

الجولة الثانية:

«اكتشاف دور إنزيم النسخ العكسى والاتجاه للكلونة باستعمال الفيروسات وميلاد العلاج الجينى:

١. اكتشاف قدرة بعض الفيروسات على نسخ الرنا إلى الدنا:

الكثير من الفيروسات التى تُصيب الكائنات العليا - لاسيما فيروسات الأورام الحيوانية، تحمل الجينات كجديلة من الرنا لا الدنا، وهى تحقن هذه الخلية لتصيبها العدوى.

وفى عام ١٩٧٠م نشر «هوارد تيمين» و«دافيد بالتيمور»، كلاً على حدة، ذلك الاكتشاف والذي فيه أن الكثير من مثل هذه الفيروسات الارتجاعية تستطيع أن تنسخ رناها عند دخولها الخلية المصابة، إلى دنا يتتج فى دنا العائل، ولقد تبين فيما بعد أن الفيروس الارتجاعى يحوى رسالة مكتوبة فى رنا (فسرها العلماء بأنها تقول أساساً: «اصنع نسخة منى لتخطيها فى كروموسومك»، ووجد الباحثون أن ثمة إنزيم يقوم بهذه المهمة، هو إنزيم النسخ العكسى ولقد بين «تيمين» أن مثل هذه العملية ربما كان لها أهمية علمية مستقبلية فى تطور الأجنة وفى مكافحة مرض السرطان، ويمكن للبيولوجى باستخدام مثل هذا الإنزيم أن يبدأ لا بجين دناوى. إنما بجديلة من الرنا المرسل، وأن يستخدم فيروساً رناوياً ليوجه فى الخلية، لتقرأ الرسالة عكسياً إلى دنا، ويُسمى الكلون، ثم يُدفع الجين إلى التعبير عن نفسه ليعرف وظيفته.

٢. ميلاد العلاج الجينى وقلق بين العلماء فى فترة الثمانينات:

لقد أدى هذا الاكتشاف |اكتشاف «إنزيم النسخ العكسى»| إلى أن جعل تكنولوجيا العلاج الجينى Gene Technology The rapy تبدو فجأة معقولة برغم كل شيء... فكل ما يحتاج إليه المعالج بالجينات هو أن يأخذ أحد الفيروسات الارتجاعية ويقطع منه جينات معدودة، خاصة تلك التى تجعله معدياً بعد أول إيلاج، ويدخل جيناً بشرياً بدلاً عن الجين البشرى المسبب للأمراض (وبخاصة الأمراض الوراثية)، ويصبح الفيروس حاوياً للجين البشرى المطلوب ويحقنه داخل الجسم يعود الجين المتقول للعمل فى خلايا الجسد، يؤدى الجين الوظائف المتوط بها كاملة

ويشفى المريض، والذي سيصبح بمثابة شخص مُحور وراثياً تم علاجه بتكنولوجيا العلاج الجيني.

وإذا ما دخلنا لبعض الوقت فى دائرة العلاج الجيني وتحدثنا عن بداياته وصعود نجمه وما يبشر به بإحداث تغيير ثورى فى طب الواحد والعشرين وتحدثنا أيضاً عن بعض التطبيقات المتعلقة به ... فإنه يجدر بنا أن نبدأها بالحديث عن فترة الثمانينات من القرن العشرين.

أولاً: العلاج الجيني وفترة الثمانينات؛

تميزت هذه الفترة باتجاه الأنظار نحو استخدام هذا الأسلوب فى العلاج ومع الآمال المبشرة.. كانت أيضاً فترة قلق بالنسبة للعلماء ذلك القلق الذى يتاب كل ما هو جديد، فمن ناحية: يجب أن يكون لديهم القدرة الكافية على التحكم الكامل بطرق عزل الجينات المعيبة والسليمة وتحديد خصائصها وتصميم نظام نقل جيني ذى كفاءة عالية وتأكدتهم من قدرة الجين المنقول على التعبير بدرجة كافية لإحداث التأثير الطبى الملحوظ وإتمام الشفاء؛ ومن مقدرة الجين المنقول على الاستمرار والعمل داخل المحتوى الجينومى لخلايا المريض. وهو لن يتأنى إلا بتوافر خريطة كاملة بالجينات البشرية والبروتينات (يرجى الاعتماد عليها بعد إنجاز مشروعى الجينوم والبروتوم)، أيضاً يجب أن تكون لديهم القدرة الكافية على التحكم فى إدماج الجينات داخل المحتوى الوراثى للفيروس... ومن ناحية أخرى وهى الأهم نجد ذلك القلق بشأن الأمان فى:

