

## التركيب الخلوية والعضيات Cellular structures and organelles

### الأهداف

- تصف آلية عمل الغشاء البلازمي.
- تحدد تركيب أجزاء خلية حقيقية النواة ووظيفتها.
- تقارن بين تركيب الخلايا النباتية والحيوانية.

### مراجعة المفردات

التنظيم، التركيب المنتظم للخلايا في المخلوق الحي.

### المفردات الجديدة

الغشاء البلازمي  
العضيات  
النفاذية الاختيارية  
طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة  
البروتين الناقل  
النموذج الفسيفسائي السائل  
الهيكل الخلوي  
البلاستيدات الخضراء  
الجدار الخلوي  
الهذب  
السوط

**الفكرة الرئيسة** يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.

**الربط مع الحياة** عندما تدخل إلى مدرستك تمر عبر بوابة متصلة بسور يحيط بالمدرسة. يمنع هذا السور غير المعنيين من دخول المدرسة، في حين يُسمح بدخول الطلاب والعاملين والآباء. ولكل من الخلية البدائية النواة والحقيقية النواة تركيب يحافظ على البيئة الداخلية لها. وفي مدرستك يقوم المعلمون بتدريس المواد، كل بحسب تخصصه، مما يؤدي في النهاية إلى كيان تربوي متكامل يؤدي وظيفة واحدة هي التعليم. وكذلك تؤدي تركيب الخلايا الحقيقية النواة مهام معينة كأعضاء المدرسة تمامًا.

### الأنواع الأساسية للخلايا Basic Types of Cells

تعد الخلايا الوحدات الأساسية للمخلوقات الحية جميعها. وتوجد بأشكال وحجوم مختلفة. كما تختلف بناءً على الوظيفة التي تؤديها في المخلوقات الحية. تشترك جميع الخلايا في صفة شكلية هي الغشاء البلازمي. والغشاء البلازمي plasma membrane في الشكل 1-4، هو حاجز خاص يساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. وللخلايا عادةً عدد من الوظائف المشتركة. فمثلاً تحوي جميع الخلايا مادة وراثية تعطي معلومات وتعليمات للخلية لإنتاج مواد تحتاج إليها.

■ الشكل 1-4 حجم الخلية البدائية النواة عن اليسار أصغر وأقل تعقيداً من الخلية الحقيقية النواة عن اليمين. تم تكبير الخلية البدائية النواة لغرض المقارنة.

صورة مجسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح التفاضل: التكبير  $\times 15,000$



خلية بدائية النواة

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح التفاضل: التكبير غير معروف



خلية حقيقية النواة

كما تحلل الخلايا الجزيئات لإنتاج الطاقة اللازمة لعمليات الأيض. وقد قسم العلماء الخلايا إلى مجموعتين، هما: الخلايا البدائية النواة Prokaryotic cells، والخلايا الحقيقية النواة Eukaryotic cells. يبين الشكل 1-4 صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لهذه الخلايا. وعادة ما تكون الخلايا الحقيقية النواة أكبر من الخلايا البدائية النواة، بل قد يزيد حجمها عليها مئة مرة.

✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين أحجام الخلايا البدائية النواة والحقيقية النواة.

قارن بين أنواع الخلايا في الشكل 1-4، ستلاحظ أن هناك اختلافات بينهما في تراكيبهما الداخلية؛ ولذلك وضعها العلماء في مجموعتين مختلفتين. فكلتاها تحتوي غشاءً بلازمياً، إلا أن إحداها تحوي تراكيب داخلية مميزة تسمى **المعضيات** organelles، وهي تراكيب خاصة تقوم بوظائف محددة.

تحوي الخلايا الحقيقية النواة نواة وعضيات أخرى محاطة بأغشية؛ أما النواة فهي عضوية مركزية مميزة تحوي المادة الوراثية على شكل DNA. تسمح العضيات للخلية بالقيام بوظائفها في أجزاء مختلفة من الخلية في الوقت نفسه، وتكون معظم المخلوقات الحية من الخلايا الحقيقية النواة. كما أن بعض المخلوقات الحية الوحيدة الخلية - ومنها بعض الطلائعيات كالطحالب والفطريات كالخميرة - من المخلوقات حقيقية النواة. أما الخلايا البدائية النواة فهي خلايا ليس لها نواة أو عضيات محاطة بغشاء. ومعظم المخلوقات الحية الوحيدة الخلية - ومنها البكتيريا - خلايا بدائية النواة؛ لذا سميت الخلايا البدائية النواة.

### وظيفة الغشاء البلازمي Function of the Plasma Membrane

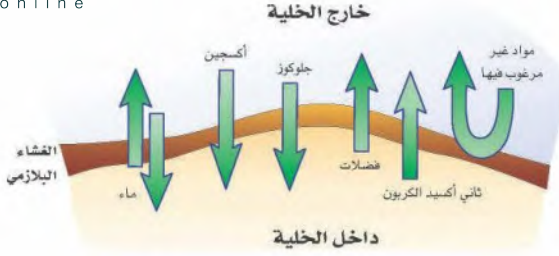
درست سابقاً أن عملية المحافظة على اتزان البيئة الداخلية للمخلوقات الحية تسمى الاتزان الداخلي، وهي ضرورية لبقاء الخلية. ويعد الغشاء البلازمي أحد التراكيب المسؤولة أساساً عن الاتزان الداخلي؛ فهو حاجز فاصل رقيق مران بين الخلية وبيئتها يسمح بمرور المواد المغذية إلى الخلية وخروج الفضلات والمواد الأخرى. تحوي جميع الخلايا البدائية والحقيقية النواة غشاءً بلازمياً يفصلها عن البيئة السائلة التي توجد فيها.

تعد خاصية النفاذية الاختيارية selective permeability إحدى الصفات المهمة للغشاء البلازمي؛ إذ يسمح الغشاء البلازمي بمرور بعض المواد إلى الخلية، ويمنع مرور أخرى.

اعتبر أن شبكة الصيد تمثل النفاذية الاختيارية، فالشبكة المبينة في الشكل 2-4،

### تجريبية استهلاكية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الخلية، كيف نجيب الآن عن أسئلة التحليل؟



#### ■ الشكل 2-4

تسمح للماء والمواد الأخرى بالمرور، ولكنها لا تسمح بمرور السمك من خلالها. وبناءً على حجم الثقوب في الشبكة، فقد تمر بعض أنواع الأسماك من الثقوب، في حين لا تمر أنواع أخرى. ويوضح المخطط في الشكل 2-4 النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي، كما تبين الأسهم المواد التي تمر من الخلية وإليها عبر الغشاء البلازمي. ويحدد تركيب الغشاء البلازمي السيطرة على كمية المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها، ومتى تدخل أو تخرج، وطريقة انتقالها.

