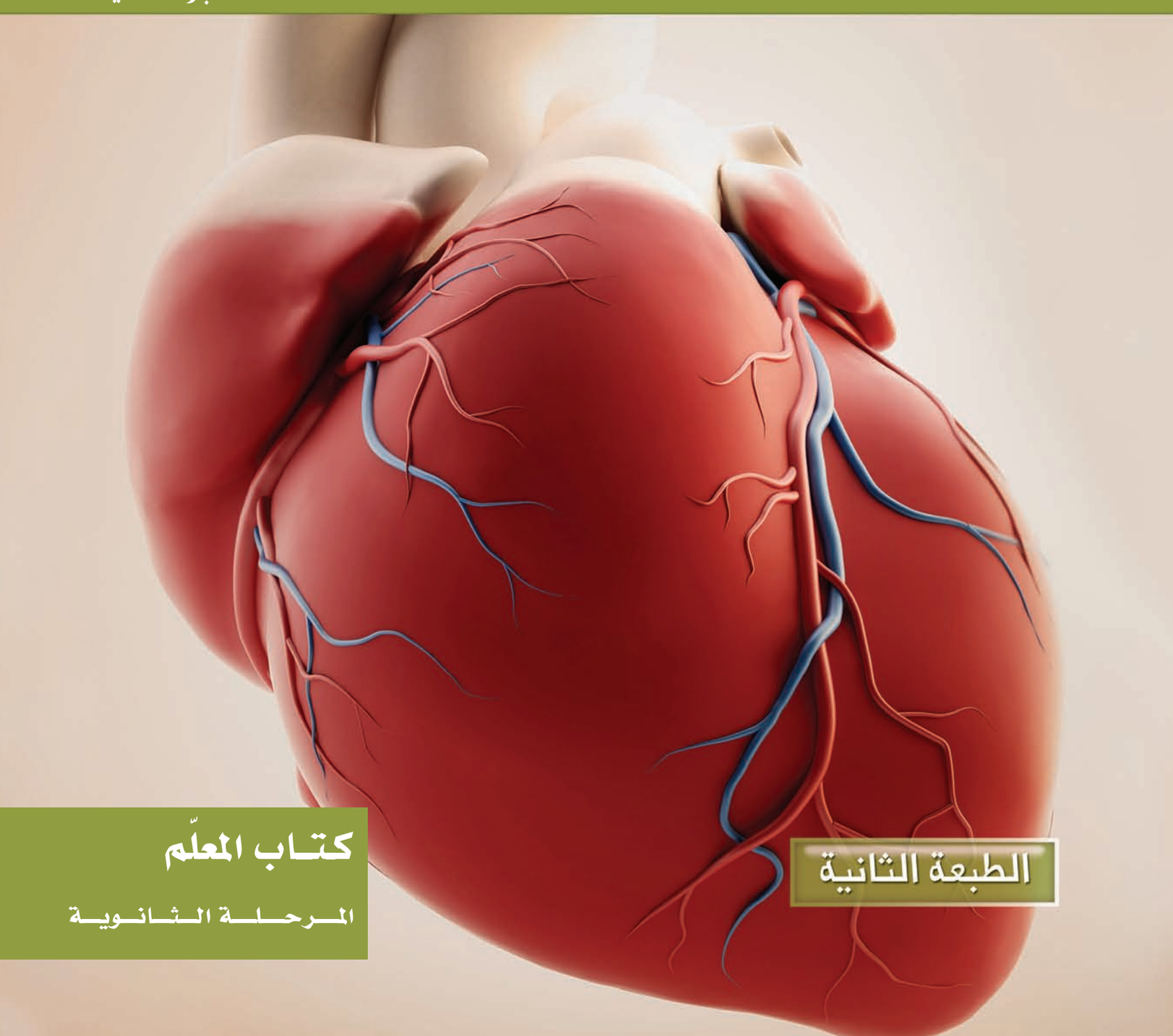
وزارة التربية

# الأحياء

11

## الصف الحادي عشر

الجزء الثاني



الطبعة الثانية

## كتاب المعلّم

المرحلة الثانوية

# الأحياء

## كتاب المعلّم

## الصفّ الحادي عشر 11

الجزء الثاني

المرحلة الثانويّة

**اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم**

أ. برّاك مهدي برّاك (رئيسًا)

أ. مصطفى محمد مصطفى علي

أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي

أ. سعاد عبد العزيز الرشود

أ. تهاني ذعار المطيري

الطبعة الثانية

1436 - 1437 هـ

2015 - 2016 م

**فريق عمل دراسة ومواءمة كتب الأحياء للصف الحادي عشر الثانوي**

**أ. ليلى علي حسين الوهيب**

**أ. دلال سعد مسعود المسعود** **أ. محمد علي أكبر عباس**

**أ. خلود فهد عبد المحسن الدليمي** **أ. منى حسين نوري عطيّة**

**دار التَّربَويّون** House of Education **ش.م.م. وبيرسون إديوكيشن** 2013

© **جَميع الحقوق مَحفوظة: لا يَجوز نشْر أيّ جُزء من هذا الكِتاب أو تَصويره أو تَخزينه أو تَسجيله بأيّ وَسيلَة دُون مُوَافقَة خطّيَّة مِنَ النّاشِر.**

**الطبعة الأولى** 2014/2013 م

**الطبعة الثانية** 2016/2015 م

صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي عهد دولة الكويت

# مقدمـــــة

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 الأول

**الوحدة الأولى:** علم النبات

**الوحدة الثانية:** علم الوراثة

## الجزء الثاني

**الوحدة الثالثة:** أجهزة جسم الإنسان

# محتويات الجزء الثاني


**الوحدة الثالثة: أجهزة جسم الإنسان** ..... 18

**الفصل الأول: الجهاز العظمي والعضلي** ..... 20

**الدرس 1–1:** أجهزة الجسم ..... 21

**الدرس 1–2:** الهيكل العظمي للإنسان ..... 25

**الدرس 1–3:** عضلات الإنسان ..... 30

**الدرس 1–4:** غطاء الجسم ..... 37

**الفصل الثاني: الجهاز الهضمي والإخراجي** ..... 41

**الدرس 2–1:** الهضم ..... 42

**الدرس 2–2:** الجهاز الهضمي للإنسان ..... 47

**الدرس 2–3:** صحة الجهاز الهضمي ..... 52

**الدرس 2–4:** الجهاز الإخراجي للإنسان ..... 56

**الفصل الثالث: الجهاز التنفّسي والدوري** ..... 61

**الدرس 3–1:** التنفّس الخلوي ..... 62

**الدرس 3–2:** الجهاز التنفّسي للإنسان ..... 70

**الدرس 3–3:** صحة الجهاز التنفّسي ..... 75

**الدرس 3–4:** الجهاز الدوري للإنسان ..... 79

**الدرس 3–5:** صحة الجهاز الدوري ..... 85

**مراجعة الوحدة الثالثة** ..... 88

## الهدف الشامل للتربية في دولة الكويت

تهيئة الفرص المناسبة لمساعدة الأفراد على النموّ الشامل المتكامل روحيًا وخلقيًا وفكريًا واجتماعيًا وجسمانيًا إلى أقصى ما تسمح به استعداداتهم وإمكاناتهم في ضوء طبيعة المجتمع الكويتي وفلسفته وآماله وفي ضوء المبادئ الإسلامية والتراث العربي والثقافة المعاصرة بما يكفل التوازن بين تحقيق الأفراد لذواتهم وإعدادهم للمشاركة البناءة في تقدم المجتمع الكويتي والمجتمع العربي والعالم عامه .

## الأهداف العامة لتعليم العلوم

تؤكد أهداف تعليم العلوم في مراحل التعليم العام على تنمية الخبرات المختلفة: الجانب المعرفي والجانب المهاري والجانب الوجداني .

هذا وقد صيغت الأهداف التالية لكي تحقق الجوانب الثلاثة بحيث تساعد المتعلم على:

1. تعميق الإيمان بالله سبحانه وتعالى من خلال تعرفه على بديع صنع الله وتنوع خلقه في الكون والإنسان .
2. استيعاب الحقائق والمفاهيم العلمية ، واستخدامها في مواجهة المواقف اليومية ، وحل المشكلات ، وصنع القرارات .
3. اكتساب بعض مفاهيم ومهارات التقانة بما ينمي لديه الوعي المهني ، وحب وتقدير العمل اليدوي ، والرغبة في التصميم والابتكار .
4. اكتساب قدر مناسب من المعرفة والوعي البيئي بما يمكنه من التكيف مع بيئته ، وصيانتها ، والمحافظة عليها ، وعلى الثروات الطبيعية .
5. اكتساب قدر مناسب من المعرفة الصحية والوعي الوقائي بما يمكنه من ممارسة السلوك الصحي السليم والمحافظة على صحته وصحة بيئته ومجتمعه .
6. اكتساب مهارات التفكير العلمي وعمليات التعلم وتنميتها وتشجيعه على ممارسة أساليب التفكير العلمي وحل المشكلات في حياته اليومية .
7. تنمية مهارات الاتصال ، والتعلم الذاتي المستمر ، وتوظيف تقنيات المعلومات ومصادر المعرفة المختلفة .
8. فهم طبيعة العلم وتاريخه وتقدير العلم وجهود العلماء عامه والمسلمين والعرب خاصة والتعرف على دورهم في تقدم العلوم وخدمة البشرية .
9. اكتساب الميول والاتجاهات والعادات والقيم وتنميتها بما يحقق للمتعلم التفاعل الإيجابي مع بيئته ومجتمعه ومع قضايا العلم والتقانة والمجتمع .

# الأهداف العامة لتدريس مادّة الأحياء

يهدف تدريس الأحياء في المرحلة الثانوية إلى تحقيق الأهداف التالية:

**أولا - الأهداف المعرفية**

1. تعرف المصطلحات والمفاهيم والمبادئ والحقائق البيولوجية الرئيسة المتعلقة بجميع أنشطة حياة الكائنات الحية.
2. إكساب الطالب المعرفة العلمية المناسبة لاحتياجاته لكي يستفيد من دراسته للعلوم البيولوجية في تحسين حياته وفي التعامل مع العالم البيوتكنولوجي المتطور والمتناهي.
3. حث الطالب على المتابعة العلمية لما يدور ويستحدث في مجال العلوم البيولوجية وتطبيقاتها الحياتية.
4. إكساب الطالب ثقافة بيولوجية مناسبة تمكنه من إدراك التكامل بين تركيب أجهزة جسمه ووظائفها وعلاقة بعضها ببعض، وتوجيهه إلى مراعاة الشروط التي تلزم لحسن سير هذه الوظائف.
5. تزويد الطالب بثقافة شاملة مبنية على رؤية واضحة متماسكة ومتفتحة على الحياة بمختلف مستوياتها التنظيمية داخل الإطار البيئي الذي يعيش فيه.
6. تنمية المعارف والمهارات التي تمكن الطالب من التصرف بشكل يؤدي إلى تحسين معيشته على المستوى الشخصي والمستوى الاجتماعي في البيئة التي يعيش فيها.
7. التركيز على الأبعاد المختلفة للعلوم البيولوجية، سواء التاريخية أو الفلسفية أو الاجتماعية في الإطار المحلي والعالمي.
8. إلمام الطالب بالمشكلات والقضايا البيئية العالمية ذات الصلة بالعلوم البيولوجية، وتأثيرها على بلده والبيئة المحلية التي يعيش فيها.
9. وعي الطالب للمشكلات والقضايا الاجتماعية المحلية والعالمية ذات الصلة بالعلوم البيولوجية، وإتاحة الفرص أمامه لممارسة مهام المواطنة عبر إبداء المقترحات لحل تلك القضايا.
10. تعريف الطالب إلى القضايا المرتبطة بحياته ومجتمعه، والتي توضح معنى الأفكار العلمية الكبرى مثل الحفاظ على الطاقة، والتلوث، وطبيعة النظريات العلمية ومدلولاتها الاجتماعية، وغيرها.
11. توضيح دور التقدم التكنولوجي في مجال العلوم البيولوجية في تنمية المجتمعات العالمية والمحلية سياسيًا واقتصاديًا وثقافيًا واجتماعيًا.
12. تقديم رؤى شاملة ومتكاملة للعلاقة بين العلم والتكنولوجيا والمجتمع، توضح مدى التأثير على البيئة المحلية التي يعيش فيها الطالب.
13. إمداد الطالب بالمواقف المناسبة للمقارنة بين تأثير كل من العلم والتكنولوجيا، وتقدير مساهمتهما في إنتاج المعرفة والقوة الجديدة المؤثرة في المستقبل في مجال العلوم البيولوجية، وغيرها من العلوم العلمية.
14. تعريف الطالب إلى التطبيقات العلمية العملية الإيجابية للموضوعات البيوتكنولوجية وأبعادها الأخلاقية، وإلى المشكلات الأخلاقية التي تثيرها، ومدى تأثيرها على البيئة الاجتماعية التي يعيش فيها.
15. تزويد الطالب بأمثلة تاريخية عن المتغيرات العميقة التي أحدثتها التكنولوجيا والعلم علم الاحياء في المجتمع، ومدى تأثيراتها على النموّ الاقتصادي واتخاذ القرارات السياسية.

**ثانيا - الأهداف المهارية**

1. اكتساب الطالب منهجية التفكير العلمي والمقدرة على حل المشكلات.
2. تنمية قدرة الطالب على التعامل مع المستحدثات البيولوجية، وما تثيره من قضايا أخلاقية من خلال اكتسابه لمهارات الملاحظة الدقيقة والتحليل والاستنتاج والتعليل والتفكير الناقد والاستناد إلى الدليل وتفنيد الأدلة والمرونة الذهنية.
3. ممارسة الطالب للمواطنة أثناء حل المشكلات من خلال تدريبه على مهارات استخدام أساليب التعلم الذاتي، والعمل التعاوني الجماعي والمناقشة والإقناع، وتقبل آراء الآخرين وعدم التعصب والتريث في إصدار الأحكام.
4. تنمية المهارات اليدوية ومهارات البحث العلمي لدى الطالب على المستوى الفردي والجماعي، وتدريبه على استخدامها في حل المشكلات الحياتية مع منح الطالب الاستقلالية في عملية التعلم.
5. تدريب الطالب على مهارات اتخاذ القرارات وإصدار الأحكام والاشتراك الإيجابي في البحث عن المعلومات، وتوظيفها في صناعة القرارات خلال حياته اليومية.
6. تصرف الطالب بشكل واع وفعال حيال استخدام المخرجات التكنولوجية، وتوظيفها التوظيف الأمثل في حياته اليومية.
7. اتباع الطالب السبل والتوجيهات الخاصة في الحفاظ على صحته وبيئته، والعمل على حماية الثروات الطبيعية الموجودة فيها.
8. العناية بالاهتمامات المهنية في مجال الأحياء، وبخاصة المهن المرتبطة بالعلم والتكنولوجيا، وإكساب الطالب المقدرة على اختيار توجهه المهني المستقبلي بما يتناسب مع ميوله وطموحاته.
9. مساعدة الطالب على استخدام وتداول الأدوات الأساسية لتعلم الأحياء، مع تهيئة الفرص لاكتسابه معظم المهارات المتطلبة في هذا المجال.

**ثالثا - الأهداف الوجدانية**

1. تنمية مواقف إيجابية تعكس ما يوضح تقدير الخالق (سبحانه وتعالى) وقدرته اللامتناهية في عظيم خلقه، وفي تسْيير الحياة وتطورها.
2. اكتساب الطالب لميول واتجاهات إيجابية نحو تقدير دور العلم والعلماء (العرب وغير العرب) في خدمة المجتمع وتقدم البشرية.
3. خلْق الفرص لإكساب الطالب اتجاهات إيجابية نحو جهود الدولة في رعاية المواطن صحيًا واجتماعيًا وثقافيًا، وفي حماية البيئة.
4. استثارة روح حب الاستطلاع والاهتمام لدى الطالب عبر متابعة كل ما هو جديد ومستحدث في مجال العلوم البيولوجية وتطبيقاتها الحياتية، واكتشاف جوانبها الأخلاقية.
5. تنمية اتجاهات الطالب تجاه القضايا البيولوجية والأخلاقية، مع توجيهه إلى ضرورة تقبل هذه القضايا والموضوعات وتقدير إيجابياتها وإدراك سلبياتها.
6. إكساب الطالب اتجاهًا إيجابيًا نحو الثقة في آراء المتخصصين، من رجال العلم والدين تجاه القضايا البيولوجية والأخلاقية المستحدثة.
7. تنمية الإحساس بالمسؤولية الاجتماعية والبيئية لدى الطالب مع تبنيه للأسلوب العلمي في حل مشكلاته الحياتية.
8. تنمية الوعي والقيم والاتجاهات الإيجابية البيئية لدى الطالب حيال حسن استخدام الموارد البيئية، وكيفية المحافظة على التوازن البيئي محليًا وعالميًا.

# مخطط تدريس الوحدة الثالثة: أجهزة جسم الإنسان

## الفصل الأول: الجهاز العظمي والعضلي

| الدرس | الأهداف | معالم الدرس | عدد الحصص | الوسائل المعينة في عملية التدريس |
|---|---|---|---|---|
| 1-1 أجهزة الجسم | * تصنيف المستويات التنظيمية في جسم الإنسان.<br>* التمييز بين أجهزة جسم الإنسان. | | 1 | * شفافيات وصور للأنسجة المختلفة ومجسمات لأجهزة الجسم. |
| 1-2 الهيكل العظمي للإنسان | * تحديد أجزاء الجهاز الهيكلي للإنسان.<br>* تحليل تركيب العظم.<br>* تعداد وظائف الجهاز الهيكلي.<br>* تحديد الأنواع المختلفة من المفاصل.<br>* توضيح كيفية الاعتناء بالجهاز الهيكلي. | * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** البطء العظمي | 2 | * شفافيات وصور للخلايا العظمية ومجسم للهيكل العظمي للإنسان. |
| 1-3 عضلات الإنسان | * المقارنة بين الأنواع الثلاثة من عضلات الإنسان.<br>* تفسير كيف تنقبض عضلات الإنسان.<br>* توضيح كيفية الاعتناء بالجهاز العضلي. | * **علم الأحياء في المجتمع:** تمرين العظام والعضلات | 2 | * شفافيات وصور للبنية التحتية لليف العضلي ومجسم لعضلات الإنسان. |
| 1-4 غطاء الجسم | * شرح وظائف الجهاز الغطائي.<br>* التمييز بين أجزاء الجهاز الغطائي للإنسان.<br>* تلخيص كيفية الاعتناء بالجلد. | * **العلم والمجتمع والتكنولوجيا:** إنتاج الجلد في أنابيب الاختبار | 1 | * شفافيات وصور للجلد والشعر. |

| الدرس | الأهداف | معالم الدرس | عدد الحصص | الوسائل المعينة في عملية التدريس |
|---|---|---|---|---|
| 1-2 الهضم | • تحديد أنشطة الجهاز الهضمي.<br>• تحديد مكونات الطبق الغذائي المتوازن والحصص النسبية المتوجب تناولها لكل نوع من الغذاء يوميًّا.<br>• تعرّف العناصر الأساسية في الوجبة الغذائية وأهمّيتها.<br>• تعرّف بعض أمراض سوء التغذية وأسبابها. | • **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** دهن مائي القوام<br>• **تكامل العلوم والفيزياء** تزويد الجسم بالطاقة | 2 | • نموذج عن الطبق الغذائي المتوازن<br>• صور وشفافيات تظهر مرضى مصابين بعوارض سوء التغذية |
| 2-2 الجهاز الهضمي للإنسان | • وصف أعضاء الجهاز الهضمي عند الإنسان ودورها في عملية الهضم.<br>• شرح عملية الهضم وأنواعه ونواتجه.<br>• تبيان طريقة امتصاص الأغذية. | • **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** المساعدات الخارجية والداخليّة | 2 | • نموذج للجهاز الهضمي للإنسان<br>• شفافيات للخملات المعوية |
| 3-2 صحة الجهاز الهضمي | • تحليل التوازن الكلي بين تناول الطعام واستخدام الطاقة.<br>• تحديد إصابات الجهاز الهضمي واختلالاته.<br>• تقدير طرق المحافظة على صحة الجهاز الهضمي. | | 1 | • مسعّر لقياس السعر الحرارية في الأغذية<br>• جدول يصنّف الفئات حسب مؤشّر كتلة الجسم |
| 4-2 الجهاز الإخراجي للإنسان | • وصف تركيب الجهاز الإخراجي للإنسان ووظيفته.<br>• تقدير أهمّية الكليتين لكيمياء الدم وصحة الإنسان. | • **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** لماذا يتغيّر لون البول؟<br>• **العلم والتكنولوجيا والمجتمع:** مساعدة الكلية | 3 | • صور وشفافيات للوحدة الكلوية<br>• نموذج للجهاز الإخراجي عند الإنسان |

| الدرس | الأهداف | معالم الدرس | عدد الحصص | الوسائل المعينة في عملية التدريس |
|---|---|---|---|---|
| 3-1 التنفّس الخلوي | * تحديد أهمّية الطاقة لعمل الخلايا.<br>* شرح كيف يتم تخزين الطاقة وتحريرها من خلال دورة ATP.<br>* تفسير كيف يطلق التنفّس الخلوي الطاقة من الغذاء.<br>* المقارنة بين التنفّس الهوائي واللاهوائي. | * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** التدفئة، وقود المستقبل، الشعور بالموت | 3 | * صور وشفافيات لمراحل التنفّس الخلوي.<br>* صور وشفافيات لصور أشعة X –.<br>* صور وشفافيات تظهر تأثير التدخين على الرئة.<br>* صور وشفافيات للجهاز الدوري للإنسان ونموذج ثلاثي الأبعاد للقلب.<br>* صور وشفافيات لكريات الدم الحمراء ذات الشكل المنجلي. |
| 3-2 الجهاز التنفّسي للإنسان | * توضيح معنى التنفّس.<br>* تفسير الآليات المنظمة للتنفّس.<br>* تعداد أقسام الجهاز التنفّسي.<br>* تحديد وظائف كل قسم من الجهاز التنفّسي.<br>* تصنيف التبادل الغازي في الرئتين. | * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** الصوت، هل ابتلع شيئًا ما؟ | 2 | |
| 3-3 صحة الجهاز التنفّسي | * تفسير كيف تؤثر الفيروسات والبكتيريا والفطريات والمحسسات في الجهاز التنفّسي.<br>* توضيح طرق حماية الجهاز التنفّسي. | * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** أت ... شو<br>* **علم الأحياء في المجتمع:** أنفاس الحياة<br>* **العلم والمجتمع والتكنولوجيا:** الآثار الضارة للتدخين | 1 | |

| الدرس | الأهداف | معالم الدرس | عدد الحصص | الوسائل المعينة في عملية التدريس |
|---|---|---|---|---|
| 3-4 الجهاز الدوري للإنسان | * وصف تركيبة الجهاز الدوري للإنسان ووظيفته.<br>* وصف تركيب القلب لدى الإنسان.<br>* وصف مسار الدم داخل القلب.<br>* وصف تركيب الأوعية الدموية. | | 4 | |
| 3-5 صحة الجهاز الدوري | * وصف أمراض الجهاز القلبي الوعائي.<br>* شرح طرق العناية بالجهاز القلبي الوعائي. | | 1 | |
| حلّ مراجعة الوحدة الثالثة | | | 1 | |
| إجمالي عدد الحصص | | | 26 | |

# الوحدة الثالثة

## أجهزة جسم الإنسان

**مكونات الوحدة**

**الفصل الأوّل: الجهاز العظمي والعضلي**

**1–1:** أجهزة الجسم

**1–2:** الهيكل العظمي للإنسان

**1–3:** عضلات الإنسان

**1–4:** غطاء الجسم

**الفصل الثاني: الجهاز الهضمي والإخراجي**

**2–1:** الهضم

**2–2:** الجهاز الهضمي للإنسان

**2–3:** صحّة الجهاز الهضمي

**2–4:** الجهاز الإخراجي للإنسان

**الفصل الثالث: الجهاز التنفّسي والدوري**

**3–1:** التنفّس الخلوي

**3–2:** الجهاز التنفّسي للإنسان

**3–3:** صحة الجهاز التنفّسي

**4–3:** الجهاز الدوري للإنسان

**5–3:** صحة الجهاز الدوري

**مقدمة**

وضّح للطلّاب الترابط بين أجهزة جسم الإنسان. أشر إلى أنّ كلّ جهاز يقوم بمهمّة رئيسية، ويعتمد على الآخر. مثلًا، تحتاج الخلايا العصبية لنقل المعلومات (السيال العصبي) خلال الجسم إلى الأكسجين والغذاء اللذان تحصل عليهما من جهازي التنفّس والهضم ويُنقَلان بواسطة الجهاز الدوري. بسبب هذا الترابط بين أجهزة الجسم، يؤدّي إخفاق أحد الأجهزة إلى حدوث اضطراباتٍ في أجهزةٍ أخرى قد تكون مميتة.

**معالم الوحدة**

استعرض مع الطلّاب الأنشطة الصفّية التي سيقومون بها خلال دراستهم لهذه الوحدة. ناقش معهم مدى ارتباط المحتوى العلمي للوحدة مع الحياة اليومية، لا سيّما في ما يتعلّق بتقدّم التجارب العلمية والاختراعات والتكنولوجيا التي سمحت للإنسان باكتشاف ما كان مخفيًّا من أسرار الحياة.

ما هي الطبيعة العامّة لمخطّط جسم الإنسان؟ لتفهم كيف يعمل هذا الجسم، يجب أن تنظر أوّلًا إلى بنيته الكلّية، عندئذٍ تستطيع أن تقدّر بشكل صحيح كيف تعمل مختلف الأجزاء. تصوّر مثلًا أنّك تريد أن تشرح لأحدهم عن ناقل الحركة الأوتوماتيكي، في حين أنّه لا يعلم ما هي السيّارة. في هذه الوحدة ستدرس ستّة أنظمة في جسم الإنسان ووظائفها.

يشير استعمال كلمة "مخطّط" إلى تنظيم جسم الإنسان الذي تمّت برمجته بواسطة جيناته قبل التطوّر بآلاف القرون.

**اكتشف بنفسك**

**ملاحظة العظام والعضلات**

1. باستخدام أصابع يد واحدة، تحسّس العظام في اليد الأخرى، وحاول أن تحدّد عددها، ثم تحسّس العظام في معصمك وذراعك. برأيك، كم عدد العظام الموجودة في ذراعك؟
2. حرّك أصابعك وذراعيك ببطء، وتحسّس ما تقوم به عضلاتك. قم بثني ذراعك عند المرفق وأحكم قبضة يدك. ما الذي يحدث لعضلاتك؟

تستطيع أن تحرّك عظامك بسبب انقباض العضلات المثبّتة بها وارتخائها. وسوف تكتشف في هذه الوحدة كيف يتكامل الجهازان العظمي والعضلي.

**فصول الوحدة**

**الفصل الأوّل**
- الجهازان العظمي والعضلي

**الفصل الثاني**
- الجهازان الهضمي والإخراجي

**الفصل الثالث**
- الجهازان التنفّسي والدوري

**أهداف الوحدة**
- يعدّد أجهزة جسم الإنسان.
- يعدّد أجزاء الجهاز الهيكلي.
- يحدّد وظائف الجهاز الهيكلي.
- يحدّد الأنواع الثلاثة من عضلات الإنسان وكيفية عملها.
- يشرح وظائف الجهاز الغطائي ويبيّن أهميته.
- يفسّر عمل الجهاز الهضمي.
- يشرح آلية التنفّس.
- يشرح آلية التنفّس الخلوي.
- يستنتج أهمّية الجهاز الدوري.
- يحافظ على سلامة أجهزة الجسم.

**معالم الوحدة**
- العلم والمجتمع والتكنولوجيا
- علم الأحياء في حياتنا اليومية
- علم الأحياء في المجتمع



**اكتشف بنفسك**

**ملاحظة العظام والعضلات**

- قد ترغب في أن تدع الطلّاب يجرون النشاط في المنزل، ثمّ يقارنون بين الإجابات في الصف.
- استعلم من الطلّاب عما يعرفونه عن كيفية عمل العظام والعضلات معًا.

**الأهداف المرجو اكتسابها بعد دراسة الوحدة الأولى**

**1– يحدِّد المصطلحات التالية:**

الجهاز، الترئيس، الهيكل المحوري، الهيكل الطرفي، نخاع العظام، الخلايا البانية للعظام، المفاصل، الأربطة، الأوتار، التهاب المفاصل، مسامية (تخلخل) العظام، العضلات الهيكلية، العضلات الملساء، العضلات القلبية، الجهاز الغطائي، البشرة، الأدمة، الملانين، الجهاز الهضمي، المادّة الغذائية، الغدد اللعابية، المريء، الحركة الدودية (الحركة الدودية)، المعدة، الأمعاء الدقيقة، الخملات المعوية، اللعاب، لسان المزمار، التنفّس، الحويصلات الهوائية، الحجاب الحاجز، الشهيق، الزفير، نزلات البرد، الالتهاب الشُعبي، الالتهاب الرئوي، الكبد، الحويصلة الصفراوية، البنكرياس، الأمعاء الغليظة، الأيض الخلوي، السُعر، فقد الشهية، الشهية المفرطة، الكليتان، الوحدة الكلوية، الحالب، المثانة البولية، مجرى البول، جُمع، محفظة بومان، الترشيح، إعادة الامتصاص، أدينوزين ثلاثي الفوسفات، تنفّس خلوي، تحلل الجلوكوز، دورة كريبس، سلسلة نقل الإلكترون، التخمر، الربو، الهستامين، القلب، الدم، تصلب الشرايين، ارتفاع ضغط الدم، مرض فقر الدم المنجلي، ضغط الدم، معدّل ضربات القلب.

**2– يتعرف المفاهيم العلمية التالية:**

**الأهداف المعرفية**

- المستويات التنظيمية في جسم الإنسان
- دعم الجسم بواسطة الجهاز الهيكلي
- إنتاج الحركات بواسطة العضلات
- نقل الأكسجين والغذاء بواسطة الجهاز الدوري
- الحصول على الغذاء من الطعام
- تبادل الغازات بواسطة الجهاز التنفّسي
- إخراج الجسم للفضلات
- تحديد الجهاز الغطائي وشرح وظائفه

**الأهداف المهارية**

- مهارة توظيف النماذج
- مهارة المقارنة والمباينة
- مهارة الاستنتاج
- مهارة التعبير الكتابي
- مهارة الملاحظة الدقيقة وتسجيل البيانات
- مهارة استنتاج العلاقات من البيانات
- مهارة ضبط المتغيّرات عند إجراء الأنشطة والتجارب
- مهارة تطبيق المفاهيم

**الأهداف الوجدانية**

- ترسيخ الإيمان بوجدانية الله من خلال تعرّف الوحدانية في التركيب الكيميائي، وآليات الحفاظ على الثبات والاتزان الداخلي بالكائنات الحية.
- تقدير جهود العلماء.
- إكتساب ميل إيجابي نحو تبنّي الأسلوب العلمي في حلّ المشكلات.
- الإيمان بأنّ الحقائق العلمية ذات طبيعة ديناميكية، تتميّز بالقابلية للتغيّر والتبديل والتعديل.
- الإيمان بالأسلوب العلمي في حلّ المشكلات.
- الإيمان بعدم التشبث بالرأي ونبذ التعصّب والتطرّف.

# الفصل الأول

## الجهاز العظمي والعضلي

**دروس الفصل**

**1–1:** أجهزة الجسم

**1–2:** الهيكل العظمي للإنسان

**1–3:** عضلات الإنسان

**1–4:** غطاء الجسم

**مقدمة الفصل**

مهّد لدراسة الفصل عبر توجيه الطلّاب إلى تعرّف صورة افتتاحية الفصل، ثمّ ناقش معهم العلاقة التي قد تربط بين القصّة ومحتوى الفصل ثمّ دعهم يعرضون معلومات حول كيفية الحفاظ على سلامة العظام والعضلات في بيئة انعدام الوزن.

استعرض مع الطلّاب عناوين الدروس الواردة في هذا الفصل.



دروس الفصل
الدرس الأوّل
• أجهزة الجسم
الدرس الثاني
• الهيكل العظمي للإنسان
الدرس الثالث
• عضلات الإنسان
الدرس الرابع
• غطاء الجسم

يتشارك كلّ من روّاد الفضاء السابحين في الفضاء الخارجي والمرضى الراقدين على الأسرة على الأرض مشكلة شائعة. فعدم استخدامهم لعضلاتهم وعظامهم في حمل أوزان أجسامهم بسبب عدم ممارستهم للمشي، يعرّضهم لوهن كثافة العظام وكتلة العضلات في أطرافهم السفلية. وقد أولت وكالة الفضاء وعلوم الطيران ناسا (NASA) عناية جدّية بهذه المشكلة، بخاصّة لروّاد الفضاء الذين يقضون أشهرًا عديدة في حالة انعدام الوزن. في العام 1996، عادت الدكتورة شانون ليوسيد إلى الأرض بعد أن قضت ستة أشهر على متن المحطّة الفضائية مير، وتعتبر هذه أطول فترة قضتها امرأة في الفضاء. ومثل جميع روّاد الفضاء، قضت ليوسيد وقتًا من كلّ يوم تتدرّب، كمحاولة لتقليل الوهن أو التلف العظمي والعضلي.

