البصيرة

ماركوس إيبرلين

مركز الرصد العقائدي
alrasd.net
الأمانة العامة للعتبة الحسينية المقدسة

ترجمة: ضرغام الكيار

مراجعة وتدقيق: الشيخ صلاح الخاقاني

مصدر الفهرسة : IQ-KaPLI ara IQ-KaPLI rda

رقم تصنيف : LC QH361 .E3125 2020

المؤلف الشخصي: إيبرلين، ماركوس – مؤلف.

العنوان الاصلي: Fore Sight. Arabic.

العنوان: البصيرة.

بيان المسؤولية: ماركوس إيبرلين؛ ترجمة ضرغام الكيار؛ مراجعة وتدقيق الشيخ صلاح الخاقاني.

بيانات الطبع: الطبعة الاولى.

بيانات النشر: كربلاء، العراق : العتبة الحسينية المقدسة، قسم الشؤون الدينية، شعبة البحوث والدراسات ٢٠٢٠ / ١٤٤١ للهجرة.

الوصف المادي: ١٨٩ صفحة ؛ ٢٤ سم.

سلسلة النشر: (العتبة الحسينية المقدسة؛ ٦٩٩).

سلسلة النشر: (قسم الشؤون الدينية، شعبة البحوث والدراسات؛).

تبصرة لغة: النص بالغة العربية مترجم عن اللغة الانجليزية.

تبصرة ببليوجرافية: يتضمن هوامش.

مصطلح موضوعي: النشوء والارتقاء.

مصطلح موضوعي: الكيمياء الحيوية.

مصطلح موضوعي: نظرية دارون.

مؤلف اضافي: الكيار، ضرغام – مترجم.

مؤلف اضافي: الخاقاني، صالح – مصحح.

اسم هيئة اضافي: العتبة الحسينية المقدسة (كربلاء، العراق)، قسم الشؤون الدينية، شعبة البحوث والدراسات. جهة مصدرة.

تمت الفهرسة قبل النشر في مكتبة العتبة الحسينية المقدسة

التصميم والاخراج الفني: علي جبار

مدخل

النظرية الداروينية في حد ذاتها لا تعدو عن كونها نظرية علمية تخضع لمبادئ التنظير العلمي القائمة على نقاط ثلاث هي: الملاحظة والفرض وتعميم القانون، وبعدها تظل النظرية العلمية في مهب الكشوفات الجديدة وما يمكن ان يستخدم من أدلة علمية قادرة على الاطاحة بها، إن تم ذلك تحولت النظرية الى أثر بعد عين في ساحة البحث العلمي. لقد لاحظ داروين جملة من الامور، في الطبيعة، ومنها وجود متحجرات وآثار لكائنات هجينة إضافة الى عدة مشتركات بين عدد من الكائنات الحية، فجاء، على أساس من تلك الملاحظات، بفرضية الاسلاف المشتركين الذين تطوروا بفعل عوامل الطبيعة الى الكائنات الحية المتكثرة بالشكل الذي نراه عليها اليوم، ليعمِّم، بعدها، قانونه العلمي في أصل الانواع.

غير ان ثمة مائز لهذه النظرية، بخصوص الاطاحة بها، وهو فكرة التطور الذي تعتمده ويعتمده الفكر الالحاد ي بشكل أساس، في نفس الوقت، حيث ان التطور يهب الالحاد في انكاره الصانع دعامة منطقية تمكنه من النهوض. وهذا ما جعل النقاش حول النظرية الداروينية يخرج من الإطار العلمي الى الفلسفي بل حتى الايدلوجي، حيث وصل به الحال الى تبني جهات سياسية مؤثرة عالميا لهذه النظرية وفرضها بشتى الوسائل، ضاربة بالعصف العلمي الذي هز أركانها، عرض الجدار. كل ذلك خدمة للفكر الالحادي وتثبيت أركان صرحه المتهاوية.

لقد كانت النظرية الداروينية، في حدود العلم، عرضة للتخطئة منذ بدئها، واستمر الخط المناوئ لها، وبتأييد من نتائج العلم التي ازدادت تطورا مع الزمن، في اكتساب المزيد من الدلائل العلمية المبرهنة على كونها نظرية غير علمية، وتعاقب العلماء الاخصائيون في رفد الساحة العلمية بالمؤلفات الدالة على ذلك الاخفاق والمبرهنة عليه. ومما يمكن ان يكون مدعاة للاحتفاء به، في هذا الصدد، كتاب "البصيرة" للعالم البرازيلي ماركوس ايبرلين، الذي يصل بالقارئ الى حتمية التصميم المسبق في وجود الكائنات الحية ومكوناتها، وعدم امكانية الاخذ بفكرة التطور. وذلك من خلال التنويه الى ان فكرة التطور تعتمد على وجود (أ) ومن خلال عوامل بيئية تنتج عنه (ب) لينتج بعد ذلك (ج). في حين ان واقع الكائنات الحية ـ كما هو ثابت للعيان ـ يبرهن بشكل قاطع على ان انتاج (ب) من (أ) يحتاج لوجود مسبق لـ (ب)، فمثلا: (تحتاج الخلايا الحية إلى أغشية. فمن دون أغشية لن تكون هناك حياة. وليس فقط الأغشية، ولكن الأغشية مع عدد لا يحصى من الدهون المفسفرة (الفسفوليبيد) والقنوات التي تمكن الخلية من السيطرة على بيئتها الداخلية. هذه القنوات تتطلب بروتينات معقدة ومتخصصة لتعمل. ومع ذلك، في حالة عدم وجود كيميائي حيوي ماهر، تصنع البروتينات الضرورية فقط في الخلايا – التي كانت موجودة قبل وقت طويل من وجود الكيميائيين الحيويين. فمن دون أغشية مستقرة محملة بقنوات تعمل بالبروتين، لن تكون هناك خلايا. ومن دون الخلايا لن تكون هناك بروتينات لتشكيل قنوات الغشاء).

على هذا المنوال المتين علميًا ومنطقيًا يسير الكتاب بعدد من الشواهد والامثلة العلمية الدالة على تهافت فكرة التطور في تفسير الكون وما فيه من كائنات حية، وإن تفسيرها عن

طريق المصمم الواعي هو الاقرب الى العقل والعلم، كل ذلك برحلة علمية وفكرية ممتعة ولغة يمكن ان تكون في متناول المثقفين من غير الاختصاص. نقدمه الى القارئ العزيز آملين ان يكون نقطة ضوء لها الأثر الطيب في هذا الوقت التي تضطرب فيه امواج الافكار المغرضة.

شعبة البحوث والدراسات

قسم الشؤون الدينية في العتبة الحسينية المقدسة

الإشادات

«أنا سعيد باقتراح هذا الكتابِ للمهتمين بكيمياء الحياة. المؤلف راسخ في مجال الكيمياء ويعرض الإهتمامات الحاليّة في البيولوجيا في سياق الكيمياء».

- جون برتراند غوردون حاصل على درجة الدكتوراه وجائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء أو الطب (٢٠١٢)، والمؤسس المشارك لمعهد غوردون في جامعة كامبريدج.

«دراسة مثيرة للاهتمام، للجزء الذي يلعبه التبصر في علم الأحياء».

- براين ديفيد جوزيفسون حاصل على درجة الدكتوراه وجائزة نوبل في الفيزياء (١٩٧٣)، أستاذ فخري في الفيزياء في جامعة كامبريدج

«إنه لمن دواعي سروري أن أوصي بشدة بكتاب "البصيرة" للدكتور ماركوس إيبرلين باعتباره مادة ممتازة ومفيدة. يقدم هذا الكتاب معلومات بارعة عن علم الغائية، وهو مجال علمي مثير وبارز، يقدم أدلة لا يمكن دحضها على وجود البصيرة في الطبيعة. والحجج التي أثيرت في الكتاب مدعومة بصوره مقنعة ببيانات تجريبية لا جدال فيها ومنشورة سابقاً، جرى جمع الكثير منها من مجلات علمية مرموقة. يستفيد الدكتور ماركوس إيبرلين ببراعة من خبرته التي تحققت خلال أكثر من خمسة وعشرين عامًا في تطبيق مطيافُ الكتلة في مجالات متنوعة مثل الكيمياء الحيوية وعلم الأحياء والكيمياء الأساسية لتوضيح حالة مقنعة من شأنها أن تجذب القراء الأكثر تشككا. يوضح كتاب إيبرلين أن المعرفة العلمية المتاحة حاليًا تشير إلى

وجود كائن أعلى يخطط بعناية للكون والحياة. هذا التقدم سيحدث ثورة في العلوم في السنوات القادمة».

- رودينـي أوغوسـتي حاصـلة عـلى درجـة الـدكتوراه، أسـتاذة متفرغـة في الكيميـاء في الجامعة الفيدرالية في ميناس جيرايس في مدينة بيلو هوريزونتي في البرازيل.

«عـلى الـرغم مـن الزيـادة الهائلـة في المعرفـة خـلال القـرون القليلـة الماضـية، لا تـزال هنـاك جوانب مهمة من الطبيعة تتوقف عندها معرفتنا العلمية. يصف إيبرلين بطريقـة مـوجزة عـددًا كبيرًا من هذه الظواهر، ابتداء من الحياة إلى الفيزياء الفلكية. كلما تم الوصـول إلى هـذا الحـد في الماضي، ظهر الإيمان. يطلق إيبرلين على هذا المبدأ "التبصر". وبغـض النظـر عـما إذا كـان المـرء يشاطر إيبرلين هـذا الـنهج او لا، فقـد أصـبح مـن الواضـح بالتأكيـد أن الطبيعـة لا تـزال مليئـة بالأسرار التي تتجاوز فهمنا العقلاني وتجبرنا على التواضع».

- جيرهارد إرتل حاصـل عـلى درجـة الـدكتوراه، وجـائزة نوبـل في الكيميـاء (٢٠٠٧)، والمدير السابق لقسم الكيمياء الفيزيائية في معهد فريتز هابر لجمعية مـاكس بلانـك في برلين، ألمانيا.

«كتب ماركوس إبرلين، وهو أحد أفضـل الكيميـائيين في العـالم في يومنـا هـذا، كتابًـا رائعًـا يجب ان يقرأه كل من هو مهتم في حقيقة ما يقوله العلم عن الكون والحياة».

- دكتور ماوريسيو سيموس أراو، أستاذ بكلية الطب بجامعة ساو باولو في البرازيل ورئيس تحرير مجلة أمراض بطانة الرحم واضطرابات آلام الحوض.

«لماذا يقف رجل واحد ضد جيش كامل؟ ربما يكون الرجل مجنون، وربما يريد الانتحار، أو ربما ان الرجل يملك بعض الأسلحة القوية جداً. البروفيسور ماركوس إيبرلين هو هذا الرجل. في كتابه البصيرة، يتحدى إيبرلين نظرية مقبولة عالميا تقريباً. ما هي أسلحته لمهاجمة مثل هذه القلعة القوية؟ إنها خيارك للموافقة أو عدم الموافقة على الأدلة والحجج التي قدمها. قد تخلص في النهاية إلى أنه محق أو أنه مجنون بالفعل. لكن لكي تفهم جانب إيبرلين ولكي تكون أمينًا فكريًا، عليك قراءة هذا الكتاب».

- برينو نيتو حاصل على درجة الدكتوراه وهو أستاذ في الكيمياء في جامعة برازيليا في البرازيل، ومحرر مشارك في مجلة RSC Advances وهي مجلة الجمعية الملكية للكيمياء

«يبهرني كتاب البصيرة بمدى اتساع وعمق معرفة كل شيء متعلق بعلم الإحياء .بالاعتماد على مجال الكيمياء المختص به، يكشف ماركوس إيبرلين عن الطرق المذهلة التي تجعل كيمياء الحمض النووي (DNA) والحمض النووي الريبي (RNA) مثالية لمهامهم .إذا سبق لك أن تساءلت في صف البيولوجيا عن سبب استخدام الحمض النووي الريبي للريبوز واستخدام الحمض النووي للريبوز منقوص الأكسجين، أو لماذا يستخدم الحمض النووي الريبي اليورايسيل بينما يستخدم الحمض النووي الثايمن، فإن كتاب ماركوس إيبرلين سوف يخبرك لماذا وكيف ان ملاءمتهما المثالية لغرضهما هي مثال رائع على التبصر. .كما يكشف الوصف

التفصيلي لإيبرلين، فإن كيمياء وبيولوجيا الحمض النووي DNA والحمض النووي الريبي RNAتلتقيان في أحجية متشابكة تنطلق عندما يكون كل شيء في مكانه. الملاءمة والبصيرة المطلوبة لبنائه لا تصدق. يتناول كتاب إيبرلين أيضًا الحياة على مستوى الكائن الحي – كل شيء من الأعضاء الحسية إلى التكاثر الجنسي. والتركيب المذهل لبيضة الطيور. لا تعتمد أي من حجج التبصر على قلة المعرفة أو عقلية إله الفجوات. وهي تستند إلى معرفة إيجابية لما تتطلبه الكيمياء الحيوية وعلم وظائف الأعضاء في الحياة».

- آن غوجر حاصلة على درجة الدكتوراه، وزميل أقدم في مركز العلوم والثقافة، ومؤلفة مشاركة لكتاب العلم والأصول البشرية

«في أحدث كتاب له بعنوان "البصيرة"، يجيب الباحث البارز والحائز على عدة جوائز علمية البروفيسور ماركوس إيبرلين بشكل مقنع عن اسئلة مهمة حول أصل الحياة، باستخدام ترسانة من البيانات العلمية الحالية. يوضح إيبرلين نقاطه بأمثلة متنوعة تكشف عن تبصر. لا يصدق في التخطيط للأنظمة الكيميائية الحيوية. من الأغشية الخلوية، والشفرة الوراثية، والتكاثر البشري، إلى كيمياء الغلاف الجوي، والطيور، والأعضاء الحسية، والنباتات آكلة اللحوم، يعد الكتاب ضوءًا من الحس العلمي الجيد وسط ظلام الإيديولوجية الطبيعية».

- كيلسون موتا حاصل على درجة الدكتوراه، وأستاذ في الكيمياء بجامعة أمازون الفيدرالية في ماناوس في البرازيل.

«التبصر- هو للراغبين في تحدي أنفسهم بمنظور جديد، للأشخاص الأحرار الذين يتجرأون على تجاوز العقائد العلمية. كتاب ماركوس إيبرلين هو رحلة عبر الأدلة في الكيمياء والبيولوجيا للدور الذي لا غنى عنه في التبصر في أصل الحياة والكون، والذي قدمه المؤلف بطريقة جذابة وسهلة الفهم».

- دانييلا دي لونا مارتينز حاصلة على درجة الدكتوراه، أستاذة مشاركة في الكيمياء في جامعة فلومينينس الاتحادية في ريو دي جانيرو في البرازيل

«يوفر كتاب البصيرة دليلًا جديدًا منعشًا، معتمدا في علم الأحياء، على أن العلم يحتاج إلى فتح منظوره على أصل الكائنات الحية لمراعاة احتمال أن التطور الطبيعي المادي البحت لا يمكن أن يفسر هذه الحقائق. الكتاب مكتوب بأسلوب سهل القراءة وسيحظى بتقدير العلماء وغير العلماء على حد سواء ويشجع القارئ على متابعة الحقيقة أينما كانت تقود، كما نصحنا سقراط منذ فترة طويلة».

- مايكل باورز حاصل على درجة الدكتوراه، وأستاذ متميز في قسم الكيمياء الأساسية والكيمياء الحيوية في جامعة كاليفورنيا سانتا باربرا.

الفصل الأول

البصيرة في الحياة

علم الأحياء يمر بمرحلة حمى الاكتشافات.

خلال فترة عملي في جامعة كامبيناس في ساو باولو في البرازيل ـ مؤسستي الأكاديمية السابقة ـ.

قمت بإدارة مختبر طومسون لقياس مطياف الكتلة[١] لمدة خمسة وعشرين عامًا. اثناء ذلك بحثت مع فريقي، في العديد من مجالات الكيمياء الأساسية والكيمياء الحيوية والعلوم الطبية، بدءًا من البروتيوميات[٢] والليبيدوميات[٣] (علم الدهنيات) وتصوير مطياف الكتلة إلى البترولميكس والبصمة البكتيرية، وقد كانت هذه المجالات، حتى وقت قريب، جديدة جدًا لدرجة انها كانت بلا أسماء.

لقد كان عملي كرئيس (للجمعية البرازيلية لقياس مطياف الكتلة) و(المؤسسة الدولية لقياس مطياف الكتلة)، الى جانب قيامي بتلك البحوث، أتاح لي فرصة الاتصال بباحثين بارزين في البرازيل وحول العالم. أثمر ذلك التواصل جملة اكتشافات جديدة، لما كنا نتمتع به من حماس، سيما اثناء المؤتمرات العلمية، بالاضافة الى مجموعة من التقنيات والتكنلوجيا المتطورة، حتى أنه كان يتم ـ كل أسبوع تقريباً ـ كشفًا جديدًا عن بعض العجائب الجديدة في المجال البيولوجي.

---

(١) مطيافُ الكتلة (Mass spectrometry) هو تقنيةٌ تحليليّة للتعرّف على مكوّنات مادة ما، أو لتوضيح شكلِ وبنية الجزيئات الكيميائية، من خلال تكسيرها إلى أيونات وقياس نسبة كتلتها إلى شحنتها من خلال جهاز مطيافَ الكتلة (هامش المترجم).

(٢) البروتيوميات هي الدراسة الشاملة لجَميع أصناف وأنواع البروتينات، خاصة ما يتعلق ببنية البروتين ووظائفها (هامش المترجم).

(٣) دراسة على نطاق واسع من المسارات والشبكات للدهنيات الخلوية في النظم الأحيائية (هامش المترجم).

وكان البعض من هذه الاكتشافات يسفر عما يساعد في الوصول الى ادوية أو تقنيات طبية جديدة مثل قلم تحديد السرطان الذي طورته مؤخراً ابنتي ليفيا. وتعطي الاكتشافات الأخرى المهندسين افكاراً جديدة تساعدهم على الابتكار في مجال المحاكاة الحيوية المزدهر[1].

بالإضافة الى جملة من الاكتشافات التي لا تجد تطبيقاً عملياً على الفور؛ وانما هي مجرد اكتشافات للبراعة البيولوجية الجميلة (اكتشاف من اجل الأكتشاف).

بالإضافة الى الشعور بالبهجة، فإن هذه الاكتشافات الكثيرة تبعث في نفسي اقتناعًا من ان العديد منها، مجتمعة، تشير إلى أمر هام وهو ما يمكن أن أسميه بعصر الاكتشافات الجديد، وهذا العصر يكشف بدوره عن عدد لا يحصى من الحلول الفنية، التي تفتقر لها المادية، للتحديات الهندسية الكبرى[2].

سأوضح هذا الأمر قدر استطاعتي: أن هذه الاكتشافات الجديدة تشير إلى حقيقة هي ان ما تتمتع به الكائنات الحية من خصائص عملية ناتج عن إعمال العقل (التبصر) وليس من المعقول فهمه على انه مجرد عملية تطورية عمياء بحتة من التطور الأعمى.

ربما واجهت عملية ترجيح إعمال العقل (التبصر) على التطور الاعمى، ادعاء هو ان ذلك الترجيح خارج عن حدود العلم والبحث العلمي.

سأتناول هذا الادعاء في الفصول اللاحقة. ولكن بغض النظر عن الاستنتاجات التي ينبغي او لا ينبغي ان يسمح بها العلم، وما يمكن إن تحظى به فكرة إعمال العقل (التبصر) من

(١) وهو محاكاة الهندسة والتقنية الرائعة الموجودة في الكائنات الحية واستخدامها في المشاريع والصناعات البشرية (هامش المترجم).
(٢) يتم التغلب على الصعوبات والتحديات الهندسية في كافة مجالات الحياة عن طريق مراقبة وتقليد الهندسة الجبارة الموجودة في الكائنات الحية وهذه العملية تعرف بالمحاكاة الحيوية (هامش المترجم).

تأييد او استنكار فإنني أحثكم على تفحص الأدلة. وكما يقول المثل الإنجليزي (ربما قتل الفضول القطة) لكنه فَعَل العجائب للمؤسسة العلمية.

إن ما تم اكتشافه في السنوات الأخيرة من أمثلة على ضرورة الاخذ بفكرة (التبصر) كثيرة جداً. سنتناول، في هذا الكتاب، عدداً قليلاً منها، هي تروس الحشرات والروبيان القوي والنباتات آكلة اللحوم وآلة البروتين في عين الطيور التي تسخر التشابك الكمي سامحة للطيور برؤية المجال المغناطيسي للأرض.

ونبدأ بمثال ـ قد يبدو بسيطا للوهلة الاولى ـ وهو..

الغشاء وقنواته:

يرجع الفضل في ازدهار الحياة، في بيئة كوكبنا المتنوعة، الى الطرق العديدة التي اعدت بها الأرض اعداداً دقيقاً كي تكون صالحة للحياة، رغم هذا فإن ما يحتويه كوكب الارض، من عوامل بيئية وعناصر مادية وغير ذلك، يمكن ان يكون معاديا لازدهار الحياة، فعلى سبيل المثال جزيء الأكسجين (O_2) الذي يمثل عنصرًا ضروريًا للحياة، ولكن ذلك فقط إذا ما قام شكل من أشكال الحياة بتغليف شيطانه ونقله بدقة إلى مكان يمكن استخدامه فيه كمصدر للطاقة، عندها سيتم الاستفادة من جانبه الملاكي. خلاف ذلك، يصبح الأكسجين أعظم عدو للحياة.

وهذا ينطبق على المثال الذي تناولناه وهو الخلية الحية حيث اننا لو قمنا بتمزيق غشاءها ومن ثم تعريضها للهواء فإن أضرارا جمّة يمكن ان يحدثه فيها الاوكسجين مع مجموعة كبيرة من العناصر الكيميائية الأخرى الغازية.. سيكون موت الخلية سريعاً ومؤكداً.

من الناحية التقنية فإنه من الحتمي وجود طريقة لحماية الخلية التي هي الوحدة الأساسية للحياة. وهذا ما نجده متحققا بالفعل حيث ان الخلية الحية ـ في الطبيعة ـ محاطة بدرع كيميائي قوي واق لها.

رغم هذا فإن هذا الدرع الواقي، قد يجعل الخلية عرضة لمشاكل مميتة بشكل مؤكد. فهو قد يمنع مغذياتها من الوصول إلى داخلها فيسمح بمرور الجزيئات المحايدة الصغيرة عبر الغشاء، مانعاً بعد ذلك الجزيئات الحيوية الأكبر حجمًا والضرورية للخلية بما تحويه من شحنات كهربائية، وربما قام ايضا بحجز النفايات الخلوية في داخل الخلية.

ان مثل هذه الاحتمالات تجعل عملية البقاء والتكاثر في الخلايا الأولية بحاجة الى قنوات انتقائية من داخل الأغشية الخلوية البدائية وفي مكانها الصحيح منذ البداية.

وهذا ما نجده في الخلايا الحية اليوم، حيث انها مزودة بمثل هذه المداخل الممثلة بقنوات بروتينية متخصصة تستخدم في نقل العديد من الجزيئات الحيوية والأيونات.

كيف تم تصميم هذا النقل الانتقائي لكل من الجزيئات المحايدة والأيونات المشحونة؟!

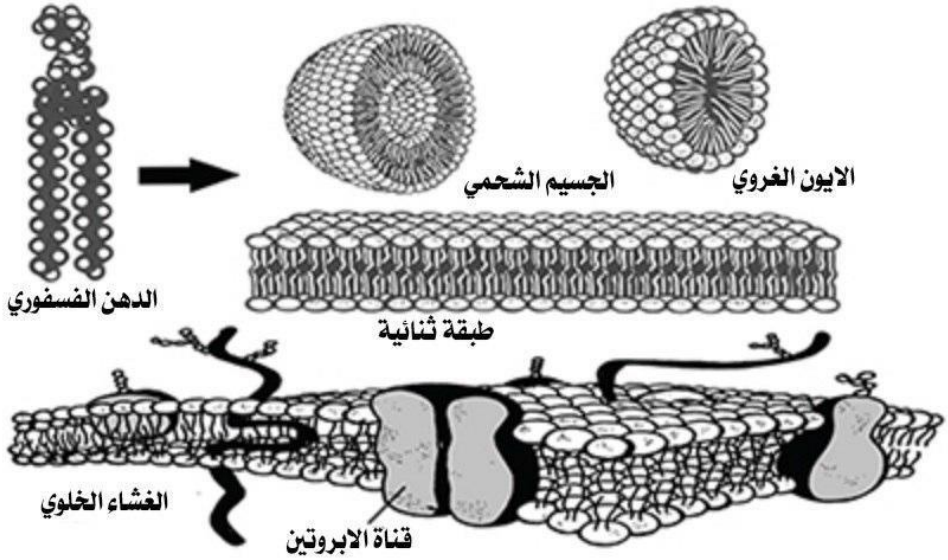
النظرية التطورية تُرجع ذلك الى عملية تدريجية خطوة بخطوة من الطفرات الصغيرة التي محصت بعناية بواسطة الانتقاء الطبيعي، والذي يشار اليها بالعامية بالبقاء للأصلح.

وواضح ان ما هو كائن في الخلية الحية من آليات تثير العجب، يحول دون الاخذ بما تقوله النظرية التطورية، حيث أن أية عملية تطورية تدريجية على مدار أجيال عديدة لا تملك الفرصة لبناء مثل هذه الآليات ـ كالقنوات البروتينية المتخصصة التي لا تكون بدونها حياة خلوية ـ وبالتالي فلا يمكن أن يتحقق وجود جيل واحد علاوة على اجيال عدة من الخلية.

يؤدي بنا هذا الى سؤال هو: كيف تمكنت الخلايا البدائية الأولى من اكتساب أغشية مناسبة وتطوير القنوات بروتينية اللازمة للتغلب على مشكلة النفاذية؟

لقد اضطر هذا السؤال الحتمي الكثيرين، ومنهم بعض أنصار التطور المتزمتين، للاعتراف بالصعوبة الكبيرة التي تواجه الاخذ بالانتقاء الطبيعي في تفسير الحياة الخلوية، وكما عبّر شريف منسي وزملاؤه في مجلة نيتشر، «إن وظيفة الحاجز القوي للأغشية جعلت من الصعب فهم أصل الحياة الخلوية»[1].

وهو تعبير دقيق الى حد كبير إذ ان الدرع الواقي، وكي يؤدي وظيفته، بحاجة إلى تصميم غشاء مزدوج الطبقة – مرن، مستقر، ومقاوم ومن شأنه أن يحمي الخلية، بسرعة وكفاءة، من تخلل الأكسجين المدمر، ويبقى ايضا مستقرًا في وسط الأحماض المائية، ويتعامل مع التقلبات في درجة الحرارة ودرجة الحموضة (الشكل ١.١). كما يحتاج الدرع الجزيئي للخلية ـ للقيام بكل هذه المهام ـ إلى آلية لاستشعار التغيرات في درجة الحرارة ودرجة الحموضة[2] وتستجيب بموجبها، معدِلة بذلك التركيب الكيميائي للغشاء لمعالجة هذه التغيرات الفيزيائية والكيميائية.



(1) Sheref S. Mansy et al., "Template-Directed Synthesis of a Genetic Polymer in a Model Protocell," Nature 454 (2008): 122.

(٢) هنا أذكر تعقيد عدادات درجة الحرارة ودرجة الحموضة الإلكترونية المستخدمة في عملي ككيميائي.

الشكل ١.١. الغشاء المزدوج الطبقة الذي يحيط خلايانا. إنه مرن للغاية، لكنه يتمتع أيضًا بمقاومة ميكانيكية وكيميائية عالية. إن مكونات الغشاء الكثيرة والمعقدة والقدرات التي يمتلكها اللازمة للحفاظ على الخلية على قيد الحياة تجعل مظهر التبصر في التجميع الأصلي للغشاء غالبًا.

وعلى سبيل المثال، ما يوضحه دييجو دي ميندوزا من إن «الخلايا البكتيرية تعيد تشكيل مرونة طبقة الغشاء الثنائية الخاصة بها من خلال دمج كمية أكبر من أحماض دهنية غير مشبعة (أو أحماض دهنية ذات خصائص مماثلة) بشكل يتناسب مع انخفاض درجة حرارة النمو». بمعنى آخر، يمكن لأغشية الخلايا أن تبدأ سلسلة من الاستجابات الخلوية التي تتفاعل مع تغير درجة الحرارة البيئية[1].

وبهذا ننتهي الى ان هذه التقنية الهندسية الكائنة في الاحياء تبلغ من التعقيد المذهل الى حيث أنك لو طلبت من أكثر الشركات الهندسية تقدماً من الناحية التكنولوجية في العالم، فسيقابلك مهندسوها الكبار بالضحك ساخرين من طلبك الذي لن يعدو عن كونه محالا بالنسبة الى القدرة البشرية.

ان التكنولوجيا الموجودة في الاحياء أبعد بكثير حتى من أكثر معرفتنا البشرية تقدماً. ومما يزيد تعقيدها مدعاة للدهشة، هي ان هذه التقنية التكنلوجية وكي تكتمل فعاليتها بشكل صحيح عليها ان تتوفر بكل اجزاءها ومراحلها، ولو افتقرت الى جزء او مرحلة واحدة فسيؤدي ذلك بالخلية الى الموت. إن الخلية الضعيفة التي تنتظر التحسينات من العملية الداروينية التدريجية ستتعرض للهجوم على الفور من قبل عدد لا يحصى من الأعداء وتموت، ولا تتكاثر أبدًا، مما لا يعطي أي مجال للتطور لإنهاء المهمة في المستقبل.

(1) Diego de Mendoza, "Temperature Sensing Membranes," Annual Review of Microbiology 68, no. 1 (September 2014): 101–16, https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091313-103612.

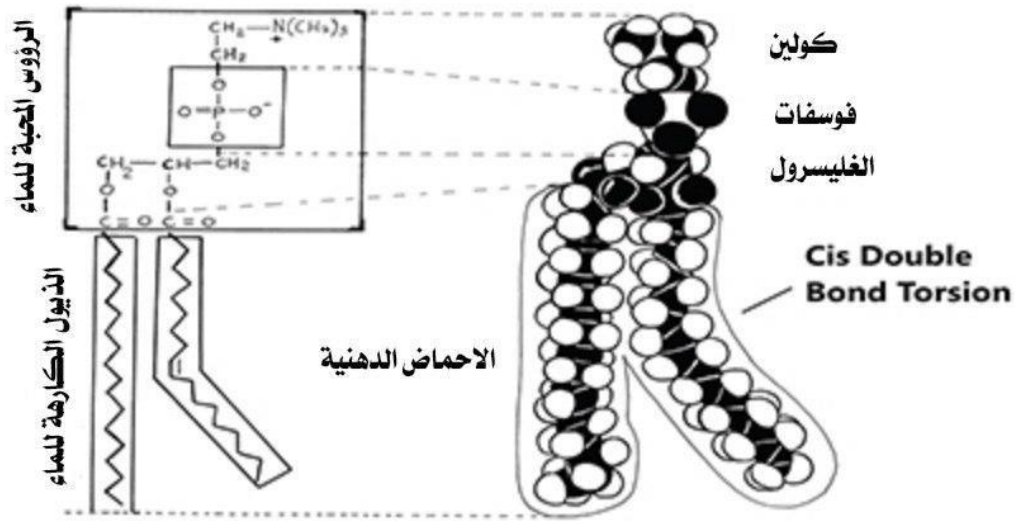
كما يتبين لنا، من خلال كل المعرفة الكيميائية الحيوية المتوفرة لدينا الآن، أنه يجب توقع المتطلبات الأساسية الكثيرة لغشاء الخلية، وتسليمها في الوقت المحدد، حتى تتمكن الخلايا الأولى من البقاء والتكاثر في بيئة مائية.

وهذا مجرد بداية من التبصر المطلوب ـ على ما يبدو ـ لتقديم غشاء جيد بما يكفي لجعل الحياة الخلوية قابلة للإستمرار. مثل هذا الجدار الغشائي، بقدراته المعقدة الكثيرة، يتطلب أيضًا سكينًا سويسرياً[1] حقيقيًا متعدد الوظائف يتكون من جزيئات حيوية. تم توفيرها على هيئة مجموعة من الجزيئات الحيوية المصممة بشكل فائق الروعة، وهي الدهون المفسفرة (الفسفوليبيد) (الشكل ١.٢).

ان هذه القطع الجزيئية الحيوية (الفسفوليبيد) هي الأداة المناسبة للدور المناط بها، بالإضافة الى انه ـ كما يبدو ـ لا يوجد بديل للدهون المفسفرة من اجل بناء درع كيميائي متطور بما فيه الكفاية للسماح للخلايا بالبقاء والازدهار.

انني اصادف ـ في بعض الأحيان ـ مقالات في مجلات مرموقة مثل ساينس ونيتشر[2] حول نظرية أغشية الخلايا البدائية الأبسط المصنوعة من جزيئات "بدائية" مثل الأحماض الدهنية. لكن هذه الرحلات الخيالية تتجاهل التفاصيل الكيميائية الرئيسية اللازمة لجعل الحياة الخلوية قابلة للاستمرار. فبمجرد أن نواجه تلك التفاصيل، نجد أنه لا يوجد جزيء حيوي آخر قادر على الحفاظ على الحياة من خلال الاضطلاع بالأدوار العديدة والمعقدة التي تؤديها الدهون المفسفرة.

(١) السكين السويسري هو أداة متعددة الوظائف فيها بالإضافة للشفرة أدوات أخرى مثل مفك ومقص ومبرد (هامش المترجم).
(2) Jack W. Szostak, David P. Bartel, and P. Luigi Luisi, "Synthesizing Life," Nature 409, no. 6818 (2001): 387–90.



الشكل ١.٢ . هذه الرسوم البسيطة ما هي الا تلميح إلى البنية الجزيئية المعقدة للدهون المفسفرة.

إن بنية الدهون المفسفرة يمكن تقسيمها إلى منطقتين رئيسيتين هما الراس والذيل، ويتميزان بخصائص كيميائية وفيزيائية معاكسة تمامًا، فالأول قطبي ومحب للماء، في حين أن الثاني غير قطبي وكاره للماء. يعد هذا الانقسام الثنائي لـ "الأذواق" أمرًا بالغ الأهمية، لأنه يسمح بخدعة رائعة، وهي أنه في حالة وجود الماء، تقوم هذه الجزيئات الحيوية تلقائيًا بترتيب نفسها لتكوين هياكل مستديرة ومزدوجة الطبقة (طبقات احادية) (الشكل ١.١) مع اصطفاف كل الرؤوس القطبية بجانب بعضها الآخر معبأة الذيول غير القطبية بإحكام.

وتجتمع وحدتا الطبقات الأحادية معا عن طريق اجتذابها بقوى كيميائية مضبوطة بدقة، بحيث تتلامس ذيول كلتا الطبقتين في ترتيب من الذيل إلى الذيل. هذه التعبأة التلقائية الثلاثية الأبعاد والمتعددة العناصر تضمن إخفاء الذيول الكارهة للماء عن الماء بينما تتعرض الرؤوس المحبة للماء على الأسطح الخارجية والداخلية للخلية للماء. لذلك يتم وضع الماء داخل وخارج

الخلية، ولكن يتم طرده بشكل مفيد من داخل أغشية الدهون المفسفرة التي تحيط بالخلايا المائية.

وهذا يشير الى ان الامر يبدو مرة أخرى كما لو أن القوة السببية مع التبصر- توقعت هذه الحاجة وصممت حلاً مثاليًا.

الدهون المفسفرة (الفسفوليبيد)

يتعين على غشاء الخلية ان يكون مرنًا، وفي الوقت نفسه عليه ان يكون مقاومًا ميكانيكيًا وكيميائيًا بحيث يمكنه حماية الخلية بشكل مستمر من محيطها المتقلب. وهذا ما نجد عليه الدهون المفسفرة الثنائية الطبقة، فهي مرنة وأيضًا مستقرة بدرجة عالية ومقاومة للإجهاد الميكانيكي ودرجة الحموضة وتقلبات درجة الحرارة.

ويتم الحصول على كل هذه الخصائص في غشاء الخلية عن طريق توازن ديناميكي دقيق لمختلف الخواص الفيزيائية والكيميائية للعديد من المكونات الجزيئية للجدار.

(إذا كان التفسير التالي تقنيًا للغاية بالنسبة إليك، فلا تتردد في الانتقال إلى الفقرة الأخيرة من هذا القسم الفرعي. سيوفر لك الملخص هناك ما يكفي للمتابعة).

ويتم التحكم في هذه الخواص الكيميائية في المقام الأول من خلال تنظيم قوة وطول الروابط الكربونية الكربونية ومنحناها الثلاثي الأبعاد، في الذيول الدهنية. يمكن أن تشكل ذرة الكربون أربعة روابط، بما في ذلك الروابط مع ذرات الكربون الأخرى.

وهذه الروابط يمكن أن تكون، في الدهون، مفردة (C-C) أو مزدوجة (C = C). وتسمى الروابط المفردة بـ"المشبعة" فيما تسمى الروابط المزدوجة بـ"غير المشبعة". ويمكن أن تكون السلاسل الجانبية (R) المرتبطة بذرتين من الكربون في رابطة C = C على نفس الجانب (يسمى الترتيب "مقرون": $^{R}C=C^{R}$)، أو على جانبين متقابلين (يسمى الترتيب "مفروق" $^{R}C=C_{R}$).

تحتوي الدهون المفسفرة غير المشبعة بشكل رئيس على روابط مقرونة $^{R}C=C^{R}$ ، والتي تنتج الانحناءات الواضحة للغاية والموجودة بشكل صحيح في سلاسل الهيدروكربون الطويلة. فيما تكون الدهون المقرونة غير المشبعة أقل ثباتًا بالديناميكا الحرارية من نظائرها المفروقة غير المشبعة، لكن الصنف المقرون لا يزال هو الفائز بالجائزة الأولى لهذه المهمة، لأن الخلل الناتج من سلسلة الأحماض الدهنية يؤدي إلى مركبات اقل تعبأة من الدهون المفروقة غير المشبعة أو الدهون المشبعة. وتحتوي الدهون المقرونة غير المشبعة على نقاط انصهار أقل من الدهون المشبعة أو الدهون المفروقة غير المشبعة.

النتيجة المدهشة: تكون الأغشية التي يمكن تصنيعها تدريجياً أكثر مرونة[1].

كما تُستخدم سلاسل الكربون الأقصر أو الأطول و "الرؤوس" القطبية المختلفة للتحكم في الخواص الكيميائية لهذه الجزيئات. ولا شك ان في هذا بيان واضح لدور "البصيرة" الرئيس والذي يتم بحكمة كيميائية رائعة.

أننا إذا ما نسبنا أصل الأغشية الحيوية إلى العمليات المادية العمياء، فحينئذ سوف نحتاج إلى اللجوء الى عدد لا يحصى من "المعجزات" الكيميائية، وهي:

أولاً: يجب أن تقوم الصدفة ببناء سلاسل كربونية طويلة بحيث تحتوي على ١٢ ذرة كربون، ومثل هذه الصدفة هي أمر غير مرجح للغاية، إحصائياً وكيميائياً.

ثانياً: يجب أن ترتبط اثنتان من هذه السلاسل بجزيء ثلاثي – الجليسرين. ويكون من الضروري أيضًا إدراج الروابط المقرونة $^{R}C=C^{R}$ الأقل ثباتًا في المواضع المحددة وبالنسب المناسبة لإنتاج السيولة المناسبة. ويجب أن يكون أنيون الفوسفات (PO_4–) ومجموعة قطبية

(1) David J. Siminovitch, P. T. T. Wong, and Henry H. Mantsch, "Effects of Cis and Trans Unsaturation on the Structure of Phospholipid Bilayers: A High-Pressure Infrared Spectroscopic Study," Biochemistry 26, no. 12 (1987): 3277–87.

أخرى، مثل مجموعة إيثيلِين ثُنائِيِّ الأَمِين، جميعها متاحة في نفس الوقت وأن تكون متصلة بشكل صحيح بـ "الليغو الجزيئي" النهائي (الشكل ١.٢).

بصفتي كيميائي، لا يمكنني اعتبار هذه السلسلة من المعجزات الكيميائية أمرًا ممكنًا.

عادةً ما يفترض المتخصصون في الكيمياء ما قبل الحيوية أن "كيانات" بدائية محاطة "بأغشية" بدائية ذات مساحات داخلية غير مضيافة جدًا للحياة، مثل تلك الكيانات الخاصة بمذيلات الدهن الحمضي، تمكنت من ابتلاع جزيء "الحمض النووي الريبوزي البدائي"، مما أدى إلى حدوث الحياة على الارض.

فكما يناقش شريف منسي وزملاؤه في مقال نشر في مجلة نيتشر عام ٢٠٠٨، في إن «الأحماض الدهنية وما يقابلها من كحول وأحاديات الجلسرين مرشحون بشدة ليكونوا كمكونات أغشية البروتوسيل». والسبب في هذا الأمل هو انها تقوم بأمرين حاسمين:

أولاً انها تشكل حويصلات الغشاء الثنائية الطبقة، التي تحتفظ بجزيئات الحمض النووي الريبوزي الصغيرة.

ثانيًا يمكنها أن تنمو وتنقسم[1]، ويعد هذا أمرًا ضروريًا إذا كان على الكيان البدائي ان يكون قادرًا على التكاثر.

من المفترض أن هذا الكيان ـ ما قبل الحيوي ـ المقترح بدأ في تخليق البروتينات الأولى للحياة.

ولكن في حالة حدوث هذا بالفعل، فمن أين أتت الأحماض الأمينية اللازمة لتخليق البروتين؟ سيتعين عليها بالطبع أن تأتي من الخارج، أي من "الحساء البدائي"[1] وتنتقل عبر

(1) Sheref S. Mansy et al., "Template-Directed Synthesis," 122–5. See also Charles L. Apel, David W. Deamer, and Michael N. Mautner, "Self-Assembled Vesicles of Monocarboxylic Acids and Alcohols: Conditions for Stability and for the Encapsulation of Biopolymers," Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes 1559, no. 1 (2002): 1–9.

القنوات الخلوية إلى هذه "الخلايا البدائية". لكن في هذه المرحلة من السيناريو المقترح، لا توجد أي قنوات غشائية، وبالتالي سيتعين على الأحماض الأمينية ان تنتقل من خلال "الغشاء البدائي" نفسه للوصول إلى داخل الخلية. والحال ان هذه الأغشية البدائية ستشكل حاجزًا كيميائيًا لنفاذ الأحماض الأمينية لا يمكن التغلب عليه، وبالتالي فإن الأمل مستحيل كيميائيًا. إذا لم يكن هناك طريق إلى داخل الخلية، فإن الخلية تموت في وقت قصير. فمن دون البقاء لن يكون هنالك تكاثر ولا تطور.

وهذا يجعلنا، مرة اخرى، امام حقيقة ما نلمحه من تبصر هو امر قوي

من الواضح أن غشاء الفسفوليبيد الرائع للخلية يجب ان يكون قد تم تقديره وتصميمه وإتاحته بالضبط مع ظهور الجزء الداخلي من الخلية، وإلا سوف تلقى الخلية العديمة الغشاء نهاية سريعة ومؤكدة. وبما ان الخلايا البدائية قد تمكنت من البقاء والازدهار والتكاثر تاركةً بعدها ذرية مستمرة الى وقتنا هذا، فمن المنطقي من الناحية العلمية أن نستنتج أن هذا الغشاء الاستثنائي موجود في اللحظة الأولى من الحاجة اليه. وبالنسبة إليّ فإني لا أوافق على ما يصر عليه البعض في أن ذلك ناتج عن عملية عمياء، وأحثُ على التفكير في الاحتمال الثاني وهو البصيرة المصممة.

الأكواپورين: مرشحات المياه المذهلة

الأغشية الدهنية الثنائية الطبقة تحمي استيعاب الحياة في الخلية، ولكن الخلية ـ كما ذُكر سابقًا ـ تحتاج أيضًا إلى قنوات لنقل المواد الأساسية من الداخل والخارج. وعملية النقل هذه تبلغ من الدقة والتعقيد بحيث لو اوكلنا مهمتها الى أفضل الشركات المختصة بتقنية النانو

(١) بركة الماء الدافئ التي ادعى داروين ان الخلية الحية الأولى انطلقت منها (هامش المترجم).

(التكنلوجيا المتناهية الصغر) مستخدمة في ذلك جميع طاقاتها الهندسية والتصميمية، فلن نكون أكثر سعادة بالنتائج.

ان هذه الأغشية الدهنية الثنائية الطبقة تأتي مع مجموعات بروتينية ثلاثية الأبعاد لتعمل، بذكاء واضح، كقنوات انتقائية، حيث أنها تسمح بما يجب السماح به وتبعد ما يجب إبعاده.

إن نجاح أي مسعى علمي ينكر فكرة التصميم ويعتمد التطور في منهجه بتناول أصول غشاء الخلية، يعتمد على تفسير التطور المشترك للبروتينات المرتبطة بالغشاء، والطاقة الحيوية الغشائية، والدهون الثنائية الطبقة[1] – معجزة ثلاثية السلسلة. والغالب في هكذا مساع انها تنتهي الى حالة من الاعتراف بالحيرة، ولعل ما كتبه آرمن مولكيجانيان وزملاؤه أن «أصل الغشاء وبروتينات الغشاء ما زال غامضاً»[2]، مثال واضح على ذلك.

الشيء الوحيد الذي يجب أن تسمح قنوات الغشاء بمروره هو الماء. وهي تؤدي ذلك الغرض الأساس باحتواء الأغشية الحيوية فيها على قنوات خاصة تسمى "الأكواپورين".

إن الخلايا الحية هي مدن إلكترونية، متعددة الجزيئات ومليئة بالآلات عالية التقنية وبمحطات توليد الطاقة بل حتى بروبوتات متناهية الصغر. ولكي تعمل هذه التقنية النانوية بشكل صحيح، فإنها بحاجة إلى كميات وفيرة من الماء. والخلية إذا ما ارادت البقاء والازدهار فإن ذلك منوط بقدرة الماء، الذي يتمتع بالكثير من الوظائف الخلوية، بجزيئه (H_2O) الاساس والرائع على الدخول الى داخل الخلية والخروج منها، وبطريقة تتحكم بعمليتي الدخول والخروج بعناية. وتنشأ الحاجة إلى التحكم بسبب ان جزيئات الماء متصلة بواسطة روابط هيدروجينية، وشبكتها الرابطة الهيدروجينية تجعل الماء يعمل بمثابة "سلك بروتوني" يحمل البروتونات (H^+) مثلما يحمل سلك كهربائي التيار الكهربائي. ولكن لأسباب

(1) Armen Y. Mulkidjanian, Michael Y. Galperin, and Eugene V. Koonin, "Coevolution of Primordial Membranes and Membrane Proteins," Trends in Biochemical Sciences 34, no. 4 (2009): 206–15.
(2) Mulkidjanian, Galperin, and Koonin, "Co-evolution of Primordial Membranes," 206.

استقلابية، يجب أن تبقي جميع الخلايا على الأجزاء الداخلية سالبة كهربائيا. تقوم الخلايا بإدارة ذلك بواسطة قنوات غشائية خاصة تتحكم في نقل أيونات الصوديوم (Na +) والبوتاسيوم (K +). وفي حالة سماح الأكواپورين للماء بالدخول إلى الخلية بحرية، فإن "الأسلاك البروتونية" ستسمح لأيونات الهيدروجين المشحونة موجباً (H +) بالتغلب على جهود الخلية الرامية للإبقاء على سلبية الشحنة. لذا فإن بوابة المياه البسيطة ليست كافية.

هذا التحدي الهندسي ليس بالأمر السهل، ولن يقوم بحله أحد حتى ولو كان مهندسا يتمتع بقدرات خارج هذا العالم، فهذا المهندس لوغيّر الخواص الجوهرية لجزيء الماء H_2O كيما يزيل قدرته على توصيل البروتون، فذلك من شأنه أن يفسد الكثير من الخصائص الأخرى، غير العادية والضرورية للحياة في جزيء الماء. ولكن في الخلية ثمة حل بارع لا يتطلب إعادة هندسة المياه، وهو ان الأكواپورين[1] الموجودة في أغشية الخلايا للماء لا تسمح بالدخول للخلية والخروج منها فحسب، بل تمنع أيضًا الشوائب مثل الأيونات الغير مرغوب فيها والجزيئات الحيوية الضارة الأخرى، بالإضافة الى انها تمنع دخول أيونات الهيدروجين المشحونة موجباً (البروتونات H +) والتي تنتقل عادة بحرية عبر الأسلاك البروتونية في الماء.

إذا كيف يتم إنجاز هذه المهمة المعقدة؟[2] دعونا نلقي نظرة ونرى.

إذا كان ما يلي تقنياً جداً بالنسبة اليك فلا تتردد في الانتقال إلى العنوان الفرعي التالي، حيث ستجد تلخيصاً مبسطاً للمناقشة.

في بوابات المياه في الأكواپورين، يوجد هناك حمض أميني خاص موضوع في موقع مثالي عند نقطة مرور جزيء ماء واحد[1] بالتحديد يعرف باسم الأسباراجين، وهو عضو في مجموعة

(1) Mario Borgnia et al., "Cellular and Molecular Biology of the Aquaporin Water Channels," Annual Review of Biochemistry 68 (1999): 425–58.

(2) Kazuyoshi Murata et al., "Structural Determinants of Water Permeation through Aquaporin-1," Nature 407 (2000): 599–605.

رائعة من الأحماض الأمينية التي تعد مهمة لبناء وتشكيل بنى البروتينات، كما يمتلك، بالإضافة إلى ذلك، مجموعة جانبية قادرة على تأسيس رابطتين هيدروجينيتين قويتين للغاية وموجهتين مكانياً نحو جزيئات الماء. ويتمتع الحمض الاميني بموقع مثالي حيث انه يقف بشكل عمودي على مرور السلك البروتوني في جزيء الماء، فيمكنه بذلك أن يعمل "ككماشة جزيئية" حقيقية لقطع هذا السلك.

وفي اللحظة التي يمر فيها جزيء الماء من خلال فتحة التصفية، يتم برمه بواسطة الأسباراجين. هذه المناورة، المدبرة بشكل رائع، والتي تحركها الروابط الهيدروجينية الأقوى، تكسر شبكة روابط الماء الهيدروجينية، وبالتالي تقطع السلك البروتوني. وبكسره يدخل الماء بحرية الى الخلية، بينما يتم حظر صاحبه – البروتون – غير المدعو عند الباب.

وهذه مشكلة حياة أو موت أخرى تم تقديرها ومعالجتها.

قوة الأكواپورين

إذن، الأكواپورين هي حل مبتكر لمشكلة هندسية صعبة للغاية. ولكنها تفيد تجربتنا المشتركة والمتكررة، الحلول الهندسية المبتكرة يتم تحقيقها من قبل العباقرة – العقول التي تطبق الخبرة والبصيرة لمشكلة لا يمكن حلها حتى من قبل المهندسين الآخرين، ناهيك عن طريق القوى الطبيعية الطائشة.

