

الفصل الأول

مادتنا الوراثية الكامنة

في ذاتنا



كان اليوم هو يوم إجازة أحمد وشيما . وكان عليهما أن يستمتعا به متعة مقرونة بالاستفادة وعدم ضياع الوقت . وقد دار بينهما ذلك الحوار :

شيما : لا بد أن نذهب لزيارة المزرعة اليوم يا أحمد .

أحمد : سنذهب يا شيما بعد ساعة إن شاء الله .

أحمد وشيما وقد ارتديا ملابسهما وهما فى الطريق إلى المزرعة .

أحمد : ترى ماذا سنرى فى المزرعة يا شيما ؟

شيما : أشجاراً وأزهاراً .. وأرانب و... إلخ .

أحمد وشيما وقد وصلا إلى المزرعة ودخلاها .

شيما : " ما أروع الجو هنا يا أحمد !

أحمد : حقا إنه بديع يا شيما .

شيما : انظر ... انظر يا أحمد إلى الأرانب الجميلة .

أحمد : " إنها جميلة جدا ، وعديدة ومختلفة .

شيما : نعم ، إنها مختلفة الأشكال والألوان .

أليس كذلك يا أحمد ؟

يصمت أحمد .. ثم يطرق مفكراً .

أحمد : " لكن ... لكن ...

شيما : لكن ماذا يا أحمد ؟

أحمد : " ألا تلاحظين يا شيما أن الأشياء مختلفة : الأشجار ، والأزهار ، والأرانب ؟

شيما : نعم يا أحمد وماذا فى ذلك ؟

أحمد : ما هو السبب فى هذا الاختلاف ؟ لا بد من سر وراء هذا !

شيما : سر ... أى سر ؟

أحمد : سنذهب إلى المهندس الزراعى لنسأله عن ذلك .

المهندس: مرحبا بكما يا أحمد أنت وشيما في المزرعة.

أحمد: شكراً لك أيها المهندس .. إننا نود أن نسألك عن شيء.

المهندس: أسأل يا أحمد ما بدا لك.

أحمد: لقد لفت نظري الاختلاف في أشكال وألوان الأشياء وجزمت بوجود سبب لذلك.

المهندس: وماذا أيضاً يا أحمد؟

أحمد: وجئت إليك أنا وشيما لنسألك عن هذا السبب.

المهندس: لقد صدق حدسك يا أحمد ، نعم هناك سبب.

شيما: لكن نود أن نعرفه.

المهندس: سنذهب أولاً إلى ذلك المكان ونجلس فيه ونبدأ حديثنا .

وقد جلس الجميع على حشائش البستان .. وبدأ المهندس حديثه وقد أمسك بزهرتين أمامه وقال :

المهندس: هذه زهرة حمراء وهذه بنفسجية .. لماذا ؟

شيما: (وهي تضحك) : نحن الذين نسألك لا أنت.

ويرد المهندس : هذه الزهور الحمراء كان لها آباء .

أحمد: آباء !

المهندس: نعم يا أحمد .. الزهور الكبيرة ... أما الزهور الصغيرة تلك فقد أخذت صفاتها التي أمامك من الزهور الكبيرة .

أحمد: إذن هي ورثتها ؟

المهندس: نعم ، ولذلك تسمى تلك الصفات ، بالصفات الوراثية .

شيما: لكن كيف تنتقل تلك الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء ؟

المهندس: أتتما تعلمان أن الكائن الحي يتكون جسمه من ملايين الخلايا.. أليس كذلك ؟

أحمد : بلى .

المهندس : هذه الخلايا يوجد بمركزها النواة التى تحمل ذلك السر العجيب .

شيماء : السر العجيب؟!!

المهندس : نعم يا شيماء ، فى هذه النواة يوجد ذلك الشريط الذى يحوى برنامج الحياة بأكمله .

أحمد : برنامج الحياة؟!!

المهندس : نعم يا أحمد فهذا الشريط يحتوى على خطة كاملة لسلوك الكائن الحى وصفاته ، ولذلك فهو يمثل ذاكرة دقيقة جداً للكائن الحى .

