

الحامض النووي هو المادة الوراثية

هل الحمض النووي DNA هو المادة الوراثية؟

في الأيام الأولى لعلم الوراثة الناشئ، لم يكن من الواضح ما إذا كان الحمض النووي أو البروتينات هي المادة الوراثية. لكي يعمل الجزيء كمادة وراثية، يجب أن يتميز بالخصائص التالية:

١. أن تكون قابلة للتكرار.
 ٢. يجب أن يكون قادراً على تخزين المعلومات.
 ٣. ينبغي أن يكون قادراً على التعبير عن تلك المعلومات.
 ٤. يجب أن يكون قادراً على إظهار الاختلاف (عن طريق الطفرة).
- حتى عام ١٩٤٤ تقريباً، كان يُعتقد أن البروتينات هي المادة الوراثية. ويرجع ذلك أساساً إلى وجود تنوع كبير في البروتينات، وفي ذلك الوقت، كان يُعرف الكثير عن كيمياء البروتين أكثر من الأحماض النووية. كان فريدريش ميشر Frederich Miescher هو العالم الذي قام لأول مرة بعزل الحمض النووي من نواة خلايا الدم البيضاء في عام ١٨٦٩. وقد أطلق عليه اسم نيوكليين nuclein.

بدأ فريدريك جريفث **Frederich Griffith** عمله على التحول البكتيري في عام ١٩٢٨. وقد وفر عمله في التحول في النهاية الأساس لتجربة أفيري Avery ومكارتني McCarty وماكلويد Macleod الرائدة في عام ١٩٤٤.

الأدلة على أن الحامض النووي DNA هو المادة الوراثية

هناك العديد من البراهين والأدلة العلمية القطعية التي تثبت أن الأحماض النووية هي الحاملة للمعلومات الحيوية في الكائنات الحية باستثناء بعض الفيروسات، أي هي المادة الوراثية، وهناك نوعين من الأدلة مباشرة وغير مباشرة نعرضها كالاتي:

أولاً- الأدلة المباشرة: تتخلص في التوازي بي سلوك الكروموسومات والسلوك المتوقع للمادة الوراثية كالاتي:

- كمية الحمض النووي DNA في الأمشاج تكون نصف الكمية الموجودة في أي خلية جسمية لنفس الكائن وهذا يتفق مع حقيقة أن عدد الكروموسومات = ن في الأمشاج، بينما عدد الكروموسومات في الخلايا الجسمية = ٢ن.
- كمية الحمض النووي DNA في الخلايا في طور البيني (Interphase) تبلغ ضعف الكمية الموجودة في الطور النهائي (Telophase).
- كمية الحمض النووي DNA في الخلايا ثنائية الكروموسومات (Diploid (2n) تبلغ نصف الكمية الموجودة في الخلايا رباعية الكروموسومات (Tetraploid (4n).

ثانياً- الأدلة غير المباشرة: ظاهرة التحول في البكتيريا (Bacterial transformation) هي دليل من أدلة كثيرة.

- في بكتيريا المكورات الرئوية *Diplococcus pneumoniae* التي تسبب الالتهاب الرئوي في الثدييات توجد سلالتين رئيسيتين:

- ١- سلالة ناعمة **Smooth**: ويرمز لها S، وتتميز بوجود جدار أو محفظة من السكريات المتعددة (عديد السكاريد) polysaccharide حول الخلايا البكتيرية وبالتالي فهي ممرضة أو مفوعة (virulent)، تسبب مرض الالتهاب الرئوي. كما أن لهذه السلالة طرزاً مختلفة، في كل طراز محفظة من السكريات المتعددة ذات تركيب كيميائي خاص ومختلف عن بقية الطرز SI, SII, SIII..etc.
- ٢- سلالة خشنة **Rough**: ويرمز لها R، لا تحاط بمحفظة من السكريات المتعددة، ولذا فهي غير ممرضة أو غير مفوعة (Non-virulent).

