

投稿類別:生物類

篇名:

窺探人類的智力

作者:

周頌勛 市立大同高中 二年十三班

指導老師:

賴敏娟

壹●前言

一、研究動機

也許大家都有個問題，人類還可以更聰明嗎？生命是一步步按照演化過程裡根深柢固的藍圖，形成現在的大腦，並且沒有多少改善空間？還是還有更多大腦的秘密等著我們去揭開它的全貌？

二、研究目的

藉由這次的研究討論，希望能更加了解大腦的世界，並且了解對於大腦的開發有什麼極限，及怎麼越過生理的障礙，用心理或者外力的介入等等方式來增加智力。

貳●正文

一、何謂智力

智能、智力是一個抽象而且籠統的詞，不好評量，甚至難以定義。以生理並非心理的角度來看神經元與腦容量可以做為智力的重要指標。

二、現今的腦

(一) 腦容量

腦部的體積意味著可容納的神經元數目，所以理論上只要腦部的容量增加，就可以容納更多的神經元，因而增加大腦的複雜程度。但事實上影響智力的因素不只有腦的大小，好比牛雖然腦較大卻不比老鼠聰明。

荷蘭的解剖學家 Eugene Dubois 希望能找到可以依照頭顱大小而估計智能的方法，這個想法是假設腦越大就越聰明，為了找出動物體型與腦容量的數學關係，Eugene Dubois 等人建立了 3690 動物的資料庫，從這些資料顯示哺乳動物大腦增大的幅度比身體的增加來得小，更準確的說，大腦的重量與身體的重量是 $3/4$ 次方的關係，這種關係可以讓 Eugene Dubois 找到他在尋找的工具：大腦化商數，大腦化商數可以看出動物實際大腦的質量與利用動物身體質量所推算出來的大腦質量的比值，也就是說可以看出各個物種與 $3/4$ 次方這個定率的倍數關係，而人類比起其他動物是偏離這個定律預測值最多的動物 7.5

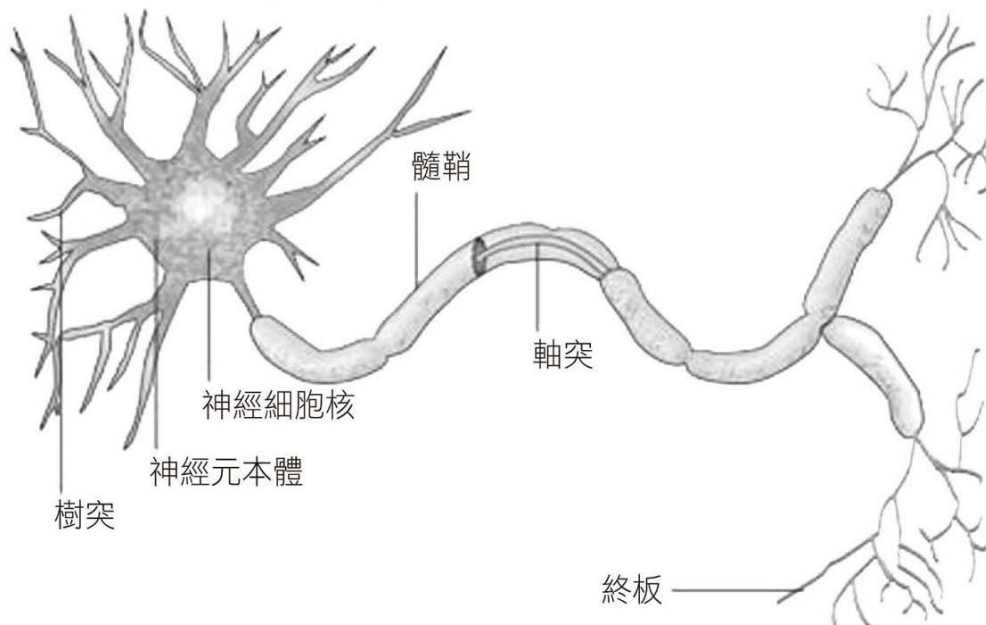
讓腦變大是對於一般人而言使大腦功能增強最直覺而明顯方式，但卻有極端的反例，例如大象，大象的大腦是一隻蜜蜂的五百萬倍大，可是卻缺乏效率，不管是大腦與大腦之間，或者是大腦至手腳等其它部位，都需要耗上將近蜜蜂的一百倍之多，這樣的結果是造成大象對於反射的依賴程度降低，而大腦的資源就必須處理更多的雜物，使得大象的動作如此緩慢。