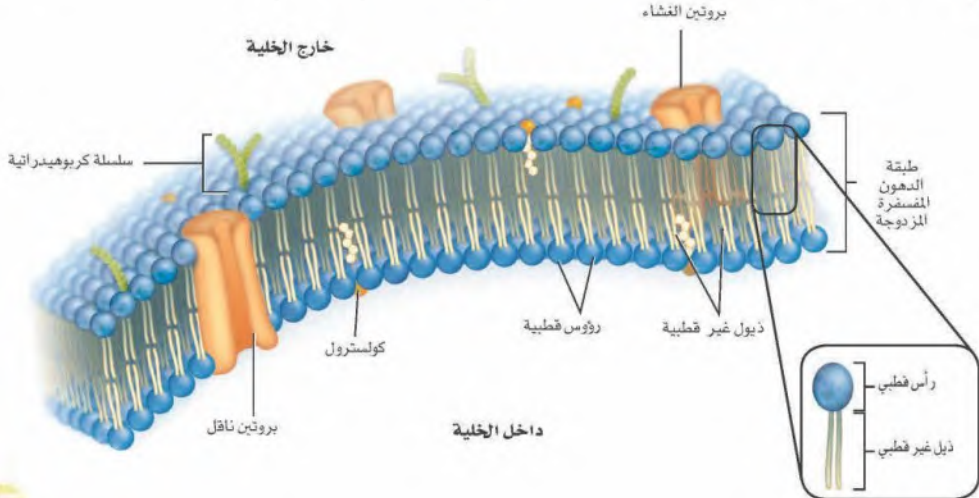
يمين: تحجز شبكة الصيد السمك، وتسمح بمرور الماء وما فيه من سائر المواد. يسار: يحدد الغشاء البلازمي - بصورة مشابهة لشبكة صيد السمك - المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها.

✓ ماذا قرأت؟ وضع المقصود بالنفاذية الاختيارية.

### تركيب الغشاء البلازمي Structure of Plasma Membrane

الرابط الكيميائي معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي دهون. والدهون جزيئات كبيرة مكونة من الجليسرول وثلاثة أحماض دهنية. فإذا حل مكان أحد الأحماض الدهنية مجموعة فوسفات تتكون الدهون (الليبيدات) المفسفرة. والدهون المفسفرة جزيئات تكونت من سلسلة أساسية من الجليسرول وسلسلتين

■ الشكل 3-4 تبدو الطبقة المزدوجة من الدهون المفسفرة كالشطيرة، مع بقاء الرأس القطبي (المحب للماء) في اتجاه الخارج والذيل غير القطبي (الكاره للماء) نحو الداخل. استنتج كيف تعبر المواد الكارهة للماء الغشاء البلازمي؟





## المفردات الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام الشائع

### القطبي polar

الاستخدام العلمي: التوزيع غير المتساوي للشحنات.

يجذب الطرف الموجب للجزيء القطبي الطرف السالب لجزيء قطبي آخر.

الاستخدام العام: مرتبط جغرافياً بالمنطقة القطبية.

يبلغ سمك الغطاء الجليدي القطبي في بعض المناطق 1.6 km تقريباً.

من الأحماض الدهنية ومجموعة فوسفات. ويتكون الغشاء البلازمي من طبقتين من **الدهون المفسفرة المزدوجة phospholipid bilayer**، تترتب ذيلًا مقابل ذيل، كما في الشكل 3-4؛ وبطريقة تسمح بأن يبقى الغشاء البلازمي قائمًا في بيئة سائلة.

### طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة The phospholipid bilayer

تلاحظ في الشكل 3-4 أن كل طبقة دهون مفسفرة رُسمت على شكل رأس له ذيلان؛ حيث تكوّن مجموعة الفوسفات رأسًا قطبيًا في كل طبقة من الدهون المفسفرة. وينجذب الرأس القطبي إلى الماء؛ لأن الماء قطبي أيضًا. أمّا ذيلًا الأحماض الدهنية فهما غير قطبيين ويتنافران مع الماء.

تشكل جزيئات طبقتي الدهون المفسفرة ما يشبه الشطيرة، حيث تكوّن فيها ذيول الأحماض الدهنية الجزء الداخلي (الأوسط) من الغشاء البلازمي، في حين تكون رؤوس الدهون المفسفرة مواجهة للبيئة السائلة داخل الخلية وخارجها، الشكل 3-4. ويعد التركيب المزدوج مهمًا في تكوين الغشاء البلازمي وأدائه لوظيفته. تترتب الدهون المفسفرة بطريقة تجعل الرؤوس القطبية هي الأقرب إلى جزيئات الماء، والذيل غير القطبية هي الأبعد عنها. وعندما تتجمع جزيئات الدهون المفسفرة معًا بهذا النمط فإنها تشكل حاجزًا سطحيًا قطبيًا وأوسطه غير قطبي. ولذلك لا تمر المواد الذائبة في الماء بسهولة عبر الغشاء البلازمي؛ لأن وسط الغشاء غير القطبي يعيقها. وهكذا يستطيع الغشاء البلازمي فصل بيئة الخلية الداخلية عن بيئتها الخارجية.

### مكونات الغشاء البلازمي الأخرى

### Other components of plasma membrane

يوجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي بروتينات، تسمى المستقبلات، ترسل إشارات إلى داخل الخلية. كما تقوم بروتينات الغشاء البلازمي الموجودة على السطح الداخلي له بربطه مع تراكيب الدعم الخلوية الداخلية، مما يعطي الخلية شكلًا مميزًا. كما تتحرك بروتينات أخرى الغشاء كله فتكوّن قنوات تدخل من خلالها بعض المواد إلى الخلية أو تخرج منها. وتنقل البروتينات الناقلة transport proteins المواد التي تحتاج إليها الخلية أو الفضلات عبر الغشاء البلازمي. ومن المواد التي تنتقل عبر طبقة الدهون المفسفرة في الغشاء البلازمي الكوليسترول، والبروتينات والكربوهيدرات. فتلاحظ أن البروتينات تسهم في خاصية النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي.

✓ **ماذا قرأت؟** صف فوائد التركيب الطبقي المزدوج للغشاء البلازمي.

حدّد موقع جزيئات الكوليسترول في الشكل 3-4. يتنافر الماء والكوليسترول غير القطبي ولهذا نجد الكوليسترول بين الدهون المفسفرة.