تجربة فريديش جريفيث **Frederich Griffith**، عالم البكتيريا البريطاني، في عام ١٩٢٨ على بكتيريا المكورات الرئوية *D. pneumoniae* توضح ظاهرة التحول، خطواتها كالاتي:

١- حقن الفئران بسلاطة بكتيرية RII، كانت النتيجة أن عاشت الفئران مع عدم وجود خلايا بكتيرية يمكن عزلها من الفئران. وحقن الفئران بسلاطة بكتيرية SIII، وجد أن الفئران ماتت بسبب المرض.

٢- حقن الفئران بسلاطة SIII مقتولة بالتسخين إلى ٦٥ درجة مئوية، فإنها تصبح غير ممرضة أو غير مفوعة.

٣- قام جريفيث بخلط النوع SIII المقتول بالحرارة مع النوع الحي RII وتم حقنه في الفأر. وعلى عكس المتوقع، أصيبت الحيوانات بالتهاب رئوي. عند تشريح الجثة، وجد أن هذه الفئران تحتوي على خلايا حية ممرضة أو مفوعة من النوع SIII.

- التفسير غير المنطقي والذي يبادر إلى الذهن بسرعة هو أن البكتيريا SIII المقتول بالحرارة لسبب أو لآخر هي سبب الموت، لكن التفسير العلمي هو أن بعض المكونات المستقرة (الثابتة) بالحرارة heat-stable الموجودة في البكتيريا الميتة من النوع SIII يمكن أن تمنح خصائص هذه السلالة للخلايا الحية من النوع RII.

- بمعنى آخر أن الخلايا الحية RII قد تحولت، وتغيرت إلى SIII. لقد مكّن سلالة RII من توليف طبقة عديد السكاريد الناعمة وتصبح ممرضة. استمرت الخلايا RII التي تم تحويلها إلى خلايا SIII بعد ذلك في إنتاج الخلايا SIII فقط.

افترض جريفيث أن المكون الذي تم إطلاقه هو مبدأ التحويل (المكون الخلوي الذي يتوسط التحول)، والذي تم إطلاقه بواسطة الخلايا المقتولة بالحرارة من النوع SIII وتم أخذها بواسطة خلايا النوع RII، وبالتالي تحويل خصائصها الوراثية إلى خصائص النوع SIII. لم يحدد جريفيث الطبيعة الكيميائية الدقيقة لمبدأ التحويل.

التساؤل هنا: كيف وعن طريق أي عنصر حدث التحول؟

من الواضح أن العنصر المحول لا بد أن يكون ضمن المكونات المختلفة التي تستخلص من السلالة SIII المقتولة بالحرارة، وهي: البروتينات، السكريات المتعددة، الحمض النووي DNA.

التوصيف الكيميائي الحيوي لمبدأ التحويل:

لم يكن المبدأ الكامن وراء هذه التحولات معروفاً حتى عام ١٩٤٤، عندما قام أفيري Avery ومكارتي McCarty وماكلويد Macleod بدراسة المكونات المعزولة للخلايا SIII لمقتولة بالحرارة بالتفصيل. لقد قاموا بسلسلة من التجارب وحصلوا على النتائج التالية:

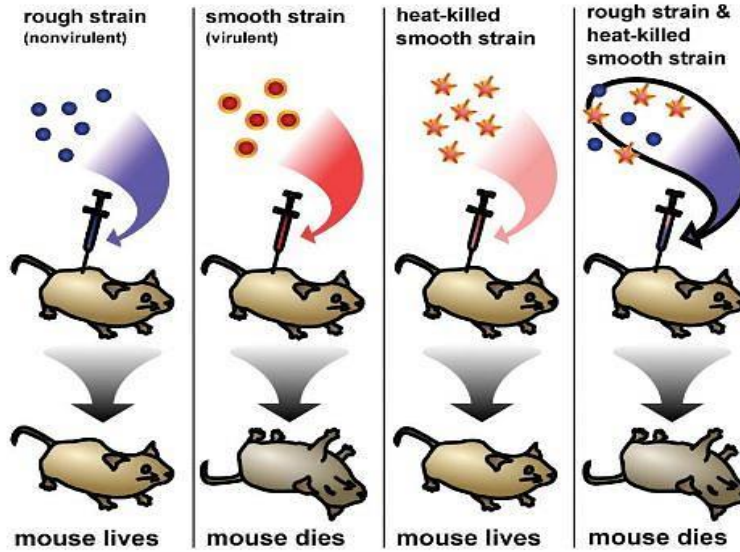
(١) إزالة محفظة متعدد السكاريد من الخلايا S + الخلايا R المقتولة بالحرارة ————— ماتت الفئران.