وعليه، فهل هذا الحل المبتكر للغشاء الخلوي لمشكلة السلك البروتوني ناتج عن عمل الصدفة العمياء أم البصيرة العبقرية؟

(1) Urszula Kosinska Eriksson et al., "Subangstrom Resolution X-Ray Structure Details Aquaporin-Water Interactions," Science 340, no. 6138 (2013): 1346–1349.

لقد حصل اكتشاف هذه الأعجوبة من البراعة الجزيئية على جائزة نوبل للكيمياء لعام ٢٠٠٣، "لاكتشاف قنوات المياه" و "للدراسات الهيكلية والميكانيكية للقنوات الأيونية"[1]. فإذا كان الأمر يتطلب ذكاء من عيار نوبل لمعرفة كيفية عمل هذه الأعجوبة الهندسية، فماذا تطلب ابتكارها في المقام الأول؟

إن التفسير السائد في أصول الكائنات الحية يتضمن، شكلاً من أشكال، وهذا التفسير ينص على إن الطبيعة قد صعّدت بها آليةُ التمايز العشوائي (الانتقاء الطبيعي)، من خلال خطوة طفرية صغيرة واحدة في كل مرة، جبلَ اللا احتمال[2] الذي نجده في علم الأحياء.

نعم، هناك إضافات وتعديلات أخرى على هذه الآلية الأساسية في النظرية التطورية الحديثة، ولكنه التفسير السائد هنا يشكو من أوجه قصور كبيرة (انظر الفصل الأخير). أيضا، ابحث – لفترة كافية – في المصادر العلمية التي تعتمد مبدأ التطور، وستجد كيف تلعب صيغة ما من آلية (الصدفة / الإنتقاء) دوراً رئيسياً في كل نموذج رائد للأصول البيولوجية.

في الانتقاء الطبيعي، المشكلة الاساس هي أنه لا يمكنه العمل إلا بعد وجود خلية قابلة للحياة وللتكاثر الذاتي، ولا يمكنه التقدم الا إذا أمكن الحفاظ بطريقة ما على كل مرحلة من مراحل عملية البناء التطورية المقترحة وتمريرها. ولا يتم الحفاظ على أي شيء وتمريره إذا ماتت الخلايا الأولية الأولى موتًا سريعًا بسبب عدم وجود غشاء خلية يؤدي وظيفته بشكل كامل ويكون قادرا على إنجاز المهام الأساسية العديدة الموضحة أعلاه (من بين أشياء أخرى كثيرة)، مما يجعلنا امام نتيجة حتمية هي انه من دون وجود غشاء خلية متعدد المهام لن تكون هناك

(1) "Nobel Prize in Chemistry 2003," The Nobel Prize, Nobel Media AB, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2003/.

(2) This phrase is from Richard Dawkins, Climbing Mount Improbable (New York: W. W. Norton & Company, 1996). 122

حياة، ومن دون وجود حياة لن يكون هناك تطور تدريجي عن طريق التمايز العشوائي والانتقاء الطبيعي.

إن الغشاء البدائي – المفترض من قبل التطوريين – الحاوي على الأكواپورين المتطور جزئيًا، والذي سمح، من قبل ان يبلغ به التطور الى مستوى القدرة على منع دخول البروتون، بدخول المياه لن تكون له أية فرصة للبقاء. فخلية مثل هذه محاطة بالعديد من أعداء المحيط البدائي أو "البركة الصغيرة الدافئة" ستموت بسرعة. وإذا لم تستطع البقاء على قيد الحياة، لن تستطيع التكاثر.

تعتبر البوابات التي تؤدي وظيفتها بشكل كامل والتي تسمح بدخول جزيء الماء H_2O فقط (ولا تسمح بدخول البروتون H^+) "ضرورية" لأي نوع من الخلايا، من الأكثرها تطوراً إلى أكثرها "بدائية" (هذا إن وجدت مثل هذه الخلايا البدائية على هذا الكوكب). هذه البوابات الانتقائية للغاية والمصممة بشكل رائع يجب أن تكون موجودة من البداية. فمن دون وجود مياه خالية من البروتونات لن تكون هناك حياة.

تذكر أن تحدي الأسلاك البروتونية هو مجرد مشكلة تحتاج إلى حل.

بوابة المياه ـ الخاضعة لرؤية التطوريين باحتوائها لفتحات إما صغيرة جدًا أو كبيرة جدًا – ستقوم إما بسد الماء تمامًا أو انها تسمح لجزيئات الملوثات الأخرى بالدخول إلى الخلية وتدميرها، وبهذا فإن بوابة المياه الناجحة في هذه الحالة تشكل تحدي "الكل أو اللا شيء" للحياة. مما يكشف ذلك عن مدى الحاجة الى تصميم غاية في الدقة للبوابات المائية من أجل التسليم في الوقت المناسب، وإلا فإن هذه الانطلاقة العظيمة التي تدعى "الحياة" ستنهار بسرعة.

وما ينطبق على بوابات الماء ينطبق على العديد من الجوانب الأخرى للغشاء الخلوي، فإذا كنا نسترشد بالأدلة فقط، فإن هذه الأعجوبة الهندسية المعقدة والمتعددة الأوجه تبدو بعيدة عن متناول آلية التمايز العشوائي / الانتقاء الطبيعي، وهناك نوع آخر من الأسباب يبدو ضروريًا، وهو الأسباب التي يمكنها ابصار غشاء الخلية وتصميمه بكل تعقيده الرائع، من أجل التسليم في الوقت المناسب.

إن الحلول التي تعمل على أساس من توقع المشكلات المانعة لأي تقدم تطوري محتمل، تكون واضحة في كل جوانب الحياة وتنوعها.

في الفصول التالية، سننظر في العديد من الأمثلة الرائعة الأخرى.

الفصل الثاني

عالم الكيمياء الحيوية المُقدر

ما زلت أتذكر جيداً المرة الأولى التي رأيت فيها المحيط. كان ذلك خلال العطلة الصيفية، التي كنا نعدها وقت المرح، لذلك قاد والدي عائلتنا المكونة من ستة أفراد في سيارة فولكس واجن كومبي إلى سانتوس، وهو شاطئ البحر في البرازيل الذي اعتاد بيليه لعب كرة القدم فيه. كان والدانا قد أخبرانا كثيرًا عن المحيط، مما جعلنا لا نتوقف أنا وأخي وأُختّي في المقعد الخلفي عن السؤال "كم بقي لنصل؟" حتى سمعنا أخيرًا الأمواج وشعرنا بالنسيم المالح يمر عبر النوافذ المفتوحة.

لم نكن قد وصلنا بعد إلى وجهتنا، لكن أبي الذي كان يعرف مدى شغفنا ركن في مكان قريب من الشاطئ وأوقف الكومبي حتى نتمكن من الخروج من الشاحنة ومشاهدة المحيط لأول مرة. لن أنسى هذا الشعور أبدًا: رائحة البحر والسماء الزرقاء والمياه الخضراء وحبيبات الرمل تحت قدمي والشمس الدافئة على بشرتي والمياه التي تغطي قدمي.

الشكل ٢.١. تجربتي الأولى مع المحيط عندما كنت صبياً، عندها أدهشتني العجائب من حولي. أتذكر أنني سألت نفسي، من صنع كل هذا؟

في تلك اللحظة كنت في تمام يقظتي لرؤية عجائب الأرض. لكن هذه العجائب هي معنا كل يوم؛ عيوننا فقط هي التي تقصر عن رؤيتها. كوكبنا مليء بالعجائب، من الجو الشفاف إلى أقواس القزح الملونة، والشفق القطبي، والليالي المرصعة بالنجوم، والطيور، واليعسوب، والحيتان، وشروق الشمس، والنحل الطنان، والزهور الكبيرة والصغيرة.

بالنسبة لي كطفل صغير، فإن النظرة الأولى لبعض الآفاق الجديدة للعجائب الطبيعية غالباً ما لا تُنسى؛ ولكن مع تقدمنا في السن، ننسى أحيانًا أن نستمر في التفكير، وأن نرى عالماً مليئًا بالروائح والأنسجة والألوان والأصوات، وأن نواصل تقدير الأشياء المدهشة من حولنا. لقد ساعدني العلم في الحفاظ على هذا الشعور بالتعجب في مرحلة البلوغ. شعور التعجب والامتنان المطلقين.

في الفصل الأول، رأينا كيف تم تصميم الخلية، بعناية، باستخدام غشاء دهني ثنائي الطبقة وقنوات انتقائية. فهذه المكونات كانت ضرورية من البداية، ولن يكون هناك أمل للخلية في البقاء إذا كان عليها أن تتعايش مع طفرات على مدى آلاف الأجيال بحثًا عن غشاء وظيفي. اما ان تتوقع وتقدر او تموت. إن هذه الحاجة للتوقع ـ كما سنرى في بقية الكتاب ـ تنطبق أيضًا على العديد من الأنظمة والميزات الأخرى على مدى الحياة، من أبسط خلية إلى وظيفة جسم الإنسان. فهناك ادلة جمة على التبصر، حيث تظهر في كل مكان ترنو اليه عيناك في علم الأحياء.

موضوع هذا الفصل هو ما تعتمده تلك الأعاجيب على مستويات أعمق من البصيرة، حيث ان العلم قد توصل لاكتشاف رائع وهو أن الأرض والكون يعرضان طبقات من الميزات الأساسية للحياة.

الضبط الدقيق والبصيرة

يُعتقد، حاليًا، أنه يوجد على الأقل ستة وعشرون ثابتا ماديا في الكون، وهذه الثوابت قد تم ضبط قيمها الدقيقة بعناية فائقة لتسمح بوجود بالحياة. هذه الثوابت هي أشياء مثل سرعة الضوء (c)، ثابت الجاذبية (G)، ثابت بلانك (h). جميع قيمها مناسبة بشكل فريد لتمكين العرض المذهل للكيمياء الحيوية الذي نستكشفه في هذا الكتاب، وهي تندرج تحت فكرة يطلق عليها العلماء "ضبط دقيق".

ويتم توضيح هذا التوليف بشكل شائع باستخدام جهاز الراديو الذي يجب توليفه بشكل دقيق على التردد الصحيح - "ضبطه" - للعثور على المحطة المطلوبة. إذا كان الكون مذياعاً يسمح فيه التردد المطلوب بالحياة، فستكون لديه ـ حينها ـ عشرات العدادات لتحديد قيم الثوابت العالمية[١]. ولو ان خطأ قد حدث، مهما كان ضئيلاً، في هذه العدادات ستكون النتيجة كونًا بلا حياة على الإطلاق. على سبيل المثال، إذا كانت قوة الجاذبية أقوى قليلاً مما هي عليه، فإن النجوم سوف تحترق بسرعة كبيرة لتعمل كمزود ثابت للطاقة من أجل الحياة؛ وإن كانت أضعف قليلاً، فستصبح النجوم والكواكب غير مستقرة بسرعة كبيرة أو لن تتشكل أبدًا في المقام الأول[٢]. مما يؤكد على ان قوانين وثوابت الفيزياء قد تمت بشكل أساس لدعم الحياة.

---

(١) لمعرفة المزيد عن الثوابت العالمية والكون المعقد المضبوط بدقة الذي تكشفه، اقرأ مقال إيثان سيجل الذي نشرته مجلة فوربس، "يتطلب الأمر ٢٦ ثابتاً أساسياً لنحصل على كوننا، لكنها لا تزال لا تقدم كل شيء".

"It Takes 26 Fundamental Constants to Give Us Our Universe, But They Still Don't Give Everything," Forbes, August 22, 2015, https://www.forbes.com/sites/ethansiegel/2015/08/22/it-takes-26-fundamentalconstants- to-give-us-our-universe-but-they-still-dont-giveeverything/# 2209877a4b86.

(٢) اقرأ كتاب جيرينت لويس ولوك بارنز "الكون المحظوظ: الحياة في كون معد بدقة".

A Fortunate Universe: Life in a Finely Tuned Cosmos (Cambridge, England: Cambridge University Press, 2016).

للحصول على ملخص اقدم على الإنترنت راجع عمل جاي دبليو ريتشاردز "قائمة بمؤشرات الأعداد الدقيق".

"List of Fine-Tuning Parameters," Discovery Institute's Center for Science and Culture, https://www.discovery.org/f/11011.

الفيزيائي فرد هويل، عند دراسته لبعض الثوابت المضبوطة، التي تم اكتشافها في عقد الثمانينيات وما بعده، بدقة، أشار إلى مدى ما تتمتع به هذه الثوابت من ضبط شديد لموائمة وجود الحياة الى درجة أنها بدت وكأنها "معالجة"، أي مخطط لها. ثم توصل إلى استنتاج مفاده أن «ان التفسير المنطقي للحقائق يشير إلى أن عقلاً جباراً تلاعب بالفيزياء، وكذلك بالكيمياء والأحياء وأنه لا يوجد في الطبيعة قوى عمياء تستحق الحديث عنها»[1].

ثمة ما يلاحظ على هويل وهو انه لم يكن رجلاً متديناً، وقد كان ملحداً. لكنه أدرك ببساطة ما أدركه الكثيرون، بما في ذلك كبار علماء الفيزياء وعلماء الفلك في العالم: إن الضبط الدقيق للكون يوفر الأدلة الأكثر إقناعًا على الذكاء المصمم للكون.

وبالنسبة الى النظرية الموحدة، التي تفسر كل ما في الكون من نظام (نظرية كل شيء) فإن القائمين عليها من علماء الفيزياء، تحدوهم الرغبة في تجنب الآثار المترتبة على التصميم، كي يؤدي ذلك إلى تقليل عدد الثوابت الأساسية، ولكننا نجد انه حتى في حالة الوصول الى هذه النظرية الموحدة فإن تلك الثوابت الفائقة المكتشفة، رغم كونها أقل عددًا، ستكون بالضرورة مضبوطة بدقة أكبر من الثوابت التي ادمجوها.

ومع ذلك، فأن الأمور تسير في الاتجاه المعاكس حتى الآن. وكلما تعرّف العلماء أكثر حول الكون، زادت الثوابت الدقيقة التي يكتشفونها من أجل كون مستديم للحياة. لنلقِ نظرة على عدد قليل منها الآن.

الماء: المصفوفة الكيميائية المثالية

إن أرضنا مناسبة بشكل مثالي وبنواح عدة لتكون صالحة للحياة. من خلال دورانها المؤقت بعناية على مدار ٢٤ ساعة، وقمرها المستقر الكبير، وموقعها في منطقة درب التبانة المجرية

(1) Fred Hoyle, "The Universe: Past and Present Reflections," Engineering and Science 45, no. 2 (1981): 8.

الصالحة للسكن، وبعدها المثالي عن الشمس وعن الكواكب الغازية العملاقة المجاورة لها والتي تحميها من العديد من أخطار الفضاء، فالأرض تعتبر بشكل مذهل صالحة للحياة.

مع هذا، فإن ثمة ما يعطل كل هذه العوامل المحافظة على الحياة في الارض، وأعني الافتقار إلى ما من شأنه السماح بوجود الكيمياء الحيوية. على سبيل المثال، كان من الممكن بسهولة أن تكون قشرة الارض الصلبة الأساسية صحراوية، تشتعل فيها الحرارة خلال النهار وتتجمد خلال الليل. لو كان الأمر كذلك، فلن يكون هناك ضبط دقيق للمسافات أو الخصائص الفيزيائية / الكيميائية أو فترة الدوران. ولكننا نرى إن جزيئاً رائعًا تتوفر فيه عشرات الخصائص الفريدة التي توفر للأرض الحل وهو الماء.

إن معظمنا يتعامل مع الماء النقي وكأنه شيء بسيط، لا يعدو عن كونه سائلاً عديم اللون والرائحة. ولكنه في الحقيقة معجزة كيميائية كبيرة. فلأجل تكوين الماء وما يحويه من شذوذاته الضرورية للحياة كان لا بد من تفاعل العديد من الخصائص والقيم الكيميائية والفيزيائية بدقة كبيرة يتطلبها الامر.

ومما يلاحظ أيضًا: رغم كون الماء السائل ـ الضروري للحياة ـ بعيد المنال جدًا في أي مكان آخر في نظامنا الشمسي، فإن سطح الأرض يحتوي على كمية كبيرة من اليابسة والماء السائل على سطحه – نسبة المياه إلى اليابسة بالتحديد تبلغ ١:٢[1]، والماء هو السائل الوحيد الذي يدور، من حيث، درجات الحرارة والضغوط، في نطاق ضيق نسبة الى مجموعة الواسعة من درجات الحرارة والضغوط الموجودة في الكون، وهذا النطاق موجود على الأرض.

(1) "The Peculiar Properties of Ice," Evolution News & Science Today, August 7, 2012, https://evolutionnews.org/2012/08/the_peculiar_pr_1/.

إن النظام الشمسي وما وراءه "غارق في الماء"[١]، ولكنه، بشكل أساس، على أشكال صلبة أو غازية لا تفيد الحياة كثيراً. أما على الأرض فلدينا الماء في جميع حالاته الثلاثة. ونحن بحاجة إلى جميع الحالات الثلاثة لكي تزدهر الحياة هنا. ولو لم يتم تقدير وتوقع هذه الحاجة وكانت الأرض مماثلة للكواكب الأخرى في مجرتنا لما كانت الحياة موجودة فيها.

إن مجموعة الخصائص الكيميائية المتنوعة للماء تعتبر عاملًا هامًا في توفير سبل الحياة على الارض[٢]، حيث تقوم حرارته النوعية العالية بالمحافظة على اعتدال التغيرات في درجات الحرارة بين الليل والنهار، محققةً بذلك الاستقرار في درجة الحرارة، عن طريق امتصاص الحرارة خلال النهار وإطلاقها في الليل. كما أن الماء بخاصية امتصاصه الحرارة يعمل على تبريد البشرة صيفًا من خلال عملية التبريد التبخيري.

ولا تقتصر ضرورة الماء على سطح الأرض أوفي الغلاف الجوي فحسب، بل تتجاوزه الى كيمياء اجسامنا الحيوية، وذلك لما يحتويه الماء من خصائص عجيبة، فمثلًا الماء موصل حراري ضعيف نسبياً، وهذه الحالة الشاذة تمنع الكائنات الحية من الغليان أو التجمد بسهولة شديدة. وأي نقص في كمية الماء في الجسم، والتي تبلغ نسبتها الثلثين من وزنه، يعرض الانسان الى الموت في غضون أيام قلائل.

كما أن الماء، بخاصية عجيبة أخرى فيه، يخترق أغشية الخلايا، ويصعد من خلال التأثير الشعري القوي إلى أعلى الأشجار حتى طويلة القامة منها، ويتبخر من سطح الأوراق حسب

(1) Preston Dyches and Felicia Chou, "The Solar System and Beyond Is Awash in Water," NASA, April 7, 2015, https://www.nasa.gov/jpl/the-solar-system-andbeyond- is-awash-in-water.

(٢) لِ لإطلاع على بحثٍ اوفى عن خصائص الماء الشبه اعجازية اقرأ كتاب مايكل دنتون "اعجوبة الماء: صلاحية الماء الكبيرة للحياة على الأرض وللبشرية".

The Wonder of Water: Water's Profound Fitness for Life on Earth and Mankind (Seattle, WA: Discovery Institute Press, 2017).

الحاجة، فيمكّن النباتات من نقل المغذيات وإجراء عدد لا يحصى من عمليات الكيمياء الحيوية بنجاح.

خصائص الماء

الخصائص التي يتمتع بها الماء تشمل:

• الكتل والشحنات الكهربائية المحددة للنيوترونات والبروتونات والإلكترونات التي تتكون منها من ذرات الهيدروجين H والأكسجين O الخاصة به.

• نقاط القوة الدقيقة للقوى النووية التي تثبت البروتونات والنيوترونات وتجمعها في النواة.

• نقاط القوة الدقيقة للقوة الكهرومغناطيسية.

• القواعد الكيميائية وقوانين الكم الفيزيائية التي تشكل مدارات الماء الجزيئية الرابطة وغير الرابطة والتي تحمل أزواج من الإلكترونات الأصلية لكل من الهيدروجين (H) والأكسجين (O) في مستويات طاقة محددة في جزيء الماء H_2O.

• مبدأ "استبعاد باولي" الذي يحدد عدد الإلكترونات في كل من هذه المدارات الجزيئية.

• قوة قوى التنافر للأزواج المقيدة وغير المقيدة للإلكترونات التي تحيط بذرة الأكسجين المركزية، وهي قوة تحددها سلسلة من الثوابت العالمية التي تتحكم بشكل مباشر وغير مباشر في سلوك هذه الذرات والزاوية الدقيقة لتكوين H-O-H.

والقائمة يمكن أن تطول وتطول، ولكن الملاحظ على ما فيها من الخصائص والقيم هو أن توازنها الدقيق سبب في إنشاء العشرات من الحالات الشاذة الرائعة للماء التي تجعل الحياة على الأرض ممكنة. وهذا، بدوره، يحتم علينا الاخذ بضرورة التخطيط المسبق.

إن خصائص الماء هذه عجيبة إلى درجة أن بحثاً، في مجلة نيتشر المرموقة أشار إلى أن لدى الماء نوعًا من "الذاكرة"[1] يمكن ترقيمها ونقلها وإعادة إدخالها في عينة أخرى من الماء. على الرغم من أن الماء قد لا يحتوي على "ذاكرة" في حد ذاته، إلا أنه يبدو أن هناك شيئًا ما أو شخصًا قادرًا على التخزين والتبصر وراء وجوده.

الماء كمذيب ممتاز

من الخصائص البارزة الأخرى للماء، والتي تجعله في غاية الأهمية للحياة على الأرض، هي قدرته على إذابة الكثير من المواد المختلفة، ونقل جميع أنواع المواد المغذية والنفايات في جميع – فضلاً عن من والى – خلايا النباتات والحيوانات.

والماء ذو طبيعة قطبية، بمعنى أن كثافة الإلكترون لا يتم توزيعها بشكل موحد حول الجزيء، وإنما يكون أحد الطرفين فقير بالإلكترون (موجب) والآخر غني بالإلكترون (سالب)، وهذا الاستقطاب، مضافاً إلى حجم جزيء الماء وقدرته على تكوين روابط هيدروجينية، يساعد على إذابة الأحماض الأمينية وبعض الببتيدات والهرمونات والبروتينات الكروية والعديد من الجزيئات الحيوية الأخرى، وكذلك الأملاح غير العضوية.

والماء رغم كونه لا يذيب جميع المواد الطبيعية الا انه يسمى أحيانًا بـ"المذيب الشامل"، وذلك لأنه يذيب مواداً أكثر من أي سائل آخر.

---

(١) تم نشر بحث "ذاكرة الماء" الشهير والمثير للجدل في مجلة نيتشر، وهي تجسد كيف يمكن اقتراح نظرية جذابة ونشرها في المجلات المرموقة دون وجود أدلة قوية. اجابت الصحيفة عن اسئلة "لماذا" و"متى" ولكنها أهملت معالجة السؤال الحاسم "كيف".
The paper: E. Davenas et al., "Human Basophil Degranulation Triggered by Very Dilute Antiserum against IgE," Nature 333, no. 6176 (1988): 816–8.

عندما ننظر إلى التركيب الذري للماء، نرى مستوىً حاسمًا من الجمال والتطور والضبط الكيميائي الدقيق، حيث:

١\ يتم تكوين ذرات جزيء الماء الثلاثة بشكل زاويّة (١٠٤.٥ درجة)،

٢\ لدى ذرات الهيدروجين H والأكسجين O سالبية كهربائية مختلفة.

مما يجعل – جزيء الماء – قطبيًا تمامًا وبكثافة إلكترونية غير متماثلة. وهذا ما يعطي الماء القدرة، بصورة رائعة، على إذابة الأيونات ومن ثم نقل هذه الأيونات مغلفة في جميع انحاء الخلايا وجسم الإنسان.

ولكنه، في الوقت الذي يحافظ فيه الماء على قدرته المبهرة على إذابة الأشياء، إلا إن الجزيئات الحيوية الكبيرة، مثل الأحماض الدهنية والبروتينات الكبيرة التي تشكل بنية أجسامنا، غير قابلة للذوبان في الماء. وهذا شيء أساس في بقاءنا أحياء، فعدم قابلية الذوبان هذا يمكننا من "الوقوف في المطر" والسباحة والاستحمام وشرب كل من الشاي الساخن والليمون البارد، من دون أن يتم تجريفنا، بسبب قدرة الماء شبه الشاملة على الإذابة.

إن ثلثي اجسامنا يتكون من الماء، ولو اكتسب الماء فجأة القدرة على إذابة هذه الجزيئات الحيوية، فسوف نذوب مثل الساحرة الشريرة في نهاية فلم ساحر أوز.

علاوة على هذا، فإن الماء بدلاً من إذابة البروتينات نراه يساعدها على الطي. هذا الطي مدعوم بعزم الماء الثنائي القطب العالي الذي ينشأ عندما تتقاسم ذرات الجزيء إلكتروناتها بشكل غير متساو، ويُنشئ العزم الثنائي القطب للماء روابطَه الهيدروجينية، في حين تقوم زاوية H-O-H محددة تبلغ ١٠٤.٥ درجة بمعايرة قطبيته، سامحة لجزيء الماء H_2O بإنشاء روابط هيدروجينية قوية مع البروتينات. هذا الشد الكيميائي يمكّن البروتينات الوليدة من الطي

بشكل صحيح في أشكال ثلاثية الأبعاد محددة ووظيفية، وهي ضرورية لمزاولة نشاطها البيولوجي.

غموض الجليد العائم

بِحُكْمِ قوانين الفيزياء، دائمًا ما تكون الحالة الصلبة للمادة أكثر كثافة من حالتها السائلة. رغم هذا، فثمة استثناء للماء في هذه القاعدة، فهو بعد بلوغه الحد الأقصى للكثافة عند حوالي (٤ درجات مئوية)، يكون أقل كثافة عند درجة الانجماد. هذه الميزة الشاذة للماء تمكن من مداورة وإنعاش المسطحات المائية على الأرض، بنقل الغازات الضارة إلى السطح والأكسجين إلى القاع.

لو فكرنا بعد هذا بالوضع البديل، أي أن الجليد لو لم يطفو وكان أكثر كثافة مما هو عليه في شكله السائل – كما هو الحال مع الغالبية العظمى من السوائل – فإن البحيرات في المناخات الباردة ـ حينئذ ـ سوف تتجمد تماماً من القاع إلى أعلى، مما يعرّض الحياة البحرية لخطر التجمد، ولا يكون الانجماد ـ حينئذ ـ مقصوراً على القطبين الشمالي والجنوبي بل يتجاوزهما الى عموم المسطحات المائية من بحار ومحيطات، بعد أن يتجمد قاع تلك المسطحات[1].

---

(١) للاطلاع على مناقشة تفصيلية على الإنترنت عن العديد من خصائص الماء الشاذة الصديقة للحياة راجع عمل مارتن تشابلن، "الخصائص الشاذة للماء".

"Anomalous Properties of Water," Water Structure and Science,
http://www1.lsbu.ac.uk/water/water_anomalies.html.

للاطلاع على مناقشة موجزة على الإنترنت، راجع عمل ستيفن داتش "الجليد يطفو"، التصميم الذكي
"Ice Floats," Intelligent Design. Intelligently, http://www.stevedutch.net/Pseudosc/IntelIntel.htm.

يقدم داتش عدة نقاط جيدة، على الرغم من أنه يسيء فهم نظرية التصميم بالقرب من نهاية القسم، فيكتب: «إذن لماذا لا يقول مؤيدو نظرية التصميم الذكي الكثير عن الخصائص الرائعة للماء؟ حسنًا، حقيقة أن الماء لا ينتظم فقط في تركيب عندما يتجمد، ولكنه في الواقع يفعل ذلك بقوة كافية لإجبار الأشياء على منحه مساحة، تشكل ضربة موجعة لادعائهم ان النظام لا يمكن أن ينشأ من عمليات طبيعية». لكن في الواقع "مؤيدو نظرية التصميم الذكي" قد حققوا الكثير حول الخصائص الرائعة للماء. قام غييرمو غونزاليس وجاي ريتشاردز، وكلاهما من مؤيدي التصميم الذكي، بذلك في كتابهما "الكوكب المتميز"، الذي تم نشره قبل ثلاث سنوات من كتابة داتش لتلك الصفحة. في الآونة الأخيرة، نشر معهد ديسكفري، وهو مركز مؤسسي للعلماء والباحثين الذين يستكشفون ويدافعون عن نظرية التصميم الذكي، كتابًا عن هذا الموضوع بعنوان "اعجوبة الماء" لمايكل دنتون. علاوة على ذلك، فإن نظرية التصميم الذكي لا تفترض أن هذا النظام لا يمكن أن ينشأ من العمليات الطبيعية. على سبيل المثال، يميز وليام ديمبسكي في كتابه الذي نشره مطبعة جامعة كامبريدج عام ١٩٩٨ بعنوان "استنتاج التصميم"، وفي العديد من أعمال التصميم الذكي اللاحقة، بين الترتيب الدوري لأشياء مثل البلورات والدوامات، من ناحية، ومن

ولكن الجليد بفعل ما هو عليه الماء من شذوذ، يتوسع عند التجمد فيطفو بذلك الى الأعلى، مكونًا على سطح الماء طبقة من الجليد الذي يمتاز بكونه أخف وزنًا (أقل كثافة) من الماء السائل، وانه عازل جيد للحرارة. هاتان الخاصتان تشكلان معًا جليدًا عازلًا يمنع البحيرات من التجمد وصولًا إلى القاع، فتتمكن الحيوانات، بذلك، من العيش تحت الجليد.

إنه حل جنوني لمشكلة متأصلة، ولكنه أيضًا عبقري للغاية. فلو توقف الماء عن كونه شاذًا بهذه الطرق، فستكون الحياة في مأزق خطير.

دعنا نفكر في سيناريو معاكس آخر. لنفترض أن الماء يمكن أن يظل سائلاً في درجات حرارة دون (٠ درجة مئوية) بكثير، ولا يتجمد أبدًا ضمن نطاق درجة الحرارة المحيطة بالأرض. عندها لن يكون الماء ثلجًا، ولا أشكال بلورية مائية، وعندئذ لن تحلم بعيد ميلاد أبيض أو بالتزلج في فصل الشتاء، ولا بالكتل الجليدية.

لكي نفهم مدى فرادة الماء حقاً، علينا أن نبحثه على المستوى الجزيئي. الوزن الجزيئي لجزيء الماء H_2O هو ١٨ دالتون. يكون الوزن الجزيئي للميثان (CH_4) متقارباً جداً عند ١٦ دالتون (اقل بـ ٢ دالتون فقط)، لكن جزيء الماء H_2O لديه درجة انصهار وغليان مرتفعة بشكل ملحوظ – (٠ درجة مئوية) و (١٠٠ درجة مئوية) على التوالي، مقارنة بـ (-١٨٢.٥ درجة مئوية) و (-١٦١.٦ درجة مئوية) لجزيء الميثان. يتميز جزيء الماء H_2O أيضًا بمجموعة واسعة من درجات الحرارة (على امتداد ٨٢.٢ درجة مئوية) حيث يمكن أن يظل سائل، مقارنةً بالميثان، الذي يحتوي على "مدى سيولة" يبلغ (٣.١ درجة مئوية) فقط.

ناحية أخرى، ما يسميه المعلومات المحددة المعقدة (CSI) — التي ليست عشوائية ولكن أيضًا غير دورية — مثل التي نجدها في اللغة البشرية وبرامج الكمبيوتر والحمض النووي. توليد كميات كبيرة من المعلومات المحددة المعقدة الجديدة من خلال قوى طبيعية عمياء - هذا ما يجادل منظرو التصميم أنه غير قابل للحدوث. المزيد عن عجائب الحمض النووي في فصل لاحق.

تزيد الطاقة اللازمة لتبخير الماء السائل عن أربعة أضعاف طاقة الميثان. ويتطلب الجليد أيضًا الكثير من الطاقة لإذابته وتسخينه ثم تبخيره، مما يسمح للمحيطات بتخزين كميات كبيرة من الحرارة. لهذا السبب تجد أن الطقس معتدل للغاية في العديد من المدن الساحلية. وتميل الرطوبة في الماء وفي الهواء إلى تخفيف تقلبات درجات الحرارة الكبيرة[1].

في المقابل، تميل الصحاري، ذات الطبيعة الجافة، إلى ان تشهد تقلبات كبيرة في درجات الحرارة.

وهنا نكون قد عرفنا بالكاد شيئاً عن خصائص الماء الشاذة والصديقة للحياة، ولو نظرنا الى كل هذه السمات المذهلة للماء سنجد ان من أبرزها وأكثرها روعة هي البساطة الكيميائية، فالماء هو جزيء أنيق بشكل رائع: H-O-H – ذرتان فقط من أصغر الذرات، الهيدروجين H١، مرتبطتان بذرة اكسجين O١٦ واحدة خفيفة أيضًا. كيف يمكن لهذا الجزيء البسيط ان يقوم بأداء العديد من الخدع السحرية وان يحتوي على العديد من الخصائص الغريبة؟

إن جزيء الماء H_2O المتواضع يحل العديد من المشكلات المعقدة للحياة على الأرض ببساطة كبيرة، وهذه البساطة التي يتمتع بها الماء دليل على التصميم والبصيرة، فكثيراً ما يقال إن استخدام الأشياء البسيطة لتحقيق نتائج معقدة هو علامة عبقرية. على حد تعبير المؤلف الفرنسي جورج صاند، «البساطة هي أصعب شيء يمكن الحصول عليه في العالم ... فهي قصارى مجهود العبقري»[2].

(1) Dutch, "Ice Floats."

(2) Sand to M. Charles Poncy, September 12, 1844, in Letters of George Sand: Vol. 1, trans. Raphaël Ledo de Beaufort (London: Ward and Downey, 1886), 355.

الجو المثالي

غلافنا الجوي مدهش وضروري أيضاً، فهو يقوم بجملة أمور من بينها حمايتنا من القصف من الفضاء، وتصفية الإشعاع الخطير من الشمس مع السماح للضوء الضروري بالمرور، وتعديل درجة حرارة الأرض.

ويتكون الغلاف الجوي من الغازات المناسبة بنسب مناسبة لحماية وجود الحياة على الأرض: ٢١ ٪ أكسجين (O_2)، ٧٨ ٪ نيتروجين (N_2)، ونسبة ضئيلة جداً من الأرجون (Ar)، وثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وبخار الماء (H_2O). وهذه الغازات غير متفاعلة مع بعضها البعض مما يعد ذلك عاملاً مهماً لتحقيق الاستقرار على المدى الطويل.

نحن نعلم أن الأكسجين O_2 هو كل ما نحتاجه من اجل التنفس لإنتاج الطاقة الكيميائية في أجسامنا، فلماذا اذن تعتبر كل تلك الغازات الأخرى ضرورية؟

لأنه لو كان الجو يتمتع بأكسجين O_2 نقي دون وجود الغازات الأخرى، فأن النتائج ستكون كارثية للكائنات الحية على الأرض. النباتات، التي تتطلب ثاني أكسيد الكربون سيتعذر وجودها بالأساس. وستشتعل حرائق الغابات بشكل لا يمكن السيطرة عليه. وحتى متنفسي الأكسجين، بما في ذلك الحيوانات، سيعانون من الأكسجين الزائد. النيتروجين (N_2) هو غاز مستقر وغير نشط إلى حد ما ويخفف من درجة الأكسجين O_2 إلى نسبة ملائمة للحياة.

الغلاف الجوي للأرض يحتوي أيضًا على مقادير ضئيلة من الغازات الأخرى، مثل الأرجون Ar وثاني أكسيد الكربون CO_2 (من البراكين) والميثان CH_4 (من الماشية) وعلى الرغم من وجودها بكميات صغيرة فقط، إلا أنها ضرورية للحياة، مما يشكل تأثيرًا مثاليًا لظاهرة الاحتباس الحراري من أجل ان تبقى الحياة دافئة وتحصل على طاقة كافية.

والنِترُوجِين N_2 غاز ضروري أيضًا للحياة على الأرض ، فهو مناسب تمامًا ليكون المكون الرئيسي لجوّنا ، لأنه يخلق جوًا سميكًا بما فيه الكفاية لتحقيق استقرار الماء السائل على الكوكب ومقاومة القصف الكوني. بالإضافة الى ان ثنائي النيتروجين N_2، وهو جزيء خامل كيميائيًا عالي الثبات، مكون من ذرتي نيتروجين $N\equiv N$ ملتصقتين بإحكام، يوفر "مذيبًا" مثاليًا للأكسجين O_2 (الذي هو ايضاً جزيء ثنائي الذرة). كيما يحتوي الخليط النهائي للهواء بالنتيجة على الضغط والكثافة المناسبين لتسهيل التنفس وتدمير معظم الحطام من الفضاء. كما يوفر ثنائي النيتروجين N_2 ذرات النيتروجين للأحماض الأمينية، وهي اللبنات الأساسية للبروتينات، ويوفرها ايضًا لمجموعة رائعة من الجزيئات الحيوية الأخرى المحتوية على النيتروجين.

لذلك، يعد كل من النيتروجين N_2 والأكسجين O_2 ، بما هما عليه من نسبة محددة تقريبًا في الغلاف الجوي. عنصران ضروريان لوجود الحياة على الأرض.

إن جوّنا الأرضي المكوّن من مزيج النيتروجين والأكسجين يتميز بشفافية لموجات الراديو والضوء المرئي؛ يمكننا بذلك أن نقدر هذا العدد الكبير من النجوم في سماء الليل، بينما يخلق الجو سماء زرقاء خلال النهار والغروب المحمر. فهذا المزيج من الغازات يحجب الإشعاع الضار من الشمس حتى عندما يسمح لنا برؤية الكثير من الفضاء، وإرسال واستقبال موجات الراديو. يا له من توازن رائع!

ولكن حتى في ظل هذا الجو الرائع، لا تزال هناك مشكلة يتعين حلها، وهي الاحتباس الحراري المفرط، والناتج من خلال استهلاك الحيوانات للأكسجين والنيتروجين، محولة الأكسجين إلى ثاني أكسيد الكربون الذي من شأنه إشعال الارض بالاحتباس الحراري.

واستهلاك الارض للنتروجين من خلال عمليات تثبيتها لـه في التربـة والمحيطـات، وهـذه العمليـات الاسـتهلاكية تـتم عـن طريـق شـبكة معقـدة للغايـة تتضـمن البـرق، والميكروبـات، والنباتات، والحيوانات[١].

إن خاصية الاحراق التي يتميز بها الاوكسـجين، يـتم تخفيفهـا عـن طريـق غـاز النتروجـين بوجودهما معاً في الطبيعة، ولكن عملية التخفيف هذه، في نفسها، ليست المشكلة الرئيسية، ولو كانت كذلك لأمكن الاستعاضة عن النتروجين بغازات اخرى. ولكـن المشـكلة الرئيسـية هـي الاحتباس الحراري، وهذه الغازات الاخـرى مثـل ثـاني أكسـيد الكربـون (CO_2) وبخـار المـاء (H_2O) والميثـان (CH_4) والأوزون (O_3)، وهـي شـائعة في الغـلاف الجـوي للكواكـب الأخرى، يمكن أن تعمل كمذيبات للأكسجين ولكن تركيزاتها العالية ستحبس أيضًـا الكثـير من الحرارة.

هناك توازن آخر يمتاز به غلافنا الجوي، وهو القابلية على حفظ الحرارة بشكل يحفظ الحياة على الأرض، فلو لم يكن للأرض غلاف جوي على الإطلاق، مثل عطارد، فستتسـرب، حينها، كمية كبيرة من الحرارة إلى الفضاء أثناء الليل، مما يؤدي إلى تجميد أي حياة على الأرض. كوكب الزهرة لديه مشكلة معاكسة، فهو ليس قريبًا مـن الشـمس مثـل جـاره عطـارد، لكنـه الكوكـب الأكثر سخونة في نظامنا الشمسـي لأن غلافه الجوي يكاد يقتصـر عـلى ثـاني أوكسـيد الكربـون CO_2. وهذا يؤدي إلى تأثير شديد للاحتباس الحراري، مما يؤدي إلى معدل حرارة يبلـغ (٤٦٢ درجة مئوية). لذلك فأن الغلاف الجوي لعطارد – يكـون شـديد البـرودة. بينما يكـون غـلاف الزهرة – شديد الحرارة. الأرض هي الوحيدة التي تملك غلافاً جوياً مناسباً.

(١) لمراجعة مناقشة عن بعض هذه العوامل، اقرأ بحث بيس وارد ومارلين جينسين "دورة النيتروجين الميكروبية".
"The Microbial Nitrogen Cycle," Frontiers in Microbiology 5 (2014): 553.

الأوزون

لقد ادخرت أفضل مثال على التبصر الواضح في غلافنا الجوي للنهاية: الا وهو طبقة الأوزون، حيث ان هذه الطبقة تعرض تفاعلًا رائعًا من الحلول المصممة بعناية، فالشمس تصدر حوالي ٩٠٪ من إشعاعاتها في النطاق المرئي والأشعة تحت الحمراء (IR)، وهي مثالية للحياة والتمثيل الضوئي. لكن نسبة ١٠٪ الأخرى من أشعة الشمس تتكون من مجموعات فرعية مختلفة من الأشعة فوق البنفسجية UV، التي يكون بعضها ضاراً وبعضها الاخر مفيداً للحياة. على سبيل المثال، القليل من الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة الموجة UV-B مفيد لأنه مطلوب لإنتاج فيتامين (D) لتقوية العظام، في حين أن بعض الطيور والحشرات والثدييات يمكنها رؤية الأشعة فوق البنفسجية الطويلة الموجة UV-A واستخدامها للصيد. تستخدم الأشعة فوق البنفسجية أيضًا لعلاج بعض الأمراض الجلدية، مثل الصدفية، والبهاق، وتصلب الجلد الموضعي، والتهاب الجلد التأتبي (الإكزيما[1]). لكن أجزاء أخرى من ضوء الأشعة فوق البنفسجية تعتبر ضارة.

(1) Asta Juzeniene and Johan Moan, "Beneficial Effects of UV Radiation Other Than via Vitamin D Production," Dermato-Endocrinology 4, no. 2 (2014): 109–117.

الشكل ٢.٢. الغلاف الجوي للأرض يحمينا من القصف من الفضاء. يقوم بتصفية الإشعاع الخطير ويسمح بمرور الضوء الضروري، ويقوم بتعديل درجة الحرارة. وصفته الغازية هي شيء الذي تحتاجه الحياة: ٢١ ٪ من الأكسجين (O_2)، ٧٨ ٪ من النيتروجين (N_2)، وقليل من الأرجون (Ar)، وثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وبخار الماء (H_2O).

إن الغلاف الجوي معد بشكل مثالي لحل معضلة "الضار/ المفيد" هذه، فهو يمنع الغالبية العظمى من الأشياء الضارة ويسمح للأشياء المفيدة بالمرور. وما يعرف بطبقة الأوزون تلعب دوراً اساسياً هنا.

حيث تحتل هذه الطبقة الجوية الجزء السفلي من الستراتوسفير، وهو جزء يمتد من تسعة إلى اثنين وعشرين ميلًا فوق سطح الأرض، ورغم إنه ليس من الأوزون النقي، إلا انه أكثر احتواءً على الأوزون (O_3) من الأجزاء الأخرى في الغلاف الجوي، فهو يحتوي على بضعة اجزاء لكل مليون من هذا الجزيء الثلاثي الذرة الأساسي، ويتكون ضوء الأشعة فوق البنفسجية المنبعث من الشمس بشكل أساسي من ثلاثة أنواع فرعية هي: أشعة فوق بنفسجية طويلة الموجة أو الضوء الأسود UV-A، ومتوسطة الموجة UV-B ، وقصيرة الموجة UV-C ، وكذلك نسبة قليلة من الموجة القصوى UV-E. وتمتص طبقة الأوزون ٩٧-٩٩ ٪ من ضوء الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة، التي قد تكون مضرة للحياة، بجرعات أعلى ولكنها توفر فائدة صافية عند الجرعات المنخفضة. في الوقت نفسه، تكون طبقة الأوزون شفافة في معظمها، تسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية الطويلة، وهي الموجة الأكثر ملائمة للحياة من موجات الأشعة فوق البنفسجية.

ولكن الأمر المذهل حقًا في طبقة الأوزون O_3 هو أنها تعمل في تزامن تام مع النيتروجين N_2 والأكسجين O_2، إذ يشكل $O_2 + O \rightleftharpoons O_3$ توازنًا تامًا بوساطة كل من الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة والقصوى. أن طبقة الأوزون ذات مستوى ارتفاع عن الارض وتركيز مناسبين تماماً لمنع الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة السيئة والفائض في مقدار الأشعة المتوسطة الموجة، وفي الوقت نفسه تترك الأشعة طويلة الموجة وكمية مفيدة من متوسطة الموجة تمر.

يوجد الأوزون أيضًا في طبقة قريبة من سطح الأرض، ولكن، كما أوضحت وكالة حماية البيئة الأمريكية، فإننا ننتج ذلك الأوزون من خلال «تفاعلات كيميائية صناعية من أكاسيد النيتروجين (NOx) مع المركبات العضوية المتطايرة (VOC) في وجود ضوء الشمس»، مما يؤدي إلى وجود الضباب الدخاني في المناطق الحضرية، والمصادر الرئيسية لأكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة هي انبعاثات من المرافق الكهربائية والمنشآت الصناعية، وعادم السيارات، وأبخرة البنزين، والمذيبات الكيميائية. الأوزون O_3 مضر للرئتين ويتلف المحاصيل والأشجار والنباتات بشكل عام[1].

وهذه المشكلة البيئية كانت ستزداد تفاقما، لو لا حقيقة أن الأوزون O_3 هو جزيء تفاعلي إلى حد ما في الجزء السفلي من الغلاف الجوي، وهذه الحقيقة تمنعه ـ الاوزون ـ من التراكم إلى مستويات قد تكون أكثر خطورة. إن موقع الاوزون الدقيق وطوله الذي يزيد طوله عن تسعة أميال فوقنا يوفر الحماية بدل الاضرار بنا.

يتم إنشاء الأوزون، في طبقة الستراتوسفير المخففة (والأبرد)، عندما يصطدم الجزء، الأشد ضرراً وحيوية من ضوء الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة، جزيء الأكسجين O_2. ومن المدهش أيضًا أن نكتشف أن الأشعة فوق البنفسجية تحمل كل الطاقة اللازمة لتقسيم جزيء $O = O$ المرتبط بشكل تساهمي ومحكم إلى ذرتي أكسجين O. ثم يتحد هذا الأكسجين الذري شديد التفاعل مع جزيء الأكسجين الثنائي الذرة O_2 لإنتاج الأوزون O_3، وهذا يعني أن جزيء الأكسجين الثنائي الذرة O_2 يمنع كيميائياً الإشعاعَ الضار (الأشعة فوق البنفسجية القصير الموجة) وفي الوقت نفسه يخلق جزيء اوزون O_3 مفيداً عبر ذرة أكسجين

(1) "Ozone: Good Up High, Bad Nearby," Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, June 2003, https://www3.epa.gov/airnow/gooduphigh/ozone.pdf.

نشطة للغاية. فيشكل طبقة الأوزون O_3 الواقية التي تقوم بتصفية الأشعة فوق البنفسجية الضارة الزائدة.

لكن تذكر أن الأوزون O_3 هو في حد ذاته ضار للحياة، لذلك من الجيد أن تحدث هذه التفاعلات في السماء.

يبدو أن كل سلسلة التفاعلات المعقدة هذه الناتجة عن الإشعاع تتطلب تخطيطًا دقيقًا للحصول على كل شيء بشكل صحيح – كثافات الغاز، وضغوط الهواء، ودرجات الحرارة، والتفاعلية – للحد من جزيء الأوزون O_3 الضار بيولوجيًا، والحاد، والأثقل من الهواء على الارتفاع المناسب والكمية المناسبة في غلافنا الجوي.

سمحوا لي أن أشرح بمزيد من التفصيل كيف تعمل العملية برمتها وتحافظ على الحياة على الأرض:

١ـ يحتاج جزيء الأكسجين O_2 الأوزون O_3 كثيراً كساعده الأيمن.

٢ـ يقوم جزيء الأكسجين O_2 بمنع معظم الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة، ويسمح بمرور معظم الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة الموجة، بكميات تفوق حاجة الارض.

٣ـ الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة الموجة تهرب من المدافع الأول الا وهو الأكسجين O_2 ولكن يتم القبض عليها من قبل المدافع الثاني الا وهو الأوزون O_3.

٤ـ عندما تصل الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة الموجة إلى جزيء الأكسجين الثلاثي الذرة (الأوزون) O_3 في طبقة الأوزون، يتم امتصاص معظمها، وتجزء الأكسجين الثلاثي الذرة (الأوزون) O_3 إلى جزيء اكسجين ثنائي O_2 وذرة اكسجين O. ومن ثم يتم التخلص من الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة الموجة في نفس الوقت الذي يتحول فيه الاوزون O_3 إلى اكسجين O_2، مما يغذي التوازن $O_3 \rightleftharpoons O + O_2$ المعروف باسم دورة الأكسجين الأوزون.

لمراجعة ذلك بالأرقام:

يتم منع معظم الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الضارة والتي طول موجتها ١٠٠-٢٠٠ نانومتر من قبل الأكسجين O_2. وايضا يتم منع أي أشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة ومتبقية من مخلفات الأكسجين O_2 بواسطة طبقة الأوزون O_3 (الأشعة فوق البنفسجية القصيرة بطول موجة ٢٠٠-٢٨٠ نانومتر)، مما يعني إن الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة لا تصل إلى الأرض. ثم يتم استخدام الجزء الأقصر من الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة لكسر جزيء الأكسجين الثنائي الذرة O_2 إلى ذرتي اكسجين منفصلتين O، فيكوّن بذلك الأوزون O_3، الذي يحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة الموجة المسببة لحروق الشمس (الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة بطول موجة ٢٨٠-٣١٥ نانومتر). إن الأشعة فوق البنفسجية الملائمة الطويلة الموجة (٣١٥-٤٠٠ نانومتر) تكون شفافة تقريبًا لكل من الأكسجين O_2 والأوزون O_3، ويصل الكثير من هذا الضوء الأقل ضررًا، والمفيد في الغالب إلى الأرض.

ويعد النيتروجين الجوي N_2 أيضًا جزءًا من دورة فلترة الترشيح المعقدة، حيث إن النيتروجين N_2 يحجب الأشعة فوق البنفسجية القصوى UV-E الأكثر ضررًا (بطول الموجة ١٠-١٠٠ نانومتر).

وتذكر أنه بينما تقوم طبقة الأوزون بترشيح معظم الأشعة فوق البنفسجية المتوسطة الموجة، فإن الجزء المفيد من أطول موجاتها، والذي تستخدمه أجسامنا لإنتاج فيتامين D، يكون شفافًا للأوزون O_3 فيصل إلى سطح الارض.

