

ملامح القرن الحادى والعشرين
كما يراها العلم

obeikandi.com

قرن الأمل والألم

لقد أصبح العلم يمثل العمود الفقري لكل نواحي الحياة، وأصبح الصراع العالمى الآن هو صراع على اكتشاف الجديد فى ميدان العلم وامتلاك التكنولوجيا، وهو صراع شرس لا يعرف الهوادة، صراع فى مراكز الأبحاث المختلفة والمنتشرة فى جميع أنحاء العالم لكسر حاجز الزمن ليأخذ صورة مضغوطة إلى أقل ما يمكن.

وهنا تتضح الأهمية ويظهر - بوضوح - الدور الذى يلعبه وسيلعبه فى الحياة، إنه دور مهم وخطير، وترجع أهميته إلى ما حققه من آمال للجميع وفى مختلف المجالات (الطب، والصناعة، والزراعة، والمستحضرات الدوائية، إلخ)، وهى بلا شك إنجازات مكنت الإنسان من التغلب على مشاكل عديدة، فقد كان الإنسان يكتوى بالأم المرض وهو يلجأ تارة إلى الدجالين وتارة إلى مُدعى الطب، ولكنه اليوم يذهب لأحدث المراكز العلمية العلاجية المزودة بأحدث الأجهزة الطبية ليعرض نفسه على علماء متخصصين، كما يمكنه إجراء أى عملية جراحية فى زمن بسيط، وقد لا يحتاج لإجراء

جراحة، نظراً لوجود الأجهزة البديلة والتي من الممكن أن يستعيز بها الأطباء عن الجراحة.

وقد كان للعلم كلمته في مجال الصناعة، وانتشرت الآلات الحديثة في كل مكان، ولم تقتصر على الأرض فقط، بل تعدت مجال الأرض حيث الفضاء ودراساته. . والإنسان هو المستفيد أولاً وأخيراً من هذه الدراسات.

كما حظى مجال الزراعة بتقدم ملموس، وخاصة بعد بزوغ علم الهندسة الوراثية، وما أضافه إلى الإنتاج الزراعى من تحسين لنوعيته كمّاً وكيفاً، وأصبحنا نرى الثمار ذات الحجم الكبير، واستطاع علماء الهندسة الوراثية أن يحقنوا بعض النباتات ببعض الجينات التي مكّنتها من الاستغناء عن بعض العناصر اللازمة لنموها.

أما مجال المستحضرات الطبية والأدوية فقد تقدّم بشكل ملحوظ ولا سيما بعد استخدام علم الهندسة الوراثية في أبحاث الدواء، وقد ظهر ذلك جلياً في إنتاج هرمون الأنسيولين، ومركبات الإنترفيرون، وغير ذلك من المواد المهمة في العمليات الحيوية، وهذا بعض قليل وهو على سبيل التمثيل الموجز بشدة ليكون شاهداً على ما للعلم من أهمية قصوى.

ولكن كما استطاع العلم أن يخفف آلام الإنسان ويحقق له آماله ويسرّ له الحياة، إلا أنّ له وجهاً آخر يملؤه الدمار وبأقصى درجة ممكنة، ففي لحظة هلك ١٤٠ ألف شخص في هيروشيما باليابان إثر

إلقاء القنبلة الذرية عليها فى اليوم السادس من شهر أغسطس عام ألف وتسعمائة وخمسة وأربعين .

كما أن علم الهندسة الوراثية رغم ما يحمله من آمال عريضة للبشرية، إلا أنه أصبح خطراً قد يؤدي إلى دمار شامل للبشرية فى لحظة من لحظات الاستخدام السيئ للإنسان لعلم ما، وذلك من خلال ما يعرف بالحرب البيولوجية .

وبهذا يتضح مدى أهمية الدور الذى يلعبه العلم فى حياتنا والذى سيقوم به مستقبلاً، وأيضاً الخطورة التى تنجم عن الاستخدام السيئ للعلم .

الجوانب الإيجابية للتقدم العلمى:

لا يختلف اثنان على أن العلم قد يسرَّ الحياة للإنسان، وجعل ما كان مستحيلاً فى الماضى واقعاً فى الحاضر، فالعلم هو الذى مكَّن الإنسان من زراعة الصحراء وتحويلها إلى جنات خضراء تسهم فى الغذاء البشرى بقدرٍ كافٍ .

كما استطاع الإنسان أن يطوى حاجز المكان بالوسائل العلمية، فقد استطاع الانتقال من مكان لآخر على سطح الكرة الأرضية، كما جال فى الفضاء وأقام المحطات الفضائية، وهبط على بعض الكواكب والأقمار، واستطاع أن يجرى تجاربه على النمو والتكوين الجنينى فى الفضاء، بل وأحضر بعض الصخور من تلك الأجرام لدراستها والاستدلال من ذلك على التكوين الصخرى لتلك الأجرام، كما

درس الإنسان مناخ تلك الأجرام وإمكانية الحياة عليها من عدمها، وذلك لاحتمالية حياة الإنسان مستقبلاً على تلك الكواكب ولا سيما كوكب المريخ.

وفى مجال الاتصال قد جعل العلم الإنسان يعيش وهو على سماع ورؤية بما يحدث فى مختلف بقاع العالم، وانتشرت أجهزة التليفون والفاكس والتلفاز والمذياع فى مختلف أنحاء العالم، كما استطاع العلماء أن يبتكروا جهازاً يقوم بوظيفة التلفاز والتليفون معاً، وهو جهاز (الفونفزيون)، ذلك الجهاز الذى يستقبل المكالمات التليفونية ويحتفظ بها فى ذاكرته الإلكترونية، ثم يعرضها مكتوبة على الشاشة بعد تحويلها من رسائل رقمية إلى بيانات كتابية، كما يمكن استخدام هذا الجهاز فى معرفة حالة المرور بالطرق أولاً بأول ومعرفة آخر الأنباء، والتعامل المالى بين المؤسسات المالية والعملاء.

لقد تقدمت وسائل الاتصال تقدماً ملحوظاً بعد الثورة فى عالم الكمبيوتر، وأصبح علماء الفضاء يتلقون يومياً مئات الرسائل الإلكترونية من الأقمار الصناعية، وهم فى مراكز الأبحاث، كما لم يعد مهماً أن تكون موجوداً فى البيت لكى تتصل من جهاز التليفون أو الفونفزيون، فقد ابتكر العلماء ساعة يد وفى نفس الوقت تعمل عمل التليفون، وهى تعمل بالخلايا الضوئية، فعندما تأتى مكالمة تليفونية تصدر الساعة إشارات صوتية متتالية، كما تحدث رعدة خفيفة فى معصم اليد، فيضع حامل الساعة طرف سوار الساعة (الأوستيك)

على أذنه حيث إنَّ الأوستيك مركَّب به سماعة، وإذا أراد حاملها التحدث مع الطرف الثانى فعليه أن يضع السماعة أمام فمه. ويجرى حالياً تجربة تركيب جهاز إرسال دقيق فى الطرف الثانى للأوستيك، ومن ثمَّ فلن يحتاج الشخص إلى قلب السماعة لكى يتحدث.

لقد أصبحت ثورة الاتصالات بحق تمثل ثورة هائلة وركيزة أساسية من ركائز الحياة اليومية، وقد ساعد على وصول هذه الثورة إلى القمة ما أفرزته قرائح العلماء فى عالم الكمبيوتر فأصبحت أجهزة الاتصال السريعة (التلكس، والفاكس، والبريد الصوتى) مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بشبكة اتصالات الكمبيوتر. ومن الجدير بالذكر أن أجهزة الكمبيوتر فى بدايتها كانت كبيرة الحجم ثم صغر حجمها وازدادت دقتها مع مرور الزمن، حتى أصبح جهاز الكمبيوتر الآن يمكن حمله فى الجيب.

وفى مجال الطب استطاع العلم أن يتخطى موضوع الرعب الجراحى الذى يعانى منه أى مريض، مما جعل مشرط الطبيب من وجهة نظر المريض أسمى من سكين الجزار، لذلك كان لابد من ثورة فى عالم الطب، وبالفعل كانت الثورة فى عالم الطب باستخدام المناظير فى بعض العمليات الجراحية، واستخدام الموجات فوق الصوتية فى إحداث اهتزاز للحصوات يؤدى إلى تفتيتها دون إجراء أى عملية جراحية.

كما أن الثورة العلمية فى عالم الليزر قد انعكست مباشرة على

المجال الطبى من جراحات العيون، إلى جراحات القلب المعقّدة، إلخ، بل ويمكن إجراء عملية تحكم لأشعة الليزر باستخدام جهاز الكمبيوتر لكى يقوم شعاع الليزر (LASER - ray) طبقاً للمعلومات (Data) المعطاة للكمبيوتر فى قرص ضئيل الحجم وهو القرص المرن (Disk drive)، بإجراء العملية الجراحية بدقة تامة .

إن ما سبق سيثبت أن مهمة الطبيب التقليدى قد انتهت، وأصبحنا الآن فى حاجة إلى البيوفيزيائى والبيوكيميائى جنباً إلى جنب مع الطبيب لأن جهاز الكمبيوتر يمكن تزويده بالمعلومات الخاصة بكل مرض، وبالمواصفات الخاصة بكل دواء، ومن ثمّ يمكن للكمبيوتر القيام بدور المشخّص، بل ويكتب روصة العلاج للمريض. لكن القدرة على التعامل مع الجسد الإنسانى من منظور علمى متنوع هو الأهم (من منظور بيوفيزيائى، ومن منظور بيوكيميائى). لقد أصبح وجود المهندس الطبى فى غرفة العمليات مع الطبيب شيئاً مهماً، لأن الطبيب يتعامل مع البيولوجية الجسمية، بينما المهندس الطبى يتعامل مع ميكانيكية الجهاز الموضوع داخل الجسم من منظور بيولوجى صرف. أما التعامل من المنظور البيوكيميائى فأقصد به على المستوى التقنوى ما يعرف بالتكنولوجيا الحيوية أو تكنولوجيا الجينات، والتى تهدف إلى كشف الأسباب الرئيسية لوجود مرض ما، وهو ما يعرف بالشفرة الوراثية (Genetic Code)، فأى تغيير فى هذه الشفرة - سواء من مؤثر طبيعى أو من مؤثر صناعى - يؤدى إلى مرض مزمن، أو

مرض مستعصم، ومن ثمَّ فالطريقة المثلى للعلاج هى إصلاح ما فسد، وبمعنى آخر إعادة الترتيب الأساسى فى الشفرة الوراثية، وقد استطاع العلماء أن يرسموا الخريطة الوراثية للإنسان، وهم يدرسون الآن فى معامل الهندسة الوراثية عمليات التغيير والتبديل والحذف والإضافة، وتتركز دراسات العلماء على الخلايا العصبية، والتي لا تعوّض إذا فقدت.

إن تكنولوجيا الجينات سوف تلعب دوراً مهماً فى المجالات الحيوية عامة، وفى الطب خاصة، وهى - بحق - علم القرن الحادى والعشرين الذى سيغيّر كثيراً من اتجاه أكثر من مجال علمى مهم وخطير.

لقد صدقت المقولة: (المستقبل يبدأ من اليوم، وربما من الأمس).. والعقل البشرى المعتكف فى محراب العلم باحثاً، يستطيع تحويل ما كان مستحيلاً إلى واقع، بل هو قد بدأ بالفعل، وسوف يراه ويشهده ويشارك فيه - بعقلية مستنيرة - الشباب من جيلنا، وذلك ما سيثقل التنافس فى اكتشاف الجديد وتملُّكه، وهى أمور قد تغير خريطة العالم وتكون واجهة جديدة لمستقبل البشرية.

إن أبحاث العلماء فى مجال الطاقة تأخذ فى الظهور إلى حيز الواقع تباعاً، وستظهر قريباً (كما أعلن ذلك علماء الطاقة الكهرومغناطيسية) أجهزة صغيرة تعمل بالطاقة الكهرومغناطيسية تمكّن الطبيب من النظر بدقة ووضوح داخل كل جزء من أجزاء الجسد

البشرى، وحتى مستوى الخلية، بل قد تتعدى ذلك إلى إمكانية رؤية المادة الوراثية الخلوية (DNA) ومحتوياتها من قواعد نيتروجينية، وهذا له معناه العلمى المذهل، فبذلك يتمكن الباحث (الطبيب) الوراثى أن يجرى عمليات التغيير فى الشفرة الوراثية وهو يراها رؤية العين من خلال هذه الأجهزة.

وفى مجال الوقود، ما زالت المحاولات مستمرة لإنتاج السيارات التى تعمل بالطاقة الكهربائية، ولكن فكر العلماء بدأ يأخذ مساراً آخر وهو إمكان الحصول على الطاقة اللازمة لتشغيل السيارة من الطاقة الناتجة عن اتحاد الهيدروجين بالأكسجين، وتتم هذه العملية بوجود الغازين فى وعاء بحيث يفصل بينهما غشاء نفاذ، ومن ثم يحدث التفاعل ببطء منتجاً الكهرباء والحرارة (٨٠م) وبخار الماء، مع تأمين الوعاء المستخدم بحيث يكون فى مستوى البنزين الحالى، ويمكن الحصول على غاز الهيدروجين من استخلاصه من الماء أو من الغاز الطبيعى، وستظهر قريباً سيارات من هذا النوع منتجة من كبرى شركات السيارات فى العالم. ولقد تحدثت عما ابتكرته عقول العلماء فى مجال السيارات فقط، ما وسعنى هذا البحث، فكل ما كان خيالاً أصبح - بعد جهد مضمّن - واقعاً ملموساً، فقريباً ستقوم شركات السيارات بإنتاج سيارات لا تستخدم مفاتيح الأبواب، ولكن الأبواب تفتح ببصمة الصوت المخزونة فى ذاكرة الكمبيوتر، كما أن المحرك لن يدار بمفتاح، بل ببصمة الصوت، وكذلك تشغيل مذياع السيارة، واستخدام تليفون السيارة، إلخ.

لقد أصبح استخدام بصمة الصوت فى تشغيل العديد من الأجهزة حقيقة وليس خيالاً، فليس مهماً أن تدير قرص التليفون وتطلب الرقم الذى تريده، بل بكلمة واحدة للتليفون (اطلب رقم) فيستجيب على الفور، كما أنه ليس مهماً أن تستخدم جهاز (ريموت كنترول) لتشغيل التلفاز، بل بصوتك يمكنك إجراء التحويل من قناة إلى قناة، وهكذا مع بوابات المنازل، وخزانة النقود والغسالة والثلاجة و إلخ. إن هذا التقدم - بلا شك - هو تقدم مذهل للغاية، وغير المتابع لما يحدث فى مراكز الأبحاث قد يعتبر ذلك روايات ليست خيالية فحسب، بل أغرب من الخيال.

فبعد أن نجح العلماء فى زراعة أعضاء الجسم (نقل عضو حى من جسم لآخر) وتحويل الصوت إلى نبضات تصل مباشرة إلى المخ، يقوم العلماء الأمريكيون الآن بتجربة رائدة فى مجال طب العيون، فهم يجربون عيناً صناعية تتأثر كثيراً بالضوء، ومن ثمَّ فالشخص فاقد البصر يمكنه بعد وضع العين الصناعية فى تجويف عينه أن يرى أطياف الأشياء من خلال موجاتها الصوتية، ويمكن توصيل هذه العين الصناعية التى تمثل كاميرا صوتية دقيقة للغاية بأجهزة التلفاز والفيديو وغير ذلك من الأجهزة.

أما فى مجال الأجهزة التعويضية، فلم تعد الدراسات منصبة على ابتكار الأطراف الصناعية وحساب معامل يونج لها إلخ، بل تعدت ذلك إلى صناعة أطراف تتصل بالجهاز العصبى ومركب بها أيد

وأصابع تتحرك ببراعة وتعيد العزف على الآلات الموسيقية، وبأمل العلماء فى إمكانية الوصول إلى إجادة اليد الصناعية للحركات الدقيقة .

وهكذا يمسخ العلم دمعة الباكى وكآبة اليائس، ويضع البسمة على الشفاه، تلك البسمة التى لا تعرف المستحيل .

الجوانب السلبية للتقدم العلمى :

رغم الفوائد المذهلة للتقدم العلمى إلا أنه سلاح ذو حدين، فهو مفيد للغاية، ومدمر للغاية، والفيصل فى ذلك هو الاستخدام البشرى لهذا العلم، وقد سبق أن اکتوت البشرية بما ابتكره العلم وأنتجته التكنولوجيا من قنابل ذرية ونووية، راح ضحيتها ١٤٠ ألف شخص فى لحظة واحدة، ناهيك عن ضحايا الحروب الأخرى التى تقدر بالآلاف، ففى هذه الحروب الطاحنة لعب العلم والتكنولوجيا الحربية أدواراً ساخنة سواء فى المصانع أو مراكز الأبحاث. لقد أهلكت التكنولوجيا الحربية فى الحرب العالمية الثانية ما يقرب من (٣٥) خمسة وثلاثين مليوناً من البشر، وقد قدر الخبراء العسكريون - ومعهم خبراء السكان - ضحايا العالم من الحروب منذ الحرب العالمية الثانية بنحو خمسين مليوناً من البشر.

لقد كان الثمن غالباً ولا يزال، فكم من شباب دُمّر، وكم من مدن تلاشت، وهيروشيما ونجازاكي شاهدتان على ذلك .

كما أن تأثير العلم فى البيئة كان سلاحاً ذا حدين، فهو إن كان

أوجد وسائل للنظافة والنقاء إلا أنه كان سبباً فى تعرض سطح الكرة الأرضية لكارثة محتملة بعد إحداث ثقب الأوزون بما يتصاعد من الأرض من نفايات واختراق الطائرات النفاثة له. إن وجود ثقب فى طبقة الأوزون يعنى الكثير والكثير، فهو يعنى زيادة احتمالية الإصابة بمرض السرطان نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية على جسم الإنسان، واحتمالية ذوبان طبقات الجليد فى المنطقتين القطبيتين، وذلك لتعرضهما لمستوى الطاقة العالى المحتوى فى الأشعة فوق البنفسجية، وهذا يعنى غرق الكرة الأرضية.

وفى كل يوم تزداد الملوثات البيئية زيادة مطردة، فصار الجو والبر والبحر ملوثاً، وقد يصل التلوث إلى حد التلوث القاتل، وانفجار مفاعل تشيرنوبل السوفيتى (سابقاً) عام ١٩٨٩م خير شاهد على ذلك.

كما أن مسببات الضوضاء من طائرات وقطارات وسيارات قد جعل الإنسان يضيق ذرعاً بما أحدثه العلم والتكنولوجيا، وخاصة بعد التقدم المذهل فى التكنولوجيا الحيوية (تكنولوجيا الجينات)، وإمكانية تحميل بعض الحشرات بشفرات خاصة بأمراض مزمنة، ثم تطلق على دولة، فتصبح هذه الحشرة أخطر من آلاف الطائرات بل ومن القنابل الذرية والهيدروجينية، فالقنابل بتأثيرها المدمر والرهيب تسبب الموت اللحظى، أما هذه الحشرة فتسبب الموت البطئ المقرون بالعذاب مع الحياة. لقد أصبح مصطلح «الحرب البيولوجية» بمثابة الرعب الذى

يصيب البشر جميعاً، وأصبحت القنابل البيولوجية أشد فتكاً من نظيرتها النووية والهيدروجينية.

كما أن الأخطاء المحتملة من مراكز الأبحاث الخاصة بهندسة الجينات سيكون ثمنها فادحاً، وقد سبق للعالم أن عاش هذه القصة عام ١٩٩٤م بعد انتشار البكتيريا آكلة لحوم البشر والتي تستطيع أن تحلل اللحوم البشرية بشراهة، وقد عزا بعض العلماء تسرب هذه البكتيريا إلى خطأ فى أحد معامل الهندسة الوراثية.

لقد أصبح مصطلح «الحرب الشاملة» يعنى الكثير والكثير، فمعنى اشتعال حرب شاملة على سطح الكرة الأرضية هو دمار حقيقى لكل مظاهر الحياة على سطح الأرض لأن هذه الحرب ستكون (ذرية، كيميائية، بيولوجية، فضائية).. وإذا حدثت حرب كهذه فلك أن تتخيلَ ماذا يمكن أن يحدث؟

ماذا يمكننا القول بعد ذلك؟؟

* هل أصبح العلم هو بسمه الباكي أم هو دمعة المبتسم؟

* أهو أمل المتألم أم ألم الأمل؟

* أهو البداية أم النهاية؟؟

- الأيام وحدها هى التى يمكن أن تجيب عن كل هذه الأسئلة.



الوقت والقرن الحادى والعشرون

يشهد العصر الحالى الكثير من المتغيرات التى طرأت عليه علمياً واقتصادياً وسياسياً إلخ، وظهرت مسميات مختلفة يتحتم علينا التعايش معها مثل مواصفات الأيزو واشتراطاتها، والشرق أوسطية، والشراكة الأوربية المتوسطة، واتفاقية الجات، وغير ذلك من المستجدات المهمة التى تحتم علينا استخدام قدراتنا ومهاراتنا فى إدارة التفاعل مع هذه المتغيرات من أجل تنظيم فوائدها وتحجيم أضرارها. وإن الأداة الأساسية لتحقيق ذلك هى الاستغلال الأمثل للوقت والذى نستطيع به ضغط ذلك الفارق الحضارى بيننا وبين الدول المتقدمة فى شريحة زمنية ضئيلة إذا تمكنا من تطويع أوقاتنا لإنجاز ما كان مستحيلًا. إن العصر الحاضر لا يعرف البطء، وإن تأجيل الأحداث يعنى وجود نتائج وخيمة على عاتق مؤجليها؛ وهذا يجعلهم فى مؤخرة الركب الحضارى ويجعل من مستقبلهم كياناً غير مؤثر على خريطة العالم المستقبلية، ومن ثم تنشأ الفجوة الحضارية بين مجتمعات تحترم أوقاتها وتستغلها الاستغلال الصحيح، وبين مجتمعات تعيش يومها وكأنها ما عاشته لأنها لم تنجز فيه شيئاً ولم

تتقدم فيه خطوة، بين مجتمعات جعلت من الزمن أداة طيعة تستخدمه كيف تشاء، وبين مجتمعات تملكها الزمن فجمدت مكانها وقد يحكم عليها بالإعدام حضارياً. وهكذا بالنسبة للأشخاص، بين شخص يعيش بلا هدف وينفق من زمنه بإسراف وهو لا يدري أنه سيكون يوماً مفلساً لا يمكنه أن يملك ذلك الزمن، وبين شخص يعيش لحظته بحساب وتخطيط مستفيداً من لحظته الماضية طموحاً إلى لحظته الآتية، ويبلور هذا وذاك في استفادة مثلى من لحظته الحالية.

إن عصر التحديات الحضارية يحتم علينا أن نقيّم أوقاتنا، وألاًّ ننظر إليها نظرة قاصرة عن إدراك الأمور واستشراف المستقبل، وإلاًّ ضعنا وضاعت آمالنا. كما ينبغي أن نعلم جيداً أن النظام العالمي الحالي يعتمد على استثمار الزمن بصورة أساسية وبأقل تكلفة ممكنة، وفي ضوء ذلك لا بد لنا من برامج زمنية محددة ومدروسة، كما يجب أن ندرس النتائج بعد نهاية كل برنامج زمني لنحدد جدوى هذا البرنامج من عدم جدواه، ولا سيما أننا مقبلون في عام ٢٠٠٣م على تطبيق حقوق الملكية الفكرية والتي ستوجد نوعاً من الاحتكار الفكرى للدول المنتجة للتكنولوجيا، كما ستوجد قواعد تتيح فرض عقوبات رادعة لمن يخالف ذلك. ومن هذا المنطلق فإن الوسيلة الوحيدة لجعل ذاتنا فى منأى عن التردى إلى وضع لا نحسد عليه هو وقتنا الذى يجب أن تكون نظرنا إليه على أنه أعلى كنز وأثمن شىء.

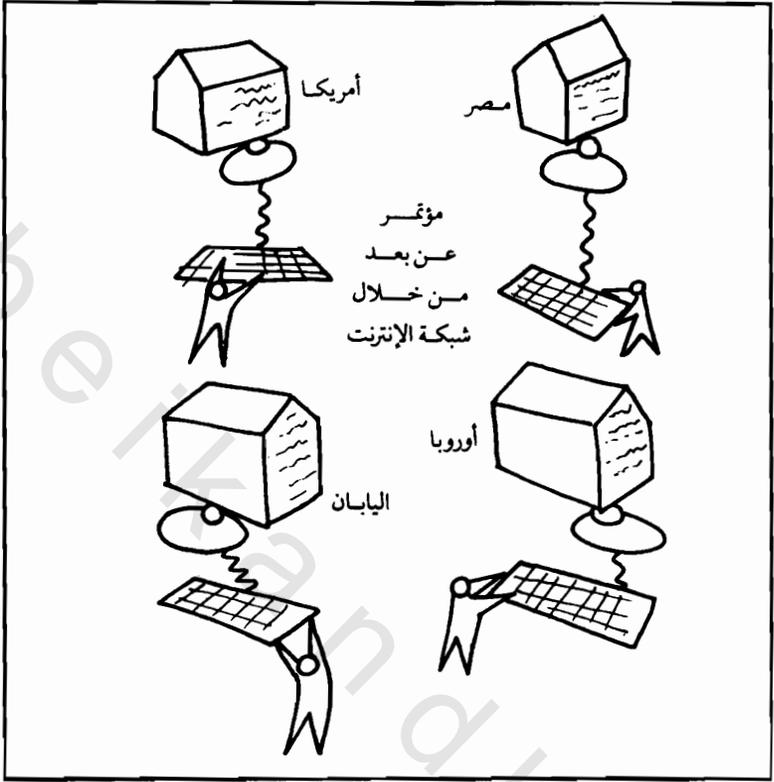
هذا الوقت هو الذى سيزيل الفارق الحضارى، هو الذى سيجعل

العالم ينظر إلينا بعين التقدير والاحترام والهيبة، لأنه الفارق الأساسى بين مجتمع جاد متحضر ومجتمع هازل متخلف، بين مجتمع له كيانه على الساحة الدولية ومجتمع وجوده كعدم وجوده. وإذا كان القدماء قد قالوا: «الوقت كالسيف إن لم تقطعه قطعك»، فإنى أرى أن الوقت فى العصر الحاضر أخطر من السيف، فالسيف قد يقطع فيندمل القطع، ولكن الوقت فى ذلك العصر قطعه معناه الإعدام الحضارى التام، والذى يعتبر مأساة حضارية بكل معنى الكلمة، وما أرى إلا أن الوقت خضمٌ كبيرٌ ينجو منه من عرف قدره فيصل بأمان إلى شاطئ النجاة ليسعد ويسعد غيره، ويغرق فيه من جهل قدره ليرسب فى قاعه ويحكم عليه بالموت.

