الفصل 4

آلية الحياة

«جسمنا آلة من أجل الحياة. وهو مُنظمٌ من أجل ذلك، تلك هي طبيعته»

نابوليون في كتاب الحرب والسلم، للمؤلف تولستوي

هل الإنسان آلة؟ إنه سؤال قديم تغير معناه ببطء لأن مفاهيمنا عن الإنسان والآلة قد تطورت. علينا أن نطرح السؤال ثانية في هذا العصر الجديد، عصر الهندسة الوراثية والاستنساخ والكمبيوترات الذكية والإنترنت. أصبح مفهومنا عن الآلة الآن أكثر من وسيلة ميكانيكية مصنوعة من المعدن، أصبحت تعني آلة مكونة من برامج وربما كائنات حية أعيد تصميمها لتقوم بمهام محددة. ومن أجل أن ننظر إلى هذا السؤال بصورة جدية، فإن من الضروري أن ندرس كذلك تركيب الإنسان بمزيد من التفاصيل، ولكي نرى إذا كانت مكوناته تشبه الآلة حقاً. وهذا سوف يساعدنا أن نفهم ما نعرفه الآن عن طاقة الحياة التي سنتابعها في الفصول التالية. إننا سندخل مملكة الخلية

obeikandl.com

الحديثة وبيولوجيا الجزيء، وهو علم من أكثر العلوم نجاحاً في الوقت الحاضر وربما من أنجح الأنشطة الثقافية في المجتمع المعاصر. تقول البيولوجيا الحديثة إن الجسم مكون من كمية وتشكيلة واسعة من الآلات الجزيئية، تنظمها مورثاتنا ويصمّمها التطور، وربما من أجل ضمان بقاء هذه المورثات.

تعاظمت الفرصة بصورة مستمرة بين البيولوجيين منذ الحرب العالمية الثانية، لأن الأحداث دائمة التغير داخل الخلية قد أصبحت واضحة بالتدريج. تصبح الأمور أقل وأقل تشويقاً إذا نظرت إليها بمزيد من التفصيل. ولكن العكس حدث في علم البيولوجيا. والأمر يشبه لعبة الدمى الروسية، حيث تصبح اللعبة أكثر تعقيداً كلما فتحت دمية، أَو كقبر فرعون الذي يكشف عن كنوز مذهلة كلما اقتربت من التابوت الحجري. ويبدو الإنسان بسيطاً تماماً إذا نظرت إليه من الخارج: له بضع أطراف للتعامل مع العالم حوله، وفتحات من أجل إدخال أشياء إِلى الجسم أَو إخراجها منه. ولكن انخفض إِلى مقياسٍ أصغر من ذلك بمليون ضعف، إِلى الخلية وآليتها، عندئذٍ ندخل إِلى عالم مختلف من تعقيد لا يمكن تخيّله. مئات من الألوف من الكيانات تؤدي عشرات الألوف من الأمور المختلفة بسرعة مسعورة لا يمكن مشاهدتها داخل بنية ديناميكية معقَّدة على نحو مذهل. وهذا التعقيد لا يمكن أن ينشأ عن فوضى أَو قوى عشوائية، فكل شيء يخطط ويصنع ويضبط داخل الخلية ـ أَو هكذا يبدو لنا.

