دوسية شرح وحل أسئلة مادة العلوم الحياتية

الصف الأول ثانوي

2021

أ. ربا العزايزة

0789537656

الوحدة الخامسة: التكنولوجيا الحيوية

الدرس الأول: الجينوم البشري والهندسة الوراثية

إن الهدف من دراسة تسلسل نيوكليوتيدات الجينوم البشري وتطور الهندسة الوراثية :

1-تشخيص الاختلالات الوراثية. 2-إنتاج مواد تؤدي دور في المحافظة على صحة الإنسان.

تحتوي نواة الخلية الحية على **المادة الوراثية** التي تحدد صفات الكائنات الحية.

الحموض النووية:

الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين

DNA

يتركب من سلسلتين لولبيتين من النيوكليوتيدات ترتبطان معا بروابط هيدروجينية ضعيفة نسبيا.

يحمل المعلومات الوراثية اللازمة لبناء البروتينات.

النيوكليوتيد: يتكون من سكر رايبوزي منقوص الأكسجين + مجموعة فوسفات+ أحدى القواعد النيتروجينية الأربعة (الأدنين والثايمين والغوانين والسايتوسين)

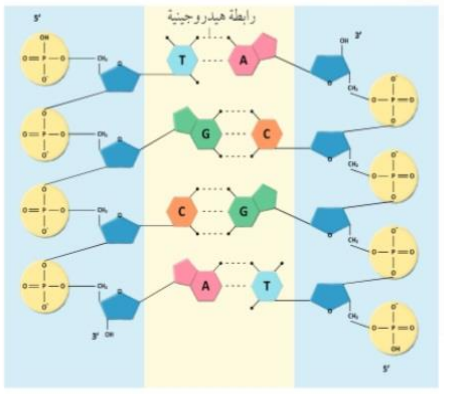
الحمض النووي الرايبوزي

RNA

يتركب من سلسلة واحدة من النيوكليوتيدات وله دور مهم في عملية تصنيع البروتينات (حيث أن البروتينات هي مواد كيميائية تتكون من حموض أمينية مرتبطة بروابط كيميائية تسمى روابط ببتيدية)

يوجد 3 أنواع من الحمض النووي الرايبوزي: الرسول ، الناقل، الرايبوسومي

يختلف عن الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين بأوجه عدة حسب الجدول 1



الشكل (1): تركيب جزيء DNA.

ترتبط القاعدة النيتروجينية الأدنين A مع الثايمينT برابطتين هيدروجينيتين.

وترتبط القاعدة النيتروجينية الغوانين G مع السايتوسين C بثلاث روابط هيدروجينية

A=T G≡C

مثال أكتب تسلسل النيوكليوتيدات في سلسلة DNA المكملة للسلسلة الآتية:

CGACTTGA

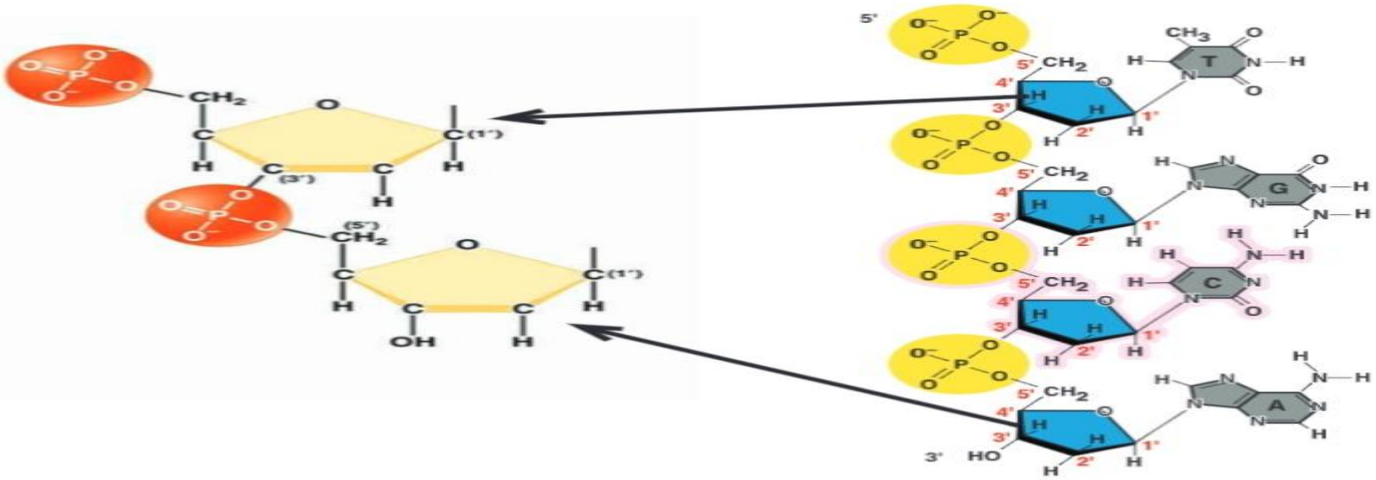
GCTGAACT

-مجموعة الفوسفات تربط جزيء السكر بالآخر الذي يليه في السلسلة الواحدة من جزيء DNA .

تختلف نهايتا كل سلسلة من السلسلتين بحيث تنتهي إحدى السلسلتين بمجموعة فوسفات مرتبطة بذرة الكربون رقم5 في جزيء السكر ويرمز إلى هذه النهاية `5

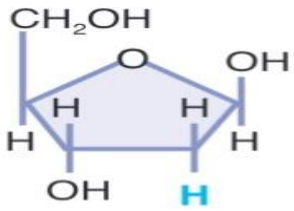
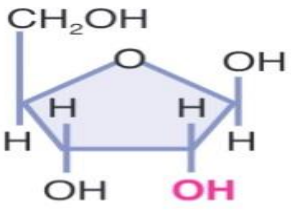
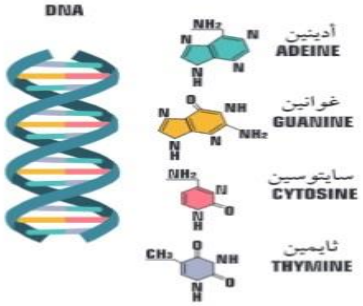
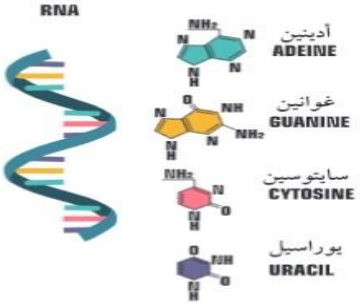
في حين تنتهي السلسلة الأخرى بمجموعة هيدروكسيل مرتبطة بذرة الكربون رقم 3 من جزيء السكر ويرمز لهذه النهاية `3

الشكل (2): سلسلة DNA.
أحدّد على الشكل نهايتي سلسلة DNA.



والآن لنرى جدول المقارنة بين الحموض النووية DNA وRNA

الجدول (1): مقارنة بين DNA و RNA.

وجه المقارنة	DNA	RNA
تركيب السُّكَّر الرايبوزي في كلٍّ منهما	 السُّكَّر الرايبوزي المنقوص الأكسجين	 السُّكَّر الرايبوزي
القواعد النيتروجينية المُكوِّنة لكلٍّ منهما		

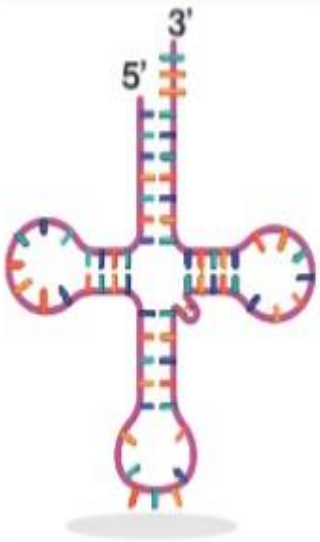
نلاحظ اختلاف تركيبة السكر في كل منهما، وبالإضافة إلى تغير القاعدة النيتروجينة الثايمين وأصبحت يوراسيل في RNA حيث يرتبط الأدنين A مع اليوراسيل U في RNA (بدلا من الثايمين)

أنواع الحمض النووي الرايبوزي

الحمض النووي الرايبوزي الرسول
Messenger RNA (mRNA)

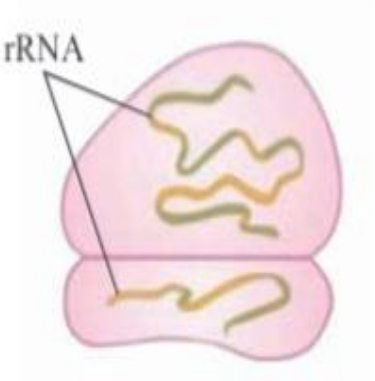
ينقل التعليمات الوراثية التي تُحدِّد نوع الحموض الأمينية المُكوِّنة للبروتين المطلوب، وترتيبها من النواة إلى السيتوبلازم، عن طريق نسخ سلسلة DNA؛ ما يؤدي إلى إنتاج سلسلة mRNA مُكمِّلة لسلسلة DNA الأصلية، أنظر الشكل (3).

