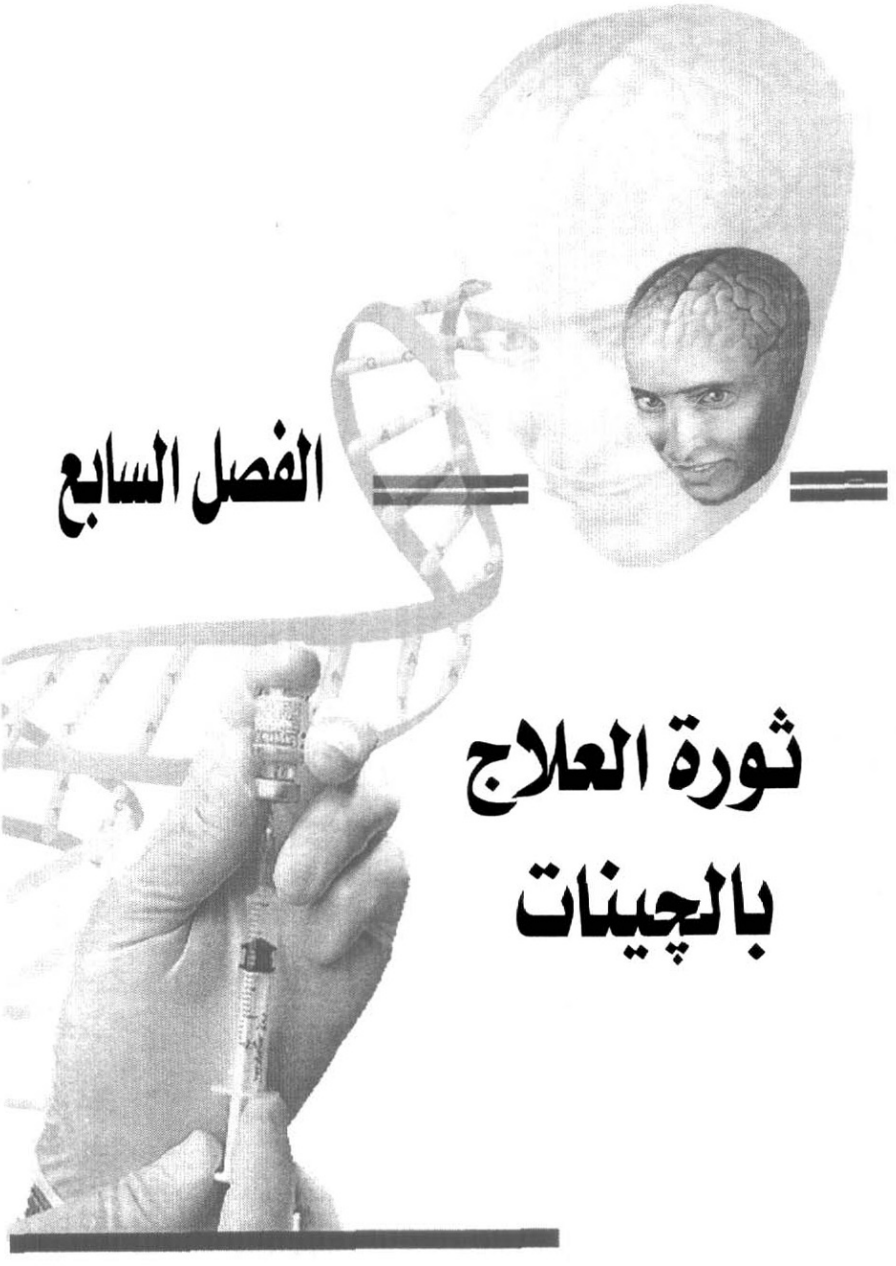

الفصل السابع

ثورة العلاج بالجينات

شيماء : ثم ماذا يا سيدى ؟

المهندس : سنعرض الآن لأهم هذه التطبيقات ، والتى تخص صحتنا ، إنها ثورة العلاج بالچينات ، ثم يستكمل المهندس حديثه قائلاً : بعد تخصص الخلايا المختلفة لجسم الكائن الحى ، قد تصاب هذه الخلايا بالعديد من الأمراض التى تعطلها عن أداء وظائفها التخصصية وتقسم حالات العطب الخلوى طبقاً للمسبب للعطب إلى :

(أ) عطب خلوي ميكروبي :

يسبب هذا العطب مهاجمة ميكروبات معينة للخلايا ، حيث تفرز هذه الميكروبات العديد من السموم التى تؤثر على العمليات الحيوية داخل الخلية ، وقد تؤدى تلك السموم إلى قتل البروتوبلازم بالخلية ، مما يؤدى إلى موتها .

تقى الخلية نفسها من مهاجمة العديد من الميكروبات من خلال جهاز مناعى بها مسئول عن إفراز العديد من المواد والسوائل التى تقتل أو تقلل من تأثير المواد السامة التى يفرزها الميكروب وتختلف هذه المواد من كائن حى لكائن آخر ، كما تختلف تركيزاتها وفاعليتها فى المراحل المختلفة من عمر الكائن الحى ، ويتحكم فى توجيه تكوين هذه المواد المناعية بالخلية ووصولها إلى الأماكن المتواجد بها الميكروبات ، كما تحدد المادة الوراثية الطريقة التى تتعامل بها المادة المناعية مع الميكروب .

الجهاز المناعى للإنسان

يتمثل الجهاز المناعى بالإنسان بالعديد من المكونات المناعية ، والتى تعمل على تقليل التأثير الميكروبى على الخلية الحية .

أحمد : وما هى تلك المكونات يا سيدى ؟

المهندس : الخلايا الليمفاوية :

تعمل الخلايا الليمفاوية على إفراز العديد من الإنزيمات لقتل الميكروبات التى تدخل الجسم ، من خلال حدوث ارتباط كيميائى بين المواد المفرزة من الخلايا الليمفاوية ، والميكروبات . ويلزم لحدوث هذا الارتباط تعرف الخلايا الليمفاوية على

الشكل الخارجى للميكروب ، ويتم ذلك بناء على رسائل بين خلوية يتم إرسالها من مستقبلات موجودة داخل المسار الدموى تفيد باختراق ميكروب ما لداخل الجسم ، وتشتمل هذه الرسالة على:

- اسم الميكروب .
- شكل الميكروب .
- مكان تواجد الميكروب .
- كثافة الميكروب « العدد المتواجد به الميكروب »
- تأثير الميكروب ، هل هو ميكروب قاتل أم قليل الضرر ؟

شيماء: وما الذى يتحكم فى إرسال هذه الرسائل ؟

المهندس: يتحكم فى كيفية إرسال هذه الرسائل بين الخلوية «التى تنتقل من خلية إلى خلية أخرى » المادة الوراثية ، والتى تجعل من المستقبلات الخلوية هيئة تفتيش عالية الدقة ، فلا يمكن لأى مادة دخول الخلية دون معرفة هوية هذه المادة ، وسبب دخولها إلى الخلية وتأثيرها المتوقعة داخل الخلية .

أحمد: وماذا يحدث عند وصول هذه الرسائل إلى الخلايا ؟

المهندس : عند وصول الرسائل بين الخلوية من المستقبلات إلى الخلايا الليمفاوية ، تبدأ على الفور فى إفراز المواد الموجهة إلى مكان الإصابة الخلوية ، وتدخل خلايا منطقة الإصابة فى حالة تعبئة كاملة لاحتواء الموقف الخلوى غير الطبيعى ، وتنشط الرسائل المنقولة من مكان الإصابة إلى الخلايا الليمفاوية والجهاز المناعى بالجسم ، وتبلغ ذروتها للقضاء على الميكروب الذى يمثل دخيلاً على الوسط الخلوى .

لقد كان الاعتقاد السائد لدى العلماء فى أن المواد التى تفرزها الخلايا اللمفاوية ، ترتبط مباشرة بالميكروب وتحاول القضاء عليه ، لكن التجارب والدراسات العديدة التى أجريت لفهم ميكانيكية سيطرة الإفرازات اللمفاوية على الميكروبات أثبتت أن عملية التدمير الميكروبى تتم فى خطوات محددة :

شيماء: ما هى ؟

المهندس : هذه الخطوات مرتبة كما يلى :

– وصول الإفرازات اللمفاوية إلى مكان الإصابة .

– حدوث ارتباط جزئى من خلال كمية قليلة من الإفرازات اللمفاوية بهدف تحديد الإمكانات الوظيفية للميكروب ، لأن الميكروب لن يستسلم مباشرة للإفرازات اللمفاوية ، بل سيقاوم وسيحاول السيطرة على هذه الإفرازات .

– المهاجمة الكلية من الإفرازات اللمفاوية للميكروب وتكون هذه المهاجمة متخصصة تماماً ، فالبعض يعمل على مهاجمة الخلايا الميكروبية نفسها ، والبعض الآخر يعمل على الارتباط بالسموم الفتاكة التى تفرزها الميكروبات ، حيث تعمل على إبطال مفعول هذه السموم .

رغم الدقة العالية التى نلحظها فى عملية الاحتواء والتدمير الميكروبى من الخلايا اللمفاوية ، فإن بعض الميكروبات تنجح فى السيطرة على الخلايا اللمفاوية والإفلات من آلية التدمير البيولوچى التى تمتلكها ، ومن هذه الميكروبات فيروس الإيدز ، والذى يمتلك القدرة الوظيفية – المحددة فى الطاقم الوراثى له – على التحول المظهرى حيث يمر الڤيروس من خلال المستقبلات الخلوية للعائل ، والتى تبعث الرسائل السابقة للخلايا اللمفاوية ، والتى يتم بناء عليها تحديد خطة الاحتواء اللمفاوى للميكروب .

أحمد : لكن كيف لا تستطيع الإفرازات المناعية التعرف على الميكروب ؟

المهندس : بعد مرور الفيروس من المستقبلات يغير من شكله الخارجى ، ومن ثم لا تستطيع الإفرازات اللمفاوية التعرف عليه ، وتتاح الفرصة كاملة أمام الفيروس للسيطرة على الإفرازات اللمفاوية ، بل والوصول إلى الخلايا اللمفاوية ذاتها ، ومحاولة تدميرها ، ومن ثم يتحول الجسم إلى فريسة سهلة تماماً للعديد من الميكروبات المرضية ، وذلك لتدمير الجهاز المناعى .

