

# 靈長類的大腦演化與人類的生存適應

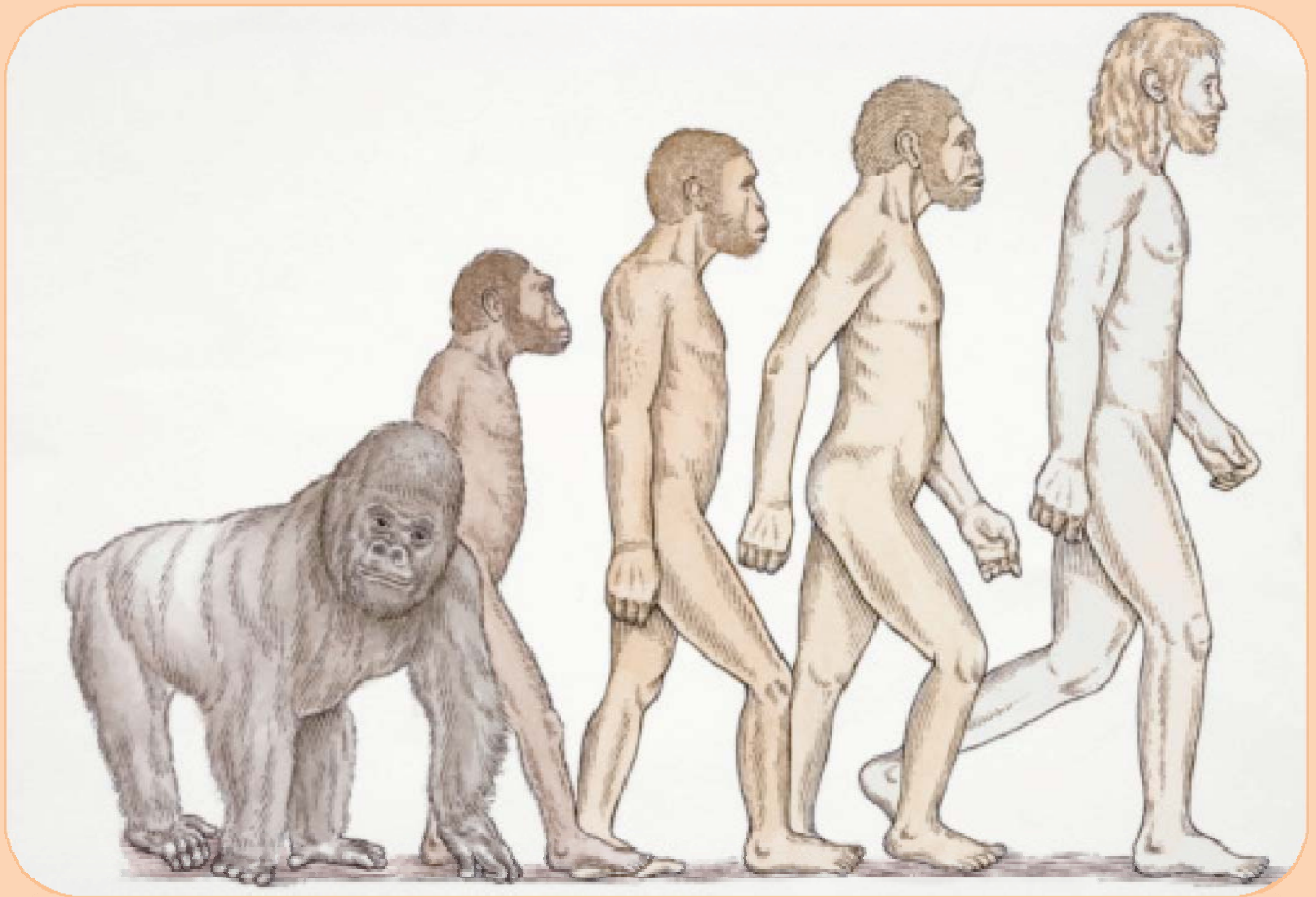
「改變也不是每個人都成功，我們只是運氣好活下來而已。」——王弘毅教授

撰文 | 郭冠廷

第七期探索系列講座《大腦、演化與學習》由臺大科學教育發展中心所舉辦，王弘毅老師並在4月28日下午於台大應用力學所的國際會議廳，替我們主講〈靈長類的大腦演化與人類的生存適應〉，希望為各位帶來對於腦研究的另一個切入點。

