- 7 -

بعض الإيقاعات الحيوانية

حشرة مؤذية مفيدة، ذبابة الفواكه

قبل أن يصحح العلم تفسير القرن السابع عشر لملاحظة يومية شائعة، تبنى الناس، باستعمال أعينهم وأنوفهم، إحدى أكثر النظريات قبولاً في ذلك الوقت: تنشأ الحياة من اللحم المتفسخ. يبدو ذلك بديهياً: إن اللحم المتروك على رف المطبخ، أو حتى المتروك بشكل ظاهر خارجاً في الشمس، سرعان ما يعج بالديدان المقرفة البيضاء الزاحفة (يرقات الذبابة في الواقع). إن الحكمة التقليدية بأن الإيمان يتم بالرؤيا (قول مأثور جامع، مانع، منطقي عادة) قد أنتجت نظرية تولدت عفوياً، هي أن الحياة تنشأ من لا شيء. مع ذلك، فقد حطم فرانسسكو ريدي احتمالية صحتها بإجراء أحد أقل التجارب التي أجريت كلفة في تاريخ العلم. إن كل ما تدعو الحاجة إليه هو

قطعة من اللحم الفاسد وضعت في مرطبان غطيت فوهته بخرقة من قماش الجبن. ترك جهازه العلمي في مختبره حيث تصاعدت رائحة اللحم النتن إلى أعالي السماء، لكن لم تظهر أية ديدان بيضاء. بدلاً من ذلك ظهرت الديدان عفوياً على الغطاء الشفاف! بعقلانية، لم يستنتج ريدي أن الحياة كلها تنشأ من قماش الجبن! إن ما حصل هو أن الذباب لم يستطع أن يصل إلى اللحم الفائح الريح في المرطبان لذلك من يأسها وضعت بيوضها على الغطاء المنسوج الحامي.

في هذه الأيام، مع وجود الثلاجات، وحيث أن اللحم هو أغلى عنصر في ميزانية طعامنا، فإننا نادراً ما نتركه يفسد؛ لكننا لا نزال كثيراً ما نجد الفرصة لرؤية النمط العصري لتحول ـ الطعام ـ إلى ـ ذباب. بعد أن يترك صحن الفواكه عدة أيام على الرف، تبدأ هالة من الذباب الصغير بالحوم حوله بشكل غامض.

ترمي وأنت تشتم سريعاً التفاحة أو الأجاصة أو ما إلى ذلك؛ وإذا نظرت بدقة سوف ترى بيوضاً دقيقة على الفاكهة ـ أسلاف ما سيكون قريباً النمط المجنح من ذبابة الفواكه[9].

(9) إذا كنت تريد في يوم ما أن ترى إحدى هذه الذبابات الدقيقة عن قرب، وتصر على الحصول على منظر أكثر واقعية مما تراه على منفضة الذباب، اترك كأساً من البيجولاس قرب طبق فواكه لمدة ساعة. لقد وجدت بالتعليم الصعب أن الذبابات الصغار تهرع إليه كما يركض الناس إلى البحر.

إن الارتكاس العاطفي لوجود هذه الحشرة المؤذية يتراوح من الصراخ طلباً لفرق القضاء على الحشرات إلى اعتبارها أحد أهم الحيوانات في مخابر الجينات. إن السبب في الطرف الجيد من هذا التقييم له علاقة بسهولة زرع الذبابة في المختبر وحقيقة أنها يمكن أن تنتج جيلاً جديداً بوقت قصير لا يتجاوز الأسبوعين. إضافة إلى ذلك فهي آلات تكاثر مذهلة: تضع الأنثى الواحدة مئات من البيوض أثناء حياتها. وبسبب حجمها الدقيق (ثلاث ميليمترات فقط)، يمكن أن يعيش عدد كبير منها في زجاجة نصف باينت من الحليب ـ مكان سكنها التقليدي في المختبرات.

إن دورة حياة الذبابة هي كما يلي. سرعان ما تفقس البيوض معطية يرقات تشبه الديدان، وبعد أن تأكل هذه وتنمو لعدة أيام فإنها تفرز غطاء حول نفسها وتدخل ما يسمى مرحلة الخادرة. ضمن غطاء الخادرة القاسي يحصل تحول عجيب ـ نمط صغير لقصة البطة القبيحة ـ : تتحول اليرقة الوضيعة إلى آلة طائرة ذات ستة أرجل. عندما يتم التحول تنشطر قوقعة الخادرة من خلفها وتتمعج الذبابة الكهلة، وأجنحتها لا تزال مطوية على جسمها، خارجة منها. تسمى عملية طرح الغطاء القديم بالانسلاخ. كان هـ. ل. مينكين يعيد صياغة هذه الكلمة «بالانسلاخية» مشبهاً إياها بالمرأة المتجردة. (اخترع أيضاً «مدمنو تقديس الكتب» للأشخاص الذين يقرأون كثيراً، لكن لا

تدع ذلك يوقفك هنا). حتى لا يكون هناك تشوش بين الذبابة والراقصة سوف أستعمل اصطلاح آخر «السلخ» الذي يستعمل بالتأكيد فقط مع الحشرات. للاستمرارية، حالما تظهر الذبابة الكهلة كلياً، فإنها تضخ الدم في الأجنحة المطوية وتنفخها لكامل الرفرفة. يجب على الأجنحة بعدها أن تجف وتقسو قبل أن تستطيع الحشرة الطيران.

في الطبيعة تسلخ الكهول، أي تخرج من غلاف خدرها عند الفجر. إن هذا التوقيت مهم جداً لأنه عند أول ضوء من الصباح يكون الجو أكثر ما يكون رطباً. وهكذا، في الهواء الرطب، بينما تكون الذبابة تصارع لتفرد أجنحتها، فإنها لن تجف وتقسو دون أن تكون مفرودة وفعالة. بالإضافة إلى ذلك يكون غطاء جسم الذبابة الدائري نفوذاً، لذلك فإن ماء الجسم يمكن أن يفقد بسرعة تبلغ ضعف ما يفقده بالتبخر بعد ساعات قليلة عندما يقسو غطاؤها. إن اسم الحشرة العلمي هو دورسوفيلا، والذي يعني عاشق الندى.

وهكذا، تملك ذبابة الفواكه في الطبيعة إيقاع سلخ بارز - حيث ذرى الخروج تشاهد كل صباح - يسهل فحصه في المختبر. عندما أجريت محاولة تحديد مقدار هذا الإيقاع لأول مرة، عمل طلاب قبل التخرج على جمع المعطيات بمراقبتهم زجاجات الحيوية والنشاط. إن أغطية حاويات الحليب القديمة هذه تأخذ شكل قمع (مثل قبعة رجل

القصدير في فلم أرض أوز)، وكان الطلاب كل ساعة يقلبون زجاجة الذباب رأساً على عقب ويقرعون على قعرها. إن أية ذبابة خرجت من غلاف قوقعتها في الـ 60 دقيقة الأخيرة ستقع على طبق فيه محلول مطهر وتغرق، ويحدد عددها. (استبدلت العمالة البشرية فيما بعد بهزاز أوتوماتيكي وعداد للذباب.) لا داع للقول بأن الطلاب قد وجدوا أن بقاء الذباب في ظروف النهار/الليل العادية فإن أكثر خروجه كان مباشرة بعد الفجر. بعد ذلك، نقلت الخادرات والطلاب إلى خزانة حتى يصبح العد في ظروف ظلام دائم (أول مرة فحص فيها هذا الإيقاع كانت في مرحاض خارجي [وحيد الكرسي] في كولورادو). وجد أن الإيقاع يستمر، مما يعني أن الساعة تتحكم بالسلخ. بما أن اليرقات والخادرات تتطور في سرعات مختلفة، فإنها لم تسلخ جميعها معاً في نفس الصباح. ظهر من ينمو منها ببطء في الأيام اللاحقة، لكنها عندما كانت تظهر ككهول، فقد كان ذلك دائماً في حدود ست ساعات قريباً من وقت الفجر. هذا يعني أن الذباب الجاهز من ناحية تطوره لا يسلخ بعد الظهر أو في الليل كان يمنع من ذلك بساعة مقيدة جداً تعمل كبوابة؛ يجب على خروج الذباب أن ينتظر إلى الصباح التالي.

