

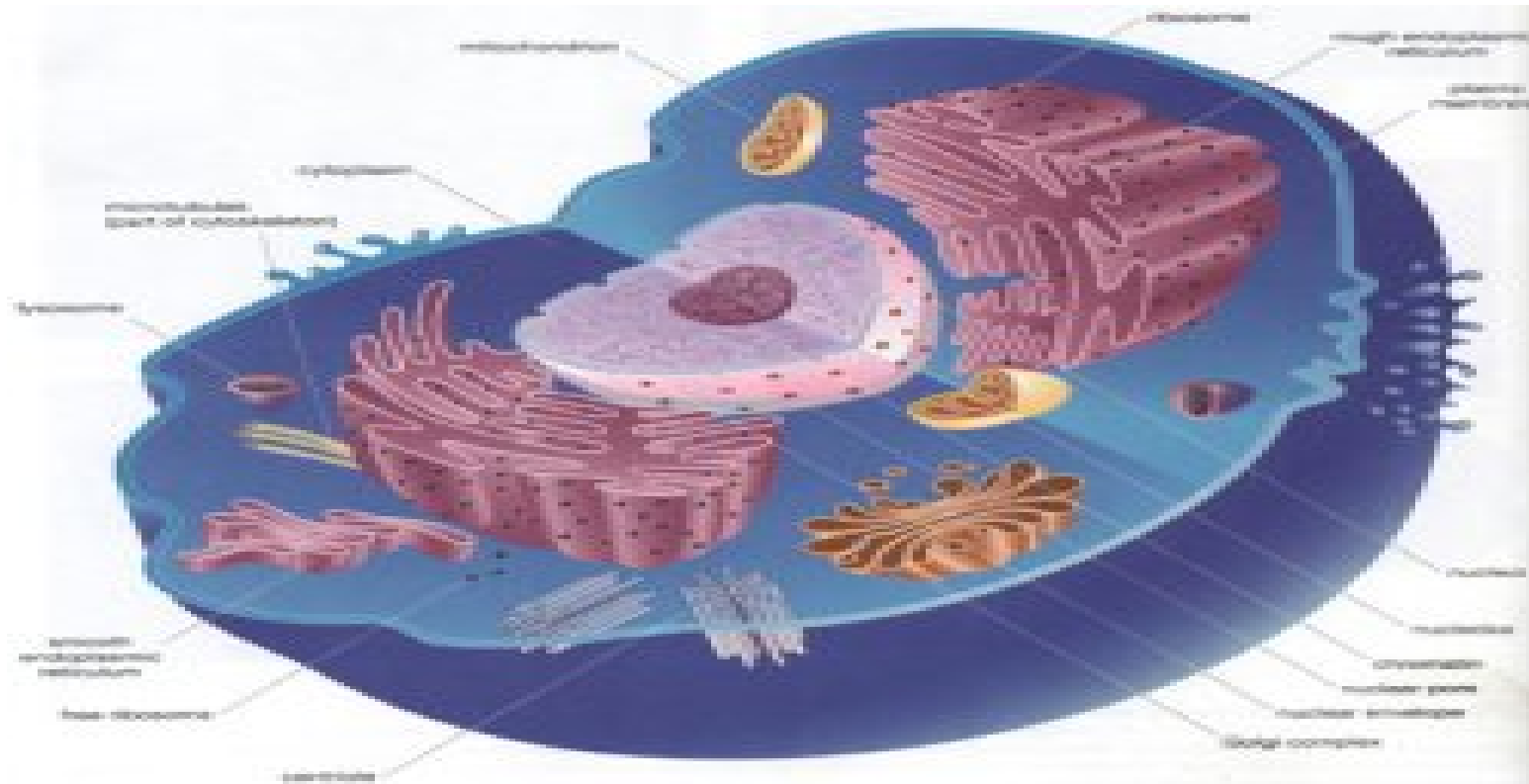
البيولوجية الجزيئية

المحاضرة الثانية

قسم علم الحيوان
دمها داغستاني

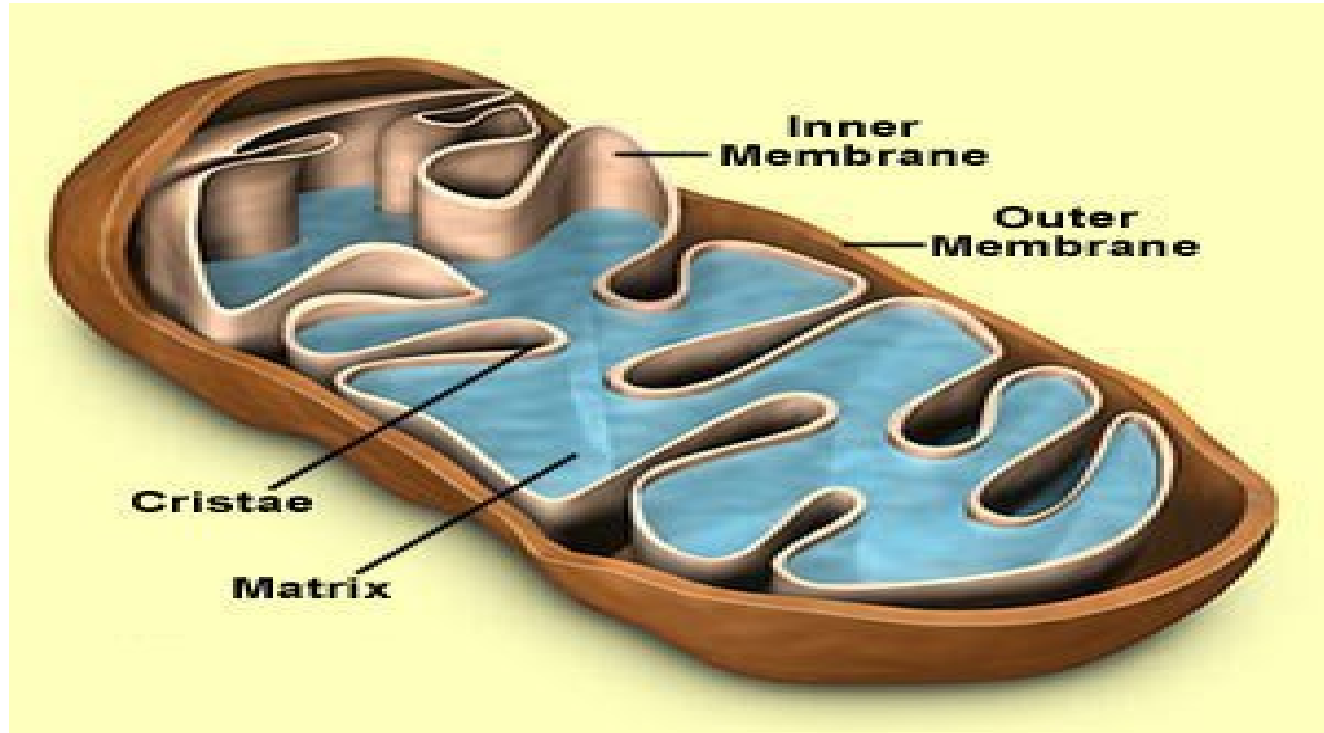
أين تحتوى الخلية على مخزون المعلومات الوراثية اللازم لتأدية عملها؟

- تحتوى الخلية على مخزون من المعلومات والخطط اللازمة لتأدية عملها داخل النواة .



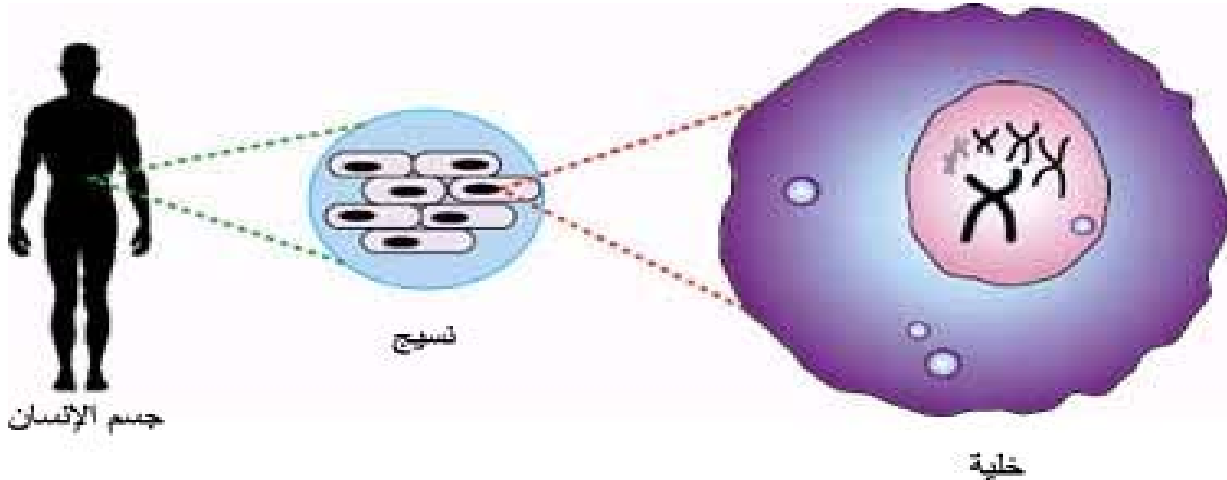
ميتاكوندريا

- والبعض الآخر خارج النواة في إحدى عضياتها وهو ما يسمى بالميتاكوندريا وهو بيت الطاقة في الخلية حيث انه المسئول عن أكسدة السكر وإنتاج الطاقة اللازمة للخلية في تسير عملها.

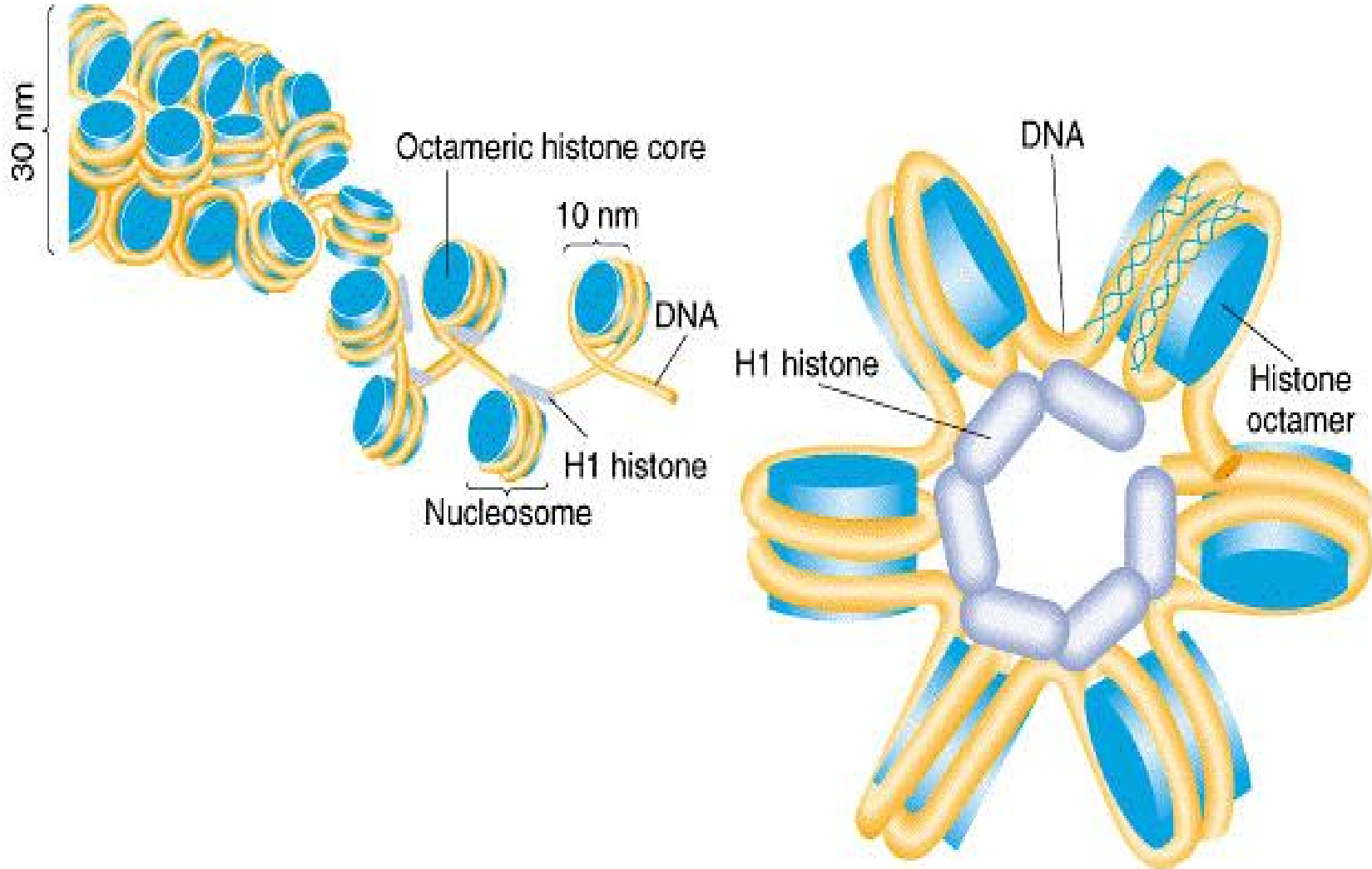


الخلايا

- يمكن القول أن جسم الإنسان يتكون من بلايين الخلايا، وأن كل خلية من جسم الإنسان تحتوي على نسخة طبق الأصل من المادة الوراثية التي هي عبارة عن الحامض النووي منزوع الأكسجين DNA الذي يكون الجينات التي بدورها تُحمل على الكروموسومات وتُورث من جيل إلى جيل.