王弘毅教授目前任職於台大臨床醫學研究所，主要是做B型肝炎的演化，從演化學的視角來關照現代醫學。演化不再是動輒百萬、億年的過程，如MHC抗原辨識區，在個體中的演化，與傳染給別人後的改變。現在實驗室中用病毒細菌果蠅，其實可以在短時間內觀察到演化的發生。

本次演講由於科教中心陳竹亭主任公務在身，因此由本期系列講座的顧問臺大醫院謝醫師負責開場與主持。「我們的學習是腦在學；而腦是演化來的，所以最根本的就是演化。」謝醫師開場就簡潔明瞭的點出大腦的演化，在腦相關研究是最為根本基礎的地方。從生物演化的脈絡當中，我們可以更瞭解自己的過去，進而去重新定位自己。並且去思考，為什麼在研究疾病為主的醫學院，會請一位演化生物學的專家？王教授是台灣所有醫學院當中唯一的演化生物學的學者。演化看起來是非常遙遠的事情，為什麼會和醫療疾病拉上關係？謝醫師又提出幾點問題給各位觀眾思考。



圖片來源：Dorling Kindersley | Getty Images

## 重新定位自己

孟子曾說：「人之所以異於禽獸者幾希。」而根據基因組資料顯示，人類和黑猩猩的差距只有百分之一點一。那麼現代人和人類的祖先到底差在何處呢？人類起源於非洲，就讓我們搭著時光機，順著演化的脈絡，來一一揭露人類演化的歷程。

現代人主要起源於非洲衣索比亞。而在達爾文（**Charles Robert Darwin**）的時代，人類和人類的近親，大多都是在非洲發現的。達爾文物種原始發表後就說：「哥白尼把人從天堂打入凡間，因為在哥白尼之前是地球繞著太陽轉。而我則是把人打入畜牲道。」藉著從演化的觀點，消弭了人與萬物的差異。

## 與日俱增的大腦與兩足步行

那人與萬物到底差在哪裡呢？「兩足步行」與「大腦袋」是人類在演化過程當中所展現最為特殊的適應。從常見哺乳類的腦商（**EQ: encephalization quotient**）資料當中我們發現，人類的腦商7.5遠高於猴仔的4.0與狗1.0。數值愈高表示，也表示人類的腦在生物中佔個體體重中相當的份量。

除腦的大小之外，人和其他生物最大的差異是兩足步行。「我們的一小步，我們祖先的一大步。」老師帶著崇敬的口吻，並以自身的育兒經驗說明。「要站起來有許多東西需要改變，就如我的女兒從出生的時候，要學每一個動作都這麼困難。三個月才會翻身，六月才會坐起來。」

而兩足步行，簡單來說可以歸功於幾項人類的演化：枕骨大孔前移、下顎縮小、粗壯的腰椎、寬而短的薦椎、寬大的腸骨、雙髌軸心線傾斜。因為這幾項原因，使得人類得以站立，卻也造成人因為要靠下半部支撐全身重量，而造成腰痛等的影響。

老師現場來舉行一則有獎徵答，「到底是腦先變大還是先有兩足步行（**bipedalism**）？」這個問題，在人類演化史當中孰先孰後，一直是人類學家爭論的議題。過去歐洲人在歐洲挖化石的時候，因著二十世紀之前，所有出土的二足步行化石，恰巧都有一個大腦袋，所以一般人普遍會都猜想：人類的演化是腦容量增加後，才進入二足步行。直到1974年女性化石露西（**Lucy, Afar Locality 288**）的發現。露西身材矮小只有107公分，但她有黑猩猩的頭顱，不過卻有著是兩足步行的特徵，從此得知，人類的演化是從二足步行開始。

## 見證祖先的存在

森林變草原促進兩足步行。非洲過去氣候記錄和化石紀錄，草原上因為沒有樹可以運用，就要更有效率的運動方式。畢竟我們四足類的祖先是善於爬樹的動物，相較豹子老虎，人並不擅長奔跑。因此，兩隻腳站起來使人在草原上能更有效率的運動，也可以增加能夠看向遠方的優勢，看到遠處的獵食者。即使是這樣，我們過去很多的親戚也消失了。可見要演化成兩足步行是非常困難的。

