

CÀNH CỬA | MỜ RỘNG

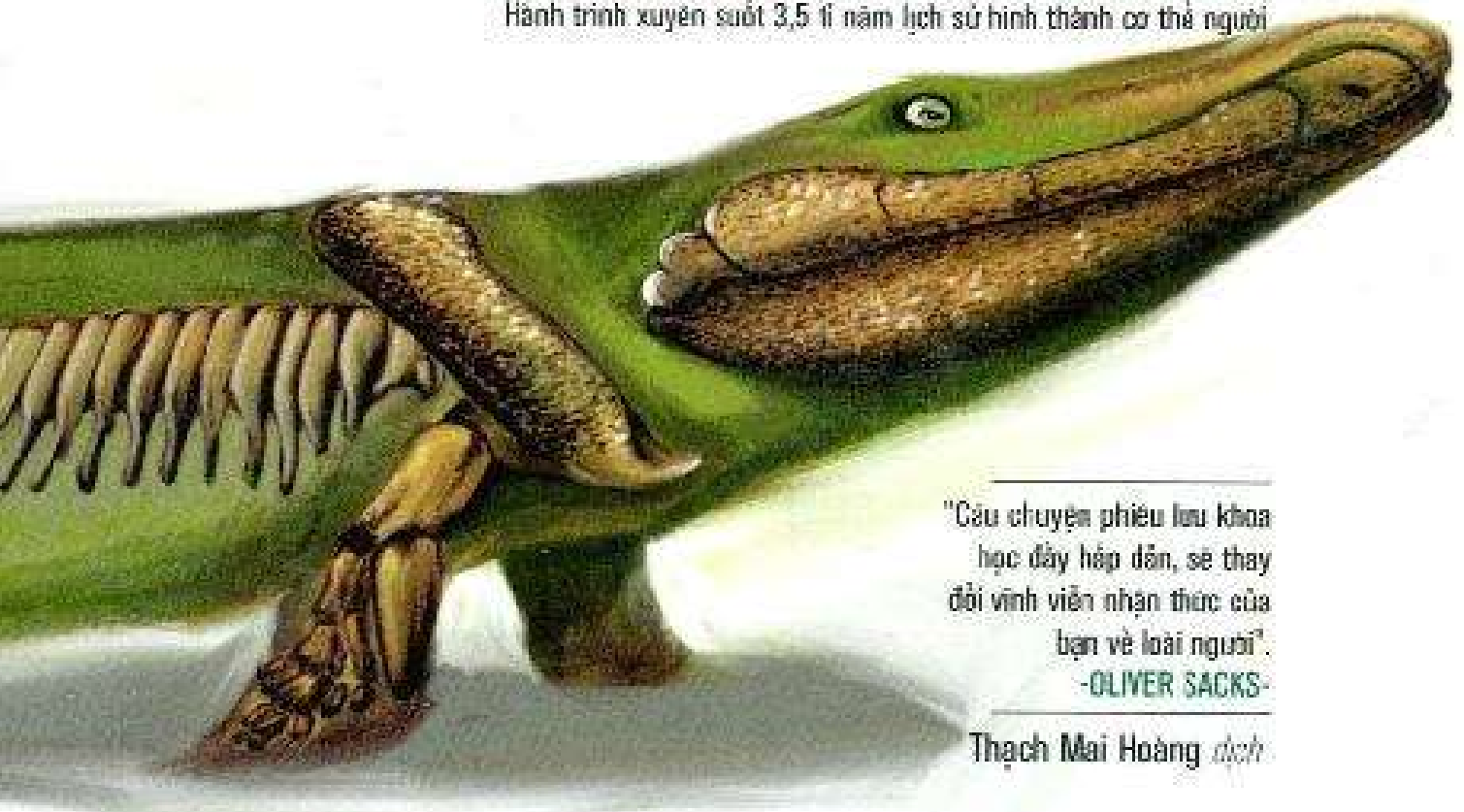
TỪ SÁCH HỢP TÁC  
VỚI NHÀ TOÁN HỌC **NGŨ BẢO CHÂU**  
VÀ NHÀ VĂN **PHAN VIỆT**

# TẤT CẢ CHÚNG TA ĐỀU LÀ GÀ

SÁCH  
BÁN CHẠY  
TẠI MỸ

NEIL SHUBIN

Hành trình xuyên suốt 3,5 tỉ năm lịch sử hình thành cơ thể người



"Câu chuyện phiêu lưu khoa học đầy hấp dẫn, sẽ thay đổi vĩnh viễn nhận thức của bạn về loài người".  
-OLIVER SACKS-

Thạch Mai Hoàng *địch*

**E**boldic  
Nhà xuất bản trẻ



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

Tác phẩm: **Tất cả chúng ta đều là cá: Hành trình xuyên suốt 3,5 tỷ năm lịch sử hình thành cơ thể người**

Nguyên tác: **Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body**

Tác giả: **Neil Shubin**

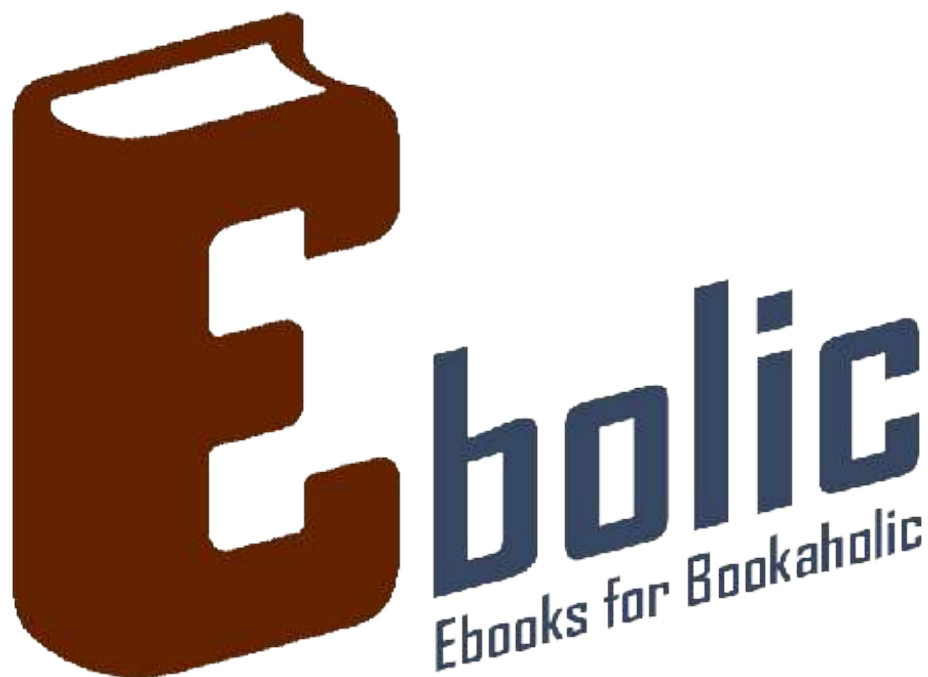
Thể loại: **Khoa học, Phi giả tưởng**

Dịch giả: **Thạch Mai Hoàng dịch, Lê Đức Minh hiệu đính**

Nhà xuất bản: **Trẻ**

Năm xuất bản: **07/2013**

Ebook miễn phí tại : [www.Sachvui.Com](http://www.Sachvui.Com)



**Dự án Ebolic #8**

Shooting: **Hanki**

Typing: **Nhật Minh, Trung, Hiyko chan, Diem Thi**

Checking: **Floette**

Leading & Publishing: **Tornad**

Ngày hoàn thành: **13/5/2017**

**Ebolic** là dự án chế bản ebook do **Bookaholic** thực hiện. Chúng tôi hoạt động hoàn toàn phi lợi nhuận và dựa trên tinh thần tự nguyện, với mục đích mang đến cho độc giả những đầu sách hay và lan tỏa văn hóa đọc cho cộng đồng. Chúng tôi khuyến khích độc giả mua sách in, và chỉ nên tìm đến ebook này khi không thể tiếp cận ấn phẩm sách.

**Liên hệ với Ebolic qua:**

**Email:** [ebook@bookaholic.vn](mailto:ebook@bookaholic.vn)

**Group:** [facebook.com/groups/ebolic](https://www.facebook.com/groups/ebolic)

**Fanpage:** [facebook.com/EbolicEbook](https://www.facebook.com/EbolicEbook)



# MỤC LỤC

CÁNH CỬA MỞ RỘNG

LỜI GIỚI THIỆU

LỜI NÓI ĐẦU

CHƯƠNG 1

CHƯƠNG 2

CHƯƠNG 3

CHƯƠNG 4

CHƯƠNG 5

CHƯƠNG 6

CHƯƠNG 7

CHƯƠNG 8

CHƯƠNG 9

CHƯƠNG 10

CHƯƠNG 11

LỜI KẾT

LỜI BẠT

LỜI CẢM ƠN

# CÁNH CỬA MỞ RỘNG

Tủ sách hợp tác giữa  
nhà toán học Ngô Bảo Châu,  
nhà văn Phan Việt  
với Nhà xuất bản Trẻ

Tủ sách CÁNH CỬA MỞ RỘNG được thực hiện nhằm mục đích giới thiệu những đầu sách có giá trị của thế giới và trong nước đến bạn đọc Việt Nam, đặc biệt là bạn đọc trẻ, góp phần thúc đẩy việc đọc sách, tinh thần hiếu học, coi trọng tri thức và những giá trị sống. Các tựa sách trong tủ do nhà toán học Ngô Bảo Châu và nhà văn Phan Việt tuyển chọn và giới thiệu.

Tủ sách được phân thành ba mảng: văn học, khoa học xã hội – kinh tế, và khoa học tự nhiên; trước mắt cấu tạo tủ sách gồm 80% các sách có khả năng tiếp cận đông đảo bạn đọc và 20% cho các sách chuyên ngành.

Khen tặng dành cho tác phẩm  
**TẤT CẢ CHÚNG TA ĐỀU LÀ CÁ**  
của Neil Shubin  
*Sách đoạt giải Phi Beta Kappa về khoa học*

“Đọc *Tất cả chúng ta đều là cá*, bạn sẽ không bao giờ có thể nhìn thẳng vào mắt một con cá (hoặc ăn hải sản) mà không nghĩ tới những đặc điểm tiến hóa chung... Hãy ghé thăm Lucy, nghĩ về hóa thạch *Tiktaalik* và cảm nhận mối liên hệ”.

– Mục Thế giới sách của báo Washington Post

“Chắc chắn Darwin sẽ chọn cuốn sách này là sách của năm nếu ông còn sống cho tới ngày nay”.

– Báo Telegraph (London)

“Một bài học giải phẫu tiến hóa hài hước một cách đáng ngạc nhiên... [*Tất cả chúng ta đều là cá*] khảo sát sâu vào trọng tâm của vấn đề chúng ta là gì, vượt ngoài quá khứ cá trong ta để bộc lộ những điều huyền bí và sâu thẳm hơn: con người đam mê thuyết Darwin trong mỗi chúng ta”.

– Báo New York Observer

“Thật là quyến rũ”.

– Báo Santa Cruz Sentinel

“Với lòng nhiệt huyết có sức lan tỏa, sự minh xác không tì vết cộng với tính hài hước làm độc giả cười ôm bụng, Neil Shubin viết ra một cuốn sách về cổ sinh vật học, di truyền, hệ gene học và giải phẫu học vốn gần như không thể viết được cùng lúc. Khi kể chuyện tại sao chúng ta lại như bây giờ, Shubin đã làm được nhiều hơn việc chỉ ra con cá trong ta; ông đã đánh thức và kích thích con người khoa học trong mỗi chúng ta”.

– Pauline Chen, tác giả của Kỳ thi cuối cùng (Final Exam)

“Tôi đã bị “mắc câu” ngay từ chương đầu của *Tất cả chúng ta đều là cá*... [Nó] kết hợp sự kích thích khám phá với sự chính xác hàn lâm tuyệt vời để cung cấp một diễn giải có tính thuyết phục về sự tiến hóa từ cá thành người”.

– Don Johanson, giám đốc, Viện nghiên cứu về Nguồn gốc con người; người phát hiện ra hóa thạch người vượn “Lucy”

“Thật diệu kỳ... với cách trình bày rõ ràng và sáng suốt, Shubin cho chúng ta thấy sống trong kỷ nguyên mới của sự khám phá về sinh học tiến hóa thật là hứng thú”.

– Michael Novacek, tác giả của *Lục địa: Hệ sinh thái 100 triệu năm tuổi của chúng ta và những mối đe dọa gây nguy hiểm cho nó* (Terra: Our 100-Million-Year-Old Ecosystem and the Threats that Now Put It at Risk)

“Một cuốn sách độc đáo và có tính giải trí. Khéo léo đan cài các chuyến phiêu lưu trong nghề cổ sinh học với kiến thức khoa học dễ nắm bắt, Neil Shubin đã cho thấy nhiều mối liên hệ sâu xa đáng ngạc nhiên giữa giải phẫu cơ thể chúng ta và các loài cá, bò sát cũng như các sinh vật khác. Bạn sẽ không bao giờ nhìn nhận cơ thể mình như trước nữa. Hãy khám phá, nắm bắt và tán dương *Tất cả chúng ta đều là cá*”.

– Sean Carroll, tác giả của *Tạo ra những gì mạnh mẽ nhất* (The Making of the Hittest) và *Cái vô tận tạo thành những gì đẹp đẽ nhất* (Endless Forms Most Beautiful)

“Nếu bạn nghĩ cổ sinh học chỉ là *Công viên kỷ Jura* và những con khủng long ăn thịt gặm gù thì hãy xem cuốn sách “mở mắt” này. Neil Shubin đưa chúng ta trở lại 375 triệu năm trước khi một sinh vật giống cá kỳ lạ bơi lội (hay bò trườn) ở các dòng suối nông... Hãy tham dự chuyến thám hiểm cổ sinh lý kỳ của Shubin, và nghiên cứu xem các sinh vật (trong đó có chính bạn) đã trở thành như hiện nay ra sao”.

– Richard Ellis, tác giả của *Bách khoa toàn thư về biển* (The Encyclopedia of the Sea)

“Trong tập sách dễ đọc này, nhà cổ sinh học xuất sắc Neil Shubin cho chúng ta thấy cách khám phá lịch sử lâu dài và quyến rũ trong chính cấu trúc cơ thể của chúng ta, kết hợp với những đoạn viết quyến rũ về hành trình khoa học của chính ông. Đây là một quyển sách lý tưởng cho bất kỳ ai muốn tìm hiểu vượt ra khỏi những ghi chép về nguồn gốc loài người lấy con người làm trung tâm”.

– Ian Tattersail, phụ trách chuyên môn Bảo tàng Lịch sử tự nhiên Hoa Kỳ và tác giả của sách *Trở thành con người: Sự tiến hóa và sự đặc sắc của con*



*người* (Becoming Human: Evolution  
and Human Uniqueness)

*Tặng MICHELE*

# LỜI GIỚI THIỆU

Cơ thể con người là một cấu trúc cực kỳ phức tạp và hoàn toàn khác biệt so với các động vật khác trên trái đất. Tuy nhiên, cũng giống như các sinh vật khác, cơ thể của chúng ta là sản phẩm của một quá trình tiến hóa kéo dài 3,5 tỉ năm từ khi xuất hiện những vật liệu di truyền đầu tiên. Nếu đúng như vậy cơ thể của chúng ta phải có rất nhiều sự tương đồng với các động vật khác. Làm thế nào để phát hiện ra những sự tương đồng này và cơ chế nào thúc đẩy quá trình tiến hóa từ những sinh vật đơn giản đến những sinh vật phức tạp? Câu trả lời cho những câu hỏi này và nhiều câu hỏi khác có liên quan đến quá trình tiến hóa từ những sinh vật đơn giản như cá tới những sinh vật phức tạp như chúng ta được giải thích và minh họa bằng những ví dụ sống động trong cuốn sách *Tất cả chúng ta đều là cá* của giáo sư Neil Shubin, Đại học Chicago. Bằng kiến thức uyên bác của mình trong nhiều lĩnh vực của sinh học như tiến hóa, giải phẫu, mô phôi học và di truyền, giáo sư Neil Shubin đã giúp chúng ta hiểu được bản chất của những mối liên hệ tương tự như không tồn tại giữa vây cá và tay người, cơ chế hình thành mắt ở ruồi giấm và người, nguồn gốc tai người bắt nguồn từ loài sứa. Đối với những người thích tìm tòi và khám phá, những mối liên hệ này thực sự thú vị và mở ra một chân trời mới giúp họ nhận biết những hiện tượng và mối liên hệ kỳ lạ khác trong thiên nhiên. Còn đối với những người khác thì sao? Những mối liên hệ này có thể giúp ích gì cho loài người? Hãy đọc và tự tìm câu trả lời cho mình. Chúng tôi tin rằng, cuốn sách này sẽ khiến các bạn thay đổi hoàn toàn suy nghĩ trước đây của mình về cơ thể con người.

Nhà sinh học LÊ ĐỨC MINH

# LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn sách này ra đời từ một hoàn cảnh đặc biệt trong cuộc đời tôi. Do một số giảng viên rời nhiệm sở, tôi phải phụ trách một khóa học về giải phẫu người tại trường y của Đại học Chicago. Giải phẫu là khóa học mà các sinh viên y năm thứ nhất đầy hoài nghi phải mổ xác để học tên và cấu tạo của hầu hết các cơ quan, khoang, dây thần kinh và mạch máu trong cơ thể. Đây là cánh cửa quan trọng vào thế giới y học, một kinh nghiệm giúp họ trưởng thành trên con đường trở thành bác sĩ. Thoạt nhìn, bạn không thể hình dung ra một ứng viên kém hơn tôi cho công việc đào tạo thế hệ bác sĩ kế cận: Tôi là một nhà cổ sinh học, người dành phần lớn sự nghiệp của mình cho việc nghiên cứu cá.

Hóa ra kinh nghiệm của một nhà cổ sinh học lại là một lợi thế cực kỳ lớn trong việc giảng dạy về giải phẫu người. Tại sao lại như vậy? Cách tiếp cận cơ thể con người tốt nhất lại nằm ở cấu tạo cơ thể của các loài động vật khác. Cách đơn giản nhất để giảng cho sinh viên về hệ thống dây thần kinh nằm trong đầu người là cho họ thấy cấu tạo thần kinh ở cá mập. Cách tìm hiểu chi người dễ dàng nhất nằm ở cấu trúc của cá. Bò sát thực sự hữu ích trong việc tìm hiểu cấu trúc bộ não. Nguyên nhân chính là *cơ thể của các loài động vật khác thường là phiên bản đơn giản hơn của cơ thể chúng ta*.

Vào mùa hè năm thứ hai tôi phụ trách khóa học này, khi đi thực địa ở Bắc cực, tôi và các đồng nghiệp đã phát hiện ra hóa thạch của loài cá giúp chúng ta có được những bằng chứng mới thuyết phục về sự tiến hóa từ nước lên cạn của cá hơn 375 triệu năm trước. Khám phá này và công việc giảng dạy giải phẫu người thúc đẩy tôi tìm hiểu mối liên hệ sâu xa giữa cá và người. Nghiên cứu đó đã trở thành cuốn sách này.

# CHƯƠNG 1

\* \* \*

## ĐI TÌM HÌNH HÀI LOÀI CÁ BÊN TRONG BẠN

Từ khi trưởng thành, tôi thường trải qua mùa hè trong tuyết và mưa tuyết để đục đá trên những vách đá tại phía bắc của Vòng Bắc cực. Hầu hết thời gian tôi bị lạnh cóng, da phỏng giộp mà chẳng tìm thấy gì. Nhưng nếu may mắn, tôi có thể tìm thấy vài mẫu xương các loài cá cổ xưa. Đối với hầu hết mọi người, đó không có vẻ là kho báu bị chôn vùi nhưng với tôi, những hóa thạch đó còn quý hơn vàng.

Xương cá cổ đại có thể là một phương cách giúp cho ta biết chúng ta là ai và chúng ta đã tiến hóa ra sao. Chúng ta tìm hiểu về cơ thể của chính mình ở những nơi tưởng như kỳ quặc, từ những hóa thạch cá và giun được tìm thấy trong đất đá khắp nơi trên thế giới tới hệ thống DNA hiện hữu trong hầu hết mọi động vật còn sống sót đến ngày nay. Nhưng điều đó cũng không lý giải được niềm tin chắc chắn của tôi rằng những di cốt cổ xưa – và không kém phần quan trọng là các hóa thạch của cá – sẽ cho ta manh mối về cấu trúc cơ bản của cơ thể con người.

Làm thế nào chúng ta có thể hình dung được các sự kiện đã diễn ra hàng triệu, thậm chí hàng tỉ năm trước? Thật không may, chẳng có nhân chứng nào, không ai trong chúng ta có mặt ở đó. Trên thực tế, chẳng có loài vật nào biết nói hoặc có miệng hay thậm chí có đầu xuất hiện trong thời kỳ này. Tệ hơn nữa, những động vật đã từng tồn tại vào thời đó cũng đã chết và bị chôn vùi từ lâu khiến cơ thể của chúng hiếm khi được bảo quản đến ngày nay. Nếu bạn tạm coi như hơn 99% tổng số loài từng sống trên trái đất đã bị tuyệt chủng, trong số đó chỉ một phần rất nhỏ được bảo quản dưới dạng hóa thạch và một phần nhỏ hơn nữa được tìm thấy thì mọi cố gắng tìm hiểu về quá khứ của chúng ta dường như vô vọng ngay từ đầu.

### ĐÀO BÓI HÓA THẠCH – TÌM KIẾM BẢN THÂN CHÚNG TA

Lần đầu tôi nhận ra hình hài cá trong mỗi chúng ta là vào một buổi chiều tháng 7 tuyết phủ, khi đang nghiên cứu những mẫu đá 375 triệu năm tuổi trên đảo Ellesmere nằm ở khoảng 80 độ vĩ bắc. Tôi cùng các đồng nghiệp

phải lên tận vùng hoang vắng này của thế giới để cô khám phá một trong những giai đoạn tiến hóa quan trọng từ cá thành các động vật trên cạn. Nhô ra khỏi mẫu đá là miệng của một con cá. Và nó không giống một con cá nào cả: một con cá có cái đầu đẹp. Khi vừa nhìn thấy cái đầu đẹp đó, chúng tôi biết rằng chúng tôi đang phát hiện một điều gì đó. Nếu chúng tôi tìm thấy thêm các phần khác của bộ xương bên trong vách đá thì có lẽ chúng tôi sẽ khám phá ra các giai đoạn ban đầu trong lịch sử tiến hóa của sọ, cổ, thậm chí các chi của con người.

Cái đầu đẹp đó đã cho tôi biết điều gì về sự dịch chuyển từ biển lên cạn? Còn tôi, nếu xét sự an toàn và tiện nghi cho bản thân, tại sao tôi lại đang ở Bắc cực chứ không phải Hawaii? Câu trả lời nằm ở câu chuyện chúng tôi đã tìm thấy các hóa thạch như thế nào và đã sử dụng chúng để giải mã quá khứ của loài người chúng ta ra sao.

Hóa thạch là một trong những chứng cứ chính mà chúng ta sử dụng để tìm hiểu về con người. (Các gene và phôi là những bằng chứng khác mà tôi sẽ đề cập sau). Ít ai biết rằng chúng tôi thường tìm thấy các hóa thạch một cách chính xác đáng ngạc nhiên và có thể đoán trước điều đó. Chúng tôi chuẩn bị kỹ ở nhà để tôi đa hóa cơ hội thành công ngoài thực địa. Sau đó thì phó mặc cho vận may.

Môi liên hệ nghịch lý giữa lập kế hoạch và cơ hội được Dwight D. Eisenhower mô tả hay nhất trong câu nói nổi tiếng về chiến tranh: “Trong quá trình chuẩn bị cho trận đánh, tôi thấy rằng lập kế hoạch là cần thiết, nhưng các kế hoạch đều vô dụng”. Điều này đúng với ngành cổ sinh vật. Chúng tôi lập tất cả các phương án để dẫn mình đi đến các điểm hóa thạch có tiềm năng. Nhưng khi chúng tôi tới nơi, toàn bộ kế hoạch trên thực địa có thể trở thành vô dụng. Thực tế ngoài hiện trường có thể làm thay đổi những kế hoạch được sắp đặt cẩn thận nhất.

Tuy nhiên, chúng ta vẫn có thể lên kế hoạch các chuyến khảo sát để tìm câu trả lời cho các vấn đề khoa học cụ thể. Sử dụng một số ý tưởng đơn giản (tôi sẽ đề cập tới dưới đây) chúng ta có thể dự đoán khu vực tìm thấy các hóa thạch quan trọng. Tất nhiên, không phải lúc nào chúng tôi cũng thành công, nhưng chúng tôi cũng thường thu được đủ hóa thạch để tìm ra những điều lý thú. Tôi đã gây dựng được sự nghiệp chỉ bằng công việc sau: tìm ra các dạng thú đầu tiên để trả lời các câu hỏi về nguồn gốc lớp thú, các dạng ếch nhái nguyên thủy cho nguồn gốc lớp lưỡng cư, và một số động vật có chi đầu tiên cho nguồn gốc của động vật trên cạn.

Trên nhiều bình diện, các nhà cổ sinh thực địa ngày nay có nhiều thuận lợi hơn các đồng nghiệp trước kia trong việc tìm ra các điểm khai quật mới. Chúng tôi biết nhiều về địa chất của các vùng nhờ những cuộc thăm dò địa chất của chính quyền địa phương và các công ty khí đốt. Mạng Internet cho phép chúng tôi truy cập nhanh chóng để lấy các loại bản đồ, thông tin khảo

sát và không ảnh. Thậm chí tôi có thể dò sâu sau nhà bạn để tìm kiếm điểm hòa thạch tiềm năng chỉ bằng chiếc máy tính xách tay của mình. Hơn hết, các thiết bị X quang và chụp ảnh có thể nhìn xuyên qua một số loại đá và cho phép chúng tôi nhìn thấy xương bên trong.

Mặc dù có những tiến bộ trên, công tác tìm kiếm các hóa thạch quan trọng hầu như vẫn giống với cách đây một trăm năm. Các nhà cổ sinh vẫn cần phải quan sát mẫu đá (đúng nghĩa là bề mặt đá) và thường phải tách các hóa thạch bên trong ra bằng phương pháp thủ công. Có quá nhiều quyết định cần được đưa ra khi khai lộ và tách xương hóa thạch đến nỗi những quy trình này khó sử dụng tự động hóa. Ngoài ra, nhìn vào màn hình để tìm kiếm hóa thạch không thể nào hứng thú như cảm giác thực sự đào bới chúng.

Cái khó của công việc này là các điểm có hóa thạch rất hiếm hoi. Để tôi đa hóa khả năng thành công, chúng tôi phải tìm kiếm nơi hội tụ ba yếu tố. Đó là các địa điểm có đá đúng tuổi địa chất, đá đúng loại có thể bảo quản hóa thạch và các tảng đá bị lộ ra ở tầng mặt. Còn một yếu tố khác nữa là sự may mắn mà tôi sẽ trình bày bằng ví dụ sau đây.

Ví dụ của chúng tôi sẽ cho thấy một trong những chuyển biến vĩ đại trong lịch sử sự sống: sự xâm chiếm đất liền của các loài cá. Nhiều tỉ năm trước, rất cả sự sống đều diễn ra trong môi trường nước. Sau đó, vào khoảng 365 triệu năm trước, các sinh vật cũng lên sống cả ở trên cạn. Đời sống ở hai môi trường này khác biệt hoàn toàn. Hô hấp trong nước đòi hỏi các cơ quan rất khác so với hô hấp trong không khí. Tương tự như vậy, hoạt động bài tiết, kiếm ăn và vận động cũng rất khác nhau. Một dạng cấu tạo cơ thể hoàn toàn mới phải ra đời. Thoạt nhìn, sự phân chia giữa hai môi trường này dường như tuyệt đối không thể liên hệ với nhau được. Nhưng mọi thứ thay đổi khi chúng ta xem xét các chứng cứ; những điều tưởng như không thể thì trên thực tế đã xảy ra.

Trong khi tìm kiếm đá đúng tuổi, chúng tôi bắt gặp những thực tế đáng chú ý. Các hóa thạch trên thế giới không sắp xếp một cách ngẫu nhiên. Nơi chúng tồn tại (và các thành phần bên trong của chúng) hầu hết đều theo trật tự và chúng tôi có thể sử dụng trật tự này để thiết kế các chuyến Nghiên cứu. Hàng tỉ năm thay đổi đã để lại tầng tầng lớp lớp các loại đá trong lòng đất. Giả thuyết có thể dễ dàng kiểm chứng là lớp đá ở trên cùng sẽ trẻ hơn lớp đá dưới đáy; điều này thường đúng ở những khu vực địa chất có sắp xếp dạng tầng lớp theo chiều thẳng đứng (giống như vùng Grand Canyon). Nhưng vận động của vỏ trái đất có thể gây ra các đứt gãy (còn gọi là các phay) làm dịch chuyển vị trí của các lớp đất đá, đẩy lớp đá cổ hơn nằm bên trên lớp đá trẻ. May mắn là khi nhận biết được vị trí các đứt gãy này thì chúng ta có thể ráp các lớp đá lại với nhau theo trình tự ban đầu.

Các hóa thạch trong những lớp đá này cũng sắp xếp theo một trình tự kế tiếp (tầng dưới chứa những loài hoàn toàn khác với tầng trên). Nếu chúng ta

có thể tạo ra một cột đá chứa toàn bộ lịch sử của sự sống thì chúng ta sẽ tìm thấy vô số loại hóa thạch. Những tầng sâu nhất hầu như không có bằng chứng hiện hữu của sự sống. Các tầng nằm bên trên chứa vết in của các sinh vật thân mềm dạng sứa. Những tầng đá cao hơn nữa chứa các loài có bộ xương, các phần phụ và các cơ quan khác nhau (ví dụ như mắt). Bên trên các tầng này là những tầng chứa các động vật có xương sống đầu tiên. Và các tầng hóa thạch sẽ tiếp tục như vậy. Tầng đá mang hóa thạch tổ tiên của loài người nằm ở tầng cao hơn. Tất nhiên, một cột đá riêng biệt chứa đựng toàn bộ lịch sử vỏ trái đất như vậy không tồn tại. Thay vào đó, các lớp đá ở mỗi điểm trên trái đất chỉ đại diện cho một khoảng thời gian cực kỳ ngắn ngủi. Để có được bức tranh tổng thể, chúng ta cần chắp nối những mảnh ghép lại với nhau bằng cách so sánh tuổi đá và hóa thạch bên trong, như thể một trò chơi ghép hình khổng lồ vậy.

Chẳng đáng ngạc nhiên nếu có một cột đá chứa các sinh vật hóa thạch theo trình tự nối tiếp. Việc chúng ta có thể đưa ra các dự đoán chi tiết về hình hài thực sự của các loài vật trong mỗi lớp đá bằng cách đem so sánh chúng với các loài còn sống ngày nay (thông tin này sẽ giúp chúng ta dự đoán các loại hóa thạch mà chúng ta tìm ra ở các lớp đá cổ) mới đáng ngạc nhiên. Trên thực tế, chúng ta có thể dự đoán trình tự hóa thạch trong các tầng đá trên thế giới bằng cách so sánh chính mình với các động vật trong vườn thú hoặc các thủy cung ở địa phương.

Làm sao một cuộc dạo chơi vườn thú có thể giúp chúng ta dự đoán nơi nào có các hóa thạch quan trọng để mà đào bới? Vườn thú trưng bày đủ loại sinh vật khác nhau ở nhiều phương diện. Nhưng chúng ta hãy khoan tập trung vào việc điều gì làm chúng khác nhau; để đưa ra được những dự đoán, chúng ta cần tập trung tìm hiểu các sinh vật khác nhau ấy có chung những đặc điểm nào. Sau đó chúng ta có thể sử dụng các đặc điểm chung cho tất cả các loài để nhận dạng các nhóm sinh vật có các tính trạng tương tự. Tất cả sinh vật sống có thể được tổ chức và sắp xếp giống như một bộ búp bê Nga, theo kiểu các nhóm nhỏ được xếp trong các nhóm lớn hơn. Khi làm như vậy, chúng ta sẽ khám phá được một số điều rất cơ bản của thế giới tự nhiên.

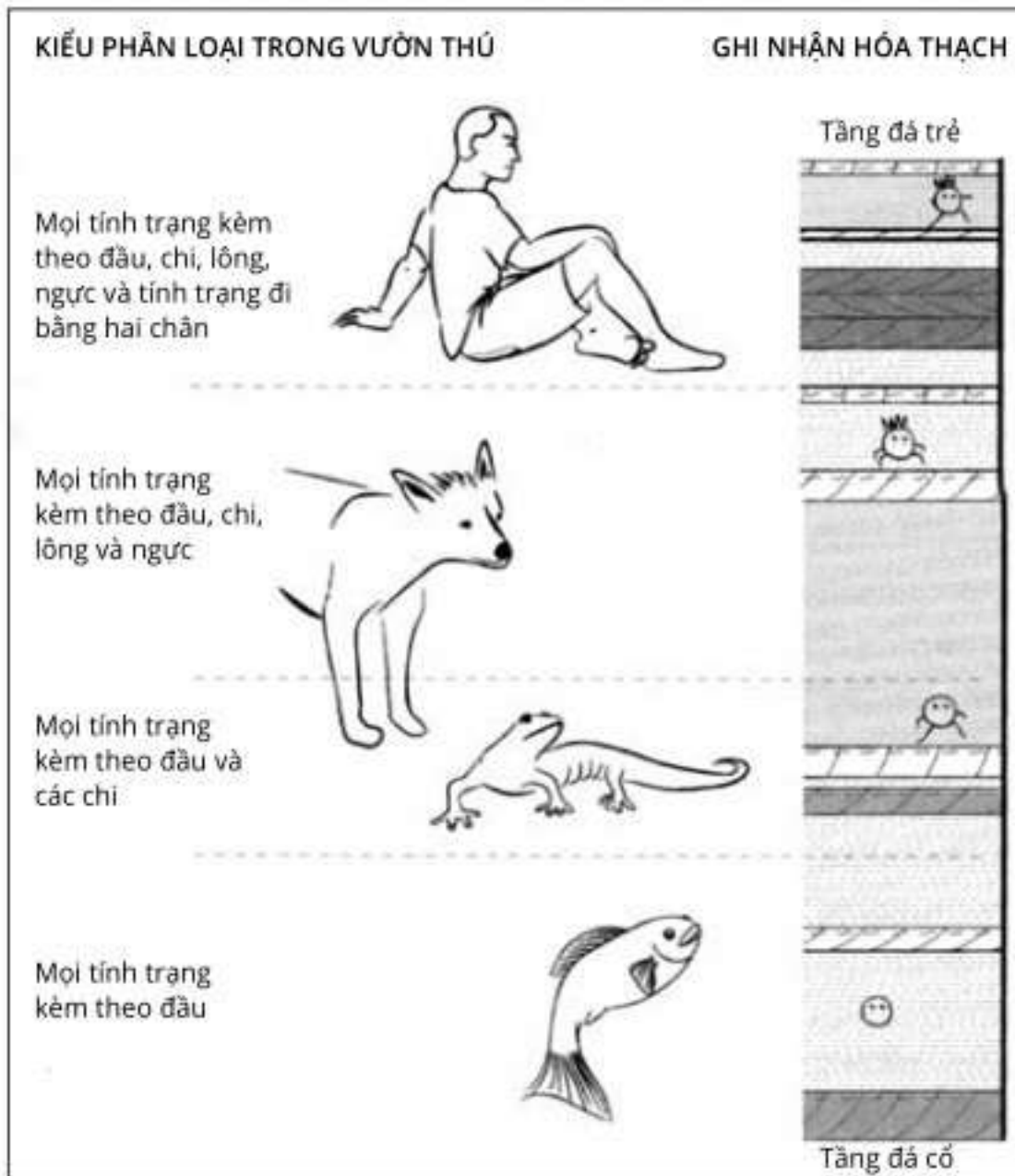
Mỗi loài trong vườn thú và thủy cung đều có một cái đầu và hai mắt. Tạm gọi những loài này là “Mọi vật” (“Everything”). Một tập hợp con của nó là những sinh vật một đầu, hai mắt và có các chi vận động. Ta gọi những loài có chi này là “Mọi vật có chi”. Một tập hợp con của những sinh vật có đầu và chi này lại có một bộ não lớn, đi bằng hai chân và biết nói. Đó chính là chúng ta – con người. Tất nhiên, chúng ta có thể sử dụng cách phân loại này để tạo ra nhiều tập hợp nhỏ hơn, nhưng chỉ riêng cách phân loại ba cấp nêu trên đã có khả năng dự đoán của nó.

Các hóa thạch trong các tầng đất đá trên thế giới nhìn chung sắp xếp theo trật tự như vậy và chúng ta có thể sử dụng chúng để lên kế hoạch cho những



cuộc thám hiểm mới. Hãy quay lại ví dụ nói trên, thành viên đầu tiên của nhóm “Mọi vật” (một sinh vật có đầu và hai mắt) sẽ được tìm thấy ở các hóa thạch có trước sinh vật đầu tiên của nhóm “Mọi vật có chi”. Chính xác hơn thì con cá đầu tiên (một thành viên mang đặc điểm của “Mọi vật”) sẽ xuất hiện trước con lưỡng cư đầu tiên (mang đặc điểm của “Mọi vật có chi”). Rõ ràng là chúng ta lọc thông tin bằng cách nghiên cứu nhiều hơn về các loài động vật cũng như những tính trạng mà các nhóm sinh vật này đều có, đồng thời kết hợp với việc đánh giá tuổi thực sự của các lớp đất đá.

Trong phòng thí nghiệm, chúng tôi tiến hành đúng cách phân tích nói trên đối với hàng nghìn hàng vạn các tính trạng và các loài khác nhau. Chúng tôi nghiên cứu từng mẫu hóa thạch, và thường là phân tích các đoạn DNA lớn. Có quá nhiều dữ liệu khiến chúng tôi thường phải dùng tới các máy tính cấu hình mạnh để đưa ra kết quả phân loại nhóm nào nằm trong nhóm nào. Cách tiếp cận này là nền tảng của ngành sinh học bởi nó cho phép chúng ta thiết lập các giả thuyết về mối quan hệ giữa các nhóm sinh vật.



Những điều chúng ta thấy được khi dạo qua vườn thú phản ánh cách hóa thạch được xếp đặt trong các tầng đá trên thế giới.

Bên cạnh việc giúp chúng ta sàng lọc thông tin về cách phân nhóm sinh vật, việc sưu tập hóa thạch trong hàng trăm năm đã tạo ra một thư viện, hoặc các sổ tra cứu, về tuổi của trái đất và sự sống trên đó. Hiện giờ chúng ta có thể xác định các thời kỳ địa chất cơ bản khi có những thay đổi lớn xảy ra. Bạn muốn tìm hiểu về nguồn gốc các loài thú? Hãy nghiên cứu tầng đá tiền kỳ Mesozoi; môn địa hóa sẽ cho chúng ta thấy đá thời kỳ này có niên đại khoảng 210 triệu năm tuổi. Bạn quan tâm tìm hiểu nguồn gốc của linh trưởng? Hãy nghiên cứu các tầng đá cao hơn trong cột đá lịch sử địa chất, đến Kỷ Phấn trắng, với đất đá có tuổi khoảng 80 triệu năm.

Trật tự các hóa thạch trong đá trên thế giới là bằng chứng rõ ràng cho mối liên hệ của chúng ta với các sinh vật khác. Nếu khai quật đá 600 triệu

năm tuổi thì chúng ta sẽ tìm thấy những con sứa đầu tiên nằm cạnh xương của loài sóc macmôt, để rồi chúng ta có lẽ phải viết lại những quyển sách. Loài macmôt có lẽ đã xuất hiện trong các ghi nhận hóa thạch sớm hơn các loài thú, bò sát và cá đầu tiên, thậm chí còn trước cả giun. Hơn nữa, loài macmôt cổ đại đã cho chúng ta thấy nhiều điều chúng ta tưởng là mình biết về lịch sử trái đất và sự sống trên đó là không chính xác. Mặc dù việc nghiên cứu hóa thạch trên các lục địa và hầu hết các tầng đá lộ thiên đã diễn ra trong hơn 150 năm qua, nhưng phát hiện trên chưa từng được công bố.

Giờ thì chúng ta hãy quay trở lại vấn đề làm thế nào để tìm được họ hàng của con cá đầu tiên có thể đi được trên mặt đất. Trong sơ đồ phân nhóm sinh vật của chúng tôi, những sinh vật này nằm đâu đó giữa nhóm “Mọi vật” và nhóm “Mọi vật có chi”. Kết nối thông tin này với hiểu biết của chúng ta về các tầng đá cổ, ta sẽ có chứng cứ mạnh về địa chất cho thấy: thời kỳ từ 380 triệu tới 365 triệu năm trước là quãng thời gian then chốt. Các lớp đá trẻ hơn thời kỳ này (khoảng 360 triệu năm tuổi) chứa đủ loại động vật hóa thạch mà chúng ta đều thừa nhận là lưỡng cư và bò sát. Đồng nghiệp của tôi tên là Jenny Clack ở Đại học Cambridge và những người khác đã khám phá ra các loài lưỡng cư trong đá ở Greenland có tuổi khoảng 365 triệu năm. Chúng có cổ, tai, bốn chân, và không giống cá. Nhưng ở trong lớp đá có tuổi 385 triệu năm, chúng tôi tìm thấy những con cá nguyên vẹn, mang đặc trưng hoàn chỉnh của cá. Chúng có vây, đầu nhọn hình nón và vảy; và chúng không có cổ. Dựa vào dữ liệu này, có lẽ chẳng có gì đáng ngạc nhiên khi chúng ta nên tập trung nghiên cứu đá khoảng 375 triệu năm tuổi để tìm ra bằng chứng của sự chuyển tiếp từ cá lên các động vật sống trên cạn.

Chúng tôi đã xác định được niên đại địa chất để nghiên cứu và cũng đã xác định được các tầng lớp trong cột lịch sử địa chất bằng đá mà chúng tôi muốn khám phá. Thách thức bây giờ là tìm ra các lớp đá được thành tạo trong điều kiện có thể lưu giữ các hóa thạch. Đá được thành tạo trong các điều kiện môi trường khác nhau, và những điều kiện ban đầu này sẽ để lại những dấu ấn trên bề mặt các tầng đá. Đá núi lửa hầu như bị loại trừ. Không con cá nào có thể sống trong nham thạch nóng bỏng của núi lửa. Hoặc nếu tồn tại một cá thể cá như vậy đi chẳng nữa thì phần xương bị hóa thạch cũng chẳng sót lại dưới sức nóng kinh khủng như vậy vốn đã kiến tạo ra các loại đá bazan, rhyolit, granit và các loại đá núi lửa khác. Chúng ta cũng bỏ qua các đá biến chất như diệp thạch và cẩm thạch vì chúng cũng trải qua điều kiện siêu nóng hoặc áp suất lớn từ lúc thành tạo ban đầu. Cho dù thế nào thì các hóa thạch được lưu trong các loại đá đó sẽ không còn tồn tại sau một khoảng thời gian dài. Vật liệu lý tưởng để lưu giữ các hóa thạch là đá trầm tích: đá vôi, thạch cát, trầm tích phù sa (siltstone) và trầm tích sét (shale). So với đá núi lửa và đá biến chất thì quá trình thành tạo các dạng đá này hiền hòa hơn nhiều, bao gồm các hoạt động của sông, hồ và biển. Không chỉ các

động vật thường sống trong những môi trường như vậy mà quá trình tạo trầm tích còn biến đá trầm tích thành nơi bảo quản tốt các loại hóa thạch. Ví dụ, trong một đại dương hoặc hồ nước, các hạt vật chất sẽ lắng khỏi nước và tích tụ dưới đáy. Qua thời gian, khi những hạt vật chất này tích tụ lại, chúng sẽ được nén xuống bởi các lớp mới phủ bên trên. Việc nén từ từ, cộng với các quá trình hóa học xảy ra bên trong đá suốt một thời gian dài khiến bất kỳ xương động vật nào chứa trong đá trầm tích cũng sẽ có cơ hội tốt biến thành hóa thạch. Những quá trình tương tự diễn ra trong và dọc các dòng chảy cổ đại. Quy luật chung là dòng chảy của sông hoặc suối càng êm thì hóa thạch càng được bảo quản tốt.

Mỗi lớp đá trên bề mặt trái đất có một câu chuyện thành tạo riêng; câu chuyện về địa mạo của vũ trụ khi các lớp đất đá cụ thể được hình thành. Bên trong các lớp đá là bằng chứng về khí hậu và môi trường cổ xưa mà phần lớn rất khác biệt so với ngày nay. Đôi khi, sự ngắt quãng giữa hiện tại và quá khứ được thể hiện rất rõ. Lấy Everest làm ví dụ: gần đỉnh của nó, ở độ cao trên 8km, là những tầng đá có nguồn gốc từ một đáy biển cổ đại. Nếu đi tới Mặt Bắc, nơi có thể trông thấy vách đá Hillary nổi tiếng, bạn có thể tìm thấy các mảnh vỏ thân mềm ở biển đã hóa thạch. Tương tự như vậy, nơi chúng tôi làm việc ở vùng Cực bắc, nhiệt độ có thể xuống tới âm 40°C trong mùa đông. Vậy mà bên trong một số lớp đất đá thuộc vùng này là các di tích của một đồng bằng châu thổ nhiệt đới cổ đại, rất giống với vùng Amazon: hóa thạch của các loài thực vật và cá chỉ có thể tạo thành nhiều trong điều kiện nóng ẩm. Sự xuất hiện của các loài thích nghi với khí hậu ẩm ở những nơi ngày nay là đỉnh núi cao hay các vùng cực chứng tỏ hành tinh chúng ta có thể thay đổi nhiều như thế nào: núi dâng lên và hạ xuống, khí hậu xen kẽ thời kỳ nóng – lạnh, và các lục địa di chuyển. Một khi chúng ta nắm vững lịch sử lâu dài và các vận động phi thường khiến hành tinh thay đổi thì chúng ta sẽ có khả năng sử dụng được những thông tin này trong việc lên kế hoạch các chuyến thám hiểm săn lùng hóa thạch mới.

Nếu quan tâm tìm hiểu nguồn gốc của động vật có chi, chúng ta có thể giới hạn nghiên cứu ở các tầng đá có niên đại khoảng từ 375 đến 380 triệu năm và chỉ nghiên cứu đá được thành tạo từ các đại dương, hồ và dòng chảy. Bỏ qua các loại đá biến chất và đá núi lửa thì việc tìm kiếm những điểm thám hiểm đầy hứa hẹn sẽ có trọng tâm hơn.

Tuy nhiên, chúng ta mới chỉ đang đi được một phần trên chặng đường lên kế hoạch cho một chuyến thám hiểm mới. Chúng ta sẽ gặp khó khăn nếu những tầng đá trầm tích đầy hứa hẹn, đúng độ tuổi lại bị chôn sâu trong lòng đất hoặc bị cỏ phủ lấp, hay nằm bên dưới trung tâm mua sắm hoặc các thành phố. Chúng ta chắc sẽ phải đào bới một cách mò mẫm. Như bạn có thể hình dung, việc khoan một cái hố sâu để tìm hóa thạch có xác suất thành công thấp, giống như ném phi tiêu vào tấm bia giấu phía sau cửa buồng.

Những nơi tốt nhất để tìm hóa thạch là nơi chúng tôi có thể đi bộ hàng dặm trên đá để khám phá ra những khu vực có xương đang bị “phong hóa”. Hóa thạch xương thường cứng hơn phần đá xung quanh và do đó bị xói mòn chậm hơn và nhô lên trên bề mặt đá với tỉ lệ cao hơn. Cho nên, chúng tôi thích đi bộ trên các tảng đá trần, tìm ra vài mẫu xương trên bề mặt rồi sau đó khai quật.

Vì vậy, sau đây là mẹo để lập kế hoạch cho một cuộc thám hiểm tìm hóa thạch mới: tìm đá đúng độ tuổi, đúng loại đá (đá trầm tích), và lộ thiên. Vậy là xong! Các điểm săn tìm hóa thạch lý tưởng có ít đất và ít thảm thực vật và có vẻ ít chịu tác động của con người. Thế nên, không có gì ngạc nhiên khi một tỉ lệ lớn các hóa thạch được phát hiện ở các vùng hoang mạc như sa mạc Gobi, Sahara hay ở Utah, ở hoang mạc Bắc cực, như Greenland.

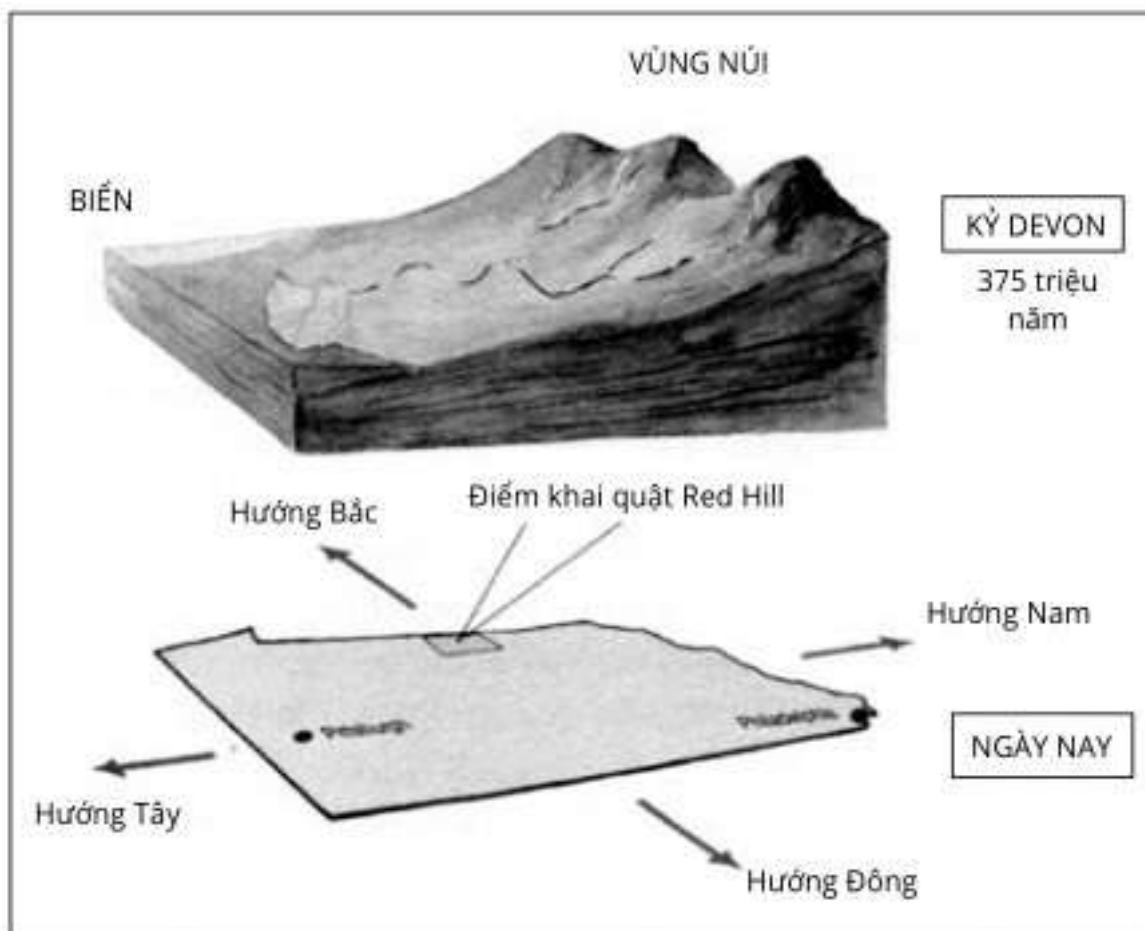
Toàn bộ điều này nghe có vẻ rất logic, nhưng chúng ta cũng không thể không nói đến sự may mắn. Trên thực tế, sự may mắn đã đưa nhóm nghiên cứu chúng tôi tới hành trình tìm về hình hài loài cá trong chúng ta. Những khám phá trọng đại đầu tiên của chúng tôi lại không diễn ra ở một hoang mạc mà dọc một đường quốc lộ ở Trung Pennsylvania, nơi đá lộ thiên rất rõ ràng. Và hơn hết, lý do chúng tôi tìm kiếm tại đó chỉ vì chúng tôi không có nhiều kinh phí.

Phải mất nhiều thời gian và tiền bạc để đến Greenland hoặc sa mạc Sahara. Ngược lại, một dự án tại địa phương không đòi hỏi những khoản tài trợ nghiên cứu lớn mà chỉ cần tiền xăng và lệ phí cầu đường. Đây là những điều kiện then chốt đối với một sinh viên đại học hoặc một giảng viên mới vào nghề. Đối với tôi khi bắt đầu khởi nghiệp ở Philadelphia, một dãy núi đá được gọi chung là Hệ tầng *Catskill Formation tại Pennsylvania* có sức quyến rũ kỳ lạ.

Hệ tầng này đã được nghiên cứu kỹ lưỡng trên 150 năm. Niên đại của chúng đã được biết đến, kéo dài đến tận cuối kỷ Devon. Ngoài ra, chất đá của nó thật hoàn hảo để bảo quản các động vật có chi đầu tiên cũng như những họ hàng gần nhất của chúng. Để hiểu được điều này, tốt nhất là nên có một hình ảnh về vùng Pennsylvania vào kỷ Devon. Hãy loại ra khỏi tâm trí bạn hình ảnh hiện nay của Philadelphia, Pittsburgh hoặc Harrisburg và nghĩ tới vùng đồng bằng châu thổ lưu vực sông Amazon. Có các cao nguyên ở phía đông của bang Pennsylvania. Một loạt các dòng sông chảy theo hướng đông – tây bắt nguồn từ những dãy núi này và kết thúc ở một vùng biển rộng lớn là vùng Pittsburgh ngày nay.

Khó mà tưởng tượng ra những điều kiện tốt hơn để tìm thấy các hóa thạch, trừ việc vùng Trung Pennsylvania hiện bị các thị trấn, rừng và cánh đồng che phủ. Còn về sự phơi lộ di tích hóa thạch, hầu hết chúng xuất hiện ở những nơi Cục vận tải Pennsylvania quyết định mở đường lớn. Khi Cục này xây dựng đường cao tốc, họ phải cho nổ đất đá để mở đường. Khi cho nổ, đá

được phơi lộ. Không phải lúc nào hóa thạch cũng lộ ra ở trạng thái tốt nhất, nhưng chúng tôi cố gắng thu thập những gì có thể. Với việc nghiên cứu giá rẻ, bạn có được những thứ tương đương những gì bạn đã bỏ ra.



*Đọc theo những con đường ở Pennsylvania, chúng tôi đã tìm kiếm tại một đồng bằng châu thổ cổ đại rất giống vùng Amazon ngày nay. Bang Pennsylvania (bên dưới) với địa hình ở kỷ Devon (bên trên)*

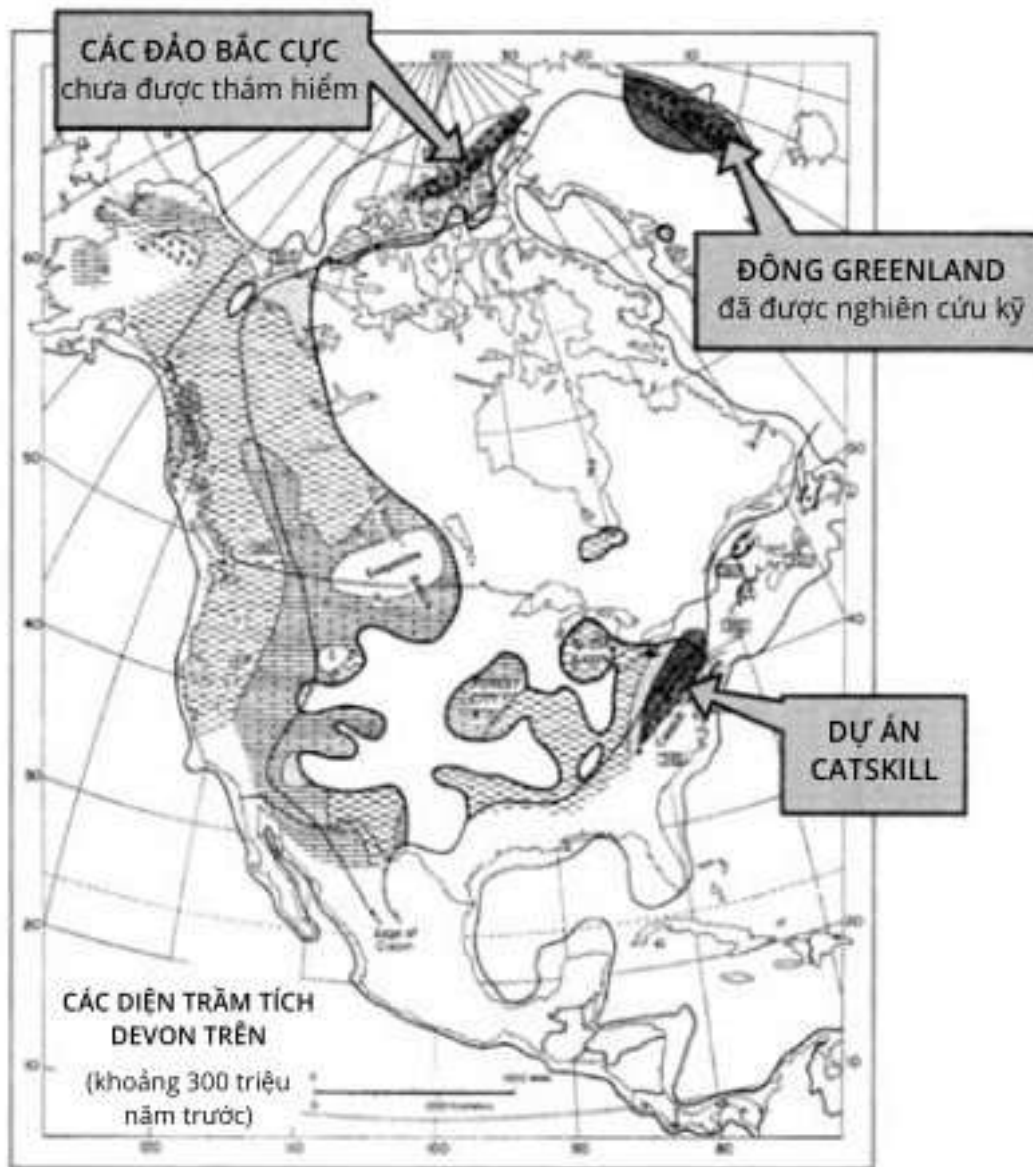
Cũng phải kể tới sự may mắn do khác biệt về tính cách: năm 1993, Ted Daeschler tới đây để nghiên cứu cổ sinh dưới sự hướng dẫn của tôi. Sự hợp tác này đã làm thay đổi cuộc đời cả hai chúng tôi. Bản tính khác biệt của chúng tôi quả là bổ sung cho nhau tới độ hoàn hảo: tôi thì rất nóng tính và luôn nghĩ tới những địa điểm mới để khám phá, còn Ted thì kiên nhẫn và biết khi nào cần dừng lại tại một địa điểm để tìm ra các mẫu vật. Tôi và Ted đã bắt đầu một khảo sát trong tầng đá tuổi Devon ở Pennsylvania với hy vọng tìm thấy bằng chứng mới về nguồn gốc của chi ở động vật trên cạn. Chúng tôi bắt đầu bằng việc lái xe qua hầu như tất cả những điểm xe núi lớn ở vùng phía đông của bang. Bất ngờ lớn nhất là ngay sau khi chúng tôi bắt đầu tìm kiếm, Ted đã tìm thấy một mảnh xương vai tuyệt diệu. Chúng tôi đặt tên nó là *Hynerpeton*, một từ Hy Lạp có nghĩa là “con vật biết bò nhỏ bé xứ Hyner”. Hyner là thị trấn của bang Pennsylvania, nằm sát vùng tìm được hóa thạch. *Hynerpeton* có vai cường tráng, đặc điểm cho thấy nhiều khả năng đây là một sinh vật có các phần phụ to khỏe. Không may, chúng tôi đã không

thể tìm thấy toàn bộ bộ xương của con vật này. Sự khai lộ đã bị giới hạn. Vì lý do gì? Bạn đoán ra rồi đó, là do thảm thực vật, nhà cửa và các trung tâm mua sắm.

Sau khi phát hiện ra *Hynerpeton* và các hóa thạch khác từ các khối đá này, tôi và Ted đã rất nóng lòng muốn tìm kiếm các phiến đá được lộ thiên rõ hơn. Nếu toàn bộ công việc khoa học đều dựa trên việc khôi phục các mảnh chi tiết vụn vặt thì chúng tôi chỉ có thể giải thích được rất ít vấn đề. Vì vậy, chúng tôi đã tiếp cận theo kiểu “sách vở,” tức là tìm kiếm các phiến đá đúng tuổi có sự lộ thiên đủ tốt và đúng loại đá cần tìm ở các vùng hoang mạc, có nghĩa là chúng tôi hẳn đã không có khám phá lớn nhất trong sự nghiệp của mình nếu không nhờ một quyển sách đại cương về địa chất.

Ban đầu chúng tôi xem Alaska và Yukon là những địa điểm tiềm năng để triển khai một cuộc thám hiểm mới, phần nhiều bởi vì tại đây đã có các phát hiện phù hợp của các nhóm nghiên cứu khác. Chúng tôi đi đến chỗ tranh luận hoặc có thể nói là tranh cãi về các vấn đề địa chất, và đến lúc cao trào, một trong hai chúng tôi lấy từ trong ngăn bàn một cuốn sách địa chất. Trong khi lục tìm các trang sách để xem ai trong chúng tôi có quan điểm đúng thì chúng tôi tìm thấy một gián đồ. Gián đồ này khiến chúng tôi nín thở vì nó thể hiện hết những thứ chúng tôi đang tìm kiếm.

Cuộc tranh luận kết thúc và nhường chỗ cho việc lập kế hoạch cho một chuyến thám hiểm mới ngoài thực địa.



Bản đồ này là khởi đầu cho tất cả. Bản đồ vùng Bắc Mỹ này đã tóm lược những gì chúng tôi tìm kiếm. Các phân tô đậm thể hiện nơi đá tuổi Devon lộ thiên (hoặc ở biển, hoặc ở nước ngọt). Ba khu vực được chú thích đã từng là đồng bằng châu thổ. Hình này được vẽ lại từ Hình 13.1, trong sách Sự tiến hóa của trái đất (*Evolution of the Earth*) (New York: McGraw-Hill, 1988) của R. H. Dott và R. L. Batten. Công ty McGraw-Hill cho phép tái bản bản đồ này.

Dựa trên cơ sở của các khám phá trước đây trên những loại đá có tuổi trẻ hơn, chúng tôi tin rằng các dòng chảy nước ngọt cổ đại là môi trường tốt nhất để bắt đầu cuộc săn tìm hóa thạch. Giản đồ này thể hiện 3 vùng có đá nước ngọt tuổi Devon, mỗi vùng đều có một hệ thống đồng bằng châu thổ. Trước hết, có bờ đông của Greenland. Đây là quê hương của hóa thạch Janny Clack, một sinh vật rất nguyên thủy có chi và là một trong số các loài động vật bốn chân xưa nhất. Tiếp đến là vùng phía đông của Bắc Mỹ (nơi chúng tôi đã làm việc) vốn là quê hương của loài *Hynerpeton*. Và thứ ba là vùng Bắc cực rộng lớn, chạy theo hướng đông – tây ngang qua vùng Cực bắc thuộc Canada. Không có cây, rác hoặc bất cứ thành phố nào ở Bắc cực. Cơ hội tìm kiếm rất tốt vì đá đúng loại, đúng tuổi và lộ thiên cực kỳ rõ.



Vùng lộ thiên Cực bắc thuộc Canada rất nổi tiếng, đặc biệt là đối với các nhà địa chất và cổ thực vật người Canada đã vẽ bản đồ cho khu vực này. Trên thực tế, Ashton Embry, lãnh đạo của các đoàn nghiên cứu đó và là người hoàn thành phần lớn công việc này, đã miêu tả đặc điểm địa chất của tầng đá tuổi Devon ở Canada tương đồng về nhiều mặt với đặc điểm địa chất của vùng Pennsylvania. Tôi và Ted đã sẵn sàng đóng hành lý để lên đường ngay khi đọc thấy những dòng miêu tả này. Những bài học thu được ở đường cao tốc Pennsylvania có thể giúp chúng tôi ở vùng Bắc cực thuộc Canada.

Đáng chú ý là đá ở Bắc cực thậm chí còn lâu đời hơn các dải hóa thạch ở Greenland và Pennsylvania. Vì vậy, khu vực này trùng khớp hoàn toàn với cả ba tiêu chí: tuổi của đá, loại đá và có phát lộ. Thậm chí còn tuyệt hơn nữa là khu vực này chưa được các nhà cổ sinh vật về động vật có xương sống biết đến, vì vậy chưa có thông tin về hóa thạch.

Các thử thách mới của chúng tôi lần này hoàn toàn khác với những thử thách chúng tôi gặp phải ở Pennsylvania. Dọc theo các đường cao tốc ở Pennsylvania, chúng tôi có nguy cơ bị những chiếc xe tải lao vút qua đâm vào khi chúng tôi đang tìm kiếm hóa thạch, ở vùng Cực bắc, chúng tôi có nguy cơ bị gấu Bắc cực tấn công, hết thực phẩm hoặc bị mắc kẹt vì thời tiết xấu. Chúng tôi không còn có thể chắt bánh mì kẹp thịt lên xe và thẳng tiến tới các lớp hóa thạch. Bây giờ, chúng tôi phải tốn ít nhất tám ngày để chuẩn bị cho một ngày thực địa, bởi vì chỉ có thể tiếp cận các bãi đá bằng đường không, và căn cứ tiếp tế gần nhất cách đó tới 400km. Chúng tôi chỉ có thể mang một lượng vừa đủ thực phẩm và vật dụng cho cả đoàn, cộng thêm dụng cụ bảo hộ tối thiểu. Và quan trọng nhất là giới hạn trọng tải nghiêm ngặt của máy bay làm cho chúng tôi chỉ có thể mang theo một phần nhỏ hóa thạch tìm thấy. Cùng với những hạn chế trên là khoảng thời gian ngắn ngủi mà chúng tôi có thể làm việc ở Bắc cực hằng năm, và bạn có thể thấy rằng sự thất vọng mà chúng tôi phải đối mặt là những trải nghiệm hoàn toàn mới mẻ và dễ khiến ta chùn bước.

Xin được giới thiệu về thầy tôi, tiến sĩ Farish A. Jenkins, Jr. ở trường Harvard. Farish đã dẫn đầu các chuyến thám hiểm tới Greenland trong nhiều năm và có được kinh nghiệm cần thiết để xúc tiến chuyến thám hiểm này. Đội hình Nghiên cứu đã được lập ra. Ba thế hệ Nghiên cứu khoa học: Ted, sinh viên cũ của tôi; Farish, thầy hướng dẫn tôi; cùng tôi hành quân tới Bắc cực để cố gắng tìm ra những bằng chứng về sự tiến hóa từ cá thành động vật có xương sống sống trên cạn.

Không có cuốn cẩm nang hướng dẫn nghiên cứu thực địa nào cho cổ sinh vật ở Bắc cực. Chúng tôi nhận được những lời khuyên về việc chuẩn bị dụng cụ từ bạn bè và đồng nghiệp, và chúng tôi cũng đọc sách – chỉ để nhận ra rằng mình chẳng thể chuẩn bị gì cho trải nghiệm sắp tới. Chưa bao giờ bạn cảm nhận điều đó rõ ràng hơn khi chiếc trực thăng thả bạn xuống một vùng

hoang vắng tiêu điều nào đó ở Bắc cực. Ý nghĩ đầu tiên là gấu Bắc cực. Không biết đã bao nhiêu lần tôi phải đưa mắt quan sát toàn bộ cảnh quan để tìm kiếm những chấm trắng di động. Mối lo này có thể giúp bạn quan sát mọi thứ. Trong tuần đầu tiên của chúng tôi ở Bắc cực, một thành viên trong đoàn đã thấy một chấm trắng di động. Trông nó giống một con gấu Bắc cực ở khoảng cách chừng 400m. Chúng tôi quỳnh cả lên như toán cảnh sát vung về vớ lấy súng, đèn hiệu và còi để chuẩn bị tác chiến, để rồi phát hiện ra con gấu đó chẳng qua là một con thỏ trắng Bắc cực cách đó khoảng 70m. Ở nơi không có cây cối hoặc nhà cửa như Bắc cực thì bạn mất đi khả năng ước lượng khoảng cách.

Bắc cực là một nơi trống rỗng và rộng lớn. Tầng đá mà chúng tôi quan tâm lộ ra ở một vùng rộng 1.500 km<sup>2</sup>. Các sinh vật mà chúng tôi đang tìm kiếm dài khoảng hơn 1m. Vì một số lý do, chúng tôi cần đóng trại ở một khoảnh nhỏ trên tầng đá lưu giữ các hóa thạch. Những người xét duyệt trợ cấp dự án có thể là những người rất thô bạo; họ luôn nêu ra những khó khăn này trong suốt quá trình thẩm định. Một người xét duyệt dự án nghiên cứu ở Bắc cực cho thầy Farish đã chỉ ra rất rõ ràng. Người xét duyệt này đã viết trong phần nhận xét về đề cương dự án (không mấy thiện cảm, tôi có thể nói là vậy) rằng: việc tìm thấy các hóa thạch mới ở vùng Cực bắc còn “khó hơn mò kim đáy biển”.

Chúng tôi đã tiến hành bốn chuyến thám hiểm tới Đảo Ellesmere trong sáu năm để tìm kiếm cây kim nhỏ bé của mình. Thật sự là quá nhiều cho một thứ gọi là vận may.

Chúng tôi đã tìm thấy điều mình muốn nhờ vào thử nghiệm, thất bại và học hỏi từ thất bại của chính mình. Điểm tìm kiếm hóa thạch đầu tiên trong mùa nghiên cứu thực địa năm 1999 là bên ngoài vùng phía tây Bắc cực, trên đảo Melville. Chúng tôi không biết rằng mình đã được thả xuống mép của một đại dương cổ. Các lớp đá chứa đầy hóa thạch và chúng tôi đã tìm thấy nhiều loại cá. Vấn đề nằm ở chỗ, dường như tất cả chúng đều là sinh vật sống ở vùng nước sâu, vốn không phải loại hóa thạch chúng tôi mong muốn – những loài sống ở các dòng nước hoặc các hồ nóng để sinh ra các động vật sống trên cạn. Dựa vào phân tích địa chất của Ashton Embry, năm 2000 chúng tôi quyết định chuyển địa điểm thám hiểm tới miền đông đảo Ellesmere bởi vì đá ở đó có thể chứa di tích các lòng sông cổ. Chúng tôi không mất nhiều thời gian để bắt đầu tìm thấy các xương cá hóa thạch có kích thước bằng khoảng một đồng 25 xu.

Bước đột phá thực sự đến vào khoảng thời gian cuối mùa thực địa năm 2000. Thời điểm ngay trước bữa tối, khoảng một tuần trước khi chúng tôi dự định gói ghém đồ đạc ra về. Cả đoàn thám hiểm đã quay về trại, còn chúng tôi thì vẫn làm những việc hay làm vào chập tối: sắp xếp bộ sưu tập mẫu vật thu được trong ngày, chuẩn bị ghi chép nhật ký thực địa và bắt đầu tập trung

ăn tôi. Jason Downs, lúc đó là một sinh viên đại học rất thích học môn cổ sinh vật, không quay về trại đúng giờ. Chúng tôi cảm thấy lo lắng vì chúng tôi thường đi ra ngoài theo nhóm; hoặc nếu có tách đoàn thì cũng phải thống nhất thời gian xác định để liên lạc với nhau. Gấu Bắc cực và các con báo kinh hoàng có thể ập đến bất thành linh khiến bạn không còn cơ hội sống sót.

Tôi còn nhớ cảm giác khi đang ngồi ở lều chính với mọi người trong đoàn và cứ mỗi phút trôi qua lại lo lắng cho Jason hơn. Khi chúng tôi bắt đầu bàn bạc một kế hoạch tìm kiếm thì nghe thấy tiếng kéo khóa mở cửa lều. Đầu tiên là tôi thấy cái đầu của Jason thò vào. Cậu ta thở không ra hơi và gương mặt đờ đẫn. Khi Jason vào bên trong lều, chúng tôi biết rằng mình không phải lo lắng về sự cố có gấu Bắc cực vì cây sừng sần vẫn khóa trên vai cậu ta. Lý do cậu ta về muộn được làm rõ khi cậu ta run rẩy móc ra đủ loại hóa thạch ở tất cả các túi có trên người: túi áo khoác, túi quần, túi áo sơ mi bên trong và trong ba lô thực địa. Tôi hình dung ra nếu có thể đi bộ không cần giày và tất thì cậu ta sẽ dựng nốt hóa thạch vào trong đó. Tất cả những xương hóa thạch nhỏ nằm trên một bề mặt có diện tích nhỏ, không rộng hơn một chỗ đỗ xe hơi, cách trại khoảng 1,6km. Chúng tôi tạm gác bữa tối lại.

