

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tao dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:

www.mientayvn.com

Tìm bản gốc tại thư mục này (copy link và dán hoặc nhấn Ctrl+Click):

<https://drive.google.com/folderview?id=0B4rAPqlxIMRDSFE2RXQ2N3FtdDA&usp=sharing>

Liên hệ để mua:

thanhlam1910_2006@yahoo.com hoặc frbwrthes@gmail.com hoặc số 0168 8557 403 (gặp Lâm)

Giá tiền: 1 nghìn /trang đơn (trang không chia cột); 500 VND/trang song ngữ

Dịch tài liệu của bạn: http://www.mientayvn.com/dich_tiang_anh_chuyen_nghanh.html

Aerial Locomotion

Gliding and Parachuting Gliding and parachuting are fundamentally different ways of slowing a descent. Parachuting proper involves maximizing drag. It occurs commonly in small plant seeds, under 100 mg. Falling mice and cats may “parachute” to reduce impact speed but they have few other options as they have no significant surface area to produce lift. In contrast, gliding involves minimizing drag and using lift to produce a more favorable lift-to-drag ratio. It occurs in heavier seeds, as well as various aerial vertebrates. Gliding through the air occurs in at least a few species in all classes of vertebrates. “Flying” fish spread especially wide pectoral fins during short glides in the air above water (figure 9.43a). A species of tropical frog spreads its long, webbed toes to slow its airborne fall (figure 9.43b). Lizards with special flaps of skin and squirrels with loose skin between fore- and hindlimbs spread these membranes to slow their drop through air or extend the distance of their horizontal travel (figure 9.43c–f). These tentative fliers are not really fliers at all, however. Instead they are gliders. True powered flight occurs in just three groups: bats, pterosaurs, and most birds (figure 9.44). In each group, the forelimbs are modified into wings that both generate the force driving them forward through the air and provide lift against gravity.

Chuyển động trên không

Lướt và nhảy dù Lướt và nhảy dù đơn giản là những phương pháp khác nhau làm chậm sự rơi. Nhảy dù đúng cách đòi hỏi sự tối đa hóa lực cản. Nó xảy ra với những giống cây trồng hạt nhỏ, dưới 100 mg. Chuột và mèo tuy có thể “nhảy dù” để giảm tốc độ ảnh hưởng nhưng thực sự có rất ít những phương án khác, bởi chúng không có diện tích bề mặt đủ lớn để tạo ra lực nâng. Ngược lại, lướt trên không liên quan đến việc giảm lực cản và sử dụng lực nâng để tỉ lệ lực nâng so với lực cản trở nên thuận lợi hơn. Nó xảy ra đối với cây có hạt nặng hơn, cũng như nhiều loài động vật có xương sống và ở trên không. Lướt trên không xảy ra với ít nhất một vài loài trong tất cả các lớp động vật có xương sống. Cá “bay” dang vây ngực ra rất rộng trong suốt những lần lướt nhanh trong không khí trên mặt nước (hình 9.43a). Một loài ếch nhiệt đới duỗi những ngón chân dài có màng để làm chậm sự rơi của chúng trong không khí (hình 9.43b). Thằn lằn với những vạt da đặc biệt, và sóc với lớp da chùng giữa chân trước và chân sau, cũng đều có thể dãn các màng ấy để làm chậm sự rơi trong không khí hoặc tăng quãng đường di chuyển theo chiều ngang (hình 9.43c–f). Những loài động vật được cho là biết bay này không thực sự bay. Thay vào đó chúng lướt. Hành động bay đúng nghĩa chỉ xảy ra ở trong ba nhóm: dơi, loài thằn lằn bay, và hầu hết các loài chim (hình 9.44). Trong mỗi nhóm đó, các chi trước được biến đổi thành đôi cánh có thể vừa tạo ra lực đưa chúng về phía trước trong không khí và cung cấp lực nâng chống lại trọng lực.

Flight Most functional analyses of powered flight have centered on birds, taking advantage of the sophisticated aerodynamic equations engineers use to design aircraft. But borrowing directly from engineers has been especially difficult because the wings of birds have all the characteristics a designer of aircraft seeks to eliminate. Bird wings flap (whereas airplane wings are fixed), are porous (rather than solid), and yield to air pressure (rather than resisting it like airplanes). Although simplifying assumptions must usually be made, such analyses have yielded an understanding of several adaptations for flight in birds.

Feathers Contour feathers give the body of a bird its streamlined shape to help it cut efficiently through air. By filling the body out into a streamlined aerodynamic silhouette, contour feathers help maintain a laminar airflow across the body and reduce friction drag. It has even been suggested that the body shape, which is similar to that of an airplane wing, also produces **lift**. However, most of the lift is produced by the wing. The primary feathers, attached to the manus, are responsible for providing forward thrust. Secondary feathers, attached to the forearm, provide lift (figure 9.45). Thus, the functions of flight are divided between these two types of flight feathers. Primaries act like propellers, providing forward thrust, and secondaries act like airplane wings, providing lift.

Aerodynamics (p. 142); feathers (p. 218)

Skeleton High-speed and radiographic films of birds in flight give a detailed view of wing motions and the role played by

Sự bay Hầu hết những phân tích về chức năng của các hoạt động bay đều tập trung vào các loài chim, tận dụng lợi thế của các phương trình khí động học phức tạp mà các kỹ sư sử dụng để thiết kế máy bay. Nhưng việc vay mượn trực tiếp từ các kỹ sư trở nên rất khó khăn vì đôi cánh của loài chim có tất cả những đặc điểm mà một nhà thiết kế máy bay tìm cách loại bỏ. Cánh chim vỗ (trong khi cánh máy bay được cố định), là xốp (chứ không phải rắn), và chịu khuất phục trước áp lực không khí (chứ không phải chống lại nó như máy bay). Mặc dù giả định đơn giản hóa thường phải được thực hiện, những phân tích như vậy đã mang tới sự hiểu biết về một số cách thích nghi của chim khi bay.

Lông Đường viền lông tạo cho cơ thể con chim hình dạng trơn tru gọn ghẽ để giúp chim xuyên qua không khí một cách hiệu quả. Bằng cách tạo hình cho cơ thể thành một dạng khí động học hợp lý, đường viền lông giúp duy trì một luồng không khí thành lớp trên cơ thể và làm giảm lực cản ma sát. Hình dạng cơ thể chim, vốn tương tự như hình dạng của cánh máy bay, cũng được cho rằng có thể tạo ra lực nâng. Tuy nhiên, lực nâng chủ yếu được tạo ra nhờ cánh. Những chiếc lông vũ chính, gắn liền với chi trước, chịu trách nhiệm cung cấp lực đẩy về phía trước. Lông thứ cấp, gắn liền với cẳng của cánh, cung cấp lực nâng (Hình 9.45). Do đó, các vai trò trong hoạt động bay được phân chia giữa hai loại lông vũ. Lông vũ chính hoạt động giống như cánh quạt, cung cấp lực đẩy về phía trước, và lông vũ thứ cấp có vai trò như cánh máy bay, cung cấp lực nâng.

