الفصل الثالث

عندما يحول العلماء الخيال إلى حقيقة

الاختلاف سمة من سمات المخلوقات ، لكى يتكيف كلٌ منها مع ظروف بيئته ويتأقلم معها ، وقد كان الإنسان ينظر إلى هذا الاختلاف نظرة عامة دون بحث عن سبب هذا الاختلاف .. حتى كان ذلك الغلام الفقير الذى عانى كثيراً وقست عليه الحياة أشد القسوة فلم يجد إلا الدير الأوجستينى ببلدته برون فى النمسا ليلجأ إليه ويعيش حياة الرهبنة مجبرًا لا مخيرًا ... إنه « جريجور مندل » الذى كان فى عقله نبوغ قتلته قسوة الحياة .

لقد لاحظ مندل اختلاف أزهار نبات بسلة الزهور وبدأ يُجرى تهجينات بين هذه النباتات ويدون نتائجه واستخلاصاته ، وقد استمر ذلك سبع سنوات ، وقد خلص مندل من تجاربه بقانونيه فى التوزيع الحر للعوامل الوراثية ، كما وضع فرضه الذى تنبأ فيه بالعامل الوراثى[1] والذى ينص على أنه : « يتوقف ظهور الصفات المتفارقة كلون الأزهار الأحمر والأبيض فى البسلة على وجود شىء ما ينتقل من الآباء إلى الأبناء عن طريق الخلايا التوالدية أو الجاميطات »[2] .

لقد تقدم مندل بأبحاثه تلك إلى جمعية التاريخ الطبيعى ببرون عام ١٨٦٥م ، لكن أبحاثه رُفضت وأُلقيت فى وجهه .. لكنه لم ييأس ، وأعاد صياغتها وتقدم بها فى ربيع العام التالى ١٨٦٦م ، حيث قُبلت على مضض وتم نشرها فى سجل الجمعية السنوى الذى وزع على مكتبات أوربا ، ثم أُهملت هذه الأبحاث وأصبحت فى طى النسيان ،

(١) العامل الوراثى هو ما يعرف حاليًا باسم الجين .

(٢) أساسيات علم الوراثة ، ترجمة د. عبد العزيز مصطفى وآخرين (القاهرة ـ المركز القومى للإعلام والتوثيق ـ ١٩٦٩م) ص ٦٠ .

حتى أعاد اكتشافها ثلاثة من العلماء كل على حدة وهم: (العالم النمساوى: تشيرماك، والعالم الألمانى : كورنيز ، والعالم الهولندى : دى فريز) .

كان ذلك عام ١٩٠٠م ، أى : بعد أربعة وثلاثين عامًا من نشر أبحاث مندل فى ١٨٦٦م ، ومنذ ذلك التاريخ بدأ الإنسان يهتم بهذا اللغز الذى كان مجهولاً .. إنه لغز الوراثة ، والذى ظل الإنسان يجهل حقيقته آلاف السنين .. لكن ثمة أسئلة كانت تفرض نفسها : ما المسئول عن حمل الصفات الوراثية ؟ وكيف يحملها ؟ ومم يتركب؟

لقد بُذلت جهود مضنية وتجارب عديدة للإجابة عن هذه الأسئلة ، من استخدام سجلات نسب العائلة إلى الدراسات الخلوية إلى الدراسات الكيموحيوية ... إلخ ، وقد اتضح من خلال ذلك أن العامل الوراثى (الجين) يتركب من بروتين ومادة أُطلق عليها اسم « الدنا الوراثى»[1].

لكن أيهما المادة الوراثية ؟ .. البروتين أم الدنا الوراثى ؟

لقد حاول العديد من العلماء الإجابة عن ذلك ، وكان أولهم العالم البريطانى «جريفث » ، والذى استغل موقعه البحثى كباحث فى علم البكتيريا ، فى كشف المادة الوراثية للبكتيريا من خلال تجارب التحول البكتيرى .

لقد كان بحث جريفث منصبًا على بكتيريا الالتهاب الرئوى حيث قام بعملية خلط للبكتيريا المميتة غير الحية والبكتيريا غير المميتة الحية ، ثم قام بحقن فئران التجارب بعينة من « البكتيريا غير المميتة الحية » فتسببت فى موتها . وقد استنتج جريفث من ذلك أن ثمة مادة قد انتقلت من البكتيريا المميتة غير الحية إلى البكتيريا غير المميتة الحية وحولتها إلى بكتيريا مميتة حية ، وقد نشر جريفث أبحاثه تلك عام ١٩٤٣م ، وكان يأمل فى فصل هذه المادة والتعرف عليها ، لكنه توفى قبل أن يحقق ذلك .

(١) الدنا الوراثى : مادة DAN (وهى التسمية العربية التى أقرها مجمع اللغة العربية بالقاهرة) .

لقد كان حقيقاً على العلماء العاملين فى علم البكتيريا أن يواصلوا أبحاث جريفث وآماله فى فصل مادة التحول البكتيرى ، وقد كانت هذه مهمة ثقيلة قام بها العالم إفرى فى عام ١٩٤٥م ، وقد استطاع إفرى عزل مادة التحول البكتيرى وتحليلها كيميائيًا حيث ثبت أنها مادة الدنا الوراثى الموجود منها نسبة تصل إلى ٣٪ من البروتين، ومن ثم لم تكن تجارب التحول البكتيرى كافية لحسم القضية .

وفى عام ١٩٤٧م تقدم العالمان « هرشى وتشيص » بورقتهما التى شرحا فيها خلاصة تجاربهما على الفاجات ، حيث سمحا للفاج[1] بمهاجمة البكتيريا والسيطرة على مادتها الوراثية ، ثم الكشف عن المادة التى تقوم بهذه السيطرة الوراثية ، وبتحليلها وجد أنها مادة الدنا الوراثى ومعها نسبة من البروتين ، ومن ثم ظلت القضية معلقة حتى توصَّل العلماء إلى اكتشاف إنزيم الريبونيوكليز (مادة عضوية تساعد على إتمام التفاعلات الكيميائية) الذى يتميز بقدرته على تحليل البروتين وعدم المساس بتركيب ووظيفة الدنا الوراثى ، واستخدم العلماء هذا الإنزيم بمعاملته مع الجين ، ثم قاموا بإجراء عملية التحول البكتيرى والكشف عن المادة الوراثية ، حيث وجد أنها مادة الدنا الوراثى .

بعد أن استقر الرأى العلمى باعتبار مادة الدنا هى المادة الوراثية ، كان لا بد من معرفة تركيب هذا الدنا ، وقد بذلت لذلك محاولات عديدة من أهمها محاولات العالمة البريطانية « روزلايند فرانكلين » ، والتى استطاعت استخدام الأشعة السينية فى الحصول على صورة لبلُّورات عالية النقاء من الدنا الوراثى[2] ، ثم دراسته ووضع نموذج تركيبى له . وقد نشرت فرانكلين ورقتها الخاصة بالتوزيع النقطى الذى حصلت عليه للدنا الوراثى ثم نشرت ورقتها الخاصة بالنموذج التركيبى لمادة الدنا الوراثى . وفى الوقت نفسه كان العالمان الأمريكى « جيمس دوى واطسن » والإنجليزى « كريك» يجريان أبحاثهما على تركيب الدنا الوراثى ، وقد كان كلٌّ منهما

(١) الفاج : كائن حى من الأوليات يسيطر على البكتيريا ويسخرها لإنتاج أجيال له .

(٢) صورة الأشعة السينية : تظهر كنقاط يمكن من تحليلها الحصول على المعلومات المطلوبة .

أمينًا فى بيان ذلك ، حيث أشار كلٌّ منهما إلى استفادتهما من ورقة فرانكلين فى كتاب كل منهما عن رحلته مع الدنا الوراثى .

وفى عام ١٩٥٢م تقدم العالمان واطسن وكريك بورقتهما والتى شرحا فيها النموذج التركيبى للدنا الوراثى ، وكان نموذجهما يوضح أن الدنا الوراثى عبارة عن « سُلَّم » جانباه هما هيكل السكر فوسفات ، ودرجاته هى القواعد النيتروجينية . ويعرف الاثنان معًا (هيكل السكر فوسفات والقاعدة النيتروجينية بالنيوكليوتيدة ، وهذا السلم حلزونى ، حيث يلتف حول نفسه كل عشر نيوكليوتيدات ، كما أن القواعد النيتروجينية[١] مترابطة بنظام تكاملى دقيق حيث يرتبط الأدنين (مركب بيورينى) مع الثايمين (مركب بيرسيدينى) ويرتبط السيتوزين (مركب بيورينى) مع الجوانين (مركب بيرسيدينى).

كان هذا النموذج يمثل انطلاقة كبيرة فى علم الوراثة ، وكان لا بد من دراسة سلوك الدنا الوراثى وكيف يتحكم فى الصفة الوراثية ؟ لقد كان ثمة سؤال يطرح نفسه : هل كل الكائنات الحية مادتها الوراثية هى الدنا ؟

وعن طريق العديد من التجارب على الفيروسات ثبت أن مادة بعضها تختلف عن مادة الدنا فى أشياء عديدة ، فالدنا يتكون هيكله (السكر ـ فوسفات) من سكر الديوكسى ريبوزى أما هذه المادة فسكرها من النوع الريبوزى ، كما أن القاعدة النيتروجينية « الجوانين » فى الدنا تستبدل باليوراسيل فى المادة الجديدة والتى تتسم بكونها مفردة إلا فى بعض أجزائها بعكس الحال فى الدنا الوراثى الحلزونى المزدوج ، وهى ثلاثة أنواع بينما الدنا نوع واحد ، وقد أُطلق على هذه المادة الرنا الوراثى[٢] والذى يوجد منه ثلاثة أنواع ، هى :

١ - الرنا الموصِّل : المسئول عن توصيل الرسالة الوراثية من داخل نواة الخلية إلى السيتوبلازم .

---

(١) توجد بتركيب الدنا .

(٢) الرنا الوراثى هو المادة الوراثية .R.N.A اختصارًا لـ (Ribonucleic acid) .

٢ - الرنا الريبوسومى : المسئول عن عمليات بناء البروتين .

٣ - الرنا الناقل : المسئول عن نقل الأحماض الأمينية إلى الرنا الريبوسومى لتبدأ عملية بناء البروتين .

وكل نوع يختص بوظيفة محددة فى عملية تخليق البروتين والتى تتم داخل سيتوبلازم الخلية وبتعليمات من الدنا الوراثى ، كما أن الدنا الوراثى يقوم بنسخ ذاته فى عمله (النواة) وهو يمثل الموقع الإدارى الذى يقوم بإصدار الأوامر لكل أجزاء الخلية ، وعملية النسخ الذاتى للدنا الوراثى ضرورية نتيجة للانقسام الخلوى ، وحتى ترث الخلايا البنوية المادة الوراثية من الخلايا الأمية .

فى هذه العملية ينفك اللولب الحلزونى للدنا الوراثى بواسطة إنزيم اللولب إلى شريطين مفردين ، ثم تتم عملية البناء بين شريط مفرد من لولب وشريط مفرد للولب آخر وبواسطة إنزيم التجميع (البلمرة) .

لقد كانت الصفات الوراثية محل الدراسة بداية بسيطة ، ويمكن القول عنها أنها ذات تأثير جينى مفرد ، أى : يحكمها جين واحد ، وبالدراسة اتضح أن هناك صفات ذات تحكم جينى متداخل ، أى : يحكمها أكثر من جين ، وكل جين يشترك فى عملية إظهار الصفة فى خطوة من خطوات التفاعل ، كما وجد أن الجينات تتأثر تمامًا بالعامل البيئى ، وقد تغيب الصفة الوراثية عند غياب العامل البيئى رغم وجود العامل الوراثى، ولهذا ظهر المبدأ المنادى بأن الصفة الوراثية هى جين وبيئة ، فالجين يحكم ظهور الصفة الوراثية ، والبيئة تساعد على ظهور الصفة الوراثية ، فهما عنصران ضروريان ومكملان لبعضهما .

لكن كيف يحكم الجين ظهور الصفة الوراثية ؟

أو بمعنى آخر : كيف يعبِّر الجين عن نفسه (يُظهر شخصيته) ؟ وهل هذه الشخصية تظل كما هى .. أم أنها قابلة للتغيُّر ؟

لقد اتضح من خلال الدراسات التى أُجريت على تركيب الدنا الوراثى ، وكيفية

تعبيره عن ذاته ، أن كل ترتيب من ثلاث قواعد نيتروجينية يعبِّر عن حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد[1] (البروتين) ، وأطلق على القواعد النيتروجينية الثلاث تلك الشفرة الوراثية ، والحمض الأمينى يعبَّر عنه بأكثر من شفرة ، لكن الشفرة الوراثية الواحدة لا تعبِّر إلا عن حمض أمينى واحد ، ومن الآيات البديعة التى تظهر عند دراسة الشفرة الوراثية عمومية الشفرة ؛ بمعنى أن الحمض الأمينى الواحد يحمل نفس الشفرة فى جميع الكائنات الحية ، فالقواعد النيتروجينية التى تشفِّر له واحدة ، والشفرة الوراثية شأنها كشأن الموجودات التى أوجدها الله كآليات تحكم أداء العمليات الحيوية داخل جسم الكائن الحى قابلة للتغيُّر فى ترتيب قواعدها النيتروجينية إما طبيعيًا بفعل الأشعة الكونية ، أو باستخدام التقنيات الحديثة والمواد الكيميائية المطفرة بواسطة الإنسان ، وعملية التغيُّر فى ترتيب القواعد النيتروجينية للمادة الوراثية هى ما يسمى بالطفرة ، والتى قد تكون طبيعية لا دخل للإنسان فيها ، أو ناتجة عن تدخل الإنسان وتعرف بالطفرة المستحدثة ، وهذا النوع من الطفرات الناتج عن تغيُّر فى تركيب الدنا الوراثى يُعرف بالطفرة الجينية ، وهى تورث للأجيال التالية ، بينما يوجد نوع آخر من الطفرات ينتج عن تغيُّر فى أشكال وأعداد الكروموسومات[2] الموجود عليها الجينات ، وهى قد تكون أيضاً طبيعية أو مستحدثة ، وهذا النوع من الطفرات يعرف بالطفرات الكروموسومية ، وآثارها تظهر على الفرد الحامل لها لكنها لا تورث للأجيال التالية .

