

النمو الخلوي Cellular Growth

الأهداف

- تفسر لماذا تكون الخلايا متناهية بالصغر.
- تلخص المراحل الأساسية من دورة الخلية.
- تصف مراحل الطور البيني.

مراجعة المفردات

النفاذية الاختيارية، عملية يسمح فيها غشاء بمرور بعض المواد من خلاله، ويقي بعضها الآخر خارجه.

المفردات الجديدة

- دورة الخلية
- الطور البيني
- الانقسام المتساوي
- انقسام السيتوبلازم
- الكروموسوم
- الكروماتين

الفكرة الرئيسة تنمو الخلايا لتصل إلى أقصى حجم لها، ثم تتوقف عن النمو أو تنقسم.

الربط مع الحياة إذا شكّلت أنت وزميلك فريقاً في مباراة للتنس الأرضي مقابل لاعبين آخرين فقد تشعران بأنكما قادران على تغطية نصف الملعب الخاص بكما من الملعب. أما إذا كان الملعب كبيراً جداً فستواجهان صعوبة في الوصول إلى الكرات بالشكل المناسب. لذا يجب أن يكون حجم الملعب مناسباً للعبة، وكذلك يجب أن يكون حجم الخلية محدوداً لضمان تلبية حاجاتها.

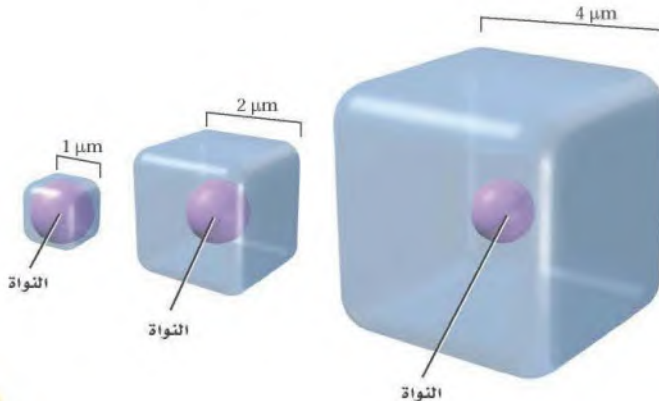
Cell Size Limitations حدود حجم الخلية

يبلغ قطر معظم الخلايا أقل من $100 \mu\text{m}$ ($100 \times 10^{-6} \text{ m}$)، أي أصغر كثيراً من النقطة التي في نهاية هذه الجملة، فلماذا تكون معظم الخلايا صغيرة جداً؟ يبحث هذا القسم في العوامل التي تؤثر في حجم الخلية.

نسبة مساحة السطح إلى الحجم Ratio of surface area to volume

العامل الرئيس الذي يحدد حجم الخلية هو نسبة مساحة سطحها إلى حجمها. ومساحة السطح هي المساحة التي يغطيها الغشاء البلازمي.

الربط الرياضيات لتوضيح نسبة مساحة السطح إلى الحجم، لاحظ المكعب الصغير في الشكل 6-1 الذي يبلغ طول كل ضلع منه $1 \mu\text{m}$ ، وهذا هو حجم الخلية البكتيرية تقريباً. ولحساب مساحة سطح المكعب نضرب الطول في العرض في عدد أوجه المكعب ($6 \times 1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ أوجه)، والتي تساوي $6 \mu\text{m}^2$. ولحساب حجم الخلية، نضرب الطول في العرض في الارتفاع ($1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$) والذي يساوي $1 \mu\text{m}^3$. إذن فنسبة مساحة السطح إلى الحجم هي 6:1.



الشكل 6-1 تقل نسبة مساحة السطح

إلى الحجم كلما ازداد حجم الخلية، ويمثل المكعب الأصغر النسبة 6:1، وهي تمثل المساحة ($6 \times 1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ أوجه)، إلى الحجم ($1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$)، في حين أن أكبر مكعب له النسبة 96:1 وهي المساحة ($6 \times 4 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ أوجه) إلى 64 وهو الحجم ($4 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$)، أي نسبة 2:3.