شيماء : لكن ما اسم هذا الشريط ؟

المهندس : هذا الشريط اسمه الدنا .

أحمد : ولماذا سمى بهذا الاسم ؟

المهندس : الدنا هى الكلمة العربية المقابلة للكلمة الإنجليزية D.N.A .

شيماء : لكن مما يتكون هذا الدنا؟

المهندس : هذا الـ D.N.A كالبيت يتكون من لبنات ، وكل لبنة فيه تسمى نيوتيدة .

أحمد : وهو يتسم : نيوتيدة ! لابد أن هذه النيوتيدة تحوى عجباً !!

المهندس : النيوتيدة سكر مرتبط بمجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية .

أحمد : وهل النيوتيدات متشابهة ؟

المهندس : لا يا أحمد ، فهناك اختلاف بين كل نيوتيدة وأخرى .

شيماء : وما هذا الفارق؟

المهندس : الاختلاف فى نوع القاعدة .

شيماء : إذن لا يصلح أن تكمل أى قاعدة قاعدة أخرى ؟

المهندس : نعم يا شيماء فالقاعدة النيتروجينية الأدينين تكمل القاعدة النيتروجينية الثايمين ، والقاعدة النيتروجينية الجوانين تكمل القاعدة النيتروجينية السيتوزين .

أحمد: لكن كيف تنتقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء؟
المهندس: كل ترتيب من ثلاث قواعد نيتروجينية يسمى شفرة وراثية لجين معين ،
والشفرة الوراثية تمثل السمة المحددة لشخصية الجين .

شيماء: جين ؟!

المهندس: نعم يا شيماء فهذا الجين هو المسئول عن حمل الصفات الوراثية من الآباء
إلى الأبناء ، فهناك جين لكل صفة ، وقد يشترك أكثر من جين في إظهار
الصفة الوراثية ، منها ما يظهر الصفة الوراثية ، ومنها ما يساعد على إظهار هذه
الصفة .

أحمد: لكن أين يوجد الجين ؟

المهندس: يوجد الجين على جسم صغير داخل النواة يسمى الصبغي .

شيماء: الصبغي !!

أحمد: ولماذا يسمى بالصبغي ؟

المهندس: لأنه يتميز بصبغة معينة يا أحمد .

شيماء: وهل يوجد عدد محدد من الصبغيات فى النواة ؟

المهندس: لكل نوع من الكائنات الحية عدد معين من الصبغيات داخل أنوية خلاياه ،
وعلى سبيل المثال يوجد داخل نواة خلية جسم الإنسان ستة وأربعون صبغياً ،
بينما فى حشرة ذبابة الفاكهة ستة عشر صبغياً .

أحمد: وهل هناك علاقة بين الصبغيات بعضها البعض ؟

المهندس: نعم يا أحمد ، فالصبغيات توجد دائماً فى حالة أزواج ، وفى كل زوج تتصل
الصبغيات بنقطة مركزية فى منتصف كل صبغى .

شيماء: إذن فنواة خلية جسم الإنسان تحتوى على ثلاثة وعشرين زوجاً من الصبغيات .

المهندس: نعم يا شيماء ، وفى حشرة ذبابة الفاكهة يوجد...

ويكمل أحمد الحديث قائلاً : ثمانية أزواج .

(شيماء فى لهفة .. وقد وجهت حديثها إلى المهندس) .. وماذا أيضا عن الصبغيات ؟

المهندس : فى بعض الأحيان يحدث تبادل لبعض أجزاء الصبغيات فيما بينها.

شيماء : هذا التبادل يحدث بين أى زوجين ؟

المهندس : لا يا شيماء .. بل بين الزوجين الداخليين لصبغين متجاورين وهذا يسمى بالعبور الوراثى ، ومعنى ذلك أن أحد الصبغيات يأخذ قطعة من صبغى آخر.

أحمد : إنها دقة متناهية للغاية .

ويكمل المهندس حديثه قائلا : وفى بعض الأحيان يحدث التحام تام بين الصبغيات ونتيجة لذلك تحدث حالات من الشذوذ الصبغى .

