



演化豈只是化石

只有找到「失落的環節」才能證明演化論？這是科學上一個天大的誤解。

19世紀英國社會科學家史賓塞早有先見之明：「那些目空一切地否定演化論、認為它沒有足夠事實支持的人，似乎忘了他們自己的理論才是毫無事實根據的。」

唉！一個世紀過去了，還是一點都沒變。當我在和創造論者辯論時，他們自己連一項支持創造論的事實證據都提不出來，卻要求別人必須提出能證明演化論的「那一塊過渡化石」。當我提出如陸行鯨 (*Ambulocetus natans*，古代陸生哺乳動物和現代鯨之間的「過渡化石」) 的證據時，他們的回應卻是：「現在，化石記錄之間的鴻溝有兩個了」。

們匯聚起來，便揭示了生命的發展確實是特定歷程的結果。

英國著名演化理論學家道金斯的巨著《祖先的故事》(*The Ancestor's Tale*)，是達爾文的《物種起源》出版以來，把演化的資料和理論寫得最細微的作品之一，他以688頁的篇幅、優雅的筆觸，將匯聚的科學證據做一番闡述。道金斯追蹤大量的過渡化石，他將那些化石稱為「共祖」(concestor，一組物種共有的最早祖

**我們知道有演化的
事實，是因為由不同領域
匯聚而來的證據。**

遺體中的粒線體DNA (mtDNA)「強力支持這樣的假說：古代美洲和歐亞家犬同源，都來自舊世界的灰狼。」

在同一期雜誌中，瑞典斯德哥爾摩皇家技術學院的分子生物學家薩弗賴寧等人指出，儘管化石記錄仍有疑問，他們研究了世界各地共654條家犬的mtDNA序列的差異，都「指向東亞家犬的一個起源」，即大約1萬5000年前一個狼基因庫。

最後，美國哈佛大學人類學家哈爾等人在同期所發表的研究顯示，在利用人類的手勢來指出隱藏食物的位置時，家犬比狼熟練。但他們說：「狗與狼在非社會性記憶任務上的表現沒

WWW.NATIONALGEOGRAPHIC.COM.TW

2004年11月號

台灣：NT\$ 199

香港：HK\$ 45

NATIONAL GEOGRAPHIC

國家地理雜誌 中文版

達爾文錯了嗎？

一個半世紀之後，重新檢視演化論



馬雅地下世界
再現古文明禁忌與神話

斐濟彩虹珊瑚礁
浩劫重生，豔麗如昔

恐怖地理學
全球恐怖主義起源與分布

雨季來臨時
澳洲季風下的地與人



總編輯的話

人類不是猿猴的後代。達爾文也從來不曾這樣說過。可是，他的想法卻從一開始就遭到曲解和譏諷，就像下面這張1878年的漫畫。達爾文真正的意思是說，地球上千千萬萬數不清的物種都是從一些共同祖先不斷分支出來的。這個過程就是所謂的「演化」。構成演化的機制則是達爾文所稱的「天擇」，是天擇決定了動植物的外觀及行為。

如今，這兩個詞的意義依然遭到誤解。



© ARCHIVO ICONOGRAFICO, S.A./CORBIS

有生物之間的演化聯繫。羅伯特·克拉克的攝影則帶我們欣賞達爾文的才華，並且在某種意義上，讓我們得以隨著新樣本的一一呈現，想像自己如達爾文般觀看與思考。

造成混淆的原因部分來自於「演化論」這個講法。科學家所謂的「理論」，指的是一個基於觀察或實驗得出的陳述，此陳述能恰如其分地解釋可觀察世界的某些面向，因而被視為事實。它不是憑空捏造的想法，也非未經驗證的信仰。

我們雜誌的宗旨是探索世界，方式往往是強調諸如演化之類的科學概念。這種方式必然要與無法經由科學驗證的信仰格格不入嗎？不是的。就像伽利略證明了地球並非太陽系中心之後，宗教也沒有因此而消失，演化也不會將神排除在人類起源之外。一位19世紀的天文學家將人類起源形容為「一切謎團之謎」，達爾文自己就曾經借用這個說法。

從第2頁開始，大衛·達曼將敘述科學家如何利用達爾文時代尚未出現的科技，找到前所未有的豐富證據，證明所

除了這些堅守經文字義的人之外，不信演化論的還大有人在。根據美國民調機構蓋洛普於2001年2月透過超過1000通電話所做的抽樣調查，至少有45%的受訪美國成人認同「上帝在距今1萬年之間一次性地創造了人類，形態和今日人類相當。」以他們的觀點，我們如今的形貌與演化無涉。

在這項調查中，只有37%的受訪美國民眾能夠同時接受上帝與達爾文——神著手開創生命，並以演化作為創造的工具（多位教宗的發言都曾經指出，此一觀點符合羅馬天主教教義）。相信人類是在沒有任何神祇參與之下從其他生命形態演化而來的美國人就更少了，僅有12%。

這些民調數據最令人震驚之處，不在於有這麼多美國人排斥演化論，而在於這樣的數字在過去20年來並沒有什麼改變。蓋洛普在1982年、1993年、1997年及1999年都做了同樣的民調、提出同樣的選項。支持創造論的受訪者——相信人乃由上帝獨自創造、與演化完全無關——從未低於44%。換句話說，在最關鍵的議題上，美國有將近一半民衆寧可相信達爾文錯了。

爲什麼會有這麼多人反對演化論？堅守經文只是一部分的原因，美國人口當中自然包含爲數可觀的經文主義者，但是並沒有44%這麼多。勸人改信創造論的人士和政治運動者千方百計干預美國公立學校教授演化論生物學，這是另一個因素；但數以百萬計的美國成人單純的困惑與無知，必定也是原因之一，很多人從來沒有上過一堂講演化論的生物課，或讀過一本清楚闡釋演化論的



##0043274

OPEN 2/13

A NATURALIST'S VOYAGE ROUND
THE WORLD IN H. M. S. "BEAGLE"

小獵犬號 環球航行記

達爾文 Charles Darwin / 著
周邦立 / 譯 葉篤莊 / 修訂

1831年底，剛從劍橋大學畢業的達爾文隨英國海軍艦艇小獵犬號出發，展開為時五年的科學考察之旅。他並不知道，日後他影響深遠的學說將奠基於此。

五年間，他三度橫渡大西洋，走遍南美大陸及其周邊，深入南太平洋，遠赴印度洋。在廣範圍的經緯度的移動中，他親歷了豐富多變的自然與人文狀態：

火山、地震、熱帶雨林、化石、海嘯，陌生的民族，迥異的制度；

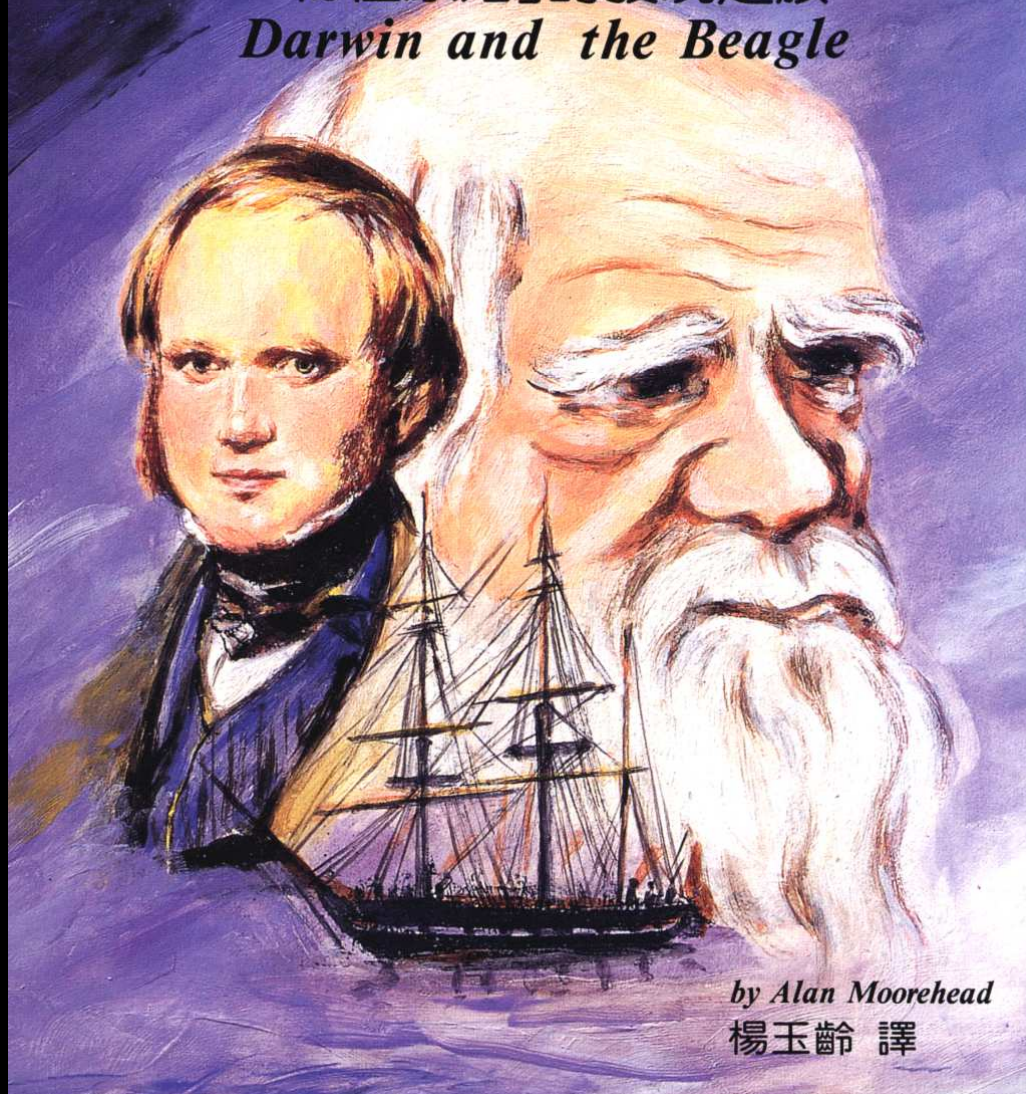
此外，船上的生活，在考察據點的採集與狩獵，他那近乎哲學的生物學思考，物種發生與遞變的軌跡，都一一筆錄在日記之中，大量的文字資料和精緻的繪圖，既是知識的，又是文學的，精確而敏感，不斷逗引我們參與一次虛擬的旅程。

臺灣商務印書館

天下文化
科學人文

達爾文與小獵犬號

「物種原始」的發現之旅
Darwin and the Beagle



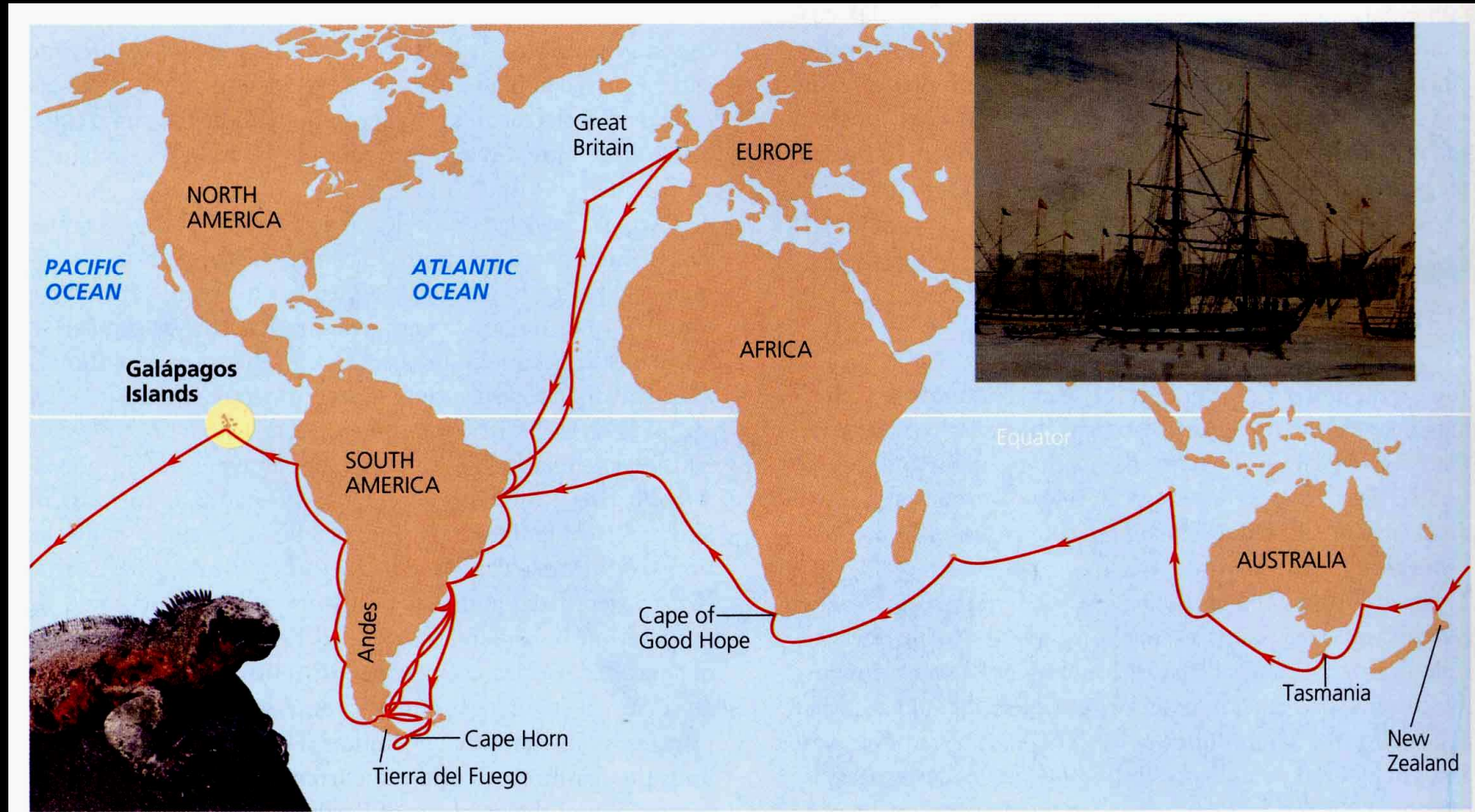
by Alan Moorehead
楊玉齡 譯

費茲羅晉升為海軍中將後的肖像，
繪製者為藍恩（Francis Lane）。





Charles Darwin (1809-1882)









(a) Seed eater. The large ground finch (*Geospiza magnirostris*) has a large beak adapted for cracking seeds that fall from plants to the ground.

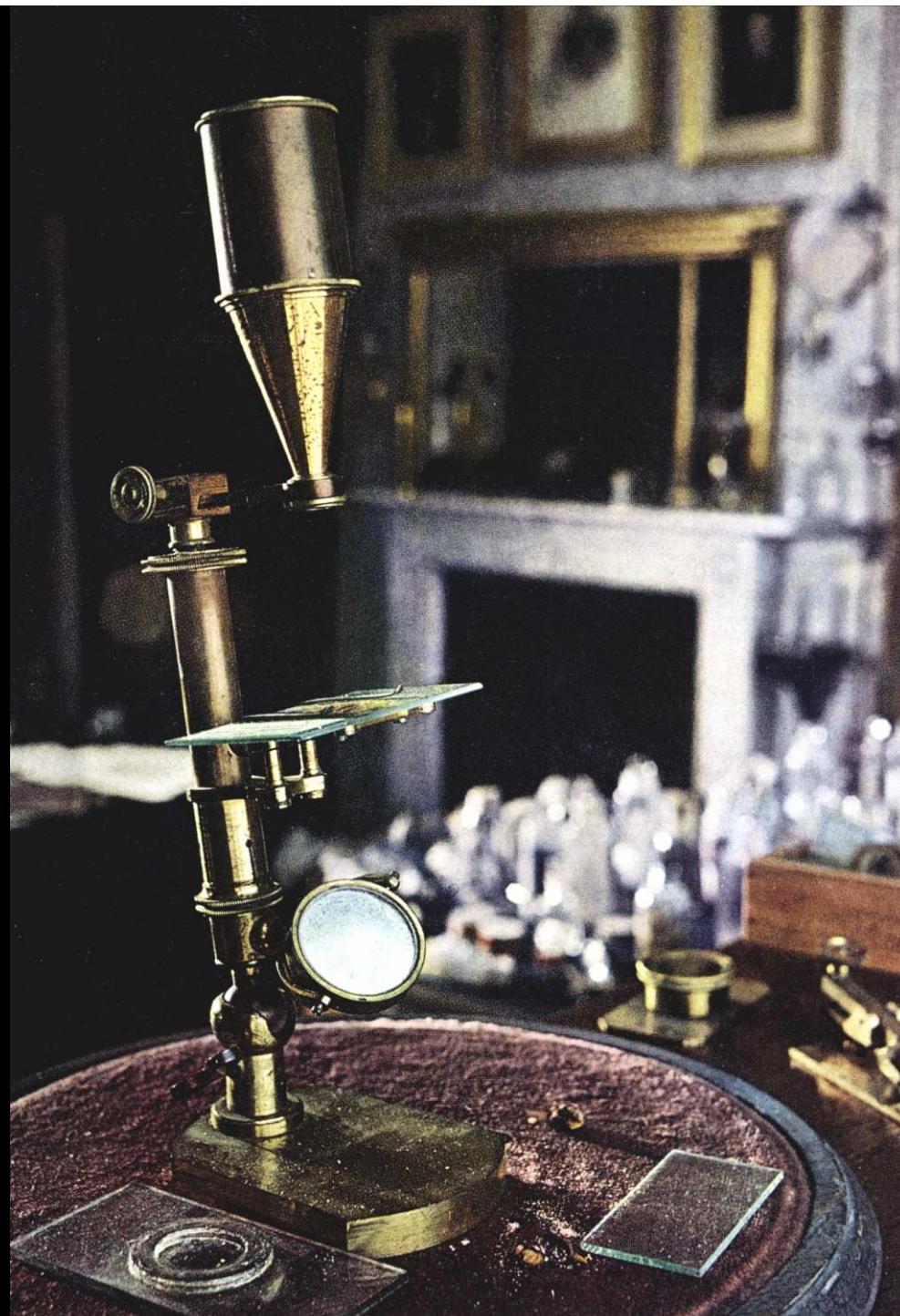


(b) Insect eater. The small tree finch (*Camarhynchus parvulus*) uses its beak to grasp insects.



(c) Tool-using insect eater. The woodpecker finch (*Camarhynchus pallidus*) uses a cactus spine or small twig as a tool to probe for termites and other wood-boring insects.

FIGURE 22.6 Galápagos finches.

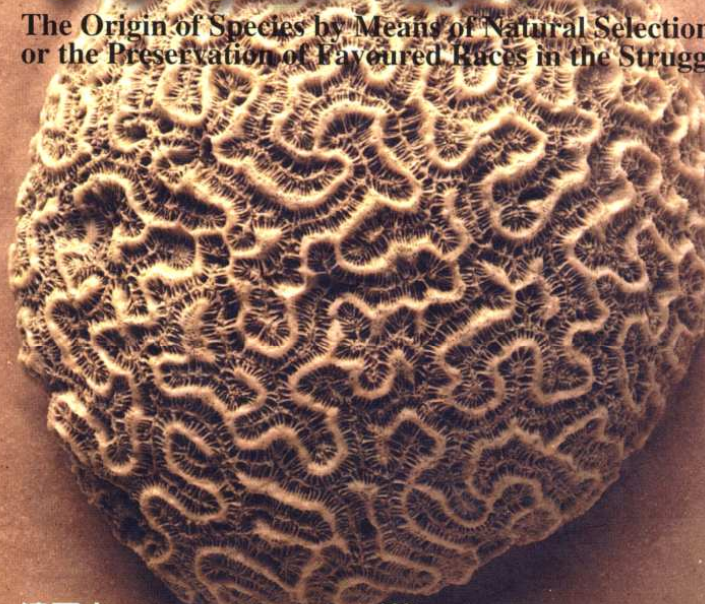


OPEN 2/6

THE ORIGIN OF SPECIES

物種起源

The Origin of Species by Means of Natural Selection
or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life



達爾文 Charles Darwin／著
葉篤莊、周建人、方宗熙／譯
葉篤莊／修訂

這不只是一本近代生物學最具決定性的開山之作，也是對人類整個意識形態領域產生深遠影響的雄辯式巨著。它挑戰了上帝創造世界說、世界的不變性和神的威力，讓人類得以在科學實證的基礎上審視自身的處境：人的由來，人與自然的關係，生物界的規則與變異。沒有不變的物種，因此也沒有獨立創造的物種。
「當我以博物學者的身分參加貝格爾號環航世界時，我曾在南美洲看到有關生物的地理分布以及現存生物和古代生物的地質關係的某些事實，這些事實深深地打動了我……」於是開始了一個驚天動地的故事。

臺灣商務印書館

從達爾文的 眼睛看世界

蘭花以極其巧妙的適應方式來控制昆蟲的授粉作用，引起了達爾文的興趣。他認為蘭花的造型雖然奇特，但是各個部位與較簡單植物的花朵構造是相對應的，提示了演化造成的變異。有一種蘭花特別引起他的注意，那是生長在馬達加斯加、花托長達28公分的星花百合蘭（*Angraecum sesquipedale*，嵌入圖）。他預測，在他從未去過的馬達加斯加島某處，必定有著一種吻突長達28公分、適於採取此種蘭花花蜜的蛾。40年之後，兩位昆蟲學家發現了馬達加斯加天蛾 *Xanthopan morganii praedicta*，證實了達爾文的預測。這種彼此適應——蛾適應花，花適應蛾——就叫做「共同演化」。

共同
演化

從達爾文的 眼睛看世界

蘭花以極其巧妙的適應方式來控制昆蟲的授粉作用，引起了達爾文的興趣。他認為蘭花的造型雖然奇特，但是各個部位與較簡單植物的花朵構造是相對應的，提示了演化造成的變異。有一種蘭花特別引起他的注意，那是生長在馬達加斯加、花托長達28公分的星花百合蘭（*Angraecum sesquipedale*，嵌入圖）。他預測，在他從未去過的馬達加斯加島某處，必定有著一種吻突長達28公分、適於採取此種蘭花花蜜的蛾。40年之後，兩位昆蟲學家發現了馬達加斯加天蛾 *Xanthopan morgani praedicta*，證實了達爾文的預測。這種彼此適應——蛾適應花，花適應蛾——就叫做「共同演化」。



偉
大
的
類
比



育種選擇

人們繁殖鬥牛犬（左頁），最初是爲了鬥牛取樂，後來則作爲家中寵物。經過許多代的人工育種之後，鬥牛犬已經變得跟牠們酷似狼的祖先面貌大不相同。達爾文由此領悟到，如果人爲育種可以造成這種改變，那麼數百萬年來天擇所能造成的改變必定更大。他主張，各種不同的野生物種就跟人爲培育的變種一樣，也是從共同祖先分歧而來的。他利用自家後院的鳥舍，加上來自其他繁殖者的資訊，分析了各種賞鴿（上，左起順時鐘：凸胸鴿、斯堪達隆信鴿、修女鴿）之間的差異。此外，他還研究了貓、馬、豬、兔、鴨以及其他家畜，檢視和度量各種活的與死的標本。在給一位朋友的信中，他這麼寫道：「我有用鹽保存起來的鬥牛犬與靈猓幼犬。」

生存
與
適應



物競天擇

達爾文擷取了人口理論學家馬爾薩斯的一個重要觀念，那就是：由於食物及空間有限，出生的個體必定多於得以生存下來並繁殖後代的個體。不過，馬爾薩斯描寫的是人類社會，而達爾文則將之應用到所有物種身上。過剩的後代（如鮭魚魚苗，左頁）造成了競爭，在這場生存競爭中，唯有適應力較強者才能成功；失敗者則是尚未繁殖後代即步向死亡，或者像只存在於寒武紀頁岩的奇特生物瓦波替亞蟲（左上）那樣，還沒有衍生出其他物種即走上滅絕。食蟲性植物如捕蠅草（右上）爲了避開激烈的競爭，選擇生長在貧瘠的土壤上，並靠著捕捉昆蟲來補充養分求生存。



不再失落的環節



化石證據

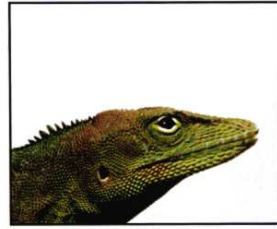
在埃及一處考古挖掘地，包括密西根大學的
菲利浦·金格瑞契在內的一支古生物學家小組
發現一副近乎完整的類似鯨魚的生物骨骸，它後來
被命名為刀齒鯨（左頁，複製品）。這隻動物生活在距今
4000萬年前，近尾部末端有一具分離的骨盆跟無用的細小腿部。一隻早期
鯨魚的前腳（右上）有五指骨頭構造，就像人類的手部一樣；殘留的後腳（左上）
則喪失了幾根趾骨，但這後腳的存在依然證明了鯨魚是源自有四隻腳的祖先。
化石紀錄對我們的啟發很大，但卻殘缺不全，宛如一部每1000格畫面就有999格
遺落在剪接室地板上的演化影片。儘管如此，金格瑞契等人已經尋獲
數十個介於中間的形態，讓曾經失落的環節不再失落。





島嶼生物地理學

1835年，達爾文在加拉巴哥群島收集了一些小型棕色鳥，除了鳥喙的大小與形狀多樣之外，這些鳥類毫不起眼。在英國，鳥類學家約翰·古爾德宣稱牠們是「地雀」，其中十餘種為科學界未知的新物種。達爾文注意到加拉巴哥群島象龜與小嘲鵝也有著類似的多樣化模式。為什麼偏遠島嶼會有這樣的多樣性？達爾文的答案是：孤立的環境、漫長的時間，以及生物對當地條件的適應，共同造就了物種的起源。這種解釋似乎比假設物種是個別被創造出來、而後放到加拉巴哥群島上更合乎邏輯。



A



B



C



D



E



F

趨同演化

牙買加變色樹蜥 (B) 的短腿適合抓附樹木細枝，跟波多黎各變色樹蜥 (C) 以及希斯潘諾拉變色樹蜥 (D) 極為相似。然而，聖路易市華盛頓大學的強納森·羅索斯及其同僚所做的DNA研究卻發掘出更深層的事實：這些適應特徵是在不同島嶼上各自演化出來的。牙買加變色樹蜥跟諸如牙買加大變色蜥 (A) 等其他牙買加變色蜥的關係，要比跟其他島嶼上類似的變色樹蜥更為密切。同樣地，特化的希斯潘諾拉島原生變色蜥 (E和F) 和牙買加原生變色蜥 (右頁，懸吊者) 跟其他島嶼上的類似特化種，關係也不密切。結論：儘管物種的變異是隨機發生，但相近的生態環境會產生令人意想不到的相似適應特徵。

Natural Theology

In Judeo-Christian culture

species were individually designed and nonevolving

In the 1700s

Biologist in Europe and American was dominated by natural theology, a philosophy dedicated to discovering the Creator's plan by studying nature.