٢– كرات الدم البيضاء :

تتخصص كرات الدم البيضاء فى التهام العديد من الميكروبات بمجرد دخولها إلى المسار الدموى ، حتى لا تصل إلى أهدافها فى خلايا الجسم وتحدث تلفاً بتلك الخلايا .

تتميز كرات الدم البيضاء بالقدرة على الاحاطة بالميكروب من خلال الخاصية الأميبية ، حيث تمتلك كرات الدم البيضاء إمكانية تغيير شكلها الخارجى لتتحول إلى قوس خلوى يلتف حول الميكروب ، الذى تنعدم أمامه فرصة الهرب بمجرد الدخول .

عند دخول الميكروب داخل القوس الخلوى الذى صنعته كرة الدم البيضاء تبدأ كرة الدم البيضاء فى إفراز المواد المحللة للميكروبات .

شيماء : لكن كيف يتم توجيه عملية الاحتواء تلك ؟

المهندس : يتم توجيه عملية تكوين القوس الخلوى وإفراز المواد المحللة للميكروب بناء على تعليمات وراثية محمولة فى الطاقم الوراثى لكرة الدم البيضاء ، ومن ثم تتأثر كل العمليات السابقة عند إصابة الجهاز الوراثى لكرة الدم البيضاء ببطء وراثى ، ولابد فى هذه الحالة من التدخل لإزالة هذا العطب حيث تستعيد كرة الدم البيضاء الكفاءة الوظيفية لها .

٣- السوائل العرقية :

يفرز العرق من خلايا خاصة منقسمة فى نسيج ضام فى طبقة الأدمة من الجلد ، وتمتد هذه الخلايا فى طبقة البشرة مكونة فى النهاية ثقباً تخرج من خلاله السوائل المتكونة فى الخلية العرقية ، وتفرز هذه الخلية العرق ، وهو مادة سائلة تتكون من العديد من المواد المؤثرة على العديد من الميكروبات ، وتؤثر المواد العرقية فى درجة الأس الهيدروچينى « المحدد لنوعية الوسط الذى يمكن أن يعيش فيه الكائن الحى حمضى أم قلوى أم متعادل » فالميكروب يعيش فى وسطه له أس هيدروچينى محدد ، ولا يمكنه الحياة عند التغيير الشديد فى درجة الأس الهيدروچينى ، ومن ثم يكون التأثير للسائل العرقى قاتلاً للعديد من الميكروبات ، وهو يمثل وسيلة الدفاع الخارجى ضد الميكروبات الغازية للجسم .

تؤدى المكونات المناعية السابقة عملها بدقة كاملة تحت إشراف ومتابعة وتوجيه دقيق من الطاقم الوراثى من خلال چينات متخصصة لتكوين هذه المكونات وتوجيهها وظيفياً ، وتعرف هذه الچينات « بالچينات المناعية » ولابد أن تكون هذه الچينات سليمة غير مصابة بعطب وتستطيع أن تعبر عن نفسها حتى يتم أداء هذه الوظائف بدقة كاملة ، وإذا حدث أى عطب فى الچينات المناعية فإن ذلك سيؤثر على أداء

الجهاز المناعى لوظائفه ، وقد تم خرطنة جميع الچينات المناعية لجسم الإنسان فى مشروع الجينوم البشرى وهو المشروع الذى يهدف إلى خرطنة جميع الجينات البشرية، ومن ثم تتاح لنا الفرصة لأن نضع أيدينا على ما نريده من چينات.

أحمد : لكن هل يتعرض الميكروب للمهاجمة من ميكروبات أخرى ؟

المهندس : رغم أن الميكروب يهاجم العديد من الخلايا الحية للعديد من العوائل ، إلا أنه هو نفسه عرضة لغزو ميكروبات أخرى ، ومن ثمّ لابد من وجود مكونات مناعية داخل خلاياه تمكنه من مقاومة الكائنات الحية التى تغزو جسمه ، ومحاولة السيطرة عليها ، ومن ثمّ يمكننا السؤال بأن جميع الكائنات الحية تمثل دائرة من التفاعل المستمر قد يكون فيها الكائن الحى فريسة ، وقد يكون هو المفترس ، وقد يتحول نفس الكائن الحى من مفترس إلى فريسة .

تتدرج الكائنات الحية المختلفة فى قدراتها المناعية التى تميزها فى دائرة التفاعل الحياتى المستمر ، فبعض الكائنات الحية لديها قدرات مناعية فائقة تمكنها من السيطرة على معظم الميكروبات التى تغزو جسمها ، وتدميرها تمامًا ، ويجرى الآن رصد وكشف الجينات المناعية المتحكمة فى البناء التركيبى و الأداء الوظيفى للمواد المناعية، ثم استنساخ هذه الجينات وحفظها فى بنوك الجينات لاستخدامها فى زيادة كفاءة الأجهزة المناعية لكائنات حية أخرى ، ولا سيما الإنسان ، مما سيحقق آمالا كبيرة فى التخلص من العديد من الأمراض التى تصيب جسم الإنسان والحيوان والنبات .

شيماء : لكن كيف سيتم ذلك ؟

المهندس : إن ثمة مشروعاً وراثيا كبيراً تشترك فيه أكثر من دولة من خلال توزيع العمل على عشرات المراكز البحثية فى تلك الدول ، بهدف دراسة إدخال جينات مستنسخة من بعض أنواع البكتريا ذات القدرة على تحليل الملوثات الجوية ، وتحويلها إلى مواد مفيدة إلى داخل الطاقم الوراثى للإنسان ، وإذا قدر لهذه التجارب النجاح فسيكون ذلك حلاً جذريا لمشكلات التلوث ، فلن نكون فى حاجة إلى البحث عن وسائل لإزالة التلوث لأننا سنصبح نحن ومختلف الكائنات الحية مبرمجين وراثيا للاستفادة من هذه الملوثات ، ومن ثم ستتحول الآلية البيولوجية الموجودة داخل جسم الكائن الحى ، والموجهة للتعامل المضاد مع سائر الملوثات البيئية المختلفة ، إلى آلية بيولوجية

للتعامل المتعاون وليس المضاد مع الملوثات ، التى ستمثل حينئذ مدخلات جيدة لداخل الجسم، ومرغوب فيها ، ومادة خام لتكوين العديد من المواد المفيدة للخلية.

(ب) عطب خلوى ذاتى :

فى هذا النوع من العطب الخلوى ، لا يدخل أى ميكروب إلى داخل الجسم ، بل ينشأ هذا العطب نتيجة لأسباب داخلية فى الخلية .

أحمد : وما هذه الأسباب يا سيدى ؟

المهندس : يمكننا ذكر هذه الأسباب فيما يلى :

١ – تتراكم العديد من المواد التالفة فى الخلايا :

تمثل عمليات التمثيل الغذائى محور الأداء الوظيفى الخلوى وتشمل عمليات التمثيل الغذائى عمليتين أساسيتين هما : عملية البناء التى تهدف إلى بناء العديد من المواد الحيوية الضرورية لحياة الخلية ، وعملية الهدم التى تهدف إلى هدم المواد المتكونة فى عملية البناء للحصول على الطاقة اللازمة لإتمام العمليات الحيوية التى تحدث داخل الخلية .

شيماء : لكن كيف تسير هذه العمليات داخل الخلية ؟

المهندس : تسير عملية بناء وهدم المواد داخل الخلية الحية بناء على المعلومات الوراثية الموجودة بالطاقم الوراثى ، فالنباتات يوجد بطاقمها الوراثى جينات تشفر لتفاعل حيوى هام «التمثيل الضوئى» والذى تستطيع من خلاله خلايا النبات بناء غذائها بنفسها ، ويتم هذا البناء فى خلايا البلاستيدات الخضراء ، والتى تحتوى على مادة اليخضور «الكلورفيل» «أيون اليخضور» وتفقد الكترونا غنيا بالطاقة ، والتى يتم التقاطها من خلال مستقبلات خلوية عديدة موجودة بالبلاستيدة الخضراء .

أحمد : وهل يمكن لبعض الكائنات الحية القيام بالتمثيل الضوئى من خلال مسارات أخرى ؟

المهندس : تستطيع بعض الكائنات الحية الدقيقة القيام بعملية البناء من خلال الطاقة الناتجة من أكسدة بعض المواد بالخلية ، مثل بعض أنواع البكتريا ، أما باقى الكائنات الحية ومنها الإنسان ، فهى لا تستطيع بناء غذائها بنفسها ، لكنها تعتمد على

غيرها من الكائنات ذات القدرة البنائية مثل النباتات ، ومن ثمّ فهذه الكائنات تحصل على الطاقة اللازمة لاستمرار عملياتها الحيوية من هدم مواد مكونة خارج جسمها ، فهى مستهلكة للطاقة وليست منتجة لها .

شيماء : إنها منظومة متزنة جدا .

المهندس : تمثل جميع الكائنات الحية بما فيها من كائنات منتجة للمواد الغنية بالطاقة أو كائنات مستهلكة للطاقة ، سلسلة متكاملة فى دورة الطاقة بالكون ، ولابد أن تتم عمليات تكوين المواد الغنية بالطاقة «البناء» واستهلاك الطاقة من المواد الغنية بها «الهدم» طبقا لنظام توازنى دقيق للغاية ، كما أن عملية الهدم فى الكائنات التى تعتمد على المواد المنتجة من النباتات يجب أن تكون بنظام مضبوط تماماً ، وهذا ما يحدث تماماً ، منعا لتراكم مواد ناتجة من عمليات الهدم تلك ، ولا تستطيع الخلية الحية التخلص منها ، مما يصيب الخلية بالعطب الخلوى ، ويعجل بدخولها فى طور الشيخوخة ، وهو ما يعرف «بالشيخوخة المبكرة » وقد تكون المواد المتراكمة داخل الخلية مواد لها القدرة على الارتباط ببعض الجزيئات الخلوية مما يعطل أداءها لوظائفها ، أو سموماً متخلفة عن هدم بعض المواد داخل الخلية ، وتمثل تلك التراكمات الخلوية غير المرغوب فيها وسيلة لمهاجمة العديد من الميكروبات للخلية ، وذلك لضعف درجة استحوازها وسيطرتها على هذه الميكروبات .