الحمض النووي الرايبوزي الناقل
Transfer RNA (tRNA)



ينقل tRNA الحموض الأمينية الموجودة في السيتوبلازم إلى الرايبوسوم، وَفق تسلسل النيوكليوتيدات في جزيء mRNA؛ ما يؤدي إلى ارتباط الحموض الأمينية معًا لتصنيع البروتينات المطلوبة، في ما يُعرَف بعملية الترجمة.

الحمض النووي الرايبوزي الرايبوسومي
Ribosomal RNA (rRNA)



يُصنع rRNA في النُّوَيَّة ليدخل في تكوين الوحدات البنائية التي يتألَّف منها الرايبوسوم. تنتقل الوحدات البنائية إلى السيتوبلازم لتؤدي دورها في ترجمة التعليمات الوراثية وتصنيع البروتين، أنظر الشكل (4).

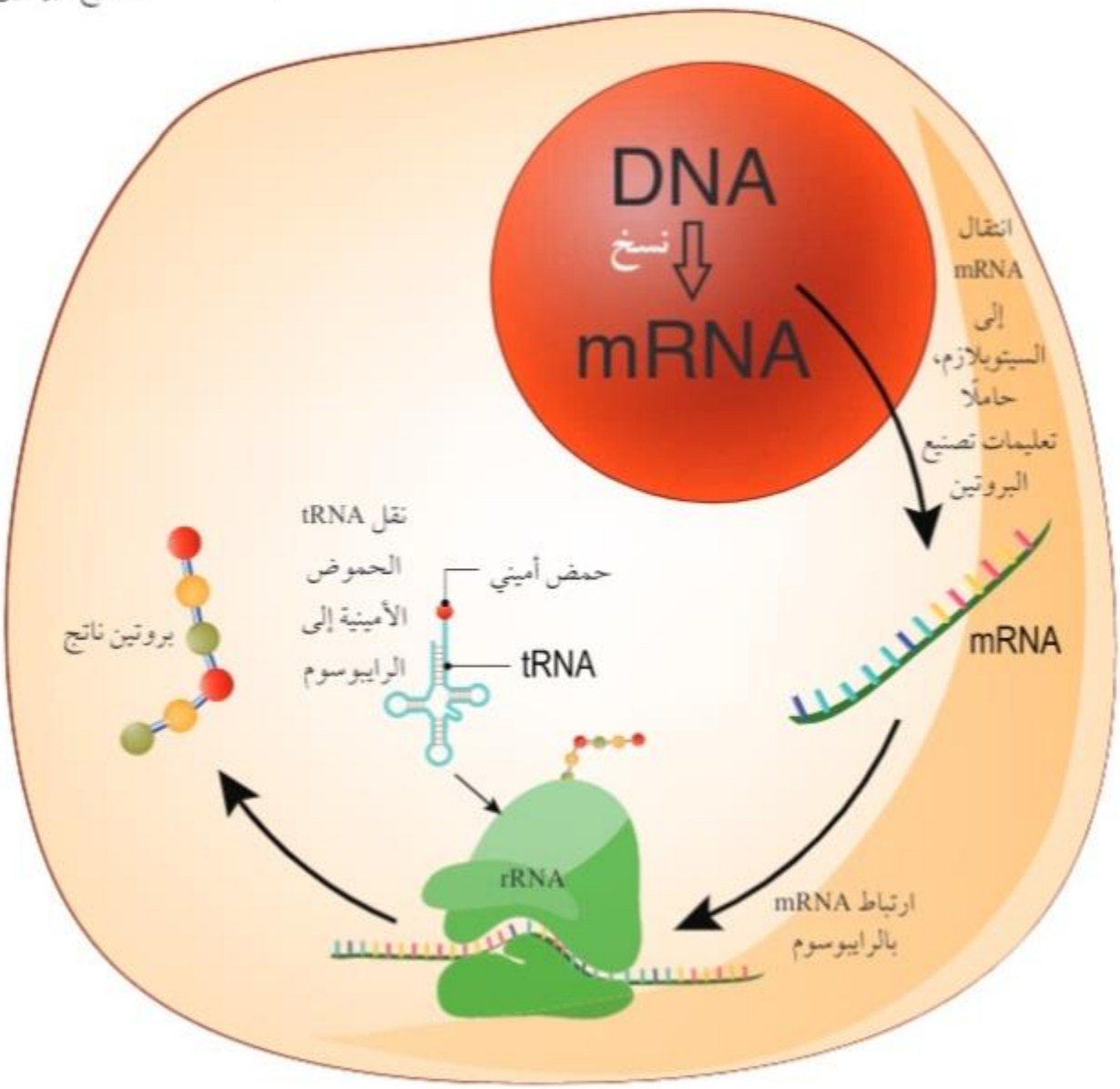
تحدث عملية تصنيع البروتين في السيتوسول وتحديدا في الرايبوسومات، ولأنواع الRNA الثلاثة دور مهم ومختلف في تصنيع البروتين.

مراحل تصنيع البروتين: 1-النسخ 2-الترجمة

يُبيِّن الشكل (4) مراحل تصنيع البروتينات بصورة مختصرة، وسأتعرَّف لاحقًا مراحل تكوينها مُفصَّلةً.

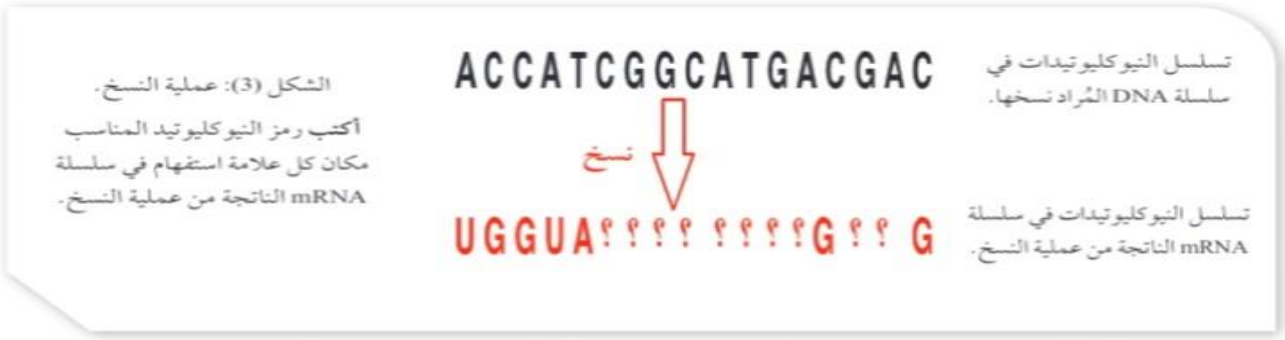
الشكل (4): مراحل تصنيع البروتين.

أُحدِّد الحموض النووية التي لها دور في تصنيع البروتين.



نلاحظ من الشكل السابق أن المرحلة الأولى من تصنيع البروتين هي عملية نسخ (أي تحويل) DNA إلى mRNA والتي تحدث في النواة ثم ينتقل mRNA إلى السيتوبلازم ليجري تحويله إلى بروتين في أثناء عملية الترجمة.

نقوم بتحديد السلسلة المراد نسخها من DNA كما الشكل الآتي:

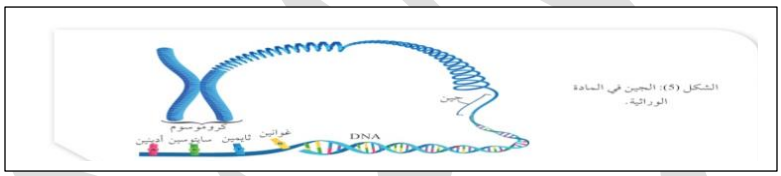


الشكل (3): عملية النسخ.
أكتب رمز النيوكليوتيد المناسب مكان كل علامة استفهام في سلسلة mRNA الناتجة من عملية النسخ.

نقوم بكتابة النيوكليوتيدات المكملة مع مراعاة أننا نستبدل الثايمين باليوراسيل في جزيءmRNA كالتالي:

تبعا للشكل السابق يكون تسلسل النيوكليوتيدات في سلسلة mRNA الناتجة من عملية النسخ:

UGGUAGCCGUACUGCUG



الشكل (5): الجين في المادة الوراثية.

