الفصل 35

الفقريات
Vertebrates

موجز المفاهيم

35-1 الحبليات

35-2 الحبليات اللافقرية
- *الزقيّات لها أشكال الحبليات اليرقية بشكل واضح.*
- *السُّهيم حبليات بحرية صغيرة.*

35-3 الحبليات الفقرية
- *الفقريات لها فقرات، ورأس متميز، وسمات أخرى.*
- *نشأت الفقريات منذ نصف بليون سنة خلت: نظرة عامة.*

35-4 الأسماك
- *تتميز الأسماك بخمس صفات أساسية.*
- *أسماك القرش بهياكلها الغضروفية أصبحت مفترسات سائدة.*
- *تسود الأسماك العظمية معظم المياه.*
- *المسار التطوري نحو اليابسة عبر من خلال الأسماك ذات الزعانف المفصصة.*

35-5 البرمائيات
- *البرمائيات الحية لها خمس سمات مميزة.*
- *قهرت البرمائيات تحديات اليابسة.*
- *تنتمي البرمائيات الحديثة إلى ثلاث مجموعات.*

35-6 الزواحف
- *تبدي الزواحف ثلاث سمات أساسية مميزة.*
- *سادت الزواحف الأرض مدة 250 مليون سنة.*
- *تنتمي الزواحف الحديثة إلى أربع مجموعات.*

35-7 الطيور
- *الريش والهيكل العظمي خفيف الوزن صفتان أساسيتان للطيور.*
- *ظهرت الطيور منذ نحو 150 مليون سنة.*
- *الطيور الحديثة بالغة التنوع، ولكنها تشترك في صفات عدة مميزة.*

35-8 الثدييات
- *للثدييات شعر، وغدد لبنية، وخصائص أخرى.*
- *انشقت الثدييات منذ نحو 220 مليون سنة.*
- *ضفت الثدييات في ثلاث مجموعات، أكبرها الثدييات الجرابية.*

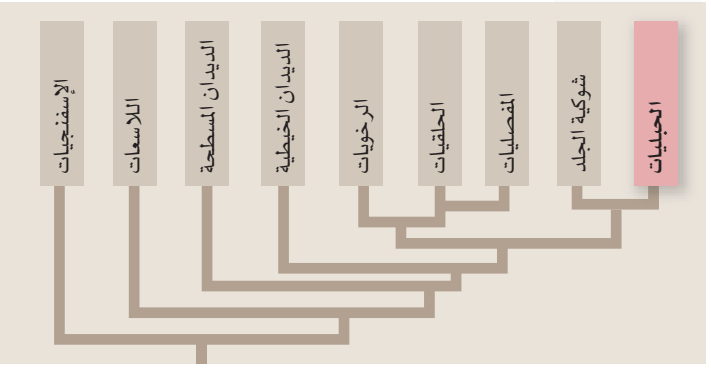
35-9 تطور الرئيسيات
- *السلالات شبيهة الإنسان قادت إلى الإنسان الأول.*
- *القردة الجنوبية كانت من أوائل الإنسانيات.*
- *ظهر الجنس Homo منذ نحو مليوني سنة.*

مقدّمة

تُظهر أعضاء قبيلة الحبليات تغيرات واسعة في الهيكل الداخلي مقارنة بما هو مُشاهد في شوكيات الجلد. فكما رأيت في الفصل الـ 34، فإن الهيكل الداخلي لشوكيات الجلد يشبه الهكيل الخارجي للمفصليات من ناحية وظيفية، فهو صدفة صلبة تحيط بالجسم، وترتبط العضلات على سطحها الداخلي. تستخدم الحبليات نوعًا مختلفًا جدًا من الهيكل الداخلي، فهو هيكل داخلي حقًّا. تتميز أعضاء قبيلة الحبليات بوجود قضيب مرن يتطور على طول ظهر الجنين. والعضلات المتصلة بهذا القضيب سمحت للحبليات الأوائل أن تؤرجح أجسامها من جانب إلى آخر، سابحة خلال الماء. هذا التقدم التطوري الأساسي –أي تعليق العضلات بتركيب داخلي– وضع الحبليات على مسار تطوري أدى إلى ظهور الفقريات، وقاد–أول مرة– إلى ظهور حيوانات كبيرة الحجم حقًّا.

openkandil.com

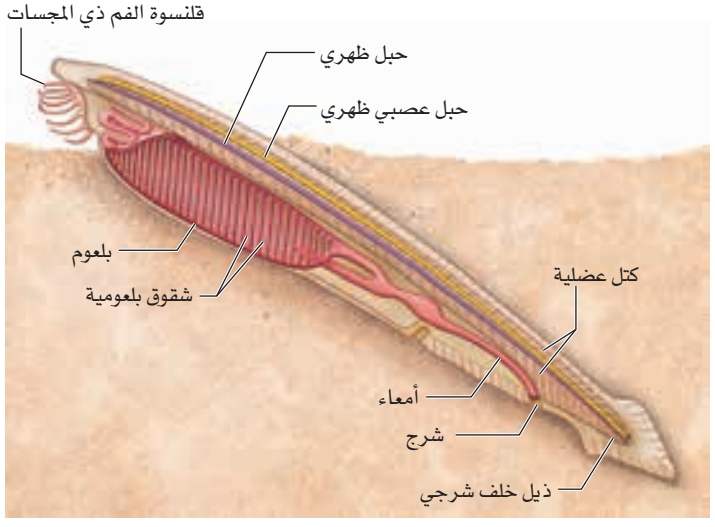
1-35 الحبليات



الحبليات (قبيلة الحبليات) حيوانات سيلومية ثانوية الفم، والأكثر قرابة لها في المملكة الحيوانية شوكيات الجلد التي تشكل كل ما تبقى من ثانوية الفم. هناك 56.000 نوع من الحبليات تقريبًا، وهي قبيلة تشمل الأسماك، والبرمائيات، والزواحف، والطيور، والثدييات.

تتميز الحبليات بأربع صفات أدت دورًا مهمًّا في تطور القبيلة (الشكل 35-1) هي:

1. **حبل عصبي Nerve cord** مجوف واحد، يمر تحت السطح الظهري للحيوان. وفي الفقريات، يتمايز الحبل العصبي الظهري إلى دماغ، وحبل شوكي.
2. **حبل ظهري Notochord**: قضيب مرن يتكون على الجانب الظهري للمعي الابتدائي في الجنين المبكر، وهو موجود في بعض مراحل التكوين الجنيني في الحبليات جميعها. يقع الحبل الظهري تحت الحبل العصبي مباشرة، وقد يستمر في بعض الحبليات طوال الحياة، لكنه يستبدل به في بعضها الآخر في أثناء التكوين الجنيني العمود الفقري الذي يتشكل حول الحبل العصبي.
3. **شقوق بلعومية Pharyngeal slits** تربط البلعوم، وهو أنبوب عضلي يربط تجويف الفم بالمرىء، مع البيئة الخارجية. وفي فقريات اليابسة لا تربط الشقوق البلعوم بالبيئة الخارجية. ولهذا، فإنها سميت تفضيلًا **الجيوب البلعومية Pharyngeal pouches**. توجد الجيوب البلعومية في أجنة الفقريات جميعها. وهي تصبح شقوقًا، وتفتح إلى الخارج في الحيوانات ذات الخياشيم، لكنها تختفي في تلك التي تفتقر إلى الخياشيم. إن وجود هذه التراكيب في أجنة الفقريات كلها يقدم دليلًا على تحدرها جميعها من بيئة مائية.
4. **ذيل خلف الشرج Postanal tail** يمتد إلى ما بعد فتحة الشرج، على الأقل في أثناء التكوين الجنيني. الحيوانات الأخرى جميعها تقريبًا لها شرج طرفي الموقع.



الشكل 35-1

الصفات الرئيسية الأربع للحبليات، كما تبدو في جنين عام.

الشكل 35-2

جنين الفأر. عند 11.5 يوم من التكوين الجنيني يكون الميزودرم مقسمًا إلى قطع تدعى قطعًا عضلية (تصطبغ باللون الداكن في الصورة) ما يعكس الطبيعة المقسمة للحبليات جميعها.

الشكل 35-3

قبيلة الحبليات: الحبليات، الفقريات، والزقيّات، والسهيم كلها حبليات، وهي حيوانات سيلومية ذات حبل ظهري مرن يعطي مقاومة لانقباض العضلات، ويسمح بحركات جانبية سريعة للجسم. تمتلك الحبليات شقوقًا أو أكياسًا بلعومية (تعكس سلفها المائي والبيئة الحالية لبعضها) وحبلًا عصبيًّا ظهريًّا أجوف. في الفقريات حل العمود الفقري محل الحبل الظهري في أثناء التكوين الجنيني.

Obeikandl.com

الحبليات جميعها لها هذه الصفات الأربع المميزة لها في مرحلة ما من حياتها. فالإنسان مثلًا عندما يكون جنينًا يمتلك أكياسًا بلعومية، وحبلًا عصبيًّا ظهريًّا، وذيلًا خلف الشرج، وحبلًا ظهريًّا. وعندما يصبح بالغًا يبقى الحبل العصبي، ويستبدل بالحبل الظهري العمود الفقري، وتُفقد كل الأكياس البلعومية باستثناء زوج واحد منها يشكل قناتي أوستاكيوس التي تربط الأذن الوسطى بالبلعوم. أما الذيل خلف الشرج فيضمر مشكلًا عظمة الذيل أو العصعص.

هناك عدد من الصفات الأخرى التي تُميز الحبليات بشكل أساسي عن الحيوانات الأخرى. فعضلات الحبليات مرتبة في كتل مقسمة تؤثر في التنظيم الأساسي لجسم الحيوان الحبلي، ويمكن مشاهدتها بوضوح في أجنة هذه القبيلة (الشكل 35-2). معظم الحبليات لها هيكل داخلي تعمل العضلات ضده. وهذا الهيكل الداخلي أو الحبل الظهري (الشكل 35-3) يجعل القدرة على الحركة والانتقال ميزة أساسية لهذه المجموعة.

تتميز الحبليات بوجود حبل عصبي ظهري أجوف، وحبل ظهري، وأكياس بلعومية وذيل خلف الشرج، في مرحلة ما من تكوينها الجنيني. الحبل الظهري المرن يعلق العضلات الداخلية، ويسمح بحركة واسعة وسريعة.

2-35 الحبليات اللافقرية

يمكن تقسيم قبيلة الحبليات إلى قبائل ثلاث: اثنتان منها لا فقريتان هما: ذيلية الحبل، ورأسية الحبل، والثالثة هي الفقريات. لا تشكل الحبليات اللافقرية فقرات أو عظامًا أخرى، وفي حالة ذيلية الحبل، فإن الشكل البالغ منها يختلف كثيرًا عما نتوقعه من هيئة الحبليات.

الزقيّات لها أشكال الحبليات اليرقية بشكل واضح

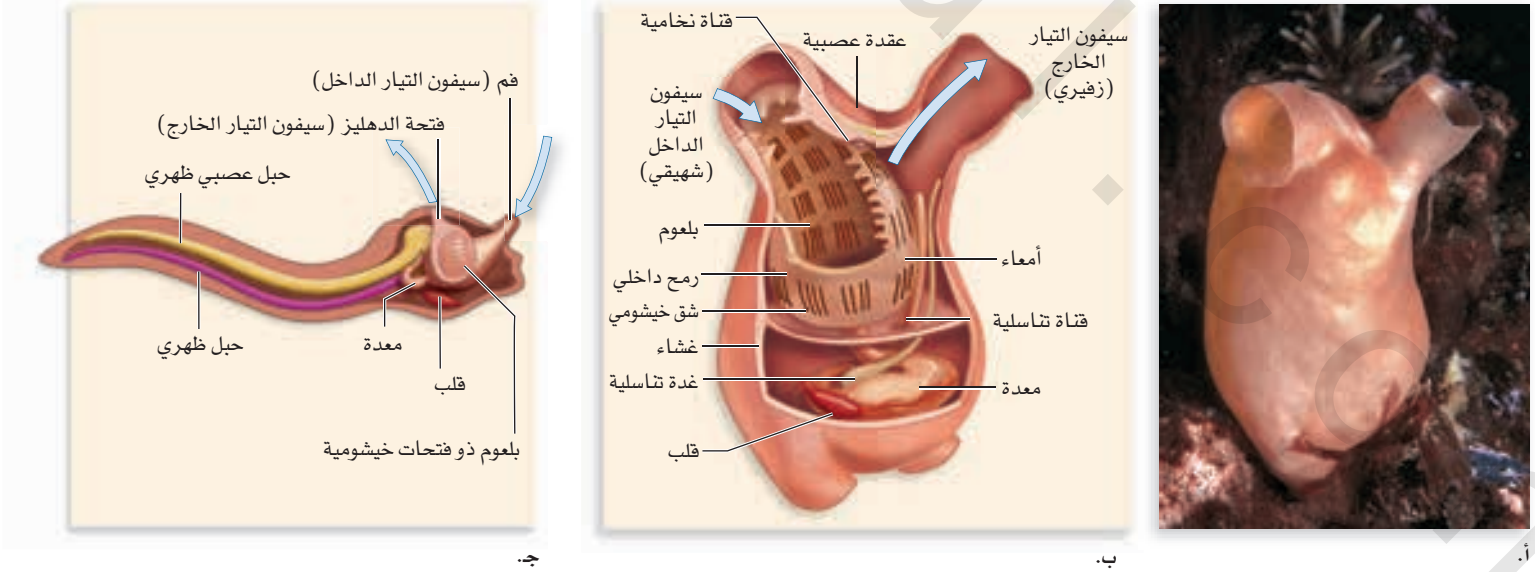
الزقيّات والسالبا (تحت قبيلة ذيلية الحبل **Urochordata**) مجموعة مكونة من 1250 نوعًا من الحيوانات البحرية. معظم هذه الحيوانات تكون غير متحركة، وهي بالغة، واليرقات فقط لديها حبل ظهري، وحبل عصبي. وهي لا تبدي، عندما تكون بالغة، تجويف جسم ملحوظًا ولا إشارات واضحة للتقسيم (الشكل 35-4أ، ب).

معظم الأنواع توجد في المياه الضحلة، في حين أن بعضها يوجد على أعماق كبيرة. في بعض الزقيات، يكوّن الحيوان البالغ مستعمرات، ويعيش في كتل أو مجموعات على أرضية المحيط. البلعوم مبطن بكثير من الأهداب التي تؤدي حركتها إلى جرّ تيار من الماء إليه، وتُحتجز دقائق الغذاء المجهرية في طبقة من المخاط يُفرزها تركيب يدعى الرمح الداخلي *Endostyle*.

تمتلك يرقات الزقيات، التي تشبه أبا ذنيبة بوضوح، كل السمات الأساسية المميزة للحبليات، وتعطي مؤشرًا على أن لها تشكيلة الصفات الأكثر بدائيةً الموجودة في أي حيوان حبلي (الشكل 35-4 جـ).

اليرقات هنا لا تتغذى، ولها مَعِي بدائي التطور، وهي تبقى حرة السباحة أيامًا عدة فقط قبل أن تستقر في القعر، وتعلق نفسها بوسط مناسب عن طريق ممص.

تتغير الزقيّات كثيرًا عند نضجها، وهي تكيف نفسها في أثناء التكوين الجنيني لتصبح مستقرة وترشيحية التغذية لدرجة يصعب معها تتبع علاقاتها التطورية بمجرد تفحص الحيوان البالغ فقط. تفرز الزقيّات البالغة **غشاءً Tunic**، وهو كيس صلب مكون أساسًا من السليلوز، وهي المادة التي توجد بشكل واسع في جدران الخلايا النباتية والطحالب، ولكن نادرًا ما توجد في الحيوانات. يحيط هذا الكيس بالحيوان، وهو يعطي القبيلة اسمها. الزقيّات التي تشكل مستعمرات قد يكون لها كيس مشترك، وفتحة واحدة مشتركة نحو الخارج.



الشكل 35-4

الزقيات (قبيلة الحبليات، تحت قبيلة ذيلية الحبل). أ. مشمش البحر *Halocynthia auranthium* كالزقيات الأخرى لا يتحرك وهو بالغ، لكنه مثبت بشكل جيد إلى قعر البحر. ب. شكل تخطيطي لتركيب حيوان زقي بالغ. جـ. شكل تخطيطي لتركيب يرقة الزقيات، مبينًا شكلها المميز الذي يشبه أبا ذنيبة. تشبه الزقيات اليرقية السلف المشترك المفترض للحبليات.

تحتفظ إحدى مجموعات ذيلية الحبل، وهي اليرقانيات Larvacea، بالذيل والحبل الظهري في أثناء طور البلوغ. وتتضمن إحدى النظريات التي تفسر أصل الفقريات وجود شكل يرقي، ربما الشكل اليرقي للزقيّات، اكتسب القدرة على التكاثر.

السّهيم حبليات بحرية صغيرة

أعطي السُّهيم (**تحت قبيلة رأسية الحبل Cephalochordata**) اسمه لأنه يشبه سهمًا صغيرًا، وهو سكين جراحي صغير ذو حدين. توجد هذه الحبليات عديمة القشور والحراشف، التي يصل طولها بضعة سنتمترات فقط، بشكل واسع في المياه الضحلة في محيطات العالم. هناك نحو 23 نوعًا تنتمي لهذه القبيلة، ومعظمها تنتمي للجنس *Branchiostoma* الذي كان يدعى سابقًا *Amphioxus* وهو الاسم الذي لا يزال شائع الاستعمال. يمتد الحبل الظهري في السهيم، على كامل طول الحبل العصبي الظهري، وهو يستمر خلال كامل حياة الحيوان.

يقضي السُّهيم معظم وقته مدفونًا جزئيًّا في الرمل، أو في القعر، ولا يبرز منه إلاّ نهايته الأمامية (الشكل 35-5). وهو يستطيع السباحة، إلا أنه نادرًا ما يقوم بذلك. يمكن بسهولة رؤية عضلات الحيوان من خلال جلده الرقيق الشفاف على هيئة سلسلة من الكتل المتميزة التي تدعى القطع العضلية. وللسُّهيم عدد من شقوق الخيشوم البلعومية أكبر بكثير مما لدى الأسماك. الجلد في السُّهيم يفتقر إلى الصبغة، ومكون من طبقة واحدة من الخلايا، ما يجعله مختلفًا عن جلد الفقريات متعدد الطبقات. جسم السُّهيم مدبب في كلتا نهايتيه، ولا يوجد له رأس متميز ولا تراكيب حسية، باستثناء مستقبلات ضوئية ذات صبغة.

يتغذى السُّهيم على العوالق المجهرية، مستخدمًا تيارًا تحدثه الأهداب التي تبطن قلنسوة الفم، والبلعوم، وفتحات الخياشيم. تشكل شقوق الخياشيم مخرجًا للماء، وتُعدّ تكيفًا للتغذية الترشيحية. تبرز قلنسوة الفم خارج الفم، وتحمل مجسات حسية تشكل حلقة حول الرأس.

الشكل 35-5

السُّهيم. حيوانا سُهيم *Branchiostoma lanceolatum* (قبيلة الحبليات، تحت قبيلة رأسية الحبل) مدفونان جزئيًّا في حصى من الأصداف، وتبرز منهما مقدمتهما الأمامية. القطع العضلية تظهر بوضوح هنا.

يشير الاكتشاف الحديث لأشكال أحافير شبيهة بالسهيم الحي في صخور عمرها 550 مليون سنة إلى قدم هذه المجموعة. وإن الدراسات الحديثة باستخدام التصنيف الجزيئي تقدم مزيدًا من الدعم للفرضية التي تقول: إن السُّهيم هو الأقرب إلى الفقريات.

الحبليات اللافقرية، وتشمل الزقيات والسُّهيم، لها حبل ظهري، وليس لها فقرات أو عظام. وهي الأوثق صلة بالفقريات.

3-35 الحبليات الفقرية

الفقريات (تحت قبيلة الفقريات **Vertebrata**) هي حبليات ذات عمود شوكي، وقد جاء اسم الفقريات من القطع العظمية أو الغضروفية المفردة المسماة الفقرات، التي تشكل هذا العمود.

الفقريات لها فقرات، ورأس متميز، وسمات أخرى

تختلف الفقريات عن الزقيات والسُّهيم في أمرين مهمين، هما:

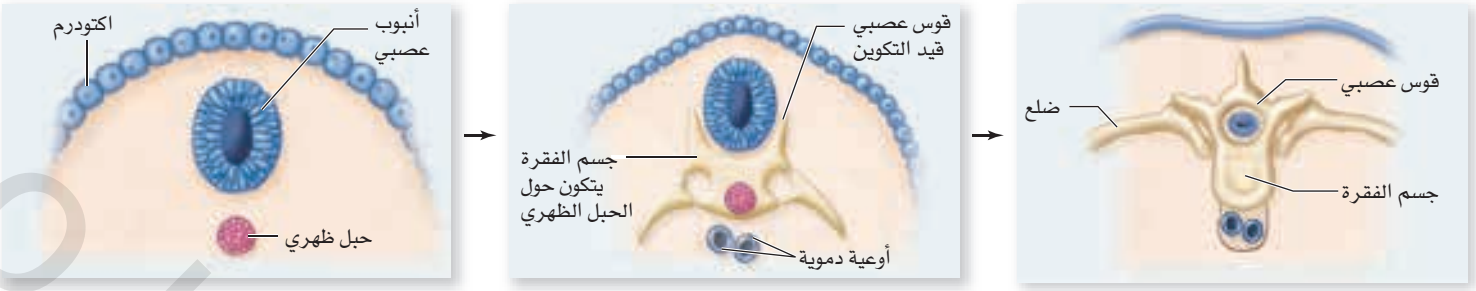
العمود الفقري Vertebral column في الفقريات جميعها، باستثناء الأسماك الأولى، استبدل العمود الفقري بالحبل الظهري في أثناء مسار التكوين الجنيني (الشكل 35-6). والعمودُ الفقريُّ سلسلةٌ من فقرات عظمية أو غضروفية تحيط، وتحمي الحبل العصبي الظهري مثل كُم الرداء.

الرأس Head للفقريات واضح وبالغ التمايز، وفيه ثلاثة أزواج من أعضاء الحس المتطورة، والدماغ محاط تمامًا بصندوق واحد هو الجمجمة أو القحف، المصنوع من العظم أو الغضروف. إضافة إلى هاتين الصفتين الأساسيتين، تختلف الفقريات عن الحبليات الأخرى في جوانب مهمة أخرى (الشكل 35-7).

العرف العصبي تسهم مجموعة متميزة من الخلايا الجنينية تدعى **العرف العصبي Neural crest** في التكوين الجنيني لكثير من تراكيب الفقريات. تتطور هذه الخلايا على عُرف الأنبوب العصبي، عندما يتشكل بانغماد الصفيحة العصبية وانفصالها (انظر الفصل الـ 53 للتفصيل). تهاجر خلايا العُرف العصبي بعد ذلك لمواقع مختلفة من الجنين قيد التطور، حيث تسهم في تكوين تراكيب مختلفة عدة.

الأعضاء الداخلية تشمل الأعضاء الداخلية المميزة للفقريات الكبد، والكلى، والغدد الصماء. فالغدد الصماء اللاقنوية تفرز هرمونات تساعد على تنظيم كثير من وظائف الجسم. وللفقريات جميعها قلب، وجهاز دوري مغلق، وتختلف الفقريات بشكل واضح عن الحيوانات الأخرى في وظائفها الدورية والإخراجية.

الهيكل الداخلي: يتكون الهيكل الداخلي لمعظم الفقريات من الغضروف أو العظم، وهما نسيج متخصص يحتوي أليافًا من بروتين كولاجين متراصة معًا (انظر الفصل الـ 47). يحتوي العظم كذلك بلورات من ملح فوسفات الكالسيوم، والميزة الكبرى للعظم على الكايتين بوصفه مواد تركيبية، هي أن العظم نسيج حي ديناميكي قوي، ولكنه غير هش. إن الهيكل الداخلي للفقريات يتيح مجالاً لجسم أكبر، ولقوة حركة غير عادية تميز هذه المجموعة.



الشكل 35–6

التكوين الجنيني للفقرة. في أثناء تطور التكوين الجنيني، يحاط الحبل الظهري المرن بغطاء غضروفي أو عظمي هو جسم الفقرة الذي يحل في النهاية محل الحبل الظهري. يحمي الأنبوب العصبي قوسًا فوق الفقرة. ويعمل العمود الفقري بوصفه تركيبًا قضيبيًّا مرنًا وقويًّا تنقبض نحوه العضلات، عندما تسبح الحيوانات أو تتحرك.

نشأت الفقريات منذ نصف بليون سنة خلت: نظرة عامة

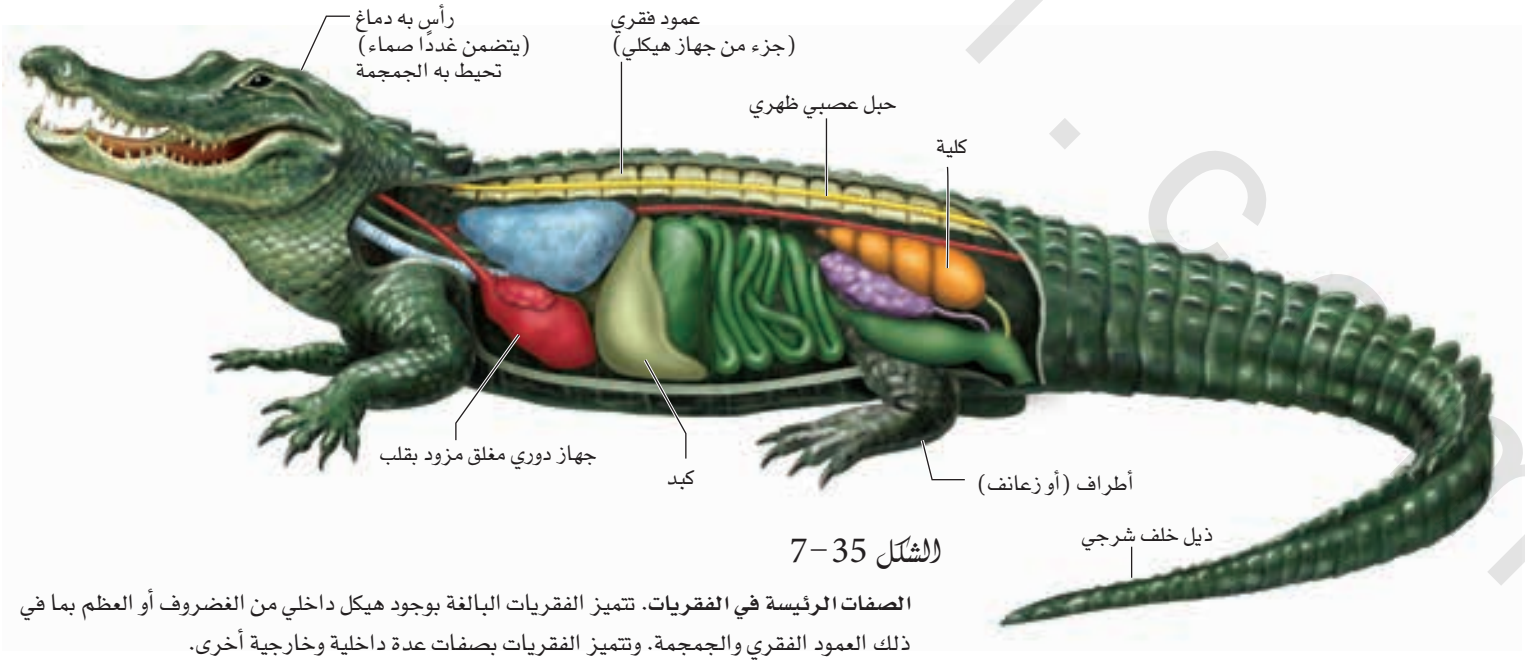
نشأت الفقريات الأوائل في المحيط منذ 545 مليون سنة في أثناء العصر الكمبري. وقد بدا كثير منها، كما لو كان سُجقًا مفلطحًا حيث، الفم في إحدى النهايات، والزعنفة في الطرف الآخر. وقد شكل ظهور الفك المتمفصل تقدمًا كبيرًا، إذ فتح خيارًا جديدًا لجمع الطعام، حيث أصبحت الأسماك ذات الفكوك هي المخلوقات الأوسع انتشارًا في البحر. أما أحفادها، أي البرمائيات، فقد غزت اليابسة، وأعطت بدورها الزواحف منذ نحو 300 مليون سنة خلت. وفي خلال خمسين مليون سنة حلت الزواحف محل البرمائيات لتصبح أوسع فقريات اليابسة انتشارًا، وهذه الزواحف هي الأكثر تكيفًا للعيش خارج الماء.

مع نجاح الزواحف، أصبحت الفقريات حقًّا المخلوقات الأوسع انتشارًا على الأرض. وقد تطورت أنواع عدة من الزواحف، وتراوحت في الحجم، من صغيرة كالدجاجة أو أصغر إلى كبيرة بحجم الشاحنة، بما في ذلك ما يطير منها أو ما يسبح. ومن بين هذه الأشكال تطورت زواحف أعطت النوعين الرئيسين المتبقيين من فقريات اليابسة: الطيور والثدييات.