سمح للذباب المستعمل في التجربة أعلاه أن يتطور من البيض، إلى اليرقة، إلى مرحلة الخادرة بينما أبقيت بنظام نهار/

ليل قبل أن تدرس في الظروف الثابتة. لكن لو أجبرت هذه المراحل التطورية على أن تحصل في ظلام مستمر، فإن الكهول تسلخ بشكل عشوائي، دون أن تبدي أي دليل على وجود إيقاع. فقط لرؤية ماذا سيحصل، تم تربية 15 جيلاً متتابعاً في ظلام مستمر، بقيت أثناءها دون إيقاع. ثم أجري شيء بسيط جداً. أضيء النور في غرفتها وبقي مضاء. منذ تلك اللحظة أصبحت المجموعة إيقاعية! في التجربة التالية، المعدلة قليلاً، بقي الضوء فقط لمدة 1/ 1000 من الثانية. باستعمال ضوء خاطف، كانت الشحنة الضوئية الضئيلة جداً كافية لتحريض سلخ إيقاعي استمر في الظلام الدائم التالي. من الواضح أنه لا يمكن لأية ذبابة أن تتعلم أي شيء على فترة الـ 24 ساعة لليوم بأي من هذه المعالجات؛ يجب أن يكون الاستنتاج ـ كما كان الحال مع السرطان الأخضر الذي صدمه البرد (الفصل السادس) ـ هو أن الساعة كانت موجودة طوال الوقت، وأن هذه المعالجات البسيطة حرضتها. إن هذا دليل آخر على إيقاعات فطرية وليست متعلمة؛ إن الساعة مبنية داخل المادة الوراثية لذبابة الفواكه ـ والسرطان، ونحن أيضاً، وكل الكائنات الحية الأخرى.

إذا كان للساعة أساس جيني فيجب أن نستطيع التلاعب به. إن النوع من التلاعب الذي سأتكلم عنه هنا يجرى طوال الوقت في الزراعة. مثلاً، إذا وجد مزارع ألبان أن إحدى بقراته تعطي كمية أكبر من بقية البقرات، فإنه سيزاوجها على أمل أن

تنتقل الخلة إلى صغارها الإناث. عندما تعبر الخلة، فإنه سيستمر بطقوس التزاوج وينتج في النهاية قطيعاً من البقر الذي ينتج الحليب بشكل غزير. جربت نفس الخدعة مع ذباب الفواكه. تسلخ معظم الذبابات في المزرعة عند مطلع الفجر، لكن القليل منها، مجموعة نؤومة صغيرة، كانت تخرج متأخرة بضع ساعات. زوجت الذبابات المبكرة فقط مع بعضها البعض؛ وكذلك الذبابات المتأخرة، وكذلك تم تزويج سلالاتها. استمرت طقوس زواج المبكرين مع المبكرين والمتأخرين مع المتأخرين 16 مرة. لو كانت هذه تجربة تستعمل البقر لأخذت عدة سنوات، ولكن بسبب قصر فترة الجيل عند الذباب فقد استغرق الأمر عدة أسابيع فقط. كانت النتيجة إنتاج مجموعتي تهجين داخلي، واحدة تظهر في الوقت الطبيعي (الفجر) ومجموعة سكانية أخرى كاملة تسلخ في وقت متأخر من اليوم. من الواضح أن إيقاع ذروة الانسلاخ يخضع للتحكم الجيني. إن الساعة الخفية التي نبحث عنها، والفضل يعود للأساس الجيني، يمكن أن يتم التلاعب بها حسب إرادة الباحث. كما سنصف في الفصل الأخير، فإن فترة الإيقاع (الفترة الزمنية بين الذرى) تخضع أيضاً للسيطرة الجينية.

تبدي الذبابة المحبة للندى نشاطاً إيقاعياً أيضاً تتحكم به الساعة. مثل معظم الثدييات والطيور فإنها تنشط خلال النهار وتهجع في الليل. تنام الثدييات والطيور في الليل؛ هل ينام

ذباب الفواكه؟ هاكم بعض الأدلة. لقد نشر علماء الفيزيولوجيا العصبية لتوهم معلومات بأن الذباب الذي قد هدأ لتوه في الليل إذا تعرض لاهتزاز خفيف جداً فإنه ينهض للحركة بسرعة. ولكن، إذا كان قد هدأ لفترة من الزمن، يجب عندها تطبيق اهتزاز أقوى حتى 120 مرة لتنشيطه. إن هذا نموذج نوم يشبه كثيراً النموذج عند البشر والثدييات. يزيد الكافئين عند البشر اليقظة عند الصحو؛ بينما أنواع كثيرة من مضادات الهستامين تصيبنا بالنعاس. تستجيب الذبابة المحبة للندى بنفس الطريقة لهذه المواد. وأخيراً فهناك جينات معينة في الثدييات تطفأ في الليل وتفعّل مع الاستيقاظ. إن نموذج النشاط مماثل في نفس الجينات عند ذبابة الفواكه. يبدو أن هذه العفاريت الصغيرة تنام في الليل.

سوف نترك الذبابة هنا بملاحظة أخيرة مهمة: إن طول اليوم بأربع وعشرين ساعة مهم جداً لهذه الحشرات. لمجرد رؤية ماذا يمكن أن يحصل، أبقيت الذبابات في طولي نهار اصطناعيين مختلفين: الأول كان مجموع ضياءه وظلامه 27 ساعة، والآخر 21 ساعة. كانت الحصيلة قصر أمد حياة الذبابة بشكل مهم بالمقارنة مع تلك التي أبقيت على أيام بطول 24 ساعة. إن هذا القصر في العمر موجود شائع في الحيوانات الأخرى أيضاً عندما تتعرض لأدوار ضياء/ظلام لا تساوي 24 ساعة. يجب أن يثير هذا اهتمام المهتمين بالحسابات.

الطيور المبكرة مقابل الديدان المتأخرة

سوف أبدأ البحث في ساعات الطيور بقصة عن الديدان. عندما كنت طفلاً كنت أساعد في دعم عائلتي مالياً بصيد سمك بالصنارة المسلسلة في نهر الميسيسيبي وبيع صيدي على طرف النهر للسائقين العابرين. حيث أنني كنت في العاشرة من عمري كنت دائماً أبيع كامل صيدي قبل تجار السمك الذين لم يكونوا سعداء أبداً بوجودي ومنافستي لهم ـ على الرغم من حقيقة أنني كنت أثبت أسعاري لتساوي أسعارهم الثابتة. خلال الأوقات القليلة التي تنازل فيها أحدهم أن يتكلم معي، كان موضوع كلامه في كل مرة ينحصر في موضوعين: ما أستعمله كطعم، وما إذا كنت أدرك أن عليهم توفير القوت لعائلاتهم مما يجنونه، بينما أنا فقط ألهو. كانت حجتي على السؤال الثاني هي أنهم يرتدون ثياباً أفضل من ثيابي (كنت عندها محترماً بثياب رثة)، وعلى السؤال الأول كنت أجيب بأنني أستعمل الديدان. (ملاحظة مفيدة؛ كل ما تعلمته منهم هو كلمات الشتائم). كانوا يقولون «إذاً، الطفل يستعمل الديدان!» حيث كان لدى كل منهم خلطة سرية يستعملها كطعم. كانوا يتباهون بالرد بأن ذلك هو السبب في أنهم يصيدون عدداً أكثر من الأسماك (وهذا صحيح؛ والآن وأنا أملك ما يقارب ثمنه ربما ألف دولار من أدوات الصيد فإنني أصيد عدداً أقل حتى من الأسماك)، أضف إلى هذا أنه ليس عليهم أن يحفروا

