

علم الوراثة التطبيقي

الأسئلة الرئيسة

- كيف يُستخدم الانتخاب الصناعي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات مرغوبة؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين التناسل الداخلي والتهجين؟
- كيف يساعد التزاوج الاختباري لمربع بائيت في تقويم الطرز الجينية للكائنات الحية؟

مفردات للمراجعة

هجين hybrid: كائن حي متخالف الجينات بالنسبة إلى صفة معينة

مفردات جديدة

الانتخاب الصناعي selective breeding
التزاوج الداخلي inbreeding
التزاوج الاختباري test cross

الفكرة الرئيسة يُستخدم الانتخاب الصناعي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات مرغوبة.

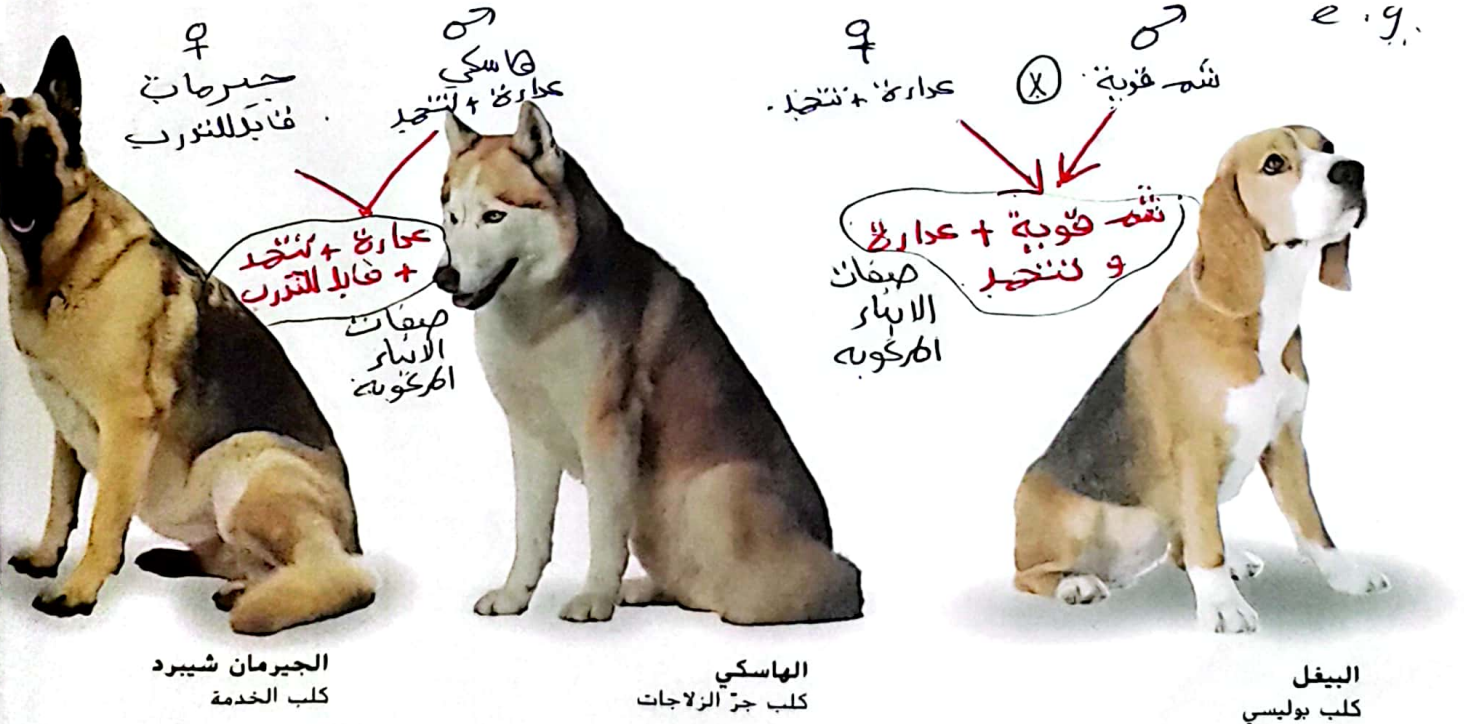
الربط مع الحياة اليومية يميّز هواة جمع العملات المعدنية بين العملات النادرة والعملات الأخرى لأن العملات النادرة أكثر قيمة. ومثلما يقع الاختيار على عملات معينة نظراً إلى قيمتها، كذلك يقع الاختيار على أنواع نباتات وحيوانات معينة يتم استيلاؤها لإنتاج كائنات حية تحمل صفات ذات قيمة للإنسان.

الانتخاب الصناعي

ربما تكون على دراية بسلالات الكلاب المختلفة، مثل كلاب البيفل والهاسكي والجيرمان شيبرد. لاحظ بعض صفات الطراز الظاهري لهذه السلالات في الشكل 1. تتمتع الأنواع الثلاثة ببنية عضلية قوية وتتميز كلاب البيفل بصفات محددة مثل حاسة الشم القوية التي تؤهلها لتكون كلاباً بوليسية جيدة، أما كلاب الهاسكي فهي عداءة قوية التحمل وتستطيع سحب الزلاجات لمسافات طويلة، بينما تشتهر كلاب الجيرمان شيبرد بأنها قابلة للتدريب إلى حد كبير لأداء الخدمات الخاصة.

منذ العصور القديمة، قام البشر بتربية الحيوانات التي تتميز بصفات معينة للحصول على نسل يحمل صفات مرغوبة. ونتيجة لذلك، أصبحت هذه الصفات أكثر شيوعاً. لا يقتصر الأمر على تربية أو توليد الحيوانات للحصول على كائنات تتميز بصفات مرغوبة فقط، فالنباتات أيضاً تزرع لإنتاج تلك الصفات مثل إنتاج ثمار أكبر حجماً وفترات نمو أقصر. وتسمى العملية التي يتم من خلالها اختيار الصفات المرغوبة لنباتات وحيوانات معينة ونقلها إلى الأجيال المقبلة منها الانتخاب الصناعي. فمن خلال عمليات التهجين والتزاوج الداخلي، يمكن نقل الصفات المرغوبة للأجيال القادمة.

الشكل 1 تتميز الكلاب بصفات تجعلها مناسبة لمهام مختلفة: البيفل - حاسة شم قوية؛ الهاسكي - العدو لمسافات طويلة؛ الجيرمان شيبرد - قابلية للتدريب بدرجة عالية.



تجربة مصفرة 1

تمثيل عملية التهجين

كيف تُنتج الزنابق الهجينة؟ في هذه التجربة، ستطلع على التقنيات التي يستخدمها مربو النباتات المحترفون والبستانيون الهواة لإنتاج المجموعة الكبيرة من الزنابق التي ربما تشاهدها تنمو في المناطق الطبيعية.

الإجراءات

1. حدّد مخاوف السلامة المرتبطة بهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. أحضر رسماً لزهرة الزنبق مزوّداً وزهرة زنبق متفتحة نضرة. تفحص الزهرة باستخدام عدسة مكبرة يدوية وحدد المنك المذكر والمتاع المؤنث.
3. استخدم عود تنظيف الأذن لفرك المنك برفق بهدف استخراج حبوب اللقاح.
4. استبدل الزهور بمجموعة أخرى في المختبر. وضع حبوب اللقاح التي استخرجتها من الزهرة على ميسم المتاع في زهرة جديدة مستخدماً عود تنظيف الأذن.

التحليل

1. استدلّ عندما يقوم المربون بتهجين الزنابق، فإنهم ينقلون حبوب اللقاح إلى ميسم في زهرة زنبقة غير متفتحة ثم يغطون الميسم بغطاء رقيق. لم يعد هذا ضرورياً برأيك؟
2. التفكير الناقد يُنتج مربّ ما زنبقة هجينة تُترك بعد ذلك لتنمو وتُنتج البذور بشكل طبيعي. وعندما تُزرع هذه البذور، لا يكون لنباتات الزنبق الجديدة الخصائص نفسها الموجودة في الأب الهجين. ضع فرضية لسبب حدوث ذلك.

مراجعة في ضوء ما قرأته عن الانتخاب الصناعي، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

التهجين تذكر أن الكائنات المهجنة تنتج عن تزاوج كائنات حية لها أشكال مختلفة من صفة ما لإنتاج أفراد جيل يحمل صفات معينة. وغالباً ما يعتمد المزارعون ومربو الحيوانات والعلماء والبستانيون إنتاج الحيوانات المهجنة الذي يُعرف أيضاً بالتهجين. فيختارون الصفات التي ستعطي الكائنات الحية الهجينة ميزة تنافسية. يمكن إكثار وتوليد هذه الكائنات الحية الهجينة للحصول على نسل أكثر مقاومة للأمراض أو أكثر قدرة على الإنجاب أو أسرع نمواً. على سبيل المثال، قد يختار مربو النباتات مزاجعة صنفين مختلفين من نبات الطماطم لإنتاج هجين يحمل صفة مقاومة الأمراض. من أحد الأبوين، وصفة النمو السريع من الأب الآخر.

يجب توخي الحذر في تحديد الكائنات الحية التي تحمل الصفات المرغوبة وإنتاج تزاوجها للحصول على التركيب الصحيح للصفات من كلا الأبوين. لكن للتهجين عيوباً منها أنه مكلف ويستغرق وقتاً طويلاً. على سبيل المثال، استغرقت هذه العملية ثلاثة عقود للتوصل إلى أصناف هجينة من الأرز تنتج كميات أكبر من المحاصيل مقارنة بالأصناف غير الهجينة. لكن بما أن التهجين ينطوي على إنتاج كائنات حية ذات قيمة غذائية أعلى، وأكثر قدرة على التكيف مع أشكال عديدة من التغيرات البيئية، فإن مزايا التهجين تفوق عيوبه في بعض الأحيان.

التزاوج الداخلي عندما يلاحظ المربي وجود صفة مرغوبة في كائن حي، يتعين تنفيذ عملية دقيقة للتأكد من انتقال الصفة إلى الأجيال القادمة. تسمى هذه العملية التي يتم فيها تهجين كائنات حية متماثلة جينياً بهدف التخلص من الصفات غير المرغوبة في الأجيال القادمة ونقل الصفات المرغوبة إليها خلال التزاوج الداخلي.

نحافظ على السلالات النقية عن طريق التزاوج الداخلي. ومن أمثلة الكائنات الحية الناتجة عن التزاوج الداخلي: خيول كلايدزديل وبقر أنفوس. ربما رأيت خيول كلايدزديل في المواكب وحدائق الحيوانات، فقد بدأ مربو الخيول في تربيتها في اسكتلندا قبل مئات السنين لاستخدامها في المزارع. وعندما لاحظوا أنها تتمتع بالبنية القوية والرشاقة والطبيعة المطيعة، فقد تمت تربيتها داخلياً واستخدمتها على نطاق واسع لجرّ الأحمال الثقيلة. لكن للتزاوج الداخلي عيوباً منها إمكانية انتقال الصفات المتنحية الضارة أيضاً إلى الأجيال القادمة، كما يزيد التزاوج الداخلي من فرص إنتاج نسل متماثل الجينات. إذا كان الأبوان يحملان الأليل المتنحي، فمن غير المرجح التخلص من الصفة الضارة.

التأكد من فهم النص صف العيوب المرتبطة بكل من التهجين والتزاوج الداخلي.

W أبيض = الأبيضي
w أحمر = الأحمر

جريب فروت أبيض
متماثل الجينات

	W	w
W	WW	Ww
w	Ww	ww

جريب فروت أحمر
متماثل الجينات

جريب فروت أبيض
متخالف الجينات

	W	w
W	WW	Ww
w	Ww	ww

جريب فروت أحمر
متماثل الجينات

الآباء بنسبة 100% سائدة غير نقية

الشكل 2 يمكن تحديد الطراز الجيني لشجرة جريب فروت أبيض من خلال نتائج تزاوج اختبائي مع شجرة جريب فروت أحمر متماثلة الجينات.

النسبة حفظ 100% عند الآباء يكون
الآباء اباء المجهول (نقي)
2 100% سائد غير نقى 50% صنف
الآباء اباء المجهول يكون غير نقى

AA (متخالف = غير متماثل) سائد غير نقى
Aa (متخالف = نقى) سائد نقى
aa (متماثل = نقى) متنحى دائماً نقية

التزاوج الاختباري

من التواحي المهمة التي ينبغي على المربي تحديدها عند إنتاج هجين هو الطراز الجيني للهجين. في حال لاحظ مربٍ ما صفة مرغوبة وكانت هذه الصفة سائدة فقد يكون الطراز الجيني للكائن الحي الذي يحملها متماثل الجينات أو متخالف الجينات. ويتحدد الطراز الجيني بدقة عن طريق إجراء التزاوج الاختباري. ينطوي التزاوج الاختباري على (تزاوج) كائن حي له طراز جيني غير معروف مع آخر طراز جيني متماثل الجينات للصفة المرغوبة. إذا كان الطراز الجيني للآب سائداً متماثل الجينات، فسيكون لجميع أفراد النسل الطراز الجيني السائد؛ وإذا الطراز الجيني متخالف الجينات، فستكون نسبة الطرز الظاهرية للنسل 1:1.

إجراء تزاوج اختبائي افترض أن أحد المربين يرغب في إنتاج ثمار جريب فروت هجينة بيضاء. في أشجار الجريب فروت، يمثل لون الثمرة الأبيض الصفة السائدة بينما يمثل اللون الأحمر الصفة المتنحية. بالتالي، يجب أن تحمل أشجار الجريب فروت الأحمر في البستان صفة متنحية متماثلة الجينات (ww). ويمكن أن يكون الطراز الجيني لشجرة الجريب فوت الأبيض الهجينة الذي حصل عليه المربي سائداً متماثل الجينات (WW) أو متخالف الجينات (Ww) للون الأبيض. لذلك ينبغي على المربي إجراء تزاوج اختبائي لتحديد الطراز الجيني لشجرة الجريب فروت الأبيض. تذكر أنه عند إجراء التزاوج، تنقل حبوب اللقاح من زهرة أحد النباتات إلى العضو الأنثوي في زهرة من نبات آخر.

النتائج كما يظهر في مربع بانيت في الشكل 2، إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض تحمل صفة سائدة متماثلة الجينات (WW) وتم تزاوجها مع شجرة جريب فروت أحمر (ww)، فسيكون جميع أفراد النسل متخالفي الجينات (Ww) ولونهم أبيض. في هذه الحالة، سيكون لجميع أفراد النسل الطراز الظاهري السائد. ومع ذلك، كما يظهر في مربع بانيت في الشكل 2، إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض متخالفة الجينات (Ww)، فسيكون نصف عدد أفراد النسل أبيض اللون وستكون نسبة الطرز الظاهرية 1:1. راجع النتائج في مربعات بانيت في الشكل 2. إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض متماثلة الجينات، فسيكون جميع أفراد النسل متخالفي الجينات أي بيض اللون. وإذا كانت الشجرة متخالفة الجينات، فسيكون نصف أفراد نسل التزاوج الاختباري أبيض اللون وسيكون النصف الآخر أحمر اللون

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- يستخدم الانتخاب الصناعي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات تعتبر مرغوبة.
- يُنْتِج التهجين كائنات حية تحمل صفات مرغوبة من آباء يحملون صفات مختلفة.
- تُنتِج التزاوج الداخلي سلالات نقية.
- يمكن استخدام تزاوج اختبائي لتحديد الطراز الجيني للكائن الحي.

