اعرف وتعلم

# الهندسة الوراثية

محمد فتحي صبري

أطلس للنشر والإنتاج الإعلامي

أطلس

رئيس مجلس الإدارة

عادل المصرى

عضو مجلس الإدارة المنتدب

حسام حسين

مستشار النشر

أحمد جمال الدين

رقم الإيداع

٧٦٨٨ / ٢٠٠٥

الترقيم الدولى

٩٧٧ - ٣٩٩ - ٠٢٠ - ٦

الطبعة الثانية

مطابع العبور الحديثة

ت: ٦١٠١٠١٣ ف: ٦١٠١٥٩٩

الكتاب : اعرف وتعلم ( الهندسة الوراثية )

المؤلف : محمد فتحى صبري

الغلاف : للفنان الهامى عزت

الناشر : أطلس للنشر والإنتاج الإعلامى ش. م. م

٢٥ ش وادى النيل - المهندسين - القاهرة

E-mail:atlas@innovations-co.com

تليفون : ٣٠٢٧٩٦٥ - ٣٠٣٩٥٣٩ - ٣٤٦٥٨٥٠

فاكس : ٣٠٢٨٣٢٨

# مقدمة

الاكتشافات العلمية ، والاختراعات التكنولوجية ، والظواهر الطبيعية ، تكون دائما محور مناقشات ، ومادة تساؤلات لدى الأطفال والشباب الذين يسعون دائما لمعرفة خفايا الأشياء التى تقع أعينهم عليها ، أو يسمعون عنها ، أو يلمسون استخداماتها .

ومن الصعب على أى أب أو أى مدرس أن يجيب على تساؤلات هؤلاء الشباب ، إما لضيق الوقت ، أو لأن الأمر يتطلب تفسيرا معينا حتى تسهل عملية الاستيعاب والوصول إلى جوهر الموضوع الذى يتساءلون حوله .

وللوقوف بجانب هؤلاء الراغبين فى زيادة معلوماتهم الثقافية ، وإيمانا منا بأن ترسيخ المعرفة فى السن الصغيرة يغرس فى نفوس النشء جذور البحث والاستنباط ، ويؤصل لديهم مبادئ الاجتهاد والسعى لتقديم الجديد ، فقد حرصنا على تقديم هذه السلسلة العلمية المبسطة ( **اعرف وتعلم** )

المبنية على أساس توضيح الفكرة وبيان كيفية نشأتها ومراحل تطورها إلى أن وصلت إلى حيز الظهور ، حتى استفادت منها البشرية وساهمت فى رقيها وتقدمها ، ويسرت الحياة على سطح الأرض .

وتتعدد أجزاء هذه السلسلة وتتشابك أفرعها حتى تكتمل الملحمة العلمية فى تناسق وتناغم .. توضح الغامض وتظهر المستتر ، وتلبى كل متطلبات الفتية والفتيات فى تدعيم ثروتهم العلمية والثقافية .

وكلى أمل أن تساهم هذه السلسلة فى بناء العقلية الابتكارية لدى الشباب من أجل جيل واعٍ ناضج يستطيع خوض غمار التكنولوجيا الحديثة على أساس من العلم والإدراك والمعرفة .

**المؤلف**

هل يمكن أن يحدث ذلك ؟! .. أن يتزوج رجل من امرأة فينجبا حصانا !!

وهل يمكن أن يتزوج أسد من لبؤة فينجبا فيلا ؟!

.. إن ذلك لم يحدث منذ أن أوجد الله الخلق .

بل لم يحدث حتى لو تزوج الرجل الزنجي داكن البشرة من امرأة داكنة البشرة مثله أن ينجبا ابنة بيضاء اللون .

.. وعلى العكس من ذلك أيضا ، فلو تزوج رجل أبيض البشرة من امرأة بيضاء مثله فلا يمكن أن ينجبا أبناء سود البشرة .

. ولكن . ألم تسأل نفسك .. لماذا ؟

فى الواقع أن هذا السؤال من أهم الألغاز التى كانت تحير الناس منذ آلاف السنين ولا يجدون لها إجابة .

... فقد لاحظ الناس منذ ظهورهم على الأرض أن الأبناء يرثون عن آبائهم صفاتهم الشكلية بل وحتى المزاجية والعصبية ، فإذا تزوج رجل أبيض البشرة من امرأة بيضاء البشرة مثله فمن المؤكد أنهما سينجبان أبناء ذوي بشرة

بيضاء اللون مثل أبويهم .. بينما لو تزوج الزنجي ذي اللون الأسمر الداكن من امرأة فى لون بشرته ، فمن المؤكد .. وكما نعرف جميعا - إنهما سينجبان نسلا أسمر داكن البشرة .

.. ومن الغريب أن الكثير من السلالات البشرية ، تأخذ صفات متقاربة ، عندما لا يحدث لها تهجين مع سلالات أخرى ، ولذلك نجد أن الاسكندنافيين مثلا يتميزون بطول القامة وبياض البشرة ، والشعر الأشقر والعيون الزرقاء ، بينما أهالي غرب أفريقيا يتميزون بالبشرة السمراء الداكنة والشعر المفلفل .. وسواد لون العيون .

رجل من غرب أفريقيا ورجل اسكندنافي

ونرى على سبيل المثال أن أجفان شعوب شرق آسيا غليظة بصورة واضحة ، بينما أجفان الأوربيين والأفارقة أقل غلظة . وتتميز شعوب شرق آسيا بالبشرة التى تميل إلى الاصفرار ، والشعر الناعم الأسود الأملس .. حتى أننا نستطيع أن نميز الصيني والياباني والكوري عن غيرهم من أبناء الشعوب الأخرى بمنتهى البساطة

ولا يختلف عن ذلك الأمر عالم الحيوان والنبات أيضا .

فلم يتصور أحد يوما أن الأسد لو تزوج ينجب غير أسد ، ولا يمكن للناقة أن تنجب سوى جمل .. وبذرة الذرة لا تعطينا غير نبات الذرة ... ولا تعطى بذرة الطماطم سوى الطماطم !!

... ولكن الأمر الذى زاد من حيرة الناس .. أنه لو تزوج رجل بامرأة، فإن بعض الناس يتفاوت ، فيرث بعض الأبناء شكل الأب وبعضهم شكل الأم .. أو قد يرث البعض خليطا من شكلهما معا.

أب وأم مع ابنتيهما وقد ظهروا مختلفين فى الشكل

... إلا أن الأمر الذى يبعث على الدهشة ..أننا نلاحظ أنه فى أحايين أخرى أن الأبناء لا يرثون شكل آبائهم ، بل يرثون شكل أجدادهم . فإذا كانت المادة الوراثية هى التى تنتقل من الآباء إلى الأبناء ، فلماذا يختلف الأبناء الأشقاء ، ماداموا قد ورثوا مادة وراثية واحدة !

ولعل أكبر الأمور التى جعلت حيرة الناس تزداد من أمر الوراثة ، هذا .. أنه فى أحايين كثيرة لا يأخذ الأبناء شكل آبائهم .. ولكنهم ، متى صاروا كبارا تتحور أشكالهم ويأخذون شكل الأبوين !!

فالطفل قد لا يولد أصلع ، ولكنه عندما يكبر يصير أصلع مثل والده الأصلع .. وقد يكون نحيفا ولكنه ما أن يكبر حتى يأخذ جسم والده السمين !

ومن الغريب أننا لا نرث صفات أبوينا الجسمية فقط ، بل نرث أيضا صفاتهم من الناحية العصبية والمزاجية والذكاء والغباء .

.. ولا يتوقف أمر الوراثة عند ذلك ، إنما يرث الأبناء المرض عن أبويهم كمرض نقص المناعة، حيث يولد الطفل وجهازه

المناعي منهار تماما .. والمعروف أن الجهاز المناعي هو الجهاز الذى يدافع عنا ضد الميكروبات والجراثيم ، وبالتالي فمجرد نزلة برد فقط ، قد تقضى على هذا الطفل لدرجة أن الأطباء يتعاملون مع هذا الطفل المريض بوضعه فى خيمة معقمة لحمايته من الميكروبات المحيطة به من كل جانب .

وقد يولد الطفل مصابا بمرض سيولة الدم (الهيموفيليا ) حيث لا يتجلط دمه ، ولذلك فإن هؤلاء الأطفال يكونون عرضة للخطر الشديد من مجرد جرح بسيط .. حيث ينزف على الدوام .

وقد لا نرث المرض فور ولادتنا .. بل نرث عن والدينا الاستعداد للمرض عندما نكبر .. فهناك العديد من الأمراض التى نرثها عن آبائنا عندما نكبر .. مثل ضغط الدم والسكر وغيرهما من الأمراض الوراثية ، لدرجة أنه يوجد ما يزيد عن خمسة آلاف مرض وراثي يولد به الإنسان أو يكون لديه الاستعداد دائما للمرض عندما يكبر !

... كل هذه الأمور الخطيرة جعلت العلماء - قبل الناس - يتساءلون دائما : ما هى هذه المادة الوراثية التى نرثها عن آبائنا .. وأين توجد ؟!