إن أماننا سؤالاً ملحاً لا بد من الإجابة عنه:

كيف سننظر إلى الوقت فى القرن الحادى والعشرين؟

إن العلوم والتقنيات التى استحدثت قد غيرت كثيراً من مفهومنا للوقت، حيث يمكن من خلال الشبكة الدولية للمعلومات عقد المؤتمرات الدولية دون سفر الأفراد المشاركين لدولة ما، بل يبقى كلٌّ فى دولته، وتتم مناقشات المؤتمر من خلال ما يسمى بشبكة الإنترنت، ويمكننا إيضاح ذلك فى الشكل التخطيطى التالى:



إذن: فيمكن لنا أن نكتشف عنصر الوقت في القرن الحادى والعشرين لنجعل منه زمن الأشياء المتعددة فى وقت واحد، حيث يمكننا أن نجرب تجارب عملية وأن نشارك فى العديد من المؤتمرات، وأن نطالع أحدث ما أنتجته قرائح وعقول العلماء، كل ذلك ونحن جالسون أمام شاشات الكمبيوتر على شبكة الإنترنت، لنفعل من خلالها ما نريد.

لا نكون مبالغين إذا قلنا إننا نعيش فى زمن الأزمات، حيث يمكن فى هذا الزمن فعل العديد من الأشياء التى لا يتسع لفعالها زمن واحد، ومن ثم فإنجاز ما يفوق الزمن خلاله، معناه أن هذا الزمن يحوى فى ثناياه مجموعة من الأزمات، قد لا ندرك ماهيتها، لكن ندرك نتائجها وتأثيراتها.

يقول البعض إن الإنسان قد يصل إلى نقطة اللا زمن، والتى ينعدم عندها الإحساس بالوقت، لانعدام ما يطرأ على الإنسان من أحداث تجعله يحسُّ بالوقت وتأثيره، لذلك فلا بد من إعادة تقييم الوقت مرةً أخرى، وذلك لكى يضبط الإنسان حياته المستقبلية، والتى من المحتمل لها أن تكون حياة فضائية على كواكب أخرى، قد يصل طول اليوم فى بعض تلك الكواكب لما يمكن أن نقول عنه إنه أطول من اليوم الشمسى . . ونسأل أنفسنا:

- كيف سيتم تنظيم وقت الإنسان حيثئذ ؟

- وهل سيعاد النظر إلى التقسيم الزمنى بما يتلاءم مع الحياة الجديدة للإنسان ؟ وكيف سيتم ذلك ؟

ذلك ما سيجيب عنه العلم فى القرن الحادى والعشرين .



القرن المهندس وراثياً

بعد أن استطاع العلماء كشف اللغز الوراثى والجين، بدأ العلماء خطواتهم للاستفادة من هذا الجين، فى شتى مجالات الحياة، وهو ما يعرف بتكنولوجيا الجينات .

وقد استخدم العلماء تكنولوجيا الجينات فى برمجة بعض الكائنات الدقيقة وراثياً لأغراض معينة :

ففى مجال الملوثات البترولية لسطوح المياه، استطاع العلماء إنتاج بكتيريا مهندسة وراثياً بحيث تقوم بتحليل هذه الطبقة البترولية، ومن ثمّ نتخلص من هذا التلوث المائى الذى يقضى على الكائنات الحية البحرية، كما تستخدم هذه البكتيريا لتنميتها فى أحواض مائية ملوثة بالمواد البترولية، ومن ثمّ ستقوم هذه البكتيريا المهندسة وراثياً من قبل بتحليل الطبقة البترولية، ثم ننقى هذه البكتيريا من الدنا الوراثى ويمكن استخدامها كبروتين أحادى الخلية .

الأنسولين البشرى الذى كان يمثل مشكلة طبية كبيرة لمرضى السكر، وكان الحل الوحيد للحصول عليه هو خلاصة بنكرياس

الماشية، وهذا يوكد نوعاً من الفروق - ولو طفيفة - بين الأنسولين الحيوانى والأنسولين البشرى، وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة عن طريق الهندسة الوراثية، وذلك بتصنيع هرمون الأنسولين.

تجربة أخرى رائدة قام بها الأستاذ الدكتور ديوكش نجاي فى الفترة الأخيرة، وأعلن عن نتائجها فى نهاية عام ١٩٩٥م. لقد كان د. نجاي يدرس تتابع هيموجلوبين الدم من القواعد النيتروجينية، وقد توصل بالفعل إلى سلسلة هذه القواعد (تتابع القواعد النيتروجينية على طول شريط الدنا الوراثى)، وقد فتحت هذه التجربة آفاقاً رحبة وأوجدت آمالاً فى إمكانية إنتاج الدم الصناعى، ولك أن تتصور مدى استفادة البشرية لو تحقق هذا. سننقذ آلاف المرضى الذين يعانون من نقص الدم، بل من الممكن إيلاج الجين الخاص بالهيموجلوبين فى بلازميد، ثم إدخال هذا البلازميد إلى داخل الجسم البشرى ليقوم بتوليد (إنتاج) الدم الصناعى، أى أنه فى هذه الحالة سيتحول إلى منتج ذاتى للدم.

وفى تجربة أخرى قام بها علماء من جامعة ميتشجان ومعهد هوارد هومر الطبى، حيث قاموا بحقن خلايا جدران القلب (حيوان تجارب) بجينات تعمل على إنتاج مادة كيميائية تعمل على زيادة نمو الوعاء الدموى وذلك بإنتاج خلايا دموية جديدة، وقد تراوحت نسبة نمو الخلايا ما بين ٣٠٪ و ٤٠٪.

وأكد الفريق العلمي الذي أجرى هذه التجربة على أن حقن المورثات مباشرة فى خلايا العضلات الصقلية بالقلب يجعل هذه الخلايا تعمل كمصانع منتجة للأنسولين، أو تنتج بروتيناً يعمل على تجلط الدم.

ومع هذا النجاح فى تجارب البيوتكنولوجيا الوراثية، إلا أنه ينبغى الحذر لخطورتها، كما أن تجارب الهندسة الوراثية ينبغى أن تقنن دولياً وأن تُراقب من خلال هيئات رقابية دولية معترف بها، وهذا ما حدث تماماً فى إنجلترا، حيث أجرى أحد الأطباء جراحة وراثية لأحد الأطفال الذين يعانون من نقص مناعى (مولود به)، فقد أجريت الجراحة تحت رقابة مشددة، وبعد توقيع الطبيب على إقرار يثبت مسؤوليته إذا نتج عن الجراحة الوراثية طفرة سواء كانت طفرة كروموزومية (لا تورث) أو طفرة جينية (تورث).

لقد أصبحت البيوتكنولوجيا الوراثية هى تكنولوجيا العصر الحالى والقادم، وهى - من وجهة نظرى - لغة القرن الحادى والعشرين، بمعنى أن الذى سيجنى ثمار أبحاث البيوتكنولوجيا الوراثية بمعدل أسرع هو الذى ستكون له الكلمة العليا فى ذلك القرن. لكن المشكلة الكبرى تكمن فى حدوث بعض الأخطاء فى معامل الهندسة الوراثية المنتشرة فى الدول المتقدمة، وما أثير من تساؤلات فى العقود الماضية حول بكتيريا إيشيرشيا كولاى (بكتيريا البرامج

الوراثية) وإمكانية خروجها من معامل الهندسة الوراثية وغزوها للأرض.

طمأن العلماء كل متسائل بتأكيدهم أن بكتيريا إيشيرشيا كولاي قد اعتادت على الحياة فى أنابيب الاختبار وتكيفت معها، ومن ثم فلا خطورة منها، ولكن تبقى الخطورة موجودة فى إمكانية هروب فيروس أو بكتيريا أخرى، ومن ثم تحدث الكارثة.

وقد تقوم بعض المعامل - بتكليف أو بغير تكليف - بهندسة الكائنات الدقيقة وراثياً بجينات مرضية ثم إطلاق هذه الكائنات لتفتك بملايين البشر والكائنات الحية الأخرى.

كما يمكن باستخدام الهندسة الوراثية إنتاج مركبات الإنترفيرون المضادة لمرض السرطان.

تجربة أخرى قام بها العالم رايان سيلفر رئيس قسم علم الأمراض وعلم الميكروبات بجامعة بريستومان البريطانية، حيث أعلن عن توصل الفريق البحثى برئاسة د. كريس إيلسون إلى مواد تفرز طبيعياً فى الدم تمنع الإصابة بالتهاب المفاصل الروماتيزمية.

أجرى فريق العلماء تجاربهم على حيوانات التجارب، ثم بعدما تأكدوا من نجاح التجربة قاموا بتجريبها على الإنسان، حيث يعقد الفريق العلمى آمالاً عريضة على نجاح التجربة، ثم إمكانية تخليق البروتينات الخاصة بهذه التجربة بواسطة الهندسة الوراثية. ومما جعل

تكنولوجيا الجينات مثار تساؤلات عديدة ذلك المشروع البيوتكنولوجى وهو مشروع الجينوم البشرى، والذي تشترك فيه خمس دول تحت إشراف الأمم المتحدة، وذلك لرسم خريطة جينية كاملة لجينات الإنسان، ويقدر لهذا المشروع أن ينتهى فى عام ٢٠٠٣م، وبذلك تكتمل المكتبة الجينية لذلك الإنسان، ولا ندرى ماذا سيحدث بعد هذه الخرطنة الكاملة للجينوم البشرى؟.. إن هناك العديد من الأبحاث الوراثية التى أجريت على بكتيريا هيموفيلص ورسم الجينوم الخاص بها، والتى أجريت على جينات السمنة بالفئران، وغير ذلك الكثير من الأبحاث، والتى ما زال الكثير منها يمثل أحلام وطموحات العلماء نحو غد مهندس وراثياً.

وعلى المستوى النباتى سنجد أن الهندسة الوراثية تلعب دوراً تقنياً مهماً؛ فباستخدام الهندسة الوراثية يمكن إنتاج المواد الكيميائية المقاومة للآفات والديدان، والتى يفرزها النبات لعدم وجود جهاز مناعى به كما فى الإنسان، كما يمكن نقل بعض صفات النباتات إلى نباتات أخرى تفتقد هذه الدرجة أو هذه الصفة، كالنباتات التى لا تستطيع أن تقوم بالتمثيل النيتروجينى لعدم وجود بكتيريا عقد جذرية بها. كما يمكن إنتاج نباتات مقاومة لعوامل البيئة القاسية من خلال الدنا المطعم.

تجربة أخرى فى استخدام الهندسة الوراثية فى عالم النبات وهى تسخير بعض النباتات لإنتاج البلاستيك، وقد كانت هذه التجربة مثيرة للغاية، فقد تيقن العلماء بداية من وجود مادة الفثالات بالنبات والتى

امتصها النبات بعد ذوبانها فى أكياس القمامة، وتعرضها للمياه الجوفية، وقد تركزت دراسات العلماء فى هذا الموضوع حول بكتيريا الكاليجسنيس بوتروفاس حيث نجح علماء جامعة كامبردج فى هندسة هذه البكتيريا وراثياً لإنتاج مادة الفثاللات، كما استطاع الكيميائى دوجلاس ديفيس من جامعة جيمس مادنسون من تحديد مجموعة الجينات الوراثية المسؤولة عن إنتاج مادة بولى هيدروكسى بيوترات (P.H.B) فى بكتيريا بوتروفاس، وهذا يمثل خطوة مهمة، بل وكشفاً علمياً مهماً؛ لأن بكتيريا بوتروفاس تتغذى على السكر، وهو مكلف، وبكشفه سلسلة الجينات الخاصة بتكوين الـ (P.H.B) يمكنه نقل هذه الجينات إلى بكتيريا أقل تكلفة فى غذائها، مما يعمل على خفض تكلفة البلاستيك الحيوية. ثم كانت التجربة الرائدة التى قام بها عالم النبات (كريس سومر) من جامعة ميتشجان الذى نجح فى نقل جينات الـ (P.H.B) الخاصة ببكتيريا بوتروفاس إلى شريط الدنا الوراثى الخاص ببعض نباتات العائلة الخردلية، ويعقد العلماء آمالاً عريضة على إمكانية نقل هذا الجينوم الوراثى - الخاص بالـ (P.H.B) - إلى نباتات مثل القمح والبطاطس.

لقد أصبحت الهندسة الوراثية هى الأداة لتيسير وسائل عديدة من وسائل الحياة، ولكنها على الجانب الآخر نجدها تمثل الرعب والخوف إن أسئ استخدامها، كما أن هناك الكثير من الدول المتقدمة بدأت تستنزف المخزون الوراثى للدول النامية فى صورة معلومات وراثية فى

غاية الأهمية، هذه المعلومات تختص ببعض الصفات المهمة للكثير من النباتات والحيوانات، وهى بلا شك متاحة لها اليوم، لكن بصدور تشريعات حقوق الملكية الفكرية عام ١٩٩٧م والتي ستطبق على المجتمع الدولى عام ٢٠٠٣م لن تصبح متاحة أمامها.

ومعنى هذا أننا مقبلون على عصر الاحتكار الحقيقى للمخزون الوراثى، لذلك التراث الذى يجمعه غيرنا اليوم ولن نستطيع أن نسترجعه غداً. إنه أعز تراث وأغلى كنز. إنه تراث الذات الذى يمثل الماضى الوراثى لنا وليبتنا.

كما حاول بعض العلماء الربط بين علم الهندسة الوراثية وعلم الجريمة، ووجد أن بعض الأشخاص لديهم أساساً الاستعداد الوراثى لارتكاب الجرائم، ومن هنا نادى البعض بتصنيف هؤلاء، بل وغالى البعض وطالب بمحاكمتهم قبل ارتكابهم للجرائم.

وهذا من وجهة نظرى يمثل نازية فى ثوب جديد. إنه لأمر عجاب، كيف تحكم على إنسان بالإعدام بحجة أن الجينوم الخاص به يثبت عدوانيته؟؟. ذلك هو الوجه الآخر، الوجه المرعب للجينوميا، عنصرية جينية وتصنيف أفسى ظلماً من عنصرية وتصنيف الألوان.

تصنيف يقول لنا: لا بد من مراعاة أسس جينية ثابتة عند الاهتمام بأشخاص محددين، فالأشخاص شديدو الذكاء هم أهل الحظوة

الجينية، وهم المستحقون للرعاية دون غيرهم، أما الذين لديهم الاستعداد الوراثي لارتكاب الجرائم فلا بد من إعدامهم !

- ما الذنب الذى ارتكبهه؟! ..!

.. إنهم يحملون جينوم يميل إلى العدوانية !

ولم يكن هذا هو البحث الوحيد الذى استوقفنى، فقد استوقفنى بحث آخر نشره الدكتور سفانت بابوه فى مجلة ساينتيفيك أميركان، وتمت ترجمته إلى اللغة العربية فى مجلة العلوم العدد (١١) نوفمبر ١٩٩٥م. تركزت دراسات د. بابوه على الدنا القديم فى المومياوات المصرية، وأثبت فى بحثه أن الدنا القديم لم يتحلل، ومن خلال هذا بدأت أسئلة كثيرة تثار:

- هل سيمكن استرجاع الماضى الوراثى ؟

- وهل يمكن استخدام هذا الماضى التليد فى معرفة أسرار

وطلاسم الحضارة المصرية القديمة ؟

.. ذلك ما ستكشف عنه الأيام.



إنه طاقم عجيب، ذلك الطاقم الوراثى (الجينوم) الذى فرض نفسه على كل مراكز الأبحاث كحل لم له أهميته وله خطورته، وبدأت بالفعل مراكز الأبحاث الجنائية فى الاستفادة من هذا العلم المهم فى الوصول إلى الحقيقة وراء ارتكاب الجرائم، فعن طريق البصمة الجينية يمكن الكشف والوصول إلى الشخص المجرم، وذلك بأخذ

عينة جينية من خصلات الشعر أو من السائل اللعابي، وسيساعد هذا على الكشف عن العديد من الجرائم.

كما يحاول العلماء إجراء تحكم في إطلاق الرصاص من (المسدس) بواسطة البصمة الجينية لصاحب (المسدس)، بحيث لا ينطلق الرصاص من (المسدس) إلا بإصبعه هو فقط، أى أن التعامل مع مادة (المسدس) سيتم من خلال البصمة الجينية لإصبع الإنسان، مما سيقلل كثيراً من حدوث الجرائم. إنه علم خطير ويتقدم بخطى مذهلة، إنه علم الجينات، أمل الإنسان فى التخلص من معاناته مع الأمراض، ولكنه سيمثل الألم المرعب لو استخدم وفق الهوى.

- فإلى أى الطريقين سنسلك: طريق الأمل، أم طريق الألم؟!..

ذلك ما ستكشف عنه الأحداث، وما سيتضح أكثر عند عرضنا للتقنيات الجينية التالية:

مشروع الجينوم البشرى وعمليات الخرطنة الجينية:

إننا نعنى بخرطنة الجينوم رسم خريطة كاملة لجميع الجينات المكونة لجينوم كائن حى ما، سواء كان هذا الكائن الحى نباتاً أم حيواناً أم إنساناً أم كائناً دقيقاً.

تحدد الخريطة الجينية كل التفاصيل الخاصة بالجين: نوع الجين، ووظيفته، وتركيبه، والقدرة التعبيرية الجينية له، وعلاقاته بالجينات الأخرى (فى الجينوم الخاص بالخلية)، وعلاقاته بالجينات الأخرى

(فى جينوم الخلايا الأخرى)، ومكان الجين فى الجينوم، والحركة الجينية للجين من عدمها، وتأثير هذه الحركة على تعبير جينوم الخلية.

- لكن ماذا ستفيدنا عمليات الخرطنة الجينية ؟

لا شك أن عمليات الخرطنة الجينية سيكون لها مردود بعيد الأثر فى حياة الإنسان فى القرن الحادى والعشرين، حيث إننا من خلالها سنضع أيدينا على ما نريده من جينات سواء كانت تلك الجينات جينات سليمة أم جينات معطوبة، وسنوضح فى النقاط التالية أهمية مشروع الجينوم البشرى والخرطنة الجينية:

١ - التعرف على الأساس الجينى للأداء الوظيفى داخل جسم الإنسان:

نقصد بالأداء الوظيفى كيفية أداء الأنسجة المختلفة أو الأعضاء لوظائفها المحددة لها، فالنسيج العصبى يتخصص فى نقل الرسائل العصبية من المخ إلى مختلف الأعضاء والعكس، بينما النسيج الطلائى يتخصص فى الإفراز سواء كان هذا الإفراز هرمونات أو إنزيمات أو غير ذلك، والنسيج الضام يتخصص فى ربط الخلايا الموجودة فى النسيج الواحد.

كذلك تخصص الأعضاء، فالرئتان تخصصان فى عملية التبادل الغازى أى: تغذية الدم بالأكسجين، وتلقى ثانى أكسيد الكربون لطرده إلى الخارج، بينما يتخصص القلب كمضخة دموية،

وتتخصص الكليتان فى إخراج وترشيح المواد التالفة من الدم. . .
إلخ.

يحكم تخصص كل نسيج لأداء وظيفة ما أو عضو ما لأداء
وظيفته مجموعة متخصصة من الجينات النشطة، وهى المسئولة عن
توجيه كل عضو لأداء وظيفته.

إن معرفتنا بطاقمنا الوراثةى سيجعلنا نحدد أى جين يشفر لتوجيه
مختلف الوظائف المحددة لخلايانا وأنسجتنا، أو فلنقل إن مشروع
الجينوم البشرى سيجعلنا نغير من المفهوم الراسخ فى أذهاننا حول
فسيولوجيا الأعضاء، فالعضو ما هو إلا القالب الذى يمثل إطار
التشكيل للأداء الوظيفى، أو فلنقل: الهيئة التنفيذية للأداء الوظيفى،
لكن الأساس فى توجيه هذه الوظائف هو الجين الموجّه لهذه
الوظائف أو مجموعة الجينات.

ولنسب ذلك سنضرب مثالا ببرامج الحاسوب «الكمبيوتر»، فكل
برنامج مسئول عن تنفيذ عمليات محددة، وقد يهيم لمن ينفذ عمليات
ما على جهاز الحاسوب أن ما يهيمه فى الأساس هو البرامج التى
يُجرى من خلال الدخول إليها ما يودّه من عمليات، لكن - فى
الحقيقة - الأساس هو المعلومات المخزنة فى الذاكرة الحاسوبية «ذاكرة
الكمبيوتر»، وكذلك فالأعضاء ليست هى الأساس، وإنما المعلومات
الوراثية المحمولة على الجينات الموجودة فى أنوية تلك الخلايا المكونة
لتلك الأعضاء هى المحرك والموجه لذلك.

وذلك يذكرني ببعض من لحظات فكري، والتي تمثل كل حياتي مع الجينات التي صارت جزءاً من كياني، فكان هذا التعبير الكاريكاتيري:



ليس المهم فقط معرفة الأداء الوظيفي العام لعضو ما، بل الأهم معرفة الأساس الجيني للمساهمة الوظيفية لكل خلية من خلايا الكائن الحي في العمليات الحيوية التي تتم داخل الجسم، فبعض الخلايا المشكّلة في مجملها لتكوين غُدّي (غدة) تتخصص في تكوين هرمون ما، ومن أمثلة ذلك ما نذكره في هذا الجدول:

الوظيفة	الهرمون	الغدة
رفع نسبة السكر فى الدم.	الأنسولين	البنكرياس: - خلايا بيتا بجزر لانجرهانز
خفض نسبة السكر فى الدم.	الجلوكاجون	- خلايا ألفا بجزر لانجرهانز
تنظيم عمليات النمو والتمثيل الغذائى .	هرمون النمو	
تكوين الصفات الجنسية الذكرية .	هرمون التستوستيرون	الخصيتان
تكوين الصفات الجنسية الأنثوية وتقوية بطانة الرحم وإدرار اللبن .	هرمون البروجسترون هرمون الأستروجين	المبيض

كما أن بعض الخلايا تتخصص فى تكوين وإفراز العديد من الإنزيمات التى تتخصص لتحفيز تفاعلات حيوية خاصة داخل الجسم، ويتضح ذلك من هذا الجدول:

وظائفه	الإنزيم	وظائفه	الإنزيم
تحليل البروتين .	إنزيم البروتينيز	تحليل السكروز .	إنزيم السكريز
تحليل الدنا الوراثى DNA.	إنزيم الدنايز	تحليل المالتوز .	إنزيم المالتيز
تحليل الريبونيويتيدات .	إنزيم الريبونيوكليز	تحليل الدهون .	إنزيم الليبيز

ما نود أن نصل إليه فى النهاية ونوضحه أن وراء كل إنزيم أو هرمون جيناً أو مجموعة من الجينات تشفر لتكوينه وتوجيه عمله، ومن ثمّ معرفتنا بجيناتنا، وتصنيفها، يعنى أننا أصبحنا نمتلك لغة جديدة للتعامل مع إنزيماتنا وهرمونياتنا، وهو ما سيحققه مشروع الجينوم البشرى.

٢ - معرفة جيناتنا السليمة من جيناتنا المعطوبة:

تكمن أهمية ذلك فى استخدام الجينات كمعالجات فيما يعرف بالعلاج الجينى، حيث يمكن بعد تحديد الجينات المعطوبة إصلاح هذا العطب بعد معرفة سبب حدوثه سواءً باستئصال الجينات المعطوبة أو إدخال جينات سليمة.

٣ - معرفة العلاقات الجينية المختلفة بين الجينات:

يفيدنا مشروع الجينوم البشرى فى معرفة العلاقات الجينية المختلفة بين الجينات فى جينوم الخلية الحية، والتي قد تكون علاقة تكامل والتي تعنى حدوث تكامل بين التعبير الجينى لجينين أو أكثر فى جينوم الخلية، مما يحقق الأداء الوظيفى بفاعلية، أو علاقة تضاد حيث يضاد التعبير الجينى لجين ما التعبير الجينى لجين آخر، ويفيد ذلك فى تشخيص السبب فى العطب الجينى طبقاً لمستويات عديدة كما يتضح من هذا الجدول:

علاج الحالة	مستويات العطب فى التعبير الجينى
استئصال الجين المعطوب وإدخال جين سليم.	الجين موجود لكنه مصاب بعطب جينى
استئصال الجين المضاد.	الجين موجود وسليم ولكنه لا يستطيع التعبير عن نفسه لوجود جين مضاد له فى التعبير الجينى
تنشيط الجين من خلال استخدام المنشطات الجينية.	الجين موجود وسليم لكنه كامن (غير نشط)

التصنيع الدناوى الأنبوى:

نقصد بالتصنيع الدناوى الأنبوى تصنيع الدنا الوراثى (DNA) داخل الأنبوبة (أنبوبة الاختبار)، وهو مصطلح يعنى التصنيع المعملى لـ (DNA)، وهو يمثل عملية مشابهة حيوية للتضاعف الدناوى الذى يحدث بصورة طبيعية داخل نواة الخلية.

لإجراء عملية التصنيع الدناوى لابد من توافر وسائل حدوثه، والتى تتوافر فى:

١ - ضرورة توافر قالب من الدنا الوراثى DNA تتم عملية التصنيع عليه.

٢ - ضرورة توافر إنزيمات التناسخ الدناوى المتخصصة.

٣ - أن يكون الوسط الأنبوى (المعملى) ملائماً لعملية التصنيع.

تتم عملية التصنيع على القالب الدناوى المحتوى على العديد من

التتابعات النيوتيدية، والتي يتم تصنيع مكملاتها النيوتيدية من إنزيمات التناسخ طبقاً لخاصية ازدواج وتكامل القواعد النيتروجينية على طول شريط الدنا الوراثي .

تكمن أهمية تقنية التصنيع الدناوى الأنبوبى فى إمكانية الحصول على نسخ عديدة من الدنا القديم والذي قد يكون لبنات قديمة مهمة لكنها انقرضت، أو لحيوانات منقرضة كالديناصورات العملاقة والتي سادت فى حقبة الحياة الوسطى، أو لأجناس بشرية انقرضت، أو لإنسان حضارى (ذو صبغة حضارية مميزة) كالإنسان المصرى القديم .

توفر تقنية التصنيع الأنبوبى الدناوى إمكانية إعادة استنساخ هذه الكائنات الحية مرة أخرى، مما سيحدث انعكاسات خطيرة فى علوم البيولوجيا .

إن ثمة أسئلة عديدة يمكن أن تدور فى أذهاننا فى ظل الاحتمال القائم باستنساخ صور الحياة القديمة :

- كيف ستتعايش صور الحياة القديمة مع الصور الحاضرة للحياة ؟
- هل سيحدث تناقض بين صور الحياة القديمة وصور الحياة الموجودة الآن ؟
- هل سيتقبل الإنسان القديم المستنسخ الجوانب الحضارية للحياة المعاصرة ؟

- هل يمكن أن يؤدي بنا ذلك إلى نوع من صراع الحضارات ؟
- هل يستطيع الإنسان القديم أن يستفيد من الحضارة البشرية القائمة، ويضيف إليها ؟
- وماذا يمكن أن يضيف ؟
- وهل ستحدث الهندسة الوراثية من خلال تقنية الدنا الأنبوبي المصنَّع خلافاً في الاتزان الحيوى القائم بين مختلف الكائنات الحية ؟



العلاج بالجينات :

نقصد بالعلاج الجينى استخدام الجينات كمعالجات بدلاً من استخدام المعالجات التقليدية كالمواد الكيميائية المخلّقة أو الأعشاب، والفارق بين المعالجات التقليدية والمعالجات الجينية يكمن فى أننا نتعامل مع المعالجات الجينية بمستوى دقيق جداً، يتمثل فى الجزئ البيولوجى الحامل للمعلومات الوراثية «الجين».

