

الفصل السادس

ماذا بعد
دوللي



شيماء: وقد بدا عليها التركيز الشديد موجهة سؤالها للمهندس :

لكن ماذا بعد دوللى ؟

المهندس: أثارت تجربة دوللى الكثير من الجدل الواسع ، وهى لاشك تعد إنجازا علميا له قدره ، وقد كان لتجربة دوللى انعكاسات عديدة وواضحة فى نواحي مختلفة .

من تلك الانعكاسات إعلان الكثير من الباحثين الوراثيين عن نتائج تجارب لهم ... لا ندرى أين كانت قبل دوللى ؟ ، ولذلك إننا نعزو ذلك إلى الحماس الزائد لدى الباحثين ، أو لاعتقاد بعض الباحثين أن هذا هو التوقيت المناسب للإعلان عن نتيجة تجاربهم وإن لم تتم نتائجها النهائية بعد ، ومن تلك التجارب ما يلي :

١- أعلن الباحث «روبرت ماكنيل» من جامعة «سينوستا» الأمريكية عن نجاحه فى استنساخ أبو زنبية^(١) من خلال عملية دمج لخلية من دم ضفدعة فى التجويف النوى الفارغ لبويضة ضفدعة ، لكن الأطوار الناجمة لم تصل إلى مرحلة البلوغ.

٢- أعلنت بريطانيا عن إنتاج ٨٠ ألف حيوان جديد محور وراثياً^(٢) كالأسماك والخنازير والكائنات الدقيقة .

٣- الإعلان عن استنساخ حيوان الغنم (نصفه ماعز ونصفه الآخر غنم) .

٤- إعلان د. «آلن كولمان» الباحث بمعهد روزلين ورفيقه «د. ويلموت» عن إنتاج أنثى غنم أخرى محملة بجينات بشرية لإنتاج بروتين مفيد فى علاج التليف الحوصلى .

٥- إعلان «د. سفانت بايون» الباحث بجامعة «أوبسالا» السويدية عن نجاحه فى استنساخ الدنا الفرعونى للمومياوات المصرية.

٦- إعلان فريق بحثى آخر بجامعة أوبسالا السويدية عن استنساخ جينات طفل مصرى فرعونى عمره ٢٤٠٠ سنة .

٧- إعلان علماء جامعة «مينوس» باستراليا عن استنساخ ٤٧٠ بقرة بتقنية النقل النوى الجينى .

(١) أبو زنبية : هو أحد أطوار الضفدعة.

(٢) الكائنات المحورة وراثيا : هى كائنات مطعمة بجينات إضافية لأداء وظائف محورة .

أحمد : وما موقف المجتمع الدولي من تجربة دوللي ؟

المهندس : لقد أوجدت تجربة دوللي العديد من الآراء حول أخلاقيات الاستنساخ الحيوى، بل واتخذت بعض المؤسسات السياسية قرارات بمنع تمويل أبحاث الهندسة الوراثية ، ونادى الكثيرون بضرورة تحجيم أبحاث الاستنساخ والهندسة الوراثية .

لقد كان جميع من أدلوا بأرائهم حول الاستنساخ الحيوى متخوفين من إمكانية إنتاج إنسان بنفس تقنية دوللي ، وقد اتضح ذلك من تعبير «د. مارجريت برازير»^(١) بقولها :

«إن الاستنساخ مسألة لا إنسانية من جميع النواحي ، فإذا كان القصد إنتاج إنسان طبيعى ليعيش بيننا ..فمن سيكون أبواه أو أقرباءه ، هذه هى الأشياء التى تميز الكائن البشرى الاجتماعى» .

كما نادى «د. أرون كليج»^(٢) بضرورة تعديل التشريع الصادر عام ١٩٩٠ ببريطانيا والخاص بالإخصاب خارج الرحم ، ليضاف إليه بند يحرم عمليات النقل النووى الجنينى والنقل النووى من الخلايا البالغة.

لقد قام عضو مجلس الشيوخ الأمريكى «بيل فرست» وعضو لجنة الصحة بالمجلس بدعوة د. ويلموت للحديث عن تجربته أمام اللجنة ، وعبر عن عدم رضاه عن تجربة دوللي بقوله : «إننى أعارض استنساخ البشر ، بل وأرحب بأى مجهود دولى لحظر الاستنساخ ، لكننى أود أن تتاح الفرصة لتجربة ويلموت ، للحصول على ما يمكن أن يفيد البشرية ، حتى لا نطرح هذا المولود العلمى مع مياه الصرف الصحى ، ويموت الوليد لحظة ميلاده» وفى حديث لرئيسة لجنة العلوم والتكنولوجيا بمجلس العموم البريطانى عقب الإعلان عن تجربة دوللي قالت :

«إننى أرى أنه لا بد من منع أى محاولة للاستنساخ البشرى ، وتوقيع أقصى عقوبة على الباحثين المخالفين لهذا» .

وقد استدعت لجنة العلوم والتكنولوجيا «د.ويلموت» لبيان موقفه من تجربته وموقفه من الاستنساخ البشرى .

(١) أستاذة القانون فى جامعة مانشستر - بريطانيا.

(٢) عضو المختبر البيولوجى بجامعة كمبريدج.

كما كان للضجة التي أثّرت حول تجربة دوللي أثرها في إعلان الإدارة الأمريكية عن قرارها بمنع المؤسسات الفيدرالية الأمريكية من تمويل أبحاث الاستنساخ والهندسة الوراثية وتحريم أبحاث الاستنساخ البشرى . كما كان للإدارة الفرنسية موقف مشابه للموقف الأمريكى تجاه أبحاث الاستنساخ البشرى ، وإن كان أقل حزمًا من الموقف الأمريكى .

وفى الدول الإسلامية نوقش الموضوع بإسهاب من وجهة النظر العلمية والدينية ، فقد طالب البعض البعض بتحريم تجارب الاستنساخ الحيوى والهندسة الوراثية ، وطالب البعض بتقنين التجارب حتى لا تحرم البشرية من فوائد تجارب الهندسة الوراثية والاستنساخ الحيوى .

ويكمل المهندس حديثه قائلاً :

وهكذا فتحت تجربة دوللي فكرًا بيولوجيًا جديدًا فى علم وتقنيات التكاثر والهندسة الإنجابية ، ولذلك فإن أماننا أسئلة عديدة أحدثتها تجربة دوللي :

ما مصير الفكر البيولوجى بعد تجربة دوللي ؟

هل نحن - قادمون على عصر النسخة الواحدة ؟

كيف نحدد درجات القرابة من الناحية البيولوجية بعد تجربة دوللي ؟

وفى النهاية يبقى السؤال الملح :

البيولوجيا إلى أين بعد دوللي؟؟

أحمد: قد يعتقد البعض أن الاستنساخ الحيوى يعنى الخلق وهذا خطأ .

المهندس: لقد حدث خلط بين الاستنساخ الحيوى وقضية الخلق وذلك لعدم فهم الفارق الشاسع بين الاثنين ، ومن ثمّ كان حرصنا على توضيح الأمرين لإزالة اللبس وبخاصة لدى الإنسان البسيط غير المتخصص ، ومن ثمّ يمكن بسهولة إحداث تذبذب فى الموروث العقائدى الراسخ لديه ، بينما يستطيع المتخصص أن يدرك الصواب من الخطأ بتحليل الأشياء تحليلًا علميًا .

شيماء: كيف ذلك يا سيدى ؟

المهندس: إن الاستنساخ الحيوى هو عملية طباعة حيوية لجزء من الكائن الحى ، أو إجراء الطباعة الحيوية تلك على الكائن الحى ككل ، ومن ثمّ فالاستنساخ الحيوى لابد أن يحدث على قالب من المادة الوراثية من نواة خلية جسمية بعد إجبارها من خلال تقنيات محددة على الارتداد وراثيا إلى الحالة الجنينية بما يكفل إزالة حاجز التخصص الخلوى ، والعودة بالطاقم الوراثى إلى حالة القدرة على التوجيه الكلى .

أحمد: إذن فالمادة الوراثية هى أساس عملية الاستنساخ .

المهندس: ومن هذا المنظور يا أحمد يمكننا القول بأن عدم وجود المادة الوراثية التى تمثل القالب النسخى يلغى حدوث عملية الاستنساخ من الأصل .

وإنى لأؤكد أن الاستنساخ الحيوى إذا تم إجراؤه بهدف الطباعة الحيوية الكلية للكائن الحى ، فسيفقد الكائن الحى الناتج من خلال ذلك ميزة مهمة ، وهى التباين الناشئ عن اتحاد مادتين وراثيتين تتمثلان فى المادة الوراثية الأبوية ، والمادة الوراثية الأمية ، مما ينتج خليطاً وراثيا جديداً يمتلك قدرات وراثية لم تكن متوافرة جميعها فى فرد واحد «الأب أو الأم» وهذا سيتيح للفرد الناتج من التقاء المشيج الذكرى كالحىوان المنوى ، أو حبة اللقاح مع المشيج المؤنث البويضة - القدرة الكبيرة على التكيف مع الظروف البيئية السيئة ، وذلك لامتلاكه مرونة وراثية عالية ، أما الفرد الناتج عن عملية الاستنساخ الحيوى فيمثل صورة طبق الأصل من الفرد المستنسخ منه .

شيماء: كيف يستطيع إذن أن يكيف نفسه مع ظروف البيئة المتغيرة ؟

المهندس: إن المرونة الوراثية لديه ستكون منخفضة ، وقدرته على التكيف مع الظروف البيئية السيئة صغيرة ، ومن ثمّ فهذا الكائن يمثل كائناً ثانوياً فى المحيط الحيوى ، ذا عمر قصير وأكثر الكائنات الحية تعرضاً للاندثار ، إن لم يمتلك قدرات تكاثرية فائقة التصور ، وهذا ما نجده تماماً فى الكائنات الأولية لا مميزة النواة كالبكتريا ، والتى تمارس عملية الاستنساخ الحيوى الذاتى ، وبما يمكن أن نسميه «بالنسخ الحيوى» وتهدف من خلال ذلك إلى إكثار نفسها بإنتاج ملايين النسخ فى زمن قصير جداً ، وتعرف عملية الإكثار «التكاثر» تلك بالانقسام الثنائى البسيط . حيث تنقسم المادة الوراثية للبكتريا إلى جزأين ، ثم يحدث انقسام خلوى من خلال انخلاق وسطى فى الخلية البكتيرية يؤدى إلى إنتاج فردين متماثلين وراثيا ومماثلين للفرد الأبوى .