.. فلو استطاع العلماء معرفة ماهية المادة الوراثية التى نرثها عن آبائنا وأين توجد ، لاستطعنا التحكم فى عيوبنا الجسمانية ، بل والمزاجية ، فيستطيع الأطباء استئصال العيوب التى يرثها الناس عن آبائهم ، فإذا كان والداه يعانيان من مرض ما ، فتستأصل هذه المادة الوراثية حتى لا يرث أبناؤهما هذا المرض .. ولو كان فى الآباء عيب مثل قصر القامة مثلا .. فإنه باستئصال هذه المادة الوراثية ، لا يعانى أبناؤهما ممن قصر القامة .. أو حتى جمال تنسيق الوجه والجسم .

... فيمكن للأبوين سمراوى البشرة بذلك أن ينجبا فتاة شقراء ذات عيون زرقاء ، وشعر ناعم ذهبي ... والأكثر من ذلك لا نرث أمراضا!!

.. وفجأة .. ومنذ سنوات قليلة فقط ، استطاع العلماء معرفة هذه المادة الوراثية .. بل والقدرة على تغييرها لتحقيق حلم الناس جميعا .. وهو نسل جديد من البشر غير مقيد بشكل الآباء ، فلا يرثون عيوب آبائهم الجسمانية والمزاجية والمرضية .. فتنشأ أجيال تتمتع بكل الصفات

الجسمانية الرائعة ولا تعانى من الأمراض الوراثية .. بل ولا ترث الأمراض التى تؤدى إلى حدوث الشيخوخة .. فيصير ابن الثمانين متمتعا بصحة الشباب!

.. فما هى قصة هذا الاكتشاف العلمي الخطير وما هى حقيقته ؟!

## قصة اكتشاف لغز المادة الوراثية التى ستغير حياة البشر

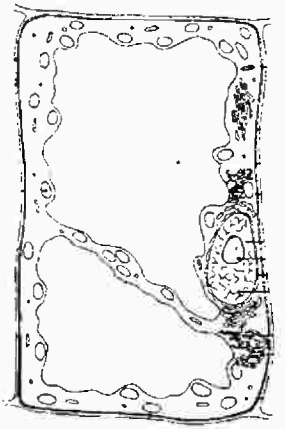
لا يمكننا فى الواقع معرفة لغز هذه المادة الوراثية التى ستغير حياة البشر إلا بعد أن نعرف قصة الاكتشاف منذ بدايته..

فقد ظل موضوع انتقال الصفات الوراثية مجرد تخمين ، حيث كان بعض العلماء يعتقدون أن انتقال الصفات الجسمية والشخصية من خلال مزج عشوائي بالدم بين عناصر مجهولة، عند الاتصال الجنسي بين الذكر والأنثى .

وقد ظل هذا الاعتقاد راسخا بالأذهان لمدة طويلة لدرجة أننا لا نزال نردد حتى الآن هذا الاعتقاد القديم ، فنقول عن الوراثة .. صلة الدم أو عرق النسب .

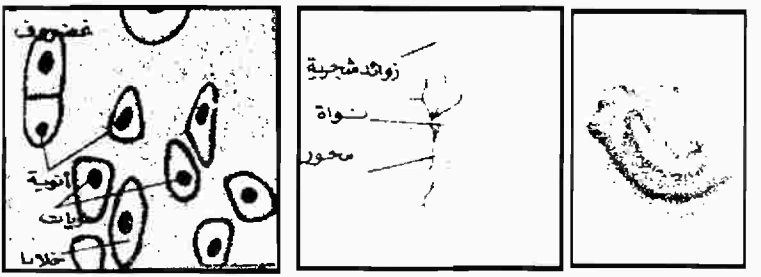
إلا أنه ما إن ظهرت الميكروسكوبات حتى تمكن عالم الفيزياء الإنجليزي ( روبرت هوك ) من استخدام الميكروسكوب في الفحص العلمي ، فنشر كتابا اسمه (ميكروجرافيا ) ومعناه رسم الأشياء المتناهية في الصغر ، واظهر في الكتاب أنه عندما وضع شريحة صغيرة من الفلين تحت ميكروسكوب ، وجد أنها تتكون من فجوات صغيرة وعديدة ، فأطلق عليها اسم (الخلايا ) .. لأنها كانت تشبه خلايا قرص عسل النحل .

.. ومع التطور الصناعي ، ظهرت أنواع من الميكروسكوبات تكبر الأشياء آلاف المرات ، فاتضح منها أن أجسام الإنسان والحيوان والنبات - وليس فقط فلين الأشجار - مقسمة إلى خلايا . ولكن هذه الخلايا ضئيلة جدا ، لدرجة أنه لو وضعنا ألف خلية مرصوصة بعضها إلى جوار بعض ، فإنها تشغل مساحة قدرها سنتيمترا مربعا واحدا !



منظر تحت الميكروسكوب لخلايا إنسان وحيوان ونبات

ولكن .. ومع التطور فى الميكروسكوبات ، اتضح أن كل مجموعة من الخلايا فى الإنسان ، ليست شكل الأخرى .. فكل مجموعة من الخلايا لها شكل وطبيعة خاصة .




مجموعة من الخلايا المختلفة

فإذا ما تجمع عدد من الخلايا ذات الشكل والطبيعة الخاصة، فإنها تكون نسيجا ... يتشكل نوع من الخلايا لتكون نسيج العين .. ومن مجموعة أنسجة العين تتكون العين نفسها.. وكذا تتشكل مجموعة من خلايا أخرى لتكون نسيج الكبد .. ومن مجموعة أنسجة الكبد يتكون الكبد نفسه .. وهكذا فى باقي الأعضاء وهذا هو السبب فى أننا نستطيع أن نعرف ونميز بين الذراعين والأرجل والعين والكبد .. وكل عضو على حدة .

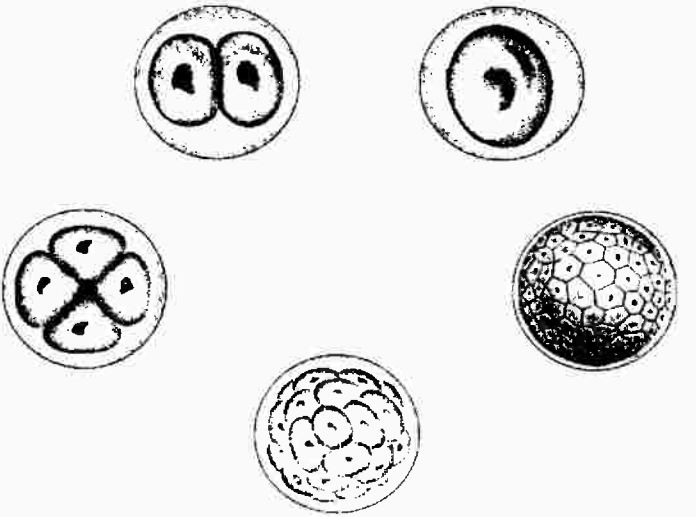
فالفرق بين عضو وآخر هو نوعية الخلايا التى تكون نسيج هذا العضو ، وكيفية تشكيلهما معا فى نسيج واحد .

وبعد ذلك بعدة سنوات ، وفى عام ١٨٣١ ، لاحظ العالم الإسكندنافى ( روبرت براون ) أن خلايا النباتات تحتوى على شئ صغير فى مركز الخلية ، فأطلق عليه النواة .

ولم يمض على ذلك إلا فترة قصيرة ، إذا بثلاثة علماء يكتشفون عدة اكتشافات أخرى فى عالم الخلايا .. ففي عام ١٩٣٩ توصل العالم (نيودرو شوان ) إلى أن خلايا الحيوانات هى الأخرى تحتوى على النواة.

ثم اكتشف العلماء أن الخلية تنقسم عدة انقسامات، فتتضاعف .

... معنى ذلك أنهم قد عرفوا بذلك العملية التى تساعد على نمو الكائنات الحية .. وهى انقسامات الخلية وتضاعفها .



كيف ينمو المخلوق

بالرغم من هذه الاكتشافات ، فإن مكونات الخلية لم تكن واضحة للعلماء .. فكانت بذلك وكأنها مجرد حجر أصم ، بيد أنه حدث بعد ذلك تطور هائل فى الميكروسكوبات ، فأدى ذلك أن تظهر مكونات الخلية بوضوح للعلماء .

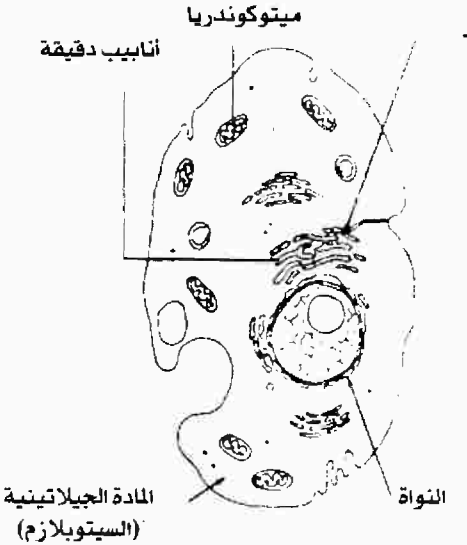
أحد العلماء ينظر فى ميكروسكوب

الخلية التى تظهر بالتفصيل تحت الميكروسكوبات الحديثة

جدار الخلية كما يبدو تحت الميكروسكوب

فاتضح للعلماء أن الخلية تتكون من جدار يحدد شكلها .. وهو عبارة عن غشاء رقيق من الأشرطة المتصلة معا .