شيماء : وما تأثير ذلك على الإنسان ؟

المهندس : إن حدث هذا الالتحام فى الخلايا التناسلية فهو يؤدى إلى العقم.

أحمد : لكن هذا الدنا الوراثى هل يجدد نفسه ؟

المهندس : يستطيع الدنا أن ينسخ نفسه ، وذلك بأن ينفصل إلى شريطين مفردين ، ثم يكمل كل شريط نفسه بما يكمله من قواعد نيروجينية .

شيماء : وهل هناك أشياء أخرى تؤثر فى هذه العملية ؟

المهندس : نعم يا شيماء فهناك العديد من الإنزيمات التى تعمل على تناسخ مادة الدنا الوراثى D.N.A .

أحمد : وما هذه الإنزيمات ؟

المهندس : الإنزيمات هى مواد بروتينية تقوم بتنشيط التفاعلات التى يقوم بها الدنا لينسخ نفسه ، فهناك إنزيم يعمل على فصل الشريط المزدوج إلى شريطين مفردين وهو إنزيم البلمرة ، وهناك إنزيم يعمل على بناء القطع الجديدة من الدنا الوراثى وهو إنزيم البناء ، ثم يعمل إنزيم الربط على ربط هذه القطع لإنتاج الدنا الجديد.

شيماء : وهل للبيئة دخل فى إظهار الصفات الوراثية ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فلكى تظهر الصفة الوراثية لايد من توافر عاملين ، عامل جينى

(وراثى) ، وعامل بيئى .

أحمد: لكن كم يبلغ طول الدنا الوراثى D.N.A ؟

المهندس: لو تم فرد مادة الدنا (D.N.A) الوراثى لوصل طولها إلى مترين .

شيماء: لكن كيف تستوعبه الخلية إذن ؟

المهندس: كما تعلمان يا عزيزى أن قطر نواة الخلية صغير جدا ، فهو يبلغ من 2-3 ميكرون ، والميكرون الواحد يساوى جزءاً من ألف جزء من المليمتر ، ولذلك لا بد من ضم جزيئات مادة الدنا الوراثى (D.N.A) حتى تستوعبها نواة الخلية الصغيرة .

أحمد: وكيف يتم هذا ؟

المهندس: يقوم بهذا العمل جزيئات الهستون (وهو بروتين معقد) التى يلتف حولها الدنا الوراثى مكونا حلقات عديدة إلى أن يقفز طوله مائة ألف مرة .

أحمد: وهل الدنا الوراثى ثابت الشكل فى كل الكائنات الحية ؟

المهندس: لا ، بالطبع يا أحمد ، فهو يأخذ فى مميزات النواة (والتي تتواجد بها النواة داخل غشاء يحيط بها ويميزها) الشكل الخطى ، أما فى لا مميزات النواة (والتي لا تحاط النواة بها بغطاء يحددها ويميزها) فيأخذ الشكل الخطى ، وشكلا آخر دائريا يسمى الدنا الدائرى والذى يستخدم على نطاق واسع فى تجارب الهندسة الوراثية .

شيماء: لكن هل يصاب الدنا الوراثى بالعطب ؟

المهندس: نعم ، فالدنا الوراثى معرض للتلف من تأثير درجة الحرارة مما يؤدي إلى تكسير روابطه ، كما أن الدنا الوراثى حساس للغاية للمؤثرات الكيميائية والإشعاعية ، وهذا يؤدي بدوره إلى اختلال فى ترتيب القواعد النيتروجينية المكونة له .

شيماء: وهل يمكن إصلاح هذا العطب ؟

المهندس: هناك ياعزيزتى طاقم خاص بعمليات إصلاح عطب الدنا الوراثى ، وهو طاقم إنزيمى يتكون من عشرين إنزيماً وهو مبرمج بحيث يستطيع أن يتعرف على

مواقع الخلل ويبدأ فى التعامل معها .

وتسأل شيماء مرة أخرى : لكن كيف يتعامل معها ؟

المهندس : يقوم هذا الطاقم الإنزيمى باستبدال القواعد النيتروجينية التالفة بأخرى سليمة مستخدماً فى ذلك قراءته لترتيب القواعد على الشريط الآخر .