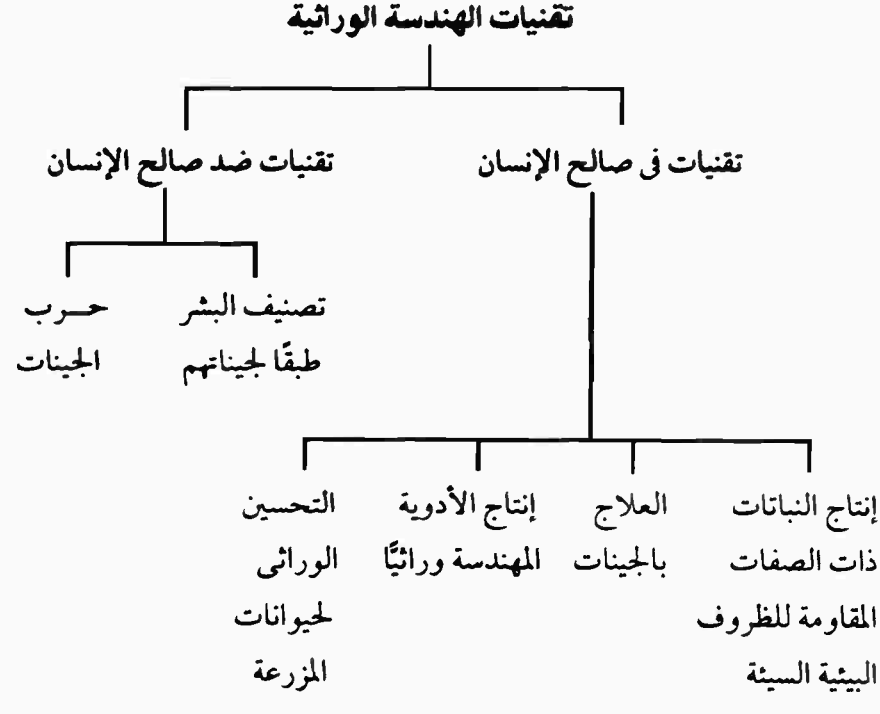
لقد كانت معرفة وكشف أغوار الشفرة الوراثية بداية لثورة حقيقية فى علم الوراثة، ثورة مادتها الحياة وهدفها خدمة الإنسان والقضاء على آلام المرضى وكابوس الأمراض المستعصية ، وتوفير الغذاء للملايين الجائعة من البشر ، واستخدام الكائنات الحية الدقيقة بتسخيرها لخدمة الإنسان .

كل ذلك كان نتيجة لهذه الشفرة الوراثية والتى حوَّلت طموح الإنسان وأحلامه إلى واقع يسوده الأمل فى غد أفضل .. كل ذلك كان من خلال هندسة هذا « الجينوم »

(١) عديد الببتيد هو سلسلة من الأحماض الأمينية المرتبطة معًا بروابط ببتيدية .

(٢) الكروموسوم هو الحامل للجينات ، ولكل خلية عدد محدد وثابت من الكروموسومات .

وتوظيفه فيما يريد من مجالات محددة ومدروسة ، وهندسة الجينوم شأنها شأن أى علم آخر ؛ قد تستخدم فى أوجه حسنة مفيدة للإنسان ولحياته على سطح الأرض ، وقد تستخدم كذلك لتدمير الإنسان بل وكل مظاهر الحياة على سطح الأرض ، والذى سيحكم هذا هو حكمة الإنسان ، ومقدرته على ضبط الأمور متزنة دون إفراط أو تفريط، فهندسة الجينوم سلاح ذو حدَّين ، ونحن مطالبون بتنفيذ ما ييسر الحياة للبشرية ، لا ما يفسدها .. ما يخفف آلامًا ، لا ما يزيدها .. كل ذلك يتم من خلال آليات الهندسة الوراثية كالدنا المطعَّم والاستنساخ الحيوى... إلخ، وهو ما يتضح من الشكل التالى:



إن محتوى الكائن الحى من الدنا الوراثى أو الرنا الوراثى هو ما يعبَّر عنه بالطاقم الوراثى لهذا الكائن الحى ، ولكل كائن حى ، بل لكل خلية من خلايا هذا الكائن طاقمها الوراثى الخاص بها ، وبعض هذه الأطقم الوراثية مفيد للعمليات الحيوية ،

والبعض الآخر ذو طابع مرضى ، كما أن هناك أطقماً وراثية تتسم بالكمون لفترات قد تطول وقد تقصر ، لكنها عندما تتحرك تصبح ذات تأثير كبير على المحتوى الجينى للكائن الحى . لكل هذا كان لا بد من متابعة هذا السلوك للأطقم الوراثية المختلفة وتصنيف هذا السلوك ، ثم محاولة توظيف هذا السلوك للأفضل ، ومحاولة تحجيم تعبير الأطقم الوراثية المرضية عن ذاتها ، ومن ثم تقليص تأثيرها ، وعملية التوظيف هذه قد تكون بنقل بعض الجينات السليمة من كائن حى إلى كائن حى آخر قريب منه تصنيفيًا، أو تدمير الطاقم الجينى المعيب للكائن المريض أو صناعة الطاقم الجينى خارج الخلية والقيام باستزراعه داخل الخلية .. أى : عمل نسخة من الطاقم الوراثى الأصلى ، واستخدامها لإصلاح الخلل الذى قد يصيب الخلية وأداءها الخلوى .

وهذا ما يعطى الأمل فى غد مهندَس وراثيًا ، غد يستطيع فيه الإنسان التحكم فى الكائنات المرضية فيقضى عليها والكائنات المفيدة فيعمل على إكثارها من خلال التحكم فى الأطقم الوراثية لهذه الكائنات الحية .

إن مجالات استخدام هندسة الجينات رحبة متعددة ، فهى قابلة للتطبيق على الإنسان والحيوان والنبات، ويجمع بينهم شىء واحد هو مادة الوراثة .. مادة الحياة .

الهندسة الوراثية وأبحاث النبات :

لنبدأ معًا فى التعرف على مدى استخدام هذه التقنيات الوراثية فى عالم النبات ، وكيف يستفيد الإنسان من هـذا الاستخدام سواء كان ذلك بطـريق مباشر أو غيـر مباشـر ..

ليس للنبات جهاز مناعى يستطيع عن طريقه أن يقاوم ما يصيبه من آفات ، لكنه يستعيض عن ذلك بإفراز مواد سامة ، أو منفرة ذات رائحة كريهة .. وقد تم دراسة المحتوى السُّمِّى فى البروتين السام الذى تفرزه بكتيريا « باسيلص سارنجنسز »[1] والذى يكون موجهًا للحشرات حرشفية الأجنحة كفراشات دودة ورق القطن

(١) نوع من البكتيريا تفرز بروتيناً سامًا .

وديدان اللوز ، وقد تمكَّن العلماء عن طريق دراستهم لهذا البروتين من التأكد من عدم سميته للإنسان أو لحيوانات المزرعة ، ثم قاموا بعزل هذا الجين الذى يشفِّر لهذا البروتين السام ونقله إلى نبات « الطباق » ليصبح هذا النبات مقاومًا للحشرات ذاتيًا بدون استخدام مواد كيمياوية ، لأنه أصبح مهندَساً وراثيًا لهذا الهدف . وهذا ما تهدف إليه الهندسة الوراثية من توظيف الطاقم الوراثى لهدف معين . وهناك تجارب لتطبيق هذه التكنولوجيا على نبات القطن ليكون مقاومًا لديدان القطن وعلى نبات اللوز ليكون مقاومًا لديدان اللوز ، وربما يستغرق ذلك بعض الوقت ، لكن الأمل باقٍ فى إنتاج نباتات مقاومة للحشرات ، ومن ثم يمكننا التخلص من التلوث وآثاره السيئة على البيئة والإنسان .

إن ثمة أفكاراً عديدة تراود علماء الهندسة الوراثية ، وكل المؤشرات تؤكد ارتفاع نسبة نجاحها ، فهناك آمال كبيرة معقودة على نقل جين من حيوانات القطب الشمالى إلى حيوانات بالمنطقة الاستوائية والعكس ، ومن ثم يمكن للإنسان إقامة مزارع حيوانية لأى نوع من الحيوانات يريده بعد تعديل طاقمه الوراثى بتطعيمه بجين يمكِّن الحيوان من الحياة فى هذه البيئة .

إن العملية كلها تتطلب إيلاج هذا الجين المرغوب داخل الطاقم الوراثى للكائن الحى، وهو ما يعرف بالجراحة الجينية .

وقد تمكَّن عالم الهندسة الوراثية « كريس سومرفيل » بمعهد « كارنيجى » بكاليفورنيا بعد ست سنوات من البحث العلمى من استنباط نباتات مهندسة وراثيًا لإنتاج بعض أنواع البلاستيك المسمى بـ « بولى هيدروكسى بيوترات » (P.H.B) ، وهو ما يشبه إلى حد كبير نوع البلاستيك المستخدم فى المنازل (P.V.C) ويمتاز عنه بقابليته للتحلل بعد فترة زمنية قصيرة تصل إلى ستة أيام ، بعكس الـ (P.V.C) الذى يحتاج إلى سنوات عديدة لكى يتحلل.

لقد كان العالم سومرفيل شديد الملاحظة للبكتيريا المنتجة لمادة الـ (P.H.B) ،

واستطاع أن ينقل الجين المشفر لهذه المادة إلى الطاقم الوراثى الخاص بنباتات العائلة الخردلية ، وهناك آمال كبيرة معقودة على نقل جينات الـ (P.H.B) إلى نباتات مثل القمح والبطاطس والطماطم .

وثمة تجارب أخرى تجرى على النباتات ذات القدرة على التمثيل النيتروجينى (لها القدرة على تثبيت النيتروجين من الجو) للكشف عن الطاقم الوراثى المتحكم فى ذلك، ثم إيلاجه فى الأطقم الوراثية للنباتات التى تفتقر إلى هذه الأطقم الوراثية ، ومن ثم يمكن إنتاج نباتات تقوم بتسميد نفسها ذاتيًا .

لقد استحوذت مشكلة توفير الغذاء للبشرية على فكر علماء الهندسة الوراثية منذ بزوغ هذه التقنية، وبدأ فكر العلماء يتجه إلى محاصيل ذات أهمية قصوى للإنسان فى غذائه كالأرز والقمح .

وقد كان للمعهد القومى لبحوث الأرز بالفلبين تجارب رائدة على نبات الأرز ، فقد أعلنت إدارة المعهد فى نهاية عام ١٩٩٥م عن توصل الفريق البحثى بالمعهد إلى نبات أرز يعطى ثمارًا ذات حجم كبير ومعدل إنتاجية وفيرة ، وقد بلغت نسبة نجاح التجربة كما أعلنها المعهد (٢٥٪) ، وكان ذلك يرجع إلى الصعوبات البالغة التى واجهت الباحثين فى تعاملهم مع الصفات الكمية لنبات الأرز ، فالأطقم الجينية الحاكمة لهذه الصفات متعددة وذات فعل متداخل ، ومن ثم فهناك صعوبة فى فصل هذه الجينات من نبات برىّ واستزراعها فى نبات الأرز .

ويأمل علماء الهندسة الوراثية فى تطبيق نفس التقنية على نبات القمح مما يعنى توفير الغذاء للكثير من الشعوب الجائعة والتى لا تمتلك كفايتها من هذا المحصول المهم .

وقد استطاع مؤخرًا علماء الوراثة ـ فى مؤسسة «روكفلر» للأبحاث الزراعية بنيويورك ـ فصل الأطقم الوراثية المتحكمة فى الصفات الكمية من نبات برىّ قريب من الطماطم ، ونقل هذه الأطقم الوراثية إلى أنواع الطماطم المستزرعة . ثم إجراء تزاوج بين الهجين الناتج والنبات المستزرع . وقد تأكد الباحثون من استقرار الأطقم

الجديدة فى نبات الطماطم وقدرتها على التعبير عن نفسها ، مما عمل على زيادة حجم الثمرة بنسبة(٨٪) كما ارتفع إنتاج المحصول بنسبة (١٠٪) ولم تكتفِ المؤسسة بهذا ، بل تجرى أبحاثها حاليًا لتطبيق نفس التقنية على نباتى الذرة والأرز بهدف الحصول على نباتات ذات مواصفات خاصة مرغوبة .

وكما كان للهندسة الوراثية دورها الرائد فى تكنولوجيا الغذاء ، فقد كان لها أيضاً دور رائد فى إنقاذ العالم من التلوث وذلك من خلال برمجة بعض أنواع من البكتيريا وراثيًا لتحليل الملوثات المائية ، ثم يُستخلص الدنا الوراثى لهذه البكتيريا وينقَّى ، ويولج من جديد داخل كائنات حية أخرى .وقد يستخدم كبروتين أحادى الخلية إذا ما كانت الملوثات المحللة بواسطته مواد بترولية ، ويعقد الكثير من العلماء آمالاً عريضة على استخدام هذه التقنية فى تخليص الغلاف الجوى من الملوثات ذات الأثر الخطير على حياة الإنسان والكائنات الحية الأخرى .

الهندسة الوراثية وأبحاث الحيوان :

لقد كان للهندسة الوراثية مساهمة فعالة فى زيادة الإنتاج الحيوانى ، وكان لها الدور الرائد فى إنتاج سلالات قوية من الحيوانات ذات فعل مقاوم للطفيليات ، كما أمكن - عن طريق تطعيم بعض الحيوانات بأطقم وراثية لصفات مرغوبة لحيوانات أخرى - إنتاج حيوانات ذات صفات معينة كحيوانات ذات لحم كثيف أو حيوانات مدرة للَّبن ، أو حيوانات ذات صوف بمواصفات مرغوبة ، كما يأمل علماء الجينات الحيوانية فى التحكم فى حجم الحيوان عن طريق تطعيمه بجينات نمو محددة، ويطمح البعض إلى غد نرى فيه الأرانب بحجم الخراف والماشية بحجم الفيلة !