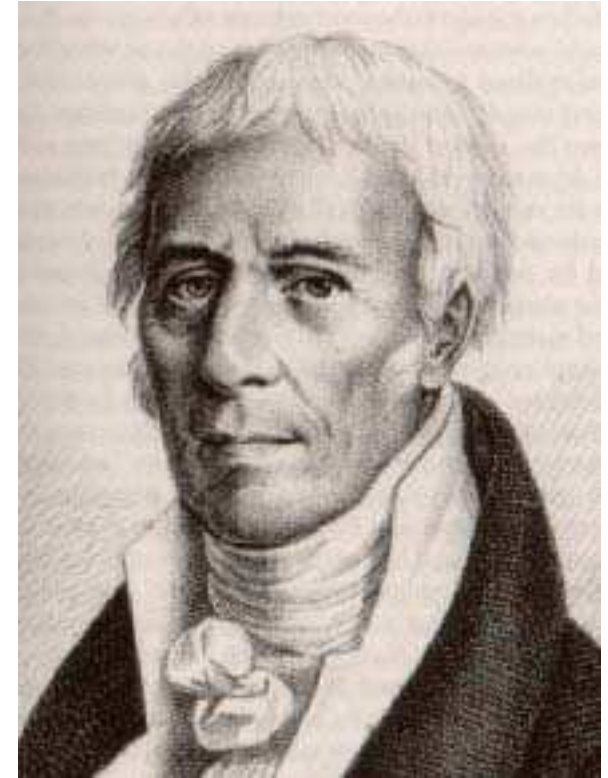
Adaptations of organisms are viewed as evidence that the Creator had designed each and every species for a particular purpose.

Jean Baptiste Lamarck (1744-1829)

Lamarck published his theory of evolution in 1809.

Two ideas:

1. Use and disuse
2. Inheritance of acquired characteristics



Credits of Lamarck's theory:

- evolution is the best explanation for both the fossil record and the current diversity of life
- recognition of great age of Earth
- emphasis on *adaptation of the environment* as a primary product of evolution

The origin of species developed two main points:

2. Natural selection and adaptation

Observation #1. Overproduction of offspring

Observation #2. Population tend to remain stable in size

Observation #3. Environmental resource are limited

⇒ **Inferences #1. Production of more individuals than the environment can support leads to a struggle for existence among individuals of a population, with only a fraction of offspring surviving each generation**

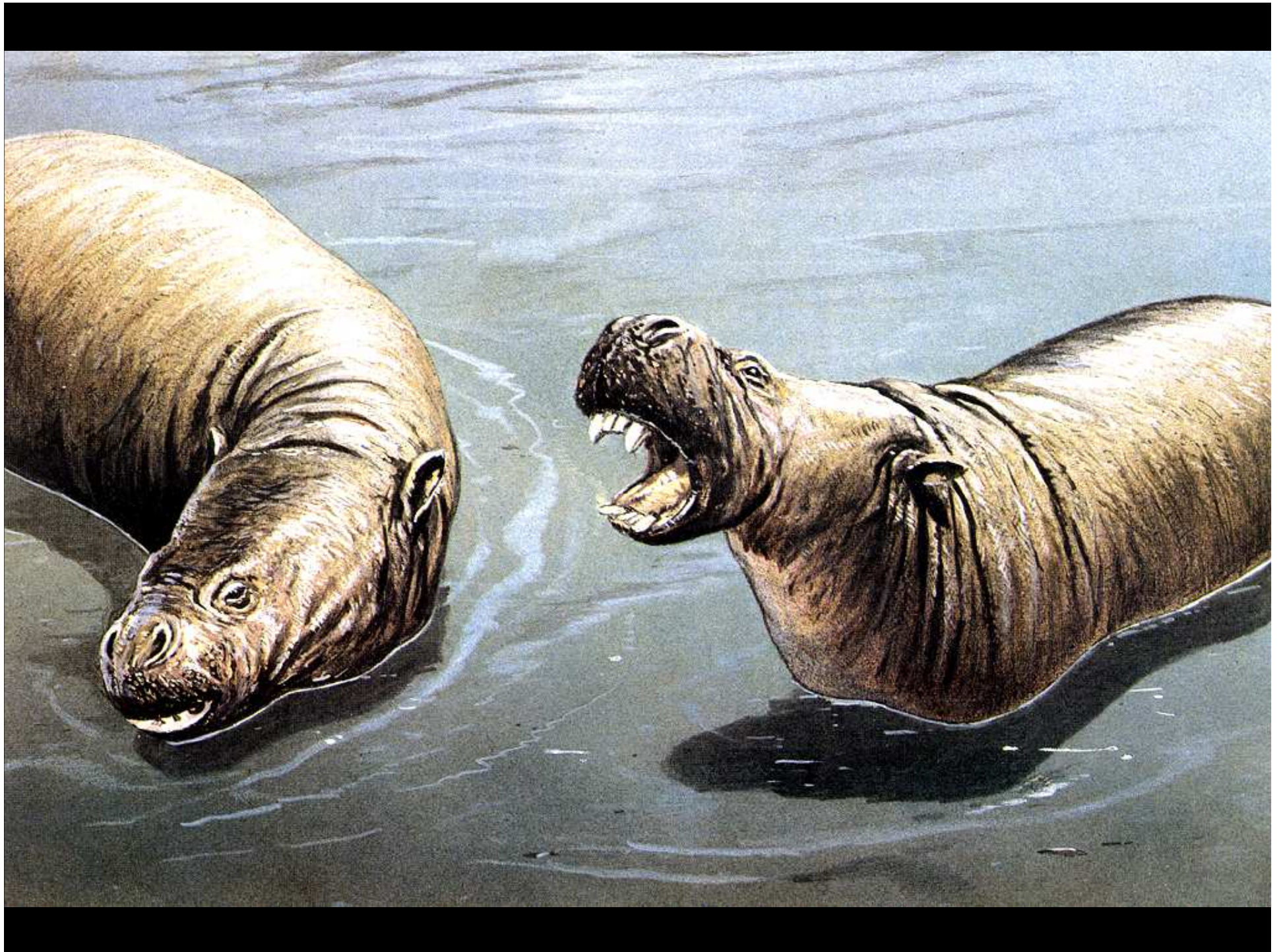
The origin of species developed two main points:

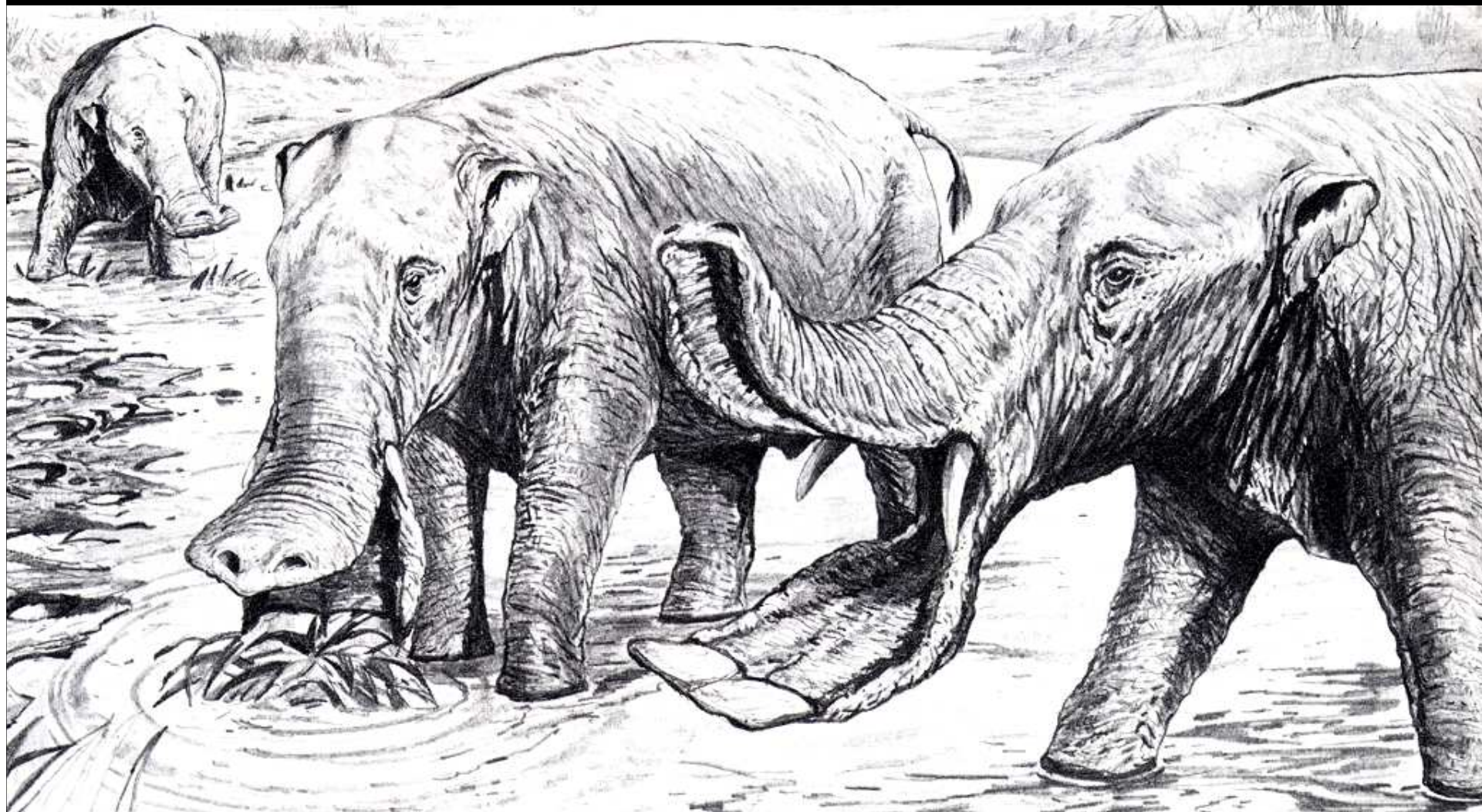
2. Natural selection and adaptation

Observation #4. Individuals of a population vary extensively in their characteristics.

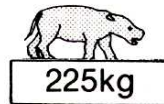
Observation #5. Much of these variation is heritable.

⇒ **Inferences #2.** Survival in the struggle for existence is not random, but depends in part on the hereditary constitute of the individuals. Those individuals whose inherited traits best fit them to their environment are likely to leave more offspring than less fit individuals.



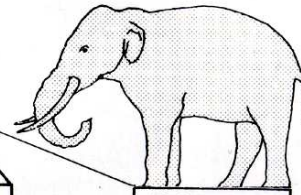


Moeritherium



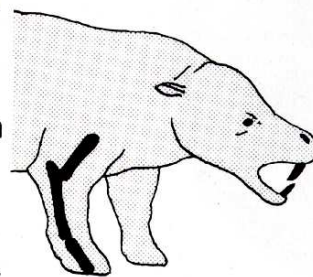
225kg

Elephas

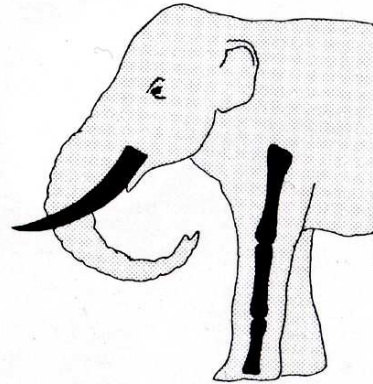


5 tonnes

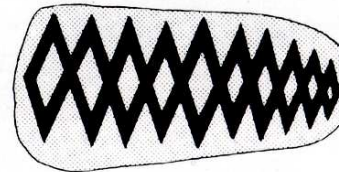
0.8m



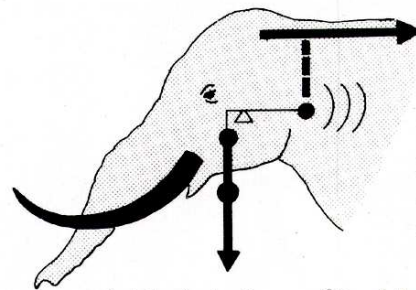
3.5m



Six small cheek teeth throughout adult life



One large cheek tooth at a time: cyclic succession of six.



Pull of neck muscles keeps head in position

Fulcrum articulation of skull with vertebral column

weight of skull, molars, tusks

Short lever arm reduces the load on the neck muscles

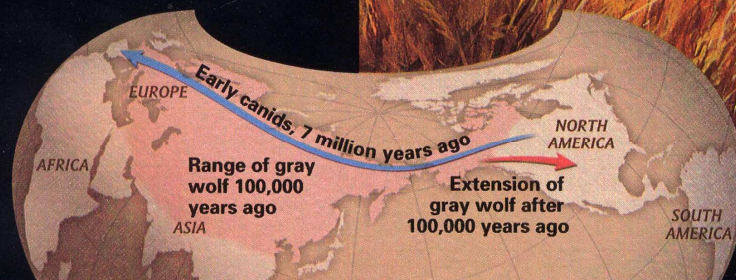


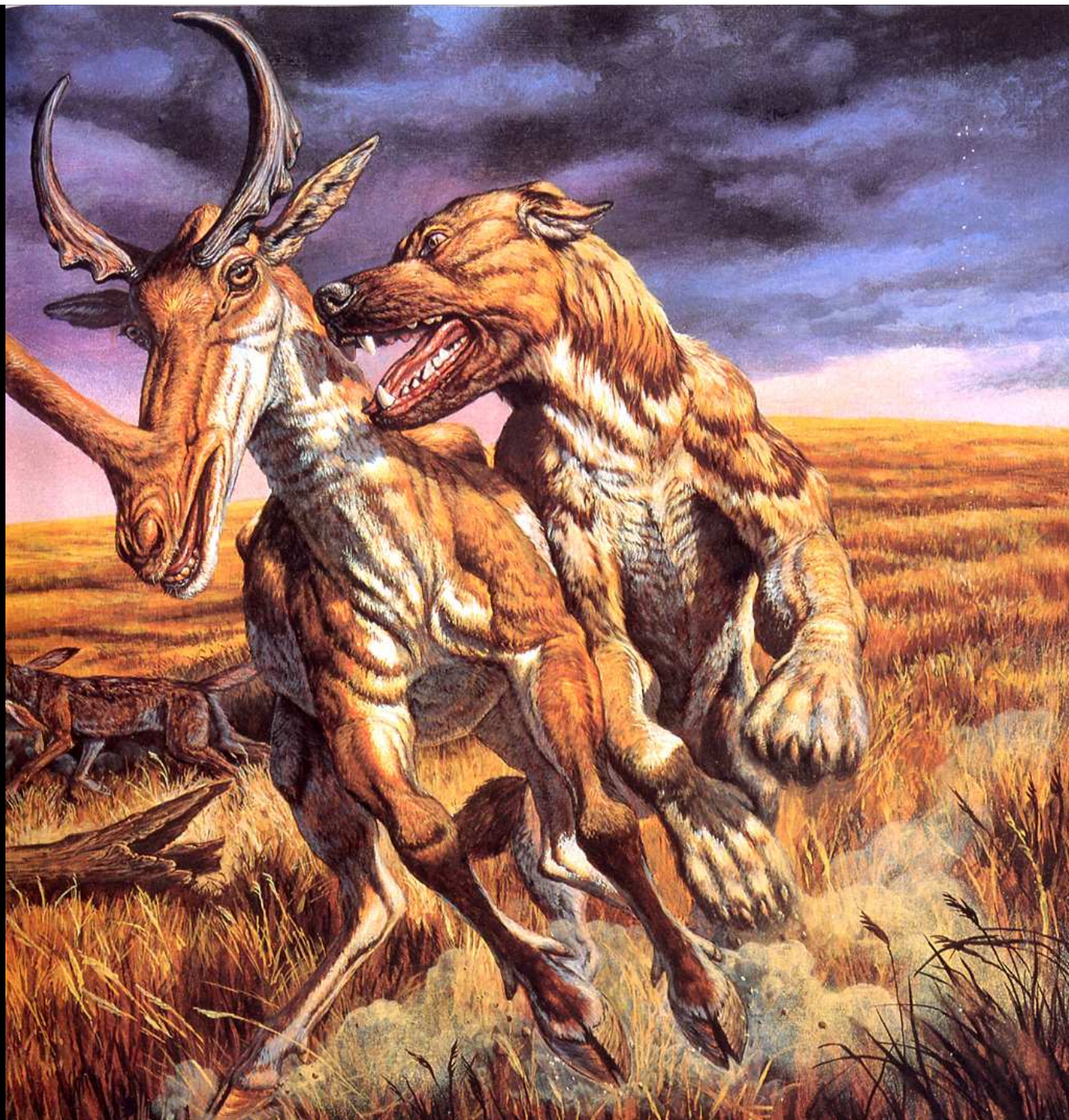


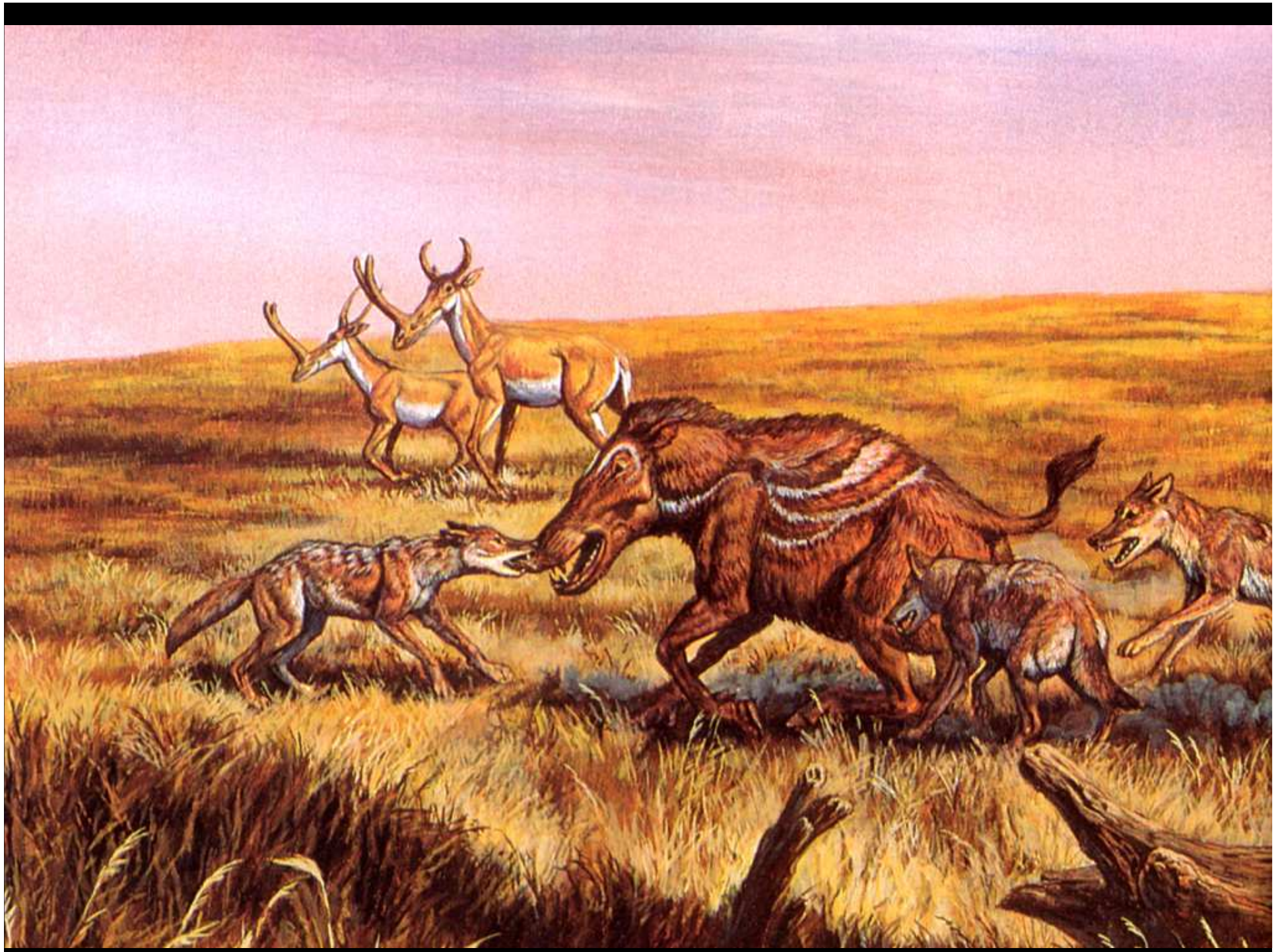


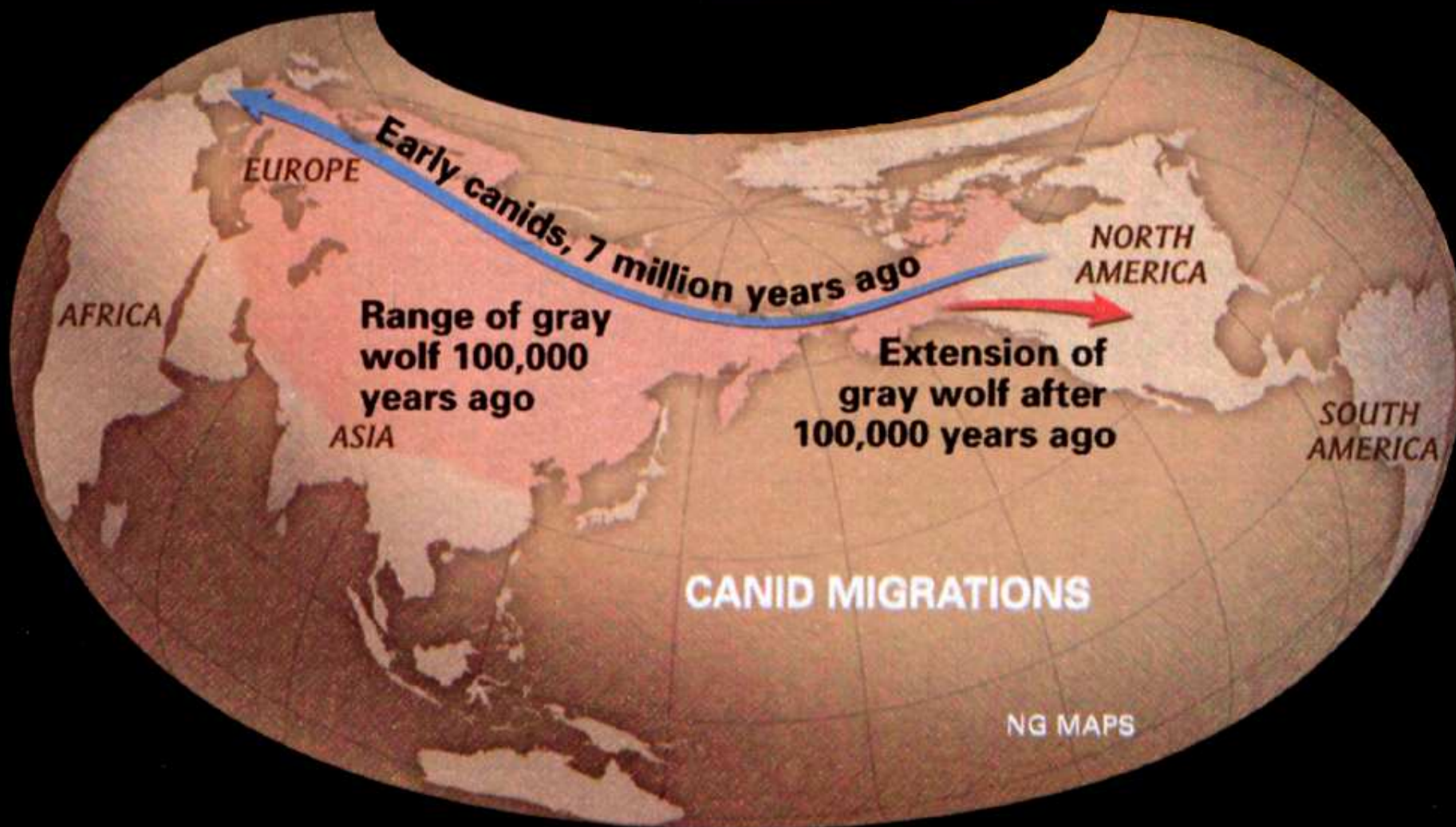
Roots of the Dog

Eight million years ago on what is now the U.S. Great Plains, a powerful canid called *Epicyon*, the size of a large wolf, attacks a horned herbivore. Nearby a pack of fox-size *Eucyon* surrounds an early peccary. As the climate cooled, *Epicyon* and others of the subfamily Borophaginae (opposite, below) followed their large prey into extinction. Adaptable *Eucyon*, with teeth suited for eating both meat and plants, survived. *Eucyon* species migrated into the Old World (map), eventually evolving into wolves. About 800,000 years ago wolves crossed to Arctic North America.