أحمد : ولكن إذا حدث تلف للشريطين فى وقت واحد ماذا يحدث ؟

المهندس : فى هذه الحالة يا أحمد تصبح عملية الإصلاح مستحيلة وهذا يؤكد حيوية زوجية الأشياء .

شيماء : والتغير الحادث فى مادة الدنا الوراثى D.N.A هل يرثه الأبناء ؟

المهندس : هذا التغير يسمى بالطفرة ، وهو يحدث إما بالتعرض للإشعاع الزائد أو العوامل الكيميائية أو درجة الحرارة العالية ، وهو يورث إلى الأبناء ، لكن هناك نوعاً آخر من الطفرات لا يورث للأبناء ، وإنما يظهر تأثيره على الآباء أنفسهم ، وهذا النوع يسمى الطفرة الكروموسومية الصبغية .

شيماء : لكن ما سبب حدوث هذه الطفرة ؟

المهندس : الطفرات الصبغية تحدث كنتيجة للتغير فى شكل أو عدد الصبغيات مما يؤدي إلى اتصال صبغى بآخر ، أو فقدان صبغى أو أكثر ، أو وجود أكثر من نسخة لصبغى .

أحمد : إن هذا يحتم على الأطباء استخدام الجرعات الإشعاعية بحذر .

وتكمل شيماء الحديث : بل ويتحتم على الجميع تناول المواد الكيميائية الدوائية بحذر .

ويرد المهندس بسرور وهو يتجه نحوهما : نعم يا عزيزى لأن ثمن ذلك سيكون فادحاً ، فلن يكون ثمنه فرداً واحداً ، وإنما أجيال بأسرها .

شيماء : وقد أطرقت تفكر فى شىء ما ..

وإذا بأحمد يسألها ... فيم تفكرين يا شيماء ؟

شيماء: "إننى أفكر فى هذا العالم العجيب .. عالم الجينات هل هو متشابه فى أداء وظائفه ؟

المهندس: تقصدين يا شيماء ذلك الطاقم البديع .. طاقم الجينات ذا الوظائف المتعددة .
أحمد: وظائف متعددة؟!؟

ويرد المهندس: نعم يا أحمد ، فبعض هذه الجينات يحمل تعليمات لبناء البروتين والبعض الآخر يحمل تعليمات لترتيب النيوتيدات ، والبعض لا يحمل أية تعليمات .

شيماء: لا يحمل أية عمليات؟!؟

المهندس: نعم يا شيماء ، ويعتقد العلماء أن لهذه الجينات أدواراً تنظيمية فى أداء وظائف الجينات الأخرى .

أحمد: حقاً إنه طاقم عجيب !

وتسأل شيماء : وهل هذا الطاقم الجينى العجيب ثابت لا يتحرك ؟

ويجيب المهندس : لا يا عزيزتى بل هناك بعض الجينات التى تتحرك فى المحتوى الجينى من مكان لآخر ، ووفقاً لإشارات وتعليمات محددة ، ويكون تأثير ذلك كبيراً على الطاقم الجينى .

أحمد: وما الذى يحكم عمل هذه الجينات ؟

المهندس: هذا الطاقم الجينى يتصرف وفقاً لشفرات محددة ، فلا عشوائية فى العمل .

شيماء: شفرات محددة؟!؟

ويرد المهندس: نعم يا شيماء ، فكل شفرة تتكون من ثلاث قواعد نيتروجينية وبترتيب ثابت ، وهذا ما ساعد العلماء على وضع خرائط توضح توزيع الجينات فى الطاقم الجينى ، وهو ما يعرف بالخرائط الوراثية .



خريطة وراثية

أحمد: نعم فلقد قرأت أن عدداً من الدول المتقدمة تحت إشراف هيئة الأمم المتحدة يشتركون في مشروع لرسم الطاقم الجيني للإنسان.

ويكمل المهندس كلام أحمد قائلاً :

نعم إنه مشروع الجينوم البشري ، والذي ستكون له فائدة عظيمة في التعرف على أمراض الإنسان الوراثية ومحاولة علاجها .

