الوحدة 3

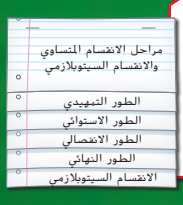
التكاثر الخلوي

تجربة استهلالية

ما هو مصدر الخلايا السليمة؟

تتكوّن كل الكائنات الحية من خلايا. إنّ الطريقة الوحيدة التي يمكن بها لكائن حي أن ينمو ويتعافى ذاتيًا هي عن طريق عملية التكاثر الخلوي. وتؤدي الخلايا السليمة الوظائف الحيوية الضرورية وتتكاثر لتكوين المزيد من الخلايا. في هذه التجربة، ستجري تحقيقًا حول مظهر أنواع مختلفة من الخلايا.

المطويات®



قم بإنشاء مطوية متدرّجة لتنظيم ملاحظاتك حول مراحل الانقسام المتساوي، مستخدمًا العناوين المبينة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة Glencoe/McGraw-Hill Education

خلايا قمة الجذر أثناء الانقسام المتساوي
صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: 160X

قمة جذر البصل
صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي،
التكبير: 50X

الموضوع المحوري التغيّر

تمرّ الخلايا بتغيّرات عديدة أثناء نموها وتكاثرها.

الفكرة الرئيسة تمرّ الخلايا بدورة حياة تشمل الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي.

القسم 1 • النمو الخلوي

القسم 2 • الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي

القسم 3 • نظام دورة الخلية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Chapter Sourced From: 3. Cellular Reproduction, Chapter 9, from Glencoe Biology ©2017

الأسئلة الرئيسة

- لماذا تكون الخلايا صغيرة نسبيًا؟
- ما المراحل الأساسية لدورة الخلية؟
- ما مراحل الطور البيني؟

مفردات للمراجعة

النفاذية الاختيارية selective permeability: هي عملية يسمح خلالها غشاءٌ بمرور بعض المواد عبره بينما لا يسمح لمواد أخرى بالعبور.

مفردات جديدة

دورة الخلية	cell cycle
الطور البيني	interphase
الانقسام المتساوي	mitosis
الانقسام السيتوبلازمي	cytokinesis
كروموسوم	chromosome
كروماتين	chromatin

النمو الخلوي

الفكرة الرئيسة **تنمو الخلايا حتى تبلغ حد الحجم الطبيعي لها، وبعد ذلك تتوقف عن النمو أو تنقسم.**

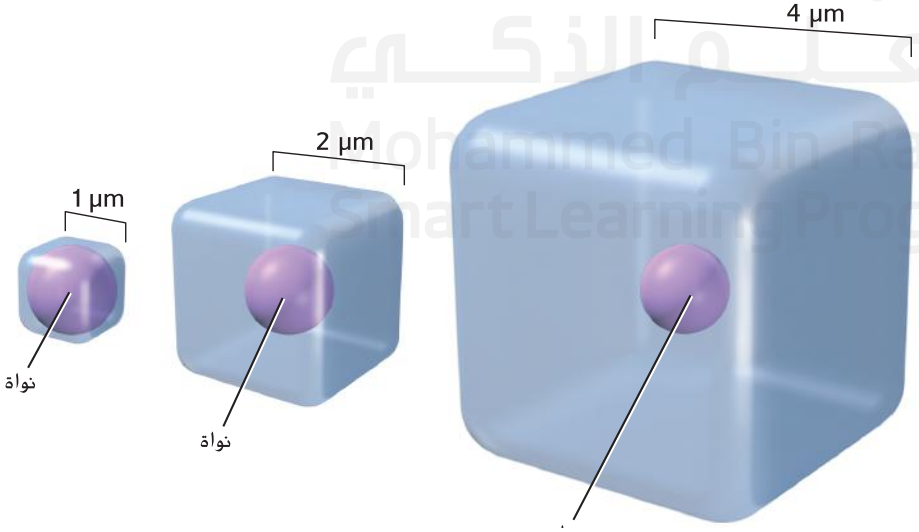
الربط مع الحياة اليومية إذا ما كنت قد شاركت في مباراة الزوجي في التنس، فمن المحتمَل أنك شعرت أنك وزميلك قد استطعتما تغطية نصف الملعب الخاص بكما. لكن، في حال كانت مساحة الملعب كبيرًا جدًا، فربما لن تتمكنا من تسديد رمياتكما. في مباراة مثالية، يجب أن يكون حجم ملعب التنس مطابقًا لِما تنصّ عليه قواعد اللعبة. كذلك، يجب أن يكون حجم الخلية محدودًا لضمان تلبية احتياجاتها.

القيود الخاصة بحجم الخلية

يقل قطر معظم الخلايا عن 100 µm (100×10^{-6} m)، أي إن الخلية أصغر من النقطة الموجودة في نهاية هذه الجملة. لماذا تكون معظم الخلايا صغيرة للغاية؟ يحقق هذا القسم في العوامل العديدة التي تؤثر في حجم الخلية.

نسبة مساحة السطح إلى الحجم يتمثل العامل الأساسي الذي يحد من حجم الخلية في نسبة مساحة سطحها إلى حجمها. تشير مساحة سطح الخلية إلى المساحة التي يغطيها الغشاء البلازمي. أما الغشاء البلازمي فهو التركيب الذي تمرّ من خلاله كل المواد المغذية والفضلات. في حين يشير الحجم إلى الحيّز الذي تشغله المحتويات الداخلية للخلية، بما في ذلك العضيات الموجودة داخل السيتوبلازم والنواة.

الربط بالرياضيات لتوضيح نسبة مساحة السطح إلى الحجم، أمعِن النظر في المكعب الصغير في **الشكل 1**، الذي يبلغ طول ضلعه ميكرومترًا واحدًا (µm) وهو ما يعادل تقريبًا حجم الخلية البكتيرية. لحساب مساحة سطح المكعب، اضرب الطول في العرض في عدد الأضلاع (1 µm × 1 µm × 6 أوجه)، وهو ما يساوي $6\ \mu m^2$. ولاحتساب حجم الخلية، اضرب الطول في العرض في الارتفاع (1 µm × 1 µm × 1 µm)، وهو ما يساوي $1\ \mu m^3$. بذلك، تكون النسبة بين مساحة السطح والحجم 6:1.

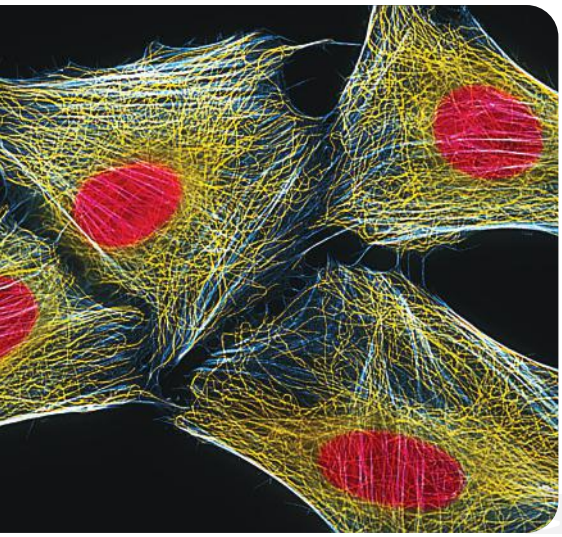


■ **الشكل 1** تقل نسبة مساحة السطح إلى الحجم مع ازدياد حجم الخلية. للمكعب الأصغر حجمًا نسبة مقدارها 6 (1 µm × 1 µm × 6 أوجه) إلى 1 (1 µm × 1 µm × 1 µm). بينما للمكعب الأكبر حجمًا نسبة مقدارها 96 (4 µm × 4 µm × 6 أوجه) إلى 64 (4 µm × 4 µm × 4 µm)، أو 3:2.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تكبير **الشكل** بالمجهر الضوئي: ×670



■ **الشكل 2** يجب أن تكون المسافات التي تقطعها المواد داخل الخلية محدودة ليكون هيكل الخلية وسيلة نقل سريعة وفعّالة.

إذا ما نمت الخلية المكعّبة الشكل ليصل طول كل ضلع فيها إلى 2 µm، كما هو مبيّن في **الشكل 1**، تكون مساحة سطحها 24 μm^2 وحجمها 8 μm^3. بذلك تكون نسبة مساحة السطح إلى الحجم 3:1، أي، نسبة أقل من النسبة التي كانت للخلية عندما كانت أصغر حجمًا. إذًا تكون نسبة مساحة السطح إلى الحجم أقل كلما استمرت الخلية في النمو، فستستمر نسبة مساحة السطح إلى الحجم في التراجع، كما يُظهِر المكعب الثالث في **الشكل 1**. فكلما نمت الخلية، ازداد حجمها على نحو أسرع بكثير من ازدياد مساحة سطحها، مما يعني أنّ الخلية ربما تواجه صعوبة في الحصول على المواد المغذية والتخلص من كل الفضلات التي يجب التخلص منها. بينما يضمن بقاء الخلايا صغيرة الحجم، نسبة مساحة السطح إلى الحجم كبيرة فيها، وبالتالي يمكن للخلايا الحفاظ على نفسها بسهولة أكبر.

التأكد من فهم النص **اشرح** سبب استفادة الخلية من ارتفاع نسبة مساحة سطحها إلى حجمها.

نقل المواد تعتبر حركة المواد من المهام الأخرى التي يمكن إدارتها بسهولة أكبر في خلية صغيرة الحجم منها في خلية كبيرة الحجم. تذكّر أنّ الغشاء البلازمي يتحكم بالنقل الخلوي لأنه يتميّز بخاصية النفاذية الاختيارية. بمجرّد أن تصبح المواد داخل الخلية، فإنها تتحرك عن طريق الانتشار أو عن طريق البروتينات المحرّكة التي تسحبها على طول هيكل الخلية. يكون انتشار المواد لمسافات طويلة بطيئًا وغير فعال لأنه يعتمد على الحركة العشوائية للجزيئات والأيونات. على نحوٍ مماثل، فإنّ شبكة النقل الخاصة بهيكل الخلية، المبيّنة في **الشكل 2**، تصبح أقل فاعلية للخلية في حال أصبحت المسافة المتوجّب إجتيازها أطول من اللازم. إن الحجم الصغير للخليّة، يزيد إمكانية الانتشار وقابلية البروتينات المحرّكة على نقل المواد المغذية والفضلات إلى الحدّ الأقصى. تحافظ الخلايا الصغيرة على أنظمة نقل أكثر فاعلية.

تجربة مصغرة 1

تحقيق حول حجم الخلية

هل يمكن لخلية أن تنمو بما يكفي لغمر مدرستك بالكامل؟ ما الذي قد يحدث لو تضاعف حجم فيل؟ على مستوى الكائن الحي، لا يمكن لفيلٍ أن يزداد نموّاً على نحوٍ كبير، لأن أرجله لن تتحمّل تلك الزيادة في كتلته. هل تنطبق المبادئ والقيود نفسها على المستوى الخلوي؟ ممارسة الرياضيات!

الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. قم بإعداد جدول خاص ببيانات مساحة السطح والحجم لخمس خلايا إفتراضية. افترض أنّ الخلية عبارة عن مكعب. (الأبعاد المعطاة هي لوجهٍ واحد من أوجه المكعب).
   الخلية 1: 0.00002 m (هو متوسط القطر في معظم الخلايا حقيقية النواة)
   الخلية 2: 0.001 m (هو قطر خلية عصبية عملاقة في حبّار)
   الخلية 3: 2.5 cm
   الخلية 4: 30 cm
   الخلية 5: 15 m
3. احسب مساحة السطح لكل خلية باستخدام الصيغة: الطول × العرض × عدد الأضلاع (6).
4. احسب الحجم لكل خلية باستخدام الصيغة: الطول × العرض × الارتفاع.

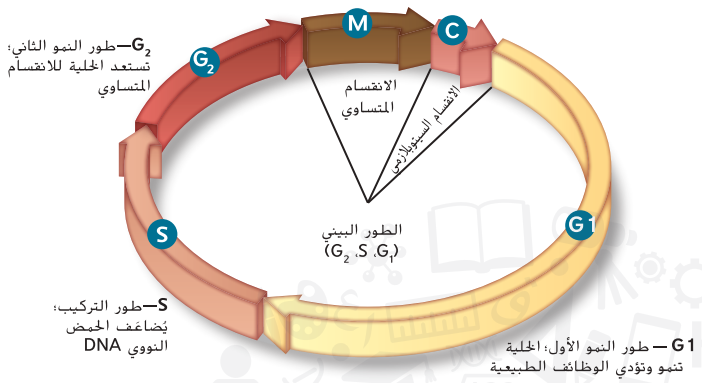
التحليل

1. **السبب والنتيجة** استنادًا إلى حساباتك، أثبِت لماذا لا تصبح الخلايا كبيرة للغاية.
2. **استدلّ** هل يُعزى السبب في ضخامة الكائنات الحية كبيرة الحجم، مثل أشجار الخشب الأحمر والفيلة، إلى احتوائها على خلايا كبيرة جدًّا أم إلى احتوائها على عدد أكبر من الخلايا ذات الحجم القياسي؟ اشرح.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 3** تتضمن دورة الخلية ثلاث مراحل: الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي. وينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية.