فهم الأفكار الرئيسية

1. **البكرة الرئيسية** قوم أثر الانتخاب الصناعي في المحاصيل الغذائية.
2. صف ثلاث صفات قد تكون مرغوبة في الأغنام. كيف يمكن نقل هذه الصفات إلى الجيل التالي؟ اشرح ذلك.
3. قارن وقابل بين كل من التزاوج الداخلي والتهجين.
4. توقع الطراز الظاهري لأفراد نسل ناتج عن تزاوج اختبائي بين برتقالة بدون بذور (ss) وبرتقالة لها بذور (Ss).

التفكير الناقد

5. قيم هل ينبغي مزاججة بقرة وثور كلاهما يحمل أليلات متنحية طفرة جينية تسبب انخفاض إنتاج الحليب؟ أجب مع التعليل.

الرياضيات في علم الأحياء

6. يجري المربي تزاوجاً اختبائياً لتحديد الطراز الجيني لقطعة سوداء اللون، فيقوم بإجراء تزاوج للقطعة السوداء (BB أو Bb) مع قط أبيض (bb). إذا بلغت نسبة القطة السوداء من أفراد النسل 50%، فما هو الطراز الجيني للقطعة السوداء في النسل؟

تكنولوجيا الحمض النووي DNA

الأسئلة الرئيسية

المفكرة الرئيسية يستخدم الباحثون هندسة الجينات للتحكم بالحمض النووي (DNA).

الربط مع الحياة اليومية هل سبق ورأيت لحافاً من قطع قماش مختلفة الألوان بدوي الصنع؟ تُصنع الألبسة المكونة من قطع قماش مختلفة الألوان عن طريق دمج قطع مختلفة من الأقمشة. يستخدم العلماء عملية مشابهة ويدمجون أحماضاً نووية من مصادر مختلفة لإنتاج كائن حي يحمل صفات وراثية فريدة.

- ما الأدوات والعمليات المختلفة المستخدمة في هندسة الجينات
- كيف تتحكم هندسة الجينات في الحمض النووي (DNA) معاد التركيب
- ما أوجه الشبه بين الانتخاب الصناعي وهندسة الجينات؟
- كيف تُستخدم هندسة الجينات والتقنيات الحيوية لتحسين حياة الإنسان؟

هندسة الجينات

بحلول العام 1970 تقريباً، كان الباحثون قد اكتشفوا بنية الحمض النووي (DNA) وحددوا المبدأ المركزي الذي ينص على أن المعلومات الوراثية تتدفق من الحمض النووي إلى الحمض النووي الرايبوزي (RNA). ومنه إلى البروتينات. رغم ذلك، لم يعرف العلماء الكثير عن وظيفة الجينات الفردية. لنفترض أن صديقك أخبرك بالنتيجة النهائية لمباراة كرة قدم إحدى الثانويات، ولكنه لم يخبرك عن أداء كل لاعب في المباراة. إن فضولك لمعرفة تفاصيل المباراة مشابه للفضول الذي شعر به العلماء لأنهم لم يعلموا دور كل جين في وظيفة كل من الخلايا.

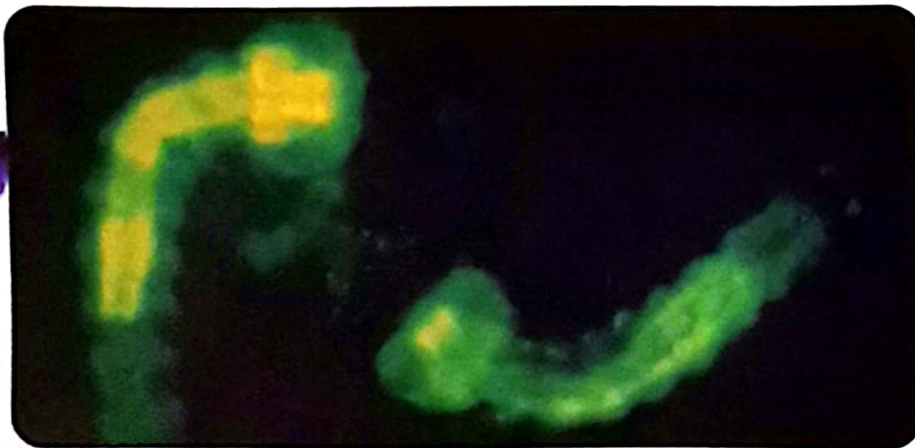
تغير الوضع عندما بدأ العلماء في استخدام هندسة الجينات، وهي تكنولوجيا تنطوي على التحكم بالحمض النووي لكائن حي من خلال إضافة حمض نووي دخيل (حمض نووي يعود إلى كائن حي آخر). على سبيل المثال، أدخل الباحثون جيناً لبروتين الإضاءة الحيوية يُسمى البروتين الفلوري الأخضر (GFP) في كائنات حية مختلفة. يبعث البروتين الفلوري الأخضر (GFP)، وهو مادة موجودة طبيعياً في السمك الهلامي الذي يعيش في شمال المحيط الهادئ، ضوءاً أخضر عند تعرضه للضوء فوق البنفسجي. إن الكائنات الحية التي سبق أن خضعت للتعديل الوراثي بهدف تصنيع DNA البروتين الفلوري الأخضر (GFP)، مثل يرقات البعوض الموضحة في الشكل 3، يمكن التعرف إليها بسهولة بوجود الأشعة فوق البنفسجية. يتم لصق DNA البروتينات الفلورية الخضراء بال DNA الدخيل للتحقق من إدخاله في الكائن الحي. وتُستخدم هذه الكائنات الحية المعدلة وراثياً في عمليات مختلفة. مثل دراسة تعبير جين معين والتحقيق في العمليات الخلوية ودراسة تطوّر مرض معين وانتقاء صفات وراثية قد تكون مفيدة للبشر.

مفردات للمراجعة

الحمض النووي DNA: المادة الجينية لجميع الكائنات الحية، وتتألف من سلسلتين مُكمّلتين من النيوكليوتيدات الموجودة في اللولب المزدوج.

مفردات جديدة

هندسة الجينات	genetic engineering
الجينوم	genome
إنزيم القطع	restriction enzyme
الفصل الكهربائي الهلامي	gel electrophoresis
الحمض النووي (DNA) مُعاد التركيب	recombinant DNA
البلازميد	plasmid
إنزيم ربط الحمض النووي (ليغاز)	DNA ligase
التحويل	transformation
الاستنساخ	cloning
تفاعل البلمرة المتسلسل	polymerase chain reaction
الكائن الحي المعدل وراثياً	transgenic organism



يرقات بعوض معدلة وراثياً

■ الشكل 3 أدخل جين البروتين الفلوري الأخضر (GFP) في يرقات البعوض حتى يتسنى للباحثين التحقق من إدخال الحمض النووي الدخيل. توقع كيفية استخدام المجال الطبي لهندسة الجينات في المستقبل.

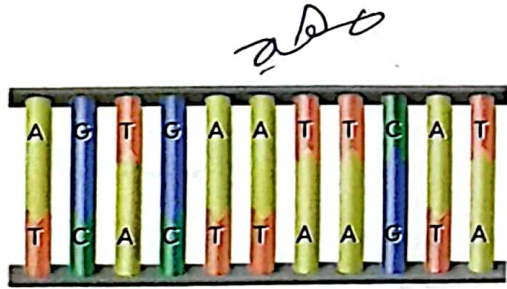
أدوات الحمض النووي (DNA)

لقد تعلمت أن الانتخاب الصناعي يُستخدم لإنتاج نباتات وحيوانات تحمل صفات وراثية مرغوبة. ويمكن استخدام (هندسة الجينات) لزيادة أو تقليل تعبير جينات معينة في كائنات حية (منتقاة) كما أن لها استخدامات كثيرة بدءاً من صحة الإنسان ووصولاً إلى الزراعة. إن **جينوم** الكائن الحي هو مجموع الحمض النووي الموجود في نواة كل خلية. كما سنتعلم في القسم التالي، مثلاً الجينوم البشري. يمكن أن يحتوي على الملايين والملايين من النيوكليوتيدات. فمن أجل دراسة جين معين، يمكن استخدام أدوات الحمض النووي للتحكم به وعزل الجينات عن بقية الجينوم.

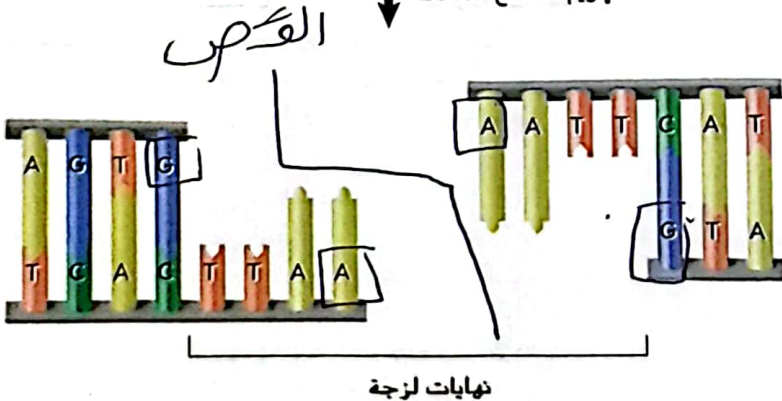
إنزيمات القطع تحتوي بعض أنواع البكتيريا على وسائل دفاعية قوية ضد الفيروسات. وتشتمل هذه الخلايا على بروتينات تسمى **إنزيمات القطع** التي تتعرف على تسلسلات حمض نووي معينة وتتصل بها وتقطع الـ DNA داخل ذلك التسلسل. **يقطع** إنزيم القطع، الذي يسمى أيضاً **النيوكلياز الداخلي**، الحمض النووي الفيروسي إلى أجزاء. ومنذ اكتشاف الإنزيمات في أواخر الستينات، حدد العلماء المئات من إنزيمات القطع وفصلوها. والجدير بالذكر أن إنزيمات القطع تُستخدم كأدوات قوية لفصل جينات أو مناطق معينة من الجينوم، فعندما يقطع إنزيم القطع الـ DNA الجينومي، يكون أجزاء ذات أحجام مختلفة تكون فريدة لدى كل شخص.

EcoRI يُعرف أحد إنزيمات القطع التي يستخدمها العلماء على نطاق واسع باسم إنزيم قطع اللولب المزدوج (**ECOR1**). وكما هو موضح في الشكل 4، يقطع إنزيم **ECOR1** الحمض النووي الذي يحوي التسلسل **GAATTC** على وجه التحديد. ويظهر على نهايات أجزاء الحمض النووي الناتجة عن إنزيم **ECOR1** اسم النهايات اللزجة لاحتوائها على الحمض النووي أحادي الشريط المكمل. وتُعد قدرة بعض إنزيمات القطع على إنشاء أجزاء ذات نهايات لزجة أمراً بالغ الأهمية لأنه يمكن دمج هذه النهايات اللزجة (مع أجزاء حمض نووي أخرى لها نهايات مكملّة لزجة).

✓ التأكد من فهم النص عمّم كيفية استخدام إنزيمات القطع.



إنزيم القطع EcoRI



المفردات

مفردات أكاديمية

يتحكم Manipulate

يدبر أو يستخدم بمهارة

يستخدم العلماء التكنولوجيا للتحكم

بالمعلومات الجينية من أجل اختبار

الفرضيات العلمية.



هنا القطع



النهايات

لزجة
تحتوي
أحادي
الشريط
المكمل

صمته
لا تحتوي
أحادي
الشريط
المكمل

■ الشكل 4 يمكن قطع الحمض النووي الذي يحتوي على التسلسل GAATTC بواسطة إنزيم القطع **ECOR1** لإنشاء نهايات لزجة.

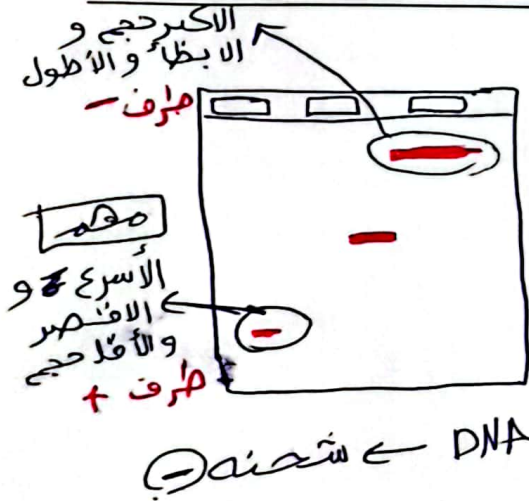
نمط الأجزاء يلتصق بحلول تلوين بأجزاء الحمض النووي المفصولة في المادة الهلامية، مما يجعلها مرئية تحت الضوء فوق البنفسجي.



تلمية المادة الهلامية يتم إسقاط محلول يحتوي على الحمض النووي (DNA) في ثقب عند أحد طرفي المادة الهلامية باستخدام القطارة.



الشكل 5 عند وضع المادة الهلامية المعية في خزان الفصل الكهربائي وتشغيل التيار الكهربائي، تنفصل أجزاء الحمض النووي.



رغم ذلك، لا تنتهي كل إنزيمات القطع نهايات لزجة. فبعض الإنزيمات تنتج أجزاء تحتوي على **نهايات مصمتة** تنشأ عندما يقطع إنزيم القطع كلا الشريطين بشكل مباشر. ولا تحتوي النهايات المصمتة على مناطق حمض نووي أحادي الشريط ويمكن أن **تلتحم** بجزء حمض نووي آخر يتضمن نهايات مصمتة.

الربط بالتغذية الفصل الكهربائي الهلامي

يستخدم تيار كهربائي لفصل أجزاء الحمض النووي وفقاً لحجم الأجزاء في عملية تسمى **الفصل الكهربائي الهلامي**. يوضح الشكل 5 كيفية تعبئة أجزاء الحمض النووي في الطرف ذي الشحنة السالبة بالمادة الهلامية. **تتحرك** أجزاء الحمض النووي باتجاه الطرف الموجب للمادة الهلامية عند تشغيل التيار الكهربائي. وتتحرك الأجزاء الصغيرة بسرعة أكبر من حركة القطع الكبيرة. ويمكن مقارنة النمط الفريد الذي نشأ وفقاً لحجم جزء الحمض النووي بأجزاء معروفة من الحمض النووي للتعرف عليه. فضلاً عن ذلك، يمكن إزالة أجزاء المادة الهلامية التي تحتوي على كل شريط لإجراء مزيد من الدراسة عليها.

تجربة مصفوفة 2

صناعة نموذج لإنزيمات القطع

كيف تصنع نماذج للنهايات اللزجة؟ استخدم مقصاً وشريطاً لإنشاء أجزاء حمض نووي ورقية لها نهايات لزجة وبلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب.

الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلقة بالسلامة لهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. تزود من معلمك بقصاصة ورق مستطيلة تشتمل على تسلسل الحمض النووي لتمثيل الحمض النووي الجينومي، وقصاصة ورق دائرية تشتمل على تسلسل الحمض الجيني لتمثيل البلازميد.
3. ابحث عن كل تسلسل GAATT يتعرف عليه إنزيم القطع *ECORI* وقص الحمض النووي الجينومي والبلازميدي باستخدام المقص.
4. استخدم شريطاً لإنشاء بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب.