أحمد: وهل توجد كائنات حية أخرى تمارس الاستنساخ الحيوى غير البكتيريا ؟

المهندس: تمارس الخميرة عملية الاستنساخ الحيوى من خلال التبرعم الذى يكون برعمًا يمثل صورة طبق الأصل من الفرد الأبوى ، كما تمارس النباتات الاستنساخ الحيوى من خلال التكاثر الخضرى كل ذلك يجعلنا نؤكد على أن الاستنساخ الحيوى يمثل ردة بيولوجية .

شيما: كيف ذلك ؟

المهندس: قد ميز الله الإنسان بالسمو عنها ، وذلك بخلق آية بيولوجية تكاثرية راقية له ، من خلال أجهزة تناسلية متخصصة لأداء هذه الوظيفة التى تهدف إلى الحفاظ على النوع البشرى من الانقراض بواسطة المخلوط الوراثى (الأبوى - الأمى) ذى القدرات الوراثية التى تفوق القدرات المنفردة لكل من الأب أو الأم على حدة .

أحمد: إذن فالاستنساخ الحيوى هو وسيلة لإنتاج أفراد بطرق تكاثرية غير طبيعية ؟

المهندس: "إن عملية الاستنساخ الحيوى تمثل لعباً فى طاقم وراثى موجود لإنتاج فرد بطريقة تكاثرية غير طبيعية بالنسبة للفرد ذاته ، لكنها قد تكون طبيعية بالنسبة لفرد آخر من نوع آخر من الأحياء ، وهذا يمثل شذوذاً للموضع التكاثرى بالنسبة للكائن الحى مما يؤثر سلبيا فى الصفات المظهرية له بعد ذلك ، وهذا يرفع من نسبة إنتاج المسخ للكائنات الحية المستنسخة ، والتى لا تمارس الاستنساخ فى حياتها الطبيعية .

شيما: سمعت ذات مرة حديثا عن الإعجاز العلمى للقرآن الكريم ، وأن القرآن قد أشار للاستنساخ الحيوى .

المهندس: نعم لقد أخبر القرآن الكريم بذلك منذ أكثر من ألف وأربعمائة سنة خلت ، مما يمثل إعجازاً للقرآن الكريم ، ويثبت أنه من عند الله خالق الكون ، وما فيه من كائنات حية متعددة ، وبلايين البلايين من الشفرات الوراثية التى تحكم سير العمليات الحيوية داخل هذه الكائنات الحية .

أحمد: فى أى موضع من نصوص القرآن نجد ذلك ؟

المهندس: ذلك ما نجده عند تأملنا للآية (١١٩) من سورة النساء حيث يقول الله تعالى حاكيا عن تحدى إبليس لبنى آدم : ﴿وَلَا ضَلَّتْهُمْ وَلَا مَنِيَّتْهُمْ وَلَا مَرْنَهُمْ فَلْيَتَكَنَّ أَذَانُ الْأَنْعَامِ وَلَا مَرْنَهُمْ فَلْيَغْيِرَنَّ خَلْقَ اللَّهِ﴾ [النساء: ١١٩] .

إن هذه الآية الكريمة تفرض تساؤلات عديدة يجب أن تثار في ذهن كل طالب للحقيقة وسط بحار من ظلام التشكيك الدامس في البيئات اللاعقائدية «التي لا تعترف بوجود إله للكون» هل كان محمد ﷺ خبيراً وراثياً حتى يتحدث عن عمليات التغيير في الخلق ، الذي لا يمكن إحداثه إلا من خلال التغيير واللعب في الأطقم الوراثية ؟

شيماء : إن هذا دليل واضح على إعجاز القرآن .

المهندس : نعم فكيف يخبر محمد ﷺ وهو أمي لا يجيد القراءة ولا الكتابة بحادث علمي شاذ «غير طبيعي» منذ أكثر من أربعة عشر قرناً من الزمان ؟ هل كان محمد ﷺ جاهلاً بما يمكن أن يقع لدعوته إن أثبت العلم خطأ نبوءته ؟

لكن كون القرآن من عند خالق محمد ﷺ وغيره من جميع الكائنات الحية ، الواهب لها شفراتها الوراثية ، والعالم بمخزون المعلومات الموجهة لسلوك محدد داخل هذه الشفرات جعل الحديث يقيناً ، والإخبار به عين اليقين .

ويتابع المهندس حديثه قائلاً : إن القرآن الكريم حينما ذكر قضية الخلق تحدى البشر بمعرفة سر الروح (الحياة) وذلك في قوله تعالى : ﴿ وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا ﴾ [الإسراء: ٨٥] .

فإن استطاع علماء وخبراء هندسة الجينات استنساخ الأطقم الوراثية فهل سيستطيعون استنساخ الروح ؟

شيماء : لكن ما الجوانب التطبيقية التي يمكن أن تستفيد منها من خلال ثورة الاستنساخ ؟

المهندس : يمكن من خلال تقنيات الاستنساخ الحيوى علاج العديد من الأمراض التي تصيب الإنسان والحيوان والنبات ، والتي كان يصعب علاجها في الماضي ، وذلك من خلال الاستنساخ الحيوى للطاقيم الوراثي المتخصص في توجيه تكوين الخلية أو النسيج أو العضو المسئول .

أحمد : إن معنى هذا كبير للغاية يا سيدى ؟

المهندس : لاشك أن هذه التقنية ستوفر وسائل جديدة لعلاج أمراض الفشل الكلوى

والمناعة وأمراض الدم ومرض السكر وأمراض الجهاز الهضمي ، كما ستوفر آلية بيولوجية جديدة للسيطرة على الميكروبات الخطيرة ، ولاسيما الفيروسات ، التي يمكننا من خلال تقنيات الاستنساخ الحيوى الوصول إلى طريقة لإحداث تبلور لهذه الفيروسات داخل الخلية ، والتخلص من خطورتها تماما .

كما يمكن من خلال الاستنساخ الحيوى التخلص من العديد من الأمراض التي تصيب النبات ، ولاسيما النيماتودا والمنتشرة فى مصر بصورة كبيرة فى الأراضى المستصلحة ، ومرض إيدز النخيل ... إلخ وسوف نعرض فيما يلى العديد من التطبيقات التي يمكن من خلال الاستنساخ الحيوى إجراؤها على المستوى المرضى سواء على الإنسان أو على الحيوان أو النبات ، ولكن بشرط !

أحمد : ما هو ؟

المهندس : لا تقاطعوا حديثى حتى أفرغ منه ، ثم اعرضوا أسئلتكم ؟

أحمد : نحن موافقون ، ثم يبدأ **المهندس** حديثه عن تطبيقات الاستنساخ الحيوى :

أولاً : الاستنساخ الحيوي وانقسام الخلايا ،

لكى يحافظ الكائن الحى على بقائه على سطح الأرض ، أو فى أى بيئة يعيش فيها ، لابد أن ينمو ليستطيع الحياة فى البيئات التنافسية العالية ، وأن يتكاثر ليحافظ على نوعه من الانقراض .

لأداء هاتين الوظيفتين الضروريتين للكائن الحى لابد من انقسام خلاياه ، وذلك من خلال نوعين من الانقسام يخص أحدهما الخلايا التى تتكون منها غالبية أنسجته الحية والمعروفة بالخلايا الجسمية ، ويخص الثانى الخلايا المولدة للأمشاج التناسلية «المذكرة والمؤنثة» كما يلى ..

ويتابع المهندس حديثه قائلاً : سنتحدث أولاً عن الانقسام المباشر ، ثم يصمت قليلاً ويتابع حديثه مرة أخرى قائلاً :

تتكون خلايا الجسم من : غشاء خلوى وعضيات سيتوبلازمية ونواة ، وتحوى النواة المادة الوراثية المسؤولة عن توجيه كافة العمليات الحيوية داخل الجسم ، ويعتبر النمو من العمليات الحيوية لخلايا الجسم ، ويحدث النمو إما بزيادة حجم الخلايا ، أو

بانقسام الخلايا ، ويتم هذا الانقسام تحت تحكم كامل من المادة الوراثية ، ولا بد أن تراث الخلية الناتجة من هذا الانقسام نفس الطاقم الوراثي (كما وكيفاً) الموجود بالخلية الأصلية المنقسمة ، ويعرف هذا الانقسام بالانقسام المباشر لعدم وجود بالخلية الأصلية المنقسمة ، ويعرف هذا الانقسام بالانقسام المباشر لعدم وجود وسيط بيولوجي للوصول إليه ، بل يتم مباشرة من خلية ليعطى خليتين متماثلتين ومماثلتين للخلية المنقسمة ، ولكي تدخل الخلية في هذه الدورة المباشرة من الانقسام لابد من مرورها بمراحل ما قبل الانقسام :

شيماء : وما هي هذه المراحل ياسيدى ؟

المهندس :

١- مرحلة ما قبل التناسخ : يتم في هذه المرحلة تجهيز مستلزمات الانقسام «الدناوى»^(١) ، وذلك بهدف مضاعفة المادة الوراثية لتراث الخلايا الناتجة عن انقسام نفس المادة الوراثية ، ومن مستلزمات التناسخ تلك تكوين مختلف الإنزيمات الضرورية لحدوث تناسخ الدنا الوراثي ، وتكوين الفيوتيدات الجديدة .

٢- مرحلة التناسخ : يتم في هذه المرحلة تضاعف الدنا الوراثي من خلال جهاز التناسخ وتكامل العديد من أدوار الجزئيات الحيوية داخل الخلية .

٣- مرحلة ما بعد التناسخ : يتم في هذه المرحلة انقسام الأجسام الكرية القطبية «الستيريولات» . وهجرة كل سنتريول لأحد قطبي الخلية ، كما ينتج إنزيم الكيناز المفسفر الهستونى «Histono - Phospho - Kinax»

بعد مرور الخلية بمراحل ما قبل الانقسام السابقة تدخل الخلية مراحل الانقسام المباشر بتجهيز إنزيم « الكيناز المفسفر الهستونى » وكمية المادة الوراثية بها مضاعفة ، ومن ثم تزداد كثافة الدنا الوراثي ، وتظهر الكروموسومات « الحوامل الوراثية »^(٢) بصورة مكدسة ومكثفة في صورة كروماتين مكثف ، مما سيلزم فك هذا التكسد الكروموسومى من خلال تقليل الحلزنة للكروموسومات ، ومن ثم تظهر الكروموسومات في صورة خيوط كروموسومية يمكن عدها ، ويعتبر ذلك تمهيداً لمرحلة الاصطفاف

(١) الانقسام الدناوى يعنى انقسام الدنا الوراثي المزدوج لشريطين مفردين يتم نسخ كل واحد منهما بعد ذلك إلى دنا كامل .