٢ـ انتقال المواد المثبطة بين الخلوية :

لا تعيش الخلية فى جسم الكائن الحى بمعزل عن باقى المستوى الخلوى ، بل تربطها علاقات وثيقة مع باقى الخلايا فى المحتوى الخلوى ، وتتفاوت هذه العلاقات الخلوية من خلية لأخرى طبقا لدرجة التشابه التركيبى والوظيفى للخلايا ، فبعض الخلايا متشابهة فى التركيب والوظيفة مكونة وحدة «بيولوجية» النسيج وتتكامل العديد من الأنسجة مكونة العديد من الأعضاء المختلفة تكون كل خلية المواد والإفرازات الخاصة بها ، والتى تكفل لها استمرارها فى حياتها ، ولكن هذه المواد قد تؤثر فى مكان خلوى آخر غير مكان إنتاجها ، كما فى الغدد الموجودة داخل الجسم فهى تفرز سوائل وإفرازات غدية عديدة تؤثر فى سير عمليات حيوية فى أماكن أخرى من الجسم ، وتسلك هذه الإفرازات قنوات خاصة بها للوصول إلى مكان عملها ،

وتسمى الغدد المفرزة لها فى هذه الحالة «بالغدد غير الصماء» أما الغدد الصماء فتسلك إفرازاتها المسار الدموى ، وذلك لعدم وجود قنوات خاصة بها . تعمل هذه الإفرازات المنتقلة من خلايا مفرزة «غدية» على أداء العديد من الوظائف الحيوية المختلفة ، كضبط نسب بعض العناصر الحيوية داخل الجسم كأيون الصوديوم الذى يؤثر فى قيمة ضغط الدم ، كما تعمل على تنشيط العديد من الخلايا للقيام بوظائفها.

أحمد : وما المواد المفرزة من خلال تلك الغدد والخلايا ؟

المهندس : قد تكون المادة المفرزة هرمونًا أو إنزيماً أو أى مادة أخرى وتمثل الهرمونات والإنزيمات مركبات مهمة داخل جسم الكائن الحى ، فالإنزيمات تمثل محور التفاعلات الحيوية داخل مختلف الخلايا، وفى مختلف العمليات التى تحدث بالجسم كالهضم والتنفس ... إلخ ، ومن عمليات الهدم ، كما أن عملية البناء فى الكائنات ذاتية التغذية «الكائنات التى تستطيع بناء غذائها بنفسها، كالنباتات» لاتتم إلا فى وجود العديد من الإنزيمات ، وتتميز الإنزيمات بالتخصص فلكل إنزيم مادة محددة يؤثر عليها ، كما تتميز الإنزيمات بأنها مساعدات لحدوث التفاعل الحيوى، لكنها لا تدخل فى أحداث التفاعل.

شيماء : وما وظيفة الهرمونات ؟

المهندس : الهرمونات هى جزيئات يتم إفرازها من بعض الغدد داخل الجسم، وتعمل على تنشيط بعض الخلايا لتكوين إفرازاتها الضرورية للأداء الحيوى ، وقد تؤثر الهرمونات فى عمليات حيوية ذات تتابع زمنى، فعملية النمو الخلوى تحدث من خلال تحكم هرمونى ، كما أن عملية التخصص تتم من خلال تحكم هرمونى ، كما أن التكوينات التناسلية والصفات الجنسية تتحد نتيجة للإفراز الهرمونى، وعملية ضبط نسبة الجلوكوز بالدم تتم تحت سيطرة هرمون الإنسولين ، وتمثل الهرمونات الجنسية «البروجسترون» الأستروجين والإلدوستيرون دوراً أساسيا فى الكفاءة التناسلية للكائن الحى .

أحمد : وهل لهذه الإفرازات أضرار ؟

المهندس : رغم أن هذه الإفرازات التى تنتقل بين الخلايا والمتمثلة فى العديد من الهرمونات والإنزيمات ، إلا أن بعض الإفرازات قد تكون ضارة ومثبطة للعمليات الحيوية داخل الخلايا ، ومن ثمّ تعمل هذه المواد على خفض الكفاءة الحيوية للخلايا ، مما يصيبها بالعطب الخلوى الذى قد يعجل بنهايتها ، وتختلف درجة تأثير المواد المثبطة المنتقلة بين الخلايا طبقا لدرجة خطورتها ، ودرجة تركيزها ، ودرجة مقاومة الخلية المنتقلة إليها .

(جـ) عطب خلوى وراثى :

تتحكم المادة الوراثية ـ كما سبق أن ذكرنا ـ فى توجيه جميع العمليات الحيوية داخل الجسم كالنمو والتكشف والتخصص والهضم والتنفس وانتقال الإفرازات الخلوية ، والآليات البيولوجية للتخلص من المواد الضارة ، وتكوين المواد المناعية وتوجيهها إلى مكان عملها وتكوين الهرمونات والإنزيمات وتحديد أدوارها وأماكن عملها .

فى المرحلة الجنينية يكون الطاقم الوراثى غير متخصص فهو يمتلك القدرة على توجيه العمليات الحيوية وتكوين مختلف الأعضاء للكائن الحى ، لكن مع تخصص الخلية تكمن بعض الجينات ، وتبقى جينات محددة نشيطة توجه الوظائف التخصصية للخلايا الحية .

نلاحظ من ذلك أن إصابة الطاقم الوراثى بأى نوع من أنواع العطب يؤدى إلى اختلال العمليات الوراثية التى كان يشفر لها الموضع من المادة الوراثية الذى حدث به اختلال ، ولابد من إصلاح هذا العطب لتواصل الخلية حياتها ، وتمارس العمليات الحيوية التخصصية التى تؤديها فى المنظومة الخلوية .

شيماء : وما أنواع العطب التى يتعرض لها الطاقم الوراثى داخل الخلية ؟

المهندس : يمكننا يا شيماء توضيح ذلك فيما يلى :

١ - حدوث خطأ أثناء عملية التناسخ .

قد يحدث أثناء تناسخ الدنا الوراثى حدوث خطأ فى ترتيب النيوتيدات على طول الشريط ، أو إضافة نيوتيدة فى غير موضعها من التتابع النيوتيدى ، مما يمثل تغيرا فى

سلسلة الأحماض الأمينية المتكونة بعد ذلك ، وإنتاج بروتين غير البروتين المتوقع إنتاجه، وهذا يؤدى إلى خلل فى الصفة الوراثية الناتجة .

أحمد : وهل يمكن للخلية إصلاح ذلك ؟

المهندس : توجد مجموعة إنزيمية بالخلية عددها عشرون إنزيما لإصلاح الأخطاء الحادثة فى الأطقم الوراثية ، ولا يبقى من تلك الأخطاء إلا ٢ ٪ فى العام ، لكن مع تكرار نسبة الخطأ تلك ، وتراكم نواتج الخطأ الوراثى مع مضى الزمن ، ينبئ بوقوع كارثة وراثية للكائن الحى ، لذلك كان اتجاه العلماء محاولة تقليل المتبقى من نسبة الخطأ الوراثى فى العام ، وذلك من خلال زيادة الكثافة الإصلاحية لإنزيمات الإصلاح ، ونعنى بذلك زيادة عدد الإنزيمات المتخصصة فى الإصلاح الوراثى من خلال تخليق بعض هذه الإنزيمات ، وإدخالها إلى المحتوى الوراثى المصاب بالعطب ، وقد يتم تنشيط الجينات المسئولة عن إفراز هذه الإنزيمات فى الخلية ، وذلك من خلال إدخال منشطات جنينية إلى الطاقم الوراثى ، حيث يعمل ذلك على وصول التعبير الجينى إلى قمته ، ومن ثمَّ إفراز أكبر كمية ممكنة من إنزيمات الإصلاح ، مما يجعل عملية إصلاح الدنا الوراثى أمراً ممكناً ، وتتم خلال ثوان معدودات باستخدام أجهزة المتابعة الإلكتروجينية .

٢ – حدوث طفور نتيجة للتعرض للمطفرات :

تمثل الطفرة تغيرا فجائيا فى تركيب أو شكل المادة الوراثية ، مما يؤدى لتغير فى تعبير المادة الوراثية عن نفسها ، وذلك لتغير نظام تشفيرها .

شيماء : وها هى أنواع الطفرات ؟

المهندس : تنقسم الطفرات من حيث مكان حدوثها إلى :

١ – طفرات كروموسومية .

يحدث هذا النوع من الطفرات على مستوى الكروموسوم « الحامل الوراثى » ومن ثمَّ فهى لا تورث ، لكن تأثيرها يظهر على الشخص الحامل له فقط ، ومن أمثلة هذه الطفرات حدوث كسر فى الكروموسوم و إعادة التحام جزئيه مرة أخرى بعد دوران القطعة المكسورة بزاوية تبلغ ١٨٠ درجة ، وحدوث نقص فى أحد الكروموسومات ، أو

زيادة فى عدد الكروموسومات.

٢- طفرات چينية :

يحدث هذا النوع من الطفرات على مستوى التركيب الكيميائى للچين ، ومن ثمّ فهو يورث للأجيال التالية بعد ذلك ، ومن أمثلة تلك الطفرات حدوث تغير فى ترتيب النيوتيدات على طول شريط الدنا الوراثى مما يغير من ترتيب سلسلة الأحماض الأمينية المتكونة بناء على الشفرات المحددة من القواعد الآزوتية ، وبالتالى يتغير البروتين الناتج من هذا التفاعل الوراثى ، ويحدث اختلال فى الصفة الوراثية .

من الأمثلة الأخرى على حدوث الطفرات الچينية حذف چين من الطاقم الوراثى ، أو إضافة چين جديد ، أو تكرار چين بأكثر من نسخة أو دخول چين أو أكثر فى حالة كمون وراثى مستمرة .

تحدث الطفرات بنوعيها الكروموسومى والچينى نتيجة لتعرض الخلية لتأثير المطفرات وهى العوامل التى تعمل على إحداث تغير فى الأطقم الوراثية للكائنات الحية .