لا يُمكن ممارسة تمارين حمل الأثقال، التي تُعتبَر الأكثر فعالية ضدّ وهن العظام والعضلات وضعفها، في البيئة الفضائية منعدمة الوزن. لكن بمجرّد أن يثبّت روّاد الفضاء أنفسهم بالآلة الرياضية المعروفة باسم طاحونة الدوس، أو بالدرّاجة الهوائية الثابتة، حتّى أصبح بإمكانهم ممارسة التمارين الرياضية الهوائية التي ثبت أنّها ناجحة إلى حدّ ما في الحفاظ على سلامة العظام والعضلات. ولا تزال وكالة الفضاء وعلوم الطيران ناسا (NASA) تحاول البحث عن طرق لإبطال أو معادلة التأثيرات السلبية للطيران الفضائي، ولتطبيق اكتشافاتها على الأرض.

**الأهداف:**
- يصنّف المستويات التنظيمية في جسم الإنسان.
- يميّز بين أجهزة جسم الإنسان.

**الأدوات المستعملة:** شفافيات وصور للأنسجة المختلفة ومجسّمات لأجهزة الجسم.

**صفحات الطالب: من ص 14 إلى ص 19**

**عدد الحصص: 1**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (1) ويقرأون التعليق المصاحب لها. أشر إلى أنّ الحيوان والإنسان، رغم الاختلافات بينهما، يشتركان في ثلاث خصائص فهما غير ذاتيي التغذية، عديدا الخلايا، ولا تملك خلاياهما جدارًا خلويًّا.

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

**لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول أجهزة الجسم، وجّه إليهم السؤالين التاليين:**

- ما الجهاز الذي يمكّن الإنسان من الإحساس بما يحيط به في بيئته؟ **(الجهاز العصبي)**
- ما أجهزة جسم الإنسان الأخرى التي يمكنك ذكرها؟ **(يجب أن تتضمن الإجابات الجهاز الهيكلي والهضمي والتنفّسي والدوري والتناسلي.)**

**نشاط توضيحي**

أعرض على الطلّاب شريطًا مطّاطيًّا، غلافًا بلاستيكيًّا، سلكًا كهربائيًّا، وشريطًا لاصقًا. اطلب إليهم تحديد استعمال كلّ من هذه الأشياء. **(الشريط المطّاطي ينقبض ويعطي مرونة، الغلاف البلاستيكي يغطّي أو يُبطّن شيئًا ما، السلك الكهربائي ينقل الإشارات والشريط اللاصق يربط الأشياء ويسندها.)** فسّر أنّ جسم الإنسان يتكوّن من أربعة أنواع أنسجة تقوم بمهام مشابهة.

الدرس 1-1
أجهزة الجسم
Body Systems

**الأهداف العامة**
- يصنّف المستويات التنظيمية في جسم الإنسان.
- يميّز بين أجهزة جسم الإنسان.

(شكل 1)

الإسفنجيات، كتلك الموضّحة في الشكل (1)، هي حيوانات، كذلك هم البشر. لكن يتميّز البشر عن الإسفنجيات بآلاف الخصائص، أهمّها التنظيم الخلوي. فالخلايا في الإسفنجيات لا تنتظم على شكل أنسجة، في حين أنّ جسمك يحتوي على أنسجة تنتظم لتُكوّن الأعضاء التي تنتظم بدورها لتُكوّن أجهزة الجسم.

### 1. مستويات التنظيم Levels of Organization

أنت شخص واحد، أي كائن واحد، لكنّ جسمك يتكوّن من مليارات الخلايا المفردة. وعلى الرغم من أنّ كلّ خليّة تؤدّي وظائف الحياة الأساسية، مثل استخدام الطاقة وإخراج الفضلات، إلّا أنّها تشكّل جزءًا صغيرًا من تركيب منظّم للغاية هو جسمك. مجموعات الخلايا المتشابهة في التركيب والوظيفة تسمّى الأنسجة. **وترتبط الخلايا المكوّنة للنسيج بعضها ببعض بواسطة مادّة غير حية تُعرف بمادّة النسيج البينخلوية (الواقعة بين الخلايا) Matrix** أو بغطاء لاصق على الجانب الخارجي للخلايا. لمعظم الحيوانات أربعة أنواع من الأنسجة هي: الأنسجة الضامّة والعضلية والطلائية والعصبية، ولكلّ نوع منها وظيفة خاصّة.

فالنسيج الضامّ يربط تراكيب الجسم وأعضائه بعضها ببعض، موفّرًا لها الحماية والدعم، كما يقوم بتخزين الموادّ ونقلها. وقد يكون النسيج الضامّ صلبًا أو ليّنًا أو سائلًا، ويُعتبَر كلّ من العظام (شكل 2) والأوتار والغضاريف والدهون والدم أمثلة على هذا النوع من الأنسجة.

(شكل 2)
نسيج ضام هيكلي (عظم)

14

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 مستويات التنظيم

دع الطلّاب يَنفحّصون الشكل (6) ثمّ ذكّرهم بأنّ النسيج عبارة عن مجموعة من الخلايا المتماثلة التي تعمل متضافرة كي تؤدّي الوظيفة نفسها. اسأل:

- ما التركيب الذي يتكوّن من عدّة أنواع من الأنسجة؟ **(العضو)**
- هل تؤدّي جميع الأعضاء الوظيفة نفسها؟ وما تركيب الجسم الذي يتكوّن من عدّة أعضاء؟ **(لا ؛ الجهاز)**
- هل تؤدّي الأجهزة وظائف متماثلة أم مختلفة؟ **(تؤدّي الأجهزة وظائف مختلفة فهي متخصّصة في عملها.)**

**نشاط توضيحي**

قسّم الطلّاب إلى مجموعات صغيرة ليقارنوا بين التراكيب الموجودة في المنزل وأنواع الأنسجة المختلفة. ثمّ دعهم يصفون وظيفة يؤدّيها كلّ تركيب تشبه وظيفة يؤدّيها كلّ نوع من الأنسجة. اطلب إلى الطلّاب أن يسجّلوا أجوبتهم في جدول يتكوّن من عدّة خانات تحمل العناوين التالية: نوع النسيج، وظيفته في الجسم، التركيب المنزلي، وظيفته في المنزل. فعلى سبيل المثال، قد تتمّ مقارنة النسيج العصبي بالشبكة الكهربائية في المنزل، والنسيج الطلائي (الطلائي) بالدهانات العازلة.

**توظيف الأشكال**

**إجابة سؤال الشكل (6) صفحة 16 في كتاب الطالب**

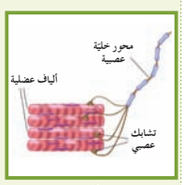
**(الأنسجة الضامة، العضلية، الطلائيّة والعصبية)**



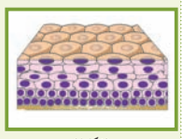
أمّا النسيج العضلي (شكل 3) فيتكوّن من الخلايا التي تنقبض كاستجابة للإشارات الواردة إليها من الحبل الشوكي والدماغ. وتتمّ جميع حركات الجسم، بما فيها تلك التي تحدث في الأعضاء الداخلية، بواسطة النسيج العضلي الذي يُمكّنك مثلًا من التنفّس والتكلّم وتحريك ذراعيك وساقيك. ويحتوي العديد من الأعضاء الداخلية، كالقلب والمعدة، على النسيج العضلي.

يغطّي النسيج الطلائي سطح الجسم والأعضاء، ويُعتبَر الجلد (شكل 4) أحد الأعضاء التي تحتوي على النسيج الطلائي. في داخل الجسم، يبطّن النسيج الطلائي الأعضاء الجوفاء مثل المعدة والأمعاء والأوعية الدموية. تُكوّن بعض الأنواع من النسيج الطلائي الغدد، وهي التراكيب التي تفرز الهرمونات في الجسم، ومنها الغدد المخاطية والهضمية.

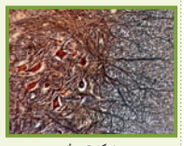
أمّا النسيج العصبي (شكل 5 – أ) فيتكوّن من نوعين من الخلايا التي تحمل المعلومات إلى جميع أنحاء الجسم. ويُسمّى أحد هذين النوعين الخلايا العصبية، وهي توصل النبضات أو الإشارات العصبية في شكل نبضات كهربائية خلال جميع أجزاء الجسم (شكل 5 – ب). أمّا النوع الآخر فيُسمّى خلايا الغراء العصبي، وهي تدعم الخلايا العصبية وتحميها وتنسّق بينها مثل خلايا الغراء العصبي قليلة التفرعات Oligo dendrocytes الموضحة في الشكل (5 – ب).



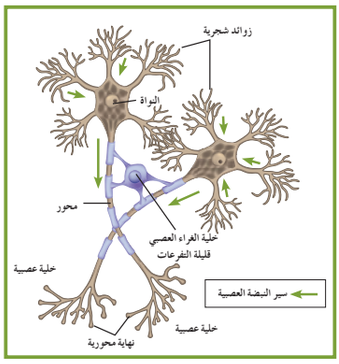

(شكل 3)
النسيج العضلي



(شكل 4)
نسيج طلائي في الجلد



(شكل 5 – أ)
النسيج العصبي

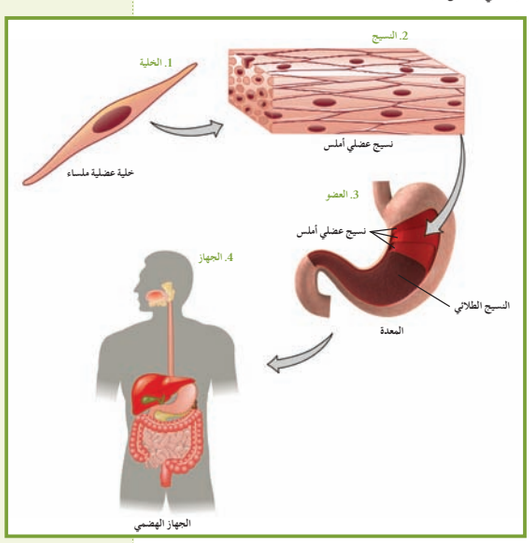



(شكل 5 – ب)
الخلية العصبية وخلية الغراء العصبي

النسيج العصبي هو المكوّن الرئيسي للجهاز العصبي ويتكوّن من الخلايا العصبية وخلايا الغراء العصبي.



وتنتظم الأنسجة لدى البشر ومعظم الحيوانات، على هيئة وحدات وظيفية تُسمّى الأعضاء. فالمعدة على سبيل المثال هي عضو كيسي الشكل يتكوّن جدارها من أنسجة طلائية وعضلية وعصبية وضامّة. **وتُعرف مجموعة الأعضاء التي تعمل متضافرة بعضها مع بعض لتأدية وظيفة معيّنة للكائن بالجهاز System**. فالمعدة والأمعاء الغليظة والأمعاء الدقيقة عبارة عن مجموعة من الأعضاء تُكوّن مع بعضها الجزء الرئيسي من الجهاز الهضمي (شكل 6).




(شكل 6)
تُشكّل المعدة أحد أعضاء الجهاز الهضمي لدى الإنسان. ما هي الأنواع الأربعة من الأنسجة التي تُكوّن المعدة؟

## 2.2 القواعد الأساسية لتركيب الجسم

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (7) ويقسمونه طوليًّا بمسطرة أو ورقة لمساعدتهم على تفسيره. ثمّ اسأل:

* أيّ تجاويف الجسم تقع في الجانب البطني من الجسم؟ **(التجويف الصدري والتجويف البطني)**
* أيّ تجاويف الجسم تقع في الجانب الظهري من الجسم؟ **(التجويف المخّي والتجويف الشوكي)**

## 3.2 أجهزة الجسم الإثنا عشر

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (8) وأشر إلى أنّ هذا الشكل يُعتبَر شكلًا مرجعيًّا لفصول هذه الوحدة.

اطلب إلى الطلّاب أن يرسموا 12 جدولًا (أو أي شكل آخر من الرسومات البيانية)، بحيث يُخصّصوا واحدًا لكلّ جهاز ويوضّحوا فيه الأعضاء ووظائفها فيه. اطلب إلى الطلّاب أن يستخدموا الشكل (8) لملء الجداول، مع ترك فراغات لإضافة المعلومات عند دراستهم كلّ فصل من فصول هذه الوحدة.

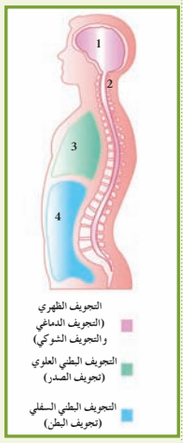
استعرض أجهزة الجسم الموجودة في الشكل (8) بطرح الأسئلة التالية:

* ما وظيفة الجهاز العصبي؟ **(ينّسق استجابات الجسم للتغيّرات والمؤثّرات الخارجية والداخليّة.)**
* ما التراكيب المكوّنة للجهاز الغطائي؟ **(الجلد، الشعر، الأظافر والغدد الموجودة في الجلد.)**
* أيّ جهاز في الجسم يكوّن الهيكل الدعامي ويعمل كقاعدة ارتكاز وتثبيت للعضلات الهيكلية، بالإضافة إلى عمله كمخزن للعناصر المعدنية؟ **(الجهاز الهيكلي)**
* أيّ أجهزة في الجسم تختلف بين الذكر والأنثى؟ **(جهاز الإفراز الداخلي والجهاز التناسلي)**
* لماذا تُعتبَر الرئتان في بعض الأحيان من أجزاء الجهاز الإخراجي؟ **(من المعروف أن الجهاز الإخراجي يخلّص الجسم من النواتج الأيضية المسرفة (الفضلات)، وهي الوظيفة نفسها التي تقوم بها الرئتان بتخليص الجسم من ثاني أكسيد الكربون.)**

### نشاط سريع

دع الطلّاب يُحَضّرون شكلًا تتداخل فيه أجهزة جسم الإنسان الإثنا عشر الموضّحة في الشكل (8). زوّد الطلّاب بتسع أوراق شفافة أو شفافيات بحيث يرسمون كلّ من أجهزة الشكل (8) على ورقة منفصلة.

دع الطلّاب يستخدمون أقلام التلوين في رسوماتهم. وجّههم إلى ضرورة ترك فراغ حول كلّ جهاز لكتابة بيانات أجزائه المختلفة مع تقدّمهم في دراسة فصول هذه الوحدة.




1. التجويف الدماغي: يحتوي على الدماغ.
2. التجويف الشوكي: يحتوي على الحبل الشوكي.
3. تجويف الصدر: يحتوي على الرئتين والقلب.
4. تجويف البطن: يحتوي على الأعضاء الهضمية والبولية والتناسلية.

(شكل 7)
تجاويف جسم الإنسان
ينقسم التجويف البطني إلى تجويف الصدر وتجويف البطن، وينقسم التجويف الظهري إلى التجويف المخي والتجويف الشوكي.

### 2. القواعد الأساسية لتركيب الجسم
### Basic Body Plan

إذا نظرت إلى جسمك في المرآة، ستدرك أنّ النصفين الأيمن والأيسر لجسمك متماثلان تمامًا جانبيًّا. يوجد هذا النوع من التماثل لدى الحيوانات الفقارية وبعض الحيوانات اللافقارية. وعلى الرغم من أنّ نصفي جسمك عبارة عن صورتين متشابهتين في المرآة، إلّا أنّهما غير متماثلين تمامًا، ويمكنك أن ترى بعض الاختلافات عبر دراسة نصفي وجهك مثلًا عند النظر في المرآة. وفي داخل الجسم، لا تظهر على العديد من الأعضاء والأجهزة ظاهرة التماثل الجانبي. فعلى سبيل المثال، جانبا المعدة وجانبا الجهاز الهضمي غير متماثلين.

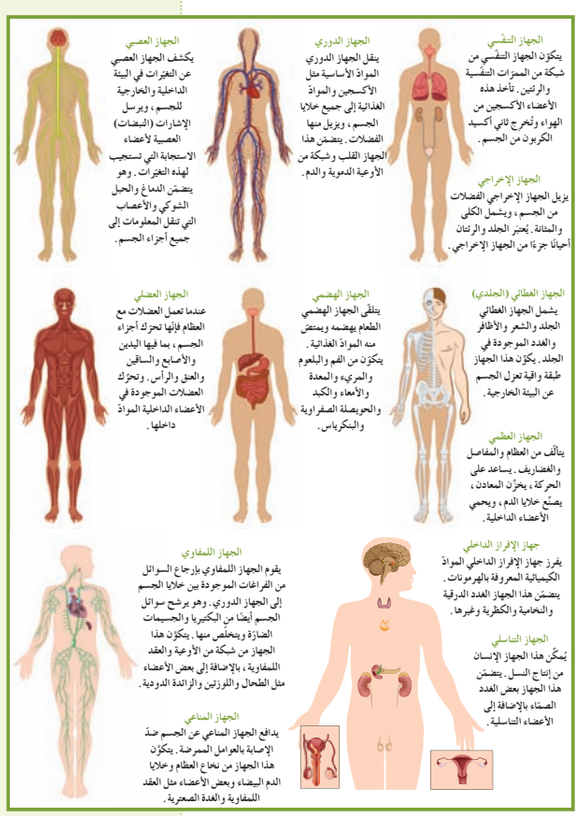
يتميّز الإنسان بدرجة كبيرة من الترئيس كالحيوانات ذات التماثل الجانبي، **ويُقصد بالترئيس Cephalization أنّ أعضاء الحسّ والتراكيب التي تضبط الجسم وتتحكّم فيه موجودة في الجهة الأمامية للجسم (الرأس)**. فعلى سبيل المثال، عيناك وأذناك وأنفك وفمك جميعها أعضاء للحسّ موجودة في رأسك.

تقع الأعضاء الداخلية داخل تجويفين كبيرين يُعرفان بتجويفي الجسم الظهري والبطني. عندما ينمو الجسم أو يتحرّك، تكون الأعضاء الداخلية مستقرّة ومثبّتة داخل تجويفي الجسم الظهري والبطني، وهذا يفسّر ثبات قلبك داخل جسمك عندما تمارس تمرينًا رياضيًّا. ويوضّح الشكل (7) مواضع تجاويف الجسم التي تشمل التجويفين الكبيرين الظهري والبطني.

### 3. أجهزة الجسم الاثني عشر
### Twelve Body Systems

تنتظم الأنسجة والأعضاء التي تكوّن جسم الإنسان في اثني عشر جهازًا، يؤدّي كلّ منها وظيفة معيّنة في الجسم. ويمثّل الشكل (8) عرضًا عامًّا لتلك الأجهزة.






شكل (8)
أجهزة جسم الإنسان
قارن بين أحجام الأجهزة المختلفة ومواضعها.

**نشاط توضيحي**

استخدم المحاكاة لتبيّن أهمّية الترابط والاتصال بين أجهزة جسم الإنسان. عيّن عددًا قليلًا من الطلّاب لتشكيل مجموعتين صغيرتين. دع كلّ مجموعة تشكّل فريق عمل لإتمام مهمّة بسيطة لتحقيق هدف معين، كإعادة ترتيب الكتب في مكتبة الفصل على سبيل المثال. وجّه إحدى المجموعتين إلى تجنّب أيّ شكل من أشكال الاتصال، من مثل الإيماءات وتعبيرات الوجه، واطلب إلى كلّ فرد فيها أن يعمل مستقلًّا عن الآخرين. اطلب إلى أفراد المجموعة الأخرى أن يتصلوا ببعضهم البعض، ويتفاهموا من دون أيّ قيود ليعملوا معًا كفريق عمل لإتمام المهمّة.

سيكتشف الطلّاب أن الاتصال والعمل كفريق يجعلان إتمام المهمة غاية في السهولة. أشر إلى أنّ ذلك يتمّ بين أجهزة الجسم أيضًا.

## 3. قيّم وتوسّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يعملون في مجموعات صغيرة. اكتب أسماء أجهزة الجسم الاثني عشر على السبّورة. وجّه الطلّاب إلى أن يُخصصوا جهازًا واحدًا من أجهزة الجسم لكل لاعب من لاعبي فريق كرة القدم. فعلى سبيل المثال، يؤدّي حارس المرمى وظيفة الجهاز الغطائي. دع الطلّاب يشرحون دور كلّ لاعب، ضرورة وجوده وأهمّيته بالنسبة إلى الفريق ككلّ.

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–1**

1. تكوّن مجموعة الخلايا نسيجًا وتكوّن مجموعة الأنسجة عضوًا وتكوّن مجموعة الأعضاء جهازًا من أجهزة جسم الإنسان.
2. يجب أن يذكر الطلّاب الأجهزة الاثني عشر الموضّحة في الشكل (4) وأن يصفوها.
3. تُستَخدم جميع أجهزة الجسم أثناء الألعاب الرياضية، ما عدا الجهازين التناسلي والمناعي.
4. بسبب وجود ارتباط وثيق بين وظائف الأجهزة في الجسم. على سبيل المثال، كي تنقبض العضلات، تحتاج إلى الغذاء الذي يؤمّنه الجهاز الهضمي، وإلى الأكسجين الذي يؤمّنه الجهاز التنفّسي وإلى الجهاز الدوري لنقل هذه الموادّ إليها بواسطة الدم.

**مراجعة الدرس 1–1**

1. صف ثلاثة مستويات للتنظيم في جسم الإنسان.
2. عدّد أجهزة جسم الانسان واذكر وظائفها.
3. **سؤال للتفكير الناقد:** ما أجهزة الجسم التي تستخدمها عندما تشارك في الألعاب الرياضية؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** لماذا يُعتبَر عمل كلّ جهاز من أجهزة الجسم أساسيًّا لعمل الأجهزة الأخرى؟ أعطِ مثالًا.

19

**اكتساب المهارات**

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

- **مهارة الاستنتاج:** شجّع الطلّاب على تعداد الأجهزة التي يعتقدون أنّها تُستخدَم في حركات وأفعال لاعب كرة السلة أو كرة القدم. **(قد يذكر الطلّاب، على سبيل المثال، أن العينين والدماغ يُستخدَمان لمراقبة اللعب وتخطيط كيفية التسديد، ويشكّلان جزءًا من الجهاز العصبي. قد يذكر الطلّاب أيضًا أن العضلات والعظام تدعمان الجسم، وتعطيان اللاعب فرصة الحركة في جميع أرجاء الملعب، وهما جزآن من الجهازين العضلي والهيكلي. سيعطون أمثلة أيضًا عن الجهاز التنفّسي والدوري والغطائي وجهاز الإفراز الداخلي وغيرها.)**
- **مهارة تطبيق المفاهيم:** أخبر الطلّاب أن أعضاء الجسم وأجهزته غالبًا ما تتكوّن من أنواع الأنسجة الأربعة. شجّع الطلّاب على تحديد أنواع الأنسجة الموجودة في عضو معين من مثل المعدة. **(يتكوّن جدار المعدة من نسيج عضلي ونسيج ضام، وتتكون بطانة المعدة من نسيج طلائي، كما أنّ عضلات المعدة والنسيج الطلائي يحتويان على نسيج عصبي.)**

**الأهداف:**
- يحدِّد أجزاء الجهاز الهيكلي للإنسان.
- يحلّل تركيب العظم.
- يعدِّد وظائف الجهاز الهيكلي.
- يحدِّد الأنواع المختلفة من المفاصل.
- يوضِّح كيفية الاعتناء بالجهاز الهيكلي.

**الأدوات المستعملة:** شفافيات وصور للخلايا العظمية ومجسّم للهيكل العظمي للإنسان.

**صفحات الطالب: من ص 20 إلى ص 27**

**صفحات الأنشطة: من ص 19 إلى 20**

**عدد الحصص: 2**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (9)، ويقرأون التعليق المصاحب لها. فسّر لهم كيف أنّ الأطفال الرضَّع لديهم بقع لينة في جماجمهم تسمح لدماغهم بالنمو، على عكس جمجمة الإنسان البالغ التي تتكوّن من عدة صفائح عظمية صلبة. دعهم يستنتجون وظيفة الصفائح العظمية في الجمجمة. ثمّ اسأل:

- ما وظيفة العظام المكوّنة للجمجمة؟ **(حماية الدماغ)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الهيكل العظمي، وجّه إليهم السؤال التالي:

- ما الوظائف الثلاث للهيكل العظمي لدى الإنسان؟ **(تدعيم الجسم، حماية الأعضاء الداخليّة والمساعدة على الحركة.)**

**نشاط سريع**

زوِّد الطلّاب بعيِّنات نظيفة من عظام أحد الحيوانات وغضاريفه التي يمكن أن يزوّدكم بها بائع اللحم. أعطِ الطلّاب وقتًا كافيًا لفحص العيِّنات ولمسها ثمّ دعهم يصفون التركيب النسيجي لكل عيِّنة ومظهره الخارجي، ويحاولون معرفة ممّا يتكوّن تركيبها الداخلي.

الدرس 1-2
الهيكل العظمي للإنسان
Human Skeleton

**الأهداف العامة**
- يحدّد أجزاء الجهاز الهيكلي للإنسان.
- يحلّل تركيب العظام.
- يعدّد وظائف الجهاز الهيكلي.
- يحدّد الأنواع المختلفة من المفاصل.
- يوضّح كيفية الاعتناء بالجهاز الهيكلي.

(شكل 9)

قال الله تعالى:
﴿ وَلَقَدْ خَلَقْنَا ٱلْإِنسَٰنَ مِن سُلَٰلَةٍ مِّن طِينٍ ﴿١٢﴾ ﴿ ثُمَّ جَعَلْنَٰهُ نُطْفَةً فِى قَرَارٍ مَّكِينٍ ﴿١٣﴾ ﴿ ثُمَّ خَلَقْنَا ٱلنُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا ٱلْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا ٱلْمُضْغَةَ عِظَٰمًا فَكَسَوْنَا ٱلْعِظَٰمَ لَحْمًا ثُمَّ أَنشَأْنَٰهُ خَلْقًا ءَاخَرَ ۚ فَتَبَارَكَ ٱللَّهُ أَحْسَنُ ٱلْخَٰلِقِينَ ﴿١٤﴾ ﴾
[المؤمنون:١٢-١٤]

يتكوّن هيكل جنين الإنسان من الغضروف. قبل الولادة، يُضاف الكالسيوم والفوسفور إلى معظم الغضروف، فيتحوّل إلى عظام. البقعة الليّنة الموجودة في جمجمة الأطفال (شكل 9) هي عبارة عن نسيج ضامّ رخو يسمح للدماغ والجمجمة بالنموّ. أمّا لدى البالغين، فيُستبدَل النسيج الضامّ الرخو بصفائح عظمية صلبة في الجمجمة.

20

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 الهيكل العظمي

ادع الطلّاب إلى تفحّص نموذج ثلاثي الأبعاد للهيكل العظمي للإنسان، ومحاولة مضاهاته لما هو ممثّل في الشكل (10). شجّع الطلّاب على تحديد العظام المكوّنة للهيكل المحوري والهيكل الطرفي. اسأل:

* ما سبب تسمية الهيكل المحوري والهيكل الطرفي بهذين الاسمين؟ **(يكوّن الهيكل المحوري الجزء المحوري من هيكل الجسم أمّا الهيكل الطرفي فيكوّن الجزء الطرفي من هيكل الجسم.)**
* ما العظام المكوّنة للهيكل المحوري؟ **(الجمجمة، العمود الفقري والقفص الصدري)**
* ما العظام المكوّنة للهيكل الطرفي؟ **(عظام الذراعين، والساقين، وعظام منطقتي الحوض والأكتاف)**

حثّ الطلّاب على أن يمسكوا بأيديهم العظام حتى يفهموا جيدًا كيف يدعم الهيكل المحوري الجسم، وكيف يمكّن الهيكل الطرفي الجسم من الحركة في مختلف الاتجاهات.

**توظيف الأشكال**

**إجابتا سؤالي الشكل (10) صفحة 21 في كتاب الطالب**

* **(الهيكل المحوري: الجمجمة، الأضلاع، القصّ والفقرات)**
* **(الهيكل الطرفي: الترقوة، العضد، الزند، الكعبرة، عظام اليد (عظام رسغ اليد، أمشاط اليد، سلاميّات أصابع اليد)، الحرقفة، الفخذ، الرضفة، القصبة، الشظية وعظام القدم (رسغ القدم، أمشاط القدم، سلاميّات أصابع القدم))**

### 2.2 تركيب العظام

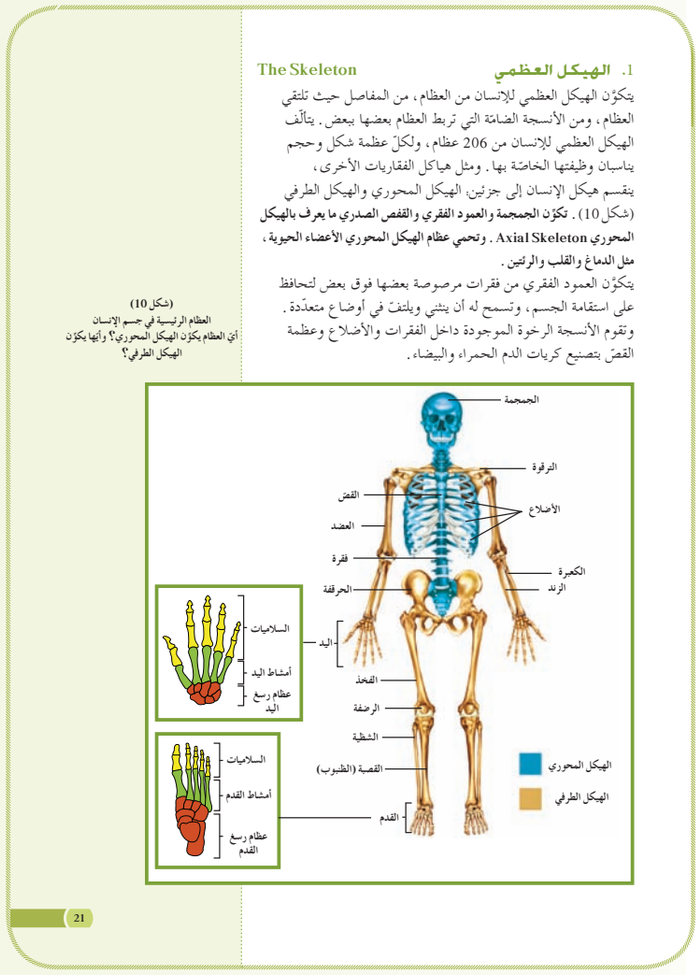
**نشاط توضيحي**

أحضر عظمة طويلة من بائع اللحوم. اقسمها إلى نصفين كي توضّح للطلّاب الاختلافات في تركيب العظم الكثيف والعظم الإسفنجي. بيّن للطلّاب أن التجاويف (أو الفراغات) الموجودة في العظم الإسفنجي تجعل هذا العظم أقلّ كثافة.

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (11). كي تساعدهم على فهم الشكل، أشر إلى مواضع عظمتي العضد والفخذ في الجسم، وعرّفهما على أنهما عظمتان طويلتان نموذجيتان. وظّف الشكل أكثر عن طريق مناقشة وظيفة كلّ تركيب.

أشر إلى أنّ الرسم الموجود إلى اليمين في الشكل (11) يوضّح قطاعًا عرضيًّا لعظم كثيف والرسم الموجود إلى اليسار يمثّل قطاعًا طوليًّا لعظمة طويلة. اطلب إلى الطلّاب استخدام الشكل للتمييز بين العظم الكثيف والعظم الإسفنجي. اسأل:

* ما التراكيب الموجودة في العظم الكثيف؟ **(قنوات هافرس، أوردة، شرايين وخلايا عظمية)**
* أين يوجد العظم الإسفنجي؟ **(في أطراف العظام الطويلة أي بجوار العظم الكثيف، وفي الجزء الأوسط من العظام المفلطحة (كعظام الجمجمة والأضلاع) والعظام القصيرة (كعظام الرسغ وسلاميّات اليد والقدم))**



1. الهيكل العظمي The Skeleton

يتكوّن الهيكل العظمي للإنسان من العظام، من المفاصل حيث تلتقي العظام، ومن الأنسجة الضامّة التي تربط العظام بعضها ببعض. يتألّف الهيكل العظمي للإنسان من 206 عظام، ولكلّ عظمة شكل وحجم يناسبان وظيفتها الخاصّة بها. ومثل هياكل الفقاريات الأخرى، ينقسم هيكل الإنسان إلى جزئين: الهيكل المحوري والهيكل الطرفي (شكل 10). **تكوّن الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري ما يعرف بالهيكل المحوري Axial Skeleton. وتحمي عظام الهيكل المحوري الأعضاء الحيوية، مثل الدماغ والقلب والرئتين.**

يتكوّن العمود الفقري من فقرات مرصوصة بعضها فوق بعض لتحافظ على استقامة الجسم، وتسمح له أن ينثني ويلتفّ في أوضاع متعدّدة. وتقوم الأنسجة الرخوة الموجودة داخل الفقرات والأضلاع وعظمة القصّ بتصنيع كريات الدم الحمراء والبيضاء.