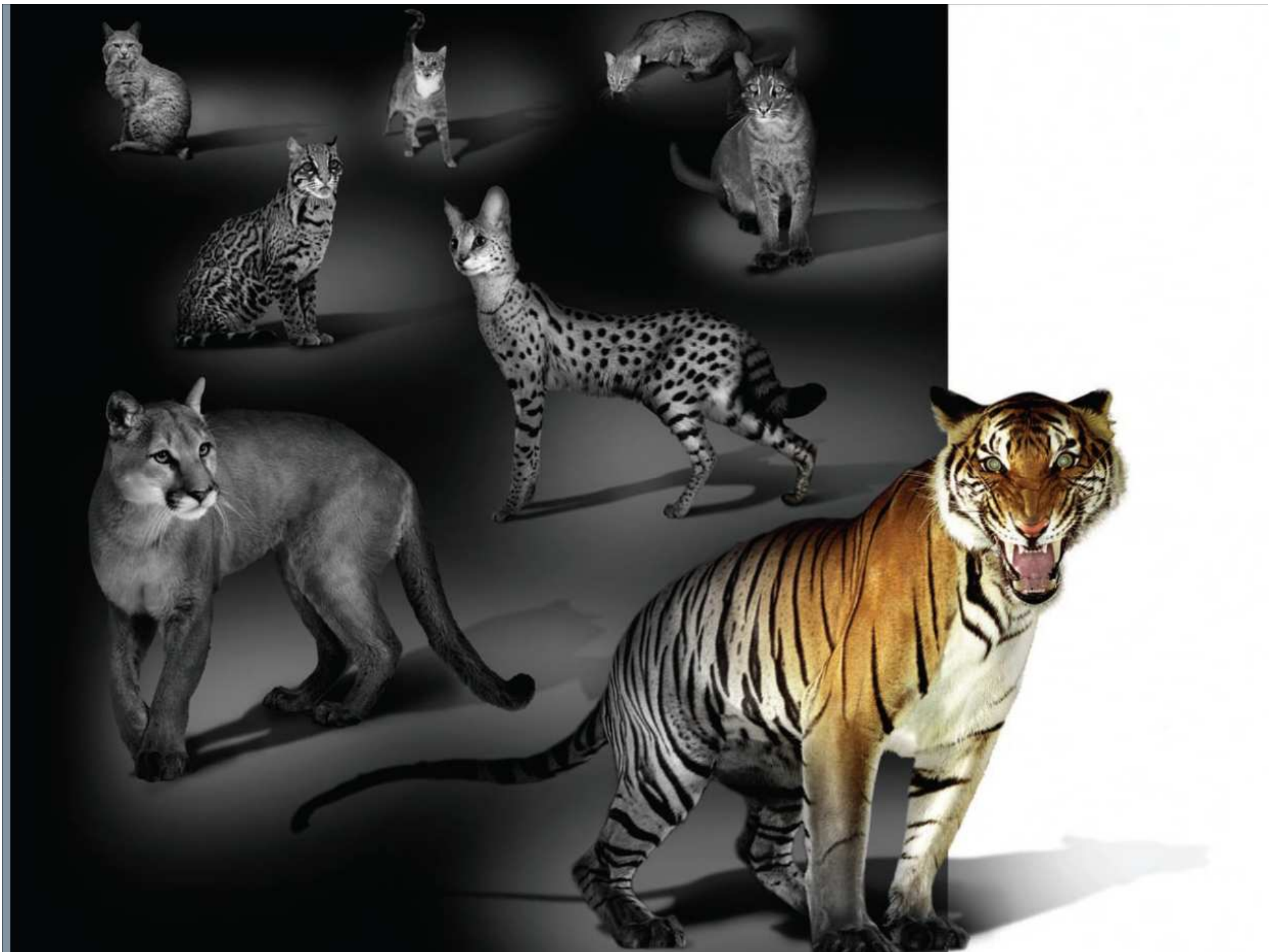












貓的演化

全球野生貓科動物完成基因定序，科學家不僅描繪出貓科的系譜樹，也揭露了牠們過去歲月裡幾次重要的遷徙。

撰文／歐布萊恩（Stephen J. O'Brien）、強生（Warren E. Johnson）

翻譯／鍾慧元

重點提要

- 貓科動物的演化史向來曖昧不明，因為貓的化石既罕見，又難以辨識種類。但是經由DNA的研究取得的進展，將可望建構出第一棵明確的貓科動物系譜樹。
- DNA證據顯示，現存所有貓科動物都能回溯至一種生存於1080萬年前的東南亞、外表如豹的捕食動物。第一個分支出來的是會咆哮的大貓，其他七個譜系則繼之在後。
- 隨著海平面的下降與上升，這些貓科動物得以遷徙至新大陸，也演化成新物種。在8000~10000年以前，有一種小型野貓在近東地區為人類所馴養。
- 儘管貓科動物演化得很成功，但目前幾乎所有的野生貓科動物都有滅絕的危機。

貓

科動物既優雅又如謎般難解，被牠們逗弄得心癢難搔的，不只是與貓咪共享沙發的我們，還有那些試圖解開牠們大型表親起源與演化之謎的科學家。現代貓科動物是從哪裡演化出來的？牠們為什麼，又是在何時離開故鄉、遷徙過一個又一個大陸？現存的貓科動物到底有多少種？哪些種類的關係較接近？

專家一般都同意，貓科一共有37個物種，但他們卻提出了幾十種不同的分類法，把這37個物種劃分成少則2個，或是多達23個不同的屬。誰又能爭辯些什麼呢？在那層毛皮底下，這些物種實在是差不多，看起來就是大貓、中貓和小貓。要分辨獅子的頭骨跟老虎的頭骨，就算對專家來說，也是種挑戰；即使過去20年來我們曾進行過的遺傳研究，也沒有辦法把貓科動物清楚分類。

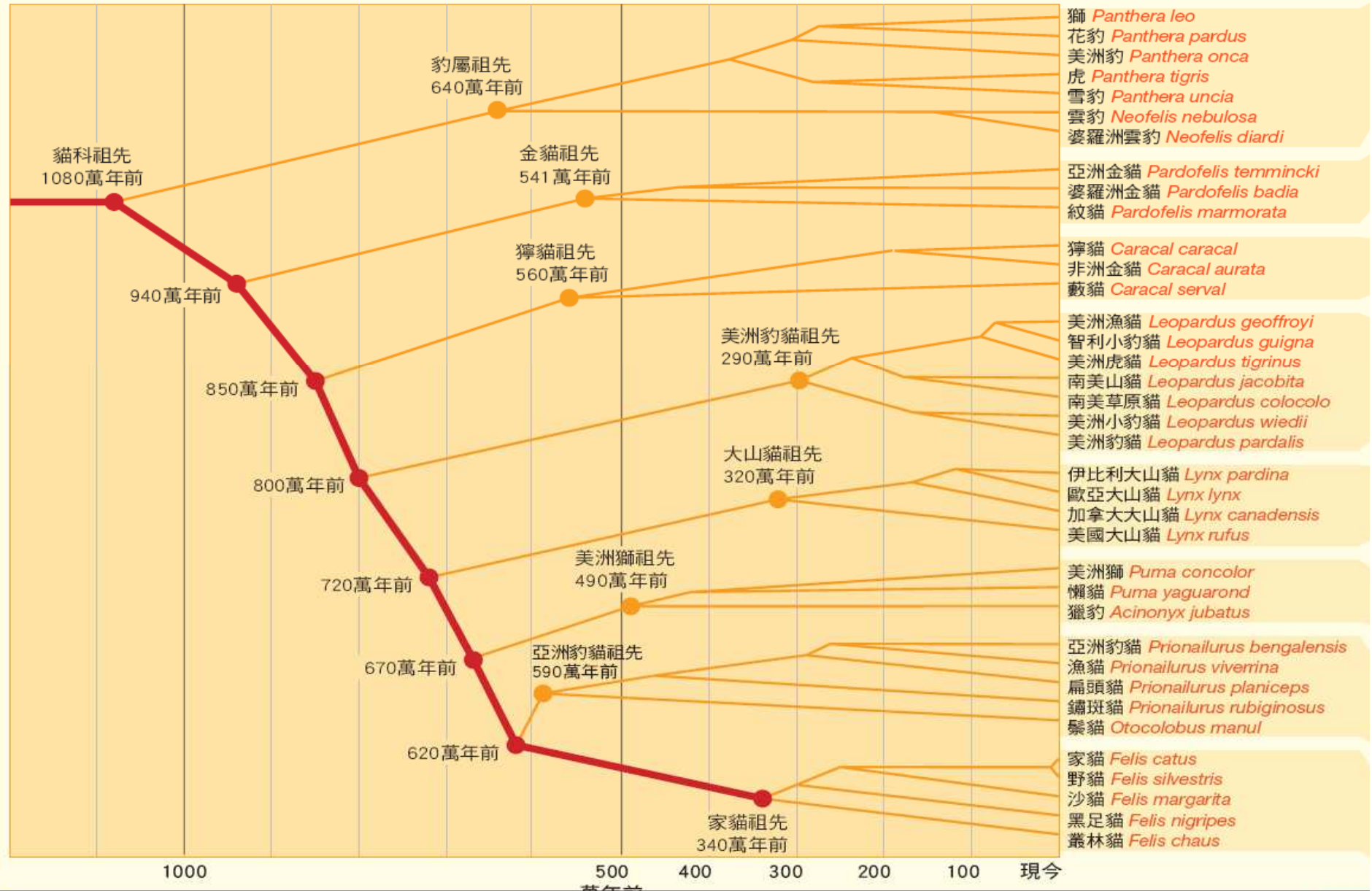
然而近年來，由「人類基因組計畫」(Human Genome Project) 以及探索DNA的強大科技打前鋒，在各種生物的基因組定序上所掀起的革命，提供了某些極有價值的調查工具。利用這些嶄新的技術，再加上其他研究單位的同行協助，我們兩位作者現在已建構出第一棵清楚的貓科動物系譜樹(family tree)。藉由比較現存貓科動物的30個基因裡同一段DNA的序列，我們得以確認這棵系譜樹上的各個分支。接下來，為了找出各分支發生的時間，我們利用了年代準確的化石與「分子時鐘」分析法(molecular clock，這方法是根據特定基因間的差異程度，來估計兩個物種是在多久以前開始分別演化)。分析的結果，對於這些體型各異的貓科動物彼此間的關係，提供了第一個可靠的看法，也讓我們辨識出這些頂尖的掠食者如何、又在何時移居落腳於五大洲。

貓科家族的系譜樹

科學家比較了總共37種貓科動物的基因序列，以判斷系譜樹上的分支。

化石提供的資料，可指出主要分支發生的時間。

37個物種（及其學名）



貓科動物大遷徙：第一波

所有現代貓類的祖先是一種外表如豹的掠食者，大約在900萬年前，這種動物的後代開始從亞洲家鄉往非洲 **M1** 及北美洲 **M2** 遷徙（很晚之後也遷徙到南美洲 **M3**）。在這個期間，海平面下降通常也意味著陸地延伸的「橋」連結了白令海峽與紅海南北兩端，幫助了貓的旅程。

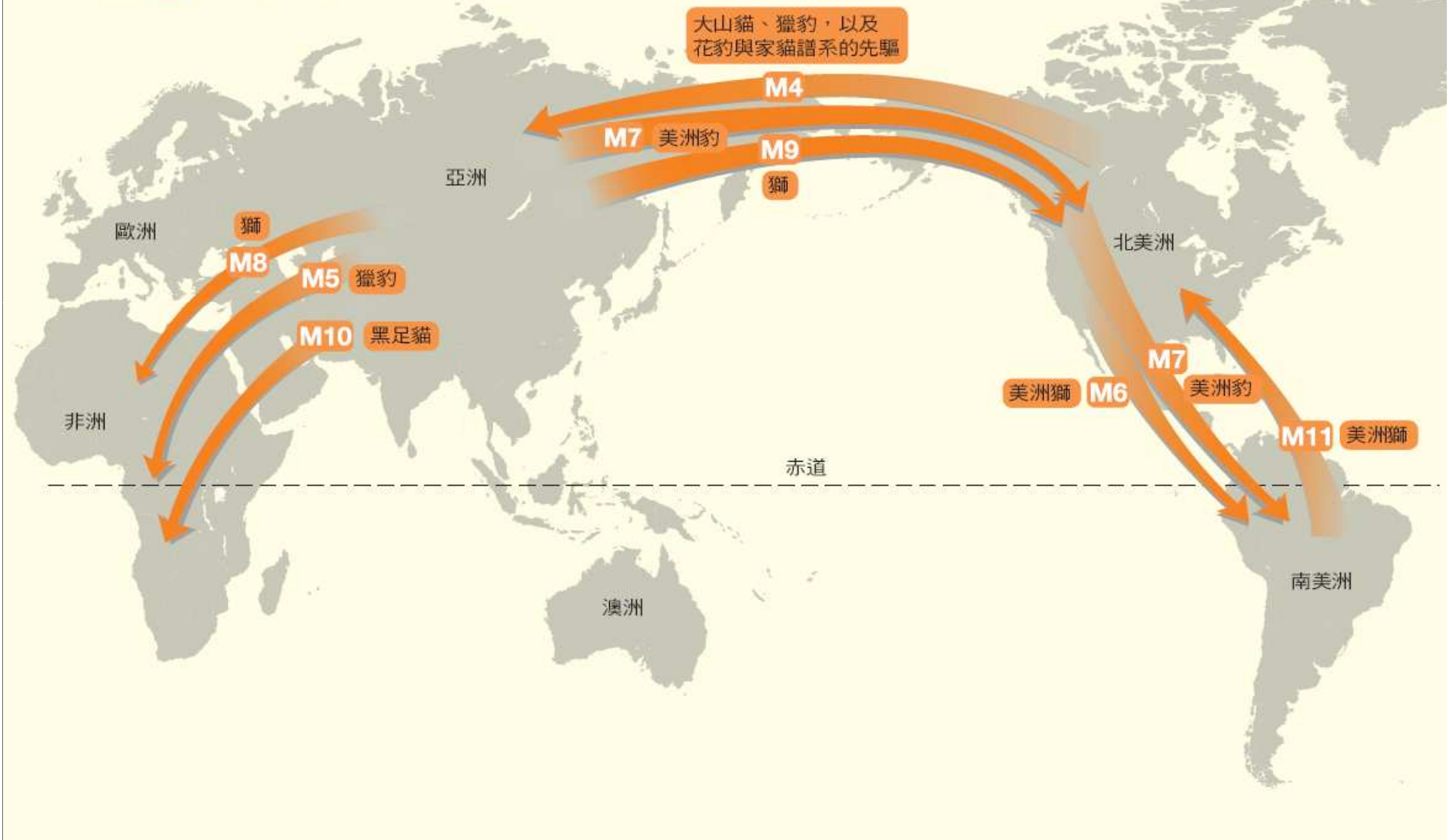


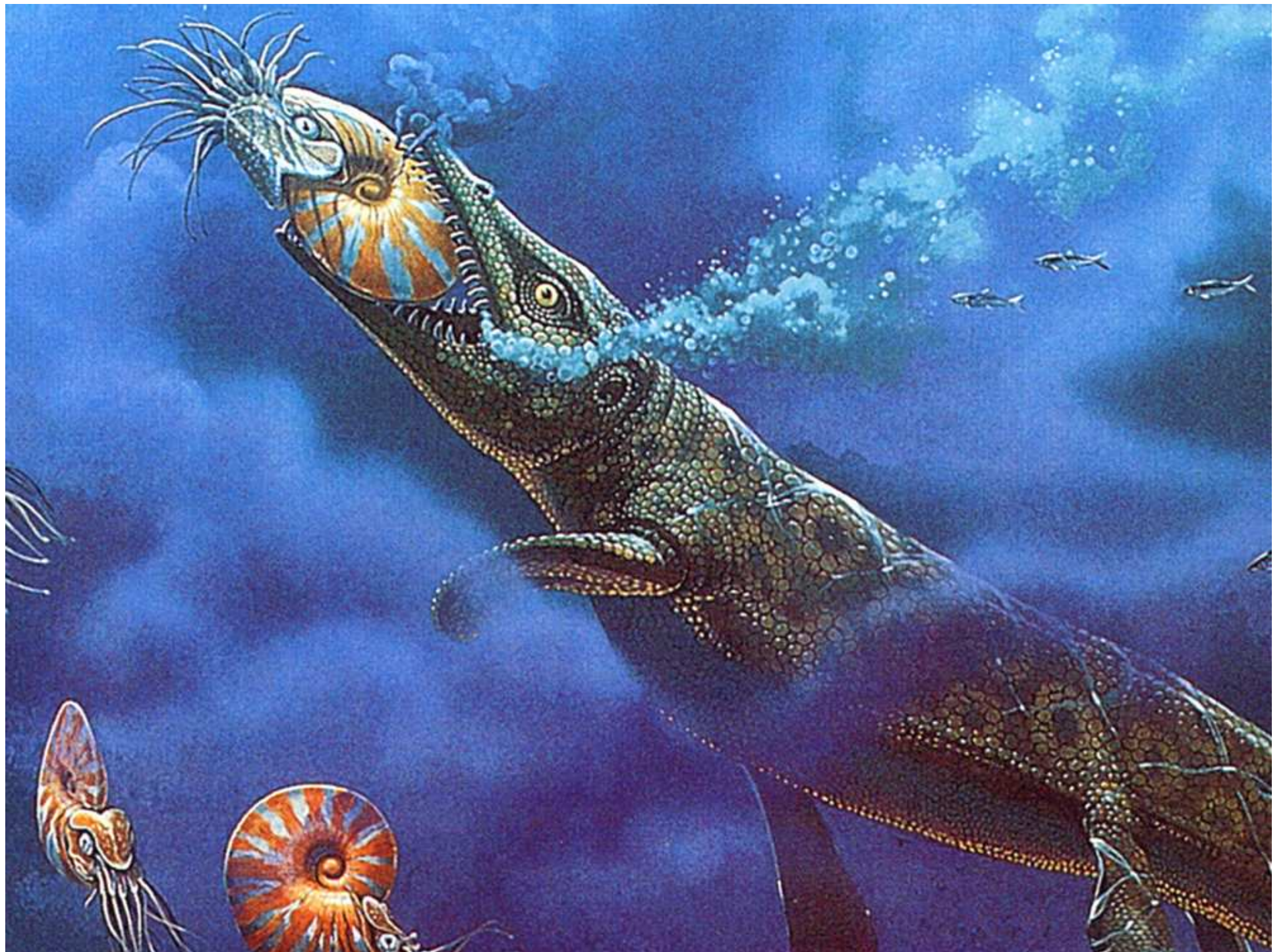
貓科動物大遷徙：第二波

其他許多次遷徙發生在400萬至100萬年前，當時較低的海平面讓大陸再度相連。美洲獅最近

貓科動物大遷徙：第二波

其他許多次遷徙發生在400萬至100萬年前，當時較低的海平面讓大陸再度相連。美洲獅最近一次遷徙 **M11** 則發生在1萬到8000年前。





這裡是4800萬年前的巴拿馬，蘇格蘭（左、右前方各一）正在大啖海洋大鱈，而後方的
鱈行鯨正在攻擊一隻小型陸地哺乳類。

他們說，海洋很冷
但是海洋中有
最熱血的生物
最野性的，最熱切的。
——勞倫斯·《鯨魚別哭！》

【演化】
鯨魚

如何征服海洋？

撰文／王凱特 (Kate Wong)
翻譯／王道運

鯨豚是生活在大海中的哺乳動物，然而，
哺乳類的祖先都是陸棲動物。
是什麼樣的契機，什麼樣的生物適應，使鯨豚能夠
順利轉戰水域，征服海洋？
由於最近發現的新化石與DNA分析結果，
這段演化史上最驚人的形態變化過程逐漸明朗。

話

說 4800 萬年前，特提斯海上天剛破曉，藍綠色的海面閃耀著黎明的陽光。但是對一隻小型哺乳類來說，嶄新的一天才開始就結束了。

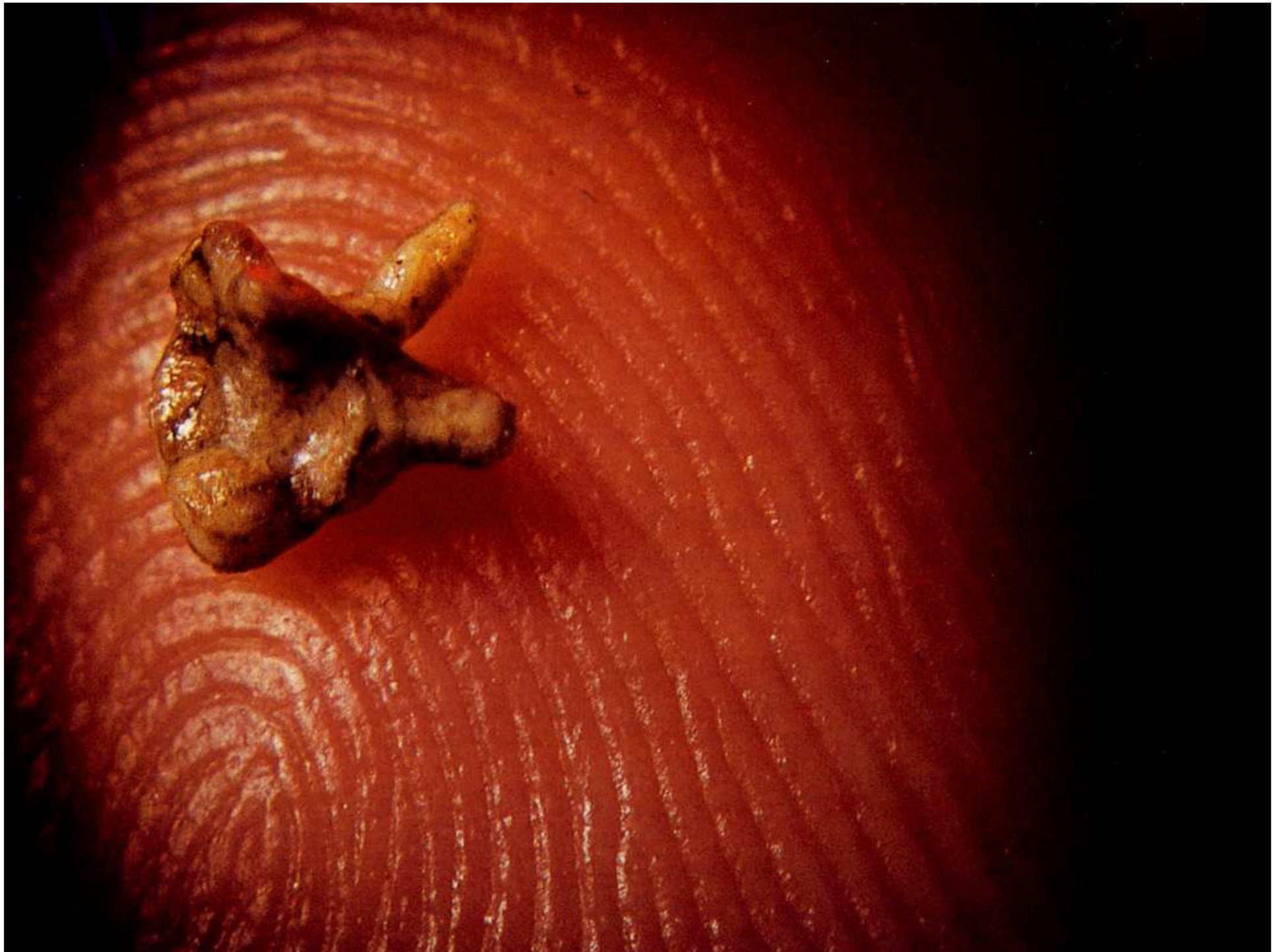
長相與獺類似的始雷獸不顧母親的警訊，不知死活地走到接近海邊的地方。潛匿在紅樹林中一動也不動的野獸見了，這個機會怎能放過？牠以強勁的後肢推動身體，衝上陸地，以利森森的牙齒戳入那隻幼獸，將牠拖入浪花之中。獵物極力掙扎，可是無法掙脫獵食獸的利齒，溺水後不久，就平靜下來。獵食獸贏