ولكى نتفهم استخدام المعالجات الجينية لابد أن نفهم أولاً مدلول مصطلح «مرض»، والذي يعنى حدوث تغير فى الحالة السوية للخلية، بما يمكن أن نسميه بالخلية المعتلة «اعتلال الخلايا». لذلك لابد أن نحدد كيفية اعتلال الخلية ومسببات الاعتلال.

يمكن تقسيم مسببات الاعتلال الخلوى إلى مسببات لا حياتية (غير حية)، والتي تتمثل فى المواد السامة والإشعاع، ومسببات حياتية

(حية)، والتي يمكن تقسيمها إلى مسببات لا توراثية (لا تورث) وتمثل فى العديد من الميكروبات المرضية التى تهاجم الجسم وتحدث به العديد من الأمراض، ومن أمثلة ذلك: بكتيريا الدفتيريا المسببة لمرض الدفتيريا، وبكتيريا السل المسببة لمرض السل، وفيروس الإيدز المسبب لمرض الإيدز، والفيروسات الكبدية المسببة للتليف الكبدى.

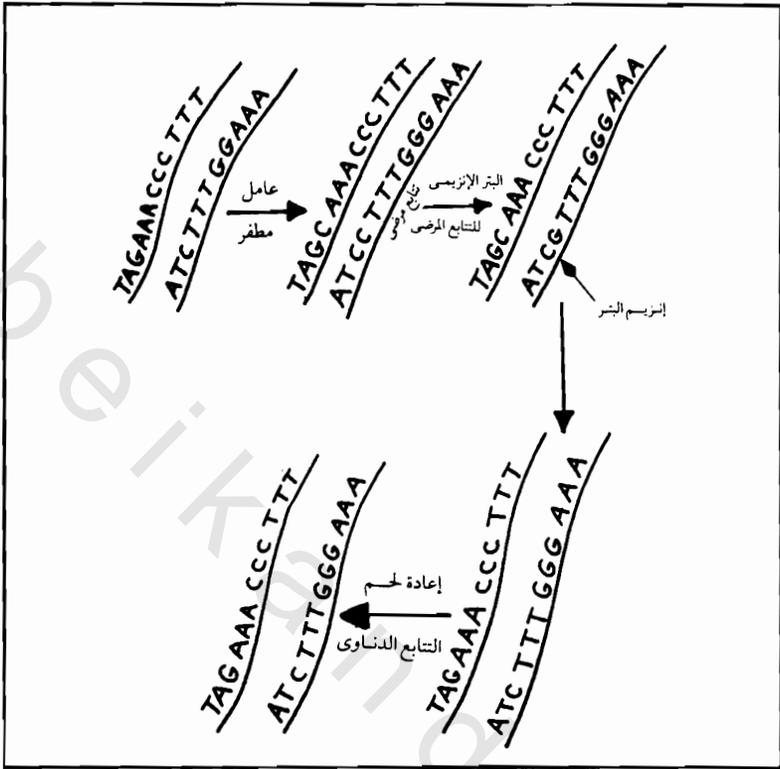
يظهر التأثير الخطير للمسبب الميكروبى المرضى فى الإفراز السُمِّ الخطير والذى يدمر العمليات الحيوية المختلفة فى الخلية، مما يصيب الخلية بالاعتلال التام.

المسبب الحياتى المرضى الآخر هو المسبب التوارثى (يورث)، وينتج عن جينات مرضية يتم توارثها عبر الأجيال، مما يؤدى إلى ظهور الأمراض المسئولة عنها. قد تكون الأمراض الوراثية مرتبطة بالجنس، ومن ثم تكون مميزة للذكر عن الأنثى، أو متأثرة بالجنس حيث تظهر نتيجة توافر فرص ظهورها بزيادة هرمون جنسى معين.

ويمكننا إجمال تقنيات العلاج الجينى فيما يلى:

عمليات الاستئصال الجينى:

تستخدم هذه التقنية فى حالة وجود جين مرضى، حيث يمكننا بتر هذا الجين المتمثل فى تتابع نيوتيدى على طول شريط الدنا الوراثى باستخدام إنزيمات البتر، ثم يعاد لصق الأطراف الناتجة عن عملية البتر، ليعاد لحام الدنا الوراثى، ويعود كما كان فى حالته السوية. ولنوضح ذلك نستخدم الشكل التخطيطى المبسط التالى:



التطعيم الجيني المضاد:

تستخدم هذه التقنية عند إمكانية إيقاف التعبير الجيني لجين ما باستخدام جين مضاد في التعبير الجيني للجين، مما يثبط القدرة التعبيرية الجينية له.

يمكن التسريع من إيقاف التعبير الجيني باختيار جينات مضادة ذات قدرة تعبيرية عالية، وتجرى أبحاث عديدة لزيادة القدرة التعبيرية الجينية للجين المضاد المطعم به.

يمكن أن تكون المادة المثبطة للتعبير الجيني للجين المرضى مادة كيميائية تتداخل تركيبياً فى الترتيب النيوتيدى للجين، مما يثبط تعبيره عن نفسه.

تكمن خطورة تقنية التطعيم الجينى المضاد فى إمكانية عدم التحكم فى التعبير المضاد للجين المضاد المولج داخل الجينوم، مما قد يؤدى إلى تثبيط جين مهم وظيفياً داخل الخلايا، مما يضر بالأداء الوظيفى المنتظم داخل الخلية الحية، كما يمكن أن تكون المادة الكيميائية المستخدمة - كمادة مثبطة للتعبير الجينى - مادة مطفرة، مما يحدث العديد من الطفرات داخل المحتوى الجينى.

التطعيم الجينى المناعى:

لقد تغيرت نظرتنا تماماً الآن فى التعامل مع مواد المناعة، والى تلعب دوراً أساسياً فى مقاومة الميكروبات والسيطرة عليها وتدميرها، مما ينقذ الخلايا من التأثير المدمر لها.

اتضح من نتائج الدراسات الجينية لمواد المناعة أن هذه المواد تتكون تحت توجيه جينات محددة فى الجينوم، حيث تكون هذه المواد نشطة وتُفرز بمعدل كبير إذا كانت الجينات الخاصة بالتشفير لتكوينها ذات قدرة تعبيرية عالية، لذا كان الاقتراح من بعض العلماء بزيادة مواد المناعة من خلال التطعيم بجينات مشفرة لها، بشرط ألا تكون هذه المواد مضادة فى التعبير الجينى لجينات أخرى، كما يمكن زيادة القدرة التعبيرية الجينية لجينات مواد المناعة من خلال تطعيم الجينوم بمنشطات

جينية (جينات لها القدرة على تنشيط جينات أخرى فى الجينوم)، مما يزيد من فاعلية الجينات الموجودة أصلاً فى الجينوم، ويسمح ذلك بتكوين مواد مناعية أخرى إضافية بكميات كبيرة، مما يزيد من القدرة المناعية للجسم ضد الميكروبات .

جينوميا الجريمة:

لقد أصبحت تقنية الجينات إحدى أهم الوسائل التقنية داخل معامل البحوث الجنائية، فالأطعم الوراثية تختلف فى سلوكها من شخص إلى شخص آخر، ونقصد بالسلوك الجينى نوعية القدرة التوجيهية للجين، بمعنى:

- هل يؤدي التعبير الجينى إلى سلوك حميد أم غير حميد؟

تركزت دراسات جينوميا الجريمة (استخدام هندسة الجينات للتعرف على السلوك العدوانى للأشخاص) على دراسة الحركات الجينية الفجائية، وقياس مدى تأثيرها على التعبير الجينى من خلال استخدام الموجات الجينية^(١).

وقد أظهرت الدراسات الأولية لجينوميا الجريمة والتي أجريت على أكثر من ألف عينة بولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية أن بعض الأشخاص لديهم الاستعداد الوراثى لارتكاب الجرائم، ومن ثمَّ فإنَّ قليلاً من التوتر لهؤلاء الأشخاص قد يؤدي بهم إلى ارتكاب

(١) موجات يتم إنتاجها باستخدام الأجهزة الإلكترونية

الجرائم، أما الأشخاص الآخرون فليس لديهم الاستعداد الوراثى لارتكاب الجريمة.

وضعت هذه الدراسات الجينية لمعرفة الأسباب البيولوجية للجريمة علماء «جينوميا الجريمة» فى دائرة غير منتهية من التساؤلات والاستفسارات العلمية:

- هل يمكن تعديل السلوك الجينى العدوانى إلى سلوك حميد؟
- هل تفيد البصمة الوراثية فى التحديد الدقيق لمركبى الجرائم؟
- هل ستؤدى جينوميا الجريمة إلى إيجاد تصنيف سلوكى للأفراد من خلال جيناتهم؟

ساهمت هذه الاستفسارات فى الانتقال بجينوميا الجريمة من التعرف على سلوك الجينات إلى استخدام جينوميا الجريمة فى العديد من المجالات التطبيقية المختلفة.

١ - تعديل السلوك الجينى العدوانى:

يوجد العديد من التقنيات المختلفة التى يمكن من خلالها تغيير السلوك الجينى العدوانى، أو خفض معدل تعبيره عن ذاته، ويتم ذلك من خلال التقنيات الآتية:

(أ) إدخال جينات معدلة لسلوك الجينات العدوانية:

يتم فى هذه التقنية إدخال جينات لها القدرة على العمل العكسى للجينات ذات السلوك العدوانى، ومن ثم يمكن الوصول بالسلوك

الجينى إلى حالة التوازن التى تتيح لها مستوى تعبير وراثى سوى نسبياً.

(ب) إدخال جينات كمون وراثى:

تستخدم هذه التقنية بهدف إجبار الأظم الوراثية ذات السلوك العدوانى على الدخول فى مرحلة كمون وراثى قد تطول وقد تقصر، ولا بد فى هذه الحالة من تقنيات عالية المستوى لاختبار جينات الكمون الوراثى، ولتابعة تعبيرها عن نفسها فى داخل الجينوم، حتى لا يؤدى إدخال هذه الجينات إلى كمون جينات أخرى بالطاقم الوراثى.

(ج) استبدال الجينات ذات السلوك العدوانى بجينات ذات سلوك سوى:

يتم استخدام هذه التقنية فى حالة فشل الوصول بالجينات ذات السلوك العدوانى إلى حالة التوازن، أو إجبارها على الدخول فى حالة كمون وراثى، حيث تستأصل الجينات ذات السلوك العدوانى باستخدام الجراحة الجينية، ويتم إدخال جينات وظيفية ذات سلوك متزن تؤدى نفس الوظائف الحيوية للجينات المستأصلة مع خفض أو ملاءمة السلوك غير الطبيعى.

٢ - استخدام البصمة الوراثية كدليل جنائى:

يتميز جينوم كل خلية بترتيب جينى محدد، لا تتسم به بقية الخلايا، ويمثل ذلك البصمة الوراثية للخلية، ومن ثمّ فلا يمكن

لشخصين أن يتطابقا فى البصمة الوراثية، وهذا يتيح استخدام البصمة الوراثية كدليل فى معامل البحوث الجنائية.

فمن خلال شعرة تسقط فى مكان ارتكاب الجريمة يمكن تحديد البصمة الوراثية لصاحبها، ومضاهاتها بالبصمات الوراثية المحملة لكل المواطنين فى أجهزة حاسوب مركزية (كمبيوتر) بالمعامل الجنائية، وقد أنشئ فى العديد من الدول المتقدمة كثير من المعامل الجينوجنائية، والتي تستخدم البصمة الوراثية كدليل جنائى قاطع.

٣ - إنتاج أسلحة يمكن التحكم فيها من خلال البصمة الوراثية:

تجرى حالياً العديد من التجارب فى بعض الدول المتقدمة لإنتاج أسلحة دفاع عن النفس لا تعمل إلا من خلال البصمة الوراثية الشخصية لصاحب رخصة حمل السلاح، ومن ثم يمكن خفض معدل حدوث الجريمة فى العالم.

رغم ما ستقدمه جينوميا الجريمة من خدمات جليلة للبشرية، فإن بعض الباحثين يتخوفون من توظيف «جينوميا الجريمة» توظيفاً سيئاً حيث من الممكن استغلال «جينوميا الجريمة» لتصنيف البشر إلى ذوى جينات عدوانية، وذوى جينات سوية، وقد زاد هذا التخوف بعد مناداة بعض الباحثين بضرورة عزل ذوى الجينات العدوانية وإبعادهم السجون لحماية البشرية منهم، مما سيؤدى إلى فوضى عارمة ستسود العالم ما لم يتخذ صانعو القرار موقفاً محدداً بتقنين العمل فى مراكز بحوث «جينوميا الجريمة».

قرن الثورات العلمية المخالطة

لقد شهدت البشرية ثورات علمية عديدة ساهمت كثيراً في خدمة البشرية، وذلت لها كثيراً من الصعاب، وفتحت أمامها آفاقاً رحبة للانطلاق نحو المستقبل.

من هذه الثورات: ثورة اكتشاف الذرة وتطبيقاتها، والتي استفاد الإنسان منها - في السلم - في التشخيص والعلاج وإنتاج الطاقة، وثورة الاتصالات والكمبيوتر، والتي ساعدت كثيراً على تحويل الأرض إلى قرية واحدة، كما ساهمت كثيراً في حفظ المعلومات والاستفادة منها، وثورة الفضاء، التي جعلتنا نجوب الكواكب الأخرى، ونأمل في الحياة على بعضها مستقبلاً، وثورة الليزر، التي ساعدتنا كثيراً في الجراحة وغيرها من الاستخدامات، وأخيراً أهم وأخطر تلك الثورات، ثورة مادتها الحياة، إنها ثورة الهندسة الوراثية، والتي تمثل الإنقاذ للبشرية من الجوع والأمراض الفتاكة وإنقاذ البيئة من التلوث . . . إلخ. تلك هي الثورات العلمية التي عاشتها البشرية خلال هذا القرن، أما ما سيعيشه العالم من ثورات

قادمة فى القرن الحادى والعشرين فهو خليط من ثورات متعددة، ربما يمكننا أن نسميها بالثورات العلمية المخلطة، والتي ستضح من خلال عرضنا التالى:

أولاً - الجينات والليزر:

شعاع الليزر هو شعاع من الضوء، يتميز بالدقة وعظم الطاقة الموجودة به، كما أنه أحادى اللون، حيث إن لموجته طولاً واحداً، وليس عدداً من الأطوال كالأشعة الأخرى، وتمتاز ذراته بقوة تماسكها، ومن ثمّ فتعرضه للتشتت قليل جداً، ومن ثمّ يمكن إسقاطه على دائرة ذات قطر محدد على سطح القمر، وهو على سطح الأرض، بينما تشتت كل الأشعة الضوئية الأخرى بعد أمتار من انبعائها.

من مميزاتة أيضاً استقامته، فهو يصدر فى اتجاه واحد، ويسير فى خط مستقيم، ويظهر أثناء سيره بريق ولمعان يتميز به بين كافة الأشعة الضوئية.

ولهذه المميزات التي توافرت به، تعددت استخداماته وكثرت تطبيقاته، من الطب إلى الزراعة، إلى التصوير الفضائى. وكل ذلك مفيد للبشرية، لكن الإنسان لم يكتف بذلك، بل اتجه فكره لأن يتخذ منه سلاحاً فى الحروب، حيث إن له قدرة عالية على تدمير الصواريخ قبل وصولها إلى أهدافها، كما يمكن توجيهه نحو مواقع محددة يراد تدميرها، وبنفس الطريقة.

لا بد أنك الآن تتساءل:

- كيف ينتج شعاع الليزر؟ وما مصدره؟

يوجد العديد من المولدات المسئولة عن إنتاجه، والتي تعمل على إثارة ذرات عناصر ما من خلال رفع قيمة طاقة إلكتروناتها، فتثار هذه الإلكترونات إلى مستويات طاقة أعلى، ثم لا تلبث أن تعود لمستوياتها الأصلية بعد ذلك فاقدة الزيادة من الطاقة في صورة إشعاع، ويمكن التحكم في قوة وطاقة الشعاع الخارجى وطوله الموجى (طول موجة الشعاع).

لقد استطاع الإنسان أن يصنع مولدات عديدة تعمل بنفس الفكرة، لكن المادة التي تتعرض لعملية الإثارة تختلف من مولد لآخر، ومن هذه المولدات: مولدات تكون فيها المادة المعرضة للإثارة صلبة، ومن أشهر هذه المولدات: «مولد السياتوت»، حيث تستخدم فيه مادة السياتوت المطعمّة (الداخل فيها) ببعض العناصر الأخرى كالكروم والألومنيوم.

توجد أنواع أخرى من المولدات تعرف بالمولدات الغازية، حيث تكون المادة المثارة غازية، وتختلف المادة الغازية من مولد لآخر، ففي بعض المولدات يستخدم غاز الهليوم مع غاز النيون (غازان خفيفان جداً)، وفي البعض الآخر يستخدم غاز ثانى أكسيد الكربون، ويعرف كل مولد باسم المادة المنشطة الموجودة به.

من المولدات الأخرى: مولدات الليزر السائلة، والتي تكون المادة المنشطة فيها مادة سائلة.

لقد تعددت استخدامات الليزر فى المجالات الطبيعية، وأصبحت

الأداة الأمثل فى إجراء العمليات الجراحية الداخلية (داخل الجسم)، حيث يمكن استخدامه فى قطع الأنسجة الداخلية ولحامها مرة أخرى، كما يمكن استخدامه فى فتح الخلية لإدخال مواد معينة داخلها.

ويتميز استخدامه كمشرط جراحى بعدم حدوث نزيف، لقدرته على لحام القطع بعد أجزاء من الثانية من إجرائه، وذلك لارتفاع مستوى الطاقة به، كما يعمل على تعقيم البيئة المحيطة بالجروح بقتل الميكروبات الموجودة حولها.

ومن المجالات الطبية التى استخدم فيها:

- طب العيون: حيث استخدم فى استئصال الأورام الخبيثة بالعين، وعلاج الانفصال الناتج فى شبكية العين (الشبكية هى الجزء الذى يسقط عليه الضوء ويحدث به تغيرات تؤدى إلى حدوث الإبصار).

كما استخدم للحام العصب البصرى عند تعرضه للقطع، وسد الجروح لمنع حالات النزيف المستمر التى قد يتعرض لها البعض.

- الجراحات الجلدية: يستعمل فى هذا المجال لإزالة الوحومات والأصباغ الموجودة على الجلد، والتى تؤدى إلى تشويه شكل الجلد، وهذا جعل شعاع الليزر الآمن فى جراحات التجميل.

- جراحات الجهاز الهضمى: لقد استطاع الليزر أن يدخل إلى داخل الجسم من خلال المناظير الضوئية، حيث أمكن استخدامه فى علاج الكثير من الحالات المرضية داخل القناة الهضمية، ومنها علاج القرحة بالمعدة والأمعاء، والقرحات الفموية (الموجودة بالفم)،

كما استخدم لتفتيت حصوات المرارة، واستخدم بنجاح كبير فى جراحات الكبد داخل الجسم.

- جراحات الأنف والأذن والحنجرة: لقد نجح العلماء فى استخدام شعاع الليزر فى التصوير الداخلى من خلال المناظير الطبية للحنجرة، والحبال الصوتية داخلها، واستخدم بكفاءة عالية لإزالة اللوزتين لتعقيمه موضع الإزالة واللحم المباشر لمكان الإزالة، مما يقلل كمية الدم المفقودة.

وإذا حدث تكوُّنٌ لورم خبيث داخل الحنجرة أو الأنف، فإنه يمكن إزالة هذا الورم واستئصاله تماماً من الأنسجة من خلال استخدام أشعة الليزر.

- أمراض النساء: يتم استخدام أشعة الليزر فى هذا المجال لإزالة سرطان عنق الرحم عند المرأة، وفى إزالة انسدادات القناة التناسلية.

- جراحات الأورام الخبيثة: لقد حقق استخدام شعاع الليزر فى إزالة الأورام الخبيثة من الجسم نجاحاً كبيراً، حيث أمكن إدخال صبغات معينة إلى داخل الخلايا المصابة بفيروسات السرطان، بحيث يمكنها امتصاص شعاع الليزر من دون الخلايا الأخرى (السليمة)، ومن ثمّ تتاح الفرصة كاملة لتدمير الفيروس داخل الخلية واستئصال الورم الخبيث، ومنعه من الانتشار والتغلغل فى خلايا الجسم. لقد استخدم شعاع الليزر فى علاج الكثير من أنواع السرطان، كسرطان

المثانة، وسرطان الرثتين، وسرطان عنق الرحم، وسرطان المخ، وسرطان الجهاز الهضمي، وسرطان الدم . . . إلخ.

كما أمكن استخدامه في معرفة كيفية تكوُّن وانتشار الخلايا السرطانية، ويمكن تحميل العديد من المضادات الحيوية عليه للوصول إلى الموضع المصاب بفيروس السرطان مباشرة.

لا تقتصر استخدامات أشعة الليزر على المجالات الطبية فحسب، بل تم استخدامها في المجالات الزراعية بنجاح تام، حيث استخدمت في تعقيم أماكن التخزين للحبوب والثمار من الحشرات والآفات الضارة، وكذلك في تسوية الأرض الزراعية لإعدادها للزراعة، كما استخدمت في معاملة الألبان لتعقيم منتجات الألبان حتى لا تتعرض للتلف بفعل الميكروبات. ولقد تم تجريب أشعة الليزر في علاج عدد كبير من أمراض الحيوان كآلام العضلات والعظام والقرح . . . إلخ.

لم يقتصر استخدام أشعة الليزر على المجالات الطبية والزراعية فقط، بل امتد إلى الفضاء، حيث استخدمت في التصوير الفضائي لأماكن تجمع الثروات المعدنية، والمياه، وتصوير الأجسام الفضائية.

وقد استطاع الإنسان في الآونة الأخيرة تطوير بعض أشعة الليزر لاستخدامها على نطاق واسع كسلاح فتاك في الحروب، حيث استخدمت لتدمير القذائف والصواريخ الموجهة قبل وصولها إلى أهدافها، كما أمكن استخدامها في تحديد الأهداف العسكرية بدقة تامة.

لقد تمت صناعة أسلحة ليزرية تطلق أشعة ليزر قاتلة ومدمرة

لإدخالها كسلاح جديد فى الحروب، ويمكن توجيه هذه الأسلحة عز بعد من خلال التحكم الإلكتروني فيها، كما يمكن توجيه هذ الأسلحة من خلال محطات فضائية نحو الأرض، ويتم التحكم فى هذه المحطات من فوق سطح الأرض. ويبحث العلماء استخدامات أشعة الليزر فى تدمير الأجرام السماوية الشاردة فى الفضاء، إذ اقتربت من سطح الأرض، ويعرف هذا (بحرب النجوم)، وهو مشروع عملاق يهدف إلى حماية الأرض من الدمار بفعل النجوم الأخرى، من خلال شبكة من الصواريخ النووية وأشعة الليزر لتدمير هذه النجوم.

إن العديد من العلماء يأملون فى استخدام أشعة الليزر فيما يفيد حياة الإنسان على سطح الأرض، لا فيما يعرض للدمار والشقاء، لكن البعض الآخر يود استخدامها فى السيطرة والسيادة، وفرض ذاته على إخوته من البشر، فهو يريد أن يفتك بهم، وأن يبطش بالضعفاء، وأن يقتل إخوته، ويدمر الأخضر واليابس على سطح الأرض. إنه لم يتعظ من آلاف البشر الذين راحوا ضحية لإلقاء القنبلة الذرية على اليابان فى الحرب العالمية الثانية، ولم يتعظ من آلاف القتلى فى العديد من الحروب على سطح الأرض. إنه مصر على تدمير ذاته بذاته، وكأنه غير مدرك لذلك.

لكن من أهم وأخطر استخدامات أشعة الليزر: استخدامها فى تقنية الجينات، والتي تمثل العوامل الحاملة للمعلومات الوراثية داخل الخلية الحية، والتي نتج عن التجارب التى أجريت عليها ثورة فى

مختلف علوم البيولوجيا، ومن ثمَّ تحولت البيولوجيا من ذلك العلم الوديع الهادئ إلى ذلك العلم المخيف المدمر، والذي دخل إلى جميع المجالات: فى الزراعة، وفى الطب، وفى تنمية الثروة الحيوانية والنباتية، وفى تنقية البيئة من الملوثات، وفى مجال الجريمة. إنها البيولوجيا الجزيئية، والتي أصبحنا نتعامل من خلالها مع جزيئات غاية فى الصغر، تلك الجزيئات الكامنة فى نواة الخلية، وكأن النواة تمثل لها مقرها الذى تقيم فيه، وتصدر من خلاله أوامرها وتعليماتها إلى مختلف المكونات الحيوية للجسم من خلايا وأنسجة . . . إلخ .

لا بد أن سؤالاً يدور بذهنك:

- وما علاقة ذلك بالليزر؟

لأجيبك عن ذلك لا بد أن تعلم أنه لكى ندخل جيناً ما داخل الخلية، لا بد أن نحدث قطعاً فى الخلية، كما أن الجينات المدخلة تحتاج إلى حوامل لها (تعمل على حملها إلى داخل الخلية) حتى يمكن وضعها فى الوضع الصحيح من الجينوم الخاص بالخلية .

والليزر مهم جداً فى ذلك، حيث يمكن استخدام شعاع الليزر فى فتح الخلية، ثم تحميل (إدخال) العوامل الوراثية التى نريدها إلى داخل الخلية، ثم يحدث التحام للخلية دون أضرار، وذلك لقدرة شعاع الليزر على إحداث ذلك .

ويمكن من خلال استخدام أشعة الليزر إحداث دمج بين العوامل الوراثية للمواد المختلفة من خلايا عديدة فى خلية واحدة، ويمكننا أن نوجز العمليات المختلفة لاستخدام أشعة الليزر فى مجال الجينات فى الشكل التالى:

اختيار شعاع الليزر

المناسب



ضبط الجهاز المستخدم

في توليد الأشعة



تحديد زاوية إسقاط شعاع

الليزر وزمن الإسقاط

انتقاء الخلية

المختارة للتجربة



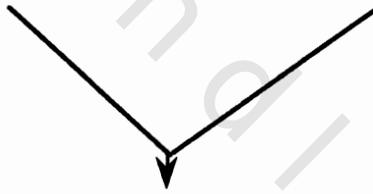
إجراء الفحوصات للتحقق

من مطابقة الخلية للمواصفات



جعل الخلية في الوضع الذى يسمح

بقطع الخلية فى اتجاه محدد



استخدام الشعاع فى فتح الخلية



إدخال الجين أو الجينات المختارة داخل الخلية



لحام الخلية مرة أخرى

يمكن كذلك استخدام أشعة الليزر فى تقنية الجينات فى إثبات تطور الكائن الحى، ويتم ذلك من خلال استئصال الدنا الوراثى من خلية ما من خلايا الكائن الحى الأول، والدنا الوراثى من خلية ما من خلايا الكائن الحى الثانى، ويتم عملية الاستئصال تلك من خلال أشعة الليزر، ثم يتم خلط شريطى الدنا الوراثى للكائنين الحيين، فإذا ما حدث تكامل بين شريطى الدنا الوراثى، فإن ذلك يعنى وجود درجة قرابة بين الكائنين الحيين، وتزداد درجة القرابة كلما كان عدد التكاملات الحادثة على طول شريطى الدنا الوراثى كبيراً، وكلما زادت هذه التكاملات كانت درجة القرابة أكبر بين الكائنات الحية، وتقل درجة القرابة كلما قلَّ عدد التكاملات، أى أن:

(درجة القرابة \propto عدد التكاملات الحادثة الدناوية)

ويقرأ ذلك بأن درجة القرابة بين الكائنات الحية تتناسب طردياً مع عدد التكاملات الحادثة على طول شريط الدنا الوراثى.