ليس ذلك مستبعدًا من الناحية العلمية ، وهذا ما أود أن أنبه القارئ إليه ، فمادامت توجد أطقم وراثية حاكمة للعمليات الحيوية ؛ فهناك أمل فى كشف هذه الأطقم ونقلها إلى حيوانات أخرى لتكتسب الصفات المسئولة عنها هذه الأطقم ، بل وتقوم بتوريثها للأجيال التالية لها . وإن الآمال تنعقد على ما هو أكثر من ذلك وهو

إنتاج حيوانات هجينة ، فكما يمكن إنتاج البطاطم من البطاطس والطماطم ؛ ومن ثم تتوافر القيمة الغذائية لنباتين فى نبات واحد ؛ يمكن إنتاج « العنم »[1] من الغنم والماعز عن طريق عمليات مزج للأطقم الوراثية لكل منهما بهدف توفير صفات خليطة من كائنات عديدة فى كائن واحد تتركز فيه هذه الصفات .

الهندسة الوراثية والإنسان :

لا شك أن الهندسة الوراثية لها انعكاساتها الإيجابية على مستقبل الإنسان سواء بالتشخيص الوراثى للأمراض الوراثية ، أو بتقنيات العلاج الجينى لهذه الأمراض ، فقد استطاع العلماء كشف بعض الأطقم الوراثية السليمة والمرضية ، ومن ثم إمكانية التحكم فيها عن طريق قصها ونزعها خارج « الجينوم البشرى » إذا كانت ضارة . ويتم ذلك عن طريق إنزيمات محددة يمكنها التعرف على التتابع الوراثى محل الدراسة وقصه عند الموضع المراد ، وإننا إذ نذكر ذلك لننوِّه إلى أن بعض الكائنات الدقيقة تستطيع أن تكوِّن مواد مضادة لهذه القواطع الإنزيمية ، ومن ثم يصعب التعامل معها فى هذه الحالة ، إذ لا بد من إزالة المواد المضادة لتأثير الإنزيم المحدد ، ثم التأثير بواسطته على التتابع محل الدراسة .

لقد استخدم العلماء وسائل تقنوية عديدة فى نقل الجينات المرغوبة للإنسان ، أو نقل الجينات المرضية منه ، والجينات المنقولة للإنسان قد تكون موجهة لإنتاج مواد إفرازية كالهرمونات أو مواد كيمياوية ضرورية لحياة الإنسان .

ففى إحدى التجارب التى قام بها علماء من جامعة « ميتشجان » ومعهد « هوارد هوفر » الطبى بالولايات المتحدة الأمريكية ، حدث حقن خلايا جدران القلب (للفأر) بجينات تعمل على إنتاج مادة كيميائية تعمل على زيادة نمو الوعاء الدموى ، وذلك بإنتاج خلايا دموية جديدة ، وقد تراوحت نسبة نمو الخلايا بين (٣٠٪ ـ

(١) العنم : كائن افتراضى يطمح علماء الهندسة الوراثية إلى إنتاجه عن طريق الأطقم الوراثية ، وهو يجمع فى صفاته بين الغنم والماعز .

٤٠٪). وقد أكد الفريق العلمى الذى أجرى هذه التجربة على أن حقن الأطقم الوراثية (محل الدراسة) فى خلايا العضلات الصقلية بالقلب يحول هذه الخلايا إلى مصانع منتجة للأنسولين البشرى، أو البروتينات المضادة لتجلط الدم . ولا شك أن هذا يمثل طفرة حقيقية فى عالم الطب ، فعن طريق حقن هذه المورثات يمكن تفادى حدوث الجلطات الشريانية، ولا سيما فى الشريان التاجى المغذى لعضلة القلب والذى يعنى حدوث جلطة به توقف عضلة القلب عن ضخ الدم لأجزاء الجسم الأخرى ، ومن ثم الوفاة المؤكدة، أما أهمية هذه التجربة لإنتاج الأنسولين البشرى فهى تفوق ما سبق أن توصل إليه العلماء من قبل من تصنيع الأنسولين البشرى عن طريق نسخ طاقمه الوراثى المتحكم فيه والذى يشفر له ، ثم إيلاجه داخل الطاقم الوراثى للبكتيريا ، والتى تتكاثر بمعدل سريع للغاية وتكاثر فى نفس الوقت محتواها الوراثى المولج به الطاقم الوراثى للأنسولين أى أن البكتيريا فى هذه الحالة تحولت إلى مصنع لإنتاج الأنسولين البشرى ، ثم يُستخلص هذا الأنسولين بتقنيات دقيقة ، ويستخدم بعد ذلك ، وهو رغم قضائه على ما يحدث من مقاومة جسم الإنسان للأنسولين المستخلص من بنكرياس الماشية لوجود فروق طفيفة بين الأنسولين البشرى وأنسولين الماشية ، إلا أنه مازال عالى التكلفة. والطريقة الجديدة التى قام بها علماء « ميتشجان » مع علماء معهد «هوارد هوفر» هى تحويل الجسم إلى منتج ذاتى للأنسولين ، وهنا تكمن الأهمية فلا توجد أدنى مقاومة من الجهاز المناعى للجسم لأن الجسم هو الذى أنتجه فضلاً عن ضمان سلامته من أى محتوى مرضى يمكن أن يؤثر على جسم الإنسان ، ربما تكون تقنية إنتاجه بهذه الطريقة مكلفة لكنها تحقق الأمان الوراثى للإنسان عن طريق الإنتاج الجسدى الذاتى له .

فى تجربة أخرى رائدة قام بها العالم « رايان سلفر » رئيس قسم علوم الأمراض والميكروبات بجامعة « بريستول » البريطانية ، حيث أعلن عن توصل الفريق البحثى برئاسة « د. كريس إيلسون » إلى مواد تفرز طبيعيًّا بالدم تمنع الإصابة بالتهاب المفاصل الروماتيزمية .

لقد استطاع العلماء فى عام ١٩٩٤م استخدام الهندسة الوراثية كسلاح فعال للحد من انتشار مرض السرطان بأنواعه المختلفة عن طريق إدخال جينات إلى الخلايا السرطانية تجعلها تفرز مواد سامة تحطم بها ذاتها ، وقد نجحت هذه التجارب فى علاج حالات سرطان الخلايا الملونة ، كما استطاع العلماء إدخال جينات تعمل على إثارة الجهاز المناعى للإنسان لمقاومة خلايا الورم السرطانى . وإننا إذ نذكر دور الهندسة الوراثية فى أبحاث السرطان لنذكر لها دورها الرائد فى علاج سرطان البروستاتا ، ذلك الداء العضال الذى كان الحل الوحيد له فى الماضى (وما يزال فى كل دول العالم الثالث) هو الجراحة أو الأشعة العميقة أو استخدام الهرمونات ، ودور الهندسة الوراثية هو صناعة مصل يعمل على توجيه الخلايا السرطانية بإثارتها لتكوين أجسام مضادة للسرطان الموجود ، ومن ثم يحدث تدمير لخلايا السرطان ، ويتخلص الإنسان من الأورام السرطانية التى تهدد حياته .

وكما حققت هندسة الجينات نجاحًا كبيرًا فى علاج أمراض السرطان ، حققت نجاحًا مماثلاً فى علاج الأمراض الجلدية الوراثية مثل البقع الجلدى الوراثى والتحلل الفقاعى الوراثى ، كما حققت نجاحًا آخر فى تشخيص وعلاج الأمراض الفيروسية كالإنفلونزا والحصبة والغدة النكفية .

وقد لجأ العلماء إلى طرق التشخيص باستخدام الهندسة الوراثية لصعوبة عزل الفيروس خارج العينة الحية لتشخيصه ، لأن الفيروس بمجرد خروجه إلى خارج العائل يتبلر[١] ، ومن ثم كان لا بد من استخدام الحامض النووى الفيروسى كأداة تشخيصية دقيقة للميكروبات عامة وللفيروسات خاصة ، وتُعرف هذه التقنية بتفاعلات إنزيم التجميع (البلمرة) المتسلسل أو الـ "P.C.R." اختصارًا لاسمها العلمى (Polymerase chain Reaction) ، وترجع أهمية هذه الطريقة إلى دقتها فى تشخيص أقل كمية موجودة بالعينة ، بل وتحديد سلالة الفيروس لتحديد العلاج المناسب، حتى لا يحدث خلط فى تناول أى دواء دون تشخيص دقيق ، ويمكن

(١) يتحول إلى حالة صلبة غير حية .

استخدام مثل هذه التقنية فى تحديد نوعية السلالة من الفيروس الكبدى ، ومن ثم تحديد نوع العلاج .

لقد أصبح استخدام المعلومات الوراثية بالطاقم الوراثى لتصحيح سير العمليات الحيوية أمرًا ممكنًا ، وهكذا أصبحت المادة الوراثية هى أمل الإنسان فى التخلص مما يعانيه ، فعن طريق الهندسة الوراثية استطاع الإنسان أن يحدد ويعزل العديد من الجينات المرضية مثل جينات التليف الكيسى وأنيميا الدم وداء الرقص اللاإرادى (هينتجتون كوريا) ، كما نجح العلماء فى التعرف على تركيب الطاقم الوراثى لمرض تحوصل الكلى الذى يؤدى إلى تضخمها وقد يؤدى إلى الفشل الكلوى .

كل ذلك يعتمد على تحليل الطاقم الوراثى للميكروب المسبب للمرض داخل العينة الحية عن طريق تقنيات جزيئية وتحديد سلسلة القواعد النيتروجينية فى المادة الوراثية ، وتوجد أربعة اختبارات وراثية يمكن إجراؤها لمعرفة تركيب الطاقم الوراثى ، وهى :

أولاً ـ اختبار السلى :

يجرى هذا الاختبار بعد عشرة أسابيع من الحمل ، وفيه تؤخذ خلايا من غشاء السلى (غشاء جنينى) وذلك بهدف معرفة حدوث شذوذ فى الكروموسومات من عدمه .

ثانيًا ـ اختبار المشيمة :

يجرى هذا الاختبار بعد عشرة أسابيع أيضاً من الحمل ، وفيه تؤخذ بعض خلايا المشيمة النامية لفحص كروموسوماتها .

ثالثًا ـ الاختبار التجويفى :

يجرى هذا الاختبار قبل مضى عشرة أسابيع من الحمل ، وفيه تؤخذ بعض الخلايا من التجويف المحيط بغشاء السلى حيث تفحص كروموسوماتها .

رابعًا ـ اختبار المُضغة :

يجرى هذا الاختبار عند وصول « الزيجوت »[1] إلى مرحلة الخلايا الثمانية للكشف عن العيوب الوراثية المحتملة .

خامسًا ـ اختبار الحيوان المنوى :

يجرى هذا الاختبار على الحيوان المنوى وذلك لمعرفة الطاقم الوراثى المحمَّل به ، وهل يحتوى على جينات معيبة أم لا ؟.

سادسًا ـ اختبار البويضة :

يناظر هذا الاختبار اختبار الحيوان المنوى للرجل ، وفيه تؤخذ بويضة سليمة جاهزة للإخصاب من قناة المبيض بالأنثى ، ويجرى عليها هذا الاختبار لمعرفة طاقمها الوراثى، وهل يحتوى على جينات معيبة أم لا ؟.

إن كل ما تقدم ذكره عن دور الهندسة الوراثية فى التشخيص والعلاج يجعلنا فى شوق لمعرفة كيفية العلاج بالجينات .

لقد استطاع العالمان « ميركولا وكلاين » فى عام ١٩٧٩م القيام ببعض المحاولات الجادة للعلاج الجينى للإنسان رغم أن تجربتهما لم تنجح ، لكنها فتحت أبوابًا من الآمال أمام العلماء لتحقيق هذا الغرض ، ولكى نستطيع أن نستوعب تكنولوجيا العلاج بالجينات لا بد لنا أولاً من فهم الأساس الجينومى للأمراض الوراثية ..

الأساس الجينومى للأمراض الوراثية :

وضع عالم الإنزيمات « أريشيبالد جارود » عام ١٩٠٨م فرضه التالى : « جين واحد يساوى إنزيماً واحدًا » .

وقد تأكد جارود من أن المرض الوراثى ينتج من عجز الجين عن التعبير عن نفسه فى المحتوى الجينومى للإنسان ، كما وضع عالم الهندسة الوراثية « ليدلى » تعريفًا

(١) الزيجوت : هو المرحلة الأولى من مراحل التطور الجنينى ، وينتج من اتحاد الحيوان المنوى بالبويضة .

للعلاج بالجينات بأنه عملية إدخال أو نقل جينات سليمة إلى خلايا جسدية وذلك للحصول على وظيفة جينية غير موجودة .

بعض الأمراض الوراثية :

أولاً ـ داء التخلف العقلى المبكر :

هذا المرض يحدث بسبب نقص الإنزيم الكبدى « فينيل آلانين هيدروكسيلاز » ، وهو يؤدى إلى تخلف عقلى منذ الطفولة المبكرة ، ويمكن علاجه بنقل الطاقم الوراثى المسئول عن تكوين الإنزيم إلى خلايا الكبد .

ثانيًا ـ شحاب البحر المتوسط (أنيميا البحر الأبيض المتوسط) :

أحد أنواع الأنيميا الوراثية (فقر الدم) ، وهو ينتج عن نقص جين « الجلوبين » ، وأمكن علاجه بنقل جين « جلوبين » سليم إلى خلايا الدم الحمراء ليمنع تحللها وفقدها لكرويتها ، ومن ثم نقص قدرتها على حمل الأكسجين .

ثالثًا ـ التخلف العقلى الناتج عن عيب جينى بخلايا المخ :

وقد استطاع العلماء مؤخرًا زرع بعض الجينات المعدلة والمبرمجة وراثيًّا فى مخ أحد حيوانات التجارب (الفأر) ، وقد استطاع هذا الجين أن يعيد الأداء الوظيفى للمخ إلى حالته الطبيعية .

لكن هل كل الخلايا يتم نقل جينات إليها ؟ أم أن هناك خلايا معينة يمكن التعامل بسهولة وعلى أسس علمية مع محتواها الجينومى ؟ .. وهل عملية النقل تتم مع خلية نطفية أم خلية جسدية ؟

إن عملية النقل الجينى إلى الخلايا التناسلية تعنى توارث الأجيال التالية لهذا الجين المولج داخل الطاقم الوراثى ، وقد نجحت بالفعل تجارب عديدة على الخلايا التناسلية لفئران التجارب ، وتم الحصول على فئران مهندسة وراثيًّا ، وعملية النقل هذه إلى الخلايا التناسلية مفيدة فى ضمان خلو الأجيال التالية من المرض الوراثى الذى

يتم علاجه ، لكن هذا يحتاج أيضاً إلى اختبارات متعددة وبصورة مكثفة ولا سيما فى المراحل الجنينية المبكرة حتى لا يحدث تعبير غير سوى للجين المولج إلى الخلية .. لأن معنى حدوث خلل فى تعبير الجين عن نفسه أن الأجيال التالية جميعها ستدفع ثمن هذا الخطأ ، وليس الفرد محلًا للتجريب ، لكن هذا الأمر وارد وليس بمحال ، ولذلك أحيطت هندسة جينوم الخلايا التناسلية بكثير من الحذر حتى لا يحدث تلاعب بهذا الكنز الذى حبانا الله به « الطاقم الوراثى » .