了，只見牠蹣跚地走出水面，到堅實的陸地上享受獵物。乍看之下，這隻可怕的獵食獸與鱷魚很像，四肢橫出身體兩側，尾巴粗大，口吻部很長，眼睛長在接近頭骨頂部的地方。但是仔細一看，牠的身體表面不是甲皮，而是毛髮，四肢盡頭不是爪，而是蹄。牠的齒冠形態明確地顯示牠是哺乳類，而不是爬蟲類。事實上，這隻教人難以相信的動物是陸行鯨。牠是一種早期的鯨豚，在鯨豚的陸棲祖先與大約 80 種現代鯨豚之間，有過一系列過渡物種，陸行鯨是其中之一。

鯨豚演化小辭典

- 鯨目 (Cetacea) 是哺乳動物的一個目，包括現生的鯨魚、海豚、鼠海豚及牠們滅絕的祖先：古鯨。現生物種可大別為兩個亞目。齒鯨亞目包括抹香鯨、领航鯨、白鯨，以及所有海豚、鼠海豚。鬚鯨亞目包括藍鯨、長須鯨。“whale” 這個字通常指所有鯨豚類動物。
- 中爪獸 (Mesonychids) 是一群原始的有蹄哺乳類，體型與狼差不多。過去許多人相信鯨豚是從中爪獸演化出來的。
- 偶蹄目 (Artiodactyla) 是哺乳動物的一個目，蹄的趾頭為偶數，包括駱駝、牛羊等反芻動物、河馬。現在大多數研究人員都同意，鯨豚也是偶蹄類。
- 始新世 (Eocene) 距今 5500~3400 萬年前。鯨豚在這期間從陸棲動物演變成海棲動物。
- 漸新世 (Oligocene) 距今 3400~2400 萬年前。齒鯨與鬚鯨在這期間從古鯨祖先演化出來。



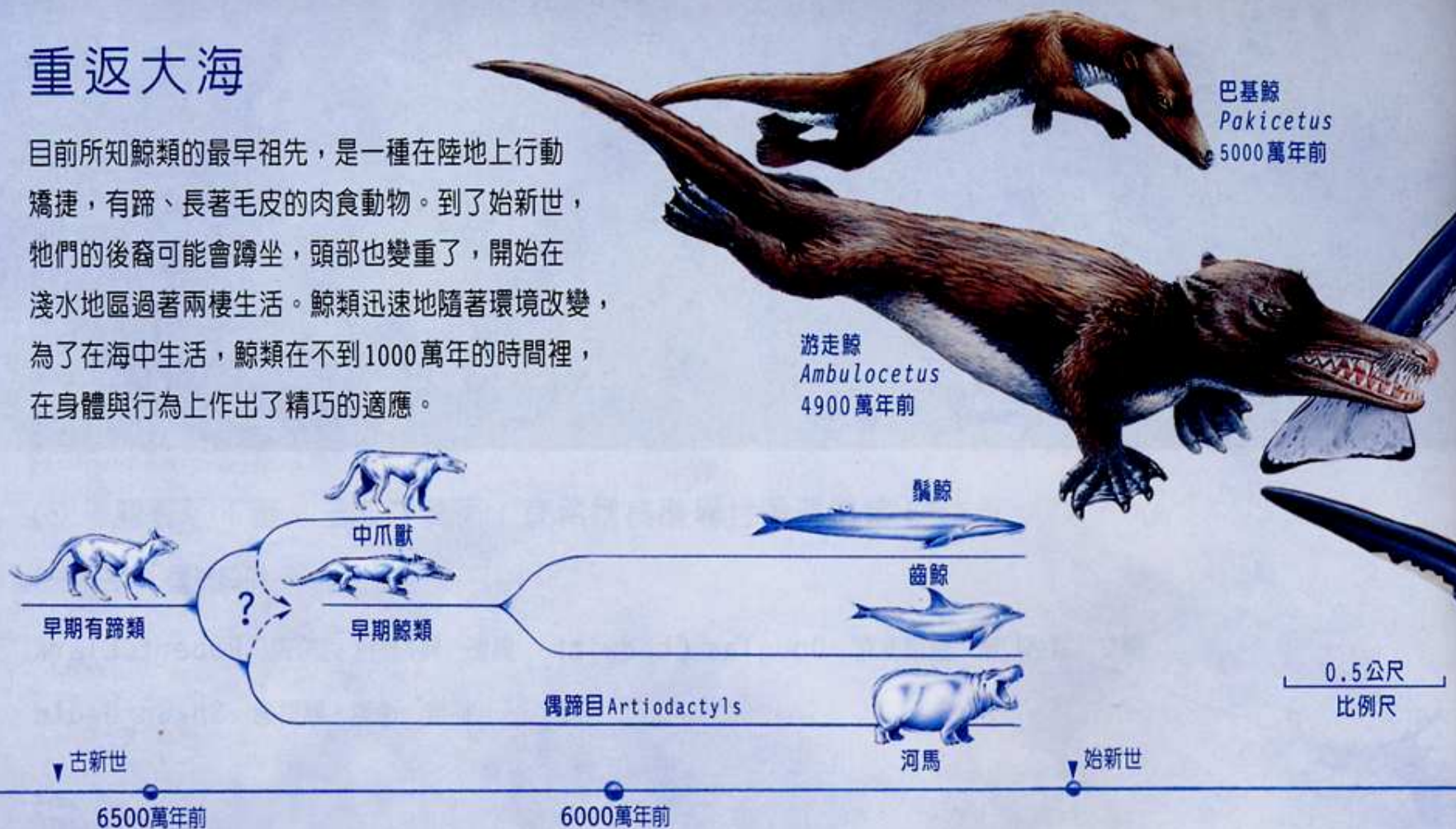


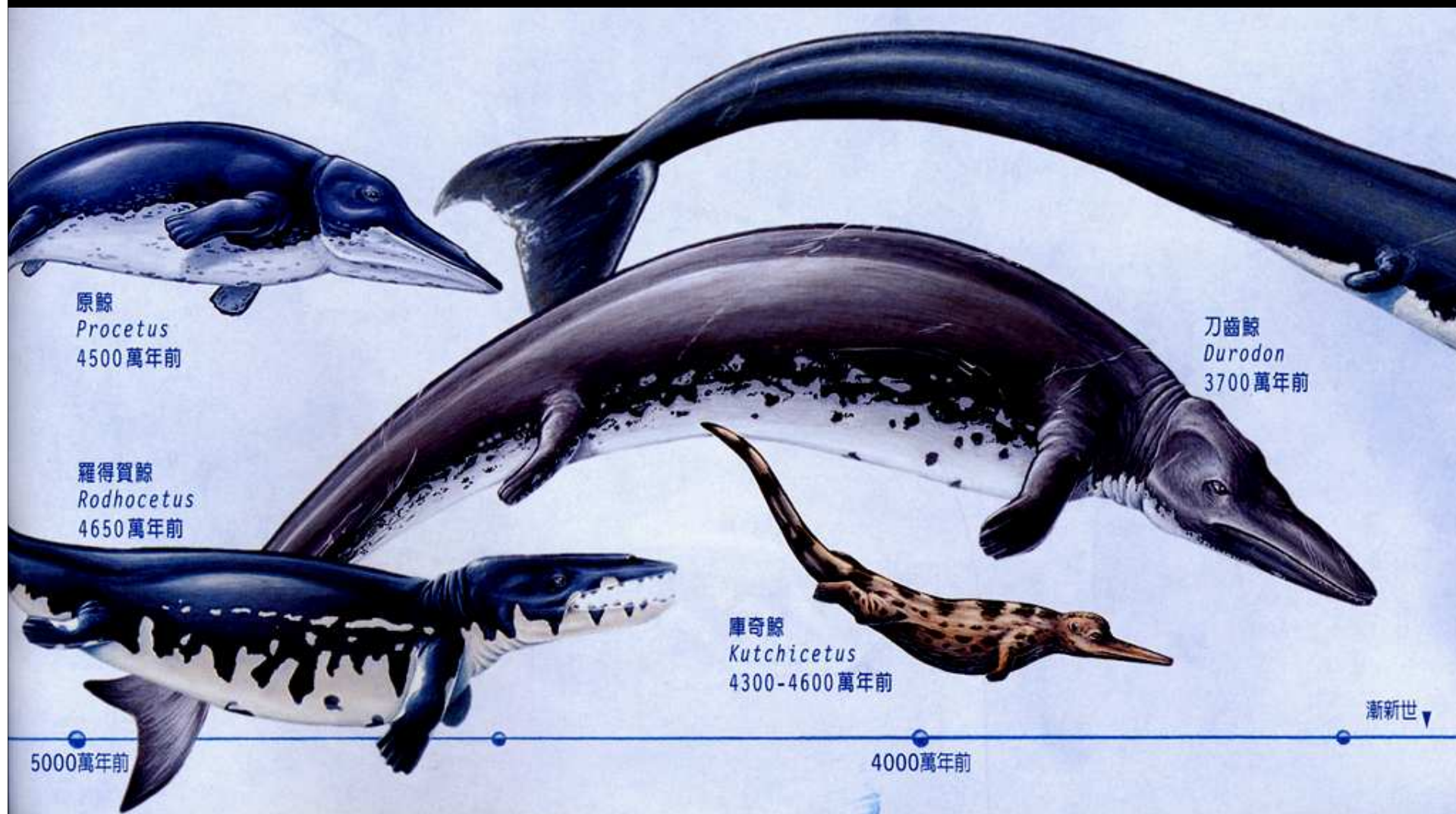
這種有4900萬年歷史、來自巴基斯坦的步行、游泳鯨 *Ambulocetus natans*，是已知最原始的海水鯨類。「牠們的後腿與前肢很長，但牙齒和耳部則比較接近現代鯨類，」漢斯·泰維辛（右）說：「這隻動物正處在陸地與海洋間的藩籬上。」



重返大海

目前所知鯨類的最早祖先，是一種在陸地上行動矯捷，有蹄、長著毛皮的肉食動物。到了始新世，牠們的後裔可能會蹲坐，頭部也變重了，開始在淺水地區過著兩棲生活。鯨類迅速地隨著環境改變，為了在海中生活，鯨類在不到1000萬年的時間裡，在身體與行為上作出了精巧的適應。





0.5公尺
比例尺

械齒鯨
Basilosaurus
3700萬年前

鯨獸
Cetotherium 早期鬚鯨
1500萬年前

鯨鯨
Aetiocetus
2400-2600萬年前

3000萬年前

▲ 中新世

2000萬年前





肯齒海豚
Kentriodon
早期海豚
1500萬年前

棘齒海豚
Squalodon
早期回音定位功能
1600萬年前



海象鯨
Odobenocetops
像海象的海豚
500萬年前

1000萬年前

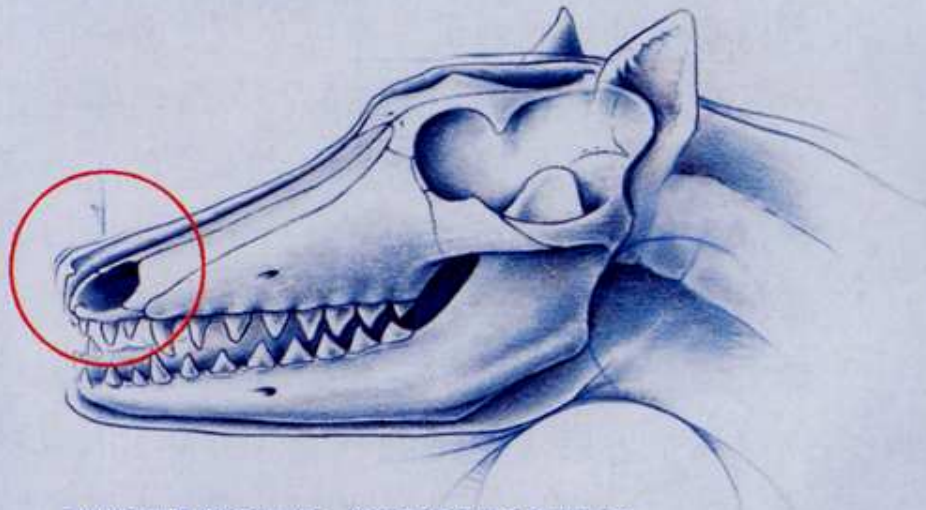
上新世

更新世

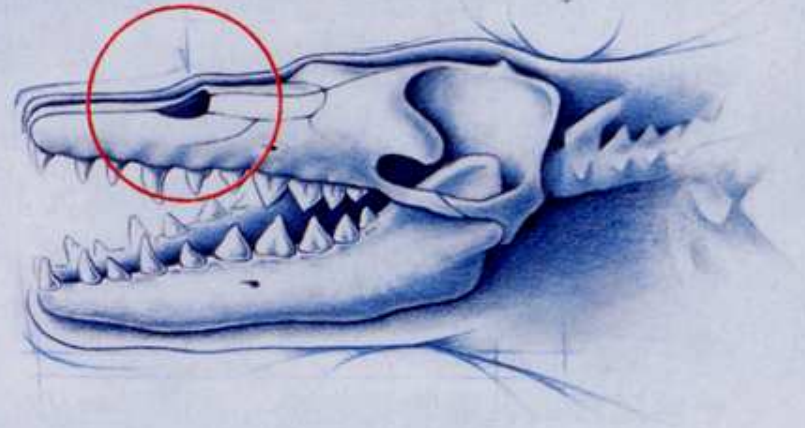
全新世

鼻的位移

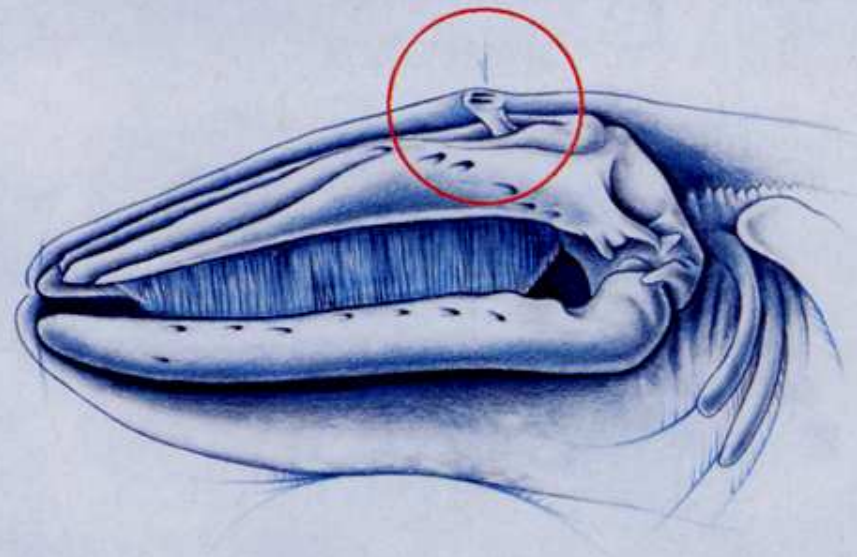
當鯨類不再需要把吻部抬出水面以後，呼吸就變得容易多了。隨著古代鯨類待在水中的時間增加，牠們的鼻孔也從鼻部的尖端移向頭頂，以便快速呼吸新鮮空氣。噴氣孔可協助辨識現代鯨類：齒鯨通常僅有一個噴氣孔，而鬚鯨則分成兩個。



古代的兩棲鯨類巴基鯨，擁有和陸棲哺乳動物同樣位於吻部尖端的鼻孔。



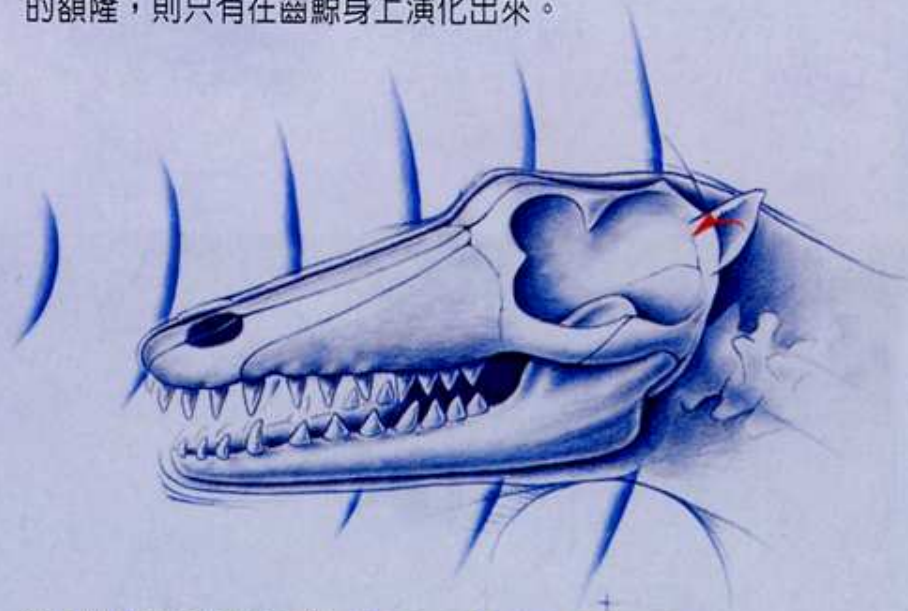
在海中悠游的羅得賀鯨，鼻孔則位於頭骨較高處，介於其祖先與現代鯨類之間。



現代灰鯨的噴氣孔讓牠無所窒礙，不必抬高吻部就能破水而出、吸入新鮮空氣、再度下潛。

聽覺的演化

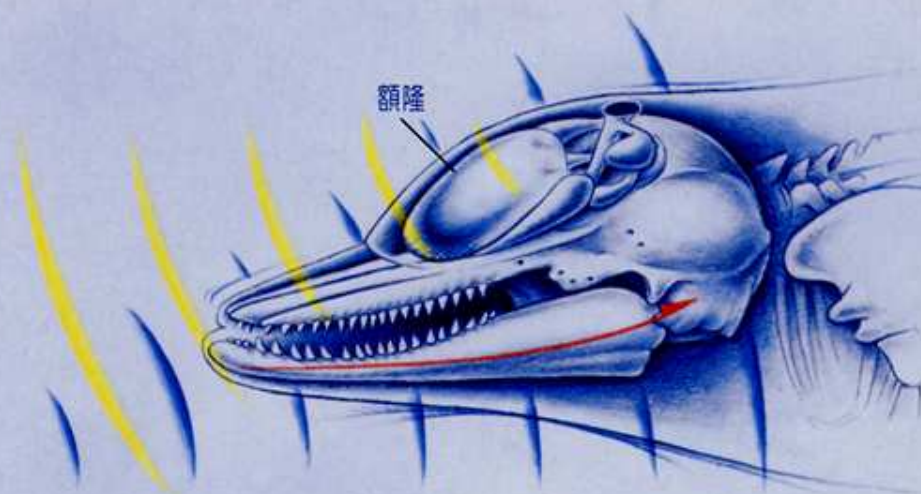
化石證據說明了水中的聽力是逐漸衍生出來的，就像其他的特徵一樣。半水棲的巴基鯨的耳部結構便是一個例子。這隻步行鯨缺少現代鯨豚都有、延伸至中耳的脂肪墊，那也是牠依舊保持陸棲特性的一個線索。後來的鯨類，其額骨與脂肪墊已演化得能夠接收聲音。至於用來回音定位的額隆，則只有在齒鯨身上演化出來。