التحليل

1. قارن البلازميد الذي أنشأته ببلازميدات المجموعات الأخرى في المختبر. كم عدد البلازميدات المختلفة مُعادة التركيب التي يمكن إنشاؤها باستخدام هذا التسلسل الجينومي؟ اشرح.
2. استدل على الإنزيم الذي مثله المقص. اشرح.

تكنولوجيا الحمض النووي (DNA) مُعاد التركيب

عندما تُفصل أجزاء الحمض النووي من خلال الفصل الكهربائي الهلامي. يمكن إزالة أجزاء بحجم معين من المادة الهلامية ودمجها مع أجزاء حمض نووي (DNA) من مصدر آخر. ويُسمى جزيء الحمض النووي المُنشأ حديثاً. والحمض النووي المستمد من مصادر أخرى (الحمض النووي DNA مُعاد التركيب). وقد أسهمت تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب في تطوير طريقة دراسة العلماء للحمض النووي لأنها تتيح إمكانية دراسة الجينات الفردية.

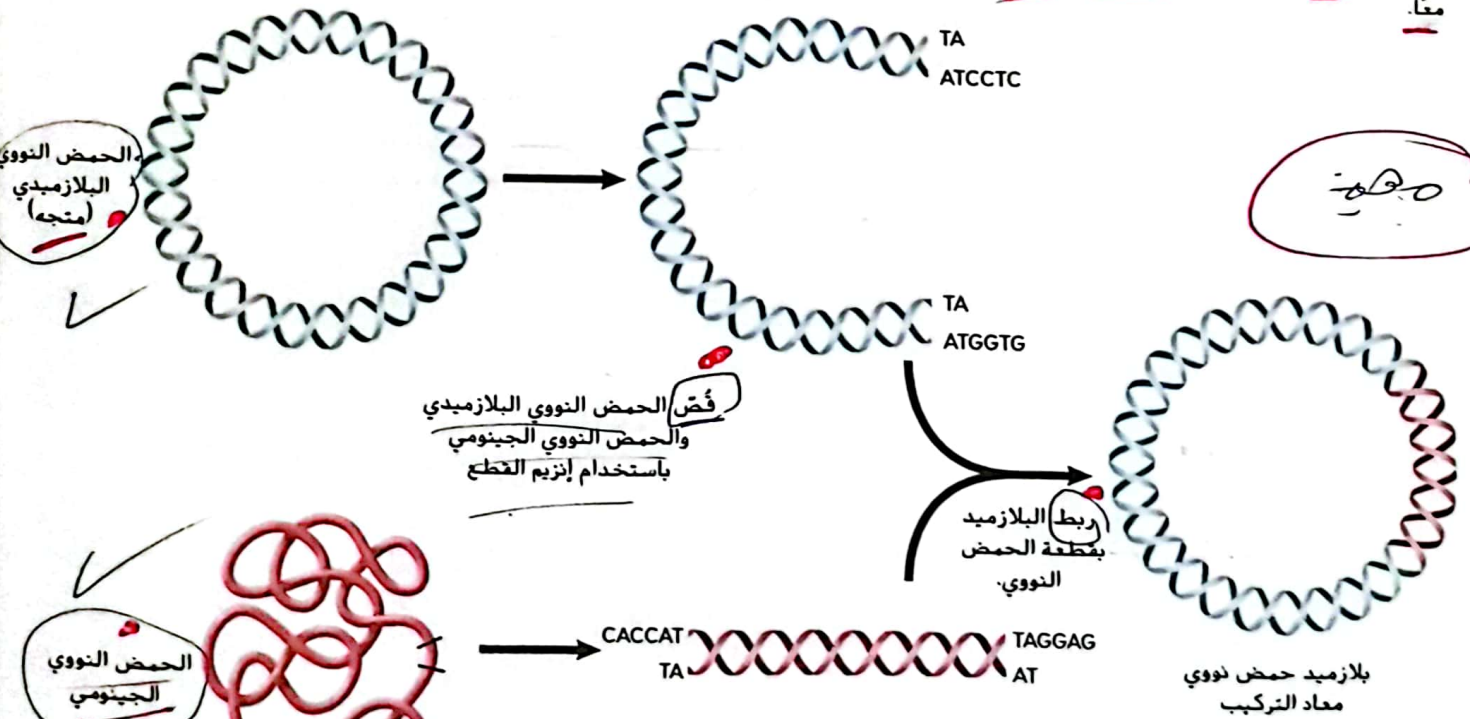
لذلك، من الضروري وجود كميات كبيرة من جزيئات الحمض النووي مُعاد التركيب من أجل دراستها. يعمل ناقل، يسمى المتجه على نقل الحمض النووي مُعاد التركيب إلى خلية بكتيرية تُسمى الخلية المضيفة وتعد البلازميدات والفيروسات متجهات شائعة الاستخدام يمكن استخدام البلازميدات، وهي جزيئات دائرية صغيرة من الحمض النووي ثنائي الشرائط تتواجد طبيعياً في البكتيريا وفي خلايا الخميرة، كمتجهات نظراً إلى إمكانية قطعها عن طريق إنزيمات القطع. إذا تم قطع بلازميد وجزء حمض نووي مأخوذين من جينوم آخر بواسطة إنزيم القطع نفسه، ستكون نهايات كل جزء حمض نووي مكمل وقابلة للدمج. كما هو موضح في الشكل 6، ثمة إنزيم تستخدمه الخلايا عادةً في إصلاح الحمض النووي (DNA) ومضاعفته، يسمى إنزيم ربط الحمض النووي، وهو يربط جزأي الحمض النووي كيميائياً. يربط الإنزيم أجزاء (DNA) ذات النهايات اللزجة وكذلك الأجزاء ذات النهايات المصمتة. تفحص الشكل 6 مجدداً. لاحظ أن جزيء (DNA) الدائري الناتج يحتوي على (DNA) البلازميد وجزء (DNA) المفصولين من جينوم آخر. يمكن الآن إدخال جزيء بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب هذا إلى خلية مضيفة للتمكن من إنتاج كميات كبيرة من هذا النوع من الحمض النووي مُعاد التركيب.

النتيجة
دائري + الفيروس



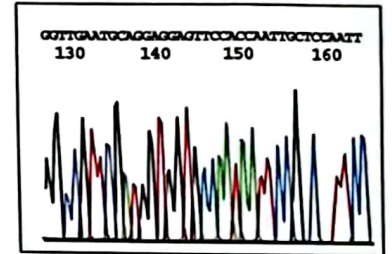
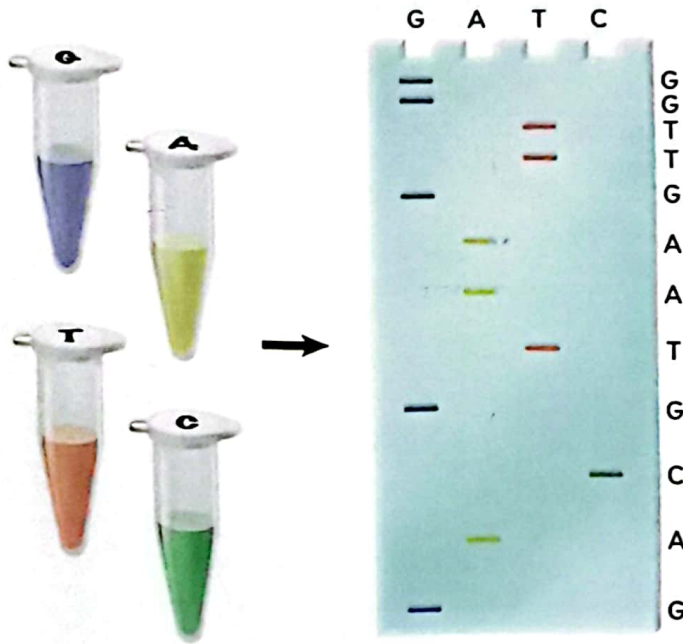
التأكد من فهم النص اربط بين إنزيمات القطع والحمض النووي مُعاد التركيب.

الشكل 6 ينشأ الحمض النووي مُعاد التركيب من خلال دمج DNA من مصدرين مختلفين مغا.



سلاسل لبعضها
CACCAT
ATGGTA
C13-03A-869510

TAGGAG
ATCCTC



جهاز آلي لترتيب التسلسل
يستخدم في طباعته.

يقسم الفصل الهلامي الأجزاء
المميزة بالفلويدورسنت حسب الطول.
أربع من مخاليط التفاعل تتضمن جزء DNA
غير معروف وبادة وإنزيم بلمرة الحمض
النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين
والنيوكليوتيدات الأربعة ونيوكليوتيدة
مختلفة مميزة.

الشكل 8 يمكن ترتيب تسلسل DNA
باستخدام النيوكليوتيدات الموسومة بالفلورسنت
صف كيف يُحدد تسلسل قالب DNA
الأصلي.

T : Thymine ثايمين
A : Adenine أدنين
C : cytosine سايتوسين
G : Guanine غوانين
رابط هيدروجيني
A = T
C = G

اتبع الشكل 8 لاستيعاب كيفية ترتيب تسلسل الـ DNA يخلط العلماء جزء
الـ DNA غير معروف مع إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين
والنيوكليوتيدات الأربعة، A، C، G، T، في أنبوب. يتم تلوين جزء صغير من
كل نيوكليوتيد بلون مختلف من صبغة الفلورسنت، التي تُعدّل أيضاً تركيب
النيوكليوتيد. وكلما دُمج نيوكليوتيد مُعدل وملون الفلورسنت في الشريط المصنّع
حديثاً توقف التفاعل ونجم عن ذلك أشطرة حمض نووي بأطوال مختلفة. يكتمل
تفاعل ترتيب التسلسل عندما تنفصل أجزاء الـ DNA الملونة عن طريق الفصل
الكهربائي الهلامي. وتعرض بعد ذلك المادة الهلامية للتحليل في جهاز تلقائي
لترتيب تسلسل الـ DNA نستطيع من خلاله اكتشاف لون كل نيوكليوتيد مميز.
(يُحدد) تسلسل قالب الـ DNA الأصلي من خلال ترتيب الأجزاء المميزة.

تفاعل البلمرة المتسلسل عند معرفة تسلسل أحد أجزاء الـ DNA. يمكن
استخدام أسلوب يسمى تفاعل البلمرة المتسلسل لإنتاج ملايين النسخ من منط
محددة في جزء الحمض النووي. ويكون تفاعل البلمرة المتسلسل شديد الحساسية
وقادر على اكتشاف جزء واحد للحمض النووي في عينة ما. كما يُعدّ تفاعل
البلمرة المتسلسل مفيداً لأنه يمكن بعد ذلك نسخ هذا الجزء الواحد من
الـ DNA أو تضخيمه مرات عدّة لاستخدامه في تحليل الـ DNA. اتبع الشكل 9
عندما تقرأ عن خطوات تفاعل البلمرة المتسلسل.

الخطوة 1 يحصل تفاعل البلمرة المتسلسل بوضع جزء الـ DNA المراد نسخه
وإنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين ونيوكليوتيدات الحمض
النووي الأربعة وجزء الـ DNA أحادي الشريط القصيرين اللذين يسميان البادئين
في أنبوب. وتعد هذان البادئات مُكملة لنهايات جزء الـ DNA التي سيتم نسخها
واستخدامها كنقاط بداية لتصنيع الـ DNA يبدأ تفاعل البلمرة المتسلسل عند
تسخين الأنبوب.

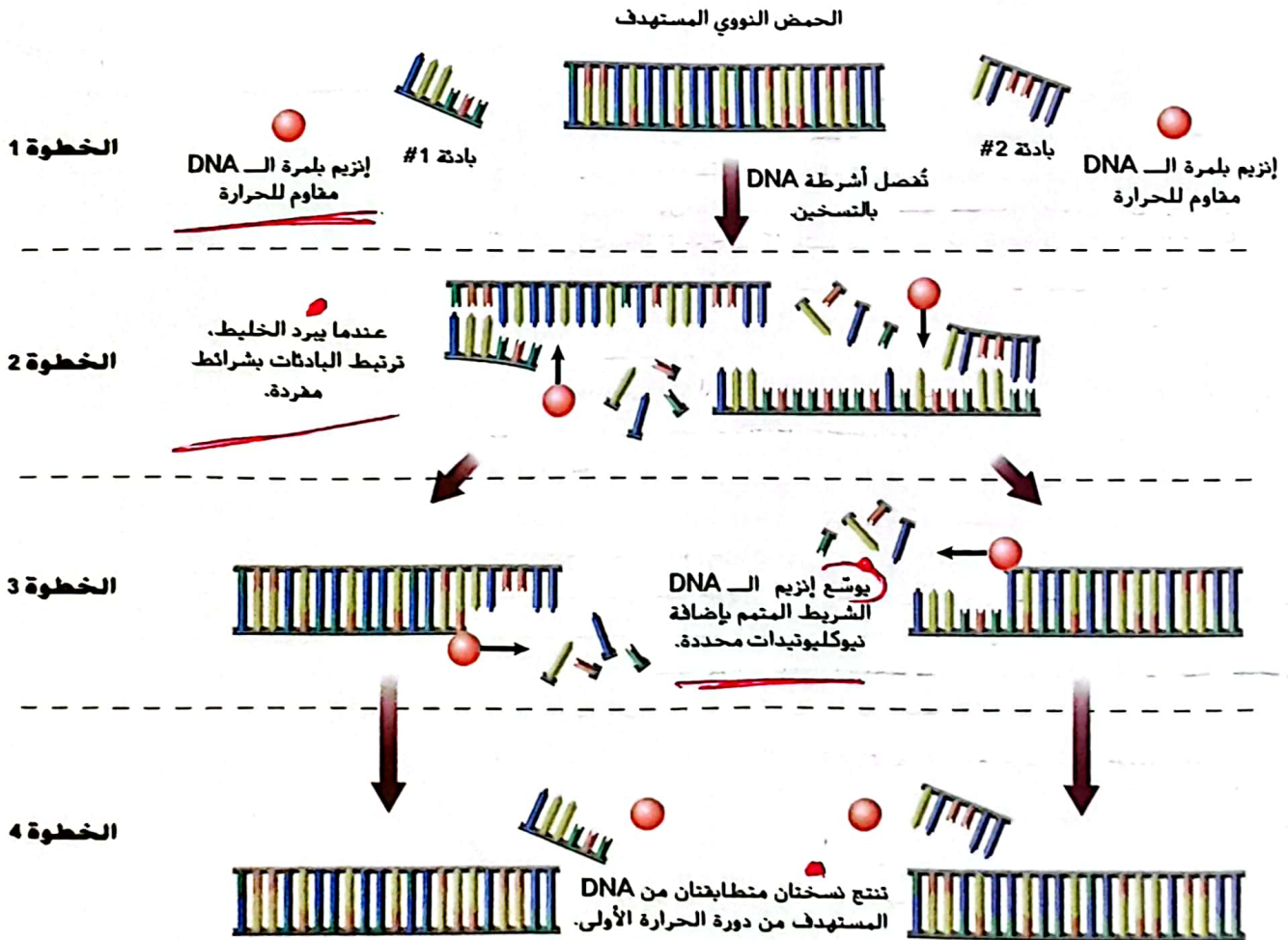
الخطوة 2 تفصل الحرارة شريطي جزء الـ DNA النموذجي. عندما يبرد الأنبوب، يمكن أن تلتصق البادئات بكل شريط من الـ DNA النموذجي. ويُستخدم جهاز آلي يُسمى **مبدل درجات الحرارة** لتدوير الأنبوب الذي يحتوي على كل المكونات التي تدخل في تفاعل البلمرة المتسلسل من خلال درجات حرارة مرتفعة ومنخفضة مختلفة.

