الجزء الأول

تعريف التطور

الفصل الأول

التطور بالانتخاب الطبيعى، رأى داروين

يمكن تعريف التطور بأنه « التسلسل مع التحور » (داروين) ، فالأنواع المتقاربة يشابه بعضها بعضاً ، ويرجع ذلك إلى صفاتها الموروثة المشتركة . وتختلف الأنواع بعضها عن بعض بسبب الاختلافات الوراثية التى تجمعت منذ تشعبت أسلافها . ويمكن التعبير عن التطور بطريقة أخرى بأنه اشتقاق أنواع جديدة (أو مجموعات أرقى) من النبات أو الحيوان من أنواع كانت تعيش قبلها .

وتعتبر هذه التعريفات وغيرها مما يطلق عادة تعريفات عامة فى صياغتها ، فهى لا توحى باتجاه معين لتسلسل أى كائن بالذات . فتسلسل الإنسان من « القردة » لا يعتبر نقطة لتعريف التطور . كما لا يستطيع أى دارس متمكن للتطور أن يعتبر الإنسان منحدراً من أى كائن يعيش الآن . ولكن يمكن اعتبار الإنسان والقردة الراقية كما لو كانت قد نشأت عن سلف مشترك غير معروف من الرئيسيات . وحتى الإنسان فإنه لا يلعب دوراً يفيد كثيراً فى دراسة التطور لعدم توافر إجراء التجارب المعملية عليه بدرجة الحيوانات الأخرى ، كماأن تحجر الإنسان البدائى كان نادراً . على الرغم من أنه يبدو أن حفرياته موجودة بدرجة أكبر من الرئيسيات البدائية الأخرى . ومهما يكن ، فدارس التطور ينتمى إلى نوع محب لذاته . ولذلك يتضمن هـــذا الكتاب فصلا عن تطور الإنسان .

مقدمات الداروينية : يمكن تلخيص التطور فى إيجـــاز كما تصوره داروين ، فجميع النباتات والحيوانات تتكاثر بأعداد تزيد كثيراً عن تلك التى يمكنها أن تبقى حية ، ومع ذلك يظل عدد الآهلات أو المجتمعات البالغة ثابتاً نسبياً ، ولذلك يجب أن يكون هناك صراع من أجل البقاء . والآن تختلف أفراد أى نوع عن الآخر ، وقد تكون بعض الاختلافات متعادلة ، ولكن البعض الآخر منها قد يساعد أو يعوق الكائن فى صراعه من أجل البقاء . وتكون نتيجة ذلك « البقاء للأصلح » (سبنسر) ؛ ومن المتوقع أن نجد اختلافات فى الأفراد مصحوبة بفناء الكائنات الأقل صلاحية ، سواء بواسطة بيئتها الطبيعيـــة أو الحيوية (الانتخاب الطبيعى) ، وبذلك تتحور الأنواع تدريجياً ناحية التحول الأكثر صلاحية .

إسراف الطبيعة : إن إسراف الطبيعة فيما يختص بالتكاثر أمر معروف تماماً ، فسمكة السلمون الواحدة تنتج ٢٨ مليون بيضة فى الموسم ، وقد يخرج من إحدى المحارات ما يقرب من ١١٤ مليون بيضة فى عملية تبويض واحدة ، وقد شوهدت إحدى ديدان « اسكارس لومبريكويدس صنف سيوم » — وهى طفيل شائع فى القنفـــذ — تخرج حوالى ٧٠٠ ألف بيضة خلال ٢٤ ساعة تحت الظروف المعملية . ولا يمكن تصور بقـــاء هذه الأعداد الهائلة من الأفراد حية ، ثم تكاثرها بعد ذلك بأعداد مماثلة . وعلى سبيل المثال ، فقد أظهرت دراسة وافية لقطاع صغير من المحيط الهادى شمال مدينة سان فرانسيسكو وجود نحو مائة من نجوم البحر (غالباً من نوع بيساستر اكراشيوس وقليل من أنواع أخرى) ، فإذا فرضنا أن نصف هذا العدد من الإناث ، وأن كل واحدة منها قد أنتجت مليون بيضة (وهو تقدير متواضع) فإن مجموع الأفراد فى العـــام التالى يكون حوالى ٥٠ مليوناً ، ويشمل هذا العدد حوالى ٢٥ مليون أنثى ، تنتج كل واحدة منها بدورها حوالى مليون بيضة . ومن الواضح أنه إذا استمر معدل التكاثر المعتاد ،

ولو لبضعة أجيال ، مع بقاء كل النسل حياً ١٠٠٪ ، فلا تلبث أن تملأ نجوم البحر كل البحار . ثم تندفع نحو اليابسة تحت ضغط سرعة التكاثر . وفى الحقيقة فإنه بمعدل سرعة التكاثر التى وصفت هنا . فالأمر لا يستغرق سوى ١٥ جيلا فقط ليصبح عدد نجوم البحر أكثر من عدد الإلكترونات المقدر وجودها فى الكون المرئى ($١٠^{٧٩}$) !

وقد اختيرت الحيوانات التى سبق ذكرها عن قصد من بين أعضاء المملكة الحيوانية التى تتكاثر بغزارة ، ومع ذلك فمن الضرورى أن تنطبق نفس الحالة على أبطأ الحيوانات تكاثراً . فبينما تعتبر الضفادع عادة سريعة التكاثر فإنها تنتج ٢٠ ألف بيضة على الأكثر سنوياً (مثل ضفدع راناكاتسبيانا) . وتنتج معظم أنواع الضفادع أقل من ألف بيضة سنوياً . فى حين قد يضع القليل منها (مثل الضفادع السارقة وهى تنتمى إلى فصيلة لبتوداكتليدى) عدداً قليلا من البيض يصل إلى حوالى ٦ بيضات كل عام . وربما يكون الفيل أبطأ الأحياء تناسلا ، وقد حسب داروين أقل معدل لتكاثر هذا الحيوان ، فالأفيال تعيش حوالى ١٠٠ عام . وتنشط تناسلياً من حوالى سن ٣٠ إلى ٩٠ عاماً . وقد تحمل الأنثى الواحدة فى أثناء هذه الفترة ما لا يقل عن ٦ أفيال صغار . فإذا عاشت كل هذه الصغار واستمرت فى التكاثر بنفس المعدل فإن نسل زوج واحد منها يصل بعد ٧٥٠ عاماً إلى حوالى ١٩ مليوناً .

وعلى ذلك ، فبصرف النظر عن معدل تكاثر النوع . فمن الواضح أن أعداده تصير كبيرة بشكل غير معقول إذا عاشت كلها وتكاثرت . ويعزى ذلك ببساطة إلى أن معدل الزيادة هندسى . وإلى الرغبة الأكيدة للصغار العديدة فى البقاء حية بكل طريقة ممكنة . ويجب لهذا السبب أن يكون هناك صراع للبقاء مصحوب بالخسارة لغالبية المشتركين من الأفراد . وقد يأخذ هذا الصراع صوراً متعددة . مثل صراع الفرد ليتغلب على العوامل البيئية القاسية كالبرودة أو الجفاف . أو ليهرب من المفترسات . أو ليحصل على

نصيب كاف من الطعام المحدود الذى يتنافس عليه عدد كبير . وقد اعتقد داروين أن الصراع يصل إلى ذروته بين أفراد النوع الواحد الذين يتنافسون على احتياجات الحياة المماثلة .

وثبات المجتمعات البالغة ليس صحيحاً للدرجة التى اعتقدها داروين ، إذ قد تختلف مجتمعات الأنواع البرية كثيراً من عام إلى آخر ، ومع ذلك فانها لا تصل على الإطلاق إلى المقدار المحسوب من معدل تكاثرها ، وبذلك يتضح أن هناك تطاحناً قاسياً للبقاء يفسر هذا الفرق .

الاختلاف المضرى : إن حقيقة الاختلاف بين الكائنات الحية واضحة بدرجة لا تحتاج إلى إثبات . فمثلا حبات البازلاء الموجودة فى نفس القرن تختلف الواحدة منها عن الأخرى اختلافاً ظاهراً . وفيما عدا التوائم المتماثلة ، فغالباً ما يظهر أى فردين لأحـــد الأنواع اختلافات واضحة يمكن بسهولة تحديدها وقياسها ، وليس من النادر أن يظهر مجتمع بأكمله أسلوباً محدداً من الاختلاف يميزه عن بقية نوعه ، ويطلق على مثل هذا المجتمع « تحت نوع » أو نويع (وكثيراً ما يسميه المربون أو الهواة صنفاً) . وقد اعتبر داروين مثل هذا « التحت نوع » « نوعاً بدائياً » ، أى نوع تحت التكوين . وكثير من هذه التغيرات الطبيعة تكون متعادلة تماماً ولا تعود على حامليها بالفائدة أو بالضرر فى أثناء صراعها للحياة ، ومع ذلك فقد يؤثر البعض الآخر على فرص الحياة لحامليها . ولذلك فإن أى تغير يميل إلى تقليل فقدان الماء يلائم نباتاً صحراوياً ، والتغير الذى يزيد من سرعة الحافريات يساعدها على الهرب من المفترسات ، والتغير الذى يزيد حساسية الأعضاء الحسية يساعد الحيوان المفترس فى العثور على فريسته .

الانتخاب الطبيعى : قد تكون نتيجة هذا الصراع على البقاء بين مختلف النباتات والحيوانات واحدة فقط كما قررها داروين بوضوح فى الفصل الثالث من كتـــابه « أصل الأنواع » ... « كيف تتحول الأصناف التى

أطلقت عليها « أنواعاً بدائية » إلى أنواع جديدة مميزة ، يختلف فى أكثر الأحيان بعضها عن بعض بوضوح أكثر من الاختلاف الموجود بين أصناف النوع الواحد ؟ كيف تنشأ تلك المجموعات من الأنواع التى تؤلف ما يسمى أجناساً مميزة ، والتى يختلف بعضها عن بعض أكثر من اختلاف أنواع نفس الجنس ؟ كل هذه النتائج . . . تنتج من الصراع على الحياة ، وبسبب هذا الصراع فإن الاختلافات — مهما تكن طفيفة ومهما يكن سببها . وما إذا كان لها أى مدى لاستفادة أفراد النوع فى علاقاتها المتناهية التعقيد مع الكائنات العضوية الأخرى ومع أحوالها الطبيعية للحياة — تسهم فى الإبقاء على مثل هذه الأفراد وتتوارث عادة فى النسل . وبذلك يكون لهذا النسل أيضاً فرصة أفضل للحياة ، لأن عدداً صغيراً فقط يمكنه أن يعيش من بين العدد الكبير من الأفراد التى تولد بانتظام من أى نوع . وقد عبرت عن هذا المبدأ الذى يحفظ كل تغير طفيف — إذا كان مفيداً — بالانتخاب الطبيعى ، ولكن التعبير الذى استخدمه سبنسر كثيراً ، وهو « البقاء للأصلح » أكثر دقة . وأحياناً يكون مثله فى الصلاحية . وقد لاحظنا أن الإنسان يستطيع بكل تأكيد أن يحدث بالانتخاب نتائج عظيمة . ويمكنه أن يكيف الكائنات الحية لاستخداماته الخاصة ، وذلك بتجميع الاختلافات الطفيفة المفيدة التى قدمتها له الطبيعة . ولكن الانتخاب الطبيعى كما سنرى فيما بعد قوة مستعدة للعمل باستمرار ، وهو يفوق بلا حدود مجهودات الإنسان المتواضعة كما تفوق أعمال الطبيعة الأعمال الفنية » .

تاريخ حياة داروين :

يمكن الحصول على فكرة واضحة عن الأسس الكاملة التى بنى عليها داروين نظريته من استعراضنا لتاريخ حياته ، مستعينين بسيرته التى كتبها بنفسه لأولاده لتكون مرشداً لهم . لقد ولد تشارلس روبرت داروين فى ١٢ فبراير عام ١٨٠٩ ، وهو الطفل السادس لروبرت وارنج داروين

والسيدة سوزانا ود جوود داروين . وقد تلقى داروين معلوماته المدرسية الأولية فى مدرسة داخلية بمدينة شروسبرى بانجلترا حيث كان يمارس والده مهنة الطب بنجاح ملحوظ . وكان منهج دراسته كلاسيكياً ، وقد اعترف داروين بأنه وجد هذا المنهج ثقيل الظل وغير مفيد . وبينما لم يظهر داروين أى نبوغ مدرسى فقد أظهر حباً شديداً للكلاب ، وجمع الأشياء من جميع الأنواع ، وصيد الطيور . وقد قال له والده ذات مرة : « إنك لا تعبأ بشىء سوى الصيد وحب الكلاب وصيد الجرذان ، وستكون وصمة عار لنفسك ولكل أسرتك » . ولكن داروين أضاف . . : « إن والدى الذى كان أرق الناس الذين أعرفهم شعوراً ، والذى أحب ذكراه من كل قلبى ، كان بلا شك غاضباً وغير عادل لحد ما عندما استعمل هذه الكلمات » .

وعندما وجد داروين أن دراسته المدرسية الرسمية لا تجدى نفعاً أخذ يستمتع ببعض الدراسات الثقافية خلال هذه الأعوام ؛ فقد كان مغرماً بالشعر ، وبخاصة تمثيليات شكسبير التاريخية ، وجمع المعادن والحشرات بشغف عظيم ، ولكن بطريقة غير علمية كما يقرر هو نفسه . وكان يجد متعة كبرى فى مشاهدة الطيور ، ودون بعض الملاحظات عن مشاهداته . وكان من دواعى سعادته أن يساعد أخاه الأكبر فى أثناء تجاربه الكيموية ، ولكن أنبه ناظر المدرسة على ذلك علانية على أساس أنه عمل لا جدوى منه .

وفى نهاية عام ١٨٢٥ أرسل داروين إلى مدرسة الطب بجامعة أدنبره ، وقد وصف العامين اللذين قضاهما فى أدنبره بأنهما عديما النفع تماماً ، فقد كان التعليم كله عن طريق المحاضرات فقط ، وقد وصفها بأنها « جافة وثقيلة الظل » . وشعر داروين بميل قليل للاستمرار فى دراسته الطبية ، وذلك كما جاء على لسانه : « لأننى قد اقتنعت خلال فرص قليلة مختلفة بأن والدى سيترك لى ثروة مناسبة تكفينى للعيش فى رغد ، وذلك بالرغم من أننى لم أتخيل أبداً أنه يجب أن أكون رجلا غنياً كما أنا عليه ، ولكن اعتقادى كان كافياً لتثبيط عزيمتى نحو دراسة الطب » . ومع ذلك فلم يكن ما حصل

عليه داروين فى أدنبره بالقلة التى أوضحها . فقد حاز صداقة واحترام علماء جهابذة مثل الدكتور انزوورث الجيولوچى . والدكتور كولد ستريم والدكتور جرانت وهما من علماء الحيوان . ومستر ماكجيلفراى المتخصص فى دراسة علم الطيور . وكان أيضاً أميناً للمتحف . وبالرغم من أن داروين لم يتتلمذ على أحد من هؤلاء العلماء فقد تمتع بصحبتهم وتعلم منهم الكثير من حقائق التاريخ الطبيعى . وقد التحق أيضاً بإحدى الجمعيات العلمية الخاصة بالطلبة، وألقى بها بعض البحوث العلمية المتعلقة ببعض المشكلات البسيطة التى قام بدراستها .

وعلى أية حال لم يستكمل داروين دراسته للطب ؛ إذ علم والده أنه لا يريد أن يصبح طبيباً . ولذلك اقترح عليه أن يكون قسيساً من قساوسة الكنيسة الانجليزية . وقد ذكر داروين أن حياة القسس فى الريف قد حازت إعجابه . ولم يلبث أن اقتنع بعد بعض الدراسة بمذهب الكنيسة الانجليزية . وكان من الضرورى لكى يصل إلى هذا الهدف أن يحصل على درجة من إحدى الجامعات الانجليزية . ولذلك التحق داروين بجامعة كمبردج فى يناير عام ١٨٢٨ وتخرج فيها فى يناير عام ١٨٣١ . ويقول داروين عن السنين التى قضاها فى كمبردج : « إن وقتى قد ضاع تماماً فيما يختص بدراساتى الأكاديمية كما حدث فى أدنبره وفى المدرسة » . وقد ذكر أن الدراسات الوحيدة التى تمتع بها فى كمبردج هى الهندسة وأعمال « بالى » وهو عالم لاهوتى مشهور فى القرن الثامن عشر ؛ إذ أعجب داروين بجمال منطقه وتعبيراته الواضحة . وقد شعر بأن هذه هى الأشياء الوحيدة فى دراسته الرسمية التى أسهمت فى تكوين عقله .

لقد كان تقدير داروين لما حصل عليه فى كمبردج مفرطاً فى القسوة عندما قرر أنه أضاع وقته مع جمهرة من الرجال الرياضيين وفيهم بعض الفاسدين ضيقى الأفق ، ومع ذلك فقد نمى فى نفسه ميلا لتذوق الفنون الجميلة ، وكون له أصدقاء من بين طلبة كمبردج ذوى الثقافة العالية . وكما

كانت الحال فى أدنبره فقد كسب داروين صداقة واحترام رجال العلم البارزين الذين لمسوا فيه شيئاً خاصاً أفضل بكثير من صورة هاوى الفنون التى رسمها لنفسه ، ومن بين هؤلاء العلماء المشهورين كان عالم النبات الدكتور هنسلو الذى تعرف داروين الصغير عن طريقه على عدد كبير من الرجال البارزين فى ذلك الوقت . وكانت هواية داروين الأساسية خلال السنوات التى أمضاها فى كمبردج هى جمع الخنافس ، وهى دراسة تابعها بنشاط عظيم وأظهر فيها بعض النبوغ .

رحلة السفينة بيجل : حصل داروين على فرصة العمر الكبرى بواسطة العالم هنسلو ، فقد أعدت البحرية الانجليزية رحلة بحرية استكشافية على السفينة بيجل التى كان هدفها الأول مسح مضايق « تيراد لفيجو » ، وقد طلب من هنسلو أن يرشح لهذه الرحلة شاباً من المشتغلين بدراسة التاريخ الطبيعى فدفع داروين على قبول هذه المهمة . ولكن والد داروين عارض فى ذلك ؛ إذ شعر أن هذه الرحلة سوف تعوق ابنه عن دراسة اللاهوت ، وقال له : « إذا وجدت رجلا عاقلا ينصحك بالذهاب فسأعطيك موافقتى »، وقد حقق خال داروين « جوزيا ودجوود » هذا الغرض ، وكان الدكتور داروين يعتبره من أعقل الناس فى العالم . وكان مقرراً فى بادئ الأمر أن تبحر السفينة بيجل فى سبتمبر عام ١٨٣١ ولكنها لم تبحر إلا فى ٢٧ ديسمبر من نفس العام . وقد زارت السفينة بعض جزر المحيط الأطلنطى وبعض المناطق على ساحل أمريكا الجنوبية وبعض جزر جنوب المحيط الهادى ، ومنها جزر جالا باجوس التى كانت أكثر الأماكن أهمية فى تكوين آراء داروين عن تغير الأنواع . وقد دون داروين خلال هذه الرحلة مذكرات إضافية عن چيولوچية ونباتات وحيوانات المناطق التى زارها ، وكانت هذه المذكرات — بالإضافة إلى العينات الكثيرة التى قام بجمعها — أساساً لكتبه المتعددة التى نشرها فيما بعد ، والتى أعانته كثيراً فى عمله الأساسى . وقد عادت السفينة بيجل إلى إنجلترا يوم ٢ أكتوبر عام ١٨٣٦ بعد رحلة استغرقت حوالى خمسة أعوام .

مؤلفات داروين : عندما عاد داروين ثانية إلى إنجلترا عكف فى الحال على العمل فى مجلته « مجلة البحوث » التى كانت مبنية على المجلة التى كان يحررها بانتظام خلال رحلته على السفينة بيجل . وقد ظهرت هـذه المجلة عام ١٨٣٩ ولاقت نجاحاً سريعاً . وقد قرر داروين أنه يعتبر هذا النجاح بمثابة نتاجه العلمى الأول الذى أسعده أكثر من أى كتاب من كتبه الأخرى . وقد تزوج داروين من ابنة خاله أنا ودجوود عام ١٨٣٩ . ورزقا بابنتين وخمسة أولاد . وعاشوا جميعاً فى لندن حتى سبتمبر عام ١٨٤٢ . وكان داروين خلال هذه الفترة عضواً عاملا فى المجتمع العلمى . فكان سكرتيراً للجمعية الجيولوچية من عام ١٨٣٨ إلى ١٨٤١ . كما كان صديقه المقرب إليه فى هذه الفترة « ليبل » وهو عالم چيولوچى أسهم أكثر من أى رجل آخر فى تطوير علم الجيولوچيا لأساليب العصر الحديث . ولكن أصبحت صحة داروين فى تدهور مستمر . وأصبح غير قادر على تحمل الانفعال الكثير . ولذلك انتقل عام ١٨٤٢ إلى مدينة « داون » وهى فى منطقة ريفية . قام فيها بمعظم أعمال حياته . ولما كانت صحة داروين تحتم عليه البقاء فى عزلة فقد أصبحت بقية تاريخ حياته إلى حد كبير سجلا لكتبه ، وتوجد أدلة كثيرة على أن مشاكله كانت فى الغالب جسمانية نفسية .

وقد نشر داروين عام ١٨٤٢ أول أعماله الجيولوچية الكبرى التى نتجت عن رحلته على السفينة بيجل وهو « تركيب وتوزيع الشعاب المرجانية » ، وقد أورد فى هذا الكتاب نظرية عن تركيب وطريقة تكوين الشعاب المرجانية تختلف تماماً عن النظرية التى كانت سائدة حينذاك . ولقد فازت مشاهدات داروين الثاقبة وتفكيره الدقيق فى هذا الموضوع بالتأييد ، وأصبحت نظريته مقبولة إلى الآن بوجه عام بين الجيولوچيين . وتلا هذا الكتاب مؤلف آخر عام ١٨٤٤ وهو : « مشاهدات چيولوچية عن الجزر البركانية » ، ثم أعقبه فى عام ١٨٤٦ « مشاهدات چيولوچية عن أمريكا الجنوبية » .

وفى عام ١٨٤٦ بدأ داروين بدراسات على « السريبيديا » أو الأطومات، وقد بدأ ذلك بدراسة نوع شاذ من الأطومات يحفر فى أصداف الأنواع الأخرى ، وكان قد جمعه عندما زارت السفينة بيجل ساحل شيلى . ولكى يقف على تركيب هذا النوع الجديد كان من الضرورى أن يقوم بتشريح أنواع نموذجية أكثر ، وقد اتسع مجال هذه الدراسة تدريجياً حتى شمل وصفاً لجميع أنواع الأطومات المعروفة ، العصرية منها والمتحجرة ، ونشر هذا البحث العظيم الخاص بالسريبيديا فى أربعة مجلدات . وفى عامى ١٨٥١ و ١٨٥٤ نشرت جمعية « راى » مجلدين متتاليين يختصان بالسريبيديا المعاصرة ، كذلك نشرت جمعية علم الحفريات المجلدين الخاصين بالأنواع الحفرية فى نفس هذين العامين . وقد قال داروين عن هذا العمل : « ليس لدى شك فى أننى كنت فى ذاكرة ليتون بولور عندما قدم فى إحدى قصصه الأستاذ لونج الذى كتب مجلدين ضخمين على البطلينوسات . . . فدراساتى على السريبيديا ، كما أعتقد ، تمتاز بقيمتها الكبيرة ، فبالإضافة إلى وصف عديد من الأنواع الجديدة أوضحت التماثل فى تركيب الأجزاء المختلفة . . . وقد أثبت وجود ذكور صغيرة فى بعض الأجناس . . . فالسريبيديا تكون مجموعة من الأنواع بينها اختلافات كبيرة يصعب معها تصنيفها ، وقد كانت دراساتى ذات فائدة كبيرة لى عندما كان على أن أناقش أسس التصنيف الطبيعى فى كتابى « أصل الأنواع » . ومع ذلك فإننى أشك فيما إذا كان هذا العمل يستحق ضياع ذلك الوقت الطويل » . وقد كتب عالم النبات الشهير سير جوزيف هوكر إلى أحد أبناء داروين : « لقد عرف والدك ثلاث مراحل خلال حياته كمشتغل بعلم التاريخ الطبيعى : مجرد جامع للكائنات الحية فى كمبردج ، وجامع ومشاهد على السفينة بيجل بعد ذلك ببضعة أعوام ، ثم عالم التاريخ الطبيعى المحنك، وخاصة بعد دراساته على السريبيديا » ؛ وقد وافق هكسلى أيضاً على هذا الرأى .

أصل الأنواع : لم تظهر مؤلفات أخرى لداروين حتى عام ١٨٥٩ حين ظهر كتاب « أصل الأنواع » الذى كان فى دور الإعداد منذ أكثر من عشرين عاماً . فخلال الرحلة على السفينة بيجل أوحت إليه الحقائق المتعددة لعلم الحفريات والجغرافيا الحيوية التى شاهدها بامكانية عدم ثبوت الأنواع . ولكن لم تكن لديه نظرية يعمل بموجبها . لقد اقتحم العالم لبيل المشكلات الجيولوچية بتجميع البيانات القابلة للتطبيق دون وجود نظرية يعمل بها . مؤملا أن مجرد وزن الحقائق قد يلقى بعض الضوء على هذه المشاكل . ولما كان داروين معجباً جداً بأعمال لبيل الجيولوچية فقد صمم على تطبيق نفس المنهج على مشاكل الأنواع . وبدأ فى كتابة مذكراته فى يوليو عام ١٨٣٧ عن التغيرات فى النباتات والحيوانات سواء المستأنس منها أو الموجود فى الطبيعة . ولم يكن يتغاضى عن أى مصدر ممكن للمعلومات : المشاهدات الشخصية والتجارب . وبحوث البيولوچيين الآخرين المنشورة . ومناقشة مربى السلالات والبستانيين . ومكاتبة البيولوچيين داخل بلده وخارجه . وبذلك عرف داروين نجاح الإنسان فى إنتاج أصناف مفيدة من النباتات والحيوانات اعتمد فيها على انتخاب التغيرات المطلوبة لسلالات التربية . ولكنه لم ير كيف يكون الانتخاب فى الطبيعة قابلا للتطبيق .

ولقد حدث فى أكتوبر عام ١٨٣٨ أن قرأ داروين على سبيل التسلية والترفيه بحث « مالتوس عن الآهلات » . وسرعان ما اكتشف أن صراع النباتات والحيوانات من أجل البقاء يعد أساساً للانتخاب الطبيعى لتلك الأنواع التى كانت ذات صلاحية أكثر للتنافس . وفى عام ١٨٤٢ فقط — أى بعد مضى أربع سنوات . وبعد جمع مزيد من المعلومات — كتب داروين المخطط الأول لنظريته فى مسودة مكتوبة بالقلم الرصاص تشمل خمسا وثلاثين صفحة . وفى عام ١٨٤٤ امتد هذا المخطط إلى ٢٣٠ صفحة

ومنذ أتم داروين دراساته على السريبيديا عام ١٨٥٤ كرس كل وقته لدراسة وتنظيم مذكراته ، وإجراء تجارب أخرى على تحول الأنواع .

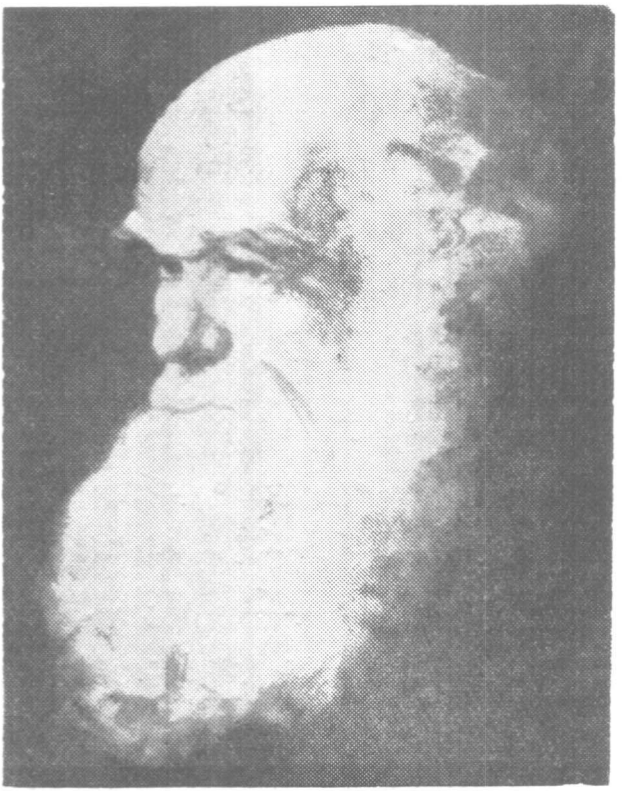
وفى أوائل عام ١٨٥٦ نصح ليبل داروين بأن يكتب مذكرة وافية عن آرائه عن أصل الأنواع ، وقد بدأ هذا العمل على نطاق أوسع من ذلك الذى ظهر أخيراً فى كتابه « أصل الأنواع » . بعد ذلك فى أوائل صيف عام ١٨٥٨ وعندما اكتمل نصف هذا العمل على وجه التقريب أرسل ألفريد راسل والاس — وهو عالم طبيعى انجليزى شاب قليل الشهرة كان يعمل وقتئذ فى « ترنيت » فى جزر الهند الشرقية الهولندية — رسالة موجزة إلى داروين عن « قابلية الأصناف للتحول دون حدود عن النمط الأصلى » ، وقد طلب والاس من داروين أن يفكر جيداً فى هذا البحث ويرسله إلى ليبل لينقده . وقد فكر داروين ملياً فى هذا البحث ، وذلك لأنه تعرف على نظريته هو ، وقد شعر بأنه من الواجب عليه أن يمسك عن نشر بحوثه الخاصة مراعياً فى ذلك صالح والاس ؛ ولكن ليبل وهوكر كانا على علم ببحوث داروين الخاصة بتحول الأنواع منذ سنوات عديدة ، وقد قرأ ليبل مجمل بحوث داروين عام ١٨٤٢ ، ولذلك اقترحا أن يكتب داروين ملخصاً عن نظريته ينشر فى نفس الوقت مع مقالة والاس فى مجلة جمعية لينيوس . وقد ظهرت هاتان المقالتان فى المجلة عام ١٨٥٩ ، مع أجزاء من خطاب كان قد أرسله داروين فى سبتمبر عام ١٨٥٧ إلى اساجراى وهو عالم النبات الأمريكى الشهير ، أوضح فيه آراءه عن الانتخاب الطبيعى وأصل الأنواع .

وبعد ذلك استحث ليبل وهوكر داروين لكى يعد فى أول فرصة كتاباً عن تحول الأنواع ، ولذلك فقد اختصر مخطوطه الذى بدأ فى تأليفه عام ١٨٥٦ إلى حوالى ثلث أو ربع حجمه الأصلى ، ثم أكمل العمل على نفس الأسلوب المختصر . وقد نشر أخيراً كتاب « أصل الأنواع » بعد هذا

المجهود فى نوفمبر عام ١٨٥٩ . وقد كتب داروين فيما يختص بالنجاح الساحق الذى لاقاه هذا العمل ما يأتى : « قد يعزى نجاح كتاب « الأصل » كما أعتقد إلى حد كبير إلى أننى كتبت قبله بكثير مجملين موجزين . ولأننى لخصت أخيراً مخطوطاً أضخم منه بكثير وكان ملخصاً فى حد ذاته . وبهذه الوسيلة كان فى إمكانى اختيار الحقائق والاستنتاجات التى تجذب الأنظار، ولقد اتبعت قاعدة ذهبية طوال سنوات عديدة، وهى تدوين مذكراتى عن أية حقيقة منشورة مهما كانت ، أو مشاهدة جديدة أو أية فكرة تخطر على بالى وإن كانت مخالفة لنتائجى العامة فى الحال ودون أدنى تأخير . وذلك لأننى وجدت بخبرتى أن مثل هذه الحقائق والأفكار أكثر قابلية للنسيان من الأفكار الأخرى المتمشية مع هذه النتائج ، بناء على ذلك فإن اعتراضات قليلة جداً قد أثيرت ضد آرائى ، ولم ألاحظها لأحاول الرد عليها » .

وقد قدمت معظم كتب داروين التى صدرت بعد ذلك معلومات إضافية ووجهات نظر كانت ملخصة بإحكام فى كتابه « الأصل » ، وكانت إضافات لأعماله العظيمة . ومن هذه الكتب : « الإخصاب فى الأوركيدات » (١٨٦٢) . « التغيرات فى النباتات والحيوانات المستأنسة » (١٨٦٨) ، « تسلسل الإنسان » (١٨٧١) ، « التعبير عن الانفعالات فى الإنسان والحيوانات » (١٨٧٢) ، « النباتات آكلة الحشرات » (١٨٧٥) . « تأثير الإخصاب التهجينى والذاتى فى المملكة النباتية » (١٨٧٦) . « التراكيب المختلفة لأزهار النباتات التى تنتمى لنفس النوع » (١٨٧٧) . « قدرة الحركة فى النباتات » (١٨٨٠) . وأخيراً « تكوين العفن النباتى بفعل الديدان » (١٨٨١) . وبالإضافة إلى هذا العدد الكبير من المطبوعات فقد أصدر داروين طبعات منقحة لبعض مؤلفاته من بينها خمس طبعات منقحة لكتاب « الأصل » .

وبذلك تكمل الصورة العلمية للرجل الذى كتب « أصل الأنواع » ، وهو تاريخ لا يضاهيه فيه سوى عدد قليل جداً من الرجال سواء فى عمقه أو سعة أفقه .



(شكل ١) تشارلس روبرت داروين

قدرات داروين العقلية : قبل أن ننهى هذه المذكرات الخاصة بتاريخ الحياة قد يكون من الأهمية أن نستعرض تقـــدير داروين لقدراته العقلية . فبالرغم من أن كتاباته واضحة ومقنعة بشكل ملموس . وأسلوبه يمتاز بفن يندر وجوده فى الأعمال العلمية . يقول عن نفسه : « إنه من الواضح أن عقلى

يخضع لنوع من القدرية يجعلنى أضع تقريرى الأول فى شكل خاطىء سمج» . كذلك من العسير أن نتهرب من الشعور بأنه كان ناقداً قاسياً على نفسه ؛ وذلك لأنه كتب خطاباته عن واقعية ، ومن الواضح أنه من غير المحتمل أن تكون هذه الخطابات قد صممت وروجعت بعناية كما هى الحال فى مؤلفاته . وقد سبق أن وصفنا الأسلوب العـــام الذى تدرج فيه كتاب « الأصل » خلال سلسلة من المجملات التى ترتكز على مجموعة كبيرة من المذكرات سبق وصفها بإسهاب . وقد كان ذلك هو الأسلوب العام للعمل فى جميع مؤلفاته الكبيرة . ومع ذلك فإنه لم ينجز أى مؤلف آخر بإتقان تام وخلال فترة طويلة من السنين كما حدث فى « الأصل » .

وقد كان داروين يتذوق الشعر وهو شاب . وبخاصة شعر شكسبير والشعراء الآخرين مثل ملتون وبيرون وورد زورث وشيلى . كذلك أظهر وهو فى كمبردج ميلا للرسم الدقيق والموسيقى . ولكنه فقد هذا الميل للفنون الجميلة فى السنوات التالية ، فهو يقول : « لقد حاولت أخيراً أن أقرأ لشكسبير فوجدت شعره جامداً لا يحتمل لدرجة تبعث على الملل » . أما الميل الفنى الوحيد الذى تبقى له فكان ولعه بالقصص إذ يقول : « إننى غالباً أبارك القصصيين . . . إن القصة حسب ذوقى لا تأتى فى المرتبة الأولى إلا إذا شملت شخصاً يمكن للإنسان أن يحبه تماماً ، ومن المستحسن أن تكون امرأة حسناء » . وقد اعتبر داروين عدم ميله نحو الفنون الجميلة بشكل عام عيب شخصى ، وكان يتمنى أن ينمى هذه الميول أسبوعياً إذا أعطيت له حياته ليحياها مرة أخرى . . . . « يبدو أن عقلى قد صار نوعاً من الآلات التى تطحن القوانين العامة من بين مجموعة كبيرة من الحقائق . ولكنى لم أدرك سبب ضمور هذا الجزء من المخ الذى تعتمد عليه الميول الراقية » .

وقد اعتبر داروين نفسه بطىء الفهم شيئاً ما . وأنه غير قادر على أن يتابع لوقت طويل موجزاً مسلسلا لفكرة ما . ولكنه دافع عن نفسه ضد

اتهامات بعض النقاد الذين اتهموه بعدم تمتعه بقوة الإقناع . وكان ذلك عندما أشار إلى أن كتاب « الأصل » عبارة عن مناقشة واحدة طويلة ، وأنه أقنع عدداً من الرجال القادرين ، وبرر قوله بأنه لا يمكن أن يقوم بمثل هذا العمل رجل لا يتمتع ببعض القدرة على الإقناع . ولكنه كان يشعر بأنه لا يفوق فى هذا المضمار الطبيب أو المحامى الناجح . ومع ذلك فقد اعتقد داروين بقوة ملاحظته العالية وحبه الجم للتاريخ الطبيعى ، وقد احتفظ بعقله متفتحاً ، ومارس بعناية غير عادية تسجيل أية معلومات تخالف افتراضاته « وذلك باستثناء افتراض واحد خاص بالشعاب المرجانية ، فإننى لا أذكر فرضاً واحداً يصاغ لأول مرة دون أن يترك ، أو يحور تماماً بعد مضى فترة من الزمن » .

وقد اختتم داروين تاريخ حياته بالعبارة الآتية : « . . . إن نجاحى كرجل علم ، مهما يكن الحد الذى وصلت إليه ، قد حدد بصفات ذهنية معقدة ومتنوعة . . . حب العلم — الصبر غير المحدود الذى ينعكس على أى موضوع — الاجتهاد فى مشاهدة وجمع الحقائق — ونصيب أوفر من الابتكار والتفكير العقلى . وإنه لمن المدهش حقاً أننى بمثل هذه القدرات المتوسطة التى تميزت بها قد أثرت فى اعتقاد رجال العلم إلى حدكبير فيما يتعلق ببعض النقاط الهامة » .

وقد توفى داروين فى ١٩ أبريل عام ١٨٨٢ عن واحد وسبعين عاماً من العمر ، ودفن فى كنيسة وستمنستر قرب مقبرة نيوتن .

