

## النانوبيات

اكتشفت النانوبيات عام 1996، وقد تكون هي أصغر أشكال الحياة المعروفة- عرضها 20 نانومتر فقط حيث أن حجمها يساوي عشر أصغر الكائنات الحية الدقيقة. وقد عثر العالم الأسترالي فيليبيا يوينز من جامعة كوينزلاند على النانوبيات لأول مرة في عينات من الصخور التي تكونت خلال الفترة بين بدايات الحقبة الوسيطة، ومنتصفها.

كانت عبارة عن فروع كالأصابع تشبه البنية الميكروسكوبية بعض الفطريات الميكروبية، وزعم يوينز أنها تمثل أحد الأشكال الجديدة للحياة، إلا أن هذا الزعم لاقى اعتراضاً من بعض الباحثين الذين جادلوا على أن هذه البنية ليست أشكالاً للحياة على الإطلاق، إنما هي زوائد بلورية بسيطة في الصخور. وفي عام 2001 أعلن يوينز عن نتائج بحث جديد يبدو إنه قد كشف عن وجود حمض نووي في النانوبيات.

## علم الأحياء الجزيئي

### نيوكليوتيد

يدور علم الأحياء الجزيئي حول تطبيق مبادئ الكيمياء الحيوية لتفسير علم الوراثة - كيفية تخزين خطة الكائن الحي داخل أنوية الخلايا، وكذلك كيفية تمرير هذه المعلومات للذرية خلال التكاثر وهو ما يُعرف باسم الوراثة.

تقوم الخلايا بتخزين ومعالجة المعلومات على جزيئات تسمى الأحماض النووية الريبوزية (RNA)، والأحماض النووية الريبوزية منقوصة الأكسجين (DNA)، وهي بوليمرات مكونة من سلاسل طويلة تتكون أحيانا من مئات الملايين من جزيئات أصغر تُعرف باسم النيوكليوتيدات. ويتكون كل نيوكليوتيد من سكريات أما ريبوزية (توجد في الحمض النووي الريبوزي)، أو ريبوزية منقوصة الأكسجين (موجودة في الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين) ويرتبط بجزيئات فوسفات متنوعة-مركبات هيدروجين، وأكسجين وفوسفات، لكن هناك عنصرا ثالثا هو الأكثر أهمية - تحتوي جزيئات النيوكليوتيدات أيضا على مواد كيميائية تسمى القواعد، وهي مركبات عضوية من الهيدروجين والنيتروجين والكربون. وهناك 5 قواعد النوكليوتيدات لها علاقة بعلم الأحياء الجزيئي، وهي: الأدينين (A)، والجوانين (G)، وثايمين (T)، والسيتوسين (C)، واليوراسيل (U). والروابط بين هذه القواعد والتي تشكل ما يسمى (أزواج قواعد) هي ما يشكل خصائص البنية المزدوجة للحمض النووي منقوص الأكسجين وتخزن المعلومات التي تدعم الحياة.

### الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (الدنا) DNA

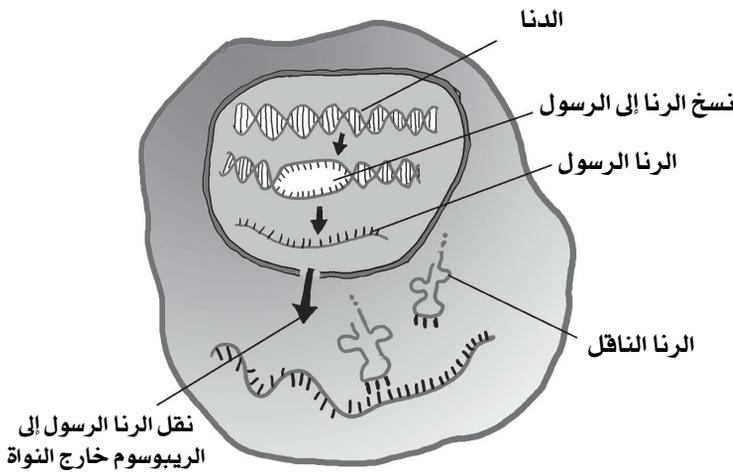
الدنا (DNA) اختصار (deoxyribo nucleic acid) وتعني الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين، وهو جزيء كبير لبوليمر يتكون من سلسلة طويلة من النوكليوتيدات التي تتكون من سكر ريبوزي منقوص الأكسجين، ومجموعة فوسفات، وأحد القواعد النوكليوتدية الأربعة، وهي الأدينين (A)، والجوانين (G)، وثايمين (T)، والسيتوسين (C).