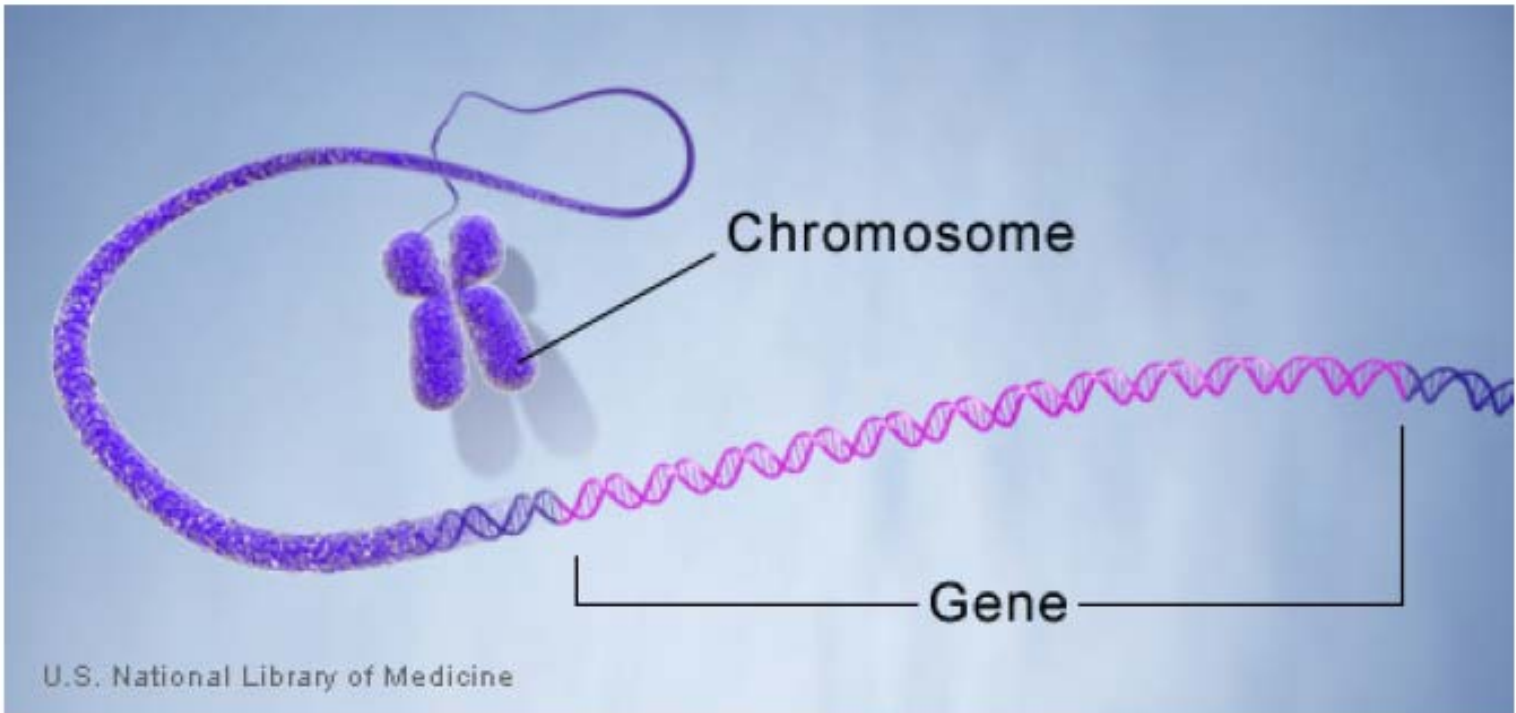


يلف شريط الـ DNA على بروتينات الهستونات ليكون النيوكليسومات التي تكون المصفوفات النووية التي ترص فوق بعضها لتكوين الكروموسوم.



ماهو الجينوم؟

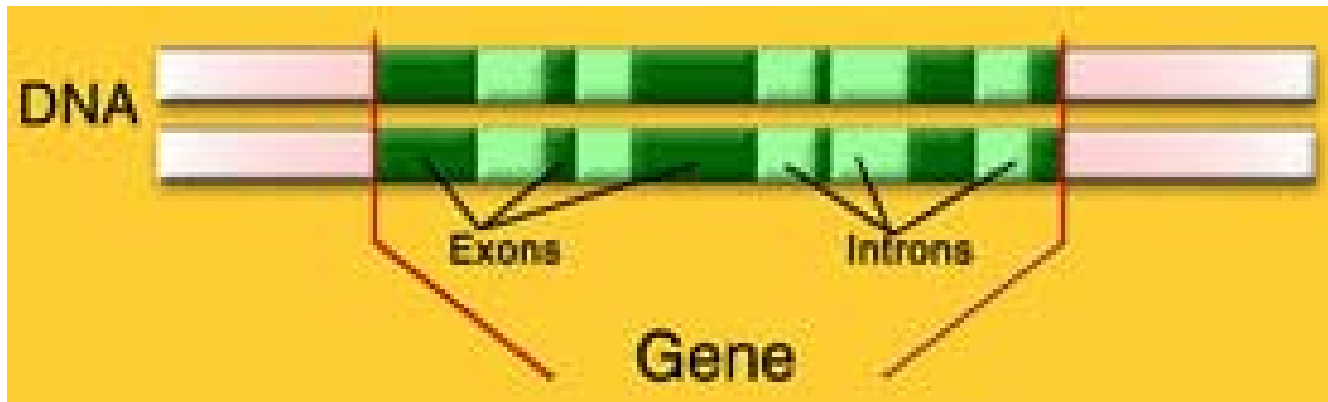
- تحمل التعليمات داخل وحدات صغيرة تسمى **بالجينات** والتي تتراص معا داخل حافظة تسمى **الكروموسومات** ومجموعة الجينات داخل الحواظ جميعها تسمى **بالجينوم**



Genes are made up of DNA. Each chromosome contains many genes.

تركيب الجينات

- يتكون الجين من الـ DNA
- يتكون الجين الواحد من شريط مزدوج من الـ DNA ويحمل على الكروموسوم. الذي يقسم إلى عدة مناطق قصيرة تعرف بالإكسونات Exons التي تفصل بواسطة مناطق أخرى أكثر طولاً يطلق عليها الإنترونات Introns .



التعبير الجيني

- وبالإضافة إلى هذه الأجزاء فإن كل **جين** يحتوي في بدايته على **مناطق تنظيمية** تحدد متى وأين يتم إنتاج البروتين، وهذه المناطق هي المسؤولة عن التحكم في ما يسمى بالتعبير الجيني **Gene Expression** وهو ما يعطي الخلايا المختلفة مميزات مختلفة مثل خلايا الكبد والخلايا العصبية. فبالرغم من أن جميع خلايا الجسم تحتوي على نفس النسخة من المجين إلا أن كل خلية تقوم بتصنيع بروتينات خاصة و محددة ذات أهمية لإتمام وظائفها.

عدد الجينات

يختلف عدد الجينات في المجين من كائن إلى آخر ويعتمد ذلك على **مدى تعقيد الكائن الحي**، فالكائنات الحية الأكثر تعقيداً تحوي عدداً أكبر من الجينات. فعلى سبيل المثال: البكتيريا وهي **كائن بدائي** تحتوي على عدة مئات إلى عدة آلاف من الجينات، بينما الإنسان الذي يعتبر **أكثر تعقيداً** يحتوي مجينه ما بين **30000 إلى 35000 جين**.

وظائف الجينات

- تحمل الجينات **شفرات خاصة** من المعلومات اللازمة لبناء البروتينات الهيكلية للخلايا و لبناء الإنزيمات لردود الأفعال الأساسية الكيميائية الحيويّة، وبمعنى آخر فإن كل جين يحتوي على مجموعة من المعلومات الوراثية والأوامر اللازمة لتصنيع سلسلة ببتيد **Peptide** أو بروتين محدد. والبروتينات هي عبارة عن مجموعات كبيرة ومتشعبة من الجزيئات تلعب دوراً مهماً في كل جوانب الجسم **التركيبية** و**الوظيفية**.

تكملة

- بالإضافة إلى ذلك، قد **تؤثر** الجينات أحياناً على **صفات وراثية** معينة بصفة غير مباشرة.
- **فمثلاً:** حجم وشكل الأنف عند الإنسان لا يرتبط بوجود بروتين محدد ، إلا أن الجينات تتحكم في هذه الصفة الوراثية عن طريق إخبار الخلية بأن تصنع بروتينات معينة **وبكميات محددة** في **أماكن محددة**.

Genome Variations تباين المجين البشري

- إن نسبة تباين المجين البشري بين الأفراد قد تصل إلى **0.1%**، ومن هذا المنطلق يمكن الإستنتاج أن كل إنسان يمتلك مجيناً خاصاً به يختلف عن أي شخص آخر. وكلما كان الشخص ذو صلة قرابة بالشخص الآخر كلما كان تشابه المجين أكبر إلا أنه لا يصل إلى حد التطابق.

تكملة

- ويعزو العلماء هذه الاختلافات من شخص إلى آخر إلى الطفرات الوراثية العشوائية التي تحدث بصفة تلقائية نتيجة للتعرض للعوامل البيئية أو نتيجة للأخطاء المصاحبة لتكاثر الـ DNA **“DNA Replication”** أثناء انقسام الخلية، وعند حدوث هذه الطفرات قبل عملية الانقسام الاختزالي للخلايا الجنسية (البويضة أو الحيوان المنوي)، فإن هذه التغيرات الوراثية تمرر إلى الأجيال التالية والتي بدورها تتراكم و وتورث إلى الأجيال التي تليها.

الطفرات الوراثية

- تحدث معظم الطفرات الوراثية في المناطق **اللاجينية** (**junk DNA**) التي تمثل حوالي 50% من المجين البشري ولا تستخدم لإنتاج البروتينات، لذلك فإن مثل هذه الطفرات غير ضارة ويمكن أن تتراكم على مر الأجيال دون الإضرار بخصائص الإنسان الأساسية. وقد حدد العلماء حوالي **1.4 مليون** موقع على الـ DNA تحتوي على اختلافات أحادية النيكليوتيدة **single-base differences (SNPs)** والتي تعتبر المسؤولة عن 90% من التباين الجيني عند البشر.

