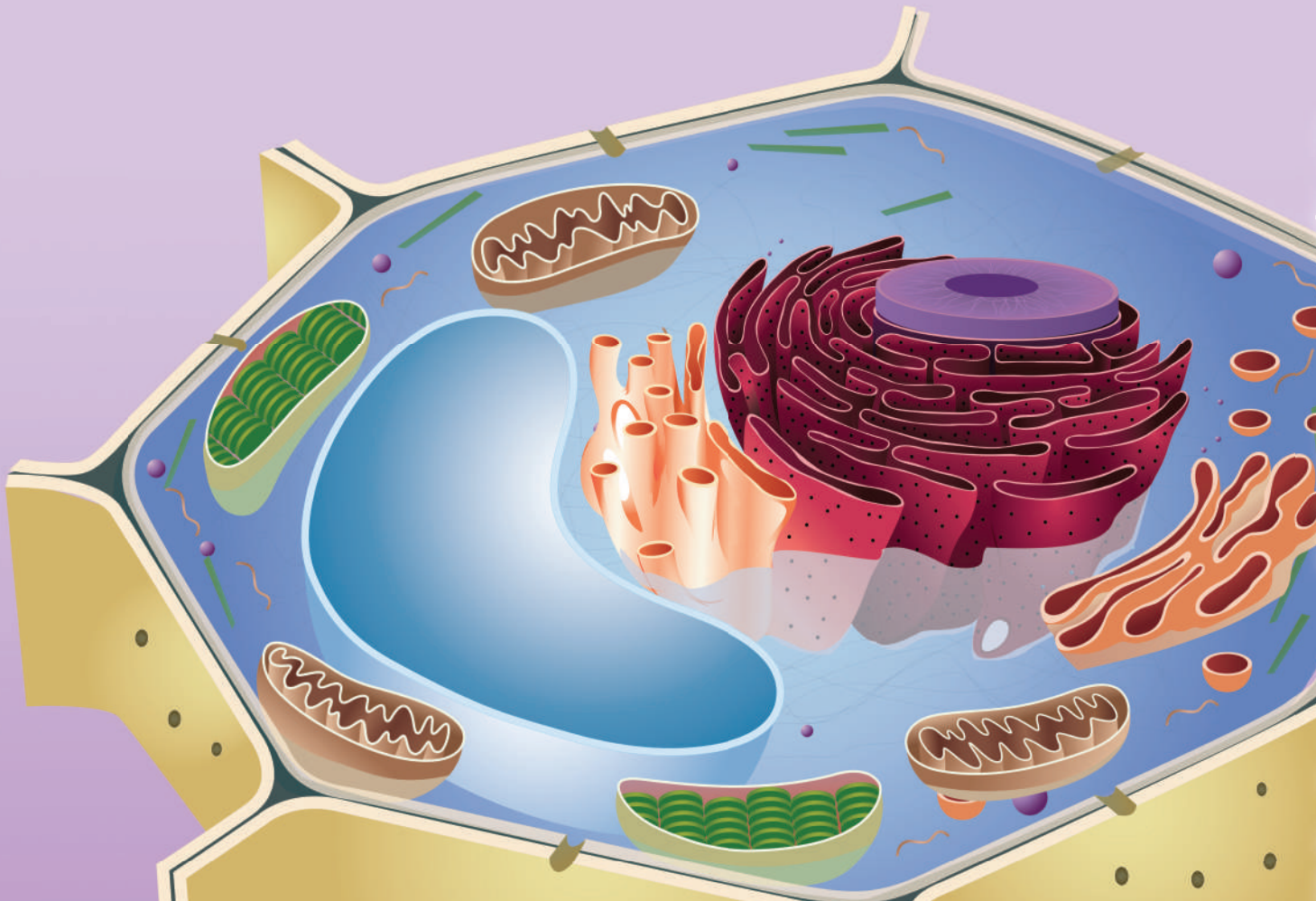
وزارة التربية

كويت جديدة
NEWKUWAIT

الأحياء ١٠

الصف العاشر

الجزء الأوّل



كتاب الطالب

المرحلة الثانوية

الطبعة الثانية

وزارة التربية

الأحياء

كتاب الطالب

الصفّ العاشر

١٠

الجزء الأوّل

المرحلة الثانويّة

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. برّاك مهدي برّاك (رئيسا)

أ. راشد طاهر الشمالي　　أ. مصطفى محمد مصطفى علي

أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي　　أ. سعاد عبد العزيز الرشود

أ. تهاني ذعار المطيري

الطبعة الثانية

١٤٤٠ - ١٤٤١ هـ

٢٠١٩ - ٢٠٢٠ م

حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية ـ قطاع البحوث التربوية والمناهج

إدارة تطوير المناهج

الطبعة الأولى ٢٠١٢ - ٢٠١٣ م
الطبعة الثانية ٢٠١٤ - ٢٠١٥ م
٢٠١٦ - ٢٠١٧ م
٢٠١٨ - ٢٠١٩ م
٢٠١٩ - ٢٠٢٠ م

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب الإحياء للصف العاشر الثانوي

أ. عبد الهادي محمد الحسيني

أ. غدير عبد العزيز خدادة **أ. نورة خالد الجبري**

أ. بثينة عبد الله القطان **أ. نوف فهد العميرة**

دار التَّربَويّون House of Education **ش.م.م. وبيرسون إديوكيشن ٢٠١٢**

الكتاب كاملًا

شاركنا بتقييم مناهجنا

ذات السلاسل - الكويت
أودع بمكتبة الوزارة تحت رقم (٥٩) بتاريخ ٢٠١٤/٥/٦م

صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي عهد دولة الكويت

مقدمـــة

الحمدلله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين، محمد بن عبدالله وصحبه أجمعين.

عندما شرعت وزارة التربية في عملية تطوير المناهج، استندت في ذلك إلى جملة من الأسس والمرتكزات العلمية والفنية والمهنية، حيث راعت متطلبات الدولة وارتباط ذلك بسوق العمل، وحاجات المتعلمين والتطور المعرفي والعلمي، بالإضافة إلى جملة من التحديات التي تمثلت بالتحدي القيمي والاجتماعي والاقتصادي والتكنولوجي وغيرها، وإن كنا ندرك أن هذه الجوانب لها صلة وثيقة بالنظام التعليمي بشكل عام وليس المناهج بشكل خاص.

ومما يجب التأكيد عليه، أن المنهج عبارة عن كم الخبرات التربوية والتعليمية التي تُقدم للمتعلم، وهذا يرتبط أيضًا بعمليات التخطط والتنفيذ، والتي في محصلتها النهائية تأتي لتحقيق الأهداف التربوية، وعليه أصبحت عملية بناء المناهج الدراسية من أهم مكونات النظام التعليمي، لأنها تأتي في جانبين مهمين لقياس كفاءة النظام التعليمي، فهي من جهة تمثل أحد المدخلات الأساسية ومقياسًا أو معيارًا من معايير كفاءته من جهة أخرى، عدا أن المناهج تدخل في عملية إنماء شخصية المتعلم في جميع جوانبها الجسمية والعقلية والوجدانية والروحية والاجتماعية.

من جانب آخر، فنحن في قطاع البحوث التربوية والمناهج، عندما نبدأ في عملية تطوير المناهج الدراسية، ننطلق من كل الأسس والمرتكزات التي سبق ذكرها، بل إننا نراها محفزات واقعية تدفعنا لبذل قصارى جهدنا والمضي قدمًا في البحث في المستجدات التربوية سواء في شكل المناهج أم في مضامينها، وهذا ما قام به القطاع خلال السنوات الماضية، حيث البحث عن أفضل ما توصلت إليه عملية صناعة المناهج الدراسية، ومن ثم إعدادها وتأليفها وفق معايير عالمية استعدادًا لتطبيقها في البيئة التعليمية.

ولقد كانت مناهج العلوم والرياضيات من أول المناهج التي بدأنا بها عملية التطوير، إيمانًا بأهميتها وانطلاقًا من أنها ذات صفة عالمية، مع الأخذ بالحسبان خصوصية المجتمع الكويتي وبيئته المحلية، وعندما أدركنا أنها تتضمن جوانب عملية التعلم ونعني بذلك المعرفة والقيم والمهارات، قمنا بدراستها وجعلها تتوافق مع نظام التعليم في دولة الكويت، مركزين ليس فقط على الكتاب المقرر ولكن شمل ذلك طرائق وأساليب التدريس والبيئة التعليمية ودور المتعلم، مؤكدين على أهمية التكامل بين الجوانب العلمية والتطبيقية حتى تكون ذات طبيعة وظيفية مرتبطة بحياة المتعلم.

وفي ضوء ما سبق من معطيات وغيرها من الجوانب ذات الصفة التعليمية والتربوية تم اختيار سلسلة مناهج العلوم والرياضيات التي أكملناها بشكل ووقت مناسبين، ولنحقق نقلة نوعية في مناهج تلك المواد، وهذا كله تزامن مع عملية التقويم والقياس للأثر الذي تركته تلك المناهج، ومن ثم عمليات التعديل التي طرأت أثناء وبعد تنفيذها، مع التأكيد على الاستمرار في القياس المستمر والمتابعة الدائمة حتى تكون مناهجنا أكثر تفاعلية.

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأوّل

الوحدة الأولى: الخليّة–التركيب والوظيفة

الجزء الثاني

الوحدة الثانية: اللافقاريات والبيئة

الوحدة الثالثة: الفقاريات والبيئة

محتويات الجزء الأوّل

الوحدة الأولى: الخليّة – التركيب والوظيفة	**12**
الفصل الأوّل: دراسة الخليّة الحية	**13**
الدرس 1–1: الخليّة: وحدة تركيبية ووظيفية	**14**
الدرس 1–2: تركيب الخليّة	**19**
الدرس 1–3: تنوّع الخلايا	**28**
الدرس 1–4: تنوّع الأنسجة في النبات والحيوان	**31**
الدرس 1–5: الفيروسات والفيرويدات والبريونات	**38**
الفصل الثاني: انقسام الخلايا	**42**
الدرس 2–1: النمط النووي	**43**
الدرس 2–2: الانقسام الميتوزي	**48**
الدرس 2–3: الانقسام الميوزي	**54**
الدرس 2–4: الانقسام الخلوي غير المنتظم	**60**

الفصل الثالث: العمليات الخلوية	**68**
الدرس 3–1: الخلايا والبيئة المحيطة بها	**69**
الدرس 3–2: التركيب الكيميائي لأجسام الكائنات الحية	**73**
الدرس 3–3: التفاعلات الكيميائية داخل أجسام الكائنات الحية	**84**
الدرس 3–4: دور التفاعلات الكيميائية في العمليات الحيوية	**88**
مراجعة الوحدة الأولى	**97**

الوحدة الأولى

الخليّة – التركيب والوظيفة
Cell – Structure and Function

هل حاولت يومًا أن تنظر بتمعّن إلى مكوّنات صورة ما؟ هل غيّرت هذه الملاحظة المضافة والمقرّبة رؤيتك وأفكارك؟
تُستخدَم العدسة اليدوية أو المكبّر لتقريب الأشياء عشرات المرّات وتكبيرها. لكنّك لن تستطيع رؤية خليّة جلدية مثلًا باستخدامك هذا المكبّر. في هذه الحالة، أنت بحاجة إلى آلة أكثر تعقيدًا مثل المجهر الذي يُكبّر الأشياء مئات، بل آلاف المرّات.

اكتشف بنفسك

استخدام عدسة يدوية للتكبير

الموادّ والأدوات المطلوبة: عدسة يدوية، صور ملوّنة أو بالأبيض والأسود من إحدى الصحف أو المجلّات.

1. انظر إلى إحدى صور الصحيفة من دون تكبيرها بواسطة العدسة، ثمّ افحص الصورة نفسها باستخدام العدسة اليدوية. ما الذي تراه الآن ولم تره من دون استخدام العدسة؟
2. حاول العثور على شيء في غرفة الصفّ أو في منزلك يبدو شكله غير متوقّع بالنسبة إليك عند النظر إليه من خلال العدسة اليدوية. حاول فحص قطعة قماش، أو بعض الأدوات المدرسية أو أحد النباتات.

تُكبّر معظم العدسات اليدوية الأشياء حوالى 1.25 – 1.50 مرّة أكثر من حجمها الأصلي. ويستخدم علماء علم الأحياء أداة أكثر فعالية للتكبير تُعرَف بالمجهر، وذلك لفحص الخلايا وتركيباتها التي لا تظهر للعين المجرّدة. فيتميّز المجهر الضوئي، الذي سيُستخدَم خلال هذه الوحدة بقوّة تكبير تصل إلى 1000 مرّة.

فصول الوحدة

الفصل الأوّل
* دراسة الخليّة الحية

الفصل الثاني
* العمليات الخلوية

الفصل الثالث
* انقسام الخلايا

أهداف الوحدة

* يفهم النمط المنتظم في تركيب الكائنات الحية وارتباطه بالوظائف الحيوية.
* يفهم أهمّية وظيفة كلّ من مكوّنات الخليّة.
* يفهم أهمّية دور العمليات الخلوية للحفاظ على النموّ السليم في الكائنات الحية.
* يفهم أهمّية الانقسام الخلوي المنظّم في جسم الإنسان للنموّ السليم والتكاثر.
* يربط بين عيوب الانقسام الخلوي وظهور أمراض خطيرة.
* يُثمّن دور العلماء في تقدّم العلوم.

معالم الوحدة

* علم الأحياء في حياتنا اليومية.
* تاريخ العلوم.
* العلم والتكنولوجيا والمجتمع.

الفصل الأوّل

ما من شيء نحتاجه في حياتنا المعاصرة من أدوات إلّا وقد مرّ أثناء صناعته بالعديد من الخطوات والعمليات التي تمّت جميعها تحت سقف واحد وهو المصنع، حيث تُنظَّم عملية التصنيع وتُجزَّأ إلى مهامّ كثيرة وعمليات منفصلة تحت إشراف دقيق ليخرج المنتج النهائي على درجة عالية من الجودة.

تُمثّل الخلايا الحية في أجسامنا هذه المصانع حيث يُنظَّم العمل بشكل دقيق من ناحية الإشراف التامّ على عمليات استهلاك الموادّ الخام وتصنيع المنتجات، والاستعداد الكامل لتلافي أيّ ظروف أو احتياجات طارئة، وصيانة، وإصلاح، واستبدال أدوات التشغيل. تعتمد هذه المليارات من المصانع المجهرية في أجسام الكائنات الحية طيلة حياتها على الأداء المنظّم والفعّال وغير المرئي.

دروس الفصل

الدرس الأوّل
* الخليّة: وحدة تركيبية ووظيفية

الدرس الثاني
* تركيب الخلية

الدرس الثالث
* تنوّع الخلايا

الدرس الرابع
* تنوّع الأنسجة في النبات والحيوان

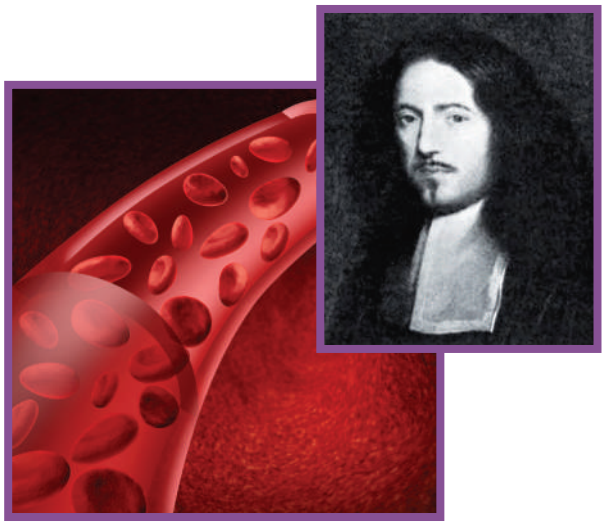
الدرس الخامس
* الفيروسات والفيرويدات والبريونات

الدرس 1-1

الخليّة: وحدة تركيبية ووظيفية
The Cell: A Structural and Functional Unit

الأهداف العامة

* يشرح أسس النظرية الخلوية
* يُدرك أهمّية دور المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني في دراسة الخليّة



(شكل 1)

مارشيلو ملبيجي (1628–1694م) هو طبيب إيطالي قام باكتشاف الشعيرات الدموية، وهي أصغر الأوعية الدموية في الجسم، فأزاح بذلك الستار عن الحلقة المفقودة في فهم دورة الدم في الجسم. وكان ملبيجي أوّل من شاهد خلايا الدم الحمراء ووصفها، الموضّحة في الشكل (1).
«ماذا استخدم ملبيجي لرؤية هذه الخلايا في ذلك الوقت؟»

1. اكتشاف الخلايا Discovering of Cells

كما درست سابقًا، فقد ارتبط اكتشاف الخليّة باختراع **المجهر الضوئي المركّب The Compound Light Microscope**، بعدما قام العالم روبرت هوك بفحص قطعة من الفلّين باستخدام المجهر، كما هو موضّح في الشكل (2)، ووجد أنّها مكوّنة من فجوات صغيرة أُطلِق عليها اسم الخليّة «cellula»، وهي كلمة مشتقّة من اللاتينية.

(شكل 2)
الرسم الذي قدّمه روبرت هوك لنسيج الفلّين على شكل صفوف من الفراغات المتتالية، كما رآه من خلال المجهر.
ما الاسم الذي أطلقه هوك على هذه الفراغات؟

2. النظرية الخلوية Cell Theory

أدّى اختراع المجهر إلى الكشف عن الكثير من الحقائق العلمية المتعلّقة بالخليّة. وكان من أهمّ هذه الاكتشافات، ما توصّل إليه العالم شليدن Schleiden عام 1838م والعالم شفان Schwann عام 1839م «أنّ الخليّة هي الوحدة البنائية التي تتركّب منها جميع الكائنات سواء أكانت نباتات أم حيوانات» (الشكل 3). وكذلك، فقد وضع العالم ڤيرشو Verchow عام 1855م نظرية تقول «إنّ الخليّة تُعتبَر الوحدة الوظيفية إلى جانب كونها الوحدة البنائية لجميع الكائنات الحية». وأضاف مؤكّدًا على «أنّ الخلايا الجديدة لا تنشأ إلّا من خلايا أخرى كانت موجودة قبلها بالفعل».

وقد تبلورت أفكار كلّ من شليدن وشفان وڤيرشو في ما يُعرَف الآن بالنظرية الخلوية، والتي تُعتبَر من أهمّ النظريات الأساسية في علم الأحياء الحديث.

وتشمل النظرية الخلوية المبادئ الثلاثة التالية:

(أ) الخليّة هي الوحدة الوظيفية الأساسية لجميع الكائنات الحية.

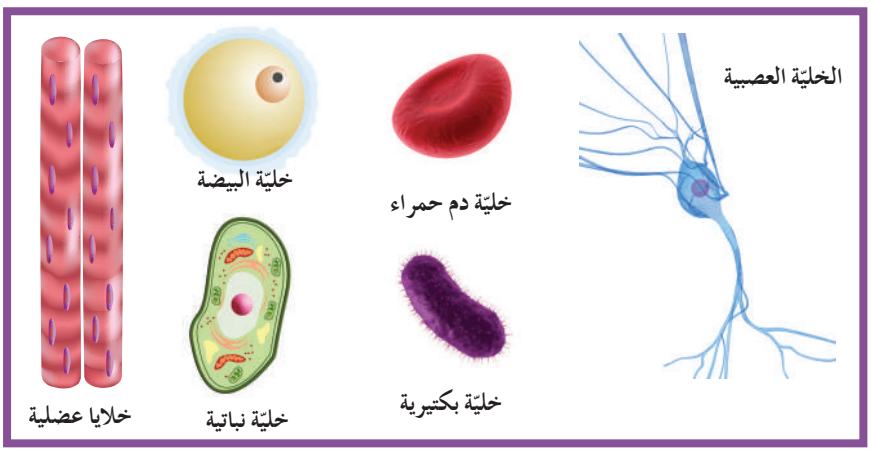
(ب) تتكوّن جميع الكائنات الحية من خلايا، قد تكون منفردة أو متجمّعة.

(جـ) تنشأ جميع الخلايا من خلايا كانت موجودة من قبل.

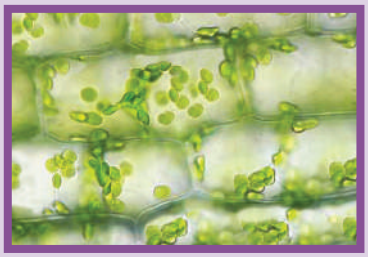
وتؤكّد النظرية الخلوية على أنّ جميع الكائنات تتكوّن من خلايا، وأنّ الخلايا تُعتبَر الوحدات الأساسية لجميع صور الحياة. وقد وجّهت النظرية الخلوية العلماء نحو إجراء أبحاثهم في مجالات دراسة العمليات الحيوية وعلم الوراثة وعلم الأمراض.

3. خلايا متنوّعة Diversified Cells

بعض الكائنات الحية وحيدة الخليّة مثل البكتيريا والأميبا، ومعظمها عديد الخلايا مثل الإنسان والحوت والشجرة. تتنوّع الخلايا في الحجم والشكل والوظيفة، كما يتّضح في الشكل (4).



(شكل 4)
مجموعة متنوّعة من الخلايا



(شكل 3)
خلايا أوراق نبات الأيلوديا
توصّل العالم شليدن إلى أنّ جميع النباتات تتكوّن من خلايا، ولكنّه لم يفهم كيف تتكوّن الخلايا الجديدة.

تاريخ العلوم

اكتشافات تمّت باستخدام المجهر الضوئي

روبرت هوك (1665م):
نشر مقالًا يضمّ مجموعة من الأشكال التخطيطية للفلّين وبعض الأشياء الأخرى التي لاحظها من خلال المجهر.

فان ليفنهوك (1674م):
صنع مجاهر ذات عدسة واحدة تُكبّر الأشياء حتّى 200 مرّة ضعف حجمها الأصلي، وفحص عبرها أجسامًا متنوّعة.

شليدن (1838م):
اكتشف أنّ النباتات كلّها تتكوّن من خلايا.

شفان (1839م):
استنتج أنّ الكائنات الحية كلّها تتكوّن من خلايا.

فيرشو (1855م):
أكّد أنّ الخلايا الجديدة تنشأ من خلايا أخرى كانت موجودة قبلها.

لويس باستير (1862م):
نشر نظرية تُؤكّد أنّ الكائنات الدقيقة المجهرية تتسبّب بأمراض معدية.

هيرمان فُل (1879م):
هو أوّل من رأى خليّة البويضة يُخصّبها حيوان منوي.

فلمنج (1882م):
اكتشف مادّة الكروماتين داخل أنوية الخلايا على هيئة تركيبات خيطية الشكل، كما اكتشف خطوات انقسام الخليّة.

فالخليّة البكتيرية صغيرة لدرجة أنّه يُمكن أن تتواجد 8000 خليّة منها داخل خليّة واحدة من خلايا الدم الحمراء، والتي لا يُمكن رؤيتها بالعين المجرّدة. تُعتبَر الخليّة العصبية أطول الخلايا، إذ قد يصل طول الواحدة منها إلى المتر أو أكثر بقليل.

بالإضافة إلى ذلك، هناك ارتباط بين شكل الخلايا ووظيفتها. فالخليّة العصبية طويلة، ما يُمكّنها من نقل الرسائل من الحبل الشوكي، الموجود داخل عمودك الفقري إلى أصابع قدميك. أمّا الخلايا العضلية الأسطوانية الطويلة، التي تتجمّع مع بعضها لتُشكّل أليافًا، فهي تتميّز بقدرتها على الانقباض والانبساط، ما يُسهّل حركة الحيوان.

4. تطوّر المجاهر The Evolution of Microscopes

يعتمد تقدّم علم الأحياء على تطوّر التقنيات المستخدمة لا سيّما في مجال العلوم المرتبطة بعلم الخليّة، حيث أدّى هذا التطوّر إلى زيادة مقدرة العلماء على الملاحظة والتحليل. وكان المجهر أكثر هذه الأدوات أهمّية. حتّى العام 1950م، كان المجهر الضوئي الأداة الوحيدة المتاحة للعلماء. وقد تميّز هذا المجهر، الذي يعتمد في عمله على ضوء الشمس أو الضوء الصناعي، بقدرته على تكبير الكثير من الكائنات المجهرية الحية، وفحص تركيب الأشياء كبيرة الحجم عبر تقطيعها إلى شرائح رقيقة تسمح بنفاذ الضوء.

على سبيل المثال، يُمكن للمجهر الضوئي تكبير أجسام الكائنات الدقيقة إلى حدّ 1000 مرّة أكثر من حجمها الحقيقي، ولا يُمكن التكبير أكثر من ذلك لأنّ الصورة تُصبح غير واضحة. وتوصّل العلماء على مرّ السنين إلى ابتكار طرق أفضل لملاحظة العيّنات بصورة أوضح من خلال زيادة التباين (الاختلاف) بين الأجزاء المختلفة للعيّنة.

ومن إحدى طرق زيادة التباين بين أجزاء العيّنة هي استخدام الأصباغ لصبغ أو تلوين أجزاء محدّدة من العيّنة لتُصبح أكثر وضوحًا. غير أنّ من إحدى سيّئات الأصباغ هي أنّها تقتل العيّنات الحية.

وهناك طريقة أخرى لزيادة التباين تتمّ بواسطة المعالجة بالضوء. لاحظ كيف يبدو التباين بين الصور الثلاث في الشكل (5)، وقارن بينها.

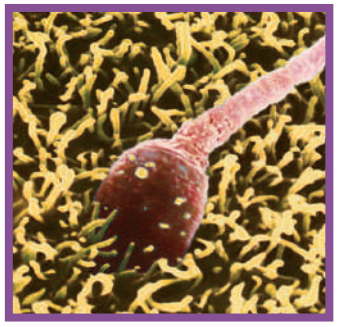
منذ العام 1950، يستخدم العلماء **المجهر الإلكتروني Electron Microscope الذي تُستخدَم فيه الإلكترونات بديلًا من الضوء، والذي يستطيع تكبير الأشياء إلى حدّ مليون مرّة أكثر من حجمها الحقيقي.**

(شكل 5)
ثلاث صور فوتوغرافية لكائن وحيد الخليّة (البراميسيوم) التقطتها عدسات ثلاثة أنواع من المجاهر الضوئية. أيّ من هذه الصور هي الأكثر وضوحًا وتفصيلًا؟

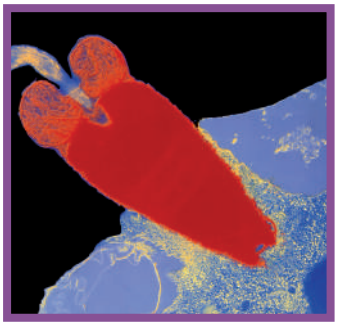
أتاح هذا المجهر المجال لتوضيح تراكيب خلوية لم تكن معروفة من قبل، ومعرفة تفاصيل أدقّ بشأن التركيبات التي كانت معروفة في الأصل. بالإضافة إلى استخدام المجاهر الإلكترونية الإلكترونات في إنتاج صور عالية التكبير، فإنّ هذه الصور عالية التباين أيضًا مقارنة بتلك التي تُنتجها المجاهر الضوئية، ما يجعلها صورًا في غاية الدقّة والوضوح، وذلك بفضل الحجم المتناهي الصغر للإلكترونات. وقبل فحص العيّنة بالمجهر الإلكتروني، يجب تفريغ الهواء منها حتّى تستطيع الإلكترونات النفاذ من خلالها. لذا، لا يُمكن استخدام هذه المجاهر في فحص الكائنات وهي حية.

يوجد نوعان من المجاهر الإلكترونية: المجاهر الإلكترونية النافذة والمجاهر الإلكترونية الماسحة. ففي المجهر الإلكتروني النافذ، تمرّ أو تنفذ الإلكترونات عبر شريحة رقيقة جدًّا من الجسم المُراد فحصه، حيث تُستقبَل على شاشة في شكل صورة يُمكن طباعتها. ولهذا المجهر النافذ إمكانية تكبير الأشياء إلى حدّ 500 000 مرّة من حجمها الأصلي. أمّا في المجهر الإلكتروني الماسح، تقوم الإلكترونات بمسح سطح الجسم المُراد فحصه من الخارج من دون أن تنفذ إلى داخله، فتتكوّن صورة ثلاثية الأبعاد يُمكن طباعتها. ويُمكن لهذا المجهر التكبير حتّى 150 000 مرّة ضعف الحجم الأصلي.

قارن بين الصورتين الناتجتين من نوعي المجاهر الإلكترونية في الشكل (6).



صورة للحيوان المنوي بالمجهر الإلكتروني الماسح



صورة للحيوان المنوي بالمجهر الإلكتروني النافذ

(شكل 6)

أحدث اكتشافات في استخدام المجهر

- **عام 1931:** اختُرِع أوّل مجهر إلكتروني.
- **عام 1950:** بداية استخدام العلماء للمجهر الإلكتروني في دراسة الكائنات الحية
- **عام 1965:** استُخدِم المجهر الإلكتروني لفحص خلايا الأحافير التي يصل عمرها إلى 3.5 مليارات سنة.

وضّح وجه الاختلاف بين المجهر الإلكتروني النافذ والمجهر الإلكتروني الماسح.

في العام 1981، تمّ اختراع نوع جديد من المجاهر الإلكترونية الماسحة يُمكن من خلاله تحديد كمّية الإلكترونات التي قد تتسرّب من سطح العيّنة المفحوصة إلى داخلها، بالإضافة إلى إمكانية تكبير الأشياء إلى حدّ مليون مرّة ضعف حجمها الأصلي.

وهكذا ترى أنّه بتطوّر التقنيات المجهرية، تزداد معرفتنا بعلم الخليّة والعلوم المتّصلة به، مثل علم الوراثة المعني بدراسة المادّة الوراثية التي تُعتبَر ضمن مكوّنات الخليّة، وعلم وظائف الأعضاء، إذ تُعتبَر الخليّة المكوّن الأساسي للأنسجة التي تتشكّل منها الأعضاء، وما يرتبط بعلم وظائف الأعضاء من علوم الطبّ والأمراض. بالإضافة إلى ذلك، يرتبط علم الخليّة بعلم تصنيف الكائنات، إذ تعتمد طرق التصنيف الحديثة بصورة أساسية على الفروقات بين أعداد الكروموسومات وأشكالها في الأنواع الحيوانية والنباتية المختلفة.

مراجعة الدرس 1-1

1. فسّر الأفكار الرئيسية للنظرية الخلوية.
2. لخّص دور المجهر في التوصّل إلى النظرية الخلوية.
3. **التفكير الناقد:** «عندما اختُرِع المجهر للمرّة الأولى، لم يلقَ اهتمامًا أو ترحيبًا من قبل العلماء.» ما السبب برأيك؟

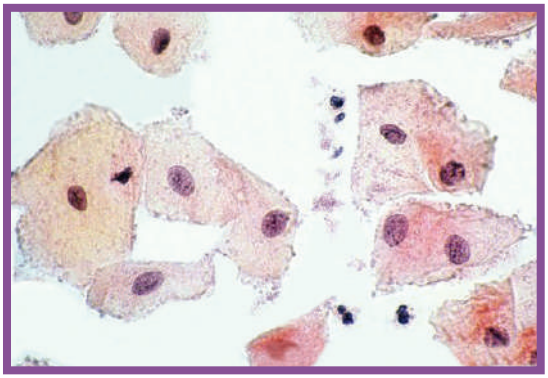
   أضف إلى معلوماتك
4. هناك أنواع أخرى من المجاهر، إلى جانب تلك التي ذُكِرت في الدرس، والتي ساهمت في إثراء المعارف وفائدة استخدامه الإنسانية. اذكر أحدها. (ارجع إلى مكتبة وابحث في أحد المراجع العلمية المتخصّصة).

الدرس 1-2

تركيب الخلية
Cell Structure

الأهداف العامة

* يُحدّد أقسام الخليّة وموقع كلّ منها .
* يصف تركيب الغشاء الخلوي والجدار الخلوي ووظيفتيهما .
* يصف تركيب أهمّ العضيّات الخلوية ووظائفها .
* يُميّز أقسام النواة ووظيفة كلّ قسم منها .
* يُقارن بين خليّة حيوانية وخليّة نباتية .

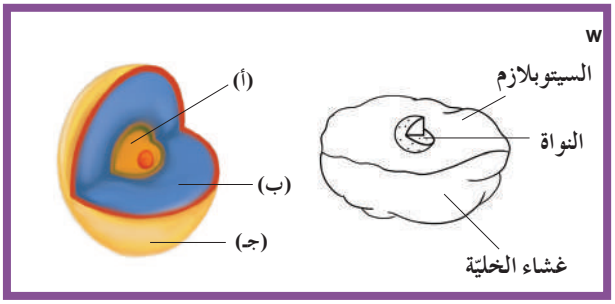


(شكل7)

في العام 1880م ، كان العالم والتر فلمنج أوّل من وصف أحد مكوّنات أنوية الخلايا . وقد سُمِّي هذا المكوّن الجديد باسم «الكروماتين» لكونه شديد الامتصاص للأصباغ الملوّنة . فالمقطع «كروما» مشتقّ من الكلمة الإغريقية التي تعني «لون» .

أين يظهر الكروماتين المصبوغ في الخليّة الموضّحة في الشكل (7)؟

على الرغم من تنوّع الخلايا في الشكل والحجم والوظيفة إلّا أنّها تتألّف جميعها من الأجزاء الأساسية التالية ، الموضّحة في الشكل (8): غشاء الخليّة ، البروتوبلازم Protoplasm التي تتألّف بدورها من السيتوبلازم ، أي مكان وجود العضيّات ، والنيكليوبلازم ، وهي المساحة الممتلئة بالسائل داخل الغشاء النووي .

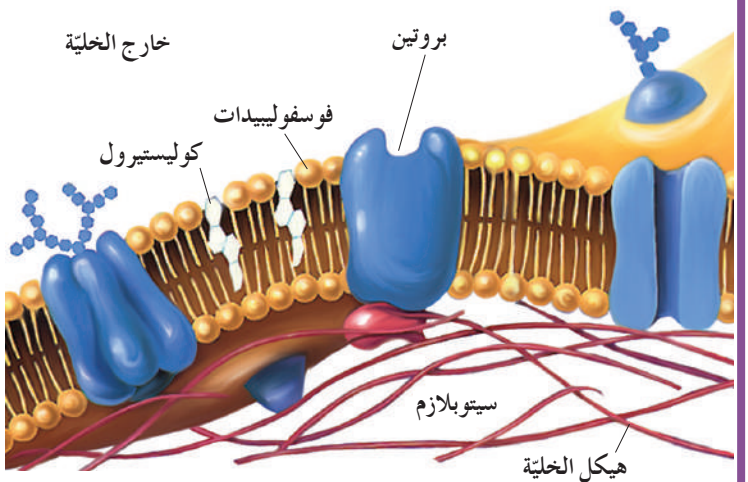


(شكل 8)
يُوضّح الشكل قسمًا من الخليّة مبيّنًا مكوّناتها الرئيسة . حدّد مكوّنات هذه الخليّة .

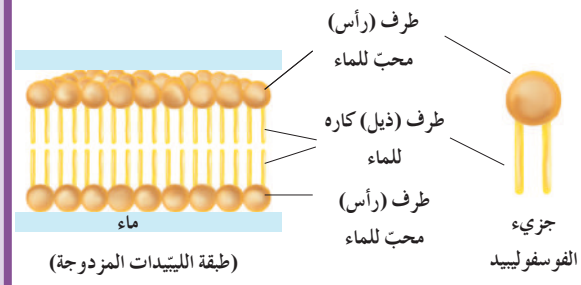
1. غشاء الخليّة Cell membrane

تُحاط جميع أنواع الخلايا بغشاء رقيق هو عبارة عن طبقة رقيقة من الفوسفوليبيدات والبروتينات تفصل مكوّنات الخليّة عن البيئة أو الوسط المحيط بها. يؤدّي هذا الغشاء دورًا أساسيًّا في تنظيم مرور الموادّ من وإلى الخليّة، ويُسمّى غشاء الخليّة أو الغشاء البلازمي (الشكلان 9 و10).
يتكوّن غشاء الخليّة من طبقتين من جزيئات الفوسفوليبيدات (الشكل 10) تُقابل رؤوسها المحبّة للماء (القابلة للذوبان في الماء) الوسط المائي خارج الخليّة وداخلها، فيما تتواجد ذيولها الكارهة للماء (غير القابلة للذوبان في الماء) داخل حشوة الغشاء.

وتوجد بين جزيئات هاتين الطبقتين جزيئات من البروتين يعمل بعضها كمواقع تساعد على تمييز بعضها البعض وتمييز الموادّ المختلفة كالهرمونات وغيرها، في حين يعمل بعضها الآخر كبوّابات لمرور الموادّ من وإلى الخليّة.
نظرًا إلى كون الفوسفوليبيدات، المكوّنة لغشاء الخليّة، مادّة سائلة، يُعتبَر الغشاء الخلوي بدوره تركيبًا سائلًا (يُشبه طبقة الزيت على سطح الماء). ويُساهم ارتباط جزيئات الفوسفوليبيدات بجزيئات من مادّة الكوليستيرول في إبقاء الغشاء متماسكًا وسليمًا ممّا يقلّل من مرونة غشاء الخليّة.



(شكل 9)
تركيب غشاء الخليّة

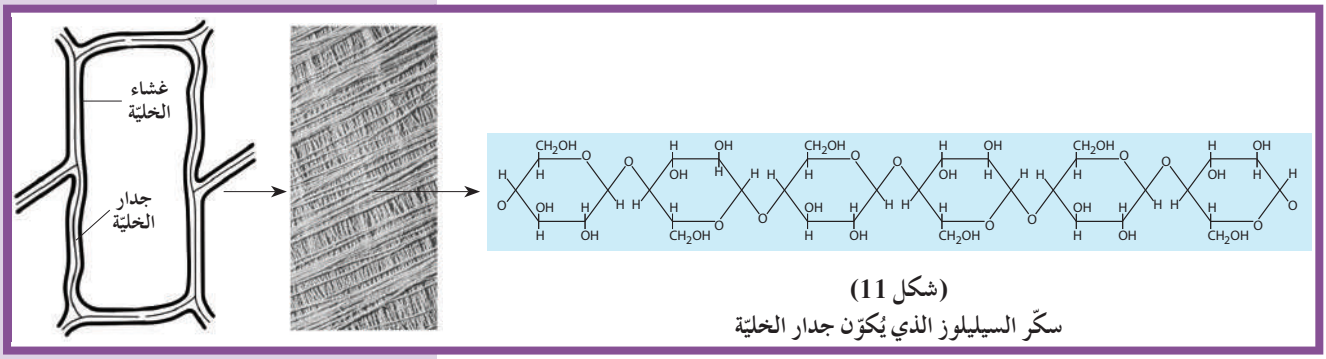


(شكل 10)
تركيب جزيء الفوسفوليبيدات وكيفية تركيب جزيئات الفوسفوليبيدات في غشاء الخليّة.

2. جدار الخليّة Cell Wall

يُحاط غشاء الخلية النباتية بجدار خلويّ، كما هو مبيّن في الشكل (11)، خاصّ بالخلايا النباتية فحسب. فتؤدّي هذه الجدران دورًا في حماية الخلايا وجعلها مقاومة للرياح العاتية ولعوامل الطقس الأخرى، ما يُعطيها دعمًا قويًّا، كما هو حال الأشجار الخشبية المعمّرة كشجرة النخيل. أمّا النباتات العشبية الصغيرة، فهي تضمّ جدران خلايا قليلة المرونة تجعلها قادرة على الاحتفاظ بشكلها حين تتعرّض للرياح القوية.

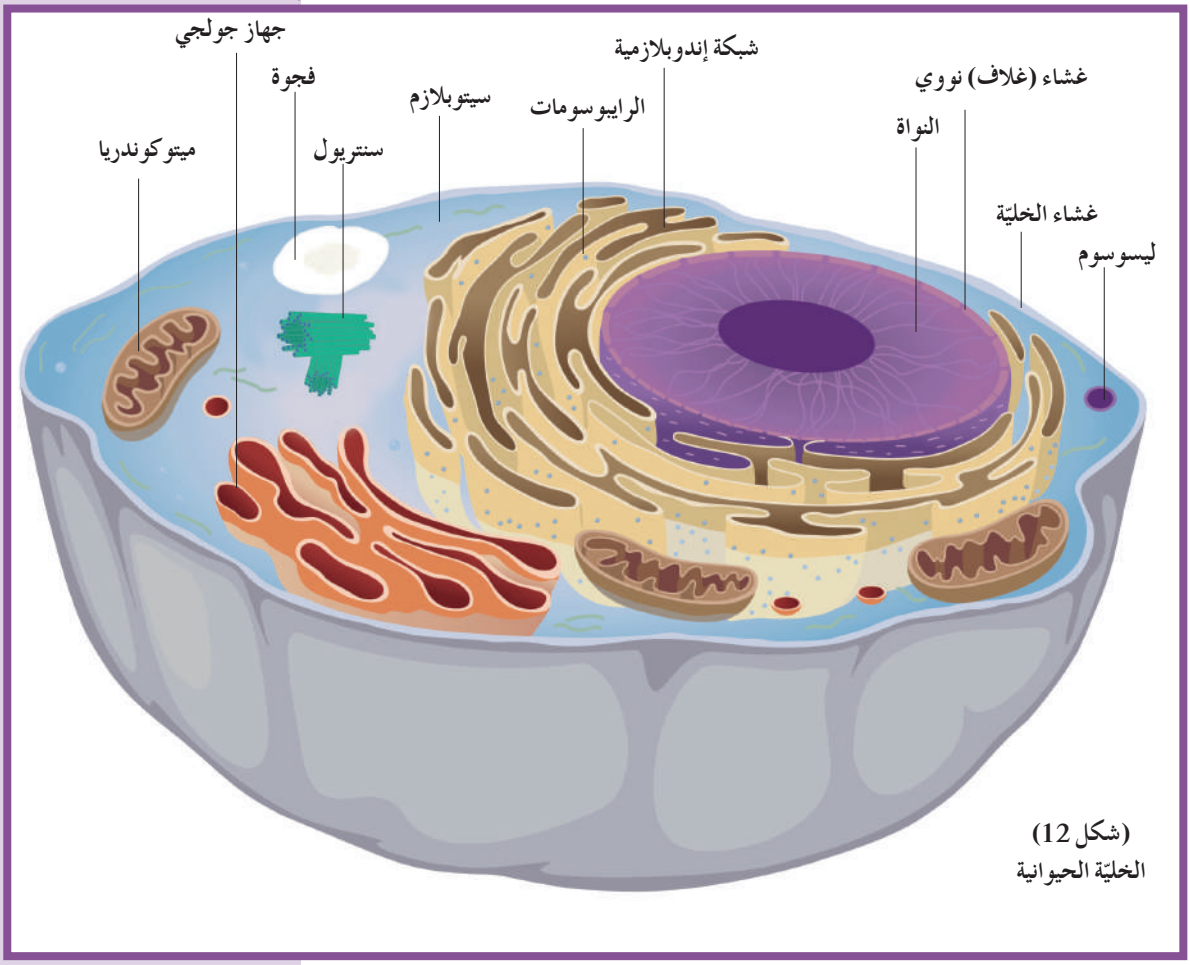
يتكوّن جدار الخليّة من سكّريات معقّدة تُعرَف بالسيلّيلوز Cellulose، التي تُشكّل الهيكل الأساسي للجدار الخلوي، ومن وحدات عديدة من الجلوكوز (الشكل 11).



