

人腦何時成熟？

■王道還

二〇〇四年五月十日出刊的美國《時代》周刊，以「人腦何時成熟？」做為封面故事，引起了國內新聞媒體與學者的注意，可惜新聞與介紹文字都有語焉不詳的地方。

《時代》這篇報導，主要是介紹一個人腦研究計畫的初步發現。那個計畫仍在進行，還沒有完成，但是研究人員已獲得一些初步結論，與過去的看法不同，或是過去完全不清楚，記者才會認為值得介紹給一般讀者。因此，我們還是從頭講起罷。

人腦的特徵

人屬於哺乳綱靈長目，哺乳綱動物的大腦，都有發達的皮質，又叫灰質，是高級中樞的所在地。即使實驗室小鼠，大腦皮質上都有明確的視覺、聽覺、觸覺等中樞。靈長類在哺乳綱中，是腦量較大、皮質較多的一群。而人類的腦子，無論尺寸、重量，都在靈長類中出類拔萃。請看下列數字：

人類（成人）：
1,300~1,400公克

人類（新生兒）：
350~400公克

李明提供



成年黑猩猩：420公克
大猩猩：465~540公克
紅毛猩猩：370公克
恆河猴：90~97公克
狒狒：137公克

人腦的發育歷程，還有一個特色，就是：人腦主要是在出生以後才發育的。事實上，人與黑猩猩的新生兒，腦量差不多。可是人類的新生兒，腦量不過是成人的四分之一，而黑猩猩出生時，腦量已達成年的八成。換言之，人類的大腦主要是在人文環境中發育的，這個事實使我們對於人類的認知發展，難以利

用「先天／後天」之類的概念討論。

人腦的早期發育

科學家對於人腦的早期發育，在一九七〇年代已有共識。原來脊椎動物神經系統的組織，是由兩個機制「雕塑」成形的：

- 一、神經元增生，然後大量死亡；
- 二、每個神經元都儘可能地與其他神經元建立聯繫，也就是形成「突觸」，然後大量突觸消失。

以人腦來說，在

神經元大量滋生的階段，每一分鐘最多可達二十五萬個，胎兒發育滿五個月，這個階段才告一段落。接著就是神經元大量死亡。把這個機制比擬為雕刻家的創作過程，我們比較容易理解它的功能——米開蘭基羅將一塊大理石「不必要的部分」除去，雕成著名的「大衛」像。

神經元之間先任意建立聯繫，再消除「不必要的」突觸，也是形成最終神經網路的有效機制。

青春期的腦

人類出生後，腦子迅速增大，主要是神經元不斷發育——每個神經元都努力滋生神經纖維，與其他神經元建立聯繫。滿六歲的孩子，腦子尺寸已長到成人的95%。同時，經驗、學習等因素，開始刪削「沒有用的」突觸；這個過程叫做「修剪」(pruning)，修剪的原則是「用進廢退」。

可是，由於過去的科學家觀察健康人腦標本的機會不多，對於人腦發育過程的細節一直不清楚。而且，每個人的大腦都不同，比較研究的結論也不可靠。

現在，各種組織造影技術使科學家可以觀察活人的大腦，好幾個研究團隊開始研究大腦發育的細節。例如美國國家衛生院心理健康研究所正在進行一項長程研究計畫，以磁共振造影技術(MRI)追蹤人腦的發育。結果，研究人員發現，人腦會一直發育到青春期。過了青春期之後，大腦皮質的組織還會繼續變化，直到20歲以後，甚至可能到25歲才會告一段落。過去大家都相信，大腦到了青春期，就定型了，因此這個發現引起了廣泛的矚目。

《時代》周刊記者訪問的季德(Jay Giedd)醫師，就是心理健康研究所這項研究計畫的主持人。他指出，人腦在青春期之前，大腦皮質還會經歷一波擴張，然後再修剪掉。而且大腦皮質各主要區域的變化時程不同，例如頂葉(觸覺中樞所在地)最早攀上擴張高峰，其次是額葉，顳葉(聽覺中樞)晚一些，枕葉(視覺中樞)最晚。最值得注意的是額葉皮質，男生在12歲，女生在11歲擴張到極至，變得很厚，然後就進入修剪期，逐漸變薄。許多精神分裂症患者在