ضع فرضية لماذا يمثّل الانقسام السيتوبلازمي أصغر فترة زمنية تقضيها الخلية في دورتها.



الاتصالات الخلوية إن الحاجة إلى إعطاء إشارة للبروتينات بالتحرك عبر الخلية، تؤدي أيضًا إلى الحد من حجم الخلية. بعبارة أخرى، إنَّ لحجم الخلية تأثيراً في قدرتها على توصيل التعليمات الخاصة بالوظائف الخلوية. فإذا أصبح حجم الخلية أكبر من اللازم، يصبح حدوث الاتصالات الخلوية بشكلٍ فاعل، شبه مستحيل. عدد كبير من تلك الإتصالات يشمل حركة المواد والإشارات المعطاة إلى العضيات. على سبيل المثال، فالإشارات التي تحفّز تركيب البروتينات للحفاظ على الخليّة، قد لا تصل إلى الرايبوسومات بسرعة تكفي لحدوث هذا التركيب.

دورة الخلية

عندما تبلغ خلية حد الحجم الطبيعي لها، فلا بد من حدوث شيءٍ ما: إما أن تتوقف عن النمو و إما تنقسم. في نهاية الأمر، معظم الخلايا تنقسم. إنّ انقسام الخلية لا يمنع ازدياد حجمها أكثر من اللازم فحسب، بل يمثّل أيضًا الطريقة التي تتكاثر بها الخلية. تجدر الإشارة إلى أنّ التكاثر الخلوي يسمح لك بالنموّ والشفاء من إصابات معيّنة. تتكاثر الخلايا عن طريق دورة نموّ و انقسام تسمّى **دورة الخلية**. تنقسم الخلية إلى خليتين في كل مرة تمرّ فيها بدورة كاملة. إن التكرار المستمر لدورة الخليّة، ينتج خلايا جديدة بشكلٍ دائم.

يعرض **الشكل 3** نظرة عامة عن دورة الخلية.

ثمة ثلاث مراحل رئيسة لدورة الخلية. يُعدّ **الطور البيني** المرحلة التي تنمو خلالها الخلية، تؤدي وظائفها الخلوية وتُضاعِف أو تُنتِج نسخًا من حمضها النووي DNA استعدادًا للمرحلة التالية من الدورة. ينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية، حسبما تشير أسهم الأجزاء في **الشكل 3**. يُعتبَر **الانقسام المتساوي** هو مرحلة في دورة الخلية تنشطر خلالها نواة الخلية ومادة النواة. الانقسام المتساوي ينقسم إلى أربع مراحل فرعية، مع اقتراب نهاية الانقسام المتساوي تبدأ عملية تسمّى الانقسام السيتوبلازمي. إنّ **الانقسام السيتوبلازمي** هو الطريقة التي ينقسم بها سيتوبلازم الخلية مكوّنًا خلايا جديدة. ستقرأ المزيد عن الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي في القسم 2.

تختلف المدة التي تستغرقها دورة الخلية بحسبِ الخلية التي تكون في طور الإنقسام فبعض الخلايا حقيقية النواة قد تكمل الدورة في ثماني دقائق، في حين قد تستغرق خلايا أخرى فترةً تصل إلى عام كامل. أما بالنسبة إلى معظم الخلايا الحيوانية الطبيعية التي تنقسم بشكل نشط، فإن دورة الخلية تستغرق من 12 إلى 24 ساعة تقريبًا. لدى التأمُّل في كل ما يحدث خلال دورة الخلية، قد تندهش من أنّ معظم خلاياك تُكمِل دورة الخلية خلال يوم تقريبًا.

المفردات

أصل الكلمة

الانقسام السيتوبلازمي cytokinesis:

cyto– وهي بادئة مشتقة من الكلمة اليونانية kytos، التي تعني "الوعاء الأجوف"

–kinesis المشتقة من الكلمة اليونانية *kinetikos*، التي تعني "بدء الحركة"

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مراحل الطور البيني خلال الطور البيني، تنمو الخلية وتتطوّر إلى خلية بنائية ناضجة؛ حيث تضاعف ال DNA وتحضّر للانقسام. ينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل، كما هو مبيّن في **الشكل 3**: G_1 و S و G_2، التي تسمّى أيضًا مرحلة النمو الأول ومرحلة التركيب ومرحلة النمو الثاني.

إنّ المرحلة الأولى من الطور البيني، G_1، هي الفترة التي تلي انقسام الخلية مباشرةً. وخلال المرحلة G_1، تنمو الخلية وتؤدي الوظائف الخلوية الطبيعية وتستعد لمضاعفة الـ DNA. تنتهي دورة الخلية في بعض الخلايا، مثل الخلايا العضلية والعصبية، عند هذه النقطة ولا تعود للإنقسام مجددا.

أما المرحلة الثانية من الطور البيني، S، فهي الفترة التي تنسخ فيها الخلية محتواها من الـ DNA استعدادًا لانقسامها. **الكروموسومات** هي التراكيب التي تحتوي على المادة الوراثية التي تمرّ من جيل إلى آخر من الخلايا. و**الكروماتين** هو الشكل المخفّف من الـ DNA، الموجود في نواة الخلية. كما هو مبيّن في **الشكل 4**، عندما تُوضَع صبغة معينة على خلية في الطور البيني، فإن النواة تتخذ مظهرًا أرقط. يُعزى سبب هذا المظهر الأرقط إلى أشرطة الكروماتين الفردية التي لا تُرى تحت المجهر الضوئي من دون الصبغة.

تأتي المرحلة G_2 بعد المرحلة S وهي الفترة التي تستعد خلالها الخلية لانقسام نواتها. خلال هذه الفترة يُصَنَّع البروتين المسؤول عن تكوين الأُنيبيبات الدقيقة اللازمة لانقسام الخلية. خلال المرحلة G_2، تكوّن الخلية مخزونها وتتأكّد من استعدادها لمتابعة الانقسام المتساوي. لدى اكتمال هذه الأنشطة، تبدأ الخلية المرحلة التالية من دورتها، وهي الانقسام المتساوي.

الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي تبدأ مرحلتا الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي عقب إنتهاء الطور البيني. ففي الانقسام المتساوي، تنقسم مادة نواة الخلية وتنفصل باتجاه قطبَي الخلية المتقابلين. أما في الانقسام السيتوبلازمي، فإن الخلية تنقسم إلى خليتين وليدتين متطابقتي النواة. سيتمّ شرح هذه المراحل المهمة من دورة الخلية في القسم 2.

انقسام الخلايا بدائية النواة إنّ دورة الخلية هي الطريقة التي تتكاثر بها الخلايا حقيقية النواة. أما الخلايا بدائية النواة التي تمت دراستها، فهي خلايا أكثر بساطة وتتكاثر بطريقة تسمّى الانشطار الثنائي.

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي، التكبير: 400×

الشكل 4 يُعتبَر الكروماتين، وهو المادة المخفّفة التي تتكثّف مكوّنةً الكروموسومات المسؤول عن المظهر الحُبيبي لهذه النواة المأخوذة من خلية كبد فأر.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- توضّح نسبة مساحة السطح إلى الحجم، حجم الغشاء البلازمي نسبةً إلى حجم الخلية.
- تكون الخلايا محدودة الحجم، حيث يقل القطر في معظم الخلايا عن 100 µm.
- يُقصَد بدورة الخلية عملية التكاثر الخلوي.
- تقضي الخلية معظم فترة حياتها في الطور البيني.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **اربط** بين حجم الخلية ووظائفها، واشرح لماذا يكون مقاس الخلية محدودًا.
2. **لخّص** المراحل الأولية من دورة الخلية.
3. **صِفْ** ما يحدث للـ DNA خلال المرحلة S من الطور البيني.
4. **صمّم** رسمًا بيانيًا لمراحل دورة الخلية وصِفْ ما يحدث في كل مرحلة.

التفكير الناقد

5. **ضع فرضية** حول النتيجة المتوقعة في حال نجاح خلية كبيرة الحجم في الانقسام، على الرغم من حقيقة تجاوزها الحجم الطبيعي في نموها.

الرياضيات في علم الأحياء

6. إن طول الضلع في مكعّب يمثّل خلية 100 µm، احسب نسبة مساحة السطح إلى الحجم واشرح سبب اعتبار هذا الحجم جيدًا أو غير جيد للخلية.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الأسئلة الرئيسة

- ما الذي يحدث في كلّ من مراحل الانقسام المتساوي؟
- ماذا يُقصَد بعملية الانقسام السيتوبلازمي؟

مفردات للمراجعة

دورة الحياة life cycle: هي تسلسل مراحل النمو والتطور التي يمرّ بها كائن حي خلال فترة حياته

مفردات جديدة

prophase	الطور التمهيدي
sister chromatid	كروماتيد شقيق
centromere	قطعة مركزية
spindle apparatus	الجهاز المغزلي
metaphase	الطور الاستوائي
anaphase	الطور الانفصالي
telophase	الطور النهائي

الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي

الفكرة الرئيسة **تتكاثر الخلايا حقيقية النواة عن طريق الانقسام المتساوي، وهو عملية انقسام النواة. أما الانقسام السيتوبلازمي، فهو عملية انقسام السيتوبلازم.**

الربط مع الحياة اليومية تتسم الكثير من الأحداث بكونها ذات طبيعة دورية. ومن أمثلة الأحداث الدورية مسار اليوم وتغيّر الفصول عامًا بعد عام ومرور المذنّبات في الفضاء. إضافةً إلى ذلك، تتمتع الخلايا أيضًا بدورة نمو وتكاثر.

الانقسام المتساوي

سبق وتعلمت في القسم السابق أنّ الخلايا تمرّ في دورتها بمراحل الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي. خلال الانقسام المتساوي، تنفصل المادة الوراثية المُضاعَفة للخلية وتستعدّ الخلية للانقسام إلى خليتين. يتمثّل النشاط الأساسي للانقسام المتساوي في الانفصال الدقيق لمحتوى الـ DNA المُضاعَف للخلية، مما يتيح مرور المعلومات الوراثية للخلية إلى الخلايا الجديدة بدون أن تتضرر، فينتج عنه خليتان وليدتان متطابقتان وراثيًا. وتعمل عملية الانقسام المتساوي في الكائنات الحية متعددة الخلايا على زيادة عدد الخلايا أثناء نمو كائن حي صغير ليصل إلى الحجم الذي سيكون عليه في فترة البلوغ. فضلًا عن ذلك، تستخدم الكائنات الحية الانقسام المتساوي لاستبدال الخلايا التالفة. تذكّر آخر مرة أُصِبْتَ فيها بجرح عن طريق الخطأ. تتضمن آلية الجسم في علاج الجرح تكوين خلايا جلد جديدة. وتتكوّن هذه الخلايا الجديدة من خلايا الجلد الموجودة، إذ تنقسم خلايا الجلد الموجودة تحت قشرة الجرح عن طريق الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي لتكوّن خلايا جلد جديدة تملأ الفجوة التي حدثت في الجلد جراء الإصابة.

مراحل الانقسام المتساوي

للانقسام المتساوي مراحل على غرار الطور البيني، وهي: الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي.

الطور التمهيدي إنّ المرحلة الأولى والطور الأطول من الانقسام المتساوي تسمّى **الطور التمهيدي**. وفي هذه المرحلة، ينكمش كروماتين الخلية أو يتكثف مكوّنًا الكروموسومات التي تتخذ شكل X في الطور التمهيدي، كما هو مبيّن في **الشكل 5**. في هذه المرحلة، يكون كل كروموسوم عبارة عن تركيب فردي يحتوي على المادة الوراثية التي تضاعفت في الطور البيني. إنّ كل نصف من هذا الكروموسوم، الذي هو على شكل X، يسمّى بالكروماتيد الشقيق.

إنّ **الكروماتيدات الشقيقة** هي تراكيب تتضمن نسخًا متطابقة من الـ DNA. أما التركيب الموجود في مركز الكروموسوم حيث ترتبط الكروماتيدات الشقيقة، فيسمّى **القطعة المركزية**. وهذا التركيب مهم لأنه يضمن أن تصبح نسخةٌ مكتملة من الـ DNA المُضاعَف جزءًا من الخلايا الوليدة في نهاية دورة الخلية. حدد موقع الطور التمهيدي في دورة الخلية المبيّنة في **الشكل 6**، ولاحِظ موضع الكروماتيدات الشقيقة. أثناء مواصلة القراءة عن مراحل الانقسام المتساوي، راجع **الشكل 6** لتتبّع الكروماتيدات عبر دورة الخلية.

التأكد من فهم النص **قارن** بين النشاط الأساسي للطور البيني والنشاط الأساسي للانقسام المتساوي.

■ **الشكل 5** إنّ الكروموسومات في الطور التمهيدي هي في واقع الأمر كروماتيدات شقيقة مرتبطة عند القطعة المركزية.