(شكل 11)
سكّر السيليلوز الذي يُكوّن جدار الخليّة

3. السيتوبلازم Cytoplasm

السيتوبلازم Cytoplasm هو عبارة عن مادّة شبه سائلة تملأ الحيّز الموجود بين غشاء الخليّة والنواة، وهو يتكوّن أساسًا من الماء وبعض الموادّ العضوية وغير العضوية. يحتوي السيتوبلازم على شبكة من الخيوط والأنابيب الدقيقة التي تُكسب الخليّة دعامة تُساعد في الحفاظ على شكلها وقوامها، بالإضافة إلى عملها كمسارات تنتقل عبرها الموادّ المختلفة من مكان إلى آخر داخل الخليّة، وتُسمّى هيكل الخليّة Cytoskeleton. ويضمّ السيتوبلازم أيضًا مجموعة من التركيبات المتنوّعة التي تُعرَف **بعضيّات الخليّة Cell Organelles.**



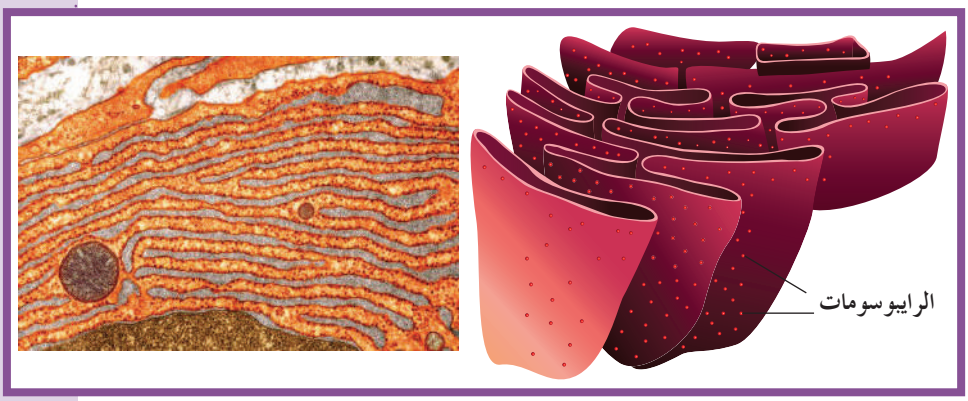
(شكل 12)
الخليّة الحيوانية

4. عضيّات الخليّة Cell organelles

هي مجموعة من التركيبات الموجودة في سيتوبلازم الخليّة (الشكل 12)، **يؤدّي كلّ نوع منها وظيفة معيّنة داخل الخليّة**، وتتضافر جميعها لتقوم هذه الأخيرة بوظائفها المتنوّعة. تتواجد هذه العضيّات في كلّ من الخلايا الحيوانية والنباتية، إلّا أنّ البعض منها يقتصر وجوده على الخلايا النباتية مثل البلاستيدات، والبعض الآخر يقتصر وجوده على الخلايا الحيوانية مثل السنتروسوم.

1.4 الشبكة الأندوبلازمية Endoplasmic reticulum

هي شبكة من الأكياس الغشائية التي تتخلّل جميع أجزاء السيتوبلازم وتتّصل بكلّ من الغشاء المحيط بالنواة (الغشاء النووي) وغشاء الخليّة (شكل 13).
ويوجَد منها نوعان: خشنة وملساء. تتميّز الشبكة الأندوبلازمية الخشنة بوجود عدد كبير من الرايبوسومات على سطحها، وهي تختصّ بإنتاج البروتين في الخليّة، وإدخال التعديلات على البروتين الذي تفرزه الرايبوسومات، بالإضافة إلى تصنيع الأغشية الجديدة في الخليّة. أمّا الشبكة الأندوبلازمية الملساء، فتغيب عنها الرايبوسومات، وهي تختصّ بإنتاج الليبّيدات، وتحويل الكربوهيدرات إلى جليكوجين، وتعديل طبيعة بعض الموادّ الكيميائية السامّة للخليّة لتقليل سمّيتها.



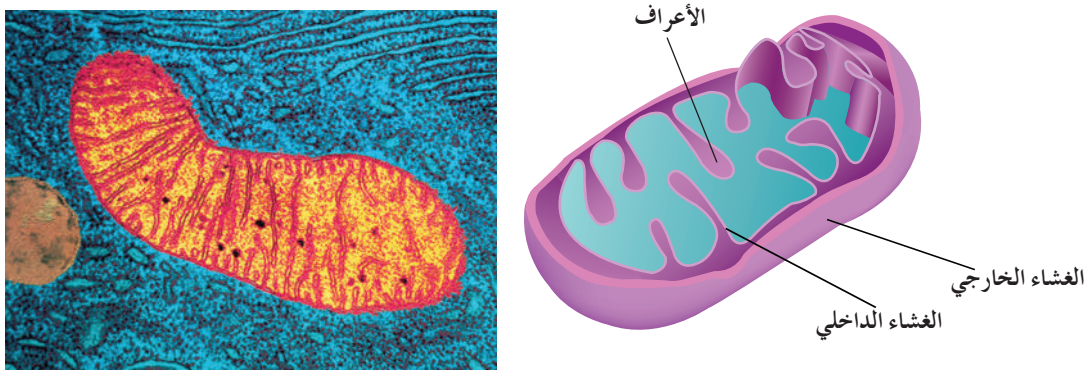
(شكل 13)
الشبكة الأندوبلاسمية الخشنة

2.4 الرايبوسومات Ribosomes

هي عبارة عن عضيّات مستديرة تُنتِج البروتين في الخليّة. البعض من هذه العضيّات سابح في السيتوبلازم (فرادى أو مجموعات) حيث يُنتج البروتين ويُطلقه مباشرة إلى السيتوبلازم، فتستخدمه في عملياتها الحيوية، مثل النموّ والتجديد وغيرها. يرتبط بعض الرايبوسومات بالسطح الخارجي للشبكة الأندوبلازمية (شكل 13)، ويقوم بإنتاج البروتينات التي تنقلها الشبكة الأندوبلازمية إلى خارج الخليّة (مثل الأنزيمات) بعد إدخال بعض التعديلات عليها.

3.4 الميتوكوندريا Mitochondria

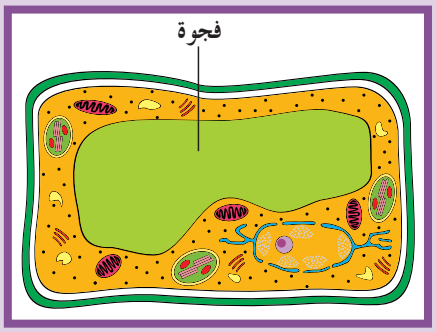
هي عبارة عن عضيّات غشائية كيسية الشكل، يتكوّن جدارها من غشاءين (شكل 14). تمتدّ من الغشاء الداخلي مجموعة من الثنيات، تُعرَف بالأعراف، إلى داخل حشوتها الداخلية. تُعتبَر الميتوكوندريا المستودع الرئيس لأنزيمات التنفّس في الخليّة، ومستودع للموادّ الأخرى اللازمة لتكوين مركّب الطاقة الكيميائي الذي يُعرف بالأدينوزين ثلاثي الفوسفات A.T.P، والذي يُمكن للخليّة استخلاص الطاقة منه مرّة أخرى.



(شكل 14)
الميتوكوندريا

4.4 الفجوات Vacuoles

هي عبارة عن أكياس غشائية تُشبه فقّاعات ممتلئة بسائل ما، يُخزّن الماء والموادّ الغذائية، أو فضلات الخليّة إلى حين التخلّص منها. تكون الفجوات صغيرة وعديدة في الخلايا الحيوانية، فيما تتجمّع في فجوة واحدة كبيرة أو أكثر في الخلايا النباتية (شكل 15).



(شكل 15)
فجوة في خليّة نباتية

5.4 الجسم المركزي (السنتروسوم) Centrosome

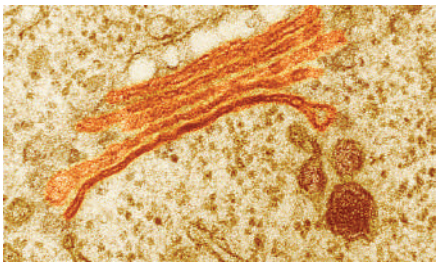
هو عبارة عن عضيّ دقيق يقع بالقرب من النواة في جميع الخلايا الحيوانية (باستثناء الخليّة العصبية) ويغيب عن الخلايا النباتية (باستثناء بعض الأنواع البدائية).
ويحتوي الجسم المركزي على جسمين دقيقين يُعرَفان بالسنتريولين، ويؤدّيان دورًا مهمًّا أثناء انقسام الخليّة.

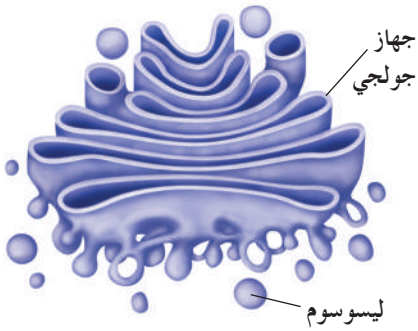
6.4 جهاز جولجي Golgi Apparatus

هو عبارة عن مجموعة من الأكياس الغشائية المسطّحة مستديرة الأطراف، بالإضافة إلى مجموعة من الحويصلات الغشائية المستديرة. وتقضي وظيفته باستقبال جزيئات الموادّ التي تفرزها الشبكة الأندوبلازمية، فيُصنّفها ويُدخل بعض التعديلات عليها. ثمّ، يقوم بتوزيعها إلى أماكن استخدامها في الخليّة، أو يُعبّئها داخل حويصلات تتّجه نحو غشاء الخلية حيث تطردها الخليّة إلى الخارج كمنتجات إفرازية.

7.4 الليسوسومات Lysosomes

هي عبارة عن حويصلات غشائية مستديرة وصغيرة الحجم تحوي داخلها مجموعة من الأنزيمات الهاضمة (شكل 16). وتقضي وظيفتها بالقيام بهضم الجزيئات الكبيرة من الموادّ الغذائية، مثل الكربوهيدرات والبروتينات والليبيّدات، وتحويلها إلى موادّ ذات تركيب أبسط يُمكن للخليّة الاستفادة منها، كما أنّها تقوم بالتخلّص من العضيّات المسنّة أو المتهالكة التي لم تعد تُفيد الخليّة. لا تتأثّر الخليّة بالأنزيمات الليسوسومية لأنّها في معزل داخل الغشاء المحيط بالليسوسومات.





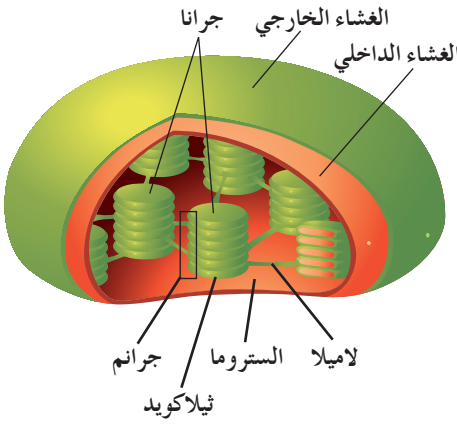
(شكل 16)
الليسوسومات

8.4 البلاستيدات Plastids

تتواجد البلاستيدات الخضراء Chloroplast، الموضّحة في الشكل (17)، في بعض الطلائعيات وفي جميع الخلايا النباتية الخضراء. تحتوي هذه البلاستيدات على كمّيات كبيرة من صبغة الكلوروفيل Chlorophyll، إلى جانب وجود صبغات الكاروتين Carotenoids، ولكن بكمّيات قليلة جدًّا. يُعزى اللون الأخضر في الأوراق وأجزاء أخرى من النبات لهذا النوع من البلاستيدات. **تُساعد البلاستيدات Plastids الخلايا في عملية البناء الضوئي Photosynthesis لاحتوائها على مادّة الكلوروفيل، وهي تمرّ بعدّة مراحل، من أهمّها تحوّل طاقة الضوء إلى طاقة مختزنة في السكّريات.**

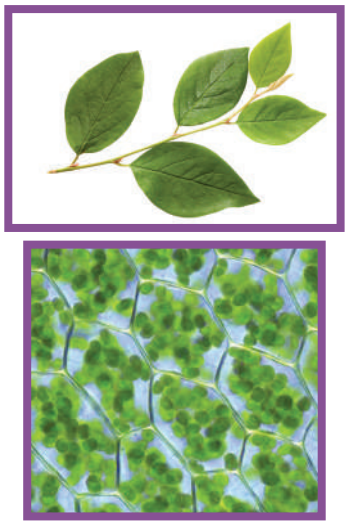
يُغلّف هذه البلاستيدات غشاء خارجي مزدوج، أحدهما داخلي والآخر خارجي يفصل بينهما فراغ. يوجَد داخل البلاستيدات طبقات متراصّة من الأغشية الداخلية على هيئة صفائح تُسمّى ثيلاكويد Thylakoid، والتي تُشكّل كلّ مجموعة منها ما يُعرَف بـ جرانم Granum، أمّا عدد المجموعات منها فتُسمّى جرانا Grana. ويحتوي كلّ جرانم على مادّة الكلوروفيل. يُسمّى تجويف البلاستيدة الذي تنغمس فيه هذه الأغشية بالحشوة Stroma.

هناك أنواع أخرى من البلاستيدات التي تختلف عن بعضها بعضًا بحسب نوع الصبغة الموجودة في كلّ نوع. وهذه الأنواع هي:

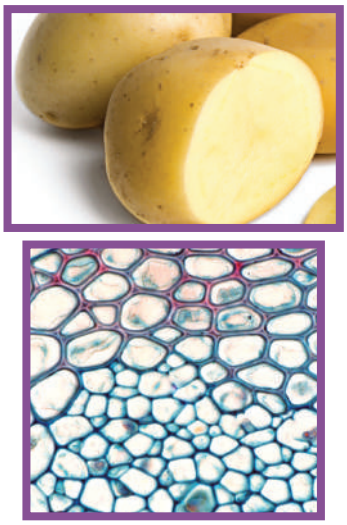


(شكل 17)
البلاستيدة الخضراء

* البلاستيدات البيضاء Leucoplasts، وهي بلاستيدات تفتقر إلى وجود أيّ نوع من الصبغات وتعمل كمراكز لتخزين النشا، مثل تلك الموجودة في خلايا ساق البطاطا وجذورها، الموضّحة في الشكل (18ب).
* البلاستيدات الملوّنة Chromoplasts، الموضّحة في الشكل (18جـ)، هي بلاستيدات تحتوي على صبغات الكاروتين Carotenoids، أي حمراء أو صفراء أو برتقالية، مثل التي يُعزى لها اللون الأحمر في ثمرة الطماطم واللون البرتقالي في الجزر.



(شكل 18 أ) البلاستيدات الخضراء في خلايا النسيج الأوسط في الورقة الخضراء

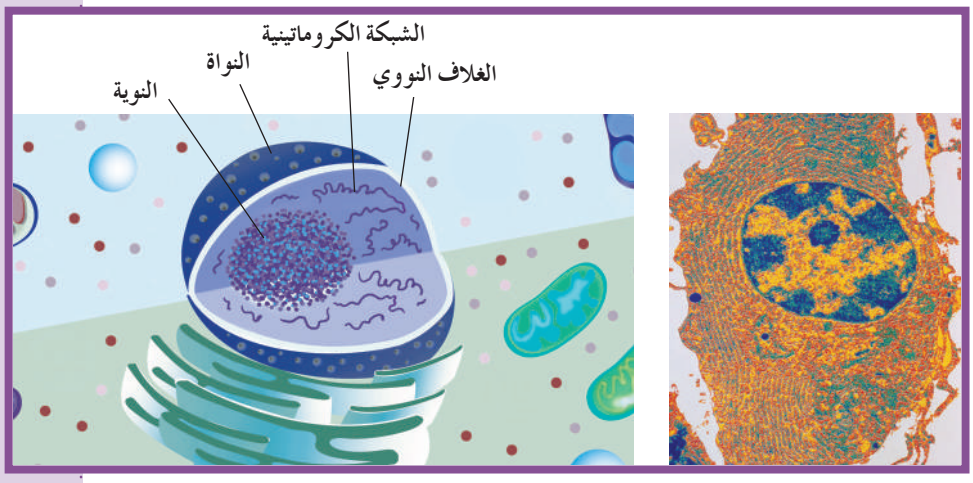


(شكل 18 ب) البلاستيدات البيضاء في خلايا ساق البطاطا

(شكل 18 جـ) البلاستيدات الملوّنة في خلايا لبّ ثمرة الطماطم

9.4 النواة Nucleus

هي أوضح عضيّات الخليّة، وغالبًا ما يُطلَق عليها اسم مركز التحكّم في الخليّة.
يُحيط بالنواة غشاء مزدوج يُسمّى الغشاء أو الغلاف النووي (الشكل 19) يقوم بفصل محتويات النواة عن السيتوبلازم. ويوجَد في الغشاء النووي العديد من الثقوب الدقيقة التي تمرّ من خلالها الموادّ بين النواة والسيتوبلازم.



(شكل 19)
تركيب النواة
ما أهمّية الثقوب الموجودة في الغشاء النووي؟

تحتوي النواة على سائل هلامي شفّاف يُعرَف بالسائل النووي الذي يحتوي على خيوط دقيقة متشابكة وملتفّة حول بعضها البعض مشكّلة ما يُسمّى الشبكة الكروماتينية Chromatin التي تتحوّل أثناء انقسام الخليّة إلى كروموسومات أو صبغيات تتميّز بثبات عددها في خلايا كلّ نوع من الكائنات. فتحتوي نواة كل خليّة جسدية في الإنسان على 46 كروموسومًا، فيما تحتوي نواة كلّ خليّة في نبات الذرة على 20 كروموسومًا. والكروموسومات هي المادّة الوراثية للكائن الحي، إذ تحمل التركيبات، المعروفة بالجينات، التي تُحدّد الصفات الوراثية للكائن، والتي تنتقل من جيل إلى آخر.

تحتوي النواة أيضًا على تركيب آخر يُعرَف **بالنوية Nucleolus، التي هي مسؤولة عن تكوين العضيّات الخلوية المعروفة بالرايبوسومات، وتقوم بدور مهمّ في عملية إنتاج البروتينات.** وعادةً ما تكون النوية أكبر حجمًا في الخلية المتخصّصة بتكوين المواد البروتينية وإفرازها، كالأنزيمات والهرمونات. وتُصنَّف الخلايا، بحسب وجود أو عدم وجود نواة محدّدة في الخليّة، إلى نوعين: خلايا أوّلية (غير حقيقية) النواة (لا تظهر فيها نواة محدّدة) وخلايا حقيقية النواة.

(أ) تركيب الكروماتين (الشبكة النووية) والحمض النووي

Chromatin and DNA Structure

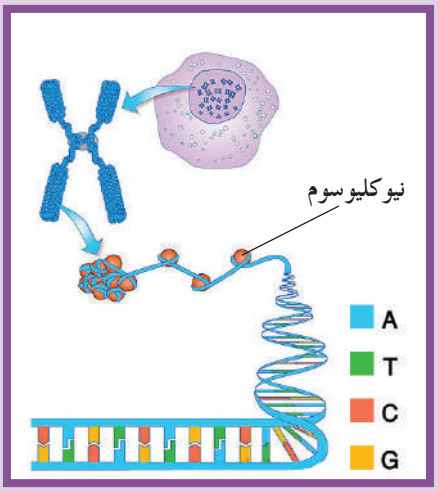
تتألّف الكروماتين أو الشبكة النووية من خيوط دقيقة تتركّب من الأحماض النووية أو الـ DNA الملتفّة حول جزيئات من البروتين تُسمّى الهيستون Histone proteins (الشكل 20). **يُشكّل خيط الـ DNA الملتفّ حول جزيئات من بروتين الهيستون الوحدة البنائية للكروماتين، والتي تُسمّى نيوكليوسوم Nucleosome.**

الأحماض النووية Nucleic Acids هي عبارة عن جزيئات عضوية معقّدة التركيب تحمل وتُخزّن المعلومات الوراثية المنظّمة التي تسمّى الجينات Genes، والتي تضبط شكل الخليّة وبنيتها ووظيفتها. تنتقل هذه الأحماض النووية من جيل إلى آخر عبر عملية تكاثر الكائنات.

(ب) أنواع الأحماض النووية وبنيتها

Nucleic Acids: Types and Structure

تُقسم الأحماض النووية إلى نوعين: حمض رايبوزي منقوص الأكسجين DNA، وحمض رايبوزي RNA، ويختلف هذان الحمضان في التركيب والوظيفة.



(شكل 20)
مكوّنات الكروماتين

علم الأحياء في حياتنا اليومية

لا مكان للنواة

مع وصولها إلى طورها اليافع، تفقد خلايا الدم الحمراء في الإنسان أنويتها، وتشغل مكانها مادّة الهيموجلوبين التي تُمكّن هذه الخلايا من حمل الأكسجين من الرئتين إلى باقي أعضاء الجسم وأجهزته.

حمض (DNA): تتكوّن منه مادّة الكروموسومات الموجودة في نواة الخليّة والمسؤولة عن نقل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر عند تكاثر الخلايا. فيحمل حمض الـ DNA المعلومات الوراثية المسؤولة عن إظهار الصفات الوراثية في الكائنات، وكذلك عن تنظيم جميع الأنشطة الحيوية لخلايا الكائنات.

حمض (RNA): يُنسَخ من حمض الـ DNA، وتستخدمه الخلايا لبناء البروتينات المسؤولة عن إظهار الصفات الوراثية وتلك المسؤولة عن تنظيم الأنشطة الحيوية.

يتكوّن الحمضان النوويان DNA وRNA من مجموعة مترابطة في شكل شريطي من الوحدات البنائية التي تُعرَف الواحدة منها بالنيوكليوتيدة، وهي تتكوّن من جزيء سكّر أحادي خماسي (يحتوي على خمس ذرّات كربون) وقاعدة نيتروجينية واحدة ومجموعة فوسفات (الشكل 21).

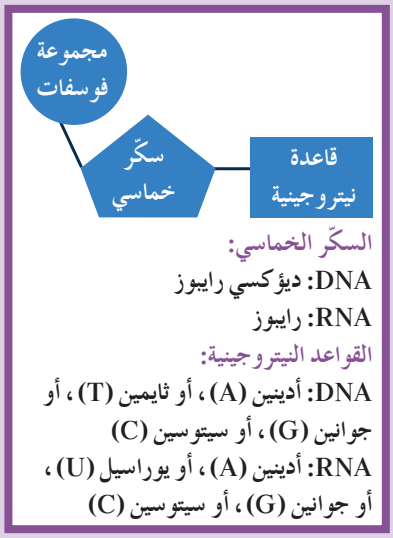
ويتكوّن الحمض النووي DNA من شريطين من هذه النيوكليوتيدات ملتفّين حول بعضهما في شكل لولب مزدوج (الشكل 22)، بينما يتكوّن حمض RNA من شريط مفرد من النيوكليوتيدات (الشكل 23). ويختلف الـ DNA عن الـ RNA من حيث نوع السكّر والقواعد النيتروجينية المكوّنة لكلّ منهما، كما هو موضّح في الجدول (1).

DNA	RNA
شريط مزدوج	شريط مفرد
القواعد النيتروجينية (A, C, G, T)	القواعد النيتروجينية (A, C, G, U)
سكّر أحادي خماسي منقوص الأكسجين	سكّر أحادي خماسي

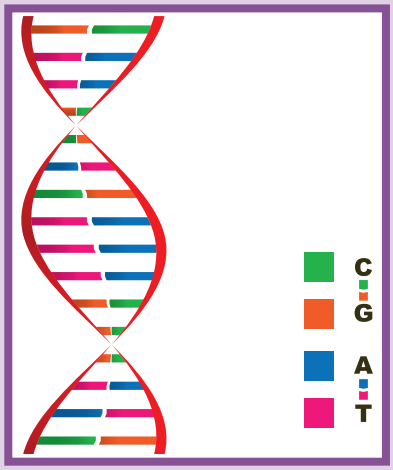
الجدول 1
الفروقات البنيوية بين DNA وRNA

مراجعة الدرس 1-2

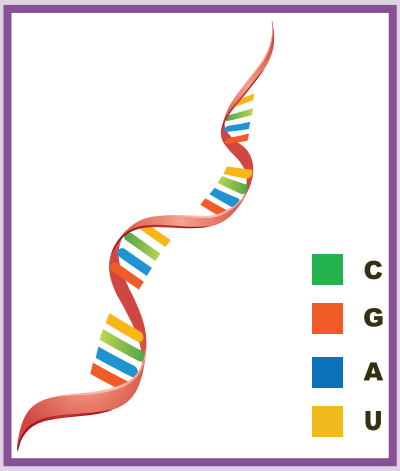
1. صف الأجزاء الرئيسة في الخليّة وفي تركيب 5 عضيّات ووظيفة كلّ منها.
2. قارن وباين بين الـ DNA والـ RNA.
3. ممّ يتكوّن النيوكليوتيد في الـ RNA؟
4. **التفكير الناقد:** هل تتوقّع أنّ عدد الميتوكوندريا في خلايا جلدك أكثر أم أقلّ من ذلك الموجود في خلايا عضلاتك؟ علّل إجابتك.



(شكل 21)
تركيب نيوكليوتيدة الأحماض النووية



(شكل 22)
الأحماض النووية
يمتاز جزيء الأحماض النووية، مثل حمض DNA، بشكل حلزوني وهو يحمل المعلومات الوراثية للكائن الحي.



(شكل 23)
الحمض النووي RNA هو عبارة عن شريط مفرد يُنسَخ من الـ DNA.

تنوّع الخلايا
Cell Diversity

الأهداف العامة

- يتعرّف الاختلاف بين الخلايا أوّلية النواة والخلايا حقيقية النواة.
- يتعرّف التشابه والاختلاف بين خلايا الكائنات وحيدة الخليّة والكائنات عديدة الخلايا.
- يرسم التركيب الدقيق للخليّة النباتية والحيوانية.

(شكل 24)

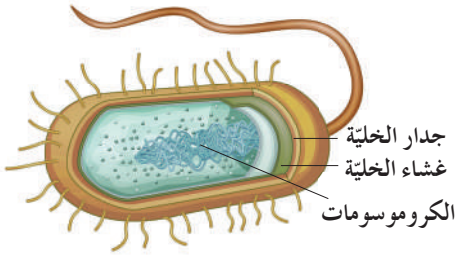
كم عدد الخلايا في النملة البيضاء؟

عدد الخلايا في النملة البيضاء أكبر بكثير ممّا تتوقّع. فالنملة البيضاء، الموضّحة في الشكل (24)، وعلى الرغم من صغرها، هي كائن معقّد التركيب إذ يحتوي كلّ عضو من جسمها على الكثير من الخلايا المتخصّصة. ولكنّها لا تستطيع الاستفادة من الخشب الذي تلتهمه من دون مساعدة الكائن وحيد الخليّة الذي يعيش في أمعائها.

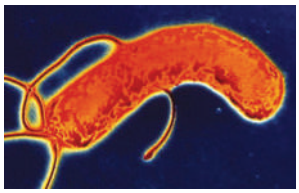
1. الخلايا أوّلية النواة (غير حقيقية النواة) والخلايا حقيقية النواة
Prokaryotes and Eukaryotes

تُعرَف الخليّة التي لا تحتوي على نواة محدّدة الشكل بالخليّة أوّلية النواة Prokaryote، مثل خليّة البكتيريا (الشكل 25). **أمّا تلك التي تحتوي على نواة محدّدة الشكل فتُعرَف بالخليّة حقيقية النواة Eukaryote**، مثل خلايا جميع الكائنات الأخرى، بما فيها النبات والحيوان والإنسان (الشكل 26).

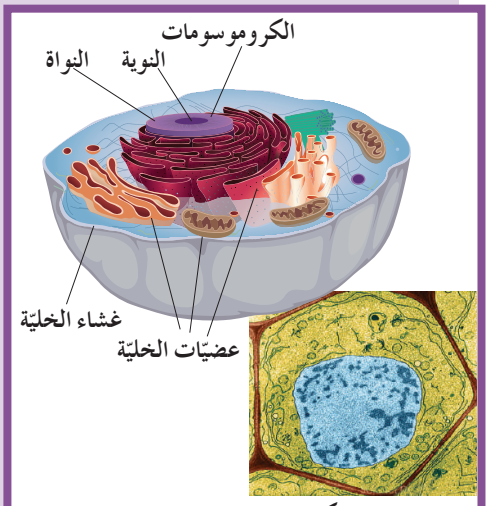
الخلايا أوّلية النواة هي أصغر بكثير من الخلايا حقيقية النواة، وتركيبها الداخلي أقلّ تعقيدًا من تركيب الخليّة حقيقية النواة، إذ تفتقر إلى الغشاء النووي وجميع العضيّات الخلوية ما عدا الرايبوسومات (الشكل 26). وعلى الرغم من ذلك، تُؤدّي الخليّة أوّلية النواة جميع الأنشطة الخلوية الحيوية، من تنفّس وتغذية وحركة وتكاثر واستجابة للمؤثّرات البيئية المحيطة وغيرها.



1 – 10 ميكرومتر



شكل 25
الخليّة أوّلية النواة (البكتيريا)



10–100 ميكرومتر

شكل 26
الخليّة حقيقية النواة

قارن بين تركيب الخليّة أوليّة النواة والخليّة حقيقية النواة وبيّن أبعادهما.

الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية Plant and Animal Cells

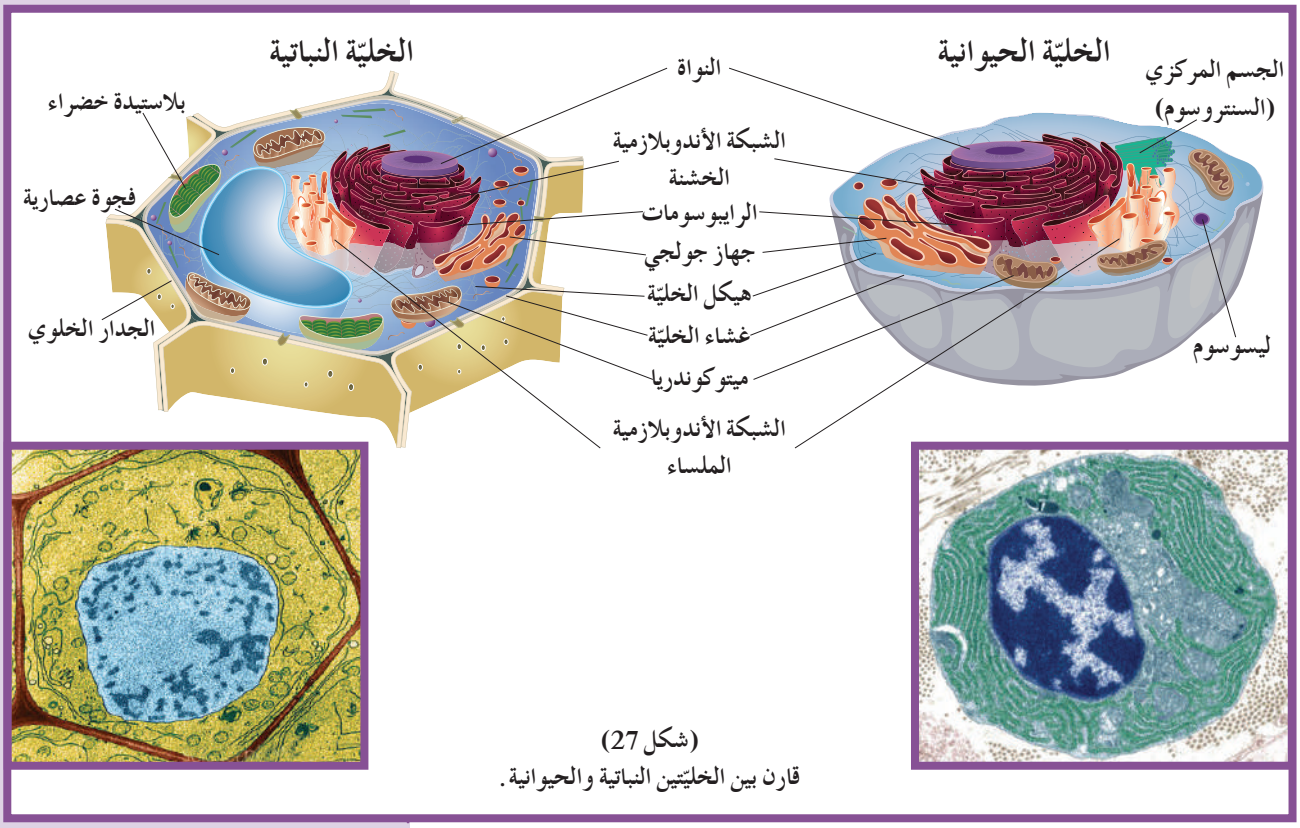
تشترك الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية في كونها حقيقية النواة، لكنّها تختلف في بنيتها وشكلها وبعض مكوّناتها (الشكل 27). فيُحيط بالخليّة النباتية جدار يعمل على حمايتها وتدعيمها، كما أنّها تمتلك بلاستيدات خضراء تُمكّنها من إنتاج غذائها خلال عملية البناء الضوئي، على عكس الخليّة الحيوانية. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي الخليّة النباتية على فجوة كبيرة مركزية (أو أكثر) تعمل كمخزّن للماء وبعض الموادّ الإخراجية. أمّا الخليّة الحيوانية، فتغيب عنها الفجوة الكبيرة المركزية ولكنّها قد تحتوي على كثير من الفجوات صغيرة الحجم. كما تحتوي الخليّة الحيوانية على الجسم المركزي، على عكس الخليّة النباتية.

علم الأحياء في حياتنا اليومية

أكل السيلّيلوز!

على الرغم من عجزنا عن هضم السيلّيلوز الموجود في جدران الخليّة النباتية، إلّا أنّ هذه الألياف تبقى جزءًا مهمًّا من غذائنا.

تُساعد الألياف في تنشيط حركة الموادّ المهضومة عبر الأمعاء وتُساهم في تحديد كمّية المياه التي تُمتَصّ من وإلى الأمعاء الغليظة، وتحمي بالتالي من الإسهال والإمساك.



(شكل 27)
قارن بين الخليّتين النباتية والحيوانية.

التركيب	الخلايا أوّلية النواة	الخلايا حقيقية النواة	
		الحيوانية	النباتية
الغشاء الخلوي	موجود	موجود	موجود
الجدار الخلوي	موجود	غير موجود	موجود
النواة	غير موجودة	موجودة	موجودة
الكروموسومات	موجودة (بالإضافة إلى شريط حلقي مفرد من حمض DNA)	موجودة (عضيّات عديدة)	موجودة (عضيّات عديدة)
الشبكة الأندوبلازمية	غير موجودة	موجودة	موجودة
جهاز جولجي	غير موجود	موجود	موجود
الليسوسومات	غير موجودة	موجودة	موجودة
الفجوات	غير موجودة	موجودة (صغيرة أو غائبة)	موجودة
الميتوكوندريا	غير موجودة	موجودة	موجودة
الرايبوسومات	موجودة (صغيرة الحجم)	موجودة (كبيرة)	موجودة (كبيرة)
البلاستيدات الخضراء	غير موجودة	غير موجودة	موجودة
هيكل الخليّة	غير موجود	موجود	موجود

الجدول 2
مقارنة بين تركيبات أنواع مختلفة في الخلايا

مراجعة الدرس 1-3

1. ما أوجه الشبه بين الخليّتين أوّلية النواة وحقيقية النواة؟
2. ما الفروقات بين الخليّتين النباتية والحيوانية؟
3. **التفكير الناقد:** كيف تُبرهن مكوّنات الخليّة النباتية أنّ بنيتها هي مرآة لوظيفتها؟

الدرس 1-4

تنوع الأنسجة في النبات والحيوان
Diversity of Plants and Animals Tissues

الأهداف العامة

* يتعرّف مفهوم النسيج.
* يُميّز بين النسيج البسيط والنسيج المركّب.
* يتعرّف مختلف أنواع الأنسجة النباتية والحيوانية.

(شكل 28)

هناك كائنات وحيدة الخليّة وأخرى عديدة الخلايا. والنباتات الموضّحة في الشكل (28) هي من الكائنات عديدة الخلايا. هل خلاياها غير منظّمة أو مرتّبة؟ هل يعمل كلّ منها بمنأى عن الآخر؟ هل تُؤدّي كلّ خليّة من خلاياها وظائف متنوّعة ومتعدّدة مثل خليّة الكائن وحيد الخليّة؟ هذه الخلايا متخصّصة في عملها، لذلك نجد أنواعًا مختلفة منها وليس نوعًا واحدًا فقط. تترتّب الخلايا المتماثلة لتتضافر في أداء وظيفة معيّنة أو أكثر، وتُسمّى «النسيج». وتتجمّع الأنسجة مع بعضها لتُكوّن «الأعضاء» التي تتعاون بدورها فتُكوّن «الأجهزة» التي يتكوّن منها «جسم الكائن الحي».

الأنسجة البسيطة والمركّبة
Simple and Complex Tissues

أنت تعلم أنّ خلايا الكائنات الحية، سواء أكانت نباتية أم حيوانية، تتماثل مع بعضها بعضًا إلى حدّ كبير في التركيب، وأنّ من الكائنات الحيّة ما يتكوّن من خليّة واحدة تؤدّي جميع الوظائف والأنشطة الحيوية المتنوّعة، وتُعرَف بالكائنات وحيدة الخليّة. كما أنّ هناك من الكائنات، مثل النباتات والحيوانات، ما يتكوّن جسمه من عدد هائل من الخلايا، وتُعرَف بالكائنات عديدة الخلايا.

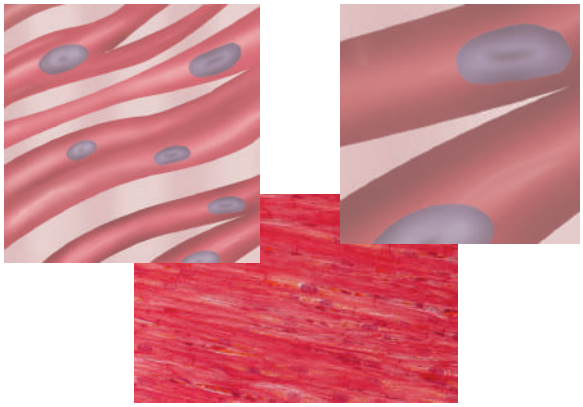
ليس هناك نوع واحد من خلايا الكائنات عديدة الخلايا، بل أنواع متعدّدة تختلف في الشكل والحجم والتركيب والوظيفة، إذ يتخصّص كلّ منها في أداء وظيفة معيّنة أو أكثر.

لا يعمل كلّ من هذه الخلايا بشكل مستقلّ، بل في تعاون وتكامل، لذا تكون مرتّبة ومنظّمة مكوّنةً ما يُسمّى النسيج Tissue، الموضّح في الشكل (29). **إذا كانت الخلايا المكوّنة للنسيج متماثلة مع بعضها في الشكل والتركيب والوظيفة، يُسمّى النسيج نسيجًا بسيطًا Simple Tissue، أمّا إذا تكوّن النسيج من أكثر من نوع من الخلايا فإنّه يُسمّى نسيجًا مركّبًا Complex Tissue.**

وتتنوّع أنواع الأنسجة وتتباين تبعًا لاختلاف الكائنات وتنوّعها، وكذلك الأنشطة والوظائف الحيوية التي تقوم بها الأنسجة. وسوف نتعرّف في السياق التالي أكثر أنواع الأنسجة شيوعًا بين كلّ من النباتات والحيوانات.

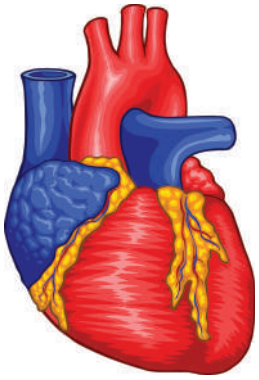
الخلايا

تُؤدّي الخلايا وظائف متعدّدة ومتنوّعة داخل أجسام الكائنات عديدة الخلايا. فتعمل خلايا عضلاتك متعاونة كي تستطيع أن تتحرّك. ولا تنقبض خلايا العضلات من تلقاء ذاتها، بل عندما تصلها النبضات من الخلايا العصبية فحسب. نرى في الشكل التالي الخلايا العضلية الموجودة في القلب.



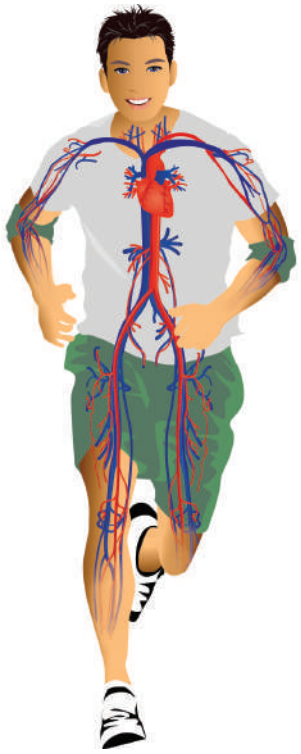
الأنسجة

تُكوّن الخلايا العضلية ثلاثة أنواع من الأنسجة العضلية: الأملس والهيكلي والقلبي. نرى في هذا الشكل النسيج القلبي الموجود في القلب فحسب.



الأعضاء

القلب هو أحد أعضاء الكائنات عديدة الخلايا مثل الإنسان. ويتكوّن في معظمه من نسيج عضلي قلبي، وأعصاب ونسيج ضامّ. تتضافر عضلات القلب والأعصاب والنسيج الضامّ في عملها كي يُضَخّ الدم من القلب إلى أجزاء الجسم كافّة.



الأجهزة

يكوّن القلب والدم وشبكة الأوعية الدموية الجهاز الدوري للإنسان. ولديك أيضًا أحد عشر جهازًا آخر: الهيكلي–العضلي–الجلدي–العصبي–المناعي–الهضمي–التنفّسي–الإخراجي–الهرموني–التناسلي–اللمفاوي.

(شكل 29)

الخلايا – الأنسجة – الأعضاء – الأجهزة – الكائن

1. الأنسجة النباتية Plant Tissues

تنقسم الأنسجة داخل النباتات إلى ثلاث مجموعات:
الأنسجة الأساسية، والأنسجة الجلدية، والأنسجة الوعائية أو التوصيلية.
يُعَدّ النوعان الأول والثاني أنسجة بسيطة، أمّا النوع الثالث فنسيج مركّب.