الخلية مدينة مزدحمة وشاسعة، ولا يمكن معرفة حياتها بصورة

أَو خطة واحدة أَو علم واحد. ولم تكتشف هذه المدينة فجأة ولكنها أصبحت واضحة الآن لأن أدوات بيولوجيا الجزيء والخلية تطورت خلال العقود العشرة السابقة. ولحسن الحظ، الزيادة في التعقيد فيما يتعلَّق بالمقاييس الصغيرة ليست غير محدودة، وإلاَّ لكانت مهمة البيولوجيين يائسة، وعندما نتعمّق ونصل إلى قياس أصغر من الجسم الإنساني بمليون مرة، فجأة نجد مرة أُخرى طبقة بسيطة ومألوفة، وهي مملكة الذرات والبروتونات والإلكترونات، التي اكتشفها الكيميائيون والفيزيائيون من قبل، عالم القوانين البسيطة والدقيقة على نحو مُطمئن. ولكن هذا الاطلاع وهذه البساطة المطمئنة لا ينبغي لهما أن يَصرِفنا انتباهنا عن الحقيقة، وهي أن هذه الجسيمات يحكمها قوانين ميكانيكا الكم، وهي أقصى ما وصلت إليه المعرفة والتي لا يصل إلى حدودها إلاَّ علم الرياضيات. إذاً، هذا عالم لا يمكن تصوّره واقعياً: ليس هنالك صورة أَو مجاز يمكن أن يصف بدقَّة سلوك الإلكترونات والبروتونات والفوتونات. وليس للإلكترونات والفوتونات بنية أَو صورة. وتقع الكيمياء البيولوجية متقلقلة بين العالم المألوف للأشياء اليومية وعالم ميكانيكا الكم الذي لا يمكن تصوّره. والكيميائيون البيولوجيون منقسمون في معالجة الجزيئات، فهم يستخدمون صوراً ومجازات ليصفوا كيانات لها قَدَمٌ واحدة في عالم مختلف كلياً.

إن الخلية كيس مملوء بالماء، فيه جزيئات مختلفة كثيرة تسبح في الماء. ويسمى الجدار المحيط بالكيس غشاء الخلية. ويتحكم

بالجزيئات التي تدخل إلى الخلية وتخرج منها. وهنالك في داخل الخلية الكثير من أغشية أُخرى تحيط بحجيرات منفصلة. إذاً، لدينا كيس مملوء بالماء (والجزيئات الأُخرى) يحتوي على الكثير من أكياس أصغر ذات حجوم وأشكال مختلفة، وتحتوي كذلك على الماء (وعلى جزيئات أُخرى)، إنها لا تبدو كآلة فعَّالة حتى الآن ـ إنها تشبه كيساً مشبعاً بالماء. ولكننا إذا استعملنا المجهر الإلكتروني بدلاً من المجهر الضوئي، فإننا ننفذ إلى مقياس أصغر وعندها نرى طبيعة الخلية التي تشبه الآلة.

الخلية صغيرة ولها حجم وشكل يتغيّران ـ يبلغ عرض خلية متوسطة لإنسان عشرين ميكروناً (0,02 ملم) ـ ولكنها كبيرة إذا قورنت بالجزيئات المحتواة داخلها، ولكن إذا زدنا المقياس بمئة مليون مرة، فإننا يمكن أن نرى الذرة ـ سيبلغ عرضها سنتيمتراً ـ تقريباً بحجم حبة البازلاء، وستبلغ الجزيئات الصغيرة كالسكر والحموض الأمينية وATP خمسة أَو عشرة سنتيمترات ـ أي حجم التفاح والفناجين والمصابيح الكهربائية. بينما ستبلغ البروتينات من عشرين سنتيمتراً إلى متر ـ أي حجم الآلات أَو الأطفال أَو الإنسان الآلي. وبهذا المقياس، ستبلغ الخلية المتوسطة (مع أنّها متغيرة الحجم) كيلومترين ـ أي حجم مدينة، ولكن مدينة ثلاثية الأبعاد ـ مدينة كروية شاسعة. وليس هنالك جاذبية داخل الخلية، بسبب الفعالية التي تجري فيها. والآن دعنا ننشئ هذه المدينة في الفضاء الخارجي، سنجد سكانها يسبحون داخلها. يحيط بالخلية غشاء وتنقسم إلى عدة حجيرات يحيط بها

