14

فضلات الحمض النووي (DNA)

Junk DNA

الجينوم هو كائن حي كامل داخل الـDNA، وهو مجموعة كاملة من الكروموسومات تحمل جميع جيناتها. في كثير من الأنواع ومن بينها الإنسان توجد أجزاء صغيرة من الجينوم تتكون من جينات مشفرة للبروتين. أحيانًا يُشار إلى الباقي غير المشفر بالجينوم الغامض «المادة الداكنة». لكن هل هذا فضلة أو خردة؟

يعتبر الجينوم الخاص بك أصغر خمس مرات من جينوم نبات البصل، إنها حقيقة مذهلة لكن تبدو بلا معنى إذا كنت تعتقد أن الكائنات المعقدة تحظى بأكثر من DNA. في الواقع، عندما يُقارن طول جينوم نبات البصل بأكثر الكائنات تعقيدًا، تكون نتيجة المقارنة عادة لصالح الخضراوات. وقد قام عالم الوراثة الكندي ت. ريان جريجوري T Rayan Gregory بهذه المقارنة التي أطلق عليها اسم «اختبار البصل». يتعلق ذلك «بمفارقة القيمة س» التي ألقى الضوء عليها الفيزيائي بجامعة هارفارد

الخط الزمني

1953م	1971م	1972م
نشرت ماكلينتوك أن العناصر المتنقلة تغير من جينوم الذرة.	وصف توماس مفارقة القيمة س للتعقيدات وكمية الـDNA.	نشر أونو ـ Ohno الجين الخردة وقال إن الطفرات تضع أعباء على الجينوم.

س. أ. توماس الابن C.A.Thomas Jr عام 1971 حيث توصل إلى أن حجم جينوم أي كائن حي لا يعكس تعقيداته البيولوجية.

جزء من سبب أن الـDNA وتعقيداته لا تتعلق ببعضهما البعض هو أن الجينوم يتكون من كمية متنوعة من النفايات عديمة الفائدة أو «الـDNA الخردة». في ستينيات القرن الماضي تم استخدام هذا المصطلح لكنه أصبح واسع الانتشار على يد عالم الوراثة الياباني سوسومو أونو Susumu Ohno عام 1972. حيث ناقش أونو نقطة إذا كان كل حرف في تسلسل الـDNA هو حرف مفيد إذن لن يكون عبء الطفرات الضارة محتملًا.

تغير نسخ العدد

نحن لسنا متطابقين بنسبة 99.9 ٪. تقوم البنية على صَفّ الـDNA جنبًا إلى جنب من فردين ليس لهما علاقة ببعضهما وعد فروق صغيرة مثل تغيرات الحرف الأحادي في المتتالية. في عام 2004 اكتشف تشارلز لي Charles Lee ومايكل ويجلر Michael Wiggler بشكل مستقل أن الجينوم البشري يحتوي على تغير نسخ العدد. فعلى سبيل المثال، تُحذف أو تتكرر مقاطع كبيرة من الـDNA. وهذا يعني أنه عوضًا عن «الأخطاء الهجائية» القليلة فالفرق بين شخصين يعتبر مثل نقص أو زيادة صفحات أو فصول في كتاب الحياة. قد لا يؤثر ذلك أو يغير في الصفات أو يسبب الأمراض. إن بعض من تغير نسخ العدد يحتوي على الجينات. فعلى سبيل المثال، عندما يرث بعض الأشخاص نسخة واحدة من جين أميلاز amylase الذي يشفر إنزيم هضم النشا من كلا الأبوين قد تصل الأجيال الأخرى إلى 16 نسخة. في عام 2015 حصر ستيفن سشيرير Stephan Scherer متتاليات الـDNA من أفراد أصحاء ومن أفراد ذوي خلفية عرقية متنوعة معلقًا على خريطة الجينوم البشري بتغير نسخ العدد. وقد أثبت أن حوالي 100 جين يمكن حذفها دون أي تأثيرات سيئة. فضلًا عن ذلك بينت الخريطة 0.1 ٪ فرقًا بين الأشخاص بمعنى أن من 5 ٪ إلى 10 ٪ من الأشخاص يحملون جينومًا يتكون من تغير نسخ العدد.

2001م

كشف مشروع الجينوم البشري أن نصف الـDNA يتكون من النيقولات (الجينات القافزة) transposons.

2012م

يدعي مشروع التشفير أن 80 ٪ من جينوم الإنسان له وظائف حيوية.