1.1 الأنسجة النباتية البسيطة Simple Plant Tissues

تشمل الأنسجة الأساسية والأنسجة الجلدية في النباتات.

(أ) الأنسجة الأساسية Ground Tissues

وتضمّ أنواعًا ثلاثة:

* **النسيج البرانشيمي Parenchyma**: تكون خلاياه بيضوية أو مستديرة الشكل، يوجَد بينها فراغات للتهوية، وهي ذات جدران خلوية رقيقة ومرنة. وهي خلايا حية يحتوي السيتوبلازم فيها على بلاستيدات خضراء أو ملوّنة أو عديمة اللون. كما تحتوي الخليّة البرانشيمية على فجوة واحدة كبيرة أو أكثر ممتلئة بالماء والأملاح المعدنية. **ويؤدّي النسيج البرانشيمي وظائف عدّة، مثل القيام بالبناء الضوئي واختزان الموادّ الغذائية كالنشا، والتهوية** (الشكل 30 أ).

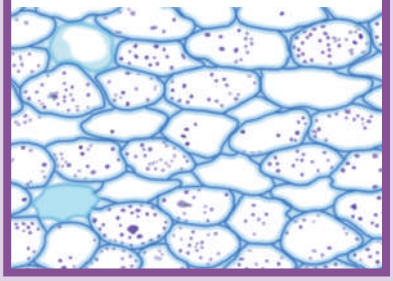
* **النسيج الكولنشيمي Collenchyma**: **وهو نسيج حي تكون خلاياه مستطيلة بعض الشيء، وجدرانها مغلّظة بشكل غير منتظم وغير مغطّاة بمادّة الليجنين.** ويُساعد هذا النسيج في تدعيم النبات وإسناده (الشكل 30 ب).

* **النسيج السكلرنشيمي Sclerenchyma**: تكون خلايا هذا النسيج مغلّظة الجدران، ومغطّاة بمادّة اللجنين، ولها جدران ثانوية. ويقوم هذا النسيج بتقوية النبات وتدعيمه وحماية الأنسجة الداخلية (الشكل 30 جـ).

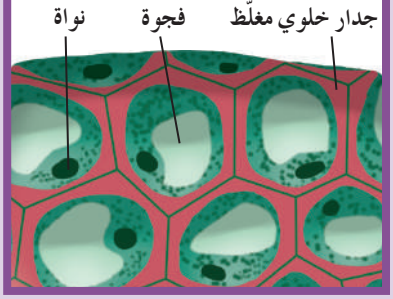
(ب) الأنسجة الجلدية Dermal Tissues

من ضمن الأمثلة، نذكر نسيج البشرة الذي يتكوّن عادة من طبقة واحدة من الخلايا المستطيلة أو الأسطوانية الشكل، والتي لا توجَد بينها فراغات هوائية. يُغطّي نسيج البشرة سطح النبات ليحميه من المؤثّرات الخارجية التي تُسبّب تبخّر الماء أو التجريح أو التمزيق، وهو في الوقت نفسه يسمح بتبادل الموادّ بين النبات والوسط المحيط به.

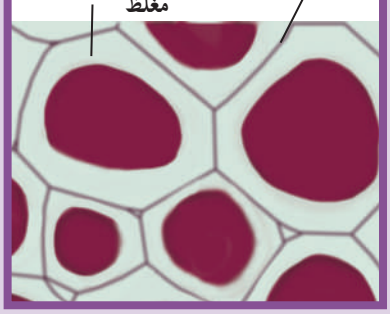
(شكل 30 أ) نسيج برانشيمي



(شكل 30 ب) نسيج كولنشيمي



(شكل 30 جـ) نسيج إسكلرنشيمي



(شكل 30)
الأنسجة النباتية البسيطة الأساسية

2.1 الأنسجة النباتية المركّبة Complex Plant Tissues

تشمل الأنسجة الوعائية أو التوصيلية وتنقسم إلى نوعين وهما: اللحاء والخشب. يختصّ هذان النوعان بنقل الماء والغذاء وتوصيلهما إلى النبات، لذا فإنّ شكلهما أنبوبي ومستطيل، ويتكوّنان من أكثر من نوع من الخلايا.

* **نسيج اللحاء Phloem: يتكوّن هذا النسيج من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا برانشيمية وألياف. وهو ينقل الموادّ الغذائية الناتجة عن عملية البناء الضوئي من الأوراق إلى الأجزاء الأخرى من النبات** (الشكل 31 أ).

ويتألّف الأنبوب الغربالي من اتّحاد عدد كبير من الخلايا الغربالية المتّحدة طوليًّا، والمنفصلة عن بعضها بجدران مثقّبة كالغربال تُعرَف بالصفائح الغربالية. تمتدّ عبر هذه الصفائح خيوط من السيتوبلازم من خليّة إلى أخرى، ولا تظهر فيها نواة حيث تختفي أثناء تكوين الخليّة.

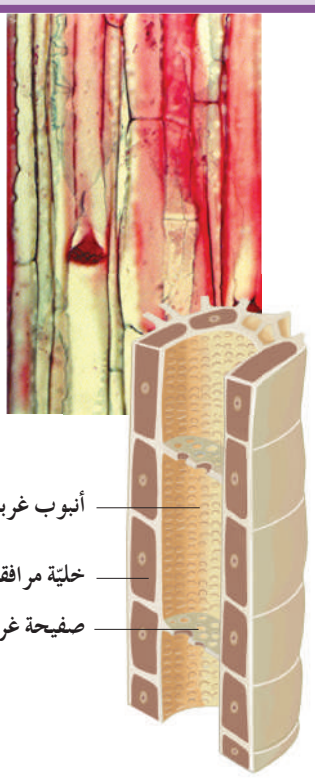
تتواجد إلى جانب كلّ خليّة غربالية خليّة مرافقة وتتّصل بها لتُزوّدها بالموادّ والطاقة اللازمة لنشاط الأنبوب الغربالي.

بالإضافة إلى ذلك، يوجَد بين هذه الخلايا بعض الخلايا البرانشيمية والألياف للتدعيم (الشكل 30 أ).

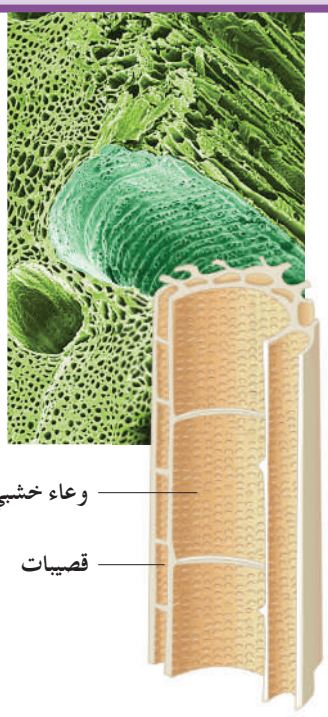
* **نسيج الخشب Xylem: يتألّف هذا النسيج من أوعية الخشب والقصيبات وخلايا برانشيمية وألياف، وهو يختصّ بنقل الماء والأملاح من الجذور إلى الأوراق، بالإضافة إلى تدعيم النبات** (الشكل 31 ب).

الأوعية الخشبية هي عبارة عن أنابيب يتكوّن كلّ منها من صفّ رأسي من الخلايا التي تلاشت جدرانها العرضية وترسّبت على جدرانها من الداخل مادّة الليجنين بشكل حلقي أو حلزوني أو نقري أو شبكي كما هو موضّح في الشكل (32). ثمّ يتلاشى البروتوبلازم لتتحوّل الخلايا إلى أوعية واسعة وطويلة ينتقل خلالها الماء والأملاح. يتراوح طول هذه الأوعية بين سنتيمترات قليلة إلى عدّة أمتار، كما في الأشجار العالية. أمّا القصيبات، فيتكوّن كلّ منها من خليّة واحدة خالية من البروتوبلازم ومن جدران مغطّاة باللجنين. وتنتظم خلايا القصيبات في صفوف رأسية يتّصل بعضها ببعض بواسطة ثقب خاصّ ينفذ منه الماء من خليّة إلى أخرى.

وبالإضافة إلى الأوعية والقصيبات، يحتوي نسيج الخشب على خلايا برانشيمية وألياف وخلايا سكلرنشيمية (الشكل 30 جـ).

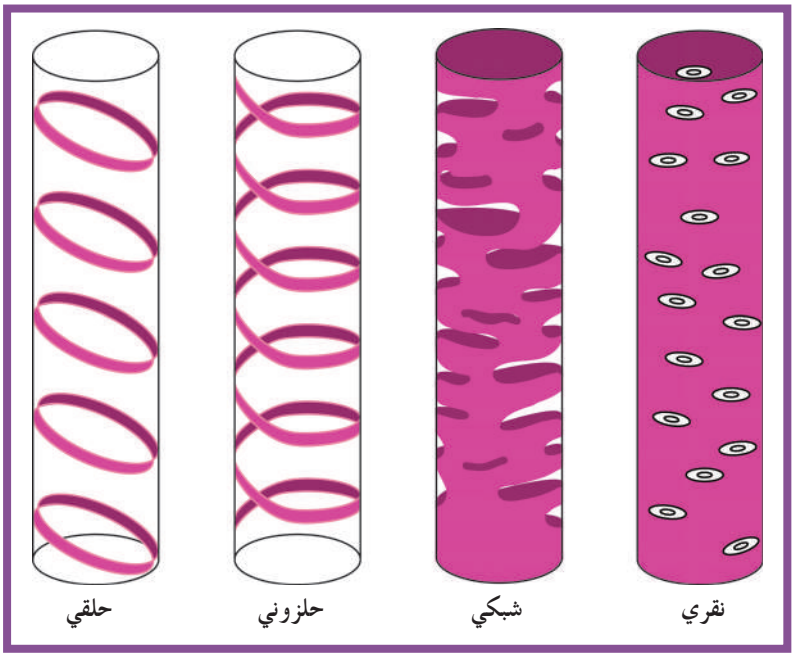


(شكل 31 أ) نسيج اللحاء
تُنقَل العصارة الناضجة (السكّريات) من الأوراق إلى أجزاء النبات كلّها.



(شكل 31 ب) نسيج الخشب
يقوم بنقل الماء والأملاح من الجذور إلى أوراق النبات

(شكل 31)
الأنسجة النباتية المركّبة



(شكل 32)
أنواع ترسّب مادّة اللجنين في أوعية الخشب
ما فائدة مادّة اللجنين في هذه الأوعية؟

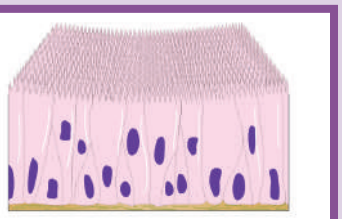
2. الأنسجة الحيوانية Animal Tissues

يُمكن تصنيف الأنسجة الحيوانية إلى أربعة أنواع أساسية، يتلاءم كلّ منها مع الوظيفة التي يُؤدّيها:

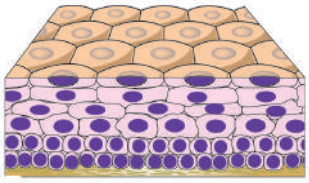
(أ) الأنسجة الطلائية Epithelial Tissues

هي الأنسجة التي تُغطّي سطح الجسم من الخارج لتحميه من المؤثّرات الخارجية كالحرارة والجفاف والكائنات الممرضة. كما أنّها تُبطّن تجاويف الجسم من الداخل مؤدّية وظائف متعدّدة بحسب موقعها؛ فمنها ما يمتصّ الماء والغذاء، كما هو الحال في القناة الهضمية، ومنها ما يفرز المخاط لجعل التجويف أملس رطبًا، كما هو الحال في القصبة الهوائية، ومنها ما يحمل أهدابًا لتحريك السوائل، كما في المريء والقصبة الهوائية، إلى جانب أنواع أخرى موضّحة في الشكل (33).

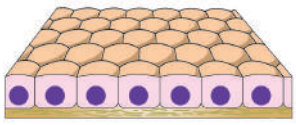
يتكوّن النسيج الطلائي من عدد كبير من الخلايا المتلاصقة والمتشابهة في الشكل والوظيفة، والتي قد تترتّب في طبقة واحدة، فيكون النسيج «بسيطًا»، أو في أكثر من طبقة فيكون النسيج مصفّفًا. وتُسمّى أنواع الأنسجة الطلائية سواء أكانت بسيطة أم مصفّفة بحسب شكل الخلايا، فمنها الحرشفي المفلطح أو المكعّبي أو العمودي.



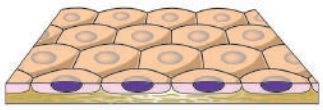
نسيج عمودي مصفّف كاذب مؤلّف من طبقة واحدة من الخلايا العمودية تبدو وكأنّها عدّة طبقات (بطانة القصبة الهوائية)



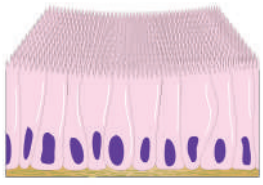
نسيج طلائي حرشفي مصفّف مؤلّف من طبقات عدّة من الخلايا المفلطحة (بشرة الجلد وبطانة الفم)



نسيج طلائي مكعّبي بسيط مؤلّف من طبقة واحدة من الخلايا المكعّبة (أنابيب الكلية والكبد والبنكرياس)



نسيج طلائي حرشفي بسيط مؤلّف من طبقة واحدة من الخلايا المفلطحة (الشعيرات الدموية وجدار الحويصلات الهوائية في الرئة)



نسيج طلائي عمودي بسيط مؤلّف من طبقة واحدة من الخلايا العمودية (بطانة المعدة والأمعاء)

(شكل 33)
أمثلة عن الأنسجة الطلائية

(ب) الأنسجة الضامّة Connective Tissues

تكون خلاياها متباعدة نوعًا ما وموجودة في مادّة بينية أو بين خلوية سائلة أو شبه صلبة أو صلبة الشكل (34). وتربط الأنسجة الضامّة أنسجة الجسم بعضها ببعض. ومن أنواعها: النسيج الأصلي الذي يربط أجهزة الجسم ببعضها، والنسيج الهيكلي، كالعظام والغضاريف وهو ذو مادّة صلبة يترسّب فيها الكالسيوم في حال العظام، وَالنسيج الدهني الذي يُخزّن الدهن في خلاياه، والنسيج الضامّ الوعائي المعروف بالدم.

(شكل 34)
أنواع من النسيج الضامّ

(جـ) الأنسجة العضلية Muscular tissues

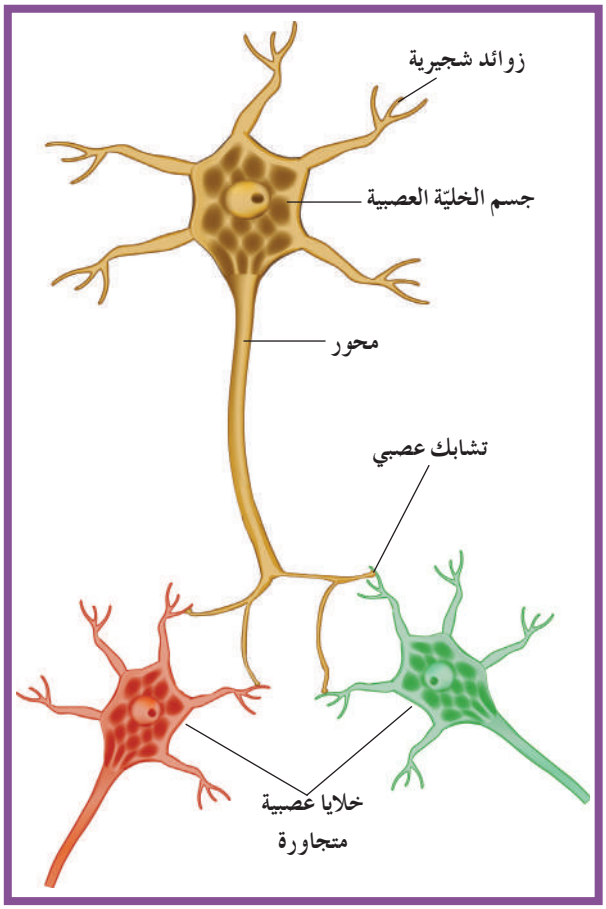
تُعرَف خلايا هذا النسيج بالخلايا العضلية أو الألياف العضلية، وهي تتميّز عن باقي خلايا الجسم بقدرتها على الانقباض والانبساط، ما يُمكّن الكائن من الحركة (الشكل 35).

وتوجد ثلاثة أنواع من الأنسجة العضلية: اللاإرادية أو الملساء أو غير المخطّطة، التي توجَد في أجزاء الجسم غير الخاضعة في عملها للإرادة، والإرادية أو الهيكلية أو المخطّطة التي ترتبط بالهيكل وتخضع في عملها للإرادة، وتظهر فيها تخطيطات عرضية، والأنسجة القلبية التي لا تتواجد إلّا في القلب.

(شكل 35)
الأنسجة العضلية
قارن بين هذه الأنواع الثلاثة من النسيج العضلي.

(د) الأنسجة العصبية Nervous Tissues

تتخصّص خلايا هذه الأنسجة في استقبال المؤثّرات الحسّية، سواء أكانت داخل الجسم أم خارجه، وتوصيلها إلى المخّ والحبل الشوكي، ثم نقل الأوامر الحركية من أحدهما إلى أعضاء الاستجابة (العضلات أو الغدد). لذا، **تُعتبَر هذه الأنسجة مسؤولة عن تنظيم الأنشطة المختلفة لأعضاء الجسم** (الشكل 36).



(شكل 36)
الخليّة العصبية وحدة بناء ووظيفة الجهاز العصبي.

مراجعة الدرس 1-4

1. ما المقصود بالنسيج؟
2. ما الفرق بين النسيج البسيط والنسيج المركّب؟
3. **التفكير الناقد:** لو كان جسم الكائن مكوّنًا من نوع واحد من النسيج، فما الذي تتوقّع حدوثه؟

الدرس 1-5

الفيروسات والفيرويدات والبريونات
Virus, Viroids and Prions

الأهداف العامة

- يُميّز بين الفيروسات والأحياء الأخرى.
- يُحدّد الصفات البنيوية والشكلية لكلّ من الفيروسات والفيرويدات والبريونات.
- يتعرّف آلية تكاثر الفيروسات، والفيرويدات والبريونات.
- يُقارن بين طرق تصنيف الفيروسات.

(شكل 37)

على عكس المعتقدات الخرافية، فإنّ هذا النموّ الغريب الخشن، الذي غالبًا ما يظهر على جلد اليدين والقدمين وقد يُعرَف بـ «الثآليل»، الموضّحة في الشكل (37)، لا يسبّبه التعامل أو الاحتكاك مع الحيوانات. فالفيروس هو سبب نقل عدوى هذا المرض بالتعامل أو الاحتكاك. وعلى الرغم من أنّها عدوى فيروسية بسيطة، إلّا أنّ هذه الثآليل غالبًا ما تنتشر وتزداد في حال تمّ خدشها بالأظافر.

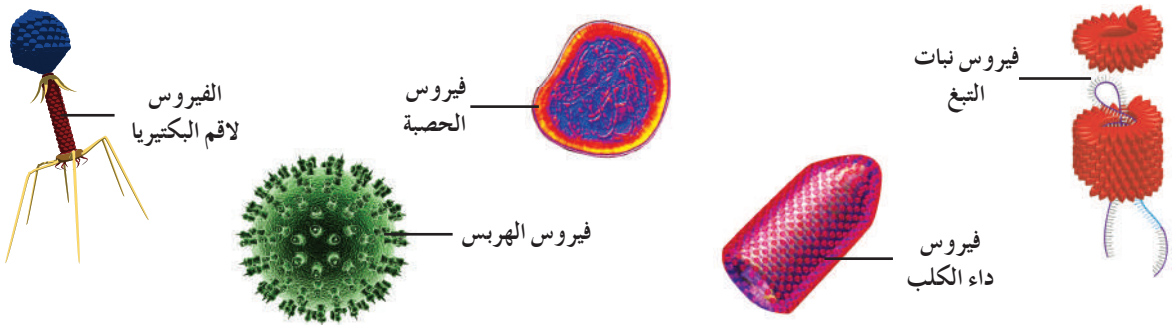
1. الفيروسات Viruses

الفيروسات هي عبارة عن مخلوقات في غاية الدقّة، لا يُمكن رؤيتها إلّا بالمجهر الإلكتروني، وهي ليست مخلوقات خلوية إذ لا تظهر فيها أيّ من مكوّنات الخلايا الحية، مثل الأغشية والسيتوبلازم والنواة. كما تغيب عنها العضيّات الخلوية، مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات والرايبوسومات وغيرها، ما يجعلها تفتقد آليات تحرير واستخدام الطاقة وآليات بناء البروتين. لذلك، فهي تتطفّل على الخلايا الحية للكائنات، مسبّبة العديد من الأمراض (الشكل 38).

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الكمبيوتر المريض!

للفيروسات التي تُهاجم الكمبيوتر سلوك مماثل لتلك التي تُهاجم الكائنات الحية. فهي تثبّت نفسها بالملفّات، ثمّ تنتشر وتتكاثر كلّما تنقّلت الملفّات في ما بين الأقراص والكمبيوترات والشبكات مدّمرة البيانات.



(شكل 38)
أشكال متنوّعة من الفيروسات

1.1 بنية الفيروس The Structure of Virus

الفيروس هو عامل ممرض مكوَّن من لبّ يحتوي على أحماض نووية وغلاف بروتيني. فالفيروسات ليست خلايا. فخلافًا للخلايا النباتية والحيوانية، لا يحتوي الفيروس على نواة، وغشاء خلوي (غشاء هيكلي)، وعضيّات خلوية، كالرايبوسومات، والميتوكوندريا، والبلاستيدات الخضراء. وعلى الرغم من أنّ الفيروسات ليست خلايا، إلّا أنّها تمتاز ببنية منظّمة، وتتمتّع بحجم صغير، بالمقارنة مع أصغر خليّة. فعلى سبيل المثال، يُوازي قطر الفيروس الذي يُسبّب الشلل مثلًا 20 نانومترًا (الشكل 39).

(شكل 39)
بنية الفيروس

يوجَد 3 000 نوع من الفيروسات التي قد تسع داخل النقطة التي توضَع في آخر السطر. وبالمقارنة مع الخليّة، لا تستطيع الفيروسات أن تعيش أو تنمو حرّة مستقلّة، إذ لا يسعها أن تتغذّى أو تتنفّس أو تستجيب لمؤثّرات أو أن تتكاثر كالخليّة. تتمتّع الفيروسات بعدد قليل من المورثات مقارنة بالخليّة، فعلى سبيل المثال، يحتوي كلّ من خليّة الإنسان والجراثيم تباعًا على عدد من المورثات يُقارب الـ 000 100 و000 1، بينما تحتوي بعض الفيروسات على خمس مورثات فقط.

تتشابه جميع الفيروسات تقريبًا بالبنية أو التركيب العام، فتتكوّن من لبّ يحتوي على الـ DNA أو الـ RNA التي تحمل المورثات الخاصّة بالفيروس، وعلى **غلاف بروتيني يحتوي على نوع أو أكثر من البروتينات ويُسمّى كابسيد capsid**. ويحمي هذا الكابسيد الأحماض النووية الموجودة داخل الفيروسات من التلف. وتضمّ بعض الفيروسات غلافًا آخر envelope يُحيط بالكابسيد، وهو مكوّن من دهون وبروتين وسكّر. يُساعد هذا الغلاف الفيروس على اقتحام خلايا الكائنات الحية.

2. الفيرويدات Viroids

تُعَدّ الفيرويدات أبسط تركيبًا من الفيروسات، إذ تتكوّن من أشرطة حلقية قصيرة من الحمض النووي RNA، في حين يغيب عنها الغلاف البروتيني المحيط بالحمض النووي، المعروف بالكابسيد والموجود في الفيروسات.

وتدخل الفيرويدات إلى داخل نواة الخليّة المصابة للكائن الذي تُهاجمه، حيث تُوجّه الأيض فيها لصنع فيرويدات جديدة. وتُسبّب الفيرويدات العديد من الأمراض للنباتات، مثل مرض الدرنات المغزلية في البطاطس، ومرض بهتان ثمار الخيار، وغيرها. وقد تكون الفيرويدات واسعة الانتشار في الطبيعة، إلّا أنّه لم يُستطَع الكشف عن أماكن تواجدها، لكونها لا تُدمّر أو تُحلّل خلايا العائل كما تفعل الفيروسات. والجدير بالذكر، أنّ المعلومات المتوافرة عن كيفية انتشار الفيرويدات لا تزال حتّى الآن ضئيلة للغاية.

3. البريونات Prions

البريونات هي عبارة عن مخلوقات غير حية تتمتّع بتركيب أبسط من الفيرويدات (الشكل 40). فهي تتركّب من البروتين فحسب، ولا تحوي أيّ مادّة وراثية من الأحماض النووية، ولكنّها تملك القدرة على الانتشار عبر

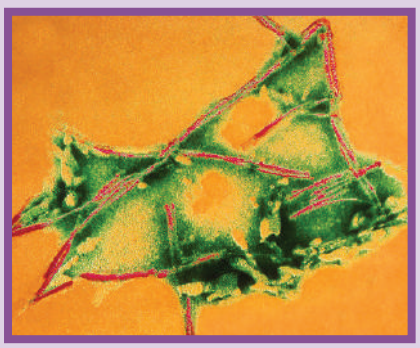
تاريخ العلوم

اكتشاف الفيروسات

تمّ اكتشاف الفيروسات عندما كان العلماء يتقصّون سبب مرض تبرقش التبغ الذي يُصيب أوراق التبغ، ويُسبّب رداءة نموّها ويُشوّه لون الورق.

ورقة تبغ مريضة ورقة تبغ سالمة

في العام 1892، كان عالم الأحياء الروسي «ديمتري إيفانوفسكي» أوّل من استنتج أنّ سبب مرض التبغ هو بكتيريا صغيرة وسامّة. ثمّ جاء بعده العالم الألماني «مارتينيز بيجيرك» ليكتشف السبب المؤثّر في هذا المرض والذي يتكاثر داخل خلايا نبات التبغ فحسب. فوجد بيجيرك أنّ سبب هذا المرض هو شيء أصغر من البكتيريا المعروفة آنذاك، وأطلق على هذا المسبّب اسم فيروس، وهي كلمة لاتينية تعني «تسمّم».



(شكل 40)
البريونات: البروتينات المحيّرة

أنسجة الكائنات المصابة بها، مسبّبة لها مرضًا يُدمّر جهازها العصبي المركزي بحيث تُحوّل المخّ إلى كتلة إسفنجية مليئة بالثقوب مثل الغربال، ما يُؤدّي إلى موت الكائن المصاب.

وتنتشر الإصابة بالبريونات بين المواشي والأغنام، وتُسبّب ما يُعرَف بمرض جنون البقر. كذلك، تُصيب البريونات الإنسان بمرضين عصبيين تتشابه أعراضهما مع أعراض مرض «جنون البقر».

وقد أثبتت الأبحاث الحديثة إمكانية انتقال بريونات مرض «جنون البقر» إلى الإنسان إذا ما تناول أيًّا من منتجات لحوم الأبقار المصابة، مثل الهامبورجر والسجق، أو استعمل المستحضرات أو الأدوية التي يدخل في تركيبها بعض المنتجات الحيوانية المستخلصة من الأبقار المصابة. ولم يُثبَت حتّى الآن انتقال هذه البريونات للإنسان، وقد يرجع هذا إلى طول فترة حضانة المرض في الإنسان.

وتنتشر العدوى بهذا المرض بين الأبقار عن طريق تناول الأعلاف المصنوعة من بروتينات حيوانية (مثل مشتقّات الدم والأمعاء) لأبقار مصابة بهذه البريونات. ويبقى السؤال: كيف يُضاعف البروتين (مادّة غير حية) نفسه ويُصبح معديًا ومسبّبًا للأمراض؟ يعتقد بعض العلماء أنّ هذا مستحيل. فلكي يتمّ التضاعف، لا بدّ من توافر المادّة الوراثية التي تغيب عن البريونات. وقد أوضحت بعض الأبحاث الحديثة الآلية الممكنة لهذا التضاعف: فيرى بعض العلماء أنّ البريونات تتكوّن من بروتين تُنتجه بعض الخلايا العصبية الطبيعية، ولسبب ما، لا يزال غير مفهوم أو معروف، يتحوّل إلى شكل مغاير تمامًا أو إلى بروتينات ممرضة. وبمجرّد أن تتكوّن هذه البروتينات، فإنّها تحثّ تحوّل جزيئات بروتين طبيعية أخرى إلى بريونات جديدة. مع ازدياد تركيز البريونات في النسيج العصبي، يرتفع معدّل تحلّل الخلايا فتتكوّن ثقوب داخل النسيج العصبي الذي يتحوّل إلى نسيج إسفنجي.

مراجعة الدرس 1-5

1. قارن وباين بين الخصائص البنيوية والحجم لكلّ من الفيروسات والفيرويدات والبريونات والبكتيريا.
2. سمّ بعض الفيروسات التي تنقل العدوى إلى الإنسان والنبات.
3. **التفكير الناقد:** هل يُمكن للفيروسات أن تعيش مستقلّة كالبكتيريا؟ علّل إجابتك.

الاستفادة من الفيروسات

قد يظنّ البعض أنّ الفيروسات هي مخلوقات عديمة النفع ولا يُمكن الاستفادة منها.

اللقاحات: هي وسيلة لتسخير الفيروسات للقضاء على نفسها. فاللقاح هو عبارة عن فيروسات مسالمة أو مخفّفة أو منهكة لا تُسبّب العدوى للكائن الذي يُلقَّح بها، ولكنّها تُنبّه الجهاز المناعي إلى إنتاج خلايا وبروتينات يُمكنها القضاء على هذا النوع من الفيروس عند مهاجمته للجسم. وتُستخدَم اللقاحات لوقاية الإنسان من الإصابة ببعض الأمراض طيلة حياته مثل الجدري وشلل الأطفال والحصبة، وغيرها.

الهندسة الوراثية: من خلال دراسة سلوك الحمض النووي الفيروسي داخل الخلايا المصابة بالفيروسات، استطاع العلماء تسخير الفيروسات في مجال الهندسة الوراثية لخدمة الإنسان. ففي بعض الأحيان، تلتقط أجزاء من جينات الخليّة المصابة، وتحملها إلى خلايا أخرى جديدة عند مهاجمة هذه الخلايا. وتحت ظروف محكمة استطاع العلماء إصلاح بعض الاختلالات أو الأمراض الوراثية عبر تحميل الفيروسات للجينات السليمة المرغوبة لإدخالها داخل الخلايا المعيبة لعلاج هذا الخلل الوراثي.

الزراعة: يُمكن أيضًا تسخير الفيروسات في مجال الزراعة لمكافحة الآفات الزراعية التي تُهلك المحاصيل المهمّة للإنسان. باستخدام الإنسان لهذه الفيروسات، فإنّه يحمي البيئة من التلوّث الذي تُسبّبه المبيدات الكيميائية.

الفصل الثاني

انقسام الخلايا
Cell Division

تتكوّن أجسام الكائنات الحية جميعها من خلايا دائمة الانقسام حتّى ينمو الكائن ويتكاثر. فقد نتجت مليارات الخلايا التي تُكوّن جسم هذا الفيل من خليّة واحدة، وهي البيضة المخصّبة. ففي كلّ مرّة تنقسم هذه الخليّة وتتكاثر، تتكوّن خلايا جديدة تحتوي كلّ واحدة منها على السيتوبلازم والعضيّات والكروموسومات اللازمة لهذا الفيل لكي ينمو ويكبر ويُمارس أنشطته الحيوية كلّها بما فيها التكاثر.

ماذا يحدث في حال حدوث خلل ما خلال عملية انقسام الخلايا؟

دروس الفصل

الدرس الأوّل
* النمط النووي

الدرس الثاني
* الانقسام الميتوزي

الدرس الثالث
* الانقسام الميوزي

الدرس الرابع
* الانقسام الخلوي غير المنتظم

النمط النووي
Karyotype

الأهداف العامة

* يتعرّف مفهوم النمط النووي ومضمونه.
* يصف خطوات تحضير النمط النووي.
* يُقارن بين النمط النووي للخليّة ثنائية المجموعة الكروموسومية والخليّة أحادية المجموعة الكروموسومية.

(شكل 41)

تحتوي الكروموسومات على جميع المعلومات المشفّرة التي تحتاج إليها الكائنات الحية لتحيا، وهي عادة ما تكون مرئية خلال مرحلة الانقسام الخلوي من دورة الخليّة فحسب.

ولكنّ الكروموسومات الموجودة مثلًا في خلايا الغدد اللعابية ليرقة ذبابة الفاكهة Drosophila melanogaster الموضّحة في الشكل (41)، كبيرة ويُمكن رؤيتها بسهولة عبر عدسة المجهر.

هل من الممكن رؤية أيّ من كروموسومات الإنسان بهذه السهولة؟

1. النمط النووي Karyotype

النمط النووي هو عبارة عن خارطة كروموسومية للكائن الحي (خلايا حقيقية النواة)، أي ترتيب الكروموسومات وفقًا لمعايير محدّدة. يتمّ تصوير الخارطة الكروموسومية بعد تهيئتها بواسطة تقنية معيّنة في مختبر علم الوراثة الخلوي Cytogenetic Laboratory.

يُستخدَم النمط النووي للأهداف الأساسية التالية:

* تحديد عدد الكروموسومات: فمثلًا، النمط النووي للإنسان هو 46 كروموسومًا.
* تصنيف جنس الكائن: أنثى أو ذكر.
* اكتشاف ما إذا كان يوجَد أيّ خلل في الكروموسومات، سواء أكان من حيث العدد أم البنية أم التركيب.

تاريخ العلوم

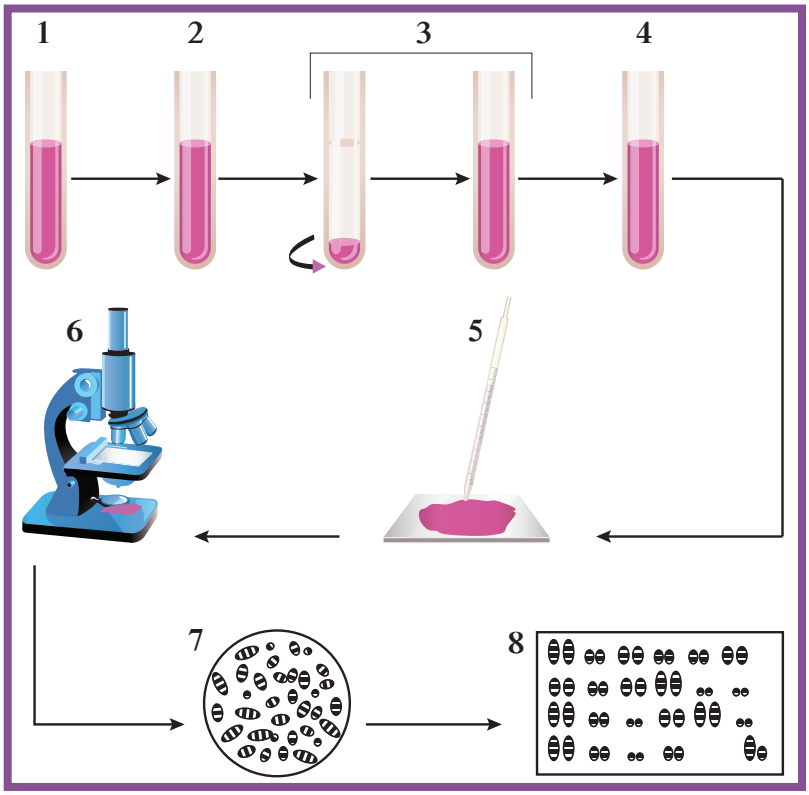
الصورة المجهرية

Microphotograph هي صورة تُؤخَذ عن طريق المجهر بإلصاق كاميرا لإظهار صورة مكبّرة لأيّ شيء. يعود اختراعه إلى الكندي ريجينالد أوبراي فيسيندن. وقد ساهم هذا الاختراع في تطوير تقنية النمط النووي.

يتمثّل عدد الكروموسومات الموجود في الخلايا الجسمية للكائنات بـ«2n» ، وتُسمّى ثنائية المجموعة الكروموسومية Diploid Cell . أمّا في الخلايا الجنسية ، فيتمثّل عدد الكروموسومات بـ«n» ، وهي تُسمّى بالتالي خليّة أحادية المجموعة الكروموسومية Haploid Cell .

2. تحضير النمط النووي Preparation of a Karyotype

للحصول على النمط النووي للإنسان ، يجب على العلماء الحصول على عيّنة من خلاياه ذات النواة ، باستخراج عيّنة من الدم تحوي الكريات البيضاء ذات النواة . يستعرض الشكل (42) المراحل المختلفة لتحضير النمط النووي للإنسان .



(شكل 42)
مراحل تحضير النمط النووي للإنسان
توقف مادّة الكولشيسايين عملية الانقسام الخلوي في الطور الاستوائي . لماذا يُبادر العلماء إلى توقيف عملية الانقسام في هذا الطور؟

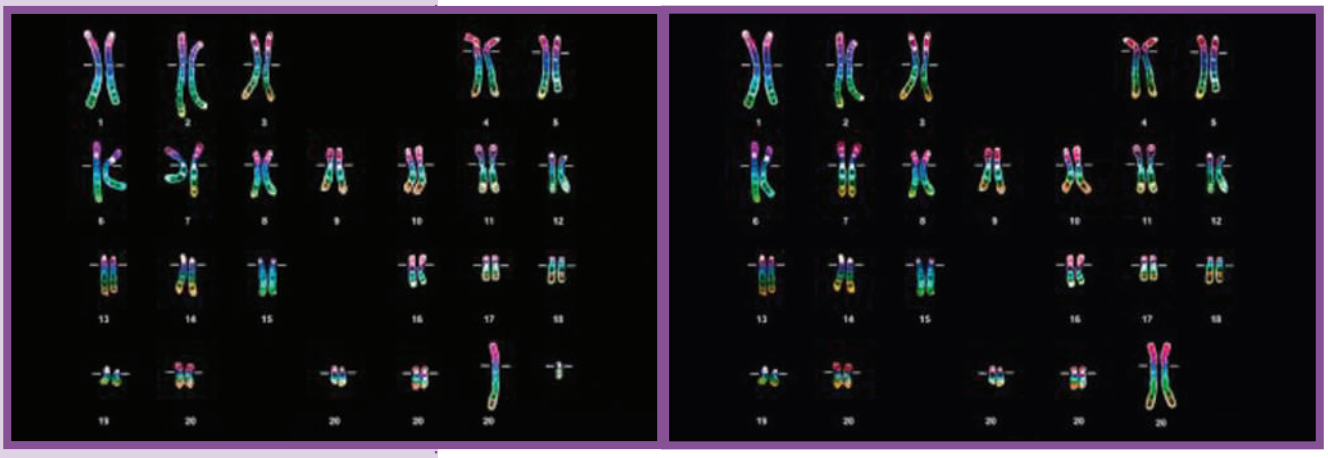
1. توضَع 15 نقطة من الدم في مربى يحتوي على 10 مل من وسط يحتوي على مغذّيات وموادّ مضادّة للتخثّر (الهيبارين) وموادّ كيميائية محفّزة على الانقسام الميتوزي .
2. يُضاف 250 ميكرولترًا من الكولشيسين لتثبيت الخلايا في الطور الاستوائي .
3. تُؤخَذ عيّنة من المربى وتوضَع في محلول ملحي مخفّف .
4. يُضاف إلى الوسط المخفّف مادّة مثبّتة وهي الإيثانول .
5. تُؤخَذ عيّنة بعد الخطوة (4) وتوضَع على شريحة زجاجية ثمّ تُضاف إليها الصبغة .
6. تُشاهَد الشريحة باستخدام المجهر المزوّد بكاميرا .
7. تُلتقَط صورة الكروموسومات ثم تُكبَّر .
8. تُرتَّب الكروموسومات للحصول على النمط النووي .

لترتيب الكروموسومات يقوم العلماء بالخطوات التالية:

* قصّ كلّ كروموسوم على حدة.
* جمع **الكروموسومات المتماثلة Homologus Chromosomes ، أي تلك التي تتشابه في الطول والشكل من حيث موقع السنترومير وفي نمط الخطوط المصبوغة.** يتمّ ترتيبها في مجموعات يتألّف كلّ منها من كروموسومين، كون هذه الخليّة هي خليّة جسمية تمتلك عددًا مزدوجًا من الكروموسومات. وتجدر الإشارة إلى أنّ الخليّة الجسمية الأنثوية تضمّ أزواجًا متماثلة من الكروموسومات، في حين تضمّ الخليّة الجسمية الذكرية زوجًا من الكروموسومات مختلفًا عن البقيّة.

تُرتَّب هذه الأزواج بحسب الطول، أي من الأطول إلى الأقصر، كما يظهر في الشكل (43) الذي يُظهر النمط النووي لإمرأة (أ) ولرجل (ب).

(أ) (ب)



(شكل 43)
النمط النووي لإنسان (أ) أنثى و(ب) ذكر
بم يتشابه كلّ من النمطين؟ وبم يختلفان؟
كيف تُبرهن أنّ الكروموسومات تحمل الجينات الوراثيّة؟

3. تحليل النمط النووي Analysis of Karyotype

1.3 النمط النووي للخلايا الجسمية ذات عدد كروموسومات مزدوجة

Karyotpe of diploid Somatic Cells

يختلف عدد الكروموسومات في خلايا الكائنات الحية تبعًا لنوع الكائن الحيّ. فتحتوي الخليّة الجسمية لذبابة الفاكهة على 8 كروموسومات مرتّبة في أربعة أزواج، فيما تحتوي الخليّة الجسمية لكلّ من الشمبانزي والبطاطا على 48 كروموسومًا مرتّبة في 24 زوجًا. إذًا، كيف يختلف كلّ من النمطين الخاصّين بالبطاطا والشمبانزي؟

يضمّ كلّ من هذه الأنماط **أزواج كروموسومات متماثلة تُدعى كروموسومات جسمية Autosomal Chromosomes ، وأخرى تُدعى كروموسومات جنسية Sex Chromosomes ، أي تلك التي تُحدّد جنس الكائن الحي.** وتكون الكروموسومات الجنسية متماثلة عند الأنثى بحيث يوجَد زوج من الكروموسوم الأنثوي السيني في حين تختلف عند الذكر،

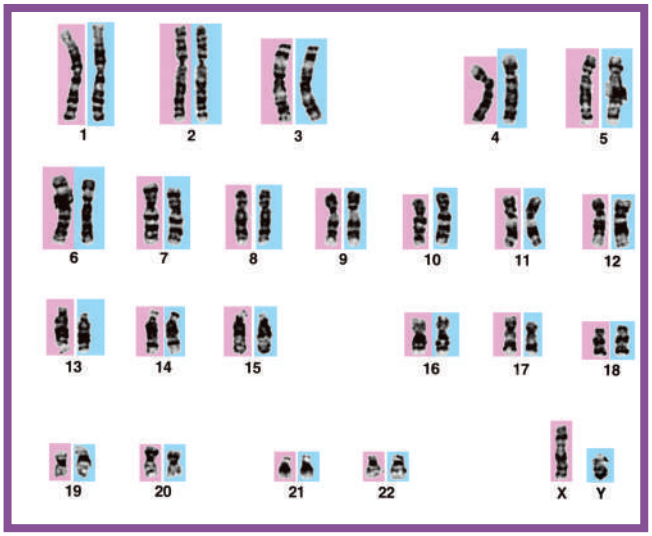
فيكون هذان الكروموسومان غير متماثلين بحيث يوجَد الكروموسوم الجنسي الأنثوي السيني X–Sex Chromosomes مع الكروموسوم الجنسي الذكري الصادي Y–Sex Chromosomes . وتجدر الإشارة إلى أنّ الكروموسوم الصادي الذكري أقصر طولًا من الكروموسوم الأنثوي السيني .