- لا بد أنك تسأل ما معنى تكامل؟

لكى أفسر لك ذلك، لا بد أن تعلم أن الدنا الوراثى يتركب من هيكل السكر فوسفات، وهو عبارة عن سكر خماسى يعرف بالسكر الريبوزى منقوص الأوكسجين (أى: الذى ينقص بمقدار ذرة أكسجين من نوع آخر من السكر، يعرف بالسكر الريبوزى، وهو المكون لشريط الدنا الوراثى) أما الجزء الآخر من التكوين الدناوى فهو القواعد الأزوتية، والتي إما أن تكون متمية إلى مجموعة البيورينات

والتي تشمل القاعدة الأزوتية «الأذنين»، والقاعدة الأزوتية «الجوانين»، أو منتمية إلى مجموعة البيرميدينات والتي تشمل القاعدة الأزوتية «السيروزين» والقاعدة الأزوتية «الثايمين».

تشكل القاعدة الأزوتية مع السكر مع مجموعة الفوسفات وحدة تكوين الدنا الوراثي، حيث يحدث تكامل بين شريطي الدنا الوراثي من خلال القواعد الأزوتية المشكّلة للنيوتيدات على طول كل شريط مفرد من الدنا الوراثي، لنحصل في النهاية على ذلك الشريط المزدوج، والذي يلتف حول نفسه كل عشر نيوتيدات.

- لكن كيف يحدث التكامل بين القواعد الأزوتية؟

- وهل يحدث هذا التكامل بشكل مقنن أم بشكل عشوائي؟

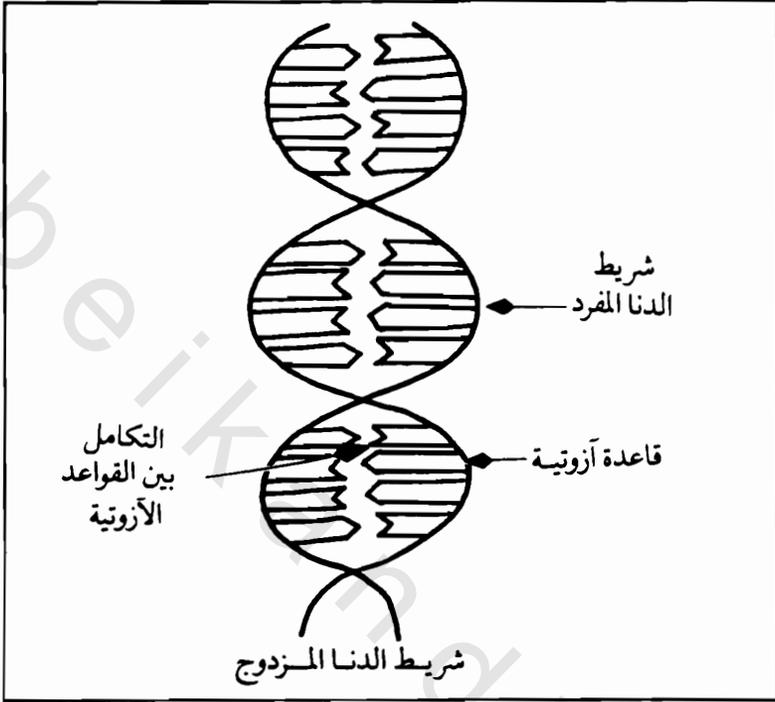
لا بد من وجود نظام محدد لهذا التكامل، حيث لا عشوائية في هذا التكامل البديع، ونلاحظ ذلك من خلال تأملنا لهذا التكامل، والذي يتم وفقاً لنظام خاص، حيث ترتبط القاعدة الأزوتية «الأذنين» مع القاعدة الأزوتية «الثايمين» من خلال تكون رابطة هيدروجينية ثنائية كالتالي:



بينما ترتبط القاعدة الأزوتية «الجوانين» مع القاعدة الأزوتية «السيروزين» من خلال رابطة هيدروجينية ثلاثية كالتالي:

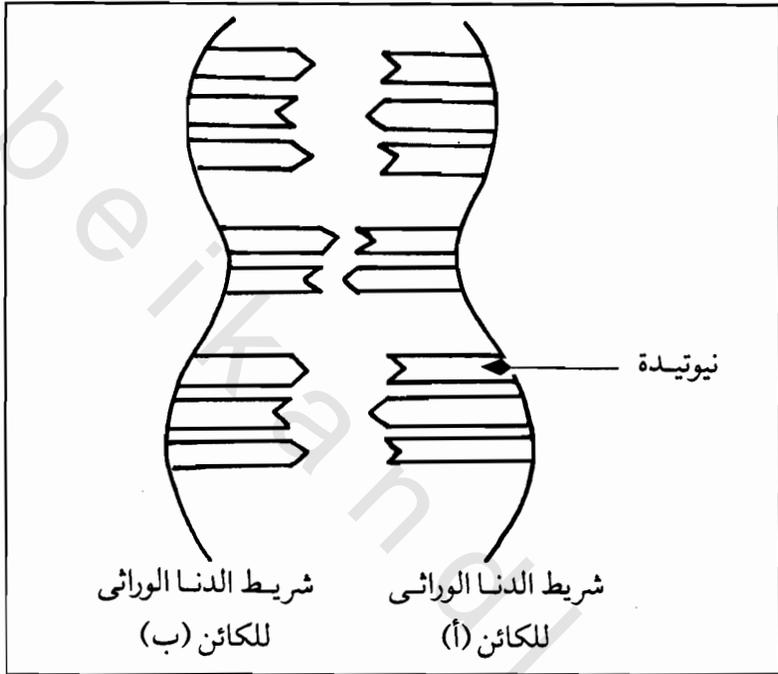


ويمكننا إيضاح ذلك أكثر في هذا الشكل:



ذلك هو الشريط الدناوى المزدوج المتكامل والمترايط من خلال الروابط الهيدروجينية على امتداد شريط الدنا الوراثى "DNA". يتم فصل الدنا الوراثى بكائن حى (أ) بعد سحبه من الخلية باستخدام أشعة الليزر إلى شريطين مفردين من خلال استخدام إنزيمات فك الارتباط الدناوى، والمتمثلة فى إنزيمات فك الحلزونة (ازدواج الدنا من خلال الروابط الهيدروجينية)، وإنزيمات فك الالتفاف (التفاف الدنا الوراثى حول نفسه كل عشر نيوتيدات).

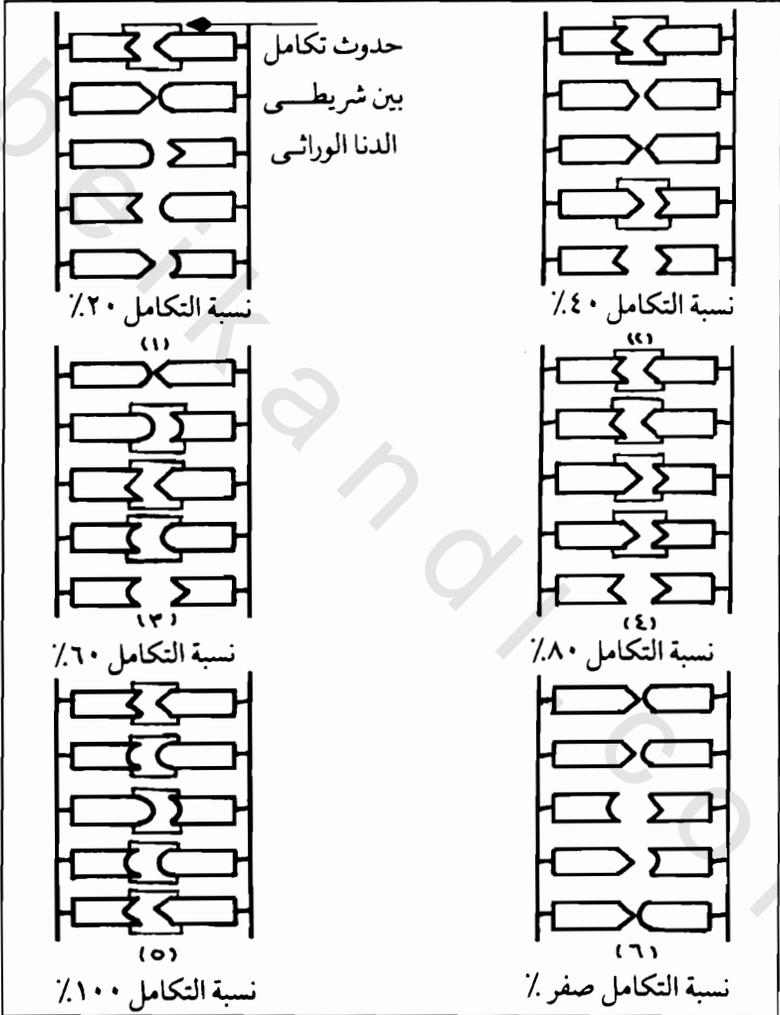
نفعلي ذلك مع الشريط الدناوى الآخر من الكائن الثانى (ب)،
ومن ثم يصبح لدينا شريطان مفردان، لكن أحدهما من خلية لكائن
حتى (أ) والثانى لكائن حتى (ب) كما يلى:



يتم بعد ذلك خلط شريطى الدنا الوراثى على وسائل معدة
لذلك، ثم يتم التصوير من خلال فيلم حساس، فإذا حدث تكامل
بين القواعد الأزوتية فإن ذلك يظهر فى صورة بقع سوداء، أما إذا لم
يحدث تكامل فإن البقع السوداء لا تظهر.

إن حدوث تكامل بين شريطى الدنا الوراثى، يعنى ظهور بقع
سوداء على الفيلم الحساس، ويثبت ذلك وجود درجة قرابة بين

الكائنين، وسوف نرى في تلك المنحنيات درجات قرابة مختلفة بين الكائنات محل التجربة كما يلي:

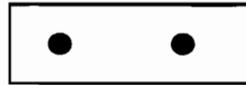


كما سبق أن ذكرنا، فإن التكاملات التي أوضحناها - في الأشكال السابقة - تمثل في الفيلم الحساس من خلال بقع سوداء، والتي نسطها فيما يلي:



تكامل ٢٠٪

(١)



تكامل ٤٠٪

(٢)



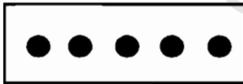
تكامل ٦٠٪

(٣)



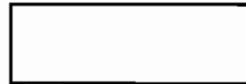
تكامل ٨٠٪

(٤)



تكامل ١٠٠٪

(٥)



نسبة تكامل صفر٪

(٦)

تعنى البقعة الواحدة في الشكل (١) حدوث تكامل واحد، ولذلك فنحن ذكرنا نسبة ٢٠٪، لأننا ننسب هذا التكامل إلى التكامل الكلى والذي يبلغ خمسة تكاملات (بالافتراض)، ومن ثم تكون

$$\text{النسبة} = \frac{1}{5} \times 100 = 20\%$$

إن ذلك يعنى وجود درجة من القرابة بين الكائنين، لكن هذه الدرجة قليلة.

فى الشكل (٢) توجد بقعتان على الفيلم الحساس، واللتان تعنيان وجود تكامل بدرجة أكبر من الشكل السابق، حيث نسبة التكامل فى هذه الحالة تبلغ ٤٠٪.

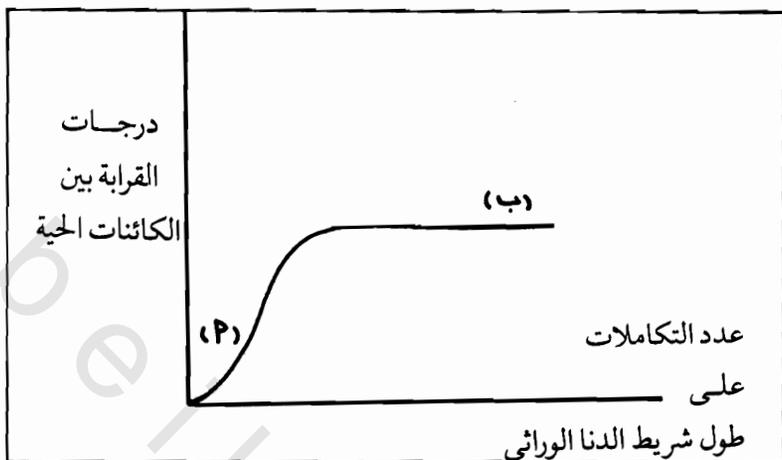
فى الشكل الثالث تظهر على الفيلم الحساس ثلاث بقع، مما يعنى زيادة عدد التكاملات الحادثة على طول شريطى الدنا الوراثى، والتي تبلغ نسبتها ٦٠٪.

فى الشكل الرابع تظهر على الفيلم الحساس أربع بقع، مما يعنى زيادة نسبة التكامل بين شريطى الدنا الوراثى إلى ٨٠٪، مما يعنى أن درجة القرابة قد زادت بين الكائنين.

فى الشكل الخامس تظهر خمس بقع على الفيلم الحساس، وهذا يعنى أن نسبة التكامل قد وصلت إلى ١٠٠٪ أى أن درجة القرابة قد بلغت ذروتها، وهذا نوع نادر من درجات القرابة لا يوجد إلا فى بعض الحالات الخاصة من التوائم.

فى الشكل السادس لا تظهر أى بقع على الفيلم الحساس، مما يعنى عدم وجود أى تكامل على طول شريطى الدنا الوراثى (DNA) مما ينفى وجود أى علاقة تقاربية بين الكائنين.

يمكن أن نترجم ذلك ببساطة إلى منحنى، نستطيع إذا نظرنا إليه أن نتعرف على العلاقة بين الكائنات الحية المختلفة كما يلى:



يوضح المنحنى أن درجة القرابة بين الكائنات الحية تزداد بزيادة عدد التكاملات على طول شريط الدنا الوراثي، لكن هذه الزيادة ليست مطّردة، بمعنى أن الزيادة على خط المنحنى ليست متساوية، بل متفاوتة.

من خلال هذه التقنية نستطيع أن نحدد درجات القرابة بين الأسد والكلب، الفأر والأرنب، الجمل والبقرة ... إلخ.

إذن: فقد ساعدتنا أشعة الليزر كثيراً في عمليات نقل الجينات وخلق المواد الوراثية، والتهجين والتطعيم الجيني، لكن ينبغي أن نشير إلى ضرورة عمل ذلك من خلال العديد من الاحتياطات الواجب اتخاذها في هذه الحالات، إذ إن عدم التحكم في كمية الجرعة الإشعاعية وزمن الاستخدام قد يؤدي إلى حدوث طفرات في التركيب الكيميائي للجين، مما يؤدي إلى تغيير في تعبيره الوراثي، مما

قد ينبئُ بحدوث كارثة للخلية الحية، ولذلك فعند استخدام أشعة الليزر لابد من مراعاة:

- كمية الأشعة الواجب استخدامها.

- زمن استخدام الأشعة.

- الزاوية التي تستخدم بها الأشعة.

يمكن أن تكون أشعة الليزر من العوامل المساعدة في نقل الجينات المرضية إلى بعض الكائنات الدقيقة كالبكتيريا والفيروسات وغيرها، أو إلى بعض الحشرات، حيث تستخدم هذه الكائنات في تدمير صور الحياة الأخرى وبخاصة الإنسان، من خلال إصابتها بالأمراض، ومن ثمَّ يمكن لأشعة الليزر أن تستخدم كعوامل مساعدة في جوانب إيجابية عديدة، لكن هذا لا يمنع من استخدامها في جوانب سلبية أخرى، ومن ثمَّ فالعلاقة الجينية الليزرية (علاقة الجينات بالليزر) تمثل سلاحاً ذا حدين: الإيجابيات والسلبيات، ما يجب أن يكون وما لا يجب أن يكون.

ثانياً - الجينات والإنزيمات:

الجينات هي التي تمثل الكلمة والمعلومة الموجودة داخل الخلية، والمشفرة لتكوين العديد من المركبات المهمة داخل الخلية، والتي منها الإنزيمات ذات الأهمية الحيوية داخل الخلية، ومن ثمَّ فلا بد أن نتعرف على هذه العلاقة الحميمة بين الجينات والإنزيمات.

الإنزيم مادة تنتجها الخلية الحية، وهو يساعد على الإسراع من تفاعلات الخلية، ولا يتأثر مطلقاً بهذه التفاعلات. فهو يدخل فى التفاعل ويخرج كما كان، ودوره فى هذه الحالة: الإسراع من تفاعلات الخلية.

- لكن كيف ذلك ؟

سوف أبسط لك ذلك، فتفاعلات الخلية قد تحدث فى وقت طويل، لكن - فى وجود الإنزيم - تحدث فى وقت قصير جداً، فالهدف هو اختصار زمن التفاعل.

إن الإنزيم يعمل فى هذه الحالة كحامل البضائع، فهو يوصلها إلى مكانها، لكنه - كما هو - لم يتغير، حيث يحمل الإنزيم التفاعلات الكيميائية فوق ظهره، ومن ثمَّ يتيح للمواد المتفاعلة أن تحتك ببعضها البعض، لتتكون النواتج، ويتحرر من وسط التفاعل وهو ذو وزن جزيئى كبير.

يتأثر الإنزيم كثيراً بدرجة الحرارة، فيكون أنشط ما يكون بين درجتى حرارة (٣٥ - ٤٠) مئوية، ويقل نشاطه بالانخفاض أو الارتفاع فى درجة الحرارة عن ذلك، ويموت عند درجة حرارة (٦٠) مئوية. . لكن لماذا يموت الإنزيم عند درجة حرارة ٦٠م° ؟

يتكون الإنزيم من جزئين: جزء بروتينى، وجزء غير بروتينى، والشق غير البروتينى هو المركز الفعال فى تركيبه، وارتفاع درجة

الحرارة يؤدي إلى تثبيط هذا المركز الفعال، ومن ثم يفقد قدرته على أداء عمله.

كذلك تؤثر المواد السامة على الإنزيم، ومن الممكن أن يعاود الإنزيم نشاطه بعد زوال هذه المواد السامة، لكن في أحيان أخرى يكون السم قاتلاً، فلا يجدي معه دواء.

- لكن هل يقوم الإنزيم بإسراع كل التفاعلات في الخلية؟

بالطبع لا، وذلك لأنّ الإنزيم بالتخصص الشديد، حيث يوجد لكل تفاعل - إنزيم يقوم به.

- لكن ما الذي يوجه كل إنزيم لعمله ويلزمه به؟

توجد رسائل وراثية تصل من النواة للإنزيم، وهي مبعوثة من خلال الجينات المثلثة للحوامل المعلوماتية داخل الخلية.

إذن: يمكن من خلال خرطنة الجينات المشفرة - لتكوين مختلف الإنزيمات - الحصول على هذه الإنزيمات خارج الخلايا البشرية.

- تسأل كيف؟

بعد كشف الجين المشفر لتكوين الإنزيم، يتم إيلاج الجين داخل جينوم البكتيريا، ومن ثمّ تبرمج البكتيريا وراثياً لتكوين الإنزيم، والذي نحصل عليه من خلال البكتيريا.

أحياناً نحتاج إلى البكتيريا كحلقة وسيطة في تلك العملية، حيث

يكون الهدف فى هذه الحالة إكثار الجين المراد فقط، ويتم ذلك من خلال إيلاج الجين فى البلازميد الخاص بالبكتيريا (دنا وراثى دائرى يختلف عن الدنا الخطى المعروف)، حيث تتكاثر البكتيريا، ويتكاثر معها البلازميد الخاص بها، ومن ثمَّ إكثار الجين المحمّل على البلازميد، لنحصل فى النهاية على العديد من نسخ هذا الجين، التى يمكن إيلاج إحداها فى جينوم الغدة الثديية، ومن ثمَّ سنسخّر الغدة الثديية فى هذه الحالة لتكوين الإنزيم وإفرازه مع السائل اللبنى، وتحفظ بقية الجينات فى بنوك الجينات.

يدرس العلماء إمكانية زيادة الكفاءة الوظيفية للإنزيم من خلال زيادة المادة الفعالة فى الإنزيم، ويتم ذلك من خلال تحويلات عديدة فى الجينات المشفرة لتكوين الإنزيم، ومدى التحكم الجينى فى عملية تكوين هذا التنسيق التركيبى فى الإنزيم، ومن ثمَّ فإذا نجحت هذه الدراسة سيمكننا القول إننا سنمتلك إنزيماً نستطيع أن نضعه على البروتين فيحوله لحظة أن يلامسه إلى أحماض أمينية، والدهون إلى أحماض دهنية، والسكريات العديدة إلى سكريات أحادية، إنه سوبر إنزيم، إنزيم مهندس وراثياً.

إذن: سنعود إلى تعريفنا للهرمون كمادة بروتينية ذات أداء وظيفى متخصص، ومن المنطقى أن يتم تكوين هذه المادة وتوجيهها لأداء ما تختص به من وظائف حيوية (برنامج معلوماتى)، وهو ما نعنى به البرنامج الوراثى، والذى يُحمل على الجين.

أما الإنزيم فهو كما عرفت مادة بروتينية متخصصة تلعب دوراً مهماً في التفاعلات الكيميائية داخل الخلية وخارجها، لكنها لا تتأثر بالتفاعل الكيميائي، أى أن الإنزيم يهدف إلى حدوث تعجيل للتفاعل الكيميائي، لكنه لا يدخل فيه، ومن ثمَّ يكون دوره كعامل مساعد فقط .

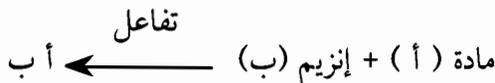
لكن السؤال المطروح الآن:

- كيف يعجّل الإنزيم حدوث التفاعل الكيميائي ؟

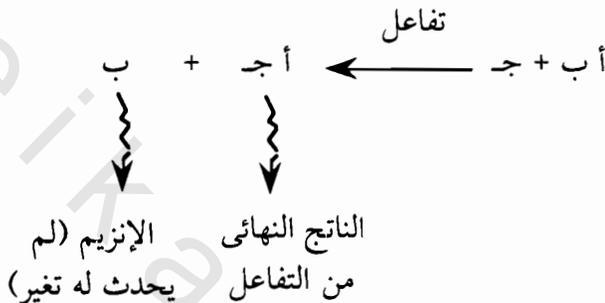
لقد وجد من خلال الدراسات التي أجريت أن بعض الإنزيمات تحمل المواد المتفاعلة على سطحها، ومن ثمَّ فهي تهيمُّ لها فرص الالتقاء الكيميائي، مما ييسر حدوث التفاعل الكيميائي بينها، وتكون روابط، ومن ثمَّ يمكننا القول في هذه الحالة إن الإنزيم يعمل كسفينة الأحبة، حيث يلتقون عليها، مما يوفر لهم انسجاماً طيباً وترابطاً قوياً، ورغم تحقق انسجامهم وتقوية ترابطهم، إلا أن السفينة لم تتغير، وبقيت كما هي سفينة، فلم تتحول لتصبح طائرة، وهكذا الإنزيم، فقد ساعد على حدوث تفاعل كيميائي بين مادتين بسرعة، ثم خرج هو دون أن يعتريه تغير أو يطرأ عليه تحوُّر، ولولا وجوده ما تمَّ التفاعل بهذه السرعة .

للعلماء تفسير آخر في عمل الإنزيم، حيث يفترضون أن الإنزيم يتفاعل مع إحدى مواد التفاعل ليتكون مركّب وسطي، حيث

يتفاعل هذا المركب مع المركب الآخر ليتكون الناتج النهائي، ثم
ينفصل الإنزيم من المادة المتفاعلة، ويمكننا إيضاح ذلك فيما يلي:



مركب وسطي (غير ثابت)



إذن: فوظيفة الإنزيم في هذه الحالة هي تكوين مركب وسطي يدخل في التفاعل لكي يؤدي إلى تكوين المركب النهائي، لكننا نريد أن ننظر إلى الدور الإنزيمي نظرة أكثر تعمقاً، ولكي نحقق ذلك لا بد أن نحجيب عن سؤال مهم:

- ما الفارق بين تفاعل يتم في خمس دقائق، وتفاعل آخر يتم في ستين دقيقة (ساعة كاملة)؟؟؟

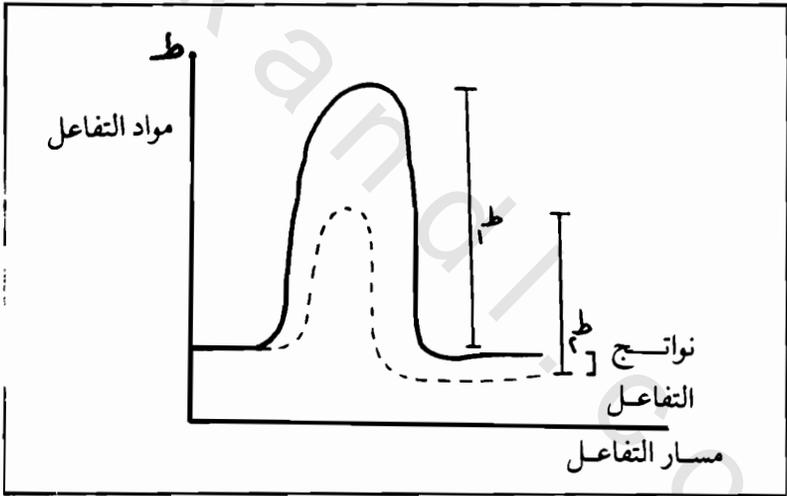
لا بد من وجود شيء ما يدفع تفاعلاً ما لكي يتم بسرعة، ويعاني التفاعل الآخر من نقص هذا الشيء.. أتدرى ما هذا الشيء؟ إنه

الطاقة، والتي يجب توافرها بالمستوى المطلوب لكي يتم التفاعل الكيميائي.

لكن ماذا يحدث إذا قمنا بزيادة الطاقة لبدء التفاعل عن المستوى العادي بالنسبة لها؟ .. ألا يساعد ذلك على إتمام التفاعل في زمن أقل؟. إن هذا ما يحدث، وهو ما تقوم به العوامل المساعدة كالتسخين باستخدام الحرارة، أو إضافة نيكيل مجزأ ... إلخ.