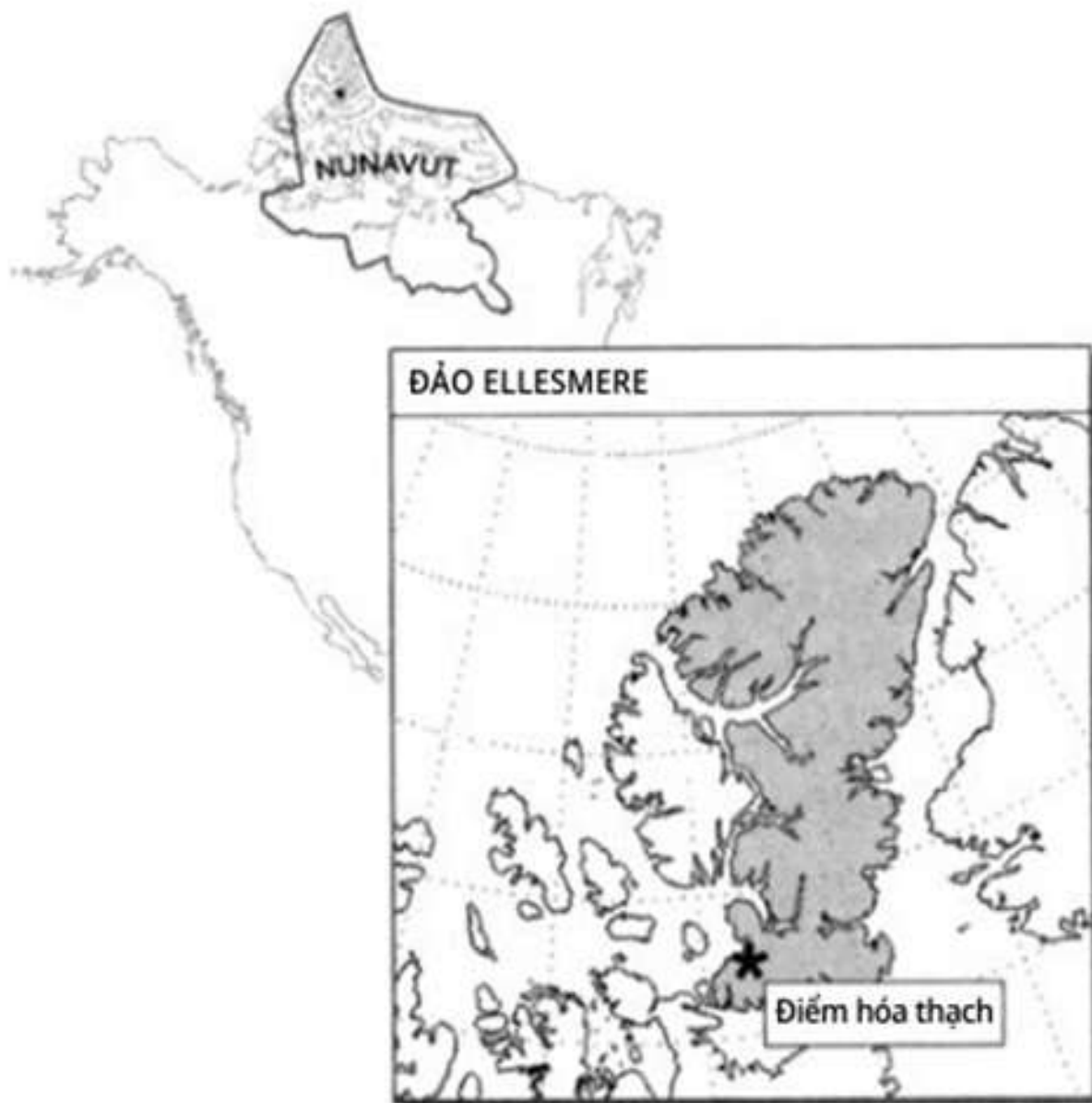


*Khu trại của chúng tôi (bên trên) trông nhỏ xíu trước sự rộng lớn của vùng Bắc cực. “Ngôi nhà mùa hè” của chúng tôi (bên dưới) là một cái lều nhỏ, thường được bao quanh bằng một bức tường đá xếp để bảo vệ nó khỏi những cơn gió có vận tốc tới 80km/h. Ảnh do tác giả tự chụp.*

Với hai mươi bốn tiếng trời sáng vào mùa hè ở Bắc cực, chúng tôi không phải lo lắng về trời tối, vì thế, chúng tôi đem theo chocolate và khởi hành đến điểm Jason khám phá. Nó nằm bên sườn một quả đồi giữa hai thung lũng lòng sông tươi đẹp và, như Jason đã phát hiện ra, nó được phủ một tấm thảm bằng hóa thạch xương cá. Chúng tôi đã tốn vài giờ để tách các mảnh xương, chụp ảnh và lập kế hoạch nghiên cứu. Điểm hóa thạch này có chính

xác tất cả những gì mà chúng tôi đang tìm kiếm. Ngày hôm sau, chúng tôi quay trở lại với mục tiêu mới là tìm ra chính xác tầng đá nào có hóa thạch xương cá.

Cái khó là xác định được nguồn gốc của những mảnh xương lộn xộn ở điểm mà Jason phát hiện – hy vọng duy nhất để tìm thấy các bộ xương nguyên vẹn. Vấn đề là môi trường Bắc cực. Vào mùa đông, nhiệt độ giảm xuống âm 40°C, còn mùa hè, khi mặt trời không bao giờ lặn, nhiệt độ tăng lên gần 10°C. Chu kỳ đóng băng và tan băng xé vụn bề mặt đá và hóa thạch. Vào mùa đông chúng lạnh và co lại, trong khi vào mùa hè chúng bị nóng lên và nở ra. Vì bề mặt của chúng bị co rút và nở ra trong mỗi mùa qua hàng nghìn năm nên xương bị rời ra từng phần. Đối diện với hàng đồng xương rải rác khắp quả đồi, chúng tôi không thể nhận ra chính xác tầng đá nào là nguồn của chúng. Chúng tôi dành vài ngày lần theo các tuyến chứa đầy mảnh xương, đào các hố thăm dò, dùng búa địa chất như que thử để xem nơi nào trong vách đá xuất hiện hóa thạch xương. Sau bốn ngày, chúng tôi khai lộ tầng đá gốc và cuối cùng đã tìm thấy tầng tầng lớp lớp xương cá hóa thạch. Chúng tôi mất hai mùa hè để phát lộ những bộ xương cá này.



*Đây là nơi chúng tôi làm việc (phía nam đảo Ellesmere, lãnh địa Nuvavut) ở Canada, cách Cực bắc 1.600km*

Lại gặp thất bại: tất cả những con cá hóa thạch chúng tôi tìm thấy đều là những loài nổi tiếng, đã được thu thập ở các điểm hóa thạch có niên đại tương đương ở Đông Âu. Tệ hơn nữa, những con cá này không có quan hệ gần gũi với các động vật sống trên cạn. Năm 2004, chúng tôi đã quyết định thử thêm một lần nữa. Đây là một hoàn cảnh không còn chỗ lùi. Các chuyến thám hiểm Bắc cực rất đắt đỏ và hiếm khi có được khám phá nổi bật, khiến chúng tôi cũng phải gọi là được ăn đũa thua mất cả.

Vào đầu tháng 7 năm 2004, chỉ trong bốn ngày mọi thứ đã thay đổi. Khi ấy, tôi đang đập đá ở đáy của một hố khai quật, thông thường là băng nhiều hơn đá. Tôi phá băng và nhìn thấy một thứ khiến tôi không bao giờ quên được: một mảnh vảy không giống bất kỳ một vật nào chúng tôi từng nhìn thấy ở các hố khai quật. Mảnh vảy này giúp tôi tìm thấy một hình thù khác bị băng bao phủ. Trông nó giống một bộ hàm. Tuy nhiên, chúng không giống

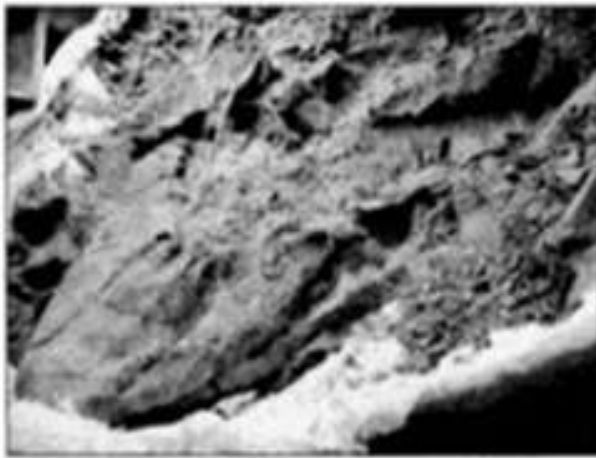
với bất kỳ hàm của một loài cá nào mà tôi từng biết. Trông như thể chúng là hàm của một sinh vật đầu đẹp.

Một ngày sau, đồng nghiệp của tôi là Steve Gatesy đang đập đá ở tầng trên cùng của hồ khai quật. Sau khi Steve dỡ một khối đá to bằng nắm tay thì lộ ra mồm của một con vật đang hướng về phía anh ấy. Giống như con cá bị băng bao phủ của tôi ở dưới đáy hồ khai quật, con vật này có một cái đầu đẹp. Điều này là một phát hiện mới và quan trọng. Nhưng không giống con cá tôi khai quật, con của Steve có khả năng là động vật trên cạn thực sự. Chúng tôi đang nhìn thấy phần đầu, và nếu may mắn thì có thể phần còn lại của cả bộ xương được bảo quản tốt trong vách đá. Steve đã dành thời gian còn lại của mùa hè năm đó để tách đá khỏi hóa thạch từng chút một để chúng tôi có thể mang cả bộ xương về phòng thí nghiệm và rửa sạch nó. Bàn tay khéo léo của Steve đã giúp khôi phục lại một trong những hóa thạch tốt nhất hiện nay về sự chuyển tiếp từ nước lên cạn.

Các mẫu vật chúng tôi mang về phòng thí nghiệm chỉ là những khối đá với hóa thạch bên trong. Trong khoảng thời gian hai tháng, đá được tách ra khỏi hóa thạch từng chút một bằng phương pháp thủ công, sử dụng dụng cụ nha khoa hay dùi nhỏ. Mỗi ngày, một phần mới của bộ xương sinh vật hóa thạch này lại được bộc lộ thêm. Hầu như mỗi lần một bộ phận lớn lộ ra là chúng tôi lại học được thêm điều gì đó mới về nguồn gốc của động vật sống trên cạn.

Thứ dần dần lộ ra khỏi hòn đá vào mùa thu năm 2004 là một sinh vật trung gian đẹp tuyệt giữa cá và động vật sống trên cạn. Cá và động vật sống trên cạn khác nhau ở nhiều điểm. Cá có đầu hình nón trong khi động vật sống trên cạn đầu tiên có đầu gần như cá sấu: đẹp, có mắt ở phía trên. Cá không có cổ, phần vai gắn với đầu bằng một loạt các tấm xương. Động vật sống trên cạn nguyên thủy (giống như tất cả con cháu của mình) có cổ, nghĩa là chúng có thể xoay đầu độc lập với vai.

Ngoài ra, còn có những khác biệt nổi bật khác nữa. Cá có vây phủ toàn thân còn động vật sống trên cạn thì không có. Thêm vào đó, điều quan trọng là cá có vây, trong khi động vật sống trên cạn có chi mang ngón tay/chân, cổ tay/chân và mắt cá. Chúng ta có thể tiếp tục so sánh và liệt kê ra một danh sách dài các khác biệt giữa cá với động vật có xương sống sống trên cạn.



*Quá trình tìm thấy các hóa thạch bắt đầu với đồng hóa thạch lẫn trong đá được gỡ ra dần dần. Ở đây tôi minh họa một hóa thạch từ lúc được lấy từ hố khai quật đến khi tới phòng thí nghiệm và được sửa sang cẩn thận thành một mẫu vật - bộ xương của một loài động vật mới. Ảnh ở phía trên cùng bên trái do tác giả chụp; các bức ảnh khác là của Tad Daeschler, Viện hàn lâm Khoa học tự nhiên Philadelphia.*

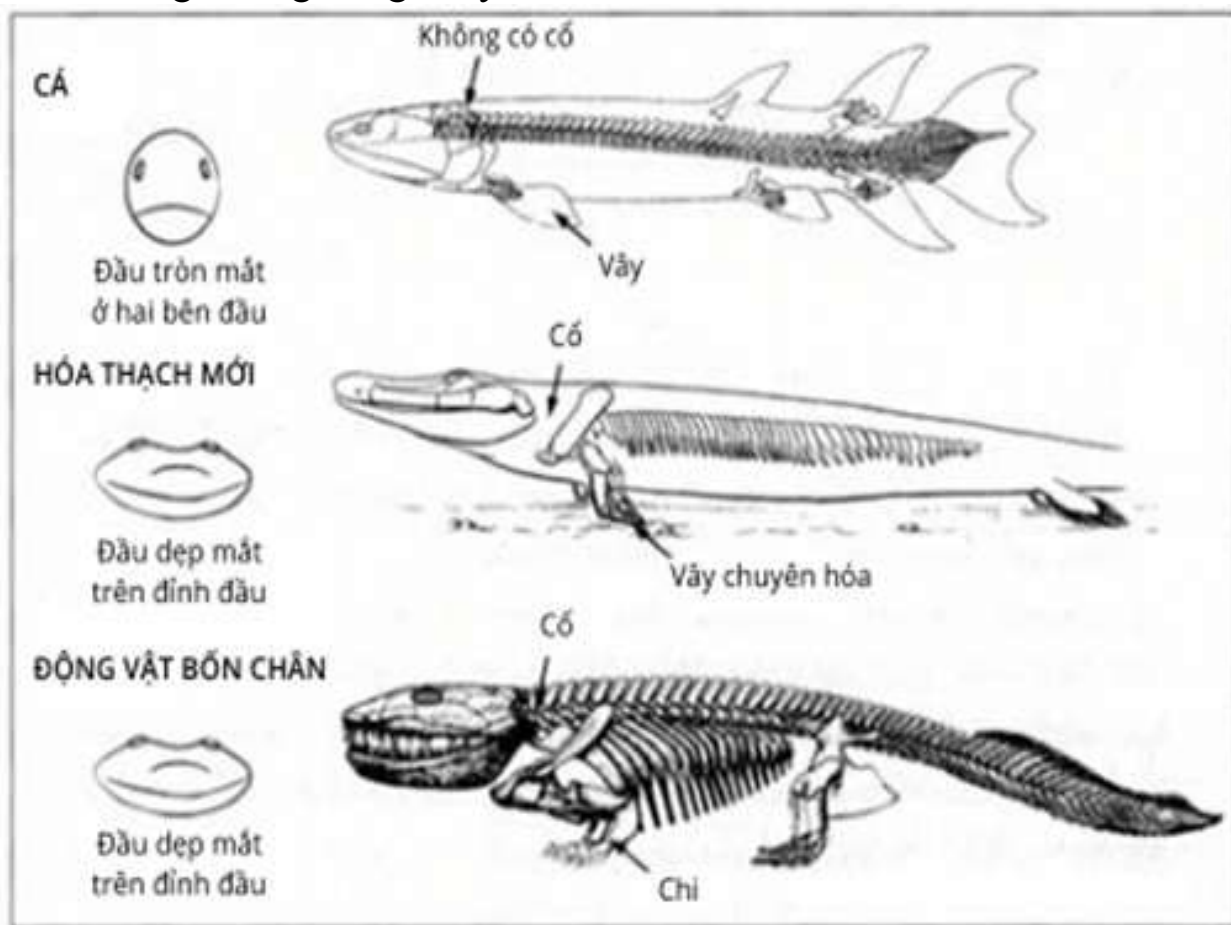
Tuy nhiên, sinh vật mới của chúng tôi đã phá vỡ sự khác biệt giữa hai loại động vật trên. Giống như một con cá, nó có vây ở lưng và vây có màng. Nhưng nó lại giống động vật có xương sống sống trên cạn ở cái đầu dẹp và có cổ. Còn nữa, khi chúng tôi xem xét bên trong vây của nó, chúng tôi thấy các xương tương đương với xương trên cánh tay, xương cẳng tay, thậm chí có cả phần xương cổ tay. Có cả các khớp nối nữa. Đây là một con cá có khuỷu tay, cổ tay, và vai. Tất cả đều nằm trong cái vây có màng.

Rõ ràng với tất cả đặc điểm trên, sinh vật này giống động vật có xương sống sống trên cạn còn rất nguyên thủy. Ví dụ, hình dạng và các rãnh khác nhau ở xương “cánh tay” (humerus) nửa giống cá nửa giống lưỡng cư. Hình dạng của xương sọ và xương vai cũng vậy.

Phải mất tới sáu năm chúng tôi mới tìm thấy nó, nhưng hóa thạch này đã xác nhận một dự đoán trong cổ sinh học: loài cá này không chỉ là dạng trung gian giữa hai nhóm động vật khác nhau, mà chúng tôi còn tìm thấy chúng vào đúng khoảng thời gian trong lịch sử trái đất và trong đúng môi trường



*cổ sinh*. Câu trả lời đã đến từ những tầng đá 375 triệu năm tuổi và được thành tạo trong những dòng chảy cổ xưa.



Bức hình này đã nói lên tất cả. Tiktaalik là dạng trung gian giữa cá và động vật sống trên cạn nguyên thủy

Là những người đã phát hiện ra sinh vật này, tôi, Ted và Parish có vinh hạnh được đặt tên khoa học cho nó. Chúng tôi muốn đặt một cái tên thể hiện được nguồn gốc phát sinh của hóa thạch ở lãnh thổ Nunavut của Bắc cực, cũng như lời cảm ơn của chúng tôi dành cho người Inuit vì họ đã cho phép chúng tôi nghiên cứu ở đó.

Chúng tôi đã bàn bạc với Hội đồng bộ lão Nunavut (với tên gọi chính thức là Inuit Qaujimajatuqangit Katimajit) để đặt một cái tên có dấu ấn ngôn ngữ của người Inuit. Tôi lo rằng một hội đồng mang tên Inuit Qaujimajatuqangit Katimajit sẽ đề xuất một cái tên khoa học rất khó phát âm. Tôi đã gửi tới họ các bức ảnh về hóa thạch và những vị bộ lão đã đưa ra hai gợi ý: *Siksagiaq* và *Tiktaalik*. Chúng tôi lấy tên *Tiktaalik* vì nó dễ phát âm và nghĩa của nó theo tiếng của người Inuit là “Con cá nước lớn”.

*Tiktaalik* đã trở thành câu chuyện trên trang nhất của một số tờ báo khi chúng tôi công bố phát hiện của mình vào tháng 4 năm 2006, trong đó có cả những tờ báo nổi tiếng như New York Times. Sự chú ý này diễn ra trong cả một tuần và không giống với bất kỳ điều gì từng xảy ra trong cuộc đời bình lặng của tôi. Tuy nhiên, đối với tôi, khoảnh khắc tuyệt vời nhất trong tất cả

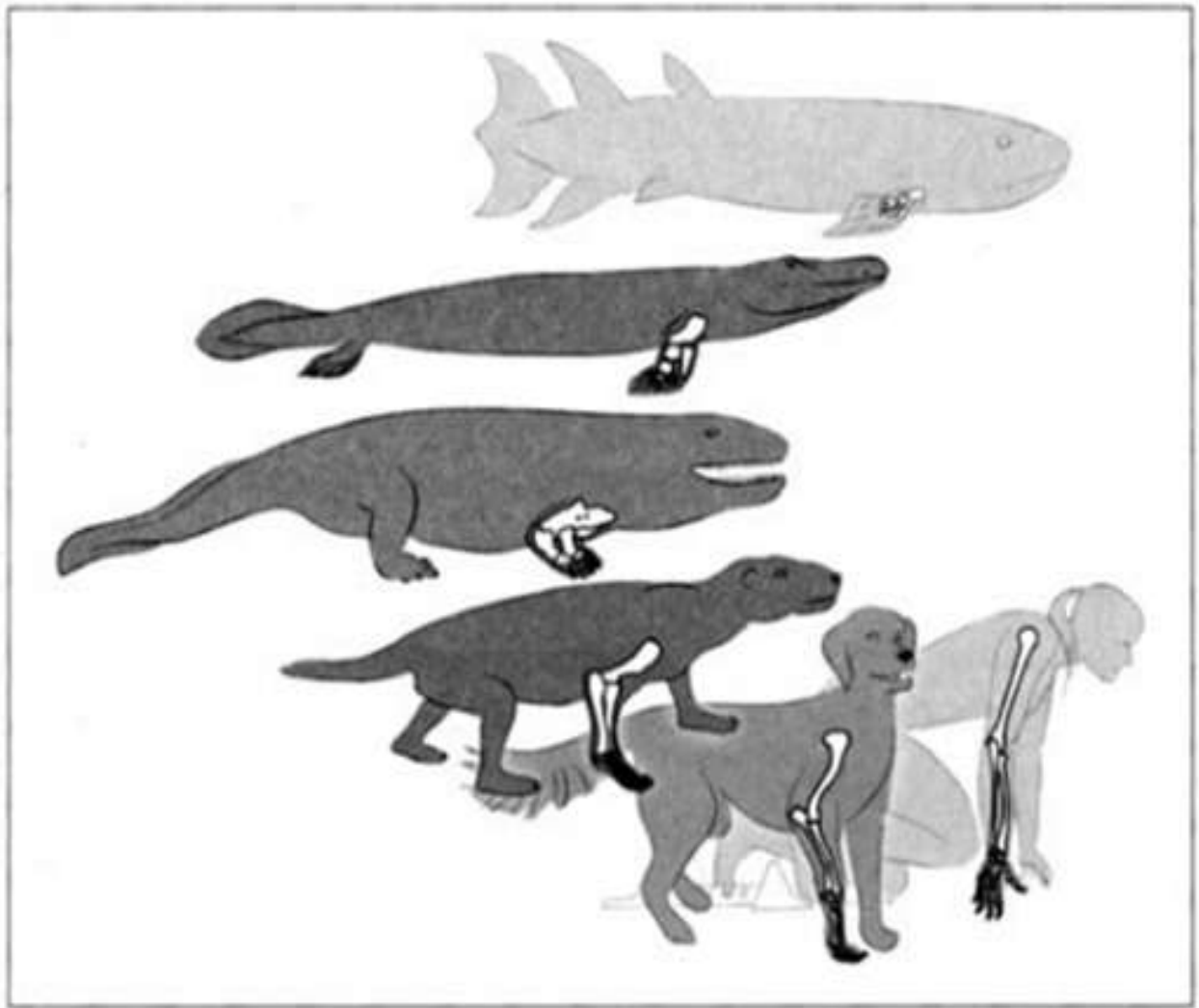
sự huyền ảo của truyền thông này không phải là khi xem những tranh biếm họa chính trị, hay đọc các bài của ban biên tập và những cuộc tranh cãi nảy lửa trên những trang blog. Nó diễn ra ở trường mẫu giáo của con trai tôi.

Giữa những ồn ào của báo chí, giáo viên ở trường mẫu giáo của con trai tôi nhờ tôi mang mẫu hóa thạch tới trường để giới thiệu với bọn trẻ. Tôi mang một mẫu đúc của *Tiktaalik* tới lớp của Nathaniel, chuẩn bị tinh thần cho những tranh cãi có thể nổ ra sau đó. Cô giáo 24 tuổi và những đứa trẻ 5 tuổi đã cư xử phải phép một cách bất ngờ khi nghe tôi kể về công việc tìm kiếm hóa thạch ở Bắc cực của chúng tôi và cho chúng xem những cái răng sắc nhọn của con vật. Sau đó, tôi hỏi xem chúng nghĩ con vật này là gì. Những cánh tay giơ lên. Đứa trẻ đầu tiên nói rằng đó là một con cá sấu nước ngọt hoặc một con cá sấu nước lợ. Khi tôi hỏi tại sao, cậu bé nói nó có đầu dẹp và hai mắt nằm ở phía trên giống như cá sấu hoặc thằn lằn. Nó còn có những chiếc răng to nữa. Những đứa trẻ khác bắt đầu lên tiếng không đồng ý. Chọn một trong số những cánh tay này, tôi nghe: “Không, không, không phải cá sấu, nó là cá vì nó có vây và vây”. Rồi một em khác hét lên: “Có lẽ nó là cả hai con đấy!”. Đặc điểm của *Tiktaalik* rõ ràng tới mức những đứa trẻ học mẫu giáo cũng thấy được.

Đối với chúng tôi, *Tiktaalik* còn mang một ý nghĩa sâu sắc hơn. Con cá này không chỉ cho chúng ta thấy những đặc điểm về cá, mà còn mang một phần đặc điểm của loài người chúng ta. Việc truy tìm mối liên hệ này là lý do đã dẫn tôi tới thám hiểm ở Bắc cực.

Vậy tôi dựa vào đâu để khẳng định hóa thạch này cho ta biết một số điều về chính cơ thể của chúng ta? Hãy xem xét cổ của *Tiktaalik*. Tất cả các loài cá xuất hiện trước *Tiktaalik* có một bộ xương gắn sọ với vai, vì thế mỗi lần con vật uốn người thì đầu nó cũng uốn theo. *Tiktaalik* lại khác. Đầu của nó hoàn toàn độc lập với phần vai. Cấu trúc tổng thể này tương tự lưỡng cư, bò sát, chim, thú – trong đó có chúng ta. Sự biến đổi hoàn toàn này có thể là do *Tiktaalik* đã mất đi một số xương nhỏ đã từng tồn tại ở các loài cá.

Tôi có thể làm một phân tích tương tự với xương cổ tay, xương sườn, tai và các phần khác của bộ xương chúng ta – tất cả những đặc điểm này có thể truy ngược về nguồn gốc của một con cá. Hóa thạch này cũng là một phần quan trọng của lịch sử tiến hóa loài người giống như hóa thạch người vượn châu Phi (*Australopithecus afarensis*) nổi tiếng có tên “Lucy”. Nhìn vào Lucy, chúng ta hiểu được lịch sử tiến hóa của mình như những linh trưởng tiến bộ bậc cao. Còn nhìn vào *Tiktaalik* là nhìn vào lịch sử của chúng ta dưới hình ảnh một con cá.



*Truy tìm vết tích tiến hóa xương tay từ cá qua bò sát - thú tới người*

Vậy chúng ta đã học được gì? Thế giới của chúng ta được sắp xếp theo một trật tự rõ ràng tới độ chúng ta có thể tận dụng một chuyến đi bộ qua vườn thú để dự đoán về các loại hóa thạch nằm ở các lớp đá khác nhau trên thế giới. Những dự đoán như vậy có thể mang đến những phát hiện về hóa thạch cho chúng ta biết về các sự kiện cổ sinh trong lịch sử của sự sống. Cuốn sổ ghi lại các sự kiện đó vẫn nằm bên trong chúng ta, chính là một phần cấu trúc cơ thể của chúng ta.

Điều tôi chưa đề cập ở các phần trước là việc chúng ta có thể truy tìm lịch sử tiến hóa của loài người trong các gene của chính mình (thông qua cấu trúc DNA). Sự ghi nhận quá khứ này không nằm trong các phiến đá trên trái đất mà nằm ngay trong từng tế bào bên trong cơ thể chúng ta. Chúng ta sẽ sử dụng cả hóa thạch lẫn gene để kể lại câu chuyện của chính mình – câu chuyện về lịch sử hình thành cơ thể con người.

# CHƯƠNG 2

\* \* \*

## BẮT TAY VÀO NGHIÊN CỨU

Những hình ảnh của phòng giải phẫu ở trường y thật khó quên. Hãy hình dung bạn dành nhiều tháng rong rã trong một gian phòng để nghiên cứu từng lớp thịt da, từng cơ quan trong cơ thể con người, qua đó học hàng nghìn thuật ngữ mới và cấu trúc chung.

Nhiều tháng trước khi tôi thực hiện lần giải phẫu cơ thể người đầu tiên, tôi tự chuẩn bị bằng cách cố gắng hình dung ra những gì mình sẽ thấy, cách thức phản ứng của mình và những gì mình sẽ cảm nhận được. Hóa ra những tưởng tượng đó đã không giúp tôi chuẩn bị được gì cho trải nghiệm của mình. Khoảnh khắc khi chúng tôi lật tấm vải phủ và lần đầu tiên trông thấy thi thể không quá ức chế như tôi tưởng. Chúng tôi dự định mổ phần ngực, do đó chúng tôi mở lồng ngực trong khi chưa lật phần đầu, cánh tay và chân thi thể bọc trong gạc tấm chất bảo quản. Các lớp mô trông không giống của người cho lắm. Do được xử lý bằng một số loại hóa chất bảo quản, thi thể không chảy máu khi bị dao mổ cắt vào, da và các nội quan trở nên cứng như cao su. Tôi bắt đầu nghĩ rằng tử thi trông giống con búp bê hơn là người. Chúng tôi mổ phanh các cơ quan của lồng ngực và khoang bụng trong vài tuần. Tôi bắt đầu cho là mình khá “chuyên nghiệp” vì đã quan sát hầu hết các nội quan trong cơ thể người. Tôi đã trở nên tự tin thái quá đối với toàn bộ sự trải nghiệm của mình. Tôi đã thực hiện lần mổ đầu tiên, tự tôi cắt các mô và học về giải phẫu của các cơ quan chính trong cơ thể. Tất cả đã diễn ra một cách máy móc, tuần tự và khoa học.

Áo tường dễ chịu này bị phá vỡ nhanh chóng khi tôi nghiên cứu bàn tay. Lúc tôi mở lớp gạc quấn các ngón tay của tử thi (đó là lần đầu tiên tôi nhìn thấy các khớp xương, đầu ngón tay và móng tay) tôi nhận ra những cảm xúc chưa bộc lộ trong những tuần học trước. Đây không phải là búp bê hay manơcanh, mà từng là một con người thật, biết dùng bàn tay của mình để cầm nắm và vuốt ve. Bài thực hành giải phẫu máy móc bỗng trở nên sâu sắc và chứa đầy cảm xúc cá nhân. Cho tới tận lúc đó tôi đã không nhìn thấy mối liên hệ giữa tôi với tử thi. Tôi đã mở dạ dày, túi mật và các cơ quan khác, nhưng có người bình thường nào lại đi thiết lập mối liên hệ con người khi trông thấy túi mật?

Điều gì ở bàn tay thể hiện phần tinh hoa của con người? Câu trả lời là ở một mức độ nhất định, bàn tay tạo nên mối liên hệ hữu hình giữa chúng ta, vì nó là dấu hiệu cho biết chúng ta là ai, và những gì chúng ta có thể đạt tới. Khả năng cầm nắm, xây dựng và hiện thực hóa ý tưởng của chúng ta nằm trong phức hợp xương, dây thần kinh và mạch máu của bàn tay.

Điều ngay lập tức kích thích bạn khi trông thấy phần bên trong của bàn tay là độ nén của nó. Gò cái (phần gan bàn tay nối với ngón cái) có 4 cơ khác nhau. Việc xoay ngón tay cái đồng thời nghiêng bàn tay cần 10 cơ và ít nhất 6 xương nhỏ khác nhau cùng hoạt động nhịp nhàng. Trong cổ tay có ít nhất 8 xương nhỏ cử động cùng với nhau. Uốn cổ tay tức là bạn đang dùng tới một số cơ khởi đầu ở phần cẳng tay, kéo dài suốt cánh tay, nối với các gân ở cổ tay và kết thúc ở bàn tay. Ngay cả chuyển động đơn giản nhất cũng cần sự phối hợp phức tạp của nhiều bộ phận nằm chen chúc trong một vùng không gian nhỏ.

Mối quan hệ giữa sự phức tạp và nhân tính trong đôi bàn tay của chúng ta từ lâu đã cuốn hút các nhà khoa học. Năm 1822, nhà giải phẫu học lỗi lạc người Scotland, Sir Charles Bell đã viết cuốn sách kinh điển về giải phẫu bàn tay. Đầu đề cuốn sách đã nói lên tất cả: *Bàn tay, cơ chế hoạt động và năng lực thiên bẩm mà thiết kế của nó đã chứng minh* (The Hand, its Mechanism and Vital Endowments as Evincing Design). Đối với Bell, cấu trúc của bàn tay là “hoàn hảo” vì nó phức tạp và được: cấu tạo một cách lý tưởng cho cách sống của chúng ta. Trong mắt ông, sự hoàn hảo về thiết kế này chỉ có thể bắt nguồn từ thần thánh.

Nhà giải phẫu học vĩ đại, Sir Richard Owen là một trong số những nhà khoa học đi đầu trong công cuộc tìm hiểu trật tự thiêng liêng bên trong cơ thể. Ông may mắn là một nhà giải phẫu học sống vào giữa thế kỷ 18, khi vẫn còn có nhiều loài động vật mới để khám phá ở những nơi xa xôi trên trái đất. Khi các khu vực trên thế giới được người phương Tây thám hiểm ngày càng nhiều, tất cả những loại sinh vật kỳ lạ được đưa về các phòng thí nghiệm và bảo tàng. Owen đã mô tả con hắc tinh tinh đầu tiên được mang về từ các chuyến thám hiểm Trung Phi. Ông đã đưa ra tên gọi “khủng long” cho một loại sinh vật hóa thạch mới được tìm thấy ở Anh. Nghiên cứu về các sinh vật kỳ lạ mới mẻ đã cho ông một cái nhìn sâu sắc đặc biệt: ông bắt đầu nhìn ra các quy luật quan trọng trong sự đa dạng tương chừng hỗn độn của cuộc sống.

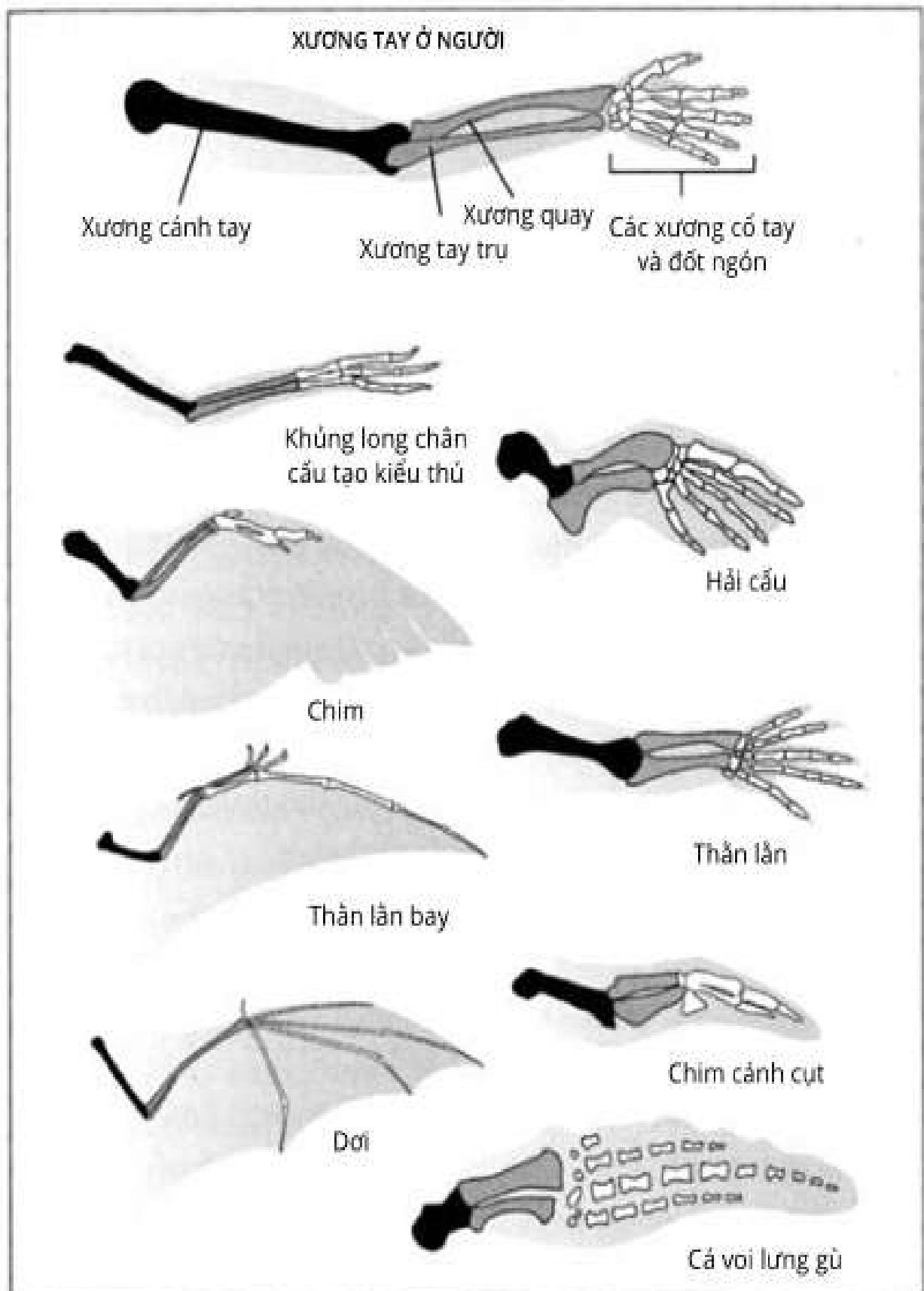
Owen đã khám phá ra rằng cánh tay, chân, bàn tay và bàn chân có thể nằm trong một sự sắp đặt rộng hơn. Ông đã hiểu được những gì mà các nhà giải phẫu học trước ông đã từng biết đến từ lâu, đó là có một kiểu mẫu sắp xếp xương tay ở người: một xương ở phần cánh tay, hai xương ở phần cẳng tay và một loạt chín xương nhỏ ở cổ tay, cuối cùng là năm hàng xương ngón tay. Kiểu sắp xếp xương ở chân của người cũng giống như vậy: một xương

đùi, hai xương cẳng chân, nhiều xương bàn chân và năm hàng xương ngón chân. Khi so sánh kiểu sắp xếp này với xương của các sinh vật khác trên trái đất, Owen đã có một khám phá đáng chú ý.

Sự thiên tài của Owen nằm ở chỗ ông không chỉ tập trung vào những khác biệt về xương. Điều ông tìm thấy và sau đó được phổ biến qua một loạt các bài giảng và tuyên tập là *sự tương đồng khác thường* giữa các sinh vật có hình dạng rất khác nhau như ếch và người. Tất cả các sinh vật có chi, cho dù chi đó là cánh, chân bơi, hay bàn tay, đều có một cấu trúc chung. Một xương tương tự xương cánh tay hoặc xương đùi khớp nối với hai xương, hai xương này nối với một loạt các xương nhỏ. Các xương này lại gắn với xương ngón tay hoặc ngón chân. Kiểu mẫu sắp xếp này thể hiện ở cấu trúc của tất cả các loại chi của động vật. Để tạo thành cánh dơi, xương ngón tay được kéo dài ra. Để tạo thành chân ngựa, xương ngón tay giữa và ngón chân giữa được kéo dài ra trong khi các ngón hai bên bị tiêu giảm và mất đi. Còn để tạo ra chân ếch thì thế nào? Kéo dài các xương chân và nhập một số chúng với nhau.

Sự khác biệt giữa các sinh vật nằm ở sự sai khác về hình dạng và kích thước của các xương và số lượng xương con, ngón tay, và ngón chân. Mặc dù có sự thay đổi đáng kể trong cách hình thành chi và tạo hình chi ở động vật, song sơ đồ này luôn luôn hiện hữu.

Đối với Owen, nhận ra một thiết kế mẫu của chi động vật chỉ là sự khởi đầu: Khi nghiên cứu sọ và xương sống, thậm chí khi xem xét toàn bộ cấu trúc của cơ thể, ông đều tìm thấy những điều tương tự. Có một kiểu thiết kế cơ bản ở bộ xương của tất cả động vật. Ếch, dơi, con người và thằn lằn chỉ là những biến thể theo cùng một chủ đề. Chủ đề đó, theo Owen, là bản thiết kế của Đấng sáng tạo.



*Sơ đồ chung cho tất cả các loại chi động vật: một xương, tiếp theo là hai xương, sau đó là các xương con, cuối cùng là xương ngón tay hoặc ngón chân.*

Ngay sau khi Owen công bố phát hiện này trong bản thảo kinh điển

mang tên *Bàn về bản chất của các chi động vật*, Charles Darwin đã đưa ra một sự lý giải nhã nhặn cho nó. Lý do cánh dơi và tay người có chung kiểu sắp xếp là chúng đều bắt nguồn từ một tổ tiên chung. Cách lý giải tương tự có thể dùng để giải thích sự tương đồng giữa tay người và cánh chim. Có một điểm khác biệt lớn giữa học thuyết của Owen và Darwin, đó là thuyết Darwin cho phép chúng ta đưa ra những phán đoán rất chính xác. Theo Darwin, chúng ta sẽ lại tìm thấy sơ đồ thiết kế mẫu của Owen ở các sinh vật không có chi. Như vậy, chúng ta có thể tìm kiếm lịch sử của các kiểu chi ở đâu? Hãy xem xét loài cá và các xương vây của chúng.

## NHÌN VÀO LOÀI CÁ

Ở thời Darwin và Owen, sự khác biệt giữa vây và chi động vật tưởng chừng không thể san lấp được. Vây cá không có sự tương đồng rõ rệt nào với chi động vật trên cạn. Ở bên ngoài, hầu hết vây cá được tạo thành từ màng vây. Chi của chúng ta chẳng có cấu trúc gì giống như vây, chi của các động vật còn tồn tại ngày nay cũng thế. Việc so sánh không hề dễ dàng hơn khi bạn loại bỏ màng vây để tìm hiểu phần xương bên trong. Ở hầu hết các loài cá, chẳng có sơ đồ xương nào tương đương với sơ đồ của Owen theo kiểu một xương – hai xương – nhiều xương con – xương ngón. Tất cả chi đều có một xương dài ở gốc: xương cánh tay và xương đùi. Ở cá, bộ xương trông hoàn toàn khác. Phần gốc của một vây cá điển hình có từ bốn xương trở lên.

Vào giữa thế kỉ 18, các nhà giải phẫu học đã bắt đầu tìm hiểu về những loài cá bí ẩn ở các lục địa phương Nam. Một trong những phát hiện đầu tiên là của các nhà giải phẫu học Đức làm việc tại khu vực Nam Mỹ. Loài cá ở đây trông giống như một loài cá bình thường, có vây và có vảy, nhưng phía sau cổ họng là túi rỗng lớn có hệ thống mạch máu: phổi. Thế nhưng sinh vật này lại có vây và có vảy. Nhóm phát hiện hoang mang đến mức đặt cho con vật này cái tên *Lepidosiren paradoxa* hay “lưỡng cư có vảy một cách ngược đời”. Các loài cá có phổi khác được gọi chung là cá phổi cũng được tìm thấy không lâu sau đó ở châu Phi và châu Úc. Các nhà thám hiểm châu Phi đã mang về cho Owen một mẫu sinh vật. Những nhà khoa học như Thomas Huxley và nhà giải phẫu học Carl Gegenbaur đã nhận thấy cá phổi là đại diện trung gian cần thiết giữa loài lưỡng cư và cá. Còn người dân địa phương lại xem chúng là những món ngon.

Một kiểu sắp xếp xương tưởng bình thường ở vây các loài cá này lại có ảnh hưởng sâu sắc tới khoa học. Vây của cá phổi có một xương đơn ở gốc gắn với vai. Đối với các nhà giải phẫu học, sự tương đương đã rõ ràng. Xương cánh tay của chúng ta cũng có một xương đơn và được gắn với vai. Với cá phổi, ta có một con cá có xương cánh tay. Lại một điều, nó không phải là một loài cá bất kỳ, mà là một loài cá có phổi. Trùng hợp ngẫu nhiên



chăng?

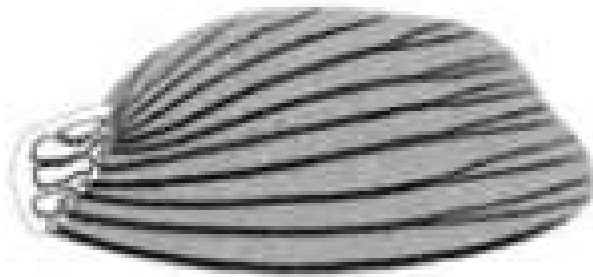
Ngay khi một số ít các loài cá còn tồn tại này được biết tới vào những năm 1800, các manh mối bắt đầu được thu thập từ một nguồn khác. Như bạn có thể đoán được, những thông tin quan trọng này là từ cá cổ đại.

Một trong những hóa thạch đầu tiên là từ bờ biển của bán đảo Gaspé ở Quebec, trong lớp đá khoảng 380 triệu năm tuổi. Loài cá này có một cái tên khó đọc là *Eusthenopteron*. *Eusthenopteron* có sự pha trộn đáng chú ý các đặc trưng của loài lưỡng cư và cá. Theo kiểu xếp xương chi của Owen (một xương – hai xương – nhiều xương con – xương ngón), *Eusthenopteron* có phần một xương – hai xương nhưng là ở vây. Sau đó, một số loài cá có cấu trúc giống như chi động vật cũng được phát hiện. Nguyên mẫu của Owen không phải là một phần thần thánh và bất biến của mọi sự sống. Nó có một lịch sử và lịch sử đó được tìm thấy trong đá thuộc kỷ Devon, khoảng 390 – 360 triệu năm tuổi. Những hiểu biết chuyên sâu này đã xác lập nên một chương trình nghiên cứu toàn diện với một lịch trình hoàn toàn mới: ở đâu đó trong lớp đá kỷ Devon, chúng ta sẽ tìm ra nguồn gốc của xương ngón tay và ngón chân.

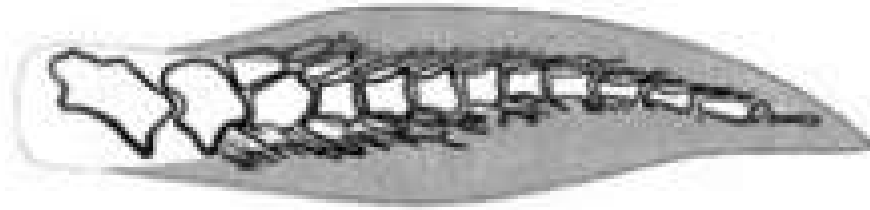
Các mẫu đá thu được vào những năm 1920 đã mang lại nhiều bất ngờ. Một nhà cổ sinh học người Thụy Điển tên là Gunnar Save-Soderbergh đã có cơ hội thám hiểm bờ đông của Greenland để tìm kiếm hóa thạch. Vùng này là nơi khó tiếp cận nhưng Save-Soderbergh đã nhận ra nó có nhiều trầm tích của đá kỷ Devon. Ông cũng là một trong những nhà thám hiểm cổ sinh kiệt xuất vì đã khám phá được nhiều hóa thạch quan trọng trong sự nghiệp ngắn ngủi của mình với tinh thần tìm tòi đáng khâm phục và sự chú ý nghiêm ngặt đến các chi tiết. (Không may là ông đã chết vì bệnh lao khi còn trẻ, không lâu sau thành công của các chuyến thám hiểm). Trong các chuyến thám hiểm từ năm 1929 đến năm 1934, đội của Save-Soderbergh đã khám phá ra điều mà thời đó người ta coi là mất xích chính yếu còn thiếu. Các tờ báo trên thế giới tung hô khám phá của ông; các bài báo chuyên đề phân tích tầm quan trọng của nó; tranh biếm họa thì đả kích nó. Các hóa thạch được bàn tới là những bức tranh khảm thực sự. Nó có đầu và đuôi giống cá, nhưng cũng có chi cấu tạo hoàn chỉnh (có ngón tay và ngón chân) và các đốt sống thì giống lưỡng cư đến kỳ lạ. Sau khi Save-Soderbergh mất, các hóa thạch được mô tả bởi đồng nghiệp của ông là Erik Jarvik (người đặt tên cho một trong những mẫu hóa thạch mới này là *Ichthyostega soderberghi*, theo tên người bạn của mình).

Đối với câu chuyện của chúng ta, *Ichthyostega* không hoàn toàn đáp ứng mong đợi. Quả thực, hóa thạch này là loài trung gian đáng chú ý chủ yếu do phần đầu và lưng, nhưng nó cho biết rất ít về nguồn gốc của các chi, vì giống như các loài lưỡng cư, nó đã có ngón tay và ngón chân. Một sinh vật khác (vốn ít được chú ý khi Save-Soderbergh công bố) đã mang lại những hiểu

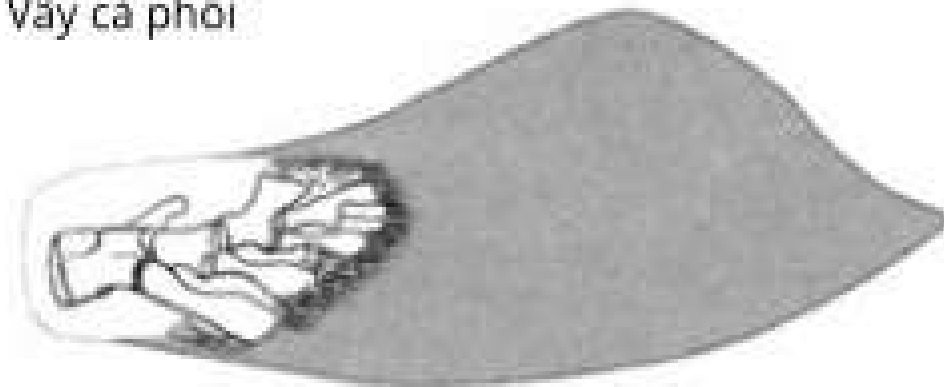
biết sâu sắc thực sự nhiều thập kỷ sau đó. Loài động vật có chân thứ hai này vẫn là một bí ẩn tới tận năm 1988, khi một đồng nghiệp nghiên cứu cổ sinh của tôi tên là Jenny Clack (người đã được chúng tôi nói tới ở chương sách đầu tiên) quay trở lại khu khai quật của Save-Socierbergh và tìm thấy thêm các phần của hóa thạch đó. Được đặt tên là *Acanthostega gunnari* dựa trên các mảnh hóa thạch của Save-Soderbergh từ những năm 1920, sinh vật này bộc lộ các chi hoàn chỉnh có ngón tay và ngón chân. Nhưng nó cũng có một điểm gây ngạc nhiên thực sự: Jenny nhận thấy chi của nó có hình giống một mái chèo, hầu như giống chân bơi chèo của một con hải cẩu. Đặc điểm này làm cô nảy ra ý nghĩ rằng những kiểu chi đầu tiên sinh ra để giúp động vật bơi lội chứ không phải để bước đi. Những thông tin quan trọng nói trên là một bước tiến đáng kể, nhưng có một vấn đề vẫn còn tồn tại: *Acanthostega* đã có các ngón cấu tạo hoàn chỉnh với một phần cổ tay thực sự và không có màng vây. *Acanthostega* có chi, tuy vẫn còn sơ khai. Việc tìm kiếm nguồn gốc của bàn tay và bàn chân, cổ tay và mắt cá chân phải tiếp tục triển khai sâu rộng hơn theo thời gian. Đây là vấn đề nan giải cho tới tận năm 1995.



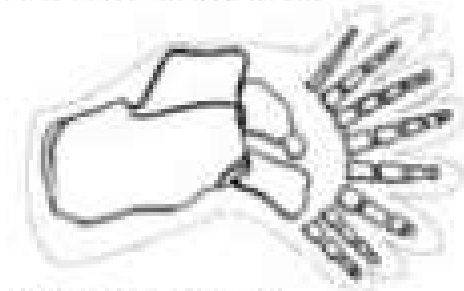
Vây cá ngựa vằn



Vây cá phổi



Eusthenopteron



Acanthostega

Vây của hầu hết các loài cá – chẳng hạn như của con cá vằn (hình trên cùng) – có một số lượng lớn các màng vây và nhiều xương ở gốc. Các loài cá phổi thu hút sự chú ý của mọi người do chúng có một xương duy nhất ở gốc vây. Eusthenopteron (hình giữa) cho thấy các hóa thạch đã bắt đầu điền vào chỗ trống: nó có những chiếc xương tương ứng với cánh tay và cẳng tay của chúng ta. Acanthostega (hình dưới cùng) có cùng kiểu xương cánh tay như của Eusthenopteron, nhưng có thêm các ngón hoàn chỉnh.

## TÌM KIẾM NGÓN TAY VÀ CỔ TAY Ở CÁ

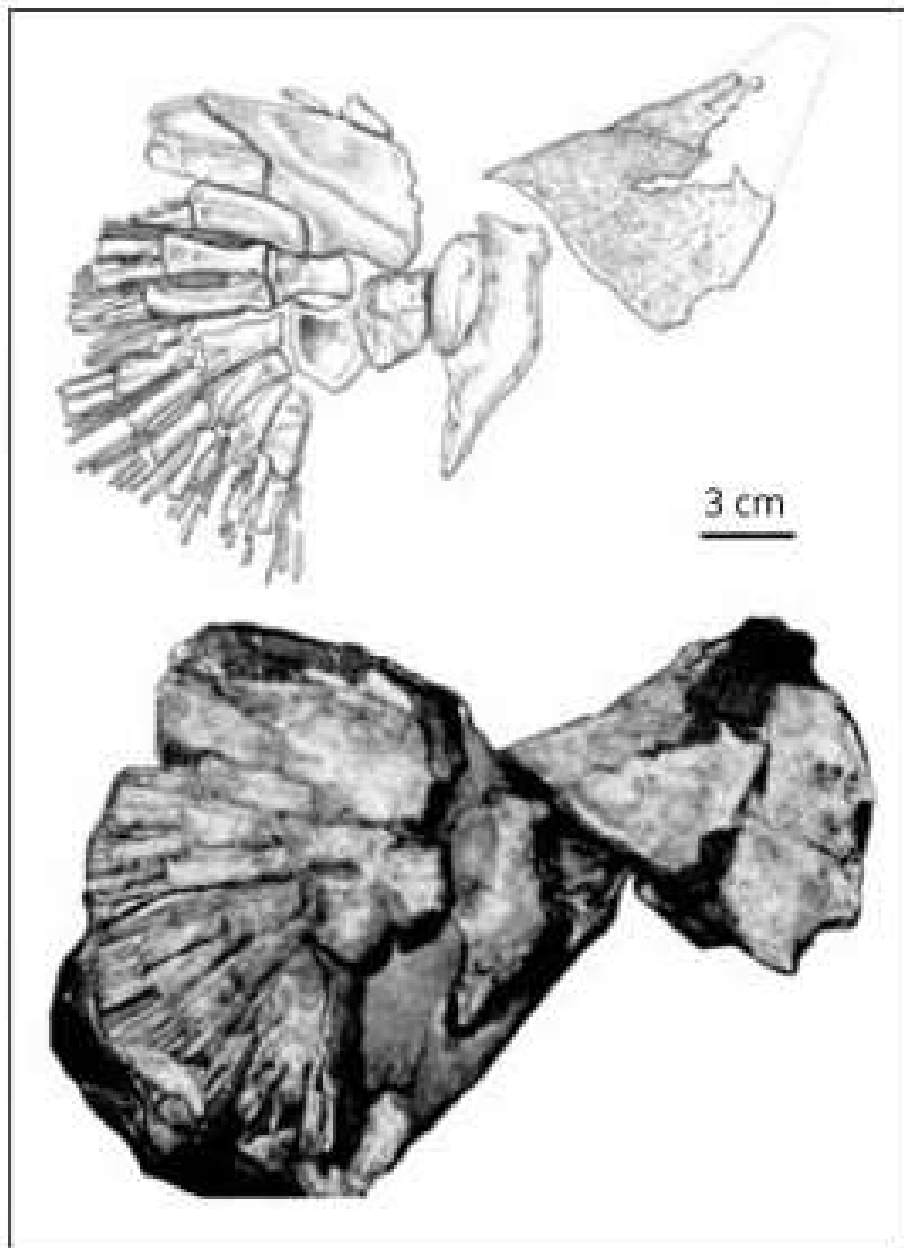
Năm 1995, tôi và Ted Daeschler trở về nhà anh ở Philadelphia sau khi lái xe xuyên qua Pennsylvania để cố tìm các điểm xẻ núi mới dọc đường cao tốc. Chúng tôi đã tìm được một điểm ở đường số 15 phía bắc Williamsport, nơi Cục Vận tải của bang Pennsylvania đã tạo ra một bức vách sa thạch khổng lồ có tuổi 365 triệu năm. Cục Vận tải đã nổ mìn phá vách núi và để lại hàng đống sa thạch lộn xộn dọc đường cao tốc. Đây là nơi săn tìm hóa thạch hoàn hảo, và chúng tôi đã đỗ xe để kiểm tra các tảng sa thạch, nhiều tảng có kích thước chỉ bằng một cái lò vi sóng. Khi về đến nhà Ted, con gái 4 tuổi của anh ấy tên là Daisy chạy ra đón bố và hỏi xem chúng tôi đã tìm thấy gì.

Trong lúc cho Daisy xem một trong các tảng sa thạch, chúng tôi đột nhiên nhận ra một mảnh vây của một con cá lớn. Chúng tôi đã hoàn toàn để vớt con cá đó ở hiện trường. Và như sau đó chúng tôi nhận thấy, đây không phải là vây cá thông thường: rõ là nó có nhiều xương bên trong. Mọi người trong phòng thí nghiệm mất khoảng một tháng để lấy chiếc vây đó ra khỏi tảng sa thạch, và lần đầu tiên chúng tôi có một con cá có sơ đồ xương giống kiểu Owen đã mô tả. Gần nhất với thân mình là một chiếc xương. Chiếc xương này gắn với hai xương. Từ vây tỏa ra khoảng tám thanh xương. Kiểu xương này giống như một con cá có ngón tay.

Vây cá của chúng tôi có đủ bộ màng, vây và thậm chí cả một xương đai vai giống cá, nhưng nằm sâu bên trong là các xương tương ứng với chi tiêu chuẩn. Thật không may, chúng tôi chỉ có một cái vây cá rời.

Điều chúng tôi cần là tìm ra nơi có toàn bộ cơ thể của con vật. Chỉ mỗi chiếc vây tách rời sẽ không thể giúp chúng tôi trả lời được các câu hỏi thực sự: Sinh vật này dùng vây để làm gì, và liệu vây cá có các xương và khớp hoạt động giống như chúng ta hay không? Câu trả lời sẽ chỉ có được khi có nguyên bộ xương.

Để tìm thấy điều đó, chúng tôi đã phải tìm kiếm ngót mười năm. Và tôi không phải là người đầu tiên nhận ra mình đang nhìn thấy cái gì. Những người đầu tiên là hai chuyên gia phục dựng hóa thạch, Fred Mullison và Bob Masek. Các chuyên gia phục dựng hóa thạch sử dụng các dụng cụ nha khoa để cạo những tảng đá chúng tôi tìm thấy ngoài thực địa và bộc lộ những hóa thạch bên trong. Phải mất hàng tháng, nếu không muốn nói là cả năm trời, để một người phục dựng hóa thạch biến một tảng đá chứa hóa thạch mà chúng tôi tìm thấy thành một mẫu vật đẹp và đủ chất lượng nghiên cứu.

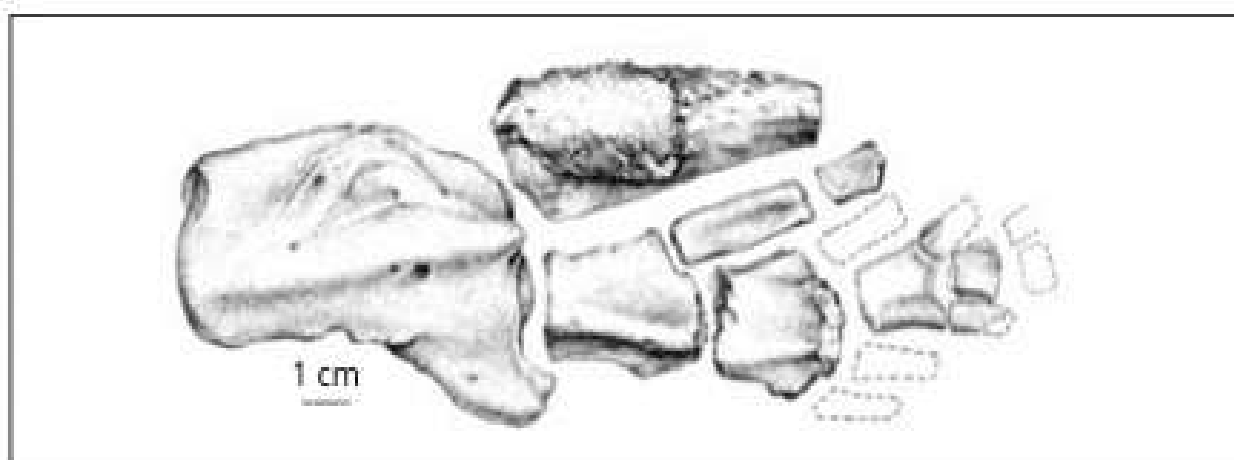


*Chiếc vây cá "trêu người" chúng tôi. Đáng buồn là chúng tôi chỉ tìm thấy mẫu vật rời này. Sơ đồ được dùng ở đây với sự chấp thuận của Scott Rawlins, Đại học Arcadia. Ảnh của tác giả.*

Trong đợt thám hiểm năm 2004, chúng tôi đã thu thập ba khối đá, mỗi khối có kích thước bằng một va li đựng hành lý, từ tầng địa chất thuộc kỷ Devon trên đảo Ellesmere. Mỗi khối đá chứa một con vật đầu đẹp: con vật tôi đã tìm thấy trong băng ở đáy của hố khai quật, mẫu vật của Steve, và mẫu vật thứ ba chúng tôi khám phá trong tuần cuối cùng của cuộc khai quật, ở thực địa, chúng tôi đã tách từng cái đầu, chừa lại phần đá nguyên vẹn xung quanh đủ để khám phá phần còn lại của cơ thể trong phòng thí nghiệm. Sau đó, cả khối đá được bọc bằng thạch cao để vận chuyển về. Việc mở những mảng thạch cao trong phòng thí nghiệm cũng khá giống với việc mở một vỏ bọc thời gian. Từng phần và từng chút của cuộc đời chúng tôi ở lãnh nguyên Bắc cực đều nằm trong đó, cũng như các ghi chép và chú thích thực địa về

mẫu vật của chúng tôi. Thậm chí mùi của lãnh nguyên vẫn còn thoang thoảng khi chúng tôi tách lớp thạch cao bên ngoài.

Fred ở Philadelphia và Bob ở Chicago làm sạch hóa thạch trong những tảng đá khác nhau vào cùng khoảng thời gian. Từ một trong những khối đá Bắc cực này, Bob đã lôi ra một mảnh xương rất nhỏ thuộc một chiếc vây kích thước lớn của con Cá (lúc đó chúng tôi chưa đặt tên nó là *Tiktaalik*). Điều khiến cái xương hình khối này khác biệt với bất kỳ loại xương vây nào khác là một khớp ở đầu có chỗ để lắp với bốn xương khác. Thật vậy, miếng xương trông giống xương cổ tay một cách lạ lùng— nhưng những xương vây trong khối đá mà Bob đang làm sạch quá lộn xộn nên chưa thể khẳng định chắc chắn. Mảnh ghép bằng chứng tiếp theo từ Philadelphia đến sau đó một tuần. Fred, một thầy phẫu thủy với các dụng cụ nha khoa của mình,



*Các xương vây trước của hóa thạch Tiktaalik – một loài cá có cổ tay.*

đã gỡ cả một vây cá nguyên vẹn khỏi khối đá. Ở đúng vị trí, ngay phần cuối của các xương cẳng tay, chiếc vây cá có *cái xương đó*. Và *cái xương đó* gắn vào bốn xương nữa. Chúng tôi đã nhìn thấy nguồn gốc của một phân cơ thể chúng ta bên trong con cá 375 triệu năm tuổi này. Chúng tôi đã có một con cá có cổ tay.

Sau đó vài tháng, chúng tôi đã có thể quan sát nhiều hơn di vật còn lại của phần xương phụ. Nó là xương kiểu nửa vây cá, nửa chi. Con cá của chúng tôi có màng vây nhưng bên trong là một phiên bản nguyên thủy của kiểu sắp xếp Owen: một xương – hai xương – nhiều xương con – xương ngón. Như học thuyết Darwin đã tiên đoán: ở đúng lúc, đúng chỗ, chúng tôi đã tìm ra dạng trung gian giữa hai loại động vật có xương sống khác nhau.

Tìm thấy vây giống chi động vật bốn chân chỉ là sự bắt đầu của hành trình khám phá. Niềm vui thực sự đối với tôi, Ted và Farish là từ việc tìm hiểu chiếc vây đó làm gì, hoạt động như thế nào và phán đoán trước hết tại sao khớp cổ tay lại xuất hiện. Các lý giải cho những câu hỏi này được tìm thấy trong cấu trúc của xương và khớp.

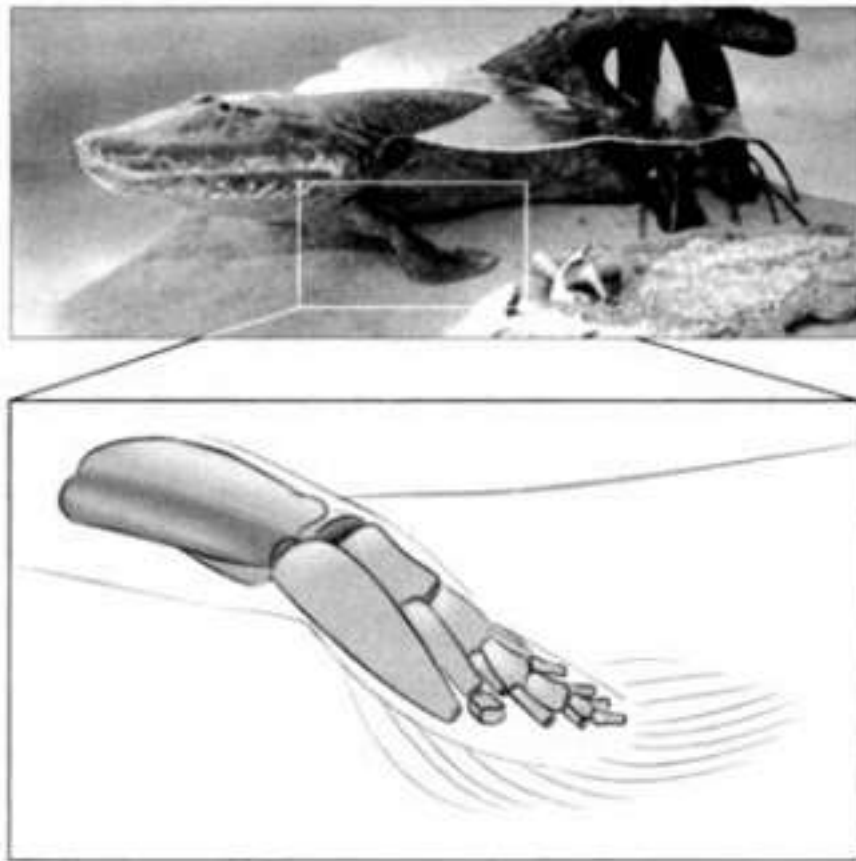
Khi tách xương vây của *Tiktaalik* ra từng phần, chúng tôi đã tìm thấy

một điều thực sự đáng chú ý: tất cả các bề mặt khớp được bảo quản cực kỳ tốt. *Tiktaalik* có một vai, khuỷu tay và cổ tay bao gồm các xương giống như một cánh tay, cẳng tay và cổ tay ở người. Khi nghiên cứu cấu trúc của những khớp này để đánh giá xem các xương chuyên động với nhau như thế nào, chúng tôi thấy rằng *Tiktaalik* đã được biệt hóa để thực hiện một chức năng khá phi thường: nó có thể chống đẩy (hít đất).

Khi chúng ta chống đẩy, hai bàn tay của chúng ta tiếp xúc với mặt đất, khuỷu tay gập lại, và chúng ta sử dụng cơ ngực để di chuyển cơ thể lên xuống. Cơ thể của *Tiktaalik* đã có khả năng thực hiện được tất cả các cử động của quá trình này. Khuỷu tay của nó có thể gập lại giống với chúng ta và cổ tay có thể gập để “lòng bàn tay” của con cá nằm dán xuống mặt đất. Còn đối với hệ cơ ngực, dường như *Tiktaalik* đã có những cơ với khối lượng lớn. Khi chúng tôi nhìn vào vai và phần dưới của xương tay nơi chúng được khớp nối, chúng tôi đã tìm thấy các mào và mấu nơi các cơ ngực lớn có thể gắn vào. *Tiktaalik* có thể “nằm xuống và chống đẩy hai mươi cái”.

Tại sao một con cá lại muốn thực hiện động tác “chống đẩy”? Xem xét phần còn lại của con vật sẽ giúp trả lời câu hỏi này. Với một cái đầu bẹt, mắt ở trên đỉnh đầu, và có các xương sườn, dường như *Tiktaalik* được tạo ra để di chuyển ở đáy và chỗ nông trong các ao, hồ, sông suối, thậm chí đi “lạch bạch” quanh các bãi lầy dọc bờ sông. Khả năng nâng đỡ cơ thể của vây thật ra rất hữu ích đối với loài cá cần vận động trong tất cả các dạng môi trường này. Sự lý giải này cũng phù hợp với địa chất của điểm tìm thấy hóa thạch *Tiktaalik*. Cấu trúc của các tầng đá và kiểu hạt phân bố trong đá mang dấu ấn đặc trưng của một trầm tích được tạo thành bởi một dòng suối cạn, bao quanh là các bãi lầy ngập nước theo mùa.

Nhưng tại sao chúng lại sống trong những môi trường này? Điều gì buộc cá phải ra khỏi môi trường nước hoặc sống ở mép nước? Hãy suy nghĩ về điều này: rõ ràng là mọi con cá bơi trong



Mô hình kích thước thật của cơ thể một con cá Tiktaalik (hình trên), và hình vẽ vây của nó (hình dưới). Đây là một chiếc vây với vai, khuỷu và cổ tay sơ khai có khả năng thực hiện động tác chống đẩy.

các dòng suối 375 triệu năm tuổi này đều ít nhiều là loài săn mồi. Một số dài tới gần 5m, gần gấp đôi con Tiktaalik lớn nhất. Loài cá thường gặp nhất chúng tôi tìm thấy bên cạnh Tiktaalik dài hơn 2m và có bề ngang đầu bằng quả bóng rổ. Răng chúng là các gai có kích thước của đinh đóng đường ray. Bạn có muốn bơi trong những dòng suối cổ này không?

Không có gì quá đáng khi nói rằng đó là thế giới cá lớn nuốt cá bé. Chiến lược để thành công trong môi trường này khá rõ ràng: phát triển cơ thể to lớn, khoác lên mình lớp giáp bảo vệ, hoặc thoát khỏi môi trường nước. Xem ra tổ tiên xa của chúng ta đã tránh cuộc chiến này.

Nhưng sự né tránh xung đột này có ý nghĩa cực kỳ sâu sắc đối với chúng ta. Chúng ta có thể kiểm chứng nhiều đặc điểm cấu trúc chi của chúng ta với vây của những con cá này. Gập cổ tay về phía sau và phía trước. Xòe và gập bàn tay. Khi bạn thực hiện thao tác này, bạn đang dùng tới các khớp xương xuất hiện đầu tiên ở vây của cá dạng Tiktaalik. Trước thời kỳ của Tiktaalik, những khớp xương này không tồn tại. Sau này, người ta tìm thấy chúng trong các chi của động vật bốn chân.

Khi tiến hóa từ Tiktaalik lên lưỡng cư rồi tới thú, có một điều trở nên rõ ràng: sinh vật nguyên thủy nhất có xương cánh tay, xương cẳng tay, thậm chí xương cổ tay và lòng bàn tay như của chúng ta cũng có vảy và màng vây.



Sinh vật đó là một con cá.

Chúng ta vận dụng mô hình một xương – hai xương – nhiều xương con – xương ngón, vốn được Owen gán cho một Đấng sáng tạo, như thế nào? Một số loài cá, ví dụ cá phổi, có một xương ở gốc. Những loài cá khác, ví dụ như *Eusthenopteron*, có mô hình một xương – hai xương. Sau đó có những sinh vật như *Tiktaalik* có mô hình một xương – hai xương – nhiều xương con. Không chỉ có một con cá bên trong chi của chúng ta; mà có cả một bể cá. Bản thiết kế của Owen đã được tích hợp trong các loài cá.

*Tiktaalik* có thể chống đẩy, nhưng chẳng bao giờ ném được bóng chày, chơi piano hay đi trên hai chân. Đó là một con đường dài tiến hóa từ *Tiktaalik* tới con người. Điều quan trọng và thường gây ngạc nhiên là hầu hết xương lớn của con người dùng để đi lại, ném hoặc cầm nắm xuất hiện đầu tiên ở các động vật sống cách đây hàng chục đến hàng trăm triệu năm. Phần xương cánh tay và xương chân đầu tiên của chúng ta có trong những con cá 380 triệu năm tuổi như *Eusthenopteron*. *Tiktaalik* thể hiện các giai đoạn đầu của quá trình tiến hóa cổ tay, lòng bàn tay và ngón tay. Ngón tay và ngón chân thực sự đầu tiên được tìm thấy ở các loài lưỡng cư 365 triệu năm tuổi như *Acanthostega*. Cuối cùng, bộ xương cổ tay và mắt cá chân đầy đủ như ở tay và bàn chân người được tìm thấy ở các loài bò sát trên 250 triệu năm tuổi. Khung xương cơ bản của bàn tay và bàn chân được thiết lập qua hàng trăm triệu năm, đầu tiên ở cá rồi sau này ở lưỡng cư và bò sát.

Nhưng những thay đổi cơ bản nào cho phép chúng ta sử dụng hai bàn tay và đi lại bằng hai chân? Những thay đổi này diễn ra như thế nào? Hãy nhìn vào các ví dụ đơn giản từ các chi động vật bốn chân để tìm ra một số câu trả lời.

Con người chúng ta giống như các loài thú khác, có thể xoay tròn ngón cái so với khuỷu tay. Chức năng đơn giản này đóng vai trò rất quan trọng đối với việc sử dụng bàn tay trong đời sống hằng ngày. Hãy hình dung khi ăn, viết hoặc ném một quả bóng mà không thể xoay bàn tay so với khuỷu tay của mình. Chúng ta có thể làm điều này vì một chiếc xương cẳng tay là xương quay có thể xoay tròn trên một điểm trụ ở khớp khuỷu tay. Cấu trúc của khớp khuỷu tay được thiết kế tuyệt vời cho chức năng này. Ở phần cuối xương cánh tay có một diện cầu. Đầu của xương quay tạo thành một ổ nhỏ vừa khít với diện cầu này. Kiểu khớp cầu này cho phép chúng ta xoay tròn bàn tay, hay còn gọi là lật sấp và lật ngửa bàn tay. Chúng ta thấy nguồn gốc của kiểu khớp này đầu tiên ở đâu? Ở các sinh vật như *Tiktaalik*. Ở *Tiktaalik*, đầu cuối xương cánh tay tạo thành một u lồi vừa khít với khớp lõm hình cốc của xương quay. Khi *Tiktaalik* gập khuỷu tay, đầu của xương quay sẽ xoay tròn, hay lật sấp so với với khuỷu tay. Sự hoàn thiện khả năng này được thấy ở lưỡng cư và bò sát, khi đầu của xương cánh tay biến thành một diện cầu thực sự, giống như chúng ta.

Xét đến chi sau, chúng ta thấy một đặc điểm quan trọng giúp chúng ta có khả năng bước đi, giống như các loài thú khác). Không giống cá và lưỡng cư, đầu gối và khuỷu tay của chúng ta đối diện nhau. Đặc điểm này rất quan trọng: hãy thử tưởng tượng khi ta cố bước đi với xương đầu gối quay về phía sau. Các loài cá như *Eusthenopteron* hoàn toàn khác, bộ phận tương đương với đầu gối và khuỷu tay cùng quay về một hướng. Chúng ta bắt đầu phát triển với các chi nhỏ xíu có hướng giống như của *Eusthenopteron*, với đầu gối và khuỷu tay cùng quay về một hướng. Khi lớn lên trong tử cung, đầu gối và khuỷu tay chúng ta xoay đi để cho ta trạng thái như chúng ta thấy ở loài người ngày nay.

Kiểu đi bằng hai chân của chúng ta sử dụng các chuyển động của hông, đầu gối, mắt cá và xương bàn chân để đẩy cơ thể về phía trước trong tư thế đứng thẳng, không giống tư thế bò trườn của các sinh vật như *Tiktaalik*. Một khác biệt lớn là vị trí của hông chúng ta. Chân chúng ta không khuynh sang hai bên giống như ở cá sấu, lưỡng cư hay cá; thay vào đó, chúng kéo dài phía bên dưới cơ thể. Sự thay đổi tư thế này xảy ra nhờ sự thay đổi khớp hông, xương chậu và xương đùi: xương chậu của chúng ta trở thành hình chiếc bát, khớp hông của chúng ta sâu, xương đùi có một phần cổ rõ rệt, một đặc điểm cho phép nó kéo dài bên dưới cơ thể hơn là sang hai bên.