أغشية داخلية، سماكة كل منها نصف متر ـ كجدار المنزل حسب مقياسنا الموسع. وتحتوي هذه الحجيرات على شبكة معقَّدة من الأنفاق ـ بعرض طريق صغير ـ تربط الأقسام المختلفة من الخلية. ويرتبط بهذه الأنفاق ويسبح في أطراف الخلية الكثير من مادة «الرايبوسوم» وهي المصنع الذي يكون البروتينات، وستبلغ حجم سيارة. وفي الخلية شبكة متصالبة من الكثير من الخيوط ـ وتبلغ بمقياسنا الموسع العوارض الفولاذية أَو الأبراج الحاملة للأسلاك الكهربائية ـ وتقوم مقام الهيكل العظمي في الخلية. أما الجسيمات المسماة ميتوكوندريا Mitochondria، فهي محطات الطاقة في الخلية، وستبلغ حجم محطة توليد الكهرباء ـ وسيكون هنالك الآلاف منها في كل خلية. وللخلية نواة واحدة ـ وهي بنية كروية كبيرة، ويبلغ عرضها الكيلومتر ـ تفكر بالخلية وهي مخزن دائم من المعرفة من أجل التطوير. إذاً تَخيَّلْ هذه الخلية الموسعة بصورة كبيرة، كمدينة تسبح في الفضاء، يسكنها البلايين من أجهزة الإنسان الآلي الصغيرة المختصة، تقوم بآلاف المهام المختلفة، تصنع وتهدم وتحرِّك تريليونات من الجزيئات الأُخرى لكي تغذي الخلية وتشحنها وتأمرها وتصونها. وكل جزيئات الخلية محشورة بإحكام، ولكن يزلق حركتها جزيئات الماء التي تعمل على الكرات المعدنية في الآلة. فالخلية كبيرة إذا قورنت بجزيئاتها. ولكن بهذا المقياس غير المألوف، سيبلغ جسم الإنسان عشرة أضعاف حجم الكرة الأرضية. إذاً، هنالك الكثير الكثير من الخلايا في الجسم.

ولكن هذا يعطينا صورة ساكنة نوعاً ما عن الخلية، والتي هي في الواقع في حركة مسعورة. فجميع الجزيئات تهتز وتدور وتصدم جيرانها حوالي بليون مرة في الثانية، هذه الحركة المهتزّة باستمرار تشحنها طاقة حرارة الجسم، الحركة العشوائية للجزيئات. وهذا الاهتزاز العشوائي هو الذي يجعل كل الجزيئات الأصغر تتحرَّك بلا نهاية حول الخلية، ولا يعيقها إلاَّ الأغشية ونَزْعَتُها إلى الالتصاق بجزيئات أُخرى. والأمر يشبه لعبة الكرة والدبابيس المتعذر التحكّم بها، التي فيها تريليونات من الكرات وقد زادت سرعتها بلايين المرات. وبما أن هنالك فعالية بدون احتكام أَو جاذبية، لذلك فهي لعبة ثلاثية الأبعاد. هذا السلوك العشوائي لكل الجزيئات، والذي يُدعى الانتشار، يجعل جزيئاً مثل ATP يزور معظم أقسام الخلية في كل ثانية، مصطدماً في الواقع بملايين الجزيئات الأُخرى. أما الجزيئات الأكبر مثل البروتينات، وهي آلية الخلية، فإنها تتحرَّك بهيبة وجلال. وإذا لم تلتصق بالأغشية أَو الخيوط، فإنها تهتز وتدور حوالي مليون مرة في الثانية. وتقوم الأنزيمة أَو الآلات الجزيئية الأُخرى بوظيفتها فتجمع أَو تفكك جزيئات أُخرى حوالي ألف مرة في الثانية الواحدة.