١- استخدام الفيروسات الارتجاعية؛ إذ أنه قد يحتمل أن يعمل الفيروس الارتجاعى بعد إدخاله بنشاط يزيد عما ينبغى .. ولا يقتصر على أن يعدى خلايا الجسد العادية، ويعدى أيضاً الخلايا الجنسية (الإنجابية) فسيكون له تأثير على الأجيال القادمة).. وكان هناك خوف من أن يستعيد هذا الفيروس الارتجاعى جيناته الغائبة ويتحول إلى فيروس ضار (نشط)؛ أو ربما يسبب عدم استقرار فى جينات الإنسان أو يتجه بالجين لأنسجة أخرى فيسبب آثاراً جانبية خطيرة قد يكون من بينها السرطان، أيضاً الخوف من أن يتسبب هذا العلاج فى إحداث خطر على المريض أو البيئة ولكن

جميع هذه المخاوف وغيرها لم يمنع تضافر جهود الأطباء والباحثين لحل هذه المشاكل وإجراء المزيد من التجارب والأبحاث أملاً في أن يحمل العلاج الجيني العلاج الأمثل للمرضى في المستقبل.

٣- وفي عام ١٩٨٠م أدخل العالم «مارتن كلين» جيناً مولفًا لا ضرر منه داخل مريض إسرائيلي يعاني مرض دم وراثي وهو مرض (الثلاسيميا) (وإن لم يكن ذلك باستخدام فيروس ارتجاعي) ولم تنشر قط نتيجة تجربته وفقد «كلين» سمعته ووافق الجميع وقتها على أن التجارب على البشر ما زالت سابقة للأوان.

ولكن كانت هناك تجارب على الحيوان كالفئران والأرانب.

وفي عام ١٩٨٧م عرف «ليدلي» المقصود بالعلاج الجيني بأنه: «عملية إدخال أو نقل جينات سليمة إلى خلايا جسدية وذلك للحصول على وظيفة جينية غير موجودة، وذلك إما بسبب مرض وراثي أو مرض مكتسب».

وفي عام ١٩٨٩م حملت الفيروسات الارتجاعية جينات الأرانب إلى داخل خلايا القرد، ووضعت جينات بشرية نسيلة داخل خلايا بشرية.

ثانياً: بداية العلاج الجيني الرسمي عام ١٩٨٩م والإقبال على الاستفادة منه بإجراء العديد من التجارب:

إن فكرة استخدام الجينات كأساس علاجي ناجح ليست جديدة في حد ذاتها حيث إنه في الواقع في بدايات عام ١٩٧٩م استطاع كل من «ميركولا وكلاين» القيام ببعض المحاولات لاستخدام الجينات لعلاج الإنسان ولكنها كانت غير ناجحة.

ورغم كل الجهود السابق الإشارة إليها لكن بداية العلاج الجيني لم تأخذ شكلها الرسمي إلا عندما قرر ثلاثة رجال طموحين أن الوقت قد حان لإجراء تجارب على البشر، وهم «فرنش أندرسون ومايكل بليز وستيفن روزنبرج»، وبعد طول مناقشات وجلسات، منحت لجنة دنا المؤلف الاستشارية للحكومة الفيدرالية الأمريكية الإذن في ٢٠ مايو سنة ١٩٨٩م، وبعدها بيومين بدأ العلاج الجيني الرسمي وكان المريض هو سائق شاحنة يدعى «موريس كونتز» وكان مريضاً بسرطان

الميلانوما وتلقى أول جين يُدخل في إنسان عن عمد بعد اعتماده وليس كما حدث مع «مارتن كلين» والتجربة ببساطة هي : استنبات نوع خاص من خلايا الدم البيضاء خارج جسم المريض (ولهذه الخلايا القدرة على فلترة الأورام والتهامها) وقبل إعادة حقن هذه الخلايا بجسم المريض، أصابها الأطباء بعدوى من فيروسات ارتجاعية تحمل جيناً من بكتيريا والغرض الوحيد من هذا الجين البكتيري هو ليُمكّن الأطباء من متابعة الخلايا داخل جسم المريض وإظهار المكان الذي تذهب إليه، ورغم موت المريض لكن ... بدأ العلاج الجيني ليستمز ويزدهر لا ليتوقف.