تكملة

- ومن جهة أخرى، فإن الجينات أو المناطق من الـ **DNA** التي تستخدم كشفرة وراثية لإنتاج البروتينات تعتبر **ثابتة جداً** ومقاومة للتغيرات **الوراثية** والسبب في ذلك أن مثل هذه الطفرات عادةً ما تكون **ضارة بالكائن الحي** ويصعب تمريرها من جيل إلى آخر.

الإختلافات الوراثية في المجين البشري

- وهناك نوعان من الإختلافات الوراثية في المجين البشري:
- **البوليمورفيزم Polymorphisms**: وهي عبارة عن عدة إختلافات في تسلسل الـ DNA بحيث يكون احتمال وجود أي تتابع على الأقل في 1% من مجموع الناس.
- **الطفرات الوراثية Mutation**: وتطلق على الإختلافات الوراثية النادرة (أقل من 1%)، والتي عادة ما تؤدي إلى ظهور مرض وراثي محدد.

التباين الوراثي البشري

- يتطابق المجين بين أي اثنين من البشر بنسبة تصل إلى 99.9 % ، بينما توجد ملايين المواقع في المجين البشري يختلف فيها الحمض النووي بين الناس ، وتشكل أساس التباين الوراثي البشري .
- لقد أظهرت الدراسات أن للتباين في الأحماض النووية بين الناس علاقة بتباينهم في إصابتهم **بالأمراض الشائعة** و **المعقدة** كالسرطان وأمراض القلب والسكري والأمراض النفسية ، وكذلك بتباينهم في استجابتهم للأدوية ، وفي قابليتهم للتأثر **بالعوامل البيئية الضارة** كالجراثيم والسموم والإشعاع

تطبيقات دراسة تباين المجين البشري

- ولدراسة تباين المجين البشري عدة تطبيقات لعل من أهمها
- إعداد ودراسة الخرائط الوراثية **Genome mapping**،
- وتحديد الأمراض الوراثية، وتطبيقات الطب الشرعي **Forensic medicine** كالبصمة الوراثية **DNA fingerprinting**
- وتحديد هوية الإنسان الوراثية **Genetic Identity**. بالإضافة لذلك، يعتقد العلماء إن تاريخ الجنس البشري مكتوب في الجينات، ويبرز ذلك في الأنماط المختلفة لتغير الجينات في السكان حول العالم، لذلك ومع التطور الهائل للتقنيات الحيوية، ومع إتمام مشروع المجين البشري، فإن إمكانية الحصول على معلومات وراثية دقيقة عن شخص محدد أو عن أمه أو عن جنس أمر في غاية السهولة، مما يجعل أمن المعلومات الوراثية أمراً في غاية الخطورة.

تكملة

- إن مما يثير مخاوف الدول في عصرنا الحاضر هو إمكانية إساءة استخدام المعلومات الوراثية بما يتعارض مع حقوق الإنسان كالتفرقة في التعامل من قبل شركات التأمين اعتماداً على المعلومات الوراثية، وكربط الفرص الوظيفية بالمعلومات الوراثية للشخص، بل قد يكون الأمر أشد خطورة عند محاولة استخدام المعلومات الوراثية لشعوب معينة لتصميم أسلحة **بيولوجية** تستهدف جنساً بحد ذاته.

المناطق الالاجينية وتحديد الهوية Genetic Identification

- تلعب المناطق التي لا تستخدم لإنتاج البروتين في الـ DNA دوراً هاماً في تحديد هوية الإنسان عن طريق ما يسمى **بالبصمة الوراثية DNA** **Fingerprinting**، إذ تحتوي على تسلسلات متتابعة قصيرة من الـ DNA يطلق عليها **Short Tandem Repeats** أو **STR** تتواجد في نفس الموقع من المجين عند كل شخص. والأمر الذي يجعل هذه التسلسلات خاصة ومميزة من شخص إلى آخر هو عدد هذه التتابعات الذي يختلف تماماً من شخص إلى آخر. ولتحديد هوية الإنسان باستخدام البصمة الوراثية فقد استخدم العلماء تقنيتين:

البصمة الوراثية

- باستخدام تقنية **Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLP)** والتي تعتمد على استخدام إنزيمات قاطعة Restriction enzymes لقطع المواقع المتتابعة STR من مجمل الـ DNA ثم عملية التفريد الكهربائي Electrophoresis لتحديد طول الـ STR. ويعيب هذه الطريقة الحاجة إلى كميات كبيرة من عينات الـ DNA.
- أما الطريق الثانية فهي طريقة حساسة جداً تعتمد على استخدام تقنية تفاعل البلمرة التسلسلي **Polymerase Chain Reaction (PCR)** ويستخدم في هذه الطريقة إنزيم بلمرة الـ DNA المهندس وراثياً DNA polymerase المقاوم لدرجات الحرارة العالية وذلك لإكثار مناطق الـ STR إلى ملايين النسخ ليسهل الكشف عنها بعد عملية التفريد الكهربائي.

علم المجين المقارن Comparative Genomics

- يهدف علم المجين المقارن إلى دراسة المجين البشري ومقارنته بمجينات الكائنات الحية الأخرى .
- ولهذا الفرع من علوم الوراثة فوائد وتطبيقات عديدة : فقد ساعد في اكتشاف كثير من المورثات المسببة للأمراض لدى الإنسان ،
- وفي معرفة وظائف مورثات بشرية غير معروفة الوظيفة بدراسة شبيهاتها في الكائنات الحية ،
- وأفاد كثيراً في مجال علم الأجنة ، وعلم العقاقير ، وفي دراسة الأمراض البشرية إذ يمكن معرفة آثار وجود خلل معين في مورثة ما على الإنسان بإحداث الخلل في المورثة المشابهة في فئران التجارب ومن ثم دراسة آثار هذا الخلل ، وباستخدام هذه التقنية فقد أنتجت أجيال من الفئران مصابة بالبدانة و مرض السكري و ارتفاع ضغط الدم وغيرها من الأمراض حتى يتم إجراء البحوث والدراسات

علم المجين الوظيفي Functional Genomics

- لا تزال معرفتنا ضئيلة حول كيفية عمل الخلية أو كيف تحول الخلية هذه التعليمات الوراثية الموجودة في الحمض النووي إلى طاقة وحركة ونبض وتنفس وغيرها من مظاهر الحياة ، أو كيف تتفاعل هذه البنية الوراثية مع المؤثرات البيئية (كالغذاء و التدخين واللياقة البدنية) ليحدث المرض.
- **يُعنى علم المجين الوظيفي** بدراسة وظائف المجين البشري في أجزائه التي تمثل المورثات وكذلك تلك الأجزاء التي لا تحمل شفرات وراثية معروفة ، وبدراسة ما تنتجه من بروتينات - وهي المسؤولة عن أداء الوظائف الحيوية للخلية - وكيفية تفاعل البروتينات مع بعضها البعض بصورة هي غاية في التعقيد والتناسق والإعجاز .
- كذلك يُعنى هذا العلم بدراسة الفروق في نشاط المورثات بين نسيج وآخر ، أو بين مرحلة وأخرى من مراحل المرض (كالسرطان مثلاً) لمعرفة علاقة نشاط أي مورثة بتطور المرض تحسناً أو سوءاً .

علم المعلوماتيات الحيوية Bioinformatics

- هذا التقدم الهائل في علوم الأحياء أنتج قواعد بيانات ضخمة فيما يتعلق بتركيب الحمض النووي (المكون من 3 بلايين قاعدة نيروجينية) وتركيب المورثات (التي يقرب عددها من 30 ألفاً) ووظائف البروتينات الناتجة عنها ، وبطبيعة الحال فإن هذا يستلزم تطويراً مستمراً لتقنيات الحاسب الآلي والشبكة العنكبوتية لحفظ هذه المعلومات والإفادة منها ، لتكون في متناول الدارسين والباحثين والأطباء. إن علم المعلوماتيات الحيوية **يهتم بإنتاج قواعد البيانات الحيوية والوراثية وتشغيلها وتطويرها ، واستخدام الوسائل الحاسوبية لجمعها وتنظيمها وتحليلها .**

تركيب الكروموسوم

. يتكون الكروموسوم كيميائيا من حمض يسمى الحمض النووي والذي يرمز له بالDNA او DNA حيث يتكون من عدد هائل من الوحدات الصغيرة مرتبطة في شكل سلسله وكل جزئ كامل من DNA يتركب من سلسلتين تلتفان كجديلتى حبل لتأخذ شكل اللولب المزدوج والوحدات الأساسية لهذه السلسلة هي اربع قواعد تسمى:

A الاديونوزين **C** الثياميدين **T** الجواندين **G**

1-Basic chemical units

- **A 5 carbon sugar - deoxyribose**
- **phosphate - link between sugars**
- **bases: purines = adenine and guanine**
pyrimidines = thymine and cytosine

تكملة

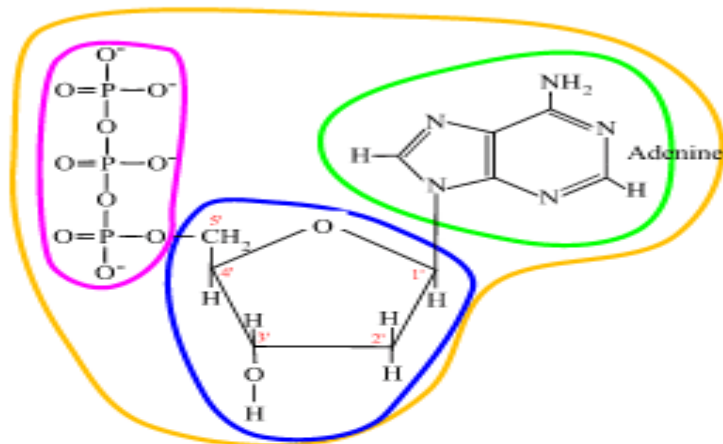
- تتكون كل نيكلويدة من ثلاثة اجزاء اثنان منها تكونان قوائم السلم الحلزوني وهما السكر الخماسي الريبوزى فى صورة الديوكسى (اى سكر الريبوز منزوع ذرة الأوكسجين من على ذرة الكربون رقم 2) و حمض الفوسفوريك.

The components of nucleotides

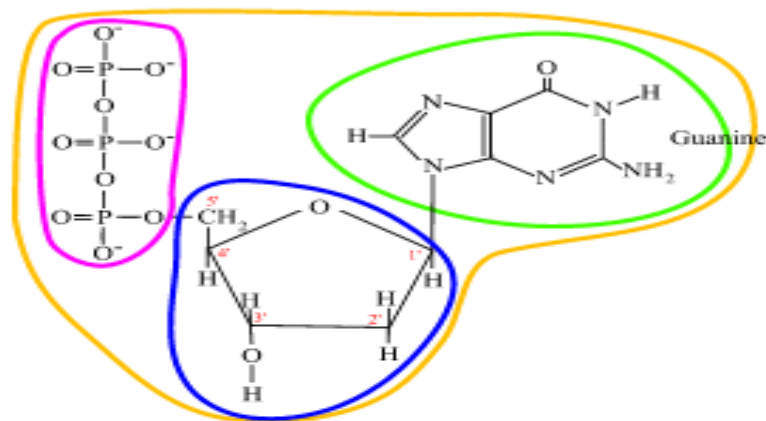
Nucleotide = base + sugar + phosphate

4 different dNTP's (deoxynucleoside triphosphate) :

