紀擔任法國數代國王皇家外科醫生的帕瑞（Ambroise Paré），發展了連接上、下肢體到病患身上的技術，並重新引進以縫合線紮住血管的方法。



1861-1865年 南北戰爭

美國南北戰爭導致許多人截肢，陸軍准將麥克嘉羅提（Stephen Joseph McGroarty）也失去了一條手臂。政府資金的關注和較長手術時使用麻醉劑，促進了義肢技術的改良。



1963年 原始的腦機界面

美國耶魯大學的戴爾嘎多（Jose Manuel Rodriguez Delgado）在公牛大腦深處的尾狀核植入無線遙控電極，若按下遙控器的按鈕，可讓衝向他的鬥牛倏然止步。他發明的裝置是現代腦機界面的前身。

1969年 創新實驗

美國華盛頓大學的費茲（Eberhard Fetz）訓練猴子啟動大腦電訊號來控制單一特定神經元的活化，並用金屬電極忠實記錄其活性。

1980年代 聆聽腦波

美國約翰霍普金斯大學的喬哥波洛斯（Apostolos Georgopoulos）發現了恆河猴以特定方向旋轉手臂時，運動神經元的電活性模式。



1990年代初 連通大腦

尼可列利斯和現在任教於美國紐約州立大學的查品（John Chapin）研發的技術，使植入的電極可同時記錄幾十個散開神經元的活性，為後來的腦機界面研究鋪路。

1997年 動作流暢

有微處理器控制的C-Leg下腿義肢問世，目前的版本可讓穿戴義肢的人根據活動（例如騎腳踏車）調整設定。

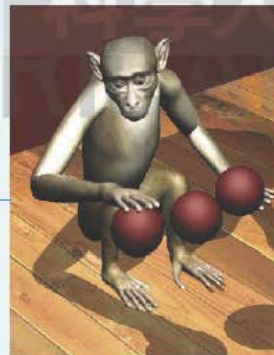


1999-2000年 良好反饋

查品和尼可列利斯的實驗室發表了第一個由大鼠大腦控制的腦機界面，動物可經由視覺反饋訊號感覺運動。隔年尼可列利斯發表了第一個僅利用猴子大腦活動操控機械手臂運動的研究。

2008-2011年 刀鋒跑者

雖然在2008年夏季奧運資格賽中失敗，皮斯托里斯（Oscar Pistorius）卻橫掃2008年殘障奧運，並在2011年韓國大邱舉行的國際田徑聯合會世界錦標賽中晉級400公尺準決賽。



2011年 猴子想，分身做

美國杜克大學神經工程學中心的尼可列利斯團隊證明，猴子能用意念控制電腦裡分身的動作。

2012年 從腦到機器臂

美國布朗大學的多諾格（John Donoghue）和同年在受試者腦中植入他們研發的腦門神經界面系統（BrainGate Neural Interface System）後，受試者就可以操控機器手臂拿起飲料。



2014年 機械裝開球

尼可列利斯實驗室計畫設計一套機械裝置，讓一名殘障青少年能在巴西主辦的世界杯足球賽上開球。

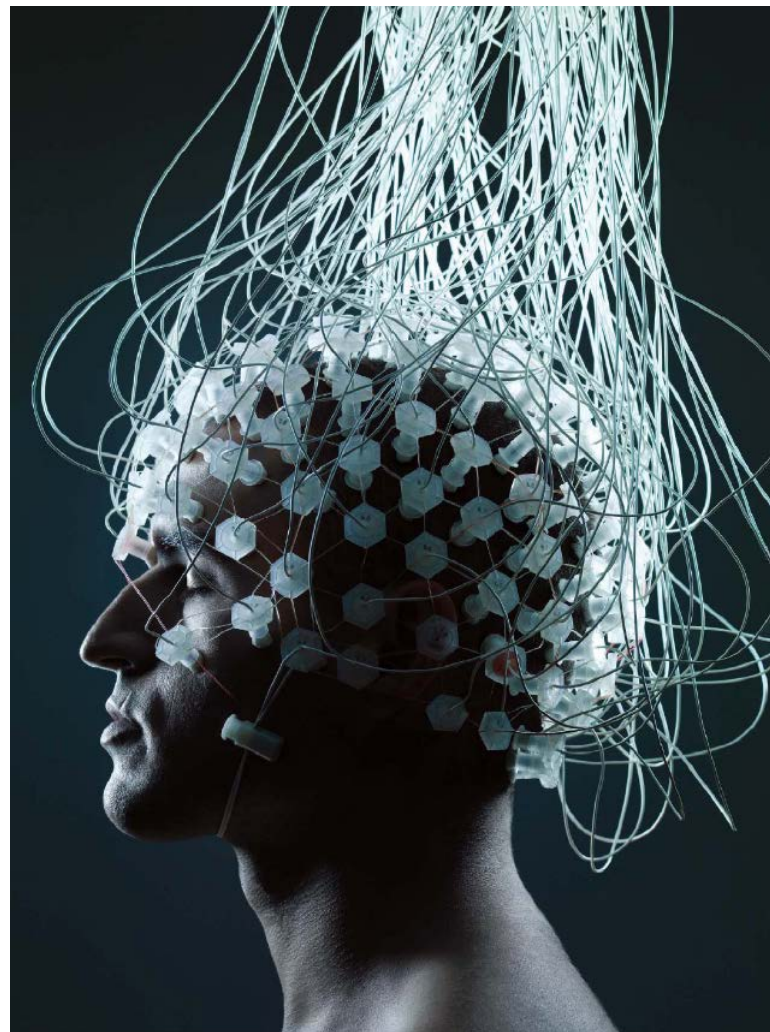
駭人大腦

腦機界面科技可以發展到什麼程度？

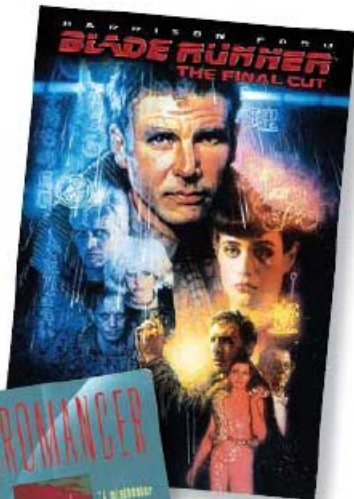
有一天我們能將人腦當做大容量的硬碟，直接輸入部落格最新內容或棒球比賽的精彩片段嗎？

撰文／斯蒂克斯 (Gary Stix)

翻譯／涂可欣



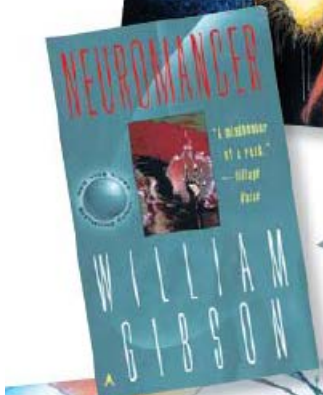
▼未來學家與科幻小說家常提及的
神經移植，已逐漸落實在實驗室
中，但將文字輸入大腦這類更遙不
可及的科技，仍然只是文學作品的
杜撰情節。



▲「銀翼殺手」
電影海報

◀《神經異魔》

▼日本動畫
「攻殼機動隊」



▲四肢癱瘓而坐在輪椅上的病患，
戴上可接收腦波的特製電極帽，就
可穿越電腦中的虛擬街道。

神經科技的進展與前景

將文字載入神經元的方法

如何將《戰爭與和平》或其他高層次資訊直接輸入大腦中，我們可以從最先進的神經科學研究找尋一絲線索。科學家正在探究直接將電腦及人工器官與大腦連接的方法，並解

開大腦的神經編碼：輸入的電訊號如何轉變為輸出的行為表現，像是移動手臂或說話。我們能不能克服困難開發出人工的大腦輸入裝置，仍充滿未知數。

神經編碼類型



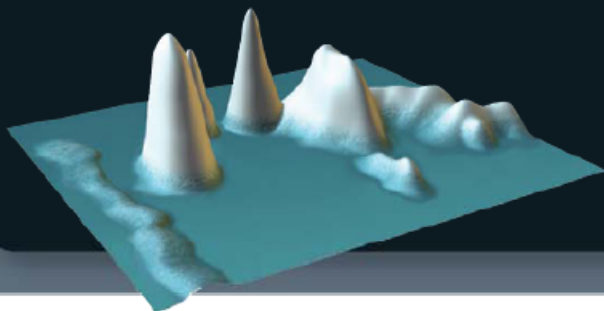
頻率碼 (rate code)