لهذا كانت عمليات النقل الجينى منصبَّة بصورة مكثفة على الأطقم الوراثية للخلايا الجسدية ، لأن معنى ذلك هو عدم توارث الأجيال للصفات الجديدة ، ويتم ذلك بتقنية عالية وخطوات محددة نوردها فيما يلى :

أولاً : يتم التعرف على الجين المعيب داخل الخلية المريضة .

ثانيًا : يتم تحديد الجين الجديد المطلوب إيلاجه داخل الخلية المريضة ليصلح الخطأ الوراثى الموجود .

ويتم ذلك عن طريق أنظمة النقل الجينية إلى أماكن محددة من الطاقم الوراثى للخلية.

ثالثًا : قد يتم نزع الخلية المريضة إلى خارج الجسم ثم معاملتها جينوميًّا (بالجين المرغوب) ثم إعادة زرعها فى مكانها الصحيح .

رابعًا : قد يتم إدخال الجين المرغوب عن طريق بعض العمليات الوظيفية للكائن الحى (الإنسان) ، وقد نجحت هذه التقنية فى إدخال الجينات إلى الرئتين عن طريق عملية الاستنشاق وباستخدام جهاز خاص .

التقنيات المتعددة لتكنولوجيا الجينات :

نشأ عن التقدم المتسارع للعلاج بالجينات تقنيات عديدة أرى أن نعرض لها بشىء من الإيجاز ..

أولاً ـ إصلاح الجين المعيب :

تحتاج هذه التقنية إلى قص الجين المعيب من الطاقم الوراثى الموجود فيه ، ثم إصلاح العطب الوراثى الموجود به ، وهى تقنية تحتاج إلى عمليات معقدة ، لكن لا بد من طرقها لاستخداماتها المتعددة .

ثانيًا ـ إضافة جين سليم :

يتم فى هذه التقنية إضافة جين سليم إلى الخلية المعيبة وراثيًا ، وذلك بهدف تثبيط عمل الجين المرضى ، ولا يتم فى هذه التقنية استبدال الجين المشوه ، بل يظل موجوداً بالمحتوى الجينى لكنه مثبط عن العمل والتعبير عن نفسه .

ثالثًا ـ استحداث وظائف جينية جديدة :

فى هذه التقنية يتم إدخال الجين بغرض تغطية نقص وظيفى موجود ، أو إظهار صفة لم تكن موجودة لغياب الجين المسئول عنها بالطاقم الوراثى للكائن محل الدراسة، وهى تقنية مفيدة فى حالة فشل التقنيتين السابقتين .

رابعًا ـ تغيير نظام تعبير الجين :

يتم فى هذه التقنية إحداث تحكم فى نشاط الجين داخل المحتوى الوراثى عن طريق أنظمة جينية محددة وذلك بهدف زيادة نشاطه أو تثبيط نشاطه أو إعدام دوره الوظيفى تمامًا ، وهذا يستلزم استخدام أنظمة نقل حساسة جدًا حتى لا يحدث تغيير فى التركيب الكيمياوى للجين المنقول أو المحتوى الجينومى المنقول إليه الجين ، ويوجد لذلك نظامان للنقل هما :

(أ) النقل الجينى المباشر :

فى هذا النظام يتم نقل الجين مباشرة إلى المحتوى الجينومى المراد دون وسيط فى العملية.

(ب) النقل الجينى غير المباشر :

فى هذا النظام يتم نقل الجين المرغوب إلى المحتوى الجينومى عن طريق وسيط قد يكون فيروساً أو فاجاً أو بكتيريا ... إلخ .

الهندسة الوراثية وأبحاث الدواء :

ساهم علم الهندسة الوراثية مساهمة كبيرة فى تقدم الأبحاث الدوائية ، وذلك بهدف التخلص من التأثيرات السلبية التى تتركها المواد الكيميائية داخل جسم الإنسان، ومن ثم كان لا بد من الوصول إلى هندسة بعض المركبات الدوائية وراثيًّا وهو ما سنتعرض له فيما يلى :

١ـ الأجسام المضادة :

الأجسام المضادة هى بروتينات خاصة تقوم بالدفاع عن الجسم ضد الميكروبات الغازية ، وقد أمكن عن طريق الهندسة الوراثية إنتاج أجسام مضادة محددة للنسل ، وذلك باستخدام بروتين مهندس وراثيًّا مضاد لذيل الحيوان المنوى ومن ثم يحوله إلى حيوان عاجز غير قادر على الحركة ، وقد تم إنتاج هذا البروتين على نطاق تجارى بالدول المتقدمة ، حيث يتناوله الرجال كمنظم للنسل ، ومن ثم يتم التخلص من المنظمات التى تستخدمها المرأة كالبروجسترون الصناعى واللولب ... إلخ ، والتى قد تسبب لها مشاكل نفسية .

٢ـ سوماتوستاتين :

إنه هرمون بسيط تفرزه غدة الهيبوثلاموس[1] فى المخ ووظيفته منع إفراز هرمون النمو وهرمونات الغدة النخامية ، كما أنه منظم لهرمونات البنكرياس والمعدة والأمعاء ، وقد استطاعت إحدى الشركات الأمريكية (جينيتيك) إنتاج هذا الهرمون صناعيًّا وطرحه فى الأسواق .

٣ـ لقاح الإنفلونزا :

الإنفلونزا مرض كثير الانتشار ، ويسببه فيروس له سلالات متعددة ، ومن ثم فلابد لكى يحدث علاج للإنفلونزا من وجود لقاح شامل لكل هذه السلالات . وقد

---

(١) غدة صماء توجد بالمخ .

استطاعت شركة سيرل الدوائية التوصل إلى هذا اللقاح فى معاملها عن طريق زراعة فيروسات كاملة فى مزارع فيروسية ، ثم تثبيط عملها المرضى ، والاحتفاظ بشكلها وتحليل الطاقم الوراثى لها ، وزرعه داخل الخلايا المحتمل إصابتها لتكوِّن أجساماً مضادة له تستطيع أن تتعرف عليه وتقاومه .

٤ـ لقاح التهاب الكبد الفيروسى (ب) :

الاسم العلمى لهذا اللقاح (ديكو مبيفاكس ـ هـ . ب) ، ويصنع بأخذ جين من فيروس (ب) الكبدى ، ثم يحمَّل على خلايا الخميرة التى تكاثره مع تكاثر مادتها الوراثية منتجة لقاحًا له ، وقد أنتجت هذا اللقاح شركة ميرك الأمريكية بمدينة نيوجرسى بالتعاون مع شركة (شيرون) المتخصصة فى أبحاث الهندسة الوراثية بولاية كاليفورنيا ، وبتصريح من إدارة الأدوية والأغذية الأمريكية عام ١٩٨٦م .

٥ـ لقاح الجذام :

توجد جراثيم الجذام فى الإنسان والفئران وحيوان المدرع (فى الدم) ، وقد استطاع علماء الهندسة الوراثية صناعة لقاح له مستخدمين فى ذلك دم حيوان المدرع ، وتمت تجربته على ١٠٠,٠٠٠ شخص من سكان ملاوى ، وعدد مماثل من سكان شبه القارة الهندية ، وتتم هذه التقنية بأخذ الجينات اللازمة وتحميلها على بكتيريا القولون إيشيرشياكولاى[١] .

٦ـ ثاوماتين :

بروتين بسيط ذو طعم فائق الحلاة ، وحلاوته تلك مفيدة للغاية لمرضى البول السكرى فهو أحلى من السكر بحوالى ثلاثة آلاف مرة ، ويتميز بأنه سهل الهضم ، وقد تم إنتاج الثاوماتين عن طريق الهندسة الوراثية وإن كان ما يزال فى مرحلة التجريب.

٧ـ يروكيناز :

إنزيم له القدرة على إذابة الجلطات الدموية ، والمسئول عن صنع هذا الإنزيم هو

(١) إيشيرشياكولاى : هى نوع من البكتيريا التى تعيش بالقولون ، والتى تستخدم على نطاق واسع فى تجارب الهندسة الوراثية .

أحد الجينات ، وقد قامت شركة إيجوت الدوائية الأمريكية بتحميل البرنامج الوراثى لهذا الجين على جرثومة ، وقد أثبت ذلك نجاحًا علميًّا لكن تكاليف هذه التقنية مازالت مرتفعة ، وهذا يؤثر على الكمية المطروحة للتناول .

لقاح منع الحمل المشيمى البشرى :

لقد استطاع العلماء التوصل إلى لقاح منظم للحمل تستخدمه المرأة عن طريق تقنيات الهندسة الوراثية ، واللقاح الجديد عبارة عن هرمون جونادوتروبين المشيمى البشرى ، حيث تحقن به المرأة فيعمل على تحفيز الجهاز المناعى على تكوين أجسام مضادة تقوم بمهاجمة البويضة قبل إخصابها وتدميرها ، كما يحفز المبيض على عدم إنتاج هرمون البروجسترون الضرورى لعملية التبويض .

بهذا اللقاح يمكن للمرأة أن تستخدم حقنة من الهرمون فى العام بدلاً من تناول أقراص البروجسترون الصناعى يوميًّا ، أو استخدام اللولب وما ينتج عن ذلك من تجلط للدم وزيادة فى الوزن وغثيان وقيء نتيجة لإحداث الأقراص اضطرابًا فى الطمث .

* * *

ربما يخيل للبعض أن كل هذا خيال ، لكنه فى الحقيقة واقع موجود نلمسه ، لأنه واقع العلم ، ومع ذلك فهو قد بدأ بخيال ، لكنه أصبح الآن واقعيًّا .. فمن كان يتوقع أنه يمكن للإنسان يومًا أن يعالج نفسه من خلال جيناته ؟ ..

إنه عالم غريب حقًّا عالم الجينات هذا ؟.. لذلك جلست مع نفسى مرة ، وأنا أفكر فى كيفية رسم الجينات لمستقبل الإنسان فى هذا القرن الجديد ، وسألت نفسى :

أكان ذلك الآدمى - الذى قُدِّر له أن يهبط من الجنة موطن الرغد من العيش حيث لا تَعَب ولا نَصَب إلى الأرض حيث يكابد ويعانى مشقات الحياة - يخيل إليه حينما واجه بوسائله البدائية الطبيعة القاسية أنه سيتحكم فى تلك الطبيعة مستقبلاً .. وأنه

سيصنع عربة تجرها الخيول ، ثم دراجة فسيارة تعمل بالديزل فطائرة فمكوك فضاء، ثم يطمح إلى أن يغزو الفضاء فيعمره ويتخذ منه مسكناً ومأوى .. وأن يتعامل مع الجماد كمجموعة من الجزيئات ، ثم يحلل الجزيئات ليتعامل مع مكوناتها كذرات ذات جسيمات بعضها ثابت ، وبعضها الآخر متحرك ؟؟ ..

لقد عرف الإنسان الإلكترون ورصد حركته ، واستفاد منه ليفجر ثورة كاملة أصبح لها ثقلها فى حياته والتى تتمثل فى مادته الحية وتكوينه البيولوجى . إنها أخطر وأهم ثورة عاشها وسيعيشها الإنسان ، ثورة مادتها الحياة ، والتى نعنى بها ثورة الجينات ، والتى دخلت كل مجال ، حيث نراها فى مجال الثروة النباتية متمثلة فى عمليات التطعيم الدناوى والإيلاج الجينى لتخرج لنا ثمرة لا هى بالبرتقال ولا هى بالليمون ولا هى باليوسفى بل هى خليط من كل ذلك ، لنرى ثمرة البرتقال فى حجم ثمرة البطيخ ، ولنرى حبة القمح فى حجم التفاحة ..

حقًّا إنه عالم الجينات الذى يقلب كل الموازين فلا حجوم ولا كتل ولا صفات ثابتة، بل الجميع قابل للتغيير والتعديل والحذف والإضافة .

أكان فى حلم ذلك الإنسان يومًا أن يطمح لإنتاج نبات يمكن أن يزرعه فى بيئة شديدة الملوحة لينمو ويزهر ويثمر ، أو إنتاج نبات يمكنه أن يقاوم الجفاف .. أكان فى خياله يومًا أنه يستطيع أن ينتج نباتًا لا هو بالبطاطس ، ولا هو بالطماطم ، بل هو بطاطم ، لأنه خليط من الاثنين .

أما فى مجال الثروة الحيوانية ، فقد حقق الإنسان عن طريق هندسة الجينات كثيرًا مما كان يعتبره أسلافنا ـ إن كان قد خطر لهم ذلك ـ ضربًا من الخيال الشاسع .. حيث يمكننا إحداث ارتداد جينى ليعيد الطاقم الوراثى من الوضع المتخصص إلى الوضع غير المتخصص ، والذى يسمح لنا بإجراء التكاثر من خلية جسدية ، وليس من خلية مشيجية فيما يعرف بتقنيات الاستنساخ الحيوى . لقد آن لنا فى ظل التقدم الهائل أن نستغنى عن المساحات الشاسعة الضرورية لإقامة المصانع الدوائية ، لأننا سنجعل من

الغدد الثديية للحيوانات مصانع دوائية متحركة عن طريق عمليات التحوير والإيلاج الجينى .. إننا أمام غد سيتحول فيه السائل اللبنى إلى سائل ذهبى ، وأعنى بذلك ارتفاع ثمنه ، بل ربما يفوق الذهب ، لأننا سنتعامل مع لبن يحتوى مع مكوناته الدهنية والبروتينية والأملاح والفيتامينات على الأنسولين والإنترفيرون ومضادات السرطان والمضادات الفيروسية ، وغير ذلك من الأدوية .

لقد عجزنا كثيرًا عن التعامل الإيجابى مع الملوثات البيئية ، والتى تشكل خطرًا كبيرًا على حياتنا ، لكن تقنية الجينات أوجدت أملاً جديدًا لإيجاد بيئة خالية من الملوثات .