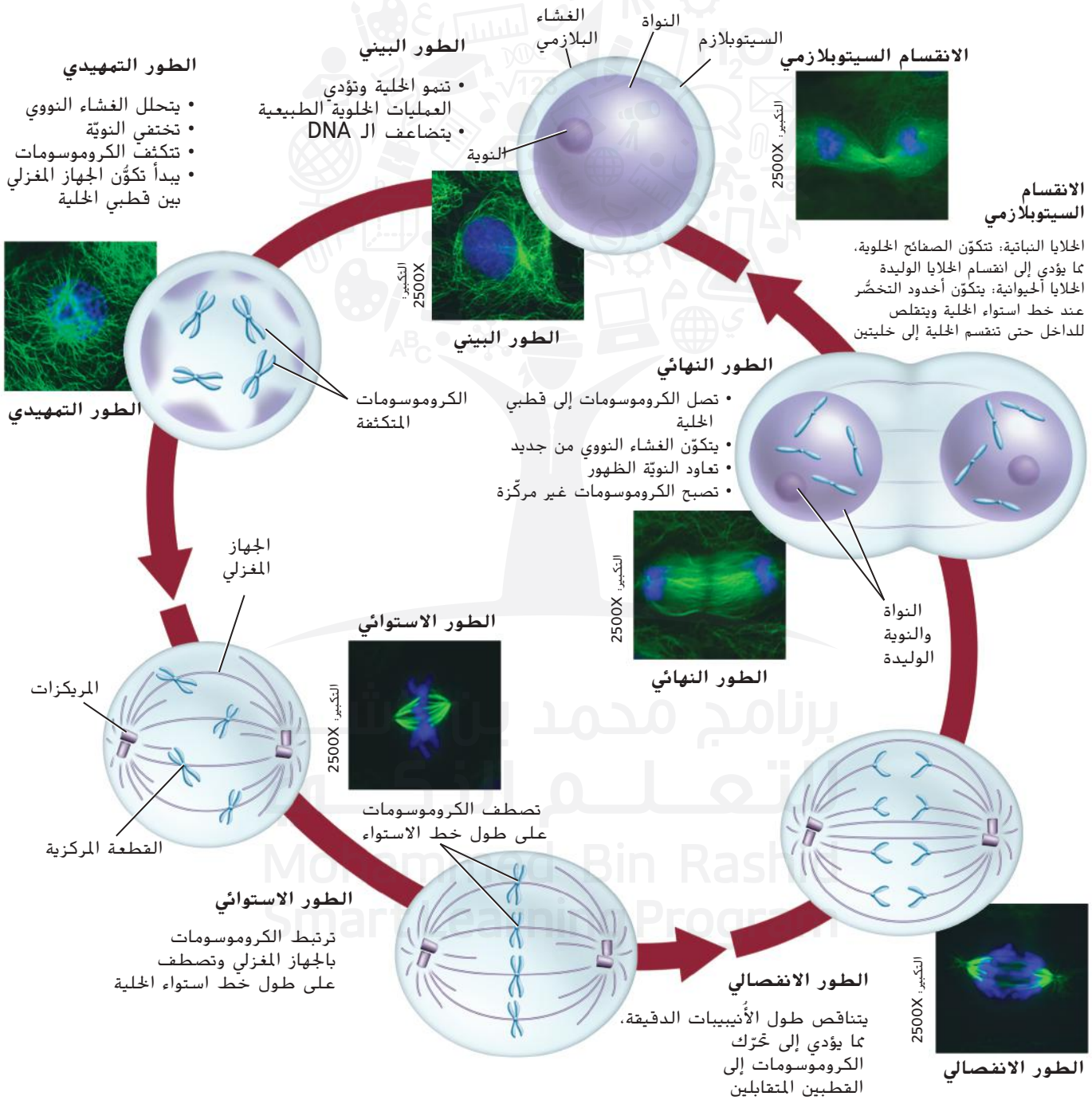
صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×6875

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تصوّر دورة الخلية

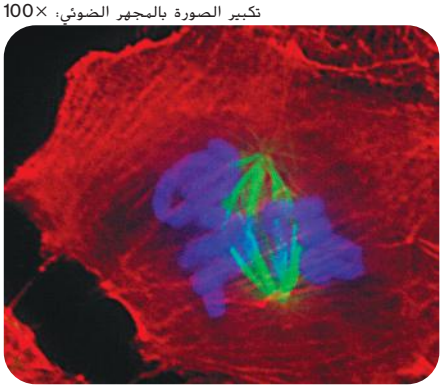
الشكل 6

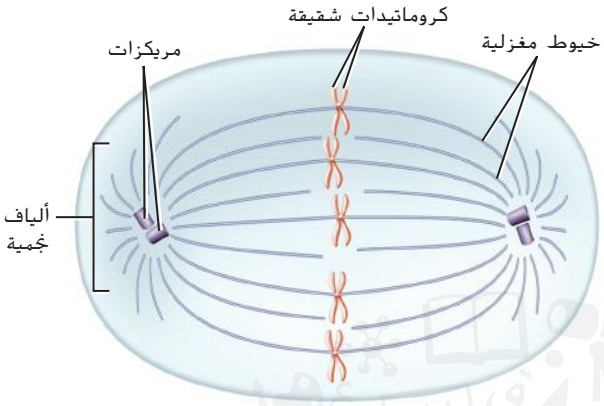
تبدأ دورة الخلية بالطور البيني، ويلي ذلك الانقسام المتساوي الذي يحدث على أربع مراحل، هي: الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي. وبعد الانقسام المتساوي يحدث الانقسامُ السيتوبلازمي، ثم تتكرر دورة الخلية مع كل خلية جديدة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تكبير الصورة بالمجهر الضوئي: ×100





■ **الشكل 7** يتكوّن الجهاز المغزلي من خيوط مغزلية ومريكزات وألياف نجمية في الخلايا الحيوانية.

تختفي النويّة على ما يبدو مع استمرار الطور التمهيدي. وتتكوّن تراكيب الأُنيبيبات الدقيقة المعروفة بالخيوط المغزلية في السيتوبلازم. تجدر الإشارة إلى أنّه في الخلايا الحيوانية ومعظم الخلايا الطلائعية، يتحرك زوج آخر من تراكيب الأُنيبيبات الدقيقة المعروفةبالمريكزات إلى طرفي الخلية أو قطبيها. ويخرج من المريكزات نوعٌ آخر من الأُنيبيبات الدقيقة يُعرف بالألياف النجمية التي تشبه النجمة في مظهرها. إن التركيب الكامل، الذي يتضمّن الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية، يسمّى **الجهاز المغزلي** وهو مبيّن في **الشكل 7**. الجدير ذكره أنّ الجهاز المغزلي مهم لتحريك الكروموسومات وتنظيمها قبل انقسام الخلية، كما إن المريكزات لا تُعتَبر جزءًا من الجهاز المغزلي في الخلايا النباتية.

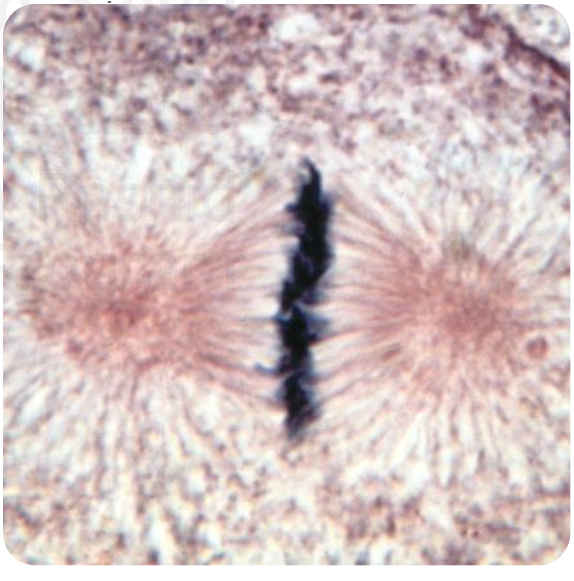
قرب نهاية الطور التمهيدي، يبدو أن الغشاء النووي قد اختفى. ترتبط الخيوط المغزلية بالكروماتيدات الشقيقة لكل كروموسوم على كلا جانبي القطعة المركزية ثم ترتبط بقطبي الخلية المتقابلين. ويضمن هذا الترتيب تلقّي كل خلية جديدة لنسخة كاملة واحدة من الـ DNA.

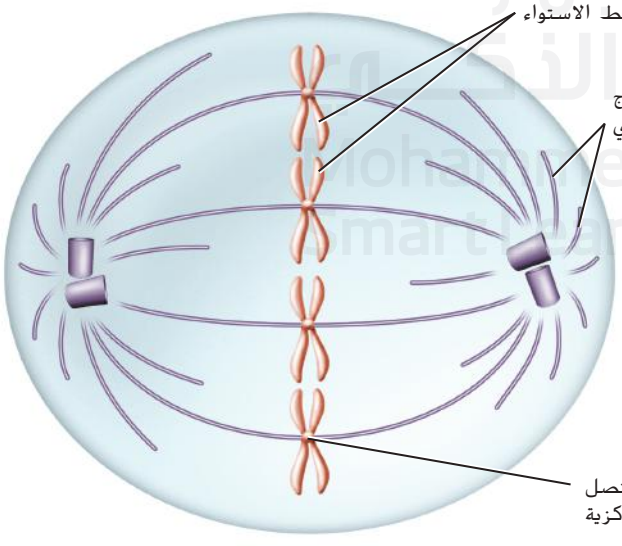
المطويات®
ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الطور الاستوائي خلال المرحلة الثانية من الانقسام المتساوي، أي **الطور الاستوائي**، تُسحَب الكروماتيدات الشقيقة بواسطة البروتينات المحرّكة بالإضافة إلى الجهاز المغزلي نحو مركز الخلية وتصطف في منتصف الخلية أو على خط استواء الخلية، كما هو مبيّن في **الشكل 8**. ويُعدّ الطور الاستوائي من أقصر مراحل الانقسام المتساوي، إلا أنّه عند اكتماله بنجاح يضمن أن تحتوي الخلايا الجديدة على نسخ دقيقة من الكروموسومات.

■ **الشكل 8** في الطور الاستوائي، تصطف الكروموسومات على خط استواء الخلية.
استدلّ على سبب اصطفاف الكروموسومات على خط الاستواء.

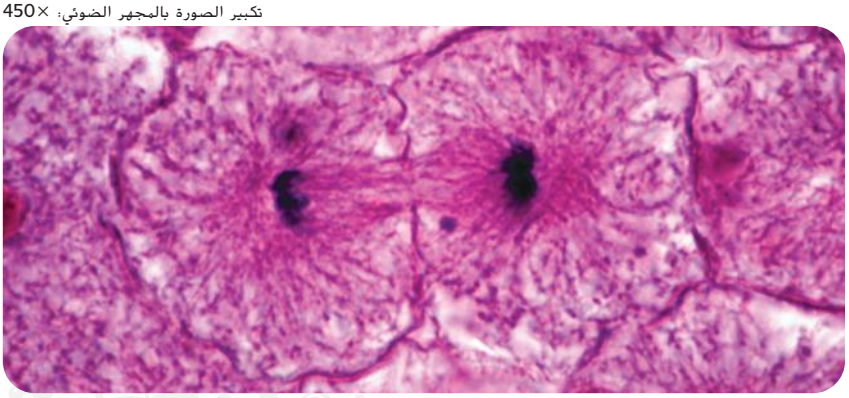
تكبير الصورة بالمجهر الضوئي: غير معروف

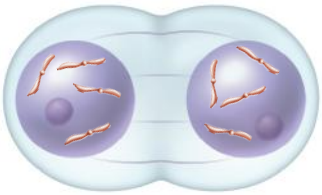




حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تكبير الصورة بالمجهر الضوئي: 450×





الشكل 9 في نهاية الطور النهائي، تكون الخلية قد أكملت عملها في مضاعفة المادة الوراثية وتقسيمها إلى " جزيئين". إلا أنّ الخلية لا تكون قد انقسمت تمامًا.

الطور الانفصالي تتباعد الكروماتيدات بعضها عن بعض خلال **الطور الانفصالي**، وهو المرحلة الثالثة من الانقسام المتساوي. يبدأ طول الأُنيبيبات الدقيقة للجهاز المغزلي في التناقص أثناء الطور الانفصالي. وتحدث عمليات السحب المؤدية إلى تقصير طول الأُنيبيبات الدقيقة عند القطعة المركزية لكل كروماتيد شقيق، مما يتسبّب في انفصال الكروماتيدات الشقيقة إلى كروموسومين متطابقين. إضافةً إلى ذلك، تنقسم كل الكروماتيدات الشقيقة في آنٍ واحد، على الرغم من أنّ الآلية الفعلية التي تتحكم في هذه العملية غير معروفة. وفي نهاية الطور الانفصالي، تحرّك الأُنيبيبات الدقيقة الكروموسومات نحو قطبي الخلية بمساعدة البروتينات المحرّكة.

الطور النهائي تسمّى المرحلة الأخيرة من الانقسام المتساوي **الطور النهائي** وهو مرحلة الانقسام المتساوي التي تصل خلالها الكروموسومات إلى قطبي الخلية وتبدأ في الراحة أو عدم التكثّف. كما هو موضّح في **الصورة 9**، يبدأ غشاءآن نوويان جديدان في التكوّن وتعود النويات إلى الظهور من جديد. يتحلل الجهاز المغزلي ويُعاد تدوير بعض الأُنيبيبات الدقيقة بواسطة الخلية لبناء الأجزاء المختلفة من هيكل الخلية. على الرغم من اكتمال المراحل الأربع من الانقسام المتساوي وانقسام مادة النواة عند هذه النقطة، إلا أنّ عملية انقسام الخلية لم تكتمل بعد.