科學家最早認為的神經編碼，為細胞膜上產生最大電位變化的頻率，亦即在特定時間內（例如100毫秒）一個神經元受到刺激所釋放的電位高峰數的平均值。



時間碼 (temporal code)

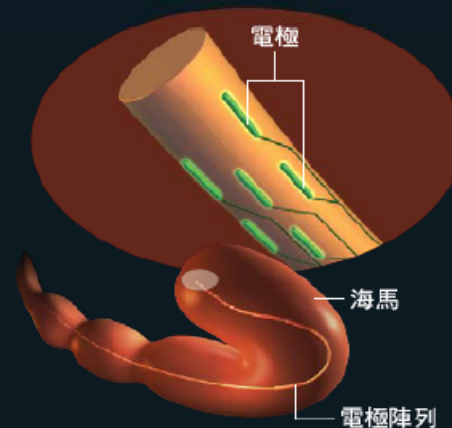
近期的神經科學家將重心放在時間碼，測量在100毫秒內每次電位變化的間隔時間，時間碼比單純的頻率碼隱含了更多的資訊。



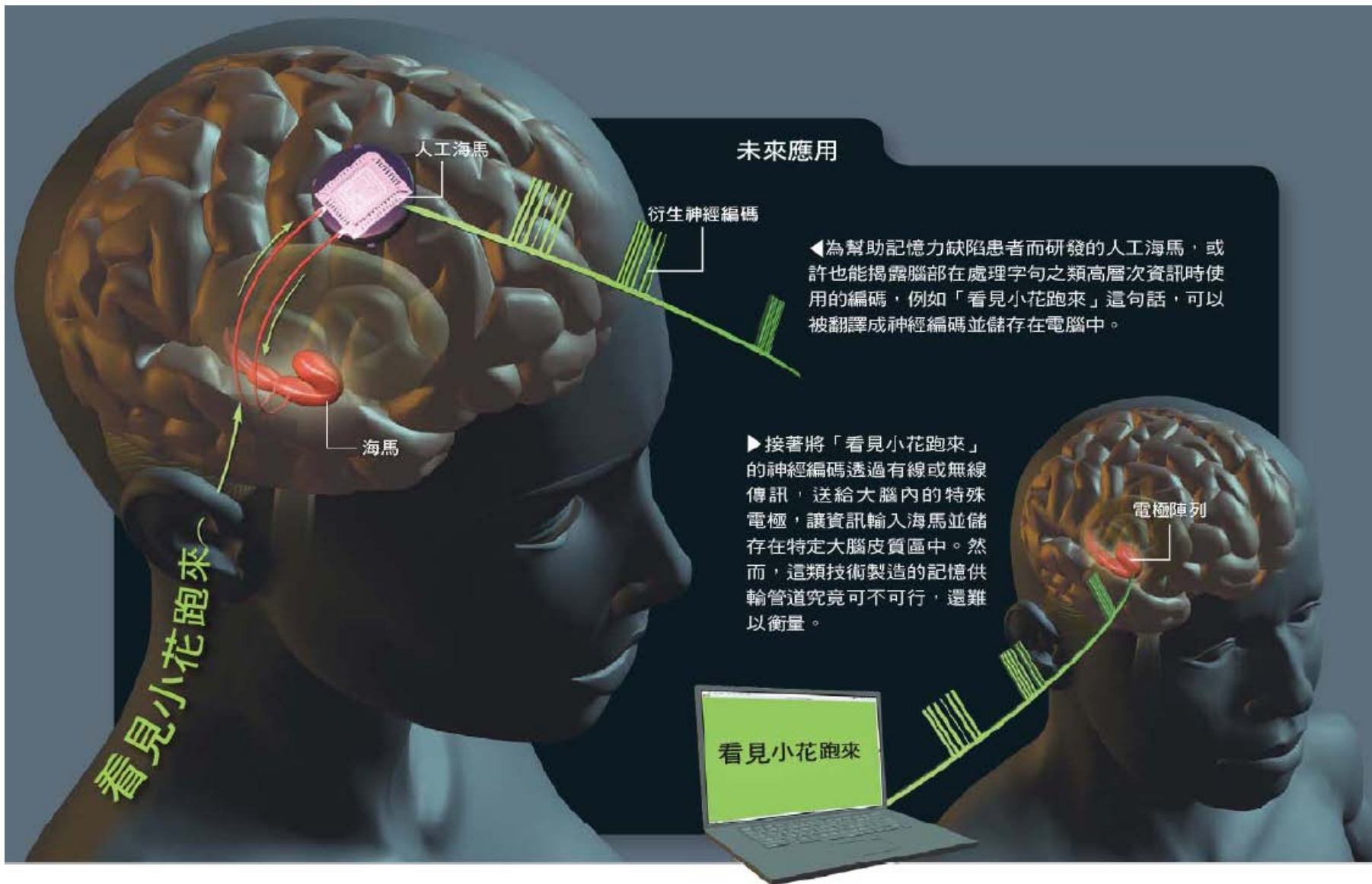
群組碼 (population code)

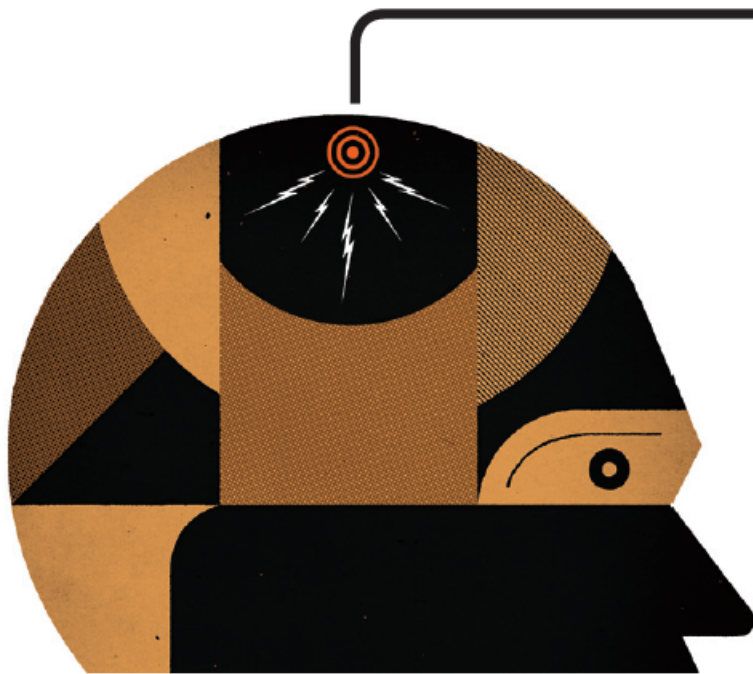
最先進的研究開始評估群組碼：當一群神經元聚合時，隨著時空關係的變化而不斷改變其編碼模式。左圖呈現一群神經元活化時的圖形。

與神經元連線



要與大腦連線，存在著許多困難：接觸點可能會抖動脫落、線路分解，甚至造成感染。以目前的神經電極設計，若將資訊輸入與記憶形成有關的海馬，還需要提高電極的空間和時間精準度。





“With wires and batteries and home hobbyists trying to run electricity through their heads, somebody could get hurt.”



BRAIN BUZZ

BY DOUGLAS FOX

Scientists reviving a decades-old technique for brain stimulation have found that it can boost learning. So what else can be done with some wires and a nine-volt battery?