(٢) الحوامل الوراثية : «الكروموسومات» لكونها تحمل المادة الوراثية .

الكروموسومى ، ولذلك تسمى هذه المرحلة من الانقسام « بالمرحلة التمهيدية » .

فى مرحلة الاصطفاف الخلوى تصطف الحوامل الوراثية وسط الخلية على طول المستوى المنصف لها بواسطة خيوط المغزل المشدود بواسطة جسمين قطبيين « السنتريولان » ويدخل فى تكوين خيوط المغزل أيونات الكالسيوم « Ca^{++} » .

يلى هذه المرحلة حدوث انقسام للنقط الموصلة الكروماتيدية « السنترومير » (النقطة التى تصل بين كروماتيدين ، وكذلك التعرض لقوة شد من خيوط المغزل مما يعمل على فصل الكروماتيدات عن بعضها ويكون لكل كروماتيد منفصل السنترومير الخاص به ، ويعمل كل كروماتيد على نسخ نفسه مكوناً كروموسوماً جديداً .

أحمد : وما هو مصير هذه الكروموسومات ؟

المهندس : تتجه الكروموسومات المتكونة ناحية القطب الخلوى ، وتعرف هذه المرحلة دوماً بالمرحلة الانفصالية » وعند استقرار الكروموسومات بأقطاب الخلية يتكون غشاء نووى حول كل مجموعة كروموسومية ، وتختفى خيوط المغزل ، بذلك تنتهى مراحل الانقسام النووى المباشر .

شيماء : وماذا يلى ذلك ؟

المهندس : يلى الانقسام النووى حدوث انقسام خلوى من خلال حدوث اختناق بجدار الخلية يزداد اتساعاً حتى يفصل الخلية إلى خليتين بكل منهما نفس الكمية من العضيات السيتوبلازمية ويحدث ذلك فى الخلية الحيوانية ، بينما فى الخلية النباتية تتكون صفيحة خلوية وسط الخلية تفصل الخلية إلى خليتين ، ومن ثم تكتمل مراحل الانقسام الخلوى .

أحمد : لكن كيف يتم التحكم الوراثى فى الانقسام المباشر ؟

المهندس : تتم عمليات الانقسام المباشر تحت سيادة كاملة من الطاقم الوراثى الذى يقوم بنسخ ذاته فى بداية مراحل الانقسام ، ويتم هذا النسخ تحت تشفير وراثى محدد مسبقاً ، ولولا وجوده ما تمت عملية النسخ ومضاعفة المادة الوراثية ، كما أن الخلية لا تدخل مراحل الانقسام إلا من خلال محفز يتمثل فى إنزيم الكيناز المفسفر الهستونى ، والذى يتكون تحت توجيه كامل من الطاقم الوراثى ، ويتحدد قطر

الخلية الذى ستصطف عليه الكروموسومات فى المرحلة الاستوائية طبقاً للمعلومات الوراثية الموجودة بالخلية .

يتحكم الطاقم الوراثى فى عملية انقسام السنتروير واستئصال الكروموسومات وتكوين الغشاء النووى الجديد من الشبكة الاندوبلازمية ، وعملية الانقسام الخلوى سواء بتكوين الصفيحة الخلوية الوسطية ، أو تكون الاختناق الخلوى .

أحمد : إن هذا مذهش يا سيدى .

المهندس : إننى أؤمن بأن البعض سيندهش عندما يعرف مدى تحكم المادة الوراثية فى انقسام المادة الوراثية ، لكن فى الحقيقة هذا لا يمثل دهشة ، لأن بعض الجينات تتخصص فى التحكم فى انقسامات الطاقم الوراثى ذاته ، وذلك من خلال الدخول فى تفاعلات وراثية تؤدي إلى تكوين مادة أو أكثر تتحكم فى سير العمليات الحيوية المختلفة لتناسخ الأطقم الوراثية .

وقد أجريت العديد من الدراسات لاستخدام التحكم الوراثى فى العديد من المجالات التطبيقية المختلفة ، وسنوضح ذلك فى موضعه .

أحمد : ما النوع الثانى من الانقسام الخلوى يا سيدى ؟

المهندس : إنه الانقسام غير المباشر .

شيماء : نريد تبسيطاً أكثر عنه .

المهندس : تتخصص بعض الخلايا فى إنتاج الأمشاج التناسلية وتعرف بالخلايا المولد للأمشاج ، وتتميز هذه الخلايا بوجود نصف كمية المادة الوراثية الموجودة فى الخلية الجسمية .

والتي يمكن استعادتها بالتقاء هذه الأمشاج عند حدوث الإخصاب ، ومن ثم يحدث الحفاظ على نوع الكائن الحى من الانقراض .

يتم إنتاج الأمشاج من خلال عمليات الانقسام غير المباشر «الميوزى» والتي تمر بمرحلتين :

أحمد : ما هما ياسيدى ... نود تبسيطاً لهما ؟

المهندس : المرحلة الأولى :

يحدث فى هذه المرحلة دخول الخلية المولدة للأمشاج فى طور مضاعفة مادتها الوراثية ، وتكثف الكروموسومات ، ثم فك حلزنة الحوامل الوراثية « الكروموسومات » مع بقاء الغشاء النووى والنوية كما هما .

يحدث بعد ذلك تزاوج بين الكروموسومات على طول الكروموسوم من خلال جهاز الاقتران ، والذى يتكون من ثلاثة أذرع ، ويحمل على الذراعين الخارجيين الكروموسومين المتقاربين ، الذين يحدث لهما عبور بين القطع الكروموسومية «للكروموسومات الشقيقة» مما يساعد كثيراً على التباين الوراثى بعد ذلك ، ثم يحدث تنافر بين الكروموسومات المتزاوجة إلا فى أماكن العبور الوراثى « مناطق التصلب » والمعروفة بالكيازمات « chiasmata » والتى قد تكون وحيدة ، أو متعددة ويعتمد ذلك على :

- نوع الكائن الحى .
- طول الكروموسوم .
- شكل الكروموسوم .

شيماء : ثم ماذا يا سيدى ؟

المهندس : يختفى فى هذه المرحلة جهاز الاقتران وتحرك مناطق التصلب للأطراف الكروموسومية ، مما يقلل من العدد المتواجد لها ، وبزيادة الانزلاق الطرفى لمناطق التصلب يحدث تشتت للكروموسومات الثنائية الوحيدة ، مع اختفاء الغشاء النووى . تتكون بعد ذلك خيوط المغزل ، وتصطف الوحدات الثنائية فى مستوى استواء الخلية ، ويكون التوزيع عشوائياً .

أحمد : وماذا يحدث للكروموسومات ؟

المهندس : يحدث انفصال لهذه الكروموسومات تجاه الأقطاب من خلال قوى الشد لخيوط المغزل ، حيث تحاط كل مجموعة كروموسومية بغشاء نووى ، وتتكون النواة ، ثم يحدث الانقسام الخلوى لتتكون خليتين بكل منهما نفس المادة الوراثية .

ثم يتابع المهندس حديثه قائلاً :

المرحلة الثانية :

تدخل كل خلية ناتجة عن الانقسام السابق فى دورة انقسامية جديدة لتنفيذ كمية المادة الوراثية الموجودة بها والتي تميز الخلايا التناسلية عن الخلايا العادية ، حيث تمر الخلية بالمرحلة التمهيدية والتي تعمل خلالها على فك التكسد الكروموسومى داخل النواة ، ثم ندخل فى المرحلة الاستوائية حيث تصطف الكروموسومات فرادى وليس فى أزواج .

تبدأ بعد عمليات الاصطفاف الكروموسومى فى مستوى استواء الخلية عملية الفصل الديناميكي للحوامل الوراثية «الكروموسومات» بتأثير قوى الشد الناتجة عن خيوط المغزل ، وقد أجريت دراسات عديدة لمحاولة فهم الأساس البيولوجي لقوى الشد الناتجة من خيوط المغزل ، وقد وجد أن لكل خيط مغزل مفرد معامل شد خاص به ، وقوة الشد النهائية تمثل المحصلة النهائية لقوى الشد المختلفة لكل قوة شد لكل خيط من خيوط المغزل .

أحمد : نريد أن تعبر لنا عن ذلك فى صورة رياضية يا سيدى ؟

المهندس : لكى نعبر بسهولة عن ذلك علينا صياغة ذلك بصورة رياضية ، فلو رمزنا لعدد خيوط المغزل بـ «ق» والقوة الناتجة عن شد كل خيط ق ، والتي قد تكون ق_١ قوة الشد الناتجة عن خيط المغزل الأول ، ق_٢ قوة الشد الناتجة عن خيط المغزل الثانى ... إلخ ، ولحصول هذه القوى بالأمر «ح» .

$$\text{فإن } ح = ق_١ + ق_٢ + ق_٣ \dots ق_n$$

وبما أن قوى الشد فى خيوط المغزل ليست عمودية على «الكروموسوم» ومن ثم لابد من تحليل قوى الشد إلى مركباتها الأفقية والرأسية ، للوصول لقوة الشد السفلية.

شيماء : وماذا يتم فى نهاية هذه المرحلة ؟

المهندس : يتم فى نهاية المرحلة إحاطه كل مجموعة كروموسومية بغشاء نووى وتكشف النواة ، ويلى ذلك الانقسام الخلوى ، والذي تكون محصلته تكوين أربع خلايا مشيجية تحتوى على نصف كمية المادة الوراثية الموجودة بالخلية الجسمية .