لقد ظهرت الديناصورات والثدييات في الوقت نفسه تقريبًا في سجلات الأحافير منذ 220 مليون سنة خلت. وقد سادت الديناصورات الأرض مدة تزيد على 150 مليون سنة. وخلال هذه الحقبة التي تعادل 1.5 مليون قرن، لم يكن أكبر الثدييات يتجاوز حجم كلب متوسط الحجم. بعدئذ، وفي أثناء الانقراض الجماعي الذي حدث في العصر الطباشيري اختفت الديناصورات فجأة. وفي غياب الديناصورات احتلت الطيور والثدييات مكانها، وأصبحت شائعة ومتنوعة.

إن تاريخ الفقريات كان سلسلة من الإنجازات التطورية التي سمحت لها بغزو اليابسة أولًا ثم الهواء. في هذا الفصل، سوف نفحص الإنجازات التطورية الرئيسة التي سمحت للفقريات بغزو اليابسة بنجاح. وكما سنرى، فإن هذا الغزو شكل إنجازات تطورية مترنحة، وتضمن تغيرات أساسية في كثير من أنظمة الجسم.

الفقريات، وهي المجموعة الحبلية الرئيسة، تتميز بوجود عمود فقري، ورأس متميز، إضافة إلى اختلافات أخرى، كالجهاز الدوري المغلق، والأعضاء الأخرى. ظهرت الفقريات منذ 470 مليون عام.



الشكل 35–7

الصفات الرئيسة في الفقريات. تتميز الفقريات البالغة بوجود هيكل داخلي من الغضروف أو العظم بما في ذلك العمود الفقري والجمجمة. وتتميز الفقريات بصفات عدة داخلية وخارجية أخرى.

4-35 الأسماك

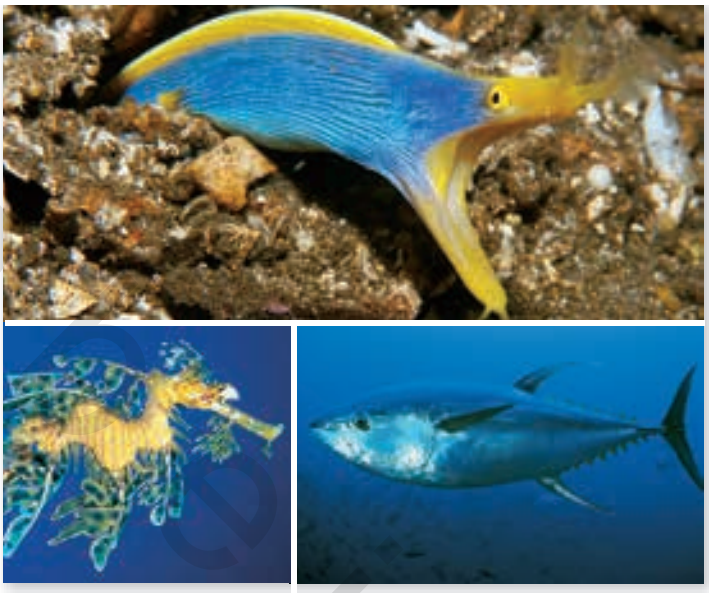
تشكل الأسماك أكثر من نصف الفقريات. وقد هيأت الأسماك، وهي مجموعة الفقريات الأكثر تنوعًا، الأساس التطوري لغزو اليابسة من قبل البرمائيات. وهكذا يمكن النظر إلى البرمائيات من نواحٍ عدة على أنها "أسماك خرجت من المياه".

تبدأ قصة تطور الفقريات من البحار القديمة في العصر الكمبري (545-490 مليون سنة خلت)، عندما ظهرت أول مرة حيوانات ذات عظم ظهري. يبين الشكل 35-8 الصفات الرئيسة للفقريات التي ظهرت لاحقًا. فالأسماك الأولى التي كانت تتلوى داخل المياه دون فكوك أو أسنان، كانت تمتص جزيئات الطعام الصغيرة من أرضية المحيط، كما تفعل مكنسة كهربائية صغيرة في تنظيف الغبار. وقد كان معظمها أقل من قدم طولًا، وتتنفس بالخياشيم، ولم يكن لها زعانف مزدوجة أو فقرات (على الرغم من أن بعضها كانت لها فقرات أثرية)، ولكنها كانت ذات رأس، وذنب بدائي يدفعها خلال الماء.

وقد كانت هذه الأسماك البسيطة هي الفقريات الوحيدة مدة 50 مليون سنة، أي في أثناء الحقبة الأردوفيشية (490-438 مليون سنة خلت). بنهاية تلك الحقبة، طورت الأسماك زعانف بدائية لمساعدتها على السباحة، وطورت دروعًا ضخمة من العظم للحماية. وقد ظهرت أولى الأسماك ذات الفكوك خلال الحقبة السيلورية (438-408 مليون سنة خلت)، كما جاء مع ذلك نمط جديد للتغذية.

تتميز الأسماك بخمس صفات أساسية

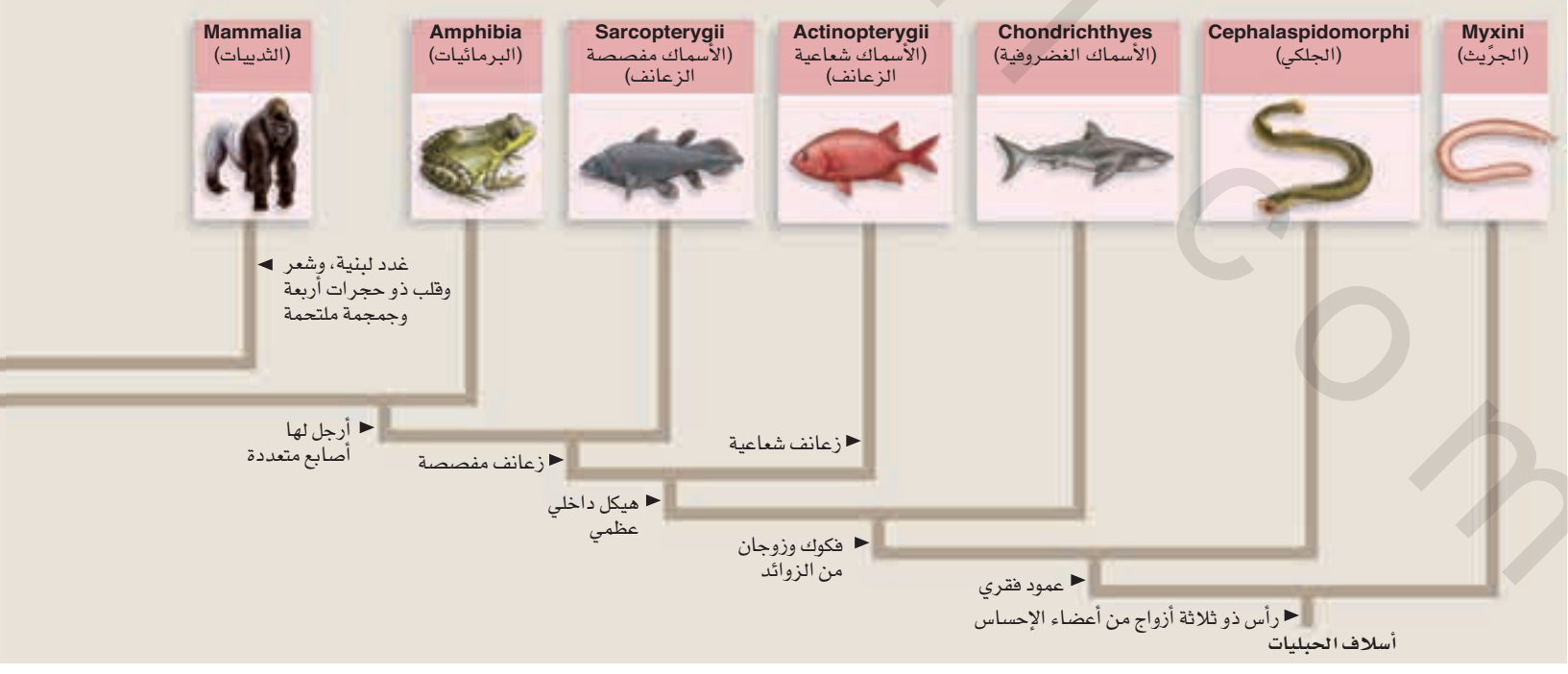
تتميز الأسماك بشكل واضح في الحجم، والشكل، واللون، والمظهر، فالقرش الحوت يتجاوز 18 مترًا طولًا، وسمك القوبيون لا يتجاوز حجم الإظفر (الشكل 35-9). وبعضها يعيش في البحار المتجمدة، في حين يعيش بعضها الآخر في المياه العذبة الدافئة، ويقضي بعض آخر مدة طويلة من الوقت خارج الماء. وعلى الرغم من هذا التباين، فإن الأسماك جميعها لها صفات مشتركة مهمة:



الشكل 35-9

الأسماك. الأسماك أكثر الفقريات تنوعًا، وتضم أنواعًا أكثر من باقي الفقريات مجتمعة. في الأعلى الحنكليس الشريط *Rhinomuraena quaesita*، في الأسفل إلى اليسار تنين البحر الورقي *Phycodurus eques* وفي الأسفل إلى اليمين سمك التونا ذو الزعنفة الصفراء *Thunnus albacares*.

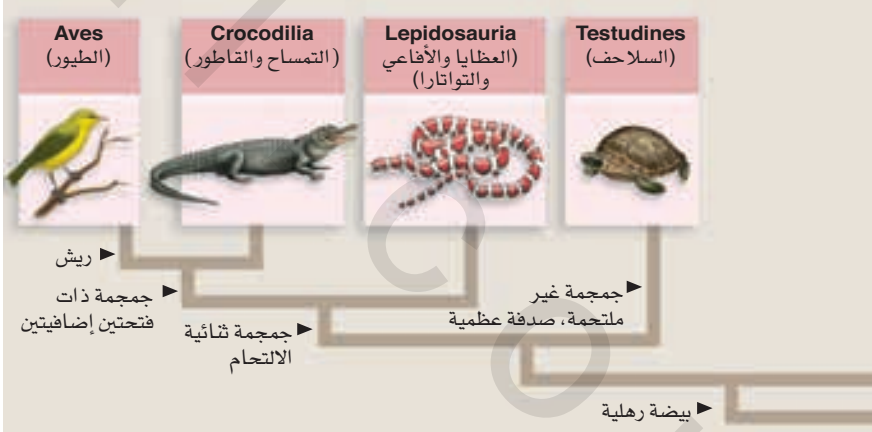
1. **العمود الفقري.** للأسماك هيكل داخلي ذو عمود عظمي أو غضروفي يحيط بالحبل العصبي الظهري، وجمجمة عظمية أو غضروفية تحيط بالدماغ. والاستثناء من ذلك أسماك الجَرّيث واللامبري أو الجلكي عديمة الفكوك. ففي الجرّيث توجد جمجمة غضروفية، لكن الفقرات غائبة، إذ يستمر الحبل الظهري في تقديم الدعامة. وفي الجلكي يوجد هيكل غضروفي، وحبل ظهري، وتوجد فقرات غضروفية أثرية تحيط بالحبل الظهري في أماكن محددة.



الجدول 35-1 طوائف الأسماك الرئيسة

الطائفة	أمثلة نموذجية	الصفات الرئيسة	العدد التقريبي للأنواع الحية
Actinopterygii **الأسماك شعاعية الزعانف**	 الأسماك شعاعية الزعانف	المجموعة الأكثر تنوعًا بين الفقريات، لها مثانة سباحة وهيكل عظمي، وزعانف مزدوجة تدعمها أشعة عظمية.	30,000
Sarcopterygii **الأسماك مفصصة الزعانف**	 الأسماك مفصصة الزعانف	مجموعة من الأسماك العظمية معظمها منقرض، أسلاف البرمائيات، زعانف مزدوجة مفصصة.	8
Chondrichthyes **الأسماك الغضروفية**	 القرش، والوَرْنك، والراي	هيكل غضروفي، ليس لها مثانة سباحة، إخصاب داخلي.	750
Myxini **الجرّيث**	 الجرّيث	ليس لها فكوك ولا زعانف مزدوجة، مترممة، غالبًا عمياء، لكن لها حاسة شم متطورة.	30
Cephalspidomorphi **ذات الرأس المدرع**	 الجلكي (اللامبري)	ليس لها فكوك ولا زعانف ومعظمها منقرض، أنواع منها طفيلية، تتكاثر جميعها في الماء العذب.	35
Placodermi **صفائحية الجلد**	 الأسماك المدرعة	لها فكوك، ورأسها مغطى بدرع ثقيل، كثير منها كان ضخمًا.	منقرضة
Acanthodii **الأسماك الشوكية** **Ostracodermi** **صدفية الجلد**	 الأسماك الشوكية	لها فكوك، وجميعها منقرض الآن، زعانف مزدوجة مدعمة بأشواك حادة، صفائح الرأس عظمية، وبقية الهيكل غضروفي.	منقرضة

2. **الفكوك والزوائد المزدوجة.** باستثناء الجرّيث والجلكي، فإن الأسماك جميعها لها فكوك وزوائد مزدوجة، وهي صفات تشاهد أيضًا في رباعيات الأقدام (انظر الشكل 35-8). وقد سمحت الفكوك لهذه الأسماك أن تقبض على فرائس أكبر حجمًا وأكثر نشاطًا. معظم الأسماك لها زوجان من الزعانف: زوج من الزعانف الصدرية على الكتف، وزوج من الزعانف الحوضية عند الحوض. وقد أصبحت هذه الأزواج ملتحمة في الأسماك ذات الزعانف المفصصة.



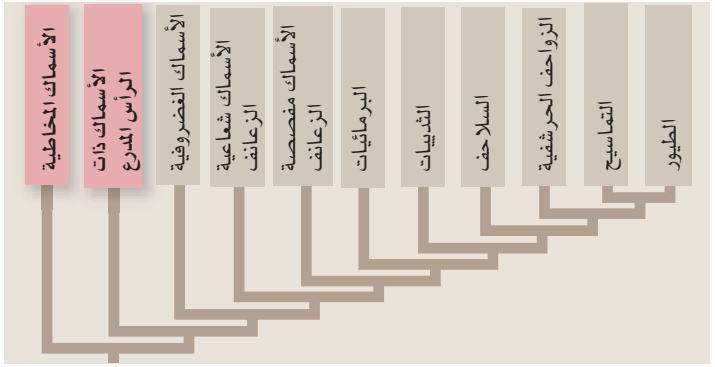
الشكل 35-8

شجرة النشوء النوعي للفقريات الحية: بعض الصفات الرئيسة التي تطورت بين مجموعات الفقريات مبينة في شجرة النسب هذه.

3. **الخياشيم الداخلية.** الأسماك مخلوقات تقطن الماء، لذا فعليها استخراج الأكسجين المذاب من الماء المحيط بها. وهي تقوم بذلك بتوجيه تدفق الماء عبر أفواهها وفوق خياشيمها (انظر الفصل الـ 49). تتكون الخياشيم من خيوط رفيعة من الأنسجة الغنية بالأوعية الدموية.

4. **جهاز دموي ذو دورة واحدة.** يُضخ الدم من القلب إلى الخياشيم، ويمر الدم المحمل بالأكسجين من هذه الخياشيم إلى بقية الجسم، ثم يعود إلى القلب. والقلب مضخة أنبوبية عضلية تتكون من أربع حجرات تنقبض على التوالي.

5. **النواقص التغذوية.** الأسماك ليست قادرة على بناء الأحماض الأمينية العطرية (فنيل ألانين، وتربتوفان، وتايروسين، انظر الفصل الـ 3)، ولهذا عليها أن تستهلك هذه الأحماض في غذائها. إن عدم القدرة هذه ورثها كل ما نسل منها من فقريات.



الأسماك الأولى

لم يكن للأسماك الأولى فكوك، فبدلًا من ذلك كان لها فقط فم في الطرف الأمامي للجسم يمكن فتحه لالتهام الطعام. وتعيش إحدى المجموعات الآن، وهي الأسماك عديمة الفكوك، تحت اسم أسماك الجريث (طائفة الأسماك المخاطية، الجدول-35 1) والجلكي (طائفة ذات الرأس المدرع).

Pearson Education

المجموعة الأخرى، وهي ذات الجلد المُصدف، دروع رؤوسها فقط مصنوعة من العظم، أما هيكلها الداخلي المعقد فهو مبني من الغضروف. يقطن كثير من أسماك الجلد المصدّف القعر، ولها فم دون فكوك يقبع تحت رأس مسطح وعيون على السطح العلوي. عاشت أسماك الجلد المصدّف في حقبتي الأردوفيشي والسيلوري (490 –408 مليون سنة خلت) لكي تنقرض تمامًا تقريبًا مع نهاية الحقبة الديفونية (408-360 مليون سنة خلت).

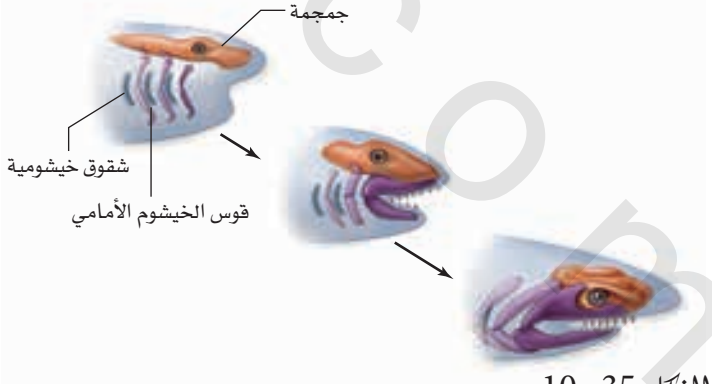
تطور الفك

شكل التطور الجنيني للفك في الحقبة السيلورية تطورًا أساسيًّا مهمًّا. فالفكوك نشأت من القوس الأمامي لسلسلة من الأقواس-دعامات مصنوعة من الغضروف استعملت لتدعيم الأنسجة بين شقوق الخياشيم لإبقائها مفتوحة (الشكل 35-10). وهذا التحول لا يبدو جذريًّا كما يبدو الأمر للوهلة الأولى.

يتشكل كل قوس خيشومي من غضاريف عدة (تطورت لاحقًا لتصبح عظامًا) مرتبة بصورة تشبه تقريبًا حرف V مقلوبًا على جانبه، وتتجه حافته المدببة نحو الخارج. ولو تخيلنا التحام الزوج الأمامي من الأقواس في الأعلى وفي الأسفل مع وجود تمفصل عند الحافة المدببة، فإنه قد تكون لدينا الفك البدائي للفقريات. لا يلتحم النصف العلوي للفك بالجمجمة مباشرة إلا عند الجانب الخلفي. أما الأسنان، فتتطور على الفكوك من حراشف جلدية متحورة تبطن الفم.

تمتلك الأسماك المدرعة المسماة صفائحية الجلد، والأسماك المسماة ذوات الأشواك فكوكًا. الأسماك الشوكية كانت شائعة جدًا خلال الحقبة الديفونية المبكرة، إذ حلت بشكل كبير محل الأسماك صدفية الجلد، ولكنها أصبحت منقرضة هي الأخرى مع نهاية العصر البرمي. وهي كصدفية الجلد، لديها هيكل داخلي من الغضروف، لكن حراشفها تحتوي صفائح صغيرة من العظم، ما يلقي ظلالًا على الدور الأعظم الذي سيؤديه العظم في مستقبل الفقريات. أما الأسماك الشوكية فكانت مفترسات ذوات فكوك، وكانت أفضل سباحةً من صدفية الجلد؛ إذ كان لها سبع زعانف لتساعد على السباحة، وجميع هذه الزعانف معززة بأشواك قوية ما أعطاها اسم ذوات الأشواك. في الوقت الحاضر لا توجد أسماك شوكية حية.

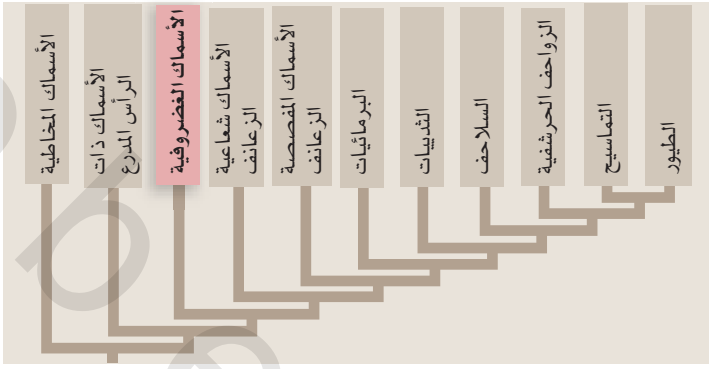
أصبحت الأسماك ذات الصفائح الجلدية والدرع الثقيلة شائعة في منتصف الحقبة الديفونية. تتكون إحدى المجموعات الناجحة والمتنوعة جدًا من سبع رتب من ذات الصفائح الجلدية، سادت البحار قرب نهاية الحقبة الديفونية لكي تصبح منقرضة في نهاية تلك الحقبة نفسها. وقد كانت فكوك ذات الصفائح الجلدية أكثر تطورًا من فكوك الأسماك الشوكية الأكثر بدائية، فالفك العلوي ملتحم مع الجمجمة، والجمجمة متمفصلة مع الكتف. وقد وصل كثير من تلك الصفائح إلى أحجام هائلة؛ إذ زاد بعضها على 30 قدمًا طولًا، وكان طول جمجمتها قدمين، وقضمتها هائلة.



الشكل 35-10

تطور الفك. تطورت الفكوك من أقواس الخياشيم الأمامية لأسماك قديمة عديمة الفكوك.

أسماك القرش بهياكلها الغضروفية أصبحت مفترسات سائدة



اختفت الفقريات الأوائل كلها في نهاية الحقبة الديفونية تقريبًا، وحلت محلها أسماك القرش والأسماك العظمية في واحد من أعظم الانقراضات الجماعية التي حدثت في تاريخ الأرض (انظر الفصل الـ 22). نشأت أسماك القرش والأسماك العظمية أول مرة في بداية الحقبة الديفونية، نحو 400 مليون سنة خلت. تحسَّن تركيب الفك في هذه الأسماك، إذ تحول الجزء العلوي للقوس الخيشومي الأول بعد الفك إلى تركيب دعامي يربط مؤخرة الفك السفلي بمؤخرة الجمجمة، ما سمح للفم أن يفتح بصورة أوسع مما كان ممكنًا من قبل.

أصبحت أسماك القرش هي المفترسات السائدة في البحار في أثناء الحقبة الطباشيرية (360-280 مليون سنة خلت). فالقرش (طائفة **الأسماك الغضروفية**) له هيكل مكون من الغضروف، كالأسماك البدائية، ولكنه تكلس، ودُعم بحبيبات من كربونات الكالسيوم التي ترسبت في الطبقات الخارجية من الغضروف، فكانت النتيجة هيكلًا خفيفًا جدًا، ولكنه قوي.

والقرش سباح ماهر؛ فهو يتمتع بشكل انسيابي وزعانف مزدوجة، وهيكل خفيف ومرن (الشكل 35-11). فالزعانف الصدرية واسعة بشكل خاص، وتندفع للخارج كجناحي طائرة، وهذه هي وظيفتها، إذ تضيف قوة دفع تعادل قوة الدفع نحو الأسفل التي تحدثها الزعنفة الذيلية. إنَّ أسماك القرش مفترسات عدوانية، وبعض أسماك القرش الأولى بلغت أحجامًا هائلة.

تطور الأسنان

كانت أسماك القرش من أوائل الفقريات التي تُطور أسنانًا. هذه الأسنان تطورت من حراشف خشنة على الجلد، ولم تكن مزروعة في الفك، كأسنان الإنسان، بل تستقر فوق الفك. لذا، فهي ليست راسية بقوة في الفك، ويمكن أن تُفقد بسهولة. تترتب الأسنان في فم القرش في 20 صفًّا تقريبًا، والأسنان الأمامية تقوم بالعض

الشكل 35-11

الأسماك الغضروفية. أفراد هذه الطائفة مثل القرش الأزرق *Prionace glauca* مفترسات بشكل رئيس أو مترممات.

والقطع، والأسنان في الخلف تنمو وتنتظر دورها. فعندما ينكسر أحد الأسنان أو يتآكل، فإن بديلًا له يتقدم نحو الأمام من الصف اللاحق. وقد يستخدم القرش الواحد خلال حياته أكثر من 20.000 سن.

جلد القرش مغطى بحراشف صغيرة تشبه الأسنان، وهي تعطي ملمسًا خشنًا يشبه ورق الزجاج. والحراشف هنا كالأسنان تستبدل بشكل مستمر في أثناء حياة سمك القرش.

نظام الخط الجانبي

تمتلك أسماك القرش والأسماك العظمية نظام خط جانبيًّا كامل التطور. يتكون نظام الخط الجانبي من سلسلة من أعضاء الحس تبرز في قناة تحت سطح الجلد، وتمتد على طول جسم السمكة، وتفتح نحو الخارج عن طريق سلسلة من النقر الغائرة. ويؤدي مرور الماء على جسم السمكة إلى إجبار الماء على المرور بهذه القناة عبر النقر. والنقر مرتبة، بحيث إن بعضها يجري تنبيهه بغض النظر عن اتجاه حركة الماء. إن تفاصيل وظيفة نظام الخط الجانبي موصوفة في الفصل الـ 45. وبمعنى حقيقي، فإن نظام الخط الجانبي في السمكة يعادل السمع.

التكاثر في الأسماك الغضروفية

يختلف التكاثر في طائفة الأسماك الغضروفية عنه في الأسماك الأخرى. بيوض القرش تخصب داخليًّا. في أثناء الجماع، يقبض الذكر على الأنثى عن طريق زعانف محورة تدعى **الحاضنات Claspers** ويجري المني من الذكور إلى داخل الأنثى خلال تجاويف في الحاضنات نفسها. وعلى الرغم من أن أنواعًا قليلة تضع بيوضًا مخصبة، فإن بيوض معظم الأنواع تتطور داخل جسم الأنثى، وتولد الصغار حية.

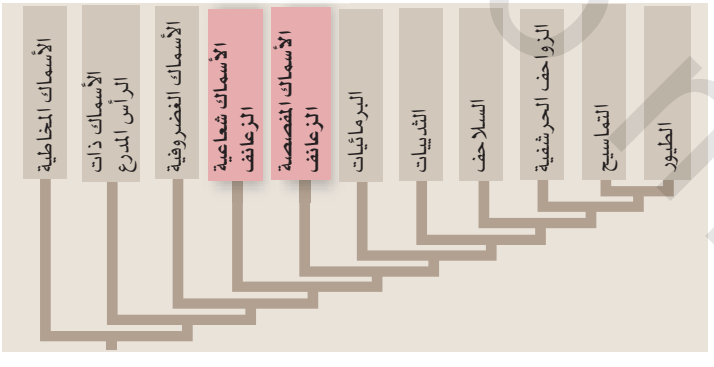
يقود هذا النظام التكاثري أسماك القرش في الوقت الحاضر إلى حتفها. فنظرًا لطول مدة الحمل وقلة عدد النسل الناتج، فإن القرش غير قادر على التعافي بسرعة من انخفاض تجمعاته السكانية. ولسوء الحظ، فإن أسماك القرش تُصطاد بشكل مكثف في الوقت الحاضر نظرًا لانتشار استعمال زعانفها كحساء مرغوب في آسيا وأماكن أخرى. نتيجة لذلك، تتناقص تجمعات أسماك القرش بشكل كبير، وهناك تخوف من أن أنواعًا عدة منها تواجه الانقراض سريعًا.

تطور أسماك القرش

إن كثيرًا من الخطوط التطورية المبكرة لأسماك القرش ماتت في أثناء الانقراض الجماعي الكبير عند نهاية الحقبة البرمية (248 مليون سنة خلت). أما ما بقي منها فقد عايش انفجارًا تنوعيًّا خلال الحقبة الوسيطة (248-65 مليون سنة خلت)، حيث ظهرت معظم المجموعات الحديثة من القرش. فأسماك الوَرْنك والراي، وهي أقارب للقرش مفلطحة ظهر بطنيًّا، تطورت في مثل هذا الوقت، أي ما يقارب 200 مليون سنة بعد ظهور القرش.