“There has been a lot of hokey stuff, and it affects the credibility of the entire field.”

WIRED UP

In transcranial direct-current stimulation, electrodes placed on the scalp deliver low currents that can penetrate the skull and affect brain tissue. Differing effects have been documented, depending on the placement of the anode (+) and cathode (-).

VISUAL PERCEPTION

Alterations in visual perception have been noted under both cathodal and anodal stimulation of the occipital lobes.

- Up to 2 milliamps for as long as 15 minutes.

MOTOR CONTROL

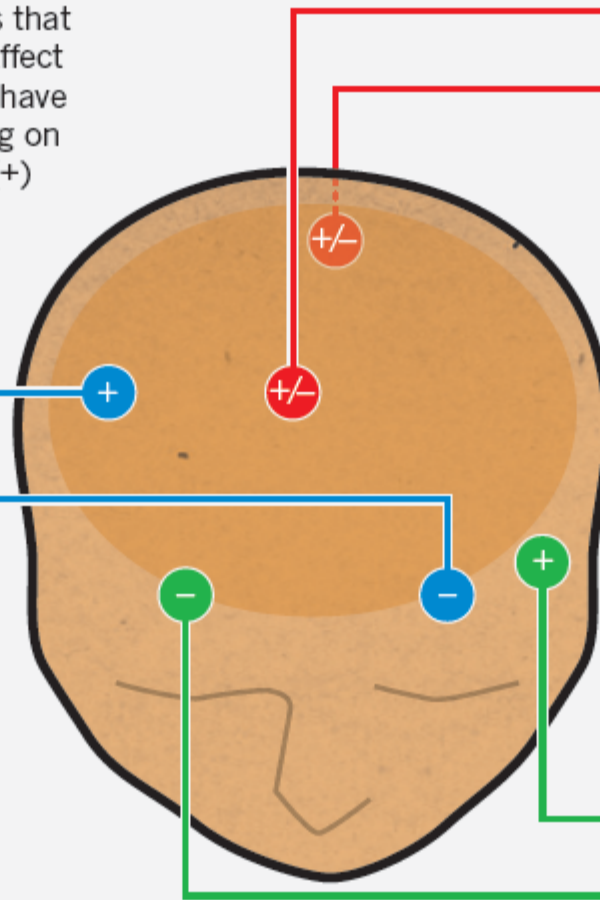
Anodal stimulation over the motor cortex on the side of the brain affected by stroke has been shown to improve movement for arms and hands.

- Up to 4 milliamps for as long as 20 minutes.

WORKING MEMORY

Anodal stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex has been associated with improved working memory and verbal fluency.

- Up to 2 milliamps for as long as 20 minutes.



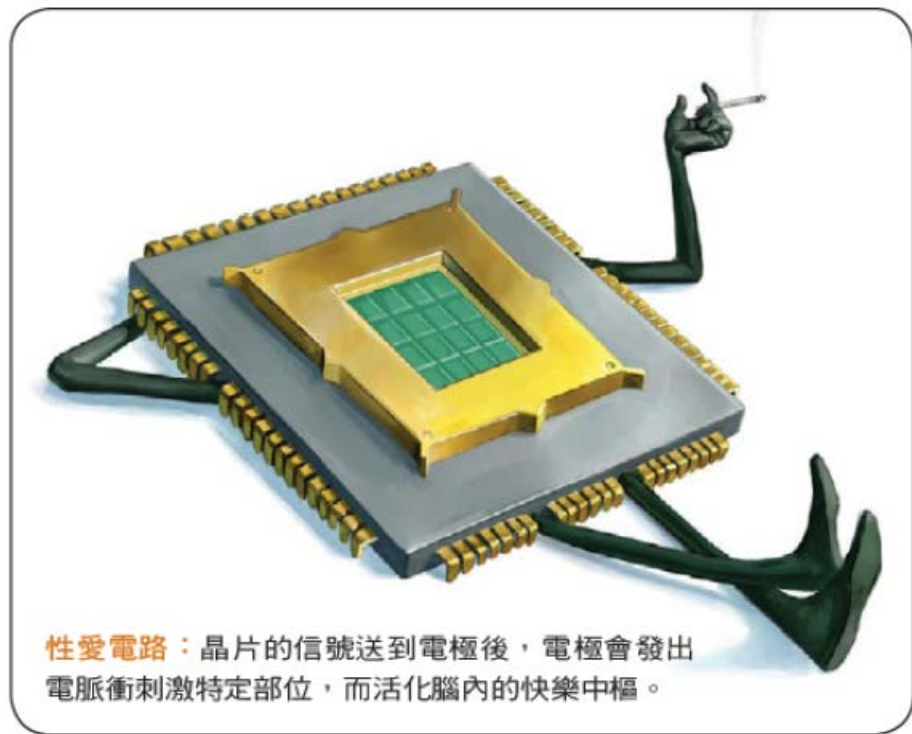
科學人新聞

神經生物學

親愛的，請打開性愛晶片

在越來越多臨床用腦電極的開路下，刺激性慾區的性愛晶片可能問世嗎？

撰文／斯蒂克斯（Gary Stix）



神經科學

虛擬人腦

建立巨型數位大腦模擬，將可改變神經科學與醫學，並找出製造更強大電腦的新方法。

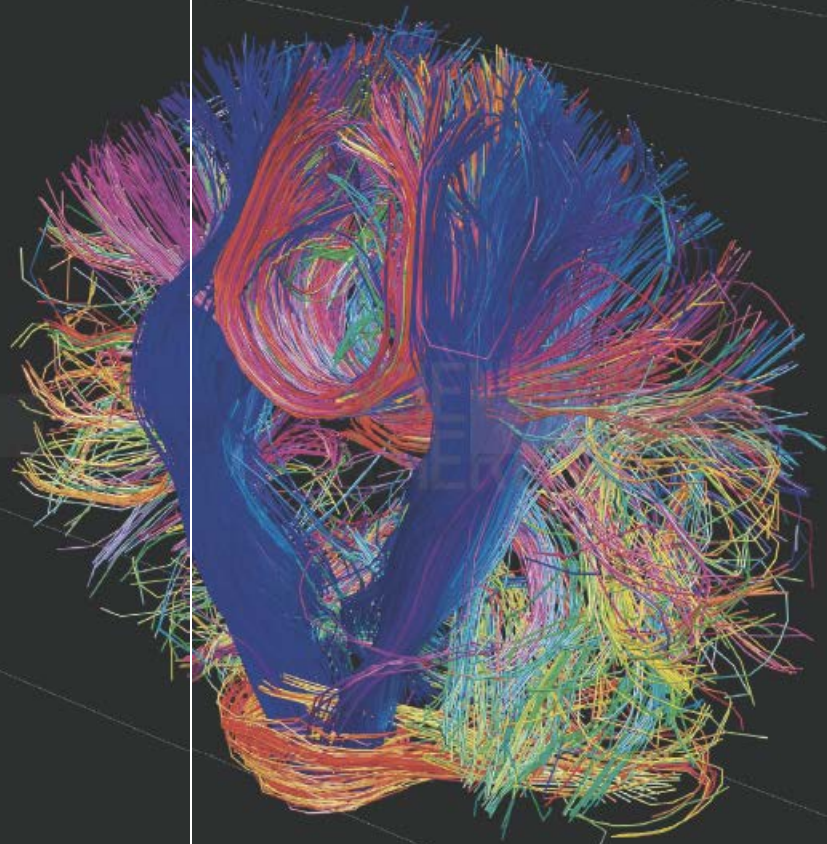
撰文／馬克拉姆（Henry Markram）
翻譯／劉伯謙

該是改變大腦研究方法的時候了。

化約生物學（檢視個別腦區、神經迴路與分子）帶我們走了很長的路，但它不足以解釋人腦這個頭顱中舉世無雙的資訊處理器如何運作。我們不但要化約，還要組建；不但要切分，還要建造。要達到這個目標，我們需要一個結合分析與綜合的新典範。化約論之父、法國哲學家笛卡兒就曾寫到分部研究再重組出整體的重要性。

