# 9

# الانحدار من سلالة مع التعديل

«يبدأ كامل التقدم في الفهم العلمي، على جميع المستويات، بمغامرة افتراضية، مفهوم مسبق تخيلي عما يمكن أن يكون صحيحاً ـ فكرة مسبقة تتخطى دائماً وبالضرورة قليلاً (وأحياناً كثيراً) أي شيء لدينا مرجع منطقي أو واقعي للإيمان به.... إن التفكير العلمي إذاً ... هو حوار بين صوتين، الأول تخيلي والآخر ناقد».

السير بيتر ميداوار (1)

**الاستشراف الداروينى**

**توسيع الغلاف**

**توليد الجديد**

**تصميم ناجح على نحو غريب**

**اتجاه للتطور؟**

إن كل شيء موجود في الكون هو ثمرة الصدفة والضرورة. هذا ما قاله ديموقريطس في القرن الخامس قبل الميلاد واختار جاك مونود هذه الكلمات المفاتيح لكتابه الشهير (والمغيظ أحياناً) عن الحياة. تلخص هذه العبارة بأناقة المبدأ الأساسي للتطور كما يراه الداروينيون، التأقلم بتفاعل التنوع العشوائي والانتقاء الطبيعي، ولكنها مثيرة بما يكفي لتسمح بأكثر من قراءة واحدة.

oberkandi.com

يجب أن يمارس التاريخ التطوري، مثل أي نوع آخر من التاريخ، على مستويين اثنين. المتطلبات الأولى هي تأسيس التاريخ العرقي، خطوط النسل التي ترسم العلاقات بين العضويات. إن هذا الهدف هو حالياً موضع تركيز أبحاث مكثفة، ولقد وضِّح موقعها في الفصل السابق وفي الشكلين 2.8 و6.8 المهمة الثانية، والأصعب، هي أن نبحث عن الأسباب التي تكمن وراء شجرة الحياة الكونية. قد يعترض بعض القراء بأنه لا يوجد أي شيء، سوى تلك السلسلة اللامتناهية من «التوالد وقلع الأعشاب الضارة» (جملة تنسب إلى عالم الفيزياء ستيفن واينبيرغ). لكن ذلك لا يحمل الحقيقة، ليس أكثر من النبذ الوقح لتاريخ البشر على أنه شيء لعين بعد آخر. قد لا يكون هناك أي قوانين لأيٍ من نمطي التاريخ هذين، ولكن هناك بوضوح ميول وأمور منتظمة تتطلب أسبابها الاهتمام. هل يجب فهم كل مظهر من مظاهر العضويات على أنه نتاج التأقلم بالانتقاء الطبيعي؟ هل يمكن تفسير نموذج الطبيعة بالكامل بطفرات الجينات التي تولد مجمعاً من الجينات يمحص منه، أم أن هناك آليات إضافية تساهم في إبداعية التطور؟ لماذا حقاً هناك هذا العدد الكبير من العضويات الكبيرة والصغيرة، ولماذا تتجمع في أنواع متمايزة؟ إن جذع حقيقيات النوى، وبدرجة أقل جذع طلائعيات النوى، يظهر ليس فقط التنوع والتأقلم بل يظهر أيضاً تزايداً مستمراً في التعقيد العضوي؛ هل يعني ذلك أن التطور بمعنى أو بآخر تقدمي أو توجيهي؟ سوف أترك منشأ الحياة للقسم الأخير من هذا الكتاب؛ هناك الكثير من الزاد للتفكير على الطريق من السلف الخلوي الشامل إلى الحياة كما نعرفها.

إن أي تحفظات حول آليات التطور تميل لأن تستخدم من قبل أعداء المبدأ نفسه، وتميل لأن تجعل أبناء داروين يصابون بالقلق. لذلك دعني أصرح دون إبهام بأنني، مثل الغالبية العظمى من العلماء المعاصرين، نرى العالم الحي بكامله كنتاج للأسباب الطبيعية، بما فيها السلسلة المستمرة من الانحدار مع التعديل من مجموعة من الخلايا البدائية. بالإعلان عن هذا

التأكيد، أقدم أكثر من احترامي للتقليد العلمي. عبر آلاف السنين، سلم الفلاسفة والعوام على حد سواء بأن النظام الذي نراه في العالم ينشأ من نوع ما من عقل كوني سام. تمثل نظرية التطور أعمق تغيير وأكثره تطرفاً في الطريقة التي كنا ننظر فيها إلى العالم منذ القدم، وإن مضمونها يمس جميع مظاهر الحياة المنطقية (2).

الآن وقد قلنا ذلك، لا يزال هناك مجموعة من الأسئلة المفتوحة حول القوى والحوادث التي رسمت شكل الحياة. إن هدف هذا الفصل هو فحص ما الذي نستطيع أن تعلمه من المراحل الأولى من ذلك التاريخ حول عملية التطور نفسها.

## الاستشراف الداروينى

في سنة 1982، في الذكرى المئوية لوفاة داروين، نشر ستيفن جاي غولد مقالة حادة استطاع فيها أن يحتفل بنظرية التطور وأن يطالب بتعديل كبير في معتقداتها (3).

بالطبع، فإن غولد لم يتحد حقيقة التطور الحيوي، ولا حتى المساهمة الجوهرية التي يقوم بها الانتقاء الطبيعي لرسم شكل العالم الحي. كان الموضوع هو ما إذا كانت «الداروينية،» كما يمثلها الهيكل الفكري الذي يسمى بالتشكيل التطوري الحديث، كافياً لتفسير نموذج الطبيعة. جادل غولد بأن إطار العلوم اليوم ضيق جداً ويحتاج إلى التوسيع، خاصة في تطبيقه على منشأ الأنواع الجديدة والأصناف الأعلى. لكي ندرك ما الذي نبحث فيه هنا، دعنا نبدأ برحلة قصيرة في تاريخ التفكير التطوري. هذا أمر مطلوب، لأنه بالنسبة لأي شخص يقبل بأن التطور هو عملية نشأ عنها العالم الحي، ليس هناك أمر أهم من التساؤل عن الكيفية التي جاء فيها التطور نفسه.

أطلقت مقالة غولد طلقة واحدة في جدال كان مستمراً لعدة سنوات، ولا يزال مستمراً اليوم، حول ما الذي تمثله نظرية التطور. باختصار، كان

التطور كحقيقة في التاريخ الحيوي مقبولاً عامة في زمن داروين، لكن فكرته بأن الانتقاء الطبيعي هو العامل الأساسي في التغير التطوري (أساسي، وليس وحيداً) لم تحظ بالقبول الشامل إلاّ بعد وفاته. جاء القبول العام من توضيح طبيعة الوراثة والتنوع. لم يكن داروين ومعاصروه يعلمون أي شيء عن الآليات الوراثية؛ كانوا ينظرون إليها بشكل سنة على أنها كل ما يفسر الطبيعة الثابتة والقابلة للتكرار للتكاثر. حالما قبل أن الوراثة تحصل بنقل الجزيئات التي تسمى الجينات (بعد أن وضع دبليو. أي. جوناسن المصطلح سنة 1909)، وأن الطفرات في هذه الجينات تمثل المصدر النهائي للتنوع ضمن المجموعة السكانية، أصبح بالإمكان وضع التطور بالانتقاء الطبيعي في أساس كمّي ميكانيكي. يشير التركيب الحديث إلى اتحاد أفكار داروين الخاصة، المستخلصة من التقليد الإنكليزي للتاريخ الطبيعي، مع العلم الحديث لوراثيات المجموعات السكانية. تحقق الإجماع حوالي منتصف القرن العشرين باتفاق مجموعة من الباحثين البارزين بمن فيهم تيودوسياس دوبزانسكي، رونالد فيشر، جوليان هوكسلي، إرنست ماير، جورج غيلورد سيمبسون و سيوول رايت (3).

في سياق التركيب الحديث، حصل تحويل كبير على نفس معنى مصطلح «التطور». لخص غلبرت، أوبتس و راف (4) ما حصل. «في سنة 1937 قام تلميذ مورغان، تيودوسياس دوبزانسكي بخطوة جريئة في إعادة تعريف التطور على أنه تغيير في التكرر الجيني. بدلاً من أن يكون علماً يدرس النمط الظاهري يحلل التغيرات في شكل المستحاثات، البنية الجنينية، أو التغيرات التي تجعل البنية تتأقلم في بيئة خاصة، أصبح التطور الظاهر الأعلى للجينات في المجموعة السكانية». بإيجاز ينتج التطور عن تفاعل مشترك بين عمليتين، التنوع على مستوى الجينات والانتقاء من بين العضويات من حيث النجاة والنجاح التكاثري. بهذه الطريقة غير المباشرة، يشجع الانتقاء الطبيعي انتشار الجينات (غالباً من أنماط من جينة ما معينة،

وتسمى أنماط الجينة بالألائل) التي تعزز تأقلم العضويات مع بيئتها، وتثبط تزايد الجينات الأقل فاعلية. إن الطفرات هي المادة الخام التي يعمل عليها الانتقاء؛ تحصل الطفرات «عشوائياً»، بمعنى أن الطفرات تحصل بدون اعتبار لفائدتها المنظورة. في كل حلقة من التكاثر (وأحياناً في أوقات أخرى)، يحصل تبادل وإعادة اتحاد بين الجينات. وفي كل جيل، فإن تلك العضويات، التي هي أكثر تأقلماً، بفضل ميراثها الجيني، أكثر احتمالاً لأن تنجو وأن تترك أبناء أكثر. هذا ما يعنيه طلاب التطور بمصطلح «اللياقة»؛ ليس للكلمة لهذا المعنى أي علاقة بالقدرة على جري سباق الماراثون. يبني التفاعل بين الصدفة والضرورة تأقلماً أفضل على خطوات صغيرة في كل مرة، ويكون الانتقاء الطبيعي (5) هو القوة الأساسية الموجهة ويمكن الجدال بأنها القوة الوحيدة الموجهة. إن نفس العملية التي تفسر انتشار الصباغ الداكن الحامي ضمن عث الغابات في المناطق الصناعية الوسخة في بريطانيا تفسر أيضاً تحول السمك إلى برمائيات، أو منشأ الهيكل الخلوي لحقيقيات النوى. يظهر الانتقاء الطبيعي كقوة مبدعة متفوقة ندين لها بجميع روائع علم الأحياء.

لقد كان علم التطور محظوظاً في شارحيه: تصنف كتابات ريتشارد دوكنز ودانييل دنيت (6) بالتأكيد ضمن أكثر المساهمات المفيدة وأكثرها سهولة في الأدب العلمي، حيث من المضمون أنها تزيد في فهم القارئ وفي كثير من الأحيان حتى توقف شعر رأسه عجباً. إن ما تصرح به هذه الكتب هو نمط صلب من التركيب الحديث، الفكرة الرائدة فيه هي التضاعف، والتنوع والانتقاء للجينات، بينما تجلس العضويات في المقعد الخلفي. تملك الجينات (التي هي عادة خيوط من الـ «د.ن.أ DNA») ميزة عالية في أنها تنسخ تماماً كما هي؛ على عكس العضويات، فإن الجينات تتضاعف(إن الفارق بين تضاعف الجينات وتكاثر العضويات مألوف لدى الجميع). إن السلسلة اللامتناهية تضاعف الـ «د.ن.أ DNA» هي التي تربط كل عضوية بسلفها، وعبرهم إلى الخلية البدائية التي كانت أول من استعمل الـ «د.ن.أ

DNA» كسجل جيني. تعطي الأخطاء التي تحصل من حين إلى آخر التنوع، وتمثل نقط تشعب ممكنة في ذلك النهر من المعلومات الرقمية. من منظور اللب الجيني يمكن للمرء بأن يجادل أن فوائد اللعبة التطورية، ليس العضويات الأكثر لياقة ولكن الجينات الأكثر نجاحاً. إن الأجسام، بكامل تأقلمها المصنوعة بشكل جميل، ليست سوى أدوات تقوم الجينات من خلالها بزيادة فرص منافستها في النجاح التكاثري إلى أقصى حد.