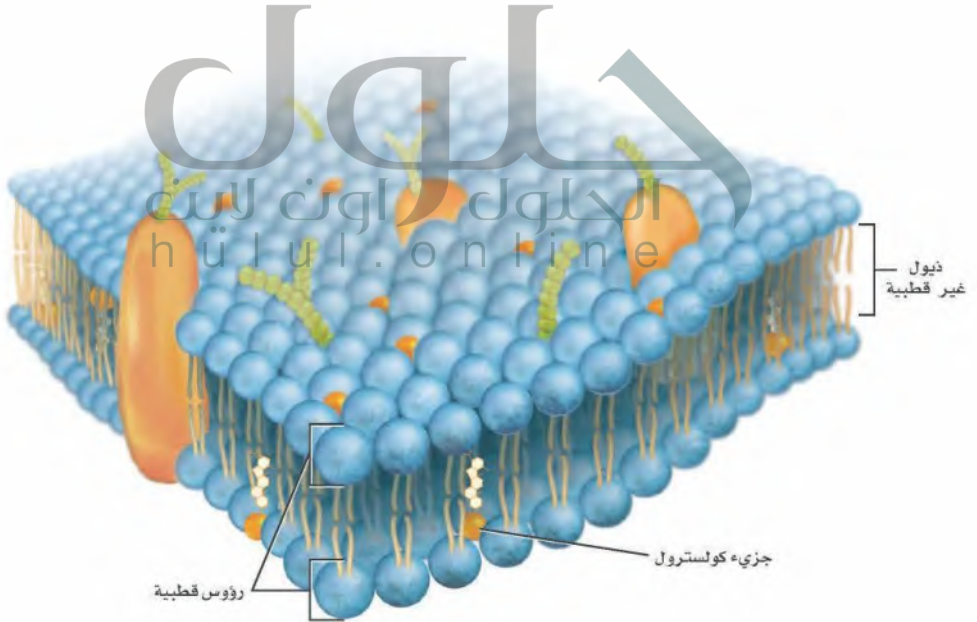
### إرشادات الدراسة

**مناقشة** اطلب من الطلاب العمل في مجموعات ثنائية، وأن يسأل بعضهم بعضًا أسئلة تتعلق بالغشاء البلازمي، ويتناقشوا معًا في إجاباتهم، على أن يأخذ كل منهم دوره في المناقشة وطرح الأسئلة.

يساعد الكوليسترول على منع التصاق ذيل الأحماض الدهنية في طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة بعضها مع بعض، مما يساهم في سيولة الغشاء البلازمي. وعلى الرغم من التوصية بعدم تناول المواد الغنية بالكوليسترول بكثرة، إلا أن الكوليسترول يؤدي دوراً مهماً في تركيب الغشاء البلازمي، ويعد مكوناً مهماً أيضاً في الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية.

وهناك مواد أخرى في الغشاء البلازمي، ومنها الكربوهيدرات المرتبطة مع البروتينات لتحديد خصائص الخلية وتساعد على معرفة الإشارات الكيميائية. فمثلاً، تساعد الكربوهيدرات الموجودة على الغشاء البلازمي الخلايا المقاومة للمرض على تمييز الخلية الضارة وتهاجمها. تكوّن الدهون المفسفرة المزدوجة "بحراً" تعوم فيه الجزيئات. ومفهوم البحر هذا هو أساس **النموذج الفسيفسائي السائل** fluid mosaic model في الغشاء البلازمي. وتتحرك الدهون المفسفرة جانبياً داخل الغشاء البلازمي. وفي الوقت نفسه، تتحرك مكونات أخرى - ومنها البروتينات خلال الدهون المفسفرة. وبسبب وجود مواد مختلفة في الغشاء البلازمي يتكوّن نمط فسيفسائي على سطح الخلية، الشكل 4-4. كما أن مكونات الغشاء البلازمي في حركة دائمة وثابتة، وينزلق بعضها فوق بعض.

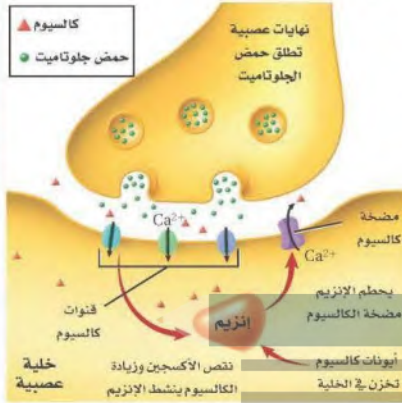
■ الشكل 4-4 يشير النموذج الفسيفسائي السائل إلى غشاء بلازمي قادر على نقل المكونات من خلاله.



## مختبر تحليل البيانات 4-1

### بناءً على بيانات حقيقية

#### تفسير الشكل



كيف تسهم قنوات البروتين في موت الخلايا العصبية بعد السكتة الدماغية؟ تحدث السكتة الدماغية عندما تسد خثرة دم تدفق الدم المؤكسج إلى جزء من الدماغ. ولأن الخلايا العصبية التي تطلق حمض الجلوتاميت حساسة لنقص الأكسجين؛ فتطلق كمية كبيرة من حمض الجلوتاميت عندما يقل مستوى الأكسجين. ويؤدي التدفق الكبير لحمض الجلوتاميت إلى تدمير مضخة الكالسيوم. ويؤثر هذا في حركة الكالسيوم داخل الخلية العصبية وخارجها. وعندما تحتوي الخلايا على فائض من الكالسيوم يحدث خلل في الاتزان الداخلي.

#### التفكير الناقد

1. فسر كيف يدمر تدفق حمض الجلوتاميت مضخة الكالسيوم؟
2. توقع ماذا يحدث إذا انخفضت مستويات الكالسيوم في خلية عصبية خلال السكتة الدماغية؟

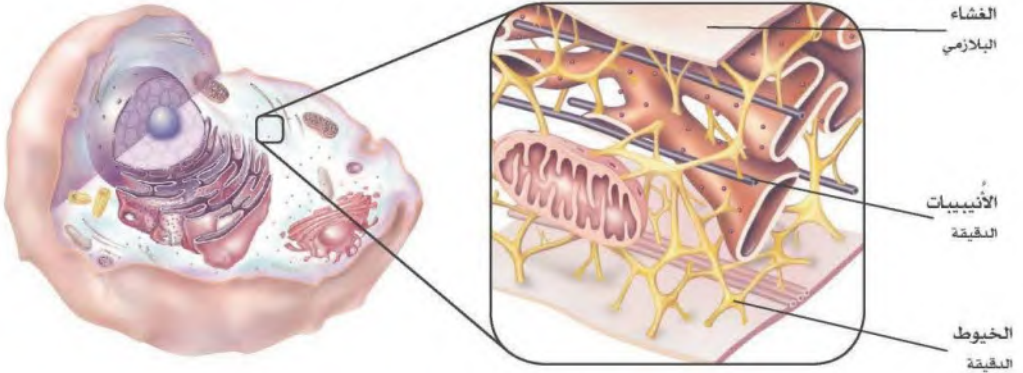
Choi, D.W. 2005 Neurodegeneration: cellular defence destroyed. *Nature* 433: 696–698

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

## السييتوبلازم والهيكل الخلوي Cytoplasm and Cytoskeleton

تعرفت جزء الخلية الذي يعمل حاجزاً بين بيئة الخلية الداخلية والخارجية، فالبيئة داخل الخلية شبه سائلة وتسمى السييتوبلازم. اكتشف علماء الأحياء أن العضيات لا تسبح في الخلية، ولكن تدعمها تراكيب داخل السييتوبلازم، كما في الشكل 4-5. والهيكل الخلوي cytoskeleton شبكة مكونة من خيوط بروتينية طويلة تدعم الخلية وتعطيها شكلها، وتثبت العضيات داخل الخلايا. كما يساعد الهيكل الخلوي على حركة الخلية وأنشطتها الأخرى.