تسود الأسماك العظمية معظم المياه

تطورت الأسماك العظمية في الوقت نفسه الذي تطورت فيه أسماك القرش، أي منذ قرابة 400 مليون سنة، ولكنها سلكت طريقًا تطوريًّا مختلفًا. فبدلًا من اكتساب



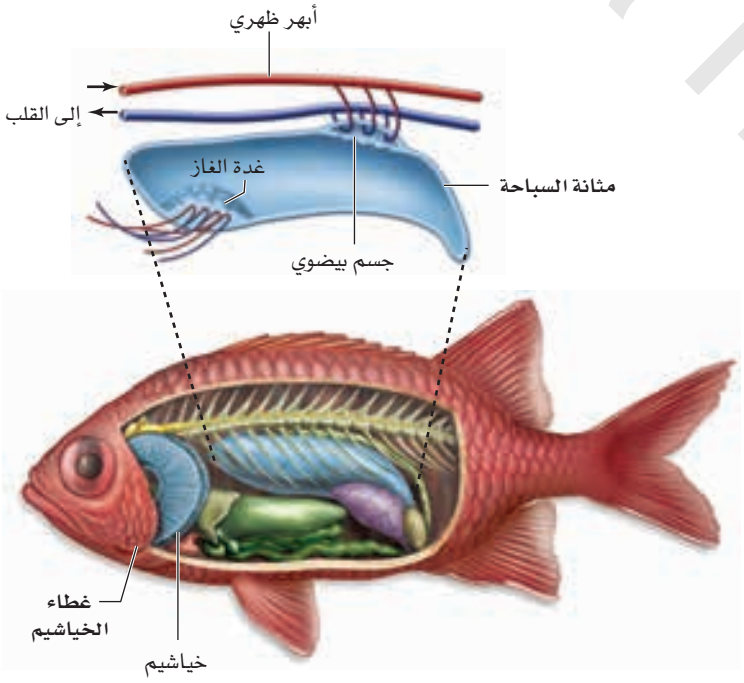
السرعة من خلال الخفة، كما فعلت أسماك القرش، نجد أن الأسماك العظمية تبنت هيكلًا داخليًّا ثقيلًا مصنوعًا بكامله من العظام.

العظم قوي، ويشكل قاعدة تنقبض العضلات نحوها. لم يتعظم الهيكل الداخلي وحده، ولكن تعظمت الأغطية الخارجية للصفائح والحراشف. معظم الأسماك العظمية لها زعانف متحركة، وحراشف رقيقة جدًا، وذيل كامل التناظر (يحفظ السمكة على خط مستقيم، وهي تشق طريقها في الماء). الأسماك العظمية أكثر مجموعات الأسماك تنوعًا بل أكثر من الفقريات. فهناك مجموعات عدة من الرتب التي تضم أكثر من 30,000 نوع حي. تحقق النجاح الملحوظ للأسماك العظمية من سلسلة من التكيفات المهمة التي مكنتها من أن تسود الحياة في الماء. ومن هذه التكيفات مثانة السباحة وغطاء الخياشيم (الشكل 35 - 12).

مثانة السباحة

على الرغم من أن العظام أثقل من الهيكل الغضروفي، فإن الأسماك العظمية لا تزال قابلة للطفو بسبب امتلاكها **مثانة السباحة Swim bladder**، وهي كيس مملوء بالغاز يسمح لها بتنظيم كثافتها، بحيث تبقى معلقة عند أي عمق في الماء دون مجهود. أما أسماك القرش في المقابل، فإن عليها أن تتحرك خلال الماء، أو أن تغطس؛ لأن أجسامها أكثر كثافة من الماء، ولا تحتوي مثانة سباحة.

في الأسماك العظمية البدائية، مثانة السباحة هي جيب خارجي ظهري من البلعوم، وينشأ بعد الحنجرة، وفي هذه الأنواع، تملأ السمكة مثانة السباحة بابتلاع الهواء عند سطح الماء. وفي معظم الأسماك العظمية الحديثة، تكون مثانة السباحة عضوًا مستقلًا، وتمتلئ أو تفرغ داخليًّا من الغازات التي هي غالبًا من النتروجين والأكسجين.



الشكل 35-12

رسم تخطيطي لمثانة السباحة. تستخدم الأسماك العظمية هذا التركيب، الذي تطور على هيئة جيب خارجي ظهري من البلعوم، من أجل السيطرة على كثافتها في الماء. يمكن أن تُملأ مثانة السباحة أو تُفرغ من الغازات؛ للسماح للسمكة بالسيطرة على كثافتها في الماء. تؤخذ الغازات من الدم، حيث تفرز غدة الغاز الغازات إلى مثانة السباحة، ويتحرر الغاز من المثانة نحو الدم ثانية عن طريق صمام عضلي هو الجسم البيضوي.

أ.

ب.

الشكل 35-13

الأسماك الشعاعية الزعانف والمفصصة الزعانف.

أ. الأسماك شعاعية الزعانف كالسمكة الملاك الكورية المبينة في الصورة، تتميز بزعانف ذات أشعة عظمية متوازية فقط.

ب. الأسماك مفصصة الزعانف لها لب مركزي من العظم، إضافة إلى الأشعة العظمية. السمكة ذات الأشواك المجوفة *Latimeria chalumnae*، وهي سمكة مفصصة الزعانف العظمية، اكتشفت في غرب المحيط الهندي عام 1938. تمثل هذه السمكة مجموعة من الأسماك، كان يعتقد أنها انقرضت منذ 70 مليون سنة. وبينما كان العلماء يدرسون الأنواع الحية في بيئاتها الطبيعية على أعماق تتراوح بين 100-200 متر عثروا عليها تتجرف مع التيارات وتصطاد أسماكًا أخرى في الليل. بعض أفرادها يبلغ 3 أمتار طولًا، ولها مثانة سباحة رفيعة ومملوءة بالدهون.

كيف تتدبر الأسماك العظمية هذه الحيلة المدهشة؟ تحصل السمكة على الغازات من الدم باستخدام غدة متميزة تطلق الغازات إلى المثانة عندما ترغب السمكة في المزيد من الطفو. وعندما ترغب في الغوص، يعاد امتصاص الغازات إلى تيار الدم خلال تركيب يدعى الجسم البيضوي. وهناك مجموعة من العوامل الفيزيولوجية التي تسيطر على تبادل الغازات بين تيار الدم والمثانة.

غطاء الخياشيم

لدى معظم الأسماك العظمية صفيحة صلبة تدعى **غطاء الخياشيم Operculum**، الذي يغطي الخياشيم على كل من جانبي الرأس. إن ثني غطاء الخياشيم يسمح للسمكة العظمية بضخ الماء فوق الخياشيم. الخياشيم معلقة في الشقوق البلعومية التي تشكل ممرًّا بين البلعوم وخارج جسم السمكة. وعندما يُغلق غطاء الخياشيم يُغلق هذا المخرج تمامًا.

عندما تفتح الفم، فإن غلق غطاء الخياشيم يزيد حجم تجويف الفم، ويندفع الماء إلى داخله، وعندما تغلق الفم، فإن فتح غطاء الخياشيم يقلل حجم تجويف الفم ما يجبر الماء على المرور فوق الخياشيم في اتجاه الخارج.

إن استخدام هذا «المنفاخ» الفعال يمكِّن الأسماك العظمية من تمرير الماء فوق الخياشيم، وهي لاتزال ساكنة في الماء. وهذا ما تفعله السمكة الذهبية عندما تبدو أنها تبتلع شيئًا في حوض أسماك الزينة.

المسار التطوري نحو اليابسة مرّ من خلال الأسماك ذات الزعانف المفصصة

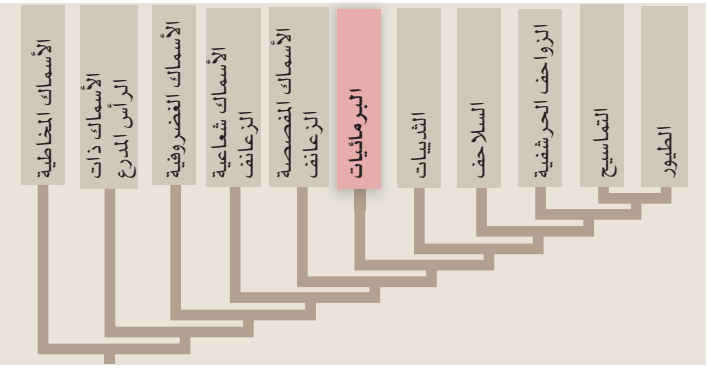
تُشكل الأسماك ذات الزعانف الشعاعية (**طائفة مشطية الأجنحة** (الزعانف) **Actinopterygii** الشكل 35-13 أ)، والأسماك ذات الزعانف المفصصة (**طائفة لحمية الأجنحة** (الزعانف) **Sarcopterygii**- مجموعتين كبيرتين من الأسماك العظمية. تختلف المجموعتان في تركيب زعانفهما (الشكل35-13 ب). ففي الأسماك ذات الزعانف الشعاعية، يتكون الهيكل الداخلي للزعنفة من أشعة عظمية متوازية تدعم كل زعنفة، وتعطيها صلابة. وليس هناك عضلات ضمن الزعانف، بل إن الزعانف تحركها عضلات ضمن الجسم.

في المقابل، الأسماك ذات الزعانف المفصصة لها زعانف مزدوجة، تتألف من فص عضلي لحمي طويل (ومن هنا جاء اسمها) مدعوم بلب مركزي من العظام التي تشكل مفاصل كاملة التمفصل مع بعضها. وهناك أشعة عظمية فقط عند قمة كل زعنفة مفصصة. وإن العضلات ضمن كل فص يمكن أن تحرك أشعة الزعنفة بشكل مستقل إحداها عن الأخرى، وهو إنجاز لا يمكن لأي سمكة شعاعية الزعانف أن تفعله.

تطورت الأسماك ذات الزعانف المفصصة منذ 390 مليون سنة تقريبًا، أي بعد أول ظهور للأسماك العظمية بمدة وجيزة. ويوجد منها في الوقت الحاضر ثمانية أنواع فقط: نوعان من ذات الأشواك المجوفة (الشكل 35-13ب) وستة أنواع من الأسماك الرئوية. وعلى الرغم من ندرتها في الوقت الحاضر، فإن أسماك ذات الزعانف المفصصة أدت دورًا مهمًّا في مسار تطور الفقريات، إذ من المؤكد أن البرمائيات تطورت في الغالب من الأسماك ذات الزعانف المفصصة.

تُعَدُّ الأسماك من أوائل الفقريات. وتتميز بالخياشيم، وبوجود جهاز دوري ذي دورة واحدة. الأسماك الغضروفية كالقرش تُعدّ سابحات سريعة، وتطورت بوصفها مفترسات سائدة. والأسماك العظمية، وهي ناجحة جدًا، لها ميزات خاصة كمثانة السباحة، وغطاء الخياشيم، إضافة إلى الهياكل المتعظمة.

5-35 البرمائيات



تتحدر الضفادع والسلمندرات والديدان العمياء ذات الجلد الرطب من الأسماك مباشرة. هذه الأشكال هي الوحيدة المتبقية على قيد الحياة من أصل مجموعة ناجحة جدًا تدعى البرمائيات (طائفة **البرمائيات Amphibia**)، وهي أوائل الفقريات التي تمشي على اليابسة. معظم برمائيات الوقت الراهن صغيرة، وتعيش دون أن يكترث بها الإنسان، ولكنها تُعدّ من بين فقريات اليابسة الأكثر عددًا. وقد أدت البرمائيات في هذا العالم أدوارًا مهمةً جدًا في الشبكات الغذائية على اليابسة.

البرمائيات الحية لها خمس سمات مميزة

صنّف علماء الأحياء الأنواع الحية من البرمائيات في ثلاث رتب (الجدول 35-2): 1) خمسة آلاف نوع من الضفادع والعلجوم تقع ضمن 22 عائلة تشكل معًا رتبة عديمة الذيل. 2) 500 نوع من السلمندر والسمندل تقع ضمن 9 عائلات تشكل معًا رتبة الذيليات. 3) 170 نوعًا (6 عائلات) من مخلوقات تشبه الديدان، وغالبًا عمياء تدعى الديدان العمياء، وهي تعيش في المناطق الاستوائية، وتشكل رتبة عديمة الأقدام. هذه البرمائيات جميعها لها صفات عدة مميزة مشتركة:

1. **الأرجل:** الضفادع ومعظم السلمندرات لها أربع أرجل، وتستطيع الحركة على اليابسة بشكل جيد. وقد شكلت الأرجل أحد التكيفات المهمة للحركة على اليابسة. أما الديدان العمياء فقد فقدت أرجلها في أثناء مسار تكيفها للوجود داخل الجحور.
2. **الرئات:** تمتلك معظم البرمائيات زوجًا من الرئات على الرغم من أن السطوح الداخلية لها ذات مساحة سطحية أقل بكثير من رئات الزواحف أو الثدييات. تتنفس البرمائيات بخفض قعر الفم؛ لكي تمتص الهواء، ثم تعود لرفعه ثانية لدفع الهواء نحو رئاتها (انظر الفصل الـ 49).
3. **التنفس الجلدي:** الضفادع، والسلمندرات، والديدان العمياء جميعها تساند التنفس الرئوي لكونها تتنفس من خلال الجلد الذي تبقيه رطبًا، وله مساحة سطحية واسعة.
4. **الأوردة الرئوية:** بعد ضخ الدم نحو الرئتين، يقوم وريدان رئويان واسعان بإعادة الدم المحمل بالأكسجين إلى القلب لإعادة ضخه. وبهذه الطريقة، فإن الدم المحمل بالأكسجين يضخ إلى الأنسجة بضغط أعلى كثيرًا.
5. **القلب المقسوم جزئيًا:** يقوم جدار فاصل بمنع الدم المشبع بالأكسجين العائد من الرئتين من الاختلاط بالدم غير المشبع بالأكسجين العائد إلى القلب من بقية الجسم. لهذا، فالدورة الدموية مقسومة إلى مسارين منفصلين: رئوي وجهازي. لكن الفصل غير كامل؛ لأنه لا يوجد فاصل في إحدى غرف القلب، وهي البطين (انظر الفصل الـ 49).

هناك صفات عدة متخصصة تشترك بها كل برمائيات الوقت الحاضر. ففي الرتب الثلاث هناك منطقة ضعف بين قاعدة السن وتاجه، وإن لها نوعًا خاصًّا من خلايا العصي الحسيّة في شبكية العين تدعى «العصا الخضراء» وهي غير معروفة الوظيفة بعد.

قهرت البرمائيات تحديات اليابسة

إن كلمة برمائي تعني "مزدوج الحياة"، وهو تعبير يعبر بشكل جيد عن صفة أساسية من صفات برمائيات الوقت الحاضر، ما يعكس قدرتها على العيش في عالمين–عالم الماء ذي الأسلاف من الأسماك، وعالم اليابسة الذي قامت بغزوه أولًا. وسنراجع هنا التاريخ المتقلب لهذه المجموعة، التي انقرض معظم أعضائها منذ 200 مليون سنة تقريبًا. ثم سنفحص بالمزيد من التفصيل حال الأنواع القليلة الباقية من البرمائيات.

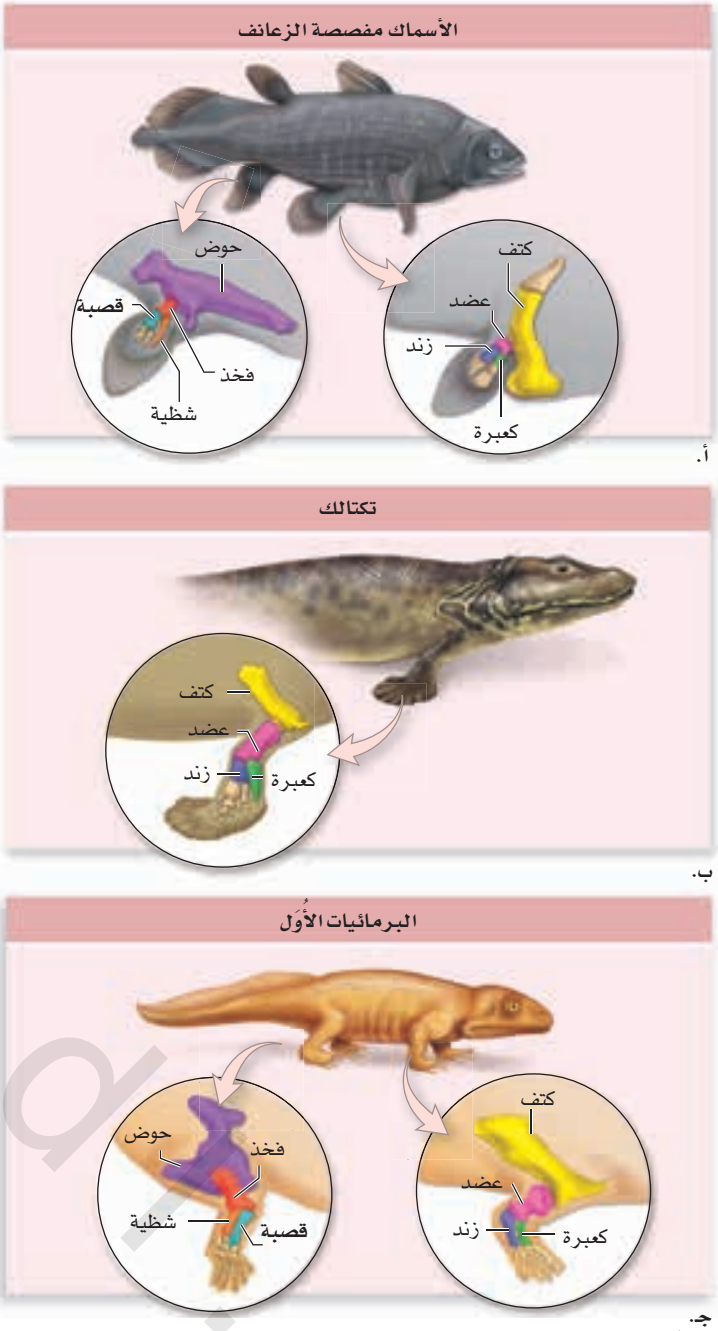
لقد واجه غزو الفقريات لليابسة عددًا من التحديات المهمة:

- فنظرًا لأن أسلاف البرمائيات كان لها أجسام كبيرة نسبيًّا، فإن إسناد وزن الجسم على اليابسة وتحريكه من مكان إلى آخر شكل تحديًا كبيرًا (الشكل 35-14) وهكذا، فقد نشأت الأرجل لسد هذه الحاجة.
- على الرغم من توافر الأكسجين للخياشيم في الهواء أكثر منه في الماء، فإن التركيب الرقيق للخياشيم يتطلب رفع الماء لها لدعمها، ولهذا فإنها لن تعمل في الهواء. لذا، فإن وجود طرق أخرى للحصول على الأكسجين يصبح ضروريًّا.

الجدول 35-2 رتب البرمائيات

الرتبة	أمثلة نموذجية	الصفات المميزة الأساسية	العدد التقريبي للأنواع الحية
عديمة الذنب	الضفدع والعلجوم	جسم متراص دون ذنب، رأس كبير ملتحم مع الجذع، الأطراف الخلفية متخصصة بالقفز.	5,000
الذيليات	السلمندر والسمندل	جسم رفيع، ذنب طويل وأطراف تنطلق على هيئة زوايا قوائم مع الجسم.	500
عديمة الأطراف	الديدان العمياء	مجموعة استوائية ذات جسم يشبه الأفعى، ليس لها أطراف، ذنب صغير أو معدوم.	170

obeikandl.com



الشكل 35-14

مقارنة بين أطراف الأسماك مفصصة الزعانف، وتكتالك، والبرمائيات الابتدائية. أ. سمكة مفصصة الزعانف: بعض هذه الحيوانات ربما يمكنها السير على اليابسة. ب. تكتالك: عظام الكتف والطرف الأمامي تشبه تلك التي للبرمائيات، لكن الزعانف تشبه تلك التي للأسماك مفصصة الزعانف. لم تكن متحجرة تكتالك تحتوي الأطراف الخلفية عندما عثر عليها. جـ. البرمائيات البدائية. كما يبين تركيب هيكلها، أرجل هذه الحيوانات يمكن أن تخدم بصورة أفضل من تلك التي لأسلافها في الحركة على اليابسة.

- يتطلب توفير كميات كبيرة من الأكسجين للعضلات الأكبر التي ستقوم بالحركة على اليابسة، حدوث تحوير في القلب والدورة الدموية.
- التكاثر يجب أن يتم في الماء؛ لكي لا تجف البيوض.
- والأكثر أهمية ألا يجف الجسم نفسه.

البرمائيات الأولى

لقد حلت البرمائيات مشكلاتها جزئيًّا فقط، ومع ذلك فإن الحلول كانت ناجحة، حيث استطاعت البرمائيات العيش مدة 350 مليون سنة، فالتطور إذن لا يعتمد على وجود حلول مثالية، بل على حلول قابلة للتطبيق.

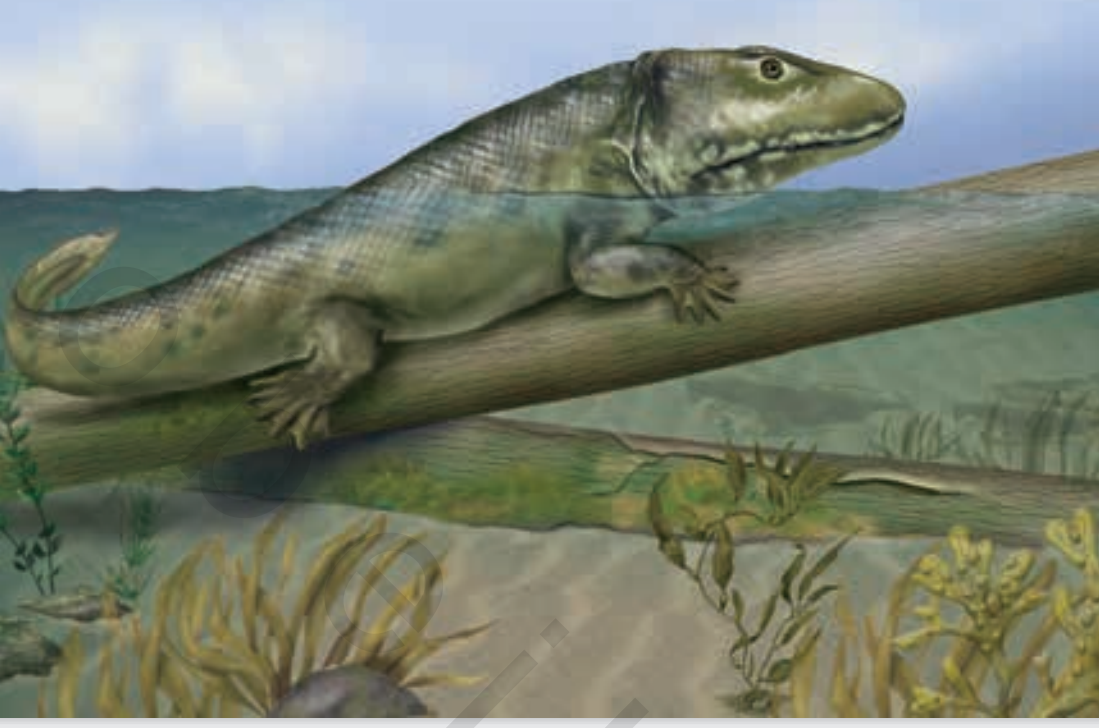
يتفق علماء الأحافير على أن البرمائيات نشأت من الأسماك ذات الزعانف المفصصة. لقد وجدت متحجرة إكثيوستيجا *Ichthyostega*، وهي واحدة من أقدم أحافير البرمائيات (الشكل 35-15)، في صخور عمرها 370 مليون سنة في غرينلند. في ذلك الوقت، كانت غرينلند جزءًا من قارة أمريكا الشمالية الحالية، وتقع قرب خط الاستواء. وقد وُجدت أحافير البرمائيات جميعها في المئة مليون سنة اللاحقة في أمريكا الشمالية. ولم تنتشر البرمائيات في العالم إلا عندما اندمجت قارة آسيا والقارات الجنوبية مع أمريكا الشمالية لتشكيل القارة العملاقة بانجيا.

لقد كان إكثيوستيغا حيوانًا قوي البناء، وذا أرجل أمامية متينة ومدعمة بعظام الكتف. وبخلاف عظام السمكة، لم تعد عظام الكتف هنا مرتبطة بالجمجمة، ولهذا فالأطراف قادرة على إسناد وزن الحيوان. وحيث إنَّ الأطراف الخلفية كانت أشبه بزعانف الحوت في شكلها، فإن من المحتمل أن إكثيوستيغا كان يتحرك كما تفعل الفقمة، إذ تشكل الأطراف الأمامية قوة للدفع في اتجاه الحركة، وتجر الأطراف الخلفية بقية الجسم جرًّا. ولكي تقوى عظام الظهر أكثر، فقد تشكلت أضلاع طويلة وعريضة ومتداخلة مع بعضها، وكونت قفصًا صلبًا للرئتين والقلب. لقد كان القفص الصدري هذا صلبًا لدرجة أنه لم يكن ممكنًا زيادة سعته أو إنقاصه من أجل التنفس. بدلًا من ذلك، فإن الحيوان ربما حصل على الأكسجين كما تفعل برمائيات العصر الحاضر، أي بخفض قاعدة الفم، وسحب الهواء، ثم رفعها ثانية لدفع الهواء نحو القصبة الهوائية والرئتين، وقد وجدت متحجرة انتقالية مهمة بين الأسماك والبرمائي إكثيوستيغا عام 2006 في شمالي كندا. عاشت هذه المتحجرة واسمها تكتالك *Tiktaalik* منذ 375 مليون سنة، وكان لها خياشيم وحراشف كالأسماك، وعنق كالبرمائيات. لكن الأكثر أهمية هو شكل أطرافها الأمامية (الشكل 35-14): فالكتف، والذراع الأمامي، وعظام الرسغ كانت تشبه عظام البرمائيات، ولكن في نهاية الطرف كانت توجد زعنفة مفصصة بدلًا من أصابع البرمائيات. ومن ناحية بيئية، فإن متحجرة تكتالك التي كان يبلغ طولها ثلاثة أمتار هي مرحلة وسطى بين الأسماك والبرمائيات، وربما كانت تقضي معظم وقتها في الماء، ولكنها كانت قادرة على جر نفسها نحو اليابسة للإمساك بالغذاء، أو للهرب من الأعداء.

ارتفاع البرمائيات وهبوطها

لقد تمكنت البرمائيات، بحركتها نحو اليابسة، من استغلال مصادر عدة والوصول إلى بيئات جديدة. فالبرمائيات أصبحت شائعة في أثناء الحقبة الطباشيرية (360-280 مليون سنة خلت). وهناك أربع عشرة عائلة معروفة من البرمائيات عاشت في مطلع الحقبة الطباشيرية، وكلها تقريبًا كانت مائية، أو شبه مائية مثل متحجرة إكثيوستيغا (الشكل 35-15). وفي نهاية الحقبة الطباشيرية، كان معظم أمريكا الشمالية مغطى بمستنقعات استوائية ضحلة، حيث عاشت 34 عائلة من البرمائيات في هذه البيئة اليابسة الرطبة متشاطرة العيش مع أنواع من الديناصورات، وبعض الزواحف الأولى.

في الحقبة البرمية المبكرة التي أعقبت ذلك (280-248 مليون سنة خلت)، حدث تغير ملحوظ بين البرمائيات-فقد بدأت بمغادرة السبخات نحو الأراضي الجافة. وقد كان لكثير من البرمائيات اليابسة صفائح عظمية، ودروع تحمي أجسامها،



الشكل 35-15

كانت البرمائيات أول الفقريات التي مشت على اليابسة. أحد أوائل البرمائيات كان إكثيوستيجا *Ichthyostega*، وكان له أطراف فعالة في الزحف على اليابسة، وله حاسة شم متطورة وخطم متطاول، وتراكيب أذن متقدمة لالتقاط الأصوات المحمولة بالهواء. وعلى الرغم من صفاته هذه، فإن إكثيوستيجا الذي عاش منذ 350 مليون سنة، كان لها شبه بالأسماك من حيث المظهر العام، وربما يكون قد مكث الجزء الأكبر من حياته في الماء.

ونمت في الحجم لتصبح في مثل حجم حصان قزم. ويشير الحجم الكبير، ووجود الحماية على أجسامها إلى أن هذه البرمائيات لم تستخدم جلدها في التنفس كما تفعل برمائيات اليوم، بل كان لها جلد غير نفاذ ليمنع تبخر الماء. وهكذا، فإنها اعتمدت تمامًا على رئاتها من أجل التنفس. في منتصف الحقبة البرمية، كان هناك 40 عائلة من البرمائيات، 25% منها كانت لا تزال شبه مائية مثل إكثيوستيغا و 60% من البرمائيات كانت تعيش على اليابسة تمامًا، 15% كانت تعيش على وسط شبه يابس. وقد شكل ذلك قمة نجاح البرمائيات، ودعيت تلك الحقبة أحيانًا بعصر البرمائيات.

تطورت الزواحف من البرمائيات في نهاية الحقبة البرمية. فقد أصبحت إحدى المجموعات، ثيرابسدا أو "وجه الوحش" شائعة وطردت البرمائيات من بيئتها اليابسة، واستحوذت عليها. وقد أصبحت ثيرابسيدا فقريات اليابسة السائدة عقب الانقراض الجماعي الكبير الذي حدث في نهاية الحقبة البرمية، وأصبح معظم البرمائيات مائيًّا. واستمر هذا التوجه في الحقبة الثلاثية (248-213 مليون سنة خلت) حيث شهدت هذه الحقبة الانقراض النهائي للبرمائيات من على اليابسة.

تنتمي البرمائيات الحديثة إلى ثلاث مجموعات

تحدرت البرمائيات الحديثة جميعها من ثلاث عوائل من البرمائيات التي استطاعت البقاء خلال عصر الديناصورات. خلال الحقبة الثلثية (65-2 مليون سنة خلت)، نجحت البرمائيات ذات الجلد الرطب في غزو البيئات الرطبة في العالم كله، حيث يوجد منها اليوم أكثر من 5600 نوع موزعة على 37 عائلة مختلفة، تشكل رُتبًا ثلاثًا، هي: عديمة الذنب، والذيليات، وعديمة الأطراف.