شيماء : وما أنواع هذه المطفرات ؟

المهندس : تختلف هذه المطفرات فى درجة تأثيرها ، ومن هذه المطفرات ما يلى :

(أ) المادة الكيماوية :

يتأثر الطاقم الوراثى للخلية ، والحوامل الوراثية له بالمواد الكيماوية ، والتى قد تؤدى إلى حدوث تغير فى التركيب الكيماوى للدنا الوراثى ، أو التأثير على العدد الكروموسومى الموجود داخل الخلية ، ومن أمثلة المواد الكيماوية المطفرة مادة الكولشيسين وغاز الخردل ... الخ .

ولذلك كان التحذير الدائم من العلماء من نتائج استخدام الأسلحة الكيماوية فى الحروب ، لأن ذلك يعنى حدوث طفور بمعدل كبير جداً .

أحمد : إذن فلابد من الحذر فى تناول الأدوية .

المهندس : نعم بكل تأكيد ، لذا يجب على الأطباء توخى الدقة الكاملة فى وصف الأدوية للمرضى والاعتماد على أحدث طرق التشخيص الموجودة ، منعًا لتأثير المادة

الكيماوية على الطاقم الوراثى للمريض ولا سيما إذا كان هذا التأثير على التركيب الكيماوى للچين ، مما سيجعل الأجيال التالية ستعانى من نتائج هذا التأثير .

(ب) المواد المشعة :

تؤثر العديد من الأشعة على الجهاز الوراثى للكائن الحى سواء كانت أشعة كونية ، أم أشعة صناعية (الأشعة التى يتم إنتاجها من خلال العديد من الوسائل التقنوية » وتعتبر الأشعة أخطر تأثيراً على الجهاز الوراثى من المواد الكيماوية ، ومن أمثلة الأشعة المضرة الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء ، وفوق الحمراء ، ومعظم الأشعة ذا الموجات القصيرة **Micro Wave** فكما سبق أن ذكرنا الطول الموجى يتناسب عكسيًا مع كمية الطاقة المحتواة فى الموجة ، وهذا يعنى أن الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة أكثر خطورة على الجهاز الوراثى من الأشعة ذات الأطوال الموجية الطويلة.

شيماء : وما أنواع الإشعاع الخطرة ؟

المهندس : من أنواع الإشعاع ذات الخطورة البالغة الإشعاع الذرى ، والذى يرفع من نسبة الطفور لتبلغ ذروتها ، مما ينبئ بوقوع كارثة وراثية لمختلف الكائنات الحية ، ولا أدل على ذلك من النتائج الحيوية التى ترتبت على إلقاء القنبلتين الذريتين على هيروشيما ونجازاكى باليابان فى الحرب العالمية الثانية ، كما إن انفجار مفاعل تشيرنوبل ١٩٨٦م بالاتحاد السوفيتى «سابقاً» كان له آثاره على الجهاز الوراثى للكائنات الحية التى تعيش فى نفس المنطقة .

شيماء : لكن للأشعة فوائد عديدة .

المهندس : هذا لا يلغى أهمية استخدام الأشعة فى التشخيص ، حيث يمكن من خلال استخدام تقنيات انعكاس وانكسار وحيود الأشعة الحصول على تفاصيل كان يصعب الحصول عليها فى غياب استخدام الأشعة ، وقد كان لتقنية حيود الأشعة السينية (x - ray) أهمية كبيرة فى وضع نموذج للدنا الوراثى من خلال أبحاث « فرانكلين» والتى استخدمت تقنية حيود الأشعة السينية فى الحصول على توزيع نقطى للدنا الوراثى أمكن من خلالها تحليلها بواسطة واطسن وكريك

وضع النموذج التركيبى للدنا الوراثى .

لذلك فإننا ننادى بتوخى الدقة الكاملة فى استخدام الأشعة فى مجال التشخيص ، أو أى مجالات تطبيقية أخرى ، وذلك لتقليل معدل الطفور إلى الحد الأدنى ، وذلك من خلال وسائل الوقاية من الإشعاع ، واستخدام موجات إشعاعية قليلة التأثير على الجهاز الوراثى .

أحمد : لكن كيف يستخدم الاستنساخ الحيوى لعلاج الأعطاب الخلوية ؟

المهندس : سنتناول فى عرضنا هذا التقنيات العامة لاستخدام الاستنساخ فى علاج العطب الخلوى ، لكن علاج كل مرض على حدة من خلال استخدام العديد من هذه التقنيات سنفرد له عرضًا مستقلاً فيما بعد ، وذلك للأهمية الكبيرة لاستخدام هذه التقنيات فى المجال الطبى .

إن الأساس العلمى فى استخدام هذه التقنيات هو التعامل مع سبب العطب الخلوى من منظور وراثى ، وهذه المسببات – كما شرحنا سابقاً – إما أن تكون بسبب ميكروبى ، وراثى ، تراكم مواد تالفة بالخلية .

أحمد : وما التقنيات المستخدمة للتعامل مع هذه المسببات ؟

المهندس : توجد تقنيات عديدة نذكر منها ما يلى :

١ – إدخال چينات محللة للطاقم الوراثى الميكروبى :

يتواجد بالجهاز الوراثى نوع من الإنزيمات الإصلاحية شديدة التخصص ، وتعمل هذه الإنزيمات على هضم وتحليل التتابعات المعيبة على طول شريط الدنا ، وتعمل هذه الإنزيمات مسحاً شاملاً من حين لآخر للتعرف على التتابعات المعيبة وتحليلها ، حيث تعمل إنزيمات أخرى من مجموعة إنزيمات الإصلاح على بناء التتابع السليم بناء على الدليل النيوتيدى الموجود على قالب الشريط الآخر – يتحكم فى تكوين هذه الإنزيمات وتوجيهها إلى أداء عملها بدقة چينات محددة بالطاقم الوراثى .

لقد أجريت العديد من الدراسات لفهم كيفية عمل هذه الچينات ، وللإجابة عن أسئلة كانت ملحة على الباحثين .

شيماء : ما هذه الأسئلة ؟

المهندس": كيف يتحكم الطاقم الوراثى فى تخليق إنزيمات التحلل النيوتيدى ؟ هل إنزيمات التحلل النيويدى تختلف من كائن حى لآخر ؟ هل يمكن استنساخ هذه الجينات ونقلها إلى الأطقم الوراثية للكائنات الحية المختلفة لأداء أغراض محددة ؟

ثم يتابع المهندس حديثه قائلا :

اتضح من الدراسات أن إنزيمات التحلل النيوتيدى تتعرف على التتابع المعيب من خلال المعلومات الوراثية المحتواة فى الجينات الموجهة لها ، ويمكن لعمليات الأقلمة الجينية من خلال التعديل الجينى نقل هذه الجينات من كائن حى لآخر ، ومن خلية لأخرى ، وقد أجريت الدراسات على عينات حية مختلفة فى تركيبها ودرجة تطورها مثل البكتيريا والطحالب والبرمائيات والحشرات والثدييات كالإنسان ، وأثبتت نتائج هذه التجارب نجاحًا جيداً فى تعبير الجينات المنقولة من كائن حى لآخر . تتم عمليات النقل من كائن لآخر من خلال عزل الجين أو مجموعة الجينات المرغوبة ، وصناعة نسخ عديدة منها من خلال بتر الدنا الدائرى البكتيرى ، وتحميل هذه الجينات داخله ، ويتم ذلك باستخدام إنزيمات البتر والتحديد الوراثى .

يتكاثر الدنا الوراثى البكتيرى «البلازميد» بتكاثر البكتريا ويتكاثر معه الجينات المحملة فيه ، حيث نحصل بعد فترة قصيرة على آلاف النسخ من الجين محل الدراسة.

قد يتم استخدام هذا الجين بعد عزله من البكتيريا مباشرة ، أو يحفظ فى بنوك الجينات لحين استخدامه .

انتقلت الدراسة لمرحلة متقدمة بعد ذلك ، ونعنى بها دراسة إنتاج جينات مستنسخة من جينات التحلل النيوتيدى لكنها معدلة وراثيا ، وذلك بجعلها موجهة فقط لتحليل الطاقم الوراثى لأى ميكروب يدخل الخلية ، حيث تتعرف عليه الإنزيمات المحللة والمنتجة بالتفاعل الوراثى الجينى ، وتعمل على إتلافه ، ومن ثمّ يؤدى ذلك إلى موت الميكروب .

أحمد : هل لهذه الجينات تأثيرات ضارة محتملة ؟

المهندس" إن بعض الباحثين يتخوفون من إمكانية التأثير التحللى لهذه الجينات لأى أطقم وراثية يتم دخولها للطاقم الوراثى للجسم ، وإن كانت مفيدة ، مما سيجعل زراعة أى أعضاء داخل الجسم محفوفة بمخاطر التحلل من جينات التحلل النيوتيدى .

لكن البرمجة الوراثية الدقيقة لهذه الجينات ستجعلنا نتفادى هذه المخاطر ، وذلك سيوفر معامل أمان وراثى أعلى مع تدمير الميكروبات التى تدخل داخل الخلية الحية ، تسبب اختلالا فى الأداء الوظيفى لها ، من خلال مشاركة هذه الخلية فى محتواها من الغذاء والأكسجين اللذين يصلان إليها من خلال الدم ، وإفراز العديد من السموم داخل الخلية ، مما يجعلها تفشل فى أداء وظائفها الحيوية .