ألفريد رسل والاس — مكتشف صاعد :

ولد ألفريد رسل والاس فى ٨ يناير عام ١٨٢٣ ، وقام فى شبابه برحلة استكشافية إلى وادى الأمازون بصحبة عالم الحشرات المعروف باتس ، وقد كانت هذه الرحلة أساساً لكتاب « رحلات إلى الأمازون وريو نجرو » الذى نشره عام ١٨٥٣ . وفى عام ١٨٥٤ بدأ رحلة لاستكشاف حيوانات أرخبيل

الملايو استمرت حتى عام ١٨٦٢ ونتج عنها كتاب عنوانه « أرخبيل الملايو » الذى نشره عام ١٨٦٩ . وقد سقط والاس صريع الحمى المتقطعة فى فبراير عام ١٨٥٨ وهو فى جزيرة ترنيت . وفكر فى أثناء مرضه بالحمى فى بحث مالتوس « عن الآهلات » وفجأة هبطت عليه فكرة « البقاء للأصلح » . وقد فكر فى هذه النظرية فى أثناء فترة سكون نوبة الحمى . وكتبها بدون تهذيب فى نفس المساء ثم كتبت كاملة فى أمسيتين متتاليتين . وقد أرسل والاس البحث الذى توصل إليه إلى داروين الذى كان يعرفه قليلا . وقد سردنا باقى هذه القصة فيما سبق .

وكان والاس نشيطاً إلى أبعد الحدود فى تنمية مراجع التطور . وكانت مساهمته الكبرى فى مضمار الجغرافيا الحيوية . ومن أهم أعماله فى هذا الحقل « التوزيع الجغرافى للحيوانات » الذى نشر عام ١٨٧٦ . وقد عبر عن أمله فى أن يكمل هذا الكتاب فصول « الأصل » التى تتعلق بالجغرافيا الحيوية كما فعل كتاب داروين « تغيرات النباتات والحيوانات المستأنسة » فى إكمال الفصول المماثلة فى « الأصل » وقد تحقق هذا الرجاء ، إذ كان هذا الكتاب من أبرز البحوث الكلاسيكية فى الجغرافيا الحيوية . وقد ظهر له كتاب ثان عام ١٨٨٠ وهو « الحياة فى الجزر » ويتعلق بمشكلات التطور الجغرافية . وقد نشر له أيضاً عام ١٨٧٠ « إضافات لنظرية الانتخاب الطبيعى » و « الطبيعة الاستوائية وبحوث أخرى » (١٨٧٨) و « الداروينية » (١٨٨٩) . وبينما يشارك والاس داروين فى شرف نشر نظرية أصل الأنواع بالانتخاب الطبيعى لأول مرة فإنه دائماً وبنبل كبير يعطى داروين حقه الكامل فى النظرية (وهذا فى الواقع عين الصواب لأن كتاب « الأصل » هو الذى أقنع العلماء) . كما يتضح من عنوان كتابه الأخير الذى سبق ذكره . وقد توفى والاس فى ٧ نوفمبر عام ١٩١٣ .

المراجع :

Darwin, Charles, 1897. "The Life and Letters of Charles Darwin. Including an Autobiographical Chapter." Edited by his son, Francis Darwin. D. Appleton & Co., New York N.Y.

Darwin, Charles, 1958. "The Autobiography of Charles Darwin." Edited with appendix and notes by his granddaughter, Lady Nora Barlow. Collins, London.

Darwin, Charles, 1859. "On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life," Modern Library (Giant Series), New York, N.Y. This is still the most basic book on evolution, and should be read by every serious student of this subject.

Spears, P. B., 1950. "Charles Darwin, the Naturalist as a Cultural Force," Charles Scribner's Sons, New York, N.Y. This book demonstrates the great influence of Darwin upon the culture of his time, general as well as scientific.

Wallace, Alfred Russel, 1859. "On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type," Linnean Society, *Journal of the Proceedings,* 3, 53-62.

الفصل الثانى

أدلة التطور

١ - الجغرافيا الحيوية

تعتبر الجغرافيا الحيوية . وعلم التصنيف . وعلم وظائف الأعضاء والتشريح المقارن . وعلم الأجنة . وعلم الحفريات . حقولا تستمد منها أصلا براهين التطور . وسوف نوجز فى هذا الفصل والفصول التالية بعض البراهين المستمدة من هذه الحقول الهامة . كذلك يجب اعتبار علم الوراثة حقلا سابعاً لإثبات التطور ؛ وذلك لأن جزءاً كبيراً من المراجع المتداولة فى علم التطور يستخرج من هذا الحقل .

وهناك أيضاً أهمية خاصة لدراسة الجغرافيا الحيوية أو التوزيع الجغرافى للنباتات والحيوانات . لأنها الحقل الأول الذى وجه نظر داروين لأول مرة وهو على ظهر السفينة بيجل إلى فكرة أصل الأنواع بواسطة التطور . وقد اعتبر داروين هذه الرحلة أهم حدث فى حياته ؛ إذ يقرر فى تاريخ حياته : « فى خلال الرحلة . . قد تأثرت كثيراً عندما اكتشفت فى تكوينات « باميا » حفريات للحيوانات الضخمة مغطاة بدروع كتلك التى تغطى حيوان الأرمادييللو (الدويرع) . وثانياً بالطريقة التى تحل بها الحيوانات شديدة القرابة بعضها محل بعض عند التقدم جنوباً خلال القارة . وثالثاً بصفات الآهلات الخاصة بأمريكا الجنوبية التى تشبه كائنات أرخبيل جالاباجوس . وعلى الأخص بالطريقة التى تختلف بها المجموعة قليلا على كل جزيرة . ومن الواضح أن هذه الجزر ليست قديمة جداً بالمعنى الجيولوجى المفهوم .

« ولقد كان واضحاً أن مثل هذه الحقائق وغيرها يمكن تفسيرها فقط

بافتراض أن الأنواع تتحور ، ولكن هذا الموضوع أقلقنى . ومن الواضح أيضاً فعل العوامل المحيطة ، أو رغبة الكائنات (وبخاصة فى حالة النباتات) لا يمكن أن تفسر الحالات المتعددة التى تتلاءم فيها الكائنات من كل نوع مع عاداتها فى الحياة — مثل تسلق كل من نقار الخشب وضفدع الشجرة للأشجار أو انتشار البذور بالخطاطيف أو الزغب . ولقد تأثرت دائماً بمثل هذه الملاءمات ، وحتى نستطيع شرحها يبدو أنه لا طائل للسعى إلى إثبات أن الأنواع قد تحورت بأدلة غير مباشرة .

« وفى أكتوبر عام ١٨٣٨ أى بعد مرور خمسة عشر شهراً من بدء بحثى العلمى المنظم حدث أن قرأت للتسلية بحث « مالتوس عن الآهلات » . ولما كنت مستعداً تماماً لأن أقدر الصراع من أجل البقاء الذى يحدث فى كل مكان نتيجة لمشاهداتى المستمرة لعادات الحيوانات والنباتات ، فقد خطر لى فى الحال بأنه فى مثل هذه الظروف يمكن حفظ التغيرات الصالحة وفناء غير الصالحة ، وتكون نتيجة ذلك تكوين أنواع جديدة . حينئذ وجدت أخيراً نظرية أعمل بها ، ولكنى كنت تواقاً جداً لأن أتحاشى أن أصدر حكماً بلا مبرر ، حتى إننى عزمت على ألا أكتب لبعض الوقت مسودة مختصرة بهذا الموضوع » .

التوزيع المتقطع :

يعد التوزيع الفعلى لعدد من الكائنات مشكلة يصعب فهمها ، إذا افترضنا ما جاء فى كلمات ليفيوس « وجود كثير من الأنواع كما خلقها الله منذ الأزل » ، وأن توزيعها الحالى مطابق لأماكن نشأتها ؛ إذ قد توجد نفس الأنواع أو الأنواع قريبة الشبه بعضها من بعض فى مناطق بعيدة جداً بعضها عن بعض ، مع عدم وجود ما يمثلها فى المناطق المتوسطة . فالأنواع التى تقطن جبال الألب تماثل فى الغالب أو تكون قريبة الشبه من الأنواع التى تعيش فى أقصى الشمال ، والأنواع التى تفصلها حواجز طبيعية كبيرة تكون

عادة مختلفة عن بعضها تماماً . حتى إذا كانت الظروف الطبيعية المحيطة بها متماثلة لحد كبير . ومع ذلك تكون حفريات الكائنات التى توجد فى منطقة خاصة مماثلة لتلك التى تعيش حالياً فى نفس المنطقة . وأخيراً فإن الأحياء التى تقطن جزر المحيطات تكون عادة قليلة فى عدد أنواعها . ولكن نسبة كبيرة من هذه الأنواع تختص بها كل جزيرة . وتماثل تلك التى توجد فى أقرب قارة لها . كذلك لا توجد عادة البرمائيات والثدييات الأرضية فى جزر المحيطات .

لذلك لا توجد حالياً أشجار المانوليا طبيعياً إلا فى الجزء الجنوبى الشرقى لكل من الولايات المتحدة وآسيا. والبيئة الطبيعية والأحيائية فى تلك المناطق متماثلة . ومع ذلك فلا توجد المانوليا طبيعياً فى المساحات الشاسعة التى تفصل كلا من المنطقتين بالرغم من أن هناك مناطق مثل جنوب كاليفورنيا تزدهر فيها هذه الأشجار إذا أدخلت . وقد فسر الذين سبقوا داروين مثل هذه الحقائق بأن نفس النوع الواحد قد خلق مستقلا فى أكثر من مكان واحد . ومع ذلك فان لكثير من الأنواع درجة انتشار كبيرة . وقد بين داروين أنه إذا انقرض نوع ذو درجة كبيرة من الانتشار فى المناطق المتوسطة نجاله الانتشارى لنتجت عن ذلك مجموعات من نفس النوع تبعد كثيراً بعضها عن بعض . وفى الواقع فإن الأدلة الحفرية تثبت أنه فى خلال العصور الأكثر دفئاً كانت المانوليا (والنباتات والحيوانات التى تصاحبها) منتشرة عبر المنطقة الشاسعة التى تفصل المجموعات الموجودة حالياً . وقد كان المناخ فى العصور الجليدية قاسياً جداً على هذه النباتات « تحت الاستوائية » فى معظم هذه المنطقة الشاسعة مما أدى إلى انقراضها إلا فى الأجزاء المعتدلة من مناطق انتشارها .

ومن الأمثلة الظاهرة للمجموعات المتباعدة جداً من نفس النوع أو الأنواع المتقاربة فيما بينها تقارباً كبيراً الحالة العامة للكائنات التى تقطن الجبال العالية ، فقد تكون متماثلة تماماً وإن كانت تفصلها بعضها عن بعض مساحات كبيرة من الأراضى المنخفضة التى لا يحتمل أن تعيش فيها أنواع

الآلب ، أو قد تكون نباتات وحيوانات مثل هذه الجبال شديدة الشبه لتلك التى توجد فى الأراضى المنخفضة التى توجد فى أقصى الشمال (شكل ٢) .

(شكل ٢) مقارنة بين مناطق الحياة العرضية والطولية فى أمريكا الشمالية .

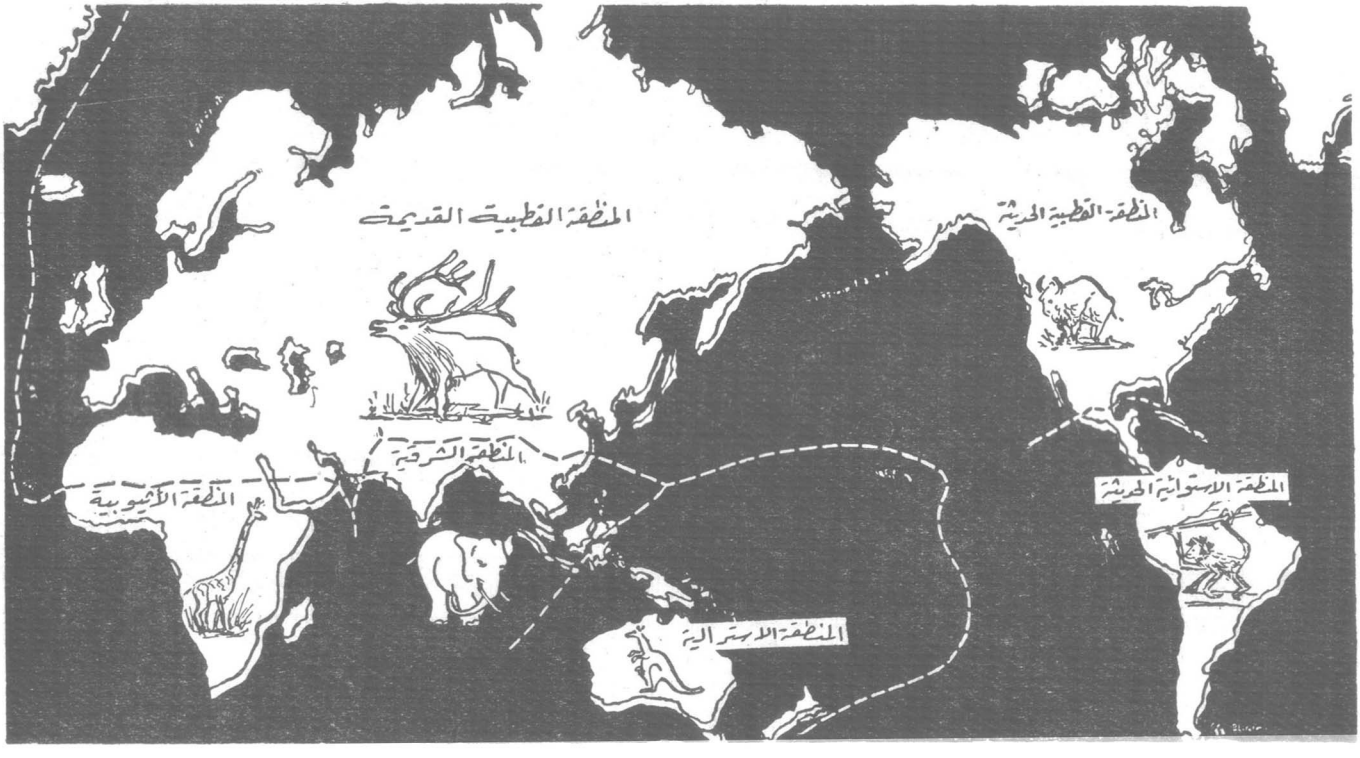
وقد أوضح داروين أن نباتات الجبال البيضاء فى نيوانجلند تماثل تلك التى توجد فى لبرادور وكذلك التى تسكن أعلى قمم جبال أوروبا ، ولم يكن من الصعوبة تفسير ذلك على أساس وجود أصل واحد لكل نوع من النبات تتبعه هجرة وتحور . إذ أنه كلما تقدمت العصور الجليدية فإن النباتات القطبية قد تتقدم نحو الجنوب لتحل محل النباتات الموجودة فى المنطقة المعتدلة ، وهذه بدورها قد تهاجر قريباً من المناطق الاستوائية . وفى الارتفاعات الجليدية قد تسود نباتات قطبية أصلية فى كل شمال الولايات المتحدة والأراضى المنخفضة وكذا الجبال ، وكلما انحسرت الثلوج قد تزحف النباتات القطبية مرة ثانية نحو الشمال فى الأراضى المنخفضة وإلى أعلى فوق الجبال ، وتتحرك نباتات المنطقة المعتدلة من مواطنها الجنوبية لاسترداد أقاليمها السابقة . ولذلك

فمن المنتظر أن تكون نباتات الجبال هى نفس النباتات التى توجد فى الأراضى المنخفضة نحو الشمال . ويتضح التماثل الشديد لنباتات الألب فى أوروبا وأمريكا من حقيقة ملموسة، وهى أن النباتات « حول القطبية » متماثلة تماماً فى جميع المناطق . وتعرف فى الحيوانات ظواهر مماثلة . فيوجد طائر الطرمجـان والأرنب البرى المتغير فى أعالى الجبال الموجودة فى غرب الولايات المتحدة وفى الأراضى المنخفضة القطبية وتحت القطبية من كندا وألاسكا . وفى أوروبا يعيش الأرنب الجبلى فى الجبال التى تمتد من الساحل الغربى شرقاً إلى القوقاز وجبال الأورال . وأيضاً فى الأراضى المنخفضة لأوروبا القطبية . ولكنه لا يستوطن الأراضى المنخفضة التى تتوسطها .

المناطق الجغرافية الحيوية :

من أهم ظواهر الجغرافيا الحيوية تقسيم العالم إلى ست مناطق جغرافية حيوية مميزة تماماً (شكل ٣) لكى يشعر المستكشف البيولوجى أنه يدخل عالماً مختلفاً تماماً عندما ينتقل من منطقة إلى أخرى . وقد حددت هذه المناطق أصلا على أساس مجموعات الطيور التى تعيش فى المناطق المختلفة للعالم . وهو تحديد عام . فالمنطقة القطبية الكلية تشمل كل أوروبا وآسيا فى الجزء الذى يقع شمال جبال الهيمالايا وناننج . وإفريقية شمالى الصحراء الكبرى وأمريكا الشمالية شمال الهضبة المكسيكية . وتشتمل الثدييات النموذجية لهذه المنطقة على : حيوان الوعل والأيل والثعالب من جنس فولبيس والدببة وعشيرة فأر الجبل . وتقسم هذه المنطقة عادة إلى المنطقة القطبية القديمة (العالم القديم) والمنطقة القطبية الحديثة (أمريكا الشمالية) ؛ وذلك لأن كلتا المنطقتين تظهران اختلافات مميزة وإن كانت فى الغالب على مستوى النوع أو الجنس .

وتشمل المنطقة الأثيوبية إفريقية جنوب الصحراء الكبرى . وتتميز بثدييات مثل الغوريلا والزرافة والأسد وفرس النهر . أما المنطقة الشرقية فتشمل أجزاء آسيا التى تقع جنوب جبال الهيمالايا وناننج، وتتميز بوجود الليمورات والأورانج اوتان والفيل الهندى « والثعالب » الطائرة (الخفافيش



(شكل ٣) المناطق الجغرافية الحيوية فى العالم .

آكلة الفواكه) . وتشمل المنطقة الاستوائية الجديدة أمريكا الجنوبية والوسطى وتتميز بوجود التابيرات والكسلان والقردة ذات الذيل القابض والخفافيش مصاصة الدماء . وأخيراً تشمل المنطقة الأسترالية أستراليا والجزر التى حولها (مثل جميع المناطق التى سبق ذكرها) . وتتميز كما هو معروف بالثدييات الكيسية التى تسودها بالإضافة إلى أنواع أخرى أثرية . ولا يوجد بها أصلا أى حيوان ثدي من ذوات المشيمة ، فيما عدا الخفافيش (وبعض القوارض القليلة التى يحتمل أن يكون قد أدخلها الإنسان البدائى) .

وتفصل كل هذه المناطق الجغرافية الحيوية بعضها عن البعض الآخر حواجز لا يمكن اجتيازها من البحر أو الصحراء أو الجبال . أو بواسطة مناطق مناخية ، وهى حواجز قديمة جداً من الناحية الچيولوچية . فالمحيطان الأطلنطى والهادى يفصلان المنطقة القطبية القديمة عن المنطقة القطبية الجديدة ، ولما كان شمال المحيط الهادى ضحلا تماماً بالقرب من ألاسكا ؛ فقد كانت هاتان المنطقتان متصلتين فى الماضى ، ولذلك يلزم لبعض الأغراض وصف المنطقتين كمنطقة واحدة هى القطبية الكلية . وتفصل المحيطات الهائلة القارات الجنوبية بعيداً جداً بعضها عن بعض . وتكون الصحراء الكبرى حاجزاً يفصل المنطقة الأثيوبية عن المنطقة القطبية القديمة . وهو حاجز هائل لأى كائن مكيف للأجواء المعتدلة أو الباردة . وفى الوقت الحالى تتصل أمريكا الشمالية بأمريكا الجنوبية بواسطة مضيق بنما . ولكن خلال الأحقاب الهائلة من تاريخ الأرض كان هذا الاتصال الضيق مغموراً ، وكانت أمريكا الجنوبية منفصلة تماماً عن الكتل الأرضية الأخرى . وحتى فى وقتنا الحالى تمنع العوامل المناخية معظم النباتات والحيوانات من استخدام هذا الاتصال بين المناطق . أما المنطقة الشرقية فتفصلها عن المنطقة القطبية القديمة أعلى سلسلة من الجبال فى العالم وهى جبال الهيمالايا وناتلنج . وإن نظرة خاطفة على الخريطة توضح أن أرخبيل الملايو يمتد جنوباً من جنوب آسيا ويصل قريباً من أستراليا . وهكذا يوجد اتصال غير كامل بين المنطقتين ، ومن الجائز أنه كان كاملا فى إحدى

الأزمنة ، ولكن القنوات بين بعض الجزر عميقة جداً ، وهى حقيقة تثبت استمرار بقائها ، أو على الأقل لمدة طويلة جداً . وقد تكون العوامل الطبيعية — فى إحدى المناطق — قريبة جداً من تلك التى فى منطقة أخرى حتى يصعب التميز بينهما ، ما دامت العوامل الأحيائية قد أهملت ، وعلى ذلك فالتماثل كبير فى مناخ وطبيعة مناطق شاسعة فى أمريكا الجنوبية وإفريقية ، ومن النادر أن يكون هناك شك فى أن كلا منها يهيىء بيئة مناسبة تماماً لنباتات وحيوانات المنطقة الأخرى ، ومع ذلك فالأحياء المشتركة بينهما قليلة ، وقد علل وجودها بأنها الوحيدة التى بقيت من المجموعات التى كانت واسعة الانتشار فى العالم . وهكذا تكون الأسماك الرئوية ممثلة حالياً بثلاثة أجناس حية فقط : نيوسيراتودس فى أستراليا وبروتوبتيروس فى إفريقية ولبيدوسيرين فى أمريكا الجنوبية ، وتنتمى الأنواع الأفريقية والتى تعيش فى أمريكا الجنوبية إلى نفس الفصيلة ، بينما النوع الأسترالى هو الوحيد فى فصيلته . فإذا أخذنا فى الاعتبار الأنواع التى تعيش الآن يظهر أن لأسماك القارات الجنوبية صلة خاصة بالرغم من حواجز المحيطات الهائلة التى تفصل بينها . علاوة على ذلك فقد أوضح سجل الحفريات أن الأسماك الرئوية كانت واسعة الانتشار فى العالم ، وانقرضت منذ زمن طويل أمام منافسة الأنواع الأكثر ملاءمة ، ولكن كانت القارات الجنوبية ملجأ أخيراً لهذه الأسماك وغيرها من أنواع بدائية عديدة .

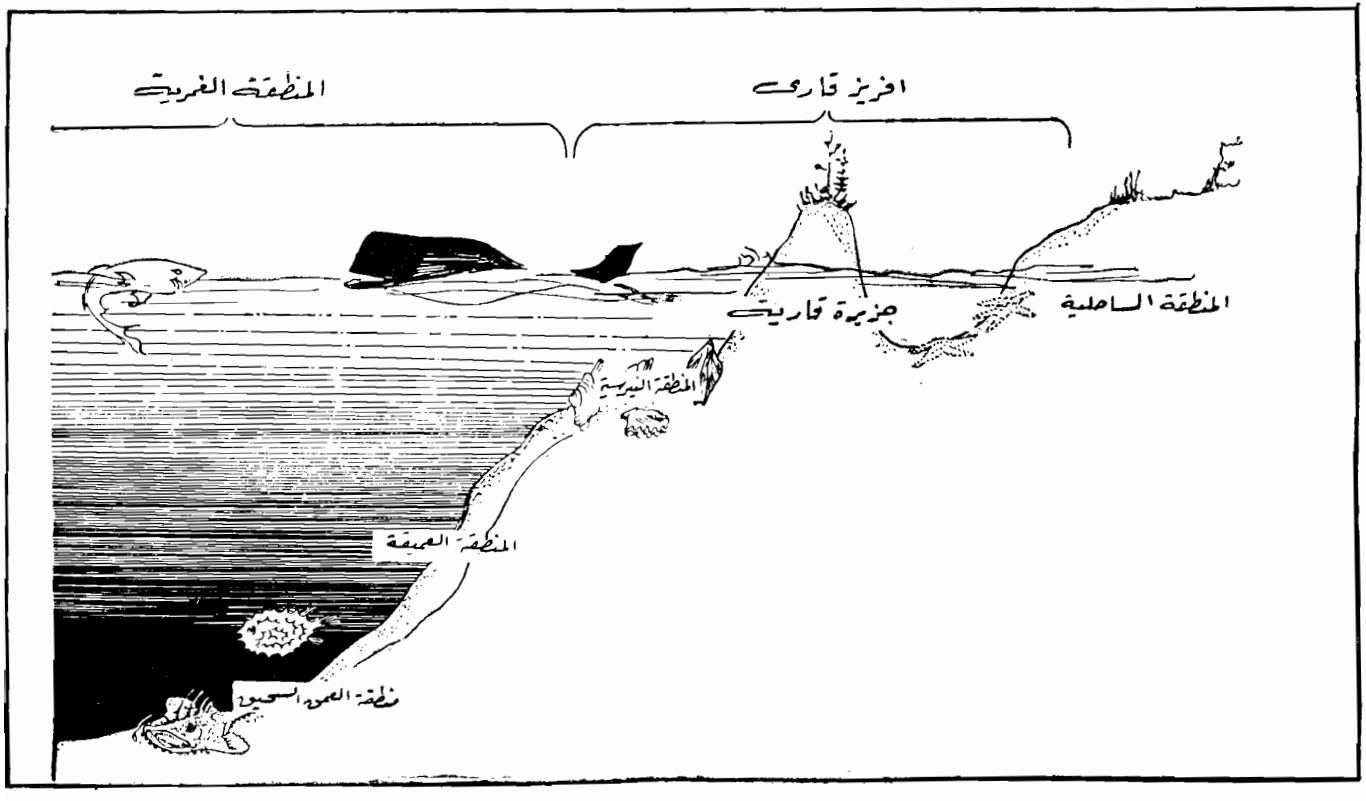
وهكذا تظهر النبـــاتات والحيوانات التى تعيش فى أية منطقـــة ارتباطاً أكيداً يمكن توقعه على أساس أية نظرية للنشوء ، ويجب أن تصل إلى ذلك التجمعات المتزايدة بانتشارها الذى يتبع ذلك فى مختلف أنحـــاء الأرض المتاحة لها . أما بالنسبة إلى عدم وجود كثير من النباتات والحيوانات فى المناطق التى تناسبها تماماً فيصعب تفسير ذلك بأية نظرية أخرى غير نظرية التطور ، مثال ذلك مشكلة آهلات الأنواع المتماثلة أو قريبة الشبه التى تفصلها بعضها عن بعض مساحات شاسعة ، وقد تمت مناقشتها فيما سبق . فمن العسير أن نفهم لماذا لا توجد هذه الآهلات فى الأجزاء المتشابهة للمناطق المختلفة إذا

كانت تمثل خلقاً مستقلا لنفس النوع . وعلى سبيل المثال لماذا توجد مجموعتا أشجار المانوليا فى المنطقة القطبية الكلية ، فى حين تعدكل من المنطقة الشرقية والاستوائية الحديثة بيئة مناسبة تماماً ؟ ثم لماذا تتجمع معاً الكائنات المتماثلة فى مثل تلك المناطق مع وجود البيئات المناسبة لأى كائن حى خارج منطقته ؟

المناطق البيئية فى المحيط

إن المناطق الأحيائية المحددة غير مقصورة على الكتل الأرضية فى العالم ، وبالرغم من وجود قدر من الاتصال الطبيعى بين محيطات العالم فإن البيئات الممثلة فى الأجزاء المختلفة تكون مختلفة تماماً . ولذلك تسبب العوامل البيئية عوائق داخل المحيط (شكل ٤) . فعلى كل ساحل يوجد شريط ضيق يغطى بالماء، ثم يعرى بالتبادل نتيجة المد والجزر . ويلى منطقة المد والجزر . أو المنطقة الساحلية . « إفريز » قارى عريض ذو انحدار بسيط تكون الأجزاء المرتفعة منه الجزر القارية . وغالباً ما تكون البحار فوق « الأفاريز » القارية ضحلة ولا يزيد عمقها على مائة قامة (٦٠٠ قدم) ، وتشمل المنطقة النيروسية ؛ ولكن عند حافة الإفريز القارى ينحدر قاع المحيط بشدة إلى أعماق سحيقة . وفى هذا الاتساع العظيم للبحر توجد مناطق أعماق متعددة . فالمياه السطحية إلى عمق ١٠٠ قامة تشمل المنطقة الغمرية . وتسكنها أسماك متباينة . ويتعرض الماء فى هذه المنطقة لفعل الأمواج ويحتوى على كمية كبيرة من الأكسجين وتصل إليه كمية مناسبة من الضوء . أما المياه العميقة التى تصل إلى عمق ١٠٠٠ قامة فتشمل المنطقة العميقة . ويكون الماء فيها هادئاً دائماً وقليل الإضاءة . وتزداد برودة الماء بالتدريج كلما ازداد العمق ، وتقل الأحياء التى تعيش فيه . وتلى هذه المنطقة منطقة الأغوار السحيقة التى لا يخترقها ضوء الشمس على الإطلاق . وفيها يكون الماء ساكناً ودائم البرودة . والكائنات الحية التى توجد فى هذه المنطقة تكون متحورة للمعيشة فى الأعماق .

وتعد المنطقة الساحلية والنيروسية من أغنى المناطق الآهلة بالكائنات . وتعمل الأحواض العميقة للمحيطات كحاجز يمنع انتشار كائنات الأفاريز



(شكل ٤) المناطق البيئية فى المحيط .

القارية ، وينتج عن ذلك أن تكون مجموعات النباتات والحيوانات البحرية معزولة بعضها عن بعض تماماً مثل كائنات القارات المختلفة . ولذا أشار داروين إلى أن الأحياء التى تعيش على الشواطىء الشرقية والغربية للأمريكتين مختلفة تماماً لأنها مفصولة بمساحات كبيرة من اليابسة ، ومع ذلك فإن حوالى ٣٠٪ من الأسماك التى تعيش على السواحل المتضادة فى بنما متماثلة ، وترتبط بذلك الحقيقة الچيولوچية المعروفة بأن مضيق بنما كان مغموراً خلال معظم العصر الثلاثى . ولكن توجد غرب « الافريز » القارى للساحل الغربى مساحة واسعة من البحر حتى تصل إلى جزر الشرق وجنوب المحيط الهادى ، وفيها تختلف الأحياء تماماً عن تلك التى توجد على الافريز القارى الأمريكى ، ويرجع ذلك إلى أن البحر كان حاجزاً منيعاً للنباتات والحيوانات التى تعيش فى المنطقة الساحلية والنيروسية . ولكن المنطقة التى تمتد من جزر الشرق إلى إفريقية — وهى منطقة أكثر اتساعاً — تكون سلسلة شبه متصلة من الجزر ، أو من الساحل القارى تكون فيها النباتات والحيوانات متجانسة نوعاً ما فى كل جزء من هذه المنطقة الكبيرة .

تفسير داروين

لقد ظهر لداروين أن هذه المشكلات المعقدة وغيرها مما يختص بتوزيع النباتات والحيوانات يمكن تفسيرها إذا افترضنا أن جميع الكائنات الحية لمجموعة خاصة (الأنواع أو المجموعات الأعلى) قد هاجرت من مكان أصلها العام ، ثم تبع ذلك تحورها . وعلى هذا الأساس فمن المتوقع أن تكون النباتات والحيوانات التى تقطن مثل هذه المناطق التى عزلت بعضها عن بعضها الآخر لفترة أطول (المناطق الجغرافية الحيوية) أكثر تميزاً ، والأحياء التى تقطن الأجزاء المختلفة من نفس المنطقة (مثل جبال وسهول أمريكا الجنوبية) تكون درجة التشابه بينها أكثر مما فى كائنات الأجزاء المتماثلة للمناطق المختلفة (مثل جبال أمريكا الجنوبية وإفريقية) . فإذا ارتفعت الجبال فى منطقة ما خلال العصور الچيولوچية فإن الجبال الجديدة تستعمر بكائنات الأراضى المنخفضة

المحيطة بها . وبعض هذه الكائنات يكون غير مناسب على الإطلاق لبيئة الجبال ، والبعض الآخر تلائمه الارتفاعات الواطئة دون العالية ، بينما قليل منها يمكنه أن يغزو أعلى ارتفاع . ولذلك تختلف نسب الأحياء المختلفة عن تلك التى تميز الأراضى المنخفضة المحيطة بها . ولا ينتج عن ذلك اختلاف فى الظروف الطبيعية فحسب ، بل فى البيئة الأحيائية لمستعمرى الجبال ، ولذلك يوافق الانتخاب الطبيعى تحورها ؛ ولكن لا بد لهذه الكائنات أن تحمل فى تراكيبها وعاداتها الأدلة على علاقتها القوية بأسلافها فى الأراضى المنخفضة . ومن ناحية أخرى يعزى اختلاف الآهلات التى تستعمر الجبال فى المناطق المختلفة إلى العزلة الطويلة لأسلافها . وتنطبق اعتبارات مشابهة على استعمار أية منطقة جديدة أياً كانت . وأخيراً يجب أن تماثل البقايا الحفرية فى أية منطقة الكائنات الحية فى نفس المنطقة ، ويكون هذا التماثل بدرجة أكبر فى حالة الحفريات الحديثة ، وبدرجة أقل فى حالة الحفريات القديمة ، وهذا ما تتطلبه الحقيقة الواضحة ، وهى أن الكائنات الحالية المستوطنة فى أية منطقة يجب أن تكون قد انحدرت من الكائنات المستوطنة السابقة . وقد تتحور فى بعض الأحوال حقيقة هذا التفسير بالهجرات الكبيرة التى حدثت فى الماضى ، ولكن لا يمكن أن تبطل صحتها العامة . وقد سبق أن استشهدنا بداروين فى أحد الأمثلة ، وهو التشابه الكبير بين حفريات الثدييات المدرعة الموجودة فى أمريكا الجنوبية وحيوان الارماديللو (الدويرع) الذى يعيش الآن فى نفس القارة . وسوف نناقش هذا الموضوع الهام فى فصل لاحق يتضمن أدلة علم الحفريات فى التطور . وكل الحقائق التى سبق ذكرها تتبع منطقياً نظرية داروين ، ولكن لا تعد أية واحدة منها صحيحة إذا فرض أن كل نوع قد خلق مستقلا فى مرتبته الحالية .

توزيع كائنات الماء العذب

اعتبر داروين الكائنات التى تعيش فى الماء العذب استثناء هاماً للقاعدة الخاصة بأن الأحياء التى يفصلها حاجز تكون مختلفة تماماً . فمجموعة الأنهار

والبحيرات تكون بالطبع منفصلة بعضها عن بعض بواسطة حواجز من اليابسة كذلك ، بينما تصب كثير من مجارى الماء العذب فى أغلب الأحيان فى نفس المحيط . فالماء الملح يعتبر حاجزاً لا يقل جسامة عن اليابسة لمعظم أحياء الماء العذب . ولذلك فمن المتوقع أن توجد درجة غير عادية من التباين فى نباتات وحيوانات الماء العذب . ولكن الحقيقة عكس ذلك ؛ إذ أن هناك تشابهاً كبيراً بين كائنات الماء العذب التى توجد فى جميع أجزاء العالم . كما تنتشر كثير من الأنواع الفردية فى كل بقاع العالم . وقد اعتقد داروين أن سبب ذلك هو أن معظم كائنات الماء العذب لا بد لكى تواصل معيشتها أن تكون مكيفة لهجرات قصيرة ومتعددة من بركة إلى أخرى ، أو من ينبوع إلى آخر داخل منطقة محدودة . ولكن قد تؤدى مثل هذه الهجرات حتما إلى هجرات أطول منها أحياناً ؛ فإذا أعطيت وقتاً بالتقدير الجيولوجى فلابد أن تنتج أنواعاً واسعة الانتشار إلى حد كبير .

وقد اهتم داروين اهتماماً كبيراً بما يمكن أن يطلق عليه وسائل النقل العرضية لكائنات الماء العذب . فاتصال الأنهر المختلفة بالبحيرات بواسطة مياه الفيضان فى الربيع ظاهرة كثيرة الشيوع وتسمح بتبادل آهلاتها على نطاق واسع جداً . ويوجد انتقال اختيارى للأسماك وغيرها من الكائنات الصغيرة بفعل العواصف والأعاصير ، ولكنه قليل الشيوع . فعند مرور عاصفة فوق الماء قد تلتقط ماء السطح بما فيه من أحياء صغيرة تكون بالقرب من هذا السطح . وعندما تهدأ قوة الريح يسقط الماء بمحتوياته . فإذا حدث أن سقط هذا الماء فوق مياه أخرى فإن الأحياء التى تنتقل بهذه الطريقة قد تتكاثر وتصبح مقيمة فى المنطقة الجديدة ، وهذا هو الأصل فى « أمطار الأسماك » التى تذكر من حين لآخر . وبالرغم من أن مثل هذه المشاهدات غالباً ما تقابل بشىء كبير من الشك المقبول إلا أن العالم جودجر قد قام بفحص عدد منها . وهو يعتقد أن سبعة وثمانين تقريراً على الأقل عن أمطار الأسماك صحيح . وقد تكون طيور الشاطىء ودجاجات الماء وسيلة لانتشار كائنات

الماء العذب ، فعندما ترتفع الطيور من الماء قد تعلق بأقدامها أحياء دقيقة وبيض ويرقات وطين يحتوى على بذور . وغالباً ينتهى الطيران فى ماء عذب مماثل . ولما كانت هذه الطيور تطير فى مدى واسع فمن المحتمل أن يتم انتشار كبير للأحياء الصغيرة بهذه الطريقة . كذلك تحتفظ بذور كثير من النباتات بقدرتها على الحياة بعد مرورها فى القناة الهضمية للطيور ، ولذلك فإن البذور التى تؤكل فى إحدى البرك قد تخرج فى بركة أخرى بعيدة تماماً حيث تنبت .

ولا يعنى كل ذلك أن هناك نباتات وحيوانات واحدة تنتشر فى الماء العذب فى العالم كله ، فقد ينعدم التسلسل بين كائنات الماء العذب . ولكنه أقل وضوحاً مما قد نتوقعه من أول وهلة . ويرجع ذلك إلى أقدم الحواجز الجغرافية المفروضة .