الجين:

الجين هو عبارة عن وحدة من المعلومات الوراثية وهو جزء من DNA يحتوي على تسلسل محدد من النيوكليوتيدات.

تختلف الكروموسومات في ما بينها من حيث عدد الجينات :

منها ما يحمل آلاف الجينات ومنها يحمل جينات يقل عددها عن ألف.

أيضا، للجينات أسماء خاصة يعبر عنها برموز مختصرة فمثلا يوجد جين على الكروموسوم رقم 7 يسمى:

Cystic Fibrosis Transmembrane conductance Regulator CFTR

وظيفته أنه مسؤول عن تنظيم انتقال الأيونات مثل أيونات الكلوريد في الأغشية البلازمية للخلايا الطلائية المنتجة للمخاط والعرق والدموع والإنزيمات الهاضمة، يساعد نقل أيونات الكلوريد على ضبط حركة الماء في الأنسجة ويؤدي حدوث طفرة في هذا الجين إلأى خلل في القنوات الناقلة لأيونات الكلوريد ما يسبب الإصابة بمرض التليف الكيسي.

الشكل (6): موقع جين CFTR على الكروموسوم رقم (7) وبعض أعراض التليُّف الكيسي.

- أيُّ أجزاء الجسم يتأثّر بحدوث طفرة في الجين CFTR؟
- ما أعراض التليُّف الكيسي في كلّ من هذه الأجزاء؟

الجينوم البشري: هو جميع التعليمات الوراثية اللازمة لبناء الجسم وأداء وظائفه.

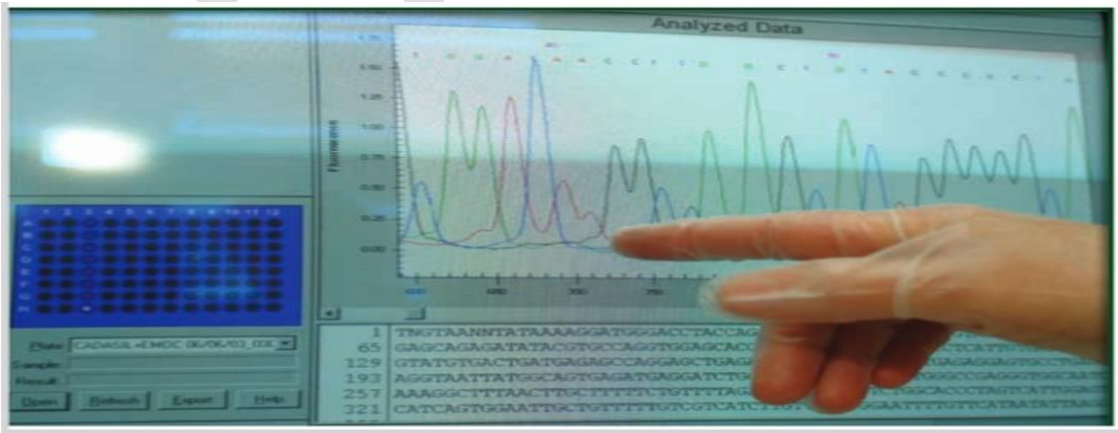
بدأ مشروع الجينوم البشري عام 1990 م بتضافر جهود بعض المؤسسات ومراكز الأبحاث وأعلن عن انتهاء المشروع عام 2003م وهو يشبه المخططات الهندسية.

استنتج العلماء تشابه تركيب DNA في الأشخاص بنسبة 99.9% تقريبا واحتواء الجينوم البشري ما يزيد على 3 مليارات من أزواج القواعد النيتروجينية ، وتوصل العلماء إلى معرفة التسلسل الكامل من النيوكليوتيدات في الجينوم البشري.

وحرص العلماء على تفعيل التكنولوجيا في تطوير مشروع الجينوم البشري فاستخدموا صبغات خاصة في صبغ النيوكليوتيدات وذلك ليسهل تتبعها واستخدموا أجهزة خاصة لقراءة تسلسل النيوكليوتدات وحواسيب لتجميع النتائج وتحليلها للوصول إلى تعرف تسلسل النيوكليوتيدات

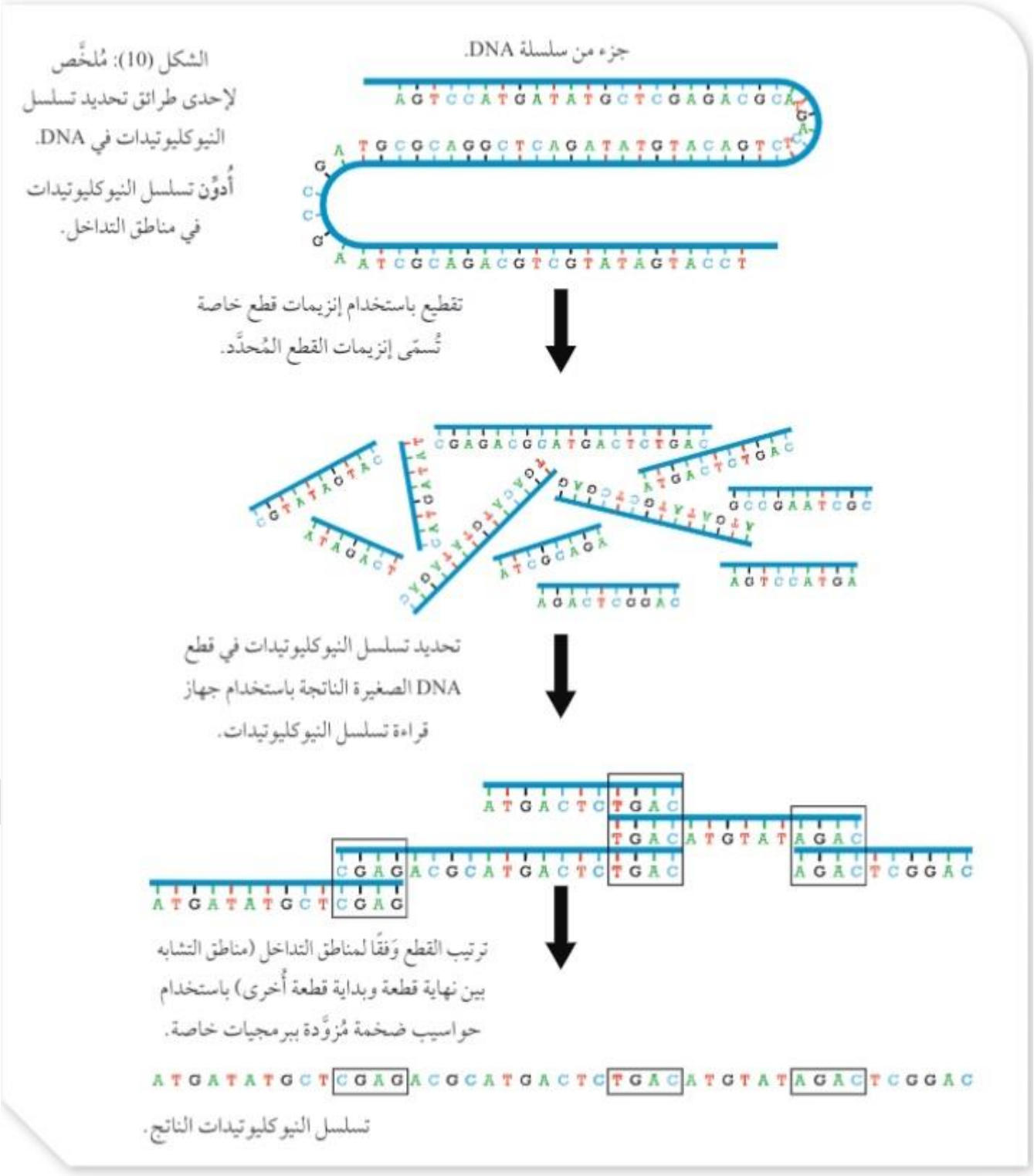
الشكل (7): النيوكليوتيدات في جزء من الجينوم البشري.

الشكل (8): جهاز قراءة تسلسل النيوكليوتيدات.



الشكل (9): شاشة حاسوب تعرض تحليلًا للبيانات التي يُتوصَّل بها إلى معرفة تسلسل النيوكليوتيدات في DNA.

استخدم العلماء أكثر من طريقة لتعرف تسلسل النيوكليوتيدات في الجينوم البشري ومنها:



الشكل (10): مُلخَّص لإحدى طرائق تحديد تسلسل النيوكليوتيدات في DNA.

أُدوِّن تسلسل النيوكليوتيدات في مناطق التداخل.