فبإمكاننا أن نحور الطاقم الوراثى لبعض البكتيريا لتتحول إلى كائن حى كانس للنفط العائم على سطح المياه ، والذى نتج عن غرق بعض الحاويات البترولية ، كما يمكن تحوير بعض البكتيريا جينيًا لتحليل المخلفات الراسبة فى مواسير الصرف الصحى مما يجعلنا نستغنى عن تكاليف الصيانة المتكررة والعالية النفقات .

وهناك أبحاث تجرى لإنتاج بكتيريا محورة وراثيًا لإفراز مواد كيمياوية لاحمة لطبقة الأوزون ، والتى كان لحدوث فجوة فيها انعكاسات خطيرة على الحياة على سطح الأرض، ومن ثم ستحقق لنا الهندسة الوراثية جوًا خاليًا من الأشعة فوق البنفسجية .

تلك هى بعض محاور هندسة الجينات ، والتى تمثل لغة القرن الجديد ، لكن أهم تلك المحاور التطبيقية هى ثورة العلاج بالجينات ، والتى ستمثل أخطر ثورة لها انعكاساتها الواضحة على مستقبل الطب فى القرن الجديد .

إن مصطلح العلاج بالجينات يعنى استخدام التقنيات الجينية فى النواحى العلاجية، ويتم ذلك عن طريق التعامل على مستوى دقيق للغاية ، والذى نعنى به مستوى الجينات ، والذى يمثل المستوى البيومعلوماتى ، حيث يمثل الجين الجزىء البيولوجى الحامل للمعلومات الوراثية اللازمة لتوجيه مختلف العمليات الحيوية داخل الخلية الحية .

تحتوى نواة الخلية على ملايين التتابعات النيوتيدية المكونة لمائة ألف جين ، والتى تمثل المخزن الوراثى للخلية ، ورغم تشابه البنية التركيبية للجين ، والتى نعنى بها «الترتيب النيوتيدى فى التركيب الدناوى» ، لكنها مختلفة فى سلسلة الترتيب النيوتيدى، والذى يحكمه ترتيب القواعد الآزوتية المكونة للنيوتيدات .

من البديهى أن ننظر إلى المحتوى الجينى داخل الخلية على أنه محتوى متخصص ، حيث يشفر كل جين لتكوين مادة داخل الجسم ، أو توجيه عملية حيوية معينة ، فالجينات التى تشفر لتكوين الأنسولين غير الجينات التى تشفر لتكوين البروجسترون غير الجينات التى تشفر لتكوين الجنين غير الجينات التى تشفر لتوجيه تنظيم عمليات الترشيح الكلوى غير الجينات التى توجه عمليات التخزين الكبدى للسموم .

لذلك يمكننا القول أن وراء كل عملية حيوية تتم داخل الخلايا الحية - أو مادة ما تتكون - طاقم وراثى متخصص ونشيط جدًّا من الجينات ، لكن ذلك لا يعنى وجود تشابه خلوى فى الأداء الوظيفى ، بمعنى أن خلايا البنكرياس مثل خلايا الكبد مثل خلايا المخ فى أدائها لوظائفها ، فهذا مستحيل ، حيث يحكم ذلك التصنيف التشريحى للأنسجة ، والذى يرتكز على الاختلاف فى المحتوى الجينى الذى يختلف من خلية لأخرى ، ويتوقف ذلك على :

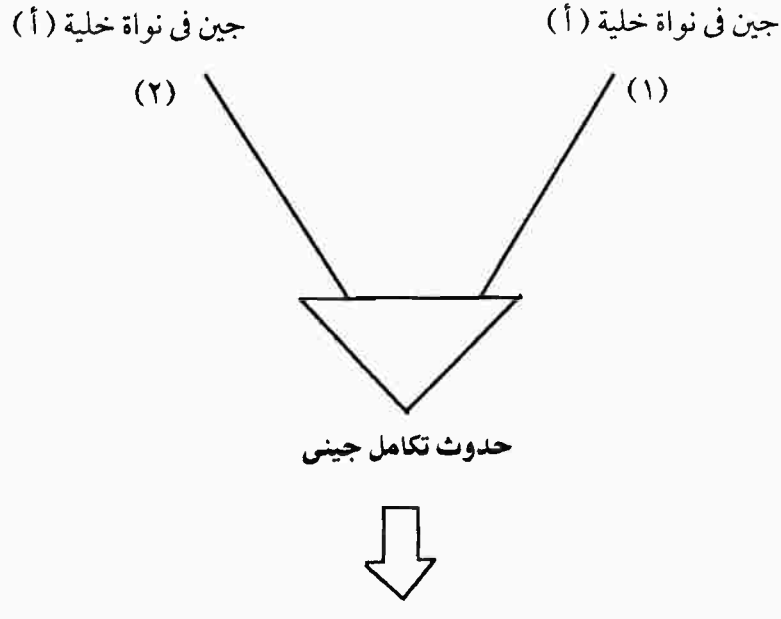
١ ـ نوع الخلية .

٢ ـ التخصص الوظيفى للخلية .

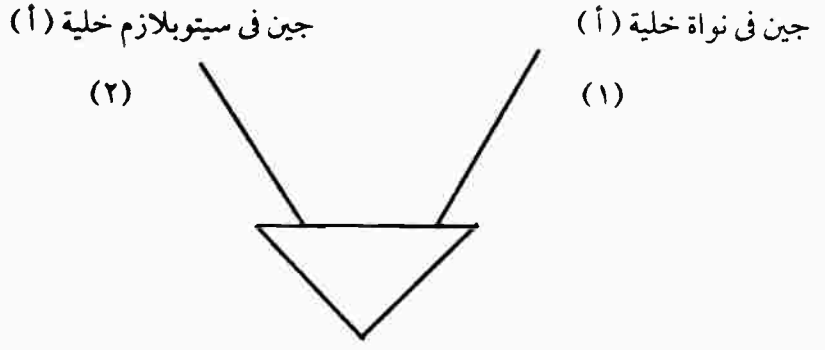
من ذلك يمكننا القول : وراء كل هرمون جين ، ووراء كل إنزيم جين ، ووراء كل مكون حيوى جين ، ووراء كل عملية حيوية جين . وعندما نذكر كلمة « جين » فإننا لا نعنى بالتحديد جينًا واحدًا ، بل نعنى وجود تحكم جينى فى كل ما سبق أن ذكرناه .

قد يشفر لعمليات التحكم والتوجيه الجينى جين واحد ، وقد يشفر لها مجموعة من الجينات ، والذى يحكم ذلك هو القدرة التعبيرية للجين ، والتى نعنى بها مدى

إمكانية الجين فى التعبير عن نفسه ، وحاجة بعض الجينات لنوع من التكامل لكى تشفر لأداء وظائفها التخصصية . ولا تقتصر عمليات التكامل فى التعبير الجينى للوصول إلى تحقيق الأداء الوظيفى المحدد فى البرنامج الوراثى للخلية على الجينات المكونة للجينوم النووى ، فقد يحدث التكامل بين جين ما فى النواة وجين ما فى السيتوبلازم (فلقد ثبت من خلال الدراسات العديدة وجود بعض الجينات فى السيتوبلازم ، والتى تكون مسئولة عن بعض الصفات فيما يُعرف بالوراثة السيتوبلازمية) ، وليس شرطًا أن يحدث التكامل بين جين فى خلية ما ، وجين من نفس جينوم الخلية ، فقد يحدث التكامل بين جين فى خلية ، وجين فى خلية أخرى ، ويمكننا التعبير عن ذلك من خلال الأشكال التخطيطية التالية :



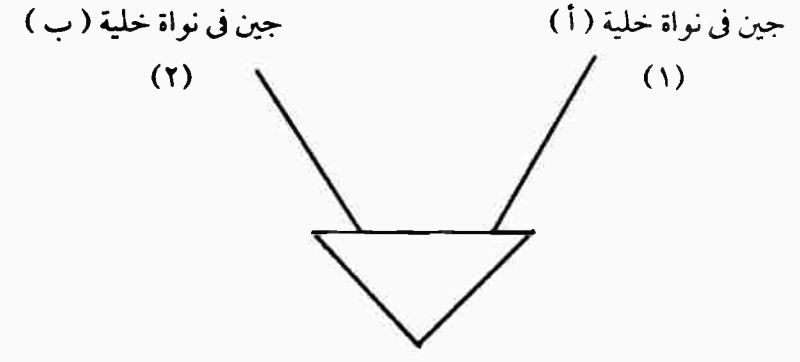
شكل تخطيطى يبين عملية التكاملات الجينية داخل النواة



حدوث تكامل جينى من النواة إلى السيتوبلازم أو العكس

حدوث تعبير جينى

شكل تخطيطى يبين التكامل الجينى بين جينوم النواة وجينوم السيتوبلازم لنفس الخلية



حدوث تكامل جينى

حدوث تعبير جينى

شكل تخطيطى يبين عملية التكاملات الجينية بين نواتى خليتين

عند حدوث خلل فى تركيب الجينات المشفرة لتوجيه العمليات الحيوية أو تكوين المواد الحيوية « البيولوجية » داخل الجسم ، فإن ذلك يُحدث اختلالاً فى عمليات التوجيه والتكوين لمختلف العمليات الحيوية والمواد الحيوية داخل الجسم ، ومن ثم يكون المنشأ المرضى ، والذى يمكن أن نصنفه إلى :

١ـ اعتلال خلوى فسيولوجى :

ينشأ هذا النوع من الاعتلال نتيجة لحدوث اختلالات فسيولوجية داخل الجسم ، والتى قد تكون اختلالات هرمونية أو إنزيمية أو غيرها من المواد ذات الأهمية الحيوية داخل الجسم ، ومن أمثلة ذلك مرض السكر الذى ينشأ نتيجة لحدوث نقص فى هرمون الأنسولين المفرز من خلايا بيتا جزر لانجرهانز بالبنكرياس ، مما لا يسمح بضبط مستوى الجلوكوز فى الدم ، كما أن حدوث الجلطات سواء كانت جلطات قلبية حيث تحدث الجلطة داخل الوعاء الدموى المغذى لعضلة القلب ، مما يؤدى إلى حدوث سكتة قلبية ، أو كانت جلطات مخية نتيجة لتجلط الدم فى الأوعية الدموية المغذية لخلايا مراكز التحكم العصبية فى المخ ، مما يؤدى إلى حدوث السكتات المخية .

يمكننا التدخل فى مثل تلك الحالات عن طريق استخدام الخلاصات الهرمونية أو المعالجات الكيمياوية ، لكن ذلك رغم نجاحه فى تقليل درجة الخطورة المرضية إلا أن له سلبياته ، لذا كان التفكير فى استخدام العلاج بالجينات ، والذى يهدف إلى إيلاج جينات سليمة داخل الخلايا المصابة بالاعتلال الفسيولوجى مما يؤدى إلى تعبير هذه الجينات عن نفسها ، وإصلاح نظام التشفير لتكوين المركبات الخلوية ، ومن ثم عودة النظام الفسيولوجى للانتظام مرة أخرى .

قد تكون الجينات المشفرة لتكوين المكونات الخلوية الفسيولوجية سليمة لكنها لا تستطيع أن تعبر عن نفسها ، لوجود بروتينات كبت لا تسمح لها بالتعبير ، حيث تتكون البروتينات الكابتة تحت تشفير جينات أخرى فى جينوم الخلية ، ومن ثم لا بد من استئصال هذه الجينات ، أو إدخال مواد مثبطة لها فى الخلية .

٢ـ اعتلال خلوى ميكروبى :

ينشأ هذا الاعتلال نتيجة للمهاجمة الميكروبية للخلايا ، والتى تختلف وسائلها من ميكروب لآخر ، ويتضح تأثير الميكروب على الجسم إما فى صورة المهاجمة المباشرة للخلايا، وما يترتب على ذلك من تمزيق الأنسجة والخلايا ، وحدوث عمليات تهتك ميكانيكى داخل الجسم ، وحدوث ضعف وهزال نتيجة لمشاركة الميكروب للعائل «الإنسان» فى غذائه ، أو صورة التأثير السمى للميكروب نتيجة لما يفرزه داخل الخلايا من سموم تضر بالعمليات الحيوية داخل الجسم .

ومن الوسائل المهمة لاتقاء الخطورة الناتجة عن المهاجمة الميكروبية لخلايا وأنسجة الجسم - سواء كان تأثيرًا ميكانيكيًا أو تأثيراً سميًا - : تنشيط المواد المناعية بالجسم ، والمختلة فى كرات الدم البيضاء والإفرازات اللمفاوية ... إلخ .

يمكن عن طريق استخدام بعض المنشطات المناعية زيادة القدرة الاحتوائية للمواد المناعية لما يمكن أن يهاجم الجسم من ميكروبات . وقد نجد فى كثير من الأحيان العديد من الصعوبات عند تعاملنا مع المواد المنشطة لمواد المناعة فى الجسم ، لذلك كان التفكير فى استخدام طرق الإيلاج الجينى فى الأطقم الوراثية للخلايا المولدة لأجسام المناعة بهدف إيجاد زيادة فى القدرة الحقيقية للإفراز المناعى فى الجسم ، كما يدرس العلماء إمكانية جعل السائل الدموى مجمعًا لمختلف مواد المناعة فى الجسم عن طريق التحوير الجينى لطاقمه الوراثى ، ومن ثم لم يعد تعاملنا مع الاعتلال الخلوى الميكروبى فى الوقت الحاضر كما كان فى الماضى .

٣ـ اعتلال خلوى وراثى :

قد لا ينشأ الاختلال الخلوى من حدوث اعتلال خلوى فسيولوجى أو اختلال خلوى ميكروبى ، بل قد ينشأ نتيجة لتوارث جينات معيبة نتجت عن حدوث طفور فى التركيب الكيميائى للجين ، مما يؤثر على تعبيره الجينى ، ومن ثم يحدث الاختلال الخلوى ، ومن أمثلة الأمراض الدالة على ذلك مرض سيولة الدم «الهيموفيليا» ،

والصلع... إلخ ، ولا يجدى التدخل الكيميائى فى مثل تلك الحالات إلا قليلاً ، لذلك فإن العلاج بالجينات يمثل الحل العلاجى الأمثل فى تلك الحالة ، حيث نلجأ إما لاستئصال الجينات المعيبة ، أو إدخال جينات سليمة عن طريق عمليات التطعيم والإيلاج الجينى ، مما يسمح بعودة الاتزان فى التعبير الجينى القائم ، ويؤدى ذلك فى النهاية إلى زوال المرض أو العرض الفسيولوجى السيئ .

