سلسلة الكتب الرقميّة التفاعليّة

Interactive Digital Textbook Series

الأحياء

الصف الحادي عشر — الجزء الثاني

الفصل الثاني: تطبيقات في علم الوراثة

Applications in Genetics

من الجينوم البشري، إلى الاستنساخ، والخلايا الجذعية، وتفاعل PCR، والاستشارة الوراثية

إعداد : منظومة

1447هـ – 2026م

صفحة الحقوق

عنوان الكتاب: الأحياء — الصف الحادي عشر — الجزء الثاني

عنوان الفصل: الفصل الثاني — تطبيقات في علم الوراثة (Applications in Genetics)

الإصدار: نسخة رقمية تفاعلية أولى — 2026م

إخراج وتصميم تعليمي: وحدة تطوير المحتوى الرقمي

أُعِدَّ هذا الكتاب اعتماداً على المحتوى المنهاجي الأصلي لمبحث الأحياء، مع إعادة صياغته وتنظيمه وإثرائه بمعلومات علمية حديثة وموثوقة، وإضافة عناصر بصرية وتفاعلية تدعم الفهم العميق للمفاهيم الوراثية.

جميع الرسوم التوضيحية داخل هذا الكتاب أصلية الإنتاج خصّيصاً لهذا الإصدار، وتلتزم بالتسميات العلمية العالمية باللغة الإنجليزية.

المصادر العلمية المعتمدة في الإثراء:

National Institutes of Health (NIH) • National Center for Biotechnology Information (NCBI) • World Health Organization (WHO) • Nature • Science

جميع الحقوق محفوظة © 2026

مقدّمة الكتاب

يمثّل علم الوراثة واحداً من أسرع فروع علم الأحياء تطوّراً في العصر الحديث، إذ انتقل خلال العقود الأخيرة من مجرّد دراسة وصفية لكيفية انتقال الصفات بين الأجيال، إلى علمٍ تطبيقي يُغيّر ملامح الطب، والزراعة، والصناعة، والعدالة الجنائية. يضع هذا الكتاب الرقمي التفاعلي بين يدي الطالب أبرز هذه التطبيقات: من مشروع الجينوم البشري الذي كشف عن الشيفرة الكاملة للإنسان، مروراً بتقنيات الاستنساخ والخلايا الجذعية، وصولاً إلى تفاعل البوليمريز المتسلسل (PCR) الذي بات ركيزة أساسية في التشخيص الطبي والطب الشرعي، وانتهاءً بدور الاستشارة الوراثية في حماية الأجيال القادمة.

صُمِّم هذا الكتاب وفق أحدث معايير التصميم التعليمي الرقمي، بحيث يجمع بين الشرح العلمي الدقيق، والرسوم التوضيحية الأصلية، والجداول المقارنة، والأنشطة التفاعلية، بما يخدم أنماط التعلّم المختلفة، ويُنمّي مهارات التفكير الناقد وحل المشكلات لدى الطالب.

أهداف التعلّم

- التعرّف إلى مشروع الجينوم البشري من حيث المفهوم والأهداف والأهمية في مجالات الطب والبيئة والزراعة.
- تفسير آلية الاستنساخ الجنيني والجسمي في الحيوان، وزراعة الأنسجة في النبات، والمقارنة بينها.
- توضيح مفهوم الخلايا الجذعية وأنواعها وأبرز استخداماتها في زراعة الأنسجة والطب التجديدي.
- شرح خطوات تفاعل البوليمريز المتسلسل PCR وتطبيقاته المتعددة.
- إدراك أهمية الاستشارة الوراثية في الوقاية من الأمراض الوراثية ودعم الأسر.
- مناقشة الأبعاد الأخلاقية والاجتماعية المرتبطة بتطبيقات الهندسة الوراثية الحديثة.

كيف تستخدم هذا الكتاب

يعتمد هذا الكتاب على مجموعة من العناصر البصرية الثابتة لتسهيل التنقّل بين المحتوى؛ تعرّف عليها قبل البدء:

الدلالة	الرمز
صندوق مصطلح علمي (عربي / إنجليزي / تعريف)	مربّع فيروزي بإطار داكن
هل تعلم؟ — معلومة إثرائية شائقة	مربّع بنفسجي فاتح
نصيحة صحية على هامش الفصل	مربّع برتقالي فاتح
سؤال تفاعلي مرتبط بشكل أو نشاط	؟
نشاط عملي أو ميداني	
قضية للنقاش الصفّي	
موضوع مقترح للبحث الإضافي	

جدول المحتويات

مقدّمة الكتاب ٣
أهداف التعلّم ٣
كيف تستخدم هذا الكتاب ٣
جدول المحتويات ٤
الفصل الثاني: تطبيقات في علم الوراثة ٦
2-1 الجينوم البشري (الحقيبة الوراثية) Human Genome Project ٦
أهداف مشروع الجينوم البشري ٦
أهمية مشروع الجينوم البشري ٧
2-2 تطبيقات في علم الوراثة ٨
1) الاستنساخ (Cloning) ٨
الاستنساخ في النبات (زراعة الأنسجة) ٩
الفروقات: الاستنساخ الجنيني والاستنساخ الجسمي ٩
بعض سلبيّات الاستنساخ ٩
2) استخدام الخلايا الجذعية (Stem Cells) ١١
أهمّ استخدامات الخلايا الجذعية في زراعة الأنسجة ١١
2-3 تفاعل البوليمريز المتسلسل PCR (Polymerase Chain Reaction) ١٢
خطوات PCR ١٢
تطبيقات PCR ١٢
التطبيقات الصناعية والطبية لـ PCR ١٣
2-4 الاستشارة الوراثيّة ١٤
أهداف الاستشارة الوراثية ١٤
نشاط (1): استشارة خبير ١٤
تقانات حيوية في مجال التطبيقات الوراثية ١٥
اللحم المُستزرَع ١٥
بنك الخلايا الجذعية من الحبل السّري ١٥
جدول مقارنة شامل: أبرز تطبيقات علم الوراثة ١٦
الخريطة المفاهيمية للفصل ١٦
ملخّص الفصل ١٧
أهمّ الأفكار ١٧
أهمّ المصطلحات ١٧
أهمّ النقاط الواجب حفظها ١٧
أسئلة تقويم الفصل ١٨
أولاً: صواب أم خطأ ١٨
ثانياً: أكمل الفراغات الآتية ١٨
ثالثاً: اختر رمز الإجابة الصحيحة ١٨
رابعاً: علّل لما يأتي ١٩
خامساً: قارن ١٩