من الشكل يتضح طريقة تحديد تسلسل النيوكليوتيدات في DNA من خلال استخدام إنزيمات القطع المحدد ثم تحديد تسلسل النيوكليوتيدات في قطع DNA من خلال جهاز قراءة تسلسل النيوكليوتيدات ثم يتم ترتيب القطع حسب مناطق التداخل أي مناطق التشابه بين نهاية قطعة وبداية قطعة أخرى باستخدام الحواسيب المزودة ببرمجيات خاصة.

مثال أتحقق: تمثل نتائج تسلسل ثلاث قطع من DNA اعتمادا على مناطق التداخل كالتالي:

AGAGACCTAAG ATTTGC TGCGCAGA

فإن تسلسل النيوكليوتيدات الصحيح في الجينوم يكون:

A	T	T	T	G	C													
			T	G	C	G	C	A	G	A								
								A	G	A	G	A	C	C	T	A	A	G
A	T	T	T	G	C	G	C	A	G	A	G	A	C	C	T	A	A	G

وذلك حسب مناطق التشابه بين نهاية قطعة وبداية قطعة أخرى.

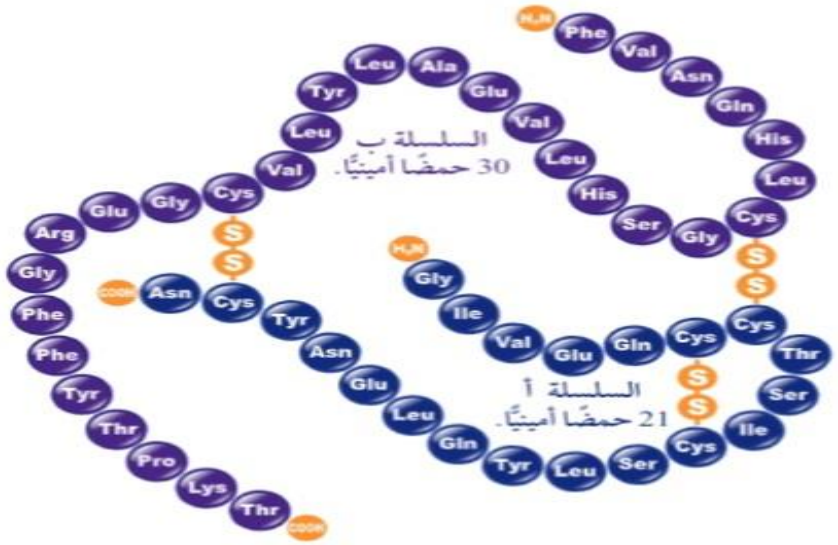
هندسة الجينات:

بعد أن توصل العلماء إلى أن المادة الوراثية DNA هي المسؤول الرئيس عن الصفات الوراثية للكائن الحي ، تفكروا في إمكانية نقل جين من كائن حي إلى آخر واستمرار الجين في أداء وظيفته مما يمكن الكائن الحي الآخر من تكوين بروتينات جديدة لم يسبق له أن يكونها قبل عملية النقل ومن هنا نشأت فكرة هندسة الجينات.

الكائن الحي المعدل جينيا : هو الكائن الحي الذي نقل إليه الجين.

DNA معاد التركيب: هو DNA الذي تغير تركيبه.

من تطبيقات هندسة الجينات تعديل البكتيريا المعروفة باسم E.coli (Escherichia coli) جينيا لتكسب صفة تكوين هرمون الإنسولين البشري الذي يتألف من الحموض الأمينية والذي يعد أول هرمون انتج اعتمادا على هندسة الجينات.



الشكل (11): هرمون الإنسولين.
أُحدِّد عدد الحموض الأمينية في سلسلتي عديد الببتيد في هرمون الإنسولين.

ويتأكد العلماء من أن الجين المنقول من كائن حي إلى آخر أنه مستمر في أداء وظيفته من خلال تكوين بروتينات جديدة لم يسبق أن كونها قبل عملية النقل.

خطوات هندسة الجينات:

العزل

وهي عزل الجين الموجود على أحد كروموسومات كائن حي عن الجينات الأخرى بثلاث طرق:

1-إنزيمات القطع المحدد:وهي الإنزيمات التي تقطع

DNA

في مناطق محددة للحصول على الجين المطلوب.الشكل12

2-تصنيع سلسلة عديد النيوكليوتيد: وهي مسؤولة عن تصنيع بروتين معين باستخدام أدوات خاصة إذا كان تسلسل الحموض الأمينية في هذا البروتين معلوم.

3-النسخ العكسي: وهي عملية تتضمن إنتاج نسخة

DNA

مكملة لسلسلة

mRNA

باستخدام إنزيم النسخ االعكسي

ويطلق على سلسلة

DNA المكملة

cDNA

-يستخدم في هذه العملية

mRNA

من خلايا نشيطة في تصنيع بروتين معين مثل خلايا بيتا في جزر لانجرهانز في البنكرياس وهي خلايا مسؤولة عن تصنيع الإنسولين البشري. الشكل 13

الربط

يستخدم في هذه الخطوة إنزيم الربط

DNA Ligase

لربط الجين المعزول بناقل جينات ينقل الجين المعزول إلى الخلية المستهدفة من التعديل الجيني مثل البكتيريا.

من النواقل المستخدمة في هندسة الجينات

حلقي DNA

يسمى البلازميد

خطوات إنتاج البلازميد المعدل جينيا في الشكل 15

التحول والانتخاب

عملية التحول:يعد إدخال البلازميد المعدل جينيا في الخلية البكتيرية المستهدفة من التعديل الجيني حيث تتحول الخلايا البكتيرية التي يدخلها البلازميد إلى خلايا معدلة جينيا ولكن البلازميد لا يدخل الخلايا البكتيرية جميعها.

الانتخاب: هي عملية تعرف الخلايا التي دخلها البلازميد من خلال طرق عدة منها إضافة جين آخر يسمى الجين العلامة مثل جين

GFP

الموجود في نوع من قناديل البحر.

ويمكن انتخاب الخلايا التي استقبلت البلازميد المعدل جينيا الذي يحوي جين

GFP

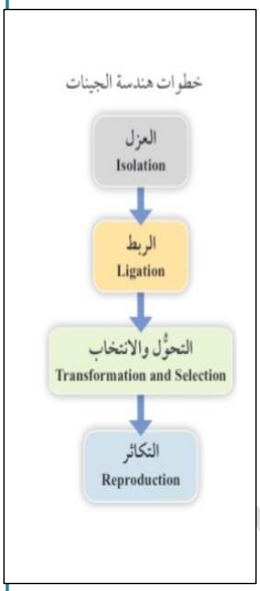
بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية وهو ما يؤدي إلى توهج هذه الخلايا باللون الأخضر ما يدل على دخول البلازميد كما الشكل 17

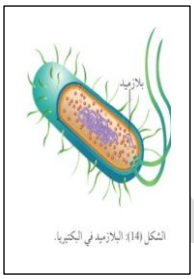
التكاثر

من خلال تحفيز الخلايا المعدلة جينيا إلى الانقسام لكي تزداد أعدادها وتبدأ إنتاج البروتين الذي تعذر عليها إنتاجها قبل عملية التعديل الجيني.

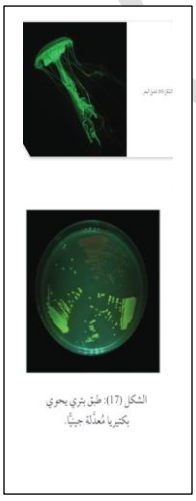
بعد ذلك يستخلص هذا البروتين الذي تستخدم بعض أنواعه علاج للأفراد غير القادرين على إنتاجه .