إننا أمام تقنيات ستقلب موازين الاتزان القائم فى مختلف المجالات ، ولا سيما فى مجال الأمراض ، حيث توجد معالجات تتعامل مع أدق مستويات المادة الحية «العوامل الوراثية» (الجينات) .

حقًّا إنه عالم عجيب وبديع ودقيق ، وتقنيات أغرب من الخيال ، ينعقد عليها كثير من الآمال فى القرن الجديد .

إن كثيرًا من التساؤلات تدور فى أذهان الكثيرين : كيف ننقل جيناً من كائن لكائن آخر ؟ .. وهل بالفعل يمكن علاج الأمراض المستعصية عن طريق العلاج بالجينات.. وهل نحن مقبلون فعلاً على مستقبل خالٍ من الأمراض ؟ .. وهل كل ما أعلن من تجارب فى العلاج الجينى حقيقة أم من نسج خيال العلماء ؟..

إذا كانت هذه الأسئلة تفرض نفسها بقوة ، فإن سؤالاً مهمًّا يطرح نفسه : أين الحقيقة والخيال فى ثورة العلاج بالجينات ؟

وإننا لنؤكد على أن العلاج بالجينات - شأنه شأن أى تقنية جينية أخرى - مزيج من الخيال والحقيقة ، ونحن نقصد تمامًا تقديمنا للخيال على الحقيقة ، وهل كان علم الوراثة فى بدايته إلا خيالاً ... إنه سؤال فرض نفسه على أذهان الكثيرين :

ـ كيف تنتقل الصفات الوراثية عبر الأجيال ؟ ..

ورغم أن الجميع تخيلوا وحللوا تخيلاتهم ، لكن مندل وحده هو الذى استطاع أن ينقل الخيال للواقع ليطلق على ذلك الشىء المسئول عن نقل الصفات الوراثية عبر

الأجيال مصطلح « العامل » . وتتابعت الدراسات بعد ذلك لنكتشف أن الدنا الوراثى (DNA) هو المادة الوراثية ، لكن ذلك فرض استفهامًا آخر على المراكز البحثية :

- مم يتركب الدنا الوراثى ؟

ورغم صعوبة الإجابة عن هذا السؤال ، إلا أن الخيال كان له دوره المهم فى الإجابة عنه ، ووضع نمذجة صحيحة للدنا الوراثى ، والتى نجح فى وضعها كل من الباحثين واطسن وكريك ، حيث كانا يتميزان بخيال خصب وواسع ، ولذلك استطاعا أن يضعا نموذجًا صحيحًا للدنا الوراثى .

ثم أتى ويلموت ليكمل اللقاء المشيجى « لقاء الحيوان المنوى بالبويضة » وهو الأساس فى علم التكاثر ..

- إذن : ماذا يحدث لو استطعنا أن نُحدث هذه الازدواجية ؟

سيمكننا إنتاج كائنات حية دون الحاجة للإخصاب ..

- لكن كيف يتم هذا ؟ .. أليست الخلية الجسمية ثنائية العدد الصبغى ؟ ..

إذن : يمكن استخدامها لإحداث التكاثر .

- لكن هل يمكن أن يعترض ذلك مشكلات ؟ ..

اتضح من خلال الدراسات العديدة التى أجريت على الخلية الجسمية أن الطاقم الوراثى متخصص ، ومن ثم لا بد من كسر حاجز التخصص الجينى له ، ومن ثم نجعل من الخلية الجسدية كما لو كانت خلية جنينية ، وذلك يُحدث تتابعًا فى عمليات التكوين الجنينى ، ويؤدى فى النهاية إلى تكوين كائن حى بطريقة جديدة .

- إذن : فقد ارتكزت عمليات الاستنساخ الحيوى فى كل جزئياتها على الخيال ، والذى أصبح بعد ذلك حقيقة ، مكَّنتنا من إحداث ثورة فى علم التكاثر .

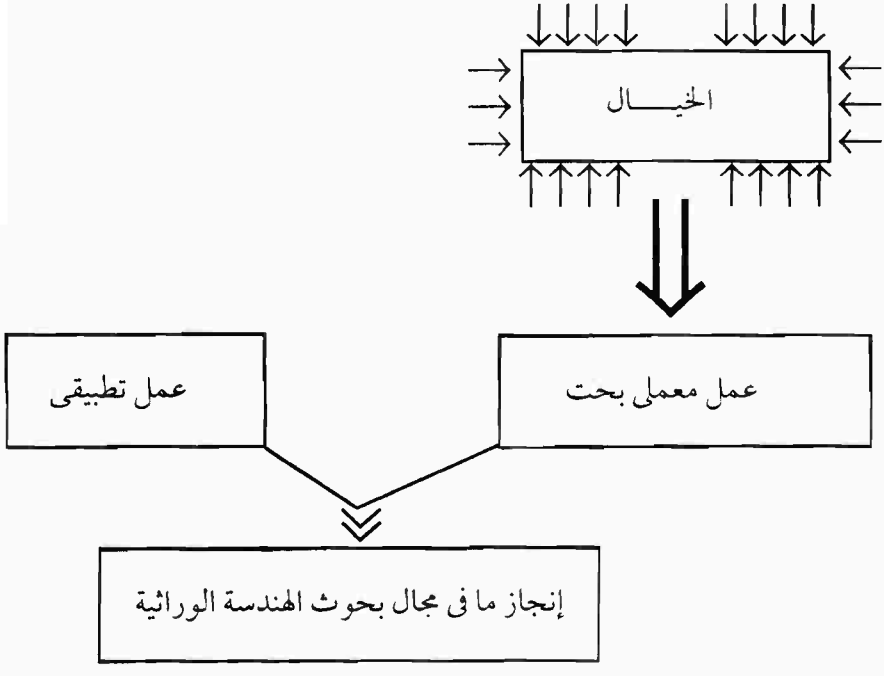
إنها ثورة لها تطبيقاتها العديدة والتى نعنى بها (ثورة الجينات) ، ولا سيما فى مجال العلاج بالجينات ، لذلك أردنا أن نجيب عن السؤال المطروح :

- هل العلاج بالجينات حقيقة أم خيال ؟

لقد اتضح مما سبق أن كل تقنية جينية بدأت بخيال لكنها بالدراسة والتجربة أصبحت حقيقة واقعة نعيشها ونتأثر بها .

إذن : فالعلاج بالجينات مزيج معقد من الفكر الذى بدأ بخيال خصب للعلماء تحول بالتجربة إلى حقيقة واقعة لها تأثيرها على مستقبل الطب فى القرن الحادى والعشرين، ولا يزال خيال العلماء يحوى الكثير والكثير من الأفكار التى سنراها يومًا واقعًا ملموسًا له تأثيره القوى على حياتنا .

اعتمد هذا الخيال على تكامل خيال جميع العلماء الذين عملوا فى مجال بحوث الهندسة الوراثية ، ثم انتقل هذا التكامل من مجال العمل المقترن بالواقع إلى معامل ومراكز بحوث الهندسة الوراثية .. ويتضح ذلك من الشكل التالى :



إن أمامنا سؤالاً يطرح نفسه بقوة :

لقد أدى ذلك التكامل الذى لاحظناه فى عرضنا السابق لفصول هذا الكتاب بين الحضارة الغربية والحضارة الشرقية ، بين الحضارة الإسلامية ممثلة الحضارة الشرقية والحضارة الغربية ممثلة لذاتها ، أدى هذا التكامل إلى تقدم هائل فى بداية عصر النهضة الذى شهدته أوربا وكان لآثاره انعكاسات خطيرة على العالم بأسره وليس أوربا فقط ..لقد كانت تجارب ابن الهيثم وابن النفيس وابن سينا وابن رشد والفارابى والكندى والطغرائى وابن حيان هى الباكورة الأولية لثورة التقنية فى العالم الغربى ، وكان الأوربيون يمتازون فى تلك الفترة بقدرة شديدة على تمثيل المعرفة ومصطلح التمثيل المعرفى هو مصطلح دقيق لأن كلمة تمثيل تعنى تحويل ما هو معقد إلى ما هو بسيط يمكن للكائن الحى أن يستفيد منه.

ومن ثم إذا ما قلنا تمثيل الكربوهيدرات فإن ذلك يعنى تحويل الكربوهيدرات المعقدة ممثلة فى السكريات العديدة إلى وحداتها من السكريات الأحادية عن طريق إنزيمات متخصصة فى عملها ، أما تمثيل الدهون فهو تحويلها إلى وحداتها من الأحماض الدهنية والجليسرول ، أما تمثيل البروتين فهو تحويله إلى وحداته البنائية من الأحماض الأمينية ، أما تمثيل المعرفة فهو تحويل المعقد المعرفى الذى يمثل محصلة لعطاء عديد من الأمم وليس أمة واحدة فحسب إلى ما هو أبسط ، مما يمكّن الشعوب من أن تستوعبه والأمم من أن تستسيغه والبشر من أن يستفيدوا منه .

هذا المخزون المعرفى المتراكم عبر سنوات طوال منذ أن نزل الإنسان إلى هذه الأرض محاولاً أن يكتشف بأساليبه ووسائله البدائية ما يجعله يعمرها بأمن وطمأنينة وسكينة ، لكن ما أدى إليه هذا التكامل من انفجار علمى وتقنى وصل إلى قمته فى عصر الهندسة الوراثية والتى سيكون لها انعكاسات بالغة الخطورة والأهمية فى القرن الحادى والعشرين ، ذلك القرن الذى أصبح من المؤكد أنه القرن المهندَس وراثيًا ، ولا نعنى بمصطلح القرن المهندس وراثيًا القرن ذاته لكننا نقصد كل ما فى هذا القرن من مجال حيوى أو غير حيوى ، بيولوجى أو غير بيولوجى . كل شىء ستلمسه

الهندسة الوراثية ، ومن ثم فنحن أمام قرن محتواه ينطلق من المحتوى المعلوماتى للدنا الوراثى ، لكن بالرغم من أن الهندسة الوراثية دخلت كل مجال ؛ مجال الإنتاج النباتى، ومجال الإنتاج الحيوانى ، ومجال إنتاج الأدوية المهندَسة وراثيًّا ، ومجال الطب الوراثى، ومجال التحسين الوراثى لحيوانات المزرعة ، ومجال إنتاج البكتيريا المهندسة وراثيًّا لتنقية البيئة من الملوثات ، وتوفير الأغذية للشعوب الجائعة، وإنتاج الوقود ... إلى غير ذلك من المجالات المهمة وذات الانعكاس المباشر على حياة الإنسان ..

- هنا يكمن السؤال الذى نوهنا إليه منذ قليل : ما هو موقف الوضع التكاملى بين العلماء فى عصر الهندسة الوراثية ؟

إن الهندسة الوراثية ستعصف بكل تكامل وتدمر كل تعاون وتحبذ كل ذاتية وتشجع كل أنانية ليقول الكل « أنا » .. ناسيًا أو متناسيًا أنه فرد من أفراد المجتمع وأن المجتمع جزء من عالم أكبر ، هذا العالم هو عالم من الكائنات الحية التى شاء لها القدر أن تعيش معًا ، تتآلف أو تتضاد لكنها موجودة مع بعضها على كوكب واحد ، تتأثر بظروف واحدة رغم أن كلاً منها يؤقلم حياته طبقًا للقدرات الممنوحة له من الخالق سبحانه ، دون يأس أو قنوط ، بل بحب للبقاء مغروس فى كل كائن بالفطرة .. فما هو مصير الإنسان إذا ما حدث التضاد ؛ وما نتائج ذلك ؟

وهل يمكن أن يحدث ذلك أم لا ؟ وإن لم يحدث من قبل فهل سيحدث ذلك التعاون العلمى المنشود بين البشر فى القرن الحادى والعشرين فى عصر أصبح العالم كله قرية صغيرة وما يحدث فى جزء من أجزاء المعمورة يراه الجميع وقت حدوثه ، يعيشون الحدث، ويتأثرون به ، ويشاركون إخوتهم فى الإنسانية آمالهم وآلامهم ، وسعادتهم وأحزانهم .. وتلك هى المشاعر النبيلة المعبرة عن الأخوة الصادقة ، أخوة الإنسان لأخيه الإنسان ، متجاوزًا كل حاجز ، وكل فاصل ، وكل ما يعرقل امتداد هذه الأخوة، فقد كانت الجينات والهندسة الوراثية منذ أن بدأت حيث كان ذلك الراهب الذى عشق تلك الأزهار الحمراء والبيضاء ، وتلك النباتات الطويلة والقصيرة ، أزهار نبات بسلة الزهور فى حديقة الدير الأوجستينى ببرون - والتى

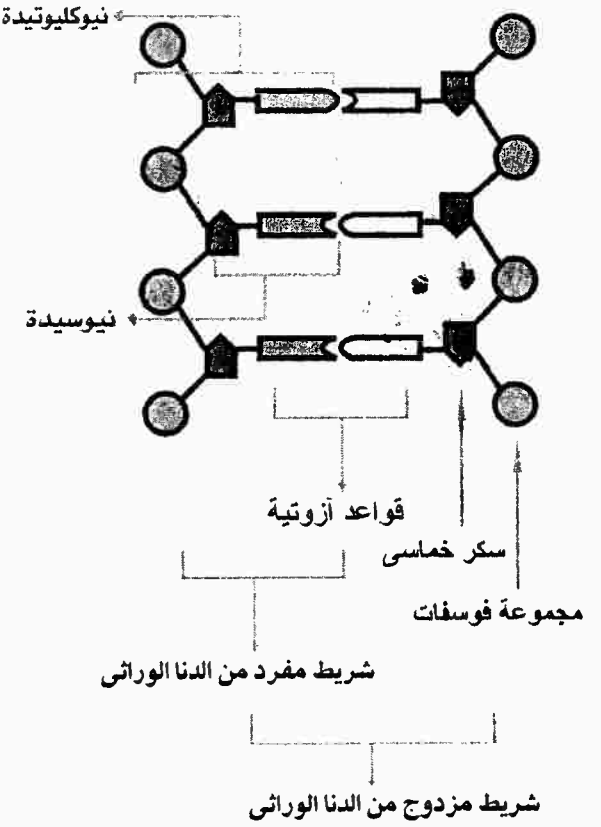
تدعى الآن برنو التابعة لجمهورية التشيك - وعكف سبع سنوات يدرس تلك الأزهار وصفاتها ، يلقحها ويلاحظ ما يحدث من نتائج بعد ذلك ، وقد خرج إلينا بعد ذلك بخلاصات قيِّمة تقدم بها إلى جمعية التاريخ الطبيعى ببرون، لكن مندل كان يُعاب عليه فى ذلك الوقت أنه لم يكن من علماء الحياة، لهذا رفضت الجمعية أبحاثه مستندة إلى سببين أولهما أن مندل لم يكن من علماء الحياة ولا يجوز لمن هو غير متخصص فى مجال أن يتكلم فيه . وثانيهما أن مندل كان يمثل من وجهة نظر الجمعية راهبًا - أى : رجل دين - وكان الصراع بين رجال الدين ورجال العلم على أشده فى أوربا حينذاك ، حيث اضطهد كثير من العلماء ، وأُعدم بعضهم لأن ما كان يتراءى لهم وصرحوا به يتعارض مع نصوص الكتاب المقدس .. كان هذا هو الفكر الشائع فى أوربا .