أحمد: وكيف يتم التحكم الوراثي في الانقسام غير المباشر ؟

المهندس: يتم التحكم الوراثي في الانقسام غير المباشر من خلال آليات بيولوجية محددة، ثم يصمت المهندس ويتابع حديثه قائلاً :

تتم عملية الانقسام غير المباشر تحت تحكم وراثي كامل من أطقم وراثية متخصصة في توجيه المادة الوراثية المشيحية لمضاعفة نفسها في البداية ، ثم حدوث التزاوج والذي يتم على المستوى الجزيئي في مرحلتين :

١ - حدوث تفاعل جيني يؤدي لتكوين جهاز الاتزان .

٢ - حدوث تفاعل جيني يؤدي لتحميل الكروموسومات الشقيقة على الذراعين الطرفيين لجهاز الاتزان .

يؤدي التزاوج الكروموسومي - كما سبق ذكره - إلى حدوث اقتران وتبادل للأطقم الوراثية المحملة على القطع الكروماتيدية ويتم ذلك وفقاً لتعليمات وراثية محددة، حيث توجه هذه المعلومات الأطقم الوراثية الموجهة لعمليات تكيف عالية المستوى لحدوث التبادل الكروموسومي ، بينما لا يحدث توجيه للأطقم الوراثية التي لن تلعب دوراً مهماً في تكيف الكائن الحي مع البيئة .

ثم يصمت المهندس كثيراً في تفكير عميق ثم يبادر أحمد وشيماء بالحديث قائلاً لهما : لقد كان العلماء يعتقدون أن توزيع الكروموسومات ذات الاتحادات الجديدة الناتجة من عمليات الاقتران والعبور الوراثي - السابق شرحها - تتم عشوائياً وذلك بهدف زيادة احتمالية التباين الناتج عن هذه العملية، لكن مع تقدم الدراسات ثبت أن عمليات التوزيع تلك تتم في إطار حركي « ديناميكي » محدد وفقاً لبرنامج وراثي موجود ويوجه حركة الكروموسومات تجاه الأقطاب بحيث يعطى هذا التوزيع أكبر نسبة تباين ممكنة ، ولابد أن تكون الخليتان الناتجتان من انقسام خلية واحدة متساويتين في كمية المادة الوراثية مع وجود اختلافات في ترتيب النيوتيدات الموجودة بكل خلية .

أحمد: لكن هل يوجد تحكم من المادة الوراثية في معدل الانقسام الخلوي ؟

المهندس: التحكم الوراثي في معدل الانقسام الخلوي عملية معقدة جداً ودقيقة جداً ، فكما ذكرنا من قبل تتم دورة الانقسام الخلوي بمقياس زمني محدد ، له نقطة

بداية، وله نقطة نهاية ، وتحليلنا لهذا المقياس الزمني لا يكون كلية فقط ، بل لابد من تحليل المقياس الزمني لكل مرحلة من مراحل انقسام الخلية ، ويمكننا التعبير رياضياً عن ذلك :

$$Z_k = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n$$

حيث يشير « Z_k » إلى الزمن الكلى لدورة انقسام الخلية ، والذي يختلف من خلية لأخرى ويتوقف على العوامل الآتية :

شيماء : ما هى يا سيدى ؟

المهندس :

١- نوع الكائن الحى : لكل نوع طاقم وراثى مختلف عن الأنواع الأخرى، ومن ثم فلن تسير خلاياه بمعدل انقسام متساو مع نوع آخر .

٢- نوع الخلية : تختلف الخلايا فى معدل انقسامها طبقاً لمعدل التفاعلات الوراثية الموجهة لعمليات الانقسام فخلايا القلب تختلف عن خلايا الرئتين ، عن خلايا الدم ... إلخ ، كما أن بعض الخلايا لا تدخل فى دورة اقتسامية لعدم وجود الطاقم الوراثى الموجهة لهذه العمليات كالخلايا العصبية .

٣- حالة الاستقرار للخلية : لا يسير الانقسام الخلوى بنفس المعدل : لخلية تمر بظروف طبيعية ، وخلية أخرى متعرضة لحالة توتر خلوى ، مما يؤثر على عمليات التعبير الوراثى للأطعم الموجهة لعمليات الانقسام .

٤- مستويات الطاقة للخلية : لكل خلية مستوى محدد من مستويات الطاقة، والذي يسمح بدخول الخلية فى دورة انقسام جديدة ، ويعرف مستوى الطاقة ذلك «بالمستوى الحرج للانقسام» ، والذي لا تستطيع الخلية دخول دورة الانقسام ما لم يتوافر، يمثل المستوى الحرج للانقسام النقطة التى تبدأ عندها الخلية الدخول فى مراحل انقسام جديدة ، عند توافر أى زيادة فى مستوى الطاقة عن المستوى الحرج .

شيماء : إذن فالعلاقة وثيقة بين دخول الخلية فى مراحل الانقسام وتوافر الطاقة ؟

المهندس : لكى تستمر الخلية فى مراحل الانقسام لابد من توافر مستوى طاقة محدد لكل مرحلة ، ولا تتساوى المراحل المختلفة لانقسام الخلية فى مستويات الطاقة

الخاصة بها ، ويمثل ذلك أحد الوسائل المقترحة لاجداث تحكم فى مراحل انقسام الخلية .

يمكن من خلال العوامل السابقة إحداث تحكم فى المعدل الزمنى لانقسام الخلية من خلال التقنيات الآتية :

١- الاستنساخ الكامل للأطعم الوراثية :

يتم فى هذه التقنية استنساخ الأطعم الوراثية الموجهة لعمليات الانقسام الخلوى ، وإيلاجها من خلال الجراحات الجينية داخل الخلايا التى بدأت أطعمها الوراثية تعاني من تذبذب فى مستوى طاقتها ، والتى قاربت على الدخول فى أطوار الشيخوخة نتيجة للتراكم العالى للمواد الغذائية المختلفة .

أحمد : وهل يمكن الاستفادة من هذه التقنية يا سيدى ؟

المهندس : يمكن استخدام هذه التقنية فى نواحى عديدة منها :

(أ) الحفاظ على حيوية الخلية ومنع دخولها فى طور الشيخوخة:

تحدث الشيخوخة لتراكم العديد من الأجسام التالفة فى الخلية، مما يؤدى إلى تأثير فى تكوين الجزيئات البيولوجية بالخلية ولا سيما على مستوى الأطعم الوراثية ، ويؤدى ذلك إلى نقص المعدل التكاثرى للخلية ، وهذا يسرع من دخول الخلية فى أطوار الشيخوخة ، ويمكن تأخير حدوث ذلك من خلال إدخال أطعم وراثية مستنسخة إلى داخل الخلية ، بهدف إحلال الطاقم الوراثى الجديد محل الطاقم الوراثى الأصلى ، أو إدخال منشطات جينية مستنسخة «أطعم وراثية متخصصة فى تنشيط الأطعم الوراثية» مما يؤدى لرفع مستوى الطاقة للطاقم الوراثى ، ويؤدى إلى انتظام دورة الانقسام من جديد .

(ب) محاولة إجبار الخلايا العصبية على الانقسام :

تدخل جميع خلايا الجسم فى دورات انقسام ما عدا الخلايا العصبية وذلك لعدم وجود الطاقم الوراثى الموجه لتلك العمليات ، وقد افترض لتفسير ذلك نظريتان .

أحمد : ما هما يا سيدى ؟

المهندس: أولا النقص الوراثى :

تقترح هذه النظرية معاناة الخلية العصبية من حدوث نقص فى الطاقم الوراثى الموجه لعمليات الانقسام ، ولابد فى هذه الحالة من إدخال أطقم وراثية متخصصة فى عمليات التوجيه الانقسامى ، و مستنسخة من أطقم وراثية لخلايا قريبة وراثيا ووظيفيا من الخلايا العصبية.

ثانيا : الكمون الوراثى : تقترح هذه النظرية أن الطاقم الوراثى الموجه لعمليات الانقسام موجود لكنه لا يستطيع أن يعبر عن نفسه ، وذلك لتعرضه للتثبيط من جينات أخرى ، ولابد فى هذه الحالة من إزالة هذا التثبيط إما باستئصال الجينات المثبطة من الطاقم الوراثى ، أو إدخال جينات مستنسخة مضادة للجينات المثبطة ، مما يعمل على تحفيز تعبير الطاقم الوراثى عن نفسه ، ودخول الخلايا فى دورة انقسام .

شيماء: لكن هل يمكن اختصار هذا المعدل يا سيدى ؟

المهندس: اختصار معدل الانقسام يعتبر من التطبيقات المهمة التى يطمح لتحقيقها العلماء .

أحمد: نود منك يا سيدى تبسيط ذلك لنا ؟

المهندس: يحدث تعجيل مراحل الانقسام - كما سبق أن ذكرنا - وذلك من خلال تقليل المعدل الزمنى لتغيير الجينات الموجهة للانقسام عن نفسها من خلال رفع العوامل المشجعة على ذلك ، والتى تشمل :

١- رفع مستوى الطاقة للطاقم الوراثى لأعلى مستوى .

٢- تثبيط الجينات المضادة للأطقم الوراثية لأدنى مستوى.

٣- إدخال جينات منشطة للأطقم الوراثية الموجهة لعملية الانقسام.

يتم استنساخ الجينات المدخلة للخلية من قوالب جينية مأخوذة مباشرة ، أو محفوظة فى بنوك الجينات.

إن العديد من العلماء يأملون فى الوصول من خلال ذلك إلى إجبار الخلية على الدخول فى مراحل انقسام بمعدل قصير جدا ، وهذا يتيح دخول الخلية فى مراحل

انقسام متكررة ، ويعتبر ذلك أساساً الاستنساخ العضوى ، وتفيد تلك التقنية فى توفير آلية بيولوجية جديدة لإنتاج الأعضاء الحيوية للجسم كالبنكرياس ، والقلب ، والكبد ، والكليتين ، كما توجد دراسات متعددة ، وإن كانت فى مراحلها الأولى تهدف إلى محاولة نقل جينات مستنسخة موجهة لحدوث الانقسام للخلايا العصبية ، مع إجبارها على الدخول فى مراحل انقسام متكررة بما قد يوفر آمالاً عديدة فى إمكانية التغلب على التلف الذى قد يصيب الخلايا العصبية ، وبخاصة مراكز التحكم فى المخ كما فى حالة السكتات المخية .