مما يعني إن التفاعل المعقد بين خصائص امتصاص وتفاعلية الأشعة فوق البنفسجية لثلاثة غازات (الأكسجين O_2 والأوزون O_3 والنيتروجين N_2) في جونا يحمي الحياة. إذا لم تكن هناك طبقة اوزون O_3 (زائد اكسجين O_2 زائد نيتروجين N_2)، فإن التعرض المفرط

للإشعاعات فوق البنفسجية سيهدد الحياة بشكل خطير تحت أشعة الشمس. سوف تنخفض إنتاجية المحاصيل بشكل كبير، وسيعاني البشر من أجهزة المناعة المكبوتة والعمى ووباء سرطان الجلد[١].

البرق: مهم بشكل مثير للدهشة

يربط كل من النتروجين N_2 ($N\equiv N$) والأكسجين O_2 ($O = O$) جميع إلكتروناتهما الانفرادية، مما يعني أنهما غير متاحين للتفاعلات، وهذا يعني أنه لن يحدث أي رد فعل طبيعي بين $N\equiv N$ و $O = O$. هذا النقص في التفاعل هو خاصية أساسية لجونا المستقر. لكننا نحتاج إلى أحادي أكسيد النيتروجين NO، ثم ثنائي أكسيد النيتروجين NO_2، للعمل على تربة الأرض كمكونات رئيسية للنترات ($-NO_3$) والنتريت ($-NO_2$). ويجب أن يحدث استهلاك النتروجين N_2 مع الحفاظ على الغلاف الجوي، لذلك يجب أن تكون دورات إعادة التدوير النتروجين N_2 والأكسجين O_2 جاهزة في الحال. كيف يمكن حل هذه المفارقة الكيميائية المتمثلة في الحاجة إلى الاستقرار الكيميائي والتفاعلية في نهاية المطاف؟

الحل هو البرق[٢].

البرق هو عرض ألعاب نارية، ضوئي وصوتي مذهل، أثار دهشة الانسان لدرجة انه طالما اعتبره إشارة لغضب الالهة. يحدث البرق بسبب التدفقات المفاجئة للشحنة الكهربائية بين السحب المشحونة أو بين الأرض والسحابة المشحونة. وتحدث ضربات الصواعق على الأرض بمعدل يتراوح بين خمسين إلى مائة مرة في الثانية، أي أكثر من مليار ضربة في السنة[٣].

(1) Fakhra Anwar et al., "Causes of Ozone Layer Depletion and Its Effects on Human [Health]: Review," Atmospheric and Climate Sciences 6 (2016): 129–134.

(2) David L. Drapcho, Douglas Sisterson, and Romesh Kumar, "Nitrogen Fixation by Lightning Activity in a Thunderstorm," Atmospheric Environment 17, no. 4 (1983): 729–734.

(3) Martin A. Uman, "Natural Lightning," IEEE Transactions on Industry Applications 30, no. 3 (1994): 785e90.

والعلماء لا يزالون يناقشون الآليات الدقيقة للبرق، وهم يعتقدون عمومًا أن الماء يتجمد في السحب عند درجات حرارة تتراوح من −١٥ درجة مئوية إلى −٢٥ درجة مئوية، مما يشكل بلورات ثلجية تصطدم بقطرات الماء. في هذه العملية تصبح البلورات الثلجية مشحونة موجباً، ويصبح المزيج الذائب من الثلج والماء الفائق البرودة مشحون سالبًا. تميل البلورات الثلجية الأخف وزنا المشحونة موجباً إلى التراكم بالقرب من قمة السحب، بينما يكون الخليط الثلجي-المائي الأثقل وزناً والمشحون سالباً بالقرب من القاع. عندما تمر السحابة المشحونة فوق الأرض، فإنها تُحدث شحنة معاكسة في الأرض التي تحتها، ويتكون مكثف طبيعي.

في نهاية المطاف، يحدث تفريغ من السحابة إلى السحابة أو من السحابة إلى الأرض رغم وجود خليط النيتروجين زائداً الأكسجين الذي يتألف منه الغلاف الجوي[1].

بهذه الطريقة، يوفر البرق ما يكفي من طاقة لكسر جزيء النيتروجين $N\equiv N$ ، الذي يصعب كسره لارتباطه برابطة ثلاثية، ليشكل ـ بكسر الجزيء ـ ذرات نيتروجين مفردة شديدة التفاعل. وبعدها تتحول جزيئات النيتروجين الخاملة تقريبًا إلى ذرات نيتروجين نشطة في طبقة التروبوسفير في غلافنا الجوي[2].

تتفاعل ذرات النيتروجين الوليدة مع جزيء الأكسجين $O = O$ لتكوين ذرة اكسجين O + أحادي أكسيد النيتروجين NO، ويتأكسد أحادي أكسيد النيتروجين NO بدوره إلى ثنائي أكسيد النيتروجين NO_2. تشير التقديرات إلى أن وميض البرق ينتج حوالي ٤ × ١٠٢٦ جزيئة من أكاسيد النيتروجين NO_x (NO زائد NO_2)، أو حوالي أربعين كيلوغرام.

بعدها، تقوم جميع الأيونات الرئيسية في الغلاف الجوي – N^+ وN_2^+ وO^+ و O_2^+ وNO_2^+ – بنقل الشحنة بسرعة إلى أحادي أكسيد النيتروجين NO لإنتاج

(1) V. A. Rakov, "The Physics of Lightning," Surv Geophys 34 (2013): 701–729.

(2) Donald E. Canfield, Alexander Glazer, and Paul G. Falkowski, "The Evolution and Future of Earth's Nitrogen Cycle," Science 330, no. 6001 (2010): 193.

ايون النيتروزونيوم NO^+ ، وبالتالي فإن ناتج البرق النهائي هو ايون النيتروزونيوم NO^+[١]. تحتوي السحب الرعدية على كميات هائلة من الطاقة الكهربائية – بما يكفي للتغلب على طاقة التنشيط العالية لتفاعلات الأكسجين O_2 + النيتروجين N_2 التي تنتج أحادي أكسيد النيتروجين NO ثم ثنائي أكسيد النيتروجين NO_2 ثم إلى النتريت NO_2^- والنترات NO_3^- في التربة.

هذه الدورة التي تساعد البرق على الدفع، لا تقتصر فائدتها على التربة فقط، فكما أوضح ديفيد فاولر وزملاؤه، «تعتبر دورة النيتروجين العالمية، شيء أساسي لكيمياء الأرض الحيوية، وذلك من خلال التدفقات الطبيعية الكبيرة من النيتروجين، من الغلاف الجوي، إلى النظم الإيكولوجية الأرضية والبحرية من خلال التثبيت الحيوي للنيتروجين»، ومن ثم رجوعاً إلى الغلاف الجوي[٢]. يوفر كل من التثبيت الحيوي للنيتروجين[٣] (BNF) والبرق (واللذان يقللان جزيئات النيتروجين N غير الفعالة إلى امونيا NH_3 ونتريت NO_2^- ونترات NO_3^- ومن ثم إلى المواد الكيميائية المحتوية على النيتروجين N) أشكالًا من النيتروجين الثابت، تتحول لاحقاً ـ كما يشرح فاولر وزملاؤه ـ «الى مجموعة واسعة من الأحماض الأمينية والمركبات المؤكسدة بواسطة الكائنات الحية المجهرية ، وتعود، في النهاية، إلى الغلاف الجوي كنيتروجين جزيئي من خلال عملية نزع النيتروجين الميكروبية[٤] في التربة والمياه العذبة والبحرية والرواسب».

(1) E. E. Ferguson and W. F. Libby, "Mechanism for the Fixation of Nitrogen by Lightning," Nature 229 (1971): 37.

(2) David Fowler et al., "The Global Nitrogen Cycle in the Twenty-First Century," Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 368, no. 1621 (2013): 1.

(٣) يحدث التثبيت الحيوي للنيتروجين (**BNF**) عندما يتحول النيتروجين الجوي إلى أمونيا عن طريق أنزيمات النيتروجيناز (هامش المترجم).

(٤) نزع النيتروجين هو عملية إرجاع النترات بمساعدة الميكروبات (تؤديها مجموعة كبيرة من البكتيريا اللاهوائية الاختيارية غيرية التغذية (والتي يمكنها أن تنتج في النهاية نيتروجين جزيئي (N2) عن طريق سلسلة وسيطة من النواتج الغازية من أكاسيد الآزوت (هامش المترجم).

إن عملية نزع النتروجين تلعب «دوراً رئيسياً في التوازن الإشعاعي للأرض وفي كيمياء طبقة الأوزون في الستراتوسفير، حيث يتم تدمير أكسيد النيتروجين عن طريق التحلل الضوئي»[1]، وهو عملية كيميائية تقسم الجزيئات إلى وحدات أصغر عبر امتصاص الضوء.

ويعتبر التثبيت الحيوي للنيتروجين وإنتاج أكاسيد النيتروجين عن طريق البرق هو الحل لمصادر النيتروجين التفاعلي الجديد في محيطنا الحيوي. وهذا الإمداد الثابت من النيتروجين التفاعلي أمر ضروري ليس فقط بالنسبة للزراعة بل لجميع أشكال الحياة.

أن كمية النيتروجين التفاعلي الناتجة عن الصواعق، بالرغم مما يُعتقد في أنها أصغر بعشر-مرات من كمية النيتروجين البيولوجية التي يتم تثبيتها اليوم، إلا أن البرق هو اللاعب الرئيس في دورة النيتروجين وهو مهم لتكوين الأوزون والحفاظ على قدرة الأكسدة في الغلاف الجوي[2]. فمن دون صواعق تصنع أحادي أكسيد النيتروجين NO من تفاعل النيتروجين N_2 مع الأكسجين O_2، لن تكون هناك حياة.

تذكر أن السحب، والخصائص المعقدة لمراحل التغيير، وفصل الشحنات عن البلورات الثلجية، كلها ناتجة عن القوى الكيميائية القوية التي تجمع جزيئات الماء H_2O معًا، أي القطبية وخصائص ترابط الهيدروجين الفريدة. بمعنى آخر، نحن بحاجة إلى كل من البرق والسحب المائية المشحونة بمليارات الكيلوواطات من الطاقة الكهربائية، أو لن تكون هناك حياة.

(1) Fowler, "The Global Nitrogen Cycle," 1–2. As they further note, NOx molecules also play key roles "in the photochemical production of ozone and other key oxidants and radical species." See also J. N. Galloway et al., "Nitrogen Cycles: Past, Present, and Future," Biogeochemistry 70, no. 2 (2007): 153–226; Richard P. 124 Wayne, Chemistry of Atmospheres (Oxford: Clarendon Press, 1991); I. S. A. Isaksen, et al., "Atmospheric Composition Change: Climate–Chemistry Interactions," Atmosphere Environment 43, no. 33 (2009): 5138–5192.

(2) Fowler, "The Global Nitrogen Cycle," 2.

هل هو علم؟

لذا، فإن ما نراه من ضبط للأرض والقوانين والثوابت الفيزيائية والكيميائية بطرق عديدة، قبل وجود الحياة، لجعل الحياة ممكنة الوجود.

بالإضافة الى ما هو كائن في الحياة من تتحقق لقاعدة مهمة وهي أنه "قبل أن يتم تخطيط كل التفاصيل الصغيرة للكيمياء الحيوية لحياتنا، يجب أن تكون الكيمياء والثوابت العالمية مضبوطة". هذا البعد من الضبط الدقيق يوحي بأن البصيرة وراء هذا النسيج الكوني.

لتحييد الآثار المترتبة على كل هذا التبصر الواضح في العمل، لجأ البعض إلى الادعاء بوجود أكوان أخرى، غير قابلة للرصد، لا حصر لها، وكوننا نحن فقط صادف وان حصل على هذه الإعدادات الملائمة لإيجاد الحياة، في حين أن معظم الأكوان الأخرى في الكون المتعدد لم تكن محظوظة مثلنا(١).

تعاني دعوى الأكوان المتعددة، المفترَضة لتعليل الضبط الدقيق للحياة بشكل بعيد عن التبصر، من مشاكل علمية ومنطقية شتى(٢). وإن مناقشتها بشكل تفصيلي سيخرج بنا عن نطاق الكتاب، لذا سنعرض، باختصار، ما يلي:

دعوى الاكوان المتعددة لم تنجح في شرح قائمة طويلة ومتنامية من الأشياء في علم الأحياء، وجدت على كوكب الأرض بعد نشوء الكون، وقد تطلب إيجادها تدخلا ابداعيًا خلاقًا أي أن الضبط الدقيق للفيزياء والكيمياء الذي تم اكتشافه في العقود الأخيرة شرط ضروري ولكنه ليس كافيًا للحياة البيولوجية(٣).

---

(1) Andrei Linde, "Multiverse: A Brief History of the Multiverse," Reports on Progress in Physics 80, no. 2 (2015).

(٢) لاستكشاف متعمق عن الضبط الدقيق والحجج المؤيدة والمناهضة لحل الأكوان المتعددة لمشكلة الضبط الدقيق، راجع كتاب لويس وبارنز، "الكون المحظوظ".

(٣) من اجل حجة موسعة على أن التوليف الدقيق للكواكب والكون يفسر على أفضل وجه بالرجوع إلى سبب ذكي، راجع كتاب غييرمو غونزاليس وجاي دبليو ريتشاردز، "الكوكب المتميز".

كل هذا الضبط الدقيق، معًا، لا يشير إلى مجرد تبصر ولكن الى تبصر عبقري مذهل. وكلما ازدادت معرفتنا بالكون كلما أصبح دليل التبصر أكثر إقناعًا.

وفي معرض هذه الحجة يسارع الطرف المناوئ في تقديم رد مفاده: إذا كانت البصيرة وراء الضبط الدقيق للكون، فعندئذ يجب أن يكون بصيرة كائن خارق للطبيعة، شخص يتجاوز الكون وقوانينه؛ وبالتالي، فإن أي استنتاج من البصيرة لا يعتبر علمًا.

هذا الرد يثير سؤالًا أساسيًا: ما هو التعريف الصحيح للعلم؟

على عكس التصور الشائع، العلم هو نشاط بشري متنوع، يتضمن أساليب مختلفة تتسم بصفة العلمية[1]. وهذه الاساليب تكون متداخلة من حيث الاساس، ومتباينة من حيث بعض الخصائص المميزة، وكمثال للتوضيح: العلوم الطبيعية كالفيزياء مثلاً تلتقي مع منهج العلوم التاريخية مثل علم الاثار باعتمادهما على التجريب المختبري، ولكن علم الاثار ينفصل عن الطبيعية بكونه يسعى إلى اكتشاف سبب الأحداث في الماضي، وهذا الاكتشاف لن يتسنى له بالتجريب المختبري بل بأساليب اخرى، وكذلك العلوم الطبيعية تنفصل عن علم الاثار بما يعينها من اساليب ـ غير موجودة في علم الاثار ـ لمراقبة الأشياء في البيولوجيا الجزيئية باستخدام المجاهر مثلا.

ولا تقتصر الاختلافات في المنهجية على العلوم غير المتماثلة كالتجريبية والتاريخية بل انها تشمل العلوم المتماثلة، ايضا، كعلمي البيئة والفيزياء التجريبيين. وبناء على ذلك، فقد عرف العلماء والجمعيات العلمية العلم عن طريق الاساليب المتداخلة وفي بعض الأحيان، المتنافسة.

The Privileged Planet: How Our Place in the Cosmos is Designed for Discovery (Washington, DC: Regnery, 2004).

(1) Nancy R. Pearcey and Charles B. Thaxton, The Soul of Science: Christian Faith and Natural Philosophy (Wheaton, IL: Crossway Books, 1994).

نصل بهذا الى أن تعريف العلم الذي يحصر العلوم المختلفة بأسلوب واحد هو تعريف خاطئ، فمثلا في تعريف "مجلس كانساس للتعليم" للعلم، بأنه «مسعى بشري يهدف إلى شرح العالم الطبيعي»[1]، نجد قيدا كاسحا يحصر العلم في مجال اكتشاف الطبيعة فقط.

ولا شك ان مجلس كانساس اعتمد في هذا التعريف على عدم امتلاك العلم الطبيعي اساليب تمكنه في البحث فيما هو خارق للطبيعة، فجاء تعريفه بالشكل الذي يقتصر على ان العلمي هو ما يخضع للطبيعة فقط.

وهذا الاقتصار (على حدود الطبيعة فيما يخص العلم) يثير الاشكال التالي: الكثير من الظواهر الملموسة في الكون تحتم علينا تفسيرات تعتمد أسبابا ذكية وخارقة للطبيعة، وليس من المنطقي ـ في هذا الحال ـ تجاهل الادلة الدقيقة على التبصر الظاهر في الطبيعة. كما أنه من الواضح ان هذا التقيد المتحيز للطبيعة يلجأ الى أفكار خيالية تنم، عن رؤية فقيرة للعلم وإصرار على تجاهل الادلة الواضحة، مثل الأكوان المتعددة.

على هذا فحري بأصحاب الشأن العلمي ان يعتمدوا تعريفاً أفضل يستجيب لواقع الحال وينسجم معه مثل: العلم هو بحث منهجي وغير متحيز عن المعرفة بالطبيعة. فنحن، بموجب هذا التعريف، أحرار في التفكير والتحقيق والشك والاستنتاج اعتمادا على الادلة الواضحة، وتكون المبادئ الأساسية للعلوم هي حرية الفكر والكلام، مسترشدة بما يتم جمعه من بيانات وباستخدام طرق منهجية. وبموجب هذا التعريف يكون العلم "بحثا عن حقائق مطلقة[2] مخبأة داخل الطبيعة" فيكون بذلك مسعى حثيث نحو الحقيقة، بعد ان يكون فيه السبب والأدلة هما القيود الوحيدة.

(1) Kansas State Department of Education, Standards Development Committee, Kansas Science Education Standards, February 2007, xii, http://www.rv337.com/pages/uploaded_files/sci_standards_Aug07b.pdf.
(2) Gary J. Nabel, "The Coordinates of Truth," Science 326, no. 5949 (2009): 53–54.

نخلص من هذا الى مع هذا الى أن التحقيق في الأدلة المحتملة للضبط الدقيق والبصيرة والتصميم الذكي هي مشاريع علمية صالحة.

إن المناقشات الصادقة والحوار بين الأشخاص المشاركين في البحث العلمي الحر عن المعرفة هي القوة المحركة للعلوم، ويجب فيها اتباع الأدلة بمعزل عن اي ميل شخصي مسبق الى افكار او اسماء علمية معينة. هذا هو العلم الوحيد الذي يستحق القيام به.

وبهذا الفهم العام، في الفصل التالي، سنعود إلى تحقيقنا في الكيمياء الحيوية ، دون التقيد بأي قاعدة مصادرة على المطلوب[1]. مثل الباحثين الجيدين، سنقتفي أثر الأدلة، ونرفض استبعاد الخيارات الحية قبل الأوان، مع الاسترشاد فقط بالعقل والأدلة المتراكمة.

(١) المصادرة على المطلوب هي التسليمُ بالمسألة المطلوب البرهنةُ عليها من أجل البرهنة عليها! وذلك بأن تفترض صحة القضية التي تريد البرهنة عليها وتضعها بشكل صريح أو ضمني في إحدى مقدمات الاستدلال، وأنت بذلك تجعل النتيجة مقدمةً وتجعل المشكلةَ حلًّا وتجعل الدعوى دليلًا! (هامش المترجم).

الفصل الثالث

شفرة الحياة

الآن بعد أن أصبح لدينا فهم واضح لكيفية التبصر اللازم لإثبات حدوث الكيمياء الحيوية في المقام الأول، دعونا نعود إلى الخلية:

تحتوي الخلية على نظام خاص بها لمعالجة المعلومات، يشبه إلى حد كبير برامج الكمبيوتر التي يتطلب وضعها، من قِبل المبرمجين والوكلاء الواعيين، المعرفة والبصيرة التي تمكنهم من وضع التعليمات البرمجية اللازمة في التسلسل الصحيح لإنشاء برنامج فعال وغني بالمعلومات.

هل هناك أي سبب للاعتقاد بأن المعلومات الموجودة في الخلايا تمت برمجتها بواسطة مبرمج بدلاً من عمليات عشوائية؟ دعنا نتعمق في التفاصيل ونفكر في خياراتنا.

البصيرة في الحمض النووي

تعتبر المعلومات الوراثية للخلية من الخصائص الأساسية والأقدم للحياة[1]. فهي ضرورية لتتشكل جميع الكائنات الحية على الأرض وتتحرك وتتكاثر. ومن دونها لن ينتج أي كائن حيوي الجزيئات الحيوية الضرورية للحياة.

وإذا تطورت المادة إلى خلايا حية من خلال عمليات عمياء بحتة، كما تؤكد النظرية التطورية، فإن هذه المعلومات تم توليدها بطريقة ما من المادة والطاقة، من خلال عمليات طبيعية غير موجهة. وهنا يجب على المنظرين في أصل الحياة الملتزمين بتفسير طبيعي بحت للحياة أن يشرحوا مسبقًا كيف ظهر كل من المعلومات الوراثية ونظام معالجة معلومات الخلية

(1) Manfred Eigen et al., "How Old is the Genetic Code? Statistical Geometry of tRNA Provides an Answer," Science 244, no. 4905 (1989): 673–79.

دفعة واحدة، لأن مثل هذه الأشياء، بطبيعتها، تعمل في تآزر مباشر وبالتالي لا يمكن ان تتطور شيئا فشيئا.

لا ينبغي أن تكون هذه الاستحالة مفاجئة، لأن المعلومات الوراثية والرمز الوراثي يشتملان معًا على ميزات مثل المنطق الدلالي والترتيب المنطقي للحروف – أشياء لا تمليها قوانين الفيزياء أو الكيمياء:

- تسلسل الجينوم للخلية هو في الأساس نظام تشغيل، وهو الرمز الذي يحدد الوظائف الجينية المختلفة للخلية، مما يؤثر على كل شيء من الكيمياء الخلوية وبنيتها إلى آلية التكرار والتوقيت. ولأن بعض الوظائف تتقاسمها جميع أشكال الحياة، فإن الجينومات جميعها متشابهة إلى حد كبير. على سبيل المثال، تشترك جميع الثدييات في أكثر من ٩٠٪ من جينوماتها[1]. وتشير التقديرات إلى أنه حتى أشكال الحياة المختلفة مثل البشر والموز تتقاسم ٦٠٪ من معلوماتها الوراثية[2]. هذه الأجزاء الفريدة هي إرشادات محددة للاحتياجات المختلفة لمختلف الأجناس والأنواع.
- ولأن المعلومات الجينية مهمة جدًا للحياة على الأرض، كان لابد من نقلها وتخزينها بطريقة مدمجة وفعالة وخالية من الأخطاء قدر الإمكان. وتمثل هذه الحاجة مجموعة من المشكلات التي يجب حلها وتنفيذها تقريبًا في وقت واحد، بحيث تكون

(1) Feng Yue et al., "A Comparative Encyclopedia of DNA Elements in the Mouse Genome," Nature 515 (2014): 355–364.

حسب بعض التقديرات، تختلف الجينومات فقط بين ٣ ٪ و ٨ ٪ من نوع الى آخر في الثديات. قد يكون هذا صحيحًا بالنسبة للثدييات، ولكن ليس بالنسبة للأنواع الأخرى. كشف فحص مفصل لذباب الفاكهة ، على سبيل المثال ، أنه «يتم مشاركة ٧٧٪ فقط من جينات ترميز البروتين التي تبلغ حوالي ١٣٧٠٠ في ذبابة الفاكهة الشائعة مع جميع الأنواع الإحدى عشرة الأخرى». مقتبس من "العلماء يقارنون بين اثني عشر جينوم ذبابة فاكهة"، المعاهد الوطنية للصحة، ٧ نوفمبر ٢٠٠٧

https://www.nih.gov/news-events/newsreleases/ scientists-compare-twelve-fruit-fly-genomes.

(2) There are widely varying estimates for the percentage of genetic information shared in common between humans and bananas. For the 60% figure, see Lydia Ramsey and Samantha Lee, "Our DNA is 99.9% the Same as the Person Next to Us—and We're Surprisingly Similar to a Lot of Other Living Things," Business Insider, April 3, 2018, http://www.businessinsider.com/comparing-genetic-similaritybetween- humans-and-other-things-2016-5.

الجزيئات القادرة على تخزين ونقل المعلومات الوراثية جاهزة للمضي في الكائن الحي الأول.

- الحمض النووي الريبوزي المنزوع الأكسجين (DNA) من ثلاث فئات من المواد الكيميائية. الفئة الأولى هي أنيون الفوسفات PO_4^{3-}، حيث يتم توزيع ذرات الأكسجين الأربعة في شكل رباعي السطوح حول ذرة الفوسفور، مما ينتج عنه شحنة سالبة ثلاثية. اما الفئة الثانية جزيء السكر الحلقي المكون من خمسة أعضاء – الريبوز – مع أربعة مواقع متاحة لربط جزيء الهيدروكسيل (OH). (يستخدم الحمض النووي شكلاً خاصًا من الريبوز يسمى الريبوز المنزوع الأكسجين. يحتوي الريبوز المنزوع الأكسجين على جزيء الهيدروكسيل (OH) استعيض عنه بذرة هيدروجين H.. سنناقش الاختلافات بين الريبوز والريبوز المنزوع الأكسجين بشكل جزئي، وأهميتها، لكنني سأتحدث الآن عن الريبوز فقط.) تشتمل الفئة الثالثة من المواد الكيميائية على أربعة أنواع مختلفة من القواعد الثابتة والمتينة وغير المتجانسة، اثنين من البورينات واثنين من البيرميدينات، ولكل منهما القدرة على التعلق بقوة بالريبوز عبر روابط تساهمية وببعضها البعض عبر اثنين أو ثلاثة من أذرع "الروابط الهيدروجينية" الجزيئية الضخمة.

هذه المرفقات تشكل ريبوز زائداً قاعدة "ريبونوكليوتيدات" وهي تبين انها مثالية في نقل المعلومات. لماذا؟

لنأخذ هذا الأمر على مراحل. بعض مما يلي في هذا الفصل سيصبح تقنيًا بعض الشيء، لكنني رتبت الأمور بحيث إذا كنت تريد التخطي للأمام، يمكنك الحصول على جوهر النقاش من خلال قراءة الفقرة او الفقرتين الأولى من كل قسم فرعي وقراءة الفقرتين الأخيرتين من

كل قسم فرعي والقسم الفرعي الختامي للفصل. وستجد أيضا العديد من الرسوم التوضيحية المفيدة بين صفحات هذا الفصل.

أنيون الفوسفات

من أهم شروط الحفاظ على ديمومة الحامض النووي هو عدم ذوبانه في الماء، وإلا فالتحلل المائي يعرضه الى التلاشي تماما كما تتلاشى قلعة الرمل بفعل ذوابنها في الماء، والحال ان ثمة معالجة هندسية، أعدها الخالق، تجنب الحمض النووي خطر التلاشي بابداع هندسي مذهل.

الحمض النووي: ويعرف باسم استر البوليمري، يتكون من سلك من الفوسفات (PO_4^{3-}) يبلغ طوله هذا السلك ما يقرب من مترين في البشر، ويتخلله ريبوكلوتيدات، وهذا التركيب الجزيئي للحمض النووي، ملائم له تماما، حيث

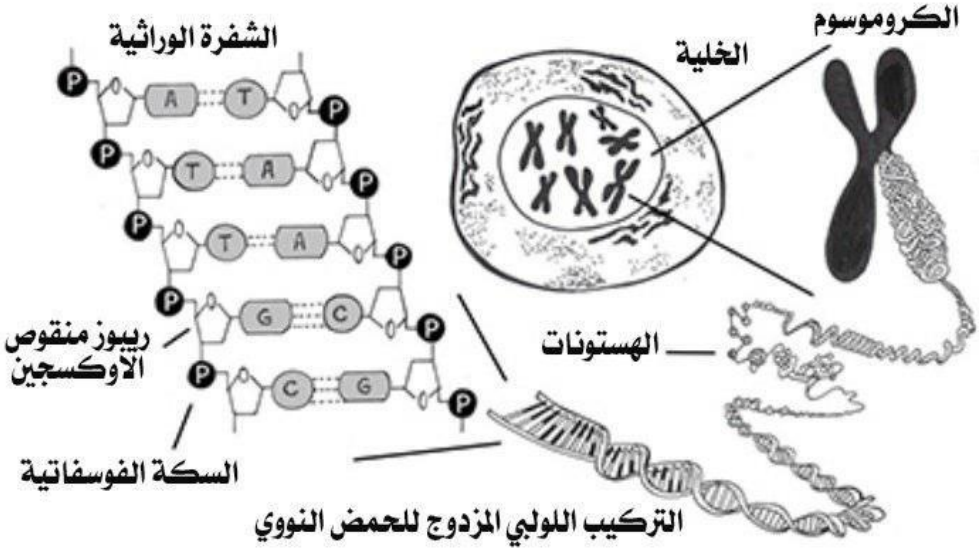
يسمح التركيب الكيميائي ثلاثي الأبعاد للفوسفات PO_4^{3-}، مع أربع ذرات اكسجين طرفية وثلاث شحنات صافية، بالربط مع اثنين من النوكليوتيدات (باستخدام اثنين من هذه الذرات O) بينما تبقى واحدة من O- الإضافية مفردة الشحنة.

إذا كانت "R" تمثل ريبونوكليوتيد، فيمكن كتابتها كـ $^{-}O-P(=O)(^{2}OR)(^{1}OR)$.

وهذه الشحنة السالبة المتبقية في النهاية تكون ذات علاقة مع ذرتي أكسجين. وتعد هذه العلاقة ضروريًة، لأنها تثبت جزيء الحمض النووي من التفاعل مع الماء (التحلل المائي) من خلال تشكيل درع كهربائي حول الحلزون المزدوج بأكمله. هذا الحقل الكهربائي الشامل يحمل أيضًا الحمض النووي داخل نواة الخلية، ويمنع الحمض النووي الثمين من الهرب باختراق الغشاء. هذه الخصائص تجعل الفوسفات PO_4^{3-} أداة ربط مثالية لبناء جزيء حمض

نووي ثابت، كما وتقوم هذه الخصائص بربط الفوسفات بالسكريات والقواعد الصحيحة وايضا تقوم بحمايتها بشكل جيد من التحلل المائي وتجعلها مغلفة بشكل مثالي داخل الغشاء النووي[1].

وبذا يكون توفر هذا الترتيب الجزيئي المصمم بشكل رائع، والذي يحمي الحمض النووي، في أي خلية حتى تعيش، أمر لابد منه. إنه مسألة حياة او موت.



الشكل ٣.١. يكون جزيء الحمض النووي على شكل سلم ملتوي – حلزوني مزدوج. توجد قضبان الفوسفات الجانبية من الخارج، و "درجات" السلم هي النيوكليوتيدات الأربعة (A و T و C و G) التي تحمل معلومات مشفرة. تعمل الهستونات كبكرات لتعبئة الحمض النووي إلى كروماتين ، والذي يتم تصنيعه من الكروموسومات.

(1) F. H. Westheimer, "Why Nature Chose Phosphates," Science 235, no. 4793 (1987): 1173–1178. 125

رغم هذا، فكيما يعمل الحمض النووي بشكل صحيح، لا يزال يتعين حل مشكلة أخرى...

تعتبر الفوسفات - غير العضوية - الرابط المثالي للحمض النووي، ولكن كونها - الفوسفات - حلقة وصل لجزيء البوليمري الطويل، يجعل تفاعلها مع الريبوز المنزوع الاكسجين بطيئًا جدًا. فتحتاج الخلية ـ حينئذ ـ إلى محفز مناسب لتسريع هذا التفاعل البطيء والحاسم.

إن الإنزيمات - الجزيئات الحيوية الكبيرة المصممة بشكل رائع - تؤدي هذه المهمة من خلال تسريع تشكيل مثل هذه الروابط بأعداد كبيرة من الحجم.

ومع صنع الإنزيمات[1] نجد انفسنا امام عملية مذهلة، حيث ان عملية انتاج أي من الحمض النووي او الانزيمات تتطلب وجود مسبق للآخر.

وهذا ما يجعلنا امام نموذجين مبهرين يوفران الحماية للخلية من الموت ويمثلان اعجوبة هندسية: الاول درع كهربائي يحمي الحمض النووي من الانهيار في وجود الماء؛ والاخر إنزيمات تسرّع تفاعل، بالغ الأهمية، لولاها سيكون بطيئًا للغاية.

ولا يمكن لهذين النموذجين المبتكرين أن يأتيا بهذا التعاقب عشوائيا، لأن تسلسل الحمض النووي ضروري لصنع الإنزيم، في حين أن الإنزيم ضروري لصنع الحمض النووي، فيجب أن يكون كل من الحمض النووي البوليمري (بروابط سكر الفوسفات المتعددة وحركته البطيئة للغاية) والإنزيمات (المناسبة لتسريع عملية تكوين روابط سكر فوسفات الحمض النووي) موجودين في نفس الوقت. إذا ما وجد هناك واحد فقط من دون الآخر، فلا توجد خلية على الإطلاق.

(١) عملية صنع الانزيمات في ذاتها مذهلة، سنناقشها لاحقًا في الفصل الرابع (هامش المترجم).

الريبوز للحمض النووي الريبوزي RNA والريبوز المنزوع الأوكسجين للحمض النووي DNA

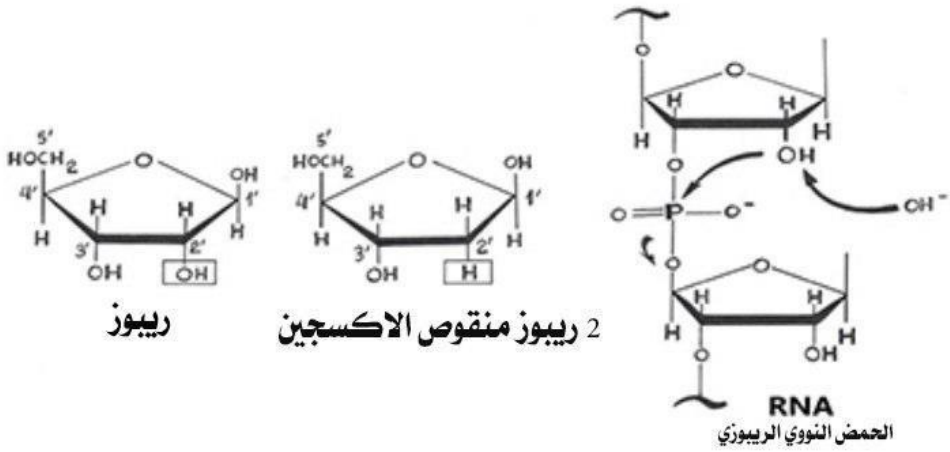
هناك مثال أكثر وضوحا للمشاكل المحتملة في بنية الحمض النووي DNA التي يجب ان تحل مسبقا. يجب أن يكون الحمض النووي مستقرًا للغاية، في حين أن الحمض النووي الريبوزي RNA، كوسيط مؤقت بين الحمض النووي والبروتين (كما سنرى أدناه) يجب أن يكون أقل استقراراً بشكل كبير. يستخدم الحمض النووي الريبوزي (RNA) جزيء سكر الريبوز السليم لصنع سلكه البوليمري، بينما يستخدم الحمض النووي DNA نسخة غير مؤكسجة منه – ريبوزٌ مَنْزوعُ الأُكسجين. ولأن مجموعة الهيدروكسيل OH قد تم استبدالها بالهيدروجين H في موقع ذرة الكربون رقم ٢ الذي يبدو "صامت كيميائيًا" في حلقة الريبوز، يبدو غريباً من النظرة الأولى أن نلاحظ مثل هذه الرعاية للتفاصيل الجزيئية التافهة على ما يبدو. لكن اتضح أن هناك سببًا مهمًا للحياة وراء هذه الخدعة الكيميائية المدهشة.

إن اختيار الريبوز للحمض النووي الريبوزي RNA والريبوز المنزوع الأكسجين للحمض النووي DNA يزيد من الاستقرار الكيميائي للحمض النووي بينما يقلل من الاستقرار الكيميائي الخاص بالحمض النووي الريبوزي في وسط قلوي. كلا هذين الخيارين هما لسبب ما.

إذا كان الحمض النووي هو محرك الأقراص الثابت للحياة، حيث يقوم بتخزين المعلومات على المدى الطويل، فإن الحمض النووي الريبوزي الناقل هو محرك الأقراص المحمول الخاص بالحياة، حيث ينقل المعلومات خلال فترات زمنية قصيرة. لذلك كان من المفترض أن يكون عمر الحمض النووي الريبوزي قصيرًا، وإلا فلن يتوقف إنتاج البروتين أبدًا. كانت الحياة بحاجة إلى وسيلة "لهضم" مكونات الحمض النووي الريبوزي بسرعة عبر التحلل المائي وإعادة تدويرها بشكل مثالي عند انتهاء مهمتها. عندما قام الكيميائيون بتحليل هذا التبادل

"الغامض" لمجموعة الهيدروكسيل OH بالهيدروجين H ، واكتشفوا أن مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على ذرة الكربون رقم ٢ ،التي تبدو "صامتة"، تساعد الحمض النووي الريبوزي على الخضوع للتحلل المائي بنحو مائة مرة أسرع من الحمض النووي[1]. لذلك نرى أنه كان يجب استخدام الريبوز في الحمض النووي الريبوزي لتسهيل عملية الهضم في وسط قلوي، وكان يجب استخدام الريبوز منقوص الاكسجين في الحمض النووي من اجل الديمومة. خلاف ذلك، فإن الحياة ستكون مستحيلة.

مرة أخرى، بكل المعطيات كان يجب توقع التحكم في الثبات لكل من الحمض النووي (DNA) والحمض النووي الريبوزي (RNA) في وقت مبكر والحل المقدم مع التدخل في الوقت المناسب.



(1) Gerald F. Joyce, "The Antiquity of RNA-Based Evolution," Nature 418 (2002): 214–221. How does the apparently "silent" 2'-OH group help RNA undergo hydrolysis about one hundred times faster than DNA? It's a marvel of engineering. Via a cyclic intermediate, with intramolecular assistance from the OH group at the 2' position of the ribose cycle (nanometrically calibrated to be there), a sixmembered transition state is formed when a base, in an alkaline medium, attacks it, removing its acidic proton. This forms an alkoxy anion intermediate, which then intramolecularly attacks the phosphate wire in a well-coordinated SN2 mechanism, breaking the wire and therefore "digesting" RNA.

الشكل ٣.٢. التركيبات الكيميائية للريبوز والريبوز منقوص الأكسجين وجزيئين ريبوز مرتبطون بتكوين الحمض النووي الريبوزي RNA. إن طبيعة الرابطة بين جزيئي الريبوز (على عكس جزيئي الريبوز المنقوص الأكسجين) تقلل من عمر الحمض النووي الريبوزي، وهو أمر مهم بالفعل لنظام معالجة المعلومات في الحياة.

التماثل المرآتي واستبدال اليوراسيل بالثايمين

هناك حلول أخرى مذهلة داخل الحمض النووي والحمض النووي الريبوزي، فمثل العديد من الجزيئات العضوية الأخرى، يمكن أن يأتي الريبوز إما في شكل اليد اليمنى (D) أو اليد اليسرى (L)، وسيكون للتجميع العشوائي للعناصر مزيج متساوٍ تقريبًا من الاثنين – ما يعرف باسم المزيج العنقودي[1]. لكن المزيج العنقودي من D–ريبوز و L–ريبوز سيكون كارثيًا بيولوجيًا، مما يجعل من التماسك الثلاثي الأبعاد المناسب للولب المزدوج امراً مستحيلاً. يحتاج كل من الحمض النووي (DNA) والحمض النووي الريبوزي (RNA) إلى اما جميع أشكال D، أو جميع أشكال L وليس مزيجاً متساوياً او شبه متساو.

إذن هذا هو اللغز: كيف استطاعت القوى الكيميائية العمياء البحتة أن تحقق هذا الإنتقاء الصعب الثلاثي الأبعاد؟ وتعليقًا على اللغز، أقر فيليب بول، كاتب العلوم ومحرر مجلة "نيتشر" ذات مرة، «في الذكرى الستين للحلقة الحلزونية المزدوجة، علينا أن نعترف أننا لا نفهم تمامًا كيف يعمل التطور على المستوى الجزيئي»[2]. هذا أقل ما يُوصف بهِ.

هناك فرق حاسم آخر بين الحمض النووي الريبوزي والحمض النووي. بينما يستخدم الحمض النووي (DNA) الثايمين (T) كواحد من قواعده، يستخدم الحمض النووي

(١) في الكيمياء، المزيج العنقودي أو المزيج الراسيمي هو خليط من كميات متساوية من المتصاوغات الفراغية اليمينية واليسارية لجزيء يدوي (هامش المترجم).

(2) Philip Ball, "DNA: Celebrate the Unknowns," Nature 496 (2013): 419–420.

الريبوزي (RNA) اليوراسيل (U). استبدال اليوراسيل بالثايمين هذا مثير للاهتمام لأن التركيبات الكيميائية للثايمين واليوراسيل متطابقة تقريبًا، تختلف فقط بمجموعة ميثيل صغيرة (CH_3). كما لاحظ محررو دورية NSTA WebNews Digest، في إن تحويل اليوراسيل إلى الثايمين يتطلب طاقة، فلماذا تهتم الخلايا بأمثلة (المعالجة بالكحول المثيلي) اليوراسيل إلى الثايمين للحمض النووي؟[1] بالإضافة إلى ذلك، يتم وضع المجموعة الإضافية في مكان يبدو خاملًا على حلقة الثايمين. لذلك يبدو أن مجموعة الميثيل CH_3 الصغيرة الحجم وغير الفعالة موجودة فقط "للتمييز" بين اليوراسيل والثايمين مع زعزعة الخواص الكيميائية بأقل قدر ممكن. تم تقديم عدد من التفسيرات التطورية لهذا الاستبدال[2]، لكن تبين أن هذا الاستبدال يحافظ على سلامة نظام تخزين المعلومات بالكامل، لذلك ستكون هناك حاجة إلى شكل متطور تمامًا من البداية.

نعرف جيداً ان قواعد الحمض النووي الريبوزي (RNA) الأربعة (A، U، G، وC) هي رائعة بالنسبة للوظيفة التي لديها، لكنها تسبب أيضًا مشكلة إذا تم استخدامها في سياق خاطئ. استبدال اليوراسيل بالثايمين هو الحل. الرباعية الأصلية جيدة بالنسبة للحمض النووي الريبوزي (RNA) الأقل استقرارًا، ولكنها ليست الخيار الأفضل للحمض النووي (DNA) طويل الأمد.

ستظل قاعدة اليوراسيل U تحدد الاقتران التفضيلي مع الأدينين A، لكن زوج A = U ليس مثاليًا للدور الذي يلعبه الحمض النووي، نظرًا لأن اليوراسيل U يمكن أن يتطابق بكفاءة

(1) "Why Did Mother Nature Use Uracil to Replace Thymine in mRNA (Messenger Ribonucleic Acid)? What Is the Advantage of Using U Instead of T in the RNA?" NSTA WebNews Digest, National Science Teachers Association, September 16, 2006, http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=52606.

(2) A. M. Lesk, "Why Does DNA Contain Thymine and RNA Uracil?" Journal of Theoretical Biology 22, no. 3 (1969): 537–40; Greg A. Freyer and Michael Sturr, "Why Did Mother Nature Use Uracil to Replace Thymine." (Note that the citation of this article in the previous endnote (sans Freyer and Sturr) is to a statement from the digest editors further setting up the question that Freyer and Sturr answer in their responses.)

مع جميع القواعد الأخرى، بما في ذلك نفسه. قاعدة الثايمين T الخاصة بالحمض النووي، من ناحية أخرى، هي أكثر انتقائية بكثير من قاعدة اليوراسيل U في الاقتران مع الأدينين A، وتشكيل زوج A = T أكثر ثباتًا. هذه الخصوصية تكون منطقية عندما تتذكر أن الحمض النووي – الذي يتكون من الأحماض النووية وأنيونات الفوسفات وجزيئات السكر – هو محب للماء للغاية. يشير مايكل اونكن الى إن إضافة مجموعة الميثيل CH_3 الكارهة للماء إلى اليوراسيل U (وبالتالي تشكيل الثايمين T) يؤدي إلى صد ما تبقى من الحمض النووي. هذا، بدوره، ينقل الثايمين T إلى موقع محدد في الحلزون. يؤدي هذا الموضع المثالي إلى ربط الثايمين T بشكل حصري بالأدينين A، مما يجعل الحمض النووي نظامًا أفضل وأكثر دقة لتكرار المعلومات[١]. وهذا يضمن سلامة معلومات الحمض النووي لفترة طويلة[٢].

لذلك نرى أن أهم مبادئ التصميم في حلزون الحمض النووي تم ضبطها بعناية فائقة لكي تعمل الشفرة بشكل صحيح، من عدد الروابط الهيدوجينية بين تفاعلات A = T و G≡C، إلى الملاءمة الدقيقة للجزيئات بين اثنين من الأسلاك التي تشكل الحلزون المزدوج.

انزيم عبقري آخر للإنقاذ

ولكن هناك مشكلة واحدة على الأقل محتملة أخرى يمكن أن تدمر المنطق الأنيق للشفرة الوراثية للحياة. السيتوزين (C) غير مستقر مثل القواعد الأخرى ، ومع مرور الوقت ، يتحلل بنزع الأمين[٣]. عندما يتحلل، فإنه يشكل ماذا؟ قاعدة اليوراسيل. هذا التحلل، بطبيعة الحال، سوف يفسد المعلومات عن طريق إنشاء قواعد اليوراسيل الغريبة التي لا يجب أن تكون

(1) Michael Onken, "Why Does Uracil Replace Thymine in RNA?" MadSci Network, November 11, 1997, http://www.madsci.org/posts/archives/dec97/879354206.Bc.r.html.

(2) Jörgen Jonsson, Maria Sandberg, and Svante Wold, "The Evolutionary Transition from Uracil to Thymine Balances the Genetic Code," Journal of Chemometrics 10, 126 no. 2 (1996): 163.

(٣) نزع الأمين في الكيمياء هو تفاعل عضوي يتضمن نزع أو إزالة مجموعة أمين من مركب عضوي .لهذا التفاعل أهمية على الصعيد الحيوي والصناعي (هامش المترجم).

موجودة. ولأن الحمض النووي الريبوزي RNA، يستخدم ويعاد تدويره داخل الخلية بسرعة، فأنه محصن ضد مشكلة الشيخوخة هذه. لكن الحمض النووي DNA، بعمره الأطول، لا يمكنه استخدام اليوراسيل. بدون استبدال اليوراسيل بالثايمين، وكذلك إصلاح اليوراسيل بالسيتوزين، فإن هذا التحلل من السيتوزين إلى اليوراسيل سيكون كارثياً على الحياة.

وبسبب هذا التحلل من السيتوزين إلى اليوراسيل، كان على الحمض النووي أن يجد بديلاً عن اليوراسيل. إن تحلل السيتوزين إلى اليوراسيل سيكون كارثيًا إذا تعلق في الحمض النووي. يجب إعادة تحويل قاعدة اليوراسيل الغريبة إلى السيتوزين، فأدخل انزيم uracil DNA glycosylase، وهو إنزيم إصلاح مجهز خصيصًا لتصحيح ما يمكن أن يكون عيبا برمجيا مميتا. يعمل هذا الإنزيم الرائع على إصلاح جميع أشكال اليوراسيل إلى السيتوزين. يعمل هذا الإصلاح على تصحيح أخطاء التحلل من السيتوزين إلى اليوراسيل، لكن تخيل "سيناريو تطوري" يعمل فيه نظام الإصلاح ولكن الحمض النووي يستخدم اليوراسيل بدلاً من الثايمين. وفيه، إنزيم الإصلاح، الذي لا يعرف الفرق، سوف يصلح بشكل كارثي كل شيء إلى السيتوزين، بما في ذلك القواعد التي كان من المفترض أن تكون اليوراسيل. لذلك كلا من استبدال اليوراسيل بالثايمين وآلة تصحيح اليوراسيل الى السيتوزين ضرورية في وقت واحد للحفاظ على المعلومات في الحمض النووي.

تقوم آلة التصحيح هذه بفحص الحمض النووي، وتكشف عن كل يوراسيل، وتستبدله بالسيتوزين. السيتوزين يتحلل إلى يوراسيل من ألف إلى عشرة آلاف مرة في اليوم – وهذا في

خلية واحدة فقط. لكنه لا يتقدم على انزيم uracil DNA glycosylase[١]، حيث يعيد الحمض النووي إلى تسلسله الأصلي والسليم[٢].

آلة تصحيح اليوراسيل الى السيتوزين هي عمل عبقري بحت.

لا يعد استبدال اليوراسيل بالثايمين ميزة لطيفة فحسب، ولكنه يمثل وظيفة ضرورية يجب أن تكون موجودة منذ البداية. هذه الخدعة الكيميائية المدهشة هي عائق لا يمكن التغلب عليه للتطور غير الموجه.

خذ على سبيل المثال نظرية أصل الحياة الشائعة: عالم الحمض النووي الريبوزي[٣]. في هذه النظرية، بدأت الحياة بالحمض النووي الريبوزي (RNA)، الذي صنع الحمض النووي (DNA) في مرحلة ما وتم استبداله به. ولكن لنفترض أن هذا الحمض النووي الأولي قد صنع من قبل نفس قواعد الحمض النووي الريبوزي (والسكر)، باستخدام اليوراسيل (والريبوز السليم)، فإنه سيخضع للتحلل المائي بسرعة كبيرة للغاية، ومن شأن التحلل من السيتوزين إلى اليوراسيل أن يفسد الحمض النووي. حتى إذا ما حدث استبدال لليوراسيل بالثايمين بضربة اعجازية من الحظ الجيد، فإن الحمض النووي DNA حديث الولادة الذي أنشأه الحمض النووي الريبوزي RNA سوف يفتقر إلى آلية إصلاح الإنزيم لتحويل كل قاعدة يوراسيل غريبة إلى قاعدة سيتوزين، مما يؤدي إلى مقتل الحياة الأولية بسرعة.

لن يكون هناك جيل ثان ولا انتقاء طبيعي. بناء الحمض النووي هو مسألة اما كل شيء أو لا شيء.

(1) Beáta G. Vértessy and Judit Tóth, "Keeping Uracil Out of DNA: Physiological Role, Structure and Catalytic Mechanism of dUTPases," Accounts on Chemical Research 42, no. 1 (2009) 97–106.

(2) Freyer, answer to "Why Did Mother Nature Use Uracil?" (cited above).

(3) Walter Gilbert, "Origin of Life: The RNA World," Nature 319 (1986): 618.

قد يكون التطور، في مرحلة ما، قد حصل على ضربة واحدة غير محتملة من الحظ الجيد، ولكن ضربتي حظ متناسقتين ومتزامنتين في وقت واحد! هذا يبدو وكأنه امر بعيد المنال. وهناك حاجة إلى العديد من ضربات الحظ الجيد هذه في وقت واحد: أنيون الفوسفات PO_4^3، والسكر المناسب (ريبوز)، والقواعد الصحيحة ATGC، واستبدال اليوراسيل بالثايمين، واستبدال الهيدروكسيل (OH) بذرة هيدروجين H، والريبوز اليميني (D) المتماثل.