يترتب الدنا في الكائنات الحية حقيقية النواة الكبيرة مثل البشر في نواة الخلية في أطوال تُعرف باسم الكروموسومات والتي يمكنها أن تكون طويلة للغاية - أطول كروموسوم بشري عبارة عن سلسلة تتكون من أكثر من 200 مليون نيوكليوتيد. تسلسل قواعد النيوكليوتيدات على طول جزيء الدنا، على سبيل المثال -CTTCGA- هو ما يقوم بتشفير كل المعلومات عن تركيب الكائن الحي تماما مثل بتات البيانات الثنائية. وتمثل كل مجموعة مكونة من ثلاثة قواعد في التسلسل ما يكفيء بايت من المعلومات الوراثية ويطلق

عليها اسم كودون (codon). الدنا لكل كائن حي يكون فريداً من نوعه- وهي حقيقة اتضحت فائدتها في اختبارات تحديد النسب والطب الشرعي.

### التركيب اللولبي المزدوج

لا تتكون الكروموسومات من شريط واحد من الدنا بل شريطين ملتفين حول بعضهما البعض في تركيب لولبي مزدوج. وترتبط قواعد النيوكليوتيدات على أحد الشريطين مع القواعد الموجودة على الشريط الأخر لضم جزأي اللولب معاً، ولا يمكن لأي نوع من القواعد إلا أن يرتبط بنوع آخر وحيد- ترتبط (G) ب (C) فقط، و (A) ب (T)، وهذا يعني أن الشريطين ليسا متطابقين بل أن كل منهما يحدد الشفرة الوراثية للكائن الحي بشكل فريد وهي حقيقة خطيرة في تكرار الدنا- مرحلة رئيسة في انقسام الخلية الذي فيه ينفك اللولب إلى شريطين منفصلين، وترتبط القواعد في كل شريط مرة أخرى واحدة تلو الأخرى بنظيراتها الجديدة لتكوين لولين جديدين مكتملين. وقد اكتشف التركيب اللولبي المزدوج للدنا عالما الأحياء الجزئية فرانسيس كريك وجيمس واستون عام 1953.



### الحمض النووي الريبوزي (الرنا)

الرنا أو الحمض النووي الريبوزي هو الشبيه الجزئي للدنا، وهو أيضا سلسلة طويلة من جزيئات كبيرة من النيوكليوتيدات،

إلا أن الرنا يبنى من السكر الريبوزي بدلا من الريبوز منقوص الأكسجين.

وكما هو الحال في الدنا، يضم كل نيوكليوتيد في الرنا أحد القواعد: وهي الأدينين (A)، والسيتوسين (C)، والجوانين (G)، واليراسيل (U)، بدلا من ثيامين الدنا. وفي حين أن الدنا يتواجد في صورة لولب مزدوج نجد أن الرنا يتكون عادة من شريط فردي. والرنا ليس الحامل الرئيسي للمعلومات الوراثية - باستثناء الفيروسات - بل يُخدم مجموعة من الأغراض الثانوية.

يستخدم ما يسمى بالحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA) في إنتاج البروتينات في الخلية والتي تحمل المعلومات الوراثية من النواة إلى مواقع الريبوسوم، حيث يقوم الحمض النووي الريبوزي الناقل بإرشاد الأحماض الأمينية معا بالتسلسل الذي يمليه الحمض النووي الريبوزي الرسول، وفي أثناء ذلك تتم صناعة الريبوسوم نفسه من الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي (rRNA)

## الجينات

الجين هو مقطع من تسلسل الدنا في نواة خلية الكائن الحي ويحتوي على المعلومات اللازمة لتصنيع بروتين معين ليستخدم داخل جسم الكائن الحي، ويقوم كل كودون بتحديد حمض أميني معين في السلسلة المكونة للبروتين، وبهذه الطريقة تكون الجينات عبارة عن مجموعة من البيانات التي تقوم بتسجيل كل شيء عن الكائن الحي - من لون بشرته، وتخطيط أعضائه الداخلية ووظائفها وصولا إلى عمل الخلايا الفردية.