وبحلول عام ١٩٩٠م كانت للطبيب فكرة أوقع وهي علاج مرض وراثي نادر هو {مرض النقص الشديد للمناعة المشتركة SCID} حيث يكون جسم الطفل المصاب عاجزاً عن تجهيز دفاعه المناعي ضد العدوى؛ بسبب موت كل الخلايا البيضاء بالدم موتاً سريعاً. ويواجه الطفل المريض أن يعيش حياة قصيرة مع تكرار العدوى والمرض (راجع كتابنا «جولات في عالم البيوتكنولوجيا») والسبب الرئيسي هو حدوث تغيير في «هجاء» جين واحد على كروموسوم رقم ٢٠ اسمه جين آدا (ADA) واقترح إندرسون وبليز أن يأخذوا بعض خلايا دم بيضاء من طفل مريض بحالة (SCID) ويصيهاها بعدوى فيروس ارتجاعى به جين [آدا] ثم يتقلا خلايا الدم ثانية إلى جسد المريض. وبعد تطبيق أساليب أخرى (أكثر تطوراً) تم فى النهاية منح «أندرسون وبليز» الإذن بإجراء العلاج فى سبتمبر سنة ١٩٩٠م وعالجنا فتاة اسمها «شانتى دي سيلفيا» باستخدام [جين آدا] المهندس وراثياً، وعن قصتها مع المرض والعلاج (راجع عزيزي القارئ كتابنا الأول).

ثالثاً: تعدد أنظمة نقل الجينات؛

بمرور الوقت زاد إقبال الباحثين على حسن الاستفادة من تكنولوجيا العلاج الجيني لعلاج العديد من الأمراض... ومعها تعددت أنظمة نقل الجينات ولم تعد قاصرة على استخدام الفيروسات.. ومن أنظمة نقل الجينات نذكر:

١- النقل الجيني المناسب المباشر (الحقن المباشر للجين السليم) وفيه يتم نقل الجين مباشرة ودون وسيط إلى الخلية المقصودة.

٢- النقل الجيني غير المباشر: وفيه يتم نقل الجينات عن طريق وسيط إلى الخلايا المستهدفة، مثل استنشاق إيروسول يحمل فيروسات من نوع يسمى أدينو فيروس أو الليوسومات التي تحمل الجين السليم، ويرسل الإيروسول في الأنف بواسطة بخاخة ليدخل الفيروس حاملاً الجين السليم للخلايا المبطنة للجزء العلوي من الجهاز التنفسي وبالتالي يتمكن الجين السليم من التعبير عن نفسه أيضاً ثم تجريب وسيلة أخرى لحمل الجينات مثل تحميلها على فقاعات فائقة الصغر تعمل بواسطة موجات صوتية عالية التردد. أو سيأتي ذكرها في التطبيق الخامس بهذه الجولة.

رابعاً: تعدد أساليب العلاج الجيني والقفزة الرابعة في الوقاية من الأمراض وعلاجها:

لقد بشر أسلوب المعالجة الجينية بإحداث تغيير ثوري في طب الواحد والعشرين.. فقد شهد الطب عبر التاريخ، ثلاث قفزات كبرى في الوقاية من الأمراض وعلاجها.. الأولى: تمثلت في تحسين البيئة الصحية مثل تنقية المياه، والتخلص من الفضلات، والقضاء على الحشرات الناقلة للأمراض، وتأمين السكن الصحي.. وغير ذلك من أساليب الطب الوقائي. والقفزة الثانية، هي استعمال المخدر في الجراحة... بكل ما أحدثه من آثار في هذا الميدان.. والقفزة الثالثة، هي اللقاحات والمضادات الحيوية.. وتشكل الثورة الرابعة؛ الهندسة الوراثية بما تحمله من أساليب للمعالجة الجينية لأخطر الأمراض بما في ذلك السرطان وأمراض القلب وغيرها من الأمراض... ترى كيف سيكون شكل الثورة الخامسة!!!

ومن تلك الأساليب المتعددة للعلاج الجيني لعلاج الأمراض نذكر:

١- إضافة جين سليم: وذلك إلى الخلية المعيبة وراثياً لإعادة نشاط الجين المشوه إلى مستوى كاف لإزالة الأثر المرضي.