Liệu những sự thật lịch sử cổ đại của chúng ta có đồng nghĩa với việc loài người không đặc biệt, hoặc không mang tính duy nhất trong số các sinh vật sống? Tất nhiên là không rồi. Thật ra, việc tìm hiểu về nguồn gốc sâu xa của nhân loại chỉ bổ sung cho thực tế đáng chú ý trong sự tồn tại của chúng ta: tất cả những khả năng độc đáo của chúng ta đều bắt nguồn từ những thành phần cơ bản được tiên hóa nơi cá và các sinh vật cổ đại khác. Các phân cấu tạo chung được xây dựng theo cách thức độc nhất. Chúng ta không tách biệt khỏi thế giới động vật, chúng ta là một phần của nó, ngay từ trong những chiếc xương, và như ta sẽ thấy sau đây, kể cả trong các gene di truyền.

Khi hồi tưởng lại, khoảnh khắc tôi trông thấy cổ tay của loài cá lần đầu tiên cũng đầy ý nghĩa như lần đầu tiên tôi mở vải bọc các ngón tay của tử thi trong phòng giải phẫu người. Cả hai lần tôi đều khám phá thấy một sự liên hệ sâu sắc giữa phần “con” trong cơ thể người của mình với một loài sinh vật khác.

# CHƯƠNG 3

\* \* \*

## GENE QUI ĐỊNH BÀN TAY

Trong khi tôi và các đồng nghiệp của mình khai quật hóa thạch *Tiktaalik* đầu tiên ở Bắc cực tháng 7 năm 2004 thì Randy Dahn, một nhà nghiên cứu trong phòng thí nghiệm của tôi, làm việc cật lực ở vùng South Side, Chicago để thực hiện các thí nghiệm về di truyền trên phôi của cá mập và cá đuối, những họ hàng của cá đuối gai. Bạn có lẽ đã từng thấy những vỏ trứng nhỏ màu đen trên bãi biển, thường được gọi là ví của nàng tiên cá. Bên trong chiếc ví này từng có trứng và noãn hoàng, về sau phát triển thành phôi thai của cá đuối hoặc cá đuối gai. Qua nhiều năm, Randy đã bỏ ra hàng trăm giờ để thí nghiệm với các phôi bên trong những vỏ trứng này, và thường phải làm việc tới quá nửa đêm. Vào mùa hè định mệnh năm 2004, Randy lấy các vỏ trứng này và tiêm một phiên bản phân tử của vitamin A vào bên trong trứng. Sau đó, anh để chúng phát triển vài tháng cho tới khi nở.

Thí nghiệm của anh có vẻ là cách tiêu tốn thời gian khác thường, đặc biệt là đối với một nhà khoa học trẻ có sự nghiệp khoa học đầy hứa hẹn. Tại sao là cá mập? Tại sao lại thí nghiệm bằng một dạng vitamin A?

Để hiểu được các thí nghiệm này, chúng ta cần lùi lại để xem điều chúng ta hy vọng sẽ được giải thích nhờ chúng. Những điều đề cập tới trong chương này là công thức viết trong DNA để xây dựng cơ thể chúng ta từ một tế bào trứng đơn lẻ. Ví dụ như, khi tinh trùng thâm nhập trứng, trứng được thụ tinh đó không chứa một bàn tay nhỏ bé nào. Bàn tay được tạo thành từ các thông tin chứa trong tế bào đơn lẻ đó. Điều này dẫn chúng ta tới một khó khăn cần suy nghĩ nhiều. So sánh giữa xương tay của chúng ta với các xương ở vây cá là một chuyện. Điều gì sẽ xảy ra khi bạn so sánh công thức di truyền tạo thành bàn tay của mình với công thức đó ở cá? Để tìm ra lời giải đáp cho câu hỏi này, giống như Randy, chúng ta sẽ lần theo một quá trình khám phá đi từ bàn tay của chúng ta tới vây cá mập, và thậm chí là cánh của con ruồi.

Như chúng ta đã biết, khi chúng ta phát hiện những sinh vật cho thấy các phiên bản khác biệt và thường là đơn giản hơn của cơ thể chúng ta bên trong cơ thể của chúng, một cửa sổ trực tiếp tuyệt vời sẽ mở ra giúp chúng ta nhìn về quá khứ xa xôi. Nhưng có một giới hạn lớn khi làm việc với các hóa

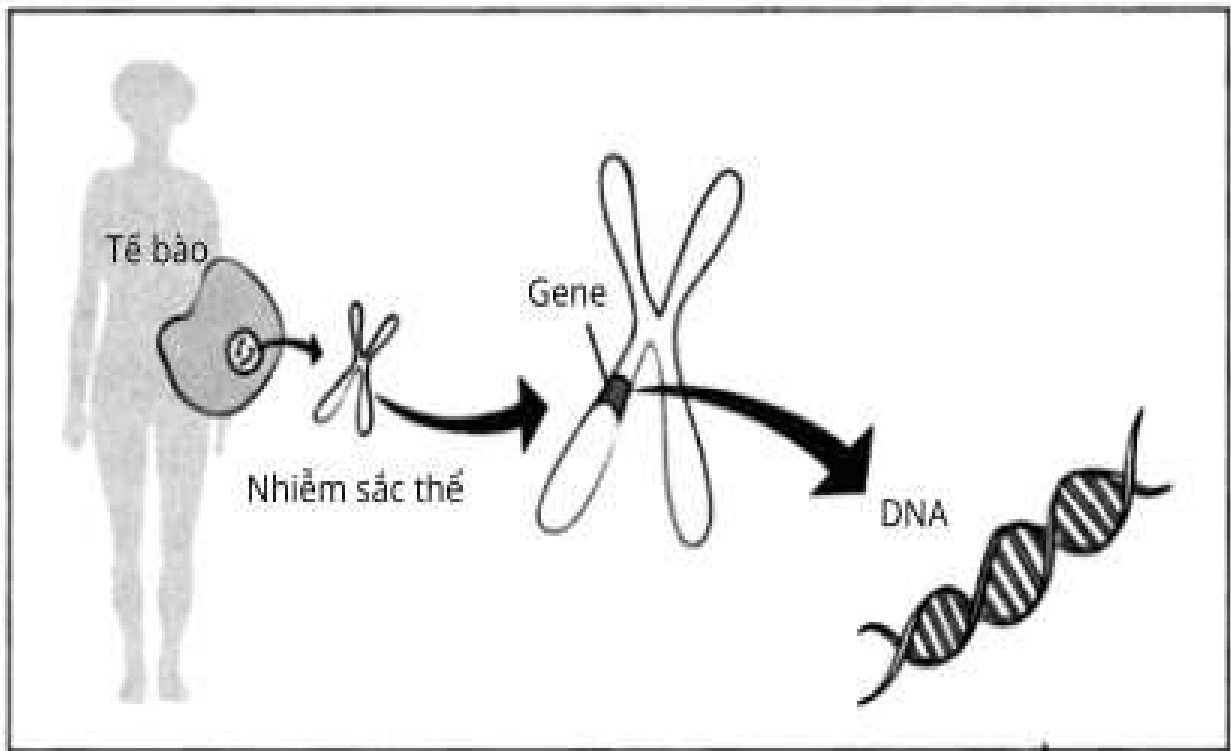
thạch. Chúng ta không thể làm thí nghiệm với các động vật đã chết từ lâu. Thí nghiệm rất hữu ích, vì chúng ta có thể thực sự điều khiển được một số thứ để tìm thấy kết quả. Vì lý do này, phòng thí nghiệm của tôi được chia ra thành hai phần rõ ràng: một nửa chuyên tâm cho hóa thạch, nửa còn lại nghiên cứu phôi và DNA. Những gì diễn ra trong phòng thí nghiệm của tôi có thể khá kỳ lạ. Chiếc tủ bị khóa chứa hóa thạch *Tiktaalik* nằm ngay bên cạnh tủ đá chứa các mẫu DNA quý giá của chúng tôi.

Các thí nghiệm với DNA rất có thể sẽ giúp khám phá thông tin bên trong con cá. Bạn thấy thế nào khi bạn có thể thực hiện một thí nghiệm xử lý phôi của một con cá với các loại hóa chất khác nhau và thay đổi thực sự cơ thể nó, làm cho một phần vây của nó trông giống như một bàn tay? Bạn thấy thế nào khi bạn có thể chứng minh các gene tạo thành một vây cá cũng gần như giống hệt các gene tạo ra bàn tay của chúng ta?

Chúng ta bắt đầu với một câu hỏi dễ thấy. Cơ thể của chúng ta được tạo thành từ hàng trăm loại tế bào. Sự đa dạng tế bào này khiến các mô và cơ quan có các hình dạng và chức năng chuyên biệt. Các tế bào tạo xương, thần kinh, ruột... có hình dạng và hoạt động hoàn toàn khác nhau. Bất chấp những khác biệt này, có một sự tương đồng sâu sắc giữa các tế bào trong cơ thể chúng ta: tất cả chúng đều chứa DNA hoàn toàn giống hệt nhau. Nếu DNA chứa các thông tin xây dựng nên cơ thể, các mô, và các cơ quan thì làm thế nào các tế bào khác nhau ở cơ, thần kinh, và xương lại chứa DNA giống hệt nhau?

Câu trả lời nằm ở việc tìm hiểu các đoạn DNA (các gene) thực sự được kích hoạt ở mỗi tế bào. Một tế bào da khác với một tế bào neuron thần kinh vì trong từng cái có các gene khác nhau hoạt động. Khi một gene được kích hoạt, nó sẽ tạo ra một protein có thể ảnh hưởng đến việc tế bào trông sẽ ra sao và hoạt động như thế nào. Vì vậy, để hiểu ra điều gì đã làm một tế bào ở mắt khác với một tế bào ở xương tay, chúng ta cần biết về các “công tắc” di truyền vốn điều khiển hoạt động của các gene ở mỗi tế bào và mô.

Đây là một luận điểm quan trọng: những “công tắc” di truyền này sẽ giúp hình thành cơ thể của chúng ta. Ở thời điểm thụ thai, chúng ta bắt đầu được tạo ra dưới dạng một tế bào đơn lẻ chứa toàn bộ thông tin DNA cần thiết để xây dựng nên cơ thể. Sơ đồ cho toàn bộ cơ thể được mở ra qua các chỉ dẫn chứa trong tế bào có kích thước hiển vi này. Để đi từ tế bào trứng tới một con người hoàn chỉnh, với hàng tỉ tỉ tế bào chuyên hóa được tổ chức một cách đúng đắn thì bộ gene cần được bật và tắt đúng giai đoạn của sự phát triển. Giống như một bản concerto được tạo thành từ các nốt nhạc riêng lẻ chơi bằng nhiều loại nhạc cụ, cơ thể của chúng ta là một tập hợp các gene riêng rẽ được bật và tắt bên trong mỗi tế bào trong suốt quá trình phát triển của chúng ta.



Thông tin này rất có lợi đối những người muốn nghiên cứu kỹ cơ thể, vì giờ đây chúng ta có thể so sánh hoạt động của các gene khác nhau để đánh giá loại thay đổi nào có liên quan tới nguồn gốc của các cơ quan mới. Lấy ví dụ chi động vật bốn chân. Khi chúng ta so sánh tập hợp gene kích hoạt trong quá trình phát triển của vây cá với các gene kích hoạt trong quá trình phát triển của bàn tay người, chúng ta có thể lập danh mục các khác biệt về mặt di truyền giữa vây cá và chi. Kiểu so sánh này giúp chúng ta nhận biết một số thủ phạm tạo ra sự khác biệt, hay các “công tắc” di truyền có thể đã thay đổi trong nguồn gốc của các chi. Sau đó chúng ta có thể nghiên cứu những gene này làm gì trong phôi và chúng đã thay đổi như thế nào. Thậm chí, chúng ta có thể tiến hành các thí nghiệm trong đó ta điều khiển các gene để thấy cơ thể thực sự thay đổi như thế nào trước các điều kiện và sự kích thích khác nhau.

Để tìm ra các gene tạo nên bàn tay và bàn chân của chúng ta, chúng ta cần học theo một trang trong kịch bản của loạt phim truyền hình CSI: *Cảnh sát điều tra hiện trường* – hãy bắt đầu từ thi thể để lần ra manh mối. Chúng ta sẽ bắt đầu bằng cách xem xét cấu trúc chi của con người, rồi mở rộng đến mô, tế bào và các gene hình thành nên cấu trúc này.

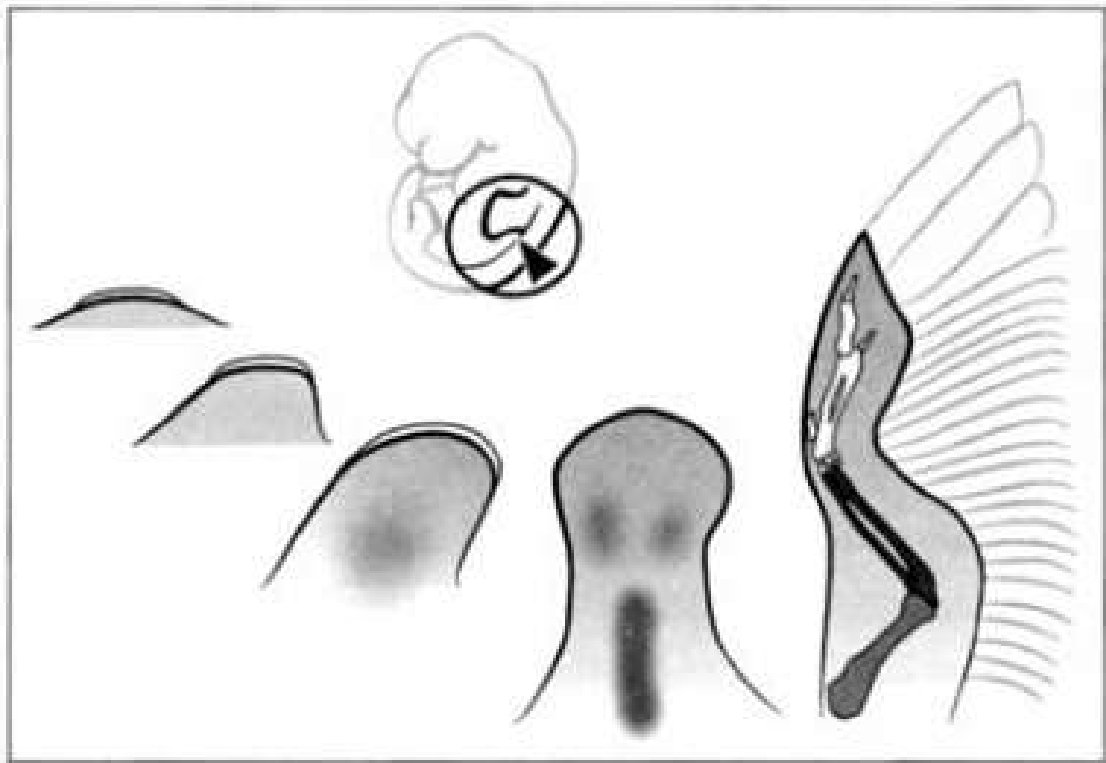
## TẠO RA BÀN TAY

Chi của chúng ta tồn tại dưới dạng ba chiều: chúng có mặt trên và mặt dưới, bên ngón út và bên ngón cái, gốc và ngọn. Các xương ở phần ngọn trong các ngón tay của chúng ta khác với xương ở vai. Tương tự như vậy, bàn tay của chúng ta khác nhau từ bên này sang bên kia. Các ngón út của

chúng ta có hình dạng khác với ngón cái. Mục tiêu cao nhất của các nghiên cứu phát triển của chúng ta là tìm hiểu những gene nào biệt hóa thành các xương của chi và gene nào kiểm soát sự phát triển theo ba chiều. DNA nào thực sự khiến ngón út khác với ngón cái? Gene nào khiến các ngón tay của chúng ta khác biệt với các xương cánh tay? Nếu chúng ta có thể hiểu các gene điều khiển những hình mẫu đó, chúng ta sẽ hiểu được công thức tạo nên chúng ta.

Tất cả các “công tắc” di truyền tạo nên ngón tay, xương cánh tay và ngón chân hoạt động trong thời kỳ từ ba đến tám tuần sau khi thụ thai. Các chi bắt đầu sự phát triển dưới dạng các chồi nhỏ kéo dài ra từ thân của phôi. Các chồi phát triển trong vòng hai tuần, tới khi phần ngọn hình thành một bàn tay nhỏ. Trong mỗi bàn tay là hàng triệu tế bào sau đó sẽ sinh ra các xương, dây thần kinh và cơ mà mỗi chúng ta sẽ mang theo suốt cuộc đời.

Để tìm hiểu xem hình mẫu phát triển này được hình thành như thế nào, chúng ta cần nghiên cứu phôi, và đôi khi tác động tới sự phát triển của chúng để đánh giá điều gì có thể xảy ra khi mọi thứ diễn ra không đúng theo quy trình. Ngoài ra, chúng ta cần xem xét các thể đột biến và các cấu trúc cũng như gene nằm bên trong của chúng, thường là bằng cách tạo ra toàn bộ quần thể đột biến thông qua việc nhân giống cận thận. Rõ ràng là chúng ta không thể nghiên cứu con người theo những cách này. Thách thức đối với những nhà nghiên cứu tiên phong trong lĩnh vực này là tìm ra những loài động vật có thể giúp tìm hiểu sự phát triển của chúng ta. Những nhà nghiên cứu thực nghiệm trên phôi đầu tiên quan tâm đến cơ chế phát triển của các chi vào những năm 1930 và 1940 đã phải đối mặt với một số vấn đề. Họ cần một sinh vật có chi có thể tiếp cận được để quan sát và làm thí nghiệm. Phôi phải tương đối lớn để họ có thể thực hiện các thao tác giải phẫu trên đó. Quan trọng là phôi phải phát triển trong một nơi được bảo vệ, trong một hộp chứa giúp nó tránh những va chạm và nhiễu loạn của môi trường. Ngoài ra, quan trọng là phôi phải dễ kiếm và sẵn có quanh năm. Giải pháp đơn giản cho nhu cầu nghiên cứu này là ở những cửa hàng tạp hóa địa phương: các quả trứng gà.



*Sự phát triển của một chi, trong trường hợp này là cánh ở gà. Tất cả các giai đoạn chủ chốt trong quá trình phát triển của xương cánh diễn ra trong trứng.*

Trong những năm 1950 và 1960, một số nhà sinh học trong đó có Edgar Zwillling và John Saunders đã thực hiện những thí nghiệm cực kỳ sáng tạo trên trứng gà để tìm hiểu xem bộ xương được hình thành như thế nào. Đây là thời kỳ cắt và xẻ. Các phôi được cắt nhỏ và các mô khác nhau được chuyển từ nơi này sang nơi khác để xem chúng có tác động gì tới sự phát triển. Hướng tiếp cận này đòi hỏi vi phẫu thật cẩn thận và kiểm soát các khối mô dày không quá 1mm. Bằng cách này, thông qua việc chuyển mô trong chi đang phát triển, Saunders và Zwillling làm sáng tỏ một số cơ chế chủ chốt hình thành nên các chi của những loài động vật rất khác nhau như cánh chim, tay bơi chèo của cá voi và tay người.

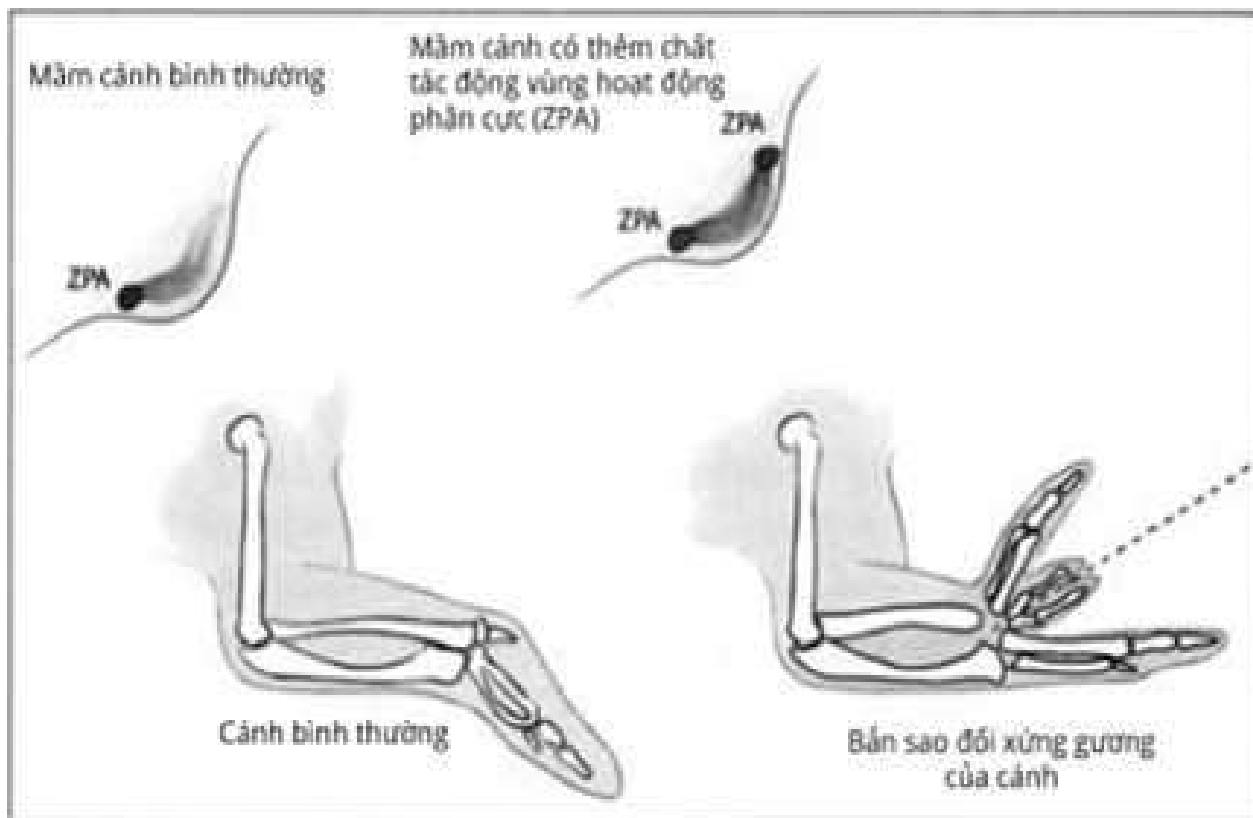
Họ đã khám phá ra hai mảng mô nhỏ cơ bản kiểm soát sự phát triển của kiểu xương ở bên trong các chi. Một dải mô nằm ở cực cuối của mầm chi là thiết yếu cho mọi sự phát triển của chi. Khi loại bỏ mảng mô này thì sự phát triển của chi bị ngừng lại. Nếu mô này bị loại sớm, chúng ta chỉ còn xương cánh tay, hoặc một mẫu xương tay. Loại bỏ muộn một chút thì chúng ta có xương cánh tay và xương cẳng tay. Loại bỏ mô này muộn hơn chút nữa thì cánh tay hầu như phát triển hoàn chỉnh chỉ trừ các ngón tay bị ngắn đi và biến dạng.

Một thí nghiệm khác (do Mary Gassengling thực hiện đầu tiên trong phòng thí nghiệm của John Saunders) đã dẫn đến một hướng nghiên cứu mới đầy triển vọng. Lấy một mảng mô nhỏ từ phần sẽ phát triển thành bên ngón út ở mầm chi trong giai đoạn đầu phát triển của phôi và cấy nó vào phía đối

diện, ngay dưới chỗ ngón tay thứ nhất được tạo thành. Để cho con gà con phát triển và hình thành cánh. Kết quả đã làm ngạc nhiên tất cả mọi người. Cánh phát triển bình thường ngoại trừ nó có thêm một bộ xương ngón được sao chép hoàn chỉnh. Đáng chú ý hơn là kiểu xương: các ngón mới là hình ảnh đối xứng gương của một bộ xương ngón hình thường. Rõ ràng một yếu tố nào đó, một số phân tử hoặc gene trong mảng mô này có thể định hướng sự phát triển của kiểu ngón tay. Kết quả này dẫn đến một loạt các thí nghiệm mới và chúng tôi đã hiểu ra rằng hiệu ứng này có thể được lặp lại bằng nhiều cách khác nhau. Ví dụ, lấy một phôi gà và chấm một ít vitamin A lên trên mầm chi của nó, hoặc đơn giản chỉ tiêm vitamin A vào trứng và để cho phôi phát triển. Nếu bạn cho vitamin A đúng nồng độ và đúng giai đoạn phát triển, bạn sẽ có bản sao dạng đối xứng gương mà Gasseling, Saunders và Zwillling đã tạo ra từ các thí nghiệm ghép phôi. Mảng mô này được đặt tên là vùng hoạt động phân cực (zone of polarizing area – ZPA). Về bản chất, ZPA là mảng mô khiến phía ngón út khác với phía ngón cái. Đương nhiên, gà con không có ngón út và ngón cái. Thuật ngữ mà chúng tôi sử dụng là để đánh số ngón, ngón út của chúng ta tương ứng với ngón số năm ở các động vật khác và ngón cái của chúng ta tương ứng với ngón số một.

ZPA gây chú ý vì nó có thể, về một mặt nào đó, kiểm soát sự hình thành ngón tay và ngón chân. Nhưng bằng cách nào? Một số người tin rằng các tế bào ở ZPA tạo ra một phân tử mà sau đó được phát tán ra khắp chi để chỉ đạo các tế bào tạo nên các ngón khác nhau. Đề xuất đáng lưu ý là nồng độ của phân tử không tên này đóng một vai trò quan trọng. Ở vùng gần với ZPA, nơi phân tử này có nồng độ cao, các tế bào đáp ứng lại bằng cách tạo ra một ngón út. Ở vị trí đối diện của bàn tay đang phát triển, xa vùng ZPA nơi phân tử không tên loãng hơn, các tế bào sẽ đáp ứng lại bằng cách tạo ra ngón cái. Các tế bào ở giữa phản ứng với nồng độ tương ứng của phân tử này để hình thành ngón thứ hai, thứ ba và thứ tư.





Ý tưởng về sự phát triển ngón phụ thuộc nồng độ có thể kiểm chứng. Năm 1979, Denis Summerbell đã đặt một chiếc lá thiếc cực nhỏ giữa ZPA và phần còn lại của chi. Ý tưởng là dùng hàng rào này ngăn bất kỳ loại phân tử nào khuếch tán từ ZPA tới các phía khác. Summerbell đã tìm hiểu xem điều gì sẽ xảy ra với các tế bào ở hai phía của hàng rào. Các tế bào phía ZPA tạo thành các ngón. Các tế bào phía đối diện thường không hình thành nên ngón; nếu có thì các ngón bị dị hình trầm trọng. Kết luận đã rõ ràng. Một chất nào đó được tạo ra từ ZPA kiểm soát việc hình thành và hình dạng của các ngón. Để xác định chất đó, các nhà nghiên cứu cần xem xét đến DNA.

## CÔNG THỨC DNA

Dự án đó được dành cho một thế hệ mới các nhà khoa học. Phải tới những năm 1990, khi các kỹ thuật sinh học phân tử mới đã sẵn sàng, cơ chế kiểm soát di truyền của ZPA mới được sáng tỏ.

Một bước đột phá cơ bản diễn ra vào năm 1993 khi phòng thí nghiệm của Cliff Tabin ở Harvard bắt đầu tìm kiếm các gene kiểm soát ZPA. Đối tượng của họ là các cơ chế phân tử cho phép ZPA có thể làm cho ngón út khác với ngón cái. Vào thời điểm nhóm của ông bắt đầu làm việc vào đầu năm 1990, một số thí nghiệm như tôi đã mô tả đã khiến chúng tôi đi đến chỗ tin rằng một loại phân tử nào đó đã gây ra toàn bộ quá trình. Đây là một lý thuyết lớn, nhưng không ai biết được phân tử này là gì. Người ta đưa ra hết phân tử này tới phân tử khác chỉ để nhận thấy rằng chẳng có phân tử nào đáp ứng được tất cả yêu cầu. Cuối cùng, phòng thí nghiệm của Tabin đã đi đến

một số quan niệm mới liên quan mới liên quan mật thiết tới chủ đề của cuốn sách này. Hãy xem xét ruồi giấm để tìm câu trả lời.

Các thí nghiệm di truyền nhưng năm 1980 đã làm sáng tỏ quy luật hoạt động tuyệt vời của gene để hình thành nên cơ thể của một con ruồi từ một quả trứng đơn lẻ. Cơ thể của một con ruồi giấm được tổ chức từ trước ra sau với cái đầu ở phần trước và cánh ở lưng. Hàng loạt gene được bật lên và tắt đi trong quá trình phát triển của ruồi giấm, quy luật hoạt động này của gene giúp phân định các vùng phát triển khác nhau ở ruồi.

Lúc đó, Tabin không biết điều này, nhưng hai phòng thí nghiệm khác của Andy MacMahon và Phil Ingham đã có ý tưởng giống hệt ông mặc dù họ nghiên cứu độc lập. Điều đáng chú ý là sự hợp tác thành công giữa ba phòng thí nghiệm. Một trong số các gene của ruồi giấm gây được sự chú ý của Tabin, McMahon và Ingham. Họ đã nhận rằng gene này tạo ra phần cuối của một đoạn cơ thể trông khác với những đoạn khác. Các nhà di truyền nghiên cứu ruồi giấm đặt tên nó là gene *hedgehog*. Vật gene *hedgehog* hẳn có chức năng gì đó trong cơ thể ruồi – để biến một vùng này khác với vùng khác – xem chừng giống với cách ZPA tạo ra ngón út khác với ngón cái? Sự tương tự đó không bị ba phòng thí nghiệm này bỏ qua. Thế là họ tiếp tục tìm kiếm một gene *hedgehog* trong các sinh vật như gà, chuột và cá.

Bởi vì các nhóm thí nghiệm đã biết cấu trúc của gene *hedgehog* của ruồi giấm nên họ có một hình ảnh nghiên cứu để hỗ trợ tìm kiếm gene đó ở gà. Mỗi gene có một trình tự riêng biệt; sử dụng một số công cụ phân tử, các nhà nghiên cứu có thể dò DNA của gà để tìm trình tự gene *hedgehog*. Sau nhiều lần thử và thất bại, họ đã tìm thấy một gene *hedgehog* trên gà.

Tương tự như các nhà cổ sinh vật đặt tên cho loài mới, các nhà di truyền học cũng đặt tên cho các gene mới. Các nhà di truyền nghiên cứu ruồi giấm đã khám phá ra gene và đặt tên nó là *hedgehog* vì ruồi giấm với một đột biến trong gene này có lông ngắn và cứng giống một chú nhím Âu (*hedgehog*). Tabin, McMahon và Ingham đã đặt tên cho phiên bản gene ở gà là *Sonic hedgehog* theo tên của trò chơi điện tử Sega Genesis.

Bây giờ chúng ta hãy đến với câu đố vui: Gene *Sonic hedgehog* thực sự có vai trò gì trong việc tạo chi? Nhóm của Tabin gắn màu nhuộm vào một phân tử bám vào gene cho phép họ nhận biết nơi gene hoạt động trong chi. Họ rất ngạc nhiên khi thấy rằng chỉ các tế bào ở một mảng mô nhỏ xíu có hoạt động của gene này: vùng ZPA.

Như vậy các bước tiếp theo đã rõ ràng. Kiểu hoạt động của của *Sonic hedgehog* chắc là giống với kiểu hoạt động của mô ZPA. Nên nhớ rằng khi bạn xử lý chi bằng axit retinoic, một dạng của vitamin A, bạn sẽ hoạt hóa ZPA bên phía đối diện. Hãy hình dung điều sẽ xảy ra khi bạn xử lý một chi bằng axit retinoic, sau đó đánh dấu lại nơi gene *Sonic hedgehog* hoạt động? Gene *Sonic hedgehog* sẽ hoạt động ở cả hai bên (ngón út và ngón cái) giống

như ZPA khi được xử lý bằng axit retinoic.

Việc biết được cấu trúc của gene *Sonic hedgehog* ở gà đã cung cấp cho các nhà nghiên cứu những công cụ để tìm kiếm nó ở mọi loài có ngón tay, từ ếch cho tới người. Tất cả các loài động vật có chi đều có gene *Sonic hedgehog*. Và ở mỗi loài riêng biệt chúng tôi đã nghiên cứu, gene *Sonic hedgehog* đều hoạt động ở mô ZPA. Nếu gene *Sonic hedgehog* không hoạt động đúng quy luật trong tuần thứ tám của quá trình phát triển của bạn thì hoặc bạn sẽ có thừa ngón tay, hoặc ngón út trông giống hệt như ngón cái. Thi thoảng, khi có sự phát triển sai lệch của gene *Sonic hedgehog*, bàn tay sẽ trở nên giống như một bơi chèo rộng với 12 ngón tay trông giống hệt nhau.

Giờ chúng ta đã biết gene *Sonic hedgehog* là một trong hàng tá gene hình thành nên chân tay của chúng ta từ phần vai cho đến đầu ngón bằng cách bật và tắt đúng lúc. Đáng lưu ý, những nghiên cứu ở gà, ếch và chuột đều cho ra kết quả tương tự. Công thức DNA để hình thành xương cẳng tay, xương cánh tay, xương cổ tay và ngón tay rõ ràng hoàn toàn giống nhau ở mọi sinh vật có chi.

Chúng ta có thể quay lại bao xa trong quá khứ để truy cứu nguồn gốc của gene *Sonic hedgehog* và những đoạn DNA khác giúp hình thành nên các chi? Những gene này có giúp hình thành các xương của vây cá không? Bàn tay chúng ta có khác biệt hoàn toàn về di truyền với vây cá không? Chúng tôi đã thấy một con cá bên trong cấu trúc cánh tay và bàn tay chúng ta. Thế còn DNA đã giúp hình thành nên nó thì sao?

Đến lượt Randy Dahn nhập cuộc với chiếc ví năng tiên cá của anh.

## CHO CÁ MẬP MỘT BÀN TAY

Randy Dahn bước vào phòng thí nghiệm của tôi với một ý tưởng đơn giản nhưng rất tinh tế: xử lý phôi cá đuối như Cliff Tabin xử lý trứng gà. Mục tiêu của Randy là thực hiện lại trên cá đuối toàn bộ các thí nghiệm mà các nhà sinh học về gà đã thực hiện trên trứng gà, từ giải phẫu mô của Saunders và Zwilling đến các thí nghiệm trên gene của Cliff Tabin. Cá đuối phát triển từ trứng có vỏ và hoàng thể. Cá đuối cũng có phôi to, giống như trứng gà. Vì những thuận lợi này chúng tôi có thể áp dụng trên cá đuối nhiều công cụ nghiên cứu di truyền và thực nghiệm đã sử dụng để nghiên cứu trên gà.

Chúng ta có thể biết được gì thông qua việc so sánh sự phát triển vây cá mập với phát triển chân gà? Thậm chí quan trọng hơn, chúng ta có thể biết được gì về chính chúng ta thông qua tất cả những kiến thức trên?

Như Saunders, Zwilling và Tabin đã cho thấy, gà là một đại diện rất tốt để nghiên cứu sự phát triển chân tay của chúng ta. Mọi thứ được Saunders và Zwilling khám phá với thí nghiệm cắt và ghép cũng như công việc nghiên

cứu DNA của Tabin cũng có thể áp dụng cho chi của chúng ta: chúng ta có một ZPA, chúng ta có gene *Sonic hedgehog* và cả hai đều có ý nghĩa quan trọng đối với cuộc sống của chúng ta. Như chúng ta thấy, ZPA hoạt động không đúng quy luật hoặc đột biến ở gene *Sonic hedgehog* có thể gây những dị hình lớn ở bàn tay người.

Randy muốn xác định xem các bộ máy hình thành bàn tay của chúng ta khác nhau như thế nào. Sự kết nối của chúng ta với phần còn lại của sự sống sâu đến mức nào? Công thức tạo ra bàn tay là công thức mới hay nó cũng có nguồn gốc sâu xa từ các sinh vật khác? Nếu đúng như vậy, thì sâu như thế nào?

Cá mập và họ hàng của chúng là những sinh vật có vây và khung xương bên trong sớm nhất. Để trả lời câu hỏi của Randy, lý tưởng nhất là đưa một hóa thạch cá mập 400 triệu năm vào trong phòng thí nghiệm, nghiền nó ra và tìm hiểu cấu trúc di truyền của nó. Sau đó, bạn cố biến đổi phôi hóa thạch của nó để tìm hiểu liệu gene *Sonic hedgehog* có hoạt động ở vị trí giống như trong chi của chúng ta ngày nay hay không. Đây sẽ là một thí nghiệm tuyệt vời nhưng lại không thể làm được. Chúng ta không thể tách chiết DNA từ hóa thạch quá cổ và thậm chí nếu làm được thì chúng ta cũng sẽ không bao giờ tìm thấy phôi của các động vật hóa thạch đó để tiến hành thí nghiệm.

Cá mập đương đại và họ hàng của chúng là những đối tượng thay thế tốt nhất. Không ai làm lẫn giữa vây cá mập với một bàn tay người: bạn không thể tìm được hai loại cơ quan phụ khác biệt nhiều hơn thế. Cá mập và người không chỉ có quan hệ họ hàng rất xa nhau mà cấu trúc xương của các cơ quan phụ của giữa người và cá mập cũng chẳng có vẻ gì giống nhau. Thậm chí chẳng có một chút gì tương tự với kiểu mô hình xương của Owen (một xương – hai xương – nhiều xương con – xương ngón) nằm bên trong vây của cá mập. Thay vào đó, các xương bên trong có hình que, dài và ngắn, mỏng và rộng. Chúng tôi gọi chúng là xương mặc dù chúng được cấu tạo từ sụn (cá mập và cá đuối được xếp vào lớp cá sụn vì bộ khung xương của chúng không bao giờ hóa xương cứng). Nếu bạn muốn đánh giá xem liệu vai trò của gene *Sonic hedgehog* trong chi có đặc trưng cho động vật có chân hay không, tại sao không chọn một loài hoàn toàn khác về mọi mặt? Hơn nữa, tại sao không chọn loài cá đương đại nguyên thủy nhất có bất kỳ loại phần phụ chẵn nào cho dù là vây hay chi? Cá mập đáp ứng cả hai yêu cầu này.

Vấn đề đầu tiên của chúng tôi khá đơn giản. Chúng tôi cần có một nguồn cung cấp phôi của cá mập và cá đuối đáng tin cậy. Cá mập khó có thể cung cấp phôi thường xuyên nhưng cá đuối, họ hàng gần gũi với cá mập, lại là một vấn đề khác. Vì thế chúng tôi đã bắt đầu nghiên cứu trên cá mập và sử dụng phôi cá đuối như nguồn tiếp tế khi phôi cá mập bị hỏng. Chúng tôi đã tìm ra một nhà cung cấp cứ mỗi một hoặc hai tháng có thể chuyển cho chúng tôi một kiện 20 đến 30 trứng mang phôi. Chúng tôi đã trở thành những tín đồ

thực sự của giáo phái sùng bái đồ Tây Dương<sup>1</sup> khi chờ đợi những cái trứng cá quý giá này mỗi tháng.

Kết quả nghiên cứu do nhóm của Tabin và các nhóm khác thực hiện đã giúp cho Randy có được các manh mối quan trọng để bắt đầu cuộc tìm kiếm của mình. Kể từ các công trình của Tabin vào năm 1993, người ta đã tìm thấy gene *Sonic hedgehog* ở nhiều loài khác nhau, từ cá cho tới người. Với kiến thức về cấu trúc gene, Randy có thể kiểm tra toàn bộ DNA của cá đuối và cá mập để tìm ra gene *Sonic hedgehog*. Trong khoảng thời gian ngắn, anh ấy đã tìm ra nó: một gene *Sonic hedgehog* của cá mập.

Những câu hỏi quan trọng cần được giải đáp là gene *Sonic hedgehog* hoạt động ở vùng nào, và quan trọng hơn, nó dùng để làm gì?

Các quả trứng được sử dụng để giúp Randy tìm ra vị trí và thời điểm gene *Sonic hedgehog* hoạt động trong quá trình phát triển của cá đuối. Đầu tiên, anh tìm hiểu xem liệu gene *Sonic hedgehog* có được kích hoạt cùng lúc trong quá trình phát triển vây cá mập giống như trong quá trình phát triển chi của gà hay không. Đúng là nó được kích hoạt cùng lúc. Sau đó anh tìm hiểu xem liệu gene đó có được kích hoạt ở mảng mô nằm ở mặt lưng của vây tương ứng với ngón út của chúng ta hay không. Câu trả lời lại là có. Bây giờ anh thực hiện thí nghiệm với vitamin A. Đây là khoản khắc đáng giá hàng triệu đô la. Nếu bạn xử lý chi của một con gà hoặc loài thú bằng hợp chất này thì bạn sẽ có một mảng mô có gene *Sonic hedgehog* hoạt động ở phía đối diện và điều này đi kèm với sự nhân đôi của bộ xương. Randy tiêm vitamin A vào trứng, chờ đợi khoảng một ngày và sau đó kiểm tra xem liệu vitamin A có bật gene *Sonic hedgehog* ở phía đối diện của chi giống như ở gà hay không. Câu trả lời là có. Bây giờ đã đến lúc phải chờ đợi lâu hơn. Chúng ta đã biết rằng gene *Sonic hedgehog* hoạt động ở bàn tay của chúng ta theo một cơ chế hoàn toàn giống với ở vây cá mập và cá đuối. Nhưng những cơ chế này có tác động gì lên bộ xương? Chúng ta phải đợi hai tháng mới có câu trả lời.

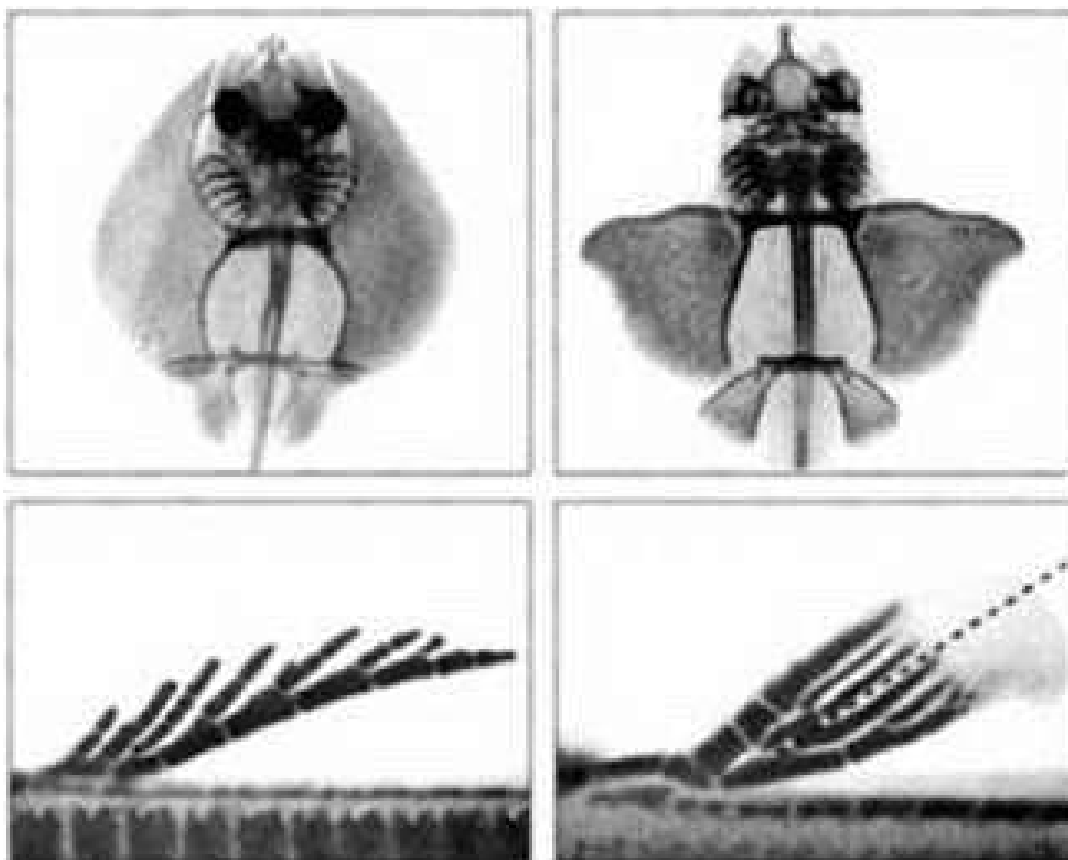
Các phôi phát triển trong một vỏ trứng đục. Tất cả những gì chúng tôi biết là sinh vật còn sống; phần bên trong vây cá không thể quan sát được.

Kết quả cuối cùng là một ví dụ đáng kinh ngạc về sự tương đồng giữa chúng ta với cá mập và cá đuối: một cái vây có hình dạng đối xứng gương. Vây lưng nhân đôi các cấu trúc theo một mẫu hình từ trước ra sau kỳ diệu, giống hệt với các thí nghiệm đối với chi động vật. Các chi sao chép cấu trúc của chi. Vây cá mập sao chép cấu trúc vây của nó, giống như ở cá đuối. Gene *Sonic hedgehog* có tác dụng tương tự, ngay cả ở các loài có xương chi khác nhau nhất tồn tại trên trái đất ngày nay.

Một tác dụng của gene *Sonic hedgehog* mà có thể bạn còn nhớ là làm các ngón tay khác biệt với nhau. Như chúng ta thấy cơ chế hoạt động của ZPA,

việc phát triển loại ngón gì phụ thuộc khoảng cách của ngón đó với nguồn gene *Sonic hedgehog*. Vây của một con cá đuối trưởng thành bình thường chứa nhiều xương dạng que trông rất giống nhau. Liệu chúng ta có thể làm các que xương này khác biệt như các ngón tay của chúng ta? Randy lấy một hạt nhỏ mầm protein do gene *Sonic hedgehog* tạo ra và đặt nó vào giữa các que xương giống nhau này. Chìa khóa của thí nghiệm này nằm ở chỗ anh ấy sử dụng gene *Sonic hedgehog* của chuột. Như vậy bây giờ chúng ta có một bộ máy kỳ cục thực sự: phôi cá đuối với một hạt nhỏ bên trong nhả từ từ protein do gene *Sonic hedgehog* của chuột tạo ra. Liệu protein của chuột có gây tác động nào lên cá mập hoặc cá đuối?

Một thí nghiệm kiểu này có thể cho ra hai kết quả trái ngược. Thứ nhất là không có gì xảy ra. Điều này nghĩa là cá đuối khác chuột tới mức các protein của gene *Sonic hedgehog* không gây tác động. Kết quả còn lại sẽ là một ví dụ cực kỳ ấn tượng về con cá bên trong chúng ta. Kết quả này sẽ là các que xương phát triển khác nhau, chứng tỏ rằng gene *Sonic hedgehog* tác dụng ở cá đuối tương tự như chúng ta. Và đừng quên rằng vì Randy đang sử dụng protein của một loài thú, điều đó có nghĩa là công thức di truyền của gene này thực sự rất giống nhau.



Vây cá bình thường (bên trái) và vây cá do Randy xử lý hóa chất. Các vây được xử lý hóa chất cho thấy có sự nhân đôi đối xứng gương như ở cánh gà. Ảnh của Randall Dahn, Đại học Chicago.

Các xương que được hình thành không chỉ có hình dáng khác nhau, mà giống như ở ngón tay, chúng đáp ứng với gene *Sonic hedgehog* tùy theo

khoảng cách tới hạt tâm protein của gene *Sonic hedgehog*: các xương que nằm gần có hình dạng khác biệt với các xương que nằm ở xa. Quan trọng hơn là protein của chuột hoạt động hiệu quả đến thế trên quá trình phát triển phôi cá đuối.

“Con cá bên trong” mà Randy tìm thấy không phải là một xương đơn hoặc thậm chí một phần của bộ xương. Con cá bên trong của Randy nằm ở các công cụ sinh học thực sự tạo nên vây cá. Nhiều thí nghiệm trên các sinh vật khác nhau như chuột, cá mập và ruồi đã cho chúng ta thấy rằng gene *Sonic hedgehog* là rất phổ biến. Tất cả các xương chi, dù là vây hoặc chi đều được tạo ra bởi những loại gene giống nhau. Điều này có ý nghĩa gì đối với vấn đề chúng ta đã xem xét trong suốt hai chương đầu tiên – sự chuyển tiếp từ vây cá lên chi? Nó có nghĩa là sự biến đổi lớn lao về phương diện tiến hóa không liên quan tới vật liệu DNA mới: phần lớn sự chuyển tiếp này có liên quan tới việc sử dụng các gene cổ xưa, chẳng hạn các gene có liên hệ tới sự phát triển của vây cá mập, theo các cách thức mới để tạo ra chi có ngón tay và ngón chân.

Nhưng những thí nghiệm trên chi và vây này có một ý nghĩa sâu xa hơn. Phòng thí nghiệm của Tabin sử dụng các nghiên cứu ở *ruồi* để tìm ra một gene ở *gà* để từ đó giúp chúng ta biết về những khiếm khuyết bẩm sinh ở *người*. Randy đã sử dụng các khám phá tại phòng thí nghiệm Tabin để cho chúng ta biết về mối liên hệ giữa chúng ta với *cá đuối*. Một “con ruồi bên trong” giúp tìm ra một “con gà bên trong” cuối cùng giúp Randy tìm thấy một “con cá đuối bên trong” mỗi chúng ta. Mối liên hệ giữa các sinh vật sống thực sự rất sâu sắc.

# CHƯƠNG 4

\* \* \*

## RĂNG Ở MỌI NƠI

Răng ít được chú ý trong lớp học về giải phẫu: chúng tôi chỉ dành vắn vện năm phút cho nó. Trong danh sách các cơ quan ưa thích nhất (tôi sẽ đề tự các bạn liệt kê toàn bộ danh sách riêng của mình) thì răng hiếm khi đứng vào tốp năm. Tuy nhiên, những chiếc răng nhỏ lại chứa đựng phần lớn mối liên hệ của chúng ta đối với phần còn lại của sự sống, và rõ ràng là không thể tìm hiểu cơ thể của chúng ta nếu không biết gì về răng. Răng cũng có ý nghĩa quan trọng đặc biệt đối với tôi, vì trong quá trình nghiên cứu nó, lần đầu tiên tôi học được cách tìm ra hóa thạch và cách tổ chức một chuyến thám hiểm tìm hóa thạch.

Công việc của răng là biến những sinh vật to hơn thành các mẫu nhỏ. Khi được gắn vào quai hàm chuyển động, răng cắt lát, cắt miếng và nghiền. Miệng không to lắm, nhưng nhờ răng, sinh vật có thể ăn được mồi có kích thước lớn hơn miệng của chúng. Điều này đặc biệt đúng đối với các loài vật không có tay hoặc vuốt để xé hoặc cắt mồi trước khi ăn. Đúng là cá lớn thường ăn cá bé, nhưng răng có thể đòi lại sự công bằng: cá bé cũng có thể ăn từng phần cá lớn nếu chúng có răng tốt. Cá nhỏ có thể dùng răng để loại bỏ vảy, ăn những phần nhỏ hoặc thậm chí róc cả tảng thịt của cá lớn.

Chúng ta có thể biết được rất nhiều điều về một loài động vật khi xem xét răng của chúng. Các mẫu, hốc và rãnh trên răng thường phản ánh chế độ ăn. Các động vật ăn thịt như mèo có răng hàm sắc như lưỡi dao để cắt thịt của con mồi trong khi các động vật ăn thực vật lại có nhiều răng bằng hơn để nhai lá và hạt. Giá trị thông tin của răng không bị lãng quên trong lịch sử nghiên cứu giải phẫu. Nhà giải phẫu học người Pháp tên Georges Cuvier đã từng khoa trương rằng ông ta có thể tái dựng bộ xương trọn vẹn của một động vật chỉ từ một chiếc răng. Điều này hơi phóng đại nhưng nhìn chung là đúng: răng có quan hệ rất mật thiết với kiểu sống của động vật.

Hàm răng của người cho thấy chúng ta thuộc nhóm ăn tạp, do chúng ta có một số loại răng khác nhau. Răng cửa ở phía trước có dạng lưỡi cắt bằng chuyên hóa cho việc cắt thức ăn. Răng hàm ở trong cùng thì bằng phẳng hơn với kiểu hình đặc trưng có thể nghiền mô thực vật hoặc động vật. Răng trước hàm (còn gọi là răng tiền hàm) nằm ở giữa có chức năng trung gian giữa



răng cửa và răng hàm.

Điều đáng chú ý nhất ở miệng của chúng ta là sự chính xác khi nhai thức ăn. Hãy mở và khép miệng lại: răng của bạn luôn tiếp xúc với nhau ở cùng vị trí để răng hàm trên và hàm dưới khớp với nhau một cách chính xác. Bởi vì các máu, hốc và rãnh của răng hàm trên và hàm dưới khớp sát với nhau nên chúng ta mới có thể nghiền nát thức ăn với hiệu năng cao nhất. Trên thực tế, sự lệch nhau giữa răng hàm trên và hàm dưới có thể làm vỡ răng, đồng thời làm giàu cho các nha sĩ.

Các nhà nghiên cứu cổ sinh vật tìm thấy ở răng những thông tin tuyệt vời. Răng là bộ phận cứng nhất của cơ thể do lớp men răng chứa tỉ lệ lớn hydroxyapatite khoáng, thậm chí cao hơn tỉ lệ trong xương. Nhờ độ cứng của chúng mà răng thường là phần được bảo quản tốt nhất của động vật trong các ghi nhận về hóa thạch qua nhiều thời kỳ. Đây là điều may mắn; do răng là một đầu mối rất hữu ích giúp ta biết được chế độ ăn của động vật, hóa thạch có thể giúp chúng ta hiểu rõ các cách thức kiếm ăn khác nhau đã diễn ra như thế nào. Điều này đặc biệt đúng đối với lịch sử nghiên cứu thú: trong khi nhiều loài bò sát có răng tương tự nhau thì răng ở thú mang tính đặc trưng. Phần bài giảng về thú trong một khóa học về cổ sinh điển hình có vẻ giống như khóa học cơ sở (101) về nha khoa.

Bò sát đương đại (cá sấu, thằn lằn, rắn) thiếu nhiều đặc điểm vốn khiến miệng của thú trở thành đặc trưng riêng biệt nhất. Tất cả răng của một con cá sấu có dạng giống lưỡi dao tương tự nhau, chỉ khác về kích thước lớn nhỏ. Bò sát cũng thiếu sự khớp răng chính xác (khớp khít giữa các răng thuộc hàm trên và hàm dưới) ở người và các loài thú khác. Cũng tương tự như vậy, trong khi thú chỉ thay răng một lần trong đời thì bò sát thay răng suốt đời, thay răng liên tục mỗi khi răng bị mòn và gãy.

Một đặc điểm rất cơ bản của chúng ta – cách khớp răng chính xác của các loài thú – xuất hiện trong hóa thạch trên khắp thế giới có niên đại từ 225 đến 195 triệu năm. Ở tầng đáy, trong lớp đá cổ hơn, chúng tôi đã tìm thấy nhiều hóa thạch bò sát trông hơi giống chó. Chúng là động vật đi bốn chân, sọ lớn và nhiều loài có răng sắc. Sự giống nhau chỉ dừng ở đây. Khác với chó, những bò sát này có một cái hàm gồm nhiều loại xương và răng của chúng không trùng khít với nhau. Tương tự, răng của chúng được thay thế theo cách đặc trưng của bò sát: răng mọc và rụng trong suốt cuộc đời của con vật.

Lên các tầng đá nông hơn, chúng tôi thấy những thú khác biệt hoàn toàn: sự xuất hiện của các đặc điểm ở thú. Các xương hàm nhỏ hơn và dịch chuyển về phía tai. Chúng tôi có thể thấy bằng chứng đầu tiên cho thấy răng ở hàm trên và hàm dưới khớp chính xác với nhau. Hình dạng của hàm cũng thay đổi theo: hàm ở bò sát có hình que đơn giản thì ở thú trông lại giống một cái boomerang. Vào thời kỳ này, răng được thay chỉ một lần trong vòng

đời, giống như ở chúng ta. Chúng ta có thể lần theo những thay đổi này trên các ghi nhận hóa thạch, đặc biệt tại một số điểm hóa thạch ở châu Âu, Nam Phi và Trung Quốc.

Những tảng đá khoảng 200 triệu năm tuổi chứa các sinh vật giống như loài gặm nhấm, chẳng hạn loài *Morganucodon* và *Eozostrodon* đã bắt đầu trông giống thú. Những con vật này có kích thước không lớn hơn một con chuột và mang bên trong những đặc điểm quan trọng của chúng ta. Khó có bức ảnh nào có thể chuyên tải được sự tuyệt vời của những con vật này. Tôi đã xúc động đến run lên khi nhìn thấy những sinh vật này lần đầu tiên.

Khi học sau đại học, tôi đã muốn nghiên cứu về thú nguyên thủy. Tôi chọn trường Harvard bởi vì Farish A. Jenkins (người mà chúng ta đã gặp gỡ ở chương đầu tiên) đang dẫn đầu các chuyến thám hiểm tới miền Tây của nước Mỹ, để sàng lọc một cách có hệ thống các loại đá có chứa đựng thông tin về quá trình các loài thú phát triển khả năng nhai riêng biệt của chúng. Công việc là một khám phá thực sự; Farish và đội của ông ấy tìm kiếm những vị trí và điểm hóa thạch mới chứ không quay lại những nơi mà người khác đã phát hiện. Farish đã tập hợp được một nhóm những người tìm hóa thạch đầy tài năng bao gồm các nhân viên ở Bảo tàng Động vật học so sánh tại Harvard và một vài người làm việc tự do. Người đứng đầu trong số họ là Bill Amaral, Chuck Schaff và Will Downs quá cố. Những người này đã dẫn dắt tôi vào thế giới của cổ sinh vật học.

Farish và đội của mình đã nghiên cứu các bản đồ địa lý và không ảnh để chọn ra những vùng hứa hẹn có thể tìm thấy hóa thạch của thú nguyên thủy. Sau đó, mỗi mùa hè, họ lái xe tải tới các sa mạc của các tiểu bang Wyoming, Arizona và Utah. Khi tôi tham gia cùng họ năm 1983, họ đã tìm thấy một số loài thú cũng như các điểm hóa thạch mới và quan trọng. Tôi đã rất ấn tượng với khả năng dự đoán: chỉ đơn giản bằng cách đọc sách và các bài báo khoa học, đội của Farish có thể xác định những chỗ có khả năng và không có khả năng tìm thấy hóa thạch thú nguyên thủy.

Thử thách đầu tiên của tôi trong lĩnh vực cổ sinh học khởi nguồn từ việc đi bộ cùng Chuck và Bill ở hoang mạc Arizona. Thoạt đầu, công việc tưởng chừng diễn ra hoàn toàn ngẫu nhiên. Tôi đã hình dung ra một cái gì đó na ná như một chiến dịch quân sự, một chuyến đi tiền trạm có tổ chức và phối hợp tại khu vực nghiên cứu. Nhưng những điều tôi thấy hoàn toàn ngược lại. Cả đoàn được thả xuống một khu đá nhất định và mọi người chia nhau đi tất cả các hướng có thể để tìm kiếm từng mảnh xương nằm trên bề mặt. Trong vài tuần đầu tiên của chuyến thám hiểm, họ bỏ tôi một mình. Tôi bắt đầu tìm kiếm hóa thạch, kiểm tra một cách hệ thống từng tảng đá tôi nhìn thấy để tìm những mẫu xương trên bề mặt. Vào cuối ngày, chúng tôi trở về trại và khoe những thứ tìm thấy. Chuck đã kiếm được vài túi xương. Bill tìm ra phần bổ sung cho Chuck, thường là một số loại sọ nhỏ hoặc những thứ khác. Còn tôi

chẳng kiếm được gì, cái túi trống rỗng nhắc cho tôi biết mình cần phải học hỏi thêm nhiều như thế nào.

Sau một vài tuần như vậy, tôi đã quyết định tốt hơn là nên đi cùng Chuck. Dường như ngày nào anh ấy cũng có được nhiều túi đầy hóa thạch nhất, như vậy thì tội gì không học hỏi từ chuyên gia nhỉ? Chuck vui vẻ đi với tôi và giải thích chi tiết về thân niên của mình trong ngành cổ sinh học. Chuck là người gốc ở miền Tây Texas có pha trộn Brooklyn: anh đi ủng cao bồi, có cách suy nghĩ của người miền Tây và một chất giọng New York. Trong khi anh ấy thết đãi tôi bằng những câu chuyện về các chuyên thám hiểm trước đây của mình, tôi thấy toàn bộ kinh nghiệm của mình thật sự khiêm tốn. Đầu tiên, Chuck không nhìn vào từng tảng đá, và ngay cả khi anh ấy chọn một tảng đá để quan sát tôi cũng không thể hiểu được lý do tại sao. Sự việc tiếp theo là điều khiến tôi thực sự xấu hổ: tôi và Chuck cùng quan sát một khoảng đất. Tôi chẳng nhìn thấy gì ngoài đá nằm trên bề mặt hoang mạc trơ trụi. Chuck thì nhận ra răng, hàm, và thậm chí cả một đồng xương sọ hóa thạch.

Nhìn từ trên không, chúng tôi là hai người đi bộ đơn độc giữa vùng đồng bằng rộng tưởng chừng không giới hạn, nơi khung cảnh của các núi băng, ụ đất, cát sỏi khô cằn của sa thạch màu lục và đỏ đầy bụi bặm trải dài hàng dặm. Nhưng Chuck và tôi lại chỉ chăm chú nhìn mặt đất, vào các viên cuội và bờ dốc trên bề mặt của hoang mạc. Những hóa thạch chúng tôi tìm kiếm nhỏ xíu, không lớn hơn vài cm và thế giới của chúng tôi là một thế giới rất nhỏ bé. Môi trường quen thuộc này đối lập hoàn toàn với sự mênh mông của cảnh quan hoang mạc xung quanh chúng tôi. Tôi đã cảm thấy như thể người đi cùng của tôi là con người duy nhất trên trái đất, và toàn bộ năng lượng sống của tôi tập trung vào những mẫu sỏi cuội.

Chuck đã cực kỳ kiên nhẫn với tôi khi tôi quấy rối anh với những câu hỏi trong phần lớn thời gian của một ngày đi khảo sát. Tôi muốn anh mô tả *một cách chính xác* cách tìm xương hóa thạch. Anh lặp đi lặp lại rằng tôi cần tìm kiếm “cái gì đó khác biệt”, cái gì đó có cấu trúc của xương chứ không phải đá, cái gì đó bóng loáng như răng, cái gì đó trông giống xương cánh tay chứ không phải là một mẫu sa thạch. Nghe thì có vẻ dễ, nhưng tôi chịu không thể nắm bắt được những điều anh ấy đang nói với tôi. Cố gắng hết sức, tôi vẫn trở về với cái túi trống rỗng. Giờ thì còn xấu hổ hơn nữa khi Chuck, người cùng tìm kiếm với tôi, trở về với những túi là túi hóa thạch.

Cuối cùng, một ngày kia, tôi đã nhìn thấy mảnh răng đầu tiên lấp lánh trong nắng hoang mạc. Nó nằm ở giữa một số sỏi cuội sa thạch, nhưng nó ở đó, rõ như ban ngày. Lớp men có độ sáng mà không loại đá nào có được; nó chẳng giống với bất kỳ cái gì tôi từng gặp trước đây. Sự thực là ngày nào tôi cũng nhìn những thứ giống như thế. Khác biệt ở chỗ lần này rốt cuộc tôi đã nhận ra nó, nhìn được sự khác biệt giữa đá và xương. Chiếc răng lấp lánh, và

khi tôi thấy nó lấp lánh, tôi phát hiện các mẫu răng. Toàn bộ chiếc răng nằm đơn độc có kích thước khoảng cỡ một đồng xu (không kể phần gốc nhô ra từ chân răng). Đối với tôi, nó lộng lẫy ngang với một con khủng long to nhất đặt trong phòng trưng bày của các bảo tàng.

Đột nhiên, nền hoang mạc chứa đầy xương; nơi trước đây tôi từng chỉ thấy đá là đá thì giờ tôi đang thấy những mảnh và mẫu nhỏ hóa thạch khắp nơi, cứ như thể tôi đang đeo một cặp kính mới và một luồng đèn đã chiếu sáng mọi mảnh xương khác nhau. Ngay cạnh cái răng là những mảnh xương nhỏ khác và nhiều răng hơn nữa. Tôi đang quan sát một cái hàm đã bị phong hóa trên bề mặt và vỡ thành nhiều mảnh. Tôi bắt đầu trở về với những cái túi nhỏ của riêng mình mỗi tôi.

Giờ thì tôi đã có thể tự nhìn thấy xương, công việc lúc đầu tưởng chừng ngẫu nhiên bắt đầu tỏ ra có trật tự rõ ràng. Mọi người không tỏ ra ngẫu nhiên trong hoang mạc; có những quy tắc thực sự tuy không nói ra. Quy tắc số một: đi đến vùng đá trông khả quan nhất, đánh giá dựa trên hình ảnh tìm kiếm hoặc dấu hiệu trực quan mà bạn có được từ những kinh nghiệm trước đây. Quy tắc số hai: không theo lời mồm của bất kỳ ai; tìm kiếm ở vùng đất mới (Chuck đã tốt bụng cho phép tôi phá vỡ quy tắc này). Quy tắc số 3: nếu chỗ bạn tìm kiếm đã có người nghiên cứu thì nên tìm một điểm mới hoặc tìm ở điểm kém hứa hẹn hơn. Ai đến trước người đấy được.

Dần dần, tôi bắt đầu học những dấu hiệu trực quan của các loại xương khác nhau: xương trục, xương hàm, các phần xương sọ. Một khi bạn đã nhìn ra chúng thì bạn sẽ chẳng bao giờ lo mất khả năng tìm thấy chúng. Cũng giống như một ngư dân thành thạo có thể đọc được thủy vực và nhìn thấy cá bên trong, một người tìm kiếm hóa thạch sẽ sử dụng một danh mục các dấu hiệu trực quan để làm cho hóa thạch như nhảy ra khỏi những tảng đá. Tôi bắt đầu có được những cảm giác trực quan của riêng mình về hình ảnh các xương hóa thạch trên các loại đá khác nhau và trong các điều kiện chiếu sáng khác nhau. Tìm hóa thạch vào buổi sáng khác xa so với việc tìm chúng vào buổi chiều, vì điều kiện chiếu sáng lên mặt đất khác nhau.

Hai mươi năm sau, tôi biết rằng mình phải trải qua một trải nghiệm tương tự mỗi lần tôi tìm kiếm hóa thạch ở địa điểm mới, từ kỷ Tam điệp ở Maroc đến kỷ Devon trên đảo Ellesmere. Tôi sẽ gặp khó khăn trong những ngày đầu tiên, gần giống như những ngày đầu tôi đi cùng Chuck ở Arizona cách đây 20 năm. Điểm khác biệt là giờ đây tôi có chút tự tin rằng một đầu mối nào đó cuối cùng sẽ xuất hiện.

Mục tiêu tổng thể của chuyến đi khảo sát cùng với Chuck là tìm ra một điểm có đủ xương hóa thạch để chứng tỏ đó là một lớp giàu hóa thạch mà chúng tôi có thể phát lộ. Khi tôi tham gia, đoàn của Farish đã khám phá ra một khu đá dài khoảng hơn 30m chứa rất nhiều bộ xương của các động vật cỡ nhỏ.

Khu khai lộ hóa thạch của Farish nằm trong lớp đá trầm tích bùn hạt mịn. Thủ thuật để nghiên cứu nó là nhận ra các hóa thạch xuất hiện tại một lớp mỏng, có bề dày không quá một milimet. Một khi bạn phơi lộ bề mặt đó ra, bạn sẽ có nhiều cơ may nhìn thấy các xương hóa thạch. Chúng nhỏ xíu, dài không quá 2,5 – 5cm và có màu đen, vì thế trông chúng gần như vết ố đen trên nền đá nâu nhạt. Các động vật cỡ nhỏ chúng tôi tìm được gồm có ếch nhái (một số trong những loài nguyên thủy nhất), lưỡng cư không chân, thằn lằn cùng các bò sát khác, và quan trọng là một số trong những loài thú nguyên thủy nhất.

Điểm mấu chốt là kích thước các loài thú nguyên thủy đều nhỏ. Phải nói là rất nhỏ. Răng của chúng dài không quá 2mm. Để tìm thấy chúng, bạn phải rất cẩn thận và thường là rất may mắn. Nếu răng bị một mảnh vụn của đá hoặc thậm chí vài hạt cát che đi thì bạn có thể chẳng bao giờ nhìn thấy nó.

Hình ảnh của các loài thú nguyên thủy này đã thực sự ám ảnh tôi. Tôi phải phát lộ lớp hóa thạch rồi quan sát tỉ mỉ toàn bộ bề mặt bằng kính lúp phóng đại 10 lần. Tôi đã bò trên đôi tay và đầu gối của mình với đôi mắt và kính lúp chỉ cách mặt đất chừng 5cm. Vì mê mải vậy nên tôi thường quên mất vị trí của mình và vô tình đi lún sang đất của hàng xóm bên cạnh, cho đến khi đột ngột bị ném một vốc đất vào đầu để nhắc nhở tôi giữ đúng chỗ của mình. Dù vậy, thỉnh thoảng tôi trúng mánh và lần đầu tiên thấy được mối liên hệ sâu sắc. Những chiếc răng hóa thạch trông giống như các lưỡi dao nhỏ có các máu và chân răng. Các máu trên những chiếc răng nhỏ đó hé lộ một điều rất đặc biệt. Mỗi răng có quy luật mòn riêng nơi bề mặt tiếp xúc giữa răng của hàm trên và răng của hàm dưới. Tôi đang quan sát những bằng chứng đầu tiên về kiểu nhai chính xác của chúng ta trên một loài thú bé xíu 190 triệu năm tuổi.

Sức mạnh của những khoảnh khắc này là thứ tôi không bao giờ quên được. Tại đây, bằng việc đéo đá trong đất bụi, tôi đã phá vỡ khá những hiện vật có thể làm thay đổi suy nghĩ của con người. Sự liên hệ giữa các hoạt động trẻ con nhất, thậm chí tầm thường, với một trong những khát vọng tri thức to lớn của con người chưa bao giờ mất đi trong tôi. Tôi cố tự nhắc mình điều này mỗi khi đào bới ở đâu đó.

Quay lại trường học vào mùa thu năm đó, tôi thực sự nghiệm đi khảo sát. Tôi muốn khởi xướng chuyến đi của riêng mình nhưng thiếu nguồn lực để làm một điều gì to lớn, vì vậy tôi bắt đầu khám phá các tầng đá ở Connecticut có tuổi khoảng 200 triệu năm. Được nghiên cứu kỹ trong thế kỷ 19, nơi đây đã được biết đến với nhiều khám phá hóa thạch quan trọng. Tôi đã nghĩ nếu khảo sát vùng đá đó bằng kính lúp, với hình ảnh loài thú nguyên thủy tuyệt vời mà tôi có được, tôi sẽ tìm thấy nhiều mẫu hóa thạch có giá trị. Tôi thuê một chiếc xe bán tải, mang theo một hộp túi đựng mẫu và lên đường tìm kiếm.

Thế nhưng tôi lại học được một bài học khác: tôi chẳng tìm được gì. Quay trở lại nơi khởi đầu, hay đúng hơn là thư viện địa chất của trường.

Tôi cần một nơi có đá 200 triệu năm tuổi được phát lộ rõ: ở Connecticut chỉ có các điểm xẻ núi. Chỗ lý tưởng là dọc bờ biển, nơi hoạt động của sóng biển tạo ra nhiều bề mặt đá mới bị vỡ. Quan sát bản đồ giúp cho tôi có được sự lựa chọn rõ ràng: ở Nova Scotia, đá kỷ Tam điệp và Jura (200 triệu năm tuổi) nằm ngay trên mặt đất. Trên hết, tài liệu cho khách du lịch về vùng này quảng cáo nơi đây có thủy triều cao nhất thế giới (đôi khi trên 15m). Tôi không thể tin vào vận may của mình.

Tôi gọi cho chuyên gia về các loại đá này, anh Paul Olsen, người vừa bắt đầu đi dạy tại Đại học Columbia. Nếu như trước khi nói chuyện với Paul, tôi vốn đã hào hứng với triển vọng tìm thấy hóa thạch thì sau đó tôi đã vỡ òa trong sung sướng. Anh ấy đã miêu tả dạng địa chất hoàn hảo để tìm thấy các loài thú và bò sát nhỏ: các dòng suối và đụn cát cổ xưa có đặc tính chuẩn để bảo quản những mảnh xương nhỏ. Hơn nữa, anh ấy đã tìm thấy một số xương và dấu chân khủng long dọc theo dải bờ biển gần thị trấn Parrsboro, Nova Scotia. Tôi và Paul lên kế hoạch cùng đến Parrsboro và tìm kiếm hóa thạch cỡ nhỏ trên bãi biển. Paul đã rất tử tế vì đây là khu vực nghiên cứu của anh, và anh không có trách nhiệm phải giúp tôi, chứ đừng nói đến cộng tác.

Tôi bàn với Farish về kế hoạch mới của tôi và anh ấy không chỉ tài trợ tiền mà còn đề nghị tôi mang theo các chuyên gia tìm hóa thạch như Bill và Chuck. Tiền tài trợ, Bill, Chuck, Paul Olsen, những vùng đá tuyệt vời đã phơi lộ rõ – bạn còn muốn gì hơn thế? Mùa hè tiếp theo, tôi đã dẫn đầu chuyến đi tìm hóa thạch đầu tiên trong đời mình.

Tôi đến vùng bờ biển Nova Scotia trên một chiếc station wagon<sup>2</sup> thuê, cùng với đội nghiên cứu thực địa của tôi, gồm Bill và Chuck. Tất nhiên, tôi chỉ đùa thôi. Bill và Chuck là những người có tuổi nghề nhiều hơn tuổi của tôi, nên tôi chỉ là trưởng đoàn trên danh nghĩa. Họ điều khiển công việc tìm kiếm hóa thạch, trong khi tôi chỉ trả các bữa ăn tối.



*Paul Olsen tìm các dấu chân trên bãi triều ở Nova Scotia. Khi triều lên, nước tràn lên tận vách đá bên trái. Mũi tên chỉ vào vị trí mà nếu chúng tôi căn giờ sai thì sẽ bị kẹt lại trên các vách đá trong nhiều giờ. Ảnh do tác giả chụp.*

Đá ở vùng Nova Scotia được phơi lộ trên các vách đá sa thạch màu cam cực kỳ lộng lẫy chạy dọc theo vịnh Fundy. Thủy triều lên và xuống 800m mỗi ngày làm lộ ra lớp đá phẳng màu vàng cam rộng lớn. Chúng tôi nhanh chóng bắt tay vào tìm xương hóa thạch ở nhiều khu vực khác nhau. Các đốm xương trắng nhỏ lộ ra dọc theo vách đá. Paul tìm thấy dấu chân ở mọi nơi, thậm chí trên những bãi phẳng lộ ra do thủy triều hằng ngày.

Chuck, Bill, Paul cùng tôi đào bới hai tuần ở Nova Scotia và tìm thấy các mẫu, mảnh dẹt và miếng xương vỡ nhỏ ra khỏi đá. Bill, người phục dựng hóa thạch trong đoàn, liên tục cảnh báo tôi hạn chế phơi lộ xương ngoài thực địa mà nên để nguyên chúng trong lớp sa thạch bảo vệ, như vậy anh ấy có thể truy nguyên các mảnh xương trong vòng thí nghiệm dưới kính hiển vi và trong các điều kiện được kiểm soát tốt hơn. Chúng tôi đã làm như vậy nhưng phải thừa nhận nhưng phải thừa nhận là tôi thất vọng với những thứ mang về: chỉ vài hộp đựng các hòn đá có dấu hiệu của các mảnh xương nhỏ. Khi chúng tôi lái xe về nhà, tôi nhớ mình đã nghĩ rằng cho dù không thu thập được nhiều thì đó cũng là một kinh nghiệm quý báu. Sau đó tôi đi nghỉ một tuần; Chuck và Bill quay lại làm việc ở phòng thí nghiệm.