الخطوة 3 إن كل بادئة مهيأة للارتباط بشريط واحد من جزء الحمض النووي (DNA) كما هو موضح في الشكل 9. عندما ترتبط البادئات بعضها ببعض، يدمج إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين النيوكليوتيدات الصحيحة بين البادتين كما يحدث في تضاعف الحمض النووي. وتتكرر عملية التسخين والتبريد ودمج النيوكليوتيدات من 20 إلى 40 مرة، مما يؤدي إلى إنتاج ملايين النسخ من الجزء الأصلي. وبما أن أفضل أشرطة الـ DNA يتطلب وجود حرارة، يجب أن يكون إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين المستخدم في تفاعل البلمرة المتسلسل قادرًا على تحمل درجات الحرارة المرتفعة. وقد عُزل إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين الخاص هذا عن بكتيريا حرارية أو بكتيريا تفضل العيش في درجات الحرارة المرتفعة، مثل البكتيريا القديمة الموجودة في الينابيع الساخنة.

إن قدرة تفاعل البلمرة المتسلسل على اكتشاف جزء واحد من الـ DNA في عينة ما، جعلت منه أحد أقوى الطرق التي يستخدمها العلماء ولا يقتصر استخدام تفاعل البلمرة المتسلسل على الباحثين في المختبرات، بل يستخدمه علماء الطب الشرعي لتحديد هوية المشتبه بهم والضحايا في التحقيقات الجنائية. كما يستعين به الأطباء للكشف عن الأمراض المعدية مثل الإيدز.

✓ التأكد من فهم النص صِف تفاعل البلمرة المتسلسل، مستخدمًا تشبيهًا.

■ الشكل 9 تفاعل البلمرة المتسلسل يُعد نسخة بيولوجية من ماكينة تصوير المستندات. فخلال كل دورة لتفاعل البلمرة المتسلسل، يُسخن خليط التفاعل لفصل أشرطة الـ DNA ثم يُبرد لتتمكن البادئات من الارتباط بالتسلسلات المُكملة. بعد ذلك، يعمل إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين على إضافة نيوكليوتيدات لتشكيل جزيئات الـ DNA جديدة.



الأداة/العملية	الوظيفة	التطبيقات
إنزيمات القطع مثال: إنزيم قطع اللولب المزدوج (EcoRI)	يقطع أشرطة الـ DNA إلى أجزاء	يستخدم لإنشاء أجزاء الـ DNA تتضمن نهايات لزجة أو مصمتة قادرة الاندماج مع أجزاء الـ DNA أخرى.
الفصل الكهربائي الهلامي	يفصل أجزاء الـ DNA حسب الحجم	يستخدم لدراسة أجزاء الـ DNA بأحجام مختلفة
تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب	تدمج جزء الـ DNA مع الـ DNA من مصدر آخر (الـ DNA الخارجي).	يستخدمان بها لإنشاء حمض نووي مُعاد التركيب لاستخدامه في دراسة الجينات الفردية والكائنات الحية المعدلة وراثيًا في علاج أمراض معينة.
استنساخ الجينات	ينتج أعدادًا كبيرة من الجزيئات المتطابقة من الحمض النووي مُعاد التركيب.	يستخدم لإنشاء أعداد كبيرة من الأحماض النووية مُعادة التركيب لاستخدامها في الكائنات الحية المعدلة وراثيًا.
ترتيب تسلسل الحمض النووي (الـ DNA)	يحدد تسلسل الحمض النووي لجزيئات الحمض النووي مُعاد التركيب المستنسخة لدراستها بشكل أعمق.	يستخدم لتحديد الأخطاء في تسلسل الـ DNA وتوقع وظيفة جين معين ومقارنته بجينات لها تسلسلات متشابهة من كائنات حية مختلفة.
تفاعل البلمرة المتسلسل	يُنتج نسخًا من مناطق معينة من الـ DNA المتسلسل	يستخدم لنسخ الـ DNA لإجراء أي تحقيق علمي، بما في ذلك، تحليل الطب الشرعي والاختبار الطبي.

تستخدم هندسة الجينات أدوات قوية. ملخصة في الجدول 1، لدراسة DNA والتحكم به. على الرغم من أن الباحثين يحققون في العديد من المشكلات المختلفة، إلا أن إجراءاتهم التجريبية تشمل في الغالب القطع بواسطة إنزيم القطع وفصل الأجزاء والدمج مع DNA خارجي والاستنساخ أو تفاعل البلمرة المتسلسل وتحديد ترتيب التسلسلات.

التقنيات الحيوية

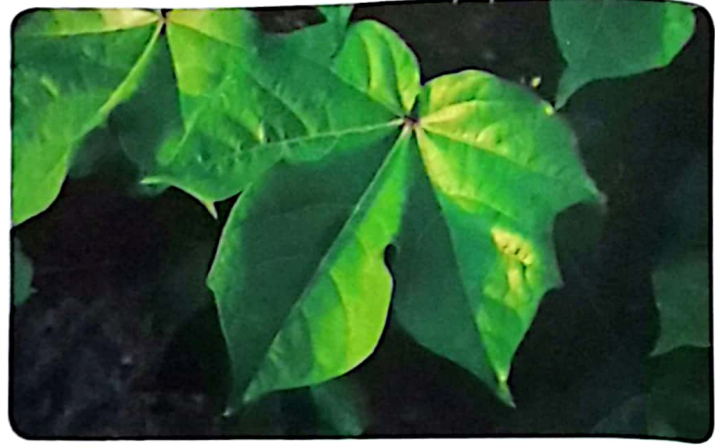
تسمح التقنيات الحيوية استخدام هندسة الجينات لإيجاد حلول للمشكلات بإنتاج كائنات حية تحمل جينات فردية من كائن حي آخر. تذكر أن الكائنات الحية مثل برفقات البعوض، الموضحة في الشكل 3، تحمل جينًا من كائن حي آخر. وتسمى هذه الكائنات الحية، المعدلة وراثيًا بإدخال جين من كائن حي آخر، الكائنات الحية المعدلة وراثيًا. لا تُستخدم الحيوانات والنباتات والبكتيريا المعدلة وراثيًا لأغراض البحث فحسب، بل أيضًا للأغراض الطبية والزراعية.

الحيوانات المعدلة وراثيًا يُنتج العلماء في يومنا هذا معظم الحيوانات المعدلة وراثيًا في المختبرات لأغراض البحث البيولوجي. وتستخدم الفئران وذبابات الفواكه ودودة الربداء الرشيق، وتسمى أيضًا C إليجانس، على نطاق واسع في مختبرات البحث حول العالم لدراسة الأمراض وتطوير وسائل معالجتها. فضلًا عن ذلك، أُنتجت بعض الكائنات الحية المعدلة وراثيًا، مثل الماشية المعدلة وراثيًا، لتحسين إمدادات الغذاء وصحة الإنسان. وقد خضع الماعز المعدل وراثيًا للهندسة الجينية لإفراز مضاد الثرومبين الثالث، الذي يُستخدم لمنع تخثر الدم أثناء الجراحة. يكف الباحثون على إنتاج دجاج وديوك رومية معدلة وراثيًا تتميز بمقاومة الأمراض. كما خضعت عدة أنواع من الأسماك للتعديل وراثيًا لكي تنمو بشكل أسرع.



مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالم الوراثة قد يبحث عالم الوراثة في الجينات والوراثة وتنوعات الكائنات الحية مستخدمًا العديد من أدوات DNA. ويكون بعض علماء الوراثة أطباء مختصين في تشخيص الحالات الجينية وعلاجها.



الشكل 10 تم تعديل ورقة الشجرة الموضحة على اليمين وراثيًا لمقاومة عدوى الحشرات.



النباتات المعدلة وراثيًا خضع العديد من أنواع النباتات للتعديل الوراثي لتكون أكثر مقاومة للآفات الحشرية أو الفيروسية. وقد شهد العام 2006 زراعة ما يقرب من 69.9 مليون هكتار من المحاصيل المعدلة وراثيًا على أيدي 7 ملايين مزارع في 18 دولة. وشملت هذه المحاصيل فول الصويا والذرة والقطن والكانولا المقاومة لمبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية. يُنتج العلماء حاليًا قطنًا معدلاً وراثيًا، كما هو موضح في الشكل 10، قادرًا على مقاومة غزو الحشرات للوز القطن. كما يطور الباحثون نبات الفول السوداني وفول الصويا التي لا تسبب ردود فعل تحسسية. يتم زرع محاصيل أخرى لأغراض تجارية ويجري اختبارها ميدانيًا. وتشمل هذه المحاصيل نباتات البطاطا السكرية المقاومة لأحد أنواع الفيروسات الذي يمكنه أن يقضي على معظم المحصول الإفريقي ونباتات الأرز التي تحتوي على نسب مرتفعة من الحديد والفيتامينات والتي يمكنها أن تقلل من سوء التغذية في دول آسيا. أما المحاصيل المحتملة فتشمل ثمار الموز التي تنتج لقاحات لعلاج أمراض معدية، مثل التهاب الكبد الفيروسي B ونباتات تنتج مواد بلاستيكية قابلة للتحلل الحيوي.

البكتيريا المعدلة وراثيًا يُصنع الأنسولين وهرمونات النمو والمواد التي تُذيب نخرات الدم من البكتيريا المعدلة وراثيًا. كما تُبطئ البكتيريا المعدلة وراثيًا نكُون بلورات الثلج على المحاصيل لحمايتها من التلف الناتج عن الصقيع، وتنظيف الأنسكابات النفطية بفعالية أكبر وتحليل النفايات.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- تُستخدم هندسة الجينات لإنتاج كائنات حية مفيدة للبشر.
- تُستخدم تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب لدراسة الجينات الفردية.
- يمكن فصل أجزاء الحمض النووي (DNA) باستخدام الفصل الكهربائي الهلامي.
- يمكن إنتاج المستنسخات عن طريق تحويل البكتيريا باستخدام الحمض النووي مُعاد التركيب.
- تُستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل لإنتاج نسخ من تسلسلات DNA الصغيرة.
- يجري حاليًا إنشاء كائنات حية مُعدلة وراثيًا لتحسين حياة الإنسان.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **المهمة الرئيسة** التسلسل اذكر كيفية إنتاج الحمض النووي مُعاد التركيب والتحكم به.
2. اشرح سبب احتواء بعض البلازميدات على جين مقاوم للمضاد الحيوي.
3. صف كيف يمكن أن تحسّن هندسة الجينات صحة الإنسان.
4. قابل بين أحد الاختلافات الكبيرة بين الانتخاب الصناعي وهندسة الجينات.

التفكير الناقد

5. قيم تتضمن عدة أفلام وكتب شهيرة كائنات حية متحورة. هل من الممكن إنتاج كائنات حية مُعدلة وراثيًا؟ علّل إجابتك.
6. **الكتابة في علم الأحياء** كيف تستطيع شركة تجارية تصنيع الحمض النووي وبيعه؟ ومن هم العملاء المحتملين؟ اكتب قائمة بالاستخدامات المحتملة للحمض النووي DNA الذي يصنع في المختبر.

الجينوم البشري

الأسئلة الرئيسة

الفكرة الرئيسة تحتوي الجينومات على كل المعلومات اللازمة لنمو الكائن الحي وبقائه على قيد الحياة.

الربط مع الحياة اليومية عندما تعمل على تجميع قطع أحجية الصور المقطوعة. قد تجد كل القطع الحدودية أولاً ثم تكمل القطع الأخرى. لذلك يمكن مقارنة تسلسل الجينوم البشري بتجميع قطع أحجية الصور المقطوعة معاً. كان على العلماء تحديد تسلسل المجموعات الثنائية من القواعد على طول الكروموسوم البشري، تماماً كما تحدّد أنت قطع أحجية الصور المقطوعة التي تتناسب بعضها مع بعض.

- ما مكونات الجينوم البشري؟
- كيف يستخدم علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية؟
- كيف يمكن استخدام المعلومات المكتسبة من الجينوم البشري في علاج الأمراض البشرية؟

مفردات للمراجعة

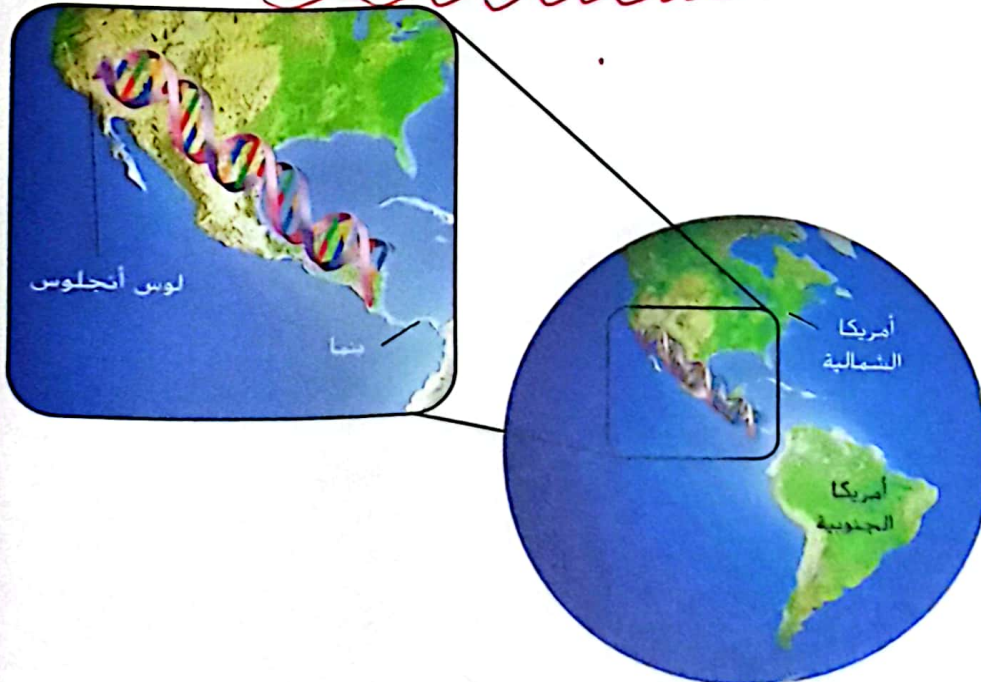
الكودون codon: قواعد ثلاثية موجودة في DNA أو الحمض النووي الرايبوزي المتقوص الأكسجين

مفردات جديدة

البصمة الوراثية DNA fingerprinting
المعلوماتية الحيوية bioinformatics
مصفوفة DNA الدقيقة
DNA microarray
تعدد أشكال النيوكلوتيدات الفردية single nucleotide polymorphism
النمط الفردي haplotype
علم الصيدلة الجيني
pharmacogenomics
العلاج الجيني gene therapy
علم الجينوم genomics
البروتيوميات proteomics

مشروع الجينوم البشري

إن مشروع الجينوم البشري HGP هو مشروع دولي أنجز في العام 2003. والجينوم هو المعلومات الوراثية الكاملة في خلية ما. وكان هدف هذا المشروع تحديد تسلسل 3 مليارات من النيوكلوتيدات التي تكوّن الـ DNA البشري وتحديد كل الجينات البشرية. فلو كانت كل النيوكلوتيدات الموجودة في الجينوم البشري هي من الحجم المبتن في هذه الصفحة وتم دمجها في خط واحد متواصل، لامتد هذا الخط من لوس أنجلوس في كاليفورنيا إلى بنما، كما هو موضح في الشكل 11. رغم انتهاء مشروع الجينوم البشري، إلا أنّ تحليل البيانات التي قدمها سيستمرّ لعدة عقود. ولإكمال هذه المهمة الكبيرة، قام الباحثون بدراسة جينومات العديد من الكائنات الحية الأخرى. بما في ذلك ذبابة الفاكهة والفأر والبكتيريا القولونية Escherichia coli وهي (بكتيريا) موجودة في أمعاء الإنسان. إذ تساعد الدراسات المتمحورة حول الكائنات الحية غير البشرية في تطوير التكنولوجيا اللازمة للتعامل مع كميات كبيرة من البيانات التي قدمها مشروع الجينوم البشري. وتساعد هذه التكنولوجيات في تفسير وظيفة الجينات البشرية المكتشفة حديثاً.