《聖經·撒母耳記上》中殺死巨人歌利亞的「大衛」。這個大理石像高5.5公尺，一五〇一~一五〇三年創作。根據米開蘭基羅的說法，他只是把藏在大理石裡的「大衛」釋放出來。現在神經科學家已經知道，脊椎動物神經系統的發育，類似雕刻的過程，必須把大量神經元與突觸「鑿」掉，才能形成最終的組織結構。有些精神疾病，就是這個過程出了問題，才發作的。

青春期之後發病，季德醫師推測那與前額葉皮質神經網路正在進行精細的「雕琢」工程有關。因為前額葉皮質接收所有中樞處理過的內外訊息，進行綜合研判，因此有人稱它為大腦執行長(CEO)。

哈佛大學的研究人員也得到了青少年大腦還沒定型的結論。他們以功能性磁共振造影技術（fMRI）測驗青少年與成人，發現青少年大腦的認知活動，與成人有明顯的差異。

總之，我們現在有堅實的科學證據，顯示青少年的大腦，特別是額葉皮質，還沒有完成發育。

青春狂飆

另一方面，青春期的生物定義，是生殖系統開始成熟的時候。那時青少年的身體受到性荷爾蒙的洗禮，逐漸發育成成人。性荷爾蒙刺激的大腦部位，主要是與情緒有關的系統。於是青少年的大腦，一方面控制中心（大腦執行行）還沒有發育完成，另一方面，情緒中樞受到荷爾蒙風暴的衝激，難怪他們會有易衝動、走極端、強說愁的傾向，許多時候不但大人無法勸之以理，他們自己也說不出所以然。

這些科學發現可以解釋青少年的叛逆傾向，更重要的是，新發現還指出了重要的研究問題：人在年輕

時的成長環境與成長經驗對於大腦的影響。季德醫師認為大腦會一直發育到20歲以後，因此他勸青少年千萬不要吸毒與酗酒，因為毒品與酒精對發育中的腦子，影響可不是一時的。

至於新發現的人文教訓，就茲事體大了。例如「成人」的概念，以及相關的政治權利、法律責任，就不容易討論。現在美國人年滿18歲就有投票權，我國是20歲。要是人腦要發育到20歲以上才告一段落，腦子還沒成熟的人憑什麼選賢與能呢？關鍵在如何定義「理性」，以及理性與大腦生物特徵的關連；這種問題沒有簡單的答案。

大人該做什麼？

科學從來沒有改變過人文世界的大是大非，愛與耐心這帖祖傳方子仍然有效。青少年的前額葉還沒成熟，大人必須積極介入他們的生活，才能有效地幫助他們。缺乏愛與耐心，就不可能成功地介入與引導。□

哺乳類的生殖瓶頸

二〇〇四年七月初，歐洲人類生殖與胚胎學學會在柏林舉行第二十屆年會。哈佛大學醫學院的一個研究團隊，報導了一個突破性的發現

過去，我們都相信，女人的生殖潛力，一出生就決定了，因為她出生的時候，卵巢裡的卵子是有數的。也就是說，女人的卵巢，天生卵子數量有限，而男人不同，精子的數量是無限的，隨時製造隨時補充，取之不盡用之不竭。

但是哈佛醫學院的研究團隊在今年年初就發表了一個發現：實驗室小鼠的卵巢裡，有可以分裂成新的卵子的幹細胞。這篇報告發表後，學界將信將疑，因為哈佛的研究團隊只說他們觀察到這種幹細胞，但是沒有將這種幹細胞分離出來。

這次在柏林，哈佛的研究人員公開展出他們的發現：

第一、他們把小鼠卵巢裡的卵子幹細胞分離出

來了；

第二、他們描述了這種卵子幹細胞的基因特徵。

換言之，他們發現了卵子幹細胞的標誌基因。例如有一個基因，要是把它關閉，小鼠卵巢的濾泡就會減少40%。還有一種分子，叫做GSA8，可以調控幹細胞，要是把它注射到小鼠體內，小鼠卵巢的濾泡會增加一倍。

這個發現的意義是，也許人類婦女的卵巢也由同樣的機制控制。例如婦女的更年期，就是因為卵巢喪失功能，不再有新的濾泡——不再有新的卵子發育，不再分泌各種女性荷爾蒙。

要是發現操控卵子幹細胞的方法，就有可能使卵巢繼續維持年輕時的活力。□

王道還

中央研究院歷史語言研究所人類學組