2.3 النمط النووي لخلايا جنسية (أمشاج) ذات عدد كروموسومات منفردة

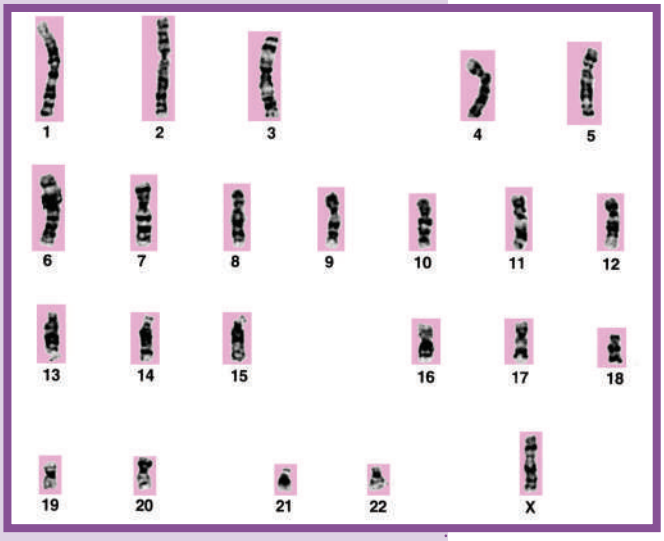
Karyotype of Haploid Sex Cells

يُحافظ الكائن الحي على العدد الطبيعي للكروموسومات في خلايا جسمه وعلى خصائصه وصفات نوعه . فينمو ويتطوّر من الزيجوت ، أي البويضة الملقّحة التي نتجت من تلقيح الحيوان المنوي The sperm للبويضة The ovum . انظر الشكل (44) الذي يُظهر النمط النووي لكلّ من الزيجوت (أ) والبويضة (ب) والحيوان المنوي (ج) .

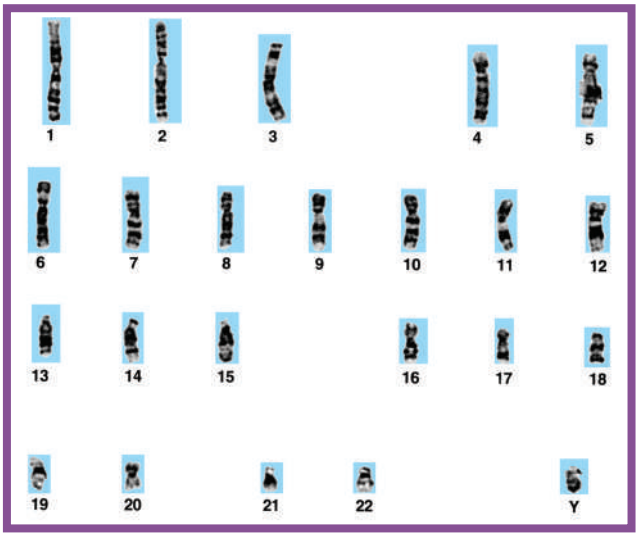
(أ) النمط النووي للزيجوت

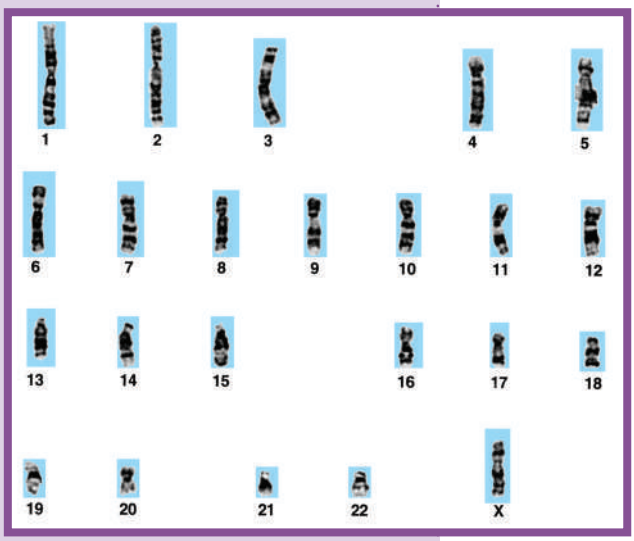


(ب) النمط النووي لبويضة



(جـ) نوعا النمط النووي لحيوان منوي





(شكل 44)

الأنماط النووية لخليّة جسمية وخلايا مشيجية . كم هو عدد الكروموسومات في الخليّة التناسلية أو الجنسية؟

تاريخ العلوم

تاريخ النمط النووي

في منتصف وأواخر العام 1800، كان العلماء على دراية بوجود الكروموسومات، ولكن كان يصعب دراستها نظرًا لحجمها الصغير جدًّا. أجرى العلماء دراساتهم، في المقام الأوّل، على النباتات والحشرات الصغيرة أو اليرقات، إلّا أنّ العيّنات المأخوذة احتوت على كروموسومات صغيرة، فاستحالت بالتالي ملاحظة الكروموسومات الفردية. في العام 1920، بدأت عمليات استكشاف الكروموسومات مع العالم هانز وينيوارتر الذي استخدم أحدث مجهر آنذاك لرؤية الكروموسومات خلال تحضيره للنمط النووي الخاصّ بخليّة الإنسان. على الرغم من عدم توصّل وينيوارتر إلى نتائج دقيقة في ما يتعلّق بعدد الكروموسومات في خليّة الإنسان، إلّا أنّه خَلُصَ إلى امتلاك الإناث 2x كروموسوم والذكور كروموسومي 1x و1y. وفي أواخر العام 1920، قام العالم باينتر، وهو اختصاصي في علم الخليّة بمزيد من الأبحاث وابتدع تقنيات جديدة لبناء نمط نووي أكثر دقّة ووضوحًا وتوصّل إلى أنّ الإنسان والشمبانزي لديهما عدد الكروموسومات نفسه، أي 48 كروموسومًا. وبقيت هذه الفكرة قائمة حتّى سنة 1950، حين بيّنت المجاهر المستحدثة أنّ عدد الكروموسومات لدى الإنسان هو 46. كما كان باينتر أوّل من توصّل إلى ترتيب XY/XX لكروموسومات الإناث والذكور بالتتابع.

مراجعة الدرس 2-1

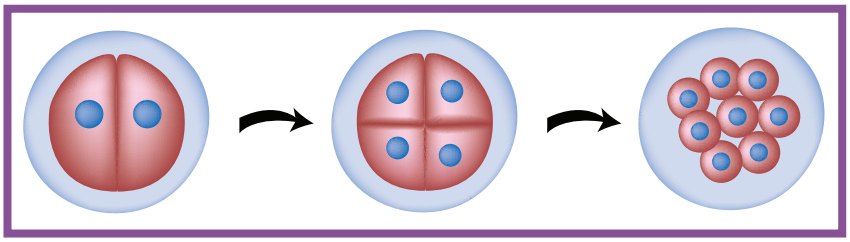
1. عرّف النمط النووي.
2. قارن بين النمط النووي لخلايا جسمية لكل من الشمبانزي والإنسان.
3. **التفكير الناقد:** يقوم الزيجوت لدى الإنسان بعدد كبير من الانقسامات الميتوزية في طور النموّ والتطوّر إلى جنين. قارن النمط النووي لهذا الزيجوت بالنمط النووي لخليّة من الجنين.

الدرس 2-2

الانقسام الميتوزي
Mitosis

الأهداف العامة

* يُحدّد أهمّية الانقسام الميتوزي .
* يصف المراحل المختلفة للانقسام الميتوزي .
* يتفحّص مراحل الانقسام الميتوزي مجهريًّا .



(شكل 45)

انطلق كلّ فرد من خليّة واحدة غير قادرة على الحركة والتفكير ، لكنّها قادرة على التكاثر . هذا ما يحدث للخليّة ، فتصبح اثنتين ، ثمّ أربعًا ، ثمّ ثمانيًا ، حتّى تكوّن هذا المخلوق الذي هو أنت (الشكل 45) .

1. متى تنقسم الخليّة؟ When Does a Cell Divide?

يُعتبَر غشاء الخليّة من العوامل المحدّدة لحجم الخليّة ، الذي يُشكّل بدوره عاملًا مهمًّا في دفع الخليّة إلى الانقسام . وتحصل الخلايا على ما تحتاجه من موادّ غذائيّة وتتخلّص من فضلاتها من خلال غشاء الخليّة . وكلّما نمت الخلايا وازداد حجمها ازدادت احتياجاتها من الموادّ الغذائية ، وكذلك ازداد إنتاجها للفضلات . لذا ، فهي تحتاج إلى مساحة سطح أكبر لغشاء الخليّة .

ولكن هل يُمكن أن يستمرّ ازدياد حجم الخليّة من دون حدود معيّنة؟ كلّما كانت الخلايا صغيرة الحجم كانت مساحة سطحها كبيرة ، والعكس صحيح . وبالتالي ، من الأفضل أن تنقسم الخلايا وتظلّ صغيرة الحجم حتّى تكون عملية تبادل الموادّ من خلال غشاء الخليّة ناجحة .

تُنظّم نواة الخليّة عملية انقسام الخليّة . فهي تُنظّم الكثير من أنشطة الخليّة ، ولكنّها لا تستطيع التحكّم إلّا في كمّية محدّدة من السيتوبلازم ، وبذلك تدفع الخليّة إلى الانقسام كلّما ازداد حجمها عن حدّ معيّن .

2. لماذا تنقسم الخليّة؟ Why Does a Cell Divide?

يُعتبَر انقسام الخلايا مهمًّا لحدوث ثلاث عمليات حيوية أساسية:

1.2 النموّ Growth

هو زيادة حجم الكائن نتيجة ازدياد عدد الخلايا في جسمه، وهذا يتمّ من خلال تكوّن خلايا جديدة نتيجة انقسام خلايا الكائن.

2.2 تعويض الأنسجة التالفة

Reparation of Damaged Tissue

يتمّ عن طريق انقسام الخلايا. فعندما تُصاب بجرح في يدك تنقسم الخلايا المحيطة بالجرح مرّات عديدة حتّى يتمّ تعويض الخلايا التي تعرضّت للتلف، فيُشفى الجرح.

3.2 التكاثر Reproduction

سبق وتعلّمت نوعي التكاثر في الكائنات الحية (لا جنسي وجنسي). في التكاثر اللاجنسي، تتضاعف كروموسومات الخليّة قبل انقسامها خلال الطور البيني، لذا تكون الأفراد البنوية الناتجة متماثلة تمامًا مع الخلايا الأبوية. أمّا في التكاثر الجنسي، تنتج أفراد بنوية من اختلاط المادّة الوراثية لخليّتين أبويتين. ويتطلّب هذا نوعًا من الانقسام في الخلايا الجنسية لكلتا الخليّتين الأبويتين، يتمّ خلاله اختزال المادّة الوراثية لكلّ منهما إلى النصف في الخلايا الجنسية، حتّى تنتج أفرادًا تحتوي خلاياها على الكمّية نفسها من المادّة الوراثية لأيّ من الخليّتين الأبويتين.

3. كيف تنقسم الخليّة؟ How Does a Cell Divide?

يوجَد نوعان من الانقسام الخلوي: الانقسام الميتوزي الذي يحدث في الخلايا الجسميّة للكائنات، والانقسام الميوزي الذي يحدث في الخلايا التناسلية لإنتاج الجامتيات أو الأمشاج.

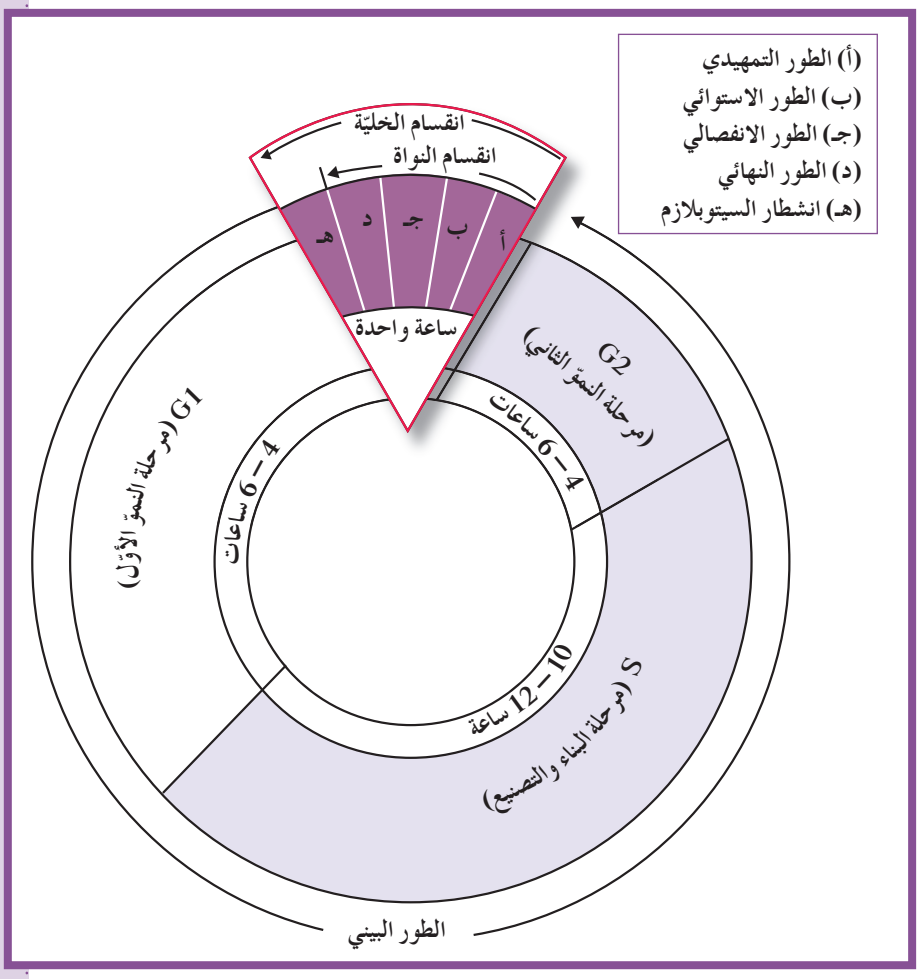
يُمكن تقسيم **الطور البيني Interphase** إلى ثلاث مراحل (الشكل 46):

* **مرحلة النموّ الأوّل (G1):** وفيها تزداد الخليّة في الحجم. تكون المادّة الوراثية داخل النواة على هيئة مجموعة من الخيوط (DNA + بروتين) المتشابكة كثيرة الالتفاف ويُطلَق عليها اسم الشبكة الكروماتينية (الشكل 47 أ).

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

التئام الجروح

عندما تُصاب بجرح، يُنتج جسمك خلايا جديدة لتعويض ما تُلِف أو فُقِد من خلايا. ولكي تُشفى جروحنا في وقت قصير، علينا اتّباع بعض الإجراءات واستخدام أدوية محدّدة. حاول أن تجد بعضًا من هذه الأدوية في الصيدلية وتعرّف آلية عملها. هل تُسرّع هذه الأدوية عملية انقسام الخلايا، أم أنّها تُطهّر الجرح وتمنع العدوى؟ حاول أن تُجري مقابلة مع الصيدلي، أو طبيب الصحّة في مدرستك للاستعلام حول أفضل طرق لعلاج الجروح، والأدوية والإجراءات التي ينصح بها.

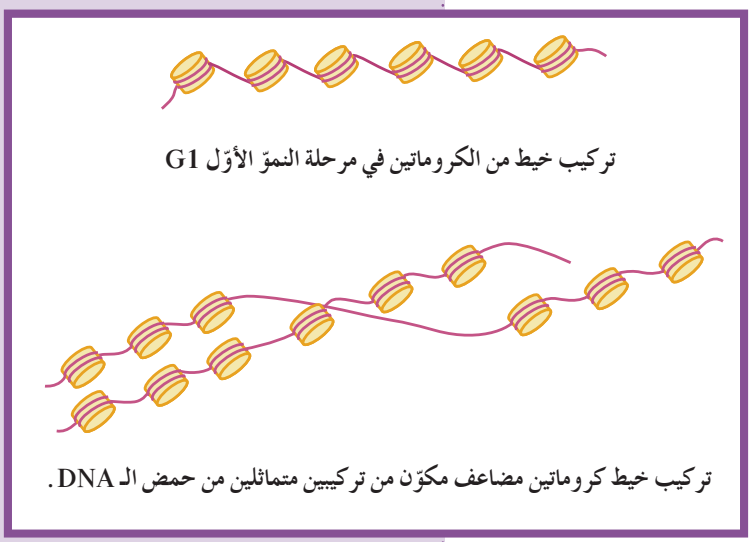


(شكل 46)

يُوضّح مقدار الزمن الذي تستغرقه خليّة نموذجية في كلّ مرحلة من مراحل دورتها. قارن بين مقدار الزمن الذي تستغرقه كلّ مرحلة من هذه المراحل.

* **مرحلة البناء والتصنيع (S):** وفيها يحدث تضاعف للخيوط الكروماتينية (وتحديدًا الـ DNA) الموجودة في النواة بحيث يظهر كلّ خيط كروماتين مكوّنًا من تركيبين متماثلين من حمض الـ DNA. يُطلَق على هذين التركيبين اسم الكروماتيدين الشقيقين أو الكروموسومين البنويين، وهما يرتبطان ببعضهما بعضًا بجزء يُعرَف بالسنترومير (الشكل 47 ب).

* **مرحلة النموّ الثاني (G2):** وفيها تقوم الخليّة بتصنيع العضيّات في السيتوبلازم، وبخاصّة تلك اللازمة للانقسام. ففي الخليّة الحيوانية، على سبيل المثال، ينقسم السنتريولان ليتكوّن زوجان من السنتريولات يظهران بالقرب من النواة.



تركيب خيط من الكروماتين في مرحلة النموّ الأوّل G1

تركيب خيط كروماتين مضاعف مكوّن من تركيبين متماثلين من حمض الـ DNA.

(شكل 47 أ)

خيوط الكروماتين خلال مراحل الطور البيني في دورة الخليّة.

4. ما هو الانقسام الميتوزي؟ What is Mitosis?

تمرّ الخليّة بمجموعة من المراحل المتتابعة التي يُطلَق عليها اسم **دورة الخليّة Cell Cycle** (الشكل 46)، **وهي الفترة المحصورة بين بدء الخليّة في الانقسام وبداية الانقسام التالي**. وتختلف المدّة التي تستغرقها بحسب نوع الكائن. تتكوّن دورة الخليّة من جزءين: الأوّل متمثّل بالطور البيني، الذي يُشكّل 90% من زمن دورة الخليّة (بحسب نوع الكائن) وفيه تنمو الخليّة وتُجهّز نفسها للانقسام. والثاني متمثّل بانقسام الخليّة الذي يتكوّن بدوره من جزءين: الانقسام الميتوزي (انقسام النواة) وانشطار السيتوبلازم (الشكل 48).

خلال دورة الخليّة، **تتضاعف الكروموسومات Chromosomes Duplication (المادّة الوراثية) إلى نسختين متماثلتين (في الطور البيني)، لتتوزّع كلّ نسخة منهما على خليّة من الخليّتين الناتجتين من الانقسام**. بذلك، تكون الخليّتان البنويتان متماثلتين تركيبيًّا ووظيفيًّا مع الخليّة التي نشأت منها.

1.4 الطور التمهيدي Prophase

خلال هذا الطور، يزداد قصر وتغلّظ الكروموسومات، فتزداد كثافتها وتُصبح أكثر وضوحًا، ويكون كلّ منها متكوّنًا من **كروماتيدين شقيقين Sister Chromatids** (أو كروموسومين بنويين) مرتبطين بالسنترومير Centromere. في الوقت عينه، **يتحرّك كلّ سنتريولين باتّجاه أحد قطبي الخليّة (في الخليّة الحيوانية)، ثمّ تمتدّ بينهما مجموعة من الخيوط الدقيقة في شكل مغزلي تُسمّى خيوط المغزل، ويُعرَف التركيب بأكمله بالمغزل Spindle**. تختفي النوية ويتحلّل الغشاء النووي ويختفي بدوره. وفي نهاية هذا الطور، تظهر الكروموسومات متّصلة بخيوط المغزل بواسطة السنترومير (لا توجَد سنتريولات في الخلايا النباتية وتظهر خيوط المغزل من دونها).

2.4 الطور الاستوائي Metaphase

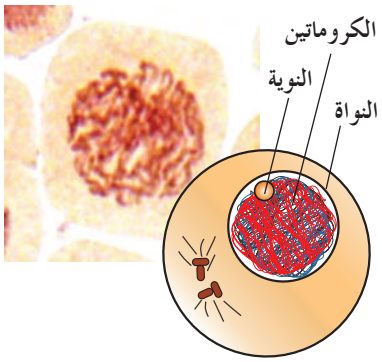
في هذا الطور، تتجمّع الكروموسومات في مركز الخليّة، ثمّ تصطفّ عند مستوى استواء الخليّة.

3.4 الطور الانفصالي Anaphase

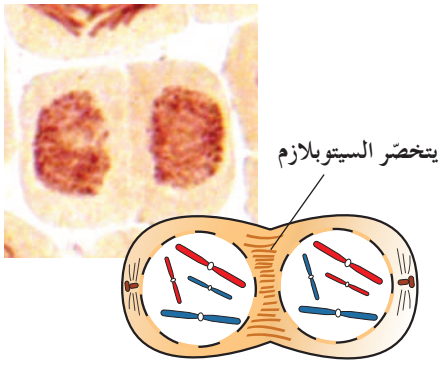
خلال هذا الطور، ينقسم السنترومير الذي يربط بين كلّ كروماتيدين (أو كرموسومين بنويين) إلى سنتروميرين، ما يُؤدّي إلى انفصال الكروماتيدات أو الكروموسومات البنوية. ثمّ، تسحب خيوط المغزل مجموعة من الكروموسومات البنوية إلى أحد قطبي الخليّة في حين تتحرّك مجموعة الكروموسومات البنوية الأخرى باتّجاه القطب المقابل.

(شكل 47 ب)
الكروموسوم أثناء انقسام الخليّة
يحدث انفصال الكروموسومين البنويين أثناء الطور الانفصالي في الانقسام الميتوزي خلال انقسام الخليّة.

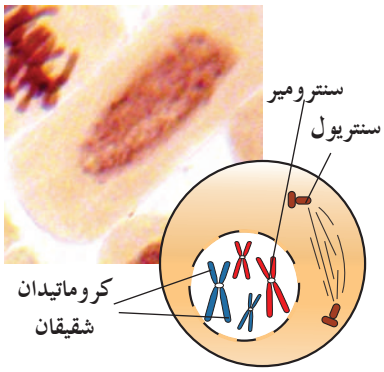
خليّة حيوانية



(أ.) الطور البيني
يأخذ الطور البيني القسم الأكبر من دورة الخليّة، وهو يمتدّ بين كلّ انقسامين متتاليين. في المرحلة «G1» تكون الخليّة في فترة نموّ، ثمّ في المرحلة «S» تتضاعف المادّة الوراثية (DNA). أمّا في المرحلة «G2» يتمّ تصنيع التركيبات اللازمة لهذا الانقسام، مثل السنتريول في الخليّة الحيوانية.

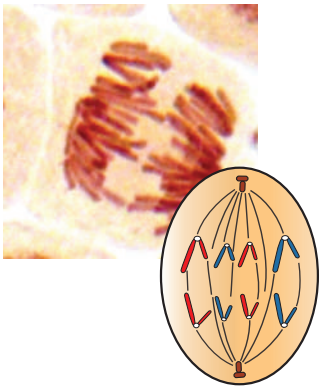


(هـ.) الطور النهائي
يتكوّن غشاء نووي حول كلّ مجموعة كاملة من الكروموسومات البنوية وتتكوّن نويتان. ثم تفقد الكروموسومات هيئتها المستقلّة فتلتفّ حول بعضها مكوّنة الشبكة الكروماتينية، فينشطر السيتوبلازم وتتكوّن في النهاية خليّتان بنويتان.



(ب.) الطور التمهيدي
تزداد كثافة الكروموسومات. في الخليّة الحيوانية، يُهاجر كلّ زوج من السنتريولات إلى أحد قطبي الخليّة، ويتكوّن المغزل الذي تتصل خيوطه بسنترومير الكروموسومات، ويختفي كلّ من الغشاء النووي والنوية.

(جـ.) الطور الاستوائي
يقوم المغزل بترتيب الكروموسومات في منتصف الخليّة على مستوى تخيّلي يُسمّى «استواء الخليّة».



(د.) الطور الانفصالي
بعد أن تقصر خيوط المغزل، تنقسم السنترومیرات ساحبة معها الكروماتيدات بعيدًا عن بعضها بعضًا. وبذلك تتجمّع مجموعة كاملة من الكروموسومات في كلّ قطب من الخليّة.

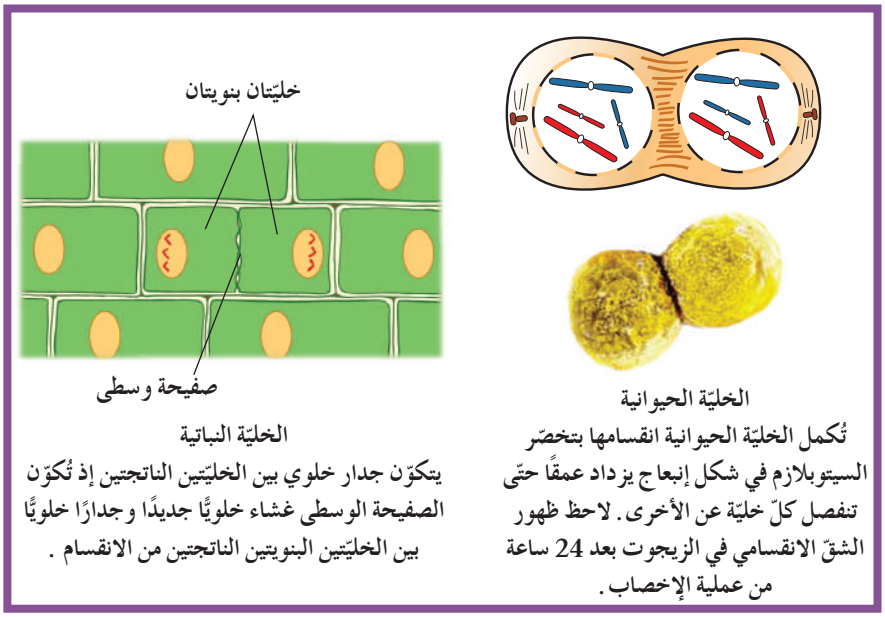
(شكل 48)
أطوار الانقسام الميتوزي لخليّة حيوانية

4.4 الطور النهائي Telophase

يبدأ هذا الطور بوجود مجموعتين من الكروموسومات البنوية عند قطبي الخليّة. تكون كلّ مجموعة مماثلة تمامًا للأخرى، وكلتاهما متماثلتان تمامًا لكروموسومات الخليّة الأبوية.

وفي هذا الطور النهائي، تختفي خيوط المغزل، وتتحوّل الكروموسومات إلى خيوط رفيعة تتداخل في ما بينها وتلتفّ حول بعضها فتتكوّن الشبكة الكروماتينية. ثمّ يتكوّن غلاف نووي حول كلّ مجموعة من الكروموسومات وتظهر النوية، وبذلك تتكوّن نواتان في الخليّة يُعرَف كلّ منهما بالنواة البنوية.

ويُصاحب الطور النهائي عملية **انشطار السيتوبلازم Cytokinesis، حيث يبدأ انشطار السيتوبلازم في الخليّة الحيوانية كتخصّر على السطح، ويزداد عمق هذا التخصّر تدريجيًّا حتّى تنفصل كلّ خليّة بنوية عن الأخرى**. أمّا في الخليّة النباتية، فينشطر السيتوبلازم عن طريق تكوّن صفيحة وسطى يفرزها جهاز جولجي في وسط الخليّة لتفصل بين النواتين البنويتين، وبعد ذلك يترسّب عليها السيليلوز ليتكوّن جدار الخليّة الذي يفصل بين الخليّتين البنويتين الناتجتين (الشكل 49).



الخليّة الحيوانية
تُكمل الخليّة الحيوانية انقسامها بتخصّر السيتوبلازم في شكل إنبعاج يزداد عمقًا حتّى تنفصل كلّ خليّة عن الأخرى. لاحظ ظهور الشقّ الانقسامي في الزيجوت بعد 24 ساعة من عملية الإخصاب.

الخليّة النباتية
يتكوّن جدار خلوي بين الخليّتين الناتجتين إذ تُكوّن الصفيحة الوسطى غشاء خلويًّا جديدًا وجدارًا خلويًّا بين الخليّتين البنويتين الناتجتين من الانقسام.

(شكل 49)
انشطار السيتوبلازم في الخلايا النباتية والحيوانية

مراجعة الدرس 2-2

1. ما هي المراحل التي يمرّ بها الطور البيني؟ صف ما يحدث في كلّ مرحلة.
2. صنّف كيف تختلف آلية انشطار السيتوبلازم عقب الانقسام الميتوزي في كلّ من الخليّة النباتية والحيوانية.
3. **التفكير الناقد:** تحتوي خليّة عائدة لذبابة فواكه على $2n = 8$ كروموسومات. ارسم هذه الخليّة وسمّ أجزاءها في كلّ من أطوار الانقسام الميتوزي.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

الهرمونات الصناعية

يتمّ التحكّم في معدّل انقسام الخلايا والنموّ لدى الإنسان بواسطة أحد الهرمونات الذي تفرزه الغدّة النخامية والمعروف بهرمون النموّ. يُفرَز هذا الهرمون بكمّيات كبيرة في فترة البلوغ ما يُؤدّي إلى زيادة مفاجئة في الطول. في حال حدوث نقص في إفراز الهرمون، يُصاب الإنسان بالقزامة (التي قد تنتج أيضًا من أسباب أخرى غير نقص هرمون النموّ).

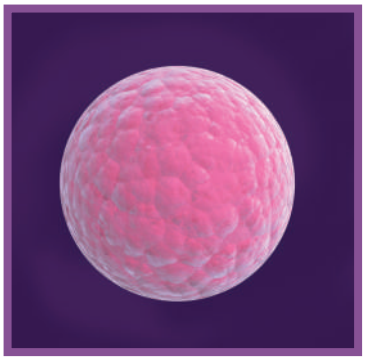
اكتشف العلماء أنّ حقن الأشخاص الذين يُعانون القزامة بهرمون النموّ قد يُساعدهم على النموّ بشكل طبيعي. ويتمّ الحصول على هذا الهرمون بكمّيات ضئيلة من أجسام الموتى. في العام 1985، ونظرًا إلى تسبّب هذا الهرمون في نقل الأمراض للأشخاص المعالجين، تمكّن العلماء من استخدام تقنية الهندسة الوراثية لتعديل هرمون النموّ صناعيًّا حتّى يُصبح آمنًا.

الدرس 2-3

الانقسام الميوزي
Meiosis

الأهداف العامة

* يُحدّد أهمّية الانقسام الميوزي .
* يصف المراحل المختلفة للانقسام الميوزي .
* يُقارن بين مراحل الانقسام الميتوزي والميوزي .



(شكل 50)

تتكاثر تقريبًا جميع الكائنات الحية جنسيًّا باتّحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث لتتكوّن اللاقحة أو الزيجوت .

لكن ماذا عن الخلايا الأمّ للحيوانات المنوية والبويضات؟

لو تضمّن كلّ من البويضة والحيوان المنوي لدى الإنسان 23 زوجًا من الكروموسومات ، ستنتج لاقحة تتضمّن 46 زوجًا من الكروموسومات . نظريًّا ، فإنّ هذه الخليّة ، الموضّحة في الشكل (50) ، ستنمو لتُكوّن إنسانًا تتضمّن خلاياه 46 زوجًا من الكروموسومات وستحمل الأجيال اللاحقة المزيد من الكروموسومات . نظرًا إلى طول التاريخ البشري ، هل يُمكن لك أن تتخيّل كم عدد الكروموسومات التي تحملها خلايانا الآن؟ من الواضح أنّ هذا ليس ما يحدث فعلًا . ما هي الوسيلة لخفض عدد الكروموسومات إلى النصف في الخلايا الأمّ الموجودة في البويضة والحيوان المنوي؟

1. أهمّية الانقسام الميوزي Importance of Meiosis

يحدث هذا النوع من الانقسام الخلوي في المناسل (المبايض والخصي أو المتوك) العائدة إلى الكائنات التي تتكاثر جنسيًّا فقط أثناء تكوين الأمشاج (الجاميتات) التناسلية . تعلّمت في سياق سابق أنّ التكاثر الجنسي يتطلّب عادة فردين ، أحدهما ذكر ويُنتج أمشاجًا مذكّرة ، والآخر أنثى ويُنتج أمشاجًا مؤنّثة . الكروموسومات .

وباندماج محتويات هذين المشيجين تتكوّن خليّة تحمل مزيجًا من صفات الأبوين. وقد تعلّمت أيضًا أنّ خلايا كلّ كائن تحتوي على عدد ثابت من الكروموسومات فعلى سبيل المثال، تحتوي كلّ خليّة من خلايا جسم الإنسان على 46 كروموسومًا (23 زوجًا)، وتُعرَف الخليّة التي تحوي مجموعتين كاملتين من الكروموسومات بالخليّة ثنائية المجموعة الكروموسومية Diploid Cell (2n). أمّا الأمشاج (الحيوانات المنوية أو البويضات) التي يُنتجها الإنسان فيحوي الواحد منها 23 كروموسومًا، أي نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخليّة زوجية (ثنائية) المجموعة الكروموسومية، لذا يُعرَف المشيج بالخليّة أحادية المجموعة الكروموسومية Haploid Cell (1n).

ولكن ما أهمّية أن تكون الأمشاج فردية المجموعة الكروموسومية؟ للإجابة عن هذا السؤال دعنا نتخيّل ما يلي: لو كانت أمشاج الإنسان، كخلاياه الجسمية (الناتجة من الانقسام الميتوزي)، تحتوي على 46 كروموسومًا (2n)، فتنجم عن اندماج تلك الأمشاج أفراد تضمّ خلاياها 92 كروموسومًا (4n). ولو قُدِّرت لهذه الأفراد الحياة والتزاوج فستحتوي أمشاجهم على 92 كروموسومًا، ولك أن تتخيّل عدد الكروموسومات في خلايا الأبناء في الجيل الثالث! ولكن، ليس هذا ما يحدث تمامًا. لذلك، وجب أن يحدث في الخلايا التناسلية نوع من الانقسام يُختزَل فيه عدد الكروموسومات إلى النصف، حتّى تنجم عن اتّحاد الأمشاج أفراد تحتوي خلاياها على عدد الكروموسومات الموجود في خلايا الآباء. ويُعرَف هذا النوع من الانقسام **بالانقسام الميوزي أو الاختزالي Meiosis**.

2. مراحل وأطوار الانقسام الميوزي

Stages and Phases of Meiosis

قبل أن تدخل الخليّة ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) مرحلة الانقسام الميوزي، فإنّها تمرّ بطور بيني (كما في حالة الانقسام الميتوزي) يحدث خلاله تضاعف للمادّة الوراثية بحيث يبدو كلّ كروموسوم مكوّنًا من زوج من الكروماتيدات الشقيقة أو الكروموسومات البنوية، يربطهما سنترومير.

في الواقع، يشتمل الانقسام الميوزي على انقسامين يتكوّن الواحد منهما من أربعة أطوار:

1.2 الانقسام الميوزي الأوّل Meiosis I

(أ) الطور التمهيدي الأوّل Prophase I

هو أطول الأطوار، من حيث المدّة، وأكثرها أهمّية. فتزداد فيه كثافة الكروموسومات، ثمّ تقترب **الكروموسومات المتماثلة Homologous Pair** (الشكل 51) من بعضها لدرجة التلاصق، فيظهر كلّ زوج منها مكوّنًا من أربعة كروماتيدات (اثنان في كلّ كروموسوم مضاعف)، مكوّنًا ما يُعرَف **بالرباعي Tetrad**.

(شكل 51)
زوج من الكروموسومات المتماثلة

(ب) الطور الاستوائي الأوّل Metaphase I

تترتّب أزواج الكروموسومات المضاعفة في وسط الخليّة وعلى خطّ استوائها، ويتّصل كلّ منها بخيوط المغزل بواسطة السنترومير.

(جـ) الطور الانفصالي الأوّل Anaphase I

تقصر خيوط المغزل فتنفصل الكروموسومات المتماثلة عن بعضها (كلّ كروموسوم مكوّن من كروماتيدين مرتبطين بالسنترومير)، وتتحرّك باتّجاه أحد قطبي الخليّة، (لاحظ أنّ الانفصال حدث بين الكروموسومات الكاملة وليس الكروماتيدات كما يحصل في الانقسام الميتوزي، وأنّ توزيع الكروموسومات يتمّ عشوائيًّا على الخلايا الناتجة) لتصل بذلك مجموعة فردية من الكروموسومات (1n) إلى كلّ قطب من قطبي الخليّة.

(هـ) الطور النهائي الأوّل Telophase I

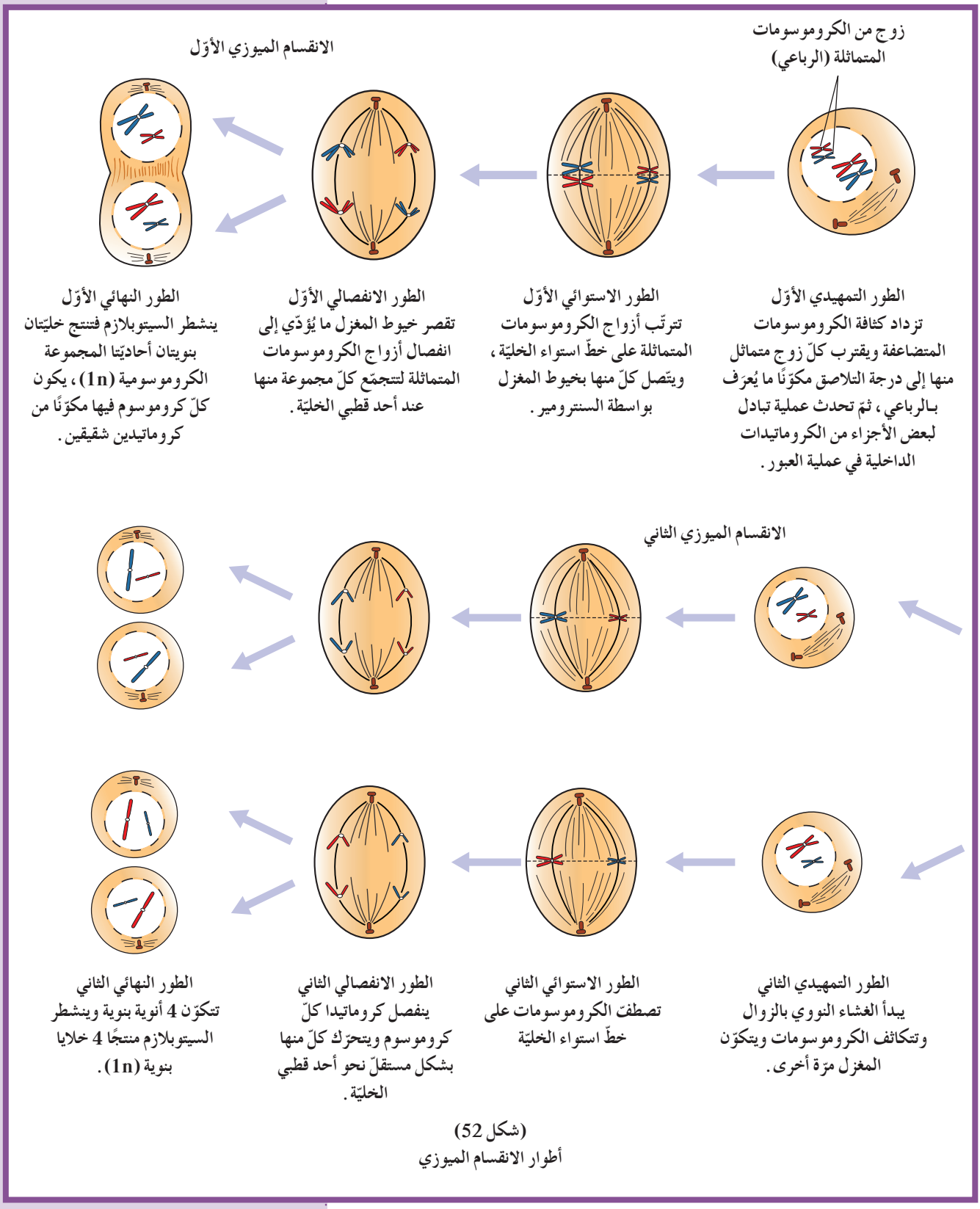
مع وصول كلّ مجموعة كروموسومية (1n) إلى أحد قطبي الخليّة، يتكوّن حولها غشاء نووي وتظهر نوية، فتتكوّن بذلك نواتان بنويتان، تضمّ كلّ واحدة منهما نصف العدد الأصلي للكروموسومات، قبل أن يحدث انشطار للسيتوبلازم فتتكوّن خليّتان بنويتان.

ويلي ذلك طور بيني قصير لا يتمّ خلاله تضاعف للكروموسومات، ثمّ يحدث الانقسام الميوزي الثاني.

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الدجاج والبيض

يُمثّل البيض، وهو الجاميتات التي يُنتجها الدجاج والطيور الأخرى، جزءًا مهمًّا من غذاء الإنسان. ومعظم البيض الذي يُنتَج لغذاء الإنسان غير مخصّب، لذا لا ينمو ليُصبح فرخًا.



(شكل 52)
أطوار الانقسام الميوزي

2.2 الانقسام الميوزي الثاني Meiosis II

وهو مماثل تمامًا للانقسام الميتوزي.

(أ) الطور التمهيدي الثاني Prophase II

يختفي كلّ من غشاء النواة والنوية، وتزداد الكروموسومات في التكاثف، ويكون كلّ كروموسوم منها مكوّنًا من كروماتيدين شقيقين يربطهما سنترومير. ثمّ يظهر المغزل والكروموسومات متعلّقة بخيوطه.