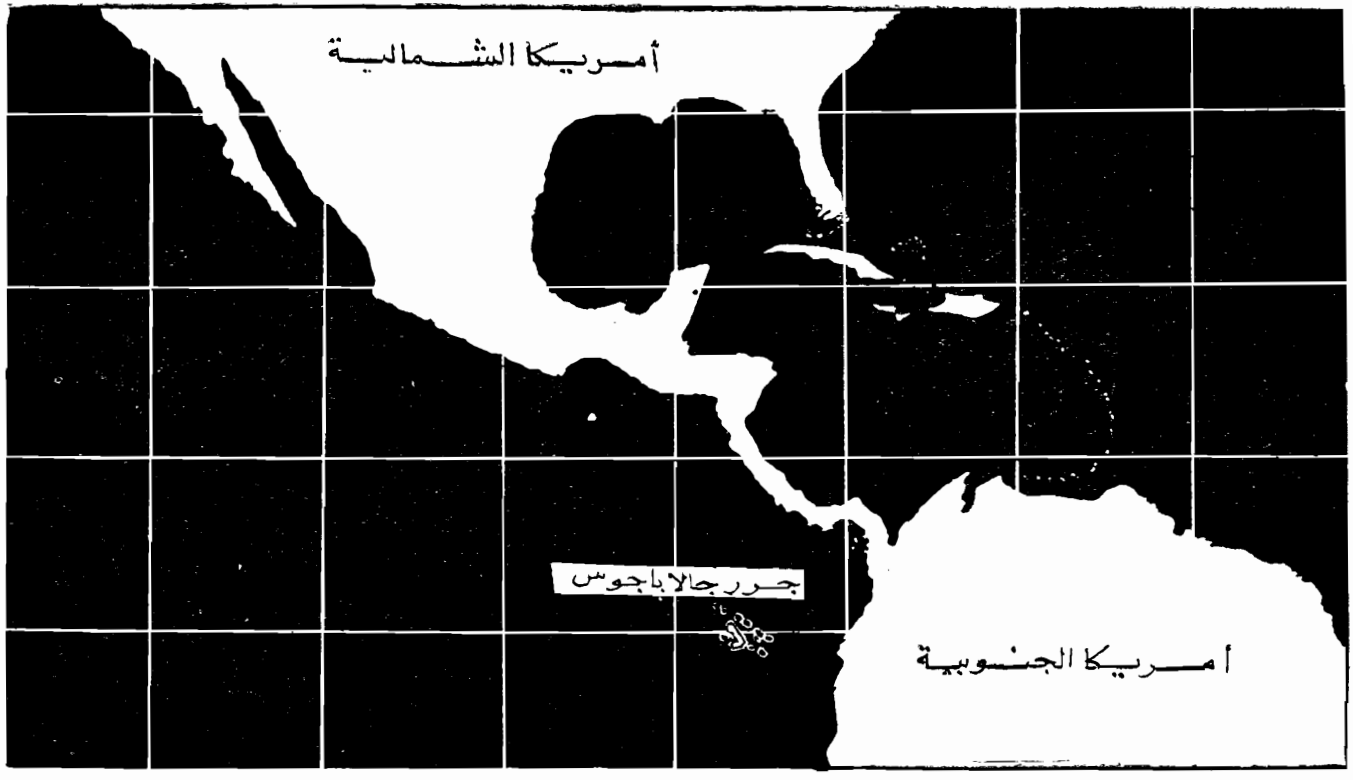
حياة الجزر

تعتبر جزر المحيطات وما يقطنها من كائنات آخر مجموعة من الأدلة الجغرافية التى كان لها الأثر الأكبر فى تفكير داروين ؛ فقد لاحظ أن الأنواع الأصلية الموجودة فى مثل هذه الجزر قليلة العدد ، وإن كان نجاح الحيوانات والنباتات التى استقدمها الإنسان قد أثبت أن هذه الجزر ملائمة تماماً لحياة كائنات أكثر تنوعاً من تلك التى عاشت عليها فى الأصل . وقد علل داروين ذلك بأنه إذا كانت جميع الكائنات قد خلقت فى أماكنها الحالية — فليس هناك ما يبرر لماذا لا تكون جزر المحيطات (وهى الجزر التى توجد بعد « الإفريز » القارى) غنية بآهلاتها مثل المناطق المناظرة لها فى القارات . ومع كل فإن هذه الحقيقة مفهومة تماماً فى ضوء نظريته عن الهجرة من مكان أصلى مشترك لكل الأفراد من أية مجموعة وما يتبعها من تحور ، إذ أن عدداً قليلا نسبياً من الأنواع يمكنه أن يعبر حاجز الماء العظيم الذى يفصل جزر المحيطات عن المراكز القارية لنشأتها .

ومن بين الأنواع القليلة التى تعيش على جزر المحيطات عدد كبير

مستوطن (أى لا يوجد فى أى مكان آخر) وقد وجد داروين ستة وعشرين نوعاً من الطيور الأرضية فى جزر جالاباجوس (شكل ٥) منها واحد وعشرون ، أو ربما ثلاثة وعشرون نوعاً مستوطناً . ولكنه وجد نوعين فقط من بين الأحد عشر نوعاً من الطيور البحرية مستوطنين . وهذا ما نتوقعه تماماً تبعاً لنظرية داروين ، إذ قد تتنافس الأنواع المهاجرة العرضية من الأرض الرئيسية البعيدة (أمريكا الجنوبية) عند وصولها إلى بيئتها الجديدة مع أنواع تختلف تماماً عن أبناء عمومتها فى الأرض الرئيسية . ولذلك قد تتحور . وتصل فى نهاية الأمر إلى درجة نوع جديد مميز . ولكن وجود الحاجز الهائل من الماء يقلل إلى حد كبير من احتمال انتشار هذه الأنواع الجديدة إلى أماكن أخرى ، ولكن بالنسبة للطيور البحرية يكون الحاجز أقل عنفاً . ولذلك فليس عجيباً أن تكون نسبة الاستيطان بينها قليلة . ولئلا يبدو أن عدد السبعة وثلاثين نوعاً من الطيور لمجموعة صغيرة من الجزر عدداً كبيراً سنذكر للمقارنة عدد الأنواع فى منطقة قارية محدودة . وهو كما ورد فى قائمة حصر الطيور لعام ١٩٤٤ فى حرم جامعة كاليفورنيا فى بيركلى : مائة وخمسة أنواع مستوطنة مستديمة أو مهاجرة موسمية ، وأربعون نوعاً من الأنواع الزائرة العرضية .

ويغلب ألا توجد على الإطلاق البرمائيات والثدييات الأرضية عدا الخفافيش فى جزر المحيطات ، وعندما أدخلت بواسطة الإنسان تكاثرت بدرجة كبيرة حتى صارت مصدر إزعاج . فمثلا أدخلت ضفدعة الشاطىء الغربى « بوفو مارينس » إلى هاواى على أمل أنها قد تساعد فى مقاومة الحشرات ، ولكن الضفادع نفسها صارت حالياً مصدر إزعاج فى هذه الجزر . وهذه المجموعات لا تقدر على عبور الحواجز المائية الكبيرة (أو حواجز الماء الملح فى حالة البرمائيات التى تقتل فى الحال بالماء الملح) ، ولكن الحاجز الذى لا يستطيع الفأر مثلا أن يسبحه يستطيع الخفاش أن يعبره بسهولة . فإذا كانت جميع الأنواع قد خلقت فى الأماكن التى توجد فيها



(شكل ٥) جزر جالاباجوس .

حالياً لكانت البرمائيات والثدييات الأرضية وفيرة على جزر المحيطات كوفرتها فى المناطق القريبة المناظرة لها . ومن المؤكد أن تكون الثدييات الأرضية قد خلقت على هذه الجزر بكثرة مثل الخفافيش . ولكن الخفافيش هى الثدييات الوحيدة التى ينبغى أن تصل إلى الجزر بسرعة إذا كانت جميع الثدييات قد نشأت أولا على الكتل القارية اليابسة . ثم غزت بعد ذلك مثل هذه المناطق عندما استطاعت ذلك .

وأخيراً هناك كائنات كثيرة تعيش فى جزر أرخبيل وتكون غالباً مميزة من ناحية النوع . ولكن يبدو بوضوح أنها جميعاً ذات صلة قوية . كما تكون جميعها ذات صلة أقل متانة للكائنات التى تعيش على أقرب أرض يابسة . فعندما زارت السفينة بيجل جزر أرخبيل جالاباجوس الذى يقع على مسافة ٥٠٠ — ٦٠٠ ميل غربى أمريكا الجنوبية شعر داروين أنه يخطو فوق أرض أمريكية نظراً للتشابه الواضح بين نباتات وحيوانات هذه الجزر وتلك التى توجد فى قارة أمريكا الجنوبية . وتحتوى جزر جالاباجوس على ٣٣٢ نوعاً من النباتات المزهرة . من بينها ١٧٢ نوعاً مستوطناً . أى أكثر من النصف . ولكن عدداً من الأنواع مقصور على جزيرة واحدة أو بضع جزر فى الأرخبيل . ومع ذلك تظهر كل هذه النباتات صلة قوية بنباتات أمريكا الجنوبية رغم اختلاف المناخ والصفات الجيولوجية لهذه الجزر تماماً عما هو مشاهد فى هذه القارة . ولذلك لا يمكن أن نتفهم علاقة نباتاتها على أساس خلق نباتات متماثلة فى الأرض المتشابهة ، ولكن على أساس هجرة النباتات من القارة إلى الجزر التى تبعد عنها . ثم يلى ذلك تحورها . وتقع جزر برمودا على بعد ٧٠٠ ميل تقريباً من ساحل كارولينا الشمالية ، ولكل كائناتها صفات كائنات أمريكا الشمالية . وقد أدخل عدد من الفقاريات الأرضية بنجاح فى هذه الجزر ، ولكن يوجد نوع واحد فقط مستوطن من السحالى وينتمى إلى جنس من أمريكا الشمالية . والطيور الأرضية ممثلة بأنواع متعددة لا يوجد بينها أى نوع مستوطن . وذلك لأن برمودا إحدى طرق الهجرة الرئيسية

لطيور أمريكا الشمالية ، فهى فى الواقع غير معزولة على الإطلاق بالنسبة للطيور . والخفافيش أيضاً شائعة فى القارة والجزر لمقدرة هذه الثدييات الطائرة على عبور الحاجز المائى بسرعة . وبين الرخويات الأرضية نسبة كبيرة من الأنواع المستوطنة ، ويرجع ذلك بلا شك إلى ندرة نجاحها فى عبور الحاجز المائى .

والأساس الوحيد المفهوم لكل هذه الحقائق هو فرض داروين الخاص بأن الجزر استعمرت من اليابسة ، ثم تلا ذلك تحور الكائنات المهاجرة إليها ، وعندما انتشرت هذه الكائنات فى جزر الأرخبيل المختلفة فقد تحور كل مجتمع معزول تحوراً مستقلا ، ونتج عن ذلك أن تكونت مجاميع ذات صلة قوية من الأنواع المستوطنة . وهكذا ببساطة تكون الرابطة وراثية بين مختلف الأنواع المتماثلة لأرخبيل ما ، ولأقرب قارة .

ولذلك — وبإيجاز شديد — يمكن فهم التوزيع الجغرافى للكائنات بسرعة بغرض نشأة كل مجموعة فى إحدى المناطق الكبرى فى العالم ، ثم انتشارها لكى تشغل حيزاً أكبر حسب قدرتها على مواجهة الحواجز المناخية والطبيعية ومنافسة الأحياء الأخرى ، وقد ينتج عن ذلك الضغط المستمر للانتخاب الطبيعى الذى يؤدى إلى تكيف المجموعة لعدد كبير من الظروف المختلفة ، أى إلى التطور . وقد تكون معظم البيانات الخاصة بالتوزيع مغايرة للمألوف على أى أساس آخر ، ومن العجيب أن الخبرة الأولى بتلك الحقائق المثيرة والمقنعة قد أوحت لداروين بإمكانية تغير الأنواع .

المراجع :

Barlow, Lady Nora (Ed.), 1946. "Charles Darwin and the Voyage of the Beagle," Philosophical Library, New York, N.Y. Darwin's granddaughter here presents selections from his letters to his family and from his notebooks on the voyage.

Darlington, P. J., 1957. "Zoogeography: the Geographical Distribution of Animals," John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y. A readable, thoughtful, and thoughtprovoking rethinking of the entire field—the first such since Wallace's.

Darwin, Charles, 1845. "Journal of Researches," 2nd Ed., Appleton & Co., New York, N.Y., and London. The original report of the voyage of the Beagle, and Darwin's "favorite literary child."

De Beaufort, L. F., 1951. "Zoogeography of the Land and Inland Water," Sidgwick & Jackson, London. A useful summary.

Ekman, S. P., 1953. "Zoogeography of the Sea," Sidgwick & Jackson, London. Brief but excellent.

Wallace, Alfred Russell, 1876. "The Geographical Distribution of Animals," The Macmillan Co., New York, N.Y. After more than 80 years, this is still the most fundamental work in its field.

الفصل الثالث

أدلة التطور

٢ - علم التصنيف والتشريح المقارن وعلم الأجنة

يعتبر علم التصنيف – وهو المختص بتقسيم الكائنات – الفئة الرئيسية الثانية من البراهين التى تثبت التطور . وقد يكون التصنيف لازماً بصفة عامة بالنسبة للتعدد الواضح للأنواع ، حتى إذا لم يكن هناك غرض آخر يؤديه بجانب تسهيل دراستها . فالمؤلفات البيولوچية تتضمن ما يقرب من ١,٠٠٠,٠٠٠ نوع من الحيوانات ، ٢٥٠,٠٠٠ من النباتات . وقد يعيش عدد كبير من هذه الأحياء حتى فى الأماكن المحدودة جداً . فقد تعرف العالم جوردان فى بحيرة ماكسينكوكى بانديانا على أربعة وستين نوعاً من الأسماك ، وثمانية عشر نوعاً من البرمائيات ، ومائة وثلاثين نوعاً من الرخويات . وذلك لا يعنى أن الأنواع الأخرى غير ممثلة بوفرة ، ولكنها فقط لم تدون . ومن الواضح أنه لا يمكن أن تجرى دراسة مستفيضة ومنظمة على العالم الحى ما لم يكن مقسما إلى فئات تخضع لصفات عامة .

لينيوس والتسمية البيولوجية

يعتمد التصنيف الحديث على دراسات عالم النبات السويدى كارلوس لينيوس (١٧٠٧ – ١٧٧٨) الذى قام بتقسيم العالم الحى جميعه . فقد كان للأسماء العلمية للأحياء فيما سبق وصف قصير (أو غير قصير جداً !) مكتوب باللاتينية ، كما فى تسمية مارك كاتسبى (١٧٥٤) لناقر الخشب ذى الرأس الأحمر بالاسم بيكس كابيتى توتوروبرو ، والطائر الأسود ذى الجناح الأحمر باسم ستر نس نيجر اليس سوبرن روبنتيبس ، وقد أدخل لينيوس منهج الاسم الثنائى لكل حيوان ، الجزء الأول اسم الجنس وتشترك فيه الأنواع قريبة

الشبه بعضها من بعض . والجزء الثانى اسم النوع الذى يميزه عن الأفراد الأخرى من نفس الجنس . وهذا النظام الثنائى فى التسمية معمول به حالياً فى كل العالم . وبذلك يكون اسم ناقر الخشب ذى الرأس الأحمر « ميلانربس أرثيروسيفالس » ، واسم الطائر الأسود ذى الجناح الأحمر اجيليوس فونيسيوس .

مفهوم النوع : يعتمد مفهوم النوع على فكرة وجود أصناف محددة من النباتات والحيوانات . واختلاف أفراد أى نوع منها بعضها عن الآخر فى سمات بسيطة ما عدا الجنس (من ذكر أو أنثى) وتنفصل تماماً فى بعض السمات عن كل الأنواع الأخرى . وتكون ذات خصب متبادل ، ولكنها على الأقل عقيمة جزئياً عندما تهجن مع الأنواع الأخرى . وتعتبر هذه الأنواع مطلقة من وجهة نظر لينيوس . فهناك عدد من الأنواع كما خلقها الله فى البدء ، ولكن يعتقد عدد من البيولوچيين فى الوقت الحالى أن الأنواع شىء صناعى إلى حد ما . ويعنى ذلك أن الحدود الفاصلة بين الأنواع القريبة جداً بعضها من بعض إرادية أكثر منها طبيعية .

فئات التصنيف : تحقق لينيوس من أن الأنواع المتعددة قد تشترك فى كثير من صفاتها مما يوجب تجميعها معاً فى جنس (genus) واحد متميز عن مجموعات الأنواع الأخرى (الأجناس genera) ، ولذا صدرت الطبعة الدورية من القائمة التى يصدرها اتحاد علماء الطيور بأمريكا الشمالية متضمنة نوعين من جنس ميلانربس وثلاثة أنواع من جنس اجيليوس ، ولكن قد تكون الأجناس أكبر من ذلك بكثير . فالقائمة تتضمن اثنى عشر نوعاً من جنس بوفينس (طيور بحرية تحوم على وجه الماء) . ويوجد عدد قليل من الأجناس الكبيرة جداً مثل عشب كريبيس الذى عرف بالكوك ١٩٦ نوعاً منه .

وقد وجد لينيوس أن الأجناس يمكن أن ترتب طبيعياً مجموعات أكبر

طبقاً للتشابه فى صفاتها الأساسية . والمجموعات التى تشمل الأجناس المتماثلة يطلق عليها اسم رتب (Orders) . وعلى ذلك يتبع جنس ميلانربس رتبة بيسيفورمس Piciformes مع عشرة أجنـــاس أخرى من ناقر الخشب والطيور المشابهة له ، أما جنس اجيليوس فيتبع الرتبة الكبرى باسيريفورمس (Passeriformes) التى تشمل الغالبية الكبرى من الطيور المغردة . وفى النهاية جمعت هذه الرتب فى طوائف Classes يشترك أعضاؤها المختلفة فى صفات رئيسية للغاية ، وبذلك تقع جميع رتب الطيور تحت طائفة واحدة هى طائفة الطيور (Aves) .

وقد رتب لينيوس الطوائف فى المملكتين (Kingdoms) : النباتية والحيوانية ، ولكنه لم يفطن إلى ضرورة وضع فئة بين الطائفة والمملكة . وقد أدخل العالم إرنست هيكل (Ernest Haeckel) فيما بعد عصر داروين مصطلح شعبة (Phylum) لكى تشمل الطوائف المتقاربة ، وهى مشتقة من « خط التسلسل » ، وقد اختير هذا اللفظ على وجه الخصوص لملاءمته للدراسة الحديثة للتطور . ولسبب مماثل أدخل هيكل لفظ فصيلة (Family) كفئة تتوسط بين الجنس والرتبة .

وعلى ذلك يكون التدرج الكامل لفئات التصنيف الأساسية هو : النوع ، فالجنس ، فالفصيلة ، فالرتبة ، فالطائفة . فالشعبة ، فالمملكة . ولكى يوصف أى كائن حى يجب أن يتبع لكل من هذه الفئات ، إما مباشرة وإما ضمنياً . فإذا رجعنا إلى الطائرين اللذين سبق ذكرهما نجد أن تصنيفهما الكامل كما يأتى :

المملكة	الحيوانية	الحيوانية
الشعبة	الحبليات	الحبليات
الطائفة	الطيور	الطيور
الرتبة	بيسيفورمس	باسيريفورمس
الفصيلة	بيسيدى	اكتريدى
الجنس	ميلانربس	اجيليوس
النوع	اريثروسيفالس	فونيسس

وتقسم كل فئات التصنيف غالباً لأغراض الدراسة التفصيلية . وقد تضاف البادئة «تحت» — أو « فوق » — إلى أية فئة من الفئات القياسية للدلالة على تحت تقاسيم أو تجمعات أكبر . وقد تستعمل أحياناً فئات متوسطة أخرى ولكن لا تكون لها صفة رسمية فى علم الحيوان (كما قرر المؤتمر الدولى لعلم الحيوان) .

ولقد قال هكسلى « إن امكان ترتيب كل الصور المختلفة من الحيوانات فى مجاميع لها هذا المنوال الفريد من تبعية الواحدة للآخر . يعتبر حدثاً غاية فى الأهمية » . وهو فى الحقيقة لكذلك . وقد فسر لينيوس ذلك بنظرية النماذج التى تفترض أن الخالق قد بدأ الخلق بمجموعة من الأنماط أو النماذج التى كانت محدودة العدد . هذه النماذج لم تكن متساوية فى درجة وضوحها مثل المشروعات فى دفتر المهندس المعمارى . ولكنها تتبع فئات محددة يمكن تقسيمها . وبذلك تقابل كل طائفة من الأحياء نمطاً رئيسياً . أما الرتب المختلفة التى تتبع الطائفة فتقابل أنماطاً أقل ، وهكذا بالتدريج إلى أسفل السلم . وبذلك لم يرجع لينيوس التشابه بين أنواع الجنس الواحد إلى تسلسلها من سلف مشترك ، ولكن إلى الحقيقة الافتراضية بأن كلا منها عبارة عن نسخة كاملة إلى حد ما من نماذج متشابهة بعض الشىء ، وهى نماذج من تدبير الخالق .

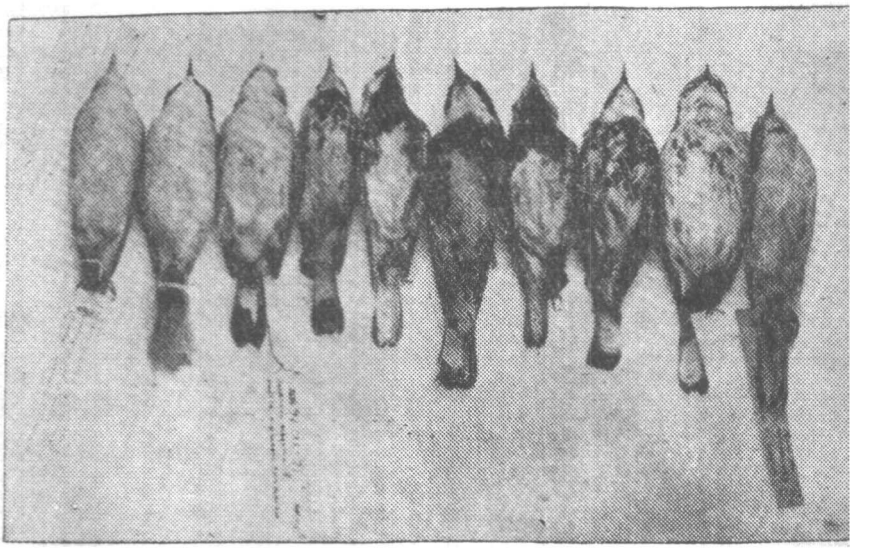
ماهية سلم التصنيف

إن تفسير داروين لهذا « الحدث الهام » مختلف تماماً . إذ أن فئات التصنيف تمثل فقط درجة القرابة ، فلكل أفراد شعبة الحبليات أسلاف مشتركة ولكنها متباعدة بدرجة كبيرة . ولذلك فإن أهم الصفات الرئيسية للحبليات هى المشتركة بين الأفراد المتباعدة للشعبة . ولكن داخل أية طائفة تكون درجة القرابة أكثر قوة . ولذلك فهناك صفات متعددة وأقل أهمية تكون مشتركة بين الأفراد المتباينة الطائفة . فالطيور مثلا تشترك جميعها فى صفات عامة ومتعددة . وكلما تدرجنا إلى أسفل فى سلم التصنيف يصبح

هذا الاتجاه أقوى ، إلى أن تختلف أخيراً أفراد النوع الواحد فى صفات ضئيلة فقط ، ويعزى ذلك إلى وراثتها المشتركة . وإنه لمن العسير أن ندرس بالتفصيل أية مجموعةٍ من الكائنات دون أن نعتقد أن هذه المناقشة من النوع المقنع .

شجرة الحياة : لقد حاول المشتغلون بعلم التصنيف تلخيص دراساتهم بأشكال توضيحية ، وكانت الشجرة من أنجح هذه الأشكال ، ولكنها لم تكن دائماً واضحة ، وقد جرب لينيوس رسومات تشبه الخرائط ، ولكنه عرف أنه لا يوجد أى ترتيب أو نظام يمكن أن توضع فيه النماذج المتشابهة معاً ، فى حين يفصل بين الأشكال غير المتشابهة ، وبعد ذلك حاول لامارك وغيره أن يرتب الكائنات الحية فى شكل تخطيطى على هيئة سلم على أساس تزايد ملاءمة الكائنات الحية ، فأى حيوان لا بد أن يسبقه حيوان آخر أقل منه درجة فى سلم الحياة ، ويعقبه آخر على درجة أعلى بعض الشىء . ويمكن عمل ذلك السلم بطريقة عامة ، فمن السهل أن نسلم بأن البرمائيات أكثر تقدماً من الأسماك ، وأن الزواحف أكثر تقدماً من البرمائيات . ولكن لا يمكننا أن نكمل هذه السلسلة — الطيور ثم الثدييات — فبينما تقدم أحد الثدييات بدرجة كبيرة على جميع الحيوانات الأخرى حتى إنه ينفرد بدراسة العالم الذى يعيش فيه ، فإن غالبيـــة الطيور « راقية » تماماً من كل الوجوه مثل غالبية الثدييات ، ولذلك يتضح أنه يلزم وجود درجتين على نفس المستوى من السلم . وهذا الطراز من المعضلات ليس شائعاً بين المجموعات الكبيرة للكائنات الحية فحسب ، ولكن يكثر حدوثه عندما تمتـــد الدراسة إلى المستويات الدنيا للتصنيف . وحين تكون الحاجة ماسة إلى درجات متوازية عند مستويات متعددة ، مع سلسلة متوازية فوقها ، يظهر على الفور أن الشجرة هى أفضل الرسوم التوضيحية ، وقد كانت مقبولة بصفة عامة قبل داروين بوقت طويل .

ومن المفهوم الآن أن أجزاء الشجرة الحقيقية لها صلة فيما بينها فى أسلوب متشعب ، وذلك لأن الكائن كله ينتج من نمو بذرة واحدة ، وهو نمو يصاحبه تفرع وتميز ، ولا يوجد مجال للتفكير فى الخلق المستقل والاتحاد الثانوى للأجزاء العديدة . . وشجرة التصنيف لا يمكن مقارنتها تماماً بالشجرة الحقيقية ، وذلك لأن عمليات التفرع والتميز ليست ميسورة غالباً للمشاهدة المباشرة ، ولكن لا يمكن تفادى المطابقة : فالحقيقة أنه لا يوجد أى نوع آخر من الأشكال التوضيحية التى ترمز لحقائق التصنيف كاملة مثل شجرة توحى بقوة إلى أن شجرة الحياة — مثل الشجرة الحقيقية — تدين بطبيعة تفرعها لنموها وتميزها العضوى — أو بمعنى آخر للتطور . ولم يفهم علماء الأحياء الذين سبقوا داروين لماذا ظهر التصنيف فى شكل شجرة ، ولكنهم اتفقوا على أنه كذلك ، وقد ساعد الإلمام بهذه الحقيقة منذ زمن طويل دون شك على تهيئة الطريق لقبول الداروينية فى النهاية .



(شكل ٦) عشر عينات من العندليب تمثل خمسة أنواع من الدندروسيا . لاحظ التدرج فى عمق اللون من الشمال إلى اليمين . أعضاء نفس النوع ليست دائماً متجاورة فى هذه السلسلة . ويظهر الانتقال بصورة أكثر تدرجاً فى اللون (العينات معارة من متحف الحيوان التابع لجامعة نوتردام) .

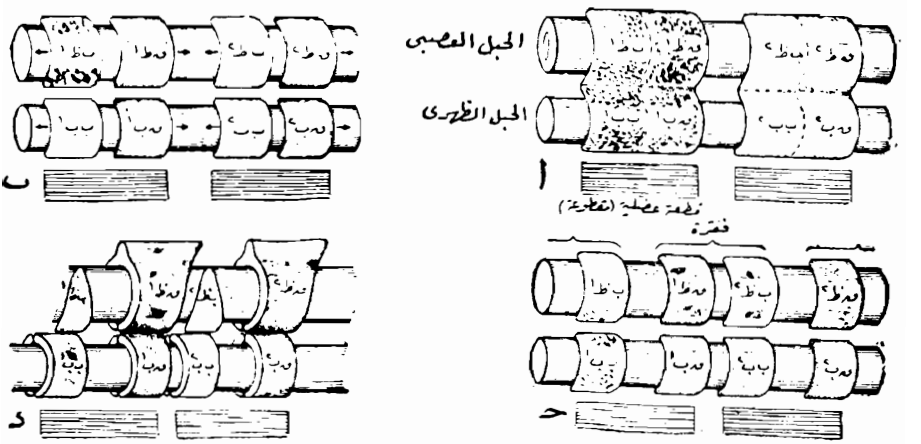
وثمة خاصية أخيرة لشجرة الحياة تستحق اعتباراً خاصاً ، وهى أنه فى أية مجموعة يكون من المحتمل وجود بعض الأفراد الأبسط والأقل تخصصاً من غيرها ، وقد تعرف هذه الأفراد فقط كحفريات . ولكن عدداً من هذه الأنواع البدائية أو القديمة ما زال يعيش للآن . وفى هذه الحالة تكون لهذه الأنواع القديمة غالباً علاقات أقرب بالحفريات عنها بالأفراد التى ما زالت تعيش من مجموعتها . وكقاعدة عامة تماثل مثل هذه الأنواع البدائية أفراداً من مجموعات أخرى أكثر من الأفراد المتخصصة من نفس المجموعة . ويفسر ذلك بأن الأنواع التى توجد بالقرب من نقطة التفرع فى شجرة الحياة تظهر تشابهاً خاصاً للأنواع الأخرى على كلا الفرعين . فإذا خلق كل نوع مستقلا عن الأنواع الأخرى لكان من غير الممكن تفسير هذه الحقيقة ؛ ولذلك يجب توزيع الصفات المشتركة بين المجموعات المختلفة دون النظر إلى مستوى تخصصها . وعلى ذلك فإذا كانت نظرية التطور صحيحة فإن الأفراد الأكثر بدائية من المجموعات المتقاربة هى الأقل تباعداً من سلفها العام ، ولذا تلقى الأنواع البدائية ضوءاً على العلاقات بين المجموعات ؛ وهذا هو ما نجده تماماً فى الطبيعة .

ونلاحظ فى علم التصنيف الصعوبة فى تمييز الأنواع القريبة جداً بعضها من بعض ، ففى حالات كثيرة يتداخل مدى التغير فى الأنواع المتقاربة . فمثلا فى جنس دندرويكا وهو عندليب الغابة المغرد ، أمكن ترتيب سلسلة تتدرج من العندليب الأصفر ، ثم عندليب المانوليا ، فعندليب الريحان والنخيل ، إلى العندليب ذى الصدر الكستنائى الذى يتبدل فيه اللون بالتدريج من الأصفر الغالب إلى الأسود الغالب . مثل هذا التدرج دقيق للغاية لدرجة أنه يحتاج لخبرة دقيقة للتفرقة بين الأنواع (شكل ٦) . كذلك تتشابه ذبابتا الفاكهة دروسوفيلا بسيدوبسكيورا . ودروسوفيلا برسيميليس تشابهاً تاماً حتى يلزم تحليل اخصائى لكى نميز بينهما . وتوحى مثل هذه الحالات بشدة إلى تسلسل من سلف مشترك حديث بعض الشىء .

الدليل من علم التشريح المقارن

لما كان علم التشريح المقارن هو المجال الذى نستخلص منه استدلالات العلاقة بين الحيوانات بوجه عام، فهو بصفة خاصة مصدر هام لأدلة التطور . فإذا درسنا أى جهاز عضوى فى أمثلة متباينة من شعبة واحدة فإننا نأخذ فكرة بأن هذا الجهاز قد بنى على نموذج أولى يتغير من طائفة إلى أخرى (مع وجود اختلافات طفيفة فى كل طائفة) . وسنناقش الآن أمثلة من التشريح المقارن للفقـــاريات .

العمود الفقارى : تتكون الأعمدة الفقرية فى جميع الفقاريات من طلائع جنينية متماثلة . وهى أربعة أزواج من الكتل الميزنشيمية المتماسكة فى كل عقلة . وتشمل القويسات وما يصاحبه من الميزنشيمة السائبـــة (شكل ٧) . ومن هذه الأصول البسيطة تتكون الفقرة النموذجية بما فيها

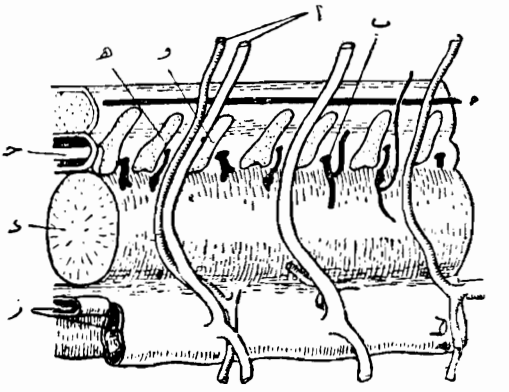


(شكل ٧) الأقواس المكونة لفقرات : أ تبين قطعتين من قطع جسم كل منهما أربعة أقواس (أربعة أزواج فى الحقيقة ، ولكن يظهر الجانب الأيسر فقط) . ب . جـ يوضحان انفصال الأقواس الأمامية من الأقواس الخلفية فى كل قطعة . د تظهر كيف أن الفقرة تمتد بين قطعتين عضليتين حيث إنها تتكون من أقواس جاءت من قطعتين متجورتين من قطع جسم . وتسمى الأقواس بالبين ظهرى ب ظ ، البين بطنى ب ب ، القاعدى الظهرى ق ظ ، القاعدى البطنى ق ب .

من مركز الفقرة ، والقوس العصبى والنتوءين الشوكى والمستعرض ، والنتوءات المفصلية المختلفة . وفى دائريات الفم (Cyclostomata) ، وهى أبسط الفقاريات التى تعيش الآن يتكون الزوجان الظهريان من القويسات (شكل ٨) ، ولا تتقدم هذه عن حالتها الجنينية ؛ إذ تكون فقط زوجين من الأشواك الغضروفية التى تحيط بالحبل العصبى من الجانبين .

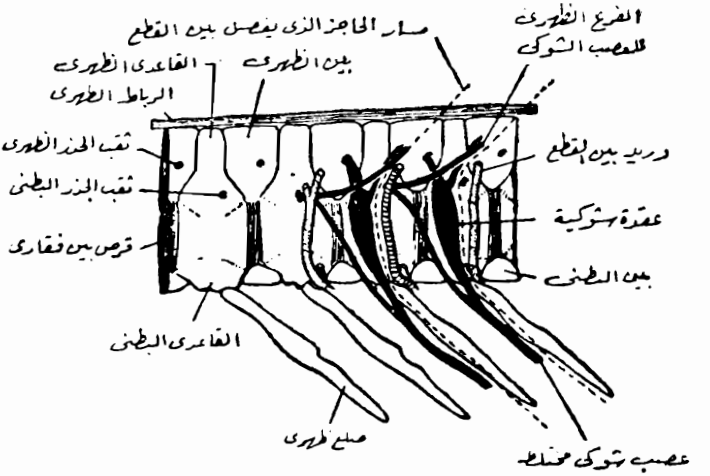
أما فى الأسماك الغضروفية وتشمل القروش وما شابهها فيحدث نمو أكثر من ذلك (شكل ٩) ، فيكون الزوجان الظهريان من القويسات (مكونات الأقواس) الأقواس العصبية ، وما يسمى بالأقواس البينية التى توجد فوق الحبل الشوكى . ولا يكون الزوجان البطنيان أقواساً فى منطقة الجذع ، ولكن فى المنطقة الذيلية يكون الزوج البطنى الأمامى من القويسات قوساً دموياً فى كل عقلة . وهو يحيط بالشريان الذيلى والوريد الذيلى . ويتكون مركز الفقرة حول الحبل الظهرى جزئياً بواسطة كل من غلاف الحبل الظهرى وقواعد القويسات والميزنشيمة المحيطة بها . ويتقوى التمفصل بواسطة الحبل الظهرى الذى يظل متصلا فى القروش اليافعة . وتتكون الضلوع ملتصقة بهذه الفقرات .

ويظل الجهاز الهيكلى غضروفياً فى الحيوان اليافع ، وهذه حقيقة من المحتمل أن تعتبر احتفاظاً بالحالة الجنينية الأصلية .



(شكل ٨) فقرات اللامبرى، تتكون من زوجين من الأقواس الظهرية فقط فى كل قطعة : أ تشير إلى الأوعية الدموية بين القطع ، ب عصب القطعة ، جـ الأنبوبة العصبية، د الحبل الظهرى ، هـ ، والأقواس الظهرية، ز الأوعية الدموية الطولية.

ولا تختلف فقرات الأسماك العظمية فى جوهرها عن فقرات الأسماك الغضروفية فيما عدا تعظمها الكلى أو الجزئى . وفى كثير من الأسماك يتكون مركزا فقرة لكل عقلة . مركز فقرى سفلى أمامى يتكون من الزوج البطنى الأمامى من القويسات . ومركز فقرى جنبى خلفى يتكون من الزوج الظهرى الخلفى من القويسات . ويتمثل ذلك فى الريبيديستيا . وهى مجموعة منقرضة من الأسماك الرئوية التى يعتقد أنها أصل البرمائيات .

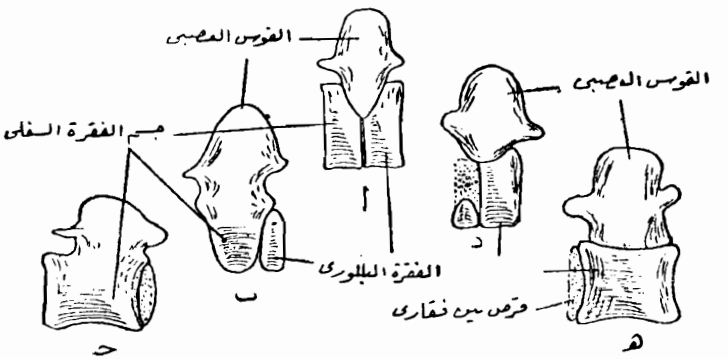


(شكل ٩) فقرات القرش (سكوالس أكانثياس Squalus acanthias) .