الشكل 11 لو دُمج DNA الموجود في الجينوم البشري في خط واحد متواصل، لامتدّ من كاليفورنيا إلى بنما.

■ الشكل 12 يجب فك شفرة المعلومات
الوراثية الموجودة داخل الجينوم البشري لكشف
التبيلات المهمة.
فسر النص من خلال فك شفرة الجمل
المتداخلة.

يمكننا المقارنة بلفك كبرموزا بتسلسل البشري
لجينوم ايبليشريا بليب قراءة كتابا لبطبع
بل بصورة شصغيري بصحيحة. تخيل الجينو
ملا بوكأنه كلات طويلة بلا فيت كتابا لملا
ونليب علاماتا بقيم وملا لدوني فواصل بلبينل
كلما تبالأو الجمليا وألا فقرات، ومع سلاسل
ابحرو فليمتناثرة بينا لبل جملودا خلها. ولكيب
تفهم بسا المكتوب، يجب فكر ترميز النصا المختلط.

ترتيب تسلسل الجينوم

يتألف DNA البشري من 46 كروموسومًا. ولتحديد تسلسل واحد مستمر للجينوم البشري، قطعت كل الكروموسومات البشرية البالغ عددها 46. واستخدم لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة لإنتاج أجزاء ذات تسلسلات متشابهة. وجمعت هذه الأجزاء بواسطة المتجهات لإنشاء حمض نووي (DNA) معاد التركيب واستنسخت لصناعة نسخ كثيرة منها ورتبت تسلسليًا باستخدام أجهزة آلية لترتيب التسلسل. بالإضافة إلى ذلك، استخدمت أجهزة الكمبيوتر في تحليل المناطق المتشابهة بهدف تكوين تسلسل واحد متواصل.

تشبه عملية فك شفرة تسلسل الجينوم البشري قراءة كتاب مشفر. تخيل الجينوم كتابًا من دون تنقيط أو فراغات بين الكلمات أو الجمل أو العبارات. افترض وجود سلاسل من الأحرف متفرقة بين الجمل وداخلها. ويوضح الشكل 12 ما قد تبدو عليه صفحة ما من هذا الكتاب. ولتتمكن من فهم ما هو مكتوب، يجب عليك فك شفرة النص. وكان يجب على العلماء فك الشفرة الجينية الموجودة في الجينوم البشري بالطريقة نفسها.

بعد أن حدّد العلماء تسلسل الجينوم البشري بأكمله، لاحظوا أن أقل من 2% من كل النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري مسؤولة عن تشفير جميع البروتينات الموجودة في الجسم. ويعني ذلك أن الجينوم مليء بامتدادات طويلة من تسلسلات متكررة ليس لها وظيفة مباشرة، ويطلق عليها اسم التسلسلات غير

المشفرة.

البصمة الوراثية هي الامتدادات الطويلة لمناطق DNA غير المشفرة وتكون فريدة من نوعها لدى كل فرد بخلاف مناطق DNA المشفرة للبروتين التي تكون متطابقة تقريبًا بين الأفراد. فعندما تقطع إنزيمات القطع هذه المناطق، كما ذكر سابقًا في هذه الوحدة، تكون مجموعة أجزاء الـ DNA الناتجة عن هذه العملية فريدة من نوعها لدى كل فرد. وتتطلب البصمة الوراثية فصل أجزاء DNA باستخدام الفصل الكهربائي الهلامي لملاحظة أنماط الأشرطة الخاصة بكل شخص. ويستخدم علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية لتحديد هوية المشتبه فيهم والضحايا في القضايا الجنائية إثبات النسب والتعرف على الجنود الذين قتلوا في الحرب.

المفردات مفردات أكاديمية

التسلسل

سلسلة متواصلة

يكون تسلسل الألوان نضًا جميلًا.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالم الطب الشرعي إن هندسة
الجينات هي تكنولوجيا يستخدمها
علماء الطب الشرعي على نطاق
واسع. إذ يستخدمون أدوات وعمليات
عديدة، مثل البصمة الوراثية، في
التحقيقات الجنائية والأثرية.

End codon → U A A
U A G
U A G

بكتريا

تذكر أن الكودون هو مجموعة مكونة من ثلاثة نيوكليوتيدات ترمز إلى حمض أميني. ويبحث العلماء عن كودون البدء AUG وكودون إيقاف مثل UAA أو UGA أو UAG. وقد استخدم تحليل قالب القراءة المفتوح لتحديد أكثر من 90% من الجينات الموجودة في الخميرة والبكتيريا بشكل صحيح. ومع ذلك، فإن تحديد الجينات الموجودة في الكائنات الحية الأكثر تعقيدًا مثل البشر يتطلب برامج كمبيوتر متطورة تسمى الخوارزميات. وتستخدم هذه الخوارزميات معلومات، مثل تسلسل جينومات كائنات حية أخرى، لتحديد الجينات البشرية.

المعلوماتية الأحيائية

نتج عن إكمال مشروع الجينوم البشري وتسلسل جينات الكائنات الحية الأخرى كميات كبيرة من البيانات. لم يتطلب هذا الحجم الهائل من البيانات تخزين المعلومات المتسلسلة وتنظيمها وفهرستها بدقة (فحسب) بل كان سببًا في إنشاء مجال دراسة جديد كذلك. ويقتضي هذا المجال من الدراسة، الذي يسمى (المعلوماتية الأحيائية)، إنشاء قواعد بيانية من المعلومات البيولوجية والحفاظ عليها. بينما يتطلب تحليل المعلومات المتسلسلة إيجاد الجينات الموجودة في تسلسلات DNA العديد من الكائنات الحية وابتكار طرق جديدة لتوقع بنية البروتينات المكتشفة حديثًا ووظيفتها. إلى جانب ذلك، يقوم العلماء بدراسة تطور الجينات عن طريق تجميع تسلسلات البروتينات في مجموعات من التسلسلات ذات الصلة ومقارنتها بالبروتينات المشابهة لها عند كائنات حية مختلفة.

مصفوفة DNA الدقيقة

قد يكون من المفيد تحليل كل الجينات التي يعبر عنها كائن حي ما أو نوع خلية معين. ويمكن إجراء هذا التحليل باستخدام مصفوفة DNA الدقيقة، وهي شرائح مجهرية صغيرة أو رقائق من السيليكون توضع مع أجزاء DNA. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تحتوي مصفوفة DNA الدقيقة على بضعة جينات، مثل الجينات التي تنظم دورة الخلية أو جميع جينات الجينوم البشري. لذلك، يمكن تخزين كمية كبيرة من المعلومات في رقاقة أو شريحة واحدة صغيرة. إضافة إلى ذلك، تساعد مصفوفة DNA الدقيقة الباحثين في تحديد ما إذا كان التعبير عن جينات معينة يحدث نتيجة لعوامل وراثية أم عوامل بيئية.

اقترح لدراسة

الكراسة اليومية الخاصة بعلم الأحياء عندما تقرأ عن الجينوم البشري، اذكر عدة استخدامات مفيدة لهذه المعلومات.

الشكل 14

اكتشافات في علم الوراثة

ساهمت العديد من الدراسات حول علم الوراثة في إحراز تقدم في مجال التقنيات الحيوية.



عام 1986 اعتُمد اللقاح الأول المعدل وراثيًا لمنع الإصابة بالتهاب الكبد B.

عام 2000 أنتجت هندسة الجينات أول أرز مُعدّل وراثيًا لتوفير فيتامين A للناس.

عام 2005 أدى انتشار مرض أنفلونزا الطيور في قارة آسيا إلى مضاعفة الجهود المبذولة لإنشاء لقاحات جديدة.

عام 2009 استخدام العلاج الجيني لمعالجة اعتلال الأعصاب السكري.

عام 1993 كان داء هنتغتون أول مرض بشري رُسمت الجينات المسببة له.

عام 1990 إطلاق مشروع الجينوم البشري الذي كان بمثابة بداية لجهود دولية بذلت لترتيب تسلسل الجينوم البشري.

اتبع الخطوات المطلوبة في إجراء تجربة مصفوفة الـ DNA الدقيق الموضحة في الشكل 15 **يفضل** الحمض النووي الرايبوزي الناقل من جماعتين أحيائيتين مختلفتين من الخلايا ويحول إلى أشرطة الـ DNA المتمم (cDNA) باستخدام إنزيم يسمى **(النسخ العكسي)** ويميز الـ DNA المتمم من كل جماعة أحيائية للخلية **بصبغة فلورسنت** محددة، مثل اللون الأحمر للخلايا السرطانية والأخضر للخلايا الطبيعية. وتجمع كلتا مجموعتي الـ DNA المتمم على شريحة المصفوفة الدقيقة وتوضع في حضانة.

يعرض الشكل 15 إشارات العودة إلى الخط مرة أخرى **(الفلوريسنت)** التي تنتج عند تحليل شريحة المصفوفة الدقيقة. وعندما يتطابق التعبير عن جين ما في كل من الخلايا السرطانية والطبيعية، تتكوّن بقعة صفراء على الرقاقة. لكن إذا كان التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية، فستكون البقعة التي تكونت **(حمراء)** اللون. من ناحية أخرى، إذا كان التعبير الجيني أعلى في **(الخلايا الطبيعية)**، فستكون البقعة التي تكونت **(خضراء)** اللون.

بما أن شريحة واحدة من مصفوفة الـ DNA الدقيق يمكن أن تحوي آلاف الجينات، يستطيع الباحثون فحص التغيرات الموجودة في أنماط التعبير عن جينات متعددة في الوقت نفسه. كما يستخدم العلماء مصفوفات الـ DNA الدقيقة للتعرف على الجينات الجديدة ودراسة التغيرات التي تحدث في التعبير عن البروتينات تحت ظروف نمو مختلفة.

الجينوم والاضطرابات الجينية

رغم أن أكثر من 99% من كل تسلسلات قاعدة النيوكليوتيدات تتطابق تمامًا لدى جميع الأشخاص، إلا أنه ثمة أحيانًا بعض التنوعات المتعلقة بالأمراض البشرية. وتسمى هذه التنوعات المتواجدة في تسلسل الـ DNA والتي تحدث عندما **يتغير** نيوكليوتيد واحد في الجينوم **(تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية أو SNPs)** ولكي يطلق على تنوع ما تعدد أشكال نيوكليوتيدات فردية، يجب أن يحدث بنسبة 1% على الأقل لدى أسم الجماعة الأحيائية. مع أن الكثير من تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية لا تؤثر في وظيفة الخلية، وضع العلماء فرضية تقول إن خرائط تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية ستساعد في تحديد العديد من الجينات المرتبطة بأنواع كثيرة مختلفة من الاضطرابات الجينية.

مختبر تحليل البيانات 1

استنادًا إلى دراسات*

تطبيق المفاهيم

كيف يمكن استخدام صفيقات الـ DNA الدقيقة لتصنيف أنواع سرطان البروستات؟ يمكن مقارنة أنماط التعبير عن الجينات بين خلايا البروستات الطبيعية وخلايا سرطان البروستات باستخدام تكنولوجيا صفيق الـ DNA الدقيق.

البيانات والملاحظات

يعرض الرسم المقابل مجموعة فرعية من البيانات المكتسبة.

التفكير الناقد

1. احسب نسبة البقع التي تتميز باللون الأصفر. ثم احسب نسبة البقع التي تتميز باللون الأخضر والتي تتميز باللون الأحمر.

2. اشرح لماذا تكون بعض البقع سوداء.

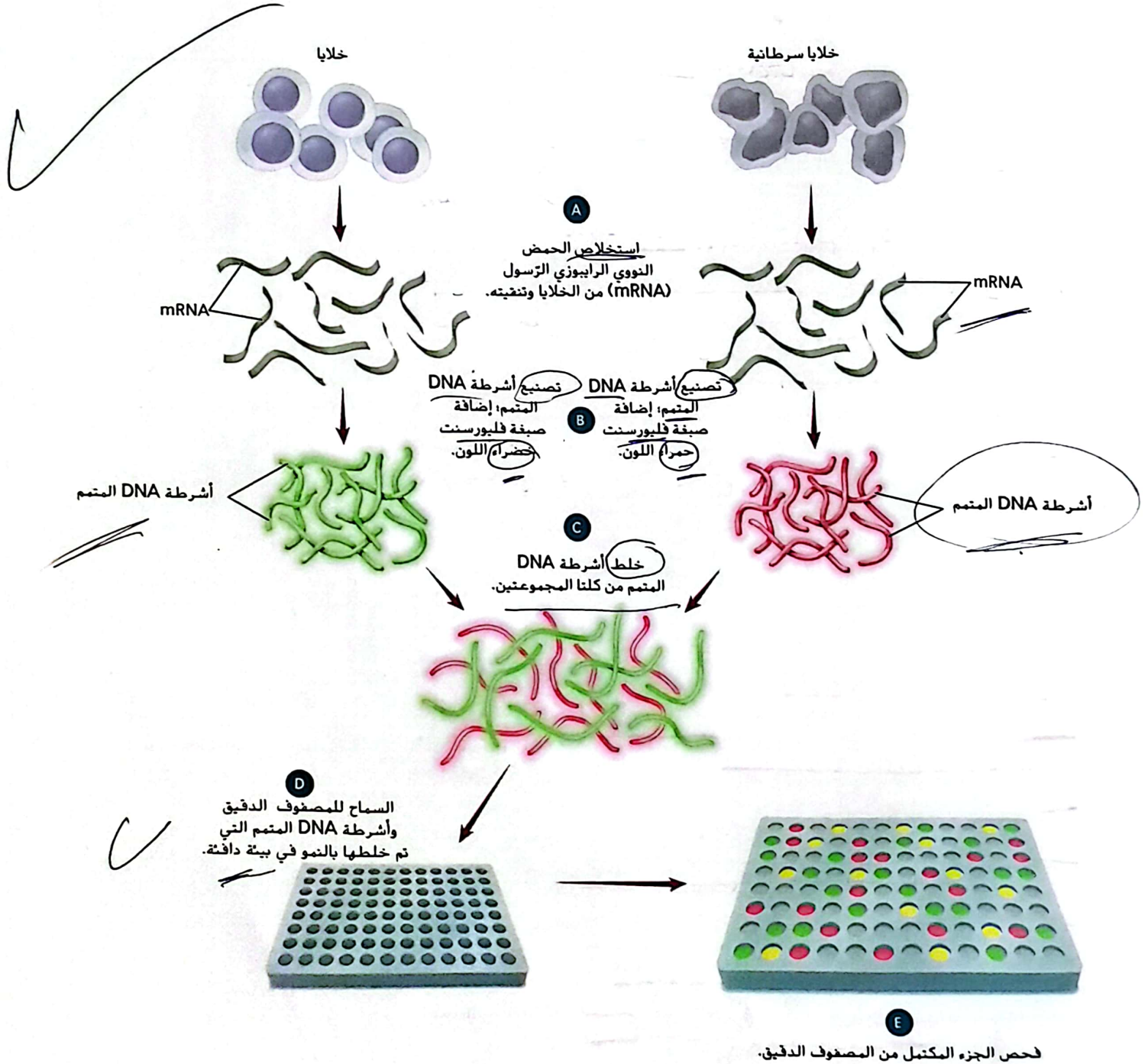
3. طبق المفاهيم كيف تختار أحد الجينات لدراسة كسب لسرطان البروستات؟



*أخذت البيانات من: Lapointe, et al. 2004. Gene expression profiling identifies clinically relevant subtypes of prostate cancer. PNAS 101, 811-816

الشكل 15

في هذه التجربة، تم اكتشاف التعبير عن آلاف الجينات البشرية بواسطة تحليل مصفوف DNA الدقيق. تمثل كل بقعة موجودة على رقاقة المصفوف الدقيق جيناً. فتشير البقعة الحمراء إلى أن التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية مقارنة بالخلايا الطبيعية. وتشير البقعة الخضراء إلى أن التعبير عنه يكون بصورة أكبر في الخلايا الطبيعية. بينما تشير البقعة الصفراء إلى عدم وجود اختلافات بين الخلايا السرطانية والخلايا الطبيعية في التعبير عن جين.