في هذه المدينة المزدحمة، هنالك نوعان رئيسيان من الآلات تقوم بمعظم الأشياء المشوقة في الخلية: هما الأنزيمات والنواقل. أما الأنزيمات فتحول نوعاً من الجزيئات إلى آخر (وذلك بنزع جزء أَو إضافة شيء أَو أخذ قطعة من جزيء وإضافته لآخر). أما النواقل

فتحمل الجزيء عبر أغشية حجيرة إلى أُخرى، وتحتل، بصورة طبيعية، مكاناً في الأغشية المختلفة للخلية. وتقوم بعملها وذلك بربط جزيئات خاصة بعضها مع بعضها الآخر. ومن ثم يغير الناقل الشكل ويُحرر الجزيء على الجانب الآخر من الغشاء. وتسبح الأنزيمات عموماً في حجيرات مختلفة من الخلية (أنزيمات خاصة في حجيرات خاصة) أَو ترتبط بالبُنى المختلفة للخلية.

تُعْتَبَرُ الأنزيمات والنواقل اليوم آلات جزيئية متقنة الصنع. وربما هنالك حوالي عشرة آلاف نوع في كل خلية. ويتراوح عدد النسخ الموجودة من كل نوع في الخلية الواحدة من عشرة إلى أكثر من مئة مليون، حسب السرعة التي تحتاجها الخلية لكي تقوم بوظيفة محددة عبر كل أنزيمة أَو ناقل. وكل واحد منهما يؤدي مهمة واحدة فقط، ولكنه يفعل ذلك مراراً وتكراراً، ليصل عدد المرات إلى ألف مرة في الثانية. قد تأخذ أنزيمة محددة نوعاً من الجزيئات (المادة الخاصة لفعل الخميرة) من آلاف من الجزيئات المختلفة في الخلية، محولة إيَّاه إلى جزيء مختلف قليلاً (المنتَج). وتصدم الأنزيمة الجزيء الخاضع لفعلها وترتبط به وتحوله إلى الجزيء المنتج ثم تطلقه. عندئذٍ تكون الأنزيمة طليقة لترتبط بالجزيء التالي الخاضع لفعلها. وتحول الأنزيمة الكثير من الجزيئات الخاضعة لفعلها إلى جزيئات منتجة كل ثانية.

ولكن الأنزيمات والنواقل ما هي إلاَّ تشكيلة واسعة من الآلات الجزيئية الموجودة داخل الخلية. ويصون الخلية سقالات معقدة

تتكون من أنواع مختلفة من خيوط متصالبة تعرف باسم الهيكل العظمي للخلية. وليست هذه البنية ثابتة أَو نهائية الشكل. إنها تتشكّل وتتفكّك باستمرار، لأنها ليست مبنية من لبنات ميتة ولكن من بروتينات حية، مستخدمة الجزيء ATP ليشحن اتحادها وتفكّكها. وتَسْتخدمُ آلات أُخرى هذه السقالة كي تنقل بعدئذٍ كل أنواع الأَشياء الموجودة حول الخلية. وهنالك اثني عشر نوعاً من البروتينات المزودة بمحرّك تندفع على طول الخيوط المختلفة حاملة أثقالاً مختلفة كالبروتينات الأُخرى وجسيمات الميتوكوندريا. وتنتقل الآليات المختلفة على طول أنواع مختلفة من الخيوط، بعضها في اتجاه والبعض الآخر في اتجاه آخر، وتمكنها البروتينات التي تلائم بينها أن يحمل كل منها أحمالاً مختلفة بواسطة الجزيء ATP كلي القدرة (تستخدم آليات مشابهة لشحن التقلّص العضلي).

إن الجزيء ATP الذي يزود تلك الآليات بالطاقة، هو نفسه مكون من محرِّك ضخم يدور على محور ويعمل بالكهرباء. وهذا المقدار من الطاقة يسمح للآلات البروتينية أن يكون لها وظائف ديناميكية ـ كالساعات والمحركات ومفاتيح التحويل وعوامل التجميع ومعالِجات المعلومات. ويستخدم المزيد من هذه الآليات المعقدة لتكوين DNA واستنساخ الجينات، وتشكيل البروتينات أَو تحطيمها، ونقل المعلومات عبر الغشاء. وتحتاج كل واحدة من هذه العمليات أنشطة منسّقة لعشرة أَو أكثر من البروتينات لتعمل معاً كآلة متكاملة موحدة، على نحو يُنَفِّذُ كل نشاط بدوره، قبل الانتقال إِلى النشاط التالي. ومن

حيث المبدأ، يمكن لجميع هذه العمليات أن تسير عكس اتجاهها، ولكن هذا سيسبب كارثة للخلية. تصور، مثلاً، لو أن آلة تشكل البروتينات، عملت عكس اتجاهها وبدأت تفكّك البروتينات. ولذلك تستخدم الآلات ATP لكي تدفع المهام التي تقوم بها في اتجاه واحد فقط.