شيماء: لكن كيف يمكن علاج هذه الأمراض باستخدام الجينات ؟

المهندس: لكل صفة وراثية شفرة معينة ، ويمكن كشف هذه الشفرة ، ومن ثم معرفة ترتيب الأحماض الأمينية الداخلة في بناء سلسلة البروتين المسؤولة عن هذه الصفة.

أحمد: أحماض أمينية ! سلسلة بروتين ! أنا لا أفهم .

المهندس: يا عزيزي كل ترتيب من ثلاث قواعد نيتروجينية يشكل مادة تسمى بالحمض الأميني ، وكل مجموعة من الأحماض الأمينية مترابطة معاً تشكل ما يسمى بالبروتين وهو المسئول عن إظهار الصفة الوراثية .

شيماء: إذن لو استطعنا صنع هذا البروتين يمكننا استخدامه في علاج الأمراض الوراثية .

المهندس: نعم يا عزيزتي ، وهذا ما يعرف بالعلاج بالجينات .

أحمد: لكن كيف يتم صنع البروتين داخل جسم الكائن الحي ؟

ويجب المهندس وهو يوجه كلامه إليهما : إنها عملية معقدة ، ولكن سأوضحها لكما يا عزيزي .. ثم يستطرد في حديثه قائلاً : المادة الوراثية نوعان هي الدنا الوراثي (D. N. A) وهو يتواجد بنواة الخلية، والرنا الوراثي (R. N. A) وهو يتواجد بالسائل المحيط بنواة الخلية .

شيماء: تقصد السيتوبلازم ؟

المهندس: نعم يا عزيزتي ، ففي السيتوبلازم يتواجد الرنا الوراثي وهو ذو أنواع ثلاثة .

أحمد: أنواع ثلاثة ؟

المهندس: نعم يا أحمد ، فالرنا الوراثة يوجد منه ثلاثة أنواع هي :

الرنا الناقل (t (RNA) - الرنا الرسول (m (RNA) - الرنا الريبوسومي (r(RNA)

شيما: ولكن كيف تتم عملية بناء البروتين ؟

المهندس: لا تتعجلى الأمور يا عزيزتى، فعملية بناء البروتين تمثل مشروعاً حيوياً مهماً، يمثل فى الدنا الوراثة المهندس المخطط لهذا المشروع، حيث يقبع فى غرفة العمليات (النواة) ويصدر تعليماته إلى موقع العمل (السيتوبلازم) لبدأ تنفيذ هذا المشروع العملاق .

أحمد: كيف ؟

المهندس: يتم نسخ الدنا الوراثة على شريط من الرنا الريبوسومي (r(RNA) .

ثم يبدأ الرسول (m (RNA) فى قراءة الشفرات الوراثة من على شريط الرنا الريبوسومي (r (RNA) وترجمتها لأحماض أمينية ، ثم يستدعى الرنا الناقل (t (RNA) لإحضار الحمض الأميني المطلوب ، ليوضع فى مكانه من المشروع وهكذا حتى يصدر مهندس المشروع الدنا الوراثة تعليماته بانتهاء المشروع.

شيما: ولكن كيف يتم هذا ؟

المهندس: هناك شفرة معينة ، بظهورها فى ساحة العمل يعلم الجميع بأن المشروع اكتمل ، ويعود الجميع لبدءوا مشروعاً آخر .. وهم فى قمة النشاط.

أحمد: - حقاً إنه طاقم دقيق وعجيب .

وتقطع حديثه شيما قائلة :

لكن ما أحدث شىء فى تكنولوجيا العلاج بالجينات ؟

المهندس: يا عزيزتى إن أحدث شىء فى تكنولوجيا العلاج بالجينات هو استخدام أشعة الليزر فى إصلاح الخلل الوراثة المتواجد بالدنا الوراثة ، كما يمكن باستخدام شعاع الليزر الدقيق جداً نقل المادة الوراثة من خلية لأخرى، وهناك الكثير من التجارب مازالت فى مرحلة البحث ، وقد تمثل فتحاً علمياً إذا ثبت صحتها .