人類的腦雖然沒有那麼極端，但是若要增大会遇上物理上的障礙，比如說，在嬰兒出生時不容易通過產道，還有腦的大小也關係到耗能，科學家發現鳥類與哺乳類在大腦增大時，受益於「規模經濟」，也就是說並不是越大越好，大腦雖然只佔重量的百分之二，但是大腦在休息狀態下卻需要消耗足足百分之二十的能量，所以即使我們有更大的腦也無法提供如此龐大的能量，巴拉薩布藍曼尼恩也說：「我相信，新增腦細胞對智能提升的效應存在著報酬率遞減的自然定律。」

(二) 神經元

判斷智力的另一個指標就是大腦中的神經元，神經元有一個長長的尾巴叫做軸突，末端會分叉，分支的頂端形成突觸，會與其他細胞接觸，可以把軸突比喻成電纜，軸突可以與大腦各個區域連接，也可聚集成神經。

神經元（神經細胞）構造圖（取材自 www.mscalgary.org）

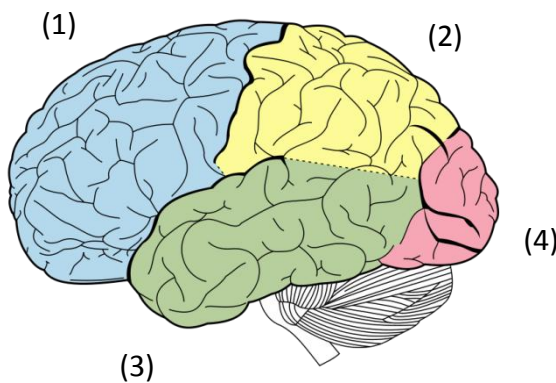


科學家發現當大腦隨著物種的身體變大時，出現了細微但是可能無法持續的改變。第一，神經細胞的平均大小增加，在大腦總神經元數也增加時，這樣讓神經元可以與更多的神經元連接，但是較大細胞在皮質中排列較為鬆散，所以細胞

之間的距離變長，軸突也必須變長。軸突愈長細胞間信號傳遞時間就會較久，所以如果要維持相同的傳遞速度，軸突必須加粗。

科學家也發現，大腦愈大腦部分隔出來的區域也會增加，這些分出來的腦區會特化出不同的功能，大腦甚至還會特化出另一個層次：左右腦對稱的區域負責不同的功能。

圖 1：大腦四個區域的功能



(1) 額葉

與推理、語言、運動、計畫、情緒以及問題解決有關。

(2) 頂葉

與壓力、溫度、疼痛以及觸覺有關。

(3) 顳葉

與聽覺刺激辨識、記憶以及知覺有關。

(4) 枕葉

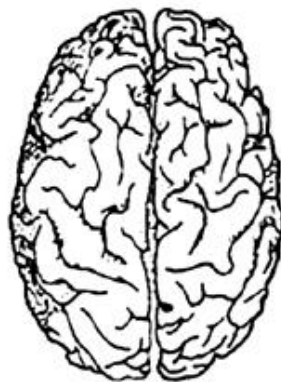
與視覺有關。

圖二：左右腦功能

1.左腦

以語言處理訊息，用來控制知識、判斷力和思考力。

左腦把接收到的訊息，按照一關一關的處理程序處理，再轉換成語言傳達，所以相當費時。



2.右腦

以圖像處理訊息，用來掌管創造力、想像力和問題的解決能力。

右腦有高速大量記憶的能力，所以就能將接收到的訊息瞬間以圖像處理完畢。

而有些人會以為大腦形成較多的工作區隔是智力的表徵，但是生物學家 Mark Changizi 認為它反映了更平實的真相；特化可以補償大腦變大後的連結問題，

因為大腦變大雖然使細胞數目增加但距離也會增加，而且神經原因為距離的關係而無法達到相同程度的連結，所以大腦就使功能相似的神經元聚集在一起，形成一個緊密連結的工作單元，而各個不同的工作單元就以少數的長途線路連接。會特化成左右腦也是一樣的意思，Mark Changizi 說：「我們在較大的腦所看到的複雜現象，全都只是當腦變大時，為了解決連結問題而不得不然，並沒意味這樣的腦會比較聰明。」