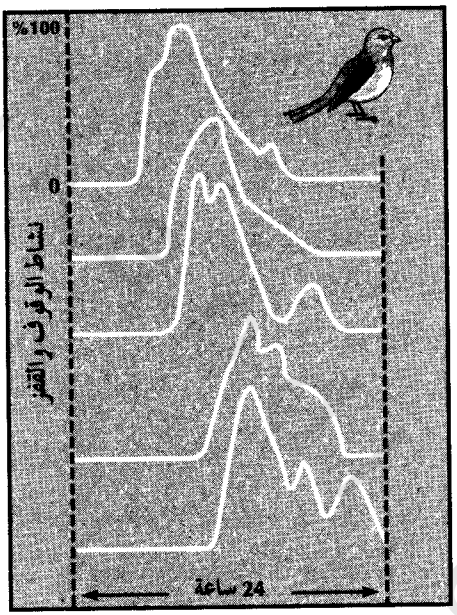
للحصول على الديدان. لم أخبرهم أنني أنا أيضاً لا أحتاج لأن أحفر: تعلمت أنني أستطيع الخروج بعد الظلام وألتقط الديدان من على سطح الأرض.

تملك ا لزواحف الليلية، وهي الديدان الضخمة التي كنت أجمعها، ساعات داخلية وهي تقوم بنوع من إيقاع الهجرة العمودية: خلال ساعات النهار تبقى تحت الأرض، ولكنها في الليل عندما لا تأكل فإنها تعلو وتمد نهاياتها الأمامية خارج جحورها. تبقي نهاياتها الخلفية مثبتة إلى جدران جحورها، لذلك إذا أزعجت مقدمتها المكشوفة السهلة الأذية، فإن العضلات الطولانية التي تمتد على كامل جسمها تتقلص في آن واحد، جاذبة النهاية الأمامية لتعيدها إلى أمان الجحر. بتوقيت خروجها في الليل كانت تبقى نسبياً دون إزعاج بينما تبتلع الأوراق الميتة والحشائش. قمت باستغلال خروجها الليلي: باستعمال ضوء أحمر، كنت أزحف حول الفناء وأشدها وأضعها في علبة معدنية قبل أن يعلموا ما الذي جذبهم من ديارهم وحفرهم. كنت أحياناً أصادف دودتين جنباً إلى جنب، وعندما كنت أجذبهما معاً بجذبة واحدة، كنت أصرخ بحماس في الظلام الفارغ «زوج»، دون أن أدرك أنني قد أفسدت نعيم الجماع السادي (حيث يدخلان أشواكاً حادة في جسمي بعضهما البعض لكي يبقيا بوضع التزاوج المناسب) لهذين الشريكين المحليين (لم تكن كتب ابن العاشرة في تلك الأيام تذكر

الجنس؛ ولم أكن قد قرأت بعد رسالة تشارلز داروين التي نشرها سنة 1891 عن الديدان الأرضية، ولا قصة عاشق السيدة تشاتيرلي). دعنا ننسى هذا في غمار هذا الاستطراد، النقطة التي أريد أن أؤكدها هنا هي أن ساعة الديدان سهلة التأقلم من حيث أنها تضبط نشاطات الطعام والجهود التكاثرية لإيقاع الهجرة العمودية مع وقت الليل حيث عدد المفترسين أقل، ورطوبة الهواء تحمي الدودة من فقدان الماء الزائد عبر جلدها الرقيق (وبالتالي تحميها من الموت). إن وجود الساعة عملية تأقلمية جداً لأنها تبقي على حياة الزواحف الليلية وتعزز تزايد نوعها. لكن ماذا لو أصيبت الساعة بعطل، أو إذا جاوزت الدودة ما تمليه عليها ساعتها وبقيت على السطح فترة طويلة؟ الجواب بسيط: تحصل الطيور المبكرة على الدودة (لا تنطبق هذه الحكمة المأثورة على جميع الأنواع، فمثلاً، إن الفأر الثاني هو الذي يحصل على الجبن). يوجد هنا إذاً حرب بين الساعات الحيوية. تخسر ساعات الدودة العاطلة أمام معايير الزمن الدقيقة السريعة لطائر أبو الحناء.

أخيراً، ننطلق إلى دراسة نشاط الطائر في المختبر. إن الطيور عناصر دراسة أفضل من الديدان لأن الديدان بليدة جداً مما يضطر المرء لأن ينتظر وقتاً طويلاً لكي يراها تقوم بشيء ما. ومعظم الناس مفتونة بالطيور أكثر من افتتانها بطعام الطيور. نتيجة لذلك فإن الأدب العلمي مفعم بالدراسات عن الطيور.

استعملت الكثير من الأنواع: طيور اللعب، طيور فناء مخازن الحبوب، طيور الغناء، طيور البحر، إلخ. حتى أنني تلاعبت بإيقاعات أصدقائنا ذوي الريش؛ يظهر الشكل 1.7 نتائج إحدى هذه الدراسات.



الشكل 1.7 إيقاع نشاط أحد طيور أبو الحناء، على مدى خمسة أيام، في ظروف ثابتة. استمر الإيقاع بشكل حسن، ولكن الفترة بين الذرى الرئيسية المتتالية تطاولت قليلاً (إلى 25،3 ساعة) من فترة 24 ساعة التي يظهرها الطائر في بيئته الطبيعية.

عندما كنت طالباً قبل التخرج تصادف أن أوقعت في الشرك بعض الطيور في الربيع والتي كانت تهاجر شتاء لكي

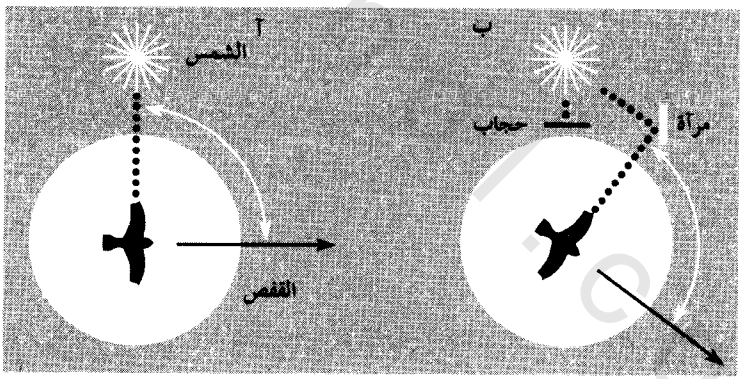
تتوالد. كانت هذه طيوراً جاثمة تهاجر في الليل وتأكل أثناء النهار. وضعتها في جهاز مسجل واكتشفت أنه بينما كانت تظهر إيقاعاً نهارياً حسناً كما هو متوقع، لكنها أيضاً تظهر نشاطاً ثانياً في الليل. قامت بذلك ليلة بعد ليلة رغم أنها كانت في المختبر ولم تكن تعلم أن الظلام قد حل في الخارج. من الواضح أن هذا النشاط الليلي تنتجه الساعة الداخلية، ولقد انفعلت كثيراً لأنني توصلت لهذا الاكتشاف. هرعت إلى مكتب مشرفي لأخبره عن اكتشافي العظيم. أخبرني بلباقة أن علماء الأحياء الألمان قد اكتشفوا نشاط هجرة ليلي منذ مئة سنة .. لقد بدأت سيرتي المهنية بالانجراف إلى قرن مضى.