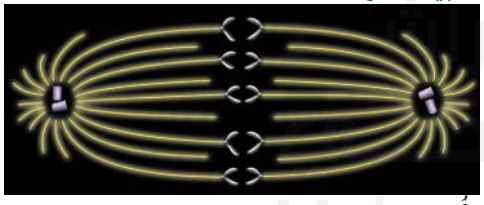
مساحة لتحليل البيانات 1

استنادًا إلى دراسات*

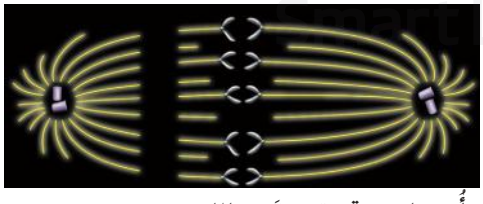
توقّع النتائج

ما الذي يحدث للأُنيبيبات الدقيقة؟ أجرى العلماءُ تجارب تتبّعوا خلالها الكروموسومات على طول الأُنيبيبات الدقيقة خلال الانقسام المتساوي، وافترضوا أنّ الأُنيبيبات الدقيقة قد تكسّرت، مطلقة وحداتٍ فرعية منها أثناء تحرك الكروموسومات نحو قطبي الخلية. وقد ميَّز العلماءُ الأُنيبيبات الدقيقة بصبغة فلورية صفراء اللون، واستخدموا شعاع ليزر لتمييز منتصف الطريق بين قطبي الخلية والكروموسومات عن طريق التخلّص من التفلور في المنطقة المستهدفة كما هو موضح في الرسم.

البيانات والملاحظات



أُنيبيبات دقيقة مميَّزة بصبغة فلورية



أُنيبيبات دقيقة مميَّزة بالليزر

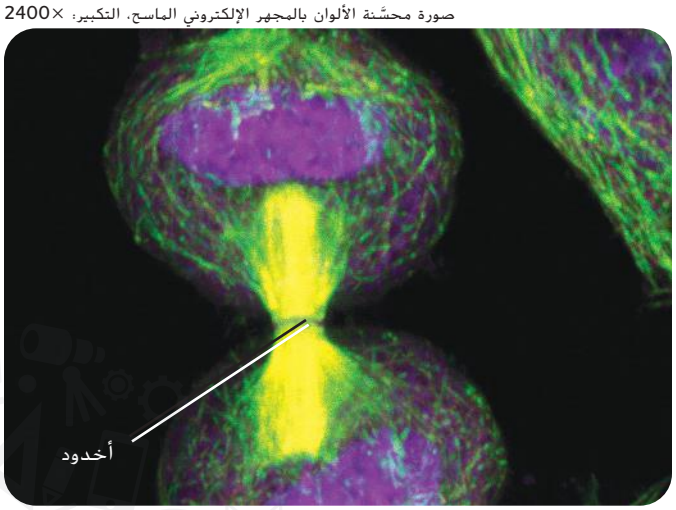
التفكير الناقد

1. **اشرح** الغرض من الصبغة الفلورية.
2. **توقّع** الشكل الذي قد تظهر به الخلية لاحقًا في الطور الانفصالي عن طريق إنشاء رسم.

*أُخذت البيانات من: Maddox, P., et al. 2003. Direct observation of microtubule dynamics at kinetochores in *Xenopus* extract spindles: implications for spindle mechanics. *The Journal of Cell Biology* 162: 377–382. Maddox, et al. 2004. Controlled ablations of microtubules using picosecond laser. *Biophysics Journal* 87: 4203–4212.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

صورة محسَّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: ×2400



خلية حيوانية

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي. التكبير: ×1200

خلايا نباتية

■ **الشكل 10**

يمين: في الخلايا الحيوانية، يبدأ الانقسام السيتوبلازمي بحدوث تخصُّر يخنق الخلية، وفي النهاية تنقسم الخلية إلى خليتين مستقلتين.
يسار: تكوّن الخلايا النباتية صفيحة خلوية تؤدي إلى انقسام الخلية إلى خليتين وليدتين.

الانقسام السيتوبلازمي

قرب نهاية الانقسام المتساوي، تبدأ الخلية عمليةً أخرى تُعرف بالانقسام السيتوبلازمي تؤدي إلى انقسام السيتوبلازم. وينتج عن ذلك خليتان، بنواتين متطابقتين. يحدث الانقسام السيتوبلازمي في الخلايا الحيوانية عن طريق استخدام ألياف دقيقة لإحداث تخصُّر أو اختناق في السيتوبلازم، كما هو مبيّن في **الشكل 10**. وتُعرف المنطقة التي يحدث فيها التخصُّر بالأخدود.

تذكّر أنّ للخلايا النباتية جدارًا خلويًا صلبًا يغطي الغشاء البلازمي للخلية. وبدلًا من حدوث التخصّر في منتصف الخلية، يتكوّن تركيب جديد يعرف بالصفيحة الخلوية بين النواتين الوليدتين، كما هو مبيّن في **الشكل 10**. وتتكوّن بعد ذلك جدران خلايا على جانبي الصفيحة الخلوية. وبمجرد أن يكتمل هذا الجدار الجديد، تتكوّن خليتان متطابقتان وراثيًا.

في الخلايا بدائية النواة، التي تنقسم عن طريق انشطار ثنائي، ينتهي انقسام الخلية بطريقة مختلفة. فعند مضاعفة محتوى الـ DNA للخلية بدائية النواة، ترتبط كلتا النسختين بالغشاء البلازمي، وكلما ازداد حجم الغشاء البلازمي، تباعدت جزيئات الـ DNA المرتبطة. تُكمل الخلية عملية الانشطار، مكوّنةً خليتين بدائيتَي النواة.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- إنّ الانقسام المتساوي هو العملية التي ينقسم خلالها الـ DNA المُضاعَف.
- تشمل مراحل الانقسام المتساوي الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي.
- إنّ الانقسام السيتوبلازمي هو عملية انقسام السيتوبلازم التي تنتج عنها خليتان وليدتان متطابقتان وراثيًا.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اشرح** لماذا لا يؤدي الانقسام المتساوي وحده إلى تكوّن خلايا وليدة.
2. **صف** ما يحدث في كلّ من مراحل الانقسام المتساوي.
3. **ارسم** كروموسومًا في الطور التمهيدي وضع له تسميات لأجزائه.
4. **حدد** أطول مراحل الانقسام المتساوي.
5. **قابل** بين الانقسام السيتوبلازمي في خلية نباتية وخلية حيوانية.

التفكير الناقد

6. **ضع فرضية** حول ما يمكن أن يحدث في حال وضع عقار على خلية بحيث يتسبّب في إيقاف حركة الأُنيبيبات الدقيقة من دون التأثير في الانقسام السيتوبلازمي.

الرياضيات في علم الأحياء

7. إذا كان إكمال خلية نباتية لدورة الخلية يستغرق 24 ساعة، كم عدد الخلايا التي ستتكوّن بعد مرور أسبوع؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الأسئلة الرئيسة

- ما الدور الذي تلعبه بروتينات السايكلين في التحكم بدورة الخلية؟
- كيف يرتبط السرطان بدورة الخلية؟
- ما الدور الذي يلعبه موت الخلية؟
- اذكر نوعي الخلايا الجذعية واستخداماتهما الممكنة.

مفردات للمراجعة

نيوكليوتيد nucleotide: هو الوحدة البنائية التي تتكوّن منها جزيئات الـ DNA والـ RNA

مفردات جديدة

سايكلين –كينيز	cyclin–dependent kinase
سرطان	cancer
مادة مسرطِنة	carcinogen
موت الخلية	apoptosis
خلية جذعية	stem cell

نظام دورة الخلية

الفكرة الرئيسة **تنتظم دورة الخلية الطبيعية عن طريق بروتينات السايكلين.**

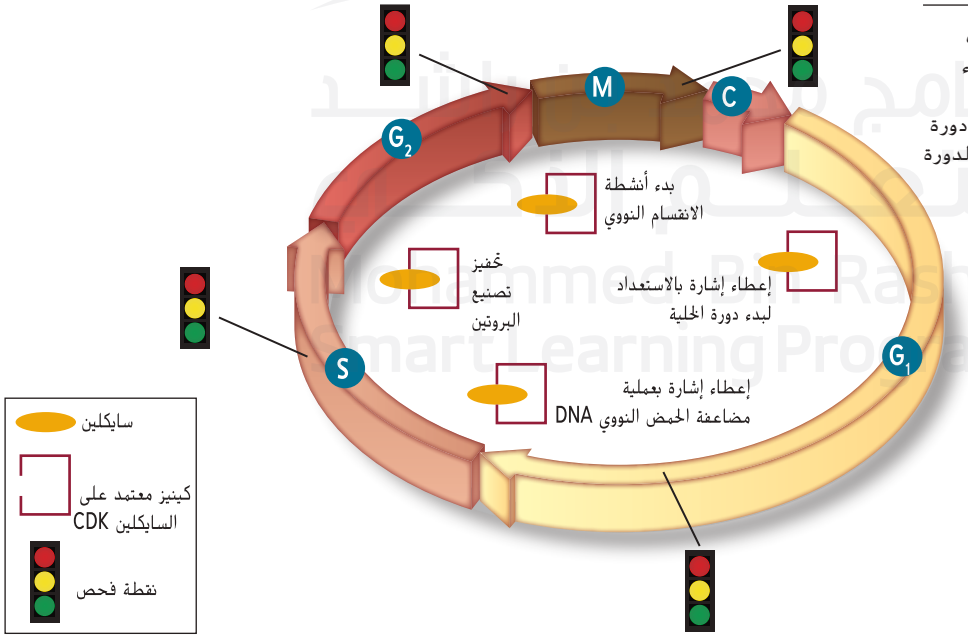
الربط مع الحياة اليومية بصرف النظر عن عدد المنازل الجديدة التي يبنيها مقاول ما، حتى وإن كان يبني التصميم نفسه، يعتمد طاقم العمل دائمًا على تعليمات المخطط الأولي. وبالمثل، تكون للخلايا تعليمات معينة لإكمال ما يسمّى بدورة الخلية.

الدورة الطبيعية للخلية

إن كلًا من توقيت وسرعة انقسام الخلية يلعب دورًا مهمًا في صحة الكائن الحي. يختلف انقسام الخلية تبعًا لنوعها. كما أن آلية معينة تتضمن البروتينات والإنزيمات تتحكّم بدورة الخلية.

دور بروتينات السايكلين لتشغيل معظم السيارات، ما عليك سوى إدارة مفتاح في نظام الإشعال لإعطاء إشارةٍ إلى المحرك ببدء التشغيل. وبطريقة مماثلة، تُحفَّز دورة الخلية في الخلايا حقيقية النواة عن طريق اتحاد مادتين تعطيان الإشارة ببدء عمليات التكاثر الخلوي. في مرحلتَي الطور البيني والانقسام المتساوي، ترتبط بروتينات تسمّى **السايكلين** بإنزيماتٍ تسمّى **السايكلين – الكينيز** لبدء الأنشطة المختلفة التي تحدث في دورة الخلية. من ناحية أخرى، إنّ التركيبات المختلفة من السايكلين – الكينيز تتحكّم في جميع الأنشطة أثناء المراحل المختلفة من دورة الخلية. يُظهر **الشكل 11** المواضع التي تكون فيها بعض هذه التوفيقات المهمة نشطة.

في المرحلة G_1 من الطور البيني، تعطي تركيبة السايكلين – الكينيز الإشارة ببدء دورة الخلية. فيما تعطي توفيقات مختلفة من السايكلين/الكينيز المعتمد على السايكلين الإشارة لبدء أنشطة أخرى، بما في ذلك مضاعفة الـ DNA وتصنيع البروتين والانقسام النووي على مدار دورة الخلية. فضلًا عن ذلك، إن تركيبة السايكلين – الكينيز نفسها تعطي الإشارة أيضًا بانتهاء دورة الخلية.



الشكل 11 إنَّ إعطاء إشارة إلى جزيئات مكوّنة من السايكلين – الكينيز يؤدي إلى بدء دورة الخلية ويحفِّزها للانتقال إلى مرحلة الانقسام المتساوي. إنّ نقاط فحص تراقب دورة الخلية بحثًا عن أخطاء، كما يمكنها إيقاف الدورة في حال حدوث خطأ ما.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

نقاط الفحص الخاصة بمراقبة الجودة تذكّر آلية تشغيل السيارة. إن عددًا كبيرًا من الشركات المصنّعة يستخدم رقاقة دقيقة وفريدة في مفتاح التشغيل لضمان تشغيل كل سيارة بمفتاح معين، تُعدّ هذه الرقاقة نقطة فحصٍ ضد السرقة. إضافةً إلى ذلك، تنطوي دورة الخلية على نقاط فحص تراقب الدورة وبإمكانها إيقافها في حال حدوث خطأ ما. على سبيل المثال، ثمّة نقطة فحصٍ بالقرب من نهاية المرحلة G_1 تراقب الوضع بحثًا عن ضرر في الـ DNA وبإمكانها إيقاف الدورة قبل دخول المرحلة S من الطور البيني. ثمة نقاط فحصٍ أخرى لمراقبة الجودة خلال المرحلة S وبعد مضاعفة الـ DNA في المرحلة G_2. فضلًا عن ذلك، تم تحديد نقاط فحصٍ في الجهاز المغزلي خلال مرحلة الانقسام المتساوي، ففي حال اكتشاف خلل في الخيوط المغزلية، يمكن إيقاف الدورة قبل حدوث الانقسام السيتوبلازمي. يبيّن **الشكل 11** مواقع نقاط الفحص الرئيسة في دورة الخلية.