計算神經科學家 Jan Karbowski 也認同這項說法，他說：「大腦要同時讓幾個參數最佳化，一定得在其中取捨，你要改進某個特點，就會犧牲另一個特點。」以左右腦為例，如果讓連結左右腦的軸突加粗，雖然可以加快傳遞速度，但是也會增加左右腦的距離，抵消改進的效應(註 1)。

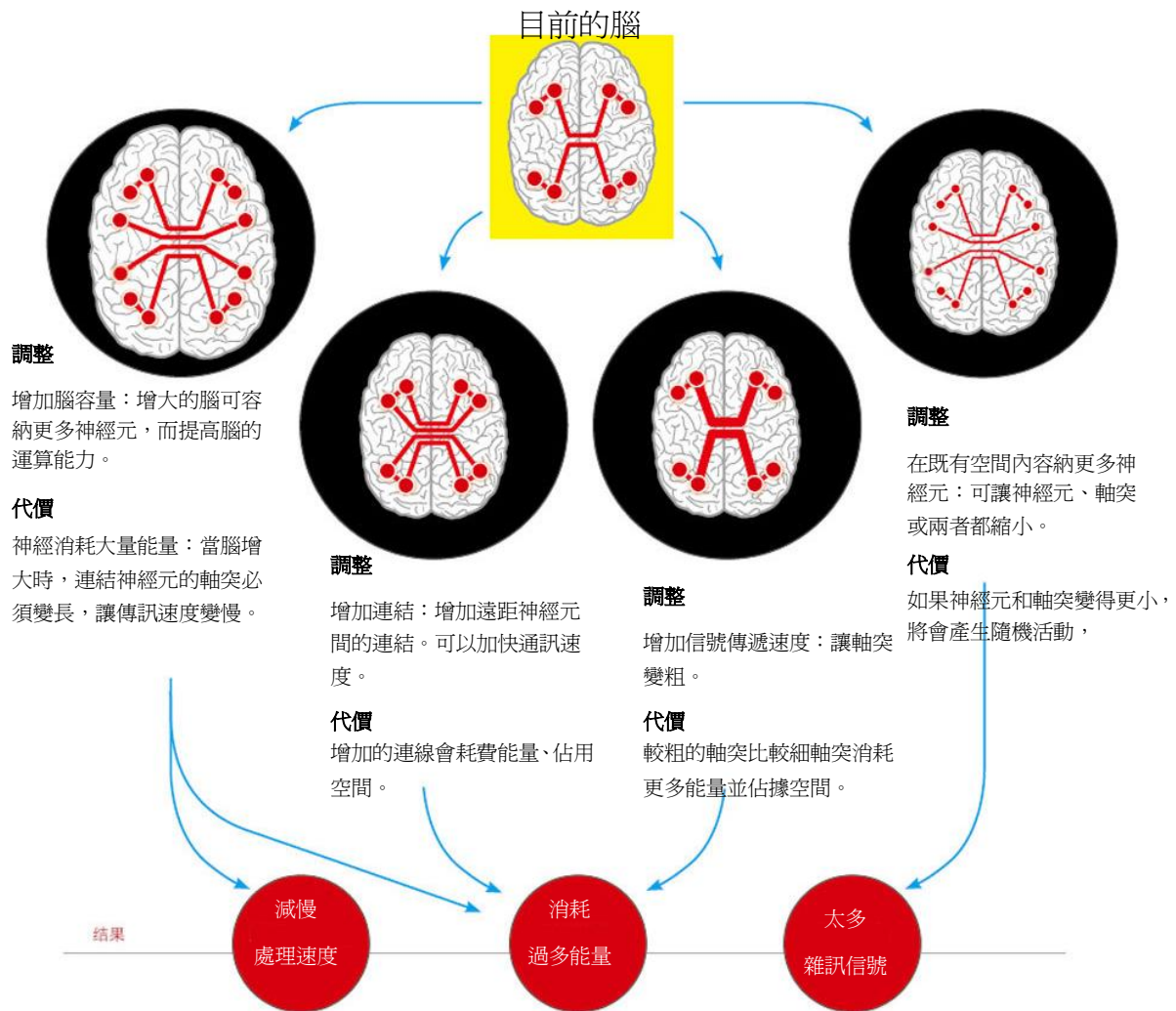
巴拉薩布藍曼尼恩說，讓軸突變粗的程度不要太大，將可節省空間和能量。因為軸突變粗一倍，能量消耗即增加一倍，但是傳導速度卻只提高百分之四十。而且當大腦變大時，大部份增加的體積都是線路，不是要進行運算的細胞，這告訴我們大腦增大的空間是有限度的(註 1)。