تمكَّن بعد ذلك تشيرماك ودى فريز وكورنيز من إثبات أحقية مندل فى أن يكون مؤسساً لعلم الوراثة ، وهنا يتضح أول جانب من الجوانب المقترنة بالخلق الرفيع السامى. لقد بذل كل باحث من الباحثين الثلاثة جهدًا كبيرًا فى الوصول إلى ما توصَّل إليه مندل وتقدم كل واحد منهم ببحثه مثبتين بذلك أن مندل كان محقًّا وأنه الأجدر والأمثل بأن يُنصَّب رائداً لعلم الوراثة ، وقد كان .

وفى عام ١٩٥٢م تمكَّن العالم واطسن وزميله كريك من أن يكملا مجهودًا جبَّارًا ويضعا نمذجة واضحة لشريط الدنا الوراثى ، وهو مجهود يمكننا أن نشبهه بسلسلة متصلة الحلقات كل حلقة تمثل إسهامًا لعالم من العلماء ، نحو إثبات نمذجة الدنا الوراثى . بدأ ذلك بتلك الباحثة القديرة روزلايند فرانكلين ، والتى قامت باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية للحصول على بلورات نقية من الدنا الوراثى ، وقد استنتجت فرانكلين من ذلك مجموعة من النقاط الواضحة والمهمة ، والتى تم طرحها فى صورة شروط لمن يود أن يقدم نموذجًا للدنا الوراثى . كانت هذه الشروط تتمثل فى أن الدنا الوراثى عبارة عن جزءين ، جزء خارجى وجزء داخلى ، أما الجزء الخارجى فهو ممثل فى سكر الدى أوكسى ريبوز مع هيكل الفوسفات ، والدى

أوكسى ريبوز تعنى الحامض النووى الريبوزى منقوص الأكسجين، ومنقوص الأكسجين تعنى أنه يقل ذرة أكسجين عن الطرف الآخر ، أما الجزء الداخلى فيتمثل فى تلك القواعد الآزوتية الممثلة فى الأدنين والجوانين والثايمين والسيتوزين .

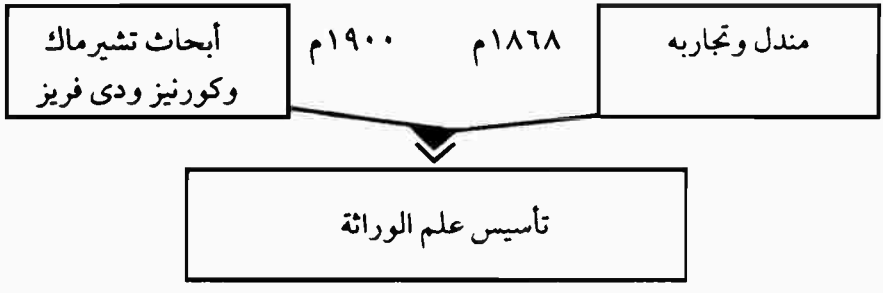
ونجح الباحثان واطسن وكريك بعد جهد مضن وعمل شاق فى أن يضعا نموذجًا واضحًا للدنا الوراثى ، وكان هذا النجاح مبنيًّا على ما قدمته الباحثة روزلايند فرانكلين من خلاصات تجاربها باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية (×) للحصول على بلُّورات نقية من الدنا الوراثى ، والتى يمكننا إيضاحها فى الشكل التخطيطى التالى :



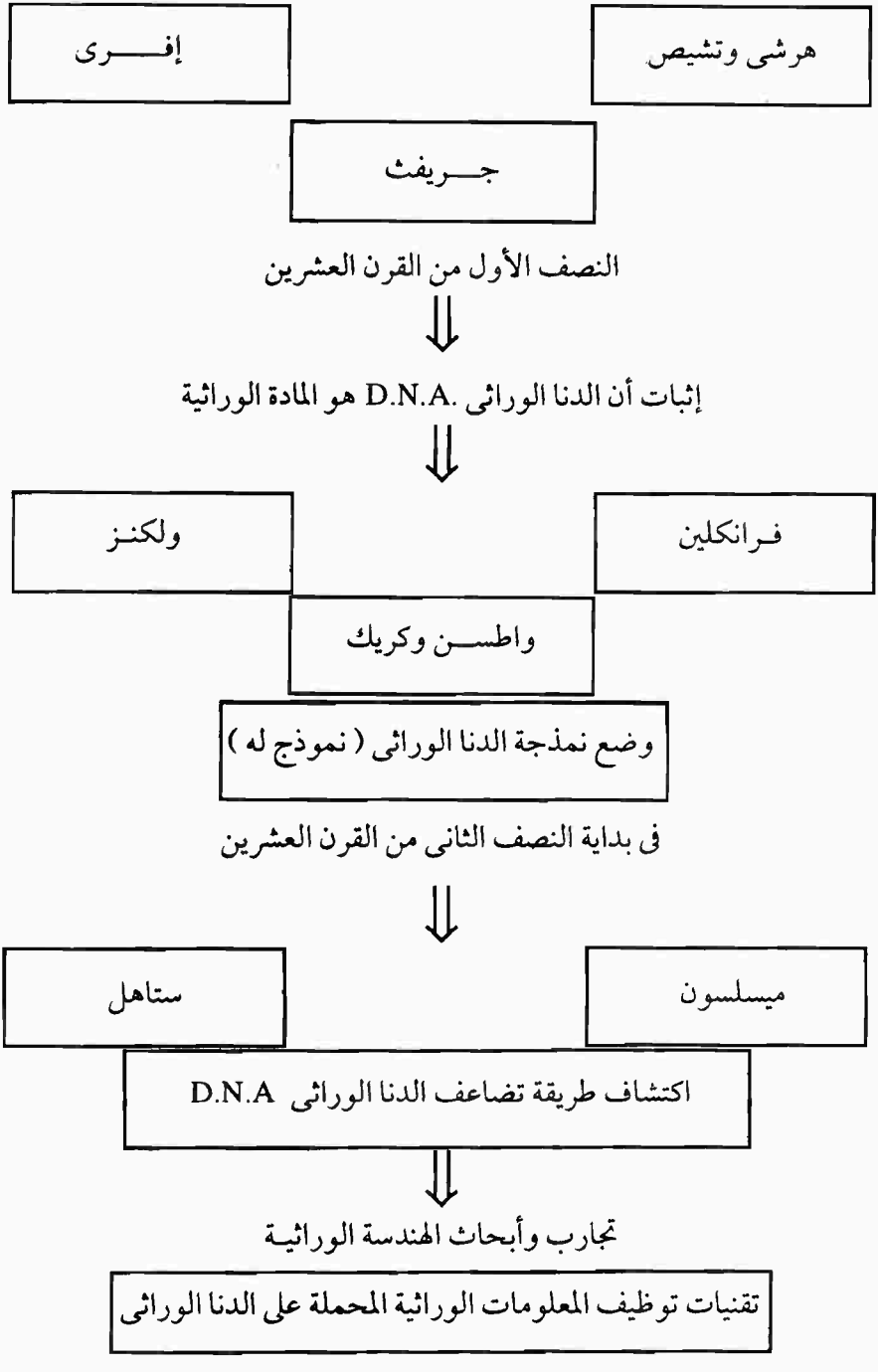
كانت المعلومات التى قدمتها فرانكلين تمثل خطوة أساسية نحو وضع نمذجة دقيقة لشريط الدنا الوراثى ، وليس معنى ذلك أن النمذجة الدانوية قام بها واطسن وكريك فقط بل كان معهما متخصص فى مجال الأشعة هو «ولكنز» ، وكانت جائزة نوبل من نصيب الثلاثة عام ١٩٦٢م ، أى : بعد عشر سنوات من وضع النموذج الخاص بالدنا الوراثى . كان إنجاز واطسن وكريك يمثل طفرة حقيقية فى مجال العلم، لأنه كان يمثل بداية ثورة هائلة نشهدها الآن .. ثورة الهندسة الوراثية .

قبل ذلك بكثير أى : قبل أن يضع واطسن وكريك نموذجهما الخاص بتركيب الدنا الوراثى ، كان ثمة مجهودات كثيرة ومتتابعة لعلماء عديدين عملوا فى هذا المجال وكان لكل منهم جهده وإنجازه ، فكان منهم جريفث وإفرى وهرشى وتشيص وغير أولئك الكثير ممن أجروا تجارب عديدة للوصول إلى ماهية المادة الوراثية ، وكان أمامهم سؤال ملح يحتاج إلى جواب : هل المادة الوراثية هى البروتين أم الدنا الوراثى لأن كلاهما كان مكونًا من مكونات الجين . ومن ثم فقد احتاج العلماء لحسم تلك القضية إلى سنوات طويلة ، وكثير من الجهد داخل معاملهم للحكم على كينونة المادة الوراثية .

ومن ثم يمكننا القول بأن المادة الوراثية هى نتاج عمل تكاملى لعديد من العلماء فى القرن العشرين ، وسوف نوضح ذلك فى الشكل التالى :



(« مندل » مؤسساً لعلم الوراثة)


هرشى وتشيص
إفـــرى
جـــريفث
النصف الأول من القرن العشرين
إثبات أن الدنا الوراثى .D.N.A هو المادة الوراثية
فـرانكلين
ولكنـز
واطســن وكريك
وضع نمذجة الدنا الوراثى (نموذج له)
فى بداية النصف الثانى من القرن العشرين
ميسلسون
ستاهل
اكتشاف طريقة تضاعف الدنا الوراثى D.N.A
تجارب وأبحاث الهندسة الوراثيـة
تقنيات توظيف المعلومات الوراثية المحملة على الدنا الوراثى

كانت نمذجة واطسن وكريك بداية مهمة لثورة خطيرة وعارمة والتى نعنى بها الجينات وتطبيقاتها ؛ ثورة الهندسة الوراثية وتقنياتها المختلفة ، والتى تدخل كل مجال حيوى أو غير حيوى ، لكننا سنركز هنا على بعض هذه التقنيات بهدف الوصول إلى استنتاج حول ما إذا كان سيحدث تكامل بين العلماء فى القرن الحادى والعشرين أم سيحدث التضاد .

إن الهندسة الوراثية - دون شك - تمثل إنقاذاً للبشرية من مشاكل حتمية تقابلها وستزداد حدتها فى المستقبل وهى تمثل الإنقاذ من الجوع والمجاعات المختلفة عن طريق توفير الغذاء للأفواه الجائعة، حيث يمكن عن طريق هندسة النباتات إنتاج نباتات يمكنها أن تنبت فى بيئات ذات ظروف معاكسة لتزهر وتثمر ، كأن تكون هذه الظروف ظروف بيئة جافة أو شديدة الجفاف ، أو بيئة ذات ضغوط إسموزية عالية ، أو ظروف بيئة ذات درجة ملوحة عالية ، ونمو هذه النباتات فى تلك البيئات وإثمارها يمثل زيادة فى إنتاج محاصيل كثيرة ؛ ومن ثم يمكن للبشرية أن تسد كثيرًا من الثغرات فى ميزانها الغذائى عن طريق مجال الهندسة الوراثية ، كما يتجه العلماء إلى إنتاج ثمار كبيرة الحجم مما سيجعلنا نطمح إلى أن نرى حبة القمح فى حجم ثمرة البطيخ مما سيزيد الإنتاجية الكمية من الثمار المختلفة والمحاصيل؛ وذلك سيقلل كثيرًا من معدل حدوث المجاعات فى العالم بأسره ، ولن تقف الهندسة الوراثية لتمثل إنقاذًا من الجوع فقط ، بل تمثل إنقاذًا من التلوث أيضاً والذى أصبح مشكلة خطيرة تعانى منها البشرية جميعها ؛ من تآكل طبقة الأوزون وتسرب مزيد من الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض محدثة كثيرًا من حالات سرطان الجلد ومهددة بذوبان ثلوج القطبين مما يهدد بغرق اليابسة وتدمير أوجه الحياة على سطح الأرض ، كما ساعدت الملوثات على إضافة العديد من العوامل المسرطنة وإصابة الإنسان بكثير من أمراض الجهاز التنفسى وغيرها .

وقد حاول الإنسان استخدام العديد من التقنيات للوصول إلى بيئة نقية صافية لكنه عجز عن الوصول إلى ذلك عن طريق تلك التقنيات ، فكان اللجوء إلى تقنية

الجينات والهندسة الوراثية ، حيث تمكَّن من هندسة بعض البكتيريا لإزالة النفط المتسرب إلى مياه البحار والمحيطات لتحوله إلى بروتين تستخدمه فى غذائها ، كما هندس بعض البكتيريا على أمل أن يطلقها إلى طبقة الأوزون مفرزة مواد كيميائية تعمل على لحام هذه الطبقة وتمنع تحللها مرة ثانية بفعل الملوثات المنبعثة من سطح الأرض ، كما يأمل فى أن يهندس بعض الكائنات الحية الدقيقة والتى تعمل على تحليل الملوثات بغض النظر عن نوعيتها وبخاصة الملوثات الإشعاعية مما سيجعل البشرية تتفادى كثيرًا من الكوارث .