(ب) الطور الاستوائي الثاني Metaphase II

تصطفّ الكروموسومات على خطّ استواء الخليّة.

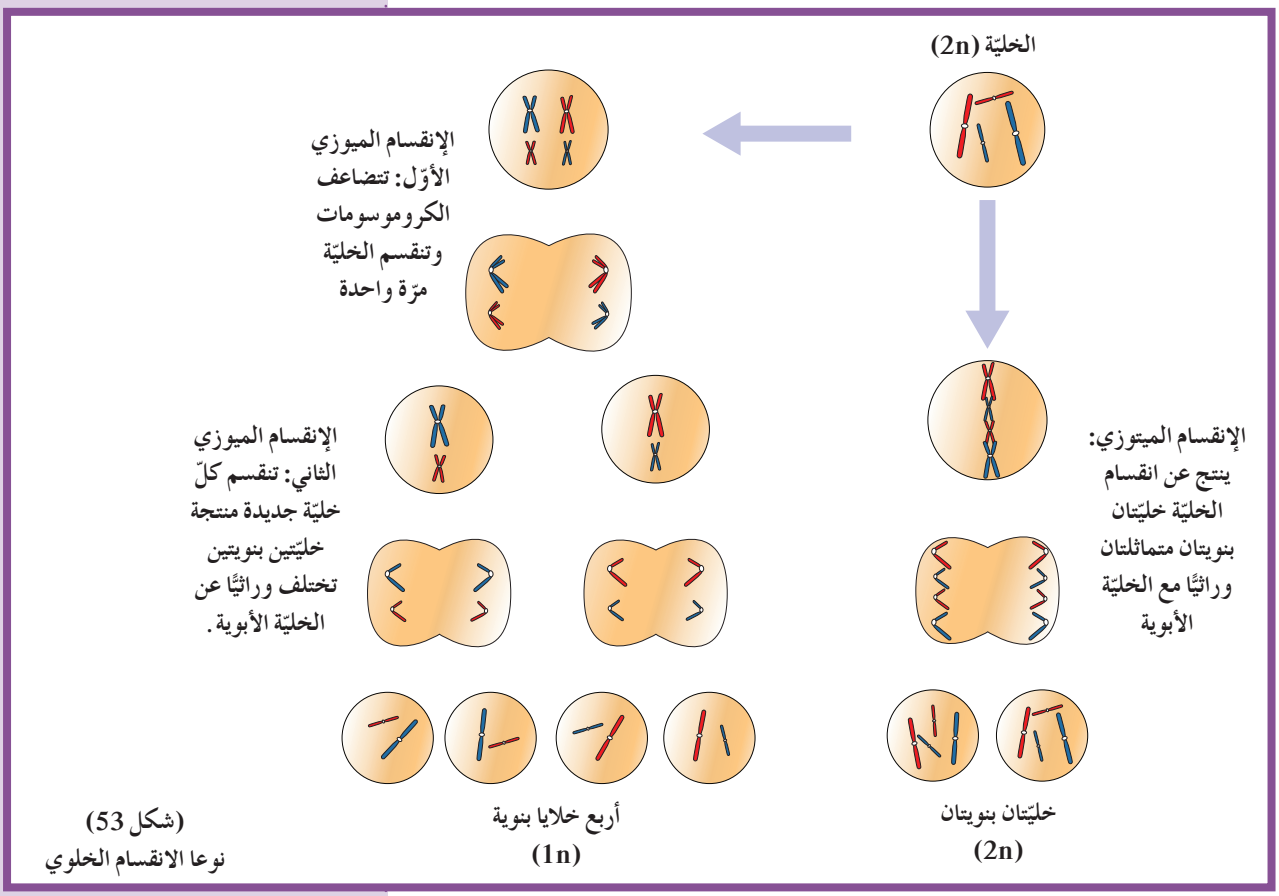
(جـ) الطور الانفصالي الثاني Anaphase II

في هذا الطور، تنقسم السنترومیرات، وبذلك ينفصل كروماتيدا (الكروموسومين البنويين) كلّ كروموسوم. ثمّ تقصر خيوط المغزل ويتحرّك كلّ كروموسوم بنوي نحو أحد قطبي الخليّة.

(د) الطور النهائي الثاني Telophase II

تُحاط الكروموسومات عند كلّ قطب من قطبي الخليّة بغشاء نووي وتظهر النوية، وبذلك تتكوّن أنوية بنوية. وبانشطار السيتوبلازم، تتكوّن أربع خلايا بنوية يضمّ كلّ منها مجموعة أحادية من الكروموسومات (1n).

ويلي الانقسام الميوزي الثاني تحوّل هذه الخلايا البنوية الناتجة إلى أمشاج ذكرية أو إلى أمشاج أنثوية.



(شكل 53)
نوعا الانقسام الخلوي

مقارنة الانقسامين الميتوزي والميوزي للخليّة:

والآن وقد تعرّفت على كلا الانقسامين الميتوزيّ والميوزيّ للخليّة، هل يُمكنك المقارنة بينهما؟ فهناك أوجه للتشابه بينهما، مثل تضاعف المادّة الوراثية واختفاء النواة والنوية وحركة الكروموسومات باتّجاه الأقطاب المتقابلة للخليّة. ما هي أوجه التشابه الأخرى التي يُمكنك ملاحظتها في الشكلين (52) و(53)؟

وتجدر الإشارة إلى وجود ثلاثة اختلافات بين الانقسامين الميتوزيّ والميوزيّ.

الاختلاف الأوّل: ينجم عن الانقسام الميوزيّ خلايا تحتوي على نصف عدد الكروموسومات (1n) الموجودة في الخليّة الأبوية (2n). ويُنتج هذا الاختزال في كمّية المادّة الوراثية (حمض DNA) أمشاجًا تحتوي على عدد فردي من الكروموسومات (1n)، حيث يُستعاد العدد الزوجي للكروموسومات (2n) كنتيجة لاتّحاد الأمشاج المذكّرة والمؤنّثة خلال عملية التكاثر الجنسي. ومن جهة أخرى، تتماثل الخلايا البنوية الناتجة من الانقسام الميتوزيّ مع الخليّة الأبوية إذ تحتوي على العدد نفسه من الكروموسومات، كما وتُساعد هذه الخلايا البنوية الكائنات لتنمو، وتُعوّض ما قد يتلف أو يموت من خلايا الأنسجة.

الاختلاف الثاني: لا تكون الخلايا البنوية الناتجة من الانقسام الميوزي متماثلة، وهذا يرجع إلى أنّ انفصال الكروموسومات المتماثلة أثناء الانقسام الميوزي يتمّ بطريقة عشوائية. وعلى العكس، تكون الخلايا البنوية الناتجة من الانقسام الميتوزي متماثلة تمامًا في ما بينها مع الخليّة الأبوية.

الاختلاف الثالث: في الانقسام الميوزي، تنقسم الخليّة مرّتين متتاليتين منتجة أربع خلايا بنوية. ما هو عدد الخلايا البنوية الناتجة من انقسام الخليّة ميتوزيًّا؟

مراجعة الدرس 2-3

1. اذكر أوجه التشابه والاختلاف بين الانقسامين الخلويين الميتوزي والميوزي.
2. إذا كان عدد الكروموسومات في خليّة جسمية لكائن حي ($2n = 48$)، فما هو عدد الكروموسومات الموجودة في الأمشاج لهذا الكائن؟
3. **التفكير الناقد:** ارسم خليّة الكائن في السؤال رقم 2 في الطور الاستوائي الأوّل وفي الطور الاستوائي الثاني من الانقسام الميوزي.

الانقسام الخلوي غير المنتظم
Unorganized Cell Division

الأهداف العامة

* يتعرّف أنماط التشوّهات الكروموسومية.
* يُحدّد أسباب نشوء التشوّهات الكروموسومية.
* يشرح مراحل تشكّل الأورام.
* يُقدّر أهمّية الاختراعات العلمية في تقصّي التشوّهات الخلوية وتقنيات معالجتها.

(شكل 54)

يُظهر الشكل (54) مواصفات مميّزة وعلامات فارقة مثل رخاوة عضلية عامّة، وجه مدوّر ومسطّح، أنف أفطس، عينان لوزيّتان ومائلتان إلى الأعلى، يدان عريضتان وأصابع قصيرة مع وجود ثنيّة واحدة في راحة الكفّ. كما يُظهر أيضًا هؤلاء المرضى تخلّفًا عقليًّا وحركيًّا ونقصًا في المناعة يعرّضهم بشكل دائم لالتهابات مختلفة، بالإضافة إلى إمكانية إصابتهم بتشوّهات في القلب والجهاز الهضمي. ما هي العوامل التي قد تُسبّب العديد من هذه العوارض السريرية؟

من المحتمل أن تتعرّض خلايا مختلفة في الجسم إلى انقسام غير منتظم ينجم عنه ظهور أمراض مختلفة. فخلال عملية الانقسام الميوزي في مناسل الذكر أو الأنثى، قد يأخذ انقسام عدد الكروموسومات سلوكًا غير طبيعي ما يُؤدّي إلى ولادة أطفال ذوي تشوّهات خلقية وعقلية. من ناحية أخرى، قد تفقد بعض الخلايا الجسمية التحكّم في عملية الانقسام الميتوزي وتُشكّل ورمًا قد يكون حميدًا أو خبيثًا. وفي حال كان الورم خبيثًا فإنّه يُدعى بمرض السرطان.

1. التشوّهات الكروموسومية
Chromosomal Abnormalities

هي عبارة عن خلل في عدد أو شكل الكروموسومات يُصاب بها حوالى خمسة من بين ألف ولادة حية. تُشكّل التشوّهات سببًا مهمًّا للتخلّف العقلي والتشوّهات الخلقية لدى الإنسان، وتتسبّب غالبيتها بالإسقاط أو ولادات ميتة.

تُقسَم أمراض التشوّهات الكروموسومية إلى قسمين رئيسين:

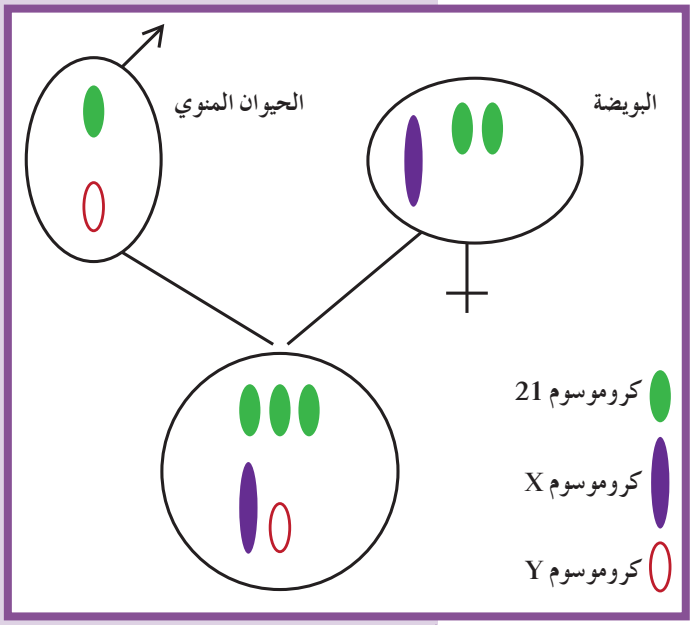
* أمراض نتيجة خلل في عدد الكروموسومات
* أمراض نتيجة خلل في بنية الكروموسوم وتركيبه

1.1 أمراض ناجمة عن خلل في عدد الكروموسومات
Diseases Resulting from Changes in Chromosomes Number

يتمثّل **اختلال الصيغة الكروموسومية Aneuploidy في كلّ صيغة كروموسومية لا تتطابق مع المضاعفات الصحيحة للصيغة الكروموسومية الفردية «Haploid»، الموجودة عادة في الخلايا الجنسية، والتي يبلغ عددها عند الإنسان 23 كروموسومًا (n = 23)**. أمّا العدد الطبيعي الكامل في الخليّة الجسمية ثنائية الكروموسومات Diploid cell، فهو مضاعف بمرّتين (2n = 46).

إنّ الصيغة الكروموسومية الطبيعية لكلّ من المرأة والرجل تباعًا هي:

(XX, 44) و(XY, 44). تنشأ حالة **وحيد الكروموسومي Monosomy نتيجة فقدان أحد الكروموسومات زوجًا كروموسوميًا معيّنًا**. فعلى سبيل المثال، في حالة وحيد الكروموسومي (23)، يكون الكروموسوم 23 مفردًا، أي تحمل الخليّة 45 كروموسومًا (زوج كروموسومي من كلّ نوع ما عدا الكروموسوم 23). أمّا في حالة التثلّث الكروموسومي Trisomy 21، فيُوجد ثلاث نسخ من الكروموسوم 21 بدلًا من اثنتين، ما يُعطي (47) كروموسومًا كعدد إجمالي داخل الخليّة، كما هو موضّح في الشكل (55). فعلى سبيل المثال، ينتقل للطفل من أحد الوالدين زوج كروموسومي غير منقسم، ومن الفرد الآخر فرد كروموسومي منقسم ما يتسبّب بخلل في الكروموسومات، إذ توجد نسخة إضافية من كروموسوم 21 لدى الطفل، فيُولَد لديه تشوّهًا كروموسوميًّا يُسمّى متلازمة داون Down Syndrom، التي تظهر عوارضها في صورة الطفل المبيّن في الشكل (54).

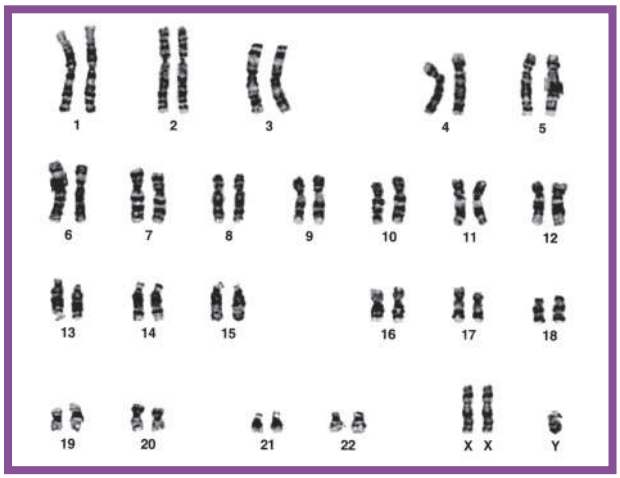


(شكل 55)
رسم بياني يُظهر تشكّل زيجوت ذات تثلّث كروموسومي 21.

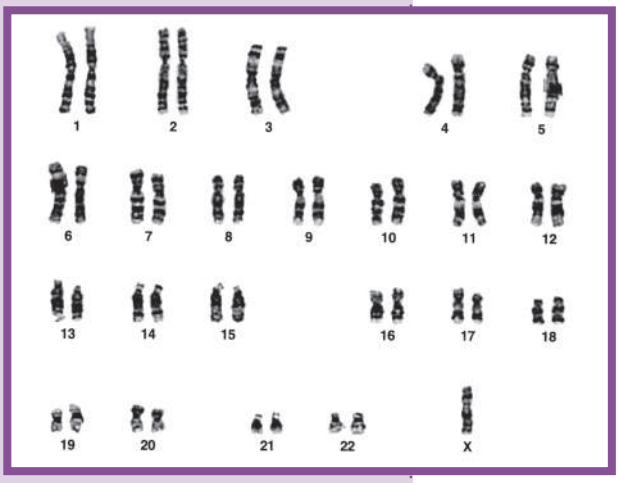
تزداد نسبة الإصابة بالتشوّه الكروموسومي مع تقدّم عمر الأمّ، ما يستدعي إجراء فحص النمط النووي للجنين أثناء الحمل لكلّ امرأة حامل تجاوز عمرها 35 سنة.

ينتج الاختلاف في عدد الكروموسومات عن اتّحاد خليّة جنسية أنثوية أو ذكرية لا تملك العدد الطبيعي للكروموسومات. فيؤدّي الخلل في هجرة زوج الكروموسومات المتماثلة إلى أقطاب الخليّة خلال الطور الانفصالي الأوّل، أو الخلل في هجرة الكروماتيدين الشقيقين إلى أقطاب الخليّة خلال الطور الانفصالي الثاني أثناء الانقسام الميوزي، إلى وصول عدد غير متساوٍ من الكروموسومات إلى الخلايا الجنسية.

من أمثلة التشوّهات الكروموسومية، نذكر متلازمة كلاينفلتر Klinefelter's Syndrome، وهي شائعة لدى الذكور الذين يمتلكون كروموسومًا سينيًّا X إضافيًّا على الكروموسومين X وY (الشكل 56)، ما يتسبّب بظهور بعض الصفات الأنثوية لديهم. وقد سُمِّيت هذه المتلازمة على اسم الدكتور هنري كلاينفلتر الذي وصفها للمرّة الأولى في العام 1942. أمّا متلازمة تيرنر Turner Syndrome، فهي تظهر لدى الإناث اللواتي يحملن كروموسومًا جنسيًّا واحدًا (نسخة واحدة)، وهو الكروموسوم السيني X، بدلًا من اثنين (الشكل 57)، ما يتسبّب بفقدان بعض الصفات الأنثوية لديهن.



(شكل 56)
متلازمة كلاينفلتر (YXX.47)



(شكل 57)
متلازمة تيرنر (45.X)

2.1 أمراض ناتجة من خلل في بنية وتركيبة الكروموسومات

Diseases Resulting from Changes in Chromosomes Structure and Composition

قد ينتج خلل في بنية الكروموسوم من العمليات التالية:

(شكل 58)
زوج كروموسوم رقم 5
Cri–du–Chat

(أ) الإنتقال **Translocation**

وهو انتقال قطعة من أحد الكروموسومات إلى كروموسوم آخر غير مشابه له كانتقال قطعة من الكروموسوم السادس مثلًا إلى الكروموسوم الرابع عشر.

(ب) النقص **Deletion**

أي فقدان جزء من الكروموسوم، كما في حالة متلازمة المواء –Cri du–chat التي يتمّ فيها فقدان قطعة من الذراع القصيرة للكروموسوم رقم (5) (الشكل 58).

ومن أبرز أعراض هذه المتلازمة، صوت بكاء الطفل «الحادّ والعالي» في شهوره الأولى بشكل مشابه لصوت مواء القطط، وهو الصوت الذي استمدّت منه هذه المتلازمة اسمها.

(جـ) الزيادة **Duplication**

وهو انتقال جزء من الكروموسوم واندماجه في الكروموسوم المماثل له، ما يُؤدّي إلى تشكّل نسخة إضافية من أجزاء هذا الكروموسوم.

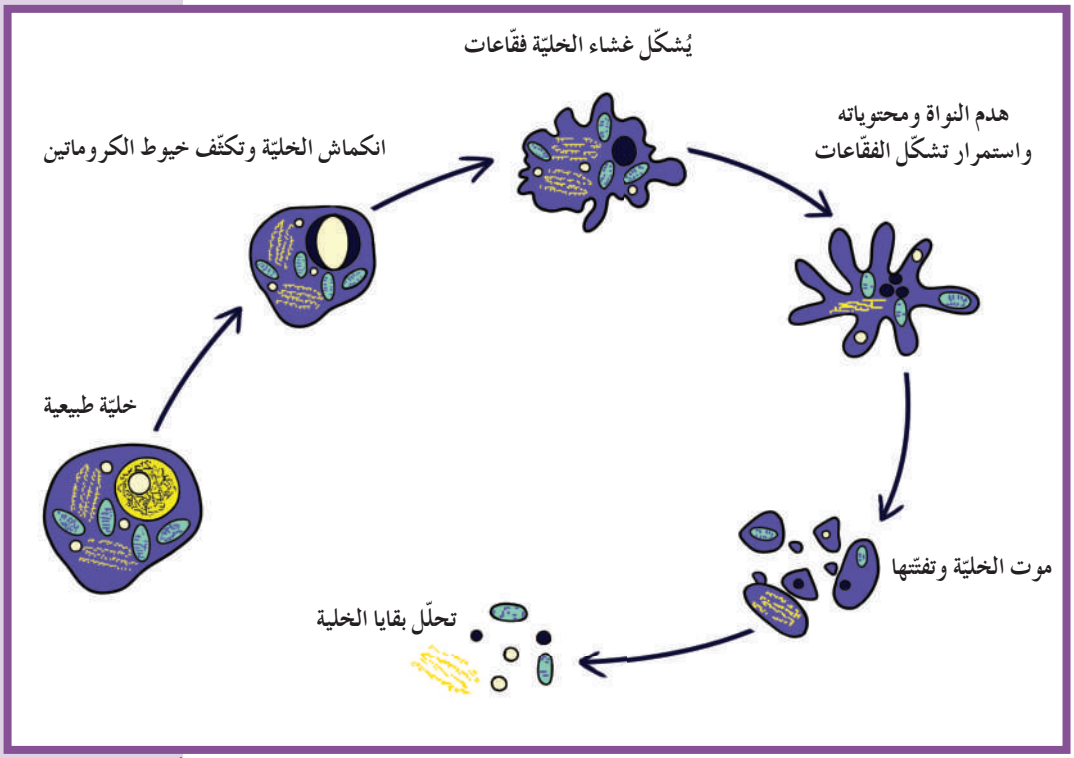
(د) الانقلاب **Inversion**

وهو انفصال جزء من الكروموسوم، واستدارته ليعود ويتّصل في الاتّجاه المعاكس بالكروموسوم نفسه. بشكل عامّ، تُعَدّ عملية الانقلاب أقلّ ضررًا مقارنة بعمليتي الازدواجية والنقص، لأنّ ترتيب الجينات على الكروموسوم هو الذي يتغيّر وليس عددها.

2. السرطان Cancer

يتكوّن جسم الإنسان من مجموعة من الأعضاء والأنسجة، التي تتألّف بدورها من ملايين الخلايا. تختلف هذه الخلايا عن بعضها من ناحية الشكل والوظيفة لكنّها تنقسم وتتكاثر بالطريقة نفسها. وعادة ما يحدث انقسام للخلايا بشكل منتظم بحيث يُمكن لأجسامنا النموّ واستبدال الأنسجة التالفة أو إصلاحها.

تقوم الخلايا الطبيعية في الجسم باتّباع مسار منظّم يبدأ بنموّ الخليّة ثمّ انقسامها، ثمّ موتها. **الاستماتة أو موت الخليّة المبرمج Apoptosis** (الشكل 59) **يحدث عندما تهرم الخليّة وتقوم بعملية متعمّدة تُفكّك فيها الخليّة نفسها بنفسها**. تبدأ عملية الاستماتة بتحطيم المادّة الوراثيّة DNA وبالتالي انكماش الخليّة وموتها وابتلاعها من قبل الخلايا المجاورة لها. تتكاثر الخليّة الطبيعية في وقت محدود وإلى حدّ معيّن، لكنّها عندما تفقد قدرتها على الاستماتة بسبب تغيّرات في جيناتها، فإنّ ذلك يُؤدّي إلى خلودها وخضوعها إلى انقسامات غير منظّمة، فتبدأ بالتكاثر بسرعة، فينتج ما يُسمّى بالورم.



(شكل 59)
مراحل استماتة الخليّة

1.2 أنواع الأورام Kinds of Tumors

هناك نوعان من الأورام التي تنتج عن هذا الخلل:

(أ) الأورام الحميدة Benign Tumor

تكون عادة مغلّفة بغشاء وتتّصف بعدم عدائية خلاياها السرطانية وعدم نقلها المرض إلى الأعضاء الأخرى. ولكن قد يُسبّب بعضها مشاكل للعضو المصاب خاصّة إذا كانت كبيرة الحجم وتُؤثّر على الأعضاء القريبة منها، ما يمنعها من العمل بشكل طبيعي. من الممكن إزالة هذه الأورام بالجراحة أو علاجها بالعقاقير أو الأشعّة لتصغير حجمها، ويُعتبَر ذلك كافيًا للشفاء منها وهي غالبًا لا تعود لتظهر مرّة ثانية.

(ب) الأورام الخبيثة Malignant Tumor

وهي سرطانية وتُهاجم الخلايا والأنسجة المحيطة بها وتُدمّرها، ولها قدرة عالية على الانتشار في مكان الورم والأنسجة القريبة منه. كما لها قدرة على الانتشار المباشر عبر الجهاز اللمفاوي أو عبر الدم، حيث تنفصل خليّة أو خلايا من الورم السرطاني الأوّلي وتنتقل، عبر الجهاز اللمفاوي أو الدم، إلى أعضاء أخرى بعيدة حيث تستقرّ. وغالبًا ما تكون هذه الأعضاء غنيّة بالدم مثل الرئة، الكبد أو العقد اللمفاوية مسبّبة نموّ أورام سرطانية أخرى تُسمّى الأورام السرطانية الثانوية. السرطان هو مجموعة من الأمراض (أكثر من 100 مرض) التي تتشابه في بعض الخصائص، وقد سُمّيت بهذا الاسم لأنّ الأوعية الدموية المنتفخة حول الورم تُشبه أطراف سرطان البحر.

2.2 أسباب الإصابة بالسرطان Causes of Cancer

يُعزى تحوّل الخلايا السليمة إلى خلايا سرطانية، إلى حدوث تغيّرات في المادّة الموروثة. تزيد نسبة حدوث خطأ في الحمض النووي عند الانقسام مع تزايد التعرّض **لمسبّبات السرطان Carcinogenes**. يحدث العديد من هذه الأخطاء في جسم الإنسان باختلاف مسبّباتها إلّا أنّ جهاز المناعة يتعرّفها لاختلافها عن بقيّة الخلايا، ويقوم بتدميرها. ولكنّه، في بعض الحالات يفشل في تعرّف هذه الخلايا فتقوم بالانقسام وتتسبّب بالسرطان.

تنقسم مسبّبات السرطان إلى ثلاثة أنواع:

(أ) العوامل الفيزيائية Physical Factors

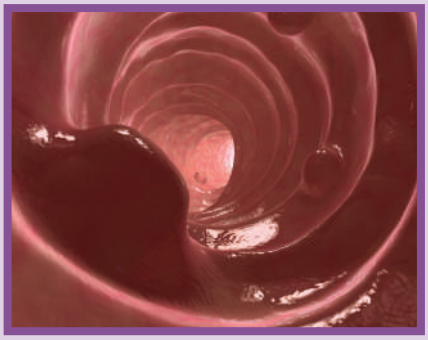
يُعَدّ التعرّض المفرط لضوء الشمس، وخاصّة الأشعّة ما فوق البنفسجية، من العوامل الهامّة التي تُعرّض الإنسان لسرطان الجلد. كما يزيد التعرّض للإشعاعات الأيونية المختلفة، إلى حدّ كبير، من خطر الإصابة بالسرطان. فعلى سبيل المثال، ازدادت بشكل هائل نسبة الإصابة باللوكيميا Leukemia، أي سرطان مجموعات خلايا الدم البيضاء، بين الناجين من القنبلة الذرّية وقد ظهر لديهم المرض في فترة السنوات الثلاث إلى الخمس التي تبعت تعرّضهم للانفجار. وكما تُعتبَر أشعّة أكس X–Ray أحد مسبّبات الأمراض السرطانية، إذ أثبتت الإحصاءات تعرّض الأشخاص الذين يتعاملون بها من دون وقاية للإصابة بنسبة مضاعفة عشرات المرّات عن الذين يقونها.

(ب) العوامل الكيميائية Chemical Factors

تُعرّض الكثير من الموادّ الكيميائية الصناعية للإصابة بالسرطان. فيُؤدّي قطران الفحم، مثلًا، إلى ظهور مرض السرطان لدى العمّال الصناعيين العاملين في مجاله. ويُصاب الأشخاص الذين يشربون المشروبات الكحولية والذين يُدخّنون السجائر أو النرجيلة أو الغليون بالسرطان بنسبة أكبر من الذين لا يتناولون هذه الموادّ. ويُشكّل التدخين، لا سيّما الغليون، عاملًا معترفًا به من عوامل الإصابة بسرطان اللثة واللسان وسطح الفم والرئتين (الشكل 60)، كما له علاقة أيضًا بسرطانات أخرى مثل سرطان المثانة، والمريء، والحنجرة.

(شكل 60)
يُسبّب التدخين سرطان الرئة

هناك العديد من صبغات الطعام والموادّ الحافظة وموادّ التنظيفات التي تحتوي على موادّ مسرطنة. لذا من المهمّ اتّباع سلوك غذائي سليم وطريقة صحيحة في استخدام المنظّفات لتلافي الموادّ الخطرة الموجودة فيها.



(شكل 61)
ورم سرطاني في القولون كما يظهر في المنظار ويتأكّد تشخيصه ونوعه بعد أخذ عيّنة منه.

(ج) العوامل البيولوجية Biological Factors

هناك احتمال كبير في إمكانية حدوث السرطان نتيجة فيروس ما أو مجموعة فيروسات تقتحم الخليّة وتُؤدّي إلى تغيير العمل الطبيعي للجينات فيها.

3.2 مراحل مرض السرطان Stages of Cancer

يمرّ مرض السرطان بخمس مراحل. يُوضّح الشكل (62) مراحل سرطان القولون.

مرحلة صفر Stage Zero: يكون فيها الورم صغيرًا ويبقى مكانه، في الطبقة الداخلية من جدار القولون، وغير محاط بأوعية دموية.

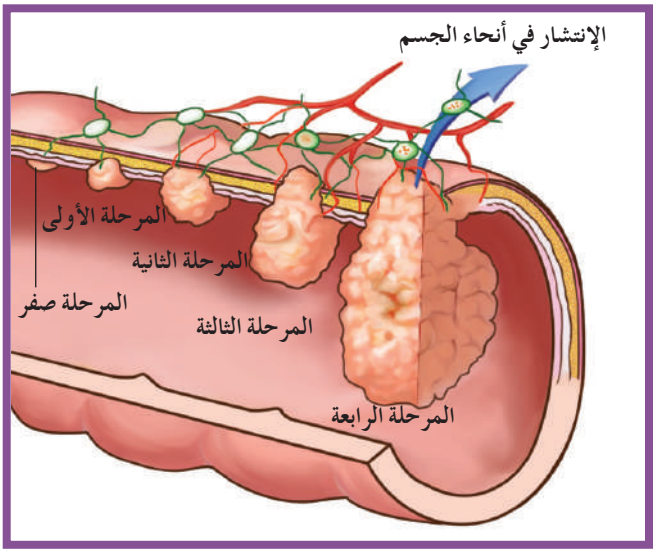
المرحلة الأولى Stage I: يكون فيها الورم في الطبقة الداخلية (1–2 ملم) منتشرًا إلى الطبقة الوسطى من القولون، وهو لا يزال غير محاط بأوعية دموية.

المرحلة الثانية Stage II: ينتشر الورم إلى خارج الطبقة الوسطى وتبدأ خلاياه بإنتاج موادّ تُحفّز الأوعية الدموية على النموّ باتّجاهه.

عندما يكون الورم غير محاط بأوعية دموية، يظلّ صغيرًا ويُمكن استئصاله بواسطة عملية جراحية والتخلّص من المرض.

المرحلة الثالثة Stage III: يظهر الورم محاطًا بالكثير من الأوعية الدموية ما يُساعد خلاياه على الانتشار إلى الغدد اللمفاوية والأعضاء المحيطة بالقولون.

المرحلة الرابعة Stage VI: ينتشر المرض إلى الأعضاء البعيدة ما يتسبّب بأورام سرطانية ثانوية في الكبد أو الرئتين أو العظام أو الدماغ.



(شكل 62)
مراحل سرطان القولون

(أ) الاستئصال الجراحي إذا كان ذلك ممكنًا.

(ب) العلاج الإشعاعي، وذلك بتعريض مكان السرطان للأشعّة السينية.

(جـ) العلاج الكيميائي مهمّ لبعض أنواع السرطان. كما أنّه يُستخدَم مع العلاجات الأخرى في حال انتشار السرطان في أماكن متفرّقة من الجسم. يقوم العلاج الكيميائي بتوقيف عمليات الانقسام في الجسم، بما فيها الخلايا الطبيعية. ولذلك يتسبّب هذا العلاج بتأثيرات سلبية كتساقط الشعر، واضطرابات في الجهاز الهضمي، وتدنٍّ في إنتاج كريات الدم الحمراء، ما يُنتج فقرًا في الدم، وفي كريات الدم البيضاء، ما يُنتج ضعفًا في المناعة.

مراجعة الدرس 4-2

1. حدّد سببين لنشوء التشوّهات الكروموسومية.
2. كيف يختلف الورم الحميد عن الورم الخبيث؟
3. **التفكير الناقد:** أيّ من العلاجات يُمكن تجنّبه في حال وجود ورم حميد وليس خبيثًا؟

الفصل الثالث

العمليات الخلوية
The Cell Processes

عندما يركض حوالى 20 000 عدّاء في أحد سباقات الماراثون العالمية، يتحوّل أكثر من 50 مليون سعر من الطاقة المختزنة في الموادّ الكيميائية في أجسامهم مجتمعة إلى طاقة تُحرّك أجسامهم، فترتفع درجة حرارة الهواء حولهم. وفي نهاية السباق، يُعوّضون عن الطاقة التي فقدوها عبر تناول الأغذية عالية الطاقة.

ما هي الطاقة؟ لماذا تتولّد الحرارة في أجسامنا؟ ومن المعروف أنّ العدّائين لا يتناولون طعامًا قبل السباق مباشرة، فكيف تُختزَن الطاقة في أجسامهم؟ وكيف تتمكّن عضلاتهم من استخدام هذه الطاقة المختزنة عند الحاجة؟ على الرغم من استهلاك الطاقة المختزنة في الجسم، إلّا أنّه يبقى في حالة من التوازن الداخلي. كيف يحدث ذلك؟

دروس الفصل

الدرس الأوّل
* الخلايا والبيئة المحيطة بها

الدرس الثاني
* التركيب الكيميائي لأجسام الكائنات الحية

الدرس الثالث
* التفاعلات الكيميائية داخل أجسام الكائنات الحية

الدرس الرابع
* دور التفاعلات الكيميائية في العمليات الحيوية

الخلايا والبيئة المحيطة بها
Cell and the Neighboring Environment

الأهداف العامة

* يُعدّد آليات نقل الموادّ بين الخليّة والبيئة المحيطة بها
* يُفسّر آليات انتقال الموادّ من وإلى الخليّة .

(شكل 63)

كيف يُمكن لهذا النبات الذي تغيّر لونه إلى بنّي أن ينتعش مرّة أخرى؟ تتميّز خلايا هذا النبات ، الموضّح في الشكل (63) ، بمقدرة عالية على تحمّل الجفاف الشديد . فعندما تسقط الأمطار ، تسحب الخلايا الموجودة في أوراقه الماء من البيئة المحيطة ، أي من وسط وفير الماء إلى وسط قليل أو نادر الماء فيخضّر النبات مجدّدًا . وتُعَدّ هذه العملية مثالًا على إحدى طرق تبادل الخلايا للموادّ مع البيئة المحيطة .

تبادل الموادّ مع البيئة الخارجية Cellular Exchange

لكي تظلّ الخليّة حية ، لا بدّ لها أن تُمارس وظائفها الحيوية على أكمل وجه . لذا، فهي تحصل على بعض الموادّ من الوسط المحيط ، وتتخلّص من النفايات الناتجة إلى الوسط المحيط (البيئة الخارجية) . بطبيعة الحال ، لا يُمكن أن تتمّ هذه التبادلات إلّا عبر الغشاء الخلوي ، الذي يتولّى تنظيم هذه العمليات إذ يُشكّل الممرّ الحتمي للموادّ من وإلى الخليّة ، وذلك عبر آليات محدّدة .

يتميّز غشاء الخليّة بكونه **غشاء شبه منفذ Semi–Permeable Membrane (أو اختياري النفاذية) ، بحيث يسمح لجزيئات موادّ معيّنة بالمرور عبره ، في حين يمنع مركّبات بعض الموادّ الأخرى .**

فيُمكن لجزيئات صغيرة الحجم مثل الماء ، عبور الغشاء دخولًا وخروجًا بحرّية تامّة ، على عكس الجزيئات الكبيرة ، مثل البروتينات

والكربوهيدرات . ولا يُمكن للأيونات صغيرة الحجم والمشحونة كهربائيًّا عبور الغشاء بسهولة ، إذ تمنع الشحنة الكهربائية الأيون من عبور الغشاء .

يُمكن اختصار آليات نقل الموادّ عبر غشاء الخليّة في آليتين رئيستين: **النقل السلبي Passive Transport وهو حركة الموادّ عبر غشاء الخليّة من دون أن تستهلك الخليّة أيّ طاقة ، والنقل النشط Active Transport وهو نقل الموادّ عبر غشاء الخليّة مع استهلاك الخليّة للطاقة .**

1. النقل السلبي Passive Transport

يضمّ الآليّات التالية:

1.1 الانتشار Diffusion

هو تحرّك الجزيئات عبر غشاء الخليّة من منطقة ذات تركيز عال إلى منطقة ذات تركيز منخفض حتّى يتساوى تركيز الجزيئات على جانبي الغشاء (الشكل 64) .

تُعتبَر حالة تبادل غاز الأكسجين وغاز ثنائي أكسيد الكربون بين الوسطين الداخلي والخارجي للخليّة ، أثناء عملية التنفّس أو البناء الضوئي ، إحدى حالات الانتشار .

يتمّ الانتشار تبعًا لما يُسمّى **منحدر التركيز Concentration Gradient ، أي الفرق بين تركيز المادّة على جانبي الغشاء حيث تتحرّك الجزيئات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأدنى** (الشكل 64) .

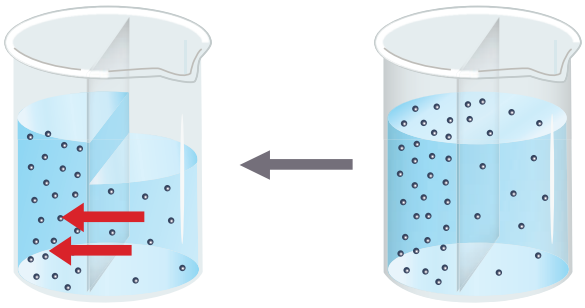
في البداية ، يكون تركيز المادّة خارج الخليّة أكثر من داخلها .

بعدها ، تنتشر المادّة إلى داخل الخليّة حتّى يُصبح تركيزها متساويًا على جانبي غشاء الخليّة .

(شكل 64)
الانتشار

2.1 الأسموزية Osmosis

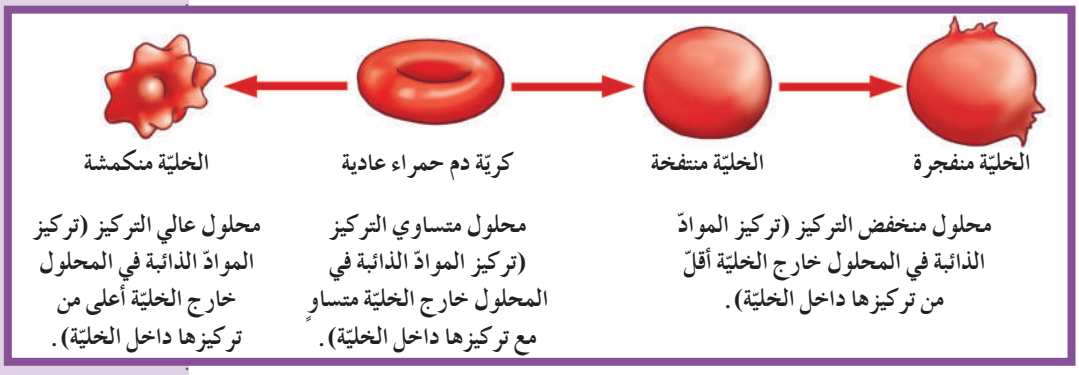
هي انتشار الماء (من دون الموادّ الذائبة فيه) عبر غشاء الخليّة بحسب منحدر تركيزه ، أي من الجانب الأعلى تركيزًا للماء (الأقلّ تركيزًا للموادّ الذائبة) إلى الجانب الأقلّ تركيزًا للماء (الأعلى تركيزًا للموادّ الذائبة) (الشكل 65) .



(شكل 65)
تحرّك الماء بالأسموزية عبر غشاء شبه منفذ . كيف تغيّر تركيز الموادّ الذائبة في الجانب الأيسر للكأس؟

من المعروف أنّ سيتوبلازم الخليّة هو عبارة عن محلول مركّب من الماء والعديد من الموادّ الذائبة . وتتسبّب الفروقات في التركيز بين السيتوبلازم (داخل الخليّة) والوسط المحيط بالخليّة (خارج الخليّة) بتحرّك الماء من أو إلى الخليّة بالأسموزية .

يُمكنك أن تتعرّف تأثير تركيز المحاليل في البيئة الخارجية على انتقال الماء من وإلى الخليّة من خلال الشكل (66) ، الذي يُوضّح نتائج خلط الدم بمحاليل ملحية مختلفة التركيز .

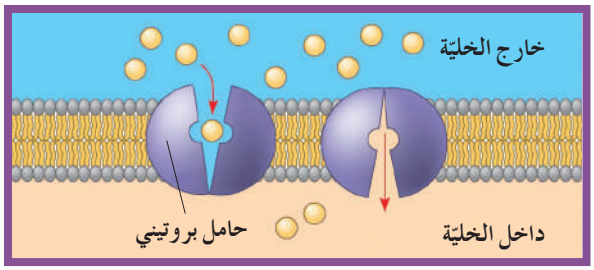


(شكل 66)

التأثير الأسموزي للتركيزات المختلفة للمحاليل على كريات الدم الحمراء. ما اتّجاه حركة الماء في كلّ حالة من هذه الحالات الثلاث؟

3.1 النقل الميسّر Facilitated Diffusion

هو انتقال جزيئات الموادّ عبر غشاء الخليّة بواسطة ناقل أو حامل وسيط من بروتينات الغشاء نفسه (الشكل 67). فتقوم بعض بروتينات الغشاء بتيسير انتقال الجزيئات عبره وفقًا لمنحدر التركيز ومن دون أن تبذل الخليّة أيّ طاقة لنقلها كما هو حال انتقال الجلوكوز من الدم إلى خلايا الجسم كمصدر للطاقة، أي لإنتاج مركّب ATP.

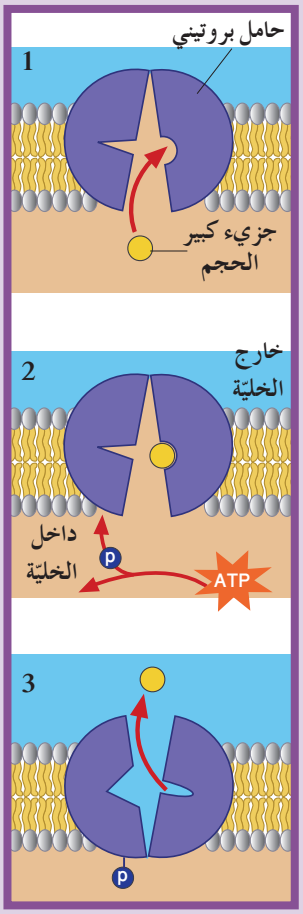


(شكل 67)

خلال عملية النقل الميسّر، ينقل الحامل البروتيني جزيئات من خارج الخليّة إلى داخلها.