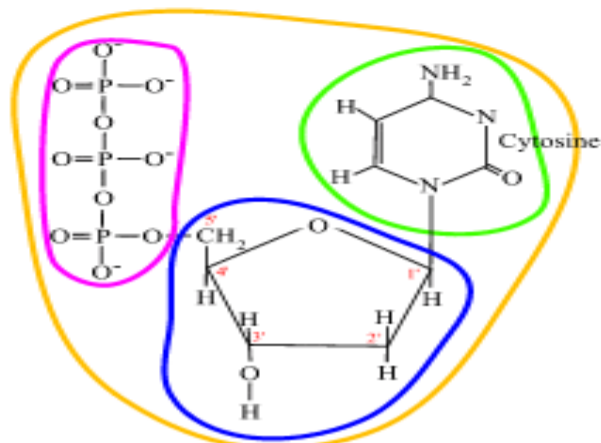
deoxyadenosine triphosphate = dATP



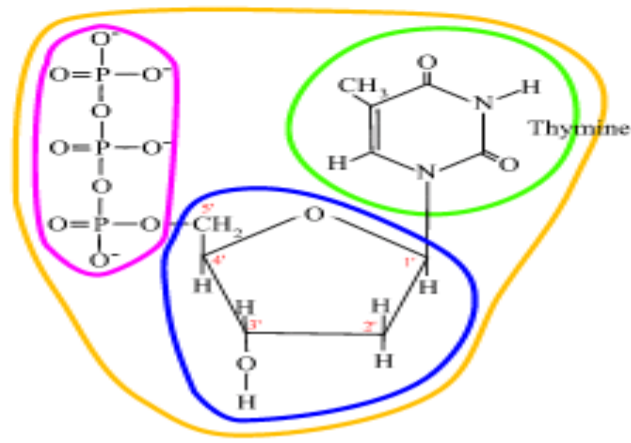
deoxyguanosine triphosphate = dGTP



deoxycytidine triphosphate = dCTP

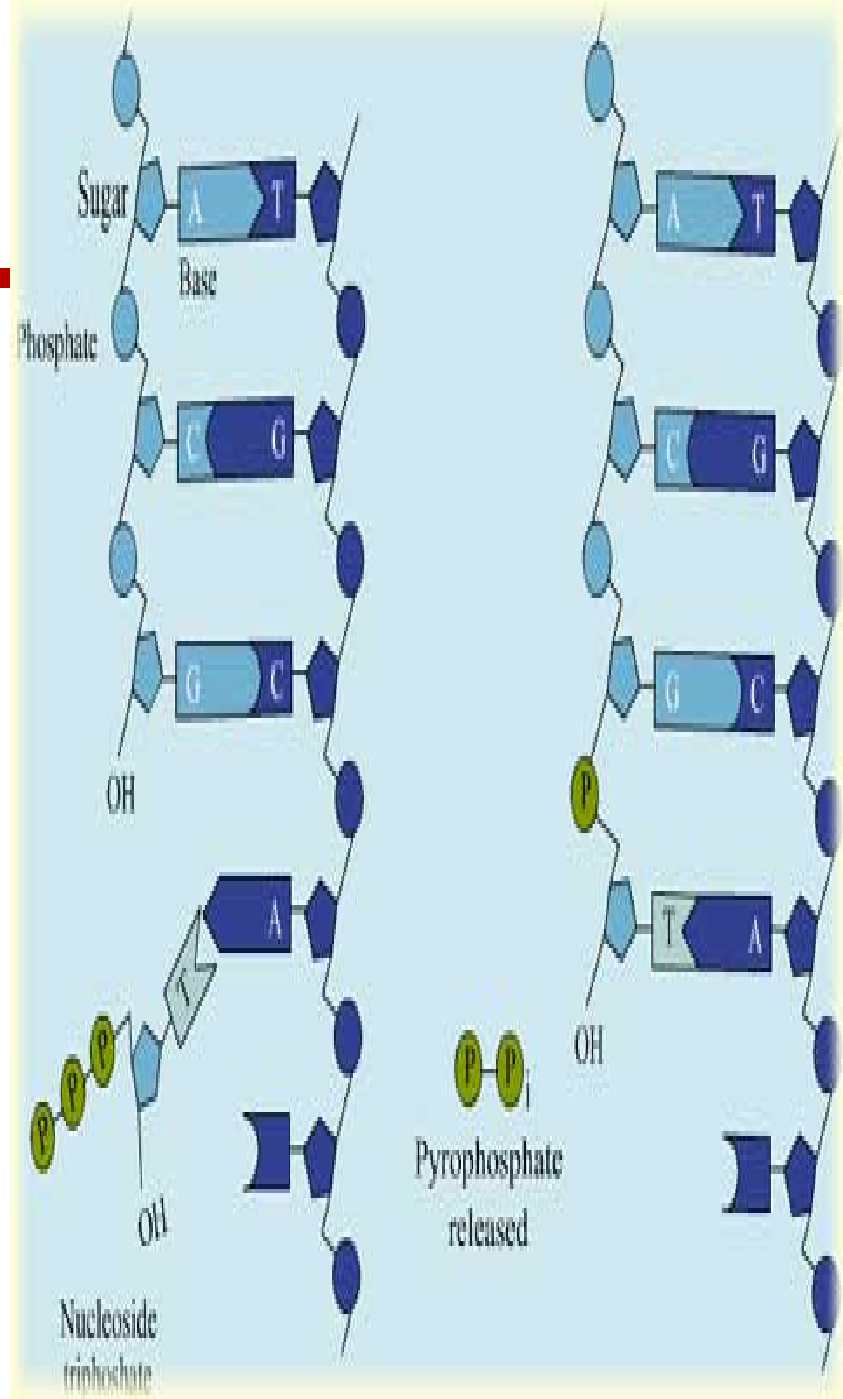
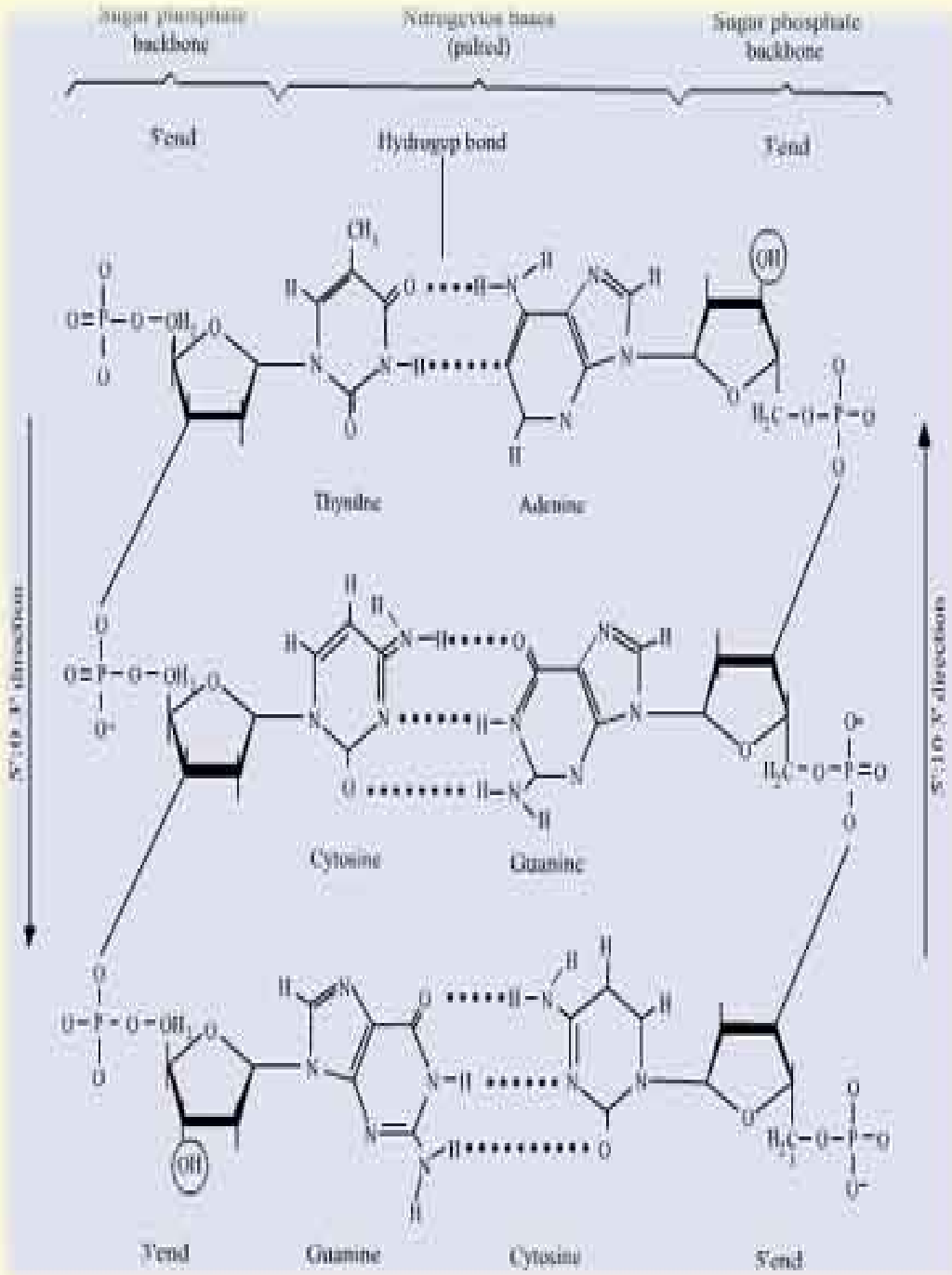


deoxythymidine triphosphate = dTTP

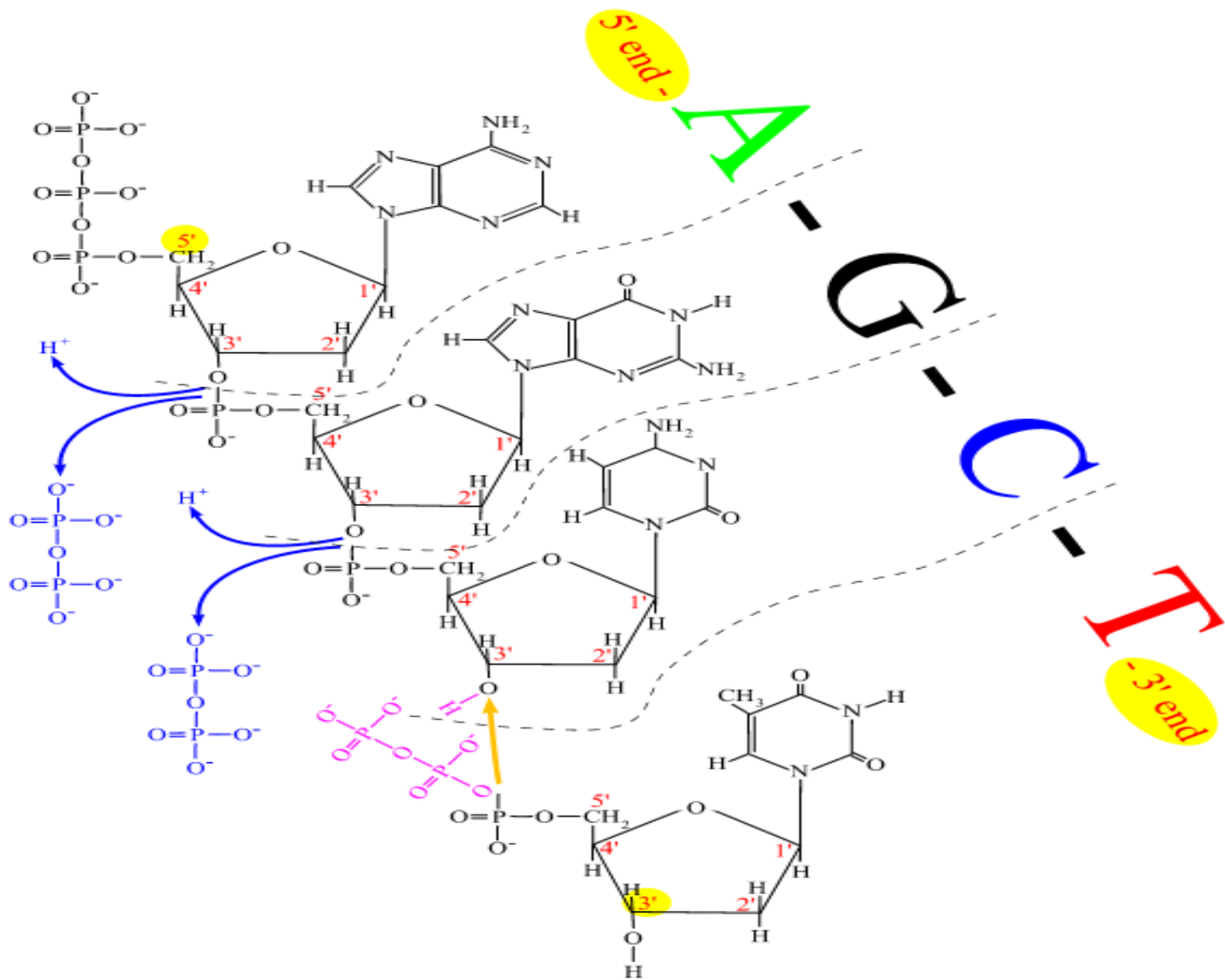


تكون الـ DNA

- وتتحد **النيوكليوتيدات** معا برابطة ثنائية الأستر حيث تتحد احدى النيوكليوتيدات مع التي تسبقها في السلسلة برابطة استر بين مجموعة الايدروكسيل على ذرة الكربون رقم 3 وحمض الفوسفوريك للنيوكليوتيدة السابقة , وبين مجموعة الايدروكسيل على ذرة الكربون رقم 5 وحمض الفوسفوريك للنيوكليوتيدة التالية والجزء الثالث من النيوكليوتيدة عبارة عن احدى القواعد الاربعة والتي تكون بالاتحاد مع ما يناظرها درجات السلم الحلزوني .
- فيتم الاتحاد بين قاعدة الادينين في نيوكليوتيدة الادينوزين A مع قاعدة الثيامين في نيوكليوتيدة الثياميدين T برابطة ثنائية الايدروجين , وبين قاعدة السيتوزين في نيوكليوتيدة السيتوزين C وقاعدة الجوانين بنيوكليوتيدة الجواندين G برابطة ثلاثية الايدروجين كما بالرسم