وهذا الجدار يحفظ للخلية كيانها .. ففيه فتحات تسمح بتنفس الخلية ، كما أن الخلية تخرج ما فيها من فضلات من خلال فتحات هذا الجدار أما داخل هذا الجدار ، فيظهر شئ مثل البحر الواسع .. تتناثر فيه الجزر .. إلا أنه رغم منظره الذى يبدو كالبحر ، لكنه ليس سائلا ... بل هو شئ أشبه بالجيلاتين .. وهو يسمى السيتوبلازم .




السيتوبلازم كما يظهر تحت الميكروسكوب

أما شكل الجزر التى تتناثر فيه .. فهي أجسام سبحية تشبه السبحة .

## الميتوكوندريا

وهذه الأجسام لها وظيفة هامة .. فهي محطات توليد الطاقة فى الخلية ، ثم توجد كرات صغيرة جدا تسبح فى السيتوبلازم تسمى الليسوسومات .

## الليسوسومات

وتتخصص أجهزة الليسوسومات فى تحليل وهضم الفضلات ، ثم تخزينها لحين التخلص منها .

كما تسبح فى السيتوبلازم كرات متناهية فى الصغر تسمى (الريبوسومات) .. وهى عبارة عن مصانع صغيرة لإنتاج

بروتينات جديدة ( والبروتين هو مادة بناء الخلية ) .

أما الجهاز الذى نراه فهو جهاز جولجى ، وهو يسبح أيضا فى السيتوبلازم .

جهاز جولجى

وهو يقوم بإضافة جزيئات السكر إلى البروتينات الجديدة ، ثم يعبئها ويرسلها إلى حيث تستقر بصفة دائمة .

ولكن . . لماذا تتغذى الخلية .. وكيف تتغذى ؟
إن خلايا الجسم تقوم بأعمال وأنشطة متعددة ، كلها تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة ، ولذلك فهي تحتاج إلى غذاء يتكون من بروتينات لتكون منها مادة بنائها ، كما تحتاج إلى الطاقة لكى تتنفس وتقوم بأعمالها وأنشطتها.

.. فمن أين تحصل الخلية على غذائها ؟

فنحن عندما نأكل قطعة من الحلوى .. فإن مركباتها تتكسر إلى أجزاء صغيرة لتستطيع الخلية أن تتغذى عليها .. ويتم ذلك من خلال عملية الهضم ، وفيها تتحلل المركبات المعقدة فى قطعة الحلوى إلى مركبات أبسط مثل السكر والدهون والأحماض الأمينية .

ثم تمر هذه المواد البسيطة من الأمعاء إلى الدم الذى يأخذها إلى جميع خلايا الجسم لتغذيتها .. ثم يتم حرق هذه

المواد البسيطة من جهاز الميتوكوندريا .. ففي الميتوكوندريا ، تتفاعل بعض المواد كالسكر مع غاز الأوكسجين .. وينتج عن هذا التفاعل انطلاق الطاقة .. وهي الطاقة التي تجعلنا نتنفس ونتحرك .

والريبوسومات هي التي تكون من الطعام بروتينات جديدة . أما جهاز جولجي فيقوم بإضافة جزئيات السكر إلى هذه البروتينات الجديدة .

.. وهكذا تتغذى الخلية ..

.. ولكن . ما إن قام العلماء بعدة أبحاث أخرى ، حتى فوجئوا بأسرار داخل الخلية في غاية الخطورة . فلقد اكتشفوا بأن داخل هذه الخلية عالم عجيب .. عجيب .. يفكر مثلنا تماما!!

فلقد اكتشف العلماء أنه وبالرغم من أن الفرد يتكون من بلايين الخلايا .. وبالرغم أيضا من أن هذه الخلايا تأخذ أشكالا مختلفة تزيد عن المائتى نوع من الخلايا ، إلا أنه رغم هذا الكم الهائل والمتنوع ، فإن كل خلية تقوم بمهمة محددة .. بل وتتصل كل هذه الخلايا ببعضها البعض ، وتتعاون معا وكأنها بشر يفكر !!

فغشاء الخلية يعتبر وكأنه مسئول الأمن عن الخلية ، فهو يرحب بمرور المواد الغذائية البسيطة مثل الدهون والسكريات والأحماض الأمينية إلى داخل الخلية ، حيث تستخدم فى توليد الطاقة ، وأيضا كوحدات لبناء البروتينات والجزيئات الأخرى .

ويمنع الغشاء مرور البروتينات الموجودة فى الدم والمخلفات الأخرى، وتقوم البروتينات حراس البوابة بعملية فرز للمواد المختلفة بالتعرف على أشكال المواد القادمة .

ويقوم نوع ثان من البروتينات بالتعرف على الرسائل وتسمى المستقبلات .. وتتخذ هذه البروتينات أشكالا خاصة

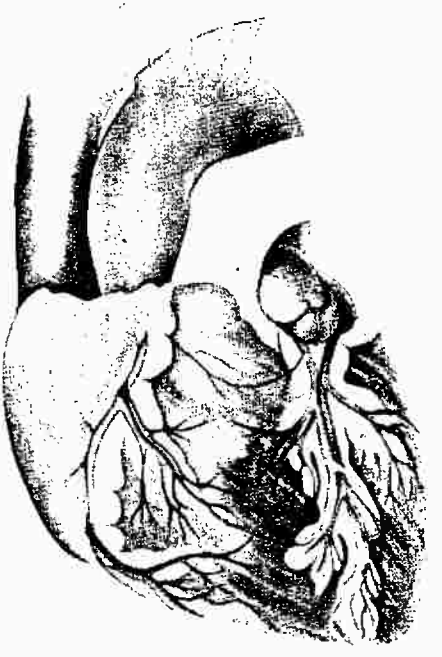
بها تساعدها فى التعرف على إشارات رسائل الجزيئات فتتفاعل معها وتنقل محتوياتها إلى داخل الخلية لترد على ما جاء بها .. ويطلق على تلك الجزيئات اسم الهرمون .

الخلية التى تصنع الهرمونات

والخلايا تعمل مع بعضها مثلما يعمل الخبراء المتخصصون تماما، فخلايا الإصبع لا بد لها من أن تتعاون مع بعضها مكونة فريقا متماسكا حتى يستطيع الإصبع أن يقوم بعمله .. وتتبادل هذه الخلايا الرسائل والأخبار مع الخلايا الأخرى فى الكائن الحي بطريقة لا إرادية لا نشعر بها إلا فى بعض حالات تنشيط الخلايا العصبية .

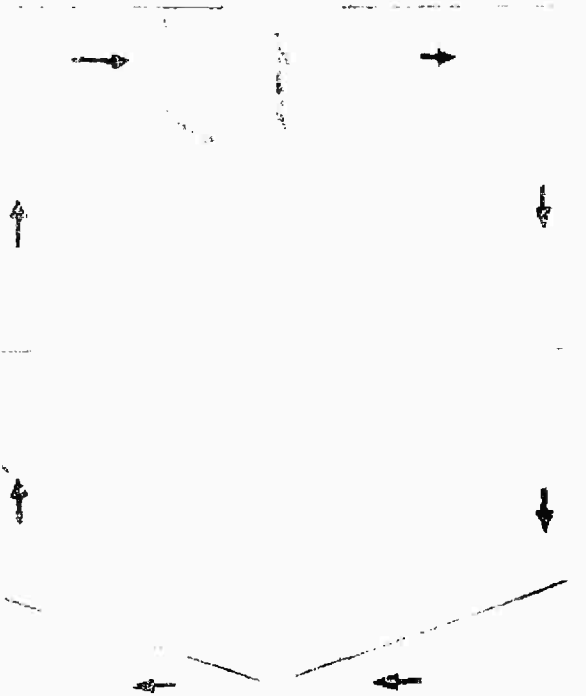
فالخلايا التى تكون نسيج المعدة تقوم بعملية الهضم ، بينما الخلايا التى تكون نسيج الأمعاء، تقوم بوظيفة الامتصاص ، بينما الخلايا التى تكون نسيج العضلات ، تنقبض وتنبسط لتحقيق الحركة .

... ومن عجائب الجسم البشرى أن الخدمة فيه تستمر لمدة أربع وعشرين ساعة ، فالقلب يعمل باستمرار ولا يستطيع التوقف أو الاستراحة .



القلب يضخ الدم

والرئتان كذلك لا تتوقفان عن القيام بعملية التنفس اللازم لحياتنا .

