

科技訊息

在分子層次看性別發育

高等生物的遺傳基因，是分配在多對染色體之中的。在生物繁殖的時候，如何決定下一代的性別，這問題在本世紀初已經有了初步答案。簡單來說，每個生物體的細胞都秉承了兩套染色體，一套來自父系，另一套來自母系。每套染色體中，除了與身體各部功能有關的功能染色體(autosome, 以A代表)之外，還有一個名為X或Y的染色體，那是與性別決定有密切關係的，因此稱為性別決定染色體。一個雌性個體的染色體組成總是2A+XX的形式，而雄性個體則是2A+XY的形式。生物在產生精子或卵子時，會進行所謂染色體的「減數分裂」，即一分為二而取其一半。因此卵子染色體是A+X的形式，而精子則可能是A+X也可能是A+Y。接受A+X精子的受精卵變成2A+XX，因此會發育成為雌性個體；接受A+Y精子的受精卵則變成2A+XY，所以發育成雄性個體。這一過程雖然有例外，但大體上已成為遺傳學的基礎原則。可是染色體中的基因到底如何運作，以產生不同性別的個體？這性別發育過程的調控其實是十分複雜的，直到最近才由於分子生物學的進步，而慢慢被破解。

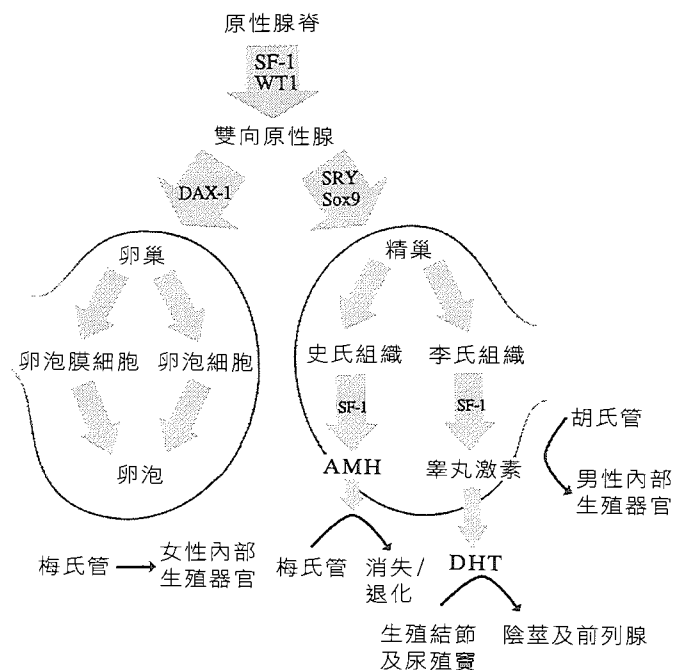
近年性別發育的研究以對果蠅 (*Drosophila Melanogaster*) 及扁蟲 (*Caenorhabditis elegans*) 的研究尤為特出。這兩種研究得出的原則是先由一個基因(gene)作總開關(master switch)，再由這個基因的表達引發三件事：(一) 引發其他與兩性發育有關的基因進行表達，因而引發一連串的功能發育，而最後達致性器官的發育。(二) 與性器官發育有關的基因都集中在X染色體上。由於雄性只有一個X染色體而雌性則有兩個，因此基因表達的程度自然不同，由表達程度不同因而誘發其發展成雄性或雌性，而非用Y染色體去發展雄性特色。(三) 決定了性別發展之後，便要修正雄性與雌性有一個或兩個X染色體在基因表達

水平上的差別，這叫做劑量糾正。果蠅是用提高雄性(一個X染色體)X染色體上基因的表達程度，使之與雌性有兩個X染色體的表達水平相一致。而扁蟲則用相反的方法，使雌性的X染色體上的基因表達能力減半，因而與只有一個X染色體的雄性相同。

人類或哺乳類所用的發育控制方法，又與果蠅及扁蟲大不相同。由此可見生物所用的辦法，花樣層出不窮。由於不能在人類身上進行分子生物學家慣用的突變實驗，大部分的資料及靈感都是來自對世界各地性器官不正常發育的病例及遺傳病的臨牀觀察。這些觀察引導分子生物學家找到幾個有關的基因：(一)SRY, 性別決定區, Y染色體；(二)SF-1, steroidogenic 因子1；(三)AMH, anti-Müllerian 荷爾蒙；(四)Sox9；(五)WT1；(六)DAX-1, X染色體。

發育成女性的基因都在X染色體上，因此人類的胚胎，不論男女，都以發育女性生殖

圖1 控制性別發育有關的基因



Adapted with permission from Alan J. Schafer. *Science* 269, 1825. Copyright 1995 American Association for the Advancement of Science.