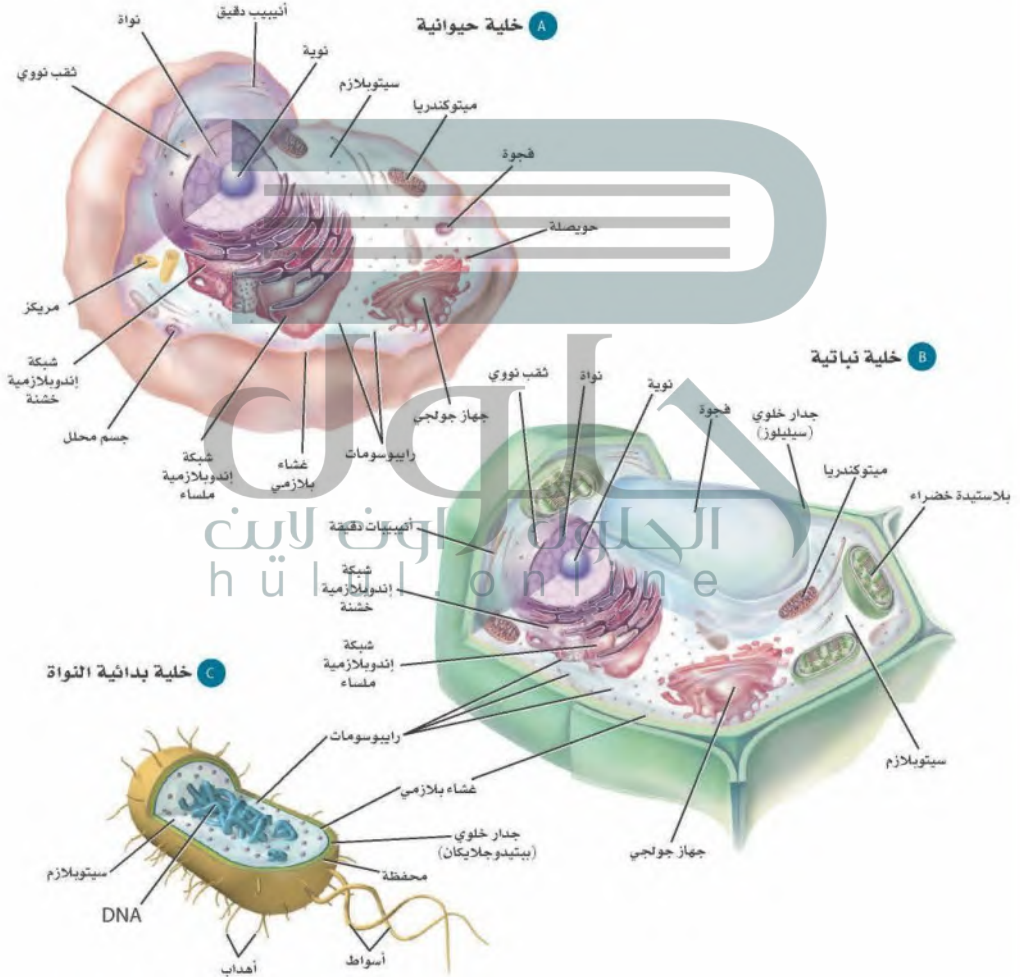
الشكل 4-5 يتكون الهيكل الخلوي من الأنابيب الدقيقة والخيوط الدقيقة.



الهيكل الخلوي



■ الشكل 4-6 قارن بين مكونات خلية حيوانية وخلية نباتية وخلية بدائية النواة في الرسوم أدناه. توجد بعض العضيات في الخلايا النباتية فقط، وتوجد عضيات أخرى في الخلايا الحيوانية فقط. كما لا توجد عضيات محاطة بغشاء في الخلايا البدائية النواة.



## المفردات

### أصل الكلمة

سيتوبلازم Cytoplasm

هيكل خلوي Cytoskeleton

يرجع أصل مقطع: - Cyte

إلى اللغة اليونانية، ويعني

الخلية.

يتكون الهيكل الخلوي من تراكيب ثانوية تسمى الأنبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة. والأنبيبات الدقيقة تراكيب أسطوانية طويلة مجوفة من البروتين تكون هيكلًا صلبًا للخلية، وتساعد على حركة المواد داخل الخلية. أما الخيوط الدقيقة فهي خيوط بروتينية رفيعة تساعد على إعطاء الخلية شكلها، وتمكن الخلية كاملة أو جزءًا منها من الحركة. وتتجمع الأنبيبات والخيوط الدقيقة أو تتفرق ليتزلق بعضها فوق بعض، مما يسهم في حركة الخلية.

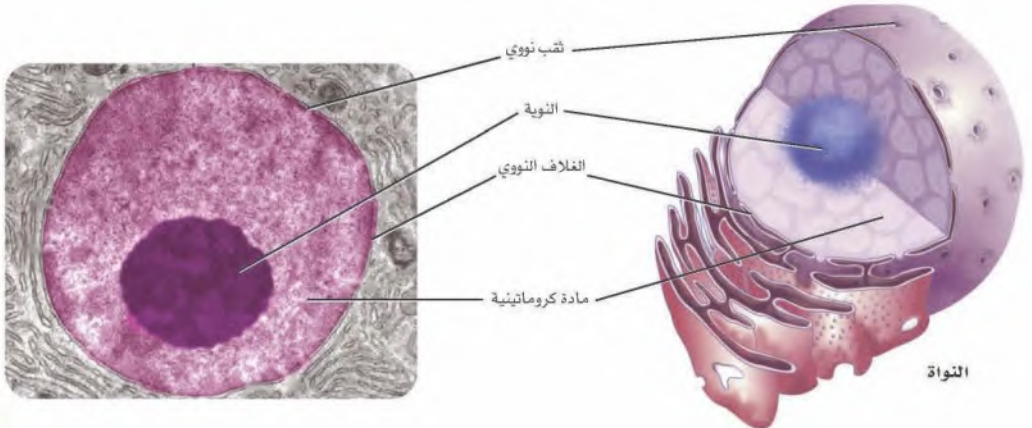
## تراكيب الخلية Cell Structures

هناك مناطق منفصلة في المصانع مخصصة لأداء مهام مختلفة. وكذلك الخلية الحقيقية النواة لها مناطق مختلفة للقيام بالمهام. ويؤدي وجود العضيات المحاطة بالغشاء إلى القيام بعمليات كيميائية مختلفة في الوقت نفسه وفي أجزاء مختلفة من السيتوبلازم. كما تقوم العضيات بالعمليات الخلوية الضرورية، ومنها بناء البروتين، وتحويل الطاقة، وهضم الغذاء، وإخراج الفضلات، وانقسام الخلية. ولكل عضية تركيب ووظيفة مميزان. ويمكنك مقارنة العضيات بمكاتب المصنع، وخطوط التجميع، ومناطق أخرى مهمة تحافظ على استمرار الإنتاج. ارجع إلى مخططات الخلايا النباتية والحيوانية في الشكل 6-4، عند دراسة كل من هذه العضيات.