Khí động học (trang 142); lông (trang 218)
Xương Phim tốc độ cao và phim phóng xạ của các loài chim trong khi bay cung cấp một cái nhìn chi tiết về chuyển động

into four phases: (1) upstroke-downstroke transition, (2) downstroke, (3) downstroke-upstroke transition, and (4) upstroke. During **upstroke-downstroke transition**, the leading edge of the wing is elevated above the body and lies nearly within a sagittal plane. The elbow and wrist joints are fully extended. From this position, the wing is forcefully brought downward (depressed) and forward (protracted) during the **downstroke**, producing thrust and lift. The wrist and elbow remain extended during downstroke. The wing continues downward and forward until its tip extends in front of the body. During the **downstroke-upstroke transition**, wing motion reverses, leading into the upstroke. The **upstroke** is complicated and apparently generates little lift but repositions the wing for the next downstroke. During the upstroke, the wing is folded and lifted upward (elevated) and backward (retracted), while the elbow and wrist are fully flexed (figure 9.46a–c).

Synchronous changes in the rib cage and shoulder girdle occur as well when these wings beat. During the downstroke, the U-shaped and flexible furcula, accompanied by the procoracoids, bends laterally. The sternum shifts upward and backward. During the upstroke, these motions are reversed. The furcula springs back and the sternum drops downward and forward (figure 9.46d). These configurational changes within the rib cage alter the size of the thoracic cavity. In addition to whatever contributions such changes make to flight, it is hypothesized that they also are part of the respiratory mechanism ventilating the lungs. This coupling of locomotor and respiratory

cánh và vai trò được chia thành bốn giai đoạn: (1) chuyển từ đi lên thành đi xuống (2) đi xuống (3) chuyển từ đi xuống thành đi lên, và (4) đi lên. Trong quá trình chuyển từ đi lên thành đi xuống, cạnh hàng đầu của cánh được nâng lên cao hơn so với cơ thể và nằm gần như trong một mặt phẳng dựng đứng. Khuỷu tay và khớp cổ tay được mở rộng đầy đủ. Từ vị trí này, cánh được đưa xuống một cách mạnh mẽ (nén xuống) và hướng về phía trước (kéo dài) trong quá trình đi xuống, sản xuất lực đẩy và lực nâng. Cổ tay và khuỷu tay vẫn còn kéo dài trong quá trình đi xuống. Cánh tiếp tục đi xuống và hướng về phía trước cho đến khi đầu của nó kéo dài ở phía trước của cơ thể. Trong quá trình chuyển từ đi xuống thành đi lên, chuyển động của cánh là ngược lại, dẫn tới quá trình đi lên. Các chuyển động đi lên phức tạp và dường như tạo ra ít lực nâng nhưng lại có thể sắp xếp lại vị trí cánh cho quá trình đi xuống tiếp theo. Trong lúc đi lên, cánh được gấp lại và đưa lên (nâng lên) và thu về phía sau (co vào), trong khi khuỷu tay và cổ tay hoàn toàn linh hoạt (hình 9.46a–c).

Thay đổi đồng bộ trong lồng ngực và đai vai cũng xảy ra khi đập cánh. Trong quá trình đi xuống, các xương chạc linh hoạt hình chữ U, đi kèm với xương quạ, uốn cong sang hai bên. Xương ức di chuyển lên trên và ra phía sau. Trong quá trình đi lên, những chuyển động nói trên được đảo ngược. Các xương chạc bình thường trở lại và xương ức di chuyển xuống dưới ra phía trước (hình 9.46d). Những thay đổi về hình thể này trong lồng ngực thay đổi được kích thước của khoang ngực. Ngoài việc đóng góp bất cứ biến đổi gì cho quá trình bay, có giả thuyết cho rằng đó cũng là một phần trong cơ chế hô hấp ở phổi. Khớp nối của hệ vận động và hô hấp tận

systems takes advantage of the muscle forces produced during flight to ventilate the lungs and air sacs at the same time.

Bird; Radius; Humerus; Metacarpal; Ulna; Pterosaur; Humerus; Skeletal support of patagium; Radius; Ulna; Metacarpal; Bat; Radius; Ulna (rudimentary); Metacarpals; Primaries (on manus); Secondaries; Radius (on forearm); Ulna; Humerus

FIGURE 9.45 Feathers along the wing divide the functions of flight among them. Those at the tip, the primaries, attach to the manus and are primarily responsible for producing thrust; those more proximal, the secondaries, attach to the forearm and are primarily involved in producing lift.

Airflow through avian lungs (p. 436)

In most birds, the furcula probably functions like a spring when it bends and then recoils during flight. Energy is stored as elastic energy in bent bones during one part of the stroke and then recovered during recoil later in the cycle. But in birds such as parrots and toucans, the clavicles are not fused, and in flightless birds, they are typically vestigial or absent entirely. In some soaring birds, the furculae are quite rigid and probably resist bending. Although the functional significance of this structural diversity is not understood, the bird furcula might be expected to play additional roles in flight other than just as a mechanism to store and return energy. We have already mentioned that the innominate bone and the synsacrum fuse, which stabilizes the body in flight. The flexibility of the cervical vertebrae allows a bird to reach all parts of its body. These two design features, fusion

dụng các lực mà cơ sinh ra trong quá trình bay để làm thông hơi tại phổi và túi khí cùng một lúc.

Hình 9.45 Bộ lông vũ cùng với cánh phân chia chức năng bay giữa chúng. Những loài chim ban đầu, thời kỳ sơ khai, lông vũ gắn với cánh và trách nhiệm chủ yếu là đẩy; Những loài chim gần hơn, thế hệ thứ 2, lông vũ gắn vào cổ cánh và chủ yếu liên quan đến khả năng nâng đỡ.

Luồng không khí qua phổi gia cầm (trang 436)

Trong hầu hết các loài chim, xương chạc có thể có chức năng như một lò xo khi nó uốn cong và sau đó bật lên trong lúc bay. Năng lượng được lưu trữ như năng lượng đàn hồi trong xương khuỷu trong một phần của nhịp bay và sau đó phục hồi trong thời gian bật sau đó của chu kỳ. Nhưng trong các loài chim như vẹt và loài tu-cang, các xương đòn không đồng nhất, và trong các loài chim không bay được, chúng thường thoái hóa hoặc hoàn toàn không có. Trong một số loài chim bay, các xương chạc khá cứng nhắc và có thể chống lại việc uốn cong. Mặc dù không nhiều ý nghĩa chức năng của sự đa dạng cấu trúc này, xương chạc của chim có thể được mong đợi sẽ đóng vai trò bổ sung trong việc bay khác hơn là chỉ như một cơ chế để lưu trữ và trả lại năng lượng. Chúng tôi đã đề cập rằng các xương vô danh và các xương cùng ổn định trong cơ thể khi bay.

and flexibility, are nearly uniform throughout birds, testimony to the influence of flying on biological design. The skeleton also exhibits other modifications for flight. The bones of birds, including *Archaeopteryx*, and pterosaurs, but not bats, are hollow rather than filled with blood-forming or fatty tissues like the bones of other vertebrates (figure 9.47). Absence of these tissues from bird bones results in overall lightening of the skeleton and reduces the weight that must be launched into the air. In pterosaurs, bats, and especially in birds, an expanded sternum serves as the origin for the powerful **pectoralis** flight muscles.