يقدر ريتشارد دوكنز (وفي بعض الدوائر، يشتم) لاستعارته القوية «الجينة الأنانية»، التي تقوي فكرة أن الجينات تتنافس مع بعضها البعض وأن الأجسام بكامل تأقلمها توجد لمصلحة جيناتها وليس العكس بالعكس. بالطبع، فإن العضويات لا تمَّحي بالكلية. إنها تعمل كمطية تجمع فيها الجينات وتعرض لمطرقة الانتقاء الطبيعي. من المهم أن نتذكر أن الجينات بحد ذاتها مخفية عن الانتقاء، الذي يلاحظ فقط مظاهرها كما يعبر عنها النمط الظاهري. لكن انتقاء العضويات له تأثير الانتقاء لمصلحة جينة معينة (7). وهناك أكثر من عدة ملاحظات، خاصة في علم الحيوان، يصعب جداً تفسيرها على أي أساس عدا التنافس بين الجينات. عندما واجهت لأول مرة الافتراض بأن التطور ينتج من الصراع ضمن الجينات وليس بين العضويات، بدا لي ذلك عديم الذوق ومخطئاً. بعد عقدين من الزمن والكثير من الصفحات المطبوعة بعدها، لم يعد وضع الجينات أمام العضويات يهدد كل ما أعتقد بصحته. لكنه لا يزال يمثل نظرة ضيقة ووحيدة الجانب لظاهرة الحياة.

اشتهر يوماً وصف صموئيل بتلر للدجاجة على أنها طريق البيضة في صنع بيضة أخرى؛ وعندما يعتاد المرء على تحويل وجهة النظر فإن هذا التعبير الظريف مفيد مثلما هو مسل. لقد نظر علماء الفيزياء إلى العالم نظرة جديدة عندما وصلوا إلى معرفة أن الضوء له صفات الجسيمات كما له صفات الموجات. بنفس الطريقة تقريباً يمكن أن يرى المرء العضويات التي

تحتفظ بخلالها على شكل جينات يمكن تكرارها، والجينات التي تعبر عن المزايا التي يمكن أن تنتقى في النمط الظاهر للعضوية، على أنهما مظهران متكاملان للأنظمة الحية. يعتمد أي من وجهتي النظر هو أكثر فائدة على السؤال المطروح. إذا أردنا أن نفكر بشكل كمي حول التطور، فكثيراً ما يكون من المناسب أن نعامل العضويات على أنها «الصندوق الأسود»، الذي يفتح للحصول على المعلومات، وأن نعتبر الجينات أكثر نجاحاً أو أقل نجاحاً في الصراع على البقاء، لا تعتمد طبيعة الرهان على الطريقة التي تعمل فيها الجينات لصنع الصندوق. لكن تلك الجينات لا تستطيع أن تعيد تكاثر نفسها بدون العضوية، وهذه هي نقطة التماس مع علم الأحياء الذي نراه كل يوم. عندما يسأل المرء عن التأقلم، وكيف ينشأ في سياق النمو والتطور، فإن الجينات ترسم منظوراً ضيقاً جداً ومركّزاً، وتدعو الحاجة إلى منظور شامل. لا يزال للجينات دور تلعبه حيث أنها ترمّز للبروتينات وتكمن وراء الخلال، لكنها لا تشغل مكان الصدارة. على مستوى الفزيولوجيا والتطور، فإن منتجات الجينات مندخلة جداً بحث أنه لا يمكن بسهولة وضع خريطة بسيطة بين الجينات والخلال؛ وإن أية نزعة أنانية قد تملكها الجينات تكون مقيدة عادة لمصلحة المجموع. هل يمكن للعضويات بشكل مماثل أن تقيد ما هو محتمل في التطور؟ هذا محتمل كثيراً، وإن مثل هذا الاستنتاج لا يتعارض في المبدأ مع التركيب الحديث، الذي يفسح إطاره الواسع الكثير من المكان للاستثناءات، والفوارق الدقيقة وتنوع وجهات النظر.

إذا قلنا بأنه لا يوجد نزاع صارخ بين التطور المرتكز على الجينات والفزيولوجيا المعتمدة على العضويات، فيجب أيضاً القول بأنه لا يوجد اندماج بينهما (8): لا ينمو أحدهما بشكل طبيعي من الآخر. طالما أن جميع الأسئلة حول منشأ العضويات وتحولها مع الزمن يجب أن تتم الإجابة عليها باعتبار النظر إلى تكرر الجينات، فهناك سبب وجيه للشك بأن هناك شيئاً مهماً أغفل من الحسابات. سوف تشغلنا بعض المحاولات الكثيرة جداً لسد

تلك الفجوة في كامل المقطع اللاحق، مبتدئين بتحدي غولد سنة 1982.

## توسيع الغلاف

إن ما تحداه غولد في مقالته سنة 1982، والآخرون قبله وبعده (3)، ليس مصداقية التركيب الحديث ولكن كفاءته. وكما يراه غولد، فإن التركيب يعتمد على دعامتين. الأولى، التأقلمية، افتراض أن جميع (أو على الأقل غالب) المظاهر الحيوية تمثل تأقلماً تم اختياره لفائدته. الثانية هي التدريجية، الاعتقاد بأن جميع التبدلات يجب أن تكون متدرجة حيث أنها تنتج عن تراكم تبدلات صغيرة نخلها الانتقاء الطبيعي. لا ينكر غولد قوة هذين الأساسين، لكنه يجادل أن العوامل الإضافية يجب أن تساهم في رسم شكل العالم. «التركيب الحديث ليس كاملاً، ليس صحيحاً».

هل كل واحدة من خلال العضويات تعزز لياقتها بتقديم ميزة انتقائية؟ على العكس، يصر غولد أن الكثير من المظاهر لم تكن تأقلمية في أصلها لكنها نشأت كنتاج ثانوي لتعاقب طارئ من تغيرات أخرى فضلها الانتقاء الطبيعي. المثال الأنيق هو المسافة الحلزونية التي تترك مفتوحة بعد أن يتم تشكل الحلزون بتدوير أنبوب حول محوره. هناك بعض الحلزونات التي تستخدم هذا الفراغ كحجرة توليد محمية ليرقاتها، بينما لا تستعملها حلزونات أخرى أبداً، لكن الفراغ موجود في كل من النوعين لأسباب هندسية، وليس لأية ميزة انتقائية تمنح لمالكها. يشير غولد إلى مثل هذه المظاهر على أنها «الفسحة المثلثية»، وهو تعبير هندسي يصف السطوح المثلثية المنحنية التي تشمل المسافات التي تبقى بين القوس أو القنطرة وبين الزاوية القائمة المطوّقة للقوس. كثيراً ما تزخرف هذه الفسحات المثلثية بسخاء، كما في تلك التي توجد في كاتدرائية سان ماركو في فينيسيا، والتي استلهم منها غولد المصطلح؛ لكن سبب وجود هذه الفسحات بنيوي، وليس زخرفياً. إذاً فإن الفسحات هي اختصار لصنف واسع من المظاهر الحيوية

التي لا تنشأ كمظاهر تأقلمية. إن ذلك لا يستبعد أنها تختار أو «تستغل» في غرض مفيد، مثل تلك الحلزونات التي تصنع فائدة من ضرورة بنيوية.

إن الفكرة الأساسية بأن التغير التطوري تدريجي بالضرورة هو أيضاً موضع تساؤل. أحدث غولد وإلدردج (3) ضجة كبيرة عندما ـ قبل حوالي ثلاثين سنة ـ أشارا إلى أن نمط التبدل التطوري الذي يظهر في سجلات المستحاثات مختلف تماماً عن التحول المستمر البطيء في المجموعة التي يبدو أن داروين كان يفكر بها. يحدد المصطلح الذي وضعاه «التوازن المرقَّم» مظهرين غير متوقعين للنموذج. أولاً، تبدو الأنواع في سجلات المستحاثات بشكل مفاجئ (مفاجئ، على المقياس الجيويولوجي، حيث يضغط السجل الذي يبلغ مئة ألف سنة إلى فراش مسطح يبلغ بثخانة بضعة ميليمترات). ثانياً، إن العضويات التي تكوّن نوعاً غالباً ما تبقى فعلياً بدون تبدل لملايين السنين قبل أن تنقرض. لقد تأكدت حقيقة هذا النموذج بشكل واسع في عضويات متنوعة جداً تتروح من الخيول القديمة إلى فرطيسات مجهرية تسمى المثقبات. لذلك أعاد الباحثون صياغة التطور على أنه قصة حول النجاح التفاضلي للأنواع. «يجب أن يعاد التفكير بجميع التبدلات التطورية المهمة على أساس فرز على مستوى أعلى يعتمد على النجاح التفاضلي لأنماط معينة من الأنواع الثابتة، وليس كتحول مترق ضمن الأنسال» (3). يرسم غولد وإلدردج خطاً بين نمطين من التبدلات التطورية. الأول التطور الدقيق، انتشار أليل جينة مفيدة ضمن النوع (مثلاً، طفرة الخضاب البشري التي تعطي مقاومة للملاريا، أو أصبغة الفراشة التي تبعد المفترسين). على العكس من ذلك، فإن التطور الكبير، يصف تحولاً كبيراً يشمل إبداعات كبيرة (الريش، أو الميلانين) ويكمن خلف التباعد في التصانيف الأعلى. إن آلية التطور الكبير ليست مفهومة بشكل جيد، لكن يبدو أنها تختلف في نوعها عن تلك التي تفصّل للجينات خطوة فخطوة، وتشمل شكلاً من أشكال الانتقاء بين الأنواع.

لقد أثار جدال غولد ـ الذي وضعته هنا بشكل مختصر لا يفي غولد حقه لا من حيث حدة ذهنه ولا أسلوبه ـ الغضب في صفوف المتمسكين بالنمط الصارم «المتطرفين» من مذهب داروين. لا يوجد متسع من الوقت هنا لكي نجول في ميدان المعركة، لكنني يجب أن أعترف أنني استمتعت جداً في الفصل العاشر من كتاب دنيت فكرة داروين الخطرة (كتاب ذكي وليس غير مبرر في كامله، لكنه أيضاً ظالم كما أنه هجومي بطرافة في مواقع منه)، وبرد غولد عليه، وبتبادل الملاحظات الجارحة غير المكبوحة في مراجعة نيويورك للكتب (9). لقد أدرك التطوريون دائماً، بدءاً من داروين نفسه، أن النمط والتوقيت يختلفان مع الزمن. لذلك، اتهم غولد وإلدردج بأنهما يضعان رجل قش يسهل تحطيمه، وأنهما يعيدان تشكيل ادعاءاتهما كلما تعرضا للانتقاد؛ وهناك شيء من الصحة في هذه الاتهامات. لكن لا يوجد تملص في تحدي المعتقدات القديمة: «أستطيع أن أرى ما الذي يتهاوى في النظرية التطورية ـ البناء الصارم للتركيب الحديث مع اعتقاده بالتأقلم، والتدريج، والاستقراء بالاستمرار السلس من أسباب التغيير في المجموعة المحلية إلى الميول الكبيرة والتحولات في تاريخ الحياة» (3).