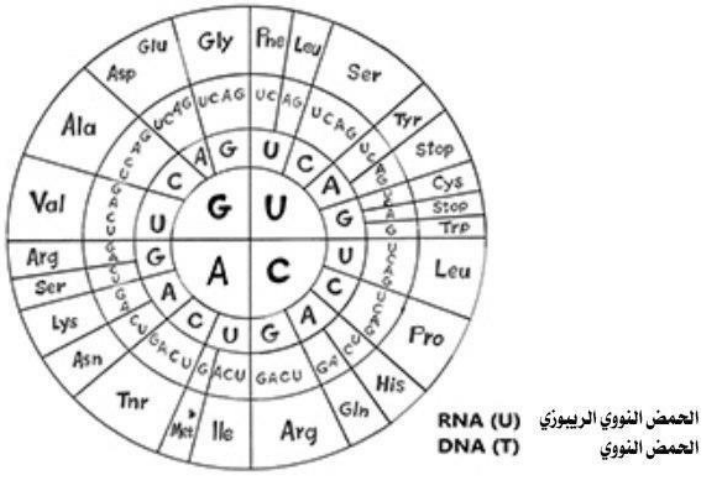
الفائض الاحتياطي الجيني

بالإضافة إلى الإشارة إلى تسلسل الحمض النووي الذي يحتوي على معلومات لتوليف البروتينات بأكملها، يمكن أن يعني مصطلح "الشفرة الوراثية" أيضًا مجموعة القواعد التي تطابق الحمض الأميني مع ثلاثية محددة من الحمض النووي (مزيج من ثلاثة نيوكليوتيدات تسمى "كودون"). تتميز الشفرة الوراثية في هذا المعنى الثاني بسمة أخرى من سمات البصيرة والهندسة السليمة: الا وهي التكرار.

هذا التكرار ممكن بسبب البنية الأساسية للشفرة الوراثية، حيث يمكن أن يكون كل من "الأحرف" الثلاثة في ثلاثية النوكليوتيدات في تسلسل واحد من أربعة أحرف أبجدية مختلفة، مما يسفر عن ٤ × ٤ × ٤ مجموع احتمالات – أربعة وستون مجتمعة. ولكن هناك أربعة وستون احتمالاً وعشرون حمض اميني فقط. هذا يترك مجالًا كبيرًا للتكرار المحتمل. بعبارة أخرى، قد يتم ترميز أكثر من مجموعة مكونة من ثلاثة أحرف لحمض أميني معين، وهذا في الواقع ما نجده.

وقد فُسِّرت هذه "الوفرة" في البداية على أنها قطعة أثرية غير فعالة لعملية التجربة والخطأ الفوضوية في بعض الأحيان. في البداية، يعتقد العلماء أن هناك حاجة فقط إلى عشرين كودوناً للأحماض الأمينية، بالإضافة إلى كودونين اخرين للإشارة إلى بداية وتوقف تخليق البروتين

(تسمى "الترجمة"). غير أننا اكتشفنا منذ ذلك الحين أن التكرار أمر حيوي في الواقع. الإفراط الظاهر يقلل من أخطاء القراءة والنقل حتى يتسنى نقل نفس الأحماض الأمينية إلى كل جيل.



ولكن إذا ما نظرنا بعناية، فإن التكرار في حد ذاته لا يبدو عشوائيًا، نظرًا لأنه ينطوي على تغييرات أساسية في الحرف الثالث من كل ثلاثية. على سبيل المثال، يحتوي الحمض الأميني البسيط، الجليسين، على أربعة كودونات تحدده: GGA وGGC وGGG وGGT. الموضع الوحيد الذي يختلف هو الموضع الثالث، وأي نيوكليوتيد في هذا الموضع سيظل يحدد الجلايسين. (هناك تأثيرات بيولوجية أخرى ممكنة، على سبيل المثال، التأثيرات على سرعة تخليق البروتين والطي. انظر أدناه).

التغييرات في الحرفين الأول والثاني أقل شيوعًا، ويقابلها التعبير عن الأحماض الأمينية ذات الخصائص المتشابهة كيميائيًا والتي لا تغير بشكل كبير بنية وخصائص البروتين النهائية. على سبيل المثال، يصبح الكودون CTT الذي يشفر ليوسين هو إيزوليوسين مشابه كيميائيًا عند استبدال C بـ A (ATT). مثل هذه التكرارات تنشيئ عازل كيميائي بين الأحماض

الأمينية عندما تحدث أخطاء شائعة. أي أن شفرة الحياة تحتوي على إجراءات وقائية مدمجة ضد أخطاء الكتابة الجينية التي يمكن أن تكون ضارة.

لكن هذا ليس هو الغرض الوحيد للتكرار في شفرتنا الجينية[١]. إن استخدام الكودونات المختلفة للتعبير عن حمض أميني واحد يسمح أيضًا بالتحكم في سرعة تخليق البروتين. على سبيل المثال، قد تحدد أربعة كودانات مختلفة نفس الأحماض الأمينية، لكن الأربعة تختلف في تأثيراتها على سرعة تكوين الرابطة أو بطئها وعلى طيات البروتين[٢]. يعطي هذا التحكم الحركي لكل بروتين مقدار الوقت الذي يحتاجه بالضبط لتشكيل شكل ثلاثي الأبعاد صحيح.

هناك فروق دقيقة أخرى في شفرتنا الوراثية والتي تشير إلى البصيرة، مثل تجميع الكودونات للأحماض الأمينية مع إما سلاسل حمضية أو قلوية[٣]. وبالتالي، إذا كانت المحفزات البيئية تتطلب استبدال حمض أميني قلوي (أساسي) بحمض أميني حمضي في بروتين، فإن هذا التبادل يتم بمساعدة هذا التجميع. مرة أخرى، يا لها من خدعة كيميائية رائعة! على سبيل المثال، يمكن بسهولة تغيير الليسين الأساسي المشفر بواسطة AAA أو AAG إلى حمض الجلوتاميك الحمضي بواسطة استبدال حرف واحد فقط: GAA أو GAG. وجود مثل هذه الشفرة المرنة تساعد الكائن على البقاء على قيد الحياة.

كما إن الشفرة تتوقع وتتخذ تدابير احترازية ضد طفرات النقطة الواحدة الأكثر شيوعًا. على سبيل المثال، يتم ترميز اللوسين بما لا يقل عن ستة رموز. يقوم كود CTT بترميز اللوسين،

(1) David J. D'Onofrio and David L. Abel, "Redundancy of the Genetic Code Enables Translational Pausing," Frontiers in Genetics 5 (2014): 1.

(2) Christina E. Brule and Elizabeth J. Grayhack, "Synonymous Codons: Choose Wisely for Expression," Trends Genet. 33:4 (2017): 283–97.

(3) Thomas Charles Butler et al., "Extreme Genetic Code Optimality from a Molecular Dynamics Calculation of Amino Acid Polar Requirement," Physical Review E 79, no. 6 part 1 (2009): 060901.

لكن جميع أشكال طفرة الحرف الثالث – CTC وCTA وCTG – هي "مرادف" وترميز للوسين أيضًا.

طفرات الحرف الأول أكثر ندرة، وربما تكون أكثر خطورة لأنها تغير الحمض الأميني المحدد – إذا تم استبدال C لـ T ، مشكلاً كودون TTT ، سيتم التعبير عن حمض أميني مختلف (فينيلالانين). ولكن حتى بالنسبة لهذا، فإن الشفرة الوراثية تتخذ تدابير احترازية: الخواص الكيميائية فينيلا لانين تشبه اللوسين، لذلك سيظل البروتين يحتفظ بشكله ووظائفه. إذا تم استبدال الحرف الأول C في CTT (اللوسين) بـ A أو G، فسيحدث شيئا مشابها، لأن ATT (إيزوليوسين) وGTT (فالين) لهما خصائص فيزيائية كيميائية مشابهة للوسين أيضًا.

وقد منحت جائزة نوبل في الكيمياء لعام ٢٠١٥ الى السويدي توماس ليندال والأميركي بول مودريش والأميركي من أصل تركي عزيز سنجر مناصفةً "لقيامهم، على المستوى الجزيئي، بتحديد الطريقة التي ترمم فيها الخلايا الحمض النووي المتضرر، والطريقة التي تحفظ بها البيانات الوراثية[1]". وذهبت جائزة عام ٢٠١٦ إلى جان بيير سوفاج، والسير فريزر ستودارت، وبرنارد فيرينجا "لتصميم وتوليف الآلات الجزيئية"، بما في ذلك "مصعدٌ مصغرٌ وعضلاتٌ إصطناعيةٌ ومحركاتٌ صغيرةٌ"[2]. وهذا يعني أن هؤلاء العلماء الستة كشفوا عن آليات تصحيح الأخطاء المطبعية للحمض النووي وأنتجوا آلات نانوية مثل تلك التي تصلح تحلل السيتوزين C إلى اليوراسيل U في الحمض النووي. تطلب كشف هذه العمليات ستة من العقول الأكثر تألقا في الكيمياء، اضافةً الى جيش من مجموعات البحوث الأخرى، والكدح لعقود لوضع الأساس لهذه الاختراقات.

(1) "The Nobel Prize in Chemistry 2015," The Nobel Prize, Nobel Media AB, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2015/.
(2) "The Nobel Prize in Chemistry 2016," The Nobel Prize, Nobel Media AB, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2016/.

هذه الجولة من قوة البحث والتطوير الهندسي استحقت تمامًا جائزتين نوبل متتابعتين. هل علينا إذن أن نصدق أن الأعاجيب الهندسية التي اكتشفها هؤلاء العلماء اللامعين هي نفسها التي أنتجت من خلال عملية طائشة؟ إذا كان اكتشاف وظيفة هذه الأعجوبة الهندسية قد احتاج هذا الكم من العبقرية، فما مقدار العبقرية المتطلب لإنشائها؟

تتفاقم مشكلة النظرية التطورية بحقيقة أن التطور لا يعمل إلا خطوة واحدة في كل مرة. إذن، ما الذي جاء أولاً، الحمض النووي أم آلية التصحيح؟ يتم ترميز آلية التصحيح في الحمض النووي، ولكن لا يمكن للحمض النووي البقاء على قيد الحياة من جيل إلى جيل إلا بمساعدة آلية التصحيح.

يبدو أنها مشكلة البيضة والدجاجة بالنسبة للتطور.

الخلاصة: الشفرات وصناعها

لنعد الآن لحظة ونراجع، مع التركيز فقط على الحمض النووي DNA. إن الحمض النووي، بفضل بنيته الحلزونية المزدوجة، هو أكثر أشكال تخزين المعلومات شيوعًا وكفاءة، وحماية، والأفضل معايرة من حيث الاستقرار الكيميائي على الكوكب. كيف شُكِّلت هذه الاعجوبة الجزيئية المثالية، البالغ طولها حوالي مترين، ٣.٢ مليار قطعة (في الإنسان) دون أن يديرها أحد؟ لا تعرف الخلية أن الريبوز هو الوحيد الذي سينجح، أو أنها تحتاج إلى ريبوز يميني D سليم للحمض النووي الريبوزي RNA ولكن ريبوز منزوع الأكسجين للحمض النووي DNA، أو استبدال اليوراسيل بالثايمين، أو أربع قواعد ذات تركيبات وأحجام مثالية، أو سلك أنيون الفوسفات الواقي والمستقر، أو الدرع الكهربائي، وأكثر من ذلك. ومع ذلك، فإنها تحتوي على كل هذه الأشياء التي يجب أن تكون لديها اساساً من الخلية الأولى.

أنتوني فلو، الفيلسوف الملحد الشهير الذي اعتنق الإيمان بالله في وقت متأخر من حياته بعد دراسة هذا الدليل، خلص إلى أن «خمسين عامًا من أبحاث الحمض النووي قد وفرت مواد لحجة جديدة وقوية للغاية لصالح نظرية التصميم»[1].

تم إنشاء شفرة مورس من قبل عقل ذكي، وهو عقل صمويل مورس. اخترع الباركود نورمان جوزيف وودلاند اللامع، واخترع رمز آسكي روبرت بيمير. الرموز لها دائما صناع رموز.

الحمض النووي، والحمض النووي الريبوزي، والشفرة الوراثية (بمعنى التسلسلات اللازمة لتخليق البروتين) بمثابة أمثلة جميلة على البصيرة، في هيكلها المنسق، وصيانتها، وخططها البديلة.

اقترح فرانسيس كريك، أحد المشاركين في اكتشاف الحلزون المزدوج، سيناريو "حادث متجمد" لتطور الشفرة الوراثية[2]، لكنه لم يستطع ملء جميع التفاصيل الكثيرة لهذا الحادث الافتراضي، وبعد خمسين عامًا، فأن التفسيرات الطبيعية لأصل شفرة الحياة لم تلح حتى في الأفق.

الشفرة الوراثية تقزّم أي شفرة بشرية في تطورها وقدراتها، وهذا يجب أن يكون بحد ذاته كافياً لتوضيح إمكانية البصيرة والتصميم. لكن هناك المزيد. كما اتضح، لا يمكن للشفرة الوراثية قراءة نفسها أو تنفيذ التعليمات التي تحملها. للقيام بذلك، هناك حاجة إلى حلول معقدة أخرى. نحن سنتحقق من تلك الحيل الإضافية في الفصل التالي.

(1) Gary Habermas, "My Pilgrimage from Atheism to Theism: A Discussion between Antony Flew and Gary Habermas," Faculty Publications and Presentations, Liberty University, 2004, 201, https://digitalcommons.liberty.edu/cgi/viewcontent.cgi? article=1336&context=lts_fac_pubs.

(2) Francis H. Crick, "The Origin of the Genetic Code," Journal of Molecular Biology 38, no. 3 (1968): 367–79. 4.

الفصل الرابع

مساعدو الحياة

كما رأينا في الفصل السابق، أن شفرة الحياة هي في غاية التعقيد والروعة، وكان لابد من تصميمها بعناية لتعمل بشكل صحيح. لكن الشفرة وحدها لا تكفي. أنت بحاجة إلى الكثير من المساعدين أيضًا. في هذا الفصل، سنقوم بفحص بعض الآلات الجزيئية التي تساعد في تحويل الحمض النووي إلى بروتينات، والبروتينات إلى كائنات حية.

المشغلات (الأوبرونات)

تحتاج الحياة من اللحظة الأولى إلى آلية تحكم لإنتاج البروتينات المناسبة في الوقت المناسب بالتركيز المناسب. يجب أن تكون الخلايا قادرة على تشغيل التعبير الجيني وإيقافه استجابةً للتغيرات البيئية، والبكتيريا هي خير مثالٍ على ذلك، فهي تعبر عن إنزيمات مختلفة (الإنزيمات هي نوعًا من البروتينات) اعتمادًا على العناصر الغذائية المتاحة لأنها تواجه بيئات متغيرة. يمكن للبكتيريا، على سبيل المثال، إيقاف تشغيل الجينات التي تعبر عن إنزيمات استقلاب اللاكتوز عندما لا تحتاج إليها، ثم تعيد تشغيل هذه الجينات مرة أخرى إذا أصبح اللاكتوز (وهو سكر ثنائي في حليب الأم) المغذي الوحيد المتاح. إذا كان الجلوكوز، وهو أكثر أنواع السكر المفضلة، موجودًا مع اللاكتوز، فبإمكان البكتيريا أن تميز هذا التفصيل وتهضم الجلوكوز أولاً قبل تشغيل الجينات لهضم اللاكتوز. عادة ما يتم هذا التحكم في البكتيريا باستخدام المشغلات (الأوبرونات).

هذه المجموعات من الجينات ذات التنظيم المشترك تتحكم في تخليق البروتين. على سبيل المثال، يتم تنظيم الجينات المطلوبة لاستخدام اللاكتوز كمصدر للطاقة في اوبرون اللاكتوز، أو "*lac* operon". يتكون هذا الأوبرون من ثلاثة جينات مجمعة معًا. يقوم الجين الأول، lacZ، بتشفير إنزيم يقسم اللاكتوز إلى جلوكوز وجالاكتوز (gal-galactosidase). ويقوم الجين الثاني، lacY، بالتشفير للأنزيم Permease اللازم لتسهيل تناول اللاكتوز من قبل الخلية. وlacA هو الجين الثالث، المطلوب لاستخدام سكريات الجالاكتوزيد المشابهة. يتم تشغيل أو إيقاف تشغيل جميع الجينات الثلاثة في وقتٍ واحد. تسمح هذه المجموعة الذكية من الجينات الخاضعة لآلية تحكم مشتركة للبكتيريا بتغيير نظامها الغذائي عدة مرات بسرعة على مدار حياتها[1].

هذه هي الآن مادة كتب علم الأحياء في المدارس الثانوية. ولكن عندما تم تشريح هذه الآلية في الستينيات من القرن الماضي، قدمت في الواقع الفهم الأول لتنظيم الجينات على المستوى الجزيئي – مما أدى إلى حصول الباحثين على جوائز نوبل. كانت خطوات تنظيم الجينات حتى في أبسط الكائنات الحية مثيرة للإعجاب.

تشير الدلائل إلى أن الأوبرونات قديمة، وكانت دائمًا سمة من سمات الكروموسومات البكتيرية. لكن وفقاً للرؤية الداروينية، تشكيل مثل هذا يبعث على الدهشة: كيف يمكن للجينات أن تتطور عشوائياً ليتم توظيفها بعد ذلك، جنباً الى جنب على الكروموسوم، وتجميعها في أوبرونات في فترة مبكرة جداً من تاريخ الحياة؟

يتكون الأوبرون من مشغل، ومحفز، وجينات تركيبية. (في بعض التفسيرات، يشتمل الأوبرون أيضًا على جين تنظيمي مرتبط ارتباطًا وثيقًا، وهو الجين lacI الخاص بأوبرون

(1) Sylvia S. Mader, Biology: 10th Edition (New York: McGraw Hill, 2009), 236.

lac)[1]. يتم نسخ الجينات إلى الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA) بواسطة البروتين المسمى RNA polymerase، والذي يبدأ عادةً عملية التعبير الجيني عن طريق الاتحاد مع محفز. ومع ذلك، هناك مشغل، تسلسل تنظيمي في الحمض النووي الذي يتداخل مع تسلسل الحمض النووي المحفز للجين. إذا كان البروتين الكابح، مثل LacI، يرتبط بالمشغل، فإنه يمنع ارتباط البروتين RNA polymerase بتسلسل المحفز. يمنع هذا الارتباط بدوره النسخ (التعبير الجيني هو تسميته الاخرى) بحيث لا يتم تصنيع منتج جيني (مثل LacZ أو LacY أو LacA) عندما يكون اللاكتوز غائبًا عن البيئة أو موجودًا مع الجلوكوز. هذه الآلية تضمن الحفاظ على الموارد الخلوية عن طريق السماح بالتعبير الجيني فقط في ظل الظروف المناسبة.

إذا كانت هناك حاجة فعلية للإنزيمات التي تنتجها الجينات التركيبية، فعندئذ يتم تعطيل الكابح (إزالته من المشغل)، مما يتيح وصول بروتين RNA polymerase إلى المحفز لبدء النسخ. هذا ما يعرف باسم مرحلة الحث.

في البكتيريا، التي تفتقر إلى النواة، بمجرد بدء الاحماض النووية الريبوزية الرسولة، يمكن للريبوسومات أن تُحمّل على الفور المرسِل وتبدأ في صنع البروتين حتى قبل اكتمال الحمض النووي الريبوزي الرسول. يوفر هذا الجمع بين النسخ والترجمة في البكتيريا فترات استجابة قصيرة للغاية للظروف البيئية المتغيرة. عندما يصبح اللاكتوز فجأة متاحًا، تنتقل بكتيريا الأيكولاي E. coli بسرعة من حصولها على جزيئات قليلة فقط من (β- LacZ galactosidase) في السيتوبلازم إلى على ١٥٪ من إجمالي بروتينها الخلوي مصنوع من هذا الإنزيم.

يقدم جيمس شابيرو الملاحظة التالية في مجلة جين:

(1) A. Ralston, "Operons and Prokaryotic Gene Regulation," Nature Education 1, no. 1 (2008): 216.

تسمح سلسلة من التفاعلات الجزيئية المتكاملة للغاية لخلايا بكتريا الأيكولاي بالتمييز بين سكرين وتنفيذ الخوارزمية التالية التي هي ليست بالسهلة: إذا كان اللاكتوز متاحًا وإذا كان الجلوكوز غير متاح وإذا كانت الخلية قادرة على تصنيع بيتا جالاكتوزيداز وأنزيم Permease، اذن انسخ lacZYA من محفز lac[1].

لذلك نجد أن بكتريا الأيكولاي تستخدم لاتخاذ القرارات عبارات منطقية تماثل العبارات المستخدمة في برمجة الكمبيوتر.

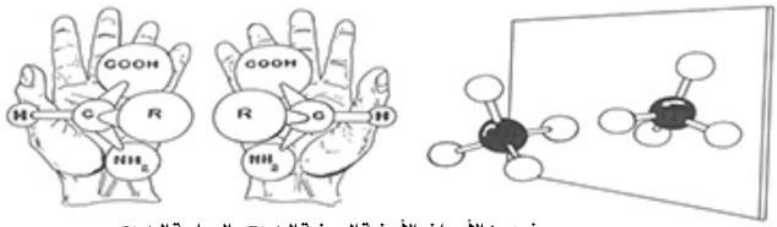
سلامة تجميع اليد الواحدة

تصنع البروتينات من أحماض أمينية من فئة ألفا تتفاعل لتشكل عددًا لا يحصى من البوليمرات (جزيئات كبيرة تتكون من العديد من الوحدات الفرعية المماثلة). يجب أن تطوى معظم البروتينات في شكل وظيفي ثلاثي الأبعاد. كيف يعرف البوليمر الطائش ماذا يفعل؟ إذا لم يطوى البروتين بشكل صحيح، فقد يصبح مشوهًا ومكسورًا. الطي السليم يتطلب توازنًا شديد التعقيد للقوى داخل الجزيئات.

طريق الطي البروتيني محفوفٌ بالمخاطر التي من شأنها تعطيل التصميم الرائع للطي، لكن لحسن الحظ، تم توقع كل هذه الأمور الخطرة ونزع فتيلها.

إن الأحماض الأمينية، إذا تم إنشاؤها "عشوائيا"، سوف تأتي في شكلين: يمينية اليد (D) ويسارية اليد (L) (انظر الشكل ٤.١)، فيما يسمى الخليط "العنقودي". المشكلة هي أن الخليط العنقودي سيحدث فوضى في بنية البروتين الثلاثية الأبعاد. إذا كانت الخلية ستستخدم أي شيء عدا مجموعة نقية من الأحماض الأمينية اليسرى أو مجموعة نقية من الأحماض الأمينية اليمنى، فلن تتمكن من إنتاج بنية وظيفية ثلاثية الأبعاد للبروتين.

(1) James Shapiro, "A 21st Century View of Evolution: Genome System Architecture, Repetitive DNA, and Natural Genetic Engineering," Gene, 345, no. 1, (2005), 92– 93.



زوج من الأحماض الأمينية اليمينية اليد (D) واليسارية اليد (L)

لا انطباقية البروتين

الشكل ٤.١. في صنع البروتينات ذاتية الطي ذات الضفيرة المعقدة الضرورية للحياة، تم استخدام أحماض أمينية فئة الفا اليسارية اليد فقط كلبنات بناء اساسية. هذا من حسن الحظ لأن مزيجًا من الأيدي اليمنى واليسرى لن ينجح. ومن المثير للاهتمام، أن القوى الكيميائية العمياء تميل إلى إنتاج مزيج متساوٍ تقريبًا من الأيدي اليسرى واليمنى، ولكن بطريقة ما وهِبَت الحياة بالأحماض الأمينية اليسارية اليد فقط. ولكي نحصل على الأحماض الأمينية اليسارية فقط نحتاج إلى عالم كيمياء ماهر أو خلية حية، ولكن وفقًا للنظرية التطورية، من المفترض أن تكون الحياة قد بدأت من دونهما.

أحد الحلول الممكنة لمشكلة خليط اليميني واليساري هو برمجة تسلسل الحمض النووي لأحماض أمينية يمينية او يسارية محددة. ولكن هذه البرمجة الإضافية ستكون مكلفة للغاية،

حيث ستكون هناك حاجة إلى رموز إضافية إما يمينية او يسارية. تُظهر الحياة حلاً أكثر أناقة، حيث بدأت أحماض أمينية يسارية بنسبة ١٠٠ ٪، وهو وضع يشار إليه باسم التماثل المرآتي.

إذا بدأت الحياة مع الحساء البدائي (وهو بركة الماء الدافئ التي زعم داروين ان الحياة الأولى انطلقت منها)، فهذا يعني أن الأحماض الأمينية اليمينية اليد من فئة ألفا قد أزيلت بطريقة أو بأخرى من الحساء البدائي. كان هذا الحل بمثابة ضربة رئيسية – والأكثر حظًا بالنسبة لنا. بدون تماثل الأحماض الأمينية للخلية، لن يكون هناك أي بروتين وظيفي ممكن، وستموت الخلية. بتعبير أدق، لن يأتي أبدا إلى الحياة.

الأنزيمات

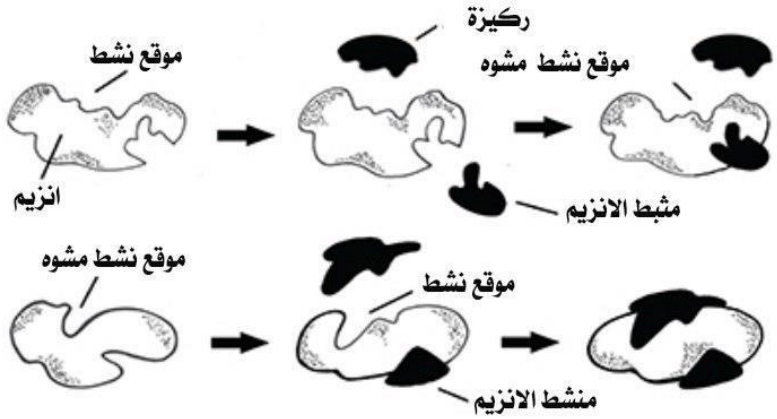
تتطلب الحياة التنفيذ السريع للتفاعلات الكيميائية التي لا حصر لها، والتي تحدث باستمرار بسرعات عالية في جميع أنحاء خلايانا. وللقيام بذلك، هناك حاجة إلى آلات جزيئية متناهية الصغر (نانوية): الا وهي البروتينات المعروفة باسم الانزيمات (الشكل ٤.٢). تعتبر هذه الأعاجيب الجزيئية، المحملة بتكنولوجيا كيميائية متطورة، ضرورية لتسريع العديد من التفاعلات الكيميائية في الحياة. تحدث التفاعلات التي قد تستغرق سنوات عديدة في جزء من الثانية بمساعدة الإنزيمات.

الإنزيمات عبارة عن محفزات، مما يعني أنها لا تُستهلك في التفاعلات التي تسرعها، بحيث يمكن إعادة تدويرها وإعادة استخدامها في التفاعلات المتتالية. يستطيع الانزيم معالجة ملايين من جزيئات الركيزة (الجزيئات التي يعمل عليها الأنزيم) في الثانية. إنها تعمل عن طريق التلاعب بالكيمياء، أي عن طريق خفض طاقة التنشيط اللازمة لتحويل الكواشف[1] إلى

(١) في الكيمياء العضوية، الكواشف هي مركبات أو مخاليط، عادة ما تتألف من جزيئات غير عضوية أو جزيئات عضوية صغيرة، والتي يتم استخدامها للتأثير على اتجاه سير تفاعل ما لإنتاج ناتج بعينه (هامش المترجم).

منتجات. تشير طاقة التنشيط إلى كمية الطاقة المطلوبة لكسر الروابط في جزيئات الكاشف لإنشاء روابط جديدة في جزيئات المنتج.

ويجدر هنا التذكير بأنه: ليس بمقدور الحياة على الأرض انتظار ظهور الإنزيمات في نهاية المطاف، فمن دون وجود الانزيمات، لن تكون هناك تفاعلات سريعة، ولن تكون هناك حياة. معظم التفاعلات الكيميائية الحيوية اللازمة للحياة بطيئة في جوهرها – بطيئة بشكل قاتل، في الواقع. من المنطقي إذن أن نفترض أن الإنزيمات تحتم توقعها وتسريعها قبل أن تبدأ الحياة.



الشكل ٤.٢. العمل المعقد للإنزيم يسرع التفاعلات الكيميائية. يتم التقاط الجزيء المستهدف وتغليفه بشكل صحيح داخل موقع الإنزيم النشط. ثم يتم تشكيل الروابط المستهدفة أو كسرها. يجب التحكم في نشاط الإنزيم بدقة لتحقيق نتائج ملائمة للحياة، ولحسن الحظ، توجد في الحياة سلسلة من منشطات ومثبطات الإنزيم للقيام بهذه المهمة.

تتكون العديد من الإنزيمات من سلسلة بروتينية واحدة، والتي يمكن أن تكون معقدة للغاية وغالبًا ما تكون جزيئات كبيرة. الانزيمات المرتبطة هي فئة شائعة اخرى من الانزيمات، تتكون من جزء من البروتين يعرف باسم بروتين الانزيم أو من عوامل مساعدة غير عضوية مثل أيونات الحديد أو المغنيسيوم أو الزنك و / أو عوامل مساعدة عضوية مثل الفيتامينات أو

مشتقاتها. مثل هذه الأنزيمات المرتبطة تزيد من تعقيد تطور النظام، بالنظر إلى تنوع الوظائف والتراكيب. وهناك إنزيمات أخرى تتكون من وحدات فرعية متعددة – كل بروتين فردي يساهم في عمل الإنزيم. في بعض الأحيان، تنفذ الوحدات الفرعية خطوات تفاعل متعددة وتقوم بتسليم المواد الوسيطة من موقع تفاعل إلى آخر بسرعة كبيرة، مثل البطاطا الساخنة، لذلك لا تتحلل المواد الوسيطة قبل أن تتم الخطوة التالية.

إن الإنزيمات فعالة للغاية، لكنها لا تعمل بشكل جيد الا إذا تم ضبط درجة حرارة الوسط وتوازن درجة الحموضة وتركيز الركيزة بشكل صحيح، فتحت درجات حرارة ودرجات الحموضة منخفضة للغاية أو مرتفعة للغاية، يتغير طبيعة الأنزيم – أي يفقد الإنزيم شكله الوظيفي ثلاثي الأبعاد.

تتطلب العديد من الإنزيمات الضرورية للحياة بيئات كيماوية خاضعة للرقابة الصارمة، ولا تعمل بشكل صحيح الا داخل خلايا وظيفية كاملة التكوين. تُشَكل هذه الإنزيمات داخل الخلايا مشكلة البيضة ام الدجاجة أخرى: فمن دون خلية لن تكون هناك إنزيمات؛ ومن دون انزيمات، لن تكون هناك خلية.

انظر المأزق.. إن الإنزيمات، وهي أعمال رائعة من حيث التطور الهندسي، تحتاج إلى خلايا مكتملة وعاملة لتتمكن من البقاء؛ والخلايا تحتاج إلى إنزيمات تعمل بكامل طاقتها من أجل البقاء. لذلك يجب ان يكون لديك كلاهما من البداية. لا يمكن أن ينبثق إلى حيز الوجود من خلال حادث عرضي اعجازي، وبعد ذلك بفترة قصيرة يصبح البوب الآخر موجودًا بضربة مماثلة من الحظ الجيد، وتتوقع أن يظل الآخر منتظرًا. سيكون الأول ميتاً بوقت طويل قبل وصول الثاني، ومع وفاة الأول، سيكون امام الثاني رحلة قصيرة جدا من بركة داروين الصغيرة الدافئة (بركة الماء الدافئ التي زعم داروين ان الحياة الأولى انبثقت منها).

تحتوي الإنزيمات أيضًا على حركة (ديناميكيا) داخلية مذهلة، حيث تملي حركة مشابهة لحركات الباليه الجزيئي المضبوط بدقة. تتضمن حركة الباليه هذه المتزامنة حركة أجزاء البروتين – كل شيء بدءًا من الأشياء الصغيرة جدًا مثل الأحماض الأمينية الفردية، أو مجموعات الأحماض الأمينية، إلى حلقة من سلسلة البروتينات، أو شرائح من سلسلة البروتين بأشكال ثلاثية الأبعاد معينة تسمى حلزونات ألفا وصفائح بيتا، وصولا إلى مجالات البروتين بأكملها. هذه الحركات تحركها قوى جزيئية مضبوطة بدقة وعناية فائقة وتحدث في أقل من بضعة أجزاء من الكوادريليون من الثانية. (الكوادريليون هو ١ متبوعًا بـ ١٥ صفر، أي ألف تريليون). لا تضع الأنزيمات ركائزها في الفضاء ثلاثي الأبعاد بشكل صحيح مما يتيح لها التفاعل فحسب ولكن أيضًا تقوم بتحريكها باستخدام اهتزازات دقيقة لإحداث المطابقات المناسبة.

سوف تكشف بعض الأمثلة عن الإنزيمات عن مدى أهميتها في الحياة. على سبيل المثال، يساعد انزيم RNA polymerase في نسخ الحمض النووي إلى الحمض النووي الريبوزي. يوافق انزيم Aminoacyl-tRNA synthetases الحمض الأميني المناسب مع الحمض النووي الريبوزي النقال، مما يسمح للريبوسومات بالعمل بشكل صحيح. فمن دون وجود الانزيمات، لن تكون هناك حياة. ومن دون وجود حياة لن تكون هناك انزيمات.

إذا ما تم تكليف شخص ما لتصميم إنزيم فعال من نقطة الصفر، تخيل مقدار المعرفة السابقة المطلوبة. يجب أن تفهم الهدف النهائي وأن تكون مدركًا مسبقًا للشكل ثلاثي الأبعاد للركيزة قبل أن تتمكن من إنشاء تجويف مناسب في الإنزيم حيث يناسب الركيزة (الشكل ٤.٢). قد تحتاج إلى معرفة المجموعات الوظيفية في الركيزة التي يحتاجها الإنزيم ليثبت في موقعه النشط (باستخدام تفاعلات فعالة فيما بين وداخل الجزيئات مثل الروابط الهيدروجينية والقطبية). قد تحتاج أيضًا إلى معرفة ماهية التفاعل المطلوب وأين يجب أن يحدث هذا التفاعل

لتنشيط الموقع المناسب للجزيء المثبت. وأخيرًا، يجب أن تعرف كيف تحمي إنزيمك من التفاعلات الضارة مع الركيزة.

وكل ذلك ليس سوى الإعداد الأولي. ستحتاج، بعد ذلك، إلى معرفة كيفية وضع "الأيدي" النانو جزيئية في إنزيمك لتعزيز التحلل المائي للركيزة عن طريق التفاعل مع جزيء الماء الذي يتم تسليمه يدويًا.

من الصعب للغاية فقط وصف هذه العملية، ناهيك عن تصميم نظام لإنجازها بالفعل. ومع ذلك، تقوم الإنزيمات بذلك تلقائيًا، مرارًا وتكرارًا، مع الأنجاز في الوقت المحدد.

هناك مختبر بدأ هذه العملية بمحاولة صنع إنزيمات مصممة – وهو مختبر ديفيد بيكر في جامعة واشنطن، حيث يختارون فيه نوعًا من التفاعل الذي يرغبون في إنشائه، ثم يبحثون عن نوع الكيمياء الذي سيحتاجون إلى إنشائها، ثم يعثرون على إنزيم له موقع نشط أقرب ما يحتاجون إليه. ثم يتم تشغيل النمذجة التفاعلية للتغيرات التي تطرأ على تسلسل الإنزيم وتركيبه على الكمبيوتر حتى ينالوا مبتغاهم بعثورهم على تسلسل أقرب ما يكون إلى الذي سيعمل. ثم يقومون بتركيب واختبار الانزيم. وهكذا عدة مرات. لقد نجحوا في إنشاء إنزيمات مصممة، ولكن في آخر مرة بحثت فيها، كان نشاطها منخفضًا. ليس طبيعيا بعد.

إن العلماء ووسائل الإعلام متحمسون لإمكانيات استحضار الذكاء إلى مشكلة تصميم الإنزيم. انطلاقًا من الافتراض بأن الإنزيمات هي نتاج عمليات تطورية، يقول بيكر: «هناك الكثير من الأشياء التي توصلت إليها الطبيعة من خلال بحثها بشكل عشوائي فقط». ويضيف، « بينما نفهم المزيد والمزيد من المبادئ الأساسية، يجب علينا ان نكون قادرين على

القيام بعمل أفضل من هذا الاستنتاج»[1]. سنرى. إنه اختبار عكسي. مثير للاهتمام للتصميم الذكي، ألا تعتقد ذلك؟[2]

التشابرونات والتشابيرونينات

البروتينات عبارة عن قطع رائعة من الهندسة النانوية الكيميائية، ولكن لكي تصبح هذه العوامل الجزيئية الحيوية عملية، تحتاج السلاسل الخطية للأحماض الأمينية اليسارية اليد فئة ألفا حتى تتخذ أشكال ثلاثية الأبعاد محددة. عندما يتشكل البروتين، يطوي نفسه بفضل العديد من القوى الجزيئية المتوازنة. ولكن هناك العديد من الأشكال ثلاثية الأبعاد الممكنة، ويمكن أن تضل البروتينات طريقها الى الأشكال الوظيفية. الشكل الوظيفي النهائي هو أدنى حالة مطابقة للطاقة الحرة، ولكن يصعب العثور عليها في بعض الأحيان. إذا ما تطوى البروتين في شكل خاطئ سيكون عديم الفائدة. لو سقطت البروتينات الأولى في أودية الموت هذه، فلن يقدر للحياة ان تظهر على وجه الأرض أبدًا. لذلك ما هو الحل؟ التشابرونات المدهشة (الشكل ٤.٣). إليكم كيف وصف دورها في مجلة نيتشر:

«يجب أن تتحول معظم البروتينات إلى تراكيب ثلاثية الأبعاد محددة لاكتساب نشاط وظيفي. ولكن في البيئة الخلوية، تتعرض البروتينات المُصنَّعة حديثًا لخطر كبير يتمثل في الطي والتجمع المنحرف، مما يحتمل أن يشكل أنواعًا سمية. لتجنب هذه الأخطار، تستثمر الخلايا في شبكة معقدة من التشابرونات الجزيئية، التي تستخدم آليات بارعة لمنع التجميع وتشجيع الطي

(1) Carl Zimmer, "Scientists are Designing Artisanal Proteins for Your Body," The New York Times, December 26, 2017, https://www.nytimes.com/2017/12/26/science/protein-design-david-baker.html.
(2) Lars Giger et al., "Evolution of a Designed Retro-Aldolase Leads to Complete 127 Active Site Remodeling," Nature Chemical Biology 9 (2013): 494–498.

الفعال. لأن جزيئات البروتين ديناميكية للغاية، هناك حاجة إلى مراقبة ثابت التشابرون لضمان التوازن البروتيني (الأستتباب البروتيني)»[1].

تُسمى التشابرونات التي تساعد البروتينات على التطوي في الشكل الصحيح باسم "التشابرونينات"، لكن كما سنرى أدناه، تؤدي التشابرونات وظائف أخرى أيضًا. وكما أوضح مؤلفو دراسة أخرى، «على المستوى الأكثر ابتدائية، تُحدد التفاعلات الجزيئية الحيوية الحياة، وقد صُممت تشابرونات البروتين لتخفيف هذه التفاعلات»[2].

الشكل ٤.٣. التشابرونات، بما في ذلك التشابرونينات، هم "أخصائيو العلاج الطبيعي للحياة"، الذين يساعدون "البروتينات الفتية" على التبلور. ما الذي جاء أولاً: البروتينات التي تحتاج إلى التشابرونات لتتطوى بشكل صحيح، أو التشابرونات التي تساعد على طيّ البروتينات بسرعة وبشكل صحيح؟

كبسولات السوط الخيطي

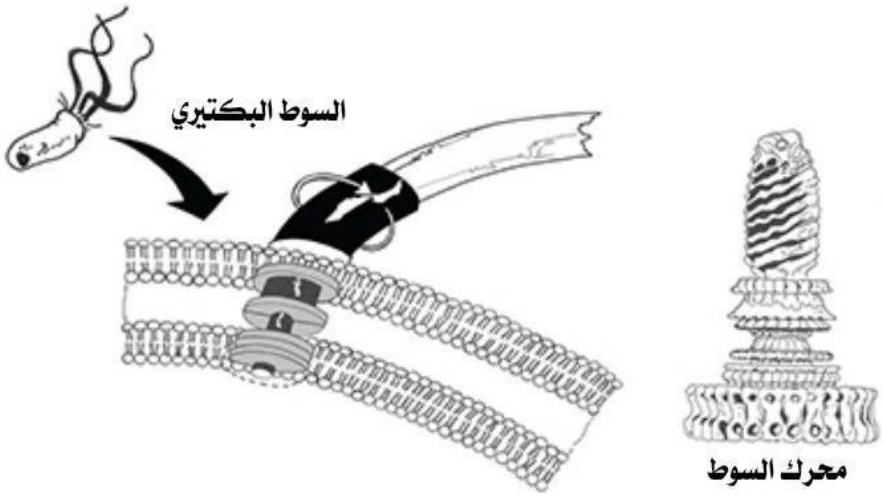
الحياة مليئة بالمشاكل التي يجب حلها، والطريقة التي يتم بها الحل مذهلة. هناك الكثير من الأعاجيب الجزيئية التي يجب أن نتوقف عندها. على سبيل المثال ما تحتاجه البكتريا المتواضعة – من الوصول إلى وجبتها الغذائية. بالنسبة لبكتيريا الأيكولاي، والعديد من البكتيريا الأخرى، كان الحل هو صنع سوط.

لفت انتباه عالم الكيمياء الحيوية مايكل بيهي محرك السوط البكتيري (الشكل ٤.٤)، الذي قدم هذه الآلية النانوية المذهلة كتحدٍ لنظرية التطور الحديثة. بغض النظر عن وجهات نظركم

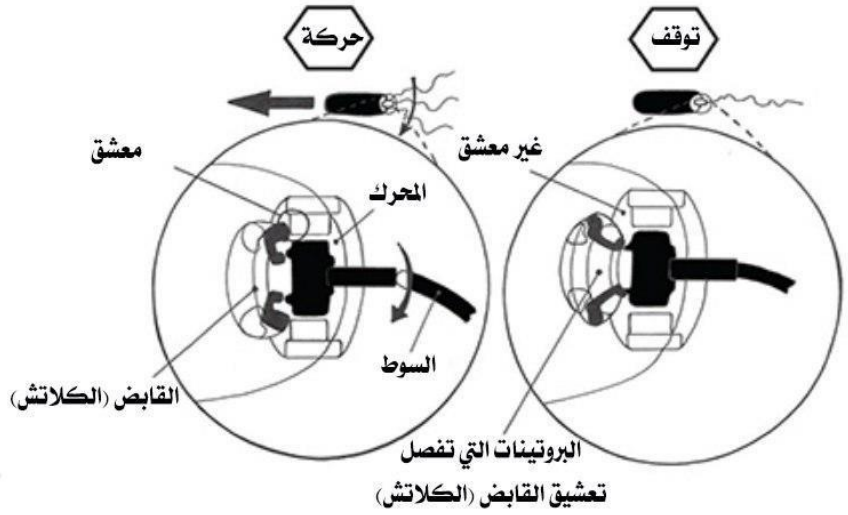
(1) F. Ulrich Hartl, Andreas Bracher, and Manajit Hayer-Hartl, "Molecular Chaperones in Protein Folding and Proteostasis," Nature 475 (2011): 324.

(2) R. A. Quinlan and R. J. Ellis, "Chaperones: Needed for Both the Good Times and the Bad Times," Philosophical Transactions of the Royal Society B 368, no. 1617 (2013): 20130091.

حول هذا التفسير، هناك شيء واحد غير مثير للجدل وهو السوط البكتيري الذي هو اعجوبة هندسية متناهية الصغر من المرتبة الأولى.



الشكل ٤.٤. تفاصيل محرك السوط ، يمكن القول أنه المحرك الأكثر إثارة الدهشة على وجه الأرض.



الشكل ٤.٥ . نظام القابض المذهل على محرك السوط.

يتكون محرك السوطي من أربعين إلى خمسين مجمعاً من البروتين، والتي تتطلب ملايين الذرات في كل منها. يتم ترتيب كل هذه الملايين من الذرات بشكل مثالي لتصميم محرك السوط والذيل. الآلاف والآلاف من الأحماض الأمينية مرتبة ببراعة وبشكل متسلسل في سلاسل "الأحماض الأمينية فئة ألفا يسارية اليد" من الأحماض الأمينية من هذه البروتينات تواجه تجربة متوازنة نانومترية مثالية للقوى بين الجزيئات وداخل الجزيئات للتطوي بشكل صحيح وتتناسب مع بعضها البعض بطريقة متزامنة. هذه القطع الجزيئية متناهية الصغر، مع هياكل ثلاثية الأبعاد مثالية، تشبه وتعمل وكأنها أعضاء دوارة، وقضبان محورية، وأعضاء ثابتة، وحلقات مستديرة، ومفارق، ومروحة دافعة وحتى قابض (كلاتش).

هناك تفاصيل حول التحكم الوراثي في تجميعها لا يسعنا الوقت لذكرها هنا. فسنذكر واحدة من تلك التفاصيل وهي تركيب السوط: التشابك المثالي لأربعة أسلاك بروتينية تشكل خيوطه (الشكل ٤.٦). قد تكون خيوط، التي تعمل بمثابة المروحة، أطول بعشر مرات من الخلية نفسها. إنها مجموعة جيدة التنظيم وطويلة الشكل تشبه المسمار اللولبي مع أنبوب مجوف يبلغ قطره حوالي ٢٠ نانومترًا. وهي مصنوعة من بروتين الفلاجيلين مرتب في خيوط حلزونية فردية، تلتف حول بعضها البعض، مثل الخيوط الموجودة في حبل، لتشكيل جديلة.

وبشكل عام، يظهر هذا الخيط شكلًا حلزونيًا غير مرن نسبيًا، مثل فاتح السدادات اللولبي الذي يدفع البكتيريا للأمام بشكل مستقيم عند تدويره. يشير كل من الباحثين كوجي يونيكورا، وساوري ماكي-يونيكورا، وكيتشي نامبا، الى إن البنى الأنبوبية تشتمل على «أحد

عشر خيطاً بدائياً، وهي مصفوفات حلزونية على نحوٍ طولي للوحدات الفرعية»[١]. وهذا ما هو الا نزر بسيط من التعقيد المشتملة عليه. كيف تم تجميع مثل هذا الشيء في المقام الأول؟

حتى لو تغاضينا عن مسألة أصلها في الماضي، يبقى فهم كيفية تجميع آلة السباحة الرائعة هذه نفسها هنا في الوقت الحاضر امراً شاقاً بما فيه الكفاية. تتحول خيوط الأسلاك الباقية من تلقاء نفسها إلى فوضى متشابكة، مثل سماعات الأذن في أسفل حقيبة الظهر. لمنع حدوث هذه الفوضى، يكون للسوط غطاء ثلاثي الأبعاد، وهو قالب جزيئي نانوي مذهل (الشكل ٤.٦). يعمل هذا الدليل الجزيئي النانوي المصبوب بدقة، «بصفيحته ذات الشكل الخماسي وملحقاته التي تشبه الأرجل الموضوعة بعناية»، كما وصفه أحد الكتّاب، على أنه «مُشجّع دوراني للتجميع الذاتي لمونمرات الفلاجيلين» [٢]، وهو توجيه مثالي لمزامنة انزلاق الأسلاك من خلاله.

يعتلي هذا البروتين المغطى، عند العمل، قمة الخيط السوطي المجوف ويرشد التجميع باستخدام نطاقات الساق الخمسة، والتي تشير إلى الأسفل وتتناسب مع التجاويف الموجودة عند الطرف البعيد للخيوط الناشئة[٣]. هذا التشبيك يجعل الذيل النهائي قويًا ومقاومًا ومثاليًا.

كيف ينمو هذا السلك المثالي؟

(1) Koji Yonekura, Saori Maki-Yonekura, and Keiichi Namba, "Building the Atomic Model for the Bacterial Flagellar Filament by Electron Cryomicroscopy and Image Analysis," Structure 13, no. 3 (2005): 407–12. For more information on the exquisite structure of the flagellar filament, see also Saori Maki-Yonekura, Koji Yonekura, and Keiichi Namba, "Domain Movements of HAP2 in the Cap– Filament Complex Formation and Growth Process of the Bacterial Flagellum," Proceedings of the National Academy of Science 100, no. 26 (2003): 15528–33.

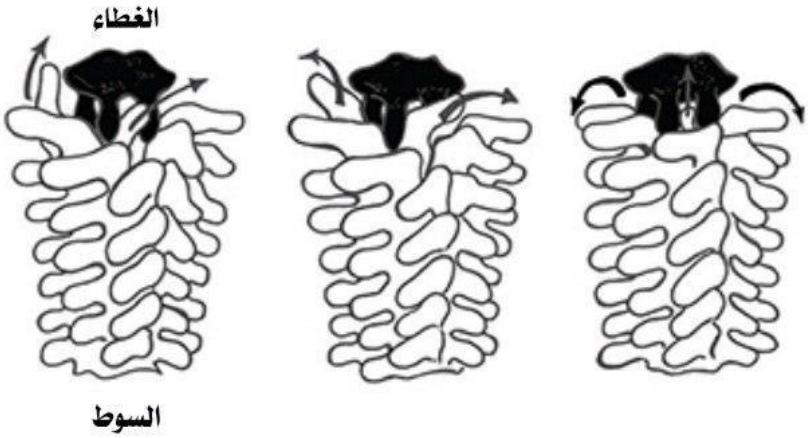
(2) For more on the flagellar cap and how it suggests intelligent design, including an animated video, see Jonathan M.,

لمعرفة المزيد حول الغطاء السوطي وكيف يوحي بتصميم ذكي ، بما في ذلك فيديو رسوم متحركة ، راجع مقالة Jonathan M. في مجلة Evolution News & Science Today، "غطاء الشعيرة السوطية: واحدة من أكثر الحركات ديناميكية في هياكل البروتين" ،

"The Flagellar Filament Cap: One of the Most Dynamic Movements in Protein Structures," Evolution News & Science Today, 128 August 3, 2013, https://evolutionnews.org/2013/08/the_flagellar_f/.

(3) Jonathan M., "The Flagellar Filament Cap."

عند قاعدة السوط، يضخ نظام إفراز من النوع الثالث مونمرات الفلاجيلين (الأسلاك الجزيئية النانوية) عبر الجزء الداخلي من الذيل، في التكوين. كل خيط سوطي مثبت بالفعل يدفع السلك الجديد إلى القالب الجزيئي للبروتين، محولة اياه إلى الكمال مع نمو الذيل.



الشكل ٤.٦ . الغطاء المعقد والمصمم بعناية والذي يرشد التجميع الطويل اللولبي الذي يشبه أسلاك البروتين فلاجيلين، مما يجعلها تلتف حول بعضها البعض لتشكيل خيوط سوطية تشبه الضفيرة.