From nucleotide to DNA



DNA in a cell

- تمكن العالمان **واطسن وكريك** من وضع **نموذج للـ DNA**.
- هذا النموذج يتكون من شريطين حيث يمثل القواعد النيتروجينية درجات هذا السلم وهذا الدرج (القواعد النيتروجينية)
- يتكون أما من الـ **الادنين** الذي يرتبط بالـ **الثايمين** برابطة هيدروجينية ثنائية أو من الجوانين الذي يرتبط بالـ **السيتوزين** برابطة هيدروجينية ثلاثية
- ويلتف **DNA** حول نفسه بحيث يوجد عشر نيوكليوتيدات في كل لفة ليتكون **DNA** الحلزوني المزدوج فبمجرد وضع نموذج **DNA** بدأ التفكير في دراسة سلوك **DNA** وكيف يضاعف نفسه وهل سلوكه ثابت في جميع الكائنات ؟

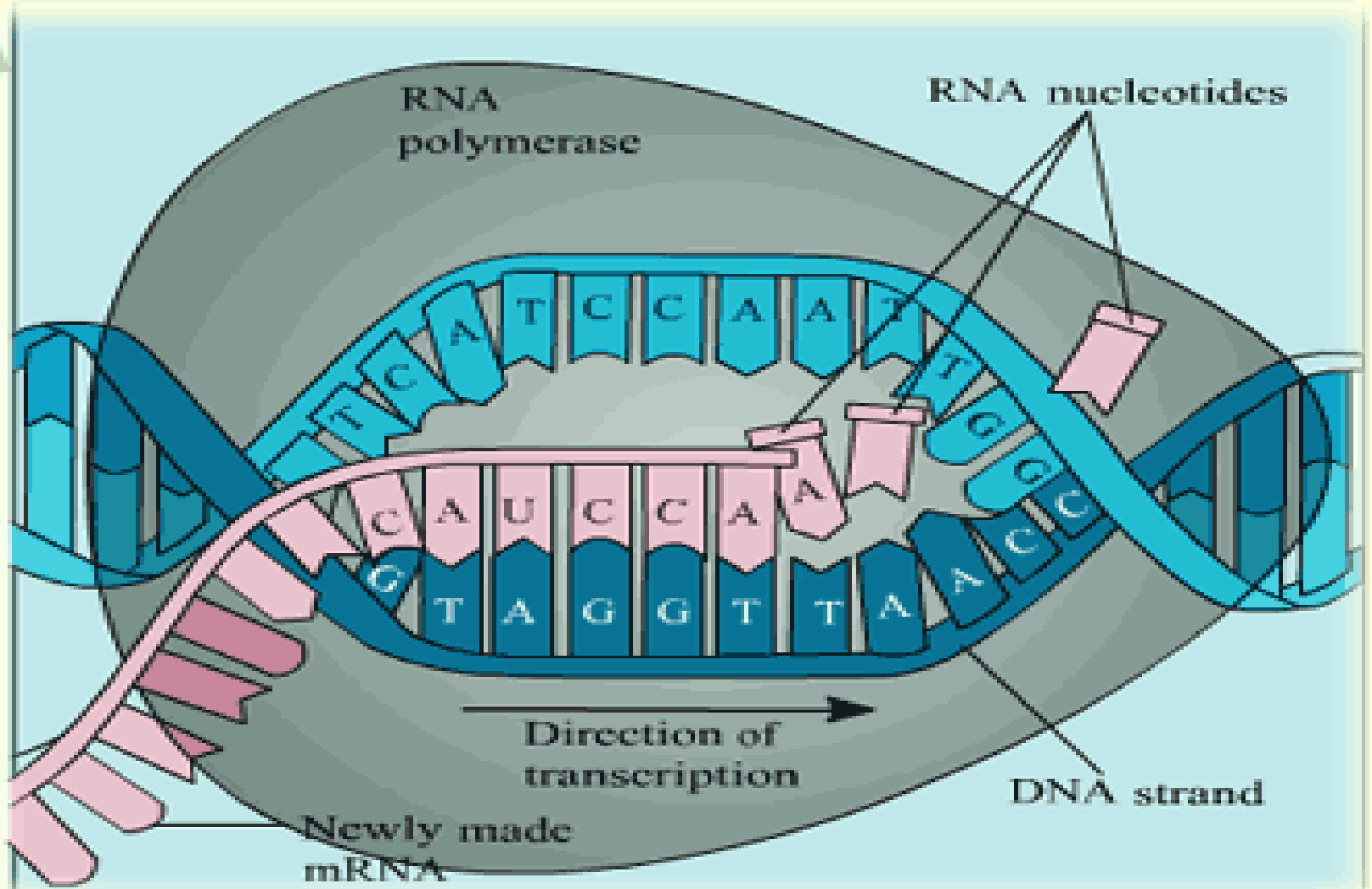
تكملة

- لقد أشار العالمان واطسن وكريك في نموذجيهما إلي أن تركيب الشريط المزدوج (DNA) يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفته حيث أن شريطي DNA يعتبر كلا منهما قالب لبناء الآخر وكما بذل العالمان واطسن وكريك جهدا كبيرا لوضع نموذج الـ DNA فقد بذل العالمان ميسسلون وستال جهدا كبيرا في الوصول للطريقة التي يتضاعف بها DNA وهى طريقة التضاعف شبه المحافظ Semi Conservative حيث ينفصل شريطا DNA عن بعضها بكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتزاوجة ثم يعمل كل شريط كقالب لبناء نفسه ثم تتكون روابط هيدروجينية بين شريطين أحدهما قديم والثاني جديد وبالتالي عندما تنقسم الخلية تنتج DNA هجيناً

تناسخ الكروموسوم

انقسام الكروموسوم خطوة أساسية قبل انقسام الخلية الى خليتين يتم بلمرة الحمض النووى من النيكلوتيدات بواسطة أنزيم البلمرة DNA Polymerase فتتفصل السلسلتين ويبدأ تكوين السلسلة المكملة الجديدة لكلا السلسلتين المنفصلتين وأنزيم البلمرة يعمل فى اتجاه 5 الى 3 فقط لذلك لا تتكون السلسلتين بإضافات مستمرة لنيكليتيديات فى كلا السلسلتين ولكن فى سلسلة واحدة التى يكون فيها الاتجاه هو 5 الى 3 اما السلسلة الاخرى فان أنزيم البلمرة يعمل على اضافة قطع صغيرة من DNA فى الاتجاه 5 الى 3 ثم يقوم أنزيم الربط DNA Ligase بربط هذه القطع الصغيرة مع بعضها حتى يتكون الكروموسوم وعلية فالكروموسوم الأصلي يعمل كمادة أولية للتفاعل او قالب

تناسخ الكروموسوم

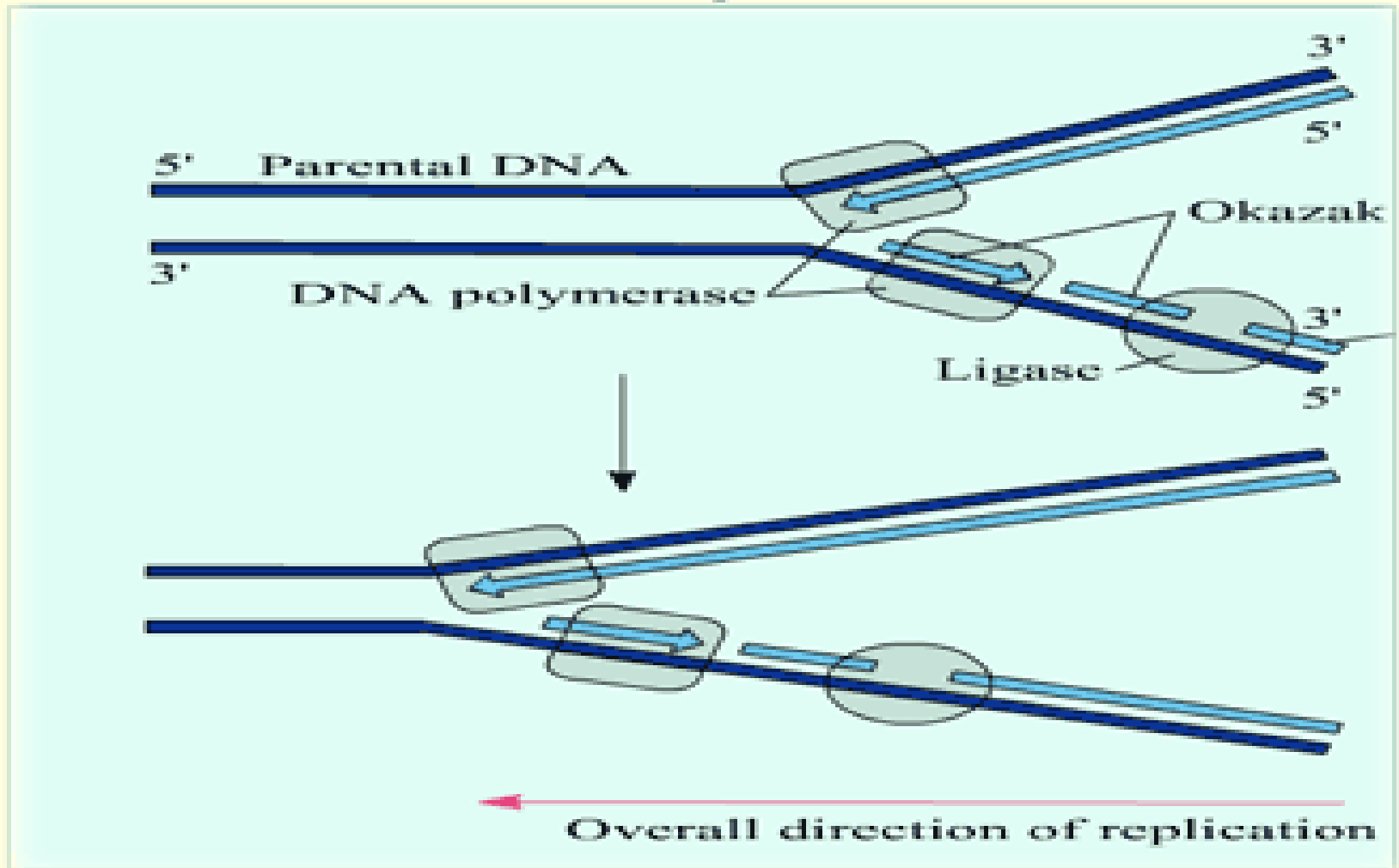


أنزيم بلمرة DNA

• يقوم **أنزيم بلمرة DNA** بوظيفتين أحدهما **ربط** النيكلوتيدات برابطة ثنائية الاستر الفوسفاتية

• **اما الوظيفة الثانية** هي تصحيح اخطاء التناسخ اذا تم اضافة نيكلوتيدة سليمة يقوم الأنزيم من خلال اخذود يحمل شحنة موجبة من ربط النيكلوتيدات السليمة ويتقدم الى الأمام اما اذا كانت النيوكلويدة خاطئة فإنها لن تتمكن من الاتحاد مع النيوكلويدة المقابلة في السلسلة (القالب) وعلية فإنها سوف تعيق تقدم الأنزيم الى الأمام فيتراجع الأنزيم إلى الخلف الى المنطقة التي تؤهله لقطع النيوكلويدة الخاطئة حتى تأتي النيوكلويدة السليمة ويبدأ السير في البناء الصحيح وهي بذلك تشبة الكماشة الجزء الامامى منها للالتحام والجزء الخلفي منها يعمل كقصافة القطع.