游走鯨雖然比巴基鯨更習於水中生活，但依舊直接透過耳朵聆聽。



槓齒鯨則是透過下顎骨的震動，將聲音傳送到中耳。



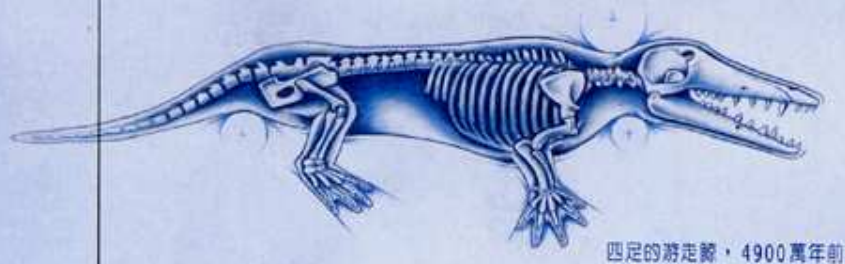
現代齒鯨的回音定位方式：額隆向目標物發出聲音，再由下顎接收返回的聲波。

腿的消失

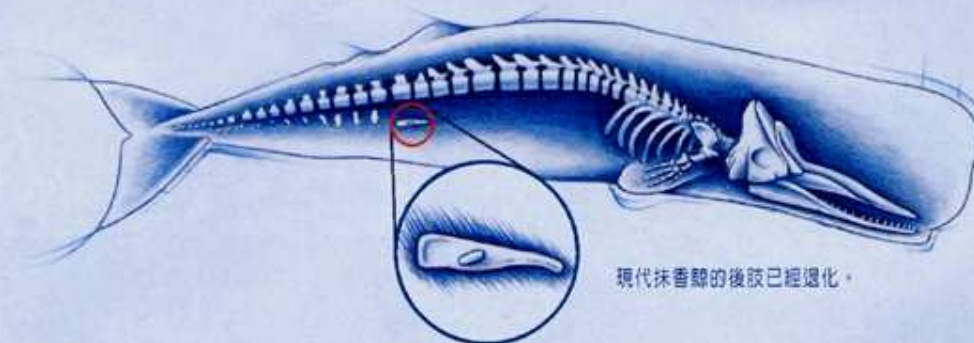
變小……再變小……但並未完全消失。
的陸棲四足祖先行動的後肢，後來變得



祇齒鯢擁有縮小但發展完全的後肢，
3700萬年前。



四足的游走鯢，4900萬年前



現代抹香鯨的後肢已經退化。













圓果秋海棠及水鴨腳在野外會混生在一起，
圖中左邊是圓果秋海棠，右邊是水鴨腳。

Bio-hologram

生物手記

演化路上的 台北秋海棠

撰文／彭鏡毅、楊智凱、古訓銘



Bio-hologram

生物手記

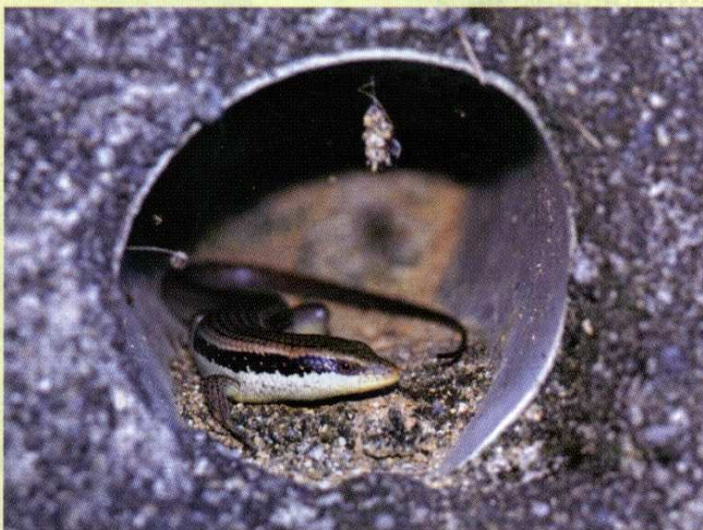
蘭嶼長尾南蜥

噬已嬰的陸生脊椎動物



護蛋行為

- 長尾南蜥喜歡在森林邊緣或道路兩旁落葉堆尋找食物，尤其喜歡在水泥洞生蛋，配合觀察其特殊外型，不難在台灣南部區域找到牠的蹤跡。



▲ 在水泥巢中護蛋的長尾南蜥



▲ 整窩的長尾南蜥卵

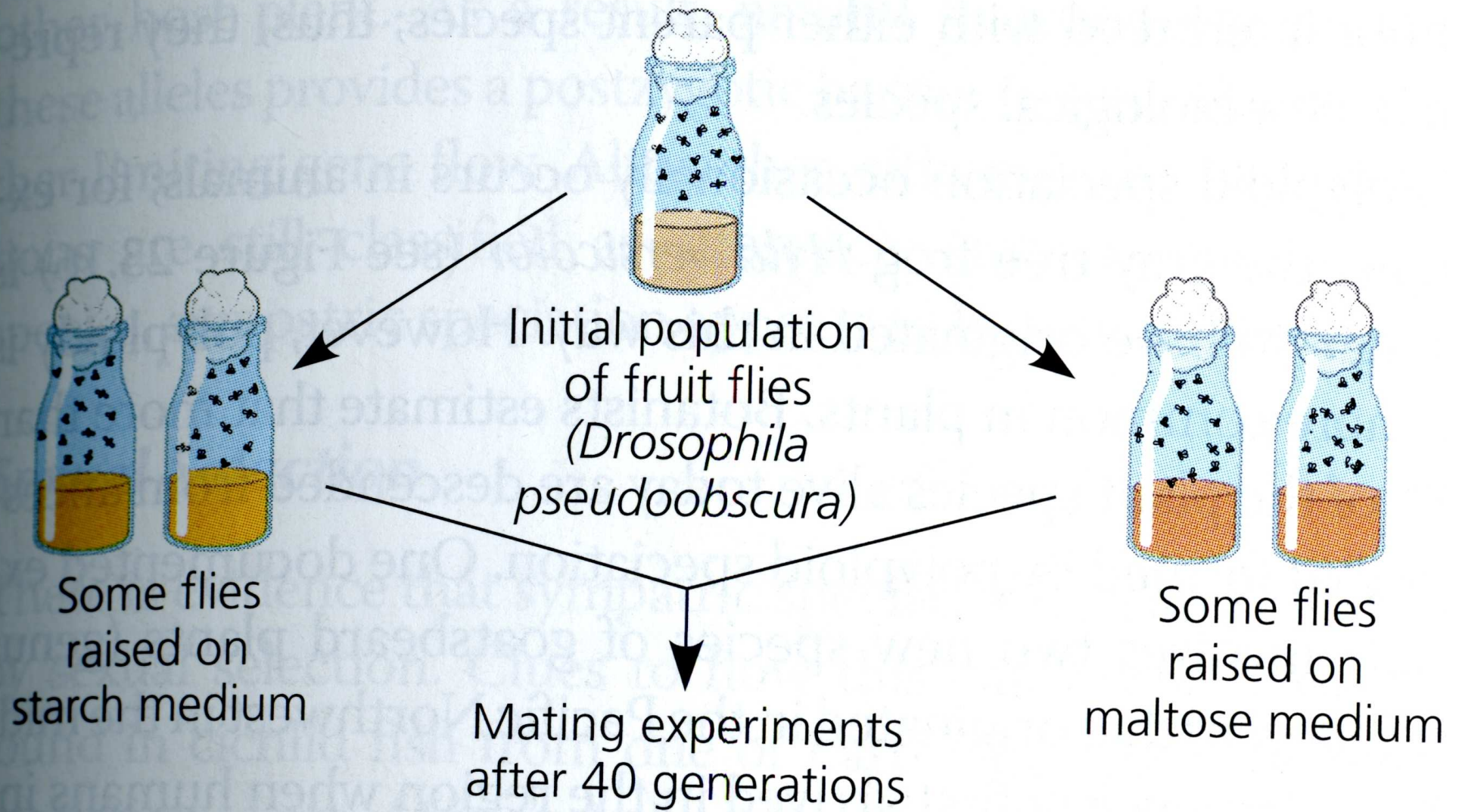
- 蘭嶼的長尾南蜥為了護衛自己的蛋，時常與赤背松柏根打鬥。



▲ 專門吃爬行類蛋的赤背松柏根



▲ 長尾南蜥（右）準備攻擊赤背松柏根



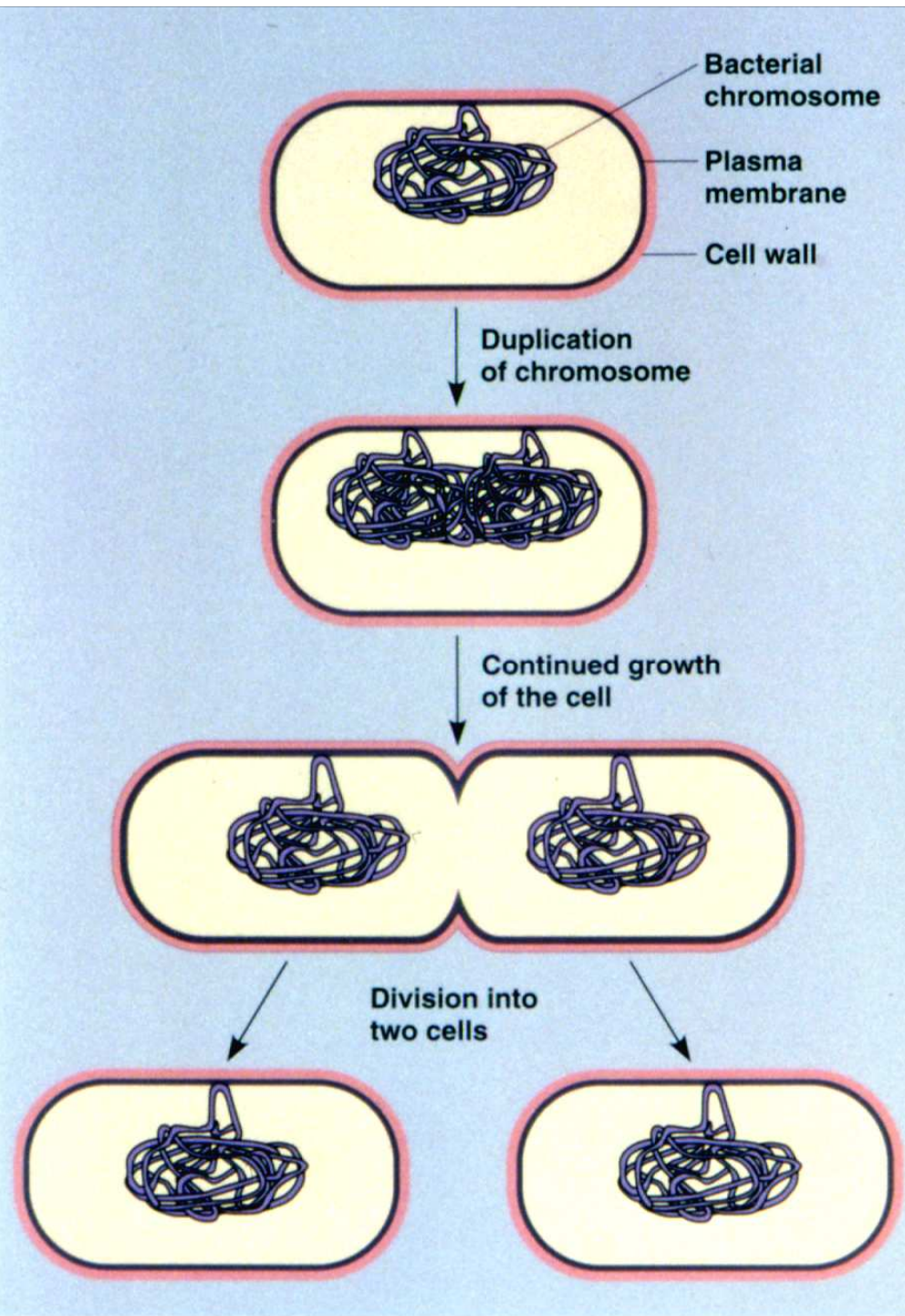
		Female	
		Starch	Maltose
Male	Starch	22	9
	Maltose	8	20

Mating frequencies in experimental group

		Female	
		Starch population 1	Starch population 2
Male	Starch population 1	18	15
	Starch population 2	12	15

Mating frequencies in control group

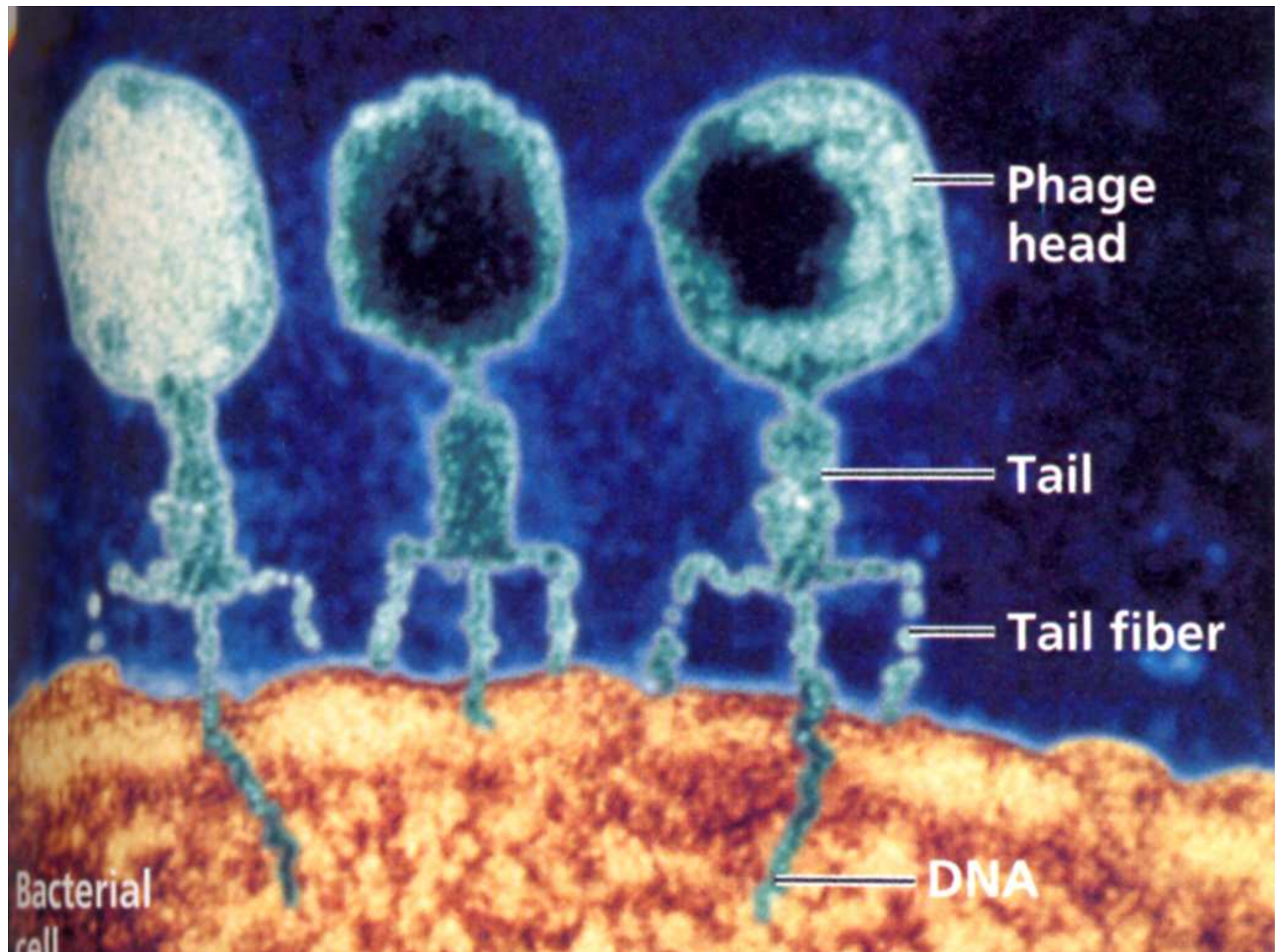






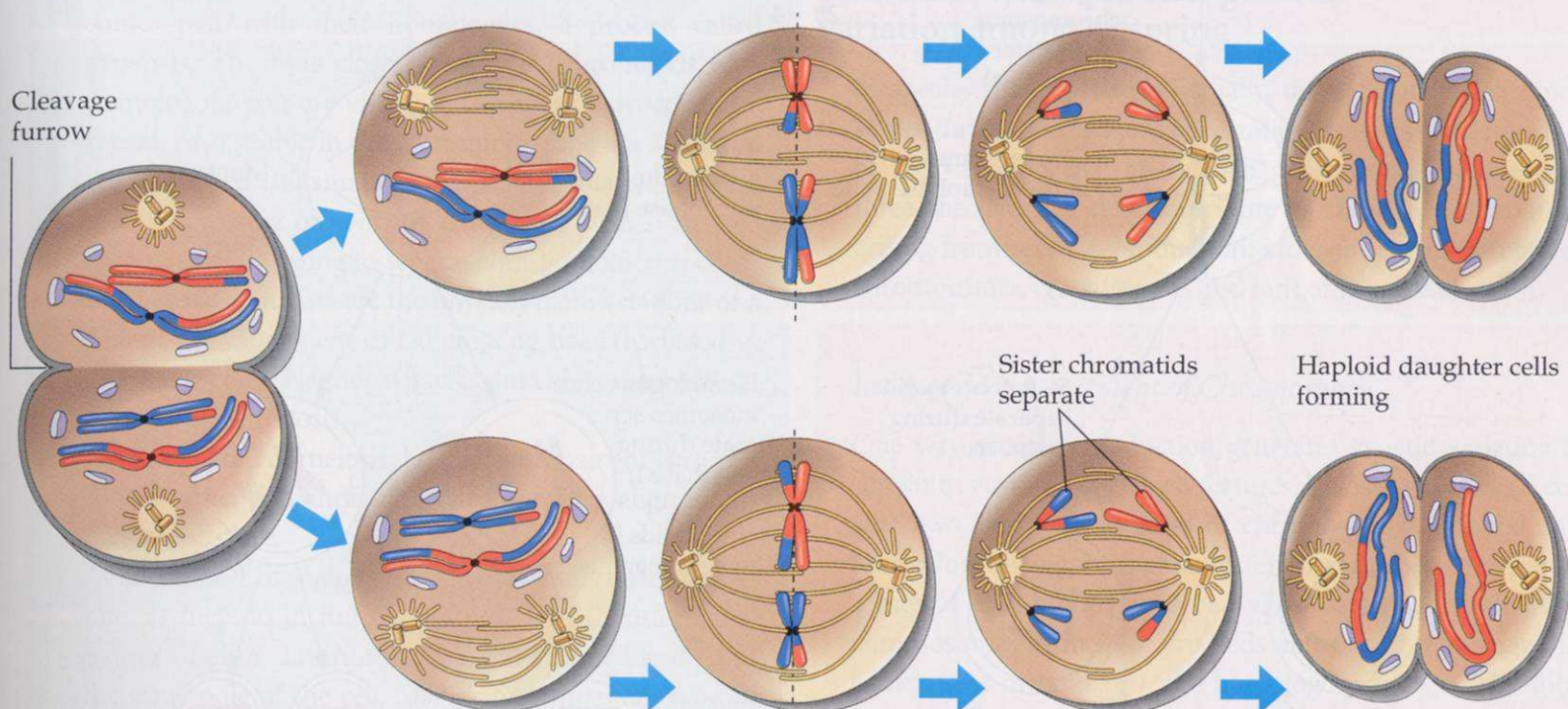
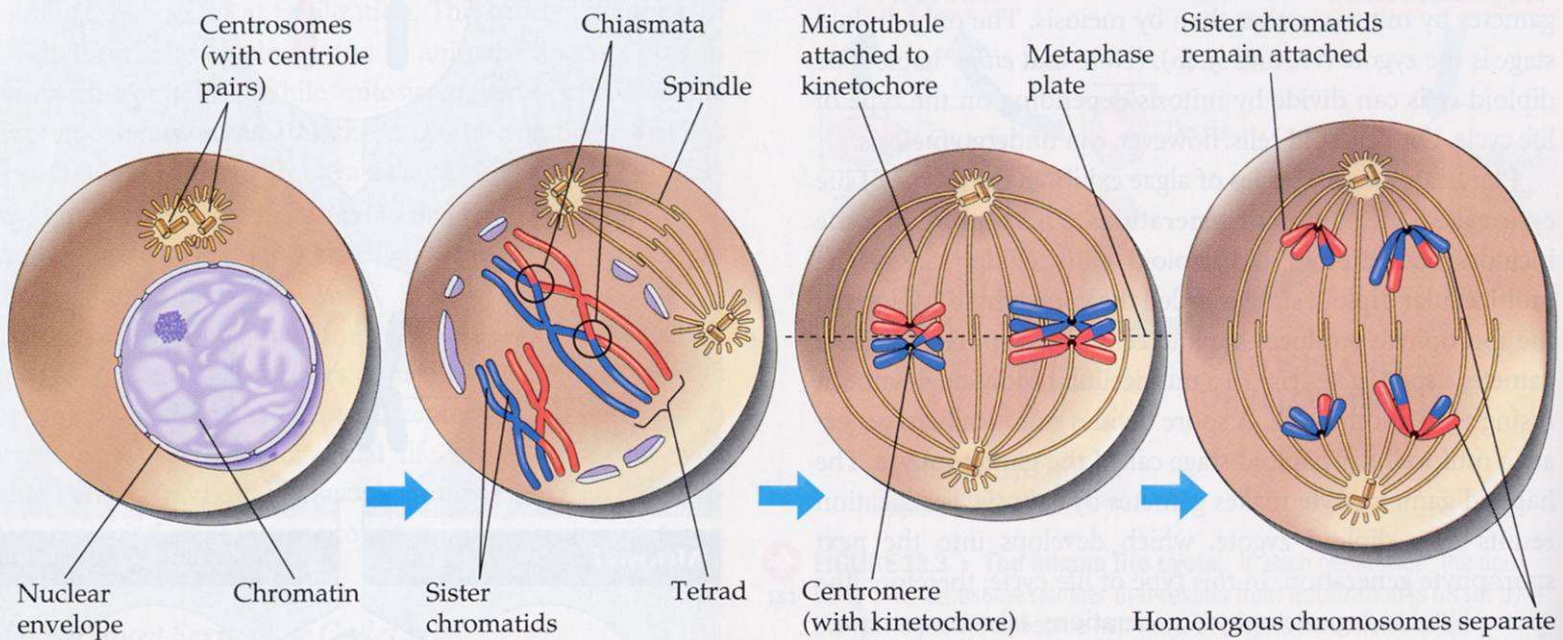
Sex pilus

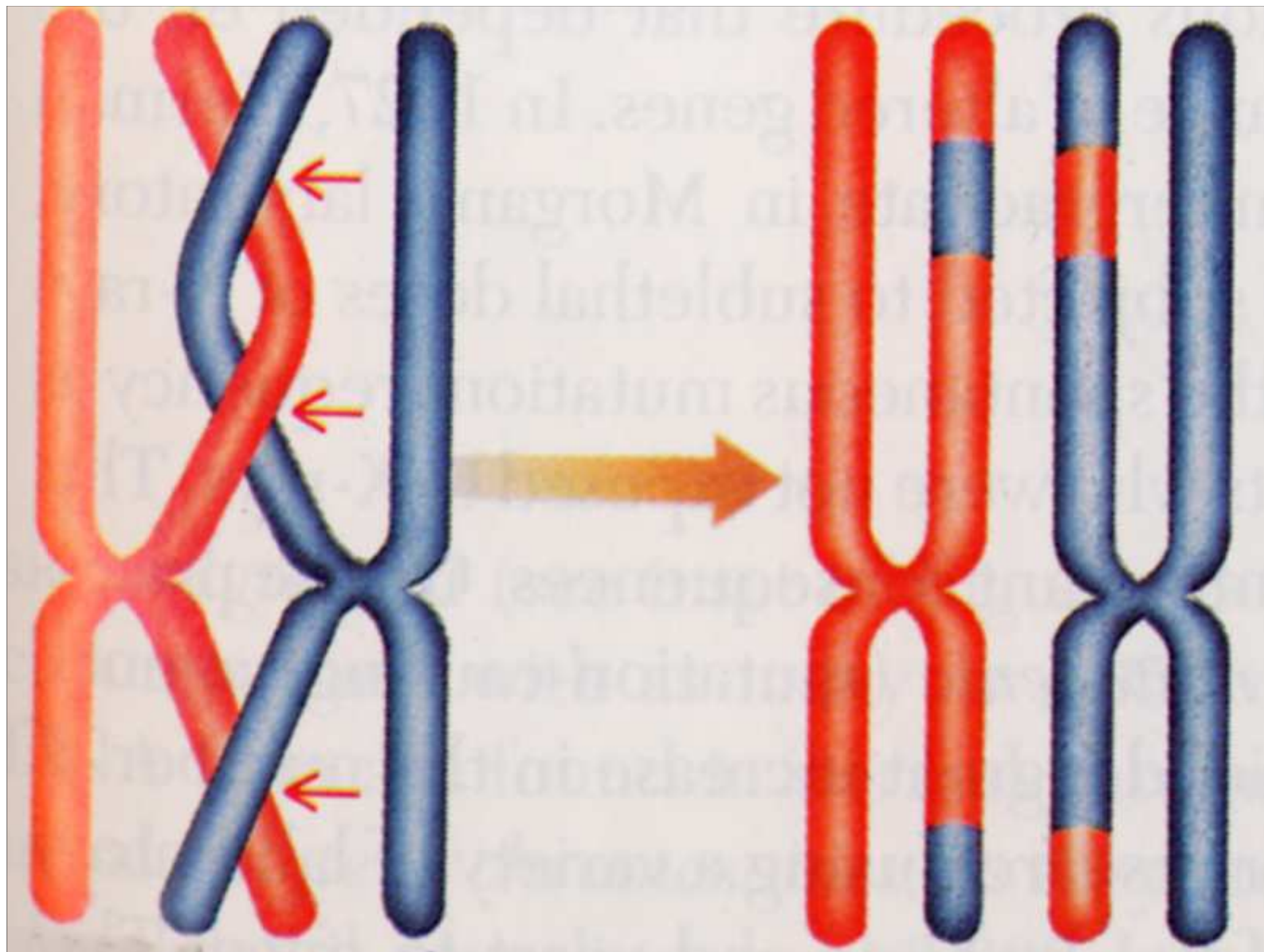
1 μm

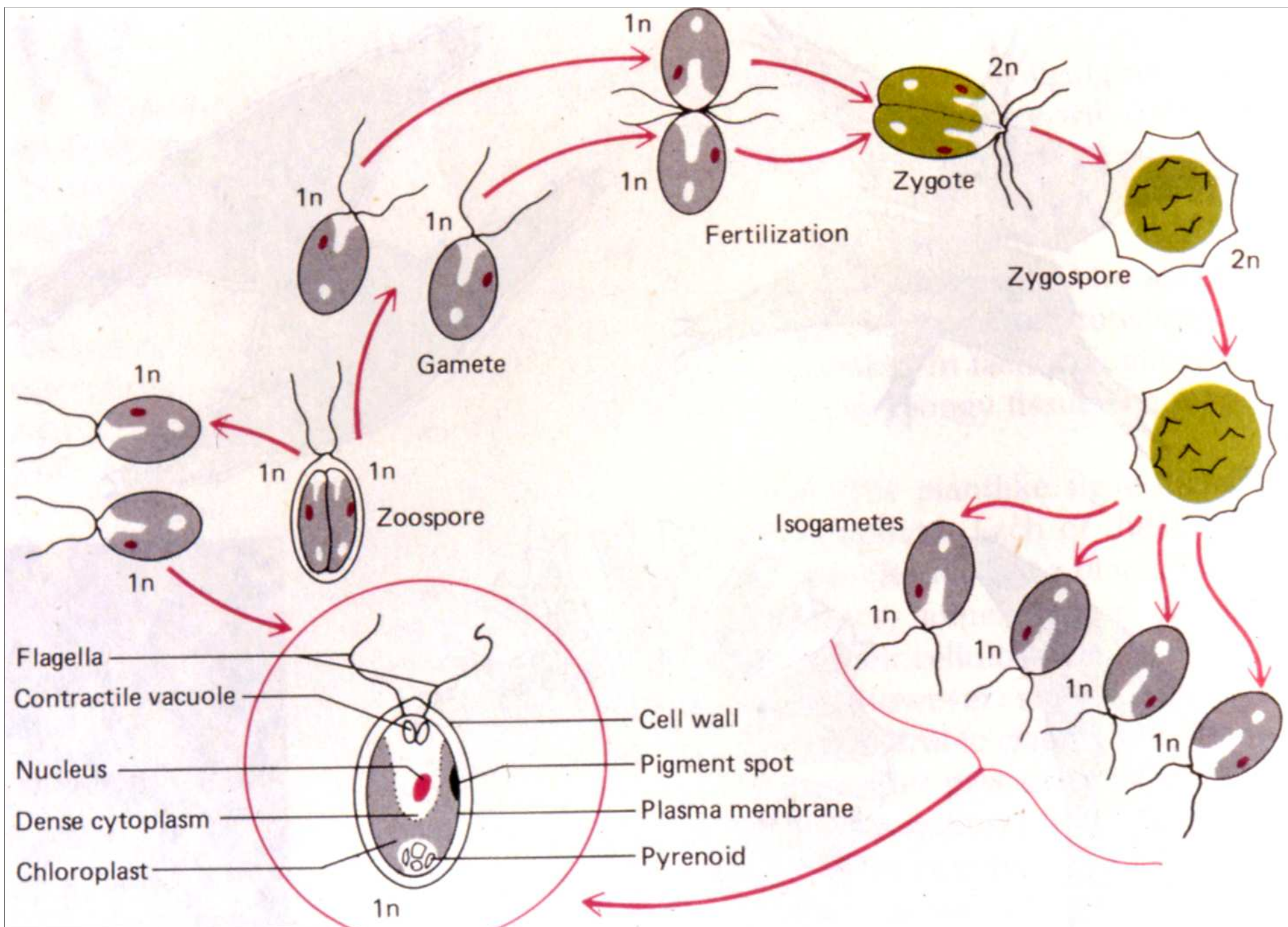


為何沒有第三種性別？

突變數	可能的遺傳組合數		
	無性生殖	兩種性別	三種性別
1	2	3	4
10	11	$3^{10} = 60,000$	$4^{10} = 1,000,000$
100	101	$3^{100} = 5 \times 10^{47}$	$4^{100} = 1 \times 10^{60}$











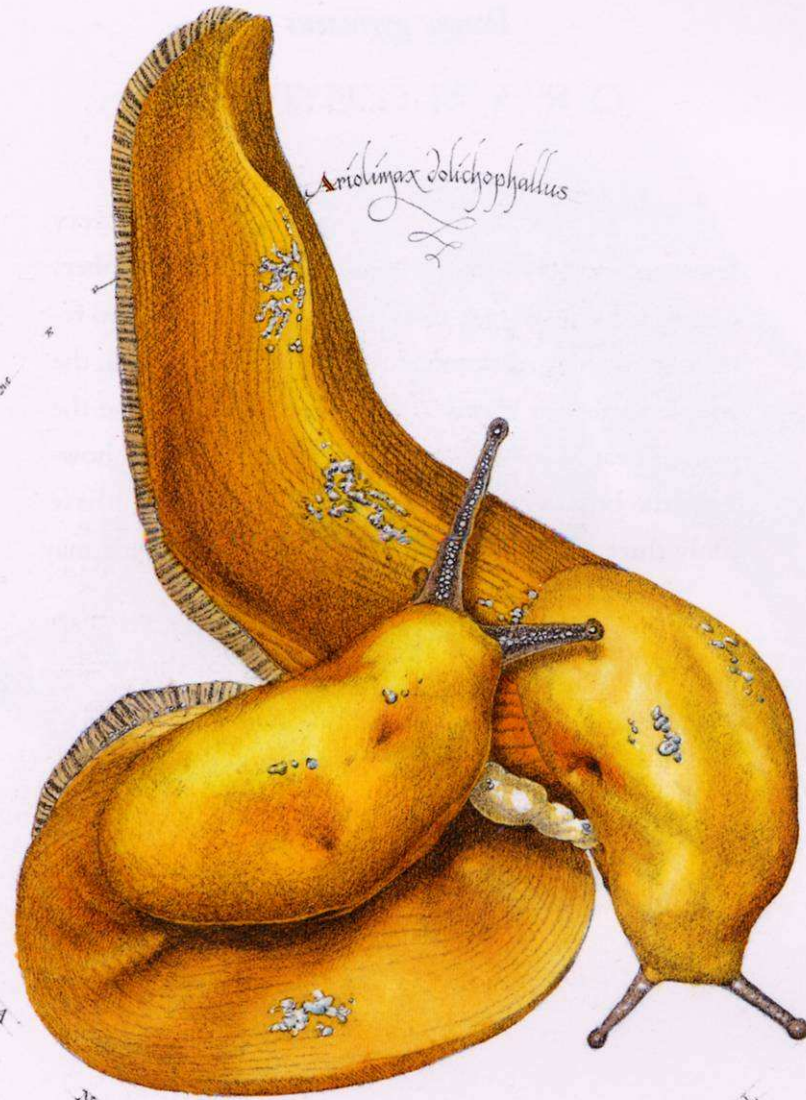












Ariolimax dolichophallus
L.