**النواة Nucleus** تحتاج الخلية إلى عضية لتنظيم عملياتها؛ فالنواة، في الشكل 7-4، هي التركيب الذي ينظم عمليات الخلية. وتحوي النواة معظم DNA الخلية الذي يخزن المعلومات التي تستخدم في بناء البروتينات اللازمة لنموها، ووظيفتها وتكاثرها. تحاط النواة بغشاء مزدوج يسمى الغلاف النووي، وهو مشابه للغشاء البلازمي إلا أن للغلاف النووي ثقبًا تسمح للمواد الأكبر حجمًا بدخول النواة والخروج منها. كما تنتشر المادة الكروماتينية داخل النواة، وهي عبارة عن DNA معقد يرتبط بروتين.  ماذا قرأت؟ صف دور النواة.

■ الشكل 7-4 يمين شكل نواة الخلية ثنائي الأبعاد. وتبين الصورة يسارًا مقطعًا عرضيًا في النواة.

استنتج فسر لماذا لا تتشابه جميع المقاطع العرضية للنواة؟

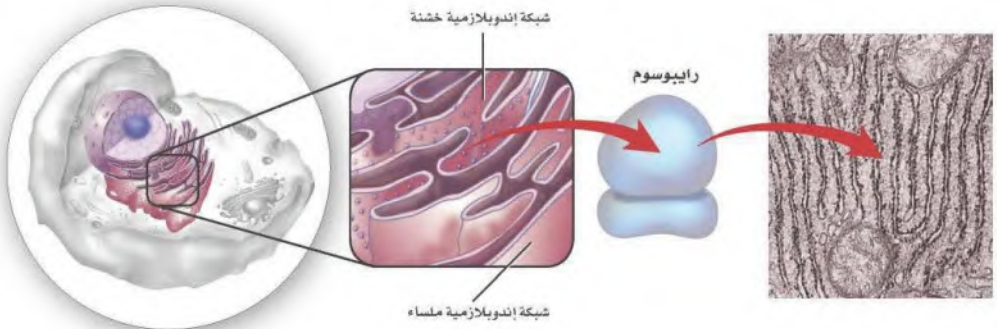


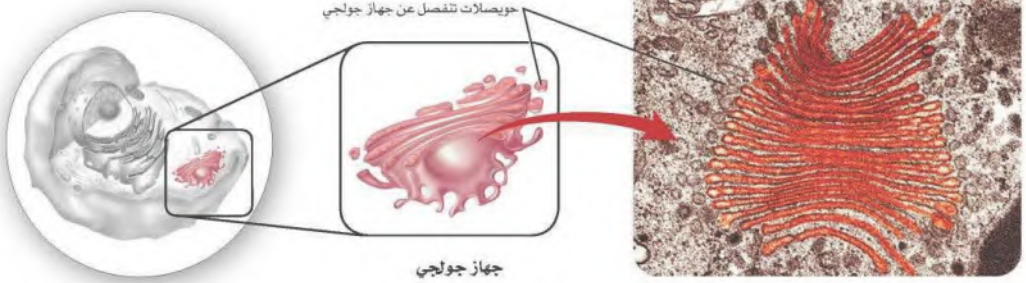


**الرايبوسومات Ribosomes** من وظائف الخلية إنتاج البروتين. وتسمى العضيات التي تساعد الخلية على صنع البروتين الرايبوسومات. تتكون الرايبوسومات من مكونين رئيسيين، هما RNA والبروتين، ولا تحاط الرايبوسومات بغشاء كباقي العضيات في الخلية. ويتم إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل النواة، الشكل 4-7. تحوي الخلايا الكثير من الرايبوسومات التي تنتج بروتينات مختلفة تستخدمها الخلية أو تنتقل إلى خارج الخلية لتستخدمها خلايا أخرى. كما تسبح بعض الرايبوسومات بحرية في السيتوبلازم، في حين يرتبط بعضها الآخر مع عضيات أخرى تسمى الشبكة الإندوبلازمية. وتنتج الرايبوسومات الحرة بروتينات تستخدم داخل سيتوبلازم الخلية. أما الرايبوسومات المرتبطة فتنتج بروتينات يتم إحاطتها بغشاء أو تستخدمها خلايا أخرى.

**الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum** هي نظام يتكوّن من قنوات متصلة ومتداخلة محاطة بغشاء مزدوج تعمل بوصفها مواقع لبناء البروتين والدهون؛ حيث تزودها الانشاءات والصفائح التي داخلها بمساحة سطح أكبر لكي تُنتج الوظائف الخلوية. وعندما ترتبط الرايبوسومات مع منطقة على الشبكة الإندوبلازمية فإن هذه المنطقة تسمى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. لاحظ الشكل 4-8 حيث تبدو الشبكة الإندوبلازمية الخشنة كثيرة التواءات والبروزات. وهذه البروزات هي الرايبوسومات التي تنتج البروتين تمهيداً لنقله إلى الخلايا الأخرى. يبين الشكل 4-8 أيضاً وجود مناطق على الشبكة الإندوبلازمية لا ترتبط بها رايبوسومات. والأجزاء من الشبكة الإندوبلازمية التي لا ترتبط معها رايبوسومات تسمى الشبكة الإندوبلازمية الملساء. وعلى الرغم من عدم وجود رايبوسومات في الشبكة الإندوبلازمية الملساء إلا أنها تقوم بوظائف مهمة في الخلية، منها بناء الكربوهيدرات والدهون المعقدة، ومثبات الدهون المفسفرة. كما تعمل الشبكة الإندوبلازمية الملساء في الكبد على إزالة السموم، والصّارة من الجسم.

■ الشكل 4-7 الرايبوسومات تراكيب بسيطة تتكون من RNA وبروتين، وقد ترتبط مع سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. حيث تشبه الرايبوسومات البروزات على سطح الشبكة الإندوبلازمية.