مشروع هاب ماب تبتكر مجموعة دولية من العلماء دليلاً للتنوعات الجينية الشائعة التي تحدث لدى البشر. وتكون الجينات المرتبطة موروثاً معاً، وبصورة مماثلة، تمثل التنوعات الجينية التي تقع في مواقع متقاربة أيضاً إلى أن تكون موروثاً معاً. لذلك يمكن تحديد موقع مناطق من التنوعات المرتبطة في الجينوم البشري. المعروفة باسم **الأنماط الفردية**. يعرف المشروع الذي يبتكر هذا الدليل باسم خريطة الأنماط الفردية أو مشروع هاب ماب. إلى جانب ذلك يتطلب جميع مشروع هاب ماب تحديد مجموعات من تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية في منطقة معينة من الـ DNA.

يعرض الشكل 16 طريقة تقسيم الجينوم إلى أنماط فردية. وعند اكتماله، سيوفر مشروع هاب ماب مائة هذه التنوعات وأين تحدث في الـ DNA لدينا وكيفية توزيعها بين الأشخاص داخل الجماعات الأحيائية وبين الجماعات الأحيائية في مختلف أنحاء العالم. وستساعد هذه المعلومات الباحثين في العثور على الجينات التي تسبب الأمراض وتؤثر في استجابة الفرد للأدوية.

علم الصيدلة الجيني يجمع تسلسل الجينوم البشري معرفة الجينات والبروتينات وتعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية مع مجالات أخرى من العلوم. فيطلق على دراسة كيفية تأثير الوراثة الجينية في استجابة الجسم للأدوية اسم **علم الصيدلة الجيني**. وتشمل فوائد علم الصيدلة الجيني تصميم جرعات أكثر دقة من الأدوية تكون أكثر سلامة وملاءمة للمرض. يأمل الباحثون أن يصبح علم الصيدلة الجيني صناعة أدوية مخصصة لاحتياجات الأفراد اعتماداً على تكويناتهم الجينية، إذ يساهم وصف الأدوية وفقاً للتكوين الجيني للفرد في زيادة السلامة والتعجيل بالشفاء وتقليل الآثار الجانبية. ربما يأتي يوم يصف فيه الطبيب، بعد الاطلاع على الشفرة الجينية لمرريضه، دواءً مصمماً خصيصاً له.

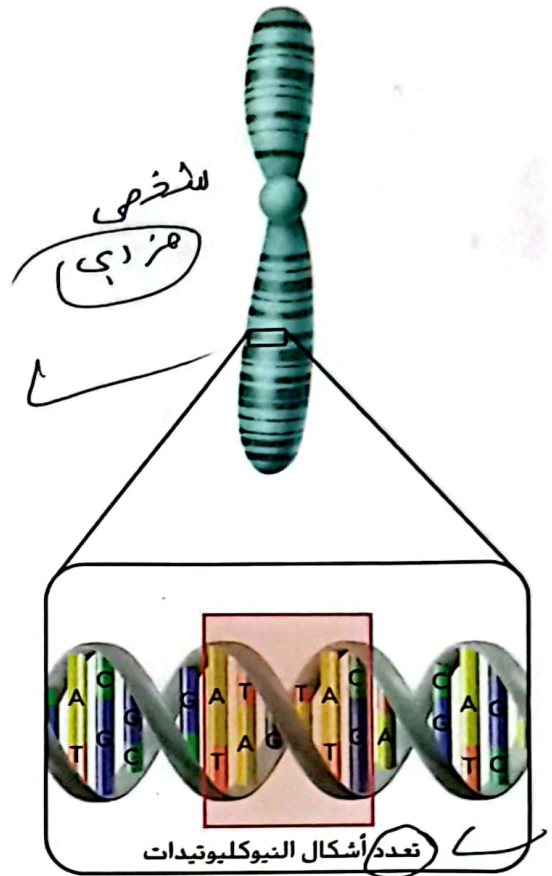
العلاج الجيني تُسمى التقنية التي يهدف إلى تصحيح الجينات المتحولة المسببة للأمراض البشرية **العلاج الجيني**، إذ يقوم العلماء بإدخال جين طبيعي في الكروموسوم ليحل محل جين لا يؤدي وظيفته. ففي معظم دراسات العلاج الجيني، ينتج من إدخال جين طبيعي في ناقل فيروسي، حمض نووي مُعاد التركيب كما هو مبين في الشكل 17. وتصاب الخلايا المستهدفة لدى المريض بالفيروس وتُطلق مادة الحمض النووي مُعاد التركيب في الخلايا المصابة، ويُنجزر عن يترسب الجين الطبيعي في الخلايا، يُدخل نفسه في الجينوم ويبدأ القيام بوظيفته.

الربط بالصحة في العام 1990، أُجريت أول تجربة للعلاج الجيني السريري في المعاهد الوطنية لشؤون الصحة على طفل يبلغ من العمر 4 سنوات مصاب بنقص المناعة المشترك الحاد (SCID). وراقبت إدارة الغذاء والدواء (FDA) التجارب الطبية الجديدة، بما في ذلك العلاج الجيني. على الرغم من العوائق التي اعترضت العلاج الجيني، تبقى الاحتمالات لا حدود لها عندما يتعلق الأمر بعلاجات جديدة. وتشمل تجارب العلاج الجيني الحديث التعامل مع مرض السكري والسرطان وأمراض الشبكية ومرض باركنسون وغيرها من الأمراض.

التأكد من فهم النص قارن وقابل بين علم الصيدلة الجيني والعلاج الجيني.

علم الجينوم والمحتوى البروتيني

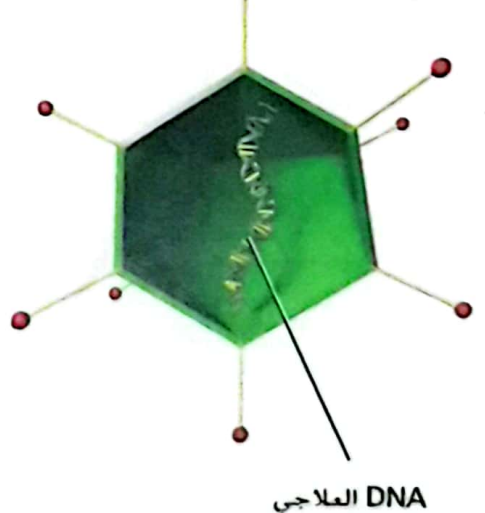
بدأ تسلسل الجينوم البشري ما أطلق عليه الباحثون اسم "الحقبة الجينومية". إن **علم الجينوم** هو دراسة جينوم الكائنات الحية. ولقد أصبح علم الجينوم من بين الاستراتيجيات الأكثر فاعلية والتي تعنى بتحديد الجينات البشرية وشرح وظائفها. فضلاً عن ذلك، يتحقق العلماء من البروتينات التي تنتجها هذه الجينات بالإضافة إلى كمية البيانات المكتسبة من تسلسل جينومات كائنات حية متنوعة.



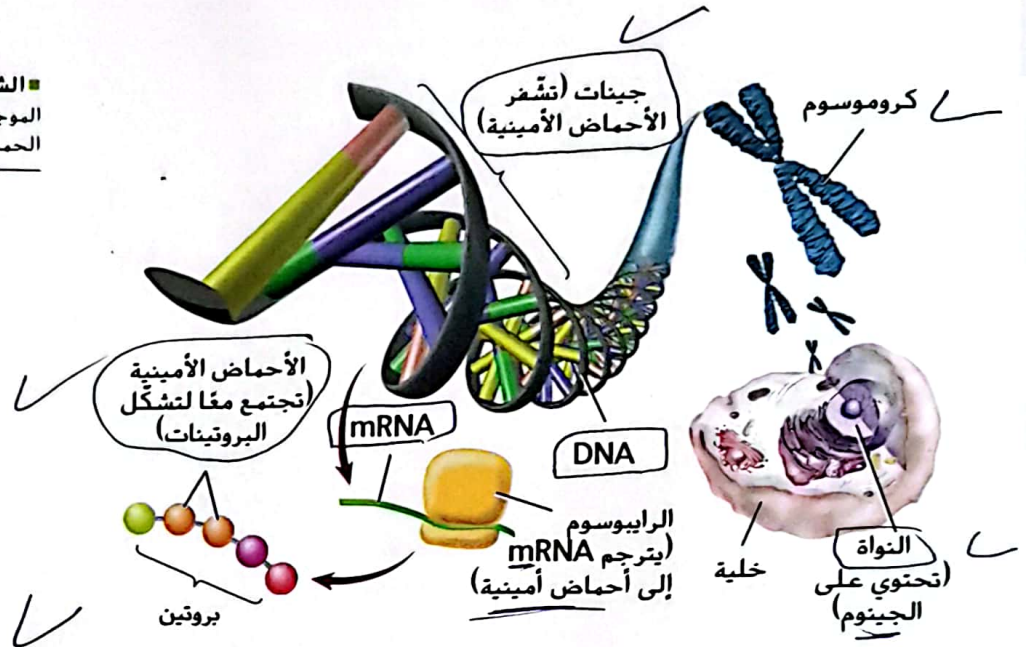
الشكل 16 يتطلب مشروع هاب ماب جميع تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية المتجاورة الموروثة معاً في أنماط فردانية.



الشكل 17 يمكن تضمين الـ DNA في فيروس وتوصيله بأحد المرضى لاستبدال جين معيب. وبمجرد أن يدخل الفيروس إلى الخلايا، تُطلق المعلومات الجينية داخل النواة وتدخل في الجينوم.



الشكل 18 يعني المبدأ المركزي أن المعلومات الموجودة في الجينات تندفق من الـ DNA إلى الحمض النووي الرايبوزي ومنه إلى البروتينات.



تعدّ الجينات وحدات تخزين المعلومات الأساسية، فيما تعتبر البروتينات محرّكات الخلية. تذكر أنه عندما يعبر جين ما، ينتج بروتين، كما هو موضح في الشكل 18. لذلك، من المهم فهم كيفية قيام البروتينات بوظيفتها. على سبيل المثال، إذا كان الجينوم يمثل الكلمات الموجودة في قاموس، فإن البروتيوم، الذي يمثل كل البروتينات الموجودة في خلية، يقدم تعريف هذه الكلمات وكيفية استخدامها في جملة. من ناحية أخرى، يطلق على الدراسة بأنها واسعة النطاق ويتم إنشاء دليل لبنية البروتينات ووظيفتها في الجسم البشري باسم البروتيوميكس. فهي تسمح للباحثين بالنظر في مئات الآلاف من البروتينات في وقت واحد. وسيعرّف هذا النوع من التحليل الشامل كلاً من الحالات الطبيعية والحالات المرضية بشكل أفضل. كما يتوقع العلماء أن البروتيوميكس ستغير جذرياً طريقة ابتكار أدوية جديدة لمعالجة الأمراض مثل مرض السكري من النوع الثاني والسمنة وتصلب الشرايين.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- رتب الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري جميع النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري تسلسلياً.
- يمكن استخدام البصمة الوراثية لتحديد هوية الأشخاص.
- تتيح مصفوفات DNA الدقيقة للباحثين دراسة جميع الجينات الموجودة في الجينوم في وقت واحد.
- يمكن استخدام العلاج الجيني في المستقبل لتصحيح الاضطرابات الجينية.
- إن علم الجينوم هو دراسة جينوم كائن حي والبروتيوميكس هي دراسة البروتينات في الجسم البشري.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **المعركة الرئيسة** اربط الجينوم البشري بمخططات إنشاء منزل ما.
2. حلل دور البصمة الوراثية في التحقيقات الجنائية.
3. وضح فائدة مشروع هاب ماب في تشخيص الأمراض التي تصيب البشر.
4. اشرح عملية العلاج الجيني. ما الهدف النهائي منها؟

التفكير الناقد

5. ضع فرضية يتكون معظم الجينوم البشري من حمض نووي (DNA) غير مشفر. من أين نشأ كل هذا الحمض النووي الـ DNA غير المشفر؟

الرياضيات في علم الأحياء

6. إذا كان 1.5% من الجينوم البشري يتكون من التسلسلات المشفرة للبروتين، ووجد في الجينوم بأكمله 3.2×10^9 من النيوكليوتيدات، فكم عدد الكودونات الموجودة في الجينوم البشري؟ تذكر أن طول كودون ما يساوي طول ثلاثة نيوكليوتيدات.