Limax maximus

G R E A T S L U G

J. F. SMITH



Crepidula forficata



TERMER
L I P P E R
L I M P E T



Octopus vulgaris

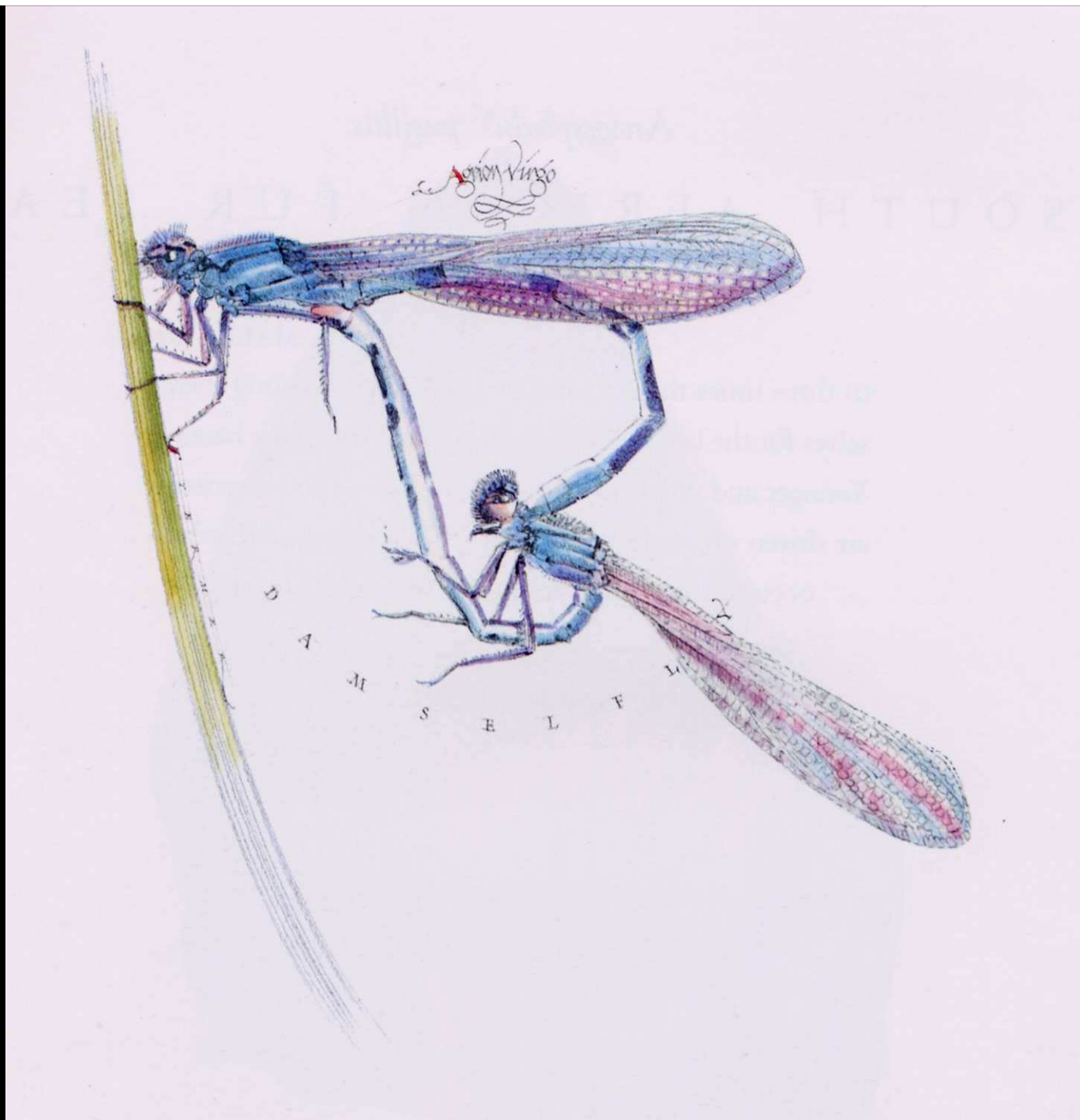
C O M M O N
O C T O P U S

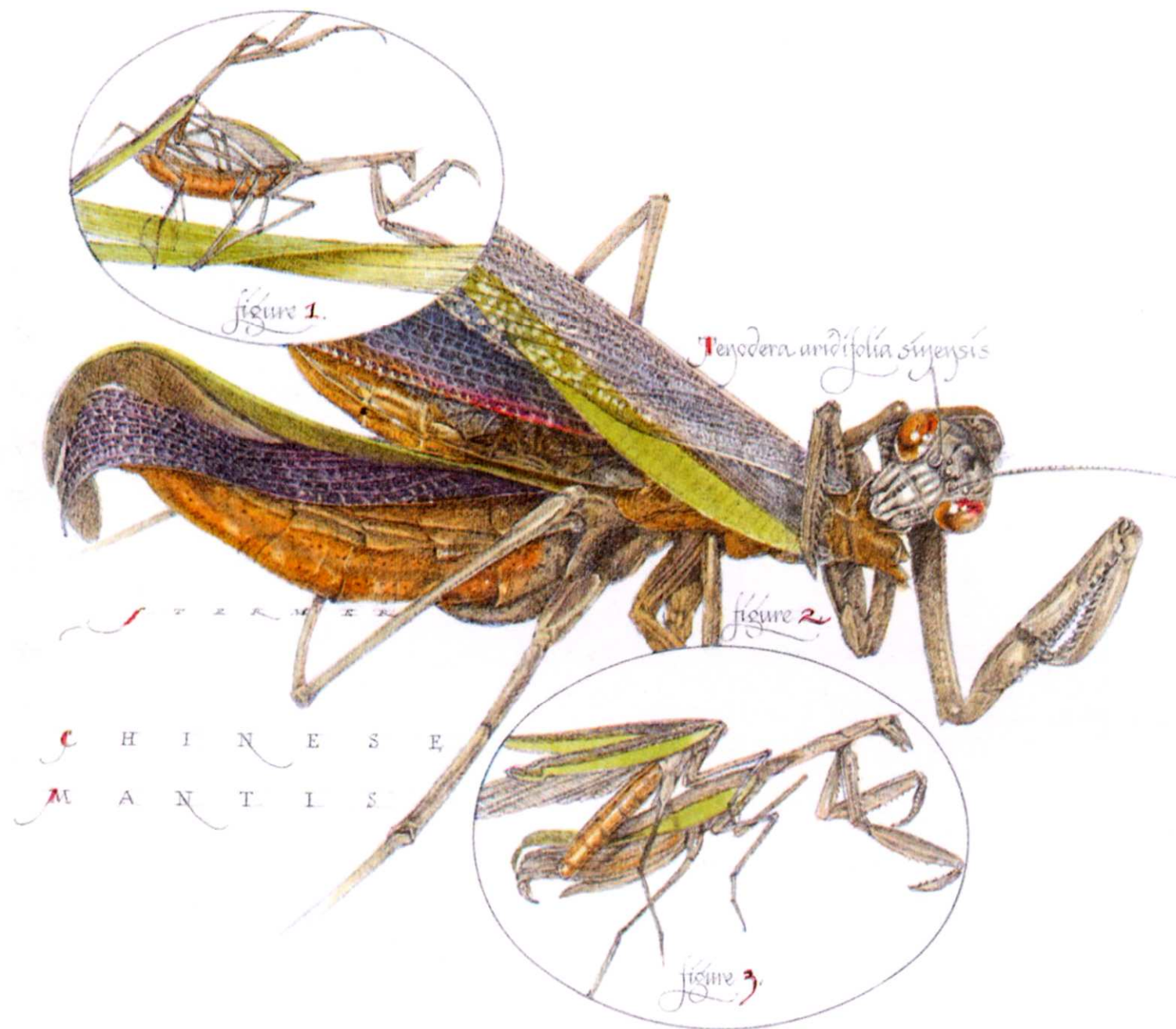




Balanus balanoides

B A R N A C L E
T E R M I N

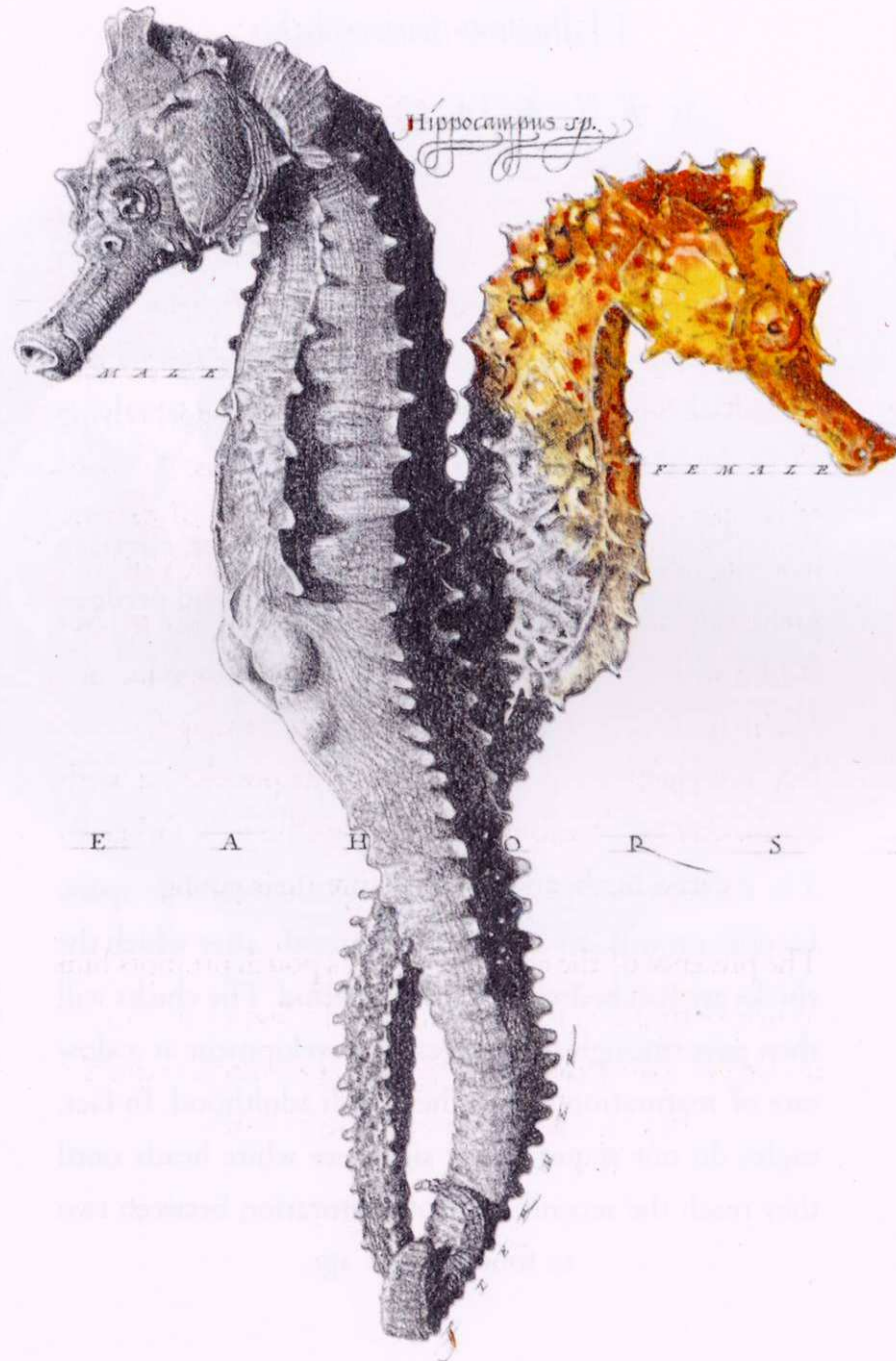




Hypoplectrus aberrans



YELLOW-BELLIED HAMLET













Phyllomedusa trinitatis

C A R I B B E A N • F R O G S

Chironomantis xerampelina

T X R A E



G E A Y . T R E E F R O G







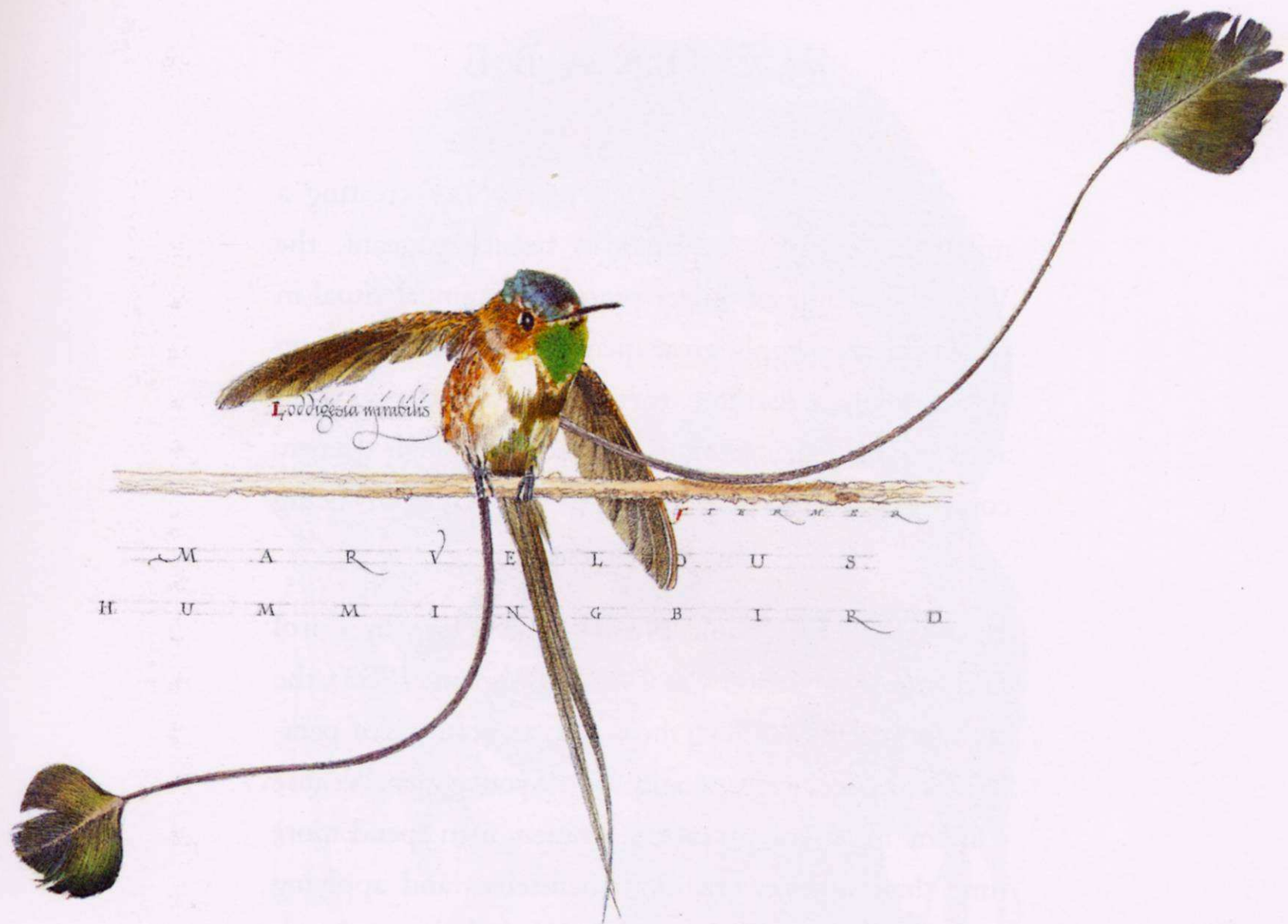
Frigatebird magnificens

female

male

J. T. M. E. R.

M A G N I F I C E N T
F R I G A T E B I R D



Loddigesia nymphaea

INTERMEX

M A R V E L D U S
H U M M I N G B I R D







Felis catus

A B Y S S I N I A N

C O M E T I C C A T



Panthera leo

L

I

O

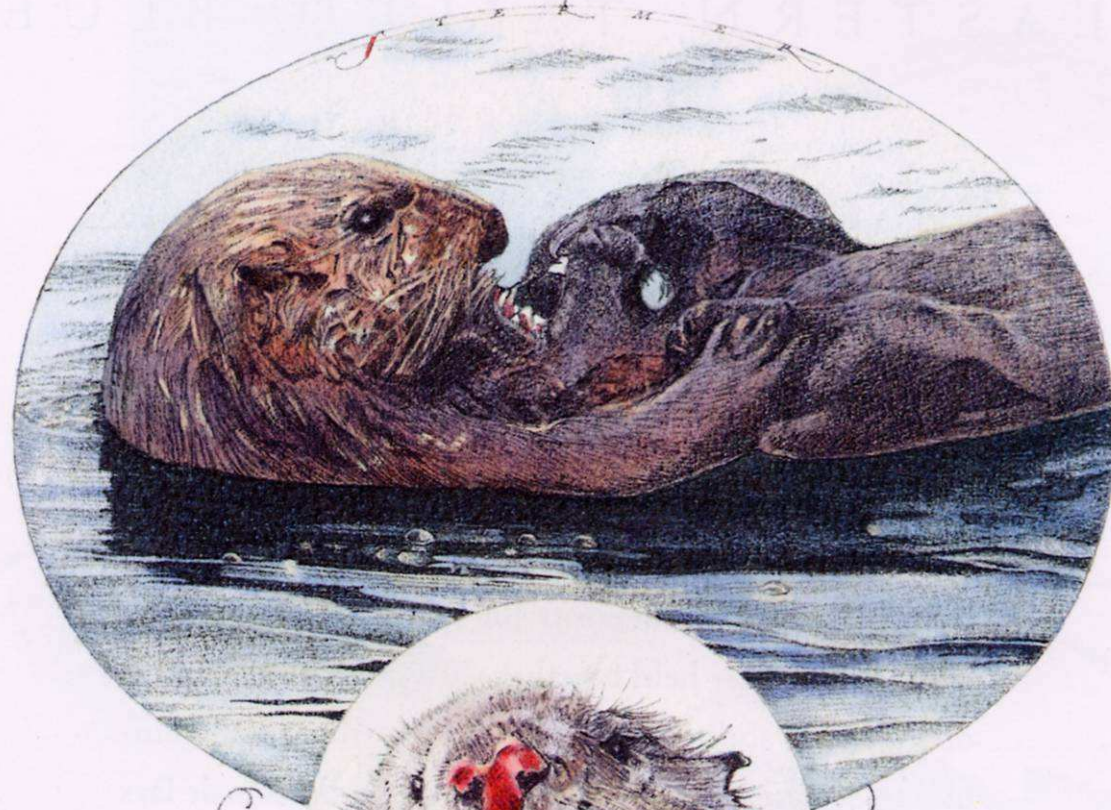
N

Loxodonta africana