ABLE 9.1
Maximum Speeds and Sizes

Procoracoid;	Upstroke;	Downstroke;
Furcula;	Procoracoid;	Upstroke;
Downstroke		

FIGURE 9.46 Wing-beat cycle of a European starling. Positions of shoulder girdle and wing are illustrated in dorsal (a) and lateral (b) views. (c) Anterior view of furcula and procoracoids that bend laterally on the downstroke (dashed lines) and recoil medially on the upstroke (solid lines). (d) Lateral view of the excursion of the sternum, which moves in a posterodorsal direction during the downstroke and reverses this motion to an anteroventral direction during the upstroke. In (b2) and (b4) only the humerus of the wing is shown so as not to block the view of the ribcage.

After Jenkins, Dial, and Goslow.
Reprinted with permission from F. A.

Tính linh hoạt của đốt sống cổ cho phép một con chim đạt được tất cả các phần của cơ thể của nó. Hai tính năng thiết kế này, tổng hợp và linh hoạt, gần như thống nhất trong các loài chim, minh chứng cho sự ảnh hưởng của bay trên thiết kế sinh học. Bộ xương cũng biểu lộ những thay đổi khác khi bay. Xương của các loài chim, bao gồm cả *Archaeopteryx*, và thằn lằn bay, nhưng không gồm dơi, là xương rỗng chứ không phải lấp đầy với các mô tạo máu hoặc chất béo như xương của động vật có xương khác (Hình 9.47). Không có các mô này trong bộ xương chim có ảnh hưởng trong tổng thể của bộ xương và làm giảm trọng lượng phải đưa ra vào không khí. Với thằn lằn bay, dơi, và đặc biệt là trong các loài chim, xương ức mở rộng có lợi như là nguồn gốc cho cơ ngực khỏe mạnh khi bay.

Xương quạ; hành trình bay lên; hành trình hạ xuống; Xương chạc; Xương quạ; hành trình bay lên; hành trình hạ xuống

Hình 9.46 chu kỳ đập cánh của chim sáo đá châu Âu. Vị trí của đai vai và cánh được minh họa trong hình lưng (a) và sườn (B). (C) Hình trước của xương chạc và xương quạ mà uốn cong sang hai bên trên hành trình đi xuống (đường đứt nét) và bật trung bình trong hành trình đi lên (đường liền). (D) Hình sau của sự đi trệch của xương ức, mà di chuyển theo hướng posterodorsal trong hành trình đi xuống và đảo ngược chuyển động này đến hướng anteroventral trong hành trình đi lên. Trong (b2) và (B4) chỉ có xương cánh tay của cánh được thể hiện như vậy là không để ngăn chặn quan điểm của lồng ngực.

Sau khi Jenkins, Dial, và Goslow.

Jenkins, Jr., et al., "A Cineradiographic Analysis of Bird Flight," *Science*, 16 Sept. 1988, 241:1495–98. Copyright 1988 American Association for the Advancement of Science.

Sternum (p. 292)

Types of Flight Although flight is the common denominator in most birds, not all flight is the same. For hovering birds and strong fliers, emphasis is on maximum propulsive force and thus on the primary feathers attached to the manus. In such birds, the manus is proportionately the largest section of the forelimb (figure 9.48a). For soaring birds, emphasis is on lift and thus upon the secondary feathers attached to the forearm. The forearm is proportionally the longest section of the wing in soaring birds (figure 9.48b,c).

Hummingbirds, swifts, and swallows depend on strong, frequent wing beats. Soaring birds take advantage of air in motion to gain altitude and stay aloft (figure 9.49a–d). Those birds that soar over open oceans take advantage of strong prevailing winds and have long, narrow wings like those of glider aircraft (figure 9.50a). These soaring birds may spend as much time during the day in the air as on the ground. In some soaring specialists, locking mechanisms of bones and ligaments of the wrist and shoulder, and not muscles, secure the wing in an extended position, reducing the active muscle energy required to soar. But the aerodynamic character of moving air can be different, so the character of soaring flight is different as well. Birds that soar over open country ride thermals, fountains of warm air rising upward. As the sun warms the Earth, the nearby air is warmed and begins to rise. Vultures, eagles,

In lại với sự cho phép của FA Jenkins, Jr., et al., "Một phân tích Cineradiographic của chim bay," *Khoa học*, ngày 16 tháng 9 1988, 241:1495-98. Copyright 1988 Hiệp hội Mỹ vì sự tiến bộ của khoa học.

Xương ức (trang 292)

Các kiểu bay Mặc dù bay là việc phổ biến trong hầu hết các loài chim, không phải tất cả chim bay là như nhau. Cho chim bay lượn và bay mạnh mẽ, quan trọng là lực đẩy tối đa và do đó lông chủ yếu gắn liền với cánh. Trong các loài chim như vậy, cánh là phần lớn nhất tương ứng của chân trước (hình 9.48a). Với các loại chim bay vút, quan trọng là sự nâng do đó lông phụ gắn liền với cánh tay. Cánh tay là tỷ lệ phần dài nhất của cánh ở chim bay vút (hình 9.48b, c).

Chim ruồi, Yến, và chim nhận phụ thuộc vào nhịp đập cánh thường xuyên, mạnh mẽ. Chim vút tận dụng lợi thế của không khí chuyên động để đạt được độ cao và ở trên cao (hình 9.49a-d). Những con chim đó bay lên trên các đại dương mở tận dụng sức gió mạnh và lâu, cánh hẹp như những máy bay tàu lượn (hình 9.50a). Các loài chim vút này có thể dành nhiều thời gian trong ngày trong không khí như trên mặt đất. Trong một số loài chuyên gia vút, cơ chế khoá của xương và dây chằng của cổ tay và vai, và không cơ bắp, đảm bảo cánh ở một vị trí mở rộng, làm giảm năng lượng cơ bắp hoạt động cần thiết để vút cao. Nhưng đặc điểm khí động học của chuyên động không khí có thể khác nhau, sao cho đặc điểm của các chuyên bay vút là khác nhau thì tốt. Loài chim bay vút làm tăng nhiệt cả vùng, đài phun nước của không khí ấm áp tăng lên. Như ánh nắng mặt trời làm ấm trái đất, không khí gần đó được

and large hawks find these rising thermals, circle to stay within them, and ride them to gain easy altitude. These birds have slotted wings (figure 9.50b). For flight in enclosed habitats such as woodlands and shrubby forests, elliptical wings give birds such as pheasants a quick, explosive takeoff and maneuverability within tight spaces (figure 9.50c). Birds of prey, migratory waterfowl, swallows, and others that depend on fast flight possess swept-back wings (figure 9.50d). To understand these general wing designs, we need to examine the aerodynamic basis of flight itself and the problems different wing designs address.