官開始，如果不受發育男性生殖器官的因素干擾，便會一步一步地發育成女性生殖器官。在這個發育過程的早期，SF-1基因及WT1基因具有啟發兩性生殖器官發育的功能，而DAX-1基因則領導卵巢的發育，因此是清楚地發育成女性的關鍵基因(見圖1)。控制胚胎發育男性生殖器官的總開關現在已知道是SRY基因，是在男性特有的Y染色體上的。這個SRY基因能使精巢發育，亦令SF-1基因高度表達。SF-1基因的表達，一方面誘使精巢及其他胚胎組織發育成男性生殖器官，但更有趣和重要的是，SF-1基因又會令另一個AMH基因在精巢表達出來。這個AMH基因的產物，可以破壞女性生殖器官的發育，使其半途而廢，最後便只有男性生殖器官而成為男性了(見圖1)。此外，人類也有上述的劑量糾正現象，方法是在女性關閉一條X染色體。

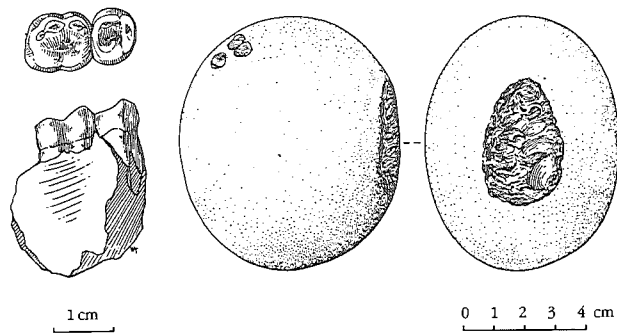
——麥繼強

香港中文大學生物系

四川龍骨坡人 ——亞洲最古老的居民？

近半世紀是古人類學的黃金時代。現在已很少古人類學者會懷疑非洲是人類起源地的說法。然而，目前科學家最感興趣的問題，卻是早期的人類，何時離開非洲，進入歐亞大陸呢？也就是說甚麼時候亞洲大陸有人類出現呢？近年中美科學家的合作，為這個問題提供了新的解答——四川巫山龍骨坡發現的200萬年前人骨化石，可能就是亞洲地區最古老居民的遺迹^①。

1985至1988年間，中國科學院古脊椎動物與古人類研究所黃萬波及地方考古工作者在長江南岸大廟巫山縣龍骨坡洞穴遺址(東經109°4'50"，北緯30°21'25")進行了長期野外發掘。他們最引人注目的發現，是發掘出可能屬於更新世早期(距今約200萬年)的人類化石，包括一片下頷骨以及一顆上門齒。同地層中並



Nature 378, 277, 278 (16 November 1995)

四川龍骨坡亞洲地區最古老居民化石。左圖 下頷骨及石器工具。下頷骨：下頷骨僅存下頷中段，P4-M4兩顆牙齒，齒根長，齒冠比現代人明顯低。右圖 石工具：石錘，河礫石來源於洞外。石錘上有集中的錘擊痕迹。

發現了人工打製的石器工具，即砍砸器與石錘。此外，還出土甚為豐富的動物化石，如步氏巨猿(*Gigantopithecus*)、小種大熊貓(*Ailuropoda Microta*)，顯示同地層年代可能屬於更新世前期。而且，龍骨坡人類牙齒具有比亞洲其他地區已發現的直立人更為原始的特徵，可以與非洲地區的能人化石相匹比。中、美科學家以古地磁法及電子共振法測定龍骨坡遺址年代的結果，均同樣傾向支持龍骨坡人類化石是屬於早更新世階段。

英國利物浦大學烏德(Bernard Wood)與端納(Alan Turner)評論這一發現，認為200萬年前的龍骨坡人骨化石不單代表亞洲地區最古老的居民，而且它的特徵甚至比直立人更原始，因此最早離開非洲大陸遷移到歐亞地區的人類種屬，可能並非直立人而是Ergaster種的「能人」(*Homo Habilis Ergaster*)^②。

① Huang Wanpo et al.: "Early *Homo* and associated artefacts from Asia", *Nature* 378, 275 (16 November 1995).

② Bernard Wood and Alan Turner: "Out of Africa and into Asia", *Nature* 378, 239 (16 November 1995).

——鄧聰

香港中文大學中國考古藝術研究中心主任