رُتبة عديمة الذنب: الضفادع والعلجوم

تعيش الضفادع والعلاجيم، وهي برمائيات عديمة الذنب، في بيئات متعددة تتراوح بين الصحراء، والجبال، إلى البرك والمستنقعات (الشكل 35-16 أ). الضفادع لها جلد ناعم رطب وجسم عريض، وأرجل خلفية طويلة تجعل منها قافزات رائعة. تعيش معظم الضفادع في الماء أو قربه على الرغم من أن بعض الأنواع الاستوائية تعيش على الأشجار.

يختلف العلجوم عن الضفدع، في أن له جلدًا جافًّا ذا نتوءات، وأرجله قصيرة، ومتكيف جدًا مع البيئات الجافة. لا يشكل العلجوم مجموعة وحيدة الأصل، بمعنى

رتبة عديمة الذنب

أ.

رتبة الذيليات

ب.

رتبة عديمة الأطراف

ج.

الشكل 35-16

طائفة البرمائيات. أ. الضفدع الشجري ذو العيون الحمراء *Agalychnis callidryas* من رتبة عديمة الأطراف. **ب.** السلمندر النمر البالغ *Ambystoma tigrinum* من رتبة الذيليات. **ج.** الدودة العمياء *Caecilia tentaculata* من رتبة عديمة الأطراف.

أن أنواع العلجوم ليست أقرب إلى بعضها مما هي لبعض أنواع الضفادع. فمصطلح العلجوم *Toad* يُطلق على البرمائيات عديمة الذنب التي تكيفت مع البيئات الجافة بتطويرها حزمة من الميزات التكيفية. هذا التطور الالتقائي حدث مرات عدة بين برمائيات عديمة الذنب متباعدة القرابة.

تعود معظم الضفادع والعلاجيم إلى الماء للتكاثر، فتضع بيوضها في الماء مباشرة. تفتقر بيوضها إلى أغشية خارجية منيعة ضد الماء، وهي قد تجف بسرعة على اليابسة. تُخصب البيوض خارجيًّا وتفقس منتجة أشكالًا يرقية سابحة تدعى أبا ذنيبة. يعيش أبو ذنيبة في الماء حيث يتغذى عادة على طحالب دقيقة. بعد أن ينمو إلى حجم مناسب، يتطور جسم أبي ذنيبة إلى شكل الضفدع البالغ.

رتبة الذيليات: السلمندرات

السلمندرات ذات أجسام متطاولة، وذنب طويل، وجلد ناعم رطب (الشكل 35-16ب). يتراوح طولها بين بضعة إنشات إلى قدم، على الرغم من أن السلمندرات الآسيوية العملاقة من الجنس *Andrias* يبلغ طولها مترًا ونصف المتر، وتزن قرابة 33 كجم. تعيش معظم السلمندرات في الأماكن الرطبة، وتحت الحجارة والأخشاب وأوراق النباتات الاستوائية، ويعيش بعض السلمندرات في الماء بشكل كامل.

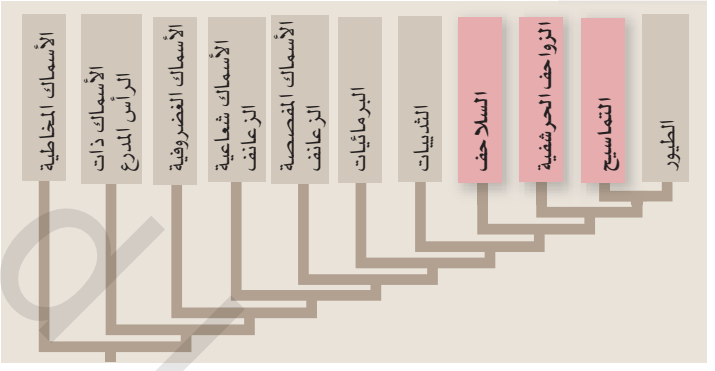
تضع السلمندرات بيوضها في الماء أو في الأماكن الرطبة، ومعظمها تمارس نوعًا من التلقيح الداخلي، تلتقط فيه الأنثى كتلًا من المني يضعها الذكر. تمر معظم السلمندرات، كعديمة الذنب، بمرحلة يرقية قبل التحول إلى بالغ، لكنها تختلف عن عديمة الذنب في أن أبا ذنيبة يختلف كثيرًا عن الضفدع البالغ، في حين تشبه الأطوار اليرقية للسلمندرات الحيوان البالغ على الرغم من أن هذه الأطوار تعيش في الماء، ولها خياشيم خارجية تختفي في أثناء مراحل التطور.

رتبة عديمة الأطراف: الديدان العمياء *Caecilians*

أفراد رتبة عديمة الأطراف من الديدان العمياء (تدعى أيضًا Gymnophiona)، هي مجموعة شديدة التخصص من برمائيات استوائية تعيش في الجحور (الشكل 35-16 جـ). هذه المخلوقات عديمة الأطراف، وهي تشبه الديدان، ويتراوح طولها بين 30 سنتمترًا و 1.3 متر. لها عيون صغيرة، والغالب أن تكون عمياء، وهي تشبه الديدان، لكن لها فكوكًا ذات أسنان، تتغذى على الديدان، وبعض لافقريات التربة، والتلقيح داخلي.

ظهرت البرمائيات على اليابسة منذ نحو 370 مليون سنة. تتميز بوجود جلد رطب وأرجل (فقدت في بعض الأنواع)، ورئات، وجهاز دوري معقد ومقسم. تعتمد معظم الأنواع على البيئة المائية من أجل التكاثر.

6-35 الزواحف



إذا تخيلنا أن البرمائيات مسوّدة مخطوط للبقاء على اليابسة، فإن الزواحف هي الكتاب المتكامل. فقد حسنت الزواحف من الحلول التي قدمتها البرمائيات للتحديات الخمسة التي واجهتها للعيش على اليابسة. فتنظيم الأرجل تطور ليدعم وزن الجسم بشكل أكثر فعالية، ما سمح للزواحف أن تكون ذات أجسام أكبر، وأن تركض كذلك. وأصبح القلب والرئتان أكثر فعالية، وأصبح الجلد مغطى بصفائح جافة أو حراشف؛ لتقليل فقد الماء، وغُلفت البيوض بغطاء مانع لنفاذ الماء.

يعيش الآن على الأرض أكثر من 7000 نوع من **الزواحف** (طائفة الزواحف **Reptilia**). تشكل الزواحف مجموعة حافظت على وجودها في عالم اليوم، إذ إن هناك أنواعًا حية من الأفاعي والعظايا أكثر مما لدى الثدييات.

تبدي الزواحف ثلاث سمات أساسية مميزة

تتشاطر الزواحف الحية جميعها بعض الصفات الأساسية المميزة لها، التي احتفظت بها منذ أن أبعدت البرمائيات التي كانت فقريات اليابسة السائدة، وحلت محلها. من بين هذه الصفات المهمة:

1. **البيوض الرهلية Amniotic eggs**: كان على البرمائيات وَضْع بيوضها في الماء، أو في بيئة رطبة لكي تتجنب الجفاف. أما معظم الزواحف فتضع بيوضًا مقاومة لتبخر الماء، وتحتوي مصدرًا للغذاء (المح)، ولها سلسلة من أربعة أغشية، هي: كيس المح، والرهل، والممبار، والكوريون (غشاء المشيمة) (الشكل 35-17). كل واحد من هذه الأغشية يجعل من البيضة نظامًا مستقلًّا وقابلًا للحياة. تمتلك كل الزواحف الحديثة إضافة إلى الطيور والثدييات هذا النمط نفسه من الأغشية ضمن البيضة، ولهذا تعرف هذه الطوائف الثلاث **بالرهليات Amniotes**.

الشكل 35-17

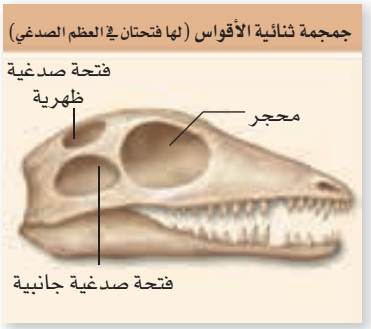
البيضة المانعة لنفاذ الماء. تعد البيضة الرهلية الصفة الأهم التي سمحت للزواحف بالعيش في تشكيلة واسعة من البيئات اليابسة.

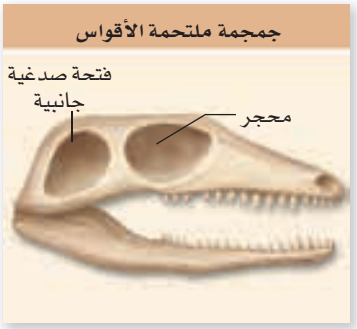
الجدول 35-3 رتب الزواحف الرئيسة

الرتبة	مثال نموذجي	الخصائص الأساسية	العدد التقريبي للأنواع الحية
ذوات الحراشف، تحت رتبة الزواحف الحقيقية	العظايا	عظايا، تنبثق الأطراف على هيئة زوايا قوائم على الجسم، الشرج شق عرضي، أغلبها حيوانات تعيش على اليابسة.	3,800
ذوات الحراشف، تحت رتبة الأفاعي	الأفاعي	أفاعٍ، ليس لها أرجل، تتحرك بالسعي أو الانزلاق، الجلد الحرشفي ينسلخ بشكل دوري، معظمها حيوانات يابسة.	3,000
ذوات الخطم (خطمية الرأس)	تواتارا	المتبقي الوحيد من مجموعة كانت ناضجة، واختفت قبل الديناصورات، أسنان إسفينية متحدة ليس لها جيوب تستقر بها، عين بدائية ثالثة تحت جلد الجبهة.	2
السلاحف	السلاحف والسلاحف البرية والسلاحف البحرية	زواحف ذات درع، وصدفة ذات صفائح عظمية تلتحم بها الفقرات والأضلاع، منقارها حاد ومتقرن وليس به أسنان.	250
التماسيح	التمساح والقاطور	زواحف متقدمة، قلبها له أربع حجرات وأسنانها منغرزة بالفك، الشرج شق طولي، أقرب الزواحف الحية إلى الطيور.	25
زواحف ذات ورك يشبه الطيور Ornithischia	ستيجوسور	ديناصور له عظمتا حوض تتجهان إلى الخلف، كما في حوض الطيور، عاشبة، الأرجل تحت الجسم.	منقرضة
الزواحف الوركية Saurichia	تيرانوسور	ديناصور له عظمة حوض تتجه نحو الأمام والأخرى إلى الخلف، كما في حوض العظايا. آكل للنبات واللحوم، الأرجل تحت الجسم، تطورت منها الطيور.	منقرضة
الزواحف المجنحة	تيروسور (الزاحف المجنح)	زواحف طيارة، الأجنحة مصنوعة من الجلد الممتد بين الأصبع الرابع والجسم، البعد بين نهايتي الجناح في الأشكال المبكرة 60 سم، وفي الأشكال المتأخرة نحو 8 م.	منقرضة
أقارب الزواحف	قريب الزواحف	زواحف بحرية برميلية الشكل ذات أسنان كبيرة وحادة، وزعانف تشبه المجذاف، بعضها له رقبة تشبه الأفعى، ويصل طولها ضعف طول الجسم.	منقرضة
الزواحف الطيور	الزاحف الطائر إكثيوسور	زواحف بحرية انسيابية يشابه جسمها في نواحٍ عدة أسماك القرش والأسماك الحديثة.	منقرضة

يقع الغشاء الخارجي للبيضة، وهو **الكوريون Chorion** تحت القشرة المسامية مباشرة، وهو يمنع نفاذ الماء، لكنه يسمح بتبادل الغازات التنفسية. أما **الرهل Amnion** فيحيط بالجنين المتطور ضمن تجويف مملوء بالسائل. ويزود **كيس المح Yolk sac** الجنين بالغذاء القادم من المح عن طريق أوعية دموية تربطه بمعي الجنين. أما **الممبار Allantois** فيحيط بتجويف تخرج إليه النواتج الضارة للجنين.

2. **الجلد الجاف**: تمتلك معظم البرمائيات الحية جلدًا رطبًا، وعليها أن تبقى في أماكن رطبة لتتجنب الجفاف. أما الزواحف فلها جلد جاف، ومانع لتبخر الماء، إذ توجد طبقة من الحراشف تغطي أجسامها، وتمنع فقد الماء. تتطور الحراشف من خلايا سطحية مملوءة بالكيراتين، وهو البروتين نفسه الذي يشكل المخالب، والأظافر، والشعر، وريش الطيور.





الشكل 35-18

جماجم مجموعة الزواحف. تُميز مجموعة الزواحف بعدد الفتحات الموجودة على جانب الرأس خلف المحجر: صفر لعديمة الأقواس، 1 لملتحمة الأقواس، 2 لثنائية الأقواس.

3. **التنفس الصدري**: تتنفس البرمائيات بعصر حنجرتها لضخ الهواء نحو الرئتين، وهذا أمر يقيِّد قدرتها على التنفس لتكون محدودة بحجم الفم فقط. أما الزواحف فقد طورت تنفسًا رئويًّا، إذ تُوسع أو تُضيق حجم القفص الصدري، ما يسبب دخول الهواء إلى الرئتين أو يجبره على الخروج منهما. فقدرة هذا النظام إذن محددة بحجم الرئتين فقط.

سادت الزواحف الأرض مدة 250 مليون سنة

خلال مدة 250 مليون سنة، كانت الزواحف فقريات اليابسة الضخمة السائدة، وخلال هذه المدة ظهرت سلاسل مختلفة من مجموعات الزواحف، ثم اختفت.

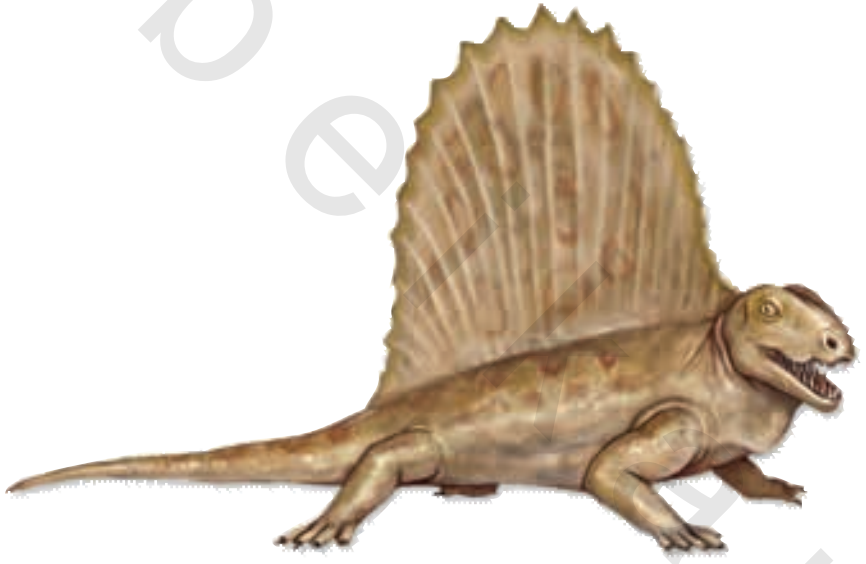
ملتحمة الأقواس (سينابدا) *Synapsida*

إحدى الصفات المهمة في تصنيف الزواحف هي وجود عدد من الفتحات خلف العيون (الشكل 35-18). تتعلق عضلات فك الزواحف بهذه الثقوب، ما يسمح لها أن تقضم بقوة أكبر. أولى المجموعات التي سادت كانت ملتحمة الأقواس (**سينابدا Synapsida**) التي كان لجمجمتها زوج من الفتحات الصدغية خلف فتحات العيون.

الزواحف الحوضية (**بيليكوسور Pelycosaurs**) مجموعة مهمة من ملتحمة الوجه الأولى، وقد سادت مدة 50 مليون سنة، وشكلت 70% تقريبًا من فقريات اليابسة، وقد وزنت بعض الأنواع قرابة 200 كجم. وقد تمكنت هذه الزواحف بما لديها من أسنان طويلة حادة وشبيهة بالسكين، أول مرة بين فقريات اليابسة، من قتل حيوانات أخرى بحجمها (الشكل 35 - 19).

استُبدلت الزواحف الحوضية منذ نحو 250 مليون سنة بنوع آخر من ملتحمة الأقواس، يدعى وجه الوحش أو ثيرابسدا (الشكل 35-20). تشير بعض الأدلة إلى أن هذه المجموعة الأخيرة كانت من ذوات الدم الحار، وقادرة على توليد الحرارة داخليًّا، وربما امتلكت بعض الشعر أيضًا، وقد مكن هذا ثيرابسدا من أن تكون أكثر نشاطًا من الفقريات الأخرى عندما كان الشتاء طويلًا وباردًا.

كانت الزواحف ثيرابسدا فقريات اليابسة السائدة لما يقارب 20 مليون سنة (تدعى أيضًا زواحف شبيهة الثدييات)، إلى أن استبدلت بشكل كبير منذ نحو 230 مليون سنة بمجموعة أخرى من الزواحف تدعى ذات القوسين. انقرضت معظم ثيرابسدا منذ 170 مليون سنة، لكن مجموعة واحدة بقيت، وأنجبت أنسالًا تعيش حتى اليوم، وهي الثدييات.



الشكل 35-19

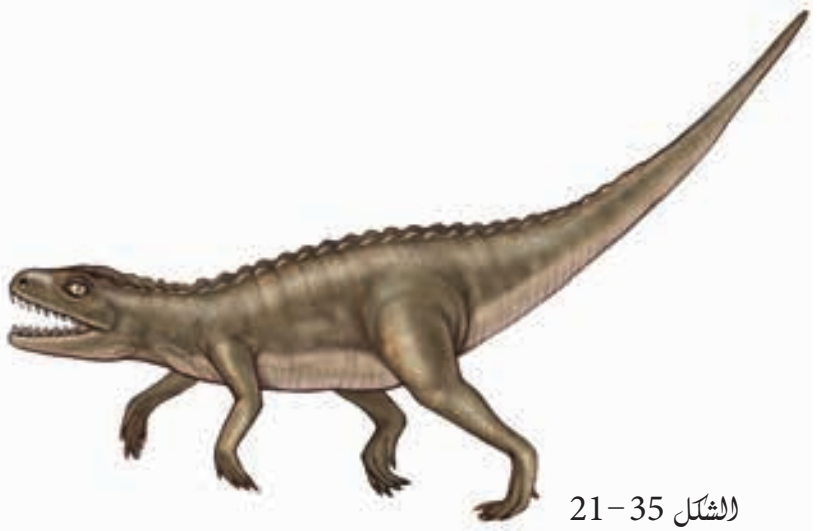
الزواحف الحوضية (بيليكوسور). الجنس *Dimetrodon* هو زاحف حوضي آكل للحوم، وله شراع ظهري، ربما كان ينظم درجة حرارة الجسم بتبديد الحرارة أو جمعها عند الاستدفاء بالشمس.

الشكل 35-20

وجه الوحش: هذا الحيوان الصغير يشبه ابن عرس، وينتمي إلى الجنس *Megazostrodon* وربما كان له فرو. هذا الحيوان الذي عاش في الحقبة الترياسية (الثلاثية) يشبه إلى حد كبير الثدييات الحديثة، لدرجة أقنعت بعض العلماء بوصفه أوائل الثدييات.

الزواحف ذات الأقواس *Archosaurs*

ذات القوسين هي زواحف لها جمجمة، فيها زوجان من الثقوب الصدغية، وقد كانت كالبرمائيات والزواحف المبكرة من ذوات الدم البارد. وقد وجدت تشكيلة من ذات القوسين في الحقبة الثلاثية (الترياسية) (248-213 مليون سنة خلت)، لكن مجموعة منها، وهي الزواحف القوسية كانت ذات أهمية تطورية خاصة؛ لأنها أنتجت التماسيح، والزواحف المجنحة، والديناصورات، والطيور (الشكل 35-21).



الشكل 35-21

زاحف مبكر من ذات الأقواس. هذا الجنس *Euparkeria* كان له صفوف من صفائح عظمية على طول جانبي العمود الفقري، كالذي نشاهده في التماسيح الحديثة والقاطور.

كان من بين الزواحف ذات الأقواس أضخم حيوانات شهدها العالم حتى الآن وأوائل فقريات اليابسة ذات الرِّجْلين التي تقف وتمشي على قدمين. بانتهاء الحقبة الثلاثية، تطورت إحدى مجموعات الزواحف القوسية لتعطي الديناصورات.

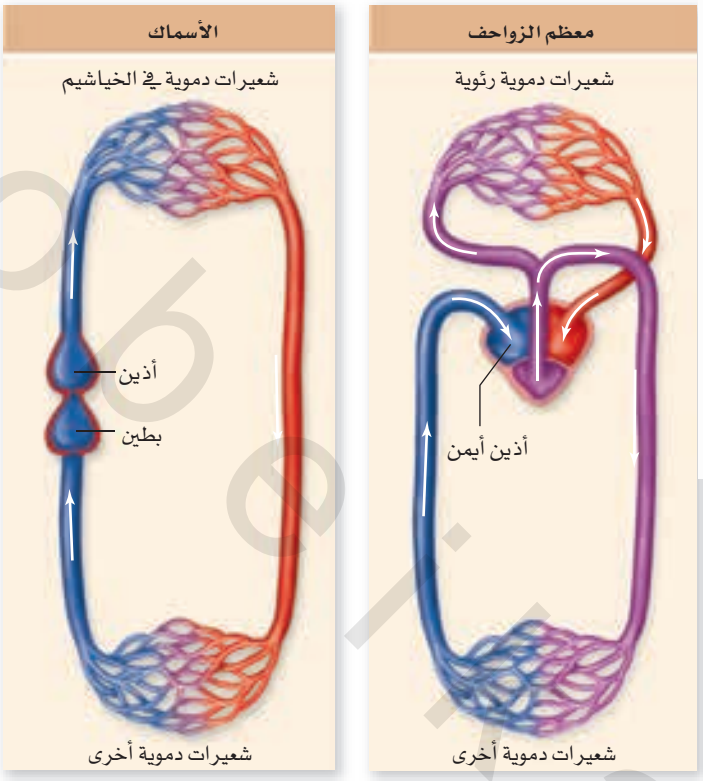
تطورت الديناصورات منذ نحو 220 مليون سنة، وبخلاف ثنائية الرِّجْلين ثنائية الأقواس كانت أرجلها متموضعة تحت جسمها تمامًا (الشكل 35-22). وضع هذا التصميم وزن الجسم مباشرة فوق الأرجل ما سمح للديناصورات أن تركض بسرعة كبيرة وبرشاقة. في مرحلة لاحقة، طوّر أنواع عدة من الديناصورات أحجامًا ضخمة، فعادت إلى وضع ذي أربع أرجل لإسناد وزنها الهائل. واستمرت الديناصورات في البقاء لتصبح أكثر فقاريات اليابسة نجاحًا، فسادت الأرض أكثر من 150 مليون سنة. لكن الديناصورات جميعها انقرضت فجأة منذ 65 مليون سنة تقريبًا، نتيجة لأثر كويكب على ما يبدو.

الصفات المهمة للزواحف الحديثة

عند تخيل تركيب البيضة الأمنيوتية، يمكن القول: إن الزواحف والرهليات الأخرى لا تمارس التلقيح الخارجي، كما تفعل معظم البرمائيات. فالحيوانات المنوية

الشكل 35-22

هيكل أعيد بناؤه للزاحف *Afrovenator*. هذا المخلوق آكل للحوم، ويمشي على قدمين، وكان طوله نحو 30 قدمًا، وعاش في إفريقيا منذ 130 مليون سنة تقريبًا.



الشكل 35-23

مقارنة بين الدورة الدموية للزواحف وللأسماك. أ. في معظم الزواحف، الدم المحمل بالأكسجين (أحمر) يعاد ضخه بعد مغادرته الرئتين، وتبقى الدورة الدموية لبقية الجسم قوية ونشطة. ب. الدم في الأسماك يتدفق من الخياشيم مباشرة إلى بقية الجسم ما يعطي دورة دموية بطيئة.

ليست قادرة على اختراق الحواجز الغشائية التي تحمي البيضة. بدلًا من ذلك، يضع الذكر المني داخل الأنثى، فيلقح المني البيوض قبل أن تتكون عليها الأغشية الواقية، وهذا يدعى الإخصاب الداخلي.

طرأ تحسن على الجهاز الدوري للزواحف، إضافة إلى ما كان لدى البرمائيات والأسماك، ما زود الجسم بالأكسجين بكفاءة (الشكل 35-23). تحقق هذا الإنجاز بامتداد حاجز ضمن القلب ابتداءً من الأذين، وامتدادًا نحو البطين. هذا الحاجز أنشأ جدارًا جزئيًّا يميل لتقليل مزج الدم قليل الأكسجين بالدم الغني بالأكسجين ضمن البطين. في التماسيح، يقسم هذا الحاجز البطين تمامًا، ما يشكل أربع حجرات، كما هو حال قلب الطيور والثدييات (وربما كما فعلت الديناصورات).

الزواحف الحية جميعها **خارجية الحرارة Ectothermic** (كانت تسمى ذوات الدم البارد سابقًا)، وهي تحصل على الحرارة من مصادر خارجية. في المقابل، فالحيوانات **داخلية الحرارة Endothermic** قادرة على توليد الحرارة داخليًّا (انظر الفصل الـ 50). وعلى الرغم من أن الزواحف خارجية الحرارة، فإن ذلك لا يعني أنها لم تكن قادرة على تنظيم درجة حرارة أجسامها. فكثير من الأنواع كانت قادرة على تنظيم درجة الحرارة بدقة، وذلك بالحركة نحو الشمس أو بعيدًا عنها. بهذه الطريقة، تستطيع بعض عظايا الصحراء أن تُبقي أجسامها على درجة حرارة ثابتة خلال النهار بأكمله. أما في الأيام الغائمة، أو في الأنواع التي تعيش في بيئات ظليلة، فإن هذا التنظيم الحراري لا يكون ممكنًا، وفي مثل هذه الحالات تكون درجة حرارة الجسم كدرجة حرارة البيئة المحيطة نفسها.

رتبة السلاحف

أ.

رتبة خطمية الرأس

ب.

الشكل 35-24

الرتب الحية للزواحف. أ . السلاحف: السلحفاة ذات البطن الأحمر *Pseudemys rubriventris* (اليمين) تستدفئ بالشمس، وهي طريقة فعالة، بها تنظم الحيوانات خارجية الحرارة درجة حرارة أجسامها. الصدفة التي تشبه القبة للسلاحف البرية كسلحفاة نجمة سريلانكا التي نشاهدها هنا *Geochelone elegans* تعطي حماية ضد المفترس، وهي عادة سلاحف برية تمامًا. ب. تواتارا *Sphenodom punctatus*: الأعضاء المتبقية الوحيدة من مجموعة خطمية الرأس القديمة. وعلى الرغم من أنها تشبه العظايا، فإن السلف المشترك لخطمية الرأس وللعظايا انشق منذ 250 مليون سنة. جـ. الحرشفيات: عظايا مطوقة *Crotaphytus collaris* تبدو إلى اليمين وأفعى خضراء ملساء *Liochlorophis vernalis* إلى اليسار.
د. التماسيح: معظم التماسيح كالنوع المبين في الشكل *Crocodylus acutus* والغريال *Gavialis gangeticus* (اليسار) تشبه الطيور والثدييات في أن لها قلبًا مكونًا من أربع حجرات، الزواحف الأخرى جميعها لها قلب بثلاث حجرات. التماسيح كالطيور أشد قربة بالديناصورات منها ببقية الزواحف الحية الأخرى.

تنتمي الزواحف الحديثة إلى أربع مجموعات

تضم الرتب الأربع الحية للزواحف نحو 7000 نوع. توجد الزواحف في العالم كله باستثناء المناطق الأبرد، إذ لا يسمح كونها خارجية الحرارة بالبقاء. الزواحف من أكثر فقريات اليابسة عددًا وتنوعًا.

رتبة السلاحف: السلاحف *Order Chelonia*

تتكون رتبة السلاحف (الشكل 35-24 أ) من 250 نوعًا تقريبًا من السلاحف (معظمها مائية) والسلاحف البرية (وهي برية). تفتقر السلاحف بأنواعها إلى الأسنان لكن لها منقارًا حادًا. وتختلف عن الزواحف الأخرى جميعها بأن أجسامها محاطة بصدفة واقية، ومعظمها قادر على سحب رأسه وأرجله إلى داخل الصدفة؛ لتوفير حماية كاملة من المفترس.

تتكون الصدفة من جزأين رئيسين: الدَّبل وهو درع ظهرية، والصدر وهو جزء بطني. ومن أجل التزام أساسي بهذا التصميم الهيكلي للصدفة، نجد أن الفقرات والأضلاع لمعظم أنواع السلاحف تتحد مع داخل الذبل، ويأتي معظم الدعم من خلال تعلق العضلات من الصدفة.

