**المادة الوراثية (DNA)**

الحمض الريبوزي النووي المنزوع الأوكسجين أو حمض الديوكسي ريبونيوكليك أو الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين أو الحمض النووي الصبغي أو كما يسمى في هذه المقالة دي أن إيه (DNA) بالإنجليزية، والدِنا هو مجموعات كبيرة متكررة من الأحماض النووية تتشكل في هيئة سلسلتين طويلتين حلزونتين من الجزيئات وتربط بين السلسلتين أحماضا نووية مثل درجات السلم. الدي أن إيه هو العماد الأساسي للكائنات الحية ووجود الحياة على الأرض. إذ أنه يمكن أن يكرر نفسه، أي يصنع مثيلا له. وهو الذي يحتوي على التعليمات الجينية التي تصف التطور البيولوجي للكائنات الحية ومعظم الفيروسات؛ كما أنه يحوي التعليمات الوراثية اللازمة لتكوين أعضاء الجنين سواء في الرحم أو البيضة أو النبات، أي لكل الكائنات الحية.

يعتبر وسيلة التخزين الطويل الأجل للمعلومات الوراثية وهي الوظيفة الأساسية لجزيئات الدي أن إيه بالإضافة إلى أنه يمكن من خلال هذه الجزيئات الحصول على المعلومات اللازمة لبناء البروتينات والحمض الريبي النووي (بالإنجليزية: RNA). تسمى قطع الدي أن إيه (DNA) التي تحمل معلومات وراثية يمكن ترجمتها لبروتينات بالمورثات أو الجينات. تتواجد بعض قطع الدي أن إيه لأغراض تركيبية وتنظيمية.

كيميائياً؛ يتكون الدي أن إيه من سلسلتين من الجزيئات مرتبطتين ببعضهما البعض وتشكل اللولب المزدوج. وهذه السلسلتان تمثلان ضلعي "سلم"، وحداته البنائية تسمى النيوكليوتيدات. وتتكون السلسلتان من سكر خماسي الكربون ريبوزي منقوص الأكسجين ومجموعة فوسفات. وتربط القواعد النتروجينية - وهي تمثل درجات السلم - بين السلسلتين؛ وهذه القواعد النتروجينة هي: غوانين (G) وأدينين (A) وثيمين (T) وسيتوزين (C). وكل قاعدتين تشكل درجة من درجات "السلم" تربط الضلعين ببعضهما البعض. وكل اثنين من تلك النيوكليوتيدات (القواعد النتروجينية) ترتبط مع بعضها البعض برابطة تساهمية، ويتم الإرتباط بين جزيئات السكر والفوسفات بشكل متتابع لتكوين ما يعرف بهيكل سكر الفوسفات (الضلعين). وبناء على قواعد الإرتباط، فإن كل سلسلة دي أن إيه تحتوي على قواعد نيتروجينية ترتبط ببعضها (الأدنين مع الثيامين والجوانين مع السايتوسين) برابطة هيدروجينية مكونة بذلك الروابط العرضية للحلزون المزدوج (السلم).

لكل من غوانين (G) وأدينين (A) وثيمين (T) وسيتوزين (C) شكله الخاص. فشكل الأدينين (A) يرتبط ب ثيمين (T)؛ والسيتوزين (C) يمكن أن يرتبط مباشرة بالغوانين (G). وتسمى هذه "أزواج قواعد" Base pairs. ويمكن بناءا على ذلك تخيل أن جزيء الدي أن إيه عبارة عن سلم حلزوني تتكون فيه كل درجة من زوج قواعد واحد. وعلى هذا الأساس تكون هناك أربعة احتمالات للترابط وتكوين درجة للسلم T-A , A-T : C-G , G-C : فإذا حدث وأن أصاب أحد القواعد تلفا أو ضاع، فإن تعويضه يمكن أن يتم بسهولة عن طريق نصف الدرجة الباقي فلا يتم تعويض ثيمين T مثلا إلا بثيمين T. أي أن الحلزون المزدوج في استطاعته تكوين نسخة منه، حيث أن كلا الضلعين يمكن أن يكون قالبا لصناعة نسخة منه. فإذا قمت بقسم السلم إلى ضلعيه عبر الروابط بين أزواج القواعد بطول الدي أن إيه ، فإن كل من الضلعين يحوي المعلومات الكاملة لإعادة بناء نسخة من الأصل.