العديد من البكتيريا يجب أن تتحرك للعثور على الطعام والسوط أداة ضرورية بالنسبة لها لتمكنها. انشاء السوط ليس بالمسألة السهلة. في كتاب صندوق داروين الأسود، جادل مايكل بيهي بأنه لا يمكن أن يتطور عن طريق طفرة عشوائية واحدة في كل مرة لأنه لا يوجد أي

طريق تطوري صالح. الأمر، على حد تعبيره، معقد بشكل غير قابل للاختزال. لقد جادل أنصار التطور[١] بأن محرك السوط المعقد غير القابل للاختزال قد يكون قد نشأ تدريجياً، وقد استندوا إلى تفسيرات الداروينية غير التصميمية المختلفة، لكن السيناريوهات المقترحة الخاصة بهم تفتقر بمجملها للتفاصيل.

لكن بروتين الغطاء قد يكون التحدي الأكبر لأولئك الملتزمين بالتطور الأعمى، لأنه يبدو أنه يخدم غرضًا واحدًا داخل الخلية ولا فائدة منه بدون مونمرات الفلاجيلين التي يساعد في تجميعها. وبدون مثل هذا الغطاء لتوجيه التجميع، فإن مونمرات الفلاجيلين لا فائدة منها أيضًا[٢]. إذن أيهما تطور أولاً؟

وأشهر المقترحات التطورية هو نموذج الاستقطاب المشترك، الذي يفترض استخدام الأجزاء المتوفرة مسبقاً في أنظمة أخرى، مثل النظام الإفرازي الثالث في البكتيريا. كتب عالم الأحياء كينيث ميلر، «النقطة، التي فهمها العلم منذ فترة طويلة، هي أن القطع والقطع من الآلات المعقدة التي لا يمكن اختزالها قد يكون لها وظائف مختلفة - لكنها لا تزال مفيدة – ينتج التطور آلات كيميائية حيوية معقدة عن طريق نسخ وتعديل وجمع بروتينات كانت تستخدم سابقًا في وظائف أخرى»[٣].

لكن هذا "التفسير" ليس له علاقة بالكيمياء مع جرعة هائلة من التشبيهات الخطابية والمورفولوجية. إن حجة ميلر في النقاش معيبة لأن السوط بأكمله (خاصة قطعة مثل الغطاء)

(1) D. F. Blair and K. T. Hughes, "Irreducible Complexity? Not!" in Microbes and Evolution: The World That Darwin Never Saw, eds. R. Kolter and S. Maloy (Washington, DC: ASM Press, 2012), 275–80; W. Ford Doolittle and Olga Zhaxybayeva, "Evolution: Reducible Complexity—The Case for Bacterial Flagella," Current Biology 17, no. 13 (2007): R510–2.

(2) Jonathan M., "The Flagellar Filament Cap."

(3) Kenneth R. Miller, "The Flaw in the Mousetrap: Intelligent Design Fails the Biochemistry Test," Natural History 75 (2002).

يتطلب بصيرة. الطريقة الوحيدة لإنقاذ مثل هذه الحجة هي الاعتماد على مساعدة شيء مثل ماكجيفر الدارويني[١] للقيام بالمهام النانو جزيئية الخارقة والمجنونة المتمثلة في "نسخ وتعديل ودمج" جميع الأجزاء الجزيئية ، والقيام بذلك بالدقة الفائقة التي يتطلبها السوط.

على الرغم من أن حجة ميلر اكتسبت بعض الزخم في البداية، فقد أصبح من المسلم به الآن، حتى مع التسليم جدلاً أن النظرية التطورية الحديثة صحيحة، إن النظام الإفرازي الثالث هي ابتكارات حديثة، ربما مستمدة من سوط أكثر تعقيدًا، وليس من اسلاف سوطية. فيما يتعلق بتطور السوط، فإن أحد كبار المحققين في هذا المجال، شين إيتشي أيزاوا، يستحق الاقتباس منه، حيث يقول «ولأنه تم تصميم السوط بشكل جيد وصُنع بشكل جميل من خلال مسار تجميع منظم، حتى أنا، الذي لا أؤمن بنظرية الخلق، أحصل على شعور مذهل من جمالها الإلهي "، ثم يضيف "ومع ذلك، إذا تطور السوط من شكل بدائي، فأين بقايا سلفه؟ لماذا لا نرى أي أشكال سوطية أبسط مما هي عليه اليوم؟ كيف كان من الممكن أن يتطور السوط دون ان يترك آثار في التاريخ؟» [٢]

دائماً ما كانت الآلات الجزيئية تفتنني. وكلما قمت بدراستها، زادت دهشتي للمظاهر المعقدة التي تمثلها هذه الآليات الصغيرة. وكلما اقتنعت ايضاً بأن مثل هذه المظاهر تُظهر أنه تم التعرف على المشاكل الحرجة في وقت مبكر وحلها. هذا الفعل من التوقع – التبصر – ليس سمة من سمات العمليات المادية العمياء، فهو عمل عقل ذكي.

(١) مسلسل "ماكجيفرMacGyver"، سلسلة المغامرات حول البطل المستقل الذي يستخدم الأدوات غير التقليدية (مشابك الورق والصمغ، والشوكولاته..ألخ) للهروب من كل مكان، بداية من غرفة مغلقة الأبواب وحتى الهروب من "الشرق الأوسط" بأسره! (هامش المترجم).

(2) Shin-Ichi Aizawa, "What is Essential for Flagellar Assembly," Pili and Flagella: Current Research and Future Trends (Norfolk, UK: Caister Academic Press, 2009), 91.

الفصل الخامس

البكتيريا، والبق، والنباتات آكلة اللحوم

تناولنا حتى الان نماذج تمثل أصغر أشكال الحياة على الأرض: الخلايا والآلات الجزيئية الصغيرة التي لا يمكن تصورها وقد أكد لنا ما فيها من نظام عمل في مكوناتها ضرورة القول بالبصيرة وعدم الاخذ بمبدأ العشوائية. في هذا الفصل، سوف نلقي نظرة على كيفية امتلاك بعض من أصغر المخلوقات على وجه الأرض، وبعض نباتاتها الأكثر غرابة، بميزات تتوقع المشاكل وتحلها بعدة طرق بارعة.

الميكروبات: مفارقة الدجاجة ام البيضة أخرى

إن كوكب الأرض مجهز بشكل رائع لاستضافة الحياة. لكن ظاهرة الحياة نفسها تخلق مشاكل تهدد الحياة. على سبيل المثال، جزيء النيتروجين N_2 ، أو $N\equiv N$ ، هو الغاز المثالي لغلافنا الجوي، ولكنه غاز خامل ونحن بحاجة لتوفر نتروجين أكثر تفاعلية (النيتروجين الذري (N)) ، لصنع الأحماض الأمينية (الصيغة العامة $RCHNH_2COOH$) والبروتينات. فكيف يمكن تحويل $N\equiv N$ ، وهو جزيء مستقر للغاية متصل بواسطة رابطة ثلاثية، إلى النيتروجين ذري؟ كيف يمكن حفظه بأشكال كيميائية مفيدة؟ وكيف يمكن تجديد جزيء النيتروجين N_2؟ سوف ينفد مخزوننا من جزيء ثنائي النتروجين N_2 في نهاية المطاف لأن الكائنات الحية تستهلكه باستمرار. لذلك كانت هناك حاجة لاستعادة جزيء ثنائي النتروجين N_2.

الحل: هو الميكروبات

الميكروبات هم شركائنا في العيش على هذا الكوكب ويلعبون دورًا مهمًا في الحفاظ على الحياة على الأرض. في المحيطات، تحافظ العوالق على دورة الكربون، وتوفر الطحالب أحادية الخلية التي تسمى الدياتومات خُمس الأكسجين الموجود في الغلاف الجوي. على اليابسة وفي المحيطات، تفكك الميكروبات ثنائي النتروجين N_2 وتقوم بتثبيته في مركبات مثل الأمونيا (NH_3)[1]. تأخذ انواع بكتيرية أخرى الأمونيا NH_3 وتحولها إلى ثنائي النتروجين N_2 فيما يسمى دورة النيتروجين.

أصغر المخلوقات على الأرض تحافظ على إمكانية العيش فيها لنا جميعًا.

ان الأكسجين الحر (O_2) والكربون (C) ضروريان أيضًا لجعل الأرض ممكنة للعيش، ولديها أيضًا دورات منعشة تعتمد على الميكروبات وكذلك النباتات. يتم إنتاج جزء كبير من الأكسجين O_2 على الأرض عن طريق التمثيل الضوئي في الميكروبات ذاتية التغذية. (تنتج الكائنات الذاتية التغذية جزيئات عضوية تحتوي على الطاقة من جزيئات غير عضوية؛ بينما تستفيد الكائنات غير ذاتية التغذية من الطعام الذي يأتي من الكائنات الحية الأخرى). تتمتع الميكروبات ذاتية التغذية بمعرفة كيفية "تثبيت" النيتروجين من خلال تفكيك روابط ثنائي النتروجين في الغلاف الجوي الثلاثية الى امونيا ومركبات أخرى مفيدة. ويحافظ هؤلاء العمال الميكروبيون أيضًا على توازن العديد من العناصر الجوية الأساسية الأخرى. بدون هذا التوازن، لا يمكن أن توجد حياة معقدة. اي من دون وجود ميكروبات، لن توجد كائنات حية أخرى.

(١) لمعرفة المزيد عن تآزر الميكروبات والحياة، اقرأ مقالة: "كيف تجعل الميكروبات الأرض صالحة للسكن" في مجلة Evolution News & Science Today:

"How Microbes Make Earth Habitable," Evolution News & Science Today, February 10, 2016, https://evolutionnews.org/2016/02/how_microbes_ma/; "More on How Microbes Make Earth Habitable," Evolution News & Science Today, February 14, 2016, https://evolutionnews.org/2016/02/more_on_how_mic/.

بكتيريا الأناموكس وكيميائها الصاروخية

غالبا ما ينظر إلى البكتيريا على أنها أشكال بدائية للحياة. لكن إلقاء نظرة واحدة على التركيب الجزيئي يكفي لإقناعنا بغير ذلك. البكتيريا متطورة للغاية ومجهزة تجهيزًا كاملاً بالعديد من الآلات الجزيئية الرائعة.

تقدم، مجموعة غريبة للغاية من البكتيريا التي اكتشفت في أوائل التسعينيات (تسمى الأناموكس)[١]، مثالاً رائعًا على الخصائص العالية التقنية للبكتيريا. وفقًا للورا فان نيفتريك ومايك جيتن، توجد بكتيريا الأناموكس في مجموعة واسعة من الأوساط البيئية، بما في ذلك المناطق البحرية منخفضة الأوكسجين ومياه الصرف الصحي في محطات المعالجة والرواسب الساحلية والبحيرات[٢]، وقد اتضح أن هذه البكتيريا مهمة للحياة على الأرض حيث تشير التقديرات إلى أنها تساهم بما يصل إلى ٥٠ في المائة من إنتاج ثنائي النتروجين N_2 من البيئات البحرية[٣]، مما يؤدي إلى إزالة النيتروجين الثابت.

لقد تسببت بكتيريا الأناموكس، عندما تم اكتشافها، في إثارة علمية حقيقية، فهي تمثل الجهات الرئيسية الفاعلة في دورة النيتروجين البيوجيوكيميائية للأرض، وتساءل العلماء، حينها، كيف يمكن لهذه البكتيريا البسيطة أن تؤدي تفاعلًا كان يعتبر مستحيلًا في السابق[٤]. إذ تحول بكتيريا الأناموكس الأمونيا NH_3 والنتريت NO_2^- إلى ثنائي النتروجين N_2 في ظل ظروف لاهوائية (أي في غياب الأكسجين O_2)، ومن هنا جاءت تسميتها بالأناموكس:

(1) J. Gijs Kuenen, "Anammox Bacteria: From Discovery to Application," Nature Reviews Microbiology 6, no. 4 (2008): 320–6. See also Andreas Dietl et al., "The Inner Workings of the Hydrazine Synthase Multiprotein Complex," Nature 527, no. 7578 (2015): 394, https://www.nature.com/articles/nature15517.

(2) Laura van Niftrik and Mike S. M. Jetten, "Anaerobic Ammonium-Oxidizing Bacteria: Unique Microorganisms with Exceptional Properties," Microbiology Molecular Biology Reviews 76, no. 3 (2012): 586, https://mmbr.asm.org/content/76/3/585.

(3) Mike S. M. Jetten et al., "Biochemistry and Molecular Biology of Anammox Bacteria," Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology, 44, no. 2–3 (June 2009), 65.

(4) Jetten et al., "Biochemistry and Molecular Biology of Anammox," 65–84.

الأكسدة اللاهوائية للأمونيا[١]. لاحظ كل من فان نيفتريك وجيتن أن «بكتيريا الأناموكس لا تتوافق مع الخصائص النموذجية للبكتيريا ولكنها تشترك في ميزات مع جميع مجالات الحياة الثلاثة، البكتيريا والعتائق وحقيقيات النوى، مما يجعلها مثيرة للاهتمام بشدة من منظور تطوري»[٢]. وسأذهب إلى أبعد من ذلك وأقول إن وجود هذه البكتيريا الحاسمة وغير العادية يصعب للغاية تفسيره من منظور تطوري.

كيف تنجز بكتيريا الأناموكس مهمتها التي لا غنى عنها والمتمثلة في تجديد النيتروجين؟

تقوم بذلك بأستخدام علم الصواريخ وبعض مهارات التوليف العضوي المتطورة للغاية. حيث تملك هذه البكتيريا عُضَيّ داخلي مغطى بغشاء مزدوج الطبقة، ليس غريباً على الإطلاق في الخلايا بدائية النواة. ولكن المفاجئة الكبرى هي ما وجد داخل هذا العُضَيّ.. في الداخل، وجد العلماء مركب كيميائي يدعى الهيدرازين وله مجموعة متنوعة من الاستخدامات، من بينها استعماله في وقود الصواريخ[٣]. تقوم بكتيريا الأناموكس بطريقة ما بصنع وتخزين واستخدام سائل شديد السمية والأكالة والانفجارية.

هل يمكنك تخيل مخلوق يتطور خطوة واحدة في كل مرة يقوم بتخزين هذه الأشياء في داخله؟! تخيل محاولة توليف الهيدرازين النقي عن طريق التجربة والخطأ داخل البكتيريا. لن يستغرق الأمر وقتًا طويلاً حتى يقتله! كيف يمكن للبكتيريا تطوير بروتوكول توليف هيدرازين دون توفر جميع الأدوات اللازمة لسلامة تخزين واستخدام الهيدرازين؟ هل من المعقول أن تكون البكتيريا قد اكتسبت القدرة على استخدام هيدرازين نقي وسام ومتفجر من

(1) Marcel M. M. Kuypers et al., "Anaerobic Ammonium Oxidation by Anammox Bacteria in the Black Sea," Nature 422 (2003): 608–611. See also Laura van Niftrik and Mike S. M. Jetten, "Anaerobic Ammonium-Oxidizing Bacteria: Unique Microorganisms with Exceptional Properties," Microbiology Molecular Biology Reviews 76, no. 3 (2012): 585–596.

(2) Van Niftrik and Jetten, "Anaerobic Ammonium-Oxidizing Bacteria," 585. 129

(٣) لمعرفة المزيد عن خصائص واستخدامات الهيدرازين راجع:

"Hydrazine," PubChem Compound Database, National Center for Biotechnology Information, accessed Sept. 20, 2018, https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/hydrazine#section=Top.

خلال عملية تدريجية ليس لديها طريقة للتنبؤ بالمزايا المستقبلية لهذا المركب السمّي؟ لماذا تخاطر بكتيريا الأناموكس البدائية التي لم تستخدم الهيدرازين من قبل وبقيت على ما يرام من دونه بحياتها لتطوير القدرة على إنتاج وتخزين الهيدرازين، قبل أن يقدم لها أي فائدة؟

المفاجأة الأخرى، هي أن بكتيريا الأناموكس تخزن الهيدرازين في حجيرات داخلية تسمى الأناموكسوسومات[1]. من الواضح أن بكتيريا الأناموكس يجب أن تتعامل مع هذا الجزيء المتفجر بعناية فائقة. لقد كشف التحليل الكيميائي والمجهري لغشاء الأناموكسوسوم المزدوج الطبقة، الذي يحيط الهيدرازين، عن مفاجأة أخرى: يتكون الغشاء من دهون فريدة وغريبة مصنوعة من "اللاديران"[2]، وهي بنى كيميائية متطورة للغاية لدرجة انه لم يحاول الكثير من الكيميائيين التركيبيين التفكير صنعها.

واللاديران النموذجي هو "خماسي حلقي حمض الأناموكسيك"، الذي يتكون من خمس حلقات مدمجة من السيكلوبوتان. يشبه اللاديران السلم ويحتوي على بنى حلقية مربعة متسلسلة تتشكل من حلقات الكربون الأربعة المدمجة. حلقات متسلسلة بأربعة أعضاء هي واحدة من أصعب الحلقات لأن الحركية والديناميكا الحرارية تعمل ضدها. لكن يبدو أن بكتيريا أناموكس قد تخطت فئات التوليف العضوي وذهبت إلى الأمام وصنعتها على أي حال.

ولكن لماذا التكلف بكل هذا المجهود؟

يبدو أن بكتيريا الأناموكس فعلت ذلك فقط لاستخدام الهيدرازين كعامل لتحويل الامونيا NH_3 والنتريت NO_2^- إلى ثنائي النتروجين N_2 في غياب الأكسجين O_2. فلماذا تخلق بكتيريا النيتروجين N_2، وهو غاز خامل تقريبا لا فائدة منه عمليا للحياة على هذا النحو؟

(1) Laura A. van Niftrik et al., "The Anammoxosome: An Intracytoplasmic Compartment in Anammox Bacteria," FEMS Microbiology Letters 233, no. 1 (2004): 7–13.

(2) Jaap S. Sinninghe Damsté et al., "Linearly Concatenated Cyclobutane Lipids Form a Dense Bacterial Membrane," Nature 419 (2002): 708–712.

تعيش بكتيريا الأناموكس في جميع أنحاء العالم. فهي وفيرة في المحيطات. إنها تقوم بهذه المهمة المستحيلة تقريبًا لمجرد إنتاج النتروجين N_2. ولكن بسبب هذا "الجهد الخيري"، فإنها تنظم دورة النيتروجين N_2 وتحافظ على نسبة الأكسجين O_2 على النيتروجين N_2 في الغلاف الجوي للأرض[1]. تحافظ هذه الآلة النانو جزيئية الصغيرة على النتروجين N_2 في التوازن اللازم لجميع أشكال الحياة على كوكبنا من أجل البقاء. في الاساس يستخدم هذا الميكروب الصغير علم الصواريخ[2] لجعل الحياة على الأرض ممكنة ومستدامة.

إلمامنا بما يخص بكتيريا الاناموكس مازال في مراحله الاولية.

يجب أن تكون الآلية الأنزيمية التي تصنع الهيدرازين مذهلة أيضًا. وقد بيّن أندرياس ديتل وزملاؤه هذه الآلية بما يلي «إن التركيب البلوري ينطوي على آلية من خطوتين لتخليق الهيدرازين: تخفيض ثلاثي الإلكترون لأكسيد النتريك إلى الهيدروكسيلامين في الموقع النشط لوحدة غاما الفرعية وتكاثفه اللاحق مع الأمونيا». ويذهب مؤلفو البحث المنشور على مجلة "نيتشر" الى ملاحظة مماثلة لافتة للنظر وهي: «من المثير للاهتمام، أن المخطط الموجود في بكتيريا الاناموكس مماثل لعملية راشيج المستخدمة في تخليق الهيدرازين الصناعي»[3].

مثال آخر يدل على تخطيط دقيق تم بعناية وفق قوانين الفيزياء والكيمياء الطبيعية:

إن غاز النيتروجين N_2، الذي يتزاوج مع الأكسجين O_2 في غلافنا الجوي وهو ضروري للحياة على الأرض، هو ـ كما يقول بحث آخر ـ «نتاج عرضي لآلة نانوية دقيقة مصممة بشكل رائع والتي تعرف الكثير عن كيمياء الأكسدة العضوية والتعامل الآمن مع وقود الصواريخ»[4].

(1) Jack van de Vossenberg et al., "Enrichment and Characterization of Marine Anammox Bacteria Associated with Global Nitrogen Gas Production," Environmental Microbiology 10, no. 11 (2008): 3120.

(2) "Rocket Science in a Microbe Saves the Planet," Evolution News & Science Today, November 23, 2015, https://evolutionnews.org/2015/11/rocket_science_1/; "Tagish Lake Meteorite Does Not Solve Homochirality Problem," Evolution News & Science Today, July 30, 2012, https://evolutionnews.org/2015/11/rocket_science_1/t.

(3) Andreas Dietl et al., "The Inner Workings of the Hydrazine Synthase Multiprotein Complex," Nature 527 (November 2015), 394.

(4) "Rocket Science in a Microbe."

مازال عالم الميكروبات يرفدنا بالدلائل التي تؤكد على ضرورة الأخذ بفكرة التبصر، حيث أثبت ـ عالم الميكروبات ـ أنه أكثر تطوراً مع كل اكتشاف، وهو يظهر المزيد والمزيد من "المفاجآت". لقد اكتشفنا مؤخرًا عجبًا ميكروبيًا جديدًا، الا وهو بكتريا الكوماموكس الغامضة[1]، أو "مؤكسد الأمونيا الكامل". يمكن العثور على هذه البكتيريا في كل مكان تقريبًا وتؤدي مهمة أكثر إثارة من بكتريا الأناموكس. تقوم بكتريا الكوماموكس بعملية نترجة كاملة بمفردها، ويعد ذلك علامة فارقة في علم الأحياء المجهرية.

من المعروف منذ فترة طويلة أن هناك فئتين مختلفتين من الميكروبات المنترجة تتعاونان في تنفيذ عملية النترجة حيث تتأكسد الأمونيا NH_3 إلى نتريت NO_2^-، والذي يتأكسد فيما بعد إلى نترات NO_3^-. لكن الكوماموكس لا تشارك في عناء النترجة، فهي تحفز كلاً من خطوات النترجة، وتقوم بأكسدة الأمونيا الكاملة وبالتالي تحافظ على الطاقة.

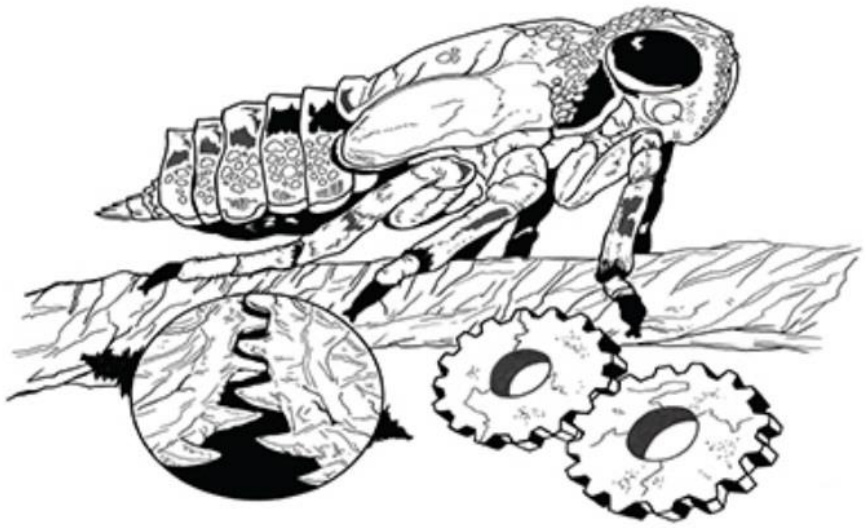
من الصعب تجنب الآثار المترتبة على كل ذلك: يجب أن يتم توقع الحاجة إلى الحفاظ على جو مناسب للحياة من البداية. وكان لا بد من توفير مجموعة من الميكروبات المجهزة بترسانة متطورة من المواد الكيميائية والقدرات لتلبية هذه الحاجة.

الجندب الأحدب: مخترع التروس الميكانيكية (الدواليب المسننة)؟

بالنسبة للحشرات التي لا تطير، تعد القدرة على القفز عالياً وسريعاً وبدقة كبيرة ضرورية لبقائها. لتجنب التعرض للأكل من قبل كائنات اخرى، فيجب أن تكون الحشرة التي لا تطير قادرة على القفز من وقت ولادتها. لذلك لا غرابة أن تكون الحشرات الصغيرة هي من بين أفضل القافزين على سطح هذا الكوكب.

(1) Holger Daims et al., "Complete Nitrification by Nitrospira Bacteria," Nature 528 (2015): 504–509.

لكن الحشرات الخفيفة ذات الأجسام الصغيرة التي تقفز قفزات كبيرة تشكل مشكلة هندسية كبيرة. لجعل الأمور أكثر صعوبة، يكون للحشرات أزواج من الأرجل، لذلك يجب أن تكون حركة القفز منسقة تمامًا، وتدفع الأرجل للأمام أكثر أو أقل بشكل متزامن. وليس هناك مجال كبير للتجربة والخطأ.



الشكل ٥.١. تستخدم واثبات النبات، وهي حشرات بحجم البرغوث من جنس الجندب الأحدب، تروسًا هندسية رائعة لمزامنة حركة الأرجل التي تشبه المنجنيق للقفز الدقيق.

كيف تتعامل هذه المخلوقات مع الأمر؟

ما يلي هو استراتيجية غير عادية بشكل خاص:

في عام ٢٠١٣، كان اثنان من علماء الأحياء بجامعة كامبريدج، وهما مالكولم بوروز وغريغوري سوتون، يدرسون نوعا من الحشرات تسمى "واثبات النبات"، وهي حشرات بحجم البرغوث من جنس الجندب الأحدب (الشكل ٥.١)، تم العثور عليها في جميع أنحاء

أوروبا وشمال إفريقيا. إن شرح الآلية التي تعمل بها هذه الحشرة كما لو انه مقال تم نشره على صفحات مجلة "بوبيلار ميكانكس" التي تعنى بعلم الميكانيك. حيث ان هذه الحشرة الصغيرة تقفز باستخدام التروس المتشابكة على المفاصل المدورة لسيقانها الخلفي، والتي تربط الساقين بالحشرات المكافئة للورك[1].

وباستخدامها هذه التكنولوجيا المصغرة، هذه الحشرات الصغيرة، التي بالكاد أكبر من البراغيث، تحرك أرجلها بتنسيق شبه مثالي. ولأن الرجلان تتأرجحان أفقياً، إذا تم تمديد أحدهما في جزء من الثانية قبل الأخرى، فإن الحشرة سينتهي بها المطاف في حالة دوران سريع حول نفسها وتصبح غذاءً سهلاً. لكن التروس مصممة بدقة حتى تتمكن هذه المخلوقات من القفز بشكل سريع وبعيد ومباشر.

تتعشق تروسها الميكانيكية الجلدية وتدور بدقة عالية، منسقة بذلك حركة الأرجل. تتحرك القوائم الخلفية تقريبا في نفس الوقت، بفارق أقل من ثلاثين مليون جزءاً من الثانية بسرعة تصل الى ٣٣٠٠٠ دورة في الدقيقة. بينما اعلى معدل تعجيل في محركات السيارات الرياضية يبلغ حوالي ١٠٠٠٠ دورة في الدقيقة فقط.

وتطلق التروس أيضًا الساقين بشكل متزامن قبل إطلاق قفزات للأمام، باستخدام أسنان غير متماثلة (أفضل من المتماثلة). أوضح بوروز وسوتون أن «الضبط الوثيق بين التروس يضمن أن كلا القائمين الخلفيين تحركا في نفس السرعات الزاوية لدفع جسم الحشرة دون دوران الأنعراج (الالتواء حول محور عمودي)»[2]. يمكن لصغير الجندب الأحدب القفز مسافة ضعف طوله مائة مرة وبسرعة تصل إلى ٣.٩ متر في الثانية الواحدة. لكن خطر كسر

(1) Joseph Stromberg, "This Insect Has the Only Mechanical Gears Ever Found in Nature," Smithsonian Magazine, September 12, 2013, https://www.smithsonianmag.com/science-nature/this-insect-has-the-onlymechanical- gears-ever-found-in-nature-6480908/#Jh26s1gRI4ObrI15.99.

(2) Malcolm Burrows and Gregory Sutton, "Interacting Gears Synchronize Propulsive Leg Movements in a Jumping Insect," Science, 341, no. 6151 (September 2013), 1254.

مثل هذا الجهاز الصغير العالي السرعة مرتفع. وللتغلب على هذه المخاطر، يتم استبدال التروس - باستمرار- بأخرى جديدة في حشرة الأحداث.

وبحسب قول بوروز وسوتون، فإن صغار الجندب الأحدب تقوم بإنشاء تروسًا جديدة مرارًا وتكرارا أثناء فترة نموها، حتى في حالة تلف الترس، يتعين عليها البقاء فقط لفترة قصيرة حتى يصل زوج جديد غير تالف.

وبالنسبة للبالغين الأثقل، يتم تغيير التروس من أجل جهاز أكثر قوة مناسبًا لحجم الشخص البالغ - وهي آلية عالية الأداء قائمة على الاحتكاك.

هذا يشير أيضا إلى البصيرة.

في الوقت الحالي، يبدو أن صغار واثبات النبات من جنس الجندب الأحدب هو المخلوق الوحيد الذي يستخدم التروس الميكانيكية المسننة المتعشقة لمزامنة أطرافه تمامًا من أجل القفزات البعيدة. لغاية زمن هذا الاكتشاف، لم يتم العثور على تروس من قبل للسماح بحركات القفز البالستية (القذائفية). لو كان التطور قد خلق بطريقة ما هذه الأعجوبة الهندسية، فقد فعل ذلك مرة واحدة.

عند مناقشة المنشأ الأكثر رجحاناً لتروس الجندب الأحدب، نظر سوتون بشكل صحيح في الخيارين الممكنين علمياً، ولكن بعد ذلك حدد الخيار الخطأ - الخيار الذي يفتقر إلى القدرة المثبتة لهندسة هذه الأعجوبة. فكتب قائلاً «هذه التروس ليست مصممة؛ لقد تطورت - تمثل آليات عالية السرعة والدقة تم تطويرها للتزامن في عالم الحيوان»[1]. وكما هو المعتاد مع مثل هذه الادعاءات، نرى ان سوتون بدعواه هذه لم يتبعها بايضاح لكيفية تطور نظام القفز القائم على

(1) University of Cambridge, "Functioning 'Mechanical Gears' Seen in Nature for the First Time," September 12, 2013, https://www.cam.ac.uk/research/news/functioning-mechanical-gears-seen-innature- for-the-first-time.

التروس، خطوة وظيفية صغيرة واحدة في كل مرة، والذي يعتبر مساراً أساسياً إذا كان التطور الداروينى الأعمى هو الذي انتجه.

دعنا نفكر في الإدعاء. لنفترض جدلاً أن الجندب الأحدب كان موجودًا وكان قادرًا على العيش لفترة كافية للهروب من الانقراض بدون تروس صغاره أو آلية الاحتكاك المجهزة بها كباره. لماذا يخاطر بتطوير آليتين جديدتين مختلفتين للقفز؟

ولأن التطور يعمل بخطوات صغيرة، فيجب عليه أن يعمل أولاً على نظام تروس أو نظام احتكاك غير كامل. لنفترض أنه قام بتبديل الأشياء وأعطى التروس للكبار وآلية الاحتكاك للصغار؟ سيجرب الجندب الأحدب المتطور المسكين هذه الوظيفة الجديدة ليكتشف في النهاية انها لا تعمل.

وحتى لو اختار التطور العمرَ المناسب لكل وظيفة، فإن صغير الجندب الأحدب سيكتشف أن مادة التروس الجديدة كانت ناعمة جدًا، أو أن عدد الأسنان ومباعدتها كانا غير مناسبين، أو أن الضغط كان كثيرًا إلى اليمين أو اليسار، مما يجعل المخلوق يخرج عن السيطرة ويتحطم.

وبالإضافة الى ذلك فإن هناك العديد من الأشياء التي يمكن أن تسوء. مما يجعل نظام التروس غير الكامل، أمراً غير منطقياً على الإطلاق.

ثم ما الذي جاء أولا؟ التروس للصغار، أو نظام الاحتكاك الأنسب لكبار الجندب الأحدب؟

إنها تحتاج اليهما معا وفي الوقت نفسه، لأن المخلوق يحتاج دائمًا إلى أن يكون قادرًا على القفز من أجل البقاء، كصغار وكبار.

إن واقع الحال يحتم علينا ان نقوم بتخطيط وتقديم زوج من أنظمة القفز المهندسَة بشكل رائع من البداية – واحد للصغار والآخر للكبار – وإلا فعلينا توديع هذه الحشرات الصغيرة.

مما لا شك فيه هو ان تروس الجندب الأحدب هي مثال على التكنولوجيا المتقدمة.

هناك دليل أخير لوضع النقاط على الحروف: إن مخاطر مثل هذه التقنية العالية والمتطلبة التي تزيد عن ٣٣٠٠٠ لفة في الدقيقة كبير: في حالة تلف أي سن، تُفقد فعالية الترس المصمم. لتقليل الخطر، تم تزويد الأسنان التي يبلغ عرضها ثمانين جزءاً من المليون من منحنيات مشرحة في القاعدة. اخترع البشر في نهاية المطاف تقنيات مماثلة للحصول على مزيد من عزم الدوران وتقليل التآكل مع مرور الوقت، ولكن طبيعة الخالق وصلت إلى هناك أولاً.

التروس الوظيفية، من أي نوع كانت، هي أدوات مصنوعة ببراعة فائقة، فهي تأتي في أشكال كثيرة وتستخدم لأغراض عديدة. إنها حجر الزاوية في التكنولوجيا الحديثة، موجودة في العديد من أنواع الآلات والسيارات والدراجات. مهما تقادم التاريخ البشري يبدو أنه لا أحد يعرف على وجه اليقين من الذي اخترع التروس الميكانيكية ، لكننا نعرف أن الإغريق استخدموها في اقدم كمبيوتر تناظري عرفه العالم ، آلية أنتيكيثيرا[1]، التي يُعتقد الآن أنها استخدمت لرسم حركات الشمس والقمر والكواكب المرئية للعين المجردة[2]. عندما عثر صائدو الإسفنج الغواصون اليونانيون في عام ١٩٠٠ على هذه الآلية القديمة – الآلية التكنولوجية الأكثر تقدماً التي اكتُشفت من العصور القديمة – ورأوا فيها التروس، أدركوا على الفور أنها نتاج عقل ذكي. إذا لم يكن هناك أي نوع آخر من الأسباب لديه القدرة المثبتة على انتاج مثل هذه الأعجوبة، فلماذا يجب أن نستجيب بشكل مختلف عندما نجد التروس المصنّعة

(١) آلية أنتيكيثيرا هي قطعة أثرية لآلة ميكانيكية معقدة من التروس والمسننات، اخترعها الإغريق للحساب الفلكي لمواقع الأجرام والتنبؤ الدقيق بالخسوف، تم اكتشافها عام ١٩٠٠ في حطام أنتيكيثيرا في المتوسط قرب جزيرة أنتيكيثيرا اليونانية، وهي معروضة الآن في المتحف الأثري الوطني في أثينا (هامش المترجم).

(2) Jo Marchant, "Decoding the Antikythera Mechanism, the First Computer," Smithsonian Magazine, February 2015, https://www.smithsonianmag.com/history/decoding-antikythera-mechanismfirst- computer-180953979/.

بشكل رائع المرتبطة بأرجل حشرة قفازة، خاصةً عندما تتسول القصص الخيالية للتطور الأعمى لهذه العجائب الطبيعية للحصول على تفاصيل موثوقة؟

تايسون يسدد لكمة

في عام ١٩٩٨، أذهل تايسون العالم من خلال تحطيم ثقب في الجدار يسجنه في إنجلترا، مستخدماً يديه العاريتين فقط[١]. سرعان ما كان تايسون على جميع محطات الأنباء.

إننا نتحدث هنا عن مخلوق صغير يسكن في المحيط، أطلق عليه اسم تايسون ملاكم الوزن الثقيل بعد ان حطم زجاجاً يبلغ سمكه ربع بوصة في حوضه في مركز Great Yarmouth Sea Life Centre في إنجلترا. باستخدام اللكمات المتتابعة لجدار الزجاج، تايسون هذا لا يمكن هزمه عندما يتعلق الأمر بقذف اللكمات الأسرع والأقوى.

كان تايسون وهو الروبيان السرعوف الطاووس يستخدم الزوائد التي تم تعديلها الى هراوات لتوليد ضربة سريعة للغاية لتحطيم الأصداف[٢]. وتتطلب هذه اللكمات القوية نظاما لتخزين الطاقة وإطلاقها، بآلية نابضٍ من الهيكل الخارجي شبيه بالسرج.

لقد درس العلماء الضربات، التي يقوم بها الروبيان السرعوف، باستخدام معدات للتصوير عالية السرعة. فوجدوا أن روبيان السرعوف يقدم واحدة من أسرع اللكمات ـ على الاطلاق ـ تحت سطح الماء، إذ تصل سرعتها القصوى إلى خمسين ميلًا في الساعة في أقل من ٨٠٠ ميكروثانية، ويولد قوة تصل إلى ما يقرب من ٢٥٠٠ مرة ضعف وزن جسمه[٣]. الضربات سريعة وقوية لدرجة أنها تنتج ومضات صغيرة من الضوء عن طريق خفض ضغط

(1) "Tyson Shrimp on TV," July 2, 1999, Great Yarmouth News, Town Centre Partnership, http://gytcp.co.uk/news/tyson-shrimp-on-tv-710.html.
(2) S. N. Patek, W. L. Korff, and R. L. Caldwell, "Biomechanics: Deadly Strike Mechanism of a Mantis Shrimp," Nature 428 (2004): 819–820.
(3) Ella Davies, "The Most Powerful Punches and Kicks of All Time," Earth, BBC, 130 June 6, 2017, http://www.bbc.com/earth/story/20170605-the-most-powerfulpunches- and-kicks-of-all-time.

المياه المحيط لدرجة أنه يغلي. وتنهار الفقاعات الصغيرة عندما يكون ضغط الماء طبيعيًا، مما يؤدي إلى إطلاق كمية هائلة من الطاقة عن طريق التجويف.

يقول إد يونج: «تصل الهراوة إلى هدفها في ثلاثة آلاف جزء من الثانية فقط، إنه يضرب بقوة رصاصة من بندقية»[١]. وهو لا يدير هذا الأمر في الهواء بل تحت الماء، أي أنه يعمل ضد مقاومة الماء التي هي بلاشك أكبر من مقاومة الهواء.

إنها تقنية أنيقة وحديثة. وكما قالت الدكتورة شيلا باتيك، المؤلفة المشاركة في بحث عن الروبيان[٢]، لبي بي سي: «يشبه الرماة إلى حد كبير، يخزن الروبيان السرعوف طاقة مرنة قبل الإطلاق ويصدرها عن طريق ترباس»[٣]. (الشكل ٥.٢)

ويتناول يونغ الموضوع باسهاب. «بمجرد ان يسحب الذراع، يحبسه الترباس في مكانه بقوة، بعدها تتقلص عضلات كبيرة في الذراع العلوي وتجمع الطاقة. عندما يتم تحرير الترباس، يتم إطلاق كل هذه الطاقة دفعة واحدة ويتم إطلاق الذراع السفلي للأمام»[٤].

يلاحظ كل من باتيك، زاك، وكلافيري أن «الأشكال الرائعة وأنماط التمعدن التي تميز الأطراف الكاسرة في روبيان السرعوف تكشف عن نظام تضخيم ميكانيكي قوي للغاية للطاقة يستند إلى تخزين مرن لطاقة الهيكل الخارجي»[٥].

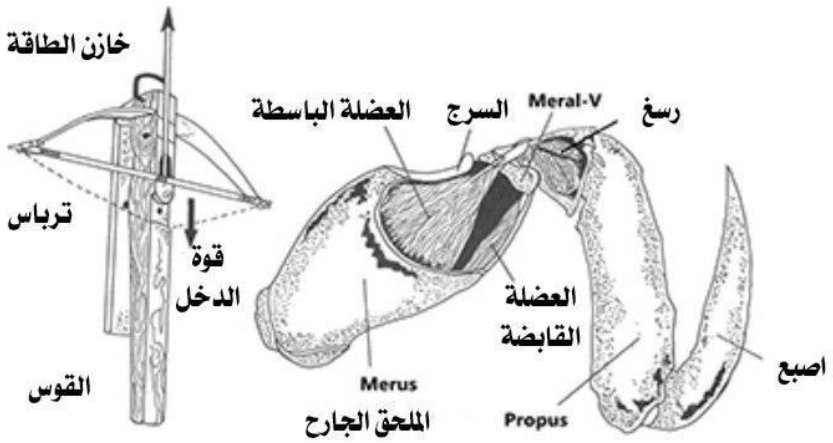
(1) Ed Yong, "How Mantis Shrimps Deliver Armour-Shattering Punches without Breaking Their Fists," Discover, June 7, 2012, http://blogs.discovermagazine.com/notrocketscience/2012/06/07/how-mantisshrimps- deliver-armour-shattering-punches-without-breaking-theirfists/#. W9IHrGhKhPY.

(2) T. I. Zack, T. Claverie, S. N. Patek, "Elastic Energy Storage in the Mantis Shrimp's Fast Predatory Strike," Journal of Experimental Biology 212 (2009): 4002–4009.

(3) Ella Davies, "The Most Powerful Punches."

(4) Ed Yong, "The Mantis Shrimp Has the World's Fastest Punch," National Geographic, June 19, 2008, https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2008/07/19/themantis- shrimp-has-the-worlds-fastest-punch/?user.testname=lazyloading:1.

(5) Zack, "Elastic Energy Storage in the Mantis Shrimp's Fast Predatory Strike."



الشكل ٥.٢. يعمل نظام الأطراف الذي يشبه الهراوة للسرعوف مثل القوس والنشاب، حيث يقدم واحدة من أقوى اللكمات على الأرض. وهي بالنسبة لحجم جسمها قد تفوقت على الملاكم السابق مايك تايسون بطل الوزن الثقيل.

الميزة الرئيسية لهذه اللكمة القوية هي وجود تركيب صغير في الذراع يشبه السرج، والذي يتم ضغطه أيضًا أثناء عملية التصويب ويعمل مثل النابض حيث يقوم بتخزين طاقة إضافية. وعندما يتم إطلاق الترباس، يتوسع التركيب الذي يشبه السرج ويعطي دفعاً إضافيًا للهراوة، معجلاً إياها الى قوة تسارع تفوق ١٠٠٠٠ جي[1]، وهي قوية بدرجة كافية لتحطيم زجاج حوض الروبيان. *هذا التصميم مشابه للتصميم المستخدم من قبل المهندسين البشر.*

(1) Yong, "The Mantis Shrimp Has the World's Fastest Punch."

ولكن كيف يمكن أن يؤدي الروبيان السرعوف اللكمات بسرعة وبقوة دون أن يصيب نفسه؟ الجواب: هو ان هذا الروبيان يأتي مزودًا بقفاز ملاكمة عالي التقنية. وهذه الأعجوبة الهندسية لم تكتشف الا منذ عهدٍ قريب[١].

تتميز منطقة التأثير الأمامي للهراوة بكونها سميكة للغاية ومصنوعة من مادة تشبه العظام، هي "بلورات هيدروكسيل أباتيت"، وموضعها بزاوية متعامدة على السطح، تشكل كل بلورة عمودًا يوفر قوة ضغط عالية يمكن أن تصل إلى أربعة مليارات باسكال من الضغط. (يبلغ ضغط الهواء عند مستوى سطح البحر حوالي ١٠٠٠٠٠ باسكال).

كيف يمكن مقارنة هذا التركيب بالتكنولوجيا البشرية؟

نظائر هذه البلورات، التي هي من صنع البشر، مثل السيراميك، يمكن أن تتحمل فقط ملياري أو ثلاثة مليارات باسكال من الضغط بسبب تشكلها عند درجات حرارة مرتفعة تزيد عن ١٤٨٢.٢ درجة مئوية.

وبجانب منطقة التأثير توجد ألياف بروتينية مصممة ببراعة في طبقات مكدسة.

كتب يونغ «في كل واحدة، تكون كل الألياف متوازية، لكن كل طبقة يتم تدويرها قليلاً من الطبقة الموجودة تحتها لإنتاج تركيب حلزوني، حتى تمتلئ المساحة بين الألياف بمعادن مرتبة بشكل عشوائي تمنع أي تشققات من الانتشار عبر الهراوة».

وتلف هراوة الروبيان السرعوف بألياف الكيتين، ويضغط التركيب بأكمله لإبطاء انتشار التشققات، «مثل الملاكم الذي يضع الشريط حول قبضته»، حسب وصف الدكتور ديفيد كيساليوس[٢].

(1) James C. Weaver et al., "The Stomatopod Dactyl Club: A Formidable Damage- Tolerant Biological Hammer," Science 336, no. 6086 (2012): 1275–80.
(2) Yong, "How Mantis Shrimps Deliver Armour-Shattering Punches."

تدعي النظرية التطورية بأن الروبيان السرعوف طوّر كل هذه الميزات لسد الاحتياجات الخاصة التي تفرضها بيئته. يقول كاتب العلوم الجغرافية الوطنية إد يونج: «يعتقد بعض العلماء أن الطبيعة القتالية للروبيان السرعوف تطورت لأن الشقوق الصخرية التي يعيشون فيها فرضت عليه حالة من المنافسة الشديدة، وهذه المنافسة بدورها جعلت الروبيان السرعوف أكثر ذكاء من الروبيان المتوسط، وإن الروبيان السرعوف هو اللافقاريات الوحيدة التي يمكن أن تتعرف على الأفراد الآخرين من جنسها وأن تتذكر، لمدة تصل إلى شهر واحد، نتيجة معركة ضد منافس لها»[1].

إنها قصة جميلة.. ولكن إذا كانت زيادة القوة اللكم ومعدل الذكاء، تحت ظروف التنافس، بشكل عام في الكائنات تؤدي الى التطور، فهذا يعني ان هذه الزيادة في الانسان تؤدي بساكني الاحياء القاسية الى زيادة قوة اللكمات ومعدل الذكاء فيهم. كما إن هذه القصة فشلت في شرح كيف طوّر الروبيان الصغير فعليًا كل هذه التكنولوجيا والدراية الفنية عن طريق التجربة والخطأ غير الموجهين، أي عن طريق طفرة وظيفية صغيرة في كل مرة.

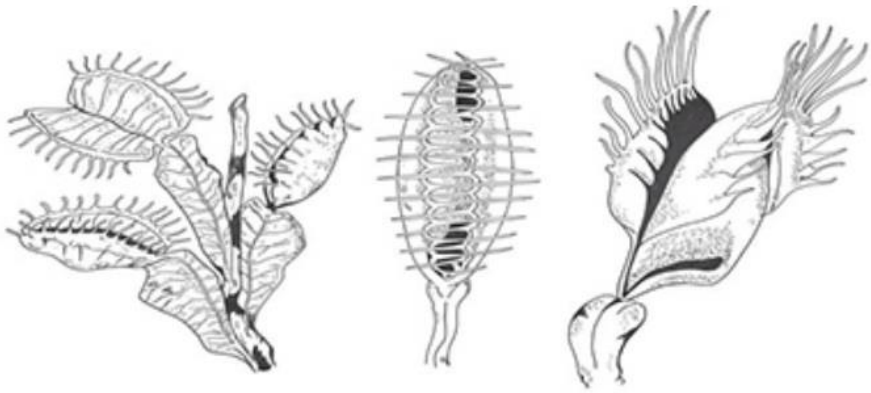
يجب أن تكون جميع أجزاء آلية اللكم جاهزة للعمل، لذلك من المنطقي الشك في أن هذا المسار التطوري ممكن حقًا.

النباتات آكلة اللحوم

تكون النباتات آكلة اللحوم (الشكل ٥.٣) غريبة ومثيرة للفضول ومن الصعب ان لا تحبها من النظرة الأولى. تستخدم هذه النباتات ترسانة من الفخاخ المتحركة، وأجهزة الاستشعار الكيماوية والكهربائية المصممة ببراعة، والمواد الكيميائية الهضمية لقتل والتهام العناكب والحشرات والأوليات والقشريات والسحالي والفئران والجرذان ومختلف

(1) Ed Yong, "The Mantis Shrimp Has the World's Fastest Punch."

اللافقاريات والفقاريات الصغيرة الأخرى. كل من هذه النباتات آكلة اللحوم تدير كل هذا باستخدام أدوات الفخ والإستدراج بالإضافة الى آلية وترسانة من المواد الكيميائية لتسهيل الهضم الكامل للفريسة[1].



الشكل ٥.٣. خَنَّاق الذباب او مصيدة فينوس وهو نبات آكل اللحوم وفخه في حالات الفتح والإغلاق وخلال مرحلة الهضم.

يقول آرون إليسون ونيكولاس جوتيلي كان تشارلز داروين رائدًا في البحث الحديث عن النباتات آكلة اللحوم من خلال كتابه "نباتات حشرية" المطبوع عام ١٨٧٥. وقد قام فيه بتطبيق فكرته عن التماثل (الذي يسميه علماء الأحياء التطوريون الحديثون " التنادد الكاذب")، لتسليط الضوء على ما رآه تقاربًا تطوريًا عبر أصناف غير ذات صلة على ما يبدو، وكان داروين أول من قدم وصفًا للتراكيب التي تستخدمها ثمانية أجناس من النباتات في حبس الحشرات[2].

(1) John Brittnacher, "What are Carnivorous Plants?" International Carnivorous Plant Society, January 2010, http://www.carnivorousplants.org/cp/carnivory/what. For an encyclopedic work that covers the ecology, diversity, and natural history of carnivorous plants see Stewart McPherson, Carnivorous Plants and Their Habitats, vols. 1 and 2, eds. Andreas Fleischmann and Alastair Robinson (Dorset, UK: Redfern Natural History Productions Ltd., 2010).

(2) Aaron M. Ellison and Nicholas J. Gotelli, "Energetics and the Evolution of Carnivorous Plants—Darwin's 'Most Wonderful Plants in the World,'" Journal of Experimental Botany 60, no. 1 (2009): 21.

وقد ذكر «بأن هذه النباتات مثيرة للإعجاب ليس فقط لأنها تمكنت من التقاط الفرائس ولكن أيضًا لاستخدام أنزيمات محددة لحل البروتينات الحيوانية ثم امتصاصها». إذا لم تكن هناك إنزيمات، فلن يكون هناك أي فائدة للمصيدة على الإطلاق. على الرغم من أن داروين قد وصف كل هذا منذ ما يقرب من ١٥٠ عامًا، إلا أنه لم يظهر، منذ ذلك الحين، أي تفسير لكيف استطاعت هذه الكائنات المدهشة تطوير وظائفها التشريحية والكهربائية والبيوكيميائية المعقدة والمتزامنة للغاية.

تستخدم النباتات آكلة اللحوم أوراق متخصصة للغاية تعمل بمثابة مصائد ميكانيكية. يقول جون بريتناشر «ان العديد من الفخاخ تغري الفريسة بألوان زاهية، أو بغدد رحيقية خارج الزهرة، او بشعريات موجهة، أو بملحقات ورقية، وبمجرد إمساك الفريسة وقتلها يتم هضمها بواسطة النبات او بواسطة كائنات شريكة. ثم يمتص النبات العناصر الغذائية المتاحة من الجثة. يمكن ان تنمو معظم النباتات آكلة اللحوم دون استهلاك الفرائس لكنها تنمو بشكل أسرع وتتكاثر بشكل أفضل مع المواد الغذائية المستمدة من فرائسها»[١].