ولكن الجينات لا تقوم بتحديد الكائن الحي فقط - حيث أن جينات الوالدين تندمج معا لتأليف التكوين الوراثي لذريتهما، فأبناؤنا يرثون خصائص منا - مثل ملامح الوجه، والذكاء، وفصيلة الدم - وجيناتنا هي المسؤولة عن ذلك.

وهناك امتدادات بين الجينات يطلق عليها الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين غير المشفر، التي من المعتقد أن بعضها يلعب دورا في تنظيم التعبير الجيني إلا أن وظيفة بقيتها ليست معروفة بشكل كبير مما أدى إلى تسميتها بالدنا النفاية (Junk DNA).

وقد لاحظ عالم الأحياء السويسري (يوهان ميستشر) الدنا لأول مرة عام 1869 أما التركيب اللولبي المزدوج فقد اكتشف عام 1953، لكن من أدرك لأول مرة أن الدنا هو

الجزء الحامل للجينات كان فريقاً يعمل بنيويورك تحت قيادة العالم أوسوالد أفيري عام 1944.

### التعبير الجيني

تُعرف عملية استخدام المعلومات المخزنة على هيئة جينات على شرائط الدنا لتصنيع البروتينات داخل الكائن الحي باسم "التعبير الجيني"، وتتم هذه العملية في أحد ريبوسومات الخلية، وتحتوي كل خلية في الكائن الحي على نسخة من شفرته الوراثية كاملة إلا أن أي خلية لا تستخدم إلا جزءاً صغيراً من هذه الشفرة، فمثلاً خلايا الجلد لا تحتاج إلى معرفة كيفية عمل البنكرياس. وتقوم الخلايا بتحديد بروتينات الشفرة الجينية التي تعبر عنها من خلال عملية يطلق عليها (مثلة الدنا) \$\$\$ حيث يضاف مركب الميثيل - صيغته الكيميائية  $-CH_3$  - إلى نيوكليوتيدات السائتوسين في الجينات التي لا تحتاجها لمنع التعبير عنها

### الأليات

الأليات هي أشكال مختلفة لنفس الجين. خذ نسختين من نفس كروموسوم الدنا، ثم انظر إلى تسلسل قواعد النيوكليوتيدات عند نفس النقاط تماماً على كل كروموسوم مناظر لـجين معين - فإذا كانت مختلفة فيقال أن الكروموسومين لهما أليات مختلفة من هذا الجين، ومن أمثلة ذلك فصائل الدم البشرية التي يوجد الجين الخاص بها على كروموسوم 9، حيث تناظر التسلسلات المختلفة للنيوكليوتيدات على طول امتداد الكروموسوم 9 - حيث يقع الجين - أليلين مختلفين والذين يظهران نفسهما على هيئة فصائل الدم البشري المختلفة.

### الزيجية

عندما تندمج خلية حيوان منوي مع خلية بويضة خلال التكاثر الجنسي تندمج النسخ الفردية من كل كروموسوم والموجودة داخل نواة الخلية لتعطي أزواج الكروموسومات التي تستقر في خلية الزيجوت الناتجة.

تهتم الزيجية بمقارنة أليلات الجينات المختلفة الموجودة على الكروموسومات في كل زوج. وتُعرف مجموعة الأليلات المختلفة القادمة من الكروموسومين باسم النمط الجيني للكائن الحي بينما يشار إلى البروتينات الفيزيائية - أي السمات أو خصائص الكائن الحي - التي تترجمها باسم النمط الظاهري.

عندما يكون لنسختي الكروموسوم الأليل نفسه لجين مسئول عن سمة معينة يطلق على النمط الجيني "متماثل الزيجوت" أما عندما يكون لهما أليل مختلف فيطلق على النمط الجيني "متغاير الزيجوت"، وإذا كان أحد الأليلين غير موجود يطلق على النمط الجيني "نصفي الزيجوت"، أما إذا كان كلا الأليلين غير موجود فيطلق على النمط الجيني "صفري الزيجوت".