سادساً: رتّب ١٩
سابعاً: صِل ١٩
ثامناً: فسّر ١٩
تاسعاً: استنتج ١٩
عاشراً: حلّل الرسوم ٢٠
حادي عشر: أسئلة تطبيقية ٢٠
ثاني عشر: أسئلة تفكير ناقد ٢٠
ثالث عشر: أسئلة حلّ مشكلات ٢٠
رابع عشر: سؤال مقالي قصير ٢٠
خامس عشر: سؤال مفتوح للتفكّر (دون إجابة محدَّدة) ٢٠
الاختبار النهائي الشامل ٢١
مفتاح إجابات الاختبار النهائي ٢٦
المراجع ٢٧

الفصل الثاني: تطبيقات في علم الوراثة

Applications in Genetics

في كل مرة يُحدَّد فيها المشتبه به في قضية جنائية عبر عيّنة شعر أو لعاب، أو يُشخَّص جنين في رحم أمه بمرض وراثي قبل ولادته، أو يُستنسَخ نبات نادر لإنقاذه من الانقراض — فإنّ علم الوراثة التطبيقي يعمل في الخفاء. لقد أحدثت تطبيقات علم الوراثة تغيّرات هائلة في مجالات حياة الإنسان كافّة، وأثّرت في مجالات عدّة منها: الزراعي، والطبّي، والصناعي، ولعلّ أبرزها جميعاً هندسة الجينات.

ما المقصود بالجينوم البشري؟ وما أهدافه وأهميته؟ وما أبرز التطبيقات في مجالات الطب والزراعة والصناعة؟ وكيف استُخدم الاستنساخ في إنتاج أفراد ذات صفات مرغوبة؟ وما تفاعل البوليمريز المتسلسل PCR ومجالاته؟ وما أهمية الاستشارة الوراثية؟ هذه الأسئلة وغيرها ستتمكّن من الإجابة عنها بعد دراستك هذا الفصل.

ستكون قادراً بعد دراسة هذا الفصل على أن:

1. تتعرّف إلى مشروع الجينوم البشري من حيث الأهمية والأهداف.
2. تتعرّف إلى بعض التطبيقات الحديثة في علم الوراثة: الاستنساخ، الخلايا الجذعية، وتفاعل PCR.
3. تدرك أهمية الاستشارة الوراثية.

2-1 الجينوم البشري (الحقيبة الوراثية) Human Genome Project

يُقصد بمشروع الجينوم البشري (HGP) تحديدُ جميع الجينات الموجودة في الـ 23 زوجاً من الكروموسومات البشرية. ويُعدّ هذا المشروع أحد أضخم الجهود البحثية الدوليّة التي عرفها تاريخ العلم؛ إذ شارك فيه عدد هائل من الجامعات والمعامل البحثية في العديد من دول العالم، بهدف تحديد تتابعات الحمض النووي DNA لكامل الجينوم البشري.

> **مصطلح الجينوم | *Genome***
> مجموع المادة الوراثية الكاملة (جميع الجينات) الموجودة داخل نواة خلية الكائن الحي.

أهداف مشروع الجينوم البشري

أ. تحديد تسلسل القواعد النيتروجينية بالكامل لكل كروموسوم؛ إذ يبلغ عددها الإجمالي نحو 3 مليارات زوج قاعدي.

ب. تحديد جميع الجينات الموجودة في الحمض النووي البشري، والتي تتراوح ما بين 20000 و25000 جين.

ج. تحديد الجينات المرتبطة بأمراض معيّنة، وتحديد مواقعها بدقّة على كروموسومات الخلية.

أهمية مشروع الجينوم البشري

أبرز أوجه الأهمية	المجال
تحسين تشخيص الأمراض، والاكتشاف المبكّر للاستعداد الوراثي للإصابة بالأمراض.	الطب الجزيئي
التعرّف إلى المشتبه بهم عبر مطابقة DNA مع الأدلّة الجنائية، والتحقّق من علاقات البنوّة وقضايا النسب.	الطب الشرعي
الوقاية من مخاطر الحرب البيولوجية والكيميائية، والتخلّص الآمن والفعّال من النفايات السامّة.	الصحة العامة
مراقبة الملوّثات، والتعرّف إلى الكائنات المهدَّدة بالانقراض لحمايتها، ورصد مصادر تلوّث الهواء والماء والتربة.	البيئة
إنتاج محاصيل مقاومة للأمراض والحشرات والجفاف، وحيوانات مزرعة أعلى إنتاجية، وتصنيع لقاحات تُدمَج في الغذاء.	الزراعة

هل تعلم؟

جين الكونيكسين 26 هو أشهر جينات الصمم المعروفة؛ إذ يقف مسؤولاً عمّا نسبته نحو 50% تقريباً من حالات الصمم غير المرتبطة بمتلازمة، وتنتقل الإصابة به عبر وراثة الجينات المتنحّية.

منذ اكتمال مسودة الجينوم البشري رسمياً مطلع الألفية الجديدة، تسارعت تقنيات التسلسل الجيني حتى باتت اليوم أسرع وأقل تكلفة بآلاف المرات، ما فتح الباب أمام «الطب الشخصي» الذي يُصمَّم فيه العلاج وفق التركيب الجيني لكل مريض على حدة.

2-2 تطبيقات في علم الوراثة

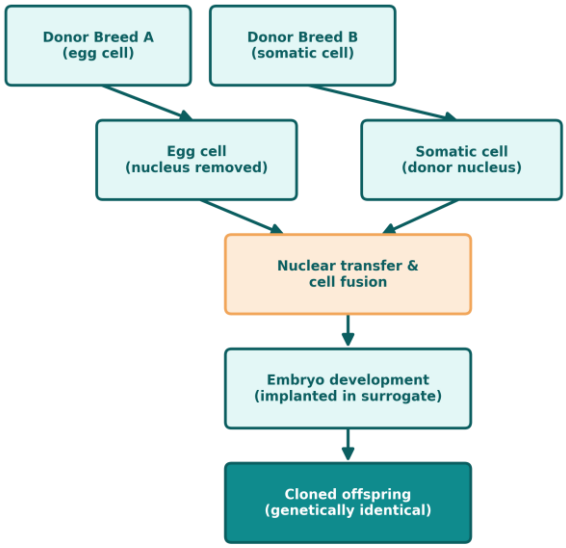
فكّر العلماء بتوظيف المعرفة العلمية في فهم آلية توارُث الصفات، وتركيب المادة الوراثية، لحلّ بعض المشكلات التي تواجه بعض الكائنات الحيّة التي تعاني صعوبات في تكاثرها، أو كثرة استهلاكها، أو اتجاه النوع نحو الانقراض. فاستُخدمت هذه التطبيقات في حلّ مشكلات يواجهها الإنسان في مجالَي الزراعة والصناعة وغيرهما، للحصول على أفراد يحملون صفات وراثية مرغوبة، مثل: الإنتاجية العالية، أو مقاومة المرض، أو تحمّل الظروف البيئية القاسية. ومن أهمّ هذه التطبيقات: الاستنساخ، والخلايا الجذعية، وتفاعل PCR، والاستشارة الوراثية.