جهاز الغدد الصماء

الأسئلة الرئيسة

- ما وظائف الغدد المكوّنة لجهاز الغدد الصماء؟
- ما دور جهاز الغدد الصماء في الحفاظ على الاتزان الداخلي؟
- ما آليات التغذية الراجعة التي تنظم مستويات الهرمون في الجسم؟

مفردات للمراجعة

الاتزان الداخلي homeostasis:
تنظيم البيئة الداخلية للكائن الحي للحفاظ على الحياة

مفردات جديدة

endocrine gland	الغدة الصماء
hormone	الهرمون
pituitary gland	الغدة النخامية
thyroxine	الثيروكسين
calcitonin	الكالسيتونين
parathyroid hormone	الهرمون باراثيورمون
insulin	الأنسولين
glucagon	الجلوكاجون
aldosterone	الألدوستيرون
cortisol	الكورتيزول
antidiuretic hormone	الهرمون المضاد لإدرار البول

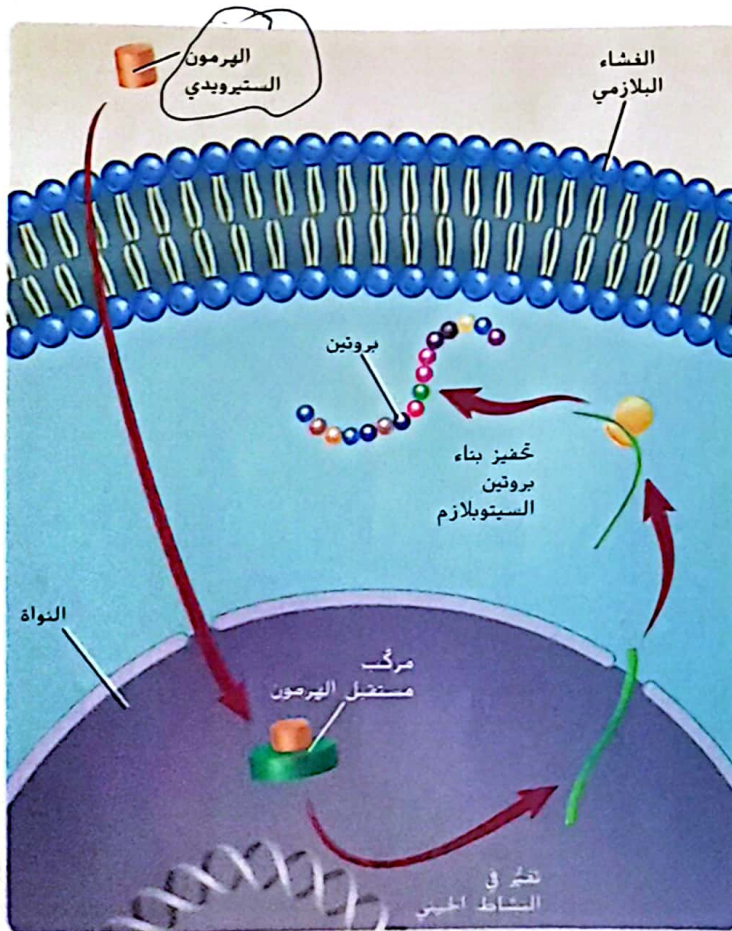
الفكرة الرئيسة تنظّم آليات التغذية الراجعة الهرمونية أجهزة جسم الإنسان.

الربط بالحياة اليومية عند قيادة سيارة، يحافظ الجميع عادةً على سرعة مماثلة. فعندما تُسرّع السيارات أو تُبطّئ عن السرعة المقبولة، تزداد فرصة وقوع حادث. وبالمثل، يجب أن تبقى الهرمونات في التوازن الصحيح للحفاظ على الاتزان الداخلي في الجسم.

آلية عمل الهرمونات

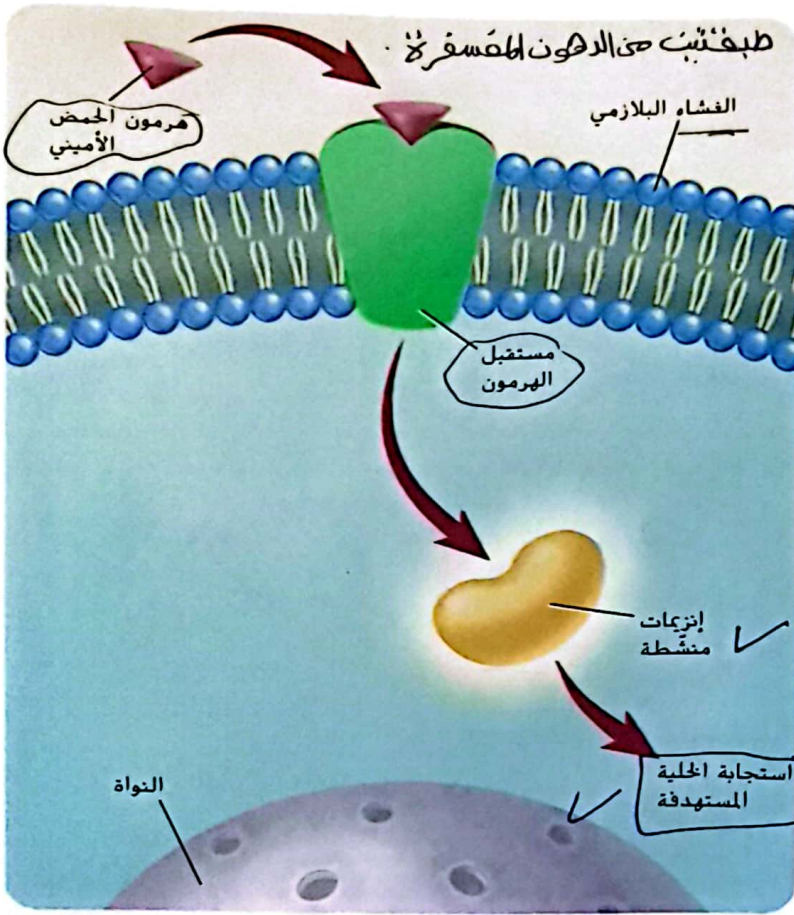
يتكوّن جهاز الغدد الصماء من غدد ويعمل كجهاز اتصال. وتنتج **الغدد الصماء** الهرمونات التي تُنقَر في مجرى الدم وتوزّع إلى خلايا الجسم. **والهرمون** عبارة عن مادة تعمل على خلايا وأنسجة مستهدفة معينة لتعطي استجابة محددة. وتُصنّف الهرمونات إلى هرمونات ستيرويدية وهرمونات غير ستيرويدية أو هرمونات الأحماض الأمينية، بناءً على تركيبها وآلية عملها.

الهرمونات الستيرويدية يُعدّ الإستروجين والتستوستيرون مثالين على الهرمونات الستيرويدية. ويؤثر كلا الهرمونين في الجهاز التناسلي في الإنسان. وتعمل كل الهرمونات الستيرويدية عن طريق جعل الخلايا الهدف تبدأ ببناء البروتين، كما هو مبين في الشكل 12.



- لا تذوب في الماء لكن تذوب في الدهون
- الهرمون يرتبط بمستقبل خاص قد يكون في النواة أو السيتوبلازم.
- بعد الارتباط مع المستقبل الهرمون يتكون مركب المستقبل الهرمون
- النتيجة بناء بروتين

الشكل 12 يُمزّ الهرمون الستيرويدي عبر غشاء الخلية ويرتبط بمستقبل داخل الخلية ويحفّز بناء البروتين.



الشكل 13 يرتبط هرمون الحمض الأميني بمستقبل على الفشاء البلازمي قبل أن يدخل إلى الخلية.
أشرح الفرق بين هرمونات الأحماض الأمينية والهرمونات الستيرويدية.

- الهرمونات الغير ذاتية في الدهون.

- تحتاج مستقبل في الدهون (المستقبلات اللازمية).

- بعد ارتباط الهرمون مع المستقبل.

تنشط الانزيمات.

بدء مسار كيميائي.

تذوب الهرمونات الستيرويدية في الدهون وبالتالي يمكنها الانتشار عبر الفشاء البلازمي للخلية الهدف. وبمجرد أن تدخل إلى الخلية الهدف، ترتبط بالمستقبل في الخلية. ويرتبط الهرمون والمستقبل المتحدان معاً مع DNA في النواة، مما يطلق عمل جينات محددة.

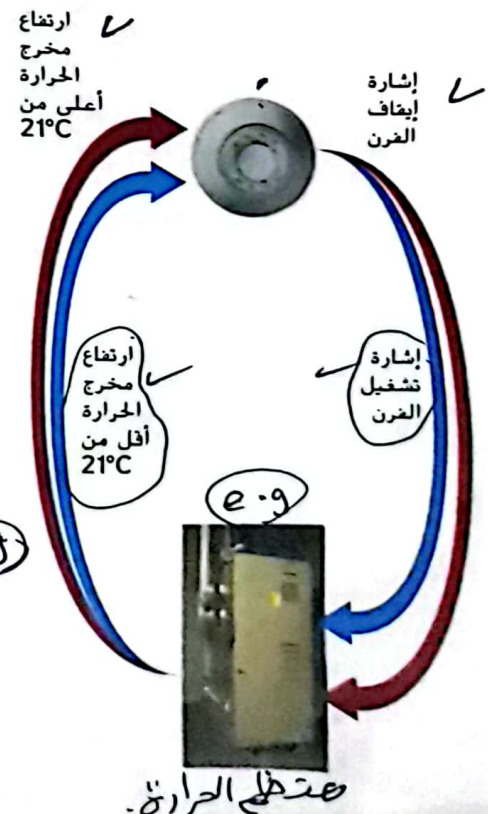
هرمونات الأحماض الأمينية بعد هرمون الأتسولين وهرمونات النمو مثالين على الهرمونات غير الستيرويدية أو هرمونات الأحماض الأمينية. وكما يدل الاسم، تتكون تلك الهرمونات من أحماض أمينية. يجب أن ترتبط هرمونات الأحماض الأمينية بالمستقبلات التي توجد على الفشاء البلازمي للخلية الهدف بسبب عدم قدرتها على الانتشار من خلاله. وبمجرد أن يرتبط الهرمون بالمستقبل، ينشط المستقبل إنزيمًا موجودًا داخل الفشاء، ما يتسبب عادة في بدء مسار كيميائي حيوي، ويؤدي في النهاية إلى إنتاج الخلية للاستجابة المرغوبة، كما هو مبين في الشكل 13.

التغذية الراجعة السلبية

يتم الحفاظ على الاتزان الداخلي في الجسم عن طريق آليات تغذية راجعة داخلية تسمى التغذية الراجعة السلبية. تعمل التغذية الراجعة السلبية النظام إلى النقطة المرجعية بمجرد انحرافه عنها بشكل كاف. ونتيجة لذلك، يتغير النظام ضمن مدى معين. قد تكون على علم مسبق بمثال على نظام التغذية الراجعة السلبية موجود في منزلك، كما هو مبين في الشكل 14.

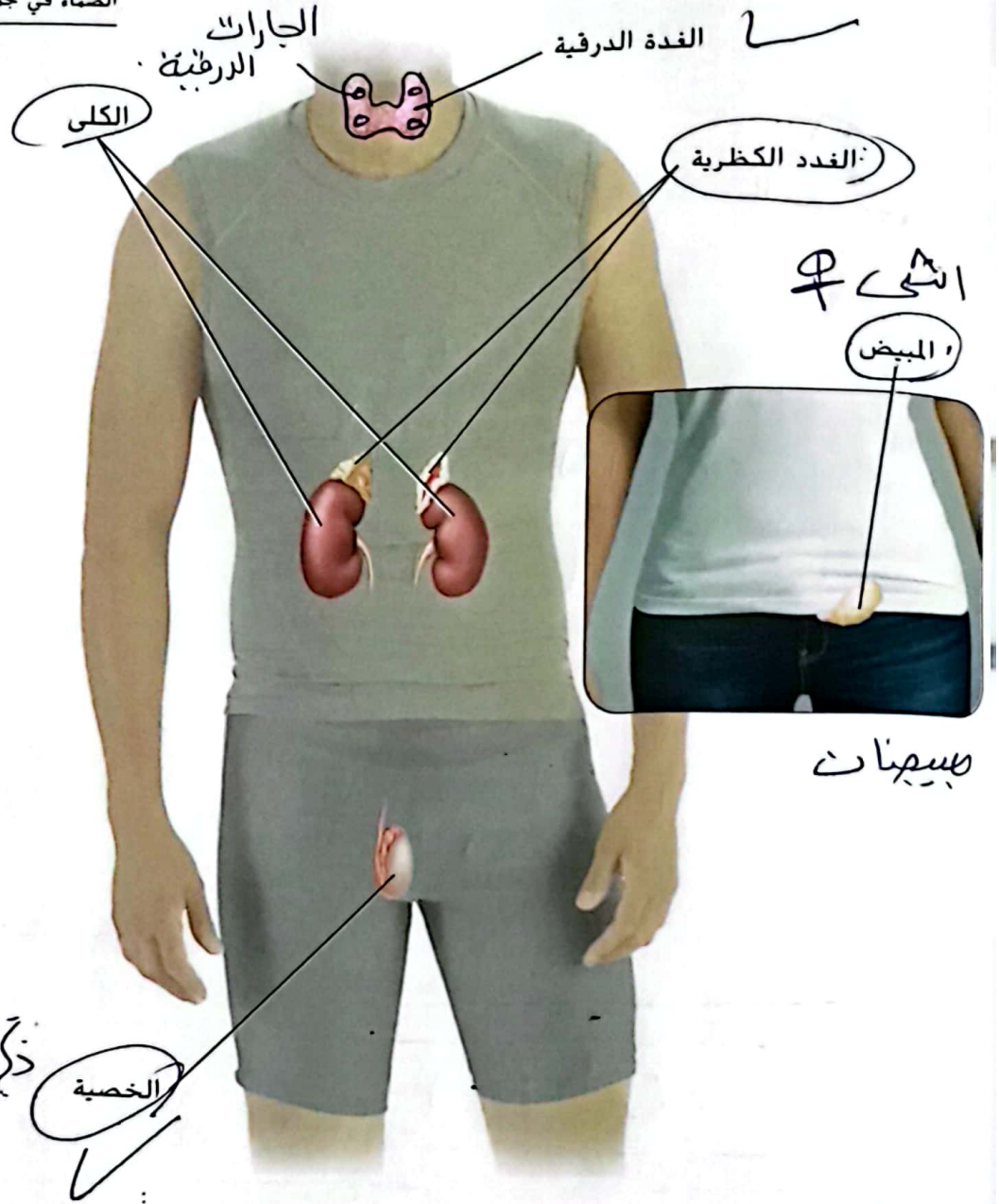
على سبيل المثال، يمكن الحفاظ على درجة الحرارة في المنزل عند 21°C . حيث يستشعر منظم الحرارة الموجود في المنزل درجة الحرارة. وعندما تنخفض إلى أقل من 21°C يرسل منظم الحرارة إشارة إلى مصدر الحرارة لكي يعمل وينتج حرارة أكثر. فترتفع درجة الحرارة بعد مدة قصيرة إلى أعلى من 21°C ويرسل منظم الحرارة إشارة إلى مصدر الحرارة ليتوقف عن العمل. ولن يعاود مصدر الحرارة العمل حتى تنخفض درجة حرارة الغرفة إلى أقل من 21°C ويستشعر منظم الحرارة ذلك. ونظرًا إلى استمرار هذه العملية إلى أجل غير مسمى، توصف التغذية الراجعة السلبية غالبًا بحلقة التكرار.

الشكل 14 تمثل المدفأة أو تتوقف عن العمل بناءً على العلاقة بين درجة حرارة الغرفة التي يتم استشعارها والنقطة المرجعية.



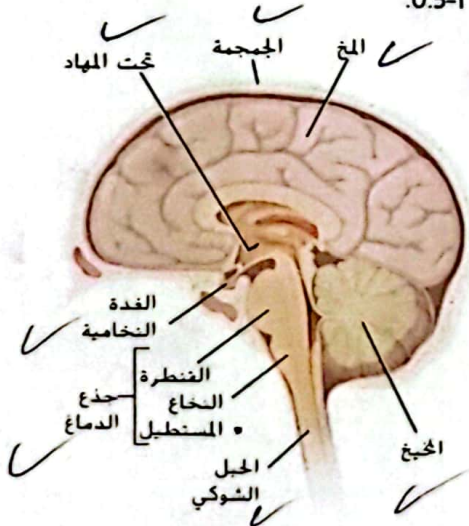
3 • الجهاز الهضمي • الجهاز القوي للصماء

الشكل 15 تقع الغدد الأساسية لجهاز الغدد الصماء في جميع أنحاء الجسم.