وتوجد لأقدم الحفريات البرمائية فقرات تشبه إلى حد كبير تلك التى فى الريبيديستيا ، ولكنها تتغير فى اتجاهين مختلفين للتسلسل (شكل ١٠) . ففى أحدهما — وهو الذى يؤدى إلى البرمائيات الحديثة — يحل مركز الفقرة السفلى بالتدريج محل مركز الفقرة الجنبى . وفى الثانى وهو الذى يؤدى إلى الزواحف يحل مركز الفقرة الجنبى بالتدريج محل مركز الفقرة السفلى . وهذا الإحلال لم يكتمل تماماً فى الرنكوسفاليا وهى أقدم رتبة من الزواحف التى تعيش حالياً .

ويظهر النتوء النيرى الأمامى والخلفى . والنتوءات المفصلية التى توجد على القوس العصبية لأول مرة فى البرمائيات . وتقوم بتقوية المفاصل بين

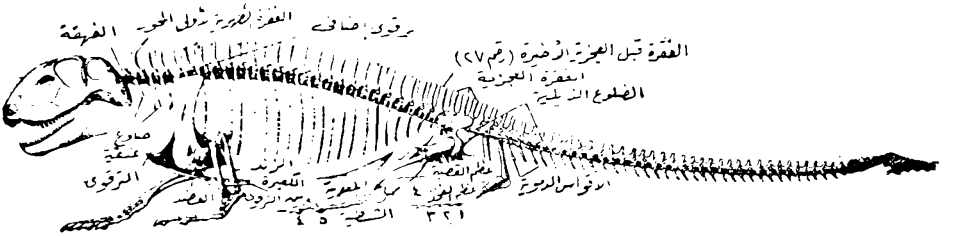
الفقرات المتتابعة ؛ كذلك يظهر نوعان متميزان من الفقرات بالإضافة إلى فقرات الجذع والذيل ، فتقوم فقرة عنقية أو فقرتان بتكوين مفصل متحرك بين الجمجمة والعمود الفقارى ، وهى صفة ذات قيمة تكيفية فى الحيوانات



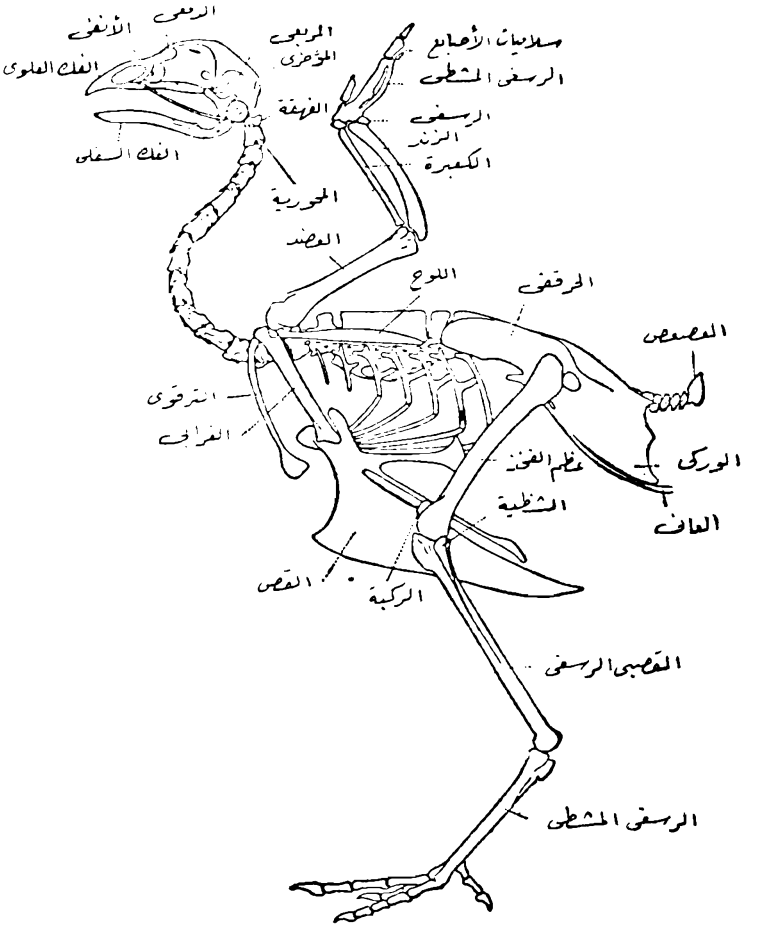
(شكل ١٠) منشأ أجسام فقرات البرمائيات والرهليات : أ تمثل الطراز البرمائى البدائى أ ، ب ، ج توضح الانتقال إلى طراز الفقرات الموجودة فى البرمائيات الحديثة ، وتوضح أ ، د ، هـ الانتقال إلى الطراز الموجود فى الرهليات .

التى ترتاد اليابسة ، ولا تظهر فى الأسماك إطلاقاً . وتوجد بين منطقتى الجذع والذيل فقرة عجزية واحدة تتميز باندماج ضلوعها لربط الحزام الحوضى بالهيكل المحورى .

وتختلف فقرات الزواحف أساساً عن فقرات البرمائيات فى أن مركز الفقرة جنبى أكثر منه سفلى (فى الأنواع الموجودة) ، وكذلك يزداد عدد الفقرات العنقية والعجزية ؛ وفى المنطقة العنقية تلتحم الضلوع بالفقرات (شكل ١١) . ويختلف العمود الفقارى فى الطيور عنه فى الزواحف فى وجود تمفصل ذى مرونة كبيرة بين الفقرات العنقية ، وفى أن فقرات الجسم مندمجة إلى حد كبير . والفقرات الذيلية مختزلة كثيراً (شكل ١٢) . ويختلف العمود الفقارى فى الثدييات غالباً عنه فى الزواحف بتكوين انحناءات تصاحب ميكانيكية الحركة (شكل ١٣) .



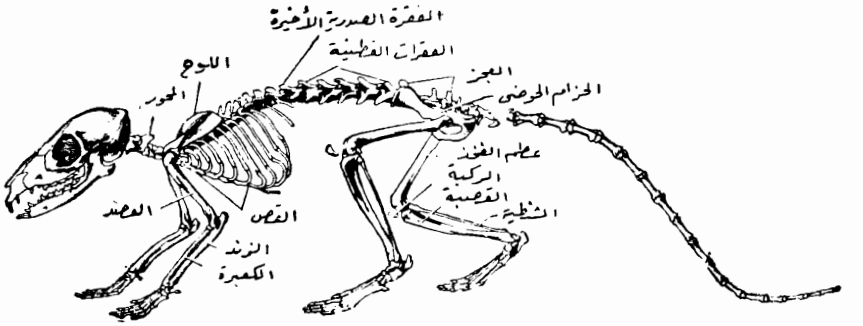
(شكل ١١) الهيكل العظمى لإحدى الزواحف البدائية هبتودس Haptodus .



(شكل ١٢) هيكل العظمى لطائر .

وهكذا تقودنا معاينة الأعمدة الفقارية لطوائف الفقاريات الموجودة إلى الرأى الذى افتتحنا به هذه المناقشة . والقائل بأن أى جهاز معين فى الشعبة الواحدة يبدو وكأنه بنى على نموذج أولى يتغير من طائفة إلى أخرى .

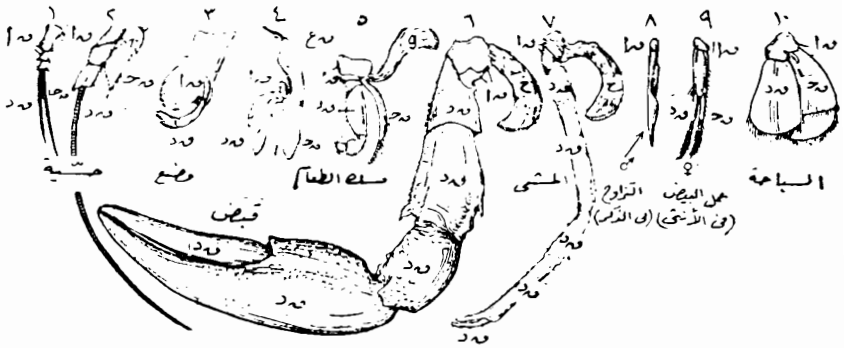
التشابه النسقى المتسلسل فى القشريات : يطلق على التراكيب المتماثلة فى الأنواع المختلفة بسبب أصلها الواحد اسم التراكيب المتشابهة النسق ، بغض النظر عن فوائدها المختلفة التى وجدت لأجلها . ولا توجد أية مجموعة من الكائنات الحية لا تظهر متشابهة فى كل أجهزتها التركيبية ،



(شكل ١٣) الهيكل العظمى لأحد الثدييات البدائية ، فأر الشجرة ، تيوبايا Tupaia .

ولكن قد لا توجـــد مجموعة من التراكيب المتشابهة النسق أعجب من زوائد المفصليات ، وعلى الأخص القشريات . ففى الحيوان القشرى النموذجى تحمل كل عقلة من عقل الجسم زوجاً من الزوائد ، وكلها تنسب إلى تصميم تركيبى واحـــد ، ولذلك تعتبر ذات تشابه نسقى متسلسل . والتشابه النسقى المتسلسل من مميزات الحيوانات التى تبنى أجسامها من سلسلة من العقل المتماثلة فعلا ، ومن أمثلتها الرئيسية الحلقيات ، والمفصليات ، والحبليات . ففى القشريات تتركب الزائدة النموذجية من جزء قاعدى يسمى « القدم الأولية » وتتكون من قطعتين . ويتصل بهذا الجزء تركيبان متوازيان هما « القدم الداخلية » و « القدم الخارجية » وكل منهما يتكون من عدد من

القطع . وقد تحورت زوائد القطع المختلفة بطرق متباينة لتلائم الاستعمالات المختلفة (شكل ١٤) . وتركيبها فى الجمبرى من الأمثلة المعروفة . الزوجان الأولان من الزوائد قد تحورا بدرجة كبيرة ليكونا قرون لاستشعار . وما زال موضع نقاش بين المتخصصين أن ساق العين تمثل زائدة مختزلة جداً . وتتكون الفكوك الثقيلة القارضة من القدم الأولية القصيرة والقدم الداخلية للعقلة الثالثة التى تختفى فيها القدم الخارجية تماماً . أما الزوج الرابع من الزوائد فيكون الفك الخلفى الأول وفيه تكون القدمان الأولية والداخلية



(شكل ١٤) أنواع الزائدة فى الجمبرى ، تشير الأرقام اللاتينية إلى عقلة الجسم التى أخذت منها كل واحدة . القدم الأولية ق أ ، القدم الخارجية ق ح ، القدم الداخلية ق د ، القدم العلوية ق ع ، الخيشوم خ .

صفيحة مفلطحة تستعمل فى تناول الطعام . والزوج الخامس يكون الفك الخلفى الثانى . وهو آخر زوائد منطقة الرأس . وتوجد بها القدم الخارجية التى تعمل مع نتوء ظهرى — يطلق عليه القدم العلوية — دوارة تمرر تياراً من الماء فوق الخياشيم . ويطلق على الأزواج الثلاثة الأولى من الزوائد الصدرية « الأرجل الفكية » وفيها القدم الأولية مفلطحة وتساعد فى إمساك الطعام . تماماً كما يفعل الفكان الأولان . وتوجد فى هذه الزوائد القدمان الداخلية والخارجية . ولكنهما لا تكونان كبيرتين جداً . وقد تكون وظيفتهما حسية . وتحمل الرجل الفكية الأولى قدماً علوية . وتحمل الرجل الفكية الثانية والثالثة

خياشيم تمتد ظهرياً تحت الدرقة . أما الأزواج الخمسة الباقيات من الزوائد الصدرية فتخصصة كأرجل للمشى ، وفيها القدم الخارجية غير موجودة ، أما القدم الداخلية فتنتهى بكلابة . ويكون الزوج الأول من أرجل المشى الكلابات الرئيسية التى تستخدم كأعضاء للدفاع وإمساك الطعام . وتحمل جميع أرجل المشى خياشيم ، ما عدا الزوج الأخير . وتوجد ستة أزواج من الزوائد البطنية يكون الأول منها مختزلا فى الأنثى أو غير موجود ، فى حين يتحور فى الذكر مع الزوائد البطنية الثانية ليكون عضو التسافد . وفى الإناث تكون الزوائد الثانية أرجل العوم التى تتكون من قدم أولية قصيرة تتصل بها قدمان خيطيتان متساويتان تقريباً إحداهما خارجية والأخرى داخلية . وفى كلا الجنسين تتبع الزوائد البطنية الثالثة والرابعة والخامسة نفس النموذج . أما الزائدة الأخيرة فتتكون من قدم أولية قصيرة ، وقدمين مفلطحتين : إحداهما داخلية والأخرى خارجية ، وتكونان المروحة المؤخرية للجمبرى .

وعلى ذلك ، ففى كائن واحد تتحور الزائدة الأساسية للقشريات لكى تقوم بما لا يقل عن ست إلى عشر وظائف مختلفة (ويتوقف ذلك على طريقة تصنيفها) . فإذا كانت كل من هذه الزوائد قد خلقت أصلا لتقوم بالوظيفة التى تؤديها الآن ، فمن العجيب حقاً أن تكون كلها مبنية على نفس النموذج كالأرجل ، وذلك لأن معظم هذه الوظائف تؤدى فى المجموعات الأخرى بواسطة أعضاء لا علاقة لها بالزوائد . فمثلا نجد أن قرون الاستشعار فى الرخويات مبنية على منوال مختلف تماماً ؛ ومع ذلك فلا يوجد أدنى سبب يجعلنا نفترض أنها تؤدى وظيفتها بكفاية أقل من تلك التى فى القشريات . كذلك لا يوجد سبب جوهرى لتبنى أجزاء الفم وأعضاء التسافد والخياشيم على شكل شبيه بالأرجل ، ومع ذلك فهذا هو الوضع فى القشريات . مثل هذه الحقائق يمكن فهمها بسهولة طبقاً لنظرية التطور ، وتظل دائماً محيرة على أساس أية نظرية أخرى . فعند فحص حيوان قشرى بدائى تكون فيه جميع الزوائد فى صورة بسيطة تشبه إلى حد ما أرجل العوم فى الجمبرى . ويلاحظ

أن الانتخاب الطبيعى يساند الاختلاف فى الوظيفة . ويوجد اتجاه عام بين الشعب الراقية لتركيز الوظائف الحسية فى منطقة الرأس . ولذلك فإن الوظائف الحسية للزوائد الأمامية تكون قوية بالنسبة للوظائف الأخرى . وتتحور هذه الزوائد إلى قرون استشعار (ومن الجائز) إلى أعين . ومن الطبيعى أن تستعمل الزوائد التى توجد بالقرب من الفم للاغتذاء فتتخصص فى مضغ وقضم وإمساك الطعام . أما الزوائد التى توجد بالقرب من الأعضاء التناسلية فتتحور فى الذكر لكى تنقل الحيوانات المنوية إلى الأنثى . وتستمر الزوائد الأخرى فى تأدية وظيفة الحركة الأصلية بطرق مختلفة .

وإذا أخذنا فى الاعتبار القشريات فى مجموعها فإننا نجد أن مدى تكيف هذه الزوائد لا يزال كبيراً . ففى بعض القشريات تكون أجزاء الفم أكثر عدداً من تلك التى سبق وصفها فى الجمبرى . بينما يوجد فيها عدد أقل من الأرجل . ووجود مثل هذه العلاقة لا يمكن شرحه قط إلا فى ضوء الاعتقاد بأن أجزاء الفم والأرجل قد اشتقت من زوائد بدائية بواسطة تحورات تكيفية . ففى الأطومات نلاحظ أن معظم الزوائد قد اندثرت . وتحورت الزوائد الصدرية إلى ذؤابات ريشية الشكل تجرف تياراً من الماء يحمل الغذاء نحو الفم . وفى جراد البحر تتفلطح الزوائد البطنية لتكون صفائح تشبه المجاديف وتستعمل كأعضاء فعالة للعوم . وفى الكبوريا حيث يكون البطن منثنياً على الجزء السفلى للصدر . تكون الزوائد البطنية مختزلة كثيراً أو غير موجودة على الإطلاق ما عدا الاثنتين الأماميتين اللتين تستخدمان كأعضاء للتناسل . وخلال كل هذا المدى الكبير من الاختلاف يظل نموذج واحد ملموساً . وهى حقيقة تدل على علاقة عضوية بين كل القشريات .

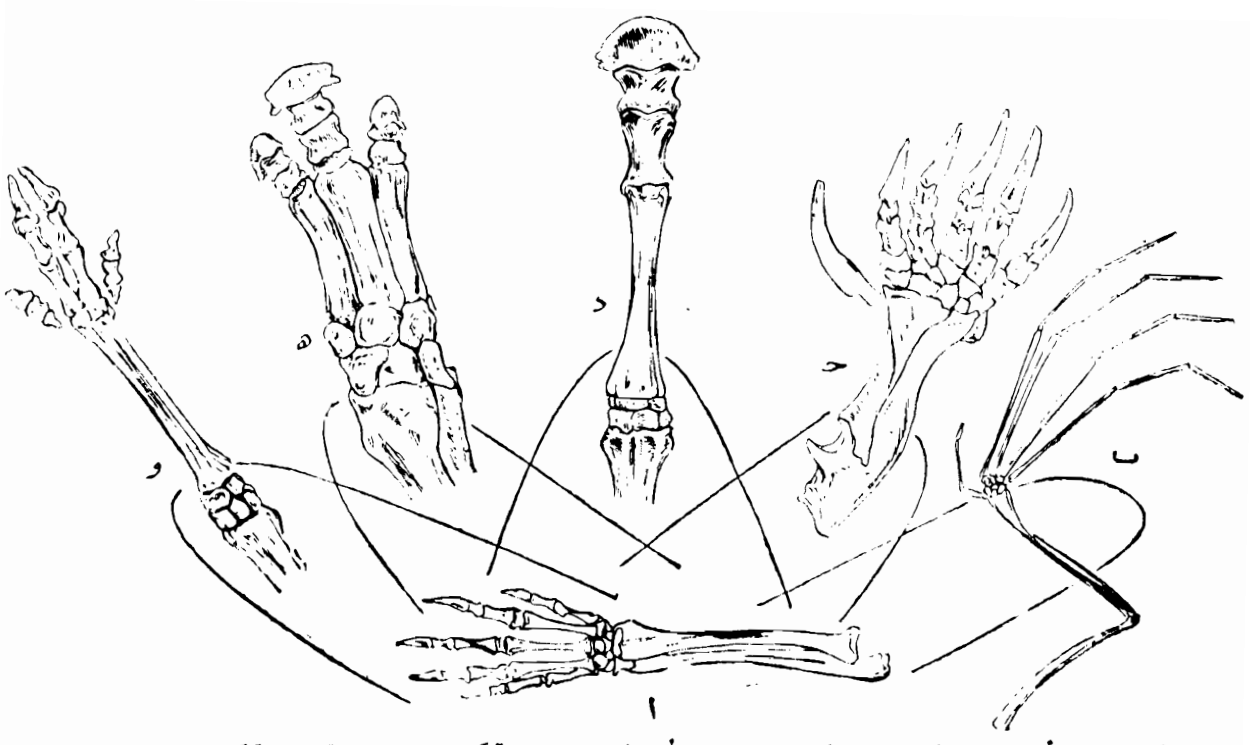
الإشعاع التكيفى فى الطرف الأمامى للثدييات : وينطبق نفس المبدأ على كل طائفة . ويمكننا أخذ الطرف الأمامى للثدييات كأحد الأمثلة . ففيه يوجد عظم واحد طويل فى العضد هو عظم العضد . أما فى الساعد فيوجد عظمان متوازيان هما الزند والكعبرة . وتوجد أساساً

فى المعصم ثمانية عظام رسغية مرتبة فى صفين ، ويتكون هيكل راحة اليد من خمسة أمشاط يدوية متوازية ، وهيكل الأصابع من صفوف من ثلاثة سلاميات فى كل منها ما عدا الإصبع الأولى التى تتكون من سلاميتين فقط .

وتظهر (الذبابات) رتبة آكلة الحشرات ، فصيلة سوريسيدى Soricidae تركيبا بدائياً للذراع (شكل١٥) ، أما الأنواع القريبة جداً منها مثل الخلدان (فصيلة تالبيدى Talpidae) التى تحورت بدرجة كبيرة للحفر ، فجميع عظام أطرافها قصيرة وعريضة معطية للطرف مظهراً يشبه الجاروف . وبذلك يتم التحور بواسطة اللياقة المتبادلة فى التركيب (الطرف الشبيه بالجرف) ، والوظيفة (الحفر) . والبيئة (تحت الأرض) . وفى رتبة الخفاشيات (الوطاويط) تستطيل عظام العضد ، والزند والكعبرة ، وأربع من الأصابع إلى حد كبير لكى تدعم غشاء الجناح . وفى الحافريات تكون عظمة العضد قصيرة وثقيلة ، أما العظام الأخرى فى الطرف الأمامى فتستطيل غالباً . وتختزل الأصابع فى العدد . ففى الحيوان اليافع يكون اتحاد العظام أمراً شائعاً تماماً . ولكن فى الأجنة يمكن تمييز مراكز التعظم الأولية ، ومن الطبيعى أن تختلف التفصيلات كثيراً بين رتب الحافريات المختلفة .

ويمكن ضرب الأمثلة العديدة إلى ما لا نهاية مع بقاء المبدأ واحداً فيها ، ففى كل فئة تصنيفية يظهر أن الأفراد قد بنيت على نفس النموذج ، مع تباين بين الأفراد المختلفة نتيجة تحور كل فرد ليلائم طريقة حياته ، وكلما كانت الفئة أرقى كان وجه التباين أكبر مع بقاء الشكل العام ملموساً دائماً ، وكان ذلك يعنى لبعض من سبقوا داروين نماذج علوية ، ولكن منذ عهد داروين اقتنعت الغالبية العظمى من البيولوچيين بأنه يجب أن يبنى التشابه التشريحى القريب على العلاقة الوراثية القريبة ، على حين يبنى التشابه الأكثر بعداً على علاقة الدم البعيدة .

مقارنة التشابه النسقى والتناظر : وثمة وجهة نظر أخرى للتشريح المقارن تختص بمقارنة التراكيب متشابهة النسق (Homologous structures)

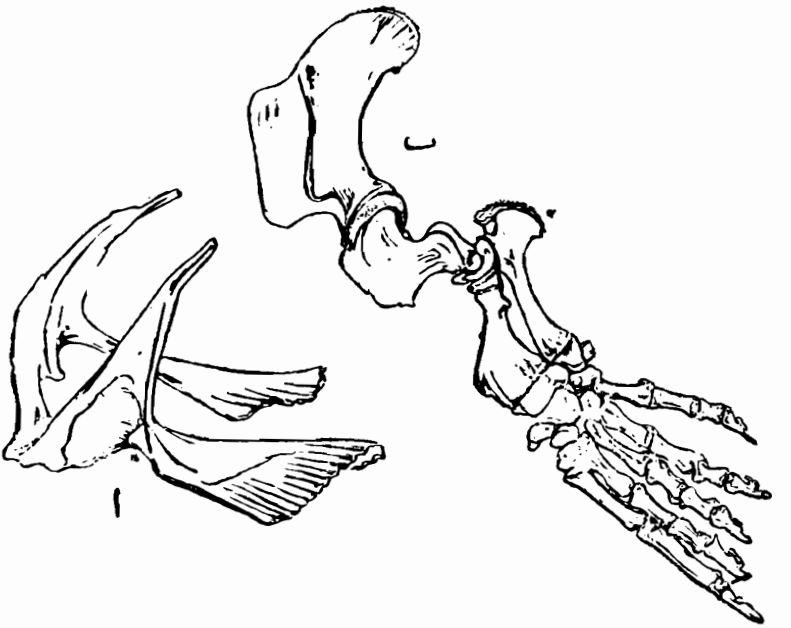


(شكل ١٥) **تألق** التكيف فى **الطرف** الأمامى للثدييات : أ – تنرك ، إحدى آكلات الحشرات التى يشبه تركيب طرفها الذبابة إلى حد كبير فيما عدا **الحجم** ، ب – جناح الخفاش ، جـ – الخلد ، د – الحصان ، هـ – الريبنوسيروس ، و – الغزال . كل **طرف** متحور من الشكل البدائى (مقربة بواسطة التنرك) بواسطة تغيير نسب أو التحام الأجزاء أو فقدها الرسوم ليست بنفس القياس .

التى توجـــد فى مجموعة واحـــدة وتستعمل لأغراض مختلفة تماماً ، والتراكيب المتناظرة (Analogous structures) وهى رغم اختـــلافها تماماً من ناحية الشكل العام وتكوينها فى مجاميع مختلفة لها تشابه خاص مبنى على التكيف لتأدية نفس الوظيفة . فإذا كان كل تركيب قد خلق للغرض الذى يستعمل من أجله حاليـــاً فإن التناظر يكون أكثر شمولا وأهمية من التشابه النسقى ، وقد تبين أمثلة قليلة أن الحالة ليست كذلك . ومن الأمثلة المأثورة فى هذا الصدد زعانف الأسماك ، وسباحات الثدييات البحرية مثل الحيتان وعجول البحر ، فهذه التراكيب تميز كائنات موجودة عند النهايات المتقابلة لسلسلة الفقاريات وتؤدى نفس الوظيفة . وتظهر مثل هذه التراكيب تماثلا سطحياً تاماً ، فكل منها على شكل مجداف قصير وعريض ولكن هذه الصورة المكيفة قد تمت على أساس مختلف تماماً فى كلتا الحالتين (شكل ١٦) ؛ فهيكل الزعنفة له تركيب بسيط جداً . وقد يكون مشابهاً لذلك الذى تطورت عنه أطراف الفقاريات الراقية ، ولكن هيكل السباحة فى أى حيوان ثديى مائى يكون مميزاً لتحوراته التكيفية لطريقة الحياة غـــير العادية بين الثدييات ، فقد صغرت أجزاؤه بشكل كبير . ولكن يمكن التميز بسهولة بين العظام النموذجية التى ما زالت تحتفظ بنفس العلاقات الخاصة بموقعها كما فى الثدييات الأكثر نموذجية . وهكذا نجد أن التغيرات التكيفية القصوى لم تتمكن من هدم دليل التشابه النسقى .

كذلك تعتبر عين الحيوان الفقارى أكثر أعضاء الإبصار تعقيداً وكفاية فى المملكة الحيوانية . وتتضمن الاختلافات الطفيفة فى الفقاريات المختلفة تغيرات تشابه تلك التى توجد فى عظام الطرف فى عجل البحر . أى تختلف الأجزاء متشابهة النسق فى نسبها ، وقد تعمل بطريقة مختلفة بعض الشىء . ولذلك تقوم عضلات تكييف العين بوظيفتها فى الثدييات بواسطة تغيير قوة الشد على الرباط المعلق للعدسة ، وبذلك تتحكم فى تكورها . وفى الطيور يتم تكييف العين بسرعة أكبر بواسطة نفس العضلات التى تقرب العدسة من

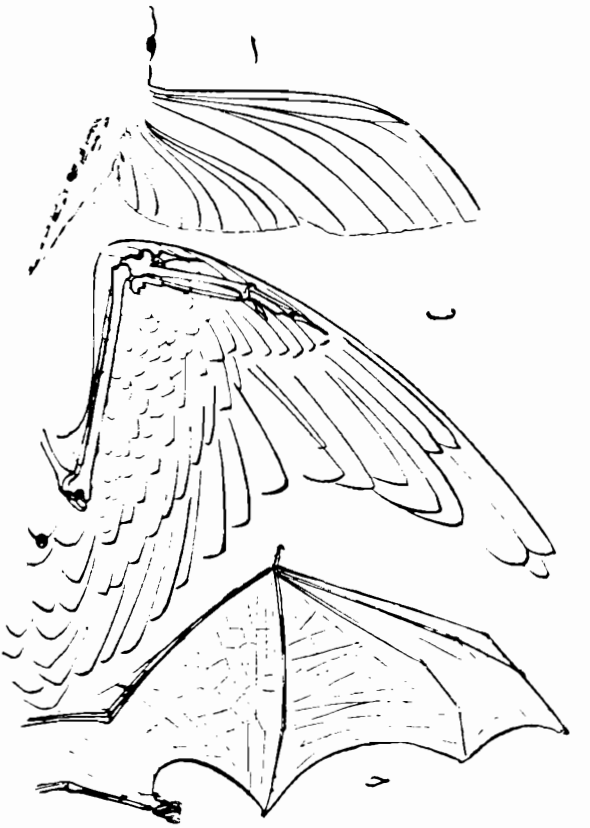
الشبكية أو بانبساطها ، لكى تسمح للعدسة بأن تبتعد عنها . والعين فى جميع الفقاريات متشابهة النسق . وتتكون من مواد متشابهة وتستخدم بطرق متماثلة . والعين التى تشابهها إلى حد كبير خارج الحبليات هى تلك التى توجد فى طائفة رأسيات القدم (السبيدجات والأخطبوطات وأمثالها) . وتتشابه عين



(شكل ١٦) التناظر بين الزعنفة الأمامية للقرش (أ) ، والسباحة الأمامية لعجل البحر (ب) الهيكلان العظميان مختلفان تماماً على الرغم من تشابههما سطحياً

رأسيات القدم من الناحية السطحية مع عين الفقاريات . ولكن يبين الفحص الدقيق أن كل جزء منها قد استعملت فيه مواد مختلفة بطرق متباينة . فمن الناحية الجنينية تنشأ عين رأسيات القدم من الجلد . وتنشأ عين الحيوان الفقارى من المخ ما عدا العدسة التى تنشأ من الجلد . ومع ذلك فحتى العدسات تختلف من أساسها ، إذ أن عدسة الفقاريات خلوية . أما تلك الموجودة فى رأسيات القدم فهى افراز بلورى من خلايا الجلد . فعيون الحيوانات الفقارية ورأسيات القدم هى متناظرة فقط .

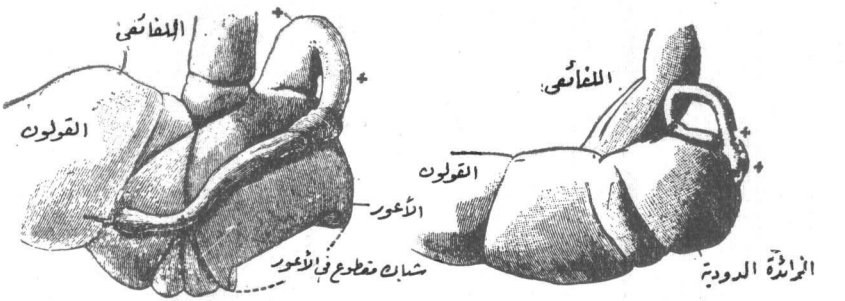
وتعطينا الأجنحة التى تكونت فى الحشرات والزواحف والطيور ، والخفافيش مثلا مأثوراً آخر (شكل ١٧) . فكلها تبين تناظراً مطابقاً ، وذلك لأنها متكيفة لتؤدى نفس الوظيفة . فجناح الحشرة لا يشترك فى شىء مع الأجنحة الأخرى سوى فى سطحه المنبسط ، وذلك لأنه ليس إلا غشاء مدعماً بعروق كيتينية . وتتركب جميع أجنحة الفقاريات من الأجزاء المثالية التى توجد فى الطرف الأمامى لرباعيات القدم (فقاريات اليابسة) ، وإلى هذا الحد تعتبر أجزاء متشابهة النسق . ولكن المجموعات المتعددة للفقاريات الطائرة لم تنحدر من سلف واحد كان يطير . فقد نشأ الطيران مستقلا فى ثلاثة اتجاهات للتسلسل . فجناحية — الإصبع — وهى إحدى الزواحف الطائرة المنقرضة — يوجد لها جناح تكون بواسطة ثنية من الجلد مشدودة بين الجسم والسطح الخلفى للذراع والإصبع الخامسة لليـــد التى استطالت بدرجة كبيرة ، فى حين ظلت الأصابع الأربع الأخرى سائبة . وفى الطيور يكون الريش الذى يكون السطح المنبسط مثبتاً فى القطع الثلاث الرئيسية للطرف الأمامى . فالإصبع الأولى تكون مستقلة بعض الشىء عن الأصابع الأخرى ، وتستطيع بعض الطيور تحريكها وهى مغطاة بالريش . أما الإصبعان الثانية والثالثة فقد التحمتا معاً لتكونا الأساس الهيكلى الرئيسى للجزء البعيد من الجناح . والإصبع الرابعة تابعة لهما ، أما الخامسة فغير موجودة مطلقا . وفى الخفافيش تمتد ثنية من الجلد من الجسم للذراع لتكون سطحاً منبسطاً . ولكن فى هذه المرة فقط تكون الإصبع الأولى سائبة وذات حجم معتاد ، فى حين تستطيل الأصابع الأربع الأخرى لتكون الدعامة الرئيسية للجناح . وعلى ذلك فإنه بالرغم من أن أجنحة كل هذه الفقاريات الطائرة يمكن اعتبارها متشابهة النسق إذا اعتبرت فى صورتها البسيطة كأطراف حيوانات فقارية ، إلا أنها متناظرة إذا اعتبرت كأعضاء للطيران . فقد استعملت مواد مختلفة للتكيف للطيران .



(شكل ١٧) التقارب بين أجنحة الحشرة (أ) ، و طائر (ب) . والخفاش (جـ) السطح المنبسط فى كل منها يتكون من مواد مختلفة اختلافاً تاماً عنها فى الآخر .

الأعضاء الأثرية : تعتبر الأعضاء الأثرية أو الناقصة النمو . صورة أخرى شديدة الإقناع للتشريح المقارن . وهى أعضاء قصيرة . لا فائدة منها فى الغالب . وتوجد فى كثير من النباتات والحيوانات . وتوجد لأقارب هذه الكائنات نفس الأعضاء مستكملة النمو والوظيفة . وربما يكون المثل الشائع المعروف هو « الزائدة الدودية » فى الإنسان (شكل ١٨) . إن هذا التركيب الصغير الذى لا تعرف له وظيفة فى الإنسان مشهور بأنه مركز للمرض . على حين أنه فى الرئيسيات الأخرى

يكون هـــذا العضو أكبر من ذلك بكثير ، وفى الثدييات التى تتغذى على طعام جاف به كميات وافرة من السليولوز يكون الأعور والزائدة الدودية كيساً كبيراً يتفاعـــل بداخله مخلوط الطعام والإنزيمات معاً لفترة طويلة من الوقت . ويمكن فهم الزائدة الدودية فى الإنسان بأنها تركة مضمحلة من أسلافه ذوات الوجبات الأكثر جفافاً ، ولكن ليس مفهوماً لماذا يخلق مثل هذا التركيب عديم الفائدة والذى يكون مصدراً للمرض يسبب قلق الإنسان .



(شكل ١٨) الزائدة الدودية فى اورانج أوتان والإنسان .

وقد دون ويدرزهايم (Weidersheim) حوالى مائة من تلك الصفات الأثرية فى الإنسان ، وسنذكر القليل منها . يوجد فى ركن العين الداخلى لكل الفقاريات ثنية غشائية شفافة يطلق عليها الغشاء الرامش . وفى معظم الفقاريات يمكن لهذا « الجفن الثالث » للعين أن ينسحب عبر مقلة العين لكى ينظفها ، بطريقة مشابهة كثيراً لعملية طرف عين الثدييات . وفى الطيور يكون تكوين هذا الغشاء تاماً بصفة خاصة . ويمكن مشاهدة استعماله بسهولة إذا لاحظنا بومة محبوسة خلال ضوء النهار . ولكنه فى الثدييات يكون مجرد ثنية هلالية توجد على الركن الداخلى لكل عين ، بدون وظيفة معروفة أو محتملة . وهو مفهوم فقط كميراث مضمحل من سلف كان فيه الغشاء الرامش ذا فائدة له كما هى الحال الآن فى غالبية الفقاريات . وتقدم عضلات أذن الإنسان

حالة مماثلة . فكثير من الثدييات تحرك الأذن الخارجية بسهولة لكى تكشف عن الصوت بكفاية . ويوجد الجهاز العضلى الكامل لهـــذه الحركات فى الإنسان ، ولكنه أثرى تماماً . وبينما يفاخر بعض طلبة المدارس بقدرتهم على تحريك آذانهم إلا أنه ليست لهذه القدرة أية فائدة . وحتى هذه القدرة المحدودة لا يستطيع كل شخص ممارستها . ولهذا يشير وجود هـــذه العضلات إلى تسلسل من سلف كانت تؤدى له هذه العضلات فائدة حقيقية .

وكذلك يوجد لغالبية الثدييات ذيل كامل النمو . ولكنه لا يوجد فى جميع الرئيسيات الراقية . فهو ممثل فيها بالفقرات الذيلية الأثرية . وهى عادة من ثلاث إلى خمس فى الإنسان . ومن النادر أن يمتد ذيل لحمى إلى خلف الفقرات الذيلية ببضع بوصات . فسواء كان هناك ذيل خارجى أم لم يكن ، فإن العضلات التى تحرك الذيل فى الثدييات الأخرى تكون موجودة أيضاً فى الرئيسيات .

وثمة مثال أخير من الإنسان ، وهو يتعلق بأسنان العقل . فأسنان العقل أو الطواحن الثالثة هى أسنان أقصى الخلف . كما أنها آخر ما ينشق من الأسنان . وفى الرئيسيات الأخرى تكون هذه الأسنان قوية وكاملة النمو كباقى الأسنان . ولكن فى الإنسان تكون هذه الأسنان أكثر اختلافاً عن باقى الأسنان فيما يختص بحجمها وبوقت انشقاقها . وفى كثير من الأحيان لا تظهر مطلقاً . وعندما تكون موجودة فإنها تكون أكثر من غيرها تعرضاً لجميع أنواع عيوب الأسنان . ولذلك فمن المحتمل أن نعتبر هذه الأسنان أسناناً أثرية . ونظراً لعجزها المتكرر عن الانشقاق فقد يأتى الوقت الذى تختفى فيه تماماً من الإنسان .

وقد توجد أمثلة متعددة للصفات الأثرية فى الحيوانات الدنيا . فالآذان الخارجية للحيتان هى نفس الطراز تماماً الذى يوجد فى الثدييات التى تعيش على اليابسة ، ولكنها تصغرها كثيراً فى الحجم . ويظهر أنه من غير المحتمل أن تكون أعضاء فعالة للسمع . كذلك تختفى الأطراف الخلفية تماماً فى الحيتان .