شيماء : وما فائدة هذه التقنية ؟

المهندس : تستخدم هذه التقنية للتخلص من جميع الأمراض التى تنشأ نتيجة للغزو الميكروبى للجسم كالسل الرئوى والتحلل الدموى بڤيروس (إيبولا ، والبلهارسيا ، وأمراض الجهاز الهضمى ، وڤيروسات الكبد ... إلخ)

٢- إدخال جينات التبلر الڤيروسى :

الڤيروسات من الكائنات الحية ذات الوضع الخاص ، فالڤيروس لا يتكون من وحدة التركيب العادية للكائن الحى «الخلية» لكنه عبارة عن مادة وراثية قد تكون الدنا الوراثى أو الرنا الوراثى مغطاة بغلاف بروتينى ، ويعتبر هذا التركيب من أبسط التراكيب المعروفة حتى الآن للكائنات الحية ، وليست تلك الخاصية هى التى تفرق الڤيروسات عن باقى الكائنات الحية ، بل توجد أهم خاصية تمتلكها الڤيروسات بالصورة السابقة التى شرحناها (مادة وراثية وغلاف بروتينى) داخل الخلية الحية للعائل، بينما عند خروج الڤيروس من داخل الخلية الحية فإنه يتحول إلى بللورات ، ولذلك تعتبر الڤيروسات حلقة وصل بين الحياة واللاحياة ، فهى داخل الخلية كائن حى وخارج الخلية بللورات جامدة . يتحكم فى قدرة الڤيروسات على التحول من الحياة داخل خلية العامل إلى اللاحياة خارج خلية العائل جينات محددة داخل الطاقم الوراثى للڤيروس ، حيث تستطيع هذه الجينات التعبير عن نفسها داخل الوسط الحى، لتوفر الظروف البيئية المساعدة على ذلك ، بينما تدخل هذه الجينات فى حالة كمون وراثى خارج الوسط الحى ، لعدم توافر الظروف المناسبة لتعبير الجينات عن نفسها .

إن ثمة سؤالاً كان يلح على الباحثين فى «جينوميا الڤيروسات» وهو العلم الذى يدرس تركيب ووظيفة الأطقم الوراثية الڤيروسية .

هل يمكن إجبار جينات التحول الڤيروسى على الكمون الوراثى داخل الخلية ؟

أحمد : وهل أمكن الإجابة عن هذا السؤال ؟

المهندس : ورغم أن الدراسات ما زالت فى بدايتها لكن توجد آمال كبيرة لتحقيق إجبار جينات التحول الفيروسى على الكمون ، وذلك من خلال إدخال جينات مضادة مستنسخة ، تضاد جينات التحول الفيروسى وتجبرها على الدخول فى حالة كمون ، ومن ثمَّ يحدث تبلر للفيروس داخل الخلية .

إننا نعقد آمالا كبيرة حول استخدام هذه التقنية لعلاج مرضى نقص المناعة المكتسبة «الإيدز» وذلك من خلال إجبار فيروس الإيدز على التبلر داخل الخلية ، وتوقف نشاطه الحيوى تمامًا ، كما ستفيد هذه التقنية فى تقديم حلول جذرية لمختلف الأمراض الڤيروسية ، والتى كان يصعب التعامل معها .

٣- تقنية جينات المواد الكانسة :

تتميز بعض الكائنات الحية بالقدرة على تحليل المواد التالفة والبقايا الحية نباتية أو حيوانية ، وتعرف هذه الكائنات الحية «بالكانسات» ويتحكم فى توجيه قدرة هذه الكائنات على التغذية على هذه البقايا والمواد التالفة وجود جهاز إنزيمى ذى قدرة عالية على تحليل هذه البقايا ، ويتحكم فى القدرة الإنزيمية تلك جينات محددة فى الطاقم الوراثى لتلك الكائنات الحية ، وقد تم إثبات ذلك باستئصال هذه الجينات من الطاقم الوراثى ففقدت هذه الكائنات القدرة الكانسة لها .

شيماء : إذن يمكننا الاستفادة من هذه الجينات .

المهندس : يمكن من خلال خرطنة هذه الجينات وعزلها واستنساخ ملايين النسخ منها استخدامها لتخليص الخلية مما يتراكم بها من مواد وجزيئات مما يساعد على المحافظة على الأداء الوظيفى للخلية ، وتأخير دخولها فى طور الشيخوخة .

يتم إدخال هذه الجينات داخل الطاقم الوراثى للخلايا المشيجية، حتى يمكن توارث هذه الجينات داخل الطاقم الوراثى للخلايا فى الأجيال التالية بعد ذلك ، أو إيلاجه داخل المادة الوراثية لنواة خلية جسمية أجبرت على الارتداد للحالة الوراثية الجنينية ، أما فى حالة استخدام هذه التقنية للتخلص من تراكم سموم ومواد تالفة بخلايا محددة، فيتم إدخال هذه الجينات مباشرة داخل الطاقم الوراثى للخلايا المراد تخليصها من المواد

التالفة ، ولابد من وجود متابعة جهازية من خلال استخدام الأجهزة الإلكتروچينية ، لضمان عدم مساس الجينات المولجة بالبنية السليمة للخلايا الحية ، ويتوقف ذلك على مدى دقة البرمجة الوراثية لهذه الجينات المولجة داخل الخلايا الحية.

أحمد : وما جدوى هذه التقنية ؟

المهندس : تفيد هذه التقنية فى التخلص من جميع المواد التالفة والسموم المتراكمة داخل الجسم والناتجة عن إصابة الكليتين بالفشل فى ترشيح السموم من الجسم ، أو إصابة الطحال بالعجز فى تخزين كرات الدم الحمراء التالفة ، مما يجعل التدخل باستخدام هذه التقنية لا مفر منه ، لإنقاذ حياة الكائن الحى .

٤ـ تقنية الانقسام الخلوى المتكرر :

تمارس الخلية الانقسام لتحقق النمو سواء بالزيادة فى الحجم أو العدد ، وذلك لدخولها فى دورة انقسامية ـ كما شرحنا سابقا ـ ويسير هذا الانقسام بمعدل زمنى ثابت للخلية الواحدة ، ويختلف هذا المعدل من خلية لأخرى ، وطبقا للفترة الزمنية التى تمر بها الخلية.

شيماء : لكن هل يمكننا من خلال التحكم الجينى إنتاج أعضاء فى زمن أقل ؟

المهندس : يحدد المعدل الزمنى لانقسام الخلية جينات معينة بالطاقم الوراثى، ويمكن من خلال التحكم فى هذه الجينات الإسراع من معدل الانقسام الخلوى للوصول إلى أقصى نقطة فى منحنى النمو ، ومن ثم يمكننا من خلال التحكم فى تعبير الجينات، المحددة للمعدل الزمنى لانقسام الخلية ، إنتاج أعضاء خلال فترات زمنية وجيزة ، وذلك بإجبار الخلية على الدخول فى مراحل انقسامية متكررة لتعطى العضو المطلوب .

يتم رفع درجة التعبير الجينى من خلال استخدام المحثات الجينية عالية المستوى ، والتى تعمل على رفع مستوى الطاقة للطاقم الوراثى ، مما يتيح لجيناته التعبير عن نفسها بدرجة عالية ، ويؤدى ذلك إلى الحصول على الحجم الخلوى الطبيعى لكن فى معدل زمنى أقل .

أحمد : هل يمكننا إذن إنتاج أعضاء بشرية مهمة من خلال ذلك ؟

المهندس : يعتبر استخدام هذه التقنية فى إنتاج الأعضاء ذات الأهمية فى جسم الكائن الحى ، والتى يؤدى أى خلل بها إلى اختلال فى العمليات الحيوية داخل الخلية ، ومن الأعضاء التى سيتم إنتاجها باستخدام هذه التقنية : البنكرياس ، والكبد ، والقلب .. إلخ حيث يمكن من خلال أخذ الخلية الواحدة من هذه الأعضاء ، وإجبارها على الدخول فى مراحل انقسام متكررة لتعطى العضو المطلوب ، وهذا سيوفر آلية بيولوجية مهمة جداً لعلاج مرض السكر ، والتليف الكبدى والفشل الكلوى ، لأننا سننتج بنكرياساً، وكبدا ، وسيتم زراعة هذه الأعضاء داخل الجسم بعد إنتاجها ، ولن تتعرض هذه الأعضاء لأى مقاومة مناعية عند زراعتها ، لأن طاقمها الوراثى يمثل صورة طبق الأصل من العضو الأصلى ، وهو ما يعرف بالاستنساخ العضوى .

٥ـ تقنية جينات ضبط التعبير الجينى :

لكى يتم الأداء الوظيفى الخلوى لابد أن تعبر الجينات الموجهة لهذا الأداء عن نفسها ، فقد تكون الجينات موجودة ، لكن عجزها عن التعبير عن نفسها يجعلها غير قادرة على توجيه الوظائف المنوطة بها ، وتختلف الجينات فى درجة تعبيرها عن نفسها من جين إلى جين آخر فى الطاقم الوراثى تسمى جينات ضبط التعبير الجينى ، والتى تعمل كمنسق وظيفى بين مختلف جينات الطاقم الوراثى ، ويمكن لهذه الجينات أن تلعب أكثر من دور داخل الطاقم الوراثى طبقا للحاجة إلى ذلك .

أحمد : وما هذه الأدوار ؟

المهندس : حسنا سأخبرك بها :

(أ) **الحث الجينى** : تقوم جينات ضبط التعبير الجينى بهذه الوظيفة عندما تدخل بعض الجينات الموجهة لوظائف حيوية داخل الجسم فى حالة كمون وراثى ، حيث تعمل جينات ضبط التعبير الجينى على إثارة هذه الجينات لإخراجها من حالة الكمون تلك ، لتعبر عن نفسها، وتنتظم العمليات الحيوية المسئولة عنها .

(ب) **التثبيط الجينى** : تعمل جينات ضبط التعبير الجينى فى هذه الوظيفة كمثبط لجينات مضادة لعمل الجينات الموجودة فى الطاقم الوراثى ، والتى تؤثر على أداء هذه الجينات لتمارس الجينات الأخرى عملها بصورة عادية .

(جـ) **ضبط مستوى الصيانة الوراثية** : يعمل العديد من جينات التعبير الجينى على عدم انخفاض درجة تعبير الجينات الموجهة لتكوين المجموعة الإنزيمية للإصلاح من مستوى معين ، ومن ثمّ تضمن إصلاح أى عطب وراثى يمكن أن يحدث فى الطاقم الوراثى للخلية .