♂ ذكر
الخصية
خصيتان

الشكل 16 تقع الغدة النخامية في قاعدة الدماغ. ويبلغ قطرها نحو 1 cm تقريباً وتزن ما بين 0.5-1 g.



الغدد الصماء وهرموناتها

يضم جهاز الغدد الصماء، المبين في الشكل 15، لمعظم الغدد التي تفرز الهرمونات. أي الغدد النخامية والدرقية وجارات الدرقية والكظرية والبنكرياس والمبايض والخصيتان والغدة الصنوبرية والغدة الزعترية.

الغدة النخامية تقع الغدة النخامية في قاعدة الدماغ، كما هو مبين في الشكل 16. وتسمى هذه الغدة أحياناً "الغدة الرئيسية" لأنها تنظم الكثير من وظائف الجسم. وعلى الرغم من صغر حجمها، إلا أنها الغدة الصماء الأكثر أهمية. تفرز الغدة النخامية هرمونات (لا تعمل على تنظيم العديد من وظائف الجسم فحسب، بل تعمل أيضاً على تنظيم الغدد الصماء الأخرى. مثل الغدة الدرقية والغدة الكظرية والخصيتان والمبايض).

تعمل بعض هرمونات الغدة النخامية على الأنسجة بدلاً من العمل على أعضاء معينة. ينظم هرمون النمو عند الإنسان (hGH) النمو الجسدي للجسم عن طريق تحفيز انقسام الخلايا في العضلات والنسيج العظمي. ويكون ذلك الهرمون نشطاً خصوصاً خلال سن الطفولة وسن المراهقة.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

اختصاصي الغدد الصماء يدرس اختصاصي الغدد الصماء الغدد التي تفرز الهرمونات والأمراض المرتبطة بها.

المطلوبات

ضمن مطوبتك معلومات من هذا القسم.

مرض السكري عن عدم إنتاج الجسم لكميات كافية من الأنسولين أو عدم استخدام الأنسولين بشكل صحيح. ويحدث النوع الأول من مرض السكري، الذي ظهر عادة عند الأشخاص في سن العشرين، عندما لا يتمكن الجسم من إنتاج أنسولين. أما النوع الثاني من مرض السكري، فيصيب 70-80% من الأشخاص مصابين بمرض السكري ويحدث عادة بعد سن الأربعين. وينتج عن عدم حساسية خلايا الجسم للأنسولين. تتضمن مضاعفات مرض السكري أمراض القلب التاجية تلف شبكية العين والأعصاب والحموضة أو انخفاض الرقم الهيدروجيني (pH) دم. في كلا نوعي مرض السكري، يجب مراقبة مستويات الجلوكوز في الدم لحفاظ عليها لمنع حدوث مضاعفات ناتجة عن هذا المرض.

فقد الخطرية ارجع مرة أخرى إلى الشكل 15. تقع الغدد الكظرية فوق كلبتين مباشرة. ويسمى الجزء الخارجي من الغدد الكظرية القشرة وهي التي تفرز الهرمون الستيرويدي الدوستيرون ومجموعة من الهرمونات تسمى الهرمونات السكرية. يؤثر هرمون الألدوستيرون بشكل أساسي في الكلبتين وهو مهم جدًا عادة امتصاص الصوديوم. ويعمل الكورتيزول وهو نوع آخر من الهرمونات السكرية، على زيادة مستويات الجلوكوز في الدم ويقلل من الالتهابات أيضًا. إن للجسم آليات مختلفة للاستجابة للضغط، مثل تلك المتعلقة بدور الجهاز العصبي واستجابة المواجهة أو الهروب. كما يساهم جهاز الغدد الصماء في أنواع استجابات هذه. فيحدث اندفاع الأدرينالين عندما تنطلق كمية من الطاقة فجأة بسبب موقف يدعو إلى التوتر. ويفرز الجزء الداخلي من الغدد الكظرية الإبينفرين، الذي يسمى أيضًا الأدرينالين، والنورإبينفرين. يزيد هذان الهرمونان معًا معدل ضربات قلب وضغط الدم ومعدل التنفس ومستويات السكر في الدم، وهي كلها عوامل مهمة في زيادة نشاط خلايا الجسم.

تجربة مصفوفة 2

نمذجة جهاز الغدد الصماء

كيف تساعد الهرمونات الجسم على الحفاظ على الاتزان الداخلي؟ تفرز الأنشطة، مثل إجراء اختبار أو الجري في سباق، متطلبات على جسمك. وتسبب استجابة جسمك لتلك المتطلبات تغيرات فيه. كما يعمل جهاز الغدد الصماء والجهاز العصبي معًا لضمان استقرار البيئة الداخلية.

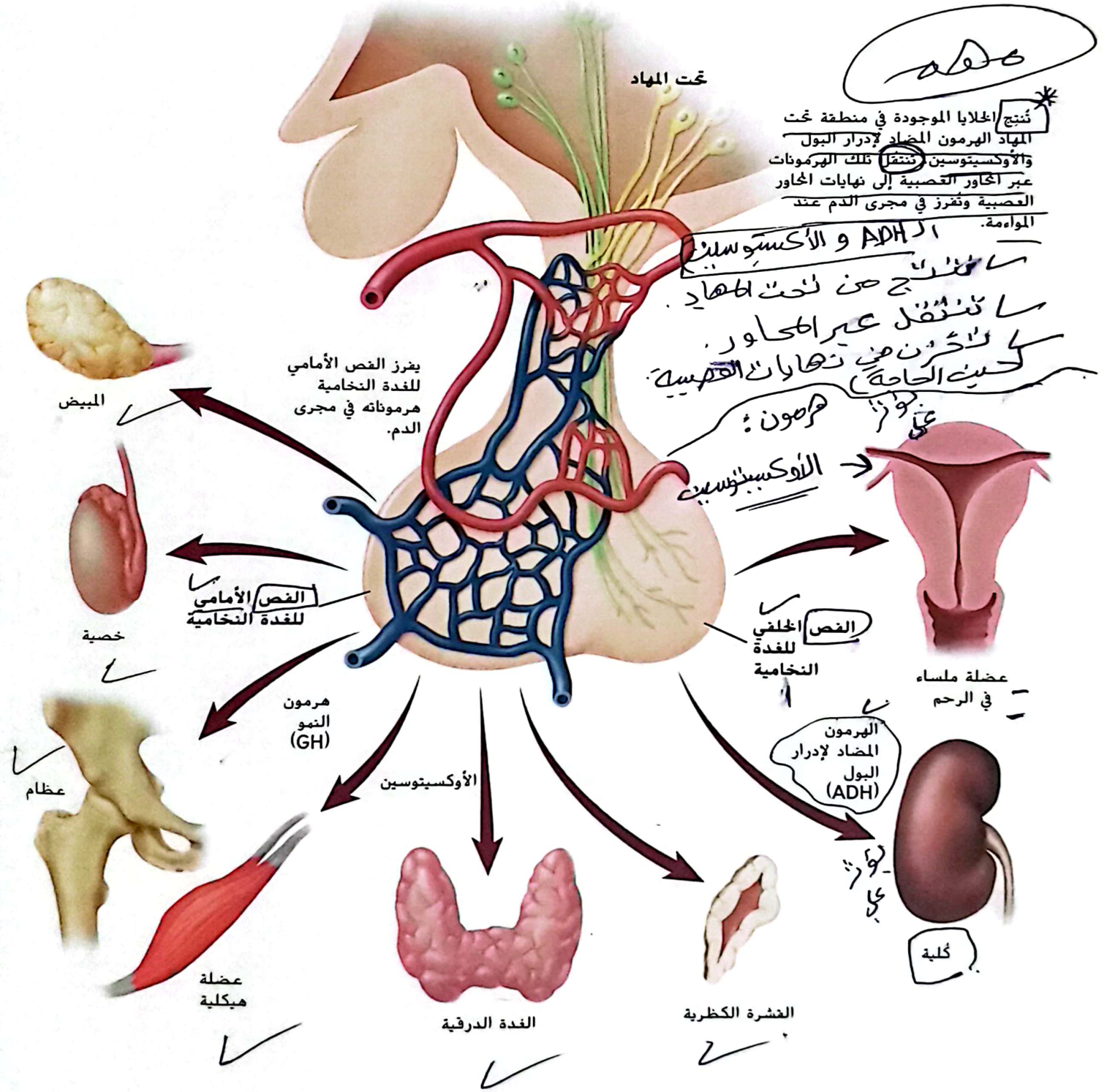
الإجراء

1. حدّد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. حدّد رياضة أو نشاطًا. وقم بإجراء عصف ذهني حول أفعال الجسم التي تحدث عندما تستعد للنشاط وتشارك فيه وتنتهي منه.
3. تخيل أنك تكتب برنامجًا حاسوبيًا سيتبعه جسمك لإكمال النشاط. سلسل الخطوات التي توصلت إليها بالعصف الذهني في الخطوة 2.
4. راجع برنامجك. أدخل الخطوات حيث يبدأ جهاز الغدد الصماء بإفراز الهرمونات للحفاظ على الاتزان الداخلي. استخدم معرفتك والمصادر المتوافرة لتحديد الهرمونات المحددة المتضمنة. وضمن استجابات الجسم لهذه الهرمونات في خطوات منفصلة.
5. قارن برنامجك بتلك البرامج التي صممها الطلاب الآخرون.

التحليل

1. التفكير الناقد هل ظهر بعض من الهرمونات نفسها في معظم البرامج الأخرى التي درستها في الخطوة 5؟ لم أو لم لا؟
2. استنتاج الخلاصات عن طريق وصف الأجهزة الرئيسة للجسم الممثلة في برنامجك. علام يدل هذا بالنسبة إلى عدد وظائف الجسم التي يتحكم بها جهاز الغدد الصماء؟

يحافظ تحت المهاد على الاتزان الداخلي بأن يعمل كرابط بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء. تفرز الغدة النخامية هرمون النمو والهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) والأوكسيتوسين حسب حاجة الجسم. كما تنتج الغدة النخامية الهرمونات التي تنظم الخصيتين والمبيضين والغدة الدرقية والغدة الكظرية وتفرزها.

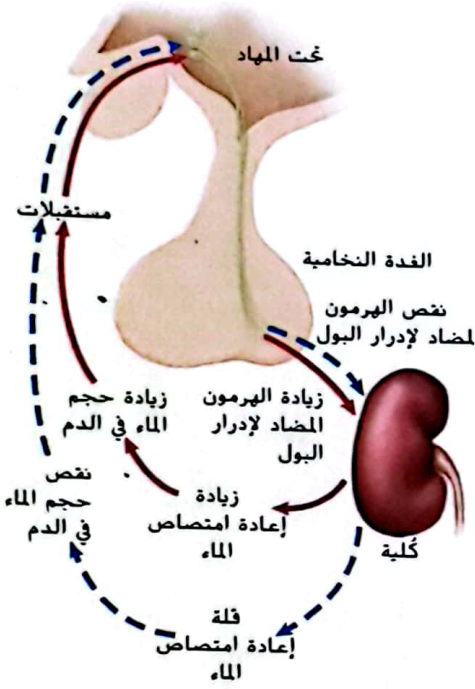


الربط بالجهاز العصبي

يشابه الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء في كونهما يسهمان في تنظيم أنشطة الجسم والحفاظ على الاتزان الداخلي. راجع الشكل 19 لدراسة دور تحت المهاد في الاتزان الداخلي. وتذكر أن هذا الجزء من الدماغ يسهم في العديد من جوانب الاتزان الداخلي إذ ينتج تحت المهاد هرمونين، هما هرمون الأوكسيتوسين والهرمون المضاد لإدرار البول (ADH). وتنتقل هذه الهرمونات بواسطة المحاور العصبية وتخزن في نهايات المحاور التي تقع في الغدة النخامية.

تتمثل وظيفة الهرمون المضاد لإدرار البول في الحفاظ على الاتزان الداخلي عن طريق تنظيم الماء. ويؤثر الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) في أجزاء من الكليتين تسمى الأنابيب الجامعة. تذكر آخر مرة كنت تعمل في الخارج في يوم صيفي حار حيث أنتج جسمك الكثير من العرق ليساعده في الحفاظ على برودته. ومن الممكن أن تكون قد أصبت بالجفاف عندما يحدث هذا. تستشعر الخلايا الموجودة تحت المهاد أن تكون مصاب بالجفاف، أي أن مستوى الماء في الدم منخفض، وتستجيب بإفراز الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) من المحاور العصبية الموجودة في الغدة النخامية التي كانت تخزن الهرمون.

كما هو مبين في الشكل 20، ينتقل الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) في الدم إلى الكليتين، حيث يرتبط بالمستقبلات الموجودة على بعض خلايا الكلية. ويتسبب ذلك في امتصاص الكليتين للمزيد من الماء وتقليل كمية الماء في البول مما يزيد من مستوى الماء في الدم. في حال وجود كمية من الماء أكثر من اللازم في دم الشخص، يقل تحت المهاد إفراز الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH). ويكون البول أقل تركيزاً. كما يحفز الفثيان والقيء إنتاج الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH). فكلاهما يسبب الجفاف. فضلاً عن ذلك، يؤدي فقدان الدم بنسبة 15% أو 20% من خلال النزيف إلى إفراز الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH).



الشكل 20 يساعد الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) على التحكم بتركيز الماء في الدم.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- تفرز الغدة الصماء مواد كيميائية تسمى الهرمونات.
- تنتقل الهرمونات عبر جميع أنحاء الجسم في مجرى الدم ما عدا هرمونات البنكرياس تفرز في قناة خاصة.
- تصنف الهرمونات إلى هرمونات ستيرويدية أو هرمونات الأحماض الأمينية.
- تتأثر مستويات الهرمونات بأنظمة التغذية الراجعة.
- يساعد جهاز الغدد الصماء في الحفاظ على الاتزان الداخلي عن طريق إرسال إشارات من آليات داخلية تسمى التغذية الراجعة السلبية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **توقع** قوم أسباب تسمية أنظمة التغذية الراجعة للهرمونات باسم "التغذية الراجعة السلبية".
2. توقع متى تتوافر مستويات مرتفعة من الأتسولين والجلوكاجون في دم الإنسان.
3. اشرح آلية عمل جهاز الغدد الصماء والجهاز العصبي معاً للحفاظ على الاتزان الداخلي.
4. حدّد وصف وظائف الغدة النخامية والدرقية والجار درقية والبنكرياس والغدة الكظرية.
5. ابحث إن البيود ضروري لقيام الغدة الدرقية بوظائفها. ويُعدّ نقص البيود عند الأجنة وفي سن الطفولة سبباً رئيساً للتأخر العقلي في العالم. ولكن يمكن الوقاية منه. توقع كيف قد يؤدي نقص البيود إلى التأخر العقلي أو مشاكل صحية أخرى. أجر بحثاً حول الخطوات التي كانت تتبع في الماضي والخطوات المتبعة في أيامنا هذه للتخفيف من هذا التخوف واذكر في إجابتك معلومات عن مصادر البيود.
6. حلّل كيف يمكن أن يؤدي الخلل في آلية التغذية الراجعة السلبية إلى وفاة الكائن الحي.