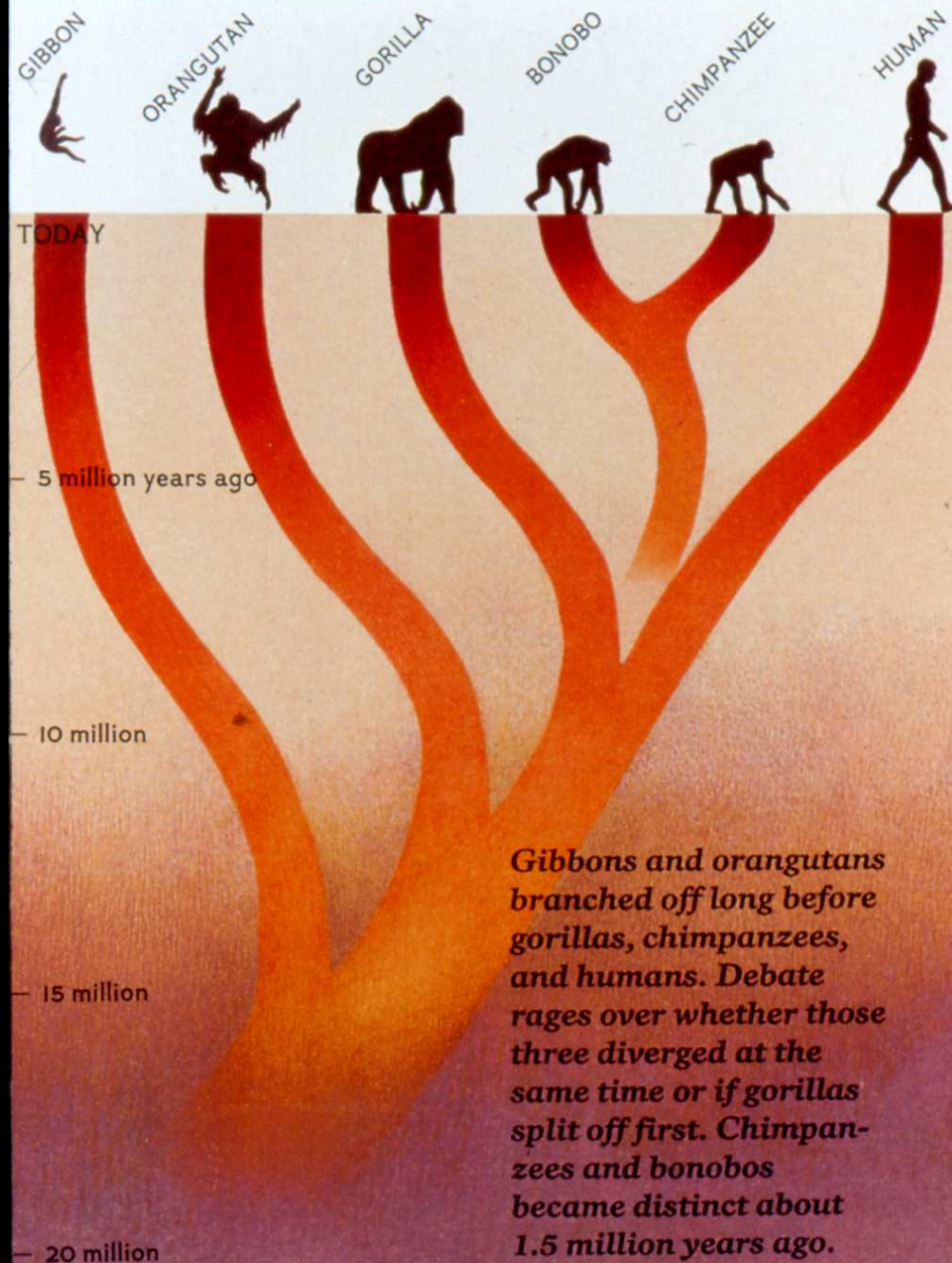
E A L F E R P I H C A A N N T

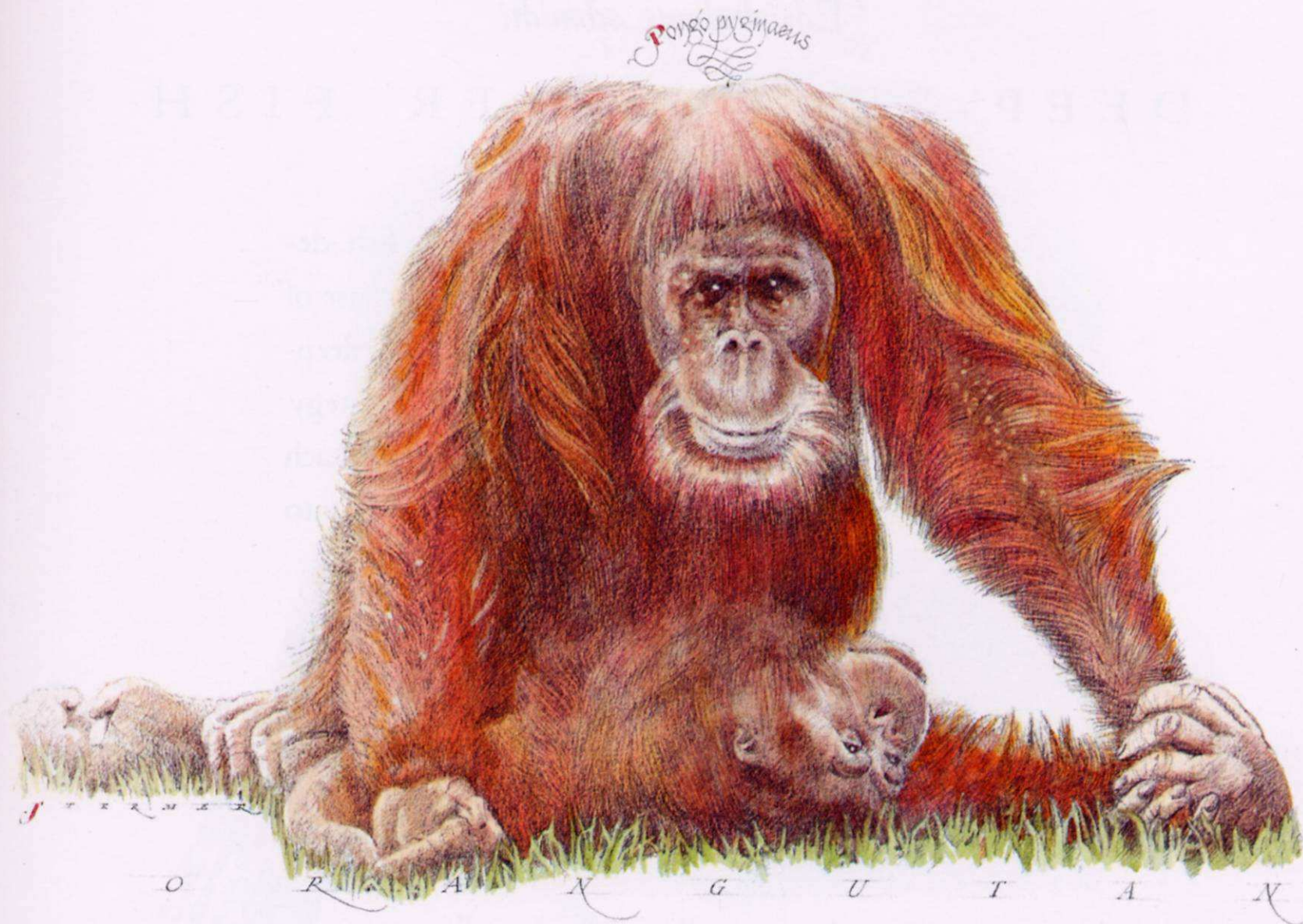
Enhydra lutris



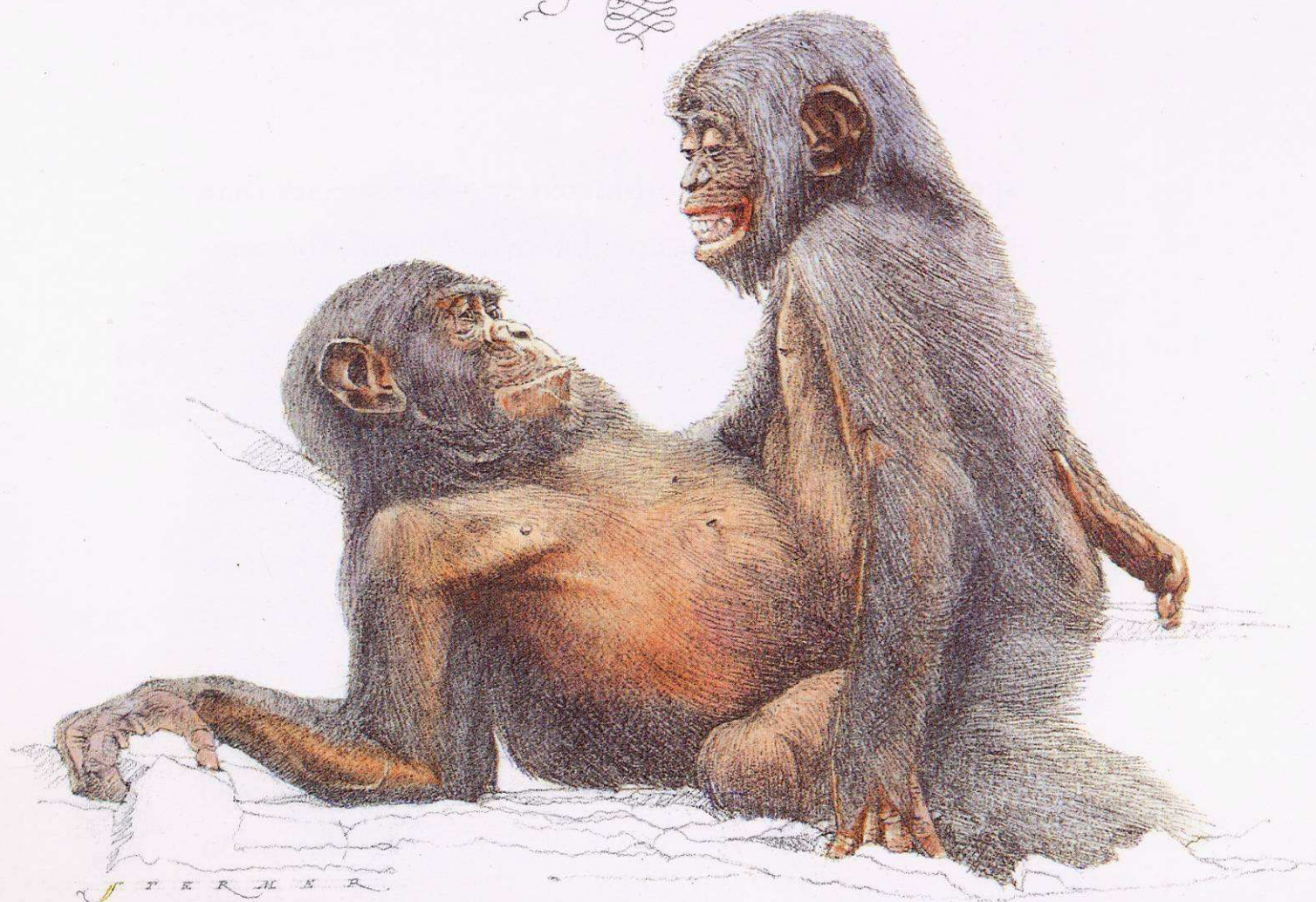
SEALION

A puzzling family tree





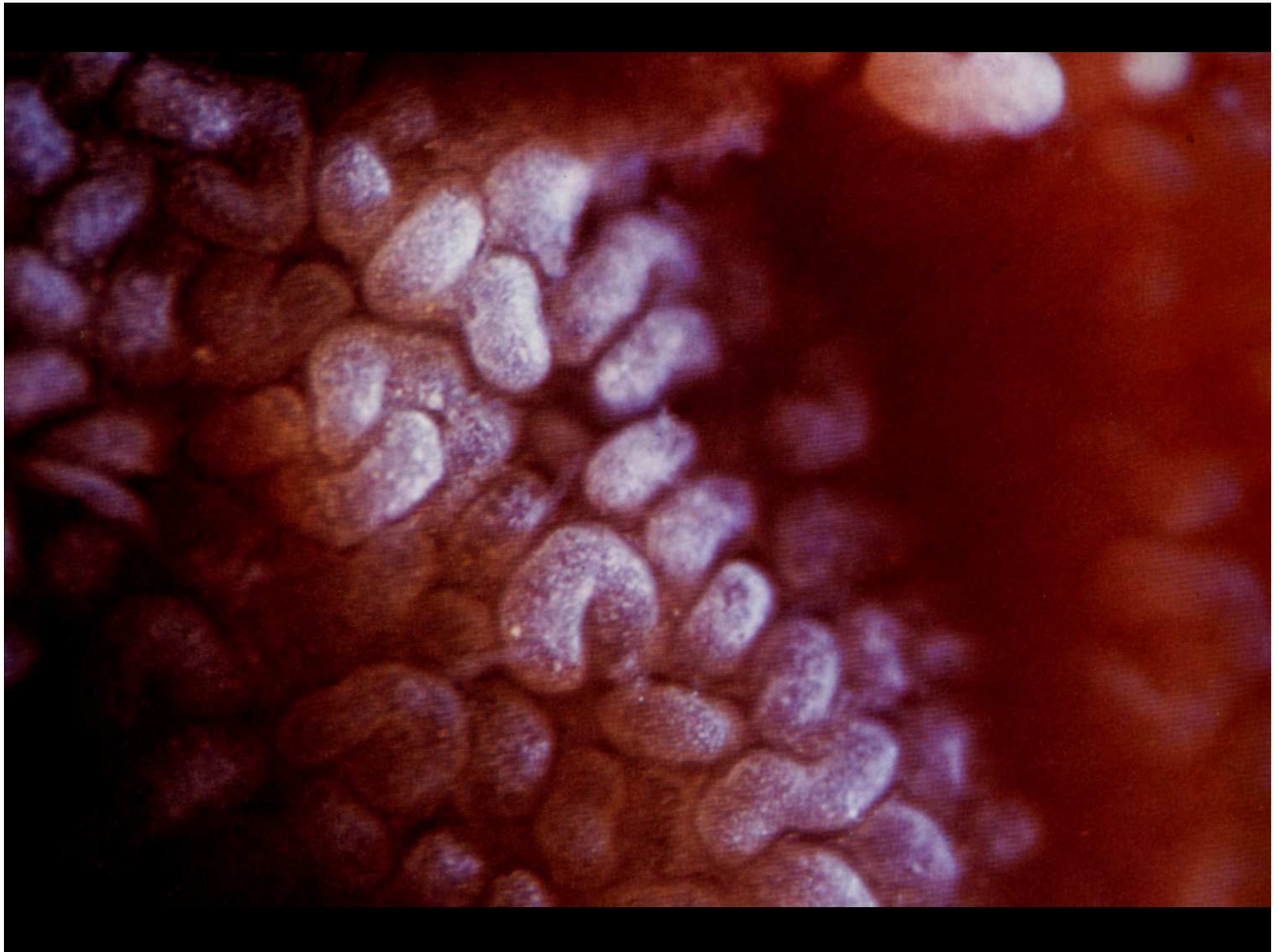
Pan paniscus

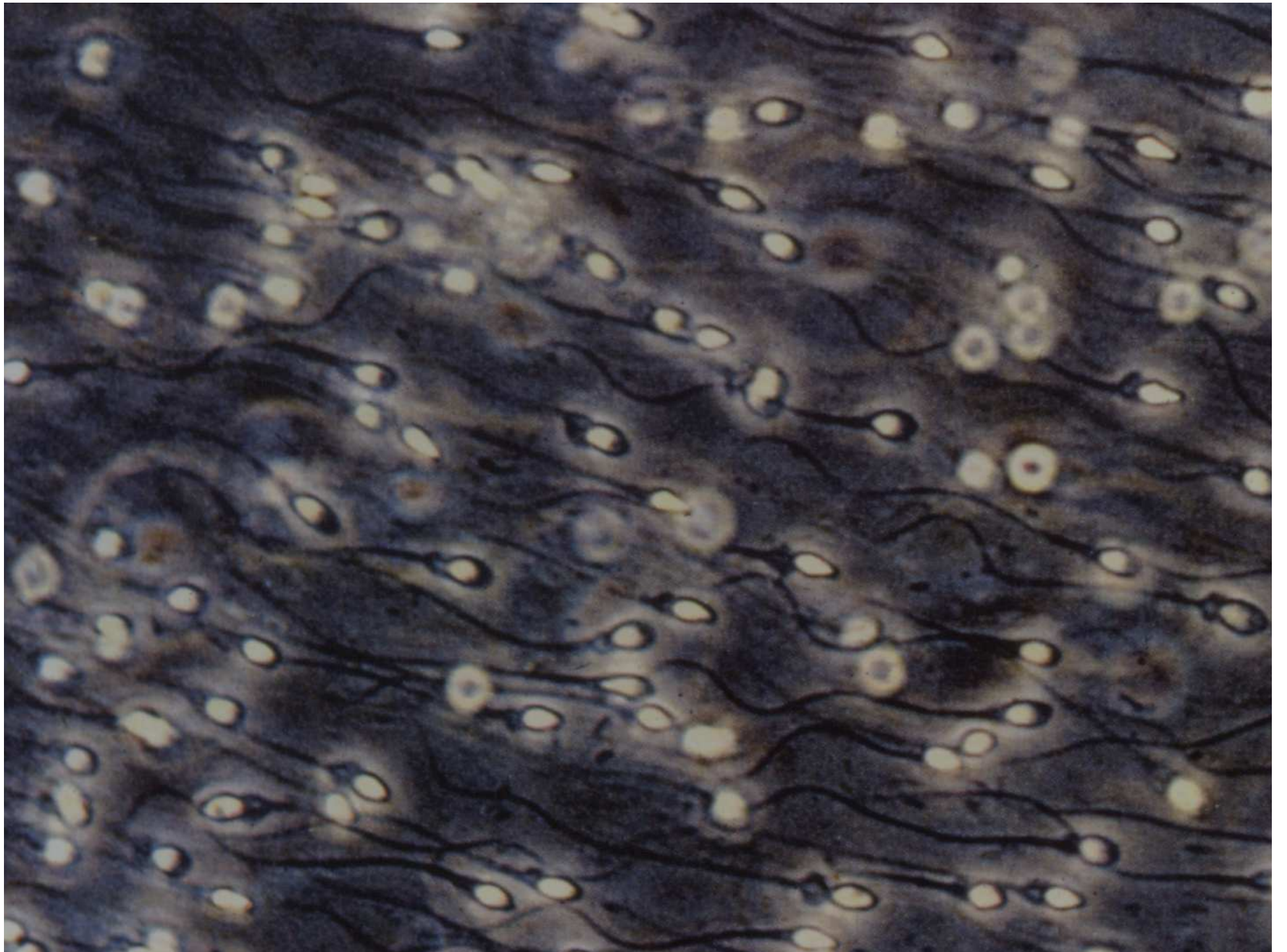


J. E. R. M. P.

B O N O B O

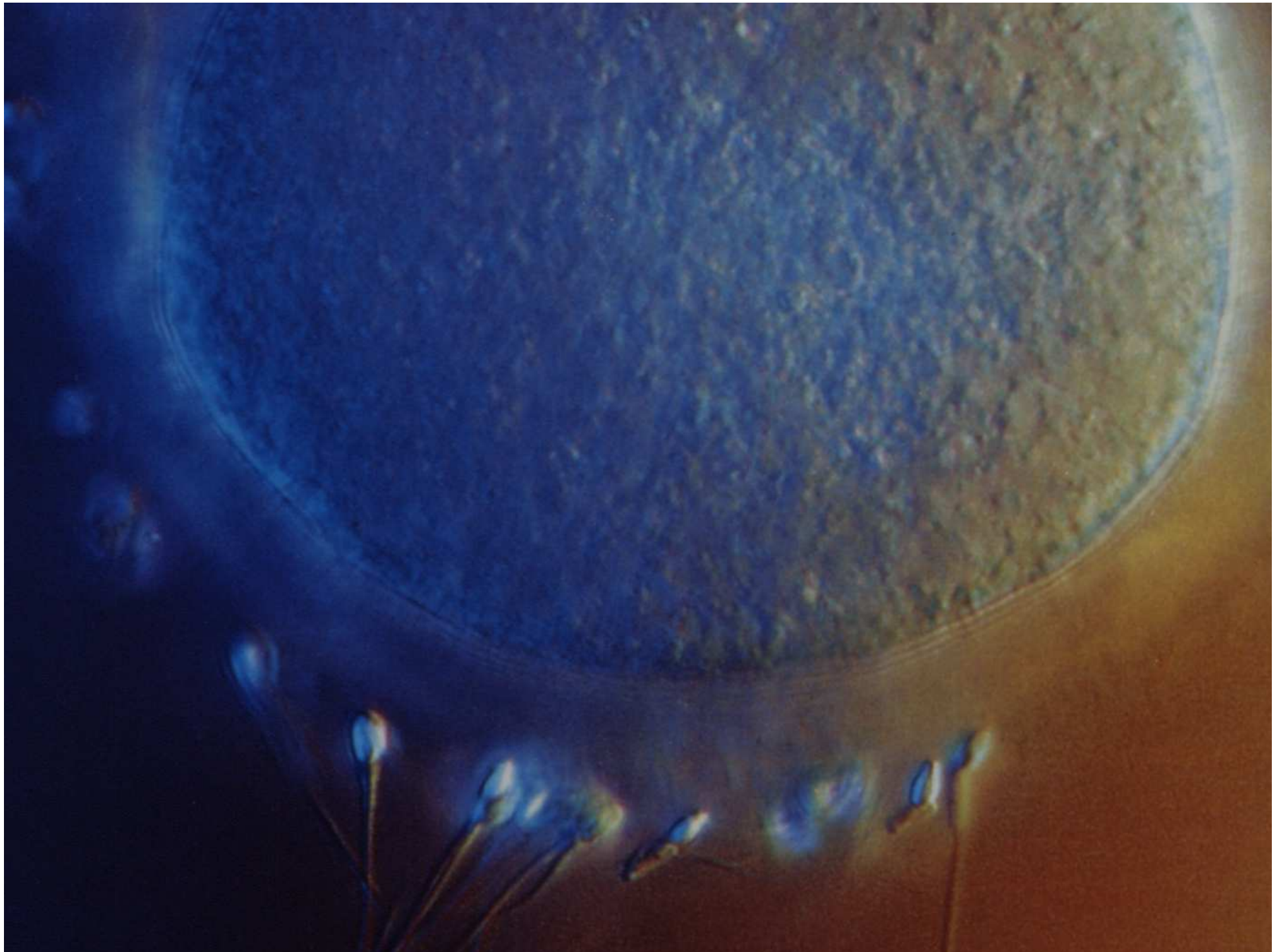
C H I M P A N Z E E

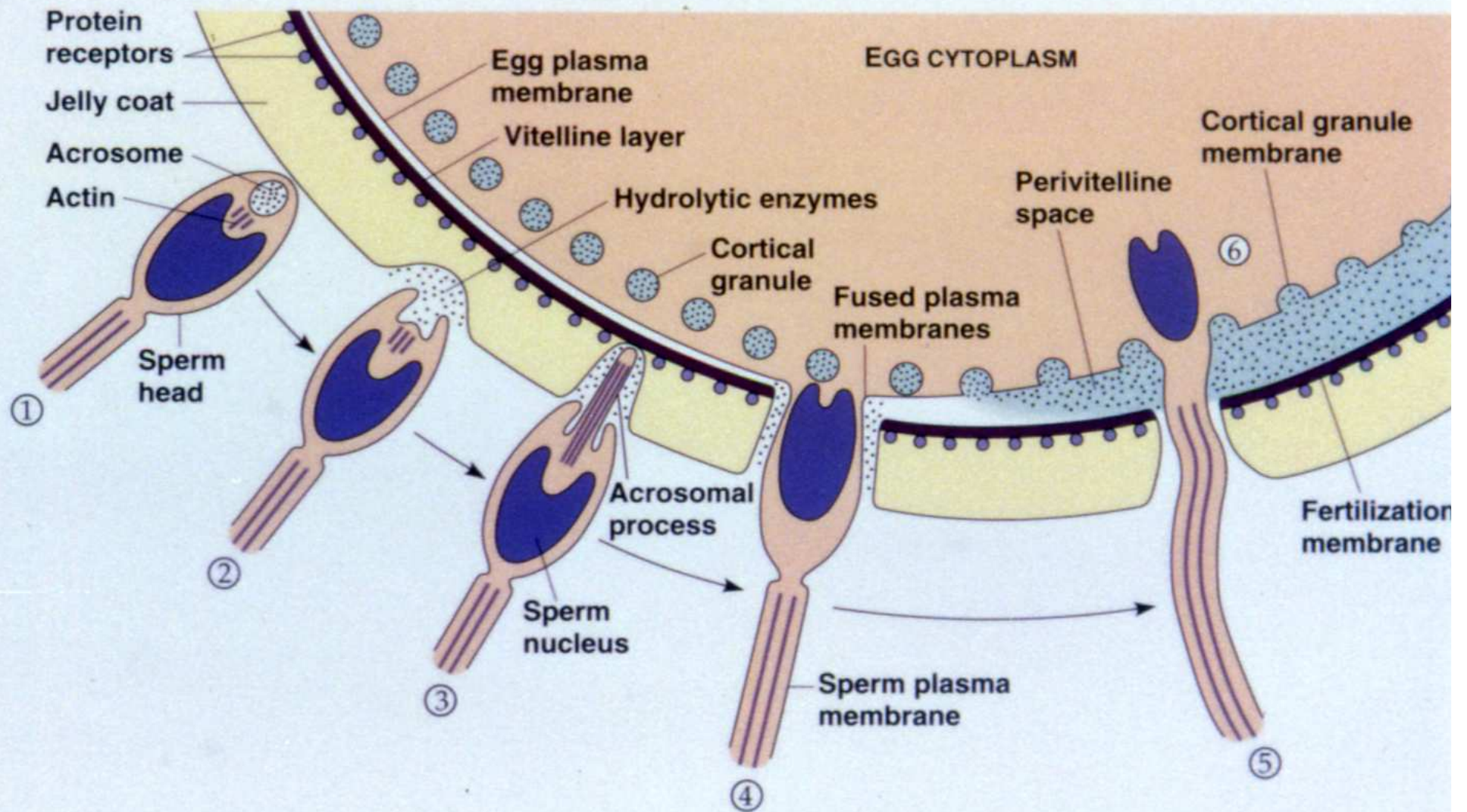


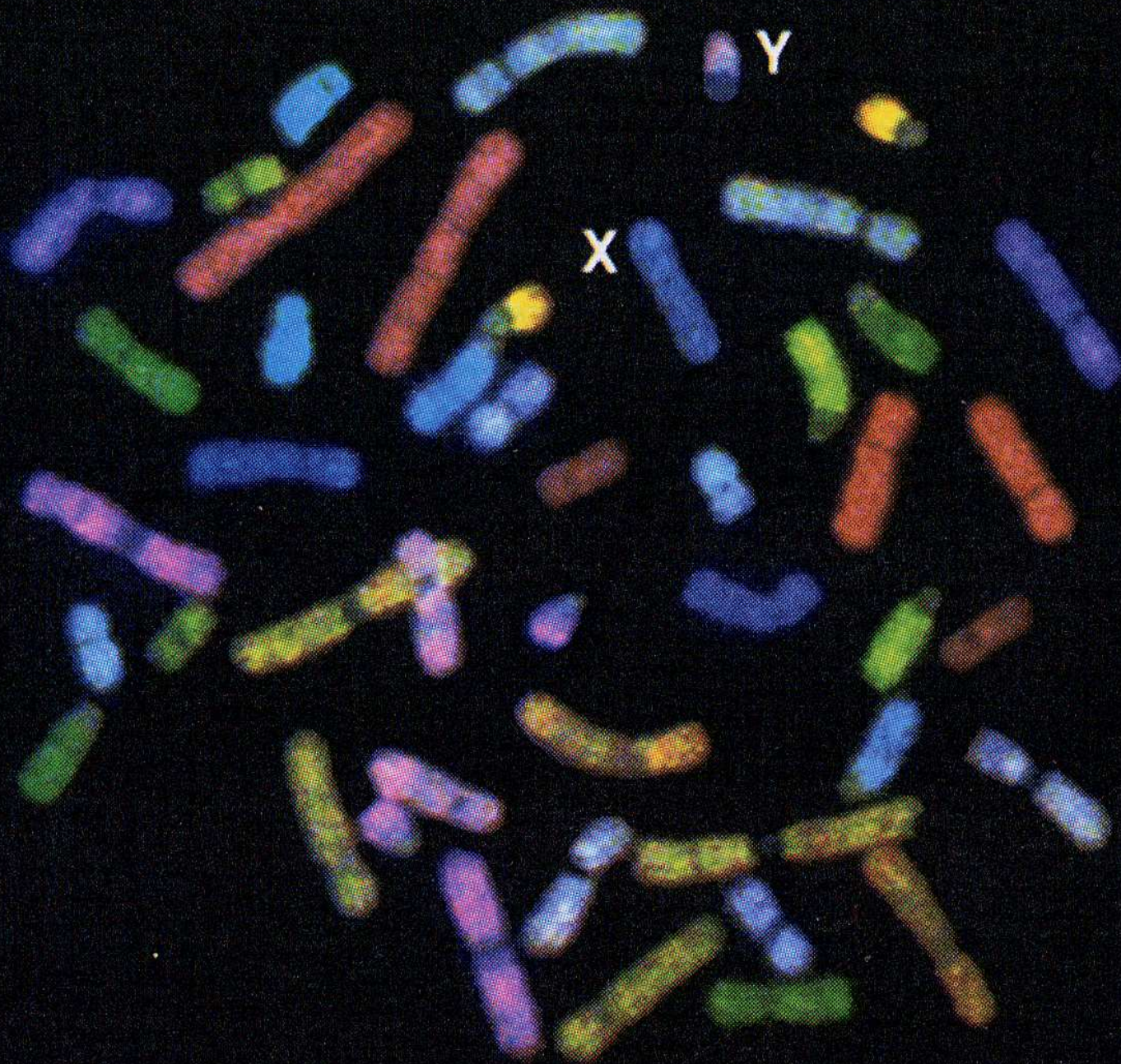


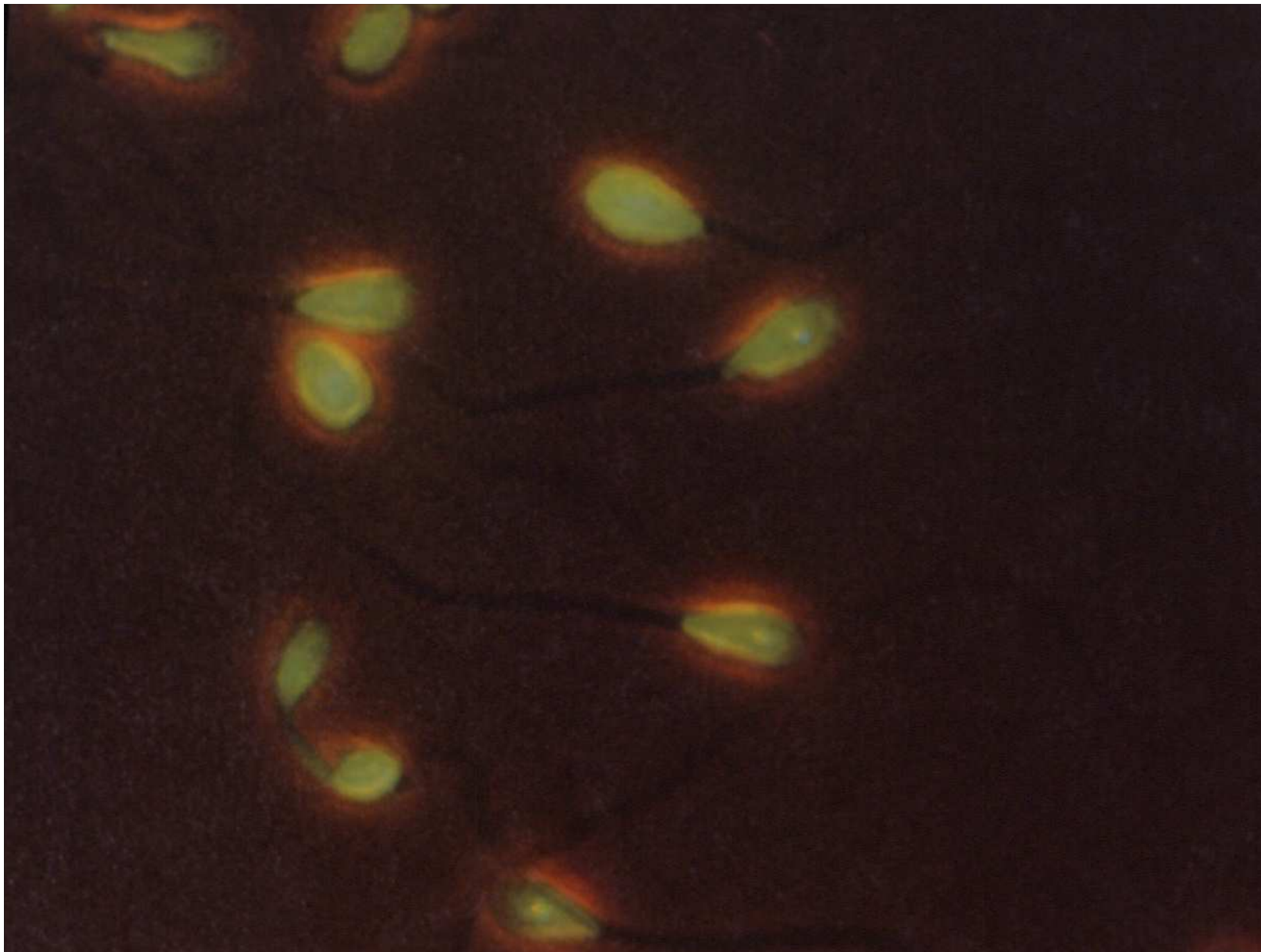


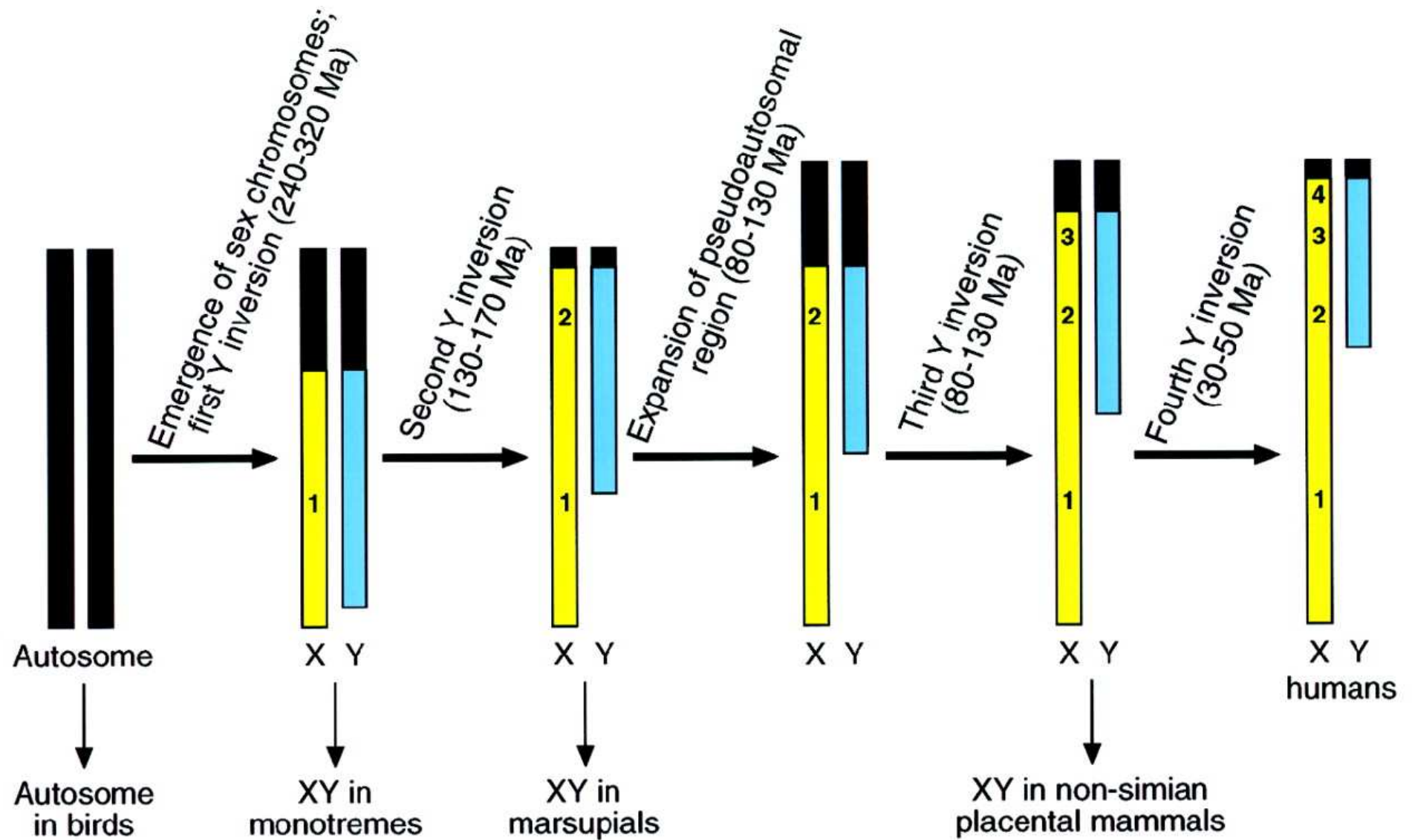




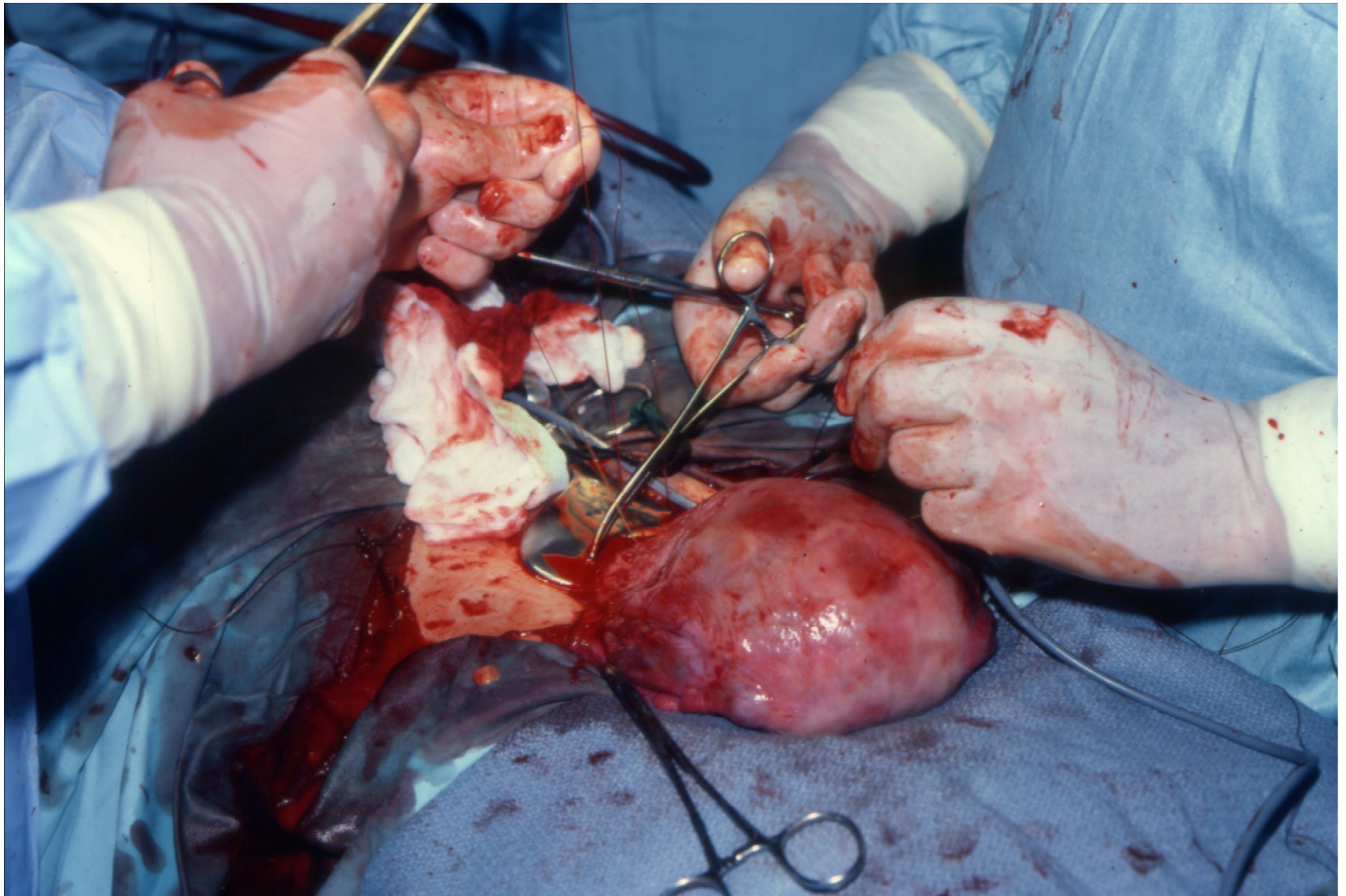












《大地》中的生產情節

她分娩的時候不讓別人待在她身邊。

那是一個傍晚，太陽剛落下，她正在田裡和他一起幹活……她挺著大肚子，勉強彎下腰……從中午到下午到傍晚，她越割越慢……她停下手、站起身，把鐮刀扔到地上，臉上透出新汗，一種痛苦的汗水。

「到時候了，」她說，「我要回去了。等我叫你，你再進房。你只要拿一根剛剝好的蘆葦，切成長條，我好把孩子的臍帶割斷。」……他回到家裡，發現晚飯熱呼呼地放在桌上。原來她停了工是來給他們做飯的！……他走到房間門口叫道：「葦篾拿來了。」她從門縫伸出手，把葦篾拿了進去，一句話也沒說。他站在門口，聽見她沉重地喘著氣，好像一隻跑了很久的動物在喘氣……

