

الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم

Mitosis and Cytokinesis

الأهداف

- تصف أحداث كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي.
- تشرح عملية انقسام السيتوبلازم.

مراجعة المفردات

دورة الحياة، تسلسل مراحل النمو التي يمر بها المخلوق الحي خلال حياته.

المفردات الجديدة

الطور التمهيدي
الكروماتيد الشقيق
السنتروميير
الجهاز المغزلي
الطور الاستوائي
الطور الانفصالي
الطور النهائي

الفكرة الرئيسية

تتكاثر الخلايا الجسمية في المخلوقات الحية حقيقية النوى بواسطة الانقسام المتساوي وعملية انقسام السيتوبلازم.

الرُبط مع الحياة للعديد من الأحداث المألوفة دورة في الطبيعة. ويعد كل من تعاقب الليل والنهار، وتغير الفصول عامًا بعد عام وظهور المذنبات في الفضاء، أمثلة على أحداث دورية. للخلايا أيضًا أحداث دورية تتمثل في دورة نمو وتكاثر.

الانقسام المتساوي Mitosis

تتضمن دورة الخلية الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. وفي أثناء الانقسام المتساوي تنفصل المادة الوراثية المتضاعفة وتصبح الخلية جاهزة للانقسام إلى خليتين. ويعد انفصال مادة DNA المتضاعفة العامل الأساسي في الانقسام المتساوي، فهذا يسمح للمعلومات الوراثية في الخلية بالانتقال إلى الخلايا الجديدة المتلاصقة، وينتج خليتين متطابقتين وراثيًا. تستعمل المخلوقات الحية العديدة الخلايا عملية الانقسام المتساوي لزيادة عدد الخلايا خلال نموها، ولعويض الخلايا التالفة. هل تذكر أنك جرحت يومًا؟ تنقسم خلايا الجلد عند الجرح نتيجة الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم لتكوين خلايا جلد جديدة تملأ الفراغ الذي سببه الجرح للجلد.

مراحل الانقسام المتساوي The Stages of Mitosis

الطور التمهيدي Prophase تبسلي المراحل الأولى من الانقسام المتساوي

الطور التمهيدي prophase - الطور الأطول. يرتبط كروماتين الخلية بعضه مع بعض في هذا الطور وتتكتف إلى كروموسومات في صورة حرف X، الشكل 3-6. وفي هذه الحالة يكون كل كروموسوم على شكل تركيب مفرد يحوي المادة الوراثية التي سبق أن تضاعفت في الطور البيني. وكل نصف من الكروموسوم يسمى الكروماتيد الشقيق. والكروماتيدات الشقيقة sister chromatids تراكيب تحوي نسخًا متطابقة من DNA. أما التركيب الذي في منتصف الكروموسوم والذي يربط الكروماتيدات الشقيقة بعضها مع بعض فيسمى **السنتروميير centromere**، وهو تركيب مهم؛ لأنه يضمن انتقال نسخة كاملة من DNA المتضاعف إلى الخلايا الجديدة في نهاية دورة الخلية. حدّد الطور التمهيدي في الشكل 4-6، ثم تتبع الكروماتيدات خلال دورة الخلية.