### السيادة الوراثية

النمط الجيني ABO عند الذرية		الأليلات الموروثة من الأم		
		A	B	O
الأليلات الموروثة من الأب	A	A	AB	A
	B	AB	B	B
	O	A	B	O

عندما تكون أليلات جين على كروموسومين مقترنين متغايرة الزيجوت لا يكون واضحاً أي الكروموسومين يتم التعبير عنه وهنا يأتي دور السيادة الوراثية. وتقدم الأنماط الجينية التي تنتج فصائل دم بشرية مختلفة يحددها كروموسوم 9 (نمط جيني

متماثل) مثلاً على ذلك؛ فأليلات فصائل الدم يمكنها أن تأخذ واحدة من ثلاث صيغ - A، أو B، أو O عندما يكون أليل A موجوداً على كلا نسختي كروموسوم 9 (نمط جيني متماثل الزيجوت) أو عندما يكون الأليل له اتحاد A و O متماثل الزيجوت يكون النمط الجيني الناتج هو فصيلة الدم A، وهنا يسمى A سائداً و O متنحياً. ويمكن ل B أن يسود O بالطريقة نفسها، ولا تصبح فصيلة الدم لها النوع O إلا عندما يكون للكروموسومين نمط جيني متماثل الزيجوت OO. وهناك حالات خاصة تنشأ في النمط الجيني AB مما

يؤدي إلى نمط ظاهري AB- ويقال عندئذ أن A، وB كلاهما سائد، ومن الحالات الأخرى: لون العيون الزرقاء والبنية في البشر- أليل اللون البني سائد بينما أليل اللون الأزرق متنحي.

### التحويلات الجينية

تُعرف التغيرات الحادثة للجينات المخزنة على تسلسل الدنا لكائن الحي باسم التحويلات الجينية، ويمكن للإزاحات الحادثة في النمط الجيني للكائن الحي التي تحدثها هذه التحويلات أن تسبب إزاحات في النمط الظاهري المناظر- السمات الفيزيائية للكائن الحي. أحيانا تكون هذه التحويلات مفيدة؛ على سبيل المثال، تقوم التحويلات الطبيعية التي يحدثها خلط الدنا لكائن الحي خلال عملية تقاطع الكروموسومات عند تكوين خلايا الجاميتات التناسلية بدفع التطور بواسطة الانتخاب الطبيعي أما التحويلات الأخرى فتحقق نفعاً أقل؛ فهي تحدث للدنا بواسطة مواد كيميائية معينة وبواسطة تأيين الإشعاع مثل الإشعاعات الناتجة من التحلل الإشعاعي والتي قد تؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

ويمكن أن تتسبب الامتدادات المرتدة للدنا المعروفة باسم (الچين القابل للنقل) - لكنها تعطى الاسم المستعار (الچينات القافزة) نسبة إلى قدرتها على القفز إلى أماكن مختلفة في تسلسل الدنا للخلية - في تحويرات أكثر، ومن المعروف أن الجينات القابلة للنقل تتسبب في أمراض خطيرة منها السرطان، والطاعون.

### الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين المؤتلف

التحويلات الجينية وسيلة يمكن لشفرة الدنا لكائن الحي أن تتغير بها بطريقة لا يمكن التحكم بها، أما نتيجة لأسباب طبيعية أو بسبب تأثير الملوثات في صورة مواد كيميائية أو إشعاعات، لكن هناك وسيلة أخرى أكثر تعمداً من أجل تغيير جينات الكائن الحي ألا وهي الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين المؤتلف، وهي تتم من خلال تركيب تسلسل الدنا بطريقة اصطناعية في مختبر ثم دمجها في التسلسل الجيني الموجود للكائن الحي من أجل إحداث التغيير الفيزيائي للكائن الحي بمحرد التعبير عن الدنا الجديد. ويمكن إدخال الدنا الجديد إلى الكائن الحي باستخدام وسائل عدة.

تعمل الفيروسات من خلال حقن المادة الجينية الخاصة داخل الكائن الحي المضيف وبالتالي فإن أحد طرق إدخال الدنا الجديد تكون عن طريق إحلال الدنا المؤتلف محل الشفرة الجينية للفيروس وإصابة المضيف بها ؛ ويمكن أيضا استخدام البلازميدات البكتيرية بنفس الطريقة. وقد تم تطوير تقنيات تكوين الدنا المؤتلف لأول مرة في أوائل السبعينيات من القرن العشرين، وهي الآن تشكّل أساس تكنولوجيا التعديل الوراثي مثل الأتعمة المعدلة وراثيا والأحياء الاصطناعية

### علم الجينوم

يشار إلى الشفرة الوراثية الكاملة للكائن الحي - تسلسل النيوكليوتيدات A، G، T، وC التي تحصل عليها عندما تقوم بفرد كروموسومات الدنا من نهايتها والرسم التفصيلي لكيفية انقسام هذا التسلسل إلى أجزاء تشكّل الجين ب "جينوم" الكائن الحي. أما الدراسة العلمية لجينومات الكائنات الحية المختلفة فيطلق عليها "علم الجينوم"، والهدف من هذه الدراسة هو القدرة على تحليل التسلسل الجيني الكامل لأي كائن حي من أجل التكهن بسماته الجسدية.