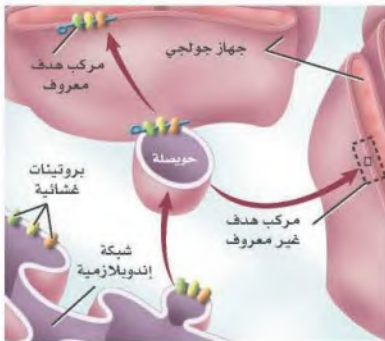


■ الشكل 8-4 مجموعة من الأغشية التي تكوّن جهاز جولجي.

**جهاز جولجي Golgi apparatus** بعد تصنيع التلفاز في مصانع الأجهزة الكهربائية توضع كل قطعة مع ملحقاتها في صندوق ثم تشحن؛ ويقوم جهاز جولجي بعمل مشابه، فبعد بناء بعض البروتينات بواسطة الرايبوسومات على سطح الشبكة الإندوبلازمية ينتقل بعضها بواسطة حويصلات تنفصل عن الشبكة الإندوبلازمية لتصل إلى جهاز جولجي، الشكل 9-4. وجهاز جولجي مكوّن من مجموعة من الأغشية المترابطة تعدّل البروتينات وترتيبها وتغلفها داخل أكياس تسمى الحويصلات تنبثق عن جهاز جولجي، ثم تلتحم الحويصلات بالغشاء البلازمي لتحرر البروتينات إلى بيئة الخلية الخارجية، انظر الشكل 9-4.

## مختبر تحليل البيانات 2-4

بناءً على بيانات حقيقية  
الجلول اون لاين  
البيانات والملاحظات online

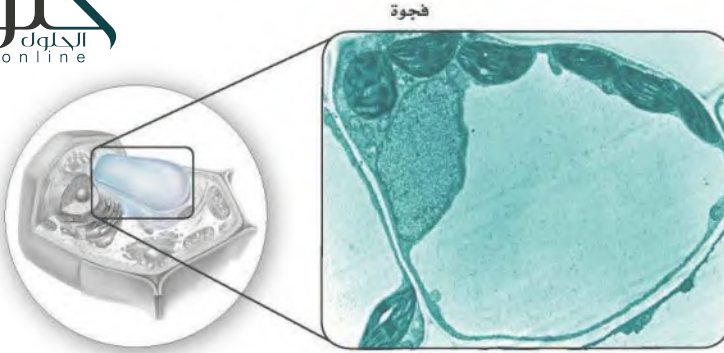


كيف يتم تنظيم انتقال الحويصلات من الشبكة الإندوبلازمية إلى جهاز جولجي؟ تُصنّع الرايبوسومات بعض البروتينات على سطح الشبكة الإندوبلازمية (ER)، وتغلف هذه البروتينات بحويصلات تغلفها بعد ذلك إلى جهاز جولجي. لتعديلها ويدرس العلماء حالياً الجزيئات التي تدخل في عملية التحام هذه الحويصلات الإندوبلازمية بجهاز جولجي.

### التفكير الناقد

1. **فسر المخطط** سمّ مركبين موجودين على جهاز جولجي لهما دور في عملية التحام الحويصلات الإندوبلازمية.
2. **كوّن فرضية** تفسر فيها انتقال الحويصلات الإندوبلازمية، بناءً على ما قرأته عن السيتوبلازم والهيكسل الخلوي.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:



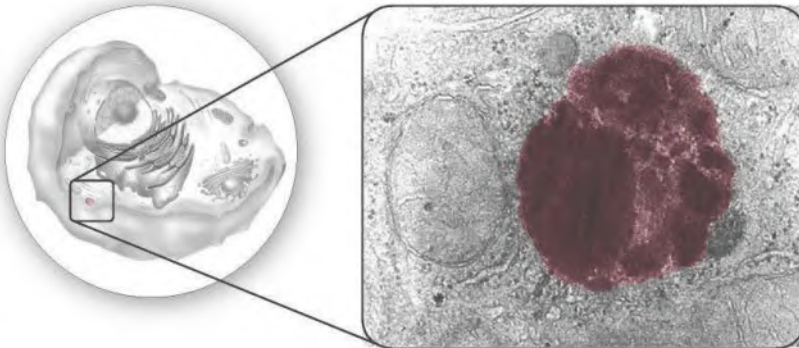
صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ، التكبير  $\times 11,000$

**الفجوات (Vacuoles)** يوجد في الخلية حويصلات محاطة بغشاء، تسمى الفجوات، تقوم بتخزين المواد بصورة مؤقتة في السيتوبلازم. والفجوة كالموجودة في خلية النبات - كيس يستخدم في تخزين الغذاء والإنزيمات والمواد الأخرى التي تحتاج إليها الخلية، الشكل 10-4. وتخزن بعض الفجوات الفضلات. ومن المثير للاهتمام أن الخلية الحيوانية عادة لا تحوي فجوات، وإذا حدث ذلك فإن الفجوات تكون أصغر كثيراً مما هي عليه في الخلية النباتية.

**الأجسام المحللة (الليسوسومات) Lysosomes** يوجد في الخلية الحيوانية حويصلات تحوي مواد تهضم، أو تحلل العضيات وجزيئات المواد المغذية الزائدة، تسمى الأجسام المحللة، الشكل 11-4. تهضم الأجسام المحللة أيضاً البكتيريا والفيروسات التي تدخل الخلية. ويمنع الغشاء المحيط بالأجسام المحللة الإنزيمات الهاضمة داخلها من تحليل الخلية. وقد تلتحم الأجسام المحللة مع الفجوات، ثم تفرج إنزيماتها في هذه الفجوات لتتضم الفضلات داخلها.

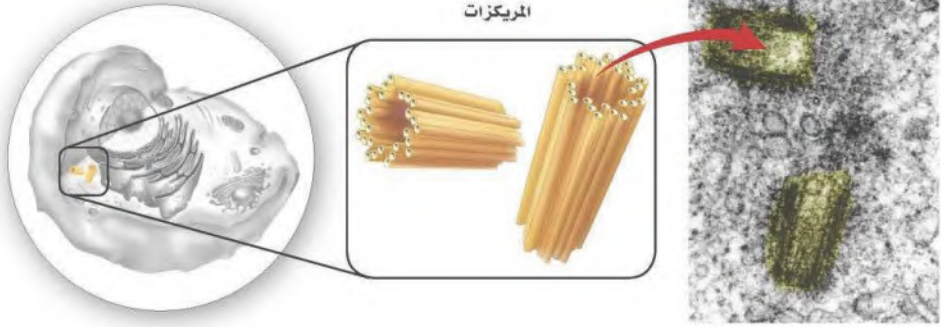
■ الشكل 10-4 تحوي خلايا النبات حويصلات تخزين كبيرة محاطة بغشاء، تسمى الفجوات.