ولكن لا تزال بقايا من الحزام الحوضى موجودة فى بعض الأنواع ، ولكنها فقدت ارتباطها بالعمود الفقارى . وفى الحافريات (الحصان والغزال ، والحيوانات الحافرية الأخرى) اختزلت العظمة الصغيرة التى توجد فى أسفل الرجل الخلفية (الشظية) إلى مجرد فلقة على العظمة الكبيرة (القصبة) . وقد حدث فى الطيور اختزال مماثل للشظية . وقد لا توجد صفة تشريحية معروفة بوجه عام فى الثعابين مثل عدم وجود أرجل لها . فلا يوجد أى ثعبان يبين آثار الأطراف الأمامية ، ولكن لبعضها (الأصلة Python والبواء boa) آثاراً صغيرة عديمة الفائدة للأطراف الخلفية (انظر شكل٩٦) وهذه مغطاة بواسطة مخالب تظهر من الخارج ، ولكنها مختزلة إلى حد كبير يجعلها تبدو لمن يلمحها كمجرد حراشيف مرتفعة .

إن كثيراً من الحيوانات الفقارية واللافقارية قد تكيفت لتعيش فى الكهوف العميقة حيث لا يصل ضوء الشمس قط . ففى معيشة كهذه فى ظلام دائم لا يوجد اختيار مضاد ضد التغيرات الاضمحلالية فى العيون ، وفى الحقيقة يكون العمى صفة عامة لساكنى مثل هذه الكهوف . فتبين عيونهم جميع درجات الاضمحلال التى تتدرج من مجرد نقص فى الحالة الوظيفية إلى اختفاء تام للأعين . وتشمل الأمثلة حيوان السلمندر الأعمى قاطن المغارات الذى يوجد فى وسط أوروبا ، وهو المعروف باسم بروتيوس انجوينيس ، والأنواع المتعددة من الأسماك ساكنة المغارات فى الولايات المتحدة الأمريكية وأجزاء أخرى من العالم والأربيان الأعمى ، والأخير له سيقان للعيون لا تحمل عيوناً على الرغم من ذلك . وبينما يمكن بسهولة تفسير هذه الأعين المضمحلة على أساس التسلسل من أسلاف لها عيون عاملة ، فإن وجودها لا يمكن تفسيره ، ففى الحقيقة أنها متعارضة على أساس أية نظرية أخرى .

الخنافس الحقيقية، كما يعلم كل طلبة المدارس، قوية فى طيرانها . وجزيرة مادييرا ، وهى جزيرة تعصف بها الرياح وتبعد حوالى ٦٠٠ ميل من ساحل البرتغال و ٤٠٠ ميل إلى الغرب من شمال إفريقية تمتاز بأنها غنية بالخنافس .

ولكن نسبة كبيرة من هذه الأنواع الماديرية غير مجنحة . أو أن أجنحتها مختزلة إلى حد كبير اختزالا لا يجعلها ذات فائدة للطيران . فإذا افترضنا أن اختزال الأجنحة أو فقدها كان نتيجة للانتخاب الطبيعى أمكننا تصور القوة الانتخابية بسهولة ؛ وذلك لأنه من المحتمل أن يعصف بالخنافس فى أثناء طيرانها إلى البحر حيث تضيع . وبذلك ينبغى أن تساعد القوة الانتخابية أى تغيير فى اتجاه اختزال الأجنحة . فالأنواع التى كانت تعيش على هذه الجزيرة ومعرضة لهذا الانتخاب لأطول فترة هى التى ينبغى أن تكون أكثر عدداً فى قائمة الأنواع التى لا تطير . إن احتمال صحة ذلك يدعمه أن كل الأنواع المتوطنة تقريباً لا يمكنها الطيران . فى حين نجد أن غالبية الأنواع التى تطير ممثلة أيضاً فى أوربا أو إفريقية . أو لها أقارب وثيقة الصلة فى هاتين القارتين . والتفسير التطورى لهذه الحقائق هو التفسير المنطقى .

عندما تتعرض بعض التراكيب لاختزال فى حجمها مع فقدان وظيفتها المثالية . أى عندما تصبح أثرية . فإنها تعتبر مضمحلة وبدون وظيفة . ولكن أشار سمسون حديثاً إلى أنه ليس من الضرورى أن يكون هذا صحيحاً على الإطلاق . ففقدان الوظيفة الأصلية قد يصاحبه تخصص لوظيفة جديدة . فبذلك أصبح جناح طائر البطريق مختزلا إلى درجة لا تسمح بالطيران ؛ ولكنه أصبح فى نفس الوقت مجدافاً ذا كفاية عالية فى السباحة . كذلك فإن أجنحة الريا والنعام وطيور الجرى الأخرى مختزلة إلى حد كبير . وقد وصفت بأنها « ما زالت تستعمل لاستعراض ريش الجناح المزركش » . ولكن سمسون قد لاحظ أن الريا تبسط جناحيها عند الجرى لاستعمالها كأعضاء توازن ، وبخاصة عند الدوران بسرعة . ويبدو أنه من المحتمل أن يكون هذا صحيحاً فى طيور الجرى بوجه عام .

وتقدم لنا الغدة الصنوبرية حالة مشابهة . يبدو هذا التركيب الصغير على السطح الظهرى من المخ الأمامى . ويبين تركيبه النسيجى مزيجاً من الصفات الغدية والعصبية . وفى اللامبرى — وكثير من الزواحف بما فيها السفندن البدائى

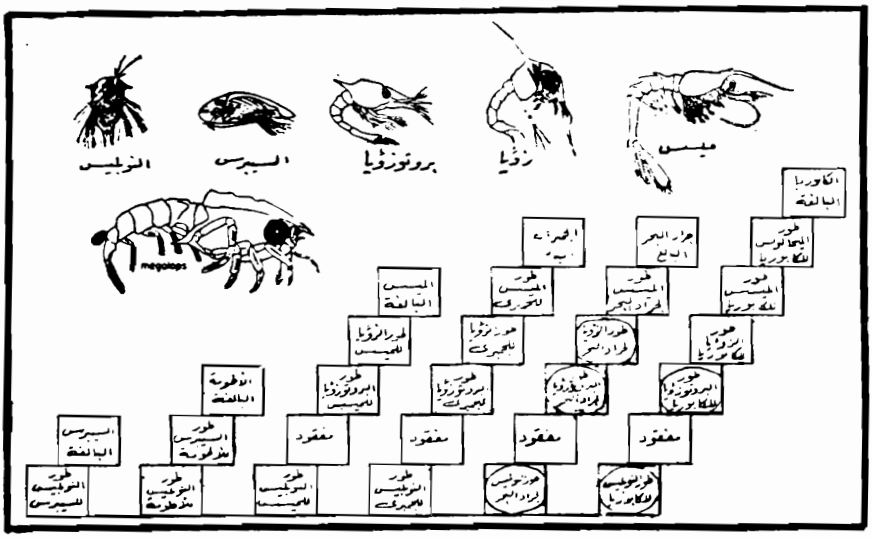
الشبيه « بالسحلية » الذى يعيش فى نيوزيلنده — يحمل هذا التركيب عيناً ثالثة تقع على السطح الظهرى للجمجمة . ويبين دليل الحفريات أن هذا صحيح أيضاً بالنسبة لرتبة الأسماك القديمة ، وهى مجموعة من الأسماك يبدو أن فقريات اليابسة قد نشأت منها . وبذلك فمن المحتمل أن يكون وجود العين الصنوبرية صفة بدائية للفقاريات ، وأن الغدة الصنوبرية لمعظم الفقاريات المعاصرة هى فى الحقيقة ، ساق عين أثرية . ولكن إذا كان الأمر كذلك ، فقد تكون لها وظيفة جديدة هامة ، إذ أنها تعتبر عادة غدة صماء على الرغم من أن الدليل على ذلك غير كامل .

الدليل من علم الأجنة

يعتبر علم الأجنة المقارن فرعاً متخصصاً من التشريح يقدم دليلاً على التطور اعتبره داروين أنه « الثانى للاشىء فى الأهمية » . وقد بعث إرنست هيكل هذا المجال إلى الوجود فى الفترة التى تلت داروين مباشرة وذلك بواسطة قانونه أصل الأحياء الذى ينص على أن « نشوء الفرد يعيد نشوء الجماعة » ، فقد اعتقد أن الأطوار الجنينية تطابق أسلافاً للحيوان البالغ ، وبذلك قدم الدليل المباشر لخطوط التسلسل . وتحدث الاستعادة بالفعل ولكن ليس كما ظن هيكل ؛ وذلك لأن التشابه يكون أساساً بين الأجنة وليس بين الأجنة واليوافع ، وللأجنة كذلك مشكلات تكيفية .

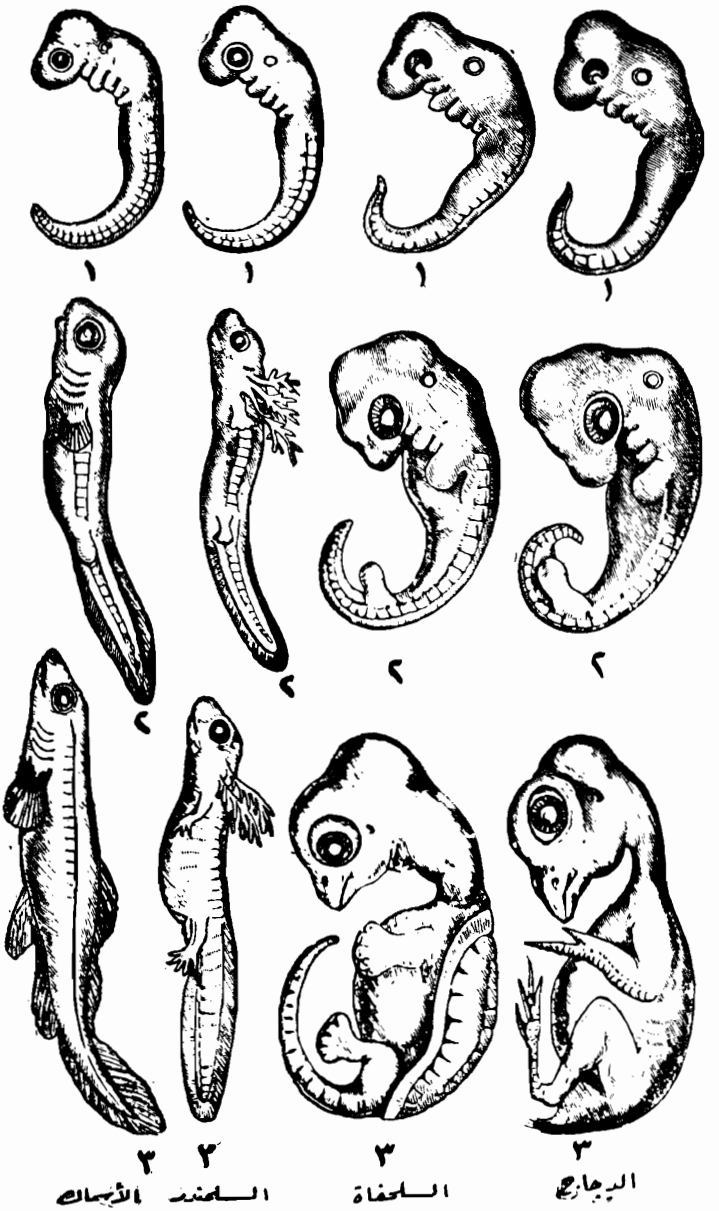
ويوجد مثل بارز بين القشريات . فثمة سلسلة من ستة أنواع من البرقات (شكل ١٩) التى تتشابه تشابهاً وثيقاً باليوافع فى ترتيب من البدائى إلى الراقى .

وتمر البرقات خلال هذه الأطوار فى انسلاخات متتالية ، مع توقف يرقات القشريات البدائية فى أول السلسلة ، أما القشريات الراقية فتمر خلال معظم الأطوار ، كما هو موضح بالشكل . إن فشل ظهور يرقة السيبرس فى تكوين القشريات الراقية يعنى بكل بساطة أن السيبرس والأطومات تمثل فرعاً جانبياً فى تطور القشريات .

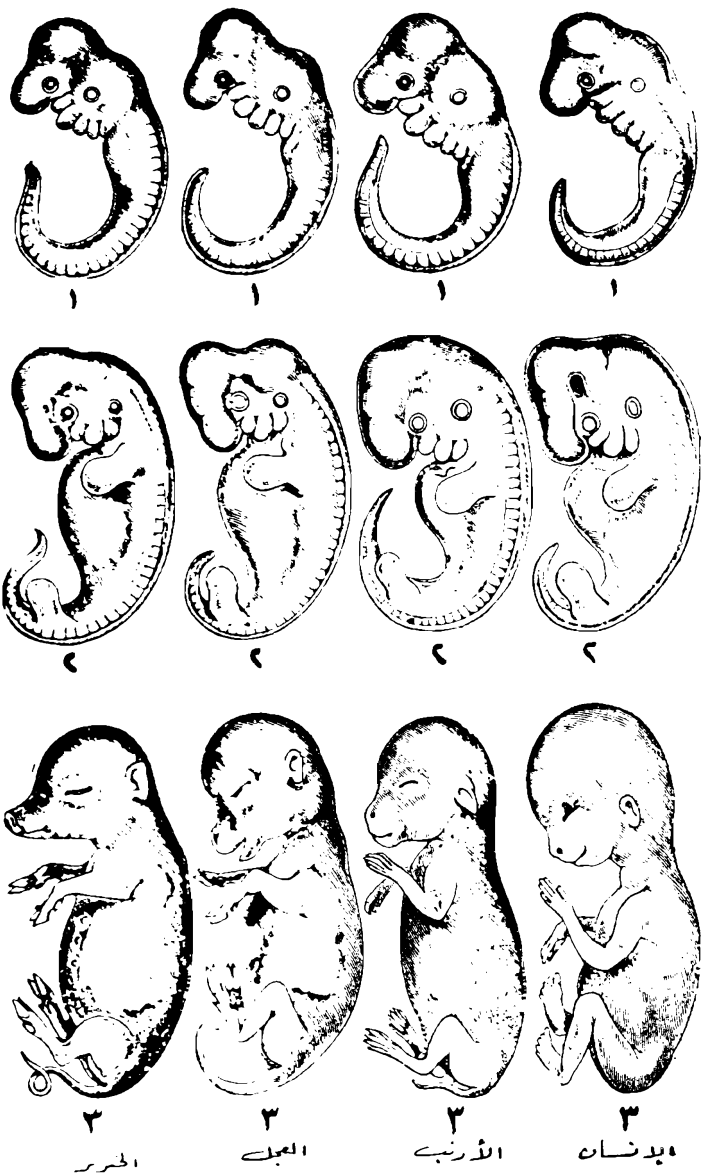


(شكل ١٩) أطوار النمو فى القشريات . فى أعلى سلسلة من الأنواع اليرقية، ويشبه عديد منها يوافع المجموعات المصاحبة للقشريات . يوضح تتابع المربعات فى أسفل تاريخ النمو فى أنواع القشريات الرئيسية . والأطوار داخل الشكل البيضاوى تتم فى البيضة ؛ أما الأطوار الأخرى فهى يرقات سابحة .

أمثلة من الفقاريات : إن نشوء الإنسان . إذا اعتبر من ناحية أصل الأحياء ، يبين تاريخاً طويلا معقداً ، فالبيضة المخصبة تقابل سلفاً من الأوليات ، ولكن سرعان ما تصبح عديدة الخلايا مبينة درجة بدائية من البعديات (الميتازوا) ؛ وتكون عملية التبطين جنيناً يشبه الجوفعويات ، ولكن سريعاً ما يصير ثلاثى الطبقات مثل الدودة المفلطحة . وبعد ذلك تتكون الصفات الرئيسية للحبليات (أنبوبة عصبية ظهرية ، حبل ظهرى ، وبلعوم متخصص فى التنفس) ؛ ثم تظهر صفات تشبه تلك التى فى الأسماك ، مثل الفتحات الخيشومية ، والأقواس الأبهرية . ويتبعها ظهور صفات رباعيات القدم مثل الطرف خماسى الأصابع . والكلبة الحقيقية . وأخيراً تظهر صفات الثدييات فالرئيسيات . وفى النهاية تظهر صفات الإنسان بالذات (شكل ٢٠) .



(شكل ٢٠ – أ) أجنة سلسلة من الفقاريات مقارنة فى ثلاث مراحل للنمو .

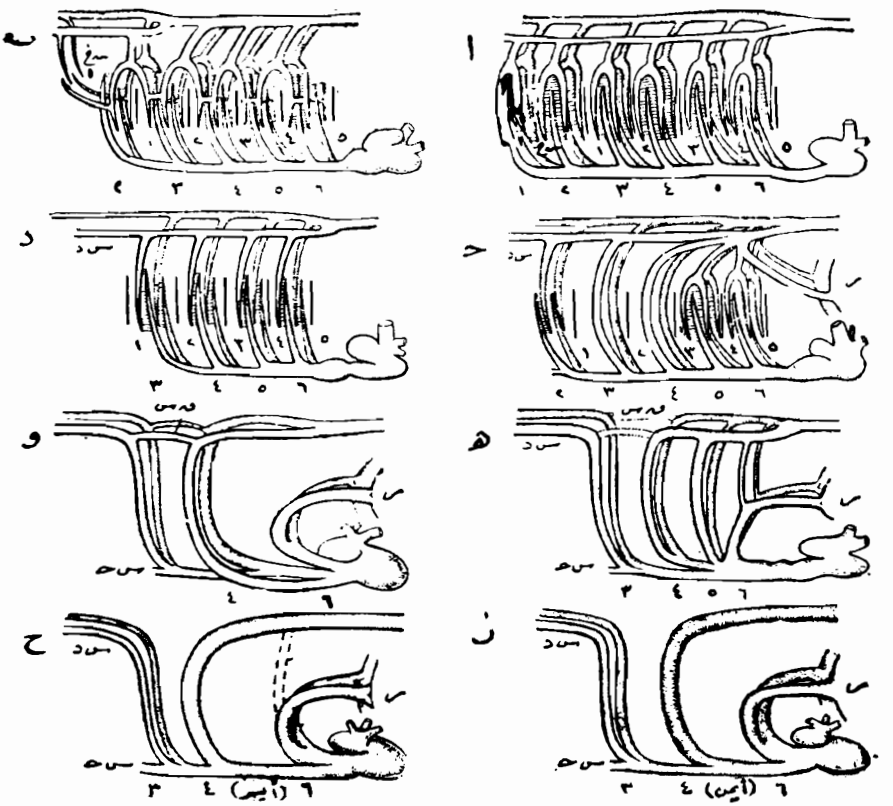


(شكل ٢٠ - ب)

إن تفاصيل تكوين الأجهزة الخاصة تكون أحياناً دامغة . فكلية جميع الفقاريات تنشأ من النفروتوم (القطاع الكلوى) ، وهى كتلة مقسمة من الميزودرم توجد على جانبى عقل الجسم ، ويتكون منها عدد كبير من التراكيب المتشابهة النسق . ومع ذلك توجد ثلاثة أنواع من الكليات فى الفقاريات . فجميع أجنة الفقاريات تكون الكلية الأولى أو الكلية الأمامية أولا مستغلة الجزء الأمامى من القطاع الكلوى فقط . ولا يبقى هذا الجزء ليؤدى وظيفة الكلية فى الحيوان اليافع إلا فى أسماك الهاك وعدد قليل من الأسماك العظمية (وهنا فقط جزئياً) . وفى جميع الفقاريات الأخرى (وتشمل كل الأسماك العظمية) تتكون الكلية المتوسطة التى تظهر خلف الكلية الأولى . أما الكلية الأولى فهى إما أن تضمحل . وإما أن تدخل جزئياً فى تكوين الكلية المتوسطة (فيما عدا ما سبق وذكرناه) . إن هذه الكلية المتوسطة هى الكلية الوظيفية فى الأسماك والبرمائيات اليافعة ، وكذلك فى أجنة الزواحف والطيور والثدييات . ولكن فى الطوائف الثلاث الأخيرة يتكون نوع ثالث من الكلية خلف الكلية المتوسطة يعرف بالكلية الحقيقية ويقوم بمثابة الكلية الوظيفية فى الكائن البالغ .

وكذلك تكون جميع أجنة الفقاريات مجموعة (فى أغلب الأحيان ستة) من الأقواس الأبهرية يمتد كل منها كاملا من الأبهر البطنى إلى الأبهر الظهرى مشابهاً — إلى درجة كبيرة — الحال فى السهم البالغ (شكل ٢١) . وتتحور هذه الأقواس فى الأسماك بطرق متعددة . وكلها تتضمن انفصال كل قوس أبهرية إلى شريان خيشومى بطنى وارد وشريان خيشومى ظهرى صادر ، ويتصل كلاهما بواسطة شبكة من الشعيرات فى الخيوط الخيشومية . وفى الأسماك المنخرية — وهى مجموعة من الأسماك ذات صلة قوية بالبرمائيات — تنكمش القوس الأولى وتختفى تماماً فى اليافع ، ولكن تكون جذورها البطنية والظهرية مع استطالات جديدة منها . شرايين الرأس الرئيسية (الشرايين السباتية الداخلية والخارجية) . وتعطى القوس السادسة فرعاً رئوياً يغـذى

الرئتين . إن هذا الميل لاختفاء بعض الأجزاء بعد تكوينها فى الجنين — وفى تحول الأجزاء الباقية إلى وظائف مختلفة تماماً عن الوظيفة التنفسية الأصلية — هو العامل الرئيسى فى الدراسة الجنينية لهذا الجزء من الجهاز الدورى فى رباعيات القدم . وفى البرمائيات الذيلية تختفى الأجزاء الأساسية من القوسين الأولى والثانية . وبذلك تنشأ الأقواس السباتية من القوس الثالثة . وتكون



(شكل ٢١) رسوم توضيحية للأقواس الأبهرية وتوابعها فى سلسلة من الفقاريات : أ — سلف افتراضى ، ب — القرش ، جـ — السمكة الرئوية بروتوبترس ، د — الأسماك العظمية ، هـ — السلمندر ، و — الحفارات « السحالى » ، ز — الطائر ، ح — الثدييات . تشير الأرقام التى تحت الأشكال إلى الأقواس الأبهرية . شبه الخيشوم ش خ ، الأرقام داخل الأشكال إلى فتحات الخياشيم ، قناة سبليه ق س مجرى شريانى م ش ، الشريان السباتى الخارجى س ح ، الشريان السباتى الداخلى س د ، الرئة ر .

القوس الثالثة متقطعة بواسطة شبكة شعيرية فى تكوينها المبكر ، ولكن سرعان ما تصبح مستمرة مرة ثانية . وتختفى الوصلة الظهرية بين القوسين الثالثة والرابعة ، ونتيجة لذلك تظهر الوصلات البطنية على شكل الشرايين السباتية المشتركة على كلا الجانبين ، فى حين تغذى القوسان الرابعتان الدورة الرئيسية للجسم . وتختزل القوس الخامسة فى الحجم وقد تختفى تماماً ، وتعطى القوس السادسة كذلك الفرع الرئوى . وفى البرمائيات اللاذيلية والزواحف تتقدم هذه العملية قليلا ، حيث تختفى القوس الخامسة تماماً وكذلك الجزء الظهرى للقوس السادسة ، وبذلك فإن الدم الذى يدخل القوس السادسة يجب أن يذهب جميعه إلى الشريان الرئوى . وجهاز الطيور مماثل لجهاز الزواحف فى جوهره ، مع اضمحلال القوس الأبهرية اليسرى الرابعة ، وقيام القوس الرابعة اليمنى بحمل الدورة الجهازية الكاملة نتيجة لذلك . وفى الثدييات تختفى القوس اليمنى الرابعة فى حين تبقى اليسرى . وهكذا فإن ما يتبقى من الأزواج الستة الأصلية من الأقواس الأبهرية هو ثلاثة أزواج فقط توجد فى طوائف الفقاريات الراقية، فتغذى القوس الثالثة منطقة الرأس، وتحمل القوس الرابعة (واحد من الزوج فقط) الدورة الجهازية ، وتغذى القوس السادسة الرئتين . ومع ذلك فإن جميع الأزواج الستة تتكون فى أجنة الطيور والثدييات .

ويمكن سرد قصة مماثلة فيما يختص بأى جهاز عضوى تقريباً فى أية مجموعة رئيسية . وتختلف التفاصيل ولكن الحقائق العامة واحدة . فعندما يتكون جهاز عضوى جديد فى أثناء النمو الجنينى ، فان تركيبه يكون متشابهاً إلى حد كبير حتى فى الأنواع غير المتشابهة لنفس الطائفة ، أو حتى فى الشعبة الواحدة فى أحوال كثيرة . وكلما تقدم التميز ظهرت اختلافات ملموسة بين أجنة تلك الأنواع التى تكون يوافعها متباينة الاختلاف ، ولذلك تكون أجنة الأسماك والثدييات المبكرة متماثلة تماماً ، ولكنها سرعان ما تختلف اختلافاً متبايناً . وكلما تقدم النمو يصبح تشابه الأجنة محصوراً فى المجموعات التصنيفية الأصغر فالأصغر إلى أن تتكون أخيراً الصفات التى تميز الأفراد البالغة للأنواع ذات

الصلة الوثيقة . وفى كثير من الحالات لا تتم هذه العملية إلا بعد الولادة (أو الفقس) . فطائر الحشون الصغير له صدر أرقط يميز يوافع معظم أنواع فصيلة الدج التى ينتمى إليها طائر الحسن .

إن أمثلة متعددة تبين العلاقة بين الطوائف وداخل كل منها . ولذلك فليست لحيتان البالين — التى تتغذى بتصفية الأحياء الدقيقة من ماء البحر — أسنان فى الطور البالغ . ومع ذلك فلأجنتها مجموعة من البراعم السنية التى تمتص دون أن تنشق . وكذلك يوجد لأجنة الحيتان غطاء من الشعر يختفى تماماً فى اليوافع . إن عدم وجود أسنان للطيور أمر يضرب به المثل . ومع ذلك فلأجنتها براعم سنية سريعة الزوال . إن مثل هذه الحقائق يمكن فهمها على أساس أن العوامل الأساسية فى علم الأجنة تحدد بالوراثة . وبذلك تكون مشتركة فى الأنواع والمجموعات المتقاربة . فكل من الحيتان والطيور قد انحدرت من أسلاف لها أسنان والعوامل الوراثية التى تبدأ فى تكوين الأسنان ما زالت موجودة وفعالة . ولكن اكتسبت كل مجموعة منذ نشأتها تغيراً وراثياً إضافياً (طفرة) يظهر أثره فى وقت متأخر من النمو . ويسبب هذا التغير سقوط البراعم السنية .

وقد تحدث كذلك تغيرات أساسية أكثر من ذلك فى طابع النمو حتى إن الأطوار الجنينية المبكرة فقط هى التى تعطى الدليل على الصلة الحقيقة للكائنات المعنية . وتوجد أمثلة متطرفة بين السريبيدات (الأطومات) . فتبين السريبيدات المثالية صفات مثالية للقشريات حتى إنه ليس من العسير أن ندرك أنها تنتمى إلى تلك الشعيبة . ومع ذلك فانها منحرفة بما فيه الكفاية حتى إنها قد خدعت عالما حيوانياً حاذقاً مثل كوفيير الذى اعتبرها طائفة من الرخويات . ومع ذلك فإنه من الواضح أن يرقات جميع السريبيدات هى يرقات قشرية ، ولقد كانت هذه الحقيقة هى التى أرست نهائياً المكان التصنيفى الصحيح للأطومات . وثمة مثل أكثر تطرفاً تقدمه الساكيولينا وهى أطومة غريبة جداً تتطفل على السرطانات البحرية . فيمر هذا الكائن بجميع

مراحل النمو المثالية للأطوم إلى أن يستقر على بطن عائله . وعند هذه النقطة تكون الأطومات الأخرى التركيبات العادية الخاصة بالأفراد اليافعة فى المجموعة ولكن يظهر الاضمحلال فى نمو الساكيولينا ، إذ تختفى الأطراف ويصير الطفيل شبيهاً بكيس متفرع كالورم تغزو تفرعاته أنسجة العائل لتمتص الغذاء . والجهاز التناسلى هو الجهاز الوحيد الذى ينمو نمواً جيداً . وهذا الطفيل لا يشبه أى كائن آخر ، وبذلك فقد تحدى التصنيف إلى أن درست اليرقات ، وقد بينت اليرقات بكل وضوح أن الطفيل لا يمكن أن يكون شيئاً آخر غير أطومة مضمحلة إلى درجة كبيرة ، وتشبه هذه الحالة تماماً حالة التوقع المتطفل الأمعائى الذى يتطفل على الشوكجلديات، فهو من الخارج يشبه الدودة، ومن الداخل توجد له أمعاء مختزلة وجهاز تناسلى خنثوى . ومع ذلك فالقوقع ينتج يرقات القوقع المثالية .

وثمة حالة مدهشة أخرى كان قد درسها داروين فى الأصل ، وهى البطة البليدة أو بطة البواخر ، (تاكيروس سنيريس) وهذا الطائر واسع الانتشار فى جنوب أمريكا الجنوبية ومضايق ماجلان وجزر فالكلاند . ويطير البط الصغير بمهارة فائقة ، ولكن نمو الأجنحة لا يسير بنفس معدل نمو الجسم وبذلك تكون اليوافع غير قادرة على الطيران تماماً .

أمثلة من النباتات : يعتبر التكوين الجنينى للنباتات أبسط منه فى الحيوانات بوجه عام . وعلى ذلك فإن أمثلة مبدأ الاستعادة ليست كثيرة ، إلا أن هناك أمثلة واضحة فى المملكة النباتية . فمثلا تكون لشجرة السنط أوراق مركبة إلى درجة كبيرة ، ومع ذلك فلبادراتها أوراق بسيطة مثل أسلافها . ونباتات الكاكتس البالغة لا توجد لها أوراق بتاتاً . وإن كانت هذه الأوراق قد تمثلها الإبر . ولكن البادرات لها أوراق مميزة تماماً . ولكن نضرب مثلا آخر نستفيد فيه بصفة الورقة فإن شجر البلوط الذى يوجد فى جنوب الولايات المتحدة ، والذى يحتفظ بأوراقه على مدار العام يعتبر أكثر بدائية من النوع الشمالى الذى تتساقط أوراقه كل عام . ولكن

تحتفظ شجيرات البلوط الشمالى غالباً بأوراقها خلال فصل الشتاء . وبذلك فإنها تعيد على ما يظهر ما كان من صفة السلف .

وقد وجد العالم جيفرى فى المخروطيات ظاهرة مثيرة جداً يمكن مقارنتها بما سبق . فإذا جرحت المخروطيات وترك الجرح ليلتئم فإن النمو الجديد قد يختلف من الناحية النسيجية عن الأنسجة العادية . وفى مثل هذه الحالات تبين الأنسجة الجديدة طرازاً تركيبياً معروفاً تماماً فى حفريات المخروطيات فى العصر الميزوزوى .

صعوبات قانون أصل الأحياء : نظراً للأمثلة المتعددة كالتى سبق أن وصفناها فقد اعتقد كثير من البيولوجيين فى زمن هيكل أن علم الأجنة . إذا عرف جيداً . يمكن أن يكون مفتاحاً ذهبياً لمشاكل تاريخ حياة الجماعة . ومع ذلك فقد كان هناك الكثير من النواحى غير المتماسكة فى علم البيولوجى وترتبط بقانون أصل الأحياء . ولقد عولجت فى السنوات الحديثة صور قليلة لعلم التطور . والأسباب بسيطة للغاية . فتفترض نظرية الاستعادة أن الأجنة تعيد سيرة الماضى فى نموها مختصرة بعض الأطوار وحاذفة الأخرى بدون تكيف للحياة الجنينية . وفى الواقع أنه من الواجب أن يواجه الجنين بيئة عدوانية كما هى الحال مع اليوافع تماماً . فجميع اليرقات السابحة تكون عرضة للافتراس بدرجة شديدة . والفصل الأول فى كتب علم الأجنة يعالج غالباً الاختلافات فى طريقة التفلج التى تتوقف على كمية المح التى توجد فى البيضة . وهى علامة تكيفية ذات أهمية بيولوجية أساسية . والأغشية الجنينية فى الزهليات مجموعة واضحة من الملاءمات الجنينية . وقد وصف نيدهم مجموعة مشوقة من ملاءمات البيض للمياه العذبة والمياه الملحة والبيئات الأرضية . فكل منها تتطلب وظائف إخراجية مختلفة . ويلزم الأخيرة أيضاً بيضة ذات قشرة (مغلفة بقشرة) وملاءمات أخرى للاحتفاظ بالماء . وهكذا فإن الطفرات تستطيع التأثير فى الأطوار الجنينية . وكذلك الأطوار البالغة . وهذه أيضاً

تكون عرضة للانتخاب الطبيعى حتى إن الملاءمات الجنينية تصبح جزءاً من طابع النمو المعتاد .

وقد لعبت دراسة تكوين أجنة الجلد شوكيات البسيطة دوراً هاماً فى إرساء قانون الحياة . ومع ذلك فقد كشفت الدراسات الحديثة المستفيضة على أجنة الجلد شوكيات والتى أجراها العالم « فل » عن اختلافات كبيرة بين مجموعات الجلد شوكيات المختلفة ، وقد نسبت هذه الاختلافات إلى الملاءمات الجنينية . وقد ألقى فل الشك على العلاقة بين الحبليات والجلدشوكيات ، وذلك لأن يرقة النصفحبليات لا تلائم توافق تصميم العلاقات اليرقية الذى وضعه . ومع ذلك فيشعر عدد كبير من البيولوچيين بأن هذه هى نتيجة التحورات الكبيرة التى طرأت على اليرقات بواسطة الانتخاب الطبيعى منذ انفصال أسلافها .

وثمة صعوبة أخرى لقانون أصل الأحياء ، وهى تأكيد هيكل بمشابهة الأجنة للأسلاف البالغة . وقد أظهرت الدراسات التى أجريت بعد ذلك أن التشابه يكون فى الأصل بين أجنة الحيوانات المقاربة ، وإنه فقط بالمصادفة قد تشير هذه أحياناً إلى اليوافع . وبذلك فإن تاريخ الفرد يعيد تاريخ حياة الجماعة بطريقة واضحة ، ولكن الأطوار الجنينية الأولى وليست اليافعة هى التى تتكرر . وحتى هذه قد تتحور بشدة بطفرات تكيفية يساعدها الانتخاب الطبيعى .

مبادىء فون باير : عند صياغة قانون أصل الأحياء بدأ هيكل من مبادئ فون باير للتمييز الجنينى . ومن المحتمل أن تكون هذه أكثر صحة ومرشداً مفضلا للأدلة الجنينية على التطور . إن هـــذه المبادئ هى : (١) تظهر الصفات العامة قبل الصفات الخاصة أثناء النمو . (٢) تظهر الصفات الأقل شيوعاً من الصفات الأكثر شيوعاً وأخيراً تظهر الصفات الخاصة . (٣) يبتعد الحيوان باطراد فى أثناء النمو عن شكل الحيوانات الأخرى . (٤) الأطوار المبكرة لحيوان ما تشبه الأطوار الصغيرة أو الجنينية

للحيوانات الأدنى . ولكنها لا تماثل يواقع تلك الحيوانات . إن الهجوم على قانون أصل الأحياء لم يقدم مطلقاً الدليل على أن اكتشافات علم الأجنة لا تؤيد حقائق التطور : فقد أوضح فقط أن هيكل وأتباعه يطالعون فيها أكثر مما تؤيده المعلومات . إن عودة لمبادئ فون باير تجعل فى الإمكان تفسيراً تطورياً معقولا لحقائق علم الأجنة المقارن دون إرهاق .

المراجع :

Davis, D. Dwight, 1949. "Comparative Anatomy and the Evolution of the Vertebrates." In "Genetics, Paleontology, and Evolution," edited by Jepson, Mayr, and Simpson. Princeton University Press, Princeton, N.J. A careful analysis of the role of comparative anatomy in current studies on evolution.

De Beer, G. R., 1958. "Embryos and Ancestors," 3rd Ed., Oxford University Press. A critical review, on a very broad basis.

Fell, H. Barradough, 1948. "Echinoderm Embryology and the Origin of the Chordates," *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 23, 81-107. A thorough restudy, leading to the conclusion that the biogenetic interpretation is not valid.

Linnaeus, Carolus, 1758. "Systema Naturae," 10th Ed., Leyden. The starting point of modern taxonomy.

Mayr, E., 1942. "Systematics and the Origin of Species," Columbia University Press, New York, N.Y. A very readable modern treatment of taxonomy and evolution.

Romer, A. S., 1949. "The Vertebrate Body," W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pa. An excellent evolutionary treatment of comparative anatomy.

Willier, B. H., P. A. Weiss, and V. Hamburger, Eds., 1955. "Analysis of Development," W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pa. In Chapter 1, Jane Oppenheimer gives an excellent summary of the history of the controversies which have raged around the relationship of embryology to evolution.

الفصل الرابع
أدلة التطور
٣ - علم وظائف الأعضاء المقارن والكيمياء الحيوية

كان من نتيجة الباعث الاستقصائى الكبير المستمد من عصر النهضة تجميع كمية كبيرة من المعلومات البيولوچية ، وذلك قبل داروين بأكثر من قرنين . ومع ذلك ، فقد كان هذا التجميع بوجه عام عرضاً غير منظم للحقائق وتقدماً مرتبكاً لعدم وجود أسس بيولوچية تكمل هذا الموضوع . فقد سبب نشر كتاب « أصل الأنواع » ثورة فى الآراء البيولوچية ، وذلك لأنه قدم مثل هذا المبدأ ، وهو إطار منطقى يمكن عن طريقه ترتيب مجال البيولوچيا الكبير ، ونجاحه فى الوصول إلى ذلك من أقوى الأدلة على التطور . ودراسة البيولوچيا فى عهد داروين كانت مقصورة على دراسة التركيب العضوى (المورفولجى) : فقد كان علم وظائف الأعضاء فى طفولته ، أما الكيمياء الحيوية فلم تكن موجودة بعد ، ونتج عن ذلك أن هذه الفروع كانت آخر ما تأثر بالثورة الداروينية فى التفكير البيولوچى . ومع ذلك فيعتبر عدد من البيولوچيين أن علامات التركيب العضوى التى سبق أن عالجناها إلى هذا الحد، هى بكل بساطة النتائج الواضحة للمركبات النوعية والعمليات . وباختصار فهم يشعرون بأن التطور هو فى الأساس ظاهرة كيموية حيوية ، ولذلك فمن الأهمية بمكان أن انبثق من هذه الفروع عرض من البراهين المقنعة للتطور .