وبينما نجد أن معظم السلاحف البرية ذات صدفة تشبه القبة، ويستطيع الحيوان أن يتراجع برأسه وأطرافه داخلها، نجد أن السلاحف القاطنة في الماء انسيابية الشكل وذات صدفة قرصية تسمح بالدوران في الماء. تمتلك سلاحف المياه العذبة أصابع ذات وَتَرَة (غشاء بين الأصابع)، أما السلاحف البحرية، فقد تحورت أطرافها الأمامية إلى زعانف.

وعلى الرغم من أن السلاحف البحرية تقضي معظم وقتها في البحر، فإن عليها العودة إلى اليابسة لوضع بيوضها. ويقطع كثير من الأنواع مسافات طويلة للقيام بذلك، فسلاحف الأطلسي الخضراء *Chelonia mydas* تهاجر من أماكن تغذيتها على شواطئ البرازيل إلى جزر أسنشن في منتصف الأطلسي الجنوبي - وهي مسافة تزيد على 2000 كم - لوضع البيوض على الشواطئ نفسها التي فقست هي عليها.

رتبة خطمية الرأس: تواتارا *Order Rhynchocephalia*

تضم رتبة خطمية الرأس اليوم نوعين فقط من التواتارا، وهي حيوانات كبيرة تشبه العظايا، ويصل طولها نحو نصف متر (الشكل 35-24 ب). المكان الوحيد الذي يوجد به هذان النوعان المهددان بالانقراض هو تجمع جزر صغيرة قرب سواحل نيوزيلندا. إن التنوع المحدود لخطمية الرأس الحديثة يناقض الماضي التطوري الخصب لها: ففي الحقبة الثلاثية، عايشت خطمية الرأس إشعاعًا تكيفيًّا كبيرًا، فأعطت أنواعًا عدة اختلفت في أحجامها وبيئاتها.

إحدى الصفات غير العادية للتواتارا (ولبعض العظايا)، هي وجود "عين ثالثة" غير واضحة على قمة رأسها تدعى "العين الجدارية"، هذه العين، التي تختفي تحت طبقة رقيقة من الحراشف، لها عدسة وشبكية ومرتبطة بأعصاب إلى الدماغ. لماذا تكون عينًا إذا غطيت؟ قد تعمل العين الجدارية على تحذير الحيوان، عندما يكون قد تعرض للكثير من الشمس ما يعطيه حماية ضد ارتفاع درجة الحرارة. التواتارا، وبخلاف معظم الزواحف، يكون أعظم نشاطًا على درجات الحرارة المنخفضة، فهو يحفر في أثناء النهار، ويتغذى ليلًا على الحشرات والديدان وحيوانات أخرى صغيرة.

تعد خطمية الرأس الأوثق قرابة بالأفاعي والعظايا، وكلها تشكل مجموعة تدعى الزواحف الحرشفية Lepidosauria.

رتبة الحرشفيات

جـ

رتبة التماسيح

د

رتبة ذوات الحراشف (الحرشفيات): العظايا والأفاعي *Order Squamata*

تضم رتبة الحرشفيات (الشكل 35-24ج) 3800 نوع من العظايا، ونحو 3000 نوع من الأفاعي. إحدى الصفات المميزة لهذه الرتبة هي وجود زوج من أعضاء الجماع في الذكر. إضافة إلى ذلك، فقد سمحت تغيرات في كل من الرأس والفك بقوة وحركة أكبر. فمعظم العظايا والأفاعي هي آكلة لحوم تفترس الحشرات والحيوانات الصغيرة، وهذه التحسينات التي طرأت على تصميم الفك أسهمت بقوة في نجاحها التطوري.

تتميز الأفاعي التي تطورت من سلف من العظايا، بغياب الأطراف وبوجود الجفون المتحركة والأذن الخارجية، إضافة إلى وجود عدد كبير من الفقرات (يصل أحيانًا إلى 300 فقرة). إن فقدان الأطراف تطور في الحقيقة أكثر من عشر مرات في الزواحف، ولكن الأفاعي تشكل الحالة الأكثر تطرفًا في هذا الاتجاه.

تشمل العظايا الشائعة الإيجوانا، والحرباء، والوَزَغَة (أبو بريص) والأنول، ومعظمها حيوانات يصل طولها إلى أقل من قدم. تعود أكبر العظايا إلى عائلة الوَرَل، وأكبر عظايا هذه العائلة تنين الكمودو في إندونيسيا الذي يصل إلى 3 أمتار طولًا، وقد يزن 100 كجم. تختلف كذلك الأفاعي في الطول من بضعة إنشات إلى أكثر من 10 أمتار.

تعتمد معظم العظايا والأفاعي على الرشاقة والسرعة في الإمساك بالفريسة وتجنب المفترس. هناك نوعان سامان فقط من العظايا هما: وحش الهيليّة Gila الذي يعيش في جنوب غرب الولايات المتحدة، والعظاءة ذات الخرز التي تعيش في غرب المكسيك. كذلك، فإن معظم أنواع الأفاعي غير سامة، فمن بين 13 عائلة من الأفاعي توجد 4 منها سامة: ذات الأنياب الثابتة، وتضم الكوبرا، والكُرَيْت، وأفاعي المرجان، والأفاعي البحرية، والأفاعي الخبيثة ذات الأسنان المتحركة (الصل-وسيدة الأجمات، والأفاعي المجلجلة، وأفعى المُقَسِين وذات الرأس النحاسي)، وبعض الثعابين (أفعى الأشجار، والإفريقية، وأفعى الأغصان). كثير من العظايا، كالأنول، والسقنقور، والوَزَغة لها القدرة على فقد ذيلها وتجديده بآخر غيره، وهذه القدرة تمكنها من الهرب من المفترس.

رتبة التماسيح: التمساح والقاطور (التمساح الأمريكي) *Order Crocodylia*

تضم رتبة التماسيح 25 نوعًا من زواحف عملاقة مائية في الأصل (الشكل 35-24د). تضم الرتبة إضافة إلى التمساح والقاطور حيوانين أقل شيوعًا، هما: الكَيْمَن الأمريكي والغريال الهندي. وعلى الرغم من أن التماسيح جميعها متشابهة تقريبًا في الوقت الحاضر، فقط أظهرت تنوعًا عظيمًا في الماضي، ويشمل ذلك أنواعًا كانت برية تمامًا، وأخرى وصل طولها أكثر من خمسين قدمًا.

التماسيح غالبًا حيوانات ليلية تعيش في الماء أو قربه في المناطق الاستوائية، وشبه الاستوائية في إفريقيا، وآسيا، وأمريكا. فالتمساح الأمريكي *Crocodylus acutus* موجود في جنوب فلوريدا، وكوبا، وفي المناطق الاستوائية لأمريكا الوسطى. أما تمساح النيل *Crocodylus niloticus* وتمساح مصاب الأنهار *Crocodylus porosus* فيمكن أن يصلا إلى حجم ضخم، وهما يتسببان في كثير من الإصابات القاتلة كل عام.

هناك نوعان من القاطور؛ أحدهما يعيش في جنوب الولايات المتحدة *Alligator mississippiensis* والنوع الآخر مهدد بالانقراض، ويعيش في الصين *Alligator sinensis*. أما الكيمن، وهو شبيه بالقاطور فيعيش في أمريكا الوسطى، والغريال هو مجموعة من التماسيح آكلة للأسماك ذات خطم رفيع طويل، وتعيش في الهند وبورما.

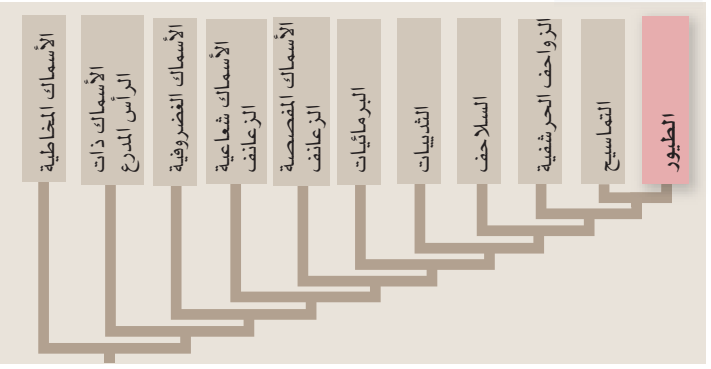
التماسيح جميعها آكلة للحوم، وهي تصطاد بطريقة السرقة، إذ تنتظر في كمين لفريستها، ثم تنقض عليها بعنف. أجسامها متكيفة تمامًا مع هذا الشكل من الصيد؛ فالعيون تقع في أعلى الرأس وفتحات المناخر على قمة الخطم، وهكذا ترى وتتنفس، في حين تستلقي بهدوء تحت الماء تقريبًا. أفواه التماسيح كبيرة جدًا ومعززة بأسنان حادة ورقبة قوية، وهناك صمام في مؤخرة الفم يمنع الماء من دخول الممرات التنفسية، عندما يتغذى التمساح تحت الماء.

تشبه التماسيح الطيور في الكثير من الطرق أكثر مما تشبه الزواحف الحية الأخرى. فالتماسيح مثلًا تبني أعشاشًا، وتعتني بصغارها (صفات تشترك بها مع بعض الديناصورات على الأقل) ولها قلب من أربع حجرات كالطيور.

لماذا تعد التماسيح أكثر شبهًا بالطيور منها بالزواحف الأخرى؟ يتفق معظم علماء الأحياء على أن الطيور هي في الحقيقة الخَلَف المباشر للديناصورات. التماسيح والطيور كلاهما أكثر قرابة للديناصورات ولبعضهما، مما هما للعظايا والأفاعي.

كثير من مجموعات الزواحف الرئيسة التي سادت الحياة على الأرض مدة 250 مليون سنة انقرضت الآن. الرتب الأربع الحية من الزواحف تشمل السلاحف، وتواتارا، والعظايا والأفاعي، والتماسيح.

7-35 الطيـور



يكمن نجاح الطيور في تطوير تركيب فريد في عالم الحيوان - أي الريش. يُعدّ الريش الذي تطور من حراشف الزواحف تكيفًا مثاليًّا للطيران، إذ يعمل كسطح انسيابي حامل خفيف الوزن يمكن استبداله بسهولة إذا ما تهتك (وليس كالأجنحة الجلدية للخفاش والزواحف المجنحة المنقرضة الذي يكون حساسًا).

تعد **الطيور** اليوم (طائفة الطيور **Aves**) الأكثر تنوعًا بين فقريات اليابسة، إذ تضم 28 رتبة، تحتوي ما مجموعه 166 عائلة، ونحو 8600 نوع (الجدول 35-4).

الريش والهيكل العظمي خفيف الوزن

صفتان أساسيتان للطيور

تفتقر الطيور الحديثة إلى الأسنان، ولها ذيل أثري، ولكنها لا تزال تحتفظ بكثير من صفات الزواحف. فمثلًا تضع الطيور بيوضًا رهلية (أمنيوتية)، وإن حراشف الزواحف موجودة على الأقدام والأجزاء السفلى من أرجل الطيور.

هناك ميزتان رئيستان تميزان الطيور عن الزواحف الحية:

1. **الريش:** حراشف زواحف متحورة لتؤدي وظيفتين، هما: تقدم قوة رفع للطيران، وتحفظ الحرارة. ويجمع تركيب الريش بين المرونة القصوى والقوة وخفة الوزن (الشكل 35-25).

الشكل 35-25

ريشة. الجزء المكبر يبين الأفرع الثانوية والشعرات وكيف ترتبط مع بعضها عن طريق شعيرات وخطافات مجهرية.

يتطور الريش من نقر صغيرة في الجلد تدعى الجراب، وفي ريشة طيران نموذجية، ينبثق محور الريشة من الجراب، كما تنبثق أزواج من الرِّيَش (البنود) من جانبي المحور المتعاكسين. وعند النضج يكون لكل بند كثير من الأفرع تدعى شعرات، ولكل من هذه نتوءات تدعى شعيرات تكون مزودة بخطافات مجهرية. تربط الخطافات الشعرات ببعضها ما يعطي الريشة سطحًا متصلًا وقويًّا، لكنه مرن في شكله.

يمكن استبدال الريش كما هو حال الحراشف، والريش مميز للطيور دون غيرها من الحيوانات الحية، ولكن دليل الأحافير الحديث يقترح أن بعض الديناصورات كان لها ريش أيضًا.

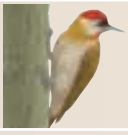
2. **هيكل الطيران.** عظام الطيور رقيقة ومجوفة، وكثير منها ملتحمة، ما يجعل هيكل الطيور أكثر متانة من هيكل العضلات في أثناء الطيران. تأتي قوة الطيران النشط من عضلات صدر كبيرة تشكل 30% تقريبًا من كامل وزن الطائر. تمتد هذه العضلات من الجناح، وتتعلق بعظمة الصدر التي تضخمت كثيرًا، وحملت تركيبًا بارزًا يشبه الزورق تتعلق به العضلات. تتعلق عضلات الصدر كذلك بعظام الترقوة الملتحمة التي تشكل معًا ما يدعى عظمة الترقوة، ولا توجد فقريات حية لها عظام ترقوة ملتحمة، أو عظمة صدر كالزورق.

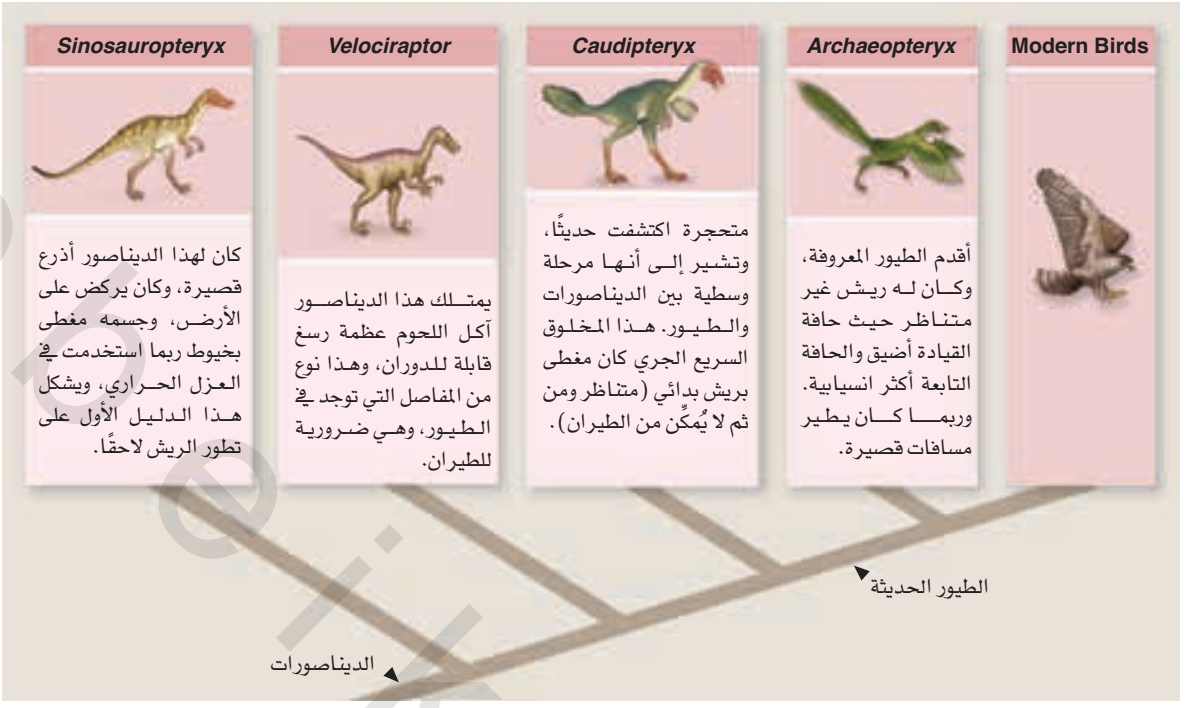
ظهرت الطيور منذ نحو 150 مليون سنة

وجدت أول متحجرة للطيور، وتدعى *Archaeopteryx* منذ 150 مليون سنة (الشكل 22-13؛ 35-26)، وذلك عام 1862 في مقلع للحجارة في بافاريا بألمانيا، حيث خُتم انطباع ريشها بوضوح في الصخور. يتشاطر هيكل أركيوبتركس كثيرًا من الصفات مع الديناصورات ذات الأقدام الصغيرة. كان حجم أركيوبتركس بحجم الغراب، ولها جمجمة ذات أسنان، والقليل من عظامها ملتحم مع بعضه، وقد جرى الاعتقاد أن عظامها كانت مصمتة، وليست مجوفة كعظام الطيور، وقد كان لها ذنب طويل يشبه أذناب الزواحف، ولم تكن عظمة الصدر متضخمة، كما في الطيور الحديثة، لتعليق عضلات الطيران. وأخيرًا، فإن تركيب هيكل الطرف الأمامي كان مطابقًا تقريبًا لمثيله في الديناصورات ذات الأقدام.

الشكل 35-26

متحجرة أركيوبتركس *Archaeopteryx*. كانت متحجرة أركيوبتركس شديدة القرابة مع أسلافها من الديناصورات التي تمشي على قدمين، وكانت في حجم الغراب، وعاشت في غابات وسط أوروبا منذ 150 مليون سنة. لا يعرف اللون الحقيقي لريش هذه المتحجرات.

الجدول 35-4	رتب الطيور الرئيسة		
الرتبة	أمثلة نموذجية	الصفات المميزة الأساسية	العدد التقريبي للأنواع الحية
Passeriformes	الغراب، الطائر المحاكي، أبو الحناء، الدوري، الزرزور، الهازجة	الطيور المغردة. أعضاء صوت متطورة جدًا، أقدام جاثمة، تعتني بصغارها.	5276 (الأكبر بين الطيور) 60% من الأنواع)
Apodiformes	الطائر الطنان، السّمامة.	سريعة الطيران. أرجل قصيرة، جسم صغير، ضربات أجنحة سريعة.	428
Piciformes	دليل المناحل، الطُّوقان، نقار الخشب 	نقار الخشب أو الطوقان. أقدام للقبض، منقار حاد كالإزميل يستطيع كسر الخشب.	383
Psittaciformes	الببغاء، الببغاء ذات العرف	الببغاوات. منقار قوي كبير لكسر البذور، أعضاء صوت متطورة.	340
Charadriiformes	الأوَك، النورس، الزقزاق، الطيطوى، الخرشنة	طيور الشاطئ. أرجل طويلة رفيعة، منقار فاحص.	331
Columbiformes	الحمام، والحمام البري	الحمام. أقدام جاثمة، جسم مستدير قوي.	303
Falconiformes	النسر، الباز، الصقر	طيور نهارية مفترسة. آكلة لحوم، بصر حاد، منقار حاد مدبب لتمزيق اللحم، نشطة في أثناء النهار.	288
Galliformes	الدجاج، السلوى (السُّماني)، التّدَرُّج	طيور الصيد. لها قدرة محدودة على الطيران، أجسامها مستديرة.	268
Gruiformes	الواق، الكُركي، الغراء، التفيلق	طيور المستنقعات. أرجل طويلة، أشكال جسم متنوعة، تقطن السبخات والمياه الضحلة.	209
Anseriformes	البط، الإوز، الإوز العراقي	طيور الماء. أصابع ذات غشاء، منقار عريض ذو حواف للترشيح.	150
Strigiformes	بوم الحظائر، البوم الصيّاح	البوم. طيور ليلية مفترسة، منقار قوي، أقدام قوية.	146
Ciconiiformes	البلشون (مالك الحزين)، اللقلق، أبو منجل	طيور مخوضة. أرجل طويلة، أجسام كبيرة.	114
Procellariformes	القَطْرَس، طائر النوء	طيور بحرية. منقار يشبه الأنبوب، قادر على الطيران مدّة طويلة من الزمن.	104
Sphenisciformes	البطريق الإمبراطور، البطريق ذو العرف	البطاريق. بحرية، أجنحة متحورة للسباحة، عديم الطيران، يوجد في نصف الكرة الجنوبي فقط، غطاء سميك من الريش العازل.	18
Dinornithiformes	الكيوي	الكيوي. عديم الطيران، صغير، مقصور على نيوزيلندا.	2
Struthioniformes	النعام	النعام. أرجل جري قوية. عديم الطيران، إصبعان فقط، كبير الحجم.	1



الشكل 35-27

المسار التطوري حتى الطيور. يُجمع العلماء جميعهم تقريبًا على قبول النظرية القائلة: إن الطيور تحدرت مباشرة من ديناصورات ذات أقدام.

ونظرًا لخصائص الديناصور الكثيرة التي امتلكتها أركيوبتركس، فقد صنفت هذه المتحجرات في البداية على أنها الزاحف *Compsognathus*، وهو ديناصور صغير من ذوات الأقدام، وله حجم مماثل تقريبًا، إلى أن تم اكتشاف الريش على المتحجرات. إن ما جعل من متحجرة أركيوتركس طائرًا متميزًا هو وجود الريش على أجنحتها وذيلها.

إن التشابه المذهل بين أركيوبتركس وكمبسوقناثس قاد معظم علماء الأحافير إلى الاستنتاج أن آركيوبتركس هي سليلة الديناصورات-وبالفعل تعد الطيور الحديثة هي ديناصورات ذات ريش. وبعض العلماء يتحدث مازحًا بالقول إنه: "يحشو الديناصور" من أجل عشاء العيد. وقد قاد الاكتشاف الحديث الذي تم في الصين، لمتحجرات الديناصورات ذات الريش إلى إسناد كبير لهذا الاستنتاج.

فالديناصور كوديبرتكس *Caudipteryx* حلقة وسطية واضحة بين أركيوبتركس والديناصورات، إذ إن له ريشًا كبيرًا على ذيله وأذرعه، ولكن له أيضًا كثير من صفات الديناصورات مثل *Velociraptor* (الشكل 35-27)، وحيث إن أذرع كوديبتركس كانت أقصر من أن تستخدم أجنحة، فإن الريش هنا لم يتطور من أجل الطيران، ولكن من أجل العزل، كما هو حال الفراء في الثدييات.

إن الطيران قدرة حققتها أنواع محددة من الديناصورات، عندما طورت أذرعًا أطول، وتسمى هذه الديناصورات الطيور. وعلى الرغم من قرابتها للديناصورات، فإن الطيور تبدي ثلاثة ابتكارات تطورية، هي: الريش، والعظام المجوفة، والآليات الفيزيولوجية المتمثلة في الرئات الفعالة جدًا التي سمحت بطيران قوي ومتواصل.

مع بداية الحقبة الطباشيرية، أي منذ ملايين عدة من السنين فقط بعد وجود أركيوبتركس، ظهرت تشكيلة متنوعة من الطيور لديها كثير من صفات الطيور الحديثة. فالمتحجرات التي اكتشفت خلال السنوات الأخيرة في منغوليا، وإسبانيا، والصين كشفت عن وجود تشكيلة واسعة من طيور ذات أسنان، وعظام مجوفة، وعظمة صدر لإدامة الطيران (الشكل 35-28). وكشفت متحجرات أخرى طيور غوص متخصصة جدًا، ولا تطير. إن الطيور المتنوعة في الحقبة الطباشيرية تقاسمت الفضاء مع الزواحف المجنحة مدة 70 مليون سنة.

الشكل 35-28

متحجرة للطيور من العصر الكربوني المبكر. كان للجنس *Confuciornis* ريش ذنب طويل. بعض النماذج المتحجرة لهذا النوع كانت تفتقر إلى ريش الذنب الطويل ما يشير إلى أن هذه الصفة كانت موجودة فقط في جنس واحد، كما هو الحال في بعض الطيور الحديثة.

إن سجل أحافير الطيور غير متكامل؛ لأن انطباع الريش لا يتحجر بشكل جيد، وأن عظام الطيور الحديثة مجوفة وهشة. ولهذا، فقد اشتقت العلاقات بين 166 عائلة تشكل الطيورالحديثة من دراسات التشريح، ودرجة تشابه DNA بين الطيور الحية.

الطيور الحديثة بالغة التنوع ولكنها تشترك في صفات عدة مميزة

تُعدّ الطيور غير القادرة على الطيران، كالنعامة، أقدم الطيور الحية. وقد ظهرت الطيور المائية كالبط والإوز بعد ذلك في مطلع الحقبة الطباشيرية، وتبعتها مجموعات متنوعة من نقار الخشب، والببغاوات، والسمامة، والبوم. وتطورت في منتصف الحقبة الطباشيرية رتبة العصافير التي تشكل 60% من أنواع الطيور اليوم. وبشكل عام، هناك 28 رتبة من الطيور تضم أكبرها أكثر من 5000 نوع (الشكل 35-29).

يمكن للمرء معرفة الكثير من المعلومات عن بيئة الطائر وغذائه بتفحص منقاره وقدميه. فالطيور آكلة اللحوم مثلًا كالبوم لها مخالب معقوفة للإمساك بالفريسة، ومناقير حادة لتمزيقها إربًا. أما منقار البط فهو مسطح لإزاحة الطين، ومناقير الحسون قصيرة وسميكة لكسر البذور.

وقد مكنت تكيفات الطيور الكثيرة من الاستجابة لمتطلبات الطاقة الهائلة المطلوبة للطيران بما في ذلك تكيفات تنفسية ودورية أخرى تتعلق بتنظيم حرارة الجسم.

التنفس الفعال

تستهلك عضلات الطيران كميات كبيرة من الأكسجين في أثناء الطيران النشط، فقد كانت رئات الزواحف ذات مساحة سطحية داخلية محدودة، ولم تكن كافية تقريبًا لامتصاص الأكسجين المطلوب، ورئات الثدييات ذات مساحة سطحية أكبر. أما رئات الطيور فقد واجهت هذا التحدي بتصميم مختلف جذريًّا.

عندما يحدث الشهيق في الطائر، فإن الهواء يمر متجاوزًا الرئة إلى سلسلة من الأكياس الهوائية واقعة قرب العظام المجوفة للظهر وداخلها. من هناك، ينتقل الهواء إلى الرئات، ثم إلى مجموعة من أكياس الهواء الأمامية قبل أن يخرج بعملية الزفير. ولأن الهواء يعبر كامل المسافة خلال الرئة في اتجاه واحد، فإن تبادل الغازات يكون فعالًا جدًا. وسنصف التنفس في الطيور بتفصيل أكبر في الفصل الـ 49.

الدورة الدموية الفعالة

إن الأيض المتسارع المطلوب لتزويد الطاقة للطيران النشط يتطلب أيضًا دورة دموية فعالة، بحيث إن الأكسجين الذي حصلت عليه الرئة يمكن نقله بسرعة إلى عضلات الطيران. وفي قلب معظم الزواحف الحية، يختلط الدم الغني بالأكسجين من الرئة مع الدم الفقير بالأكسجين العائد من بقية الجسم؛ لأن الحاجز بين البطينين غير مكتمل. في الطيور، الحاجز الذي يقسم البطين إلى حجرتين مكتمل تمامًا، والدورتان الدمويتان لا تمتزجان، ولهذا فإن عضلات الطيران تحصل على دم محمل بالأكسجين (انظر الفصل الـ 49).

بالمقارنة مع الزواحف والفقريات الأخرى، للطيور نبض قلب متسارع، فقلب الطائر الطنان يضرب نحو 600 ضربة في الدقيقة، وطائر القُرقُف ينبض قلبه 1000 مرة في الدقيقة. وفي المقابل، فإن قلب النعامة مثلًا ينبض 70 مرة في الدقيقة فقط، وهو معدل نبض القلب في الإنسان نفسه.

توليد الحرارة داخليًّا *Endothermy*

الطيور كالثدييات، حيوانات داخلية الحرارة. ويعتقد كثير من علماء الأحافير أن الديناصورات التي تطورت منها الطيور كانت داخلية الحرارة أيضًا. تحافظ الطيور على درجة حرارة أعلى بشكل واضح من معظم الثدييات، فهي تتراوح بين 40° - 42° س (درجة حرارة جسم الإنسان هي 37° س). ويُشكل الريش عازلًا ممتازًا؛ فهو يساعد على حفظ حرارة الجسم.

تسمح درجة الحرارة العالية التي تُحافظ عليها بتوليد الحرارة داخليًّا للأيض في عضلات الطيران بأن يسير بخطى سريعة ليزود ATP الضروري ليقود عملية انقباض العضلات.

للطيور أكبر تباين في الأنواع بين فقريات اليابسة. متحجرة أركيوبتركس، وهي أقدم متحجرة للطيور تُبدي صفات مشتركة بين الطيور والديناصور ثيرابسدا. تتميز الطيور الحديثة بوجود الريش، ووجود الحراشف على الأرجل والأقدام، وهيكل عظمي رقيق ومجوف، وأكياس هواء مساعدة، وقلب ذي أربع حجرات. تضع الطيور بيوضًا رهلية، وهي داخلية درجة الحرارة.

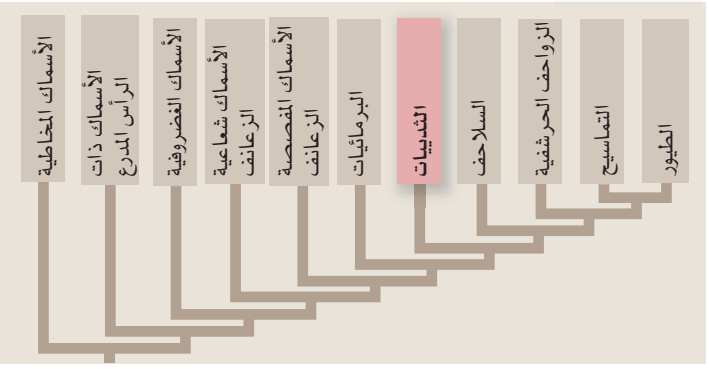
رتبة العصافير

أ. ب. جـ. د.