1) الاستنساخ (Cloning)

الاستنساخ الجنيني: يقصد به شطر الأجنّة خارج جسم الكائن الحي، حيث يتمّ إخصاب بويضة بحيوان منوي، ثم تبدأ البويضة المخصَّبة بالانقسام المتساوي. وفي مرحلة الثماني خلايا يمكن فصل هذه الخلايا عن بعضها — وهي خلايا غير متخصّصة بعد، قادرة على الانقسام وإنتاج كائن كامل — فيُنتَج توأمان متطابقان أو أكثر، بحيث تحتوي كل نسخة على خلية أو خليتين. تنمو هذه التوائم لتُصبح كائنات مكتملة، وبذلك يمكن الحصول على عدّة نسخ من الكائن نفسه تُستخدَم في التجارب العلمية.

الاستنساخ الجسمي: يقوم على إنتاج أفراد من خلايا جسمية مأخوذة من خلايا كائن بالغ، بحيث يحمل الفرد الناتج صفات الفرد المانح لنواة الخلية الجسمية بالكامل. تُستخدَم هذه الطريقة لإنتاج كائنات حيّة متماثلة جينياً بشكل تام.

الاستنساخ في الحيوان: يُقصَد به إنتاج كائن حي جديد باستخدام خلية جسمية بدلاً من الإخصاب التقليدي. ويوضّح الشكل (1) خطوات هذه العملية كما طُبِّقت لأوّل مرة عملياً في تجربة النعجة الشهيرة.



شكل (1): خطوات الاستنساخ الجسمي في الحيوان (نقل النواة إلى بويضة منزوعة النواة، ثم الزرع في أمّ حاضنة)

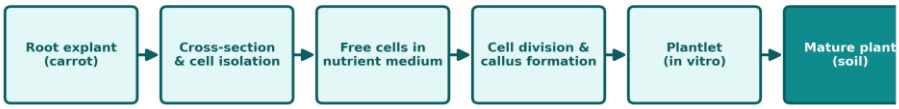
لاحظ الشكل (1) ثم أجب عن الأسئلة الآتية بصفتك باحثاً مبتدئاً في هذا المجال:

- تتبَّع خطوات الاستنساخ كما ظهرت في الشكل بالترتيب.
- إلى أيّ من الأمّهات (المانحة للبويضة أم المانحة للنواة) يشبه المولود الجديد تماماً؟ فسِّر إجابتك.

- ❓ كيف يُسهم الاستنساخ في تكوين كائن حي دون الحاجة إلى إجراء تزاوج بين حيوانين؟

الاستنساخ في النبات (زراعة الأنسجة)

يُعدّ التكاثر الخضري الطبيعي في النبات أساساً لفكرة الاستنساخ النباتي المخبري المعروف بزراعة الأنسجة (Tissue Culture)، وفيه تُؤخذ خلايا حرّة من نسيج نباتي وتُنمّى في وسط غذائي معقَّم غنيّ بالهرمونات النباتية، لتتكاثر الخلايا وتتمايز مكوّنة نبتة كاملة مطابقة وراثياً للنبات الأصلي.



شكل (2): مراحل استنساخ نبات الجزر بزراعة الأنسجة، من القطاع العرضي للجذر وحتى النبات الناضج

- ❓ ممّ يتكوّن المقطع العرضي في جذر نبات الجزر؟ اذكر طبقاته.
- ❓ ما مصدر الخلايا التي ينشأ منها النبات الجديد؟ ولماذا استُخدمت هذه الخلايا تحديداً؟
- ❓ ما نوع الانقسام الخلوي الذي يحدث للخلايا أثناء هذه العملية؟
- ❓ لماذا يُنقَل النبات الناضج إلى التربة في المرحلة الأخيرة؟
- ❓ أيّ نوع من التكاثر اللاجنسي في النبات يُشبه عملية الاستنساخ في الحيوان من حيث المبدأ؟

الفروقات: الاستنساخ الجنيني والاستنساخ الجسمي

وجه المقارنة	الاستنساخ الجنيني	الاستنساخ الجسمي
مصدر الخلية	خلايا جنينية غير متخصّصة (مرحلة 8 خلايا)	خلية جسمية بالغة متخصّصة
الإخصاب	يحدث إخصاب فعلي بين بويضة وحيوان منوي	لا يحدث إخصاب؛ نقل نواة مباشرة إلى بويضة
الناتج	توائم متطابقة فيما بينها فقط	فرد مطابق وراثياً للمانح البالغ نفسه
أبرز استخدام	إنتاج نسخ للتجارب العلمية	إنتاج حيوانات بصفات مرغوبة مطابقة لأصل مثبت

بعض سلبيّات الاستنساخ

1. قد يُسبِّب الاستنساخ ولادة أجنّة مشوَّهة أو قصيرة العمر؛ نتيجة أخطاء في عملية إعادة برمجة نواة الخلية الجسمية وقِصَر النهايات التيلوميرية للكروموسومات الموروثة من الخلية المانحة البالغة.
2. قد يُخِلّ الاستنساخ الجسمي بمبدأي الأمومة والأبوّة التقليديين؛ لأنه يتمّ فيه الاستغناء الكامل عن دور الأب في التكاثر.

للنقاش

ناقش مع زملائك: لماذا تُعارض معظم دول العالم استنساخ البشر رغم نجاح استنساخ عدد من الحيوانات؟

نشاط (1): زيارة ميدانية

بالتعاون مع مدير المدرسة والمعلّم المسؤول، قم بزيارة ميدانية لوحدة زراعة الأنسجة في أقرب جامعة أو مركز بحثي، واطّلع على الأنشطة التي يقومون بها، ثم اكتب تقريراً حول الزيارة، وقدّمه لزملائك.

للبحث

ابحث عن سلبيّات أخرى للاستنساخ لم يرد ذكرها في هذا الفصل، وناقشها مع مجموعتك.