خَنَّاق الذباب او مصيدة فينوس، Dionaea muscipula، هو من أشهر النباتات آكلة اللحوم[٢]. في الغالب يأكل الذباب في بيئته البرية في جنوب شرق الولايات المتحدة، لكنه يمكن أن يستهلك أي شيء حي يناسب الفخ. كما أوضح راينر هيدريتش وإروين نيهير، يوظف النبات مستقبِلات ميكانيكية حساسة للغاية بقوله «وعند ملامسة الفرائس، يتم إطلاق الإجراءات الفعلية عبر شبكة كهربائية – يمكن مقارنتها بالنظام العصبي للفقاريات – تغلق بسرعة فخها الثنائي الصدفة»[٣]. (الشكل ٥.٤)[١]

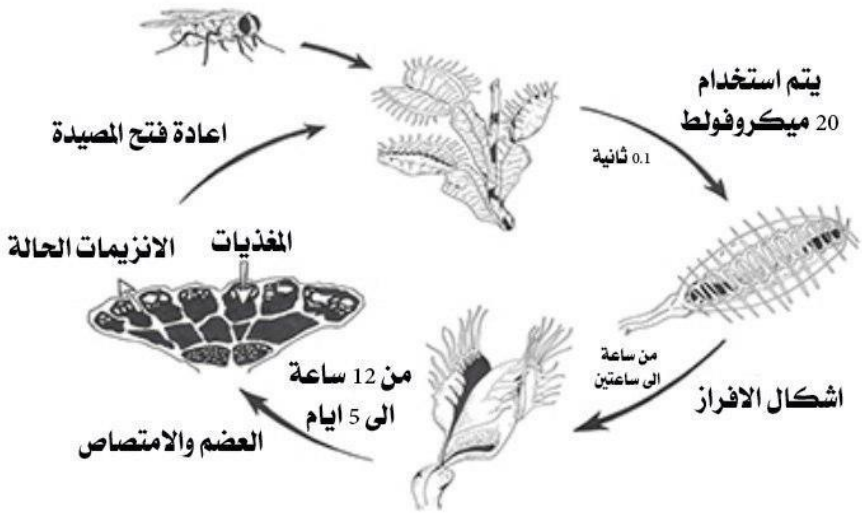
(1) Brittnacher, "What are Carnivorous Plants?"

(٢) لقراءة وصف مفصل عن هذه النبتة راجع:

"Dionaea muscipula—The Venus Flytrap," Botanical Society of America, https://botany.org/Carnivorous_Plants/venus_flytrap.php.

(3) R. Hedrich and E. Neher, "Venus Flytrap: How an Excitable, Carnivorous Plant Works," Trends in Plant Science, 23, no 3 (2018): 220.

يتم إغلاق المصيدة تلقائيًا، ولكن بعد ذلك تتبع النبتة سلسلة مدبرة بعناية من تنشيط الجينات لإغلاق المصيدة بإحكام وهضم الفريسة وامتصاص العناصر الغذائية. يجب أن يحدث هذا التسلسل الكامل للأحداث في تزامن تام. ويتخذ المصنع قرارات خطوة بخطوة حول التنشيط عن طريق حساب المحفزات على الأعضاء الحسية.



الشكل ٥.٤. تحدث دورة مذهلة من الأحداث عندما يفتح خَنَّاق الذباب مصيدته ثنائية الصدَفة. يكتشف فريسته من خلال مستشعرات كيميائية كهربائية، يلتقطها بإغلاق المصيدة بسرعة، ويهضم الفريسة باستخدام إنزيمات انتقائية، ويشرب العصير قبل إعادة فتح المصيدة.

لم يجرؤ العلماء التطوريون على اقتراح أن خَنَّاق الذباب قد طور هذه المهارات الشبيهة بالمهارات الحيوانية من خلال أخذ الجينات من فريستها، وهذا إنجاز مستحيل تقريبًا لأن الفريسة يتم هضمها تمامًا من أجل الغذاء. بدلاً من ذلك، اقترحوا ان النبات قام بتعديل

(1) The Figure 5.4 cycle scheme was adapted from Hedrich and Erwin, "Venus Flytrap," 220–234.

وإعادة ترتيب وظائف الجينات التي تشترك فيها جميع النباتات. ولكن هذا أيضًا يكمن بعيدًا عن متناول عملية عمياء لا يمكنها التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية.

عادة ما يعثر على آكلات اللحوم في المملكة الحيوانية، وهناك يصبح الامر أكثر منطقية. هذا هو السبب في أنه من المثير للاهتمام العثور على هذا السلوك في الفرع الأخضر لشجرة الحياة، وخاصة مع الأخذ في الاعتبار أن معظم النباتات تبدو انها قادرة على العيش باستخدام التمثيل الضوئي فقط. إذا تطورت الحيوانات آكلة اللحوم هنا لتوفير المزيد من العناصر الغذائية، فلماذا يكافئ الانتقاء الطبيعي النباتات – القادرة على الاستفادة من المزيد من العناصر الغذائية – على إنفاقها على بعض العناصر الغذائية الثمينة التي كان عليها بالفعل تطوير أداة جديدة لإمداد المغذيات غير مفيدة، ويكافئ هذه النباتات التي يفترض أنها، على ما يبدو، تطور جهودها المبهرة على مدى أجيال لا حصر لها تمتد على مر العصور الطويلة؟ أي أنه إذا كانت التغذية على اللحوم مجرد مكافأة غير ضرورية للزهرة، فلماذا تختار الطبيعة جميع هذه الخطوات الوسيطة والعديدة لنظام المكافآت المعقد التي لم يقدم خلالها النظام أي فائدة تذكر – لا تغذية ولا حماية – للنبات، وعلى الأرجح فرضت تكلفة المواد الغذائية والطاقة ازاء البقاء على قيد الحياة؟

إذا تطورت ـ النباتات آكلات اللحوم ـ في المرة الأولى للحماية ثم تطورت لاحقًا لتوفير عناصر غذائية إضافية، فهذا لن يحل المشكلة وهي: لماذا تستهلك كل الطاقة في طريقها إلى نظام حماية وظيفي، قبل أن يعمل نظام الحماية اساساً؟ والانتقاء الطبيعي لا يتطلع إلى المكاسب المستقبلية، تذكر. الأمر كله يدور حول بـ "ماذا افدتني مؤخرًا؟

يتفاقم هذا التحدي الذي يواجه الداروينية من خلال حقيقة أنه إذا كانت النباتات قد تحولت الى ماهي بالفعل الان من كونها آكلة لحوم، فإنه كان عليها أن تفعل ذلك «بشكل

مستقل على الأقل ست مرات في خمس مجموعات مختلفة من كاسيات البذور»، كما أوضح إليسون وجوتيلي[١].

ربما يمكن للمرء أن يُمنح المعجزة التطورية مرة واحدة، ولكن ست مرات؟

يُعتقد أن نباتات أخرى، مثل نبتة الكوبرا الزنبقيّة وبعض أنواع فصيلة النابنطية فقدت القدرة على هضم الفرائس بنفسها. ربما كان الجهاز الهضمي يعمل بشكل جيد، ولكن بعد ذلك وجد النبات نفسه في بيئة غنية بالبكتيريا والكائنات الحية الأخرى بحيث تمكن أحد هذه النباتات المولودة بنظام هضمي معيب وعديم الكفاءة من التأقلم بشكل جيد. في مثل هذه الحالات، تمكن النبات من أن يعتمد على البكتيريا والكائنات الحية الأخرى الموجودة الآن في بيئته لهضم العناصر الغذائية من الفريسة التي التقطها.

تشرح جمعية النباتات آكلة اللحوم في موقعها على شبكة الإنترنت ذلك بالطريقة التالية: «بعبارة غير علمية، لماذا يجب على النبات أن يمر بكل العناء الموجود في هضم الفريسة عندما تقوم الكائنات الأخرى بذلك من أجلها؟ أو علميًا، إذا لم تكن هناك ميزة انتقائية لاستهلاك بعض الطاقة على الهضم، فإن الطفرات ستتراكم لإزالة الهضم»[٢].

ربما يكون الأمر كذلك، ولكن هذا تَراجُع - كسر نظام موجود. وكما يعلم أي شخص لديه أطفال، فإن أي طفل عمره عامان يمكنه إدارة ذلك. ان الداروينية تحتاج إلى شرح تطور النظم الجديدة، الأعجوبة الهندسية الجديدة، وليس التَراجُع عن الأنظمة الموجودة[٣].

(1) Aaron M. Ellison and Nicholas J. Gotelli, "Energetics and the Evolution of Carnivorous Plants—Darwin's 'Most Wonderful Plants in the World,'" Journal of Experimental Botany 60, no. 1 (2009): 19. 131

(2) Brittnacher, "What are Carnivorous Plants?"

(٣) للحصول على المزيد من الأمثلة على التراجع، والمشكلة التي يفرضها هذا النمط على النظرية التطورية الحديثة ، راجع كتاب مايكل بيهي، "داروين يتقهقر: العلم الجديد عن الحمض النووي الذي يتحدى التطور"

Darwin Devolves: The New Science about DNA That Challenges Evolution (San Francisco: HarperOne, 2019).

قد يقول شخص ما من أن المرء يحتاج فقط إلى القليل من الخيال لتبني إمكانية تطور مثل هذه النباتات، ولكن تخيلَ مسار تطوري ممكن، يعني وصف سلسلة من الخطوات الناجعة من البداية إلى المصيدة الهضمية والجهاز الهضمي. وإن تصور حدوث شيء ما من اجل البرهنة على حدوثه يستلزم الاعتقاد بأنه حدث. لم يقترب أحد من فعل هذا الأخير، وليس بسبب عدم المحاولة.

هل يُسمح لنا أن نتخيل، مع الأخذ في الاعتبار، الأسباب المحتملة الأخرى – الأسباب ذات القدرة الواضحة على تجميع الأعجوبة الهندسية الجديدة؟ دعونا نمضي قدمًا ونفكر في إمكانية أخرى، سواء حصلنا على إذن أم لا: بناء النظام يتطلب تبصرًا لما قد ينتهي داخل المصيدة من أجل مزامنة إنشاء نظام هضمي مناسب. يتطلب الأمر تبصرًا لجهاز الهضمي يعمل بشكل جيد من اجل تكبد عناء بناء فخ متطور. وكان التبصر مطلوبًا لبناء كل من النظامين بشكل منفرد.

قوة فريدة من نوعها

من السهل شطب بعض الكائنات الحية باعتبارها بسيطة وبدائية. ولكن بمجرد التكبير، باستخدام المجاهر القوية والكيمياء الحيوية، تجد أنه حتى الجوانب الضئيلة من الحياة معقدة بشكل أكثر مما نتصور. المجهر يفتح لنا عالماً كاملاً من التراكيب المعقدة المذهلة التي تحل ببراعة ما يمكن أن يكون مشاكل لا حل لها. وبينما ننتقل بمقياس الحجم إلى أشياء مثل الحشرات القافزة، وروبيان الملاكم، والنباتات آكلة اللحوم، نلتقي بالعديد من هذه الحلول الذكية.

ولم نتطرق إلا إلى أصغر عينة من هذه الحلول في الأمثلة التي تم استكشافها في هذا الفصل. لقد غمسنا إصبع قدم في محيط من الإبداع، إذا صح التعبير – الإبداع الذي يرتبط في تجربتنا العالمية بقوة فريدة من نوعها تقتصر على الذكاء – التبصر.

الفصل السادس

الطيور: دراسة حالة إفرادية في البصيرة

يتجلى في العالم الحي العديد من الحلول الهندسية المقترنة بالكيمياء العبقرية والبعيدة عن متناول الآليات التطورية غير الموجهة. ومن الأمثلة الصارخة ـ على هذا ـ بشكل خاص: الطيور.

هناك العديد من جوانب الكيمياء الحيوية والتصاميم البنيوية لدى الطيور التي يمكننا التركيز عليها مما يوحي بالتبصر والتخطيط والإبداع الرائع. سنركز هنا على جانبين فقط: ملاحة الطيور وتكاثر الطيور.

نظام الملاحة العالمي (الجي بي أس) لدى الطيور

الطيور المهاجرة لديها قدرات خارقة للعادة. وقد أفادت التقارير بأن بعض الطيور، مثل طيور السمامة الشائعة (الشكل ٦.١)، تطير لمدة عشرة أشهر، ونادراً ما تهبط خلالها لفترة وجيزة فقط أثناء هجرتها من أوروبا إلى أفريقيا وتعود مرة أخرى[1]. وربما كان الأكثر إثارة للإعجاب هو أنها تطير عبر المسافات الطويلة والمناظر الطبيعية المتنوعة والمتغيرة دون أن تضيع. كما لو أن لديها نظام تحديد المواقع (GPS) مدمج.

يعتمد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) البشري على براعة العقل والإشارات الراديوية من الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض، فمن خلال دمج الإشارات من عدة أقمار صناعية، يمكن لنظام تحديد المواقع تحديد موقعه على الأرض، وأحيانًا في حدود بضع بوصات. لقد عرف العلماء لعقود من الزمان أن الطيور لديها نظام تحديد المواقع العالمي

(1) Anders Hedenström et al., "Annual 10-Month Aerial Life Phase in the Common Swift Apus apus," Current Biology 26, no. 22 (2016): 3066–3070.

(GPS) على أساس مبدأ أكثر أناقة: فهي تشعر بالمجال المغناطيسي لـلأرض[1]، وهي حاسة تعرف بالاستقبال المغناطيسي (Magnetoreception).

تتنقل الطيور المهاجرة باستخدام هذه البوصلة المغناطيسية، ولكن حتى الطيور غير المهاجرة لديها هذه الحاسة وتتنقل باستخدام بوصلة مغناطيسية داخلية. وقد اقتُرح ذات مرة أن الحديد في منقار الطيور يزودهم، في الواقع، ببوصلة مغناطيسية.

تبين الآن أن نظام المستشعر أكثر تعقيدا حيث يشتمل على جزيئات خاصة في أعين الطيور تمكنها من رؤية خطوط المجال المغناطيسي لـلأرض (الشكل ٦.٢) واستخدامها كدلائل ملاحية.

(1) Wolfgang Wiltschko and Roswitha Wiltschko, "Magnetic Orientation in Birds," Journal of Experimental Biology 199, pt. 1 (1996): 29–38.

الشكل ٦.١. "السمامة الشائعة" (Apus apus) تطير لأشهر في رحلتها من أوروبا إلى إفريقيا دون أن تضيع. جزء من سرها قد يكون جزيء الكريبتكروم المعروف باسم Cry4 ، لذلك قد يسخر التشابك الكمومي.

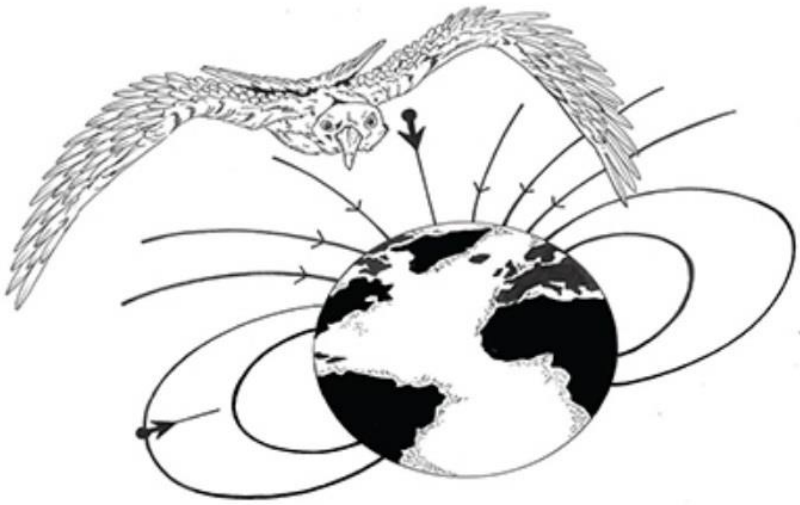
الجزيئات الخاصة عبارة عن بروتينات معقدة للغاية تسمى الكريبتكروم. معظم الكريبتكروم حساس للضوء ويشارك في "الساعة البيولوجية" التي تنظم الدورات الأيضية والسلوكية على مدار ٢٤ ساعة في الحيوانات، بالإضافة الى ان الأدلة الحديثة تشير إلى أن احد انواع الكريبتكروم، يدعى Cry4 ويشارك في حاسة الاستقبال المغنطيسي لدى الطيور[1].

كيف يمكن لبروتين Cry4 أن يكتشف خطوط المجال المغناطيسي؟

عند تنشيطه بواسطة الضوء، يفصل Cry4 الإلكترون عن أحد أزواجه مكونًا ما يسمى بـ "الزوج الجذري". (في الفقاريات، الكريبتكروم هي الجزيئات الوحيدة التي تفعل ذلك).

في الذرة أو الجزيء، "المدار الذري" هو حالة كمية محددة تحدد طاقة الإلكترون ودورانه وموقعه المحتمل بالنسبة للنواة. عادة ما يحتوي كل مدار على زوج من الإلكترونات يدور كل واحد منهما عكس اتجاه الاخر وبحقول مغناطيسية متعاكسة الاتجاه. يتشكل الجذر الحر (في الكيمياء) عندما يحمل نوع كيميائي إلكترونًا واحدًا غير مرتبط، ويتشكل الزوج الجذري عندما يكون لديه إلكترونان غير متزاوجين يرتبطان بما يعرف باسم التشابك الكمومي (أحد أغرب الظواهر التي اكتشفتها الفيزياء الحديثة).

(1) Anja Günther et al., "Double-Cone Localization and Seasonal Expression Pattern Suggest a Role in Magnetoreception for European Robin Cryptochrome 4," Current Biology 28 (2018): 211–223; Atticus Pinzon-Rodriguez, Staffan Bensch, and Rachel Muheim, "Expression Patterns of Cryptochrome Genes in Avian Retina Suggest Involvement of Cry4 in Light-dependent Magnetoreception," Journal of The Royal Society Interface 15, no. 140 (2018): 20180058.



الشكل ٦.٢. في بعض الحالات، يمكن لطير "السمامة الشائعة" أن يطير لعدة أشهر في كل مرة دون ان يهبط، ويتنقل من خلال رؤية خطوط المجال المغناطيسي للأرض، على ما يبدو عن طريق استخدام جزيء البروتين Cry4 العالي التقنية في عينه. وما يثير الإعجاب أيضًا انه يمكنه الطيران والتنقل أثناء النوم.

الدكتور ديفيد كايزر وصف هذا النوع من الطيور قائلا: «يتعلق التشابك بسلوك الجسيمات الدقيقة، مثل الإلكترونات، التي تفاعلت في الماضي ثم انفصلت. عند قيامنا بتحريك احد الجسيمات هنا، بقياس إحدى خصائصه - موقعه أو زخمه أو "دورانه" – نرى ان شريكه يتحرك بنفس الحركة، بغض النظر عن المسافة التي تفصل بين الجسمين»[1].

هذا يبدو وكأنه خيال علمي، أليس كذلك؟ استخلص ألبرت أينشتاين وبوريس بودولسكي وناثان روزن هذه الظاهرة من نظرية ميكانيكا الكم، لكنهم شككوا فيها،

(1) David Kaiser, "Is Quantum Entanglement Real?" New York Times, Nov. 14, 2014, https://www.nytimes.com/2014/11/16/opinion/sunday/is-quantumentanglement- real.html.

وخلصوا إلى أن النظرية يجب أن تكون غير كاملة[١]. لكن التشابك الكمي ثبت لاحقًا بشكل تجريبي. حيث أثبت، عام ٢٠١٣، فريق من العلماء الصينيين أن سرعة التواصل بين جسيمين متشابكين لا يمكن أن تقل عن ١٠٠٠٠ ضعف سرعة الضوء[٢].

من المعروف، منذ عقود، أن الأزواج الجذرية تتأثر بالحقول المغناطيسية في الظروف المختبرية[٣]، لكن في عام ١٩٩٦ اقترح الكيميائيان بريان بروكليهرست وكيث آلان ماكلوشلان أن نفس الظاهرة قد تحدث في النظم البيولوجية[٤]. وفي عام ٢٠٠٠ اقترح علماء الفيزياء الحيوية ثورستن ريتز، وصالح آدم، وكلاوس شولتن أن هذه الظاهرة قد تكون أساسًا لحاسة الاستقبال المغنطيسي لدى الطيور[٥].

فعندما يتشكل زوج جذري في بروتين Cry4 نشط بالضوء، يكون العضوان في الزوج على بعد بضعة أجزاء من المليار من المتر من بعضهم البعض. ولكن حتى في هذه المسافة الجزيئية الصغيرة، يمكن أن يتأثر الإلكترونان غير المتزاوجين بشكل مختلف بالحقل المغناطيسي للأرض. من الناحية النظرية، يمكن أن تنتج العديد من هذه الأزواج المتشابكة صورة في عين الطائر تمكنه من التنقل.

مشكلة واحدة في هذا الاقتراح هي أن الأزواج الجذرية المرتبطة بواسطة التشابك الكمي هي قصيرة الأجل للغاية. في المختبر، أفضل جزيء يحافظ على التشابك الكمي هو "بوكمينستر فوليرين"، الذي سمي على هذا النحو لأنه يشبه القباب الجيوديسية التي صممها

(1) Albert Einstein, Boris Podolsky, and Nathan Rosen, "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" Physical Review 47 (1935): 777.

(2) Juan Yin et al., "Lower Bound on the Speed of Nonlocal Correlations without Locality and Measurement Choice Loopholes," Physical Review Letters 110 (2013): 260407.

(3) Klaus Schulten and Albert Weller, "Exploring Fast Electron Transfer Processes by Magnetic Fields," Biophysical Journal 24 (1978): 295–305.

(4) Brian Brocklehurst and Keith Alan McLauchlan, "Free Radical Mechanism for the Effects of Environmental Electromagnetic Fields on Biological Systems," International Journal of Radiation Biology 69 (1996): 3–24.

(5) Thorsten Ritz, Salih Adem, and Klaus Schulten, "A Model for Photoreceptor- Based Magnetoreception in Birds," Biophysical Journal 78 (2000): 707–718.

ريتشارد بوكمينستر فولر في الأربعينيات من القرن العشرين. وتسمى هذه الجزيئات الجميلة القائمة على الكربون أيضًا "كرات البوكي" أو "الفوليرينات". وفي داخل الفوليرين في درجة حرارة الغرفة، يمكن الحفاظ على زوج جذري في تشابك كمي لمدة ثمانين ميكرو ثانية.

في عام ٢٠١١، استخدم فريق من علماء الفيزياء «نظرية المعلومات الكمية ونموذج الزوج الجذري الذي يحظى بقبول واسع النطاق لتحليل الملاحظات التجريبية الحديثة لبوصلة الطيور». وخلص الفريق إلى أن التشابك الكمي في عين الطير يدوم حوالي مائة ميكرو ثانية، «متجاوزاً الفترات التي تحققت في أفضل النظم الجزيئية المماثلة من صنع الإنسان»[1].

اوضح الفيزيائي سايمون بنيامين، وهو عضو في فريق علماء الفيزياء، بعض الحقائق من خلال مقارنة بروتين Cry4 مع الفوليرين. وتساءل «كيف يمكن أن يتطور النظام الحي لحماية الحالة الكمية مثلما يمكننا فعله (او ربما بشكل أفضل) في المختبر باستخدام هذه الجزيئات الغريبة؟ *مهما يكن فإن الطائر يعمل بطريقة أفضل من جزيئنا الجميل المصمم بشكل خاص. هذا مذهل*[2]».

إذا تنقلت الطيور عبر الحقل المغناطيسي للأرض باستخدام الأزواج الجذرية والتشابك الكمي، فمن غير المعقول أن نفترض أن مثل هذه القدرة المدهشة تطورت بخطوة وظيفية صغيرة في كل مرة. لم يكن الطائر بحاجة إلى جزيئات بارعة حساسة مغنطيسياً كأجهزة استشعار فحسب، بل وأيضاً الى القنوات التي تنقل الإشارات من المستشعرات إلى المنطقة الصحيحة من الدماغ. وكان الدماغ سيحتاج إلى جهاز لتفسير تلك المعلومات المحددة والرد عليها بشكل صحيح، ومن أجل توفير هذه الميزة الوظيفية، يتحتم تنفيذ نظام "خارق للعادة"

(1) Erik M. Gauger et al., "Sustained Quantum Coherence Entanglement in the Avian Compass," Physical Review Letters 106 (2011): 040503.

(2) Lisa Grossman, "In the Blink of Bird's Eye, A Model for Quantum Navigation," Wired, January 27, 2011, https://www.wired.com/2011/01/quantum-birds/.

وعلى دفعة واحدة. لذلك يبدو، كما خلص رأي فريد هويل عن عالمنا وحياتنا، أن "العقل الفائق"، القادر على التبصر، واستباق الاكتشافات العلمية، "تلاعب" بفيزياء الكم، إلى جانب الكيمياء وعلم الأحياء[1].

بيوض الطيور

الأكسجين الجزيئي (O_2) ضروري للحياة في الكائن الحي من لحظة الحمل تقريبًا، وذلك من اجل تحويل المواد الغذائية إلى طاقة. فمن دون أكسجين لن تكون هناك حياة. يحتاج الطفل البشري الأكسجين حتى قبل أن تبدأ الرئتان في العمل، فمع نمو البويضة المخصبة داخل رحم الأم، تزود الأم الجنين بما يكفي من الأكسجين عبر الحبل السري.

هذا في الانسان، فماذا عن الطيور التي لا ينمو جنينها في رحم أمه، إذ هو مفصول تماماً عن أمه ومعزول داخل كبسولة هي البيضة التي تبدو من الخارج اشبه بالتابوت منها للمهد، محاطة بقشرة كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) الصلدة والمحكمة الأغلاق[2].

إن البيوض (الشكل ٦.٣) ليست توابيت بل هي مهود قائمة بذاتها، مليئة بالحيل الغريبة والرائعة لتزويد الفرخ بكل ما يحتاج إليه، من الحماية الميكانيكية إلى مجموعة من الأطعمة الدقيقة (صفار وبياض البيض).

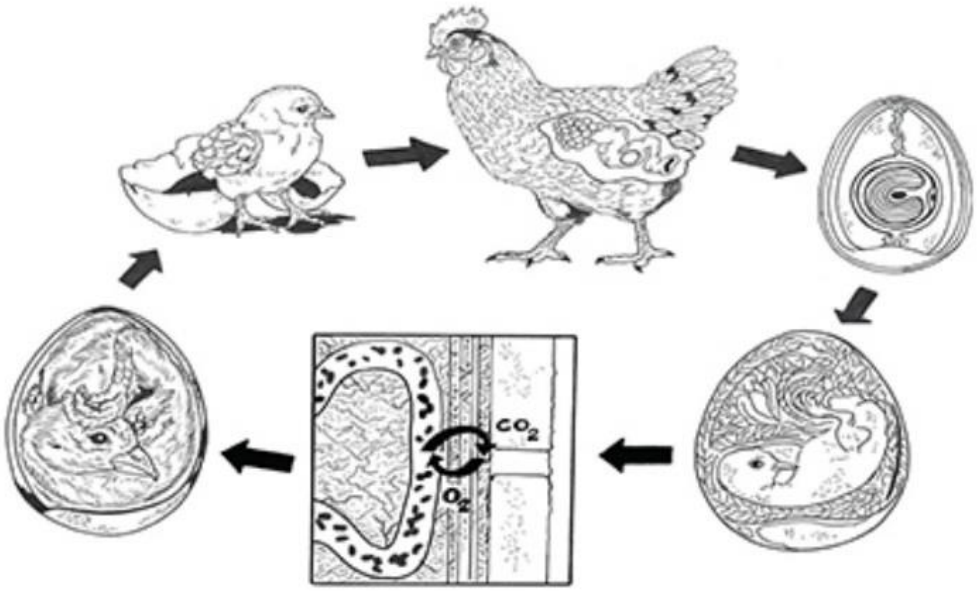
تشبه البيضة سفينة الفضاء التي تحتوي على كل ما تحتاج إليه، باستثناء شيء واحد وهو الأكسجين. للوهلة الأولى، يبدو أن الموت بالاختناق أمر لا مفر منه. ولكن يبقى الطائر الصغير في الداخل، وينضج بشكل جيد، لأسابيع. كيف يحصل على الأكسجين؟ وكيف يطرد ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تحويل المواد الغذائية إلى طاقة؟ إذا كان هناك الكثير من ثاني

(1) Fred Hoyle, "The Universe: Past and Present Reflections," Annual Review of Astronomy and Astrophysics 20 (1982): 16.

(2) P. Hunton, "Research on Eggshell Structure and Quality: An Historical 132 Overview," Revista Brasileira de Ciencias Avicolas 7, no. 2 (2005): 67.

أكسيد الكربون يتراكم في الداخل، فسيخنق هذا الحيوان الصغير. كيف يحصل الفرخ بشكل انتقائي وفعال على الأكسجين ويتخلص من ثاني أكسيد الكربون؟

نشرت الإذاعة الوطنية العامة مقطع فيديو قصير عبر الإنترنت حول هذا الموضوع أوصي به بشدة. سنلخص هنا الكثير مما تم وصفه وتصويره هناك[1].



الشكل ٦.٣. بيولوجيا تكاثر الطيور والزواحف فريدة من نوعها، وقد تساءل العلماء منذ فترة طويلة كيف نشأت البيضة المتطورة للغاية في النظام.

تحتوي البيضة على قشرة صلبة بعد نفاذية الماء والهواء، قوية بما يكفي لتحمل وزن الأم المحتضنة. تحتوي القشرة على آلاف المسام الصغيرة، مساحة كل منها أقل من جزء من الألف من البوصة – وهي صغيرة جدًا بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. على سبيل المثال، تحتوي بيضة الدجاج على أكثر من ٧٠٠٠ مسامه صغيرة. يتم معايرة هذه المسام الصغيرة جداً

(1) "How Birds Get Oxygen Inside Their Eggs," NPR's Skunk Bear, April 17, 2018, https://youtu.be/w-M33PtwtM4.

للحفاظ على سلامة الهيكل كله. إنها تردع الغزاة بينما تسمح للأكسجين من الهواء النقي بالدخول ولعادم ثاني أكسيد الكربون بالخروج. لو كانت هذه المسام إما أكبر بقليل او أصغر بقليل، لكانت الطيور قد انقرضت.

ولكن مجرد وجود المسام ليس كافياً. يوجد غشاءان انتقائيان رائعان تحت قشرة بيضة الدجاج مباشرة، يتعاونان بطريقة متزامنة للغاية. عندما تجلس الأنثى على البيض لتحضن صغارها، عادة ما تكون البيضة أكثر دفئًا من الهواء المحيط. وعندما تبرد البيضة، تتقلص محتوياتها قليلاً، فتسحب الغشاءين إلى الداخل في الوقت المثالي. يمتص الانكماش في الهواء من الجو، ويشكل كيسًا صغيرًا يحتوي في الغالب على نيتروجين (N_2) ولكنه يحتوي أيضًا على كمية كافية من الأكسجين O_2.

ثم بطريقة ما الفرخ الصغير "يشعر" بأن الأكسجين O_2 الثمين قد دخل البيضة. للوصول إليه يملك الفرخ شبكة حساسة من الشعيرات الدموية في عملية وراثية وأيضية مدبرة بدقة. تم تصميم هذه الشعيرات الدموية بشكل مثالي لإدخال الأكسجين وإخراج ثاني أكسيد الكربون من دم الطائر. تنبثق هذه الشبكة من بطن الكتكوت وتلامس الأغشية، فتتصل بها بشكل وثيق. يسمح لغشاء البيضة أيضًا بالتغلغل الانتقائي من خلال التبادل الصحيح للأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

إنها تحفة عالية التقنية لمعالجة الهواء والتحكم فيه.

سبب آخر يجعل من مسام البيض روائع هندسية، فهي تسمح لجزيئات الماء بالانتقال من وإلى القشرة. يتبخر الماء ببطء، مما يخلق مساحة فارغة ليملأها الهواء. عندما يكون الصغير على وشك الخروج، فإنه يثقب كيس الهواء المنتفخ ليأخذ أنفاسه الأولى بينما لا يزال داخل البيضة.

أعجوبة هندسية أخرى في البيضة وهي ما يسمى بسن البيضة. وهو نتوء صغير يشبه القرن، يبدأ بالنمو على المنقار العلوي في اليوم السابع داخل البويضة. مع اقتراب وقت الفقس الذي يتم بعد واحد وعشرين يومًا من وضع البيضة، يصبح سن البيضة صلباً وحاداً حتى يتمكن الفرخ من استخدامه لاختراق الغشاء الداخلي للوصول إلى خلية الهواء الموجودة في نهاية البيضة الطرفية غير الحادة[١]. يحتوي كيس الهواء الموجود بين القشرة والغشاء الداخلي على الكمية المناسبة فقط من الأكسجين للسماح للفرخ للبدء في استخدام الجهاز التنفسي لمدة تصل إلى ثلاثة أيام قبل الفقس. باستخدام خزان الهواء هذا، يملأ الفرخ رئتيه ويصبح قويًا بما يكفي لعمل ثقوب في قشرة البيضة الصلبة.

مخالب الفرخ والمنقار ليست قوية بما يكفي لاختراق قشرة البيضة الصلبة، لذلك فإن سن البيضة وكيس الهواء ضروريان[٢]. من دون سن البيضة وكيس الهواء، سيموت الفرخ داخل البيضة.

يحتاج الطائر الصغير أيضًا إلى شيء آخر لعمل أول صدع في القشرة (يطلق عليه "pipping"). من اجل عمل ثقوب الأغشية والقشرة الصلبة، تتضخم إحدى العضلات على الجانب الخلفي من عنق الطائر لتصويب المنقار نحو القشرة. إن تثقيب الفتحة الأولى في القشرة متعب لدرجة أن الفرخ يستريح لمدة تصل إلى ثماني ساعات بعد ذلك. ثم، كما توضح غيل داميرو، فإن الفرخ المستريح يدور في الإتجاه المعاكس لعقارب الساعة، حوالي ثلاثة أرباع الدورة، ويطرق القشرة بسن البيضة «آلاف المرات، حتى يكسر القشرة صانعاً غطاء قشرة في النهاية الطرفية غير الحادة للبيضة»[٣].

(1) Gail Damerow, "What is an Egg Tooth?" Cackle Hatchery, August 26, 2016, https://blog.cacklehatchery.com/what-is-an-egg-tooth/.
(2) Damerow, "What is an Egg Tooth?"
(3) Damerow, "What is an Egg Tooth?"

يمكن أن يستغرق هذا العمل المصمم بشكل كبير لكسر قشرة البيضة مدة تصل إلى خمس ساعات. يعرف الفرخ متى يتم ذلك ويدفع غطاء القشرة برأسه. بعد حوالي أربعين دقيقة من المخاض، يكسر غطاء الصدفة أخيرًا. يصاب الطائر الوليد بالأجهاد مجدداً ويأخذ استراحة اخرى، بعدها يقوم بركلة واحدة قوية يهرب من قشرة البيضة[1].

سن البيضة ضروري للهروب. لكن لاحظ أيضًا أن والدة الفرخ لم تتح لها الفرصة لتعليم الفرخ كيفية القيام بأي شيء، ومع ذلك بطريقة ما يعرف كل ذلك. (إذا لم يحدث ذلك، فسوف يموت). هذه الدراية هي أيضًا جزء مما يبدو أنه يجب تقديره وتسليمه مقدمًا.

إن ثمة تآزر مذهل في العمل بين فرخ الطفل داخل بيضته والأم في الخارج. الأم "تعرف" أنها يجب أن تحضن البيض لبضعة أسابيع، وتدفئته وتقلبه عدة مرات في اليوم. بعد حوالي سبعة عشر يومًا من الحضانة تحت الدجاجة الأم، يبدأ الفرخ في الزقزقة. إشارات صوتية تشير الدجاجة إلى أن الفرخ جاهز تقريبًا لترك البيضة.

بمجرد سماعها للرسالة، تبدأ الدجاجة في ثقب الثقوب في النهاية المستديرة للقشرة. يدخل المزيد من الهواء، مما يسمح للفرخ بمزيد من الأكسجين وبالتالي قوة للتفقيس. من هذه النقطة فصاعدًا، سيستخدم الفرخ سن البيضة لكسر القشرة، مستديراً بجسمه في عملية منسقة للغاية حتى يتمكن من التحرر.

على الرغم من أن هذه هي الطريقة الأكثر شيوعًا لتفقيس الأفراخ، إلا أن الفرخ في بعض الأنواع يقسم جانب البيضة ويخرج من خلال ثقب غير مرتب. تختلف كمية النقر المطلوبة، وتظهر مبرمجة مسبقًا لتتناسب مع صلابة البيضة وتحمل الفرخ.

(1) Damerow, "What is an Egg Tooth?" Once the chick has broken free of the shell, its beak will continue to strengthen and grow. However, the egg tooth stops growing after hatching, drying up and falling off a few days later.

أعلن توماس وينتورث هيجينسون، مؤلف في القرن التاسع عشر، وناشط لإلغاء عقوبة الإعدام، وناشط في مجال حقوق المرأة، «أعتقد أنه إذا تطلب الأمر ألم الموت أن أذكر على الفور أكثر الأشياء مثالية في الكون، فيجب أن أخاطر بمصيري من اجل بيض الطيور»[١]. يبدو أن هناك حاجة إلى مستويات متعددة من التبصر لتنظيم شيء مثالي مثل البيضة. كما هو الحال مع الحالات الأخرى، تشرح السيناريوهات التطورية المقترحة فائدة الحصول على بيضة ودجاجة لتوفيرها، ولكنها تتجاهل التفاصيل الخاصة بكيفية أن يكون هذا النظام الأكثر روعة قد نشأ خطوة صغيرة عمياء في كل مرة على مدار أجيال عديدة[٢].

من الذي جاء أولاً؟

السؤال القديم هو: من الذي جاء أولاً، الدجاج أم البيضة؟

تحتاج الدجاجة في وجودها الى وجود بيضة، وفي الوقت نفسه تحتاج البيضة الى دجاجة، لكن الدجاج الذي وضع بيضًا متطورًا جزئيًا فقط، وغير كامل الوظائف، سينقرض في جيل واحد *وداعًا أيها الطير*.

يجب تخطيط البيضة التي تؤدي وظائفها بالكامل مسبقًا، بمسامها ذات الحجم الصحيح وأغشيتها الداخلية وكيس الهواء القابل للتوسع. يجب برمجة الكتكوت لربط نفسه عبر شبكة من الأوعية الدموية بالأغشية، ولتوسيع كيسه الهوائي ببطء حتى يتمكن من تجريب رئتيه الجديدتين قبل كسر جدران سجنه، ويجب أيضًا تحميل البيضة بما يكفي من الطعام لتنضيج

(١) مقتبس في مقدمة كتاب تيم بيركهيد "الشيء الأكثر مثالية داخل (وخارج) بيضة الطائر (طبعة نيويوك: بلومزبري ٢٠١٦).
Tim Birkhead, The Most Perfect Thing: Inside (and Outside) a Bird's Egg (New York: Bloomsbury, 2016), preface.

(٢) للاطلاع على بعض السيناريوهات التخيمينية حول تطور البيضة ، انظر:
Mary C. Stoddard et al., "Avian Egg Shape: Form, Function, and Evolution," Science 356, no. 6344 (2017): 1249–54; David J. Varricchio and Frankie D. Jackson, "Reproduction in Mesozoic Birds and Evolution of the Modern Avian Reproductive Mode," The Auk 133, no. 4 (10 August 2016): 654–84.

الفرخ. ويجب أن يكون للفرخ سن بيضة قوي ومصمم جيدًا بالإضافة الى معرفته بكيفية الخروج من القشرة. ويتعين ايضاً على الفرخ والدجاجة تنسيق سلوكهما. إذا تم التغاضي عن أي من هذه الخطوات المعقدة، والسلوكيات، والهياكل، فلن تعيش الطيور لفترة تسمح للانتقاء الطبيعي تطوير أي شيء جديد.

الطيور والبيض هي في الواقع حالات ملفتة للنظر في التبصر والتخطيط في الطبيعة.

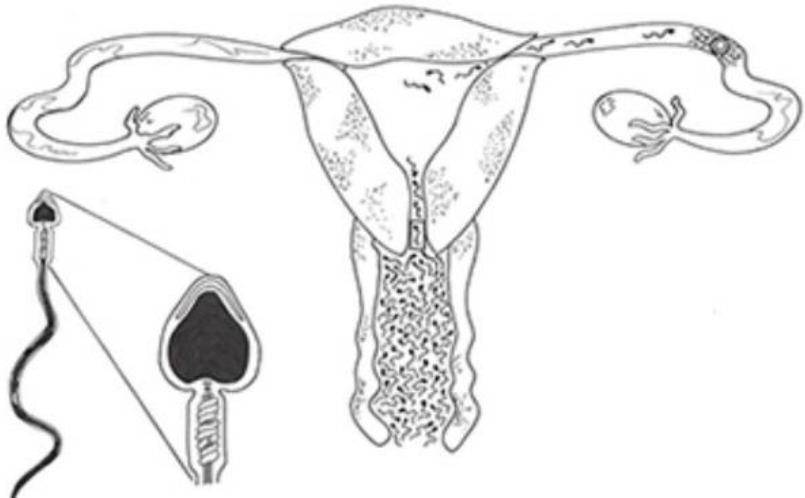
الفصل السابع

البصيرة في النموذج البشري: التكاثر

إن أجسادنا مليئة بالحلول التي تتصدى للمشاكل المعقدة لدرجة أنه سأكون مقصراً ان لم أستكشف بعضها في هذه الصفحات. هناك العديد من الأمثلة الجميلة التي سأغطي فقط عينة صغيرة منها.

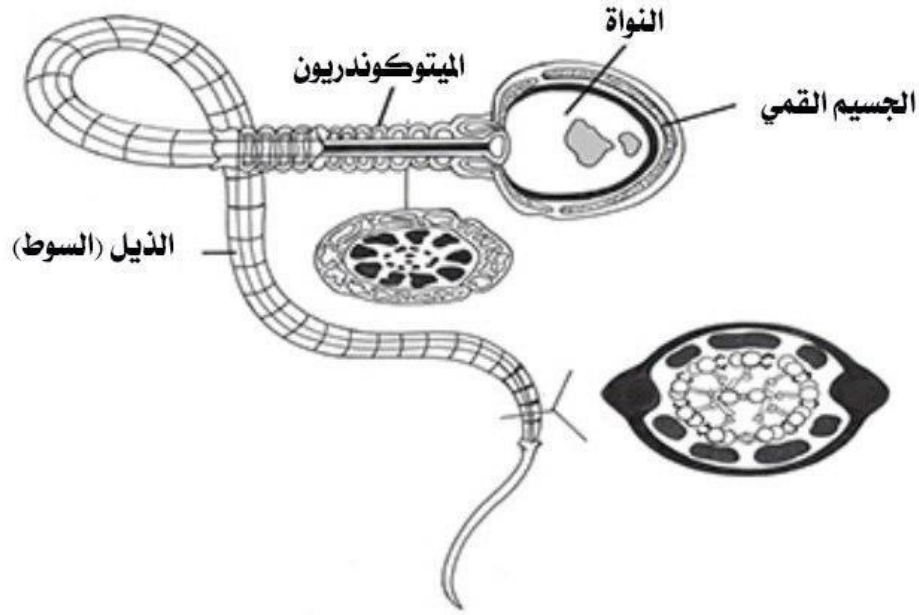
البويضة والحيوان المنوي

المعجزة العظيمة للحمل تبدأ باندفاعة مجنونة. ما بين ١٠٠ مليون و٣٠٠ مليون من الحيوانات المنوية يصطفون عند خط البداية (الشكل ٧.١). خط النهاية يقع على بعد مسافة، والجائزة هي المشاركة في صنع فرد جديد، طفل بشري. الفائز هو أول حيوان منوي قادر على اختراق غشاء البويضة. مثل هذه السباقات يمكن أن تبدأ عدة مرات في الشهر، ولكن الكثير منها ينتهي دون أي جائزة نظراً لأن البيضة تنتظر عند خط النهاية مرة واحدة فقط في الشهر.



الشكل ٧.١. في الوسط الجهاز التناسلي الأنثوي، مع مهبل مليء (في الجزء السفلي) بالحيوانات المنوية. على اليسار الحيوان المنوي. باستخدام مولداتها من الميتوكوندريا ومراوحها،

تبدأ ملايين الحيوانات المنوية السباق، ولكن واحد محظوظ منها فقط سيصل الى البويضة ويخترقها.



الشكل ٧.٢. أكثر سيارات السباق تطوراً على الأرض: الحيوانات المنوية.

الحيوان المنوي مجهز تجهيزًا جيدًا للسباق بذيل الطويل (يسمى السوط، على الرغم من أنه يختلف تمامًا عن السوط الجرثومي) لدفعه إلى الأمام، وبعدة عشرات من مولدات الطاقة من الميتوكوندريا، وبمليارات البايتات من المعلومات لتمريرها، و"بكاشف حساس للبويضة" لتوجيهه، وبمجموعة من الانزيمات لفتح الباب أمام النصر النهائي.

ولا تشكل الحيوانات المنوية سوى نسبة قليلة من حجم السائل المنوي الذي يتم قذفه عادة من قبل ذكر الإنسان. تحتاج الحيوانات المنوية في اندفاعها نحو البيضة الى التغذية، فيغذيها السائل المنوي بالفركتوز. السائل المنوي هو أيضا قلوي قليلاً، ويحافظ على الحيوانات المنوية الحساسة للحموضة على قيد الحياة في الظروف الحمضية في الجهاز التناسلي الأنثوي.

تم إعداد مسار السباق الذي يبلغ طوله حوالي ١٥ سم بشكل صحيح فعند إطلاق هرمون الاستروجين، يفتح الحاجز المادي لعنق الرحم، ويزداد المخاط العنقي قلوية ومائية، ويتم تحفيز تقلصات الرحم، مما يساعد الحيوانات المنوية على دخول الجهاز التناسلي. لمساعدة الحيوانات المنوية في الوصول إلى قناة فالوب الحاملة للبويضة، تأتي تقلصات الرحم لدعم محرك الدفع للحيوانات المنوية.

الحيوانات المنوية التي تصل إلى قناة عنق الرحم بعد هروبها من هجوم جيش خلايا الدم البيضاء الدفاعية، يتم نقلها عن طريق بحر من مخاط عنق الرحم. هذا المخاط عادة ما يكون لزجًا، لكن في فترة الإباضة بالضبط يصبح شفافا وزلقا بحيث يكون مسار السباق معبّداً بشكل صحيح بسلسلة من الجزيئات التي يمكن للحيوانات المنوية ركوبها إلى وجهتها النهائية.

ولكن بعد وصوله الى المكان المناسب، كيف يجد الحيوان المنوي البويضة؟

تتبع الحيوانات المنوية عناصر كيميائية جاذبة منبعثة من البويضة[1]، باستخدام اجهزة استشعار كيميائية تقودها نحو الهدف.

كون الحيوان المنوي هو الاسرع لا يعني بالضرورة قيامه بالتلقيح، فقد تتحرك بعض الحيوانات المنوية بسرعة كبيرة ولكنها تصل قبل ظهور البيضة. وهناك حيوانات منوية تصل بعد فوات الأوان، ومما يجعل الأمور أكثر صعوبة، قناتا فالوب اللاتي عادة ما توجد بويضة في واحدة منهما فقط.

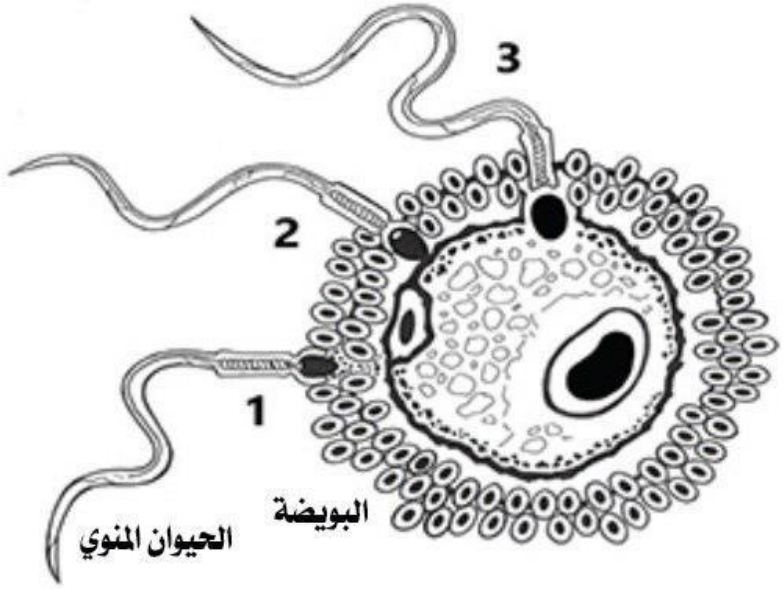
يفشل جميع المتسابقين ما عدا جزء صغير منهم في العثور على البويضة في المقام الأول.

(1) Jeffrey A. Riffell, Patrick J. Krug, and Richard K. Zimmer, "The Ecological and Evolutionary Consequences of Sperm Chemoattraction," Proceedings of the National Academy of Science 101, no. 13 (2004): 4501–6.

من بين ملايين الحيوانات المنوية في خط البداية، لا يصل سوى بضع مئات إلى البويضة. والوصول إلى البويضة ليس نهاية الصراع حيث لا تزال مسألة اختراق جدار البويضة هي التحدي النهائي.

تحيط بالبيضة طبقة خارجية سميكة تسمى المنطقة الشفافة، والتي تحتوي على بروتينات مزينة بالكربوهيدرات المتفرعة. هناك حرفياً الآلاف من أنماط الكربوهيدرات التي كان يمكن للبيضة استخدامها لصنع هذه البروتينات السكرية، كما يطلق عليها، ومع ذلك فإنها لا تصنع إلا النوع الذي يتعرف عليه الحيوان المنوي. تعتبر هذه المطابقة الكيميائية المثالية ضرورية للنجاح، ولكنها ليست كافية. إذ لا يزال يتعين على الحيوانات المنوية أن تشق طريقها عبر الأدغال.

لحسن الحظ، تم تجهيز الحيوانات المنوية بآلية لتجاوز المنطقة الشفافة. يُغطى رأس الحيوان المنوي بهيكل يسمى "الجسيم قمي". حالما يتصل الجسيم قمي بالمنطقة الشفافة، فإنه يطلق فقط الإنزيمات الهاضمة المناسبة لتمكينه من عبور الطبقة الخارجية السميكة للوصول إلى غشاء البويضة. (انظر الشكل ٧.٣) ثم يندمج غشاء الحيوان المنوي مع غشاء البويضة.



الشكل ٧.٣. تأتي اللحظة الأكثر أهمية عندما يجد الفائز البويضة ويخترق من خلال غطائه والغشاء الخارجيين (الخطوات من ١ إلى ٣) باستخدام ترسانة من الإنزيمات الرائعة. بعد ذلك، تمنع البويضة كل الحيوانات المنوية الأخرى من الدخول.