(شكل 10)
العظام الرئيسية في جسم الإنسان
أي العظام يكوّن الهيكل المحوري؟ وأيها يكوّن الهيكل الطرفي؟

الجمجمة
الترقوة
القص
الأضلاع
العضد
فقرة
الكعبرة
الزند
الحرقفة
السلاميات
اليد
أمشاط اليد
عظام رسغ اليد
الفخذ
الرضفة
الشظية
القصبة (الظنبوب)
القدم
السلاميات
أمشاط القدم
عظام رسغ القدم
الهيكل المحوري
الهيكل الطرفي

21

**توظيف الأشكال**

**إجابة سؤال الشكل (11) صفحة 23 في كتاب الطالب: (العظم الكثيف أكثر كثافة ويحتوي على قنوات هافرس.)**

**تصويب مفهوم خاطئ**

يعتقد الطلّاب، غالبًا، أن العظم عبارة عن تركيب غير حيّ في الجسم. أكّد لهم أن العظم نسيج حيّ لأنّه يتكوّن من خلايا حية. قد يُواجه بعض الطلّاب صعوبة في تصوُّر العظم كنسيج حيّ. اسأل:

* أيّهما، في اعتقادك، أفضل نموذج للعظم، الطبشورة أم الإسفنج؟ (قد يجيب بعض الطلّاب بأنّ الطبشورة نموذج أفضل.) أشر إلى أنّ الطبشورة قد تكون أقرب إلى العظم من حيث الشكل، ولكنّ قطعة الإسفنج أقرب إليه من حيث التركيب. فكلاهما يحتوي على شبكة من الأنابيب أو الفراغات يمكن أن تمرّ الأشياء خلالها. اسأل:
* ما الذي يمرّ خلال الأنابيب والفراغات الموجودة داخل العظم؟ **(أوعية دموية وأعصاب)**

## علم الأحياء في حياتنا اليوميّة

### تباطؤ نموّ العظمي

قد يكون الطلّاب شغوفين بالبحث عن الاختلالات العظمية الموروثة من مثل التكوّن العظمي الناقص أو القزامة.

### كوّن علاقات

### الصلة بعلم الصحّة

أخبر الطلّاب أنّ عظام الجسم لا بدّ من أن تتعرّض لتأثير الوزن حتى تحصل عملية التعظّم، لأنّه ينبّه الخلايا البانية للعظم لإفراز العناصر المعدنية في الغضاريف كي تتحوّل إلى عظام. اسأل:

- في اعتقادك، ما تأثير التمرينات الرياضية من مثل الركض في عظام الساقين؟ **(سوف تحثّ عملية التعظّم، وبالتالي ستحتوي العظام على عناصر معدنية أكثر وتصبح أقوى.)**
- في اعتقادك، ما الذي قد يحدث للعظام التي لا تتعرض لتأثير الوزن كعظام روّاد الفضاء في حالة انعدام الجاذبية؟ **(ستفقد العظام العناصر المعدنية بسبب غياب القوّة الممارسة عليها فتصبح أضعف.)**

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «لماذا تدخل العناصر المعدنية في تركيب العظام؟» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 19–20. يساعد هذا النشاط الطلّاب على تعرّف أهمية العناصر المعدنية في تركيب العظام.**

### نشاط توضيحي

وضّح للطلّاب أن العظام تحتوي على الكولاجين وهو مادّة عضوية بروتينية. أحضر إلى الصف عظمة دجاجة نظيفة وبعد أن تشير إلى أنها صلبة وغير مرنة، انقعها في الخل في كأس زجاجي. ثم أخرجها بعد عدّة أيام وادعُ الطلّاب إلى فحصها. سيلاحظون أنّها أصبحت مطّاطية ومرنة. وضّح لهم أن الخلّ قد أذاب الكالسيوم (عنصر معدني) الموجود في العظم تاركًا الكولاجين. اسأل:

- ما دور الكولاجين في العظم؟ **(يكوّن هيكلًا للعناصر المعدنية في العظم ويُكسبه بعض المرونة.)**

## 3.2 وظائف العظام

تأكد من فهم الطلاب للوظائف الأساسية للجهاز العظمي ثم اسألهم: ما هي وظائف العظام؟ **(تدعّم العظام الجسم وتعطيه شكله كما تخزّن العناصر المعدنية من مثل الكالسيوم والفوسفور، وتحمي أعضاء الجسم الداخلية وتسمح بالحركة ويصنّع نخاع العظام خلايا الدمّ.)**



تكوّن عظام الذراعين والساقين مع عظام كلّ من منطقتي الحوض والأكتاف ما يُعرف بالهيكل الطرفي **Appendicular Skeleton**. وتتحرّك عظام الذراعين وعظام الساقين مثل الروافع، ما يسمح بالمشي والجري وتناول الطعام وأداء جميع الأنشطة الخاصّة بالكائنات الأرضية المتحرّكة.

يُخزّن عنصر الكالسيوم في العظام، ما يكسبها صلابتها المعروفة، وهو يعتبر عنصرًا ضروريًا للغاية، لأنّ الجسم يحتاج إليه من أجل الانقباض العضلي ونقل النبضات العصبية.

### 2. تركيب العظام Bone Structure

تكتسب العظام صلابتها من العناصر المعدنية الموجودة فيها، بخاصّة الكالسيوم والفوسفور. وبسبب شدّة صلابة العظام، فإنّك قد تعتقد أنّها غير حية، إلّا أنّها عبارة عن نسيج حي يحتوي على خلايا وعناصر معدنية.

ويغطّي العظام غشاء يُسمّى السمحاق Periosteum، يتفرّع خلاله الكثير من الأوعية الدموية الصغيرة التي يتحرّك الدم من خلالها، حاملًا الموادّ الغذائية إلى العظام وساحبًا منها الفضلات. ولا يوجد غشاء السمحاق عند أطراف العظام.

قد يكون نسيج العظام إسفنجيًا أو كثيفًا. العظم الإسفنجي عبارة عن نسيج مملوء بالفراغات، موجود عند أطراف العظام الطويلة وفي الجزء الأوسط من العظام المفلطحة والقصيرة. أمّا العظم الكثيف فيوفّر الدعامة للجسم، وهو موجود في جسم العظام الطويلة مثل عظم العضد وعظم الفخذ.

**ويُعرف النسيج الرخو الذي يملأ بعض تجاويف العظام بنخاع العظم Bone Marrow**. يوضّح الشكل (11) الفراغات الكبيرة في العظم الإسفنجي التي تحتوي على نخاع العظم الأحمر، وهو المادّة التي تنتج خلايا الدم.

نوع آخر من نخاع العظم يُعرف بنخاع العظم الأصفر، يتكوّن في معظمه من خلايا دهنية، وغالبًا ما يوجد داخل التجويف الموجود في جسم العظام الطويلة.

لاحظ القنوات الدائرية الموجودة في العظم الكثيف في الشكل (11)، والتي تُسمّى **قنوات هافرس Haversian Canals، وهي عبارة عن فراغات تمرّ خلالها الأعصاب والأوعية الدموية**. بسبب وجود قنوات هافرس، تكون كتلة العظم الكثيف أخفّ عمّا لو كان مصمتًا.

**وتوجد داخل العظام خلايا معيّنة تُعرف بالخلايا البانية للعظم Osteoblasts، تقوم بتكوين خلايا عظمية جديدة ضرورية لعملية نموّ العظام وترميمها**. وتتركّز الخلايا البانية للعظام في كلّ من العظم الكثيف والعظم الإسفنجي على السطح الداخلي لغشاء السمحاق.



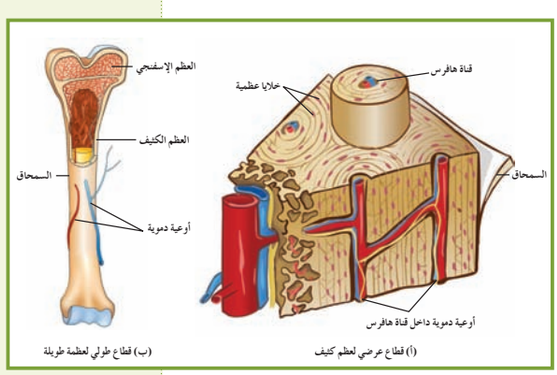
**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**تباطؤ نموّ العظام**

يزداد طول عظام الأطفال بنسبة 50% بعد السنة الأولى من الولادة. لماذا لا يبلغ طول الأطفال ذوي السنوات الست طول الأشخاص البالغين؟

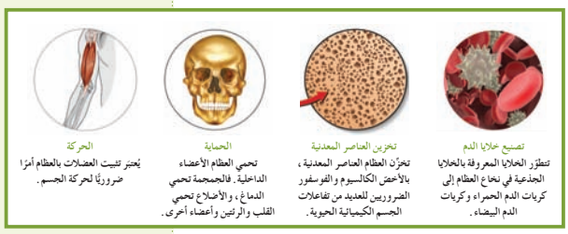
قد تبطئ إشارات بناء البروتين في الجسم النموّ السريع ليصبح المعدّل السنوي لاستطالة العظام 7% فقط ابتداء من سنّ ثلاث سنوات.




(شكل 11)
تركيب أحد العظام الطويلة مثل عظم الفخذ أو العضد. ما الاختلاف الذي تراه بين العظم الإسفنجي والعظم الكثيف؟

### 3. وظائف العظام Bone Functions

يرتبط تركيب العظام بالوظيفة التي تؤدّيها. فعظام الجهاز الهيكلي تدعم الجسم وتعطيه شكله المميّز. وبالإضافة إلى التدعيم، للعظام أيضًا الوظائف المذكورة في الشكل (12).




(شكل 12)
وظائف العظام

## 4.2 النسيج الغضروفي

دع الطلّاب يلمسون أطراف أنوفهم، وكذلك آذانهم ويصفون ما يشعرون به. أشر إلى أن المادّة المرنة في الأنف والأذن الخارجية وكذلك في الحنجرة عبارة عن غضروف. يوجد الغضروف أيضًا في المناطق المعرّضة للتآكل من مثل أطراف العظام، والأقراص الموجودة بين الفقرات في العمود الفقري. اسأل:

* ما وظيفة الغضاريف في الجسم؟ **(توفّر المرونة لبعض أجزاء الجسم.)**

## 5.2 المفاصل

دع الطلّاب يدرسون الشكل (14) ويعيدون تنظيم المعلومات الواردة فيه في جدول من ثلاثة أعمدة تحمل، على التوالي، العناوين التالية: نوع المفصل، مدى الحركة وأمثال. اقترح على الطلّاب أن يزوّدوا جدولهم بصور أو رسومات لتوضيح الأنواع الأربعة من تلك المفاصل المتحرّكة ووضعها في الخانة الثالثة. شجّع الطلّاب على أن يوظّفوا الصور التي توضّح مدى الحركة لكلّ نوع من المفاصل حرّة الحركة.

أشر إلى أنّ ألم وتر المرفق والركبة المتورّمة عبارة عن نوعين من التهاب الكيس الزلالي الذي يصيب عادة المفاصل حيث تحتكّ أطراف العظام بعضها ببعض. يُعالَج التهاب الكيس الزلالي عن طريق عدم تحريك (تثبيت) المفصل وإراحته ووضع الثلج عليه لتخفيف التورّم. وفي الحالات المزمنة، قد يلزم تدخّل جراحي لإزالة ترسبات الكالسيوم التي تتكوّن على أطراف العظام في المفصل المصاب.

### نشاط توضيحي

ادعُ طالبًا متطوعًا إلى الوقوف أمام زملائه. اذكر اسم أحد المفاصل واطلب إليه أن يوضّح مدى الحركة التي يسمح بها هذا المفصل. كرّر الخطوات نفسها لتوضيح مدى حركة باقي أنواع المفاصل. شجّع الطلّاب في كلّ مرّة على أن يُحددوا المفاصل الأخرى التي تسمح بمدى الحركة نفسه.

### 4. النسيج الغضروفي Cartilage Tissue

يتمّ استبدال العظام طوال فترة الحياة. فالهيكل العظمي للجنين يتكوّن بمعظمه من الغضاريف. النسيج الغضروفي هو نسيج ضامّ كالنسيج العظمي يتكوّن من خلايا غضروفية كبيرة ومستديرة الشكل موجودة داخل شبكة من ألياف بروتينية من الكولاجين والإلستين (شكل 13).




(شكل 13)
النسيج الغضروفي

وعلى عكس النسيج العظمي لا يحتوي النسيج الغضروفي على أعصاب أو أوعية دموية. وتستمدّ الخلايا الغضروفية حاجتها من المغذيات، بواسطة الانتشار من الشعيرات الدموية الموجودة في الأنسجة المحيطة بالغضروف.

والنسيج الغضروفي ثلاثة أنواع:

- الغضروف الزجاجي Hyaline Cartilage وهو الأكثر انتشارًا في الجسم ومنه الغضروف الموجود عند أطراف العظام في المفاصل حرّة الحركة، الأنف وجدر الممرّات التنفّسية.
- الغضروف الليفي Fibro Cartilage وهو غضروف صلب وقوي يحتوي على كمّية كبيرة من ألياف الكولاجين الصلبة والكثيفة وغالبًا ما نجده بين فقرات العمود الفقري.
- الغضروف المرن Elastic Fiber وهو أكثر أنواع الغضاريف مرونة لأنّه يحتوي على كمّية أكبر من ألياف الإلستين إلى جانب ألياف الكولاجين. وهو يكوّن الأذن الخارجيّة ولسان المزمار.

ومع مرور الوقت، تُستبدَل معظم الغضاريف الموجودة في ذراعي الطفل وساقيه بالعظام. وكلّما نما الطفل وتطوّر، يُستبدَل معظم الغضروف المتبقّي تدريجيًّا بعظام أثقل وزنًا وأكثر صلابة. ويستمرّ الجهاز الهيكلي باستبدال الغضاريف في العظام حتّى يبلغ الشخص 25 عامًا، لكن تبقى بعض الغضاريف بصفة دائمة في الجهاز الهيكلي مثالًا على ذلك، أذناك الخارجيتان وطرف أنفك والوسائد الموجودة بين فقرات عمودك الفقري. حاول أن تثني أنفك وأذنيك بلطف، سوف ترى أنّ الغضاريف تجعل هذه الأجزاء مرنة وقابلة للانثناء.



### 5. المفاصل Joints

**تُعرف الأماكن حيث تتلاقى العظام في الجسم بالمفاصل Joints**. يسمح معظم مفاصل الجسم بالحركة بين العظام، لكنّ تركيب بعضها يمنع الحركة. وتُصنّف المفاصل إلى عدّة أنواع، عديمة الحركة، محدودة الحركة وحرّة الحركة (أو واسعة الحركة).

لا تحدث الحركة في المفاصل عديمة الحركة مثل تلك الموجودة بين عظام جمجمة الإنسان البالغ. وتسمح المفاصل محدودة الحركة مثل تلك الموجودة بين الفقرات في العمود الفقري بمقدار صغير من الحركة. أمّا المفاصل حرّة الحركة مثل مفاصل الكوع، الرسغ والكتف، فتسمح بمدى واسع من الحركة (شكل 14).

(شكل 14)
المفاصل حرّة الحركة

## 6.2 العناية بهيكلك العظمي

**تصويب مفهوم خاطئ**

قد يعتقد الطلّاب أن العظم المكسور يصبح أقوى ممّا كان عليه في الأصل بعد أن يلتحم. فسِّر أنّ العظم يصبح قويًّا حين يلتحم إلّا أنّه يظلّ أضعف ممّا كان عليه.

بعد أن تستعرض مسامية أو تخلخل العظام، أكِّد على أهمية أن تُبنى كتلة العظام أثناء مرحلة الشباب. اسأل الطلّاب عمّا يفعلونه لتقوية العظام وحماية جهازهم الهيكلي.

## 3. قيّم وتوسّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم الأداء، اسأل:

* ما وظائف نخاع العظام والخلايا البانية للعظم؟ **(ينتج نخاع العظام خلايا الدم أمّا الخلايا البانية للعظم فتصنع خلايا عظمية جديدة لازمة لنموّ العظام وترميمها.)**
* ما وظائف العظم؟ **(يوفر الدعامة والحماية ويصنع خلايا الدم ويخزّن العناصر المعدنية وتتثبّت به العضلات.)**
* ما المفاصل وكيف تُصنَّف؟ **(المفاصل مواضع تتقابل فيها العظام وهي تصنَّف وفقًا لمدى الحركة الذي تسمح به.)**

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–2**

1. يتضمّن الجهاز الهيكلي الهيكل المحوري والهيكل الطرفي. ويتألّف كلّ منهما من عظام، غضاريف، أربطة وأوتار.
2. تتألّف العظمة من عظم إسفنجي وعظم كثيف مغطًّى بغشاء السمحاق. ويملأ النّخاع التجويف الموجود داخل العظم. وتحتوي العظمة على قنوات هافرسية تمرّ خلالها الأوعية الدموية والأعصاب.
3. لن تكون الغضاريف صلبة بما فيه الكفاية لتحمّل وزن الإنسان البالغ في وضعية الوقوف المستقيم على الأرض.
4. يُعتَبر ميزة لأنّه يساعد على نمو الجمجمة والدماغ عند الطفل.

### اكتساب المهارات

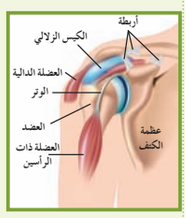
**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

* **مهارة توظيف النماذج:** زوِّد الطلّاب ببعض الأدوات مثل شريط ورقي لاصق، خلال الاسنان، قطع من الإسفنج، معجون تشكيل (صلصال)، دبابيس رسم وصمغ. شجّع الطلّاب على صنع نماذج لواحدٍ أو أكثر من أنواع المفاصل الموضّحة في الشكل (14). ثمّ ادعهم إلى عرض نماذجهم الكاملة على زملائهم في الصف. اسأل:

  ما نوع المفصل وما مدى الحركة الذي يسمح به النموذج؟ **(يجب أن توضّح النماذج مدى حركة أحد أنواع المفاصل الأربعة الموضّحة في الشكل (14). اطلب إلى طالب آخر أن يعطي أمثلة على هذا النوع من المفاصل.)**
* **مهارتا المقارنة والمباينة:** اطلب إلى الطلّاب رسم جدول للمقارنة بين العظام والغضاريف ومباينتها. دع طالبًا متطوعًا يُسجِّل المعلومات في جدول على السبّورة بينما يذكر الطلّاب الآخرون أوجه الشبه والاختلاف بين هذين النوعين من الأنسجة.

تعمل الوسائد الغضروفية الموجودة داخل المفاصل على حفظ أطراف العظام من الاحتكاك بعضها ببعض. ويتمّ تليين بعض المفاصل حرّة الحركة وحمايتها بواسطة أكياس مملوءة بسائل، تُسمّى الأكياس الزلالية. تمتصّ الأكياس الزلالية تأثير الضغط المفاجئ على المفصل. توجد بعض الأكياس الزلالية عند الولادة، لكنّ بعضها الآخر يتكوّن في وقت لاحق من الحياة في المفاصل التي يكثر استخدامها، مثل مفصل الكتف الموضّح في الشكل (15).

ترتبط عظام وعضلات المفاصل حرّة الحركة بعضها ببعض بواسطة الأربطة والأوتار. **فالأربطة Ligaments هي عبارة عن النسيج الضامّ الذي يربط إحدى العظام بعظمة أخرى، أمّا الأوتار Tendons فعبارة عن النسيج الضامّ الذي يثبّت العضلات بالعظام.**




(شكل 15)
تربط الأربطة العظام بعضها ببعض أمّا الأوتار فتثبّت العضلات بالعظام وتقلّل الأكياس الزلالية الاحتكاك بين العظام وتمتص الصدمات.

### 6. العناية بهيكلك العظمي

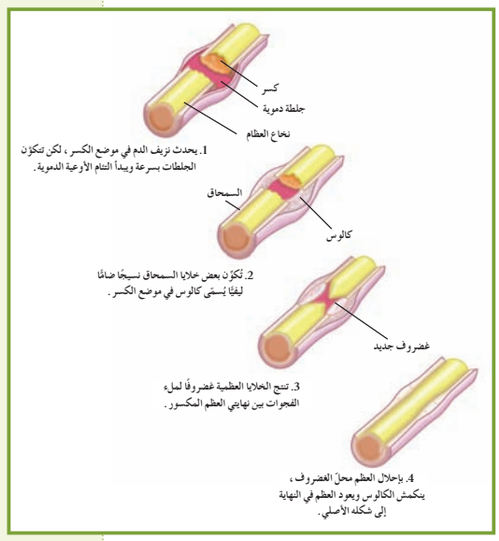
**Care of Your Skeleton**

على الرغم من أنّ جهازك العظمي قوي ومتين، إلّا أنّه معرّض للإصابات. **فيُعتبَر انواء المفصل** إحدى الإصابات الضارّة للأربطة والأوتار. وقد يؤدّي التحميل الزائد على الكتف أو على أيّ مفصل آخر من المفاصل حرّة الحركة إلى ورم الكيس الزلالي للمفصل، وتُعرف هذه الحالة التي تسبّب الألم الشديد باسم **التهاب الكيس الزلالي**. وقد يتسبّب حادث أو الوقوع على الأرض في كسر إحدى عظامك. يجب عندها أن يُعاد العظم المكسور إلى ما كان عليه قبل الكسر، ثم يُربَط بجبيرة أو قطعة من الخشب. مع مرور الوقت يشفى الكسر، ويتمّ ذلك بحسب الخطوات الموضّحة في الشكل (16).

يمكن أيضًا أن يتأثّر جهازك العظمي بالأمراض التي تتضمّن أشكالًا متعدّدة من التهاب المفاصل **Arthritis**، **وهو المرض الذي يسبّب تصلّب المفاصل والتهابها بالإضافة إلى الآلام المبرحة. ويُعرف مرض آخر بمسامية (تخلخل) العظام Osteoporosis، وهو يُسبّب هشاشة العظام وسهولة كسرها.** وقد ينحلّ العمود الفقري لدى الأشخاص الذين يعانون من مسامية العظام، فتظهر حدبة في الظهر عند مستوى الكتفين، أو ينتج قصر في طول القامة. ويمكن لنظام غذائي صحّي وبرنامج تمرينات حمل الأثقال بدأ في مرحلة مبكرة من العمر أن يساهم في منع الإصابة **بمسامية العظام**.

ويتطلّب نموّ عظام قوية توفّر الكالسيوم والفيتامين «D»، لذا من المهمّ أن تتناول طعامًا غنيًّا بهاتين المادّتين الغذائيتين لكي تحافظ على صحّة جهازك الهيكلي. وتشمل الأغذية الغنية بعنصر الكالسيوم الحيوانات الصدفية البحرية، والخضراوات الورقية الخضراء، ومنتجات الألبان التي هي أيضًا غنية بفيتامين «D». يستطيع الجسم أيضًا أن يصنع فيتامين «D» بنفسه باستخدام ضوء الشمس. وتساعد التمارين الرياضية مثل المشي أو الجري أيضًا في تقوية العظام.






(شكل 16)
النتام كسور العظام

### مراجعة الدرس 1–2

1. اذكر أجزاء الجهاز العظمي وممّ تتكون.
2. صف تركيب إحدى العظام.
3. **سؤال التفكير الناقد:** يرى أحد أصدقائك أنّ الهيكل المكوّن من الغضاريف بالكامل أفضل من ذلك الذي يتكوّن من العظام. هل توافقه الرأي؟ فسّر إجابتك.
4. **أضف إلى معلوماتك:** معظم عظام المولود الجديد مكوّنة من غضاريف. لماذا تُعتبر هذه ميزة؟

**الأهداف:**
- يقارن بين أنواع عضلات الإنسان الثلاثة.
- يفسِّر كيف تنقبض عضلات الإنسان.
- يوضِّح كيفية الاعتناء بالجهاز العضلي.

**الأدوات المستعملة:** شفافيات وصور لتركيب اللّيف العضلي ومجسَّم لعضلات الإنسان.

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (17)، ويقرأون التعليق المصاحب لها. بيّن أن الانقباض العضلي يمكّن الجسم من أداء جميع أنواع الحركة بدءًا من الابتسام وصولًا إلى الركل العنيف في لعبة كرة القدم. ثمّ اسأل:

- ما العملية التي تمدّ العضلات بالطاقة؟ **(التنفّس الخلوي)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول عضلات الإنسان، وجّه إليهم السؤال التالي:

- ما العمليات الحيوية الأخرى، خلاف الحركة، التي تتطلّب وجود العضلات؟ **(قد تتضمّن الإجابات التنفّس، الهضم، نبض القلب والإخراج.)**

**نشاط توضيحي**

اطلب إلى أحد الطلّاب أن يتطوّع بالوقوف عند باب الفصل. دعه يضع باطن كلتا يديه مقابل عضادة الباب، ويضغط إلى الأعلى وإلى الخارج لمدّة 30–40 ثانية. ثمّ اطلب إليه أن يتقدّم إلى الأمام، ويصف ما الذي حدث ليديه.

وضّح أن ذراعي الطالب ترتفعان لأنّ عضلات الذراعين ما زالت في حالة الانقباض. أخبر الطلّاب أنهم سيتعلّمون في هذا الدرس كيف تعمل العضلات.

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 أنواع العضلات

- ادع الطلّاب إلى تفحّص نموذج أو مجسّم ثلاثي الأبعاد للعضلات الهيكلية للإنسان. شجّعهم على تحديد بعض العضلات في أجسامهم كما هو مبيَّن في الشكل (18). دعهم يتحسّسون بأيديهم عضلات الوجه أثناء الكلام أو عضلات اليدين أو الرجلين أثناء تحريكها.



**صفحات الطالب: من ص 28 إلى ص 38**

**عدد الحصص: 2**

الدرس 1-3
عضلات الإنسان
Human Muscles

**الأهداف العامة**
- يقارن بين الأنواع الثلاثة من عضلات الإنسان.
- يفسّر كيف تنقبض عضلات الإنسان.
- يوضّح كيفية الاعتناء بالجهاز العضلي.

(شكل 17)

لو بذلت القوة القصوى لجميع عضلات جسمك في اتّجاه واحد، فإنّها ستنتج قوّة تكفي لجرّ سلسلة من 13 سيارة (شكل 17). لكن تحتاج انقباضات العضلات كميّة ضخمة من الطاقة. ففي اليوم الواحد، نستنفد جميعًا طاقة تكفي لرفع 11 000 كيلوجرام تقريبًا من الطوب.

**1. أنواع العضلات** Types of Muscles

تؤدي عضلات الإنسان العديد من الوظائف المتنوّعة في الجسم. فعندما تمشي أو تمضغ الطعام أو ترقص، تحرّك عضلات هيكلك العظمي. كذلك يحتوي جسمك على أنواع أخرى من العضلات تحافظ على استمرار ضربات قلبك، وتحرّك الطعام في قناتك الهضمية، وتساعد أعضاء جسمك الداخلية الأخرى في أداء وظائفها.

يتواجد النسيج العضلي في كلّ مكان من الجسم، ليس تحت الجلد فحسب، إنّما في عمق الجسم أيضًا. توجد ثلاثة أنواع مختلفة من العضلات هي الهيكلية والملساء والقلبية، ولكلّ نوع منها تركيب مختلِف يؤدّي دورًا مختلفًا في الجسم.

28

اسأل: هل هناك عضلات في الجسم لا نستطيع أن نراها وتقوم بأعمال مختلفة؟ **(نعم، من مثل العضلات الموجودة في جدار المعدة والأمعاء التي تحرّك الطعام والعضلات الموجودة في جدار الأوعية الدموية التي تحرّك الدمّ.)**

* دع الطلّاب يقارنون بين الأنسجة العضلية الموضّحة في الأشكال 19، 20 و21. اسأل:
* كيف تتشابه العضلة الهيكلية والعضلة القلبية؟ **(كلتاهما مخطّطتان)**
* صف شكل الخليّة العضلية الملساء. **(مغزلية الشكل)**
* أين توجد العضلة القلبية؟ **(في القلب)**

**نشاط سريع**

شجّع الطلّاب على تنظيم المعلومات المتعلّقة بأنواع النسيج العضلي في جدول مقارنة. يجب أن يتضّمن جدولهم أعمدة عن نوع النسيج، كيفية التحكّم به، موقعه في الجسم، شكله (مخطّطًا أم لا)، حجم خلاياه وعدد النواة فيها. راجع الجداول الكاملة للتأكّد من صحّتها وانصح الطلّاب بالاحتفاظ بجدولهم لعرضه على الصف أو إضافته إلى ملفّاتهم.

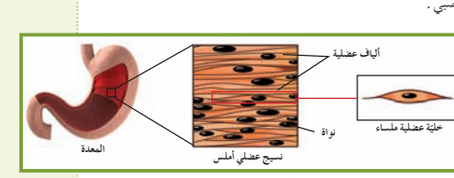
## 2.2 العضلات والحركة

استخدم المحاكاة لتفسّر عمل العضلات في أزواج متقابلة. قارن عمل العضلات بحركة الباب، فسحب شخص ما الباب لفتحه يشبه حركة العضلة المثنية أو القابضة في حين تشبه آلية الإنغلاق عمل العضلة الباسطة عند دفع الباب بالاتجاه المعاكس لإغلاقه. أكّد على أنّ الباب سيظلّ مفتوحًا من دون آلية الإنغلاق.

### 2.1 العضلات الملساء Smooth Muscles

لا تخضع العضلات الملساء عادة للتحكّم الإرادي. للخليّة العضلية الملساء شكل مغزلي، وهي تحتوي على نواة واحدة وغير مخطّطة، لذلك تُسمّى أحيانًا العضلات غير الإرادية أو العضلات غير المخطّطة. توجد العضلات الملساء في جدران الأعضاء الجوفاء مثل المعدة والأوعية الدموية والقناة الهضمية (شكل 20). وهي تحرّك الطعام عبر القناة الهضمية، وتتحكّم في مسار انسياب الدم خلال جهازك الدوري، وتسمح بتقلّص حجم بؤبؤ العين في الضوء الساطع.

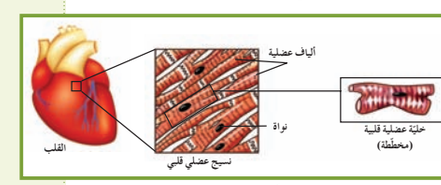
يمكن لمعظم العضلات الملساء أن تؤدّي وظيفتها من دون التنبيه العصبي.




(شكل 20)
العضلة الملساء

### 3.1 العضلات القلبية Cardiac Muscles

تتواجد العضلات القلبية في مكان واحد فقط في الجسم، وهو القلب. وللعضلات القلبية معظم المعالم الموجودة في كلّ من العضلات الهيكلية والعضلات الملساء، فهي مخطّطة مثل العضلات الهيكلية على الرغم من أنّ خلاياها أصغر في الحجم. ولخلايا العضلات القلبية عادة نواة واحدة، لكن قد تكون لها نواتان. وهي تشبه العضلات الملساء لأنّها لا تخضع للتحكّم المباشر للجهاز العصبي المركزي (شكل 21).



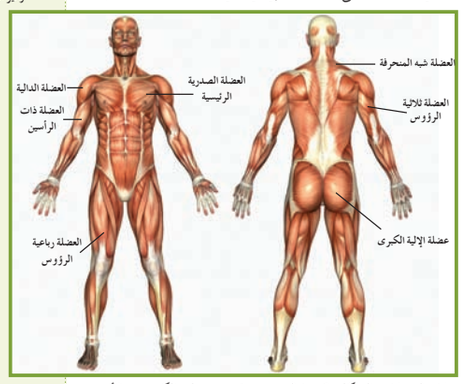

(شكل 21)
العضلة القلبية



### 1.1 العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

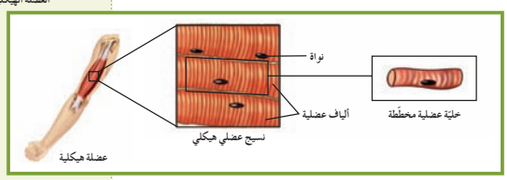
**العضلات الهيكلية Skeletal Muscles عبارة عن نسيج عضلي مخطّط مثبّت بعظام الهيكل العظمي** (شكل 18)، **وهي مسؤولة عن الحركات الإرادية مثل الكتابة والجري**. ويتمّ ضبط عمل معظم العضلات الهيكلية بواسطة الجهاز العصبي المركزي. وعند فحص العضلات الهيكلية بالقوّة الكبرى للمجهر، ستلاحظ أشرطة فاتحة متبادلة مع أخرى داكنة، وهذا ما يُطلَق عليه اسم التخطيط، لذلك تُسمّى العضلات الهيكلية أحيانًا العضلات المخطّطة.