٢- استبدال أو إصلاح الجين المعيب.. وهو ليس أسلوباً عملياً حيث يحتاج إلى وسائل معينة لقطع أو إصلاح الجين المعيب.. لكن يتوقع الباحثون أن يتم ذلك في المستقبل.

٣- تصميم وظائف جينية جديدة: بنقل جين جديد إلى الخلية المرضية وهذا الأسلوب يمكن اتباعه في حالة الأمراض التي يصعب فيها إعادة الجين لحالته الطبيعية.

٤- تغيير نظام تعبير الجين: وهو أسلوب يعتمد على نقل منظمات الجينات وذلك بهدف تغيير مستويات نشاط الجين، وعلى ذلك يمكن إيقاف أو التقليل من نشاط الجين المعيب إلى مستوى يمنع أو يقلل من ظهور المرض المرص.

لقد أعطت التجارب والأبحاث الجدية السابقة وغيرها الكثير؛ الضوء الأخضر لأطباء عديدين للاستفادة من أساليب المعالجة الجينية في علاج أمراض عديدة .

خامساً: تطبيقات متنوعة للاستفادة من العلاج الجيني؛

تمهيد:

لا تقتصر جهود الباحثين على الاستفادة من أساليب العلاج الجيني في علاج الأمراض الوراثية فقط؛ ولكن هناك جهود موازية للاستفادة منه في علاج الأمراض غير الوراثية. ويذكر الباحثون أن العلاج الجيني يمكنه أن يكون فعالاً وذا قيمة في مجال علاج الأمراض غير الوراثية إذا وصلنا للدرجة التي يمكن فيها نقل جينات تجعل الخلايا لديها القدرة على مقاومة للأمراض الطفيلية والفيروسية أيضاً مقاومة للتدمير الذاتي داخل الجسم ومقاومة للسموم والمواد الكيميائية وإصلاح ما تم إتلافه أو أن تتمكن من خلال العلاج الجيني من إنتاج أجسام مضادة متخصصة لرفع مقاومة الجسم لمسيبات أمراض بعينها، أو إعادة وظائف حيوية بسبب مرض مكتسب.

ومن التطبيقات العديدة للمحاولات المتوصلة للاستفادة من العلاج الجيني، نذكر في هذه الجولة خمسة تطبيقات: منها تطبيقان يوضحان استخدام العلاج الجيني في علاج أمراض القلب وتطبيق ثالث لعلاج أمراض الزهايمر، والتطبيق الرابع عن علاج أورام المخ، والتطبيق الخامس في علاج بعض الأورام الوراثية مثل أنيميا الخلايا المنجلية، وعن (علاج الخط الوراثي).

التطبيق الأول:

منذ سنوات؛ عالج فريق طبي علمى من جامعة [ديمورى] بأطلنطا وفريق علمى ثان من جامعة [كافت] فى بوسطن.. حالات مرضى مصابين بانسداد وتجلط بالشرايين أدى لتعرضهم لآلام الذبحة الصدرية وبعد أن تمكّن الأطباء من حقن المرضى بالجينات المسنولة عن تكوين خلايا «الأمندوميليوم» المكوّنة لجدران الشرايين فى القلب لمجحت التجربة وتم تكوين شرايين جديدة بدلاً من المصابة بالانسداد.

التطبيق الثانى:

فى شهر أغسطس من عام ١٩٩٩م أعلن علماء أمريكيون عن توصلهم لأسلوب جديد لعلاج عضلة القلب التى تعانى من نقص الأوكسجين .. وُصِف بأنه يفتح المجال أمام طرق جديدة لعلاج أمراض القلب. وفى دراسة نشرتها مجلة «سيركيوليشن» التى تصدرها جمعية القلب الأمريكية، قال البروفيسور «تودرو زينجارت» الأستاذ بجامعة كورنيل: إن هذا الأسلوب يقوم على حقن مباشر للجينات فى عضلة القلب ويسمح بمعالجة مشكلات خطيرة لدى عدد كبير من المرضى لا يمكن علاجهم بطرق أخرى، وقالت الدراسة: إن حقن الجين المعنى فى عضلة القلب لم يؤد لأعراض جانبية، كما لاحظ الباحثون ظهور أوعية جديدة تسمح بتحسين تدفق الدم المحمل بالأوكسجين.