هناك نكهة نظرية لهذا النزاع (يجري بين زعماء القضية الذين هم مهما يكن في نفس الطرف) يدل على أن المعني هنا يتجاوز الآليات وحتى الأمور الشخصية. إن التركيب الحديث تقليصي من حيث أنه يعزو نظام الطبيعة إلى أدنى مستوى ممكن، الصراع بين الأشخاص (وحتى الجينات) على الميزة الانتقائية. يسمح هذا الإطار ببعض المجال لدعائم التأقلم والتبدل التدريجي، لكنه يضيق نطاقها. إن ما يقوله غولد هو أن يوسع النطاق، اعتقاداً منه بأن التطور أغنى وأسرع مما يسمح به التفكير التقليدي المعاصر وذلك بفضل الأمور الجديدة غير التأقلمية، والقفزات العَرَضية، وجرعة كبيرة من الأمور الطارئة. ولم يعد غولد وإلدردج ومن يدعمهم أصواتاً وحيدة في البراري. إن دعوتهم إلى نظرة بمرتبة أعلى للطبيعة، واستعادة مكانة العضويات لمكانتها

التقليدية من الرفعة ، تجد أصداء في كتابات بعض علماء الأحياء التطوري وبين طلاب الأنظمة المعقدة.

■ ■ ■

يجادل غيلبرت، أوبيتس ورالف، من بين آخرين (10)، مطالبين بإطار أوسع وأكثر قوة من الناحية الجنينية. يجب أن يبنى التركيب المجدد على ثلاثة مفاهيم كسفتها إعادة تعريف التطور من التبدلات في العضويات إلى التبدلات في تكرار الجينات، لكن أعيد الآن اكتشافها. الأول هو عودة التطور الكبير كحقل متميز في الدراسة. أصبح الكثير من علماء الأحياء يتفقون على أن التبدلات في تكرر الجينات ( التي تفسر بشكل جميل انتشار الخلة المنجلية الواسع في مناطق الملاريا في أفريقيا) لا يمكن أن تفسر منشأ الشعر أو العيون المركبة، ناهيك عن ظهور الثدييات من الزواحف. لا ينكر أحد تدخل الجينات، لكن مثل هذه التحولات الكبيرة تحتاج إلى جينات جديدة وإعادة تنظيم جذري لطرق التطور.

يتمركز الاكتشاف الثاني حول معنى التشاكل. كان التشاكل مهماً جداً لعلماء التشريح في القرنين الثامن والتاسع عشر، الذين لاحظوا أن الفقاريات من ثدييات، وطيور، وبرمائيات هي «نفس الشيء» من ناحية ما. مع ظهور الداروينية، أعيدت صياغة التشاكل على أنها دليل على سلف مشترك (تؤدي البنيات المتناظرة، مثل أجنحة الطيور والحشرات، نفس الوظيفة لكنها لا تشترك في سلف مشترك). لم يترك بالطبع الانحدار من سلف مشترك. لكننا ندرك الآن مدى العمق الذي تغوص فيه هذه الجذور المشتركة، ومدى الضيق الذي تقيد فيه فرص التغيير. إن التطور، مثل السياسة، هو فن المحتمل. يسمح بالتغيير، لكن فقط ما دام لا يشوش العمل المتوازن لكامل العضوية. إن البنيات والعمليات التي تحمل عبأ كبيراً من المسؤولية (مثل الجسيمات الريبية أو الفقرات) يمكن أن تعدل ولكن لا يمكن أن تستبدل.

نحن ندرك منذ زمن بعيد أن العمليات الأساسية في الكيمياء الحيوية شمولية، وأنه لا بد أنه قد تم الحفاظ عليها منذ بداية الحياة الخلوية (الفصل 4). مهما يكن، فقد جاءت معرفة أن البروتينات التي تنظم الانقسام الخلوي في البشر والخمائر متشابهة جداً إلى درجة أن النمط البشري يمكن أن يكمل العوز في جينة الخمائر المشاكلة كمفاجأة كبيرة؛ وكذلك معرفة أن جينات متشاكلة تطلب في تطوير عيون كل من الفقاريات والحشرات (أعضاء كان يستشهد بها على أنها مثال التطور المتباعد للبنيات المتشاكلة). لا يعلم أحد ما الذي تخبرنا به هذه الاكتشافات الحديثة، لكن هناك رسالة واحدة أكيدة تتعلق بالعبء الذي تتعرض له التحفظية تحت وطأة التنوع الهائل للعالم الحي.

أعاد الاكتشاف الثالث لعلم الجنين ما كان منذ زمن طويل فكرته المميزة، حقل التكون التشكلي. توصلت في الفصل 7 إلى الحاجة إلى هذا المفهوم من التفكير في النمو والأشكال في العضويات وحيدة الخلية؛ لكن الأصل التاريخي يكمن في علم الجنين الحيواني في بداية القرن العشرين، أصبح علماء الجنين مقتنعين بأن مفتاح التطور يكمن مختبئاً في تلك المناطق الفراغية التي تتناسق ضمنها جميع العمليات بمجموعة مشتركة من التأثيرات. لم يكتشف أحد أبداً وجود مثل هذه المناطق، لكن الفكرة أصبحت هامشية مع ظهور علم الوارثة التطوري، الذي استبدل الحقول بالجينات كأدوات للتنظيم الفراغي. إن الاكتشاف المذهل للميول التشكلية وجينات التجانس سمحت لعلماء الجنين باستعادة المفهوم. لكن الزجاجة القديمة تحمل شراباً جديداً: ينظر إلى الحقول التشكلية اليوم كمناطق ينتظم فيها نشاط الجينات في الفراغ. لا يشترط أن تكون المادة المكونة لجميع الحقول التي تعمل في تكون الجنين هي نفسها في كل مكان. إن المبدأ الشامل هو أن الحداثة التطورية تنشأ من التغيرات على مستوى الحقول، التي تشكل بذلك جزءاً أساسياً من التطور (الحيواني). وضع مظهر ذي مستوى عال بين الجينة الجزيئية وكامل العضوية: «مثلما ينظر إلى الخلية على أنها وحدة من بنية

ووظيفة في الجسم ـ ليس على أنها الجينات التي تعمل من خلالها ـ كذلك فإن حقل التكون التشكلي يمكن أن ينظر إليه كوحدة أساسية من التبدل في تطور الكائن الفرد وفي تاريخ الأعراق». (4)

■ ■ ■

حتى هذه النقطة، بقي نقد الفكر التطوري تحت مظلة التركيب الحديث. بالنسبة لداروين وتابعيه، وحتى بالنسبة لمعظم منتقديهم، يبقى الانتقاء الطبيعي هو القوة المبدعة الأساسية، التي تفضل جيلاً بعد جيل نجاة الأكثر تأقلماً؛ إن التأقلم بدوره، هو التعبير عن برنامج جيني، يشحذه ويثبته الانتقاء ضمن الأنماط الظاهرية. بالنسبة للمفسرين المتشددين، فإن العضويات لا تملك شكلاً داخلياً، ولا تنظيماً ولا ثباتاً. إنها مجرد تلفيق تاريخي، أقصى بدع العابثين، ومرنة مثل المعجون تحت وطأة الانتقاء. يمكن أن يتخيل المرء مثل هذه العضوية وهي تجثم على ذروة حادة في أرض من اللياقة، وتبقى هناك بالانتقاء الذي لا يهدأ لوظيفة أفضل، والذي يستأصل معظم الأنماط الأخرى الموجودة. يصبح الانتقاء آلية لإحداث درجة كبيرة من عدم الاحتمالية، ولكن حيث أن هذه المخلوقات لا تخضع لأي قانون أو نظام، فإنها تبقى في صميم عدم الفهم. ليس هذا هو الكون الذي يعيش فيه برايان غودوين، وستوارت كوفمان وآخرون ممن يتداخل على التطور من منظور فلسفي يسمى البنيوية (11).

يأخذ غودوين إلهامه، ليس من داروين ولكن من إيمانويل كانت والتقليد الأوربي المتمثل في علم الأشكال المنطقي، الذي يتعاشق مع الحقل الجديد والذي لا يزال يتطور من الدراسات حول المعقدات. إن بعض الأنظمة المعقدة، كما رأينا في الفصل 7، ذاتية التنظيم بشكل طبيعي؛ إنها تُنتج نظاماً فراغياً من ضمن أنفسها، نتيجة لديناميكيتها الخاصة الموروثة. يصح ذلك أيضاً بالنسبة للعضويات: لا يظهر النظام الفراغي من البرنامج

الجيني، ولكنه يظهر من الديناميكية التي تولد حقول التكون التشكلي، التي بدورها تشكل أساس الشكل والفزيولوجيا. ينتج عن ذلك أن الأشكال الحيوية ليست ضعيفة ومخترعة؛ على العكس تماماً، إنها هي «الأشكال النشيطة» الأكثر احتمالاً لأن تجدها أنظمة التنظيم الذاتي الديناميكية، وبالتالي فهي محتملة و قوية. من المشهور أن النماذج الفراغية من هذا النوع (فكر في اللهب أو الأعاصير)، يغلب أن تتفاوت استجابة للظروف البيئية. يمكننا أن نتصور أنظمة «تستكشف الفضاء» المتوفر لكل ديناميكية معينة من كل نوع، ونرى التطور على أنه العملية التي تتحول فيها أشكال النوع من شكل إلى آخر. من وجهة النظر هذه، لم تعد العضويات حيل مرتبطة مع بعضها بتاريخ متقلب الأحوال، بل هي التعبيرات الواضحة لديناميكيتها الخاصة. تستعيد العضويات مكانتها التقليدية ككيانات كاملة أساسية، ذاتية التنظيم وذاتية المحافظة على نفسها. من حيث المبدأ، (وأحياناً حتى عملياً) تصبح العضويات غير مفهومة لأنها تحجز في قوانين الفيزياء.

بالطبع، فإن الجينات والمنتجات الجينية تحافظ على دورها في مسرحية التطور. تحدد الحفّازات والجزيئات البنيوية المعاييرالرقمية التي تدخل في الصفات الفيزيائية لكل نظام، وتثبت تنظيمه. يجري معظم استكشاف مجال الأشكال الممكنة في الواقع من قبل الطفرات وإعادة اتحاد الجينات. لكن ديناميكية النظام، وليس البرنامج الجيني، هي التي تنشئ الأشكال والوظائف الحيوية. بنفس الطريقة، يحافظ الانتقاء الطبيعي على الدور الذي وصف بأنه «إعدام من فقد اللياقة». لكن الانتقاء نزع من عرشه كمبدع مهيمن للأشكال الحيوية. بدلاً منه، كما هو الجدل، فإن النظام الفراغي موروث في الأنظمة الحية، وهذا أمر كله نحو الأفضل. يجادل ستوارت كوفمان، الذي يبني أفكاره على محاكاة كومبيوترية واسعة للتطور، بأن الانتقاء بحد ذاته أضعف من أن يحافظ على العضويات على ذرى قمم شاهقة حادة. إن التطور ممكن فقط لأن الانتقاء يتعاون مع ذلك النظام الفراغي الضمني في الأنظمة الحية؛

وقد يستمر هذا النظام «يسطع» حتى في وجه الضغط المعاكس من الانتقاء الطبيعي.