科學界目前有一項目標，就是結合各種技術，設計出一個能夠完全模擬人腦的絕妙新科學儀器。儘管這個東西目前還不存在，但我們已在著手建造。你可以把這個儀器想像成史上功能最強大的飛行模擬器，只不過它不是模擬飛行，而是在大腦中遨遊。這個「虛擬大腦」會在超級電腦上運作，並將神經科學至今所產生的所有資料融合在一起。

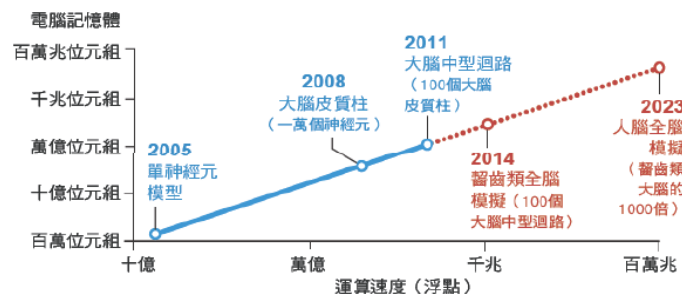
數位大腦將成為科學社群的共同資源：研究人員可以預約數位大腦來進行實驗，就像使用大型望遠鏡一樣。他們可以用數位大腦來測試人腦在正常或生病時的運作理論。他們將充實數位大腦的功能，協助發展出自閉症或精神分裂症的新診斷測試，還有憂鬱症和阿茲海默症的新療法。這個涉及百兆個神經迴路連結的計畫，將啟發仿人腦電腦和智慧型機器人的設計靈感。簡言之，數位大腦將改變神經科學、醫學以及資訊科學。



這是人腦計畫（Human Brain Project, HBP）的目標，約有130所來自世界各地的大專院校參與該項計畫。歐盟宣佈將在接下來的10年內提供高達10億歐元的巨額經費給兩項科學計畫，目前有六項計畫參與競爭，人腦計畫就是其中之一，2013年2月便知錢落誰家。

更多電腦 = 更多大腦

電腦的運算能力越強，就越能夠模擬人腦細部運作並完成重要的科學研究。2008年，科學家成功將大鼠的大腦皮質柱數位化，當時的運算速度是萬億運算級。當電腦速度晉升到千兆級和百萬兆級時，人腦計畫將可以對小鼠的腦以及創造出《哈姆雷特》和愛因斯坦相對論的人腦，進行全腦模擬運算。



[層層架構]

解構人腦

人腦計畫主旨在模擬人腦中的890億個神經元以及100兆個神經連結。精細的人腦模擬可能有助於研究腦細胞、神經迴路，並在電腦上模擬藥物試驗。這項計畫尋求歐盟10億歐元的資助，它將模擬大腦每一層次的功能，從化學分子、電生理訊號，一直到智慧行為背後的認知能力。

分子

當第一次有人把腦細胞放在顯微鏡下觀察之後，百年來細胞分子研究的歷史就此展開，這些知識將轉化成包含各種組成分子的數位模型，展現出神經元的基本特性：傳送電與化學訊號。

細胞

大腦的電腦模擬必須捕捉到神經細胞與神經膠細胞的所有細部資訊，包括負責接收和傳出訊息的軸突和樹突的完整幾何形態。

迴路

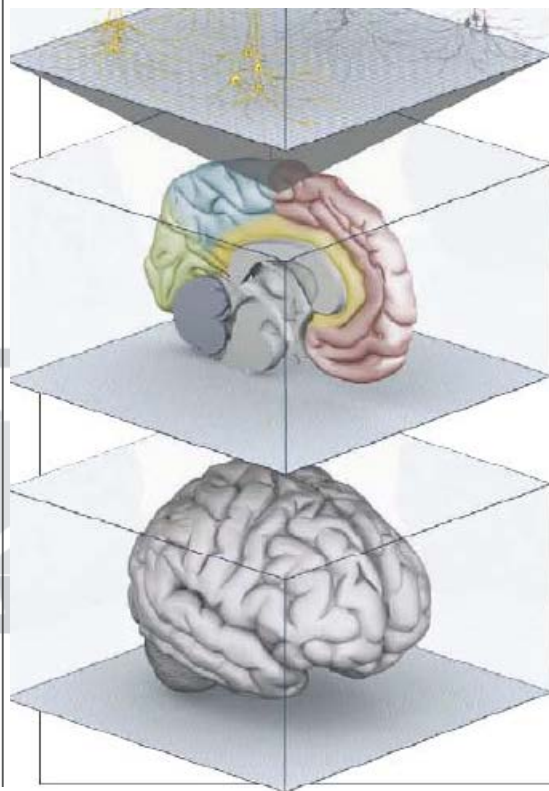
不同腦區和不同神經元之間的神經連結模型，可以幫助我們找出複雜腦病變（例如自閉症和精神分裂症）的可能原因。

腦區

可以逐一檢視主要的大腦結構（例如負責情緒的杏仁核、負責記憶的海馬回、負責執行控制的前額葉），或者在交互作用時同時檢視。

全腦

數位化的虛擬大腦或許可以取代真的大腦。透過程式移除虛擬大腦中的某個「基因」，就可以模擬基因突變的結果，這就和科學家剔除小鼠基因一樣。這種方法可以避免冗長的育成過程，並模擬許多不同的實驗狀況。



科學

電腦有意識嗎？

電腦的智能極限在哪裡？它能和人類對答如流，但真的能夠感知外界嗎？用幾張圖考考它吧。

撰文／柯霍（Christof Koch）、托諾尼（Giulio Tononi）
翻譯／王怡文



右頁的圖有何古怪？要機器判斷這張圖有何不對勁，除非內建特別為這類照片寫的程式，要不然就是機器必須能「意識」到這世界的許多事情。

在第二次世界大戰協助破解納粹潛艦軍隊「謎碼」(Enigma code)的英國數學家涂林(Alan Turing)，於1950年發表一篇論文，開啟了人工智慧的研究。涂林在《心智》(Mind)期刊發表的文章中提議，用一個比較可行的問題「是否能做出一部機器，以電報打字機和它進行問答時，其表現與真人無異？」取代模糊而無解的問題「機器能不能思考？」，能滿足這個問題的機器，就等於通過涂林測試。



糾錯：要測試機器是否有意識，只要問它「這兩張圖哪一張錯了？」當今任何自動化科技都會被難倒。

機器人 也懂倫理

不久之後，擁有自主能力的機器人就會在我們的生活中扮演重要角色，但是在此之前，它們要先學會遵守規範才行。

撰文／麥可·安德森 (Michael Anderson)、蘇珊·萊伊·安德森 (Susan Leigh Anderson)
翻譯／甘錫安

重點提要

- 可自主做出決定的機器人，例如用於協助老人生活的機器人，即使在看似平常的狀況下，也可能面臨倫理困境。
- 確保機器人能以合乎倫理的行為與人類互動的方法之一，是將一般倫理原則輸入機器人，並讓機器人在各種狀況下運用這些原則做出決定。
- 人工智慧技術可借助邏輯，由各種倫理上可接受的行為案例中，自行歸納、產生原則。
- 本文作者依據此方法，把程式寫到機器人裡，做出第一個依據倫理原則行動的機器人。



法國
作的
上第
的機

法國隨從機器人公司製作的機器人Nao，是史上第一具具有倫理原則的機器人。

行為程式編寫原則

與人類互動的機器人經常必須做出可能出現倫理歧見的決定。程式設計人員無法預測到機器人可能面臨的所有倫理困境，但可以提供通用原則（下圖），做為在個別狀況中做決定的準則（右圖）。本文作者展示他們為機器人Nao（見第33頁照片）設計的程式，可決定是否要提醒病患吃藥，以及提醒的頻率。