بالتالي يمكن تصور أن الدي أن إيه عبارة عن مخطوطة، أو برمجة سوفتوير، موجودة في نواة خلية. واللغة المكتوبة بها تتكون من أربعة حروف. والجملة المكونة من عدة كلمات منها تعرف بأنها جين. وكل جين يتكون من مئات أو آلاف الحروف. وجميع الوظائف التي تؤديها الخلية - حتى لو كانت خلية بشرية معقدة مثلنا - فهي تنظم عملها وفقا لترتيب الشفرة المكتوبة بالحروف الأربعة في هذا المخطوط.

يعطي تتابع القواعد النيتروجينية على طول هيكل سكر الفوسفات في جزيء الدي أن إيه شفرات codes يمكن من خلالها تحديد تتابع الأحماض الأمينية التي تكون البروتين. ويتم ذلك كما يلي: يتم نسخ جزيء آر أن إيه مقابلا لجزيء الدي أن إيه المحتوي على كود البروتين في عملية تسمي بعملية النسخ. ويتم ترجمة الرموز إلى أحماض أمينية مقابلة خلال عملية الترجمة لتعطي البروتين المقابل. وليس بالضرورة أن تترجم كامل الشفرة إلى بروتين إذ أن بعض جزيئات الآر أن إيه تقوم بوظائف تركيبية أخرى مثل الريبوسومات وجسيمات التضفير.

حجم الدي أن إيه داخل كل خلية ضخم فلذلك يرتبط ببروتين يسمى الهستون وهو مشحون بشحنة موجبة فيستطيع الإرتباط بالدي أن إيه ذو الشحنة السالبة فيكون تركيبات تسمى الكروموسومات، والكروموسومات في مجموعها تكون ما يعرف بالجينوم (المحتوى الجيني أو الصبغي للخلية). وقبل أنقسام الخلية تتضاعف الصبغيات فيما يعرف بتضاعف الدي أن إيه ويتم ذلك في كل من بدائيات النوى وفي حقيقيات النواة.

**لمحة تاريخية**

تعود أول ملاحظة للدي أن إيه في العلم الحديث للطبيب السويسري فريدريك ميسشر في سنة 1869 عندما استطاع استخلاص مادة مجهرية من القيح واسمها نووين (نيوكلين) بسبب وجودها داخل النواة. وفي سنة 1929 استطاع فيبي ليفني من اكتشاف مكونات الوحدة الأساسية للدي أن إيه وهي النوويدات وبين أن الدي أن إيه ما هو إلا تكرار لهذه الوحدة.

في سنة 1943 أجرى أوزوالد آفري تجربة بمزج بكتيريا نيموكوكس (الاسم العلمي: Pneumococcus) ميتة وتحمل خاصية السطح الناعم مع بكتيريا حية من نفس النوع ولكنها ذات سطح خشن. نتائج التجربة كانت انتقال خاصية السطح الخشن إلى البكتيريا ذات السطح الناعم. وسمي الدي أن إيه بالعامل الناقل.