في هذا العالم الجديد الشجاع، ليس فقط التطور هو الذي يظهر في ضوء جديد، بل كذلك تاريخ الأعراق. لا ينكر وبستر وغودوين (11) الحقيقة التاريخية للسلف المشترك والانحدار من سلالة مع تعديل. إن الأشنات الخضراء التي تصنف في نظام داسيكلادالس، والتي تنتمي إليها الأسيتابيولاريا (الفصل 7)، ترتبط بقرابة كأفراد من عائلة. لكن ليس تاريخها المشترك هو الذي يفسر حقيقة أن أشكال ووظائف أفراد ذلك النظام يبدون تنوعاً على أساس مشترك. بدلاً من ذلك، يعزو وبستر وغودوين ذلك إلى الطبيعة ذات المرتبة العالية للعمليات التي تولد العضويات، وبخاصة الحقول التحتية. «إن ما ينتج عن هذا التحليل هو نظرية تجعل حقول التكون التشكلي أنظمة ديناميكية معقدة يطرأ عليها بشكل عفوي سلسلة من الأمور التي تفسد التناظر: تمر الحقول المنظمة تنظيماً شاملاً عبر سلسلة من التفرعات إلى بنيات محلية مفصلة تعكس النظام الأصلي وينتج عنها عضويات ذات أجزاء منظمة بتلاحم. إن الطبيعة ذات المرتبة العالية لهذه العمليات التكوينية تؤدي بشكل طبيعي إلى تصنيف للأشكال الحيوية بمراتب عالية: يقدم علم تكون الأفراد الأساس المنطقي لفهم تاريخ الأعراق (11).

■ ■ ■

ما هو مكاننا إذاً؟ هل يعتبر التركيب الحديث اليوم عقيدة منيعة على التحدي، أم هل تتسارع الخطوات نحو حركة إصلاح جذري؟

شيء ما في الوسط، حسبما أعتقد، وإن هذا التخمير المستمر هو تماماً ما يجعل علم الأحياء التطوري اليوم منطقة حيوية من مناطق العلم. ليست الحقائق موضع خلاف، ولكن الخلاف يدور حول النظرة إلى الحياة التي تنتج عن هذه الحقائق؛ وهناك حرية للفهم الشخصي. يبدو لي أن ما يحدث

ليس مختلفاً عن الميل الذي يظهر في علم الأحياء الجزيئي وعلم الأحياء الخلوي. لقد حصل تقدم هائل في هذه الفروع على أساس فكرة أن تشريح الخلية إلى أجزائها المكونة سيمكننا من فهم الخلية الكاملة. ثبت أن ذلك صحيح ولكن بشكل أقل من الحقيقة الكاملة، ونحن نكتشف الآن طرقاً تتحكم بها المستويات الأعلى من التعقيد الحيوي بالمستويات الأدنى. بنفس الطريقة، من المؤكد أن التركيب الحديث ليس خاطئاً. الانحدار المشترك، التأقلم بالانتقاء الطبيعي، التنافس على النجاة، النجاح التكاثري، إنتاج التنوع بالطفرات وإعادة توزيع المواد الجينية تفسر كلها الكثير (وحتى معظم) مظاهر الحياة. لكنها تعجز عن شرح كيف وجدت العضويات في الأصل، وهي تتبنى وجهة نظر ممزقة عن الحياة تتعارض مع وجود وسلامة الأشكال الحية.

ومن هنا ظهر قبول لمفهوم أكثر سخاء، أكثر أبطاله بسالة هو ستيفن جاي غولد. تؤكد الداروينية «التعددية» سلطة التنوع والانتقاء، ولكنها تسمح بدور أكبر للقوى الإضافية. من بين هذه القوى الطوارئ التاريخية، خاصة حوادث الانقراض التي سببتها عوامل خارجة عن الحياة، والعلاقات على المستويات العليا بين الطبقات المنضدة للحياة، بحيث أن التغييرات والقيود يمكن أن تعمل نحو الأعلى من مستوى الجينات والأفراد، ونحو الأسفل من مستويات الأنواع والأنظمة البيئية. في سياق هذا الكتاب، ستكون المحاسن المُلزمة للتركيب الأوسع هي إعادة العضويات إلى مكانها التقليدي ككيانات حقيقية في هرم الطبيعة. ليست الأشكال الحية مجرد مخلوقات تاريخية، رمتها إلى بعضها الحوادث والصدف. مرة أخرى، تصبح العضويات أنواعاً طبيعية، نتاج العمليات المولدة الداخلية، المرنة ولكن ليست المائعة على الدوام. إن أولئك الذين يصرون على أن هرم النظام الحيوي يجب أن يضغط ويشذب إلى أساسه الجزيئي، سوف يقرأون بلا شك ما سبق على أنه استسلام للمجهول. أنا لا أرى الأمر كذلك، بل أنني أراه على أنه علامة على التقدم، بحيث يصبح بعد قرن ونصف بعد داروين شرعياً مرة أخرى

رؤية التطور كمغامرة تاريخية للعضويات في الزمن الجيولوجي.

## توليد الجديد

يشبه تطور الخلية كثيراً تاريخ الإنسان القديم. حدث كل شيء منذ وقت طويل، والدليل مشتت وغامض، ومعظم حلقات الوصل مفقودة، لكن الإيمان بالآراء قوي والدفاع عنها شديد. إن موضوع هذا المقطع هو ظهور التنظيم الخلوي، النمط حقيقي النوى بالخاصة، ونقطة انطلاقنا هي مرة أخرى شجرة تاريخ الأعراق الشاملة (الشكل 6.8). لكن الهدف هنا، ليس تتبع خطوط النسل ولكن إبراز ما الذي تدل عليه المراحل الأولى من التطور حول العملية نفسها. يمثل التطور الخلوي، في العضويات الدقيقة، كامل مشكلة كيف نشأت العضويات: أنظمة جزيئية ذاتية الحفاظ على ذاتها وذاتية التكاثر، متباعدة بشكل هائل ولكنها مع ذلك متحدة بالأسس الرئيسية للعمل.

من المفيد لهذا الغرض أن ننظر إلى تقدم العضويات الدقيقة على أنه سلسلة من «الإبداعات» التي جعلت من الممكن التحول من مستوى من التنظيم إلى مستوى تال (12). إن أول هذه الإبداعات هو ذلك التحالف الغريب لطلائعيات النوى، الذي، إذا كان هناك أية مصداقية للفكرة الحالية، بدأ الفرع الذي أنتج حقيقيات النوى (8). التحول الثاني، وهو أكثر التحولات إثارة للإعجاب حتى الآن، هو ذلك الذي ولد نظام حقيقيات النوى نفسه، مع ما يكمله من أشياء مثل المجموعة الحديثة من المظاهر: الجينات المنتظمة على صبغيات والتي تفصل بينها الجينات الداخلية، نواة يحدها غشاء مثقب، نظام أغشية داخلية يتوسط مرور الحويصلات بين المركز والمحيط، وهيكل خلوي يؤمن الدعم الآلي والاندماج. من وجهة نظر توماس كافالييه ـ سميث الذي فكر مدة طويلة وبشكل مرتب، حول هذا «اللغز البغيض،» فإن الخطوة المفتاح في الانتقال هي اختراع الهيكل الخلوي الذي تتمفصل حوله جميع الأشياء الأخرى (13). إن حقيقية النوى السلف،

كما يعتقد كافاليير، كانت من الأوليات السوطية التي تتغذى بالبلعمة من النوع الذي يمثل اليوم بمملكة البدائيات. لم يكن لديها متقدرات، ولا حبيبات يخضور، ولا أجسام بيروكسية ولا جهاز غولجي، لكنها كانت تبدي أرجلاً متحولة مع حزمة من الأنابيب الدقيقة التي تنبثق من قاعدتها وتحيط بالنواة. حصل الانقسام الخلوي بدون تحطم الغشاء النووي. كان استقلاب الطاقة لا هوائياً، يعتمد بشكل أساسي على تحلل السكر. كانت عملية الإفراز بدائية، ولكن العضويات كانت متحركة وتكسب قوت عيشها بالإحاطة بفريستها الجرثومية. اعتمد تصنيع البروتين على جسيمات ريبية من نوع 70 س، كما في الجراثيم، وليس من نوع 80 س الذي تبديه الخلايا حقيقية النوى الأكثر تقدماً. (ينطبق هذا على الميتامونادات في عصرنا، ولكن لا يزال التساؤل عما إذا كان بالإمكان اعتبارها «مستحاثات حية» قد نجت من غابر الزمن موضع جدل؛ الفصل 8). يتصور كافاليير ـ سميث هذا التضخيم الهائل للتعقيد الخلوي كعملة تلقائية، تبني على نظام طلائعيات النوى الابتدائي، ووضع عدة مراحل معقولة ربما تكون قد حققت من خلالها ذلك. قد تفسر التغييرات الواسعة التي تطلبها هذا التحول لماذا احتاجت حقيقيات النوى إلى 2 بليوني سنة لتحقيق بروزها الحالي.

يجادل باحثون آخرون بأنه حتى أول خلية حقيقية النوى كانت نتاج شراكة بين طلائعيات النوى، التي قدمت طلائع الأرجل المتموجة وحتى نواة الخلية. كانت هذه بالأصل وجهة نظر لين مارغوليس وأصدقائها، لكن أنماطاً مختلفة من هذه الفكرة قد بدأت الآن تنال الدعم من علماء علم الأحياء الجزيئي التقليديين (الفصل 8). لا يتعارض الموقفان بشكل حاد كما يبدو لأول وهلة، لأن كل منهما يحتاج إلى تقديم تفسيرات وهو يحاول أن يسد الفرجة بين نمط حقيقيات النوى من النظام وبين أسلافها من طلائعيات النوى.

تظهر الكثير من الإبداعات الأخرى في تكاثر أنسال تلك السوطيات

السلف، بينما هي تكتشف وتتأقلم مع البيئات الملائمة الجديدة في عالم متزايد التركيب. حافظت جميعها على نمط حقيقيات النوى من التنظيم ووحداتها الجزيئية البانية، لكنها تزخرف التصميم وتطيل مناله. لقد لعب التكافل الداخلي، والتحول التدريجي للمتكافلات داخلياً إلى عضيات، دوراً رئيسياً في صنع حقيقيات النوى الحديثة. إن الإبداعات الأخرى أقل ظهوراً. أحدها الحركة المتحولة، التي تعتمد على التجمع والتفكك الدوريين للهيكل الخلوي القشري؛ إنها أساس جميع الحركات الزاحفة، من المتحولات إلى خلايا البشر الجنينية والنمو القمي في خيوط الفطور. ازدهرت الآلية الإفرازية، التي كانت بدائية في حقيقية النوى السوطية السلف، مع إبداع جهاز غولجي. من الواضح أن محطة التحويل المعقدة هذه ضرورية لحياة الأشنات الخضراء ذات الجدران كثيرة السكريات المعقدة. تحوّل الانقسام الخلوي: استمر الانقسام «المغلق» في بعض الفرطيسات، ولكن في معظم حقيقيات النوى الحديثة يتحطم الغشاء النووي ويعاد بناؤه بعد انفصال الصبغيات. في بعض الفرطيسات، أصبحت البنيات المصنوعة من حزم الأنابيب الدقيقة تعمل كهيكل خلوي صلد، صانعة إطاراً للمعي أو لكامل الخلية. تزدهر الأرجل المتموجة أيضاً في أشكال غريبة: لا تزال هي النمط الشائع للاندفاع الخلوي؛ لكن الكثير من الفرطيسات تخرج الآن أربعة أرجل متموجة، عدلت إحداها لتقود جزيئات الطعام إلى المعي. يأتي المعي نفسه بأشكال، وحجوم وأنماط عمل مختلفة، وكذلك يحصل في جميع المظاهر والملامح الأخرى.