تتبع الشكل 18 والجدول2



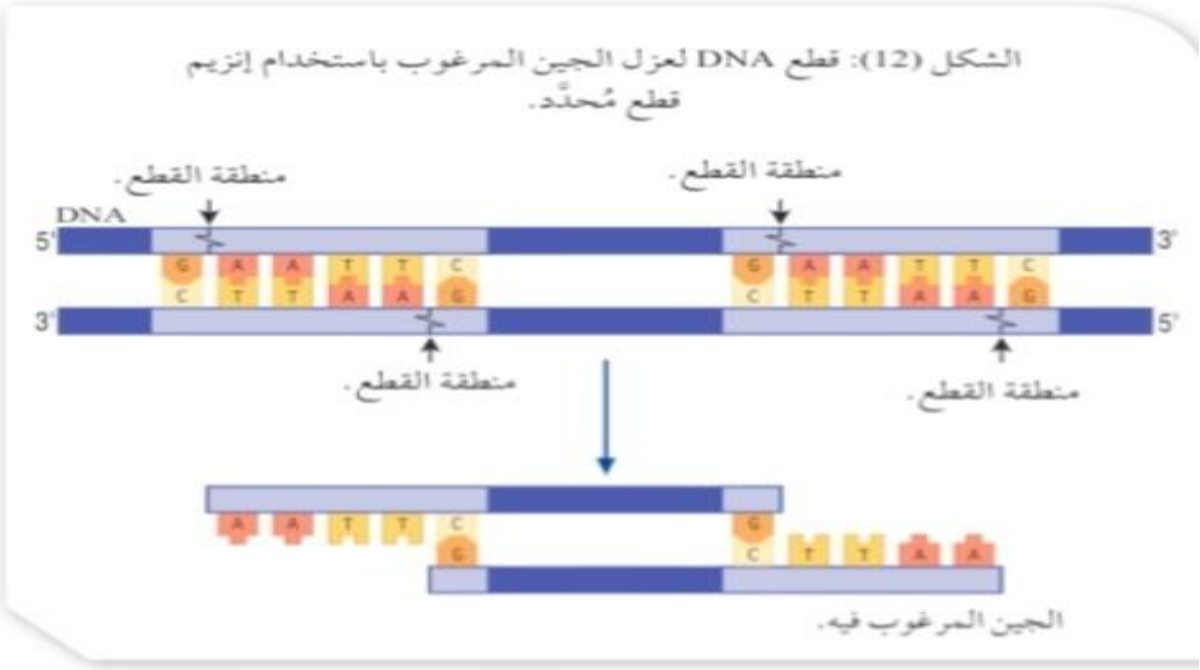


الشكل (14): البلازميد في البكتيريا.



الشكل (17): طبق بتري يحوي بكتيريا مُعدَّلة جينيًا.

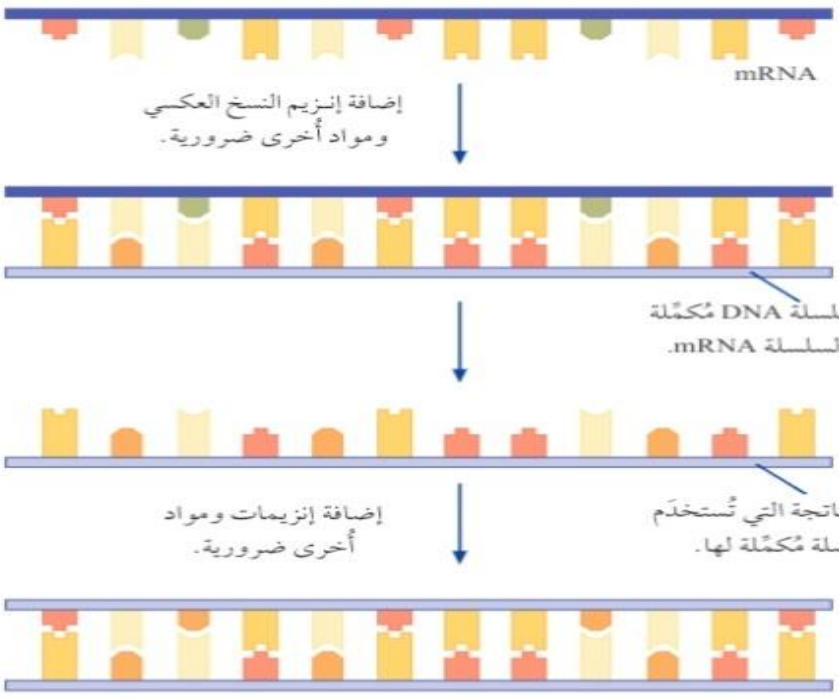
الشكل 12 إنزيمات القطع المحدد



الشكل (12): قطع DNA لعزل الجين المرغوب باستخدام إنزيم قطع مُحدَّد.

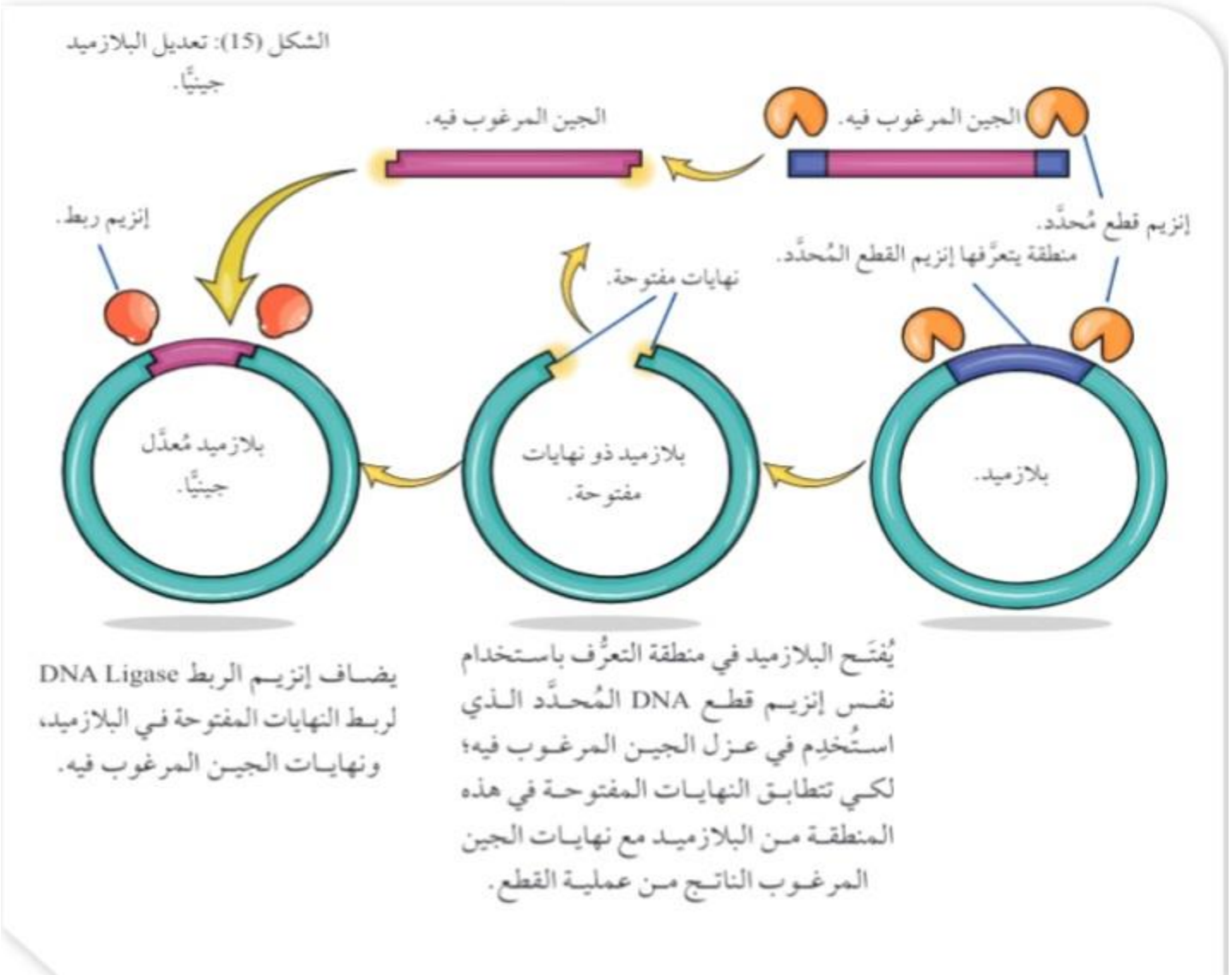
الجين المرغوب فيه.

الشكل13 النسخ العكسي



الشكل (13): النسخ العكسي لعزل الجين المرغوب فيه.
أُقارِن بين تسلسل النيوكليوتيدات في mRNA، وتسلسلها في سلسلة DNA المُكمِّلة لنسخة القالب.

الشكل 15خطوات تعديل البلازميد جينيا.