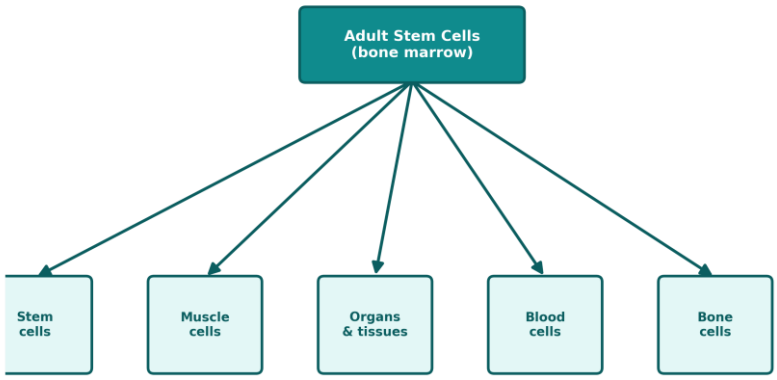
مصطلح الاستنساخ | *Cloning*

إنتاج كائن حي أو أكثر يحمل تركيباً وراثياً مطابقاً تماماً لتركيب كائن حي آخر.

2) استخدام الخلايا الجذعية (Stem Cells)

تُعرَّف الخلايا الجذعية بأنها الخلايا القادرة على الانقسام والتمايز لتُصبح أيّ نوع من الخلايا الموجودة في جسم الإنسان. وتُقسَم بحسب مصدرها إلى نوعين رئيسين:

الخصائص	المصدر	النوع
قدرة عالية جداً على التمايز إلى أيّ نوع من أنواع الخلايا (كليّة القدرة)	أجنّة ذات أربعة إلى خمسة أيام، قبل انغراس الجنين بجدار الرحم	الخلايا الجذعية الجنينية Embryonic stem cell
قدرة تمايز محدودة أكثر، لكنها أقلّ إثارة للجدل الأخلاقي	نخاع العظم الأحمر في مواقع محدَّدة من الهيكل العظمي	الخلايا الجذعية البالغة Adult stem cell



شكل (3): إنتاج أنسجة وأعضاء متعدّدة من خلايا جذعية بالغة مأخوذة من نخاع العظم

أهمّ استخدامات الخلايا الجذعية في زراعة الأنسجة

- إنتاج بعض الأنسجة لاستخدامها في زراعة الأعضاء التالفة.
- استخدام خلايا سليمة بدلاً من تلك المتضرِّرة والمصابة، مثلاً في: إصابات الحبل الشوكي، والسكري من النوع الأول، ومرض باركنسون، والسرطان، وغيرها.

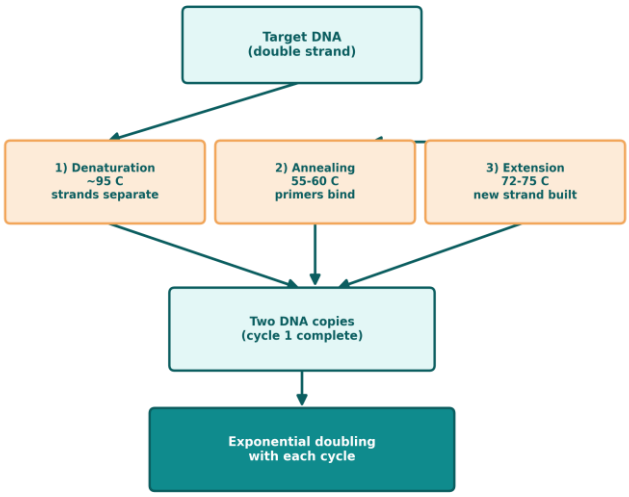
مصطلح الخلايا الجذعية | *Stem cells*

خلايا غير متخصّصة قادرة على الانقسام والتمايز لتكوّن أنواعاً متعددة من الخلايا المتخصّصة في الجسم.

2-3 تفاعل البوليمريز المتسلسل PCR (Polymerase Chain Reaction)

تقنية PCR هي تقنية مخبرية تقوم على أساس تصنيع نسخ عديدة من قطعة محدَّدة من الحمض النووي DNA داخل أنبوب اختبار في المختبر، خلال ساعات قليلة فقط. ويمكن اعتبار تقنية PCR ترجمة مبسَّطة ومسرَّعة لعملية تضاعف الحمض النووي DNA التي تحدث طبيعياً أثناء دورة حياة الخلية.

خطوات PCR



شكل (4): الدورة الواحدة لتفاعل PCR، وتتكرّر عشرات المرّات لتضخيم كمية DNA أُسّياً

المرحلة	درجة الحرارة	ما يحدث فيها
1. التفكيك الحراري Denaturation	≈ 95° س	فكّ الشكل المزدوج للحمض النووي DNA الأصل إلى سلسلتين منفردتين.
2. الترابط (التصاق البادئات) Primers annealing	بين 55° و60° س	التصاق البادئات — سلاسل قصيرة محدَّدة من النيوكليوتيدات — بسلسلتَي DNA الأصل عبر روابط هيدروجينية، لتحديد بداية التصنيع.
3. الاستطالة Extension	بين 72° و75° س	يقوم إنزيم البلمرة بعمله في بناء شريط DNA جديد مكمِّل للشريط الأصل.

تُمثِّل هذه المراحل الثلاث دورة واحدة كاملة، يتضاعف خلالها الحمض النووي الأصل، وبتكرار هذه الخطوات نفسها عشرات المرّات يتضاعف عدد نسخ الجزيء المستهدَف بشكل لوغاريتمي (أُسّي) حتى تصل الكمية إلى ملايين النسخ خلال ساعة أو ساعتين فقط.

تطبيقات PCR

- تعيين البصمة الوراثية للأفراد.
- تصنيف الفيروسات؛ إذ تُعدّ هذه الطريقة الأدقّ في تحديد سلالة الفيروس وكميّته.
- تُستخدَم في الاستنساخ وإنتاج خلايا بكميّات كبيرة للتجارب العلمية.
- دعم مشروع الخارطة الجينيّة البشرية.

- دور مهمّ في مجال الطب الشرعي: اختبار الأمومة، وحالات الاغتصاب، وتحديد الهوية.
- الكشف عن الطفرات الوراثية في الأجنّة، عبر وضع بادئ خاص للطفرة لتكثير الجين المعنيّ، ومعرفة ما إذا كان المرض موجوداً على أحد الكروموسومين المتماثلين أو كليهما.