神經元如果變細排列更精緻更密，看來確實能引響智力，神經生物學家 Gerhard Roth 和 Urusula Dicke 找出了比大腦化商數更能有效預測智力的性狀，遊行為的複雜程度來判定，Gerhard Roth 說：「唯一與智力有密切關聯的是皮質神經元數，再加上神經活動速度。」而神經活動速度會因為神經元之間的距離增加而變慢，因軸突髓鞘化程度而加快。髓鞘可讓信號傳遞較快(註 1)。

荷蘭烏特列茲大學醫學中心的 Martijn P. van den Heuvel 利用功能性磁共振造影來測量不同腦區聯繫的直接程度，Martijn P. van den Heuvel 發現腦區間距離越短，線路越短的人智商越高。

三、智力的極限

要是能讓神經元更小，腦區與腦區間的距離縮小，使神經元間傳輸數度更快，就能使大腦更聰明；要是軸突能夠不加粗就能加快讓訊息傳遞的更遠，就能提高大腦的效率(圖三)。但是受限於架構神經元與軸突的物理基礎：神經元產生電脈衝的離子通道。



圖三 大腦演化的得失問題

因為離子通道非常微小，很容易受到細微變化的影響而意外開關。理論上，改變壓力可以控制離子通道的開關，但是並沒有那麼簡單，離子通道通常是隨機開關的，而改變電壓只能增加通道開啓的機率。

這種現象看似一種缺陷，但其實是折衷之道，如果通道開關太鬆，雜訊太多會使離子通道不停開關，如果通道太緊，要打開就需要耗費更多能量。所以為了節省能源，神經元以隨意開關為代價使用了一觸即發的離子通道。

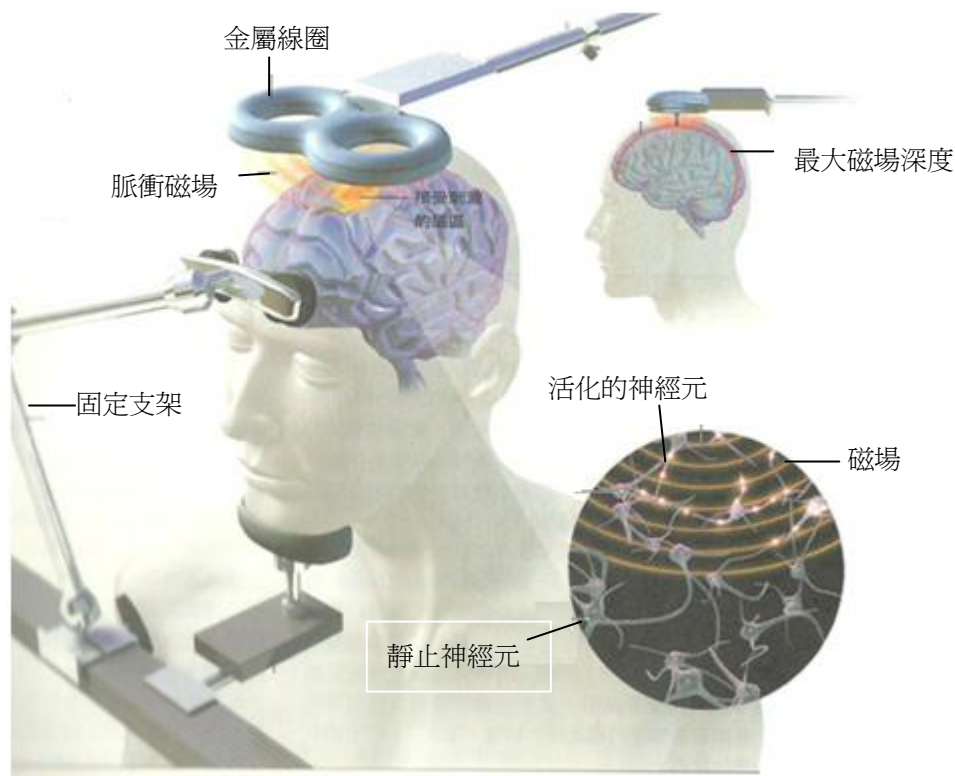
不只是我的腦部，從光纖通訊、業餘無線電到晶片都會面臨大小與效能的問題，但是最大的差別就是工程師可以重新設計晶片，而大腦的演化必須使用存在五億年的零件完成現在既有的設計，就像用改裝的飛機零件來戰艦。