إننا نلحظ من خلال الوظائف التى تؤديها جينات ضبط التعبير الجينى مدى أهمية تلك الجينات ، والدور الحيوى الذى تقوم به فى الطاقم الوراثى ، ولذلك تم استنساخ آلاف النسخ من هذه الجينات لاستخدامها فى نواحى علاجية عديدة ، حيث يأمل العلماء من خلال استخدام هذه الجينات الوصول إلى إعادة الترتيب الصحيح للنيوتيدات فى شريط الدنا الوراثى ، ومن ثم إمكانية علاج الخلل الوراثى الناشئ عن التغير الكيميائى فى تركيب الجين ، ومن ثم يمكننا التغلب على أمراض عديدة تمثل رعباً للبشرية كمرض فقدان الذاكرة الدائم والذى يصيب ٧٠٪ من خلايا عصب المخ ، المسمى «بالزهايمر» ومرض سيولة الدم ، «هيموفيليا» والذى يحدث نتيجة لحدوث خلل فى الجينات المسئولة عن تكوين مواد التجلط خارج الأوعية الدموية ، أو أن الجينات سليمة لكنها لاتستطيع التعبير عن نفسها ، كما ستفيدنا هذه التقنية فى علاج السكتات المخية التى تنشأ نتيجة لتجلط الدم فى الأوعية الدموية المغذية للمخ ، بما يضغط على مراكز التحكم العصبية بالمخ ، ويؤدى لفقدان جزء منها ، وهذا يؤثر على الأعضاء التى تتحرك أى تستجيب بناء على الإشارات العصبية الصادرة من تلك المراكز «مركز الحركة ، مركز الكلام ، مركز الإحصاء ، مركز الشم ، مركز الإدراك» .

شيماء : وما أسباب حدوث مثل هذه التجمعات ؟

المهندس : لقد كنا نعتقد أن الأسباب الرئيسة لحدوث التجمعات الدموية المخية ، أو داخل الأوعية الدموية خارج المخ كالشريان التاجى المغذى لعضلة القلب هى :

ـ ارتفاع ضغط الدم . ـ ارتفاع نسبة التدخين .

ـ زيادة نسبة الكوليستيرول لزيادة تناول الدهون .

لكن الدراسات الوراثية أثبتت أن هذه الأسباب قد تجتمع كلها، ولا يحدث تجلط للدم داخل الأوعية الدموية ، لعدم وجود الاستعداد الوراثى لحدوث مثل هذا التجلط .

شيماء : وأين يكمن الاستعداد الوراثى لحدوث التجلط ؟

المهندس : يكمن الاستعداد الوراثى لحدوث التجلط يا شيماء فى غياب أو كمون الجينات الموجهة لتكوين مذيبات التجلط التى تعمل على إذابة أى تجمع دموى يحدث داخل الأوعية الدموية «كالهيبارين» وفى هذه يتضح مدى أهمية إدخال جينات ضبط التعبير الجينى لتنشيط الجينات الموجهة لتكوين مذيبات التجلط أو تثبيط الجينات المضادة ، لتستطيع التعبير عن نفسها ، وأداء وظائفها .

أحمد : وهل توجد أمراض أخرى يمكننا من خلال ضبط التعبير الجينى علاجها ؟

المهندس : يفيد استخدام جينات ضبط التعبير الجينى فى علاج مرض السكر ، وذلك من ضبط تعبير الجينات الموجهة لأداء دورة الجلوكوز داخل الدم ، كما يمكن استخدام نفس التقنية لعلاج الفشل الكلوى ، من خلال ضبط تعبير الجينات الخاصة بتوجيه الوحدات البولية الكلوية (النقريديا) لترشيح المواد البولية فى الدم.

وتعتبر تقنية جينات ضبط التعبير الجينى من أفضل التقنيات لتأخير دخول الخلية فى طور الشيخوخة ، وذلك من خلال رفع كفاءة التعبير الجينى للطاقم الوراثى للخلية للدرجة القصوى ، مما يجعل الأداء الوظيفى للخلية فى قمة نشاطه ، ومن ثمّ لا تتاح الفرصة لتراكم جزيئات تالفة فى الخلية ، ولا تدخل الخلية فى طور الشيخوخة .

أحمد : لا أستطيع أن أعبر عن مدى متعتنا من هذا الحديث الممتع مع الاستنساخ وتطبيقاته .

شيماء : لقد سمعنا كثيراً عن ثورة العلاج بالجينات ومدى أهميتها ، فنود أن نعرف أهمية ذلك .

المهندس : لقد دخلت هندسة الجينات فى كل مجال ، وشملت نواحى عديدة ، وأصبحت تطبيقاتها تمثل الأمل فى توفير الغذاء الحيوانى والنباتى والتخلص من الجينات المعيبة ، واستخدام الدنا المطعم فى كشف أسرار الحضارات البشرية القديمة، وبعد أبحاث طويلة ودراسات مستفيضة بدأت التطبيقات العلاجية للهندسة الوراثية ، من خلال تقنية عالية تعرف بالعلاج بالجينات ، والتى تمثل مرحلة متقدمة جداً فى تقنيات العلاج الطبيعى .

أحمد : وما مميزات العلاج بالجينات ؟

المهندس : يتميز العلاج بالجينات عن النواحى العلاجية الأخرى بالتعامل على مستوى العوامل الوراثية الخاصة بالمسبب المرضى «الميكروب» ، والعوامل الوراثية الخاصة بالمريض ، بما يوفر آلية التخلص من أعراض المرض نهائيًا ، وذلك من خلال مستطيل الآلية الموجهة للميكروب بإفراز المواد السامة داخل الجسم «التوكسينات» ، بينما العلاج الكيماوى يهدف إلى إبطال مفعول المواد السامة ذاتها «التوكسينات» وليس التعامل مع المادة الوراثية الموجهة لتكوين تلك السموم .

أحمد : وما مستويات تقنية العلاج بالجينات ؟

المهندس : تتم تقنيات العلاج بالجينات على مستويات مختلفة كما يلى :

أ – **استئصال الجينات المعيبة** : قد تتواجد جينات معيبة بجينوم الكائن الحى ، مما يؤدى إلى حدوث اختلال فى الأداء الوظيفى لتلك الجينات ، ويؤدى ذلك إلى العديد من الأمراض الوظيفية «الفسيولوجية» .

العلاج الأمثل فى تلك الحالة الاستئصال الجراحى لتلك الجينات من خلال جراحة دقيقة جداً تعرف بالجراحة الجينية ، مع مراعاة التحديد الدقيق لموضع الجينات فى الجينوم .

شيماء : وكيف نصل إلى أقصى معدل أمان أثناء إجراء هذه الجراحة ؟

المهندس : لتوفير معامل أمان أكبر لتلك العمليات يستخدم فى إتمام الجراحة الجينية أشعة الليزر ، وبأقطار شعاعية دقيقة جدا ، وتزداد دقتهما فى الانتقال من جدار الخلية إلى جدار النواة ثم التعامل مع الكروموسوم ، والوصول إلى مستوى الدنا الوراثى ، والتتابعات المعيبة المتواجدة عليه .

بعد استئصال الجينات المعيبة، يستعيد الجينوم توازنه وتزول حالة الاختلال الوظيفى.

ب ـ **إدخال جينات سليمة** : قد لا تفيد عملية الاستئصال الجينى للجينات المعيبة فى عودة الإتزان الوظيفى للخلايا ، وفى هذه الحالة لابد من إضافة جينات سليمة إما طبيعية أو مستنسخة لنفس الجينات المعيبة المستأصلة .

شيماء : وكيف يتم ذلك ؟

المهندس : يتم ذلك بنفس التقنية السابقة فى عملية استئصال الجينات المعيبة ولابد من اختبار أداء الجينات المراد إدخالها فى خلايا تجريبية للحكم على سلوك هذه الجينات فى المحتوى الجينى ، وذلك تلافيا للآثار المدمرة ، والتى قد تحدثها الجينات السليمة فى المحتوى الجينى للكائن الحى .

بعد نجاح التجارب الأولية ، تجرى عملية الاستبدال الجينى للجينات المعيبة بجينات سليمة ، مع مراعاة المراقبة الجهازية الدائمة لأيض الخلية ، وقياس معدل حدوثه ، ومقدار تعرضه للاضطراب .

كما يجب فى إجراء التجارب الأولية قياس مدى مقاومة الجينوم للجينات المضافة ، فقد تتم عملية استبدال الجينات المعيبة بجينات سليمة ، وتتعرض الجينات السليمة إلى التدمير الكلى من قبل جينوم الكائن الحى ، إذا كانت مستنسخة وحدث خطأ ما فى عملية الاستنساخ .

أما إذا كانت الجينات المدخلة جراحيا إلى جينوم الكائن الحى، والمستبدلة مكان جينات معيبة جينات طبيعية ، فلا توجد أدنى مقاومة من جينوم الكائن الحى لهذه الجينات ، لأنها تمثل نفس الجينات المستأصلة ، لكنها تتميز بالنشاط والفعالية ، ومن ثمَّ تعمل على تنشيط الوظائف التى تم تثبيطها بسبب حدوث تغير فى تركيب الجينات ، بما يجعلها جينات معيبة لا تؤدى وظائفها المتخصصة فى أدائها .

جـ ـ إدخال جينات جديدة لأداء وظائف جديدة ..

يتم إدخال جينات موجهة لتكون مواد مهمة لحياة الخلية ، ولكنها غير موجودة بجينوم تلك الخلية ، وقد يتم اختيار هذه الجينات من خلية أخرى فى أحد أنسجة الكائن الحى ، أو من خلايا كائن حى آخر ، وفى حالة اختيار الجينات من نفس أنسجة الكائن الحى لا توجد مشكلات فى تقبل جينوم الخلية لهذه الجينات ، والسماح لها بالتعبير عن نفسها .

أحمد : وما الفرق بين إدخال جينات مستنسخة من نفس الكائن الحى ، وجينات من كائنات أخرى ؟

المهندس : بينما فى حالة إدخال جينات طبيعية أو مستنسخة من أنسجة كائن آخر ، قد

تتعرض هذه الجينات إلى المقاومة من الجهاز المناعى ، ويتم لفظها مرة أخرى خارج جينوم الخلية كمواد غريبة، وإن كانت مقاومة السوائل المناعية قليلة بما يسمح ببقاء الجينات المدخلة فى جينوم الخلية المضيفة لهذه الجينات إلا أن تلك المقاومة القليلة لا تسمح للجينات المدخلة إلى الخلية بالتعبير عن نفسها ، مما يعرض عملية الإدخال الجينى بالكامل إلى الفشل .