لماذا تنقسم الخلية؟

ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة عين

مهمة علمية

إذا نمت الخلية المكعبة بمقدار $2\text{ }\mu\text{m}$ من كل جانب، كما في الشكل 1-6، فستصبح مساحة سطح الخلية $24\text{ }\mu\text{m}^2$ ، والحجم $8\text{ }\mu\text{m}^3$. وتصبح نسبة مساحة السطح إلى الحجم 3:1، وهي أقل مما كانت عليه عندما كانت الخلية أصغر. أما إذا استمرت الخلية في النمو فستستمر نسبة مساحة السطح إلى الحجم في النقصان، كما هو الحال في المكعب الثالث من الشكل 1-6. ومع نمو الخلية يزداد حجمها مقارنة بمساحة سطحها، وهذا يعني الصعوبة في الحصول على المواد المغذية، أو في التخلص من الفضلات. أما إذا بقيت صغيرة، فتكون نسبة مساحة سطحها إلى حجمها عالية، وبذلك تستطيع الحفاظ على بقائها بسهولة.

✓ ماذا قرأت؟ هُسر لماذا تعد النسبة الكبيرة بين مساحة الخلية إلى حجمها ذا فائدة للخلية؟

تجربة 1-6

استقص حجم الخلية

هل يمكن أن تنمو الخلية على نحو كافٍ لتحييط بعمرك؟ ماذا يحدث إذا تضاعف حجم الفيل؟ على مستوى المخلوق الحي، لا يمكن أن ينمو الفيل ليصل إلى هذا الحجم؛ بسبب عدم قدرة قدميه على تحمّل الزيادة في كتلته. هل تنطبق هذه المبادئ والحدود على المستوى الخلوي؟ احسب ذلك رياضياً.

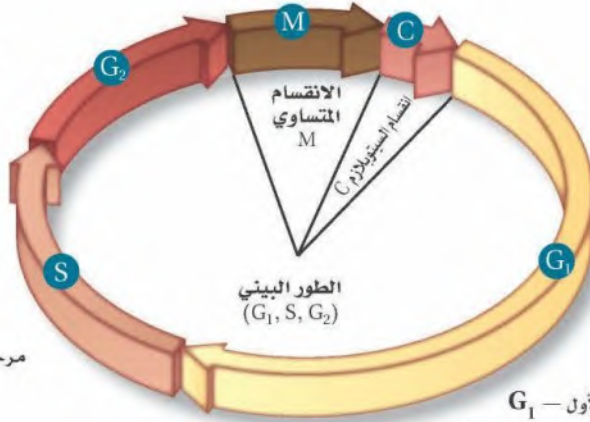
خطوات العمل

1. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات يتضمن بيانات مساحة السطح والحجم لخمس خلايا تم افتراضها. افترض أن الخلية مكعبة الشكل (الأبعاد المعطاة لوجه واحد من المكعب):
الخلية 1 = 0.00002 m (متوسط قطر معظم الخلايا الحقيقية النوى).
الخلية 2 = 0.001 m (قطر خلية عصبية عملاقة في الحبار).
الخلية 3 = 2.5 cm
الخلية 4 = 30 cm
الخلية 5 = 15 m
3. احسب مساحة سطح كل خلية باستخدام المعادلة التالية: الطول × العرض × عدد الأوجه (6).
4. احسب حجم كل خلية باستخدام المعادلة التالية: الطول × العرض × الارتفاع.

التحليل

1. السبب والنتيجة. بناءً على حساباتك، وضح لماذا لا تصبح الخلايا كبيرة جداً؟
2. استنتج. هل ضخامة حجم بعض المخلوقات الحية - مثل الفيلة وشجر الخشب الأحمر - يعود إلى احتوائها على خلايا ضخمة جداً أم أن معظم خلاياها لها حجم عادي؟ فسر إجابتك.

مرحلة النمو الثاني — G_2
تتهيأ الخلية للانقسام



مرحلة بناء DNA وتضاعفه S

مرحلة النمو الأول G_1

تنمو الخلية وتقوم بوظائفها الطبيعية

الاتصال الخلوي Cellular communication هناك عامل آخر يحدد حجم الخلية، وهو حاجة بروتينات التواصل الخلوي للحركة خلال الخلية. وبمعنى آخر، يؤثر الحجم في قدرة الخلية على إيصال التعليمات للقيام بالوظائف الخلوية. فإذا أصبحت الخلية كبيرة جداً يصبح من المستحيل القيام بالتواصل الخلوي، الذي يشمل حركة المواد والإشارات المرسلات للعضيات المختلفة، لتقوم بوظائفها على أتم وجه. فمثلاً قد لا تصل الإشارات التي تحفز بناء البروتين بسرعة كافية إلى الرايوسوم حتى يتم بناء البروتين اللازم لبقاء الخلية.