أحمد : وبماذا سيفيدنا الاستنساخ العضوى يا سيدى ؟

المهندس : إن الاستنساخ العضوى المبنى على أساس الاستنساخ الجينى ، سيؤدى إلى طفرة هائلة فى عالم الطب ، ولا سيما فى العلاج بالجينات ، وقد ازداد الأمل مع تقدم مشروع الجينوم البشرى فى رسم خريطة كاملة لجينات الإنسان ، مما سيجعلنا نضع أيدينا على مختلف الجينات المعطوبة والتي تحتاج لإصلاح .

(ج) تقنية الانقسام حسب الطلب :

يهدف الانقسام الخلوى إلى زيادة عدد الخلايا ، وذلك بغرض النمو أو تعويض ما يتلف من خلايا الجسم ، وفى الكائنات الأولية «لا مميزة النواة»^(١) مثل البكتيريا يؤدى الانقسام إلى تكاثر الكائنات الحية ، فالبكتيريا تدخل فى دورة انقسامية تكون نتيجتها خليتين متماثلتين وراثياً ومماثلتين للفرد الأبوى «الخلية الأم» وتعتبر كلا من هاتين الخليتين كائناً حياً جديداً.

شيماء : وهل توجد كائنات حية لا تمارس الانقسام الخلوى ؟

المهندس : لا تمارس بعض الكائنات الانقسام الخلوى مطلقاً ، وذلك لعدم امتلاكها للجينات المسؤولة عن توجيه عمليات الانقسام ، مثل الفيروسات والتي تتكاثر بتسخير خلايا العائل «الخلية المصابة» بالسيطرة على طاقمها الوراثى وتدمير البرنامج الوراثى له ، ثم إجبار الخلية على الالتزام التام ببرنامج الفيروس الوراثى ، ومن ثم تقوم الخلية المصابة (العائل) بتصنيع الحامض النووى للفيروس والبروتينات الأخرى المكونة

(١) الكائنات لا مميزة النواة : كائنات حية تتميز بعدم وجود غشاء نووى حول النواة ومن ثم تصبح النواة ساحة فى السيتوبلازم .

لجسم الفيروس، ثم يحدث تجميع لهذه المكونات ليتكون مائة فيروس جديد في الدقيقة .

شيماء: وهل توجد حالات شاذة أخرى يا سيدى ؟

المهندس: فى بعض الكائنات الحية الأخرى وجد أنها تدخل فى الدورة الانقسامية ، وتستمر مراحل الدورة فى تتابع مستمر حتى يكتمل الانقسام النووى ، وتتوقف دورة الانقسام عند ذلك الحد ، ولا يحدث الانقسام الخلوى ، ويتم ذلك وفقا لمعلومات وراثية محددة، ويؤدى حذف الانقسام الخلوى من الدورة الانقسامية إلى مضاعفة حجم الخلية ، ولا يؤدى إلى زيادة عدد الخلايا . إن دراسة الأساس الوراثى الذى يوجه انقسام الخلايا لأداء غرض محدد ، سيجعلنا نضع أيدينا على الغرض الذى نريده من انقسام الخلية ، بما يمكن أن نسميه بـ «تقنية الانقسام حسب الطلب» وهذا يتم بناء على رغبتنا :

هل نريد زيادة فى الحجم ؟

هل نريد زيادة فى العدد ؟

هل نريد بناء كائنات حية جديدة من الانقسام ؟

لقد أوجدت هذه الدراسات مجالا رحبا للعديد من التطبيقات المختلفة .

أحمد: ما هى يا سيدى ؟

المهندس:

١- إنتاج ثمار كبيرة الحجم : يمكن من خلال التحكم فى الطاقم الوراثى حذف مرحلة الانقسام الخلوى من الخلية ، ومن ثم تتيح للخلية زيادة حجمها ، يتم هذا التوجيه الوراثى من إدخال استنساخ الجينات المسئولة عن وقف مراحل الانقسام عند اكتمال مراحل الانقسام النووى من الخلايا الموجودة بها تلك الجينات ، ثم يتم إيلاج هذه الجينات داخل الخلايا الثمرية ، من خلال تقنيات عالية المستوى لضمان تعبير هذه الجينات عن نفسها ، وقد تم إنتاج العديد من الثمار كبيرة الحجم، ولا سيما ثمار الفواكه وبعض الخضراوات .

٢- التحكم فى أطوال الكائنات الحية : يمكننا من خلال التحكم فى نوعية

الأطقم الوراثية داخل الخلايا المنقسمة وذلك باستئصال بعض الجينات غير المرغوبة ، أو استنساخ جينات ، وإيلاجها داخل الطاقم الوراثي ، وذلك بهدف إحداث تحكم فى معدل انقسام الكائنات الحية من خلال مستويين :

أولا : إحداث انقسام متكرر مستمر :

شيماء : وماذا سيقدم لنا ذلك ؟

المهندس : يوفر ذلك إنتاج نباتات الأعلاف بأقصى طول ممكن ، ومن ثم تحقق عائداً اقتصاديا كبيراً ، ويتم تنفيذ نفس التقنية مع النباتات التى تحتاج طاقة ضوئية عالية لإتمام عملية التمثيل الضوئى ، وتكوين المواد الغذائية المختلفة للنبات .

ثانيا : إحداث تثبيط للانقسام فى الاتجاه الطولى وتنشيطه فى الاتجاه العرضى .

أحمد : وما جدوى ذلك يا سيدى ؟

المهندس : ستتيح تلك التقنية إنتاج نباتات عديدة بأطوال قصيرة ، مع زيادة فى حجمها ، وهذا سيكون مجديا من الناحية الاقتصادية مع نباتات الفاكهة ، فقصر هذه النباتات يؤدى إلى يسر وسهولة فى عمليات قطف الثمار .

٣- تثبيط السيطرة الوراثية الفيروسية على خلايا العامل : يسيطر الفيروس من خلال قذف مادته الوراثية داخل خلايا العائل ، ويسخرها لتصنيع مكوناته الحيوية ، وبتجميع هذه المكونات يتم إنتاج مائة فيروس جديد فى الدقيقة ، وقد تم دراسة السيطرة الوراثية على خلايا العائل فى العديد من مراكز أبحاث الفيروسات والسرطان ، وقد نجح بعض العلماء مؤخراً فى عام ١٩٩٨ م ، فى كشف الجينات الفيروسية التى توجه الطاقم الوراثى للسيطرة على الطاقم الوراثى للخلية العائلة ، وفى تطور آخر لنفس التجربة أعلن الباحثون عن نقل نتيجة كشفهم ذلك إلى المجال التطبيقى من خلال محاولة تصنيع جينات مثبطة للجينات الموجهة لعمليات السيطرة الوراثية غير الرسمية على الميكروب ، ويتم تصنيع هذه الجينات من خلال تقنية الاستنساخ العكسى الوظيفى والذى يهدف إلى استنساخ أطقم وراثية لأداء وظائف مثبطة لوظائف قائمة .

(هـ) تقنية الأطقم الوراثية الخليطة :

شيماء : خليطة ... ماذا يعنى ذلك يا سيدى ؟

المهندس: تعرضنا فيما سبق من تقنيات إلى إدخال جينات مستنسخة محددة لأداء غرض واحد محدد ، لكن فى هذه التقنية يتم إدخال أكثر من مجموعة جينية لأداء العديد من الوظائف الجديدة للخلية ، ومثال ذلك إنتاج نبات كبير الحجم ، صغير الطول ، منتج للفيتامينات والبروتينات والدهون والكربوهيدرات ، ويعمل على تثبيت الآزوت من الجو «فهو ليس فى حاجة إلى إضافة أسمدة آزوتية» ومن الممكن جعله منتجاً للعديد من المواد الدوائية .

هذه الصفات المذكورة للتمثيل فقط لكن قد تقل عند إجراء التجارب العملية ، لكن يبقى الأساس العلمى قائماً فى الوصول لهذا المستوى ، ويتم استنساخ الجينات المختارة من الخلايا المحتوية عليها ، وحفظها بعد ذلك فى بنوك الجينات ، أو استخدامها، ولكى يتم إنتاج نباتات ، أو كائنات حية أخرى حيوانية أو نباتية لإنتاج خليط من المواد ، لابد من إيلاج الجينات المختلفة فى الحوامل الوراثية للخلايا المشيجية فى الطور الاستوائى ، حيث يتيح ذلك دخول هذه الجينات فى الموروث الجينى الذى يتم توزيعه على كل خلية ناتجة بعد ذلك عند حدوث الإخصاب ، وتكون الخلية الجينية الأولى .

أما فى حالة التكاثر اللاجنسى فيتم إيلاج هذه الأطقم الوراثية فى الخلايا النشطة انقسامياً ، ليتم توزيعها كموروث جينى لجميع الخلايا بعد ذلك .
أحمد: وقد بدا عليه الملل وهو يقول ... ثم ماذا يا سيدى ؟

تكشف الخلايا ؛

المهندس: يبدو أنك مللت الحديث يا أحمد !

أحمد: لا بل هو حديث ممتع للغاية ، ونحن منصتون تماماً لحديثك يا سيدى ؟

شيماء: وإذن فقد التزمنا بالشرط !

المهندس: وهو سعيد قائلاً ، وأنا سأكمل لكما حديثى يا عزيزى ، فمن الجوانب المهمة فى تطبيقات الاستنساخ تكشف الخلايا .

أحمد: وماذا تعنى يا سيدى بتكشف الخلايا ؟

المهندس: الكشف هو التخصص الذى يطرأ على كل خلية لتؤدى وظائف محددة ، فخلايا كرات الدم الحمراء متخصصة فى حمل الأكسجين ، من خلال مركب الهيموجلوبين والذى يتحول إلى مركب الهيموجلوبين المؤكسج «أكس هيموجلوبين» ، وخلايا كرات الدم البيضاء متخصصة فى التهام الميكروبات الغازية للجسم ، وإبطال سمية ما تفرزه من مواد فى الأنسجة .

تتخصص بعض خلايا القناة الهضمية فى إفراز العديد من الإنزيمات الهاضمة ، ولكل إنزيم مادة محددة يعمل عليها ، وتتخصص بعض الخلايا الأخرى فى امتصاص الغذاء المهضوم ، وتقوم بعض الخلايا بتمثيل هذا الغذاء للاستفادة منه .

تظل بعض الخلايا بدون تخصص مثل الخلايا الإنشائية فى القمة النباتية ، والتي يمكن من خلالها إنتاج نبات كامل .