ويحضرنا بهذا الصدد مقولة لطبيبتنا العالمى د. «مجدى يعقوب» رائد جراحة القلب العالمى إذ يقول: «العلاج بالجينات سيفتح باب الأمل لمرضى القلب خلال السنوات العشر المقبلة».

التطبيق الثالث: لعلاج الزهايمر:

أيضاً هناك جهود مبذولة للاستفادة من العلاج الجينى فى علاج مرض الزهايمر... حيث يرجع الأطباء سبب الزهايمر إلى خلل فى الكروموسوم {٢١}، ومن الممكن مستقبلاً نزع الجين المسبب لظهور أعراض المرض واستبداله بجين سليم فيتم الشفاء (بإذن الله تعالى) ولقد أكد مؤتمر دولى عُقد فى سالزبورج بالنمسا فى عام ٢٠٠٢م إلى أن ٦٦٪ من أمراض النسيان سببها الزهايمر.

التطبيق الرابع: لعلاج أورام المخ:

حيث طور فريق من علماء مجلس البحوث الطبية البريطانى أسلوباً جديداً لعلاج أورام المخ باستخدام جينات معدلة معملياً وتحميلها على فقاعات فائقة الصغر تعمل بواسطة موجات صوتية عالية التردد وإدخالها نحو الورم لإصلاح ما فيه من خلل.

التطبيق الخامس: الاستفادة من العلاج الجينى فى علاج الأمراض الوراثية:

١- الاستفادة من العلاج الجينى فى علاج أنيميا الخلايا المنجلية حيث تمكنت طبيبة أمريكية تدعى «يىتى بيس» من تحقيق نتائج مهمة فى مجال العلاج الجينى للأنيميا المنجلية التى تصيب الأطفال نتيجة لخطأ فى الجين الخاص بإنتاج الهيموجلوبين المستول عن حمل الأكسوجين بخلايا الدم الحمراء حيث تتسبب الجزيئات المعيبة فى إنتاج بوليمرات طويلة لزجة تجعل خلايا الدم أشبه ما تكون بالمنجل بدلاً من الخلايا المستديرة. وتعمل هذه الخلايا الشاذة على انسداد مسارات الدموى ويؤدى ذلك إلى قصور شديد فى حصول أعضاء الجسم الحيوية على الأكسوجين اللازم لعملها. وتعد الأمراض الناشئة عن خطأ واحد بأحد الجينات من الأسباب الرئيسية التى ترشح الإنسان للعلاج الجينى باستبدال الجين المعيب بالنسخة الصحيحة له .

ويستهدف المنهاج النمطى إدخال الحمض النووى المرغوب فيه غلاف فيروس متعادل ووضعه حرماً بدم المريض. إلا أن تمكين الجين المرغوب فيه من وضع نفسه بصورة صحيحة داخل آلة الجسم الوراثية يتطلب نوعاً من الخداع وعلى مدى الأعوام الثلاثين الماضية لم ينجح العلاج الجينى بشكل عملى إلا فى عدد قليل من المرضى، ونتيجة لتسبب العلاج الجينى فى إصابة طفلين بسرطان الدم قررت هيئة الغذاء والدواء الأمريكية فى يناير الماضى تعليق تجارب العلاج الجينى فى الإنسان.

إلا أن طريقة الباحثة بيس تبدو مختلفة حيث تتجنب العلاج الجيني التقليدي فلا يتضمن عملها إدخال حمض نووي جديد للخلية ولكن بالأحرى التحايل على الجسم لكي يعالج نفسه ولإجراء عمل مضاد لتأثير الأيميا المنجلية تسعى لحث الجسم على تنشيط الجين الخاص بالهيموجلوبين الجيني. حيث ينتج البروتين الذي يساعد في إتمام الجين يقوم بنقل الأكسوجين المطلوب للجين من تيار الدم بجسم أمه خلال فترة الحمل ثم يتوقف عند مولد الطفل، وما جعل هذا الجين يستحوذ على اهتمام الباحثة الأمريكية هو أنه لم يقم قط بحمل التحورات المنجلية وإذا ما تواجد قدر كاف من الهيموجلوبين في دم الشخص البالغ فإنه يحول دون تكون تلك البوليمرات اللزجة بالدم حتى في وجود البروتينات المتحورة التي يصنعها الجين الخاص بالخلايا المنجلية في دم الشخص البالغ.