(شكل 18)
يحتوي جسم الإنسان على أكثر من 600 عضلة هيكلية. اكتب اسم أيّ من العضلات التي تعرفها وغير المدوّنة على الشكل.




خلايا العضلات الهيكلية كبيرة الحجم، وتحتوي على الكثير من الأنوية، ويتراوح طولها بين ملّيمتر واحد وحوالي 30 cm. ولأنّ خلايا العضلات الهيكلية طويلة وأسطوانية الشكل، فإنّها غالبًا ما تُسمّى أليافًا عضلية (شكل 19). تترتّب الألياف العضلية الهيكلية في شكل حزم، وتنقبض هذه الحزم العضلية كاستجابة لوصول النبضات العصبية إليها. وعندما تنقبض العضلة الهيكلية، إنّها تحرّك جزء الهيكل الذي تثبّت به.

(شكل 19)
العضلة الهيكلية

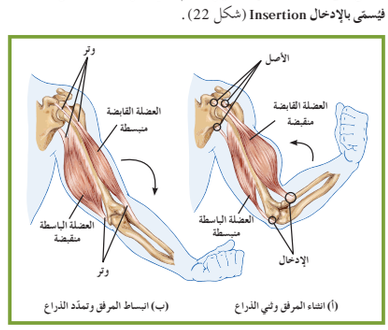





### 2. العضلات والحركة Muscles and Movement

تحرّك العضلة الهيكلية إحدى العظام عندما تنقبض أو تقصر في الطول، وتعود تلك العظمة إلى موضعها الأصلي عندما تنبسط أو ترتخي العضلة الهيكلية وتستعيد شكلها وطولها السابقين. لا تبذل العضلة جهدًا إلّا عندما تنقبض، وهي تحرّك إحدى العظام في اتّجاه واحد فقط.

تقوم العظام بتثبيت العضلات بها إذ ترتبط معظم العضلات بالعظام الهيكلية بواسطة الأوتار، وهذا ما يساعد العضلات على تحريك أجزاء الجسم. **وتسمّى نقطة ارتباط الوتر بالعظم الذي يبقى ثابتًا أثناء انقباض العضلة الأصل Origin. أمّا نقطة ارتباط الوتر بالعظم الذي يتحرك نتيجة انقباض العضلة فيُسمّى بالإدخال Insertion** (شكل 22).




(شكل 22)
ما العضلة التي يجب أن تنقبض كي تثني مرفقك (كوعك)؟

لكي تتمّ الحركة في اتّجاهين، تعمل عضلات هيكلية عديدة في أزواج تتناوب على الانقباض والانبساط. **العضلة التي تثني المفصل تُسمّى عضلة مثنية أو قابضة Flexor، والعضلة التي تبسط أو تمدّد المفصل على استقامته تُسمّى عضلة باسطة Extensor** وتُسمّى هاتان العضلتان العضلتين المضادّتين. فلثني المرفق على سبيل المثال، تنقبض العضلة القابضة وتنبسط العضلة الباسطة (شكل 22 – أ). أمّا لبسط المرفق فتنقبض العضلة الباسطة وتنبسط العضلة القابضة (شكل 22 – ب).

حتّى لو لم تكن تحرّك عضلاتك الهيكلية بشكل إرادي، فهذه الأخيرة لا تكون مرتخية تمامًا. فدائمًا ما تكون العضلات الهيكلية منقبضة بدرجة بسيطة، ويعرف هذا الانقباض البسيط بالتوتّر العضلي Muscle Tone. ويساعدك هذا التوتّر العضلي في الحفاظ على وضعك قائمًا، ويحفظ أعضاءك الداخلية في مواضعها.

**تصويب مفهوم خاطئ**

عندما يفكّر الطلّاب في تدريب عضلاتهم أو تمرينها برفع الأثقال مثلًا، قد يظنّون أنهم يدرّبون عضلاتهم الهيكلية فقط. أشر إلى أن العضلة القلبية تستفيد أيضًا من هذه التمارين فهي على غرار العضلات الهيكلية، تزداد قوّة وكفاءة من خلال التمرين والتدريب المنتظم. ويلزم تدريب القلب ممارسة التمارين الهوائية لمدّة 20 دقيقة على الأقل فهي تزيد معدّل ضربات القلب وتُشغِّل العضلات الهيكلية الكبيرة. اسأل:

ما هي بعض النشاطات التي تعدّ تمارين هوائية؟ **(تتضمّن الأمثلة: المشي السريع، الركض، ركوب الدرّاجة، لعب كرة القدم، كرة السلة والسباحة.)**

**توظيف الأشكال**

إجابة سؤال الشكل (22) صفحة 31 في كتاب الطالب: **(العضلة القابضة)**

## 3.2 تركيب العضلة الهيكلية وانقباضها

الفت انتباه الطلّاب إلى الشكل (23). تحقّق من فهمهم إيّاه واجعلهم يُرتّبون المصطلحات التالية من الأكبر إلى الأصغر حجمًا: الميوزين، الليف العضلي، العضلة الهيكلية والليف العضلي. **(العضلة الهيكلية، الليف العضلي، الليف العضلي، الميوزين).** اسأل:

- أيّ جزء من الرسم يمثّل خليّة عضلية واحدة؟ **(الليف العضلي)**
- ما المستوى الأعلى أو الأكبر في تركيب العضلات الهيكلية؟ **(حزم الألياف العضلية)**
- أين تقع الليفات العضلية؟ **(في الألياف العضلية)**
- ما المستوى الأدنى أو الأصغر في تركيب العضلات الهيكلية؟ **(القطعة العضلية وهي تتألّف من خيوط الأكتين والميوزين وتشكّل مجتمعة الليفات العضلية.)**

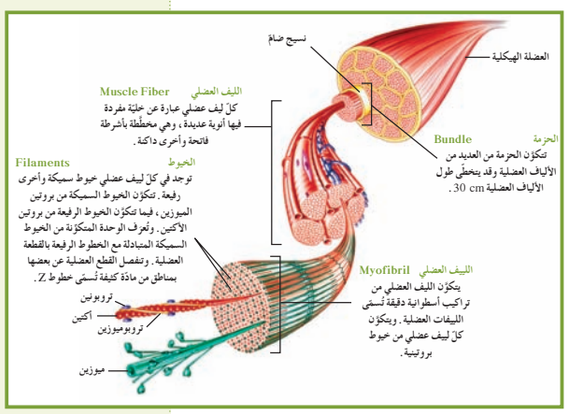
**نشاط توضيحي**

كي تُحسِّن فهم الطلّاب لتركيب النسيج العضلي، ارسم شكلًا تخطيطيًّا على السبّورة يوضّح العلاقات في ما بين أجزاء النسيج العضلي. دع بعض الطلّاب يتطوعون لإضافة البيانات والمعلومات إلى الشكل التخطيطي. تأكّد من أن إضافات الطلّاب تتضمّن الحزم العضلية، الألياف العضلية، الليفات العضلية والخيوط.




### 3. تركيب العضلة الهيكلية وانقباضها
### The Stucture and Contraction of Skeletal Muscle

تتكوّن العضلات الهيكلية من حزم من الألياف العضلية، وكلّ حزمة Bundle تُغطّى بنسيج ضامّ. وتتركّب الألياف العضلية Muscle Fibers من تراكيب صغيرة تُسمّى الليفات العضلية Myofibril، وكلّ ليف عضلي يتكوّن كذلك من تراكيب أصغر تُسمّى الخيوط Filaments (شكل 23).




(شكل 23)
تركيب العضلات الهيكلية

يتكوّن التخطيط الموجود في خلايا العضلات الهيكلية من خيوط سميكة متبادلة مع خيوط رفيعة. وتتكوّن الخيوط السميكة من مادّة بروتينية تُسمّى الميوزين، كما تتكوّن الخيوط الرفيعة أساسًا من مادّة بروتينية تُسمّى الأكتين (شكل 23). وتترتّب الخيوط على طول الألياف العضلية في شكل وحدات تُسمّى القطع العضلية Sarcomere، وهي تنفصل عن بعضها بواسطة مناطق تُسمّى خطوط Z (شكل 24).

## كوّن علاقات

### الصلة بتاريخ العلم

قبل ظهور نظرية الخيوط المنزلقة للانقباض العضلي في الخمسينيات من القرن الماضي، كان العلماء يظنّون أن الانقباض العضلي يحدث بسبب قصر الجزيئات المكوّنة للعضلة.

### 4.2 آلية الانقباض العضلي

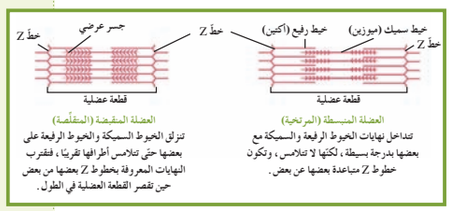
اطلب إلى الطلّاب دراسة الشكل (27)، وتحديد دور التروبونين والتربوميوزين والكالسيوم في عمليتي انقباض العضلة وانبساطها. أشر إلى أن العضلات الهيكلية ليست في حالة انقباض مستمرّ، فهناك فترات راحة للخلايا العضلية لا تستطيع الجسور العرضية الارتباط، في خلالها بالأكتين بسبب وجود بروتيني التروبونين والتربوميوزين المنظّمين. فأثناء انبساط (راحة) العضلة يحرس التربوميوزين وهو بروتين خيطي طويل، أماكن الارتباط على خيط الأكتين، فيمنع بذلك الجسور العرضية للميوزين من الارتباط بخيوط الأكتين. تبقى جزيئات التربوميوزين في مكانها بفضل التروبونين. نستنتج أنّ إزالة الحارس أي التربوميوزين تنشّط انقباض العضلة.

اسأل الطلّاب:

- ما الذي يجعل أيونات الكالسيوم تتحرّر من مخازنها في الشبكة السركوبلازمية؟ **(يؤدّي انتقال النبضة العصبية إلى داخل الليف العضلي إلى إزالة الاستقطاب داخل الليفة العضلية وتحرير الكالسيوم.)**
- ما الذي يؤدّي إلى إزاحة بروتين التربوميوزين عن أماكن الارتباط على خيوط الأكتين؟ **(ارتباط أيونات الكالسيوم ببروتينات التربوميوزين على خيوط الأكتين.)**
- ماذا يحصل بعد هذا الارتباط؟ **(تصبح منطقة الارتباط بخيوط الميوزين منطقة ظاهرة على خيوط الأكتين.)**
- متى يتمّ تُحرَّر الطاقة من جزيء ATP بعد تحلّله إلى ADP +Pi؟ **(تتحرّر الطاقة بعد ارتباط أيونات الكالسيوم بالتروبونين وارتباط الجسر العرضي للميوزين على خيط الأكتين.)**
- كيف تنبسط العضلة؟ **(عند زوال المنبّه تُسترَجع أيونات الكالسيوم إلى داخل الشبكة السركوبلازمية فيعود التربوميوزين إلى مكانه ليخفي أماكن الارتباط على خيوط الأكتين فتنفصل الجسور العرضية عن الأكتين وتنبسط العضلة.)**



وتُعتبَر الخيوط الدقيقة المعروفة بخيوط الميوزين وخيوط الأكتين المسؤولة عن إنتاج القوّة التي تُسبّب انقباض العضلة الهيكلية. فالعضلة تنقبض عندما تنزلق خيوط الأكتين الرفيعة في الليف العضلي فوق خيوط الميوزين السميكة. وتُعرَف هذه العملية بنظرية الخيوط المنزلقة للانقباض العضلي. ويوضّح الشكل (24) عدم وجود خيوط الأكتين الرفيعة في مركز القطعة العضلية عندما تنبسط العضلة الهيكلية.




(شكل 24)
الانقباض العضلي

يمكنك أن تحاول إجراء تجربة بسيطة لتلاحظ كيف تقوم العضلات الهيكلية بوظيفتها في الحركة. ضع يديك أمامك متقابلتي الراحتين بحيث تتخلّل أصابع يدك اليمنى أصابع يدك اليسرى. اسحب يديك في اتّجاهين متعاكسين بعيدًا عن بعضهما، سامحًا لأصابع يدك اليمنى أن تنزلق على أصابع يدك اليسرى. تُعتبَر هذه الحركات نموذجًا مصغّرًا عن نظرية الخيوط المنزلقة التي تُفسّر كيف تتحرّك (أي تنقبض وتنبسط) العضلة الهيكلية.

(شكل 25)
اتصال الخليّة العصبية بالألياف العضلية

#### 4. آلية الانقباض العضلي

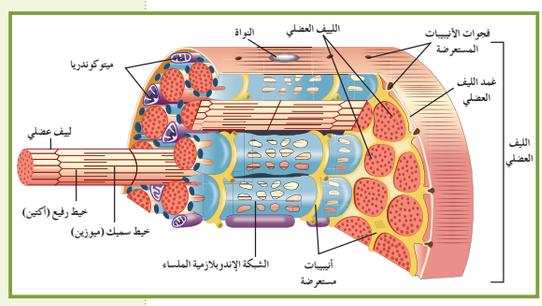
#### Molecular Mechanisms of Muscle Contraction

تُعرف نقطة الاتّصال بين النهاية المحورية والليف العضلي بالتشابك العصبي Synapse (شكل 25) حيث يتّصل محور الخلية العصبية الحركية بمجموعة من الألياف العضلية. وعند تنبيه هذه الخلية العصبية بمنبّه قوي، تنقبض كلّ الألياف العضلية المرتبطة بذلك المحور معًا.

1. تصل النبضة العصبية إلى الخلية العضلية المستهدفة لتمرّ عبر الغشاء الخلوي للخلية العضلية حتّى تصل إلى الشبكة السركوبلازمية الداخلية (الشبكة الإندوبلازمية الملساء) داخل الليفة العضلية (شكل 26).
2. تتحرّر من الشبكة السركوبلازمية أيونات $Ca^{2+}$ لتصل إلى بروتين تروبونين على خيوط الأكتين وترتبط به.
3. يوجد على خيوط الأكتين مواقع لكي ترتبط معها الجسور العرضية من الميوسين ولكنّها مغطّاة بواسطة بروتين التروبوميوزين والتي تنكشف بإزاحة هذا البروتين بعد ارتباط الكالسيوم $Ca^{2+}$ مع التروبونين.



4. الجسور العرضية على الميوسين يوجد عليها ATP في شكل ADP + P + E. وبمجرّد إزاحة بروتين التروبوميوزين من الفتحات الموجودة على خيوط الأكتين ترتبط بها هذه الجسور العرضية بزاوية 90°.
5. بسبب الطاقة الموجودة على الجسور العرضية للميوسين، تتحرّك هذه الخيوط لتتواجد بزاوية 45° ما يسبّب الانقباض العضلي.
6. يأتي ATP جديد ليبعد الجسور العرضية للميوسين عن مواقع الأكتين وتعود الدورة من جديد.




(شكل 26)
تركيب الليف العضلي الذي يظهر الشبكة الإندوبلازمية الملساء والأنبيبات المستعرضة.

يوضّح الشكل (27) الخطوات المتتالية لتفاعل الجسور العرضية للميوزين مع الأكتين. يؤدّي تكرار دورات الجسر العرضي إلى انزلاق خيوط الأكتين أكثر وأكثر نحو مجموع خيوط الميوزين (يبقى طول خيوط الميوزين السميكة ثابتًا أثناء الانقباض والراحة)، فيقصر طول القطعة العضلية ويقترب خطّا Z أحداهما من الآخر، وهكذا تنقبض العضلة. عند زوال المنبّه وعودة استقطاب غشاء الليف العضلي، تتوقّف الشبكة السركوبلازمية الداخلية عن إطلاق أيونات الكالسيوم، وتسترجع جميع الأيونات المحرَّرة إلى داخلها. وبذلك يعود ويلتفّ التربوميوزين على مناطق الارتباط على خيط الأكتين، ولا تعود الجسور العرضية قادرة على الارتباط مجدّدًا بخيوط الأكتين، فتنبسط العضلة، أي يبتعد خطّا Z أحدهما عن الآخر، وتعود القطعة العضلية إلى طولها الأساسي.

أوضح أن دور ATP هو إنتاج الطاقة اللازمة لحركة الجسر العرضي بالإضافة إلى أنه عند ارتباطه فقط بالميوزين يسبب كسر الروابط بين الميوزين والأكتين. يفسّر ذلك ما يحدث في حالة الوفاة، حيث تتصلب العضلات الهيكلية بعد 3–5 ساعات ويكتمل هذا التصلب بعد مرور 12 ساعة تقريبًا. يُسمّى ذلك التخشب أو التيبّس الموتي ويحدث نتيجة لنقص تركيز حاملات الطاقة (ATP) في الخلايا. يستمرّ ارتباط الخيوط السميكة والرفيعة مسببًا تصلب العضلة الميتة، ثمّ يختفي هذا التصلب بعد الوفاة بـ 48–60 ساعة كنتيجة لتحلل أنسجة العضلة.

فسّر أن العضلات تحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية) ولكنّ كفاءة هذه العملية أقلّ من 50%، حتّى في أفضل الظروف. اسأل:
ما الذي يحدث للنصف الآخر من الطاقة الكيميائية المستخدمة بواسطة العضلات؟ **(تتحوّل إلى حرارة.)**

## 5.2 الجهد العضلي

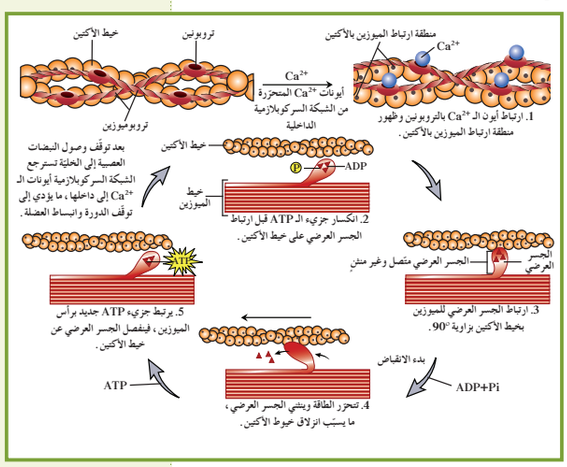
عند ممارسة نشاط عادي، يصل الدمّ إلى العضلات، حاملًا معه الجزيئات المؤمّنة للطاقة (الجلوكوز) بسرعة تسمح بحدوث عملية التنفّس الهوائي الذي يؤمّن معظم الـ ATP الذي تحتاج إليه العضلات لتنقبض. أما عندما يزيد مستوى النشاط العضلي كثيرًا، لا يعود التنفّس الهوائي قادرًا على تأمين حاجة العضلة الهيكليّة من الـ ATP فتبدأ عملية التنفّس اللاهوائي لتأمين الطاقة. فتنتج منه كمّية كبيرة من حمض اللاكتيك تؤدّي إلى التشنّج العضلي.
اسأل: ما تأثير هبوط كمّية الـ ATP في عمل الألياف العضلية؟
**(سيبقى الميوزين مرتبطًا بخيوط الأكتين على مواقع الارتباط، ولن يتمكّن من الانثناء الذي يؤدّي إلى انزلاق خيوط الأكتين في الدورات التالية. وبالتالي تتوقّف الدورة هنا أي عند عجز الألياف العضلية عن الانقباض مجّددًا ما يؤدّي إلى الجهد العضلي.)** كيف يعالج الجسم الجهد العضلي؟ **(بعد استراحة العضل من النشاط، يرتفع معدل استهلاك الأكسجين من قبل العضلة الهيكليّة، ويتأكسد حمض اللاكتيك إلى مركّبات تستطيع أن تنتج الـ ATP. يبدأ التنفّس الهوائي مجددًا ليعود عمل العضلة الهيكليّة إلى طبيعته.)**

## 6.2 النبضة العضلية

تحدث النبضة العضلية عند استقبال العضلة الهيكليّة استثارة أو نبضة عصبيّة واحدة. اسأل: ما هي المراحل التي تمرّ بها النبضة العضلية؟ **(الفترة الكامنة، فترة الانقباض وفترة الانبساط)** هل تحدث النبضة العضلية إذا لم تتخطَ شدّة الإثارة عتبة الشدّة؟ **(كلا)** كيف تتأثّر قيمة الذروة (a) بشدّة الإثارة؟ **(بدءًا من عتبة شدّة الإثارة، ترتفع قيمة الذروة بشكل يوازي عدد الألياف العضلية المنقبضة حتى تصل إلى القيمة القصوى، بعد تعرّضها لشدّة إثارة قصوى أي استثارة تسبّب انقباض جميع الألياف العضلية.)**



إذا توقّفت التغذية بالـ ATP، تعجز الجسور العرضية المرتبطة عن الانفصال، فتصبح العضلة صلبة وغير قادرة على الانبساط. والتخشّب الموتي أو التيبّس Rigor Mortis الذي يحدث بعد الموت هو خير مثال على ذلك.




(شكل 27)
انقباض الألياف العضلية وانبساطها، ودور أيونات الكالسيوم وجزيئات الـ ATP في الانقباض العضلي.

تحتاج العضلة إلى الطاقة (ATP) لتنقبض لأنّ تكرار انثناء الجسور العرضية التي تسبّب انزلاقًا معقولًا لخيوط الأكتين، يتطلّب فصل الارتباط بين الجسر العرضي والأكتين، ثم إعادة ارتباط الجسر بموقع جديد على خيط الأكتين يكون أقرب إلى خطّ Z. تحتاج عمليتا الفصل وإعادة الارتباط إلى جزيء واحد من الـ ATP.
تحتاج العضلة أيضًا إلى طاقة لإعادة ضخّ أيونات الكالسيوم خلال عملية النقل النشط نحو مخازن الشبكة السركوبلازمية الداخلية عند زوال المنبّه، وقبل حدوث الانبساط.

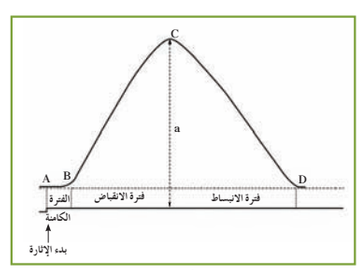


### 5. الجهد العضلي Muscle Fatigue

تحتوي العضلة عادة على كمّية قليلة من جزيئات ATP، التي هي المصدر المباشر لانقباض العضلة، ولا تكفي هذه الكمّية إلّا لبضعة انقباضات. عندما تُستخدَم العضلة لوقت طويل وتكون منقبضة، تقلّ في هذه الأثناء إمدادات الـ ATP، وعندما تقلّ نسبة الـ ATP في سيتوبلازم الألياف العضلية، يبقى رأس الميوزين مرتبطًا بخيوط الأكتين في مواقع الارتباط، وبالتالي لا تحدث دورة تالية، إذًا ستتوقّف الدورة هنا. وعلى الرغم من وجود أيونات الكالسيوم ووصول السيالات العصبية إلى العضلة، يؤدّي هبوط معدّل الـ ATP في العضلات إلى عدم قدرة هذه الألياف العضلية على الانقباض تحت تأثير المؤثّرات، وهذا ما يُسمّى الجهد العضلي.

### 6. النبضة العضلية Twitch or Muscular Jerk

تُمثّل النبضة العضلية استجابة العضلة الهيكلية لاستثارة واحدة أو نبضة عصبية واحدة فاعلة كما هو موضّح في الشكل (28). ويجسّد الرسم البياني (المخطّط ABCD) التغيّرات في التوتّر العضلي لليف عضلي عند استقباله نبضة عصبية واحدة.




(شكل 28)
رسم بياني يجسّد التغيّرات في التوتّر العضلي لليف عضلي عند استقباله نبضة عصبية واحدة.

**الفترة الكامنة AB:** لا يظهر تغيّر في طول العضلة. إنّه الوقت الذي تقوم فيه الإشارات الكهربائية بالتجوّل على طول غشاء الليف العضلي وعبر الانغمادات الغشائية (الأنبيبيات المستعرضة)، حتّى تصل إلى الشبكة السركوبلازمية وتؤدّي إلى خروج أيونات الكالسيوم منها (بمعنى آخر، لن ينقبض الليف العضلي في لحظة وصول النبضة العصبية إليه). المدّة $\frac{1}{100}$ من الثانية.

## 7.2 العناية بجهازك العضلي

### كوّن علاقات

### الصلة بعلم الصحة

ساعد الطلّاب على ربط التحكّم العصبي في العضلات بالقضايا الصحّية. أشر إلى أنّ العديد من حالات الشلل سببها إصابات الحبل الشوكي. ذكّر الطلّاب بأنّ الحبل الشوكي ينقل النبضات العصبية من الدماغ إلى الأجزاء الأخرى من الجسم. اسأل:

- كيف تتسبّب إصابة الحبل الشوكي في الإصابة بشلل الساقين؟ **(تمنع إصابة الحبل الشوكي سريان النبضات العصبية من الدماغ إلى الأعصاب التي تتحكّم في عمل العضلات في الساقين فتعجز عن الانقباض ويصاب الشخص بالشلل.)**

### علم الأحياء في المجتمع

### تمرين العظام والعضلات

قد ترغب في أن تدع الطلّاب يبحثون في مجتمعهم عن ملاعب أو صالات رياضيّة ويحدّدون الأنشطة التي يمكنهم تنفيذها في هذه المواقع ومعرفة العضلات التي يقومون بتمرينها عن طريق الأنشطة المختلفة.



**فترة الانقباض BC:** مرحلة ازدياد التوتّر العضلي أي الفترة التي تقوم الجسور العرضية للميوزين مع خيوط الأكتين بالانثناءات من أجل انزلاق خيوط الأكتين على طول خيوط الميوزين. المدّة $\frac{4}{100}$ من الثانية.
**فترة الانبساط CD:** مرحلة انخفاض التوتّر العضلي عندما يعود الليف العضلي إلى طوله الأساسي. المدّة $\frac{5}{100}$ إلى $\frac{7}{100}$ من الثانية.
**الارتفاع a** هو قيمة الذروة Amplitude ويُمثّل شدّة التوتّر العضلي.

### 7. العناية بجهازك العضلي

### Caring for Your Muscles

بعض الحالات (الأعراض) الناتجة عن عدم الاهتمام بصحّة الجهازك العضلي:

1. التشنّجات العضلية المؤلمة (Cramps):

**أسباب الحالة:**

- عندما يتكوّن حمض اللبن (اللاكتيك) كناتج نهائي لعملية التنفّس الخلوي اللاهوائي بمعدّل أسرع من معدّل التخلّص منه.
- الإصابات أو المشاكل العصبية والتي قد تسبّب الألم العضلي

2. الشدّ العضلي الزائد عن الحدّ (الإجهاد العضلي) Muscle Strain

**أسباب الحالة:**

- إصابة العضلات بالتمزّق والنزف الدموي
- تداخل الاختلالات الناتجة عن وصول النبضات العصبية غير الصحيحة إلى العضلات مع الأداء الطبيعي للعضلات، مثلًا:
  - عند انقباض العضلات لاإراديًّا ما يسبّب إزعاجًا وألمًا شديدين
  - عندما تغيب النبضات العصبية أو يعاق وصولها إلى العضلات فتضمر العضلات أو تضعف

3. الوهن العضلي الوبيل (Mysasthenia Gravis):

**أسباب الحالة:**

- فشل الإشارات العصبية في جعل العضلات تنقبض، فيشعر الشخص المصاب بضعف وتعب شديدين في العضلات.

وللحفاظ على صحّة العضلات وسلامتها، يجب ممارسة التمارين الرياضية بانتظام مع الحرص على تسخين العضلات وشدّها قبل ممارسة التمارين لتجنّب الإصابة والتعب. ولتجنّب إرهاق عضلات معيّنة، يجب أن تنوّع في تمريناتك الرياضية، فالتمرينات في الهواء الطلق تحسّن جميع الاستجابات للمؤثّرات. لكي تبني عضلاتك، يجب أن تتغذّى جيّدًا، فعضلات جسمك بحاجة إلى كمّيات كافية من البروتين والعناصر المعدنية مثل البوتاسيوم والكالسيوم.

**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في المجتمع

**تمرين العظام والعضلات**

تساعد التمارين الرياضية في الحفاظ على سلامة العظام والعضلات وصحّتها. توجد أشكال عديدة مختلفة من التمارين الرياضية. هل يوجد في مجتمعك ملاعب أو حمّامات سباحة أو صالات رياضية؟ حدّد المواقع الرياضية في مجتمعك. ما أنواع الأنشطة التي يمكنك أن تؤدّيها في هذه المواقع؟ ما العضلات التي تقوم بتمرينها عن طريق الأنشطة المختلفة؟

## 3. قيِّم وتوسَّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يحضّرون مقالة مكتوبة أو مصوّرة يقارنون فيها بين أنواع العضلات الثلاثة، ويفسّرون كيف تنقبض العضلات، ويناقشون طرق العناية بصحّة العضلات. راجع المقالات مع الطلّاب في الفصل.

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

- **مهارة الاستنتاج:** اعرض على الطلّاب صورة فوتوغرافية لشخص ذي عضلات أكبر حجمًا من عضلات الشخص العادي كمصارع أو رافع أثقال. ثمّ اعرض عليهم صورة فوتوغرافية شخص عادي. اسأل: هل يمكنك أن تستنتج أنّ الشخص ذي العضلات الأكبر حجمًا يملك خلايا عضلية هيكلية أكثر؟ **(من المحتمل أن يجيب الطلّاب بنعم على الرغم من أنّ الاستنتاج خاطئ.)**

  وضِّح لهم أن معظم البشر يملكون العدد نفسه تقريبًا من الخلايا العضلية، ثمّ اسأل: كيف يمكن أن يزيد حجم العضلات؟ **(بزيادة حجم الخلايا العضلية الموجودة في عضلات الجسم.)**

- **مهارة الاستنتاج:** وضِّح للطلّاب أنّ الوصف الخاص بالانقباض العضلي الوارد في الدرس يخصّ العضلات الهيكلية وذلك لسهولة دراستها. وجّه الطلّاب نحو استنتاج ما إذا كانت العضلات الأخرى تنقبض بطريقة مشابهة. اسأل: هل تعتقد أن العضلة القلبية، أو العضلات الملساء تحتوي على أشرطة متبادلة من الخيوط السميكة والرفيعة، كما في العضلات الهيكلية؟ **(يجب أن يستنتج الطلّاب أن العضلة القلبية تحتوي على خيوط لأنّها مخطّطة مثل العضلة الهيكلية، في حين تغيب الخيوط عن العضلة الملساء لأنها غير مخطّطة.)** ثم اسأل: هل تعتقد أن العضلات الملساء أو العضلة القلبية تنقبض بطريقة مشابهة للعضلات الهيكلية؟ **(يجب أن يستنتج الطلّاب أنّ العضلة القلبية قد تنقبض بطريقة مشابهة، ولكن العضلات الملساء من المحتمل أن تنقبض بطريقة مختلفة.)**

- **مهارة التعبير الكتابي:** اطلب إلى الطلّاب أن يكتبوا وصفًا لتركيب عضلات الإنسان ووظيفتها.

### مراجعة الدرس 1-3

1. قارن بين الأنواع الثلاثة لعضلات الإنسان ووظائف كلّ منها.
2. فسّر كيف تنقبض العضلات.
3. **سؤال التفكير الناقد:** يمكن للّيف العضلي أن ينقبض أو ينبسط فحسب. فسّر الاختلاف بين الانقباضات العضلية القوية والضعيفة.
4. **أضف إلى معلوماتك:** فسّر كيف يتكوّن حمض اللبن. كيف يؤثّر هذا الحمض في العضلات؟

38

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1 – 3**

1. العضلات الهيكلية عضلات مخطّطة وإرادية تُستَخدم لتحريك أجزاء الجسم. في حين أنّ العضلات الملساء عضلات غير مخطّطة، لاإرادية وتدخل في تركيب العديد من أعضاء الجسم والعضلة القلبية عضلة مخطّطة لاإرادية وتوجد في القلب فقط.
2. تنزلق الخيوط السميكة والرفيعة في الألياف العضلية ما يسبّب قصرها أي انقباضها.
3. يتضمّن الانقباض العضلي القوي انقباض عدد أكبر من الألياف العضلية مقارنة بالانقباض الضعيف.
4. يتكوّن حمض اللاكتيك كنتيجة للتنفّس الخلوي اللاهوائي، وعندما يتراكم في العضلات يمكن أن يُسبِّب التشنّج والألم العضلي.