Khi tôi trở lại Boston, Chuck và Bill đang ra ngoài ăn trưa. Một số đồng nghiệp ghé thăm bảo tàng và bắt gặp tôi, họ tới bắt tay tôi, chúc mừng và vỗ

lung tôi. Tôi được đối xử như một người anh hùng thắng trận mà bản thân không hiểu tại sao; đó có vẻ như một trò đùa kỳ lạ, như thể người ta gài tôi vào một trò bịp lớn. Họ bảo tôi tới phòng thí nghiệm của Bill để xem chiến lợi phẩm của mình. Không biết phải nghĩ gì, tôi chạy đến đó.

Dưới kính hiển vi của Bill là một cái hàm nhỏ xíu, có chiều dài không quá một phân rưỡi. Trên hàm có một vài cái răng nhỏ. Loài vật có hàm này rõ ràng là một loài bò sát vì răng chỉ có một chân răng đơn ở gốc, trong khi răng ở thú có nhiều chân răng. Nhưng trên răng có các mấu và rãnh nhỏ mà tôi có thể nhìn thấy bằng mắt thường. Quan sát những chiếc răng này dưới kính hiển vi, tôi không thể ngạc nhiên hơn: các mấu răng có những mảng mòn nhỏ. Đây là một loài bò sát có kiểu răng khớp giữa hàm trên và hàm dưới. Hóa thạch của tôi nửa mang đặc điểm của thú, nửa mang đặc điểm của bò sát.

Khi tôi vắng mặt, Bill đã mở một trong những khối đá chúng tôi thu được, nhìn thấy một đốm xương, và sửa sang nó bằng một cái kim dưới kính hiển vi. Không ai trong chúng tôi biết về nó trên thực địa, nhưng chuyên thám hiểm của chúng tôi đã thành công lớn. Tất cả là nhờ vào Bill.

Tôi đã học được gì vào mùa hè năm đó? Trước tiên, tôi đã học cách nghe theo lời Chuck và Bill. Tiếp đến, tôi đã biết được rằng nhiều khám phá vĩ đại nhất diễn ra dưới bàn tay của người phục dựng hóa thạch chứ không phải trên thực địa. Nhưng hóa ra, những bài học thực tế lớn nhất của tôi vẫn còn ở phía trước.

Loài bò sát mà Bill đã tìm thấy là một con tritheledont, sinh vật xuất hiện tại Nam Phi và giờ đây là ở Nova Scotia. Những sinh vật này rất hiếm, vì vậy chúng tôi đã muốn quay lại Nova Scotia vào mùa hè sau đó để tìm thêm. Cả mùa đông năm đó tôi háo hức chờ đợi. Nếu tôi có thể đục xuyên băng để tìm hóa thạch thì chắc chắn tôi đã làm.

Vào mùa hè năm 1985, chúng tôi trở lại địa điểm nơi chúng tôi tìm thấy con tritheledont. Khu hóa thạch chỉ ở độ cao tương đương với bãi biển, nơi một mảnh nhỏ của vách núi đã lở ra vài năm trước đó. Chúng tôi phải tính toán thời gian khảo sát do điểm nghiên cứu không thể tiếp cận được khi triều lên, vì nước lên quá cao xung quanh điểm chúng tôi phải tới. Tôi sẽ không bao giờ quên sự hào hứng của ngày đầu tiên khi đi vòng quanh khu vực này để tìm khoáng đá nhỏ có màu cam sáng của chúng tôi. Những gì đã mất đi là một trải nghiệm thực sự đáng nhớ: phần lớn khu vực nghiên cứu nơi chúng tôi đã làm việc vào năm trước. Nó đã bị phong hóa từ mùa đông trước. Vị trí tìm hóa thạch yêu quý của chúng tôi, nơi chứa đựng những con tritheledont đẹp mắt, đã bị cuốn theo thủy triều.

Tin mừng, nếu bạn có thể gọi nó như thế, là còn có một số vùng sa thạch màu cam nữa để khảo sát dọc theo bãi biển. Phần lớn bãi biển, đặc biệt là ở nơi chúng tôi phải đi vòng qua vào mỗi buổi sáng, được thành tạo từ đá



bazan do dòng nham thạch có niên đại 200 triệu năm. Chúng tôi chắc chắn không thể tìm thấy hóa thạch tại đây vì hiển nhiên là những tầng đá này đã từng có nhiệt độ cực kỳ cao và sẽ không bảo tồn được xương hóa thạch. Chúng tôi dành năm ngày hoặc hơn thế nữa để căn thời gian đến các điểm trong vùng thủy triều dâng, tìm kiếm lại trong các khối sa thạch màu cam nằm bên ngoài vùng nham thạch, nhưng không tìm thấy gì hết.

Chúng tôi có được thành tựu quan trọng khi chủ tịch Câu lạc bộ Sư tử địa phương ghé qua căn lều của chúng tôi vào một buổi tối để tìm giám khảo cho cuộc thi sắc đẹp địa phương, tôn vinh hoa hậu Parrsboro. Thị trấn luôn trao cho du khách nhiệm vụ nặng nề này do xung đột nội bộ dâng cao trong suốt sự kiện. Các giám khảo thường xuyên là một cặp vợ chồng lớn tuổi đến từ Quebec đã không ghé thăm thị trấn năm nay, nên tôi cùng đoàn của mình được mời để thay thế.

Nhưng trong lúc làm giám khảo cuộc thi hoa hậu và tranh luận về kết luận của cuộc thi, chúng tôi đã thức quá khuya, quên mất thủy triều lên vào buổi sáng hôm sau và kết cục bị kẹt lại tại một khúc quanh ở vách đá bazan. Chúng tôi mắc kẹt trên một mũi đất nhỏ rộng khoảng 15m trong hai giờ đồng hồ. Đây là lớp đá núi lửa và không phải loại đá được chọn để tìm kiếm hóa thạch. Chúng tôi ném thia lia những viên đá cho tới khi phát chán, rồi sau đó chúng tôi quan sát các tầng đá: có lẽ chúng tôi sẽ tìm thấy những tinh thể hoặc khoáng sản thú vị. Bill biến mất vào một góc, còn tôi quan sát chỗ đá bazan sau lưng chúng tôi. Sau khoảng 15 phút, tôi nghe thấy ai đó gọi mình. Tôi sẽ không bao giờ quên tông giọng chùng xuống của Bill: “Neil, có thể anh muốn lại đây nhìn một chút”. Khi tôi đi vòng ra góc đó, tôi nhìn thấy sự phấn khích trong mắt Bill. Rồi tôi nhìn thấy lớp đá ở dưới chân anh. Nhô ra khỏi các tầng đá là những mảnh nhỏ màu trắng. Xương hóa thạch, có tới hàng nghìn mảnh.

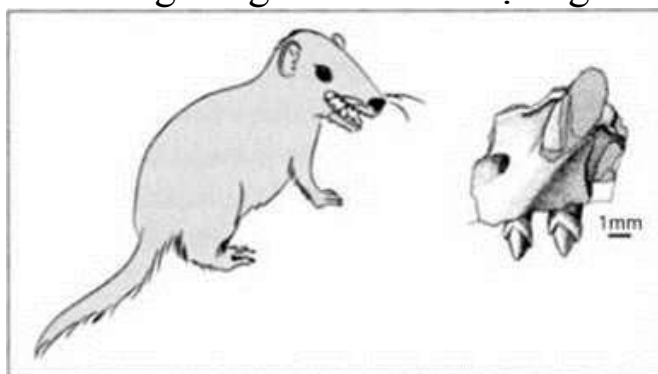
Đây chính là những thứ mà chúng tôi đang tìm kiếm, một điểm có xương hóa thạch nhỏ. Hóa ra đá núi lửa không phải hoàn toàn từ núi lửa, có những vệt sa thạch cắt xuyên qua vách đá. Các khối đá này được tạo ra từ một dòng chảy bùn cổ xưa kết hợp với núi lửa phun trào. Các hóa thạch đã nằm kẹt trong lớp bùn cổ đại.

Chúng tôi đã mang hàng đống đá này về nhà. Bên trong chúng có nhiều mẫu tritheledont, một số cá sấu nguyên thủy và các loài bò sát trông giống thằn lằn. Dĩ nhiên, các mẫu trithelodont có giá trị nhất vì chúng cho thấy một số bò sát đã có kiểu hàm nhai của thú giống chúng ta.

Những loài thú nguyên thủy như các loài mà nhóm Farish tìm thấy ở Arizona có kiểu cắn môi rất chính xác. Các vết mòn của mấu ở răng của hàm trên khớp trùng khớp với những vết mòn y hệt ở răng của hàm dưới. Những kiểu mòn răng này tinh tế tới mức các loài thú nguyên thủy khác nhau có thể được phân biệt thông qua kiểu mòn răng và khớp răng. Các loài thú của

Farish ở Arizona có kiểu mẫu răng và cách nhai khác biệt so với các loài cùng niên đại ở Nam Mỹ, châu Âu hay Trung Quốc. Nếu chúng ta chỉ phải so sánh những hóa thạch này với bò sát đương đại thì nguồn gốc cách ăn mồi của thú có lẽ là một bí mật lớn. Như tôi đã đề cập, cá sấu và thằn lằn không có kiểu khớp răng nào tương tự. Đây là chỗ để những sinh vật giống như tritheledont lấp khoảng trống. Khi chúng ta quay ngược thời gian, ở các tầng đá có niên đại cổ hơn 10 triệu năm như ở Nova Scotia, chúng ta sẽ tìm thấy tritheledont với kiểu hàm nhai nguyên thủy. Ở tritheledont, các mẫu răng riêng lẻ không khớp một cách chính xác như ở thú; thay vào đó, toàn bộ về mặt bên trong của răng ở hàm trên xiên chéo với bề mặt ngoài của răng ở hàm dưới, gần giống như một cái kéo. Tất nhiên, những thay đổi về khớp răng này không diễn ra một cách ngẫu nhiên. Thực vậy, không có gì bất ngờ khi những sinh vật nguyên thủy nhất có kiểu nhai của thú cũng thể hiện những đặc điểm của thú ở hàm dưới, xương sọ và cả bộ xương.

Vì các răng này được bảo quản rất tốt trong các mẫu hóa thạch, chúng tôi đã có thông tin chi tiết về sự tiến hóa theo thời gian của kiểu nhai chính, cũng như khả năng sử dụng các loại thức ăn mới. Phần lớn lịch sử của lớp thú liên quan tới sự tiến hóa của các phương thức tiêu thụ thức ăn mới. Ngay sau khi chúng ta bắt gặp tritheledont trong các mẫu hóa thạch, chúng ta bắt đầu thấy một loạt các loài thú mới với những kiểu răng mới, cũng như các cách thức khớp răng và sử dụng răng mới. Vào khoảng 150 triệu năm trước, trong các tầng đá khắp nơi trên thế giới, chúng ta thấy các loài thú nhỏ có kích thước giống loài gặm nhấm với một kiểu sắp xếp răng theo hàng mới, kiểu hàng răng đã khởi đầu cho sự tồn tại của chúng ta. Những sinh vật này đặc biệt chỗ chúng có cấu tạo miệng phức tạp: hàm của chúng có các loại răng khác nhau. Miệng đã có sự phân chia nhiệm vụ. Răng cửa ở phía trước trở nên chuyên hóa để cắt đứt thức ăn, răng nanh nằm sau răng cửa để xé thức ăn và răng hàm nằm trong cùng để cắn vỡ hoặc nghiền nát thức ăn.



Những loài thú nhỏ trông giống chuột này mang trong mình một phần lịch sử tiến hóa quan trọng của chúng ta. Nếu bạn nghi ngờ điều này thì hãy hình dung mình ăn táo mà thiếu răng cửa, hoặc ăn một củ cà rốt to mà không có răng hàm. Chế độ ăn đa dạng từ hoa quả, thịt cá cho tới bánh Twinkie của chúng ta là nhờ tổ tiên xa xôi nguồn gốc thú của chúng ta đã phát triển một

kiểu miệng có nhiều loại răng khác nhau có thể khớp trùng khít trên dưới. Quả thực, những giai đoạn đầu của quá trình này được quan sát thấy trong hóa thạch tritheledont và các họ hàng cổ xưa khác: răng ở phía trước miệng có một kiểu lưỡi sắc và các mấu răng khác biệt so với răng ở phía sau.

## RĂNG VÀ XƯƠNG – NHỮNG THỨ CỨNG CHẮC

Không cần phải nói ra, chúng ta cũng biết điểm đặc biệt của răng so với các cơ quan khác là độ cứng của chúng. Răng phải cứng hơn thức ăn cần nhai nghiền; thử tưởng tượng ta cố gắng cắt một miếng bít tết bằng bột biển. Xét theo nhiều mặt, răng cứng ngang với đá và nguyên nhân là chúng chứa một phân tử có cấu trúc tinh thể bên trong. Phân tử còn gọi là hydroxyapatite này thâm vào các cấu trúc phân tử và tế bào nằm trong cả răng và xương, khiến cho chúng chịu đựng được sự uốn cong, ép nén và các loại lực khác. Răng cực kỳ cứng vì lớp bên ngoài, được gọi là men răng, có hàm lượng hydroxyapatite cao hơn bất kỳ cấu trúc nào trong cơ thể, kể cả xương. Lớp men cho răng một màu trắng lộng lẫy. Tất nhiên, men răng chỉ là một trong số các lớp cấu tạo nên răng của chúng ta. Các lớp bên trong, chẳng hạn như tủy và ngà răng, cũng chứa đầy hydroxyapatite.

Có rất nhiều sinh vật mang mô cứng - ví dụ như sò và tôm hùm. Nhưng chúng không sử dụng chất hydroxyapatite; tôm hùm và sò sử dụng các chất liệu khác, như calcium carbonate hoặc chitin. Tương tự, không giống như chúng ta, những động vật này có một bộ xương ngoài che trở cho cơ thể. Bộ xương cứng chắc của chúng ta nằm ở bên trong.

Kiểu bố trí những phần cứng chắc đặc trưng của chúng ta, với răng trong miệng và xương trong cơ thể, là một phần tất yếu tạo nên bản thân chúng ta. Chúng ta có thể ăn, di chuyển, hít thở và thậm chí chuyển hóa một số chất khoáng nhất định là nhờ các mô chứa hydroxyapatite. Vì những khả năng này, chúng ta có thể cảm ơn tổ tiên chung của chúng ta và của cá. Mọi loài cá, lưỡng cư, bò sát, chim và thú trên hành tinh đều giống chúng ta. Tất cả chúng đều có những bộ phận trong cơ thể chứa chất hydroxyapatite. Nhưng điều này bắt nguồn từ đâu?

Có một vấn đề tri thức quan trọng cần được làm sáng tỏ ở đây. Nếu biết nơi nào, khi nào và bằng cách nào các xương và răng cứng xuất hiện, chúng ta sẽ hiểu được nguyên nhân. Tại sao các loại mô cứng của chúng ta xuất hiện? Chúng xuất hiện để bảo vệ động vật khỏi ảnh hưởng của môi trường chẳng? Chúng xuất hiện để giúp động vật di chuyển? Lời giải đáp cho các câu hỏi này nằm trong mẫu hóa thạch ở các tầng đá xấp xỉ 500 triệu năm tuổi.

Một vài loại hóa thạch phổ biến nhất trong các đại dương cổ cách đây

500 đến 250 triệu năm là conodont (cá răng nón). Chúng được phát hiện vào những năm 1830 bởi nhà sinh vật học người Nga Christian Pander, người sẽ được nói tới ở các chương sách tiếp theo. Conodont là những sinh vật nhỏ có vỏ với một loạt gai nhô ra khỏi cơ thể. Kể từ sau Pander, nhóm sinh vật này được phát hiện ở mọi châu lục; có những chỗ bạn không thể tách đá mà không gặp phải rất nhiều hóa thạch của chúng. Có hàng trăm loài conodont đã được tìm thấy.

Trong một thời gian dài, conodont là một bí ẩn: các nhà khoa học bất đồng trong việc phân loại chúng là động vật, thực vật hay khoáng vật. Mọi người dường như đều có giả thuyết ưa thích riêng. Conodont từng được gọi là sò, bọt biển, động vật có xương sống, thậm chí là giun. Những suy đoán kết thúc khi toàn bộ cơ thể của nó bắt đầu xuất hiện trong ghi nhận hóa thạch.

Mẫu vật đầu tiên khiến mọi thứ trở nên sáng tỏ được một giáo sư cổ sinh học tình cờ tìm thấy ở tầng hầm Đại học Edinburgh: có một phiến đá mỏng bên trong có mẫu hóa thạch trông giống một con cá mút đá. Bạn có thể nhớ lại các con cá mút đá được học ở các lớp sinh học – chúng là những loài cá nguyên thủy không có hàm. Chúng kiếm ăn bằng cách bám vào các con cá khác và hút dịch cơ thể của chúng. Nằm chồng lên vết in của con cá mút đá là những hóa thạch nhỏ trông quen thuộc lạ kỳ: những con conodont. Các hóa thạch trông giống cá mút đá khác bắt đầu xuất hiện trong các tầng đá ở Nam Phi và sau này ở miền Tây của Hoa Kỳ. Những sinh vật này đều có một đặc điểm khác thường: chúng có một bộ nhiều chiếc răng hình nón ở miệng. Kết luận trở nên rõ ràng: các răng nón chính là răng. Và không phải răng bình thường. Răng nón là răng của một loài cá không hàm cổ đại.

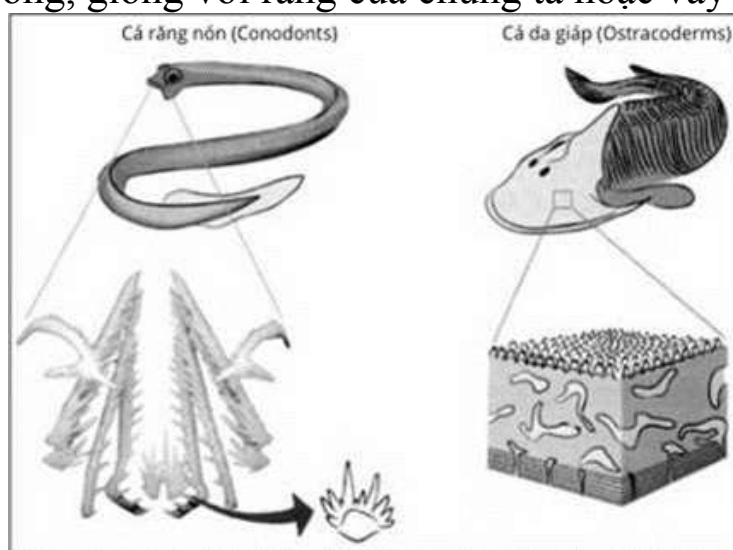
Chúng ta gặp những chiếc răng nguyên thủy nhất ở các ghi nhận hóa thạch trong suốt hơn 150 năm trước khi chúng ta biết chúng là gì. Nguyên nhân là do cách bảo tồn hóa thạch. Phần cứng, ví dụ như răng, được bảo tồn dễ dàng. Các phần mềm của cơ thể như cơ, da và ruột thường bị phân hủy và không hóa đá. Chúng ta có các ngăn tủ bảo tàng chứa đầy xương, vỏ cứng và răng hóa thạch, nhưng rất ít hóa thạch quý giá về ruột và não bộ. Trong những dịp hiếm hoi khi chúng ta tìm được bằng chứng về các mô mềm, chúng thường được bảo quản dưới dạng các vết in hoặc khuôn đúc. Ghi nhận hóa thạch của chúng ta chứa đầy răng của conodont, nhưng cũng phải mất 150 năm chúng ta mới tìm ra cơ thể của những chiếc răng đó. Ngoài ra, có một điều đáng chú ý về cơ thể của sinh vật có những chiếc răng nón. Chúng không có xương cứng. Chúng là những loài động vật thân mềm có răng cứng.

Trong nhiều năm, các nhà khảo cổ đã tranh luận về lý do tại sao bộ xương cứng chứa hydroxyapatite lại xuất hiện đầu tiên. Đối với những người tin rằng bộ xương bắt đầu với hàm, xương cột sống, hoặc vỏ bọc cơ thể thì

conodont sẽ được xem là “một cái răng bất tiện”. Các phân cơ thể đầu tiên chứa hydroxyapatite là răng. Các xương cứng xuất hiện không phải để bảo vệ động vật mà để ăn thịt chúng. Với giả thuyết này, thế giới cá ăn cá thực sự là quyết liệt. Đầu tiên, cá lớn ăn cá bé; sau đó cuộc chạy đua vũ trang bắt đầu. Cá nhỏ phát triển áo giáp, cá lớn phát triển hàm lớn hơn để nghiền nát áo giáp và cứ tiếp tục như vậy. Răng và xương đã thực sự làm thay đổi cục diện cạnh tranh.

Mọi thứ càng thú vị hơn khi chúng ta quan sát một số loài động vật đầu tiên có đầu cấu tạo bằng xương. Khi xuôi dòng thời gian kể từ những động vật răng hình nón nguyên thủy nhất, chúng ta sẽ thấy bộ khung xương của động vật có đầu bằng xương đầu tiên trông như thế nào. Chúng thuộc các loài cá giáp bì (ostracoderm) sống cách đây khoảng 500 triệu năm nằm trong các tầng đá trên toàn thế giới, từ vùng cực bắc tới Bolivia. Những loài cá này trông giống chiếc bánh kẹp hamburger với cái đuôi nần nần.

Vùng đầu của cá giáp bì là một đĩa lớn được phủ bởi một lá chắn bằng xương trông giống cái khiên. Nếu tôi mở ngăn kéo trong bảo tàng lấy cho các bạn xem một mẫu, các bạn sẽ ngay lập tức nhận ra có gì đó kỳ lạ: xương đầu thực sự sáng bóng, giống với răng của chúng ta hoặc vảy cá.



Một loài conodont (bên trái) và cá giáp bì (cá da giáp) (bên phải). Conodont lúc đầu được phát hiện dưới dạng không đầy đủ. Sau đó, toàn bộ cơ thể được phát hiện, chúng ta biết rằng nhiều răng trong số này hoạt động cùng nhau tạo thành một hàng răng ở trong miệng của những con cá không hàm thân mềm. Cá giáp bì có đầu được bao bọc bằng một tấm lá chắn bằng xương. Các lớp vi phẫu của tấm khiên đó trông giống như chúng được hình thành từ các cấu trúc nhỏ giống răng. Hàng răng của conodont được phục dựng nhờ tiến sĩ Mark Purnell, Đại học Leicester và tiến sĩ Philip Dongohue, Đại học Bristol.

Một trong các điểm thú vị khi làm một nhà khoa học là thế giới tự nhiên có khả năng làm cho bạn kinh ngạc và bất ngờ. Ví dụ hoàn hảo cho điều này là các loài cá giáp bì, một nhóm cá không hàm cổ đại còn khá bí ẩn. Cá giáp bì nằm trong nhóm những sinh vật có đầu bằng xương nguyên thủy nhất. Khi cắt mở hộp sọ, nhúng nó vào nhựa dẻo, soi dưới kính hiển vi, bạn sẽ không

thấy bất kỳ cấu trúc mô kinh điển nào; thay vào đó, bạn sẽ thực sự nhìn thấy cấu trúc giống hệt như trong răng của mình. Có một lớp men và thậm chí là một lớp tủy. Toàn bộ tám chấn được tạo thành từ hàng nghìn răng nhỏ dính liền với nhau. Chiếc sọ bằng xương này – một trong số những mẫu hóa thạch được ghi nhận sớm nhất – được tạo ra hoàn toàn từ những chiếc răng nhỏ. Răng ban đầu xuất hiện để ăn thịt các sinh vật; sau đó, một phiên bản của răng được sử dụng theo một cách mới để bảo vệ chúng.

## RĂNG, TUYẾN DA VÀ LÔNG VŨ

Răng không chỉ biểu trưng cho một cách sống hoàn toàn mới, chúng tiết lộ nguồn gốc của một cách hoàn toàn mới để hình thành các cơ quan. Răng phát triển do sự tương tác giữa hai lớp mô trong phần da đang phát triển của chúng ta. Về cơ bản, hai lớp mô này tiến lại gần nhau, các tế bào phân chia, các lớp mô thay đổi hình dạng và tạo ra protein. Lớp bên ngoài tiết ra tiền chất của lớp men, lớp bên trong tạo ra ngà răng và tủy răng. Theo thời gian, cấu trúc của răng được hoàn chỉnh, rồi hình thành các kiểu mẫu răng và hồ lõm đặc trưng cho mỗi loài.

Điểm mấu chốt trong quá trình phát triển của răng là sự tương tác giữa hai lớp mô này, một lớp tế bào bên ngoài và một lớp các tế bào có cấu trúc lỏng lẻo bên trong khiến cho mô uốn khúc và làm cả hai lớp mô tiết ra các phân tử hình thành cơ quan. Hóa ra một quá trình giống hệt như vậy nằm sau sự phát triển tất cả các cấu trúc hình thành bên trong da: vảy sừng, lông mao, lông vũ, tuyến mồ hôi, thậm chí tuyến sữa. Trong mỗi trường hợp, hai lớp mô nằm sát nhau, gấp uốn và tiết ra protein. Thực vậy, bộ công tắc di truyền chính hoạt động trong quá trình này ở từng loại mô rất giống nhau.



*Răng, tuyến vú, lông vũ và lông mao hình thành từ sự tương tác giữa các lớp mô của da.*

Ví dụ này na ná việc xây dựng một nhà máy mới hoặc tạo ra một dây chuyền lắp ráp. Khi kỹ thuật phun chất dẻo được phát minh, nó được sử dụng để làm ra mọi thứ từ phụ tùng ô tô đến đồ chơi yo-yo. Răng cũng vậy. Khi quá trình tạo răng xuất hiện, nó được biến đổi để tạo ra nhiều loại cơ quan nằm bên trong da. Chúng ta thấy quá trình này phát triển cực độ ở cá giáp bì (ostracoderm). Chim, bò sát và con người cũng chỉ là sự phát triển tốt đỉnh xét về nhiều mặt. Chúng ta không bao giờ có vảy sừng, lông vũ hoặc vú nếu đầu tiên chúng ta không có răng. Các công cụ phát triển tạo ra răng được tái sử dụng để tạo nên các cấu trúc da quan trọng khác. Thực sự như vậy, các cơ quan khác nhau như răng, lông vũ, và vú đều có liên hệ chặt chẽ với nhau qua lịch sử tiến hóa.

Chủ đề của bốn chương đầu này là làm thế nào chúng ta có thể truy ra nguồn gốc của cơ quan giống nhau ở các sinh vật khác biệt. Ở Chương 1, chúng ta thấy có thể dự đoán và tìm thấy nhiều phiên bản của các cơ quan của chúng ta trong lớp đá cổ. Ở Chương 2 chúng ta thấy có thể tìm ra nguồn gốc các xương tương tự nhau từ cá tới người như thế nào. Chương 3 cho thấy phần có thể di truyền thực sự của cơ thể chúng ta – DNA và công thức di truyền giúp hình thành các cơ quan – có thể được quan sát ở những sinh vật rất khác nhau. Còn ở đây, với răng, tuyến vú, và lông vũ chúng ta lại tìm thấy một chủ đề tương tự. Các quá trình sinh học tạo nên những cơ quan khác nhau này là các phiên bản của cùng một thứ. Khi bạn nhận thấy các đặc điểm tương tự nằm sâu bên trong các cơ quan và cơ thể khác nhau, bạn sẽ bắt đầu nhận ra các cư dân đa dạng của thế giới chúng ta chẳng qua là những biến thể của cùng một chủ đề.





# CHƯƠNG 5

\* \* \*

## VƯỢT LÊN DẪN ĐẦU

Đó là vào thời gian hai ngày trước hôm thi cuối kỳ môn giải phẫu học và tôi đã ở lại trong phòng thí nghiệm tới khoảng 2 giờ sáng để ghi nhớ các dây thần kinh sọ. Ở người có 12 đôi thần kinh sọ, trong đó mỗi dây tách nhánh và xoắn cuộn khác thường bên trong hộp sọ. Để nghiên cứu được chúng, chúng tôi phải bỏ đôi sọ theo chiều từ trán xuống cằm và cưa lộ một số xương vùng má. Cứ thế, với mỗi tay cầm một nửa cái đầu, tôi đã lần theo đường ngoằn ngoèo của dây thần kinh đi từ não bộ đến các cơ và cơ quan cảm giác khác nhau bên trong cơ thể.

Tôi bị cuốn hút bởi hai dây thần kinh sọ, dây thần kinh sinh ba và dây thần kinh mặt. Cấu tạo phức tạp của chúng nằm ở một thứ đơn giản, dễ hiểu đến mức tôi nhìn nhận phần đầu của con người theo một cách mới. Cách nhìn thấu đáo này bắt nguồn từ những hiểu biết về hệ thần kinh có cấu tạo đơn giản hơn nhiều của cá mập. Sự tinh tế của khám phá này – mặc dù nó chẳng có gì mới mẻ; những nhà giải phẫu học so sánh đã biết đến nó từ hơn một thế kỷ – và áp lực của kỳ thi sắp tới đã khiến tôi quên mất mình đang ở đâu. Có một lúc, tôi quan sát xung quanh. Đó là vào nửa đêm và tôi chỉ còn một mình trong phòng thí nghiệm. Tôi đang đứng giữa 25 thi thể phủ vải. Lần đầu tiên và cũng là lần cuối cùng, tôi thực sự sợ hãi. Tôi đã bị kích động tới mức dựng tóc gáy, đôi chân của tôi đã làm đúng chức năng của chúng, chỉ trong một phần nghìn giây tôi đã ở bên xe buýt, mệt đứt hơi. Thực sự tôi cảm thấy lố bịch. Tôi còn nhớ đã tự nhủ thầm: Shubin, mày đã kiên cường rồi đây. Ý nghĩ đó không trụ được lâu; tôi sớm nhận ra rằng tôi đã quên chìa khóa nhà trong phòng thí nghiệm.

Điều làm tôi trở nên kiên cường là giải phẫu đầu cực kỳ thú vị, thực sự tuyệt vời. Một trong những niềm vui trong khoa học là đôi khi chúng ta tìm thấy mẫu hình tiết lộ một trật tự nơi những thứ ban đầu tưởng chừng như hỗn độn. Một mớ bòng bong trở thành một phần của một sơ đồ đơn giản và bạn cảm thấy mình đang nhìn xuyên thấu qua một cái gì đó để tìm ra bản chất của nó. Chương này sẽ nói về việc tìm ra bản chất bên trong cái đầu của chúng ta. Và tất nhiên là trong đầu của các loài cá nữa.

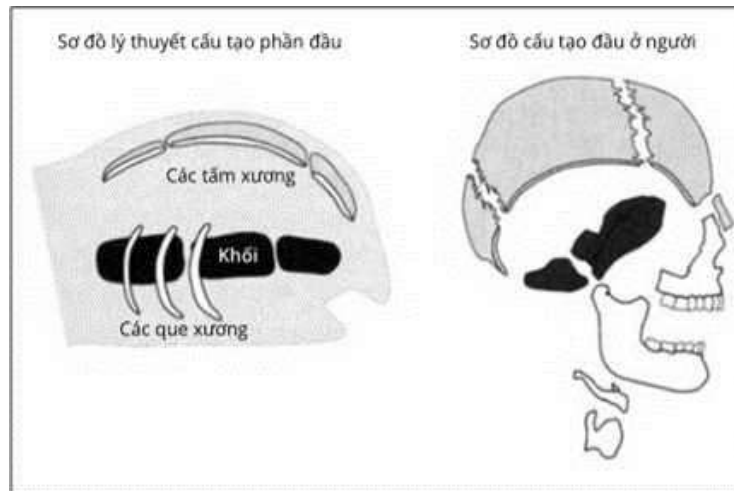
## SỰ HỖN ĐỘN BÊN TRONG CÁI ĐẦU

Giải phẫu đầu không chỉ phức tạp mà còn khó quan sát, bởi vì, không giống như các phần khác của cơ thể, các mô phần đầu được bao bọc trong một hộp bằng xương. Chúng ta thực sự phải nhìn xuyên qua má, trán và hộp sọ để thấy được các mạch máu và cơ quan bên trong. Khi mở phần đầu ra, chúng ta thấy một đống những thứ trông như dây câu cá bị rối vào nhau. Các mạch máu và dây thần kinh tạo thành các búi và vòng xoắn lạ kỳ khi chúng chạy xuyên hộp sọ. Hàng nghìn nhánh dây thần kinh, cơ, và xương nằm trong cái hộp nhỏ bé này. Thoạt nhìn, toàn bộ sự sắp xếp này là một mớ vô cùng hỗn độn.

Hộp sọ của chúng ta được tạo thành từ ba phần cơ bản: các tấm, khối và que xương. Các tấm xương sọ bao lấy bộ não của chúng ta. Hãy vỗ nhẹ lên đỉnh đầu mình, các bạn sẽ cảm nhận được chúng. Những tấm xương lớn này khớp khít với nhau như các mảnh xếp hình, và tạo nên phần lớp hộp sọ. Khi chúng ta sinh ra, các tấm xương này chưa liền với nhau; các khoảng cách nằm giữa chúng, phần thóp, nhìn được ở trẻ sơ sinh, đôi khi phập phồng cùng với mô não bên dưới. Khi chúng ta lớn lên, các xương phát triển rộng ra và lúc chúng ta khoảng hai tuổi thì chúng gắn kín lại với nhau.

Một phần khác của xương sọ chúng ta nằm bên dưới bộ não tạo thành giá đỡ để nâng đỡ bộ não. Không giống với các xương dạng tấm ở đỉnh sọ, những xương này trông giống các khối phức tạp và có nhiều động mạch, dây thần kinh chạy qua. Loại xương thứ ba tạo nên hàm, một số xương ở vùng tai và các xương khác ở cổ họng của chúng ta; những xương này lúc bắt đầu phát triển trông giống như các que. Sau đó chúng bị phân tách và thay đổi hình dạng để giúp chúng ta nhai, nuốt và nghe.

Bên trong hộp sọ là một số khoang và khoảng trống chứa các cơ quan khác nhau. Rõ ràng là bộ não chiếm khoảng không gian lớn nhất trong số các khoang này. Những khoảng trống khác dành cho mắt, các phần của tai và các cấu trúc mũi của chúng ta. Thách thức lớn nhất trong việc tìm hiểu giải phẫu của đầu là quan sát các khoảng trống và cơ quan khác nhau này trong không gian 3 chiều.



*Các tấm, khối và que xương: những phần chính của sọ. Mọi xương phần đầu của chúng ta đều có nguồn gốc từ những cấu tạo này.*

Gắn với xương và các cơ quan trong đầu là các cơ nhai, cơ nói, cơ chuyển động mắt và cơ cử động đầu. Mười hai đôi dây thần kinh hỗ trợ cho những cơ này, mỗi dây thần kinh đi từ bộ não tới một vùng khác nhau bên trong đầu. Đây là những dây thần kinh não đáng sợ.

Chìa khóa để giải mã những điểm cơ bản của đầu là nhìn nhận các dây thần kinh não không chỉ là một mớ bòng bong. Thật ra, phần lớn trong số chúng rất đơn giản. Các dây thần kinh não đơn giản nhất chỉ có một chức năng và chúng gắn với một cơ hoặc một cơ quan. Dây thần kinh não chạy tới mũi, cơ quan khứu giác, chỉ có một nhiệm vụ: truyền thông tin từ các mô ở mũi lên não. Một số dây thần kinh chạy tới mắt và tai cũng có chức năng đơn giản như vậy: thần kinh thị giác liên quan tới việc nhìn; thần kinh thính giác có chức năng nghe. Về phần bốn dây thần kinh não khác, chúng chỉ có chức năng điều khiển cơ – như giúp mắt chuyển động bên ở mắt hoặc giúp đầu xoay phía trên cổ.

Nhưng có bốn đôi thần kinh não khiến sinh viên ngành y mắt hàng thập kỷ để học. Rõ ràng, bốn đôi này có các chức năng rất phức tạp và chạy quanh co bên trong đầu để thực hiện nhiệm vụ của chúng. Thần kinh sinh ba và thần kinh mặt xứng đáng có vị trí đặc biệt. Cả hai đôi thần kinh này đi ra từ não và phân nhánh thành một mạng lưới rối rắm. Giống như một đường cáp có cả tín hiệu tivi, Internet và điện thoại, một nhánh đơn của thần kinh sinh ba hoặc thần kinh mặt có thể mang cả thông tin cảm giác và vận động. Các sợi đơn mang thông tin cảm giác và vận động xuất phát từ các phần khác nhau của bộ não được hợp nhất trong bó dây cáp (mà chúng ta gọi là dây thần kinh sinh ba và dây thần kinh mặt), rồi lại phân nhánh lần nữa để phân tán khắp phần đầu.

Các nhánh thần kinh sinh ba có hai chức năng chính: chúng kiểm soát cơ và truyền thông tin cảm giác ở hầu hết vùng mặt về não bộ của chúng ta. Các cơ được thần kinh sinh ba kiểm soát gồm những cơ chúng ta dùng để nhai

cũng như những vi cơ nằm sâu trong tai. Thần kinh sinh ba cũng là dây thần kinh cảm giác chính ở vùng mặt. Nguyên nhân vì sao một cái tát vào mặt tạo cảm giác đau đến thế là do, ngoài vấn đề đau đớn do cảm xúc, thần kinh sinh ba truyền thông tin cảm giác từ da mặt của chúng ta lên não. Các nha sĩ cũng biết rõ về các nhánh của thần kinh sinh ba. Các nhánh thần kinh khác nhau chạy tới gốc răng; một lần gây tê dọc theo một trong những nhánh thần kinh này có thể làm mất cảm giác ở các phần khác nhau của hàm răng.

Thần kinh mặt cũng kiểm soát các cơ và truyền thông tin cảm giác. Đúng như tên gọi, nó là dây thần kinh chính kiểm soát các cơ biểu cảm của khuôn mặt. Chúng ta sử dụng những cơ nhỏ bé này để cười, nhăn mặt, nhướng hoặc hạ lông mày, phồng lỗ mũi và các chuyển động tương tự. Chúng có những cái tên cực kỳ kêu. Một trong những cơ chính chúng ta dùng khi nhăn mặt – nó kéo góc miệng của chúng ta xuống dưới – được gọi là cơ hạ góc miệng. Một cái tên tuyệt vời khác thuộc về cơ dùng để nhíu mày khi chúng ta lo lắng: cơ nhăn lông mày. Phồng được lỗ mũi là nhờ ta dùng đến cơ mũi. Mỗi một cơ này, giống với tất cả các cơ biểu cảm ở mặt khác, đều được điều khiển bằng các nhánh thần kinh mặt. Những động tác như cười không cân hoặc sụp mí mắt không đều là dấu hiệu không bình thường của thần kinh mặt ở một bên mặt của người đó.

Có lẽ bạn đã bắt đầu hiểu tại sao tôi lại thức khuya như vậy để nghiên cứu về những dây thần kinh này. Những điều này dường như chẳng có ý nghĩa gì. Ví dụ, cả thần kinh sinh ba và thần kinh mặt đều phát nhánh tới các cơ trong tai của chúng ta. Tại sao hai dây thần kinh khác biệt này, vốn phân nhánh tới các phần hoàn toàn khác nhau ở vùng mặt và hàm, lại phân nhánh tới những cơ tai nằm ngay cạnh nhau như vậy? Càng khó hiểu hơn, thần kinh sinh ba và thần kinh mặt gần như giao thoa với nhau khi chúng phân nhánh tới vùng mặt và hàm của chúng ta. Tại sao? Những chức năng thừa kỳ quặc và đường nhánh quanh co như vậy dường như chẳng ăn nhập hoặc phù hợp với cấu trúc của chúng, càng khó giải thích làm thế nào để những dây thần kinh này khớp với các xương dạng các tấm, khối và que của hộp sọ chúng ta.

Khi nghĩ về những dây thần kinh này, tôi đã nhớ lại những ngày đầu ở Chicago vào năm 2001. Tôi đã được phân chỗ trong phòng thí nghiệm nghiên cứu của tòa nhà một trăm tuổi và phòng thí nghiệm cần các đường cáp đa dụng mới, đường ống nước và thông hơi. Tôi nhớ đến cái ngày khi bên thi công lần đầu tiên mở các bức tường để tiếp cận những bộ phận bên trong tòa nhà. Phản ứng của họ với hệ thống đường ống và dây dẫn bên trong tường cũng giống hệt như phản ứng của tôi lần đầu tiên khi mở hộp sọ để nhìn thấy thần kinh sinh ba và thần kinh mặt. Các dây điện, dây cáp và ống trong tường là một mớ bòng bong. Không ai có tư duy tốt lại thiết kế một tòa nhà từ đầu như vậy, với dây cáp và ống tạo thành những búi và vòng xoắn kỳ quặc xuyên suốt tòa nhà.

Và đó chính là điều mà tôi muốn nói. Tòa nhà của tôi được xây dựng vào năm 1896 và các tiện ích phản ánh một thiết kế cũ kỹ đã được chấp vá thêm qua mỗi lần tu sửa. Nếu bạn muốn hiểu về dây điện và ống nước trong tòa nhà này thì bạn phải hiểu về lịch sử của nó, cách nó được tu sửa qua mỗi thế hệ các nhà khoa học. Cái đầu của tôi cũng có một lịch sử lâu dài, và quá trình lịch sử này giải thích các dây thần kinh phức tạp như thần kinh sinh ba và thần kinh mặt.

Đối với chúng ta, lịch sử đó bắt đầu từ một quả trứng được thụ tinh.

## BẢN CHẤT NẪM BÊN TRONG CÁC PHÔI BÀO

Không có ai bắt đầu sự sống đã có ngay một cái đầu: tinh trùng và trứng gặp gỡ nhau tạo nên một tế bào đơn lẻ. Trong vòng ba tuần sau thời điểm thụ tinh, đơn bào này lớn lên thành một quả cầu nhiều tế bào, rồi sau đó thành một tập hợp tế bào hình đĩa lõm giống như một chiếc Frisbee, tiếp đó thành một cấu trúc trông gần giống một ống bao gồm các loại mô khác nhau. Giữa ngày thứ 23 và 28 sau khi trứng được thụ tinh, phần đầu trước ống dày lên và gấp nếp phủ lên cơ thể, như vậy phôi trông như nó đã bị cuộn lên trong tư thế của bào thai. Đầu vào giai đoạn này trông giống như một khối tròn lớn. Phần gốc của khối này giữ vai trò chủ chốt đối với hầu hết cấu tạo cơ bản của đầu.

Bốn điểm phình nhỏ phát triển xung quanh vùng này sẽ trở thành cổ họng. Khoảng ba tuần tuổi chúng ta sẽ thấy hai điểm lồi đầu tiên và hai điểm lồi còn lại xuất hiện sau khoảng bốn ngày sau đó. Mỗi điểm lồi ở bề mặt bên ngoài trông không có gì đặc biệt: một khối tròn đơn giản, tách biệt khỏi điểm lồi kế tiếp bằng một nếp gấp nhỏ. Khi bạn theo dõi điều gì diễn ra với các khối tròn và nếp gấp, bạn bắt đầu thấy trật tự và vẻ đẹp của phần đầu, trong đó có các dây thần kinh sinh ba và thần kinh mặt.

Trong số các tế bào bên trong mỗi khối tròn, được gọi là cung (cung mang), một số sẽ hình thành mô xương, số khác tạo thành mô cơ và các mạch máu. Có một phức hợp nhiều tế bào bên trong mỗi cung; một số tế bào được phân chia ngay tại đó trong khi số khác di cư một quãng dài vào trong từng cung. Khi chúng ta nhận biết các tế bào trong mỗi cung dựa vào nơi chúng phân bố ở cơ thể trưởng thành, mọi thứ bắt đầu trở nên có ý nghĩa.

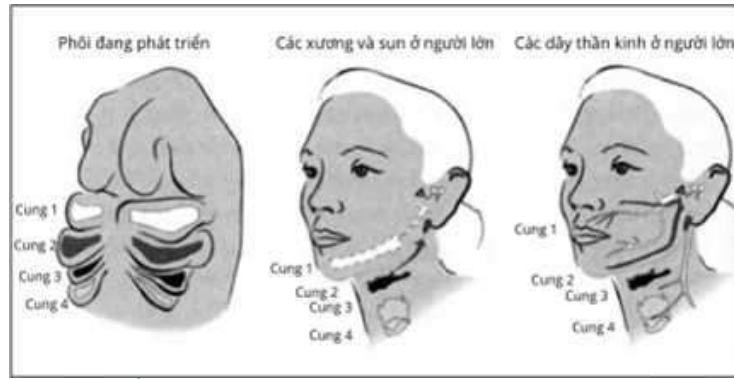
Sau cùng, các mô của cung đầu tiên tạo nên hàm trên và hàm dưới, hai xương tai nhỏ xíu (xương búa và xương đe) và tất cả mạch máu cùng các cơ hỗ trợ cho chúng. Cung thứ hai hình thành nên xương tai nhỏ thứ ba (xương bàn đạp), một xương họng nhỏ và phần lớn cơ kiểm soát sự biểu cảm của khuôn mặt. Cung thứ ba tạo thành xương, cơ và các dây thần kinh nằm sâu hơn trong cổ họng; chúng ta sử dụng những cơ quan này để nuốt. Cuối cùng,

cung thứ tư hình thành nên phần sâu nhất trong vỏ hõng, bao gồm các phần của hầu, cơ và các mạch máu bao quanh giúp nó hoạt động.

Nếu bạn thu nhỏ mình bằng kích thước đầu mũi ghim và đi vào bên trong khoang miệng của một phôi đang phát triển, bạn sẽ thấy những chỗ lõm tương ứng với mỗi điểm lồi. Có bốn chỗ lõm vào. Và giống như các cung phía bên ngoài, các tế bào trên chỗ lõm hình thành nên những cấu trúc quan trọng. Chỗ lõm đầu tiên kéo dài thành ống nhĩ – hầu (ống Eustach) và một số cấu trúc trong tai. Chỗ lõm thứ hai hình thành hốc giữ amidan. Chỗ lõm thứ ba và thứ tư hình thành các tuyến quan trọng, trong đó có tuyến cận giáp, tuyến ức và tuyến giáp.

Những gì tôi vừa cung cấp cho các bạn là một trong những mẹo rất tốt để hiểu rõ các dây thần kinh não phức tạp nhất cũng như các phần có kích thước lớn của đầu. Khi bạn nghĩ tới thần kinh sinh ba, hãy nghĩ ngay tới cung thứ nhất. Thần kinh mặt, cung thứ hai. Lý do mà thần kinh sinh ba chạy tới cả hàm và tai là vì tất cả các cấu trúc mà nó hỗ trợ đều phát triển từ cung thứ nhất. Điều tương tự cũng xuất hiện ở thần kinh mặt và cung thứ hai. Cơ biểu cảm trên mặt có điểm chung gì với các cơ trong tai do thần kinh mặt hỗ trợ? Tất cả chúng là sản phẩm của cung thứ hai. Đối với thần kinh của cung thứ ba và thứ tư, đường đi phức tạp của chúng đều liên quan tới phân nhánh cấu trúc dây thần kinh xuất hiện từ các cung tương ứng. Các dây thần kinh bắt nguồn từ cung thứ ba và thứ tư, trong đó có thần kinh lưỡi hầu và phế vị, tuân theo quy luật tương tự với các dây thần kinh ở phía trước, mỗi dây phân nhánh tới các cấu trúc phát triển từ các cung có liên quan.

Bản thiết kế cơ sở này của đầu giúp chúng ta hiểu được một trong những giai thoại trong giải phẫu học. Chuyện kể rằng vào năm 1820, Johannes Goethe đang đi ngang qua nghĩa địa người Do thái ở Venice thì nhìn thấy một bộ xương đang phân hủy của một con cừu non. Cột sống lộ ra và bên trên là một hộp sọ bị hư hại. Trong một phút linh ứng, Goethe thấy các chỗ vỡ của hộp sọ trông giống một mớ hỗn độn các đốt sống. Đối với Goethe, điều này cho thấy quy luật cơ bản bên trong: đầu được tạo ra từ các đốt sống gắn kết với nhau và phát triển thành vòm sọ giữ trọn bộ não và các cơ quan cảm giác bên trong. Đây là một ý tưởng mang tính cách mạng bởi vì nó đã kết nối phần đầu với cơ thể dưới dạng hai phiên bản của cùng một thiết kế cơ bản. Quan niệm này chắc là khá phổ biến vào đầu những năm 1800 vì những người khác, trong số đó có Lorenz Oken, được cho là đã tìm ra ý tưởng giống như vậy trong một bối cảnh tương tự.



*Nếu chúng ta theo dõi sự phát triển của các cung mang từ phôi tới giai đoạn trưởng thành, chúng ta có thể tìm ra nguồn gốc của hàm, tai, hầu và cổ họng. Xương, cơ, dây thần kinh và động mạch đều phát triển bên trong những cung mang này.*

Cả Goethe và Oken đã nhận ra đặc điểm có ý nghĩa rất quan trọng mặc dù vào thời bấy giờ họ không biết rõ về nó. Cơ thể của chúng ta được phân đốt và kiểu cấu tạo này thấy rõ nhất ở các đốt sống. Mỗi một đốt sống là một khối đại diện cho một đốt của cơ thể. Tổ chức dây thần kinh của chúng ta cũng phân đốt, liên quan mật thiết với kiểu phân đốt của đốt sống. Các dây thần kinh đi ra từ tủy sống để hỗ trợ cho cơ thể. Cấu trúc dạng đốt thể hiện rõ khi chúng ta quan sát các vị trí của tủy sống tương quan với từng phần của cơ thể chúng ta. Ví dụ, các cơ ở hai chân của chúng ta được dây thần kinh đi ra từ phần phía dưới tủy sống hỗ trợ chứ không phải các dây thần kinh hỗ trợ phần cánh tay ở trên. Phần đầu có thể trông không rõ, nhưng chúng cũng có kiểu phân đốt rất rõ nét. Các cung của chúng ta quyết định các đốt xương, cơ, động mạch và thần kinh. Hãy nhìn vào cơ thể trưởng thành, và bạn sẽ không thấy kiểu phân đốt này. Chúng ta chỉ thấy nó ở giai đoạn phôi.

Hộp sọ của chúng ta đã mất đi những đặc điểm rõ ràng về nguồn gốc phân đốt khi chúng ta phát triển từ phôi thành cơ thể trưởng thành. Các xương dạng tấm của sọ hình thành phía ngoài các cung mang và các cơ, dây thần kinh và mạch máu, tất cả lúc đầu đều có kiểu phân đốt rất đơn giản, rồi được sắp xếp lại để tạo thành đầu ở cơ thể trưởng thành.

Hiểu được một số khái niệm về sự phát triển có thể giúp chúng ta dự đoán nơi tìm kiếm các cấu trúc bị thiếu ở các trẻ em có dị khuyết bẩm sinh. Ví dụ, trẻ em sinh ra với hội chứng ở cung thứ nhất sẽ có một bộ hàm rất nhỏ và tai không hoạt động vì không có xương búa hoặc xương đe. Những khiếm khuyết này vốn là những cấu trúc thông thường do cung mang thứ nhất tạo ra.

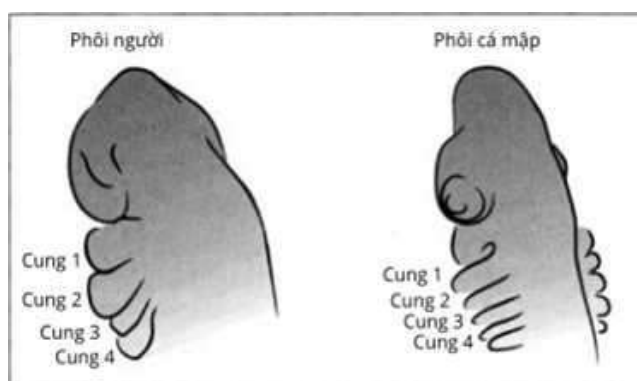
Các cung là lộ trình cho các khối chính của sọ, từ các dây thần kinh não phức tạp nhất cho tới cơ, mạch máu, xương và các tuyến bên trong. Các cung cũng giúp dẫn dắt tới một vấn đề khác: mối liên hệ sâu xa của chúng ta với cá mập.

## CON CÁ MẬP TRONG TA

Thông điệp gửi gắm trong mọi câu chuyện đùa về giới luật sư chính là: họ như một loại cá mập cực kỳ tham ăn. Khi giảng môn phôi thai học và trong lúc đang kể một trong những câu chuyện đùa ưa thích hay được nhắc lại, tôi nhớ mình đã nghĩ rằng lời đùa cợt này dành cho tất cả chúng ta. Chúng ta là những con cá mập đã thay hình đổi dạng – hoặc tệ hơn, có một luật sư trong mỗi chúng ta.

Như chúng ta thấy, phần lớn bí mật của cái đầu nằm ở các cung, những chỗ lồi cung cấp cho chúng ta lộ trình của các dây thần kinh não phức tạp và các cấu trúc chủ đạo bên trong phần đầu. Những chỗ lồi và phần lõm trông không có gì đặc biệt đó đã thu hút trí tưởng tượng của các nhà giải phẫu học trong suốt 150 năm qua vì chúng trông giống như khe mang ở vùng họng của cá xương và cá mập.

Phôi cá cũng có những chỗ lõm và chỗ lồi như vậy. Ở cá xương, các vùng lõm cuối cùng mở ra để hình thành nên khoảng trống giữa các khe mang, nơi nước chảy qua. Ở loài người chúng ta, các vùng lõm thường được đóng kín lại. Trong các trường hợp không bình thường, các khe mang mất khả năng đóng lại mà vẫn mở dưới dạng các túi hoặc u nang. Ví dụ, một u nang dạng mang thường là một u lành đầy dịch được tạo thành trong một túi mở bên trong cổ; túi này được hình thành do cung mang thứ ba hoặc thứ tư không đóng lại được. Rất hiếm khi trẻ em được sinh ra với một vết tích thực sự của sụn cung mang cổ xưa. Đó là một que sụn nhỏ đại diện cho một lá mang bắt nguồn từ cung mang thứ ba. Nếu trường hợp này xảy ra, thì các bác sĩ phẫu thuật đồng nghiệp của tôi đang mổ một con cá bên trong mà không may nó quay lại để cắn chúng ta.



*Ở giai đoạn đầu, vùng mang đang phát triển của người và cá mập trông giống hệt nhau.*

Tất cả cấu trúc đầu động vật từ cá mập tới người đều có bốn cung mang trong quá trình phát triển. Sự phong phú của câu chuyện nằm ở những gì diễn ra bên trong mỗi cung mang, ở đây, chúng ta có thể so sánh từng điểm một giữa đầu của chúng ta với đầu của cá mập.

Hãy nhìn vào cung mang thứ nhất ở người và cá mập, bạn sẽ thấy sự tương đồng rất lớn: bộ hàm. Khác biệt Cơ bản là cung mang thứ nhất ở



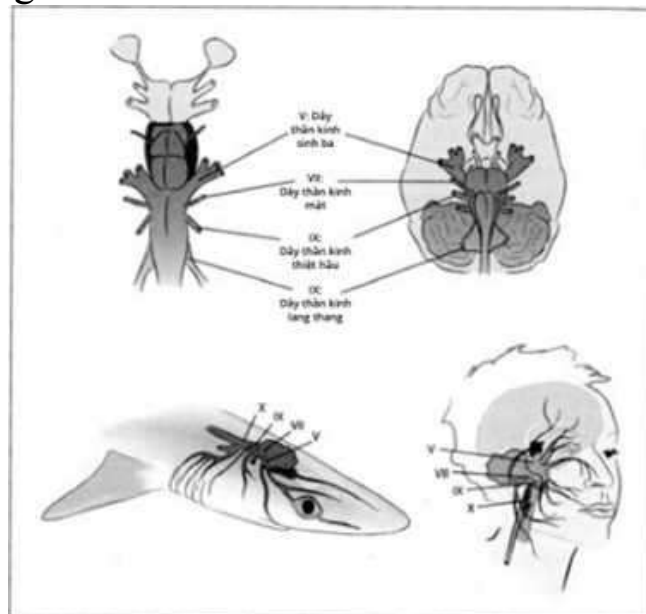
người cũng tạo nên một số xương tai vốn không thấy có ở cá mập. Đúng như vậy, thần kinh não hỗ trợ cho hàm ở người và cá mập là thần kinh của cung mang đầu tiên, thần kinh sinh ba.

Các tế bào bên trong cung mang thứ hai phân chia, biến đổi và phát triển thành một thanh sụn và cơ. Ở người, thanh sụn tách ra tạo nên một trong ba xương của tai giữa (xương bàn đạp) và một số cấu trúc nhỏ khác ở gốc đầu và cổ họng. Một trong số những xương này gọi là xương móng giúp chúng ta nuốt. Hãy nuốt một cái, nghe nhạc và cảm ơn các cấu trúc được tạo ra từ cung thứ hai của bạn.

Ở cá mập, que ở cung mang thứ hai phân tách để hình thành hai xương hỗ trợ hàm: xương phía dưới tương đương với xương móng của chúng ta và xương phía trên hỗ trợ cho hàm trên. Nếu bạn đã từng quan sát cá mập trắng đớp mồi – ví dụ như một thợ lặn trong lồng – có lẽ bạn sẽ thấy rằng hàm trên của chúng có thể kéo dài và thu lại khi cá mập cắn. Xương phía trên của cung mang thứ hai này là một phần của hệ thống xương đòn bẩy có thể quay tròn giúp hàm cá mập hoạt động được như vậy. Xương phía trên này cũng đáng được quan tâm vì một lý do khác. Nó tương đương với một trong số các xương tai giữa ở người: xương bàn đạp. Các xương hỗ trợ hàm trên và hàm dưới ở cá mập được chúng ta sử dụng để nuốt và nghe.

Đối với cung mang thứ ba và thứ tư, chúng ta thấy có nhiều cấu trúc được dùng khi nói và nuốt, còn ở cá mập chúng là phần mô hỗ trợ cho các mang. Cơ và dây thần kinh não chúng ta dùng để nuốt và nói chuyện được sử dụng để cử động mang ở cá mập và cá xương.

Đầu của chúng ta có thể trông cực kỳ phức tạp nhưng nó được xây dựng nên từ một sơ đồ đơn giản và tinh tế.



*Thoạt nhìn, các dây thần kinh não của chúng ta (hình dưới cùng bên phải) có vẻ khác với thần kinh não của cá mập (hình dưới cùng bên trái). Nhưng quan sát kỹ bạn sẽ thấy sự tương đồng sâu sắc. Gần như toàn bộ dây thần kinh của chúng ta đều có ở cá mập. Sự tương đồng còn ở mức độ sâu hơn: các dây thần kinh tương đương ở cá mập và ở người hỗ trợ các cấu trúc tương tự và chúng thậm chí đi ra*

*khôì nãò bô vớì thứ tự giống hệt nhau (hình trên cùng bên trái và bên phải)*

Có một kiểu cấu tạo chung cho tất cả loại sọ trên trái đất cho dù đó là sọ cá mập, cá xương, sa giông hay con người. Phát hiện ra kiểu cấu tạo này là thành tựu to lớn của ngành giải phẫu học thế kỷ 19, thời kỳ mà các nhà giải phẫu học nghiên cứu tỉ mỉ phôi của tất cả các loài. Vào năm 1872, nhà giải phẫu học Francis Maitland Balfour ở Oxford lần đầu tiên tìm ra sơ đồ cơ bản của đầu khi ông quan sát cá mập và thấy các chỗ lồi, cung mang và cấu trúc bên trong. Không may, ông mất ngay sau đó vì một tai nạn trên dãy núi Alp thuộc Thụy Sĩ. Khi đó ông mới ở độ tuổi 30.

## CÁC GENE QUY ĐỊNH CUNG MANG

Trong ba tuần đầu sau khi thụ thai, hàng loạt gene được bật và tắt trong các cung mang của chúng ta và trong khắp các mô mà sau này sẽ trở thành bộ não của chúng ta. Những gene này chỉ đạo các tế bào tạo ra các phần khác nhau của đầu. Hãy tưởng tượng mỗi vùng của đầu có một địa chỉ di truyền khiến nó trở nên khác biệt. Thay đổi địa chỉ di truyền này, chúng ta có thể biến đổi các loại cấu trúc phát triển tại đó.

Ví dụ, một gene có tên là *Otx* hoạt động ở vùng trán, nơi cung mang đầu tiên được tạo thành. Đằng sau nó, về phía sau đầu, có một số gene được gọi là *Hox* hoạt động. Mỗi cung mang có một bộ gene *Hox* hoạt động khác nhau. Với thông tin này, chúng ta có thể lập một bản đồ về các cung mang của chúng ta và các nhóm gene tham gia vào quá trình tạo thành từng cung này.

Bây giờ chúng ta có thể tiến hành thí nghiệm: thay đổi địa chỉ di truyền của một cung mang thành địa chỉ di truyền của một cung mang khác. Hãy lấy phôi ếch, tắt một số gene, tạo tín hiệu di truyền tương tự ở cung mang thứ nhất và cung mang thứ hai, bạn sẽ thu được một con ếch có hàm đôi: một hàm dưới phát triển ở nơi mà xương móng thường khu trú. Thí nghiệm này cho thấy năng lực của các địa chỉ di truyền trong việc tạo ra các cung mang của chúng ta. Thay đổi địa chỉ có nghĩa là bạn thay đổi các cấu trúc trong cung mang. Lợi thế của hướng tiếp cận này là ở chỗ chúng ta có thể thử nghiệm với thiết kế cơ bản của đầu: chúng ta có thể điều khiển đặc tính của các cung mang bằng cách thay đổi hoạt động của các gene bên trong.

## ĐI TÌM NGUỒN GỐC CỦA ĐẦU: TỪ CÁC KỶ QUAN KHÔNG ĐẦU TỚI TỔ TIÊN CÓ ĐẦU CỦA CHÚNG TA

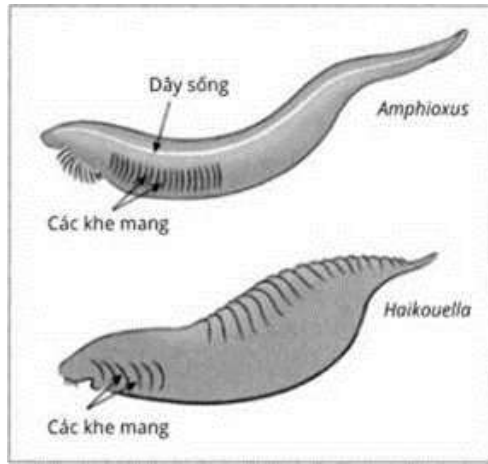
Tại sao tôi lại dừng ở ếch và cá mập? Tại sao lại không mở rộng sự so sánh của chúng ta tới các sinh vật khác, như côn trùng hay giun chẳng hạn?

Nhưng tại sao chúng ta lại làm công việc này trong khi không có sinh vật nào trong số này có sọ và có rất ít dây thần kinh não? Thậm chí không có loài nào trong số chúng có xương. Khi chúng ta chuyển từ cá sang giun, chúng ta đi vào một thế giới sinh vật không có đầu và rất mềm. Tuy nhiên, bạn sẽ thấy những phần cơ thể của mình ở đó nếu quan sát kỹ.

Trong số chúng tôi, những người giảng dạy giải phẫu học so sánh cho sinh viên đại học thường bắt đầu khóa học bằng một hình chiếu về cá lưỡng tiêm *Amphioxus*.

Cứ vào tháng 9, hàng trăm hình chiếu về cá lưỡng tiêm *Amphioxus* lại hiện ra trên màn chiếu ở các giảng đường đại học từ Maine đến California. Tại sao lại như vậy? Bạn có nhớ sự tách biệt đơn giản giữa động vật không xương sống và có xương sống? Cá lưỡng tiêm *Amphioxus* là một loài giun, một động vật không xương sống, có nhiều đặc điểm chung với động vật có xương sống như cá, lưỡng cư và thú. Cá lưỡng tiêm *Amphioxus* không có xương sống, nhưng giống như tất cả động vật có xương sống khác, nó có dây thần kinh chạy dọc lưng. Ngoài ra, một que chạy dọc cơ thể, song song với dây thần kinh đó. Que này, được gọi là dây sống, chứa đầy chất giống thạch và có vai trò nâng đỡ cơ thể. Ở giai đoạn phôi, chúng ta cũng có một dây sống nhưng không giống như ở cá lưỡng tiêm *Amphioxus*, phần này chia nhỏ ra và cuối cùng trở thành một phần của những đĩa đệm nằm giữa các đốt sống của chúng ta. Bị thoát vị đĩa đệm thì chất dạng thạch có nguồn gốc từ dây sống có thể gây ra hậu quả nặng nề khi nó chèn lên dây thần kinh hoặc làm ảnh hưởng tới khả năng chuyển động của đốt sống này với đốt sống tiếp theo. Khi chúng ta bị tổn thương đĩa đệm, một phần có nguồn gốc rất cổ xưa trong sơ đồ cơ thể của chúng ta đã bị phá vỡ. Thật cảm ơn loài cá lưỡng tiêm *Amphioxus*.

Cá lưỡng tiêm *Amphioxus* không phải là một loài giun độc nhất. Một số loài điển hình nhất không còn tồn tại trong các đại dương ngày nay mà nằm trong các tầng đá cổ ở Trung Quốc và Canada. Bị chôn vùi trong các trầm tích hơn 500 triệu năm là các loài giun cỡ nhỏ không có đầu, không có bộ não phức tạp hay dây thần kinh não. Có thể trông chúng không giống lắm, vì chỉ là những vết mờ nhỏ in trên đá, nhưng những hóa thạch này được bảo quản cực kỳ tốt. Khi bạn nhìn chúng dưới kính hiển vi, bạn sẽ tìm thấy những vết in được bảo quản tuyệt đẹp thể hiện những chi tiết tinh tế của phần giải phẫu mô mềm, đôi khi có cả vết in của lớp da. Chúng cho thấy một thứ khác cũng rất tuyệt vời. Chúng là những sinh vật nguyên thủy nhất có dây sống và dây thần kinh. Những loài giun này đang kể cho chúng ta về nguồn gốc của các cơ quan trong cơ thể con người.



Họ hàng gần nhất với động vật có đầu là các loài giun có khe mang. Trên hình vẽ là loài cá lưỡng tiêm *Amphioxus* và sơ đồ tái hiện lại loài giun hóa thạch (*Haikouella*) hơn 530 triệu năm tuổi, cả hai nhóm giun này đều có dây sống, dây thần kinh và các khe mang. Giun hóa thạch được biết tới từ hơn ba trăm mẫu vật thu được ở miền Nam Trung Quốc.

Nhưng chúng ta và những loài giun nhỏ bé này còn có chung một đặc điểm khác: các cung mang. Chẳng hạn như cá lưỡng tiêm *Amphioxus* có nhiều cung mang và gắn với mỗi cung mang là một thanh sụn nhỏ. Giống như sụn tạo nên hàm, xương tai và các phần của thanh quản chúng ta, những que này hỗ trợ các khe mang. Bản chất cái đầu của chúng ta bắt nguồn từ các loài giun, những sinh vật thậm chí không có đầu. Cá lưỡng tiêm *Amphioxus* dùng cung mang để làm gì? Nó bơm nước qua mang để lọc các phân tử thức ăn nhỏ bé. Từ cấu tạo thật giản đơn thuở ban đầu đã ra đời các cấu trúc cơ bản của đầu chúng ta. Giống như răng, gene và chi đã được biến đổi và các chức năng của chúng được xác lập lại theo thời gian, cấu trúc cơ bản của đầu chúng ta cũng từng biến đổi như vậy.

# CHƯƠNG 6

\* \* \*

## CÁC THIẾT KẾ (CƠ THỂ) ĐƯỢC SẮP ĐẶT TỐT NHẤT

Chúng ta có một tập hợp gồm 2 nghìn tỉ tế bào được lắp ráp theo một cách rất chính xác. Cơ thể chúng ta tồn tại theo ba chiều với tế bào và cơ quan nằm ở các vị trí thích hợp. Đầu ở trên cùng. Dây sống nằm về phía sau lưng. Nội tạng nằm ở phía bụng. Đây là kiến trúc cơ thể phân biệt chúng ta với những sinh vật nguyên thủy có cấu tạo như các khối hoặc đĩa tế bào.

Thiết kế tương tự cũng là một phần quan trọng của các loại cơ thể ở các sinh vật khác. Giống như chúng ta, cá, thằn lằn và bò đều có cơ thể đối xứng trước/ sau, trên/ dưới và trái/ phải. Phần tận cùng phía trước của chúng (tương ứng với phần trên cùng của một người đứng thẳng) là đầu có cơ quan cảm giác và não bộ bên trong. Chúng có một dây sống chạy dọc chiều dài cơ thể ở mặt lưng. Cũng giống như chúng ta, chúng có một hậu môn nằm ở tận cùng của cơ thể so với miệng. Đầu hướng về phía trước theo hướng chúng thường bơi hoặc đi. Như bạn có thể hình dung, “hậu môn hướng về phía trước” sẽ không hoạt động hiệu quả trong hầu hết các điều kiện, đặc biệt ở môi trường nước. Các tình huống sinh hoạt xã hội cũng sẽ gặp trở ngại.

Khó có thể tìm thấy thiết kế cơ bản của chúng ta ở các động vật thực sự nguyên thủy, ví dụ như ở sứa. Sứa có một kiểu sơ đồ cơ thể khác biệt: các tế bào của chúng được tổ chức dưới dạng hình đĩa có phần trên và phần dưới. Thiếu phần phía trước và phía sau, đầu và đuôi, phải và trái, tổ chức cơ thể của sứa tỏ ra rất khác biệt với chúng ta. Đừng cố gắng so sánh sơ đồ cơ thể của bạn với bọt biển. Bạn có thể thử, nhưng điều mà bạn đang thử thực chất có liên quan đến tâm thần học hơn là giải phẫu học.

Để so sánh một cách chính xác bản thân chúng ta với những động vật nguyên thủy này, chúng ta cần có một số công cụ. Giống như với đầu và chi, lịch sử phát triển của chúng ta được ghi dấu trong quá trình phát triển từ trứng tới cơ thể trưởng thành. Phôi nắm giữ các đầu mối để giải đáp một số bí mật sâu xa của sự sống. Chúng cũng có khả năng làm lệch lạc những kế hoạch của tôi.

## SƠ ĐỒ CHUNG: SO SÁNH PHÔI

Tôi đã bắt đầu chương trình sau đại học để nghiên cứu các loài thú hóa thạch và sau đó ba năm lại nghiên cứu cá và lưỡng cư cho luận văn tiến sĩ của mình. Thói xấu của tôi, nếu bạn muốn gọi như thế, xảy ra khi tôi bắt đầu quan sát phôi. Chúng tôi có rất nhiều phôi trong phòng thí nghiệm: ấu trùng cá cóc, phôi cá, thậm chí cả trứng gà đã thụ tinh. Tôi thường đặt chúng dưới kính hiển vi để xem xét điều gì đang diễn ra. Phôi của tất cả các loài trông như những mẻ tế bào nhỏ màu trắng, không dài hơn 3,2mm. Quan sát quá trình phát triển của phôi thật là thú vị; khi phôi lớn lên, lòng đỏ, nguồn cung cấp thức ăn của nó, ngày càng nhỏ đi. Vào lúc lòng đỏ biến mất, phôi thường đủ lớn để nở.

Theo dõi quá trình phát triển khiến tôi có sự thay đổi lớn về cách suy nghĩ. Từ những thời kỳ đầu phôi đơn giản như vậy – chỉ là một khối tế bào nhỏ – trở thành những cơ thể chim, ếch và cá hồi cực kỳ phức tạp bao gồm hàng nghìn tỉ tế bào được sắp xếp theo đúng cách. Nhưng còn hơn thế nữa. Phôi cá, lưỡng cư và gà không giống bất cứ những gì tôi từng thấy trước đó trong sinh học. Tất cả chúng trông khá giống nhau. Tất cả có một cái đầu với các cung mang. Tất cả có một bộ não nhỏ bắt đầu quá trình phát triển với ba chỗ lồi. Tất cả có những mầm chi nhỏ. Trên thực tế, chỉ là đề tài luận văn mà tôi tập trung nghiên cứu trong 3 năm tiếp theo. Ở đây, bằng cách so sánh cách bộ xương phát triển ở chim, cá cóc, ếch và rùa, tôi nhận thấy rằng các chi khác nhau như cánh chim và đùi ếch lại trông rất giống nhau trong quá trình phát triển. Các loài này cuối cùng trông khác nhau, nhưng chúng đều bắt nguồn từ một nơi nhìn chung là giống nhau. Khi quan sát phôi, gần như những khác biệt giữa thú, chim, lưỡng cư và cá chỉ đơn thuần là mờ nhạt so với những tương đồng cơ bản của chúng. Sau đó, tôi đã nghiên cứu công trình của Karl Ernst von Baer.

Vào những năm 1800, một số nhà triết học tự nhiên đã dựa vào phôi để cố tìm ra sơ đồ chung cho sự sống trên trái đất. Người nổi bật nhất trong số này là Karl Ernst von Baer. Sinh ra trong một gia đình quý tộc, ban đầu ông được đào tạo để trở thành thầy thuốc. Giáo viên hướng dẫn của ông gợi ý rằng ông nên nghiên cứu sự phát triển của gà và cố tìm hiểu các cơ quan của gà phát triển ra sao.

Không may, von Baer không thể đủ tiền mua máy áp để nghiên cứu gà cũng như để mua đủ trứng cho nghiên cứu. Điều này không có gì hứa hẹn. May cho ông là một người bạn giàu có, Christian Pander, có khả năng chi trả cho các thí nghiệm này. Khi họ quan sát phôi gà, họ đã tìm ra một điều cơ bản: *tất cả các cơ quan của gà đều bắt nguồn từ một trong ba lớp mô trong quá trình phát triển của phôi*. Ba lớp mô này bắt đầu được biết đến như những lớp mầm. Họ đã được tôn vinh như các huyền thoại, thậm chí cho tới

tận ngày nay.

Ba lớp mầm của Pander đã cung cấp cho von Baer phương tiện để đặt ra các câu hỏi quan trọng. Có phải tất cả các loài động vật đều có kiểu cấu tạo này? Có phải tim, phổi và cơ của tất cả động vật đều bắt nguồn từ những lớp mầm này? Và quan trọng là có phải cùng một lớp mầm sẽ phát triển thành cơ quan giống nhau ở các loài khác nhau?

Von Baer đã so sánh ba lớp mầm ở phôi gà của Pander với mọi thứ mà ông có thể có được: cá xương, bò sát và thú. Quả thực, mọi cơ quan của động vật bắt nguồn từ một trong ba lớp mầm này. Đáng chú ý là ba lớp mầm hình thành nên các cấu trúc giống nhau ở tất cả các loài. Tim của tất cả các loài đều được hình thành từ cùng một lớp mầm. Một lớp mầm khác phát triển thành não bộ của tất cả các loài động vật. Và cứ tiếp tục như thế. Bất kể các loài khác biệt ra sao khi trưởng thành, ở giai đoạn phôi nhỏ xíu chúng đều trải qua các giai đoạn phát triển giống nhau.