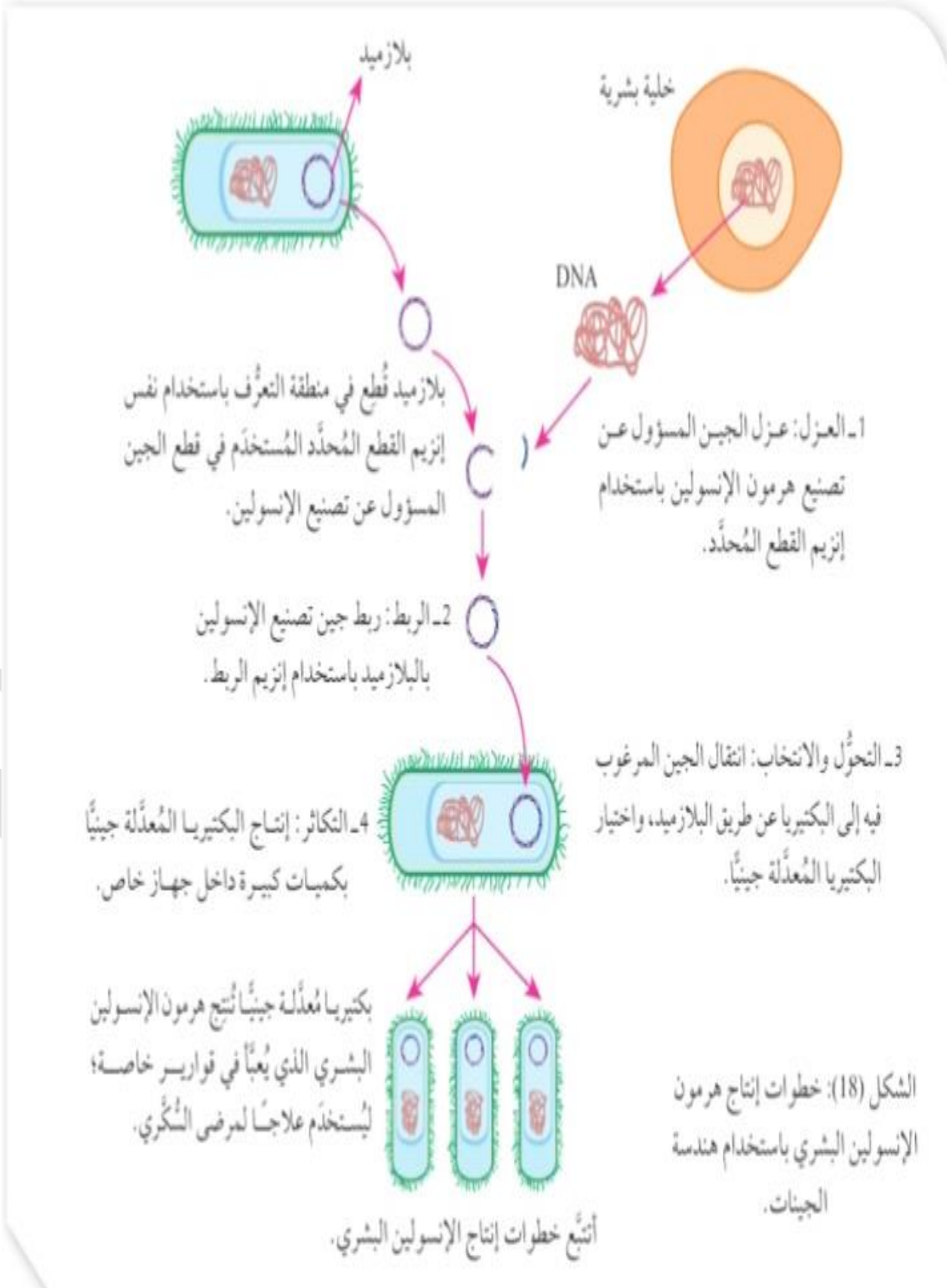
الشكل (15): تعديل البلازميد جينيًّا.

الجدول 2 مواد علاجية أنتجت باستخدام هندسة الجينات

الجدول (2): مواد علاجية أُنتِجت باستخدام هندسة الجينات.

المادة المُنتَجة / دواعي الاستخدام	عامل التخثُّر الثامن Factor VIII	الإريثروبوتين Erythropoietin	هرمون النمو Growth Hormone
	علاج نوع من أنواع مرض نزف الدم.	علاج الأنيميا.	علاج القزمة.

الشكل 18 يبين خطوات هندسة الجينات لإنتاج هرمون الإنسولين البشري



الشكل (18): خطوات إنتاج هرمون الإنسولين البشري باستخدام هندسة الجينات.

أتتبَّع خطوات إنتاج الإنسولين البشري.

مصفوفة DNA الدقيقة:

هي أداة تستخدم في مجالات عدة منها مقارنة التعبير الجيني في الخلايا.

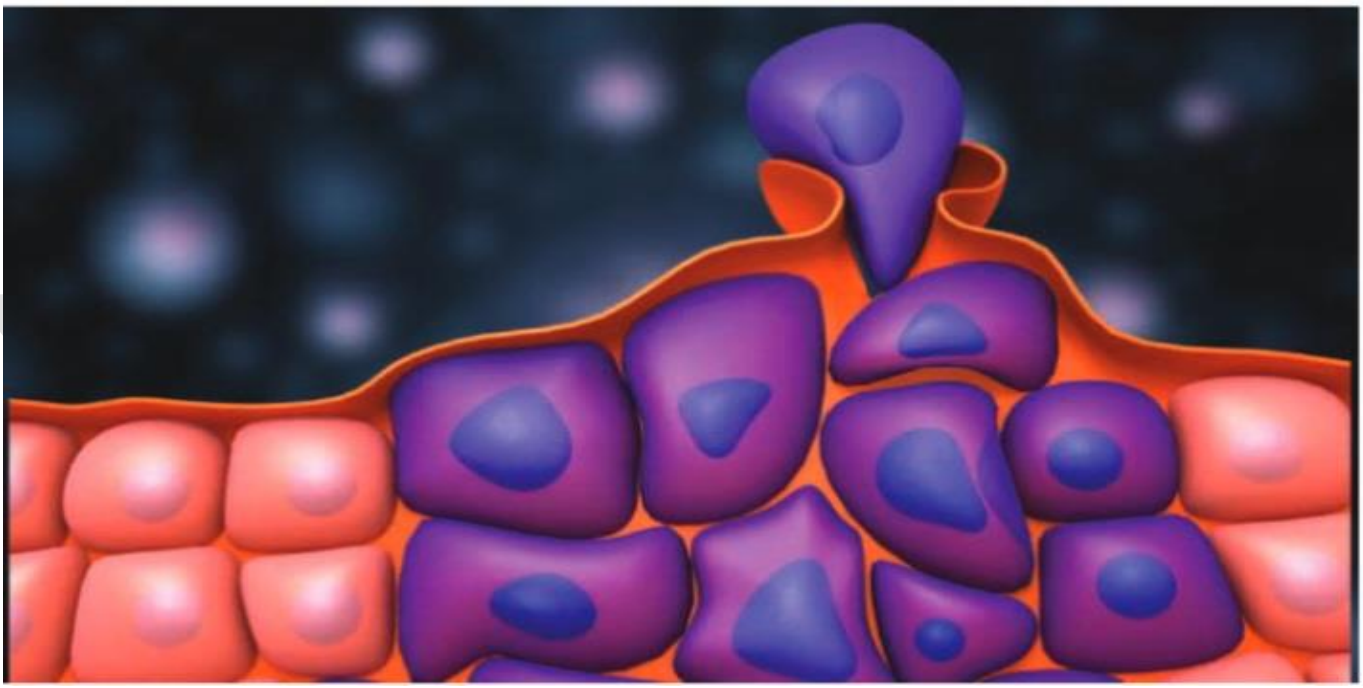
التعبير الجيني هو عملية تحدث عندما تستخدم الخلية التعليمات المحمولة في جزيء DNA لتصنيع بروتينات معينة وينقل هذه التعليمات جزيء mRNA .

أهمية المقارنة لتقصي بعض الاختلالات الوراثية والأمراض الناتجة منها مثل بعض أنواع السرطانات الوراثية.

تستخدم في هذه التكنولوجيا رقاقات خاصة من السليكون أو الزجاج تحوي ثقوب كثيرة يصل عددها إلى عشرات الآلاف ويلتصق داخل كل ثقب منها سلاسل أحادية قصيرة من DNA مكملة لجزء من جين محدد.