متى جاءت هذه العاصفة من الأمور الحديثة، وكيف يتكامل الجديد مع ما جاء قبله؟ يسمح لنا تاريخ الأعراق الجزيئي بوضع خريطة للانحدار وتنوع الجينات والبروتينات، ويلقي لنا الضوء على أنساب العضويات التي تحمل هذه الجزيئات الكبيرة. من الأصعب جداً معرفة كيفية نشوء الأنظمة المعقدة والمتكاملة، مثل أن الأرجل المتموجة تتكون من 200 بروتين تعمل مع

بعضها. كما تقف الأمور اليوم، فإن الحداثة تنشأ من ثلاثة مصادر: التضاعف والتباعد، التكافل الداخلي والتخلق المتعاقب (12). دعنا نبحث كلاً منها بدوره.

■ ■ ■

إن توليد الحداثة على مستوى الجينات والمنتجات الجينية هو نتيجة الأخطاء الحتمية في تضاعف الـ «د.ن.أ DNA»، وإن أساسها الجزيئي مفهوم بشكل جيد عامة. إن الطفرات ذات اتجاه محدد، التأشيب والأنواع الأخرى من إعادة الترتيب الجيني تساهم في سبخة الأخطاء، لكن المصدر الرئيسي في الغالب هو المتنقلات، وهي عناصر جينية تشبه الفيروسات يمكنها أن تقفز من مكان في المجين إلى آخر. لكي يؤمن أي نوع من الطفرات المادة الخام للتطور، فإن الجينة المعنية يجب أن توجد في نسختين على الأقل بحيث يمكن لإحدى النسخ أن تستمر في دعم وظيفة الجينة الأصلية، بينما تكون الثانية حرة في التغير. هنا أيضاً، فإن أخطاء التنسخ التي تسبب التضاعف معروفة، على الأقل من حيث المبدأ. لقد أصبحنا ندرك حديثاً أن مجينات الجراثيم، وربما مجينات عناصر أخرى، ترمّز للقدرة على توليد أنواع معينة من الطفرات على نطاق واسع، استجابة لطوارئ رهيبة مثل المجاعات. بشكل سنة ظهر أن المجينات أكثر مرونة بكثير مما كنا نظنه حتى الآن، بفضل أنزيمات تقص وتجدل وتعيد ترتيب التسلسلات المرمزة استجابة لإشارات بيئية (14). إن أسباب التنوع كثيرة: عن طريق التعويض، تحتوي جميع العضويات آلية أنزيمية معقدة للتأكد من دقة تضاعف الجينات وللحفاظ على نسبة أساسية من الطفرات في أي جينة معينة في حدود مليون لكل دورة من التضاعف.

على الرغم من هذا «التصحيح الطباعي»، فعندما يفحص المرء مجموعات من العضويات، فإنه يجد كمية مدهشة من التنوع على مستوى

الجينات البروتينات. تأتي معظم الجزيئات الكبيرة كتجمعات من التسلسلات ذات القرابة الوثيقة التي تختلف في موقع أو موقعين لكن لا يمكن التمييز بينها وظيفياً. حتى الأفراد قد يحملون الكثير من مثل هذه النظائر من الأشكال. تستحوذ الطفرات المحايدة من نوع ما أو آخر حصة الأسد من التنوع الجزيئي، وهي تثير التساؤل عما إذا كان التنوع انتقائياً بالضرورة. إن الطفرات التي لا تبدي عواقب وظيفية مخفية عن الانتقاء الطبيعي؛ ربما تتراكم الطفرات الحيادية في المجموعات السكانية، ليس لأن الانتقاء يفضلها، ولكن لأنه لا يستطيع أن يقلل منها. لكن النظائر من الأشكال الجزيئية قد تصبح نقطة البداية لتطور وظائف جديدة. تأتي الجينات عادة على شكل عائلات (الجينات التي ترمّز للحاملات الناقلة، على سبيل المثال) تنشأ من تضاعف جينة سلف يتبعه تباعد تدريجي للنسخ عن بعضها. لا يسع المرء إلاّ أن يتساءل ما إذا كانت إعادة التنظيم على مستوى أوسع، سواء للمجينات أو للبنية الخلوية، يمكن أن تقدم نقط انطلاق لمنشأ الأنواع أو حتى التصانيف الأعلى.

يظهر الوجه الآخر من العملة الداروينية الانتقاء الطبيعي. يمكن للجينات الجديدة أو للجينات المتعلقة بها أن تصبح ثابتة في المجموعة السكانية بحوادث عشوائية «الانزياح الجيني»، خاصة عندما لا تحمل منتجات الجينة عبأً وظيفياً كبيراً والمجموعة السكانية التي حصلت فيها الطفرة صغيرة. لكن الإجماع بين علماء علم الأحياء التطوري يقول بأن التغيرات النظامية، من النوع الذي يبدل الشكل أو الوظيفة ويشجع التأقلم مع تغيرات البيئة، هي حتماً نتيجة الانتقاء الطبيعي. يخدم الانتقاء، أولاً وقبل كل شيء، كقوة مثَّبتة بقلع الطفرات التي تنقص اللياقة. لكنه يفضل أيضاً تكاثر وانتشار الأنماط النادرة التي تعزز التأقلم مع الظروف وتهيمن في ذلك الزمن. يتعلق التأقلم بالآن وهنا؛ ليس له بصيرة، ولا يمكنه أن يتنبأ بالوظائف التي يمكن أن تكون مفيدة في المستقبل.

مع ثبات تركيز الأبحاث المعاصرة على المستوى الجزيئي، من المغري تحديد «اللحظات العظيمة في التطور» بظهور الجزيئات المفاتيح (15). لاشك أن الأكتين، والتيوبولين، والكلامودولين واللامينات تستحق أن تعتبر من الجزيئات المفاتيح، وكذلك تستحق الكثير من الجزيئات الأخرى ذلك. إن مثل هذه البروتينات شاملة الوجود بين حقيقيات النوى، ولقد تم الحفاظ عليها بشكل مدهش عبر بليون سنة من الصدف والتغيرات. من المهم أن كلاً من هذه البروتينات يعمل كوحدة بناء مستعملة في مجال واسع من الوظائف الخلوية، كما يعمل الآجر في البناء. لكن التيوبولين لوحده لا يكفي لصنع الأرجل المتموجة، مثلما لا يكفي الآجر وحده لصنع منزل. للحصول على آلة عاملة، أو طريق يمكنه أن يحمل الإشارة من محيط الخلية إلى النواة، يجب أن تكون البروتينات المفتاح مرتبطة بالبروتينات الأخرى بطريقة هادفة. يدور الكثير من التطور الخلوي على هذه المرتبطات: البروتينات ج، المستقبلات، البروتينات الرابطة للأكتين والبروتينات المحركة. إن هذه عادة أكثر تنوعاً من البروتينات المفتاح؛ بينما يتم الحفاظ على العناصر اللبية، تنشأ وظائف جديدة، كما هو الحال، بالعبث بالمحيط الجزيئي.

الافتراض الأساسي هو أن الأرجل المتموجة والآليات عديدة الجزيئات الأخرى قد نشأت، مثل العين البشرية، بالتعاظم المترقي للبروتينات المساعدة على بداءة أو أساس مفيد وظيفياً لكن لا يشترط أنه عضو حركة. حصل هذا التضخيم، جينة إثر جينة، تحت توجيه الانتقاء الطبيعي: منح كل تعديل فائدة تأقلمية صغيرة على الأقل. يمكن للمرء، على أساس هذه الفكرة، أن يبني نظماً تبدو محتملة وتفسر، من ناحية المبدأ، منشأ حركة الزحف، أو الانقسام الخلوي أو الطرق الإفرازية (15). ليس لدينا بديل أفضل يقدم الجواب، وفي غياب السفر عبر الزمن فإننا قد لا نكتشف أبداً ما الذي حصل بالفعل؛ لذلك فإن اليسير من الشك يستمر بالضرورة. لن نستبدل من ناحية المبدأ حوار الفرص والضرورة بالتصميم الذكي (16)؛ لكننا

يجب أن نعترف أنه لا يوجد حالياً أي تفسيرات داروينية مفصلة لتطور أي من الأنظمة الكيميائية الحيوية أو الخلوية، فقط مجموعة من الافتراضات التوّاقة. لا يوجد مكان للاكتشافات هنا، ولا للتفكير أيضاً؛ لا تحس بإغراء «الداروينية التعددية» لغولد في أي مكان أكثر من إحساسك به عند دراسة التطور الخلوي.

■ ■ ■

ليس ضرورياً أن تكون الجينات قد نشأت حيث وجدت. هناك أمر مزعج حول فكرة أن الجينات يمكنها أن تنتقل من نوع إلى آخر، ناهيك عن الانتقال بين القبائل والممالك. يتعدى ذلك على مفهوم المرء عن التكامل العضوي، ويثير التساؤل حول مبدأ الأنسال الذي يعرف بانتقال الجينات من الأب للأبناء. لكن الانتقال العرضي يحصل، على مستوى يتراوح من جينات مفردة إلى مجينات كاملة؛ يمثل ذلك مصدراً رئيسياً للحداثة التطورية، وتوسيعاً مهماً للتركيب الحديث.

أصبحت إحدى هذه الانتقالات الجينية مألوفة بشكل مؤلم: انتشار المقاومة للمضادات الحيوية بين الجراثيم الممرضة. عرفت طفرات المقاومة منذ حلول عهد المضادات الحيوية قبل نصف قرن من الزمن؛ إن ما يجعلها خطيرة هو ميل الجينات التي تهب المقاومة إلى التجمع في بلاسميدات، وهي خيوط تشبه الفيروسات من الـ «د.ن.أ DNA» مستقلة عن الصبغيات الخلوية، تمر بسهولة من قبيلة جرثومية إلى أخرى. إن الانتشار الواسع لاستعمال المضادات الحيوية في كل من المشافي وطعام الحيوانات خلق بيئة تشجع انتشار المقاومة، وإن استعمال المقاومة للمضادات الحيوية كواسم في التعديل الجيني لنباتات المحاصيل يبدو محسوباً لأن يجعل الأمور أسوأ.

كم هو النقل الأفقي للجينات منتشر في الطبيعة؟ قد يكون شائعاً جداً بالفعل بين الجراثيم، بفضل الفيروسات والبلاسميدات وحاملات الجينات

المتحركة الأخرى (17). يدل فحص حديث للإشريكية القولونية أنه من بين 4،288 جينة مرمزة للبروتينات، 755 أو 18 في المئة قد أتت من عضويات أخرى منذ أن ابتعدت الإشريكية القولونية عن السالمونيلا منذ 100 مليون سنة خلت. ضمن هذا العدد هناك الجينات التي تجعل بعض ذراري الإشريكية القولونية ممرضة. من المعروف أيضاً أن الجينات تمر بين طلائعيات النوى وحقيقيات النوى. يعتقد أن جراثيم الأغرو، وهي عوامل ممرضة للنبات تحصل تشكل أورام، قد نقلت بعض الجينات المعنية لمضيفاتها النباتية. على العكس، يبدو الآن أن واحداً على الأقل من أنزيمات تحليل السكر في الإشريكية القولونية من منشأ حيواني قديم جداً. يمكن حل بعض الخلافات طولية الأمد حول تصنيف النباتات المزهرة بالاستشهاد بتبادل واسع من الجينات بين الأنسال. ولقد استحضر الجريان الجيني الضخم في فجر التطور الجرثومي (ما يسميه وويس «التقوية الجينية») لشرح المشاهدات غير المتوقعة بأن البدائيات تشترك مع حقيقيات النوى ببعض الجينات لكنها تشترك بعدد أكبر مع الجراثيم الحقيقية (الفصل 8). على كل حال، يخرج المرء بانطباع أن النقل الجيني المعترض هو حالياً ظاهرة غير شائعة، بل حتى هامشية لا تشوش بشكل مهم خطوط تاريخ الأعراق.