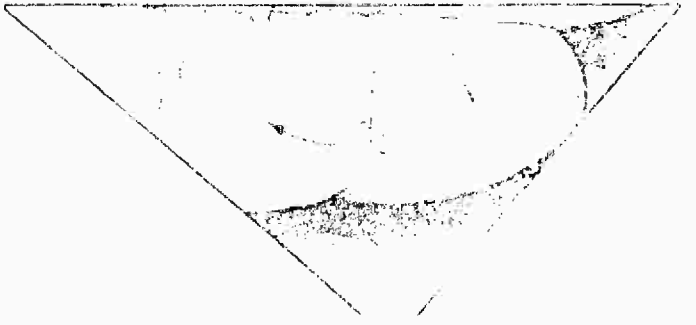


الرئتان لا تتوقفان عن عملية التنفس اللازم لحياتنا

والمخ أيضا لا يتوقف حتى أثناء النوم .. وهذه الأجهزة دائما فى تعاون تام .. فكل عضو يقوم بتنفيذ الخطة كما هى مرسومة له.

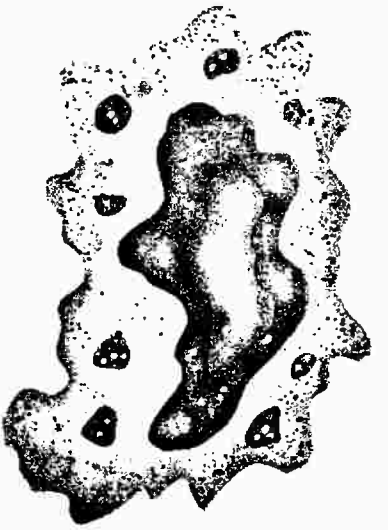
فمثلا مشكلة العطس التى تحدث عن نقص دخول الماء إلى الجسم .. ماذا تفعل أجهزة الجسم التى يتكون كل منها من نسيج من خلايا ذات نوعية خاصة ؟

.. كل مخازن الماء فى الجسم تقوم بإغلاق أبوابها على كل قطرة ماء، فيقل إفراز اللعاب مثلا ، كما تمتنع الكلى عن إخراج الماء فى البول .



وإذا حدث نزف فإن كل الأعضاء تتكاتف لإيقافه .. فهناك مواد تخرج من الكبد تعمل على إيقاف النزيف .. وتذهب

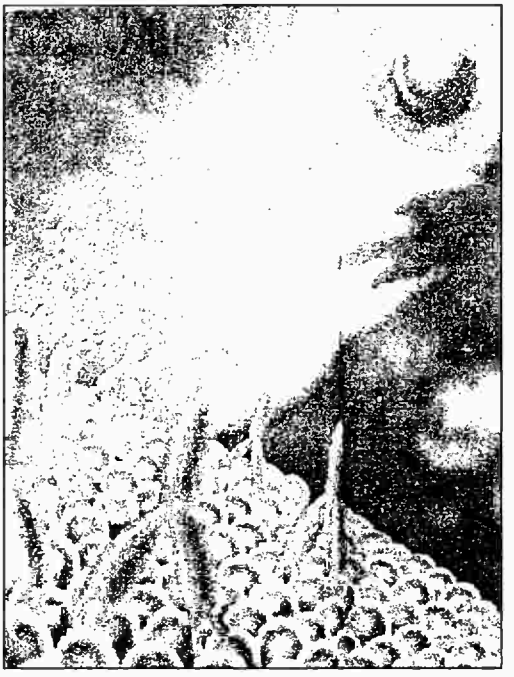
الصفائح الدموية التى تشبه قالب الطوب إلى مكان النزف فتسده .



وتذهب كرات الدم البيضاء لتمنع دخول الميكروبات

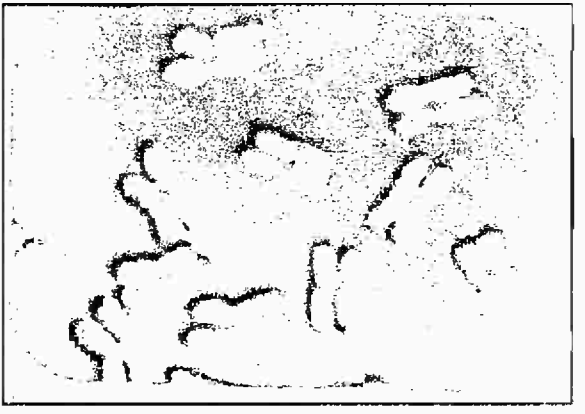
فإذا صممت الميكروبات على الدخول ، حاربتها الكرات البيضاء حتى الموت .

فيتكون بذلك الصديد الذى يعنى جثة هذه الكرات البيضاء الشهيدة !!



إلا أنه ومع تطور علوم الإلكترونيات ، ومع ظهور الميكروسكوبات الإلكترونية التى تكبر الصورة أكبر من الميكروسكوبات العادية آلاف المرات ، استطاع العلماء رؤية الخلية بصورة أشد وضوحا . فاكتشفوا أن بداخل نواة الخلية أجساما عصوية الشكل فوجدوا أنها يمكن أن تصبغ بلون غامق داخل النواة ، أسماها العلماء كروموسومات ، لأن كلمة كرومو هى كلمة إغريقية تعنى اللون .

إلا أنه ما كاد بعض العلماء يتوصلون إلى فك هذه الكروموسومات التى بداخل نواة الخلية حتى أعلنوا خبرا زلزل الدنيا بأسرها .. فقد اكتشفوا أن بداخل هذه الكروموسومات توجد المادة الوراثية التى كان الناس جميعا يبحثون عنها منذ زمن طويل !!



وما كاد الخبر يصل إلى بقية العلماء كالزلزال .. وحتى قاموا بإجراء أبحاث أخرى على هذه المادة الوراثية .. ثم فجر العلماء قنبلة أخرى .. فقد طيروا خبرا إلى العالم أجمع .. لقد اكتشفنا سر الحياة !!

* * *

## سر حياتنا الموجود داخل نواة الخلية !!

كان الاكتشاف مذهلا حقا .. سر حياتنا موجود بداخل الكروموسومات الموجودة بداخل أنوية خلايانا .. ياله من سر!! . وهل يوجد شئ فى الدنيا أخطر من سر حياتنا !

فقد اكتشف العلماء أن كل كروموسوم - من إجمالى ٤٦ كروموسوم - موجود داخل نواة كل خلية يحتوى على مجموعة من خيوط متشابكة ملفوفة على شكل دوائر صغيرة

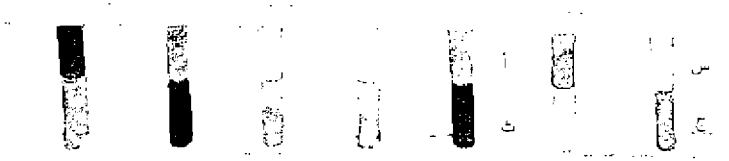
وعندما يتم حل هذه اللفائف فإننا نرى خيوطا ، لو أمعنا النظر فى هذه الخيوط ، سنجد أن كلا منها يتكون من سلسلتين متقابلتين ، وتلتفان بعضهما حول بعض بطريقة حلزونية وترتبطان بعضهما ببعض بواسطة درجات وكأنها سلم حلزوني .

الشريط المزدوج داخل الكروموسومات

وهذا الشكل الذى يتكون من اللولب الحلزوني المزدوج هو الحامض النووي الريبوس والذى سماه العلماء اختصارا ال D.N.A ( أو الدنا ) .

أما درجات سلم هذا الدنا فتتكون من أربعة مركبات كيميائية متشابهة نوعا ما ، أسماها العلماء (النيوكليوتيدات) وهذه المركبات الكيميائية الأربعة هى الأدنين والثايمين والجوانين والسيتوزين ، ورمزوا إلى هذه الكيماويات بالآتي .. الأدنين أ( A ) والثايمين ث ( T ) والجوانين ج ( G ) والسيتوزين س ( C ) .

وتتكون كل درجة من سلم الدنا من اثنين من النيوكليوتيدات المترابطة بعضها البعض .




شكل سلم الدنا

والجدول التالي يبين العلاقة بين اللون والرمز ، وكلها رموز وضعها العلماء لسهولة معرفة المادة الكيماوية ( أو النيكلوتيده) .

| رمز المادة الكيماوية | ( النيوكليوتيدة ) | اللون المعبر عنها |
|---|---|---|
| باللغة العربية | بالإنجليزية | |
| أ | A | الأحمر |
| ث | T | الأزرق |
| ج | G | الأخضر |
| س | C | الأصفر |

## ولكن .. ماهو الجين ؟

يوجد على شريط الدنا حبات .. كل حبة منها تحتوى على عدة آلاف من ترتيبات مختلفة من النيوكليوتيدات وتسمى كل حبة بالجين .

.. وهذه الترتيبات التى يحتويها الجين من النيوكليوتيدات هى شفرة وراثية أو معلومة وراثية، ووصفات لتستخدمها

الخلية لتصنع بروتينا معينا .. ويوجد بالخلية الواحدة مائة ألف جين!

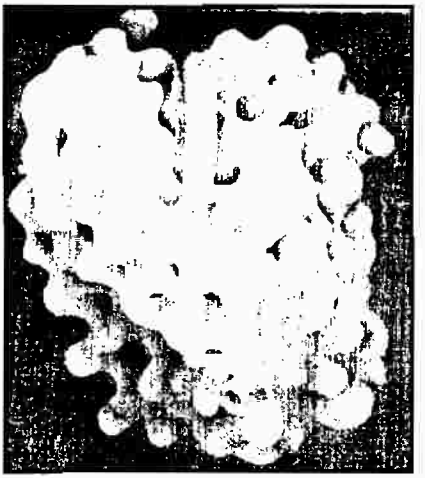
## وما هى البروتينات التى بالخلية ..