و في سنة 1953 وبالاعتماد على الصور السينية المأخوذة بواسطة روزاليند فرانكلين والمعلومات المتوفرة عن القواعد وطريقة ارتباطها ببعضها، طرح كل من جيمس واتسون وفرانسيس كريك نموذجهما (اللولبي المزدوج)و نشروا تجاربهم في مجلة الطبيعة. وفي سنة 1957 وضح كريك العقيدة الأساسية لعلم الأحياء الجزيئي ووضح العلاقة ما بين الدي أن إيه والآر أن إيه(RNA) والبروتينات. وبين كريك لاحقا أن الكودونات تتكون من 3 قواعد مما ساعد علماء آخرين على فك الشيفرة الوراثية وتحديد الكودونات المشفرة للأحماض الأمينية. وفي سنة 1958 أوضح العالمان ميليسون وستال طريقة تناسخ الدي أن إيه ووصفاها بالشبه محافظة. حصل واتسون وكريك وموريس على جائزة نوبل في الطب لاكتشافاتهم في هذا الحقل في سنة 1962.

**الخواص الفيزيائية والكيميائية**

يعتبر الدي أن إيه عديد جزيئات مكوثراً (بوليمر) طويلاً مكون من وحدات متكررة تعرف بالنيوكليوتيدات (بالإنجليزية: Nucleotides) حيث يبلغ عرض سلسلة الدي أن إيه من 22 إلى 26 انغستروم وطول النيوكليوتيدة الواحدة 3.3 انغستروم. ولكن بالرغم من أن كل نيوكليوتيدة صغيرة جداً في الحجم إلا أن مكاثير الدي أن إيه يمكنها تشكيل جزيئات ضخمة تحتوي على ملايين النيوكليوتيدات فمثلاً يبلغ طول الصبغي رقم 1 (أكبر كروموسوم بشري) حوالي 220 مليون قاعدة مزدوجة.

**مكونات الحمض النووي (DNA)**

يتكون الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين من سلسلتين متوازيتين منتظمتين على هيئة سلم ملتف لولبيا (Double Helix حلزون مزدوج). يتكون جانبا السلم اللولبي من تعاقب السكر خماسي وقاعدة الفوسفات بينما تتصل القواعد النيتروجينية من الداخل. تتكون الوحدة الأساسية لبناء جزيئة الدي أن إيه، والتي تسمى بالنيوكليوتيد من ثلاثة أجزاء، وهي:

* سكر خماسي ريبوز منقوص الأكسجين
* مجموعة فوسفات.
* قاعدة (تخزن المعلومات في الدي أن إيه باستخدام هذه القواعد) وهي من نوعان:
* اثنتان من البيورينات (Purines) وهما
* أدينين Adenine وتختصر A
* غوانين Guanine وتختصر G
* اثنتان من البايريميدينات (Pyrimidines) وهما
* الثايمين Thymine وتختصر T
* السايتوسين Cytosine وتختصر C

ترتبط جزيئات السكر في الدي أن إيه برابطة فوسفاتية (بالإنجليزية: Phosphodiester Bond) في كل من ذرات الكربون الثالثة والخامسة، بينما ترتبط القاعدة النيتروجينية بذرة الكربون الأولى للسكر الخماسي. ترتبط القواعد ببعضها برابطة هيدروجينية (بالإنجليزية: Hydrogen Bond). ترتبط القواعد مع بعضها بشكل منظم بحيث ترتبط القاعدة أدينين مع القاعدة ثايمين في السلسلة المقابلة برابطة هيدروجينية ثنائية، بينما يرتبط الغوانين مع السايتوسين برابطة هيدروجينية ثلاثية. تسمى أحد سلسلتي الدي أن إيه بالنهاية الخامسة (و يرمز لها ’5)وذلك لعدم ارتباط ذرة الكربون الخامسة بسكر خماسي بينما السلسلة الأخرى تسمى بالنهاية الثالثة (’3) ولنفس السبب السابق. وتلتقي السلسلتان بشكل متواز وعكسي (بالإنجليزية: Antiparallel)، بحيث أن ’5 يقابلها على السلسلة المتوازية ’3.