شيء: وما علاقة المادة الوراثية بهذا الكشف ؟

المهندس: تتحكم المادة الوراثية فى جميع عمليات الكشف والتخصص السابقة ، وقد أجريت العديد من الدراسات بهدف فهم الميكانيكية التى يحدث بها التحكم الوراثى فى عمليات الكشف ، فكما سبق أن ذكرنا أن الفرد يبدأ بخلية جنينية أولية ناتجة عن اتحاد المادة الوراثية الأبوية مع المادة الوراثية الأمية ، أو نتيجة لنقل نواة خلية جسمية إلى خلية بويضة مفرغة النواة ، مما يؤدى إلى تكون الخلية الجنينية ، وذلك لارتداد الطاقم الوراثى للخلية الجسمية إلى الحالة الجنينية . يتميز الطاقم الوراثى للخلية الجنينية بقدرته على تكوين جميع الأعضاء ، فهو يوجه جميع الوظائف ، ومن ثم فالمرونة الجنينية تكون أكبر ما يمكن فى الحالة الجنينية ، ثم تنخفض تدريجياً ، لتصل إلى الحد الحرج عند دخول الخلايا فى مرحلة الشيخوخة .

أحمد: وكيف يمكن التحكم على القدرة التوجيهية للطاقم الوراثى ؟

المهندس: لم يكن التحكم على قدرة الطاقم الوراثى على توجيه جميع الوظائف الحيوية أمراً سهلاً ، بل خضع لدراسات عديدة تم فيها تجزئة الخلية الجنينية الأولية إلى أجزاء عديدة ، وزراعة كل جزء داخل رحم مستقل ، فنما كل جزء ليعطى جنيناً كاملاً ، وعند إجراء نفس التجربة مع تثبيط الطاقم الوراثى ، لم يحدث نمو .

وعند إجراء نفس التجربة من خلال نقل طاقم وراثى لخلية جسمية تم إجبارها على الارتداد وراثيا للحالة الجنينية - كما أوضحنا ذلك سابقا - استعاد الطاقم الوراثى حالة المرونة الوراثية القصوى ، واستطاع أن يعبر عن نفسه ويوجه خلية البويضة منزوعة النواة إلى تكوين الخلية الجنينية الأولى ، ثم تتابع نمو الخلية الجنينية الأولى وتمايزها إلى فرد كامل كما فى «دوللى» .

تنخفض المرونة الوراثية فى الخلية المتخصصة ، وذلك لنشاط الجينات المسؤولة عن توجيه نواحي التخصص فقط فى هذه الخلايا، أما باقى الجينات المكونة للطاقم الوراثى للخلية فتتعرض لحالة كمون وراثى مشفر له سابقا منذ لحظة اتحاد البويضة بالحيوان المنوى ، أو اتحاد حبة اللقاح بالبويضة ، أو وضع نواة خلية جسمية فى الفراغ النووى للبويضة .

شيهاء: وكيف يتم إخراج هذه الجينات من ذلك الكمون يا سيدى ؟

المهندس: لإخراج هذه الجينات من حالة الكمون التى تعرضت لها لابد من إجبار هذه الأنظم كجزيئات حيوية على التفاعل مع البيئة الحيوية الموجودة بها ، وذلك من خلال التفريغ الغذائى للخلية الجسمية ، مما يجعل هذه الجينات تخرج من كمونها لتعبر عن نفسها كوسيلة لحماية الخلية من الفناء ، وقد أمكن استغلال ذلك فى تجارب الاستنساخ الحيوى كما سبق أن ذكرنا .

يمكننا القول بأن الطاقم الوراثى يتحكم فى عمليات الكشف والتخصص من خلال عدة عوامل :

العوامل التى تتحكم فى عمليات الكشف والتخصص :

أحمد: ما هى يا سيدى ؟

المهندس: (أ) الأداء الوظيفى للجين فى الطاقم الوراثى :

يتوقف تأثير الجين فى تخصص الخلايا على الوظيفة التى يشفر لظهورها هذا الجين ، فالجين الذى يشفر لجعل كرات الدم الحمراء حاملة للأكسجين ، يختلف عن الجين الذى يشفر لجعل كرات الدم البيضاء تلتهم الميكروبات التى تغزو جسم الإنسان ، ويعتمد الأداء الوظيفى للجين على نواحي كثيرة نذكر منها .

١ - موضع الجين فى الطاقم الوراثى :

يحدد موقع الجين فى الخريطة الوراثية مدى كفاءة الجين فى أدائه لوظائفه ، وبخاصة فى الصفات التخصصية التى تحتاج لتوجيهها إلى أكثر من جين ، ولابد أن يكون أداء هذه الجينات متكاملا ، ومن ثم فتغير موقع الجين يؤدى إلى منع حدوث هذا التكامل وتعطيل الآلية البيولوجية للتخصص .

٢ - تعبير الجين عن نفسه :

قد يتواجد الجين فى موقعه من الخريطة الوراثية لكن مستوى طاقته لا يسمح له بالتعبير عن نفسه ، أو أن الظروف البيئية المحيطة تحجب هذا التعبير ، ومن ثم يحدث اختلال فى عمليات التخصص التى يوجهها الجين .

٣ - عدد الجينات المسئول عن صفة التخصص :

قد تحتاج صفة التخصص لخلية إلى جين واحد ، وقد تحتاج صفات أخرى إلى أكثر من جين ، حيث يتكامل فعل هذه الجينات للقيام بأداء التخصص المطلوب ، وعند حدوث نقص فى عدد هذه الجينات ، فإن أداء صفة التخصص لن يكتمل .

٤ - نوع الجينات المسئولة عن صفة التخصص :

لكل صفة تخصصية للخلية جين محدد مسئول عنها ، ويتضح ذلك جليا فى الخلايا ثنائية أو عديدة التخصص ونوع الجين لها فى هذه الحالة ، فالتعبير الجينى يختلف من جين لآخر ويتوقف ذلك على نوعية الجين الذى يتوقف على تركيبه .

(ب) التفاعل الجينى فى الطاقم الوراثى :

وجود التوزيع المحدد للجينات داخل الأطقم الوراثية ، لا يعنى الحرية الكاملة لكل جين فى التعبير عن نفسه ، لوجود علاقات حتمية مرتبطة بغيره من الجينات ، وهو ما يسمى بالتفاعل الجينى والتى يمكننا ذكرها فيما يلى :

العلاقة التكاملية : فى هذه العلاقة يدخل كل جين فى تفاعل وراثى مستقل ، ويمثل كل تفاعل وراثى لجين ما جزءاً من التفاعل الوراثى الكلى للجينات الموجود ، فكل تفاعل يكمل التفاعل الآخر لكى تظهر الصفة الوراثية ، وقد يشمل التفاعل الوراثى الكلى أكثر من تفاعل وراثى جزئى - عند غياب أحد التفاعلات الوراثية

الجزئية لغياب الجين الموجه لحدوثه ، لاتكتمل سلسلة التفاعلات الوراثية الكلية ، ومن ثمّ لا تظهر الصفة الوراثية .

- **العلاقة العكسية :** فى هذه العلاقة يدخل كل جين فى تفاعل وراثى ، ويمكنه أن يعبر عن نفسه بكفاءة وراثية عالية ، لكن هذا التعبير الجينى يتعرض للتثبيط عند حدوث تفاعل وراثى آخر مضاد لهذا التفاعل ، ويحدث هذا التفاعل طبقا لتوجيه جين مضاد فى الطاقم الوراثى ، مما يصيب التفاعل الوراثى الكلى بالاختلال ، ويؤدى ذلك إلى عدم ظهور الصفة الوراثية .

- **العلاقة الحديثة :** تختص هذه العلاقة بدراسة أثر بعض الجينات فى تنشيط بعضها بعضا ، لكن لا يحدث تكامل فى التفاعلات الوراثية لكلا الجينين ، لكن الذى يحدث هو حث جينى لتنشيط جين ما ليبدأ فى التعبير عن نفسه ، ومن ثمّ إظهار الصفة الوراثية ، ويفيد ذلك فى إخراج الجينات الكامنة وراثيا من حالة كمونها - وقد تم تصنيع العديد من المحثات الجينية بتقنية الاستنساخ الجينى ، مع تصنيف هذه المحثات طبقا للجينات المسؤولة عن نشاطها ، وهناك آمال كثيرة معقودة على استخدام المحثات الجينية للتغلب على العديد من الأمراض الوراثية الناتجة عن اختلالات وراثية .

- المحثات اللانوية :

أحمد : لكن ماذا عن المحثات اللانوية يا سيدى ؟

المهندس : تتواجد المادة الوراثية للخلية فى النواة ، ويتمثل ذلك فى شريط الدنا الوراثى «D. N. A» ومع تقدم الدراسات اتضح وجود المادة الوراثية خارج النطاق النووى ، حيث توجد المادة الوراثية فى بعض عضيات السيتوبلازم كالميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء ، وتختلف الأطقم الوراثية لهذه العضيات قليلا من الطاقم الوراثى داخل النطاق النووى ، وهذا يوجد فروقا فى التوزيعات الوراثية .

ومن خلال الدراسات التى أجريت لفهم الوراثة النووية والوراثة اللانوية ، والعلاقة بينها اتضح وجود محثات فى السيتوبلازم تؤثر فى تعبير الأطقم الوراثية داخل النواة ومن ثمّ فالصفات الوراثية التى يحكمها عوامل وراثية داخل النواة لا تظهر ما لم تتوافر المحثات السيتوبلازمية التى توفر للأطقم الوراثية التعبير عنها .

شيماء: وما هى أهمية التحكم الوراثى لعمليات التخصص فى حياة الكائن الحى ؟

المهندس: يحدث التخصص نتيجة لتشفير وراثى سابق لشكل جين فى الطاقم الوراثى ، وهذا يوفر آلية بيولوجية تمكن الكائن الحى من وجود إمكانيات للتغلب على الظروف البيئية السيئة وقد شملت الدراسات التى اهتمت بهذا المجال نماذج محددة.

أحمد: ما هى هذه النماذج يا سيدى ؟

المهندس: النباتات النامية فى درجات ملوحة عالية :

تؤدى درجات الملوحة الزائدة إلى زيادة الضغط الأسموزى خارج الخلية النباتية على الضغط داخلها ، ومن ثم فقد الماء باستمرار من داخل الخلية إلى خارجها ، مما يؤدى إلى إصابة النبات بالجفاف ، وموته .