دورة الخلية Cell Cycle

عندما تصل الخلية إلى أقصى حجم لها فإنها لا تنقسم أو تتوقف عن النمو. وفي النهاية تنقسم أكثر الخلايا؛ فالانقسام لا يمنع الخلية من زيادة حجمها كثيراً فقط، بل هو يمثل آلية التكاثر في الخلية. وتتكاثر الخلايا عبر دورة نمو وانقسام، تسمى **دورة الخلية cell cycle**. وتمر الخلية في كل مرة بدورة كاملة لتصبح خليتين، وعند تكرار دورة الخلية باستمرار تكون النتيجة استمرار إنتاج الخلايا الجديدة. ويوضح الشكل 2-6 دورة الخلية.

تمر دورة الخلية بثلاث مراحل، هي: **الطور البيني interphase**، ويتضمن نمو الخلية وقيامها بالوظائف الخلوية وتضاعف مادتها الوراثية DNA استعداداً للمرحلة التالية من الدورة. ويُقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية، الشكل 2-6. والمرحلة الثانية **الانقسام المتساوي mitosis**، وهو تلك المرحلة من دورة الخلية التي تنقسم فيها نواة الخلية ومادتها النووية، وتُقسم مرحلة الانقسام المتساوي إلى أربعة مراحل فرعية. أما عملية **انقسام السيتوبلازم cytokinesis** - وهي طريقة ينقسم بها سيتوبلازم الخلية مكوناً خلية جديدة - فتبدأ قبل نهاية الانقسام المتساوي.

■ الشكل 2-6 تتضمن دورة الخلية ثلاث مراحل، هي: الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. ينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية. **كُون فرضية**. لماذا يُمثل انقسام السيتوبلازم أقصر فترة في دورة الخلية؟

المفردات

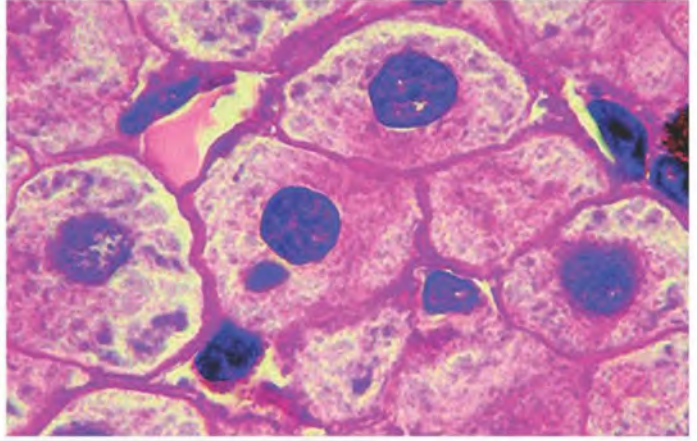
أصل الكلمة

انقسام السيتوبلازم Cytokinesis

من الكلمة اليونانية Cyto، وتعني "الوعاء الأجوفا"، و kinesis التي تعني "بدء الحركة".

■ الشكل 3-6 إن سبب انقسام الخلية

هذه النواة في خلية كبد الفأر هو الكروماتين
وهو المادة الوراثية في حالة ارتخاء قبل تكوّن
الكروموسومات.



تختلف فترة دورة حياة الخلية، اعتماداً على الخلية التي تنقسم؛ فبعض الخلايا الحقيقية النوى قد تكمل دورتها في ثماني دقائق، في حين تستغرق خلايا أخرى عامًا كاملاً. إلا أن معظم الخلايا الحيوانية الطبيعية والنشطة تستغرق 12-24 ساعة تقريباً لإتمام دورتها. ومن المثير للدهشة أن تعرف أن بعض خلايا جسمك تُتم دورتها في يوم واحد تقريباً.