يلتف الدي أن إيه (DNA) حول نفسه التفافاً لولبياً وهو ما يعرف باسم الالتفاف المفرط وقد يكون هذا الالتفاف بنفس اتجاه التفاف سلسلتي الدي أن إيه مما يجعل القواعد قريبة من بعضها بشكل كبير ويسمى التفافاً مفرطاً إيجابياً. أما إذا كان هذا الالتفاف بعكس اتجاه التفاف سلسلتي الدي أن إيه فيسمى التفافاً مفرطاً سلبياً وتكون القواعد متباعدة عن بعضها ومعظم الخلايا تظهر هذا النوع من الالتفاف المفرط.

طول الدي أن إيه (DNA)

يصل طول الدي أن إيه (DNA) بين 20 إلى 40 نانومتر . وهو أصغر كثيرا من الخلية البشرية التي تصل مقاييسها نحو 8000 نانومتر (مثل كرية الدم الحمراء)

الهندسة الوراثية :

تطورت المناهج لتنظف الحمض النووي من الكائنات الحية، على سبيل المثال عصارة حامض الكلوروفورم (سائل عديم اللون يستخدم كمخدر) ووضعه في المعمل .

أقدم دي أن إيه على الأرض

أقدم DNA: أعاد العلماء في عام 2013 تكوين جين ميتوكوندريا من بقايا إنسان أول يرجع تاريخه إلى نحو 400.000 سنة مضت وجد في أسبانيا، مما يجعله أقدم دي أن إيه يحصلون عليه من إنسان أولي.

**هيموجلوبين الجنين**

كان عالم الجينات فرانسيس كولينز مهتما في الثمانينيات من القرن الماضي بدراسة انتاج بروتين معين يوجد في خلايا الدم الحمراء في الجنين البشري. وكان من المعروف ان هذا البروتين يختفي تدريجيا بعد الولادة عندما يبدأ الطفل تنفس الهواء. هذا البروتين يسمى هيموجلوبين الجنين . والهيموجلوبين هو البروتين الذي يلتقط الاكسجين من الهواء في خلايا الدم ويوزعه على جميع أعضاء الجسم . في الانسان وفي بعض القرود لهم نوع من الهيموجلوبين في الجنين . وبعد الولادة يختفي هذا النوع من الهيموجلوبين الجنيني خلال العام الأول من حياة الطفل ، ويبدأ الهيموجلوبين العادي في الظهور . وكان فرانسيس كولينز يدرس عائلة من جاميكا كان الهيموجلوبين الجنيني لا يزال يظهر على الكبار منهم ، ويسبب لهم مرض فقر الدم المنجلي. وكان هدف فرانسيس كولينز خفض نسبة خلايا الدم المصابة بهذا البروتين الجنيني لكي ينعم المصاب منهم بصحة جيدة.

ويقص فرانسيس كولينز أنه لا ينسى يوم أن كان يقوم بتحليل لأحد الجينات التي تنتج بروتين الهيموجلوبين ، ووجد فيه أن القاعدة النتروجينية G قد استبدلت ب C ، وكان هذا الجين هو الذي ينتج هيموجلوبين الجنين. ووجد فرانسيس أن مجرد تغيير "حرف" واحد على الجنين يجعل انتاج الهيموجلوبين الجنيني مستمرا في الكبار المصابين.

بعد هذا الاكتشاف بثلاثة سنوات سمع كولينز عن مجموعة من الخبراء يبحثون مسألة تعيين الدي أن إيه بالكامل للإنسان . وهو عمل مضني لأنه متعلق بتحديد متوالية sequence أزواج القواعد التي تكون الدي أن إيه DNA البشري وعـددها 3و3 مليارات من أزواج القواعد الموجودة على 23 زوج من الكروموسومات ؛ هذا بالنسبة للبشر . فالكروموسومات هي التي تحوي الدي أن إيه الكامل للإنسان وهي موجودة في كل خلية من خلاياه الجسمية. وبذلك بدأ مشروع الجينوم البشري Human genome project.