الدورة غير الطبيعية للخلية: السرطان

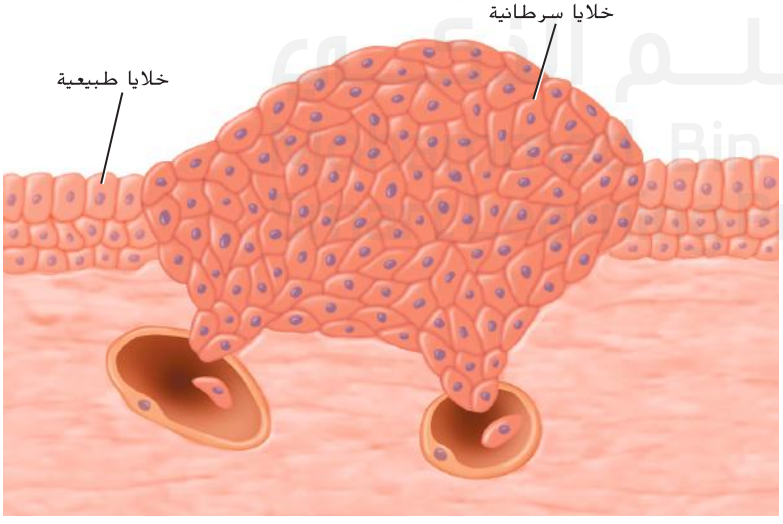
الربط بالصحة رغم أنّ دورة الخلية تنطوي على نظام نقاط الفحص الخاصة بمراقبة الجودة، إلا أنّها عملية معقّدة تفشل في بعض الأحيان. عندما لا تستجيب الخلايا لآليات التحكم في الدورة الطبيعية للخليّة، تنتج عن ذلك حالة مرضية تسمّى السرطان. إنّ **السرطان** هو عبارة عن نمو وانقسام في الخلايا لا يمكن التحكم به، فهو إذن خلل في نظام دورة الخلية. فعندما تكون الخلايا السرطانية بلا رقابة، يمكن أن تُودي إلى موت كائن حيّ عن طريق مزاحمة الخلايا الطبيعية وبالتالي فقدان الأنسجة لوظيفتها. تجدر الإشارة إلى أنّ الخلايا السرطانية تقضي في الطور البيني وقتًا أقل من الوقت الذي تقضيه الخلايا الطبيعية فيه، ما يعني أنّ الخلايا السرطانية تنمو وتنقسم على نحو غير مضبوط طالما أنّها تحصل على المواد المغذية الأساسية. يبيّن **الشكل 12** طريقة تطفّل الخلايا السرطانية على الخلايا الطبيعية.

أسباب السرطان لا يحدث السرطان في كائن حيّ ضعيف فحسب. في الواقع، يحدث السرطان في عدد كبير من الكائنات الحية الفتيّة التي تتمتع بالصحة والنشاط. ويعود السبب في التغيّرات التي تحدث على مستوى نظام نمو وانقسام الخلية في الخلايا السرطانية إلى طفراتٍ أو تغيّراتٍ في قطع في الـ DNA تتحكم بإنتاج البروتينات، بما في ذلك البروتينات التي تنظّم دورة الخلية. غالبًا، يجري إصلاح الضرر أو التغيّر الوراثي عن طريق أنظمة إصلاح مختلفة، لكن في حال إخفاق هذه الأنظمة، قد ينتج عن ذلك مرض السرطان. كما يمكن لعوامل بيئية متنوعة أن تتسبّب في ظهور الخلايا السرطانية. وتسمّى المواد والعوامل المعروفة بتسببها في السرطان **مواد مسرطنة**.

مِهن مرتبطة بعلم الأحياء

فنيّ مراقبة جودة المستحضرات الدوائية

كما إنّ لدورة الخلية نقاط فحص مضمّنة خاصة بمراقبة الجودة، فإن لعمليات تصنيع المنتجات البيولوجية نقاط فحص أيضًا. يستخدم فنّيو مراقبة الجودة في شركات تصنيع المستحضرات الدوائية مهاراتٍ علمية ورياضية مختلفة لمراقبة العمليات ولضمان جودة المنتج.



■ **الشكل 12** غالبًا ما تتخذ الخلايا السرطانية شكلًا غير عادي وغير منتظم مقارنةً بالخلايا الطبيعية. في هذا الشكل، تدخل بعض الخلايا السرطانية إلى الأوعية الدموية، ما يتسبّب في انتقالها إلى جزءٍ آخر من الجسم. وهذه إحدى الطرق التي يمكن أن ينتشر بها السرطان من جزء إلى آخر في الجسم.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

رغم عدم إمكانية الوقاية من كل أنواع السرطان، إلا أنّ تجنب المواد المسرطنة المعروفة يمكن أن يساعد في الحد من خطر الإصابة بالمرض. في هذا السياق، تعمل وكالة حكومية تُعرف بإدارة الغذاء والدواء (FDA) على التأكد من سلامة الأطعمة والمشروبات التي يتمّ تناولها في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ تفرض هذه الوكالة وضع ملصقاتٍ وتحذيراتٍ على المنتجات التي قد تندرج ضمن فئة المواد المسرطنة. فضلًا عن ذلك، تساعد القوانين في قطاع الصناعة في حماية الأشخاص من التعرّض للمواد الكيميائية المسبِّبة للسرطان في أماكن العمل، كما يمكن أن يساعد تجنب التبغ بكل أنواعه، حتى الدخان غير المباشر والتبغ عديم الدخان، في الحد من خطر الإصابة بالسرطان.

يستحيل تجنب بعض أنواع الإشعاع، مثل الإشعاع فوق البنفسجي المنبعث من الشمس، بشكل كامل. ثمة علاقة بين كمية الإشعاع فوق البنفسجي التي يتعرّض لها شخصٌ ما وخطر إصابته بسرطان الجلد. بالتالي، يُوصَى باستخدام واقٍ شمسي لكل الأشخاص الذين يتعرضون لأشعة الشمس. كذلك، تُستخدَم أشكال أخرى من الإشعاع، مثل أشعة إكس، لأغراضٍ طبية مثل فحص العِظام المكسورة أو التحقق من وجود فجوات في الأسنان. للوقاية من التعرّض لهذا النوع من الإشعاع، قد ترتدي معطفًا ثقيلًا معالجًا بالرصاص عند إجراء فحص بأشعة إكس.

التأكد من فهم النص **حدد** المواد المسرطنة التي تتعرّض لها بانتظام.

علم الوراثة والسرطان لكي تتحوّل خلية طبيعية إلى خلية سرطانية يتطلّب الأمر حدوث أكثر من تغيّر واحد في الـ DNA. ومع مرور الوقت، قد تحدث تغيّرات عديدة في الـ DNA، وربما يفسّر هذا الأمر السبب في ازدياد خطر الإصابة بالسرطان مع التقدّم في العمر. إنّ خطر الإصابة بالسرطان لدى فرد يرث تغيّرًا واحدًا أو أكثر من أحد الوالدين يكون أعلى من خطر الإصابة به لدى شخص لا يرث هذه التغيّرات.

مراجعة **في ضوء ما قرأته عن الدورة غير الطبيعية للخلية ونتائجها، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟**

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الوراثة inheritance

الاستخدام العلمي: انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الذرية عبر الـ DNA ترجع بنية الجسم وشكل الوجه لدى شخصٍ ما إلى الوراثة الجينية.

الاستخدام العام: الأصول المكتسبة من شخص متوفى والتي يمكن نقل ملكيتها إلى أفراد الأسرة الذين لا يزالون على قيد الحياة ورثَ سالم المنزل من عمه.

تجربة مصغرة 2

المقارنة بين مستحضرات الوقاية الشمسية

هل تحجب مستحضرات الوقاية الشمسية حقًا ضوء الشمس؟ تحتوي مستحضرات الوقاية الشمسية على مركّبات مختلفة تمتص الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس. وترتبط الأشعة فوق البنفسجية بحدوث طفراتٍ في الـ DNA، والتي يمكن أن تؤدي إلى الإصابة بسرطان الجلد. اكتشِف مدى فاعلية مستحضرات الوقاية الشمسية المختلفة في حجب ضوء الشمس.

الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اختر أحد **مستحضرات الوقاية الشمسية** التي أعطاها لك معلمك ودوّن المكونات النشطة وعامل الوقاية الشمسي (SPF) في ورقة بيانات.
3. أحضِر **ورقتين بلاستيكيتين**. واستخدم في إحدى الورقتين **قلم تخطيط دائم** لرسم دائرتين على مسافة متباعدة. ضع قطرةً من واقٍ شمسي في منتصف إحدى الدائرتين وقطرةً من **أكسيد الزنك** في منتصف الدائرة الأخرى.
4. ضع الورقة الثانية فوق كلتا الدائرتين. وانشر القطرتين عن طريق الضغط باستخدام **كتاب**.
5. خُذْ قطعة مغطاة من **الورق الحسّاس للضوء** والورقتَين البلاستيكيتين إلى مكان مشمس. اكشف الورق بسرعة، وضَعْ الورقتين البلاستيكيتين فوقه، ثم ضَعْه في ضوء الشمس.
6. بعد تعرّض الورق بالكامل لضوء الشمس (لفترة تتراوح بين دقيقة واحدة و 5 دقائق)، خُذه بعيدًا عن ضوء الشمس وتابع الخطوات وفقًا للتعليمات.

التحليل

1. **فكّر بشكل ناقد** لماذا قارنت بين مستحضرات الوقاية الشمسية وأكسيد الزنك؟
2. **استنتج الخلاصات** بعد فحص الورق الحسّاس للضوء من صفك، أي من مستحضرات الوقاية الشمسية في رأيك ستحول على الأرجح دون حدوث طفراتٍ في الـ DNA؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

موت الخلية

إنّ البقاء على قيد الحياة ليس مصير كل الخلايا. فبعض الخلايا تمّر بعملية تسمّى **موت الخلية**، أو الموت الخلوي المبرمج. في الواقع، يتضاءل حجم الخلايا التي تمرّ بعملية موت الخلية وتضمحل ضمن آلية مضبوطة. يبدو أنّ كل الخلايا الحيوانية لديها "برنامج موت" يمكن تفعيله.

أحد الأمثلة على هذه العملية هو موت الخلية أثناء نمو اليدين والقدمين لدى الإنسان. فعندما تبدأ اليدان والقدمان في النمو، تشغل الخلايا الحيّز ما بين أصابع كل من اليدين والقدمين. عادةً ما يخضع هذا النسيج إلى موت الخلية، إذ يتضاءل حجم الخلايا وتموت في التوقيت المناسب الذي يمنع ظهور نسيج شبكي في جسم الكائن الحي مكتمل النمو. أحد الأمثلة على عملية موت الخلية في النباتات الموت الموضعي للخلايا الذي يؤدي إلى سقوط الأوراق من الأشجار خلال الخريف. يحدث موت الخلية أيضًا في الخلايا التي تضررت إلى حد كبير بشكل يحول دون إصلاحها، بما في ذلك الخلايا التي تعرّضت لضرر في الـ DNA على نحو قد يؤدي إلى الإصابة بالسرطان. إن موت الخلية يمكن أن يساعد في حماية الكائنات الحية من تكوّن خلايا سرطانية.

الخلايا الجذعية

إنّ معظم الخلايا في كائن حي متعدد الخلايا لها وظيفة متخصصة. فقد تشكّل بعض الخلايا جزءًا من الجلد، بينما تكون خلايا أخرى جزءًا من القلب. في العام 1998، اكتشف العلماءُ طريقةً لفصل نوع فريدٍ من الخلايا لدى الإنسان يُعرف بالخلايا الجذعية. تُعتبر **الخليّة الجذعية** خلايا غير متخصصة يمكنها أن تتحوّل إلى خلايا متخصصة عند توافر الظروف المناسبة، كما هو مبيّن في **الشكل 13**. يمكن للخلايا الجذعية أن تبقى موجودة في الكائن الحي لسنواتٍ عديدة متعرّضة خلال هذه الفترة إلى عملية الانقسام. ثمة نوعان رئيسان من الخلايا الجذعية: الخلايا الجذعية الجنينية والخلايا الجذعية البالغة.