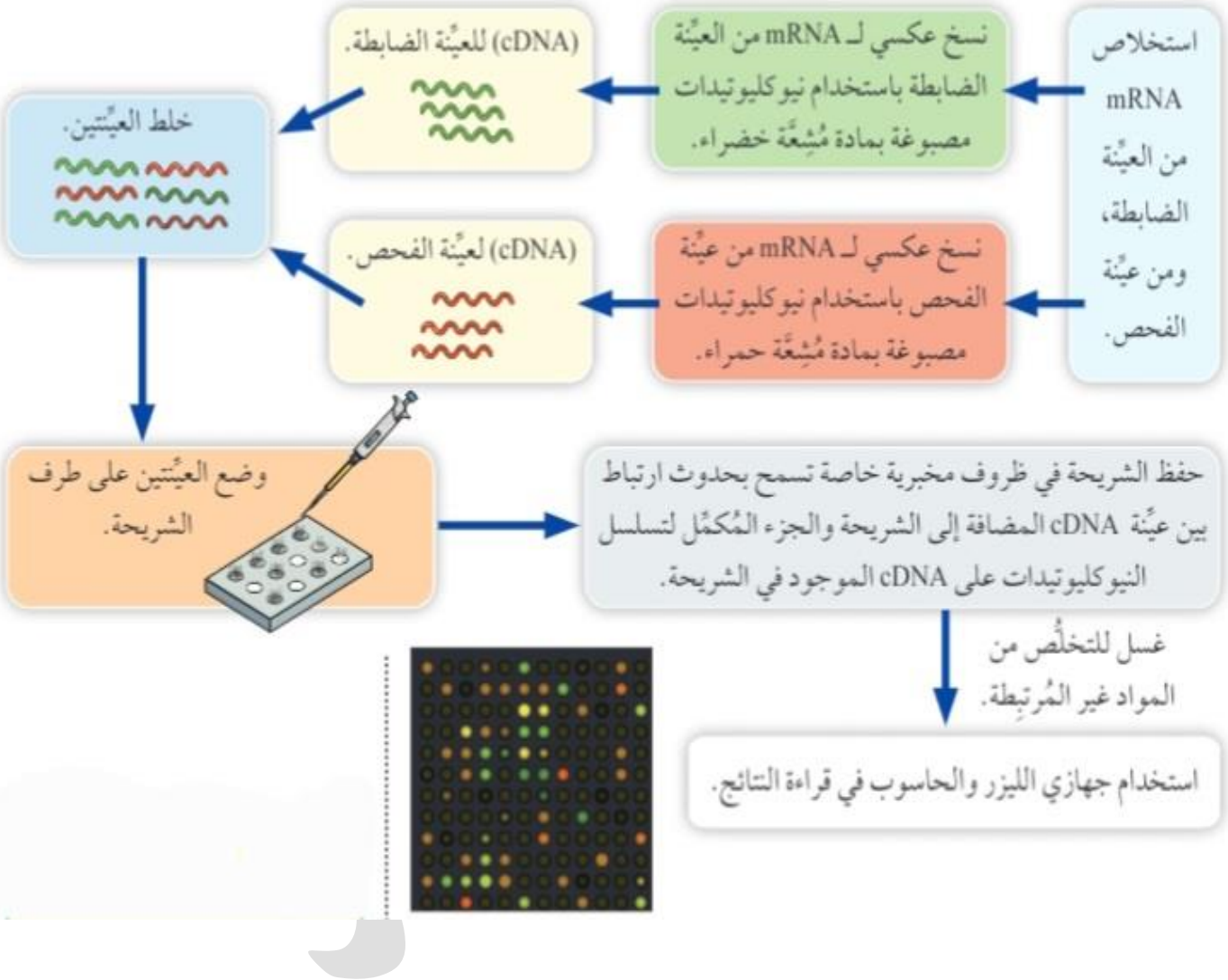
-يمكن الكشف عن التعبير الجيني لعدد كبير من الجينات في الوقت نفسه بسبب وجود عدد كبير من الثقوب في الشريحة الواحدة.

الشكل (19): نمذجة نمو الخلايا السرطانية.



خطوات استخدام مصفوفة DNA الدقيقة :

لتعرُّف خطوات استخدام مصفوفة DNA الدقيقة في مقارنة التعبير الجيني للخلايا، أنظر المُخطَّط الآتي:



أتحقق يمثل الشكل بعض نتائج مصفوفةDNA الدقيقة أحدد أرقام الثقوب التي تدل على إصابة صاحب العينة بورم سرطاني

الإجابة جميع الملون بالأحمروهي:

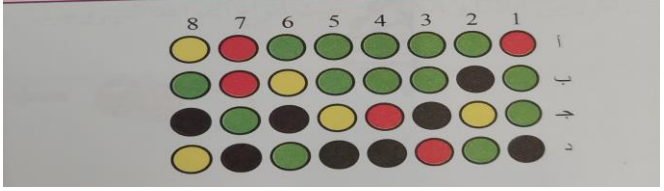
أ)1+7

ب)7

ج)4

د)3

اللون في الحفرة	دلالة النتيجة
أخضر	تعبير جيني في الخلايا الطبيعية فقط.
أحمر	تعبير جيني في الخلايا السرطانية فقط.
أصفر	تعبير جيني في كلتا الخليتين بالتساوي.
أسود	عدم التعبير الجيني في أيٍّ من العيِّنتين.



إجابات مراجعة الدرس:

1-أ)الخميرة.

ب) نسبة الأدينين مساوية لنسبة الثايمين وتساوي35% ← %70= T+A

يبقى للسايتوسين والجوانين 30% ← نقسم على 2 = 15%سايتوسين ، 15% غوانين

ج)نسبة A =نسبةT

نسبة G =نسبة C

2)روابط هيدروجينية.

3) تختلف نهايتا كل سلسلة من السلسلتين بحيث تنتهي إحدى السلسلتين بمجموعة فوسفات مرتبطة بذرة الكربون رقم5 في جزيء السكر ويرمز إلى هذه النهاية `5

في حين تنتهي السلسلة الأخرى بمجموعة هيدروكسيل مرتبطة بذرة الكربون رقم 3 من جزيء السكر ويرمز لهذه النهاية `3

4) أ)بكتيريا

ب)1-إنزيم القطع المحدد 2-إنزيم الربط

5)DNA : القواعد النيتروجينية هي C, G, T , A وظيفته يحمل المعلومات الوراثية اللازمة لبناء البروتينات.

RNA: القواعد النيتروجينية هي C, G, U, A وظيفته له دور مهم في عملية تصنيع البروتين.

الدرس الثاني: التكنولوجيا الحيوية وصحة الإنسان

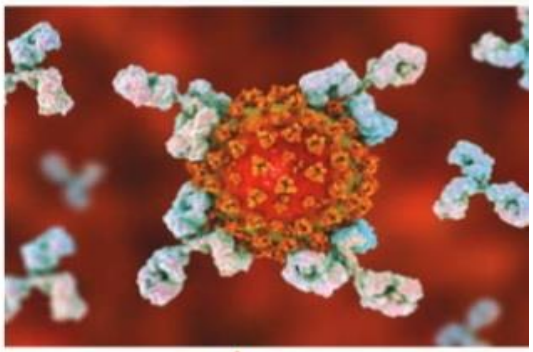
أدى تطور المعرفة العلمية والتقدم التكنولوجي في 1-تحسين الخدمات الصحية 2-زيادة فاعلية طرائق الوقاية والتشخيص والعلاج.

إحدى الطرق الوقائية الفاعلة هي **المطاعيم**.

تعلمنا سابقا أن الجسم ينتج أجسام مضادة وخلايا تسهم في القضاء على مسببات الأمراض وذلك مثلا عند تعرض الجسم لمسبب مرض لأول مرة ⟸ فإن جهاز المناعة يستجيب استجابة مناعية أولية.

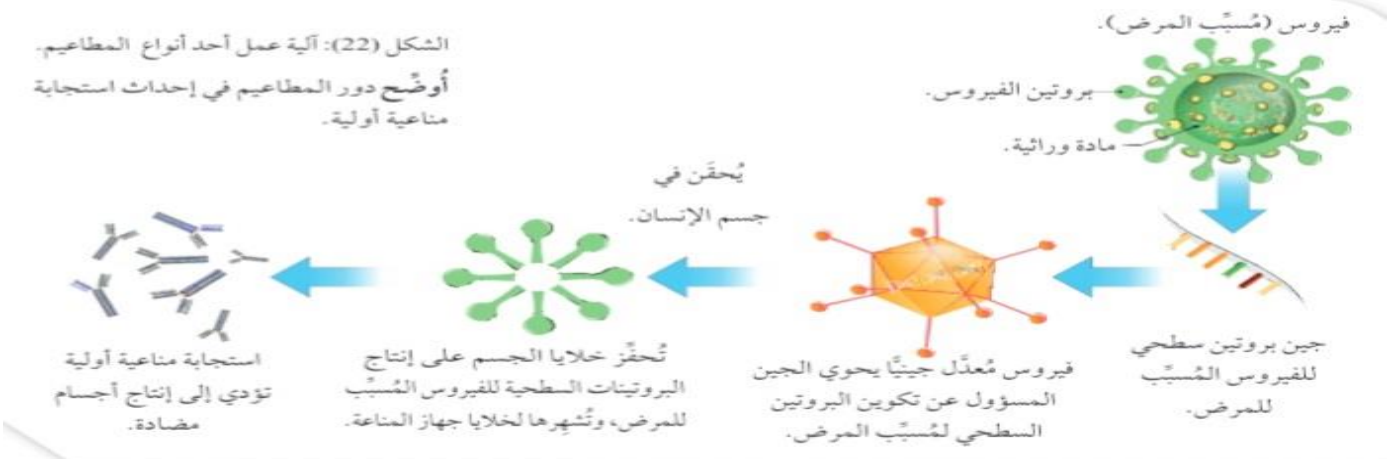
المطاعيم تؤدي دور مهم في تحفيز جهاز المناعة لإحداث استجابة أولية ⟸ والتي تلخص في إنتاج أجسام مضادة وخلايا ذاكرة تبقى في الدم جاهزة للتعامل مع مسبب المرض إذا دخل الجسم فتتعرفه عند دخوله.