ينقسم علم الجينوم إلى ثلاثة فروع: "علم الجينوم الهيكلي" الذي يستخدم العمليات الكيميائية وكميات من طاقة الحوسبة من أجل محاولة رسم جينوم الكائنات الحية؛ و"علم الجينوم الوظيفي" الذي يدور حول التعبير الجيني - كيفية ترجمة الجينات تمامًا إلى سمات - وكيفية تغير هذه العلاقة تحت ظروف مختلفة؛ وأخيرًا "علم الجينوم المقارن" الذي يحاول أن يوازي بين جينومات السلالات المختلفة في محاولة لتحقيق فهم أعمق لسلالة ما من خلال تحليل جينوم سلالة أخرى.

أول كائن حي تمت معرفة التسلسل الجيني له هو الفيروس البكتيري ( bacteriophage virus ) عام 1977.

وقد بدأ علم الجينوم في الانطلاق في الثمانينات، وفي عام 2001 اكتملت أول مسودة للجينوم البشري - إنه مشروع الجينوم البشري.

## التسلسل الجيني

معرفة التسلسل الجيني هي إحدى الأدوات الرئيسة في علم الجينوم - وهي استخدام وسائل كيميائية لقراءة تسلسل قواعد النيوكليوتيدات التي تشكّل شريط الدنا. هناك طريقتان أساسيتان: طريقة "ماكسام جيلبرت" التي يتم فيها تقطيع شريط الدنا باستخدام إنزيمات ثم معالجة الأجزاء الناتجة باستخدام مواد كيميائية متنوعة بحيث يتفاعل كل منها مع قاعدة واحدة فقط من قواعد نيوكليوتيد الدنا الأربعة من أجل استنتاج التسلسل. أما طريقة "سانجر" فهي وسيلة أخرى يتم فيها تصنيع شريط دنا جديد من عينة الاختبار، ويمكن إيقاف هذا التصنيع عند أي نقطة وإضافة مادة كيميائية تتفاعل مع إحدى قواعد النيوكليوتيدات الأربعة، وبملاحظة أي المواد الكيميائية تقوم بإيقاف التصنيع يتم الكشف عن القاعدة التالية، وتكرار العملية يمكن معرفة تسلسل الدنا كاملاً. وتعتبر طريقة "سانجر" طريقة ممتازة بشكل عام؛ حيث أنها ممكنة التطبيق على الرنا أيضاً، كما أن يمكن أتمتها بشكل كامل.

## مشروع الجينوم البشري

كان مشروع الجينوم البشري الذي بدأ عام 1988 جهداً عالمياً لوضع رسم تفصيلي للجينوم البشري، وفهرسة أزواج القواعد التي يتكون منها كل جين في تسلسل الدنا البشري. والجينوم البشري جينوم ضخم طوله 3 مليار زوج من القواعد؛ إلا أن الإنسان النموذجي ليس لديه إلا حوالي 24000 جين مفيد. واكتملت المسودة التقريبية للتسلسل والتي كلفت 3 مليار دولار عام 2001، بينما اكتمل التسلسل كله في عام 2003. يسعى الباحثون الآن إلى اكتساب رؤية أعمق حول وظائف جميع الجينات التي تشكّل الجينوم البشري - وهو مشروع سيجلب فوائد صحية كثيرة من خلال الطب الوراثي. وتهدف مشروعات أخرى إلى وضع رسم تفصيلي لتغيرات الجينوم بين المجموعات العرقية المختلفة، ووضع رسم تفصيلي لتسلسلات الدنا للأفراد - عام 2007 نشر عالم الأحياء الأمريكي كرياج فينتر تسلسله الجيني كاملاً وبذلك أصبح أول شخص في التاريخ يفعل ذلك.