## ومم تتكون ؟

البروتينات هى مواد حيوية تقوم عليها حياة الخلية من الألف إلى الياء ، فالبعض من هذه البروتينات تدخل فى بناء الخلايا وأجهزتها .. والبعض الآخر يقوم بدور الساعي الذى ينقل الرسائل والأخبار بين الخلايا .. وينتج كل نوع من الخلايا أنواع البروتينات التى يحتاج إليها لأداء الوظائف الخاصة به .

فمثلا .. تنتج خلايا العظم بروتينات مختلفة عن تلك التى تنتجها خلايا الجلد ، وتدخل أنواع أخرى من البروتينات فى تكوين هيكل الخلية فيعتبر بروتين الكيراتين من المواد الأساسية التى تكون الأظافر والشعر .. وهناك أنواع من البروتينات تساعد الخلايا فى القيام بوظائفها الخاصة . فخلايا الدم الحمراء مثلا تحمل الأوكسجين إلى الخلايا فى

جميع أنحاء الجسم ، وتستطيع هذه الخلايا أن تقوم بهذا العمل بفضل احتوائها على بروتين الهيموجلوبين الذى يحتفظ به حتى يعطيه للخلايا .



بروتين الهيموجلوبين يساعد خلايا الدم
الحمراء فى نقل الأوكسجين

كما يوجد نوع من البروتينات يقوم بعملية تحفيز فقط ، ولا يدخل فى بناء الجسم ، وهذا النوع من البروتينات يسمى أنزيمات ، فيوجد إنزيم لكل تفاعل تود الخلية إتمامه .. فهناك إنزيمات تساعد على سرعة الهضم أو الامتصاص وغيرها.

ويوجد نوع من البروتينات لا يقوم ببناء الخلايا ولا يحفز التفاعلات، إنما ينقل الرسائل من مواضع قد تكون قريبة جدا من بعضها البعض كأجزاء الخلية الواحدة .. وقد تكون المواقع بعيدة جدا عن بعضها كالمخ والقدم .. وتعتبر الهرمونات هى أهم هذه البروتينات التى تقوم بعملية الاتصال.

وهناك جزيئات تنقل الإشارات من جزء من الجسم إلى جزء آخر عن طريق الدم .. مثل هرمون الأنسولين الذى يفرز فى الدم ليجعل كل الخلايا تستفيد من السكر الموجود فى الدم .. وهرمون النمو الذى ينظم سرعة النمو .

... ويحتوي جسم الإنسان على حوالى ١٠٠ ألف نوع من البروتينات العاملة.

يوجد فى كل نوع من الخلايا الحية وصفة خاصة بإنتاج البروتينات التى يحتاج إليها ونطلق على هذه الوصفة الخاصة بتصنيع البروتين اسم الجين .

والبروتينات مهما اختلفت فى وظائفها وشكلها ، إلا أنها جميعها جزيئات كبيرة تتركب مما لا يقل عن عشر وحدات بناء تسمى الأحماض الأمينية . . وكل تشكيلة من هذه الأحماض الأمينية تعطى بروتينا من نوع خاص ... حتى تتكون بلايين البروتينات .

## كيف يقوم الجين بتصنيع البروتين ؟

ولعلنا نسأل أنفسنا ، كيف يقوم الجين بتصنيع البروتين ، وكأنه فرد يفكر ..

والواقع أنه يوجد رسول يحمل المعلومات والأوامر الموجودة على الجين بكيفية صناعة البروتين .. وأطلق العلماء على هذا الرسول اسما مختصرا R N A (أو الرنا) .

وهذا الرسول الـ ( R N A ) هو بروتين متخصص يقوم بالحصول على نسخة مطابقة لكافة المعلومات والأوامر التى

يحتويها الجين . ثم يخرج هذا الرنا من النواة إلى السيتوبلازم، ويتجه إلى أجهزة الريبوسومات ( وهى المصنع الذى يقوم بإنتاج البروتينات ) ويلقى إليه بالتعليمات الوراثية ، والتي تكون مكتوبة بشفرة معينة، فيقوم الريبوسوم بترجمة هذه الشفرة .. كل رمز يقابله حمض من الأحماض الأمينية التى يتكون منها البروتين .. ثم يتم ربط جميع الأحماض الأمينية المطلوبة على هيئة سلسلة بروتينية .. وبمجرد تكوين سلسلة البروتين ، فإنها تلتف حول نفسها لتكون شكلا كرويا أو شريطا .

ولكن .. ما هى الكيفية التى يتم بها صناعة بلايين الأنواع من البروتينات من مجرد عشرين حامضا فقط؟!

بعد مدة توصل العلماء إلى معرفة هذه الكيفية ، فقد وجدوا أن ذلك يتم من خلال طريقة التباديل والتوافيق .. أليست حروف اللغة العربية ثمانية وعشرين حرفا ؟.. ولكننا يمكننا أن نكون من هذه الثمانية والعشرين حرفا بلايين الكلمات .. فمثلا الحروف أ، ح ، م ، د .. من الممكن أن نكون منها اسم (حامد ) أو اسم ( محمد ) أو فعل أمدح أو صفة مادح ... فما بالنا بالثمانية والعشرين حرفا !! .. فتكون هكذا أسماء

وأفعالا وصفات قد تصل إلى بلايين الكلمات.. فهكذا .. وبهذه الطريقة .. أى التباديل والتوافيق يستطيع العشرين حامضا تكوين بلايين الأنواع من البروتينات .

.. وحيث إن العلماء قد توصلوا إلى حقيقة الجينات وأنها عبارة عن قطع من شريط الدنا والذى يحتوى على ثلاثين ألف جين فى الخلية الواحدة .

.. ولما كانت الخلية صغيرة الحجم بحيث يقل قطرها كثيرا عن المليمتر الواحد ..

فمعنى ذلك أن كل خلية تحتوى على ما يقرب من مترين من شريط الدم !!

فإذا كان طول الشريط الوراثي فى الخلية الواحدة يبلغ مترين .. فماذا يكون طوله لو توصل ببعضه فى كل خلايا الجسم التى تزيد عن الـ ١٠ تريليون خلية ( أى عشرة مليون مليون ).

فما أن قام العلماء بهذه الحسبة من خلال الكمبيوتر .. حتى أصيب الجميع بذهول شديد .. فقد وجدوا أنه فى حالة ما إذا تم توصيل هذا الشريط الذى بداخل خلايانا ببعضها

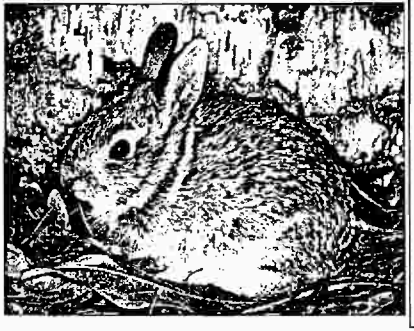
البعض ، فإن طول هذا الشريط الذى بداخل جسم الإنسان الواحد يماثل المسافة بين الأرض والقمر جيئة وذهابا حوالى ٨ آلاف مرة !!

★ ★ ★

عرفنا أن الجينات هى أجزاء من الدنا الوراثي .. كل جين يحتوى على التعليمات والأوامر الخاصة بالبروتين الخاص بصفة وراثية فى المخلوق . . ويقوم البروتين الرسول R.N.A بعمل نسخة من كل هذه التعليمات الموجودة بالجين ، ثم يترك نواة الخلية الموجود بها الجينات، ويتجه نحو الريبوسومات ( وهى المصنع الذى يصنع فيه البروتينات ) .. فتقوم الريبوسومات بفك الشفرات الموجودة على الـ R.N.A والخاصة بالجين المعين ، فيعرف بذلك نوع وعدد وترتيب الأحماض الأمينية التى يجب أن يرص بعضها إلى جوار بعض ، لعمل سلسلة البروتين .

فما دامت البروتينات فى كل المخلوقات تعمل بطريقة واحدة، فما الذى يجعل البشر يختلفون عن المخلوقات الأخرى؟

تحتوى خلايا البشر على جينات متشابهة ، وتنتج الجينات المتشابهة بروتينات متشابهة ، والبروتينات المتشابهة بين الناس، هى التى تجعل الخلايا تعمل بنفس الطريقة فى نفس المنطقة من الجسم ، بحيث تنتج ملامح متشابهة .. وبالتالي فإننا نجد أن البشر جميعا متشابهين فى التكوين العام من ناحية القوام وتنسيق الجسم .. فالبشر مثلا منتصبو القامة عكس الحيوانات .. كما نجد أن فتحتي أنوفنا يوجدان فى الأنف فى منتصف الوجه ، وليس خلف الرأس . مثلا كما فى الدرافيل .. وأن عيوننا أمامية، وليست جانبية مثل الأرانب .