يتغير المنظر بشكل كبير عندما نعود من النقل الجانبي لجينات منفردة إلى التجانس التشكيلي للأنسال بالجملة. يغطي اصطلاح «التكافل الداخلي» طيفاً من الاتحادات التي مظهرها المشترك هو أنها تجمع بدرجات متفاوتة من الارتباط مجينات من عضويات ليس بينها صلة قرابة فعلياً. لولا التكافل الداخلي، لكان العالم مكاناً مختلفاً بالكلية (18). لم تكن لتوجد أشنات تغطي الصخور الجرداء، ولا فطور جذرية تغذي جذور أشجار الغابة، ولا نمل أبيض يولِم على الخشب بمساعدة خميرة السيلولازالتي تفرزها الفرطيسات التي تسكن المعي الخلفي لديها. لن يكون هناك واحات من الحياة حول فوهات براكين البحار العميقة، لأن الرخويات والديدان الأنبوبية

التي تزدهر هنالك ليس لها فم ولا شرج وتعتمد في حاجاتها التغذوية على جراثيم التكافل الداخلي التي تؤكسد كبريت الهدروجين الموجود بكميات وفيرة. لم يلاحظ أبداً وجود تكافل داخلي ثابت ضمن طلائعيات النوى، ولكنه شائع ضمن حقيقيات النوى من جميع الأنواع؛ يدل ذلك على أن التكافل الداخلي يعتمد بشكل جوهري على مظاهر معينة تنفرد بها حقيقيات النوى، وأن تلك المظاهر على الغالب هي القدرة على الإحاطة بالفريسة والجسيمات الدقيقية الأخرى.

إن التكافل الداخلي الذي يسكن فيه أحد الشركاء ضمن سيتوبلاسما الشريك الآخر (الذي يسمى التكافل الداخلي في الأدب العلمي) شائع ضمن الفرطيسات، وبينما يبدو بعضها غريباً في نظرنا، فإنها تقرع أصداء العهد الحيوي القديم (19). تفتقر أشنات خضراء وحيدة الخلية معينة إلى حبيبات اليخضور، وبدلاً عن ذلك، تملك عضيات تسمى الزرقاوات، التي يعرف اليوم أنها تنحدر من التكافل الداخلي لجراثيم زرقاء. تحافظ الزرقاوات على جدار خلوي من الغليكوجين الببتيدي مثل أسلافها من الجراثيم، لكنها لا تستطيع بعد أن تعيش باستقلال لأن معظم مجموعتها الجينية قد نقلت إلى الأشنة المضيفة. لا يمكن مقاومة اعتبار الزرقاوات كحبيبات يخضور في طور الصنع، قد قبض عليها أثناء التحول. يصف تقرير من كوبنهاغن «فرطيسات بنفسجية»، وهي مهدبات لا هوائية تحمل جراثيم لا هوائية كمتكافلات داخلية ويمكنها أن تنمو في ظروف لا هوائية بالكامل في الضوء؛ هل يمكن أن يكون ذلك نموذجاً لمنشأ المتقدرات؟ تأتي أخبار من غروننجن عن مهدبة لا هوائية أخرى، تقطن في المعي الخلفي عند الصراصير، تستضيف جراثيماً بدائية مولدة للميتان؛ كما أنها تحتوي على جسيمات هدروجينية تحافظ على مجين له إلفة للمتقدرات، لتقدم دعماً واضحاً لنظرية أن الجسيمات الهدروجينية مشتقة (بشكل مباشر أو غير مباشر) من التكافل الداخلي الجرثومي. ثم لدينا بطل الثقافات المتعددة، ميكسوتريكا بارادوكسا، التي

تعيش في المعي الخلفي للنمل الأبيض. إنها تستضيف أربعة أنواع على الأقل من المتكافلات الداخلية الجرثومية، بما فيها الملتويات الملتصقة بالسطح والتي تخدم الخلية الفرطيسية كأعضاء حركة. هل يقدم هذا المخلوق أي دليل عن منشأ الأرجل المتموجة، أم أنه فقط ينشر التشويش؟

إن هذه الشراكات الغريبة لا تلخص بالضرورة تاريخ العضيات العرقي، لكنها تظهر أن عهد التطور بالاتحاد لم ينته بعد. لقد تم التقاط حادثة منه في المختبر. في غضون أبحاثه على المتحولات، لاحظ ك. دبليو. جيون (19) أن عضوياته كانت مريضة بسبب إنتان جرثومي. نجت الذرية، ليس بطرد الجراثيم بل باستيعابها. على مدى مئتي جيل، أصبح المضيف والطفيلي معتمدين على بعضهما البعض بحيث لا يمكن لأي منهما الآن أن ينمو منعزلاً (لا يزال سبب اعتمادهما على بعضهما مجهولاً). يبدو ذلك كخطة مبكرة أخرى على طريقٍ مرحلته الأخيرة هي عضية كاملة البلوغ.

هل يتناقض التطور بالتكافل الداخلي مع المبدأ الأساسي للتبدل التدريجي بخطوات صغيرة؟ حسناً، نعم ولا. اكتسبت تلك الفرطيسات البنفسجية قوى التركيب الضوئي التي تملكها بنوع من التغير الفجائي، حادثة «ترقيمية». لكن جهاز التركيب الضوئي للمتكافلة الداخلية الجرثومية قد شحذ بالتأكيد بالتفاعل الرشيد بين التنوع والانتقاء. يجب علينا أن نفكر مرة أخرى فيما إذا كانت كل خطوة في التطور موجهة من قبل الانتقاء الطبيعي؛ من الواضح أن الأمر ليس كذلك في المراحل الأولى من تطور متحولات جيون، لكنه صحيح للتطورات الأخرى. إن الافتراس والتطفل منتشران في المجتمعات الجرثومية، مع ظهور تركيبا جديداً أحياناً قد يكون متوفراً للانتقاء كنمط ظاهري جديد. ربما كان أكثر مظاهر التطور بالتكافل الداخلي إرباكاً هو أن تيار علماء التطور الأساسي لا يزال ممتنعاً عن دمجه في نظرتهم التاريخية.

■ ■ ■

«التخلق المتعاقب»، مثل الكثير من المصطلحات المدرسية، يعني بدقة ما يريد منه المتحدث أن يعني. تاريخياً، كان التخلق المتعاقب يقدم وجهة النظر المعاكسة للتشكل المسبق؛ كان يمثل النظرة المنطقية بأن البنيات الجنينية تنشأ في سياق التطور، وليس أنها موجودة مسبقاً في البيضة أو النطفة. استعملت المصطلح في الفصل 7 بشكل عريض لوصف جميع العمليات التي تترجم فيها المعلومات الجينية (المعدلة بتأثير من البيئات الداخلية والخارجية) إلى مادة وسلوك عضوية ما. يفضل علماء الجينات أن يقصروا «التخلق المتعاقب» على تلك التبدلات الموروثة في التعبيرات الجينية التي لا تشمل تغييراً في تسلسل النوويدات. مهما كان التعريف الذي يخدم غرضنا بأفضل طريقة، لا يمكن أن يشك المرء بأهمية عملية التخلق المتعاقب في الفزيولوجيا، والتشكل والتطور. السؤال هنا هو ما إذا كان التخلق المتعاقب يعمل أيضاً كمصدر للحداثة التطورية. لكي يكون ذلك ممكناً، يجب على بعض البنيات والوظائف التي تنشأ خلال التطور أن تكون متنوعة وقابلة للوراثة، قبل كل شيء المعلومات المرمّزة في الجينات، ولا يزال هذا الافتراض يلاقى بكثير من الشك. يذكرنا ذلك بشبح لامارك المشؤوم، ويدل على أن الصفات المكتسبة قد تورث رغم كل شيء، ويبدو أن ذلك يهدد فهمنا المضني لكل من الوراثة والتطور.

في الواقع، كما شرح إيفا جابلونكا و ماريون لامب في كتابهما النيّر عميق الأفكار (20)، فإن المبادئ الأساسية قد خرقت منذ عهد طويل. صحيح، في الحيوانات، أن التغيرات التي تنشأ خلال التطور أو في الكهول نادراً ما تورث. السبب هو أن الحيوانات تملك خطاً وراثياً متميزاً ينشأ في مرحلة مبكرة من التطور؛ فقط الطفرات التي تنجو في الانقسام المنصف يمكنها أن تصل إلى النطف أو البيوض وتمرر إلى الجيل التالي. لكن هذا التقييد لا ينطبق على العضويات التي يمكن لخلاياها الجسمية أن تتكاثر، وإن الوراثة بالتخلق المتعاقب معروفة تماماً من عالم النباتات وخاصة من

العضويات الدقيقة. تأتي الوراثة بالتخلق المتعاقب في هيئات مختلفة (20). يقع بعضها تحت سلطة علماء علم الأحياء الجزيئي، خاصة التعديلات التساهمية لبعض أسس الـ «د.ن.أ DNA» التي تبدل معدل الانتساخ. إن متيلة مواقع التحضيض تعطي مثالاً على هذه النقطة: كقاعدة عامة، إن محضضات الجينات المتوفرة للانتساخ غير مميتلة، بينما المحضضات المميتلة صامتة. يستمر نمط المتيلة طوال تكاثر الخلية، بفضل أنزيم يتعرف على جزيئات الـ «د.ن.أ DNA» التي يحمل شريط واحد منها فقط مجموعة ميتيل ويعاوض عن العجز. تلك واحدة من تلك الآليات التي تضمن أن خلايا الكبد تعبر عن جينات وظائف الكبد ولكن ليس عن وظائف الكلية (والعكس بالعكس)، حتى ولو كان كل من نوعي الخلايا يمتلك كامل المجموعة الجينية.

تأتي أمثلة أخرى من وراثة التخلق المتعاقب من الفزيولوجيا الخلوية، مثل استمرار بعض الحالات الاستقلابية من جيل إلى آخر. في الإشريكية القولونية، لا يعبر عن أنزيم استقلاب اللاكتوز إلاّ عندما يكون اللاكتوز موجوداً في الوسط؛ لكن حالما تتثبت الحالة النشيطة فإنها يمكن أن تنتقل على مدى عدة أجيال حتى بغياب اللاكتوز. الأكثر إثارة ما رأيناه في الفصلين 6 و 7 من أن نقل البنيات الخلوية بين الأجيال مستقل جزئياً عن الجينات. يستشهد جابلونكا ولامب ببوريس إيفروسي الذي رأى منذ زمن طويل أن «ليس كل ما هو موروث جيني». يبدو أن الأغشية الخلوية موروثة من جيل إلى آخر، لكن مضامين هذه الاستمرارية لم تستكشف بشكل واف. يبدو بلا خلاف أن الخلايا تحتوي على نظامين من الوراثة، واحد جيني وآخر تخلقي تعاقبي. لا يزال هناك تساؤل عما إذا كانت وراثة التخلق المتعاقب ثابتة وشائعة بما يكفي لأن يجعلها تساهم بشكل مهم في تطور الخلية .