- لكن ما الذي يقوم به الإنزيم؟

لكي أجيبك عن ذلك التساؤل سنستعرض معاً الشكل التالي:



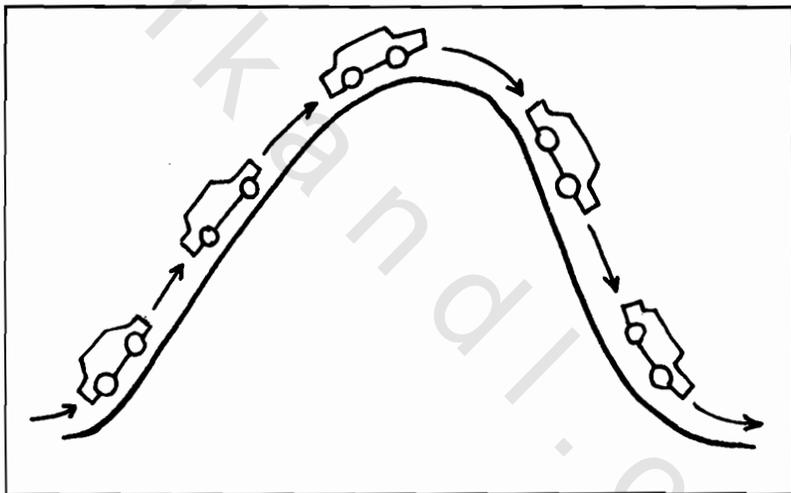
لو تأملنا هذا الشكل فسنجد أن التفاعل الذي يتم بين مواد التفاعل مع عدم وجود الإنزيم يستهلك طاقة تنشيط عالية لكي يعطى

بعد ذلك نواتج التفاعل، أما التفاعل الذى يتم فى وجود الإنزيم فيلزم لحدوثه طاقة تنشيط أقل .

ولكى يكون الأمر واضحاً لا بد أن نعرف ما معنى طاقة تنشيط ؟

المقصود بطاقة التنشيط: الطاقة اللازمة لبدء التفاعل، أى: الطاقة الضرورية لكي يحدث تنشيط للمواد المتفاعلة حتى يحدث التفاعل.

إنها (أعنى طاقة التنشيط) تشبه الطاقة التى تستهلكها السيارة عندما تصعد تلاً كما ترى فى هذا الشكل:



يلاحظ من الشكل أن السيارة - لتتمكن من صعود التل - لا بد من إعطائها قوة دفع، حتى تمكنها قوة الدفع تلك من صعود التل، لكنها عندما تصعد التل، وتبدأ فى الهبوط فإنها تنساب فى حركتها دون الحاجة إلى قوة دفع .

يمكننا تشبيه دور طاقة التنشيط للتفاعل الكيميائي بدور قوة الدفع التي تمكن السيارة من صعود التل، وعند وصول التفاعل الكيميائي إلى قمة منحنى الطاقة، فإن التفاعل يسير في انسيابية تفاعلية كاملة لكى يعطى نواتج التفاعل، ومن ثم يمكننا تقسيم هذا المنحنى إلى جزئين أحدهما يبدأ من بداية منحنى الطاقة، حيث مواد التفاعل، حتى قمة المنحنى، والثانى يبدأ من قمة المنحنى وحتى نهاية المنحنى حيث تتكون النواتج لهذا التفاعل.

تتميز الإنزيمات - كما سبق أن ذكرنا - بالتخصص العالى، فلكل إنزيم تفاعل محدد يمكن أن يقوم فيه بدور العامل المساعد، بل قد يحفز الإنزيم خطوة فى تفاعل ما، وليس تفاعلاً كاملاً، وتسمى المادة التى يعمل عليها الإنزيم «مادة التفاعل»، ومن الأمثلة الواضحة للإنزيمات ما يلى:

وظيفته	الإنزيم
نزع ذرتى هيدروجين من مركب ما.	الإنزيم النازع للهيدروجين (دى هيدروجينيز)
نزع ثانى أكسيد الكربون من مركب ما.	الإنزيم النازع لثانى أكسيد الكربون (دى كربوكسيلز)
تحويل الجلوكوز (سكر) إلى الجلوكوز (٦) فوسفات [أى: به مجموعة فوسفات فى ذرة الكربون رقم (٦)]. نقل مجموعة فوسفات من ذرة كربون فى المركب إلى ذرة كربون أخرى.	إنزيم الفوسفوكينز

تابع :

وظيفته	الإنزيم
يعمل على تحليل النشا.	إنزيم الأميليز
تحليل البروتين في المعدة.	إنزيم البسين
تحليل السكر الثنائي السكروز إلى (٢ جلوكوز).	إنزيم السكريز
تحليل سكر المالتوز مائياً إلى جلوكوز.	إنزيم المالتيز
تحليل البروتينات مائياً إلى الأحماض الأمينية.	إنزيم البروتينيز
تحليل الدنا الوراثي.	إنزيم المحلل للدنا الوراثي (الريونوكليز)
فك الارتباط بين شريط الدنا الوراثي المزدوج إلى شريطين مفردين.	إنزيم فك حلزونة الدنا الوراثي (الهيليكيكز - الدناوى)
فك التلف الدنا الوراثي حول نفسه.	إنزيم فك الالتفاف الدناوى (التوبوميريز - الدناوى)
بناء أشرطة دناوية جديدة.	إنزيم بلمرة الدنا الوراثي
ربط القطع الدناوية فى شريط الدنا الذى يبنى فى صورة قطع وليس شريطاً	إنزيم الربط الدناوى (الليجيز - الدناوى)

تابع :

وظائفه	الإنزيم
كاملاً، وذلك لمخالفة اتجاهه لاتجاه عمل إنزيمات البلمرة.	
إضافة مجموعة الفوسفات لمركب ما.	إنزيم الفوسفاتيز
تحليل الدهون مائياً إلى الأحماض الدهنية.	إنزيم الليباز

لقد تعرضنا للإنزيم: ماهيته، تركيبه، وظيفته، دوره بالنسبة للتفاعل الكيميائي . . . إلخ، لكننا لم نسأل أنفسنا:

- كيف يتم تكوين الإنزيم؟

- وكيف يؤدي وظيفته؟

يتركب الإنزيم كما سبق أن ذكرنا من مادة بروتينية (جزء بروتيني)، وجزء معدني، وقد يوجد معه عامل مساعد، يلعب دوراً مساعداً في الأداء الوظيفي للإنزيم.

لا يدخل جميع التركيب الإنزيمي في تنشيط وتحفيز حدوث التفاعلات الكيميائية، بل يوجد جزء محدد من هذا التركيب هو الذي يقوم بهذا الدور، وهو ما يسمى بالمركز الفعال للإنزيم، وهو المسئول عن عمليات الاتحاد بالمواد المراد تحفيزها إنزيمياً.

- كيف تمَّ هذا التكوين الدقيق، وكيف يؤدي وظيفته؟

- ومن الذى يوجهه لذلك ؟

إنه الجين الذى يحمل من المعلومات الوراثية ما يمكنه أن يوجه هذه التكوينات لأداء الوظائف المحددة لها.

إذن: فهو الجين، ذلك الكامن الظاهر، فهو كامن داخل الخلية الحية، ظاهر من خلال تعبيره الوراثى، فهو الذى يحدد تخصص الإنزيم ويوجهه. إذن: فعندما نقول إن هذا الإنزيم يخصّ هذا التفاعل، فإننا نعنى أن المعلومات الموجودة فى هذا الجين الخاص بالإنزيم هى المسئولة عن ذلك. إن ذلك سيغير نظرتنا (من قولنا: إنزيم لكل تفاعل، إلى قولنا: جين لكل تفاعل)، أو فنقل: معلومة لكل إنزيم، أعنى بذلك: المعلومة الوراثية.

إنه عجيب ذلك الجين، حتى الإنزيمات يتحكم فيها الجين، فى تكوينها، ووظيفتها، وتحديد طريقة الأداء.. ما أروع هذا التحكم، وما أبدع هذا الأداء الرائع لذلك الجين !

ثالثاً - الجينات والفضاء:

إن علماء جينوميا النبات (هندسة الجينات النباتية) يعتقدون أمالاً عديدة لتوفير جميع المواد الغذائية من خلال هندسة الأطقم الوراثية «الجينوم» لبعض النباتات بإدخال جينات جديدة لطاقتها الوراثى تمكنها من إنتاج مواد تعجز فى حالتها الطبيعية عن إنتاجها، ففى إحدى

التجارب الرائدة تمكّن العالم «سومر» وآخرون من تحويل الطاقم الوراثي لبعض النباتات بهدف إنتاج بعض اللدائن البلاستيكية، وفي عمليات الخلط الجيني نجح العلماء فى إنتاج نبات يعطى درنات بطاطس تحت التربة، وثمار طماطم فوق التربة، مما يمكن أن نسّميه (البطاطم).

كل هذه التجارب تمت فى الظروف الطبيعية للخلايا الحية، وقد دفع ذلك العديد من باحثى هندسة الجينات إلى اقتحام تقنية الجينوم فى ظل الظروف غير الطبيعية، وكان هذا يمثل فى البداية من وجهة نظر البعض مغالاة فى تقييم الأمر، لكن مع تقدم الأبحاث وتبلور نتائج حقيقية لتلك التجارب أصبحنا فى انتظار جنى ثمار ذلك الجهد العلمى الذى بُذل على مدار سنوات طوال.

كانت المشكلة الأساسية التى تواجه باحثى «الجينوميا غير الطبيعية» وهو مصطلح يعنى دراسة الأداء الوظيفى للجينات فى ظل وجود ظروف بيئية غير طبيعية، وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة، بجعل بيئة الدراسة غير الطبيعية هى البيئة الفضائية، ومن ثمّ كانت البداية لظهور فرع جديد من أفرع علوم الهندسة الوراثية، والذى نعنى به «جينوميا الفضاء» وهو يهدف إلى دراسة كل ما يتعلق بالجينوم «الطاقم الوراثى» فى الظروف البيئية الفضائية، ومضاهاة نتائج ذلك بنتائج الدراسات الجارية فى الظروف البيئية الطبيعية.

كان حلم البيولوجيا الكونية أملاً يراود الإنسان منذ القدم، فهو يود أن ينطلق في هذا الكون الفسيح ليدرس إمكانية قيام الحياة في أجرام غير كوكبه الذى يعيش عليه «الأرض» كوكب الحياة المعهود، ولتحقيق هذا الحلم وضعت وكالات الفضاء العالمية الثلاث: (السوفيتية) سابقاً، والأمريكية «ناسا»، والأوربية «إيسا» ضمن برامجها الأساسية محاولة الزراعة فى الفضاء من خلال توفير بيئات زراعية صناعية تحتوى على المغذيات الكبرى والصغرى اللازمة لحياة ونمو النبات، ثم تجاوزت التجارب ذلك إلى محاولة فهم كيفية سير العمليات الوظيفية (الفسيولوجية) داخل خلايا النباتات المستزرعة فى الفضاء، أو زراعتها فى الفضاء ثم نقلها إلى البيئة الطبيعية لها (التربة الأرضية) وتسجيل الفروق بين الأداء الوظيفى لها، وأداء النباتات الطبيعية.

لم يكن فهم سير الأحداث والعمليات الوظيفية داخل خلايا الكائن الحى هو المراد، بل كان ذلك خطوة لأبحاث أعقد، وذات أهمية تطبيقية أكبر بكثير، ونعنى بذلك أبحاث جينوميا الفضاء.

إن ثمة تساؤلات عديدة كانت تفرض ذاتها على دائرة البحث العلمى:

- هل يعبر الجينوم عن نفسه فى البيئة الفضائية كما فى البيئة الأرضية؟

- هل ستوفر البيئة الفضائية حلاً للفرجينوم المتحرك داخل الطاقم الوراثي؟

- هل ستوفر البيئة الفضائية بيئات جديدة لحفظ جينوم الكائنات الحية؟

- أيمكننا إحداث تحكم جزئي في التعبير الجيني من خلال آلية جينية فضائية جديدة؟

ولتوفير الإجابة عن تلك الأسئلة المطروحة تم استزراع العديد من الخلايا الحية في البيئة الفضائية، مع توفير الظروف المناسبة والكافية لحفظ حيويتها، ودراسة السلوك الجيني أثناء عملية الاستزراع الفضائي في مرحلة الانقسام الأول، أو في مراحل انقسامية أخرى، ويتم ترجمة التعبير الجيني إلى موجات كهروجينية باستخدام تقنيات عالية وأجهزة تسمح بتحويل الحركات الجينية للأطعم الوراثية إلى ذبذبات كهربائية يمكن إظهارها على شاشات معينة، ويمكن باستخدام التحليلات الكهروجينية للموجات الظاهرة لتحديد السلوك الجيني داخل تلك العمارة المتسعة، والتي يعجز العقل عن إدراكها، ومن ثم ستوفر لنا «جينوميا الفضاء» إجابة عن السؤال المطروح:

- هل توجد حياة خارج كوكب الأرض؟

الجديد في «جينوميا الفضاء» والذي أصبح في الفترة الحالية محور

تفكير باحثى هذا العلم وهو إجراء عمليات «الكلونة» أى:
(الاستنساخ الحيوى) (Cloning) فى وجود الظروف البيئية
الفضائية، ويأمل العلماء من خلال الكلونة الفضائية التغلب على
العديد من المشاكل التقنية التى تواجههم أثناء إجرائها فى الظروف
الطبيعية، ويهتم العلماء فى هذا المجال بكلونة النسخ وليس بالكلونة
الكاملة، وذلك بهدف إنتاج أنسجة حية تؤدى وظائف حيوية مهمة
داخل الجسم كنسج البنكرياس والكبد.

ويخشى البعض من إطلاق العنان لتجارب «جينوميا الفضاء»،
ولا سيما فى مجال دراسة هندسة الأظمم الوراثية لبعض الكائنات
الدقيقة فى البيئة الفضائية، لفهم كيفية تعامل هذه الكائنات الدقيقة
مع الملوثات الكونية، ثم إمكانية تطبيق ذلك للتخلص من الملوثات
الأرضية. وجانب الخوف من تلك التجارب يتمثل فى احتمالية
حدوث تحوير جينى للطاغم الوراثى للكائنات المهندسة فى الفضاء، بما
يسمح لها بالإضرار المباشر بالحياة على سطح الأرض.

لكن الأمل يراود بعضاً آخر فى إمكانية علاج طبقة الأوزون
باستخدام هذه الكائنات المهندسة فى الفضاء، وإعادة البيئة الأرضية
النقية من خلالها، ورغم النقاش الذى تشهده مراكز الأبحاث حول
الفائدة أو الضرر المتوقع من «جينوميا الفضاء» إلا أن التجارب
مستمرة، للوصول إلى نتائج تطبيقية ذات مدى واسع.

أما مراكز صناعة القرار، حيث السياسة ورجالها، فلم يبد أحد اعتراضاً حتى الآن، وذلك لتوفير ظروف استقرار تسمح للعلماء بإظهار قدراتهم العلمية والتقنية، وحتى تنضج الخيوط الكاملة لتلك التقنيات، ومن ثمّ تتدخل مراكز صناعة القرار للسماح باستمرار التجارب أو إنهاؤها.

إن الفترة القادمة ستشهد صراعاً عنيفاً بين المؤيدين لاستمرار تجارب «جينوميا الفضاء» والمعارضين لها، وستكشف الأحداث عن نتيجة ذلك الصراع العلمى.

لابد من فهم العلاقات الجينومية (علاقة الأطقم الوراثية ببعضها)، والحركات الفجائية التى تحدث داخل الأطقم الوراثية، مما يؤدي إلى اختلال كبير فى فسيولوجيا الجينات.

شهد البرنامج الفضائى لمكوك الفضاء الأمريكى «ديسكفرى» عام ١٩٨٤م تجارب تتعلق بإنتاج بعض الهرمونات ذات المواصفات الحيوية المتميزة فى حقل المقاومة الحيوية، ولا سيما للفيروسات المسرطنة، كما تم إنتاج هرمونات منشطة لكرات الدم الحمراء، وقد تمت إضافة العديد من هذه الهرمونات أثناء الرحلات التالية فى (١٩٨٥-١٩٨٨م).

إن «جينوميا الفضاء» تعطى الأمل فى فحص أى جزيء حيوى

«مادة حية صغيرة جداً» متناثرة في الكون للوصول إلى حقيقة الحياة الكونية في أدق صورها، لنجيب عن سؤال ظل الإنسان عاجزاً عن الإجابة عليه منذ أن نزل إلى الأرض:

هل نحن نعيش وحدنا في الكون؟

أم

معنا مخلوقات أخرى؟



العلاج بالجينات ومستقبل الطب فى القرن الحادى والعشرين

أكان ذلك الأدمى - الذى قُدِّر له أن يهبط من الجنة موطن الرغد من العيش حيث لا تعب ولا نَصَب، إلى الأرض حيث يكابد ويعانى من أجل الحياة - أن يخيل إليه حينما واجه بوسائله البدائية الطبيعة القاسية أنه سيتحكم فى تلك الطبيعة مستقبلاً، وأنه سيصنع عربة تجرها الخيول، ثم دراجة، فسيارة تعمل بالديزل، فطائرة، فمكوك فضاء، ثم يطمح لأن يغزو الفضاء فيعمره ويتخذ منه مسكناً ومأوى، وأن يتعامل مع الجماد كمجموعة من الجزيئات، ثم يحلل الجزيئات ليتعامل مع مكوناتها كذرات ذات جسيمات بعضها ثابت والآخر متحرك. لقد عرف الإلكترون ورصد حركته، واستفاد منه ليفجر ثورة كاملة أصبح لها ثقلها فى حياة الإنسان والتي تتمثل فى مادته الحية، وتكوينه البيولوجى. إنها أخطر وأهم ثورة عاشها وسيعيشها الإنسان، ثورة مادتها الحياة، والتي نعنى بها ثورة الجينات، والتي دخلت كل مجال، حيث نراها فى مجال الثروة النباتية متمثلة فى

عمليات التطعيم الدناوى والإيلاج الجينى لتخرج لنا ثمرة لا هى بالبرتقال ولا هى بالليمون ولا هى باليوسفى بل هى خليط من كل ذلك، لنرى ثمرة البرتقال فى حجم ثمرة البطيخ، ولنرى حبة القمح فى حجم التفاحة... إلخ.

حقاً إنه عالم الجينات الذى يقرب كل الموازين فلا حجوم ولا كتل ولا صفات ثابتة، بل الجميع قابل للتغير والتعديل والحذف والإضافة.

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

أما فى مجال الثروة الحيوانية، فقد حقق الإنسان من خلال هندسة الجينات كثيراً مما كان يعتبره أسلافنا - إن كان قد خطر لهم ذلك - ضرباً من الخيال الشاسع.

حيث تمكناً من إحداث ارتداد جينى ليعيد الطاقم الوراثى من الوضع المتخصص إلى الوضع غير المتخصص، والذى يسمح لنا بإجراء التكاثر من خلية جسدية، وليس من خلال خلية مشيجية فيما يعرف بتقنيات الاستنساخ الحيوى. لقد آن لنا فى ظل التقدم الهائل أن نستغنى عن المساحات الشاسعة الضرورية لإقامة المصانع الدوائية، لأننا سنجعل من الغدد الثديية للحيوانات مصانع دوائية متحركة من

خلال عمليات التحويل والإيلاج الجيني. إننا أمام غد سيتحول فيه السائل اللبني إلى سائل ذهبي، أعنى بذلك ارتفاع ثمنه، بل ربما يفوق الذهب، لأننا سنتعامل مع لبن يحتوى على مكوناته الدهنية والبروتينية والأملاح والفيتامينات والصبغات والأنسولين والإنترفيرون ومضادات السرطان والمضادات الفيروسية، وغير ذلك من الأدوية.

لقد عجزنا كثيراً عن التعامل الإيجابي مع الملوثات البيئية، والتي تشكل خطراً كبيراً على حياتنا، لكن تقنية الجينات أوجدت أملاً جديداً فى أنفسنا لإيجاد بيئة خالية من الملوثات.

إنه بإمكاننا أن نحور الطاقم الوراثى لبعض البكتيريا لتتحول إلى كائن حى كانس للنفط العائم على سطح المياه، والذي يتج عن غرق الحاويات البترولية العملاقة، كما يمكن تحويل بعض البكتيريا جينياً لتحليل المخلفات الراسية فى مواسير الصرف الصحى مما يجعلنا نستغنى عن تكاليف الصيانة المتكررة والعالية النفقات.

إن ثمة أبحاثاً تجرى لإنتاج بكتيريا محورة وراثياً لإفراز مواد كيميائية لاحمة لطبقة الأوزون، والتي كان لحدوثها انعكاسات خطيرة على الحياة على سطح الأرض، ومن ثم ستحقق لنا جواً خالياً من الأشعة فوق البنفسجية.

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

إن مصطلح العلاج بالجينات يعنى استخدام التقنيات الجينية فى النواحى العلاجية، ويتم ذلك من خلال التعامل على مستوى دقيق للغاية والذي نعنى به مستوى الجينات، والذي يمثل المستوى البيومعلوماتى، حيث يمثل الجين الجزىء البيولوجى الحامل للمعلومات الوراثية اللازمة لتوجيه مختلف العمليات الحيوية داخل الخلية الحية. تحتوى نواة الخلية على ملايين التتابعات النيوتيدية المكونة لمائة ألف جين، والتي تمثل المخزن الوراثى للخلية، ورغم تشابه البنية التركيبية للجين، والتي نعنى بها «الترتيب النيوتيدى فى التركيب الدناوى (DNA)»، لكنها مختلفة فى سلسلة الترتيب النيوتيدى، والذي يحكمه ترتيب القواعد الأزوتية المكونة للنيوتيدات. من البديهى أن ننظر إلى المحتوى الجينى داخل الخلية على أنه محتوى متخصص، حيث يشفر كل جين لتكوين مادة ما داخل الجسم، أو توجيه عملية حيوية معينة، فالجينات التى تشفر لتكوين الأنسولين غير الجينات التى تشفر لتكوين البروجسترون، غير الجينات التى تشفر لتكوين الجنين، غير الجينات التى تشفر لتوجيه وتنظيم عمليات الترشيح الكلوى، غير الجينات التى توجه عمليات التخزين الكبدى للسموم.

لذلك يمكننا القول أن وراء كل عملية حيوية تتم داخل الخلايا الحية - أو مادة ما تتكون - يوجد طاقم متخصص ونشيط جداً من الجينات، لكن ذلك لا يعنى وجود تشابه خلوى فى الأداء الوظيفى، بمعنى أن خلايا البنكرياس مثل خلايا الكبد مثل خلايا المخ فى أداؤها لوظائفها، فهذا مستحيل، حيث يحكم ذلك التصنيف التشريحي

للأنسجة، والذي يرتكز على الاختلاف فى المحتوى الجينى - الذى يختلف من خلية لأخرى - ويتوقف ذلك على:

١ - نوع الخلية.

٢ - التخصص الوظيفى للخلية.

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

قد يشفر لعمليات التحكم والتوجيه الجينى جين واحد، وقد يشفر لها مجموعة من الجينات، والذى يحكم ذلك: القدرة التعبيرية للجين، والتى نعنى بها مدى إمكانية الجين فى التعبير عن نفسه، وحاجة بعض الجينات لنوع من التكامل لكى تشفر لأداء وظائفها التخصصية.

لا تقتصر عمليات التكامل فى التعبير الجينى - للوصول إلى تحقيق الأداء الوظيفى المحدد فى البرنامج الوراثى للخلية - على الجينات المكونة للجينوم النووى، فقد يحدث التكامل بين جين ما فى النواة وجين ما فى السيتوبلازم^(١)، وليس شرطاً أن يحدث التكامل بين جين فى خلية، وجين فى خلية أخرى، ويمكننا التعبير عن ذلك من خلال الأشكال التخطيطية التالية:

(١) ثبت من خلال الدراسات العديدة وجود بعض الجينات فى السيتوبلازم والتى تكون مشولة عن بعض الصفات فيما يعرف بالوراثة السيتوبلازمية.

جين فى نواة خلية (أ) جين فى نواة خلية (أ)

(٢) (١)



حدوث تكامل جينى



حدوث تعبير جينى

شكل تخطيطى يبين عملية التكاملات الجينية داخل النواة

جين فى نواة خلية (أ) جين فى سيتوبلازم خلية (أ)

(٢) (١)



حدوث تكامل جينى من النواة إلى

السيتوبلازم أو العكس



حدوث تعبير جينى

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

جين فى نواة خلية (أ) جين فى سيتوبلازم خلية (ب)

(٢) (١)



حدوث تكامل جينى



حدوث تعبير جينى

شكل تخطيطى يبين عملية التكاملات الجينية بين نواتى خليتين

عند حدوث خلل في تركيب الجينات المشفرة لتوجيه العمليات الحيوية أو تكوين المواد الحيوية «البيولوجية» داخل الجسم، فإن ذلك يحدث اختلالاً في عمليات التوجيه والتكوين لمختلف العمليات الحيوية والمواد الحيوية داخل الجسم، ومن ثمَّ يكون المنشأ المرضي، والذي يمكن أن نصنفه إلى:

١ - اعتلال خلوي فسيولوجي:

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

يمكننا التدخل في مثل تلك الحالات من خلال استخدام الخلاصات الهرمونية أو المعالجات الكيماوية، لكن ذلك رغم نجاحه في تقليل درجة الخطورة المرضية إلا أن له سلبياته، لذا كان التفكير في استخدام العلاج بالجينات، والذي يهدف إلى إيلاج جينات سليمة

داخل الخلايا المصابة بالاعتلال الفسيولوجى مما يؤدي إلى تعبير هذه الجينات عن نفسها، وإصلاح نظام التشفير لتكوين المركبات الخلوية، ومن ثم عودة النظام الفسيولوجى للانتظام مرة أخرى.

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

٢ - اعتلال خلوى ميكروبى:

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

من الوسائل المهمة لاتقاء الخطورة الناتجة عن المهاجمة الميكروبية لخلايا وأنسجة الجسم - سواء كان تأثيراً ميكانيكياً أو تأثيراً سُمياً - تنشيط المواد المناعية بالجسم، والمختلة فى كرات الدم البيضاء، والإفرازات اللمفاوية . . . إلخ.

يتركز استخدام بعض المنشطات المناعية لزيادة القدرة الاحتوائية للمواد المناعية لما يمكن أن يهاجم الجسم من ميكروبات، وقد نجد في كثير من الأحيان العديد من الصعوبات عند تعاملنا من خلال المواد المنشطة لمواد المناعة في الجسم، لذلك كان التفكير في استخدام طرق الإيلاج الجيني في الأطقم الوراثية للخلايا المولدة لأجسام المناعة بهدف إيجاد زيادة في القدرة الحقيقية للإفراز المناعي في الجسم، كما يدرس العلماء إمكانية جعل السائل الدموي مجمعاً لمختلف مواد المناعة في الجسم من خلال التحوير الجيني لطاقمه الوراثي، ومن ثمّ لم يعد تعاملنا مع الاعتلال الخلوي الميكروبي في الوقت الحاضر كما كان في الماضي.

٣ - اعتلال خلوي وراثي:

قد لا ينشأ الاختلال الخلوي من حدوث اعتلال خلوي فسيولوجي أو اعتلال خلوي ميكروبي، بل قد ينشأ نتيجة لتوارث جينات معينة تنتج لحدوث طفور في التركيب الكيميائي للجين، مما يؤثر على تعبيره الجيني، ومن ثمّ يحدث الاختلال الخلوي، ومن أمثلة الأمراض الدالة على ذلك: مرض سيولة الدم «الهيموفيليا» والصلع... إلخ، ولا يجدى التدخل الكيميائي في مثل تلك الحالات إلا قليلاً، لذلك فإن العلاج بالجينات يمثل الحل العلاجي الأمثل في تلك الحالة، حيث نلجأ إما لاستئصال الجينات المعيبة، أو إدخال جينات سليمة من خلال عمليات التطعيم والإيلاج الجيني، مما

يسمح بعودة الاتزان فى التعبير الجينى القائم، ويؤدى ذلك فى النهاية إلى زوال المرض أو العرض الفسيولوجى السيئ.

