

## الفصل السابع الجينوم

س: ما هو المقصود بكلمة جينوم؟

ج: قلنا فى الفصل الأول: إن المادة الوراثية DNA تتكون من آلاف وملايين من جزيئات أربعة يرمز لها بالحروف A, T, C, G، وإن جزءاً كبيراً من مادة DNA تكون الجينات التى تتحكم فى الصفات الوراثية للفرد، وإن كل جين هو عبارة عن عدد من تتابعات الجزيئات T, T, C, G. كما قلنا: إن الشريط فى جزيء DNA ينسخ إلى شريط جزيء RNA يتكون من جزيئات أربعة يرمز لها بالحروف U, A, G, C وذلك داخل نواة الخلية، وأن جزيء RNA المتكون يخرج إلى السيتوبلازم لتتم ترجمته إلى سلسلة من الأحماض الأمينية التى تخلق. فمثلاً الشفرة UGG تدل على الحمض الأمينى تربتوفان، والشفرة AUG تدل على الحمض الأمينى ميثيونين، وتدل أى من الشفرتين UAC و UAU على التيروسين.. وهكذا.

كما قلنا: إن سلاسل الأحماض الأمينية تنتظم وفق بناء معين لتكون مادة بروتينية معينة، وإن للبروتينات دوراً أساسياً فى كل النشاط الحيوى للكائنات الحية وأيضاً فى تحديد صفاته.

ويتضح مما سبق أن المادة الوراثية DNA هى التى تحدد بطريق غير مباشر صفات الكائن الحى. وتنتظم المادة الوراثية للإنسان فى ٤٦ كروموسوماً توجد فى كل خلية بشرية جسمية، تتوزع عليها الصفات البشرية. والكروموسومات تراكيب عصبية الشكل تتكون من المادة الوراثية DNA مرتبطة مع بروتينات معينة. وإذا ما اعترى تتابع جزيئات المادة الوراثية خلل ما فإن ذلك ينعكس على الفرد سواء فى إحدى أنشطته الحيوية أم صفاته.

ويطلق على تتابع الجزيئات الأربعة A, T, G, C عبر الـ ٤٦ كروموسوماً في الخلية البشرية اسم (جينوم). وقد قدر عدد هذه الجزيئات في الخلية البشرية الواحدة بحوالى ٣ بلايين تكون حوالى ٣٨ ألف جين. ولكل كائن حى الجينوم الخاص به والذى يحدد صفاته الوراثية.. بمعنى أن عدد الجزيئات وتتابعها في خلية أى كائن هو الذى يكون الجينوم الخاص بهذا الكائن.

س: وكيف يمكن كشف تتابع الجزيئات الأربعة على مدى ٣ بلايين جزيء فى خلية الإنسان؟

ج: تعرف هذه الجزيئات باسم (نيوكليوتيدات)، وفى عام ١٩٧٥، وعام ١٩٧٧ قدم العالم البريطانى فريدريك سانجر Frederick Sanger (شكل ٢٠) طريقة معملية يمكن بها الكشف عن تتابع النيوكليوتيدات فى المادة الوراثية. وقد اقتسم (سانجر) جائزة نوبل فى عام ١٩٨٠ تقديرا لهذا الإنجاز، وكان سانجر قد حصل من قبل فى عام ١٩٥٨ على جائزة نوبل تقديرا لكشفه فى عام ١٩٥٣ ترتيب الأحماض الأمينية المكونة لهرمون الإنسولين، وكانت هذه هى المرة الأولى التى يتم فيها الكشف عن تسلسل الأحماض الأمينية فى مركب بروتينى.



شكل رقم (٢٠): العالم البريطانى «فريدريك سانجر».

وهناك طريقة أخرى لكشف تتابع النيوكليوتيدات فى المادة الوراثية قدمها العالمان ماكسام وجلبيرت A. Maxam and W. Gilbert.

وقد ابتكرت بعد ذلك طرق آلية للكشف عن التتابعات تحقق السرعة والتكلفة الأقل. وقد ابتكر أول جهاز لهذا الهدف (ليروى هود) Leroy Hood من معامل (فيجا) Vega Labs فى كاليفورنيا فى عام ١٩٨٠.