أحمد: لا بد أن نحدثنا عن هذه التجارب بمجرد معرفتها « يا سيدى » .

المهندس : أعد كما بذلك يا عزيزي الصغيرين . .

وهمّ المهندس أن يدعهما لكنه تذكر شيئاً مهماً وهو عدم ذكره لاستخدام الهندسة الوراثية في مجال الزراعة ، فجلس مرة أخرى وقال موجهاً حديثه لأحمد وشيما .

المهندس : نسينا شيئاً مهماً يا عزيزي .

أحمد : ما هو ؟

المهندس : أن أحدثكما عن دور الهندسة الوراثية في مجال الزراعة .

شيما : نعم لم تحدثنا عن هذا الدور ومؤكد أنه دور مهم .

المهندس : نعم يا عزيزتي ، فتطبيقات الهندسة الوراثية في مجال الزراعة لا تقل أهمية عن استخدامها في علاج أمراض الإنسان والحيوان ، فكما استطاع العلماء تصنيع الأنسولين البشري لمرض السكر ، والمركبات المضادة للسرطان فقد استطاعوا إنتاج ثمار كبيرة الحجم وغنية بالعناصر الغذائية ، كما أمكن نقل جينات خاصة بإنتاج البروتين من نباتات منتجة للبروتين بل واستطاع العلماء الخلط بين المواد الوراثية لنباتات مختلفة مثل البطاطس والبطاطم ، لينتج نباتاً جديداً يسمى بالبطاطم .

أحمد : إذن فالهندسة الوراثية تعنى « تطبيقات علم الوراثة في مجالات الحياة المختلفة » :

المهندس : نعم يا أحمد .

شيما : لكن هل يمكن استخدام هذه التطبيقات ضد مصالح الإنسان ؟

ويطرق المهندس وهو يتألم .. ويادره أحمد بالسؤال . ماذا حدث يا سيدى ؟

ويرد المهندس فى ألم : إنها ضريبة الحياة يا أحمد .. قضية الخير والشر ، الصراع

والتكالب على الدنيا !

شيما : أنا لا أفهم شيئاً !

أحمد : وأنا كذلك !

المهندس : علم الهندسة الوراثية شأنه فى ذلك شأن أى علم آخر « سلاح ذو حدين »
ياعزيزى .

أحمد : - سلاح ذو حدين !؟

المهندس : - نعم فكما استخدمه الإنسان لعلاج الأمراض المستعصية وتوفير حاجته من الغذاء ، يستخدمه فى تصنيع المواد الوراثية للميكروبات القاتلة ، ثم تحقن هذه الجينات فى الحشرات ، ويطلقها فى أماكن يود تدمير الأحياء فيها ، فتصبح هذه الحشرة أخطر بكثير من مئات الطائرات، فهى تسبب كارثة لكل الأجيال... كارثة فى أطقمها الجينية لتنتج أمراض التخلف والتشوهات الخلقية .
أحمد : نعم إنها كارثة بكل المقاييس .

ويكمل **المهندس** حديثه :

بل إن هناك العديد من المتحررين من كل قانون وعقيدة ينادون بتطبيق كل ما أمكن من تجارب الهندسة الوراثية على الإنسان ... واللعب فى الجينات البشرية بحرية تامة ...

وذلك لإنتاج إنسان حسب الطلب ... إنسان وفق الهوى .

شيماء : لكن هذا محال !

المهندس : - نعم يا شيماء ما يودونه محال ، لكن التفكير فى حد ذاته فى هذا الأمر جرم كبير .

أحمد : لا بد من وجود هيئة دولية تشرف على معامل الهندسة الوراثية .

المهندس : هذا ما ينادى به العديد من العلماء المتخصصين فى هذا العلم والذين يقدرون عواقب الأمور خير تقدير ، ونتمنى أن يحدث ذلك .

شيماء : إننا نحن شباب العالم ننادى المجتمع الدولى ونناشده بتكوين هذه الهيئة ، حفاظاً على مستقبل البشرية .