شيماء: ألا توجد نباتات تشد عن تلك القاعدة ؟

المهندس: بالدراسة وجدت نباتات عديدة تشد عن هذه القاعدة ، فبعض النباتات وجد أنها تنمو فى بيئات ذات درجات ملوحة عالية جداً ، وقد مثلت حالات الشذوذ تلك موضع اهتمام العديد من المراكز البحثية العالمية ، وقد استطاع العلماء إثبات وجود جينات معينة فى تلك الأنواع التى تتحمل درجات الملوحة العالية توجه هذه النباتات التى تتحمل الملوحة الزائدة ، وإعادة الإتران الأسموزى للنبات ، وذلك من خلال توجيهه عديد من التفاعلات الوراثية التى تكون مواد معينة تعيد الإتران الأسموزى ، وذلك من خلال وضع الضغط الأسموزى داخل الخلية .

شيماء: وهل تمكن العلماء من التعرف على هذه الجينات ؟

المهندس: قد تم كشف جميع هذه الجينات ودراسة تتابعاتها من النيوتيدات، واستنساخ هذه النيوتيدات وحفظها فى بنوك الجينات، ومحاولة إيلاج هذه الجينات فى الأطقم الوراثية للنباتات العادية ، لتوفير المرونة الوراثية الكافية لحياة تلك النباتات فى بيئات ذات ملوحة عالية ، ولاسيما النباتات ذات الأهمية الاقتصادية ، والتى يستفيد منها الإنسان فى حياته .

٢- النباتات التى تتحمل الجفاف :

يمثل الماء أكثر من ٩٠٪ من الوزن الرطب للخلية الحية وهو أساسى فى حدوث

جميع التفاعلات الحيوية داخل الخلية ، ومن ثمّ فغياب أو نقص الماء يعطل من حدوث هذه التفاعلات الحيوية داخل الخلية ، ومن ثمّ فإنخفاض حجم الماء عن مقدار معين يؤدي إلى تثبيط كافة العمليات الحيوية ، ومن ثمّ إلى موت النبات، أو الكائن الحي عامة .

ورغم أن حياة الكائن الحي تستحيل في غياب الماء ، فإن بعض الكائنات الحية تستطيع الحياة عند حدوث نقص كبير في حجم الماء ، وذلك من خلال العديد من التحورات .

أحمد : مثل ماذا يا سيدى ؟

المهندس : تخزين الماء في بعض أجزاء الجسم كالغدد المائية والنموات العسارية .

تقليل فقد الماء من خلال حماية خارجية كترسيب مادة اللجنين في جدر الخلايا النباتية ، وتقليل عدد الثغور بالأوراق ، وإحاطة الموجود من هذه الثغور بالشعيرات المظلمة لها ، والتي تقلل من مقدار الطاقة الضوئية الواصلة إلى الثغور .

زيادة كفاءة الامتصاص للشعيرات الجذرية في النبات بالامتداد العميق المنتشر ، وزيادة عدد خلايا الامتصاص ، وتصل كفاءة النقل في الأوعية الناقلة كأقصى ما يمكن ، وهذا يوفر آلية عالية لوصول الماء إلى أعضاء التخزين .

امتصاص الماء البخارى من الهواء وذلك من خلال امتداد شعيرات ماصة من الورقة أو الساق ، وتعمل على امتصاص ما يحيط بها من بخار ماء ونقل هذا البخار في صورة سائلة بعد ذلك إلى أماكن التخزين بالنبات .

لقد كان العلماء قبل تقدم تقنية الجينات والتحكم الوراثي في الأداء الفسيولوجي يعتقدون أن قدرة كائن حي ما على الحياة في ظل الظروف الجافة يتوقف على مجموعة من التحورات التركيبية والوظيفية ، لكنهم كانوا يجهلون السبب الرئيسى الكامن وراء توجيه هذا التحور .

ومع تقدم هندسة الجينات استطعنا الإجابة عن السؤال الملح ..

شيماء : ما هو ؟

المهندس : ما الشيء الكامن وراء الأداء الفسيولوجي المنضبط في الكائن الحي ؟

لقد وجدنا أن المتحكم الوراثي في توجيه تلك العمليات الوظيفية هي الجينات من خلال المعلومات الوراثية الموجودة بها ، والتي تترجم في صورة سلوك للكائن الحي .

بل واستطعنا الوقوف على العديد من هذه الجينات ، ومنها الجينات الموجهة للأنسجة والخلايا للدخول في آليات تحورية لحماية نفسها من عوامل الجفاف ، ولا تتساوى هذه الجينات في درجة التعبير عن نفسها في كل الكائنات الحية ، وذلك للعلاقة الوثيقة بين هذه الجينات ، وغيرها من الجينات في الطاقم الوراثي ، وهذا يضعنا أمام استفسارات عديدة ، ثم يبتسم موجهها حديثه لأحمد قائلا : حتما ستسأل كالعادة : وما هي تلك الاستفسارات ، وحتى أوفر لك قليلا من الوقت سأذكرها لك قبل أن تسأل عنها ، ويضحك الثلاثة ، ويكمل المهندس حديثه عن تلك الاستفسارات قائلا :

هل سيعاون الطاقم الوراثي جينات الحالات الحرجة في التعبير عن نفسها ؟

هل مستوى طاقم هذه الجينات يتمكنها من أداء وظائفها كما هو متوقع ؟

هل تتواجد جينات الحالات الحرجة في كل الكائنات الحية ، لكن مدى تعبيرها

الجيني مختلف ؟ أم أنها تتواجد في كائنات ، ولا تتواجد في كائنات أخرى ؟

٣- الكائنات الحية المقاومة للإشعاع :

يمتلئ الكون بالعديد من الأشعة الصاعدة عن تأين الجسيمات الذرية ، وتختلف الموجات الإشعاعية الصادرة في أطوالها الموجية ، والذي يحكم كمية الطاقة الناتجة عنها ، وقد وجد من دراسات الموجات الإشعاعية الصادرة في أطوالها الموجية ، والذي يحكم كمية الطاقة الناتجة عنها ، وقد وجد من دراسات الموجات أن كمية الطاقة المحمولة في الموجة تتناسب عكسيا مع طول الموجة ، ويمكننا التعبير رياضيا عن هذه العلاقة : $E \propto \frac{1}{\lambda}$ حيث نرسم لكمية الطاقة الناتجة بـ (ك ط) والطول الموجي بالرمز «ل» .

وقد اهتمت الدراسات بإيجاد معامل الطاقة للموجة الصادرة وكيفية التحكم فيه ، واستخدامه في تقنيات مختلفة . إن معظم الموجات المنتشرة في الكون ذات تأثير متلف ومضر بالخلايا الحية ، والبعض منها يصيب الطاقم الوراثي بالاختلال في تعبير

الجينات التي يحتويها عن نفسها ، ومن ثم إصابة العديد من الخلايا بالسرطنة .

شيماء: وما هو مدى تأثير الأشعة على الطاقم الوراثى يا سيدى ؟

المهندس: تختلف الأشعة فى تأثيرها على الطاقم الوراثى ، وتندرج درجة التأثير تلك من إحداث اختلال فى تعبير الطاقم الوراثى عن نفسه، إلى إتلاف بعض التتابعات الفيوتيدية بالدنا الوراثى ، وإحداث طفرات متعددة بخلايا الكائن الحى .

أحمد: نود أمثلة على هذا التأثير يا سيدى ؟

المهندس :

١- **حدوث تغير فى التتابعات النامية :** يتميز شريط الدنا الوراثى بتتابعات آزوتية، تحدد الأحماض الأمينية التى سيتم تكوينها ، وتحت ظروف الإشعاع يحدث تغيير فى هذه التتابعات مما يغير من البناء البروتينى المتوقع .

٢- **حدوث اختلال فى الترابط الدناوى :** يترابط شريطا الدنا الوراثى المفردان ليكونا الشريط المزدوج من خلال وجود الروابط الهيدروجينية التى تربط بين القواعد الآزوتية، والتى يختلف نوعها طبقا لزوج القواعد المترابط ، ويوجد نوعان من الترابط بين القواعد الآزوتية .

أحمد: ما هما يا سيدى ؟

المهندس: روابط هيدروجينية ثنائية بين القاعدة الآزوتية الأدينين والقاعدة الآزوتية الثايمين ، والتى يمكن التعبير عنها بـ $A = T$ حيث تشير (A) إلى الأدينين و (T) إلى الثايمين ، والخط المتقطع إلى الرابطة الهيدروجينية .

روابط هيدروجينية ثلاثية بين القاعدة الآزوتية «الجوانين والقاعدة الآزوتية «السيروزين» والتى يمكن التعبير عنها بـ



حيث تشير (C) إلى السيروزين وتشير (G) إلى الجوانين والخط المتقطع إلى الرابطة الهيدروجينية ، يمثل هذا الترابط الحالة الطبيعية للدنا الوراثى ، بينما عند تعرض الدنا

الوراثي للتأثير بواسطة الإشعاع ، فإنه يحدث تغيير في نوعية هذا الترابط ، ففي الحالة العادية يرتبط الأدينين مع الثايمين ، والجوانين مع السيتوزين ، ولا يمكن أن يرتبط الأدينين مع السيتوزين أو الأدينين مع الجوانين ، أو الثايمين مع السيتوزين أو الثايمين مع الجوانين ، لكن في ظل ظروف الإشعاع يحدث هذا النوع من الترابط اللاتكاملي بين القواعد الآزوتية ، والذي يمكن التعبير عنه بصور عديدة منها :

شيماء : مثل ماذا ؟

المهندس : اتحاد قاعدتين آزوتيتين لمجموعة البيرورين فتتحد القاعدة الآزوتية الأدينين (A) مع القاعدة الآزوتية الجوانين (G) ويمكننا التعبير عن هذا الترابط كما يلي :



الاتحاد قاعدتين آزوتيتين لمجموعة البيريميدين حيث يتحد السيتوزين (c) مع الثايمين (T) ويمكننا التعبير عن هذا الترابط كما يلي :



٣- تغيير موقع الجين في الطاقم الوراثي :

قد يؤثر الإشعاع في توزيع الجينات في مواقعها المختلفة من الطاقم الوراثي ، وذلك يحدث تحت مستويات إشعاعية معينة تؤدي إلى توتر الجين في الطاقم الوراثي ، وحته على تغيير موقعه ؟ مما يؤدي إلى عدم قدرته على التعبير عن ذاته في الموقع الوراثي الجديد ، أو حدوث اختلال في هذا التعبير ، لعدم التكامل بينه وبين الجينات الأخرى في الموقع الجديد في سلسلة التفاعلات الوراثية المؤدية لإظهار الصفات الوراثية .