س: كيف تم مشروع كشف الجينوم البشرى؟

ج: فى اجتماع عقد فى عام ١٩٨٦ فى لونغ آيلاند Long Island فى نيويورك حضره علماء متخصصون من عدد من الدول المتقدمة نشأت فكرة القيام بهذا المشروع العلمى الضخم. وقد تعاطمت أهمية تحقيق هذه الفكرة حتى اتفق على تنفيذها وبدأ بالفعل فى أكتوبر عام ١٩٩٠ وأطلق على المشروع اسم The Human Genome Project (HGP).

ولكى ندرك ضخامة حجم مشروع الجينوم البشرى نقول: إنه لو رصت الأحرف الدالة على هذه التتابعات فى كتاب وحاولنا قراءة كل حرف من هذه الحروف فى زمن يقدر بثانية واحدة فإننا نحتاج إلى قرن كامل من الزمان! وقد قدر حينئذ أن هذا المشروع يحتاج إلى ١٥ عاما من الزمن وإلى تكلفة تقدر بحوالى ٣ بلايين دولار أمريكى.

س: ما هى الدول التى اتفقت على أن تشارك معامل بحوثها فى هذا المشروع؟

ج: لقد أطلق على هذه المجموعة الدولية اسم (G5) وقادتها الولايات المتحدة الأمريكية، وتتكون هذه المجموعة من:  
١ - الحكومة الأمريكية ممثلة فى المعاهد القومية للصحة (NIH)، ووزارة الطاقة (DOE).

وقد رأس المشروع العالم الأمريكى فرانسيس كولنز Francis Collins (شكل ٢١) باعتباره مديرا لمعهد الأبحاث القومى للجينوم البشرى National Human Genome Research Institute (N H G R I).

٢ - المملكة المتحدة.

٣ - فرنسا.

٤ - ألمانيا.

٥ - اليابان.

كما شاركت الصين وكندا وعدد آخر محدود من الدول الأوروبية وإسرائيل.

س: وكيف سارت الأمور بعد ذلك؟

ج: فى ٩ مايو ١٩٩٨ أعلن العالم الأمريكى (كريج فنتر) Craig Venter (شكل ٢١) مؤسس ومدير معهد أبحاث الجينوم Institute for Genomic Research (TIGR) فى روكفيل Rockville فى ولاية ميرلاند الأمريكية أنه أنشأ مع مؤسسة (بركن إلس) Perkin-Elmer Corp فى نورفولك Norwalk بولاية كونكتكت Connecticut شركة جديدة ستحمل على عاتقها - فى منافسة مع المشروع الفيدرالى التابع للدولة- برنامج يحقق الكشف السريع عن الجينوم البشرى وبتكلفة أقل. وأعطيت الشركة الجديدة اسم (سيليرا) Celera Genomics of Rockville. وكان ذلك الإعلان صدمة للبرنامج الدولى والقائمين عليه.



(شكل ٢١): إلى اليمين العالم كريج فنتر وإلى اليسار العالم فرانسيس كولنز.

س: وكيف تطورت الأمور بعد ذلك؟

ج: لقد بدأ التنافس شديداً بين المجموعة الدولية وفرنسيس كولنزا من شركة سيليرا وكريج فنتر من جانب آخر.. كل يريد أن يحظى بشرف كشف الجينوم البشرى قبل الآخر.

س: وكيف انتهى هذا السباق؟

ج: لقد شهد يوم الاثنين ٢٦ يونيو ٢٠٠٠ حدثاً تاريخياً. ففي هذا اليوم قام الرئيس الأمريكي (بيل كلنتون) من مقره في البيت الأبيض، ورئيس الوزراء البريطاني (توني بليز) من مقره في ١٠ داوننج ستريت بالإعلان عن التوصل إلى كشف الجينوم البشرى وذلك في اتصال بينهما بالأقمار الصناعية عبر المحيط الأطلنطي. وقد أذاعت جميع وسائل الإعلام في العالم نبأ هذا الإنجاز المثير.