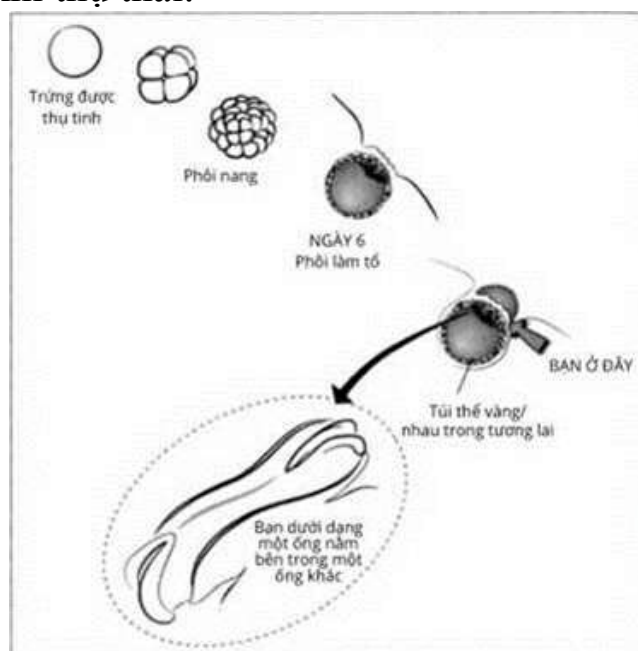
Để hiểu một cách đầy đủ tầm quan trọng của chi tiết này, chúng ta cần xem lại thời điểm ba tuần đầu tiên sau khi thụ thai, ở thời điểm thụ tinh, những thay đổi cơ bản diễn ra bên trong trứng – vật chất di truyền của tinh trùng và trứng gắn kết lại và trứng bắt đầu phân chia. Cuối cùng, các tế bào hình thành một quả bóng. Ở người, sau khoảng năm ngày, cơ thể đơn bào phân chia bốn lần để tạo ra một quả cầu 16 tế bào. Quả cầu tế bào này, còn gọi là phôi nang (blastocyst), trông giống như một quả bóng bay chứa đầy dịch. Một vách mỏng hình cầu tạo thành từ các tế bào bao bọc dịch ở giữa. Ở giai đoạn “phôi nang” này, dường như vẫn chưa có bất cứ sơ đồ cơ thể nào – không có phía trước và phía sau và tất nhiên là cũng chưa có một cơ quan hoặc mô khác biệt nào. Vào khoảng ngày thứ sáu sau khi thụ thai, quả cầu tế bào dính vào thành tử cung của mẹ và bắt đầu quá trình kết nối để mẹ và phôi có thể chia sẻ dòng máu. Cũng vẫn chưa có dấu hiệu nào của sơ đồ cơ thể. Vẫn còn quá sớm để nói rằng quả cầu tế bào này có bất kỳ đặc điểm nào của thú, bò sát hoặc cá và càng không có gì giống người.

Nếu chúng ta may mắn, quả cầu tế bào này được làm tổ ở thành tử cung người mẹ. Khi một phôi nang làm tổ sai vị trí – khi đó gọi là sự “bám phôi lệch” (ectopic implantation) – kết cục có thể nguy hiểm. Khoảng 96 phần trăm hiện tượng bám phôi lệch vị trí diễn ra trong ống tử cung (vòi trứng) gần nơi diễn ra sự thụ thai. Đôi khi, màng nhầy chặn đường đi của phôi nang tới tử cung gây ra sự làm tổ bất bình thường bên trong ống. Chứa ngoài dạ con có thể gây vỡ mô ở nhiều nơi nếu không ngăn chặn kịp thời. Trong rất ít trường hợp, phôi nang bị tống vào khoang cơ thể của mẹ, khoảng trống giữa ruột và thành cơ thể. Ở những trường hợp hiếm gặp hơn nữa, những phôi nang này làm tổ ở mặt ngoài trực tràng hoặc tử cung của người mẹ và bào thai phát triển đầy đủ! Mặc dù những bào thai này đôi khi có thể sinh ra bằng cách mổ ở vùng bụng nhưng kiểu làm tổ như vậy nhìn chung rất nguy hiểm

vì nó gia tăng nguy cơ tử vong của mẹ do mất máu lên 90 lần so với làm tổ bình thường bên trong tử cung.

Dù sao, ở giai đoạn phát triển này, chúng ta là những sinh vật trông cực kỳ giản đơn. Khoảng đầu tuần thứ hai sau khi thụ thai, phôi nang làm tổ với một phần bám vào thành tử cung và phần còn lại tự do. Hãy tưởng tượng tới một quả bóng bị ấn vào tường: những đĩa phẳng này trở thành phôi người. *Toàn bộ* cơ thể của chúng ta được hình thành chỉ từ phần đỉnh của quả cầu này, phần nằm ngập trong thành tử cung. Phần phôi nang phía dưới đĩa phôi chứa noãn hoàng. Ở giai đoạn phát triển này, chúng ta trông giống như một đĩa lốm Frisbee tức là một cái đĩa hai lớp đơn giản.

Đĩa Frisbee hình ovan này hình thành ba lớp mầm của von Baer như thế nào và tiếp tục phát triển ra sao để trông giống cơ thể người? Đầu tiên, các tế bào phân chia và di chuyển, làm cho các mô gấp nếp vào với nhau. Sau đó, khi mô di chuyển và gấp nếp, chúng ta trở thành một ống có phần phình gấp nếp ở phía đầu và phần phình khác ở phía đuôi. Nếu chúng ta tự cắt mình thành hai nửa ngay vào thời điểm này, chúng ta sẽ tìm thấy một ống khác nằm trong ống này. Ống bên ngoài trở nên thành cơ thể của chúng ta, ống bên trong là ống tiêu hóa. Khoảng trống, khoang cơ thể tương lai, nằm giữa hai ống. Cấu trúc ống trong, ống ngoài này đi theo chúng ta suốt cuộc đời. Ống ruột phát triển phức tạp hơn với một túi lớn tạo thành dạ dày cùng các vòng và cuộn xoắn dài của ruột. Ống bên ngoài có thêm các bộ phận phức tạp như lông, da, xương sườn, và chi được đẩy ra phía ngoài. Nhưng sơ đồ cơ bản được giữ nguyên. Chúng ta có thể phức tạp hơn nhiều so với thời điểm 21 ngày tuổi nhưng chúng ta vẫn có dạng ống trong, ống ngoài và tất cả cơ quan của chúng ta đều bắt nguồn từ một trong ba lớp mầm xuất hiện vào tuần thứ hai sau khi thụ thai.



Những ngày tuổi đầu tiên của chúng ta, ba tuần đầu sau khi thụ thai. Chúng ta phát triển từ một tế bào đơn thành một quả cầu tế bào và cuối cùng thành một ống phôi.



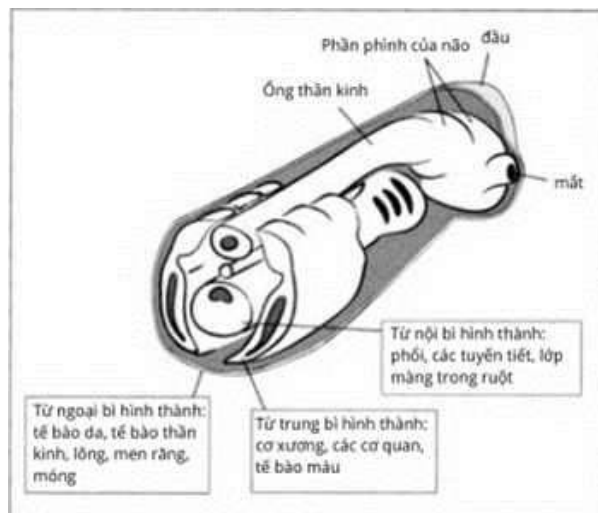
Tên của ba lớp mầm vô cùng quan trọng này bắt nguồn từ vị trí của chúng: Lớp ngoài cùng gọi là ngoại bì, lớp trong cùng gọi là nội bì còn lớp ở giữa gọi là trung bì. Ngoại bì sẽ hình thành phần lớn bộ phận bên ngoài cơ thể (da) và hệ thần kinh.

Nội bì, lớp trong cùng, tạo nên nhiều cấu trúc bên trong cơ thể trong đó có ống tiêu hóa và nhiều tuyến liên quan tới ống tiêu hóa. Trung bì, lớp ở giữa, tạo ra mô cơ thể nằm giữa ruột và da, trong đó hầu hết là xương và cơ. Dù cơ thể là của cá hồi, gà, ếch hay chuột, tất cả các cơ quan của nó đều được tạo thành từ nội bì, ngoại bì và trung bì.

Von Baer đã nhận ra phôi có thể tiết lộ quy luật cơ bản của sự sống như thế nào. Ông đã nhấn mạnh hai loại đặc điểm trong phát triển phôi: các đặc điểm có ở tất cả các loài và các đặc điểm biến đổi từ loài này sang loài khác. Đặc điểm sắp xếp ống trong, ống ngoài có ở tất cả cá động vật có xương sống như: cá, lưỡng cư, bò sát, chim và thú. Các đặc điểm chung này xuất hiện khá sớm trong quá trình phát triển. Các đặc điểm phân biệt những nhóm động vật này – bộ não to hơn ở người, mai ở rùa, lông vũ ở chim – xuất hiện khá muộn.

Cách tiếp cận của Von Baer rất khác với ý tưởng “phát sinh của cá thể lặp lại phát sinh chủng loại” mà bạn có thể đã học trong trường. Von Baer chỉ so sánh phôi và lưu ý rằng phôi của những loài khác nhau trông giống nhau hơn là cơ thể trưởng thành của những loài đó. Cách tiếp cận “phát sinh của cá thể lặp lại phát sinh chủng loại” được Ernst Haeckel dẫn dắt nhiều thập kỷ sau đó cho rằng mỗi loài vạch ra lịch sử tiến hóa của mình trong quá trình phát triển. Theo đó, phôi của người trải qua giai đoạn cá, bò sát, và thú. Haeckel so sánh phôi người với cơ thể cá hoặc thằn lằn trưởng thành.

Ý tưởng của Von Baer và Haeckel có vẻ ít có khác biệt nhưng không phải như vậy. Trong suốt 100 năm qua, thời gian và những bằng chứng khoa học mới đã ủng hộ von Baer. Khi so sánh phôi của một loài với cá thể trưởng thành của một loài khác, Haeckel so sánh quả táo với cam. Khi chúng ta thực sự có thể khám phá các cơ chế thúc đẩy sự tiến hóa thì việc so sánh mới mang nhiều ý nghĩa. Để làm được như vậy, chúng ta so sánh phôi của một loài với phôi của loài khác. Phôi của các loài khác nhau không hoàn toàn đồng nhất, nhưng những đặc điểm tương đồng của chúng rất sâu sắc. Tất cả phôi đều có các cung mang, dây sống, và trông giống dạng ống trong, ống ngoài tại giai đoạn phát triển nhất định. Quan trọng là dù khác biệt như phôi cá và phôi người, chúng đều có ba lớp mầm của Pander và von Baer.



*Ở tuần thứ tư sau thụ thai, chúng ta có dạng ống trong, ống ngoài và có ba lớp mầm để tạo ra tất cả các cơ quan trong cơ thể.*

Toàn bộ những so sánh này đưa chúng ta tới vấn đề thực tế cần giải quyết. Làm thế nào mà phôi “biết” phát triển một cái đầu ở phía trước còn hậu môn ở phía sau? Những cơ chế nào thúc đẩy sự phát triển và khiến tế bào và mô có thể tạo nên cơ thể?

Để trả lời những câu hỏi này cần có một cách tiếp cận tổng thể mới. Không chỉ so sánh phôi như thời kỳ của von Baer, chúng ta phải tìm ra một cách mới để phân tích chúng. Phần cuối thế kỉ 19 đã mở ra một thời kỳ mà chúng ta đã đề cập đầu tiên ở Chương 3. Khi đó, phôi được cắt, ghép, tách và xử lý với gần như đủ mọi loại hóa chất có thể tìm được. Tất cả đều nhân danh nghiên cứu khoa học.

## THÍ NGHIỆM TRÊN PHÔI

Các nhà sinh học ở thời điểm ngay đầu thế kỷ 20 đã trần trụi với những câu hỏi cơ bản về cơ thể người. Vị trí nào trong phôi chứa thông tin giúp cơ thể phát triển? Thông tin này chứa trong mọi tế bào hay chỉ ở một nhóm tế bào? Và thông tin được mã hóa dưới dạng thức nào – liệu nó có phải là một loại chất hóa học đặc biệt hay không?

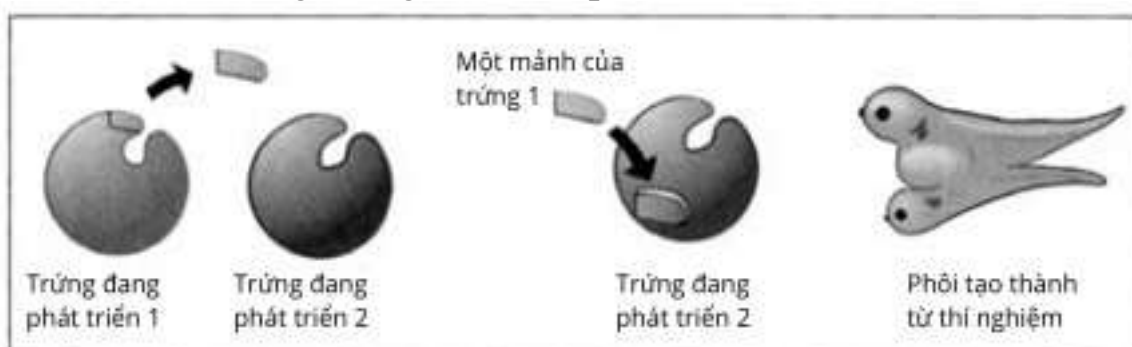
Bắt đầu vào năm 1903, nhà phôi học người Đức Hans Spemann bắt đầu nghiên cứu cách tế bào nhận thông tin để phát triển thành cơ thể trong quá trình phát triển. Mục tiêu của ông là tìm ra nơi chứa các thông tin tạo nên cơ thể. Câu hỏi lớn đối với Spemann là liệu tất cả các tế bào trong phôi có đủ thông tin để tạo nên toàn bộ cơ thể hay thông tin chỉ giới hạn ở những phần nhất định của phôi.

Nghiên cứu trên trứng cá cóc, đối tượng dễ kiếm và khá dễ thao tác trong phòng thí nghiệm, Spemann đã phát minh ra một thí nghiệm thông minh. Ông cắt một sợi tóc của cô con gái sơ sinh và làm một thòng lọng rất nhỏ

bằng sợi tóc này. Tóc của trẻ em là chất liệu đặc biệt: mềm, mỏng và dễ uốn, nó là vật liệu lý tưởng để cột siết một quả cầu nhỏ như một trứng cá cóc. Spemann làm đúng thao tác như vậy trên trứng cá cóc đang phát triển, buộc một bên tách khỏi phía bên kia. Thao tác một chút trên nhân của các tế bào, Spemann để cho sản phẩm của mình phát triển và theo dõi điều gì sẽ diễn ra. Cái phôi tạo thành hai cơ thể sinh đôi: hai con cá cóc hoàn thiện được tạo ra, mỗi con có sơ đồ cơ thể bình thường và hoàn toàn có khả năng sống sót. Kết quả đã rõ ràng: từ một trứng có thể tạo ra nhiều hơn một cá thể. Đây là trường hợp sinh đôi cùng trứng. Về mặt sinh học, Spemann đã chứng minh rằng ở giai đoạn sớm của phôi, một số tế bào có khả năng hình thành một cá thể mới hoàn toàn một cách độc lập.

Thí nghiệm này chỉ là sự khởi đầu của một giai đoạn khám phá hoàn toàn mới.

Vào thập niên 1920 Hilde Mangold, một sinh viên sau đại học làm việc trong phòng thí nghiệm của Spemann, bắt đầu nghiên cứu trên các phôi kích thước nhỏ. Nhờ khéo tay, cô có thể làm những thí nghiệm cực kỳ khó. Ở giai đoạn phát triển mà Mangold nghiên cứu, phôi cá cóc



*Chỉ di chuyển một mảnh mô nhỏ trong phôi, Mangold đã tạo ra được hai cá thể sinh đôi*

là một quả cầu đường kính khoảng 1,6mm. Cô cắt một vùng mô rất nhỏ, còn nhỏ hơn là đầu đinh ghim, từ một phần của phôi và ghép nó vào phôi của một loài khác. Phần Mangold lấy để cấy ghép không phải là ngẫu nhiên mà là vùng tế bào sẽ hình thành phần lớn của ba lớp mầm đang trong giai đoạn di chuyển và gấp nếp. Mangold khéo léo đến mức các phôi được ghép thực sự tiếp tục phát triển, làm cho cô ngạc nhiên thú vị. Mảnh ghép tạo ra một cơ thể mới hoàn chỉnh, gồm có dây sống, lưng, bụng, thậm chí cả đầu.

Tại sao điều này lại quan trọng? Mangold đã phát hiện ra mảnh mô nhỏ có thể chỉ đạo các tế bào hình thành nên toàn bộ cơ thể. Vùng mô nhỏ xíu nhưng cực kỳ quan trọng này chứa toàn bộ thông tin hình thành cơ thể được gọi là Vùng tổ chức.

Công trình nghiên cứu cho luận văn của Mangold cuối cùng đã đoạt giải Nobel, nhưng cô không được hưởng. Hilde Mangold chết một cách thương tâm (bếp dầu trong bếp bốc cháy) thậm chí trước khi luận văn của cô được công bố. Spemann được: trao giải thưởng Nobel y học năm 1935 và giải

thường ghi rõ “công trình khám phá ra Vùng tổ chức và tác động của nó tới quá trình phát triển phôi”.

Ngày nay, nhiều nhà khoa học xem công trình nghiên cứu của Mangold là thí nghiệm quan trọng nhất trong lịch sử phôi học.

Cùng khoảng thời gian khi Mangold đang làm thí nghiệm ở phòng thí nghiệm của Spemann, W.Vogt (cũng là người Đức) thiết kế những kỹ thuật thông minh để đánh dấu các tế bào, hoặc một nhóm tế bào, và vì vậy cho phép người làm thí nghiệm quan sát điều gì sẽ xảy ra khi trứng phát triển. Vogt đã lập ra được một bản đồ của phôi cho thấy tất cả các cơ quan bắt nguồn từ nơi nào trong trứng. Chúng ta thấy được tiền đề của sơ đồ cơ thể nằm ở sự biệt hóa của các tế bào trong giai đoạn phát triển sớm của phôi.

Từ các nhà phôi học thời kỳ đầu như von Baer, Pander, Mangold và Spemann, chúng ta đã biết tất cả các phần của cơ thể người trưởng thành có thể được quy định tại các nhóm tế bào riêng lẻ của chiếc đĩa lõm ba lớp Frisbee đơn giản, và cấu trúc chung của cơ thể có nguồn gốc từ Vùng tổ chức do Mangold và Spemann phát hiện ra.

Cắt, cắt lát mỏng, cắt hình khối, bạn sẽ thấy rằng tất cả thú, chim, lưỡng cư và cá có Vùng tổ chức. Đôi khi, bạn thậm chí có thể hoán đổi Vùng tổ chức của loài này cho loài khác. Lấy Vùng tổ chức của phôi gà và cấy nó vào một phôi cá cóc bạn sẽ được: cá cóc sinh đôi.

Nhưng thực ra Vùng tổ chức là gì? Điều gì bên trong nó chỉ đạo cho các tế bào cách tạo ra cơ thể? Tất nhiên là DNA. Và chúng ta sẽ tìm thấy công thức bên trong có ở chúng ta và tất cả các loài động vật khác trong DNA này.

## CỦA RUỒI VÀ NGƯỜI

Von Baer quan sát các phôi phát triển, so sánh giữa loài này với loài khác, và thấy các mẫu hình cơ bên trong cơ thể. Mangold và Spemann thay đổi phôi để tìm hiểu cách các mô tạo nên cơ thể. Trong kỷ nguyên DNA, chúng ta có thể đặt các câu hỏi về cấu trúc di truyền của bản thân chúng ta. Gene của chúng ta kiểm soát sự phát triển của mô và cơ thể ra sao? Nếu bạn từng nghĩ rằng ruồi không quan trọng, hãy lưu ý tới điều này: đột biến ở ruồi cung cấp cho chúng ta những manh mối quan trọng liên quan tới các gene chính quy định sơ đồ cơ thể hoạt động trong phôi *người*. Chúng ta đã áp dụng ý tưởng này để khám phá ra các gene hình thành ngón tay và ngón chân. Giờ chúng ta sẽ xem nó cho ta biết cách hình thành toàn bộ cơ thể.

Ruồi có sơ đồ cơ thể. Chúng có phần trước và sau, trên và dưới, v.v... Râu, cánh và các phần phụ khác nhô ra khỏi cơ thể ở những điểm thích hợp. Chỉ trừ các trường hợp đột biến. Một số ruồi đột biến có chi mọc nhô ra ở phần đầu. Số khác có thừa cánh và thêm đốt cơ thể. Những cá thể ruồi đột biến này cho chúng ta biết tại sao các đốt sống của chúng ta thay đổi hình

dạng từ phần đầu tới phần sau của cơ thể.

Con người nghiên cứu những cá thể ruồi bất thường đã hơn 100 năm. Các cá thể đột biến với một loại biến dị đặc thù đã gây chú ý đặc biệt. Những cá thể ruồi này có cơ quan nằm sai chỗ – một cái chân ở chỗ của râu; một cặp cánh thừa – hoặc thiếu bớt của cơ thể. Điều gì đó làm đảo lộn sơ đồ căn bản của cơ thể. Sau cùng, những thể đột biến này xuất hiện từ sai sót trong DNA. Hãy nhớ rằng gene là các đoạn DNA nằm trên nhiễm sắc thể. Sử dụng một loạt kỹ thuật cho phép chúng ta nhìn thấy nhiễm sắc thể, chúng ta có thể xác định đoạn nhiễm sắc thể gây đột biến. Thực chất, chúng ta tạo ra thể đột biến để hình thành một quần thể trong đó tất cả các cá thể đều mang sai sót di truyền. Sau đó, sử dụng nhiều loại chỉ thị phân tử, chúng ta so sánh các gene của cá thể mang đột biến với các cá thể hình thường. Điều này cho phép chúng ta xác định vùng và đoạn nhiễm sắc thể chịu trách nhiệm về việc gây ra đột biến. Hóa ra ruồi có tám gene gây các đột biến như vậy. Những gene này nằm sát nhau trên một chuỗi DNA dài. Các gene tác động tới các đột của phần đầu nằm cạnh gene ảnh hưởng tới đột ở phần giữa cơ thể nơi có cánh mọc ra. Những đoạn DNA này, đến lượt mình lại nằm ngay cạnh các gene kiểm soát sự phát triển phần sau của ruồi. Các gene được tổ chức theo một trật tự tuyệt vời: vị trí của chúng nằm dọc trên chuỗi DNA cũng theo đúng thứ tự cấu trúc của cơ từ đầu tới đuôi.

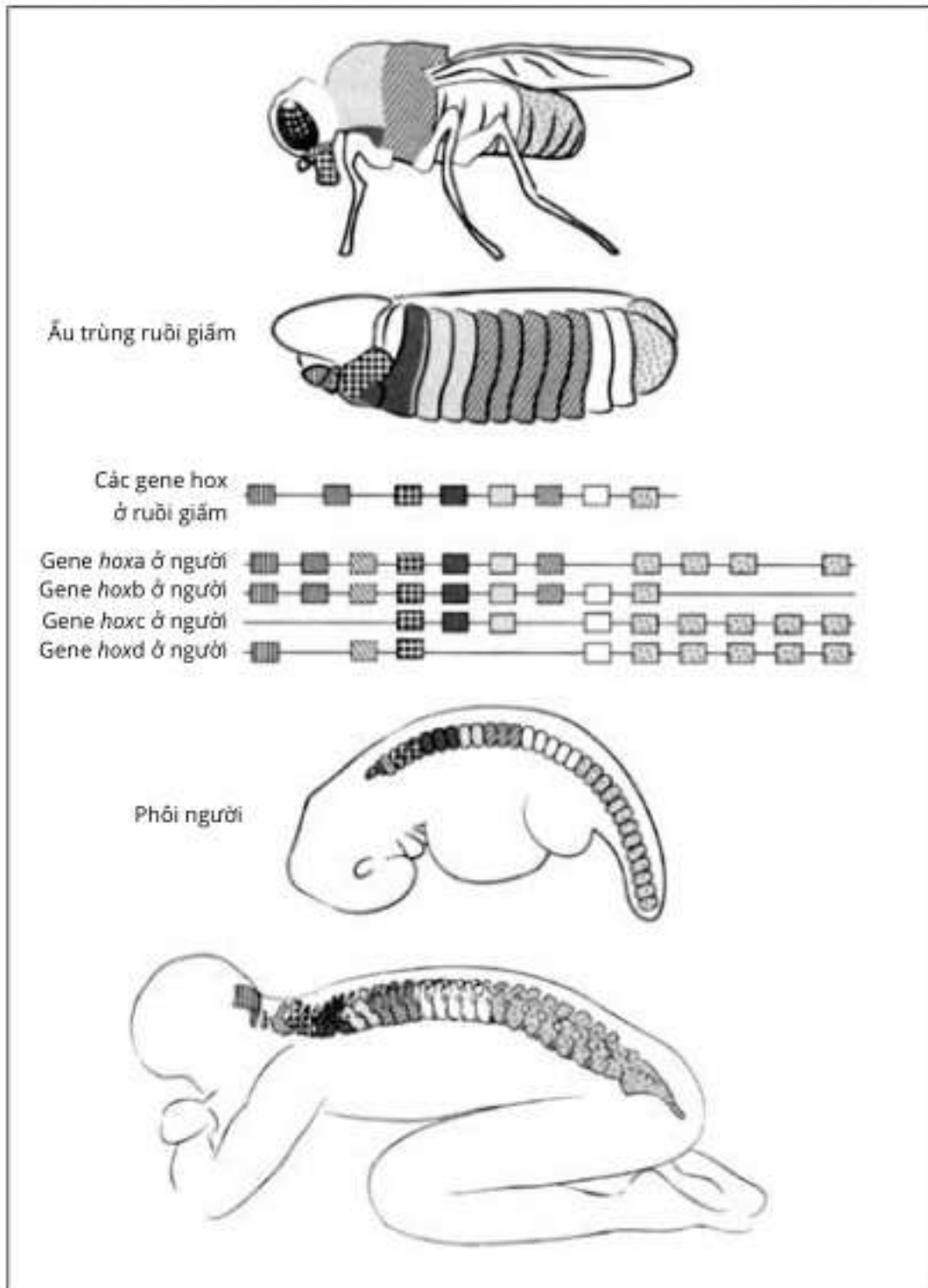
Bây giờ, thách thức là xác định cấu trúc của DNA thực sự gây ra đột biến. Mike Levine, Bill McGinnis ở phòng thí nghiệm của Walter Gehring tại Thụy Sĩ và Matt Scott ở phòng thí nghiệm của Tom Kauffman ở tiểu bang Indiana nhận thấy rằng phần giữa của mỗi gene có một đoạn DNA ngắn gần như tương đồng ở các loài mà họ nghiên cứu. Đoạn gene ngắn này được gọi là một hộp tương đồng di truyền (homeobox). Tám gene nằm trong homeobox được gọi là các gene *Hox*.

Khi các nhà khoa học tìm kiếm trình tự gene này ở các loài khác, họ đã tìm thấy một sự đồng bộ khiến họ thực sự ngạc nhiên: *các phiên bản của gene Hox xuất hiện ở tất cả các loài động vật có cơ thể.*

Các phiên bản của các gene này quy định tổ chức cơ thể từ phía trước ra phía sau ở các loài khác nhau như ruồi giấm và chuột. Nếu xáo trộn trật tự các gene *Hox*, bạn sẽ làm xáo trộn sơ đồ cơ thể theo cách có thể dự đoán được. Nếu bạn tạo ra một con ruồi thiếu gene hoạt động ở đột giữa, phần giữa cơ thể của ruồi giấm sẽ bị thiếu hoặc bị biến đổi. Nếu tạo ra một con chuột thiếu các gene quy định lồng ngực, bạn sẽ làm thay đổi các phần của lưng.

Các gene *Hox* cũng thiết lập tỉ lệ của cơ thể – kích thước của các vùng khác nhau như đầu, ngực và lưng dưới. Chúng liên quan tới sự phát triển của các cơ quan riêng biệt, các chi, cơ quan sinh dục ngoài và ruột. Những thay đổi đối với các gene này sẽ gây ra những thay đổi trong cách thức cơ thể

chúng ra được hình thành.



*Gene hox ở ruồi giấm và ở người. Tổ chức cơ thể từ đầu tới đuôi chịu sự điều khiển của các gene Hox khác nhau. Ruồi giấm có một bộ 8 gene Hox, mỗi gene được biểu diễn dưới dạng một hộp nhỏ trên sơ đồ. Người có bốn bộ gene này. Ở ruồi giấm và người, hoạt tính của một gene tương ứng với vị trí của nó trên đoạn DNA: các gene hoạt động ở vùng đầu nằm ở một phía, các gene hoạt động ở vùng đuôi nằm ở phía kia, còn gene tác động tới phần giữa cơ thể nằm ở giữa.*

Các loại sinh vật khác nhau có số lượng gene *Hox* khác nhau. Ruồi giấm và côn trùng có 8, chuột và các loài thú khác có 39. Ba mươi chín gene *Hox* của chuột là tất cả bản sao của gene có trong ruồi giấm. Sự tương đồng này

dẫn tới ý tưởng là phần lớn gene *Hox* ở thú có nguồn gốc từ việc nhân bản một số lượng gene nhỏ hơn ở ruồi giấm. Bất chấp những khác biệt về số lượng này, các gene ở chuột hoạt động từ phía trước ra phía sau theo một trình tự rất chính xác giống như các gene ở ruồi giấm.

Chúng ta có thể đi sâu hơn vào cây phả hệ, tìm ra những đoạn DNA tương tự tham gia vào quá trình hình thành nên các phần thậm chí cơ bản hơn của cơ thể chúng ta hay không? Thật đáng ngạc nhiên, câu trả lời là có. Và nó là câu nối giữa chúng ta với các động vật thậm chí đơn giản hơn cả ruồi.

## DNA VÀ VÙNG TỔ CHỨC

Vào thời điểm Spemann được trao giải Nobel, Vùng tổ chức thu hút toàn bộ sự chú ý. Các nhà khoa học tìm kiếm hóa chất bí mật có thể tạo ra toàn bộ sơ đồ cơ thể. Nhưng cũng như văn hóa bình dân có trò chơi yo-yo và búp bê Tickle Me Elmo, khoa học cũng có những một nhất thời rộ lên rồi biến mất. Vào những năm 1970, Vùng tổ chức chỉ được coi là một hiện tượng kỳ lạ không hơn không kém, một giai thoại về sự tài tình trong lịch sử ngành phôi học.

Nguyên nhân của sự suy giảm niềm tin này là không ai có thể giải mã được các cơ chế vận hành của nó.

Việc phát hiện ra các gene *Hox* vào những năm 1980 đã thay đổi tất cả. Đầu những năm 1990, khi khái niệm Vùng tổ chức vẫn còn hoàn toàn lỗi một, phòng thí nghiệm của Eddie De Robertis tại Đại học California ở Los Angeles đã tìm kiếm các gene *Hox* trên ếch, sử dụng các kỹ thuật như Levine và McGinnis từng làm. Việc tìm kiếm diễn ra trên diện rộng và họ đã thu được nhiều loại gene khác nhau. Một trong số những gene này có kiểu hoạt động rất đặc biệt. Nó hoạt động ở một vị trí chính xác trong phôi, nơi có Vùng tổ chức, và nó hoạt động vào đúng thời điểm phát triển. Tôi có thể hình dung ra De Robertis cảm giác thế nào khi tìm ra gene đó. Ông đang quan sát Vùng tổ chức và ngay trong Vùng tổ chức có một gene dường như chỉ kiểm soát nó, hoặc liên hệ với các hoạt động của nó ở trong phôi. Vùng tổ chức đã nóng trở lại.

Các gene trong Vùng tổ chức đã bắt đầu xuất hiện ở các phòng thí nghiệm khắp nơi. Trong khi tiến hành một loại thí nghiệm khác, Richard Harland ở Berkeley đã tìm thấy một gene khác mà ông gọi là *Noggin*. *Noggin* hoạt động đúng như một gene thuộc Vùng tổ chức. Khi Harland lấy một số gene *Noggin* và tiêm nó vào đúng chỗ trên phôi, chỗ đó hoạt động chính xác như một Vùng tổ chức. Phôi phát triển hai trục cơ thể bao gồm hai cái đầu.

Có phải gene của De Robertis và gene *Noggin* là các đoạn DNA tạo nên Vùng tổ chức hay không? Câu trả lời là có và không. Nhiều gene trong đó có hai gene này cùng tương tác để tổ chức nên sơ đồ cơ thể. Những hệ thống

như vậy thật phức tạp vì các gene có thể đóng nhiều vai trò khác nhau trong suốt quá trình phát triển. Ví dụ gene *Noggin* đóng vai trò trong phát triển trục cơ thể nhưng cũng liên quan tới việc hình thành nhiều các cơ quan khác. Hơn nữa, các gene không hoạt động một mình để xác lập tập tính phức tạp của tế bào giống như các gene mà chúng thấy trong quá trình phát triển phần đầu của cơ thể. Các gene tương tác với các gene khác trong tất cả các giai đoạn phát triển. Một gene có thể kiểm chế hoạt tính của gene khác hoặc thúc đẩy nó. Đôi khi nhiều gene tương tác với nhau để mở hay tắt một gene khác. May thay, những công cụ mới cho phép chúng ta đồng thời nghiên cứu hoạt tính của hàng nghìn gene trong một tế bào. Kết hợp công nghệ này với các phương pháp sử dụng máy tính để giải mã chức năng gene, chúng ta có tiềm năng lớn trong việc tìm hiểu cách các gene tạo nên tế bào, mô, và cơ thể.

Việc tìm hiểu những tương tác phức tạp giữa các bộ gene này sẽ làm sáng tỏ các cơ chế thực sự hình thành nên cơ thể. *Noggin* là một ví dụ tuyệt vời. Riêng gene *Noggin* không chỉ dẫn cho bất kỳ tế bào nào trong phôi về vị trí của nó trên trục trên – dưới của cơ thể; thay vào đó, nó hoạt động cùng lúc với một vài gene khác để thực hiện chức năng này. Một gene khác, gene BMP4, là gene ở dưới; nó được mở ở các tế bào tạo ra phần dưới cơ thể, hay là phía bụng của phôi. Có một mối tương tác quan trọng giữa gene BMP-4 và *Noggin*. Bất cứ khi nào gene *Noggin* được kích hoạt thì gene BMP-4 không thể thực hiện chức năng của mình. Kết quả là gene *Noggin* không chỉ dẫn tế bào phát triển thành “các tế bào ở phần trên của cơ thể”; thay vào đó, nó tắt tín hiệu khiến chúng trở thành những tế bào thuộc phần dưới. Mối tương tác bật – tắt này giải thích gần như tất cả các quá trình phát triển.

## MỘT CON HẢI QUỲ BÊN TRONG

So sánh cơ thể của chúng ta với cơ thể của ếch và cá là một chuyện. Trên thực tế, con người và chúng gần như hoàn toàn giống nhau: tất cả đều có một xương sống, hai chân, hai tay, một cái đầu v.v. Nếu chúng ta so sánh mình với những sinh vật hoàn toàn khác biệt, ví dụ như sứa và họ hàng của chúng, thì sao?

Hầu hết các động vật có các trục cơ thể được xác định bằng hướng chuyển động của chúng hoặc vị trí tương đối giữa miệng – hậu môn. Hãy nghĩ về khái niệm này: miệng của chúng ta nằm ở phía đối diện của cơ thể so với hậu môn, cũng như ở cá và côn trùng, nó thường nằm “về phía trước”.

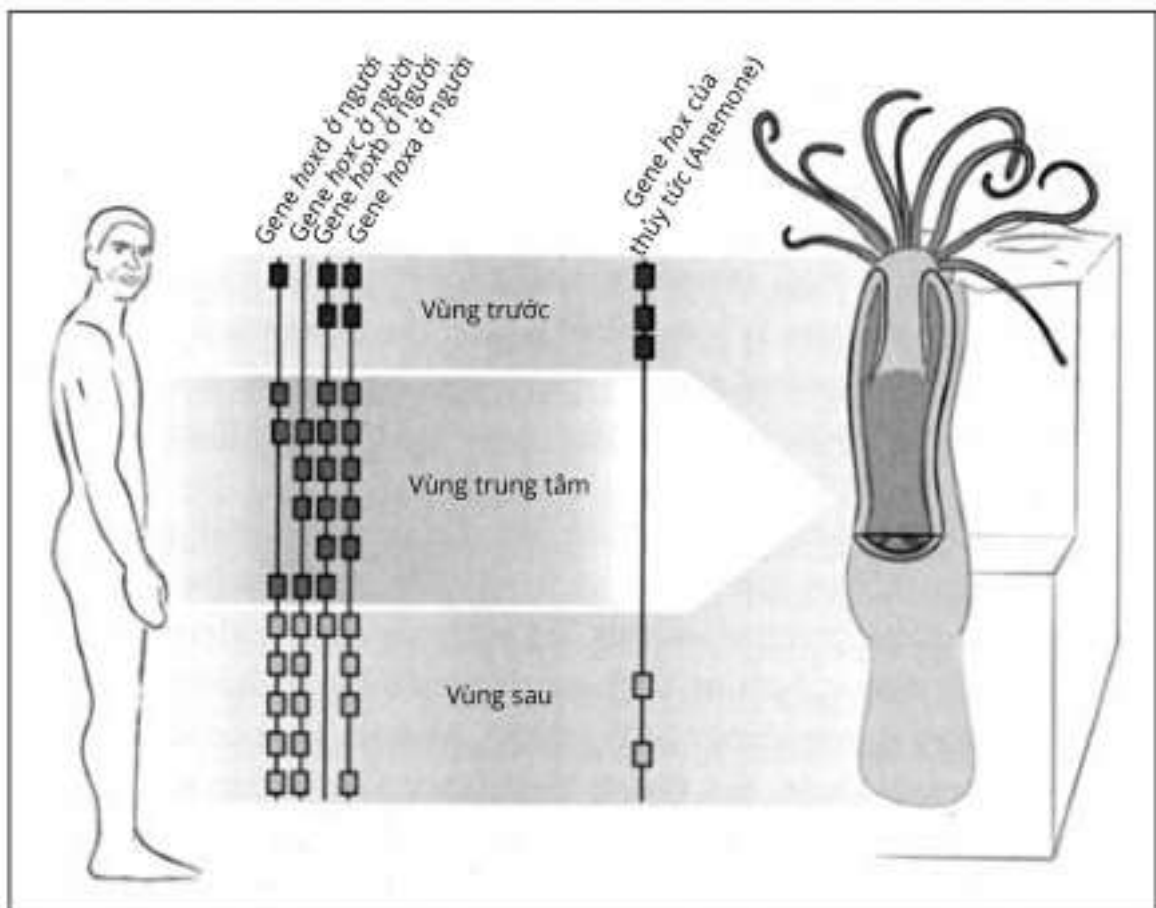
Làm thế nào chúng ta có thể nhìn thấy hình ảnh của mình trong cấu tạo của các động vật hoàn toàn không có dây sống? Còn đối với các động vật không có hậu môn và không có miệng thì sao? Các sinh vật như sứa, san hô và hải quỳ có một miệng nhưng không có hậu môn. Lỗ thông vừa đóng vai trò là miệng vừa đóng vai trò là nơi xả chất thải. Trong khi sự sắp xếp kỳ cục như vậy thuận tiện cho sứa và họ hàng của chúng thì nó làm các nhà sinh học



bởi rồi khi cô so sánh những sinh vật này với bất cứ sinh vật nào khác.

Nhiều đồng nghiệp, trong số đó có Mark Martindale và John Finnerty, đã mãi mê tìm hiểu vấn đề này bằng cách nghiên cứu sự phát triển của nhóm động vật này. Hải quỳ cung cấp rất nhiều thông tin, vì chúng là họ hàng gần gũi của sứa và có một kiểu cơ thể rất nguyên thủy. Hải quỳ còn có một hình dạng rất bất thường mà thoát nhìn dường như không có giá trị gì trong việc so sánh chúng với con người. Hải quỳ có hình dạng giống một thân cây với một thân dài và một mớ các tua ở đầu. Hình thù kỳ quái này khiến chúng trở nên đặc biệt hấp dẫn vì chúng có thể có phần phía trước và phía sau, phía trên và phía dưới. Hãy kẻ một đường từ miệng xuống chân đế của nó. Các nhà sinh học đã đặt tên cho đường kẻ này: trục miệng – đôi miệng. Nhưng cái tên không làm cho nó hơn gì một đường bất kỳ. Nếu đúng như vậy, quá trình phát triển của nó phải giống như quá trình phát triển của một trong số các chiều cơ thể của chúng ta.

Martindale và các đồng nghiệp của ông đã phát hiện ra rằng các phiên bản nguyên thủy của một số gene chính quyết định sơ đồ cơ thể của chúng ta, những gene xác định trục đầu – hậu môn, thực sự xuất hiện ở hải quỳ. Và quan trọng hơn, các gene này hoạt động dọc theo trục miệng – đôi miệng. Như vậy, điều này có nghĩa là trục miệng – đôi miệng của các sinh vật nguyên thủy này tương đương về mặt di truyền với trục đầu – hậu môn của chúng ta.



Họ hàng của sứa, ví dụ như hải quỳ, có phần trước và sau giống chúng ta, một sơ đồ cơ thể được hình thành nhờ phiên bản của các gene giống nhau.

Đã tìm ra một trục đối xứng, còn lại một trục nữa. Hải quỳ có gì tương tự như trục lưng – bụng của chúng ta không? Hải quỳ dường như chẳng có gì tương đồng. Bất chấp điều này, Martindale và đồng nghiệp của ông đã dũng cảm tiếp tục tìm kiếm các gene quy định trục lưng – bụng ở hải quỳ. Họ biết gene của chúng ta cấu tạo như thế nào và điều này giúp họ có được hình ảnh so sánh. Họ phát hiện ra không chỉ một mà nhiều gene khác nhau quy định trục lưng – bụng ở hải quỳ. Nhưng mặc dù những gene này hoạt động dọc theo một trục đối xứng ở hải quỳ, trục này có vẻ không tương quan với kiểu sắp xếp các cơ quan trong cơ thể trưởng thành.

Chỉ là trục ẩn này khó có thể quan sát từ bên ngoài. Tuy nhiên, nếu cắt đôi cơ thể chúng, chúng ta sẽ tìm thấy một manh mối quan trọng, một trục đối xứng khác. Có tên là trục định hướng, nó dường như xác định hai bên riêng biệt của sinh vật, gần như là trái phải. Trục ít được biết đến này được các nhà giải phẫu học tìm ra từ những năm 1920 nhưng vẫn là một bí ẩn trong các tài liệu khoa học. Martindale, Pinnerty và nhóm nghiên cứu của họ đã thay đổi điều đó.

Tất cả động vật đều giống nhau nhưng lại khác biệt. Giống như công thức làm bánh truyền từ thế hệ này sang thế hệ khác – có nâng cấp qua mỗi thế hệ – công thức tạo nên cơ thể chúng ta được truyền lại và biến đổi qua các thời đại. Trông chúng ta có thể không giống lắm với hải quỳ và sứa nhưng công thức tạo nên cơ thể chúng ta là một phiên bản phức tạp hơn của công thức tạo ra chúng.

Bằng chứng thuyết phục về công thức di truyền chung tạo ra cơ thể động vật được tìm thấy khi chúng ta trao đổi gene giữa các loài. Điều gì sẽ xảy ra nếu bạn trao đổi gene tạo ra cơ thể từ một động vật có sơ đồ cơ thể phức tạp như chúng ta với một con hải quỳ? Hãy nhớ lại gene *Noggin* ở ếch, chuột và người, nó được bật lên ở những vị trí sẽ phát triển thành các cấu trúc lưng. Tiêm thêm lượng dư *Noggin* của ếch vào trứng ếch và con ếch sẽ tạo thêm các cấu trúc lưng, đôi khi thậm chí một cái đầu thứ hai. Ở phôi của hải quỳ, một phiên bản của gene *Noggin* cũng được bật lên tại một đầu của trục định hướng. Giờ là thí nghiệm triệu đô la: lấy sản phẩm của gene *Noggin* từ hải quỳ và tiêm vào phôi ếch. Kết quả: một con ếch với các cấu trúc lưng thừa, gần như cùng một kết quả với con ếch bị tiêm bằng gene *Noggin* của chính nó.

Dù vậy, bây giờ khi chúng ta quay lại quá khứ, chúng ta vẫn còn một khoảng trống lớn chưa có lời giải. Tất cả các loài trong chương này đều có cơ thể. Làm thế nào để chúng ta so sánh bản thân chúng ta với các sinh vật hoàn toàn không có cơ thể – các vi sinh vật đơn bào?



# CHƯƠNG 7

\* \* \*

## NHỮNG CUỘC PHIÊU LƯU TRONG QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH CƠ THỂ

Những lúc không ra ngoài tìm kiếm hóa thạch thì tôi dành phần lớn thời gian học sau đại học làm việc với kính hiển vi, quan sát cách thức các tế bào tập hợp lại với nhau để tạo xương.

Tôi lấy chi đang phát triển của một con cá cóc hoặc một con ếch, nhuộm các tế bào bằng thuốc nhuộm. Thuốc nhuộm sẽ nhuộm xanh sụn đang phát triển và nhuộm đỏ xương. Sau đó, tôi có thể làm cho những loại mô khác trở nên trong suốt bằng cách xử lý chi với glycerin. Những mẫu này trông thật là đẹp: phôi hoàn toàn trong suốt và tất cả xương bắt màu thuốc nhuộm. Cứ như thể nhìn vào những sinh vật làm bằng thủy tinh.

Suốt trong những giờ miệt mài bên chiếc kính hiển vi ấy, tôi đã thực sự quan sát một con vật được tạo thành như thế nào. Các phôi bào nguyên thủy nhất có mầm chi nhỏ xíu và các tế bào bên trong được sắp xếp đều đặn. Sau đó, ở giai đoạn phát triển về sau, các tế bào kết thành khối bên trong mầm chi. Ở những phôi phát triển hơn, các tế bào có hình dạng khác nhau và xương được hình thành. Mỗi khối tế bào tôi theo dõi trong giai đoạn phát triển sớm của phôi trở thành một chiếc xương.

Thật khó mà tránh được cảm giác kinh ngạc khi quan sát quá trình con vật được hình thành. Giống như một ngôi nhà xây bằng gạch, chi được hình thành từ những mảnh ghép nhỏ hơn để từ đó tạo thành một cấu trúc lớn hơn. Nhưng có một sự khác biệt lớn. Ngôi nhà có người xây dựng, một người nào đó thực sự biết cần đặt những viên gạch vào đâu; chi và cơ thể thì không như vậy. Thông tin sử dụng để xây dựng nên các chi không nằm ở sơ đồ kiến trúc mà nó được chứa trong mỗi tế bào. Bạn hãy thử tưởng tượng một ngôi nhà được tự xây dựng nhờ vào thông tin trong mỗi viên gạch: đó là cách mà các cơ thể động vật được tạo nên.

Nhiều thông tin sử dụng cho việc hình thành cơ thể được giữ trong tế bào. Trên thực tế, hầu hết các thông tin đặc trưng cho mỗi người trong chúng ta cũng nằm ở đó. Cơ thể của chúng ta khác với cơ thể của một con sứa ở cách các tế bào gắn với nhau, ở cách chúng trao đổi thông tin và ở cả các vật liệu do tế bào tạo nên.

Thậm chí trước khi chúng ta có thể có một “sơ đồ cơ thể” – chứ chưa nói tới đầu, bộ não hoặc cánh tay – thì trước hết phải có một cách tạo ra cơ thể. Điều này nghĩa là gì? Để tạo ra tất cả các mô và cấu trúc của cơ thể, các tế bào phải biết cách phối hợp với nhau – tập hợp cùng nhau để tạo thành một loại cá thể hoàn toàn mới.

Để hiểu được ý nghĩa của điều này, trước tiên hãy tìm hiểu xem một cơ thể là gì. Sau đó, hãy giải đáp ba câu hỏi lớn về cơ thể: Khi nào? Như thế nào? và Tại sao? Các cơ thể xuất hiện khi nào, chúng hình thành như thế nào, và quan trọng nhất là, tại sao lại có cơ thể?

## BẠN CÓ CƠ THỂ: HÃY CHO TÔI XEM CƠ THỂ BẠN

Không phải mọi khối tế bào đều có vinh dự được gọi là cơ thể. Một nhóm vi khuẩn hoặc một nhóm tế bào da là những thứ khác hẳn so với tập hợp tế bào mà ta có thể gọi là một cá thể. Đây là sự khác biệt cơ bản; một thí nghiệm giả định sẽ giúp chúng ta thấy rõ sự khác nhau này.

Điều gì sẽ xảy ra nếu bạn lấy một số vi khuẩn ra khỏi một nhóm vi khuẩn? Bạn sẽ thu được một nhóm vi khuẩn nhỏ hơn. Điều gì sẽ diễn ra khi bạn lấy một số tế bào ra khỏi cơ thể người hoặc cá, chẳng hạn như từ tim hoặc não bộ? Bạn sẽ có một con người hoặc một con cá chết, phụ thuộc vào loại tế bào nào bạn lấy đi.

Như vậy thí nghiệm giả định này cho thấy một trong những đặc điểm gắn liền với cơ thể là: các bộ phận trong cơ thể chúng ta gắn kết với nhau tạo thành một thể toàn vẹn lớn hơn. Nhưng không phải tất cả các bộ phận của cơ thể đều có vai trò như nhau; một số bộ phận là tuyệt đối cần thiết cho sự sống. Hơn nữa, trong cơ thể có sự phân công lao động giữa các bộ phận; bộ não, tim và dạ dày có những chức năng riêng biệt. Sự phân công lao động này ảnh hưởng tới từng bậc cấu trúc nhỏ nhất, trong đó có tế bào, gene, và những protein tạo nên cơ thể.

Cơ thể của một con giun hay một con người có một đặc tính mà các phần cấu thành – các cơ quan, mô và tế bào – không có. Ví dụ như các tế bào da của chúng ta liên tục phân chia, chết đi và bị bong ra. Thế nhưng hạn vẫn là cùng một cá thể so với 7 năm về trước, mặc dù hầu như mọi tế bào da giờ đã là tế bào khác: những tế bào đã có trước đây đã chết và biến mất, thay vào đó là các tế bào mới. Điều này cũng diễn ra tương tự với hầu hết mọi loại tế bào trong cơ thể. Giống như một dòng sông vẫn là chính nó bất chấp những thay đổi về dòng chảy, thành phần nước, thậm chí kích thước, chúng ta vẫn là chính mình bất chấp sự thay đổi liên tục của các bộ phận trong cơ thể.

Và bất chấp sự thay đổi liên tục này, mỗi cơ quan của chúng ta “biết” rõ kích thước và vị trí của mình trong cơ thể. Chúng ta phát triển theo tỉ lệ chính xác vì sự tăng trưởng của xương trong cánh tay được phối hợp đồng

bộ với sự tăng trưởng của xương ở các ngón tay và hộp sọ của chúng ta. Da của chúng ta láng mịn vì các tế bào có thể trao đổi thông tin để duy trì tính toàn vẹn và cân đối của bề mặt, cho đến khi có điều gì đó bất thường xảy ra, ví dụ như chúng ta bị mụn com. Các tế bào bên trong mụn com không phát triển theo quy luật: chúng không biết khi nào thì phải ngừng tăng trưởng.

Khi sự cân bằng nhịp nhàng giữa các bộ phận trong cơ thể bị phá vỡ thì sinh vật có thể chết. Ví dụ, một khối bướu ung thư hình thành khi một nhóm tế bào không còn hợp tác với nhau nữa. Do sự phân chia không có điểm dừng hoặc không chết theo đúng quy luật, những tế bào này có thể phá hủy sự cân bằng cần thiết tạo nên một cơ thể sống. Ung thư sẽ phá vỡ quy luật cho phép các tế bào hợp tác với nhau. Giống như những kẻ xấu phá hủy các xã hội có tính hợp tác cao, ung thư chỉ hoạt động dựa trên lợi ích của chính nó cho tới khi chúng giết chết tập hợp tế bào lớn hơn, tức là cơ thể con người.

Điều gì đã khiến cho sự phức tạp này có thể tồn tại? Để cho các tổ tiên xa xôi của chúng ta phát triển từ các sinh vật đơn bào cho tới các sinh vật có cơ thể, giống như chúng đã làm trên một tỉ năm trước đây, các tế bào của chúng phải sử dụng các cơ chế mới để phối hợp nhau. Chúng cần có khả năng truyền thông tin với nhau. Chúng cần có khả năng gắn kết với nhau theo các cách mới. Và chúng cần có khả năng tạo ra cấu trúc mới, chẳng hạn như các phân tử tạo ra những cơ quan riêng biệt. Những đặc điểm này – sự gắn kết giữa các tế bào, cách thức các tế bào có thể “nói chuyện” với nhau, và các phân tử mà tế bào tạo ra – hình thành bộ công cụ cần có để kiến tạo nên tất cả các loại cơ thể khác nhau mà chúng ta thấy trên đời.

Việc phát minh ra các công cụ này chẳng khác gì một cuộc cách mạng. Sự chuyển đổi từ các động vật đơn bào thành động vật có cơ thể mở ra một thế giới hoàn toàn mới. Các sinh vật mới với những khả năng hoàn toàn mới xuất hiện: chúng có kích thước lớn, chúng di chuyển, chúng phát triển các cơ quan mới giúp chúng cảm nhận, ăn và tiêu hóa thế giới của chúng.

## KHAI QUẠT CÁC CƠ THỂ

Một ý nghĩ bình thường dành cho tất cả chúng ta, từ giun, cá cho tới con người: phần lớn lịch sử sự sống là câu chuyện liên quan tới các sinh vật đơn bào. Hầu như mọi điều chúng ta đề cập tới giờ – các loài động vật có tay, đầu, cơ quan cảm giác, thậm chí có sơ đồ cơ thể – mới chỉ xuất hiện trong một thời gian ngắn của lịch sử trái đất. Những người giảng dạy cổ sinh học trong số chúng tôi thường sử dụng sự so sánh tương tự của “tuổi trái đất” để minh họa giai đoạn nhỏ bé đó. Lấy toàn bộ lịch sử 4,5 tỉ năm của trái đất thu ngắn lại thành 1 năm, với ngày 1 tháng 1 là khi trái đất hình thành và nửa đêm ngày 31 tháng 12 là thời điểm hiện tại. Cho tới tháng 6, các sinh vật

xuất hiện trên trái đất chỉ là các vi sinh vật cấu tạo đơn bào như tảo, vi khuẩn, và amip. Động vật có đầu chưa xuất hiện cho tới tận tháng 10. Con người đầu tiên xuất hiện vào ngày 31 tháng 12. Cũng giống như các động vật và thực vật đã từng tồn tại, chúng ta là những sinh thể sinh sau đẻ muộn của trái đất.

Sự vĩ đại của thước đo thời gian này trở nên thực sự rõ ràng khi chúng ta nhìn vào các lớp đất đá của thế giới. Các tầng đá trên 600 triệu năm tuổi thường không có động vật hoặc thực vật. Ở trong đó, chúng ta chỉ tìm thấy các sinh vật đơn bào và các tập đoàn vi tảo. Những tập đoàn này ở dưới dạng sợi hoặc khối; một số tập đoàn có hình nắm đấm cửa. Chúng ta sẽ không thể nào nhầm những sinh thể này với những cơ thể chuyên hóa.

Những người đầu tiên nhìn thấy các dạng cơ thể nguyên thủy nhất trong hóa thạch đã không hề biết họ đang thấy cái gì. Từ những năm 1920 đến những năm 1960, các hóa thạch thực sự kỳ quặc bắt đầu xuất hiện bất ngờ ở nhiều nơi trên thế giới. Trong những năm 1920 và 1930, Martin Gurich, một nhà cổ sinh vật người Đức làm việc ở địa bàn hiện nay thuộc Namibia, đã phát hiện ra một loạt các vết in trông giống như cơ thể động vật. Có hình dạng giống những cái đĩa, những sinh vật này có vẻ không có gì đặc biệt: chúng có thể là tảo nguyên thủy hoặc sứa sống ở các vùng biển cổ.

Vào năm 1947, một nhà địa chất mỏ người Australia tên là Reginald Sprigg tình cờ tìm thấy một địa điểm mà mặt dưới các tầng đá có những vết in hình đĩa, dải và lá.

Làm việc xung quanh khu mỏ bị bỏ hoang ở Ediacara Hills thuộc miền Nam Australia, Sprigg phát hiện ra một bộ sưu tập các hóa thạch này và mô tả chúng một cách cẩn thận. Theo thời gian, những vết in tương tự được tìm thấy tại tất cả các lục địa trên thế giới chỉ trừ vùng Nam Cực. Loài sinh vật Sprigg tìm ra trông khá kỳ lạ nhưng ít ai quan tâm tới chúng một cách thực sự.

Sự lãnh đạm của giới cổ sinh học xuất phát từ lý do các hóa thạch bị cho rằng thuộc tầng đá tương đối trẻ của kỷ Cambri, khi mà nhiều hóa thạch động vật có cơ thể nguyên thủy đã được biết đến. Các hóa thạch của Sprigg và Gurich đã không được lưu tâm, chúng chỉ là một tập hợp những vết in không thực sự gây hứng thú mặc dù lạ mắt từ một thời kỳ cổ đại đã có mặt khá nhiều trong các bộ sưu tập của các bảo tàng trên thế giới.

Vào giữa những năm 1960, Martin Glaessner, một người Áo có uy tín sống ở Úc, đã thay đổi tất cả điều đó. Sau khi so sánh những tầng đá này với các tầng đá khác trên thế giới, Glaessner đã chỉ ra rằng không nghi ngờ gì nữa, những hóa thạch này có niên đại cổ hơn từ 15 đến 20 triệu năm so với quan niệm ban đầu. Chúng không phải là các vết in vô nghĩa – thay vào đó, Gurich, Sprigg và những người khác đã tìm thấy những cơ thể nguyên thủy nhất.

Những hóa thạch này có nguồn gốc từ thời kỳ được gọi là tiền Cambri, nghĩa đen là “Trước khi có sự sống”. Hiểu biết của chúng ta về sự cổ xưa của sự sống đã sụp đổ. Những món đồ cũ kỹ của cổ sinh học đã trở thành những viên ngọc quý của khoa học.



*Một thang chia thời gian về các sự kiện trong lịch sử sự sống. Lưu ý tới thời kỳ cực kỳ dài trên trái đất chưa có các sinh vật với cơ thể phân hóa, chỉ có các sinh vật đơn bào sống đơn độc hoặc sống thành tập đoàn.*

Các dạng đĩa, dải và lá thời kỳ tiền Cambri rõ ràng là thuộc về các sinh vật cổ xưa nhất có cơ thể chuyên hóa. Đúng như chúng ta mong đợi ở những hóa thạch động vật nguyên thủy khác, những sinh vật cổ xưa này bao gồm các đại diện của một số động vật nguyên thủy nhất trên trái đất hiện nay như: bọt biển và sứa. Các hóa thạch tiền Cambri khác trông chẳng giống sinh vật nào mà chúng ta đã biết. Chúng ta có thể nói rằng những hóa thạch đó là những vết in của sinh vật nào đó đã có cấu tạo cơ thể, nhưng kiểu hình dạng sợi, dạng khối và hình hài của chúng đều không tương ứng với sinh vật đương đại nào.

Từ đây đã có một thông điệp rất rõ ràng: sinh vật đa bào bắt đầu cư trú trong môi trường biển cách đây 600 triệu năm. Những sinh vật này có cơ thể rõ ràng và chúng không chỉ là những tập đoàn tế bào. Chúng có kiểu mẫu đối



xứng và trong một số trường hợp chúng giống với những dạng sống đương đại. Còn đối với những sinh vật không thể so sánh trực tiếp với các dạng sống hiện nay, những phần khác nhau của cơ thể chúng có các cấu trúc chuyên hóa. Điều này ngụ ý rằng các sinh vật thời tiền Cambri đã có một mức độ tổ chức sinh học mà ở thời điểm đó là hoàn toàn mới trên hành tinh.

Bằng chứng của những sự thay đổi trên không chỉ thể hiện trong các dạng cơ thể hóa thạch mà còn ngay trong các tầng đá. Những cơ thể đầu tiên đã tạo ra những vết di chuyển đầu tiên. Những dấu vết đầu tiên về những sinh vật thực sự biết bò và trườn trong bùn đã được khắc họa trên đá. Những vết di chuyển sớm nhất, các vết hình dải dài trong bùn cổ đại, cho thấy một số trong những sinh vật có cơ thể này có thể thực hiện các chuyển động khá phức tạp. Không chỉ có cấu tạo cơ thể gồm các phần có thể nhận biết được mà chúng đã thực sự sử dụng những bộ phận này để di chuyển theo các cách thức mới.

Tất cả những điều này thực sự có ý nghĩa. Chúng ta nhìn thấy các cơ thể đầu tiên trước khi chúng ta thấy được sơ đồ cấu tạo nên cơ thể. Chúng ta thấy sơ đồ cơ thể nguyên thủy đầu tiên trước khi chúng ta thấy sơ đồ cơ thể có đầu, và cứ tiếp tục như thế. Giống như vườn thú tưởng tượng chúng ta đã thấy ở chương đầu của cuốn sách này, các tầng đá trên thế giới được sắp xếp rất trật tự.

Như chúng ta nói tới ở phần mở đầu chương này, chúng ta nghiên cứu các vấn đề liên quan tới thời điểm, cách thức và lý do hình thành cơ thể. Các khám phá thời tiền Cambri đã cho chúng ta biết thời điểm xuất hiện cơ thể. Để tìm hiểu cách thức, và trên hết là lý do, thì chúng ta cần có một cách tiếp cận hơi khác một chút.

## CHÚNG CỨ Ở NGAY BÊN TRONG CƠ THỂ CHÚNG TA

Một bức ảnh không bao giờ nắm bắt được bao nhiêu phần cơ thể chúng ta có thể được tìm thấy trong những dạng hình đĩa, hình dải, hình lá thời tiền Cambri. Loài người chúng ta, với cơ thể phức tạp như thế, có gì chung với những hình hài in trong các tầng đá, đặc biệt những hóa thạch trông giống như con sứa bị gấp nếp và những cuộn phim bị đè bẹp?

Câu trả lời là hoàn toàn có và không thể chối cãi, khi chúng ta thấy bằng chứng: những “thứ” gắn kết cơ thể chúng ta – giúp cơ thể chúng ta có thể tồn tại – không khác biệt so với những gì tạo nên cơ thể sinh vật cổ đại của Gurich và Sprigg. Trên thực tế, khung giàn của toàn bộ cơ thể chúng ta thực chất bắt nguồn từ một gốc cổ xưa: các động vật đơn bào.

Điều gì đã giữ một đám tế bào lại với nhau, dù là để tạo nên một con sứa hay một nhãn cầu? Ở những sinh vật giống chúng ta, chất kết dính sinh học cực kỳ phức tạp; nó không chỉ giữ các tế bào của chúng ta lại với nhau mà

còn cho phép các tế bào trao đổi thông tin và hình thành nên phần nhiều các cấu trúc cơ thể. Chất kết dính không phải chỉ có một; nó bao gồm nhiều loại phân tử khác nhau giúp kết nối và đóng vai trò trung gian giữa các tế bào. Ở mức độ hiển vi, nó tạo cho mỗi mô và cơ quan một hình hài và chức năng riêng biệt. Một nhân cầu trông khác với xương chân cho dù chúng ra có đem soi dưới kính hiển vi hay nhìn bằng mắt thường. Trên thực tế, nhiều điểm khác nhau giữa xương chân và mắt nằm ở cách sắp xếp sâu bên trong của các tế bào và vật liệu.

Vài năm qua, tôi đã khiến các sinh viên trường y quay cuồng với những khái niệm này trong các học kỳ mùa thu. Các sinh viên năm thứ nhất hay lo lắng đã phải học cách xác định các cơ quan khi nhìn dưới kính hiển vi các lát cắt ngẫu nhiên của một mô. Các em làm việc này như thế nào đây?

Công việc này hơi giống việc bạn phải đoán ra mình đang ở nước nào khi nhìn vào bản đồ đường bộ của một ngôi làng nhỏ. Nhiệm vụ này có thể làm được nhưng chúng ta cần có các manh mối thích hợp. Ở các cơ quan trong cơ thể, một số manh mối tốt nhất nằm ở hình dạng các tế bào và cách chúng gắn kết với nhau; việc xác định những thứ nằm giữa chúng cũng có vai trò quan trọng. Các mô có nhiều loại tế bào khác nhau, vốn gắn kết với nhau theo các cách khác biệt: một số vùng có hình dải hoặc dạng cột tế bào; ở các mô khác, các tế bào phân tán rải rác ngẫu nhiên và gắn với nhau lỏng lẻo. Những vùng này, nơi các tế bào được gắn lỏng lẻo, thường chứa đầy vật liệu cấu tạo đặc trưng cho tính chất vật lý của từng mô. Ví dụ, các chất khoáng nằm giữa tế bào xương làm mô xương cứng trong khi các protein lỏng lẻo hơn ở trong trắng của mắt lại tạo ra thành của nhân cầu mềm dẻo.

Khả năng xác định các cơ quan trên các lát cắt tiêu bản hiển vi của các sinh viên bắt nguồn từ kiến thức về cách sắp xếp của các tế bào và những chất nằm giữa chúng. Đối với chúng ta nó có một ý nghĩa sâu xa hơn. Các phân tử giúp tạo ra sự sắp xếp tế bào là những phân tử tham gia vào kiến tạo nên cơ thể sống. Nếu không có cách nào gắn kết các tế bào với nhau, hay nếu không có các vật liệu ở giữa các tế bào, sẽ không có các cơ thể sống trên trái đất - thay vào đó chỉ là một đống các tế bào riêng lẻ. Điều này có nghĩa là để hiểu được lý do và cách các cơ thể được hình thành, điểm đầu tiên cần quan sát là các phân tử này: các phân tử giúp các tế bào kết dính với nhau, các phân tử cho phép các tế bào trao đổi thông tin và các chất nằm giữa các tế bào.

Để hiểu được mối liên hệ giữa cấu trúc phân tử này với cơ thể chúng ta, hãy tập trung vào các chi tiết của một bộ phận cơ thể: bộ xương của chúng ta. Bộ xương của chúng ta là một ví dụ thuyết phục cho thấy cách các phân tử nhỏ bé có thể tạo ra ảnh hưởng lớn lên cấu trúc cơ thể và minh chứng cho các nguyên lý chung áp dụng được: cho tất cả các bộ phận trong cơ thể. Nếu không có bộ xương thì chúng ta đã là những khối mô không có hình dạng.

Sống ở trên mặt đất sẽ không dễ dàng hoặc thậm chí là không thể. Quá nhiều hoạt động sinh học và hành vi cơ bản của chúng ta thực hiện được là nhờ bộ xương bên trong chúng ta thường coi đó là chuyện dĩ nhiên. Bất kể lúc nào chúng ta đi bộ, chơi piano, hít thở hoặc nhai thức ăn thì chúng ta đều phải cảm ơn bộ xương.

Công việc của bộ xương trong cơ thể chúng ta có nhiều điểm tương đồng với một cây cầu. Độ chịu lực của một cây cầu phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và tỉ lệ các phần của dầm cầu và cáp treo. Nhưng quan trọng không kém, độ chịu lực của cây cầu phụ thuộc vào các đặc tính hiển vi của vật liệu tạo nên nó. Cấu trúc phân tử của thép sẽ xác định độ chịu lực của cầu và độ uốn trước khi gãy. Tương tự như vậy, độ chịu lực của bộ xương của chúng ta phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và cả đặc tính phân tử của từng xương.

Chúng ta hãy chạy bộ để kiểm nghiệm bộ xương làm việc ra sao. Khi chúng ta chạy trên một con đường, cơ sẽ co, lưng, cánh tay và cẳng chân di chuyển còn bàn chân dậm lên mặt đất đẩy chúng ta về phía trước. Xương và khớp của chúng ta có chức năng như một tổ hợp đòn bẩy và ròng rọc khổng lồ để giúp toàn bộ các cử động đó thực hiện được. Cử động của cơ thể chúng ta ra được chi phối bởi các quy luật vật lý cơ bản: khả năng chạy của chúng ta phần lớn phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và tỉ lệ của bộ xương, cũng như cấu tạo của các khớp. Ở mức độ này, toàn bộ cơ thể của chúng ta được ví như một cỗ máy lớn. Và giống như một cỗ máy, thiết kế của chúng ta sẽ phù hợp với chức năng. Một vận động viên nhảy cao đẳng cấp quốc tế có tỉ lệ xương khác với một nhà vô địch vật sumo. Tỉ lệ các chân của một con thỏ hoặc một con ếch, các loài chuyên hóa cho lối di chuyển bằng bước nhảy, sẽ khác với tỉ lệ ở một con ngựa.

Bây giờ, hãy quan sát ở mức độ hiển vi hơn. Lấy một lát cắt xương đùi đem soi dưới kính hiển vi, bạn sẽ lập tức thấy điều gì đã làm cho xương có các đặc tính cơ học chuyên biệt. Các tế bào được sắp xếp có trật tự ở mức độ cao tại nhiều vị trí, đặc biệt ở mép ngoài của xương. Một số tế bào kết dính với nhau trong khi số khác lại tách biệt. Giữa các tế bào tách biệt là vật liệu quyết định sự bền chắc của xương. Một trong số đó là dạng đá hoặc tinh thể, còn gọi là chất hydroxyapatite mà chúng ta đã đề cập đến ở Chương 4. Hydroxyapatite cứng như bê tông: cứng khỏe khi bị nén ép, kém bền hơn khi bị vặn xoắn hoặc bẻ cong. Như vậy, giống như một tòa nhà được xây nên từ gạch hoặc bê tông, các xương được tạo hình để tăng tối đa chức năng chịu lực nén và giảm thiểu khả năng bẻ cong và vặn xoắn, một điều mà Galileo đã nhận biết từ thế kỷ 17.

Phân tử còn lại nằm giữa các tế bào xương là một protein thông dụng nhất có trong toàn bộ cơ thể người. Nếu chúng ta phóng đại nó lên 10.000 lần bằng một kính hiển vi điện tử thì chúng ta sẽ thấy cấu tạo trông giống

như một sợi dây thừng gồm nhiều bó sợi có kích thước phân tử. Phân tử này, sợi collagen, cũng có đặc tính cơ học như sợi dây thừng. Khi bị kéo, dây thừng khá chắc nhưng nếu bị nén nó sẽ bị sụp xuống; hãy tưởng tượng hai đội trong trò chơi kéo co đẩy vào giữa. Collagen giống như sợi dây thừng, chắc khi bị kéo căng nhưng lại yếu khi các đầu tận cùng bị đẩy dòn lại với nhau.

Xương bao gồm các tế bào nằm trong một biển chất hydroxyapatite, collagen và một số các phân tử khác ít phổ biến hơn. Một số tế bào kết dính với nhau; các tế bào khác trôi nổi trong những vật liệu cấu tạo này. Độ cứng chắc của xương phụ thuộc vào độ chắc khỏe của sợi collagen khi bị kéo căng, và dựa trên độ vững chắc của chất hydroxyapatite khi bị nén.

Sụn, một loại mô khác trong bộ xương của chúng ta, có chức năng khá khác biệt. Trong quá trình chạy bộ, sụn tại các khớp của chúng ta cung cấp bề mặt nhẵn tại những điểm xương trượt trên nhau. Sụn là mô mềm dẻo hơn nhiều so với xương; nó có thể bẻ cong và chịu lực khi bị tác động. Hoạt động mềm mại của khớp gối cũng như hầu hết các khớp khác mà chúng ta dùng tới khi chạy bộ phụ thuộc vào lớp sụn tương đối mềm này. Khi sụn khỏe mạnh bị nén, nó luôn trở về hình dạng ban đầu, giống như một miếng bọt biển rửa bát. Trong mỗi bước chạy, toàn bộ khối lượng cơ thể của chúng ta va chạm với mặt đất với một tốc độ nhất định. Nếu không có những mũ bảo vệ này ở các khớp, xương sẽ cọ xát với nhau: một hậu quả rất khó chịu và gây suy nhược của bệnh viêm khớp.

Tính mềm dẻo của sụn là một đặc tính do cấu trúc hiển vi của nó tạo nên. Sụn ở các khớp có khá ít tế bào và những tế bào này tách biệt bởi nhiều chất gian bào nằm giữa chúng. Ví như ở xương, đặc tính của gian bào xác định phần lớn đặc tính cơ học của sụn.

Sợi collagen chiếm nhiều khoảng trống giữa các tế bào sụn (cũng như các tế bào ở những mô khác). Thứ thực sự tạo cho sụn sự mềm dẻo là một loại phân tử khác, một trong số các phân tử phi thường nhất trong toàn bộ cơ thể. Loại phân tử này, được gọi là phức chất proteoglycan, làm sụn cứng chắc khi vặn xoắn hoặc bị nén. Với hình dạng giống một cây chổi ba chiều khổng lồ có cán dài và nhiều nhánh nhỏ, phức chất proteoglycan có thể nhìn thấy được dưới kính hiển vi. Nó có một đặc tính đáng kinh ngạc liên quan tới khả năng đi bộ và cử động của chúng ta, nhờ vào tính chất ưa nước của các nhánh nhỏ này. Phức chất proteoglycan là phân tử thực sự phồng lớn khi ngâm nước, lấy đầy nước cho tới khi nó giống một miếng thạch khổng lồ. Lấy một mẫu gelatin này, cuốn những sợi thừng collagen bên trong và quanh nó thì bạn sẽ có một chất vừa mềm dẻo vừa chống chịu khá tốt với lực căng, về cơ bản đây là sụn. Một tấm đệm hoàn hảo cho khớp của chúng ta. Vai trò của tế bào sụn là sản sinh ra những phân tử này khi động vật đang sinh trưởng và duy trì chúng khi động vật hết phát triển.

Tỉ lệ giữa các vật liệu khác nhau xác định nhiều điểm khác biệt cơ học giữa xương, sụn và răng. Răng rất cứng và, như có thể dự đoán được, chứa rất nhiều chất hydroxyapatite và tương đối ít sợi collagen giữa các tế bào trong men răng. Xương có tương đối nhiều collagen hơn, ít chất hydroxyapatite hơn và không có men. Hệ quả là nó không cứng được như răng. Sụn có rất nhiều collagen, không có chất hydroxyapatite và được lấp đầy bằng nhiều phức chất proteoglycan. Sụn là mô mềm nhất trong bộ xương của chúng ta. Một trong những lý do chính khiến bộ xương của chúng ta có hình thái và chức năng như vậy là do những phân tử này được bố trí đúng vị trí với tỉ lệ phù hợp.