設定規則

設計人員可運用稱為「機器學習」的人工智慧技術訂定倫理原則，並以此原則設計程式。接著，設計人員把資料輸入給機器學習演算法，說明在特定狀況下做決定時應該考慮的倫理，執行選擇的依據則是某個動作可能造成多大的好處、可以防止多大的傷害、公平程度等。演算法接著將資料歸納成可套用在現狀的通用原則。

倫理原則

較高
較低

- 做有益的事
- 防止傷害
- 保持公平

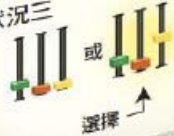
狀況一



狀況二



狀況三

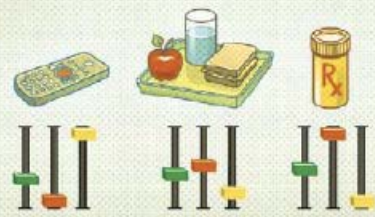


倫理原則

機器學習
演算法



面臨抉擇的
機器人

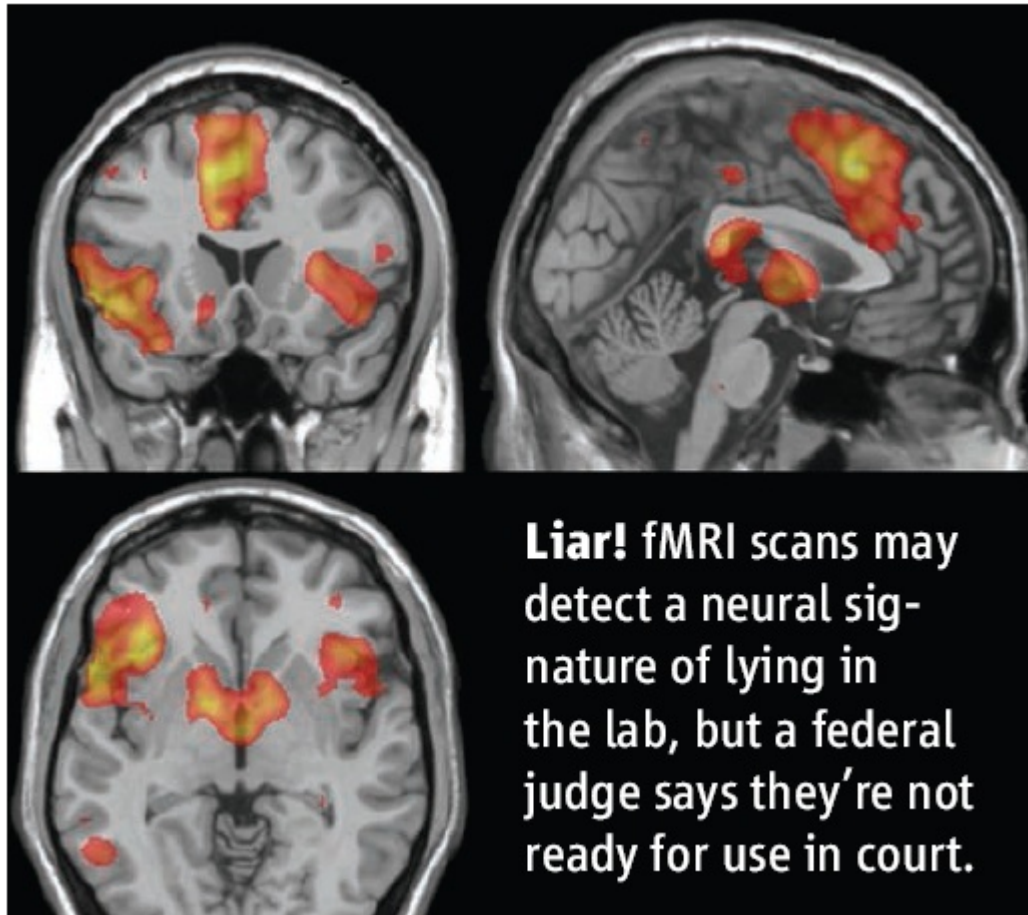


在這種狀況下，倫理原則會提醒機器人送藥，而不是執行其他工作。

做出決定

協助老人生活的機器人能針對各種可能動作，評估其是否符合倫理原則，接著依據評估結果以及本身包含的原則，計算在某個時間應該優先採取什麼行動。舉例來說，假如有一位住客想吃點心，另一位要電視遙控器，機器人可能還是會決定先進行另一項任務，例如提醒某位病患吃藥。

fMRI Lie Detection Fails a Legal Test



為何腦造影圖無法當作測謊工具？

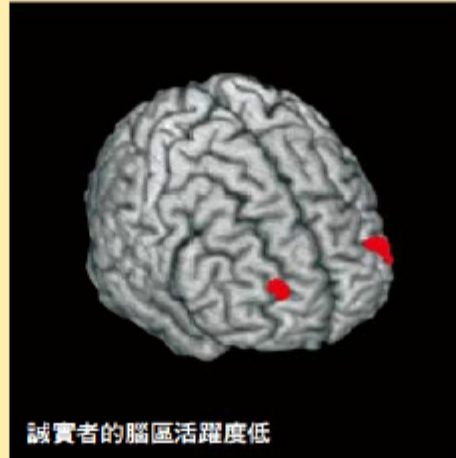
[腦部掃描]

與誘惑對峙的腦

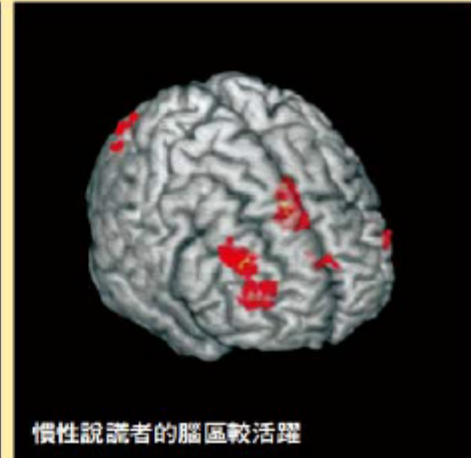
一項有趣的研究，顯示出腦部掃描當做測謊器及呈堂證供時會發生的問題。

測試「誠實」的功能性磁共振造影實驗發現，和誠實的對照組（左圖）相比，說謊者（右圖）大腦中與認知控制相關的區域比較活躍（右圖紅色區域），就算說謊者誠實回答某些問題，這些腦區也還是同樣活化。

