

知識天地

倫敦計程車司機的海馬迴

簡正鼎研究員(分子生物研究所)

近年來，倫敦的黑色計程車駕駛員，成為研究大腦結構的對象。在美國科學院院刊PNAS USA (2000)的一篇報導中，作者(Maguire博士及其同僚)利用核磁共振攝影技術，發現這些計程車司機的海馬迴後緣，有增大的驅勢。這些大腦影像，是以一群年齡相仿、智商相當、且皆為男性的非計程車司機為對照組。海馬迴與人類的長期記憶有關，尤其是空間的記憶，這結果似乎說明長期訓練與記憶一個複雜的空間區域，的確會促進大腦的結構改變，而海馬迴後緣區域，與長期空間記憶有直接的相關。

選擇倫敦黑色計程車司機為研究對象，是有其道理的。他們必須經過嚴格的訓練，及相當多次的考試，來熟悉市區中心約三萬條的街道，及數千個景點的位置。一般的成年男性，是需要2—4年的訓練時間，來通過考試並取得駕照，成為合格的黑色計程車駕駛員。他們稱呼這是一個“獲得知識”的過程。作者發現，成為合格的駕駛員後，駕駛的年資愈久，海馬迴後緣就愈發地增大。這些計程車司機也認為，他們駕駛的經驗愈長，對倫敦的街道與景物，愈有整體整合的感覺以及準確反應的能力。

有趣的是，這個海馬迴後緣區域增大的現象在其他大城市(如巴黎及紐約)計程車司機的大腦中是觀察不到的。這可能是因為這些城市的街道較為整齊，有規劃(如曼哈頓的街道是以數字命名，直角交叉)。倫敦市中心街道蜿蜒交錯，如義大利麵般纏繞，是需要長期與反覆的訓練才能熟悉的。倫敦計程車司機經過一段長期且密集的重覆訓練，以及嚴格、多次的考試篩選(一半以上的人是無法通過訓練並取得駕照)，因此這一群成功取得駕照，亦即成功記得複雜倫敦市區“空間知識”者，可能將這些空間知識烙印在海馬迴後緣區域，以為長期保留。

有人質疑說，是在倫敦市區的駕駛經驗，讓這些計程車司機的海馬迴後緣增大，與空間記憶無關。例如嚴重的空氣污染，或刁鑽的乘客讓司機們的工作壓力太大，造成了大腦結構的改變。為了排除這些因素，作者做了一個令人莞爾的控制實驗，他們找了一群一樣在倫敦市區駕駛車輛的公車駕駛員，這些司機同樣是男性，有相同的駕駛經驗(年資及每日工作時間)，也有負責收車資、面對客人的壓力。唯一與計程車司機明顯不同的是，公車司機每天行駛的路線固定，重覆來回，並不像計程車司機需要隨時在大腦中記憶及反應新的駕駛路線。核磁共振攝影結果顯示，公車駕駛員的海馬迴，甚至任何大腦區域，並未因為他們的駕駛經驗，而有所改變。而計程車司機，因為每日駕駛不同路線，逐漸在大腦中形成一個整合的空間圖像，來代表倫敦市區街道的彼此關係，而這些空間圖像，可能就貯藏在海馬迴的後緣(或至少與這個區域有絕對的關連)。

又有人質疑說，海馬迴後緣的增大，是因為這些計程車司機重覆地汲取與練習一種專業知識，而與空間圖像記憶(或者稱為空間駕馭，spatial navigation)無關。社會上，各種專業很多，但很多都是從小學習來的，例如從小培養成音樂家的大腦結構也與一般人迥異。但這些計程車司機是在大腦已完成發育(他們的年齡在21—45歲之間)，仍然可以學習高度的專業知識，而造成大腦的改變，是較令人驚訝的。

為了解決這個質疑，作者因此找了一群醫師來做為研究的對象，醫師專業知識的獲得與專業的執行，也都在成年後(作者找了一群20—40歲以上的男性)，也是必須重覆且密集地演練他們的專業，而與計程車司機不同的是，他們的專業比較不是空間性的，而結果顯示醫師的大腦或海馬迴，並無明顯的變化，這也說明，許多知識的學習或專業的演練，並不需要改變大腦的結構。而且也更加說明海馬迴後緣的增大，與空間駕馭專業的關連。