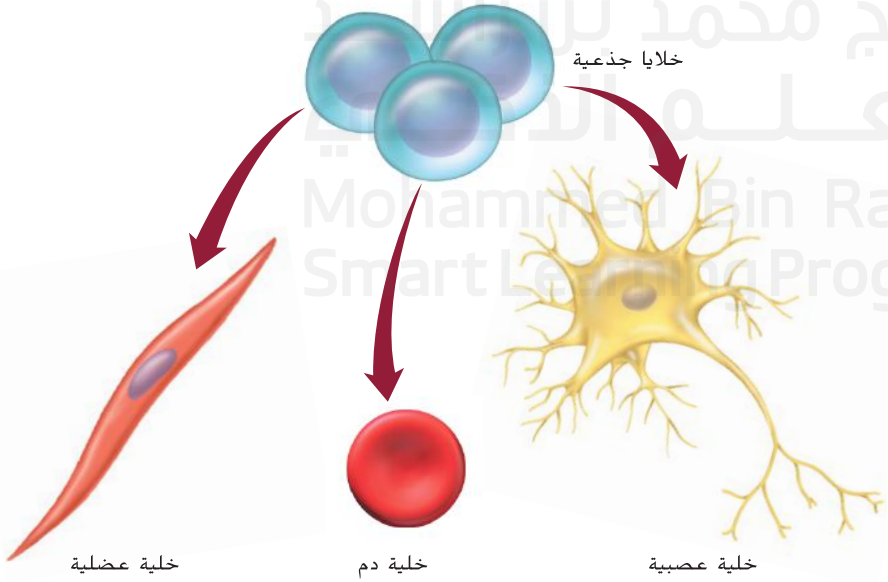
الخلايا الجذعية الجنينية بعد أن يخصّب حيوانٌ منوي بويضة، تنقسم كتلة الخلايا الناتجة بشكل متكرر إلى أن يتكوّن ما يتراوح بين 100 و 150 خلية تقريبًا. لا تكون هذه الخلايا خلايا متخصصة بعد، وتسمّى الخلايا الجذعية الجنينية. في حال انفصال هذه الخلايا، تكون لكل منها القدرة على أن تتطوّر إلى مجموعة واسعة ومتنوعة من الخلايا المتخصصة. أثناء مواصلة الجنين انقسامه، تتخصّص الخلايا متحوّلةً إلى أنسجة وأعضاء وأجهزة متنوعة. إنّ الأبحاث حول الخلايا الجذعية الجنينية لا تزال مثار جدل لأسبابٍ أخلاقية تتعلق بمصدرها.

المفردات

مفردات أكاديمية

مكتمل النمو mature

وصلَ إلى النمو أو التطور الطبيعي الكامل بعد الانقسام المتساوي. يجب أن تصبح الخليتان الجديدتان مكتملتَي النمو قبل انقسامهما.



■ **الشكل 13** نظرًا إلى أنّ الخلايا الجذعية لا تتطوّر بالضرورة إلى نوع محدّد من الخلايا، فقد تكون أساسًا في علاج العديد من الحالات الطبية والاختلالات الوراثية.

اشرح طريقة استخدام الخلايا الجذعية في علاج تضرّر الأعصاب.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 14** أدت الأبحاث حول الخلايا الجذعية البالغة إلى حدوث تقدم في علاج عدد كبير من الإصابات والأمراض.

الخلايا الجذعية البالغة إنّ النوع الثاني من الخلايا الجذعية، وهو الخلايا الجذعية البالغة، يتواجد في أنسجة الجسم المختلفة. ويمكن استخدامه في الحفاظ على نوع النسيج نفسه الموجودة فيه وإصلاحه. قد يكون مصطلح "الخلايا الجذعية البالغة" مضلِّلًا بعض الشيء لأن هذه الخلايا موجودة حتى لدى حديثي الولادة. وعلى غرار الخلايا الجذعية الجنينية، لبعض أنواع الخلايا الجذعية البالغة القدرة على أن تتحوّل إلى أنواع مختلفة من الخلايا، مما يوفر علاجاتٍ جديدة للعديد من الأمراض والحالات المرضية. في العام 1999، استخدم الباحثون في كلية الطب في في هارفارد خلايا جذعية من الجهاز العصبي بهدف تجديد نسيج دماغي مفقود لدى الفئران. في العام 2008، استخدم الباحثون الخلايا الجذعية البالغة مع أنزيم يُسمّى PKA لتكوين نسيج عظمي جديد بهدف إصلاحه لدى الفئران. تتسم الأبحاث لدى الخلايا الجذعية البالغة، كالمبيّنة في **الشكل 14**، بأنها أقل إثارةً للجدل نظرًا إلى إمكانية الحصول على الخلايا الجذعية البالغة بموافقة المتبرعين بها.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- تُنظَّم بروتينات السايكلين دورة الخلية في الخلايا حقيقية النواة.
- توجد نقاط فحص خلال معظم مراحل دورة الخلية لضمان انقسام الخلية بدقة.
- إنّ السرطان هو نمو وانقسام للخلايا لا يمكن التحكم بهما.
- إنّ موت الخلية هو موت خلوي مبرمج.
- تُعتبَر الخلايا الجذعية خلايا غير متخصصة يمكنها أن تتحول إلى خلايا متخصصة عند توفر الظروف المناسبة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صِف** طريقة تحكّم بروتينات السايكلين بدورة الخلية.
2. **اشرح** أوجه الاختلاف بين دورة خلية سرطانية ودورة خلية طبيعية.
3. **حدد** ثلاث مواد مسرطنة.
4. **قابل** بين موت الخلية والسرطان.
5. **صف** أحد الاستخدامات الممكنة للخلايا الجذعية.
6. **اشرح** الفرق بين الخلايا الجذعية الجنينية والخلايا الجذعية البالغة.

التفكير الناقد

7. **ضع فرضية** حول ما قد يحدث في حال لم تمرّ الخلايا التي تعاني ضررًا بالغًا في الـ DNA بعملية موت الخلية.

الكتابة في علم الأحياء

8. اكتب إعلان خدمة عامة عن المواد المسرطنة. اختر نوعًا معينًا من السرطان واكتب عن المواد المسرطنة المرتبطة به.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

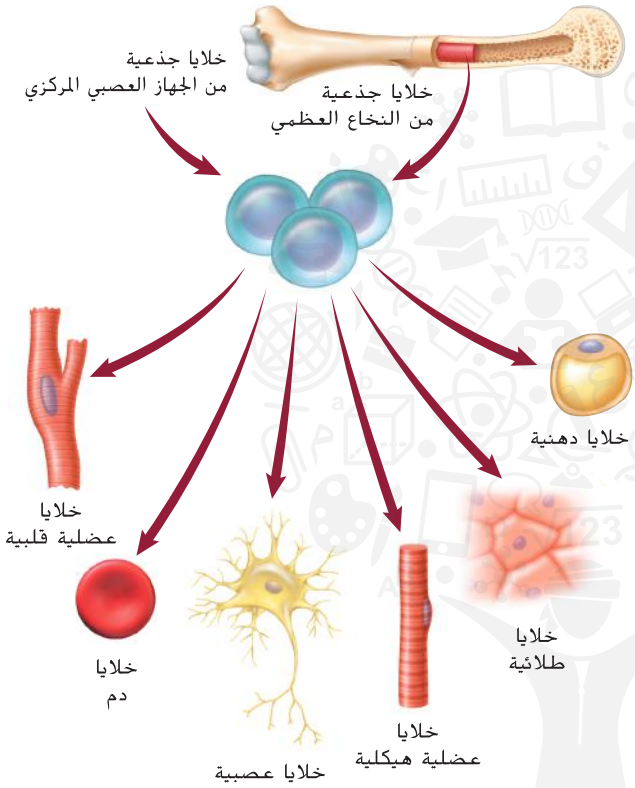
الخلايا الجذعية: هل يمكن علاج الشلل؟

أُصيب سائق سيارة سباق بالشلل في حادث تصادم، كما أصيب مراهق بالشلل بعد الغوص في مياه ضحلة. حتى وقتٍ قريب، لم يكن لدى هذين الشخصين إلا بصيصٌ ضعيف من الأمل في استعادة قدرتهما على الاستفادة من كامل جسديهما. بيد أنّ الأبحاث الجديدة حول الخلايا الجذعية البالغة تبشِّر بإمكانية شفاء الشلل.

كيف يمكن استخدام الخلايا الجذعية؟ يسعى العلماءُ إلى إيجاد طرق لاستنبات خلايا جذعية في مستنبتات الخلايا وإدخال تغييراتٍ عليها لتكوين أنواع معينة منها. على سبيل المثال، قد تُستخدَم الخلايا الجذعية في إصلاح نسيج القلب بعد التعرّض لنوبة قلبية، أو في استعادة الرؤية في حالة عينٍ مريضة أو مصابة، أو في علاج أمراضٍ مثل داء السكري، أو في إصلاح خلايا الحبل الشوكي لشفاء الشلل. وتتناول أبحاث الخلايا الجذعية الحالية في الإكوادور خلايا النخاع العظمي (BMCs)، وهي عبارة عن خلايا جذعية بالغة تُستخدَم في استنبات الأوعية الدموية، حيث يساعد تجديد تدفق الدم والأكسجين في الأنسجة في عملية الشفاء ويوفّر خيارات علاج للمرضى.

الخلايا الجذعية والشلل في البرتغال، اكتشف د. كارلوس ليما وفريق الباحثين العاملين معه أنّ النسيج المأخوذ من التجويف الأنفي مصدرٌ غني بالخلايا الجذعية البالغة. تصبح هذه الخلايا الجذعية خلايا عصبية لدى زرعها عند موضع الإصابة في الحبل الشوكي، إذ تحلّ الخلايا العصبية الجديدة محلّ الخلايا المتضررة.

خضعَ للتجربة البرتغالية أكثرُ من أربعين مريضًا ممن أُصيبوا بالشلل جراء حوادث. واستعاد كل المرضى بعضَ الإحساس في مناطق الجسم المصابة بالشلل، ومعظمهم استعاد قدرًا من التحكم بالحركة. ومع العلاج الفيزيائي المكثَّف، يمكن الآن لعشرة بالمئة من المرضى المشي بمساعدة الأجهزة الداعمة، مثل المشايات والدعامات. وهذه أخبارٌ واعدة للكثير من الأشخاص الذين يعانون أمراضًا أو إصاباتٍ سلبتهم القدرة على الاستفادة من كامل أجسامهم.



تجدر الإشارة إلى أنّه يمكن إدخال تغييراتٍ على الخلايا الجذعية المأخوذة من النخاع العظمي أو الجهاز العصبي المركزي لتكوين عدد كبير من أنواع الخلايا التي يمكن زرعها لمعالجة مرضٍ أو لإصلاح تلفٍ ما.

مستقبل الخلايا الجذعية يتطلّع العلماءُ إلى إجراء الأبحاث الضرورية التي من شأنها أن تجعل العلاج بالخلايا الجذعية البالغة جزءًا عاديًا من الرعاية الصحية. ربما لم يعد من الضروري النظر إلى الشلل باعتباره مرضًا دائمًا؛ إذ يمكن للخلايا الجذعية توفير العلاج.

الكتابة في علم الأحياء

كُتيب أنشئ كُتيبًا مصوّرًا يوضح الفوائد الخاصة بأبحاث الخلايا الجذعية البالغة. وقم بإجراء بحثٍ حول الخلايا الجذعية البالغة لتضمين منهجية البحث والعلاج والأمثلة فيزيولوجيا الخلية وتاريخ أبحاث الخلايا الجذعية البالغة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة في الأحياء

هل يؤثر ضوء الشمس في الانقسام المتساوي في الخميرة؟

الخلفية: إنَّ الإشعاع فوق البنفسجي هو أحد مكونات ضوء الشمس ويمكن له إتلاف ال DNA وإعاقة دورة الخلية.

السؤال: هل يمكن لمستحضرات الوقاية الشمسية منع الضرر الذي يلحق بالخميرة الحسّاسة للأشعة فوق البنفسجية؟

المواد

قصبة مصّ معقمة (10)
رقائق ألومنيوم
حامل أنابيب اختبار
رشّاشات معقمة أو قطع قطنية معقمة (10)
مخفّف الخميرة الحسّاسة للأشعة فوق البنفسجية
أطباق أجار دِكسترُوز مستخلص الخميرة (YED) (10)
مستحضرات وقاية شمسية بمستويات مختلفة من عامل الوقاية الشمسي SPF

الاحتياطات المتعلقة بالسلامة

الإجراءات

1. حدّد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. أحضِر أنبوب اختبار يحتوي على مستنبت مرق مخفّف من الخميرة الحسّاسة للأشعة فوق البنفسجية.
3. ضع فرضية، ثم اختبر أحد مستحضرات الوقاية الشمسية ودوّن توقعاتك بشأن التأثير الذي سيطرأ على الخميرة عند التعرض لضوء الشمس.
4. ضَعْ ملصقًا باسم مجموعتك على أطباق أغار YED العشرة. وضَعْ ملصقًا على طبقين باسم "الضابط". لن يُوضَع الطبقان الضابِطان في ضوء الشمس. ضَعْ ملصقًا على أربعة من أطباق التجارب بعبارة "بلا واقٍ شمسي" وعلى أربعة بعبارة "مع واقٍ شمسي".
5. ضع عينة مقدارها 0.1 mL من مخفّف الخميرة على أطباق أجار YED العشرة كلها. لُفَّ الطبقَين الضابِطَين برقائق الألومنيوم واعطِهما لمعلمك لإجراء عملية الحضانة.
6. بتوجيهٍ من معلمك، حدد مدة تعرّض كل طبق من أطباق التجارب وضَعْ ملصقًا على كل طبق منها استنادًا إلى ذلك ثم قم بإعداد جدول لجمع بياناتك.
7. لُفَّ الأطباق الموضوع عليها ملصقٌ بعبارة "بلا واقٍ شمسي" برقائق ألومنيوم. وضع الواقي الشمسي على أغطية الأطباق الأربعة الموضوع عليها ملصق يفيد بأنها "مع واقٍ شمسي" ولُفَّهَا برقائق ألومنيوم.
8. اكشف قدرًا كافيًا فقط من رقائق الألومنيوم عن كل طبق من أطباق التجارب لتعريض أغطية الأطباق للشمس. وعرِّض الأطباق للشمس للفترات المخططة، ثم غطِ الأطباق مجددًا بعد تعريضها واعطِها لمعلمك لإجراء عملية الحضانة.
9. بعد الحضانة، احسب عدد مستعمرات الخميرة في كل طبق وسجّل النتيجة.
10. **التنظيف والتخلص من المخلّفات** اغسل كل المواد القابلة لإعادة الاستخدام وأعِدها إلى مكانها. تخلّص من أطباق YED وفق تعليمات معلمك، ثم عقِّم مساحة العمل المخصصة لك واغسل يديك جيدًا بالماء والصابون.