■ الشكل 11-4 تحوي الأجسام المحللة إنزيمات هاضمة تحلل الفضلات في الفجوات.



الجسم المحلل (ليسوسوم)

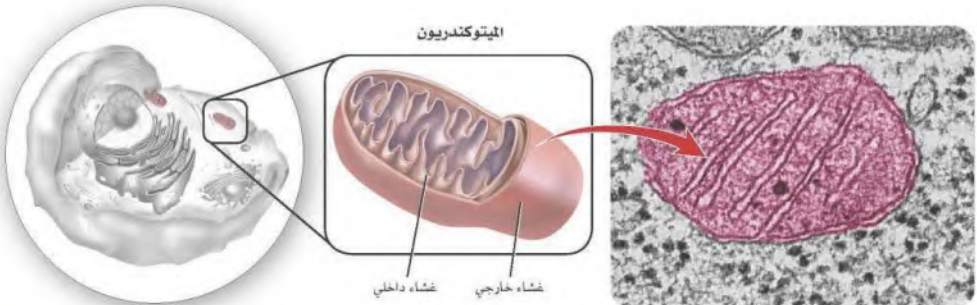




■ الشكل 12-4 تتكون المريكزات من الأنابيب الدقيقة وتتويجها في انقسام الخلية. المريكزات Centrioles يتكون المريكز من مجموعة من الأنابيب الدقيقة، كما في الشكل 12-4، تعمل في أثناء انقسام الخلية. وتوجد المريكزات في سيتوبلازم الخلايا الحيوانية ومعظم الطلائعيات، وهي قريبة من النواة.

الميتوكوندريا Mitochondria تحتوي الخلايا على عضيات تنتج الطاقة تسمى الميتوكوندريا، وهي تحول جزيئات المواد المغذية (وخصوصاً السكريات) إلى طاقة قابلة للاستخدام. ويبين الشكل 13-4 أن للميتوكوندريون (مفرد ميتوكوندريا) غشاءً خارجياً وغشاءً داخلياً كثير الطيات والانثناءات ليزودا الميتوكوندريون بمساحة سطح كبيرة تساعد على تكسير الروابط بين جزيئات السكر. وتُخزن الطاقة الناتجة ضمن روابط كيميائية في جزيئات أخرى لتستخدمها الخلية لاحقاً. ولهذا السبب، غالباً ما تسمى الميتوكوندريا "مصانع الطاقة" في الخلايا.

■ الشكل 13-4 تنتج الميتوكوندريا الطاقة وتجعلها متوافرة للخلية. صف تركيب الغشاء في الميتوكوندريون.



## البلاستيدات الخضراء



الثايلاكويد

**البلاستيدات الخضراء Chloroplasts** للخلايا النباتية طريقها الخاصة في استخدام الطاقة الشمسية. فبالإضافة إلى الميتوكوندريا تحتوي خلايا النباتات وبعض الخلايا الأخرى الحبيبية النواة على البلاستيدات الخضراء chloroplasts، وهي عضيات تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية بواسطة عملية البناء الضوئي. نفحص الشكل 14-4، تلاحظ وجود حبيبات صغيرة وعديدة على شكل أقراص تسمى الثايلاكويدات داخل الغشاء الداخلي. حيث يتم امتصاص الطاقة الشمسية وتجميعها في الثايلاكويدات بواسطة صبغة الكلوروفيل التي تعطي الأوراق والسيقان اللون الأخضر.

وقد تؤدي البلاستيدات الخضراء في النبات عدة وظائف، ومنها التخزين؛ إذ تخزن بعض البلاستيدات النشا والدهون. كما يحوي بعضها الآخر - ومنها البلاستيدات الملونة - أصباغاً حمراء أو برتقالية أو صفراء تمتص طاقة الضوء وتعطي الألوان المميزة لتركيب النبات ومنها الأزهار والأوراق.

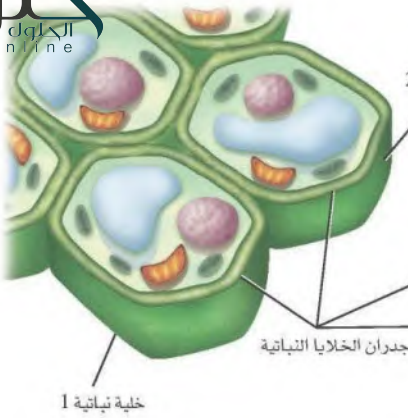
**الجدار الخلوي Cell wall** تركيب آخر يوجد في الخلايا النباتية، الشكل 15-4. والجدار الخلوي cell wall شبكة من الألياف السميكة الصلبة تحيط بالغشاء البلازمي من الخارج لتحمي الخلية وتوفر لها الدعامة. ويساعد الجدار الخلوي الصلب النباتات على الوصول إلى ارتفاعات مختلفة - تتراوح بين أنصال الحشائش وغابات الشجر الأحمر. كما تتكون الجدران الخلوية في النباتات من كربوهيدرات معقدة تسمى السيليلوز الذي يعطي الجدار خاصية الصلابة.

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني

التكبير  $37,000 \times$

■ الشكل 14-4 تمتص البلاستيدات الخضراء في النبات الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية.





صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ، التكبير  $\times 38,000$

■ الشكل 15-4 بين الشكل خلايا نباتية وجدرانها الخلوية. قارن هذا بصورة المجهر الإلكتروني النافذ، التي تبين الجدران الخلوية للخلايا النباتية المتلاصقة.

**الأهداب والأسواط Cilia and flagella** يغطي سطوح بعض الخلايا الحقيقية النواة تراكيب خاصة تُسمى الأهداب والأسواط، تمتد خارج الغشاء البلازمي. وكما في الشكل 16-4، فالأهداب cilia زوائد قصيرة كثيرة العدد تشبه الشعر، وحركتها تشبه حركة المعجاف في القارب. أما الأسواط flagella فهي أطول من الأهداب وأقل عددًا. وتتكون الأهداب والأسواط من الأنابيب الدقيقة، حيث ترتب في صورة محيط دائرية، أي أن تسعة مجموعات مزدوجة من الأنابيب تحيط بأنابيبين منفردين في المركز، ويعرف هذا النمط التركيبي بالنمط (2+9). وعادة ما يكون للخلية سوط أو اثنان فقط. وتحوي الهدييات Pili والأسواط في الخلايا البدائية النواة سبتوبلازما محاطًا بغشاء بلازمي. ويتكون كل منها من وحدات بنائية من البروتين. وعلى الرغم من أن الأهداب والأسواط تُستخدم في حركة الخلية إلا أن الأهداب توجد أيضًا في خلايا ثابتة وغير متحركة، ومنها الخلايا المبطنة للجهاز التنفسي في الإنسان والتي تغطيها الأهداب، الشكل 16-4. ويبين الجدول 1-4 قائمة تضم التراكيب الخلوية.