إن تصنيع البروتينات أكثر عملية مدعاة لاستهلاك الطاقة داخل الجسم. فعندما تكون في وضعية مريحة، يُسْتهلكُ خمس طاقتك من أجل تصنيع البروتين، بالرغم من أن هذا البروتين يتحلّل مرة أخرى. وخلال النمو يَستهلكُ تصنيعُ البروتين المزيدَ من الطاقة ـ حوالي نصف الإنتاج السريع للطاقة لدى الأطفال يُسْتهلكُ من أجل هذا. إنها عملية باهظة الثمن، ولكن البروتينات من أهم عناصر الخلية. إن البروتينات عبارة عن آلات تفعل كل شيء: إنها تنقل وتنظم وتُصنِّع وتحلِّل كل الجزيئات (والبروتينات الأُخرى كذلك) إنها تصنع الطاقة وتُقلّص العضلات وتعالج المعلومات. إنها هرمونات الخلية كذلك، ومضادّاتها الحيوية، وعضوها الحسّي ومكونات بنيتها. وتقوم البروتينات بكل العمليات الحيوية للخلية، بينما تعمل DNA فقط كمستودع سلبي للمعلومات (مواد بنية البروتين) تستخدمه البروتينات. وتُستخدم الدهون إما كوقود طاقة أَو لصنع أغشية الخلية. ويشغل الماء معظم حجم الخلية (نحو سبعين بالمئة) أما الحيز الباقي، من أربعين إلى ثمانين بالمئة، فيشغله البروتين: فالخلية إذاً مليئة بالبروتين. ولكن ليس من طبيعةٍ أَو تكوينٍ واحد. ففي كل خلية

هنالك عشرة آلاف إلى عشرين ألف نوع من البروتين، وكل نوع يقوم بوظيفة مختلفة.

هنالك اهتمام كبير ينصب على DNA والجينات هذه الأيام باعتبار أن DNA أهم قسم للخلية. وعلى كل حال، وبلغة العمل اليومي للخلية DNA غير هامة نسبياً. بل في الواقع، تَنْبُذُ بعضُ الخلايا، كخلايا الدم الحمراء، DNA الخاصة بها، وتعيش بسعادة غامرة ـ إلى أن تحتاج المزيد من البروتين. إن البروتينات هي التي تفعل كل شيء تقريباً في الخلية، بما في ذلك تَصنيع وتنظيم DNA. إن DNA صيغة ساكنة من المعلومات، تشبه المكتبة، وتزودنا بصورة عن البروتينات ـ وهي الآلية الفعلية للخلية. وكل مورث (وحدة من DNA) يخطط لنوعٍ واحدٍ محددٍ من البروتينات داخل الخلية. وهكذا تزودنا المئة ألف مورّث الناشئة عن جهاز الإنسان للمورثات (كل أل DNA في الخلية) بالمعلومات الضرورية لتكوين المئة ألف نوع من البروتين التي تعمل لتكمل إنساناً.