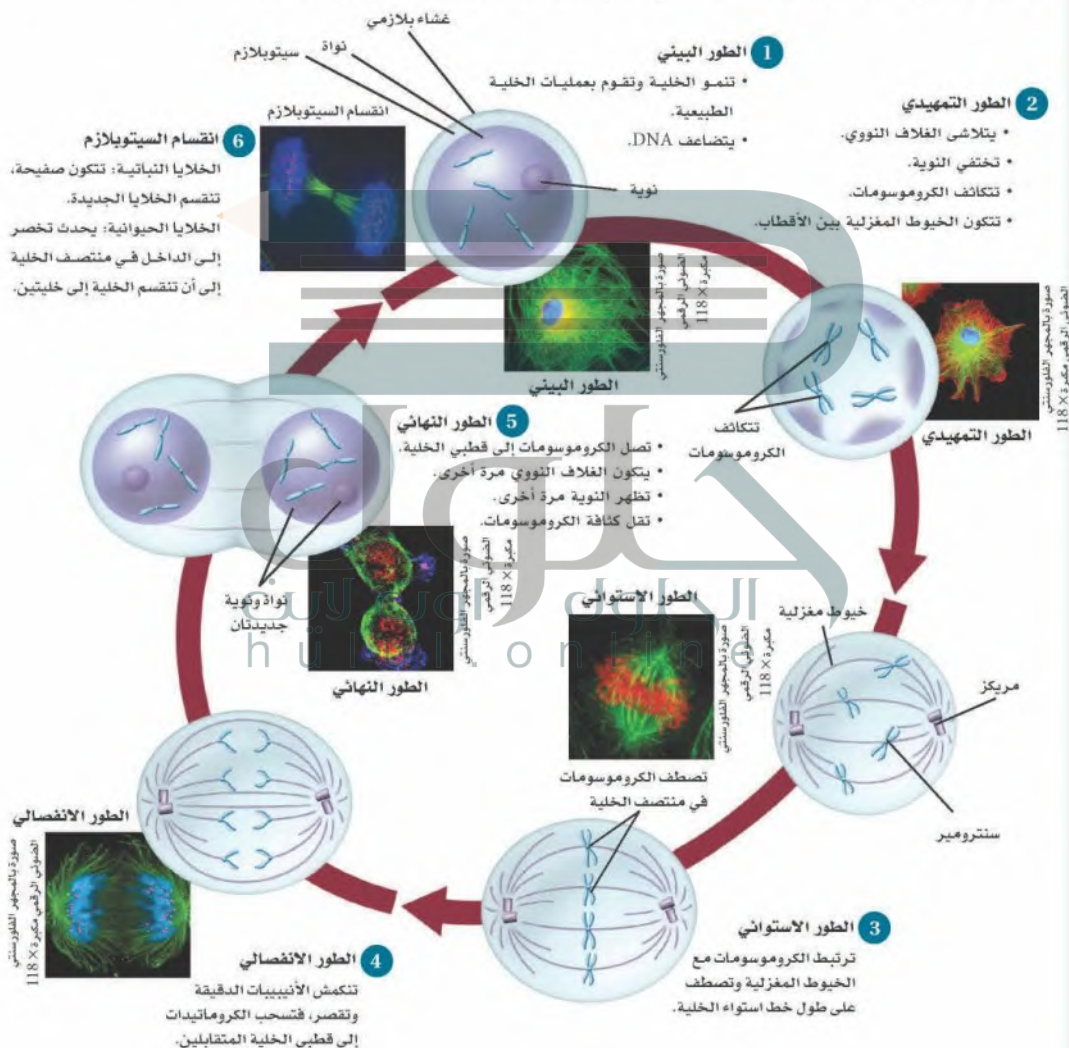
■ الشكل 4-6 الكروموسومات في الطور التمهيدي هي كروماتيدات شقيقة يرتبط بعضها مع بعض في نقطة مركزية تسمى السنتروميير.

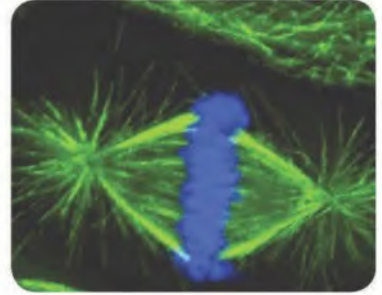
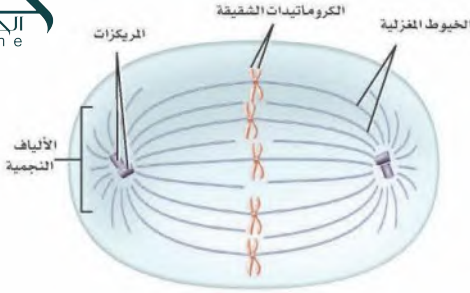


✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين الحدث الرئيس في الطور البيني والحدث الرئيس في الانقسام المتساوي.