(٢) إزالة جزء البروتين من الخلايا S + R المقتولة بالحرارة ————— ماتت الفئران.

(٣) إضافة ديوكسي ريبو نوكلياز (DNase) Deoxyribonuclease إلى خلايا S المقتولة بالحرارة + خلايا R ← نجت الفئران.

في التجارب (١) و (٢) كان الحمض النووي للخلايا S المقتولة بالحرارة سليماً ولذلك حولت خلايا R الحية إلى النوع S ولكن في التجربة (٣) قام الإنزيم بنفكيك الحمض النووي وبالتالي لم تتحول خلايا R. واكتشفوا أيضاً أن إنزيمات هاضمة للبروتين (البروتياز proteases) وإنزيمات هاضمة للحمض النووي الرايبوزي (RNases) لا تؤثر على التحول، وبالتالي فإن المادة المحولة لم تكن بروتيناً أو RNA. إنزيم DNAase يمنع التحول مما يشير إلى أن الحمض النووي تسبب في التحول.

لقد أظهر بوضوح أن مكون الحمض النووي وحده، من بكتيريا S المقتولة بالحرارة هو الذي يحول بكتيريا R الحية إلى بكتيريا S حية.



الخلاصة. إن الظاهرة التي يتم من خلالها عزل الحمض النووي من نوع واحد من الخلايا عند إدخاله إلى نوع آخر يكون قادرًا على منح (إعطاء) بعض خصائص الأول إلى الأخير تسمى التحول. أظهرت التجربة المذكورة أعلاه أن الحمض النووي يمكن نقله من كائن حي إلى آخر ويستمر في التعبير عن صفاته الوراثية. كما أشارت إلى أن الحمض النووي هو المادة الوراثية ولا يتم تدميره بقتل الخلايا بالمعالجة الحرارية.

تجربة هيرشي- تشيس Chershey-Chase (١٩٥٢)

تم وسم الحمض النووي لعائيات البكتريا bacteriophages (الفيروس الذي يمكن أن يصيب البكتيريا) بالفوسفور - ٣٢ (المشع P32). الفوسفور موجود فقط في الحمض النووي DNA (وليس البروتين)، لذلك من خلال وضع وسم على الفسفور سيتم وضع وسم على الحمض النووي فقط وليس البروتين. سُمح لهذه العائيات (المسماة T2) بإصابة الإشريكية القولونية *E. coli*.

في التجربة الثانية، تم وسم بروتين عائتي البكتريا T2 بالكبريت المشع S35 (والذي يمكنه فقط توسيم البروتين وليس الحمض النووي) وكانت الإشريكية القولونية مصابة بهذه العائيات بشكل منفصل. تم تقطيع المحلول في الخلاط لفصل أشباح العائيات (أغلفة العائيات) عن البكتيريا المصابة، وتم منح فيروسات العائيات وقتًا لتضخمها.

تمت ملاحظة تتبع/كاشف البروتين في أشباح العائيات ولم تدخل إلى الإشريكية القولونية، في حين تم توسيم البكتيريا المصابة بـ P32 (كاشف الحمض النووي DNA) كما كانت عائيات السلالة أو النسل.

يشير هذا إلى أن الحمض النووي من الفيروس دخل الإشريكية القولونية لإصابة البكتيريا وأن الحمض النووي كان بالفعل المادة الوراثية لأن الحمض النووي الموسم P32 كان موجودًا في النسل (وليس البروتين المسمى) وبالتالي كان حامل المعلومات الوراثية. تقاسم ألفريد هيرشي Alfred Hershey جائزة نوبل في الفسيولوجيا أو الطب عام ١٩٦٩ عن عمله.