إن متابعة تسلسل DNA في جهاز المورثات (المجموعة الكلية من المورثات) أمر يستنزف المال ويبدِّد الوقت. ولكن هذا الأمر لا شيء على الإطلاق إذا قارنا ذلك بمعرفة الهدف من تنظيم المئة ألف بروتين من قبل المئة ألف مورث. إننا نعرف ما يفعله اثنان بالمئة من البروتينات بتفصيل كافٍ، وقد استغرق ذلك حوالي مئة سنة. وأول من تحدَّث في هذا الموضوع جوستوس ڤون لايبيغ سنة 1824، حيث شُبِّهتْ البروتينات بالأنزيمات في نهاية القرن. وبُدئ فهم بنيتها

بالتدريج خلال القرن العشرين. وفي البداية، هنلك من استنبط أن البروتينات تتألَّف من خيط طويل من الأحماض الأمينية، أي سلسلة من الجزيئات الصغيرة، وهنالك حوالي العشرين نوعاً منها. ثم ابتكر الكيميائي البيولوجي البريطاني فريد سانغر Fred Sanger طريقة بارعة من أجل معرفة السلسلة التي تَرَتَّبتْ بها الأحماض الأمينية بعضها مع البعض الآخر. واستخدم هذه الطريقة ليدرس الإنسلين، هرمون البروتين الناقص في البول السكري. ويتحول خيط الأحماض الأمينية الذي يكون البروتين إلى شكل ثلاثي الأبعاد، مختلف من أجل بروتينات مختلفة. لقد كان من الصعب أن نستنبط التركيب الثلاثي الأبعاد، ومع ذلك كان أمراً ضرورياً كي نفهم كيف كانت تعمل البروتينات كآلات، في الواقع.

وجد ماكس بيروتز Max Perutz حلاً لهذه المسألة وحَدَّد التركيب الثلاثي الأبعاد للبروتينات وذلك باستخدام أشعة إكس. ولد بيروتز في ڤيينا سنة 1914، وانتقل إلى بريطانيا بعد ظهور النازية، واعتُقلَ في النهاية في كندا كشخص أجنبي معادٍ أثناء الحرب العالمية الثانية. وعاد بعد ذلك إلى مخبر كافنديش Cavendish في مدينة كامبريدج ليدرس كيف يمكن استخدام أشعة إكس لتحديد بنية الجزيء البيولوجي. وانضم إلى المخبر نفسه فرانسيس كريك Francis Crick وجيمس واتسون James Watson سنة 1949 و1951 على التوالي. ونجحا في معرفة تركيب DNA سنة 1953. أما مهمة بيروتز Perutz فكانت أكثر صعوبةً. فقد عمل حتى سنة 1960 ليحدد في النهاية بنية

بروتين واحد ـ الهيموغلوبين. وتابع بعد ذلك شارحاً كيف كان يعمل الهيموغلوبين كآلة من أجل امتصاص ونقل وتنظيم وإطلاق الأوكسجين في الدم، مبيناً كيف كانت بنية الهيموغلوبين تتحرك أو تتنفس خلال وظيفة نقل جزيء الحياة. كما أنشأ بيروتز MRC وحدة (مجلس البحث الطبي) من أجل البيولوجيا الجزيئية في كامبريدج سنة 1962 الذي استحق الكثير من جوائز نوبل منذ ذلك الحين. ومن بينها جائزة نالها بيروتز Perutz سنة 1962. وجائزتان نالهما فريد سانغر Fred Sanger لابتكاره أساليب متابعة البروتين وDNA. وجائزة نالها آرون كلاغ Aaron Klug لتحديد كيف تتجمع البروتينات معاً. وجائزة حصل عليها سيزر ميليستين César Milstein لاكتشافه تصنيع بروتينات نظام المناعة (الجسم المضاد لوحيد الخلية)، وجائزة جون ووكر John Walker لاكتشافه الجينات وتحديد بنية البروتين المزوَّد بمحرك الذي يصنع ATP. وكان في تلك الوحدة كذلك سيدني برينر Sidney Brenner الذي اكتشف الساعي RNA وشارك في تحديد الأنظمة الوراثية، وهاغ هاكسلي Hugh Huxley الذي حدَّد آلية وبنية العضلات. وهكذا نجد أن وحدة مجلس البحث الطبي شاركت في تكوين علم بيولوجيا الجزيء الذي ساد القرن العشرين. ويتطلع القرن الواحد والعشرون بتصميم أن يسوده تطبيقات تلك المعرفة في مجالات مختلفة مثل الهندسة الوراثية والزراعة والطب والإلكترونات وعلوم الصيدلة. ويهتم جانب كبير من البيولوجيا الآن بالبروتينات بأسلوب أو بآخر، أما متابعة دراسة جهاز المورثات، فيطرح دافعاً