والبويضة لا تظل ثابتة أثناء عملية التلقيح، فهي تتحرك نحو الحيوانات المنوية المقتربة. ويطلق الغشاء المخاطي الذي يربط قناة فالوب إفرازات تساعد على نقل البويضة والحيوانات المنوية وإبقائها على قيد الحياة. وتعتبر البيكربونات وحمض اللبنيك في هذه الإفرازات موردين أساسيين للأكسجين للحيوان المنوي ولتطوير البويضة المخصبة. يوجد الجلوكوز أيضًا، مما يوفر دفعة شبيهة بطاقة مشروب "الريد بُل" للبيضة والحيوانات المنوية. وتوفر مجموعة من المواد الكيميائية المصممة بشكل صحيح بيئة مناسبة للتخصيب.

جوانب كثيرة من هذا السباق من أجل الحياة هي أعجوبة من اعاجيب التنسيق. فيجب أن تكون مستويات الكيمياء ودرجة الحموضة متوازنة تمامًا. وبعد "الليلة الأولى"، لابد أن يكون الرحم مستعداً لإنغراس البويضة المخصبة. يؤدي انغراس البويضة المخصبة إلى حدوث تغيير مبرمج في الهرمونات التي ينتجها جسم المرأة – على سبيل المثال يحفز هرمون البروجسترون نمو انسجة الثديين. ثم لاحقاً، تُعد المستويات المرتفعة لهرمون الاستروجين في الدم الثديين للإرضاع (إلى جانب هرمونات أخرى مثل الهرمون المُلَوتِن).

ولكن قد يكون أكثر المتسابقين المدعومين إثارة في سباق الحياة هم أولئك الموجودون في الغشاء المخاطي. المدفوعون بمحركات جزيئية متناهية الصغر، تقوم الهياكل الشبيهة بالشعر والتي تسمى الأهداب بسحب البيضة عبر قنوات فالوب باستخدام حركات متزامنة للغاية مثل حركات الذراعين والساقين للسباح البطل. حركة السباحة المتزامنة تلك، إلى جانب تقلصات العضلات الإيقاعية لجدار قناة فالوب، بالإضافة إلى الدفع السوطي للحيوانات المنوية، تحرك الحيوانات المنوية والبويضة باتجاه بعضهما البعض.

ان المثل القديم، "شخصان يمثلان صحبة، أما ثلاثة فزحام" يصح هنا. يجب أن تتم عملية الإنغراس ببويضة واحدة فيها نطفة واحدة، لكن عشرات الحيوانات المنوية الأخرى تصل أيضًا إلى البويضة وتحاول اقتحام الحفل. إذا ما قام اثنان من الحيوانات المنوية باختراق البويضة، فإن الفوضى الجينية التي تلي ذلك تقضي على الجنين.

ولمنع هذه المأساة، تحدث سلسلة من العمليات الكيميائية الحيوية المدبرة ببراعة بمجرد دخول الحيوانات المنوية إلى الجدار الأول[1]. جيش من الجزيئات يصلب بسرعة جدار البويضة الخارجي بمجرد دخول الحيوان المنوي الأول، ويمنع الحيوانات المنوية الأخرى (التي لم يتبقى الكثير منها الآن) من المتابعة. يؤدي اختراق الحيوان المنوي وانصهاره مع البويضة إلى إطلاق ملايين من أيونات الكالسيوم. تسفر هذه الأيونات عن حبيبات قشرية داخل البويضة وعن اندماج غشاء البلازما. تقوم الحبيبات القشرية بإسقاط حمولتها، التي هي إنزيمات تهضم المنطقة الشفافة، خارج الخلية بحيث لا يمكنها ربط الحيوانات المنوية. وفي الوقت نفسه، تولد جزيئات أخرى من الحبيبات طبقة حاجز جديدة حول البويضة المخصبة. وهكذا يتم تفادي حالة البويضة المخصبة من عدة حيوانات منوية المميتة[2].

في الآونة الأخيرة، حل العلماء لغزًا طويل الأمد في علم الأحياء[3] لقد اكتشفوا أن زوجًا متطابقًا من البروتينات المحددة يتيح للحيوانات المنوية "الالتحام" مع البويضة. يقع بروتين جونو، المسمى على اسم إلهة الخصوبة عند الرومان، على سطح البويضة ويرتبط ببروتين خاص بالحيوانات المنوية يعرف باسم "إزومو"، مسمى باسم مزار ياباني للزواج.

(1) Janice P. Evans and Harvey M. Florman, "The State of the Union: The Cell Biology of Fertilization," Nature Cell Biology & Nature Medicine 8, S1 (2002): S57–S63.

(2) Michael J. Seckl, Neil J. Sebire, and Ross S. Berkowitz, "Gestational Trophoblastic Disease," The Lancet 376, no. 9742 (2010): 717–29.

(3) Sarah Knapton, "Fertility Breakthrough: Scientists Discover How Sperm and Egg Bind," The Telegraph, April 16, 2014, https://www.telegraph.co.uk/news/science/science-news/10771028/Fertilitybreakthrough- scientists-discover-how-sperm-and-egg-bind.html.

كيف عرفوا هذه الخدعة المشفرة المدهشة؟

يجب أن تحدث هذه العملية المنسقة بعناية كي تبدأ حياة الإنسان. كل شيء يجب أن يحدث بالترتيب، لا يجب أن يحدث أي خطأ، كل قطعة يجب أن تلعب دورها، وإلا لن يكون هناك إنسان جديد. لو فشلت خطوة واحدة حتى من الخطوات التي لا غنى عنها في العمل، لن تكون هناك حياة جديدة. كل شيء أو لا شيء. هل لديك أي فكرة، أو هل سبق لك أن قرأت ورقة بحث علمية، موضحة بالمصطلحات الجزيئية – مدعومة بالبيانات – تبين كيف يمكن لهذه العملية أن تتجمع عن طريق خطوات تطورية صغيرة عمياء على حدة؟ لا تشعر بالسوء. لا أحد عليه ان يشعر بالسوء. أود أن أقترح أن السبب في ذلك هو أنها في الواقع لم تأت من خلال التطور الأعمى ولكن من خلال التبصر والإعداد الدقيق. هذا هو أفضل تفسير، بالنظر إلى ثروة الأدلة المتزايدة.

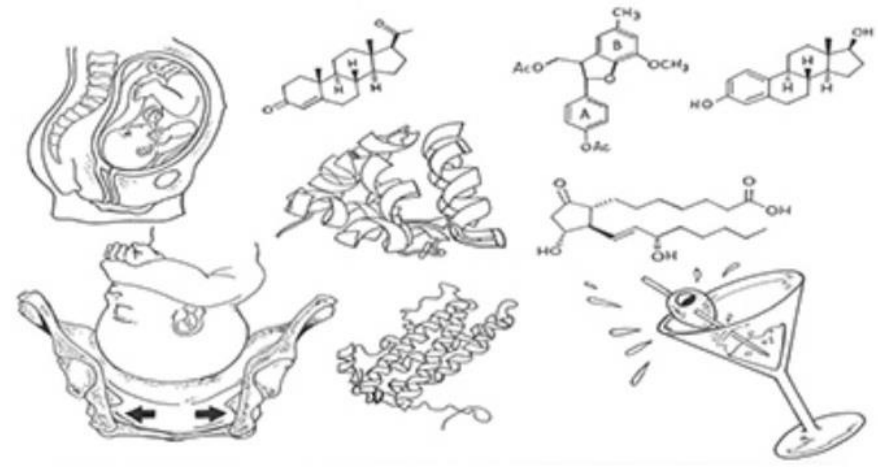
والضروريات المعقدة لإنسان ما قبل الولادة لا تنتهي بعد إنغراس البيضة، فبمجرد انتهاء هذه المرحلة الأولى المنسقة بعناية، تبدأ رحلة تستغرق تسعة أشهر – رحلة تتطلب أجزاء وعمليات متزامنة بعناية أكبر إذا ما قدر للرضيع ان يولد حياً.

الترسانة الكيميائية لهرمونات الحمل:

كما تطرقنا بإيجاز أعلاه، يتطلب الحمل سلسلة متسلسلة من التغيرات الكيميائية والمورفولوجية. وتأتي هذه الخطوات بفعل سلسلة من المحولات الكيميائية، وهي مجموعة من الجزيئات الحيوية الرائعة الكبيرة والصغيرة، والمعروفة معًا بالهرمونات (الشكل ٧.٤). تتحكم هذه الهرمونات في إنتاج البويضة، وتخصيبها، وتنمية الجنين، والولادة النهائية للطفل من رحم الأم[1].

(1) "Your Guide to Pregnancy Hormones: What to Expect," What to Expect, September 15, 2016, https://www.whattoexpect.com/pregnancy/pregnancyhealth/ pregnancy-hormones.aspx.

الهرمونات: هي أشكال مثيرة للاهتمام من وجهة نظر كيميائية. إنها مجموعة خاصة ومتنوعة تركيبياً من المحولات الكيميائية التي تتحكم في معظم وظائف الجسم الرئيسية، من العمليات الأساسية التي تولد الجوع إلى العمليات المعقدة للغاية والمتطورة مثل التكاثر. الهرمونات تسهم حتى في المشاعر والمزاج. يمكن للمرء أن يكتب كتابًا كاملًا آخر عن البصيرة المُتَجلّية في هرمونات الحمل وغيرها من الجزيئات الحيوية التي لا بد من تواجدها جميعاً لوصول أول طفل يولد على الأرض. سننظر إلى مجموعة صغيرة فقط منها هنا.



الشكل ٧.٤. مجرد عينة من الكوكتيل المتنوع من الجزيئات الحيوية المرسلة، أو الهرمونات، اللازمة لتنظيم الحمل والولادة.

تتسبب المواد الكيميائية المختلفة المرتبطة بالحمل بظواهر معينة للحمل، ولكنها تمنع أيضًا المشاكل التي قد تقتل الرضيع. على الرغم من أن بعض الهرمونات تلعب أدوارًا أكبر في الحمل من الهرمونات الأخرى، إلا أن جميعها ضرورية لإنتاج طفل سليم.

فيما يلي قائمة قصيرة بالهرمونات وملخص لأدوارها:

FSH: يعتقد أن الهرمونَ المنشّط للحوصلة (FSH) هو الأول في سلسلة هرمونات الحمل وهو موجود في دم الأم حتى قبل التخصيب. يحفز هرمون FSH إحدى الحويصلات الحاملة للبيض، ويخبرها أن تنضج وتبدأ في صنع هرمون الاستروجين.

LH: الهرمون المُلَوتِن (LH)، الذي يعمل بالتنسيق مع الهرمونَ المنشّط للحوصلة FSH، فينظم الدورة الشهرية ويصبح غير نشط أثناء الحمل. عندما يتسبب الهرمونَ المنشّط للحوصلة FSH في إنتاج هرمون الاستروجين، يطلق هذا المحول الكيميائي موجة من الهرمون المُلَوتِن والتي تطلب من الحويصلة المسيطرة إطلاق البويضة من المبيض. ثم تنتقل البويضة نحو قناة فالوب، حيث تنتظر وصول الحيوان المنوي الفائز. تشكل الحويصلة المنفرجة الجسم الأصفر الذي يتحلل في غضون أسبوعين تقريبًا إذا فشل الجنين في الإنغراس. إذا تم تخصيب البويضة، يستمر الجسم الأصفر في النمو، وينتج ما يكفي من الهرمونات لتغذية ودعم الحياة الجديدة.

hCG: موجهة الغدد التناسلية المشيمائية البشرِيّة أو هرمون الحمل هو محول كيميائي "للحمل فقط" يؤدي إلى إنتاج هرمون الاستروجين والبروجستيرون بمجرد تخصيب البويضة. مثل الهرمون المُلَوتِن (LH)، تكون موجهة الغدد التناسلية المشيمائية البشرِيّة (hCG) مسؤولة عن الحفاظ على الجسم الأصفر في الجسم حتى تصبح المشيمة. وعلى نفس القدر من الأهمية، تقوم موجهة الغدد التناسلية المشيمائية البشرِيّة بتثبيط ذلك الجزء من الجهاز المناعي للأم الذي قد يعامل طفلها كجسم غريب ويزيله. تنتج المشيمة النامية حديثًا موجهة الغدد التناسلية المشيمائية البشرِيّة بعد بضعة أيام فقط من انغراس البويضة المخصبة من أجل "خداع" الجيش الجزيئي للأم. يتم التحقق من الجنين ويبقى لمدة أربعين أسبوعًا، ويغذى مغذياتها. تكون كمية موجهة الغدد التناسلية المشيمائية البشرِيّة عالية جدا خلال فترة الحمل بحيث يمكن قياسها عن طريق اختبارات الحمل المنزلية. كما يحفز هذا الهرمون الجسم الأصفر لإنتاج المزيد من الاستروجين والبروجستيرون. إنها ترتفع وتنخفض، لكن مستويات موجهة الغدد

التناسلية المشيمائية البشرِيّة تظل موجودة طوال فترة الحمل، وتكون دائمًا على عاتقها مهمة حماية الطفل من رفض الجهاز المناعي للأم.

هرمون الاستروجين: هذا الهرمون موجود للقيام بالكثير من المهام، ولكنه يساعد بشكل أساسي الرحم على النمو، مع تنظيم إنتاج الهرمونات الرئيسية الأخرى وتحفيز نمو أعضاء الطفل.

هرمون البروجسترون: هو هرمون متعدد الوظائف يؤدي إلى نمو أنسجة الثدي، والأهم من ذلك أنه يساعد على تليين الأربطة والغضاريف لإعداد جسم الأم للمخاض، بحيث يمكن للطفل الخروج بسهولة.

هرمون الريلاكسين: يعتبر أيضًا هرمون مهم للحمل، فمن دون هرمون الريلاكسين، سيذهب كل هذا العمل الشاق هباء، وسيكون الطفل محاصراً داخل رحم الأم. وهنا يبدو وكأن هذه الكارثة كانت متوقعة وقد تم توفير الحل المناسب لها... يرسل الريلاكسين رسالة إلى جسم الأم لإرخاء العضلات والعظام والأربطة والمفاصل للسماح بتمدد عنق الرحم حتى يمكن ولادة الطفل.

hPL: محفز الإلبان البشري المشيمي هو الهرمون المسؤول عن إرسال الرسائل إلى ثدي الأم ، مما يجعله جاهزًا للرضاعة الطبيعية.

هرمون الأوكسيتوسين: يتسبب هذا الهرمون بتقلصات العضلات التي تنسق المخاض للولادة. كما أنه يحفز الحلمات من أجل الرضاعة الطبيعية ويعرف باسم "هرمون الحب"، لأنه يساعد الأم على الارتباط العاطفي بطفلها الجديد.

هرمون البرولاكتين: انه هرمون رائع للحمل، فهو يؤدي إلى زيادة حجم ثدي الأم بحيث يمكن أن ينتج حليبًا كافيًا للمواليد الجدد. (من المعروف جيدًا، بالمناسبة، أن حليب الأم أفضل للأطفال من أكثر انواع الحليب الصناعي تقدماً).

بدون هذا الكوكتيل المعد اعداداً دقيقاً من هرمونات الحمل، لن يكون هناك مواليد جدد، لأنه بعد الإنغراس لن يصل الطفل إلى نقطة الولادة.

فتح الباب: تمدد عنق الرحم

عنق الرحم هو الجزء السفلي من الرحم والذي يؤدي الى المهبل. مع نمو الطفل في الرحم أثناء الحمل، يؤدي عنق الرحم وظيفتان أساسيتان. إنه يبقى قوي وثابت خلال الأربعين أسبوعًا من الحمل. ويعمل عنق الرحم على احتجاز الجنين النامي داخل الرحم حتى ينضج الطفل بدرجة كافية للولادة. ولكن في وقت المخاض والولادة على وجه التحديد، تحدث أعجوبة استقلابية إذ يرسل الوطاء رسلًا جزيئية إلى عنق الرحم ليخبره أن الوقت قد حان ليتلين ويصبح أكثر مرونة.

قد يفترض أحدهم أن نضج عنق الرحم هو ميزة انتقائية مكتسبة على مدى أجيال عديدة من التطور الأعمى، ولكن لاحظ المشكلة. إذا لم يكن عنق الرحم قادراً، في أول ولادة طفل على وجه الأرض، على احتجاز الطفل في مكانه ثم الفتح في الوقت المناسب تماماً، لكان هذا الرضيع الرائد المسكين قد طُرد في وقت مبكر جداً أو حوصر داخل رحم الأم، مما أدى إلى وفاة الطفل والأم معاً. ومن دون الطفل الأول، لن تكون هناك فرصة للتطور التدريجي على مدى أجيال عديدة. التمدد السليم من عنق الرحم في الوقت المناسب هو شرط مسبق للتكاثر البشري.

يتسع عنق الرحم أثناء الولادة بشكل كبير من قطره الطبيعي (الذي يتراوح بين ١-٣ سنتيمترات) لإفساح المجال للطفل حتى يخرج، ويكون عادةً أسطوانيًا تقريبًا وطويلًا وسميكًا، ولكن أثناء الولادة، يقصر عنق الرحم ويقل سمكه ويرتفع الى الجزء السفلي من الرحم، مما يسمح بفتحه. هذا الاتساع المذهل، من ١-٣ سم إلى ١٠ سم، يخلق ممرا لرأس الطفل وبقية جسمه إلى القناة المهبلية. يمكن أن تحدث عملية التوسيع هذه بين عشية وضحاها، أو تدريجيا على مدى يومين.

تذكر أن إنضاج عنق الرحم يتم تحفيزه بواسطة هرمون الأوكسيتوسين، بمساعدة مستويات عالية من الإستروجين. هذا التحفيز بدوره يطلق مجموعة من الهرمونات الإضافية، والمعروفة باسم البروستاجلاندين (P2 وPGE2)، والتي تلعب معًا دورًا لا غنى عنه في التَوَسُّع والولادة.

في بعض الأحيان، يؤدي توسع عنق الرحم غير المناسب إلى مضاعفات في ولادة الطفل[1]. قبل الطب الحديث، أدت هذه المضاعفات في كثير من الأحيان إلى وفاة كل من الأم والطفل. قد يدعي أحدهم بأن هذا الفشل هو دليل على عملية التطور الأعمى غير المثالية والناتجة عن التجربة والخطأ، ولا يعد دليلاً على التبصر والتخطيط لمصمم حكيم وبصير. هذا اعتراض ذو أبعاد علمية وفلسفية وحتى لاهوتية. يمكن كتابة كتاب كامل حول هذا، ولكن هنا يكفي أن نلاحظ أنه افتراض لاهوتي أن مصمم جيد وحكيم يخطط لعالم خال بالضرورة من كل ألم ومعاناة وموت. وقد قدم كبار المفكرين اللاهوتيين من مختلف التقاليد الدينية حججا قوية تثبت العكس.

(1) Phyllis C. Leppert, "Anatomy and Physiology of Cervical Ripening," Clinical Obstetrics and Gynecology 38, no. 2 (1995): 267–79.

لكن مع وضع الاعتبارات اللاهوتية جانباً، ومع وضع الأسئلة جانباً حول شخصية أي مصمم محتمل للطبيعة، فكر في السيناريو الخيالي التالي. يومًا ما تكتشف أسطولًا من السيارات في أحد المستودعات، وكلها بنفس الطراز. وهذا النموذج هو أكثر تقدماً من الناحية التكنولوجية من أي شيء صممه البشر على الأطلاق. وعند مقارنة سيارة سباق الفورمولا وان (Formula One) بهذا الأسطول فأنها تبدو كعربة حصان. ستكتشف لاحقًا أن بعض هذه المركبات الاستثنائية تواجه مشكلات في خطوط الوقود المسدودة. سيكون هذا الفشل مثيراً للاهتمام ويستحق بالتأكيد إجراء تحقيق، ولكنه لا يعتبر مسوغاً لاستنتاج أن هذا النموذج المذهل من سيارة السباق لم يكن من عمل التبصر والتخطيط.

الا إذا كان هناك تفسير أفضل لأصل هذا الطراز، تفسير يفسر كل من البصيرة والتخطيط المطلوبين على ما يبدو لصنع مثل هذه السيارة عالية التقنية، ويشرح بدقة انابيب الوقود المسدودة، حينها سيكون من المنطقي التفكير في تجاهل شرح التصميم، فتفسير التبصر والتخطيط يتطلب شيئاً أكبر من بعض القصص الغامضة المتعطشة للتفاصيل.

بالنسبة للنظام المتطور للغاية، وهو الحمل البشري والولادة، فإن أفضل التفسيرات التي لا تستند الى التصميم – جميع الاختلافات الحديثة في نظرية داروين للتطور – لا تزال تفتقر الى التفاصيل، بل تستند بدلاً من ذلك إلى كافة أنواع المبالغة.

أما بالنسبة لتوسع عنق الرحم، فهي الأعجوبة التي تعمل، بشكل جيد جدا. بمجرد ولادة الطفل، يكون لدى عنق الرحم خدعة أخرى، وهي ضرورية لصحة الأم. بمجرد خروج الطفل، تبدأ العملية تلقائياً بعكس اتجاهها، وسرعان ما يستعيد عنق الرحم حجمه الطبيعي واتساقه، ويعود إلى وظيفته الأخرى.

كان لا بد من توقع الحاجة إلى كلتا الخطوتين. توقع الحاجة إلى ضمان بقاء الطفل النامي داخل الرحم، على الرغم من وضع الأم المستقيم، ثم توقع الحاجة إلى كل من تمدد عنق الرحم وانكماشه في الأوقات المناسبة، والا لن يكون هناك أطفال يولدون.

ملحق: عن الزائدة الدودية

قبل الانتقال إلى الفصل التالي، أود أن أقدم استطراداً مختصراً للنظر إلى عضو لا يشارك في الحمل، ولكنه يؤدي عملاً فذاً في حل المشاكل الاستباقية، وهو الزائدة الدودية.

العملية الهضمية هي جزء أساس من حياة الإنسان. لتزويدنا بالتغذية اللازمة، يقوم نظامنا الهضمي ومجموعة رائعة من الإنزيمات بالإضافة الى عمال متناهين في الصغر (البكتيريا المعوية) بتقسيم جزيئات كبيرة من الطعام إلى جزيئات صغيرة يمكن لأجسامنا امتصاصها واستخدامها في الطاقة والنمو وإصلاح الخلايا. لكن في بعض الأحيان يوجد خلل في النظام – بمعنى الكلمة – ويصاب البشر بالمرض ويحتاجون إلى إزالة المواد الضارة من الجهاز الهضمي. عملية التنظيف هذه عادة ما تأخذ شكل الإسهال، وهو أمر ضروري لسلامتنا، رغم كونه مزعجاً[1]. عندما نصاب بالإسهال، فإن جسمنا يزيل البكتيريا التي تسبب لنا المرض. أي أن الخلايا الموجودة في جدار الأمعاء تسمح بدخول كمية أكبر من الماء من المعتاد. من خلال دراسة أجريت على الفئران، اكتشف العلماء أن هذه العملية هي تحفة من الإشارات الكيميائية، والتي تنطوي على حركة يتسبب بها بروتين يسمى interleukin-22 يعمل مع بروتين آخر يدعى claudin-2[2].

(1) Pei-Yun Tsai et al., "IL-22 Upregulates Epithelial Claudin-2 to Drive Diarrhea and Enteric Pathogen Clearance," Cell Host & Microbe 21, no. 6 (2017): 671–81. 133

(2) Haruka Ishimoto et al., "Claudin-2 Expression Is Upregulated in the Ileum of Diarrhea Predominant Irritable Bowel Syndrome Patients," Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition 60, no. 2 (2017): 146–50.

ولكن كما هو الحال غالبًا، حتى مع الحلول الهندسية الأكثر إبداعًا، فإن العلاج يخلق مشاكل جديدة. الإسهال، رغم ضرورته، لكنه ليس انتقائيًا بالصورة الكافية، فهو يقضي على سبب المرض، ولكن في هذه العملية، يزيل البكتيريا المعوية الجيدة أيضًا. هذه البكتيريا ضرورية لهضم الطعام المناسب. إذاً كيف يتغلب الجسم على هذه المعضلة؟ قد تندهش من الإجابة، لأن النظرية التطورية ظلت تعلمنا لسنوات أن العضو المعني كان بقايا عديمة الفائدة من التطور.

يتكون جهازنا الهضمي من مجموعة معقدة من الأعضاء المترابطة: الجهاز الهضمي الذي يمتد من الفم إلى الشرج يشمل الكبد والبنكرياس والمرارة، وكذلك المريء والمعدة والأمعاء الدقيقة، والأمعاء الغليظة. ولكن في مكان بعيد عن الأمعاء الغليظة ومعزول عن بقية الجهاز، يوجد عضو صغير منفرد ولكنه مهم إلى حد ما: الزائدة الدودية، كيس على شكل إصبع متصل بالمُصْرانُ الأَعْوَر. (انظر الشكل ٧.٥)

افترض داروين وأتباعه أن الزائدة الدودية كانت عبارة عن عضو أثري عديم الفائدة، متبقي منذ ان كنا نسير على أربعة أرجل ونأكل غذائنا النباتي. هذه الأسطورة التطورية، المستندة إلى الكثير من الكلام والقليل من الأدلة، موجودة على الأقل منذ ان ناقشها داروين في كتابه "أصل الإنسان"[1].

على الرغم من أن الزائدة الدودية تزعجنا في بعض الأحيان، لا سيما في البلدان الصناعية بسبب قابليتها الحديثة للالتهاب[2]، إلا أننا نعرف الآن أن الزائدة الدودية تؤدي وظيفتين

(1) Charles Darwin, The Descent of Man, 1st ed. (London: John Murray, 1871), 27.

(٢) وقد أشارت دراسة استقصائية عالمية أجريت مؤخرًا إلى ان التهاب الزائدة الدودية كان اقل شيوعًا في البلدان النامية وان «الأنماط الوبائية لالتهاب الزائدة الدودية دعم فكرة ان التهاب الزائدة الدودية مدفوع بمحفزات بيئية متعددة العوامل المرتبطة مع التصنيع في المجتمع». انظر:

Mollie Ferris et al., "The Global Incidence of Appendicitis: A Systematic Review of Population-Based Studies," Annals of Surgery 266, no. 2 (2017): 241.

مهمتين على الأقل (وبالتالي، فهي عضو قيِّم لا تريد أن تخسره إلا إذا تحتم ازالته)[١]. أولاً، إنها مصدر لخلايا الدم المنتجة للأجسام المضادة وهي جزء مفيد من نظامنا المناعي[٢]. ثانيًا، تعمل كمنزل آمن للبكتيريا الجيدة، حيث يعيد إنتاج الجهاز الهضمي بعد أن ينظف الإسهال[٣]. موقعها مثالي من منظور الهندسة الهيدروليكية حيث تقع مباشرة أسفل الانسياب العادي الوحيد الاتجاه من للمواد الغذائية والجراثيم في الأمعاء الغليظة، وتشغل طريقاً مسدوداً، وبالتالي فهي محمية جيدًا من الاضطرابات بسبب الإسهال.

يبدو أن الزائدة الدودية مفيدة أيضًا أثناء الهضم الطبيعي، لأنه، كما هو موضح في دورية نيتشر ريفيوز ميكروبيولوجي، فإنها من المحتمل أن توفر مقصورة "تشريحية مميزة" لزراعة البكتيريا الجيدة وحماية السكان الميكروبيين من المنافسين[٤].

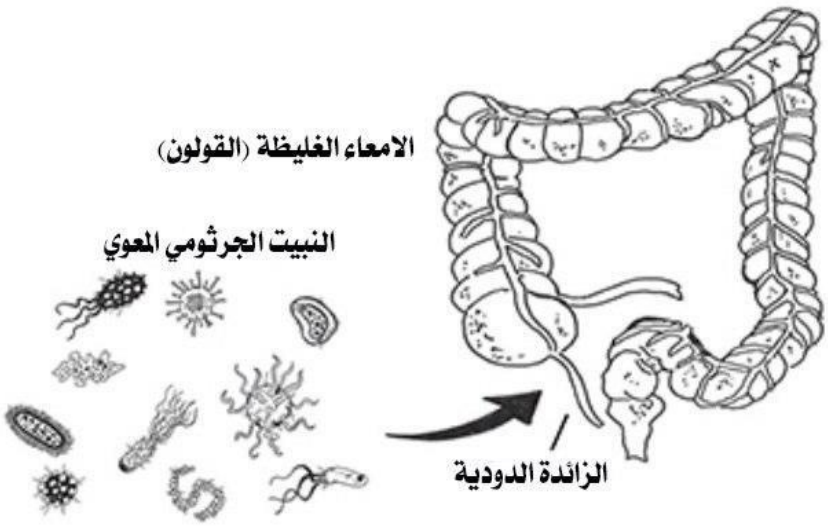
لذا فإن الحجة الداروينية بأن الزائدة الدودية هي عضو أثري يدعم النظرية التطورية هي في حد ذاتها أثرية، وبقايا لعلم الأحياء الداروييني في القرن التاسع عشر.

(1) Johan Styrud et al., "Appendectomy versus Antibiotic Treatment in Acute Appendicitis: A Prospective Multicenter Randomized Controlled Trial," World Journal of Surgery 30, no. 6 (2006): 1033–37.

(2) Nicholas B. Hanson and Dennis K. Lanning, "Microbial Induction of B and T Cell Areas in Rabbit Appendix," Developmental & Comparative Immunology 32, no. 8 (2008): 980–91.

(3) Heather F. Smith et al., "Morphological Evolution of the Mammalian Cecum and Cecal Appendix," Comptes Rendus Palevol 16, no. 1 (2017): 39–57; R. Randal Bolliger et al., "Biofilms in the Large Bowel Suggest an Apparent Function of the Human Vermiform Appendix," Journal of Theoretical Biology 249, no. 4 (2007): 826–31.

(4) Gregory P. Donaldson, S. Melanie Lee, and Sarkis K. Mazmanian, "Gut Biogeography of the Bacterial Microbiota," Nature Reviews Microbiology 14, no. 1 (2016): 20–32.



الشكل ٧.٥. تم اكتشاف ان الزائدة الدودية، التي اعتبرت خطأً بمثابة عضو أثري، هي بمثابة مستودع للبكتيريا الضرورية.

الفصل الثامن

التخطيط للحواس

لننظر الآن إلى حواس النظر والشم والتذوق، وقدرتنا على الشعور بالألم، والى مستشعر داخلي أساسي للتنفس. في الغالب سوف نركز على الحواس في الإنسان، ولكن فقط من اجل المحافظة على تواضعنا، سوف نتوقف على طول الطريق لنعجب ببطل الشم من نوع الحشرات، العثة المتواضعة.

عيون الإنسان

سأكون مقصرا إذا كتبت كتابا عن الأدلة على التبصّر في علم الأحياء وفشلت في استكشاف واحدة من أكثر الأدلة إثباتا عليه، ألا وهو النظر.

الضوء المرئي هو مجموعة من الموجات الكهرومغناطيسية ذات أطوال موجية تتراوح بين حوالي ٣٨٠ إلى ٧٤٠ نانومتر. (النانومتر هو جزء من المليار من المتر). عندما يضرب الضوء المرئي كائناً ما، أو يمر عبر غاز، يتم امتصاصه أو انعكاسه أو انكساره (ثنيه) أو تناثره. عندما يعكس الكائن جميع الأطوال الموجية بالتساوي، يفسر الدماغ البشري الكائن باللون الأبيض. عندما يمتصها الكائن جميعًا بالتساوي، يبدو لنا أسود. وعندما يمتص الكائن بعض الأطوال الموجية المرئية ويعكس الأطوال الموجية الأخرى، فإننا نعتبرها لونًا معينًا، مثل الأحمر أو البرتقالي أو الأصفر أو الأخضر أو الأزرق أو البنفسجي. إن الطريقة التي نواجه بها الألوان لها علاقة مع السياق، ويلعب كل شيء من ألوان الخلفية إلى درجة الأعتياد دورًا[1]. توجد علاقة

(1) Jennifer Leong, "Number of Colors Distinguishable by the Human Eye," The Physics Factbook, 2006, https://hypertextbook.com/facts/2006/JenniferLeong.shtml.

حميمة بين الألوان وتفسير الدماغ. قد تكون الحياة مناسبة للعيش في كون من تدرجات اللون الرمادي، لكن لسبب ما يكون الكون ملونًا ونحن قادرون على رؤية قوس قزح من الألوان.

تحتوي شبكية العين البشرية (في الجزء الخلفي من مقلة العين) على ثلاثة أنواع من خلايا المخروطية – مستقبلات يمكنها التمييز بين ثلاثة ألوان أساسية، بالإضافة إلى ملايين التوليفات. كما أنه يحتوي على الملايين من خلايا المستقبلات التي تسمى الخلايا العصوية والتي هي أكثر حساسية للضوء ولكن يمكنها التمييز بين الأسود والأبيض فقط.

كما توضح جينيفر ليونج، في كلتا الحالتين، عندما يضرب الضوء مستقبلات، يتم إنشاء إشارات عصبية بواسطة تغيرات كيميائية، «ثم يتم توجيه هذه الإشارات من خلال الخلايا العقدية والثنائية القطب المجاورة التي تشكل العصب البصري. ينقل هذا العصب بعد ذلك المعلومات إلى القشرة البصرية للدماغ»[1]. تختلف حساسية العين من شخص لآخر، ولكن تفيد التقديرات أن البشر الذين لديهم أفضل رؤية لونية يمكن أن يميزوا ما يصل إلى ١٠ ملايين لون مختلف[2].

ولكن مجرد القدرة على إدراك الألوان لن تكون كافية للمساعدة في البقاء على قيد الحياة. نحتاج أيضًا إلى طريقة لتفسير معنى الألوان في الحياة اليومية.

يبدأ التفسير في الخلايا العصبية في العين، لكنه يكتمل في الدماغ. تتم معالجة إشارات الأعصاب من العين في القشرة البصرية للدماغ، وهي معقدة ومتكاملة للغاية الى درجة أن الكمبيوتر الحديث يبدو امامها وكأنه معداد. يتطلب تطوير هذه القشرة البصرية شيئًا لا يتناسب ابدا مع فكرة العملية عشوائية ويؤكد على التبصر.

(1) Leong, "Number of Colors."
(2) Gunter Wyszecki, Color (Chicago: World Book Inc., 2006), 824.

استغرق الأمر خطة لتنسيق التعقيد المتكامل الذي يمكننا من فهم ما نراه. كلما فكرت فيها، كلما أصبحت أكثر روعة.

الشم والتذوق

في العديد من المختبرات التحليلية في جميع أنحاء العالم، مثل مختبرات قياس الطيف الكتلي التي أشرف عليها في البرازيل، طور العلماء المئات من الأدوات والأساليب المختلفة الحساسة والانتقائية للغاية لاكتشاف وتحديد المواد الكيميائية. تساعدنا هذه الطرق في فهم التركيب الكيميائي لأنواع مختلفة من العطور والمشروبات والأطعمة التي تصل إلى أجزاء من التريليون أو أقل.

ولكن قبل وقت طويل من التكنولوجيا الحساسة الموصوفة أعلاه، كان على الناس أن يقرروا ما يأكلون ولا يأكلوا بدون معرفة علمية. كيف اتخذوا هذا القرار الأساسي؟ هذه القدرة على فرز الطعام الجيد من الطعام السيئ يجب أن تكون لها بداية. من الصعب تخيل كيف يمكن الحصول على هذه المهمة لفترة طويلة دون انقراض الحياة أولاً. كنا نحتاج دائمًا إلى تناول الطعام والشراب، وكنا دائمًا بحاجة إلى معرفة ما يجب تناوله وشربه.

تخيل الصيد في الصباح والحفاظ على بقايا العشاء في يوم صيف حار دون أن تكون قادرًا على إدراك أن رائحة السمك سيئة!

لدينا حل ذكي لهذه المشكلة. بالإضافة إلى الأجهزة التحليلية في أعيننا والقشرة البصرية (الأكثر تطوراً بكثير من المقاييس الطيفية الاصطناعية للألوان)، لدينا أجهزة تحليلية في أنوفنا وألسنتنا وعقلنا تمكننا من الذوق والشم بحساسية ودقة كبيرة – أكبر بكثير من مطياف الكتلة الاصطناعي. وتتبع هذه الأداة البيولوجية قاعدة عامة: الأشياء التي من شأنها أن تجعلنا مرضى أو حتى تقتلنا بشكل عام هي ذات رائحة ومذاق سيئين. لقد سمحت لنا الأساليب الحديثة

لإعداد الطعام بتحسين بعض الأطعمة اللذيذة وإعدادها وتناولها بطريقة جيدة، والتي من شأنها أن تؤكل باعتدال، وستكون جيدة بالنسبة لنا، ولكن اكلها بأفراط قد يتسبب لنا بمشاكل. وبالطبع يمكن خداع النظام، كما يتضح من وجود السموم عديمة الرائحة والمذاق. لكن العجيب هو كيف تقوم حاستا التذوق والشم عندنا بتوجيهنا بشكل عام بعيداً عن الأطعمة الفتاكة وتجاه الأطعمة التي تمدنا بالمواد المغذية الصحية التي نحتاجها.

لطالما كان يُعتقد إن أنوف الإنسان ناقصة إلى حد ما. كتب أرسطو أن «البشر- لديهم حس ضعيف بالرائحة»[١]. وخلص داروين خاطئاً إلى أن الشعور بالرائحة كان «خدمة طفيفة للغاية»[٢] للإنسان المتحضر. هذه الانطباعات، المضللة بفعل فكرة خاطئة عن كيفية عمل الحياة، جعلت عالم الأعصاب في القرن التاسع عشر بول بروكا يصر على أن البشر ليس لديهم شعور جيد بالرائحة. أن الكلاب تمتلك خمسين ضعفًا من مستقبلات حاسة الشم التي لدى البشر، مما يعني أن قوة الإشارة ربما تكون أقوى عند الكلاب في كثير من الحالات. ومع ذلك، فإن الأنف البشري السليم يمتلك نظامًا شميًا مدمجًا[٣] قادرًا على اكتشاف عدة آلاف من الروائح ويصنفها على أنها حلوة أو لاذعة أو مرة أو عطرة أو دافئة أو جافة أو حامضة. بالإضافة إلى ذلك، كما يلاحظ جون ماكجان، أظهرت دراسة حديثة أن «البشر- يتفوقون على فئران التجارب والكلاب في اكتشاف بعض الروائح بينما يكونون أقل حساسية للروائح الأخرى، وأنه مثل الثدييات الأخرى، يمكن للبشر- التمييز بين عدد لا يصدق من الروائح ويمكنهم حتى تتبع مسارات رائحة في الهواء الطلق»[٤].

(1) Aristotle, On the Soul, trans. J. A. Smith, book 2, The Internet Classics Archive, http://classics.mit.edu//Aristotle/soul.html.

(2) Charles Darwin, The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex (London: John Murray, 1871), 17.

(3) Gordon M. Shepherd, "The Human Sense of Smell: Are We Better Than We Think?" PLoS Biology 2 (2004): e146.

(4) John P. McGann, "Poor Human Olfaction Is a 19th-Century Myth," Science 356, no. 6338 (2017): eaam7263. 134

كما يوضح ماكجان، فإن البصلة الشمية لدينا كبيرة بالأرقام المطلقة مقارنة بالفئران والجرذان، وتحتوي على نفس عدد الخلايا العصبية التي تحتويها البصلة الشمية للثدييات الأخرى. وبالتالي، يمكننا «اكتشاف وتمييز مجموعة رائعة من الروائح»، على الأقل تلك التي تهمنا حقًا[1].

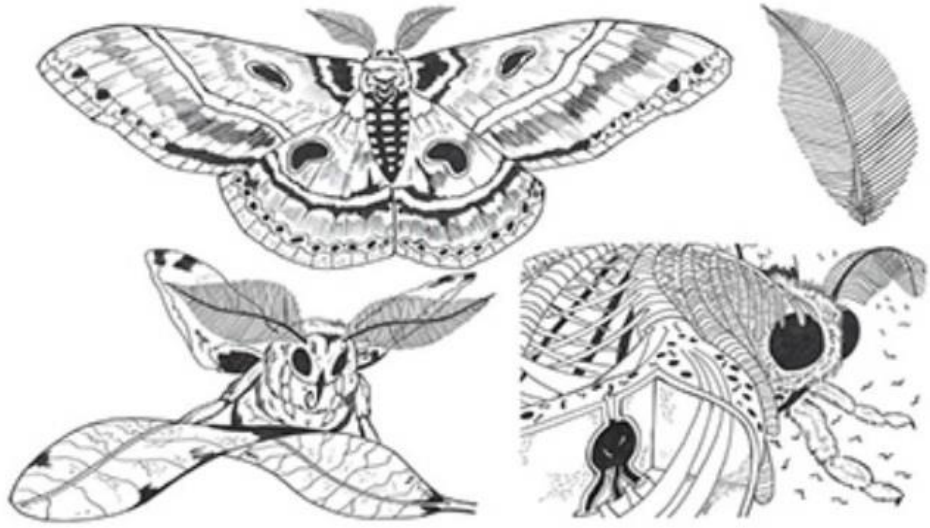
العلاقة بين الذوق السيئ والرائحة الكريهة والطعام السيئ قوية للغاية لدرجة أننا ومعنا معظم الحيوانات الأخرى (باستثناء الطيور الكاسحة، التي لديها القدرة على الهضم للتعامل مع جثث الفاسدة) سوف نتضور جوعًا حتى الموت بدلاً من أكل اللحوم الفاسدة. يبدو أن إشارة اللحوم الفاسدة مُخطط لها بعناية، لأنها تُصدر بعضًا من أكثر الجزيئات بغضاً وتقلباً على وجه الأرض: اثنان من ثنائيات الأمين التي تفوح منها رائحة الموت بشكل قوية جدًا، تدعى بـ cadaverine و putrescine.

يمكن للسان البشري اكتشاف خمس نكهات: مالحة، وحلوة، ومرة، وحامضة، واللذيذة. (وفقًا لبحث حديث، قد يكون الإنسان قادرًا أيضًا على اكتشاف نكهة سادسة: الكربوهيدرات أكثر تعقيدًا من السكريات البسيطة)[2]. يتعاون الأنف واللسان مع الدماغ لدمج حاسة الشم والرائحة، واكتشاف آثار الروائح والنكهات. تكون النكهات باهتة للغاية لتكون متميزة في حد ذاتها. حاسة التذوق والشم لدينا أفضل بكثير لأن "مطيافا الكتلة" البشريّان لدينا يعملان معًا بهذه الطريقة. كما أوضحت مقالة في مجلة Nature Neuroscience، فإن إدراك النكهة عبارة عن عملية تكاملية يتم تنشيطها "في نظامين عصبيين مختلفين بشكل تكاملي هما: الشم والتذوق، واللذان يجتمعان «لتزويدنا بإحساس فموي موحد»[3].

(1) McGann, "Poor Human Olfaction."
(2) Trina J. Lapis, Michael H. Penner, and Juyun Lim, "Humans Can Taste Glucose Oligomers Independent of the hT1R2/hT1R3 Sweet Taste Receptor," Chemical Senses 41(9) (2016): 755–762.
(3) P. Dalton et al., "The Merging of the Senses: Integration of Subthreshold Taste and Smell," Nature Neuroscience 3 (2000): 431–32.

العث

على مقياس حساسية الرائحة، البشر والكلاب مثيرون للإعجاب، ولكن الحشرات هي من أفضل المتحسسين للروائح[1]. من بين الحشرات، تعتبر ذكور العث من "الأبطال الخارقين" الذين يمكنهم أن يشموا منشطات جنسية محددة للغاية عبر مسافات طويلة (الشكل ٨.١). في الواقع، يمكنهم أن يكتشفوا، وسط عدد لا يحصى من الجزيئات الأخرى الأكثر وفرة، جزيئا واحدًا محددًا يسمى الفيرومون ينبعث على بعد أميال من أنثى العث.



الشكل ٨.١. كاشف كيميائي استثنائي: هوائي ذكور العث. باستخدام طريقة تشبه طريقة الاستخلاص بالطور الصلب (SPME)، واستخدام ما قد يكون أكثر كاشفات حساسية وانتقائية معروفة للإنسان، أظهر العلماء أن هوائي ذكر العث يمكن أن يكتشف جزيئا منفردًا تم اطلاقه على بعد أميال من الأنثى.

(1) Jürgen Krieger and Heinz Breer, "Olfactory Reception in Invertebrates," Science 286, no. 5440 (1999): 720–23.

تقوم ذكور العث في العديد من الفصائل بإنجاز هذه المهمة المذهلة تمامًا باستخدام جهاز أخذ العينات المصمم بشكل رائع: هوائي متطور للغاية مع ما يصل إلى ٦٠٠٠٠ مستقبل شمي يشبه الشعر. يسمح شكله الواسع للهوائي بالتلامس مع أكبر حجم ممكن من الهواء للحصول على أكبر حساسية ممكنة في أخذ العينات[١]. تعتمد الآليات التي تمكن ذكر العث من اكتشاف تركيزات منخفضة ـ بشكل لا يصدق ـ من جزيئات الفيرومون على شكل مجموعة متطورة للغاية من البروتينات.

هذا الكشف، الحساس والانتقائي للغاية، عن الرائحة هو، كما تصر مونيكا ستنغل، «شرط أساسي للبقاء والتكاثر في العديد من الحشرات، وخاصة في العث القصير العمر». تطلق العثة الأنثوية مزيجًا من الفيرومونات لجذب الذكر. في تزامن يعتمد على الوقت مع الأنثى، تبحث العثة الذكرية عن جزيئات الإشارة المحددة للإناث التي تستخدم جهازًا انتقائيًا شبيها بالمطياف الضوئي له "حساسية مذهلة"[٢]. توجب وجود كلا هاتين القدرتين في الأزواج المحتملين للعثور على بعضهم البعض والتكاثر. فوجود واحدة من دون الأخرى سيكون عديم الجدوى.

وتقول ستنغل ان العثة الذكرية، تستخدم مستشعرات متخصصة تشبه الشعر على هوائيها ويمكنها تفحص الهواء باستخدام متتبعات الجزيئات التي تشير إلى الأمام أثناء تحليقها باتجاه الريح. عند القيام بذلك، تمتص حوالي ثلاثين في المائة من جزيئات الفيرومون المحبة للدهون في الهواء المحيط، وذلك بفضل الأسطح الشمعية الانتقائية للغاية لهوائيها. (هذا يحاكي الطريقة التي يعين بها الكيميائيون تتبع المواد باستخدام ألياف الاستخلاص بالطور الصلب الانتقائي)

(1) Karl P. N. Shuker, The Hidden Powers of Animals: Uncovering the Secrets of Nature (London: Marshall, 2001).

(2) Monika Stengl, "Pheromone Transduction in Moths," Frontiers in Cellular Neuroscience 4 (2010): 133.

تخفق العثة الذكرية أجنحتها بتردد عالٍ بحيث تزيد رفات أجنحتها من تدفق الهواء لتحسين جمع العينات الذي يشبه تقنية الاستخلاص بالطور الصلب[1].

حتى لو تمكنت الأنثى من إنتاج المزيج الصحيح من الفيرومونات – وهي معجزة كيميائية في حد ذاتها – فإن الفيرومونات ستكون عديمة الجدوى إذا كان الذكر يفتقر إلى القدرة على اكتشافها بحساسية عالية للغاية، ويتم ذلك باستخدام المستشعرات المناسبة وجمع عينات بطريقة تشبه تقنية الاستخلاص بالطور الصلب. يتطلب بناء نظام يسمح للعث من الذكور والإناث أن يعثروا على بعضهم البعض التبصر في كل خطوة.

كل استراتيجية من الكيمياء الحيوية والمستشعرات البيولوجية الأساسية، وكل جزء جسدي معني، هو "ضرورة أساسية" لبقاء النوع. إذا كانت أي من هذه التفاصيل مفقودة، وبالتالي لن يستطع الذكر والأنثى العثور على بعضهما البعض، فسوف يفشلان في التكاثر وستنقرض الأنواع قريبًا.

ومما يعقد المشكلة انه يتعين على العث البالغ أن يتكاثر خلال فترة حياته القصيرة جدًا، لذلك يجب عليه تحديد موقع ازواجه بسرعة كبيرة. لا وقت على الإطلاق لانتظار التطور على مر الزمن. عليك ان تتوقع وتنجز الفيرومونات والهوائيات الصحيحة في ذات الوقت، والا قل للعث وداعا.

التخطيط للألم

بالطبع، ليست كل الأحاسيس ممتعة. الحياة رائعة ولكنها مؤلمة في كثير من الأحيان. ألن يكون الجسد الذي لا يعاني الألم أفضل من اجسادنا؟ في الواقع، الألم هو سمة من سمات الحياة

(1) Stengl, "Pheromone Transduction in Moths," 133.

ذات قيمة غير عادية للبقاء على قيد الحياة. إنه يحمينا من المؤثرات الضارة والخطيرة، وغالباً ما يؤدي فقدان الإحساس بالألم إلى الإصابة وحتى الموت.

"لا منال من دون الم" هذه هي القاعدة المتبعة في قاعة التمارين الرياضية. يمكننا أن نقول أيضًا، لا حياة من دون ألم[1]. إن غياب الألم سيشكل تهديدًا قاتلًا للحياة، لأن الكائنات ستضغط على أنفسها بما يفوق حدود قوتها دون معرفة مصلحتها، أو تتجاهل الإصابات حتى تخرج الإصابات من الضارة الى المميتة.

الألم مع ضبط شدته بشكل صحيح ذا أهمية بالغة لحماية الحياة[2]. على سبيل المثال، عندما يدوس صبي على مسمار، يشعر بألم شديد من خلال نهايات عصبية خاصة للكشف عن الألم في قدمه (مستقبلات الألم)، والتي توجد بشكل مثالي في الجلد والأنسجة الضامة. تنتقل النبضات الكهربائية على الفور إلى الخلايا العصبية الحسية، ويتم إطلاق نبضات العصب وتنتقل إلى الجهاز العصبي المركزي من خلال خلية عصبية مقوية. وتبعاً لمصدر الألم، يوجه هذا التتابع الإشارة إما إلى الدماغ أو الحبل الشوكي، من ثم رجوعاً على طول الخلايا العصبية الحركية إلى العضلات. تنقبض العضلات بسرعة، مما يحد من الإصابة ويحمي قدم الصبي، لأنه سيرفعها فورًا عندما يشعر بالألم. إذا أمسك الفتى بمقلاة ساخنة، فتنفر العضلات عن الإحساس المؤلم الحارق في يده. في الوقت الذي يضطلع فيه الجسم في العديد من الأنشطة اللاواعية لتقليل الخطر، إلا أن عقل الفتى الواعي يشعر فقط بالألم ويأمل أن يتعلم الدرس.

(1) Steven Linton, Understanding Pain for Better Clinical Practice: A Psychological Perspective (New York: Elsevier Health Sciences, 2005).

(2) Jennifer L. Hellier, ed., The Five Senses and Beyond: The Encyclopedia of Perception (Santa Barbara: Greenwood, 2016).