重要的是，是否因為先天大腦結構的不同，而讓一群人比較能夠駕馭倫敦市區，並通過計程車駕照的考試。作者執行了兩個重要的實驗來說明。第一個實驗是找一群非專業的駕駛人員，測驗他們對空間的駕馭能力(作者是利用電腦上虛擬的城鎮，測驗他們對行駛方向的準確度、景物與街道的記憶能力等)，同時掃描他們的大腦結構，發現未經專業訓練的人，即使空間駕馭能力較好，大腦結構(包括海馬迴區域)並無任何不同。因此有些人天生比較能夠駕馭空間，並沒有海馬迴後緣比較大的現象。這也說明，海馬迴後緣的增大，與後天勤奮的練習比較有關連性。

而最近的一篇在Current Biology (2011)的報導，更能說明“後天訓練”的重要性，作者們利用4年的時間，持續追蹤同一群計程車司機，從開始訓練到考照結束。這一群成功通過訓練並取得駕照的司機們，他們海馬迴的後

緣的確增大了! 說明是在獲得倫敦市區的“空間知識”造成了海馬迴後緣的增大。這個研究的另一個重點在於它的對照組，是一群在同一時間進入訓練，最終卻無法通過考試的人。這兩群研究對象在剛進入訓練時(這時並無法知道誰能成功通過考試)，作者對他們進行各種智力、認知與記憶能力的測驗，發現彼此並無差別，比較他們大腦的結構，包括海馬迴，在訓練前也無任何差異。不一樣的是，這一群無法通過考試的人，在訓練結束後，其大腦結構，包括海馬迴，與訓練前並沒有任何差別，而他們的海馬迴的後緣，與成功取得駕照的人比較，明顯的小了許多。因此，複雜“空間知識”的獲得與使用，的確烙印在增大的海馬迴後緣。是什麼原因讓對照組的人無法成功地通過考試呢?他們與通過考試者訓練的年限一樣，但在每週的訓練時數及次數上明顯少很多，這說明了密集的練習能促進“空間知識”的獲得及海馬迴後緣的增大。

獲得複雜且大量的空間知識並不是沒有代價的! 在海馬迴後緣增大的同時，前緣區域卻明顯地縮小了! 這些能成功駕駛在倫敦市區的計程車司機們，在一些空間駕馭的測試，如倫敦街道及景物的空間關係，都表現的比其他人好很多，但代價是，他們在記憶新的視覺影像測驗中，卻明顯地比常人遜色了! 另外，這些貯藏在海馬迴後緣的空間知識，是無法永久保存的，因為當他們退休後，海馬迴的後緣也會逐漸萎縮回去! 因此，持續的使用這些空間知識，保持專業，是維持海馬迴內貯藏空間知識的必要條件。

這些研究說明了人類的大腦，即使是已經完成發育的成人，皆保有高度的“可塑性”(plasticity)。但這些研究並不隱含所有的專業訓練，都要反映在結構的變化上(如前面所提到醫師的訓練)。雖然空間的可塑性，可以海馬迴後緣的大小來呈現，但這也無法明確地說明是“先天”或“後天”的因素，對海馬迴後緣可塑性的影響程度，或許有些人遺傳了較高的可塑性，因此較能接受與空間有關的專業訓練，也有較大的成功機會。但有一點是可以確定的是，即使遺傳到較高的可塑性，也要勤奮的練習與運用，才能把一專業發揮到極致。

延伸閱讀：

1. Maguire, E.A., Gadian, D.G., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowiak, R.S.J., and Frith, C.D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 4398-4403.
2. Maguire, E.A., Woollett, K., and Spiers, H.J. (2006). London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus* 16, 1091-1101.
3. Katherine Woollett and Eleanor A. Maguire. Acquiring “the Knowledge” of London’s Layout Drives Structural Brain Changes. *Current Biology* 21:2019-2014 (2011).
4. Katherine Woollett, Hugo J. Spiers and Eleanor A. Maguire, Talent in the taxi: a model system for exploring expertise. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2009) 364, 1407-1416.

註：作者要感謝分子生物研究所王雅玫與鄭雅仁小姐的修改。