2015م

صنف جرور Graur وزملاؤه الـDNA وفقًا لوظائف محددة التأثير.

في حين قال: «يتناثر في باطن الأرض بقايا حفرية من الأنواع المنقرضة، أليس من المدهش أن يكون جينوم الإنسان أيضًا مليئًا ببقايا جينات منقرضة؟».

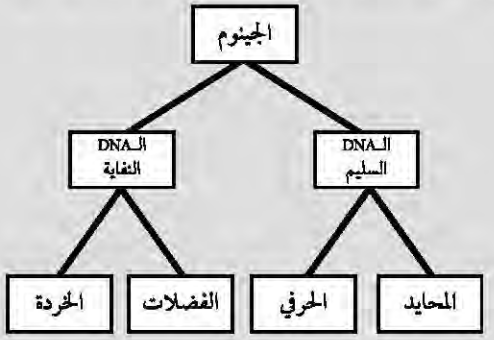
الجين الأناني

عودة إلى عام 1953 حيث نشرت عالمة الوراثة الأمريكية باربارا ماكلينتوك Barbara McClintock أن مقاطع من الكروموسومات في نبات الذرة سوف تتغير أثناء انقسام الخلية. وعلى نطاق كبير تم تجاهل اكتشاف «الجينات القافزة» الذي قدمته ماكلينتوك حتى أواخر ستينيات القرن الماضي عندما وجده العلماء في كائنات أخرى. وفي عام 1980 طرح عدة علماء بارزين أن أغلب الـDNA في جينوم الكائنات المعقدة هو جين أناني، ويعتبر الجين القافز المعروف الآن بالعناصر المتنقلة أحد الأمثلة. مازالت الأحماض النووية الأنانية تُغير الجينوم في بعض الجذاذات الطفيلية عن طريق النسخ واللصق أو القص واللصق، بينما تفقد بقية الكائنات هذه القدرة وتبقى غير مُضرّة نسبيًّا بعائلها.

نُشرت عام 2001 مسودة تسلسل جينوم الإنسان التي كشفت أن العناصر المتنقلة تكوّن 45 ٪ من الـDNA الخاص بنا. والأكثر من ذلك، أن الطفرات تقوم بعمل متتاليات قديمة غير قابلة

الوظائف في الجينوم

يُصنف الـDNA عن طريق وظيفته «محددة التأثير». يحمل الـDNA الحقيقي المعلومات مثل البروتين والجينات المشفرة. توجد فائدة واحدة من خلال وجود الـDNA المحايد. لا يساعد الـDNA الخردة ولا يعيقه. ولذلك يعتبر الـDNA الخردة مضرًّا بالكائن الحي.



للتمييز مع الوقت؛ فمثلًا تشير التقديرات الحديثة إلى أن العناصر المتنقلة تصنع بين نصف إلى ثلثي الجينات الخاصة بنا. والبنية في نباتات الذرة قريبة بنسبة 90 ٪ وهذا الفرق قطع شوطًا طويلًا في اتجاه تفسير اختبار البصل.

الـDNA غير المشفر

يتكون طول الجينوم البشري من 3.2 بليون حرف. إذا طُبعت على الصفحات في نص قابل للقراءة بالكاد سوف تملأ مجلدات بحجم الموسوعات من الأرض إلى السقف. ويحمل الإنسان حوالي 20.000 جين في تسلسل الـDNA الذي يشفر البروتينات، لكنه يصنع 1.2 ٪ من إجمالي الجينوم، وتشير نسبة 98.8 ٪ الباقية إلى الـDNA غير المشفر. ومع ذلك فإن الـDNA غير المشفر والـDNA الخردة ليسا نفس الشيء. حيث يحدد التشفير إذا ما كان الـDNA يصنع البروتينات، لكن إذا كان الـDNA خردة فهل يعتبر مفيدًا للكائنات التي تحمله أم لا. فلنفترض أن الجينوم ساحة شاسعة للخردة، أوقف الموظفون سياراتهم فيها ثم ذهبوا إلى العمل، فالسيارات المتوقفة إما ذات وظيفة أو مشفرة. إذن فماذا عن كل المركبات غير المشفرة في ساحة الخردة؟ بعض منها نفايات معدنية والبقية يمكن أن تكون متضررة بشدة من جراء حادثة أو كارثة طبيعية وقليل من السيارات تقف في ساحة الخردة بحالة جيدة دون أن تلحظ ذلك. الطريقة الوحيدة كي تعرف هي فحص كل سيارة، والوجه الآخر لذلك هو الاعتقاد بأنك إذا وجدت عنصرًا واحدًا مفيدًا فهذا يعني أن ساحة الخردة كلها مفيدة «خطأ منطقي يقع فيه المؤمنون بنظرية الخلق».