**الأهداف:**
- يشرح وظائف الجهاز الغطائي.
- يميِّز بين أجزاء الجهاز الغطائي للإنسان.
- يلخِّص كيفية الاعتناء بالجلد.

**الأدوات المستعملة:** شفافيات وصور للجلد والشعر.

**صفحات الطالب: من ص 39 إلى ص 45**

**صفحات الأنشطة: من ص 21 إلى 23**

**عدد الحصص: 1**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (29)، ويقرأون التعليق المصاحب لها. ثمّ اسأل:

- عند الإصابة بجرح، ما الخطوات التي يقوم بها الإنسان ليسرّع عملية الشفاء؟ **(يغسل الجرح ويطهّر مكانه بمرهم مضادّ للنمو البكتيري، ثمّ يضمّده.)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول غطاء الجسم، وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما هو أكبر أعضاء جسم الإنسان؟ **(الجلد)**
- اطلب إلى الطلّاب أن يعدّدوا وظائف الجلد. **(يحمي الجسم، يعمل كعضو حسّي، يعمل على إخراج فضلات الجسم من خلال العرق، يضبط حرارة الجسم ويحافظ على سوائله.)**

**نشاط توضيحي**

قبل أن تبدأ الحصّة بحوالى نصف ساعة، اقطع تفاحة إلى نصفين. غطِّ أحد نصفي التفاحة بغلاف بلاستيكي وأترك النصف الآخر مكشوفًا. اعرض كلا النصفين على الطلّاب وناقش معهم كيف حمى الغلاف التفاحة من الجفاف، ومنع الموادّ غير المرغوب فيها من دخولها. أشر إلى أنّ قشرة ثمرة التفاح تقوم بهذه المهام في الطبيعة. ويقوم جلد الإنسان بالوظيفة نفسها إذ يحمي الجسم من تسرّب سوائله إلى الخارج، ويمنع دخول الموادّ والكائنات الممرضة إليه.

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 الجهاز الغطائي للإنسان

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (30). ناقش معهم وظيفة كلّ تركيب في الشكل. اسأل:

- ما البروتينات التي تكوّن طبقة الأدمة وطبقة البشرة؟ **(يكوّن الكولاجين الأدمة ويكوّن الكراتين البشرة)**

* ما الوظائف التي تقوم بها الغدد العرقية؟ **(تساعد في تنظيم درجة حرارة الجسم والتخلّص من الفضلات.)**

دع الطلّاب يستخدمون المعلومات الموجودة في الشكل (30) لإعداد بطاقة مقارنة ومباينة بين الأدمة والبشرة من حيث الموقع، والسماكة والتراكيب الموجودة في كلٍّ منهما. **(يجب أن توضّح بطاقات الطلّاب أن البشرة هي الأقل سماكة، وهي الطبقة الخارجية للجلد، ويَبرز من خلالها الشعر خارج الجسم، وتحتوي على مسام الغدد العرقية. في حين أنّ الأدمة هي الأكثر سماكة، وهي الطبقة الداخليّة للجلد، وتحتوي على أوعية دموية، نهايات عصبية، عضلات، حويصلات الشعر وغدد عرقية ودهنية.)**

اسأل:

أين يثبّت الجلد بالعظم؟ **(يثبّت الجلد بالعظم في الطبقة تحت الجلد وهي الطبقة الواقعة أسفل طبقة الأدمة التي تتكوّن من نسيج دهني إضافة إلى أنواع أخرى من النسيج الضام.)**

أشر إلى أن عيوب الجلد الخلقية، مثل: النمش أو الكلف أو الوحمات تتكوّن من تركيزات من الصبغة في الجلد، فالوحمات الحمراء بلون الفراولة تنتج من زيادة الأوعية الدموية أو تجمّعها، وتشحُب عادةً مع التقدّم في السن.

**نشاط سريع**

دع الطلّاب يتفحّصون جلدهم بعدسة يدوية، ثمّ اسأل:

* كيف يبدو جلدك؟ **(خشنًا، متينًا ومرنًا)**
* ما التراكيب التي تراها؟ **(الشعر والمسام)**
* ما طبقة الجلد التي تلاحظها؟ **(البشرة)**

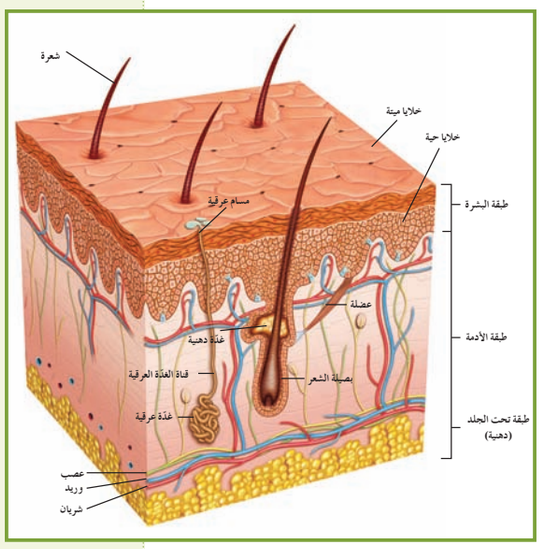
وضِّح للطلّاب أن بعض شركات مستحضرات التجميل تصنع غسولًا للوجه ومنتجات أخرى تدّعي بأنها تغذّي الجلد وتمنع ظهور التجاعيد. اسأل: انطلاقًا من المعلومات التي اكتسبتها حول تركيب الجلد، هل تعتقد أن هذه الادعاءات صحيحة؟ **(يجب أن يشير الطالب إلى أن مثل تلك المستحضرات تُوضع على الطبقة السطحية المكوّنة من خلايا ميتة لا يمكن تغذيتها. ولأنّ وظيفة طبقة البشرة هي توفير حاجز غير منفذ للماء فإنّ المستحضرات الموضوعة على سطح الجلد لا يمكن أن تنفذ خلال الطبقة السطحية للجلد (البشرة) إلى داخله لمنع ظهور التجاعيد.)**

**تصويب مفهوم خاطئ**

قد يعتقد بعض الطلّاب أنّ أصحاب البشرة السمراء لا يحتاجون إلى حماية جلدهم من الشمس، أو أنّ الذين يعملون في الشمس من دون أن يُصابوا بلفحات الشمس لا يتضرّر جلدهم عندما يزدادون سُمرة في فصل الصيف. أشر إلى أن أيّ جلد من الممكن أن يتضرّر عند التعرض لأشعة الشمس. وعلى الرغم من أن صبغة الملانين تساعد في حماية الجلد من ضوء الشمس، فالذين لديهم تركيزات عالية جدًّا منها في جلدهم يمكن أن يتضرّروا أيضًا من الشمس.



وتُمكّن ملايين النهايات العصبية الدقيقة جلدك من العمل كعضو حسّي، حيث تسمح هذه النهايات العصبية بالشعور بالسخونة والبرودة والضغط. يتكوّن الجلد من طبقتين أساسيتين: البشرة والأدمة. فإذا سبق أن ظهرت بثرة في جلدك، فلا شكّ أنّك رأيت هاتين الطبقتين مفصولتين. ويوضّح الشكل (30) هاتين الطبقتين والتراكيب الموجودة فيهما، بالإضافة إلى الطبقة الدهنية التي تُسمّى طبقة تحت الجلد والتي تخزّن الطاقة.

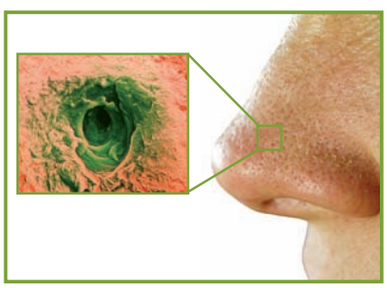



(شكل 30)
يعتبر الجلد تركيبًا معقّدًا. ما أنواع الأنسجة التي يمكن أن تراها في الجلد؟



## 1.1 البشرة Epidermis

**البشرة Epidermis هي الطبقة الخارجية للجلد**، ويبلغ سمكها من 10 إلى 30 خليّة، أي سمك هذه الورقة تقريبًا. وتحتوي طبقة البشرة على فتحات دقيقة تُسمّى المسام Pores، يغادر العرق والزيوت التي يفرزها الجلد الجسم من خلالها (شكل 31).



(شكل 31)
المسام فتحات دقيقة في الجلد يغادر العرق والزيوت الجسم من خلالها.

إذا فحصت طبقة البشرة بالميكروسكوب، سترى سطحًا حرشفيًّا مثل ذلك الموضّح في الشكل (32). تتألّف الطبقة العلوية من البشرة من خلايا مفلطحة ميتة، تكون ممتلئة بالكراتين Keratin، وهي المادّة البروتينية العازلة للماء، والتي تمنع البكتيريا من دخول جسمك من خلال الجلد. تفرز بعض غدد طبقة الأدمة مادّة دهنية زيتية تحفظ طبقة البشرة ليّنة ومرنة. وتتساقط الخلايا الميتة في طبقة البشرة باستمرار، وتُستبدَل بخلايا جديدة من الجزء الداخلي لطبقة البشرة. ويقوم الجسم باستبدال طبقة الخلايا الميتة في البشرة بالكامل كلّ 28 يومًا تقريبًا.

تقوم خلايا متخصّصة في طبقة البشرة بإنتاج مادّة **الملانين Melanin**، **وهي الصبغة التي تُكسب الجلد لونه، وتحميه من الأشعة فوق البنفسجية للشمس.** لذلك، يزيد التعرّض للشمس من كمّية الملانين، ويُكسِب الجلد لونًا داكنًا.

## 2.1 الأدمة Dermis

**تُعرف الطبقة الداخلية السميكة للجلد بالأدمة Dermis**. تصنع خلايا الأدمة مادّة بروتينية تُسمّى الكولاجين Collagen التي تجعل الجلد ليّنًا وقويًّا. ويُكوّن الكولاجين خطوطًا على أطراف أصابع يديك تشكّل بصماتك، وخطوطًا أخرى في باطن يديك وقدميك وعلى أصابع القدمين. تعمل هذه الخطوط كخيوط غير انزلاقية ليديك وقدميك.

**توظيف الأشكال**

إجابة سؤال الشكل (30) صفحة 40 في كتاب الطالب: **(البشرة والأدمة)**

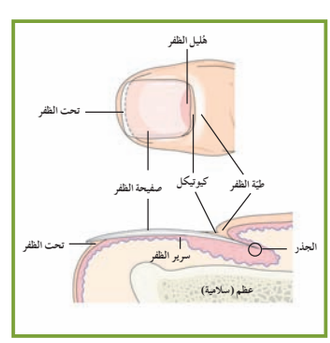
إجابة سؤال الشكل (32) صفحة 42 في كتاب الطالب: **(خلايا ممتلئة بمادّة بروتينية تدعى الكراتين ، وهي مادّة واقية من الماء وتمنع دخول البكتيريا إلى الجسم)**

## 2.2 العناية بجلدك

اسأل الطلّاب عن السبب الأكثر شيوعًا لمرض سرطان الجلد؟ **(الطفرات الناتجة من التعرّض لأشعّة الشمس فوق البنفسجية)** كيف نقلّل خطر الإصابة بسرطان الجلد؟ **(الامتناع عن التعرض لأشعّة الشمس لفترات طويلة.)** ما سبب ظهور حبّ الشباب؟ **(انسداد حويصلات الشعر بالدهن الذي تفرزه الغدد الدهنيّة.)** هل يمكن تفادي هذه المشكلة؟ **(كلا)** ماذا يحدث عند انسداد هذه القنوات؟ **(يتراكم الدهن المفرز من الغدد الدهنيّة وتظهر على سطح الجلد رؤوس بيضاء ، وعندما يجفّ هذا الدهن يصبح داكنًا فتتحوّل الرؤوس البيضاء إلى رؤوسٍ سوداء ، وإذا ما أصيبت الغدد الدهنية بالبكتيريا تنتج البثرات الصغيرة وحبّ الشباب.)** كيف يمكن التحكّم بحبّ الشباب؟ **(بالعناية المناسبة للبشرة.)**

(شكل 33)
يعتمد تركيب الشعر على شكل بصيلات الشعر. فالبصيلات المستديرة، الاسطوانية تنتج شعرًا أملس، أمّا البصيلات المفلطحة ذات الشكل الشريطي فتنتج شعرًا مجعّدًا.

تُعتبَر أظافر اليدين والقدمين صفائح صلبة من خلايا البشرة. ينمو كلّ نوع من الأظافر من جذر موجود في الأخدود المغطّى بواسطة ثنية من الجلد تدعى كيوتيكل. ويُعتبَر الجزء الهلالي الأبيض الصغير الذي تراه عند قاعدة كلّ ظفر جزءًا من هذه المنطقة النامية (شكل 34).




(شكل 34)
تركيب الأظافر



## 2. العناية بجلدك Caring for Your Skin

جلدك حسّاس جدًّا وعرضة للإصابة بجروح. هل لاحظت يومًا كيف تشفى الجروح الصغيرة في جلدك، وكيف تُكوّن قشرة تختفي من الخارج إلى الداخل مع تكوّن جلد جديد؟

تحدث **الكدمة** عندما تنقطع الأوعية الدموية الصغيرة في الجلد، فيكوّن الدم المنساب من الأوعية المقطوعة تجمّعات من الدم تبدو زرقاء اللون تحت الجلد.

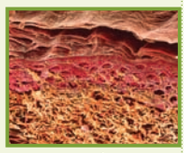
تُعتبَر **الحروق** أشكالًا مؤلمة من إصابات الجلد، فالحرق الناتج عن جسم ساخن قد يحمّر أو يقرّح أو يفحّم الجلد. ويمكن أن يسبّب التعرّض للشمس حرقًا، بغضّ النظر عن تركيب جلدك. وقد ينتج التقرّح والحكّة الشديدة عن احتكاك الجلد بالنباتات، مثل نبات اللبلاب السامّ أو نبات البلّوط السامّ.

ويمكن أن تسبّب الكائنات الممرضة أمراضًا للجلد. فالعدوى الجرثومية للغدد الدهنية في الجلد تسبّب ظهور **حبّ الشباب**، ويمكن أن تسبّب الجراثيم عدوى جلدية أخرى مثل الحصف **(القوباء)** أو التهاب الجلد Impetigo. وتسبّب فيروسات الهربس طفح القروح في جلد الإنسان، في حين تسبّب بعض الفطريات المرض المعروف باسم سعفة القدم (قدم الرياضي) Athlete's Foot.

سرطان الجلد هو مرض ينتج عن النموّ غير الطبيعي لخلايا الجلد، وهو غالبًا ما يرتبط بالتعرّض للشمس، وقد يظهر في شكل أورام وقرح لا تشفى، أو شامات غير معتادة.

يساعد الاستحمام بانتظام في الحفاظ على صحّة الجلد، وكذلك تناول أغذية صحية غنية بفيتامين «B». ومن المهمّ أيضًا عدم تعريض جلدك للشمس لفترات طويلة، وارتداء ملابس واقية، بالإضافة إلى فحص الجلد بانتظام ومراجعة الطبيب عند ملاحظة أيّ تغيرات فيه.





(شكل 32)
في رأيك، ما الغرض من الخلايا الميتة الرقيقة الموجودة في أعلى طبقة البشرة؟

تحتوي طبقة الأدمة على نهايات عصبية، وأوعية دموية وبصيلات الشعر. وتوجد الغدد الدهنية التي تفرز الدهون في طبقة الأدمة أيضًا، وعادة ما تتثبّت ببصيلات الشعر. ويحتوي الدهن الذي تفرزه الغدد الدهنية على زيت يمنع جفاف الشعر. وعندما يحدث انسداد لبصيلات الشعر بواسطة الدهن المفرز، تظهر على سطح الجلد رؤوس بيضاء. وعندما يجفّ هذا الدهن ويصبح داكن اللون، تصبح هذه الرؤوس رؤوسًا سوداء. أمّا إذا أُصيبَت الغدد الدهنية بالبكتيريا، فتنتج البثرات الصغيرة وحبّ الشباب Acne.

توجد الغدد العرقية Sweat Gland أيضًا في طبقة الأدمة، وتقوم بإنتاج العرق Sweat، وهو سائل يتكوّن من الماء والأملاح والفضلات. يخلّص العرق الجسم من الفضلات، كما ينظّم درجة حرارة الجسم. فإذا كان جسمك ساخنًا جدًّا، تنتج الغدد العرقية العرق الذي عند تبخّره يخلّص الجسم من الحرارة الزائدة. وتساعد الأوعية الدموية الدقيقة أيضًا في تنظيم درجة حرارة جسمك، ويزوّد الدم خلايا الأدمة بالمغذّيات والأكسجين اللازمين، ويزيل منها الفضلات. لاحظ في الشكل (30) أنّ بصيلات الشعر والغدد العرقية تخترق طبقة البشرة لتنفتح على سطح الجلد.

### 3.1 النسيج تحت الجلد Subcutaneous Tissue

النسيج تحت الجلد هو طبقة من الخلايا غنية بالدهون وموجودة تحت الأدمة مباشرة. تعمل هذه الخلايا كطبقة ماصّة للصدمات، وكطبقة عزل إضافية للحفاظ على حرارة الجسم وتخزين الطاقة والفيتامينات القابلة للذوبان في الدهون.

تختلف سماكة هذه الطبقة باختلاف مناطق الجسم، من الجفون التي لا تحتوي على أيّ منها، إلى الأرداف والفخذين التي قد تحتوي على الكثير.

### 4.1 الشعر والأظافر Hair and Nails

يتكوّن الشعر والأظافر من خلايا ميتة من طبقة البشرة. فكل ساق شعرة تنمو من جذر موجود داخل بصيلة الشعرة، ويوضّح الشكل (33) مقطعًا طوليًّا في بصيلة الشعرة. تتكوّن الساق الكاملة للشعرة، ما عدا الجذر الحي، من خلايا ميتة تشبه تلك الموجودة في الطبقة العلوية من البشرة. تنمو الشعرة عندما تنقسم خلايا جذر الشعرة وتدفع باقي الساق إلى أعلى، خارج بصيلة الشعرة.

**العلم والمجتمع والتكنولوجيا**

**إنتاج الجلد في أنابيب الاختبار**

أخبر الطلّاب أنّ المتعرّضين لحروق شديدة كانوا يعتمدون، قبل التوصّل إلى إنتاج الجلد في أنابيب الاختبار، على التطعيم الجراحي للجلد لاستبدال الجلد التالف. وضّح أن تطعيم الجلد جراحيًّا يُعتَبر عملية طويلة ومؤلمة، يتمّ فيها نقل جلد سليم من أحد أجزاء الجسم إلى الجزء المصاب. دع الطلّاب المهتمين بهذا الموضوع يجرون أبحاثًا حول هذه العملية ويعرضون ما توصلوا إليه أمام زملائهم.

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «تشريح جناح دجاجة» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 21، 22، 23.**
**يساعد هذا النشاط الطلّاب على ملاحظة جلد دجاجة، عضلاتها، عظامها ومفاصل جناحيها وعلى ربط التركيب بالوظيفة.**

## 3. قيِّم وتوسَّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

اكتب قائمة بالمصطلحات التالية على السبّورة: غدّة عرقية، حويصلة الشعرة، غدّة دهنية، مسام الغدد العرقية وخليّة الملانين.
اطلب إلى الطلّاب أن يحدّدوا وظيفة كلّ تركيب من التراكيب المذكورة في القائمة وطبقة الجلد التي يقع فيها. ثمّ دعهم يكتبون فقرة مختصرة عن بعض مشاكل الجلد، وعلاج كلّ منها.

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

- **مهارة التعبير الكتابي:** دع الطلّاب يصممون مُعلّقًا (بوستر)، أو كتيبًا، أو إعلانًا عامًّا، لنصح المراهقين بكيفية العناية ببشرتهم.
- **مهارة توظيف النماذج:** دع الطلّاب يرسمون ثلاثة نماذج لمقطع طولي للبشرة، ثمّ دعهم يستخدمون نماذجهم كي يوضّحوا كيف تتجدّد خلايا البشرة. يجب على الطلّاب أن يعدّلوا الرسم الأوّل كي يوضّحوا خلايا الجلد المنقسمة، والرسم الثاني كي يوضّحوا تحرّك خلايا الجلد إلى أعلى سطح الجلد، والرسم الثالث كي يوضّحوا تساقط خلايا الجلد.
  اطلب إلى الطلّاب التطوّع بعرض نماذجهم على زملائهم في الفصل.
- **مهارة تصميم التجارب:** وضّح للطلّاب أنّ العديد من العوامل المختلفة مثل السنّ، الجنس، الحالة الصحية العامّة، الاستعداد الوراثي للإصابة بالأمراض واستعمال مستحضرات طبّية معينة، يمكن أن تؤثر في كيفية نموّ الشعر ومعدّله. شجّع الطلّاب على إعداد تجربة لقياس تأثيرات عامل معين في نموّ الشعر. اطلب إليهم أن يقدّموا وصفًا مختصرًا لتصميمهم التجريبي متضمّنًا الفرض الذي سيختبرونه. اسأل: ما المتغيّر الذي ستستكشفه وما المتغيّرات التي ستضبطها؟
  **(يجب أن يستكشف الطلّاب متغيّرًا واحدًا مثل السن أو الجنس، ويضبطوا أو يحافظوا على ثبات أي متغيّرات أخرى يعتقدون أنها تؤثر في نموّ الشعر مثل أمراض معينة أو مستحضرات طبّية معينة.)**



**فقرة إثرائية**

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

**إنتاج الجلد في أنابيب الاختبار**

تمّ تطوير تقنية جديدة يمكن بواسطتها شفاء المرضى الذين تعرّضوا لحروق شديدة، حيث يتمّ استبدال الجلد المحروق بجلد جديد مماثل تقريبًا للجلد الأصلي للمريض.

وتستخدم هذه التقنية منتجًا يُسمّى جلد أنابيب الاختبار Test–Tube Skin. يبدأ تصنيع الجلد في أنابيب الاختبار باستخدام ألياف بروتينية تُستخرَج من جلد البقر، وسكّريات عديدة تُستخلَص من غضاريف سمك القرش. وتُشكّل المادّة على هيئة غشاء رقيق يشبه المنديل الورقي المبلّل. يزرع أطبّاء إخصائيون هذا الغشاء الصناعي مع خلايا مُستخرَجة من مناطق سليمة صحيًّا من بشرة المريض، ثمّ يُبسَط هذا الغشاء المُحمّل بالخلايا فوق المنطقة المحروقة، ويُغطّى بضمّادة من السليكون ليُحفّظ من الجفاف. ومع مرور الوقت، تنقسم الخلايا الموجودة تحت النسيج المحروق إلى خلايا جديدة مكوّنة طبقة الجلد الداخلية. ومن خلال عملية الانقسام الميتوزي المتكرّرة، تنمو الخلايا المزروعة على سطح الغشاء إلى جلد خارجي جديد. يشبه هذا الجلد الجديد الجلد الأصلي تمامًا، باستثناء عدم وجود الغدد العرقية وبصيلات الشعر.

### مراجعة الدرس 1–4

1. عدّد وظائف النسيج الموجود تحت الجلد.
2. قارن بين البشرة والأدمة من حيث التراكيب والوظائف.
3. **سؤال للتفكير الناقد:** لماذا تشعر بالألم إذا قطعت جلدك، في حين لا تتألّم حين تقصّ شعرك أو تقلّم أظافرك؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كيف تنظّم الغدد العرقية درجة حرارة الجسم؟
5. يُنصح دائمًا بعدم التعرّض للشمس لفترات طويلة. صِغ فرضية تفسّر اعتبار أشعّة الشمس أحد أسباب الإصابة بسرطان الجلد وتفسّر العلاقة الممكنة بين نقص تركيز الأوزون وازدياد نسبة الإصابة بسرطان الجلد.



**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1 – 4**

1. نسيج غني بالدهون، تعمل خلاياه كطبقة ماصّة للصدمات وكطبقة عازلة إضافية للحفاظ على حرارة الجسم ولتخزين الطاقة والفيتامينات القابلة للذوبان في الدهون.
2. البشرة هي الطبقة الخارجية الرقيقة للغاية للجلد وتتكوّن من خلايا ميتة وتحتوي غالبًا على الكراتين. أمّا الأدمة أكثر سماكة من البشرة، وتتكوّن من الكولاجين وتنتج الملانين، الدهن والعرق، وهي تحتوي على ألياف عصبية، وأوعية دموية.
3. يتكوّن الشعر والأظافر من خلايا ميتة، ولا يحتويان على نهايات عصبية.
4. عند ارتفاع حرارة الجسم، تفرز الغدد العرقية العرق على سطح الجلد ويتبخّر الماء الموجود في العرق فيبرد الجسم.
5. تُعتَبر الشمس مصدرًا أساسيًّا للأشعّة فوق البنفسجية الضارّة المسبّبة لسرطان الجلد وتؤدّي طبقة الأوزون دورًا مهمًّا في تخفيف حدّة هذه الأشعّة. لذلك قد تكون ثقوب الأوزون أحد أسباب ارتفاع نسبة الإصابة بسرطان الجلد.

# الفصل الثاني

## الجهازان الهضمي والإخراجي

**دروس الفصل**

**2–1:** الهضم

**2–2:** الجهاز الهضمي للإنسان

**2–3:** صحّة الجهاز الهضمي

**2–4:** الجهاز الإخراجي للإنسان

**مقدمة الفصل**

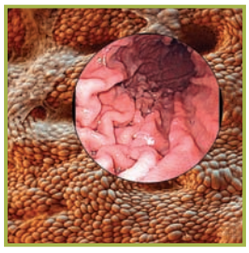
مهّد لدراسة الفصل عبر توجيه الطلّاب إلى تعرّف صورة افتتاحية الفصل، ثمّ ناقش معهم العلاقة التي تربط القصّة ومحتوى هذا الفصل. اِسأل الطلّاب: بماذا، برأيكم، شعر «ألكسيز مارتن» حيال خضوعه للتجارب الطبية؟

استعرض مع الطلّاب عناوين الدروس الواردة في هذا الفصل.



في العام 1822، استقبل «د. ويليام بيومونت» أهمّ مريض في مجال تخصّصه، وكان المريض «ألكسيز مارتن» يبلغ من العمر 19 عامًا. أُصيب المريض بطلقة نارية انفجرت داخل جسمه، في صدره ومعدته، وقد تركت هذه الطلقة ثقبًا أكبر من راحة يده. لم يتوقّع أيّ من الجرّاحين أن يعيش مارتن، لكن «د. بيومونت» عالج مارتن الذي تحسّن تدريجيًّا على مدى العامين التاليين. في البداية لم يكن مارتن يستطيع أن يأكل، وكانت تتمّ تغذيته عبر أنبوب. وفي نهاية الأمر، تمكّن «د. بيومونت» من رقع الثقب بالضمادات يوميًّا.

وعلى الرغم من الجهود التي بذلها «د. بيومونت»، شُفي الثقب جزئيًّا لكنّه لم يلتئم. وانبهر «د. بيومونت» «بالنافذة» الموجودة في جهاز مارتن الهضمي، فبدأ يجري التجارب على مريضه بعد موافقته. فكان قادرًا على النظر داخل معدة مارتن مباشرة، وكان يلاحظ عملية الهضم التي تجري داخلها. فعلى سبيل المثال، استطاع «د. بيومونت» أن يربط الطعام، مثل المحار أو اللحم، بخيط ويدخله إلى معدة مارتن، ثمّ يسحبه ويفحصه عدّة مرات خلال فترات. وفي العام 1833، نشر "د. بيومونت" النتائج الخاصّة بأكثر من 200 تجربة أجراها على مارتن. وشُفي مارتن في النهاية وعاش مدّة 86 عامًا. وقد قدّمت العلاقة بين «د. بيومونت» ومريضه مارتن، وهي علاقة غير مألوفة بين طبيب ومريض، معلومات مهمّة عن الجهاز الهضمي للإنسان. وفي أيّامنا الحالية، زوّدتنا الوسائل الطبية الحديثة بمناظر داخلية للمعدة مثل تلك الموضّحة في الصورة التالية.



**دروس الفصل**
الدرس الأوّل
- الهضم
الدرس الثاني
- الجهاز الهضمي للإنسان
الدرس الثالث
- صحّة الجهاز الهضمي
الدرس الرابع
- الجهاز الإخراجي للإنسان

**الأهداف:**

- يعدِّد أنشطة الجهاز الهضمي.
- يحدِّد مكوّنات الطبق الغذائي المتوازن.
- يعدِّد الحصص النسبية المتوجّب تناولها لكلّ نوع من الغذاء يوميًّا.
- يحدِّد العناصر الأساسية في الوجبة الغذائية وأهمّيتها.
- يذكر بعض أمراض سوء التغذية وأسبابها.

**الأدوات المستعملة:** نموذج عن الطبق الغذائي المتوازن وصور وشفافيات تُظهِر مرضى مصابين بعوارض سوء التغذية.

**صفحات الطالب: من ص 47 إلى ص 56**

**عدد الحصص: 2**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس والفقرة المصاحبة لها. بيّن أن الهضم يزوّد الجسم بالموادّ اللازمة لتوليد الطاقة. ثمّ اسأل:

- ما مصدر الطاقة التي تستخدمها الحيتان الزرقاء؟ **(الهائمات النباتية)**
- ما العملية التي تمكّن الحوت الأزرق من الاستفادة من الطاقة الموجودة في الهائمات النباتية؟ **(الهضم)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول مكوّنات المادّة الغذائية، اطلب إليهم أن يذكروا مكوّنات المادّة الغذائية ووظيفة كلّ منها **(تقبّل كلّ الإجابات، واربطها بمحتوى الوجبات.)**

**نشاط سريع**

دع الطلّاب يختارون أحد المطاعم الشهيرة، ويذكرون أسماء مختلف أنواع المأكولات التي يقدِّمها. سجِّل المأكولات على السبّورة ثمّ ادع الطلّاب إلى تصميم وجبة غذائية متوازنة لأنفسهم من بين الأصناف الواردة في القائمة. دعهم يعلّلون اختياراتهم. أخبر الطلّاب أنّهم، في هذا الدرس، سيتعلّمون المزيد عن القيمة الغذائية للأطعمة أو المأكولات.

الدرس 2-1
الهضم
Digestion

**الأهداف العامة**

- يعدِّد أنشطة الجهاز الهضمي.
- يحدِّد مكوّنات الطبق الغذائي المتوازن
- يعدِّد الحصص النسبية اللازم تناولها لكلّ نوع من الغذاء يوميًّا.
- يحدِّد العناصر الأساسية في الوجبة الغذائية وأهمّيتها.
- يذكر بعض أمراض سوء التغذية وأسبابها.

(شكل 35)

تأكل الحيتان الزرقاء لمدّة أربعة أشهر فقط في العام، وتستهلك 4000 Kg من الهائمات النباتية في اليوم الواحد. ولكي تأكل مثل هذه الكميّة، تأخذ الحيتان 79 جرعة ضخمة من ماء المحيط يوميًّا (شكل 35). ويأكل الفأر من 12 g إلى 15 g فقط من الطعام في اليوم الواحد. ويستبدل كلا الحيوانين من 4 إلى 5% من وزنه كلّ يوم، بغضّ النظر عن كمّية الطعام التي يتناولها كلّ منهما.

1. **عملية الهضم** The Digestive Process

ما مقدار الطعام الذي تأكله في اليوم الواحد؟ ما الأغذية التي تتناولها كلّ يوم لكي تحافظ على صحّتك؟ يمتلك الإنسان كما الحيوانات جهازًا هضميًّا Digestive System لهضم الطعام. تبدأ عملية الهضم Digestion حين يُبتلَع الطعام ويتحرّك خلال الجهاز الهضمي الذي يهضمه ليستخلص منه الموادّ الغذائية. **والمادّة الغذائية Nutrient هي المادّة التي يحتاجها الجسم للنموّ، وإصلاح أو ترميم الأنسجة المتهالكة، والحفاظ على صحّته.** وفي النهاية، يتخلّص الجسم من الموادّ المتبقّية التي لم يتمّ هضمها على شكل فضلات صلبة.

47

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 عملية الهضم

ألفت نظر الطلّاب إلى أنّ الجسم لا يستطيع أن يستعمل أو يستفيد من الموادّ الغذائية الموجودة في الطعام إلا إذا هُضِم وتفتّت كيميائيًّا إلى جزيئات صغيرة في الجهاز الهضمي واسأل:

- ما هي المادّة الغذائية؟ **(هي المادّة التي يحتاج إليها الجسم للنموّ وإصلاح الأنسجة المتهالكة وترميمها، والحفاظ على صحّته.)**
- أين تجري عملية امتصاص الموادّ الغذائية؟ **(في الأمعاء الدقيقة)**
- ماذا تسمّى المادّة الكيميائية التي تساعد على هضم الطعام كيميائيًّا؟ **(الإنزيمات)**

**نشاط توضيحي**

دع الطلّاب يعملون في أزواج لإعداد بطاقة، أو خريطة مفاهيم، أو شكل تصويري أو بياني لتوضيح العمليات الميكانيكية والكيميائية التي تحدث مع تقدّم الطعام خلال عملية الهضم. راجع عمل الطلّاب.