四、外力介入對智力的影響

(一) 跨顱磁性刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)

1. 原理

因為大腦本身就是地利的器官，是由電信在神經元與神經元之間傳輸，所以 TMS 就借助這個事實，再受試者頭埠附近裝置金屬線圈，讓即為強大且快速變化的磁場穿越皮膚及頭顱，雖然磁場高出地球磁場的好幾萬倍，彈十時間極短，只有幾為秒，所以沒有攜帶太多能量，當磁場抵達接受刺激的腦區，會讓附近的神經元產生電流，因此可以興奮腦中的特定部位。



圖四 TMS 興奮大腦皮質的過程

2. 優缺點

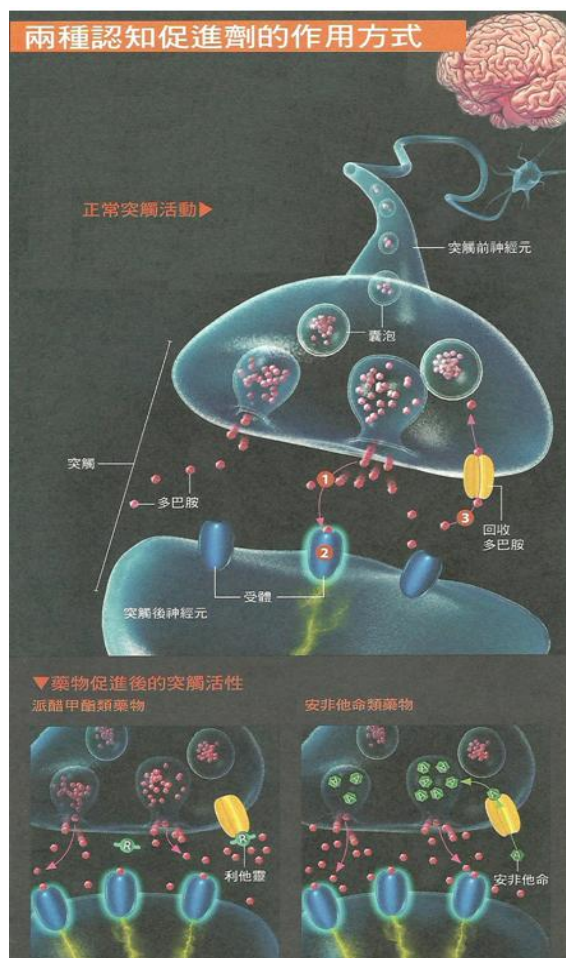
因為 TMS 所攜帶的能量微小所以不會造成任何疼痛，也因為這樣 TMS 無法刺激大腦的中央區域，另一個好處這種技術並不需要侵入大腦或與大腦做直接的接觸，所以不需要電極刺激。

3. 應用

當金屬線圈在不同位置給予受試者單一的磁性脈衝，會造成手部、手臂、臉孔或腿部造成一下抽蓄，或者眼前產生一道光，這些及時的效果都是單一脈衝能造成最大的效果了，但是如果是以連續且帶有韻律的磁性脈衝(簡稱 rTMS)擁有的效果是 TMS 看不見的。

當一個神經細胞生反覆放電，就可以形成有功能的線路，科學家發現，如果以低頻率的電訊去刺激我們的腦神經元，降低細胞之間的聯繫，稱為「長期壓抑」的現象；如果在一段時間以較高頻率的電信去刺激，則會得到相反的結果，科學家稱它為「長期增益」的現象。很多研究顯示施用 rTMS 後效果可以維持好幾個小時，雖然這種方式有些爭議，但是這樣的結果表示，假如人可以利用 rTMS 來重新塑造大腦線路，將會出現無限的可能性。