إن افتراض أن وراثة التخلق المتعاقب يمكن أن تكون مصدراً للحداثة التطورية مغر بشكل خاص (على الرغم من أنه افتراضي بكامله) لأن يكون أساساً للتفكير في الطريقة التي حصل فيها تعدد أشكال وحيدات الخلية. رأينا

في الفصل 7 أن الشكل لا يتحدد بشكل مباشر أو صارم بالنمط الظاهري: تحدد الجينات مجالاً يقع النمط الظاهري ضمنه، لكن الأشكال تنشأ بالتخلق المتعاقب نتيجة للعمليات التطورية. يبدو أن حقول التكون التشكلي تلعب دوراً مهماً في نشوء هذا المستوى العالي من النظام، وهي تنتقل من ذرية إلى أخرى بالوراثة البنيوية. يغلب أن يكون التنوع كثيراً. معظم التنوعات، مثل معظم الاختلافات الجينية، سوف تكون ضارة، ولكن في حالات نادرة قد تعطي إحداها «وحشاً يبعث الأمل» يمكنه أن يجد طريقة جديدة في الحياة. يصبح النظام الجديد، إن كان قابلاً للعمل، عرضة للانتقاء الطبيعي كوحدة جديدة: إن الطفرة والانتقاء يشحذان الجينات التي تثبت التنظيم الجديد وتحسن أداءها. يحصل التأقلم بالعمليات الداروينية التقليدية، لكن الحداثة ستكون قد نشأت من قفزة لا تأقلمية.

هذا، حسب اعتقادي، هو ما قصده كافاليير ـ سميث عندما اقترح أن الحوادث الرشيمية في تطور الفرطيسات، تلك التي نتج عنها نوع جديد من العضويات، يجب أن ينظر إليها على أنها «حوادث متولدة داخلياً وليست استجابات تأقلمية لظروف خارجية» (13، 1991). على سبيل المثال، فهو يعتقد أن تباعد حقيقيات النوى بدأ عندما فقدت أسلافها من الجراثيم القدرة على تصنيع الجدار الخلوي، وطورت البنات المعاقات طرقاً بديلة لفصل المجين أثناء الانقسام. (إن الأشكال ـ ل، من الخطوط الخلوية التي فقدت القدرة على تصنيع جدار خلوي ولكنها تستمر في التكاثر على كل حال، معروفة تماماً لدى علماء الجراثيم).

هل توجد الوحوش التي تبعث الأمل والتطور بالتغير المفاجئ فعلاً في العالم الحقيقي، أم هل هي مجرد تلفيق يختلقه الخيال الجامح؟ لا نعرف، وليس من الواضح ما هو نوع الدليل الذي يمكن أن يؤكد أو ينفي ذلك الافتراض. إن هذه عناصر مرشحة ممكنة ضمن الفرطيسات. اعتبر جوزيف فرانكل وجود واحدة منها، نوع من الأوليات يمكن أن يكون قد نشأ بإعادة

تنظيم القشر الخلوي لنوع آخر. يجد المرء ضمن الأشنات الخضراء تنوعاً شكلياً يمكن أن يمثل تنوعاً بنيوياً. يدرس قليل من العلماء حالياً هذه العضويات، وفي غياب الأدلة يمكن للمرء بسهولة أن يسخر من التغير البنيوي المفاجئ مثل العدد الكبير من القصص المروية «هكذا». لكن غيلبرت وزملاؤه (4) وضعوا أصابعهم على النقطة المهمة: «يعتمد التطور على تضاعف وتعديل حقول التكون التشكلي.. تشكل الآليات التي يمكن للحقول من خلالها أن تتضاعف ثم تتغير منطقة جديدة من الأبحاث التي يجب أن تنتج بصيرة جديدة في آليات التطور». إن شاء الله.

## تصميم ناجح على نحو غريب

هناك قدر أكيد من المعلومات: بقي نموذج حقيقيات النوى للتنظيم الخلوي ناجحاً على نحو غريب. لقد تفرع إلى أكثر من 200،000 نوع من وحيدات الخلية، ووضع أساساً متيناً لتطور الأشكال كثيرة الخلايا ـ بما فيها الأشكال التي لها القدرة على أن تتأمل في التطور. لا يبدو أن هناك ما يمنع النماذج البديلة التي تزيد على درجة طلائعيات النوى في التعقيد وتعدد الجوانب، ولكن إن كان أي من هذه النماذج قد وجد فعلاً فإنه قد فشل في البقاء، كما أنه لم تنج أية أشكال وسط بين طلائعيات النوى وحقيقيات النوى. لا بد للمرء أن يتساءل لماذا الأمر كذلك: ما هو الشيء المميز حول تصميم حقيقيات النوى الذي سمح لها بالازدهار والتكاثر بشكل جيد جداً؟ وهل مثل هذه الجودة الممتازة هي نفسها نتاج الانتقاء الطبيعي؟

بداية، يمكننا أن نسأل حول مكان حقيقيات النوى في اقتصاد الطبيعة، وكيف يختلف عن اقتصاد طلائعيات النوى. تشترك الفرطيسات والجراثيم بوجودها في الماء، التربة وداخل العضويات الأعلى، لكنها تتخذ استراتيجيات مختلفة. تتعلق هذه، كما أشار مايكل كارلايل (21)، بتباين الحجم والتنظيم. إن الجراثيم كائنات دقيقة، شاملة الوجود، شاملة الطعام،

وسريعة التكاثر. يجعل ذلك وجود الجراثيم مفضلاً حيث تكون الغذيات وفيرة لكنها مؤقتة: إن روث البقر الذي يسقط في الطين سرعان ما يستضيف أعداداً هائلة من الجراثيم. إن خلايا الفرطيسات أكبر، وتبدي معدلات استقلابية أخفض وتتكاثر بشكل أبطأ. تفتقر الفرطيسات لتعدد براعات الجراثيم، لكنها تستغل منافسيها الصغار بافتراسهم أو بترويضهم كمتكافلات داخلية وعضيات. تتفوق طلائعيات النوى بفضل قدرتها على التركيب الضوئي كمنتجة أساسية للمواد العضوية، وهي تهيمن عامة في البيئات اللاهوائية حيث الموارد ضئيلة ولكنها ثابتة نسبياً. هنا سيفوز بسباق ترك أكثر الأنسال، ليس الأسرع تكاثراً ولكن الأكثر تأقلماً لمجال متطلبات المكان. من السهل جداً الإشارة إلى استثناءات في هذه النظرية، ولكن هناك شيئاً من الحقيقة في فكرة أن حقيقيات النوى قد تبنت استراتيجيات جديدة ـ ربما ليست اقتصادية، ولكنها تطورية.

إن لحقيقيات النوى تاريخاً في الانتشار المتكرر على مستويات كثيرة ـ أنواع متنوعة من الفرطيسات، والفطور، والنباتات، والحيوانات. ـ وأحدث كل انتشار بيئات إضافية ملائمة لحقيقيات النوى (داخل الحشرات، على سبيل المثال، التي تأوي أمعاؤها الخلفية فرطيسات متكافلة داخلياً). بالطبع، يملك نموذج حقيقيات النوى كل ما يلزم لإنتاج اختلافات ناجحة بحد ذاتها. يشار إلى هذه الخاصة باسم «النشوئية»، التي عرفها مارك كيرشنر حديثاً على أنها «القدرة على توليد تنوع في الأنماط الظاهرية قابل للتوريث وقابل للانتقاء». لاحظ أن هناك في التنوع أكثر من مجرد صنع طفرات. يرى الانتقاء الطبيعي الأنماط الظاهرية، وليس الأنماط الجينية، وبالتالي فإن الفرص التطورية لأية طفرة تتعلق بالسياق الخلوي الذي يعبر فيه عن المعلومات الجينية. ما الذي يجعل حقيقيات النوى إذاً شديدة القابلية للنشوء؟ ينظر كيرشنر و غيرهارت (22) في العمليات الفزيولوجية والتطورية التي تتوسط بين النمط الوراثي والنمط الظاهري. من وجهة نظر التطور، إن مرونة

وتحمل هذه النشاطات في التخلق المتعاقب ليستا مجرد جلبة. على العكس، توسع المرونة التطورية مجال الأنماط الظاهرية، وتؤمن تشكيلات منوعة يمكن للانتقاء أن يعمل عليها.

يستخلص كيرشنر وغيرهارت أمثلتهما من الحيوانات الأعلى، لكن الافتراض بأن التطور يسهله تصميم خلوي يحل الارتباط بين النمط الجيني والنمط الظاهري ينطبق على حقيقيات النوى بشكل عام. يشيران إلى أنه قد تم الحفاظ على وحدات البناء الأساسية بقوة (الأكتين، التيوبولين، الكلامودولين من بين الكثير)؛ تتباعد العضويات بإعادة تنظيم الدارة المنظمة. يتم تواسط التنظيم عادة ببروتينات غير متخصصة نسبياً ويمكنها أن تلائم الوظائف الجديدة بعدد صغير من التغيرات التي تحدثها الطفرات. يمكن للوظائف الجديدة أن تنشأ أيضاً عن طريق النمو الالتحامي، كما تظهر ذلك جينة الانتساخ. في طلائعيات النوى، تكون البروتينات التي تتحكم بجينة معينة قليلة في عددها ونوعية جداً؛ يكون التنظيم صارماً. على العكس، يتم التحكم بانتساخ جينات حقيقيات النوى ببروتينات كثيرة تتفاعل بشكل ضعيف مع الـ «د.ن.أ DNA» ومع بعضها البعض؛ يمكن أن يضاف بروتين جديد يحمل رسائل إضافية وأن يجمع مع البروتينات السابقة.

يظهر هذا النمط من الميوعة أيضاً في البناء الخلوي. على سبيل المثال، خذ مغزل الانقسام. يمكن أن ينتقل الصبغي فقط عندما يرتبط بليف من ألياف المغزل، لكنه لا توجد خريطة أو مخطط عمل يوجه الألياف إلى وجهتها. على العكس، إن ألياف المغزل منواة بالآلاف، وتنمو وتتقلص باستمرار. لكنها عندما تتصل بالصدفة بصبغي في الموقع المناسب فإن الليف يثبت ويمكنه الآن أن يقوم بالشد. إن العملية مضيعة للطاقة وباهظة التكاليف، ولكنها قوية: يمكن للمغزل العامل أن ينظم نفسه بأقل حد من النوعية ومن أي تشكل بدائي. أخيراً، يتميز التنظيم الخلوي (وظيفياً وبنيوياً) بأنه مكون من أجزاء معيارية. إن مزايا التنظيم الهرمي الذي يتألف من أجزاء

مترابطة لكنها متميزة قد شرحت من قبل الفقيد هربرت سايمون منذ أربعة عقود مضت (23). لا يشترط أن تكون الأجزاء مفصلة بدقة لتناسب بعضها، لكن يمكنها عادة أن تعمل في سياقات مختلفة (العجلات على سبيل المثال)؛ ويكون احتمال تعطل العضوية ككل أقل عند حصول فشل موضع. في السياق التطوري، النقطة المهمة هي أن التنظيم متعدد القطع يزيد المرونة ويقلل إلى أدنى حد تعطل العمل الذي يلحق بعضه بعضاً. تعمل هذه المظاهر ومظاهر أخرى لعلم الأحياء الخلوي في حقيقيات النوى بشكل متعاون لجعل أنسالها «نشوئية» بإنقاص الأذى المترافق مع الطفرات، وبتوفير أنواع أفضل وغير قاتلة من التنوع لكي ينتخب منها الانتقاء.