إننا أمام تقنيات ستقلب موازين الاتزان القائم فى مختلف المجالات، ولا سيما فى مجال الأمراض، حيث إننا أمام معالجات تتعامل مع أدق مستويات المادة الحية «العوامل الوراثية» (الجينات). حقاً إنه عالم عجيب وبديع ودقيق، وتقنيات ربما تحقق للإنسان كثيراً من الآمال المنعقدة عليها فى القرن الحادى والعشرين. إن كثيراً من التساؤلات تدور فى أذهان الكثيرين:

- كيف ننقل جيناً من كائن لكائن آخر؟

- هل بالفعل يمكن علاج الأمراض المستعصية من خلال العلاج بالجينات؟

- هل نحن قادمون على مستقبل خال من الأمراض؟

- هل كل ما أعلن من تجارب فى العلاج الجينى حقيقة أم من نسج خيال العلماء؟

وإذا كانت هذه الأسئلة تفرض نفسها بقوة، فإن سؤالاً مهماً يطرح نفسه:

- أين الحقيقة والخيال فى ثورة العلاج بالجينات؟

وإنى أؤكد على أن العلاج بالجينات شأنه شأن أى تقنية جينية أخرى، مزيج من الخيال والحقيقة، ونحن نقصد تماماً تقديمنا للخيال على الحقيقة، وهل كانت الوراثة فى بدايتها إلا خيالاً... وسؤالاً فرض نفسه على أذهان الكثيرين:

- كيف تنتقل الصفات الوراثية عبر الأجيال ؟

ورغم أن الجميع تخيلوا وحلّلوا تخيلاتهم، لكن «مندل» وحده هو الذى استطاع أن ينقل الخيال إلى الواقع ليطلق على ذلك المستول عن نقل الصفات الوراثية عبر الأجيال مصطلح «العامل»، وتتابعت الدراسات بعد ذلك لنكتشف أن الدنا الوراثى DNA هو المادة الوراثية، لكن ذلك فرض استفهاماً آخر على المراكز البحثية:

- ممّ يتركب الدنا الوراثى ؟

ورغم صعوبة الإجابة عن هذا السؤال، إلا أن الخيال كان له دوره المهم فى الإجابة عنه، ووضع نمذجة صحيحة للدنا الوراثى، والتي نجح فى وضعها كل من الباحثين واطسن وكريك، اللذين كانا يتميزان بخيال خصب واسع، لذلك استطاعا أن يصنعا نموذجاً صحيحاً للدنا الوراثى. ثم أتى ويلموت ليكمل اللقاء المشيجى (لقاء الحيوان المنوى بالبويضة) الأساسى فى علم التكاثر.

إذن: ماذا يحدث لو استطعنا أن نحدث هذه الازدواجية ؟

سيمكننا إحداث التكاثر دون الحاجة إلى الالتقاء بين الأمشاج، ومن ثمّ يمكننا إنتاج كائنات حية دون الحاجة للإخصاب..

- لكن كيف يتم هذا ؟

- أليست الخلية الجسمية ثنائية العدد الصبغى ؟ .. إذن: يمكن استخدامها لإحداث التكاثر.

- لكن هل يمكن أن يعترض ذلك مشكلات ؟

اتضح من خلال الدراسات العديدة التي أجريت على الخلية الجسمية أن الطاقم الوراثي متخصص، ومن ثمّ لا بد من كسر حاجز التخصص الجيني له، ومن ثم نجعل من الخلية الجسدية كما لو كانت خلية جنينية، وذلك يحدث تبعاً في عمليات التكوين الجنيني، ويؤدى في النهاية إلى تكوين كائن حى بطريقة جديدة.

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

إنها ثورة لها تطبيقاتها العديدة، والتي نعنى بها: (ثورة الجينات)، ولا سيما فى مجال العلاج بالجينات، لذلك أردت أن أجيب عن السؤال المطروح:

- هل العلاج بالجينات حقيقة أم خيال؟

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

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



عندما سنصنع دماءنا ونهندسها وراثياً !

الدم هو السائل الحيوى لكل خلايا الجسم، إذ يقوم بحمل المواد الغذائية إلى جميع خلايا الجسم، وتخليصها من الفضلات التى تنتج عن عمليات الهدم والبناء بالخلية.

يتكون السائل الدموى من كرات الدم الحمراء وكرات الدم البيضاء وبلازما الدم . . . إلخ، وتمثل الأوردة والشرايين القنوات الدموية التى يمر فيها الدم من المضخة الدموية (القلب) إلى سائر خلايا الجسم، ومن خلايا الجسم إلى القلب.

يمثل السائل الدموى المسار الذى تسلكه الميكروبات عند انتشارها فى خلايا الجسم، ويشكل ذلك خطورة كبيرة على كافة خلايا الجسم، وذلك لسهولة وصول تلك الميكروبات إلى خلايا الجسم، ومن ثم لا بد من وجود جهاز مناعى يقوم بالدفاع ضد الميكروبات التى تسلك المسار الدموى فى طريقها لغزو الخلايا، وهو ما تقوم به كرات الدم البيضاء والتى تمثل الجهاز الدفاعى بالخلية.

بينما كرات الدم الحمراء تمثل مصنع المادة الدموية الأساسية «الهيموجلوبين»، والتى تعطى الدم لونه الأحمر، وهى المسئولة عن

عمل الأكسجين اللازم لتنفس الخلايا، حيث يتحد الهيموجلوبين الدموي غير المؤكسج والقادم من القلب إلى الرئتين بالأكسجين ليتحول إلى مادة الأكسي هيموجلوبين (الهيموجلوبين المؤكسج). ينتقل - بعد ذلك - الدم من الرئتين إلى القلب الذي يضخه إلى كل خلايا الجسم من خلال مجموعة الشبكات الدموية المغذية «الشرايين» حيث يتم إفراغ الحمولة الغذائية والأكسجينية بالدم إلى خلايا الجسم من خلال الشعيرات الدموية الدقيقة، وعن طريق الخاصة الأسموزية يتم تحميل السائل الدموي بعد إفراغ حمولته بفضلات الخلايا، والتي يتم نقلها من خلال الشبكات الدموية الناقلة «الأوردة»، لتمر بعد تجميعها نهائياً في الأوردة الكلوية ليتم ترشيحها وإخراجها.

يحتفظ السائل الدموي بسيولته ما دام موجوداً في الأوعية الدموية، ويتجلط عند خروجه منها، ويفيد ذلك في تجلط الدم عند حدوث أى جرح بالأنسجة، حيث يفرز الدم مادة الفيبرين التي تعمل على تكوين خيوط دموية متشابكة مكونة الجلطة الدموية على سطح الجرح، مما يعمل على وقف النزيف، ويتحكم في تكوين كل مكون من مكونات الدم عوامل وراثية، مثل كرات الدم الحمراء والبيضاء والهيموجلوبين، كما تتكون مادة الفيبرين تحت توجيه جيني تام، وعند غياب الجينات المسؤولة عن توجيه مكونات التجلط الدموي، لا يحدث تجلط للدم عند حدوث جرح، ويؤدي ذلك إلى حالة نزيف مستمر، ويعرف ذلك بمرض «الهيموفيليا» أو سيولة الدم، وهو مرض وراثي ينشأ لغياب العوامل الوراثية الموجهة لتكوين مادة الفيبرين.

وقد أجريت أبحاث عديدة لعلاج مرض سيولة الدم، وانتهت تلك الأبحاث إلى طرق عديدة للعلاج، كما يلي:

١ - إدخال الجينات الموجهة لتكوين مواد التجلط :

يتم في هذه الطريقة كشف شفرات الجينات التي تحكم وتوجه تكوين مواد التجلط، والتعرف عليها واستنساخها ثم تطعيمها في الجينوم البشري، أو يتم التطعيم بجينات بشرية طبيعية، أو جينات طبيعية لثدييات قريبة من الإنسان في جهازها الوراثي، وإن كانت طرق التطعيم الجيني غير البشري ليست مرغوبة، لما قد ينتج عنها من آثار جانبية لوجود قليل جداً من الفروق التركيبية بين الأجهزة الوراثية للكائنات الحية، ولا بد من معرفة عدد الجينات المشفرة لتكوين مواد التجلط، وإدخال نفس العدد، لأن نقص عدد الجينات سيؤدي إلى نقص تكوين مواد التجلط، وزيادة عدد الجينات سيؤدي إلى زيادة تكوين مواد التجلط، وعند تجاوز حد معين قد يؤدي ذلك إلى تكوين جلطات دموية داخلية في الأوردة والشرايين.

قد يتم إضافة منشطات جينية إلى الجينات المضافة للجينوم البشري سواء كانت طبيعية أو مستنسخة، وذلك بهدف توجيه الجينات لتكوين مواد التجلط في فترة زمنية أقل من فترة التكوين العادية.

٢ - استخدام المثبررات الجينية في حالة كمون جينات التجلط

الدموي :

تستخدم هذه الطريقة في حالة وجود الجينات المسنولة عن تكوين

مواد التجلط، لكن هذه الجينات كامنة، ومن ثم لا تستطيع التعبير عن نفسها، ولا تتكون الجلطات الدموية عند حدوث الجروح.

وفى حالة نشاط تلك الجينات الكامنة قد تؤدي إلى اضطراب جيني يستتبعه تكوين جلطات عشوائية بالمسارات الدموية، ولتغلب على هذه المشاكل يتم استثارة الجينات الكامنة بطريقة منظمة للخروج من حالة كمونها، لتبدأ فى أداء وظائفها بتوجيه تكوين مواد التجلط الدموى، وتستخدم وسائل محددة لعملية الاستثارة الجينية منها:

(أ) استخدام المواد الكيميائية:

تستخدم فى هذه الوسيلة مواد كيميائية معينة تحدث نوعاً من الاستثارة الكيميائية للجينات الكامنة، ولا بد من إجراء العديد من التجارب الأولية للتأكد من عدم التأثير السلبى للمستثيرات الكيميائية على الجينوم.

(ب) استخدام الذبذبات الكهربائية:

تستخدم فى هذه الوسيلة ذبذبات كهربائية بترددات محددة، ومضبوطة نسبة الطاقة الناتجة عنها، وتعتمد الإثارة فى هذه الحالة على إجبار الشحنات الكهربائية المتوزعة على سطح الجين وبدخله على الحركة بامتداد الجين، مما يعمل على تخلص الجين من حالة

كمونه وبداية النشاط، ويحتاج تطبيق هذه الوسيلة إلى تقنية عالية المستوى، وذلك لارتفاع نسبة المخاطرة فيها عن الطريقة السابقة، فيأمل العديد من علماء الكهربية الجينية^(١) إلى تحقيق نتائج جيدة مستقبلاً من خلال الذبذبات الكهربية.

(ج) استخدام الموجات الإشعاعية:

يتم استخدام موجات إشعاعية ذات طاقة محددة تكفي لإثارة الجينات الكامنة وتشبيطها، ومثال لتلك الموجات «أشعة الليزر»، وهي موجات إشعاعية وحيدة الطول الموجي مركزة الطاقة، ويجرى استخدام مثل هذه التقنيات بتحكم فائق، للمدى التدميري الذي قد يحدث في حالة حدوث خطأ في التطبيق، وإن كان استخدام هذه التقنية غير منتشر بصورة كبيرة إلا في مراكز أبحاث الجينات الدولية، والتي تتجه إلى استخدام التقنيات الفائقة في حقل الجينات.

(د) استخدام المجالات المغناطيسية:

الجينات مثلها مثل أي جزيئات بيولوجية تتميز بوجود المغناطيسية البيولوجية لها، والتي أصبحت الآن موضع اهتمام العديد من الباحثين، أملاً في استخدام تلك الخاصية الجينية في إثارة الجينات وتوجيهها إلى مواضع محددة في الجينوم. تستخدم الخاصية المغناطيسية الجينية، من خلال التأثير بمجالات مغناطيسية محددة الشدة

(١) يهتم علم «الكهربية الجينية» بتوزيع الشحنات الكهربية داخل وخارج الجينات.

على الجينوم، فى استثارة الجينات الكامنة لتبدأ نشاطها، وما زال العديد من تقنيات الإثارة المغنيسوجينية^(١) فى مرحلة التجارب الأولية، ونتوقع تحقيق نتائج متميزة من خلال التقنية فى العقود الأولى من القرن الحادى والعشرين.

٣ - استخدام الاستئصال الجينى فى حالة وجود جينات مضادة لجينات التجلط الدموى:

قد تكون جينات التجلط الدموى موجودة ويمكنها التعبير عن نفسها، لكن وجود جينات مضادة لها فى جينوم الخلية يمنعها من أداء وظائفها، ولا بد فى هذه الحالة من إجراء جراحة جينية لاستئصال الجينات المضادة من الجينوم، لتبدأ جينات التجلط الدموى فى توجيه وتكوين مواد التجلط.

٤ - استخدام إنزيمات الإصلاح فى حالة وجود خلل جينى:

تستخدم إنزيمات الإصلاح فى حالة وجود عطب بجينات التجلط الدموى يمنعها من تكوين مواد التجلط، حيث يغيب عن إنزيمات الإصلاح الإنزيم المسئول عن علاج هذا الخلل الوراثى.

وللتغلب على هذه المشكلة يتم إدخال الجين المسئول عن تكوين هذا الإنزيم، لمعالجة الخلل الجينى الموجود، ومتابعة مدى تعبير الجين عن نفسه فى تكوين الإنزيم، ثم مدى قدرة الجين على إصلاح

(١) الإثارة المغنيسوجينية: استخدام المجالات المغناطيسية لإثارة الجينات.

العطب بجينات التجلط الدموى؛ والذي يمكن الاستدلال عليه بقياس قدرة جينات التجلط التكوينية لمواد الجلطة الدموية.

٥ - استخدام المجالات الكهربائية فى حالة وجود خلل فى ترتيب النيوتيدات:

يحدث أحياناً اختلاف فى ترتيب النيوتيدات ناتج عن اختلاف ترتيب القواعد النيتروجينية فى تركيب الجين، الذى يتميز بوجود شحنات كهربية ومجالات مغناطيسية، ووجود مجال مغناطيسى وسط مجال كهربى قد يحدث نوعاً من الحركة، إذا تم ضبط تلك المجالات بكيفية محددة، حيث يتم التحكم فى حركة القواعد النيتروجينية على طول شريط الدنا، ومن ثمّ يمكن إرجاع الترتيب الصحيح للقواعد النيتروجينية، وإزالة الخلل الجينى الناتج عن اختلاف ترتيب القواعد النيتروجينية، ووضعها فى غير مواضعها، وقد قمنا ببعض الأبحاث فى هذا المجال، وحققنا من خلالها نتائج جيدة، ونأمل فى أن يحظى هذا المجال باهتمام علماء هندسة الجينات، لما يمكن أن يحدثه هذا من تقدم فى تقنية العلاج بالجينات.

لقد استطاع فريق بحثى يابانى بقيادة د. نجاي كشف الشفرات الخاصة بالجينات الموجهة لتكوين الهيموجلوبين الدموى، وقد أعلن عن كشفه هذا فى عام ١٩٩٦م، مؤكداً أنه لن يكتفى ببحثه هذا فى كشف هذه الجينات، بل سيحاول فى الفترة القادمة - هو وفريقه البحثى - تصنيع هذه الجينات واستخدامها فى إنتاج الهيموجلوبين

الصناعى، وهو الخطوة الأساسية لإنتاج الدم الصناعى، ويمثل ذلك آمالاً بشرية كبيرة، يحاول العلماء تحقيقها.

إن إنتاج الدم الصناعى ليس بالشىء اليسير، فلا بد من معرفة وتصنيع الجينات المسئولة عن كل المكونات الدموية: كرات الدم الحمراء، والهيموجلوبين، وكرات الدم البيضاء، وعامل ريساس، وفصائل الدم المختلفة. ويمثل ذلك مشروعاً جينياً كبيراً، وهو ما يشرف عليه د. نجى «مشروع إنتاج الدم البشرى» ويهدف د. نجى إلى رسم خريطة كاملة لكل الجينات المسئولة عن تكوين المكونات الدموية السابقة.

لا شك أن «مشروع إنتاج الدم البشرى» سيخلص البشرية من العديد من الأمراض التى تسلك مسبباتها المرضية المسارات الدموية، ومن أهم الفوائد التى يحققها «مشروع إنتاج الدم البشرى» ما يلى:

(أ) إنتاج دم خالٍ من الميكروبات:

تسلك بعض الميكروبات الأوردة والشرايين فى طريقها إلى الخلايا والأنسجة، ويعيش بعضها فى تجويف المسار الدموى، متغذياً على ما يحمله الدم من غذاء، ومفرزاً سمومه فى الدم، مثل طفيل «تريماودا الدم».

يحقق الدم - المنتج بالهندسة الوراثية - نسبة عالية من النقاء الميكروبى، حيث يتم القضاء على الميكروبات التى قد توجد فى

المحتوى الدموى من خلال التقنيات الجينية السابقة، وفي حالة إنتاج دم صناعى يتم إدخاله كاملاً فى الأوعية الدموية وسحب المحتوى الدموى الأصلي لها، ويتم إنتاج هذا الدم تحت ظروف تعقيم عالية، تضمن النقاء التام من أى ميكروب يتخذ من المسار الدموى طريقاً له، أو يعيش فى تجويف الدم.

(ب) التحكم فى الهيموجلوبين الدموى:

يمكن - من خلال زيادة نسبة الجينات المسئولة عن تكوين الهيموجلوبين - زيادة كميته فى المحتوى الدموى، وتزداد بذلك كمية الأكسجين المحملة على الهيموجلوبين، والتي تصل إلى الخلايا لإعطائها حاجتها من الأكسجين، ويعمل هذا على توزيع أكبر نسبة من الأكسجين على الخلايا، مما يجعل هذه التقنية مهمة فى المحافل الرياضية، حيث يتم التحكم من خلالها فى كمية الهيموجلوبين، وزيادة نسبة الأكسجين الواصلة إلى الخلايا، مما يؤدي إلى حرق كمية أكبر من المواد الغذائية للحصول على كمية أكبر من الطاقة.

(ج) زيادة كمية كرات الدم البيضاء، لزيادة مناعة الجسم ضد

الميكروبات:

يحكم تكوين كرات الدم البيضاء مجموعة من العوامل الوراثية «الجينات»، حيث تم التعرف على هذه الجينات، وتجرى الآن دراسات موسعة لاستخدام هذه الجينات لزيادة النسبة المتكونة من كرات الدم البيضاء، ومن ثم زيادة القدرات الدفاعية للجسم، حيث تزداد

المقاومة للميكروبات، التي تُلتهم بواسطة عدد أكبر من كرات الدم البيضاء.

(د) علاج فقر الدم «الأنيميا» :

مرض «فقر الدم» من الأمراض الخطيرة التي يعاني منها عدد كبير من الدول النامية، والتي يتحول فيها شكل كرات الدم الحمراء إلى الشكل المنجلي، حيث تنفوس، وتقل قدرتها على حمل الأكسجين، وذلك لقلة الهيموجلوبين بها.

ويمكن علاج حالات فقر الدم من خلال إصلاح الخلل الجيني، والذي أدى إلى وجود نقص في التكوين الطبيعي لكرة الدم الحمراء، ويتم هذا الإصلاح باستخدام إنزيمات الإصلاح مباشرة في حالة توافرها، أو إدخال جينات مولدة لتلك الإنزيمات في جينوم خلية كرة الدم الحمراء، وفي حالة فشل إنزيمات الإصلاح في التعامل مع الخلل الجيني الموجود يتم إدخال جينات جديدة طبيعية أو مستنسخة سليمة إلى جينوم كرة الدم الحمراء، واستئصال الجينات المعيبة، ومراقبة التغير الشكلي والوظيفي لكرة الدم الحمراء لمعرفة مدى تعبير الجينات عن نفسها.

(هـ) العلاج بالجينات وإذابة الجلطات الدموية:

تتكون الجلطات الدموية نتيجة لعمليات الترسيب الدموي الخاصة بالمواد المكونة للتجلط، والتي تتكون فقط في الشعيرات السطحية بينما وجود مواد مضادة يمنع تكون مواد التجلط في داخل الأوعية

الدموية، وفي حالة غياب هذه المواد تتكون الجلطة داخل الوعاء الدموى، مما يعمل على انسداد المسار الدموى، وتوقف إمداد الخلايا بحاجتها من الأوكسجين والمواد الغذائية، وإذا استمر تكون الجلطة الدموية داخل الأوعية الدموية، فإن ذلك يؤثر على عضلة القلب، وقد يعرض الإنسان للموت.

لقد حاول كثير من علماء الدواء صناعة مركبات دوائية لها القدرة على إذابة بعض الجلطات الدموية، ويعيب هذه المركبات الدوائية بطء التأثير، وعدم القدرة على إذابة الجلطات الدموية فى الأوعية الدموية الرئيسية كالشريان الأبهر (الأورطى)، والشريان الرئوى، والشريان التاجى، والوريد الرئوى، والبابى الكبدى.

استطاع علماء «جينوميا الدم»^(١) مؤخراً عزل الجين الموجه لتكوين بروتين «منشط البلازموجين»، والذي يعمل على إذابة الجلطات الدموية، وتحمله على الدنا البكتيرى لإكثاره، ثم إدخاله من خلال الجراحة الجينية إلى جينوم الخلايا، حيث يعمل على تكوين مضادات التجلط، والتي تمنع تكون أى نوع من الجلطات.

لقد استطاعت إحدى شركات الجينات إنتاج عقار «أكتيفيز»، المضاد للتجلط، من خلال التقنية الجينية، والذي يستخدم فى حالة الإصابة بالنوبات القلبية، حيث يعمل بكفاءة عالية إذا استخدم فور حدوث النوبة القلبية، وفى مدى زمنى لا يتجاوز أربع ساعات،

(١) جينوميا الدم: فرع من علم الجينات يهتم بأبحاث الجينات الموجهة لتكوين الدم.

ويُعيب استخدام هذا العقار قصر فترة تأثيره، حيث توجد بعض المواد المضادة له، والتي تعمل على إيقاف مفعوله، ويمكن التغلب على مشكلة المواد المضادة لعقار «أكتيفيز» بإدخال مواد مثبطة للمواد الضارة، أو جينات مولدة لمواد تضاد عمل المواد المضادة، حتى يبقى تأثير العقار أطول فترة ممكنة.

وثمة مشروع جيني كبير يقوم به بعض الباحثين الألمان، بهدف رسم خريطة كاملة لكل الجينات الخاصة بالقلب، وذلك لمحاولة دراسة الأداء الوظيفي الكامل للقلب من خلال الأطقم الوراثية، وبحث كل الوسائل المتاحة للتدخل الجيني عند إصابة القلب بأى مرض أو زيادة كفاءة عمل القلب من خلال تطعيم (طاقمه الوراثي) بجينات معينة.

اعتبر مشروع خرطنة جينات القلب أحد المشروعات الجينية المهمة فى المشروع الجيني العملاق «مشروع الجينوم البشرى»، والذي يمكن استخدامه فى نواح علاجية عديدة خاصة بالقلب، منها:

١ - إذابة الترسبات الدموية بصمامات القلب:

يتم ترسيب العديد من المواد الموجودة بالدم فى الأوعية الدموية، مما يؤدي إلى بطء دفع عضلة القلب للدم من خلال الصمامات القلبية، وهذا يؤدي إما إلى بطء السريان الدموى فى الأوعية الدموية، أو إلى توقفه.

ويتم علاج مثل هذه الحالة بالتدخل الجراحى بأشعة الليزر، حيث

يتم تفتيت هذه الترسيبات الدموية، ويستلزم ذلك إجراء التدخل الجراحي عند كل ترسيب يتكون.

والعلاج الأمثل لهذه الحالة هو إدخال جينات تشفر لتكوين مذيبيات لتلك المواد، ويتم برمجة تلك الجينات بحيث تبدأ نشاطها عند بداية تكون الترسيب، مما يسمح بالتحكم في نقاء الثقوب الصمامية للقلب.

٢ - ترميم الثقوب الموجودة بجدران القلب:

تتعرض جدران القلب أحياناً لحالة من الضعف تسمح بفتح هذه الجدران عند الانقباض الشديد لعضلة القلب، مما يعمل على تكوين ثقوب بهذه الجدران، مما يضعف من كفاءة عضلة القلب، ولا يفيد التدخل الجراحي بأشعة الليزر، إذ يؤدي إلى تكوين ثقوب أخرى، مما يستلزم التدخل الجراحي مرة أخرى.

يتم علاج هذه الحالة بتحليل الجينات المسؤولة عن تكوين جدران القلب، ومعرفة الشفرات الخاصة بهذه الجينات، ثم إدخال هذه الجينات إلى الجينوم الخاص بالقلب، حيث تعمل هذه الجينات على تكوين خلايا جديدة بدلاً من الخلايا التالفة.

٣ - علاج الهبوط الوظيفي لعضلة القلب:

تتميز الألياف العضلية للقلب بالقوة، والقدرة العالية على الانقباض والانبساط، بما يسمح بدفع الدم في الشرايين «عند الانقباض»، واستقباله من خلال الأوردة «عند الانبساط».

قد تتعرض ألياف عضلة القلب للضعف العضلي، مما يخفض من كفاءة قوة الدفع لعضلة القلب، ونقص كمية الإمداد الدموي التي تصل إلى الخلايا، ويؤدي ذلك إلى إصابة الخلايا بالعديد من الأمراض، لعدم توافر حاجة الخلايا من المواد الغذائية والأكسجين، وهذا يؤدي لضعف الخلايا وهزالها، ونقص ممانعتها للميكروبات.

تتكون الألياف العضلية لعضلة القلب تحت توجيه من جينات محددة في جينوم الكائن الحي، وقد استطاع العلماء تحليل هذه الجينات، واستخدامها في تقوية عضلة القلب، حيث يتم تطعيم هذه الجينات في جينوم القلب، مما يعمل على تكوين ألياف عضلية جديدة تستخدم هذه التقنية في حالة تعرض عضلة القلب للإجهاد، أو تعرض بعض الألياف العضلية لعضلة القلب للتلف.

٤ - استخدام العلاج بالجينات في تقوية جدران الأوعية الدموية:

تميز الأوعية الدموية الناقل للدم من القلب إلى سائر أجزاء الجسم، حيث يتعرض الدم داخلها لقوة دفع كبيرة من عضلة القلب، مما يوجد ضغطاً من السائل الدموي على جدران الأوعية الدموية، ويمكن حساب هذا الضغط من خلال معادلات خاصة بالسوائل المتحركة، أو تعطى قراءة الضغط مباشرة من خلال أجهزة قياس الضغط «المانوميتر الزئبقي»، والتي يعتمد عملها على نظرية تساوي الضغط للسطوح الأفقية، وتوجد أجهزة قياس ضغط تعمل الآن تحت تحكم إلكتروني

كامل، وتعطى قراءة الضغط مباشرة على شاشة، وتنتشر هذه الأجهزة حالياً بالدول المتقدمة، وتتميز بصغر الحجم بحيث تحمل فى حقيبة الإنسان أو جيبه، حيث يقوم حاملها بقياس ضغطه فى فترات مختلفة فى اليوم الواحد.