2. النقل النشط Active Transport

هو عملية انتقال الجزيئات الكبيرة أو الأيونات بعكس منحدر تركيزاتها عبر غشاء الخليّة، أي من الجانب الأقلّ تركيزًا إلى الجانب الأعلى تركيزًا، باستخدام الطاقة. يتشابه النقل النشط مع النقل الميسّر في استخدامهما الحوامل البروتينية. غير أنّ النقل النشط يتمّ بعكس منحدر تركيز جزيئات المادّة المنقولة جرّاء بذل الخليّة للطاقة (الشكل 68). للنقل النشط أهمّية كبرى في المحافظة على تركيز الأيونات داخل الخلايا: فتقوم الخليّة الحيوانية، على سبيل المثال، بطرد الصوديوم (Na^+) إلى خارجها وبسحب البوتاسيوم (K^+) إلى داخلها بعكس منحدر تركيز كلّ منهما. يُعتبَر هذا التدرّج في تركيز كلّ من الصوديوم والبوتاسيوم ضروريًّا لانقباض الخلايا العضلية وانتقال النبضات العصبية. كذلك الأمر بالنسبة إلى الخليّة النباتية، فعملية النقل النشط تُمكّن الجذور من امتصاص أيونات الأملاح المغذّية للنبات من التربة، على الرغم من أنّ تركيز هذه الأيونات في خلايا الجذر أعلى من تركيزها في التربة.



(شكل 68)

تستوجب عملية النقل النشط للجزيئات الكبيرة والأيونات بعكس منحدرات تركيزاتها وجود نواقل بروتينية في الغشاء الخلوي، مع استهلاك لطاقة مركّب ATP.

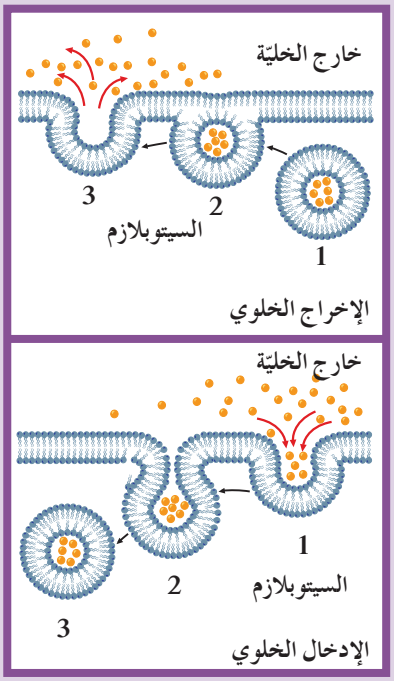
صف ما يحدث في كلّ من الخطوات الثلاث.

3. النقل الكتلي (النقل الكبير) Bulk Movement

في هذا النوع من النقل الخلوي، يتمّ نقل جزيئات كبيرة نسبيًّا، مثل جزيئات البروتينات أو فضلات الخليّة، عبر الغشاء الخلوي. إذا نُقِلت هذه الموادّ من داخل الخليّة إلى خارجها، سُمِّيت العملية **الإخراج أو الطرد الخلوي Exocytosis**، وإذا نُقلت هذه الموادّ من خارج الخليّة إلى داخلها سُمِّيت **العملية الإدخال الخلوي Endocytosis** (الشكل 69).

في عملية الإخراج الخلوي، يُعبّئ جهاز جولجي فضلات الخليّة في حويصلات، تُسمّى حويصلات جولجي، تتحرّك عبر السيتوبلازم باتّجاه غشاء الخليّة لتلتحم معه، ثم تُفرغ محتوياتها إلى الخارج.

أمّا في عملية الإدخال الخلوي، فينثني جزء من غشاء الخليّة ليُحيط بالمادّة، مكوّنًا ما يُشبه الكيس أو الفجوة حولها. ثمّ، ينتقل هذا الكيس إلى داخل السيتوبلازم. في إطار هذه العملية، يُطلَق على إدخال الموادّ الصلبة: البلعمة Phagocytosis، وعلى إدخال الموادّ السائلة: الشرب الخلوي Pincosytosis.



(شكل 69)
أنواع النقل الكتلي
لاحظ خطوات الإدخال والإخراج الخلويين المبيّنة في الشكل.

مراجعة الدرس 3-1

1. ما المقصود بكلّ من الانتشار والأسموزية؟
2. قارن بين كلّ من النقل الميسّر والنقل النشط والنقل الكتلي.
3. **التفكير الناقد:** «من الممكن أن تفسد اللحوم مع نموّ البكتيريا عليها. من طرق حفظ اللحوم وضعها في محلول عالي التركيز من ملح الطعام». انطلاقًا من تأثير المحاليل المختلفة التركيز على الخلايا، حاول تفسير كيف يُمكن لتمليح اللحوم بملح الطعام أن يوقف نموّ البكتيريا ويقتلها.

الدرس 3-2

التركيب الكيميائي لأجسام الكائنات الحية
The Chemical Structure of the Body of Living Things

الأهداف العامة

* يُحدّد المجموعات الكيميائية المكوّنة لأجسام الكائنات الحية .
* يُقارن بين وظائف المجموعات الكيميائية .
* يربط بين مغذّيات الطعام وتركيب الجسم .

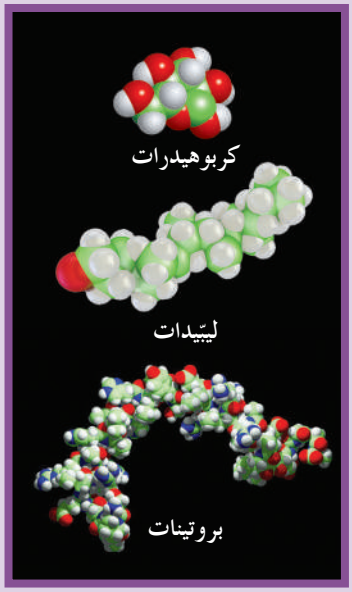
(شكل 70)

يتكوّن كلّ من الطائر والزهرة من المكوّنات الأساسية العضوية وغير العضوية نفسها . يأكل هذا الطائر الموضّح في الشكل (70) طعامًا من إنتاج الزهرة . إذا أردنا اتّباع المبدأ القائل بأنّ الطعام يعكس هويّة الكائن، فهل هذا يعني أنّ هذا الطائر ما هو إلّا زهرة؟

مِمَّ تتركّب أجسام الكائنات الحية؟

What are The Bodies of Living Things Made Up of?

تحتوي معظم جزيئات الموادّ التي تتكوّن منها أجسام الكائنات الحية على سلاسل من ذرّات الكربون التي تُعتبَر الوحدات البنائية للكثير من الجزيئات اللازمة لحياة الإنسان وغيره من الكائنات الحية الأخرى . تُعرف جميع المركّبات التي تحتوي على الكربون في أجسام الكائنات الحية بالمركّبات العضوية . وتحتوي أجسام الكائنات الحية على العديد من المركّبات الأخرى التي لا تحتوي على الكربون، مثل الماء والأملاح المعدنية، وهي تُسمّى المركّبات غير العضوية .



(شكل 71)
الجزيئات الثلاثة لمركّبات المادّة الحية
ما هي العناصر المشتركة بين تركيبات هذه الجزيئات الثلاثة؟

1. المركّبات العضوية Organic Substances

تُصنَّف المركّبات العضوية في أجسام الكائنات الحية إلى خمس مجموعات، وهي: الكربوهيدرات، والليبيدات، والبروتينات، والفيتامينات، والأحماض النووية. ويُستخدَم واحد منها أو أكثر في العمليات الحيوية مثل النموّ، والتنفّس، والحركة، والتكاثر، وغيرها.

1.1 الكربوهيدرات Carbohydrates

الكربوهيدرات هي عبارة عن مركّبات عضوية تتكوّن جزيئاتها من ذرّات الكربون والهيدروجين والأكسجين (الشكل 71) **التي ترتبط بعضها عبر روابط كيميائية، وتختزن الطاقة.** لذلك، تستخدم الكائنات الحية هذه المركّبات لتخزين الطاقة داخل أجسامها. فقبل المباريات الرياضية مثلًا، يتناول الكثير من الرياضيين أطعمة غنيّة بالكربوهيدرات لتزويد أجسامهم بمصدر سهل من الطاقة، فتُفكّك أجسامهم جزيئات الكربوهيدرات وتُستخدَم الطاقة المختزنة في روابطها الكيميائية لأداء المجهود المطلوب ولتسيير جميع العمليات والأنشطة الحيوية. وتتوافر الكربوهيدرات في الكثير من الموادّ الغذائية، مثل البطاطا والأرزّ والخبز (الشكل 72)، والفواكه وغيرها. والكربوهيدرات هي مجموعة كيميائية تشمل السكّريات والنشويات والسيلّيلوز.

تُعتبَر منتجات الألبان، مثل الجبن، أحد مصادر الدهون والفيتامينات والأملاح المعدنية مثل الكالسيوم والفوسفور. ويُعتبَر الزيت الموجود في هذه الوجبة أيضًا مصدرًا للدهون التي يُخزّنها جسمك كمصدر طويل الأمد للطاقة.

يُعتبَر الفول والجبن مصدرين للبروتينات في هذه الوجبة. وبما أنّ جسمك لا يستطيع تخزين البروتينات، لذا فلا بدّ أن يحتوي غذاؤك دائمًا على الأطعمة الغنيّة بالبروتينات.

يُعتبَر الخبز المصنوع من دقيق القمح والذرة أحد مصادر الكربوهيدرات والأملاح المعدنية. ينطبق ذلك أيضًا على الطماطم والفول والبطاطس المسلوقة والفلفل الأخضر والجرجير. لماذا يحتاج جسمك إلى الكربوهيدرات؟

(شكل 72)
تتوفّر الموادّ العضوية وغير العضوية الموجودة في جسم الإنسان في الوجبات الغذائية.

السكّريات Sugars هي موادّ كربوهيدراتية صغيرة وبسيطة التركيب نسبيًّا .
وتُعتبَر السكّريات البسيطة أسهل الموادّ الكيميائية التي يُمكن لجسمك أن يُفكّكها ليحصل على الطاقة المختزنة في جزيئاتها ، وهي تتوافر بكثرة في الموادّ الغذائية حلوة المذاق . يوجَد نوعان من السكّريات البسيطة: سكّريات أحادية وسكّريات ثنائية ، وهي من المصادر التي تُزوّد الجسم بالطاقة بصورة سريعة .
يُمكن أن يتّحد الكثير من السكّريات الأحادية والسكّريات الثنائية لتُشكّل نوعًا ثالثًا من السكّريات معقّدة التركيب يُسمّى السكّريات العديدة (النشويات) .
على عكس السكّريات البسيطة ، تُعتبَر السكّريات العديدة مصدرًا طويل الأمد للطاقة الناتجة من تفكّك الروابط الموجودة بين جزيئاتها . فيتناول الرياضيون السكّريات العديدة المتوافرة في الأغذية النشوية قبل 24 ساعة من أيّ نشاط رياضي ، لتكون مصدرًا طويل الأمد للطاقة التي تحتاجها أجسامهم في اليوم التالي .
تُخزّن النباتات والحيوانات بدورها الطاقة باستخدامها أنواعًا مختلفة من الكربوهيدرات ، فتُخزّن معظم النباتات الطاقة على شكل النشا . فعندما تأكل البطاطا مثلًا ، تكون قد تناولت بعضًا من الطاقة المختزنة في هذا النبات النشوي . أمّا الحيوانات ، فتُخزّن الطاقة على شكل الجليكوجين الذي يتكوّن في العضلات والكبد .
من الممكن أيضًا أن تتّحد جزيئات السكّريات البسيطة (الأحادية أو الثنائية ، أو كليهما معًا) لتُكوّن كربوهيدرات تركيبية (تدخل في التركيب وتُعتبَر غير مختزنة) ، مثل السيلّيلوز الموضّح في الشكل (73) . وقد لا تكون كلمة سيلّيلوز مألوفة لديك ، إلّا أنّه موجود في كلّ شيء حولك: في المقاعد ، والطاولات ، والأوراق ، وأقلام الرصاص الخشبية ، وأيّ منتجات نباتية قد تراها . في الواقع ، يُعتبَر السيلّيلوز واحدًا من أكثر الجزيئات الحيوية انتشارًا على الأرض .

(شكل 73)
السيلّيلوز هو أحد الكربوهيدرات التركيبية ، فتتشابك أليافه وتترابط لتُكوّن جدارًا صلبًا للخلايا النباتية .

2.1 الليبّيدات Lipids

الليبّيدات هي عبارة عن مجموعة كيميائية تتكوّن جزيئاتها من ذرّات الكربون والهيدروجين والأكسجين . يستخدم جسمك كلًّا من الكربوهيدرات والليبّيدات لتخزين الطاقة لفترات قصيرة (الكربوهيدرات) وطويلة (الليبّيدات) . لا يستعين جسمك بالطاقة المختزنة في الليبيدات إلّا عندما لا يجد ما يكفيه من الكربوهيدرات ليستخلص منها الطاقة اللازمة .
بشكل عامّ ، تُخزّن الليبيدات الطاقة بكمّيات أكبر من الكربوهيدرات ، لأنّ مقدار الطاقة المستمَدّة من كمّية ما من الليبيدات يُعادل أكثر من ضعف مقدار الطاقة المستمَدّة من الكمّية نفسها من الكربوهيدرات .

وتُشكّل الليبيدات مجموعة الموادّ الكيميائية التي تضمّ الدهون، والزيوت، والشموع، والفوسفوليبيدات، والستيرويدات. وتشترك جميع هذه المركّبات في خاصّية طبيعية واحدة وهي أنّها لا تذوب في الماء.

يُعتبَر كلّ من الدهون، والزيوت، والشموع من أكثر الليبيدات شيوعًا في الطبيعة. فتُعتبَر الدهون fats مخازن طويلة الأمد للطاقة، تستخدمها الكائنات الحية كموادّ عازلة تحفظ حرارة أجسامها من البرد. فتُمارس الحيتان، وطيور البطريق، والدببة الموضّحة في الشكل (74)، أنشطتها بشكل طبيعي وتبقى دافئة على الرغم من عيشها في بيئات قد تنخفض فيها الحرارة إلى ما دون الصفر، ويعود الفضل في ذلك إلى الدهون المختزنة تحت جلدها.

الزيوت Oils هي دهون سائلة تستخدمها الطيور المائية، مثل البطّ والإوزّ وغيرها، لتغطية ريشها بحيث لا ينفذ إليه الماء، ما يُسهّل على الطائر الطفو والتحرّك فوق سطح الماء (الشكل 75).

أمّا الشموع Waxes، فتُوفّر نوعًا آخر من الحماية للكائنات. فتُنتج الثمار والأوراق النباتية والنباتات الصحراوية الشموع على سطوحها لتحفظ الماء داخل أنسجتها، وبالتالي تحمي نفسها من الجفاف.

والفوسفوليبيدات Phosphlipids هي موادّ تركيبية تدخل ضمن تركيب الخلايا. ولا تُعتبَر هذه الموادّ ليبيدات مختزنة، إذ تدخل في تركيب الغشاء البلازمي (الخلوي) الذي يُحيط بالخليّة ويحميها. وتعمل الفوسفوليبيدات على تنظيم وضبط حركة جزيئات الموادّ المختلفة التي تدخل إلى الخليّة وتخرج منها.

أمّا المجموعة الأخيرة من الليبيدات وهي الستيرويدات Steroids، فتُؤدّي وظائف تركيبية وتنظيمية داخل جسمك. وتدخل بعض الستيرويدات، مثل الكوليستيرول، في تركيب الغشاء البلازمي المحيط بخلايا جسمك ليُساهم في تنظيم وضبط حركة جزيئات الموادّ المختلفة من وإلى هذه الخلايا. وعلى الرغم من أنّ الكوليستيرول أساسي من أجل استمرار وظائف الحياة المختلفة، إلّا أنّ زيادة نسبته عن حاجة الجسم تُضرّ بصحّتك، إذ يترسّب داخل الأوعية الدموية ويُسبّب ضيقها، ما يُعوّق انسياب الدم داخلها ويُعرّضه للتجلّط داخل هذه الأوعية.

(شكل 74)
تُكوّن الدهون طبقات عازلة تحت الجلد.
هل تتصوّر أنّ الدبّ القطبي يستطيع أن يعيش في هذه البيئة من دون الدهن المختزن تحت جلده؟ ما مصير هذا الدبّ في حال فُقِد منه هذا الدهن؟

(شكل 75)
ريش الطيور المائية غير قابل للابتلال.
هل تتصوّر أنّ الطائر يستطيع الحركة بخفّة في الماء إذا امتصّ ريشه الماء؟ يرجع الفضل إلى الغدّة الموجودة في ذيل الطائر والتي تُعتبَر مخرنًا للزيت. كيف يُغطّي هذا الزيت ريش الطائر؟

3.1 البروتينات Proteins

يتكوّن أكثر من نصف الوزن الجافّ لجسمك من نوع ثالث من المركّبات الكيميائية العضوية وهو البروتينات. **البروتينات هي عبارة عن جزيئات كبيرة مركّبة تتكوّن من جزيئات صغيرة تُسمّى الأحماض الأمينية.** وتتركّب جزيئات الأحماض الأمينية من ذرّات الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين. تُعتبَر الأحماض الأمينية مهمّة للغاية للكائنات الحية، وهي تتوافر في الكثير من الأنسجة الحية سواء أكانت نباتية أم حيوانية.

وتستخدم خلايا جسمك البروتينات لبناء أجزاء فيه، فتُستخدم كجزيئات في تركيب العظام وغيرها ولإصلاح التالف منها (نتيجة الجروح أو الأمراض مثلًا). ويحتوي جسم الإنسان على أكثر من 100 000 نوع مختلف من البروتينات، لكلّ منها وظيفته الخاصّة. ويُوضّح الجدول (3) بعضًا من هذه الوظائف لدى كلّ من الإنسان والحيوان.

الوظيفة	أمثلة
الحركة	**الأكتين والميوسين:** بروتينات ضرورية لانقباض الألياف العضلية.
التنظيم	**الأنزيمات وبعض الهرمونات:** عبارة عن بروتينات تُساعد في ضبط التفاعلات الكيميائية في خلايا الجسم وتنظيمها.
النقل	**الهيموجلوبين:** بروتين موجود داخل خلايا الدم الحمراء، ويحمل الأكسجين في تيّار الدم.
الدفاع	**الأجسام المضادّة:** عبارة عن بروتينات تُساعد أجسام الحيوانات في محاربة البكتيريا والفيروسات التي تغزوها.

جدول 3
وظائف البروتينات
أيّ هذه الوظائف مألوف لديك؟ وأيّ منها تستغربه أو يُدهشك؟

على الرغم من العدد الهائل والمتنوّع من البروتينات، ووظائفها المتنوّعة والمختلفة، إلّا أنّها تتشابه جميعها في التركيب، إذ تتكوّن من عشرين حمضًا أمينيًّا فقط، ترتبط كلّها أو بعضها لتُشكّل سلسلة طويلة. ويُمكن أن يترتّب العشرون نوعًا من الأحماض الأمينية في تتابعات لا تُحصى، قد تصل إلى عدّة مئات من وحدات الحمض الأميني في جزيء البروتين الواحد. ولذلك تنجم عن هذه الترتيبات والتتابعات المختلفة أنواع لا تُحصى من البروتينات في الكائنات الحية (الشكل 76).

1

2

3

(شكل 76)
البروتينات التركيبية الشائعة موجودة في: (1) القرون، (2) الشعر، (3) شبكة العنكبوت الحريرية.

4.1 الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات هي عبارة عن جزيئات عضوية معقّدة التركيب يحتاج إليها الجسم بكمّيات صغيرة ولا تحتوي على طاقة. تؤدّي الفيتامينات دورًا حيويًّا في التفاعلات الكيميائية الخلوية ويحصل عليها الإنسان عبر الطعام الذي يتناوله، باستثناء القليل منها الذي يصنعه الجسم، مثل الفيتامينين D وK. تُصنَّف الفيتامينات إلى مجموعة تذوب في الماء وبالتالي لا يُمكن أن تُختزَن في الجسم ويتمّ الحصول عليها من الغذاء اليومي مثل فيتامين B وC، ومجموعة تذوب في الدهون، ويُمكن أن تُختزَن في الكبد أو في الدهون الموجودة في الجسم لتُستخدَم عند الحاجة، مثل الفيتامينات A وD وE وK.

يعرض الجدول (4) قائمة ببعض الفيتامينات المهمّة، ومصادرها، وكذلك الكمّيات اللازمة منها يوميًّا.

تاريخ العلوم

العلم والإنسان

في العام 1754، افترض الدكتور الاسكتلندي «جايمز ليند» أنّ مرض الاسقربوط «Scurvy» الذي تعرّض له عدد كبير من البحّارين هو نتيجة نقص في الوجبات الغذائية التي تحتوي على الفيتامين «C». قسَّم د. ليند البحّارين إلى مجموعتين: الأولى تتناول وجبات غنية بالفيتامين «C»، مثل الحمضيات؛ والثانية، تتناول وجبات تفتقر إلى الفيتامين «C». بعد مرور عدد من السنوات، زال المرض عن المجموعة التي كانت تحصل على الفيتامين «C» من الغذاء.

	الفيتامين	المصادر الرئيسة	الكمّية اللازمة يوميًّا	وظيفتها
فيتامينات تذوب في الماء	الثيامين (B_1)	الموز والفول السوداني واللحوم والحبوب الصحيحة والبيض	mg 1.5 – 1.1	يؤدّي دورًا في عمل الجهاز العصبي ويُساعد في إطلاق الطاقة من السكّريات.
	C	الفواكه والخضراوات (البرتقال والفراولة والطماطم) والخضراوات الورقية الخضراء	mg 60	مهمّ لصحّة الأسنان واللثّة والعظام، ولوظيفة الغدّة الدرقية والغدد الكظرية، وهو عامل ضدّ التأكسد.
فيتامينات تذوب في الدهون	A	الخضراوات الصفراء الداكنة (مثل الجزر) والخضراوات الورقية الخضراء والكبد والبيض	4 000 – 5 000 وحدة دولية	يؤدّي دورًا في حماية الجلد والأغشية المخاطية والعظام والأسنان والشعر والرؤية والتكاثر.
	D	ضوء الشمس وزيت كبد الأسماك، والحليب المزوّد بالفيتامينات	4000 وحدة دولية	يُساعد الجسم في امتصاص الكالسيوم والفوسفور. يؤدّي دورًا في نموّ العظم وحمايته.
	E	الزيوت النباتية والبذور والحبوب الصحيحة	30 وحدة دولية	يُساعد في إنتاج كريات الدم الحمراء وهو مضادّ أكسدة يمنع تلف الغشاء الخلوي.
	K	الخضراوات الورقية الخضراء والملفوف والكبد والجراثيم المعوية	mg 70–55	يُساعد في عملية تجلّط الدم.

جدول 4: بعض الفيتامينات المهمّة
ما الفيتامينات التي تناولتها مع الطعام؟

2. المركّبات غير العضوية Inorganic Compounds

1.2 الماء Water

يُعتبَر الماء من أكثر الموادّ توافرًا وأعظمها على الكرة الأرضية، فهو موجود في البحار والمحيطات والأنهار، كما في داخل أجسام الكائنات الحية. يتواجد الماء في ثلاث حالات هي: السائلة (الأكثر شيوعًا) والصلبة والغازية. يوجَد الكمّ الهائل من الماء على هيئة ماء مالح في البحار والمحيطات، فيما تُوازي نسبة الماء العذب 3% فقط في الأنهار، والبحيرات، والجداول، والمياه الجوفية، والجليديات. تعتمد معظم الكائنات الحية على الماء العذب في حياتها، وهي تستطيع البقاء من دون غذاء وقتًا أطول بكثير من بقائها من دون ماء عذب. تبقى بذور النباتات وأبواغ بعض الفطريات والنباتات ساكنة في غياب الماء، وهي تحتاج جميعها إلى ماء لكي تنبت كائنات جديدة.

* **للماء خصائص مميّزة تجعله مصدرًا لحياة الكائنات الحية كافّة:**

يُعتبَر الماء أمرًا حيويًّا إذ يُمكن للإنسان (البالغ) أن يعيش لعدّة أسابيع من دون طعام، في حين لا يستطيع العيش سوى لبضعة أيّام من دون ماء.
يُمكن لأيّ شخص أن يفقد كامل احتياطي السكّريات والدهون، وحوالى نصف كمّية البروتين من الجسم، من دون أن يُشكّل هذا أيّ خطورة حقيقية. ولكن يُعَدّ فقدان 15% من إجمالي وزن الجسم من الماء أمرًا خطيرًا، ليُصبح قاتلًا مع بلوغه نسبة 20 إلى 22%. وتجدر الإشارة إلى أنّ الماء يُشكّل 67 إلى 75% من مجموع وزن الجسم، و90% من بلازما الدم.
يظنّ بعض الناس أنّهم معرّضون لخطر الجفاف عندما يشعرون بالعطش فحسب. في الواقع، العطش وحده ليس مؤشّرًا كافيًا على شحّ الماء من الجسم، بل هناك مؤشّران هامّان، وهما جفاف الريق وقلّة التبوُّل. ففي الوقت الذي يُدرك فيه الدماغ إحساس العطش، تكون كمّية المياه المتوفّرة في الجسم قد أصبحت قليلة جدًّا. والجدير بالذكر أنّ جسمك يفقد 3 إلى 5 لترات من الماء يوميًّا من خلال العرق، والبول وهواء الزفير. ويتمّ تعويض الماء المفقود عبر الأكل والشرب وعملية التنفّس الخلوي.

* **للماء وظائف عديدة في جسم الكائنات الحية:**

(أ) الماء هو بمثابة منظّم لدرجة حرارة الجسم. عندما يكون الشخص ساخنًا جدًّا من جرّاء تواجده في بيئة حارّة، أو بسبب كثافة نشاطه البدني، أو إصابته بحمّى نتيجة مرض معيّن، فإنّ كلّ هذا يُؤدّي إلى إفراز سوائل من الجسم في شكل عرق يخرج من مسامّ الجلد. عندما يتبخّر الماء الموجود في العرق، فإنّه يسحب طاقة من الجلد، وبهذا فإنّه يُقلّل من درجة حرارة الجسم ويُعيد الاتّزان الحراري الداخلي للجسم.
(ب) يؤدّي الماء دورًا في حماية الأعضاء الداخلية للجسم، إذ يُمكن تشبيهه بوسادة تحول دون انتقال الصدمات من الخارج. يتواجد الماء داخل أعضاء الجسم ومحيطها، وداخل العينين، والنخاع الشوكي، والدماغ، والمفاصل، إذ يُطلَق عليه لقب زيت المفاصل. كما يُشكّل الماء جزءًا كبيرًا من السائل الذي يُحيط بالجنين، ويحميه من اللكمات.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

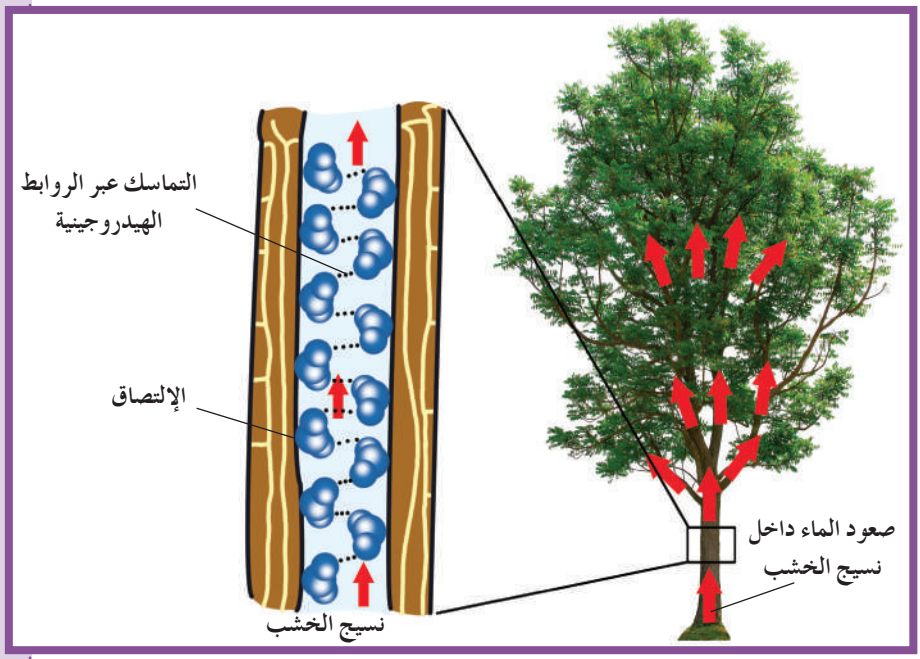
مستقبل مياه الشرب

في ظلّ التوقّعات التي تُشير إلى زيادة عدد سكّان العالم إلى 8.5 مليارات نسمة في غضون 25 عامًا، ومع تزايد الأنشطة المختلفة للإنسان والتي ينجم عنها تلوّث المياه، فإنّ المياه العذبة ستُصبح سلعة ثمينة تفوق بسعرها البترول. تتوقّع إحصاءات الأمم المتّحدة أن يموت طفل كلّ ثلاث ثوانٍ بسبب نقص مياه الشرب العذبة، وأنّ 40% من سكّان العالم سيُعانون نقصًا في المياه.
وضّح وجهة نظرك تجاه هذه المشكلة. ما الآثار التي قد تنجم عنها؟ وما اقتراحاتك لعلاجها؟

(جـ) يُعتبَر الماء مذيبًا عامًّا للكثير من المركّبات، فهو ينقل المغذّيات وغازات التنفّس من وإلى خلايا الجسم، ويُساعد الجسم في التخلّص من الفضلات الموجودة في الخلايا عن طريق البول والعرق.

(د) الماء هو أيضًا الأساس لكثير من العصارات المفرزة في الجسم مثل اللعاب والصفراء وغيرها.

للماء خواصّ أخرى مهمّة منها خاصّية التماسك Cohesion، أي التصاق جزيئات الماء بعضها ببعض. وتعود هذه الخاصّية إلى وجود روابط هيدروجينية، ما يسبّب انجذابات خفيفة بين الهيدروجين وذرّات أخرى من الماء. للماء خاصّية أخرى هي خاصّية الالتلاصق Adhesion، أي التصاق جزيئات الماء بجزيئات أخرى. هاتان الخاصّيتان مهمّتان إذ تسمحان للماء بالتحرّك داخل جذوع الأشجار الطويلة متّجهة من الجذور إلى الأوراق حيث تتماسك جزيئاتها بعضها ببعض وتلتصق بنسيج الخشب في الجذوع مشكّلة عمود ماء متواصل (شكل77).



(شكل 77)
الماء في النبات
تماسك جزيئات الماء وتلاصقها بنسيج الخشب يُمكّن النباتات من تمرير المياه في داخلها، عبر نسيج الخشب، من التراب إلى الأوراق.

2.2 الأملاح المعدنية Minerals

الأملاح المعدنية هي عبارة عن جزيئات غير عضوية تُؤدّي وظائف حيوية في الجسم. يحتاج جسمك إلى كمّيات صغيرة ومتنوّعة من هذه الموادّ للمحافظة على الصحّة والنموّ. تُشكّل الأملاح المعدنية ما يُقارب 4.5% من وزن الجسم.

العنصر	أهمّيته للصحّة	المصادر الرئيسة	الكمّية اللازمة يوميًّا
الكالسيوم Ca	يدخل في تركيب العظام والأسنان وهو ضروري لتجلّط الدم وعمل العضلات.	منتجات الألبان والحيوانات الصدفية وصفار البيض والخضراوات وأوراق الخضار	1200 – 800 mg
الصوديوم Na والكلور Cl	يُحافظان على الضغط الأسموزي الطبيعي لسوائل الجسم ويُؤديّان دورًا في نقل السيّالات العصبية وعمل العضلات.	ملح الطعام والعدس والقمح	2300 – 1500 mg
الفوسفور P	يدخل في تركيب العظام والأسنان والأحماض النووية ويُؤدّي دورًا مهمًّا في تفاعلات التنفّس.	اللبن والبيض واللحوم والدجاج والأسماك والفول والحبوب الصحيحة	800 mg
المغنيسيوم Mg	تحتاجه العضلات لتعمل بطريقة صحيحة.	منتجات الألبان والحبوب الصحيحة والفول	350 – 300 mg
الحديد Fe	يدخل في تركيب الهيموجلوبين في كريات الدم الحمراء، وينقل الأكسجين.	اللحوم وكبد الحيوانات والفواكه والبيض والخضراوات الورقية والعسل الأسود	15 – 10 mg
البوتاسيوم K	يُساعد في اتّزان الماء في الجسم (خفض ضغط الدم)، وفي نقل السيّالات العصبية.	الحبوب والفواكه (الموز) واللحم والسمك	4 700 mg
اليود I	يدخل في تركيب هرمون الثيروكسين الذي تفرزه الغدّة الدرقية والذي يُنظّم النموّ والنشاط.	الأسماك/كبد السمك والأعشاب البحرية والحيوانات الصدفية وملح اليود	0.10 mg

جدول 5
يُوفّر الغذاء المتوازن عادة جميع الأملاح المعدنية اللازمة.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

حقائق عن المياه

يحتاج الجسم إلى شرب كمّيات وافرة من الماء. وتُساعد العادات التالية على تلبية احتياجات الجسم إلى الماء: شرب 2 كوب من الماء عند الاستيقاظ في الصباح، و2 كوب من الماء قبل الظهر، و2 كوب من الماء في فترة بعد الظهر. ويُفضَّل أن يتناول البالغون 8 أكواب من المياه يوميًّا.

تضيع 10 أكواب من الماء تقريبًا في العمليات الجسدية التالية: تطرح الكلى 5.5 كؤوس عن طريق البول، وتخسر الرئتان كأسين عبر التنفّس، ويفقد الجلد كأسين من خلال العرق، ويفقد الجهاز الهضمي نصف كوب في البراز.

يُفضَّل تناول الماء الدافىء أو المعتدل أثناء تناول الوجبات لأنّ المياه الباردة جدًّا تُؤدّي إلى إيقاف عملية الهضم. وإذا شربت في وقت تناول الطعام، تُقلّل من قدرة الجسم على تلقّي إشارات العطش. تجنّب شرب الماء خلال فترة 30 دقيقة التي تسبق تناول وجبة طعام، و(1 – 2) ساعات بعد تناول الطعام. يحدّ الشرب مع وجبات الطعام من الأنزيمات التي تهضم الطعام، ويُؤخّر عملية الهضم.

يُساعد الماء في منع الإرهاق العقلي وتخفيفه، وهذا أمر طبيعي كون الدماغ يحتوي على 85% من الماء. وفي حالة الصداع القوي، نشعر بالارتياح عند شرب كوب واحد من الماء كلّ 10 دقائق لمدّة ساعة واحدة. متى تزداد حاجات الجسم إلى الماء؟

مراجعة الدرس 3-2

1. ما هي المجموعات الكيميائية العضوية المختلفة التي تتكوّن منها أجسام الكائنات الحية؟
2. قارن بين وظائف كلّ من مجموعات الموادّ الكيميائية العضوية في أجسام الكائنات الحية.
3. ما هي المؤشّرات التي تُبيّن أنّك تُعاني من الجفاف؟
4. اكتشف والدان أنّ طفلهما يُعاني من فقر في الدم. أيّ نوع من الطعام يجب على الطفل تناوله؟ فسّر إجابتك.
5. **التفكير الناقد:** عدّد خصائص المياه الضرورية لبقاء النباتات على قيد الحياة.

الدرس 3-3

التفاعلات الكيميائية داخل أجسام الكائنات الحية
Chemical Reactions in the Body of Living Things

الأهداف العامة

- يتعرّف أنواع التفاعلات الكيميائية في أجسام الكائنات الحية.
- يشرح مفهوم الأنزيم وآليّة عمله.
- يتعرّف العوامل التي تُؤثّر في سرعة عمليات الأيض.

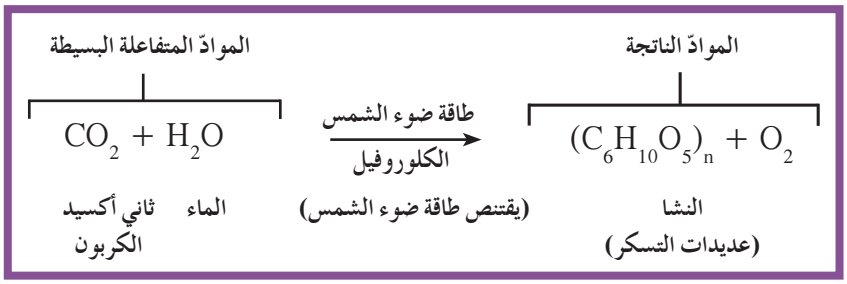
(شكل 78)

نمت هذه الشجرة لسنوات طوال، وكبر حجمها، فأزهرت ثمّ أثمرت.
كيف حدث هذا؟ إنّها التفاعلات الكيميائية!
فبعضها بانٍ وبعضها الآخر هادم. احترقت هذه الشجرة وتحوّلت إلى حرارة وضوء وغازات ورماد (الشكل 78).

التفاعلات الكيميائية في أجسام الكائنات الحية
Chemical Reactions in the Body of Living Things

1. الأيض Metabolism

تُعرَف جميع أنواع التغيّرات أو التفاعلات الكيميائية في خلايا الجسم بالأيض Metabolism. تختصّ بعض هذه التفاعلات ببناء موادّ جديدة تكون مصحوبة بامتصاص أو اختزان الطاقة (كما يحدث عند بناء الموادّ الكربوهيدراتية في النباتات، أو عندما ينمو الكائن الحي)، **وتُعرَف التفاعلات في هذه الحالة بالتفاعلات الكيميائية البانية Constructive Chemical Reactions.** في حين **تختصّ بعض التفاعلات الكيميائية الأخرى بتفكيك تلك الموادّ التي تمّ بناؤها، ويكون ذلك مصحوبًا بتحرّر أو انطلاق الطاقة المختزنة داخل الروابط الكيميائية الموجودة بين جزيئات تلك الموادّ، وتُعرَف هذه التفاعلات بالتفاعلات الكيميائية الهادمة Destructive Chemical Reactions.** وتظهر الطاقة المتحرّرة خلال هذه التفاعلات بصورة أنشطة حيوية، مثل الحركة والهضم والطيران والتكيّف مع البيئة وغيرها.



(شكل 79)
المعادلة الكيميائية لعملية البناء الضوئي في النباتات الخضراء. ما نوع هذا التفاعل: بانٍ أم هادم؟

بشكل عامّ، تكون كلّ التفاعلات الكيميائية البانية والهادمة في حالة توازن تحفظ للكائن ثبات البيئة الداخلية لجسمه (الشكل 79)، فتُساوي كمّية الطاقة الممتصّة خلال التفاعل الكيميائي الباني تمامًا كمّية الطاقة المنطلقة من التفاعل الكيميائي الهادم نتيجة تفكيك الروابط الكيميائية التي تمّ بناؤها خلال التفاعل الكيميائي الباني.

بعض التفاعلات الكيميائية، كتلك الموضّحة في الشكل (80)، تحدث حولنا كلّ يوم. فيحدث البعض منها في العمليات الحياتية، مثل نموّ فرخ النسر، والتفكيك الكيميائي الذي يحدث أثناء نضوج الفواكه، إلى جانب بعض التغيّرات التي تحدث للموادّ غير الحية، مثل صدأ الحديد أو انفجار الألعاب النارية. تجري جميع هذه التفاعلات بمعدّلات سرعة مختلفة، فبعضها سريع والبعض الآخر بطيء. فهل يُمكننا تغيير معدّل سرعة هذه التفاعلات؟

(شكل 80)
تُشير بعض الدلائل، مثل تغيّر اللون، إلى حدوث تفاعلات كيميائية. ما الدليل على حدوث التفاعلات الكيميائية في كلّ صورة من هذا الشكل؟ ما نوعية التفاعل الكيميائي في كلّ منها: بانٍ أم هادم؟

يُمكن زيادة سرعة حدوث التفاعل الكيميائي عبر رفع درجة حرارته، حيث إنّ زيادة درجة حرارة المادّة تزيد من طاقة جزيئاتها وذرّاتها المتفاعلة، فتزداد سرعة تحرّكاتها واصطدامها ببعضها، ما يُؤدّي إلى تسريع التفاعل الكيميائي.

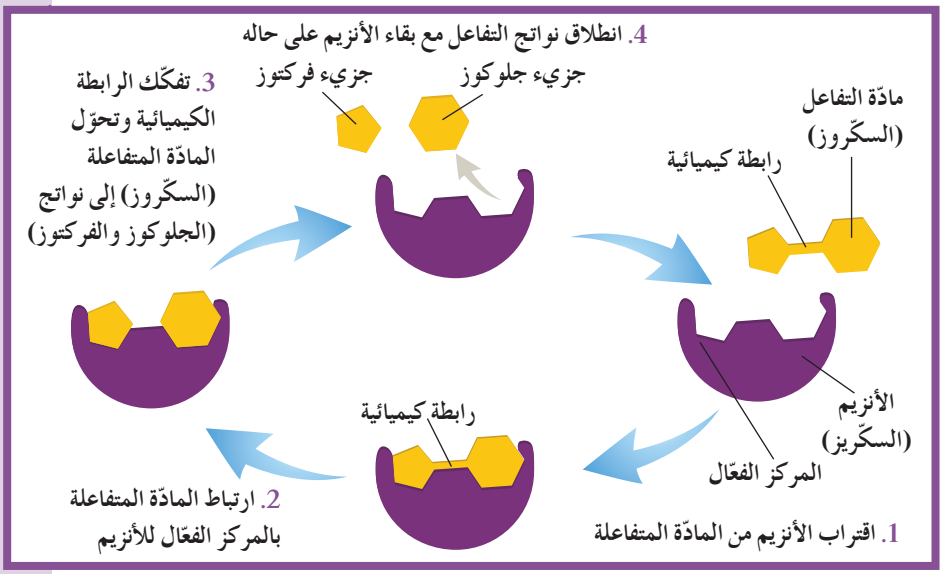
نظرًا إلى تميّز أجسام الكائنات الحية بدرجات حرارة خاصّة قد يُؤدّي ارتفاعها عن حدّ معيّن إلى الإضرار بها أو موتها، تحتوي أجسام الكائنات الحية كلّها على عوامل مساعدة تُعرَف بالأنزيمات. **والأنزيم Enzyme هو عامل مساعد بروتيني يعمل على إسراع التفاعل الكيميائي من دون أن يُستهلَك أثناء التفاعل أو يتغيّر داخل جسم الكائن الحي.** وتُؤدّي الأنزيمات عملها بسرعة ودقّة متناهيتين، إذ تُحفّز آلاف التفاعلات في الثانية الواحدة.