كبيراً لمعرفة ماذا تفعل هذه الآلات البروتينية؟ وكيف تعمل وكيف يمكن تغيير ذلك؟

سلسلة الأنزيمات التي تحول الجزيء من شكل إلى آخر من خلال الوسطاء تُعرف باسم الطريق الاستقلابية. وإن جزيئاً قد يتبع هذه الطريقة داخل الخلية فيتحول من شكل (المادة الخاضعة لفعل الطريق) إلى آخر (المنتج من الطريقة) من خلال عدد من الأشكال الوسيطة. وهنالك عدة طُرق استقلابية مختلفة في الخلية التي تربط عدة جزيئات مختلفة، كما أن معظم هذه الطُرق مرتبطة على نحو يمكن فيه لمنتَج طريق أن يكوِّن المادة الخاضعة لفعل الطريق أَو الوسيط لمادة أُخرى. وهكذا نجد أن كل أولئك يشكِّلون شبكة ضخمة داخل الخلية. والجزيئاتُ تدخل الخليةَ من الدم بواسطة النواقل ثم تتبع طريقاً أَو أكثر من هذه الطرق حتى تتحوّل إلى منتجات نهائية (مثل ثاني أوكسيد الكربون أَو الماء) ثم تترك الخليةَ بعدئذٍ منقولة من قبل الدم. أما النواقل فجزء لا يتجزأ من هذه الطرق، وعليها أن تنقل المواد الخاضعة لفعل الطريق إلى داخل الخلية. كما ينبغي أن تنقل الوسطاء عبر أغشية مختلفة داخل الخلية. وربما ينبغي على المنتجات النهائية أن تُنقل خارج الخلية.

وهنالك ثلاثة أنواع من الطرق في الخلية، وكل نوع منها ينقل نوعاً مختلفاً من الأشياء:

1 ـ طرق نقل المادة (أَو الطرق الاستقلابية) التي تنقل أقساماً من الجزيئات.

2 ـ طرق نقل الطاقة، التي تنقل الطاقة.

3 ـ طرق نقل الإشارة، التي تنقل المعلومات.

كان تاريخ الكيمياء والبيولوجيا في القرن العشرين معنياً كثيراً بمحاولات متابعة هذه الطرق من خلال شبكة كبيرة من تفاعلات تحدث داخل الخلية. ورُسمت تفاصيل الطرق الاستقلابية غالباً في النصف الأول من هذا القرن، ورسمت تفاصيل طرق نقل الطاقة من أربعينيات القرن العشرين إلى الستينيات، وتفاصيل طرق نقل الإشارة من الستينيات إلى وقت قادم في المستقبل. وطرق نقل الإشارة تؤدي من الهرمونات أَو جزيئات إشارة أُخرى خارج الخلايا، من خلال عضو الحس، مجتازة أغشية الخلية إلى طرق «الساعي الثاني» داخل الخلية، ومن خلال أنزيمات خاصة التي تحول أنزيمات أُخرى على شكل سلسلة، ومنتهية إلى آلات بروتينية خاصة مطفأة أَو مشتعلة. أَو يمكن أن تؤدي طرق الإشارة إلى خلية DNA وتقوم بالمراقبة، سواء كان هنالك مورثات خاصة مطفأة أَو مشتعلة وإذا كان هنالك بروتينات خاصة تُصنع أم لا. هذه الطرق تنقل وتعالج المعلومات من بيئة الخلية (ومن خلايا أُخرى في الجسم)، وذلك لتساعد في تحديد الأنزيمات والنواقل والمورثات التي يجب أن تستخدمها الخلية وبأي معدل يجب أن تعمل. إن معظم طرق نقل الإشارة ربما ما تزال غير مرسومة التفاصيل.