الاستجابة المناعية الثانوية تحدث بسرعة بالتالي يؤدي إلى إنتاج أجسام مضادة أكثر من الناجمة من الاستجابة الأولية وذلك ليمنع مسبب المرض من إحداث المرض وظهور أعراضه.



الشكل (20): أجسام مضادة تُهاجم مُسبّب المرض.

الشكل (21): الاستجابة المناعية الأولية.



الشكل (22): آلية عمل أحد أنواع المطاعيم.

أوضّح دور المطاعيم في إحداث استجابة مناعية أولية.

المطاعيم : هي مواد تحوي جزء من مسبب مرض معين أو من مادته الوراثية أو مسبب مرض مضعفا أو مقتولا.

عندما يأخذ الشخص مطعوم ما ⟸ يحدث له استجابة مناعية أولية.

لنتعرف أنواع المطاعيم ندرس الشكل الآتي:

بعد اكتساب نسبة كبيرة من الأفراد في المجتمع مناعة من عدوى معينة تكون من الإصابة بها أو من التطعيم تحدث:

⇓

المناعة المجتمعية

⇓

مما1- يوفر حماية لمن ليس لديهم مناعة من المرض و2-يسهم في حماية المجتمع

وجود مناعة لدى معظم أفراد المجتمع يجعل من الصعب على مسبب المرض المعدي الانتقال من شخص إلى آخر

⇓

مما يقلل من انتشار المرض.

نسبة أفراد المجتمع الذين يتعين عليهم أخذ المطعوم لتوفير مناعة مجتمعية تعتمد على **نوع المرض**.

مثلا مرض الحصبة يلزم تطعيم 95% من الأفراد لتحقيق مناعة مجتمعية.

مرض شلل الأطفال يلزم تطعيم 80% من الأفراد لتحقيق مناعة مجتمعية.

الشكل (23): المناعة المجتمعية.

من الشكل تتضح أهمية المناعة المجتمعية وهي حماية من ليس له مناعة من المرض بالتالي حماية المجتمع.

المعلوماتية الحيوية

التطور في مجال التكنولوجيا ووسائل الاتصال له أثر في العلوم الحياتية فأصبح يستخدم جهاز الحاسوب في جمع البيانات ومعالجتها وتحليلها وتطوير البرمجيات وأجهزة الحاسوب ل 1-تخزين كم كبير من البيانات وإدارتها وتوفير قواعد بيانات لتخزين تسلسل النيوكليوتيدات في الجينوم وتسلسل الحموض الأمينية في البروتين و2-بناء نماذج ثلاثية الأبعاد ل DNA والبروتينات و3-تصميم برامج محاكاة للعمليات الحيوية التي تحدث داخل الخلايا.

يمثل المركز الوطني لمعلومات التكنولوجيا الحيوية NCBI قاعدة بينات متخصصة ويضم:

1-بيانات الجينات المتسلسلة في بنك الجينات. 2-فهرس لمقالات البحوث الطبية الحيوية.

3-معلومات إضافية متعلقة بالتكنولوجيا الحيوية.

وجميع هذه البيانات متوفرة على شبكة الإنترنت.

الشكل (24): بعض أدوات تكنولوجيا الجينات.

- ما اسم الجزيء الذي يدرسه الباحث؟
- أكتب أسماء بعض المواد والأدوات الخاصة بالدراسة التي أشاهدها في الشكل.

لنتعرف الآن على **تطبيقات التكنولوجيا في الرعاية الصحية**:

1-الضمادات الذكية 2-الأعضاء الصناعية

تطبيقات التكنولوجيا في الرعاية الصحية:

الضمادات الذكية

إن الجروح المزمنة التي تسببها الحروق أو بعض الأمراض مثل السكري تمثل تحدي في علم الطب بسبب احتمالية حدوث التهاب فيها. ومن التقنيات الواعدة مستقبلا استخدام ضمادة ذكية **تساعد على استشعار الالتهاب عند حدوثه**.

إن تغير الرقم الهيدروجيني ودرجة حرارة الجرح مؤشر على حدوث الالتهاب ووجوب معالجته.

تحتوي الضمادة الذكية على مجسات تستشعر درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني والأكسجين وتحتوي على معالج دقيق للبيانات **يقرأ** هذه المتغيرات **ويرسل** إشارات تحكم في عناصر التسخين المسؤولة عن تسخين المادة الهلامية التي تحوي حاملات الأدوية **وتطلق** الدواء من حاملاته إلى الجرح.

تتصل هذه المكونات معا بشريط طبي شفاف مشكل ضمادة لا يزيد سمكها على

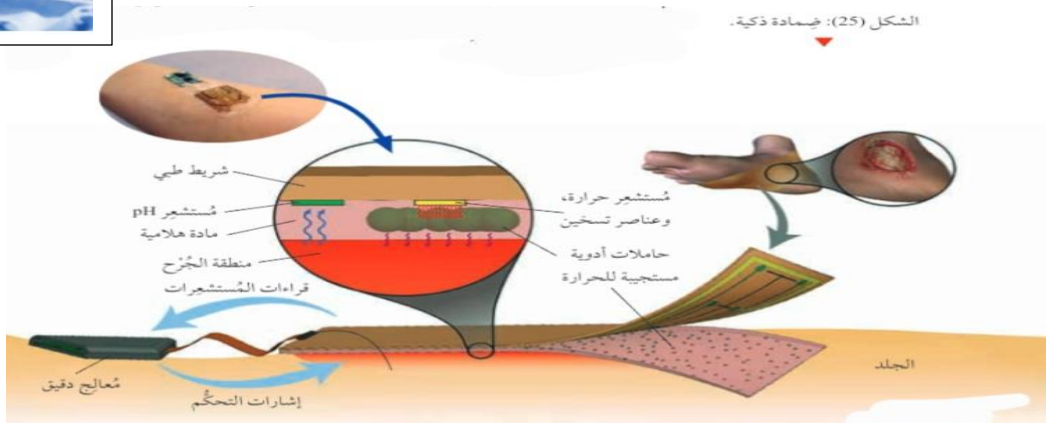
3mm

الأعضاء الصناعية

منها الأطراف الصناعية والتي **كانت** أجزاء ميكانيكية تؤدي حركات بسيطة يتحكم بها الشخص يدويا **أصبحت** تحوي حساسات ومالجات دقيقة تساعد على أداء وظائف أكثر دقة.

ومنها تصميم طرف علوي يثبت في مكانه ويحوي نظام إلكتروني يتكون من بطارية ومجسات ومعالج دقيق، ثم تبدأ المستشعرات **باستكشاف** النشاط الكهربائي للعضلات والأعصاب الموجود مكان الطرف **وإرساله** إلى الجلد حيث **يضخم** ثم **تنتقل** الإشارات المضخمة إلى المعالج الذي **يحلل** البيانات **ويتحكم** في تحريك الطرف الصناعي لأداء المهمة المطلوبة.

الشكل (25): ضمادة ذكية.



إجابات مراجعة الدرس:

1-المطاعيم تؤدي دور مهم في تحفيز جهاز المناعة لإحداث استجابة أولية والتي تلخص في إنتاج أجسام مضادة وخلايا ذاكرة تبقى في الدم جاهزة للتعامل مع مسبب المرض إذا دخل الجسم فتتعرفه عند دخوله.

2-لأنه عند دخول الفيروس المسبب للمرض من البقر للنساء اللواتي يحلبن البقر تحدث لديهن استجابة مناعية أولية وعند تعرضهن لفيروس الجدري ستحدث استجابة مناعية ثانوية سريعى تقضي على مسبب المرض قبل ظهور الأعراض.

3-بالتأكيد مهندسين ومبرمجين حاسوب وكيميائيين وبيولوجيين وأطباء.

4- وجود مناعة لدى معظم أفراد المجتمع يجعل من الصعب على مسبب المرض المعدي الانتقال من شخص إلى آخر ما يقلل من انتشار المرض.

بالتوفيق طلابي وطالباتي الأعزاء

معلمتكم ربا العزايزه

دعواتكم ☺