مراحل الطور البيني The stages of interphase تنمو الخلية في أثناء الطور البيني لتصبح خلية ناضجة ونشطة، وتتضاعف مادتها الوراثية (DNA) وتستعد للانقسام. ويُقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية، الشكل 2-6، هي: طور النمو الأول G_1 ، وطور بناء DNA-S، وطور النمو الثاني G_2 .

المرحلة الفرعية الأولى من الطور البيني (G_1) هي فترة ما بعد انقسام الخلية مباشرة. وفي هذه المرحلة تنمو الخلية، وتقوم بوظائفها الطبيعية، وتنتهي الخلية لتضاعف DNA. وبعض الخلايا مثل الخلايا العضلية والخلايا العصبية تنهي دورتها عند هذه المرحلة ولا تنقسم مرة أخرى.

أما المرحلة الفرعية الثانية وهي مرحلة بناء DNA أو مرحلة (S)، فهي الفترة التي تقوم فيها الخلية بنسخ مادتها الوراثية (DNA) استعداداً لانقسام الخلية. **والكروموسومات chromosomes** تراكيب تحوي المادة الوراثية (DNA) التي تنتقل من جيل إلى جيل آخر من الخلايا. أما **الكروماتين chromatin** فهو كمية قليلة من المادة الوراثية (DNA)، توجد في نواة الخلية. وعند صبغ الخلية في أثناء الطور البيني، تظهر النواة باللون المرقط، كما في الشكل 3-6، وذلك نتيجة وجود خيوط فردية من الكروماتين لا تظهر بالمجهر الضوئي المركب دون صبغها.

أما طور النمو الثاني G_2 الذي يلي مرحلة البناء فهو الفترة التي تستعد خلالها الخلية للانقسام. وفي هذا الوقت يبدأ بناء البروتين الذي يُنتج الأنبيبات الدقيقة اللازمة لانقسام الخلية. وفي أثناء مرحلة G_2 تستعد الخلية للدخول في عملية الانقسام المتساوي، وعند إتمام هذه النشاطات تبدأ الخلية المرحلة التالية من دورة الخلية، وهي الانقسام المتساوي.

الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم Mitosis and cytokinesis

تحدث مراحل الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم بعد مرحلة الطور البيني مباشرة. ففي الانقسام المتساوي تنقسم المواد النووية في الخلية وتنفصل وتنتقل إلى طرفي الخلية المتقابلين. وتنقسم الخلية في أثناء انقسام السيتوبلازم إلى خليتين جديدتين تحتويان على نوى متطابقة.

انقسام الخلايا بدائية النوى Prokaryotic cell division تمر الخلايا حقيقية النوى بدورة الخلية حتى تتكاثر، أما الخلايا بدائية النوى فتتكاثر بطريقة تسمى الانشطار الثنائي.

الحلول اون لاين

التقويم 1-6

فهم الأفكار الرئيسية التفكير الناقد

الخلاصة

- 1. **الفكرة الرئيسية** اربط حجم الخلية مع وظائفها، ثم فسر كيف أن حجم الخلية محدد؟
- 2. **لخص** المراحل الرئيسة في دورة الخلية.
- 3. **صف** ما يحدث للمادة الوراثية DNA في أثناء مرحلة بناء DNA -مرحلة (S)- من الطور البيني.
- 4. **ارسم** شكلاً تخطيطياً لمراحل دورة الخلية، ووصف ما يحدث في كل منها.
- 5. **كوّن فرضية.** ماذا يحدث إذا تمكنت خلية كبيرة من الانقسام، على الرغم من نموها إلى ما يفوق حجمها المثالي؟
- 6. **الرياضيات هي علم الأحياء** إذا كان مكعب طول أحد جوانبه $5 \mu m$ يمثل خلية فاحسب نسبة مساحة سطحه إلى حجمه، ثم فسر هل يعد هذا الحجم مناسباً للخلية أم لا؟
- نسبة مساحة السطح إلى الحجم تصف مساحة الغشاء البلازمي إلى حجم الخلية.
- يحدد نقل المواد وتعليمات التواصل الصادرة عن النواة حجم الخلية.
- دورة الخلية هي عملية التكاثر الخلوي.
- تقضي الخلية معظم حياتها في الطور البيني.