حلّل واستنتج

1. **قدِّر** افترض أنّ كل مستعمرة من مستعمرات الخميرة في طبق YED نمت من خلية خميرة واحدة في المخفّف. استخدم عدد مستعمرات الخلايا في الطبق الضابِط المخصّص لك لتحديد النسبة المئوية للخميرة التي لم تتأثر في كل طبق من الأطباق التي تعرضت للأشعة.
2. **ارسم البيانات** أنشئ رسمًا بيانيًا بالنسبة المئوية التي لم تتأثر بالأشعة على المحور ص ووقت التعرُّض على المحور س. واستخدم لونًا مختلفًا لتمثيل البيانات من الأطباق ذات الواقي الشمسي والأطباق التي من دون واقٍ شمسي.
3. **قيِّم** هل بياناتك دعمت فرضيتك؟ اشرح.
4. **تحليل التباينات** صِفْ عدة مصادر محتمَلة للتباينات.

استخدم مهاراتك

عصف ذهني اشترك مع زملائك في الصف للبحث عن معلوماتٍ وأفكار متعلقة بالطريقة التي يمكن بها استخدام الخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية كمراقِب بيولوجي بهدف اكتشاف مقدار الازدياد في كميات الضوء فوق البنفسجي التي تصل إلى سطح الأرض، وتحديد مصدر تلك المعلومات والأفكار.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الموضوع المحوري التغيّر تمرّ الخلايا الجذعية بتغيّراتٍ عديدة إلى حين تمايزها كأحد الأنواع العديدة من الخلايا المتخصصة.

الفكرة الرئيسة **تمرّ الخلايا بدورة حياة تشمل الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي.**

القسم 1 النمو الخلوي

دورة الخلية	cell cycle
الطور البيني	interphase
الانقسام المتساوي	mitosis
الانقسام السيتوبلازمي	cytokinesis
كروموسوم	chromosome
كروماتين	chromatin

الفكرة الرئيسة **تنمو الخلايا إلى أن تبلغ حد الحجم الطبيعي لها، وبعد ذلك تتوقف عن النمو أو تنقسم.**

- توضّح نسبة مساحة السطح إلى الحجم، حجم الغشاء البلازمي نسبةً إلى حجم الخلية.
- تكون الخلايا محدودة الحجم، حيث يقل القطر في معظم الخلايا عن 100 µm.
- يُقصَد بدورة الخلية عملية التكاثر الخلوي.
- تقضي الخلية معظم فترة حياتها في الطور البيني.

القسم 2 الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي

الطور التمهيدي	prophase
كروماتيد شقيق	sister chromatid
قطعة مركزية	centromere
الجهاز المغزلي	spindle apparatus
الطور الاستوائي	metaphase
الطور الانفصالي	anaphase
الطور النهائي	telophase

الفكرة الرئيسة **تتكاثر الخلايا حقيقية النواة عن طريق الانقسام المتساوي، وهو عملية انقسام النواة. أما الانقسام السيتوبلازمي، فهو عملية انقسام السيتوبلازم.**

- إنّ الانقسام المتساوي هو العملية التي ينقسم خلالها الـ DNA المُضاعَف.
- تشمل مراحل الانقسام المتساوي الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي.
- إنّ الانقسام السيتوبلازمي هو عملية انقسام السيتوبلازم التي تنتج عنها خليتان وليدتان متطابقتان وراثيًا.

القسم 3 تنظيم دورة الخلية

سايكلين – كينيز	cyclin
	cyclin-dependent kinase
سرطان	cancer
مادة مسرطِنة	carcinogen
موت الخلية	apoptosis
خلية جذعية	stem cell

الفكرة الرئيسة **تنتظم دورة الخلية الطبيعية عن طريق بروتينات السايكلين.**

- تنتظم دورة الخلية للخلايا حقيقية النواة عن طريق بروتينات السايكلين.
- توجد نقاط فحص خلال معظم مراحل دورة الخلية لضمان انقسام الخلية بدقة.
- إنّ السرطان نموّ وانقسام للخلايا لا يمكن التحكم به.
- إنّ موت الخلية هو موت خلوي مبرمج.
- تُعتبَر الخلايا الجذعية خلايا غير متخصصة يمكنها أن تتحوّل إلى خلايا متخصصة في الظروف المناسبة.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

القسم 1

مراجعة المفردات

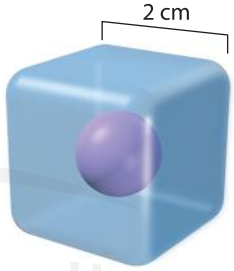
طابق المفردة الصحيحة من صفحة دليل الدراسة بالتعريفات التالية.

1. الفترة التي لا تنقسم فيها الخلية
2. عملية انقسام النواة
3. سلسلة الأحداث في حياة خلية حقيقية النواة

فهم الأفكار الرئيسة

4. أي مما يلي يُعدّ سببًا لكون الخلايا صغيرة الحجم؟
   a. تواجه الخلايا كبيرة الحجم صعوبةً في نشر المواد المغذية بسرعة كافية.
   b. أثناء نمو الخلايا، يقل مقدار نسبة مساحة السطح إلى الحجم.
   c. يصبح نقل الفضلات مشكلة في الخلايا كبيرة الحجم.
   d. جميع ما سبق.

استخدم الخلية الافتراضية المبيّنة أدناه للإجابة عن السؤال رقم 5.



5. ما نسبة مساحة سطحها إلى حجمها؟
   A. 1:2
   B. 1:3
   C. 1:4
   D. 1:6

6. من خلال فهمك لنسبة مساحة السطح إلى الحجم، ما الذي تمثّله مساحة السطح في الخلية؟
   A. النواة
   B. الغشاء البلازمي
   C. الميتوكوندريا
   D. السيتوبلازم

7. أي مما يلي يصف أنشطة الخلية التي تتضمن كلًّا من النمو الخلوي وانقسام الخلية؟
   A. الكروماتين
   B. السيتوبلازم
   C. الانقسام المتساوي
   D. دورة الخلية

8. ما الذي يحدث لنسبة مساحة سطح الخلية إلى حجمها، مع ازدياد حجم الخلية؟
   A. تزداد
   B. تقلّ
   C. تبقى كما هي
   D. تبلغ حدّها الأقصى

اسئلة ذات اجابات مفتوحة

9. الفكرة الرئيسة لماذا يُعدّ كلّ من النقل الخلوي والاتصال الخلوي من العوامل التي تحدّ من حجم الخلية؟

10. **إجابة قصيرة** لخّص العلاقة بين مساحة السطح والحجم أثناء نمو الخلية.

11. **إجابة قصيرة** ما التغيرات الخلوية التي تحدث في الخلية أثناء الطور البيني؟

التفكير الناقد

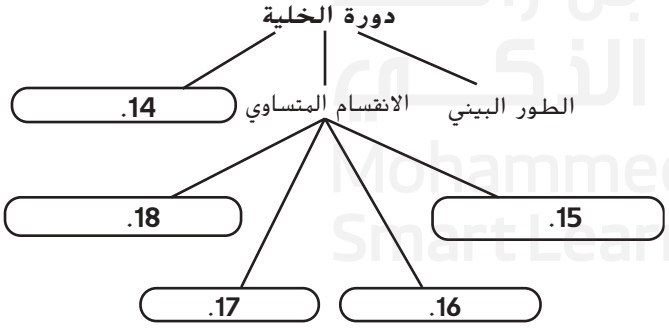
12. **انقد** العبارة التالية: إنّ الطور البيني هو "فترة سكون" تمرّ بها الخلية قبل أن تبدأ الانقسام المتساوي.

13. **اشرح** العلاقة بين الـ DNA والكروموسوم والكروماتين.

القسم 2

مراجعة المفردات

أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام مفردات من صفحة دليل الدراسة.



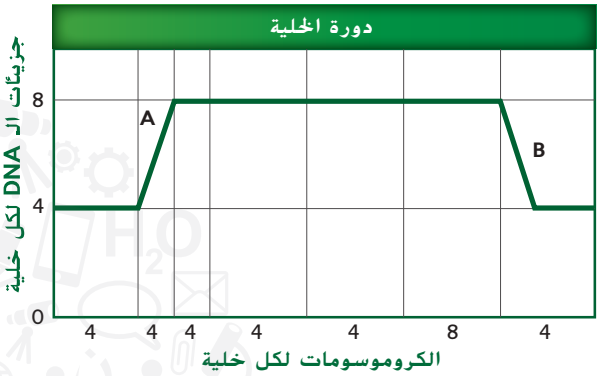
فهم الأفكار الرئيسة

19. كم عدد الخلايا الناتجة عن خلية واحدة مرت بستة انقسامات؟
   A. 13
   B. 32
   C. 48
   D. 64

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

يعرض الرسم البياني التالي دورة حياة خلية. استخدم هذا الرسم البياني للإجابة عن السؤالين *20* و*21*.



20. ما المرحلة التي حدثت في المنطقة المسمّاة A؟
A. الطور التمهيدي
B. المرحلة G_1
C. المرحلة S
D. المرحلة G_2

21. ما العملية التي حدثت في المنطقة المسمّاة B؟
A. الطور البيني
B. الانقسام السيتوبلازمي
C. الانقسام المتساوي
D. الأيض

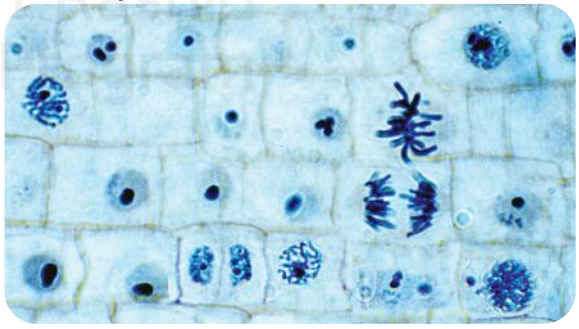
22. يحول عقار الفينبلاستين لمعالجة السرطان دون بناء الأُنيبيبات الدقيقة. ما العملية التي يعترضها هذا العقار أثناء مرحلة الانقسام المتساوي؟
A. تكوين الجهاز المغزلي
B. مضاعفة الـ DNA
C. تصنيع الكربوهيدرات
D. اختفاء الغشاء النووي

اسئلة ذات اجابات مفتوحة

23. الفكرة الرئيسة في أيّ من مراحل الخلية يكون الكروموسوم مؤلّفًا من كروماتيدين شقيقين متطابقين؟

24. إجابة قصيرة في الصورة التالية لمقطع من قمة جذر البصل، حدد خلية في كلٍّ من المراحل التالية: الطور البيني والطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي.

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي. التكبير: ×60



25. إجابة قصيرة صِف الأحداث التي تحصل في الطور النهائي.

التفكير الناقد

26. قيِّم افترض أنك تنظر عبر المجهر ولاحظت تكوّن صفيحة خلوية. إلى أي نوع من المرجّح أن تنتمي هذه الخلية؟

27. الرياضيات في علم الأحياء يفحص عالِمُ الأحياء سلسلة من الخلايا ويُحصي 90 خلية في الطور البيني و 13 خلية في الطور التمهيدي و 12 خلية في الطور الاستوائي و 3 خلايا في الطور الانفصالي وخليتين في الطور النهائي. إذا كانت دورة كاملة لهذا النوع من الخلايا تستغرق 24 ساعة، فما هو متوسط الزمن الذي يستغرقه الانقسام المتساوي؟

القسم 3

مراجعة المفردات

تتضمن الجمل التالية مصطلحًا (مصطلحات) لم يُستخدَم (تُستخدَم) على النحو الصحيح. استبدل المصطلح (المصطلحات) غير الصحيح (غير الصحيحة) بالمفردات الواردة في صفحة دليل الدراسة بهدف تصويب هذه الجمل.