門縫裡衝出一股熱血的腥味，難聞得讓他害怕。女人的喘息聲變得又急又粗，像在低聲吼叫，但她忍著沒大聲叫出。他再也忍不住，正要衝進屋裡時，一陣尖細有力的哭聲傳了出來。他什麼都忘了。

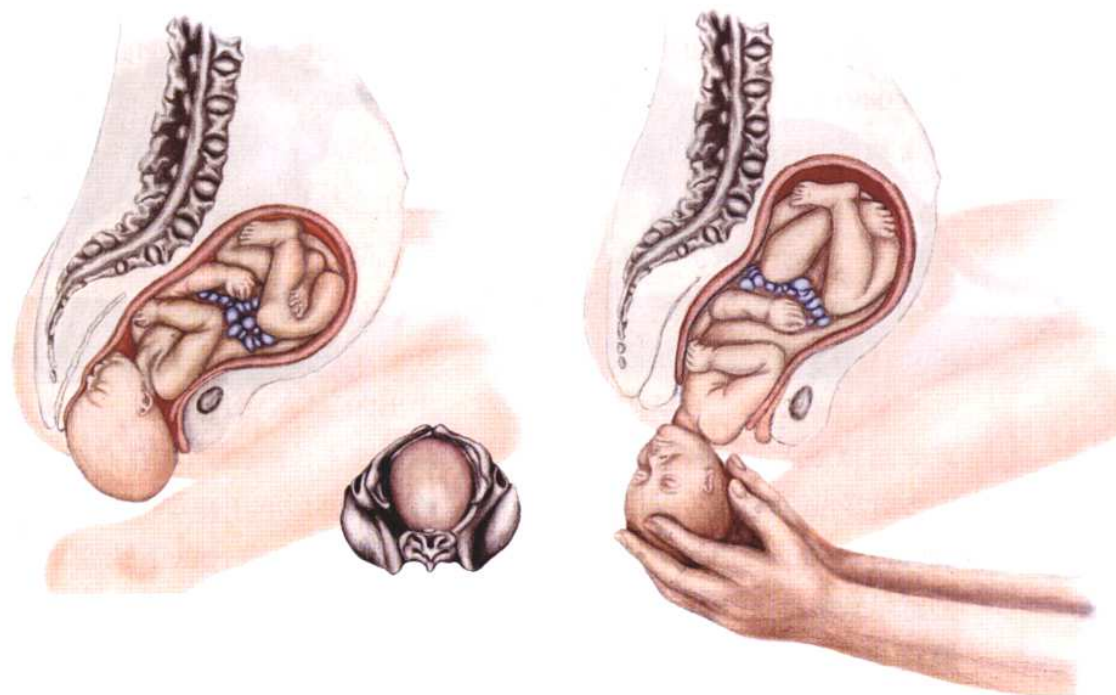
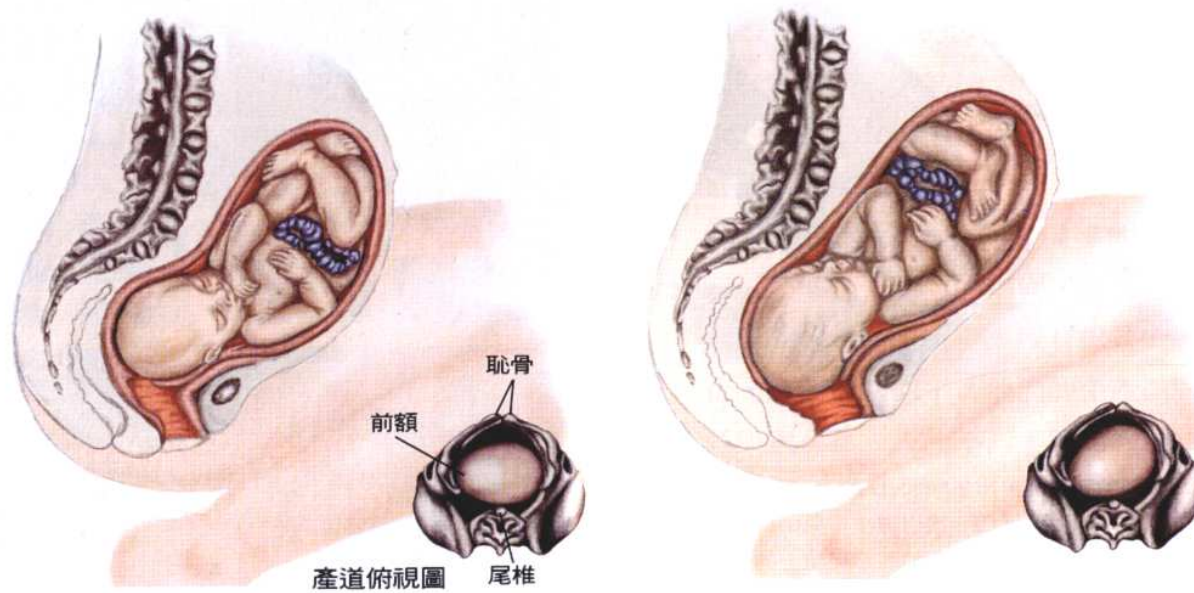
「是男的嗎？」他急切地喊道，卻忘了他的女人。尖細強韌的哭聲又傳了出來。「是男的嗎？」他又喊道，「妳先說是不是男的？」

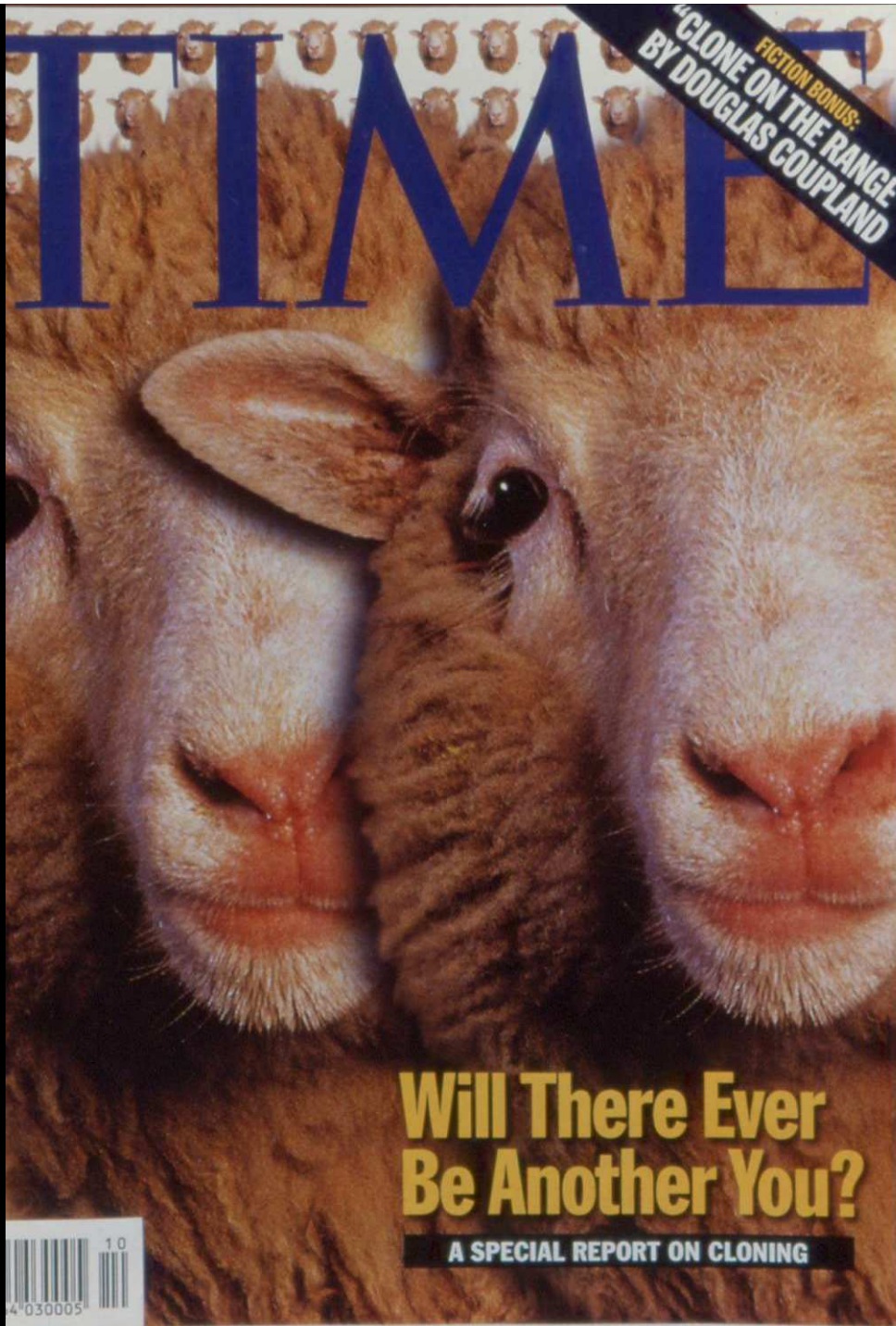
女人的聲音微弱得像一道回聲：「是男的。」

——《大地》，「王家三部曲」第一部

人生的道路坎坷，從還沒出世就開始了；
嬰兒必須在母體產道中旋轉再旋轉，
加上旁人的協助，才有辦法來到人世。
但你看看其他的靈長類，
牠們的母親自己就可以把小寶貝
從又寬又直的產道給拉出來。
這得怪誰呢？全是為了直立體態付出的代價。
人類頂天立地之後，狹窄的骨盆和曲折的產道，
成為了不可避免的結果。







把食物送入口中、提筆寫作、撫摸心愛的人，
這些美好的事情，都要我們的雙手完成，
但你可知道，讓我們長出手的基因，竟然改編自魚類形成鰭的基因。

酒後令人難過的宿醉、打嗝打個不停、新生兒常見的疝氣，
這些煩惱，都源自於人類的身體改裝自魚類所遺留下來的痕跡，
我們還真要感謝與鯊魚和其他魚類共享的那段經歷。

本書作者蘇賓在加拿大極區挖掘到「提塔利克」（*Tiktaalik roseae*）化石，提塔利克是距今三億七千五百萬年前的魚類，但同時擁有兩生類的原始特徵，是水中動物爬上陸地生活時的過渡物種。

我們的脖子、手腕、肋骨、耳朵，以及身體其他部位，都能追溯到這條魚的身上。這些都明明白白的顯示：陸上的動物的確是從水中的魚演化而來，我們都是魚的後代！

蘇賓還告訴我們，人類製造眼睛的基因開關與果蠅相同，填充在我們細胞之間、讓身體得以成形的膠原蛋白，海綿動物身上也有，我們細胞裡的粒線體如果出了毛病，還可以利用細菌來模擬研究。

當你讀完本書，你將更深入了解你的身體、你的生理、你的基因！