تقوم ساعات الطيور بأكثر من مجرد السيطرة على نماذج النشاط اليومي، وبعض السلوك الذي تقوم به مدهش. على سبيل المثال، فإن مقاييس الزمن الطيرية تدخل في قدرة الحمام المنزلي على إيجاد طريقه إلى منزله. العملية التجريبية المعيارية هي أن تحشر الطيور في سيارة، وتقودها عدة أميال بعيداً عن منازلها العالية وتحررها. ثم تستدير بسيارتك وتسابقها إلى بيتها لترى من يصل إليها أولاً (بعض الطيور لا تعود أبداً إلى منزلها، لكن هذا تخلص جيد منها، لأنها ستلطخ بروثها التجارب التالية على كل حال). عند تحريرها، ما لم تحاول أن تتبعها بطائرة، فإن كل ما تستطيع أن تفعله هو أن تحدد بالبوصلة الاتجاه الذي انطلق الحمام إليه عندما

يختفي عن نظرك. لكن لو أنك قست الزمن الذي يتطلبه وصولها إلى منازلها، فإنك ستجد أنها تطير في خط مستقيم تقريباً. كيف تقوم بذلك؟

المشكلة في مثل هذا النوع من تجارب الحقل أنه لا يوجد طريقة للسيطرة عليها، ولا تستطيع سوى أن تراقب الطيور دقيقتين قبل أن تختفي عن ناظريك في الأفق. لذلك أحضرت التجربة للداخل. بني قفص/ صفيحة إطعام دائري الشكل يحتوي على ثماني محطات إطعام متماثلة أو أكثر وضعت على مسافات متساوية على المحيط، ووضعت شمس اصطناعية ثابتة على جهة واحدة. في الساعة التاسعة صباحاً كل يوم كانت المحطة الجنوبية تزود ببذور الطيور (بطريقة تضمن أنه عندما يحرر الطائر، من نقطة تحريره في مركز الجهاز، فإنه لا يستطيع أن يرى الطعام)، ويحرر طائر. في التجارب الأولى قام الطائر ببحث عشوائي ليجد المحطة الحاوية على الطعام، لكنه تعلم بسرعة أن يذهب مباشرة نحو محطة الطعام الجنوبية. عند قيامها بذلك، كيف وجدت الطعام، مع أن المحطات متماثلة تماماً في مظهرها؟ إن نقطة العلام الوحيدة في كامل الغرفة كانت الشمس الصناعية، لذلك حصل الشك فيها. إذا أبقى الطائر المحرر الساعة السادسة صباحاً الشمس إلى طرفه اليسار ـ شكل زاوية 90 درجة مع الشمس ومكان الطعام ـ فإنه سيحظى دائماً بوجبة فطور (كما يظهر في الطرف اليسار من الشكل 2.7).

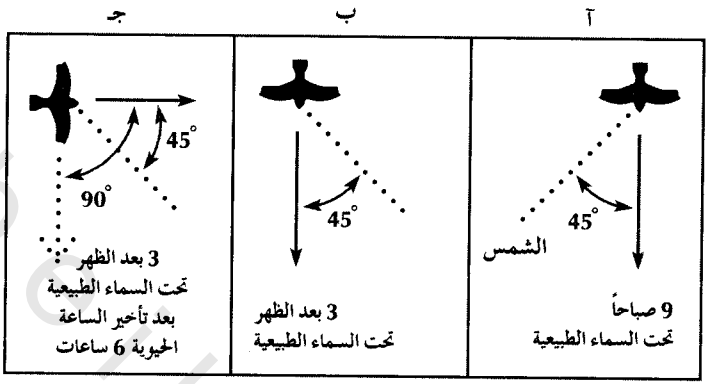
لإظهار أن ذلك ما كان الطير يفعله، حجب الباحث ببساطة رؤية الشمس الصناعية بشاشة صغيرة واستعمل مرآة ليعكس صورتها على القفص من اتجاه آخر، محدثاً الانطباع بأن الشمس قد تحركت لحظياً إلى المكان الجديد. حافظ الطائر المحرر في الساحة، دون أن يكتشف الخدعة، نفس الزاوية 90 درجة مع صورة الشمس الكاذبة في المرآة، وأوصله ذلك إلى حاوية فارغة (انظر النصف اليمين من الشكل 2.7).



الشكل 2.7 شكل يوضح نتائج تجربة بسيطة، لكنها بارعة، أجريت لتظهر أن الطيور تستعمل الشمس لتوجه نفسها في الفضاء.

كانت تلك تجربة ذكية وسهلة الأداء، وكانت النتائج قوية. تستعمل الطيور الشمس لتوجه نفسها في اتجاه بوصلة محدد.

ليس من المدهش أن هذا السلوك سمي التوجه ببوصلة الشمس دعنا الآن نأخذ التجربة إلى الخارج ونطبقها على طائر يهاجر جنوباً في الخريف. كما علمنا سابقاً، لكي يسافر الطائر جنوباً الساعة التاسعة صباحاً فإن عليه أن يطير بزاوية 45 درجة إلى يمين الشمس. لكي يستمر في رحلته الجنوبية الساعة الثالثة بعد الظهر، فإن نفس الطائر يجب أن يأخذ زاوية 45 درجة إلى يسار الشمس (انظر القسمين آ و ب في الشكل 3.7). بحكمة بوم عجوز حكيم تقوم الطيور تماماً بذلك. كما ترى فإن شأن السفر جنوباً أعقد من مجرد تعلم زاوية واحدة تؤخذ مع الشمس. باختصار، يصعب تطبيق فكرة الشمس ـ البوصلة في الحالة الطبيعية لأن الشمس ليست علامة ثابتة ـ إنها تتحرك عبر السماء من الشرق إلى الغرب 15 درجة كل ساعة. بدون أن أدخلك في العمل المضني الذي قاد الباحثين إلى الجواب، فإنني سأذهب مباشرة للقول بأن الطيور تستعمل الساعة الحية لتعاوض على حركة الشمس عبر السماء. يجب على هذا التصريح البسيط أن يجعل دماغك يتساءل. ألست ميالاً لأن تفترض بأنه حتى الطيور الصغيرة قد اتقنت بسرعة علم تضاريس الأرض، وعلم الفلك، وعلم الفيزياء الفضائي لذلك فهي عارفة جداً باتجاه ومعدل سرعة الشمس عبر السماء كل يوم؟ ربما يجب أن نعيد صياغة المعنى التقليدي لدماغ الطيور.



الشكل 3.7 حاجة الساعة الحية لاستعمال بوصلة الشمس في إيجاد الاتجاه. يظهر القسمان الأوليان الحاجة لاتخاذ زوايا مختلفة مع الشمس للمحافظة على اتجاه جنوبي ثابت مع تحرك الشمس عبر السماء خلال النهار. تؤمن الساعة الحية المعلومات اللازمة عن وقت النهار للقيام بذلك. عندما يعاد ضبط الساعة اصطناعياً في المختبر ويحرر الطائر، فإنه يستعمل وقتاً زائفاً من اليوم تشير إليه ساعته ويطير في الاتجاه الخاطئ (القسم الأخير).