وعندما ترتفع قيمة الضغط بمقدار كبير يؤدى ذلك إلى انفجار الأوعية الدموية، وقد كان العلاج التقليدى لهذه الحالات يعتمد على التحكم فى قيمة الضغط ذاتها بالرفع أو خفض من مواد كيميائية معينة فى صورة أقراص يتناولها الشخص عند تذبذب ضغطه.

وثمة اتجاه الآن لدى العلماء إلى تحليل وكشف الجينات المسؤولة عن تكوين المواد المعدلة للضغط داخل الأوعية الدموية، بما يتيح تطعيم هذه الجينات فى جينوم الأوعية الدموية فى الأشخاص ذوى القراءات المترددة فى ضغوطهم، مع برمجة هذه الجينات بحيث تبدأ فى إفراز وتكوين معدلات الضغط بمجرد تذبذب الضغط ارتفاعاً أو انخفاضاً.

كما يوجد اتجاه إلى تقوية عضلات جدران الأوعية الدموية لتحمل قيم ضغط أعلى، ويتم ذلك من خلال آلية مستمرة، تسمح بإضافة تكوينات ليفية عضلية جديدة، وذلك بإدخال الجينات المسؤولة عن تكوين هذه الألياف، وقد يضاف مع تلك الجينات منشطات جينية

لزيادة الأداء الوظيفى لتلك الجينات، بما يسمح بزيادة الترسيبات العضلية فى جدران الأوعية الدموية.

وتستخدم نفس التقنية فى ترميم الأوعية الدموية المنفجرة نتيجة لزيادة الضغط عليها، أو لتقوية الجدران الضعيفة لبعض الأوعية الدموية.



هل تعود الكائنات العملاقة مرة أخرى للظهور فى القرن الحادى والعشرين

بتتبع طائفة الزواحف، التى سادت الحياة على سطح الأرض لفترة طويلة من الزمن، نجد أن الديناصورات كانوا هم أصحاب القوة والهيمنة فى تلك الفترة.

كان بعضهم يمشى على الأرض، وبعضهم يطير فى الجو، وبعضهم يعيش فى الماء، وكان غذاؤهم متنوعاً، بعضهم يتغذى على النباتات، والبعض الآخر يتغذى على الحيوانات، وقد يتغذى بعضهم على بعض.

كانت أجسامهم العملاقة مزودة بأسلحة فتاكة يستخدمونها عند وقوع صراع بينهم وبين غيرهم من الزواحف العملاقة الأخرى، أو حينما يصطادون فرائسهم ويتغذون عليها، فأفواهم كانت مزودة بأسنان عملاقة حادة قاطعة، كما كانت أرجلهم مزودة بمخالب قاطعة، بحيث تكفى هذه المخالب وحدها للقضاء على الفريسة، والإجهاز عليها، ويستخدمون هذه الأسلحة الفتاكة التى منحها الله لهم فى قضاء بعضهم على بعض.

وكان بعضهم مدرعاً حيث يحتوى جسمه على دروع يستخدمها فى مهاجمة فرائسه ، والمقاومة عند تعرضه للاعتداء .

كانت أجسامهم فارهة الطول، بحيث يمكنهم الوصول إلى أعلى الأشجار دون عناء، بل واجتياز الموانع الصعبة كالمياه والجبال، وكانوا فى أثناء وقوفهم يستندون على الطرفين الخلفيين الأكبر من الطرفين الأماميين، وأحياناً يركزون على ذيلهم العملاقة، والتي كان يبلغ طولها عشرات الأمتار، ليتناولوا غذاءهم وهم فى راحة تامة، ورغم وجود هذه المميزات التى منحها الله إياهم، إلا أنهم لا يمتلكون القدرة العالية على التكيف مع الظروف البيئية الصعبة، والتي سادت هذه الفترة من تاريخ الأرض، وكان ذلك سبباً فى تعرضهم للتهلكة أكثر من مرة .

لقد كانت الزواحف الأصغر منهم حجماً أكثر تكيفاً مع ظروف البيئة، إذ كلما تغيرت البيئة تكيفت هذه الزواحف الصغيرة، وحدثت بها تحورات لتتلاءم مع الوضع الجديد، ولذلك عاشت واستمرت وتكاثرت، وبقيت أجيالها إلى الوقت الحاضر، شاهدة على أن القوة ليست فى عظم البنيان والجسم، لكن القوة فى مقدرة الكائن الحى فى التغلب على الظروف البيئية الصعبة .

والديناصورات كائنات حية بيّاضة، أى: تضع بيضاً، والبيض الذى تضعه كبير الحجم، مغطى بقشرة سميقة لتحميه من تقلبات الظروف البيئية، وتحوى البيضة بداخلها الجنين الذى يفقس بعد فترة

ويخرج من البيضة ديناصوراً صغيراً، تبدأ أمه في تربيته وتدريبه على تناول الطعام الذي تأتية هي به، ثم تعدّه بعد ذلك للاعتماد على نفسه، حيث تدرّبه على اصطياد الفرائس، ومحاولة قطف أوراق وثمار الأشجار، ثم ينفصل الصغير عن أمه ليعتمد هو تماماً على نفسه في الحصول على غذائه.

وقد يقع هذا الصغير فريسة سهلة للديناصورات الكبيرة والعملاقة، فيصبح بمثابة وجبة شهية لها، وقد يؤدي ذلك إلى صراع كبير بين أعداد كبيرة من أنواع الديناصورات المختلفة، حيث يدافع كل نوع عن وجوده في الحياة، وعن أفرادها بما يتيح لها الأمان والسيادة.

وقد يؤدي الصراع بين أنواع الديناصورات على الغذاء، وعلى حماية الصغار، إلى هلاك بعض الأنواع، وبقاء الأنواع الأخرى، وتؤدي زيادة الكثافة العددية لأحد أنواع الديناصورات إلى سيادته، وتمتعه بالهيمنة في البيئة التي يعيش فيها، وقد يتعرض هذا النوع أيضاً للمهاجمة من نوع آخر لينقرض هو ويسود غيره، وهكذا دورة الحياة من السيادة إلى الانقراض. . . وهكذا دواليك.

ولتوفير الحماية الكبرى لأفراد الديناصورات، قد يتم تكليف ديناصور عملاق بمراقبة البيئة في أثناء تغذية قطع الديناصورات، وإصدار إشارات محددة ومفهومة عند وجود خطر يتهدد القطيع، بما يتيح للقطيع الاستعداد لمواجهة الخطر.

ويتولى عملية الدفاع عن القطيع - عند حدوث هجوم عليه -

الأفراد الشابة القوية، والتي تستطيع أن تدخل فى صراع مع أفراد الأنواع الأخرى، بينما تقف الديناصورات الصغيرة والديناصورات المتقدمة فى العمر بعيداً عن دائرة الصراع، وفى حماية عدد من الديناصورات الشابة القوية، مما يشعرها بالأمان، وقد يتم توزيع الاتجاهات بين أفراد الديناصورات فى عملية المراقبة، بحيث يختص كل ديناصور بمراقبة جهة معينة، وكأنهم فى هذه الحالة يمثلون جهاز رصد متحرك فى كل الاتجاهات.

من أخطر أنواع الديناصورات، تلك التى تجمع بين المشى على الأرض، والطيران فى الهواء، حيث تستطيع هذه الديناصورات الانقضاض على فرائسها بسهولة، وعند تعرضها للخطر فإنها تترك سطح الأرض، طائرة فى الجو، حيث تبعد عن أعدائها.

يتميز جسم الديناصور بالبنيان القوى المتين، حيث يوجد فى مقدمة الجسم رأس، وهو يحتوى على أجزاء المخ المغلفة بعظام متينة وقوية تسمى بعظام الجمجمة، والعينين اللتين تتسمان بحدة الإبصار، ولا سيما فى الديناصورات الطائرة، والأنف الذى يلتقط الروائح ويميز بينها، وهو يدخل الأكسجين إلى الجهاز التنفسى للديناصور، ويخرج ثانى أكسيد الكربون الناتج عن عملية التنفس.

فى بعض أنواع الديناصورات تكون حاسة الشم قوية، ويعتمد عليها فى معرفة أماكن أعدائه، وفى البعض الآخر تكون ضعيفة لعدم الحاجة الشديدة إليها.

يحتوى الرأس أيضاً على الفم الذى يحتوى على أسنان عملاقة وقوية للقبض على الفرائس وتقطيعها، ثم اللسان الذى يساعدها على إصدار أصوات خاصة بها للتفاهم فيما بينها، ثم الأذن، وهى متوسطة الحجم بالنسبة لحجم الرأس، وهى مهمة فى التقاط الأصوات فى بيئة الغابات الكثيفة التى كانت تعيش فيها الديناصورات.

لا يتميز مخ الديناصور بالتركيب الدقيق الذى يسمح له بسرعة نقل الرسائل من وإلى المخ، ولذلك فهو بطيء فى اتخاذ قراره، وقد تؤدى الأحداث المفاجئة إلى تدميره نتيجة هذا البطء فى اتخاذ موقف محدد تجاه الأحداث.

يبدأ بعد ذلك العمود الفقارى الذى يحمل الرأس، وهو يتكون من فقرات عديدة تنتهى بالفقرات الذيلية، وتتميز فقرات العمود الفقارى فى الديناصور بالقوة، بحيث تدعم جسمه العملاق، وتستطيع أن تساعد على الانتصاب، ويتفرع عن الفقرات العديد من الضلوع التى تدعم منطقة الصدر والظهر.

للدناصور أربعة أطراف: اثنان أماميان قصيران، واثنان خلفيان طويلان، وتتميز أطراف الديناصور بقوة ومتانة العظام المكونة لها، وقوة العضلات المحركة لهذه العظام. وتنتهى أطراف الديناصورات بمخالب قوية حادة تستخدمها فى القبض على الفرائس وتقطيعها.

يوجد بالديناصورات أجهزة داخلية معقدة، حيث يوجد جهاز

عصبى للسيطرة على سير العمليات الحيوية، ويتكون من المخ كجهاز عصبى مركزى، والأعصاب التى تغذى الأطراف كجهاز عصبى طرفى.

يعيب الجهاز العصبى للدنياصور البطء فى نقل الإشارات العصبية من وإلى المخ.

يوجد بالدنياصور جهاز هضمى متقدم ومعقد التركيب، وتميز المعدة والأمعاء بقوة العضلات، وكثرة إفراز المواد الهاضمة والمعروفة «بإنزيمات الهضم» وينتهى الجهاز الهضمى بفتحه خارجية لإخراج بقايا الطعام والفضلات، كما يوجد بالدنياصور جهاز تنفسى متقدم لإمداد الجسم بما يحتاجه من أكسجين لحرق المواد الغذائية، ويصل الغذاء والأكسجين إلى خلايا الجسم من خلال الدم الذى يسير فى أوعية دموية، ويضخه القلب، ويعرف ذلك بالجهاز الدورى.

يقوم الجهاز البولى بترشيح الفضلات من الدم، وإخراجها من خلال وحدة الإخراج المعروفة بالكلية، لمنع حدوث تسمم إذا بقيت هذه الفضلات فى الدم.

يتركب جسم الدنياصور من أعضاء وتميز الأعضاء إلى أنسجة، والأنسجة إلى خلايا، وتتكون كل خلية من جدار خلوى وسيتوبلازم ونواة، وتحوى النواة فى داخلها المادة الوراثية التى توجه كل العمليات الحيوية داخل الخلية، وتحكم نمو الدنياصور من البداية إلى النهاية، والمادة الوراثية داخل النواة غير قابلة للتحلل، وقد استطاع

علماء الهندسة الوراثية عزل بعض من المادة الوراثية من بقايا بعض الديناصورات .

ويأمل هؤلاء العلماء فى استنساخ هذه المادة، واستخدامها فى إنتاج ديناصورات جديدة، وهذا ما يثير تساؤلات عديدة:

هل سيعود عصر الديناصورات من جديد؟

وكيف ستعيش وتكيف الديناصورات مع العصر الحالى؟

وكيف سيتعايش الإنسان معها؟

إن استنساخ الديناصورات سيمكّننا من دراسة السلوك القديم للديناصور (سلوكه فى البيئة القديمة) من خلال توفير نفس الظروف التى كان يعيش فيها، ومراقبة مدى إمكانية تأقلمه مع تلك الظروف البيئية، ثم سنعرّض تلك البيئة التى يعيش فيها الديناصور إلى الاختلال من خلال إحداث أشياء تخل بالنظام القائم فى تلك البيئة، ونرصد مدى التغير فى حياة الديناصورات فى تلك الحالة، ومدى قدرتها على مقاومة التغير فى الظروف البيئية القائمة، وربط ذلك بالقدرة التعبيرية الجينية، والتى يمكن قياسها من خلال العديد من التحاليل الجينية. ومن المنطقى أن القدرة التكيفية للكائن الحى ستزداد كلما زادت القدرة التعبيرية الجينية للجينات المكونة لجينوم هذا الكائن، وستقل بقلّة القدرة التعبيرية الجينية، ويمكننا التعبير عن ذلك رياضياً كما يلى:

(القدرة التكوينية للكائن الحي) \times (القدرة التعبيرية الجينية)
ويعنى ذلك وجود علاقة طردية بين القدرة التكوينية للكائن الحي
والقدرة التعبيرية الجينية .

يأمل بعض العلماء فى الخرطنة الكاملة لجينات الديناصورات (من
خلال بعض بقايا الديناصورات التى عثروا عليها)، وعزل هذه
الجينات، وتصنيفها، بمعنى أن نعرف - على سبيل المثال :-
- أن الجين (X) يخص صفة العملاقة فى الديناصورات (الطول
الفارغ).

- أن الجين (Y) يخص صفة قوة البنيان .

- أن الجين (Z) يخص صفة النظر الحاد إلخ .

وهذا للتبسيط، ولكى نصل من خلاله إلى إيضاح ما يدور بأذهان
العلماء، والذي يتركز حول إمكانية تطعيم الخلايا الجينية لبعض
الحيوانات الفقارية بجينات العملاقة للديناصورات، وملاحظة ما
سيطرأ عليها من تغير .

إن أمام العلماء استهفامات عديدة تفرض نفسها بقوة:

- هل يمكن من خلال جينات العملاقة الديناصورية تحويل الإنسان
إلى كائن حى عملاق قوى البنيان متين الجسم، ومع ذلك فهو مفكر
بقدراته العقلية الخارقة ؟

لم يكن هذا الحلم يراود العلماء فى القرن العشرين فقط، فى
عصر الجينات والهندسة الوراثية، بل له امتداده العميق فى الماضى،
وهذا ما يتضح لنا إذا ما وقفنا أمام أبى الهول، والذي يزوره

العديدون، بل زاره الملايين من الناس، لكن ثمة فارق بين زائر وزائر فمنهم من زاره ليستمتع بالمنظر الجميل، ومنهم من زاره لقضاء وقت هو لا يحس بقيمته، ومنهم من زاره دارساً لتكوينه الصخري، ومنهم من زاره دارساً للفضن التصميمي له، ومنهم من زاره دارساً لتقنية النحت التي استخدمت في إخراج الشكل الجميل له. لكن قليلاً منّا من فكر وصمت طويلاً ونظر نظرة تأمل إلى أبي الهول ليخرج بالنتيجة المنطقية.

لقد زرت أبا الهول منذ فترة قريبة، ووقفت أمامه أتأمله في صمت وفكر عميق، وأنا أسأل نفسي:

رأس إنسان وجسم أسد؟

ولم كان ذلك؟

لقد قال علماء الآثار من قبل إن الفراعنة رمزوا إلى قمة القدرات العقلية برأس الإنسان، وإلى قمة القوة الجسدية بجسم الأسد، إذن: فقد كانت النظرة الفرعونية المثالية للإنسان تمتعه بمزيج خارق من القدرات العقلية والقدرات الجسدية، لكنني استغرقت كثيراً في تأمل ذلك المزيج المعقد من الإنسان والحيوان، إنه تهجين وعمليات خلط بين صفات كائنين حيين، خلط بين صفات !! إن الصفات تتكون ويتم توجيهها من خلال الجينات الحاملة للمعلومات الوراثية.

إذن: فقد أشار الفراعنة - مع عدم معرفتهم بالجينات في ذلك الوقت - إلى عمليات الخلط بين الكائنات الحية (بين أسد وإنسان)

ليخرج إلينا إنسان مؤسّد يمتلك القدرات العقلية مع القدرات الجسمية متمثلاً فى أبى الهول .

وهى نفس الفكرة التى تراود فكر العلماء الآن، إنسان يحمل جينات البشر كما هى، وجينات العملاقة الديناصورية، ليصبح إنساناً عملاقاً ذا قدرات عقلية خارقة :

- كيف سيتصرف هذا الإنسان ؟

- وكيف سيكون سلوكه ؟

- هل سيسود العالم بقدرته العقلية الخارقة ؟

- أم سيتحكم من خلال قوته الجسمانية العملاقة ؟

إن أمام العلماء طموحات كبيرة فى أن يستأنسوا الديناصورات المستنسخة، وهى تمثل أملاً يحاول العلماء تحقيقه، ويمضون قدماً نحو ذلك .

- كيف ذلك ؟

إنهم أخذوا خلية من بقايا أحد الديناصورات، وتم إجبار المادة الوراثية للخلية على الارتداد للحالة الجنينية (وضع اللا تخصص)، أى أن المادة الوراثية فى هذه الحالة يمكنها توجيه جميع عمليات النمو والتكوين الجنينى لجنين الديناصور .

إذن: فقد أصبح لدينا برنامج وراثى متخصص لإحداث تكوين جنينى ؟

- ما هى المشكلة إذن ؟

- وما الفرق بين هذه التجربة وبين تجربة آيان ويلموت ؟

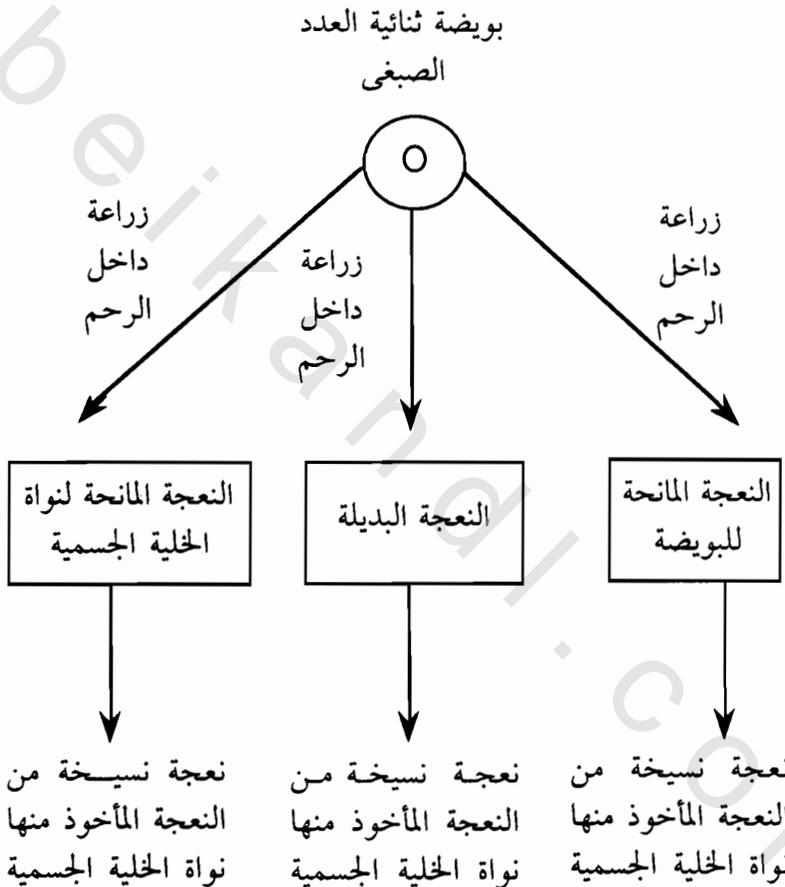
فى تجربة آيان ويلموت استطاع الدكتور ويلموت أن يجبر المادة

الوراثية لخلية من خلايا الفرع أن تترد إلى الحالة الجينية، ومن ثمّ فهى تتحول وراثياً من وضع التخصص الوراثى إلى وضع العموم الوراثى، أى: تستطيع أن توجه كافة أو عموم الأعضاء، حيث إن الجينات الكامنة كنتيجة منطقية لوضع التخصص، حيث يصبح لا حاجة للخلية للتعبير الجينى لهذه الجينات، ومن ثمّ تتعرض هذه الجينات إلى الكمون، ويمكننا تشبيه كمون الجينات فى هذه الحالة بحالة بيات، لكن فى هذه الحالة البيات دائم وما زالت الخلية فى الوضع الطبيعى، لكن إذا تعرضت الخلية إلى ما يجبرها على الخروج من هذا البيات الدائم، أعنى الكمون الوراثى، فإنها تترد إلى الحالة الجينية، ومن ثمّ يمكن بعد ذلك تتابع عمليات النمو والتكوين للخلية الجينية.

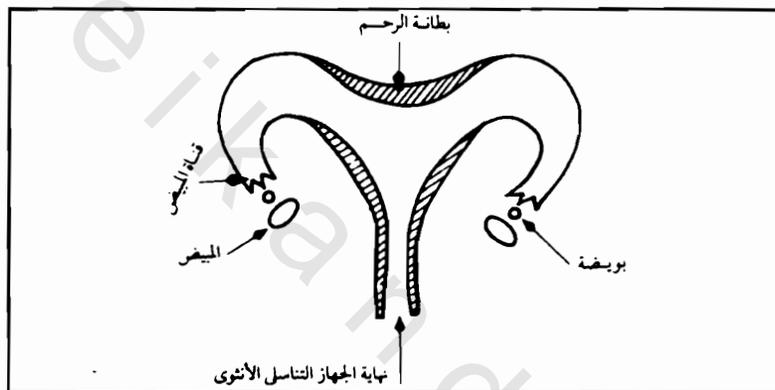
استطاع الدكتور ويلموت أن يعمل على سحب المادة النووية من داخل البويضة، ومن ثمّ تتحول البويضة إلى فراغ نووى بيضى أى: بيضة خالية من مادتها الوراثية، ومن ثمّ تصبح هذه البيضة مهيأة لاستقبال أى مادة وراثية أخرى، والتي نقصد بها فى هذه الحالة المادة الوراثية المجبرة على الارتداد للحالة الجينية، ومن ثمّ يكون لدينا فى هذه الحالة بويضة ثنائية العدد الصبغى، أى: بها ٢ ن من الكروموسومات، ولذلك يمكن اعتبارها شبيهة للبويضة، وليست بويضة، فهى من الناحية المورفولوجية تمثل بيضة عادية، لكنها من الناحية الوراثية تمثل خلية جسمية ثنائية العدد الصبغى.

يعاد زراعة هذه البويضة فى رحم النعجة المأخوذ منها البويضة أو

المأخوذ منها نواة الخلية الجسمية أو رحم نعجة بديلة، ليتم استكمال عمليات التكوين الجنيني، لكن الجنين الناتج عن هذه العملية يمثل نسخة طبق الأصل من الخلية المأخوذ منها نواة الخلية الجسمية، ويتضح ذلك من خلال الشكل التخطيطي التالي:



عمليات إعادة الخلية الجنينية للرحم يمكن أن تتم فى الكائنات الحية الثديية الولودة (أى: التى تلد) كالماشية والخنازير والإنسان، حيث يوجد ضمن تركيب الجهاز التناسلى الأنثوى الرحم، وهو عضو عضلى قوى به شبكة كثيفة من الأوعية الدموية المحيطة به، ويحمل هذا العضو الجنين منذ نزول البويضة المخصبة بين ثناياه، وحتى نزول الجنين وميلاده كما يتضح من هذا الشكل:



أما فى الكائنات الحية البياضة (أى: التى تضع بيضاً)، فيكون الجنين داخل موقع مخصص له فى تركيب البويضة، وهو محاط بمواد غذائية يستطيع أن يتغذى عليها، مما يسمح لهذا الجنين أن يتابع تكوينه الجنينى.

لقد لاحظنا من خلال تنفيذ تقنية آيان ويلموت إعادة زرع الجنين داخل الرحم، وذلك فى الثدييات. . لكن ماذا يحدث فى حالة الكائنات الحية غير الولودة؟

فلنفرض أن العلماء نجحوا فى استنساخ جنين ديناصور، فمن المنطقى أن نقول إن هذا الجنين نتج عن إدخال نواة خلية جسمية مجبرة للارتداد إلى الحالة الجنينية داخل الفراغ النووى للبويضة . . لكن السؤال الآن :

- أين ستوضع البويضة المعدلة وراثياً لتدخل فى سلسلة مراحل النمو والتكوين الجنينى؟

يدرس العلماء - للخلاص من هذه المشكلة - تصنيع محضنات نمو حيوية تسمح للبويضة المخصبة أو المعدلة وراثياً أن تدخل فى عمليات نمو وتكوين جنينى، لينتج فى النهاية جنين كائن حى كامل يمكنه أن يمارس حياته الطبيعية .

بقى شىء لابد من ذكره والتركيز عليه :

فالديناصورات قد انقرضت نتيجة لأن الجينات المكونة لجنوم الديناصور لم تتح لها قدرتها التعبيرية أن توجه العمليات الحيوية داخل خلايا وأنسجة الديناصور بما يجعله يتكيف مع الظروف البيئية السيئة، لذلك فقد تعرض للانقراض، وبما أن الاستنساخ الحيوى (عمليات الكلونة) تمثل صناعة نسخ طبق الأصل من الكائن الحى، والنسخة (الشىء المنسوخ)، يعنى تحقيق شرط النسخة الواحدة فى التركيب والوظيفة والسلوك، أى أن الديناصور النسخة قد لا يستطيع التأقلم مع الظروف البيئية الموجودة الآن، ومن ثم فسوف يتعرض للانقراض، ولن يستطيع المقاومة . .

.. ماذا فعلنا - إذن - وما وجه الاستفادة التي نستفيدها في هذه الحالة ؟

يمكننا من خلال ذلك دراسة نقاط الضعف في التعبير الجيني، والذي يؤدي إلى عدم وجود تكيف بين الديناصور وظروف البيئة المحيطة به، كما يمكننا من خلال عمليات التطعيم الجيني علاج نقاط الضعف الجيني المتسببة في عملية الالتهك التي يتعرض لها الديناصور.

يقودنا ذلك إلى فكر جديد يهدف إلى تحوير جينوم الديناصور بما يسمح بتلاشي نقاط الضعف الجيني الموجود في جينوم الديناصور، ومن ثم تطوير هذا الجينوم وتعديله من الناحية الوراثية ليصبح لدينا ديناصور مهندس وراثياً، وهذا هو دور الهندسة الوراثية في عمليات الاستنساخ.