شيماء: وهل تضاد بعض الجينات البعض الآخر منها ؟

المهندس: لا تقتصر عمليات المقاومة للجينات المنقولة للخلية على مقاومة السوائل المناعية ، بل قد يتواجد بجينوم الخلية المنقول إليها الجينات بعض الجينات المقاومة للجينات المدخلة ، وبمجرد إدخال الجينات تعمل الجينات المضادة ، والتى قد تكون كامنة بجينوم الخلية لفترة طويلة على تدمير تلك الجينات تماماً .

وللتغلب على هذه المشكلة ، لابد من إجراء جراحة جينية سابقة لإدخال الجينات ذات الوظائف الجديدة لجينوم الخلية ، بهدف استئصال الجينات المضادة من الخلية ، وذلك إذا كانت تلك الجينات نشطة ، أما إذا كانت الجينات المضادة فى حالة كمون فلابد من استثارتها بدقة ، حتى لا تعمل الاستثارة القوية لها على تدمير بعض جينوم الخلية نفسها ، ثم استئصالها وهى فى حالة نشاط .

يتم إدخال الچينات ذات الوظائف الجديدة إلى چينوم الخلية باستخدام الجراحة الچينية ، والتى سبق شرحها ، مع مراعاة تحديد المواضع على دنا الخلية المنقول إليها والتى سيتم إضافة الجينات إليها، مع ضرورة التأكيد من عدم وجود چينات كامنة بتلك المواضع سواء كانت مضادة للچينات المضافة أو غير مضادة ، أو وجود مشفرات موجهة لعمل بعض الچينات الأخرى بالخلية ، حتى لا تدخل وظائف جديدة ، وتعمل على تلاشى وظائف موجودة أصلاً .

أحمد: لكن توجد چينات كامنة بالطاقم الوراثى للكائن الحى ، فهل يمكن دراستها ؟

المهندس : فى حالة وجود بعض الچينات الكامنة غير المضادة ، لابد من إجراء اختبار لمعرفة وظائف تلك الچينات فى حالة نشاطها ، فقد يكون لتلك الچينات وظائف مهمة بخلايا الكائن الحى ، وقد تكون موجهة لچينات أخرى ، وقد تكون چينات بلا وظيفة ، وأهمية وجودها يرجع إلى وضعها كچينات بديلة فى حالة عطب بعض

چينات الخلية ، حيث يعمل چينوم الخلية ذاتياً باستبدال هذه الچينات بالچينات المعيبة ، إما فى نفس موضع الچينات المعيبة نفسها بعد تدمير تلك الچينات ، وذلك لفشل إنزيمات الإصلاح الچينى فى تعديل الخلل الذى أصابها ، أو فى مواضع أخرى لا توجد بها أى چينات على طول شريط الدنا ، الذى يقوم بتحديد هذه المواضع مجموعات إنزيمية كاملة تسمى « بإنزيمات التحديد» .

شيماء: وكيف يتم ذلك ؟

المهندس: يتم استثارة إنزيمات التحديد ، التى يتم من خلالها تحديد المواضع التى ستضاف إليها الچينات ذات الوظائف ، وقد يتم استنساخ هذه الإنزيمات من خلال البناء الكيميائى لها ، ثم إدخال هذه الإنزيمات للتعرف على المواضع التى تحمل چينات ، لكن يفضل استخدام الاستثارة الإنزيمية الطبيعية ، حتى لايحدث تداخل بين الأداء الوظيفى للإنزيمات الطبيعية ، والإنزيمات المستنسخة .

وفى حالة عدم توافر إنزيمات التحديد بالخلية ، يتم استئصال هذه الإنزيمات من خلية أخرى من نفس النسيج ، أو من نفس النسيج لكائن آخر ، وإدخالها فى أماكنها بالخلية المراد نقل الچينات إليها ، وذلك لتوفير آلية طبيعية للتحديد الموضعى على طول شريط الدنا بچينوم الخلية .

د . عمليات التفسير الچينى الكامل .

قد يصل حد العطب الچينى إلى إصابة أغلب چينوم الكائن الحى ، أو چينوم خلية منه ، وعند الشك فى عطب الجهاز الوراثى « الچينوم» للكائن الحى ، وهو فى بداية تكوينه الچنينى ، يجرى استبدال هذا الچينوم بچينوم طبيعى سليم فى نفس المرحلة «الخلية الچينية الأولية » وقد يتم استنساخ الچينوم المعيب ، وتعديله وراثياً إلى چينوم سليم ، واستبداله بعد ذلك مكان الچينوم المعيب.

شيماء : ومتى تتم هذه العمليات ؟

المهندس : تتم العمليات السابقة بعد فشل إنزيمات الإصلاح فى التعامل مع هذه الچينوم المعيب ، ولابد فى هذه الحالة من التأكد من أن العطب الموجود بالچينوم يصعب على إنزيمات الإصلاح التعامل معه .

شيماء : وهل يمكن عمل تنشيط لإنزيمات الإصلاح ؟

المهندس : إذا كان عدم إزالة العطب الچينى الموجود ناتجًا من عدم توافر الكمية المثلى من إنزيمات الإصلاح ، أو لقلة كفاءة الأداء الوظيفى لها ، فإنه يتم تنشيط إنزيمات الإصلاح بإضافة منشطات إنزيمية للخلية الچينية ، أو إضافة إنزيمات إصلاح جاهزة للعمل الفورى فى الخلية .

تعمل الإنزيمات المضافة على إصلاح الخلل الموجود بالچينوم، واستمراره بعد ذلك فى توجيه العمليات الحيوية .

تتم عمليات الاستبدال الچينى لچينوم كائن حى ما بچينوم كائن آخر من نفس النوع ، أو قريب منه وراثياً ، ويستخدم فى إجراء الجراحة الچينية الخاصة باستبدال طاقم وراثى كامل ، العديد من أشعة الليزر ذات القطر الشعاعى الصغير جداً ، والمحددة طاقته وطوله الموجى بدقة شديدة ، وذلك لخطورة الآثار المترتبة على أى خطأ ولو كان صغيراً جداً فى هذه الجراحة ، والذى يؤدى حدوثه إلى وجود خلل وظيفى بالخلية ، أو بالكائن الحى ، مما سيلزم إجراء جراحة چينية جديدة لإزالة هذا الخلل ، لكن قد يكون الأثر الناتج عن هذا أخطر ، مما يؤدى إلى تدمير الجهاز الوراثى بالكامل ، وتوقف العمليات الحيوية بالخلية الچنينية والوصول بها إلى حالة الوفاة .

أحمد : وكيف تتم عملية الاستبدال الچينى الكامل ؟

المهندس : لاتحدث عمليات الاستبدال الچينى الكامل بنزع چينوم الخلية الچنينية ، ثم وضع الچينوم البديل ، إذ يؤدى ذلك إلى توقف العمليات الحيوية ، ووفاة الخلية الچنينية قبل إدخال الچينوم الجديد إليها ، ولتلافى ذلك تتم عمليات الاستبدال والاستئصال فى وقت واحد .

إن ما يتم من تقنيات الاستبدال الچينى الكامل للجهاز الوراثى للخلية الچنينية الأولية ، يتم على الخلايا الناضجة فى حالة تعرض الچينوم الخاص بها لحالات التلف مثل حالات الإصابات السرطانية ، وهى حالات أعقد جراحياً من الخلية الچنينية الأولية ، إذ يكون التعامل فى هذه الحالة مع العديد من الخلايا فى عديد من الأنسجة، وتوجد نسبة كبيرة من الچينوم كامنة ، وتحتاج عملية استثارتها إلى تقنيات ذات

تكاليف عالية ، وتزداد الخطورة إذا كان العطب الچينى الموجود بخلايا أعضاء حساسة جداً ، كخلايا العضلة الصقلية بالقلب ، وخلايا المخ والجهاز العصبى .

شيماء : لكن هذه العمليات تحتاج لدقة شديدة .

المهندس : فى تلك الحالات المعقدة لابد من إجراء العديد من التجارب الأولية للوصول إلى النتائج الإيجابية ، كما يجب فى حالة استخدام الجراحة الفعلية على الخلايا ، وجود رقابة جهازية دائمة على ميكانيكية سير العمليات الحيوية بالخلايا التى تم استبدال جهازها الوراثى المعيب ، أو بعض الچينات المعيبة فى چينوم تلك الأعضاء .

هـ ـ علاج حالات الضعف الچينى :

تحتاج الچينات ـ مثلها مثل أى مركبات عضوية أخرى ـ إلى مستوى معين من الطاقة يسمح لها بأداء وظائفها ، وفى حالة انخفاض مستوى الطاقة عن حد معين تتعرض هذه الچينات لحالات ، ضعف فى مستوى النشاط المعتاد لها ، ويؤثر ذلك على مستوى تكوين المواد التى تتكون تحت توجيه تلك الچينات مثل البروتينات والهرمونات والإنزيمات والدهون والكربوهيدرات والفيتامينات ... الخ .

شيماء : وماذا يحدث فى حالة انخفاض مستوى الطاقة لتلك الچينات ؟

المهندس : يؤدى انخفاض مستوى الطاقة عن الحد الأدنى للچينات إلى إصابة تلك الچينات بحالة ضعف الترابط ، والتى تتمثل فى ضعف الروابط الهيدروچينية بين القواعد النيتروچينية المتزاوجة على طول شريط الدنا الوراثى ، كما يؤثر انخفاض مستوى الطاقة على طول الرابطة ، وفى كلتا الحالتين يتعرض شريط الدنا الوراثى لفك إزدواجيته قبل الوصول إلى المستوى الحرارى المطلوب لهذا ، وعند الانخفاض الكبير جداً والمفاجئ فى مستوى الطاقة للچينات قد يؤدى ذلك إلى فصل شريطى الدنا الوراثى بعضهما عن بعض بسبب كسر الروابط الهيدروچينية بين القواعد النيتروچينية ، وبأقل طاقة حرارية ممكنة (طاقة التفاعلات العادية داخل الخلية) ، مما يعرض الخلية بالكامل إلى اضطراب فورى فى عملياتها الحيوية ، ثم تعرضها لحالة الوفاة .