إن الكيفية الدقيقة التي تجد فيها الطيور طريقها إلى مكان جغرافي محدد (إن لبعضها دقة القذائف الصاروخية العابرة للقارات) خلال الهجرة السنوية معقدة، لكن لاشك أن توجه الشمس ـ البوصلة يلعب دوراً مهماً فيها. عندها يبرز سؤال: هل الساعة المستعملة في التوجه هي نفسها المستعملة للتحكم بإيقاعات النشاط؟ هاكم القصة. أحضر طائر كان يستعمل الشمس الحقيقية ليطير جنوباً في هجرته الخريفية للداخل، وعُرّض لأيام اصطناعية تشرق وتغرب فيها الشمس بعد ست ساعات، مما يعني أن التاسعة صباحاً في غرفة الطائر، تقع الآن

الساعة الثالثة بعد الظهر في وقت الطبيعة الأم. حالما تأقلم إيقاع نشاط الطائر مع هذا النظام الجديد (أعيد ضبط ساعته متأخرة ست ساعات) أخذ إلى العالم الحقيقي الساعة الثالثة بعد الظهر واختبر اتجاه طيرانه. اذهب الآن إلى القسم الثالث من الشكل 3.7 وشاهد أنه عندما حرر الطائر فإنه اختار اتجاه الغرب (بدلاً من اتجاه الهجرة الجنوبي) لأنه فسر وجود الشمس على أنها في موقع الساعة التاسعة صباحاً في السماء. وهكذا فمن الواضح أن الساعة الحية، نفس الساعة التي تنظم إيقاع النشاط، تلعب أيضاً هذا الدور على الأقل في هجرة الطيور.

إحدى المشاكل في دراسة الهجرة هي أن العنصر يطير بسرعة وتفقد أثره. يمكن للمرء، وقد فعل البعض ذلك، أن يتابع الطيور المهاجرة بالطائرات، لكن ذلك باهظ التكاليف (تهاجر الخرشنة القطبية 22 ألف ميل كل سنة!)، ومن السهل جداً أن تفقد من تلاحقه وأنت تنظر من الطائرة . . . السماء واسعة هناك. إحدى الطرق لحل هذه المشكلة هو استعمال الطيور التي لا تطير، التي تعيش على الأرض الواسعة حيث يمكن ملاحقتها بسهولة، مثل البطريق ـ وله ميزة إضافية هي أنه يمشي ببطء شديد (أخذت النعامة بالاعتبار لكنها تجري بسرعة 42 ميلاً في الساعة وهي شريرة عندما تلحق بها).

قبض على حيوانات البطريق في القارة القطبية الجنوبية على مغدفة جانب البحر ونقلت أميالاً كثيرة فوق الأرض

بالحافلات الثلجية وأطلق سراحها. يقوم البطريق المحرر بأحد أمرين: تستغرق في النوم (في هذه الحالة يجب أن تجلس في البرد القارس والريح الصرصر وتنتظر انتهاء القيلولة)، أو أنها تقف بضع دقائق وكأنها تجمع قواها، ومن ثم تتهادى ماشية. لا يوجد أجنحة مرفرفة وطيور تختفي بسرعة هنا؛ قد يستغرق البطريق ساعة قبل أن يختفي في الأفق المغطى بالثلج. وعندها، إذا كان هناك ثلج طازج قد سقط على الأرض، يمكنك أن تقتفي أثره بدون أن يعلم الطائر حتى أنك تمشي خلفه بجهد بحذائك الثلجي. في الأيام الغائمة (التي هي شائعة جداً في القطب الجنوبي) فإن البطريق يتشوش ويسير بدون هدف. لكن عندما تصبح الشمس مرئية وتدور فوق رأس الطائر (خلال الصيف الجنوبي لا تغرب الشمس أبداً)، فإن جميع طيور البطريق الشاردة تتجه شمالاً. دائماً نحو الشمال، مع أن ذلك الاتجاه نادراً ما يقود مباشرة إلى أقرباء الطيور في مغدفة التجمع (لذلك لا يمكن أن تسمي ارتكاسها العودة للوطن). لكن التوجه تأقلمي، لأن هذه الطيور تعيش فعلاً في نهاية الأرض، لذلك فإن التوجه شمالاً يأخذها دائماً إلى البحر الذي يحتوي على مصدرها الوحيد للطعام. عندما يصلون إلى الماء ويغطسون فيه، يبدأون عندها بالملاحة (على الأرض يستعملون فقط بوصلة الشمس) وتطير تحت الماء بمعنى الكلمة إلى منازلها. أخذ أحد طيور البطريق 1،200 ميلاً داخل الأرض ومع ذلك

استطاع العودة إلى مكان عشه .... لكن الرحلة استغرقت عشرة أشهر.

تخيل الآن بعين دماغك الكرة الأرضية النموذجية. تجري خطوط الطول، من الأعلى إلى الأسفل مفصولة عن بعضها بـ15° درجة، مقسمة الأرض إلى 24 شريحة. تستغرق كل شريحة ساعة لتمر تحت الشمس بينما الأرض تدور حول محورها. هذه الخطوط أبعد ما تكون عن بعضها عند خط الاستواء: تبلغ المسافة بينها هناك 1،038 ميل أرضي. لكن العرض بينها يتناقص تدريجياً مع اتجاهها جنوباً وينعدم عندما تتحد في نقطة واحدة عند القطب الجنوبي. يجب على المرء عند خط الاستواء أن يسافر 6000 ميل ليعبر ست مناطق زمنية، أما في القارة القطبية الجنوبية، بينما يبعد الموقع الروسي في ميرني ست مناطق زمنية عن كيب كروزيير على جرف روس الجليدي، فإن المسافة أقل من ثلث ذلك ـ وهي مسافة انتقال سهلة لمجموعة من البطاريق. لذلك نقلت البطاريق بسرعة من ميرني إلى كيب كروزيير وحررت هناك. كانت ساعات الطيور مضبوطة على وقت ميرني، لذلك عندما حررت، بعد نظرة سريعة إلى الشمس انطلقت نحو الغرب بدلاً من الشمال. لكنها لو أبقيت في حظيرة كيب كروزيير لمدة ثلاثة أسابيع (بينما يعاد ضبط ساعاتها للوقت المحلي حيث أجريت هذه التجربة في الفصل الذي يوجد فيه دارة نهار/ليل) ومن ثم أطلقت، فإنها

تتجه شمالاً، الاتجاه الصحيح للبطاريق الهاجرة.

الدراسات في خطوط النحل

هناك تكافؤ ضدين فيما يتعلق بشعور البشر حول النحل: نحن نحب العسل ولكننا نخشى من اللسع. لحسن الحظ، هناك عدد محدود من علماء الأحياء لا يردعهم اللسع. وأحد هؤلاء الأشخاص الجسورين، هو كارل فون فريش، الذي حاز على جائزة نوبل سنة 1973 لعمله على سلوك النحل.

تبدأ القصة التي سأرويها مع عالم الطبيعة السويسري، أوغست فوريل، الذي اختار في صباح يوم من أيام الصيف الجميلة أن يتناول فطوره على شرفته المفتوحة. لم يكن يأكل لوحده أبداً، كان يصحبه نحل عسل المنطقة الذي كان يأتي ليجمع المربى الذي يأكله. عندما لم يعد لدى الدكتور فوريل أي مربى لاحظ أن النحل استمر في القدوم وقت الفطور، لعدة أيام فقط، ثم توقف عن ذلك. لكنه عندما وصل أخيراً إلى المتجر ليملأ مخزونه بدأت الطقوس بالعودة لتمارس ببطء من جديد. ذكر ملاحظته لعالم معاصر ذكر بدوره أنه لاحظ أن النحل يأتي فقط إلى حقله من الحنطة السوداء في ساعات الصباح الباكر عندما تكون أزهار الحنطة السوداء مفتحة وتفرز الرحيق.