### 2.2 كيميائية الأغذية

اسأل الطلّاب: لمَ الحاجة إلى الغذاء؟ **(يزوّد الغذاء الجسم بالعناصر الأوّلية التي يستخدمها لإنتاج الطاقة التي يحتاج إليها الجسم للنموّ وإصلاح الأنسجة المتهالكة وترميمها والحفاظ على صحّته أي لبقاء الإنسان على قيد الحياة.)**

الحجم النسبي للحصص الموضّحة في الصورة يعكس الكمّيات النسبية التي يجب تناولها. فالخضار والفاكهة يجب أن تشكّل نصف الطبق، في حين يحتوي النصف الثاني على الحبوب الكاملة والبروتينات قليلة الدسم. ويكتمل النظام الغذائي الصحّي بإضافة حصّة من منتجات الحليب قليلة الدسم.

لم تُذكَر بعض الأطعمة مثل الحلويات والدهون في الطبق الغذائي لأنّ تناولها بكثرة ليس صحّيًّا.

(شكل 36)
الطبق الغذائي المتوازن
وفقًا لهذا الطبق الغذائي المتوازن، ما نوع المجموعة الغذائية التي يجب أن تكون الجزء الأكبر من غذائك؟

#### 1.2 الكربوهيدرات Carbohydrates

تحصل خلايا جسم الإنسان على معظم الطاقة اللازمة لها من الموادّ الكربوهيدراتية. فالكربوهيدرات عبارة عن موادّ تتكوّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين بنسبة 1 : 2 : 1، على الترتيب، وتُعتبَر السكّريات والنشويات أمثلة على الموادّ الكربوهيدراتية.

توجد ثلاثة أنواع من الموادّ الكربوهيدراتية: السكّريات الأحادية، مثل الجلوكوز، والسكّريات الثنائية، مثل السكّروز أو سكّر الطعام، التي يتكوّن الجزيء الواحد منها من جزيئين من السكّر الأحادي، والنشويات، مثل تلك الموجودة في البطاطا والخبز، وهي عبارة عن عديد السكّاريد (سكّريات عديدة). وعديد السكّاريد عبارة عن موادّ كربوهيدراتية تتكوّن من سلاسل طويلة من السكّريات البسيطة (الأحادية).



#### 2.2 الدهون Fats

ينتمي كلّ من الدهون والزيوت إلى مجموعة من المركّبات تُسمّى الليبيدات، وهي عبارة عن مركّبات مهمّة للغاية لتخزين الطاقة وتكوين أغشية الخلايا والهرمونات والزيوت المهمّة للجلد والشعر. ومعظم الليبيدات التي يحتاج إليها جسمك مصدرها الدهون التي تتناولها في الطعام. فإذا كان طعامك يحتوي على مقدار ضئيل من الدهون، سيكوّن جسمك الليبيدات من الموادّ الغذائية الأخرى.

يتكوّن جزيء الدهن من ثلاثة جزيئات أحماض دهنية Fatty Acids مرتبطة بجزيء من الجليسرول Glycerol. والأحماض الدهنية عبارة عن سلاسل من ذرّات الكربون والهيدروجين مع حمض ضعيف متّصل بأحد الطرفين. وعندما تتناول طعامًا يحتوي على دهون، يهضم جسمك الدهون إلى جليسرول وأحماض دهنية. ويمكن لجسمك أن يستخدم هذه الموادّ الخام ليُكوّن منها الليبيدات التي يحتاج إليها.

تُصنَّف الدهون إلى دهون مشبَّعة Saturated Fats أو دهون غير مشبَّعة Unsaturated Fats، على أساس نسبة احتوائها على جزيئات الهيدروجين (H). فالدهون المشبَّعة تحتوي على نسبة هيدروجين أعلى من الدهون غير المشبَّعة. ومعظم الدهون غير المشبَّعة، مثل الزيوت النباتية وزيت الزيتون، عبارة عن سوائل عند درجة حرارة الغرفة. أمّا الدهون المشبَّعة، فعادة ما تكون صلبة عند درجة حرارة الغرفة. من الأمثلة الشائعة عليها الزبدة والشحم.

#### 3.2 البروتينات Proteins

يحتوي جسمك على المئات من البروتينات المختلِفة. فالبروتينات عبارة عن موادّ تُستخدَم لبناء أجزاء الجسم مثل العضلات والجلد والدم. وتتكوّن جميع هذه البروتينات من وحدات بسيطة تُسمّى الأحماض الأمينية والمعروف منها 20 حمضًا أمينيًّا مختلِفًا، ويُمكِن للجسم أن يصنع اثني عشر حمضًا من هذه الأحماض الأمينية. أمّا الأحماض الأمينية الثمانية التي لا يمكن للجسم تصنيعها، فتُعرَف بالأحماض الأمينية الأساسية، ويجب أن يحصل الجسم عليها من البروتينات الموجودة في الطعام.

ولكي يستطيع جسمك استخدام البروتينات الموجودة في الطعام، فلا بدّ أن تُهضَم هذه البروتينات أوّلًا إلى مكوّناتها من الأحماض الأمينية، ثمّ تستخدِم الخلايا هذه الأحماض الأمينية لتصنع بروتينات جديدة. وتُستخدَم هذه البروتينات للنموّ، وإصلاح الأنسجة المتهالكة أو ترميمها، وكأنزيمات في عملية الأيض الخلوي. أثناء الامتناع عن تناول الطعام أو الصوم الطويل، يقوم الجسم بهدم البروتينات الموجودة في العضلات لكي يحصل على الطاقة التي يحتاج إليها.



**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**دهن مائي القوام**

اخترع علماء كيمياء الغذاء دهنًا يمرّ خلال الجهاز الهضمي من دون أن يتمّ امتصاصه. يتناول بعض الأشخاص هذا الدهن من دون أن يُسبّب لهم ضررًا. أشخاص آخرون لا يحبّون مذاق هذا الدهن ويتساءلون ما إذا كان صحيًّا أم لا.

**فقرة إثرائية**

تكامل العلوم والفيزياء

**تزويد الجسم بالطاقة**

تزوّد كلّ من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون الجسم بالطاقة التي يمكن قياسها بالجول Joule أو بالسعر الحراري Calories. فقد تحتوي وحدة من الفوشار مثلًا، على 60 سعر حراري أو على 600 سعر حراري بحسب ما إذا كانت مغمّسة بالدهون أم لا. والطعام الذي يحتوي على طاقة كبيرة يؤمّن للجسم طاقة أكبر تساعده في تنفيذ عدد كبير من الأنشطة الحيوية التي تجعله قادرًا على النموّ والتكاثر والبقاء على قيد الحياة. لذلك يجب أن تتضمّن وجبات الإنسان كمّية من الطاقة تكفيه لتنفيذ النشاطات المختلِفة.

تحدث أثناء هذه العملية ثلاثة أنشطة لاستخلاص الموادّ الغذائية من الطعام: الهضم الآلي أو الميكانيكي، الهضم الكيميائي، والامتصاص.

فالهضم الميكانيكي Mechanical Digestion يفتّت الطعام إلى قطع صغيرة بدون تغيير تركيبه الكيميائي. يحوّل الهضم الكيميائي Chemical Digestion الطعام إلى جزيئات أصغر حجمًا وأبسط تركيبًا، وهي الموادّ الغذائية. ويحدث الامتصاص Absorption عندما تُؤخَذ هذه الموادّ الغذائية عبر الدم إلى خلايا الجسم.

وتؤدّي الأجزاء المختلفة للجهاز الهضمي الممتدّ على طول الجسم وظائف متنوّعة. فقد توجد مناطق لقطع الطعام، وطحنه، وتخزينه، وخلطه، وهضمه كيميائيًّا. وتوجد أيضًا مناطق لامتصاص الموادّ الغذائية وتخزين الفضلات.

يبدأ الهضم الميكانيكي في الفم عند الإنسان والحيوانات الثديية، حيث تقطع الأسنان الطعام وتمضغه. وتُنتِج الغدد الموجودة في الفم اللعاب ليختلط مع الطعام، وتبدأ عملية الهضم الكيميائي. وبعد أن يُبتلَع الطعام، ينتقل إلى المعدة حيث يتمّ تليينه بواسطة العضلات، فيصبح كتلة متجانسة، ويتمّ هضمه كيميائيًّا بواسطة العصارات الهاضمة. وتفرز الغدد الموجودة في الكبد والبنكرياس العصارات الهضمية في الجهاز الهضمي لتستكمل هضم الطعام عند تحرّكه خلال الأمعاء الدقيقة، حيث يتمّ امتصاص الموادّ الغذائية إلى مجرى الدم لينقلها إلى جميع أجزاء الجسم. وتتحرّك الموادّ غير المهضومة إلى الأمعاء الغليظة، وتخرج من الجسم من خلال فتحة الشرج.

#### 2. كيميائية الأغذية Chemistry of Foods

تحتوي الأغذية على خمسة أنواع من الموادّ الغذائية الكيميائية هي: الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية. ولكلّ مادّة غذائية من هذه الموادّ دور في المحافظة على صحّة الجسم. يُعتبَر الماء مادّة حيوية للحياة، على الرغم من كونه مادّة غير غذائية.

يُمثّل الطبق الغذائي المتوازن الموضّح في الشكل (36) مجموعات الغذاء الخمس التي يجب أن يتناولها الشخص يوميًّا لكي يحصل على الموادّ الغذائية الضرورية، وهو يوضّح الحصص النسبية التي يجب أن يتناولها الفرد يوميًّا. يُقسَم الطبق الغذائي إلى أربع حصص تشمل الخضار والفاكهة والحبوب والبروتينات، بالإضافة إلى حصّة صغيرة من منتجات الحليب.

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (36) صفحة 49 في كتاب الطالب، ثمّ اسألهم:

* ما هي الحصص التي تؤلّف الطبق الغذائي المتوازن؟ **(الخضار، الفاكهة، الحبوب، البروتينات بالإضافة إلى حصّة صغيرة من مشتقّات الحليب)**
* لماذا برأيك لم تُذكر الحلويات والدهون في الطبق الغذائي؟ **(لأنّ تناولها بكثرة قد يكون ضارًّا، ويزيد احتمال الإصابة ببعض الأمراض)**

**نشاط توضيحي**

دع الطلّاب يكتبون قائمة بالأغذية التي يتناولونها كلّ يوم لمدّة أسبوع. اطلب إليهم أن يقارنوا غذاءهم بالطبق الغذائي ثمّ دعهم يكتبون قائمة بالتغيّرات اللازمة لجعل غذائهم متوافقًا مع الغذاء المطلوب في الطبق الغذائي.

**كوّن علاقات**

**الصلة بالفنّ**

دع الطلّاب يصنعون نموذجًا ثلاثي الأبعاد للطبق الغذائي مزوّدًا بصور للأغذية يقصّونها من المجلات.

**الصلة بعلم الصحة**

تُعتبَر الدهون غير المشبّعة ذات فائدة صحية أكبر من الدهون المشبّعة ومعظمها منتجات حيوانية من بينها مشتقّات الحليب. تحتوي، أيضًا، بعض الزيوت، مثل زيت النخيل، زيت جوز الهند والزيوت الاستوائية الأخرى على دهون مشبَّعة. أمّا الدهون غير المشبَّعة تُستَخلص من المنتجات النباتية من مثل الفول الصويا، بذور القطن والفول السوداني.

**إجابة سؤال الشكل (36) صفحة 49 في كتاب الطالب: (مجموعة الخضار)**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**دهن مائي القوام**

شجّع، الطلّاب المهتمّين، على قراءة الإصدارات الدورية حول هذا الموضوع أو تصفّح مواقع الإنترنت لإيجاد مقالات حديثة تتناول الدهن مائي القوام. دعهم يستندون إلى أبحاثهم في كتابة مقالة موضوعية حول ما إذا كان ينبغي تسويق الدهن المائي أم لا.



### 4.2 كيف يتمّ الكشف عن الموادّ العضوية؟
### How to Detect Organic Compounds?

تُحدَّد الموادّ العضوية، مثل الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات، من خلال إجراء اختبارات محدّدة لكلّ نوع منها، تبيّن وجود تلك المادّة أو عدم وجودها. يوضّح الجدول (1) الموادّ المراد كشفها، والاختبارات، ونتيجة كلّ اختبار.

| المادّة التي يجري تحديدها | | الاختبار | النتيجة |
|---|---|---|---|
| الكربوهيدرات | النشا | اختبار اليود (Iodine Test) (بنّي – برتقالي) يُجرى الاختبار بدون تسخين. | لون أزرق داكن |
| | السكّريات الأحادية والثنائية، ما عدا السكّروز الذي يعطي نتيجة سلبية | اختبار فهلنج (Fehling's Test) (أزرق) يُجرى الاختبار مع تسخين حتّى الغليان. | ترسّب أحمر قرميدي |
| البروتينات | | اختبار بيوريت (Biuret Test) (أزرق) يُجرى الاختبار بدون تسخين. | لون بنفسجي |
| الليبيدات (الدهون) | | 1. بواسطة صبغة السودان الأحمر (Sudan Red) (أصفر)<br>2. فرك الطعام على قطعة من الورق | 1. لون أحمر<br>2. يترك بقعة شفّافة على الورقة. |

**(جدول 1)**
**تحدّد الموادّ العضوية من خلال اختبارات محدّدة لكلّ منها.**

### 5.2 الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات عبارة عن جزيئات عضوية معقّدة التركيب يحتاج إليها الجسم بكمّيات صغيرة للغاية. وعلى عكس باقي الموادّ الغذائية، لا تحتوي الفيتامينات على الطاقة. تؤدّي الفيتامينات دورًا مهمًّا في التفاعلات الخلوية عن طريق الاقتران مع الأنزيمات. باستثناء فيتامين «D»، لا تُصنَّع الفيتامينات في الجسم، بل يجب الحصول عليها من الغذاء الصحي. والفيتامينات التي تذوب بالماء لا يمكن أن تُخزَّن في الجسم، ويتمّ الحصول عليها من الغذاء اليومي. أمّا الفيتامينات التي تذوب في الدهون، فيُمكن أن تُخزَّن في الكبد أو دهون الجسم للاستخدام عند الحاجة. ويحتوي الجدول (2) على قائمة ببعض الفيتامينات المهمّة ومصادر الحصول عليها، بالإضافة إلى الكمّيات اللازمة منها يوميًّا للإنسان. ما الأغذية التي تُعتبَر مصادر رئيسية لفيتامين «$B_6$»؟ وفيتامين «C»؟



| بعض الفيتامينات المهمّة | | | |
|---|---|---|---|
| | الفيتامين | المصادر الرئيسية | الكمّية اللازمة يوميًّا |
| فيتامينات تذوب في الماء | الثيامين ($B_1$) | الفاصوليا والفول السوداني واللحوم والحبوب الكاملة والبيض | 1.1 – 1.5 mg |
| | الرايبوفلافين ($B_2$) | منتجات الألبان والبيض والخضراوات الورقية الخضراء والخميرة | 1.3 – 1.7 mg |
| | النياسين ($B_3$) | اللحوم والدجاج والأسماك والفول السوداني | 20 mg |
| | $B_6$ | اللحوم والدجاج والأسماك والبطاطا والبطاطا الحلوة | 2 – 2.2 mg |
| | $B_{12}$ | اللحوم والدجاج والأسماك والبيض ومنتجات الألبان | 3 – 6 mg |
| | C | الفواكه والخضراوات، البرتقال والشمّام (الكنتالوب) والفراولة والطماطم والخضراوات الورقية الخضراء | 60 mg |
| فيتامينات تذوب في الدهون | A | الخضراوات الصفراء الداكنة (مثل الجزر) والخضراوات الورقية الخضراء والكبد والبيض | 4 000 – 5 000 وحدة دولية |
| | D | ضوء الشمس وزيت كبد الأسماك واللبن الذي يحتوي على فيتامينات | 400 وحدة دولية |
| | E | الزيوت النباتية والبذور والحبوب الكاملة | 30 وحدة دولية |
| | K | الخضراوات الورقية الخضراء والملفوف (الكرنب) والكبد والبكتيريا المعوية | 55 – 70 mg |

**(جدول 2)**
**ما الفيتامينات التي حصلت عليها عند تناول فطورك هذا الصباح؟**

وجّه إلى الطلّاب السؤالي التاليين:

- أيّ من مجموعات الغذاء يعطي أكبر نسبة من السعر الحرارية؟ **(المأكولات التي تزوّد الجسم بالكربوهيدرات، البروتينات والدهون.)** دعهم يعطون أمثلة.
- ما وظيفة الطاقة في جسم الإنسان؟ **(تحتاج جميع الأعضاء إلى الطاقة من أجل أن تعمل بانتظام وتحتاج إليها العضلات أيضًا لتنفيذ النشاطات بشكل سليم.)**

**إجابة السؤال صفحة 51 في كتاب الطالب: (تُعتبَر الفواكه، الخضار وخصوصًا الحمضيات والخضراوات الورقية الخضراء مصدرًا رئيسيًا للفيتامين C، وتُعتبَر اللحوم، الدجاج، الأسماك والبطاطا الحلوة مصدرًا رئيسيًا للفيتامين $B_6$.)**

**إجابة سؤال الجدول (2) صفحة 52 في كتاب الطالب: (ستتنوّع الإجابات.)**

دع الطلّاب يتفحّصون الجدول (2). ويتعرّفون الأغذية التي يجب أن يتناولوها يوميًّا لضمان حصولهم على الكمّيات المسموح والموصى بها من الفيتامينات التي تذوب في الماء.

**نشاط توضيحي**

أحضر أو اطلب إلى الطلّاب أن يحضروا النشرات الداخليّة لعبوات الفيتامينات المتنوّعة. تأكّد من أنّهم أحضروا أيضًا العلامات التجارية للفيتامينات المتعدّدة. امنح الطلّاب فرصة تفحّص النشرات الداخليّة، ومناقشة المعلومات التي تتضمّنها. كي تتوسّع في الدرس، قد ترغب في أن تدع الطلّاب يقارنون بين أسعار الفيتامينات التي اختاروها من إحدى الصيدليات القريبة، وأسعار الأطعمة التي تحتوي على الفيتامينات في متجر الأغذية.

**عرض عملي للمعلّم**

اسأل: ما مصادر الماء في غذائنا؟ **(من المحتمل أن يذكر الطلّاب ماء الشرب والمشروبات الأخرى، ولكنّهم قد لا يذكرون الماء الموجود في الطعام.)** فسّر أنّ بعض الأطعمة يتكوّن معظمها من الماء في حين أنّ أطعمة أخرى بالكاد تحتوي على الماء. بيّن مقدار الماء الموجود في أطعمة متنوّعة من مثل شريحة التفاح، شريحة بطاطا، كسرة خبز، وقطعة بسكويت رقيقة جافة. زن كتلة الأطعمة وهي الطازجة، ثمّ اتركها على مناديل ورقية لبضعة أيّام لتجفّ ثمّ زنها مرّة ثانية. دع الطلّاب يقارنون بين الكتل الجافة والكتل النضرة ويستنتجون أيّ الأطعمة يحتوي على ماء أكثر وأيّها يحتوي على ماء أقل.

### 6.2 العناصر المعدنية Minerals

العناصر المعدنية عبارة عن جزيئات غير عضوية تؤدّي وظائف حيوية في الجسم. فعلى سبيل المثال، يُعتبَر عنصر الكالسيوم المكوّن الرئيسي للعظام والأسنان. أمّا الحديد فعنصر ضروري لنقل الأكسجين في الدم. وتحتاج الأعصاب والعضلات إلى البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم لكي تؤدّي عملها كما ينبغي. ادرس في الجدول (3) بعض العناصر المعدنية المهمّة ومصادرها الرئيسية.

لا يمكن لجسمك أن يخزّن معظم العناصر المعدنية، لذا يجب أن تكون موجودة في طعامك بصورة منتظمة. نحصل على بعض العناصر المعدنية من النباتات التي تمتصّ هذه العناصر من التربة، ويمكن الحصول على بعضها الآخر من المنتجات الحيوانية.

**بعض العناصر المعدنية المهمّة**

| العنصر | المصادر الرئيسية | الكمّية اللازمة يوميًّا |
|---|---|---|
| الكالسيوم | منتجات الألبان، المحار أو الحيوانات الصدفية، الخضراوات الورقية الخضراء | 800 – 1 200 mg |
| الفوسفور | الحليب، البيض، اللحوم، الدجاج، الأسماك، الفول، الحبوب الكاملة | 800 mg |
| المغنسيوم | منتجات الألبان، الحبوب الكاملة، الفول | 300 – 350 mg |
| الحديد | اللحوم، الكبد، الحيوانات الصدفية، الفواكه المجفّفة، العسل الأسود | 10 – 15 mg |
| اليود | الحيوانات الصدفية، زيت كبد السمك، الملح اليودي | 0.15 mg |

(جدول 3)
يؤمّن الغذاء المتوازن جميع العناصر المعدنية اللازمة للجسم يوميًّا.

### 7.2 الماء Water

على الرغم من أنّ الماء مادّة غير غذائية، إلّا أنّه أساسي للحياة. فهو يشكّل في أنسجة الجسم نصف الكتلة الكلّية لجسمك على الأقلّ، إذ أنّ حوالى 90 % من بلازما الدم، وهي الجزء السائل من الدم، يتكوّن من الماء. يفقد جسمك من 3 إلى 5 لترات من الماء يوميًّا من خلال العرق والبول وهواء الزفير. ويتمّ تعويض هذا الماء المفقود عندما تشرب وتأكل. وينتج الماء في الجسم أيضًا كناتج ثانوي لعملية التنفّس الخلوي. يؤدّي الماء وظائف عديدة في الجسم، فهو ينقل الموادّ الغذائية والفضلات، ويُعتبَر ضروريًّا للعديد من التفاعلات الكيميائية، ويساعد على تبريد الجسم عند إفراز العرق.

### 3.2 أمراض ناتجة عن سوء التغذية

هل يستطيع الجسم أن يكوّن بنفسه جميع أنواع الأحماض الأمينية التي تتكوّن منها البروتينات؟ **(كلا)** فإذًا كيف يحصل عليها؟ **(من الطعام)** ما المرض الناجم عن نقص حاد في البروتين الكامل؟ **(كواشي أوركور)**

ما سبب الإصابة بمرض قصور الغدة الدرقية؟ **(نقص في معدن اليود في الماء والغذاء.)** لماذا يحتاج الجسم إلى هذا المعدن؟ **(لتركيب هرمون الثيروكسين)**

أيّ أجهزة الجسم معرّض للإصابة بمرض البري بري؟ **(الجهازين العصبي والدوري)** ما سبب هذا المرض؟ **(نقص في الفيتامين $B_1$ أو الثيامين.)**

ما هو السبب الرئيسي لزيادة نسبة أمراض القلب والتجلّط؟ **(السمنة)**

## 3. قيّم وتوسّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

دع الطلّاب يرسمون شكلًا تخطيطيًّا للطبق الغذائي يحدّد الحصص اليومية الموصى بها لكلّ مجموعة طعام. ثمّ اطلب إليهم أن يكتبوا قائمة تحتوي على الموادّ الغذائية الأكثر توافرًا في كلّ مجموعة طعام وأن يحدّدوا وظيفة الموادّ الغذائية في الجسم.

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

- **مهارة التعبير الكتابي:** دع الطلّاب يختارون فيتامينًا معينًا، ويكتبون تقريرًا عن الأمراض أو المشكلات الصحية التي قد تنتج من نقص هذا الفيتامين أو زيادته. دع الطلّاب يتشاورون مع زملائهم في الفصل حول ما كتبوه من تقارير.
- **مهارتا القراءة العلمية وتنظيم المعلومات:** دع الطلّاب يرسمون جدولًا يتضمّن اسم المرض الناتج من سوء التغذية، سببه، عوارضه وطريقة علاجه.



### 3. أمراض ناجمة عن سوء التغذية

### Diseases Caused by Malnutrition

**سوء التغذية هو عدم حصول الجسم على القدر الكافي من الموادّ الغذائية.** وقد تنتج هذه الحالة من عدم توافر الغذاء المتوازن، أو عسر الهضم، أو سوء الامتصاص، أو أيّ أمراض أخرى.

### 1.3 أمراض ناجمة عن نقص في مغذّيات عضوية معيّنة

### Diseases Caused by Lack of Specific Organic Nutrients

**متلازمة عوز البروتين (كواشي أوركور)** **Kwashiorkor**

يصيب هذا المرض عادة الأطفال في الدول الفقيرة محدودة الغذاء، حيث يؤدّي سوء التغذية وبخاصّة النقص الحادّ في البروتين الكامل، أي الذي يؤمّن للجسم الأحماض الأمينية الأساسية التي لا يمكن للجسم إنتاجها، إلى ظهور هذا المرض (شكل 37).

يؤدّي هذا النقص الحادّ في البروتين إلى وقف نموّ الطفل المصاب، التعب الشديد، ضمور العضلات، حدوث تغيّرات جلدية من أبرزها فقدان الجلد لونه الطبيعي وتورّمه، وتغيّر لون الشعر أو تركيبه، بالإضافة إلى الإصابة بفقر الدم، تلف الكبد، الأمعاء الدقيقة، نقص مناعة الجسم وعدم قدرته على مقاومة الأمراض.

تتمّ معالجة هذا المرض بتعويض النقص من الموادّ الغذائية، بخاصّة البروتين، عبر إعطاء المصاب مكمّلات غذائية من فيتامينات ومعادن مختلفة وحليب منزوع القشدة وأغذية غنية بالبروتين.

(شكل 37)
ولد مصاب بمرض متلازمة عوز البروتين.

### 2.3 أمراض ناجمة عن نقص في المعادن

### Diseases Caused by Lack of Minerals

**مرض قصور الغدّة الدرقية** **Hypothyroïdism**

ينشأ هذا المرض عندما تكون الغدّة الدرقية عاجزة عن إفراز الهرمونات الدرقية، ويعود ذلك إلى سوء التغذية وبخاصّة إلى نقص معدن اليود في الماء والغذاء. الأطفال والرضّع هم الأكثر عرضة لهذا المرض نتيجة غياب عنصر اليود في حليب الرضّع.

عندما ينخفض معدّل اليود عن الكمّية الموصى بها يوميًّا (150 ميكروجرام في اليوم للرجال والنساء بدءًا من سنّ 14 عامًا)، يبدأ ظهور عوارض المرض، ومنها التعب الشديد، تضخّم الغدّة الدرقية (شكل 38)، انخفاض درجة حرارة الجسم القاعدية (وهي أدنى درجة حرارة قد يبلغها الجسم في وضعية الراحة وتساوي 37° C)، زيادة الوزن، الكآبة، فقدان الذاكرة، انخفاض في معدّل ضربات القلب وغيرها.

(شكل 38)
شخص مصاب بمرض قصور الغدّة الدرقية.



تتمّ معالجة مرض قصور الغدّة الدرقية بتعويض النقص في معدن اليود عبر إضافته إلى ملح الطعام. كما يمكن الحصول عليه من مصادر طبيعية عبر تناول المأكولات البحرية، والنباتات المزروعة في تربة غنية باليود.

### 3.3 أمراض ناجمة عن وجبات تنقصها الفيتامينات

### Diseases Caused by Lack of Vitamins

**مرض البري بري** **Beri Beri**

البري بري مرض يصيب الجهاز الدوري (البري بري الرطب) والجهاز العصبي (البري بري الجافّ). ينشأ هذا المرض بسبب نقص في الفيتامين $B_1$ (الثيامين)، وذلك نتيجة سوء التغذية وتناول أغذية لا تحتوي على كمّية كافية من فيتامين $B_1$، مثل الخبز الأبيض الخالي من النخالة والأرزّ المنزوع القشرة، بخاصّة في البلدان فقيرة التغذية. وتؤدّي المخدّرات والكحول أيضًا دورًا في الإصابة بهذا المرض، إذ تسبّب سوء التغذية، وخللًا في امتصاص فيتامين $B_1$ وتخزينه.

تشمل أعراض هذا المرض نقصًا في الوزن، اضطرّابات نفسية، تلفًا في وظائف الأعصاب الحسّية، ضعفًا وألمًا في الأطراف، تورّمًا وانتفاخًا في أعضاء الجسم نتيجة تجمّع السوائل فيها. وقد يؤدّي هذا المرض في حالاته المتقدّمة إلى فشل القلب والوفاة.

تتمّ معالجة هذا المرض بتعويض النقص في الفيتامين $B_1$ من خلال تناول أغذية غنية بهذا الفيتامين، مثل اللحوم والحبوب الكاملة والخضروات والخميرة، أو من خلال إعطائه على شكل أقراص أو حقن من ثيامين هيدروكلورايد التي تُؤمّن للجسم ما يلزمه منها.

### 4.3 أمراض ناجمة عن زيادة في مغذّيات عضوية معيّنة

### Diseases Caused by Excess of Specific Organic Nutrients

**السمنة والتشحم** **Obestiy and Greasiness**

تنتشر السمنة Obesity بين الرجال والنساء من جميع الفئات العمرية، وحتّى عند المراهقين والأطفال، وهي تختلف بمعناها عن التشحّم. **تتمثّل السمنة بأنّها تراكم للدهون الزائدة في كافّة أنحاء الجسم وبشكل متجانس،** وتُختزن هذه الدهون بشكل رئيسي في النسيج تحت الجلد. تستجيب السمنة عادة للحمية Diet، ومن أسباب حدوثها تناول مفرط للأطعمة وقلّة الحركة، بالإضافة إلى عوامل وراثية ومشاكل صحّية.

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–1**

1. يقوم الجهاز الهضمي بالهضم الميكانيكي، الهضم الكيميائي، والامتصاص.
2. المكوّنات العضوية (الكربوهيدرات، البروتينات، الدهون، والفيتامينات)، والمكوّنات غير العضوية (العناصر المعدنية والماء).
3. مجموعة الحبوب والنشويات (الخبز، المعكرونة، الأرز إلخ.) لأنها تزوّد الجسم بالموادّ الأوّلية لإنتاج الطاقة.
4. مجموعة مشتقّات الحليب، مجموعة اللحوم، الأسماك، البيض، والبقوليات، لأنّها العناصر الأوّلية لتركيب جزيئات البروتين التي يحتاج إليها الجسم لأداء وظائفه (الإنزيم، الهرمون إلخ.) وللبناء.
5. تفتقر هذه الوجبة إلى النشويات وهي من أهمّ مصادر الطاقة للجسم، بعض الفيتامينات مثل فيتامين K، $B_3$، $B_6$ وE، ومعادن مثل الكالسيوم، المغنيسيوم والحديد. ولكي يكون غذاؤه متوازنًا يجب أن يتناول أغذية من منتجات الألبان، الحبوب الكاملة، الخضار، السمك، اللحم والدجاج.



**أمّا التشحّم Greasiness، فهو تراكم غير متجانس للدهون الزائدة في مناطق مختلفة من الجسم ولا تستجيب للحمية Diet Resistant.**

تُعرّض السمنة الشخص المصاب بها للعديد من الأمراض، وبخاصّة أمراض القلب والمفاصل وتجلّط الشرايين والسكّري. كما يمكن أن تؤدّي إلى صعوبات في التنفّس، وأن تُسبّب بعض الالتهابات الجلدية والفطريات، بالإضافة إلى تدهور حالة المريض النفسية نتيجة صعوبة انخراطه في المجتمع بسهولة. ويصعب إجراء العمليات التقليدية التي تُجرى للمريض المُصاب بالسمنة.

تعتمد الوقاية والتخلّص من السمنة بالدرجة الأولى على اللياقة البدنية، وذلك عبر ممارسة التمارين الرياضية لإزالة الدهون المتراكمة، واتّباع حمية غذائية سليمة تحت إشراف إخصائي تغذية. تعتمد الحمية عادة على التخفيض من تناول الموادّ النشوية والدهنية، وتناول الخضروات الغنية بالفيتامينات والموادّ السلّيلوزية وهي قليلة السعر الحرارية.

## مراجعة الدرس 2–1

1. ما الأنشطة الثلاثة التي يقوم بها الجهاز الهضمي؟
2. ما المجموعات الغذائية المختلفة التي يحتاج إليها الإنسان في وجباته؟
3. أيّ من المجموعات يحتاج إليها الجسم بكمّيات كبيرة نسبة إلى غيرها؟ لماذا؟
4. أيّ مجموعة تُزوّد الجسم بالبروتينات والدهون؟ ما أهمّية هذه المجموعة؟
5. **سؤال التفكير الناقد:** تخيّل أنّ لديك صديقًا يحاول إنقاص وزنه عبر تناول البيض والليمون فحسب في وجباته. فسّر لهذا الصديق ما الموادّ الغذائية التي تغيب عن غذائه، واقترح الأغذية التي قد توازن هذا الغذاء.