التطبيقات الصناعية والطبية لـ PCR

التطبيق	المجال
الكشف السريع عن مسبّبات الأمراض المعدية، مثل الفيروسات والبكتيريا، ومنها اختبارات الكشف عن كوفيد-19.	الطب التشخيصي
مطابقة الحمض النووي لعيّنات صغيرة جداً من الدم أو الشعر أو اللعاب.	الطب الشرعي
تطوير علاجات جينية موجَّهة واختبار فعاليتها.	الصناعات الدوائية
الكشف المبكّر عن الأمراض النباتية، والتأكّد من نقاء السلالات المحسَّنة وراثياً.	الزراعة
رصد الكائنات الدقيقة في عيّنات الماء والتربة لتقييم جودة البيئة.	البيئة

مصطلح تفاعل البوليمريز المتسلسل | *PCR — Polymerase Chain Reaction*

تقنية مخبرية لتضخيم (نسخ) عدد كبير جداً من النسخ من قطعة محدَّدة من DNA خلال وقت قصير.

2-4 الاستشارة الوراثيّة

تقوم الاستشارة الوراثية على توفير المعلومات والدعم للأفراد أو الأُسر الذين لديهم اضطرابات وراثية، أو الذين قد يكونون في خطر الإصابة بالأمراض الوراثية، وذلك بتقييم مخاطر وجود أيّ اضطراب وراثي عن طريق البحث في تاريخ العائلة، وتقييم السجلّات الطبيّة، وإجراء الفحص الجسمي للمريض ولأفراد الأسرة الآخرين عند اللزوم، وصولاً إلى تحديد القرارات الطبية والاجتماعية والأخلاقية المحيطة بالاختبارات الجينية.

لأجل الحفاظ على أجيال سليمة، يُجرى فحص المقبلين على الزواج، وقد انتشرت مجالس الاستشارة الوراثية وعيادات الإرشاد الوراثي في كثير من دول العالم. وتتكوّن هذه المجالس من فريق متعدّد التخصّصات يضمّ: الطب والتمريض، والمختبرات، وعلم النفس، وعلم الاجتماع.

أهداف الاستشارة الوراثية

1. إرشاد المقبلين على الزواج، وكذلك المتزوجين الذين يخشون إنجاب أطفال مصابين بأمراض وراثية، وتقديم النصح لهم.
2. الاتصال مع أهل المريض وتقديم النصح والإرشاد لهم، وتوضيح طبيعة المرض.
3. توضيح الآثار النفسية والاجتماعية والاقتصادية للمريض، والتأكيد على إجراء الاختبارات اللازمة للتشخيص المبكّر للمرض.

ومن أبرز برامج عيادات الاستشارة الوراثية: برنامج الرعاية الصحية قبل الحمل بعنوان «حمل آمن، ولادة سهلة، وطفل معافى»، ويتضمّن التغذية الجيّدة، وعلاج العقم، وتناول الأدوية باستشارة الطبيب، ومراقبة الوزن الزائد، والتطعيمات، والاستشارة بخصوص الأمراض المزمنة والأمراض المنقولة جنسياً، والاستشارة بخصوص الأمراض الوراثية تحديداً.

نصيحة صحية

قبل الزواج، احرص واحرصي على إجراء فحص ما قبل الزواج الشامل، بما فيه فحص الأمراض الوراثية الشائعة في المجتمع (كالثلاسيميا وفقر الدم المنجلي)؛ فالوقاية والتخطيط المبكّر أفضل بكثير من مواجهة مضاعفات لاحقة.

نشاط (1): استشارة خبير

زوجان في الثلاثين من عمرهما يرغبان بإنجاب أطفال، توجّها إليك. تقمّص شخصية مستشار وراثي وحاورهما: ماذا ستناقش معهما؟ وماذا ستنصحهما به؟ قم بلعب هذه الأدوار مع أحد زملائك أمام الصفّ.

مصطلح الاستشارة الوراثية | *Genetic Counseling*

خدمة طبية متخصّصة تُقدَّم للأفراد أو الأسر لتقييم مخاطر الأمراض الوراثية وتوجيههم طبياً واجتماعياً بشأنها.

تقانات حيوية في مجال التطبيقات الوراثية

اللحم المُستزرَع

يبحث العلماء عن طريقة لتأمين اللحوم بطرق صناعية، لعلّ ذلك يخفّف الضغوط على المزارع الطبيعية ومواردها. وبالفعل، نجحت جهود كثيرة على المستوى المخبري، غير أنّ المسافة بين هذا النجاح المخبري وتقبُّل استهلاك اللحم المستزرَع على نطاق واسع ما تزال طويلة.

كانت البداية الحقيقية مطلع القرن الحالي، حين استُخدمت هندسة الأنسجة لتصنيع اللحم، وتوصّل العلماء إلى طريقتين رئيستين:

1. النمو المحفَّز لأنسجة عضلية مأخوذة من كائن حيّ، وتحتاج هذه الطريقة إلى إمداد دائم من المواشي المراد استزراع أنسجتها. ومن التعقيدات التي تواجهها صعوبة إنتاج نسيج سميك؛ إذ تبقى العملية محدودة على طبقة أو طبقتين من الخلايا، نظراً لصعوبة إيصال الغذاء إلى الخلايا وطرح الفضلات منها.
2. الهندسة الخلوية النسيجية، ومن خلالها يمكن إنتاج نسيج أشبه بالنسيج الطبيعي عبر زراعة أنسجة العضلات وإضافة خلايا جذعية إليها لتنمية الأوعية الدموية والخلايا العصبية، ما يؤدّي إلى تكوين نسيج متكامل أقرب إلى النسيج الطبيعي.