■ الشكل 16-4 التراكيب الشعرية الدقيقة في الصورة هي الأهداب، والتراكيب التي تشبه الذيل هي الأسواط. استنتج أين تتوقع أن تجد الأهداب في أجسام الحيوانات؟

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح ومكبرة  $\times 2,000$



أهداب في أنف الإنسان

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ، التكبير غير معروف



بكتيريا لها أسواط



## خلاصة تراكيب الخلية

الجدول 1-4

نوع الخلية	الوظيفة	مثال	تركيب الخلية
الخلايا النباتية و خلايا الفطريات وبعض الخلايا البدائية النواة.	حاجز غير مرن يعطي الدعامة والحماية للخلية النباتية.		الجدار الخلوي
الخلايا الحيوانية ومعظم خلايا الطلائعيات.	أنبيبات تظهر على شكل أزواج تؤدي دورًا في انقسام الخلية.		المريكزات
الخلايا النباتية فقط.	عضيات لها غشاء مزدوج وثايلاكويدات موجودة في الغشاء بها صبغة الكلوروفيل، ويتم فيها عملية البناء الضوئي.		البلاستيدات الخضراء
بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا الحقيقية النوى.	امتدادات من سطح الخلية تسهم في الحركة والتغذي، وسحب المواد نحو سطح الخلية.		الأهداب
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	شبكة في الخلية توجد داخل السيتوبلازم.		الهيكل الخلوي
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	غشاء كثير الطيات يساعد على بناء البروتين.		الشبكة الإندوبلازمية
بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا النباتية والخلايا البدائية النواة.	امتدادات تسهم في الحركة والتغذي.		الأسواط
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	أغشية أنبوبية متراسة ومسطحة تقوم بتغليف البروتين وتعديله لنقله خارج الخلية.		جهاز جولجي
الخلايا الحيوانية فقط.	حويلة تحتوي على إنزيمات هاضمة لتحلل المواد الخلوية الزائدة.		الأجسام المحللة (الليسوسومات)
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	عضية محاطة بغشاء يوفر الطاقة للخلية.		الميتوكوندريون
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	مركز السيطرة في الخلية، وتحتوي على تعليمات مشفرة لإنتاج البروتينات وانقسام الخلية.		النواة
جميع الخلايا الحقيقية النواة والخلايا البدائية النواة.	حاجز مرن ينظم حركة المواد من الخلية وإليها.		الغشاء البلازمي
جميع الخلايا.	عضيات تُعد موقعًا لبناء البروتينات.		الرايبوسومات
الخلايا النباتية تحوي فجوة كبيرة أما الخلايا الحيوانية فتحتوي القليل من الفجوات الصغيرة الحجم.	حويلة محاطة بغشاء لتخزين مؤقت للمواد.		الفجوات

Specialist يوظف الكثير من النashرين في مجال العلوم أشخاصاً يختصون بالكتابة حول البحوث وأهميتها للرأي العام. وغالباً ما يتحقق ذلك من خلال الإعلام والإعلانات والكتيبات والبريد الموجّه.

## العضيات عندما تعمل Organelles at Work

في ضوء الفهم الأساسي للتراكيب الموجودة في الخلية يصبح فهم كيفية عمل هذه التراكيب معاً، وكيفية قيامها بوظيفتها الخلوية أسهل. فلو أخذنا مثلاً بناء البروتين فإنه يبدأ في النواة بحسب المعلومات التي يحويها DNA. حيث يتم نسخ هذه المعلومات الوراثية وينقلها إلى جزيء وراثي آخر يسمى الحمض النووي الرايبوزي RNA. ينتقل RNA، وكذلك الرايبوسومات التي تنتج في النواة، من خلال ثقب في الغلاف النووي إلى السيتوبلازم. وتسهم كل من الرايبوسومات و RNA في إنتاج البروتينات. ولكل بروتين يتكون على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وظيفة محددة؛ فربما يصبح بروتيناً يكون جزءاً من الغشاء البلازمي، أو بروتيناً يُنقل خارج الخلية، أو بروتيناً ينتقل إلى عضيات أخرى. وتعمل الرايبوسومات الأخرى الحرة في السيتوبلازم على بناء البروتينات أيضاً.

تنتقل معظم البروتينات التي تصنع على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة إلى جهاز جولجي؛ حيث تُغلف البروتينات في حويصلات لنقلها إلى العضيات الأخرى أو إلى خارج الخلية. وتستخدم العضيات الأخرى البروتينات للقيام بالعمليات الخلوية. فمثلاً، تستخدم الأجسام المحللة (الليسوسومات) البروتينات، وخصوصاً الإنزيمات؛ لتهضم الغذاء والفضلات. وتستخدم الميتوكوندريا الإنزيمات لإنتاج الطاقة اللازمة للخلية.

## التقويم 1-4

### الخلاصة

- هناك نوعان رئيسان من الخلايا هما: الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.
- تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات.
- التنفيذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها.
- يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة.
- يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي.
- يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي.
- تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية.
- الرايوسومات مواقع لبناء البروتين.
- الميتوكوندريا مصانع الطاقة في الخلية.

### فهم الأفكار الرئيسة

#### الفكرة الرئيسة

1. الغشاء البلازمي على الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية؟
2. مَيَّز بين الغشاء البلازمي والعضيات.
3. وضح كيف يبقى داخل الخلية منفصلاً عن خارجها؟
4. ارسم مخططاً للغشاء البلازمي، وحدد عليه الأجزاء.
5. حدد جزيئات الغشاء البلازمي التي تشكل التركيب الأساسي للغشاء، وتسهم في تمييز الخلية، وسبولة الغشاء.
6. حدد دور النواة في الخلية الحقيقية النواة.
7. لخص دور الشبكة الإندوبلازمية.
8. استنتج لماذا لا يعد بعض العلماء الرايوسومات من عضيات الخلية.

### التفكير الناقد

9. صف كيف تحدد ما إذا كانت خلايا مخلوق حي اكتُشف حديثاً بدائية أم حقيقية النواة؟
10. فسّر ما أثر وجود كميات كبيرة من الكولسترول على الغشاء البلازمي بدلاً من وجوده داخله؟
11. كَوِّن فرضية توضح كيف تعمل الأجسام المحللة على تحويل البرقة إلى فراشة.
12. **الكتابة هي علم الأحياء** بناءً على ما تعرفه عن مصطلح "فسيفسائي". اكتب فقرة تصف فيها تركيباً حيويًا فسيفسائيًا آخر.
13. رتب التراكيب والعضيات في الجدول 1-4 في قائمة تعتمد على نوع الخلية، ثم ارسم خريطة مفاهيمية توضح هذا التنظيم.