أنزيم بلمرة DNA



هناك نوعان من البروتينات

- الأول يسمى هليكيز *Helicase* و
- الثاني يسمى *Rep protein* يرتبط الأول بالخيط البطني في الشوكة والثاني بالخيط القائد ليقوما بالتحرك الى الامام لفك سلسلتى DNA القالب تمهيدا لعمل أنزيم البلمرة وفتح الشوكة (اي فتح السوستة) ومن جهة اخرى وجد ان سلسلة القالب عندما تكون في على نفسها بسرعة وبسهولة لوجود صورة مفردة فانها تكون معرضة للانثناء او الانطباق ازواج قواعد متطابقة فتكون عروات تشبة دبوس الشعر *hairpin* مما يعيق التناسخ لذلك توجد بروتينات خاصة تقوم بالارتباط بسرعة بالمناطق المفردة من سلسلة القالب لتثبت هذه المناطق والمحافظة عليها مفردة بدون انحاء او انثناءات لحين وصول أنزيم البلمرة يطلق على تلك البروتينات *single stranded DNA binding proteins (SSB)*, يوجد في نهاية كل كروموسوم منطقة تسمى منطقة التلومير غنية بقواعد الجواندين تفقد جزء منها كل مرة تناسخ لتحدد عمر الخلية.

قسمت الجينات

- الى ثلاث أنواع وهى :

Regulator Genes -1

- وهى الجينات المنظمة لعمل عدد من الجينات الأخرى والتي يطلق عليها اسم الجينات العاملة

Operator Genes -2

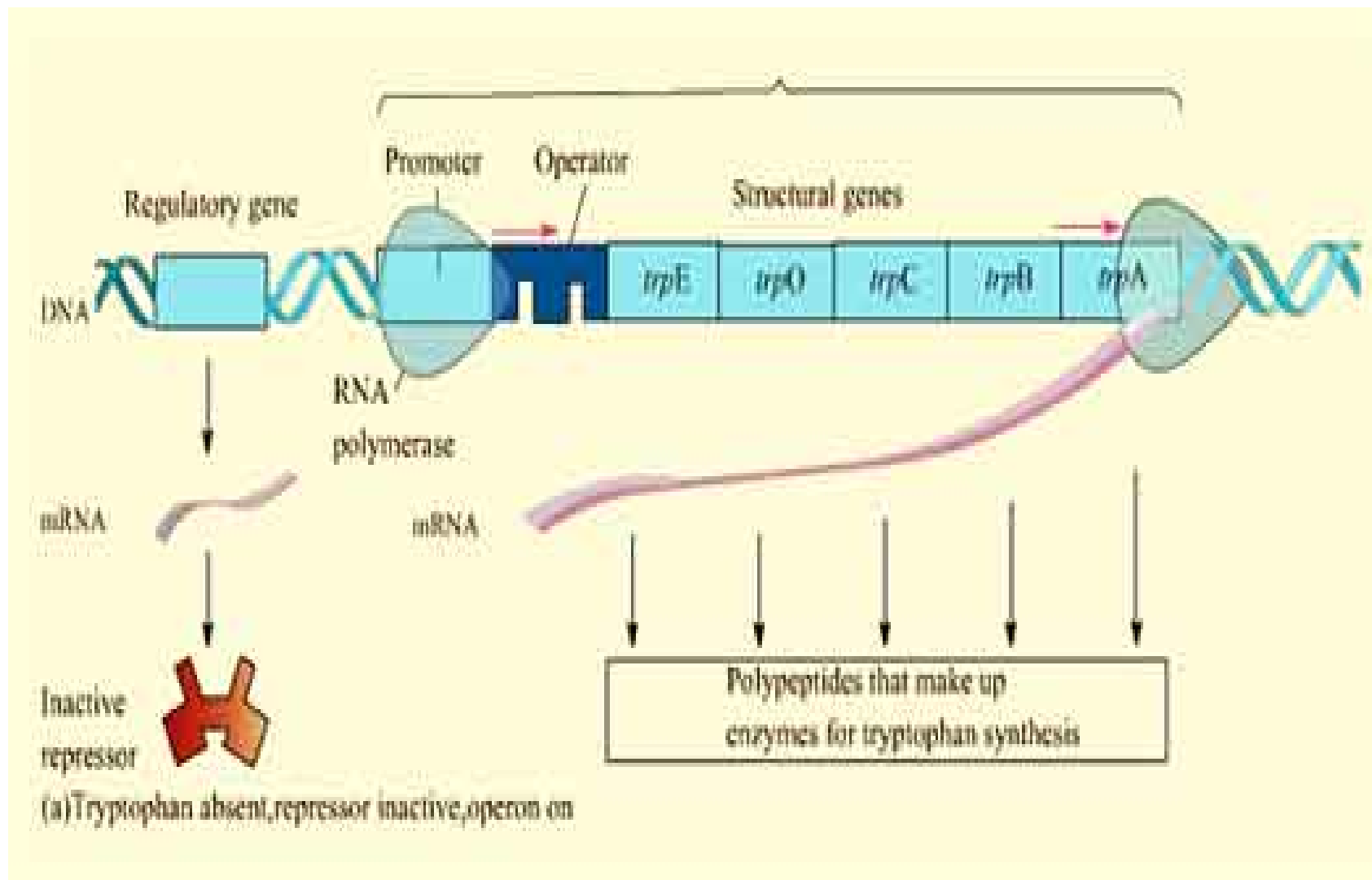
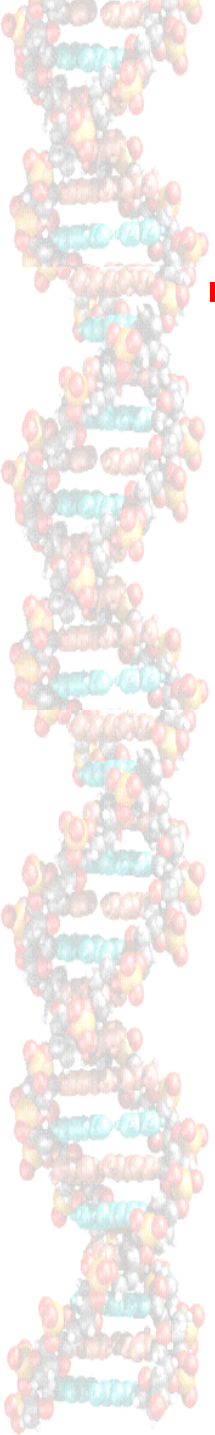
- وهى الجينات العاملة التي تقوم بدور عامل التليفون وهى التي تتحكم في فتح وغلق عدد كبير من الجينات الأخرى التي يطلق عليها **Structural Genes**

Structural Genes -3

- وهى الجينات المسؤولة عن التركيب الخاص بالبروتينات أو بروتين الإنزيم.

تنظيم نشاط الجين

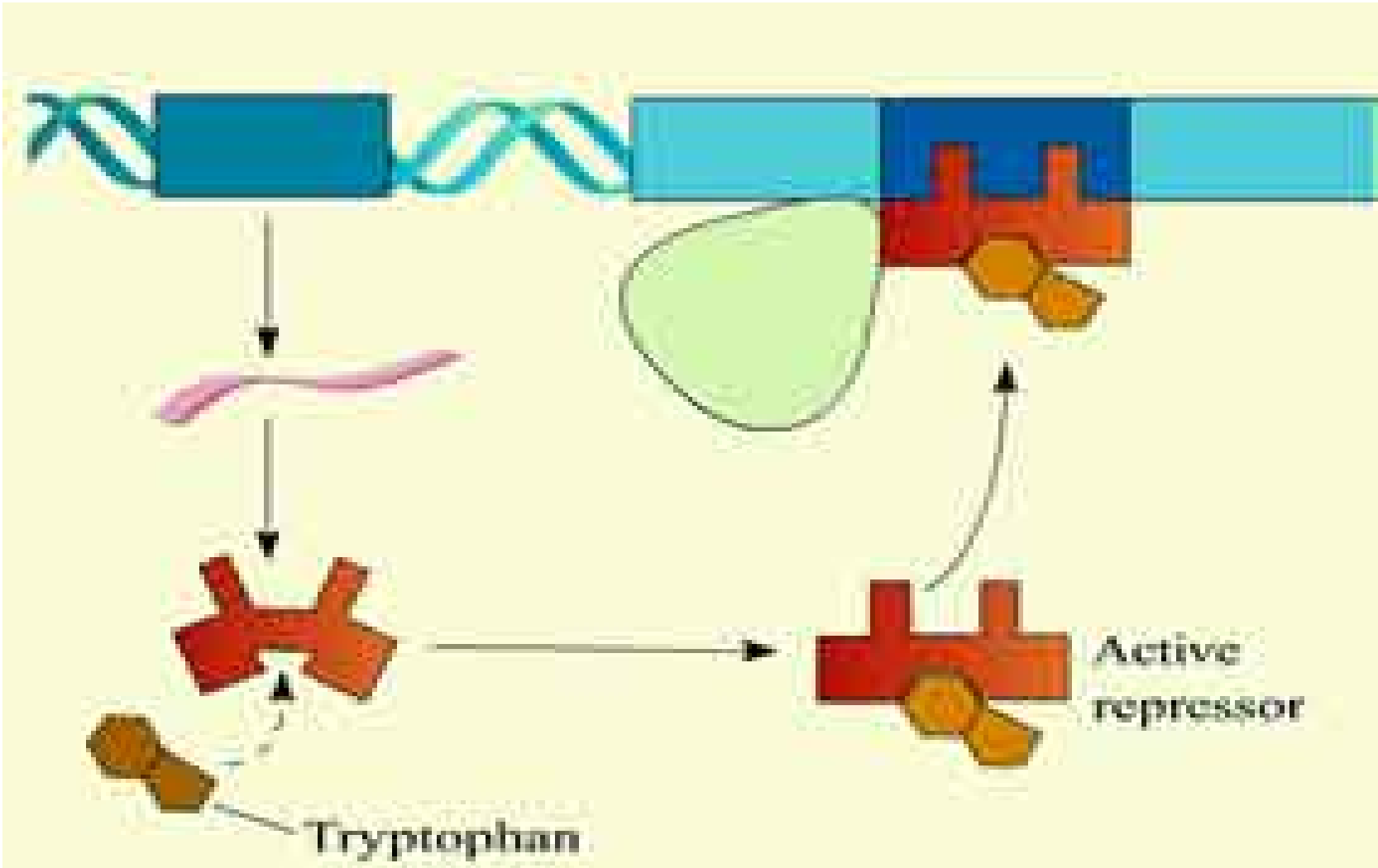
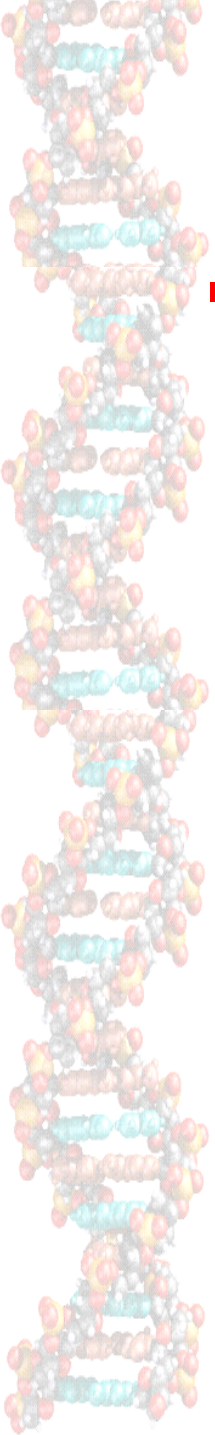
- ولقد افترض تنظيم نشاط الجين يكون عن طريق **Regulator Genes** حيث يتحكم في فتح او قفل عدد من **Structural Genes** المسئولة عن إنتاج أنزيمات معينة تؤدي تفاعلات بيوكيميائية في سلسلة ينتج عنها في النهاية ظاهرة فسيولوجية معينة .
- ويتم ذلك بأن يقوم ال **Regulator Gene** بإفراز مثبط لعمل **Operator Genes** ويطلق على هذا المثبط اسم القامع او الكابح وقد اقترح 1967 **Gelbert** أن **Repressor** عبارة عن بروتينيات تقوم بمنع الجين العامل من اتاحة الفرصة لانزيم بلمرة الرنا من ان يعمل وبالتالي لا تؤدي وظيفتها
- اقترح ان ذلك يتم بوسيلتين