بنك الخلايا الجذعية من الحبل السّري

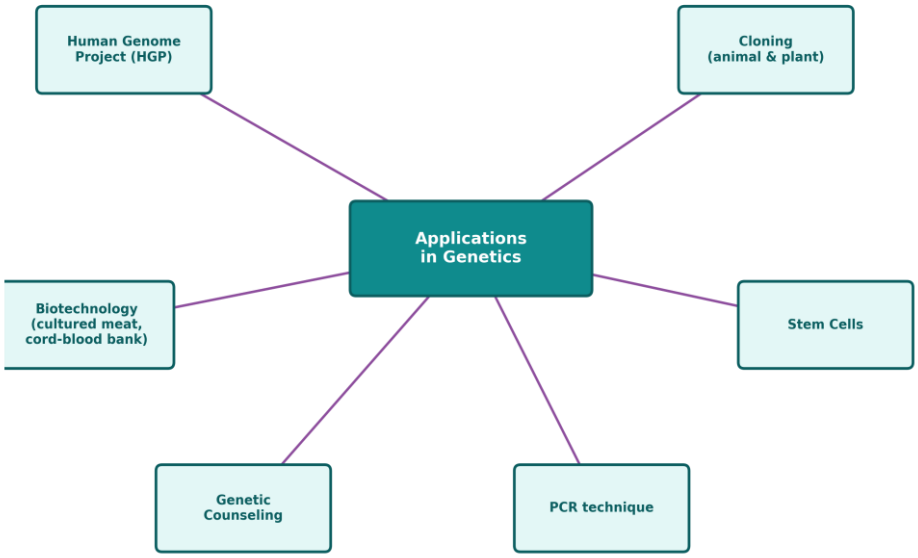
يُستخرَج من الحبل السّري بعد عملية الولادة مباشرة عيّنة من الخلايا الجذعية، ثم تُخزَّن هذه الخلايا تحت درجات حرارة منخفضة جداً (تجميد عميق)، بهدف استخدامها مستقبلاً في علاج بعض الأمراض، مثل: اللوكيميا (سرطان الدم)، وبعض أنواع الأنيميا.

> **للبحث**
>
> ابحث عن أحدث التطورات في مجال اللحم المُستزرَع حول العالم، وهل بدأت أيّ دولة السماح ببيعه تجارياً؟

جدول مقارنة شامل: أبرز تطبيقات علم الوراثة

أبرز استخدام عملي	الفكرة الأساسية	التطبيق
تحسين تشخيص الأمراض الوراثية والطب الشخصي	تحديد تسلسل جميع جينات الإنسان وموقعها	الجينوم البشري HGP
الحفاظ على سلالات ذات صفات مرغوبة	إنتاج أفراد متطابقين وراثياً	الاستنساخ Cloning
زراعة الأنسجة والأعضاء التالفة	خلايا قادرة على التمايز لأنواع متعددة	الخلايا الجذعية Stem cells
البصمة الوراثية والتشخيص السريع للأمراض	تضخيم عدد نسخ قطعة DNA مخبرياً	تفاعل PCR
برامج ما قبل الزواج والحمل الآمن	تقييم مخاطر الأمراض الوراثية وإرشاد الأسر	الاستشارة الوراثية

الخريطة المفاهيمية للفصل



شكل (5): خريطة مفاهيمية تلخّص أبرز محاور الفصل الثاني: تطبيقات في علم الوراثة

ملخّص الفصل

أهمّ الأفكار

- مشروع الجينوم البشري حدَّد تسلسل جميع الجينات البشرية (20-25 ألف جين) على الكروموسومات الـ23، وله تطبيقات في الطب والطب الشرعي والبيئة والزراعة.
- الاستنساخ نوعان: جنيني (شطر أجنّة مبكّرة) وجسمي (نقل نواة خلية بالغة)، ولكلّ منهما آلية ونتاج مختلف، وله سلبيّات صحية وأخلاقية.
- الخلايا الجذعية جنينية أو بالغة، وتُستخدَم في زراعة الأنسجة وعلاج أمراض عديدة كالسكري وباركنسون والسرطان.
- تفاعل PCR يضخّم كمية DNA عبر ثلاث مراحل حرارية متكرّرة (تفكيك، ترابط، استطالة)، وله استخدامات واسعة في البصمة الوراثية والتشخيص الطبي.
- الاستشارة الوراثية تُرشد الأفراد والأسر لتقليل مخاطر الأمراض الوراثية، وتُعدّ فحوصات ما قبل الزواج أحد أهمّ تطبيقاتها العملية.

أهمّ المصطلحات

• Genome • Cloning • Embryonic stem cell • Adult stem cell • PCR Denaturation • Primers annealing • Extension • Genetic Counseling

أهمّ النقاط الواجب حفظها

- عدد الجينات البشرية التقديري: 20000–25000 جين، موزَّعة على 23 زوجاً من الكروموسومات.
- درجات حرارة مراحل PCR الثلاث: 95° س (تفكيك) — 55-60° س (ترابط) — 72-75° س (استطالة).
- الفرق الجوهري بين الاستنساخ الجنيني (خلايا جنينية) والاستنساخ الجسمي (خلية بالغة).

أسئلة تقويم الفصل

أولاً: صواب أم خطأ

1. يهدف مشروع الجينوم البشري إلى تحديد تسلسل جميع القواعد النيتروجينية في الكروموسومات البشرية. ( )
2. الاستنساخ الجسمي يُنتج فرداً يحمل نصف الصفات الوراثية للمانح فقط. ( )
3. الخلايا الجذعية الجنينية أكثر قدرة على التمايز من الخلايا الجذعية البالغة. ( )
4. تحدث مرحلة الاستطالة في تفاعل PCR عند أعلى درجة حرارة من بين المراحل الثلاث. ( )
5. تقتصر أهمية الاستشارة الوراثية على الأزواج المصابين فعلياً بأمراض وراثية. ( )

ثانياً: أكمل الفراغات الآتية

1. يبلغ عدد الجينات في الحمض النووي البشري ما بين ..... و ..... جين.
2. يُقصد بـ ..... إنتاج كائن حي يحمل تركيباً وراثياً مطابقاً تماماً لكائن حيّ آخر.
3. تُستخرَج الخلايا الجذعية البالغة من ..... المتواجد في مواقع محدَّدة من الهيكل العظمي.
4. في مرحلة ..... من تفاعل PCR، تلتصق البادئات بسلسلتَي DNA الأصل.
5. يتكوَّن فريق الاستشارة الوراثية عادةً من اختصاصيين في الطب والتمريض والمختبرات وعلمَي ..... و .....

ثالثاً: اختر رمز الإجابة الصحيحة

1. ماذا يُقصد بالجينوم البشري؟

أ. المادة الوراثية الموجودة في النواة فقط. ب. تحديد جميع الجينات الموجودة في 23 زوجاً من الكروموسومات.

ج. جميع الجينات التي يحملها كروموسوم الجنس فقط. د. تحديد المسافة بين جميع الجينات على 23 زوجاً من الكروموسومات.

2. ما تصنيف الخلايا المأخوذة من النخاع العظمي لاستخدامها في زراعة الأنسجة؟

أ. جذعية بالغة. ب. جذعية جنينية. ج. جسمية أوليّة. د. جذعية غير ناضجة.