總結來說，腦區活動無法顯示某人是否正在說謊，只能證明此人在猶豫是否要說謊時，會使用到認知控制的腦區。



誠實者的腦區活躍度低



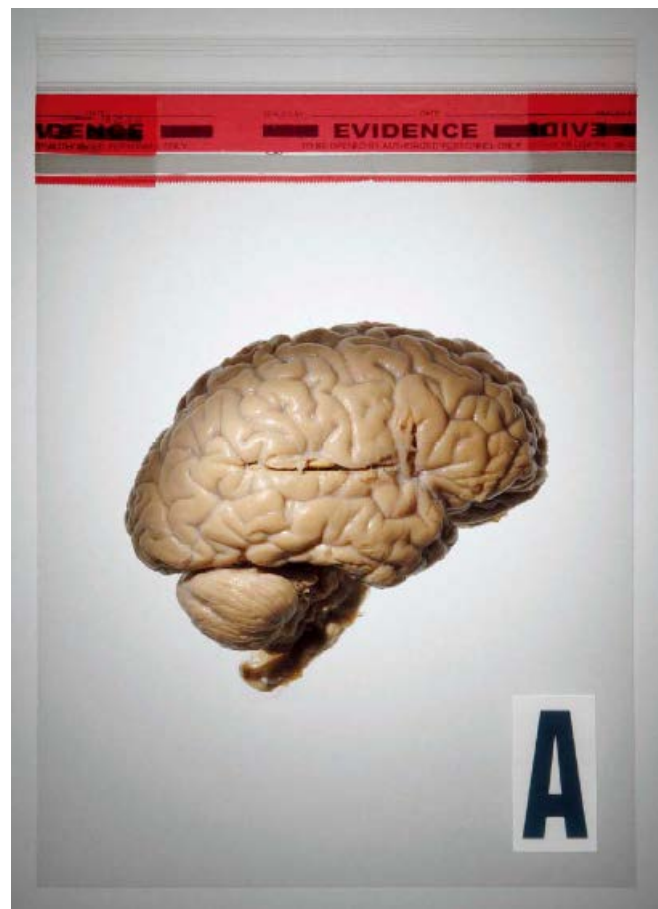
慣性說謊者的腦區較活躍

當腦造影 成為呈堂證供

大腦掃描影像以及各種神經科學的檢驗，目前仍很難成為法庭上的證據，但是，未來這些新資訊或許會顛覆司法對人們責任能力與行為可信度的判斷標準。

撰文／葛詹尼加（Michael S. Gazzaniga） 翻譯／謝伯讓

或許神經科學最後只會用來評估被告的性格及整體可信度，而不是用來偵測被告在法庭上是否句句屬實。



如何把腦造影送上法庭？

在美國，就像所有的科學證據一樣，腦部掃描必須先通過至少兩階段的評估，才能呈現給陪審團。只有在法官於案件中似乎有濫用裁量權的情形時，律師才可以要求拿腦部掃描當證據。

由辯方提出

辯方律師聘請專家對當事人或證人進行神經科學檢視，並提出意見。如果專家意見對當事人沒有幫助，辯方律師就不會在法庭上提出。



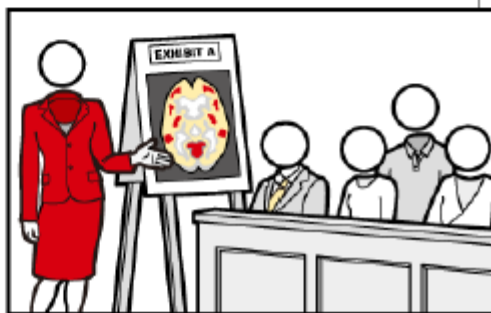
由法官決定

在審前聽證會上，法官判斷辯方提出的腦部掃描是否符合法定證據資格，以及其證明力是否大於對判決所能造成的偏見。



在審判程序中

如果案子進入審判程序（這種情況相當罕見），律師可在法官同意下提出腦部掃描影像，供陪審團做為判決時的參考。



Brain Lesions and their Implications in Criminal Responsibility

Shelley Batts, Ph.D.*

For over 200 years, Western courts have considered pleas of **“not guilty by reason of insanity” (NGRI) for defendants in possession of a mental defect rendering them unable to understand the wrongfulness of their act.** Until recently, determining the mental state of a defendant has fallen largely upon the shoulders of court psychologists and experts in psychiatry for qualitative assessments related to NGRI pleas and mitigation at sentencing. However, advances in neuroscience—particularly neurological scanning techniques such as magnetic resonance imaging (MRI), functional magnetic resonance imaging (fMRI), computed tomography scanning (CT), and positron emission tomography scanning (PET)—may provide additional, pertinent biological evidence as to whether an organically based mental defect exists. With increasing frequency, criminal defense attorneys are integrating neuroimaging data into hearings related to determinations of guilt and sentencing mitigation. This is of concern, since not all brain lesions and abnormalities indicate a compromised mental state that is relevant to knowing whether the act was wrong at the time of commission, and juries may be swayed by neuroscientific evidence that is not relevant to the determination of the legal question before them. This review discusses historical and modern cases involving the intersection of brain lesions and criminality, neuroscientific perspectives of how particular types of lesions may contribute to a legally relevant mental defect, and how such evidence might best be integrated into a criminal trial. Copyright © 2009 John Wiley & Sons, Ltd.

NEUROSCIENCE AND THE LAW: THE TWAIN HAVE MET

An influential instance where structural neuroimaging evidence was presented in a criminal proceeding was in 1991, in the second-degree murder case involving 64-year-old defendant Herbert Weinstein. During a heated argument with his wife, the advertising executive strangled her to death and then threw her body from the window of their apartment to make it appear a suicide. **Weinstein pled guilty to the reduced charge of manslaughter.**

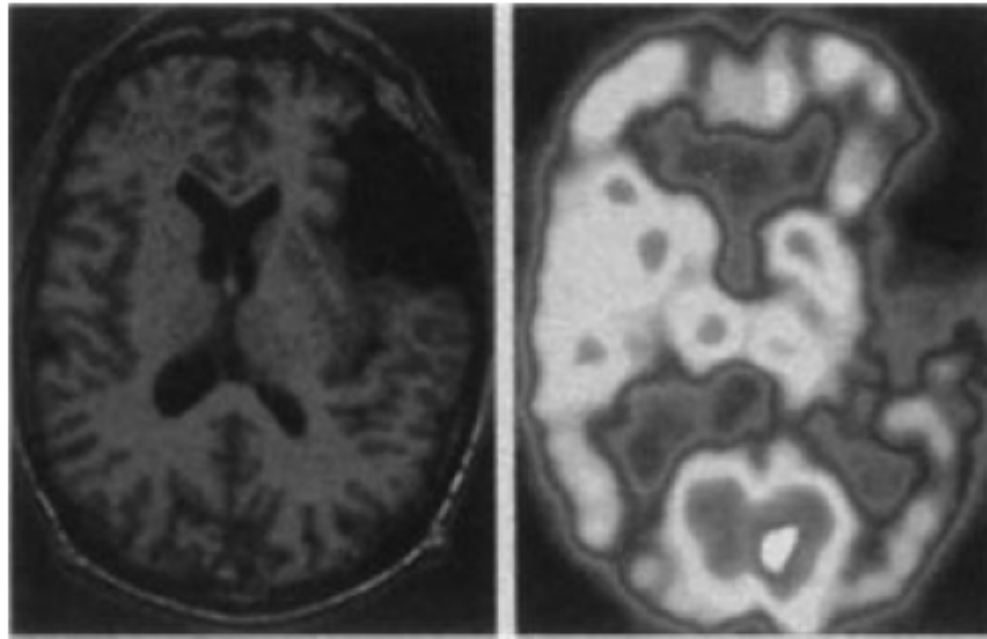
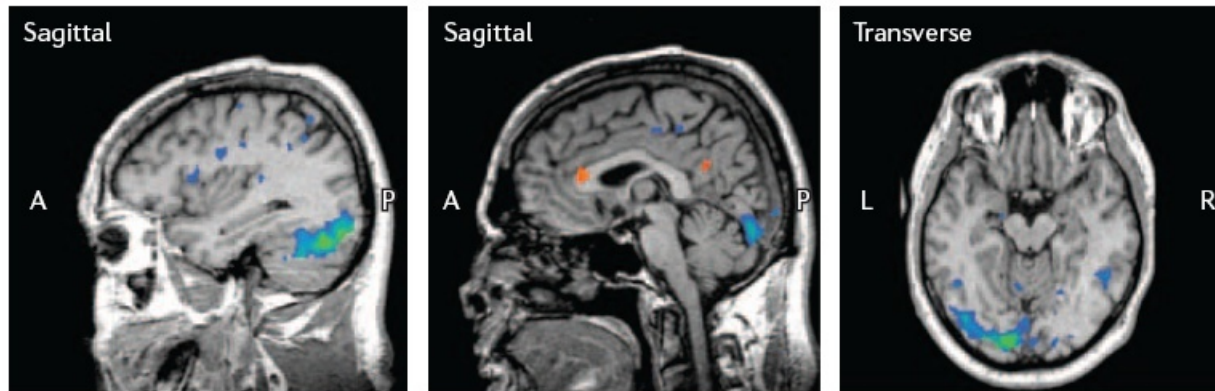
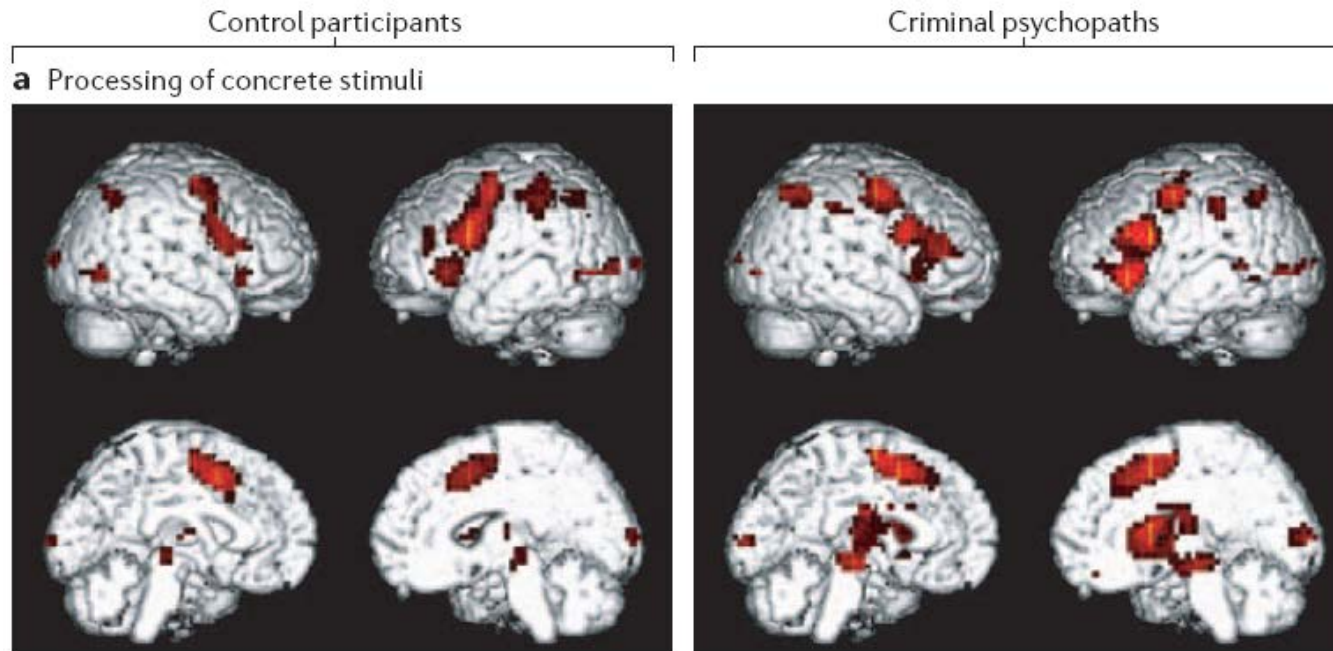