## ولكن .. لماذا يختلف الناس فى أشكالهم ؟

بالرغم من تشابهنا جميعا فى أمور عديدة هى التى تحدد شكلنا كبشر ، وتجعلنا نختلف بصورة واضحة عن المخلوقات الأخرى .. كانتصاب القامة والمشى على قدمين ، وملامح وجوهنا .. وكيفية توزيع الشعر على أجسامنا ...إلخ

ولكننا مع ذلك نتفاوت فى أشكالنا كأجناس ، فينفرد كل جنس بشرى عن الآخر بشكل واضح ، وذلك نتيجة لجينات موروثة تعطى أوامرها بتكون بروتينات مختلفة فى بعض الأمور .

فنجد الزنوج يتميزون باللون الأسمر والشعر المجعد والأنف الأفطس ، بينما نجد أن الشعوب الاسكندنافية مثلا يتمتعون

بالبشرة البيضاء والشعر الأشقر والعيون الخضراء . . كما نجد أن شعوب الشرق الأقصى يتميزون بالبشرة الصفراء والجفون الغليظة .

وكذلك بالنسبة لبعض الشعوب الذين ظلوا لمدد طويلة لا يتزاوجون مع أحد من الشعوب الأخرى ، مثل اليهود القدامى والمغول والتتار وشعب الصين وبعض شعوب آسيا نلاحظ تشابها شديدا فى ملامحهم ، لدرجة أننا نستطيع أن ندرك على الفور أن هذا صيني أو ياباني أو مغولي أو يهودي قديم .

وبالرغم من التشابه بين الشعوب والأجناس ، فإن لكل فرد منا جينات خاصة به هو .. فتؤدى هذه الجينات إلى تحديد لون البشرة وطول القامة ولون الشعر ونوعيته .. وهى تحدد أيضا الجنس من ناحية ذكر أو أنثى .

وهى تحدد أيضا كل صفة فينا .. وفى الكثير من الأحيان تتعاون العديد من الجينات فى تحديد الصفات المختلفة .. فكل واحد منا قد ورث ( خلطة ) من الجينات الخاصة به هو . هى التى تؤدى إلى اختلاف البروتينات ، فتؤدى بدورها إلى أن تعمل الخلايا بطرق مختلفة !

## لماذا يختلف الأبناء عن شكل أبويهما ، بالرغم من أنهما يرثان جيناتهما ؟

المعروف أن جميع خلايانا ( عدا الخلايا الجينية )تحتوى على زوجين من الجينات المتشابهة . جين من الأب والآخر من الأم ، وإذا نظرنا إلى زوجي الكروموسومات المتماثلة ، فإننا نجد أن الجينات المتشابهة على الكروموسومات تقع على نفس المستوى أمام بعضها ، وهى تحتوى على معلومات لتصنيع بروتين معين .. إلا أنه فى بعض الحالات تتخذ أزواج الجينات أشكالا وصورا مختلفة، فالجينات التى تحدد طول القامة تأتى فى أشكال مختلفة ، فمثلا قد يحتوى الجين الخاص بصفة طول القامة الذى جاء من الأب على معلومات تقول (اجعل الشخص طول قامته مائة وثمانين سنتيمترا ) ... بينما يحتوى

الجين الذى جاء من الأم على معلومات تقول ( اجعل طول قامته مائة وستين سنتيمترا ) . فماذا يحدث ؟

.. كيف يتم تنفيذ هذين الأمرين ؟ ، وليست أمام الخلايا الخاصة سوى اختيار واحد من أشكال الجين ؟

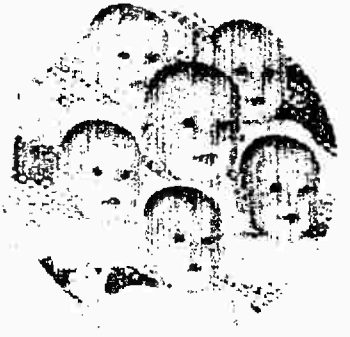
..فهنا تختار الجين الذى ينادى بالقامة الأطول .. لأن الجين الخاص بطول القامة هو الجين الأقوى ، ولذلك يسميه العلماء باسم الجينات السائدة .. أما الجينات التى لا تسود على الرغم من وجودها ، فتسمى ( الجينات المتنحية ) .. و هذا سبب يجعل الأبناء يختلفون فى الشكل عن آبائهم .

**ولكن كيف يختلف الأشقاء فى الشكل ، بالرغم من أنهم يرثون نفس الجينات ؟!**

إن صفاتنا وأشكالنا ما هى إلا نتاج التشكيلة الفريدة والمتميزة من الجينات التى نرثها عن الوالدين والأجداد ، بل وجميع أسلافنا السابقين .. وفى كل مرة تخصب فيه أى بويضة .. يتم تكوين تشكيلة أو خلطة جديدة من الجينات تختلف عن أى تشكيلة سبقتها .

.. وهذا السبب يجعلنا ننفرد بصفات خاصة بنا .. نتيجة لتشكيلتنا الفريدة من الجينات، فلون الشعر مثلا يمكن أن تأتى درجة منه من تشكيل جينات معينة .. وينطبق الشيء نفسه على كل الصفات الأخرى مثل حجم ونبرة الصوت .. وحتى الصفات معقدة التركيب مثل المواهب الفنية.

## وماذا يتشابه التوأمان تماما ؟!

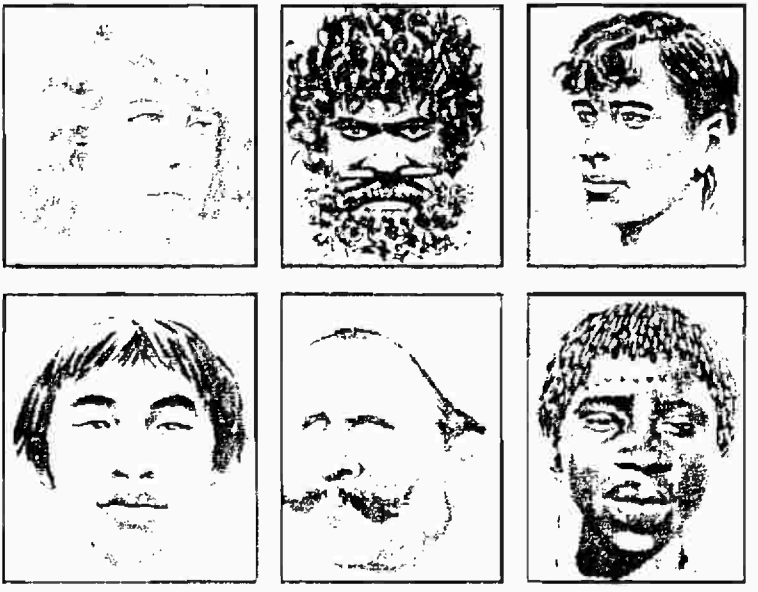


يرجع السبب فى وجود التوائم ، إلى أن التوأمين المتشابهين ينشآن من نفس البويضة المخصبة .. فهما لذلك يحملان نفس التشكيلة من الجينات .

ولذلك غالبا ما نجد التوأمين لا يأخذان فقط نفس الشكل بالضبط ، ولكنهما قد يشتركان فى معظم العادات والسلوكيات .. فإذا كان أحدهما جادا فى سلوكه ، يكون الآخر جادا مثله .. وإذا كان رياضيا نجد الآخر يميل إلى الرياضة مثله !

# الطفرات الجينية وسر اختلاف أجناس البشر

إذا كان الناس جميعا قد جاءوا من أب واحد وأم واحدة ، فمن المنتظر طبقا لذلك ، أن الناس جميعا ستأخذ شكلا واحدا .. لأن أول جيل من أبناء آدم لم يأخذ صفاته الوراثية (جيناته ) سوى من آدم وحواء .



فلماذا ظهرت إذن أجناس شديدة الاختلاف فى لون البشرة مثلا ؟ .. فهناك أجناس ذات بشرة بيضاء وأخرى سوداء ..

وأجناس ذات أنوف بفتحات ضيقة ، وأجناس أخرى تتميز بالأنوف الفطساء الواسعة ، وهناك أجناس تتميز بالشعر المجعد وأخرى تتميز بالشعر الناعم .

## فهل يرجع ذلك إلى العوامل البيئية كالمناخ مثلا ؟

.. إننا نجد أن الأجناس ذات البشرة السوداء يعيشون فى المناطق شديدة الحرارة . وذلك لأن الجلد الأسمر يتحمل أشعة الشمس أكثر من الجلد فاتح اللون ، لأن خلايا الجلد الأسمر تنتج كمية أكبر من البروتين الذى تصنع منه مادة الميلانين التى تحمى الجلد من حروق الشمس .. كذلك نجد أن هؤلاء الزنوج يتميزون بالأنوف ذات الفتحات الواسعة ، لأنها تتيح لهم استنشاق أكبر قدر من الهواء يناسب هذه المناطق قليلة الهواء .. كما أن شعره المجعد المفلفل يحميهم من أشعة الشمس الشديدة .. بينما نجد أن الأجناس ذات البشرة البيضاء تعيش فى المناطق الباردة ، حيث أن خلايا جلدهم الأبيض تنتج كمية أقل من البروتين الذى يصنع مادة الميلانين التى تحمى الجلد من حروق الشمس .. وأنوفهم ذات فتحات ضيقة لتحميهم من البرد .