Tất cả những cấu tạo này có vai trò gì trong nguồn gốc của cơ thể? Một đặc tính chung của động vật cho dù chúng có bộ xương hay không là: tất cả chúng, gồm các khối tế bào, đều có các phân tử gian bào, cụ thể là các loại collagen và proteoglycan khác nhau. Collagen có vẻ đặc biệt quan trọng: là protein phổ biến nhất trong cơ thể động vật, chiếm tới hơn 90 phần trăm trọng lượng protein của cơ thể. Sự hình thành cơ thể từ thời xa xưa đòi hỏi các phân tử như thế này phải được tạo mới.

Một số thứ khác cũng cần thiết cho cơ thể: các tế bào trong xương chúng ta phải có khả năng kết dính với nhau và trao đổi thông tin với nhau. Các tế bào xương liên hệ với nhau như thế nào và các phần khác nhau của xương biết phải hoạt động khác nhau ra sao? Đây chính là nơi nắm giữ bộ dụng cụ tạo nên cơ thể.

Các tế bào xương, giống như mọi tế bào khác trong cơ thể của chúng ta, kết dính với nhau bằng các đỉnh tán phân tử nhỏ bé. Chúng có mức độ đa dạng rất cao. Một số gắn kết các tế bào giống như keo gắn đê giầy: một phân tử gắn chặt với màng ngoài của một tế bào, một phân tử khác gắn với màng ngoài của tế bào kế bên. Bằng cách gắn với màng ngoài của cả hai tế bào, chất kết dính này tạo thành một liên kết ổn định giữa hai tế bào.

Các đỉnh tán phân tử khác chính xác tới mức chúng chỉ gắn kết một cách chọn lọc với các đỉnh tán cùng chủng loại. Đây là một đặc điểm cực kỳ quan trọng vì nó giúp tổ chức cơ thể của chúng ta theo một cách thức cơ bản. Những đỉnh tán chọn lọc này cho phép các tế bào tự tổ chức và đảm bảo rằng các tế bào xương kết dính với tế bào xương, tế bào da kết dính với tế bào da, v.v... Chúng có thể tổ chức cơ thể của chúng ta khi không có các thông tin khác. Nếu chúng ta đặt nhiều tế bào, mỗi loại tế bào có một loại đỉnh tán khác nhau, lên một chiếc đĩa và để cho các tế bào sinh trưởng, các tế bào sẽ tự tổ chức sắp xếp. Khi các tế bào sắp xếp theo số lượng và các loại đỉnh tán mà chúng có, một số tế bào sẽ tạo ra hình cầu, số khác hình tấm.

Nhưng có thể cho rằng sự kết nối quan trọng nhất giữa các tế bào nằm ở cách chúng trao đổi thông tin với nhau. Các kiểu mẫu chính xác của bộ xương con người, thực tế là toàn bộ cơ thể của chúng ta, chỉ tồn tại được vì

các tế bào biết cách vận hành. Các tế bào cần biết khi nào chúng phân chia, khi nào tổng hợp phân tử và khi nào chết đi. Ví dụ nếu các tế bào xương hoặc da vận hành không theo quy luật – nếu chúng phân chia quá nhiều hoặc chết đi quá ít – thì chúng ta sẽ rất xấu xí hoặc tệ hơn nữa là chết.

Các tế bào trao đổi thông tin với nhau bằng cách sử dụng các “từ” được viết dưới dạng phân tử vốn di chuyển từ tế bào này sang tế bào khác. Một tế bào có thể “nói” với tế bào kế tiếp bằng cách gửi các phân tử qua lại. Ví dụ, ở một dạng trao đổi thông tin tương đối đơn giản giữa các tế bào, một tế bào sẽ gửi một tín hiệu, trong trường hợp này là một phân tử. Phân tử này sẽ gắn vào lớp vỏ bao ngoài, hay lớp màng, của tế bào nhận tín hiệu. Khi được gắn vào lớp màng ngoài, phân tử sẽ khởi tạo một chuỗi các phản ứng ở mức phân tử, trong nhiều trường hợp, chúng sẽ truyền từ màng ngoài vào tận bên trong nhân của tế bào đích. Nên nhớ rằng thông tin di truyền nằm bên trong nhân. Kết quả là tín hiệu phân tử này có thể làm cho các gene được bật lên hoặc đóng lại. Kết quả cuối cùng của tất cả quá trình này là các tế bào nhận thông tin giờ đây thay đổi sự vận hành của nó: nó có thể chết, phân chia hoặc tạo phân tử mới để đáp ứng tín hiệu từ tế bào kia.

Ở mức độ cơ bản nhất, những quá trình này làm cho cơ thể tồn tại được. Tất cả động vật có cơ thể đều có phân tử cấu tạo giống như collagen và proteoglycan. Tất cả chúng đều có các hàng loạt các loại định tán phân tử kết dính các tế bào với nhau và tất cả đều có các công cụ phân tử cho phép tế bào trao đổi thông tin với nhau.

Chúng ta giờ đây có được một hình ảnh nghiên cứu để hiểu được cơ thể chúng ta hình thành như thế nào. Để thấy được cơ thể đã phát sinh ra sao, chúng ta cần tìm kiếm những phân tử này ở các cơ thể nguyên thủy nhất trên trái đất và cuối cùng là ở các sinh vật hoàn toàn không có cấu tạo cơ thể.

## HÌNH THÀNH CƠ THỂ DẠNG GIỌT NƯỚC

Cơ thể của một giảo sư giống với một giọt nước ở điểm gì? Hãy xem xét một số cơ thể nguyên thủy nhất còn tồn tại hiện nay để tìm ra câu trả lời.

Một trong những sinh vật này có sự phân biệt mơ hồ chưa từng thấy trong thế giới hoang dã. Vào cuối những năm 1880, một sinh vật đơn giản kỳ lạ được tìm thấy trên vách kính của một bể cá. Khác với bất cứ sinh vật nào, nó trông giống như một đống bầy nhầy. Vật duy nhất chúng ta có thể so sánh với nó là sinh vật ngoài hành tinh trong bộ phim của Steve McQueen có tên là *Giọt nước (The Blob)*. Hãy nhớ lại, *Blob* là một đống hỗn độn vô định hình, sau khi rơi xuống trái đất từ vũ trụ, nó bao lấy con mồi: chó, người và thậm chí là cả những quán ăn nhỏ ở bang Pennsylvania. Phần đầu hệ tiêu hóa của *Blob* nằm phía dưới: chúng ta không bao giờ trông thấy nó; chúng ta chỉ nghe thấy tiếng kêu thét của các sinh vật bị bắt ở đó. Nếu thu nhỏ *Blob*

xuống khoảng từ 200 đến 1.000 tế bào, với đường kính khoảng 2mm, chúng ta sẽ có sinh vật bí ẩn gọi là placozoan (động vật hình đĩa). Placozoan chỉ có 4 loại tế bào tạo nên cơ thể rất đơn giản có hình một cái đĩa nhỏ. Dù vậy, đó vẫn là một cơ thể thực thụ. Một số tế bào ở mặt dưới được: chuyên hóa cho chức năng tiêu hóa; số khác có roi giúp cho sinh vật di chuyển. Chúng ta có ít thông tin về thức ăn của chúng trong môi trường hoang dã, nơi chúng sống hoặc sinh cảnh tự nhiên của chúng. Thế nhưng những giọt nước đơn giản này lại tiết lộ một điều cực kỳ quan trọng: với một số lượng nhỏ tế bào chuyên hóa, những sinh vật nguyên thủy này đã có sự phân công lao động giữa các phần khác nhau.

Nhiều điều thú vị về cơ thể đã tồn tại trong các placozoan. Chúng có một cơ thể thực thụ, mặc dù cơ thể đó được tổ chức một cách nguyên thủy. Khi nghiên cứu qua DNA và xem xét các phân tử trên bề mặt tế bào của chúng, chúng tôi thấy phần nhiều bộ máy kiến tạo cơ thể của chúng ta có mặt ở đó. Placozoan có các phiên bản đình tán phân tử và công cụ trao đổi thông tin giữa các tế bào có thể thấy trong cơ thể của chúng ta.

Bộ máy kiến tạo cơ thể của chúng ta có mặt trong các dạng giọt nước đơn giản hơn những hình in cổ đại của Reginald Sprigg. Chúng ta có thể tiếp tục tìm kiếm xa hơn, ở các dạng cơ thể thậm chí nguyên thủy hơn hay không? Một phần của câu trả lời nằm ở một dụng cụ nhà bếp kinh điển: miếng bọt biển cọ rửa. Thoạt nhìn, bọt biển không có gì đặc biệt. Thân của bọt biển chỉ là một ma trận bọt biển; không phải là một chất liệu sống mà là một dạng silica (chất liệu thủy tinh) hoặc calcium carbonate (một chất liệu cứng giống vỏ sò) xen lẫn với một số sợi collagen. Ngay từ đầu, điều này làm cho bọt biển trở nên thú vị. Hãy nhớ lại rằng các sợi collagen chiếm phần lớn khoảng trống gian bào của chúng ta, kết dính các tế bào và nhiều mô với nhau. Bọt biển có thể trông không giống, nhưng chúng đã có một trong những dấu hiệu của cơ thể.

Vào đầu những năm 1900, H.V.P. Wilson đã cho thấy bọt biển thực sự đáng ngạc nhiên như thế nào. Wilson đến Đại học Bắc Carolina với chức danh giáo sư sinh học đầu tiên tại trường vào năm 1894. Ở đó ông đã tiếp tục đào tạo một lực lượng nòng cốt các nhà sinh học Mỹ, những người đã hình thành lĩnh vực sinh học tế bào và di truyền học ở Bắc Mỹ trong thế kỷ tiếp theo. Khi còn trẻ, bạn có thể tưởng tượng được không, Wilson đã quyết định tập trung cuộc đời nghiên cứu của mình vào bọt biển. Một trong những thí nghiệm của ông đã cho thấy khả năng thực sự nổi trội của những sinh vật đơn giản này. Ông lọc chúng qua một cái sàng để phá vỡ cấu trúc khối của chúng thành các tế bào tách biệt. Wilson đặt những tế bào giống amip giở đây hoàn toàn tách rời vào trong một cái đĩa và theo dõi chúng. Thoạt đầu, chúng bò quanh bề mặt đĩa. Sau đó, điều ngạc nhiên diễn ra: các tế bào tụ lại với nhau. Đầu tiên, chúng tạo thành các quả cầu tế bào màu đỏ đục. Tiếp

theo, chúng đạt được sự tổ chức cao hơn với các tế bào được sắp xếp theo các kiểu mẫu xác định. Cuối cùng, các nhóm tế bào tạo thành một cơ thể bọt biển hoàn toàn mới với nhiều loại tế bào khác nhau được sắp xếp tại các vị trí thích hợp. Wilson đã quan sát một cơ thể được hình thành gần như từ con số không. Nếu chúng ta giống bọt biển thì nhân vật Steve Buscemi bị nghiền vụn trong máy xẻ gỗ ở trong bộ phim *Fargo* của anh em nhà Coen sẽ chẳng bị sao cả. Trên thực tế, sức mạnh của anh ta có thể tăng thêm nhờ trải nghiệm đó vì các tế bào có thể tập hợp để hình thành nhiều phiên bản khác nhau của anh ta.

Các tế bào trong bọt biển rất hữu ích trong việc giúp chúng ta hiểu được nguồn gốc của cơ thể. Phần bên trong bọt biển thường là khoảng trống được chia làm nhiều khoang tùy thuộc vào từng loài. Nước chảy qua khoảng trống, được điều khiển nhờ một loại tế bào đặc biệt. Những tế bào này có hình dạng như cái cốc với phần cốc quay mặt vào bên trong cơ thể bọt biển. Các lông nhỏ đưa ra từ các mép cốc đập và bắt các phân tử thức ăn trong nước. Cũng vươn ra từ mỗi tế bào của phần cốc này là một cái roi lớn. Sự hoạt động roi nhịp nhàng của những tế bào đẩy này chuyển nước và thức ăn qua các lỗ của bọt biển. Các tế bào khác bên trong bọt biển tiêu hóa các phân tử thức ăn. Thêm các tế bào khác nằm bên ngoài và có thể co lại khi bọt biển cần thay đổi hình dạng khi dòng nước thay đổi.

Bọt biển có vẻ như còn xa mới có cấu tạo của cơ thể hoàn chỉnh, thế nhưng nó mang nhiều đặc tính quan trọng nhất của cơ thể: tế bào của chúng có sự phân công lao động; các tế bào có thể trao đổi thông tin với nhau; và các tập hợp tế bào hoạt động như một cá thể riêng biệt. Một con bọt biển được cấu tạo từ nhiều loại tế bào khác nhau tại các vị trí khác biệt thực hiện những công việc khác nhau. Cấu tạo này khác xa với một cơ thể người có hàng nghìn tỉ tế bào được sắp xếp chính xác, nhưng nó cũng có những đặc điểm của cơ thể người. Quan trọng nhất, bọt biển có phần lớn sự kết dính, trao đổi thông tin giữa tế bào, và bộ khung như của chúng ta. Bọt biển là các cơ thể sinh vật mặc dù cấu tạo còn rất sơ khai và được tổ chức tương đối kém.

Giống như placozoan và bọt biển, chúng ta có nhiều tế bào. Giống như chúng, cơ thể của chúng ta cho thấy một sự phân chia lao động giữa các phần. Toàn bộ cỗ máy phân tử giúp cơ thể kết dính cũng đã xuất hiện: các đinh tán giúp gắn kết các tế bào với nhau; các công cụ khác nhau giúp các tế bào gửi tín hiệu cho nhau; và nhiều phân tử nằm giữa các tế bào. Giống như chúng ta và tất cả các động vật khác, placozoan và bọt biển cũng có collagen. Không giống với chúng ta, chúng có các phiên bản rất nguyên thủy của những đặc điểm này: thay vì có 21 loại collagen, bọt biển chỉ có hai; trong khi chúng ta có hàng trăm loại đinh tán phân tử thì con số của bọt biển chỉ bằng một phần nhỏ của chúng ta. Bọt biển cấu tạo đơn giản hơn chúng ta



và có ít loại tế bào hơn nhưng bộ máy kiến tạo cơ thể cơ bản đã xuất hiện.

Placozoa và bọt biển là những cơ thể đơn giản nhất mà chúng ta thấy ngày nay. Để nghiên cứu sâu hơn nữa, chúng ta phải tìm kiếm những công cụ kiến tạo nên cơ thể chúng ta trong các sinh vật không có cấu tạo cơ thể: các vi sinh vật đơn bào.

Làm thế nào bạn so sánh một vi sinh vật với một động vật có cơ thể? Công cụ kiến tạo nên các cơ thể ở động vật có mặt ở sinh vật đơn bào không? Nếu có, và nếu chúng không được dùng để kiến tạo cơ thể, thì chúng làm gì?

Cách tiếp cận trực tiếp nhất để bắt đầu trả lời những câu hỏi này là nghiên cứu gene của các vi sinh vật để tìm kiếm sự tương đồng với động vật. Những nghiên cứu so sánh đầu tiên giữa hệ gene của động vật và vi sinh vật cho thấy một sự thật đáng ngạc nhiên: ở nhiều động vật đơn bào, phần lớn bộ máy phân tử sử dụng cho sự gắn kết và tương tác tế bào, v.v... chưa từng tồn tại. Một số phân tích thậm chí còn cho rằng hơn tám trăm loại phân tử này chỉ xuất hiện ở các động vật có cơ thể mà không có ở sinh vật đơn bào. Điều này dường như ủng hộ quan niệm cho rằng các gene hỗ trợ tế bào tập hợp lại để tạo ra cơ thể đã xuất hiện cùng với sự khởi đầu của những cơ thể. Và thoạt nhìn, có vẻ có lý khi cho rằng các công cụ kiến thiết nên cơ thể có lẽ phát sinh đồng bộ với chính cơ thể đó.

Giả thuyết này bị đảo ngược khi Nicole King, thuộc Đại học California tại Berkeley, nghiên cứu các sinh vật có rên gọi trùng roi hình phễu (choanoflagellates). Sự lựa chọn đối tượng nghiên cứu của King không phải là ngẫu nhiên. Từ công trình nghiên cứu trên DNA, cô biết các trùng roi hình phễu nhiều khả năng là vi sinh vật có họ hàng gần nhất với động vật có cơ thể, placozoa và bọt biển. Cô cũng nghi ngờ rằng ẩn chứa trong các gene của trùng roi hình phễu là các phiên bản DNA tạo nên cơ thể chúng ta.

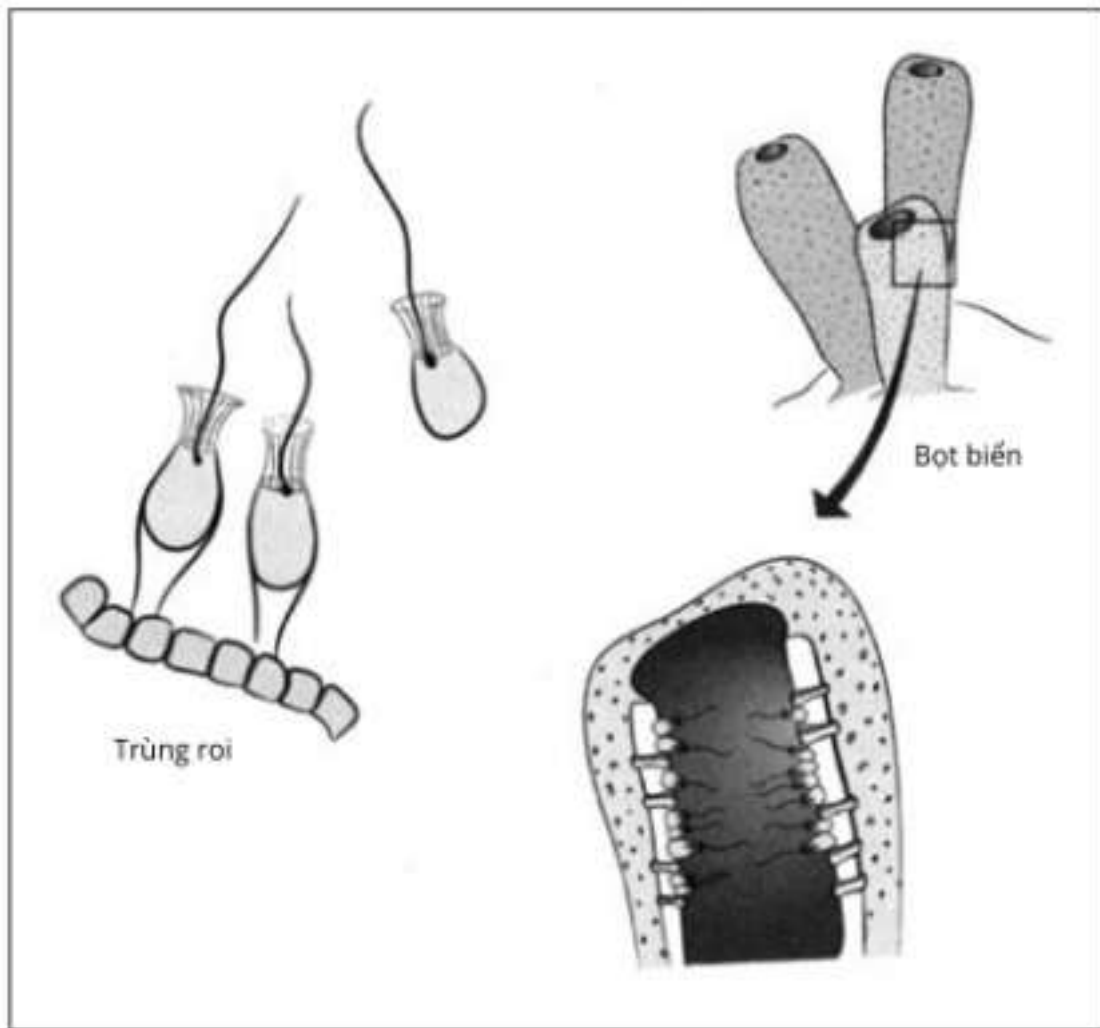
Nicole được hỗ trợ nghiên cứu bởi Dự án giải mã bộ gene ở người (Human Genome Project), một chương trình đã thành công trong việc lập bản đồ tất cả các gene trong cơ thể chúng ta. Với sự thành công của Dự án giải mã bộ gene người, nhiều nghiên cứu lập bản đồ gene đã xuất hiện: chúng ta đã có Dự án giải mã bộ gene chuột, Dự án giải mã bộ gene ruồi, Dự án giải mã bộ gene ong mật – thậm chí có các dự án giải mã bộ gene bọt biển, placozoa và vi sinh vật đang được thực hiện. Những bản đồ gene này là mỏ vàng về thông tin vì chúng cho phép chúng ta so sánh các gene kiến tạo nên cơ thể ở nhiều loài khác nhau. Chúng cũng cho Nicole các công cụ di truyền để nghiên cứu loài trùng roi hình phễu.

Trùng roi hình phễu trông rất giống các tế bào hình cốc bên trong bọt biển. Trên thực tế, đã từ lâu, nhiều người nghĩ rằng chúng chỉ là những bọt biển thoái hóa – loại bọt biển không có tất cả các loại tế bào khác. Nếu điều này đúng, thì DNA của trùng roi hình phễu sẽ giống một con bọt biển kỳ

cục. Không phải vậy. Khi các phân của DNA của trùng roi hình phễu được so sánh với DNA của vi sinh vật và bọt biển, thì chúng tương đồng một cách lạ thường với DNA của vi sinh vật. Trùng roi hình phễu là các vi sinh vật đơn bào.

Sự khác biệt về di truyền giữa “vi sinh vật đơn bào” và “động vật có cấu tạo cơ thể” hoàn toàn bị phá bỏ nhờ công trình của Nicole trên nhóm trùng roi hình phễu. Phần lớn các gene hoạt động ở trùng roi hình phễu cũng hoạt động ở động vật có cấu tạo cơ thể. Trên thực tế, nhiều gene trong số đó là thành phần của bộ máy kiến tạo nên cơ thể. Một số ví dụ cho thấy trọng lượng của sự so sánh này. Các chức năng gắn kết và trao đổi thông tin của tế bào, thậm chí các phân của phân tử hình thành ma trận giữa các tế bào và dòng chảy phân tử chuyên chở tín hiệu từ bên ngoài vào bên trong tế bào – đều đã xuất hiện ở trùng roi hình phễu. Các sợi collagen có mặt ở trùng roi hình phễu. Các loại định tán phân tử khác nhau giúp kết dính tế bào với nhau cũng hiện diện ở trùng roi hình phễu, mặc dù chúng thực hiện những công việc hơi khác nhau.

Trùng roi hình phễu thậm chí còn cung cấp cho Nicole một chỉ dẫn để so sánh bộ máy kiến tạo cơ thể của chúng ta với các vi sinh vật khác. Cấu trúc phân tử cơ bản cho phép gắn kết các collagen và proteoglycan đã hiện diện ở một số loại vi sinh vật khác nhau. Liên cầu khuẩn (*Streptococcus*) – phổ biến trong miệng (và, hiếm gặp ở các chỗ khác, người ta hy vọng thế) – có trên bề mặt tế bào của chúng một phân tử rất giống với collagen. Nó có cấu trúc phân tử giống hệt, nhưng không gắn kết lại để hình thành bó sợi hoặc tấm như collagen ở động vật. Tương tự như vậy, một số đường tạo nên phức chất proteoglycan bên trong sụn của chúng ta xuất hiện trong vách của các loại vi khuẩn khác nhau. Chức năng của chúng ở cả virus và vi khuẩn không thực sự dễ chịu. Chúng liên quan tới cách những tác nhân này thâm nhập và gây nhiễm trùng các tế bào, và trong nhiều trường hợp, trở nên có độc tính. Nhiều phân tử mà vi sinh vật sử dụng để làm khổ chúng ta là phiên bản nguyên thủy của các phân tử giúp cơ thể chúng ta tồn tại.



*Trùng roi hình phễu (trái) và bọt biển (phải)*

Điều này đặt ra một câu hỏi. Trong các hóa thạch, chúng ta không thấy gì khác ngoài vi sinh vật trong suốt 3,5 tỉ năm đầu tiên của lịch sử trái đất. Sau đó, đột nhiên trong khoảng thời gian có lẽ là 40 triệu năm, tất cả các loại sinh vật có cấu tạo cơ thể xuất hiện: thực vật, nấm, động vật; cơ thể xuất hiện khắp nơi. Sự xuất hiện cấu tạo cơ thể là một sự thú vị thực sự. Nhưng nếu bạn xem xét giá trị công trình của Nicole ở bề nổi, tiềm năng để kiến tạo nên cơ thể đã có mặt rất lâu trước khi các dạng cơ thể thực sự xuất hiện. Tại sao lại có sự bùng nổ của các sinh vật có cấu tạo cơ thể sau một thời gian dài không có sinh vật nào có cơ thể?

## MỘT CÒN BẢO HOÀN HẢO BÊN TRONG NGUỒN GỐC CỦA CÁC CƠ THỂ

Thời điểm là quan trọng nhất. Các ý tưởng, phát minh và khái niệm tốt nhất không phải lúc nào cũng thành công. Có bao nhiêu nhạc sĩ, nhà phát minh và nghệ sĩ đi trước quá xa thời đại của họ đến nỗi họ bị thất bại và bị quên lãng, và chỉ được tái phát hiện sau đó? Chúng ta không cần nhìn đâu xa hơn là Heron tội nghiệp ở thành Alexandria, người có lẽ vào thế kỷ thứ nhất

sau Công nguyên đã phát minh ra turbine hơi nước. Không may, nó chỉ được coi như một thứ đồ chơi. Thế giới chưa sẵn sàng cho phát minh đó.

Lịch sử sự sống cũng diễn ra giống như vậy. Mọi thứ đều có một khoảnh khắc ra đời, có lẽ ngay cả cơ thể cũng vậy. Để thấy được điều này, chúng ta cần hiểu được lúc đầu tại sao các cơ thể có thể xuất hiện.

Có một giả thuyết cực kỳ đơn giản về sự xuất hiện này: Có lẽ các cơ thể đã xuất hiện khi các vi sinh vật phát triển các cách thức mới để ăn thịt lẫn nhau hoặc tránh bị ăn thịt? Việc có cơ thể với nhiều tế bào sẽ cho phép sinh vật to ra. Có kích thước lớn thường là một cách rất tốt để tránh bị ăn thịt. Các cơ thể có thể đã xuất hiện chỉ như là một cách tự vệ.

Khi một sinh vật ăn thịt phát triển các cách mới để săn mồi thì con mồi cũng sẽ phát triển một phương thức mới để tránh bị ăn thịt. Sự tương tác này có thể dẫn tới nguồn gốc của nhiều phân tử kiến tạo nên cơ thể của chúng ta. Nhiều vi sinh vật kiếm ăn bằng cách gắn vào và nuốt chửng các vi sinh vật khác. Các phân tử cho phép vi sinh vật bắt mồi và giữ chúng lại chắc chắn là ứng viên cho “chức” phân tử tạo nên sự gắn kết bằng đing tán giữa các tế bào trong cơ thể của chúng ta. Một số vi sinh vật có thể thật sự trao đổi thông tin với nhau bằng cách tạo ra các hợp chất ảnh hưởng đến hành vi của các vi sinh vật khác. Mỗi tương tác sinh vật ăn thịt – con mồi giữa các vi sinh vật thường bao hàm các tín hiệu phân tử, hoặc để xua đuổi sinh vật ăn thịt tiềm năng hoặc để hấp dẫn con mồi đến gần. Có lẽ các tín hiệu như vậy là tiền thân của các loại tín hiệu mà các tế bào của chúng ta sử dụng để trao đổi thông tin, giúp giữ cho cơ thể của chúng ta nguyên vẹn.

Chúng ta có thể suy đoán về vấn đề này nhiều hơn nữa, nhưng sẽ thú vị hơn khi một số bằng chứng thực nghiệm hữu hình cho thấy sự săn mồi có thể tạo ra các cơ thể. Đây chính là điều mà Martin Boraas và đồng nghiệp của ông đã thực hiện. Họ lấy một loại tảo đơn bào bình thường và để chúng sống trong phòng thí nghiệm qua hàng nghìn thế hệ. Sau đó họ thả một vật ăn thịt vào: một sinh vật đơn bào có roi và bao lấy các vi sinh vật khác để tiêu hóa chúng. Sau chưa đầy 200 thế hệ, tảo đã đáp lại bằng cách trở thành đa bào với một khối hàng trăm tế bào; theo thời gian, số tế bào ít đi cho tới khi có khoảng 8 tế bào trong một khối. Tắm hóa ra là tối ưu vì nó tạo khối đủ lớn để tránh bị ăn thịt nhưng cũng đủ nhỏ để mỗi tế bào có thể nhận ánh sáng để sống sót. Điều đáng ngạc nhiên nhất diễn ra khi vi sinh vật săn mồi bị loại bỏ: tảo tiếp tục sinh sản và tạo thành các cá thể với tám tế bào. Nói tóm lại, một phiên bản đơn giản về dạng sống đa bào đã xuất hiện từ một dạng không có cấu tạo cơ thể.

Nếu một thí nghiệm có thể tạo ra một tổ chức đơn giản giống cơ thể từ một dạng không có cấu tạo cơ thể trong vài năm, hãy hình dung xem điều gì có thể xảy ra qua hàng tỉ năm. Câu hỏi lúc này không phải là cấu tạo cơ thể phát sinh như thế nào mà là tại sao sinh vật có cấu tạo cơ thể không ra đời

sớm hơn?

Lời đáp cho câu hỏi này có thể nằm ở môi trường cổ sinh nơi các sinh vật có cấu tạo cơ thể được hình thành: thế giới có thể chưa sẵn sàng cho sự ra đời của chúng.

Cơ thể là thứ rất đắt giá. Việc hình thành một sinh vật có cơ thể lớn đem lại những ưu thế rõ rệt: bên cạnh việc tránh được sinh vật ăn thịt, các động vật có cơ thể có thể ăn các sinh vật khác nhỏ hơn và di chuyển chủ động trên những khoảng cách dài. Cả hai khả năng này cho phép các động vật kiểm soát môi trường sống của chúng tốt hơn. Nhưng cả hai tiêu thụ rất nhiều năng lượng. Cơ thể đòi hỏi thậm chí nhiều năng lượng hơn khi chúng to ra, đặc biệt nếu chúng tích hợp collagen. Collagen đòi hỏi một lượng oxy tương đối lớn cho quá trình tổng hợp của nó và sẽ tạo ra sự tăng vọt nhu cầu oxy của tổ tiên chúng ta đối với nguyên tố chuyển hóa quan trọng này.

Nhưng vấn đề là: lượng oxy trên trái đất cổ sinh rất thấp. Qua hàng tỉ năm lượng oxy trong khí quyển kém xa mức chúng ta thấy ngày nay. Sau đó, khoảng 1 tỉ năm trước đây, lượng oxy đã tăng đột ngột và giữ ở mức tương đối cao kể từ đó. Vì sao chúng ta biết điều này? Từ thành phần hóa học của đá. Đá hình thành khoảng 1 tỉ năm trước đây cho thấy vết tích của việc hình thành trong điều kiện lượng oxy gia tăng. Liệu sự gia tăng lượng oxy trong khí quyển có liên hệ với nguồn gốc của các sinh vật có cấu tạo cơ thể không?

Có lẽ phải có một thứ trong cổ sinh tương đương với một cơn bão hoàn hảo để sinh ra các cơ thể trên trái đất. Qua hàng tỉ năm, vi sinh vật đã phát triển các cách thức mới tương tác với môi trường của chúng và tương tác với nhau. Để làm được điều này, chúng đã có được một số bộ phận cấu tạo và công cụ cấp phân tử để kiến thiết nên các cơ thể mặc dù chúng đã dùng những công cụ đó cho mục đích khác. Một nguyên nhân tạo ra nguồn gốc của các cơ thể cũng đã xuất hiện: vào khoảng một tỉ năm trước, các vi sinh vật đã học cách ăn thịt lẫn nhau. Có lý do để hình thành cấu tạo cơ thể, và các công cụ để thực hiện điều này đã sẵn sàng trong điều kiện đó.

Có một điều gì đó còn thiếu. Đó là đủ lượng oxy trên trái đất để hỗ trợ sự tồn tại của các cơ thể. Khi oxy của trái đất tăng lên, các sinh vật có cấu tạo cơ thể xuất hiện ở khắp nơi. Sự sống sẽ không bao giờ như cũ nữa.

# CHƯƠNG 8

\* \* \*

## GENE CẢM NHẬN MÙI

Vào đầu những năm 1980, căng thẳng đã xảy ra giữa các chuyên gia sinh học phân tử và những người nghiên cứu sinh vật một cách tổng thể – các nhà sinh thái học, giải phẫu học và cổ sinh học. Chẳng hạn như các nhà giải phẫu học bị xem là lỗi thời, không có hy vọng thuyết phục được ai bằng loại hình khoa học cũ kỹ. Sinh học phân tử đã cách mạng hóa cách tiếp cận của chúng ta đối với giải phẫu học và sinh học phát triển, tới mức mà các ngành kinh điển như cổ sinh học dường như lâm vào ngõ cụt trong lịch sử sinh học. Nó khiến tôi có cảm giác, vì tình yêu của mình đối với các hóa thạch, tôi sẽ bị thay thế bằng một cái máy đọc trình tự DNA tự động mới.

Hai mươi năm sau, tôi vẫn tiếp tục đào bới trong bùn đất và đập đá để tìm hóa thạch. Tôi cũng thu thập DNA và xem xét vai trò của nó trong quá trình phát triển. Các tranh luận thường bắt đầu bằng các kịch bản hoặc là cái này hoặc là cái kia. Theo thời gian, các quan điểm theo kiểu chỉ được chọn một phe bị thay bằng cách tiếp cận thực tế hơn. Các hóa thạch và ghi nhận địa chất vẫn là những bằng chứng rất thuyết phục về các thời kỳ trong quá khứ; không có bằng chứng nào khác cung cấp thông tin về môi trường sống và các dạng cấu trúc chuyển tiếp từng tồn tại trong lịch sử sự sống. Như chúng ta thấy, DNA là một cửa sổ vô cùng hiệu quả để tìm hiểu lịch sử sự sống và quá trình hình thành cơ thể cũng như các cơ quan. Nó có vai trò đặc biệt quan trọng khi các ghi nhận hóa thạch không tiết lộ được gì. Phần lớn cơ thể – ví dụ như các mô mềm – đơn giản là không hóa thạch một cách dễ dàng. Trong những trường hợp này, DNA gần như là tất cả những gì chúng ta có.

Chiết tách DNA từ cơ thể là một việc vô cùng dễ dàng, dễ tới mức bạn có thể làm trong bếp nhà mình. Lấy một ít mô của thực vật hoặc động vật – đậu, thịt bò hoặc gan gà. Thêm chút muối và nước rồi đổ tất cả vào một máy xay sinh tố để biến các mô thành hỗn hợp sệt. Sau đó cho thêm một ít xà phòng rửa bát. Xà phòng sẽ phá vỡ màng của các tế bào trong mô – vốn quá nhỏ nên máy xay sinh tố không thể phá vỡ được. Sau đó, thêm chất làm mềm thịt. Chất làm mềm thịt sẽ phân tách một số protein gắn với DNA. Bây giờ thì bạn có một loại súp xà phòng cùng với thịt được làm mềm chứa DNA

bên trong. Cuối cùng, cho thêm một ít cồn sát trùng vào hỗn hợp. Bạn sẽ có hai lớp dịch lỏng: lớp đặc sệt dạng xà phòng ở dưới đáy và một lớp cồn trong ở bên trên. DNA có một sức hút thực sự với cồn và nó sẽ di chuyển vào trong cồn. Nếu một quả cầu dẻo màu trắng xuất hiện trong cồn thì có nghĩa là bạn thực hiện mọi thao tác chính xác. Khối dẻo đó chính là DNA.

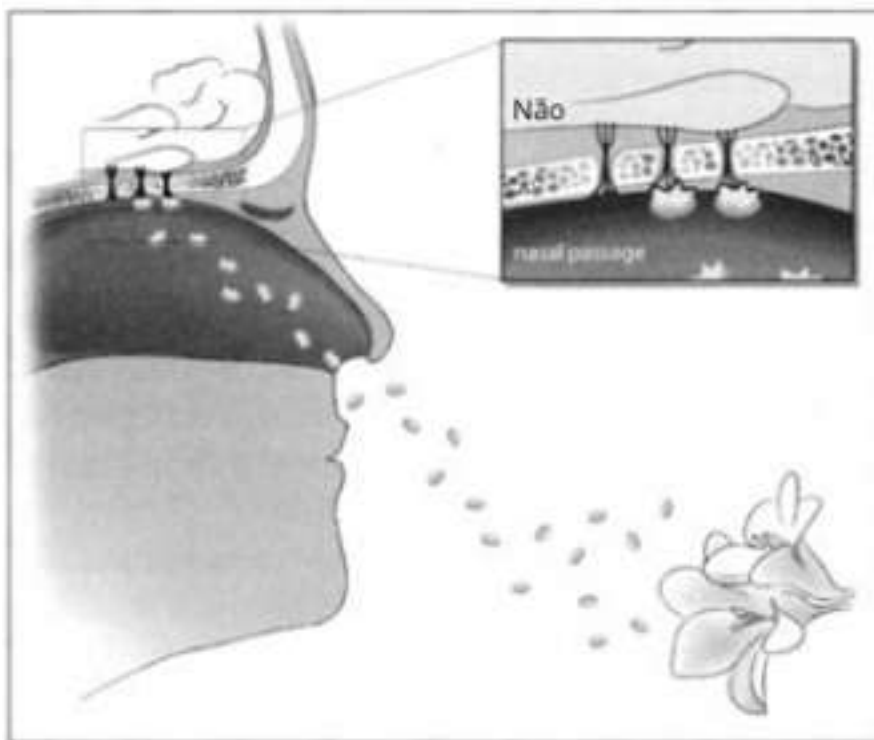
Giờ thì bạn đã sẵn sàng sử dụng khối vô định hình màu trắng đó để tìm hiểu nhiều mối liên hệ căn bản của chúng ta với phần còn lại của sự sống. Điểm mấu chốt, vì nó mà chúng ta tiêu tốn không biết bao nhiêu thời gian và tiền bạc, chính là so sánh cấu trúc và chức năng của DNA ở các loài khác nhau. Ở đây tồn tại một điều phi lý. Nhờ chiết tách DNA từ bất kỳ mô nào, ví dụ như ở gan, của các loài khác nhau bạn có thể giải mã lịch sử của gần như tất cả các phần của cơ thể, trong đó có khứu giác. Nằm trong DNA là phần lớn bộ máy chúng ta sử dụng để phát hiện các loại mùi trong môi trường, cho dù DNA này có nguồn gốc từ gan, máu hay cơ. Hãy nhớ là tất cả các tế bào của chúng ta đều chứa DNA giống nhau; điều khác biệt là đoạn DNA nào hoạt động. Các gene liên quan tới khứu giác có mặt trong tất cả các tế bào, mặc dù chúng chỉ hoạt động ở vùng mũi.

Như tất cả chúng ta đều biết, mùi hương tạo ra xung điện trong bộ não có thể tác động sâu sắc tới cách chúng ta cảm nhận thế giới. Một mùi thoảng qua có thể làm chúng ta nhớ tới phòng học thời thơ ấu hoặc mùi ẩm mốc dễ chịu của phòng áp mái ở nhà ông bà, mỗi một dịp như vậy lại khơi lên những cảm giác đã bị lãng quên từ lâu. Quan trọng hơn, mùi có thể giúp chúng ta tồn tại. Mùi của thức ăn ngon khiến chúng ta thấy đói; mùi cống rãnh khiến ta khó chịu. Chúng ta được lập trình để tránh mùi trứng thối. Bạn muốn bán nhà của mình? Nướng bánh mì trong lò sẽ khiến người mua tiềm năng hài lòng hơn nhiều so với luộc bắp cải trên bếp khi họ đến xem nhà bạn. Chúng ta tiêu tốn rất nhiều tiền cho khứu giác của mình: vào năm 2005, ngành công nghiệp nước hoa có doanh thu 24 tỉ đô la chỉ riêng ở Mỹ. Tất cả điều này chứng tỏ khứu giác đã ăn sâu vào trong mỗi chúng ta. Nó cũng xuất hiện từ rất lâu.

Khứu giác cho phép chúng ta phân biệt từ 5.000 tới 10.000 loại mùi. Một số người có thể phát hiện các phân tử tạo mùi trong ốt chuông xanh với nồng độ nhỏ hơn một phần nghìn tỉ. Điều này giống như việc nhận ra một hạt cát từ một bờ biển dài hàng dặm. Chúng ta làm được điều đó như thế nào?

Những thứ chúng ta cảm nhận được như mùi vị là phản ứng của bộ não đối với hỗn hợp pha trộn các phân tử bay trong không khí. Các phân tử chúng ta nhận biết được dưới dạng mùi rất nhỏ bé, đủ nhẹ để bay lơ lửng trong không khí. Khi chúng ta thở hoặc hít vào, chúng ta hút các phân tử mùi này vào lỗ mũi. Từ đây, các phân tử mùi đi tới vùng sau mũi nơi chúng bị màng nhày nằm dọc theo đường dẫn trong mũi giữ lại. Bên trong màng này là một vùng mô chứa hàng triệu tế bào thần kinh mà mỗi tế bào có phần lõi

nhỏ gắn vào trong màng nhầy. Khi các phân tử mùi trong không khí gắn kết với các tế bào thần kinh, tín hiệu sẽ được truyền lên bộ não của chúng ta. Bộ não của chúng ta ghi nhận các tín hiệu này dưới dạng một mùi.



*Các phân tử (được phóng to rất nhiều lần) từ một bông hoa tỏa hương trong không khí. Những phân tử này gắn với các thụ thể bên trong màng nhầy của hốc mũi. Khi các phân tử được gắn vào, tín hiệu được truyền tới não của chúng ta. Mỗi mùi bao gồm nhiều phân tử khác nhau gắn với các thụ thể khác nhau. Bộ não của chúng ta tổng hợp những tín hiệu này khi chúng ta cảm nhận một mùi.*

Chức năng phân tử của khứu giác hoạt động giống cơ chế ổ khóa – chìa khóa. Ổ khóa là phân tử tạo mùi; chìa khóa là thụ thể trên tế bào thần kinh. Một phân tử được giữ lại trên màng nhầy trong mũi tương tác với thụ thể trên tế bào thần kinh. Chỉ khi phân tử gắn với thụ thể, tín hiệu mới được truyền tới não của chúng ta. Mỗi thụ thể được điều chỉnh phù hợp với một loại phân tử khác nhau, như vậy, một mùi đặc trưng có thể liên quan tới rất nhiều phân tử và theo đó rất nhiều thụ thể gửi tín hiệu tới não bộ.

Âm nhạc có nhiều tương đồng nhất với khứu giác: đó là hợp âm. Một hợp âm được tạo thành từ vài nốt cùng hoạt động như một nốt. Theo cách tương tự, một mùi là sản phẩm của các tín hiệu từ rất nhiều thụ thể khớp với các phân tử mùi khác nhau. Bộ não của chúng ta cảm nhận các xung điện khác nhau này dưới dạng một mùi.

Cũng giống như ở cá, lưỡng cư, bò sát, thú và chim, phần lớn bộ phận khứu giác nằm trong hộp sọ của chúng ta. Giống các động vật khác, chúng ta có một lỗ hoặc nhiều hơn để đưa không khí vào bên trong và sau đó đi qua một loạt các mô chuyên hóa nơi các chất hóa học trong không khí có thể tương tác với neuron thần kinh. Chúng ta có thể tìm hiểu các kiểu lỗ, khoảng trống và màng như vậy từ cá tới người và thấy một kiểu cấu tạo chung. Các

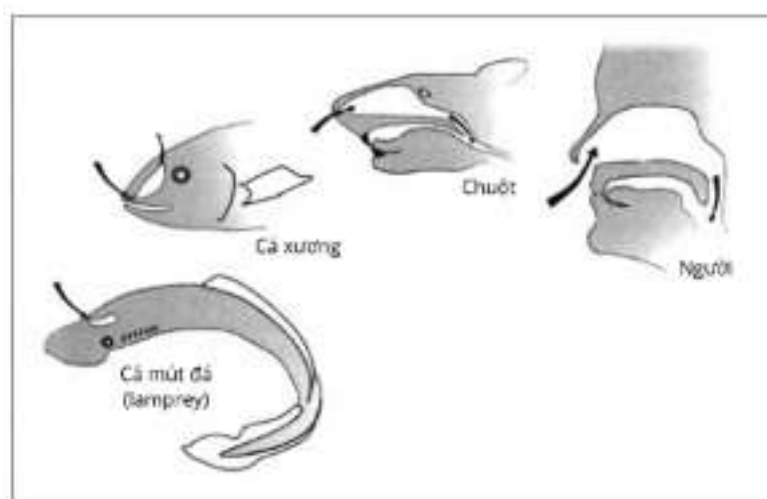


động vật đương đại nguyên thủy nhất có sọ, ví dụ cá không hàm như cá bắm và cá mút đá, có một lỗ mũi đơn thông tới một túi nằm trong hộp sọ. Nước đi vào chiếc túi kín này và đó là nơi khứu giác hoạt động; sự khác biệt cơ bản giữa chúng ta với cá bắm và cá mút đá là chúng lọc mùi từ nước thay vì không khí như chúng ta. Các họ hàng gần gũi nhất với cá có một sơ đồ sắp xếp khá giống chúng ta: nước đi qua một lỗ mũi và cuối cùng đi vào một hốc thông với miệng. Cá phổi hoặc *Tiktaalik* có hai loại lỗ mũi: một lỗ mũi ngoài và một loại lỗ mũi trong. Về mặt này, chúng rất giống chúng ta. Hãy ngồi xuống ngậm miệng lại và thở. Không khí sẽ đi vào qua lỗ mũi ngoài và đi qua các hốc mũi của bạn để vào phía sau cổ họng thông qua đường dẫn bên trong.

Tổ tiên cá của chúng ta cũng có 16 mũi ngoài và lỗ mũi trong và không có gì ngạc nhiên khi đó là những loài cá có xương cánh tay và các đặc điểm chung khác với chúng ta.

Khứu giác của chúng ta cũng có một lịch sử phát triển lâu dài giống như cá, lưỡng cư và thú. Sự đột phá cơ bản trong hiểu biết của chúng ta về vấn đề này xảy ra vào năm 1991 khi Linda Buck và Richard Axel phát hiện ra một họ gene lớn giúp hình thành hệ thống khứu giác của chúng ta.

Buck và Axel đã sử dụng ba giả định chính để thiết kế các thí nghiệm của họ. Đầu tiên, họ đưa ra một giả thuyết có suy luận dựa trên công trình được thực hiện ở các phòng thí nghiệm khác nhằm tìm hiểu xem các gene hình thành thụ thể cảm nhận mùi có thể có cấu tạo ra sao. Các thí nghiệm cho thấy thụ thể cảm nhận mùi có một cấu trúc đặc trưng với một số vòng phân



Lỗ mũi và dòng phân tử tạo mùi từ cá không hàm tới người

tử giúp chúng chuyên tải thông tin qua tế bào. Đây là một đầu mối quan trọng vì cả Buck lẫn Axel sau đó có thể nghiên cứu hệ gene của chuột để tìm tất cả các gene hình thành nên cấu trúc này. Thứ hai, họ giả định rằng các gene cấu tạo nên thụ thể này phải có một hoạt tính rất cụ thể – chúng chỉ

hoạt động ở trong các mô liên quan tới khứu giác. Điều này có lý: nếu có gene nào đó liên quan tới khứu giác, thì nó chắc phải giới hạn trong các mô chuyên hóa cho mục đích đó. Thứ ba – và giả định cuối cùng này có vai trò quan trọng – Axel và Buck lập luận rằng không chỉ có một hoặc thậm chí một số lượng nhỏ các gene này mà phải có rất nhiều gene. Giả thuyết này dựa trên thực tế là nhiều loại chất khác nhau có thể kích thích các mùi khác nhau. Nếu có một sự ăn khớp một đôi một giữa mỗi loại chất và một thụ thể/gene chuyên hóa cho nó thì hẳn phải có nhiều, rất nhiều gene. Nhưng, dựa trên các dữ liệu thu được lúc đó, giả thuyết này không nhất thiết đúng.

Ba giả thiết của Buck và Axel hóa ra là hoàn hảo. Họ đã tìm thấy các gene có cấu trúc đặc trưng của thụ thể mà họ đang tìm kiếm. Họ thấy rằng tất cả những gene này chỉ hoạt động ở các mô liên quan tới việc ngửi mùi, biểu mô khứu giác. Và cuối cùng, họ đã tìm thấy một lượng lớn các gene này. Đó là một thành công lớn. Sau đó, Buck và Axel đã khám phá ra một số điều thực sự đáng kinh ngạc: có đến 3 phần trăm hệ gene của chúng ta được dùng để phát hiện các mùi khác nhau. Mỗi gene này tạo ra một thụ thể để tương tác với một phân tử mùi. Buck và Axel đã giành được giải thưởng Nobel năm 2004 nhờ công trình này.

Nối tiếp sự thành công của Buck và Axel, người ta bắt đầu tìm các gene hình thành thụ thể khứu giác ở các loài khác. Hóa ra những gene này là bằng chứng sống về một số giai đoạn chuyển tiếp quan trọng trong lịch sử sự sống. Hãy xem xét sự chuyển tiếp từ nước lên cạn, hơn 365 triệu năm trước đây. Có hai loại gene khứu giác: một loại chuyên hóa cho việc nhận biết mùi hóa học trong nước và loại kia chuyên hóa nhận biết mùi trong không khí. Phản ứng hóa học giữa phân tử mùi và thụ thể khác nhau trong môi trường nước và không khí, vì thế cần có các thụ thể hơi khác nhau. Như chúng ta trông đợi, cá có thụ thể nhận biết mùi trong nước nằm ở các neuron thần kinh trong mũi, các loài thú và bò sát có thụ thể nhận biết mùi trong không khí.

Phát hiện này giúp chúng ta hiểu được ý nghĩa của các hoạt động khứu giác ở các loài cá nguyên thủy nhất còn sống trên trái đất ngày nay – cá không hàm như cá bầm và cá mút đá. Hóa ra những sinh vật này, không giống như các loài cá bậc cao và thú, không có gene khứu giác trong “nước” hay trong “không khí”; thay vào đó, thụ thể của chúng kết hợp cả hai loại. Ý nghĩa của phát hiện này đã rõ ràng: những loài cá nguyên thủy này xuất hiện trước khi các gene khứu giác phân li thành hai loại.

Cá không hàm cho thấy một điều rất quan trọng khác: chúng có một số lượng rất nhỏ các gene khứu giác. Cá xương có nhiều hơn và các loài lưỡng cư/ bò sát còn có nhiều hơn nữa. Số gene khứu giác tăng lên theo thời gian, từ một số lượng tương đối ít ở các sinh vật nguyên thủy như cá không hàm, lên tới một số lượng khổng lồ ở các loài thú. Chúng ta giống như các loài thú

khác, với hơn một nghìn gene trong số này, dành một phần đồ sộ của cả bộ máy di truyền của chúng ta chỉ để nhận biết mùi. Có lẽ là động vật càng có nhiều gene này thì càng nhạy trong việc phân biệt các loại mùi khác nhau. Theo quan niệm này, rất hợp lý khi trong cơ thể chúng ta có một lượng lớn gene khứu giác – thú là những động vật có hệ thống khứu giác chuyên hóa cao. Hãy nghĩ xem chó săn đánh hơi hiệu quả như thế nào.

Nhưng tất cả các gene khứu giác mà chúng ta phát triển thêm bắt nguồn từ đâu? Có phải chúng từ trên trời rơi xuống? Cơ chế tăng số lượng gene dường như trở nên sáng tỏ khi chúng ta xem xét cấu trúc của các gene này. Nếu bạn so sánh gene khứu giác của một con thú với một số các gene khứu giác ở một con cá không hàm, các gene “thêm” ở thú toàn là các biến thể của tác phẩm gốc: chúng trông như các bản copy, mặc dù được biến đổi, của các gene cá không hàm. Điều này có nghĩa là số lượng lớn gene khứu giác của chúng ta được hình thành từ nhiều lần sao chép một số lượng nhỏ các gene có trong các loài nguyên thủy.

Điều này dẫn chúng ta tới một nghịch lý. Con người giành 3 phần trăm bộ gene cho các gene khứu giác, cũng như mọi loài thú khác. Khi các nhà di truyền học xem xét cấu trúc các gene ở người một cách chi tiết hơn, họ thực sự ngạc nhiên: có đến ba trăm trong số hàng nghìn gene này hoàn toàn không có chức năng do các đột biến đã thay đổi cấu trúc của chúng đến mức không thể sửa chữa. (Các loài thú khác có sử dụng các gene này). Tại sao cần có nhiều gene khứu giác như vậy nếu một số lượng lớn trong số chúng hoàn toàn vô dụng?

Trong tất cả các sinh vật, cá heo và cá voi có những đặc điểm quan trọng giúp trả lời câu hỏi này. Giống như mọi loài thú, cá heo và cá voi có lông, tuyến vú và tai trong gồm ba xương. Nguồn gốc thú của chúng cũng được lưu giữ trong các gene phân biệt mùi: thiếu các gene chuyên hóa nhận biết mùi trong nước như ở các loài cá, các động vật biển có vú có gene chuyên hóa nhận biết mùi trong không khí của thú. Lịch sử tiến hóa từ thú của cá voi và cá heo thậm chí được ghi nhận trong DNA ở cơ quan khứu giác của chúng. Nhưng có một vấn đề thú vị: cá heo và cá voi không còn sử dụng mũi để ngửi mùi. Vậy những gene này làm gì? Đường dẫn trong mũi trước đây được biến đổi thành một lỗ thổi, được dùng để thở, chứ không dùng để ngửi. Sự biến đổi này đã có một tác động đáng kể lên các gene khứu giác: tất cả các gene khứu giác của động vật biển có vú đều tồn tại nhưng không một gene nào hoạt động.

Những biến đổi diễn ra ở các gene khứu giác của cá heo và cá voi cũng diễn ra ở nhiều gene của các loài khác. Các đột biến diễn ra trong hệ gene từ thế hệ này sang thế hệ khác. Nếu một đột biến làm hỏng chức năng của một gene thì hệ quả có thể nguy hiểm hoặc thậm chí gây tử vong. Nhưng điều gì xảy ra nếu một đột biến loại bỏ chức năng của một gene mà không gây ảnh

hưởng? Có nhiều lý thuyết toán học cho thấy điều hiển nhiên: những đột biến như vậy sẽ chỉ âm thầm truyền từ thế hệ này sang thế hệ khác. Đây chính là điều đã xảy ra ở cá heo. Các gene khứu giác của chúng không còn cần thiết nữa, do có lỗ thối, vì vậy các đột biến loại bỏ chức năng của chúng được tích lũy theo thời gian. Các gene này không có tác dụng nhưng chúng vẫn xuất hiện trong DNA như những ghi nhận thầm lặng về quá trình tiến hóa.

Nhưng con người thực sự có khứu giác, vậy tại sao nhiều gene khứu giác lại bị loại bỏ chức năng như vậy? Yoav Gilad và đồng nghiệp của ông đã trả lời câu hỏi này bằng cách so sánh gene của các loài linh trưởng khác nhau. Ông thấy rằng các loài linh trưởng phát triển thị giác màu có xu hướng có nhiều gene khứu giác bị loại bỏ chức năng. Kết luận đã rõ ràng. Con người chúng ta là một phần của nhánh tiến hóa đánh đổi khứu giác lấy thị giác. Chúng ta dựa vào thị giác nhiều hơn vào khứu giác và điều này được thể hiện trong hệ gene của chúng ta. Trong kiểu đánh đổi này, khứu giác trở nên ít quan trọng hơn và nhiều gene khứu giác của chúng ta bị mất chức năng

Chúng ta mang nhiều hành trang trong mũi của chúng ta, hoặc chính xác hơn trong DNA kiểm soát cơ quan khứu giác. Hàng trăm gene khứu giác không có chức năng được truyền từ tổ tiên thú vượn phụ thuộc nhiều hơn vào khả năng khứu giác để tồn tại. Trên thực tế, chúng ta còn có thể so sánh sâu hơn. Giống như các bản photo không còn nét khi chúng ta copy nhiều lần, các gene khứu giác của chúng ta ngày càng trở nên khác biệt khi so sánh với các sinh vật nguyên thủy hơn. Các gene của chúng ta khá giống với gene của các loài linh trưởng, sự giống nhau giảm dần so với gene ở các loài thú khác, rồi gene của bò sát, lưỡng cư, cá và tiếp tục như thế. Hành trang đó là chứng nhân thầm lặng về quá khứ của chúng ta; trong mũi của chúng ta là một cây tiến hóa thực sự.

# CHƯƠNG 9

\* \* \*

## THỊ GIÁC

Chỉ duy nhất một lần trong nghề, tôi tìm thấy mắt của một sinh vật hóa thạch. Tôi không đang đi thám hiểm thực địa mà đang trong kho sau của một cửa hàng khoáng vật tại một thị trấn nhỏ ở Đông Bắc Trung Quốc. Tôi và đồng nghiệp của mình là Gao Kequin đang nghiên cứu các loài cá cóc nguyên thủy nhất, các hóa thạch rất đẹp thu được ở các tầng đá của Trung Quốc có niên đại khoảng 160 triệu năm. Chúng tôi mới kết thúc một chuyến đi tới một số điểm mà Gao biết để thu thập hóa thạch. Các địa điểm này được giữ bí mật bởi vì các hóa thạch cá cóc thực sự có giá trị kinh tế đối với các nông dân thường tìm thấy chúng. Điều khiến các hóa thạch này đặc biệt là các vết in do mô mềm tạo ra như mang, ruột và dây sống thường được lưu giữ. Các nhà sưu tập tư nhân thích chúng vì các hóa thạch có chất lượng như vậy cực kỳ hiếm. Vào thời điểm chúng tôi tới cửa hàng khoáng vật, tôi và Gao đã thu được một số mẫu cá cóc cổ tuyệt đẹp từ những địa điểm của Gao.

Người buôn khoáng vật đặc biệt này có một trong những hóa thạch cá cóc tốt nhất từ trước tới nay. Gao muốn chúng tôi xem nó và dành gần cả ngày để cố gắng thỏa thuận mua mẫu vật. Trong suốt chuyến đi này, tôi có cảm giác hoàn toàn bất hợp pháp. Gao dành vài tiếng hút thuốc với quý ông đó, nói và ra hiệu bằng tiếng Trung. Rõ ràng là có mặc cả gì đó, nhưng do không biết tiếng Trung nên tôi không rõ thỏa thuận ngã giá là bao nhiêu. Sau nhiều cái lắc đầu và cuối cùng là một cái bắt tay rất lâu, tôi được phép đi vào nhà sau và quan sát một mẫu hóa thạch trên bàn của người buôn khoáng vật này. Đó là một cảnh tượng tuyệt đẹp: cơ thể của một ấu trùng cá cóc, dài không quá 7,5 cm. Trong đó, tôi có thể thấy vết in của toàn bộ cơ thể, chi tiết đến tận các vò sò nhỏ mà nó đang ăn lần cuối cùng. Và tôi nhìn chăm chăm vào mắt của động vật hóa thạch cổ đại lần đầu tiên cũng là lần duy nhất trong sự nghiệp của tôi.

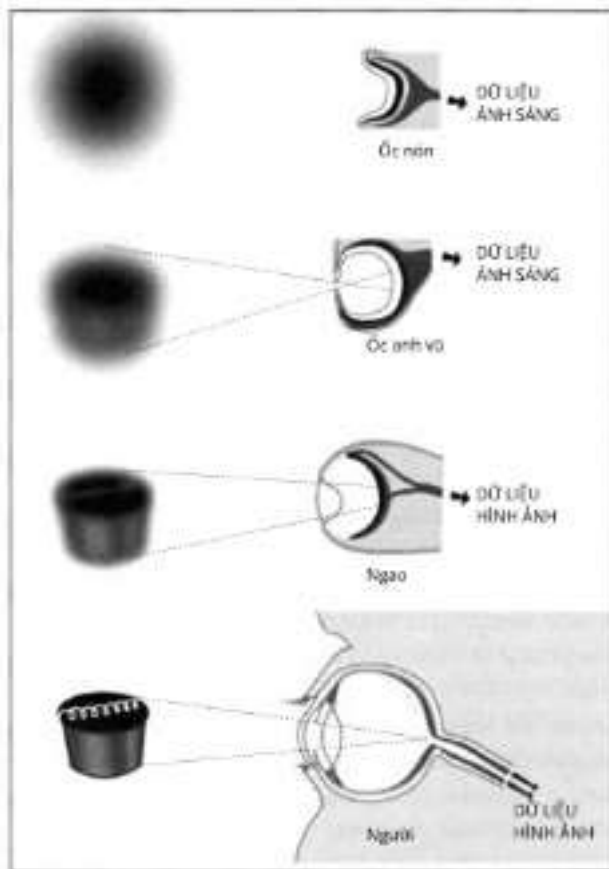
Mắt hiếm khi được lưu lại trong các hóa thạch. Như chúng ta thấy, những bộ phận tốt nhất để được lưu giữ thành hóa thạch là các phần cứng của động vật – xương, răng và vảy. Nếu muốn tìm hiểu lịch sử của mắt, thì chúng ta có thể sử dụng một thực tế quan trọng để giúp chúng ta. Các mô và cơ quan mà động vật dùng để thu ánh sáng thực sự đa dạng, từ cơ quan cảm

quang ở động vật không xương sống tới mắt kép ở nhiều loài côn trùng và mắt dạng máy ảnh của chúng ta. Làm thế nào chúng ta sử dụng được sự đa dạng này để tìm hiểu xem khả năng nhìn của chúng ta phát triển theo thời gian ra sao?

Lịch sử đôi mắt của chúng ta phần nhiều giống đèn pha ô tô. Lấy xe Chevy Corvette làm ví dụ. Chúng ta có thể lần lại lịch sử của tổng thể mẫu xe Corvette này, và lịch sử của từng bộ phận của nó. Chiếc 'Vette có một lịch sử, bắt đầu với sự ra đời của nó năm 1953 và tiếp tục qua các mẫu thiết kế khác nhau thay đổi hằng năm. Lớp dùng cho xe 'Vette cũng có một lịch sử, cũng như loại cao su dùng để sản xuất chúng. Điều này cũng tương tự như khi so sánh các cơ thể và cơ quan. Với tư cách là một cơ quan, mắt của chúng ta có một lịch sử, nhưng các hợp phần cấu tạo nên mắt, các tế bào, mô và các gene tạo nên chúng cũng có lịch sử riêng. Một khi chúng ta xác định được những lớp lịch sử phức tạp này trong các cơ quan của mình, chúng ta sẽ hiểu rằng mình đơn giản chỉ là tập hợp các mẫu và mảnh có ở phần lớn mọi động vật khác trên trái đất.

Phần lớn việc xử lý hình ảnh chúng ta nhìn thấy thực sự diễn ra bên trong não: vai trò của mắt là bắt ánh sáng sao cho có thể được truyền tới não để xử lý dưới dạng một hình ảnh. Cũng như mắt của mọi sinh vật có sọ và xương sống, mắt của chúng ta giống như những máy ảnh nhỏ. Sau khi từ bên ngoài đi vào trong mắt, ánh sáng hội tụ trên một màn ảnh ở phía sau nhãn cầu. Ánh sáng xuyên qua một vài lớp khi nó đi qua con đường này. Đầu tiên nó đi qua giác mạc, một lớp mô mỏng trong suốt bao bọc thủy tinh thể. Lượng ánh sáng đi vào trong mắt được kiểm soát bằng một màn chắn, gọi là màng mắt, vốn co giãn nhờ hoạt động của các cơ thực vật (không chú ý). Ánh sáng sau đó truyền qua thủy tinh thể nơi giống như ống kính máy ảnh sẽ tập trung vào lấy nét. Các cơ nhỏ xíu nằm xung quanh thủy tinh thể; khi những cơ này co, chúng thay đổi hình dạng của thủy tinh thể, để lấy nét các hình ảnh ở vị trí gần và xa. Một thủy tinh thể mạnh khỏe sẽ trong và được hình thành từ các protein đặc biệt tạo cho nó có hình dạng đặc trưng và có các đặc tính thu ánh sáng. Những protein này, có tên là các tinh thể của thể thủy tinh, có thời gian tồn tại rất lâu, cho phép thủy tinh thể tiếp tục hoạt động khi chúng ta đã có tuổi. Màn ảnh mà tất cả ánh sáng được chiếu trên đó được gọi là võng mạc, có rất nhiều mạch máu và các thụ thể ánh sáng. Những thụ thể ánh sáng này gửi các tín hiệu tới bộ não của chúng ta để sau đó chúng ta diễn giải thành các hình ảnh. Võng mạc hấp thụ ánh sáng thông qua các tế bào bắt ánh sáng nhạy. Có hai loại tế bào như vậy: một loại rất nhạy với ánh sáng và loại kia kém nhạy sáng hơn. Tế bào nhạy sáng hơn chỉ ghi nhận màu trắng và đen; tế bào kém nhạy sáng lại ghi nhận màu sắc. Nếu chúng ta nhìn quanh thế giới động vật, chúng ta có thể đánh giá các động vật chuyên hóa để hoạt động ban ngày hay ban đêm bằng cách xem xét tỉ lệ phần trăm mỗi loại tế bào cảm

nhận ánh sáng trong mắt của chúng. Ở người, những tế bào này chiếm khoảng 70 phần trăm tổng số tế bào cảm giác trong cơ thể. Đó là bằng chứng rõ ràng về tầm quan trọng của thị giác đối với chúng ta.



*Tìm hiểu mắt: từ các công cụ bắt sáng nguyên thủy ở động vật không xương sống tới mắt kiểu máy ảnh có thấu kính (thủy tinh thể) ở người. Khi mắt tiến hóa thì độ sắc nét của thị giác tăng lên.*

Mắt giống máy ảnh của chúng ta xuất hiện ở mọi sinh vật có sọ từ cá tới thú. Ở những nhóm động vật khác, chúng ta thấy các loại mắt khác, từ những mảng tế bào đơn giản chuyên hóa để phát hiện ánh sáng tới những kiểu mắt có thấu kính kép như ở ruồi, tới các phiên bản nguyên thủy của mắt chúng ta. Chìa khóa để tìm hiểu lịch sử mắt của chúng ta là hiểu được mối quan hệ giữa các cấu trúc tạo nên mắt kiểu máy ảnh và các cấu trúc tạo nên tất cả các loại mắt khác. Để làm được điều này, chúng ta sẽ nghiên cứu các phân tử bắt sáng, các mô chúng ta sử dụng để nhìn và các gene tạo nên toàn bộ cấu trúc này.

## CÁC PHÂN TỬ THU ÁNH SÁNG

Chức năng quan trọng của các tế bào thu ánh sáng diễn ra bên trong phân tử thực sự nhận ánh sáng. Khi phân tử này hấp thụ ánh sáng, nó thay đổi hình dạng và tách thành hai phần. Một phần có nguồn gốc từ vitamin A, phần khác từ một protein có tên opsin. Khi phân tử opsin bị phân tách, nó khởi động một phản ứng chuỗi khiến neuron thần kinh gửi một xung điện tới

não bộ của chúng ta. Chúng ta sử dụng các opsin khác nhau để nhìn trắng, đen và màu sắc. Cũng giống như một máy in phun cần ba tới bốn loại mực để in ra bản màu, chúng ta cần ba phân tử bắt ánh sáng để nhìn các màu sắc. Đối với việc nhìn trắng, đen, chúng ta chỉ sử dụng một loại opsin.

Những phân tử thu ánh sáng thay đổi hình dạng dưới ánh sáng, sau đó hồi lại trong tối và trở lại trạng thái bình thường của chúng. Quá trình này mất một vài phút. Tất cả chúng ta đều biết điều này từ kinh nghiệm bản thân: đi từ ngoài sáng vào phòng tối và bạn gần như không thể nhìn thấy các vật mờ. Lý do là các phân tử thu ánh sáng cần thời gian để trở lại như cũ. Sau một ít phút, thị giác trong bóng tối quay trở lại.

Bất chấp sự đa dạng đáng kinh ngạc của các cơ quan cảm quang, mọi động vật sử dụng một loại phân tử bắt ánh sáng giống nhau để thực hiện chức năng này. Côn trùng, người, con trai và con điệp đều sử dụng các protein opsin. Chúng ta không chỉ có thể lần lại lịch sử tiến hóa của mắt thông qua sự khác biệt của cấu trúc opsin của chúng, mà còn có bằng chứng thuyết phục rằng chúng ta trước hết cần cảm ơn vi khuẩn vì các phân tử này.

Về cơ bản, protein opsin là một loại phân tử chuyên tải thông tin từ ngoài tế bào vào bên trong. Để thực hiện chức năng này, nó cần mang một phân tử hóa học qua màng bao ngoài tế bào. Opsin sử dụng một loại chất dẫn chuyên hóa để đi qua một loạt vòng tròn và xoắn khi nó đi từ ngoài vào trong tế bào. Nhưng con đường ngoằn ngoèo mà thụ thể dùng để đi qua màng tế bào không phải ngẫu nhiên – nó có một dấu hiệu đặc trưng. Con đường ngoằn ngoèo này còn có thể tìm thấy ở đâu nữa? Nó hoàn toàn giống với các phân của những phân tử nhất định trong vi khuẩn. Những tương đồng rất chính xác về mặt phân tử này cho thấy đặc tính rất cổ xưa của tất cả động vật có nguồn gốc từ lịch sử chung của chúng ta với vi khuẩn, về một mặt nào đó, các phân đã biến đổi ở vi khuẩn cổ nằm trong vũng mạt của chúng ta, giúp chúng ta nhìn được.

Chúng ta thậm chí có thể lần lại một số sự kiện chính trong lịch sử tiến hóa mắt của chúng ta bằng cách nghiên cứu các loại opsin ở các động vật khác nhau. Hãy xem xét một trong những sự kiện chính trong lịch sử tiến hóa của linh trưởng, sự phát triển của thị giác giàu màu sắc. Hãy nhớ là người và họ hàng linh trưởng nhân hình gần gũi nhất của chúng ta, các loài khỉ ở Cựu lục địa, có một loại thị giác màu sắc rất chi tiết dựa trên ba loại thụ quan ánh sáng khác nhau. Mỗi thụ quan này được căn chỉnh phù hợp một loại ánh sáng khác nhau. Hầu hết các loài thú khác chỉ có hai loại thụ quan và vì thế không thể phân biệt nhiều màu sắc như chúng ta. Hóa ra chúng ta có thể tìm hiểu nguồn gốc của thị giác màu sắc bằng cách xem xét các gene tạo thành các thụ quan. Hai loại thụ quan mà hầu hết các loài thú đều có được hình thành từ hai loại gene. Trong số ba gene hình thành thụ quan của chúng ta, hai loại cực kỳ giống với các gene có ở các loài thú khác. Điều này



dường như ám chỉ rằng thị giác màu sắc của chúng ta bắt đầu hình thành khi một trong số các gene ở các loài thú khác nhân đôi và theo thời gian các bản sao được chuyên hóa cho các nguồn sáng khác nhau. Nếu bạn còn nhớ, điều tương tự đã xảy ra với các gene tạo thụ thể cảm nhận mùi.

Sự chuyển đổi này có thể liên quan tới những thay đổi của hệ thực vật trên trái đất hàng triệu năm trước. Sẽ có ích nếu nghĩ xem loại thị giác màu sắc sẽ có ích cho việc gì khi nó xuất hiện lần đầu. Khi sống trên cây sẽ có lợi từ loại thị giác này vì thị giác màu sắc cho phép chúng phân biệt nhiều loại quả và lá một cách tốt hơn và chọn được loại thức ăn giàu dinh dưỡng nhất. Từ việc nghiên cứu các loài linh trưởng có thị giác màu sắc, chúng ta có thể ước tính loại thị giác màu sắc của chúng ta xuất hiện khoảng 55 triệu năm trước. Chúng tôi tìm thấy bằng chứng hóa thạch thuộc tuổi này về những thay đổi liên quan tới thành phần loài của các khu rừng cổ. Trước thời điểm này, rừng có nhiều sung và cọ, vốn là thức ăn ngon nhưng tất cả đều có màu khá giống nhau. Sau đó, rừng có mức độ đa dạng về thực vật cao hơn, chắc chắn với nhiều màu khác nhau. Có thể khẳng định chắc chắn rằng sự biến đổi sang thị giác màu sắc liên quan tới sự chuyển dịch từ những cánh rừng đơn sắc sang rừng có thức ăn giàu màu sắc hơn.

## CÁC MÔ THỊ GIÁC

Mắt động vật chia thành hai loại; một loại xuất hiện ở động vật không xương sống, loại kia ở động vật có xương sống, như cá và người. Về bản chất là có hai cách khác nhau để tăng diện tích bề mặt hấp thụ ánh sáng trong mô mắt. Động vật không xương sống, như ruồi và giun, thực hiện quá trình này bằng cách tạo nhiều nếp gấp trong mô, trong khi các nhánh tiến hóa của chúng ta mở rộng bề mặt bằng cách hình thành nhiều phần lồi nhỏ vươn ra khỏi mô như các lông nhỏ xíu. Nhiều sự khác biệt khác cũng liên quan tới các kiểu thiết kế khác nhau này. Không có các hóa thạch vào giai đoạn tương ứng trong lịch sử, dường như chúng ta không bao giờ có thể giải thích được sự khác biệt giữa mắt của mình với mắt của động vật không xương sống. Tới tận năm 2001, khi Detlev Arendt nghĩ tới việc nghiên cứu mắt của một loại giun nhỏ rất nguyên thủy.

Giun nhiều tơ nằm trong số những loài giun nguyên thủy nhất được biết tới ngày nay. Chúng có một sơ đồ cơ thể phân đốt rất đơn giản và cũng có hai loại cơ quan cảm giác ánh sáng: một mắt và một phần hệ thần kinh chuyên hóa để lấy ánh sáng nằm khuất dưới da. Arendt mổ xẻ loài giun này cả về mặt cơ thể lẫn mặt di truyền. Kiến thức về trình tự gene của các gene tổng hợp opsin và cấu trúc của các neuron thu nhận ánh sáng đã cung cấp cho Arendt các công cụ để nghiên cứu cơ chế hình thành ở giun nhiều tơ. Ông thấy rằng chúng có các thành phần của cả hai loại thụ quan ánh sáng ở

động vật. “Mắt” bình thường được tạo nên từ neuron và opsin giống như mắt của tất cả các loài động vật không xương sống. Các thụ quan ánh sáng tí hon dưới lớp da là cả một cấu trúc hoàn toàn khác. Chúng có các opsin của “động vật có xương sống” và cấu trúc tế bào thậm chí có phần lõi giống lông nhỏ, nhưng ở dạng nguyên thủy. Arendt đã tìm ra một dạng trung gian sống, một động vật có hai loại mắt, một trong số đó – loại mắt của chúng ta – tồn tại ở dạng rất nguyên thủy. Khi chúng ta nhìn vào các động vật không xương sống nguyên thủy, chúng ta thấy rằng những loại mắt khác nhau của động vật có những phần cấu tạo chung.

## CÁC GENE CẤU TẠO NÊN MẮT

Khám phá của Arendt dẫn tới một câu hỏi khác. Đúng là mắt có các phần cấu tạo chung, nhưng vì sao các loại mắt trông rất khác nhau – chẳng hạn như mắt của giun, ruồi và chuột – lại có thể có quan hệ gần gũi? Để trả lời được câu hỏi, hãy xem xét công thức di truyền cấu tạo nên mắt.