أجريت أول تجربة صممت حول هذه الملاحظات سنة

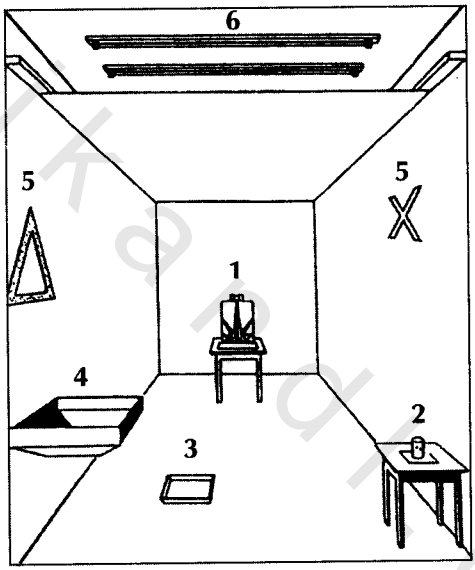
1929. وضعت طاولة في الحقل وعليها طبق من ماء السكر؛ جلست باحثة مسجلة للملاحظات، قلبها كقلب الأسد، تدعى إينس بلينغ، كانت حينئذ طالبة لفون فريش قريباً من الطاولة. في الحصيلة طن النحل إلى الوليمة وبينما كان يرشف ماء السكر، رسمت بقعاً ورسوماً مختلفة الألوان على ظهورها. استعمل هذا النمط البدائي من التشفير الشريطي لمعرفة زمن وعدد تكرار عودة النحلة إلى الشراب المغذي. قدم ماء السكر فقط بين الساعة الرابعة والسادسة بعد الظهر يومياً لمدة سبعة أيام، وفي كل يوم من هذه الأيام كان يزداد عدد النحلات التي تزور طاولة الغداء المجاني (لا بد أن هناك رسالة هنا للحكومات الاشتراكية). عندها توقفت الخدمة الاجتماعية فجأة. حيث أنها قد اعتادت على نظام الطعام المجاني للنحل دون حتى أن تضطر لحمل قسيمات الطعام، فقد استمرت النحلات بالقدوم لفترة من الزمن. عندما لم تجد الجائزة المتوقعة، تجمعت النحلات على جسم بلينغ تبحث عن السكر الخفي. وحيث أنها مصنوعة من المادة المناسبة (أي ليس من الرحيق) فإنها لم تجفل ولم تهرب، ولم تذكر ملاحظاتها حتى عدد المرات التي لسعت فيها (لكنها سجلت عدد النحلات المعلمّة من مهاجميها المحتملين).

كما أنها لم ترضخ لطلبهم لستة أيام متعاقبة كان فيها النحل يعود بشكل أساسي بين الساعة الرابعة والسادسة مساء؛

ثم توقف النحل عن الزيارة، واضطر لزيارة الأزهار الجميلة ذات الرائحة الفواحة المعبأة بالرحيق. نحن نعلم الآن أن ساعات النحل هي التي كانت تدير عودتهم العنيدة كل يوم في الوقت المحدد. تابعت بلينغ دراستها ووجدت أنه يمكنها أن تدرب النحل على الطواف في أوقات كثيرة مختلفة في نفس اليوم طالما أنها تضع أوقات الاختبار بفواصل عدة ساعات عن بعضها. حتى إنها علمت النحل بأن يذهب إلى مناطق جمع مختلفة في أوقات مختلفة من اليوم. حاولت أن تعلمهم أن يصلوا في أوقات غير فواصل الـ 24 ساعة. اختبرت فترات 19 و 48 ساعة، ولكن النحل لم يستطع أن يتعامل مع أي منهما. تلك التي تعرضت لتجربة 19 ساعة صارت تأتي في أي وقت من اليوم، وتلك التي تعرضت لتجربة الفترات الأطول كانت تأتي كل 24 ساعة . . . كما لو أنها قد تعلمت أن تقسم على إثنين تظهر هذه الملاحظات الطبيعة العميقة التوضع لفترة الـ 24 ساعة في توقيت نحل العسل.

حثت بضع تجارب أجريت عبر السنين ـ كتلك التي دلت على أن المد الأرضي يمكن أن يؤثر في إيقاع نشاط الجدجد (الفصل السادس) بعض الباحثين على وضع نظرية أن القوى الفيزيائية الأرضية اللطيفة الدورية التي لا يمكن، أو التي لم، تلغى مما يعتبر عدا ذلك شروطاً مخبرية ثابتة كانت تقدم المعلومات الزمنية المطلوبة للعضويات المحجوزة هناك.

استعمل إيقاع طواف النحل بحثاً عن غذائه وسيلة للإجابة على هذه المسألة. بنيت غرفتان متماثلتان للنحل، واحدة في باريس وواحدة في نيويورك.



الشكل 4.7 ترتيب وتجهيز غرف النحل. 1 ـ الخلية؛ 2 ـ طاولة ماء السكر؛ 3 ـ وعاء قليل العمق؛ 4 ـ ماء للشرب؛ 5 ـ علامات توجيه على الحائط: 6 ـ إضاءة غير مباشرة. أبقي الضوء والحرارة ثابتين في هاتين الغرفتين.

دربت مستعمرة من النحل في غرفة باريس لأن تزور طاولة ماء السكر بين الساعة الثامنة والعاشرة صباحاً.، وبعد أن تعلمت الروتين طير بها ليلاً إلى نيويورك التي تقع على بعد

خمس مناطق زمنية. كانت الفكرة هي توصيل 40 نحلة عبر الأطلسي إلى الغرفة المماثلة بأسرع ما يمكن، لكن كان يلزم إذن دائرة الولايات المتحدة للزراعة، وإذن خدمات الجمارك والهجرة، وإذن قسم شرطة نيويورك، وإذن المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي (أجريت هذه التجربة سنة 1957؛ فكر فقط بالطبقات الإضافية من البيروقراطية التي يجب أن تخترق اليوم). وهكذا فإن رحلة الثماني ساعات استغرقت 20 ساعة. حررت النحلات التي سمح لها برؤية دارة النهار/الليل في نيويورك في الغرفة، وجلس الجميع ينتظرون لرؤية الوقت الذي ستزور فيه ماء السكر. إذا فعلت ذلك بين الثامنة والعاشرة صباحاً بتوقيت باريس، فإن ذلك يعني أن النحلات تظن أنها لا تزال في باريس. لكنها إن بحثت بين الثامنة والعاشرة بتوقيت نيويورك (الذي يعني من الواحدة إلى الثالثة بعد الظهر في فرنسا) فإن ذلك يعني أنها تستجيب لقوة أرضية غريبة ضابطة للوقت خرقت غرفة النحل في نيويورك. استخدمت النحلات توقيت باريس لتخرج من خلاياها، مما يؤكد فكرة أن ساعة النحل مثل ساعتنا ذات النابض التي تولد آلية انطلاق وقتها الخاص بها، وليست مثل الساعة الشمسية التي يتعلق توقيتها بمرور الشمس فوقها. من الواضح أن النحل لم يكن يحصل على تعليماته الوقتية من قوة أرضية دورية قادرة على اختراق جدران المختبر.