لقد أشار الرئيس الأمريكي كلنتون في هذا الاحتفال التاريخي إلى انفراج الصراع بين المجموعة الدولية وفرنسيس كولنزا من جانب، وشركة سيليرا وكريج فنتر من جانب آخر، مما أشار إلى أن حقبة جديدة من التعاون بين الطرفين سوف تبدأ.

يُقدِّم وصف كلنتون كشف الجينوم البشرى بأنه (أهم خريطة أنتجها العقل البشرى)، كما قال (لقد تعلمنا اليوم اللغة التي خلق الله بها الحياة)!!

س: وهل باكتشاف هذه التتابعات نكون قد عرفنا أسرار عمل الجسم البشرى؟

ج: لا بالطبع! فعلى العلماء أن يكتشفوا كيف تنتظم هذه التتابعات لتكون الحينات البشرية، وهو ما يعرف باسم Annotation. وعليهم أن يعرفوا أيضاً الآلية التي تتحكم في عمل كل جين، وأن يعرفوا مغزى التتابعات التي لا تكون مشفرة وغير ذلك. لقد علقت إحدى المجلات العلمية على ذلك قائلة (إن اكتشافات التتابعات الجينوم يضع أمام علماء الوراثة جبلاً عليهم أن يتسلقوه)!

س: وهل يمكننا نحن أن نستفيد هنا لو اطلعنا على هذه التتابعات؟

جـ: بالطبع لا! فإن الدول التي ساهمت في هذا الإنجاز كانت لديها منذ البداية القاعدة العلمية والعملية التي أهلتها للمشاركة، كما أنها لا شك قد اكتسبت خبرات عظيمة من خلال الممارسات الفعلية ومن خلال تعاونها مع علماء الدول الأخرى ومعامل بحوثهم خلال هذه السنوات. وكل ذلك يجعل الدول التي شاركت - وهي أكثر من الدول التي قيل في البداية أنها ستشارك - هي المؤهلة خلال السنوات القادمة لتفهم آلية وأسرار التحكم في الجينات البشرية وما سينتج عن ذلك من فوائد. فليس كل من يقرأ آلية الانشطار النووي - مثلا - قادراً على صنع قنبلة ذرية!

ومما يذكر أن مصر استضافت المؤتمر الثاني للمبادرة الأفريقية للجينوم في الفترة من ٢٦ - ٢٩ مارس ٢٠٠٤ سعياً لدور مصرى على مستوى القارة فى العلوم البيولوجية الحديثة.

س: ولكن ما هي الفوائد التي يمكن أن تنتج عن كشف الجينوم البشرى؟

جـ: يهدف هذا المشروع إلى تحقيق العديد من الإنجازات التي تتعلق بالإنسان مباشرة، ومن هذه الأهداف ما يلي:

- التعرف على التركيب الدقيق للجينات البشرية، وآلية عملها.
- يترتب على البند السابق التوصل إلى التحكم فى الجينات الممرضة للعمل على تجنب إصابة البشر بهذه الأمراض، وكذلك تحقيق العلاج الشافى للمصابين بها. ومن هذه الأمراض السرطان والسكر والزهايمر. وقد يؤدي ذلك إلى معاملات متخصصة لكل مريض بذاته حسب برنامجه الجينى الخاص. ويهدف العلماء الآن إلى ابتكار عقاقير تتعامل مع الجينوم فى كل حالة مرضية. وكان هذا الاتجاه هو موضوع غلاف عدد ١٥ يناير ٢٠٠١ من مجلة تايم الأمريكية.
- التعرف على آلية تفاعل العناصر البيئية مع المادة الوراثية للإنسان.
- إعطاء فرص أفضل لنجاح تقنية العلاج بالجينات.
- الإجابة على بعض الأسئلة التي لا نستطيع الإجابة عليها الآن مثل:

أى جزء من المادة الوراثية البشرية التي جعلت الإنسان إنساناً؟

لماذا يصيب فيروس الإيدز البشر ولا يصيب الغوريلا؟

□ كشف جينوم الحيوانات العليا.. سيساعد على تفهم العلماء لطبيعة التطور العضوى وآلياته.