Aerodynamics During horizontal flapping flight, four forces act on a bird at equilibrium. The upward lift (L) is opposed by the weight (mg), tending to pull the bird down. Drag (D) acts in the direction opposite to the direction of travel and wings generate thrust (T), a forward force component (figure 9.51a). The angle at which the wing meets the airstream is its **angle of attack**. Increasing this angle increases lift, but only up to a point. As the angle of attack increases, drag increases as well because of the change in the wing profile meeting the airflow (from edge-on to broadside) and because of the increased flow separation across the wing. Thus, at some extreme angle of attack that depends on air speed and particular wing shape, airflow in the boundary layer separates from the top of the wing and lift drops dramatically. When this happens, the wings **stall** (figure 9.51b). Stalling can be delayed if the layers of air in the flow are prevented from separating. In birds, the small **alula** controls the airstream passing over the wing

làm ấm và bắt đầu tăng. Kèn kèn, đại bàng, và điều hâu lớn tìm thấy các nhiệt tầng này, khoan tròn nơi của chúng, và chúng lái để dễ dàng đạt được độ cao. Các loài chim này có cánh xẻ rãnh(hình 9.50b). Với chuyến bay trong môi trường sống khép kín như rừng và rừng cây bụi, cánh hình elip cho các loài chim như chim trĩ, cất cánh bùng nổ nhanh chóng và khả năng cơ động trong không gian chật hẹp (hình 9.50c). Chim săn mồi, chim nước di cư, chim nhạn, và những loài khác phụ thuộc vào đội bay nhanh có cánh gập lại (hình 9.50d). Để hiểu được những thiết kế cánh chung, chúng ta cần phải kiểm tra các cơ sở khí động học của chuyến bay và những vấn đề khác nhau về địa chỉ thiết kế cánh máy bay.

Khí động học Trong quá trình bay vỗ ngang, bốn lực hoạt động trên một con chim ở trạng thái cân bằng. Lực nâng đẩy lên (L) bị phản lực bởi trọng lượng (mg), có xu hướng kéo con chim xuống. Hoạt động kéo (D) theo hướng ngược lại với nướng đi và cánh tạo ra lực đẩy (T), một thành phần lực hướng về phía trước (hình 9.51a). Góc mà cánh đáp ứng các luồng khí là **góc tấn**. Tăng góc độ này tăng lực nâng lên, nhưng chỉ lên đến một điểm. Khi góc tăng đạt, kéo tăng cũng vì sự thay đổi trong cánh đáp ứng các luồng không khí (từ cạnh trên để cập mạn tàu) và do sự tách biệt lưu lượng tăng trên cánh. Vì vậy, ở một số góc cách xa bắt đầu phụ thuộc vào tốc độ không khí và hình dạng cánh đặc biệt, luồng không khí trong lớp ranh giới ngăn cách từ đỉnh của cánh và lực nâng giảm đáng kể. Khi điều này xảy ra, các **cánh chao đảo** (hình 9.51b). Sự chao đảo có thể bị trì hoãn nếu các lớp không khí trong dòng chảy bị ngăn tách. Trong các loài chim, các **cánh già** nhỏ điều khiển luồng khí đi qua trên cánh và ngăn tách

and prevents its early separation as the angle of attack initially increases. Thus, greater angles of attack can be reached before stalling, so greater lift can be produced, albeit with greater drag as well.

FIGURE 9.47 Long bones of birds. Many tissues that contribute to weight are reduced in birds. No tissue fills the marrow cavities of the long bones, and the bone walls are thinned. Thin struts stiffen the bone and prevent it from buckling. In lift, the spaces are filled with extensions of the air sacs.

Upper arm; Forearm ; Manus; Frigate bird; Albatross; Hummingbird

FIGURE 9.48 Differences in flight are reflected in differences in wing design. In a hovering bird, such as the hummingbird (a), emphasis is on the primary feathers and the distal part of the forelimb, offering attachment for the primaries, and consequently the manus is relatively lengthened. In soaring birds, such as the frigate (b) and especially the albatross (c), emphasis is on the secondary feathers, and the part of the forearm that supports these feathers is relatively lengthened.

Aerodynamics (p. 142); feathers (p. 218)

An **airfoil** is an object that, when placed in a moving stream of air, produces a useful reaction. Whether the airfoil is the wing of a bird, pterosaur, bat, or airplane, it generates lift as a consequence of its angle of attack, the details of its shape, and air speed. Airfoils act to speed up the air passing across one surface relative to the other, adjusting the angle of attack to produce the greatest lift relative to the cost in drag, thus

đầu của nó như các góc tấn ban đầu tăng lên. Do đó, các góc lớn tấn có thể đạt được trước khi trì hoãn, vì vậy lực nâng lớn hơn có thể được sản xuất, mặc dù với lực kéo lớn hơn là tốt.

Hình 9.47 xương dài của các loài chim. Nhiều mô góp phần vào trọng lượng được giảm trong các loài chim. Không mô lấp đầy các khoang tủy của xương dài, và các mô xương mỏng. Thanh chống mỏng làm cứng lại xương và ngăn không cho nó mất ổn định. Trong khi nâng lên, không gian được lấp đầy với phần mở rộng của các túi khí.

Hình 9.48 Sự khác biệt trong chuyên bay được thể hiện trong sự khác biệt trong thiết kế cánh. Trong một con chim lượn vờn, chẳng hạn như các chim ruồi (a), trọng tâm là về lông chính và ngoại biên của chân trước, cung cấp tính năng phụ cho các tính năng chính, và do đó cánh là tương đối dài. Trong chim vút, chẳng hạn như chim chiến (b) và đặc biệt là chim hải âu (c), trọng tâm là về lông phụ, và một phần của cẳng tay mà hỗ trợ bộ lông là tương đối dài.

Khí động học (trang 142); lông (trang 218)
Một **cánh máy bay** là một đối tượng, khi được đặt trong một dòng chuyển động của không khí, tạo ra một phản ứng hữu ích. Cho dù các cánh máy bay là cánh của một con chim, thằn lằn bay, dơi, hoặc máy bay, nó sẽ tạo ra lực đẩy như một hệ quả của góc tấn, các chi tiết của hình dạng của nó, và tốc độ không khí. Cánh máy bay hoạt động để tăng tốc độ không khí đi qua một bề mặt tương đối đến bề mặt khác,

the greatest lift-to-drag ratio. Since the late nineteenth century, we've recognized that **cambered wings**—wings curved upward on their upward surfaces—give superior results to simple, tilted, flat plates (such as kites). At zero angle of attack (zero-lift angle), the divided airstream travels at equal velocities across upper and lower surfaces, meeting again on the trailing edge (figure 9.51c) and producing no lift. However, as the angle of attack increases, the airfoil speeds up the airstream passing across the top of the wing, reaching the trailing edge before its divided lower half arrives (figure 9.51e) and producing lift.