وفى بعض الحالات التى ينخفض فيها مستوى الطاقة للچينات عن حد معين يؤدى

إلى تكسير بعض الروابط ، وعدم المساس بروابط أخرى ، مما يؤدى إلى تلاشى چينات تمامًا من چينوم الخلية ، وزيادة نشاط جينات أخرى ، وتعرض بعض الچينات الأخرى لحالة كمون وراثى ، مما يؤثر على الناحية الوظيفية للخليط .

أحمد : كيف يتم ذلك ؟

المهندس : يحدث ذلك من خلال ما يلى :

١ – قلة تكوين المواد المسئول عن تكوينها الچينات .

٢ – نقص عمليات الهدم والبناء بالخلية ، بما يعرض الكائن الحى إلى الهزال والضعف .

٣ – يؤدى الانخفاض المفاجئ والمتكرر فى مستوى الطاقة إلى زيادة المواد التالية بالخلية ، وزيادة معدل تراكمها ، وتعرضها للشيخوخة المبكرة .

٤ – تزداد الخطورة فى حالة تعرض الچينات الموجهة لتكوين بعض الخلايا والمكونات الحساسة جداً بالجسم إلى انخفاض مستوى طاقتها مثل خلايا المخ والعضلة الصقلية بالقلب والخلايا العصبية ، وسوائل الجهاز المناعى ، مما يؤدى إلى فقد التحكم فى كل العمليات الحية ، وتحول جسم الكائن الحى إلى فريسة سهلة للميكروبات ويؤدى ذلك إلى الوفاة الحتمية إن لم يحدث تدخل چينى عالى المستوى وفورى .

٥ – قد ينتج عن عمليات التغير فى مستوى الطاقة الدناوية[١] وتكسير وتكوين الروابط سموم «توكسينات » ضارة بعمليات التحول الغذائى وحيوية الخلايا .

شيماء : لكن كيف يتم علاج حالات الضعف الچينى ؟

المهندس : يتم علاج حالات الضعف الچينى على مستويات متقدمة كما يلى :

(أ) إدخال چينات موجهة لتكوين مولدات طاقة للچينوم :

وذلك لرفع مستوى الطاقة إلى المستوى العادى للمحتوى الچينى ، ويتم إدخال تلك من خلال الجراحة الچينية ، ولابد من اختبار مدى نشاطها فى الچينوم والمواضع التى سيتم إدخالها فيها من خلال التجارب الأولية ، كما يجب ألا تزيد الطاقة الناتجة عن مولدات الطاقة من مستوى معين ، حتى لا تؤدى الطاقة الزائدة على المستوى

(١) الطاقة الدناوية هى الطاقة الموجودة بالدنا الوراثى ، والتى تسمح له بأداء وظائفه .

المطلوب إلى تكسير الروابط أيضاً ، وإدخال الخلية من جديد فى أمراض نقص مستويات الطاقة الچينية .

أحمد : وهل يمكن قياس الطاقة الناتجة عن عملية الإدخال الچينى ؟

المهندس : يتم قياس الطاقة الناتجة عند إدخال الچينات الموجهة لتكوين مولدات الطاقة من خلال أجهزة دقيقة جداً لقياس الطاقة ، والتى يتم إدخالها مع الچينات المدخلة، والتحكم فيها عن بعد من خلال الموجات ، وتعطى قراءات مستويات الطاقة الناتجة على شاشات أجهزة دقيقة معدة لذلك ، كما يمكن من خلال بعض الأجهزة الموجية الدقيقة معرفة مدى قوة الروابط الهيدروچينية بعد إضافة الچينات المولدة لمواد الطاقة ، وقياس مدى تعبير الچينات عن نفسها ، وكمية نشاطها .

ب- استبدال الچينات الضعيفة بچينات قوية : يتم فى تلك التقنية إدخال چينات طبيعية قوية إلى چينوم الخلية الچينية الأولية، أو الخلية الجسمية الناضجة فى أى نسيج ،وذلك بعد استئصال الچينات الضعيفة ،مع مراعاة أن تتم عملية إدخال الچينات القوية إلى الچينوم المنقول إليه فى نفس وقت إستئصال الچينات الضعيفة، تلافياً لتوقف النشاط الحيوى للخلية الحية، وتعرضها للموت .

شيماء : وكيف يتم ذلك ؟

المهندس : وتتم عملية الإدخال والاستئصال تحت تحكم إلكترونى كامل ، ومن خلال تحكم حاسوبية [1] مبرمجة سابقاً لإتمام هذه العمليات بدقة وسرعة كبيرة جداً وذلك تلافياً للأخطاء التى قد تحدث عند الاعتماد على الجراح الچينى (الإنسان) فقط فى إجراء تلك العمليات .

أحمد : لكن ماذا يحدث فى حالة كون الچينات الطبيعية ضعيفة ؟

المهندس : قد يتم إدخال چينات مستنسخة من چينات طبيعية بدلاً من الچينات الضعيفة، وفى تلك الحالة لابد من إجراء عملية الاستنساخ على چينات كائن آخر من نفس النوع ، حتى لا تتعرض الچينات المدخلة إلى المقاومة من الجهاز المناعى من الجسم.

(١) تعمل خلايا التحكم من خلال برامج حاسوب «كمبيوتر» معينة.

جـ ـ استخدام إنزيمات الإصلاح .

تستخدم إنزيمات الإصلاح فى حالة حدوث انخفاض قليل إلى حد ما فى مستوى طاقة الچينات ، والذى يكون ناتجاً عن تغير بسيط يمكن إصلاحه .

يتم تحديد الإنزيم أو المجموعة الإنزيمية الخاصة بإصلاح هذا التغير ، وإدخالها بعد ذلك إلى الچينوم ، ومعرفة مقدار التغير فى مستوى الطاقة من خلال أجهزة المراقبة الالكتروچينية[1] ، ومن خلال منحنى الطاقة قبل إدخال الإنزيمات وبعدها .

د- الجراحة الچينية والچينات المميتة :

الچينات المميتة هى نوع من الچينات إذا وجدت بصورة سائدة، فإنها تسبب موت حاملها ، ويرجع السبب فى ذلك إلى توجيه تلك الچينات إلى إفراز مواد تعمل على إيقاف العمليات الحيوية بالخلية ، وزيادة نسبة المواد السامة بها ، وقد اكتشفت تلك الچينات بعد تجارب عديدة على بعض أنواع الفئران ، والمحتوى طاقمها الوراثى على تلك الچينات ، مما كان سبباً فى موت كل الفئران الحاملة لهذه الچينات .

شيماء : وكيف يتم علاج هذه الحالة ؟

المهندس : ولعلاج حالات الچينات المميتة لابد من إجراء عمليات استئصال لتلك الچينات من چينوم الخلية ، سواء كانت خلية جسمية ، أو خلية جنينية أولية .

شيماء : وكيف تتم هذه التقنية ؟

المهندس : وتتم تقنية الاستئصال الچينى فى هذه الحالة بتحديد مواضع تلك الچينات على الدنا من خلال إنزيمات التحديد ، ثم استخدام إنزيمات القطع لفصلها عن باقى الچينوم ، وقد تستخدم بدلاً من إنزيمات القطع بعض أنواع أشعة الليزر ذات الأقطار الشعاعية الصغيرة جداً .

وقد يتم إدخال چينات جديدة لأداء بعض الوظائف الإضافية بالخلية فى المواضع التى تم استئصال الچينات المميتة منها ، أو يتم لصق شريط الدنا باستخدام بعض الإنزيمات الخلوية اللاصقة .

(١) أجهزة المراقبة الإلكتروچينية هى أجهزة ألكترونية تستخدم لرصد سلوك الچينات .

فى حالة حدوث تداخل فى الأداء الوظيفى بين الجينات المميتة ، وغيرها من الجينات الأخرى الهامة بالخلية ، لا يتم استئصال الجينات المميتة ، ولكن يتم إدخال جينات مضادة لها إلى جينوم الخلية ، وذلك لتثبيط عمل تلك الجينات ، وغالبًا ما تكون تلك الجينات مستنسخة استنساخاً عكسياً[1] للجينات المميتة.

وعند تعذر إجراء أى من العمليتين السابقتين يتم إدخال مثبطات للمواد المتكونة تحت توجيه الجينات المميتة ، بهدف إبطال مفعولها ، أو التقليل قدر المستطاع من التأثير القاتل لها .

وتتم كل العمليات السابقة تحت التحكم ورقابة جهازية إلكتروجينية عالية المستوى، لقياس معدل إفرازات الجينات المميتة، ومدى تعبير الجينات المضادة لها عن نفسها ، ومعدل حدوث الأيض الخلوى .

أحمد : لكن ماذا عن تطبيقات العلاج بالجينات ؟

المهندس : تستخدم تقنية العلاج بالجينات فى علاج الكثير من أمراض النبات والحيوان والإنسان ، وهى تقنية طبية عالية المستوى ، وتحقق العلاج التام إذا استخدمت بدقة تقنية عالية ولاسيما فى علاج الأمراض الوراثية ، والتى يصعب التعامل معها من خلال المواد الكيميائية ، والتى قد تضيف طفرات جديدة للجينوم .

شيماء : يبدو أن تنقية العلاج بالجينات ذات دور مهم فى مستقبل الطب .

المهندس : لقد فتحت قضية العلاج بالجينات آمالا جديدة للتخلص من شبح الأمراض الوراثية ، والذى يطارد الأجيال جيلا بعد جيل من خلال انتقال مورثات المرض عبر الأجيال ، وأصبحت أمراض الهيموفيليا (سيولة الدم) والسكر الوراثى ، وفقدان الذاكرة التام (الزهايمر) ، وحالات عدم التوافق الوراثى النباتية ، من الأزمات الصحية لهذا العصر ، والتى صعب التغلب عليها باستخدام التقنيات الطبية التقليدية .

إن الحالات المرضية العديدة والتى تم علاجها باستخدام تقنية العلاج بالجينات حققت نجاحًا كبيراً .

---

(١) الاستنساخ العكسى هو استنساخ جينات مضادة لعمل جينات ما ، وعلى قالب من تلك الجينات .