Figure 1. PET and MRI images from defendant Herbert Weinstein, performed by Dr. Abass Alavi at the University of Pennsylvania Hospital in 1991. Left: MRI scan reveals the neural architecture of Weinstein's brain, with the large black area representing the cyst in the frontal temporal area of the brain. Right: FDG-PET scan of Weinstein's brain, showing altered (lowered) glucose metabolism in the brain areas around the cyst. Adapted from *The Journal of Nuclear Medicine*, 34(1), Jan 1993

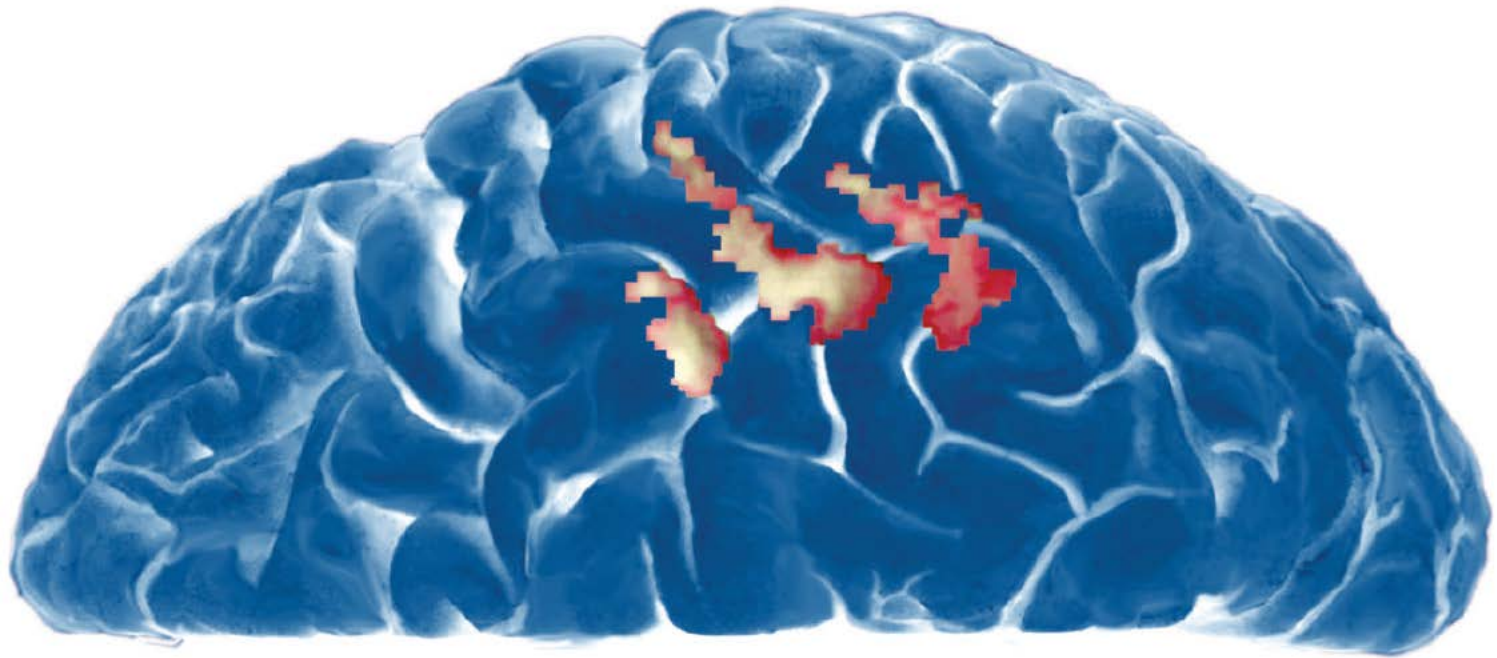
1982暗殺雷根總統案

Brain imaging played into the 1982 trial of John Hinckley Jr, who had attempted to assassinate US President Ronald Reagan. Lawyers presented a computed tomography X-ray scan of his head, arguing that it showed slight brain shrinkage and abnormally large ventricles, indicating a mental defect. The prosecution's expert witnesses said the scans looked normal. Whether imaging influenced the verdict is not known, but Hinckley was found not guilty by reason of insanity.

Neuroscience and legal determination of criminal responsibility



Differences in processing of negative emotions. Regions of interest showing significantly increased activation (blue) in psychopathy compared with control subjects (red).



HEAD CASE

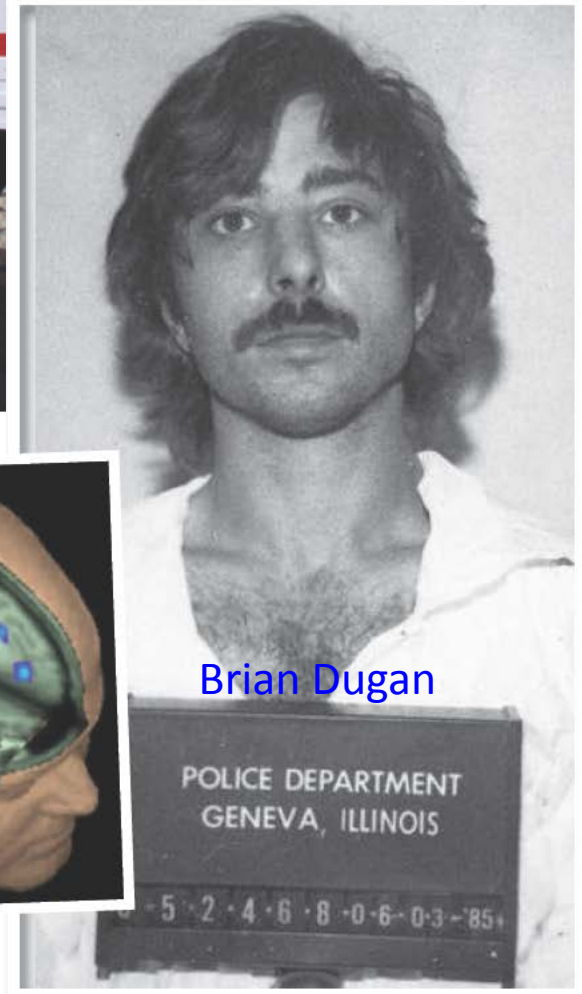
Last year, functional magnetic resonance imaging made its debut in court.