3. أيّ التقنيات الآتية تُستخدَم للكشف عن الطفرات الجينية في الأجنّة؟

أ. الاستنساخ بالخلايا الجذعية. ب. مشروع الجينوم. ج. هندسة الجينات. د. تفاعل PCR.

4. أيّ الخطوات الآتية في تقنية PCR تبدأ بها مرحلة الاستطالة؟

أ. خفض درجة الحرارة إلى ما بين 55-60° س. ب. رفع درجة الحرارة إلى 72-75° س.

ج. التصاق البادئات بروابط هيدروجينية مع DNA. د. بناء الحمض النووي RNA بوساطة إنزيم البلمرة.

5. أيّ ممّا يلي ليس من أهداف الاستشارة الوراثية؟

أ. إرشاد المقبلين على الزواج. ب. توضيح الآثار النفسية والاجتماعية للمرض.

ج. علاج المرض الوراثي نهائياً بالجراحة. د. تقديم النصح والإرشاد لأهل المريض.

رابعاً: علّل لما يأتي

- علّل: استخدام تقنية PCR في الكشف المبكّر عن بعض الطفرات المرتبطة بالسرطان.
- علّل: قد تُولَد أجنّة مشوَّهة أو قصيرة العمر نتيجة الاستنساخ الجسمي.
- علّل: تُفضَّل الخلايا الجذعية البالغة أحياناً على الجنينية رغم قدرتها التمايزية الأقلّ.

خامساً: قارن

- قارن بين الاستنساخ الجنيني والاستنساخ الجسمي من حيث: مصدر الخلية، وحدوث الإخصاب، والناتج النهائي.

سادساً: رتّب

- رتّب الخطوات الآتية بحسب تسلسلها الصحيح في تفاعل PCR: (الاستطالة – التفكيك الحراري – التصاق البادئات).

سابعاً: صِل

العمود (أ)	العمود (ب)
1. Denaturation	أ. التصاق البادئات بسلسلة DNA
2. Annealing	ب. بناء شريط DNA جديد
3. Extension	ج. فكّ السلسلة المزدوجة لـ DNA
4. Genome	د. مجموع الجينات في نواة الخلية

ثامناً: فسّر

- فسِّر: لماذا يُعدّ فحص ما قبل الزواج من أهمّ تطبيقات الاستشارة الوراثية عملياً في المجتمعات ذات نسبة زواج الأقارب المرتفعة؟

تاسعاً: استنتج

- استنتج: ماذا يحدث لو ارتفعت درجة حرارة مرحلة التراطب (Annealing) في PCR عن 60° س بشكل كبير؟

عاشراً: حلّل الرسوم

- بالرجوع إلى الشكل (4) في هذا الفصل، حلّل سبب تكرار الدورة الحرارية الثلاثية عشرات المرّات، وأثر ذلك في الكمية النهائية من DNA.

حادي عشر: أسئلة تطبيقية

- يعتمد اقتصاد فلسطين على تربية الأغنام لإنتاج الألبان والأجبان، ما الطرائق التي يمكن أن تلجأ إليها وزارة الزراعة لتحسين إنتاجها في هذا المجال بالاستفادة من تقنيات هذا الفصل؟

ثاني عشر: أسئلة تفكير ناقد

- هل توافق على استخدام الاستنساخ الجسمي للحفاظ على الحيوانات المهدَّدة بالانقراض رغم سلبيّاته المحتملة؟ ناقش إجابتك بحجج علمية.

ثالث عشر: أسئلة حلّ مشكلات

- اكتشف فريق طبي وجود طفرة وراثية نادرة لدى جنين في الأسبوع العاشر من الحمل. صمِّم خطوات عملية (باستخدام ما درسته) يمكن أن يتّبعها الفريق الطبي للتأكّد من التشخيص بسرعة قبل اتخاذ أيّ قرار طبي.

رابع عشر: سؤال مقالي قصير

- اكتب فقرة من 5-7 أسطر تشرح فيها كيف يمكن لتقنيتَي PCR والاستشارة الوراثية أن تعملا معاً للحدّ من انتشار مرض وراثي شائع في مجتمعك.

خامس عشر: سؤال مفتوح للتفكّر (دون إجابة محدَّدة)

لو أتيح لك تعديل جين واحد في جسمك عبر هندسة وراثية آمنة تماماً، فهل كنت لتفعل ذلك؟ ولماذا؟

الاختبار النهائي الشامل

أخي الطالب، أختي الطالبة: أمامك 30 سؤالاً من نوع الاختيار من متعدّد، تغطّي جميع محاور الفصل. اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل سؤال، وستجد مفتاح الإجابات في نهاية الكتاب.

1. يُقصد بمشروع الجينوم البشري:

أ. تحديد جميع الجينات الموجودة في 23 زوجاً من الكروموسومات

ب. تحديد جميع الجينات على الكروموسومات الجنسية فقط

ج. قياس طول الكروموسومات البشرية

د. تحديد فصيلة الدم الوراثية

2. يبلغ العدد التقديري للجينات في الجينوم البشري:

أ. 1000-2000 جين

ب. 20000-25000 جين

ج. 5000-10000 جين

د. 50000-60000 جين

3. عدد القواعد النيتروجينية التقديري في الجينوم البشري الكامل:

أ. 3 ملايين زوج

ب. 300 مليون زوج

ج. 3 مليارات زوج

د. 30 مليار زوج

4. أحد أبرز تطبيقات الجينوم البشري في الطب الشرعي هو:

أ. تحديد لون العينين

ب. تحديد الطول المتوقّع

ج. تشخيص الحساسية الموسمية

د. مطابقة DNA للمشتبه بهم

5. جين الكونيكسين 26 مرتبط بشكل رئيس بـ:

أ. الصمم الوراثي

ب. مرض السكري

ج. أمراض القلب

د. فقر الدم

6. الاستنساخ الجنيني يتم بفصل الخلايا في مرحلة:

أ. الخليتين

ب. ثماني خلايا

ج. أربع خلايا

د. ست عشرة خلية

7. الاستنساخ الجسمي يعتمد على:

أ. إخصاب بويضة بحيوان منوي
ب. دمج بويضتين معاً
ج. نقل نواة خلية جسمية بالغة إلى بويضة منزوعة النواة
د. تحفيز الانقسام الميوزي

8. في الاستنساخ الجسمي، يحمل الفرد الناتج صفات:
أ. الأم الحاضنة فقط
ب. خليط عشوائي من عدّة أفراد
ج. لا يحمل أي صفات وراثية محدَّدة
د. الفرد المانح لنواة الخلية الجسمية