من وخزة المسمار الى الألم الكبير الناتج من تكسر العظام او حرق الجلد، يتيح لنا الألم معرفة متى نحتاج إلى اتخاذ إجراء، ويخبرنا أي جزء من الجسم يحتاج إلى الاهتمام، ويحفزنا على علاجه.

من التجربة، نتعلم أيضًا أن شدة الألم يتم معايرتها وفقًا لمستوى الإصابة، وأنها تؤدي فقط إلى مُحفز لا ارادي عند الوصول إلى عتبة الضرر. تخيل المعاناة إذا لم يتم ضبط مستشعرات الألم لدينا بشكل جيد وشعرنا بألم شديد بسبب الأنشطة التافهة مثل المشي على الرمال القاسية أو تلقي عناق شديد التحمس.

لا يتمتع الأشخاص الأصحاء بأعضاء خارجية محصنة ضد الألم، والأعضاء الأكثر هشاشة هم الأكثر حساسية للألم. بدون ألم، ستكون الحياة في خطر دائمًا. إذا كان الصبي الذي داس على المسمار لا يشعر بأي ألم، فسوف يواصل المشي عليه، مسبباً أضرارًا شديدة في العضلات والأعصاب، وفقدان الدم، وربما عدوى خطيرة. يخبره الألم عن مدى خطورة الإصابة ويوقفه قبل أن يتاح له الوقت للرد بوعي. بدون ألم، نعرض حياتنا وصحتنا للخطر من خلال الانخراط في أنشطة خطرة دون أن ندرك ذلك حتى.

ولتقدير فائدة الألم، فإنه سيكون من المفيد مقارنته بحالة عدم الإحساس الخلقي بالألم، وهو اضطراب نادر يمنع الأفراد من الشعور بالألم[1]. سبب هذا المرض الفتاك المحتمل هو الطفرات[2] التي تلحق الضرر بعدة جينات. حيث يذكر مو كوستاندي فإن الطفرات في

(1) Steven Pete, "Congenital Analgesia: The Agony of Feeling No Pain," BBC News, July 17, 2012, http://www.bbc.com/news/magazine-18713585; Rogene Fisher, "Does Pain Serve a Purpose?" ABC News, May 13, 2005, http://abcnews.go.com/Health/PainManagement/story?id=741257&page=1.

(2) Ya-Chun Chen et al., "Transcriptional Regulator PRDM12 is Essential for Human Pain Perception," Nature Genetics 47 (2015): 803–8.

جين SCN9 «تنتج قناة صوديوم عاطلة ، بحيث لا تزال ألياف الألم قادرة على اكتشاف المنبهات المؤلمة ولكنها غير قادرة على إرسال الإشارات المتعلقة بها إلى المخ[١]».

هذا الشرط يجعل الحياة كابوساً. الأشخاص الذين يعانون من حالة عدم الإحساس الخلقي بالألم معرضون لجروح خطيرة وكسور وحروق. من الخطورة جدًا أن يموت المصابون بهذه الحالة في سن مبكرة لأن الإصابات أو الأمراض الخطيرة لا تتم ملاحظتها[٢].

تشير المطبوعات العلمية إلى العديد من حالات الأطفال الذين لم يتمكنوا تمامًا من الشعور بالألم البدني من أي نوع منذ يوم ولادتهم[٣]. يبدأ الأطفال الذين يعانون من هذا المرض غير المؤلم والفظيع في العض على السنتهم أثناء التسنين وأيضًا تشويه أصابعهم وشفاههم دون وعي، ولا يعرف آباؤهم ان عليهم نقلهم إلى الطبيب عندما يصابون بالتهاب الزائدة الدودية لأن الطفل لا يشعر بأي ألم بطني، وبالتالي لا يشتكي أبدًا. إنهم يحرقون أنفسهم، أو يستمرون في لعب كرة القدم على الكاحل المكسور، أو يتعرضون للعض من النمل أو العناكب دون أن يشعروا بأي شيء.

يفترض أنصار التطور أن الإحساس بالألم تم اكتسابه ببطء وعن طريق الصدفة لأنه يوفر ميزة البقاء على قيد الحياة. وأن تاريخ الحياة يشير إلى تقدم من أقل إلى أكثر حساسية. على سبيل المثال، تمتلك اللاسعات (مثل قنديل البحر وشقائق النعمان البحرية والهيدرا) شبكة بسيطة جدًا من الخلايا العصبية التي تكتشف المنبهات، على الأرجح اللمس. تحتوي الحلقيات على

(1) Mo Costandi, "Uncomfortably Numb: The People Who Feel No Pain," The Guardian, May 25, 2015, https://www.theguardian.com/science/neurophilosophy/2015/may/25/thepeople- who-feel-no-pain. See also Mazen Kurban et al., "A Nonsense Mutation in the SCN9A Gene in Congenital Insensitivity to Pain," Dermatology 221 (2010): 179–83.

(2) Mehran Karimi and Razieh Fa Llah, "A Case Report of Congenital Insensitivity to Pain and Anhidrosis (CIPA)," Iranian Journal of Child Neurology 6, no. 43 (2012): 45.

(3) Karimi and Llah, "A Case Report," 45–48; Mukund D. Rahalkar, Anand M. Rahalkar, and S. K. Joshi, "Case Series: Congenital Insensitivity to Pain and Anhidrosis," Indian Journal of Radiology and Imaging 18, no. 2 (2008): 132–34; Leema R. Peddareddygari, Kinsi Oberoi, and Raji P. Grewal, "Congenital Insensitivity to Pain: A Case Report and Review of the Literature Case," Reports in Neurological Medicine 141953 (2014).

شبكة عصبية أكثر حساسية إلى حد ما تستجيب للمس، والذوق، والرائحة. مستقبلات الألم هي عصبونات متخصصة يقول بعض أنصار التطور أنها مسافة تطورية قصيرة من هذه الخلايا العصبية الحسية الأخرى.

كل هذا يستحق الإشارة، لكن الخطورة تكمن في التفاصيل الصغيرة. ما قد يبدو على بعد مسافة قصيرة من وجهة نظر بعيدة قد يبدو فجأة مختلفًا تمامًا عندما نقترب، ويمكننا تمييز العالم المتطور المروع للبيولوجيا الجزيئية، بما في ذلك المعلومات الوراثية والجينية ونظم معالجة المعلومات. من هذه النقطة، يبدو المسار التطوري فجأة أشبه بما شهده لويس وكلارك بعد أن وصلوا إلى منابع نهر ميسوري، وبدلاً من العثور على نهر آخر على بعد قفزة على الجانب الآخر من خط التقسيم القاري المتدفق غرباً، وجدوا جبلاً بعد اخر بقدر ما يمكن أن تراه العين. مسار التطور هو بالمثل، أبعد بكثير مما كان يفترض في البداية. وينهار التشبيه عند نقطة أن التطور لا يحتوي على لويس وكلارك، أو ساكاجاويا، كمرشدين على الطريق، فهو أعمى وبلا هدف.

عدا ذلك هل التشبيه في محله؟

أتوقع أنه كلما علمنا أكثر بالخصائص الجزيئية لما يميز قدرتنا على الألم عن تلك الموجودة في أشكال الحياة البدائية، فإن الحديث عن المشي التطوري السهل والمريح من A إلى B إلى D سوف يفسح المجال لمعلومات منظر طبيعي غني للآلات الجزيئية المتطورة والمنسقة ببراعة، مع قدرات تفوق بكثير الآليات التي من صنع الإنسان، تلك التي ليس لها مسار تطوري معقول ومفصل من البدائي إلى المتطور.

التنفس أو الموت

عندما نفكر في الحواس، عادة ما نفكر في الخمسة الكبار: البصر والسمع واللمس والشم والتذوق. لكن جسمنا لديه العديد من أجهزة الاستشعار الداخلية التي تقيس العوامل المختلفة الرئيسية لبقائنا وترسل رسائل إلى عقولنا للحفاظ على اتزانها. على سبيل المثال، تعتمد قدرتنا على التنفس على نظام كشف حساس للغاية - "إحساس" بمعنى ما - يقوم بتتبع مستويات الأكسجين (O_2) في أجسامنا. وهذا مجرد مثال واحد مستنير على فئة كاملة من أجهزة الاستشعار وآليات التوازن.

من حسن الحظ أن الأكسجين O_2 موجود بكثرة في غلافنا الجوي، لأنه أساسي للحياة البشرية، وعمليًا لجميع الكائنات الحية. لكن هذا الجزيء ثنائي الذرة ومزدوج الترابط يمكن أن يكون ضارًا، كما ذكر سابقًا. يعد الأكسجين O_2 مفيدًا فقط لأشكال الحياة التي اعدت لاستخدامه بطرق مسيطر عليها، وهي الوسيلة المحددة اعتمادًا على مستوى تعقيد الكائن الحي ومتطلبات الطاقة. معظم أشكال الحياة مسلحة بأجهزة تنفسية رائعة وحاملة للدم والتي تأخذ الأكسجين O_2 من الهواء، وتنقلها عبر الأوعية الدموية (باستخدام الجزيئات الحيوية مثل الهيموغلوبين) إلى حيث تكون هناك حاجة إليه، ثم تعود بالمنتج الثانوي. نحن نأخذ الأكسجين O_2 ونقضي على منتجه الثانوي، ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، عن طريق التنفس باستمرار وبمعدل جيد التحكم. إنه نظام يعمل ببراعة، وشبه تلقائي، وصامت، وسلس، وهو نظام يعمل بشكل جيد بشكل عام من دون ان نفكر فيه حتى.

هناك، بالطبع، حالات بدائية شاذة في هذه القصة. يبلغ سمك بعض اجزاء اللاسعات طبقتين من الخلايا، بحيث تتعرض كل خلية للبيئة البحرية وتحصل على الأكسجين O_2 الخاص بها. تمتص ديدان الأرض ببساطة الأكسجين O_2 من خلال البشرة، وهذا هو السبب

وراء صعودها الى سطح التربة بعد هطول أمطار غزيرة لكيلا تغرق. وبالتالي، هناك حيوانات متعددة الخلايا لا تمتلك أي شيء معقد مثل ما تملكه الفقاريات لمعالجة الاكسجين O_2. سوف يستخدم أنصار التطور هذا الامر لإخبار قصة تربط بين الهيدرات البسيطة من خلال الشعب الحيوانية ويكونوا متأكدين تمامًا من حكايتهم التطورية. لكن مرة أخرى، ستكون هذه قصة تطورية أخرى مسلم بها لطرفين مُرتَبِطين بالتفكير بالتمني ومُتَعطشين للتفاصيل الجزيئية.

نحن نتنفس عادة ما بين اثني عشر وعشرين مرة في الدقيقة، يومًا بعد يوم، طوال حياتنا كلها. يتكون التنفس من مرحلتين – الشهيق والزفير. تتوسع رئتانا وتتقلص باستمرار، وتزود أجسامنا بالأكسجين O_2 وتزيل ثاني أكسيد الكربون CO_2 المتخلف. عندما تتنفس، تنقبض عضلاتك الوربية الخارجية والحجاب الحاجز، فتسحب الحجاب الحاجز إلى أسفل وتحرك الأضلاع الى الأعلى وإلى الخارج لتوسيع القفص الصدري وحجم الصدر. تؤدي الزيادة في حجم الصدر إلى خفض ضغط الهواء داخل الرئتين مقارنة بالهواء الخارجي، حيث يتم سحب الهواء من خلال فتحات الأنف والفم والحنجرة والقصبة الهوائية. عندما نزفر تسترخي العضلات الوربية الخارجية والحجاب الحاجز، مما يعيد التجويف الصدري إلى حجمه السابق الأصغر. هذه الحركة تجبر الهواء على الخروج من الرئتين(١).

يحتوي التصميم المورفولوجي لجهازنا التنفسي على شُعْبَتَي القَصَبَةِ الهَوَائِيّة، التي تتفرع من القصبة الهوائية ثم تنقسم في الرئتين إلى ممرات هوائية أصغر تُعرف باسم القصيبات. هذه تنتهي في أكثر من ٣٠٠ مليون كيس هواء صغير يشبه البالون يطلق عليه الحويصلات الهوائية، ويحيط بكل منها شبكة من الأوعية الدموية الصغيرة تسمى الشعيرات الدموية. في هذه الشعيرات

(1) See Sarah Novotny and Len Kravitz, "The Science of Breathing," available on Kravitz's University of New Mexico page https://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/Breathing.html; see also Neil 135 S. Cherniack et al., "The Mechanics of Breathing," Encyclopaedia Britannica, https://www.britannica.com/science/human-respiratory-system/The-mechanicsof- breathing; "IAQUK Resources – Respiratory System," IAQUK, http://www.iaquk.org.uk/ResourcesRespiratory.html.

الدموية، يمر الأكسجين O_2 المؤكسد عبر جدران الحويصلات الهوائية ويدخل دمنا. في خلايا الدم الحمراء يتم تحميل الأكسجين O_2 في جزيء معقد للغاية يدعى الهيموغلوبين. أثناء دوران الدم في جميع أنحاء الجسم، يطلق الهيموغلوبين الأكسجين O_2 على جميع خلايا الجسم. ثم يقوم الهيموغلوبين نفسه بجمع نفايات ثاني أكسيد الكربون ويعيدها إلى الرئتين، حيث يهرب إلى الحويصلات الهوائية ويدخل في الهواء الذي نزفره[١].

كل هذه العمليات المنسقة بشكل جيد عادة ما تحدث تلقائيًا ودون وعي، ويتم التحكم فيها بواسطة مركز الجهاز التنفسي في جذع الدماغ، أو النخاع. يستمر التنفس حتى عند النوم، مع تعديله حسب متطلبات الأكسجين O_2 المختلفة للراحة. يوجه النخاع "الحبل الشوكي" للحفاظ على التنفس بينما يتم توفير مزيد من السلاسة لنمط التنفس من قبل جسور فارول الموجودة بالقرب من النخاع[٢].

يستخدم مركز الجهاز التنفسي- مستوى ثاني أكسيد الكربون في الدم الشرياني لتعديل التنفس. يزيد ثاني أكسيد الكربون من الحموضة، وإذا زادت الحموضة، فإن المستقبلات الكيماوية ترسل إشارة إلى مركز الجهاز التنفسي في الدماغ، والذي يرسل بدوره إشارات مرتدة لتسريع التنفس وتعميقه. هذه العملية تطرد كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون وتجلب كمية أكبر من الأكسجين[٣].

إذا كنت تتعرض إلى جو خانق مع وجود كمية قليلة جدًا من الأكسجين O_2، مثل الأجواء ذات الغالبية العظمى من النيتروجين داخل مختبر لقياس الطيف الكتلي، أو على ارتفاعات عالية أثناء تسلق الجبال، أو إلى جو به الكثير من ثاني أكسيد الكربون، مثل الجو الموجود في

(1) "IAQUK Resources – Respiratory System."
(2) Novotny and Kravitz, "The Science of Breathing."
(3) Novotny and Kravitz, "The Science of Breathing"; Jorge Gallego, Elise Nsegbe, and Estelle Durand, "Learning in Respiratory Control," Behavior Modification 25, no. 4 (2001): 495–512.

مستودع الذرة، سوف تتباطأ عملية التمثيل الغذائي لديك لاستهلاك أقل قدر ممكن من الأكسجين.

يمكننا أيضًا مراقبة مجسات جهازنا التنفسي- في الواقع العملي في حالات انخفاض توفر الأكسجين O_2. عندما ينخفض تركيز الأكسجين O_2 في دمنا، ويزداد تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 بالتبعية، سيتم تغيير التدفق الطبيعي للأكسجين O_2، وسيتم إعادة توجيه معظم تدفق الدم من الأطراف إلى العضوين الأكثر أهمية: المخ والقلب.

وفقًا لنتائج دراسة نُشرت في مجلة Cell، يبدو أن الدماغ مجهز أيضًا بمستشعر كيميائي مدمج للاختناق الجوي[1]. ويوضح جون ويمي من جامعة أيوا، أن اللوزة العضوية – وهي عضو أثري (عديم الفائدة) وفقًا للتنبؤات التطورية المضللة – هي "جزء من دائرة الخوف في الدماغ"، وتعمل كمستشعر للاختناق وتحفز الجهاز العصبي الودي[2]. يقلل استنشاق ثاني أكسيد الكربون من درجة الحموضة في الدماغ، كما أن اللوزة لديها قناة أيونية مستشعرة للحموضة (تُعرف باسم ASIC1a)[3] يتم تنشيطها بمستويات منخفضة من الحموضة. تُظهر النتائج أن هذه اللوزة تُشعر بالتهديد الذي يشكله ثاني أكسيد الكربون، وتحفز على الإستجابة[4].

التنفس غير عادي بين وظائفنا الجسدية لأنه يمكن أن يستمر من تلقاء نفسه أو يمكن تنظيمه طوعًا. لماذا يجب أن تكون هذه الآلية الحيوية عرضة للمراقبة الطوعية؟ تمكن السيطرة

(1) Adam E. Ziemann et al., "The Amygdala Is a Chemosensor that Detects Carbon Dioxide and Acidosis to Elicit Fear Behavior," Cell 139, no. 5 (2009): 1012–21, https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.10.029.
(2) Cell Press, "Brain's Fear Center is Equipped with Built-in Suffocation Sensor," ScienceDaily, November 26, 2009, http://www.sciencedaily.com/releases/2009/11/091125134651.htm.
(3) Jordan W. Smoller et al., "The Human Ortholog of Acid-Sensing Ion Channel Gene ASIC1a Is Associated with Panic Disorder and Amygdala Structure and Function," Biological Psychiatry 76, no. 11 (2014), 902–10.
(4) Cell Press, "Brain's Fear Center."

الواعية لمعدل التنفس وكثافته البشر من التحدث والغناء والعزف على الآلات الموسيقية مثل الساكسفون والبوق. كما تمكننا السيطرة على التنفس من السباحة.

لكن هذه القدرة على التحكم في تنفسنا تأتي بثمن. إذا لم نعرف متى نتوقف عن حبس أنفاسنا، قد نتلف الدماغ والقلب بسهولة، وفي النهاية المطاف ستتوقف الأعضاء ويموت الدماغ. لذا فإن مركز التحكم التلقائي في التنفس الموجود في ادمغتنا يعيد التحكم بسرعة ويدفع الحجاب الحاجز الى العمل. إن الرغبة في التنفس التي يطلقها دماغنا تزداد قوة ببساطة، بحيث لا يتمكن من مقاومتها سوى القليل منا وهم في وعيهم. وبالنسبة للشخص النادر الذي يمكنه ذلك، لا يزال هناك مصد خلفي: حيث إنه سيغمى عليه ثم يبدأ في التنفس مرة أخرى. دكتاتورية الدماغ في التنفس تنقذنا من الاختناق الذاتي.

لذلك في المرة القادمة، حين تلاحظ أنك تتنفس توقف للحظة وتأمل التصميم الرائع لجهازنا التنفسي. وبدون هذا التفاعل الدقيق للتنفس التلقائي والطوعي والإلزامي عن طريق أجهزة الاستشعار الكيميائية والإستجابة الرجعية الجاهزة في وضع التنفيذ، لم تكن الحيوانات البرية، بما في ذلك البشر، لتنجو.

الخاتمة

بدون كل هذه النظم الحساسة – وهذه ليست في الواقع سوى عدد قليل من الأمثلة العديدة الممكنة – لم يكن بإمكان البشر أن يكونوا موجودين. أيضا، هذه الحواس لا تمكننا فقط من البقاء على قيد الحياة، فهي تمكننا من تجربة العالم الذي حولنا والإستمتاع به. هذه الحواس حاسمة للغاية، وفي الوقت نفسه فهي هدية تجعل الحياة جميلة وجذابة. تبحث مجموعة الحواس هذه عن العالم بأسره مثل التخطيط الدقيق الذي تم تنفيذه قبل أن نعلم أننا سنحتاج إليه أو نفهم أهميته.

الفصل التاسع

البصيرة ومستقبل العلم

حان الوقت لعمل تلخيص سريع، ثم دعنا نعود وننظر في الآثار المترتبة على الأدلة في هذه الصفحات بالنسبة لمستقبل العلوم.

نمو جنين الفرخ هو اعجوبة تستحق المشاهدة. (ويمكنك فعلاً رؤيتها، لأن العلماء قاموا بتصوير العملية)[1]. لكن مما لا شك فيه ان البيضة التي ينمو فيها الجنين هي أكثر مدعاة للدهشة. الجنين النام: يحتوي صفار البيض وبياض البيض على كل الطعام الذي سيحتاجه الفرخ قبل أن يفقس وتحتوي قشرة البيضة أيضًا على مسام مجهرية تسمح بدخول الهواء، لذلك يمكن أن يتنفس الفرخ. ثم يقوم الطائر النامي بإنشاء شبكة من الشعيرات الدموية لامتصاص الأكسجين من الهواء وإطلاق ثاني أكسيد الكربون. قبل الفقس بوقت قصير، تحبس أغشية خاصة في بيضة ما يكفي من الهواء حتى يتمكن الفرخ كامل النمو من أن يأخذ أنفاسه الأولى قبل أن يترك القشرة.

قشرة البيضة صلدة بما فيه الكفاية لحماية الفرخ النامي، لكنها هشة بدرجة كافية لكي تمكن الفرخ الكامل النمو من كسرها عند التفقيس. في الواقع، تعد محتويات البيضة والقشرة من روائع الهندسة التي تغذي وتحمي الطيور الصغيرة.

لن يكون هناك بيضة من دون دجاجة تنتجها، ومن دون بيضة لا يمكن أن يكون هناك دجاج، إنها معضلة الدجاجة والبيضة الأصلية، والمثال النموذجي لدائرة السببية الأكثر غرابة:

(1) Vladimir Matveev, "Development of a Chicken Embryo," YouTube video, 2:06, May 25, 2008, https://www.youtube.com/watch?v=LKvez9duEHQ; Yusaku Watanabe, "Observation of the Development of Chick Embryo," YouTube video, 9:45, November 26, 2017, https://www.youtube.com/watch?v=uE0uKvUbcfw.

من اجل الحصول على (س)، نحن بحاجة إلى (ص)، ولكن للحصول على (ص)، نحتاج أولاً الى (س). لا يمكننا الحصول على واحدة دون الأخرى. للحصول على الاثنين معًا، نحن بحاجة إلى البصيرة.

نجد أمثلة على هذه الدائرية السببية – وبالتالي الحاجة إلى التبصر – في جميع النظم الحية.

كما رأينا، تحتاج الخلايا الحية إلى أغشية. فمن دون أغشية لن تكون هناك حياة. وليس فقط الأغشية، ولكن الأغشية مع عدد لا يحصى من الدهون المفسفرة (الفسفوليبيد) والقنوات التي تمكن الخلية من السيطرة على بيئتها الداخلية. هذه القنوات تتطلب بروتينات معقدة ومتخصصة لتعمل. ومع ذلك، في حالة عدم وجود كيميائي حيوي ماهر، تصنع البروتينات الضرورية فقط في الخلايا – التي كانت موجودة قبل وقت طويل من وجود الكيميائيين الحيويين. فمن دون أغشية مستقرة محملة بقنوات تعمل بالبروتين، لن تكون هناك خلايا. ومن دون الخلايا لن تكون هناك بروتينات لتشكيل قنوات الغشاء.

أو ضع في اعتبارك: داخل الخلية الحية، نجد الحمض النووي (DNA) والحمض النووي الريبوزي (RNA) ، وكلاهما مناسب تمامًا للوظائف التي يؤديانها – من كيمياء مكوناتها إلى كيمياء الجزيئات المعقدة نفسها. بدون الحمض النووي (DNA) والحمض النووي الريبوزي (RNA)، لن تتمكن الخلية من تجميع البروتينات التي تحتاجها. ومع ذلك، فبدون مجموعة من البروتينات المعقدة، لا يمكن للخلية توليف المزيد من الحمض النووي، وبالتالي لا يمكن أن تنقسم أبدًا. وبدون مجموعة أخرى من البروتينات المعقدة، لن تكون الخلية قادرة على صنع الحمض النووي الريبوزي. فمن دون الحمض النووي والحمض النووي الريبوزي، لن

نحصل على البروتينات، لكن من دون البروتينات، لن نحصل على الحمض النووي أو الحمض النووي الريبوزي.

بعد ترجمة البروتينات من الحمض النووي الريبوزي (RNA) تساعدهم التشابرونات على التطوي بسرعة إلى الأشكال ثلاثية الأبعاد الصحيحة. فمن دون الشكل الصحيح، لا يمكن أن يعمل البروتين بشكل صحيح. لكن التشابرونات مصنوعة من البروتين. مرة أخرى، لدينا دائرة سببية. لا تشابرونات لا بروتينات. لا بروتينات، لا تشابرونات.

انها اكثر من مجرد أنظمة دائرة سببية تتطلب التبصر.

الطريقة التي تحبس بها البكتيريا الهيدرازين السام وتستخدمه لتحويل النفايات النيتروجينية وتجديد النيتروجين في الغلاف الجوي، الطريقة التي تستخدم بها حشرات الجندب الأحدب التروس المتشابكة بدقة للقفز ؛ الطريقة التي يخزّن فيها روبيان السرعوف الطاقة المرنة لإمداد ضربته المذهلة مع حماية يديه بالقفازات ؛ الطريقة التي تستخدم بها الطيور التشابك الكمي لاستشعار المجال المغناطيسي للأرض للإسترشاد عندما تهاجر ؛ التنسيق بين الحيوانات المنوية والبويضة في التكاثر البشري ؛ الطريقة التي تعمل بها الزائدة الدودية في استبدال البكتيريا المفيدة في الجهاز الهضمي بعد الإسهال ؛ التعقيد المتكامل الذي تنطوي عليه حواس النظر والشم والشعور بالألم: كل هذا يشير إلى الحاجة إلى التبصر.

خدعة الرجل الأعمى

ذكرت في الفصل الافتتاحي أن أنصار التطور قد أدخلوا إضافات وتعديلات أخرى على الآلية المركزية للداروينية الجديدة للطفرات الوراثية العشوائية والانتقاء الطبيعي. لقد ذهب البعض بعيداً جداً في هذا المسار الى حد التخطي عن التوليف الحديث للداروينية الجديدة حتى

تمسكهم بالأمل في إمكانية تطوير نسخة مادية عمياء تماماً من التطور. كان البحث المستمر عن مثل هذا البديل للداروينية الجديدة موضوع اجتماع عام ٢٠١٦ للجمعية الملكية في لندن، والذي ضم العديد من أنصار التطور البارزين. تضمنت الاقتراحات المختلفة لإنقاذ النظرية التطورية – بعضها أكثر حداثة وبعضها أقل – التوازن المتقطع، والتطور المحايد (التطور غير التكيفي)، وعلم الأحياء النمائي التطوري، والتنظيم الذاتي، والوراثة اللاجينية، والهندسة الوراثية الطبيعية. تم تقديم ادعاءات كبيرة لكل من هذه الإصدارات وغيرها من التطور الأعمى، ولكن في النهاية، فإن تلك الادعاءات، رغم ايمان مؤيديها التام بها، ليست أكثر من مجرد خدعة. كل منها لديه مواطن ضعف خطيرة لا تؤهله ان يكون بديلا عن البصيرة والتخطيط.

فالتوازن المتقطع، على سبيل المثال، يحاول تفسير سبب رؤيتنا لعدد قليل من الإحفوريات الانتقالية في السجل الإحفوري من شكل حيواني واحد إلى شكل حيواني آخر مختلف اختلافًا جذريًا، لكنه لا يوفر آلية موثوقة للتطور السريع الجيولوجي لأشكال جديدة. في الواقع، مهما كانت التحديات التي تواجهها الداروينية التقليدية الجديدة في هذا الصدد، فإن التوازن المتقطع يواجهها في شكل مكثف، حيث أن الوقت الجيولوجي لبناء شكل جديد أقل بكثير.

يقلل التطور المحايد من أهمية دور الانتقاء دور الانتقاء الطبيعي ويركز على الطفرات التي، على الأقل لفترة طويلة، كانت محايدة أو ضارة من حيث الصلاحية. والفكرة هي أن مثل هذه الطفرات قد تسود في مجموعات صغيرة من الحيوانات، على سبيل المثال. وفائدة هذا النهج هي أن علماء التطور لم يعد عليهم أن يتصوروا سلسلة من الخطوات المفيدة وظيفيا من نقطة البداية إلى تطور بعض الآلات الجزيئية الجديدة أو الأعضاء أو الكائن الحي. لكن هذه الفائدة تأتي بتكلفة هائلة، وهي تكلفة يميل مؤيدوها إلى التغاضي عنها.

يشرح ستيفن ماير، في مناقشته لبحث عن التطور المحايد كتبه مايكل لينش وآدم أبيج، مع مثال توضيحي لرجل سقط في مسطح مائي واسع ولكنه لحسن الحظ خال من الحيوانات المفترسة. (إن عدم وجود أي مفترس في القياس يعكس تقليل التطور المحايد من اهمية الانتقاء الطبيعي). يجب على الرجل الموجود في الماء أن يسبح إلى سلم في مكان ما في ذلك المسطح الشاسع من الماء ويتسلق. المهم هو أنه معصوب العينين وليس لديه أدنى فكرة عن مكان السلم. الآن، كما يشير ماير، إذا حاولت تقدير المدة التي يحتاجها للوصول إلى السلم عن طريق حساب خط مباشر إلى حد ما بين الرجل والسلم، فأنت ستخرج «بتقدير متفائل جداً لخطورة المشكلة التي يواجهها سباحنا السيئ الحظ»، لأن الخط المستقيم يحجب المشكلة الأساسية التي يواجهها السباح، أي أنه ليس لديه أدنى فكرة عن مكان السلم، ولا توجد طريقة لقياس ما إذا كان يقترب من السلم أو يبتعد عنه في أي لحظة معينة. ويتابع ماير:

«وبالتالي، فإن أي تقدير واقعي للوقت الذي سيستغرقه فعليًا للسباحة الى السلم – بعيداً عن تقدير أسرع مسار ممكن من الناحية النظرية – يجب أن يأخذ في الاعتبار تجواله الطائش وحالات الاقتراب والابتعاد وسباحته في دوائر وانحرافه في اتجاهات مختلفة. وبالمثل، فقد فشل لينش وابيج في تقدير حسابهما على الطبيعة العشوائية غير الموجهة للآلية التي يقترحانها. بدلاً من ذلك، يفترضان خطأً أن عمليات التطور المحايدة ستشكل مسارًا مباشراً لبعض التكيف المعقد المحدد. في الواقع، سوف تتجول هذه العمليات – في جميع الاحتمالات – بلا هدف في مساحة شاسعة من الاحتمالات المحايدة الخالية من الوظائف مع عدم وجود شيء لتوجيهها، أو الحفاظ عليها عند أي تقدم تحدثه نحو جزر الوظائف النادرة والمعزولة تمثلها عمليات التكيف المعقدة. لهذا السبب، يقلل لينش إلى حد كبير من فترات الانتظار المطلوبة

لتوليد تكيفات معقدة، وبالتالي، لا يحل مشكلة أصل الجينات والبروتينات أو أي تكيف معقد آخر»[١].

مشكلة سباح التطور المحايد ليست فقط انه معصوب العينين، ويجهل الى أين يتعين عليه الذهاب، ودون أي رغبة في الوصول إلى أي مكان؛ ما يزيد الطين بلة ان هناك مخارج أخرى من هذا المسطح المائي الكبير تؤدي إلى تدميره، أو على الأقل تجعله يفقد أحد اطرافه. ذلك لأن التطور لا يسير في اتجاه واحد فقط، حيث ان الطفرات تستطيع تدمير الأشياء بسهولة أكبر بكثير مما يمكن أن تصنعها. والأسوأ من ذلك، أن ميل الطفرات هذا للتدمير لن ينتظر بأدب بينما يقوم التطور المحايد بالبحث بشكل اعمى عن طفرة أو سلسلة من الطفرات التي يمكنها ان تبني شيئًا جديدًا.

صحيح، في بعض الأحيان تؤدي هذه التحطيمات التقهقرية إلى مزايا خاصة، كما أشار مايكل بيهي في كتابه تدهور داروين. ولكن كما يلاحظ بهي أيضًا: لا يتم إنشاء أي آليات جزيئية جديدة في مثل هذه الحالات، وهذا هو بالضبط أصل المعلومات والآلات الجزيئية الجديدة التي يحتاج أي تفسير تطوري لتنوع الحياة لمراعاته سواء كان التفسير التطوري المحايد او غيره[٢].

وتواجه المقترحات التطورية البديلة الأخرى أوجه قصور مدمرة مماثلة[٣]. ما يفتقرون إليه جميعاً هو الصلصة السرية في كل نجاح هندسي عظيم، وهي التبصر والإبداع والتخطيط.

(1) Stephen C. Meyer, Darwin's Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design (San Francisco: HarperOne, 2013), 328–9.

(2) Michael Behe, Darwin Devolves: The New Science about DNA That Challenges Evolution (San Francisco: HarperOne, 2019).

(3) For more on the problems facing the various post-Neo-Darwinian models, and why most of them are not really post-Neo-Darwinian models, see chapters 4 and 5 of Behe, Darwin Devolves, 93–137, and chapters 15 and 16 of Meyer, Darwin's Doubt, 291–335.

لمعرفة المزيد عن المشكلات التي تواجه مختلف نماذج ما بعد الداروينية الجديدة، ولماذا لا يعتبر معظمها نماذج ما بعد الداروينية الجديدة حقيقية، راجع الفصلين الرابع والخامس من كتاب مايكل بيهي داروين يتقهقر Darwin Devolves، من صفحة ٩٣ الى صفحة ١٣٧، والفصلين الخامس عشر والسادس عشر من كتاب ماير، شك داروين Darwin's Doubt، من صفحة ٢٩١ الى صفحة ٣٣٥.

مبدأ التبصر أو الموت

إن الحاجة للتنبؤ – للنظر في المستقبل، وتوقع المشاكل المميتة المحتملة في الخطة، وحلها في وقت مبكر – يمكن ملاحظتها في كل مكان حولنا. يتضح من الأمثلة العديدة في هذا الكتاب أن الحياة مليئة بالحلول التي كان لا بد من التنبؤ بحاجتها لتجنب العديد من النهايات المميتة. بعبارة أخرى، تتطلب العديد من الوظائف والأنظمة البيولوجية التخطيط للعمل. هذه الميزات تتحدث بقوة ضد النظرية التطورية الحديثة في جميع أشكالها، والتي لا تزال متشبثة بالعمليات العمياء.

رأينا في الفصل الثاني كيف أنه لا يقتصر دليل التبصر في الطبيعة على أمثلة من علوم الحياة، ورأينا، أثناء بحثنا عن الأرض والكون، كيف يبدو لنا أن عقلًا عبقريًا توقع وتفادى مجموعة من الطرق المسدودة المحتملة، في كل شيء من الفيزياء وعلم الكونيات إلى الكيمياء والجيولوجيا، وهي المواقف التي من شأنها أن تجعل الحياة مستحيلة.

لقد درسنا، في هذا الكتاب، العديد من الحالات التي تجسد مبدأ "لا تبصر- لا حياة". ولكنها ليست سوى غيض من فيض. تشكل الأمثلة العديدة للحلول التي توقعت المشكلات قبل ظهورها، والإبداع الواضح في تلك الحلول، والحاجة إلى الإنجاز المنسق والفوري لمكونات متعددة تعمل بكامل طاقتها منذ بداية نظام معين، تحديًا كبيرًا للتطور الأعمى. ليس التطور الأعمى فحسب، بل المادية التي ترتكز عليه، لأن التبصر- يتطلب شيئًا أكثر من مادة متحركة.

التبصر هو السمة المميزة للعقل.

التبصر والذكاء

لقد ازدهر وضعنا ـ نحن البشر ـ على الأرض بفضل العديد من قدراتنا الفريدة، فنحن نفكر ونمتلك قوة الكلام وصناعة الأدوات المتطورة وزراعة المحاصيل وتربية الماشية. نحن نطيّر الطائرات والسفن الفضائية ونذهب في أعماق المحيطات بالغواصات. نكتب البرامج التي تقود الهواتف المحمولة والروبوتات. نقوم بتركيب البوليمرات لصنع الملابس، والأدوية لعلاجنا من الأمراض. نحن ننشد ونكتب الشعر والمسرحيات وغير ذلك الكثير.

إذن فأكثر ما يميزنا في مملكة الحيوانات، ليس شيئًا ميكانيكياً أو ماديًا؛ بل هي عقولنا. فبعقولنا يمكننا دراسة الماضي، وفهم الحاضر، وتوقع المستقبل إلى درجة لا مثيل لها في المملكة الحيوانية *نحن نتبصر وهذا ما لا تقوم به الحيوانات*.

ومع ذلك، وكما شهدنا خلال هذا الكتاب، فإن أعمال التبصر الاستثنائي واضحة في جميع أنحاء العالم الطبيعي – في كل شيء، من أغشية الخلايا إلى آليات هجرة الطيور. وتتجاوز هذه الأمثلة في التعقيد أي أمثلة عن البصيرة الهندسية التي يمكن أن نشير إليها في الثقافة الإنسانية.

أين تقودنا هذه الأدلة؟ دعنا نأخذ قضية التبصر في الطبيعة بخطوات:

١. نحن نشهد العديد من الأمثلة على التبصر الواضح في العالم الطبيعي – للمشاكل التي يتم توقعها قبل نشوئها، ويتم حلها ببراعة مع الأجراء الآني في الوقت المحدد الخاص بأجزاء متعددة وأساسية وجيدة التنظيم.

٢. نحن نعلم من تجربتنا المشتركة أن القدرة على استباق وحل مثل هذه المشاكل هي سمة من سمات العقول الذكية.

٣. لا توجد أمثلة واضحة للعمليات غير الموجهة والطائشة التي تستبق وتحل المشكلات التي تتطلب تنسيقاً معقداً للأجزاء المضبوطة بشكل دقيق، جمعت جميعها منذ بداية النشوء. لا تحسب الإشارات الجوفاء للحالات التي يتم افتراضها بدلاً من إظهارها. ولا تحسب الحجج القائمة على منطق المصادرة على المطلوب - على سبيل المثال، "أن السمات المشتركة يجب ان تعني سلفاً مشتركاً" و "السلف المشترك يعني التطور الأعمى".

٤. لذلك، توفر لنا تجربتنا المشتركة نوعًا واحدًا فقط من الأسباب بقدرة واضحة لتوقع مثل هذه المشكلات وحلها – الا وهو التصميم الذكي.

٥. يمثل التصميم الذكي إذن التفسير الأفضل والواقع الوحيد للعديد من الأمثلة على التبصر الواضح في العالم الطبيعي، للحالات التي يتم فيها حل المشكلات ببراعة مع التنفيذ في الوقت المحدد للعديد من الأجزاء الأساسية والضرورية والمنسقة بشكل جيد. البصيرة ليست واضحة فحسب، ولكنها حقيقية.

وهذا لا يعني انه لم تكن هناك أسباب ثانوية في العمل، وانه لم يتم الكشف عن اي شيء من الأنماط الشبيهة بالقانون والظروف القائمة من قبل. ان الانفتاح على دليل التبصر يجعلنا منفتحون على التفكير في كل من الوسائل الأولية والثانوية. وفي كل حالة قيد المناقشة، يمكننا ببساطة اتباع الأدلة بدلاً من التقيد بقاعدة المصادرة على المطلوب.

وسواء كانت الادلة تشير إلى الأسباب الأولية، أو الأسباب الثانوية، أو تجمع بينهما، فأنها لا تزال تشير الى ان العقل كان لابد منه للتنبؤ بالعديد من الاحتمالات المسدودة والهروب منها. الحياة والكون مليئة بهذه التجنبات الذكية، والحلول البارعة التي تتحدث بقوة لصالح التصميم الذكي.

شيء أكثر

أتذكر احدى الليالي المظلمة في منزل ريفي لصيد الأسماك في مدينة "سانتا في دو سول" في البرازيل. كانت ليلة صافية بعيدًا عن المدينة الكبيرة التي رأيتها، وللمرة الأولى، المشهد الرائع الذي هو سماء الليل المظلمة التي لم يتأثر بها تلوث الضوء الحضري - عدد كبير من النجوم البراقة.

ثم سألت نفسي، "من الذي صنع كل هذه النجوم التي لا تحصى ووضعها هناك؟" الدافع لنسب هذه العجائب إلى ذاتٍ ما كان قوياً وشبه شامل. ولكن في هذه الأيام، فإن هذا الدافع غير مرغوبٍ فيه بشدة.

هل انبثق الكون ببساطة الى الوجود من العدم؟

بالتأكيد لا

حسنًا، إذن، هل انبثقت آلة سحرية تولد الأكوان المتعددة من العدم، وضبطت نفسها بشكل دقيق لتوليد أكوان صالحة للحياة من حين لآخر؟!

وسواء أبدأنا بكوننا أو كون متعدد خيالي، هل انبثق ضبط القوانين وثوابت الطبيعة إلى حيز الوجود من العدم؟

ومن هناك، تطور كل شيء بصورة عمياء وصولاً إلى الحياة الأولى على الأرض - أول خلية تطفو على السطح بشكل عشوائي من بعض الحساء البدائي؟ ومن هناك بدأت أول الكائنات الحية المتعددة الخلية، وأول النباتات والحيوانات، وأول الرئيسيات، وأول البشر؟

هذه هي قصة الخلق التي يرويها الملحدون.

لا بد لي من الاعتراف، بأنني ككيميائي، لست مؤمناً بهذا الدين.

نحن نشهد جمال وتعقيد الحياة على كوكب الأرض، ونرى العديد من الميزات المدهشة التي يظهر انها مخطط لها بعناية فائقة، ويطلب منا أن نصدق أن هذه العجائب جاءت نتيجة تعثرات عمياء وطائشة من الفراغ، لنعود إليها في يوم من الأيام. هل صحيح ما رتله كارل ساجان في نغمته الكهنوتية في بداية سلسلة PBS المشهورة، «إن الكون هو كل ما كان، وكل ما هو كائن، وكل ما سيكون؟»[1]

ام ان هناك شيء آخر؟

على الرغم مما حولنا من عجائب، منذ أكثر من قرن ونصف، كان العديد من العلماء مقتنعين بأن الإجابات على هذه الأسئلة النهائية قد تم العثور عليها، وأن أعجوبة العالم الطبيعي كلها – كما قال عالم الأحياء التطوري فرانسيسكو ايالا – ترجع الى «صدفة وضرورة تم تعقيدهما بشكل مشترك في أشياء الحياة؛ تتشابك العشوائية والحتمية في عملية طبيعية تسببت في زيادة الكيانات الأكثر تعقيدًا وتنوعًا وجمالًا في الكون: الكائنات الحية التي تملأ الأرض، بما في ذلك البشر الذين يفكرون ويحبون»[2].

على هذا الرأي، قدم التطور تصميماً بدون مصمم. ونحن نرى دليلاً على تصميم هادف في الكون وفي أنفسنا، لكن من المفترض أن نصدق أن هذا مجرد وهم، وأنها، في الواقع، عملية لا تسترشد بأي شيء باستثناء قوانين وثوابت الطبيعة التي تشكل كل ما نعرفه ببطء – الكون، والنجوم، والمحيطات، والسماء والغيوم، والحمض النووي الريبوزي والحمض النووي، والريبوسومات، والبكتيريا، والأسماك، والطيور، والشمبانزي، وحتى أنفسنا.

(1) Cosmos, "The Shores of the Cosmic Ocean," 1. Directed by David Oyster et al. Written by Carl Sagan, Ann Druyan, and Steven Soter. PBS, September 28, 1980.
(2) Francisco Ayala, "Chance and Necessity," Counterbalance, http://www.counterbalance.org/evolution/chance-frame.html.

هكذا قيل لنا

للأسف، هذه القصة قيدت العلم، وضيقت آفاقنا، ودمرت دهشتنا.

لكن لحسن الحظ بعض الهواء النقي بدأ بالتسرب. إن دليل التبصر- والتصميم في الطبيعة يصبح شيئاً فشيئاً أكثر وضوحًا ونحن نتابع الاكتشاف العلمي. وعلى عكس الفلسفة المادية، فإن الانفتاح على دليل التصميم الذكي يوسع آفاق العلم.

لقد وصف هذا الكتاب العديد من آليات الحياة الذكية. لكنها ليست مجرد ذكية. إنها ليست مجرد مزايا يمكن اكتسابها على مر الزمن من خلال عملية تطورية؛ فهي "ضرورات بدائية"، وهي ميزات تحتاجها الكائنات الحية التي تمتلكها منذ البداية لكي تتمكن من البقاء على قيد الحياة والتكاثر والإزدهار. في كل حالة، تظهر هذه الحلول لجميع العالم انها قد تم التخطيط لها مسبقا وأنها موجودة منذ اللحظة الأولى.

النظرية التطورية الحديثة ليس لديها الكثير لتقدمه من حيث تفسير مبدأ "لا تبصر- لا حياة"، لأن المطلوب هو التوقع والتخطيط، وهذه الأنشطة هي من فعل العقول (أي من فعل ذات علمية لا عن طريق عملية عشوائية عمياء).

بعد مدة طويلة من هيمنة غياهب النزعة الطبيعية التي فُرِضت على البحث العلمي، تم فتح النوافذ، وصار بالوسع طرح أسئلة جديدة وقديمة، وأصبح الكثير منا يجد نفسه في نقاش نشط. وهذا امر جيد جدا!

دعوا الأفكار الجامدة والأساليب القمعية تنحسر.

لدينا نظريتان أساسيتان عن أصلنا. دعوا المتنافسين يقفون، ودعوا الأدلة تُقدم، ودعونا نتداول ونناقش بروح النوايا الحسنة والمنافسة النزيهة. أتمنى أن تفوز النظرية التي تفسر- الأدلة على أفضل وجه.

مثل هذا السعي الصريح للحقيقة هو، في نهاية المطاف، عنصر أساسي فيما يجعل العلم مثيراً ومرضياً. أنا – شخصياً – سعيد لأني أعيش الآن للإستمتاع بأفكار واكتشافات ومناقشات جديدة.

ماذا ستكون النتيجة؟

لا أستطيع أن أبيّن مدى سرعة استعداد العلماء الآخرين لاتباع الأدلة التي تقود إليها، لكنني أعرف أن المستعدين ـ منا ـ للالتفات إلى أدلة التبصر في الطبيعة يشاركون في ثورة علمية رائعة ومثيرة فكريا ومدعومة بأدوات جديدة للتحقيق واكتشافات جديدة عن العالم، وقد تم إثراء هذه الثورة بإحياء فكرة عريقة الأصل والنسب الا وهي فكرة الخلق والتصميم. رأى آباء العلوم الحديثة – كوبرنيكوس، وغاليليو، وكبلر، ونيوتن، وبويل، وغيرهم الكثير – تصميمًا في الكون، وكانوا بالفعل مصدر إلهام لاكتشاف قوانين الطبيعة بسبب إيمانهم بوجود مشرع متعال لجميع القوانين في هذا الكون.

أما بالنسبة لرحلة الاكتشاف الرائعة التي أطلقوها، فلا يبدو أن هناك نهاية في الأفق. جوزيف جون طومسون الحائز على جائزة نوبل، وأحد عمالقة الفيزياء الحديثة المبكرة، ومكتشف الإلكترون، ووالد مجال مطياف الكتلة – الذي هو مجال خبرتي – نقل بشكل جميل هذه النظرة المتفائلة والمفتوحة للعلوم.

لختم كتاب عن عالم مليء بالأدلة على البصيرة، لا ارى أفضل من كلام طومسون الذي مازال صحيحاً، اليوم كما كان عندما صاغه في أوائل القرن العشرين:

«مجموع المعرفة في الوقت الحاضر، على أي حال، هو سلسلة متباينة وليست متقاربة. ونحن نغزو القمة بعد القمة، نرى أمامنا مناطق مليئة بالاهتمام والجمال، لكننا لا نرى هدفنا، لا نرى الأفق، فصرح المسافات يكشف قمما أكثر علواً، والتي ستكشف لمن يتسلقها أن هناك

آفاقا أوسع وشعورا أعمق، الحقيقة التي يؤكدها كل تقدم في العلم أن الأمور العظيمة هي من عمل الله»[1].

(1) J. J. Thomson, "Inaugural Address," The British Association at Winnipeg, Nature 81 (August 26, 1909), 257.

الفهرس

مدخل ٣

الإشادات ٧

الفصل الأول البصيرة في الحياة ١٣

الغشاء وقنواته: ١٥

الدهون المفسفرة (الفسفوليبيد) ٢١

الأكواپورين: مرشحات المياه المذهلة ٢٤

قوة الأكواپورين ٢٧

الفصل الثاني عالم الكيمياء الحيوية المُقدر ٣١

الضبط الدقيق والبصيرة ٣٣

الماء: المصفوفة الكيميائية المثالية ٣٤

خصائص الماء ٣٧

الماء كمذيب ممتاز ٣٨

غموض الجليد العائم ٤٠

الجو المثالي ٤٣

البرق: مهم بشكل مثير للدهشة ٥٢

هل هو علم؟ ٥٦

الفصل الثالث شفرة الحياة ٦١

البصيرة في الحمض النووي ٦١

أنيون الفوسفات ٦٤

التماثل المرآتي واستبدال اليوراسيل بالثايمين ٦٩

انزيم عبقري آخر للإنقاذ..... ٧١
الفائض الاحتياطي الجيني..... ٧٤
الخلاصة: الشفرات وصناعها..... ٧٨
الفصل الرابع مساعدو الحياة..... ٨١
المشغلات (الأوبرونات)..... ٨١
الأنزيمات..... ٨٦
التشابرونات والتشابيرونينات..... ٩١
كبسولات السوط الخيطي..... ٩٢
الفصل الخامس البكتيريا، والبق، والنباتات آكلة اللحوم..... ٩٩
الميكروبات: مفارقة الدجاجة ام البيضة أخرى..... ٩٩
بكتيريا الأناموكس وكيميائها الصاروخية..... ١٠١
الجندب الأحدب: مخترع التروس الميكانيكية (الدواليب المسننة)؟..... ١٠٥
تايسون يسدد لكمة..... ١١١
النباتات آكلة اللحوم..... ١١٦
قوة فريدة من نوعها..... ١٢١
الفصل السادس الطيور: دراسة حالة إفرادية في البصيرة..... ١٢٣
نظام الملاحة العالمي (الجي بي أس) لدى الطيور..... ١٢٣
من الذي جاء أولاً؟..... ١٣٤
الفصل السابع البصيرة في النموذج البشري: التكاثر..... ١٣٧
الترسانة الكيميائية لهرمونات الحمل:..... ١٤٣
فتح الباب: تمدد عنق الرحم..... ١٤٧
ملحق: عن الزائدة الدودية..... ١٥٠
الفصل الثامن التخطيط للحواس..... ١٥٥

عيون الإنسان ١٥٥
الشم والتذوق ١٥٧
العث ١٦٠
التخطيط للألم ١٦٢
التنفس أو الموت ١٦٧
الخاتمة ١٧٢
الفصل التاسع البصيرة ومستقبل العلم ١٧٣
خدعة الرجل الأعمى ١٧٥
مبدأ التبصر أو الموت ١٧٩
التبصر والذكاء ١٨٠
شيء أكثر ١٨٢
الفهرس ١٨٧