إن الهندسة الوراثية تمثل الإنقاذ أيضاً من الأمراض الفتاكة والتى كان التغلب عليها فى الماضى أمرًا مستحيلاً وذلك عن طريق ثورة العلاج بالجينات ، وهى ثورة كبيرة ذات آثار مباشرة على الإنسان . إننا مقدمون بلا شك على عصر سنستخدم فيه الجين لإصلاح أى عطب يصيب الخلية الحية ، فالمعلومة الوراثية هى الأساس ومن ثم فالعصر القادم هو عصر سنستخدم فيه الطب الوراثى بكثرة وبمعدل كبير ، سيمكننا فيه عن طريق الجينات علاج ما استعصى من أمراض كأمراض الإيدز والسرطان والسكتات المخية وسيولة الدم والزهايمر (الفقد التدريجى للذاكرة) ومرض باركنسون ، وداء الرقص اللاإرادى (هنتجتون) ، وغير ذلك من الأمراض العديدة والتى كنا نتعامل معها فى الماضى بأسلوب تقليدى لم يكن يجدى معها ، لهذا كان ذلك المشروع الذى تعاونت فيه العديد من الدول تحت إشراف الأمم المتحدة ، وهو مشروع الجينوم البشرى الذى تشترك فيه عدة دول مصنفة ما بين دول متقدمة ودول نامية، وتمثل الهند الدول النامية ، ويهدف هذا المشروع إلى الخرطنة الكاملة لجينات الإنسان والتى نعنى بها رسم خريطة كاملة للجينات ، مما سيجعلنا نؤكد أنه فى القرن الحادى والعشرين سيمكننا أن نضع أيدينا على ما نريده من جينات سواء كانت معطوبة أو سليمة لنعرف ما هو الجين المسئول عن مرض ما وكيف يمكن إصلاح هذا العطب ، وما علاقة هذا الجين بغيره من الجينات فى الجينوم ، أى : المحتوى الجينى للخلية الحية .

إن مشروع الجينوم البشرى يمثل أخطر مشروع بيولوجى تشهده البشرية وهو أهم مشروع تكاملت فيه عقول العالم كله لإنجازه ، وهو إنجاز لا شك أن له قيمته الكبيرة فى مجال العلم ..

تلك هى بعض النواحى التى تنبئ بأن الهندسة الوراثية ستؤدى إلى تكامل كبير بين علماء الشرق والغرب فى إنجاز ما صعب إنجازه فى سنوات سابقة ، لكن هذا لا يجعلنا نبالغ فى الآمال ونذهب إلى حد بعيد فيها ، لأنه يمكن من خلال حرب الجينات أن تستخدم دولة ما معاملها وتقنياتها فى مجال الهندسة الوراثية لإنتاج جينات مرضية محملة داخل كائنات حية دقيقة مهندسة وراثيًا وتستخدمها فى تدمير مجتمعات أخرى عن طريق ما يعرف بحرب الجينات والتى يمكن أن تتم فى مستويات عديدة أى أنها لا تقتصر فقط على الكائنات الحية الدقيقة بل يمكن استخدامها فى أكثر من مستوى يُوظَّف لتدمير النظم البيولوجية ، ومنها :

١ـ التحميل على حبوب اللقاح :

يحدث فى هذا المستوى إدخال الجينوم المرضى فى جينوم حبة اللقاح بعد نضجها واستعدادها للخروج من المتك لتأخذ طريقها إلى الميسم حيث تخصب البويضة فى المبيض حاملة معها الجينوم المرضى الذى يعبِّر عن نفسه بعد عمليات الإخصاب وتتابع الجنين لنموه ليعطى النبات الكامل ، والذى ينقل - بدوره - الأمراض للإنسان عند تناوله كغذاء .

قد يتم التحميل للجينوم المرضى داخل جينوم البويضة ويفضل التحميل على حبوب اللقاح لسهولة حركتها .

٢ـ التحميل على المستوى البذرى :

بعد تمام الإخصاب ينمو الجنين إلى بذور والتى تُستخلص بعد النضج بطرق عديدة تختلف من عائلة نباتية لأخرى ، ثم تجفف وقد تزرع مباشرة أو تخزن للتخلص من سكون الجنين.

يتم تطعيم الجينوم المرضى فى جينوم البذرة ، وبخاصة بذور العديد من النباتات الأساسية لغذاء الإنسان مثل حبوب القمح .

٣ـ التحميل الثمرى :

يتم فى هذا المستوى إدخال الجينوم المرضى فى جينوم الثمرة باستخدام قاذفات جينية خاصة ويتم تنفيذ هذه الطريقة باستخدام تقنيات عالية المستوى ويتم استخدام هذه التقنية مع العديد من الثمار المصدرة والتى تخضع لإعادة برمجة طاقمها الوراثى ليوجه الأنسجة الثمرية لتكوين العديد من السموم أو لتحميل الجينوم الثمرى كجينوم مرضى مباشر.

٤ـ التحميل المشتلى :

يتم التحميل فى هذا المستوى بالجينات المرضية داخل جينوم الشتلات المعدة للتصدير لاستزراعها فى الأرض ويكون التحميل فى هذه الحالة بهدف نشر آفة معينة فى بيئة ما ومن الآفات المشكوك فى نقلها بهذا الأسلوب « إيدز النخيل » والذى انتشر فى مصر مؤخرًا .

٥ـ التحميل الحشرى :

يتم التحميل فى هذا المستوى بالجينات المرضية داخل جينوم الحشرات والتى تتميز بتعدد أنواعها وسرعة تكاثرها ومعيشتها فى أكثر من بيئة ولكونها الوسيط لآلاف المسببات المرضية التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات بالعديد من الأمراض وتصبح الحشرة فى هذه الحالة أخطر من مئات الطائرات الحربية تدميرًا وفتكاً ، وتعتبر الحركة المتنوعة وكبيرة المدى للحشرات من أهم عوامل اختيار الحشرة كأحد الكائنات الحية الأساسية فى «حرب الجينات» .

٦ـ التحميل الدقيق :

يتم التحميل فى هذا المستوى بالجينات المرضية داخل جينوم الكائنات الدقيقة ،

والتى تتميز بالسرعة الفائقة فى تكاثرها وتكاثر مع ذلك الجينوم المرضى المدخل فى الجينوم الخاص بها والذى تنقله إلى جينوم الإنسان أو الحيوان أو النبات عند إصابتها له.

من الكائنات المختارة بجدية لهذه التقنية بكتيريا القولون « E. Coli » بعد إجبارها على الارتداد لحالة الحياة خارج أنابيب الاختبار وستساعد المعرفة شبه الكاملة للطاقم الوراثى لبكتيريا القولون على سهولة إدخال الجينات بها .

ويطمع العديد من علماء « حرب الجينات » فى غد يمكن فيه تسخير واستخدام الكائنات الدقيقة كأسلحة تدمير حيوى واسعة المدى ومتعددة الأغراض .

٧ـ التحميل الدوائى :

يتم التحميل فى هذا المستوى بالجينات المرضية داخل المواد الدوائية ، مع مراعاة توفير ظروف بيئية مناسبة لاحتفاظ الجينوم بقدرته الوظيفية بمستوى عالٍ ولكن فى حالة كمون، حيث ينشط عند دخول الأنسجة الحية ويبدأ فى التعبير عن نفسه مظهرًا الصفات المرضية المبرمج من أجلها .

يشمل التحميل الدوائى جميع المواد الدوائية فضلاً عن عينات الدم والتى يتم التعامل معها بنفس التقنية وكذلك الهرمونات التناسلية المهندَسة وراثيًا كهرمون «الإستروجين» و « البروجسترون » والمعروفة بالمنظمات التناسلية .

تتنوع عمليات التحميل الجينى المرضى طبقًا لأسس عدة ، نذكر منها :

(أ) التحميل طبقاً لعدد الجينات المستخدم :

وتتنوع عمليات التحميل الجينى فى هذا التقسيم إلى :

١ـ التحميل الجينى المفرد :

يتم التحميل فى هذا النوع باستخدام طاقم وراثى ذى توجيه مفرد للإصابة بأحد

الأمراض الفتاكة والتى تؤدى غالبًا إلى الموت السريع لحاملها ، والوجه المقترح لاستخدام مثل هذا النوع هو وجود الحاجة للتدخل السريع لإنهاء حالة التكافؤ العسكرى بين معسكرين .

٢ـ التحميل الجينى المركب :

يتم فى هذا النوع من التحميل إضافة أكثر من جينوم مرضى للحامل الجينومى (طبقًا للمستويات سالفة الذكر) وتتحدد نسبة كل جينوم للآخر ولجينوم الحامل وفقًا لمقاييس ثابتة ومحددة يتحدد على أثرها مقدار تعبير كل منهما عن نفسه .

ويستخدم هذا النوع من التحميل عند الرغبة فى إصابة المجتمع المعادى بنوع من الموت البطىء طويل المدى إمعانًا فى تعذيب أفراده .

(ب) التحميل طبقاً للأغراض المستهدفة :

يمكننا تقسيم التحميل طبقًا للأغراض المحددة له إلى :

التحميل بغرض إنتاج أمراض جديدة :

تعمل الجينات المرضية فى هذا النوع من التحميل على إحداث العديد من الأمراض الوظيفية عن طريق عمليات التطفير « إحداث الطفرات » فى جينوم الكائنات الحية وتكمن خطورة هذا النوع من التحميل فى حالة إصابة المطفرات الجينية للخلايا المشيجية (حبوب لقاح أو بويضات فى النبات ، أو حيوانات منوية وبويضات فى الحيوانات والإنسان) حيث ستورث الأمراض الفسيولوجية الناتجة فى هذه الحالة لجميع الأجيال التالية ، مما سيوجد مجتمعًا جميع أفراده غير مؤهلين للحياة بشكل طبيعى ، وهنا يكمن الحرص على إيجاد وسائل كشف وتحليل للأطقم الوراثية للمنظمات التناسلية ، والتى انتشرت بكثرة فى الدول النامية .

التحميل بغرض إكثار أمراض موجودة :

قد يتعرض الجينوم المرضى لحالة من التضاد فى أثناء التعبير عن نفسه عن طريق

جينات مناعية موجودة بجسم الكائن الحى ، وفى هذه الحالة يكون التحميل الجينى بهدف تثبيط الجينات المناعية بإجبارها على الدخول فى حالة كمون وراثى دائم أو مؤقت طبقًا للحاجة ، أو تدمير هذه الجينات تمامًا ، ومن ثم تتاح الفرصة للجينات المرضية للتعبير عن نفسها بمدى واسع .

التحميل بغرض الإخلال بالنظام الجينى الموجود :

توجد الخريطة الجينية للكائن الحى بنظام محدد وثابت ، وموزع وظيفيًا بحيث لا يحدث تداخل ضار للجينات ، ويهدف التحميل فى هذا النوع إلى إتلاف هذه النظم الجينية الوظيفية ، مما يسبب عشوائية فى الأداء الجينى تؤدى إلى تدمير الأعضاء الحيوية بالجسم وانتهاء حياة الكائن الحى .

ميكانيكية التحميل الجينى :

يتم تحميل الجينوم المرضى فى مراحل عديدة تتسم بالدقة المتناهية فى التنفيذ وباستخدام أجهزة عالية المستوى تعمل تحت تحكم كامل ، ويمكننا بيان هذه المراحل فيما يلى :

١ـ كشف وخرطنة الجينات المرضية وعزلها :

يتم فى هذه المرحلة كشف وعزل العديد من الجينات المرضية المحددة وخرطنة شفراتها، وانتقاء الجينات القوية منها وفقًا لمعايير محددة لاستخدامها فى عمليات التطعيم بعد ذلك .

٢ـ زيادة فاعلية الجينات المرضية :

تستخدم فى هذه المرحلة منشطات جينية بدمجها مع الجينوم المنتقى بهدف زيادة القدرة المرضية لهذا الجينوم أو لتثبيط الجينات المناعية المحتمل وجودها فى الوسط الحى المستهدف .

٣ـ تطعيم الجينات المرضية فى جينوم الحامل الحيوى :

يتم فى هذه المرحلة إدخال الجينوم المرضى إلى جينوم الحامل الحيوى بتطعيمه فيه

باستخدام طريقة القص الجينى الإنزيمى المتجانس ، حيث يتم بتر جينوم الحامل الحيوى عند شفرات خاصة يتم عن طريقها إدخال الجينات المحددة ، أو تستخدم طريقة القاذفات الجينية داخل جينوم الحامل الحيوى مباشرة حيث يتم قذف الجينوم المرضى باستخدام بخار النيتروجين السائل المبرَّد أو باستخدام المدفع الجينى .

* * *

إن ما سبق يدعونا إلى عديد من التساؤلات .. فهل تكون الهندسة الوراثية بداية لتكامل بين علماء الشرق والغرب ، حيث يحدث التلاحم والتعاون الفكرى بين علماء الحضارة الشرقية وعلماء الحضارة الغربية من خلال مشاريع جبارة يمكن إنجازها عن طريق الهندسة الوراثية ؟ أم يحدث التصادم والتضاد والأنانية مما سيجعل كل حضارة تستنهض همم علمائها محدثة نوعًا من الحصانة العلمية ومانعة نقل أى تقنية منها للحضارة الأخرى ، بل تفكر فى تدمير ما تنتجه الحضارة الأخرى من تقنيات عديدة تخدم هذا المجال . إن هذا أمر وارد وأقول ذلك بأمانة علمية كاملة ولكن فى حالة واحدة إذا لم تقنن الأبحاث فى مجال الهندسة الوراثية فإن كل مجتمع سيتجه إلى امتلاك السيطرة والقوة عن طريق لغة الوراثة والجينات ، ولن تسمح له المجتمعات الأخرى بذلك مما سيجعلنا نصل إلى حافة الهاوية ، وهذا ما لا نرجوه إطلاقًا ، ولكن إذا ما تجاوزت البشرية هذه النقطة إلى استخدام الهندسة الوراثية فى إنقاذ البشرية مما تعانيه من مشاكل وويلات وإلى دعوة جميع العلماء فى العالم إلى التضافر والتكاتف والتعاون لإنجاز هذه المشاريع الجبارة والتى تخص كل إنسان على سطح الأرض ، فستكون الهندسة الوراثية بداية لتعاون غير مسبوق بين علماء الحضارة البشرية وذلك ما نأمله ونرجوه فى المستقبل القريب .. ففى أىّ الطريقين سنسير ؟.. ذلك ما سينبئنا به القرن الحادى والعشرون .

* * *