**الأهداف:**

- يصف أعضاء الجهاز الهضمي عند الإنسان.
- يعدِّد دور أعضاء الجهاز الهضمي في عملية الهضم.
- يشرح عملية الهضم وأنواعه.
- يعدِّد نواتج الهضم.
- يبيِّن طريقة امتصاص الأغذية.

**الأدوات المستعملة:** نموذج للجهاز الهضمي عند الإنسان وشفافيات للخملات المعوية.

**صفحات الطالب: من ص 57 إلى ص 64**

**صفحات الأنشطة: من ص 24 إلى 29**

**عدد الحصص: 2**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. ذكّرهم بضرورة تناول الإنسان طعامًا متوازنًا يشمل مجموعات الطعام كلّها.

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول عملية الهضم، وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما هو الإنزيم وما دوره في عملية الهضم؟ **(الإنزيمات حفّازات بيولوجية تسرّع تفاعلات الهضم الكيميائي.)**
- هل تعمل جميع الإنزيمات الهضمية بفعالية على نفس الأس الهيدروجيني pH؟ **(كلا، يعمل كلّ إنزيم هضمي في وسط الأس الهيدروجيني فيه مختلف.)**

**نشاط سريع**

وزِّع قطعتين من الخبز على كلّ طالب. دعهم يمضغون القطعة الأولى بسرعة ويصفون مذاقها. ثمّ دعهم يمضغون القطعة الثانية ببطء حتّى تتفتّت جيدًا ويصفون مذاقها. شجّع الطلّاب على تفسير لماذا القطعة الثانية حلوة المذاق، والقطعة الأولى ليست كذلك.

**(حظي اللعاب، عند مضغ القطعة الثانية، بالوقت الكافي لهضم الموادّ الكربوهيدراتية المعقّدة فيها وتحويلها إلى سكّريات بسيطة مسؤولة عن المذاق الحلو.)**

الدرس 2-2
الجهاز الهضمي للإنسان
Human Digestive System

**الأهداف العامة**

- يصف أعضاء الجهاز الهضمي عند الإنسان.
- يحدّد دور أعضاء الجهاز الهضمي في عملية الهضم.
- يشرح عملية الهضم وأنواعها.
- يعدّد نواتج الهضم.
- يُبيّن طريقة امتصاص الأغذية.



(شكل 39)

إذا أردت أن تأكل المعكرونة (شكل 39)، عليك الانتباه من الإفراط في الكمّية. ولكن إذا أردت الحصول على سعر حرارية كافية من المعكرونة فحسب من دون أيّ إضافات أخرى، فإنّ الكمّية اللازمة هي 0.5kg تقريبًا لفتاة تزن 56kg و 0.7kg تقريبًا لفتًى يزن 61kg. وتجدر الإشارة إلى أنّه من الضروري تناول مأكولات متنوّعة وعدم اختيار نوع واحد للحصول على سعر حرارية كافية في اليوم.

#### 1. من القناة الهضمية إلى خلايا الجسم

**From Digestive Tract to Body Cells**

هل يمكنك أن تعدّ قائمة بالموادّ الغذائية التي يحتاج إليها جسمك يوميًا؟ لا يستطيع جسمك أن يستخدم الموادّ الغذائية في الطعام الذي تناولته إلّا بعد أن يتمّ هضمه كيميائيًا إلى مركّبات صغيرة. وتعلّمت في الدرس السابق أنّ **الهضم Digestion عملية يتمّ بواسطتها تفتيت الطعام وتحويله إلى موادّ غذائية يمكن الاستفادة منها**. ويحدث الهضم عند الإنسان داخل أعضاء القناة الهضمية، وثمّة أعضاء أخرى خارج الجهاز الهضمي تساعد في هذه العملية. هل عملية الهضم عند الإنسان تتمّ داخل الخلايا أو خارجها؟

57

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 من القناة الهضمية إلى خلايا الجسم

وضِّح للطلّاب إمكانية تشبيه حركة الموادّ داخل الجهاز الهضمي عند الإنسان بحركة المرور باتجاه واحد واسأل: هل يُعتبَر هذا الوصف ملائمًا؟

**إجابة السؤال صفحة 57 في كتاب الطالب: (خارج الخلايا)**

**إجابة سؤال الشكل (40) صفحة 58 في كتاب الطالب: (الغدد اللعابية، الكبد، البنكرياس، الحويصلة الصفراوية، المعدة والأمعاء الدقيقة)**

### 2.2 الفم

ساعد الطلّاب على فهم الفرق بين الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي اللذان يحدثان في الفمّ بمقارنة عمليتي خفق البيضة النيئة وسلقها. اسأل الطلّاب: أيّ العمليتين ميكانيكية وأيّهما كيميائية؟ **(العملية الميكانيكية: خفق البيضة والعملية الكيميائية: سلق البيضة)**

فسّر أنّ الجزء المخروطي شبيه اللسان المتدلي من قمّة الفم عند اتصال الفم بالبلعوم يُعرَف باللهاة. ووظيفته منع الطعام من دخول التجويف الأنفي.

**إجابة السؤال صفحة 59 في كتاب الطالب: (على جانبي الفم)**

**إجابة سؤال الشكل (41) صفحة 59 في كتاب الطالب: (تمضغ الأسنان الطعام، تبدأ الغدد اللعابية الهضم الكيميائي ويدفع اللسان الطعام إلى الخلف في الفم.)**

### 3.2 البلعوم والمريء

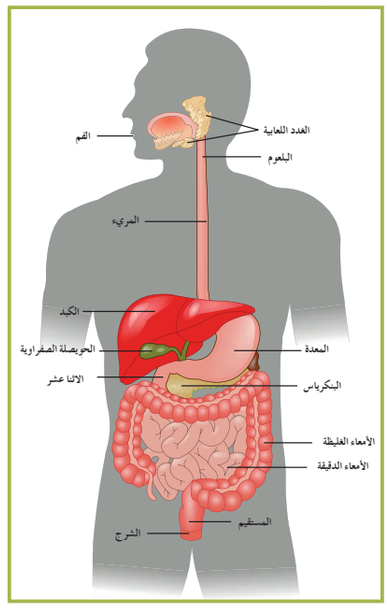
**لتقييم الأداء، اسأل:**

- في أيّ عضو يمرّ الطعام بعد ابتلاعه؟ **(المريء)**
- ما الحركة التي تدفع الطعام في المريء؟ **(التحوّي أو الحركة الدودية)**

**نشاط توضيحي**

- وضِّح باستخدام نموذج بسيط كيف تدفع الحركة الدودية الطعام خلال المريء. ضع كرة زجاجية أو بلّورية داخل أحد طرفي أنبوب مطاطي أو أنبوب مرن طوله 25 – 30 cm. بحركة ضاغطة أو عاصرة من يديك، حرّك الكرة خلال الأنبوب نحو الطرف الآخر. اسأل: إذا كان هذا النموذج يمثّل عمل المريء، فماذا يحاكي الأنبوب؟ وماذا تحاكي الكرة؟ **(يحاكي الأنبوب المريء وتحاكي الكرة القضمة التي ابتُلِعت.)**
- كيف تمّت محاكاة الحركة الدودية؟ **(بالضغط على الأنبوب أو عصره باليد بدءًا من أحد أطرافه وصولًا إلى الآخر)**

تتكوّن القناة الهضمية الموضّحة في الشكل (40) من الفم والبلعوم والمريء والمعدة والأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة. وتحدث أنشطة الجهاز الهضمي الثلاثة، أي الهضم الآلي والهضم الكيميائي والامتصاص، داخل هذه القناة. وخلال تعرّفك أعضاء الجهاز الهضمي، ستحدّد موقع حدوث كلّ نشاط من أنشطة الجهاز الهضمي.



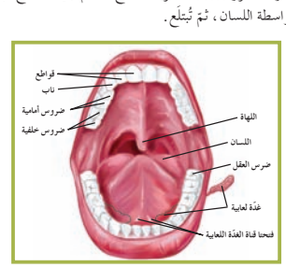

(شكل 40)
الجهاز الهضمي للإنسان
ما التراكيب في هذا الشكل التي تنتج المواد الكيميائية التي تساعد في عملية الهضم؟



### 2. الفم Mouth

تبدأ الخطوة الأولى من عملية الهضم عند الإنسان بالهضم الآلي من خلال مضغ الطعام. تحدث عملية المضغ في الفم بواسطة الأسنان المختلفة، القواطع والأنياب والأضراس الأمامية والخلفية. وفي الوقت نفسه، **تفرز الغدد اللعابية Salivary Glands اللعاب في الفم** (شكل 41). أين توجد الغدد اللعابية في فمك؟

تفرز الغدد اللعابية حوالى $1.5\ dm^3$ من اللعاب داخل الفم يوميًّا. **واللعاب Saliva محلول مائي يتكوّن من الماء بنسبة 99%، كما يحتوي على أملاح ذائبة مثل البوتاسيوم والصوديوم، مادّة مخاطية لزجة Mucus، أنزيم الأميليز Amylase، وأنزيم مضادّ للجراثيم يُسمّى ليسوزايم Lysozyme. يُرطِّب اللعاب الطعام الممضوغ ويُحوّله إلى بلعة غذائية على شكل كرة، وذلك لتسهيل عملية البلع.** أمّا أنزيم الليسوزايم فيقتل الجراثيم الموجودة في الطعام، في حين يُحفِّز أنزيم الأميليز اللعابي التحلّل بالماء للنشا ويُحوّله إلى سكّر ثنائي يُسمّى سكّر المالتوز Maltose. وبعد مضغ الطعام جيّدًا، تُدفع البلعة إلى الخلف بواسطة اللسان، ثمّ تُبتلَع.




(شكل 41)
ما الوظيفة الهضمية لكلّ تركيب في الفم؟

### 3. البلعوم والمريء Pharynx and Esophagus

عندما تبتلع الطعام، يتحرّك هذا الأخير خلال المنطقة الواقعة في الحلق والمعروفة بالبلعوم Pharynx. وتقوم **شريحة نسيجية صغيرة تُسمّى لسان المزمار Epiglottis بإغلاق فتحة الحنجرة الواقعة عند مدخل الممرّ التنفّسي، ما يضمن دخول الطعام إلى أنبوبة عضلية طويلة تُسمّى المريء Esophagus.** ويتحرّك الطعام خلال المريء باتّجاه المعدة **بالحركة الدودية Peristalsis، وهي عبارة عن موجة من الانقباضات العضلية المتعاقبة للعضلات الملساء الموجودة في جدار المريء.** وتوجد عضلة حلقية الشكل عند قاعدة المريء، تعمل كصمّام يفتح عندما ترتخي هذه العضلة ليدخل الطعام إلى المعدة.

**أطلب إلى الطلاب تنفيذ نشاط «كيف تعمل الحركة الدودية؟» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 26 و27. يساعد هذا النشاط الطلّاب على محاكاة حركة التحوّي في القناة الهضمية (من المريء إلى المعدة).**

## 4.2 المعدة

**لتقييم الأداء، اسأل:**

أين يتمّ إنتاج الكيموس والمخاط؟ **(في المعدة)**

**نشاط توضيحي**

لتبيان الهضم الكيميائي، ضع قطعًا صغيرة من اللحم الأحمر في ثلاثة أنابيب اختبار. أضف إنزيم الببسين إلى الأنبوبين الأوّل والثاني حتى يمتلئا إلى الربع. ثمّ أضف الماء إلى الأنبوب الأوّل وحمض الهيدروكلوريك (HCL) المخفَّف إلى الثاني حتى يمتلئ الأنبوبان إلى النصف. املأ نصف الأنبوب الثالث بالماء. ضع الأنابيب الثلاثة في حامل واتركها لمدّة 24 ساعة. دع الطلّاب يلاحظون كيف تؤثّر السوائل في اللحم. **(سيُهضم معظم اللحم في أنبوب الاختبار الثاني المحتوي على الببسين وحمض HCL. سيُهضم بعض اللحم في أنبوب الاختبار الأوّل المحتوي على الببسين. ولن يهضم اللحم في أنبوب الاختبار الثالث المحتوي على الماء فقط.)**

## 5.2 الأمعاء الدقيقة

**لتقييم الأداء، اسأل:**

أين توجد الخملات المعويّة؟ **(في الأمعاء الدقيقة)**

**تصويب مفهوم خاطئ**

قد يكون لدى الطلّاب انطباع خاطئ عن أن الاثنا عشر هو أكثر أجزاء الأمعاء الدقيقة أهمّية لأنّ معظم الهضم الكيميائي يتمّ داخله. أشر إلى أنّ حوالى 3 أمتار من الأمعاء الدقيقة مخصصة أساسًا لامتصاص الطعام المهضوم إلى جانب الهضم، في حين أنّ الإثنا عشري وطوله 25 cm مخصّص للهضم فقط. اسأل:

- ما النسبة المئوية من الأمعاء الدقيقة التي تُستَخدم في امتصاص الطعام؟ **(حوالى 92%)**
- ما فائدة طول الأمعاء الدقيقة؟ **(يزيد المساحة التي يتمّ فيها هضم الطعام وامتصاصه.)**

**علم الأحياء في حياتنا اليوميّة**

**المساعدات الخارجية والداخلية**

وجّه الطلّاب إلى أنّ أنواع البكتيريا ليست جميعها مضرّة، وأنّ هناك بكتيريا مفيدة تعيش في أمعاء الإنسان وتساعده في عملية الهضم وتنتج الفيتامين K.

عند دراسة الشكل (42)، تأكّد من فهم الطلّاب العلاقة التي تربط أجزاء الشكل بعضها ببعض. ألفت انتباههم إلى الشعيرات الدموية العديدة الموجودة داخل تجويف كلّ خملة معوية، وصف دورها في امتصاص الموادّ الغذائية المهضومة. ساعد الطلّاب أيضًا على ربط الشكل بالمعلومات الواردة في النص.

**إجابة سؤال الشكل (42) صفحة 61 في كتاب الطالب: (الأحماض الدهنية)**



### 4. المعدة Stomach

**المعدة Stomach عبارة عن كيس عضلي سميك الجدران وقابل للتمدّد، تحدث فيه عمليتا الهضم الآلي والكيميائي.** يحدث الهضم الآلي عندما تنقبض جدران المعدة بقوّة، فتخلط الطعام الذي ابتلعته. ويبدأ الهضم الكيميائي في المعدة عندما تفرز الغدد الموجودة فيها حمض الهيدروكلوريك (HCl) ومولّد البيسين البيسينوجين، وهو الشكل غير النشط للبيسين. لا تفرز غدد المعدة أنزيم البيسين الذي يهضم البروتينات بشكله النشط، بل تفرزه بشكله غير النشط لتفادي الهضم الذاتي لخلايا المعدة بواسطة البيسين. عندما يصبح الطعام في المعدة، تفرز غدد المعدة حمض الهيدروكلوريك الذي يُحوّل البيسينوجين إلى بيسين الذي يعمل بدوره على هضم البروتينات إلى بيتيدات. وتنتج الغدد الموجودة في المعدة أيضًا المادّة المخاطية التي تجعل القناة الهضمية زلقة لتسهيل مرور الطعام فيها، فضلًا عن أنّ المخاط يغطّي بطانة المعدة ليحميها من تأثير العصارات الهضمية.

وبعد مضيّ حوالى ثلاث ساعات على وجود الطعام في المعدة، يتحوّل إلى عجينة لزجة تُسمّى الكيموس Chyme، تتكوّن من حمض الهيدروكلوريك والبروتينات المهضومة جزئيًا والسكّريات والدهون غير المهضومة. ويفتح صمّام عند الطرف الآخر للمعدة يسمح بمرور كمّيات صغيرة من الكيموس إلى الأمعاء الدقيقة.

### 5. الأمعاء الدقيقة Small Intestine

يُستكمَل هضم كلّ من السكّريات والبروتينات، وتُهضَم الدهون في الجزء الأوّل من **الأمعاء الدقيقة Small Intestine** الذي يُسمّى الاثني عشر Duodenum، الذي يبلغ طوله حوالى 25 cm، ويتّخذ شكل الحرف C. أمّا عملية امتصاص الموادّ الغذائية، فتحصل في الجزء الباقي من الأمعاء الدقيقة، أي في الصائم Jejunum، والمعي اللفائفي Ileum.

يبلغ طول الأمعاء الدقيقة حوالى 7 أمتار وقطرها حوالى 2.5 cm. يبطّن الجدار الداخلي للأمعاء بوجود عدّة **طيّات مغطّاة بملايين البروزات المجهرية إصبعية الشكل تُسمّى الخملات المعوية Villi** (شكل 42). **تزيد هذه الطيّات أو الخملات من مساحة السطح الداخلي للأمعاء حيث تجري عملية امتصاص الموادّ الغذائية**، وتُقدَّر هذه المساحة بحوالى $200\ m^2$. ويُسمّى الغذاء المهضوم في الأمعاء الدقيقة بالكيلوس.

**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**المساعدات الخارجية والداخلية**

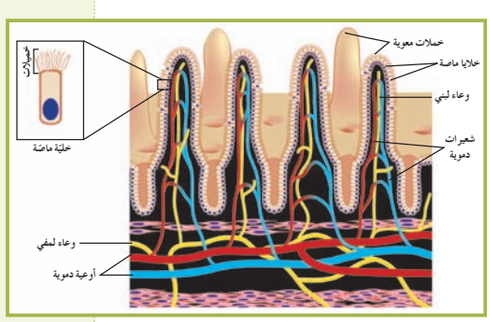
تعيش البكتيريا داخل أمعاء الإنسان بكمّيات تكفي لملء علبة مشروب. وهي تساعد في عملية الهضم وتفرز فيتامينات مفيدة، منها الثيامين وفيتامين "K". وتتسبّب المضادّات الحيوية التي تُؤخَذ لقتل الجراثيم المسبّبة للمرض، بقتل هذه الكائنات المفيدة وباضطراب في الجهاز الهضمي.



لكلّ خملة معوية أوعيتها الدموية وأوعيتها اللمفية الخاصّة بها، والتي تُسمّى الأوعية اللبنية Lacteal Vessels. يتمّ فصل هذه الأوعية عن الوسط المعوي بطبقة رقيقة من الخلايا الماصّة والمغطّاة بأعداد كبيرة من الخميلات Microvilli. والمساحة السطحية الكبيرة للمعي، والمسافة القصيرة بين الوسط المعوي والأوعية الدموية واللبنية تُسهّل عملية مرور الموادّ الغذائية إلى هذه الأوعية.

تمتصّ خلايا الخملات المعوية الموادّ الغذائية بعد هضمها، ثمّ تمتصّ الشعيرات الدموية السكّريات والأحماض الأمينية. أمّا الأوعية اللبنية، فتمتصّ الأحماض الدهنية.

تصبّ الشعيرات الدموية من جميع الخملات في وعاء دموي كبير ينقل الموادّ الغذائية خلال الجهاز الدوري. أمّا الأوعية اللبنية، فتصبّ جميعها في وعاء لمفي كبير، ينقل الموادّ الممتصّة إلى الجهاز الدوري أيضًا. أمّا الموادّ غير المهضومة، فتمرّ خلال صمّام موجود عند نهاية الأمعاء الدقيقة لتدخل إلى الأمعاء الغليظة.




(شكل 42)
الخملات المعوية عبارة عن بروزات إصبعية الشكل تُبطّن الأمعاء الدقيقة والخملات عبارة عن نتوءات تمتدّ من الغشاء الخلوي للخلايا الماصّة وهي تزيد مساحة سطح تلك الخلايا وتمتص الموادّ الغذائية. ما الموادّ الغذائية التي يتمّ امتصاصها بواسطة الأوعية اللبنية الموجودة داخل الخملات المعوية؟

### 6. الأمعاء الغليظة Large Intestine

يبلغ قطر الأمعاء الغليظة أو القولون Large Intestine حوالى 6 cm وطوله 1.5 m. تمتصّ الأمعاء الغليظة الماء والفيتامينات الذائبة في الماء من الموادّ غير المهضومة، ويُعاد توزيع الماء إلى باقي أجزاء جسمك. وبعد امتصاص معظم الماء من الأمعاء الغليظة، تبقى الفضلات الصلبة التي تُسمّى البراز Feces، فيتحرّك البراز خلال الأمعاء الغليظة إلى المستقيم Rectum، ثمّ يُطرَد خارج الجسم من خلال فتحة الشرج Anus.

## 6.2 الأمعاء الغليظة

**لتقييم الأداء، اسأل:**

ما العضو الذي يعالج الفضلات غير المهضومة والماء الناتجين من عملية الهضم؟ **(الأمعاء الغليظة)**

أكّد على أنّ معظم عملية الهضم تكون قد اكتملت عندما يصبح الطعام جاهزًا للمرور من الأمعاء الدقيقة إلى الأمعاء الغليظة.

## 7.2 الأعضاء الهضمية الملحقة

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (43). أشر إلى الشكل (40) أو أي شكل تخطيطي آخر لجسم الإنسان تتّضح فيه مواضع الأعضاء الظاهرة في الشكل (43). أخبر الطلّاب أن الكبد والبنكرياس يفرزان موادّ تساعد على هضم الطعام، ولكنّ الطعام لا يمرّ خلالهما فعليًّا. اسأل: في اعتقادك، في أيّ تركيب يصبّ الكبد والبنكرياس إفرازاتهما؟ **(في الأمعاء الدقيقة)**

أشر إلى الشكل (43) وفسّر أنّ دور الحويصلة الصفراوية هو تخزين عصارة الصفراء التي ينتجها الكبد. اسأل: أين تصبّ الحويصلة الصفراوية العصارة الصفراء؟ **(في الأمعاء الدقيقة)**

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «محاكاة وظيفة العصارة الصفراء» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 24 و25. يساعد هذا النشاط الطلّاب على محاكاة دور العصارة الصفراء في هضم الطعام.**

**إجابة سؤال الشكل (43) صفحة 63 في كتاب الطالب: (العصارة الصفراء تستحلب الدهون والعصارة البنكرياسية تحتوي على إنزيمات تساعد في عملية الهضم الكيميائي للموادّ العضوية.)**

نبّه الطلّاب إلى ضرورة تفسير المعلومات الواردة في الجدول (4). ذكّرهم بأن الطعام يمرّ خلال كلّ عضو مذكور في الجدول وأنّ البنكرياس غدّة تفرز إنزيمات هضمية تصبّها في الأمعاء الدقيقة. اسأل:

- أيّ إنزيمات تهضم البروتينات؟ **(الببسين، التريبسين، والببتيديز)**
- أين توجد هذه الإنزيمات؟ **(يوجد الببسين في المعدة ويوجد التريبسين والببتيديز في الأمعاء الدقيقة.)**
- أين يحدث هضم النشويات إلى موادّ سكرية أبسط تركيبًا؟ **(الفمّ والأمعاء الدقيقة)**
- أيّ الموادّ الغذائية تُهضم بواسطة إنزيمات يفرزها البنكرياس؟ **(النشويات، البروتينات، الدهون والسكر الثنائي أي المالتوز)**

**تصويب مفهوم خاطئ**

قد يعرف الطلّاب أن البنكرياس يفرز الإنسولين ويلتبس عليهم دوره في إفراز الإنسولين مع دوره في عملية الهضم. فسّر لهم أنّ الإنسولين الذي يُفرَز في الدمّ والإنزيمات الهضمية التي تُفرَز في الأمعاء الدقيقة ينتجهما نسيجان مختلفين في البنكرياس.

وتُعتبَر الرحلة الكاملة خلال القناة الهضمية رحلة طويلة. فمن الفم إلى الشرج، يجتاز الطعام مسافة قدرها 9 أمتار، وتستغرق هذه الرحلة من 8 إلى 48 ساعة من لحظة دخول الطعام إلى فمك حتّى يخرج من جسمك ما تبقّى منه بعد الامتصاص.

### 7. الأعضاء الهضمية الملحقة

### Accessory Digestive Organs

على الرغم من أنّ الطعام لا يمرّ عبر الغدّة اللعابية والكبد والحويصلة الصفراوية والبنكرياس، إلّا أنّ هذه الأعضاء تؤدّي دورًا أساسيًّا في عملية الهضم. يفرز كلّ عضو من هذه الأعضاء عصارة هضمية تصبّ في القناة الهضمية بواسطة قنوات. وتؤدّي هذه الأعضاء أيضًا وظائف حيوية أخرى في الجسم.

**يُعتبَر الكبد Liver أحد أكبر أعضاء الجسم من حيث الحجم، وينتج هذا العضو الحيوي العصارة الصفراء Bile التي تُعتبَر عصارة هضمية** (شكل 43). يقوم الكبد بأكثر من 500 وظيفة في الجسم. فيُعتبَر المصنّع الكيميائي الرئيسي في الجسم، إذ يُحوّل الموادّ الغذائية، مثل السكّريات والدهون والبروتينات، إلى موادّ يحتاج إليها الجسم. كذلك يُخزّن الكبد الموادّ الغذائية، فعلى سبيل المثال، يُخزّن الجلوكوز في صورة جليكوجين، كما يُخزّن الحديد والفيتامينات التي تذوب في الدهون. وتُعتبَر إزالة السمّية Detoxification وظيفة أخرى من وظائف الكبد، حيث يقوم بتكسير الكحول والأدوية والمركّبات الكيميائية السامّة التي قد تدخل إلى الجسم.

يمكنك أن ترى في الشكل (43) أنّ **الحويصلة الصفراوية أو المرارة Gallbladder عبارة عن عضو كيسي الشكل متّصل بالكبد، ووظيفته الأساسية هي تركيز العصارة الصفراء المُفرَزة من الكبد وتخزينها.** والعصارة الصفراء عبارة عن سائل أخضر مصفرّ يحتوي على الكوليسترول وأصباغ الصفراء وأملاح الصفراء Bile Salt وبعض المركّبات الأخرى.

وتقوم العصارة الصفراء باستحلاب الدهون، أي تفكيك كريات الدهون الكبيرة إلى قطيرات دقيقة لجعل هضمها أسهل بمساعدة أنزيم الليبيز. كما تضيف العصارة الصفراء وسطًا كيميائيًّا قلويًّا للامعاء، ويتمّ إفراز العصارة عند الحاجة عبر قناة تصبّها في الأمعاء الدقيقة.

يقع البنكرياس بالقرب من الحويصلة الصفراوية. **والبنكرياس Pancreas عبارة عن غدّة تفرز العصارة البنكرياسية في الأمعاء الدقيقة، وهي سائل يتكوّن من مخلوط من الأنزيمات الهضمية وبيكربونات الصوديوم. وتفرز بعض خلايا البنكرياس هرمونات إلى مجرى الدم.** يُعرَف أحد هرمونات البنكرياس بالإنسولين Insuline، وهو يضبط تركيز سكّر الجلوكوز في الدم.

ويُوضّح الجدول (4) الأنزيمات الهضمية ومواقع إفرازها، ودور كلّ منها في عملية الهضم.

62

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

- **مهارة توظيف النماذج:** أشر إلى أنّ أنواع الأسنان المختلفة تملك وظائف ميكانيكية مختلفة: تقطّع القواطع الطعام، تمزّقه الأنياب وتطحنه الضروس. اسأل: هل يمكن أن تفكّر في أدوات تملك وظائف ميكانيكية مماثلة لوظائف الأسنان الميكانيكية؟ **(تقطع المقصّات مثل القواطع، في حين تمزّق الملاقط الصغيرة مثل الأنياب أمّا المطارق فتطحن مثل الضروس.)**
- **مهارة الاستنتاج:** اسأل: كيف ندرك الشعور بالجوع؟ **(إجابة محتملة: تؤلمك معدتك.)** فسّر أنّ الشعور بالجوع يتحكّم به جزء في قاعدة المخّ، يُسمَّى تحت المهاد ويُطلَق عليه اسم مركز الجوع. يستشعر مركز الجوع انخفاض مستوى الموادّ الغذائية في الدمّ، فيرسل نبضات عصبية تسبّب انقباضات المعدة. اسأل: ما الذي، باعتقادك، يوقف الشعور بالجوع بمجرد تناولك الطعام؟ **(عندما يرتفع مستوى الموادّ الغذائية في الدم يُستحَثّ تحت المهاد ويتوقف عن إرسال نبضات عصبية. عندئذٍ يشعر الإنسان بأنّ عضلات المعدة قد ارتخت وقلّ انقباضها.)**

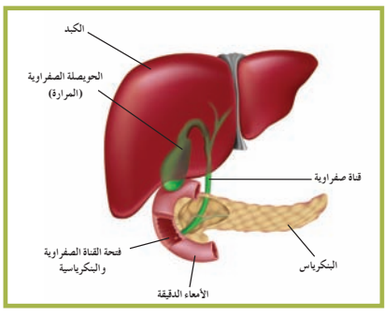
## 3. قيّم وتوسَّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

دع الطلّاب يصمّمون جدولًا تحمل أعمدته العناوين التالية: الفمّ، المعدة، الأمعاء الدقيقة والبنكرياس. ثمّ اطلب إليهم وضع قائمة بالإنزيمات الموجودة في كلّ عضو أو التي تُنتَج بواسطته والموادّ الغذائية التي تساعد هذه الإنزيمات على هضمها.

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–2**

1. الفمّ: المضغ (الهضم الميكانيكي)، يبدأ فيه الهضم الكيميائي.
البلعوم والمريء: يحرّكان الطعام وصولًا إلى المعدة حيث يستمر الهضم الميكانيكي والكيميائي.
الأمعاء الدقيقة: يستكمل هضم البروتينات والسكّريات وتُهضم فيه الدهون.
الأمعاء الغليظة: يعالج الفضلات.
2. الابتلاع قد يكون أكثر صعوبة، ولكن التحوّي (الحركة الدودية) سيستمرّ ليساعد في هضم الطعام في الأجزاء المتتالية من القناة الهضمية.
3. تكوّن صودا الخبيز في الماء محلولًا قاعديًّا يعادل الأس الهيدروجيني (pH) المنخفض لحمض المعدة.




(شكل 43)
يفرز الكبد العصارة الصفراء ويفرز البنكرياس العصارة البنكرياسية. كيف تساعد هذه الإفرازات في عملية الهضم؟

| الموقع | الغدة | الأنزيم | | دور الأنزيم في الهضم |
|---|---|---|---|---|
| الفم | الغدد اللعابية | متعادل | الأميليز اللعابي | يهضم النشويات إلى مالتوز (سكّر ثنائي). |
| المعدة | الغدد المعدية | حمضي بوجود الـ HCl | الببسين | يهضم البروتينات إلى ببتيدات كبيرة. |
| الأمعاء الدقيقة | البنكرياس | قلوي بوجود العصارة الصفراء | الأميليز | يهضم النشويات إلى مالتوز (يستكمل هضم النشويات). |
| | | | المالتيز | يهضم المالتوز إلى جزيئي جلوكوز. |
| | | | التريبسين | يهضم البروتينات والببتيدات إلى أحماض أمينية. |
| | | | الليبيز | يهضم الدهون المستحلبة إلى أحماض دهنية وجليسيرول. |
| | الغدد المعوية | قلوي بوجود العصارة الصفراء | المالتيز | يهضم المالتوز إلى جزيئي جلوكوز. |
| | | | اللاكتيز | يهضم اللاكتوز (سكّر الحليب) إلى جلوكوز وجالاكتوز. |
| | | | السكريز | يهضم السكّروز (سكّر القصب) إلى جلوكوز وفروكتوز. |
| | | | الببتيديز | يهضم الببتيدات إلى أحماض أمينية. |
| | | | الليبيز | يهضم الليبيد إلى أحماض دهنية وجليسيرول. |

(جدول 4)
تهضم الأنزيمات الهضمية الطعام إلى موادّ غذائية بسيطة التركيب يمكن للجسم أن يستخدمها.



### مراجعة الدرس 2–2

1. أذكر أسماء الأعضاء المختلفة للجهاز الهضمي لدى الإنسان، وصِف دورها.
2. **سؤال التفكير الناقد:** كيف سيؤثّر وقوفك على يديك بعد فترة قصيرة من تناولك إحدى الوجبات على عملية الهضم؟
3. **أضف إلى معلوماتك:** يمكن أن يحدث عسر الهضم عندما تصبح محتويات المعدة حمضية جدًّا. ولعلاج عسر الهضم، يمكن تناول صودا الخبيز (بيكربونات الصوديوم) مذابًا في الماء. فسّر ذلك.

**الأهداف:**
- يُحلِّل التوازن الكلّي بين تناول الطعام واستخدام الطاقة.
- يُحدِّد إصابات الجهاز الهضمي واختلالاته.
- يُقدِّر طرق المحافظة على صحّة الجهاز الهضمي.