الـDNA السليم

يحمل الـDNA جنبًا إلى جنب مع جينات تشفير البروتين، الجينات التي تحدد الـRNA. حيث تنتج جينات الـRNA المعروفة جزيئات الـtRNA الناقلة المستخدمة في ترجمة الشفرة

الجينية لكن غيرها الكثير معروف بحيويته لأن الطفرات في جين الـRNA تسبب الأمراض. أيضًا يحتوي الـDNA على عناصر تحكم مثل المفاتيح الجينية التي تنظم التعبير الجيني. إذن كم عدد الأحماض النووية غير المشفرة المفيدة؟ لم يتفق العلماء على شكل بعينه.

استخدم علماء الوراثة منهجًا واحدًا لصَفّ نوعين من الجينوم مثل الإنسان وآخر من الثدييات جنبًا إلى جنب لحساب كم عدد تسلسلات الـDNA المحفوظة مع مرور الزمن. وكانت النتيجة من 5–9 ٪. المنهج الثاني هو قياس كيف تتفاعل الـDNA مع الجزيئات الأخرى. كان مشروع التشفير (موسوعة عناصر الـDNA) هو المجهود الأكبر لتعريف الـDNA السليم بهذه الطريقة. في عام 2012، استنتج فريق المشروع أن 80 ٪ من الجينوم له وظائف حيوية. لكن نقد بعض علماء الأحياء هذا الطرح لأن لفظة «وظائف» تعتبر لفظة مطاطة، فهي أقرب إلى أنشطة الإنسان الحيوية منها إلى تحديد فائدة الـDNA للكائنات.

الـDNA عديم الضرر

انتشر سوء فهم بين الجمهور والصحفيين وحتى بين العلماء نتيجة استخدام مترادفة غير مناسبة. الـDNA الخردة «فالخردة» هنا لا تعني قمامة أو فضلات. وهذا ما أوضحه عالم الوراثة سيدني برينر Sydney Brenner من جنوب أفريقيا في مقال له عام 1998 حيث سرد فيه أن هناك نفايات نحتفظ بها وهي خردة أما النفايات التي نتخلص منها فهي الفَضلَة إذن الـDNA الزائد في الجينوم الإنساني ما هو إلا خردة وهي موجودة لأنها عديمة الضرر.

«لا يشعر البشر بالراحة مع فكرة أن كثيرًا من الـDNA بداخلهم عديم القيمة».

سيدني برينر Sydney Brenner

في عام 2015، قدم عالم الأحياء التطوري دان جرور Dan Graur المزيد على فكرة سيدني حيث صنف الـDNA وفقًا للوظيفة محددة التأثير سواء كان كسب أو فقد الـDNA سوف يؤثر على لياقة الكائن من حيث البقاء والتكاثر ومن ثمَ ما إذا كانت ملحوظة بالانتخاب الطبيعي. نتج عن ذلك أربعة تصنيفات من الـDNA: الـDNA الحرفي الذي يحمل المعلومات

بترتيب الحروف وهو يتضمن جينات تشفير البروتين وجينات الـRNA وعناصر التحكم – الـDNA المحايد يعتبر وجوده وظيفيًا فهو مماثل للصفحة أو المساحات الفارغة التي تفصل بين النصوص في الكتب – الـDNA الخردة الذي لا يساعد ولا يعيق في شيء، بينما الـDNA الفَضلَة فهي مضرة.

لماذا لا تحذف الكائنات الـDNA الخردة؟ لأنه لا يؤثر ولو بنسبة بسيطة على اللياقة، لكن إذا تحول عديم الضرر إلى مضر، فسوف يحذفه الانتخاب الطبيعي. مثلما فسر برينر «بمجرد أن يزيد الـDNA ليصبح بلا مميزات سيخضع للانتخاب، الآلية الداروينية الممتازة، وذلك مثل النفايات التي تأخذ مساحة كبيرة أو تبدأ في نشر رائحة كريهة فتحولها زوجتك في التو إلى قمامة».

الفكرة الرئيسة

يمتلئ الجينوم بنفايات عديمة الضرر