وتقوم الدكتورة بيس بالبحث عن عوامل النسخ التي تتمثل في البروتينات التي تلتصق بالجين الخاص بالهيموجلوبين الجيني وتشغيلها. وقد تمكنت أخيراً من العثور على الجين الذي ساعد معملياً في المزارع - على تحقيق دفعة قوية واعدة لإنتاج الهيموجلوبين الجيني وستكون الخطوة القادمة اختبارها على الفئران وإذا ما نجحت هذه الخطوة فسيكون بوسع الأطباء فصل الخلايا الجذعية من نخاع العظمى للمريض وتنشيط الجين ثم إعادة الخلايا في المريض تقوم بإنتاج البروتين الشافي إلى الإيدز.

٢- في علاج التلاسيميا:

أيضاً هناك من ينادى بالاستفادة من العلاج الجيني في علاج التلاسيميا، فهذا النوع من أنواع فقر الدم ينتشر في منطقة البحر المتوسط وهو ينتج عن نقص أو عيب في جين الجلوبيين ويمكن علاجه بنقل جين جلوبيين سليم إلى خلايا الدم الحمراء ليمنع تحللها.

٣- وفي علاج «فينيل كيتون يوريا»: فمن المعلوم أن هذا المرض هو بسبب

نقص الإنزيم الكبدى «فينيل ألانين هيدروكسيلاز» وهو مهم فى التمثيل الغذائى مما يؤدى لأعراض شديدة منها اسوداد لون البول وتتهى بإصابة الطفل بالتخلف العقلى منذ الطفولة.. والأمل هو فى علاجه بنقل جين فينيل ألانين هيدروكسيلاز إلى خلايا الكبد.

وطموح العلماء لا يقتصر فقط على استخدام العلاج الجينى مع الخلايا الجسدية Somatic cell ولكن أيضاً لاستخدام النقل الجينى إلى خلية النطفة Germ Cell وعند انتقال الجين السليم للنطفة فإنه سيبتج بروتينه فى خلية النطفة ويتم علاجها من المرض الوراثى وتكون النتيجة الأ يولد النسل وبه المرض الذى كان فى الآباء، بعدما أصبح الجين المنقول جزءاً ثابتاً فى جينوم النطفة تسوارته الأجيال ويصبح العلاج الجينى مستمراً وهى ميزة لا يتصف بها علاج الخلايا الجسدية حيث تُشفى فقط دون انتقال العلاج للأبناء.

وكانت هناك الكثير من التجارب على الفئران تم فيها الحصول على أجيال من الفئران المعدلة جينياً لا تحوى المرض الوراثى الذى كان ظاهراً بالآباء والاختبارات المتعمدة من قِبَل الباحثين لا تنتهى لتحويل جينات «ما قبل الجنين» أثناء الإخصاب فى الأنبوب قبل أن يُغرس الجنين فى رحم الأم.

ونجحت بالفعل الكثير من التجارب على الحيوانات ومنها الفئران - تُولج فيها الجينات فى الجنين وتم الحصول على فئران معدلة جينياً.

وهناك طريقة ثالثة تملخص فى استزراع الحيوانات المنوية وتحويرها ثم استخدامها فى التلقيح الاصطناعى أو فى التلقيح بالأنبوب .. ومن المحتمل أن يختار علاج الخط الجرثومى سلالات العائلات ذات التاريخ الطويل فى ولادة أطفال يحملون مرضاً وراثياً مثل أمراض تاي ساكس (المتشرة فى بعض طوائف اليهود) ومرض هنتنجتون (سيأتى الحديث عنه بعد قليل)، وبخاصة أن العلاج الجينى يعد بالتخلص من المرض فى الأجيال التالية .. ويأمل الباحثون أن يغدو البعض من هذه

الأمراض بلا أهمية.. من خلال الجمع بين الفرز الوراثي والعلاج بالجينات.. فتختفى تلك الأمراض الوراثية من الأجيال القادمة ويصبح مكانها فى كتب ومتاحف التاريخ فقط.

وهناك ضوابط دينية وأخلاقية لإحداث أى تغيير صناعى للخلايا الجرثومية للإنسان ولو عن طريق الخطأ لذا فإن العلاج الجينى مقصور فقط على التعامل مع الخلايا الجسدية.. وإذا تم نقل الجين للخلية الجسدية فإنه سوف يخدم فقط فى تقليل أو إزالة العرض المرضى ولن تتوارثه الأجيال.