مع أن بقية الكتاب يمكن أن تخصص لسلوك النحل،

سأصف فقط استخداماً واحداً آخر لساعتها. ذكرت سابقاً أن إينس بلينغ استطاعت أن تدرب نحلاتها على زيارة محطة الإطعام في أوقات كثيرة مختلفة في نفس اليوم. إن النحل، مثل الطيور، تجد طريقها باستعمال التوجه ببوصلة الشمس، لذلك لا بد أنه كان على نحلاتها أن تستعمل زاوية توجه مختلفة لكل من أوقات الزيارة المؤقتة هذه. لا بد أن لديها ساعة قادرة على التعويض عن حركة الشمس عبر السماء. أكد ذلك ببساطة بانتظار وصول النحلات المدربة إلى محطة الإطعام، والقبض عليها، وحبسها في علبة مظلمة بضع ساعات، ومن ثم تحريرها. تذكر أن النحلات تطير أولاً للمحطة باستعمال وضع الشمس في السماء. بعد أن تجمع غنيمتها في بضع دقائق فإنها تقوم ببعض الحسابات وتحدد الزاوية اللازمة للعودة إلى الخلية. لكنها عندما حبست في علبتها ثلاث ساعات كانت الشمس قد تحركت 45 درجة عبر السماء؛ إذا استعملت النحلات زاوية العودة التي حسبتها سابقاً، فإنها ستطير في الاتجاه الخاطئ عندما تتحرر ولن تعود إلى الخلية. لكنها لا تفعل ذلك، وتذهب مباشرة إلى منزلها (سالكة خط النحل) لأن ساعاتها عوضت عن حركة الشمس بينما كانت محبوسة في العلبة.

هاكم تعديلاً على هذا النموذج. كما قد تعلمون سابقاً، عندما تجد نحلة العسل مصدراً جيداً من الرحيق فإنها تخبر

زميلاتها في الخلية كيف تجدنه بالقيام برقصة على قرص العسل في الخلية. إن اتجاه الرقص الذي تقوم به على القرص يشير إلى اتجاه آخر مصدر للرحيق وجدته النحلة. تحس الأخوات الرقصة بمشعراتها (إن داخل الخلية مظلم جداً بحيث لا تمكن الرؤية) ومن ثم تطير مباشرة إلى بقعة الورود الصحيحة. إذا كان ذلك مصدراً غنياً يتوفر طوال الصباح فإن النحلات تستغل وجودها بشكل كامل. إن النحلات الممتلئة تعود في وقت متأخر من اليوم وترقص، مبدلة اتجاه الرقص باستمرار لتعوض عن الحركة الظاهرة للشمس عبر السماء. إن بعض النحلات، بعد أن تجد مصدر الرحيق، تعود إلى الخلية وتستمر بالرقص ليلاً ونهاراً. تسمى هذه براقصات الماراتون. بما أن الرقصات تعطي اتجاه آخر مصدر رحيق عرفته، وبما أن الأرض تدور باستمرار تحت الشمس، فإن الاتجاه الذي أشارت إليه رقصة النحلة يدور حول الخلية مرة كل 24 ساعة. الانطباع النهائي يشبه وجود ساعة حائط حية في الخلية!

سرطانات الأرض والنمور

في إحدى المرات في حياتي المهنية انتقلت مؤقتاً إلى الداخل من الساحل لدراسة إيقاعات السرطانات الأرضية. استعملت السرطان الأرضي اللذيذ الأكل الذي ينتمي إلى فصيلة كارديسوما بينما كنت أعمل في مختبر ليرنر البحري الجميل

الموقع في بيميني (جزيرة في الباهاما). هذا السرطان (من بين السرطانات) وحش لئيم يملك كماشات خطيرة (لكنها لذيذة). تبقى هذه السرطانات في الطبيعة في جحورها العميقة في النهار، لكنها تبرز لمهامها الأربع عند الغروب؛ إن إيقاعها يومي، وليس مرتبط بالمد والجزر. حصل أن إحدى العينات التي جمعتها كان سرطاناً بطلاً: في ثبات المختبر فإنه يصبح نشيطاً كل يوم الساعة السادسة صباحاً. كنت أتفاخر بدقة توقيتها (يهمني أن أعلن أنه عندما أكون في ذعر كئيب حول تدهور نظام التعليم الأمريكي، فإنني أعجب أكثر بأداء بعض سرطاناتي بالمقارنة مع بعض طلابي) وسرعان ما تحداني زملائي بأن أخاطر برهان على بطلي. كان الرهان من نوع رهان المغفلين: إذا أصبح السرطان العظيم نشيطاً الساعة السادسة صباحاً بزيادة أو نقصان خمس دقائق، فسيشترون لي الشراب تلك الليلة في صالون نهاية العالم الصغير بحجم طابع البريد في هذه الجزيرة المنعزلة عن الطريق. وإلا كنت أنا من يشتري. استمرت المراهنة عشر ليالٍ، ولم يخذلني السرطان أبداً.

كانت إحدى الأمور البارزة تلك الليلة وجود آدم كليتون باول، ممثل لنيويورك في الكونغرس الأمريكي، الذي لديه معتزل في بيميني، والذي كان يستعمل نهاية العالم كمكان للارتواء. كانت سمعته سياسياً وغداً؛ كان يدخل في المشاكل ويخرج منها، وكان يحبه بعض سكان نيويورك ويكرهه البعض

الآخر. هنا، بعيداً عن أضواء السياسة، أصبح شخصه الآخر: صديقاً إضافياً لطيفاً، ذكياً، ممتعاً، وبهيجاً في مجموعتنا. أدرك هو أيضاً وجود شيء جيد، لذلك راهن على السرطان البطل.

بعد أن جمعت كمية ضخمة من المعلومات عن السرطان الأرضي المأكول، قررت قبل نشرالمعلومات بوجوب القيام بدراسة سريعة عن سلوك السرطان في موطنه الطبيعي لأرى ما إذا كانت معلوماتنا في المختبر تمثل الحيوان فعلاً. في وقت متأخر من بعد ظهر أحد الأيام أخذت قارباً صغيراً إلى جزيرة بيميني الجنوبية المجاورة، وسحبته على الشاطئ، ومضيت إلى الغابة التي لا يقطنها فقط مئات من سرطانات الأرض، بل أيضاً، وحسب قول السكان المحليين، نمر أسود واحد على الأقل. إن كلاً من السرطانات والنمر تنشط في الليل. قبل غروب الشمس نثرت طبقة رقيقة من الطحين حول مدخل الكثير من جحور السرطانات (لاداعي للقول أنني استعملت طحين «جميع الأغراض»)، ومن ثم جلست على الأرض بقية الليل. كنت كل ساعة أضيء لوناً أحمر وأتفقد الطحين حول كل فتحة بحثاً عن آثار أقدام السرطانات. إن آثارالحيوان تدل على أن ساكن الجحر قد خرج وأنه خارج البلد. كنت أسوي الآثار في الطحين وجلست في الظلام ساعة أخرى.

بعد حوالي أربع ساعات كانت همة المغامرة قد خمدت كثيراً. لم يكن الجلوس في الظلام شيئاً ممتعاً، وكنت قد

أصبت بالتعب والملل: تركت أفكاري تنجرف إلى أفكار عن النمر الأسود الذي ربما كان يتجول في مكان ما هناك. في أعماق غابات المطر في الظلام الدامس يحس المرء بالوحدة الشديدة، ويكون فعلاً في وحدة شديدة. ما الذي سأفعله لو أضأت نوري الأحمر ووجدت آثار النمر على الطحين! بينما كنت أتفكر في تلك المغامرة، سمعت أول أصوات لما بدا أنه حيوان كبير قريب يبحث عن وجبة سهلة. كان الانسلال مستحيلاً لأن كل خطوة يخطوها كانت تقعقع أوراق البلاميتو المبعثرة في كل مكان. كانت الخطوات تقترب. وازنت خيارات قانون الغابة الأساسي: قاتل أو اهرب. كنت واثقاً تماماً بأنني لن أستطيع أن أسبق النمر، وكل ما كان لدي لأدافع به عن نفسي هو بيل الضوء. الحل: عندما يثب الحيوان سوف أدخل يدي في بلعومه وأجعله يغص حتى الموت. ربما أفقد ذراعي، لكن فقط الدكتور هموليش يستطيع بحركته الشهيرة المستعملة عند من يغص أن ينقذ القطة. الآن وقد صار عندي خطة عمل حية كنت أقل عرضة للخوف: مزقت السالوفان الأحمر عن بيلي الضوئي وأطلقت أشعته نحو القاتل. لكنني أستطرد؛ آسف.