دورة الخلية

■ الشكل 5-6 تبدأ دورة الخلية بالطور البيني، يتبعه الانقسام المتساوي الذي يحدث في أربعة مراحل، هي: الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانقباضي والطور النهائي. يتبع الانقسام المتساوي انقسام السيتوبلازم. وتكرر دورة الخلية مع كل خلية جديدة.





صورة بالمجهر الضوئي المركب، التكبير $100\times$

الشكل 6-6 يتكون الجهاز المغزلي في الخلايا الحيوانية من الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية.

مع استمرار الطور التمهيدي تختفي النوية، ويبدأ تكوين تراكيب خاصة من الأنبيبات الدقيقة في السيتوبلازم تسمى الخيوط المغزلية. ويوجد زوج آخر من الأنبيبات الدقيقة في الخلايا الحيوانية وبعض خلايا الطلائعيات تسمى المريكزات التي تنتقل إلى قطبي الخلية، ومنها يخرج نوع آخر من الأنبيبات الدقيقة يسمى الخيوط (الألياف) النجمية التي لها شكل يشبه النجم. ويسمى التركيب الكلي الذي يضم الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية **الجهاز المغزلي** spindle fibers، كما في الشكل 5-6. وللجهاز المغزلي أهمية كبرى في حركة الكروموسومات وتنظيمها قبل انقسام الخلية. والمريكزات ليست جزءاً من الجهاز المغزلي في الخلايا النباتية.

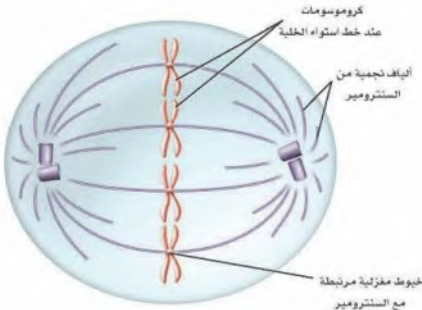
المطويات

ضمن مطوبتك معلومات من هذا القسم.

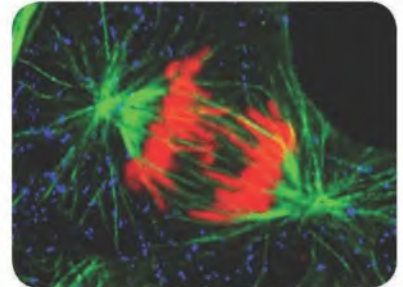
يختفي الغلاف النووي عند نهاية الطور التمهيدي. وترتبط الخيوط المغزلية مع الكروماتيدات الشقيقة في كل كروموسوم على جانبي السنترومير من جهة، وبأقطاب الخلية المتقابلة من جهة أخرى، وهذا الترتيب يضمن حصول كل خلية جديدة على نسخة كاملة من المادة الوراثية DNA.

الطور الاستوائي Metaphase خلال الطور الاستوائي metaphase، وهو الطور الثاني من الانقسام المتساوي، يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة بواسطة بروتينات حركية على طول الجهاز المغزلي في اتجاه مركز الخلية ثم اصطافافها وترتيبها في الوسط، أو على خط استواء الخلية، كما في الشكل 6-6.

الشكل 6-7 خلال الطور الاستوائي ترتب الكروموسومات على طول خط استواء الخلية. استنتج. لماذا تصطف الكروموسومات على طول خط استواء الخلية؟



صورة بالمجهر الضوئي المركب، التكبير $450\times$



ويعد الطور الاستوائي من أقصر الأطوار في الانقسام المتساوي. عندما ينتهي بنجاح فإنه يضمن حصول الخلايا الجديدة على نسخ سليمة من الكروموسومات.

الطور الانفصالي Anaphase يتم سحب الكروماتيدات وتباعدها عن بعض في **الطور الانفصالي anaphase**، أي في المرحلة الثالثة من الانقسام المتساوي. وفي هذا الطور تقصر أنيبيبات الجهاز المغزلي الدقيقة، مما يؤدي إلى سحب الكروماتيدات الشقيقة من منطقة السترومير، ومن ثم انفصالها إلى كروموسومين متطابقين. تنفصل جميع الكروماتيدات الشقيقة في الوقت نفسه، ولم يتم التوصل بعد إلى الآلية التي تتحكم في هذه العملية. وفي نهاية الطور الانفصالي تقوم الأنبيبات الدقيقة بمساعدة البروتينات الحركية على سحب الكروموسومات في اتجاه أقطاب الخلية.