2. آلية عمل الأنزيم
Mechanism of Action of the Enzyme

لتوضيح آلية عمل الأنزيم في التفاعل الكيميائي، سنستعين كمثال بأنزيم السكّريز الذي يهضم سكّر السكّروز (سكر المائدة) الذي يُعتبَر من السكّريات الثنائية لأنّه يتكوّن من جزيئين من السكّر الأحادي، وهما جزيء سكّر الجلوكوز وجزيء سكّر الفركتوز. بارتباط أنزيم السكّريز مع جزيء سكّر السكّروز، فإنّه يُفكّك الرابطة الكيميائية الموجودة بين جزيئي الجلوكوز والفركتوز أو يُحلّلها.

ويُوضّح الشكل (81) كيفية عمل الأنزيم، فتُسمّى المادّة التي يُحلّلها الأنزيم المادّة المتفاعلة (وهي في هذه الحالة سكّر السكّروز). وتُسمّى منطقة الأنزيم التي يرتبط من خلالها بالمادّة المتفاعلة المركز الفعّال للأنزيم. ففي هذا المركز، يقوم الأنزيم بتغيير المادّة المتفاعلة بشكل بسيط، بحيث يعمل على إضعاف رابطة كيميائية محدّدة بين مكوّناتها. ويُؤدّي إضعاف هذه الرابطة إلى تفكّكها وبالتالي إلى تحرّر نواتج التفاعل (جزيئان من السكّر الأحادي، وهما في هذه الحالة الجلوكوز والفركتوز). وتعتمد آليّة عمل الأنزيم، كعامل مساعد يزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية داخل جسم الكائن الحي، على خفض الطاقة اللازمة لتنشيط الموادّ المتفاعلة حتّى يبدأ التفاعل الكيميائي في ما بينها. فلكي يبدأ التفاعل الكيميائي داخل الخليّة (نباتية أو حيوانية)، لا بدّ من توافر قدر معيّن من الطاقة، يُعرَف باسم طاقة التنشيط، التي قد تكون كبيرة لدرجة تُضرّ بالخليّة الحية. ويعمل الأنزيم على خفض هذه الطاقة التنشيطية اللازمة لإتمام التفاعل.

الأنزيمات هي موادّ متخصّصة في عملها: فيقوم كلّ أنزيم بتحفيز تفاعل كيميائي معيّن يعتمد على تركيب جزيء المادّة المتفاعلة وشكل الأنزيم. ويتطابق الأنزيم مع الجزيء الذي يُؤثّر فيه، مثل تطابق القفل مع مفتاحه.



(شكل 81)
يُحلّل أنزيم السكّريز جزيئات السكّروز (سكّر المائدة) عبر تفكيك الرابطة الكيميائية بين جزيئي سكّر الجلوكوز وسكّر الفركتوز. قارن شكل كلّ من المادّة المتفاعلة وبالمركز الفعّال للأنزيم.

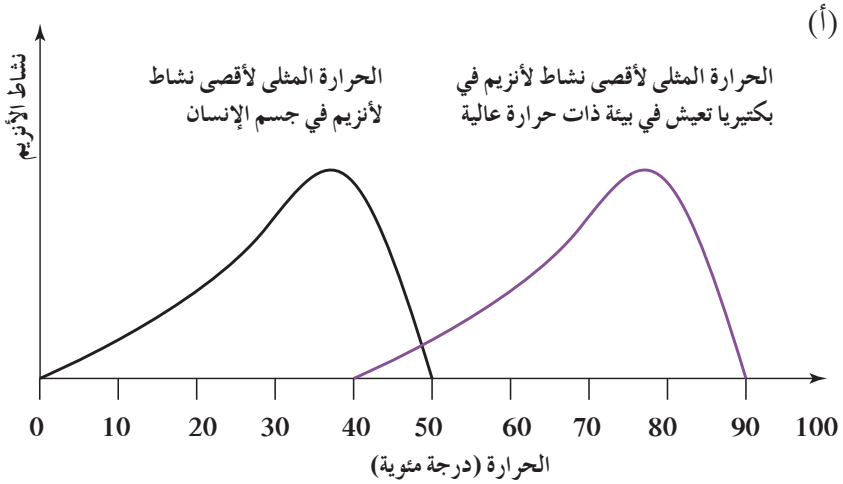
العوامل المؤثّرة في عمل الأنزيمات:

لكلّ أنزيم مدى معيّن أمثل من النشاط يتأثّر بعوامل فيزيائية كالحرارة وعوامل كيميائية كالحموضة (الأسّ الهيدروجيني PH). يُظهر الشكل (82 أ) تأثّر نشاط أنزيمات بكتيرية وهضمية في جسم الإنسان بهذه العوامل.

إنّ الحرارة المثلى لبلوغ النشاط الأنزيمي ذروته في جسم الإنسان هي 37°C. يكون الأنزيم غير ناشط على حرارة 0°C ويزيد نشاطه مع ارتفاعها إلى 37°C. ويخفّ نشاط هذا الأنزيم مع تخطّي الحرارة 37°C،

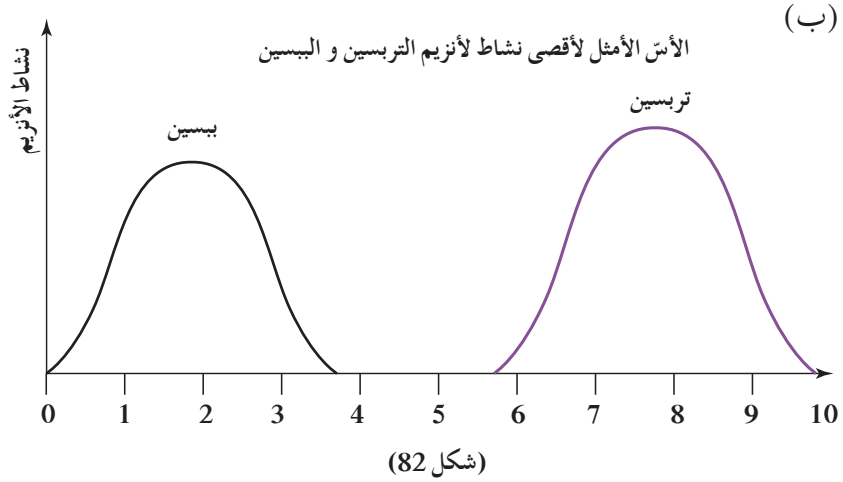
فاقدًا قدرته على العمل نهائيًّا على حرارة عالية، حتّى ولو أعدنا وضعه على حرارة 37°C. أمّا البكتيريا التي تعيش في بيئة ذات حرارة عالية، فتتحمّل أنزيماتها ارتفاع درجة الحرارة إلى 80°C.

(أ)



أمّا بالنسبة إلى أنزيمات الهضم، فهي تحتاج إلى محيط كيميائي ملائم لتبقى على نشاطها. فعلى سبيل المثال، يعمل أنزيم التربسين بنشاط كامل في محيط قاعدي بينما يعمل أنزيم الببسين بنشاط كامل في محيط حمضي (الشكل 82 ب).

(ب)



(شكل 82)

مراجعة الدرس 3-3

1. اذكر بعض الأمثلة عن تفاعلات كيميائية بانية وأخرى عن تفاعلات كيميائية هادمة.
2. ارسم رسمًا كامل البيانات يُوضّح كيفية عمل أحد الأنزيمات.
3. **التفكير الناقد:** إذا قمت بمزج محلولين عديمي اللون في كأس، وتلوّن المزيج بلون أزرق، مع ترسّب راسب أزرق ببطء في قاع الكأس، فهل يُعتبَر هذا تفاعلًا كيميائيًّا؟

علم الأحياء في حياتنا اليومية

استخدامات الأنزيمات

تُؤدّي الأنزيمات عملها التحفيزي بأفضل شكل داخل الخلايا، كما يُمكنها أن تُظهر تأثيراتها خارج الخليّة وخارج جسم الكائن الحي، ما يسمح باستخدامها في أغراض كثيرة، منها:

* إنتاج الكحول الإثيلي بواسطة فطر الخميرة المحتوي على أنزيم الزيميز الذي يُحوّل النشويات والسكّريات إلى الكحول الإثيلي وثاني أكسيد الكربون.
* إنتاج مساحيق تنظيف الملابس ذات التأثير البيولوجي والتي تحتوي على أنزيم الديهيدروجينيز الذي يُزيل البقع.
* تحسين أنواع الخبز بواسطة الأنزيمات التي تُفصَل من بعض أنواع الفطريات.
* تخفيف الآلام الناتجة عن لسعات النحل وقناديل البحر بواسطة أنزيمات البروتيوزات، فتُحطّم البروتينات الموجودة في الجروح الناتجة عن هذه اللسعات ما يُخفّف من الشعور بالألم.
* إنتاج النشا من السكّريات البسيطة (مثل الجلوكوز) ومركّب ATP ومركّب جلوكوز – 6 – فوسفات بواسطة أنزيم فوسفوريليز النشا المستخرج من درنات البطاطا، والذي يقوم ببلمرة (تجميع وربط) هذه الموادّ في صورة سكّريات عديدة مثل النشا.
* دباغة الجلود، حيث يُستخدَم أنزيم الببتيديز لإزالة الشعر من الجلد وإكسابه النعومة المرغوب فيها.
* علاج بعض أمراض القناة الهضمية بواسطة أنزيمي الببسين والتربسين وهما أنزيمان هاضمان للبروتينات.

دور التفاعلات الكيميائية في العمليات الحيوية
Role of Chemical Reactions in Life Processes

الأهداف العامة

* يُحدّد العمليات الحيوية المختلفة للكائنات الحية ويصفها.
* يُفسّر اعتماد العمليات الحيوية على التفاعلات الكيميائية.

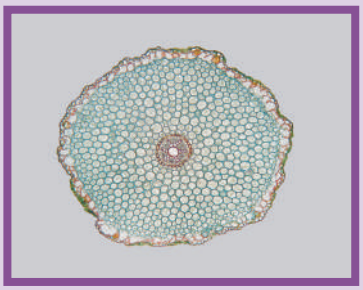
(شكل 83)

إنّ القوارض، مثل هذا الفأر النشيط الموضّح في الشكل (83)، هي كائنات نشيطة جدًّا. فطاقة أجسامها مختزنة في الروابط الكيميائية الموجودة في الموادّ الغذائية التي تأكلها.
كيف تتحرّر هذه الطاقة من الغذاء؟

ينطبق الكثير من خصائص الكائنات الحية التي ذُكِرت على أشياء غير حية. فالغيوم، مثلًا، تتحرّك في السماء، وتستخدم النار الطاقة لتندلع، ثمّ تُصدر المزيد من الطاقة لتنمو وتكبر وتبدأ نار جديدة (تتولّد) (الشكل 84). كذلك، تُظهر بلّورات الثلج تنظيمًا عاليًا وهي تكبر شيئًا فشيئًا في الثلج والصقيع، مع الاحتفاظ بدرجة عالية من التنظيم في بنية جزيئات الماء التي تُشكّلها. لكن في المقابل، إنّ الغيوم لا تتكيّف وبلّورات الثلج لا تتكاثر والنار غير مؤلّفة من خلايا وهي غير منظّمة.
إذًا، يملك عدد من الأشياء غير الحية بعض صفات الحياة، لكن لا يُمكن أن تتمتّع بجميع خصائص الكائنات الحية، التي تتمثّل بالأيض والطاقة والنموّ وإصلاح الأنسجة المتهالكة والتنظيم والاتّزان الجسمي والاتّصال والتكاثر والاستجابة والتكيّف.

(أ)

(ب)



يتميّز مكعّب الثلج (أ) بتنظيم معقّد في تركيب البلّورات. يتمتّع جذر النبات (ب) بنمط منظّم من التركيب. أيّ اختلافات تجعل الجذور خلايا حية؟

(جـ)

(د)

(شكل 84)
يستخدم كلّ من عود الثقاب الملتهب (جـ) وسراج الليل (حشرة) (د) الطاقة. ما هو وجه الاختلاف بينهما؟ أيّ خصائص تجعل حشرة سراج الليل كائنًا حيًّا؟

1. الأيض والطاقة Metabolism and energy

يقوم جسمك بالعديد من عمليات الأيض، كإنتاج الموادّ الكيميائية المتنوّعة، والتي تُنظّم جميع العمليات الحيوية في جسمك كإنتاج الطاقة للحركة، والنمّو، والتكاثر، والتواصل، والتكيّف مع البيئة، وغيرها.

تُعرَف هذه العمليات والتغيّرات، التي تتمّ في تناسق وتناغم لتضمن الاتّزان الداخلي للجسم، بالأيض.

وتحصل الكائنات الحية على الطاقة، التي تستخدمها في جميع الأنشطة والعمليات الحيوية في أجسامها، من خلال تفكيك الروابط الكيميائية التي تحصل عليها عبر جزيئات الموادّ الغذائية الموجودة في الطعام (الشكل 85).

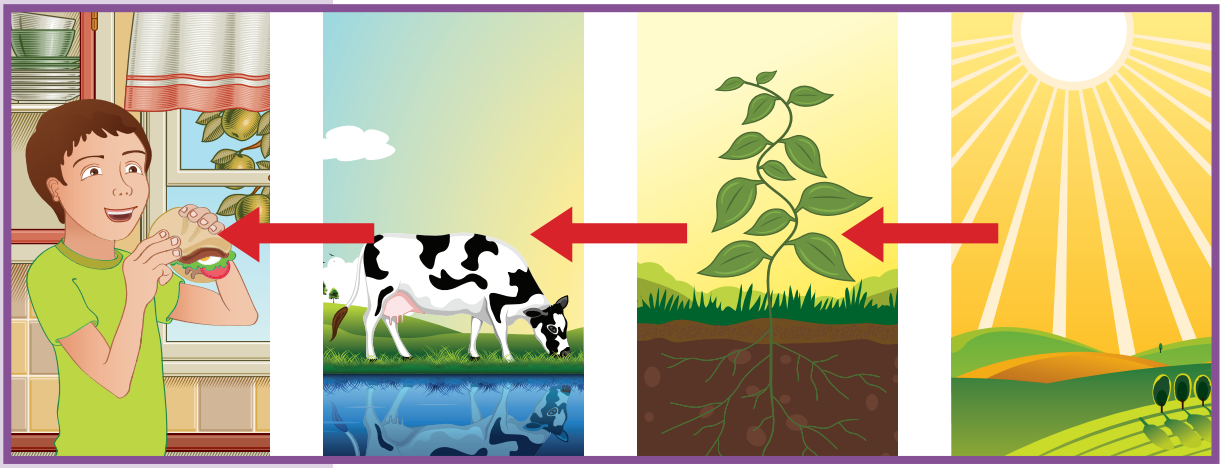
تعلّمت في سياق سابق أنّ المصدر الأساسي للطاقة على وجه الأرض هو الشمس التي يمتصّ النبات طاقتها الضوئية لصنع المركّبات الغنيّة بالطاقة، مثل السكّريات التي يُفكّكها جسمك ليحصل على الطاقة المختزنة في جزيئاتها، ويستعين بها في جميع أنشطته وعملياته الحيوية (الشكل 86).

وفضلًا عن أنّ الموادّ الغذائية تُزوّد الجسم بالطاقة المطلوبة، فإنّها تمدّه أيضًا بالعناصر التي يحتاجها، من بروتينات ودهون وسكّريات وعناصر معدنية وفيتامينات، ليبني منها خلايا الأنسجة ويُرمّم التالف منها ويُكسبها القدرة على أداء وظائفها.

كذلك، يستفيد جسمك من بعض نواتج التفاعلات الكيميائية الأخرى، إلى جانب الطاقة، التي يقوم جسمك بالتخلّص منها، مثل الحرارة والفضلات. فجسمك يحتاج إلى الحرارة لكي يظلّ حيًّا ومتوازنًا، لكنّ الحرارة الزائدة تُصبح ضارّة بالجسم، ما يدفعه إلى التخلّص منها بواسطة التعرّق، مثل ثاني أكسيد الكربون وفضلات الطعام وبعض الأملاح.

(شكل 85)

يرتبط بطء معدّل الأيض لدى هذه الأفعى الضخمة بمقدرتها على تناول فرائس كبيرة الحجم. بمعنى آخر، تأكل هذه الأفعى أقلّ بكثير ممّا تأكل الطيور والثدييات، فهي تأكل من ثماني إلى عشر مرّات فقط في السنة.



(شكل 86)

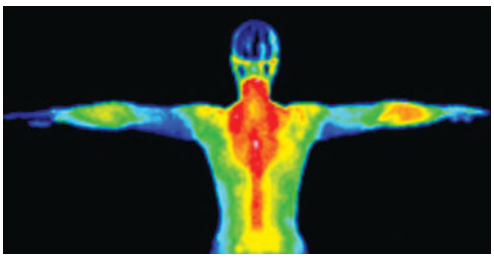
تنبعث الطاقة التي يحصل عليها الإنسان من ضوء الشمس.

صور الطاقة وتحوّلاتها في جسم الإنسان

عندما تقرأ الكلمات في هذه الصفحة، تتحوّل الطاقة في جسمك من شكل إلى آخر. ففي هذه اللحظة، يقوم جهازك الهضمي بهضم الطعام الذي تناولته عند الإفطار أو الغداء. وعندما يتمّ الهضم، يتزوّد جسمك بإمداد جديد من الطاقة الكيميائية التي تنطلق ليعمل جسمك.

وتتحوّل الطاقة الكيميائية الموجودة في جسمك إلى طاقة ميكانيكية أينما تحرّكت عضلاتك لتُؤدّي عملًا ما، قد يكون المشي أو التحدّث أو الكتابة أو غير ذلك. كما يستخدم جسمك هذه الطاقة الكيميائية في بناء أنسجته، أو لإصلاح ما قد تلف منها إذا جُرِحت أو أُصيبت.

وبذلك، تُختزَن هذه الطاقة الكيميائية في جسمك كطاقة كيميائية في هذه الأنسجة الجديدة.



يتحوّل بعض من الطاقة الكيميائية التي حصل عليها جسمك من الطعام إلى طاقة حرارية تُحافظ على ثبات حرارة جسمك عند 37° C.

وعندما تتغيّر درجة حرارة الطقس من حولك لتُصبح أكثر برودة، يستغلّ جسمك هذه الطاقة الحرارية للحفاظ على ثبات حرارته عند 37° C.

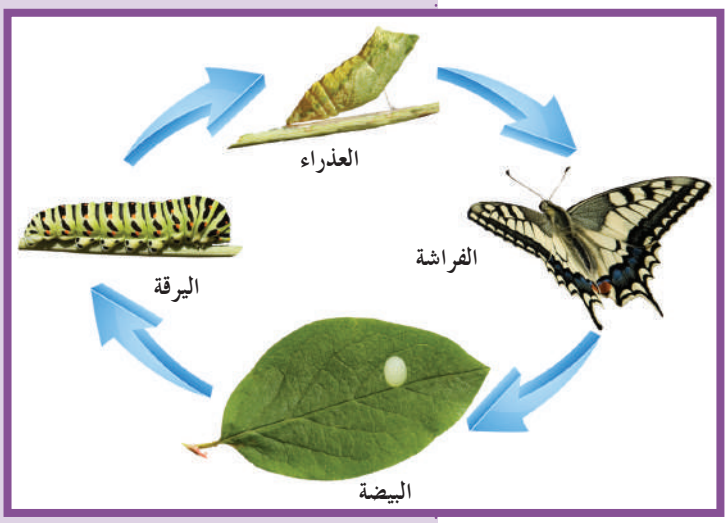
ويُوضّح هذا الشكل (المخطّط الحراري) كيفية توزيع الحرارة في جسمك. فعندما تكون درجة حرارة جسمك أعلى من 37° C، لا بدّ أن يفقد جسمك الحرارة عن طريق التعرّق، حتّى لا تزداد حرارة جسمك أكثر. ويقوم جسمك بإخراج الماء (العرق) من خلال الجلد حيث يتبخّر ساحبًا معه الطاقة الحرارية، فيبرد جسمك.

عادة ما تكون كمّية الطاقة في الطعام الذي تأكله متوازنة مع كمّية الطاقة التي يستخدمها جسمك والتي تتنوّع بحسب درجة نشاطك. لذلك، يجب عليك أن تأكل أكثر عندما يزداد نشاطك، وأقلّ في حال كنت قليل النشاط. فيتحوّل الطعام الفائض عن حاجة الجسم إلى دهون ما يُؤدّي إلى زيادة وزنك. وإذا تناولت طعامًا بكمّية أقلّ من حاجة جسمك، سوف يُحلّل جسمك الدهون الموجودة فيه وينقص وزنك. عمومًا، يستخلص كلّ شخص الطاقة من الغذاء بمعدّل مختلف، ويُعرَف هذا بمعدّل الأيض. فقد يأكل شخصان الكمّية والنوعية نفسهما من الطعام ويبذلان المجهود نفسه، ولكن يزداد وزن أحدهما فيما يُحافظ الآخر على وزنه.

2. النموّ وإصلاح الأنسجة المتهالكة

Growth and Repair of Damaged Tissues

تنمو الكائنات الحية، أو بمعنى آخر تتغيّر في الشكل والحجم طوال فترات حياتها. فعندما تنبت البذرة، تُنتج جذورًا وجذعًا وأوراقًا تستمرّ في النموّ والتغيّر لسنوات طوال حتّى تُصبح شجرة كبيرة. في غضون كلّ هذا الوقت، تتلقّى الضوء وتحصل على الهواء والماء والمعادن من التربة لتصنع غذاءها وتُكوّن بالتالي أنسجتها الحية. وهي تقوم بذلك طيلة فترة نموّها من أجل تجدّد الخلايا Cell Renewal وزيادة عددها وتعويض الأنسجة المتهالكة.



(شكل 87)
التحوّل عند الفراشة أثناء دورة حياتها: فكلّما زاد نموّها تغيّر مظهرها من شكل إلى آخر.

وخلال دورة حياة معظم الكائنات الحية، يحدث الكثير من التغيّرات الضخمة التي تُسمّى التطوّر أو التحوّل. تَظهر في بعض الحشرات، كتلك الموضّحة في الشكل (87)، تغيّرات معقّدة تُؤدّي إلى تحوّل اليرقة إلى فراشة، كما هو الحال أيضًا لدى البرمائيات حيث يتحوّل الشرغوف إلى ضفدعة يافعة. ويعود سبب هذه التغيّرات، التي تحدث كلّما نما الكائن، إلى التفاعلات الكيميائية العديدة والمعقّدة التي تحدث خلال دورة حياة الكائن.

ويختلف معدّل النموّ والتطوّر لدى كلّ كائن. فيستغرق نموّ الإنسان ليصل إلى مرحلة النضج حوالى 18 عامًا، فيما يستغرق نموّ الشرغوف عدّة أسابيع ليُصبح ضفدعة يافعة، وتصل بعض الحشرات إلى أطوارها اليافعة خلال يوم واحد فقط.

لكي تنمو الكائنات الحية وتتطوّر، تُنتج خلاياها الكثير من البروتينات والكربوهيدرات والليبيّدات الجديدة والمتنوّعة. وتخضع هذه العملية للتنظيم الكيميائي المتوفّر في الأحماض النووية الموجودة في أنوية هذه الخلايا بحسب ما تحمله من معلومات وراثية.

بالإضافة إلى عملية النموّ (التغيّر في الشكل والحجم)، تحدث لدى الكائنات الحية مجموعة من التفاعلات الكيميائية التي تنجم عنها مجموعات جديدة من الخلايا لتعويض ما قد تلف من خلايا بعض الأنسجة المتضرّرة، أو لتعويض الخلايا المتجدّدة في الجسم (ذات مدى العمر القصير)، مثل خلايا الدم وخلايا الجلد.

(شكل 88)
نموّ ذيل جديد للسحلية الخضراء بعد أن فقدت ذيلها. وتُعرَف عملية تعويض الأجزاء التي يفقدها الجسم بالتجدّد.

تحدث في جسم الكائن الموضّح في الشكل (88)، مجموعة من التفاعلات الكيميائية ينجم عنها تكوّن ذيل جديد بدلًا من الذي فقده، وإنتاج خلايا عظمية جديدة في حالة كسور العظام.

3. التنظيم والاتّزان الجسمي

Organisation and Homeostasis

تتميّز الكائنات الحية بتنظيم متقن للغاية. ففي كلّ مرحلة من مراحل التنظيم الخاصّة سواء أكانت في كائنات وحيدة الخلايا (الجراثيم والطلائعيات) أم كائنات عديدة الخلايا (الإنسان) توجَد بنيات متخصّصة تُنفّذ عمليات معيّنة. في ما يتعلّق بالإنسان، إنّ وحدة البناء والوظيفة هي الخليّة.

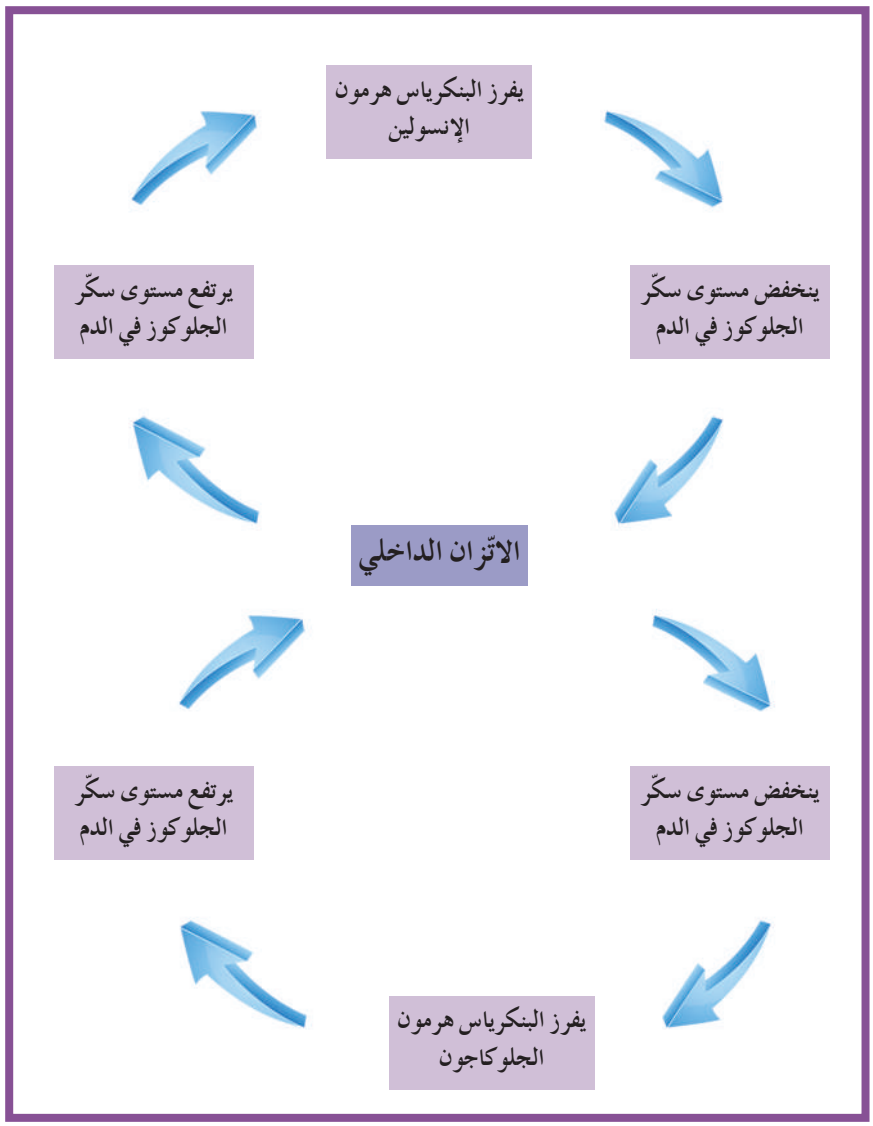
تعلّمت في سياق سابق أنّ جسمك يُعتبَر مسرحًا للكثير من العمليات الكيميائية المتواصلة، البانية والهادمة، المصحوبة بامتصاص للطاقة أو انطلاقها. ولكي تظلّ حيًّا، فلا بدّ أن تكون هذه التغيّرات الكيميائية منظّمة وخاضعة لسيطرة جسمك، الذي يعمل جاهدًا **لحفظ ثبات بيئته الداخلية واستقرارها، أي الاتّزان أو الثبات الداخلي Homeostasis.**

(شكل 89)
يُمكّن الاتّزان الداخلي بين خلايا أجهزة الجسم المختلفة لاعب الجمباز من أداء الحركات المتوازنة. تصوّر ما الذي يحدث إذا لم يُؤدّ أيّ نوع من خلايا الجسم دوره خلال هذه الحركة الرياضية؟

على الرغم من عدم مقدرة نبات التين الشوكي (الصبّار) (الشكل 90) على التنقّل من مكان إلى آخر، إلّا أنّ الموادّ الكيميائية والعمليات الفيزيائية تعمل على حفظ التوازن المائي ودرجة الحرارة، بالإضافة إلى كونها المسؤولة عن امتصاص العناصر الغذائية التي تحتاجها خلاياها لتكوين خلايا جديدة. ويوجَد العديد من آليات التنظيم اللازمة للحفاظ على الثبات والاتّزان الداخلين. فعلى سبيل المثال، يتمّ تنظيم التفاعلات الكيميائية في الخلايا بواسطة آلية التغذية الراجعة Feedback Mechanism، وهي عبارة عن سلسلة من التفاعلات التي تكون فيها نواتج التفاعل الأخير بمثابة إشارة بدء أو توقّف لهذه التفاعلات.

(شكل 90)
تُحافظ النباتات على ثبات الظروف الداخلية واتّزانها من خلال عمليات فيزيائية وكيميائية. فيمتصّ نبات التين الشوكي، وهو نبات صحراوي، الماء من التربة عبر عمليات فيزيائية، إذ يُؤثّر الاتّزان المائي الداخلي في جميع العمليات الكيميائية للنبات.

وتُنظَّم آليات التغذية الراجعة لدى الكائنات عديدة الخلايا بواسطة بعض الهرمونات، ومثال على ذلك هرمونا الإنسولين والجلوكاجون اللذان يفرزهما البنكرياس لتنظيم مستوى سكّر الجلوكوز في الدم (الشكل 91). يعمل هرمون الجلوكاجون على رفع مستوى السكّر في الدم على عكس هرمون الإنسولين.



(شكل 91)
تُنظّم آلية التغذية الراجعة العلاقة بين تركيز سكّر الدم وإفراز هرمونَي الإنسولين والجلوكاجون. ما هي العوامل المؤثّرة على إفراز هرمون الإنسولين؟

4. الاتّصال والاستجابة

Communication and Response

تختلف صور الاتّصال بين الكائنات الحية بين داخلي وخارجي.

يتمّ الاتّصال الداخلي Internal Communication داخل جسم الكائن عبر الجهاز العصبي حيث تُفرَز مجموعة من الموادّ الكيميائية (تُسمّى النواقل العصبية) التي تخضع في إفرازها وعملها إلى مجموعة من التفاعلات المتجاورة. ويحدث الاتّصال الداخلي أيضًا بواسطة الهرمونات التي تنقل إشارات كيميائية بين الغدد الصمّاء وخلايا الجسم الأخرى.

أمّا الاتّصال الخارجي External Communication فهو لغة تفاهم وتخاطب على هيئة إشارات متنوّعة من صور وأشكال بين أفراد النوع الواحد أو الأنواع المختلفة من الكائنات. فتقوم الحيوانات من النوع نفسه، والتي تحيا حياة اجتماعية مشتركة، بتنظيم نفسها في جماعات يتنافس أفرادها على الاحتياجات المشتركة من غذاء ومأوى وتزاوج وغيرها. ويكون الاتّصال بين تلك الأفراد وسيلة لحلّ هذه الصراعات في أقلّ نسبة من الخسائر، بالإضافة إلى دور الاتّصال في حماية أفراد الجماعة من أيّ أخطار خارجية تُهدّدها.

وتتنوّع صور الاتّصال بين الحيوانات، علمًا أنّ معظمها يعتمد على الحواسّ. ومن وسائل الاتّصال، نذكر: الصوت والحركة واللمس والشمّ والتذوّق. وتنجم جميع هذه الوسائل عن العديد من التفاعلات الكيميائية المتنوّعة داخل أجسام تلك الحيوانات.

وتتمثّل **الإشارات الكيميائية** في مجموعات من التفاعلات الكيميائيّة التي ينجم عنها إفراز لموادّ كيميائية ذات روائح مميّزة تُستخدَم لأهداف متعدّدة. فقد تكون هذه الروائح لجذب الرفيق للتزاوج، أو لتنظيم الحياة الاجتماعية، أو لتحديد الطرق والمسالك التي يتّبعها الحيوان، أو لتعرّف الأفراد الغريبة (سواء أكانت من نوعه أم من غير نوعه) التي زارت مقاطعته.

فعند الحشرات مثلًا، تفرز الأنثى موادّ كيميائية تُعرَف بالفرمونات ذات رائحة مميّزة يتلقّاها الذكر بالمستقبلات الحسّية الموجودة على قرون الاستشعار الخاصّة به (الشكل 92) فيتحفّز للذهاب باتّجاهها. وفي خليّة النحل، تفرز الملكة هرمونات تلعقها الشغّالات من جسم الملكة فتمتنع عن تربية ملكات جديدة، وتبقى الملكة الأنثى الوحيدة الخصبة في الخليّة.

ويفرز النمل موادّ كيميائية ذات رائحة مميّزة يتركها على خطّ سيره، فيُميّزها باقي النمل الذي يسلك المسار نفسه.

ولكي يتمّ إدراك الروائح وتمييزها بواسطة حاسّة الشمّ، يتحتّم حدوث عدد كبير من التفاعلات والتغيّرات الكيميائية داخل الجسم.

قد أثبتت أحدث الدراسات والأبحاث العلمية أنّ للنباتات لغة تخاطب خاصّة بها، يستخدم بعضها إشارات كيميائية في تحذير بعضها الآخر من أيّ هجوم مفاجئ، فتتمكّن من الدفاع عن نفسها. وتفرز هذه النباتات موادّ كيميائية، نتيجة العديد من التفاعلات الكيميائية داخل خلاياها، تجعل طعمها مرًّا عند مهاجمة الحشرات لها. وتُطلَق هذه الموادّ الكيميائية أيضًا في الهواء، فتُحذّر النباتات المجاورة لها من احتمال تعرّضها لهجوم مماثل، فتُصدر هذه النباتات، من خلال الكثير من التفاعلات الكيميائية داخل خلاياها، استجابة مماثلة لاستجابة النباتات المحذّرة.

(شكل 92)
ينجذب ذكر فراشة الحرير إلى التزاوج مع الإناث بواسطة الفرمونات. فتتميّز قرون الاستشعار عند ذكر فراشة الحرير بالمقدرة على اكتشاف التركيزات المنخفضة من الفرمونات في الهواء.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

تكنولوجيا الاتّصالات

في الآونة الأخيرة، انتشرت في مجتمعنا موجات عارمة من تدافع الأفراد، لا سيّما الشباب، لامتلاك الهاتف المحمول لما له من فوائد كثيرة. ولكن، تكمن خطورة هذه الأجهزة التكنولوجية في كونها ملاصقة للأفراد أينما كانوا وفي جميع الأوقات، حتّى أثناء النوم.

إنّ من شأن كلّ من الهاتف المحمول وشبكاته ومحطّات تقويته، ومحطّات الإذاعة والتلفزيون التي تبثّ برامجها ليلًا ونهارًا، وأجهزة الهاتف والحاسوب التي يكاد لا يخلو بيت منها، وشبكات الكهرباء المنتشرة حولنا في كلّ مكان، أن تملأ الجوّ حولنا بالموجات الكهرومغناطيسية والمجالات المغناطيسية التي لا يُعرَف حتّى الآن تأثيرها على صحّة الإنسان، ولكن هناك اعتقاد أنّها تتدخّل بصورة ما في عمل المخّ.

وتُؤثّر هذه الموجات الكهرومغناطيسية والمجالات المغناطيسية في الجهاز العصبيّ للإنسان، وفي بعض التفاعلات الكيميائية التي تدور في الخلايا الحية، ما قد يُؤدّي إلى تشوّه الأجنّة نتيجة حدوث طفرات في الخلايا التناسلية. وكذلك، قد تُسبّب إصابة العين بالمياه البيضاء، والإصابة بسرطان الدم (اللوكيميا)، وتُعرّض السيّدات الحوامل للإجهاض، بالإضافة إلى التسبّب بالصداع وبعض الإجهاد العصبي.

5. الاستجابة والتكيّف Response and Adaptation

الاستجابة Response إلى المؤثّرات تُمكّن الكائنات الحية من التكيّف في بيئاتها والبقاء على قيد الحياة (الشكل 93). يُعَدّ كلّ من النموّ، وتغيّر اللّون، والتحرّك من ضمن السلوكيات التي يستجيب بها الكائن الحي لمؤثّرات صادرة عن بيئته.

ينبت بعض البذور استجابة لوجود الماء. يستجيب بعض أنواع الطيور لتغيّر الطقس من خلال الهجرة من مكان إلى آخر.

التكيّف Adaptation هو أحد الطرائق التي تستجيب فيها مجموعة من الكائنات من صنف واحد لتغيّرات ذات أمد طويل في محيطها البيئي. وتنتقل هذه التكيّفات من جيل إلى آخر. يُمكن أن نجد كائنات حية تعيش في ظروف قاسية وقد تكيّفت معها. فعلى سبيل المثال، يوجَد نوع من الجراثيم يُمكنه العيش في درجة حرارة منخفضة، فيما يعيش نوع آخر في فوّارات المياه الساخنة.

(شكل 93)
تستجيب النبتة في نموّها باتّجاه مصدر الضوء. كيف يُمكن أن تُقارن هذه الاستجابة باستجابة دولاب الماء للمياه الجارية؟

لدى الجراثيم التي تعيش في مناطق متجمّدة القدرة على إنتاج مادّة مضادّة للتجمّد Anti–Freeze . تعيش الديدان الأنبوبية والبطلينوس العملاق Giant Clam (الشكل 94) في مناطق حارّة جدًّا في قاع المحيطات، حيث يُمكن أن تصل الحرارة إلى درجة الغليان . أينما وُجِدت الحياة يجب على الكائنات الحية أن تتأقلم لتتكيّف مع التحدّيات الطبيعية للبقاء على قيد الحياة .

6. التكاثر Reproduction

تعلّمت خلال دراستك في مراحل سابقة أنّ **التكاثر Reproduction، الذي يشمل إنتاج خلايا جديدة، هو العملية الحيوية التي تضمن للكائن الحي استمراريته في الحياة .**

يُمكن أن تكون الخليّة الجديدة جزءًا من كائن حي موجود أو كائن جديد بحدّ ذاته، كما هو حال الجراثيم أو الطلائعيات (كائنات وحيدة الخليّة) (الشكل 95) . ويُعتبَر التكاثر، شأنه شأن النموّ والتطوّر، إحدى مراحل دورة الحياة لدى الكائنات الحية، ومن دونه لا توجَد كائنات حية تحلّ محلّ كائنات سبقتها، ما يُؤدّي إلى انقراضها . يُعَدّ التكاثر مهمًّا لاستمرارية نوع معيّن من الكائنات الحية، إذ يُؤدّي إلى إنتاج كائنات نسخة طبق الأصل عن أهلها (الانقسامات اللاجنسية) أو كائنات تُشبه أهلها، مع بعض الاختلافات في الشكل (التكاثر الجنسي) .

(شكل 94)
البطلينوس العملاق

(شكل 95)
تنسخ الكاميرا صورًا لكن لا يُمكنها أن تُنتج كائنات جديدة، في حين يُمكن للجراثيم ذلك .

مراجعة الدرس 3–4

1. عدّد خصائص الكائنات الحية واشرحها .
2. قارن في جدول بين خصائص كائنات حية وأشياء غير حية مستعينًا بأمثلة وردت في الدرس .
3. **التفكير الناقد:** تُظهر آلة تصوير المستندات الكثير من خصائص الكائنات الحية بما تتضمّنه من استخدام للطاقة والقدرة على التوالد (إنتاج نسخ متطابقة في وقت قصير) . اشرح لماذا لا تُعتبَر هذه الآلة كائنًا حيًّا .
4. عدّد العناصر التي تُكوّن المركّبات الموجودة في كائن حي ثم صنّفها في مجموعات بحسب وظائفها .

مراجعة الوحدة الأولى

المفاهيم

الإتّزان الداخلي	Homeostasis	الاتّصال الخارجي	Internal Communication
الاتّصال الداخلي	External Communication	اختلال الصيغة الكروموسومية	Aneuploidy
الإخراج الخلوي	Exocytosis	الإدخال الخلوي	Endocytosis
الاستجابة	Response	الإستماتة	Apoptosis
الأسموزية	Osmosis	الأملاح المعدنية	Minerals
الانتشار	Diffusion	الانتقال	Translocation
الأنزيم	Enzyme	انشطار السيتوبلازم	Cytokinesis
الانقلاب	Inversion	الأيض	Metabolism
البروتينات	Proteins	البريون	Prion
البلاستيدة	Plastid	تجدّد الخلايا	Cell Renewal
تشوّهات كروموسومية	Chromosomal Abnormality	تضاعف الكروموسومات	Chromosome Duplication
التفاعل الكيميائي الباني	Constructive Chemical Reaction	التفاعل الكيميائي الهادم	Destructive Chemical Reaction
التكاثر	Reproduction	التكيّف	Adaptation
جدار الخليّة	Cell Wall	الجسم المركزي	Centrosome
جهاز جولجي	Golgi Apparatus	الجين	Gene
الحمض النووي	Nucleic Acid	الخشب	Xylem
الخلايا أوّلية النواة (غير حقيقية النواة)	Prokaryotes	الخلايا حقيقية النواة	Eukaryotes
خليّة أحادية المجموعة الكروموسومية	Haploid Cell	خليّة ثنائية المجموعة الكروموسومية	Diploid Cell
دورة الخليّة	Cell Cycle	الرايبوسوم	Ribosome
الرباعي	Tetrad	الزيادة	Duplication
السنترومير	Centromere	السيتوبلازم	Cytoplasm
الشبكة الأندوبلازمية	Endoplasmic Reticulum	الطور الاستوائي	Metaphase
الطور الانفصالي	Anaphase	الطور البيني	Interphase
الطور التمهيدي	Prophase	الطور النهائي	Telophase
عضيّات الخليّة	Cell Organelles	غشاء الخليّة	Cell Membrane
الغشاء شبه المُنفذ	Semi–Permeable Membrane	الفجوة	Vacuole

الفيتامينات	Vitamins	الفيروس	Virus
الفيرويد	Viroid	الكابسيد	Capsid
الكربوهيدرات	Carbohydrates	الكروماتيدان الشقيقان	Sister Chromatids
كروموسومات جسمية	Autosomal Chromosomes	كروموسومات جنسية	Sex Chromosomes
كروموسومات متماثلة	Homologus Pair	اللحاء	Phloem
الليبيدات	Lipids	ليسوسوم	Lysosome
الماء	Water	المجهر الإلكتروني	Electron Microscope
المجهر الضوئي المركّب	Compound Light Microscope	مسبّبات السرطان	Carcinogens
المغزل	Spindle	منحدر التركيز	Concentration Gradient
الميتوكوندريا	Mitochondria	النسيج	Tissue
النسيج الإسكلرنشيمي	Sclerenchyma Tissue	النسيج البرانشيمي	Parenchyma Tissue
النسيج البسيط	Simple Tissue	النسيج الضامّ	Connective Tissue
النسيج الطلائي	Epithelial Tissue	النسيج العصبي	Nervous Tissue
النسيج العضلي	Muscular Tissue	النسيج الكولنشيمي	Collenchyma Tissue
النسيج المركّب	Complex Tissue	النقص	Deletion
النقل السلبي	Passive Transport	النقل الكتلي	Bulk Movement
النقل المُيسّر	Facilitated Diffusion	النقل النشط	Active Transport
النواة	Nucleus	النوية	Nucleolus
النيوكليوسوم	Nucleosome	هيكل الخليّة	Cytoskeleton
وحيد الكروموسومي	Monosomy	ورم الخبيث	Malignant Tumor
ورم حميد	Benign Tumor		

ملخص لمفاهيم الأجزاء التي جاءت في الوحدة

الفصل الأوّل: دراسة الخليّة الحية

(1 – 1) الخليّة: وحدة تركيبية ووظيفية

* بعض الكائنات وحيد الخليّة وبعضها الآخر عديد الخلايا.
* تتنوّع الخلايا من حيث الشكل والحجم والتركيب والوظيفة.
* وفقًا للنظرية الخلوية، الخلايا هي الوحدات الأساسية للكائنات الحية، وقد نشأت جميعها من خلايا سابقة.