Vào thời điểm bắt đầu thế kỷ 20, khi Mildred Hoge ghi nhận các đột biến ở ruồi giấm, bà tìm thấy một con ruồi không có bất kỳ loại mắt nào. Hiện tượng đột biến này không phải là một trường hợp đơn lẻ và Hoge đã phát hiện rằng bà có thể nhân giống toàn bộ dòng ruồi này và đặt tên là ruồi *không mắt*. Sau đó, một loại đột biến tương tự được phát hiện ở chuột. Một số cá thể chuột có mắt nhỏ; số khác thiếu hoàn toàn các phần của đầu và mắt, trong đó có mắt. Một tình trạng tương tự ở người được gọi là chứng thiếu đồng tử (aniridia); những người bị mắc bệnh này thiếu các bộ phận lớn trong mắt của họ. Ở những sinh vật rất khác biệt này - ruồi giấm, chuột và người - các nhà di truyền học đã tìm thấy các loại đột biến tương tự.

Một bước ngoặt diễn ra vào đầu những năm 1990, khi các phòng thí nghiệm áp dụng các kỹ thuật phân tử mới để tìm hiểu cơ chế đột biến không mắt ảnh hưởng tới sự phát triển của mắt. Lập bản đồ các gene này, người ta có thể định vị những phần của DNA gây ra những đột biến này. Khi DNA được giải trình tự, hóa ra các gene gây ra chứng không mắt ở ruồi giấm, chuột và người có các cấu trúc và trình tự DNA tương tự nhau. Thực sự, chúng cùng là một loại gene.

Chúng ta học được gì từ phát hiện này? Các nhà khoa học đã xác định được một gene đơn lẻ mà khi bị đột biến hình thành các sinh vật có mắt nhỏ hoặc không có mắt. Điều này có nghĩa phiên bản bình thường của gene này là yếu tố cơ bản trong việc hình thành mắt. Bây giờ đã đến lúc thực hiện các thí nghiệm để đưa ra một loại câu hỏi hoàn toàn khác. Điều gì xảy ra khi chúng ta làm xáo trộn gene này, tắt và bật nó ở những vị trí sai lệch?

Ruồi giấm là một đối tượng lý tưởng cho nghiên cứu này. Suốt những năm 1980, một số công cụ di truyền rất mạnh được phát triển nhờ công trình

ngiên cứu trên ruồi giấm. Nếu bạn biết một gene, hoặc một trình tự DNA, bạn có thể tạo ra một con ruồi giấm thiếu gene đó hoặc ngược lại, một con ruồi giấm có gene đó hoạt động ở các vị trí sai lệch.

Sử dụng những công cụ này, Walter Gehring đã bắt đầu nghiên cứu các gene *không mắt*. Nhóm nghiên cứu của Gehring có thể làm cho DNA không mắt hoạt động gần như ở bất cứ nơi nào họ muốn: ở râu ăng ten, trên cẳng chân, trên cánh. Khi nhóm của ông làm như vậy, họ thấy một hiện tượng vô cùng thú vị. Nếu họ bật gene *không mắt* lên ở râu ăng ten thì một mắt mọc ở đó. Nếu họ bật gene *không mắt* lên ở một đốt thân, một mắt sẽ phát triển tại đây. Ở bất cứ nơi nào họ bật gene này lên, họ đều thấy có một mắt mới xuất hiện. Quan trọng hơn cả, một số mắt đặt nhằm chỗ cho thấy một khả năng sơ khai phản ứng lại với ánh sáng. Gehring đã phát hiện được nút kích hoạt cơ bản trong việc hình thành mắt.

Gehring không dừng lại ở đó; ông ta bắt đầu trao đổi các gene giữa các loài với nhau. Họ lấy gene *Pax 6* tương ứng với gene *không mắt* ở chuột và bật nó lên ở ruồi giấm. Gene của chuột này đã tạo ra một mắt mới. Và không chỉ là bất kỳ loại mắt nào mà là một mắt ruồi giấm. Phòng thí nghiệm của Gehring cho thấy họ có thể sử dụng gene của chuột để khởi động quá trình tạo thêm mắt ruồi giấm ở bất kỳ đâu: trên lưng, trên cánh, gần miệng. Điều mà Gehring tìm thấy là một công tắc vạn năng đối với sự phát triển của mắt. Công tắc này gần như tương đồng giữa chuột và ruồi giấm. Gene *Pax 6* này đã khởi động một phản ứng chuỗi phức tạp liên quan tới hoạt tính của gene để cuối cùng hình thành một mắt ruồi giấm mới.

Bây giờ chúng ta đã biết rằng gene *không mắt* hay *Pax 6* kiểm soát sự phát triển của mọi sinh vật có mắt. Mắt có thể trông khác nhau – một số có thủy tinh thể, một số không có; một số có mắt kép, một số có mắt đơn – nhưng những công tắc di truyền tạo nên chúng là giống nhau.

Khi bạn nhìn vào mắt, hãy quên đi sự lãng mạn, sáng tạo và cửa sổ của tâm hồn. Với các phân tử, gene và mô của chúng có nguồn gốc từ vi sinh vật, sứa, giun và ruồi giấm, điều bạn thấy là cả một bày thú.

# CHƯƠNG 10

\* \* \*

## TAI

Lần đầu tiên nhìn vào trong tai sẽ làm bạn thất vọng: bộ máy thực sự được cất giấu sâu bên trong hộp sọ, nằm trong một vách xương. Một khi bạn mở sọ và lấy não bộ ra thì bạn cần một cái đục phá vỡ vách xương đó. Nếu bạn thực sự giỏi, hoặc rất may mắn, bạn sẽ đục vào đúng chỗ và nhìn thấy tai trong. Nó giống một loại vỏ ốc xoắn nhỏ xíu mà bạn tìm thấy dưới đất trong bãi cỏ nhà bạn.

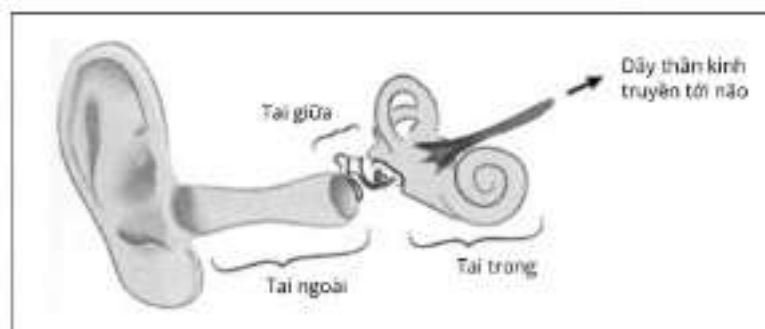
Tai có thể trông không giống lắm, nhưng nó là một cỗ máy kì cục của Rube Goldberg<sup>3</sup>. Khi chúng ta nghe, sóng âm tập trung vào vành tai phía ngoài, phần tai ngoài. Sóng âm thanh đi vào tai và làm màng nhĩ rung. Màng nhĩ được gắn với ba xương nhỏ và khiến chúng cũng rung theo. Một trong ba xương tai này gắn với cấu trúc vỏ ốc bằng một dạng piston. Sự rung lắc của xương tai gây ra sự chuyển động lên xuống của piston. Điều này khiến một số chất dịch bên trong vỏ ốc di chuyển. Chuyển động mạnh của chất dịch bẻ cong các dây thần kinh, phát tín hiệu tới não bộ nơi nó được diễn giải thành âm thanh. Lần sau khi bạn tới một buổi hòa nhạc, hãy tưởng tượng tất cả những thứ đang chuyển động trong đầu của bạn.

Cấu trúc này cho phép chúng ta phân biệt ba phần của tai: tai ngoài, tai giữa và tai trong. Tai ngoài là phần có thể nhìn thấy. Tai giữa chứa các xương nhỏ. Cuối cùng, tai trong gồm có các dây thần kinh, chất dịch và mô bao quanh chúng. Ba thành phần này của tai cho phép chúng ta phân chia chương này theo một cách rất thuận tiện.

Phần tai mà ta có thể nhìn thấy, vành tai nơi chúng ta đeo kính, là phần bổ sung cho cơ thể được tiến hóa khá gần đây. Hãy kiểm chứng điều này trong lần đến thăm vườn thú hoặc thủy cung sắp tới. Có bao nhiêu loài cá mập, cá xương, lưỡng cư và bò sát có tai ngoài? Loa tai – phần vành của tai ngoài – chỉ xuất hiện ở các loài thú. Một số loài lưỡng cư và bò sát có tai ngoài lộ rõ nhưng chúng không có loa tai. Thông thường tai ngoài chỉ là một màng trong giống mặt trống.

Sự liên hệ tinh tế giữa chúng ta với cá mập và cá xương được thể hiện khi chúng ta xem xét bên trong tai. Tai có vẻ không phải là nơi để tìm hiểu mối liên hệ giữa con người với cá mập, đặc biệt vì cá mập không có tai.

Nhưng mối liên hệ nằm ở đó. Hãy bắt đầu với các xương tai.



*Trong ba phần của tai – phần ngoài, phần giữa, phần trong - tai trong là phần cổ nhất và là phần kiểm soát các xung thần kinh gửi tới não bộ.*

## TAI GIỮA – BA XƯƠNG TAI

Các loài thú rất đặc biệt. Với lông và các tuyến tạo sữa, có thể dễ dàng phân biệt chúng với các sinh vật khác. Hầu hết mọi sẽ người ngạc nhiên khi biết rằng một số đặc điểm đặc trưng nhất của thú nằm trong tai. Các xương của tai giữa ở thú không giống với xương tai của các động vật khác: thú có ba xương tai trong khi bò sát và lưỡng cư chỉ có một. Cá không có xương tai giữa nào. Vậy xương tai giữa của chúng ta có nguồn gốc từ đâu?

Đôi điều về giải phẫu: hãy nhớ lại ba xương tai giữa của chúng ta là xương búa, xương đe và xương bàn đạp.

Như chúng ta đã thấy, mỗi một xương trong số này đều bắt nguồn từ các cung mang: xương bàn đạp từ cung mang thứ hai, xương búa và xương đe từ cung mang thứ nhất. Câu chuyện của chúng ta bắt đầu từ đây.

Năm 1837, nhà giải phẫu người Đức Karl Reichert nghiên cứu phôi của thú và bò sát để tìm hiểu cơ chế hình thành sọ. Ông lần theo các cung mang của các loài khác nhau để tìm hiểu nơi chúng xuất hiện ở các loại sọ khác nhau. Khi lặp đi lặp lại nghiên cứu này, ông thấy có điều gì đó rất vô lý: hai xương tai ở thú tương ứng với các mảnh hàm của bò sát. Reichert không thể tin vào mắt mình và tài liệu chuyên khảo đã thể hiện sự phấn kích của ông. Khi mô tả sự so sánh tai – hàm, văn phong của ông đi từ sự mô tả điềm tĩnh thông thường của ngành giải phẫu học thế kỷ 19 tới chỗ bày tỏ sự sùng sốt, thậm chí kinh ngạc, đối với khám phá này. Kết luận thật rõ ràng: cung mang tạo thành hàm bò sát cũng tạo nên xương tai ở thú. Reichert đề xuất một quan điểm thậm chí ông cũng cảm thấy khó tin – đó là các phần tai thú tương ứng với hàm của bò sát. Mọi thứ càng khó giải thích hơn khi chúng ta nhận ra rằng Reichert đã đề xuất quan điểm này vài thập kỷ trước khi Darwin đưa ra quan điểm về cây tiến hóa. Có thể hiểu như thế nào khi gọi các cấu trúc của hai loài khác biệt là “giống nhau” khi không có khái niệm về sự tiến hóa?

Một thời gian dài sau đó, vào năm 1910 và 1912, nhà giải phẫu học người Đức Ernst Gaupp tìm lại công trình của Reichert và xuất bản một nghiên cứu phôi học thâu đáo về tai của thú. Gaupp đã cung cấp thêm chi tiết và diễn giải công trình của Reichert theo lý thuyết tiến hóa. Câu chuyện của Gaupp là như thế này: ba xương tai giữa thể hiện mối liên hệ giữa bò sát và thú. Xương đơn lẻ ở tai giữa của bò sát giống như xương bàn đạp ở thú; cả hai đều có nguồn gốc từ cung mang thứ hai. Tuy vậy, thông tin đáng chú ý là hai xương tai giữa của thú – xương búa và xương đe – đã tiến hóa từ nhóm xương phía sau hàm bò sát. Nếu điều này thực sự xảy ra, thì ghi nhận hóa thạch phải cho thấy các xương chuyển tiếp từ hàm thành xương tai trong quá trình tiến hóa thành thú. Vấn đề là Gaupp chỉ thực hiện thí nghiệm trên động vật sống mà không đánh giá một cách đầy đủ vai trò của các hóa thạch trong lý thuyết của mình.

Bắt đầu vào những năm 1840, một số loại hóa thạch mới được phát hiện ở Nam Phi và Nga. Thường có nhiều cá thể cùng được lưu giữ, toàn bộ bộ xương của các động vật có kích thước bằng con chó được khai quật. Khi được phát hiện, nhiều hóa thạch trong đó được đóng thùng và chuyển tới cho Richard Owen ở London để nhận dạng và phân tích. Owen ngạc nhiên khi thấy rằng những sinh vật này có một sự pha trộn của các đặc điểm khác nhau. Các phần trong bộ xương của chúng trông giống bò sát. Các phần khác, đặc biệt là răng, trông giống thú. Và những hóa thạch này không phải là hiếm. Hóa ra những hóa thạch “bò sát giống thú” này là những hóa thạch xương phổ biến nhất được tìm thấy ở nhiều địa điểm thu hóa thạch.

Chúng không chỉ rất phổ biến mà còn có rất nhiều loại. Trong những năm sau nghiên cứu của Owen, các loài bò sát giống thú xuất hiện ở các nơi khác trên thế giới và có nguồn gốc từ các thời kỳ lịch sử khác nhau của trái đất. Chúng hình thành nên một loạt các dạng chuyển tiếp tuyệt mỹ giữa bò sát và thú trong ghi nhận hóa thạch.

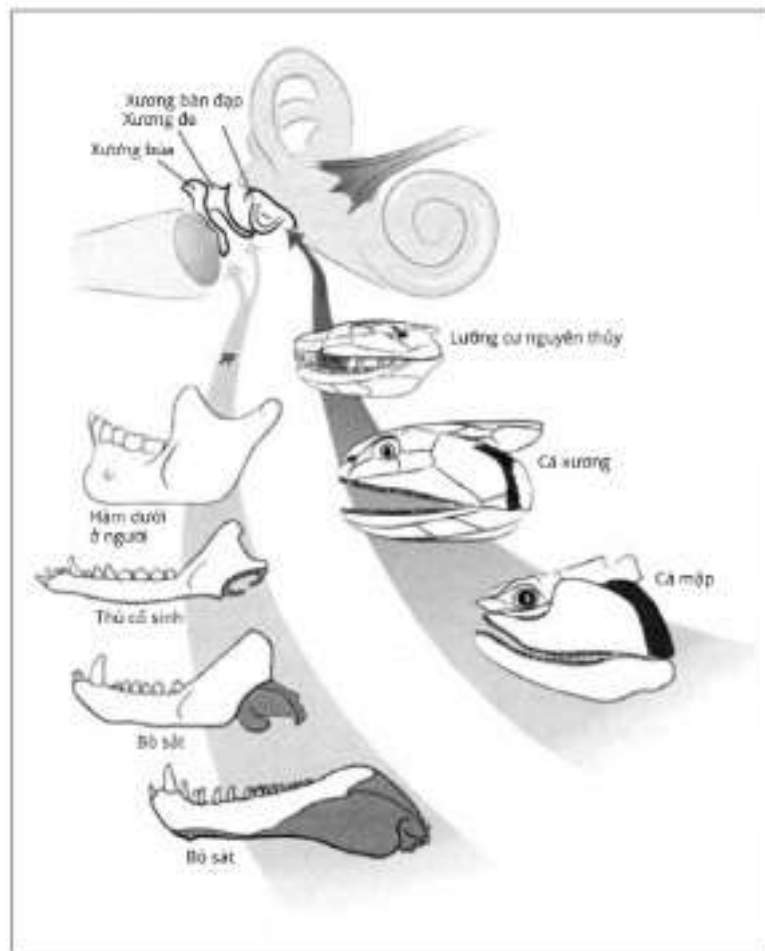
Tới tận năm 1913, các nhà phôi học và cổ sinh học mới nghiên cứu về sự tách biệt giữa hai nhóm này. Vào thời kỳ này, nhà cổ sinh học người Mỹ, W. K. Gregory, ở Bảo tàng Lịch sử Tự nhiên Hoa Kỳ đã thấy được mối liên hệ quan trọng giữa phôi của Gaupp với các hóa thạch ở châu Phi. Loài trông giống bò sát nhất của nhóm bò sát giống thú chỉ có một xương đơn lẻ trong tai giữa; giống như các loài bò sát khác, nó có hàm gồm nhiều xương. Một điều đáng chú ý đã xuất hiện khi Gregory lần lượt quan sát các loài bò sát giống thú có những đặc điểm giống với thú hơn, điều có thể hạ đo ván Reichert nếu ông ta còn sống: không còn nghi ngờ gì nữa, một chuỗi liên tục các dạng bò sát cho thấy theo thời gian các xương ở phía sau hàm của bò sát ngày càng trở nên nhỏ hơn tới khi chúng nằm trong tai giữa của thú. Xương búa và xương đe thực sự tiến hóa từ các xương hàm. Điều mà Reichert và Gaupp đã quan sát thấy ở phôi được chôn giấu trong các hóa thạch trong một

thời gian dài, chỉ đợi để được khám phá.

Tại sao các loài thú cần một tai giữa có tới ba xương? Môi liên kết nhỏ nhoi này sẽ tạo nên một hệ thống đòn bẩy cho phép các loài thú nghe được các âm cao tần hơn những động vật chỉ có một xương tai giữa. Nguồn gốc của thú không chỉ liên quan tới các kiểu nhai mới, như chúng ta đã thấy ở Chương 4, mà còn liên quan tới cách nghe mới. Trên thực tế, sự chuyển đổi diễn ra là nhờ sự sắp xếp lại có chủ đích các xương đã có chứ không phải từ việc tự phát triển các xương mới. Các xương khởi đầu được bỏ sát sử dụng để nhai đã tiến hóa ở thú để hỗ trợ việc nghe âm thanh.

Chúng ta đã nói nhiều về xương búa và xương đe. Còn xương bàn đập có nguồn gốc ở đâu?

Nếu tôi chỉ cho bạn xem một người trưởng thành và một con cá mập thì bạn sẽ chẳng bao giờ nghĩ rằng cái xương nhỏ bé nằm sâu bên trong tai người lại tương đồng với những thứ có dạng que lớn ở hàm trên của cá. Tuy vậy, xét trên phương diện phát triển, những xương này là cùng một thứ. Xương bàn đập có nguồn gốc từ cung mang thứ hai, giống như chiếc xương tương ứng ở một con cá mập và cá xương – xương móng hàm (hyomandibula). Nhưng xương móng hàm không phải là xương tai; hãy nhớ lại, cá xương và cá mập không có tai. Ở các họ hàng sông dưới nước của chúng ta, xương này là một que lớn nổi hàm trên với hộp sọ. Bất chấp những khác biệt rõ ràng về hình dạng và chức năng của các xương này, những tương đồng giữa xương móng hàm và xương bàn đập thậm chí còn mở rộng tới các dây thần kinh hỗ trợ cho chúng. Thân kinh chủ đạo giúp cho cả hai xương hoạt động là dây thần kinh có nguồn gốc từ cung mang thứ hai, dây thần kinh mặt. Vì vậy, chúng ta có tình huống là hai xương rất khác nhau này có nguồn gốc phát triển và kiểu phân bố dây thần kinh tương tự nhau. Có thể giải thích hiện tượng này hay không?



*Chúng ta có thể lần lại nguồn gốc các xương từ các cung mang tới tai của người, đầu tiên trong quá trình chuyển tiếp từ cá lên lưỡng cư (bên phải), và sau đó trong quá trình tiến hóa từ bò sát lên thú (bên trái).*

Một lần nữa chúng ta lại xem xét các hóa thạch. Khi chúng ta lần lại nguồn gốc của xương móng hàm từ cá mập sang các sinh vật như *Tiktaalik* tới các loài lưỡng cư, chúng ta có thể thấy nó ngày càng trở nên nhỏ hơn, cuối cùng chuyển vị trí từ hàm trên để đóng vai trò nghe âm thanh. Tên gọi cũng thay đổi. Khi nó có kích thước lớn và hỗ trợ xương hàm, chúng ta gọi nó là xương móng hàm; khi nó có kích thước nhỏ và có chức năng nghe, nó được gọi là xương bàn đạp. Sự chuyển đổi này diễn ra khi các loài tiến hóa từ cá bắt đầu đi lên cạn. Nghe trong nước khác với nghe trên cạn, và kích thước nhỏ cùng với vị trí của xương bàn đạp là lý tưởng để cảm nhận những rung động âm thanh trong không khí. Khả năng mới xuất hiện này có được là nhờ biến đổi xương hàm trên của cá.

Tai giữa của chúng ta ghi nhận hai sự kiện biến đổi lớn trong lịch sử sự sống. Nguồn gốc của xương bàn đạp và sự chuyển đổi của nó từ xương hỗ trợ hàm thành xương cái bắt đầu diễn ra khi cá lên trên cạn. Sự kiện lớn khác diễn ra trong quá trình hình thành các loài thú, khi các xương phía sau hàm của bò sát trở thành xương đe và xương búa của chúng ta.

Bây giờ chúng ta hãy đi sâu thêm vào bên trong tai – tới phần tai trong.



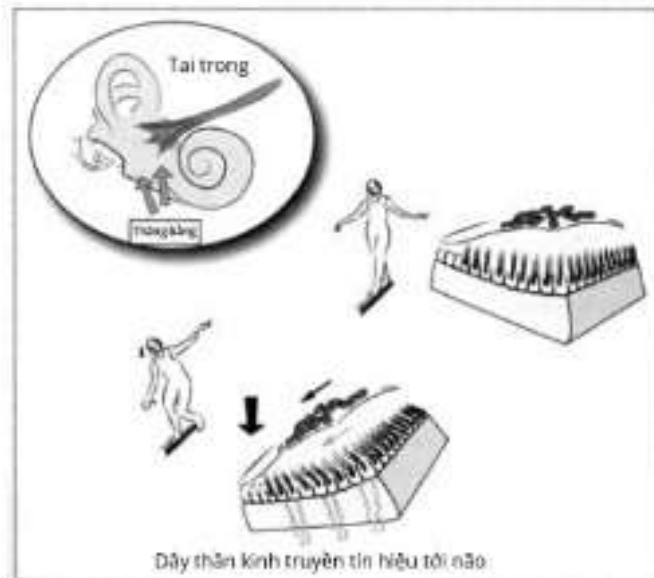
## TAI TRONG – CÁC DỊCH LÔNG CHUYÊN ĐỘNG VÀ LÔNG UỐN CONG

Di chuyển qua tai ngoài, đi sâu hơn vào bên trong tai, qua màng nhĩ và ba xương tai giữa là bạn đến ở phần sâu bên trong sọ. Ở đây bạn sẽ thấy tai trong gồm các ống và một số túi chứa đầy dịch lỏng. Ở người, cũng giống như các loài thú khác, các ống xương có hình dạng vỏ ốc rất dễ quan sát trong phòng thí nghiệm về giải phẫu học.

Tai trong có các phần khác nhau được sử dụng cho các chức năng khác nhau. Một phần được sử dụng để nghe, một phần khác cho chúng ta biết đầu chúng ta nghiêng về phía nào, và còn một phần nữa được sử dụng để ghi nhận tốc độ tăng tốc hoặc dừng lại của phần đầu chúng ta. Để thực hiện những chức năng này, tai trong hoạt động theo gần như cùng một cách.

Một số phần của tai trong chứa đầy một chất dịch có thể chuyển động. Các tế bào thần kinh chuyên biệt đưa các phần nhô ra giống lông nhung vào trong dịch này. Khi dịch lỏng chuyển động, các lông nằm ở đầu của các tế bào thần kinh uốn cong. Khi những lông này uốn cong, các tế bào thần kinh gửi một xung điện tới não bộ, nơi nó được ghi nhận dưới dạng âm thanh, vị trí hoặc gia tốc.

Để hình dung ra cấu trúc cho chúng ta biết đầu của mình đang ở đâu trong không gian, hãy tưởng tượng tới một “quả cầu tuyết” bên trong có tượng Nữ thần Tự do. Quả cầu được làm bằng nhựa trong và chứa đầy dịch. Khi bạn lắc quả cầu này, dịch lỏng sẽ chuyển động và “tuyết” sẽ rơi lên Nữ thần Tự do. Bây giờ hãy hình dung quả cầu chất lỏng được làm từ một màng linh động. Hãy cầm nó lên và nghịch nó, toàn bộ cấu trúc sẽ chuyển động khiến dịch bên trong chảy mạnh. Cơ chế này, ở một phạm vi nhỏ hơn rất nhiều, diễn ra bên trong tai của chúng ta. Khi chúng ta cúi đầu, những cỗ máy này sẽ chuyển động, gây ra một chuỗi sự kiện thông thường: dịch bên trong chảy mạnh làm uốn cong phần nhô ra giống lông của dây thần kinh và một xung điện được truyền về não bộ.



*Mỗi lần bạn nghiêng đầu, các viên đá nhỏ xíu trong các túi chứa đầy dịch chuyển động. Khi đó chúng làm uốn cong đầu dây thần kinh dạng lông bên trong túi dịch và tạo ra một xung điện truyền tới não bộ của bạn để nói rằng "Đầu bạn đang bị nghiêng."*

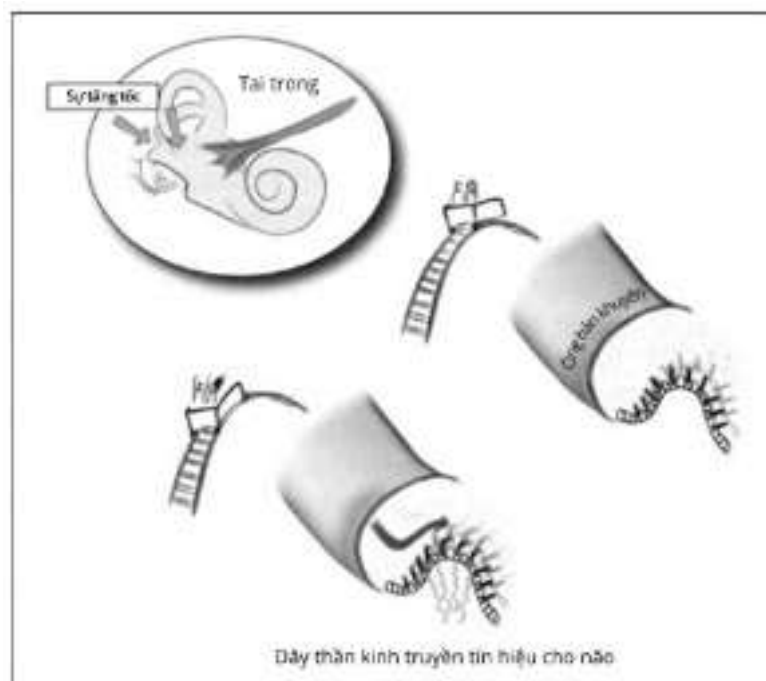
Trong cơ thể chúng ta, toàn bộ hệ thống này thậm chí còn được tăng tính nhạy cảm nhờ sự có mặt của các cấu trúc giống đá rất nhỏ ở trên mặt màng. Khi chúng ta cúi đầu, các viên đá nhấn mạnh sự chuyển động của màng khiến dịch lỏng chuyển động mạnh hơn. Điều này làm gia tăng độ nhạy của hệ thống, cho phép chúng ta nhận biết những khác biệt nhỏ về vị trí của cơ thể. Hãy nghiêng đầu, các viên đá nhỏ trong đầu bạn sẽ di chuyển.

Bạn có thể tưởng tượng ra mức độ khó khăn khi sống trong không gian bên ngoài trái đất. Các cảm biến của chúng ta được sinh ra để làm việc trong trọng trường của trái đất chứ không phải trong module hạ cánh của tàu vũ trụ trong tình trạng không trọng lượng. Khi lơ lửng trong không gian, mắt của chúng ta ghi nhận một phiên bản trên và dưới, cảm biến của tai trong hoàn toàn lẫn lộn, nó rất dễ khiến chúng ta bị say. Say không gian là một vấn đề thực sự đáng lo ngại do những nguyên nhân này.

Cách chúng ta cảm nhận tốc độ lại dựa trên phần khác của tai trong được nối với hai phần trước. Có ba ống chứa đầy dịch bên trong tai; mỗi khi chúng ta tăng tốc hoặc dừng lại, dịch lỏng trong ống di chuyển, khiến các tế bào thần kinh uốn cong và kích thích một dòng điện.

Toàn bộ hệ thống chúng ta sử dụng để nhận biết vị trí và thay đổi tốc độ được nối với cơ mắt của chúng ta thông qua các liên kết trong não chúng ta. Chuyển động của mắt sẽ được sáu cơ nhỏ gắn với vách bên của nhãn cầu kiểm soát. Các cơ co lại để di chuyển mắt lên, xuống, sang trái và phải. Chúng ta có thể tự ý cử động mắt của mình bằng cách co những cơ này mỗi khi chúng ta quyết định nhìn theo một hướng mới; nhưng một số đặc tính thú vị nhất của những cơ này liên quan tới hoạt động vô tình của chúng. Chúng

làm mất của chúng ta chuyển động liên tục, thậm chí chúng ta không cần nghĩ về điều đó.



*Mỗi khi chúng ta tăng tốc độ, dịch lỏng trong tai trong sẽ di chuyển mạnh. Sự di chuyển được chuyển thành một xung thần kinh và gửi lên não bộ.*

Để thử độ nhạy của mối liên kết cơ – mắt này, hãy cử động đầu của bạn về phía trước và phía sau trong khi nhìn vào trang giấy. Giữ mắt cố định ở một vị trí khi bạn di chuyển đầu.

Điều gì đã xảy ra trong thí nghiệm này? Mắt của bạn nhìn cố định vào một điểm trong khi đầu thì chuyển động. Chuyển động này dễ dàng tới mức bạn coi nó là bình thường, nhưng nó cực kỳ phức tạp. Toàn bộ tám cơ<sup>4</sup> trong cả hai mắt phản ứng với chuyển động của đầu. Các cảm biến trong đầu bạn, những cơ quan mà tôi sẽ mô tả trong phần tiếp theo, sẽ ghi lại hướng và vận tốc chuyển động của đầu. Những tín hiệu này được truyền lên não và sau đó não gửi tín hiệu báo cho các cơ mắt vận hành. Hãy nghĩ tới điều này lần sau khi bạn nhìn chằm chằm vào một điểm trong khi dịch chuyển đầu. Hệ thống này có thể không hoạt động, và hiện tượng mất chức năng này cho chúng ta biết nhiều điều về tình trạng sức khỏe chung của chúng ta.

Cách dễ dàng để nhận biết mối liên hệ giữa mắt và tai trong là can thiệp vào mối liên hệ đó. Một cách con người thực hiện điều này là nốc quá nhiều rượu. Uống nhiều thức uống có cồn sẽ khiến chúng ta làm các điều ngớ ngẩn bởi vì sự tự chủ giảm đi. Uống trên mức quá nhiều làm cho chúng ta quay cuồng. Và sự quay cuồng thường báo trước một buổi sáng tồi tệ phía trước, dư vị khó chịu, với quay cuồng hơn, buồn nôn và đau đầu.

Khi chúng ta uống quá nhiều, chúng ta đang đưa nhiều cồn vào máu của

mình, trong khi dịch bên trong các ống tai của chúng ta lúc ban đầu chứa rất ít còn. Tuy nhiên, từ từ, còn khuếch tán từ máu vào dịch lỏng của tai trong.

Còn nhẹ hơn dịch lỏng, do đó kết quả của sự khuếch tán là dịch lỏng trong tai chúng ta loãng hơn. Sự thay đổi về độ đặc giống như khi rót còn vào một cốc dầu olive. Cũng giống như dầu di chuyển xung quanh cốc khi còn được rót vào, dịch lỏng trong tai xáo trộn mạnh. Sự đổi lưu gây tác hại lớn làm chúng ta thiếu kiểm soát. Các tế bào lông thần kinh của chúng ta bị kích thích và bộ não nghĩ rằng chúng ta đang chuyển động. Nhưng chúng ta không chuyển động; chúng ta nằm bẹp ở một góc hoặc ngay ở quầy bar. Bộ não của chúng ta bị đánh lừa.

Vấn đề lan tới đôi mắt của chúng ta. Bộ não cho rằng chúng ta đang quay, và nó truyền thông tin này tới cơ mắt của chúng ta. Mắt co lại theo một hướng (thường về bên phải) khi chúng ta cố gắng nhìn theo một vật chuyển động từ bên này sang bên kia. Nếu bạn mở mí mắt ai đó đang rất say, bạn có thể thấy sự co giống hệt nhau, gọi là chứng rung giật nhãn cầu. Cảnh sát biết hiện tượng này rất rõ và thường kiểm tra hiện tượng này ở những người bị dừng xe vì lái xe loạng choạng.

Dư vị khó chịu dữ dội sau khi say liên quan tới một phản ứng hơi khác biệt. Ngày hôm sau cuộc chè chén say sưa, gan của bạn đã thực hiện chức năng loại bỏ còn ra khỏi máu một cách cực kỳ hiệu quả. Quá hiệu quả, vì chúng ta vẫn còn còn trong các ống tai. Lượng còn sau đó khuếch tán từ dịch lỏng trở lại máu và khi làm như vậy, một lần nữa nó khiến dịch lỏng chuyển động: lại quay cuồng lần nữa. Hãy xem người uống nhiều chất còn mà đêm trước bạn nhìn thấy mắt co sang bên phải và quan sát anh ta sau khi say. Mắt anh ta có thể vẫn co, nhưng theo hướng đối diện.

Chúng ta có thể cảm ơn lịch sử tiến hóa cùng với cá mập và cá xương vì điều này. Nếu bạn từng cố bắt một con cá hồi châu Mỹ, thì bạn đang đối mặt với cơ quan tiền thân của tai trong chúng ta. Như mọi người câu cá đều biết, cá hồi chỉ xuất hiện ở một số phần nhất định của dòng suối, thông thường ở những nơi chúng có thể kiếm ăn tốt nhất trong khi tránh được loài săn mồi. Thường thì những chỗ như vậy nằm dưới bóng râm và ở chỗ nước xoáy của dòng chảy. Những nơi lý tưởng để cá to sống là sau các tảng đá lớn hoặc thân cây cổ. Cá hồi, giống như tất cả các loài cá xương, có một cơ chế cho phép chúng cảm nhận dòng nước và chuyển động của nước xung quanh chúng, gần giống như một cơ quan xúc giác.

Bên trong da và xương của cá xương là những thụ thể cảm giác nhỏ bé được sắp xếp dọc theo cơ thể và đầu. Những thụ thể này tạo thành các bó nhỏ từ đó đưa các phần lồi giống lông nhỏ vào trong một túi chứa đầy dịch gọi là cơ quan cảm giác đường bên (neuromast). Nó giúp chúng ta nhớ lại quả cầu tuyết bên trong có tượng Nữ thần Tự do. Cơ quan cảm giác đường bên giống một quả cầu nhỏ xíu với các đầu dây thần kinh nhỏ vào bên trong.

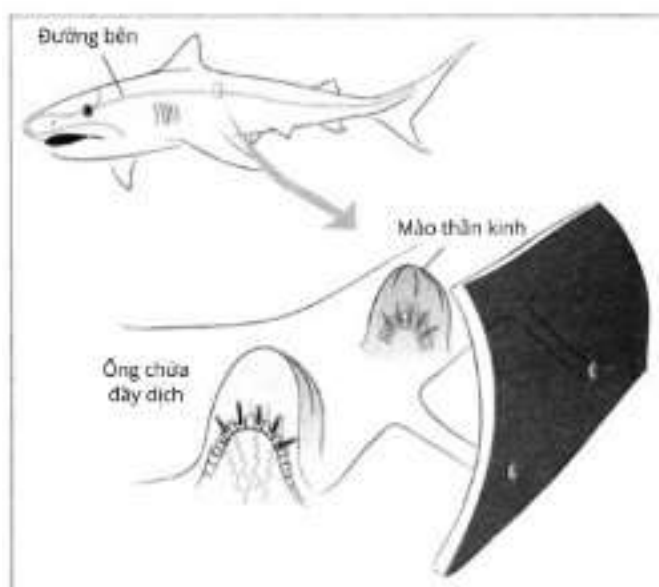
Khi nước chảy xung quanh cơ thể cá, nó làm biến dạng túi nhỏ này, do đó uốn cong các đầu mút thần kinh dạng lông. Gần giống toàn bộ hệ thống nằm trong tai của chúng ta, cơ quan này sau đó gửi một tín hiệu phản hồi tới não bộ và tạo cho cá cảm giác về tình trạng nước xung quanh chúng. Cá mập và cá xương có thể biết rõ hướng dòng nước chảy và một số loài cá mập thậm chí còn phát hiện sự nhiễu loạn của nước, chẳng hạn do các con cá khác bơi gần chúng gây ra. Chúng ta đã sử dụng một phiên bản của hệ thống này khi chúng ta cử động đầu mà cố định điểm nhìn, và chúng ta đã thấy điểm nhìn bị lệch khi chúng ta mở mí mắt của một người say ở đoạn đầu của phần này ra. Nếu tổ tiên chung của chúng ta với cá mập và cá xương sử dụng một số loại dịch lỏng ở tai trong khác, ví dụ loại không bị khuấy động mạnh khi bổ sung cồn vào, chúng ta sẽ không bao giờ bị quay cuồng khi say rượu.

Nếu bạn nghĩ rằng tai trong của mình và cơ quan cảm giác đường bên ở cá là những phiên bản của cùng một thứ, bạn đã đi đúng hướng. Cả hai cơ quan đều có nguồn gốc từ loại mô giống nhau trong quá trình phát triển và chúng có chung một cấu trúc. Nhưng cơ quan nào có trước: cơ quan đường bên hay tai trong của chúng ta? Dẫn chứng cho câu hỏi này không đầy đủ. Nếu bạn quan sát các mẫu hóa thạch đầu tiên có đầu, những sinh vật khoảng 500 triệu năm tuổi, bạn sẽ thấy các lỗ nhỏ ở lớp giáp ngoài thể hiện chúng đã có các cơ quan cảm giác đường bên. Không may, chúng ta không biết nhiều về tai trong của sinh vật này vì thiếu bằng chứng lưu giữ ở vùng đầu. Cho tới khi có thêm bằng chứng, chúng ta có một trong hai sự lựa chọn: hoặc tai trong của chúng ta bắt nguồn từ cơ quan cảm giác đường bên hoặc ngược lại. Về bản chất, cả hai kịch bản này đều phản ánh một nguyên lý mà chúng ta thấy ở phần nói về cơ thể. Các cơ quan có thể xuất hiện để thực hiện một chức năng và theo thời gian chỉ được tái thiết lập mục đích sử dụng để thực hiện các chức năng mới.

Trong tai của chúng ta, tai trong đã mở rộng ra. Phần tai trong được sử dụng cho thính giác, cũng giống như các loài thú khác, có kích thước rất lớn và xoắn. Các sinh vật nguyên thủy hơn, như lưỡng cư và bò sát, có tai trong không vặn xoắn và đơn giản. Rõ ràng, tổ tiên các loài thú của chúng ta đã sở hữu một kiểu nghe mới và tốt hơn. Điều tương tự cũng xảy ra với các cấu trúc cảm nhận gia tốc. Chúng ta có ba kênh để ghi lại gia tốc vì chúng ta nhận biết không gian theo ba chiều. Loài cá nguyên thủy nhất sở hữu những kênh này, một loại cá không hàm giống cá bằm, chỉ có một kênh. Sau đó, chúng ta thấy hai kênh ở một loại cá nguyên thủy khác. Cuối cùng, hầu hết cá xương hiện đại và các động vật có xương sống khác có ba kênh giống như chúng ta.

Chúng ta thấy rằng tai trong của chúng ta có lịch sử phát triển bắt nguồn từ những loài cá nguyên thủy nhất. Đáng chú ý, các neuron thần kinh bên trong dịch lỏng của tai thậm chí còn có một lịch sử cổ xưa hơn.

Những neuron này (được gọi là tế bào lông) có những đặc điểm đặc biệt mà không thấy ở neuron khác. Với đầu mút dạng lông mịn, trong đó có một “lông” dài và một loạt lông nhỏ, những neuron này nằm theo một hướng cố định trong tai trong của chúng ta và trong cơ quan cảm giác đường bên của cá. Gần đây, người ta tìm kiếm các tế bào này ở các sinh vật khác và thấy chúng không chỉ có ở động vật có cơ quan cảm giác như chúng ta mà còn có ở các động vật không có đầu. Chúng được tìm thấy ở các sinh vật như *Amphioxus* mà chúng ta đã gặp ở Chương 5, không có tai, mắt, đầu hoặc hộp sọ. Các tế bào lông xuất hiện vào thời điểm này để thực hiện các chức năng khác trước khi các cơ quan cảm giác của chúng ta xuất hiện.



*Một phiên bản nguyên thủy của tai trong chúng ta được gắn dưới da cá. Các túi nhỏ – cơ quan cảm giác đường bên (neuromast) – được phân bố xung quanh cơ thể. Khi chúng uốn cong, chúng cung cấp cho cá thông tin về mức độ thay đổi của dòng chảy.*

Tất cả những cấu tạo này đương nhiên được ghi nhận trong gene của chúng ta. Nếu người hoặc chuột có đột biến làm mất chức năng của gene gọi là Pax 2, thì tai trong sẽ có cấu tạo không bình thường. Pax 2 hoạt động ở vùng tai và dường như khởi động một chuỗi phản ứng hoạt hóa gene dẫn tới quá trình phát triển của tai trong. Tìm kiếm gene này ở các động vật nguyên thủy hơn và chúng ta thấy Pax 2 hoạt động ở đầu và thật kỳ lạ là ở các cơ quan cảm giác đường bên. Cơ quan khiến chúng ta quay cuồng khi say và cơ quan cảm giác dòng nước ở cá có chung các gene: bằng chứng về một lịch sử tiến hóa chung.

## SỬA VÀ NGUỒN GỐC CỦA TAI VÀ MẮT

Giống với Pax 6 đã được chúng ta thảo luận ở phần trước về mối liên hệ của nó với mắt, Pax 2 là một gene quan trọng trong tai, có vai trò thiết yếu

trong việc phát triển bình thường của tai. Thật thú vị, mối liên hệ giữa *Pax 2* và *Pax 6* cho thấy tai và mắt có thể đã có lịch sử tiến hóa chung từ rất xa xưa.

Đây là thời điểm mà sứa hộp tham gia vào câu chuyện của chúng ta. Những người đi bơi ở Australia biết rõ loại sứa này vì chúng có nọc cực kỳ độc. Loại sứa này khác biệt với hầu hết những loài khác ở chỗ chúng có mắt, hơn hai mươi mắt. Hầu hết các mắt này là những hố đơn giản trải khắp bề mặt biểu bì của sứa. Những đôi mắt khác nằm trên cơ thể rất giống với mắt của chúng ta, sở hữu một loại giác mạc, một thủy tinh thể và thậm chí một cấu trúc thần kinh giống chúng ta.

Sứa không có gene *Pax 6* hay *Pax 2*: chúng tiến hóa trước khi các gene này xuất hiện. Nhưng trong các gene của sứa hộp, chúng ta thấy có điểm đáng chú ý. Gene hình thành nên mắt không phải *Pax 6* như chúng ta mong đợi mà là một dạng pha trộn có cấu trúc của cả hai gene *Pax 6* và *Pax 2*. Nói một cách khác, gene này trông giống như một phiên bản nguyên thủy của gene *Pax 6* và *Pax 2* ở các động vật khác.

Các gene chính kiểm soát mắt và tai của chúng ta tương ứng với một gene đơn lẻ ở các sinh vật nguyên thủy hơn như sứa. Có lẽ bạn đang nghĩ “Thế thì sao?”. Mối liên hệ cổ xưa giữa các gene của tai và mắt giúp chúng ta hiểu được những điều quan sát thấy ở các phòng khám trong bệnh viện ngày nay: một số dị tật bẩm sinh ở người ảnh hưởng tới cả mắt và tai trong. Tất cả những điều này phản ánh mối liên hệ sâu sắc của chúng ta với các sinh vật nguyên thủy như sứa hộp có nọc độc.

# CHƯƠNG 11

\* \* \*

## Ý NGHĨA CỦA TẤT CẢ NHỮNG MỐI LIÊN HỆ NÀY

### VƯỜN THÚ BÊN TRONG BẠN

Bước đầu chính thức làm quen với giới hàn lâm của tôi diễn ra vào đầu những năm 1980, trong những năm tháng học đại học, khi tôi làm việc tình nguyện tại Bảo tàng Lịch sử Tự nhiên Hoa Kỳ ở thành phố New York. Bên cạnh sự phấn khích của công việc thăm lặn phía sau các bộ sưu tập của bảo tàng, một trong những kinh nghiệm đáng nhớ nhất của tôi là tham dự các buổi seminar ồn ào được tổ chức hằng tuần ở đây. Mỗi tuần, một diễn giả tới để trình bày các nghiên cứu của mình về lịch sử tự nhiên. Tiếp sau bài trình bày thường ít sôi nổi, người nghe sẽ mổ xẻ từng luận điểm của bài trình bày. Thật là nhẫn tâm. Đôi khi, có cảm giác như toàn bộ phần trao đổi giống với món barbecue thịt người, và diễn giả được mời biến thành thực đơn thịt xiên nướng. Thông thường, những buổi tranh cãi này biến thành màn hò hét hét sức phấn nộ và đoạn diễn kịch câm theo kiểu opera trong một bộ phim câm cổ điển, kết thúc bằng những nắm đấm run rẩy và những cái dậm chân.

Tại đây, trong sảnh đường linh thiêng của giới hàn lâm, tôi lắng nghe những buổi seminar về phân loại học. Bạn biết đấy, phân loại học là ngành khoa học chuyên về đặt tên loài và tổ chức chúng thành hệ thống phân loại mà chúng ta đều được học trong phần nhập môn sinh học. Tôi không thể hình dung có một chủ đề nào ít liên quan hơn tới đời sống thường ngày, chưa nói đến chuyện làm cho các khoa học gia khả kính tức đến sôi máu và mất đi hầu hết phẩm cách của mình. Mệnh lệnh “Biến đi chỗ khác” không thể phù hợp hơn trong trường hợp này.

Điều trớ trêu là bây giờ tôi biết tại sao họ lại tức giận đến vậy. Lúc đó, tôi đã không đánh giá nó đúng mức, nhưng họ đã tranh luận về một trong những khái niệm quan trọng nhất trong sinh học. Nó có lẽ không tới mức động trời, nhưng khái niệm này chính là điều cốt lõi giúp chúng ta so sánh giữa các sinh vật – người với cá, hoặc cá với giun, hoặc tất cả mọi thứ với nhau. Nó giúp chúng ta phát triển các kỹ thuật cho phép lần lại các phả hệ



gia đình của chúng ta, xác minh tội phạm thông qua bằng chứng DNA, hiểu được cơ chế virus HIV trở nên nguy hiểm và thậm chí theo dõi sự lan rộng của các loại virus cúm trên toàn thế giới. Khái niệm mà tôi sắp đề cập tạo nên phần lớn nền tảng logic của cuốn sách này. Một khi chúng ta hiểu rõ nó, chúng ta sẽ thấy được ý nghĩa của cá, giun, và vi khuẩn nằm bên trong mỗi chúng ta.

Sự kết nối những ý tưởng thực sự vĩ đại về các quy luật của tự nhiên bắt đầu bằng những tiền đề đơn giản mà tất cả chúng ta đều nhìn thấy hằng ngày. Từ những khởi đầu đơn giản, các ý tưởng như thế được mở rộng để giải thích những điều thực sự to lớn, như sự dịch chuyển của các ngôi sao hoặc sự vận hành của thời gian. Trên tinh thần đó, tôi có thể chia sẻ với bạn một quy luật thực sự mà tất cả chúng ta đều có thể tán thành. Quy luật này thâm thúy tới mức hầu hết chúng ta hoàn toàn hiển nhiên công nhận. Tuy nhiên, đây là điểm khởi đầu cho gần như mọi thứ chúng ta làm trong lĩnh vực có sinh học, sinh học phát triển và di truyền.

“Quy luật của mọi thứ” này trong sinh học chính là mọi loài sống trên trái đất đều có cha mẹ.

Mọi người bạn quen biết đều có bố mẹ, giống như mọi loài chim, cá cóc hoặc cá mập bạn từng nhìn thấy. Công nghệ có thể thay đổi điều này, nhờ có phương pháp nhân bản hoặc một phương pháp nào đó chưa được phát minh, nhưng cho đến giờ quy luật này vẫn còn giá trị. Nói một cách chính xác hơn: mọi sinh vật sống đều xuất phát từ một số thông tin di truyền của bố mẹ. Công thức này xác định tư cách bố mẹ theo cách khởi đầu cơ chế sinh học thực sự của sự di truyền và cho phép chúng ta áp dụng nó cho các sinh vật như vi khuẩn, vốn sinh sản theo cách khác với chúng ta.

Sự mở rộng của định luật này chính là điểm mạnh của nó. Quy luật này cùng với tất cả vẻ đẹp của nó chính là: tất cả chúng ta đều là hậu duệ đã có biến đổi của bố mẹ hoặc thông tin di truyền của bố mẹ. Tôi sinh ra từ bố và mẹ nhưng tôi không hoàn toàn giống họ. Cha mẹ tôi là hậu duệ đã có biến đổi của ông bà tôi. Và cứ như vậy. Quy luật hậu duệ có biến đổi này xác định dòng họ của chúng ta. Nó hữu hiệu tới mức chúng ta có thể tái hiện các dòng họ chỉ bằng cách lấy mẫu máu của từng cá thể.

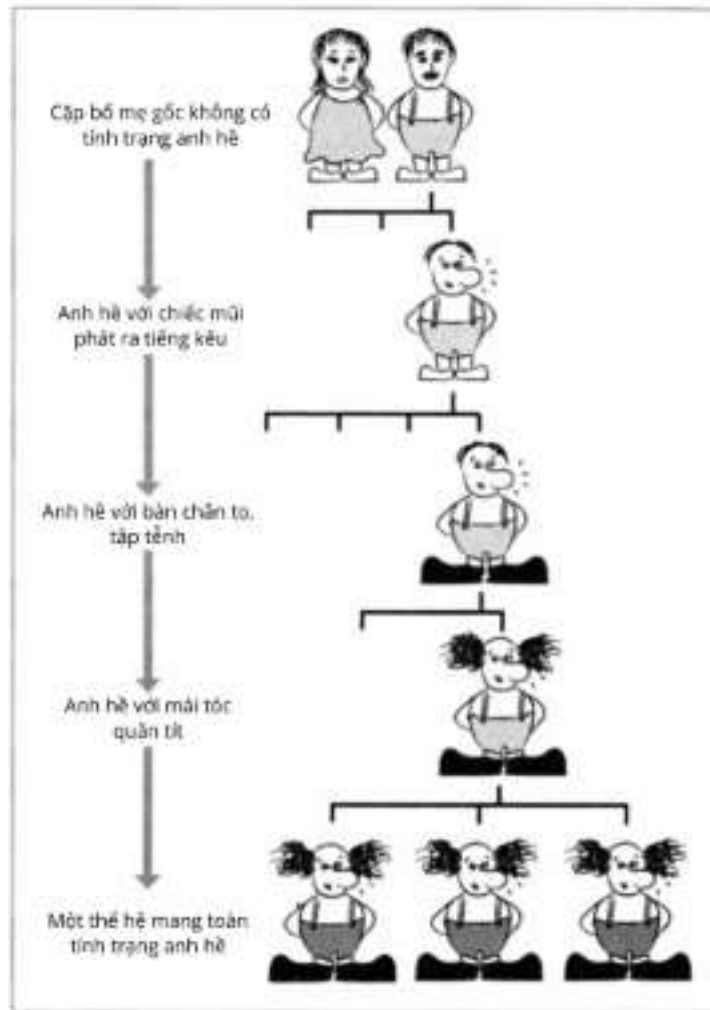
Hãy hình dung rằng bạn đang đứng trong một gian phòng đầy những người bạn chưa gặp bao giờ. Bạn được giao một nhiệm vụ đơn giản: tìm hiểu mức độ gần gũi về quan hệ họ hàng của từng người trong phòng với bạn. Làm sao bạn nói được ai là họ hàng xa, rất xa, họ hàng xa tới 75 lần ông bà cụ kị?

Để trả lời cho câu hỏi này, chúng ta cần một cơ chế sinh học để định hướng suy nghĩ của chúng ta và cung cấp cho chúng ta cách thử nghiệm độ chính xác của cây phả hệ giả định của chúng ta. Cơ chế này bắt nguồn từ những suy nghĩ về quy luật sinh học của chúng ta. Hiểu được cơ chế hậu duệ

có biến đổi là chìa khóa để mở cánh cửa lịch sử sinh học, bởi vì hậu duệ có biến đổi có thể để lại dấu vết giúp chúng ta phát hiện được.

Hãy lấy một ví dụ nghiêm túc mang tính giả thuyết về một cặp vợ chồng trông không giống hề có con. Một trong những đứa con trai của họ được sinh ra với một đột biến di truyền nên nó có mũi cao su màu đỏ phát ra tiếng kêu. Cậu con trai này lớn lên và lấy một người phụ nữ may mắn. Anh ta truyền kiểu gene đột biến mũi sang con mình và chúng đều có mũi cao su đỏ phát ra tiếng kêu. Bây giờ, giả sử một trong số con cái của anh ta có một đột biến khiến cho nó có bàn chân không lò tập tễnh. Khi đột biến này truyền sang thế hệ sau, toàn bộ con cái của người này giống anh ta: họ có mũi cao su đỏ phát ra tiếng kêu và bàn chân không lò tập tễnh. Thêm một thế hệ nữa. Hãy hình dung rằng một trong số những đứa trẻ này, chắt của cặp vợ chồng đầu tiên, có một đột biến khác: tóc xoăn màu cam. Khi đột biến này truyền sang thế hệ *kế tiếp* thì tất cả những đứa trẻ của anh ta có tóc xoăn màu cam, mũi cao su đỏ phát ra tiếng kêu và bàn chân không lò tập tễnh. Khi bạn hỏi “Chú hề này là ai?”, bạn đang hỏi về từng đứa chít của cặp vợ chồng đáng thương ban đầu của chúng ta.

Ví dụ này minh họa cho một điểm rất nghiêm túc. Cơ chế hậu duệ có biến đổi có thể giúp xây dựng nên cây quan hệ họ hàng, hoặc phả hệ mà chúng ta có thể nhận biết bằng các đặc điểm. Nó có một dấu hiệu mà chúng ta nhận ra ngay. Giống như bộ búp bê gỗ Matryoshka của Nga, phả hệ mang tính giả thuyết của chúng ta tạo thành các nhóm nằm trong nhóm, được chúng ta nhận biết bằng các đặc điểm đặc trưng. Nhóm chít có hình dạng “hề hoàn toàn” bắt nguồn từ một cá thể chỉ có mũi phát ra tiếng kêu và bàn chân không lò tập tễnh. Cá thể này nằm trong nhóm “hề nguyên thủy” bắt nguồn từ một cá nhân chỉ có mũi cao su phát ra tiếng kêu. Người “tiền – hề nguyên thủy” này bắt nguồn từ một cặp vợ chồng đầu tiên trông không có vẻ gì giống hề.



*Cây phả hệ của chú hề*

Quy luật hậu duệ có biến đổi này có nghĩa là bạn có thể dễ dàng xây dựng giả thuyết về cây phả hệ của những chú hề mà không cần tôi tiết lộ bất cứ thông tin nào. Nếu bạn có một phòng đầy các chú hề thuộc các thể hệ khác nhau, bạn sẽ thấy rằng tất cả dòng họ nhà chú hề đều nằm trong nhóm sở hữu chiếc mũi phát ra tiếng kêu. Một phần của nhóm này có tóc màu cam và bàn chân tập tễnh. Nằm trong nhóm này là một nhóm khác, nhóm hệ hoàn toàn. Điểm mấu chốt là những đặc điểm – tóc màu cam, mũi phát ra tiếng kêu, bàn chân lớn tập tễnh – cho phép bạn nhận biết các nhóm này. Những đặc điểm này là bằng chứng cho các nhóm khác biệt, hoặc trong trường hợp này là các thể hệ của các chú hề.

Thay thế gánh xiếc gia đình này bằng những đặc điểm thực sự – những đột biến gene và những thay đổi của cơ thể được chúng mã hóa – bạn sẽ có một phả hệ được quy định bằng các đặc điểm sinh học. Nếu quy luật hậu duệ có biến đổi diễn ra như vậy, thì các cây phả hệ của chúng ta sẽ có một đặc điểm chung trong cấu trúc cơ bản của chúng. Quy luật này đúng tới mức nó có thể giúp bạn xây dựng các cây phả hệ chỉ từ dữ liệu di truyền, như chúng ta thấy ở nhiều dự án nghiên cứu phả hệ đang được tiến hành. Rõ ràng là, thể

giới thực phức tạp hơn ví dụ đơn giản mang tính giả thuyết của chúng ta. Tái hiện lại cây phả hệ có thể sẽ khó khăn nếu các tính trạng phát sinh nhiều lần trong một gia đình, nếu mỗi liên hệ giữa một tính trạng và các gene mã hóa nó không rõ ràng, hoặc nếu tính trạng không có cơ sở di truyền và xuất hiện do sự thay đổi về thức ăn hoặc các điều kiện môi trường khác. May mắn là quy luật hậu duệ có thay đổi này thường được nhận biết bất kể những hiện tượng phức tạp này, gần giống như việc lọc âm thanh nhiễu khỏi tín hiệu radio.

Nhưng dòng giống của chúng ta dừng lại ở đâu? Cây phả hệ của những chú hề dừng ở cặp vợ chồng đầu tiên trông không giống hề? Hay cây phả hệ của tôi sẽ dừng lại ở vị Shubin đầu tiên? Đó là điều thực sự không rõ ràng. Nó sẽ dừng lại ở người Do Thái gốc Ukraina hoặc người Italia phương Bắc? Thế còn về những cá thể người đầu tiên thì sao? Hay nó sẽ tiếp tục tới loài tảo nước ngọt 3,8 tỉ năm tuổi và xa hơn nữa? Mọi người đều đồng ý rằng phả hệ của họ bắt nguồn từ một thời điểm nào đó trong quá khứ, nhưng xa bao nhiêu thì vẫn còn là vấn đề.

Nếu dòng giống của chúng ta đều bắt nguồn từ tảo nước ngọt và tuân theo quy luật sinh học thì chúng ta có thể sắp xếp các bằng chứng và đưa ra các dự đoán cụ thể. Thay vì là một tập hợp ngẫu nhiên các sinh vật, toàn bộ sinh vật trên trái đất chắc chắn thể hiện những đặc điểm chung của quy luật hậu duệ có biến đổi mà chúng ta đã thấy ở ví dụ của những chú hề. Trên thực tế, cấu trúc của toàn bộ các ghi nhận địa chất cũng sẽ không ngẫu nhiên. Những ghi nhận bổ sung gần đây chắc chắn xuất hiện ở các tầng đá tương đối trẻ. Giống như tôi là hậu duệ xuất hiện gần đây hơn so với ông bà mình trong cây phả hệ gia đình, do vậy cấu trúc của cây phả hệ sự sống cũng thể hiện những điểm tương đồng trong quá trình phát triển.

Để thấy được cách các nhà sinh vật học tái hiện lại mối quan hệ thực sự giữa chúng ta với các loài vật khác, chúng ta cần rời rập xiếc và quay trở lại vườn thú mà chúng ta đã đến thăm ở chương đầu tiên của cuốn sách này.

## MỘT CUỘC ĐI DẠO (DÀI HƠN) QUA VƯỜN THÚ

Như chúng ta đã biết, cơ thể của chúng ta không được cấu tạo một cách ngẫu nhiên. Ở đây, tôi sử dụng từ “ngẫu nhiên” theo một khái niệm rất cụ thể; tôi muốn nói rằng cấu trúc của cơ thể chúng ta rõ ràng là không ngẫu nhiên so với các động vật biết đi, bay, bơi hoặc bò trườn khác trên trái đất. Một số động vật có chung cấu trúc của chúng ta; số khác không có. Có một trật tự để chúng ta chia sẻ các đặc điểm cấu tạo với phần còn lại của thế giới. Chúng ta có hai tai, hai mắt, một cái đầu, hai cánh tay và một đôi chân. Chúng ta không có bảy chân hay hai cái đầu. Chúng ta cũng không có bánh

xe.

Một cuộc đi dạo trong vườn thú ngay lập tức cho thấy mối liên hệ của chúng ta với thế giới sinh vật. Trên thực tế, nó sẽ cho thấy chúng ta có thể phân nhóm nhiều loài sinh vật theo cách tương tự như chúng ra đã làm với các chú hề. Đầu tiên hãy xem 3 khu trưng bày. Bắt đầu với loài gấu Bắc cực. Bạn có thể lập một danh sách dài các đặc điểm mà bạn có chung với gấu Bắc cực: lông, tuyến vú, bốn chi, một cổ, hai mắt trong số hàng tá thứ khác.

Tiếp theo, so với một con rùa gặp ngang đường. Rõ ràng có sự tương đồng nhưng danh sách ngắn hơn một chút. Bạn có những đặc điểm chung giống rùa như bốn chi, một cổ, hai mắt (trong số những đặc điểm khác). Nhưng không giống gấu Bắc cực và bạn, rùa không có lông hay tuyến vú. Mai rùa, có lẽ là đặc điểm đặc trưng của nhóm rùa, giống như màu lông trắng chỉ có ở gấu Bắc cực. Bây giờ hãy sang thăm gian trưng bày cá châu Phi. Những loài cá ở đây vẫn có những điểm tương đồng với bạn, nhưng danh sách những đặc điểm chung thậm chí ngắn hơn so với danh sách điểm chung với rùa. Giống như bạn, cá có hai mắt. Giống như bạn, chúng có bốn phần phụ nhưng các phần phụ này trông giống vây hơn là tay và chân. Trong số nhiều đặc điểm khác, cá thiếu lông và tuyến vú mà bạn và gấu Bắc cực đều có.

Việc so sánh này bắt đầu giống với các bộ búp bê Nga gồm tập hợp, tập hợp con, tập hợp con của con như đã xuất hiện trong ví dụ về những chú hề. Cá, rùa, gấu Bắc cực và người đều có chung một số đặc điểm – đầu, hai mắt, hai tai... Rùa, gấu Bắc cực và người có tất cả các đặc điểm này cùng với cổ và các chi, những đặc điểm không có ở cá. Gấu Bắc cực và người thậm chí còn tạo thành một nhóm tiến bộ hơn, vì tất cả các thành viên đều có các đặc điểm này cộng thêm lông và tuyến vú.

Ví dụ về gia đình chú hề cung cấp cho chúng ta phương pháp để hiểu được ý nghĩa của việc đi dạo qua vườn thú. Trong các thế hệ chú hề, mẫu hình của các nhóm phản ánh quy luật hậu duệ có biến đổi. Điều này có nghĩa là những đứa trẻ “hề hoàn toàn” có đầy đủ các đặc điểm của chú hề có quan hệ họ hàng gần gũi với nhau hơn là với những đứa trẻ chỉ có mũi phát ra tiếng kêu. Đúng như vậy: cha mẹ của những đứa trẻ có mũi phát ra tiếng kêu là cụ kị của những chú hề hoàn toàn. Áp dụng cách tiếp cận tương tự với các nhóm chúng ta bắt gặp trong khi đi xem vườn thú có nghĩa là người và gấu Bắc cực có quan hệ họ hàng gần gũi hơn so với rùa. Dự đoán này là chính xác: loài thú đầu tiên xuất hiện sau loài bò sát đầu tiên rất nhiều.

Vấn đề trung tâm ở đây là giải mã cây phả hệ của các loài. Hoặc, theo thuật ngữ sinh học chính xác hơn, là kiểu quan hệ họ hàng của chúng. Kiểu quan hệ họ hàng này thậm chí cung cấp cho chúng ta phương pháp để diễn giải một hóa thạch như của loài *Tiktaalik* theo cách chúng ta đi thăm vườn thú. *Tiktaalik* là một dạng trung gian tuyệt vời giữa cá và các hậu duệ sống

trên cạn, nhưng khả năng để nó thực sự là tổ tiên của chúng ta rất thấp. Nó giống với họ hàng xa của tổ tiên chúng ta hơn. Không có nhà cổ sinh học khôn ngoan nào lại tuyên bố rằng họ đã khám phá ra “Tổ tiên của chúng ta”. Hãy suy luận như thế này: Cơ hội tôi tìm ra tổ tiên thực sự của mình khi đi qua một nghĩa địa bất kỳ trên hành tinh là gì? Là rất nhỏ. Điều mà tôi sẽ khám phá ra trong những nghĩa địa này là tất cả mọi người được chôn ở đây – bất kể nghĩa địa ở Trung Quốc, Botswana hay Ý – đều có liên quan với tôi theo các mức độ khác nhau. Tôi có thể tìm hiểu mối liên hệ này bằng cách tìm hiểu thông tin DNA bằng nhiều kỹ thuật giám định sử dụng trong các phòng thí nghiệm điều tra tội phạm ngày nay. Tôi thấy rằng một số người ở nghĩa địa có quan hệ họ hàng xa với tôi, số khác có mối liên hệ gần gũi hơn. Cây phả hệ này sẽ có vai trò quan trọng để tìm hiểu lịch sử gia đình và quá khứ của tôi. Nó cũng sẽ có ứng dụng thực tế vì tôi có thể sử dụng cây phả hệ này để tìm hiểu xu hướng bị mắc những bệnh nhất định của tôi và các đặc điểm sinh học khác của tôi. Điều tương tự cũng xảy ra khi chúng ta phân tích mối quan hệ giữa các loài.

Ý nghĩa thực sự của cây phả hệ này nằm ở những điều mà chúng ta có thể dự đoán. Điểm cốt lõi ở đây là khi chúng ta tìm ra nhiều đặc điểm chung hơn, chúng cần phải thống nhất với khuôn khổ này. Điều đó có nghĩa là khi tôi xác định các đặc điểm của tế bào, DNA và toàn bộ các cấu trúc, mô và phân tử khác trong cơ thể của các động vật này, chúng phải phù hợp với các nhóm động vật mà chúng ta đã nhận dạng trong chuyên đi dạo ở vườn thú. Ngược lại, chúng ta có thể phủ nhận việc ghép nhóm này nếu tìm ra các đặc điểm không phù hợp với chúng. Nghĩa là, nếu tồn tại nhiều tính trạng chung giữa người và cá mập mà không thấy có ở gấu Bắc cực, khung phân tích của chúng ta bị sai sót và cần chỉnh sửa lại hoặc loại bỏ. Trong nhiều trường hợp, khi các bằng chứng còn chưa rõ ràng, chúng ta sẽ áp dụng nhiều công cụ thống kê để đánh giá chất lượng của các đặc điểm ủng hộ cho việc ghép nhóm trên cây phả hệ. Trong các trường hợp chưa có sự thống nhất, sự sắp xếp nhóm trên phả hệ sẽ được coi là giả thuyết tạm thời cho tới khi chúng ta có thể tìm thấy những bằng chứng thuyết phục cho phép chúng ta hoặc chấp nhận hoặc phủ nhận nó.

Một số cách ghép nhóm thuyết phục tới mức với mọi mục đích và ý định, chúng ta xem chúng như sự thực hiển nhiên. Ví dụ, phân nhóm gồm cá – rùa – gấu Bắc cực – người được xác nhận bằng các tính trạng của hàng trăm gene và gần như toàn bộ các đặc điểm giải phẫu, sinh lý và sinh học tế bào của những động vật này. Khuôn khổ phân loại cá tới người được xác nhận rõ ràng tới mức chúng ta không cần phải cố gắng thu thập các bằng chứng cho nó – làm như vậy chẳng khác nào cho một quả bóng rơi 50 lần để kiểm tra lý thuyết về lực hấp dẫn. Điều đó cũng tương tự với ví dụ sinh học của chúng ta. Xác suất bạn nhìn thấy quả bóng của mình bay lên [thay vì rơi xuống] khi

bạn cho thả nó rơi tự do lần thứ 51 cũng tương tự với xác suất tìm thấy bằng chứng mạnh mẽ để phủ nhận những mối liên hệ này.

Chúng ta giờ đây có thể quay lại xem xét thách thức ở phần đầu cuốn sách. Làm thế nào chúng ta có thể tái tạo các mối quan hệ giữa các loài động vật đã tuyệt chủng từ lâu với các cơ thể và gene của những loài đang tồn tại với độ tin cậy cao? Chúng ta sẽ tìm kiếm dấu vết của quy luật hậu duệ có biến đổi, bổ sung các đặc điểm, đánh giá chất lượng của các bằng chứng và đánh giá mức độ xuất hiện của các nhóm trong các ghi nhận hóa thạch. Điều tuyệt vời là giờ đây chúng ta đã có những công cụ để đánh giá các mối quan hệ này, sử dụng máy tính và các phòng thí nghiệm giải trình tự DNA lớn để thực hiện các phân tích giống với phân tích bạn đã làm khi đi dạo qua vườn thú. Chúng ta giờ đây tiếp cận được các điểm hóa thạch mới trên khắp thế giới. Chúng ta có thể thấy vị trí cơ thể của chúng ta trong thế giới tự nhiên tốt hơn bao giờ hết.

Từ Chương 1 tới Chương 10, chúng ta đã thấy những tương đồng sâu sắc tồn tại giữa các sinh vật ngày nay và các loài đã tuyệt chủng từ lâu – giun cỏ, bọt biển ngày nay, và nhiều loài cá. Bây giờ, khi đã được trang bị kiến thức về quy luật hậu duệ có biến đổi, chúng ta có thể bắt đầu tìm hiểu ý nghĩa của tất cả các mối quan hệ này. Đã đủ trò vui ở rạp xiếc và vườn thú. Giờ là lúc nói đến công việc.

Chúng ta đã thấy rằng bên trong cơ thể của chúng ta có các mối liên hệ với một loạt những loài sinh vật khác. Một số phần giống như sứa, các phần khác của giun, những phần khác nữa của cá. Những đặc điểm này không giống nhau một cách tình cờ. Một số bộ phận của chúng ta có ở tất cả các động vật khác; các bộ phận khác thì rất đặc thù. Thật tuyệt vời khi nhận ra rằng có một trật tự trong toàn bộ các đặc điểm này. Hàng trăm đặc điểm từ DNA, vô số các đặc điểm về giải phẫu và phát triển – tất cả đều tuân theo một logic tương tự như ví dụ về gia đình chú hề, mà chúng ta đã xem xét ở phần trước.

Hãy cùng xem xét một số đặc điểm chúng ta đã đề cập tới trong cuốn sách này và tìm hiểu xem chúng đã được sắp đặt thứ tự ra sao.

Giống với mọi động vật khác trên hành tinh, chúng ta có một cơ thể chứa nhiều tế bào. Hãy gọi nhóm này là các sinh vật đa bào. Chúng ta có chung đặc điểm đa bào với mọi sinh vật từ bọt biển, placozoan tới sứa và tinh tinh.

Một nhóm nhỏ các động vật đa bào này có *sơ đồ cơ thể giống như của chúng ta*, với phía trước và sau, trên và dưới, phải và trái. Các nhà phân loại học gọi nhóm sinh vật này là Bilateria (có nghĩa là “các động vật có đối xứng hai bên”). Nhóm này gồm có tất cả các loài động vật từ côn trùng tới loài người.

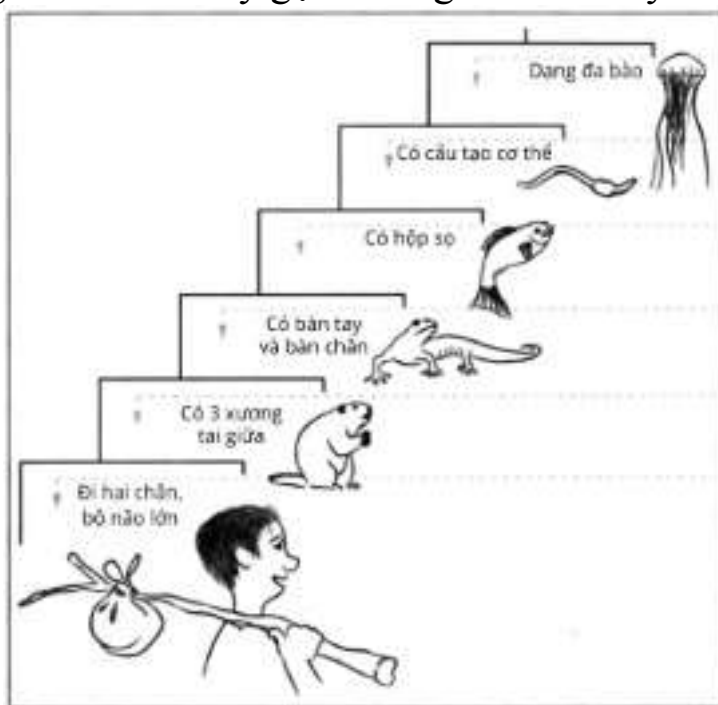
Một nhóm nhỏ của động vật đa bào có sơ đồ cơ thể giống chúng ta có phần trước phần sau, phần trên phần dưới, bên phải bên trái, còn có thêm

*xương sọ và xương sống*. Hãy gọi những sinh vật này là động vật có xương sống.

Một nhóm nhỏ của động vật đa bào có sơ đồ cơ thể giống chúng ta có phần trước phần sau, phần trên phần dưới, bên phải bên trái, có xương sọ, còn có thêm *bàn tay và bàn chân*. Hãy gọi những động vật có xương sống này là động vật bốn chi (tetrapod).

Một nhóm nhỏ của động vật đa bào có sơ đồ cơ thể giống chúng ta có phần trước phần sau, phần trên phần dưới, bên phải bên trái, có xương sọ và xương sống, bàn tay và bàn chân, còn có thêm một *tai giữa gồm ba xương*. Hãy gọi những động vật bốn chi này là thú.

Một nhóm nhỏ của động vật đa bào có sơ đồ cơ thể giống chúng ta có phần trước phần sau, phần trên phần dưới, bên phải bên trái, có sọ, có bàn tay và bàn chân, có một tai giữa gồm ba xương, còn có thêm *bộ não lớn và dáng đi thẳng bằng hai chân*. Hãy gọi những loài thú này là con người.



*Cây phả hệ của người với tổ tiên đầu tiên là sứa. Cây này có cấu trúc tương tự với cây phả hệ của gia đình chú hề.*

Thế mạnh của việc phân chia nhóm này được thể hiện ở những bằng chứng được sử dụng. Hàng trăm đặc điểm di truyền, phôi bào và giải phẫu ủng hộ những phân nhóm này. Sự sắp xếp phân loại này cho phép chúng ta thấu hiểu chính mình theo một cách đặc biệt.