الشكل 35-29

تنوع رتبة العصافير، وهي الرتبة الأكبر بين الطيور. أ . مهاجر الصيف، *Prianga rubra*؛ **ب.** الدُّرس النيلي *Passerina cyanea*؛ **جـ.** القيق (أبو زريق) *Cyanositta stelleri*؛ **د.** المِمْراح *Dolichonyx oryzivorus*.

8-35 الثدييــات



هناك نحو 4500 نوع حي من **الثدييات** (طائفة **الثدييات** Mammalia class) وهو العدد الأقل من الأنواع في أي من الطوائف الخمس للفقريات. معظم الفقريات الضخمة التي تقطن اليابسة هي ثدييات. فعندما ننظر إلى السهوب الإفريقية مثلًا، فإننا نرى ثدييات كبيرة كالأسد والزرافة، والغزال، والوعل. لكن الثدييات النموذجية لا تكون بهذا الحجم عادة، فمن بين 4500 نوع هناك 3200 نوع من القوارض، والخفاش، والزَّبابة، والخلد.

للثدييات شعر وغدد لبنية وخصائص أخرى

تتميز الثدييات عن بقية طوائف الفقريات الأخرى بصفتين أساسيتين، هما: الشعر والغدد اللبنية، ولكن لديها أيضًا صفات عدة ملاحظة أخرى:

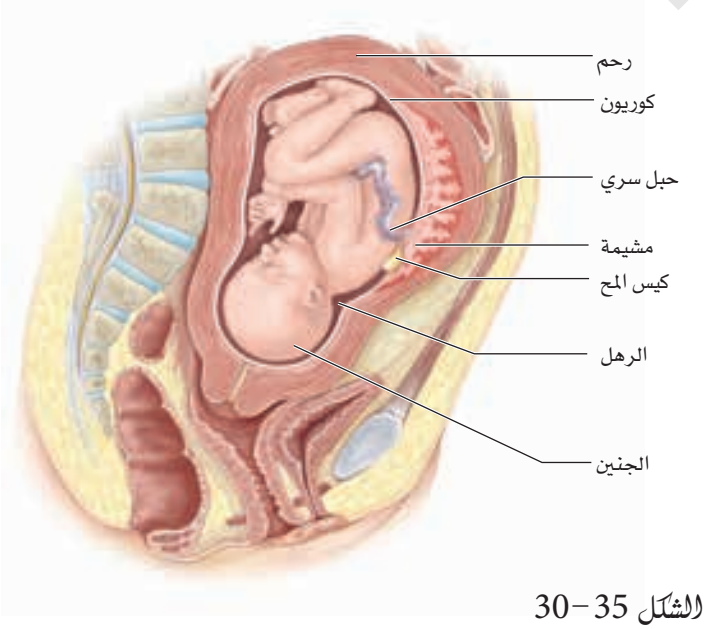
1. **الشعر**: الثدييات جميعها لها شعر، حتى تلك الحيوانات التي تبدو كأنها دون شعر كالحوت والدلفين، فإن لها شعيرات حسية على خطمها. إن تطور الفراء والقدرة على تنظيم درجة الحرارة مكنا الثدييات من غزو بيئات أبرد، لم تتمكن الزواحف خارجية الحرارة من أن تقطنها. الثدييات داخلية الحرارة تحافظ بشكل نموذجي على درجة حرارة جسم أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط. فوجود طبقة كثيفة تحت الجلد في كثير من الثدييات يخفض كمية الحرارة المفقودة.

إحدى الوظائف الأخرى للشعر هي التمويه. فلون فراء الحيوان الثديي ونمطه يتماهى عادة مع الخلفية التي يعيش عليها الحيوان. ففأر صغير بني اللون لا يبدو واضحًا عمليًّا على أرضية غابة مغطاة بأوراق الأشجار البنية، وإن التخطيط البرتقالي والأسود للنمر البنغالي يختفي مع اللون البرتقالي-البني للحشائش الطويلة، التي يصطاد بها النمر فريسته. يقوم الشعر كذلك بوظيفة حسية. فشوارب الهر أو الكلب صلبة شديدة الحساسية للمس. والحيوانات التي تنشط ليلًا، أو التي تعيش في الجحور، تعتمد غالبًا على هذه الشوارب؛ لتحديد موقع الفريسة، أو لتجنب الاصطدام بالعوائق. ويُستخدم الشعر أخيرًا بوصفه سلاحًا دفاعيًّا، فالشّيهم (النيص) والقنفذ يحميان نفسيهما عن طريق شعر صلب طويل حاد يدعى الأشواك.

ولا يشبه شعر الثدييات ريش الطيور الذي تطور من حراشف الزواحف، فالشعر هنا هو شكل مختلف تمامًا من تراكيب الجلد. فشعرة الثدييات المفردة طويلة، وهي خيط غني بالبروتين يمتد من أساس منتفخ تحت الجلد يعرف بجراب الشعرة. والخيط مؤلف في الغالب من خلايا ميتة مملوءة ببروتين كيراتين الليفي.

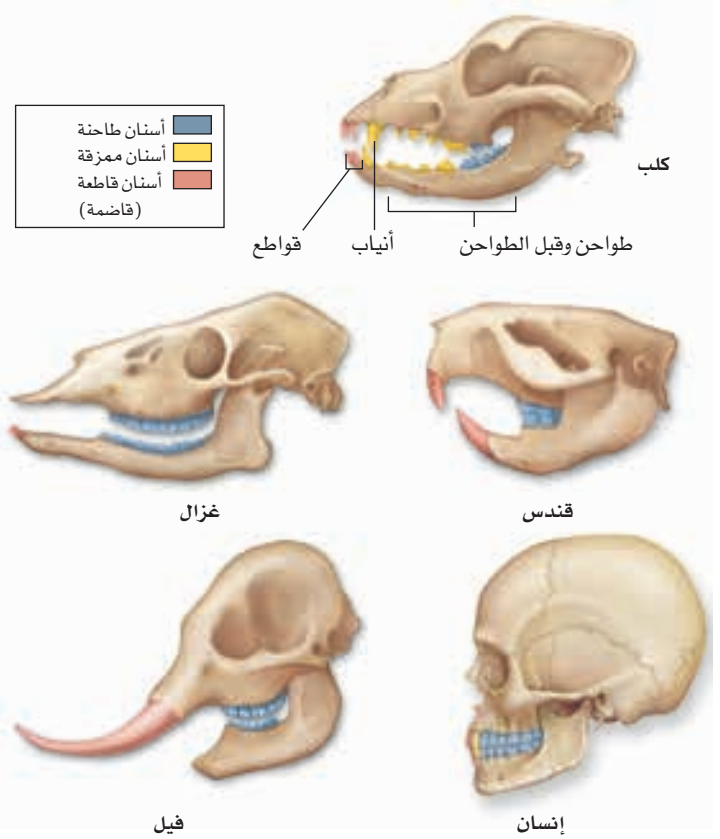
2. **الغدد اللبنية (الأثداء)**: تمتلك كل إناث الثدييات غددًا لبنية تفرز الحليب. وتولد صغار الثدييات دون أسنان، فتمتص هذا الحليب بوصفه غذاءً أساسيًّا لها. وحتى صغار الحيتان ترضع حليب أمهاتها. إنَّ الحليب غذاء غني جدًا بالطاقة (حليب الإنسان به 750 سعرًا كبيرًا في كل لتر)، وهو مهم ليسد احتياجات صغار الثدييات ذات النمو المتسارع من الطاقة العالية. ويأتي نحو 50% من الطاقة في الحليب من الدهون.
3. **داخلية الحرارة**: كما ذكرنا سابقًا، الثدييات داخلية الحرارة، وهو تكيف مهم سمح لها بأن تنشط في أي وقت من الليل أو النهار، وأن تقطن بيئات متطرفة تمتد من الصحراء وحتى حقول الجليد. كذلك، فالدورة الدموية الفعالة بفعل القلب ذي الحجرات الأربع والتنفس الفعال بفعل وجود الحجاب الحاجز (طبقة خاصة من العضلات تحت القفص الصدري تساعد على التنفس)، كل ذلك جعل معدل الأيض عاليًا، وهو ما يعتمد عليه تنظيم درجة الحرارة داخليًّا.
4. **المشيمة**: في معظم أنواع الثدييات، تحمل الأنثى الجنين قيد التكوين داخليًّا في الرحم وتغذيه من خلال المشيمة، ثم تلده صغيرًا جدًا. **المشيمة Placenta** هي عضو متخصص بجلب تيار دم الجنين ليكون على مقربة من تيار دم الأم (الشكل 35-30). يمكن أن يمر الماء والغذاء والأكسجين عبر المشيمة من الأم إلى الجنين، كما تعبر الفضلات نحو دم الأم لتخرج خارجًا.

إضافة إلى هذه الصفات الرئيسة، طورت سلالات الثدييات تكيفات عدة أخرى في بعض المجموعات. وهذه تشمل الأسنان المتخصصة، وقدرة حيوانات الرعي على هضم النباتات، والحوافر، والقرون المكونة من الكيراتين، وتكيفات للطيران في الخفاش.



الشكل 35-30

المشيمة. تميز المشيمة المجموعة الأكبر من الثدييات، وهي الثدييات المشيمية. تطورت المشيمة من الأغشية في البيضة الرهلية، أما الحبل السري فقد تطور من الممبار. يشكل الكوريون، وهو الجزء الخارجي من البيضة الرهلية، معظم المشيمة نفسها. تقوم المشيمة بالوظيفة المتوقعة من الرئات والأمعاء والكلى في الجنين، وكل ذلك دون امتزاج دم كلّ من الأم والجنين.



الشكل 35-31

للثدييات أنواع مختلفة من الأسنان المتخصصة. آكلة اللحوم كالكلاب لها أنياب تمزق بها الغذاء؛ بعض الأسنان كالطواحن وقبل الطواحن في الكلاب أيضًا قادرة على التمزيق. آكلة الأعشاب كالغزال لها أسنان قواطع تعمل كالإزميل في قطع الحشائش، أما الطواحن فهي مصممة لطحن النباتات. في القندس تسود الأسنان القاطعة كالإزميل. في الفيل أصبحت القواطع أسلحة متخصصة. أما الطواحن فتقوم بطحن الحشائش. الإنسان مختلف (مختلط) التغذية ولديه الأنواع الثلاثة: للطحن والتمزيق والقضم.

الأسنان المتخصصة

للثدييات أنواع مختلفة من الأسنان التي تخصصت بشكل كبير لمواءمة عاداتها الغذائية المحددة (الشكل 35-31). ومن الممكن عادة تحديد نوع غذاء الحيوان الثديي بالنظر إلى أسنانه. فأنياب الكلب الطويلة مثلًا تناسب تمامًا عملية العض والإمساك بالفريسة، وإن أسنانه الطواحن وقبل الطواحن مثلثة وحادة لتمزيق قطع اللحم التي تشكل غذاءه.

في المقابل، فإن أسنان آكلات العشب الكبيرة كالغزال تفتقر إلى الأنياب، وبدلًا من ذلك يقضم الغزال ملء فمه من النباتات عن طريق قواطع عريضة كالإزميل موجودة في فكه الأسفل. وطواحن الغزال كبيرة ومغطاة بنتوءات لتطحن أنسجة النبات القاسية وتقطعها بفعالية.

هضم النبات

معظم الثدييات هي آكلات عشب، إذ غالبًا ما تتغذى على النباتات فقط. ويشكل السليلوز الجزء الأكبر من جسم النبات، وهو مصدر أساسي للغذاء في الثدييات العاشبة. ليس للثدييات أنزيمات تحطم الروابط بين جزيئات الجلوكوز في السليلوز. وتعتمد الثدييات آكلة العشب على شراكة تكافلية مع البكتيريا الموجودة في قنواتها الهضمية، التي تمتلك الأنزيمات المحطمة للسليلوز.

الثدييات؛ كالأبقار، والجاموس، والوعل، والماعز، والغزال، والزرافة لها كرش تخمير كبير ذو أربع حجرات مشتق من المريء والمعدة معًا. الحجرة الأولى، وهي الأكبر تحتوي كثافة عالية من البكتيريا المحللة للسليلوز، وتمر المادة النباتية التي يتناولها الحيوان إلى هذه الحجرة، حيث تهاجم البكتيريا السليلوز. ثم تهضم المواد بشكل أكثر في بقية الحجرات الثلاث.

القوارض، والخيول، والأرانب، والفيلة من ناحية أخرى، لها معدة صغيرة نسبيًّا وتهضم السليلوز بدلًا من ذلك كما يفعل النمل الأبيض، أي في أمعائها. فالبكتيريا التي تنجز هضم السليلوز هنا تعيش في كيس يدعى الأعور يتفرع من نهاية الأمعاء الدقيقة.

وحتى مع وجود كل هذه التكيفات المعقدة لهضم السليلوز، فإن ملء الفم من النباتات ليس مغذيًا كملء الفم باللحم، ولهذا فإن على العواشب التهام كميات كبيرة من النباتات لتحقق تغذية كافية. فالفيل يتناول 135-150 كجم من الغذاء النباتي كل يوم.

تطور الحوافر والقرون

يشكل الكراتين، وهو بروتين الشعر، تراكيب نباتية أخرى كالمخالب، والحوافر والأظافر. والحوافر هي وسادة من الكيراتين تستقر على أصابع الخيول، والأبقار، والأغنام، والوعول، وثدييات الجري الأخرى، والوسادة هنا تكون صلبة ومتقرنة، تحمي الأصابع، وتمتص الصدمات.

تتكون قرون الأبقار، والأغنام، والوعول من لب من العظم محاط بغمد من الكراتين. واللب العظمي متحد مع الجمجمة، ولهذا لا تنسلخ القرون.

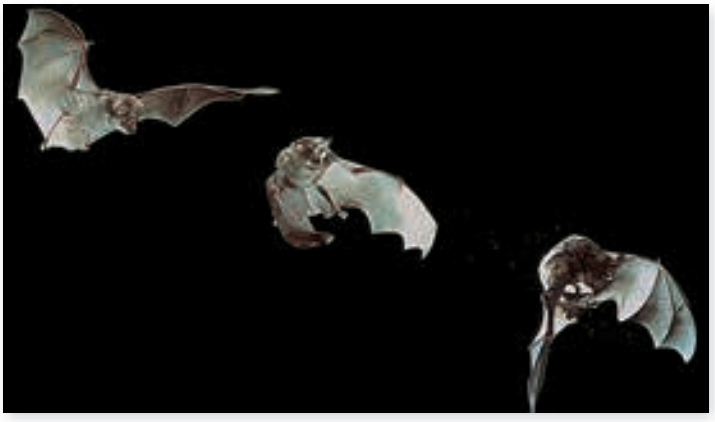
قرون الغزال مصنوعة من العظم، وليس من الكيراتين، والغزال الذكر تنسلخ قرونه كل عام، وبينما هي تنمو في أثناء الصيف تغطى قرون الغزال بطبقة رقيقة مخملية من الجلد.

الثدييات الطائرة: الخفاش

الخفاش هو الحيوان الثديي الوحيد القادر على الطيران النشط (الشكل 35 - 32). جناح الخفاش هو أطراف أمامية متحورة، كأجنحة الطيور والزواحف المجنحة. وجناح الخفاش غشاء جلدي تمتد داخله عضلات فوق عظام أربعة أصابع. وتتصل حواف الغشاء بجوانب الجسم حتى الأرجل الخلفية. وعندما ترتاح الخفافيش، يفضل معظمها التعلق بصورة مقلوبة عن طريق مخالب الأصابع.

الشكل 35-32

الخفاش حذوة الحصان الأعظم *Rhinolophus ferrumequinum*. الخفافيش هي الثدييات الوحيدة القادرة على الطيران.



تشكل الخفافيش ثاني أكبر رتبة من الثدييات بعد القوارض. ولقد كانت ناجحة على وجه الخصوص؛ لأن أنواعًا عدة منها استطاعت استغلال مصدر للغذاء لم تتمكن معظم الطيور من استخدامه ألا وهو الحشرات الطائرة ليلًا.

كيف توجه الخفافيش طيرانها في أثناء الظلام؟ لقد بين عالم الأحياء الإيطالي سبالنزانو في أواخر القرن الثامن عشر أن الخفاش الأعمى لا يزال قادرًا على الملاحة دون الاصطدام بالعوائق، وهو كذلك قادر على اصطياد الحشرات. فمن الواضح إذن أن الخفاش يستخدم حاسة أخرى غير الرؤية للملاحة في أثناء الظلام. وعندما قام سبالنزانو بسد أذني الخفاش كان الأخير غير قادر على الملاحة الصحيحة، واصطدم بالعوائق، فاستنتج سبالنزانو أن الخفاش يستخدم السمع في أثناء الملاحة في الليل (الفصل الـ 45 يصف استخدام الخفاش رجع الصدى عند طيرانه في الظلام).

انشقت الثدييات منذ نحو 220 مليون سنة

لقد ظهرت الثدييات منذ وقت ظهور الديناصورات، أي منذ 220 مليون سنة. ولم تكن الثدييات الأولى آنذاك إلا مخلوقات صغيرة تشبه الزّبابة تعيش على الأشجار، وتتغذى على الحشرات، حيث شكلت مكونًا صغيرًا على اليابسة التي سرعان ما سادتها الديناصورات. وتشير الأحافير إلى أن الثدييات الأولى كان لها محاجر عيون كبيرة ما يشكل دليلًا على أنها ربما كانت نشطة في أثناء الليل. وقد كان للثدييات الأوائل كذلك عظمة فك سفلي واحدة. يبين سجل الأحافير كذلك حدوث تغير في الديناصورات ثيرابسدا (التي تعد أسلاف الثدييات) من فك سفلي شبيه بفك الزواحف – مكون من عظام عدة – إلى فك أقرب ما يكون إلى فك الثدييات، وقد هاجرت عظمتان من العظام المشكلة لمفصل فك ثيرابسدا لتدخلا الأذن الوسطى للثدييات، وتلتئمان مع عظمة ثالثة كانت موجودة هناك لتعطي معًا العظام الثلاثة التي تضخم الأصوات بصورة أفضل من أذن الزواحف.

عصر الثدييات

عند نهاية الحقبة الطباشيرية، منذ 65 مليون سنة، انقرضت الديناصورات مع كثير من حيوانات اليابسة والبحار، لكن الثدييات استمرت في البقاء، ربما بسبب العزل الحراري الذي قدمه لها الفراء. وفي الحقبة الثلثية (استمرت من 65-2 مليون سنة خلت) تنوعت الثدييات بسرعة، واحتلت كثيرًا من الأدوار البيئية التي كانت تحتلها الديناصورات.

وقد وصلت الثدييات أوج تنوعها قرب نهاية الحقبة الثلثية، نحو 15 مليون سنة خلت. في ذلك الوقت، سادت ظروف استوائية معظم العالم. خلال الخمسة عشر مليون سنة الأخيرة، تغير مناخ العالم، وتناقصت المساحات التي كانت تغطيها الظروف الاستوائية ما سبب انخفاضًا في العدد الإجمالي لأنواع الثدييات (الجدول 35-5).

صُنّفت الثدييات في ثلاث مجموعات، أكبرها الثدييات الجرابية

كانت الثدييات مجموعة صغيرة من حيوانات صغيرة آكلة للحشرات والأعشاب مدة 155 مليون سنة، في الوقت الذي كانت فيه الديناصورات تسود الأرض. أكثر الثدييات بدائية كان ينتمي لطائفة **الوحوش الأوائل Prototheria**. معظم هذه الوحوش الأوائل كانت صغيرة، وكانت تشبه الزّبابة الحديثة، وكانت جميعها تضع بيضًا، وكانت أسلافها الزواحف ملتحمة الوجه. إن المجموعة الوحيدة الباقية من الوحوش الأوائل هي وحيدة المسلك Monotremes.

الجدول 35-5 بعض مجموعات الثدييات المنقرضة

المجموعة	الوصف
دببة الكهوف	كانت كثير في العصور الجليدية، هذا الدب الضخم كان نباتيًّا بشكل رئيس، وكان ينام في أثناء الشتاء في مجموعات كبيرة.
الأيل (الإلكة) الأيرلندي	ليس أيلًا ولا أيرلنديا كما يشير الاسم بل هو غزال. يعد *Megaloceros* أكبر غزال عاش على الأرض، إذ تمتد المسافة بين قرونه إلى 12 قدمًا. شوهد في رسومات بكهوف في فرنسا، وانقرض منذ نحو 2500 سنة.
الماموث	على الرغم من وجود نوعين حيين من الفيلة اليوم، إلا أن عائلة الفيلة كانت أكثر تنوعًا خلال الحقبة الثلثية. كثير منها كان متكيفًا جدًا للبرد كالماموث ذي الفرو الطويل الأشعث.
الكسلان الأرضي العملاق	كان *Megatherium* عملاقًا طوله 20 قدمًا، ويزن ثلاثة أطنان، وكان بحجم الفيل الحديث.
القطط مسيّفة الأسنان	تفتح فكوك هذه القطط الكبيرة، التي تصل إلى حجم الأسود، بزاوية مقدارها 120° لتسمح للحيوان بغرز زوج ضخم من الأسنان العلوية التي تشبه السيف في الفريسة.

المجموعة الرئيسة الثانية من الثدييات هي تحت **طائفة الوحوش Theria** وهي حيوانات ولودة (تلد صغارًا حية). والمجموعتان الحيَّتان من هذه الوحوش هما الجرابيات أو الثدييات الجرابية، وتشمل (الكنجارو، والأبوسوم، والكوالا) والثدييات المشيمية (الكلاب، والقطط، والحصان، والإنسان، ومعظم الثدييات الأخرى).

وحيدة المسلك: ثدييات بيوضة

يشكل منقار البط *Ornithorhynchus anatinus* ونوعان آخران من آكلات النمل حيوانات وحيدة المسلك الحية المتبقية (الشكل 35-33 أ). ووحيدة المسلك هي الحيوانات الثديية الحية الوحيدة التي تضع بيضًا. تركيب الكتف والحوض لها يشبه كثيرًا الزواحف الأولى أكثر من أي ثدييات حية. كذلك، فلوحيدة المسلك، كما للزواحف، مجْمَع، وفتحة وحيدة للتخلص من البراز والبول ونواتج التكاثر خارج الجسم.

وحيدة المسلك

أ.

الجرابيات

ب.

الثدييات المشيمية

جـ.

الشكل 35–33

الثدييات الحديثة: أ. وحيدة المسلك. آكل النمل ذو الأنف القصير *Tachyglossus aculeatus* (اليسار) ومنقار البط *Ornithorhynchus anatinus* (اليمين)، ب. الجرابي، الكنجر الأحمر *Macropus rufus* (اليسار) والأبوسوم *Didelphis verginiana* (اليمين). جـ. الثدييات المشيمية، الأسد *Panthera leo* (اليسار) والدلفين *Tursiops truncatus* (اليمين).

وعلى الرغم من احتفاظها ببعض خصائص الزواحف، فإن وحيدة المسلك لها صفات ثديية تشخيصية: عظمة واحدة على كل جانب من الفك السفلي، وفراء، وغدد لبنية. وتشرب صغار وحيدة المسلك حليب أمهاتها بعد فقسها من البيوض. والإناث تفتقر إلى حلمة متطورة للثدي، وبدلًا من ذلك، فإن الحليب يتدفق على فراء الأم، ويقوم الصغير بلعقه عن طريق لسانه.

يوجد منقار البط في أستراليا، ويعيش معظم حياته في الماء، فهو سبّاح ماهر. ويستخدم منقاره بصورة مشابهة جدًا لما يفعله البط، إذ يغرسه في الطين ليستخرج ما به من ديدان أو حيوانات لينة أخرى. آكلات النمل الأسترالية *Tachyglossus aculeatus* (آكل النمل ذو الأنف القصير) وآكلات النمل من غينيا الجديدة *Zaglossus bruijni* (آكل النمل ذو الأنف الطويل) لهما مخالب حادة قوية تستخدم في الحفر وصنع الجحور. يتحرى آكل النمل عن طريق خطمه عن الحشرات خاصة النمل والنمل الأبيض.

الجرابيات: ثدييات ذات كيس

يكمن الفرق بين **الجرابيات Marsupials** (الشكل 35–33 ب) والثدييات الأخرى في نمط تكوينها الجنيني. ففي الجرابيات، تحاط البيضة المخصبة بأغشية الكوريون والرهل، ولكن تتشكل قشرة حولها، كما هو حال وحيدة المسلك. ويتغذى جنين الجرابيات معظم مدة تكوينه الجنيني على كمية المح الكبيرة الموجودة في البيضة. وتتشكل قبل الولادة بوقت قصير من غشاء الكوريون مشيمة لا تعمر طويلًا. بعد ذلك– فورًا– يلد جنين الجرابيات، أحيانًا في مدة ثمانية أيام من الإخصاب. يخرج الجنين صغيرًا ودون شعر، ويزحف نحو جراب أمه، حيث يلتصق بحلمة الغدة اللبنية، ويستمر في تطوره الجنيني.

تطورت الثدييات الجرابية قبل الثدييات المشيمية بوقت قصير منذ نحو 125 مليون سنة. تعيش معظم الجرابيات في الوقت الحاضر في أستراليا وأمريكا الجنوبية، وهي مناطق عانت فترات طويلة من الانعزال الجغرافي. وتنوعت الجرابيات كثيرًا في أستراليا وغينيا الجديدة لتحتل أدوارًا بيئية تملؤها الثدييات المشيمية في أماكن أخرى من العالم (انظر الشكل 22 – 20). أما الثدييات المشيمية في أستراليا وغينيا الجديدة فقد وصلت هناك حديثًا نسبيًّا وفي بعض الحالات أدخلها الإنسان. ويشكل أبوسوم فرجينيا *Didelphis virginiana* الجرابي الوحيد الموجود في أمريكا الشمالية، حيث هاجر إليها عن طريق أمريكا الوسطى خلال الثلاثة ملايين سنة الأخيرة.

الثدييات المشيمية: *Placental mammals*

تتشكل المشيمة التي يتغذى عن طريقها الجنين خلال تكوينه الجنيني كاملًا في الرحم في الثدييات المشيمية (الشكل 35–33 ج). تقع معظم أنواع الثدييات التي تعيش اليوم، بما في ذلك الإنسان، ضمن هذه المجموعة. فمن بين 19 رتبة من الثدييات الحية، 17 منها هي ثدييات مشيمية (على الرغم من أن بعض العلماء يضعون الجرابيات في أربع رتب لا رتبة واحدة). ويبين الجدول 35 –6 (صفحة 708) بعضًا من هذه الرتب. إنها مجموعة بالغة التنوع، وتتراوح في الحجم من 1.5 جم للزّبابة القزم وحتى الحيتان التي تزن 100,000 كجم.

تتشكل المشيمة في أثناء مراحل التكوين الجنيني المبكرة. الأوعية الدموية للأم وللجنين غزيرة في المشيمة، والمواد يمكن تبادلها بفعالية كبيرة بين تيار الدم للأم وللنسل (انظر الشكل 35 – 30). تتكون مشيمة الجنين من أغشية الممبار والكوريون. في الثدييات المشيمية يحتاج الصغير إلى مدة معقولة من التطور قبل ولادته، وهذا خلاف الحال في الجرابيات.

لم تكن الثدييات مجموعة رئيسة إلا بعد اختفاء الديناصورات. الثدييات هي الحيوانات الوحيدة التي لها شعر وغدد لبنية. تشمل التخصصات الأخرى في الثدييات تكوّن المشيمة والأسنان المصممة لتناسب نوع الغذاء والأجهزة الحسية المتخصصة. يمكن تمييز ثلاث مجموعات من الثدييات في الوقت الحاضر، هي: وحيدة المسلك، والجرابيات، والثدييات المشيمية.