انخفض دفق الأدرينالين في دمي ببطء، لذلك لم يكن هناك مشكلة في بقائي صاحياً (وأنا أستمع) بقية الليل. بحلول الفجر كانت جميع السرطانات قد تسكعت عائدة نحو جحورها،

تاركة آثار جر قدميها عبر الطحين وهي تدخل جحورها. كررت، وهي تهمل وجودي ووجود أي نمور، نفس نموذج النشاط هناك في الغابة كالذي أبدته في المختبر.

آه، في حال إذا ما كنت تتساءل، عندما أدرت ضوئي في تلك اللحظة المربكة السابقة، لم أجد أي نمر. بدل ذلك كانت تمشي بتثاقل عبر قمامة الأرض الهشة سرطانات الناسك الكبيرة قاطنة الأرض (كوينوبيتا كلياتس) التي يسكن كل منها في صدفة برجية كبيرة أخذتها من حلزون قد صنعها. بين الفينة والأخرى كانت هذه السرطانات الكبيرة جداً تتعثر على غصن ساقط وهي تحاول أن تناور فوقه، فتسقط على الأرض، محدثة صوت وطء القدم. سمحت لنفسي بأن أخاف من حيوان جبان إلى حد أنه يمضي حياته الجبانة مختبئاً في صدفة حلزون.

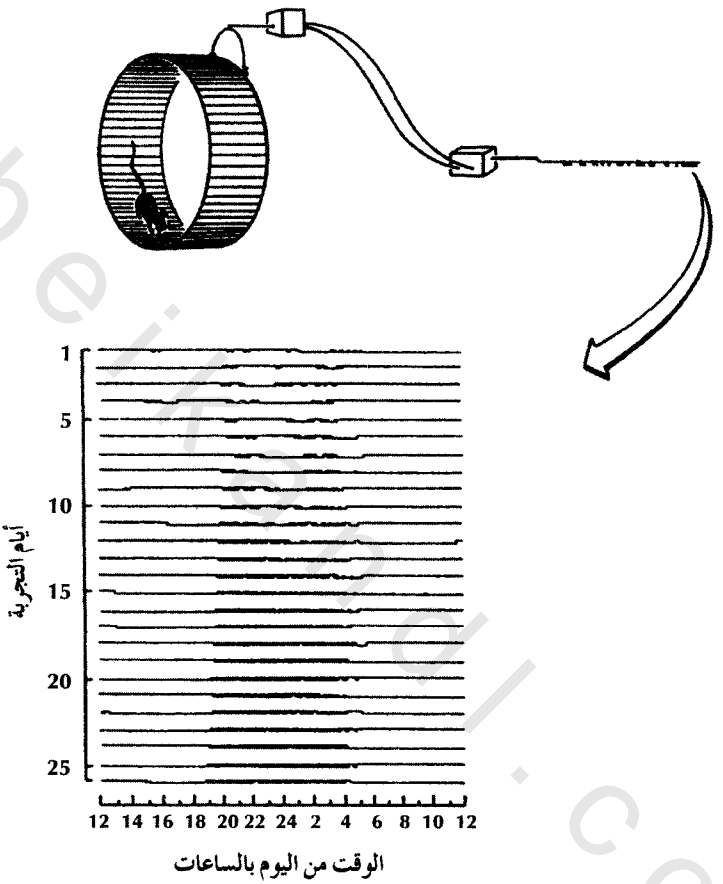
الثدييات الصغيرة

إن الفأر هو أحد أكثر العناصر المستعملة في دراسة الإيقاعات الحيوية فائدة، سواء كان الفأر من النوع الذي يتكاثر في المختبر أوفأر الأيل الوسيم أبيض القدم. يعيش النوع الأخير في الفلاة ولكنه يقبل أن يشاركنا بيوتنا، لذلك ربما تكون قد لاحظت النسيج الناعم والألوان الجميلة لفروته عندما تكون قد أخرجت من الفخ فأراً منها مهروساً بارز العينين. إن سبب

شيوع استعمال الفئران البرية في المختبر لأننا نستطيع الحفاظ عليها بسهولة، ولها ساعات دقيقة جداً، ومن السهل تسجيل حركتها أوتوماتيكياً لذلك لا داع لأن يقاطع المرء الظروف الثابتة كثيراً. أيضاً نستطيع أن نترك الفئران البرية تذهب بعد أن تنهي أداءها.

يتألف مسجل النشاط النموذجي ببساطة من قفص يتصل به دولاب جريان. يزود القفص بكمية كافية من الطعام والشراب ليكفي مدة الدراسة، وهو ينظف نفسه حيث أن الأرض مكونة من حاجز مشبك يسقط البول والبراز من خلالها إلى علبة القمامة. بينما هي في الأسر تمضي الفئران وقتها نائمة أو تجري في دولاب التمرين. للفئران ولع بالجري في مكانها في طواحين الدوس حتى تنسى نفسها ومن المعروف أنها تجري ما يقارب تسعة أميال في الليلة الواحدة! يظهر الجهاز مع مجموعة من المعطيات في الشكل 5.7. إن النشاط الذي يظهر في الشكل 5.7 كان إيقاعياً بشكل حسن (لاحظ دقة بداية النشاط)؛ استمر ذلك 25 يوماً وكانت فترته أقل قليلاً من 24 ساعة طولاً.

إن النشاط الفيزيائي يجعل قلب المرء يخفق بشكل أسرع. لذلك، يرافق إيقاع نشاط القوارض تغيراً في إيقاع ضربات القلب. بالتأكيد فإن ذروة إيقاع ضربات القلب هو حصيلة التمرين المجهد، لكن نظم النبض يخضع أيضاً لبعض من تحكم الساعة. لإظهار أثر الساعة أخرج قلب هامستر ووضع



شكل 5.7

في محلول يبقيه حياً وهو ينبض حتى 38 ساعة. استمر إيقاع التقلص. قد تفكر بأن ذلك ليس عجيباً لأن ناظم الخطى (الذي يحمل بعضنا بديلاً صناعياً عنه) ضمن القلب لا يزال يعمل.

هذا صحيح، لكن ذلك ليس كامل القصة على أي حال، كما تظهر التجربة التالية. استلزمت هذه المحاولة منابلة شديدة: استعمل التريبسين، وهو أنزيم الهضم المشاهد في معدتنا، لعزل خلايا قلب الهامستر المنفردة (لم تهضم الخلايا بالمعالجة، بل هضمت فقط المواد التي تجمعها إلى بعضها). وهكذا وقد شرحت كيميائياً، غمست الخلايا القلبية عندئذ في وسط زرع خاص تعيش فيه بشكل جيد تماماً. بعد حوالي ثلاثة إلى خمسة أيام نمت الخلايا مجتمعة إلى بعضها في كتل صغيرة، وصارت كل كتلة تنبض كوحدة. عندما قيس تبدل المعدل الذي تنبض فيه الكتل وجد أن الإيقاع اليومي قد نجا دون أن يتبدل! إن جمعت هذه المعلومات مع تلك التي وصفتها في الأشنة وحيدة الخلية والبروتوزونات في الفصل الأول، فلا يوجد أي سبب يمنعك من التفكير بأن كل خلية من خلايا القلب لديها ساعتها الخاصة! إن بعض مظاهر علم الأحياء قد تكون أغرب من الخيال العلمي.