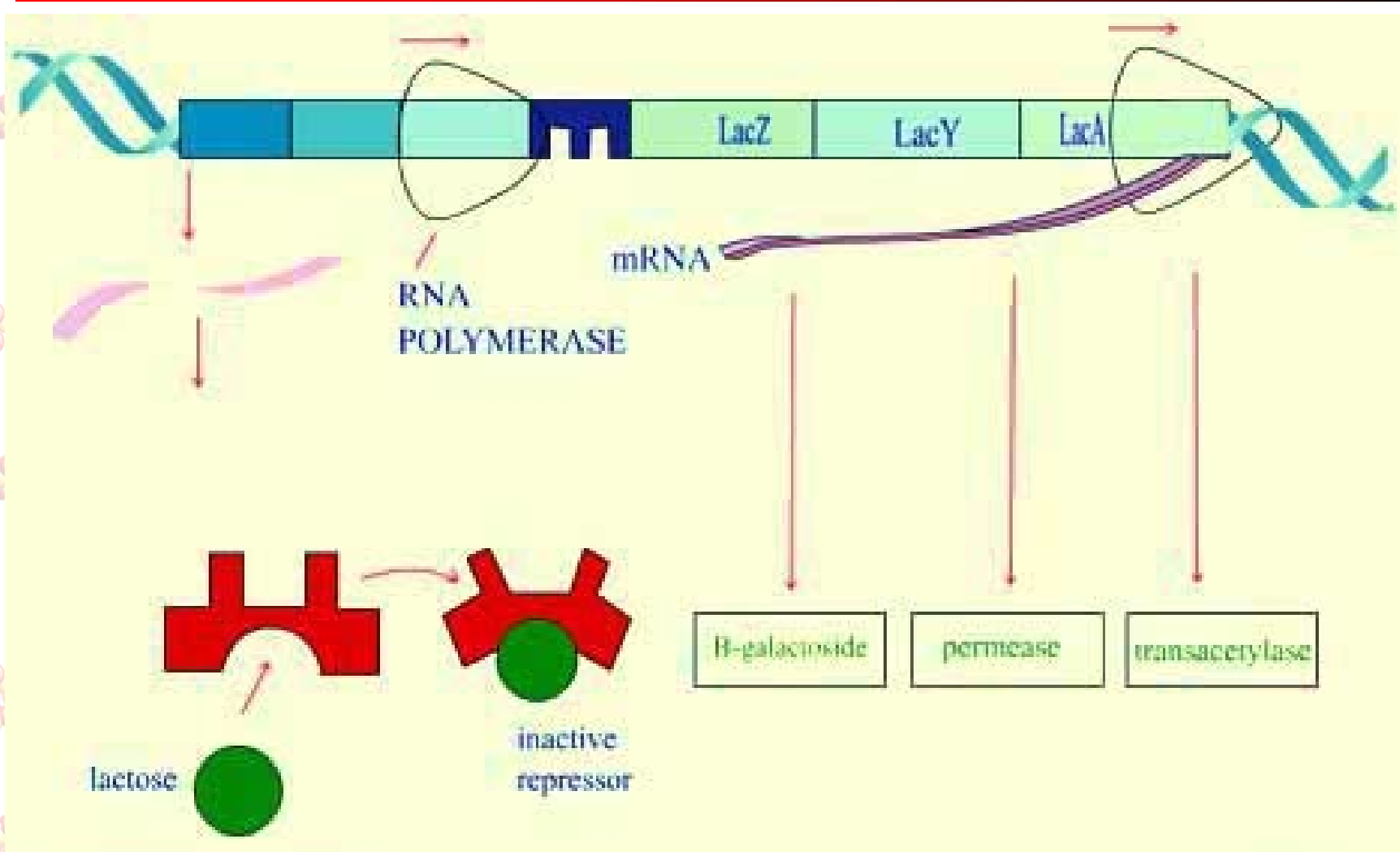
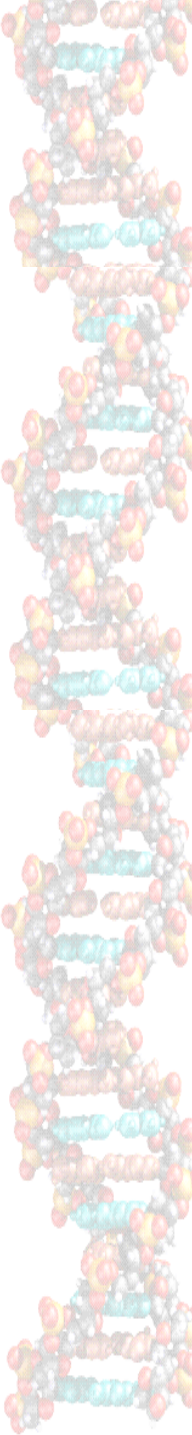




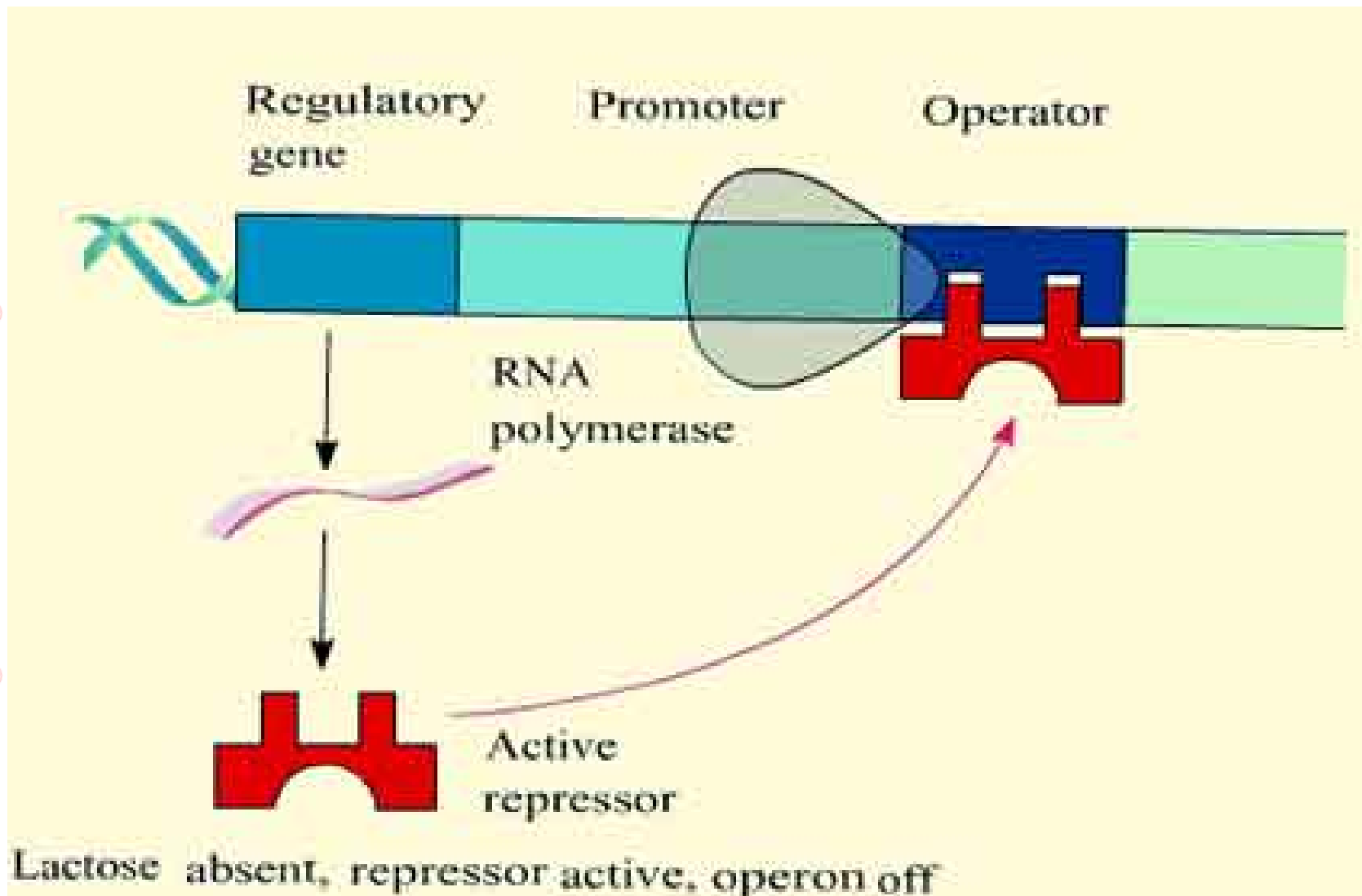
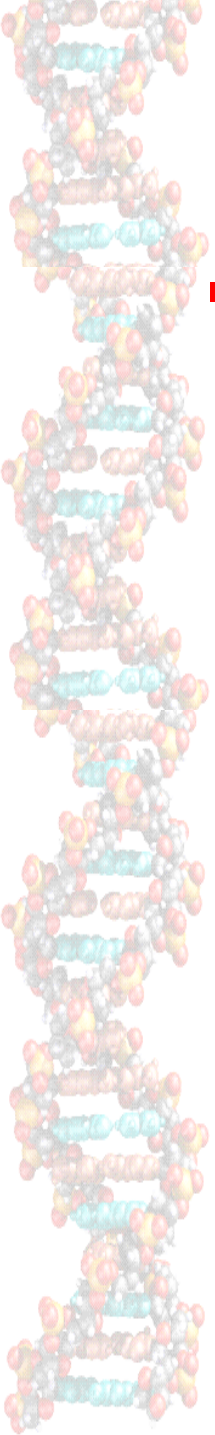
- **الاولى ان الكابح ينتج دون قدرة على الكبح الا في وجود منشط Effector عند وجوده يقوم بالالتصاق بمنطقة Operator فيمنع انزيم بلمرة الرنا من نسخ DNA وبالتالي عدم تكوين الرسالة .**

- **كما اقترح Jacob & Monod أن الالية الثانية للكابح تتم عن طريق تثبيطه بمادة ذات وزن جزيء منخفض Effector والتي تلغى قدرة الكابح على العمل وبالتالي يصبح Operator Genes حر تاركا ال Structural Genes قادرة على العمل من خلال إصدارها الأوامر الخاصة بتكوين البروتين وهي m RNA وبالتالي لانتاج إنزيمات متخصصة لاتمام تفاعلات معينة وظهور ظاهرة فسيولوجية أو صفة أو تميز خلوي أو تكشف خلايا أو أنسجة معينة**





lactose present, repressor inactive, operon on



البروتين القاعدي الهستون

- وهناك نظرية تفترض أن البروتين القاعدي المعروف بالهستون والذي يحتوي على نسبة كبيرة في تركيبه على الحمض الأميني الأرجينين والليسين" والموجود بالكروموسومات يعمل كمادة مثبطة لفصل المادة الوراثية إذا ما اتحد بها وبذلك ينظم فعلها من المراحل الجنينية وحتى الموت.