لقد زَيَّنت مصورات طرق الاستقلاب والطاقة والإشارة جدران المخابر البيولوجية حول العالم حتى عهد قريب، علماً أنّها تُعتبر أقل

شأناً الآن لأن بيولوجيا الجزيء أبطلت هذا الأسلوب. وساعدت هذه المصورات مهمة أُخرى مشابهة للمصورات الجغرافية لمناطق معروفة قليلاً، فساعدت في التوجيه والعمل كدعم نفسي لمكتشف الخلية الذي يخوض أدغالاً من التفاعلات الخليوية يصعب أن يخرج منها أحد. ولو كان هنالك مصور واقعي لكل تلك الطرق مع كل المعلومات المتوفرة، لكان مصوراً فوضوياً، لا ترتيب فيه ـ الآلاف من الجزيئات مرتبطة بآلاف من الطرق المختلفة. وسيكون من السهل أن تضل الطريق في مصورنا الخاص. وعلى كل حال، سيزود رسم تفاصيل الخلية وآليتها البيولوجيين بالعمل في المستقبل المنظور.

والخلاصة، إن الخلية، حسب المقياس الجزيئي، يمكن أن تُرى كمدينة كبيرة يسكنها البلايين من الآلات المتحركة، متفاعلة مع تريليونات من الجزيئات في حالة من الفوضى ظاهرياً. وليس هنالك موجهٌ عام لهذا النشاط. وفقط حسب مصور أَو مخطط نستطيع أن ندرك أن النشاط (الفوضوي ظاهرياً) يشكِّل سلوكاً مترابطاً وله هدف أَو معنى، وذلك حسب المقياس الأكبر من السابق. أما إدخال وتوزيع الطعام والطاقة والمعلومات فأمر ضروري من أجل صون وظيفة وتكاثر الخلية أَو المدينة.

وبعد أن فهمنا المزيد عن الخلية الآن، هل نستطيع أن نقول فيما إذا كانت الخلية آلة؟ جانب من السبب الذي يجعلنا أن نسمي شيئاً آلة هو أننا نعتقد أننا نفهم كل أجزائه، وكيف تعمل وأي وظيفة تقوم بها؟! إذا كنا لا نعرف مكونات شيء ما، وكيف تعمل ولماذا، إذاً من

غير المحتمل أننا سنفكر به كآلة! حسب هذه المعايير ستصبح الخلايا آلات. وعلى كل حال، يقوم مفهومنا عن الآلة على الموضة السائدة أَو التكنولوجيا. فإذا عدنا إِلى سؤالنا الأصلي: هل الإِنسان آلة؟ من أجل أن يكون الإِنسان آلة ينبغي أن يكون مُصَمَّماً من أجل هدف. وفي الماضي كان يمكن للدين أن يقدم المُصَمِّم والهدف. واليوم يقول البيولوجيون التطوريون إن التطور بالانتقاء الطبيعي يقدم المصَمِّم أما بقاء وتكاثر المورثات فيقدمان الهدف. فإذا كان الرجل آلة، فإن دوره الحقيقي يقوم على صون النساء. وتبقى مسألة الإرادة الحرة والذاتية. الاعتراض على وصف الإِنسان كآلة يعود إِلى الاعتقاد أن له عقلاً يوجه نشاطه الجسدي. ولكن العقل أَو الروح قد رفضهما بعض البيولوجيين (مثل فرانسيس كريك Francis Crick) وبعض الفلاسفة (مثل غيلبيرت رايل Gilbert Ryle) معتبرين العقل مجرد «شبح في الآلة». وفي المستقبل قد لا يهم كثيراً فيما إذا كنا قد صُنِّفنا كآلات أم لا، لأن الآلات قد تصبح أكثر إِنسانية ونحن قد نصبح أكثر اندماجاً أَو التصاقاً بالآلات.