到草原上要有更有效率的攝食方式，要有更靈活的大腦，腦變大需要更多的能量，要攝取更多的營養，就要去獵捕。需要去設計工具、相互合作，過程不斷的循環又需要更大的腦、更多動物性蛋白質和脂肪，如大家都有的四顆犬齒，就是這演化的痕跡。而這整段過程是艱辛難熬的，「祖先永遠比我們偉大，因為祖先，我們才能夠存活下來。」

## 大腦袋的代價

大腦袋的代價主要有四個：增加能量消耗、成長時間延長、影響運動的穩定性、造成生產時候的困難。

就能量消耗而言，大腦只有人身體比重的**2%**，卻有著**16%**的基礎代謝率。相比而言，骨骼肌身體比重只有**40%**，卻只花掉總基礎代謝率的**15%**。大腦是很消耗能量的器官。除此之外，腦袋變大，也會影響運動的穩定性。而為求生產順利，因此骨盆腔變大，而這麼一來又造成雙顆軸心線傾斜更加嚴重，產生不必要的力矩。但即使如此，人的大腦袋的大小仍比產道直徑大，生產也就伴隨著莫大的痛苦。在臺灣古諺語中就有一段：「生過米酒香，生不過四塊板。」



## 腦容量的演化

改變性狀的方法主要有兩種：改變基因本身、控制基因調控區。而後者指的就是基因位於前段的調控區，是基因表達與否的開關。如果調控區改變，可能會改變基因的表達量，基因產生原本數倍多的蛋白質。

以「基因表達量」和「基因演化速率」來探討，人類和黑猩猩到底誰比較進步。以人類大腦血液與肝臟來取樣，在這兩者中，人類和猩猩的基因表達量差不多。可是在大腦中，人類卻有高達5.5倍以上的表達量。

而「基因演化速率」數字愈大表是改變愈大，人類特別快，針對腦演化的速率。在過去做出的研究，人類基因的演化速率是最大的。可是，因為當時研究的基因數目較少且當時知道的基因剛好是改變很多的基因。「如此一來，挑這些演化快的基因來做實驗，做出來的結果一定是演化快。」老師仔細的分析著。

所以，老師就與中央研究院的沈哲鯤教授、美國芝加哥大學的吳仲義教授、日本東京大學與國家衛生研究院的學者，一同進行全面性的研究。重新探討腦部表現的基因在不同的生物演化速率是否不同？「後來我們發現，人類在大腦中有表現的基因，其實改變起來是相對慢的。而這和我們過去學界的想法是相背馳。但是經過我們幾年的努力，研究結果已經逐漸成為主流看法。」

探討造成這現象的原因，平均而言，越多蛋白質產生互動的基因，其演化速率越慢，和越多蛋白質有互動的基因，改變速率越慢。人類腦部基因，一個基因改變，就會連帶影響旁邊的基因。這時候因為影響層面變大，就不能任意改變。不過，其實也沒有想像中的那麼悲情，老師繼續點出了人類進步的所在：「比較進步的大腦是因為基因之間交互作用的複雜度增加，而不是序列上變化的保守與否。」

## 生存適應

雖然目前對基因與腦袋大小的關係尚未明朗。但Zfp568可能是決定出生時腦部大小的基因；並且，為解決母親在生產胎兒時的難產，因此人類就發展出縮短懷孕時間，讓頭還沒有那麼大就先被生產出來，以延後腦的發育來生存適應。

不論是兩足行走或者是大腦袋的演化，人類都付出了相當的代價。「改變也不是每個人都成功，我們只是運氣好活下來而已。」

**Q&A**時間，有位林同學問：「請問人類的大腦還在演化嗎？人類會朝哪一個方向去演化？」如果限定的是腦袋「大小」的演化，王教授認為，因為一個細胞聯結五千個細胞或許就是上限，腦部再增大養分運輸會有困難，所以老師的個人看法是認為：「即使是大腦還會再變大，也是有它的上限。」雖然如此，但如同一張網路上所流傳的照片，一個人趴在電腦前面，身體和腳都很小，只剩非常大的手和腦袋，雖然是一張玩笑圖片，但是卻也顯現，到底人類會朝那方面演化，也不宜妄下定論。「演化其實沒有方向性，也沒有預先說要朝哪一個方向演化」王教授點出演化的本質，「你活下來就是活下來，現在看到的都是成功者的後代。祖先都是成功者，你不見得是成功者。」

本文整理自：101/04/28下午由王弘毅副教授在臺大應力所國際演講廳所主講之「靈長類的大腦演化與人類的生存適應」的演講內容。