٤- تعرض بعض الجينات للكمون الوراثي :

يؤدي التعرض لجرعات إشعاعية عالية إلى تدمير بعض المحتوى الجيني للطاقم الوراثي للكائن الحي ، وقد تكون الجينات التي تم تدميرها لها تأثير كبير في تنشيط جينات أخرى في الطاقم الوراثي «منشطات جينية» ومن ثم يكون التأثير مضاعفاً ، فهو يدمر جينات من الطاقم الوراثي ، ويسبب كمون جينات أخرى لعدم وجود المنشطات الجينية الضرورية لتعبيرها عن نفسها .

أحمد: وما هي نتائج هذه التأثيرات ؟

المهندس: تؤدي التأثيرات السابقة نتيجة لتعرض الكائن الحي للجرعات الإشعاعية ، إلى تغير في الصفات الوراثية المتوقعة ، وزيادة معدل حدوث الطفرات ، ولا يمكن للكائن الحي في الحالة العادية أن يقاوم التأثير الناتج عن الإشعاع ، إلا أن الدراسات الوراثية لتأثير الإشعاع قد أظهرت وجود كائنات حية تمتلك القدرة على وقاية نفسها من خطر الإشعاع ، مهما بلغت كمية الجرعة الإشعاعية المتعرجة لها .

شيماء: وما نتيجة ذلك يا سيدى ؟

المهندس: كنتيجة لتلك القدرات غير العادية لهذه الكائنات الحية ، فهي تستطيع الحياة داخل بيئات مشعة متعددة الإشعاع ، ومن هذه الكائنات الحية المقاومة لتأثير الإشعاع أنواع عديدة من الكائنات الدقيقة التي تم التعرف عليها في مقابر المصريين القدماء ، وفي داخل المومياوات حيث يعطى عداد جيجر قراءات عالية للجرعات الإشعاعية ، كما اكتشفت كائنات حية أخرى مقاومة للإشعاع في أماكن مختلفة من العالم .

أحمد: من المؤكد أن هذه الكائنات الحية قد وجدت اهتماما من العلماء ؟

المهندس: اهتم العلماء بتحليل الأطقم الوراثية لهذه الكائنات الحية وخرطنة «رسم خريطة كاملة» لجميع جيناتها ، ومعرفة مختلف العلاقات الموجودة بين الجينات والتي تشمل «التكامل الجيني والتنشيط الجيني ، التثبيط الجيني والحث الجيني ... إلخ» وقد تم التركيز في هذه الدراسات على التوجيه الوراثي لآليات الإصلاح المتواجدة لهذا الطاقم الوراثي ، ومن ثم حساب معامل المرونة الوراثية لهذه الكائنات الحية ، وقد استنتج الباحثون من تجاربهم تلك : أن هذه الكائنات الحية تتميز بطاقم وراثي ذي كفاءة إصلاحية فائقة التصور ، حيث يمكنه ذلك من الإصلاح اللحظي للخطأ الذي يحدث في الطاقم الوراثي ، ويتم تلك السرعة الفائقة من الإصلاح الوراثي نتيجة لوجود جينات وظيفتها فقط الوقاية الوراثية ، حيث تمثل هذه الجينات واجهة التعرض الأول للإشعاع ، ومن ثم إرسال الرسائل الوراثية لجينات أخرى لإفراز مواد ذات كثافة وتركيب غير طبيعي يعمل كمصدات إشعاعية تحول دون تأثير الإشعاع على الطاقم الوراثي الموجود ، ويعمل أكثر من فريق بحثي في ألمانيا في

الوقت الحاضر على دراسة استنساخ الأطقم الوراثية المضادة للإشعاع ، وحفظها فى بنوك جينات خاصة بها كأصول وراثية عالية القيمة ، ومحاولة إيلاجها فى كائنات حية أخرى ، وتنمية هذه الكائنات فى بيئات مرتفعة الجرعة الإشعاعية، ودراسة ما يطرأ على تعبير الأطقم الوراثية من تغير ومقارنة نتائج تلك الدراسات بالقدرة الجينية الوظيفية للجينات الطبيعية .

شيماء : وما علاقة الاستنساخ بذلك ؟

المهندس : لقد وفرت تقنيات الاستنساخ الحيوى العديد من التقنيات التى يمكن من خلالها الوصول إلى نتائج تطبيقية من خلال الاستفادة من هذه القدرات الوراثية كما يلى :

أحمد : مثل ماذا يا سيدى ؟

المهندس : الاستنساخ الجينى للجينات ذات القدرات الوراثية الفائقة :

تمثل الجينات التى تؤدى وظائف غير عادية للخلية قيمة اقتصادية فائقة ، كالجينات التى تتيح للعديد من الكائنات الحية الحياة فى بيئات ذات درجات ملوحة عالية ، أو ذات محتوى مائى قليل جداً ، أو ذات كمية إشعاعية فائقة ، حيث صناعة ملايين النسخ من هذه الجينات ، وحفظها فى بنوك الجينات لحين استخدامها فى العديد من التجارب بعد ذلك ، ويتم توظيف هذه الجينات فى المجالات التطبيقية بإحدى وسيلتين :

١ - إيلاج الجينات المستنسخة داخل الأطقم الوراثية للكائنات الحية ، ويتم فى هذه التقنية إدخال الجينات ذات القدرات الوراثية المختارة من خلال الجراحات الوراثية للخلايا المولدة للنتاج الخلوى النهائى ، ومن ثم تتيح لهذه الخلايا اكتساب الصفات الأصلية للخلايا المستنسخ منها الجينات ذات القدرات غير العادية ، وتخضع الخلايا المختارة لإجراء تجارب الإيلاج الوراثى ، إلى متابعة كاملة ومستمرة لتعبير الجينات المولجة فى الأطقم الوراثية ، وتتم هذه المتابعة من خلال استخدام الأجهزة الالكترولوجينية فائقة المستوى .

٢ - إيلاج جينات مستنسخة تنظيمية وليست وظيفية ، يتواجد بالمحتوى الجينى

آلاف الجينات ، ولكل جين دوره الذى يؤديه بالضبط ، ولا يمكنه الخروج عن هذا الدور ، فبعض الجينات توجه لتكوين مواد معينة داخل الخلية وتعرف بالجينات التركيبية ، وبعض الجينات توجه هذه المواد لأداء وظائفها الخاصة بها وتعرف بالجينات الوظيفية ، وبعض الجينات تنظم عمل الجينات التركيبية والوظيفية ، وتعرف «بالجينات المنظمة» ، ولولا وجود هذه الجينات لأصيب المحتوى الوراثى للكائن الحى .

وبعض هذه الجينات المنظمة يقوم بتنشيط عمل جينات أخرى ، والبعض يثبط عمل جينات محدودة ، وأخرى تعمل كجينات مانعة تعمل على إعدام التعبير الجينى ، وكل ذلك يحدث فى إطار منظومة وراثية دقيقة قل أن يحدث بها خطأ ، وإن حدث فسرعان ما يتم إصلاحه من خلال جهاز إنزيمى معقد يعرف « بجهاز الإصلاح والصيانة الوراثية » .

أحمد : وهل كان هذا موضع اهتمام للعلماء يا سيدى ؟

المهندس : نعم لذا كان اتجاه العلماء مكثفاً لدراسة الجينات المنظمة ، ومحاولة فهم كيفية أدائها لدورها داخل الجينوم ، وعمل محاكاة جينية لعملها ، من خلال استنساخ هذه الجينات ، وإيلاجها داخل محتوى جينى لكائن حى يعانى من نقص التعبير الجينى لهذه الجينات ، وتظهر أهمية ذلك فى إمكانية استخدام هذه التقنية فى تعجيل تعبير الجينات عن نفسها ، حيث يمكن من خلال التحكم فى المعدل الزمنى لتعبير الجينات عن نفسها التعجيل ببداية دورة الكشف للخلية ، وقد تم اقتراح طرق عديدة للوصول إلى ذلك الهدف منها :

- إدخال منشطات جينية :

لكل جين مستوى طاقة محدد يسمح له بالتعبير عن نفسه ، إذا انخفض هذا المستوى من الطاقة عن مستوى معين فإن الجينات لا تستطيع التعبير عن نفسها ، ويسمى هذا الحد من الطاقة الذى يتوقف عنده التعبير الجينى بالحد الحرج من الطاقة . برفع مستوى الطاقة اللازم للتعبير الجينى ، يمكن استحثاث الجينات لتعبر عن نفسها فى فترة زمنية أقل من الفترة العادية للتعبير ، ولكل جينات منشطة فترة حث جينى محددة بالعديد من الدراسات والتجارب المعملية .

- إدخال جينات تثبيط للجينات المضادة للتكشف :

قد تكون الجينات المسؤولة عن توجيه أحداث عملية الكشف موجودة ، لكنها غير قادرة على التعبير عن نفسها لوجود جينات مضادة تعمل على تثبيط الجينات المسؤولة عن الكشف في الطاقم الوراثي .

شيماء : وكيف يمكن علاج هذه الحالة ؟

المهندس : يمكن علاج هذه الحالة من خلال إدخال جينات تعمل على تثبيط الجينات المضادة لجينات الكشف ، ولابد أن يجرى العديد من التحليلات الوراثية الخاصة بمدى تأثير الطاقم على تثبيط الجينات المضادة لجينات الكشف ، ولابد أن يجرى العديد من التحليلات الوراثية الخاصة بمدى تأثير الطاقم الوراثي كلية بالجينات المضافة إليه مع إجراء عمليات متابعة مستمرة للأداء الوظيفي للجينات المضافة ، وذلك منعاً من احتمالات تأثير سلبي في الأداء الوظيفي للطاقم الوراثي ، كإحداث خلل في تركيب أو وظيفة جينات قائمة ، أو تثبيط جينات وراثية كامنة غير مرغوب فيها ..