المحفز

- ويسبق منطقة العامل او **Operator** منطقة **Promoter** تسمى بمنطقة المستبدى او المحفز **Promoter** هي التى تحدد لانزيم بلمرة mRNA من اين يبدأ العمل

تنشيط الجين:

- وجد انه لكي ينشط الجين لا بد لعدد من البروتينيات تعرف بعوامل النسخ **Transcription factors** من ان ترتبط بقسم من الجين يدعى المنشط او **المعزز** Promoter ليتمكن باقى الجين من التعبير عن نفسه فى بدء عمل نسخة ال mRNA المسئولة عن إنتاج الأنزيم الذى يقوم بإتمام التفاعل الحيوى واظهار الصفة المحددة وعلية فأن عامل النسخ هذا هو بمثابة **مفتاح التشغيل On gene للجين** .

عامل النسخ

- ولا يزال العلماء يفكرون في الوسيلة التي يهتدى بها عامل النسخ هذا للوصول الى الجزء المنشط او **المعزز للجين** حتى أمكنهم من فك اللغز عندما وجدوا ان أحد عوامل النسخ يحتوى على نتوءات عرفت فيما بعد بأسم **أصابع الزنك Zinc fingers** والتي وجد انها مهيئة للتعرف على الجزء الخاص من الجين والمسئول عن تنشيطه .

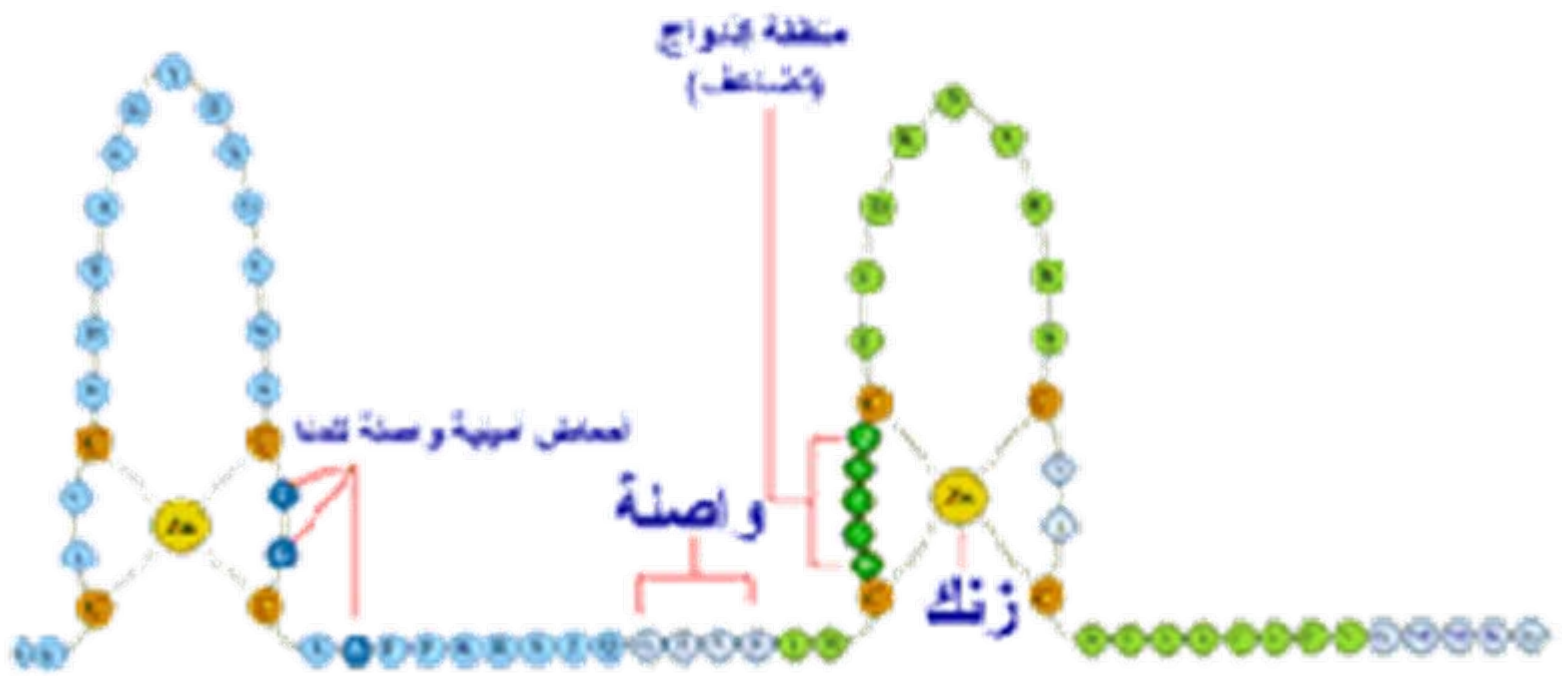
أصابع الزنك

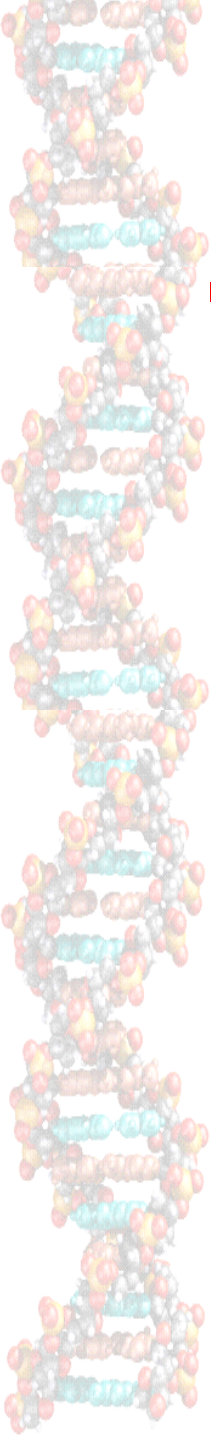
- **وأصابع الزنك** اكتشفها كلاك عام 1985 ووجد انها **متواليات** من أحماض أمينية تستطيع الانطواء حول أيون الزنك ولقد اكتشفت أصابع الزنك عندما حلت تتابعات الأحماض الأمينية في إحدى عوامل النسخ ووجد ان هناك ترتيب خاص لتتابع الأحماض الأمينية في تسع تتابعات او قطع متعاقبة او وحدات متتالية مرقمة من 1-9 بينهما تشابهات مهمة حيث تتشابه او تتطابق وجود زوج من **الأحماض السيستيئينية (C)** وزوجا من **الأحماض الهستيدينية (H)** وان زوجي السيستيئين والهستيدين في كل وحدة بنائية ينضمان الى أيون الزنك جاعلين الأحماض الأمينية الموجودة بينهما تتعلق على النحو المبين بالشكل

أصابع الزنك

وحدة مماثلة للأصبع

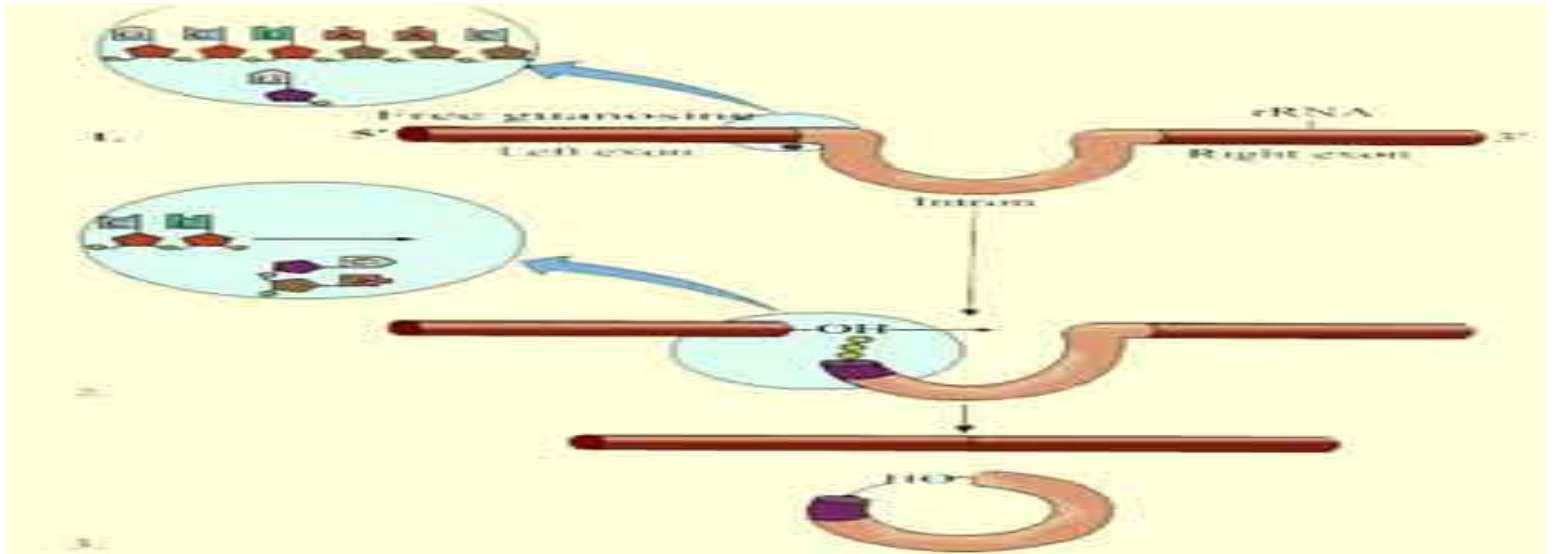
وحدة مماثلة للأصبع



- 
- كما وجد من الدراسات المكثفة سنة 1991 باستخدام الرنين المغنطيسي ان أصابع الزنك لكي تتصل بجزىء DNA لا بد لها من استعمال إصبعين على الأقل لكي يتعلق البروتين DNA بصندوق TATA بقوة كافية وتعتبر أصابع الزنك رؤوس قارئة Reading heads تتصل ببعضها بوصلات مرنة , كما وجد ان حمض امينى معين (E,G,A) يتصل مع قاعدة نيروجينية واحدة من الزوج القاعدى على DNA بالمجموعات الفوسفاتية فى سلاسل السكر والفوسفات التى تكون جانبى سلم DNA .

الاكسونات

- نظرا لان الجين في مميزة النواة لا يتكون من تتابعات شفرية مستمرة بل تتخللة تتابعات غير شفرية طويلة بعكس جينات بدائية النواة فتسمى التتابعات التي تمثل باسم الاكسونات وتسمى التتابعات التي تحذف باسم الانترونات ثم توصل الاكسونات ببعضها RNA splicing حيث تتبعج الانترونات للخارج في شكل عروات قبل استبعادها



قلنسوة الجوانين

- تأتي مرحلة تعديل وتجهيز نسخة ر نا حيث تعرف جزيئات ر نا الغير متجانسة باسم nhRNA فيتم اضافة قلنسوة الجوانين المميثلة G-methylated nucleotide حيث ان للقلنسوة دور فى بناء البروتين عندما ينتقل الى الريبوسومات كما يبدو انها تقوم بحماية النسخة النامية من ر ن ا من عملية التحلل والهدم , ويضاف لجزئ nhRNA زيل عديد الادنين Poly A (100- 200 قاعدة الادينوزين) يقوم بها أنزيم خاص يسمى Poly A Polymerase ويبدو ان الذيل له وظيفة تسهيل خروج mRNA من النواة الى السيتوبلازم ويؤخر هدمه فى السيتوبلازم ليتيح الدخول فى اكثر من دورة من دورات الترجمة .