FIGURE 9.54 Aerodynamics of nonflapping aerial locomotion. (a, b) These two gliding mammals have different glide paths primarily because they differ in the area that supports their weight. The flying squirrel has special flaps of skin between fore- and hindlimbs that can be extended to produce some lift. The frog has increased webbing between its toes, which collectively produces lift. However, the frog's overall lift to drag ratio (L/D) is lower, resulting in a steeper gliding path and in a steeper angle with the ground (—). (c) The paradise snake (*Chrysopelea*). (d) Glide path of snake (dots) compared to the falling path of a nongliding projectile (solid line) launched at the same initial velocity as the snake. Open dots at the end are extrapolated to the ground as the snake exited the field of view (solid dots) during filming of its glide. The force due to gravity (mg) is acting in a direction opposite to the resultant (R) of drag (D) and lift (L).

(a,b) After Norberg; (c,d) based on the research of J. J. Socha.

điều chỉnh góc tấn để lực nâng lớn nhất so với các tổn thất trong lực kéo, do đó tỷ lệ nâng-làm-kéo lớn nhất. Kể từ cuối thế kỷ thứ 19, chúng tôi đã nhận ra rằng **cánh vòng cong lên trên** lên bề mặt của chúng—cho kết quả vượt trội so với đơn giản, nghiêng, tấm phẳng (như điều). Tại góc tấn không (góc không nâng), các luồng không khí ở vận tốc tương đương băng qua trên và dưới bề mặt, gặp lại ở bộ phận lái đuôi máy bay (hình 9.51c) và không tạo ra lực nâng. Tuy nhiên, như các góc tấn tăng lên, cánh máy bay tăng tốc độ luồng không khí đi qua trên đầu của cánh, đạt ở bộ phận lái đuôi máy bay trước khi nó phân chia thấp hơn nửa chuyển và tạo ra lực nâng (hình 9.51e)

Hình 9.54 Khí động học của hình thức vận động trên không không vỗ cánh. (a, b) Hai động vật có vú lướt trên không này có dạng quỹ đạo đi khác nhau chủ yếu là do sự khác nhau trong bộ phận hỗ trợ trọng lượng của chúng. Con sóc bay có những vật da đặc biệt giữa chân trước và chân sau có thể dang rộng để tạo lực nâng. Loài ếch có thể tăng diện tích màng giữa những ngón chân, và tổng các phần diện tích ấy giúp tạo lực nâng. Tuy nhiên, xét tổng thể tỷ lệ lực nâng trên lực cản (L / D) của ếch là thấp hơn, dẫn đến quỹ đạo lướt dốc hơn và góc di chuyển cũng dốc hơn so với mặt đất (—). (c) Con rắn thiên đường (*Chrysopelea*). (d) Quỹ đạo lướt của con rắn (các dấu chấm) so với đường rơi của một vật không lướt mà được phóng ra (đường liền nét) từ vận tốc ban đầu bằng vận tốc của con rắn. Những dấu chấm mở rộng ở cuối được suy đoán là hướng xuống mặt đất, vì con rắn đã ra khỏi tầm ngắm (những dấu chấm liền tiếp) trong thời gian quay phim quỹ đạo lướt của nó. Lực do trọng lượng (mg) tác

- (a) Arboreal; Climbing; Leaping; Parachuting ; Gliding ; Flight
- b) Insect-net; Cursorial; Insect-net ; Gliding ; Flight
- (c) Climbing; Cursorial; Climbing ; Gliding ; Flight

FIGURE 9.55 Origin of bird flight. Three major theories for the evolution of flight in birds. (a) Arboreal theory. Starting with life in trees, stages include leaping, parachuting, gliding, and flight. Initial factors favoring evolution of feather surfaces occur as a consequence of aerial descent. (b) Insect-net theory. Starting with a cursorial ancestor, the use of forearms to capture or chase insects favored feathered surfaces. (c) Also starting with a cursorial ancestor, protowings were favored as aids in dashing up inclines, then laterrudimentary gliding and flight.

With thanks to K. Dial for entertaining theories.

Fossorial Locomotion

Animals that spend part or all of their lives underground are said to be **subterranean**. With such a lifestyle, an animal takes advantage of existing tunnels or holes into which it retreats. Snakes, lizards, turtles, and many amphibians escape down burrows or deep natural recesses in the earth to find relief from the harsh, cold winter or the excess heat of midsummer. Many fishes find relief from predators in tunnels, whereas

động theo một hướng ngược lại với hợp lực (R) của lực cản (D) và lực nâng (L).
(a, b) Sau Norberg; (c, d) dựa trên nghiên cứu của JJ Socha.

(a) (thuộc về) trên cây; Leo; Nhảy; Nhảy dù; Trượt; bay

(b) Mạng lưới côn trùng, (loài) thích nghi để chạy; Mạng lưới côn trùng; Lướt; Bay

(c) Leo; (loài) thích nghi để chạy; Leo; Lướt; Bay

Hình 9.55 Nguồn gốc sự bay của chim. Có ba lý thuyết chính cho sự tiến hoá dẫn tới hoạt động bay của chim. (a) Lý thuyết trên cây. Bắt đầu với cuộc sống trên cây, giai đoạn bao gồm nhảy, nhảy dù, lướt, rồi đến bay. Những đặc điểm ban đầu về sự tiến hóa của bề mặt lông vũ xảy ra như một hệ quả của việc rơi từ trên không. (b) Lý thuyết mạng lưới côn trùng. Bắt đầu với một tổ tiên là những giông thích nghi để chạy, sử dụng cánh tay để nắm bắt hoặc đuổi côn trùng tạo xu hướng hình thành bề mặt lông vũ. (c) Cũng bắt đầu từ tổ tiên là loài thích nghi để chạy, cánh sơ khai được tra chuộng như một công cụ thích hợp hỗ trợ việc lao mình theo góc nghiêng, sau đó là hoạt động lướt và bay cơ bản.

Gửi lời cảm ơn tới K. Dial vì những lý thuyết thú vị.

Hoạt động đào bới

Động vật dành một phần hoặc toàn bộ cuộc sống của chúng dưới lòng đất đều được coi là động vật **dưới lòng đất**. Với một lối sống như vậy, một con vật có thể tận dụng những đường hầm hoặc hố sẵn có để ẩn mình. Rắn, thằn lằn, rùa, và nhiều động vật lưỡng cư trốn xuống hang hoặc nóc tự nhiên sâu trong lòng đất để tìm sự che chở khỏi cái khắc nghiệt, lạnh lẽo của mùa đông hoặc cái nóng gay gắt giữa mùa

predators often use tunnels to conceal themselves until they can pounce on unsuspecting prey. Sleek predators such as snakes or weasels follow their prey beneath ground into subterranean chambers. Some subterranean animals store food in underground caches.