هل التصميم النشوئي نفسه حصيلة للانتقاء الطبيعي؟ هذا سؤال عويص، لأنه في النظام الداروينى ـ الجديد ينتج التطور بشكل أساسي (إذا لم يكن بشكل مطلق) عن التنافس بين الأفراد على المزايا التكاثرية المباشرة. يجب أن يطبق الانتقاء في النشوئية، على النقيض، على كامل النسل «انتقاء ظاهري» ويعطي مزايا مستقبلية وليست آنية. إحدى طرق استيعاب النشوئية في الإطار التقليدي هي المجادلة بأن التزاوج المرن بين النمط الجيني والنمط الظاهري يعطي فزيولوجيا أقوى، وبالتالي يزيد من لياقة الأفراد؛ إن نشوئية النسل ليست هي هدف الانتقاء ولكنها نتاج ثانوي رائع (فسحة مثلثية إن شئت). لكن الانتقاء الظاهري بقي مستمراً، لأن التزاوج المرن سمح لحقيقيات النوى بأن تنتشر بسرعة في البيئات الجديدة أو الخاوية مستبعدة المنافسين. في الواقع، إن تاريخ الحياة المبكرة مليء بحوادث كبيرة من الانقراض والانتشار (24). أجد أنه من المحفّز تخيل أن القدرة على التغير التطوري نفسه قد تطور مع الزمن، مستجمعاً السرعة بينما كانت طبقة من المرونة تدعم على حساب طبقة أخرى. في النهاية، ظهر هنالك في نسل منفرد، أكثر الإبداعات قوة وتأقلماً، اللغة؛ وتحولت صفات كامل الكرة الحية إلى الأبد.

## اتجاه للتطور؟

هناك شيء مريح إلى حد ما في شجرة الحياة العظيمة، تلميحات بتقدم مستمر وحتى همسات بمعنى نهائي مقصود. بدءاً من أشكال مبهمة بدائية، أحضر التطور أولاً طلائعيات النوى الصغيرة والبسيطة نسبياً ومن ثم الفرطيسات حقيقية النوى الأكبر والأكثر تعقيداً. مع مرور الوقت، أعطت هذه الأخيرة ازدهاراً مذهلاً من العضويات، وحيدة الخلية وعديدة الخلايا، حرية بأن تسمى تاج جذع حقيقيات النوى؛ تتوج ذلك بظهور النباتات والحيوانات الأعلى. تم الوصول إلى المرحلة الأخرى والأكثر تقدماً عندما تمكن نوع وحيد فريد من الثدييات، وقد منح دماغاً كبيراً جداً، من الكلام، والوعي والقدرة على التفكير والاستقراء. تشجع الشجرة المرء بأنه، قبل مضي وقت طويل، ستسمو أدمغتنا على غرائزنا الحيوانية، مما يجعلنا إداريين لتراثنا ولسنا مستهلكين له.

يبدو من الحمق إنكار علامات التقدم الواضحة (المعرّفة في قاموس كولنز للغة الإنكليزية على أنها «التقدم نحو التمام، النضوج أو الكمال)؛ لكن النظر وراء المظاهر هو بالتأكيد مهمة العلماء والفلاسفة، لذلك أصبح اتجاه التطور ومسيرة التقدم مواضيع مناظرات حية. يبدو أن داروين نفسه كان يفكر بعقلين. لم يكن يستطيع أن يتجاهل سجل المستحاثات، التي قدم تعقيدها المتزايد الدليل على الانحدار مع التعديل، لكنه أصر مكرراً على أن الانتقاء الطبيعي، الذي سمح للعضويات بأن تتأقلم مع التغيير في البيئة المحلية، لا يعطي أي سبب لتوقع تقدم شامل في التعقيد والكمال. إن علماء الأحياء المعاصرين منقسمون بشدة. يستشهد ستيفن جاي غولد، عند مراجعته للموضوع في كتابه الحديث البيت الكامل (25) بزميله الذي لا يقل عنه شهرة ي. أو. ويلسون: «إن التقدم إذاً، هو صفة تطور الحياة ككل بأي معيار حدسي معقول، بما في ذلك اكتساب الأهداف والغايات في السلوك الحيواني. من العبث اعتبار ذلك غير مهم». يأتي غولد نفسه بشكل معادل

مع الطرف الآخر: ينكر «بشدة» أن السجل التطوري يدعم «حجة لهدف سنة كقوة محركة في تاريخ الحياة». بالتأكيد، يظهر السجل على مدى الزمن الظهور المتتابع لعضويات متزايدة التعقيد. لكن ظهور التقدم ينتج عن تاريخ من التنوع المتوسع بعيداً عن «جدار ثابت» بسيط التعقيد. إن اتجاه التعقيد المتزايد هو الأمر الوحيد المفتوح للنقاش، ولا يوجد أي دليل أبداً على أن الأشكال المعقدة أفضل من الأشكال الأبسط، أو أن الانتقاء الطبيعي يفضلها على الدوام. في الواقع، كما يناقش غولد، إننا نحن البشر نقرأ التقدم في الطبيعة لكي نطمئن أنفسنا: «إننا نتمسك بالتقدم كأفضل أمل لنا للحفاظ على التكبر البشري في العالم التطوري».

حسناً إذاً. دعوني بداية أن أتحاشى كلمة «التقدم» وأتحدث عن التعقيد بدلاً عنها. يصعب تحديد هذا المصطلح أيضاً، لكن معظم الناس يشتركون في شعور حدسي بأن التعقيد يدور حول عدد وتنوع الأقسام المتفاعلة. إن تعقيد نوع من الأنواع مقارنة مع نوع آخر يزيد في نسبة عدد الجزيئات المكونة وعدد الأنواع المختلفة؛ إنه يزيد مع كثافة التفاعلات الجزيئية، ومع عدد الجينات التي ترمز لبعض الوظائف. إن البنية المعقدة تدخل أيضاً، لكنها أصعب في التقدير. في العضويات الأعلى يقدم عدد الأنواع الخلوية قياساً مفيداً: 3 في الخمائر، وحوالي 250 في البشر. في المجتمعات البيئية، قائمة الأنواع مؤشر على التعقيد. بكل هذه المعايير، يبدي تاريخ الحياة تقدماً مدهشاً في التعقيد مع الزمن ـ ليس بشكل موحد أو شامل، ولكن بشكل شائع يقتضي التفسير. هل هناك قوة شاملة تقود العضويات (أو العالم الحي ككل) في اتجاه التعقيد المتزايد؟ هل يميل الانتقاء الطبيعي إلى تفضيل العضويات الأكثر تعقيداً على الأشياء الأبسط؟ أم هل الميل، كما يعتقد غولد، هو فقط تأثير سير التطور العشوائي الذي يولد توزيعاً متزايد الانحراف للأشكال الحية؟

إن الافتراض بأن التطور يتقدم بشكل متوجه نحو تعقيد أعظم واسع

الانتشار ويبدو فعلياً ذاتي الإثبات، لكن غولد لا يجد أي دليل لدعمه. اليوم، كما في التاريخ التطوري، أكثر العضويات غزارة حتى الآن هي أيضاً الأبسط ـ الجراثيم بالخاصة. لا تشكل العضويات المتقدمة سوى أقلية من المجموع، ذيل توزع منحرف جداً؛ لا يوجد أي دليل على زيادة عامة «شكلية» في حجم أو تعقد الكتلة الحية ككل. إن أي ميل موجه يجب أن يظهر في سجل المستحاثات لنسل معين، وهناك أمثلة مدرسية فسرت كذلك: التقدم المستمر للخيول نحو إصبع قدم واحدة، التعقيد المتنامي لدروز الأصداف المتحجرة أو للعمود الفقري من السمك إلى البشر، ميل المثقبات لأن تصبح أكبر مع مرور الوقت. لكن لا يصمد أي من هذه للتدقيق الناقد. حتى عندما يكون الميل حقيقياً، فليس ذلك سوى نتيجة إحصائية لتنوع متزايد، ولا يوجد أي مؤشر على أن التعقيدالأكبر يساهم في وفرة أو طول حياة النوع. إن نشوء العضويات الأعلى ليس سوى نتيجة حصلت مصادفة للتكاثر المستمر للأشكال الحية، يجب أن يبدأ كل منها بالضرورة من ذلك الجدار الثابت ذي الحد الأدنى من التعقيد. ربط غولد حديثاً المشهد بثمل يترنح بشكل أعمى من جدار الحانة إلى المزراب؛ وهذا اختيار غير موفق للتشبيه، لأنه يفشل تماماً في إلقاء النور على ذلك الترقي الذي لا ينكر من «جبل الأمور بعيدة الاحتمال» التي تثير إعجاب كل شخص آخر.

من منظور الجينات والفزيولوجيا، إن الإحساس بتزايد التعقيد والتعددية والذاتية منتشر جداً بحث أنه يجب أن يكون هناك حقاً شيء أكثر من مجرد الانحراف الصرف. إن التقدم ليس شاملاً ولا حتمياً (على كل مستوى، تقاوم بعض الأنسال الميل)، ولا تقدم أي دليل على وجود قوة قائدة خارجية أو ميل موروث للتعقيد. لذلك يجب أن يبحث عن السبب النهائي للظاهرة، في الانتقاء الطبيعي، كما فعل جون ت. بونر وجون مينارد سميث و يورس زاثماري (12). من المفيد هنا أن نبقي في أذهاننا الشق الذي يفصل بين نمطين من التنظيم الحيوي، طلائعيات النوى وحقيقيات النوى. إن الجراثيم،

مع أنها متنوعة وتأقلمية حيوياً، قد بقيت بسيطة بنيوياً ومحدودة تطورياً. قد تكون القيود بشكل جوهري متعلقة بصغر حجم المجين، الذي هو نفسه نتيجة لانتقاء نمو وتكاثر سريعين. عندما يتعلق الأمر بتوليد تعقيد جيني وبنيوي، فإن حقيقيات النوى هي التي تجذب الأنظار. أصبح بعضها أبسط مع مرور الوقت، وهذا صحيح، بنفس الطريقة التي تطرح فيها الطفيليات القدرات والزوائد غير الضرورية. لكن ما يبرز هو تسلسل التحولات (الجزيئية، التشريحية، الجينية) التي فتحت الباب للفرص الجديدة: الأكتين والتيوبولين، الصبغيات، البنيات الخلوية المعقدة، الجنس، التعدد الخلوي، اللغة.

حسبما يمكن أن يعرف المرء من السجلات، فإن الانتقاء الطبيعي لا يفضل تزايد التعقيد بحد ذاته. لكن الكثير من الإبداعات والتحولات التي فضلها الانتقاء، جعلت بالفعل العضويات أكثر تعقيداً. يجب ألاّ يكون هذا التحيز العام مدهشاً، لأن الإبداع يحصل عادة بالنمو الالتحامي. تنشأ معلومات جينية جديدة في تضاعف الجينات، يتبع ذلك التباعد؛ قد تكون الجينات قد اكتُسبت بالنقل الجانبي، أو كتلة واحدة بالتكافل الداخلي؛ وتفرض مستويات جديدة من الأوامر والتحكمات نظاماً مكانياً وزمنياً على حد تعبير تلك المعلومات. يجب أن نتوقع من الأنظمة التي تطورت بهذه الطريقة أن تعطي أشكالاً بتعقيد متزايد، يمكن لبعضها أن ينجح. إن أي كوكب توجد فيه الحياة سيبدي لذلك ملامح البيت الكامل، حياة غزيرة وتنوع محبوكان في تطريز يخلط البسيط والمعقد.

بفضل داروين وخلفائه، لم تعد وفرة الحياة لغزاً. لكنها تبقى من الروائع التي لا مثيل لها، مشهداً من العظمة الفائقة والسحر الذي لا ينتهي. استسقى ألدو ليوبولد في كتابه تقييم المقاطعة الرملية (26) من الحياة مبدأ أساسياً لتوجيه السياسة العامة: «يكون الشيء صحيحاً عندما يحافظ على سلامة، واستقرار وجمال المجتمع الحي. ويكون خاطئاً عندما يميل عكس

ذلك». كلما سمحنا لصخب التجارة أن تخمد ذلك الصوت الهادئ للعقل والانضباط، كلما تقلص العالم؛ وكل نوع يفقد بسبب أعمالنا ينقص من كياننا نحن.

obeikandl.com