(二) 聰明藥



圖五 認知促進劑的作用方式

在市面上有很多標榜著聰明丸、神經賦活要、神經促進劑甚至大腦威而剛的藥物出現，許多使用者宣稱藥物的用途並非一般提神飲料可以達到的。

有兩種認知促進劑的方式，一種為派醋甲酯，另一種是安非他命，這兩種宣稱是可以改變在神經元接合處傳遞物的活性，這樣的功能可增加注意力和興趣，因而幫助學習。

一般的突觸活動時，突觸前的神經元內的囊泡會釋放出傳遞物也就是多巴胺。這些傳遞物越過神經元之間的細縫，黏在突出後神經元的受器上活化細胞，藉此控制接收細胞的活性。傳訊細胞上的幫浦會回收突觸間的多巴胺到細胞內。

派醋甲酯，它的用途是堵住回收多巴胺的幫浦使得更多的多巴胺附著在突出後神經元的受器，強化了信號的傳遞；安非他命則是利用幫浦進入突觸前神經元，增加可以在突出後神經元的受器的傳遞物。

雖然這些藥物為身體帶來一些效果，卻也帶來一定的風險，而且還有成癮的可能，在經過科學家的測試，許多服用藥物的受試者，測試出來的閱讀速度、乘法計算和其他評估因子的表現上並沒有與服用咖啡因的人相差太多，而且在比較複雜的測驗中，服藥者表現反而下降，科學史家 Nicolas Rasmussen 說：「這是藥物提升情緒的效應，安非他命會讓我們覺得自己表現的特別好，但事實卻未必如此。」

參●結論

一、研究發現

由過去研究歸納出大腦演化有其限制(表一)，在神經元的大小、神經元的密度、軸突的粗細、大腦的大小容量，已經瀕臨物理的極限，在這種狀況下大腦本身改進的空間也已經不多，但是可以透過外力的幫助，不管先進的技術 TMS 或者藥物都能改善智力的效果，並且還有很多令人期待的發展空間。

表一 大腦演化的限制

改進方式	目的	問題
增加大腦的容量	容納更多神經元，提高腦的運算能力。	軸突變長，傳輸速度變慢，而且消耗過多能量。
增加神經元的連結	遠距神經元數目增加，加快通訊速度。	增加連線會耗能，而且佔用空間，導致消耗過量能量。
軸突變粗	信號傳遞速度加快。	較粗的軸突較耗能，而且占據更多空間，導致消耗過量能量。
神經元與軸突的縮小	相同的腦容量容納更多神經元與軸突。	太小的神經元與軸突，會產生隨機活動，造成太多雜訊。

二、展望

人腦的複雜程度即使達到物理的極限，但是人類可以不必靠著演化來增加智力，外力的介入也可以成為智力增長的動力，希望未來能有更精密完善的儀器或者藥物，如此一來智力開發就大有可為。

另一方面，人類也可以靠著互相的交流來增加人類整體的智慧，文字的記錄是遠超過個人記憶的容量，前人的智慧、前人的經驗都是我們整體智力的基礎與養分，這些智慧的累積讓我們更加了解著個世界，現在的研究可以做為未來開發人類無限潛能的基石。

肆●引註資料

- 註 1：Douglas Fox(2011)。智力的極限。科學人，114，46- 51。
- Douglas Fox(2011)。智力的極限。科學人，114，46- 51。
- Mark S. George(2011)。幫大腦充「電」。吳程遠：科學人雜誌精彩 100 腦科學特輯(114-121)。台北市。遠流出版事業股份有限公司。
- Gary Stix(2011)。聰明藥，幫大腦快速充電？。吳程遠：科學人雜誌精彩 100 腦科學特輯(114-121)。台北市。遠流出版事業股份有限公司。
- 圖一：維基百科。2013 年 9 月 22 日，取自
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A4%A7%E8%84%91>
- 圖二：左撇子世界。2013 年 9 月 22 日，取自
<http://www.leftyworld.net/yuanquan/yuanquan.htm>
- 圖三；Douglas Fox(2011)。智力的極限。科學人，114，46- 51。
- 圖四；幫大腦充「電」。吳程遠：科學人雜誌精彩 100 腦科學特輯(114-121)。台北市。遠流出版事業股份有限公司。
- 圖五；Gary Stix(2011)。聰明藥，幫大腦快速充電？。吳程遠：科學人雜誌精彩 100 腦科學特輯(114-121)。台北市。遠流出版事業股份有限公司。