(1 – 2) تركيب الخليّة

* يفصل الغشاء الخلوي محتويات الخليّة عن الوسط المحيط، وهو يتكوّن من طبقة مزدوجة من الفوسفوليبيّدات تحتوي على بروتينات.
* يحتوي السيتوبلازم على هيكل الخليّة وعضيّات خلوية يُؤدّي كلّ منها وظيفة أو وظائف معيّنة في الخليّة.
* تحوي نواة الخليّة المادّة الوراثية على شكل شبكة نووية، مؤلّفة من أحماض نووية، داخل الكروموسومات.

(1 – 3) تنوّع الخلايا

* تغيب النواة المحدّدة من الكائنات أوّلية النواة، في حين أنّها تتواجد في الكائنات حقيقية النواة.
* في الخلايا النباتية، يُوفّر الجدار الخلوي الحماية والشكل الثابت، وتُنتج البلاستيدات الخضراء السكّريات، وتُخزّن الفجوات الماء والفضلات.

(1 – 4) تنوّع الأنسجة في النبات والحيوان

* يتكوّن النسيج البسيط من نوع واحد من الخلايا المتماثلة في الشكل والتركيب والوظيفة، أمّا النسيج المركّب فيتكوّن من أكثر من نوع من الخلايا التي تتعاون لإنجاز وظيفة واحدة.

(1 – 5) الفيروسات والفيرويدات والبريونات

* الفيروسات: هي ليست مخلوقات خلوية وتفتقر إلى جميع مكوّنات الخليّة باستثناء بعض المورثات الموجودة في جزيء الـ DNA أو الـ RNA المُحاط بغلاف بروتيني. لذلك، دائمًا ما تُعتبَر الفيروسات متطفّلة على الخلايا الحية.
* الفيرويدات: هي أبسط تركيبًا من الفيروسات وتحتوي على أشرطة حلقية مزدوجة وقصيرة من الحمض النووي فقط. وتدخل الفيرويدات الخليّة حيث تُوجّه عمليات الأيض فيها لصنع أخرى جديدة.
* البريونات: هي مخلوقات غير حية مركّبة فقط من البروتين، تنتشر عبر أنسجة الكائنات المصابة بها مسبّبة تلف الجهاز العصبي لديها.

الفصل الثاني: انقسام الخلايا

(2 – 1) النمط النووي

* هو خارطة تُظهر عدد الكروموسومات وشكلها في نوع واحد من الكائنات الحية.
* لكلّ نوع من الكائنات الحية نمط نووي خاصّ بها ولكنّه يختلف ضمن النوع الواحد بين خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (الخلايا الجسمية) وخلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (خلايا الأمشاج).

(2 – 2) الانقسام الميتوزي

* النسبة بين مساحة سطح غشاء الخليّة إلى حجمها هي العامل المحدّد لبدء عملية انقسام الخليّة.
* تمرّ الخليّة بدورة مؤلّفة من جزءين: يُعرَف أوّلهما بالطور البيني، الذي تنمو فيه الخليّة وتُضاعف مادّتها الوراثية وتتحضّر للانقسام، وفي الطور الثاني تنقسم النواة وينشطر السيتوبلازم.
* الخلايا الناتجة من انقسام الخليّة ميتوزيًّا هي خلايا مزدوجة الكروموسومات، أي ثنائية عدد الكروموسومات (2n).

(2 – 3) الانقسام الميوزي

* على عكس الانقسام الميتوزي الذي يحدث في الخلايا الجسمية، يحدث الانقسام الميوزي في المناسل لتكوين خلايا فردية المجموعة الكروموسومية أو أحادية الكروموسومات (n).

* تمرّ الخليّة في المناسل بطور بيني قبل انقسامها، ويحدث خلال هذا الطور تضاعف للمادّة الوراثية.
* يمرّ الانقسام الميوزي بمرحلتين: الانقسام الميوزي الأوّل، الذي يتألّف من أربعة أطوار حيث تتوزّع الكروموسومات المتماثلة في نهايته بالتساوي على خليّتين، ثمّ تُكمل الخليّتان الانقسام الميوزي الثاني الذي يتألّف من أربع مراحل وينتهي بإنتاج أربع خلايا أحادية الكروموسومات.

(2 – 4) الانقسام الخلوي غير المنتظم

* ينتج عن الانقسام الميوزي غير المنتظم خلايا أمشاج ذات صيغة كروموسومية مشوّهة.
* يُؤدّي تلقيح أيّ بويضة وحيوان منوي ذات صيغة كروموسومية مشوّهة إلى تكوّن جنين يحمل تشوّهًا كروموسوميًّا يُؤدّي إلى موته، أو إلى ولادة طفل مشوّه بنيويًّا وعقليًّا.
* عندما تفقد الخلايا الجسمية قدرتها على السيطرة خلال عملية الانقسام الميتوزي، تشذّ هذه الخلايا وتستمرّ في الانقسام الميتوزي من دون توقّف.
* يُؤدّي عدم الانتظام خلال عملية الانقسام الميتوزي إلى ظهور أورام حميدة أو خبيثة، لديها قدرة على الانتشار.

الفصل الثالث: العمليات الخلوية

(3 – 1) الخلايا والبيئة المحيطة

* تتبادل الخليّة الموادّ مع البيئة الخارجية عبر غشاء الخليّة.
* تنقسم عمليات التبادل بين النقل السلبي، بحسب انحدار التركيز الذي لا يحتاج إلى طاقة، والنقل النشط، بعكس منحدر التركيز والذي يحتاج إلى طاقة، وبين النقل الكتلي الذي يقوم بنقل جزيئات كبيرة نسبيًّا داخل أو خارج الخليّة.

(3 – 2) التركيب الكيميائي لأجسام الكائنات الحية

* تستخدم الكائنات الطاقة المختزنة في الكربوهيدرات كوقود لتسيير جميع أنشطتها الحيوية.
* تُؤمّن بعض الليبيدات مخزونًا طويل الأمد للكائنات، وتحفظ لها حرارة أجسامها. أمّا البعض الآخر، فتستخدمه الكائنات في وظائف تركيبية وأخرى تنظيمية.
* تتكوّن جميع البروتينات معقّدة التركيب، ذات الوظائف المتنوّعة، من عشرين نوعًا فقط من الجزيئات الصغيرة المعروفة بالأحماض الأمينية.
* الفيتامينات هي عبارة عن جزيئات عضوية معقّدة التركيب وخالية من الطاقة. يقوم الجسم بصنع بعضها ويُكتسَب بعضها الآخر من الطعام. تؤدّي الفيتامينات دورًا مهمًّا في ضبط عدد كبير من العمليات الخلوية.
* الماء والحياة هما جزءان لا ينفصلان عن بعضهما، فحيثما وُجِد الماء وُجِدت الحياة.
* تحتاج أجسام الكائنات الحية إلى كمّيات ضئيلة من الأملاح المعدنية للمحافظة على الصحّة والنموّ.

(3 – 3) التفاعلات الكيميائية داخل أجسام الكائنات الحية

* قد تكون التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل أجسام الكائنات الحية هادمة أو بانية، وقد تُمتَصّ أو تُطلَق الطاقة أثناء هذه التفاعلات.

* تُشكّل الأنزيمات عوامل مساعدة بروتينية من شأنها أن تُسرّع أو تُبطّئ من التفاعلات الكيميائية داخل أجسام الكائنات الحية.

(3 – 4) دور التفاعلات الكيميائية في العمليات الحيوية

* يشمل الأيض داخل جسم الكائن الحي جميع التفاعلات الكيميائية المستخدمة للحصول على الطاقة، وإنتاج خلايا جديدة، وحفظ ثبات التوازن الداخلي، والاتّصال والتكاثر.

خارطة مفاهيم الوحدة

استخدم المفاهيم الموضّحة في الشكل التالي لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة:

تحقق من فهمك

ضع علامة (✓) في المربّع الواقع أمام العبارة الصحيحة، وعلامة (✗) في المربّع الواقع أمام العبارة غير الصحيحة في كلّ ممّا يلي:

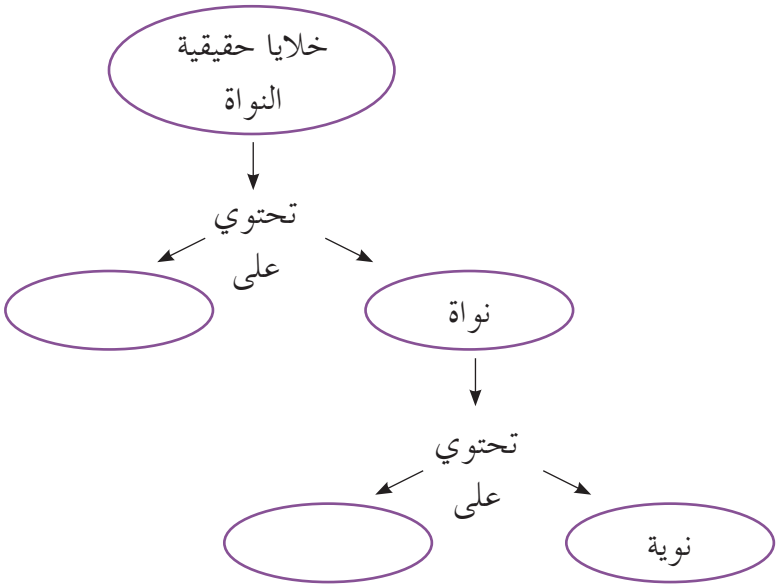
1. يُسمّى التركيب الذي يحمل المعلومات الوراثية في الخليّة:
☐ النوية ☐ الكروموسوم ☐ الرايبوسوم ☐ الليسوسوم
2. كائنات غير حية مركّبة من البروتين فحسب، وتُسبّب أمراضًا تُدمّر الجهاز العصبي تُسمّى:
☐ البكتيريا ☐ الفيروس ☐ الفيرويدات ☐ البريونات
3. تُسمّى العمليات التي لا تتبع النقل الكتلي:
☐ الإدخال الخلوي ☐ البلعمة ☐ الإخراج الخلوي ☐ الأسموزية
4. من العناصر المشتركة بين تركيبات الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات:
☐ فوسفور ☐ كربون ☐ نيتروجين ☐ (أ) و(ب) و(جـ)
5. أحد الأملاح المعدنية التي تدخل في تركيب الهيموجلوبين في كريّات الدم الحمراء:
☐ الفوسفور ☐ اليود ☐ الحديد ☐ الكالسيوم
6. تحتوي الخليّة الجسمية لذبابة الفاكهة على ثمانية كروموسومات. الصيغة الكروموسومية لبويضة هذه الذبابة هي:
☐ $2n = 8$ ☐ $2n = 4$ ☐ $n = 8$ ☐ $n = 4$
7. خلال تحضير النمط النووي لأحد الكائنات يُستخدَم الكولشيسين ليُوقف عملية الانقسام الميتوزي في:
☐ الطور البيني ☐ الطور التمهيدي ☐ الطور الاستوائي ☐ الطور النهائي
8. تُعرَف جميع التفاعلات الكيميائية في خلايا الجسم بـ:
☐ البناء الضوئي ☐ التنفّس الخلوي ☐ الانقسام الخلوي ☐ الأيض

أجب عن الأسئلة التالية بإيجاز

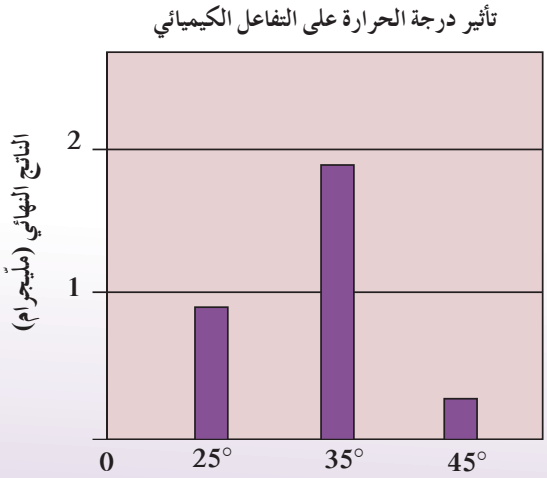
1. قارن بين إمكانيات المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني.
2. عدّد أنواع البلاستيدات الموجودة في النباتات وقارن بينها.
3. اذكر نوعين من النقل السلبي، ولخّص آلية عمل كلّ منهما.
4. ما هي أوجه الاختلاف الرئيسة بين الانقسام الميتوزي والانقسام الميوزي.
5. إذا كانت الصيغة الكروموسومية لأحد الكائنات الحية هي $2n = 4$، فكم هو عدد الكروموسومات والكروماتيدات الموجودة في هذه الخليّة، خلال كلّ من المراحل التالية:
   - في الطور الاستوائي خلال الانقسام الميتوزي
   - في الطور الاستوائي الأوّل خلال الانقسام الميوزي
   - في الطور الاستوائي الثاني خلال الانقسام الميوزي
6. صف تركيب الكروموسومات.
7. فسّر العبارة التالية: «الأنزيمات موادّ متخصّصة في عملها».
8. فسّر العبارة التالية مستعينًا بأمثلة: «بعض التفاعلات الكيميائية في أجسام الكائنات الحية بانٍ، بعضها الآخر هادم».

تحقق من مهاراتك

1. **التنبؤ:** ما الذي يحدث لخلايا جسمك إذا حُقِنت بمحلول منخفض التركيز في مجرى الدم؟ فسّر إجابتك.
2. **تكوين خريطة مفاهيم:** أكمل خريطة المفاهيم أدناه بإضافة المصطلحات التالية: جهاز جولجي، الطاقة، الكروموسومات، عضيّات، البروتينات، الرايبوسومات، ميتوكوندريا، الليسوسومات، المادّة الوراثية.



3. **تفسير شكل بياني:** يُوضّح الشكل البياني التالي الكمّية الإجمالية لنواتج ثلاثة تفاعلات كيميائية باستخدام الأنزيم نفسه ولكن عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. صف نتائج هذه التفاعلات الثلاثة عند كلّ درجة حرارة. فسّر لماذا تمّ الحصول على هذه النتائج؟



4. **تركيب المعلومات وتحليلها:** تضمّ المستطيلات الثلاثة التالية ثلاثة مركّبات (1، 2، 3) تحتوي جميعها على الكربون والهيدروجين والأكسجين، بالإضافة إلى احتواء المركّب (2) على النيتروجين، وجميع أنواع المركّب (1) لا تذوب في الماء على عكس المركّب (3).

1	2	3

سجّل أسماء المركّبات الثلاثة في المستطيلات الثلاثة السابقة.

أجب عن الأسئلة التالية عبر ذكر رقم المركّب المناسب:

أيّ هذه المركّبات:

(أ) يُخزّن الطاقة؟

(ب) يحمل المادّة الوراثية في الخليّة؟

(جـ) يُستخدَم نوع منه في نقل الأكسجين؟

(د) يُستخدَم نوع منه في صناعة الأثاث؟

(هـ) يُستخدَم نوع منه في تغيير سرعة التفاعلات الكيميائية؟

اذكر أمثلة عن موادّ تركيبية في الكائنات لكلّ مركّب من المركّبات الثلاثة.

5. **سؤال لقياس مهارة تحليل البيانات:** تعرّف البيانات في الجدول التالي، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تلي الجدول حول الانقسام الميتوزي لخليّة حقيقية النواة مثل خليّة الإنسان.

معدّل نموّ خلايا حقيقية النواة سريعة الانقسام	
الزمن (بالساعات)	عدد الخلايا
صفر	1
10	2
20	4
30	8
40	16
50	32

إذا افترضنا أنّه لم تمت أيّ خليّة، كم عدد الخلايا التي ستنتج بعد مرور أسبوع؟

بافتراض أنّ الخليّة الأصلية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n)، ما هو عدد نسخ كلّ كروموسوم التي ستنتج بعد مرور 60 ساعة؟

6. **سؤال لقياس مهارة التعميم:** بناء على ما تعلّمته في هذه الوحدة، هل تُوافق ما يرد في العبارة التالية أو تُعارضه: «تُعتبَر الأغشية التركيبات الأكثر أهمّية في الخلايا الحية». إذا كنت موافقًا على هذه العبارة، اكتب من الأدلّة ما يعضدها، أمّا إذا كنت معارضًا لها، فاقترح عبارة بديلة. فسّر إجابتك.

7. **مهارة تحليل البيانات وتركيبها:** بعد إجراء صورة صوتية لجنين امرأة حامل في الخامسة والأربعين من العمر، تبيّن للطبيب وجود تشوّهات بنيوية لدى الجنين، فطُلِب إليها إجراء فحص النمط النووي للجنين.

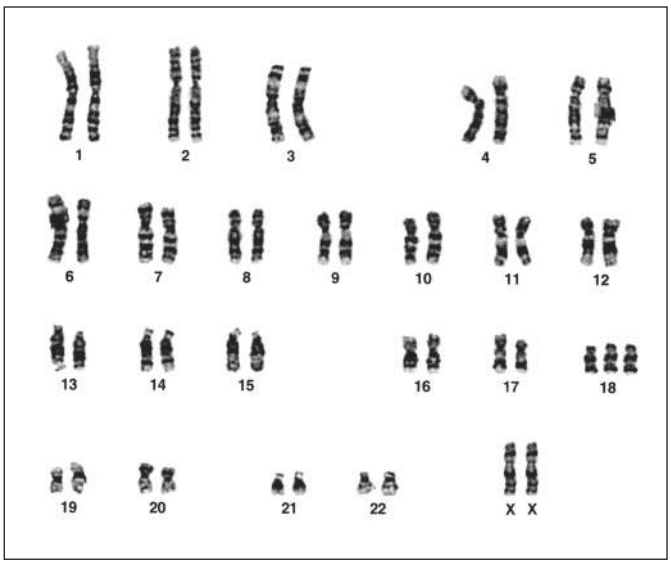
(أ) ما هو جنس الجنين؟ علّل إجابتك.

(ب) قارن النمط النووي للجنين بالنمط النووي لإنسان طبيعي. ماذا تستنتج؟

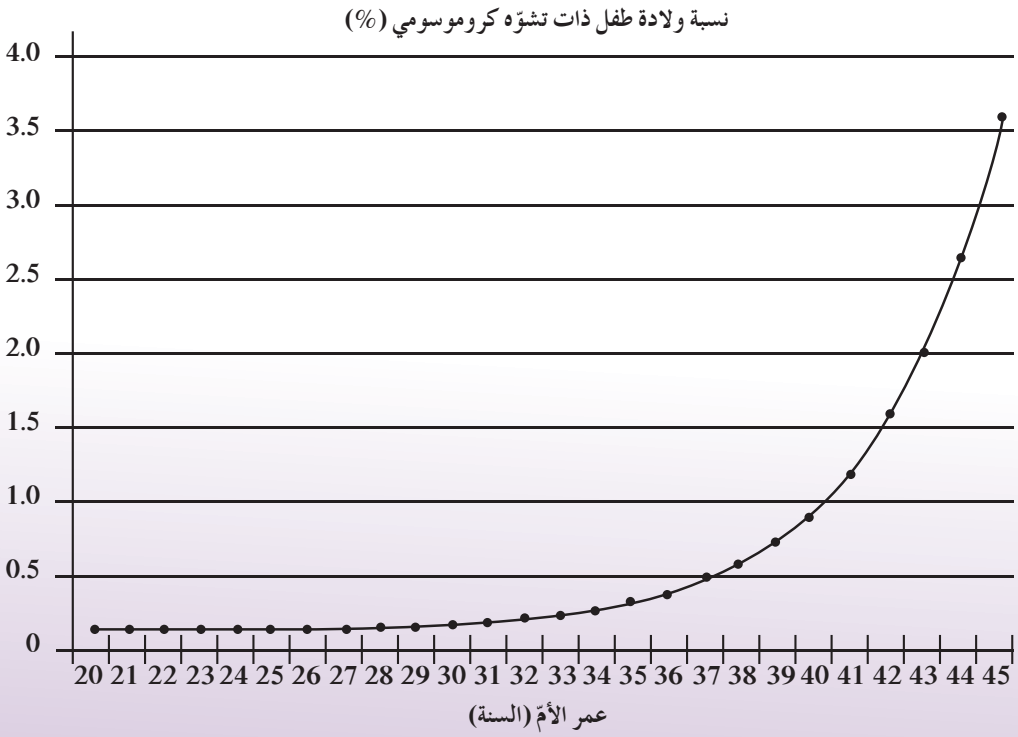
(جـ) اكتب الصيغة الكروموسومية للجنين.

(د) انطلاقًا من تحليلك للرسم البياني، استخلص مَن من الوالدين هو المسؤول عن إنجاب أطفال ذوي تشوّه كروموسومي.

(هـ) ارسم خريطة مفاهيم تُظهر كيفية حدوث التشوّه الكروموسومي لدى الجنين.



النمط النووي للجنين



المشاريع

1. علم الأحياء وعلم الكيمياء

اختر أحد العناصر من الجدول الدوري الذي درسته في مادّة الكيمياء.

ما هي وظائف هذا العنصر في جسم الإنسان؟ ما الأغذية الغنية بهذا العنصر؟ ما الذي يحدث للجسم عند غياب هذا العنصر؟ صمّم لوحة ورقية أو اكتب تقريرًا مختصرًا بالنقاط التي توصّلت إليها.

2. علم الأحياء والفنّ

اختر إحدى الخليّتين النباتية أو الحيوانية. ارسم لوحة ملوّنة لهذه الخليّة على أن تكون ثنائية الأبعاد، أو اصنع مجسّمًا ثلاثي الأبعاد لهذه الخليّة وأطوار انقسامها الميتوزي.

3. علم الأحياء والمجتمع

هناك من المنتجات النباتية ما يشيع وجودها في مجتمعك، مثل الخضراوات أو الفواكه أو نباتات الزينة أو الأزهار. أجر مقابلة مع بعض المزارعين، أو ارجع للمكتبة، أو قم بزيارة إحدى الصوبات الزراعية أو مشتل لنباتات الزينة والأزهار لتُحدّد في أيّ أوقات من العام تنمو فيه مثل هذه النباتات بأكبر معدّل (أي تنقسم خلاياها ميتوزيًّا). اكتب قائمة بهذه النباتات واعرضها أمام زملائك في الفصل تحت إشراف معلّمك.

مصطلحات

النظرية الخلوية Cell Theory: تنصّ على ما يلي: الخلية هي الوحدة الوظيفية الأساسية لجميع الكائنات الحية؛ تتكوّن جميع الكائنات الحية من خلايا، قد تكون منفردة أو متجمّعة؛ تنشأ جميع الخلايا من خلايا كانت موجودة من قبل. (صفحة 15)

المجهر الضوئي المركّب Compound Light Microscope: هو مجهر يستخدم عدسات متعدّدة ليجمع الضوء من العيّنة، ومجموعة عدسات أخرى ليركّز الضوء في العين أو الكاميرا. (صفحة 14)

المجهر الإلكتروني Electron Microscope: تُستخدَم فيه الإلكترونات بديلًا من الضوء، ويستطيع تكبير الأشياء إلى حدّ مليون مرّة أكثر من حجمها الحقيقي. (صفحة 16)

غشاء الخليّة Cell Membrane: طبقة رقيقة من الفوسفوليبيدات والبروتينات تفصل مكوّنات الخليّة عن البيئة المحيطة بها. (صفحة 20)

عضيات الخليّة Cell Organelles: مجموعة من التراكيبات الموجودة في سيتوبلازم الخليّة، يؤدّي كلّ نوع منها وظيفة معيّنة داخل الخليّة. (صفحة 22)

جدار الخليّة Cell Wall: موجود في الخلايا النباتية فقط، ويلعب دورًا في حماية الخلايا وجعلها مقاومة للرياح وعوامل الطقس الأخرى. (صفحة 20)

الجسم المركزي Centrosome: عضيّ دقيق يقع بالقرب من النواة في جميع الخلايا الحيوانية (باستثناء الخليّة العصبية) ويغيب عن الخلايا النباتية (باستثناء بعض الأنواع البدائية). (صفحة 23)

الليسوسوم Lysosome: حويصلة غشائية مستديرة وصغيرة الحجم تحوي داخلها مجموعة من الأنزيمات الهاضمة. (صفحة 24)

السيتوبلازم Cytoplasm: مادّة شبه سائلة تملأ الحيّز الموجود بين غشاء الخليّة والنواة، ويتكوّن أساسًا من الماء وبعض الموادّ العضوية وغير العضوية. (صفحة 21)

هيكل الخليّة Cytoskeleton: شبكة من الخيوط والأنابيب الدقيقة التي تُكسب الخليّة دعامة تساعد في الحفاظ على شكلها وقوامها، وتعمل كمسارات تنتقل عبرها الموادّ التمختلفة من مكان إلى آخر داخل الخليّة. (صفحة 21)

الشبكة الأندوبلازمية Endoplasmic Reticulum: شبكة من الأكياس الغشائية التي تتخلّل جميع أجزاء السيتوبلازم وتتّصل بكلّ من الغشاء المحيط بالنواة (الغشاء النووي) وغشاء الخليّة. (صفحة 22)

الجين Gene: حمض نووي عبارة عن جزيء عضوي معقّد التركيب يحمل ويخزّن المعلومات الوراثية المنظّمة. (صفحة 26)

جهاز جولجي Golgi Apparatus: مجموعة من الأكياس الغشائية المسطّحة مستديرة الأطراف، بالإضافة إلى مجموعة من الحويصلات الغشائية المستديرة. (صفحة 23)

الميتوكوندريا Mitochondria: عضيّات غشائية كيسية الشكل، يتكوّن جدارها من غشائين. (صفحة 23)

الحمض النووي Nucleic Acid: جزيء عضوي معقّد التركيب يحمل ويخزّن المعلومات الوراثية المنظّمة التي تضبط شكل الخليّة وبنيتها ووظيفتها. (صفحة 26)

النوية Nucleolus: مسؤولة عن تكوين العضيّات الخلوية المعروفة بالريبوسومات، وتقوم بدور مهمّ في عملية إنتاج البروتينات. (صفحة 26)

النيوكليوسوم Nucleosome: الوحدة البنائية للكروماتين التي يشكّلها خيط DNA الملتفّ حول جزيئات من بروتين الهيستون. (صفحة 26)

النواة Nucleus: أوضح عضيات الخليّة، وغالبًا ما يطلَق عليها اسم مركز التحكّم في الخليّة. (صفحة 25)

البلاستيدة Plastid: تساعد الخلايا في عملية البناء الضوئي لاحتوائها على مادّة الكلوروفيل، وهي تمرّ بعدّة مراحل من أهمّها تحوّل طاقة الضوء إلى طاقة مختزَنة في السكّريات. (صفحة 24)

الرايبوسوم Ribosome: عضيّات مستديرة تنتج البروتين في الخليّة. (صفحة 22)

الفجوة Vacuole: كيس غشائي يشبه فقّاعة ممتلئة بسائل ما، وهي تخزّن الماء والموادّ الغذائية، أو فضلات الخليّة إلى حين التخلّص منها. (صفحة 23)

الخليّة أوّلية النواة Prokaryote: الخليّة التي لا تحتوي على نواة محدّدة الشكل. (صفحة 28)

الخليّة حقيقية النواة Eukaryote: الخليّة التي تحتوي على نواة محدّدة الشكل. (صفحة 28)

النسيج الكولنشمي Collenchyma Tissue: نسيج حيّ تكون خلاياه مستطيلة بعض الشيء، وجدرانها مغلّظة بشكل غير منتظم وغير مغطّاة بمادّة الليجنين. (صفحة 33)

النسيج المركّب Complex Tissue: نسيج يتكوّن من أكثر من نوع من الخلايا. (صفحة 32)

النسيج الضامّ Connective Tissue: نسيج تكون خلاياه متباعدة نوعًا ما وموجودة في مادّة بينية أو بين خلوية سائلة أو شبه صلبة أو صلبة. (صفحة 36)

النسيج الطلائي Epithelial Tissue: نسيج يغطّي سطح الجسم من الخارج ليحميه من المؤثّرات الخارجية كالحرارة والجفاف والكائنات الممرضة. (صفحة 35)

النسيج العضلي Muscular Tissue: نسيج تُعرف خلاياه بالخلايا العضلية أو الألياف العضلية، وهو يتميّز عن باقي خلايا الجسم بقدرته على الانقباض والانبساط. (صفحة 36)

النسيج العصبي Nervous Tissue: نسيج مسؤول عن تنظيم الأنشطة المختلفة لأعضاء الجسم. (صفحة 37)

النسيج البرانشيمي Parenchyma Tissue: نسيج يؤدّي وظائف عدّة مثل القيام بالبناء الضوئي واختزان الموادّ الغذائية كالنشاء، والتهوئة. (صفحة 33)

اللحاء Phloem: نسيج يتكوّن من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا برانشيمية وألياف. وهو ينقل الموادّ الغذائية الناتجة عن عملية البناء الضوئي من الأوراق إلى الأجزاء الأخرى من النبات. (صفحة 34)

النسيج السكلرنشيمي Sclerenchyma Tissue: نسيج يقوم بتقوية النبات وتدعيمه وحماية الأنسجة الداخلية. (صفحة 33)

النسيج البسيط Simple Tissue: نسيج يتكوّن من خلايا متماثلة مع بعضها في الشكل والتركيب والوظيفة. (صفحة 32)

النسيج Tissue: يتكوّن من مجموعة منظّمة من الخلايا التي تعمل في تعاون وتكامل. (صفحة 32)

الخشب Xylem: نسيج يتألّف من أوعية الخشب والقصيبات وخلايا برانشيمية وألياف، وهو يختصّ بنقل الماء والأملاح من الجذور إلى الأوراق، بالإضافة إلى تدعيم النبات. (صفحة 34)

كابسيد Capsid: غلاف بروتيني يحتوي على نوع أو أكثر من البروتينات. (صفحة 40)

البريون Prion: مخلوق غير حيّ يتمتّع بتركيب أبسط من الفيروس. (صفحة 40)

الفيرويد Viroid: أبسط تركيب من الفيروسات إذ يتكوّن من أشرطة حلقية قصيرة من الحمض النووي RNA في صورة مزدوجة (لولب مزدوج). (صفحة 40)

الفيروس Virus: عامل ممرض مكوّن من لبّ يحتوي على أحماض نووية وغلاف بروتيني. (صفحة 39)

النقل النشط Active Transport: عملية انتقال الجزيئات الكبيرة أو الأيونات بعكس منحدر تركيزاتها عبر غشاء الخليّة، أي من الجانب الأقلّ تركيزًا إلى الجانب الأعلى تركيزًا، باستخدام الطاقة. (صفحة 71)

النقل الكتلي Bulk Movement: يتمّ فيه نقل جزيئات كبيرة نسبيًّا، مثل جزيئات البروتينات أو فضلات الخليّة، عبر الغشاء الخلوي. (صفحة 72)

منحدر التركيز Concentration Gradient: الفرق بين تركيز المادّة على جانبي الغشاء حيث تتحرّك الجزيئات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأدنى. (صفحة 70)

الانتشار Diffusion: تحرُّك الجزيئات عبر غشاء الخليّة من منطقة ذات تركيز عال إلى منطقة ذات تركيز منخفض حتّى يتساوى تركيز الخليّة على جانبي الغشاء. (صفحة 70)

الإدخال الخلوي Endocytosis: نقل جزيئات كبيرة نسبيًّا عبر الغشاء الخلوي من خارج الخليّة إلى داخلها. (صفحة 72)

الإخراج الخلوي Exocytosis: نقل جزيئات كبيرة نسبيًّا عبر الغشاء الخلوي من داخل الخليّة إلى خارجها. (صفحة 72)

النقل الميسّر Facilitated Diffusion: انتقال جزيئات الموادّ عبر غشاء الخليّة بواسطة ناقل أو حامل وسيط من بروتينات الغشاء نفسه. (صفحة 71)

الأسموزية Osmosis: انتشار الماء (من دون الموادّ الذائبة فيه) عبر غشاء الخليّة بحسب منحدر تركيزه، أي من الجانب الأعلى تركيزًا للماء (الأقلّ تركيزًا للموادّ الذائبة) إلى الجانب الأقلّ تركيزًا للماء (الأعلى تركيزًا للموادّ الذائبة). (صفحة 70)

النقل السلبي Passive Transport: حركة الموادّ عبر غشاء الخليّة من دون أن تستهلك الخليّة أيّ طاقة. (صفحة 70)

الغشاء شبه المنفذ Semi–Permeable Membrane: يسمح لجزيئات موادّ معيّنة بالمرور عبره، في حين يمنع مركّبات بعض الموادّ الأخرى. (صفحة 69)

السكّريات Sugars: هي موادّ كربوهيدراتية صغيرة وبسيطة التركيب نسبيًّا. (صفحة 75)

الكربوهيدرات Carbohydrates: مركّبات عضوية تتكوّن جزيئاتها من ذرّات الكربون والهيدروجين والأكسجين التي ترتبط ببعضها عبر روابط كيميائية، وتختزن الطاقة. (صفحة 74)

الليبيدات Lipids: مجموعة كيميائية تتكوّن جزيئاتها من ذرّات الكربون والهيدروجين والأكسجين. (صفحة 75)

الأملاح المعدنية Minerals: جزيئات غير عضوية تؤدّي وظائف حيوية في الجسم. (صفحة 82)

البروتينات Proteins: جزيئات كبيرة مركّبة تتكوّن من جزيئات صغيرة تُسمّى الأحماض الأمينية. (صفحة 77)

الفيتامينات Vitamins: جزيئات عضوية معقّدة التركيب يحتاج إليها الجسم بكمّيات صغيرة ولا تحتوي على طاقة. (صفحة 78)

الماء Water: من أكثر الموادّ توافرًا وأعظمها على الكرة الأرضية، فهو موجود في البحار والمحيطات والأنهار، كما في داخل جسم الكائنات الحية. (صفحة 79)

التفاعل الكيميائي الباني Constructive Chemical Reaction: يختصّ ببناء موادّ جديدة تكون مصحوبة بامتصاص أو اختزان الطاقة. (صفحة 84)

التفاعل الكيميائي الهادم Destructive Chemical Reaction: يختصّ بتفكيك الموادّ التي تمّ بناؤها، ويكون ذلك مصحوبًا بتحرّر أو انطلاق الطاقة المختزنة داخل الروابط الكيميائية الموجودة بين جزيئات تلك الموادّ. (صفحة 84)

الأنزيم Enzyme: عامل مساعد بروتيني يعمل على إسراع التفاعل الكيميائي من دون أن يُستهلَك أثناء التفاعل أو يتغيّر داخل جسم الكائن الحي. (صفحة 85)

الأيض Metabolism: جميع أنواع التغيّرات أو التفاعلات الكيميائية في خلايا الجسم. (صفحة 84)

الاتّصال الداخلي Internal Communication: يتمّ عبر الجهاز العصبي حيث تُفرَز مجموعة من الموادّ الكيميائية التي تخضع في إفرازها وعملها لمجموعة من التفاعلات المتجاورة. (صفحة 93)

الاتّصال الخارجي External Communication: لغة تفاهم وتخاطب على هيئة إشارات متنوّعة من صور وأشكال بين أفراد النوع الواحد أو الأنواع المختلفة من الكائنات. (صفحة 93)

الاتّزان الجسمي Homeostasis: عملية حفظ ثبات واستقرار بيئة الجسم الداخلية . (صفحة 92)

التكيّف Adaptation: إحدى الطرق التي تستجيب فيها مجموعة من الكائنات من صنف واحد لتغيّرات ذات أمد طويل في محيطها البيئي . (صفحة 95)

الاستجابة Response: تُمكّن الاستجابة إلى المؤشّرات الكائنات الحية من التكيّف في بيئاتها والبقاء علي قيد الحياة . (صفحة 95)

التكاثر Reproduction: يشمل إنتاج خلايا جديدة ، وهو العملية الحيوية التي تضمن للكائن الحي استمراريته في الحياة . (صفحة 96)

خليّة ثنائية المجموعة الكروموسومية Diploid Cell: الخليّة الجسمية للكائنات التي يتمثّل عدد الكروموسومات الموجود فيها بـ"2n" . (صفحة 44)

خليّة أحادية المجموعة الكروموسومية Haploid Cell: الخليّة الجنسية للكائنات التي يتمثّل عدد الكروموسومات الموجود فيها بـ"n" . (صفحة 44)

كروموسومات جسمية Autosomal Chromosomes: أزواج كروموسومات متماثلة . (صفحة 45)

كروموسومات جنسية Sex Chromosomes: كروموسومات جنسية تحدّد جنس الكائن الحي . (صفحة 45)

كروموسومات متماثلة Homologus Pair: تتشابه في الطول والشكل من حيث موقع السنترومير وفي نمط الخطوط المصبوغة . (صفحة 45)

دورة الخليّة Cell Cycle: الفترة المحصورة بين بدء الخليّة في الانقسام وبداية الانقسام التالي . (صفحة 51)

الطور البيني Interphase: خلال هذا الطور تزداد الخليّة في الحجم ، وهو ينقسم إلى ثلاث مراحل هي: مرحلة النموّ الأوّل ، مرحلة البناء والتصنيع ومرحلة النموّ الثاني . (صفحة 49)

تضاعف الكروموسومات Chromosome Duplication: خلال الطور البيني ، تنتج نسختان متماثلتان للكروموسوم ، وتتوزّع كلّ نسخة منهما على خليّة من الخليّتين الناتجتين من الانقسام . (صفحة 51)

الكروماتيدان الشقيقيان Sister Chromatids: كروموسومان بنويان (صفحة 51)

انشطار السيتوبلازم Cytokinesis: يبدأ في الخليّة الحيوانية كميزاب على السطح ، ويزداد عمق هذا الميزاب تدريجيًّا حتى تنفصل كلّ خليّة بنوية عن الأخرى . (صفحة 53)

الطور التمهيدي Prophase: خلال هذا الطور، يزداد قصر وتغلّظ الكروموسومات، فتزداد كثافتها وتصبح أكثر وضوحًا. (صفحة 51)

الطور الاستوائي Metaphase: خلال هذا الطور، تتجمّع الكروموسومات في مركز الخليّة، ثمّ تصطفّ عند مستوى استواء الخليّة. (صفحة 51)

الطور الانفصالي Anaphase: خلال هذا الطور، ينقسم السنترومير الذي يربط بين كلّ كروماتيدين إلى سنتروميرين، ما يؤدّي إلى انفصال الكروماتيدات أو الكروموسومات البنوية. (صفحة 51)

الطور النهائي Telophase: يبدأ هذا الطور بوجود مجموعتين من الكروموسومات البنوية عند قطبي الخليّة. تكون كلّ مجموعة مماثلة تمامًا للأخرى، وكلتاهما متماثلتان تمامًا لكروموسومات الخليّة الأبوية. (صفحة 52)

المغزل Spindle: يتكوّن هذا التركيب من سنتريولين يكون كلّ منهما في أحد قطبيّ الخليّة وتمتدّ بينهما مجموعة من الخيوط الدقيقة في شكل مغزلي. (صفحة 51)

الرباعي Tetrad: كلّ زوج من الكروموسومات مُكوّن من أربع كروماتيدات أي كروماتيدين في كلّ كروموسوم مضاعف. (صفحة 56)

اختلال الصيغة الكروموسومية Aneuploidy: يتمثّل في كلّ صيغة كروموسومية لا تتطابق مع المضاعفات الصحيحة للصيغة الكروموسومية الفردية الموجودة عادة في الخلايا الجنسية، والتي يبلغ عددها عند الإنسان 23 كروموسومًا. (صفحة 61)

الاستماتة Apoptosis: تُسمّى أيضًا موت الخليّة المبرمَج، وتحدث عندما تهرم الخليّة وتقوم بعملية متعمّدة تفكّك فيها الخليّة نفسها بنفسها. (صفحة 63)

ورم حميد Benign Tumor: عادة ما يكون مغلَّف بغشاء ويتّصف بعدم عدائية خلاياه السرطانية وعدم نقله المرض إلى الأعضاء الأخرى. (صفحة 64)

تشوّهات كروموسومية Chromosomal Abnormalities: خلل في عدد أو شكل الكروموسومات يُصاب بها حوالى خمسة من بين ألف ولادة حيّة. (صفحة 61)

النقص Deletion: فقدان جزء من الكروموسوم. (صفحة 63)

الإنتقال Translocation: انتقال قطعة من أحد الكروموسومات إلى كروموسوم آخر غير مشابه له. (صفحة 63)

وحيد الكروموسومي Monosomy: تنشأ نتيجة فقدان أحد الكروموسومات زوجًا كروموسوميًّا معيّنًا. (صفحة 61)

الزيادة Duplication: انتقال جزء من الكروموسوم واندماجه في الكروموسوم المماثل له، ما يؤدّي إلى تشكّل نسخة إضافية من أجزاء هذا الكروموسوم. (صفحة 63)

الانقلاب Inversion: انفصال جزء من الكروموسوم واستدارته ليعود ويتّصل في الاتّجاه المعاكس بالكروموسوم نفسه. (صفحة 63)

ورم خبيث Malignant Tumor: ورم سرطاني يهاجم الخلايا والأنسجة المحيطة به ويدمّرها، وله قدرة عالية على الانتشار في مكان الورم والأنسجة القريبة منه. (صفحة 64)

مسبّبات السرطان Carcinogens: تنقسم إلى ثلاثة أنواع هي: العوامل الفيزيائية والعوامل الكيميائية والعوامل البيولوجية. (الصفحتان 65 و66)

ملاحظات

ملاحظات