However, many subterranean vertebrates excavate their own tunnels by active digging. Such active earth movers are fossorial. The fossorial habit has evolved in every

vertebrate class. Prairie dogs and rabbits excavate extensive, interconnecting tunnels; the subterranean living quarters of rabbits are **warrens**. These can include a maze of passageways with escape routes and snug nesting chambers in which young can be raised. Thus, digging may produce underground microhabitats with safer conditions, moderate climate, and more abundant food than offered on the surface.

Ways of Digging A lungfish, seeking temporary retreat as a pool of water dries, digs into the soft mud using its body and fins. Flattened flounders wave pectoral fins to stir loose sand into suspension. As it settles, the sand covers the fish to conceal its body. Frogs back into a shallow burrow scooped out by their hindlimbs. Among reptiles, amphisbaenians use their pointed heads to penetrate soft soil. Body pressure against the walls of the tunnel compacts the substrate so the walls will hold and not immediately collapse on the animal. Some snakes push their way through loose sand to descend several inches beneath the surface away from the desert heat above (figure 9.56). Many rodents gnaw into soil to loosen it with their powerful incisor teeth before

đào. Nhiều loài cá tìm được ở những đường nằm sự bảo vệ khỏi kẻ thù, trong khi những động vật ăn thịt thường sử dụng đường hầm để che giấu mình chờ đến khi có thể vô lấy con mồi đang mất cảnh giác. Động vật ăn thịt có bề mặt trơn tru như rắn nay chôn bám theo con mồi dưới mặt đất để đến tận hang ổ. Một số động vật dưới lòng đất dự trữ thức ăn trong kho dưới đất. Tuy nhiên, nhiều động vật có xương sống dưới lòng đất chủ động đào đường hầm của riêng mình. Đó chính là hoạt động đào bới. Tập tính đào bới đã hình thành ở tất cả các lớp động vật có xương sống. Chó thảo nguyên và thỏ đào những đường hầm mở rộng thông với nhau; các khu vực nhiều thỏ sống dưới lòng đất là **hang thỏ**. Hang có thể chứa một mê cung những đường lưu thông gồm các tuyến đường thoát hiểm và cũng có đủ những căn buồng làm ổ nuôi thỏ con. Vì vậy, việc đào có thể tạo ra môi trường sống dưới lòng đất với điều kiện an toàn, khí hậu ôn hoà, và thực phẩm dồi dào hơn so với trên mặt đất.

Những cách Đào Một loài cá phổi, tìm chỗ trú ẩn tạm thời do hồ bị cạn nước, đào xuống lớp bùn mềm bằng thân và vây. Loài cá bơn bẹt vẫy vẫy ngực để khuấy động cát lỏng lẻo ra xung quanh. Khi vị trí của cá được ổn định, cát sẽ bao bọc quanh cá giúp che giấu cơ thể. Ếch quay trở lại vào một cái hang nông mà chân sau của chúng bới ra. Trong số các loài bò sát, chồn lùn giun sử dụng đầu nhọn để sục vào trong đất mềm. Áp lực cơ thể dồn lên các vách đường hầm nén lên bề mặt nên vách sẽ được giữ vững và không sụp xuống ngay lập tức lên mình con vật. Một số con rắn tạo đường đi xuyên qua cát lỏng lẻo để chui xuống vài inch bên dưới mặt đất, xa khỏi nhiệt độ sa mạc phía trên nó (Hình 9.56). Nhiều loài động vật gặm nhấm dùng

excavating it with their limbs.

Fossorial Adaptations The Namib Golden mole lives in shifting sands of the Namid Desert of South Africa. Usually by noon in this toasty desert, the mole buries itself up to 50 cm deep to find comfortable temperatures and escape from the searing heat of the day above. After dusk, it emerges to cooler temperatures and forages on the surface. Burrowing is achieved in two phases. During the buttressing phase, the mole lifts its head upward against the sand, then the chest is pressed downward (figure 9.57a). The result is to compact the sand and open a pocket in front of the mole. This is quickly followed by repeated cycles of the diggingpropulsion phase, where strokes of the hindlimbs and especially power strokes of the strong forelimbs sweep them backward and drive the body forward (figure 9.57b).

The appendicular skeleton, especially the forelimbs, can apply great force to move earth. Several structural modifications usually are involved. First, the limb bones of fossorial animals are especially stout and robust, and the muscles that are attached to them are relatively large (figure 9.58a,b). This produces a short and forceful bone-muscle system, unlike the long or delicate limbs of cursorial or aerial specialists. Second, the limb as a lever system is adapted for high-force output. The forearm and hand of fossorial vertebrates, which deliver the out-force, are relatively short; the elbow, which delivers the in-force, is lengthened to increase the lever input of muscle contraction. Third, the hand is usually broad and wide, like a shovel, and extended with stout claws that scoop soil with each stroke.

những chiếc răng cửa rất khoẻ gặm vào đất để làm đất tơi hơn trước khi tiến hành đào đất bằng các chi.

Đào bới để thích nghi Chuột chũi Namib vàng sống những luồng cát di động của sa mạc Namid ở Nam Phi. Thường vào giữa trưa trên sa mạc nóng như lò nung này, những con chuột chũi vùi mình sâu đến 50 cm tìm nhiệt độ dễ chịu và thoát khỏi cái nóng ban ngày cháy da ngay phía trên. Sau khi hoàng hôn xuống, nó chui lên vì nhiệt độ lạnh và nguồn thức ăn trên bề mặt. Hoạt động đào gồm hai giai đoạn. Trong giai đoạn tạo trụ, con chuột chũi nâng đầu của mình lên chống lại cát, sau đó thì ngược xuống (hình 9.57a). Kết quả là nó nén được cát và mở một khoảng không ở phía trước mặt. Nhanh chóng sau quá trình này là những chu kỳ lặp đi lặp lại của giai đoạn đào đẩy, khi mà những sai chân sau và đặc biệt những sai chân trước mạnh mẽ quơ về phía sau và đẩy cơ thể hướng về phía trước (hình 9.57b).

Xương chi, đặc biệt là chi trước, có thể áp dụng một lực lớn để di chuyển đất. Một số thay đổi cấu trúc thường tham gia vào quá trình. Đầu tiên, xương chi của động vật đào bới đặc biệt rắn chắc và mạnh mẽ, và các cơ bắp gắn liền cũng tương đối lớn (hình 9.58a, b). Điều này tạo ra một hệ thống xương cơ ngắn và mạnh mẽ, không giống như các chân dài hay thanh mảnh của những loài thích nghi để chạy hoặc những loài trên không. Thứ hai, chi hoạt động như một hệ thống đòn bẩy thích nghi với việc tạo ra lực lớn. Cẳng tay và bàn tay của vật động vật đào bới có xương sống, phần mang đến ngoại lực, tương đối ngắn; khuỷu tay, phần mang đến nội lực, được kéo dài để tăng sự cơ cơ cho đầu vào đòn bẩy. Thứ ba, các tay thường lớn và rộng, như một cái xẻng, và mở rộng được với móng vuốt chắc khoẻ có thể múc vào đất

Lever mechanics (p. 139)

FIGURE 9.56 While buried, fossorial animals face special problems, not the least of which is obtaining sufficient air.