الجدول 35-6	رتب الثدييات المشيمية الرئيسة		
الرتبة	أمثلة نموذجية	الصفات الأساسية	العدد التقريبي للأنواع الحية
القوارض	القُندس، الفأر، الشّيهم، الجرذ	صغيرة وآكلة للنباتات. أسنان قواطع كالإزميل.	1814
مجنحة الأيدي (الخفاشيات)	الخفاش	ثدييات طائرة. آكلة للفواكه والحشرات بشكل رئيس، أصابع طويلة، أجنحة غشائية رقيقة، ليلية غالبًا، توجه طيرانها برجع الصدى.	986
آكلة الحشرات	الخُلد، الزّبابة	ثدييات صغيرة حافرة. آكلة للحشرات، أكثر الثدييات المشيمية بدائية، تقضي معظم وقتها تحت سطح الأرض.	390
آكلة اللحوم	الدب، القط، الراكون، ابن عرس، الكلب	مفترسات آكلة اللحوم. الأسنان متكيفة لتمزيق اللحم، ليس لها عائلات متوطنة في أستراليا.	274
الرئيسيات	القردة، الإنسان، السعادين، الليمور	قاطنات الأشجار. حجم الدماغ كبير، رؤية بصرية موجودة للعينين، إبهام مقابل للأصابع، مجموعة تطورت من خط تفرع مبكرًا من ثدييات أخرى.	233
زوجية الحافر	الأبقار، الغزال، الزراف، الخنازير	حيوانات ذات حافر بإصبعين أو أربع. معظم الأنواع عاشبات مجترة.	211
الحوتيات	الدلفين، خنزير البحر، الحوت	ثدييات بحرية تمامًا. جسم انسيابي، أطراف أمامية متحورة إلى زعانف، لا توجد أطراف خلفية، فتحات لنفخ الهواء على قمة الرأس، لا يوجد شعر إلا على الخطم.	79
الأرنبيات	الأرنب، الأرنب البري، البِيكة	قافزات تشبه القوارض. أربع قواطع عليا (بدلًا من اثنتين في القوارض)، أرجل خلفية أطول من الأمامية وهو تكيفٌ للقفز.	69
المدرّعات	آكل النمل، الأرمادييللو، الكسلان	عديمة الأسنان آكلة للحشرات. كثير منها عديم الأسنان، ولكن بعضها لديه أسنان مدببة مضمحلة.	30
مفردة الحافر	الحصان، الكركدن (وحيد القرن)، التابير	ثدييات ذات حوافر بأصابع مفردة العدد. آكلات أعشاب متكيفة للقضم.	17
ذوات الخرطوم	الفيلة	آكلات أعشاب ذات خرطوم طويل. القاطعان العلويان متطاولان كالأنياب، أكبر حيوانات اليابسة الحية.	2

9-35 تطور الرئيسيات

الرئيسيات Primates هي مجموعة الثدييات التي نشأ منها النوع الإنساني. طورت الرئيسيات صفتين مميزتين سمحتا للمجموعة أن تنجح بوصفها حيوانات آكلة للحشرات قاطنة للأشجار.

1. **أصابع يد وأصابع قدم قابضة**: تختلف الرئيسيات عن السنجاب والزّبابة، وكلاهما ذات أقدام بمخالب، في أن الرئيسيات لها أيدٍ وأقدام تمكنها من القبض والتعلق بالأغصان وإمساك الغذاء، واستخدام الأدوات في بعض الرئيسيات. الإصبع الأول (أو الإبهام) في معظم الرئيسيات يقابل بقية الأصابع، وبعض الأصابع على الأقل، إن لم يكن جميعها، توجد لها أظافر.
2. **الرؤية الثنائية بالعينين Binocular vision**: تختلف الرئيسيات عن الزبابة والسنجاب اللذين يوجد لكل منهما عين على كل جانب من الرأس، في أن عيني الرئيسيات تحركتا في اتجاه الأمام إلى مقدمة الوجه. هذا الأمر ينتج رؤية متداخلة من كلتا العينين ما يسمح للحيوان بتقدير مسافة الأشياء التي يراها بدقة، وهو أمر ضروري لحيوان يتحرك خلال الأشجار، ويحاول الإمساك بالغذاء.

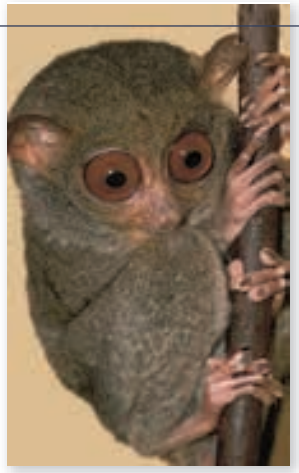
هناك ثدييات أخرى ذات رؤية ثنائية، مثلًا المفترسات آكلة اللحوم، ولكن الرئيسيات وحدها لها صفتا الرؤية الثنائية واليد القابضة، ما يجعل منها مجموعة متكيفة بشكل جيد لبيئة الغابات.

السلالات شبيهة الإنسان قادت إلى الإنسان الأول

منذ نحو 40 مليون سنة، انقسمت الرئيسيات الأولى إلى مجموعتين: قبل القردة وشبيهة الإنسان. تشبه قبل **القردة Prosimians** تزاوجًا بين السنجاب والقطط، وقد كانت شائعة في أمريكا الشمالية وأوروبا وآسيا وإفريقيا. يعيش قليل من قبل القردة اليوم–الليمور واللّوْرس (الليمور الهندي) والتَّرْسير (الشكل 35-34). إضافة إلى الأصابع القابضة والرؤية الموحدة بالعينين، تمتلك قبل القردة عيونًا واسعة، وحدة إبصار كبيرة. معظم قبل القردة ليلية المعيشة، وهي تتغذى على الفواكه، والأوراق، والأزهار. إن كثيرًا من أنواع الليمور له ذنب طويل للتوازن.

شبيهة الإنسان *Anthropoids*

تضم شبيهة الإنسان القردة، والسعادين، والإنسان، وهي غالبًا نشطة في أثناء النهار، وتتغذى بشكل رئيس على الفواكه والأوراق. وقد صاحب الانتخاب الطبيعي تغيرات عدة في تصميم العينين، بما في ذلك رؤية الألوان التي تعد تكيفًا للتغذية النهارية. ويسيطر دماغ كبير الحجم على الحواس المتطورة، ويشكل صندوق الدماغ جزءًا كبيرًا من الرأس.



الشكل 35-34

قبل القردة. التَّرْسير *Tarsius* هو من مجموعة قبل القردة، ويعيش في آسيا الاستوائية، ويظهر الصفات المميزة للرئيسيات: أصابع قابضة، ورؤية ثنائية بالعينين.

تعيش شبيهة الإنسان، مثلها مثل مجموعة قبل القردة القليلة ذات التغذية النهارية، في مجموعات وتبدي تفاعلًا اجتماعيًّا معقدًا. وهي تميل إلى العناية بصغارها مددًا طويلة، ما يسمح بمدة طفولة طويلة مهمة لتطور الدماغ وللتعلم.

منذ 30 مليون سنة تقريبًا، هاجرت بعض شبيهة الإنسان إلى أمريكا الجنوبية، ويمكن التعرف بسهولة إلى ما تناسل منها من مخلوقات سميت سعادين العالم الجديد (الشكل 35-35أ): هذه الحيوانات جميعها تعيش على الأشجار، ولها أنوف مسطحة واسعة، ولكثير منها ذنب طويل يستخدم في الإمساك بالأشياء.

أما شبيهة الإنسان التي بقيت في إفريقيا، فقد أعطت سلالتين: سعادين العالم القديم (الشكل 35-35ب) والإنسانيات (القردة والإنسان الشكل 35-35جـ). تشمل سعادين العالم القديم أنواعًا شجرية وأخرى تقطن الأرض، وليس لأي منها ذنب معدٌّ للإمساك، وفتحتا المنخر لها متقاربتان من بعضهما، وأنوفهما تتجه نحو الأسفل، وبعضها لها مخدة من جلد متصلب على الكفل للجلوس الطويل.

الإنسانيات Hominoids

تشمل الإنسانيات القردة **وعائلة الإنسان Hominids** التي تضم الإنسان المعاصر وأسلافه المباشرة. تتألف القردة الحية من الغابون (الجنس *Hylobates*)، وإنسان الغاب *Pongo Pan* ، والشمبانزي *Pan*، والغوريلا *Gorilla*. تمتلك القردة أدمغة أكبر من السعادين، وهي تفتقر إلى الذنب. والقردة الحية جميعها، باستثناء الغابون، أكبر حجمًا من السعادين. تُبدي القردة سلوكًا تكيفيًّا هو الأكبر بين الثدييات باستثناء الإنسان. وقد كانت القردة شائعة الانتشار في إفريقيا وآسيا، ولكنها نادرة اليوم، وهي تعيش في مناطق صغيرة نسبيًّا. ولا توجد القردة في أمريكا الشمالية أو الجنوبية.

الشكل 35-35

شبيهة الإنسان.

أ. سعادين العالم الجديد، السعدان السنجاب *Saimiri oerstedii*.

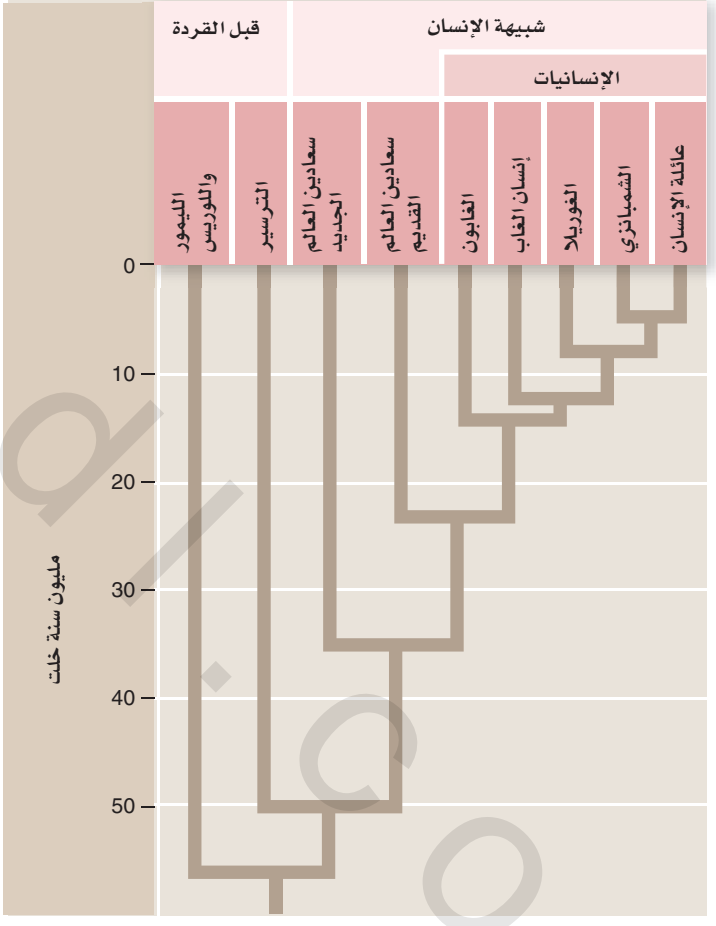
ب. سعادين العالم القديم، الميمون *Mandrillus sphinx*.

جـ. الإنسانيات، الغوريلا *Gorilla gorilla* (اليسار) والإنسان *Homo sapiens* (اليمين).

قدمت لنا دراسات DNA الكثير من المعلومات عن تطور القردة الحية. فالقردة الآسيوية تطورت أولًا، حيث انشقت سلالة القردة معطية الغابون منذ ما يقارب 15 مليون سنة، في حين انشق إنسان الغاب منذ نحو 10 ملايين سنة (الشكل 35-36) ولم يكن أي من السلالتين ذا قرابة وثيقة بالإنسان.

أما القردة الإفريقية فقد تطورت حديثًا، أي منذ 6 إلى 10 ملايين سنة خلت. هذه القردة هي أكثر الأقارب الحية صلة بالإنسان. ومجموعة "القردة" التصنيفية مجموعة متوازية الأصول، فبعض القردة هي أكثر قرابة لعائلة الإنسان مما هي للقردة الأخرى. ولهذا، فإن بعض علماء التصنيف يرون ضرورة وضع الإنسان والقردة الإفريقية في العائلة الحيوانية نفسها، التي تدعى عائلة الإنسان Hominidae.

تشير أحافير عائلة الإنسان المبكر (الإنسان وأسلافه المباشرة) التي سنصفها في جزء لاحق، إلى أن السلف المشترك لعائلة الإنسان كان أكثر شبهًا بالشمبانزي منه بالغوريلا. ويقدر العلماء، اعتمادًا على الفروق الوراثية، أن الغوريلا انشقت عن الخط المؤدي إلى الشمبانزي والإنسان منذ قرابة 8 ملايين سنة.



الشكل 35-36

الشجرة التطورية للرئيسيات. انشقت قبل القردة مبكرًا في أثناء تطور الرئيسيات، في حين انشقت عائلة الإنسان حديثًا جدًا. تشكل القردة مجموعة متوازية الأصول؛ لأن بعض القردة أوثق قرابة ببعض الأنواع من غير القردة (عائلة الإنسان) منها بالقردة الأخرى.

بعد مدة وجيزة من انشقاق الغوريلا، انشق السلف المشترك لعائلة الإنسان عن خط الشمبانزي ليبدأ رحلة تطورية تقود إلى الإنسان. وحيث إن هذا الانشقاق تم حديثًا جدًا، فإنه لم يتوافر وقت كافٍ لتراكم فروق وراثية بين الإنسان والشمبانزي. فعلى سبيل المثال، يختلف جزيء هيموجلوبين الإنسان عن نظيره في الشمبانزي في حمض أميني واحد فقط. وبشكل عام، فإن الإنسان والشمبانزي يظهران مستوى من التشابه الوراثي لا يوجد عادة إلا بين أنواع وثيقة القرابة، وتنتمي إلى الجنس نفسه.

مقارنة القرود مع عائلة الإنسان

يعتقد أن السلف المشترك للقردة ولعائلة الإنسان كان مخلوقًا متسلقًا شجريًّا. وقد عكس معظم التطور اللاحق للإنسانيات مقاربات مختلفة لأمر الحركة والانتقال. فعائلة الإنسان أصبحت ثنائية الأرجل، وكانت تمشي قائمة، في حين طورت القردة السير على البراجم (مفردها بُرْجُمة، وهي مفاصل الأصابع في اليد والرجل)، ملقية ثقل جسمها على السطح الظهري لأصابعها (في المقابل، كانت السعادين تسير باستعمال راحة اليدين).

وابتعد الإنسان عن القردة في نواحٍ عدة من التشريح المتعلق بالانتقال المعتمد على رِجْلين. فنظرًا لأن الإنسان يمشي على رِجْلين، فإن العمود الفقري أكثر تقوسًا منه للقردة، والحبل الشوكي للإنسان يخرج من أسفل الجمجمة لا من مؤخرتها. والحوض في الإنسان أصبح أعرض، وله شكل زبدية أو سلطانية، والعظام تنحني نحو الأمام؛ لكي تركز وزن الجسم فوق الأرجل. إضافة إلى الاختلافات في نسب الورك والركبة والقدم.

ولأن الإنسان يمشي على رِجْلين، فإنه يحمل معظم وزن الجسم على الأطراف السفلى التي يبلغ وزنها 32 - 38% من وزن الجسم، وهي أطول من الأطراف العليا. في الإنسان، لا تحمل الأطراف العليا وزن الجسم، بل تشكل 7-9% من وزنه فقط. تمشي القردة الإفريقية على أربع أرجل، حيث تحمل الأطراف العليا والسفلى وزن الجسم؛ فالغوريلا أطرافها العليا أطول، وتشكل 14 - 16% من وزن الجسم، أما الأطراف السفلى الأقصر قليلًا، فتشكل نحو 18% من الوزن.

القردة الجنوبية كانت من أوائل الإنسانيات

أصبح مُناخ العالم أكثر برودة منذ 5-10 ملايين سنة، وتلاشت الغابات الإفريقية الكبرى لتحل مكانها بشكل كبير مناطق السفانا ومناطق الأشجار المفتوحة. واستجابة لهذه التغيرات، تطور نوع جديد من الإنسانيات، كان يمشي على رِجْلين. صنفت هذه الإنسانيات على أنها عائلة الإنسان، أي الخط التطوري الذي أنتج الإنسان.

تضم المجموعات الرئيسية لعائلة الإنسان 3 - 7 أنواع تنتمي إلى الجنس *Homo* (اعتمادًا على كيفية احتسابها)، وسبعة أنواع من القرود الجنوبية *Astralopithecus* الأقدم وذات الدماغ الأصغر، وسلالات عدة أقدم من ذلك. وفي كل حالة، وحيثما وجدت الأحافير التي تسمح بالتحليل، فإن عائلة الإنسان ذات رِجْلين، وهي سمة مميزة لتطور هذه العائلة.

في السنوات الأخيرة وجد العلماء سلسلة مدهشة من أحافير عائلة الإنسان المبكرة التي تمتد إلى الوراء 6-7 ملايين سنة، وحيث كانت هذه الأحافير تحتوي مزيجًا من الصفات البدائية والحديثة، فإنها سببت اضطرابًا كبيرًا في دراسة عائلة الإنسان الأولى. وعلى الرغم من أن إدخال هذه الأحافير ضمن عائلة الإنسان يبدو مبررًا، إلا أن عددًا قليلًا فقط من النماذج كان قد اكتشف، وهي لا تقدم معلومات تكفي لتحديد علاقاتها بالقردة الجنوبية وبالإنسان بدرجة من اليقين. ولهذا، فإن البحث لا يزال جاريًا عن المزيد من متحجرات عائلة الإنسان الأولى.

القردة الجنوبية الأولى *Early Australopithecines*

تعتمد معرفتنا للقردة الجنوبية على مئات الأحافير التي وجدت جميعها في جنوب إفريقيا وشرقها (باستثناء واحدة عثر عليها في تشاد بغرب إفريقيا). يعتقد أن القردة الجنوبية كانت قد عاشت فوق منطقة واسعة في إفريقيا، ولكن الصخور ذات العمر المناسب التي قد تحتوي هذه المتحجرات لم يتم الكشف عنها في المناطق الأخرى. ويبدو أن تطور عائلة الإنسان قد بدأ بإشعاع أولي لأنواع عدة. فالأنواع السبعة التي تم تشخيصها حتى الآن تشكل دليلًا قويًّا على أن القردة الجنوبية كانت مجموعة متنوعة.

كانت عائلة الإنسان الأولى تضم أفرادًا وزن كل منها نحو 18كجم وطوله قرابة متر واحد، أما نظام أسنانها فقد كان إنسانيًّا متميزًا، ولكن أدمغتها لم تكن لتتجاوز أدمغة القرود، أي ما يقارب 500 سم أو أقل. أما دماغ الجنس *Homo* للمقارنة فهو عادة أكبر من 600 سم، ودماغ الإنسان الحديث *Homo sapiens* فهو في المعدل 1350سم.

يُشير تركيب متحجرات القردة الجنوبية إلى أنها كانت تمشي قائمة. ويشمل الدليل على المشي على رِجْلين وجود 69 بصمة رِجل (آثار الخطوات) في منطقة ليتولي بشرق إفريقيا. فقد عثر على خطوات تشير إلى مسير شخصين: أحدهما أكبر من الآخر، جنبًا إلى جنب وبصورة قائمة لمسافة 27 مترًا، وكانت آثار خطواتهما محفوظة في طبقة من الرماد البركاني عمرها 3.7 ملايين سنة. ومن المهم ملاحظة أن الأصبع الأكبر لم يكن يميل جانبًا كما في السعادين أو القردة، ما يشير إلى أن هذه الخطوات كانت لعائلة الإنسان دون شك.

السير على رِجْلين *Bipedalism*

تُؤرخ ظاهرة السير على رِجْلين لبداية ظهور عائلة الإنسان. ويبدو أن هذه الظاهرة تطورت عندما غادرت القردة الجنوبية الغابات الكثيفة، واتجهت نحو أراضي الحشائش ومناطق الأشجار المفتوحة.

خضعت فكرة أيهما تطور أولًا: السير على رِجْلين أم الدماغ الأكبر حجمًا، للكثير من الجدل لبعض الوقت. إحدى مدارس التفكير تفترض أن أدمغة عائلة الإنسان تضخمت أولًا، ثم أصبحت عائلة الإنسان تسير على قدمين. مدرسة أخرى ترى أن السير على قدمين كان متطلبًا سابقًا للأدمغة الكبرى، وحجتها في ذلك أن السير على قدمين حرر الأطراف الأمامية لصنع الأدوات واستخدامها ما قاد إلى تطور أدمغة كبرى. وقد حسمت الأحافير المستخرجة من الأرض في إفريقيا هذا الجدل، إذ تبين أن السير على قدمين يعود إلى 4 ملايين سنة خلت، حيث؛ مفصل الركبة، والحوض، وعظام الرجل كلها تظهر الصفات المميزة للوضع القائم. أما توسع الدماغ بشكل ملحوظ، من ناحية أخرى، فإنه لم يظهر إلا منذ نحو مليوني سنة. ففي تطور عائلة الإنسان كان واضحًا أن المسير بوضع قائم سبق ظهور دماغ كبير الحجم.

أما سبب تطور المسير على قدمين في عائلة الإنسان فقد بقي موضوعًا خاضعًا للجدل. فالأدوات لم تظهر إلا منذ 2.5 مليون سنة، ولهذا فصناعة الأدوات لم تكن سببًا محتملًا. إحدى الأفكار البديلة تقترح أن السير قائمًا هو أسرع، ويحتاج طاقة أقل من السير على أربع، وأن الوضع القائم يسمح لعائلة الإنسان بالتقاط الثمار من الأشجار، وأن ترى من فوق الحشائش الطويلة، كذلك يقلل الوضع القائم مساحة سطح الجسم المعرضة لأشعة الشمس، ويسمح للغوص في الماء لعائلة الإنسان شبه المائية. ويحرر الوضع القائم الأطراف الأمامية للذكور لجلب الطعام للإناث، ويشجع على إنشاء علاقات بين الأزواج. هذه الاقتراحات جميعها لها مؤيدوها، ولكن أيًّا منها لم يُقبل عالميًّا، وهكذا يبقى أصل المسير على قدمين، وهو الحدث الأساسي في تطور عائلة الإنسان لغزًا.

تضم الرئيسيات قبل القرود وشبيهة الإنسان. تشكل القرود، والسعادين، وعائلة الإنسان مجموعة واحدة هي شبيهة الإنسان. تطور المسير على قدمين - والسير قائمًا - يؤرخ لبداية تطور عائلة الإنسان، على الرغم من أن أحدًا لا يعرف بشكل قاطع سبب تطور المسير على قدمين. إن جذور شجرة تطور عائلة الإنسان معروفة فقط بصورة غير كاملة، ولكن يبدو أنها بدأت من القردة الجنوبية.

ظهر الجنس *Homo* منذ نحو مليوني سنة

الإنسان الأول (الجنس *Homo*) تطور من أسلافه من القرود الجنوبية منذ نحو مليوني سنة. لم يتم تشخيص السلف بدقة متناهية، ولكن يعتقد بشكل شائع أنه *Austrlopithecus afarensis*. تم الكشف في خلال الثلاثين عامًا الأخيرة عن عدد من الأحافير المهمة للجنس المبكر. وقد أدى هذا إلى تغذية الاكتشافات الحقلية بمزيد من الطاقة، ما مكن من اكتشافات جديدة تعلن بشكل مستمر، ففي كل عام تصبح قاعدة شجرة تطور الإنسان أكثر وضوحًا. والسرد التاريخي المقبل يشكل مثالًا جيدًا على الأعمال العلمية التي هي قيد الإنجاز، وإن كنا نعتقد أن هذا السرد سوف يتغير مستقبلًا بفعل الاكتشافات المستقبلية.

الإنسان الأول *Homo habilis*

في مطلع الستينيات من القرن الماضي، وجدت أدوات حجرية مبعثرة بين عظام آدمية بالقرب من الموقع الذي استخرج منه *Australopithecus boisei*. وعلى الرغم من أن المتحجرات كانت مهشمة لدرجة كبيرة، فإن عملية إعادة وضع القطع المتعددة مع بعضها أشارت إلى أن حجم الدماغ كان نحو 680 سم، وهو أضخم من دماغ القرود الجنوبية الذي يتراوح بين 400-550سم. ونظرًا لارتباطه بالأدوات الحجرية فقد سُمي هذا الإنسان الأول *Homo habilis*، الذي يعني "الإنسان الماهر"، وقد أشارت الهياكل العظمية الجزئية المكتشفة عام 1986 إلى أن *Homo habilis* كان صغير القامة، وكانت ذراعاه أطول من رجليه، وهيكله يشبه كثيرًا هيكل *Australopithecus* (القرود الجنوبية). وبسبب شبهه العام بهذه القرود الجنوبية، فإن عددًا من الباحثين تشككوا في أن هذا هو متحجر الإنسان.

كم كان الإنسان الأول *Homo* متنوعًا!

لم يتم العثور إلا على عدد قليل من أحافير الجنس *Homo*، ولهذا نشأ جدل كبير حول ضرورة جمعها معًا في نوع واحد هو الإنسان الماهر *H.habilis* أو تشعيبها إلى ثلاثة أنواع: *H. rudolfensis*، *H. habilis*، *H. ergaster* وإذا تم قبول هذا التشعيب، فإن الرأي الذي يقبله عدد متزايد من العلماء هو أن الجنس *Homo* عايش إشعاعًا تكيفيًّا، وكان النوع. *H rudolfensis* هو النوع الأكثر قدمًا، ويعقبه *H. habilis* ثم *H. ergaster* وبسبب هيكله الحديث، فقد أعتقد أن *H. ergaster* (الشكل 35-38) هو السلف الأكثر احتمالًا لأنواع الإنسان المقبلة.

الخروج من إفريقيا: الإنسان القائم *Homo erectus*

إن الصورة التي لدينا عما كان عليه الإنسان من الجنس *Homo* تنقصها التفاصيل؛ لأنها تعتمد على عدد قليل من العينات. ولكن لدينا معلومات أكثر عن النوع الذي حل محله، وهو الإنسان القائم *H. erectus*.

الإنسان القائم كان أكبر حجمًا بكثير من الإنسان الماهر *H. habilis*، فقد كان طوله نحو 1.5 متر، وكان له دماغ أكبر، 1000سم تقريبًا، وقد كان يمشي قائمًا. كان لجمجمته حواف بارزة عند الحواجب، وكان له فك مستدير كالإنسان الحديث. والأكثر إثارة من كل ذلك أن شكل الجمجمة من الداخل يشير إلى أن الإنسان القائم كان قادرًا على الكلام. ولأن الإنسان القائم كان أكثر نجاحًا من الإنسان الماهر، فقد انتشر بسرعة في إفريقيا وهاجر خلال المليون سنة المقبلة إلى أوروبا وآسيا. كان الإنسان الماهر، وهو نوع اجتماعي، يعيش في قبائل من 20-50 شخصًا، وغالبًا ما كان يقطن الكهوف. وقد اصطادوا بنجاح حيوانات كبيرة الحجم وذبحوها باستخدام أدوات الصوان، والعظم، وطبخوها باستخدام النار. وقد وجد موقع في الصين يحتوي على بقايا خيول، ودببة، وفيلة، ووحيد القرن.

عاش الإنسان القائم مدّة تزيد على مليون سنة، وهي مدة أطول مما عاشه أي نوع إنساني آخر. واختفى هذا الإنسان الشديد التكيف من إفريقيا منذ قرابة 500,000 سنة، عندما بدأ الإنسان الحديث يظهر. ومن المثير للاهتمام، أنه عاش في آسيا مدة أطول، واختفى منذ 250,000 سنة فقط.

إضافة جديدة لعائلة الإنسان: إنسان فلورس *Homo floresiensis*

عام 2004 ذهل العالم بإعلان اكتشاف متحجرة لنوع إنساني جديد من جزيرة فلورس الصغيرة بإندونيسيا (الشكل 35-39). كان إنسان فلورس قميء القامة بشكل ملاحظ، إذ يصل طوله مترًا واحدًا، وكان حجم جمجمته 380 سم، وقد أطلق عليه بسرعة لقب الجنـيّ (العفريت) إشارة إلى أبطال ثلاثية تولكين "سيد الخواتم". وقد كان مذهلًا أيضًا عمر المتحجرات، إذ كان عمر أصغرها 15,000 سنة تقريبًا.

وعلى الرغم من حداثتها، فإن عددًا من هياكلها أوحت للعلماء بأن إنسان فلورس كان أوثق قرابة بالإنسان القائم منه بالإنسان الحكيم *Homo sapiens* الحالي. فإذا كان ذلك صحيحًا (وهذا ما لا يتفق عليه كل العلماء)، فإن النتيجة تعني أن سلالة الإنسان القائم بقيت مدة أطول بكثير مما كان يعتقد سابقًا - حتى وقتنا الحاضر تقريبًا. إن ذلك يعني أيضًا أنه حتى وقت قريب لم يكن الإنسان الحكيم هو النوع الإنساني الوحيد على الكوكب. وتستطيع فقط أن تتكهن حول كيف كان التفاعل بين إنسان فلورس والإنسان الحكيم، وكيف تأثر هذا التفاعل بالفروق الكبيرة في حجم الجسم.

لماذا طور إنسان فلورس حجمًا صغيرًا كهذا؟ إنه أمر غير معروف على الرغم من إشارة بعض الخبراء إلى ظاهرة "القَزَم في الجزر"، التي لوحظ بها أن أنواع الثدييات تتطور لتكون أصغر حجمًا بكثير على الجزر. وبالفعل، فإن إنسان فلورس، تعايش مع أنواع صغيرة الحجم من الفيلة التي عاشت على جزيرة فلورس، وتغذى عليها، ولكنها انقرضت هي بدورها. هذه الحقائق أحيت الاهتمام بتفسير ظاهرة القَزَم في الجزر ثانية.

الإنسان الحديث *Modern humans*

دخلت الرحلة التطورية مرحلتها النهائية عندما ظهر الإنسان الحديث أول مرة في إفريقيا منذ ما يقارب 600,000 سنة. ويدرج الباحثون المهتمون بتنوع الإنسان ثلاثة أنواع من الإنسان الحديث، هي: إنسان إثيوبيا *Homo heidelbergensis* وإنسان وادي نيندر *H.neanderthalensis*. والإنسان الحكيم *Homo sapiens*. لكن باحثين آخرين يجمعون الأنواع الثلاثة في نوع واحد هو الإنسان الحكيم *H. sapiens* حيث تعني كلمة *sapiens* حكيم.