28. تمرّ الخلايا الجذعية بنمو وانقسام غير محدودين ولا يمكن التحكم بهما، وذلك بسبب تغيّرات طرأت على جيناتها.

29. إنّ السرطان عبارة عن استجابة خلوية تجاه تلف في الـ DNA وينجم عنه موت الخلية.

30. تُعتبَر بروتينات السايكلين مواد مسبِّبة للسرطان.

فهم الأفكار الرئيسة

31. ما دور بروتينات السايكلين في الخلية؟
A. التحكم بحركة الأُنيبيبات الدقيقة
B. إعطاء إشارة للخلية بالانقسام
C. تحفيز تكسّر الغشاء النووي
D. التسبّب في اختفاء النويّة

32. ما المواد التي تكوّن تشكيلات السايكلين والكينيز المعتمد على السايكلين التي تتحكّم بمراحل دورة الخلية؟
A. الدهون والبروتينات
B. الكربوهيدرات والبروتينات
C. البروتينات والإنزيمات
D. الدهون والإنزيمات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

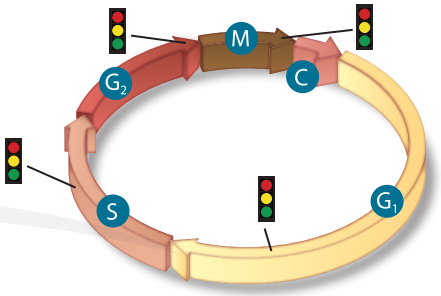
33. أي مما يلي هو من خصائص الخلايا السرطانية؟
A. انقسام خلوي غير مضبوط
B. تتضمن تغيّرات وراثية متعددة
C. لا يمرّ الانقسام السيتوبلازمي
D. تؤدي فيها بروتينات السايكلين وظيفتها بشكل طبيعي

34. أي مما يلي يصف موت الخلية؟
A. يحدث في كل الخلايا
B. هو موت خلوي مبرمج
C. يعيق النمو الطبيعي للكائن الحي
D. هو استجابة للهرمونات

35. لماذا يواجه بعض الباحثين في مجال الخلايا الجذعية عقبات أمام الدراسات التي يجرونها؟
A. لا يمكن العثور على خلايا جذعية.
B. ثمة أسبابٌ أخلاقية تتعلق بالحصول على الخلايا الجذعية.
C. لا توجد استخدامات معروفة للخلايا الجذعية.
D. لا تتحوّل الخلايا الجذعية إلى خلايا متخصصة.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

ارجع إلى الرسم للإجابة عن السؤال رقم 36.



36. **الموضوع المحوري التغيّر** اشرح العلاقة بين الخلايا السرطانية ودورة الخلية.

37. **إجابة قصيرة** ميّز بين الانقسام المتساوي وموت الخلية.

التفكير الناقد

38. **صِف** طريقة استخدام الخلايا الجذعية لمساعدة مريض يعاني إصابة في الحبل الشوكي.

39. **الفكرة الرئيسة** **اشرح** تأثير نقص بروتينات السايكلين في دورة الخلية.

40. **طبّق** تُنفَق مئات الملايين من الدولارات سنويًا في الولايات المتحدة على أبحاث السرطان ومعالجته، بينما تُنفَق مبالغ أقل بكثير على طرق الوقاية منه. ضع خطةً من شأنها زيادة الوعي حول الوقاية من هذا المرض.

التقويم الختامي

41. **الفكرة الرئيسة** ما العوامل الأخرى، غير التكاثر، التي تؤدي إلى إكمال الخلايا لكلّ من دورة الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي؟

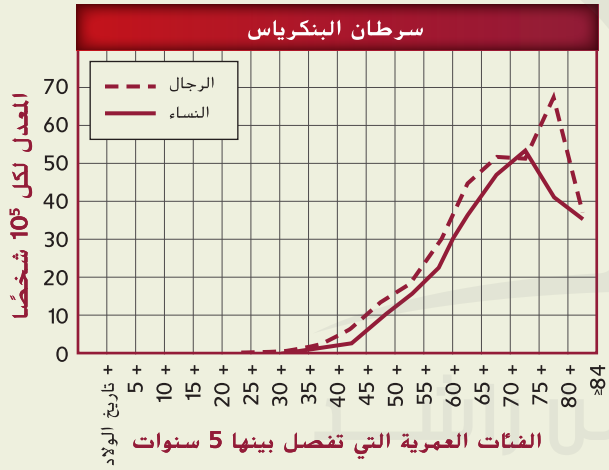
42. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب حوارًا مستخدمًا أدوات وشخصيات لتوضيح عملية الانقسام المتساوي.

43. قم بإجراء بحث متعلق بالمواد الكيميائية التي تندرج ضمن فئة المواد المسرطنة، واكتب عن الطريقة التي يمكن بها لهذه المواد الكيميائية إلحاق الضرر بال DNA.

أسئلة حول مستند

قيَّم د. تشانغ وزملاؤه خطر الإصابة بسرطان البنكرياس عن طريق دراسة معدل الإصابة به ضمن مجموعة من المرضى. شملت البيانات العُمر عند تشخيص الحالة. يوضح الرسم البياني أدناه معدلات تشخيص السرطان لدى الرجال والنساء الأمريكيين ذوي الأصول الإفريقية.

أخذت البيانات من: Chang, K. J. et al. 2005. Risk of pancreatic adenocarcinoma. *Cancer* 103: 349–357.



44. لخّص العلاقة بين الإصابة بالسرطان وعامل العمر.

45. استنادًا إلى ما تعرفه عن كل من السرطان ودورة الخلية، اشرح السبب في ازدياد حالات الإصابة بالسرطان مع التقدم في العُمر.

46. قارن بين أعمار الرجال والنساء الذين شُخِّصت حالاتهم على أنها إصابة بالسرطان.

47. في أي عُمر يتراجع معدل تشخيص الإصابة بسرطان البنكرياس؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

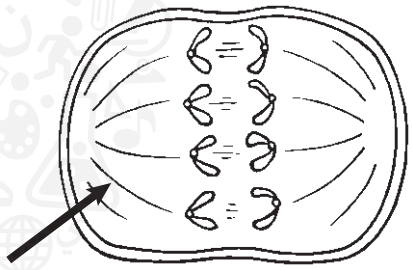
تراكمي

اختيار من متعدد (يحاكي دراسة PISA)

1. لذرّة الكربون (C) أربعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي، بينما ذرة الفلور (F) لها سبعة إلكترونات. أي من المركّبات التالية يُرجَّح أن تتكوّن من اتحاد الكربون والفلور؟

A. CF_2
B. CF_3
C. CF_4
D. CF_5

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤالين *2* و *3*.



2. أيّ من مراحل الانقسام المتساوي هذا الرسم؟

A. الطور الانفصالي
B. الطور البيني
C. الطور الاستوائي
D. الطور النهائي

3. إلى أي من التراكيب التالية يشير السهم في الرسم؟

A. القطعة المركزية
B. الكروموسوم
C. النويّة
D. الجهاز المغزلي

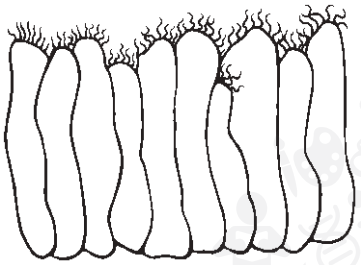
4. في أي من مراحل البناء الضوئي التالية يُشترط وجود الماء لإكمال التفاعل الكيميائي؟

A. تأثير سينثاز الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) على الأدينوسين ثنائي فوسفات (ADP)
B. تحويل جزيئات GAP إلى ريبولوز–1,5–مضاعف فوسفات (RUBP)
C. تحويل $NADP^+$ إلى NADPH
D. نقل الطاقة الكيميائية لتكوين جزيئات GAP

5. أي من المركّبات التالية التي تحتوي على الكربون يُعدّ ناتج التحلل السكري؟

a. أسيتيل مرافق الإنزيم A
b. الجلوكوز
c. حمض اللاكتيك
d. البيروفات

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤال رقم *6*.



6. أي من تراكيب الخلية يبيّنها هذا الرسم؟

A. الهُديبات
B. الأسواط
C. الألياف المكروية
D. الزُّغابات

7. أي من العمليات الخلوية التالية تخزّن الطاقة؟

A. تكسير سلاسل الدهون
B. تحويل أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) إلى أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)
C. تصنيع البروتينات من كودونات الـ RNA
D. نقل الأيونات عبر الغشاء

8. أي مما يلي يساهم في ميزة النفاذية الاختيارية لأغشية الخلايا؟

A. الكربوهيدرات
B. الأيونات
C. المعادن
D. البروتينات

9. في حال دعمت بيانات مستقاة من تجارب متكررة فرضيةً ما، فما الذي قد يحدث بعد ذلك؟

A. قد يتمّ استخلاص نتيجة.
B. قد تصبح البيانات قانونًا.
C. قد تُرفَض الفرضية.
D. قد تخضع الفرضية للمراجعة.

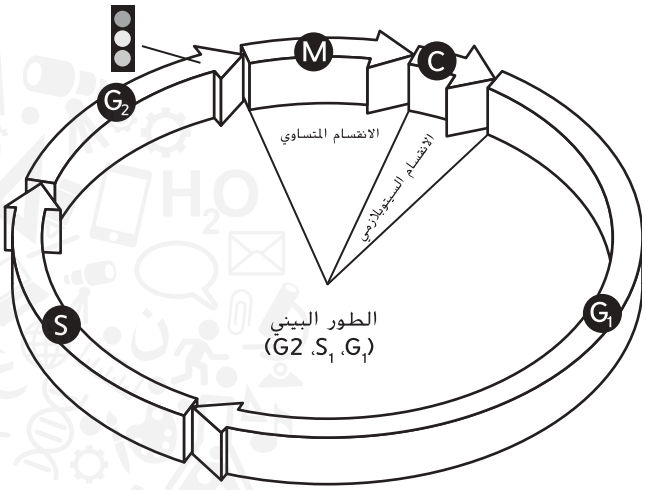
10. إلى أي نوع من الكائنات غيرية التغذية ينتمي الفأر؟

A. آكلي اللحوم
B. الكائنات الكانسة
C. آكلي النباتات
D. الكائنات متنوعة التغذية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة (تحاكي دراسة PISA)

استخدم الرسم الوارد أدناه للإجابة عن الأسئلة *13–11*.



11. في الماضي، غالبًا ما كان يسمّى الطور البيني مرحلة "السكون" في دورة الخلية. اشرح سبب عدم دقة هذه التسمية.

12. اشرح ما تفعله الخلية عند نقطة الفحص المرسومة على صورة إشارة المرور في الرسم.

13. استخدم الرسم لمقارنة السرعة النسبية لحدوث كل من الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي.

14. ضع فرضية حول إمكانية أن يكون كائن حي ما كائنًا غيري التغذية وكائنًا ذاتي التغذية في آنٍ واحد.

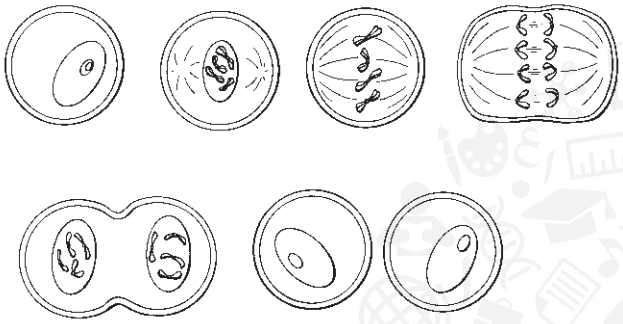
15. افترض أن لديك جِبرًا وحَصَى وملح طعام. صف ما نوع المزيج الذي يكوّنه كل عنصر من هذه العناصر على حدة عند مزجه بالماء. اشرح إجاباتك.

16. سمِّ إنزيمين يدخلان في عملية البناء الضوئي، وصِفْ أدوارهما.

17. استدلّ على تغيّر نسبة مساحة سطح الخلية إلى حجمها مع ازدياد هذا الأخير.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة (تحاكي دراسة PISA)

استخدم الرسم التالي للإجابة عن السؤالين *18* و *19*.



18. حلل الرسم وصِفْ أهمية الخيوط المغزلية للكروماتيدات خلال الطور التمهيدي.

19. صِفْ وظيفة القطعة المركزية، وتوقع ما قد يحدث في حال كانت الخلايا **لا** تحتوي قطع مركزية.

سؤال مقالي

تتواجد العضيات نفسها في عدد كبير من أنواع الخلايا المختلفة في جسم الحيوان. ومع ذلك، يختلف عدد هذه العضيات تبعًا للوظائف المختلفة للخلايا. على سبيل المثال، تحتوي الخلايا التي تتطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة لتنفيذ عملها على عدد أكبر من الأجسام الفتيلية (الميتوكوندريا).

استعن بالمعلومات الواردة في الفقرة السابقة للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال.

20. برأيك، كيف سيختلف نوعان من الخلايا الحيوانية من حيث أنواع العضيات التي يحتويان عليها؟ اكتب فرضية تبيّن الاختلافات على مستوى المحتوى الخلوي بين نوعين من الخلايا الحيوانية، ثم صمِّم تجربة لاختبار فرضيتك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education