إننا في حيرة حتى الآن من قضية النسائخ القديمة، وما يزال النقاش محتتماً على أشده حول جدوى النسائخ القديمة بين أوساط مختلفة.

فنحن رجال العلم نرى أن في ذلك فائدة كبيرة للبحث العلمي، حيث سيضيف ذلك دراسات كثيرة حول التعبير الجيني، وعلاقته بالظروف البيئية الحاضرة والقديمة، حيث يمكن تصميم بيئة مشابهة للبيئة التي كانت تعيش فيها أصول النسائخ القديمة، لندرس كيفية سلوك هذه النسائخ في تلك البيئة المختلفة خصيصاً لهذا.

بينما يرى رجال السياسة أن الإصرار العلمي على النسائخ القديمة، وتحويلها وراثياً، قد يؤدي دون قصد من الإنسان إلى إنتاج كائنات حية مستنسخة بقدرات عقلية تقترب من قدرات البشر، ومن ثم سيحدث ذلك خلافاً في ميزان القوى في الكون، والتي نعني بها سياسة الأمور، أى: القدرة على سياسة الأمور.

إن الأمر قد يعرّضنا إلى أن يصبح ميزان القدرة على سياسة الأمور في يد كائنات حية غير الإنسان، فنصل حينئذ إلى حافة الهاوية.

ويرى رجال الدين أن هذا حرام لأنه مضيعة لوقت يمكن أن يستثمر في جوانب أخرى مفيدة كالتجارب الموجهة نحو علاج العديد من الأمراض التي تمثل شحاً مخيفاً للبشرية، ويعتبرون أن النسائخ القديمة نوع من العبث الذي قد يقود إلى فوضى عارمة في الحياة، ومن ثم فقد أفتى بعض العلماء بتحريمه، ولكن البعض الآخر قد أفتى بجوازه بشرط تحقيق الفائدة.

لقد قال دكتور سفانت بابوه الباحث بجامعة أوبالا بالسويد، والمهتم بالنسائخ القديمة:

«إن النسائخ القديمة تمثل ماضيها الحياتي، فلماذا نصرّ على تجاهله، لقد آن لنا أن نكشف ما أحاط به من أسرار غامضة اندثرت عبر الزمن، وأن نفتش عن الحقيقة، ونبحث عنها في موقعها الصحيح الكامن في جينات الكائنات الحية القديمة».

وقد قالت الدكتورة ستاجر الباحثة بالوراثة الميكروبية:

«سنعرف حتماً من خلال النسائخ القديمة مدى إمكانية اعتلالها بالأمراض الميكروبية من عدمه، فهي ثورة علمية نرجو ألا تنطفئ تحت شعارات الجهل غير المدرك للحقيقة».

أما البروفيسورة ماري هنيغان الباحثة بالبيولوجي، والمحامية في الوقت نفسه فهي تقول:

«أرى أنه آن لنا أن نضيف قواعد ثابتة ومقننة تعالج جميع نواحي العمل في حقل الجينات والبيولوجيا الجزيئية، سواء كانت نسائخ قديمة أم نسائخ حاضرة، أم غير ذلك».



بنوك القرن الحادى والعشرين «بنوك الجينات»

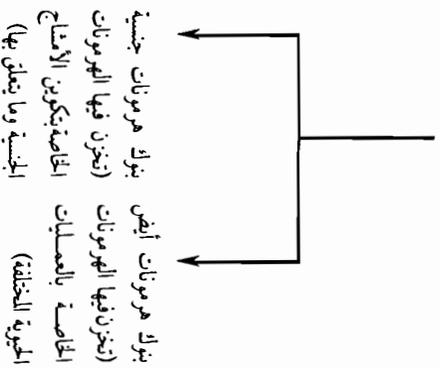
المقصود بكلمة بنك "Bank": مجمّع الأشياء، والذي يرتبط فى أذهاننا بتجمع النقود فى مكان ما آمن، ويمكننا وضع أموالنا فيه وسحب ما نريده من أموال وقتما نريد.

ينطبق هذا المعنى على جميع ما يحقق مدلول كلمة «بنك»، فحينما نذكر كلمة «بنك» يتوارد إلى ذهننا تجمّع ما من الأشياء.

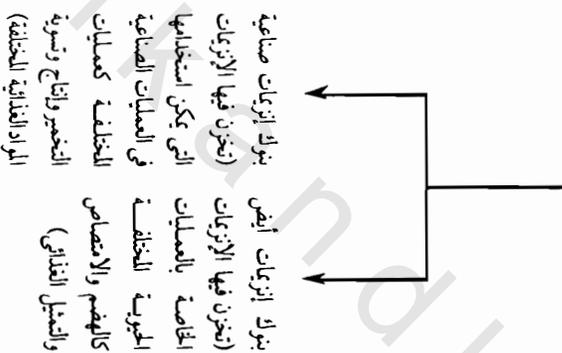
لا يقتصر استخدام مصطلح «بنك» على الأشياء اللا حياتية فقط «الجوامد» بل يتعداها للتعامل مع التجمعات الحياتية المختلفة، والتي نعنى بها بنوك البيولوجيا، وهى تمثل تجمعا لكل الجزيئات والتراكيب البيولوجية المتشابهة فى التركيب والوظيفة.

ويمكننا إيضاح البنوك المختلفة التى استحدثها الإنسان فيما يلى:

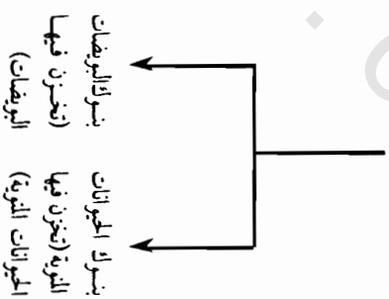
بنوك الهرمونات



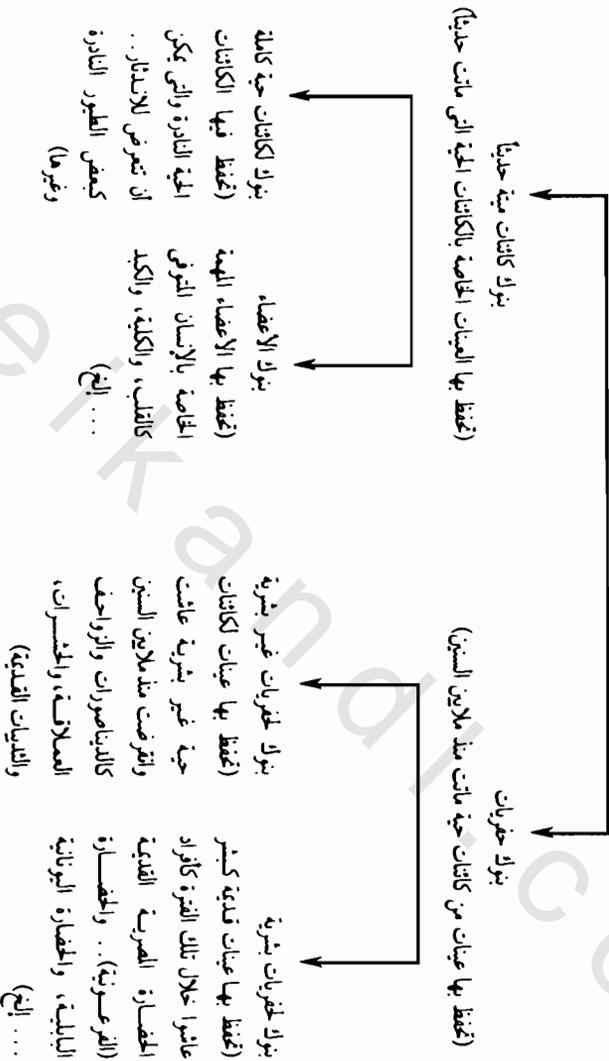
بنوك الإزيمات



بنوك الأستراج



ببروك للمواد الحية غير الآتية



ومن البنوك البيولوجية المهمة بنوك الدم، والتي تخزن بها فصائل الدم المختلفة سواء كانت أ (A) أو ب (B) أو أب (AB) أو و (O) ويتم تحديد عامل ريساس مع نوع الفصيلة: هل هى موجبة عامل ريساس ونرمز له بالرمز س+ (Rh⁺)، أو سالبة عامل ريساس ونرمز له بالرمز س- (Rh⁻) ؟

تفيد بنوك الدم فى العمليات الجراحية الطارئة والتي نحتاج فيها إلى نقل دم بكميات كبيرة فى الوقت الذى لا نجد فيه متبرعاً، وإن وجدنا فقد تكون فصيلته وعامله الريساس مخالفاً لمن نريد أن ننقل له .

لقد غدت البنوك البيولوجية تمثل مساحة رحبة للفكر البيولوجى، فرأينا بنوك القرنية والتي تحفظ فيها القرنيات لاستخدامها فى جراحات القرنية بالعين بعد ذلك، ورأينا بنوكاً أخرى للعديد من الأعضاء البشرية بغرض استخدامها بعد ذلك وتوظيفها لخدمة البشرية، رغم دهشة كثير من البشر عند سماعهم ببنوك تحفظ الأعضاء البشرية، إلا أن ذلك قد انتفى فى ظل المتغيرات السريعة للغاية فى مجال العلوم والتقنية، فقد قلبت ثورة الهندسة الوراثية وتقنية الجينات جميع الموازين، فقد دخلت الجينات فى كل مجال، وفى مجال الطب يمكننا استخدام الجينات فى إنتاج المواد الدوائية من خلال كشف التشفير الوراثى لمادة دوائية ما يكونها نبات ما، ثم يتم

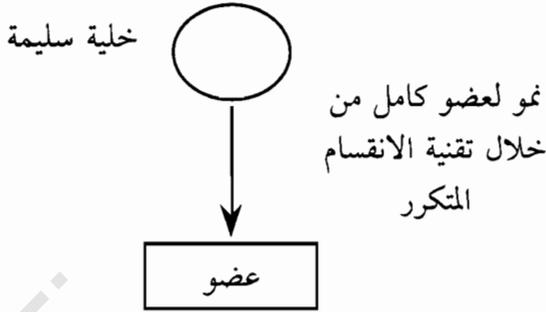
عزل الجينات المشفرة لتكوين هذه المادة، ثم تنقل إلى جينوم بكتيري، حيث تكاثر البكتيريا نفسها لينتج ملايين الأفراد البكتيرية، وفي كل منها الجينات المشفرة لتكوين المادة الدوائية، ومن ثم تتحول البكتيريا إلى مصنع دوائي دقيق سريع الانتشار، بل ويمكنه إنتاج ملايين المصانع الأخرى الممثلة في ملايين الأفراد البكتيرية الناتجة عن تكاثر البكتيريا.

يمكن إدخال الجينات المشفرة لتكوين المادة الدوائية داخل جينوم الغدة الثديية لفرز المادة الدوائية داخل سائلها اللبني، ثم تستخلص المادة الدوائية من السائل اللبني من خلال تقنيات خاصة.

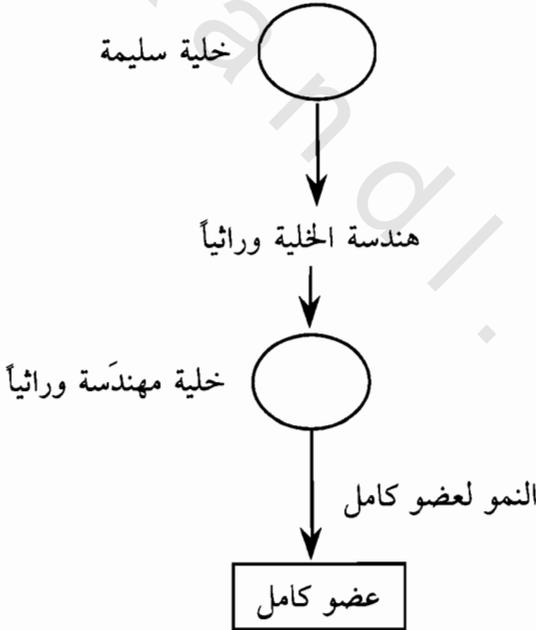
يمكن من خلال الجينات الوصول إلى معالجات دقيقة جداً للتعامل مع أمراض السرطان، والسكر، والفشل الكلوي، والتليف الكبدى، والجلطات القلبية، والسكتات الدماغية، وأمراض تصلب الشرايين، والعقم، والأمراض التناسلية . . . إلخ، كما يمكن من خلال الجينات إنتاج الدم الصناعى، والوصول إلى مرحلة التطعيم الوظيفى فائق المستوى، والذي نقصد به تطعيم جينوم عضو ما بالجسم بجينات توجه وتشفر لأداء وظائف أخرى لم تكن موجودة بالعضو.

إن ثمة دمجاً تقنياً بين تقنيتين سيحقق أحلاماً عديدة للبشرية، وهما: تقنية هندسة الجينات، وتقنية الاستنساخ الحيوى، حيث يمكننا استنساخ أعضاء بشرية من خلايا سليمة مأخوذة من بنيتها الخلوية

وهندستها وراثياً لإكسابها صفات لم تكن موجودة بها، كما يتضح من الشكل التخطيطي التالي:



رسم توضيحي تخطيطي لإنتاج عضو من خلية



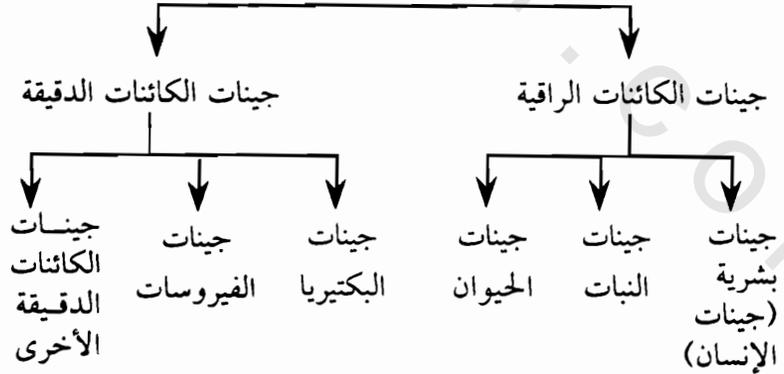
لا يقتصر استخدام الجينات على المجال الطبي فقط، بل يمكن استخدامها في مجال الإنتاج النباتي، حيث يمكننا من خلال ذلك إنتاج ثمار كبيرة الحجم متميزة في صفاتها، كما يمكن إنتاج نباتات مقاومة للأمراض أو مقاومة للملوحة أو مقاومة للجفاف، ومن ثمّ ستساعد الجينات في توفير الغذاء للعديد من الأفواه الجائعة.

ستساعد هندسة الجينات في إنتاج نوعيات متخصصة من الحيوانات في مجال ما كحيوانات مدرّة للّبن، أو حيوانات منتجة للحوم، أو حيوانات منتجة للفراء.

إن ذلك يعني أن الجينات سترسم مستقبل البشرية في القرن الحادى والعشرين، ومن ثمّ كان الاتجاه المكثف للعلماء لكشف كل ما يمكن كشفه من جينات، سواء كانت تلك الجينات لكائنات حية ما زالت حية، أو كائنات حية انقرضت لكن بعض حفرياتها ما زال موجوداً.

إذن: فنحن أمام كنز وراثى بكل ما تحمله هذه الكلمة من معان، كنز محتواه من الجواهر يتمثل فى الجينات، ويمكن إيضاح ذلك من خلال الجدول التالى:

السجل الوراثى الحياتى



أسئلة واستفسارات عديدة كانت تدور فى أذهان العلماء :

- كيف يمكننا توظيف الجينات الممثلة لأصول وراثية مستقبلاً ؟

- هل يمكننا حفظها ؟

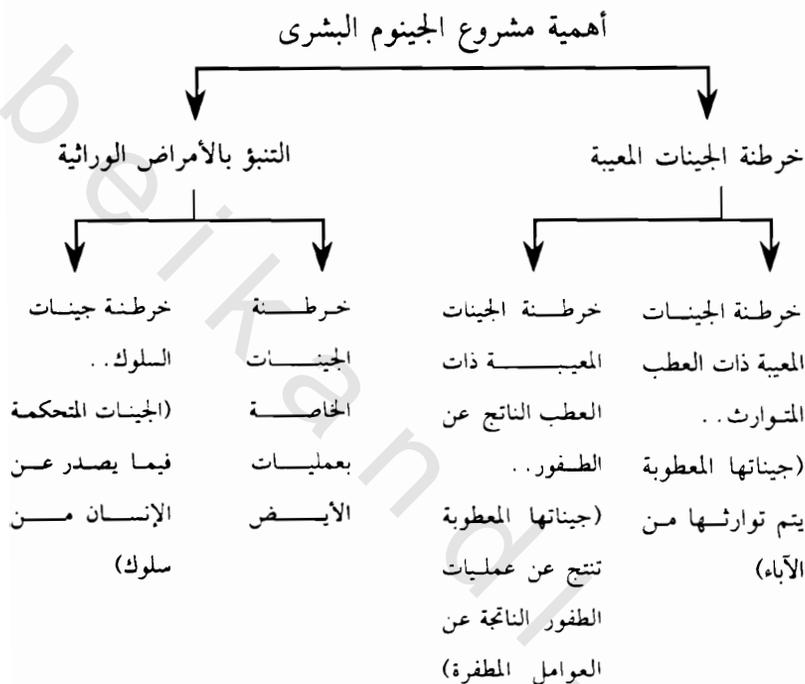
- وكيف يكون ذلك ؟

من هنا كان التفكير فى إنشاء بنوك الجينات، والتي تمثل أهم وأخطر بنوك عرفتها البشرية، فيها نحفظ ذاتنا ممثلة فى جيناتنا، وذلك من خلال توفير ظروف بيئية جينية حيوية وتحت تحكم إلكترونى فائق المستوى يتم توفير ظروف تسمح ببقاء التركيب الجينى للجينات المحفوظة ثابتاً، مما يسمح باستخدامها بعد ذلك استخداماً آمناً.

لقد ازدادت حاجتنا إلى بنوك الجينات وما أكثرها حالياً بالدول المتقدمة بعد أن قارب مشروع الجينوم البشرى على الانتهاء (عام ٢٠٠٣م)، وهو المشروع الذى يهدف إلى الخرطنة الكاملة لجميع جينات الإنسان، ونقصد بذلك رسم خريطة لكل جين فى المحتوى الجينى البشرى، مما يمكننا من وضع أيدينا على ما نريده من جينات فى المستقبل.

إن مشروع الجينوم يعتبر أهم وأخطر مشروع بيولوجى تشهده البشرية، حيث تمثل الجينات المخترنة (التي تم رسم خرائطها) والمحملة على أجهزة الكمبيوتر ثروة لا تقدر بثمن، فهى قد وضعتنا على أعتاب طفرة حقيقية فى مستقبل الطب فى القرن الحادى والعشرين، لأن مشروع الجينوم البشرى سيحدد لنا جيناتنا المعطوبة

من جيناتنا السليمة، كما سيساعدنا فى التنبؤ بما ستكون عليه ذواتنا فى المستقبل ونحن فى مراحلنا الجنينية المبكرة، ويمكن إيضاح أهمية مشروع الجينوم البشرى فى الشكل التخطيطى التالى:



إنها ثورة علمية هائلة، ثورة الجينات.. ما أهمها وما أخطرها، وما أوسع الدور الذى ستلعبه فى حياة البشرية، وبخاصة من خلال بنوك الجينات، التى يمكن من خلالها خرتنة جينوم نباتات نادرة لا تنمو إلا فى منطقة معينة، أو حيوانات، أو ميكروبات، وحفظ

ذلك الجينوم كأصول وراثية، وتحميل شفراته على أجهزة الكمبيوتر للاستفادة منها فيما بعد.

إنها حقاً ثورة، بكل معانى كلمة «ثورة»، فهي انقلاب على كل المفاهيم البيولوجية التى توارثناها، ثورة أبعادها (بنوك الجينات ومشاريع الجينوم والكمبيوتر) منظومة ثلاثية قدّمت الكثير، وما زال فى جعبتها الكثير.



حرب القرن الحادى والعشرين « حرب الجينات »

إن هندسة الجينات - كتقنية حديثة وليدة - سلاح ذو حدين، فكما أمكن استخدامه فى العديد من المجالات المفيدة للإنسان، يمكن استخدامه لتدمير الحياة على سطح هذا الكوكب، حيث يتم خرطنة الجينات المرضية فى العديد من الكائنات، وتطعيم هذه الجينات فى جينوم البكتيريا حيث يورث هذا الجينوم المرض الجديد للأجيال الناتجة عن انقسامها.

يتم بعد ذلك تحميل هذه البكتيريا على حاملات بكتيرية «كسولات خاصة» حيث يتم إطلاقها على مجتمع ما لتخرج البكتيريا وتتكاثر وتغزو جيناتها المريضة أجسام الكائنات الحية لتفتك بها وتحولها إلى موت.

إن هذا يعنى إحداث موت بطىء لمجتمع بأكمله، وليست البكتيريا فقط هى الكائن الحى المستخدم فى مثل هذه التجارب، فقد شملت التجارب الحشرات بمختلف أنواعها ورتبها، والنباتات ولا سيما حبوب

القمح حيث يتم تطعيمه بجينات مرضية محددة ومبرمج بعضها لإصابة الجينوم البشرى فى حالة الحبوب المعدة للاستخدام الأدمى، أو إنتاج نباتات قمح يسمح محتواها الجينى بإكثار الآفات، ويتم ذلك من خلال مستويات مختلفة كما يلى:

١ - التحميل على حبوب اللقاح:

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

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

٢ - التحميل فى المستوى البذرى:

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

يتم تطعيم «الجينوم المرضى» فى جينوم البذرة، وبخاصة بذور

العديد من النباتات الأساسية لغذاء الإنسان، والعديد من حبوب اللقاح.

٣ - التحميل الثمرى:

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

٤ - التحميل المشتلى:

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

٥ - التحميل الحشرى:

يتم التحميل فى هذا المستوى للجينات المرضية داخل جينوم الحشرات والتي تتميز بتعدد أنواعها وسرعة تكاثرها ومعيشتها فى أكثر من بيئة ولكونها الوسيط لآلاف المسببات المرضية التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات بالعديد من الأمراض، وتصبح الحشرة فى هذه

الحالة أخطر من مئات الطائرات تدميراً وفتكاً، وتعتبر الحركة المتنوعة وكبيرة المدى للحشرات من أهم عوامل اختيار الحشرة كأحد الكائنات الحية الأساسية في «حرب الجينات».

٦ - التحميل الدقيق:

يتم التحميل في هذا المستوى للجينات المرضية داخل جينوم الكائنات الدقيقة، والتي تتميز بالسرعة الفائقة في تكاثرها، وتكاثر مع ذلك الجينوم المرضى المدخل في الجينوم الخاص بها والذي تنقله إلى جينوم الإنسان أو الحيوان أو النبات عند إصابتها له.

من الكائنات المختارة بجديّة لهذه التقنية بكتيريا القولون "E. coli" بعد إجبارها على الارتداد لحالة الحياة خارج أنابيب الاختبار، وستساعد المعرفة شبه الكاملة للطاغم الوراثي لبكتيريا القولون على سهولة إدخال الجينات بها.

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

٧ - التحميل الدوائى:

يتم التحميل في هذا المستوى للجينات المرضية داخل المواد الدوائية، مع مراعاة توفير ظروف بيئية مناسبة لاحتفاظ الجينوم بقدرته الوظيفية بمستوى عالٍ، ولكن في حالة كمون، حيث ينشط

عند دخول الأنسجة الحية ويبدأ فى التعبير عن نفسه مظهراً الصفات المرضية المبرمج من أجلها .

يشمل التحميل الدوائى جميع المواد الدوائية، فضلاً عن عينات الدم، والتي يتم التعامل معها بنفس التقنية، وكذلك الهرمونات التناسلية المهندسة وراثياً كهرمون «الأستروجين» و«البروجسترون» والمعروفة بالمنظمات التناسلية .

تتنوع عمليات التحميل الجينى المرضى طبقاً لأسس عدة، والتي نذكر منها:

١ - التحميل طبقاً لعدد الجينات المستخدمة:

وتنقسم عمليات التحميل الجينى إلى:

(أ) التحميل الجينى المفرد:

يتم التحميل فى هذا النوع باستخدام طاقم وراثى ذى توجيه مفرد للإصابة بأحد الأمراض الفتاكة والتي تؤدى غالباً إلى الموت السريع لحاملها، والوجه المقترح لاستخدام مثل هذا النوع هو وجود الحاجة للتدخل السريع لإنهاء حالة التكافؤ العسكرى بين معسكرين .

(ب) التحميل الجينى المركب:

يتم فى هذا النوع من التحميل إضافة أكثر من جينوم مرضى لحامل الجينومى (طبقاً للمستويات سالفة الذكر) وتحدد نسبة كل

جينوم للآخر ولجينوم الحامل وفقاً لمقاييس ثابتة ومحددة يتحدد على أثرها مقدار تعبير كل منهما عن نفسه .

ويستخدم هذا النوع من التحميل عند الرغبة في إصابة المجتمع المعادى بنوع من الموت البطيء طويل المدى إمعاناً في معاناة أفراده .

٢ - التحميل طبقاً للأغراض المستهدفة:

يمكننا تقسيم التحميل طبقاً للأغراض المحددة له إلى :

(أ) التحميل بغرض إنتاج أمراض جديدة:

تعمل «الجينات المرضية» في هذا النوع من التحميل على إحداث العديد من الأمراض الوظيفية من خلال عمليات التطهير «إحداث الطفرات» في جينوم الكائنات الحية، وتكمن خطورة هذا النوع من التحميل في حالة إصابة المطفرات الجينية للخلايا المشيحية (حبوب لقاح أو بويضات في النبات، أو حيوانات منوية وبويضات في الحيوان والإنسان) حيث ستورث الأمراض الفسيولوجية الناتجة - في هذه الحالة - لجميع الأجيال الناتجة، مما سيوجد مجتمعاً جميع أفراده غير مؤهلين للحياة بشكل طبيعي، وهنا يكمن الحرص على إيجاد وسائل كشف وتحليل للأطعم الوراثية للمنظمات التناسلية، والتي انتشرت في الدول النامية .

(ب) التحميل بغرض إكثار أمراض موجودة:

قد يتعرض «الجينوم المرضى» لحالة من التضاد في أثناء التعبير عن

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

(ج) التحميل بفرض إخلال النظام الجينى الموجود:

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

ميكانيكية التحميل الجينى:

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

١ - كشف وخرطنة الجينات المرضية وعزلها:

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

٢ - زيادة فاعلية الجينات المرضية:

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

٣ - تطعيم الجينات المرضية فى جينوم الحامل الحيوى:

يتم فى هذه المرحلة إدخال «الجينوم المرضى» إلى جينوم الحامل الحيوى بتطعيمه فيه باستخدام طريقة القص الجينى الإنزيمى المتجانس، حيث يتم بتر جينوم الحامل الحيوى عند شفرات خاصة يتم من خلالها إدخال الجينات المحددة، أو تستخدم طريقة القاذفات الجينية داخل جينوم الحامل الحيوى مباشرة، حيث يتم قذف «الجينوم المرضى» باستخدام بخار النيتروجين السائل المبرّد، أو استخدام المدفع الجينى.