عرف أقدم أنواع الإنسان الحديث *H.heidelbergensis* من دراسة متحجرة عثر عليها في إثيوبيا عمرها 600,000 سنة. وعلى الرغم من أنه تعايش في الوقت نفسه مع الإنسان القائم في إفريقيا، فإن إنسان إثيوبيا كانت له صفات تشريحية متقدمة تشمل وجود قارب عظمي (حز عظمي) يمتد على طول الخط الوسطي للجمجمة، وحافة سميكة فوق محجري العينين ودماغ ضخم. كذلك كانت جبهته وعظام منخريه شبيهة جدًا بمثيلاتها في الإنسان الحكيم.

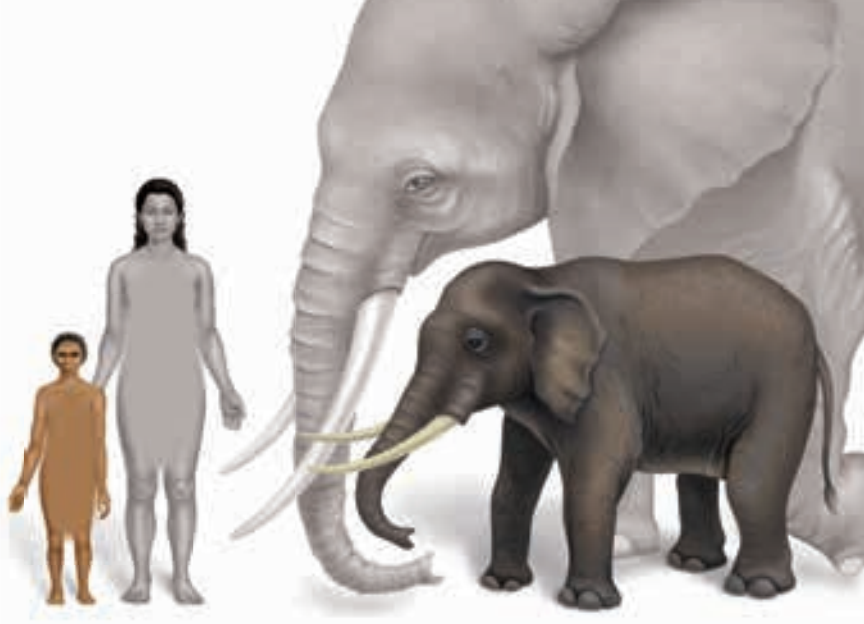
وعندما أصبح الإنسان القائم أكثر ندرة، أي منذ نحو 130,000 سنة، وصل نوع جديد من الإنسان إلى أوروبا قادمًا من إفريقيا. يعتقد أن إنسان وادي النيندر *H.neanderthalensis* تفرع من خط سلفي يقود إلى الإنسان الحديث منذ قرابة 500,000 سنة. وعند مقارنته بالإنسان الحديث، فقد كان إنسان وادي النيندر قصيرًا ممتلئًا ومبنيًّا بشكل قوي، وجمجمته كانت ضخمة، ذات وجه بارز، وحواف عظمية سميكة الحواجب، وكانت محفظة الدماغ واسعة.

إنسان وادي كرو- ماجنون *Cro- Magnon* وإنسان وادي نيندر *Neanderthals*

سُمي إنسان وادي نيندر (يصنفه بعض علماء الأحافير بوصفه نوعًا مستقلًّا، *H.neanderthalensis*) بهذا الاسم نسبة لوادي نيندر في ألمانيا الذي اكتشفت فيه أحافيره الأولى عام 1856. كان في البداية نادرًا في أوروبا، ولكنه أصبح أكثر وفرة لاحقًا في أوروبا وآسيا، حتى أصبح شائعًا قبل 70,000 سنة تقريبًا.

الشكل 35-38

الجنس *Homo* المبكر: هذه جمجمة فتى، يبدو أنه مات في مرحلة المراهقة المبكرة، عمرها 1.6 مليون سنة، وقد صنفت في النوع *Homo ergaster* وكان طوله نحو 1.5 متر ووزنه 47 كجم.



الشكل 35–39

إنسان فلورس *Homo floresiensis*. هذا النوع القميء الحجم (قارن أنثى الإنسان الحديث إلى اليمين بأنثى إنسان فلورس على اليسار) عاش فوق جزيرة فلورس، وتغذى على أنواع قزمة من الفيلة *Stegodon sondaari* كان يعيش أيضًا في فلورس.

صنع إنسان نيندر أدوات متنوعة تضم أدوات الكشط، ورؤوس رماح، وفؤوسًا يدوية، وعاش في أكواخ أو مغاور. كان إنسان نيندر يعتني بالمصابين والمرضى من أفراد نوعه، وكان في الغالب يدفن موتاه، وغالبًا ما يدفن معهم طعامًا وأسلحة وأزهارًا. إن هذا الاهتمام بالموتى يشير إلى أنه كان يؤمن بالحياة بعد الموت، وهذا يشكل أول دليل على خصائص التفكير الرمزي لدى الإنسان الحديث.

اختفت أحافير إنسان نيندر فجأة من سجل الأحافير منذ نحو 34,000 سنة، وحل محلها أحافير الإنسان الحكيم الذي يدعى إنسان كرو- ماجنون (سمي باسم وادي كرو-ماجنون بفرنسا، حيث اكتشفت متحجراته هناك أول مرة). ونستطيع التكهن فقط حول سبب حصول هذا الإحلال المفاجئ، ولكنه كان تامًّا في أوروبا في مدة قصيرة من الوقت.

تشير خطوط عدة من الأدلة إلى أن إنسان كرو- ماجنون جاء من إفريقيا- حيث وجدت هناك متحجرات، معظم صفاتها حديثة، لكن عمرها قد يصل إلى 100,000 سنة. ويبدو أن إنسان كرو-ماجنون حل محل إنسان نيندر تمامًا في الشرق الأوسط منذ 40,000 سنة، ومن ثم انتشر عبر أوروبا. إن التحليل الحديث لمادة DNA لإنسان نيندر تبين أنها متميزة تمامًا عن DNA لإنسان كرو-ماجنون، ما يشير إلى أن النوعين لم يتزاوجا فيما بينهما، على الرغم من أن العلماء جميعًا لا يتفقون على هذا الأمر. إن إنسان نيندر هو من أبناء عمومتنا ولم يكن سلفًا ا لنا. كان لإنسان كرو-ماجنون الذي حل محل إنسان نيندر تنظيم اجتماعي معقد، ويعتقد أنه كان لديه قابلية لغوية كاملة، ويمكن مشاهدة رسوم جميلة وتفصيلية صنعها إنسان كرو-ماجنون على جدران الكهوف في كامل أوروبا (الشكل 35-40).

وأخيرًا، انتشر إنسان ذو مظهر حديث عبر سيبيريا إلى أمريكا الشمالية، حيث وصل هناك منذ 13,000 سنة تقريبًا، بعد أن بدأ الجليد يتراجع، وكان لا يزال هناك جسر من اليابسة يربط سيبيريا بألاسكا. ومنذ 10,000 سنة كان هناك نحو 5 ملايين شخص يقطنون العالم كله (قارن ذلك بأكثر من 6 بلايين في الوقت الحاضر).

نوعنا الإنساني: الإنسان الحكيم *Homo sapiens*

الإنسان الحكيم هو النوع الوحيد الحي من الجنس *Homo* ، وهو بالفعل الوحيد المتبقي من عائلة الإنسان. أفضل المتحجرات للإنسان الحكيم كانت 20 هيكلًا محفوظة بشكل جيد مع جماجمها، عثر عليها في كهف بالقرب من الناصرة في فلسطين. وتقدر تقنيات تقدير العمر الحديثة أن هذه العظام البشرية عمرها يتراوح بين 100,000-90,000 سنة. الجمجمة كانت حديثة في مظهرها وحجمها، وذات محفظة دماغ مرتفعة وقصيرة، وجبهة عمودية مع ثنية حاجب خفيفة فقط، وحجم جمجمة يقارب 1550 سم. نحن بني البشر نتجنا عن حيوانات بعملية التطور. وقد تميز تطورنا بزيادة مستمرة في حجم الدماغ، ما ميزنا عن باقي الحيوانات بطرق متعددة: أولًا، الإنسان قادر على صنع الأدوات واستخدامها بشكل فعّال، وهي قدرة تعد مسؤولة، أكثر من أي شيء آخر عن موقعنا السيادي في مملكة الحيوان. ثانيًا، على الرغم من أننا لسنا الحيوان الوحيد القادر على التفكير المفاهيمي، لكننا الوحيد الذي صقل هذه القدرة، ووسعها حتى أصبحت سمة مميزة للنوع. ثالثًا، نحن نستخدم اللغة الرمزية، ونستطيع باستخدام الكلمات تشكيل مفاهيم نتجت عن خبراتنا، ونقل خبراتنا المتراكمة من جيل إلى آخر.

لقد شهد الإنسان دون غيره من الحيوانات الأخرى تطورًا حضاريًّا واسعًا. فمن خلال الحضارة، أوجدنا طرقًا لتغيير بيئتنا وصقلها بدلًا من التغير التطوري استجابة لمتطلبات هذه البيئة. نحن نسيطر على مستقبلنا البيولوجي بطريقة لم تكن ممكنة من قبل، وهذه قوة كامنة مدهشة ومسؤولية مثيرة للرعب.

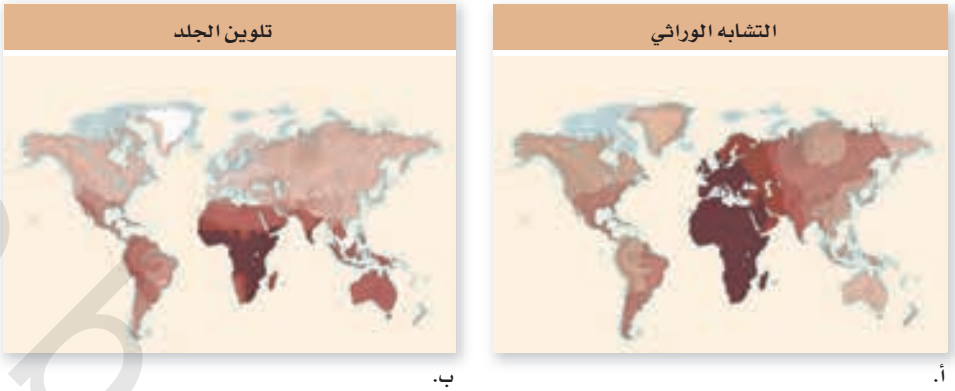
الشكل 35–40

رسومات إنسان كرو-ماجنون. تظهر هذه الرسومات التي عثر عليها عام 1995 في كهف بفرنسا أن وحيد القرن كان من بين الحيوانات التي صورها.

www.ravenbiology.com

الشكل 35-41

أنماط الاختلافات الوراثية في المجموعات السكانية الإنسانية تختلف عن أنماط اختلافات تلون الجلد.
أ. الاختلافات الوراثية في النوع *Homo sapiens*. المناطق المتشابهة في اللون بالصورة هي الأكثر تشابهًا من ناحية وراثية بناءً على كثير من المواقع الجينية للأنزيمات ومجموعات الدم.
ب. التشابه بين بني البشر في لون الجلد.
في الصورة، يعكس لون المنطقة تلوين الجلد بين الناس الذين يقطنونها أصلًا.



أ. ب.

السلالات البشرية *Human races*

الإنسان كباقي الأنواع الأخرى تمايز في صفاته، بينما كان ينتشر خلال العالم كله. فالتجمعات السكانية المحلية في منطقة ما غالبًا ما تختلف بشكل كبير عن تلك التي تعيش في منطقة أخرى. فمثلًا، سكان شمالي أوروبا غالبًا ذوو شعر أشقر، وبشرة فاتحة اللون وعيون زرق، في حين أن الأفارقة غالبًا ذوو شعر أسود، وبشرة دكناء وعيون بنية. تؤدي هذه الصفات دورًا في تكيف هذه المجموعات السكانية مع بيئاتها. وتكون مجموعات الدم المرتبطة بالمناعة ضد الأمراض أكثر شيوعًا في مناطق جغرافية معينة، وإن الجلد الداكن اللون يقي الجسم من الآثار المدمرة للأشعة فوق البنفسجية التي تكون أكثر قوة في المناطق الاستوائية منها في المناطق المعتدلة.

السلالات البشرية كلها قادرة على التزاوج مع بعضها، وإنتاج نسل خصب. والسبب الذي يجعل البشر يختارون القيام بذلك أم لا هو نفسي أو سلوكي (ثقافي) فقط.

إن عدد المجموعات التي يمكن تقسيم النوع الإنساني لها منطقيًّا كان مسألة جدل مدة طويلة. إذ يقسم بعض علماء السلالات البشرية المعاصرين البشر إلى نحو 30 سلالة، في حين يقسمهم بعضهم الآخر إلى ثلاث سلالات هي: القوقازي، والزنجي، والشرقي. ويعد الهنود الأمريكان والبوشمان (في أمريكا الجنوبية) والأروميون (من أستراليا) أمثلة لوحدات متميزة بشكل خاص، ويمكن اعتبارها أحيانًا مجموعات متميزة.

تكمن المشكلة في تصنيف البشر أو المخلوقات الأخرى إلى سلالات بهذه الطريقة في أن الصفات المستخدمة في تحديد السلالة لا تكون عادة مترابطة مع بعضها، ولهذا فإن تحديد السلالة سيكون عشوائيًّا دائمًا. الإنسان يوجهه البصر عادة، نتيجة لذلك فإننا نعتمد على حاسة البصر - بشكل أساسي لون الجلد-لتحديد السلالة. ولكن عندما نتفحص صفات أخرى كمجموعات الدم مثلًا، فإن أنماط الاختلاف لا تتطابق بشكل جيد مع السلالات التي حددناها بصريًّا. وبالفعل إذا كان علينا تقسيم النوع الإنساني إلى وحدات اعتمادًا على التشابه الوراثي الإجمالي، فإن التقسيم سيكون مختلفًا عما هو عليه لو اعتمدنا لون الجلد وصفات بصرية أخرى (الشكل 35-41).

في النوع الإنساني، ليس من الممكن ببساطة أن نضع حدودًا واضحة تميز السلالات، وتعكس التباين البيولوجي، وتنتج مجموعات محددة تمامًا. السبب في ذلك واضح وبسيط؛ فالمجموعات المختلفة من البشر كانت تختلط مع بعضها بشكل دائم، وتتزاوج مع بعضها عبر مجرى التاريخ. فتدفق الجينات المستمر منع النوع الإنساني من التجزؤ إلى أنواع متمايزة. أما تلك الصفات التي تمايزت بين المجموعات، كلون الجلد، فإنها تُعدّ أمثلة تقليدية للتعارض بين تدفق الجينات والانتخاب الطبيعي. وكما رأيت في الفصل الـ 20، فعندما يكون الانتخاب الطبيعي قويًّا بما فيه الكفاية، كما هو حال التلوين الداكن في المناطق الاستوائية، يمكن للمجموعات أن تتمايز حتى بوجود تدفق الجينات. ومع ذلك، فإنه حتى في هذه الحالات سيستمر تدفق الجينات لضمان بقاء المجموعات متجانسة نسبيًّا للاختلافات الوراثية عند مواقع جينية أخرى.

لهذا السبب، فإن القليل من الاختلافات في النوع الإنساني تمثل اختلافات بين السلالات الموصوفة. وقد بينت إحدى الدراسات بالفعل أن نحو 8% فقط من كل الاختلافات الوراثية بين البشر يمكن اعتمادها بوصفها فروقًا بين مجموعات السلالات البشرية. بعبارة أخرى، إن مجموعات السلالات البشرية لا تصف بشكل جيد الأغلبية الكبيرة من الاختلافات الوراثية التي توجد في الإنسان. ولهذا، فإن معظم علماء الأحياء الحديثين يرفضون التصنيف السلالي (العرقي) للإنسان، ولا يعدونه عاكسًا لأنماط التمايز البيولوجي في النوع الإنساني. وهذا يُعدّ أساسًا بيولوجيًّا منطقيًّا للتعامل مع كل إنسان على أساس جدارته، وليس على أساس أنه ينتمي لسلالة محددة.

تطورت أنواع عدة من الجنس *Homo* في إفريقيا، بعضها هاجر من هناك إلى أوروبا وآسيا. الإنسان الحكيم، وهو نوعنا البشري، يبدو أنه تطور في إفريقيا ومثله مثل الإنسان القائم قبله هاجر إلى أوروبا وآسيا. الإنسان الحكيم محترف في استخدام التفكير المفاهيمي واستخدام الأدوات، وهو الحيوان الوحيد الذي يستخدم اللغة الرمزية. لا تعكس السلالات البشرية أنماطًا ذات أساس من التمايز البيولوجي.

مراجعة المفاهيم

35-1 الحبليات

الحبليات حيوانات سيلومية ثانوية الفم ذات قرابة وثيقة بشوكيات الجلد.

- تشترك الحبليات في أربع صفات مميزة في مرحلة ما من تكوينها الجنيني، هي: حبل عصبي مجوف مفرد، وحبل ظهري مرن، وشقوق بلعومية، وذيل يمتد خلف الشرج (الشكل 35-1).

35-2 الحبليات اللافقرية

يمكن تقسيم قبيلة الحبليات إلى تحت قبائل ثلاث: الفقريات، وذيلية الحبل، ورأسية الحبل، والأخيرتان ليستا من الفقريات.

- يرقة ذيلية الحبل متحركة لها حبل ظهري وحبل عصبي، لكن الحيوان البالغ غير متحرك، وليس له تجويف جسم كبير، ولا يبدي أي إشارة واضحة للتقسيم. كثير منها لها غشاء مكون من السليلوز بشكل أساسي (الشكل 35-4).
- رأسية الحبل لها حبل ظهري دائم يمتد على طول الحبل العصبي الظهري، ولها قطع عضلية مقسمة، وجلد مكون من طبقة واحدة من الخلايا، لكن ليس لها عظام أو رأس متميز عندما تكون بالغة (الشكل 35-3).

35-3 الحبليات الفقرية

الفقريات حبليات ذات عمود فقري مكون من فقرات عظمية أو غضروفية.

- تنفصل الفقريات عن قبائل الحبليات الأخرى؛ لأن لها عمودًا فقريًّا يحيط بالحبل العصبي الظهري ويحميه، ولها رأس متمايز جدًا، وبه أعضاء للإحساس.
- للفقريات أعراف (ثنيات) عصبية خلال مراحل التكوين الجنيني، وأعضاء داخلية، وهيكل داخلي مكون من فوسفات الكالسيوم (الشكل 35-6، 35-7).

35-4 الأسماك

أكثر من نصف الفقريات أسماك (الشكل 35-8).

- تتميز الأسماك بصفات عدة أساسية، هي: عمود فقري من العظم أو الغضروف، وفكوك وزوائد مزدوجة، وخياشيم داخلية، وجهاز دوري مغلق.
- تطور الفك من أقواس الخياشيم الداخلية للأسماك عديمة الفكوك القديمة (الشكل 35 - 10).
- للأسماك نظام خط جانبي يرصد التغيرات في أمواج الضغط.
- لمعظم الأسماك العظمية، غطاء خياشيم يحمي الخياشيم والأسماك الغضروفية تفتقر لذلك الغطاء.
- تنتمي الأسماك العظمية، إما إلى الأسماك ذات الزعانف الشعاعية Actinopterygii أو إلى الأسماك ذات الزعانف المفصصة Sarcopterygii.
- الأسماك ذات الزعانف الشعاعية لها زعانف مدعمة بأشعة عظمية متوازية، والأسماك ذات الزعانف المفصصة لها فصوص عضلية، وعظام تشكل مفاصل كاملة التمفصل مع بعضها (الشكل 35-13).

35-5 البرمائيات

البرمائيات فقريات ذات جلد رطب تحدرت مباشرة من الأسماك.

- للبرمائيات الحية خمس صفات مميزة، هي: أرجل، ورئات، وتنفس جلدي، وأوردة، وقلب مقسم جزئيًّا.
- تسبب غزو البرمائيات لليابسة في مشكلات عدة للمخلوقات التي عاش أسلافها في الماء مثل: دعم وزن الجسم الكبير، والتنفس خارج الماء، ومنع جفاف الجسم.
- تنتمي البرمائيات الحديثة لثلاث مجموعات: عديمة الذنب أو الضفادع والعلجوم وليس لها ذنب وهي بالغ؛ الذيليات المتطاولة أو السلمندرات؛ وعديمة الأطراف أو الديدان العمياء عديمة الأرجل.

35-6 الزواحف

الزواحف أنواع تعيش على اليابسة بشكل أساسي، ولها جلد جاف وذو حراشف.

- تتميز الزواحف بثلاث صفات أساسية، هي: بيضة رهلية مانعة لفقد الماء، وجلد مانع لفقد الماء، وتنفس صدري (الشكل 35-17).
- تستخدم الزواحف الضغط السالب لملء رئاتها بالهواء، ويُنتج هذا الضغط السالب توسعًا في تجويف القفص الصدري وسحب الهواء إلى الداخل.
- تمارس الزواحف الحديثة الإخصاب الداخلي، وهي خارجية الحرارة، إذ تحصل على الحرارة من مصادر خارج الجسم.
- تنتمي الزواحف الحديثة إلى أربع مجموعات، هي: السلاحف، ورأسية الخطم أو التواتارا، والحرشفيات كالعظايا والأفاعي، والتماسيح بأنواعها كالتمساح والقاطور.

35-7 الطيور

تُعدّ الطيور الأكثر تنوعًا بين فقريات اليابسة، وهي تمتلك تكيفًا متميزًا هو الريش (35-25 وجدول 35 - 4).

- الصفتان الأساسيتان للطيور هما: حراشف الزواحف المتحورة إلى ريش يحفظ الحرارة، ويشكل قوة رفع عند الطيران، وهيكل عظمي خفيف للطيران.
- تطورت الطيور من ديناصور ثيرابودا (الشكل 35-27).
- تشترك الطيور الحديثة في صفات عدة مميزة؛ التنفس والدورة الدموية الفعالة، وإنها داخلية الحرارة.

35-8 الثدييات

تطورت الثدييات من زواحف ثيرابسدا، وهي تتميز بسهولة عن باقي طوائف الفقريات.

- تتميز الثدييات بوجود الفراء والغدد اللبنية.
- الثدييات داخلية الحرارة، وفي معظمها يحدث التكوين الجنيني داخل الرحم والجنين يرتبط بالأم عن طريق المشيمة.
- للثدييات أسنان تلائم نوع غذائها، ومعظمها آكلات للعشب.
- الثدييات الحديثة تصنف إما إلى الوحوش الأولية، أو وحيدة المسلك التي تضع بيضًا ذا قشور، أو إلى الوحوش الولودة.
- تضم الوحوش الجرابيات التي تطور بها الجنين بشكل أساسي خارج الجسم في كيس أو جراب، والثدييات المشيمية.

35-9 تطور الرئيسيات (الشكل 35-36)

الرئيسيات ثدييات أعطت النوع الإنساني الذي ننتمي إليه.

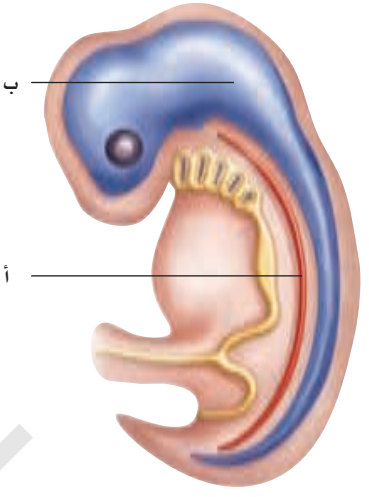
- تشترك الرئيسيات في ابتكارين: الأصابع القابضة، والرؤية الثنائية بالعينين معًا.
- الرئيسيات الأوائل أعطت قبل القردة التي تشمل الليمور، واللورس، والتَّرْسير، وشبيهة الإنسان تضم السعادين، والقرود، والإنسان.
- الإنسانيات تشمل القردة وعائلة الإنسان.
- إحدى العلامات المميزة لتطور عائلة الإنسان هي الوضع القائم، والانتقال باستخدام القدمين. أما القردة فتمشي ببعض الميل.
- ظهر الجنس *Homo* منذ نحو مليوني سنة تقريبًا من أسلاف من القردة الجنوبية.
- من الصفات الشائعة لأنواع الجنس *Homo* حجما الجسم والدماغ الكبيران.
- الإنسان الحكيم هو النوع الوحيد المتبقي من الجنس *Homo* وهو محترف في استعمال الأفكار المفاهيمية، والأدوات، واللغة الرمزية.

أسئلة مراجعة

اختبار ذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. فيما يتعلق بأنواع الحبليات جميعها، واحد مما يأتي غير صحيح:
   أ. الحبليات ثانوية الفم.
   ب. الحبل الظهري موجود في الجنين.
   جـ. الحبل الظهري محاط بالعظم والغضروف.
   د. كلها لها ذيل يمتد خلف الشرج في أثناء التكوين الجنيني.
2. في الشكل الآتي تمثل (أ) _____ وتمثل (ب) _____
   أ. جهازًا هضميًّا كاملًا، حبلًا ظهريًّا.
   ب. حبلًا شوكيًّا، حبلًا عصبيًّا.
   جـ. حبلًا ظهريًّا، حبلًا عصبيًّا.
   د. شقوقًا بلعومية، حبلًا ظهريًّا.



3. في أثناء التكوين الجنيني، توجد الأعراف العصبية في كل الحبليات الآتية، باستثناء:
   أ. رأسية الحبل.
   ب. الزواحف.
   جـ. الطيور.
   د. الثدييات.
4. الجهاز الدوري المغلق ذو الدورة الواحدة يميز كل:
   أ. البرمائيات.
   ب. الطيور.
   جـ. الزواحف.
   د. الأسماك.
5. تطور _____ في الأسماك العظمية ليعادل أثر كثافة العظم المتزايدة.
   أ. الخياشيم.
   ب. الفكوك.
   جـ. مثانة السباحة.
   د. الأسنان.
6. تطورت البرمائيات من مجموعة الأسماك:
   أ. شعاعية الزعانف.
   ب. مفصصة الزعانف.
   جـ. الغضروفية.
   د. الأسماك الشوكية.
7. تمثل إكثيوستيجا:
   أ. الحبليات الأولى.
   ب. زواحف ذات ريش.
   جـ. أول البرمائيات.
   د. سمكة غضروفية مبكرة.
8. يُعدّ تطور الوريد الرئوي مهمًّا للبرمائيات؛ لأنه:
   أ. يحرك الأكسجين من الرئتين وإليها.
   ب. يزيد معدل الأيض.
   جـ. يزيد دورة الدم إلى الدماغ.
   د. لا شيء مما ذكر.
9. أول مجموعة من الحيوانات استخدمت البيضة الرهلية كانت:
   أ. الطيور.
   ب. الثدييات.
   جـ. البرمائيات.
   د. الزواحف.
10. المجموعة التي تفتقر إلى قلب ذي أربع حجرات هي:
    أ. الطيور.
    ب. الزواحف.
    جـ. الثدييات.
    د. البرمائيات.
11. واحدة مما يأتي ليست من خصائص الزواحف:
    أ. التنفس الجلدي.
    ب. البيضة الرهلية.
    جـ. التنفس الصدري.
    د. جلد جاف مانع لتبخر الماء.
12. واحدة من التكيفات التطورية الآتية يسمح للطيور لتصبح كفأة في أثناء الطيران:
    أ. تركيب الريش.
    ب. درجة حرارة أيض مرتفعة.
    جـ. زيادة فعالية التنفس.
    د. لا شيء مما ذكر.
13. مجموعة الثدييات الأكثر قرابة للزواحف هي:
    أ. ثيرابسدا.
    ب. الجرابيات.
    جـ. وحيدة المسلك.
    د. الثدييات المشيمية.
14. المجموعة التي تضم القردة والإنسان وأسلافها المباشرة فقط هي:
    أ. الإنسانيات.
    ب. الرئيسيات.
    جـ. شبيهة الإنسان.
    د. الثدييات المشيمية.
15. النوع الأول من عائلة الإنسان الذي انتقل من إفريقيا في مجموعات اجتماعية هو:
    أ. الإنسان الماهر *Homo habilis*.
    ب. الإنسان القائم *Homo erectus*.
    جـ. الإنسان الحكيم *Homo sapiens*.
    د. إنسان فلورس *Homo floresiensis*.

أسئلة تحدٍّ

1. يعتقد بعض العلماء أن الريش تطور أصلًا للقيام بوظيفة العزل، ولم يتطور من أجل الطيران. ما الفوائد التي يمكن أن تجنيها الطيور الأوائل عديمة الطيران من هذا الأمر؟
2. يعتقد بعض الناس أن الديناصورات لم تنقرض، وإنما هي بيننا اليوم. ما الدليل الذي يمكن أن يستخدم لدعم هذه المقولة؟
3. يقول بعض الناس: إن الإنسان تطور من القردة، ومع ذلك، فإن هذه المقولة ليست صحيحة حقًّا. لماذا؟

هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟ زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة؛ لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.
ARIS™