وكذلك نجد أن الشعوب التى تعيش فى جو قارس شديد البرودة مثل الإسكيمو يتمتعون بطبقة شحمية سميكة فوق الجلد ، وكذا جفون سميكة لتعمل على تدفئة أجسادهم وعيونهم من هذا البرد القارس .

.. ولكن .. لو كان التغيير الواضح بين الأجناس فى الشكل يرجع إلى عامل البيئة والمناخ ، فإن ذلك يعنى أن الزنوج الذين يعيشون فى أجزاء من أمريكا أو أوربا التى تخلو من الحر ، سيكونون ذوي بشرة بيضاء ؟! .. وأيضا لو عاش رجل من شعب الإسكيمو فى منطقة حارة لاختفت طبقة بشرته الشحمية وجفونه السميكة من فوق جلده وعينيه .. فهذا لا يحدث !

**فما سبب اختلاف الأجناس إذن ؟**

.. فى الواقع أن هذا الاختلاف إنما يرجع إلى الطفرات الجينية .

**فما هى هذه الطفرات الجينية ؟**

إن الخلايا تتصف بمهارة فائقة فى نسخها للشريط الوراثي .. ففي كل ثانية من حياتنا ، تنقسم أعداد

هائلة من الخلايا .. وفى انقسامها تنتج نسخا من بلايين الحروف الوراثية .. ولكن أحيانا يحدث خطأ نادر فى جين إحدى الخلايا .. ولكن لا ينتج عن هذا الخطأ فى الجين أى مشكلات ، وذلك لأنه ينتج جين احتياطي يعوض النقص فى هذه الخلية .. كما أن هناك ملايين الخلايا الأخرى التى يمكنها أن تقوم بوظائف هذه الخلية التى تحوى الجين المريض.

و عندما تحدث هذه الأخطاء فى الجينات التى بالخلايا الجينية والتي توجد بالذكر والبويضة فى الأنثى ، فإن خلايا الجينات تنقل جميع جيناتها بما فيها غير السليمة إلى جميع أطفالهما .. وهذا النوع من الأخطاء التى تصيب الجين تسمى بالطفرة الجينية .

.. والواقع أن البشر جميعا هم نتاج لهذه الطفرات .. فقد تحدث طفرات تؤدى إلى تغيير فى لون البشرة ولون الشعر وإلى اختلاف الأنف والعين .. إلخ .

وهذا التغير فى الجينات نتيجة الطفرات ينقله الآباء إلى الأبناء .. مما أدى إلى حدوث أشكال وألوان الأجناس المختلفة، وبالتالي استغلت الأجناس هذه المميزات وعاشت فى المناخ

الأكثر ملاءمة لتكوينها .. حيث عاشت الأجناس ذات الطبقة الجلدية السميكة فوق أجسادهم ، و التى توفر لهم الدفء فى المناطق الباردة .. وهكذا !!

عرفنا فيما سبق أن كل جين عبارة عن قطعة من الدنا الوراثي تحتوى على الأوامر والتعليمات الخاصة بإنتاج بروتين معين .. كما عرفنا أن كل خلايانا - عدا الخلايا الجنسية - تحتوى على حصتين من الجينات المتشابهة .. وفى بعض الأحيان يكون أحد الجينين المتشابهين غير سليم ، ولكنه قد يكون متنحيا أى ليس له تأثير .. أما إذا كان هذا الجين سائدا ، فإنه لن يستطيع القيام بإنتاج البروتين الخاص به ، و يقوم الجين الأخر والخاص بنفس الصفة بتعويض هذا النقص وإنتاج البروتين المطلوب ... وفى هاتين الحالتين .. سواء كان الجين غير السليم متنحيا أم سائدا ، فإنه لا توجد مشكلة .. ولكن تنشأ المشكلة عندما تحدث أخطاء في أحد الجينات التى تنظم عملية الانقسام ( الموجودة فى الخلايا

التناسلية ) .. فهنا ستحتوى خلية البويضة أو الحيوان المنوي على جين غير سليم .. وفي هذه الحالة سوف ينتقل هذا الجين إلى جميع الخلايا المكونة لجسم الجنين الذى ينمو .. وهذا هو سبب الأمراض الوراثية .. أو هناك أكثر من ٥٠٠٠ نوع من المرض ينتج كل منها من خلل فى جين واحد .

فعلى سبيل المثال مرض التليف التكيسى هو من هذه الأمراض الوراثية التى تصيب الرئة ويتسبب فى وفاة معظم المصابين به قبل أن يبلغوا الثلاثين من العمر .. وقد تم تحديد الجين المسئول عن هذا المرض عام ١٩٨٩ .

وهناك أمراض تصيب سلالة محددة جدا من البشر مثل مرض الأنيميا المنجلية والمنتشر بشكل كبير بين الزنوج الأمريكيين الذين هم من أصل أفريقي .. حيث يتحول شكل كرات الدم الحمراء إلى الشكل المنجلى ، فتتقوس وتضعف قدرتها على حمل الأوكسجين، وذلك لقلة الهيموجلوبين فيها.

كما توجد المئات من الأمراض الوراثية والتي قد لا يولد بها الفرد ، ولكنه يولد وهو وارث الاستعداد لها ، فتصيبه عندما يكبر .. مثل السكر و ضغط الدم وغيرها .

.. فتساءل العديد من العلماء ، بعد اكتشافهم لأسباب إصابة بعض الجينات .. هل يمكن علاج هذه الجينات المريضة آو إصلاح العيب الذى فى الجين المريض؟

ولكنهم كانوا كثيرا ما يصابون بالإحباط ، فإذا كان شريط الدنا يستحيل رؤيته ، فكيف نستطيع إذن رؤية الجين والذى يعتبر حبة من حباته !!

... كما أن هذا الجين موجود فى جميع خلايا جسمنا .. فهو يتكرر فى بلايين الخلايا .. فلو استطعنا معرفة الجين المصاب والذى يصعب رؤيته تماما .. ثم أصلحنا عيبه ، فكيف نقوم بهذه الخطوات فى عشرات البلايين منه والموجودة بكل خلايا جسمنا ؟!

.. فشعر العلماء أنهم وبالرغم من المجهود الهائل الذى بذلوه طوال عشرات السنين فى إماطة اللثام عن البرنامج الوراثي ، أنهم لم يتقدموا رغم ذلك خطوة واحدة . فما جدوى كل هذه المعارف، طالما لم تجد فى علاج أحد !!

... إلا أنه فجأة ظهرت لهم بكتريا صغيرة . بل أصغر نوع من البكتريا ، وما إن عرفوا حقيقتها حتى شعروا أنهم

اكتشفوا الطريقة التى يمكن أن يعالجوا بها الأمراض الوراثية التى ليس لها علاج .. فالمريض بأخطر الأمراض .. ممكن أن يشفى منها نهائيا !

# قصة اكتشاف العلاج بالجينات

حدث أنه عندما كان بعض العلماء يقومون بإجراء تجارب على أحد الفيروسات المعدية ، وكانوا يقومون بين حين وآخر بإجراء تحاليل لأنفسهم خشية أن يكونوا قد أصيبوا بالعدوى .. وفى إحدى المرات ، فوجئوا عند إجراء التحاليل عليهم بأن إنزيما ( نوعا من البروتينات ) جديدا ظهر فى خلاياهم .. فتعجب هؤلاء العلماء فهذا الإنزيم لا يوجد فى أجسامنا ، ولا يتكون فيها إلا من خلال برنامج وراثي .. يحمل جينة خاصة .. وهذه الجينة لا توجد إلا فى البكتريا .

فتساءلوا فى دهشة عظيمة .. كيف انتقل هذا الإنزيم من البكتريا إلى أجسامهم ؟!

.. وبعد إجراء عدة فحوصات وتجارب ، اكتشفوا أن هذه الجينة قد انتقلت من البكتريا لتصبح جزءا من برنامج الفيروس ، ومن ثم تصبح جزءا من البرنامج الوراثي للإنسان.

.. فجعلت هذه الملاحظة العلماء يفكرون طويلا .. معنى ذلك أنه فى الإمكان نقل الجين .. فكما أمكن نقل الجين من البكتريا إلى الفيروس ، يمكن نقل الجين المعيب من إنسان إلى البكتريا أو الفيروسات ، فيدخل فى البرنامج الوراثي فى هذا الفيروس أو الميكروب .. ثم يمكن نقله من البكتريا والفيروسات إلى الإنسان مرة أخرى .

.. وحيث إن هذه البكتريا والفيروسات تتكاثر بسرعة هائلة ، فيتكون منها مئات بل آلاف الملايين من هذا الجين .. وعندما تحقن هذه البكتريا أو الفيروسات - بعد إضعافها - فى جسم المريض تدخل فى العديد من خلاياه !