وعلى أوسع مستوى نواجه بحقيقة تكوين البروتوبلازم من مادة واحدة فى أساسه ، وهى تختلف بعض الشىء فى أسلوب طفيف من نوع إلى آخر فى كل العالم الحى . وهى تحتوى تقريباً على نفس العناصر ، ومركبة تقريباً

من نفس النسبة من البروتينات والكربوهيدرات والدهون والماء والمواد الإضافية . ففى كل العالم الحى توصف الوظائف الأساسية الهامة للبروتوبلازم بنفس الألفاظ تماماً مع استثناءات قليلة جداً . وكون هذا الأمر صحيحاً هو حقيقة دامغة تماماً . فهى وإن كانت عرضة لتفسيرات أخرى فإنها تبنى أصلا واحداً ، مع بقاء الخصائص الأساسية الهامة للكائنات الحية ثابتة لحد ما ، فى حين نتج عن التغير فى النواحى الأقل أهمية أشكال تختلف كثيراً فى العالم الحى .

ونفس القصة تماماً تتعلق بكيمياء الكروموسومات . وهى الأسس الطبيعية للوراثة . فهى وإن كانت معروفة إلا أنها غير كاملة . فقد شملت الحيوانات المنوية للأسماك المادة التجريبية فى الدراسات الأولى على التركيب الكيموى للكروموسومات . ولكن دراسات تالية على مثل هذه المواد المتباينة مثل الخميرة والخلايا الكبدية للثدييات أدت كلها إلى استنتاجات مماثلة . ويظهر أن الكروموسومات فى كل العالم الحى تتكون من البروتينات الأساسية متحدة مع الحامض النووى . وتسود أبسط أنواع البروتينات وهى الهستون والبروتامين . ومع ذلك فيوجد أيضاً الجلوبيولين وبعض البروتينات غير المعروفة تماماً . ويحتمل أن تسهم هذه البروتينات الأكثر تعقيداً فى تعدد المادة الوراثية بنسبة أكبر من تلك التى تدل عليها كمياتها . والأحماض النووية متجانسة لحد ما . والوحدة التركيبية الأساسية . أو نيكليوتايد . تتركب من حمض الفسفوريك والبنتوز (وهو سكر مبنى على سلسلة خماسية الكربون) وقاعدة من بيورين أو بيريميدين . إن هذه الوحدات عديدة التشكل إلى حد كبير (مثل الجزيئات المتحدة ببعضها بعضاً لتكون جزيئات أكبر بكثير) لتكون سلاسل طويلة حلزونية مزدوجة متحدة بعضها ببعض بواسطة أربطة ضعيفة بين القواعد (انظر شكل ٨٧) وتختلف أساساً الأحماض الأمينية الواحد عن الآخر فى تتابع أزواج القاعدة التى تربط سلاسل النيكليوتايد معاً . وكثير من الأدلة توضح الآن أن نوعية الجين (وهو الوحدة الوراثية : انظر

الفصل ١٣) تتوقف كذلك على هذا الترتيب . ونظراً إلى التباين الكبير فى تنوع الأحياء التى تعزى صفاتها إلى الكروموسومات التى تحملها فإنه من المدهش أن يكون للكروموسومات نفسها هذا التركيب المتجانس . ولكن يمكن فهم هذا بسهولة وبنفس الإيضاح مثل الوحدة العامة للبروتوبلازم .

الانزيمات والهرمونات : قد تكون الانزيمات والهرمونات المتماثلة أو المتشابهة تماماً موجودة أيضاً بصفة عامة بين المجموعات الكبيرة للحيوانات ، وهذا صحيح بوجه خاص فى بعض الانزيمات الهاضمة . فالتربسين — وهو الانزيم الذى يشطر البروتينات — يوجـــد فى عدد من مجموعات الحيوانات التى تتدرج من البروتوزوا إلى الثدييات . أما الاميليز — وهو الانزيم الذى يشطر النشا — فيوجد من الاسفنج إلى الإنســـان . ويوجد هرمون الغدة الدرقية فى جميع الفقاريات ، وقد ثبت أنه متبادل فيما بينها . فمن المعروف جيداً أن الغدة الدرقية للبقر تستعمل بنجاح فى معالجة نقص إفراز الغدة الدرقية فى الإنسان . إن هذا الهرمون ضرورى كذلك فى تحور الضفادع . فإذا أزيلت الغدة الدرقية من الضفدع بعملية جراحية فان الضفدع لا يتحور . ومع ذلك فإذا غذيت مثل هذه الضفادع بدرقية الثدييات ، فإنها تسد النقص ، وتسمح بعملية التحور . وهرمون البرمائيات الذى يسبب تمدد حاملات الصبغ الأسود أعجب من ذلك بكثير . إن هذا الهرمون النخامى يسبب تمدد خلايا الجلد الملونة ، وبذلك يصير لون الحيوان داكناً . وليس لهذا الهرمون أى تأثير معروف فى الثدييات ، ومع ذلك فإن خلاصة غدة الثدييات النخامية لها نفس التأثير فى البرمائيات مثل الهرمونات الخاصة بها . وبذلك قد يعتبر هرمون الثدييات المسبب لتمدد حاملات الصبغ الأسود ، كهرمون « أثرى » ، يمكن تفسير وجوده على أساس الانحدار من سلف كان فيه هذا الهرمون مفيداً .

ومع ذلك فإن هرمونات الفقاريات متنوعة . ولقد كان معروفاً منذ زمن طويل أن هرمون النمو من الغدة النخامية لا يمكن أن يتبادل بين الثدييات ،

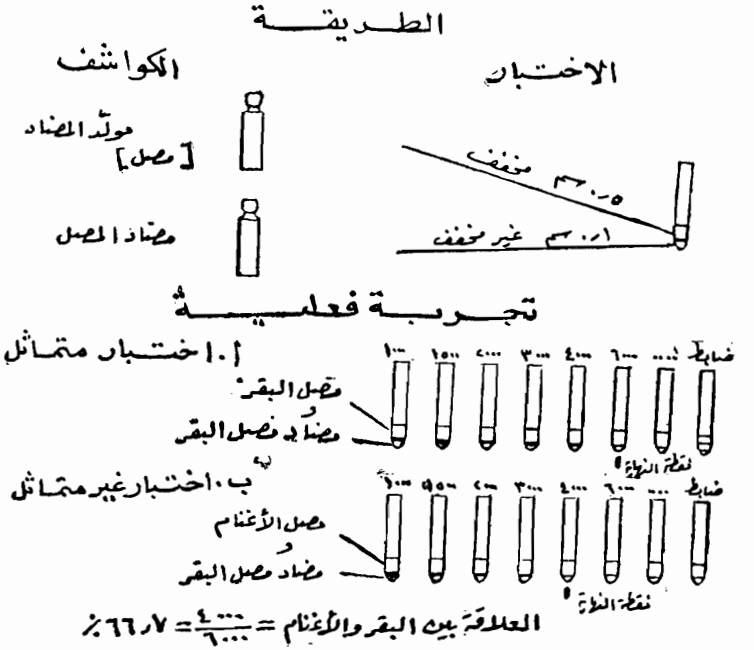
فمثلا ليس لهرمون البقر تأثير فى علاج نقص هذه المادة فى الأطفال . وقد بين تحليل هرمونات النمو — المستمدة من الثدييات فى صورة نقية — وجود اختلافات طفيفة ولكنها ذات أهمية من الناحية الوظيفية ، مشابهة للاختلافات فى التركيب التى يتناولها علم التشريح المقارن .

صفات من وراثة الدم

يمكن الحصول على بلورات من الهيماتين إذا عولجت نقطة من دم أحد الأنواع تحتوى على الهيموجلوبين كمادته الملونة التنفسية معالجة خاصة . وتختلف تفاصيل تركيب هذه البلورات من نوع إلى آخر . وهى توازى التصنيف بطريقة ملموسة . وتشترك البلورات المأخوذة من كل أنواع الجنس الواحد فى صفات متعددة . وتتميز بلورات أفراد الطوائف المختلفة بصفات تبادلية مضادة . وبذلك فمن الممكن على أساس بلورات الهيماتين فقط أن نميز بين طوائف الفقاريات المختلفة .

علم الأمصال المقارن : يمكن أخذ الدليل الفسيولوجى الأكثر إقناعاً من مجال علم الأمصال المقارن . فإذا حقنا كمية صغيرة من مصل دم حيوان ما فى أحد خنازير غينيا (أو أى حيوان تجريبى آخر) . فإن الدم الغريب يعمل كمولد للمضاد (أنتيجن) ، أى إنه يسبب تكوين مضادات الأجسام (انتى بودى) فى مصل خنزير غينيا ، وهذه ترسب وتتلف مولد المضاد إذا حدث تطعيم ثان . وعلى ذلك فيقال إن خنزير غينيا أصبحت لديه المناعة لنوع الدم المحقون به. وسوف يحدث الترسب فى أنبوبة اختبار كما هى الحال فى مجرى الدم . وبذلك فإذا أعددنا مضاد المصل من حيوان لديه المناعة ثم أضفنا إليه بضع نقط من المصل الأنتيجينى نجد أن راسباً قد تكون . ويمكن قياس ذلك بواسطة طريقتين رئيسيتين . أولاهما طريقة الاختبار الحلقى (شكل ٢٢) حيث توضع فى أنبوبة اختبار كمية قليلة من مضاد المصل غير المخفف ثم يضاف فوقها بكل عناية المصل الأنتيجينى المخفف . ويلاحظ

تكوين حلقة من راسب عند سطحى المصلين . وأكبر تخفيف للمصل الأنتيجينى الذى تتكون عنده الحلقة يعطينا مقياساً لقوة التفـــاعل ، فكل تخفيف كبير يقابله تفاعل قوى . ومع ذلك فإذا خلطنا المصلين معاً ، فإن الراسب يسبب تعكير المحلول ، وإن القياس الضوئى لامتصاص الضوء يعطى مقياساً ممتازاً لقوة التفاعل .

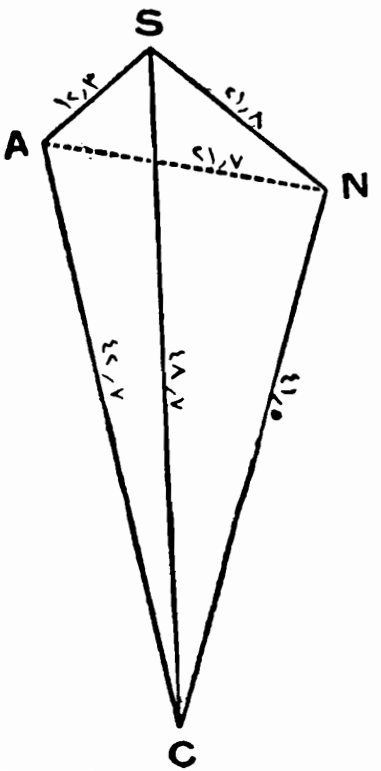


(شكل ٢٢) طريقة عمل تجربة الحلقة للعلاقة السيرولوجية . يوضع مضاد المصل غير المخفف تحت مولد المضاد المخفف فى محلول ملحى . تشير دائرة الراسب البيضاء إلى تفاعل موجب . ويعتبر أقصى تخفيف لمولد المضاد يعطى تفاعلا موجباً ممثلا لقوة التفاعل .

إن تفاعلات الأنتيجن والجسم المضاد ذات نوعية كبيرة . ومعنى ذلك أن الجسم المضاد الذى يرسب دم أحد الأنواع هو فى الغالب لا تأثير له فى دم الأنواع الأخرى . ومع ذلك فإن النوعية غير كاملة ، وذلك لأن المصل المحصن ضد دم أى نوع « أ » سوف يرسب دم الأنواع القريبة إلى « أ » ، ولكن بدرجة تقل باستمرار كلما بعدت صلة القربى . فمثلا يمكن تحصين

خنزير غينيا بدم من السلمندر الشائع نكتيورس . فإذا قسمنا بعد ذلك عينة من مصل خنزير غينيا المحصن فى أربع أنابيب اختبار . ثم أضفنا فقط من مصل النكتيورس . والأمفيوما والسيرين والكريبتوبرانكس على التوالى فإن أعلى ترسيب يحدث فى الأنبوبة التى أضفنا إليها مصل النكتيورس . أما الأمفيوما والسيرين فهما يعطيان راسباً بنفس القوة ولكنه أقل من ذلك الذى يسببه مصل النكتيورس . فى حين يعطى مصل الكريبتوبرانكس راسباً خفيفاً (شكل ٢٣) . وعلى أساس القواعد الأخرى (وبخاصة علم التشريح المقارن) . فإنه من المتفق عليه عموماً أن الأجناس الثلاثة الأولى ذات صلة قوية فيما بينها ، فى حين أن الكريبتوبرانكس يعتبر سلمندر أكثر بدائية .

وكذلك إذا أخذنا مصلا من حيوان محصن ضد دم الإنسان . وقسمناه



(شكل ٢٣) علاقات الكريبتوبرانكس (C) ، والأمفيوما (A) ، والسيرين (S) والنكتيورس (N) كما تقررها الاختبارات السيرولوجية . يوضح الرسم التخطيطى المسافات النسبية بين الأنواع .

فى خمس أنابيب ، ثم أضفنا إليه مصلا من الإنسان ، ومن القردة الشبيهة بالإنسان ، وقردة العالم القديم ، وقردة العالم الجديد والليمور ، فإن كمية الراسب التى تتكون تقل بنفس الترتيب . وبذلك فإن نتائج الاختبارات المصلية تؤيد نظريات العلاقة التى بنيت فى الأصل على علم الشكل الخارجى المقارن . فهى تدل على أن بروتينات المصـــل توحى بدرجات متفاوتة من التشابه ، كما هى الحال فى التراكيب الجسمية . ولا يمكن أن نتصور أن هذا يكون مجرد توافق ، ومع ذلك فهذا ما نتوقعه تماماً على أساس نظرية داروين ؛ وهى أن الأنواع المتشابهة قد تكونت بالتسلسل مع التحور من سلف عام .

إن الأمثلة التى سبق أن ذكرناها قد أخذت من بين الفقاريات ، وحقاً إن هذه هى المجموعة التى درست بدقة . ومع ذلك فقد أجريت دراسات مستفيضة على تصنيف الأمصال فى القشريات والحشرات والرخويات . وفى كل مكان يمكن الحصول على نفس النتيجة الأساسية : فالحيوانات التى اعتبرت متقاربة على أساس التركيب العضوى تبين كذلك علاقة بين أمصالها . وبشكل عام نجد أن أنواع الجنس الواحد تبين تماثلا متقارباً جداً فى أمصالها ، أما أجناس الفصيلة الواحدة فتبين تماثلا مصلياً متوسطاً ، وفصائل الرتبة الواحدة تبين تشابهاً طفيفاً ولكنه ملموس . وغالباً تبين الرتب المختلفة لنفس الطائفة تشابهاً طفيفاً جداً بحيث لا يسمح باجراء مقارنات ذات فائدة ، ومع ذلك فتوجد استثناءات ، وخاصة بين الطيور التى تباينت مصلياً بدرجة أقل من طوائف الفقاريات الأخرى .

وبذلك أثبت علم الأمصال بصفة عامة علم التصنيف الذى بنى على أسس أخرى ، ولكن فى بعض الحالات كانت الأدلة المصلية قاطعة فى حـــل المشكلات الصعبة ، فلفترة طويلة اعتبر ملك السرطان ، زيفوزيورا من ضمن القشريات . ولكن أوضحت الاختبارات المصلية أن له علاقة بسيطة بالقشريات المثالية ، ولكن صلته قوية بالعناكب . وتبعاً لذلك فقد اتضح أن

هذه الحيوانات الضالة تشترك مع العناكب فى التركيب العنكبى العضوى ، فى حين تكون مشابهتها للقشريات نتيجة للتقارب السطحى .

وقد يكون من المعقول أن نفترض أن المجموعات التى تمتاز بوجود جهاز دموى هى الوحيدة التى يمكن أن نختبرها بواسطة الطريقة المصلية . ولكن العالم ميز من كونجزبرج قد طبق هذه الطريقة بنجاح فى مشكلات خاصة بتصنيف النبات . والطريقة هى حقن أرنب ببروتينات النبات . وبذلك يحصن الأرنب ضد بروتينات نوع النبات المستعمل . ثم يحضر المصل المحتوى على الجسم المضاد ويقسم بين مجموعة من أنابيب الاختبار . ثم يضاف إلى كل منها بضع نقط من محلول البروتينات المأخوذ من النباتات المختلفة التى لها صلة بالنبات الأصلى موضع الاختبار . فالتى تعطى راسباً عندما تضاف فى محلولات مخففة جداً تعتبر ذات صلة قوية بالنبات تحت الاختبار . أما تلك التى تعطى راسباً عندما تضاف فى محلولات مركزة فتعتبر ذات صلة بعيدة . وتؤدى النتائج إلى تصنيف يشابه بشكل ملحوظ ذلك الذى استنتجه علماء التركيب العضوى للنبات . وبذلك فإن طريقة عالم الأمصال المقارن ذات تطبيق واسع غير متوقع . ويظهر أنه من المحتمل تطبيق طريقة العالم ميز بنجاح على أية مجموعة من الكائنات .

فصائل الدم : إن فصائل دم الإنسان المعروفة تماماً . وهى أ . ب . و (A, B & O) مبنية على البروتينات الأنتيجينية لكريات الدم الحمراء . فقد تحمل الكريات الحمراء أنتيجن أ أو ب أو هما معاً أ ب أو لا تحوى أياً منهما (و) . وطبقاً لذلك يمكن تسمية فصيلة دم الشخص . ويحتوى مصل أى شخص على أجسام مضادة قادرة على إلصاق وإتلاف خلايا تحمل تلك الأنتيجينات التى لا توجد فى دمه الخاص به . ويورث جهاز التحصين هذا طبقاً لقواعد بسيطة (القرائن الوراثية المضاعفة : فصل ١٣) . وثمة مجموعات متشابهة لفصائل الدم قد وجدت فى عدد من الحيوانات الأخرى . ولكن الإنسان يشارك الفصائل أ . ب . و مع الرئيسيات الأخرى التى لها صلة قوية

بتركيبه العضوى فقط . فالفصيلة أ تسود فى الشمبانزى ، ومع ذلك فتوجد الفصيلة وفى بعضها ، أما الغوريللا والأورانج أوتان (أشبه القردة بالإنسان) فهى معروفة بحملها للفصائل أ ، ب . أ ب . أما كل فصائل الدم الأربع فهى معروفة بين أنواع المكاكا (Macaca) المختلفة (وهى مجموعة قرود روزس بالهند) . وفى الرئيسيات الأقل رقياً يمكن إثبات وجود نفس البروتينات الأنتيجينية فى اللعاب (وكذلك فى الإنسان) وليس فى خلايا الدم واستنتاج العلاقة أمر لا مناص منه .

الكيمياء الحيوية والاستعارة

مولدات الفوسفات (الفسفاجين) : إن فصولا قليلة من علم الفسيولوجيا قد درست باستفاضة مثل انقباض العضلة . فمركبات الفوسفور الغنية بالطاقة تلعب دوراً رئيسياً . وباختصار تام يتحلل مركب ثلاثى فوسفات الأدينوسين (ATP) ليعطى طاقة للانقباض . ثم يتحلل مركب آخر غنى بالطاقة يطلق عليه الفسفاجن ليعطى طاقة لتكوين مادة ATP مرة ثانية . إن هذه التفاعلات تتم فى عدم وجود الأكسجين ، ولكن الدورة تتم بأكسدة الجلوكوز لتولد الطاقة اللازمة لتكوين مولدات الفوسفات مرة ثانية .

ومولد الفوسفات مركب نوعى هو فوسفات الكرياتين ويوجد فى عضلات الفقاريات وفوسفات الأرجنين ، ويوجد فى معظم اللافقاريات . ومن المهم أن نعين ما يميز الحبليات الأكثر بدائية ، وكذلك ما يميز تلك المجموعات التى قد نشأت منها الحبليات . والواقع أن النصفحبليات — وهى المجموعة الأكثر بدائية والقريبة من الحبليات — يوجد بها كلا النوعين من مولدات الفوسفات ، وهى حالة توجد فى مكان آخر فقط فى بعض الجلدشوكيات من أقارب نجوم البحر . وعلى أسس الدراسة الجينينية ، فقد سبق أن اعتبرنا أنه من المحتمل أن تكون الجلدشوكيات قريبة من سلف الحبليات .

إن هذه الصورة ليست غير معقدة ، فبالرغم من أن معظم اللافقاريات يوجد بها فوسفات الأرجنين فقط ، فإن الحلقيات تفتقر إلى هذا المركب وتوجد فيهـــا بدلا منه مادة مشابهة لفوسفات الكرياتين وقد تكون مماثلة لها . ومع ذلك فإن الأدلة المصلية تؤكد علاقة الجلدشوكيات والحبليات الأولية ، فى حين أنه لا تنجح فى إظهار علاقة الحلقيات لأية مجموعة من هذه المجموعات .

إن الأرجنين والكرياتين متقاربان تماماً من ناحية التركيب الكيموى . وفى الواقع تستعمل الفقاريات المركب الأول فى تكوين الثانى . ففى أجنة سمك القرش توجد مادة الأرجنين بكثرة ، ولكن وجودها فى اليوافع محدود جداً . وبذلك فمن الممكن أن تكون عمليات ايض الكرياتين فى الفقاريات استعادة كيموية حيوية يمكن مقارنتها بالاستعادة الجنينية التى سبق وناقشناها فى الفصل السابق .

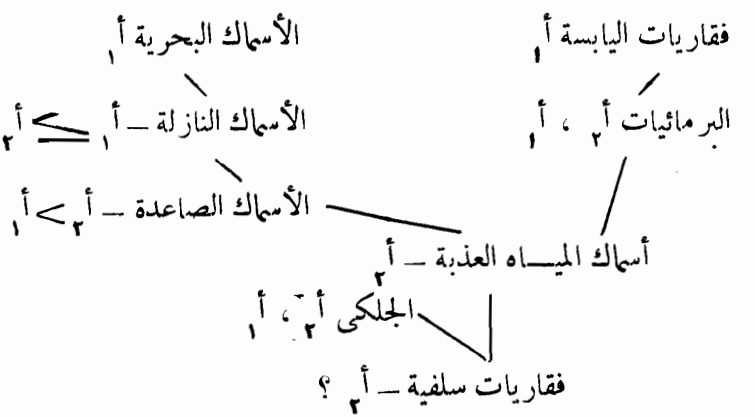
أصباغ الابصار : يتوقف الإبصار فى الفقاريات على واحد أو اثنين من الأجهزة الكيموية التى توجد فى عصى الشبكية . فالأسماك التى تعيش فى الماء العذب بها صبغ رؤية أرجوانى مكون من بورفيروبسين — فيتامين أ٢ ، فى حين يوجد فى الأسماك البحرية وفقاريات اليابسة صبغ رؤية أحمر ، هو رودوبسين — فيتامين أ١ . وإنه لمن المدهش أن كلا من فقاريات البحر واليابسة تضاد أسماك المياه العذبة ، إلى أن نتذكر أنه من المحتمل أن الفقاريات قد نشأت فى الماء العذب ثم هاجرت منه فى كلا الاتجاهين .

ومع ذلك فبعض الأسماك الصاعدة مثل سمك السلمون تعيش أساساً فى البحر . ولكنها تعود إلى الماء العذب لتتوالد . أما الأنواع الأخرى — مثل ثعبان السمك — فهى نازلة وتقضى معظم حياتها فى الماء العذب . ولكنها تعود إلى البحر لتتوالد . وكذلك تقضى البرمائيات بالطبع معظم حياتها وهى يافعة على اليابسة . ولكنها تعود إلى الماء العذب لتتوالد . وقد درس العالم « وولد » ومعاونوه أصباغ الإبصار فى هذه الحيوانات ، وكانت النتيجة واضحة

جلية . فكل من الأسماك الصاعدة والبرمائيات فقست فى الماء العذب ومرت بالطور اليرقى هناك ؛ وبعد تحور يتضمن تغيرات تشريحية وفسيولوجية رئيسية تهاجر الأولى إلى الماء الملح ، والثانية إلى اليابسة ، حيث تقضى معظم حياتها وهى يافعة . وفى النهاية بعد حدوث عدة تغيرات — تكون جزئياً عكس تلك التى تحدث فى أثناء التحور — والتى أطلق عليها « وولد » اسم التحور الثانى ، تعود إلى الماء العذب لتضع البيض .

وفى الواقع توجد مادة بورفيروبسين فى عصى الشبكية فى أبى ذنيبة والأسماك الصاعدة الصغيرة . وعند التحور — أى عندما تستعد للهجرة إلى اليابسة أو البحر — فإن التغيرات الشكلية يصاحبها تغير لمجموعة الرودوبسين البصرية السائدة . وبعد ذلك ، عندما تكون الحيوانات الناضجة مستعدة للعودة إلى الماء العذب لأغراض التوالد ، فهى تسترد مجموعة البورفيروبسين ثانية . وفى الأسماك النازلة فإن الحقائق مماثلة . ولكن يكون ترتيب التغيرات معكوساً .

وعلى أسس أخرى ، فقد اعتقد أن الفقاريات قد نشأت فى الأصل فى الماء العذب ، وهناك تشكلت أسلاف الأسماك لتعطى أسماك المياه العذبة والبحرية ، والبرمائيات . فإذا كان هذا صحيحاً ، فإن خير تفسير لترتيب التغيرات فى الأصباغ البصرية هو الاستعادة — وهى تكرار مركز لتاريخ الأسلاف . ويلخص العالم وولد هذه القصة كالآتى :



وقد ظهرت حقائق مماثلة فى البرمائيات فيما يختص ببعض مظاهر فسيولوجيا الدم وفسيولوچيا الإخراج . وهكذا فإنه يظهر أن مبدأ الاستعادة قد يعطى تفسيراً لعدد من ظواهر الكيمياء الحيوية والفسيولوچيا التى لا يمكن تفسيرها .

وقد قال وولد : « إنه بدون التفسير العقلى لأصل الأجناس . يعتبر علم الكيمياء الحيوية المقارن أكثر بقليل من كتالوج » ولكن الاعتبارات التطورية (الخاصة بنشوء القبيلة أو الجنس) تعطى معنى لهذه المعلومات الأساسية الكثيرة . وهذا دليل مقنع للتطور .

المراجع :

Chester, K. Starr, 1937. "A Critique of Plant Serology," *Quart. Rev. Biol.,* 12, 19-46; and 165-190. The principal English language review of Mez's work.

Florkin, Marcel, 1949. "Biochemical Evolution," translated by S. Morgulis. Academic Press, New York, N.Y. A great deal of information in a small volume.

Needham, Joseph, 1950. "Biochemistry and Morphogenesis," Cambridge University Press, Cambridge. This chemical embryology contains a wealth of information applicable to the present chapter.

Smith, H. W., 1953. "From Fish to Philosopher," Little, Brown & Co., Boston, Mass. Evolution from the viewpoint of renal physiology.

Wald, George, 1952. "Biochemical Evolution," in "Modern Trends in Physiology and Biochemistry," Academic Press, New York, N.Y. Much the best treatment of this subject now available.

Wald, George, 1958. "The Significance of Vertebrate Metamorphosis," *Science,* 128, 1481-1490. A review of metamorphosis of visual pigments, with broader speculations.

Weiner, A. S., 1943. "Blood Groups and Transfusions," 3rd. Ed., Charles C. Thomas, Springfield, Ill. Valuable for material on blood groups in Primates.

Williams, R. J., 1956. "Biochemical Individuality," John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y. While not primarily concerned with evolution, this book gives a wealth of information on variability of biochemical traits.

الفصل الخامس

أدلة التطور

٤ - علم الحفريات وعلم الوراثة

إن جميع أساليب الأدلة المختلفة التى ناقشناها حتى الآن ، تبين أن الأنواع التى تعيش حالياً على الأرض ، يجب أن تكون ناتجة بالتطور ، وعلى العموم فالدليل الممكن الوحيد لأسلوب نوعى من الانحدار ، هو سلسلة من الحفريات التى تتدرج من سلف أحد الأنواع إلى النوع الذى انحدر عنه . وبذلك يعتبر علم الحفريات — وهو العلم الذى يبحث فى مخلفات الحفريات — ذا أهمية فريدة للتطور .

سلم الزمن الجيولوجى

وقبل أن نبدأ فى مناقشة الدليل الحفرى للتطور ، فانه من الضرورى أن نقدم مشكلة الفترة الچيولوچية ، وتوجد لحسن الحظ طرق خاصة لقياس عمر الرواسب الصخرية فى القشرة الأرضية . وتستخدم الطريقة القديمة فقط للصخور الرسوبية — وهى الطبقات المتتالية من الصخور التى تكونت نتيجة للترسيب البطىء للرواسب على قاع المحيطات أو المساحات الكبيرة الأخرى من الماء . ويبنى استعمال هذه الطريقة لتحديد الزمن ، على فرض أن تلك العمليات الچيولوچية التى نلاحظ عملها الآن هى نفسها التى حددت التاريخ القديم لهذه الأرض ، وأنها فى الماضى قد عملت بمعدل يماثل ذلك الذى نلاحظه فى وقتنا الحالى . فإذا طبقنا هذا على المشكلة التى بين أيدينا ، فإن هذا

يعنى بكل بساطة أن صخور الماضى الرسوبية قد ترسبت بمعدلات تماثل تلك التى ترسب فى وقتنا هذا . فأعمق الطبقات هى أقدمها . والطبقات الأكثر سطحية هى أحدثها تماماً . وتمثل الطبقات السميكة ترسيباً استمر لفترة طويلة ، وتمثل الطبقات الرقيقة فترات ترسيب قصيرة . وبذلك يؤدى فحص رواسب الصخور إلى الحصول على بعض أوجه العصر الچيولوچى . ولكن من الصعب الحصول على رأى دقيق جداً ؛ وذلك لأنه من الواضح أن الترسيب يتقدم حالياً بمعدلات مختلفة جداً فى مناطق العالم المختلفة . وليس هناك سبب للشك فى أن التغير فى معدل الترسيب قد كان يمثل هذه الكثرة فى معظم تاريخ العالم . وقد يكون أكثر من ذلك بكثير فى بعض العصور . وبذلك يؤدى حساب العمر على أساس سمك الصخور الطبقية إلى مثل البيانات القائلة بأن عصر المزوزويك قد بدأ منذ ما يقرب من ١٩٠,٠٠٠,٠٠٠ إلى ٢٤٠,٠٠٠,٠٠٠ عام . ولكن الاختلاف بين هذه الأرقام هو أكثر من ٢٥٪ من الرقم الأصغر . وبالإضافة إلى هذه الصعوبة . فالطبقات قد تغيرت بواسطة العمليات الچيولوچية مثل الإنثناء والتآكل . ولذلك فمن المعتاد أن يكون السجل غير كامل ويدعو إلى الحيرة . وهناك حالات قليلة حيث تظهر الصخور الطبقية بأنها ترسبت فى طبقات سنوية محددة — وهى الطبقات — التى تشبه لدرجة ما حلقات النمو السنوى فى الأشجار . ففى مثل هـــذه الحالات . يمكن تحديد فترات الترسيب بدقة كبيرة إذا كانت هذه الطبقات تمثل بالفعل طبقات سنوية . ولكن هذا على أى حال أمراً غير مؤكد . وحتى وإن كان مؤكداً فان عدد الأمثلة المعروفة قليل جداً لدرجة أنه ذو أهمية قليلة بالنسبة للمشكلة العامة وهى حساب التاريخ الچيولوچى .

وبالرغم من أن دراسة الصخور الرسوبية لم تؤد إلى جهاز حسابى كاف للزمن إلا أنه كان من المستطاع تعيين الترتيب الذى ترسبت به الطبقات المختلفة لسطح الأرض من أقدم الصخور إلى أعلاها ذات النشأة الحديثة . فالطبقات المعينة لا تحدد بموقعها وبصفاتها الطبيعية فحسب . ولكن بالحفريات التى

توجد بداخلها ، وبذلك فقد كان من الممكن تقسيم العصور الچيولوچية إلى مجموعة من الحقب ، ليس من الممكن أن يتطرق الشك فى ترتيبها . فالحقبتان الأوليان — وهما الحقبة القديمة والحقبة الأولى — ليست لهما أهمية كبيرة فى المناقشة الحالية ، وذلك لأن الصخور التى ترسبت فى هاتين الحقبتين تحتوى على عدد قليل من الحفريات ، وهى فى الغالب ذات صفة مشكوك فيها . وخلال الحقبة الباليوزوية ترسبت الحفريات بكثرة عظيمة ، ولكن كانت توجد الأشكال القديمة فقط . فأولا كانت هناك اللافقريات فقط ، ولكن ظهرت خلال الحقبة الباليوزوية الأسماك والبرمائيات وفى النهاية الزواحف . أما الحقبة الكبيرة التالية فهى الحقبة الميزوزوية أو عصر الزواحف الذى نشأت خلاله الطيور والثدييات الصغيرة ، وأخيراً الحقبة الكاينوزوية التى ما زالت فى تقدم والتى تتميز بالنشأة السائدة للثدييات والإنسان .

ومع ذلك ، فان الحقب (Eras) هى فترات طويلة جداً من الوقت، تتميز باختلافات فى النباتات والحيوانات ، وفى أغلب الأحوال فى الطقس والصفات الطبيعية الأخرى . وعلى ذلك فيمكن تقسيم الحقب إلى فترات زمنية (Periods) أقصر وإن كانت ما زالت طويلة . ولهذا فقد استمرت الحقبة الباليوزوية لمدة تقرب من ٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام ، ولكنها تقسم إلى سبع فترات ، تختلف مدة كل منها من ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ عام إلى ٨٠,٠٠٠,٠٠٠ عام . وأخيراً فإنه من المرغوب فيه أن تقسم الفترات إلى أقسام أصغر هى العصور (epochs) ؛ فمثلا الفترة الثلاثية للحقبة الكاينوزوية أو حقبة الحياة الحديثة قد استمرت حوالى ٧٤,٠٠٠,٠٠٠ عام ، وهذه بدورها تقسم إلى خمسة عصور مدة كل منها تتراوح من ١١,٠٠٠,٠٠٠ عام إلى ١٩,٠٠٠,٠٠٠ عـــام .

وبينما نجد أن هذا الجهاز لقياس الوقت ليس مضبوطاً من ناحية الكم ، إلا أنه على وجه العموم معمول به . فمثلا إذا وجدت إحدى الحفريات فى طبقات من الفترة الطباشيرية فإنه من الممكن أن ندلى بتأكيد تام أنها قد تلت

الأسلاف باقية . ويبين الجدول رقم (١) المقياس الجيولوجى للوقت مع بعض ميزات الحياة فى كل فترة .

طريقة الرصاص : فى عام ١٩٠٧ أدخل العالم بولتوود (Boltwood) طريقة لتحديد عمر الطبقات الچيولوچية مبنية على العناصر المشعة . وقد أوضحت النتائج التى أدت إليهـــا الطريقة الجديدة أن عمر الأرض أكبر بكثير مما كان معتقداً من قبل . وقد قوبلت هذه الطريقة بالشك . ولكنها صارت منذ ذلك الحين معياراً يمكن الحكم به على دقة الطرق الأخرى لحساب التاريخ . وقد بنيت هذه الطريقة على حقيقة أن اليورانيوم ٢٣٨ يتحلل ببطء لينتج رصاصاً وزنه الذرى ٢٠٦ و هليوم . وإن المعدل الذى يحدث به هذا التحليل محسوب . فأية كميـــة محددة من اليورانيوم تتفتت نصف جزئياتها لتكون الرصاص واهليوم فى خلال ٤.٥١٠,٠٠٠,٠٠٠ عام . وحيث إن هذا الرقم لا يعتمد على كمية اليورانيوم الموجودة فى الأصل . لذا يطلق عليه «نصف عمر» هذا العنصر . والآن إذا وجدت صخرة تحتوى على اليورانيوم. فإنه يمكن قياس نسبة اليورانيوم إلى الرصاص ٢٠٦ . ومن هذه النسبة — وبالاستفادة من نصف العمر — فإنه يمكن حساب الفترة منذ تكوين هذه الصخرة .

وقد نشأت حديثاً طرق جيوكيموية إضافية . فبوتاسيوم ٤٠ . يتحول إلى كالسيوم ٤٠ وارجون ٤٠ . كما أن ريبيديوم ٨٧ يتحول إلى استرنشيوم ٨٧ . وثوريوم ٢٣٢ يتحول إلى رصاص ٢٠٨ . ويورانيوم ٢٣٥ يتحول إلى رصاص ٢٠٧ . ولكل من هذه العناصر الأصلية « نصف عمرها » الذى تتميز به والذى يتراوح بين ١٢٦,٠٠٠,٠٠٠ إلى ٦٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام .

وبينما يعترف بطريقة الرصاص فى كل العالم فلها قيودها الخطيرة فاليورانيوم ليس عنصراً شائعاً . وكثيراً ما يوجد فى التكوينات الچيولوچية التى لا تتوافق مع مقياس الزمن الچيولوچى . ومما ساعد على تخطى هذه الحدود

(جـــدول ١) الزمن الچيولوچى(*)

الحقبة	الفترة	العصر	الزمن بملايين السنين	الزمن من بدء الفترة إلى الحاضر (ملايين السنين)	الأحوال الچيولوچية	حياة النبات	حياة الحيوان
الكاينوزويك (عمر الثدييات)	رباعيـــة	الحديث	٠,٠٢٥	٠,٠٢٥	نهاية عصر الجليد الأخـــير ، المناخ أدفأ	ضعف النباتات الخشبيـــة ، وظهور النباتات العشبية	عمر الإنسان
		البلستوسين	١	١	التجمد المتكرر ، أربعـــة عصور جليدية	انقراض كبير فى الأنواع	انقراض الثدييات الكبيرة ، حياة الإنسان الاجتماعية الأولى
	ثلاثيـــة	البليوسين	١١	١٢	الظهور المستمر لجبال الشمال الغربى لأمريكا ، نشاط بركانى	زوال الغابات ، انتشـــار أعشاب المراعى ، نمو النباتات الزهرية وذوات الفلقة الواحدة	نشأة الإنسان ، الأفيـــال والجياد والجمال تشبـــه الأنواع الحديثة تقريباً .
		الميوسين	١٦	٢٨	تكوين الجبال المسلسلة الوعرة نشاط بركانى فى شمال غرب أمريكا ، المناخ أبرد		الثدييات فى قمة التطور ، أول القردة المشابهـــة للإنسان
		الأوليجوسين	١١	٣٩	الأراضى أقـــل انخفاضاً ، المناخ أدفأ	أقصى انتشار للغابات ، ظهور ذوات الفلقة الواحـــدة والنباتات الزهرية	الثدييات القديمة المنقرضة ، القردة شبيهة الإنسان ، طلائع معظم الأجناس الحية للثدييات

		الأيوسين	١٩	٥٨	تفتت الجبال ، عدم وجود بحار قارية ، المناخ أدفأ		تنوعت الثدييات المشيمية وتخصصت وظهرت الثدييات ذوات الحافر وآكلات اللحوم
		الباليوسين	١٧	٧٥			انتشار الثدييات القديمة
ثورة الجبال الصخرية (تحطيم ضئيل للحفريات)							
الميزوزويك (عمر الزواحف)	الطباشيرية		٦٠	١٣٥	تكونت جبال الآنديس والألب والهيمالايا فى وقت متأخر، بينما ظهرت البحار الداخلية والمستنقعات قبل ذلك ترسب الطباشير والحجر الرخو	ذوات الفلقة الواحدة الأولى ، غابات البلوط والقبقب الأولى ، زوال معراة البذور	وصل الديناصور إلى القمة ، ثم انقرض ، اختفاء الطيور ذوات الأسنان ، الطيور الحديثة الأولى ، الثدييات القديمة شائعة
	الجوراسية		٣٠	١٦٥	القارات متوسطة الارتفاع ، بحار ضحلة فوق بعض اراضى أوروبا وغرب الولايات المتحدة	زيادة ذوات الفلقتين ، شيوع السيكادات والمخروطيات	أول الطيور ذوات الأسنان ، الديناصورات أكبر ومتخصصة ، الثدييات الكيسية آكلة الحشرات
	الترياسية		٤٠	٢٠٥	القارات مكشوفة ، انتشار الأحوال الصحراوية ، كثرة الرواسب الأرضية	معراة البذور سائدة ، وتنحدر فى اتجاه النهاية ، انقراض السرخسيات التى تتكاثر بالبذور	أول الديناصورات ، العظايات المجنحة والثدييات البيوضة ، اختفاء البرمائيات البدائية

(تابع جدول ١) الزمن الچيولوچى

الحقبة	الفترة	العصر	الزمن بملايين السنين	الزمن من بدء الفترة إلى الحاضر (ملايين السنين)	الأحوال الچيولوچية	حياة النبات	حياة الحيوان
الثورة الكبرى (فقدان ضئيل للحفريات)							
الباليوزويك (عمر الحياة القديمة)	البرمية		٢٥	٢٣٠	ارتفاع القارات ، تكون جبال الألاكيان ، تزايد التجمد والجفاف	زوال نباتات الرصن وذيل الحصان	اختفاء كثير من الحيوانات القديمة وظهور الزواحف المشابهة للثدييات والحشرات الحديثة
	البنسلفانية (الكربونية)		٢٥	٢٥٥	فى البدء كانت الأرض منخفضة مستنقعات الفحم الكبيرة	غابات كبيرة من السرخسيات ذوات البذور ومعراة البذور	الزواحف الأولى ، الحشرات شائعة ، انتشار البرمائيات القديمة
	المسيسيبية (الكربونية)		٢٥	٢٨٠	فى البدء كان المناخ دافئاً ورطباً وبعد ذلك أصبح أكثر برودة إذ ارتفعت الأرض	نباتات الرصن وذيل الحصان سائدة ، معراة البذور تتزايد باستمرار	زنابق البحر فى قمة ظهورها ، انتشار القروش القديمة
	الديفونية		٤٥	٣٢٥	بحار داخلية أصغر ، الأرض أكثر ارتفاعاً وأشد جدباً التجمد	الغابات الأولى ، ازدهار النباتات الأرضية ، معراة البذور الأولى	البرمائيات الأولى ، كثرة الأسماك الرئوية والقروش

	السيلورية		٣٥	٣٦٠	بحار قارية واسعة ، الأراضي المنخفضة تزداد جداً نتيجة ارتفاع الأرض	أول دليل واضح على وجود النباتات الأرضية ، الطحالب سائدة	الأحياء البحرية من فصيلة العنكبيات سائدة ، الحشرات الأولى (عديمة الأجنحة) نشأة الأسماك
	الأرودفيشية		٦٥	٤٢٥	الأرض غارقة إلى درجة كبيرة مناخ دافىء حتى فى القطب الشمالى	من المحتمل أن تكون النباتات الأرضية قد ظهرت لأول مرة . الطحالب البحرية شائعة	الأسماك الأولى ، ومن المحتمل أن تكون أحياء الماء العذب ، الشعاب المرجانية متعددة . أنواع مختلفة من الرخويات
	الكبرية		٨٠	٥٠٥	الأرض منخفضة ، المناخ لطيف ، الصخور الأولى التى تحوى كثيراً من الحفريات	الطحالب البحرية	الترايلوبيتا (ثلاثية الفصوص) ذوات القوائم الذراعية شائعة ، ظهور معظم القبائل الحديثة
الثورة الكبرى الثانية (فقدان جسيم للحفريات)							
البروتيروزويك			١٥٠٠	٢٠٠٠	ترسيب كبير ، نشاط بركانى فى وقت متأخر تفتت كبير ، عمليات تجمد متكررة	النباتات المائية البدائية ، الطحالب والفطريات	مختلف الأوليات البحرية ، بالقرب من النهاية الرخويات ، الديدان واللافقريات البحرية الأخرى
الثورة الكبرى الأولى (فقدان جسيم للحفريات)							
الأركيوزويك			؟؟؟	؟؟؟	نشاط بركانى كبير ، بعض الرواسب ، تفتت كبير	لا توجد حفريات معروفة ، دليل غير مباشر على وجود المادة الحية من رواسب المادة العضوية فى الصخر	

(•) عن كتاب فيل (مع التصرف)

إدخال طرق كيموية إضافية ، وبذلك توجد هناك أسس كاملة نأمل أن تعطينا فى المستقبل مقياساً تاريخياً دقيقاً عن الزمن الچيولوچى . وفى الوقت الحالى يمكن أن نقول إن أقدم الصخور يبلغ عمرها أكثر من ٣,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام ، وإن أقدمها — وهى التى ظهرت فيها الحياة — تبلغ من العمر حوالى ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام ، وإن ما يقرب من ثلاثة أرباع هذه الـ ٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام والتى قد تكون الحياة ظهرت خلالها قد مضت قبل بدء العصر الكمبرى ، وهو العصر الذى بدأ فيه السجل الحفرى المفيد . وذلك لأن مقياس الرصاص لعمر راسب كمبرى متأخر قد أعطى رقما هو ٤٤٠,٠٠٠,٠٠٠ عام . أما التحديد التالى الدقيق فهو فى عصر البرمى المبكر عند عمر ٢٣٠,٠٠٠,٠٠٠ عام ، وبذلك فإن كل الحقبة الباليوزوية قد استمرت حوالى ٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠ عام . والحقبة الميزوزوية أو المتوسطة حوالى ١٣٠,٠٠٠,٠٠٠ عام ، والحقبة الكاينوزوية أو الحديثة حوالى ٧٥,٠٠٠,٠٠٠عام حتى وقتنا الحاضر . ويوجد راسب من بدء عصر الأيوسين حدد عمره بدقة ، وهو يحدد هذا العصر منذ ٥٨,٠٠٠,٠٠٠ عام . إن التواريخ قليلة ، ولكن من حسن الحظ أنها موزعة بتباعد فى الزمن الچيولوچى ، ولكن مع ذلك فإن القياسات الدقيقة لامتداد أية فترة أو عصر ليست فى متناول اليد .

طريقة الكربون المشع : وقد ظهرت طريقة إشعاعية أخرى تبشر بقياسات العمر على امتدادات أقصر قد تصل إلى ٤٠,٠٠٠ عام . فقد وجد أن الكائنات الحية تستغل نسبة صغيرة — وإن كانت ثابتة — من كربونها العضوى فى صورة مشعة . وأن نصف عمر الكربون المشع هو ٥٥٦٨ ± ٣٠ عام . وبذلك يمكن تحليل بقايا العظام أو الخشب أو أية بقايا من كائنات ميتة تحتوى على الكربون لتعيين ما تحتويه من الكربون المشع . ويمكن اتخاذ الفرق بين متوسط الكمية فى الأنسجة الحية وفى الحفريات على أنه ناتج من التحلل الإشعاعى ، كما يمكن حساب عمر الحفرية من نصف العمر . قد أثبتت هذه الطريقة أنها نافعة جداً فى دراسة بقايا البلستوسين المتأخر والبقايا الحديثة .

وعد مراجعتها على أشياء ذات قيمة تاريخية وعمرها معروف — مثل خشب من الأهرامات المصرية — وجدت أنها طريقة يمكن الاعتماد عليها .

التحول إلى حفريات

يمكن اعتبار الحفرية على أنها أية بقايا للكائنات الحية من الماضى البعيد . وبينما توجد طرق متعددة تتكون بها الحفريات فإن معظمها يتضمن دفن الكائن الميت . وكلما ترسبت فوقها رواسب أكثر فأكثر يزيد عمق الحفرية . ولذلك يكون من المتوقع عموماً أن نجد أقدم حفرية فى أعمق طبقات سطح الأرض . فى حين تعتبر الحفريات التى توجد بالقرب من السطح ذات أصل حديث . وبذلك يمكن لشخص أن يقرأ قصة الحياة فى تتابعها التاريخى الصحيح . وذلك بفحص السجل الحفرى فى ترتيب من أعمق الطبقات إلى أقربها من السطح .

ولكن الأغلبية العظمى من النباتات والحيوانات لا تتحول إلى حفريات بعد موتها . ففى الأحوال العادية يتعرض الكائن الذى يموت إلى التعفن والتلف . فالحيوانات المفترسة والرمية قد لا تأكل الأجزاء الميتة من الجسم فحسب ولكنها قد تكسر التراكيب الهيكلية حتى لا يبقى هناك أى أمل فى حفظها أو التعرف عليها . ولا تتكون الحفرية إلا تحت ظروف غير عادية حيث يدفن الكائن الحى بسرعة أو يحمى بطريقة ما من الحيوانات الرميـــة والتأكسد . ولذلك فمهما كانت معلوماتنا عن السجل الحفرى كاملة . إلا أنها مجزأة إلى حد كبير . ويرجع ذلك إلى أن الغالبية العظمى من الكائنات الحية لا تأخذ أبداً الخطوة الأولى نحو التكوين الحفرى .

إن الطريقة كثيرة الشيوع لتكوين الحفريات هى الدفن فى الرواسب التى تترسب باستمرار على قاع المحيطات وغيرها من المساحات المائية الكبيرة . فعندما تموت الحيوانات المائية فإنها قد تسقط فى ضحلات رسوبية عميقة تحفظ أجسامها من الحيوانات الرمية ومن التأكسد . ثم تتحلل بالتدريج الأجزاء

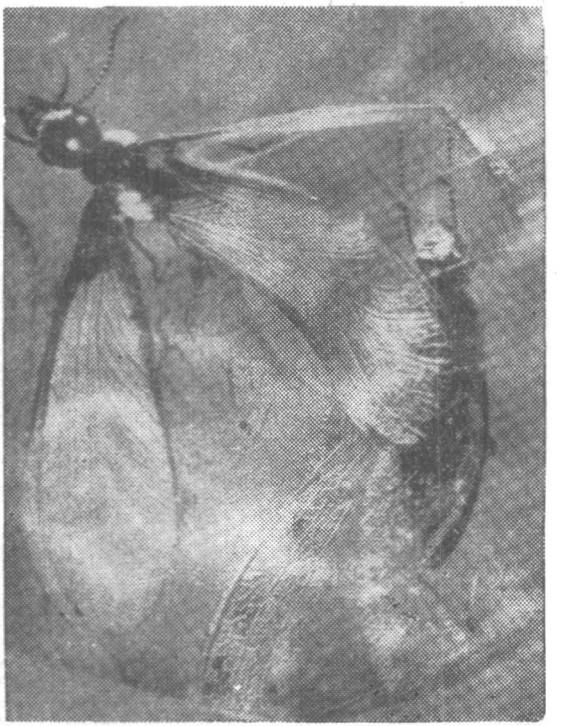
اللينة حيث تحمل بعيداً بواسطة الماء المتسرب ، وقد تبقى العظام والتراكيب الصلبة الأخرى كما هى ، أو قد تستبدل جزءاً بجزء بواسطة المعادن الموجودة فى الماء . وبينما تستمر هذه العملية يزيد سمك طبقة الراسب التى تكون قد ترسبت ، وبالتدريج تتصلب أجزاؤها السفلية إلى صخر وهو الصخر الرسوبى الطبقى الذى تمتاز به رواسب القاع البحرية أو المائية فى كل مكان ، وهى دمغة البحار القديمة فى المناطق التى أصبحت حالياً أرضاً جافة . ومع ذلك ، فليست هذه هى الطريقة الوحيدة التى قد تدفن بها الأحياء ، فالزوابع الترابية قد يكون لها نفس التأثير . وهى فعالة فى تكوين حفريات الأحياء التى تعيش على اليابسة ، وأيضاً فإن الرماد البركانى قد يدفن الأحياء بسرعة ، وبذلك يعمل على حفظها كحفريات . فمدينة بومبى ، التى دفنت عام ٧٩ بعد الميلاد تحت الرماد البركانى من جبل فيزوف قد درست باستفاضة فى العصور الحديثة . وقد وجدت عائلات بأكملها مع حيواناتها المستأنسة محفوظة كفجوات فى الرماد حيث يمكن عمل قوالب منها . أما الأحياء التى تعيش فى الصحراء فقد تجف بواسطة الرياح الساخنة الجافة الصحراوية ، ثم تدفن تحت الرمال المتحركة .

وقد تكون بعض طرق الدفن الأخرى ذات فاعلية أيضاً ، فاذا تكون ينبوع بترولى فإن تبخر الزيوت الطيارة ستنتج عنه أولا بركة من القار اللزج ثم يتكون بعد ذلك الأسفلت اللزج . وقد حدث ذلك فى خلال عصر البلوستسين فى مدينة « رانشولابريو » فى جنوب كاليفورنيا . وقد وقع فى شرك هذا الأسفلت عدد من طيور وثدييات العصرين البلوستسينى والحديث ، وهى تعتبر من أحسن الحفريات التى حفظت . ويظهر أن ذلك قد حدث بالطرق الآتية . فالثدييات وآكلات العشب والطيور الصغيرة تحاول أن تصل إلى البرك التى تكونت بفعل الأمطار على سطح الأسفلت ، وبعملها هذا تلتصق بالأسفلت اللين ، وبينما تحاول الحيوانات المفترسة القبض على هذه الحيوانات الصغيرة فإنها تقع فى الشرك . كما قد تنزل الطيور المائية فى برك

الماء المتكونة ، وسريعاً ما تقع فى شرك الأسفلت المحيط بالأطراف . وبذلك تعتبر « رانشولابرايو » من أغنى المصادر المعروفة للحفريات الممتازة للطيور والثدييات الحديثة . وبالنسبة لامتداد مدينة لوس انجليس حولها ، فهى ما لبثت تقوم باصطياد حيوانات المنطقة البرية ، كما قد يستدعى أحياناً قسم مطافىء لوس انجليس لكى ينقذ طفلا التصقت أرجله بالأسفلت .

وثمة طريقة أخرى فى الدفن وهى اصطياد الحشرات داخل الكهرمان (شكل ٢٤) . إن مثل هذه الحفريات ما زالت فى بعض الأحيان محفوظة بأكملها تماماً ، حتى إنه يمكن مقارنة تفاصيلها الهستولوجية بتلك العينات المثبتة حديثاً .

وأخيراً قد تتحجر الكائنات الحية ، ويعنى ذلك استبدال أنسجتها جزءاً بجزء بواسطة المعادن الذائبة فى ماء المنطقة . والمعادن الأساسية المستخدمة فى



(شكل ٢٤) نملتان فى كهرمان منتصف السينوزويك .

هذا النوع من التحجر هى بيريت الحديد والسليكا وكربونات الكالسيوم وغيرها من الكربونات . ومن الأمثلة المعروفة والشائعة للتحجر الغابات المتحجرة التى توجد فى جنوب غربى الولايات المتحدة ، ومع ذلك فقد تتحجر بقايا الحيوانات . وبوجه عام فالتحجر يحفظ أجزاء الجسم الصلبة فقط ، وأحياناً تحفظ الأجزاء اللينة جيداً حتى إنه يمكن إظهار تفاصيل الخلايا بعمل قطاعات رقيقة . إن معظم الحفريات من الصخور الرسوبية تنتمى لهذا النوع ؛ وقد استبدلت المادة الأصلية بالمعادن من الوسط المحيط بها .

أنواع الحفريات : توجد أنواع متعددة من الحفريات طبقاً لما قد حفظ منها ، فقد يحفظ كل الكائن الحى ، ولكن يحدث هذا نادراً ويعرف فقط فى حفريات العصر الحديث . ومن أفضل الأمثلة على ذلك الحشرات فى الكهرمان وبعض الثدييات من « رانشولابريو » والماموث وبعض الثدييات الأخرى التى وجدت مجمدة فى المنطقة القطبية . إن مثل هذه النماذج هى بالطبع حفريات مثالية ولكن نظراً لأنها نادرة جداً ، ولأنها كلها من أصل حديث فهى فى مجموعها من ناحية علم الحفريات أقل أهمية من أنواع الحفريات الأقل كمالا وإقناعاً . وتكون الأغلبية العظمى من الحفريات متحجرة أو متفحمة ، كما أن الأجزاء الصلبة فقط من الأحياء هى التى حفظت ، ولذلك تكون عظام الفقاريات وأصداف وأشواك اللافقاريات ، وأجزاء النبات الخشبية هى التى تحولت إلى حفريات . إن مثل هذه الحفريات غير كاملة عادة ، ويرجع ذلك إلى طبيعة تكوينها . ومع ذلك فإنه من الشائع أن توجد كأجزاء مكسورة .

وليس من الضرورى أيضاً أن تشتمل الحفرية على أى جزء أصلى من الكائن الحى . فقد تكون مجرد أثر قدم أو أثر ورقة نباتية تصادف أن أفلتت من التلف بينما تصلب الطين أو الرمل الذى انطبع عليه هذا الأثر إلى حجر . وقد تملأ مثل هذه البصمات بعد ذلك بمعادن صلبة ، وبذلك تكون قالباً للتركيب الأصلى كالذى يقوم به النحات ، وبهذه الطريقة تحفظ الكائنات الحية ذات

الأجسام اللينة مثل تلك التى تحتوى على تراكيب هيكلية صلبة . وعديد من الكائنات الحية معروفة فقط من القوالب والبصمات التى تركتها . وحتى البراز قد يتحجر ويدرس تحت اسم الروث المتحجر (Coprolites) . وقد تزودنا هذه بمعلومات ثمينة عن عادات أكل الحيوانات المنقرضة .

نقص السجل الحفرى : إن أحد المظاهر الهامة لسجل الحفرى أنه غير كامل . وقد سبق أن أشرنا إلى سبب واحد لذلك : فمعظم الكائنات الحية لا تأخذ الخطوة الأولى نحو التحجر بتاتاً . وتتلفها الحيوانات المفترسة أو الرمية . أو أنها تتعرض للعناصر وتتحلل . ولكن هنـــاك فوق ذلك عدداً من العوامل التى تسهم فى نقص السجل الحفرى . ومن بين طرق التحجر المتعددة التى سبق ذكرها فإن واحدة فقط — وهى الدفن فى رواسب البحر أو المياه العذبة — من الممكن أن تحدث بانتظام . ونتيجة لذلك نجد معظم الحفريات فى مثل هذه الصخور الرسوبية . فى حين يكون هناك تمثيل ضئيل للحفريات الأرضية .

كذلك يتقيد السجل الحفرى بحقيقة أن الأجزاء الصلبة من الجسم على وجه العموم هى التى تتحول إلى حفريات . وفى بعض الأحوال تكون مثل هذه الأجزاء مهمة من الناحية التصنيفية ، ولا تكون كذلك فى أحوال أخرى . ففى الفقاريات تكون الهياكل أكثر الأجزاء بقاء . وهى أيضاً ذات قيمة تصنيفية كبيرة وقد تعطى البقايا الهيكلية معلومات متباينة تماماً عن حيوان فقارى . ومن الواضح أن الهيكل العظمى الكامل يبين حجم الحيوان . ومع ذلك فإن عظماً واحداً . أو حتى جزءاً من عظم بين يدى عالم تشريح ماهر قد يعطى أساساً لتقدير معقول عن الحجم . ويمكن تعيين حجم العضلات وشكلها من دراسة مكان اتصالها بالعظام . ومن هذا فالخطوة سهلة عن شكل الحيوان العام وخطوته وسرعته المميزتين ، وتعطى الجمجمة دلالة على الذكاء النسبى ، وتبين الأسنان نوع الطعام الذى يتناوله الحيوان . ولذلك تعتبر هياكل الفقاريات من أنسب الحفريات . ومع ذلك فإن حفظ الأجزاء الصلبة

لا يعطى دائماً نتائج موفقة . ومن بين النباتات نجد أن الأجزاء الخشبية هى التى يشيع حفظها . ولكن هذه ذات أهمية ثانوية تماماً من الناحية التصنيفية . أما الأزهار ذات الأهمية الكبرى لتصنيف النبات فيكون حفظها نادراً . وتكوين الحفريات لكثير من المجموعات نادر جداً ، وذلك لعدم وجود أجزاء صلبة بها .

ولم تكن جميع الأزمنة فى تاريخ الأرض مناسبة بدرجة واحدة لتكوين وحفظ الصخور الرسوبية . فمن الثابت تماماً أن المستوى العام للقارات قد تغير من وقت لآخر — من عصور باردة حيث كانت « الأفاريز » القارية مكشوفة لحد كبير — إلى عصور دافئة متبادلة معها حيث كانت « الأفاريز » القارية ، وحتى الكثير من مساحات الأراضى المنخفضة ، مغمورة لتكوين بحار ضحلة . وخلال فترات الغمر المتتابعة ، فان طبقة حديثة الترسيب مما فيها من حفريات قد تحمى بترسيب طبقة أخرى فوقها ، وبهذه الطريقة تتكون طبقات سميكة جداً . ولكن خلال فترات الارتفاع فإن الطبقات حديثة التكوين قد ترتفع بسرعة فوق سطح الماء حيث تكون معرضة للتأكل وفساد الحفريات بفعل الموج والريح والمطر . وتكون النتيجة أن بقايا فترات الغمر أغنى بكثير فى حفرياتها من البقايا الموجودة فى فترات الارتفاع . وهذا يكون بعكس الكثرة النسبية المحتملة للأنواع . ويرجع ذلك إلى أن ارتفاع القارات يكشف مساحات واسعة ومناطق بيئية جديدة للاستيطان . ولذلك يكون من المحتمل أن تزيد أعداد الأنواع فى مثل هذه الأوقات . ولكن خلال فترات الغمر يتقلص العالم المسكون ويتبع ذلك انقراض العديد من الأنواع .

وحتى الآن تفترض هذه المناقشة أن الطبقات متى تكونت تبقى بدون اضطراب إلى أن يضربها معول الچيولوچى . ولكن هذا ليس حقيقياً على الإطلاق . فالصخور بما تحتوى عليه من الحفريات قد تعتريها تغيرات أساسية بطرق متعددة . فقد تندفع الجبال إلى أعلى ، وقد تنحت الأنهار ممرات عميقة خلال عدد كبير من الطبقات المتتالية ، وقد تتشقق الصخور بالضغوط ، وقد

ينزلق جزء على آخر . وقد يحمل الجليد الصخور السطحية بعيداً ويعرى الطبقات الأعمق . وقد تتعرى الصخور بواسطة الريح أو الماء . وقد تغير أو تفسد عدة عوامل چيولوچية أخرى الطبقات الحاملة للحفريات . إن لكل هذه العوامل فائدتها ، إذ تسبب مثل هذه العمليات كشف الطبقات العميقة للدراسة . وهو أمر لا يمكن القيام به إذا تركت هذه الطبقات كما ترسبت فى الأصل ، ولكن نتيجة كل هذه العمليات الدمار الكبير للحفريات .

تقييم السجل الحفرى

وإذ نضع الحقائق السابقة فى أذهاننا ، فإننا سنحاول القيام ببعض التقييم للسجل الحفرى للمجموعات المختلفة . والمميزات التى يجب أن نعالجها هى وفرة الحفريات التى ينتفع بها فى الدراسة ، درجة كمالها والسهولة التى يمكن أن تفسر بها . فالبروتوزوا (وهى حيوانات وحيدة الخلية والأفضل لا خلوية) لا توجد لها حفريات بوجه عام ، ومع ذلك فتلك التى توجد لها أصداف كلية أو سيليكية قد تحولت إلى حفريات بأعداد هائلة . وهذه هى أساساً الفورامينيفرا والهليوزوا والرديولاريا ، وكلها رتب تنتمى إلى طائفة الريزوبودا . ومن أمثلتها المعروفة تماماً الأميبا . ويتكون الجزء الأكبر من الرواسب الطباشيرية وبعض الحجر الجيرى من أصداف الفورامينيفرا . فى حين تتكون معظم الصخور السليكية فى الأصل من الرديولاريا . ويمكن الحصول عادة على الأصداف فى حالة جيدة من الكمال . وهى تكون فى حالة جيدة تماماً فيما يختص بسهولة فهمها . وتمثل الاسفنجيات فى السجل الحفرى بواسطة شويكاتها التى تكون جيرية أو سيليكية . ومن ناحية وفرتها فلا بأس بها ، أما حفظها فهو بدرجة جيدة . ومع ذلك فإن سهولة تفسيرها مقبول .

وقد تركت معظم الجوفمعويات (وهى الهيدرات وقناديل البحر والشعاب المرجانية وأقرباؤها) سجلا حفرياً قليلا ضعيفاً فى نوعه . ومع ذلك فقد تركت الشعاب المرجانية عدداً كبيراً من الحفريات الكاملة تماماً والتى يمكن تمييزها بسهولة . وقد كان تحول الحلقيات وغيرها من الشعب دودية الشكل

إلى حفريات نادراً جداً لدرجة أن تلك الحفريات إن وجدت تكون لها قيمة قليلة فى تتبع تاريخ هذه المجموعات، ومع ذلك فإن قليلا من الحفريات الحلقية المعروفة كاملة بدرجة تدعو إلى الدهشة . وبالنسبة إلى أهمية عدد من الشعب دودية الشكل بين الحيوانات الحية فيعتبر هذا النقص على وجه الخصوص ثغرة خطيرة فى السجل الحفرى ، وتمثل المفصليات البحرية بوفرة فى السجل الحفرى ، أما الحشرات فتمثيلها ضعيف إلى حد ما . إن كثيراً من الحفريات المفصلية كامل تماماً ، وسهولة فهمها لا بأس به ، وقد يفوق الجودة ، وتعتبر خيشوميات الأرجل (البراكيوبودا) ، أو أصداف المصباح من الشعب الصغيرة وهى تحتوى حالياً على أنواع قليلة يقتصر وجودها على البحار الاستوائية ، وقد كانت هذه أكثر أهمية فى العصور الباليوزوية ، ويعتبر سجلها الحفرى من أفضلها من جميع النواحى .

أما الرخـــويات التى تشتمل على حيوانات مثـــل سراير البحر ، والأخطبوطات ، والمحار ، والقواقع . فقد تركت سجلا حفرياً وافراً . وغالباً ما تكون الأصداف محفوظة بحالة جيدة . ويمكن تفسيرها بواسطة طرق عديدة من التسلسل . أما حفريات شوكية الجلد (وهى مجموعة تشمل نجوم البحر وأقربائها) فهى كثيرة جداً . ومن ناحية كمالها فهى ممتازة ، أما تفسيرها فلا بأس به . وأخيراً توجد الفقاريات فى السجل الحفرى بأعداد لا بأس بها . وهى ممتازة فى كمالها وتفسيرها ، ومع ذلك فالحبليات الأولية التى لا يوجد لها هيكل ليست ممثلة فى السجل الحفرى بتاتاً ماعدا الجاموتيس، وهو حفرية مثيرة للجدل وشبيهة بحيوان السهيم وتوجد فى صخور إنجلترا السلورية وهى من الحبليات الأولية .

ومع ذلك فبالرغم من أن السجل الحفرى مجزأ إلا أنه من المدهش أنه يعطى إثباتاً واضحاً لحقيقة التطور ، ويمكن أن تستخلص تفصيلات كثيرة من طرق الانحدار المتعددة . وتشتمل أقدم الحفريات على اللافقاريات فقط . ثم تظهر بعد ذلك فقاريات شبيهة بالأسماك ، وهذه تمتزج بالتدريج مع الأسماك

الحقيقية التى تشبه بعض الأنواع التى تعيش حالياً . وبعد ذلك تظهر فى السجل الحفرى البرمائيات والزواحف ، وأخيراً تظهر الطيور فالثدييات . وبذلك فإن أبسط الحيوانات تظهر فى أبعد العصور الچيولوچية بينما تظهر الأكثر تعقيداً متأخرة فى التاريخ الچيولوچى وتوجد فى معظم المجموعات الرئيسية (الرتبة والطائفة والشعبة) تغيرات مميزة من عصر چيولوچى إلى آخر ، ولكن هناك فونات معينة تماثل تلك التى تعيش فى فترة قريبة من زمنها تماثلا أكثر من الفونات التى توجد فى فترة أخرى أبعد منها فى الوقت . وفى النهاية ، فإن حفريات الأحياء الحديثة تمتزج بالحيوانات والنباتات التى تعيش فى وقتنا هذا ، وغالباً ما تمثل نفس الأجناس ، وحتى نفس الأنواع .

الشكيات ضد التطور

كان من المعتاد قبل عصر داروين أن تفسر هذه الحقائق بافتراض أن الحياة قد دمرت بكوارث من حين إلى آخر ، وتبع كل كارثة خلق جديد . ولكن بعد أن تجمعت معلومات حفرية أكثر فأكثر صار واضحاً أن عدد الكوارث الضرورية لحدوث التتابع المعروف للنباتات والحيوانات كان غير معقول إلى حد بعيد ، كذلك لم يحدث انقراض المجموعات المعاصرة المختلفة فى نفس الوقت كما هو لازم طبقاً لنظرية الكوارث . وطبقاً لنظرية داروين لم يكن من الضرورى أن تفترض أية كارثة . فالأنواع تتغير بكل بساطة باستمرار تحت تأثير الانتخاب الطبيعى . وتكون النتيجة المحتومة هى صورة متغيرة للنباتات والحيوانات من عصر إلى العصر الذى يليه مع ازدياد فى الاختلاف على طول الزمن ، ولا يستلزم هذا أن يكون معدل التغير فى المجموعات المختلفة ، أو فى أفراد نفس المجموعة متماثلا .

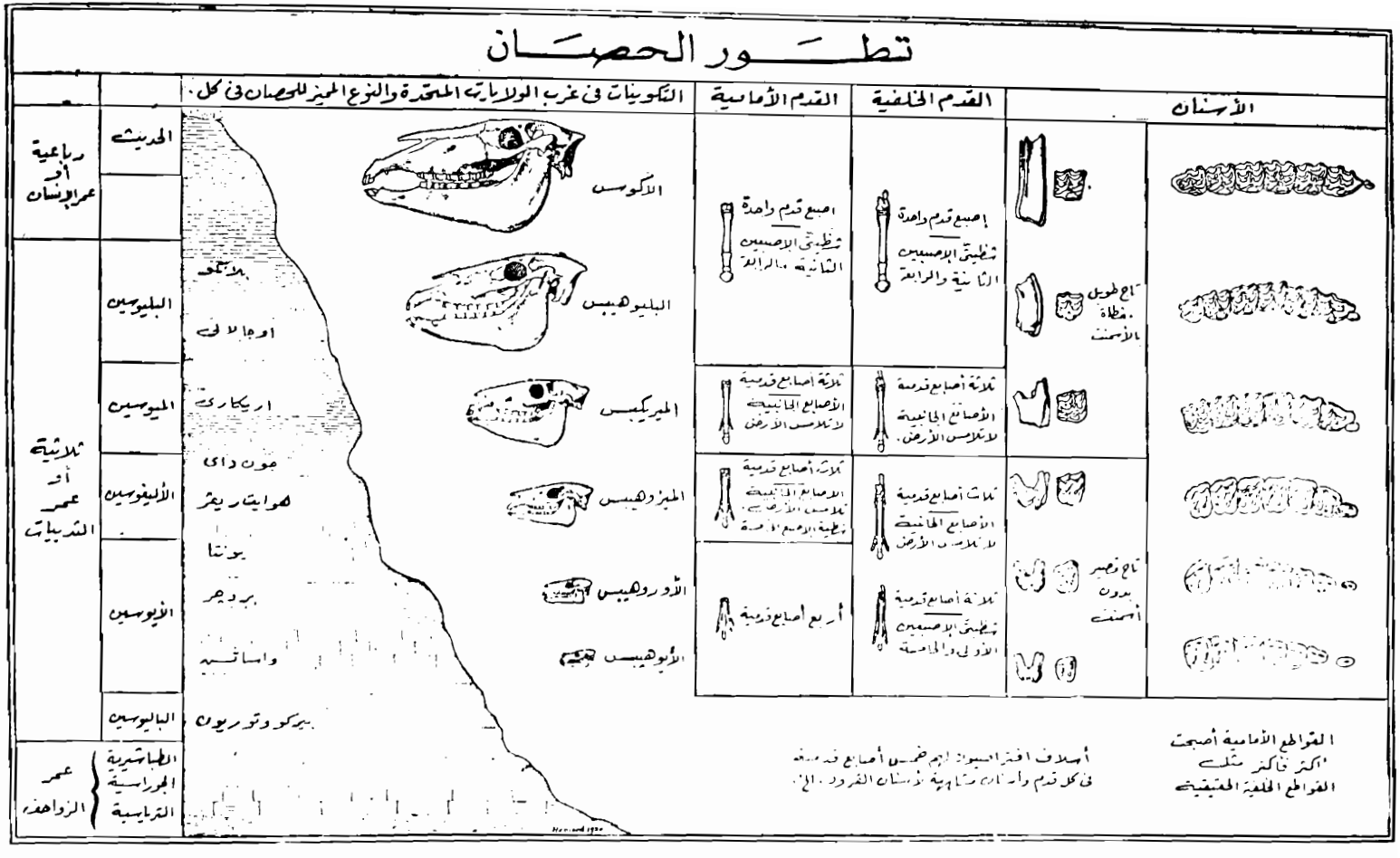
تطور الحصان

ربما يكون الأصل المعروف لأى حيوان فقارى أكثر من غيره هو أصل الحصان ، فتاريخ الحصان كما نفهمه فى يومنا هذا يشمل فترة تقرب

من ستين مليون عام ، وهى تبدأ فى عصر الأيوسين وتتضمن عشرين جنساً وعدداً أكبر من الأنواع ، والمعتقد أن معظمها لا توجد فى نفس طريق الانحدار المباشر . فقد كان أقدم أفراد فوق فصيلة الاكوييديا ثمانية أجناس تنتمى لفصيلة باليوثيريدى ، ولكن لا يؤخذ لهذه الأجناس عادة أى اعتبار عند دراسة أصل الحصان . ويرجع ذلك جزئياً إلى عدم التأكد فيما يختص بعلاقتها بالأكوييديات الأكثر رقياً . وليس هذا فحسب ولكن لأنها تبين قرابة للثدييات الأخرى تماثل ، إن لم تكن أكثر ، من قرابتها للحصان . فمثلا تكون « حوافرها » شبيهة تماماً بالمخالب .

إن نقطة البداية المعتادة لأصول الحصان هى الهيراكوثريم (الذى يشمل الأيوهيبس المذكور فى عدد من البحوث) ، وهو أقدم الأفراد المعروفة لفصيلة الحصان ، وقد كان ارتفاع هذا الحيوان الصغير عند الكتف أقل من قدم ، كما كان يرعى حشائش الغابات (وهذا معروف من مميزات الأسنان) ، إذ كان عدد الأسنان أربعاً وأربعين ، وكان تخصص أسنان الخد فى الطحن معتدلا . كما كانت للأقدام الأمامية أربع أصابع وشظية ، وللأقدام الخلفية ثلاث أصابع وشظيتان (تمثلان الإصبعين الأولى والخامسة) . ومع ذلك فقد كانت الأصبع الثالثة أكثر بروزاً عن الأصابع الأخرى فى كل من الطرفين الأمامى والخلفى (شكل ٢٥) .

ويظهر أن طريق التسلسل يمر فى كل خطوة بتغيرات قليلة من الهيراكوثريم خلال الميزوهيبس والميوهيبس والباراهيبس والمريكيبس والبليوهيبس إلى الأكوس وهى خيل الوقت الحالى وأقرباؤها ، وفى الحقيقة أن التغيرات التى وصلت إليها كبيرة ؛ فقد زاد الحجم من مثل حجم القط المنزلى إلى حجم البرشرون . كما أن أسنان الوجنة التى كانت فى الأصل ذات تاج منخفض وبدائية بعض الشىء صارت ذات تاج عال جداً وذات تخصص عال فى طحن الحشائش السليكية الخشنة . وقد صاحبت هذه التغيرات استطالة الفكوك وأجزاء الرأس المتصلة بها . وقد حدث فى نفس الوقت



(شكل ٢٥) تطور الحصان .

تطور فى حشائش السلسلة السليكية ، ومن المحتمل أن تكون قد قامت كقوة انتخابية بالتأثير فى الخيل . وكذلك فان الأطراف قد استطالت وأصبحت بسيطة لفقد بعض الأجزاء (الأصابع) والتحام أجزاء أخرى (أمشاط اليد والقدم) . وقد صار الرأس أكثر طولا وحركة .

إن هذا الأصل يوضح أن الأجناس الستة المنقرضة كانت فى الطريق المباشر المؤدى إلى الخيل المعاصرة أو بالقرب من هذا الطريق ، ويجب ألا يفسر بمعنى أن تطور الحصان قد سار فى اتجاه محدد منذ البداية ، كأن الخيل قد عرفت منذ البداية أين كانت ذاهبة وأخذت الخطوات المباشرة لكى تصل إلى هناك . فيجب أن نتذكر بأن السجل يحتوى على ثلاثة عشر جنساً أخرى تنتمى إلى فصيلة الأكويدى وكذلك ثمانية أجناس تنتمى إلى فصيلة Paleotheriidae إن هذه الأجناس المتعددة قد اختلفت فى عدة أوجه ، فهى فى الواقع مشتركة فى بعض ميزاتها مع أبناء عمومتها فى «الطريق الرئيسى» ، ولكنها تختلف عنها فى ميزات أخرى كثيرة . فمثلا لم تؤد بعض طرق التسلسل إلى ظهور أسنان ذات تاج مرتفع . ففى كل فترة من تطور الحصان ، كانت هناك أجناس وأنواع على اختلاف كبير . وقد تخلص الانتخاب الطبيعى من غالبيتها العظمى .