The sand snake uses its head to push a holeslightly larger than its body in loose sand, thereby creating a sandfreespace to facilitate breathing.

After Gans.

FIGURE 9.57 Burrowing by the Namib Golden mole. (a) Buttressing phase.

Initially, the mole opens a space in front of it by lifting its head and depressing its chest to compact the sand. (b) Digging-propulsion phase. Hindlimbs and especially strong forelimbs stroke backward (arrow) to propel the body of the mole forward into the space produced. Several repeated cycles occur before another buttressing phase.

Based on the research of J. P. Gasc, F. K. Jouffroy, S. Renous, and F. von Blottnitz.

(a) Pangolin forelimb; (b) Mole forelimb

FIGURE 9.58 Skeletal adaptations for digging.

(a) The forelimb of a digging mammal, the pangolin, is short and robust, giving it a power advantage to move earth. (b) The mole is similarly designed, with powerful forelimbs and a broad shovellike manus.

After Hildebrand.

Overview

The appendicular skeleton includes paired fins or limbs and the girdles within the body that support them. The hip or pelvic girdle is

mỗi lần vung sải tay.
Đòn bẩy cơ khí (trang 139)

Hình 9.56 Trong khi chôn mình, động vật đào bới phải đối mặt với nhiều vấn đề đặc biệt, trong đó ít nhất cũng bao gồm việc tạo đủ không khí. Con rắn cát sử dụng đầu của mình để đẩy và tạo một lỗ lớn hơn một chút so với cơ thể của mình trong cát lỏng lẻo, do đó tạo ra một khoảng không gian không có cát, thuận lợi cho hô hấp.

Sau Gans.

Hình 9.57 Việc đào bới của loài chuột chũi Namib vàng (a) Giai đoạn tạo trụ. Ban đầu, con chuột chũi sẽ tạo ra một khoảng trống trước mặt nó bằng cách nâng đầu và tì ngực xuống để nén cát. (b) Giai đoạn Đào- đẩy. Chi sau và chi trước đặc biệt khoẻ vung sải ra đằng sau (mũi tên) để đẩy cơ thể của chuột chũi về phía trước vào các không gian đã tạo. Một số chu kỳ lặp đi lặp lại tiếp tục diễn ra trước mỗi giai đoạn tạo trụ mới.

Dựa trên các nghiên cứu của JP Gasc, FK Jouffroy, S. Renous, và F. von Blottnitz.

Hình 9.58 Xương thích nghi với việc đào.

(a) Các chân trước của động vật có vú biết đào, chẳng hạn như của tê tê, ngắn và mạnh mẽ, tạo lợi thế sức mạnh để di chuyển đất. (b) Những con chuột chũi cũng được thiết kế tương tự, với chân trước mạnh mẽ và bàn chân toả rộng hình cái xẻng.

Sau Hildebrand.

Tổng quan

Xương chi bao gồm cặp vây hoặc chi và

exclusively endochondral; the shoulder or pectoral girdle is composed of dermal and endochondral contributions. Such a dual design suggests a dual evolutionary origin, endochondral elements arising from basal fin supports, and dermal elements arising from the encasing bones in the integument. Paired fins appeared early, bringing active fishes maneuverability and stability in a three-dimensional aquatic environment. They arose perhaps from parts of the gill arches, or more likely out of ventrolateral fin-folds of early agnathan vertebrates. Paired fins, only in the pectoral region, occurred in some ostracoderms. Early placoderms, acanthodians, and chondrichthyans were all equipped with paired fins and girdles, pectoral and pelvic. Forelimbs and hindlimbs, chiridia, are built on a common plan, proximal to distal—stylopodium, zeugopodium, autopodium. They arose from the fleshy fins of rhipidistian ancestors, which likely used their fins as points of pivot in water. The limbs of the earliest tetrapods carried multiple digits, up to seven or eight per chiridium, until reducing to the pentadactylous pattern in later tetrapods. The lateral undulations of the swimming fish were carried into early terrestrial locomotion, where limbs established points of support around which the body undulated across land. Loss of shoulder girdle attachment to the skull allowed increased cranial mobility, and was accompanied in early tetrapods by loss of the connecting dermal bones—posttemporal (skull) and dorsal girdle dermal bones.

Throughout its evolution, the pelvic girdle is composed of three processes (early) or actually three separate contributing bones (later)—ilium, ischium, and pubis. Evolution of the pectoral girdle is more

các đai trong cơ thể có khả năng hỗ trợ chúng. Đai hông hoặc đai chậu chỉ gồm nội sụn, đai vai hoặc đai ngực có sự tham gia của da và nội sụn. Một thiết kế kép như vậy cho thấy một nguồn gốc tiến hóa kép, các yếu tố nội sụn phát sinh từ sự hỗ trợ vây cơ bản, và các yếu tố da phát sinh từ xương bọc trong lớp da của động vật. Vây đôi xuất hiện sớm, mang cho cá sự hoạt động linh hoạt và ổn định trong một môi trường nước ba chiều. Chúng xuất hiện có lẽ từ những phần vòm mang, hoặc nhiều khả năng hơn là từ bụng và bên nếp vây của loài động vật có xương sống thiếu nằm dưới đã có từ lâu. Cặp vây, chỉ có ở khu vực ngực, xuất hiện trong một số bộ cá giáp. Các nhóm Placoderms, acanthodians, và chondrichthyans trước đây đều được trang bị cặp vây và đai, ngực và xương chậu. Hai chi trước và chi sau, chiridia, được xây dựng trên một kế hoạch chung, gần với việc đẩy ra xa – gốc trụ, zeugopodium (cánh tay), chi. Chúng phát sinh từ các vây thịt của tổ tiên rhipidistian, có khả năng sử dụng vây của mình như các điểm trụ trong nước. Chi của các động vật bốn chân đầu tiên thực mang nhiều ngón, lên đến bảy hoặc tám mỗi chiridium, cho đến khi giảm xuống thành dạng năm ngón trong động vật bốn chân sau này. Sự lượn sóng sau này của cá bơi lội sớm được đưa vào sự vận động trên mặt đất, nơi chi tạo ra các điểm hỗ trợ để cơ thể uốn lượn được trên mặt đất. Việc mất đi liên kết giữa đai vai với hộp sọ cho phép sọ não tăng tính lưu động, và điều này gắn liền với các loài động vật bốn chân sớm, bởi sự biến mất của kết nối da xương – sau này (sọ) và đai da xương lưng.

Trong suốt quá trình tiến hóa, đai chậu bao gồm ba quá trình (đầu) hoặc thực sự ba xương góp phần riêng biệt (sau)-xương

complex; dermal elements tend to be lost, especially in derived teleosts and in tetrapods. The endochondral components of fishes, scapulocoracoid, come to predominate in tetrapods where they form from two centers of ossification, the scapula and the procoracoid. In early amniotes, a new endochondral element joins the shoulder girdle, the coracoid (= posterior coracoid). Both "coracoids" persist in subsequent tetrapods, although the *procoracoid* becomes the predominant or exclusive ventral shoulder element in amphibians, reptiles, and birds; and, of the two, only the *coracoid* survives in therian mammals.