**كانت الفكرة رائعة.. ولكن .. كيف يتم نقل هذه الجينات؟!**

.. بعد أبحاث طويلة ، اكتشف العلماء الأدوات الجراحية التى تستخدمها الخلايا فى قص أشرطتها .. وكيفية دخول جينات مكان أخرى .. ثم من طريقة الالتحام بين الأجزاء

المقطوعة والأشرطة بأدوات بيولوجية أخرى ، فقد اكتشفوا أن هناك مجموعة البروتينات تقوم بهذا العمل .. فهناك نوع من البروتينات تعمل مثل المقص .. فهي تقص شريط الدنا الوراثي فى مواقع محددة ، فتستطيع بذلك إعطاءنا الجزء المحدد جدا الذى يريده العلماء ... وهناك نوع آخر من البروتينات تقطع الدنا عند شفرة محددة .. كما يوجد نوع من البروتينات أيضا يقوم بلصق دنا البكتريا بعد وضع الجين المطلوب إدخاله بها.

فإذا أردنا مثلا علاج مريض الهيموفيليا ، بإدخال جين سليم مكان الجين المعطوب .. فإننا نحصل أولا على الجين المطلوب من جسم إنسان سليم ، ثم نضعه فى خلية بكتيرية أو فيروسية، مع السماح لها بأن تنقسم مرات عديدة لتولد خلايا عديدة .. فتقوم البروتينات الخاصة بهذه البكتريا بقراءة شفرة هذا الجين وتصنع البروتين المناظر له .

وهكذا فإن كل هذه الخلايا تستخدم كمصانع لإنتاج البروتين المطلوب بكميات هائلة ثم يقوم بإعطائها للمريض بعد إضعاف هذه البكتريا .

لكن تدخل الجينات الجديدة إلى الخلية، فتندمج مع البرنامج الوراثي فيها .

جين يراد دمجه فى البرنامج الوراثي
للخلية ليحل محل الجين المطلوب

## إنتاج أول دواء من الجينات

لم يصدق أحد .. فهل يمكن إدخال جين من الإنسان إلى مخلوق آخر - البكتريا - ليدخل فى برنامجه الوراثي ؟!

تم إنشاء شركة كبرى .. كانت أول شركة فى التاريخ تعمل فى الهندسة الوراثية .. وأعلنت عن إنتاج أول دواء لها عن طريق الهندسة الوراثية من خلال إدخال الجين الخاص بإنتاج

البروتين الخاص بالأنسولين فى الدنا الخاص بالبكتريا لتقوم بدورها بإنتاج بروتين الأنسولين .

لم يستطع أحد - وخاصة رجال الصحافة - تصور ما حدث!! .. كيف يتم إجراء عملية فى جين لا يستطيع أحد رؤيته لوضعه فى الجهاز الوراثي للبكتريا التى لا يستطيع الإنسان رؤيتها إلا بالميكروسكوب . فكيف يجرى عملية فى جهازها الوراثي ؟!

لم يخطر ببال أحد منهم أن العلماء استخدموا نفس ما تقوم به الطبيعة من قطع جدران شريط الدنا الوراثي وإدخال جين جديد .. ثم لحامه مرة ثانية .. إنه خيال .. لكنه تحقق بالفعل!!

... وأنتجت البكتريا هرمون الأنسولين البشرى .. ويكفى أن نعرف أن الأنسولين قبل ذلك كان يستخلص من بنكرياس الأبقار والخنازير بعد ذبحها .. وكان إنتاج الأنسولين اللازم لفرد واحد يتطلب الحصول عليها من عدد كبير من الأبقار والخنازير ، فما بالنا لو عرفنا أن عدد مرضى السكر يربو على الثلاثمائة مليون مريض .. فكم يتطلب ذلك من أعداد الحيوانات ؟!

.. إن نجاح العلماء فى الحصول على الأنسولين البشرى من خلال الهندسة الوراثية كان نجدة للملايين من المرضى .

ولم تمض إلا فترة وجيزة على إنتاج الأنسولين البشرى ، فإذا بالعلماء ينجحون فى علاج مرض الهيموفيليا والناجم عن نقص البروتين الذى يساعد على تجلط الدم فى المرضى .. الأمر الذى يجعل جرح المريض ينزف على الدوام .. فكان نجاح علماء الهندسة الوراثية فى ذلك عملا مبهرا !!

وهكذا استطاع علماء الهندسة الوراثية إنتاج العديد من البروتينات الخاصة بعلاج العديد من الأمراض الوراثية .

.. ثم جاءت الخطوة التالية .. وهى كيفية إحلال جين سليم بعد عزله مكان جين مريض فى الإنسان مباشرة !

فحدث أن كانت الطفلتان أشانتى وسيثنيا قد ولدتا مصابتين بمرض انهيار المناعة المركب ، وهو مرض يشبه الإيدز تماما .. وسبب هذا المرض ينتج عن عيب موروث فى أحد الجينات التى تصنع إنزيما ( بروتينا ) معينا ، وبالتالي فإن جهاز المناعة لا يصنع هذا الإنزيم ، فيؤدى ذلك إلى أن يظل الجسم بدون جهاز مناعي للدفاع عنه ، ولذلك فإنه

سرعان ما يموت الطفل المصاب من أول إصابة بميكروب أو مجرد نزلة برد صغيرة.

وكان الأطباء يضطرون إلى وضع هذا المريض فى غرفة معقمة لحمايته من الميكروبات المحيطة به من كل جانب .. ويظل هكذا فى الغرفة المعقمة طوال عمره !.. ولو ترك يوما هذه الغرفة المعقمة، فإن المرض يدركه على الفور وسرعان ما يموت !

الطفلتين أشانتى وسينثيا

وكان المرض واضحا على الطفلة أشانتى ، فقبل أن يتم عامها الأول كانت تصيبها نزلات برد رهيبة وبنوبات ارتفاع حرارة ورشح وضيق تنفس مع التهاب رئوي ، ولا تستجيب حالتها لأي علاج من علاجات البرد المتعارف عليها ، وأعقب ذلك نوبات من القيء وفقدان الشهية ، فكانت الطفلة لا تكف

عن البكاء طوال اليوم ، وكان والداها ينظران إليها فى حيرة وحزن شديدين .. فهما يشاهدان ابنتهما تموت أمام أعينهما ولا يجدان لها دواء !!

وكان الأطباء بالمعهد القومي للصحة بأمريكا يحاولون تجربة العلاج الجيني على هذا المرض .. حيث تم تحديد الجين ، و تم إدخاله فى الدنا الخاص بأحد الفيروسات .. فأنتج هذا الجين .

ولم يكن أحد فى التاريخ قد تم علاجه بالجينات ، فجعلت الناس جميعا تترقب هذا الحدث .. حتى أن والدى ( أشانتى ) بالرغم من أنهما كانا واثقين أن ابنتهما لن تعيش لأشهر أخرى ، لكنهما مع ذلك كانا متخوفين ، فلم يكن أحد سمع أنه يمكن العلاج بالجينات .

... وتمت التجربة ، فحصل العلماء الذين قاموا بعلاجها على بعض خلايا الدم البيضاء من جسمها ، وأدخلوا فيها الجينات السليمة ، ثم أعادوا هذه الخلايا إلى جسمها مرة أخرى.

.. وفى الشهور التالية ، تم حقن جسم أشانتى بالمزيد من الجينات السليمة ، ففوجئ والداها والناس جميعا بأن صحة أشانتى بدأت تتحسن بصورة واضحة .. فقد عملت الجينات السليمة على تنشيط الجهاز المناعي من جديد ، فقام بمحاربة الميكروبات التى تهاجمها .

وبعد النجاح الذى أحرزه العلماء فى علاج أشانتى ، ثم إعطاء الطفلة سيثيا نفس العلاج بعد عام واحد .. فشفيت تماما .

.. ثم تم إعطاء العديد من الأطفال نفس العلاج ... ونجح العلاج نجاحا مذهلا .

.. ومن خلال العلاج بالجينات استطاع العلماء خلال فترة التسعينيات تطبيق أسلوب العلاج بالجينات فى علاج أمراض أخرى .

... ويعتقد الكثير من الخبراء أن هذا النوع من العلاج سوف يكون هو أسلوب العلاج المنتظر والذى يأملون أن يقضى على أخطر الأمراض .. مثل السرطان والإيدز والفشل الكلوى وغيرها من الأمراض قضاء تاما .

# الفهرس


| | |
|---|---|
| مقدمة ..... | ٣ |
| قصة اكتشاف لغز المادة الوراثية التى ستغير حياة البشر | ١٢ |
| عالم جينات داخل خلايانا ..!! ..... | ٢٣ |
| سر حياتنا الموجودة داخل نواة الخلية!! ..... | ٣١ |
| ما هو الجين؟..... | ٣٣ |
| ما هى البروتينات التى بالخلية ومم تتكون؟..... | ٣٤ |
| كيف يقوم الجين بتصنيع البروتين؟..... | ٣٧ |
| لماذا يختلف الناس فى اشكالهم؟ ..... | ٤٢ |
| لماذا يختلف شكل الأبناء عن شكل أبويهما أحيانا، بالرغم من أنهما يرثان جيناتهما؟ ..... | ٤٤ |
| لماذا يتشابه التوأمان فى كثير من الأحيان؟ ..... | ٤٦ |
| الطفرات الجينية وسر اختلاف أجناس البشر..... | ٤٧ |
| الجينات المريضة..... | ٥١ |
| قصة اكتشاف العلاج بالجينات..... | ٥٤ |
| إنتاج أول دواء من الجينات..... | ٥٧ |