Virginia Hughes asks whether the technique is ready to weigh in on the fate of murderers.



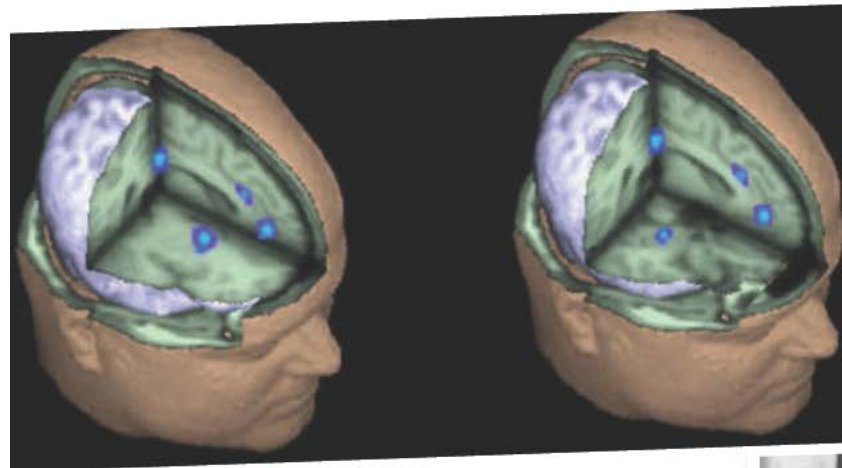
"It is a dangerous distortion of science that sets dangerous precedents for the field."

Kent Kiehl outside the mobile scanner he has used to look at the brains of inmates at a New Mexico prison.



Brian Dugan

"Kiehl got a lot of criticism, but I think what he did is perfectly reasonable."



Above: criminal psychopaths show less activity than non-criminal control subjects in specific emotion-processing areas of the brain, according to Kent Kiehl's testing. Right: Brian Dugan in 1985.

Neuroscience and the Law: Philosophical Differences and Practical Constraints

Daniel A. Martell, Ph.D.*

如果所有的反社會
想法都能歸咎於某
種神經系統的生理
偏差，人們對於自
由意志與個人責任
的觀點，會不會受
到更嚴重的侵蝕？

Controversies surrounding the value of neuroscience as forensic evidence are explored from the perspective of the philosophy of mind, as well as from a practical analysis of the state of the scientific research literature. At a fundamental philosophical level there are profound differences in how law and neuroscience view the issue of **criminal responsibility along the continuum from free will to determinism**. At a more practical level, significant limitations in the current state of neuroimaging research constrain its ability to inform legal decision-making. Scientifically supported and unsupported forensic applications for brain imaging are discussed, and recommendations for forensic report writing are offered. Copyright © 2009 John Wiley & Sons, Ltd.

The Jurists' View

Brains do not commit crimes, people commit crimes (Morse, 2006)

The Neuroscientists' Retort

Morse's analysis is fundamentally flawed because it ignores the fact that all behavior is determined by the brain.

相關書籍分享

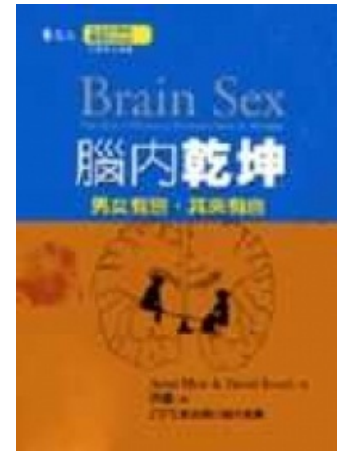
腦內乾坤—男女有別，其來有自 Brain Sex

作者：Anne Moir & David Jessel

譯者：洪蘭

出版社：遠流

出版日期：2006年01月01日



男女有別是源於他們的大腦有別。大腦，這個掌管我們情緒，主宰我們一切的總裁，在男生和女生的建構上就不相同，它處理訊息的方式也不同，所以才導致不同的知覺、優先順序的設定及行為。

為什麼男性的空間能力優於女性？女性較男性更善於使用語言？男人的攻擊性、統治慾，女人的顧家心、敏感度，並不全是後天人為的角色塑造和社會制約，而是有生物機制上與生俱來的差異。承認「性」在男生和女生的大腦中，是有不同的起源、不同的動機，婚姻對男性的生物機制來說並不自然，這會提醒我們扮演好夫妻的角色；了解到父母的角色不能互換，可能也會使我們成為更稱職的雙親。

的確大多數女性讀地圖的能力不及男性，但是，女性判斷他人個性的本領比男性高，而人比地圖重要多了！性別差異反映出的是男女大腦設定上的不同，順著生物本性走將會事半功倍，女性更應該認清楚自己的優點，朝著長處去發揮，才會得到真正的快樂。

男生女生大腦不同？ Sexing the brain

作者：Lesley Rogers

譯者：王紹婷

出版社：新新聞

出版日期：2002年03月01日



在《男生女生大腦不同？》一書中，探討大腦與行為的兩性差異：遺傳基因、學習、社會文化同時形塑出典型的性別特徵。在每一個年代，和兩性差異有關的科學理論都反映出當時的文化。雖然相信遺傳基因能夠解釋一切現象的信念已經深入人心，但本書作者闡明了文化和環境在行為特質形成的過程中所扮演的角色，同時也為時下流行的簡化觀點，提供了重要的修正意見。

作者循序漸進地探討了最新科學研究的發現，指出其中不當的假設以及研究本身的極限。我們思考和感覺的方式有沒有性差異？男人和女人的大腦處理語言的部位是否不同？社會關係對性行為的影響力，是否比性荷爾蒙更強？世上有沒有同性戀基因？雖然我們還未得到完整的答案，但作者表示，若能更加重視影響行為的生物、社會力量的複雜性，我們就能夠更瞭解性、性別和我們的大腦

倫理的腦 The Ethical Brain

作者：Michael S. Gazzaniga

譯者：吳建昌

出版社：原水

出版日期：2011年03月06日



本書作者麥可·迦薩尼迦教授，是最權威的腦與心智科學學者之一，本書以腦發展的科學知識，討論倫理上生命認定的起點與終點；也討論日常生活品質相關之議題，例如記憶失誤對人生、甚至對法院判決上可能之影響；以及「基因優化」「藥物優化」等有關追求聰明之倫理價值之議題.....等。

本書內容涵括胚胎、失智、自由意志、記憶、智力增進、宗教、隱私權、安樂死.....等論述，以平易近人的文字呈現腦與心智科學之實驗證據，令讀者得以輕鬆了解深奧的倫理議題。

本書的主要貢獻在於針對許多社會人文現象做出根本的「提問」，跨入形上學或後設倫理學（metaethics），探討倫理及道德現象的起源或基礎。作者希望藉著探討大腦的機制，來協助我們處理疾病、正常、道德、生活模式及生命哲學的社會議題。亦即，作者勇於以神經科學的「事實發現」，向倫理法律與社會的基本假設挑戰，然而其終極目標仍是入世的，希望能夠解決我們人生的實際問題。