وقد سلم كل عالم بصحة هذه السلسلة من حفريات الحصان . ولكن البعض من معارضى التطور اعترض على أن الحقيقة المجردة بأن مثل هذه السلسلة من الأجناس التى وجدت فى تتابع من الأكثر بدائية إلى الأكثر تخصصاً لا تعنى أن الأخيرة قد انحدرت من الأولى . وهم يجادلون بأن كلا منها قد خلق على حدة ، وأنه لا يوجد أى سبب يفسر لماذا لم تخلق فى تتابع منظم . ولا توجد أية إجابة لذلك ، والسبب ببساطة أنها تنتحى عن الدليل كلية . وقد يقول قائل أيضاً بأنه لا يوجد أى سبب يفسر لماذا خلقت فى ترتيب خاص . ومن الواضح أن هناك احتمالا كبيراً لظهور الانحدار ، وذلك لأن الخيل المتخصصة قد انحدرت فى الواقع من الخيل البدائية . ولكن عندما نأخذ فى الاعتبار الأمثلة المتعددة من مجموعات الأحياء

الرئيسية التى تماثل الحالة التى سبق ذكرها فان احتمال كون هذا الظهور للانحدار مضللا أصبح احتمالا بعيداً جداً .

الدليل من علم الوراثة

إن آخر خيوط الأدلة على التطور تستنتج من علم الوراثة ، وهو علم التوريث . وليس فى النية أن نستعرض هذا الموضوع هنا . وذلك لأن علاقة علم الوراثة بالتطور ستحتل جزءاً كبيراً من الفصول التالية . ومع ذلك فيمكن هنا أن نقرر أن الجينات (عوامل الوراثة) ثابتة تماماً ، وهى تورث على أساس إحصائية يمكن التنبؤ بها . وعلى ذلك فهى تميل لأن تجعل الأنواع ثابتة . ومع ذلك فالجينات لها القدرة على القيام بالتغير (الطفرة) وبذلك تكون العلامة المحددة مختلفة عن الأصل . وهى ثابتة مثلها . ومن ثم فإن الطفرة تكون أساساً للتغيرات الوراثية وهى المادة الخام للتطور .

المراجع :

Aldrich, L. T., 1956. "Measurement of Radioactive Ages of Rocks," *Science*, 123, 871-875. A brief description of the methods, with some of the recent results.

Darwin, C. R., 1859. "Origin of Species," Chapter X, "On the Imperfections of the Geological Record." After a century, this is still the finest treatment of the subject.

Gregory, W. K., 1951. "Evolution Emerging," Vols. I and II, The Macmillan Co., New York, N.Y. An exhaustive presentation of the viewpoint of a paleontologist at the end of a long career.

Moore, R. C., 1958. "Introduction to Historical Geology," 2nd Ed., McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y. Paleontology is well presented here.

Romer, Alfred S., 1945. "Vertebrate Paleontology," 2nd Ed., University of Chicago Press. An excellent treatment of the vertebrates.

Stirton, R. A., 1959. "Time, Life, and Man," John Wiley & Sons, New York, N.Y. A well illustrated, nontechnical introduction to paleontology.

White, E. I., 1946. "*Jamoytius kerwoodi,* a new Chordate from the Silurian of Lanarkshire," *Geological Magazine*, 83, 89. The original description of this interesting and controversial fossil.

الفصل السادس

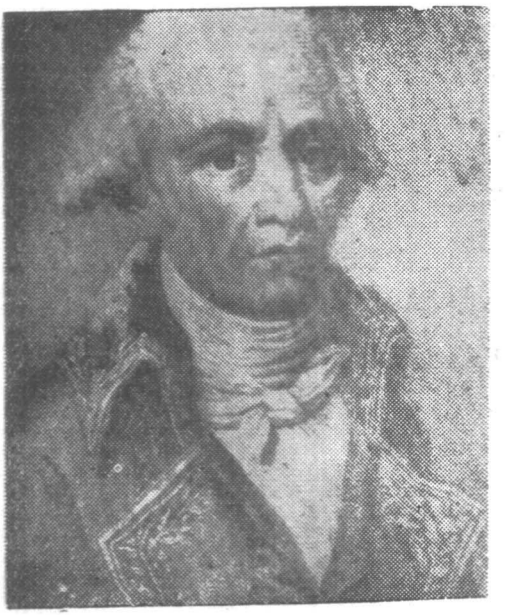
تاريخ الفكر التطورى

ليس المفروض هنا أن نستعرض كل الفكر التطورى . فهذا الموضوع تتناوله باسهـــاب تام كتب تاريخ علم الأحياء . وإن الهدف الحالى هو بكل بساطة استعراض بعض الاتجاهات الرئيسية للفكر التطورى فى العصر الحديث .

لامارك

يعتبر لامارك الدارس الوحيد ذا الأهمية الحقيقية للتطور قبل داروين (شكل ٢٦) ، وهو بيولوجى فرنسى (١٧٤٤ — ١٨٢٩) بدأ حياته كدارس للنبات ، ولكنه أصبح بعد ذلك دارساً لعلم الحيوان عندما أعطيت له الفرصة لدراسة هذا العلم فى حديقة النباتات (وهى عبارة عن معهد لعلم الأحياء بالرغم من اسمها) . إن خدمات لامارك لعلم الحيوان العام متعددة الجوانب ، وذلك بالرغم من أن اسمه يقترن دائماً بنظرية مهجورة للتطور . فقد كانت دراساته عن اللافقاريات مستفيضة ، وأدت إلى تصنيف أفضل كثيراً ، وقد تعرف على اللافقاريات والفقاريات كأقسام منفصلة من العالم الحيوانى . كما اقترب كثيراً جداً من نظرية الخلية قبل أن يصوغها شيلدن وشوان بتسعة وثلاثين عاماً .

إن دراسات لامارك التصنيفية قد أقنعته بأن الأنواع ليست ثابتة ، وأنها قد انحدرت من أنواع كانت تعيش من قبل ، ولكى يفسر ذلك فقد صاغ نظرية متقنة يمكن تلخيصها فى أربعة آراء : (١) تميل الكائنات الحية وأجزاؤها المكونة لها إلى الزيادة فى الحجم . (٢) ينشأ تكوين عضو جديد من التزامات



(شكل ٢٦) جين بابتست لامارك

جديدة ومن الحركة الجديدة التى تبدؤها هذه الالتزامات ثم تتمسك بها . (٣) إذا استعمل هذا العضو الجديد باستمرار فإنه يميل لأن يصير نامياً تماماً ، فى حين ينتج الضمور من عدم الاستعمال (٤) إن التحورات التى نتجت خلال حياة الفرد على أساس المبدأ الذى سلف ذكره ستورث للنسل . وتكون نتيجة ذلك تجمع التغيرات على مدى فترة من الزمان .

وقد نشر لامارك نظريته لأول مرة عام ١٨٠٢ ، ودافع عنها بشدة حتى مات وقد قاسى بسببها كلا من النفى الاجتماعى والعلمى ، ومع ذلك فقد كانت لديه الشجاعة لاقتناعه . ولم يوفق فى إقناع العلماء المعاصرين له ، ولا يرجع ذلك فقط إلى أن الاتجاه فى هذا العصر كان ضد التطور — وذلك بالرغم من أن الكثيرين كانوا يشكون فى ثبوت الأنواع — ولكن بسبب استهجان بعض بحوثه الأساسية . وهكذا فإن المبدأ الأول وهو الميل إلى الزيادة فى الحجم بعيد عن الحقيقة العامة بالرغم من أن طرقاً واقعية متعددة من الانحدار تمثله ، وكثير من مجموعات الكائنات الحية لا تظهر أى ميل لإنتاج

سلالات تؤدى إلى الضخامة . كما كان الاختزال فى الحجم هو الصفة السائدة فى التطور فى عدد ليس بالقليل . أما المبدأ الثانى وهو أن الأعضاء الجديدة تنشأ من احتياجات جديدة فيبدو أنه غير صحيح بتاتاً . ففى حالة النباتات اعتقد لامارك أن البيئة قد أثرت بطريقة مباشرة على النبات مسببة تكوين صفات جديدة تكيف النبات لبيئته . وفى حالة الحيوانات اعتقد لامارك أن البيئة تؤثر عن طريق الجهاز العصبى . وبمعنى آخر فإن رغبة الحيوان تؤدى إلى تكوين تراكيب جديدة ، وهذا يعنى بوجه عام أن الإنسان الذى يتأمل « أن الطيور يمكنها التحليق فلماذا لا أحلق أنا ؟ » فيجب أن تنبت له أجنحة يطير بها فى الهواء .

إن لامارك لم يقدم مثل هذه الأمثلة المحملة تماماً . فقد فسر الرقبة الطويلة والأكتاف العالية للزرافة على أسس مماثلة على الرغم من ذلك . وتقتات الزرافة على أوراق الأشجار . فقد افترض أن لها فى الأصل نفس النسب التى للثدييات المثالية . ولكن نظراً لإجهادها لكى تصل إلى الأوراق العالية ثم الأعلى منها فقد نمت أكتافها إلى أعلى واستطالت رقابها وذلك استجابة لحاجتها . وقد تراكمت الزيادة من جيل إلى آخر .

وقد كان اقتراحه الأخير هو توريث الصفات المكتسبة خلال حياة الفرد . إن هذا اقتراح ضرورى إذا كانت للتحورات الناتجة من البيئة أية دلالة تطورية . ومع ذلك فقد أثبتت كل دراسة تجريبية جادة لاختبار هذا المبدأ عدم صحته . ما عدا استثناء واحداً مشكوكاً فيه . وهذا الاستثناء يرتبط بمجموعة من التجارب التى أجراها ماكدوجال على التعلم فى الفئران . فقد أسقطت الفئران فى خزان ماء له مخرجان أحدهما مضاء والآخر مظلم ، ولكن لم يكن هو دائماً نفس المخرج . واستقبلت الفأر الخارج من المخرج المضىء صدمة كهربية ، فى حين أن الخارج من المخرج المظلم لم يستقبل الصدمة ، وكان عدد المحاولات اللازمة لفأر ما ليتعلم اختيار المخرج المظلم دائماً قد اتخذت مقياساً لسرعة التعلم . وبعد ذلك تناسلت هذه الفئران ثم أجريت نفس الدراسة

على نسلها . وقد ظهر أن سرعة التعلم قد زادت من جيل إلى جيل ، ولذلك استنتج ماكدوجال أن التعلم — وهو صفة مكتسبة بدرجة ممتازة — يورث وقد قوبلت تجارب ماكدوجال بانتقادات خطيرة . فهو لم يتحكم فى التركيب الوراثى للفئران بشكل مناسب ، ولذلك فإن سلالته الأولى التى استعملها فى التكاثر قد تكون مختلطة بالنسبة لمستويات الذكاء . ولم تبق شدة الضوء أو الصدمة الكهربية ثابتة خلال التجربة بأكملها، إذ أنه من المحتمل تماماً أن التغير فى شدة الضوء يؤثر فى سرعة التعلم فى مثل هذه التجربة . وقد بين ماكدوجال بنفسه أن سرعة التعلم تتغير تغيراً مباشراً مع شدة الصدمة . كما أوضح ماكدوجال أن احتياطات كافية قد اتخذت لاختيار سلالة التربية للأجيال التالية كيفما اتفق، ولكنه لم يصف طريقته، ومن المحتمل أن تكون الفئران الأكثر ذكاء فى كل جيل قد اختيرت لكى تكون آباء للجيل التالى — وفى هذه الحالة فإن توريث الصفات المكتسبة لا يكون أمراً ضرورياً لكى نفسر التحسن فى القدرة التعليمية من جيل إلى آخر . وأخيراً فقد لوحظ خلال إجراء التجارب أن سرعة التعلم قد زادت أيضاً بين فئران المراقبة، أى الفئران التى تناسلت من بين أسلافها غير المتمرنة . ولهذا فإنه من المحتمل أن تكون بعض التغيرات التى لم تحلل فى التجربة هى المسئولة عن كل الزيادة المسجلة فى سرعة التعلم أو جزء منها . ولكن العيب الأكثر خطورة من ذلك هو حقيقة فشل تكرار هذه التجربة فى معامل أخرى للوصول إلى نتائج مماثلة . ويوجد على النقيض من ضآلة هذا الدليل الموجب لتوريث الصفات المكتسبة عدد لا حصر له من التجارب التى أعطت نتائج سالبة . فمثلا كان يتم تختين أبناء اليهود لآلاف السنين ، ومع ذلك فلم يكن من نتيجة هذا التختين أى ميل نحو اختزال قلفة القضيب . ويمكن ذكر أمثلة لا نهاية لها ، ولكن تؤدى كلها إلى نفس الاستنتاج : الصفات المكتسبة لا تورث .

داروين

حين قدم داروين بالاشتراك مع والاس نظرية أصل الأنواع بالانتخاب الطبيعى لم تكن هناك أية نظرية تطورية تنافسها . والسرعة التى لاقت بها قبولا فى كل أنحاء العالم من معظم العلماء النابهين أمر شائع ومعروف ، كما أنها كذلك أثارت الجدل المر بين عامة الشعب . وكذلك أيضاً بين بعض العلماء . وقد قيل إن قبولها السريع يعزى إلى حقيقة وجود التطور « فى الأذهان » فى ذلك الوقت . وقد قرر داروين فى تاريخ حياته أنه لا يصدق أن سرعة هذا القبول للنظرية كان حقيقة واقعة، لأنه ناقش آراءه مع عدد من المهتمين بالتاريخ الطبيعى لفترة تقرب من عشرين عاماً قبل نشر كتابه « أصل الأنواع » ، ولكنه لم يجد من بينهم واحداً له ميل جاد يتفق معه، ويبدو أنه من الأكثر احتمالا أن كنجسلى كان على حق عندما قال : « إن داروين يغزو فى كل مكان ، وهو يندفع كالفيضان بقوة الصدق والحقيقة المجردة » . وقد عزا داروين نجاحه إلى الحقيقة الخاصة بكتابه « أصل الأنواع » وهى أنه ملخص مركز لمجموعة هائلة من المعلومات التى جمعت ودرست بدقة خلال فترة عشرين عاماً قبل نشرها .

وقد أدرك داروين أن فهم الوراثة أمر ضرورى للدراسات التطورية ، ولكن من الواضح أنه لم يصادف مقالة مندل ، وقد قرر فى طبعته الأخيرة لكتاب « الأصل » أن الأسس الرئيسية للوراثة ما زالت غير معروفة . ولكى يسد الحاجة إلى فرض يعمل به فقد ابتكر نظرية « وحدة التناسل » (theory of pangenesis) ، وطبقاً لهذه النظرية فإن جميع أعضاء الجسم تنتج حاملات الصفات الوراثية، وهى جسيمات دقيقة يحملها تيار الدم حيث تتجمع فى الجاميتات ، وبذلك تحتوى كل جاميته ناضجة على « وحدة تناسل » من كل عضو ينتجها فى الحيوان . وفى الزيجوت المتكون تميل كل « وحدة تناسل » لتكوين صورة مطابقة للعضو الذى نشأت منه فى الأصل . وتعد هذه النظرية بوضوح لتقبل وراثة الصفات المكتسبة . ولم يقترح داروين

صحة هذه النظرية . فقد اقترحها فقط كغرض عملى ليكون بمثابة نقطة بداية للبحث ، ولقد أهملت نظرية وحدة التناسل فى جميع أرجاء العالم .

ويمكن تقسيم الفكر التطورى بعد نشر « أصل الأنواع » طبقاً للعالم ستبنس (وذلك عن طريق الاتصال الشخصى) إلى ثلاث فترات : الفترة التخيلية التى تمتد من عام ١٨٦٠ إلى حوالى ١٩٠٣ . الفترة اللاأدرية أو فترة التفاعل وتمتد من عام ١٩٠٣ إلى حوالى ١٩٣٥ . وفترة التأليف الحديث والتى بدأت حوالى عام ١٩٣٥ وما زالت فى تقدم . وبالطبع فإن هذه التواريخ عرفية ، إذ أنه يمكن إيضاح مميزات أية فترة فى نشرات موجودة فى تاريخ سابق أو لاحق .

الفترة التخيلية

تميزت الفترة التخيلية بتحمس شديد للداروينية مع قبول أية معلومات تعلن لتؤيد الداروينية . وقد أعطى الدليل السلبى أهمية قليلة (وهذا ضد ممارسة داروين نفسه) فى حين كان الأمر الشائع هو التفسيرات المغلية وغير المعقولة والتى تجعل الحقائق المشاهدة تلائم النظرية الداروينية . وقد كان من قادة هذه المجموعة فى إنجلترا هكسلى وهربرت سبنسر وجورج رومانز . وكان القادة فى الولايات المتحدة ستار جوردان وآسا جراى . وقد أوغل هؤلاء العلماء كمجموعة فى التفسيرات المغالية ، دارسين المغزى التكيفى فى كل تركيب عضوى ولو كان ذلك فى أكثر الأدلة خيالا . وقد كان هذا يبنى دائماً على دليل تشريحى وتصنيفى ممتاز . ولكن كانت التجارب لاختبار القيم التكيفية غير عادية إن لم تكن غير معروفة . ومع ذلك فيجب ألا نظن أن هؤلاء البيولوجيين كانوا من المرتبة الثانية الذين بهرهم ذكاء الرجل العظيم ، بل بالعكس كانوا من الرجال الممتازين ، كل فى ميدان تخصصه . فقد أسهم هكسلى ببحوث ممتازة فى تكوين الحيوان اللافقارى وعلم التصنيف وتشريح الفقاريات . أما سبنسر فقد كان أحد الزعماء الفلاسفة فى عصره . وقد بدأ رومانز حياته كعالم فى دراسة أعصاب اللافقاريات . ولكنه سرعان ما اندمج

فى المشكلات التطورية . ومما لا شك فيه أن جوردان (شكل ٢٧) كان من أفضل العلماء المتخصصين الذين ظهروا فى ميدان دراسة الأسماك . وقد كان جراى عالم نبات ذا منزلة خاصة . حتى إن أعماله ما زالت ذات تأثير « عظيم » . ويجب ألا نظن أن هؤلاء العلماء لم يجرأوا بتاتاً على الاختلاف مع داروين ، وذلك لأن هؤلاء الرجال كانوا من المفكرين المستقلين . ومع ذلك فقد كان جو الاستحسان غير عادى .

(شكل ٢٧) دافيد ستار جوردان

وقد قيل إن التطور ولد فى إنجلترا ، ولكنه مع ذلك وجد مسكناً فى ألمانيا ، فكان علماء التطور الألمان فى العصر التخيلى ذوى صرامة داروينية أكثر من زملائهم الانجليز والأمريكان من ناحية أنهم كانوا عموماً أكثر دقة وعناية فى جمع المعلومات المفصلة . ففى ألمانيا كان الزعماء هم كارل جيجنبور وإرنست هيكل وأوغست وايزمان . . وقد كان جيجنبور عالماً فى التشريح المقارن ، وهو بلا ريب واحد من أعظم العلماء وأكثرهم مكانة . فقد شغل تلاميذه معظم كراسى علم التشريح فى الجامعات الأوروبية خلال الفترة التخيلية . وقد قام هو ومعاونوه بدراسات مستفيضة مفصلة على جميع طوائف

الفقاريات ، كما استخدم المعلومات التى توصل إليها بهذه الطريقة فى تأييد النظرية الداروينية . وقد أخذت معظم المعلومات عن النشوء والارتقاء فى الفقاريات — كما هو وارد فى كتب علم الحيوان — من أعمال جيجنبور ومعاونيه .

أما إرنست هيكل فقد قام بأعمال تجريبية أقل بكثير من تلك التى أجراها جيجنبور . ومع ذلك فقد قام بأعمال ذات أثر فى علم التشريح وعلم الأجنة وعلم التصنيف، وقد أرشدته دراساته فى علم الأجنة المقارن لتوسيع مبادئ فون بير لصياغة « قانون أصل الحياة » الذى نشر من أجل تأييده بحوثاً وافرة . وقد بنى عمليات النشوء والارتقاء الشاملة على أدلة علم الأجنة التى فسرت طبقاً لقانون أصل الحياة . وقد قال باتسون إن هذا « القانون » ساد علم الحيوان فى النصف الأخير من القرن التاسع عشر . وقد أنجزت كل أعمال هيكل العلمية الحقيقية إبان شبابه . ثم أصبح بعد ذلك مجادلا ومبسطاً للعلوم وهى حقيقة قيل عنها إنها أكسبته ازدراء جيجنبور .

وقد كان اهتمام أوغست وايزمان الأساسى هو الوراثة ، وهى مظهر الداروينية التى عبر عنها داروين نفسه بأنها الأضعف . ويبدو أن وايزمان (شكل ٢٨) لم يسمع عن مندل أو عن أعماله ، كما أن ضعف بصره المستمر الذى انتهى بالعمى قبل أن يتم أعماله الرئيسية كان عائقاً كبيراً له ، وخلال معظم حياته كان طلبته من خريجى الجامعات يقومون بعمل المشاهدات التى كانوا يسردونها له بالتفصيل . وقد كانت معلوماته العلمية فى الأساس هى بعض حقائق علم الخلية وخاصة فى الانقسام غير المباشر . ولما كان على بينة من قيام الميكانيكية الوراثية بنظام ، وكذلك من أن الكروموسومات تنقسم بطريقة مرتبة ومضبوطة خلال عملية الانقسام غير المباشر ، لذلك كان من الواجب أن تصبح الكروموسومات هى الأسس الطبيعية للوراثة . ولم تكن حقائق الانقسام الاختزالى معروفة بعد، ولكنه تنبأ بالانقسامات الاختزالية ، إذ أنه بغير ذلك تتضاعف الكروموسومات فى عددها من جيل إلى آخر وهذا

(شكل ٢٨)
أوغست وايزمان

وضع غير مستقر وفيما عدا هذه الاقتراحات التى ربما تكون قد حققت منذ ذلك الوقت فإن فروضه عن الوراثة كانت نظرية فقط ، ولم يتم تحقيقها . وكان على العكس من داروين نافراً من التسليم بعوامل غير الاختيار الطبيعى فى أصل الأنواع .

وقد كان من المبرزين خلال الفترة التخيلية ابن عم داروين وهو فرانسس جالتون وكارل بيرسون، وكانا من عدة وجوه قريبين من فترة التأليف الحديثة، وذلك لأنهما وضعا قواعد علوم جديدة للإحصاء وقياس الحياة ، وهى التى تلعب الآن دوراً بارزاً فى الدراسات التطورية الحديثة .

الفترة اللاأدرية (فترة التفاعل)

إن مثل هذه الحماسة غير الواقعية تعجز عن إحداث موجة من الشك ونفى الخرافات والأساطير عند بعثها ، وبذلك بدأت فى الحال الفترة اللاأدرية

بعد نهاية القرن . وقد اتجهت عدة عوامل لإحداث ذلك . ونتج بعضها عن المغالاة الكاذبة الواضحة لتفسير الدليل، وهى تلك المغالاة التى كانت شائعة خلال الفترة التخيلية . أما العامل الثانى فقد كان العودة إلى كشف قوانين مندل للوراثة . وفى الوقت الحالى فإن المندلية هى أساس معظم الدراسات فى التطور ، ولكن فى ذلك الوقت كان يبدو أن ثبات عامل الوراثة (الجين) يبعث عراقيل عظيمة لأصل الأنواع الجديدة . وبذلك اعتبر علم الوراثة نوعاً من الأزقة المسدودة التى توجد فى نهايتها علامة هى : عامل الوراثة ، نهاية ميتة .

وثمة عامل ثالث وهو بحوث جوهانسن الخاصة بوراثة الحجم فى حبات

(شكل ٢٩)
تمثال مندل فى برن
لشارلمونت

الفول . فقد وجد أن الانتخاب فى سلالة من البذور ذات الوراثة المتغيرة ذو فاعلية كبيرة فى زيادة أو نقص الحجم فى الفول . فإذا حصلنا على سلالة نقية من الناحية الوراثية لم يعد للانتخاب أى تأثير فيما بعد . ولكى يوضح ذلك فقد انتخب من سلالة نقية متوسط وزنها ٤٩,٢ سنتيجرام بذوراً من الفول تزن ٢٠ ، ٤٠ ، ٦٠ سنتيجراما . وقد كان متوسط وزن النسل الناتج هو على التوالى ٤٥,٩ ، ٤٩.٥ ، ٤٨.٢ سنتيجرام . ومن الواضح أن انتخاب الآباء لم يؤثر بتاتاً فى متوسط الوزن فى النسل . وبذلك استنتج جوهانسن أن الانتخاب يؤثر فقط فى السلالات ذات الوراثة التغيرية ، واستنتج أيضاً أن التغيرات الناتجة من البيئة (وتشمل التغذية وضوء الشمس والحرارة ، والرطوبة . . الخ) غير هامة للتطور .

هناك عامل إضافى وهو نظرية الطفرة للعالم دى فرايز ، فقد اكتشف دى فرايز خلال دراساته على أزهار الربيع المسائية أونثيرا تغيرات فجائية ذات أهمية كبيرة سلكت سلوك عوامل الوراثة المندلية . وقد أطلق على مثل هذه التغيرات الوراثية الفجائية اسم الطفرات . كما اعتقد أن بعضا من طفراته كانت فى الواقع أنواعاً جديدة نتجت بخطوة واحدة . وهكذا ظهرت أونثيرا لاماركيانا فى شكل أكبر بكثير من المعتاد . وقد وصفها دى فرايز على أنها نوع جديد تحت اسم أو. جيجاس ، وعن طريق المصادفة كان دى فرايز أحد الذين اكتشفوا أعمال مندل . وكان التطور عندئذ يفهم على أنه عبارة عن مجموعة من الطفرات التى تحدث فى اتجاهات نقية . أما الانتخاب الطبيعى فلم يجد سوى مكان صغير ، أو لم يجد مكاناً على الإطلاق .

وأخيراً كان معظم العمل خلال الفترة التخيلية ذا صبغة تصنيفية . والآن وقع علم التصنيف فى الشين . وأصبح « المشتغل بالتصنيف » لفظاً للتأنيب ، وقد اعتبر هؤلاء الرجال مجرد كتبة دوسيهات بيولوجيين . وساعدت على ذلك الحقيقة الخاصة بأن عدداً من المشتغلين بالتصنيف كانوا ذوى وجهة نظر لاماركية .

وعلى العموم فقد كان البيولوچيون لا يزالون يعتقدون أن التطور يجب أن يكون حقيقة واقعة ، ولكنهم كانوا فى حيرة مما إذا كانت الأسباب العرضية معروفة ، أو أن الأدلة اللازمة لاكتشافاتهم كانت تحت أيديهم . وقد عبر وليم باتسون عن وجهة نظرهم بوضوح عندما بدأ خطابه الذى ألقاه عام ١٩٢١ أمام مجمع الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم بتقريره الذى قال فيه : « قد أبدو متأخراً عن زمنى عندما أطلب منكم أن تكرسوا ساعة لموضوع التطور القديم » . وقال بعد ذلك فى نفس الخطاب : « إن المناقشات الخاصة بالتطور قد انتهت لسبب مبدئى،وهو أنه يتضح عدم وجود أى تقدم فى الدراسة ، وعندما يسألنا طلاب العلوم الأخرى ما الذى يعتقد حالياً عن أصل الأنواع فليس لدينا جواب واضح نقوله لهم ، فالإيمان قد أعطى مكاناً للاأدرية . . . ولدينا التأكيد المطلق بأن أشكالا جديدة من الحياة والرتب والأنواع الجديدة قد نشأت على الأرض وأثبت السجل الحفرى ذلك . . . وإيماننا بالتطور يقف صامداً » .

وقد كان هذا حينئذ صوت التفكير التطورى خلال الفترة اللاأدرية وطبعت خطبة باتسون فى مجلة العلوم فى يناير عام ١٩٢٢ ، وقد نشرت مجلة سابينس خلال السنة التالية اعتراضاً واحداً على موقف باتسون كتبه أوزبورن وهو عالم حيوان متقدم فى السن وصل إلى قمة حياته العلمية خلال الفترة التخيلية . والواقع أن الاهتمام بالتطور كان فى اضمحلال كبير .

وبينما توقفت الدراسات التطورية خلال هذه الفترة فقد استمرت بنشاط كبير فى فروع علم الأحياء المتعددة التى تساعد على فهم التطور ، وقد نتجت عن ذلك الإزالة التدريجية للعقبات التى سببت الاتجاهات المعارضة ، وبذلك مهدت الطريق لفترة التأليف الحديثة ، وقد ظهرت أهم الأعمال فى علم الوراثة ، وبدا واضحاً أن الطفرات الكبيرة التى قام بها دى فرايز كانت نادرة إلى حد ما ، على حين يتكرر حدوث الطفرات الأصغر التى تشابه التغيرات الفردية التى كتب عنها داروين . وعلاوة على ذلك فقد كانت

الطفرات الكبيرة أقل حيوية من مثيلاتها العادية . وأوضح علماء التصنيف خلال هذا الوقت أن الأنواع الطبيعية لا تختلف فيما بينها بعلامات واحدة مميزة فحسب ، ولكنها تختلف من ناحية الكم بعلامات كثيرة متعددة .

وقد أظهرت الدراسات المعملية للأنواع البرية أن السلالات النقية نادرة فى الطبيعة ، وتوجد غالباً فى النباتات ذات الإخصاب الذاتى فقط ، وعلى ذلك فإن مفهوم السلالة النقية لم يعد له أى تأثير خطير فى التطور . واتضح أنه بدلا من ذلك أن الأنواع البرية ليست متغيرة تماماً فحسب ، ولكنها عموماً تتبع تغيراً كامناً (جينات متباينة ذات عوامل وراثية متنحية) « مثل الاسفنج » (تشتفيريكوف ، انظر فصل ١٥) . وقد قام علماء الوراثة والتصنيف بدراسة التغير فى الأنواع البرية باستعمال الطرق الإحصائية التى ابتكرها جالتون (Galton) وتوسع فيها من خلفه من العلماء .

وأخيراً نشأت طرق جديدة للتصنيف درست فيها المجموعات الدنيا بطرق وراثة المجموعات والبيئة ووظائف الأعضاء ، وفى الحقيقة بكل طريقة ممكنة بالإضافة إلى طرق علم الشكل التقليدية ، وكل هذا بقصد تحديد ديناميكية أصل الأنواع . وبذلت المجهودات بعد ذلك لتطبيق المعلومات التى جمعت عن المستويات الدنيا على مشكلات أصل الأجناس على المستويات التصنيفية الأعلى .

فترة التأليف الحديث

وهكذا تحطمت أسس التفاعل اللاأدرية تدريجياً ، وتلا ذلك بالطبع فترة التأليف الحديثة . وقد تميزت الدراسات التطورية خلال هذه الفترة بالإيمان بأن عمليات التطور مفتوحة للدراسة كما هى الحال أيضاً فى حقيقة التطور . وعلى مستويات التصنيف الأقل بعثت الدراسات الوراثية والبيئية والجغرافية والمورفولوجية لكى تحمى مشكلات أصل التغير الوراثى وأصل الأنواع ، أما على المستويات الأعلى فقد أخذ علماء الحفريات فى تطبيق المعرفة الجديدة — التى تم الحصول عليها فى المستويات الأقل — على مشكلات أصل الأجناس .

وبالرغم من أننا سبق أن ذكرنا أن بعض النماذج المؤكدة من الدراسة لها أهمية خاصة فقد يعتبر هذا التصريح مضللا ، إذ أن دراسة التطور فى الوقت الحالى هى فى الحقيقة « إعادة صياغة » جميع الأنظمة البيولوچية . ومن العسير أن نجد دراسة واحدة من علم الأحياء لا تقوم ببعض المساعدات الهامة دراسة التطور فى فترة التأليف الحديثة الجارية .

ولنذكر قليلا من الرجال كقادة للحركة الخالية فى دراسة التطور . وأول من يستحق أن نذكره أولا هو دوبزانسكى . وذلك لنشر كتابه عن « الوراثة وأصل الأنواع » . وهو الكتاب الذى يمكن اعتباره نقطة بداية لهذه الفترة . وقد بدأ دوبزانسكى دراساته كأخصائى فى علم الحشرات . ولكنه أصبح بعد ذلك أحد قادة علماء الوراثة فى حشرة الفاكهة دروسوفيلا . ويعتبر كتابه حجر الزاوية فى النظرية الداروينية الحديثة . وهى النظرية التى سنوليها عناية كبيرة فى الفصول القادمة . وقد كان العالم جولدشميت ذا صلة قوية بنشأة علم الوراثة منذ إعادة اكتشاف أعمال مندل . فقد كانت له دراية واسعة فى فى دراسة التغيرات الجغرافية وعلم التصنيف وعلم الوراثة الفسيولوچى . وكان هو وتلاميذه من المقررين الأساسيين للبديل الرئيسى للنظرية الداروينية الحديثة النموذجية . كما يعتبر فيشر وهلدين . وسيوول رايت من الأوائل فى التحليل الإحصائى للمجتمعات . أما إرنست ماير — وهو عالم فى تصنيف الطيور - فكان من المبرزين فى تطبيق علم التصنيف على معضلات الوراثة . وتعتبر دراسة بابكوك على جنس كريبس — وهى الدراسة التى أجريت خلال فترة تزيد على ثلاثين عاماً — من أهم الدراسات الكاملة والمستفيضة التى أجريت على جنس واحد من النباتات . وهى أحد الأدلة الرئيسية للنظرية الداروينية الحديثة . وقد كان ادجار أندرسون من أهم المشتغلين بدراسة تهجين الأنواع الطبيعية . وقد أجرى ستبنس دراسات مستفيضة على حشائش المدى التى توجد فى غرب الولايات المتحدة مع إشارة خاصة إلى تعدد المجموعات الكروموسومية . أما كلاوسون كيك وهيبى فقد نشرا دراسات

واسعة على سلوك النباتات عند زراعتها فى بيئات واضحة التباين .

وهكذا يتقدم التأليف الحديث فى جبهات متعددة متباينة مما ستكرس له معظم الفصول التالية .

المراجع :

Agar, W.E., *et al.*, 1954. "Fourth (final) Report on a Test of McDougall's Lamarckian Experiments on Learning in Rats," *J. Exp. Biol.*, 31, 307-321. Experiments conducted for more than twenty years fail to support the Lamarckian hypothesis.

Bateson, William, 1922. "Evolutionary Faith and Modern Doubts," *Science*, 55, 55-61. A brilliant statement of the agnostic reaction to evolution.

Cannon, H. Graham, 1958. "The Evolution of Living Things," Manchester University Press, Manchester. Neo-Lamarckism presented by one of its proponents.

Cole, Fay-Cooper, 1959. "A Witness at the Scopes Trial," *Scientific American*, 200, 120-130 (January). This trial was the low point in the history of evolutionary thought in the U.S. This is a most interesting account of the trial.

Eiseley, Loren C., 1959. "Alfred Russel Wallace," *Scientific American*, 200, 70-84 (February). An interesting account of the life and travels of the codiscoverer.

Gillespie, C. C., 1958. "Lamarck and Darwin in the History of Science," *Am. Scientist*, 46, 388-409. A searching historico-philosophical analysis.

Goldschmidt, R. B., 1956. "Portraits from Memory. Recollections of a Zoologist," University of Washington Press, Seattle, Wash. In these pages, some of the men discussed in this chapter live once more.

Irvine, William, 1955. "Apes, Angels, and Victorians," McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N.Y. A fascinating insight into the lives and personalities of Darwin and some of his contemporaries, particularly T. H. Huxley.

Locy, W.A., 1935. "Biology and its Makers," 3rd Ed., Henry Holt & Co., Inc., New York, N.Y. Short biographies of many of the men cited in this chapter.

Nordenskiold, Eric, 1928. "The History of Biology," Tudor Publishing Co., New York, N.Y. A scholarly treatment of the history of evolutionary thought is included.

الفصل السابع

المشكلتان الرئيسيتان للتطور

سبق أن عرف التطور كتسلسل مع التحور . ولذلك فلا بد أن تكون التحورات الوراثية — نتيجة لذلك — هى المواد الأساسية للتطور . وأن تكون طريقة نشأة التغيرات الوراثية هى المشكلة الرئيسية الأولى للتطور . وقد حاول لامارك حلها بالرسالتين اللتين تشيران إلى أن فعل البيئة على الكائن الحى يميل إلى إظهار تحورات وراثية . وأن هذه الصفات المكتسبة تورث . وقد أخفق لأنه كان من السهل نقض هاتين الرسالتين .

وقد تجنب داروين هذه المشكلة ، وقبل ببساطة وبدون إيضاح الحقيقة الملحوظة التى تشير إلى أن الكائنات يختلف بعضها عن بعض . ولم يفرق بين التغيرات الموروثة وغير الموروثة . وقد كانت مشكلة داروين هى عمل الانتخاب الطبيعى فى تكوين الأنواع الجديدة فى حالة وجود سلف متغير . وتلك هى المشكلة الثانية للتطور : كيف أن النظم المتغيرة للكائنات الحية قد أصبحت مصنفة إلى أنواع ورتب أعلى . ولا بد من تحليل دور الانتخاب والعوامل الأخرى فى هذه العملية . وقد تكون الفروق بين « تحت الأنواع » المتعددة كبيرة بدرجة تماثل تلك الموجودة بين أنواع الجنس الواحد ، ولكن الأولى تتناسل بحرية بعضها مع بعض ، ويتم الخلط بين الواحد منها والآخر فى الطبيعة . فى حين أن الأنواع لا تستطيع ذلك بوجه عام . وعلى ذلك يكون أصل وطبيعة الفواصل التى تسبب هذا الاختلاف ذا أهمية كبيرة فى التطور .

وعلى ذلك فإن المسألتين الرئيسيتين فى التطور هما :

١ ــ أصل التباين .

٢ ــ أصل الأنواع (والرتب العليا) .

وسيكون اهتمامنا فى الفصول التالية مركزاً على معالجة هاتين المشكلتين ، ولكن قد يكون من المفيد أولا أن نتابع الطريق الفعلى للتطور ، كما يوضحه السجل الحفرى والمعلومات الأخرى .