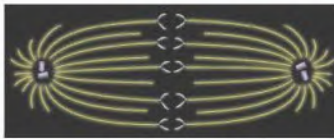
ما المدة الزمنية لكل طور في دورة الخلية؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

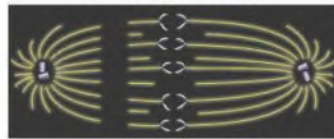


مختبر تحليل البيانات 6-1

بناءً على بيانات حقيقية
توقع النتائج
البيانات والتحليلات . online



أنبيبات معلّمة بالفوسفور



أنبيبات معلّمة بالليزر

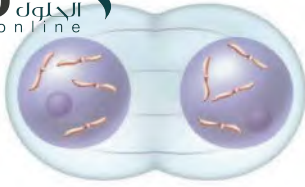
ماذا يحدث للأنبيبات الدقيقة؟ يجري العلماء تجارب لتتبع الكروموسومات على طول الأنبيبات الدقيقة في أثناء الانقسام المتساوي؛ فهم يفترضون تحلل الأنبيبات الدقيقة وإنتاج وحدات من الأنبيبات الفرعية خلال حركة الكروموسومات نحو أقطاب الخلية. وفي هذه التجربة، وضعت إشارة على الأنبيبات الدقيقة بواسطة صبغة صفراء مشعة، وتحديد موقع هذه الصبغة بين القطبين والكروموسومات باستخدام الليزر بإزالة المادة المشعة من المناطق المستهدفة، كما في الشكل.

التذكير الناقد

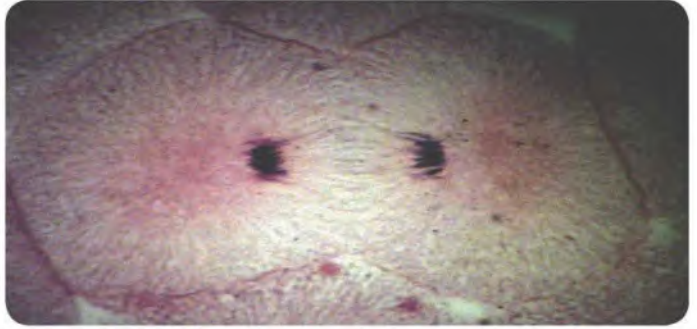
1. اشرح. ما الهدف من استخدام الصبغة المشعة؟
2. توقع. ارمس شكلاً يبين كيف تظهر الخلية في الطور الانفصالي.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Maddox, P., et al. 2003. Direct observation of microtubule dynamics at kineto-chores 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.



■ الشكل 8-6 في نهاية الطور النهائي يكتمل تضاعف المادة الوراثية في الخلية وتقسيمها إلى كتلتين، ولكن لم تنقسم الخلية تمامًا بعد.



الطور النهائي Telophase تسمى المرحلة النهائية من الانقسام المتساوي **الطور النهائي telophase**. وفي أثناء هذا الطور تصل الكروموسومات إلى أقطاب الخلية وتصبح أقل كثافة وترتخي، كما في الشكل 7-6، ويبدأ تكوين غشاءين نوويين جديدين، وتبدأ النويات في الظهور، ويتحلل الجهاز المغزلي، وتعيد الخلية تدوير بعض الأنبيبات الدقيقة لبناء أجزاء متنوعة من الهيكل الخلوي. وعلى الرغم من انتهاء المراحل الأربع من الانقسام المتساوي وانقسام المادة النووية، إلا أن عملية انقسام الخلية لم تكتمل بعد.