Công việc này gần giống như bóc một củ hành, làm lộ ra từng lớp, từng lớp lịch sử tiến hóa. Đầu tiên, chúng ta thấy các đặc điểm mà chúng ta chia sẻ với tất cả các loài thú khác. Sau đó, khi nhìn sâu hơn, chúng ta thấy mình có những đặc điểm chung với cá. Nhìn sâu hơn nữa thì có các đặc điểm chung với giun. Cứ như vậy. Nhớ lại logic của việc xây dựng phả hệ gia đình chú hề, điều này nghĩa là chúng ta sẽ thấy quy luật hậu duệ có biến đổi nằm



sâu bên trong cơ thể chúng ta. Quy luật này được phản ánh trong các ghi nhận địa chất. Hóa thạch đa bào cổ nhất có niên đại trên 600 triệu năm tuổi. Hóa thạch cổ nhất có tai giữa gồm ba xương có niên đại dưới 200 triệu năm. Hóa thạch cổ nhất có dáng đi thẳng hai chân có niên đại khoảng 4 triệu năm. Liệu tất cả những dữ kiện này là tình cờ hay chúng phản ánh một quy luật sinh học mà chúng ta có thể thấy đang diễn ra hằng ngày xung quanh ta?

Carl Sagan từng nói một câu nổi tiếng rằng nhìn lên các vì sao giống như nhìn lại quá khứ. Ánh sáng của các ngôi sao đã bắt đầu hành trình tới đôi mắt của chúng ta từ xa xưa, rất lâu trước khi thế giới của chúng ta được hình thành. Tôi cũng nghĩ rằng nhìn vào con người rất giống như nhìn lên các vì sao. Nếu bạn biết cách nhìn, cơ thể của chúng ta sẽ trở thành một hộp thời gian mà khi mở ra sẽ cho ta biết các khoảnh khắc quan trọng trong lịch sử của hành tinh chúng ta và một quá khứ xa xưa trong các đại dương, dòng suối và các cánh rừng cổ xưa. Những thay đổi trong khí quyển cổ đại được phản ánh trong các phân tử cho phép tế bào của chúng ta hợp tác với nhau để hình thành cơ thể. Môi trường của các dòng suối cổ đã tạo nên các đặc điểm giải phẫu cơ bản của các chi chúng ta. Thị giác cảm nhận màu sắc và khứu giác cảm nhận mùi đã được hình thành ở các cánh rừng và đồng bằng cổ sinh. Và danh sách này còn tiếp tục. Lịch sử này là di sản của chúng ta, nó ảnh hưởng tới cuộc sống ngày nay của chúng ta và sẽ còn ảnh hưởng trong tương lai.

## TẠI SAO LỊCH SỬ LẠI LÀM CHÚNG TA BỊ BỆNH

Đầu gối của tôi bị sưng bằng quả bưởi và một trong số đồng nghiệp của tôi công tác tại khoa phẫu thuật đã vặn và gập nó để xác định liệu tôi bị giãn hay rạn dây chằng hoặc tằm sụn ở bên trong. Buổi khám này và ảnh chụp MRI (cộng hưởng từ) sau đó đã cho thấy một tằm sụn bị rách, có lẽ là hậu quả của việc đeo ba lô đi trên đá, đá cuội và đá vụn ngoài thực địa trong suốt 25 năm. Khi bị thương ở đầu gối, gần như chắc chắn bạn bị thương ít nhất là một trong số ba bộ phận sau: sụn chêm trong, dây chằng giữa hoặc dây chằng chéo trước. Những tổn thương của ba bộ phận này ở đầu gối thường gặp tới mức những cấu trúc này được giới bác sĩ gọi là “Bộ ba bất hạnh” (Unhappy Triad). Chúng là những chứng cứ rõ ràng về những nguy hiểm khi có một con cá bên trong bạn. Cá không đi bộ bằng hai chân.

Tiến hóa của loài người không hề rẻ. Để thực hiện phối hợp nhiều động tác khác thường như ở người – nói, nghĩ, cầm nắm, đi bằng hai chân – chúng ta trả một cái giá. Đó là một kết quả tất yếu của cây tiến hóa nằm bên trong chúng ta.

Hãy tưởng tượng bạn đang cố bắt một chiếc xe Volkswagen Beetle (xe con bọ) chạy với vận tốc 240 km/h. Năm 1933, Adolf Hitler ra lệnh cho tiến

sĩ Ferdinand Porsche phát triển một chiếc xe giá rẻ có thể chạy được 17km mỗi lít xăng và cung cấp một phương tiện vận tải đáng tin cậy cho các gia đình trung lưu của Đức. Kết quả là chiếc Volkswagen Beetle. Lịch sử của chiếc xe, hay kế hoạch của Hirler, đặt ra những giới hạn đối với những cách ngày nay chúng ta có thể sử dụng để thay đổi chiếc Beetle; công nghệ chỉ có thể được chỉnh sửa cho đến khi các vấn đề chính phát sinh và chiếc xe đã đạt tới giới hạn của nó.

Ở nhiều khía cạnh, con người chúng ta là con cá tương đương với một chiếc Beetle độ. Lấy sơ đồ cấu tạo cơ thể của một con cá, khoác lên mình bộ cánh của loài thú, sau đó cải biến nó tới khi con thú đi được bằng hai chân, biết nói, nghĩ và điều khiển các ngón tay cực kỳ khéo léo – bạn đã có công thức để giải quyết các vấn đề. Chúng ta chỉ có thể cải biến một con cá đến mức không phải trả giá. Trong một thế giới được thiết kế hoàn hảo – một thế giới không có lịch sử – chúng ta sẽ không phải chịu đựng mọi thứ từ bệnh trĩ tới ung thư.

Lịch sử này được thể hiện rõ ràng nhất ở các đường đi vòng, xoắn và rẽ của các nhánh động mạch, dây thần kinh và tĩnh mạch của chúng ta. Lần theo một số dây thần kinh, bạn sẽ thấy chúng tạo thành các vòng kỳ lạ xung quanh các cơ quan khác, rõ ràng là đi một hướng để rồi xoắn lại và kết thúc ở một điểm không ngờ tới. Các đường đi vòng là những sản phẩm mê hoặc của quá khứ, mà như chúng ta sẽ thấy, thường gây ra các vấn đề cho chúng ta – ví dụ như bệnh nấc và thoát vị đĩa đệm. Và đây chỉ là một cách quá khứ của chúng ta quay trở lại để làm hại chúng ta.

Lịch sử xa xưa của chúng ta đã diễn ra, vào các thời điểm khác nhau, trong các đại dương, suối nhỏ, và savan cổ đại chứ không phải trong các tòa nhà văn phòng, đường dốc trượt tuyết và sân tennis. Chúng ta không được thiết kế để sống qua tuổi 80, ngồi trên mông của mình 10 tiếng/ ngày và ăn Hostess Twinkies, chúng ta cũng không được thiết kế để chơi bóng. Sự ngắt quãng giữa quá khứ và cuộc sống hiện tại có nghĩa là cơ thể của chúng ta sẽ gặp phải những vấn đề theo cách có thể dự đoán được.

Gần như mọi bệnh tật chúng ta phải chịu đựng có yếu tố lịch sử nhất định. Các ví dụ tiếp theo sẽ phản ánh cách các nhánh khác nhau của cây tiến hóa nằm bên trong chúng ta – từ người cổ đại tới các loài lưỡng cư và cá, cuối cùng là vi sinh vật – quay lại quấy rầy chúng ta ngày nay. Mỗi một ví dụ này cho thấy chúng ta không được thiết kế hợp lý, nhưng là sản phẩm của một lịch sử phức tạp.

## QUÁ KHỨ SẴN BẮN – HẢI LƯỢNG CỦA CHÚNG TA: BỆNH BÉO PHÌ, BỆNH TIM VÀ BỆNH TRĨ

Trong suốt lịch sử khi còn là cá, chúng ta là các động vật săn mồi tích

cực<sup>5</sup> sinh sống trong các đại dương và dòng suối cổ. Trong thời kỳ lịch sử sau đó dưới dạng lưỡng cư, bò sát và thú, chúng ta là những sinh vật tích cực săn đủ loại môi, từ côn trùng tới bò sát. Thậm chí tới gần đây hơn, dưới dạng các loài linh trưởng, chúng ta là những động vật sống trên cây, tích cực tìm kiếm quả và lá. Người cổ đại là những thợ săn – người hái lượm tích cực, và cuối cùng là nhà nông. Bạn có chú ý tới một điểm chung ở đây không? Sợi chỉ xuyên suốt đó là từ “tích cực”.

Điểm bất lợi là phần lớn thời gian trong ngày hầu hết chúng ta chẳng vận động. Tôi “an tọa” mỗi khi tôi đánh máy quyển sách này và nhiều người trong số các bạn cũng làm như vậy khi đọc nó (trừ một số người có hạnh kiểm tốt trong số chúng ta sẽ đọc nó trong phòng tập thể dục). Lịch sử của chúng ta từ cá tới người tiền sử không giúp chúng ta chuẩn bị cho chế độ sinh hoạt mới này. Sự xung đột giữa hiện tại và quá khứ này để lại dấu ấn của nó bằng nhiều loại bệnh tật của đời sống hiện đại.

Những nguyên nhân hàng đầu gây tử vong ở người là gì? Bốn trong số 10 bệnh hàng đầu – bệnh tim, tiểu đường, béo phì và đột quỵ – có một vài căn cứ di truyền và có thể là lịch sử. Hầu hết mọi vấn đề chủ yếu là do cơ thể của chúng ta được tạo dựng cho một động vật tích cực nhưng lại có chế độ sinh hoạt của một củ khoai tây.

Năm 1962, nhà nhân chủng học James Neel đã giải quyết quan điểm này từ góc độ thức ăn của chúng ta. Xây dựng giả thuyết được gọi là “kiểu gene tiết kiệm”, Neel đã chỉ ra rằng tổ tiên của loài người đã thích nghi với kiểu tồn tại theo chu kỳ lên xuống. Dưới hình thức săn bắt hái lượm, người tiền sử đã trải qua các thời kỳ thuận lợi khi con mồi dễ gặp và săn bắt thành công. Những giai đoạn no đủ này bị ngắt quãng bởi những thời kỳ thiếu thốn khi tổ tiên của chúng ta có rất ít thức ăn.

Neel đã giả thuyết rằng chu kỳ dồi dào xen kẽ với thời kỳ đói ăn tạo ra dấu ấn trong gene và trong bệnh tật của chúng ta. Về cơ bản, ông đã đề xuất rằng cơ thể của tổ tiên chúng ta đã cho phép họ để dành tài nguyên trong thời kỳ no đủ để dùng vào thời kỳ đói ăn. Trong bối cảnh này, việc tích trữ mỡ trở nên rất hữu ích. Năng lượng trong thức ăn chúng ta sử dụng được chia thành nhiều phần sao cho một số hỗ trợ các hoạt động đang diễn ra, số khác được tích trữ, ví dụ dưới dạng mỡ để sử dụng sau. Sự chia phần thức ăn này hoạt động tốt trong thế giới no dòn đói góp, nhưng nó sẽ thất bại thảm hại trong môi trường thức ăn bổ dưỡng có sẵn 24/24. Béo phì và bệnh tật đi kèm với nó – bệnh tiểu đường, huyết áp cao và bệnh tim do tuổi tác – trở thành hiện tượng tự nhiên. Giả thiết về kiểu gene tiết kiệm cũng có thể giải thích tại sao chúng ta thích thức ăn có chất béo. Chúng là thức ăn giá trị cao về mặt năng lượng, một thứ được xem là lợi thế rõ ràng trong quá khứ xa xưa của chúng ta.

Lối sống ít vận động sẽ ảnh hưởng tới chúng ta theo cách khác bởi vì hệ tuần hoàn của chúng ta xuất hiện ban đầu ở các động vật hoạt động nhiều hơn.

Tim của chúng ta bơm máu tới các cơ quan qua động mạch và quay về tim qua tĩnh mạch. Bởi vì động mạch gần điểm bơm máu hơn nên huyết áp cao hơn nhiều so với tĩnh mạch. Đây có thể là một vấn đề đối với máu cần quay lại tim từ bàn chân của chúng ta. Máu từ bàn chân cần đi từ dưới lên trên, nói cách khác, ngược theo tĩnh mạch từ chân lên ngực. Nếu máu ở trạng thái huyết áp thấp thì có thể không đi lên được tới tim. Kết quả là, chúng ta có hai đặc điểm để giúp máu đi lên. Đặc điểm đầu tiên là các van nhỏ cho phép máu đi lên nhưng không cho đi xuống. Đặc điểm khác là các cơ bắp ở chân chúng ta. Khi chúng ta đi bộ thì cơ co và khiến máu được bơm lên qua tĩnh mạch chân. Các van một chiều và bơm bằng cơ chân cho phép máu của chúng ta đi từ bàn chân lên tới ngực.

Hệ thống này làm việc cực kỳ tốt ở động vật vốn sử dụng chân để đi bộ, chạy và nhảy. Nó sẽ không hoạt động hiệu quả ở một sinh vật kém vận động. Nếu chân không được sử dụng nhiều thì các cơ sẽ không bơm máu lên tĩnh mạch. Các vấn đề có thể phát sinh nếu máu ứ đọng trong tĩnh mạch vì sự ứ đọng đó có thể làm hỏng các van tĩnh mạch. Đây chính là điều xảy ra ở các tĩnh mạch bị giãn.

Khi van bị hỏng, máu sẽ ứ đọng tại các tĩnh mạch. Tĩnh mạch sẽ ngày càng to ra, sưng lên và đi lòng vòng theo các đường khác nhau trong chân.

Không cần nói thêm, sự sắp xếp các tĩnh mạch có thể gây ra những đau đớn thực sự ở vùng mông. Các tài xế lái xe tải và những người ngồi lâu trong thời gian dài đặc biệt dễ bị bệnh trĩ, một cái giá khác phải trả cho lối sống ít hoạt động. Ngồi trong nhiều giờ đồng hồ, máu sẽ ứ lại ở các tĩnh mạch và tập trung xung quanh trực tràng. Khi máu ứ đọng, bệnh trĩ hình thành – một lời nhắc nhở không dễ chịu là chúng ta đã không được cấu tạo để ngồi quá lâu, đặc biệt trên các bề mặt mềm.

## QUÁ KHỨ TỪ LINH TRƯỞNG: NÓI KHÔNG RẼ

Việc nói chuyện có một cái giá rất đắt: nghẹt thở và ngưng thở khi ngủ là những nguy cơ cao trong danh mục các vấn đề chúng ta phải chung sống khi phát triển khả năng nói.

Chúng ta tạo ra tiếng nói bằng cách kiểm soát sự chuyển động của lưỡi, hầu và phía sau họng. Tất cả những chức năng này là những biến đổi tương đối đơn giản so với thiết kế cơ bản của thú hoặc bò sát. Như chúng ta thấy ở Chương 5, hầu được hình thành chủ yếu từ các sụn cung mang, tương ứng với các thành mang của cá mập hoặc cá xương. Phần sau của họng, kéo dài từ răng hàm trong cùng tới ngay phía trên thanh quản, có các vách linh hoạt

có thể đóng và mở. Chúng ta nói nhờ chuyển động lưỡi, nhờ thay đổi hình dạng của miệng và nhờ cơ một số cơ kiểm soát độ cứng của vách này.

Chúng ngưng thở trong khi ngủ là sự đánh đổi nguy hiểm tiềm tàng để có được khả năng biết nói. Trong khi ngủ, các cơ của họng sẽ thư giãn. Ở hầu hết mọi người, điều này không gây ra vấn đề gì nhưng ở một số khác thì phần khí quản có thể sụp xuống do đó họ sẽ không thở trong những khoảng thời gian khá dài. Tất nhiên, điều này có thể rất nguy hiểm, đặc biệt ở những người có bệnh tim. Sự mềm dẻo của cổ họng, vốn hữu dụng cho khả năng nói của chúng ta, khiến chúng ta dễ bị chứng ngưng thở khi ngủ do sự tắc nghẽn đường thở gây ra.

Một đánh đổi khác của kiểu thiết kế này là hiện tượng bị nghẹt thở. Miệng của chúng ta dẫn đến cả phần khí quản, nơi ta lấy khí để thở, và thực quản, do đó ta sử dụng chung một đường dẫn để nuốt, thở và nói chuyện. Ba chức năng này có thể bị rối loạn, ví dụ như khi một mẫu thức ăn bị kẹt ở khí quản.

## QUÁ KHỨ TỪ CÁ XƯƠNG VÀ NÒNG NỌC: PHẢN XẠ NẮC

Hiện tượng khó chịu này có nguồn gốc từ lịch sử chung của chúng ta với cá xương và nòng nọc

Nếu có bất kỳ niềm an ủi nào cho chúng nấc cụt, thì đó là nhiều loài thú khác cũng có chung sự bất hạnh này. Mèo có thể bị kích động gây ra nấc khi truyền một xung điện tới một vùng mô nhỏ trong phần cuống não của chúng. Vùng cuống não này được cho là trung tâm điều khiển phản xạ phức tạp mà chúng ta gọi là nấc.

Phản xạ nấc là một hoạt động cơ giật lặp đi lặp lại liên quan tới nhiều cơ trên thành cơ thể, cơ hoành, cổ và họng của chúng ta. Cơ thắt ở một hoặc hai dây thần kinh chính vốn kiểm soát hoạt động thở sẽ làm các cơ này co. Điều này gây ra phản xạ hít vào mạnh để lấy khí. Khoảng 35 phần nghìn giây sau, chiếc nắp bằng mô ở sau họng (nắp thanh quản) sẽ đóng lên trên đường khí quản của chúng ta. Phản xạ hít vào nhanh tiếp đến là đóng nhanh phần ống thở sẽ tạo ra tiếng nấc “hic”.

Vấn đề là chúng ta hiếm khi chỉ nấc một lần. Ngừng nấc ở 5 đến 10 tiếng hic đầu tiên, bạn có cơ hội tốt để kết thúc một đợt nấc. Nếu bỏ lỡ cơ hội này, thì đợt nấc có thể lên tới trung bình 60 tiếng hic. Ở một số người, khi hít phải khí CO<sub>2</sub> (như thở vào trong một túi giấy thông thường) và giãn thành cơ thể (hít vào một hơi thật mạnh và nín thở) có thể ngừng nấc nhanh. Nhưng không phải tất cả mọi người đều có thể chữa nấc theo cách này. Một số dạng nấc cụt bệnh lý có thể kéo dài rất lâu. Con nấc không ngừng dài nhất của một người kéo dài từ năm 1922 tới năm 1990 .

Xu hướng bị nấc của chúng ta là một ảnh hưởng khác của quá khứ. Có

hai điều cần nghĩ tới. Đầu tiên là điều gây nên sự co thắt dây thần kinh khởi đầu cho hiện tượng nấc. Thứ hai là điều kiểm soát những tiếng hic riêng biệt, hít vào đột ngột – đóng nắp thanh quản. Co thắt thần kinh là sản phẩm của giai đoạn lịch sử khi chúng ta còn là cá, trong khi tiếng nấc là hệ quả của giai đoạn lịch sử chung của chúng ta với các loài động vật khác như nòng nọc.

Đầu tiên, là cá. Bộ não của chúng ta có thể kiểm soát hơi thở mà không cần chúng ta nhận thức gì về điều đó. Hầu hết hoạt động này diễn ra ở vùng cuống não tại ranh giới giữa não bộ và tủy sống. Cuống não gửi xung thần kinh tới các cơ hô hấp chính. Việc hít thở diễn ra theo chu kỳ. Các cơ ở ngực, cơ hoành và họng co lại theo một thứ tự rõ ràng. Kết quả là phần nằm trong cuống não này được gọi là “bộ phận khởi phát chu kỳ trung tâm”. Vùng này có thể tạo ra các chu kỳ xung thần kinh theo nhịp và hệ quả là các cơ được kích hoạt. Nhiều bộ phận khởi phát này có trong não bộ và tủy sống kiểm soát các hành vi theo nhịp như nuốt vào và đi bộ.

Vấn đề là vùng cuống não ban đầu kiểm soát hoạt động thở ở cá xương; nó được mô phỏng lại để hoạt động ở thú. Cá sụn và cá xương đều có một vùng trong cuống não điều khiển sự co giật nhịp nhàng của cơ họng và cơ xung quanh mang. Các dây thần kinh điều khiển những vùng này đều bắt nguồn từ một phần đã được xác định rõ ràng trong vùng cuống não. Chúng ta thậm chí còn nhìn thấy sự sắp xếp dây thần kinh này ở một số loài cá nguyên thủy nhất trong các hóa thạch. Các loài cá giáp bì cổ đại, trong các tầng đá 400 triệu năm tuổi, còn lưu giữ não và các dây thần kinh sọ. Giống như ở các loài cá đương đại, thần kinh kiểm soát hoạt động thở cũng bắt nguồn từ cuống não.

Hệ thống này hoạt động tốt ở cá, nhưng nó là sự sắp xếp không thích hợp đối với thú. Ở cá, thần kinh kiểm soát hoạt động thở không phải đi quá xa khỏi cuống não. Mang và họng nhìn chung bao quanh vùng này của não bộ. Nhóm thú chúng ta có một vấn đề khác. Hoạt động thở của chúng ta được kiểm soát bằng các cơ trên thành ngực và bằng cơ hoành, tám cơ chia khoang ngực với khoang bụng. Hoạt động co thắt của cơ hoành sẽ kiểm soát việc hít vào. Thần kinh kiểm soát cơ hoành đi ra khỏi não bộ của chúng ta giống như ở cá và chúng rời khỏi cuống não gần phần cổ của chúng ta. Những dây thần kinh này, thần kinh phế vị (thần kinh lang thang) và dây chằng kinh hoành, kéo dài từ vùng gốc sọ, băng qua lồng ngực tới cơ hoành và các phần của ngực kiểm soát hoạt động thở. Đường đi phức tạp này gây ra nhiều vấn đề; nếu thiết kế hợp lý thì dây thần kinh không phải đi từ cổ mà từ một vị trí gần cơ hoành hơn. Không may, bất kỳ thứ gì tác động vào một trong số những dây thần kinh này thì sẽ làm cản trở chức năng của chúng hoặc gây ra co thắt.

Nếu như đường đi kỳ lạ của dây thần kinh là sản phẩm của một thời là cá của chúng ta, nấc có lẽ là sản phẩm lịch sử của lưỡng cư để lại. Nấc là phản

xạ đặc thù trong các tập tính thở của chúng ta trong đó hoạt động hít vào đột ngột nối tiếp bằng việc đóng nắp thanh quản. Nấc dường như được kiểm soát bởi một bộ phận khởi phát chu kỳ trung tâm nằm ở cuống não: kích thích vùng này bằng một xung điện và chúng ta sẽ kích thích phản xạ nấc. Có lý khi cho rằng nấc do một bộ phận khởi phát trung tâm kiểm soát vì như các tập tính có chu kỳ khác, một chuỗi quá trình diễn ra trong một lần nấc.

Hóa ra bộ phận khởi phát chu kỳ gây ra phản xạ nấc gần như tương đồng với một cơ quan ở lưỡng cư. Và không phải ở bất kỳ loài lưỡng cư nào – mà ở nòng nọc, sinh vật sử dụng cả mang và phổi để thở. Nòng nọc sử dụng bộ phận khởi phát chu kỳ này khi chúng thở bằng mang. Trong trường hợp này, chúng cần bơm nước vào trong miệng, họng và qua mang nhưng chúng không muốn nước đi vào phổi. Để ngăn nước vào phổi, chúng đóng nắp khí quản. Và để đóng được nắp khí quản, nòng nọc có một bộ phận khởi phát chu kỳ trung tâm nằm bên trong cuống não của chúng để một sự hít vào được nối tiếp ngay lập tức bằng việc đóng nắp khí quản. Chúng có thể thở bằng mang nhờ một dạng phản xạ nấc kéo dài.

Sự tương đồng giữa phản xạ nấc của chúng ta và phản xạ thở bằng mang ở nòng nọc lớn tới mức mà nhiều người cho rằng hai hiện tượng này là một hoặc giống hệt nhau. Thở bằng mang ở nòng nọc có thể bị dừng lại bằng khí CO<sub>2</sub> giống như phản xạ nấc ở chúng ta. Chúng ta cũng có thể ngăn hoạt động thở bằng mang bằng cách giãn thành ngực, giống như khi chúng ta có thể dừng nấc bằng cách hít hơi sâu và nín thở. Có lẽ chúng ta thậm chí có thể ngăn hoạt động thở bằng mang ở nòng nọc bằng cách cho chúng uống một cốc đầy nước.

## QUÁ KHỨ TỪ CÁ MẬP: CHÚNG THOÁT VỊ

Thiên hướng bị chứng thoát vị của chúng ta, ít nhất là thoát vị bẹn, là do việc lấy cấu trúc cơ thể cá và biến nó thành cơ thể thú.

Cá có cơ quan sinh dục kéo dài tới tận ngực, gần với tim. Thú không có kiểu cấu tạo đó, do vậy nên có sự trục trặc. Rất đáng mừng là cơ quan sinh dục của chúng ta không nằm sâu trong lồng ngực và gần tim (mặc dù nó có thể làm cho việc đọc lời tuyên thệ hôn phối biến thành một trải nghiệm hoàn toàn khác). Nếu tuyến sinh dục của chúng ta nằm trong lồng ngực thì chúng ta đã không thể sinh sản.

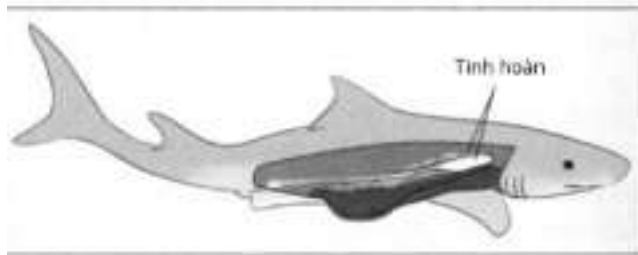
Khi mô bụng cá mập từ mồm tới đuôi, cái đầu tiên bạn sẽ nhìn thấy là gan, toàn gan là gan. Gan của cá mập thật khổng lồ. Một số nhà động vật học tin rằng gan lớn sẽ làm tăng khả năng nổi của cá mập. Loại bỏ gan và bạn sẽ thấy cơ quan sinh dục chạy tới gần tim trong khoang “ngực”. Sự sắp xếp này đặc trưng cho hầu hết các loài cá: các cơ quan sinh dục nằm hướng về phía trước cơ thể.

Trong cơ thể chúng ta, giống như phần lớn các loài thú, kiểu sắp xếp này sẽ là một tai họa. Đàn ông liên tục sản xuất tinh trùng trong suốt cuộc đời của họ. Tinh trùng là những tế bào nhỏ chuyên hóa vốn cần khoảng nhiệt độ chính xác để phát triển đúng trong thời gian 3 tháng tồn tại. Quá nóng, tinh trùng sẽ bị biến dạng; quá lạnh, chúng sẽ chết. Các con thú đực có một cơ quan nhỏ gọn để kiểm soát nhiệt độ của bộ phận sản sinh ra tinh trùng: bìu. Như chúng ta đều biết, cơ quan sinh dục của nam giới nằm trong một cái túi. Bên trong lớp da của túi là các cơ có thể duỗi và co khi nhiệt độ thay đổi. Các cơ cũng nằm bên trong các mào tinh trùng. Do đó, hiệu ứng khi tắm lạnh: bìu sẽ co sát vào người khi nó bị lạnh. Toàn bộ bìu sẽ co giãn theo nhiệt độ. Đây là một cách để tối ưu hóa việc sản xuất tinh trùng khỏe mạnh.

Bìu lỏng lẻo cũng có vai trò như một tín hiệu sinh dục ở nhiều loài thú. Giữa ưu điểm sinh lý của việc có cơ quan sinh dục bên ngoài cơ thể và lợi ích không thường xuyên của nó trong việc tìm được con cái, có rất nhiều lợi thế để tổ tiên thú xa xưa của chúng ta phát triển bộ phận bìu.

Vấn đề gặp phải với việc sắp xếp cấu tạo kiểu này là con đường dẫn tinh trùng tới dương vật phải đi lòng vòng. Tinh trùng đi từ tinh hoàn trong bìu đi qua ống dẫn tinh. Ống này đi ra khỏi bìu đi lên phía eo, vòng lên trên xương chậu, sau đó lại chui qua xương chậu tới dương vật để ra ngoài. Dọc theo con đường phức tạp này, tinh trùng có thêm tinh dịch từ một số tuyến thông với ống này tiết ra.



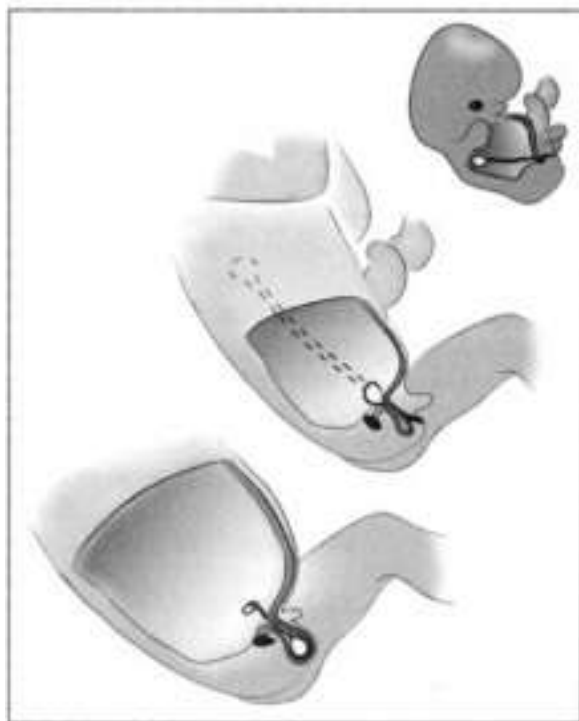


Mổ bụng cá mập và bạn sẽ thấy một lá gan khổng lồ (trên cùng). Lật gan sang một bên bạn sẽ thấy cơ quan sinh dục, kéo dài gần tới tim, giống như ở các sinh vật nguyên thủy khác. Các ảnh chụp do tiến sĩ Steven Campana, Phòng thí nghiệm nghiên cứu cá mập của Canada cung cấp.

Nguyên nhân của đường đi kỳ quặc này nằm ở lịch sử tiến hóa và phát triển của chúng ta. Bộ phận sinh dục của chúng ta bắt đầu phát triển ở vị trí gần giống với cá mập: phía trên gần với gan của chúng ta. Khi chúng sinh trưởng và phát triển, bộ phận sinh dục của chúng ta hạ thấp xuống dưới. Ở nữ giới buồng trứng chuyển từ phần giữa xuống nằm gần tử cung và các ống dẫn trứng. Điều này đảm bảo rằng trứng không phải đi xa để được thụ tinh, ở nam giới, nó còn hạ thấp hơn.

Sự hạ thấp bộ phận sinh dục, đặc biệt là ở nam giới, tạo ra một điểm yếu cho thành cơ thể. Để hình dung điều gì diễn ra khi tinh hoàn và mào tinh chuyển xuống dưới để tạo thành một cái búi, hãy hình dung khi ấn nắm đấm vào một tấm cao su. Trong ví dụ này, nắm đấm của bạn tương đương với tinh hoàn và cánh tay tương đương với mào tinh. Vấn đề là bạn đã tạo ra một khoảng trống yếu ở vị trí của cánh tay. Vị trí của tấm cao su từng là một vách đơn giản, giờ bạn tạo một khoảng trống khác giữa cánh tay và tấm cao su nơi mọi thứ có thể trượt qua. Đây chính là điều xảy ra ở nhiều loại thoát

vị tại bẹn ở người. Một số dạng thoát vị bẹn này là do bẩm sinh – một đoạn ruột đi xuống cùng với tinh hoàn khi nó đi xuống phía dưới. Một loại thoát vị bẹn nữa là do tự gây ra. Khi chúng ta co cơ bụng, ruột ấn ngược lại thành cơ thể. Một điểm yếu của thành cơ thể có thể làm cho ruột thoát ra khỏi khoang cơ thể và xoắn vặn nằm cạnh ống sinh tinh.



*Tinh hoàn đi xuống phía dưới. Trong quá trình sinh trưởng, các tinh hoàn đi xuống dưới từ vị trí của cơ quan sinh dục nằm ở phía trên của cơ thể ở những động vật bậc thấp. Chúng cuối cùng nằm ở bìu, là một túi bên ngoài cơ thể. Tất cả những đặc điểm tiến hóa này làm cho thành cơ thể của nam giới có điểm yếu ở vùng bẹn.*

Nữ giới mạnh mẽ hơn nam giới rất nhiều, đặc biệt ở bộ phận này của cơ thể. Bởi vì nữ giới không có ống lớn chạy qua vùng này, thành bụng của họ khỏe hơn đàn ông. Đây là một lợi điểm khi bạn nghĩ tới những căng thẳng rất lớn mà thành bụng phụ nữ phải chịu đựng trong thời kỳ mang thai và sinh nở. Một ống chạy xuyên thành cơ thể sẽ không hề có lợi. Khuynh hướng phát triển bệnh thoát vị ở nam giới là sự đánh đổi giữa tổ tiên cá và cấu tạo của thú hiện nay của chúng ta.

## QUÁ KHỨ TỪ VI SINH VẬT: CÁC BỆNH TRONG TI THỂ

Ti thể tồn tại bên trong mọi tế bào của cơ thể thực hiện rất nhiều chức năng. Chức năng chủ đạo của chúng là chuyển hóa oxy và đường thành một dạng năng lượng chúng ta có thể sử dụng bên trong các tế bào. Các chức năng khác gồm có giải độc trong gan và điều hòa các chức năng khác nhau của tế bào. Chúng ta chỉ nhận biết ti thể khi có điều gì đó không ổn. Không may, danh sách các bệnh gây ra do suy giảm chức năng ti thể là cực kỳ dài và phức tạp. Nếu có trục trặc trong các phản ứng hóa học có sử dụng oxy,

việc sản xuất năng lượng có thể bị ngừng trệ. Sự suy giảm chức năng có giới hạn ở các mô riêng biệt, ví dụ như mắt, hoặc có thể ảnh hưởng tới mọi hệ thống trong cơ thể. Tùy thuộc vào vị trí và tính nghiêm trọng của hiện tượng này, nó có thể gây ra các dạng bệnh tật từ ốm nhẹ cho tới tử vong.

Nhiều quá trình chúng ta sử dụng để sống phản ánh lịch sử ti thể của chúng ta. Chuỗi phản ứng hóa học chuyển hóa đường và oxy thành năng lượng sử dụng được và khí CO<sub>2</sub> đã xuất hiện từ hàng tỉ năm trước với các phiên bản của nó vẫn còn thấy ở nhiều loại vi sinh vật. Ti thể còn lưu giữ quá khứ vi khuẩn nằm bên trong chúng: với một cấu trúc hoàn toàn là vật chất di truyền và vi cấu trúc tế bào tương tự như vi khuẩn, ti thể nhìn chung được cho rằng có nguồn gốc từ các vi sinh vật sống tự do trên 1 tỉ năm trước đây. Trên thực tế, toàn bộ cỗ máy sản xuất năng lượng trong ti thể của chúng ta đã xuất hiện từ một trong những loài vi khuẩn cổ đại này.

Quá khứ từ vi khuẩn có thể sử dụng một cách có lợi để nghiên cứu bệnh của ti thể - trên thực tế, một số mô hình thực nghiệm tốt nhất cho các bệnh này *chính là* vi khuẩn. Điều này thực sự có lợi vì chúng ta có thể tiến hành tất cả các loại thí nghiệm với vi khuẩn vốn không thể làm trên tế bào người. Một nhóm gồm các nhà khoa học của Ý và Đức đã tiến hành một trong số những nghiên cứu thú vị nhất. Loại bệnh mà họ nghiên cứu làm tử vong tất cả trẻ sơ sinh mắc bệnh này bẩm sinh. Được gọi là bệnh cơ đầu tim (cardioencephalomyopathy), bệnh này do thay đổi di truyền làm gián đoạn chức năng trao đổi chất bình thường của ti thể. Khi nghiên cứu một bệnh nhân mắc bệnh, nhóm nghiên cứu châu Âu này đã xác định một vị trí trên đoạn DNA có thay đổi đáng ngờ. Biết được những thông tin về lịch sử tiến hóa sự sống, họ đã quay lại nghiên cứu vi khuẩn có tên khoa học *Paracoccus denitrificans* thường được gọi là một ti thể sống tự do vì gene và các chu trình hóa học của nó rất giống với ti thể. Nhóm nghiên cứu này đã phát hiện ra mức độ giống nhau của chúng. Họ tạo ra thay đổi tương tự như đã xuất hiện trong bệnh nhân của họ tại các gene của vi khuẩn. Kết quả thu được hoàn toàn có lý khi chúng ta biết lịch sử tiến hóa của chúng ta. Họ có thể mô phỏng các phần của bệnh ti thể ở người trên một vi khuẩn và gây ra những thay đổi gần như tương đồng về trao đổi chất ở vi khuẩn. Đây chính là công việc biến lịch sử tiến hóa hàng tỉ năm của chúng ta thành công cụ phục vụ lợi ích của chúng ta.

Ví dụ về các công trình tiến hành trên vi khuẩn không phải là đặc thù. Đánh giá qua những giải Nobel về y học và sinh lý học trong 13 năm qua, tôi nên gọi cuốn sách này là *Tất cả chúng ta đều là ruồi*, *Tất cả chúng ta đều là giun*, hoặc *Tất cả chúng ta đều là nấm men*. Nghiên cứu tiên phong về ruồi giấm đã giành được giải Nobel năm 1995 về Y học vì đã khám phá ra một loạt các gene tạo nên cơ thể ở người và các động vật khác. Nobel y học vào năm 2002 và 2006 được trao cho những nhà khoa học tạo ra những tiến bộ

đáng kể trong lĩnh vực di truyền và sức khỏe ở người nhờ nghiên cứu một loài giun nhỏ bé không có gì đáng chú ý (loài *C. elegans*). Tương tự, năm 2001, những nghiên cứu tuyệt vời về nấm men (trong đó có men làm bánh) và nhím biển đã giành Nobel y học vì giúp tăng hiểu biết của chúng ta về một số đặc điểm sinh học cơ bản của tất cả các tế bào. Những thành tựu này không phải là những khám phá huyền bí được tiến hành trên các sinh vật ít được biết tới và không quan trọng. Những khám phá trên nấm men, ruồi giấm, giun và tất nhiên là cá cho chúng ta biết cách thức vận hành của cơ thể chúng ta, nguyên nhân của nhiều loại bệnh tật mà chúng ta gặp phải và các hướng tiếp cận chúng ta có thể sử dụng để phát triển các công cụ giúp kéo dài hơn tuổi thọ và có một cuộc sống mạnh khỏe hơn.

# LỜI KẾT

Làm bố của hai đứa con nhỏ, gần đây tôi thấy mình dành rất nhiều thời gian đi thăm vườn thú, bảo tàng và thủy cung. Làm khách tham quan là một trải nghiệm lạ lùng bởi vì tôi đã biết những nơi này trong nhiều thập kỷ, làm việc trong các bộ sưu tập của bảo tàng và thậm chí đôi khi còn giúp chuẩn bị các gian trưng bày. Trong các lần tới thăm cùng với gia đình, tôi tự nhận thấy rằng nghề nghiệp có thể làm mình chai lì đến mức nào trước vẻ đẹp và mức độ phức tạp siêu phàm của thế giới và của cơ thể chúng ta. Tôi giảng dạy và viết về lịch sử tiến hóa hàng triệu năm và về thế giới cổ đại kỳ lạ và thông thường mỗi quan tâm của tôi nằm tách biệt và thiên về hướng phân tích. Giờ đây tôi trải nghiệm khoa học cùng với những đứa con của tôi – ở những nơi tôi nhận ra tình yêu đối với nó ngay từ lần đầu tiên.

Gần đây, một khoảnh khắc đặc biệt đã xảy ra với con trai tôi tại Bảo tàng Khoa học và Công nghệ ở Chicago. Trong vòng ba năm qua, chúng tôi thường xuyên đến đây vì con trai tôi thích tàu hỏa, mà ở ngay trung tâm của bảo tàng có một mô hình đường ray xe lửa khổng lồ. Tôi dành hàng giờ đồng hồ ở một gian trưng bày dò tìm các đầu máy mô hình trên tuyến đường ray nhỏ xíu từ Chicago tới Seattle. Sau khi đến thăm nơi dành cho người nghiện chơi tàu hàng tuần trong một thời gian dài, Nathaniel và tôi đi tới các góc ngách của bảo tàng nơi chúng tôi chưa tới trong những lần đi xem tàu mô hình chạy hoặc đôi khi tới xem máy kéo và máy bay có kích thước thật. Phía cuối bảo tàng, ở Trung tâm không gian Henry Crown, mô hình của các hành tinh treo phía trên trần và các bộ quần áo vũ trụ cùng với các vật kỷ niệm khác nằm trong các vali. Chúng thuộc chương trình không gian vào những năm 1960 và 1970. Tôi đoán ở phần cuối của bảo tàng tôi sẽ thấy những thứ không có giá trị vì không được trưng bày ở những gian chính ở phía trước. Một gian có để một module hạ cánh móp méo của tàu vũ trụ và bạn có thể đi xung quanh và nhìn vào bên trong. Trông nó không có gì ấn tượng; nó có vẻ quá nhỏ và đã được mông má lại để trông có vẻ quan trọng. Tầm áp phích trông trịnh trọng một cách kỳ lạ và tôi phải đọc nó vài lần mới biết nó nói gì: đây là Module Điều khiển nguyên bản của tàu Apollo 8, con tàu thật sự đã mang James Lovell, Frank Borman và William Anders trong chuyến đi đầu tiên của loài người lên mặt trăng và trở về trái đất. Đây là con tàu mà tôi đã theo dõi hành trình của nó trong kỷ nghỉ Giáng sinh năm lớp 3. Giờ đây, 38 năm sau, tôi cùng với con trai của mình đang nhìn con tàu thật. Tất nhiên là nó bị méo mó. Tôi có thể nhìn thấy các vết sẹo của cuộc hành trình tới mặt trăng và sau đó quay lại trái đất. Nathaniel hoàn toàn không quan tâm, vì vậy tôi kéo con lại và cố gắng giải thích nó là cái gì. Nhưng tôi không thể nói

được giọng nói của tôi bị nghẹn lại vì xúc động đến nỗi tôi gần như không thể thốt ra một lời nào. Sau một vài phút, tôi lấy lại được bình tĩnh và kể cho con nghe câu chuyện về chuyến đi của con người lên mặt trăng.

Nhưng câu chuyện tôi không thể kể cho con nghe cho đến khi cậu bé lớn hơn là tại sao tôi lại trở nên nghẹn lời và xúc động. Thực sự, Apollo 8 là biểu tượng về sức mạnh của khoa học giúp giải thích và khám phá vũ trụ. Người ta có thể tranh luận vô bổ về phạm vi của chương trình vũ trụ là vì mục tiêu khoa học hay chính trị, nhưng một sự thật quan trọng không hề thay đổi kể từ năm 1968: Apollo 8 là sản phẩm của chủ nghĩa lạc quan, tôi cần thiết để thúc đẩy những thành tựu khoa học cao nhất. Nó là ví dụ minh họa cho việc tại sao những điều chưa biết không nên được xem là khởi nguồn của những nghi vấn, sợ hãi hoặc nhường chỗ cho mê tín, mà phải coi là động lực để tiếp tục đặt ra những câu hỏi và tìm kiếm câu trả lời.

Giống như chương trình vũ trụ đã làm thay đổi cách nhìn nhận của chúng ta đối với mặt trăng, cô sinh học và di truyền học đang thay đổi cách chúng ta nhìn nhận bản thân mình. Khi chúng ta biết nhiều hơn, những điều dường như quá xa xôi và không thể vươn tới được trở nên nằm trong tầm nhận thức và tầm tay của chúng ta. Chúng ta sống trong thời đại của khám phá, khi khoa học tìm ra những cơ chế bên trong của các sinh vật khác nhau như sứa, giun và chuột. Chúng ta giờ đây đang nhìn thấy le lói một lời giải cho một trong những bí ẩn lớn nhất của khoa học – những khác biệt về di truyền khiến con người tách biệt khỏi những sinh vật khác. Kết hợp hiểu biết mới đầy uy lực này với thực tế là một số trong những khám phá quan trọng nhất ở lĩnh vực có sinh học – các hóa thạch mới và các công cụ mới để phân tích chúng – đã xuất hiện trong vòng 20 năm qua, chúng ta nhìn thấy sự thật lịch sử tiến hóa của chúng ta ngày càng chính xác hơn. Nhìn lại những thay đổi qua hàng tỉ năm, tất cả những thứ mới hoặc có vẻ đặc thù trong lịch sử sự sống thực sự chỉ là những thứ cứ được tái chế, tái tổ hợp, sử dụng vào mục đích khác hoặc nói một cách khác là được sửa đổi để sử dụng vào việc khác. Đây chính là câu chuyện về tất cả các cơ quan của chúng ta, từ các cơ quan cảm giác tới đầu, thực sự là toàn bộ sơ đồ cơ thể của chúng ta.

Lịch sử tiến hóa hàng tỉ năm có ý nghĩa gì đối với cuộc sống của chúng ta ngày nay? Những câu hỏi cơ bản mà chúng ta gặp phải – về cơ chế bên trong của các cơ quan của chúng ta và vị trí của chúng ta trong tự nhiên – sẽ được giải đáp nhờ những hiểu biết về cách thức hình thành cơ thể và trí tuệ của chúng ta từ các bộ phận cũng có ở các sinh vật khác. Tôi không thể tưởng tượng có gì đẹp và sâu sắc về mặt trí tuệ hơn việc tìm ra cơ sở của loài người chúng ta và các phương pháp điều trị cho nhiều chứng bệnh chúng ta gặp phải. Tất cả đang ẩn giấu trong những sinh vật bình thường nhất sống trên hành tinh của chúng ta.

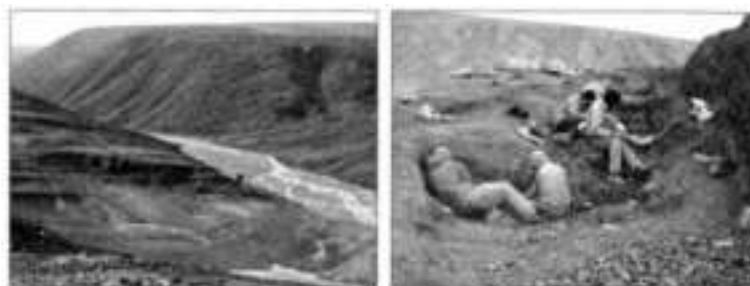


# LỜI BẠT

Tôi ngây thơ nghĩ rằng Bắc cực, nơi hoang vắng không có tiếng điện thoại reo, không có email và các cạm bẫy của nền văn minh hiện đại, sẽ cho tôi một nơi yên tĩnh tuyệt vời để suy ngẫm về năm sau khi cuốn sách *Tất cả chúng ta đều là cá* được xuất bản lần đầu. Không may, nơi này lại có cách nuốt trọn toàn bộ các kế hoạch. Chúng tôi trở lại địa điểm đã tìm ra loài *Tiktaalik* ở đảo Nam Ellesmere vào mùa hè này với hy vọng tìm hiểu thêm về sinh vật này và thế giới trước đây của chúng. Ted, Farish và tôi đã dựng lên tất cả các loại kế hoạch để làm việc ở vùng đất nhiều hóa thạch này và tìm kiếm các hóa thạch khác ở khu vịnh hẹp kề bên. Để làm việc này, chúng tôi đã tính toán lượng thực phẩm chi tiết đến từng thanh kẹo, ước tính mức tiêu thụ nhiên liệu trong cả mùa hè và lên kế hoạch thời gian cắm trại cho tới khi công việc hoàn tất.

Nhưng giờ đây, tôi đang viết những dòng này ở giữa cơn bão tuyết ngày 19 tháng 7. Lều của tôi đang rung lên dưới lớp tuyết ướt đang bị các cơn gió Bắc cực thổi ép vào vách lều bằng nylon. Tuyết thực sự có thể làm chúng tôi phải ngừng làm việc, khiến chúng tôi hầu như không thể tìm ra các hóa thạch. Tệ hơn, chúng tôi có thể phải hoãn việc chuyển trại tới điểm hóa thạch đầy hứa hẹn. Việc này có trong kế hoạch từ năm 2004 nhưng đã bị hoãn hết mùa này sang mùa khác vì nhiều lý do khác nhau. Tôi nhớ lại một cụm từ mà giáo viên mẫu giáo của con trai tôi đã dùng khi phát bánh snack cho lũ trẻ, hiệu quả không thua gì đối với các nhà khoa học làm việc ở Bắc cực: "Bằng lòng với những gì mình có. Đừng đòi hỏi viên vông".

Ở nơi đây, Bắc cực, cửa sổ nhìn vào thế giới 375 triệu năm trước của chúng tôi là một cái hố rộng 9,2 m và sâu 3,65m. Qua các năm, chúng tôi đã đào 9,2 khối đá, chủ yếu bằng tay để làm phơi lộ một lớp rất đặc biệt chứa đầy xương hóa thạch. Đó là một cảnh tượng tức cười: Cực bắc toàn đất cằn cỗi trải dài với rất ít sự sống rõ ràng trên bề mặt. Ấy vậy mà nếu bạn nhìn vào hố khai quật của chúng tôi, bạn sẽ tìm thấy sáu người lớn làm việc trong một cái hố nhỏ chật đến nỗi đầu, vai và chân chúng tôi va vào nhau suốt.



*Thung lũng nơi chúng tôi tìm thấy hóa thạch Tiktaalik (hình trái) là một nơi rộng lớn, vậy mà điểm hóa thạch thực tế (chỗ có mũi tên và ảnh bên phải) lại rất chật. Ảnh do tác giả chụp.*



Chúng tôi ngồi nhiều giờ, một tay cầm cái chổi sơn, tay kia cầm cái dùi nhỏ, mặt chỉ cách nền đá vài cm. Mắt của chúng tôi phải áp sát đá vì việc phân biệt giữa xương và trầm tích xung quanh chúng là một việc tỉ mỉ. Đôi khi, thứ duy nhất phân biệt một mẫu xương với đá là độ sáng lạ hoặc khác biệt về chất. Mọi cục đất nhỏ hoặc bùn có thể che khuất một phát hiện quan trọng tiềm năng. Một trong số các hóa thạch *Tiktaalik* đẹp nhất của chúng tôi ban đầu chỉ là một cục xương nhỏ nhô ra khỏi nền đá. Những mảnh hóa thạch này rất có nguy cơ bị bỏ qua. Tôi ghét phải nghĩ về việc có bao nhiêu hóa thạch quan trọng chúng tôi có thể bỏ sót vì đá ướt, gió hoặc thậm chí điều kiện chiếu sáng không phù hợp vào ngày chúng tôi khai quật.

Kể từ khi chúng tôi mô tả hóa thạch *Tiktaalik* lần đầu vào năm 2006, chúng tôi đã sử dụng loại công việc thực địa này để tìm hiểu thêm về sinh vật này. Mọi việc trong phòng thí nghiệm cũng bận rộn. Fred Mullison và Bob Masek (bạn có thể nhớ lại họ là những chuyên gia chuẩn bị hóa thạch của chúng tôi) đã cạo đá làm hở ra phần dưới hộp sọ của *Tiktaalik* để bộc lộ các phần xương vòm miệng và nền sọ. Hãy nhớ lại Jason Downs (một sinh viên trẻ tham gia với đội chúng tôi năm 2000 chỉ để tìm ra vị trí hóa thạch *Tiktaalik* chính. Jason bây giờ là tiến sĩ Jason P. Downs và đang nghiên cứu trên tiến sĩ về chính những bộ phận của *Tiktaalik*).

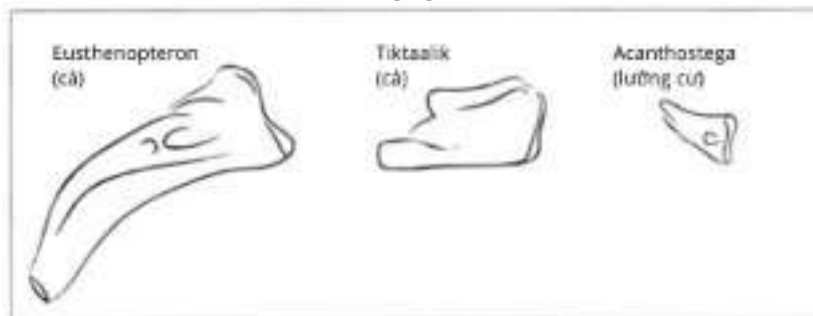
Chính ở đây, phần dưới hộp sọ, là nơi xuất hiện đột phá lớn nhất của chúng tôi kể từ khi quyển sách này được xuất bản. Như đã công bố trên tạp chí *Nature* năm 2008, khi Fred và Bob khám phá ra những mảnh này, chúng tôi đã phát hiện được bằng chứng dẫn tới cách thức loài *Tiktaalik* di chuyển, thở và nâng cơ thể. Lần đầu tiên chúng tôi thấy *Tiktaalik* là một loài thủy sinh vật được chuyên hóa cho việc thở bằng không khí và tự nâng cơ thể trên nền đất cứng. Những phát hiện sâu sắc này là từ một vài quan sát quan trọng, đáng lưu ý là không giống các loài cá xương khác, *Tiktaalik* thiếu một tấm xương quan trọng – đó là xương nắp mang.

Xương nắp mang là một tấm xương tạo thành một nắp đậy che cho các lá mang ở phần lớn các loài cá xương. Bạn có lẽ đã nhìn thấy xương nắp mang hoạt động khi vớt cá ra khỏi nước. Khi chúng có thở, phần nắp này phập phồng đóng và mở. Hoạt động bình thường của xương nắp mang sẽ hỗ trợ cá trong việc đưa nước qua các lá mang. Hầu hết cá hoàn tất kỳ tích này nhờ sử dụng một công cụ hút – đẩy. Nước vào miệng và họng, sau đó họng đóng lại, nắp mang cá mở ra; nước bị đẩy ra khỏi họng, qua các lá mang nhờ xương nắp mang mở. Kiểu hô hấp của cá này khác với cách hô hấp của các động vật trên cạn hiện tại: nước hoặc không khí được đưa tới cơ quan hô hấp (mang hoặc phổi) chỉ do miệng bơm vào hoặc do sự thay đổi hình dạng của lồng ngực. Ví dụ như ở ếch, không khí được miệng đưa vào và đưa ra chỉ là do hoạt động bơm khí của miệng. Như vậy, *Tiktaalik* là một loài cá có vây có mang và có phổi thực thụ nhưng nó lại thiếu xương nắp mang. Nó phải sống

dựa vào kiểu thở bằng miệng giống như các động vật sống trên cạn.

Tin hay không thì tùy bạn, việc mất đi xương nắp mang cũng báo trước những thay đổi trong việc *Tiktaalik* di chuyển ra sao. Xương nắp mang là một trong hàng loạt xương giúp gắn đầu cá vào bộ xương ở cá. Sự kết nối này có nghĩa là khi một con cá muốn cử động đầu, nó cần cử động toàn thân. *Tiktaalik* thì khác hẳn. Vì mất xương nắp mang cũng như tất cả các xương dùng để nối cổ với vai, *Tiktaalik* đã có một cái cổ thực thụ. Điều này có nghĩa là nó có thể cử động đầu độc lập với cơ thể rất giống với cách vận động của các động vật đã phát triển khả năng đi trên cạn. Cá bơi và ăn ở không gian ba chiều và có thể sẵn sàng định hướng toàn bộ cơ thể để miệng quay về phía con mồi. Một cái cổ sẽ là ưu thế trong môi trường các loài động vật tự nâng đỡ cơ thể trên nền đất cứng, như trong trường hợp hồ nước nông hoặc trên cạn. Để cảm nhận rõ hơn tầm quan trọng của đặc điểm này, hãy tưởng tượng bạn cố nhìn xung quanh trong khi chống người lên – bạn sẽ không làm được nếu không có cổ.

Mặt dưới của sọ cũng cho thấy *Tiktaalik* có đặc điểm trung gian giữa động vật sống dưới nước và sống trên cạn theo những cách khác như thế nào. Xương bàn đạp ở tai giữa chúng ta dùng để nghe có nguồn gốc từ một xương trong hàng loạt cung mang ở cá. Chúng ta biết điều này nhờ phân tích giải phẫu và di truyền. Để có được sự thay đổi mang tính tiến hóa này, xương này phải giảm kích thước cơ bản, từ dạng nguyên thủy là một xương lớn nâng đỡ hộp sọ ở cá mập và cá xương biến thành một xương nhỏ xíu ở trong tai. Chúng ta nhìn thấy xương bàn đạp đầu tiên ở các loài lưỡng cư nguyên thủy như *Acanthostega*. Hãy xem xét cá vây tay tương ứng, và chúng ta cũng sẽ thấy một xương có hình dạng giống chiếc boomerang. Một trong số các đại diện nổi tiếng của nhóm cá này là *Eusthenopteron* có một xương lớn với một số khớp cho thấy nó là mối nối chính giữa các xương khác nhau của hộp sọ. Chúng ta giờ đây biết rõ xương này trông như thế nào ở *Tiktaalik*. Fred và Bob đã lấy các xương này ra khỏi cá và bạn đoán xem điều gì xảy ra? *Tiktaalik* có một xương nhỏ hơn *Eusthenopteron*, nhưng lớn hơn xương này ở *Acanthostega*. Nó có kích thước trung gian khá hoàn hảo.



Một cung xương mang (xương móng hàm) dần dần nhỏ lại qua hàng triệu năm để trở thành một xương nhỏ xíu nằm trong tai giữa. Xương này ở *Tiktaalik* có kích thước trung gian giữa các xương tương ứng ở cá vây tay và lưỡng cư nguyên thủy. Hình vẽ của Kalliopi Monoyios.

Nhưng tại sao lại dừng ở tai? Đầu của cá vây tay như *Eusthenopteron* có một khớp kỳ lạ ở giữa nền sọ. Kỳ lạ là phần trước của sọ có thể uốn cong so với phần sau. Sọ của các động vật sống trên cạn hiện nay, như *Acanthostega*, cứng hơn: điểm khớp mất đi và các xương khớp rãnh với nhau. Vậy Tiktaalik có gì? Một khớp xuất hiện ở cùng chỗ như ở *Eusthenopteron*. Nhưng điểm khớp này cực kỳ giới hạn chuyển động, giảm mạnh so với điều kiện nguyên thủy như ta thấy ở *Eusthenopteron*. Các phần khác của nền sọ rất giống cá, chẳng hạn như hình dạng của phần tận cùng phía sau, hoặc rất giống lưỡng cư, chẳng hạn như hình dạng của xương vòm miệng.

Kể từ khi cuốn *Tất cả chúng ta đều là cá* được xuất bản vào tháng 1 năm 2008, tôi đã đặt một số câu hỏi về quá khứ xa xưa của chúng ta và những cách thức phục dựng lại nó của các nhà cổ sinh học chúng tôi. Câu hỏi phổ biến nhất tới giờ là về sự ấm lên toàn cầu. “Liệu việc ấm lên ở Bắc cực và suy giảm băng hà có làm lộ nhiều đá hơn cho chúng ta khảo sát?”. Câu trả lời theo tôi là không. Tầng đá chúng tôi làm việc trên đó đã phát lộ như hiện nay từ khi Ashton Embry bước chân lên đó lần đầu tiên trong dự án vẽ bản đồ của ông vào những năm 1970. Mặc dù vậy, cũng có nhiều thay đổi. Rõ ràng là những thay đổi lớn nhất này chỉ là lượng công việc chúng tôi làm ở Bắc cực. Với việc tăng giá dầu, ga, khoáng chất, việc thám hiểm Bắc cực đang diễn ra với tốc độ điên cuồng hơn nhiều so với khi chúng tôi bắt đầu lần đầu tiên. Vị trí cắm trại cho chúng tôi bài học quan trọng về vấn đề này. Chúng tôi quay trở lại điểm khai quật mà chúng tôi tiến hành lần đầu tiên vào năm 2000. Chúng tôi bị sốc khi nhìn thấy chỗ này: dấu chân của chúng tôi vẫn còn được lưu giữ ở đồng rêu Bắc cực sau tám năm. Tôi vẫn còn nhận ra dấu chân của mình khi đi bộ về trại vào một ngày tháng 7 năm 2000. Chúng ta phải bước đi cẩn thận ở hệ sinh thái đặc biệt và mỏng manh này.

Mọi người cũng hỏi việc Tiktaalik có thể sống sót trong khí hậu Bắc cực như thế nào. Hãy nhìn vào hồ khai quật Tiktaalik (được gọi chính thức là NV2K17) thì bạn sẽ nhìn thấy một cảnh quan vùng cực kinh điển. Các con sông rút nước những dòng sông băng lớn cách đó 6,4km về phía thượng nguồn, cáo, sói và bò Bắc cực sinh sống trong thung lũng, các máng tuyết vẫn có mặt giữa mùa hè. Trời lạnh. Ấy vậy mà thế giới tôi và đồng nghiệp đang đào xới lại là một xứ nhiệt đới – có các loài cá nước ấm và thực vật xứ nóng. Các hóa thạch nhiệt đới trong đá Bắc cực nói lên hai điều: biến đổi khí hậu và/ hoặc dịch chuyển lục địa. Trong trường hợp này chúng ta có cả hai hiện tượng: khí hậu ngày nay khác với khí hậu thời kỳ 375 triệu năm trước và đá ở Đảo Ellesmere ngày nay đã từng nằm gần xích đạo.

Một câu hỏi khác tôi thường nhận được là liệu Tiktaalik có phải là “mắt xích bị mất”. Các nhà cổ sinh học gặp rắc rối thực sự với thuật ngữ này. Không chỉ ở việc Tiktaalik là một mắt xích được tìm thấy. Nhưng khó khăn còn ở chiều sâu hơn. Nó giúp cho chúng ta xem xét những liên kết nào hiện

có giữa cá vây tay và động vật sống trên cạn hiện nay. Chúng ta có DNA chỉ rõ cá vây tay có quan hệ di truyền gần gũi ra sao với lưỡng cư. Chúng ta cũng biết về sự vận hành của DNA đó, DNA góp phần tạo nên cơ thể. Hóa ra công thức gene tạo thành vây cá cũng tương tự như công thức gene tạo nên các chi. Khi đó, có các đặc tính chúng ta có thể so sánh giữa cá đương đại và lưỡng cư. Cá vây tay (ví dụ như cá phổi) giống lưỡng cư tới mức chúng từng bị nhầm lẫn với nhóm cá cóc. Và cuối cùng có các hóa thạch với rất nhiều đại diện như *Eusthenopteron*, *Panderichthys*, *Acanthostega*, và *Ichthyostega* mà chúng ta đã bàn đến trong sách và cả các đại diện được mô tả từ khi chúng được công bố như *Gogonasus* và *Ventastega*. Những đại diện này đều có quan hệ họ hàng với nhau, giống chị em họ hơn là tổ tiên trực tiếp của nhau. Tất cả đặc điểm trung gian chuyên tiếp thể hiện ở hình dạng đầu, xương chi, vai, hông và các cấu trúc khác. Chiếu theo các đặc điểm này, *Tiktaalik* không phải là mắt xích bị thiếu, nó là một đại diện trong hàng loạt mắt xích được tìm thấy. Và còn nhiều hơn để khám phá. Đây là lý do tôi trở lại Bắc cực, và lý do tôi sẽ tiếp tục quay lại đó.



Ngày 19 tháng 07 năm 2008, ở Bird Fiord. Ảnh do tác giả chụp

Nghe có vẻ điên rồ, tôi sẽ khá buồn khi tạm biệt thung lũng và cái hồ khai quật này trong ít ngày nữa. Ted, Parish, Jason, Fred và tôi đã làm việc gần cả một thập kỷ để tìm ra và nghiên cứu các xương từ điểm khai quật bé nhỏ này. Chúng tôi đã đào qua các lớp đất đá dưới các địa tầng. Có các lớp lịch sử cá nhân trong các lớp này, với cả sự khó nhọc, niềm vui và các bài học ở đây qua nhiều năm. Nhưng chúng tôi đang tiến tiếp. Tới lớp đá trẻ hơn và có lẽ nếu chúng tôi thực sự may mắn, sự khám phá ra “*Tiktaalik 2.0*”, sau đó tới “*Tiktaalik 3.0*” và cứ tiếp tục. Với mỗi hóa thạch mới tìm thấy, chúng tôi tìm ra lời đáp cho những câu hỏi cũ, đồng thời bị thách thức bởi những câu hỏi và vấn đề mới. Đó là cảm giác kích động của cuộc săn tìm hóa thạch.

Tháng 07 năm 2008  
Bird Fiord,  
Đảo Nam Ellesmere

# LỜI CẢM ƠN

Các hình minh họa (trừ các chỗ không có ghi chú) là của cô Kalliopi Monoyios ([www.kallopimonoyios.com](http://www.kallopimonoyios.com)). Kapi đã đọc bản thảo và không chỉ sửa bản thảo cho hay hơn mà còn thiết kế mỹ thuật phù hợp với nội dung. Tôi thực sự may mắn được làm việc với nhiều người tài năng như vậy. Scott Rawlins (Đại học Arcadia) đã hào phóng cho phép tôi sử dụng mẫu vật Sauripterus để viết Chương 2. Ted Daeschler (Viện hàn lâm Khoa học tự nhiên Philadelphia) đã rộng rãi cung cấp các bức ảnh đẹp về mẫu vật Tiktaalik “C”. Tôi xin cảm ơn Phillip Donoghue (Đại học Bristol) và Mark Purnell (Đại học Leicester) vì đã đồng ý cho chúng tôi sử dụng một loạt răng hình nón, nhà xuất bản McGraw-Hill vì đã cho phép tôi sử dụng các hình trong sách để bắt đầu đi tìm Tiktaalik và Steven Campana của Phòng thí nghiệm nghiên cứu cá mập Canada về các bức ảnh nội quan cá mập.

Một trong những món nợ lớn nhất của các sinh viên học giải phẫu là với những người đã hiến xác cho khoa học. Thật là một đặc ân khi được học trực tiếp từ một cơ thể thực thụ. Dành hàng giờ trong phòng thí nghiệm, chúng tôi cảm thấy một mối liên hệ sâu sắc giữa những người hiến xác với các trải nghiệm có được của chúng tôi. Tôi cảm thấy rằng mối liên hệ đó một lần nữa khi ngồi viết cuốn sách này.

Những ý tưởng tôi trình bày trong sách xuất phát từ nghiên cứu tôi đã thực hiện và các kiến thức của các lớp tôi đã dạy. Tôi không thể nêu tên hết những người góp phần định hình các ý tưởng để biến thành những trang sách này – quá nhiều đồng nghiệp, sinh viên đại học, sinh viên trường y và sinh viên sau đại học.

Tôi tri ân lớn tới các đồng nghiệp làm việc cùng nhiều năm. Những người như Ted Daesechler, Farish A. Jenkins, Jr. Fred Mullison, Paul Olsen, William Amaral, Jason Downs và Chuck Schaff đều có phần trong các câu chuyện tôi kể ở đây. Nếu không có những nhân vật này thì tôi không có nhiều kinh nghiệm được rút ra như vậy cũng như tôi không có nhiều thời gian vui vẻ trong quá trình làm việc. Các thành viên của phòng thí nghiệm của tôi tại Đại học Chicago là Randall Dahn, Marcus Davis, Adam Franssen và Becky Shearman đều có ảnh hưởng tới các ý tưởng và choàng việc cho tới trong thời gian tới vắng mặt do viết sách.

Các đồng nghiệp dành thời gian để cung cấp các kiến thức cơ bản cần thiết hoặc các góp ý về bản thảo gồm có Kamla Ahluwalia, Sean Carroll, Michael Coates, Randall Dahn, Nich DiRienzo, Andrew Gillis, Lance Grande, Elizabeth Grove, Nicholas, Harsopoulus, Robert Ho, Betty Katsaros, Michael LaBarbera, Chris Lowe, Daniel Margoliash, Kalliopi Monoyios,

Jonathan Pritchard, Vicky Prince, Cliff Ragsdale, Nino Ramirez, Callum Ross, Avi Stopper, CliffTabin, John Zeller. Haytharn Abu-Zayed đã giúp tôi với nhiều vấn đề hành chính. Thầy giáo giải phẫu của tôi ở chương trình Công nghệ và khoa học sức khỏe của Harvard-MIT, Farish A. Jenkins, Jr. và Lee Gehrke đã khích lệ niềm đam mê của tôi trong hơn 20 năm qua.

Lời khuyên chính ở đoạn đầu của dự án và những khích lệ trong suốt quá trình tôi làm việc là của Scan Carroll và Carl Zimmer.

Thư viện công cộng Wellfleet (Wellfleet, Massachusetts) đã cung cấp một chỗ ở tiện nghi, và nhiều thứ cần thiết khi tôi viết những phần quan trọng của cuốn sách. Một phần việc ở Viện hàn lâm Hoa Kỳ ở Berlin đã cho tôi một môi trường tốt khi tôi đang hoàn tất bản thảo.

Hai sếp của tôi là tiến sĩ – bác sĩ James Madara (CEO, Trung tâm y học Đại học Chicago, Phó chủ tịch Cơ quan Y khoa và Sara và Harold Thompson, giáo sư danh dự ở Ngành khoa học sinh học và trường y Pritzker), và John McCarter, Jr. (CEO Bảo tàng Field), đã hỗ trợ tôi trong dự án này và những nghiên cứu phía sau. Đó là sự thoái mái thực thụ được làm việc với những nhà lãnh đạo say mê và sâu sắc như vậy.

Tôi may mắn dạy học tại Đại học Chicago và có cơ hội tiếp xúc với ban lãnh đạo của Trường Y Pritzker. Trưởng khoa là Holly Humphrey và Halina Brucker đã chào đón nồng hậu tôi như một nhà cổ sinh học cùng làm việc với nhóm nghiên cứu của họ. Qua tiếp xúc với họ, tôi đánh giá được những thách thức và tầm quan trọng của đào tạo y khoa cơ bản.

Thật thoái mái được hợp tác với Bảo tàng Field tại Chicago nơi tôi có cơ hội để làm việc với một nhóm người độc đáo cống hiến mình cho các khám phá khoa học, ứng dụng. Những đồng nghiệp này gồm Elizabeth Babcock, Joseph Brennan, Sheila Cawley, Jim Croft, Lance Grande, Melissa Hilton, Ed Horner, Debra Moskovits, Laura Sadler, Sean VanDerziel, Diane White. Tôi cũng biết ơn những hỗ trợ, hướng dẫn và khích lệ của các lãnh đạo Hội đồng Khoa học của Ban Quản trị tại Bảo tàng Field là James J. Alexander và Adele S. Simmons.

Tôi chịu ơn nhân viên của mình là Katinka Matson vì đã giúp tôi biến một ý tưởng thành đề xuất nghiên cứu và đã cho tôi những lời khuyên trong suốt quá trình làm việc. Tôi cảm thấy vinh hạnh được làm việc với Marty Asher, là biên tập viên của tôi. Giống như một người thầy cho bệnh nhân, ông đã cho tôi sự kết hợp giữa lời khuyên, thời gian và khích lệ để giúp tôi tìm ra con đường của mình. Zachary Wag đã đóng góp vào dự án này bằng nhiều cách không thể kể hết. Dan Frank đã có các gợi ý sâu sắc kích thích tôi nghĩ về các câu chuyện theo các cách mới. Jolanta Benal đã biên tập lại phần viết và cải tiến bài trình bày của tôi. Tôi rất biết ơn Ellen Feldman, Kristen Bearse và đội ngũ sản xuất vì đã làm việc hết mình theo lịch trình nghiêm ngặt.

Cha mẹ tôi là Gloria và Seymour Shubin luôn biết rằng tôi sẽ viết một cuốn sách, thậm chí còn trước cả khi tôi bắt tay viết cuốn sách này. Nếu không có sự tin tưởng của họ thì e rằng tôi sẽ không thể nào viết nổi một từ nào.

Vợ tôi, Michele Seidl và con của chúng tôi, Nathaniel và Hannah sống cùng với cá (cả Tiktaalik và cuốn sách này) trong suốt hai năm tôi viết sách. Michele đọc và nhận xét mọi đoạn viết và lo liệu những ngày cuối tuần khi tôi cắm cung để viết sách. Sự kiên trì và tình yêu của vợ tôi đã làm cho mọi việc đều trở thành có thể.



"Trang sách chính là cửa sổ mở sang những cuộc đời khác, những thế giới khác. Và cũng là chỗ để ánh sáng mặt trời rọi vào cuộc đời mình". – Nhà toán học Ngô Bảo Châu

\* \* \*

Đầy trọng lượng... Nếu bạn muốn hiểu về lịch sử tiến hóa của loài người và các động vật khác... hay đọc chuyên khảo tuyệt vời này". – BÁO FINANCIAL TIMES

\* \* \*

### TẠI SAO CHÚNG TA LẠI CÓ HÌNH HÁI NHƯ HIỆN NAY?

Neil Shubin, nhà cổ sinh học và giáo sư về giải phẫu học, người đã đồng khám phá Tiktaalik, "loài cá có tay", kể câu chuyện về cơ thể chúng ta mà bạn chưa bao giờ nghe trước đây. Thông qua việc nghiên cứu các hóa thạch và DNA, ông cho thấy rằng bàn tay chúng ta thực ra giống hệt vây cá, đầu chúng ta có cấu tạo giống loài cá không hàm đã tuyệt chủng từ lâu, và những phần chính trong gene chúng ta có hình dáng và chức năng giống các loài giun và vi khuẩn. *Tất cả chúng ta đều là cá* khiến chúng ta nhìn bản thân và thế giới dưới ánh sáng mới rục rỡ. Đây là cuốn sách khoa học được viết hay nhất – khai sáng, dễ hiểu, với nhiệt huyết khiến đọc giả không thể cưỡng lại được.

\* \* \*

"Tuyệt vời... Một chuyến đi đặc biệt dễ dàng xuyên suốt lịch sử sâu xa của cơ thể chúng ta". – BÁO BOSTON GLOBE

\* \* \*

"Tác phẩm đơn giản và say đắm của Shubin có thể biến nhiều học sinh trung học trở thành những nhà sinh học đầy khát vọng". – TẠP CHÍ NATURE

# Notes

[←1]

Cargo cult: tôn giáo xuất phát từ việc các bộ tộc ở vùng Thái Bình Dương sùng bái các sản phẩm do thực dân mang đến bằng đường biển (ND).

[←2]

Xe du lịch có phần khoang chở khách kéo dài ra sau để chở hành lý, nóc khoang sau thường được đỡ bằng 4 hàng trụ và phần cuối không vát xuống.  
(ND)

[←3]

Reuben Garrett Lucius “Rube” Golberg (04/07/1883 – 07/12/1970), họa sĩ biếm họa, nhà điêu khắc, tác gia, kỹ sư và nhà phát minh người Mỹ. Ông nổi tiếng với những thiết kế phức tạp, ví dụ như một hệ thống với cả tên lửa chỉ để vận hành một cái khăn lau miệng. Vào năm 1931, từ điển Merriam-Webster dùng từ “Rube Goldberg” như một tính từ với nghĩa hoàn thành một công việc đơn giản bằng những cách thức phức tạp (ND).

[←4]

Bốn cơ kiểm soát sự di chuyển lên, xuống, sang trái, sang phải của mắt. Hai cơ còn lại điều chỉnh mắt để trung hòa chuyển động của đầu (ND).

[←5]

Các động vật săn mồi được chia làm 2 loại: tích cực (active predator) tìm kiếm và săn mồi, thụ động (passive predator) nằm chờ còn mồi đến gần để bắt (ND).