9. من سلبيّات الاستنساخ:
أ. احتمال ولادة أجنّة مشوّهة أو قصيرة العمر
ب. زيادة التنوّع الوراثي
ج. تحسين الخصوبة الطبيعية
د. تقليل تكلفة الإنتاج الحيواني بشكل كبير

10. الاستنساخ النباتي المخبري يُعرف باسم:
أ. التطعيم
ب. زراعة الأنسجة
ج. التلقيح الصناعي
د. الانقسام الميوزي

11. الخلايا المستخدَمة في زراعة أنسجة نبات الجزر تُؤخَذ من:
أ. الأوراق فقط
ب. الأزهار
ج. قطاع عرضي من الجذر
د. البذور الجافة

12. الخلايا الجذعية الجنينية تُؤخَذ من أجنّة عمرها:
أ. أسبوعان إلى ثلاثة أسابيع
ب. شهر كامل
ج. بعد الولادة مباشرة
د. أربعة إلى خمسة أيام

13. تُستخرَج الخلايا الجذعية البالغة عادة من:
أ. نخاع العظم الأحمر
ب. الكبد
ج. الرئتين
د. الجلد الخارجي فقط

14. من أمراض تُعالَج باستخدام الخلايا الجذعية:
أ. نزلات البرد

ب. مرض باركنسون
ج. الصداع النصفي
د. التهاب اللوزتين

15. الخلايا الجذعية الأكثر قدرة على التمايز إلى أي نوع خلية هي:
أ. الجذعية البالغة
ب. الخلايا العصبية
ج. الجذعية الجنينية
د. خلايا الدم الحمراء

16. يقوم تفاعل PCR على أساس:
أ. تكسير جزيئات DNA نهائياً
ب. دمج جينات من كائنين مختلفين
ج. إنتاج بروتينات جديدة كلياً
د. تصنيع نسخ عديدة من قطعة DNA محدَّدة

17. ترتفع درجة الحرارة في مرحلة التفكيك الحراري إلى نحو:
أ. 95 درجة مئوية
ب. 55 درجة مئوية
ج. 72 درجة مئوية
د. 37 درجة مئوية

18. البادئات في تفاعل PCR هي:
أ. إنزيمات هاضمة
ب. سلاسل قصيرة محدَّدة من النيوكليوتيدات
ج. بروتينات مناعية
د. دهون خاصة بالغشاء

19. تحدث مرحلة الترابط (Annealing) عند درجة حرارة:
أ. 95 درجة مئوية
ب. بين 72 و75 درجة مئوية
ج. بين 55 و60 درجة مئوية
د. 0 درجة مئوية

20. الإنزيم المسؤول عن بناء الشريط الجديد في مرحلة الاستطالة هو:
أ. إنزيم الليجيز
ب. إنزيم القاطع
ج. إنزيم الليباز
د. إنزيم البلمرة

21. يتضاعف عدد نسخ DNA في تفاعل PCR بشكل:
أ. لوغاريتمي (أُسّي)
ب. خطّي ثابت

ج. عشوائي
د. متناقص تدريجياً

22. من أبرز تطبيقات PCR في الطب الشرعي:
أ. تحديد لون الشعر
ب. اختبار الأمومة وتحديد الهوية
ج. قياس ضغط الدم
د. تشخيص الكسور

23. يُستخدَم PCR في تصنيف الفيروسات لأنه:
أ. الطريقة الأرخص فقط
ب. لا يحتاج إلى معدّات خاصة
ج. الأدقّ في تحديد سلالة الفيروس وكميته
د. يُستخدَم فقط للبكتيريا

24. الاستشارة الوراثية تُعنى بشكل رئيس بـ:
أ. علاج الكسور
ب. تصميم الأنظمة الغذائية الرياضية
ج. متابعة اللقاحات الموسمية فقط
د. تقييم مخاطر الاضطرابات الوراثية وإرشاد الأسر

25. من فريق عمل مجالس الاستشارة الوراثية:
أ. أطباء ومختصّو مختبرات وعلم نفس واجتماع
ب. المهندسون المعماريون
ج. خبراء الاقتصاد فقط
د. مصمّمو الجرافيك

26. برنامج «حمل آمن، ولادة سهلة، وطفل معافى» من برامج:
أ. التأمين الصحي
ب. الرعاية الصحية قبل الحمل ضمن الاستشارة الوراثية
ج. التأهيل الرياضي
د. السلامة المرورية

27. فحص ما قبل الزواج يهدف بشكل رئيس إلى:
أ. تحديد المهر المناسب
ب. قياس التوافق النفسي فقط
ج. الوقاية من انتقال الأمراض الوراثية للأبناء
د. تحديد تاريخ الزفاف

28. اللحم المُستزرَع يُنتَج مخبرياً باستخدام:
أ. الاستنساخ الجنيني فقط
ب. تفاعل PCR فقط
ج. الأشعة السينية

د. هندسة الأنسجة

29. تُستخرَج خلايا بنك الحبل السّري الجذعية:

أ. بعد الولادة مباشرة من الحبل السّري

ب. قبل الولادة بشهر

ج. من دم الأم فقط

د. من المشيمة بعد سنة من الولادة

30. من الأمراض التي يمكن علاجها مستقبلاً بخلايا بنك الحبل السّري:

أ. الصداع العادي

ب. اللوكيميا (سرطان الدم)

ج. التهاب الحلق

د. الزكام الموسمي

مفتاح إجابات الاختبار النهائي

1 – أ | 2 – ب | 3 – ج | 4 – د | 5 – أ

6 – ب | 7 – ج | 8 – د | 9 – أ | 10 – ب

11 – ج | 12 – د | 13 – أ | 14 – ب | 15 – ج

16 – د | 17 – أ | 18 – ب | 19 – ج | 20 – د

21 – أ | 22 – ب | 23 – ج | 24 – د | 25 – أ

26 – ب | 27 – ج | 28 – د | 29 – أ | 30 – ب

المراجع

اعتمد هذا الكتاب في محتواه الأساسي على المنهاج الرسمي لمادة الأحياء — الصف الحادي عشر، مع إثرائه بمعلومات من مصادر علمية موثوقة، أبرزها:

- National Institutes of Health (NIH) — www.nih.gov
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) — www.ncbi.nlm.nih.gov
- World Health Organization (WHO) — www.who.int
- Nature — www.nature.com
- Science — www.science.org
- Human Genome Project Information Archive