Early tetrapod locomotion on land was accomplished within a sprawled posture, where the body laterally undulated about alternating points of pivot established by the feet. As terrestrial locomotion became more important, morphological changes resulted in altered posture, with the limbs more under the body, thereby increasing the ease and efficiency of limb oscillations. Specialized cursorial locomotion was especially important in archosaurs and in later synapsids, starting with therapsids. Cursorial locomotion is served through adaptations that increase stride length (distal limb lengthening, change in foot posture) and in stride rate (limb lightening through changes in muscle mass, and loss of some digits). In therapsids, and carried into mammals, the vertebral column changes from lateral flexions to dorsoventral flexions, thereby adding to stride length. Differences in morphological design accompany the particular way in which cursorial locomotion is used, for quick acceleration or for long-distance cruising, and with the problems of scaling to size.

Aerial locomotion in birds illustrates

hông, đốt háng, và xương mu. Sự phát triển của đai ngực phức tạp hơn, các yếu tố da có xu hướng bị mất, đặc biệt là trong loài các teleost đã chuyên hoá và trong loài động vật bốn chân. Các thành phần nội sụn cá, scapulocoracoid, chiếm ưu thế ở động vật bốn chân nơi chúng hình thành từ hai trung tâm của sự hóa xương, xương bả vai và tiền xương quạ. Trong động vật có màng ối sớm, một yếu tố nội sụn mới tham gia vào vai trắng, là xương quạ (sau này là xương quạ). Cả hai "xương quạ" vẫn tồn tại trong những động vật bốn chân tiếp theo, mặc dù *tiền xương quạ* trở thành yếu tố chi phối hoặc độc tôn ở phần bụng vai trong động vật lưỡng cư, bò sát, và các loài chim, và, trong hai, chỉ có *xương quạ* tồn tại trong động vật có vú therian.

Vận động của những loài bốn chân ban đầu trên đất liền đã được thực hiện trong một tư thế nằm dài, với cơ thể lượn sóng theo chiều ngang xen kẽ các điểm trụ thiết lập bởi các bàn chân. Do vận động trên mặt đất trở nên quan trọng hơn, những thay đổi hình thái dẫn đến thay đổi tư thế, với các chi trở nên thấp hơn so với cơ thể, do đó di chuyển các chi trở nên dễ dàng và hiệu quả hơn. Việc chuyên môn hoá hoạt động chạy là đặc biệt quan trọng đối với Archosaurs và trong synapsids sau này, bắt đầu với therapsids. Hoạt động chạy được đáp ứng thông qua sự thích nghi làm tăng chiều dài sải chân (chân kéo dài ra xa, chạy đổi trong tư thế chân) và tỷ lệ sải chân (chân nhẹ đi nhờ những thay đổi trong khối lượng cơ bắp, và mất một số ngón). Trong therapsids, và đưa vào cả động vật có vú, cột sống thay đổi từ uốn ở bên đến uốn ở lưng bụng, do đó làm tăng độ dài sải chân. Sự khác biệt trong thiết kế hình thái đi kèm với cách đặc biệt mà hoạt động chạy được sử dụng, đem tới khả năng tăng tốc nhanh chóng hoặc để đi

another modification of morphological features to a specialized biological role—flight. Forelimbs typically are specialized, as airfoils producing lift to resist gravity and as thrust surfaces developing forward velocity. Just as there are different types of cursorial locomotion, there are different types of flight. Some birds hover (e.g., hummingbirds) with emphasis upon propulsive forces and primary feathers supported on the autopodium (manus). Others have long, narrow wings with emphasis upon secondary feathers supported on the zeugopodium (forearm). These provide the lift used in soaring that takes advantage of rising thermals or natural updrafts of wind currents. Elliptical wings (e.g., pheasants) provide maneuverability in enclosed habitats. In penguins, the forelimbs have lost their role in flight altogether, and are robust in design to meet the demands of locomotion in water.

The appendicular skeleton is linked closely to the locomotor demands placed upon this system, especially in tetrapods. Consequently, it is a good system to illustrate the matching of form and function to changing environmental and, consequently, changing biomechanical demands. The transition from water to land was accompanied by modifications in girdles and limbs, which became weight-bearing and important in developing the propulsive forces moving the tetrapod over land. Generally within terrestrial locomotion, the appendicular system was brought into the service of specialized biological roles—cursorial, aerial, fossorial, and other modes of locomotion. These specialized modes of locomotion are reflected in the specific adaptations of form and function of the appendicular system.

chuyên đường dài, và với những bài toán về tỉ lệ so với kích thước.

Vận động trên không ở các loài chim minh họa sự thay đổi khác về đặc điểm hình thái để phục vụ một vai trò sinh học đặc biệt - bay. Hai chi trước được chuyên hoá, cũng như cánh máy bay sinh ra lực nâng để chống lại trọng lực và cũng như lực đẩy bề mặt làm tăng vận tốc về phía trước. Cũng như có nhiều loại khác nhau của hoạt động chạy, có nhiều loại khác nhau của hoạt động bay. Một số loài chim bay liệng (ví dụ, chim ruồi) chú trọng vào lực đẩy đi và lông chính được hỗ trợ ở các chi (phần bàn tay). Những loài khác có cánh dài hẹp chú trọng vào lông thứ cấp được hỗ trợ trên các zeugopodium (cánh tay). Những điều này cung cấp lực nâng dùng khi bay lên cao, khi có thể tận dụng sự tăng nhiệt hoặc sự đi lên tự nhiên của luồng gió. Cánh elip (ví dụ, gà lôi) cung cấp sự linh hoạt trong môi trường sống khép kín. Ở chim cánh cụt, các chi trước đã mất vai trò phục vụ hoạt động bay, và trở nên mạnh mẽ để đáp ứng nhu cầu vận động ở môi trường nước.

Xương chi được liên kết chặt chẽ với nhu cầu vận động đặt trên hệ thống này, đặc biệt là ở động vật bốn chân. Do đó, nó là một hệ thống tốt để minh họa cho sự gắn bó giữa hình thức và chức năng để thay đổi nhu cầu môi trường và sau đó là nhu cầu y sinh. Việc chuyên đổi từ nước lên đất liền đã được đi kèm với sự thay đổi ở đai và chi, mà đã trở thành mang trọng lượng và quan trọng trong việc phát triển các lực lượng đẩy đi di chuyển động vật bốn chân về đất liền. Thường trong quá trình vận động trên mặt đất, hệ thống xương chi đã được đưa vào phục vụ từng vai trò sinh học chuyên biệt- thích nghi để chạy, ở trên không, đào bới, và các phương thức vận động khác. Các chế độ vận động chuyên môn hoá được phản ánh

	trong sự thích nghi cụ thể về hình thức và chức năng của hệ thống xương chi.
--	--