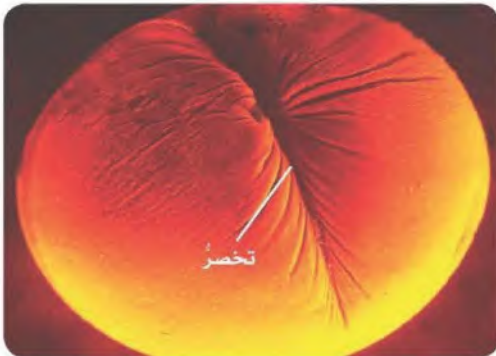
■ الشكل 9-6

يمين: في الخلية النباتية: تبنى الخلايا النباتية صفيحة خلوية تقسم الخلية إلى خليتين جديدتين.
يسار: في الخلية الحيوانية: يبدأ انقسام السيتوبلازم بخصر يفصل الخلية في النهاية إلى خليتين.

انقسام السيتوبلازم Cytokinesis

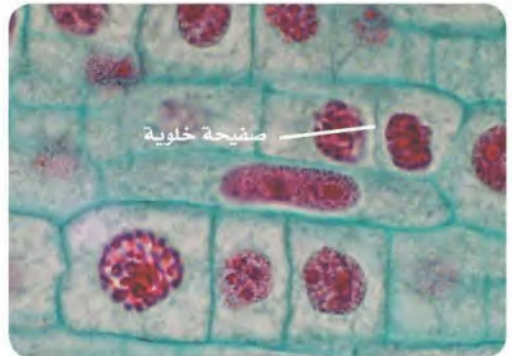
تبدأ الخلية عند انتهاء الانقسام المتساوي عملية أخرى تسمى انقسام السيتوبلازم، تؤدي إلى انقسام السيتوبلازم، فينتج عن ذلك خليتان تحتويان على نواتين متطابقتين. في الخلايا الحيوانية يحدث انقسام السيتوبلازم من خلال الأنبيات الدقيقة التي تضغط على السيتوبلازم. كما في الشكل 8-6، ويسمى مكان ضغط السيتوبلازم التخصر.

خلية حيوانية



صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح

خلايا نباتية



صورة بالمجهر المركب مصبوغة، التكبير $\times 1000$

تتميز الخلايا النباتية بوجود جدار صلب يغطي غشاءها البلازمي. تختصّر الخلية تتكون الصفيحة الخلوية (الصفيحة الوسطى)، بين نوعي الخلايا الجديدة، الشكل 9-6. ثم تتكون الجُدر الخلوية على جانبي الصفيحة الخلوية، وبمجرد اكتمال الجدار الخلوي الجديد تنتج خليتان متطابقتان وراثيًا. الخلايا البدائية النواة التي تنقسم بالانشطار الثنائي، تنقسم بطريقة مختلفة، فعندما تتضاعف مادتها الوراثية تلتصق كلتا النسختين بالغشاء البلازمي، وبعد أن ينمو الغشاء البلازمي يتم سحب جزيئات DNA الملتصقة به بعيدًا. وعندما يكتمل انشطار الخلية تنتج خليتان جديدتان متطابقتان.

التقويم 2-6

الخلاصة

- تحدث عملية الانقسام المتساوي عندما يقسم DNA المتضاعف.
- تتضمن مراحل الانقسام المتساوي الطور التمهيدي، والاستوائي، والانفصالي، والنهاي.
- ينتج عن عملية انقسام السيتوبلازم خلايا جديدة متطابقة وراثيًا.

فهم الأفكار الرئيسية

1. **المفرد** **الربيع** اشرح لماذا لا ينتج عن الانقسام المتساوي خلايا جديدة متشابهة في الصفات؟
2. صف أحداث كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي.
3. ارسم وسم أجزاء كروموسوم في الطور التمهيدي.
4. حدّد مرحلة الانقسام المتساوي التي تقضي فيها الخلية أطول حياتها.
5. قارن بين انقسام السيتوبلازم في خلية نباتية وخلية حيوانية.

التفكير الناقد

6. كون فرضية: ماذا يحدث إذا حقنت خلية بدواء ما يمنع الأنبيبات الدقيقة من الحركة ولا يؤثر في انقسام السيتوبلازم؟
7. **الرياضيات في علم الأحياء** إذا أتممت خلية نباتية دورتها في 24 ساعة، فما عدد الخلايا التي تنتجها في أسبوع؟