□ سيساعد الكشف عن دقائق تركيب المادة الوراثية للإنسان فى المناطق الجغرافية المختلفة فى إلقاء الضوء على اتجاهات هجرات الجماعات البشرية على مدى التاريخ الإنسانى.

س: هل هناك انتقادات وجهت إلى مشروع الجينوم البشرى؟

ج: نعم.. من ذلك نذكر ما يلى:

□ قد يعطى أصحاب الأفكار العنصرية فرصة للتمييز بين البشر.. إلى سلالات راقية وسلالات منحطة، مما سيكون له الأثر السىء على كثير من المجتمعات البشرية.

□ قد يعطى الفرصة للمتطرفين إلى ابتكار طرز من الأسلحة البيولوجية التى تبيد سلالات بشرية معينة بناء على خاصية معينة تميز الجينوم بهم.

□ قد تزيد معدلات الإجهاض المتعمد بناء على معرفة الآباء مقدما بسوء المستقبل الصحى للجنين.

□ قد يؤصل الكشف عن جينوم الأفراد التمييز بينهم فى الوظائف وغير ذلك من التعاقدات بين بعض الأفراد وبين الأفراد والمؤسسات.

□ سيؤكد لنا البرنامج الجينى أن أفراد المجتمع البشرى يولدون وكل منهم قد تحدد سلفا نصيبه من الصحة والمرض، والجمال والقيح.. وطول العمر وقصره، وأن الأفكار المثالية حول قيمة (المساواة) هى محض خيال!!

س: هل يحاول العلماء الكشف عن جينوم الكائنات الأخرى؟

ج: منذ عام ١٩٧٧ بدأ السباق بين العلماء للكشف عن تتابع النيوكليوتيدات فى المادة الوراثية لعدد من الكائنات شملت الفيروسات والبكتيريا والخميرة

وإحدى الديدان الخيطية وطفيلي الملاريا وحشرة الدروسوفلا ونبات أرابيدوبسيس ثاليانا *Arabidopsis thaliana* وغير ذلك.

س: وما فائدة الكشف عن جينوم الكائنات الأخرى؟

ج: هناك فوائد متعددة يمكن توظيفها من جينوم الكائنات الأخرى نذكر منها ما يلي:

- إمكانية تحويل الكائنات الطفيلية التي تضر بالإنسان وحيواناته النافعة إلى كائنات متطفلة.
- إمكانية توظيف بعض الكائنات لفائدة الإنسان في النواحي الطبية والصناعية والزراعية بناء على توجيهه الجينوم الخاص بها.
- دراسة الاتجاهات التطورية بناء على معلومات الجينوم.
- وضع أسس للتصنيف تعتمد على الجينوم.
- تفسير التباين في الكائنات على أساس الجينوم، بمعنى الرد على تساؤلات مثل: ما الذى يجعل الشجرة شجرة؟، وما الذى يجعل الحشرة حشرة؟.

س: هل يمكن التعامل مع المادة الوراثية للكائن بعد الوفاة؟

ج: نعم. ولكن هناك مشكلة أن المادة الوراثية تتكسر مع مرور الزمن بعد الوفاة. وقد استطاع العلماء التوصل إلى طرق لإصلاح المادة الوراثية وإعادةتها إلى حالة أقرب إلى الحالة الطبيعية. ويعتبر الباحث الألماني الشهير (بابو) Svante Pääbo من أشهر العلماء الذين تعاملوا مع مادة وراثية قديمة، حيث نجح في معالجة الحمض النووي لكائنات منقرضة منذ أكثر من عشرة آلاف سنة. وفي إنجلترا استطاع باحث في جامعة مانسستر يدعى (روبرت سالارس) Robert Sallares استخراج مادة وراثية من عظام طفل إيطالي عمره ثلاث سنوات توفى منذ حوالي ١٥٠٠ سنة ودفن في مقبرة تبعد حوالي ١١٠ كيلومترات عن مدينة روما وقد أثبت هذا الباحث أن المادة الوراثية تخص طفيلي مرض الملاريا المعروفة باسم *Plasmodium falciparum* مما يدل على انتشار البعوض في روما في ذلك الوقت.