**الأدوات المستعملة:** مسعّر لقياس السعر الحرارية في الأغذية، جدول يصنّف فئات الوزن حسب مؤشّر كتلة الجسم.

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. ناقش كيف تساعد التمرينات الرياضية في بقاء الجسم بصحّة جيّدة. اسأل: ما بعض الفوائد الصحّية للتدريب الرياضي بانتظام؟ **(يساعد في الحفاظ على الوزن، يبني العضلات ويجعلها تعمل بانسجام ويحافظ على صحّة القلب والرئتين.)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول عملية الهضم وحول صحّة الجهاز الهضمي لدى الإنسان، وجّه إليهم السؤالين التاليين:
- كيف تعتمد عملية الهضم على التفاعلات الكيميائية؟ **(يفتّت الهضم الكيميائي الطعام ويُطلق الطاقة الموجودة فيه.)**
- ما بعض المشكلات التي تؤثّر في الجهاز الهضمي للإنسان؟ **(قد تتضمّن الإجابات عُسر الهضم، القرحة، التسمم الغذائي، فقدان الشهية والشهية المفرطة.)**

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 توازن الطاقة

فسّر للطلّاب أن الجليكوجين المختزن في الكبد والعضلات، والدهون المختزنة في الأنسجة الأخرى للجسم تُزوّد أجسامهم بطاقة مدّخرة تُستَهلك عندما يحصل الجسم على سعر حرارية أقلّ من التي يستخدمها. ولا بدّ للشخص الذي يحاول إنقاص وزنه من استخدام هذه الاحتياطيّات من الطاقة وخصوصًا الدهون المدّخرة كي ينقص وزن جسمه.

**صفحات الطالب: من ص 65 إلى ص 69**

**صفحات الأنشطة: من ص 30 إلى 31**

**عدد الحصص: 1**

الدرس 2-3
صحّة الجهاز الهضمي
Health of the Digestive System

**الأهداف العامة**
- يُحلِّل التوازن الكلّي بين تناول الطعام واستخدام الطاقة.
- يُحدِّد إصابات الجهاز الهضمي واختلالاته.
- يُقدِّر طرق المحافظة على صحّة الجهاز الهضمي.

(شكل 44)

عندما تمارس تمرينًا رياضيًّا، تزداد عمليات الاستقلاب الخلوي (أيض) في جسمك (شكل 44). فخلال الجري، يحرق جسمك أكثر من عشرة أضعاف السعر الحرارية التي يحرقها أثناء الراحة. ويزداد الاستقلاب الخلوي أثناء الراحة أيضًا لدى الأشخاص الذين يمارسون الرياضة بانتظام. وعلى وجه العموم، الأشخاص الذين يمارسون التمارين الرياضية بانتظام غالبًا ما يحتاجون إلى سعر حرارية أكثر من الذين لا يمارسونها.

**1. توازن الطاقة** Energy Balance

هل سمعت يومًا من بعض الأشخاص أنّ معدل الاستقلاب الخلوي (الأيض) لديهم مرتفع؟ هذا يعني أنّ أجسامهم تستخدم الطاقة الموجودة في الغذاء بالسرعة التي يأكلون فيها تقريبًا. **الاستقلاب الخلوي (أيض) Metabolism هو مجموعة العمليات الكيميائية التي تحدث داخل جسم الكائن الحي.** فعمليات الاستقلاب الخلوي تسيطر على مصادر الطاقة للكائن وتقوم بإدارتها. وتتمّ عملية الاستقلاب الخلوي في اتّجاهين متعاكسين، فبعض المسارات الاستقلابية الخلوية يُخزّن الطاقة، وبعضها الآخر يطلق الطاقة أو يحررها.

65

## 2.2 قياس الطاقة

**نشاط سريع**

اعرض على الطلّاب مسعِّرًا، وأطعمة غنية بالموادّ الغذائية الكيميائية المختلفة. وضّح كيف يعمل المسعِّر وما المقصود بالسعر الحرارية، ثمّ استخدم المسعِّر لتحدد كمّية الطاقة في كل طعام قد عرضته. وضّح للطلّاب أنّهم سيكتشفون في هذا الدرس عدد السعر الحرارية في الأطعمة.

## 3.2 معدّل الاستقلاب الخلوي (الأيض)

**الصلة بالرياضيات:**

اقترح على الطلّاب تقدير معدّل الاستقلاب الخلوي القاعدي BMR بوحدات الكيلوسعر حرارية ليوم واحد. وهو يُحتَسب وفقَ المعادلة التالية:

عند الذكور:

$$66.4730 + [13.7516 \times \text{وزن (kg)}] + [5.0033 \times \text{طول (cm)}] - [6.755 \times \text{عمر (سنوات)}]$$

عند الإناث:

$$655.095 + [9.5634 \times \text{وزن (kg)}] + [1.8496 \times \text{طول (cm)}] - [4.6756 \times \text{عمر (سنوات)}]$$

اسأل الطلّاب، ما هي البدانة؟ **(البدانة هي الزيادة في وزن الجسم 20% عن الوزن المثالي. تنتج هذه الزيادة من تراكم الأنسجة الدهنية في الجسم.)**

حتى يتعرّف الطلّاب الوزن المثالي، هناك صيغة مستعملة على نطاق واسع لقياس درجة السمنة تدعى مؤشر كتلة الجسم BMI:

$$\text{BMI} = \frac{\text{الوزن (kg)}}{[\text{الطول (m)}^2]}$$

جدول يصنّف فئات الوزن حسب مؤشّر كتلة الجسم:

| BMI | الفئة |
|---|---|
| 18 > | نحيف جدًا |
| 18–20 | نحيف |
| 20–25 | طبيعي |
| 25–29 | مفرط الوزن |
| 29 < | بدين |

اطلب إلى الطلّاب أن يحتسب كلّ واحد منهم مؤشر كتلة جسمه BMI ويقارنها بالجدول ليتعرّف فئة الوزن التي ينتمي إليها. واسأل: متى تصبح السمنة أو البدانة مميتة؟ **(عندما يتعدّى وزن الجسم ضعفي أو ثلاثة أضعاف الوزن المثالي.)**

**إجابة سؤال الشكل (45) صفحة 67 في كتاب الطالب: (تستخدم مشاهدة التلفزيون أصغر عدد سعر حرارية، أمّا الجري فيستخدم أكبر عدد سعر حرارية.)**



**وتُعرف مسارات الاستقلاب الخلوي التي تُحرّر الطاقة عن طريق تفكيك المركّبات الكيميائية المعقّدة إلى مركّبات أبسط بالمسارات الاستقلابية الخلوية الهادمة Catabolism (الأيض الهدمي). أمّا المسارات الاستقلابية الخلوية التي تستخدم الطاقة لبناء المركّبات المعقّدة من المركّبات البسيطة، فتُسمّى المسارات الاستقلابية الخلوية البانية (الأيض البنائي) Anabolism.** ويُكوّن كلّ من المسارات الاستقلابية الخلوية الهادمة والمسارات الاستقلابية الخلوية البانية الاستقلاب الخلوي.

### 2. قياس الطاقة Measuring Energy

**تُعرف الوحدة المستخدمة لقياس الطاقة بالسعر الحراري Calorie، وهي كمّية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة.** ويُمثّل السعر الحراري كمّية صغيرة جدًّا من الطاقة، لذلك يستخدم إخصائيو التغذية وحدة تُسمّى الكيلوسعر Kilocalorie لقياس الطاقة، وهي تعادل 1000 سعر حراري.

لقياس مقدار الطاقة لغذاء ما، تُحرَق عيّنة صغيرة من هذا الغذاء، وتُقاس كمّية الحرارة التي تُنتجها بواسطة جهاز يُسمّى المِسعَر Calorimeter. وقد تمكّن العلماء من قياس مقدار الطاقة التقريبية للدهون والبروتينات والسكّريات باستخدام المِسعَر. وكما ترى في الجدول (5)، تحتوي كلّ وحدة من كتلة الدهون على أكثر من ضعف مقدار الطاقة الموجودة في السكّريات أو البروتينات. وينصح العديد من الأطباء وإخصائيو التغذية بعدم الحصول على أكثر من 30% من متطلّباتهم من الطاقة من الدهون. ولكي تُحدّد النسبة المئوية للكيلوسعر في الموادّ الغذائية التجارية، راجع المعلومات الغذائية على الملصق الموجود عليها، وإذا كانت النسبة غير موضّحة، اضرب عدد جرامات الدهون بالرقم 9، ثمّ اقسم الحاصل على العدد الكلّي للكيلوسعر الموجود في المنتج الغذائي، ثمّ اضرب هذا الحاصل بالرقم 100.

**المقادير التقريبية للطاقة**

| المركّب | مقدار الطاقة (كيلوسعر/جرام) |
|---|---|
| الدهون | 9 |
| الكربوهيدرات | 4 |
| البروتينات | 4 |

(جدول 5)
يقيس العلماء مقدار الطاقة التقريبية للمركّبات في الطعام بالكيلوسعر لكلّ جرام (كيلوسعر حراري/جرام).

### 3. معدل الاستقلاب الخلوي (الأيض) Metabolic Rate

إذا قام أحد الفنيين في أحد مختبرات التحاليل الطبية بقياس الاستقلاب الخلوي (الأيض) الخاصّ بك بينما كنت في وضع الراحة، ستكون النتيجة رقمًا يُسمّى معدّل الاستقلاب الخلوي القاعدي (الراحة) Basal Metabolic Rate (BMR). ومعدّل الاستقلاب الخلوي القاعدي الخاصّ بك يساوي عدد الكيلوسعر الذي استخدمته في فترة زمنية معيّنة لكي تبقى حيًّا.

يبلغ معدّل الاستقلاب الخلوي القاعدي للمرأة حوالى 1300 إلى 1500 كيلوسعر حراري/يوم، أمّا عند الرجل فيبلغ حوالى 1600 إلى 1800 كيلوسعر حراري/يوم.

### 4.2 تخزين الطاقة

من أهمّ وظائف الكبد الحفاظ على مستوى ثابت من الجلوكوز في الدّم يتراوح بين 0.8 و1.2 g/L. اسأل الطلّاب:

* ماذا يحصل إذا زادت كمّية الجلوكوز في الدم؟ **(يخزّنها الكبد على شكل جليكوجين.)**
* ماذا يحصل إذا كانت كمّية الجلوكوز كبيرة جدًا ولم يعد باستطاعة الكبد تخزين الجلوكوز بشكل جليكوجين؟ **(يتحول الجلوكوز إلى دهون ويُخزَّن داخل خلايا دهنية تُسمّى الخلايا الشحمية.)**
* ماذا يحصل نتيجة هذا التخزين؟ **(يؤدّي إلى زيادة كتلة الجسم.)**

وجّه نظر الطلّاب إلى أن الإفراط في تناول الطعام من دون تمارين رياضيّة يؤدّي إلى تراكم الدهون.

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «كيف تقرأ ملصقًا غذائيًّا؟» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 28 و29. يساعد هذا النشاط الطلّاب على تعلّم كيفية قراءة ملصق غذائي وتحديد النسبة المئوية للطاقة التي يحصل عليها الفرد من الدهون بالغذاء وتحديد مدى توافق ما يتناوله الفرد يوميًّا من دهون مع مقاييس علماء التغذية.**

### 5.2 اضطرابات الجهاز الهضمي

اكتب قائمة بالكلمات التالية على السبّورة: عدوى السلمونيلّا، القرحات، الالتهاب الكبدي الوبائي، فقدان الشهية، الشهية المفرطة، ثمّ اسأل: ما الذي تشترك فيه هذه المصطلحات؟ **(جميعها مشكلات أو اضطرابات مرتبطة بالجهاز الهضمي.)** ناقش سبب كلّ مشكلة وأعراضها أو اضطراباتها.

ألفت نظر الطلّاب إلى أنّ مرض فقدان الشهية هو نتيجة اضطراب نفسي وهو شائع لدى الفتيات المراهقات اللواتي ترفضن، في اللاوعي، أن تصبحن بالغات. لا يؤدّي هذا المرض إلى نقصان في الوزن فحسب بل يترافق مع عوارض أخرى كالإسهال أو الإمساك، أو مشاكل في النظر وعند الفتيات يترافق مع توقّف الدورة الشهرية. كما أن هناك اضطراب خطير آخر هو الكساح يحدث أثناء النموّ وينتج عن نقصان في الكالسيوم والفيتامين D ويؤدّي إلى تقوس الساقين عند الأطفال.

### 6.2 العناية بجهازك الهضمي

ألفت انتباه الطلّاب إلى ضرورة العناية بالجهاز الهضمي. واسأل:

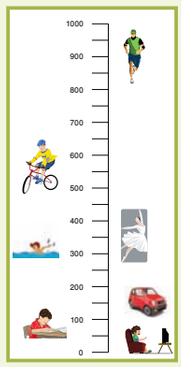
* لماذا من الضروري غسل اليدين قبل إعداد الطعام أو تناوله؟ **(لكي نتجنّب العدوى بالبكتيريا الموجودة على اليدين.)**
* لماذا يجب طهي اللحوم قبل أكلها؟ **(لأنّ الحرارة العالية تقتل البكتيريا الموجودة في اللحم.)**
* لماذا يجب الاعتماد على المأكولات المحضّرة في المنزل وليس على المأكولات الجاهزة؟ **(لأننا سنضمن بذلك أنّ الطعام لن يكون ملوّثًا أو مُعدًّا بطريقة غير صحّية.)**



ويعتمد معدّل الاستقلاب الخلوي القاعدي الفعلي الخاصّ بك على بعض العوامل مثل عمرك ومستوى لياقتك. ويساوي معدّل الاستقلاب الخلوي الكلّي معدل الاستقلاب الخلوي القاعدي الخاص بك، بالإضافة إلى عدد الكيلوسعر الحرارية التي تستخدمها أثناء أنشطتك. فإذا تطلّبت أنشطتك اليومية طاقة أكبر، ارتفع معدّل الاستقلاب الخلوي الكلّي الخاصّ بك (شكل 45).

#### 4. تخزين الطاقة Storing Energy

يقوم جسمك على الدوام بالموازنة بين السعر الحرارية التي تحصل عليها والسعر الحرارية التي تستخدمها. ومن الممكن أن يختلّ هذا التوازن بتغيّر عدد السعر الحرارية التي تحصل عليها من طعامك أو عدد السعر الحرارية التي تستخدمها في أنشطتك. ويُخزّن الجسم السعر الحرارية الزائدة على شكل جليكوجين في الكبد والعضلات أوّلًا، ثمّ على شكل دهون. يُخزّن الجسم السليم كمّية جليكوجين تكفيه ليوم واحد تقريبًا، وكمّية دهون تكفيه لعدّة أيام. فإذا تلقّيت بانتظام سعر حرارية أكثر ممّا تستخدم، سيزداد وزنك. ومن ناحية أخرى، إذا تلقّيت بانتظام سعر حرارية أقلّ ممّا تستخدم يوميًّا، ستفقد وزنًا تدريجيًّا. إذا حُرم من الطعام، يبدأ باستخدام الجليكوجين، ثمّ يستخدِم الدهون. وفي النهاية، يستخدِم البروتينات المخزّنة في العضلات والأعضاء الأخرى. ويمكن أن تساعدك ممارسة التمارين الرياضية على حرق السعر الحرارية وبالتالي إنقاص وزنك.




(شكل 45)
يوضّح المقياس المدرّج التالي متوسّط عدد الكيلوسعر الحراري المستخدم في كلّ ساعة أثناء الأنشطة المتنوّعة.
أيّ الأنشطة الموضّحة في الشكل يستخدم سعر حرارية أكثر؟ وأيّها يستخدم سعر حرارية أقلّ؟

#### 5. اضطّرابات الجهاز الهضمي Digestive System Disorders

يتعامل جهازك الهضمي بشكل متواصل مع الطعام الذي تحصل عليه، ونتيجة لذلك، هو معرّض للإصابة بالكائنات الممرضة. فالجراثيم مثل السلمونيلا، تنمو في الأغذية الفاسدة وتُنتج سمومًا تثير القناة الهضمية، فيحاول الجسم أن يتخلّص من هذه السموم من خلال التقيّؤ والإسهال. العديد من القرحات التي كان يُعتبَر الإجهاد سببها هي في الحقيقة نتيجة نوع من الجراثيم. فاللحوم والأسماك التي تُؤكَل غير مطهية جيّدًا أو نيئة قد تنقل الطفيليات مثل الديدان.

**الالتهاب الكبدي الوبائي Hepatitis عبارة عن عدوى فيروسية للكبد، ينتج عنها تندّب الكبد.** تُعرَف هذه الحالة بتليّف الكبد Cirrhosis، فيصبح الكبد غير قادر على أداء وظيفته بصورة طبيعية. ويُسبّب الإفراط في تناول المشروبات الروحية حدوث تليّف الكبد أيضًا. وقد يؤدّي التليّف الشديد للكبد إلى الموت.



تُعتبَر اضطّرابات تناول الطعام من المشكلات الصحّية الخطيرة. **فالشخص المصاب بفقدان الشهية Anorexia يرفض تناول الطعام وقد يفرط في ممارسة الرياضة، وإذا لم يُعالج، قد يصوم حتى الموت. أمّا الشخص المصاب بالشهية المفرطة Bulimia، فيأكل كمّيات هائلة من الطعام، ثمّ يتقيّأ أو يتناول المليّنات للتخلّص منها.** يمكن أن تسبّب الشهية المفرطة العديد من المشكلات الصحية، مثل تورّم الغدد اللعابية، ومشاكل في الكليتين والكبد والبنكرياس، وإثارة المعدة والمريء، وتسوّس الأسنان بسبب حموضة المعدة. ويُعتبَر كلّ من العلاج النفسي والجسدي ضروريين لعلاج هذه الاضطرّابات التي إذا تُركت بدون علاج، قد تهدّد حياة الشخص.

#### 6. العناية بجهازك الهضمي Care of Your Digestive System

يمكنك الحفاظ على صحّة جهازك الهضمي من خلال تناول الطعام الصحيّ (شكل 46). ولتجنّب إصابة الجهاز الهضمي بالفيروسات والجراثيم والطفيليات، اغسل يديك دائمًا قبل تجهيز الطعام وتناوله، وتأكّد من أنّ مصدر الماء الذي تشربه غير ملوّث. لا تتناول المأكولات الفاسدة أو المطهية بطريقة غير صحّية. تجنّب تناول الطعام أو المشروبات التي تضرّ أو تُسبّب إثارة جهازك الهضمي. فعلى سبيل المثال، يمكن للأشخاص الذين لا تفرز الغدد المعوية لديهم أنزيم اللاكتيز الهاضم لسكّر اللاكتوز (سكّر الحليب) تجنّب الانقباضات المؤلمة عبر عدم شرب الحليب وتناول منتجات الحليب الأخرى. ومن خلال تجنّب المشروبات الروحية، تتجنّب الإثارات الهضمية والتليّف الخطير للكبد.

(شكل 46)
يؤدّي جسمك وظائفه بشكل أفضل عندما تتناول طعامًا صحيًا. ما المقصود بقول "أنت ما تأكل"؟

* ولماذا يجب أن نتجنّب المشروبات الكحولية؟ **(لأنّ شرب الكحول والإكثار منها يثيران الجهاز الهضمي كما أنّها تسبّب على تسبّب المدى الطويل تليّف الكبد.)**

**إجابة سؤال الشكل (46) صفحة 68 في كتاب الطالب (يُقصَد أنّ ما نتناوله يحدّد إن كنّا بصحّة جيّدة. فالشخص السليم هو من يتناول الطعام الصحي.)**

## 3. قيّم وتوسّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

اكتب قائمة بأهداف الدرس على السبّورة. دع الطلّاب يكتبون فقرة عن كلّ هدف. ثمّ دعهم يتطوّعون بقراءة فقراتهم. ناقش الفقرات مصحّحًا المعلومات غير الدقيقة ومضيفًا أيّ معلومات ضرورية.

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–3**

1. السعر الحرارية هي مصدر طاقة الرياضي، وبالتالي تزيد حاجة جسمه إليها لأنّه يستهلك مزيدًا من الطاقة.
2. تشمل الاضطرابات التسمّم الغذائي، الذي يمكن تفاديه بانتقاء الأطعمة التي تتناولها بحذر، والاضطرابات الغذائية التي تحتاج إلى العلاج الطبي والنفسي.
3. تستهلك السباحة 250 كيلوسعر حراري في الساعة تقريبًا. ستحتاج إلى أن تسبح لمدة 3.6 ساعات كي تحرق الطاقة الموجودة في الوجبة الموصوفة.
4. وظيفة الجهاز الهضمي هي تحويل الطعام إلى الموادّ الغذائيّة الضروريّة في عملية التنفّس الخلوي للحصول على الطاقة (ATP).

### مراجعة الدرس 2–3

1. لماذا يحتاج الشخص الذي يمارس الأنشطة البدنية إلى سعر حرارية أكثر من الشخص الذي لا يمارسها؟
2. عدّد بعض اضطرّابات الجهاز الهضمي، وصِف كيف يمكن تجنّبها.
3. **سؤال التفكير الناقد:** يمكن لوجبة مكوّنة من شطيرة من اللحم وبطاطا مقلية وقطعة من الحلوى أن تمدّ جسمك بحوالى 900 كيلوسعر حراري. كيف تحدّد عدد الساعات التي يجب أن تسبحها لاستنفاد هذه الطاقة؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كيف يتمّ الحصول على الطاقة من الغذاء؟ وما وظيفة الجهاز الهضمي؟

69

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

* **مهارة التطبيق:** احرص على استخدام الطلّاب الصيغة التي بموجبها يستطيعون احتساب درجة السمنة أو قياسها والتي تدعى مؤشر كتلة الجسم BMI، وتأكّد من مقارنتهم النتيجة التي يحصلون عليها مع الجدول المرافق لكي يستطيعوا تحديد فئة الوزن التي ينتمون إليها.
* **مهارة الملاحظة:** عند شرائهم أي منتج من المتجر، عليهم ملاحظة الملصق الغذائي الموجود على العبوة من الخارج، وخصوصًا كمّية الدهون والفيتامينات والمعادن والبروتينات والكربوهيدرات الموجودة وعدد السعر الحرارية في كلّ منها.

**الأهداف:**
- يصف تركيب الجهاز الإخراجي للإنسان.
- يذكر وظيفة الجهازالإخراجي للإنسان.
- يقدِّر أهمّية الكليتين لكيمياء الدم وصحّة الإنسان.

**الأدوات المستعملة:** صور وشفافيات للوحدة الكلوية (النفرون) ونموذج للجهاز الإخراجي عند الإنسان.

**صفحات الطالب: من ص 70 إلى ص 76**

**صفحات الأنشطة: من ص 32 إلى 34**

**عدد الحصص: 3**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. فسِّر أنّ الكليتين هما التركيبان الرئيسيان في الجهاز الإخراجي لدى الإنسان، وأنّ معظم الماء الذي يتم ترشيحه بواسطة هذين العضوين يُعاد تدويره في الجسم، ولا يتمّ إخراجه. ثمّ اسأل:

- كيف يتمّ إخراج الماء والموادّ الذائبة التي لا يعاد تدويرها في الجسم؟ **(عن طريق البول والعرق)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول عملية الإخراج، وجِّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما هي وظائف الجهاز الإخراجي؟ **(إزالة الفضلات الأيضية والتحكّم بالاتزان الأسموزي)**
- ما هي العمليات الثلاث التي تقوم بها الوحدة الكلوية؟ **(الترشيح، إعادة الامتصاص والإفراز)**

**نشاط سريع**

دع الطلّاب يصّبون خليطًا من الماء والرمل والطين على ورقة ترشيح موضوعة في قمع. ثمّ دعهم يضعون الماء المرتشح في زجاجة سعتها 2 L. شجّعهم على تفسير وجه الشبه بين وظيفة الكليتين وعملية الترشيح التي قاموا بها.

الدرس 2-4
الجهاز الإخراجي للإنسان
Human Excretory System

**الأهداف العامة**
- يصف تركيب الجهاز الإخراجي للإنسان.
- يذكر وظيفة الجهاز الاخراجي للإنسان.
- يقدّر أهمّية الكليتين لكيمياء الدم وصحّة الإنسان.

(شكل 47)

هل تستطيع أن تشرب 170 لترًا من الماء، أي حوالى 45 جالونًا يوميًّا؟ تحتاج إلى هذه الكمّية الكبيرة من الماء لو أنّ كليتيك تُخرِجان كمّية الماء كلّها التي ترشحها في اليوم الواحد. لحسن الحظّ، تستعيد الكليتان 99% من الماء الذي ترشحاه. لذلك، يحتاج الإنسان إلى أن يعوّض من لتر إلى لترين فقط من الماء الذي يخرج يوميًّا في صورة بول (شكل 47).

**1. الإخراج لدى الإنسان** Excretion in Humans

مثل جميع الكائنات، لا بد أن يتخلّص الإنسان من الفضلات المختلفة ليمارس حياته بصورة طبيعية، وتساعد أجهزة الجسم المختلفة في هذه العملية. فالجهاز الهضمي يطرد الموادّ غير المهضومة خارج الجسم في صورة فضلات صلبة، كما تخرج الفضلات عن طريق الجلد في صورة عرق. ويتخصّص الجهاز الإخراجي Excretory System للإنسان في إزالة معظم الفضلات التي تحتوي على النيتروجين، والتي تتكوّن عندما تُهضَم البروتينات والأحماض الأمينية.

70

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 الإخراج لدى الإنسان

**نشاط توضيحي**

قبل أن يتمّ إخراج الفضلات الكيميائية من الجسم، لا بدّ من إزالتها من كلّ خليّة في الجسم. بيّن أهمّية هذه العملية بتمثيل الخليّة ببالون. املأ البالون تدريجيًّا بالماء ثمّ فسّر أن هذا ما يحدث إذا لم تستطع الخليّة التخلص من النواتج المسرفة. اسأل: ما الذي سيحدث للخليّة إذا ما استمرّت الفضلات في التراكم؟ **(ستنتفخ الخليّة حتى تنفجر.)**

### 2.2 وظائف الكليتين

دع الطلّاب يدرسون تركيب الكلية الموضّح في الشكل (49). اشرح أنّ الشكل يوضّح موضع الكليتين في الجسم، والتراكيب الوظيفية الموجودة داخلها والمعروفة بالوحدة الكلوية. تحتوي كلّ كلية على مليون وحدة كلوية، لذلك لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. اشرح أيضًا أنّ طول الكلية حوالى 10 cm وقطرها حوالى 6 cm. اسأل:

- ما اسم الجزء الخارجي للكلية؟ **(القشرة)**
- ما اسم الجزء الداخلي للكلية؟ **(اللبّ)**
- ما التراكيب التي تكوّن الوحدة الكلوية؟ **(الأنبوب البولي، الشعيرات الدموية، الكبيبة، محفظة بومان، والنبيبة الجامعة)**

تتّبع مسار مرور الفضلات السائلة إلى الكلية وخلال الوحدة الكلوية. دع الطلّاب يشيرون إلى موضع كلّ جزء من الكلية والوحدة الكلوية على الشكل.

**إجابة السؤال صفحة 73 في كتاب الطالب: (تشمل الموادّ المفرزة فضلات من مثل بعض اليوريا التي أعيد امتصاصها إلى الدمّ، الموادّ السامة، الفيتامينات، وبعض الأدوية من مثل البنسلين.)**

**كوّن علاقات**

**تاريخ العلم**

سُمِّيت محفظة بومان تيمّنًا بالجراح البريطاني السير ويليام بومان **(1816 م – 1892 م)**. فبالإضافة إلى اكتشافه المحفظة في الكلية، حدّد آلية إنتاج البول عن طريق الترشيح.

كي تساعد الطلّاب على فهم عملية الترشيح في الكلية، قارن هذه العملية بعملية تفريغ الجارور من محتوياته بالكامل، ثمّ إعادة الأشياء التي تحتاج إليها، والتخلّص من تلك غير الضرورية. الكلية قادرة على أن تخلّص الجسم من الفضلات والسوائل غير الضرورية كي تحفظ الاتزان الداخلي للجسم.

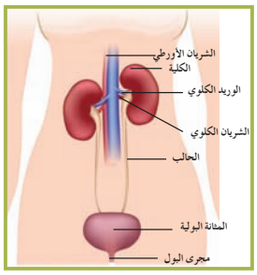


والمادة التي يكونها جسم الإنسان والتي تحتوي على النيتروجين هي اليوريا Urea. يلعب الجهاز الإخراجي أيضًا دورًا بارزًا في الحفاظ على الاتزان الداخلي لسوائل الجسم، والاتزان الداخلي Homeostasis هو الحفاظ على ثبات البيئة الداخلية في الكائن. **الأعضاء الأساسية للجهاز الإخراجي هي الكليتان Kidneys ووظيفتهما الأساسية ترشيح الفضلات من الدم.** تقع الكليتان عند قاع القفص الصدري بالقرب من الجانب الظهري للجسم على جانبي العمود الفقري.

تزيل الكليتان الفضلات من الدم الذي يدخل إليها من الأوعية الدموية التي تتفرع من الشريان الأورطي وتحولها إلى سائل أصفر اللون يُسمّى **البول Urine**. وتساعد الكليتان أيضًا في ضبط كمّية الأملاح والماء والأملاح المعدنية والفيتامينات في الدم، وتنظمان درجة تركيز أيون الهيدروجين (pH) وحجم الدم. وفي أي وقت، قد تصل كمّية الدم الموجودة في الكليتين إلى 25% من كمّية الدم في الجسم.

**وينساب البول الذي تنتجه كلّ كلية في أنبوب طويل ورفيع يُسمّى الحالب Ureter.** ويوجد حالبان، واحد لكلّ كلية، ويحمل كلّ حالب البول لمسافة تتراوح بين 25 و30 سنتمترًا، إلى **كيس عضلي يُسمّى المثانة البولية Urinary Bladder**، حيث يُخزّن البول إلى حين طرده من الجسم. ويمكنك أن ترى كيف يتصل الحالبان بالمثانة البولية في الشكل (48).

تقع المثانة البولية في منطقة الحوض، ولها **قناة تفتح لخارج الجسم تُسمّى مجرى البول Urethra**، يُطرد البول إلى خارج الجسم من خلالها. وتوجد حلقات من العضلات حول موضع اتصال المثانة بمجرى البول تحفظ البول داخل المثانة. وعندما تكون المثانة ممتلئة، ترسل عضلاتها الملساء إشارات إلى الدماغ الذي يرسل بدوره إليها سيالاتٍ أو نبضات عصبية لتنقبض مسببةً بذلك طرد البول من المثانة.




(شكل 48)
يزيل الجهاز الاخراجي، الفضلات النيتروجينية ويساعد في الحفاظ على الاتزان الاسموزي.



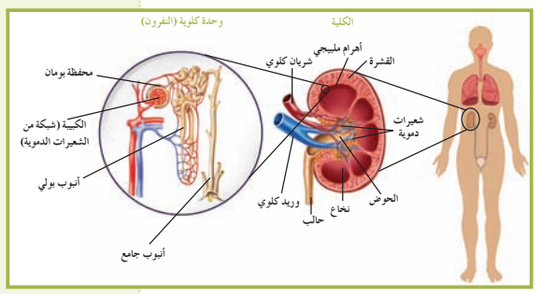
### 2. وظائف الكليتين Kidney Functions

كلّ كلية عبارة عن عضو يشبه حبّة الفاصولياء، ويبلغ طولها 10 cm تقريبًا. لاحظ منطقتي الكلية الموضّحتين في الشكل (49): القشرة والنخاع. تمتدّ خلال منطقتي القشرة ونخاع شبكة معقّدة من الأوردة والشرايين والشعيرات الدموية، حيث تنقل الأوعية الدموية الدم إلى الكليتين ليتمّ ترشيحه، ثمّ تعيده إلى الجسم بعد ترشيحه.

يوجد في كلّ كلية حوالى مليون وحدة من الوحدات الوظيفية العاملة التي تُسمّى **الوحدات الكلوية (النفرونات) Nephrons، وهي المرشحات الكلوية التي تزيل الفضلات من الدم.**

تتكوّن كلّ وحدة كلوية من أنبوب بولي Renal Tubule طويل محاط بالشعيرات الدموية. **يُعرف الطرف الفنجاني الشكل للأنبوب البولي بمحفظة بومان Bowman's Capsule، وهو يحيط بتجمّع من الشعيرات الدموية يُسمّى الكبيبة (شبكة من الشعيرات الدموية) Glomerulus.** ويدفع ضغط الدم السوائل والفضلات بقوّة إلى خارج الدم الموجود في الكبيبة (شبكة من الشعيرات الدموية)، حيث تتحرّك تلك السوائل والفضلات إلى محفظة بومان، وتتجمّع في الأنبوب البولي حيث يتكوّن البول. ويتكوّن البول في معظمه من الماء، لكنّه يحتوي أيضًا على اليوريا وحمض البوليك Uric Acid والأملاح.

وتفرغ الأنابيب البولية للوحدة الكلوية محتوياتها في جهاز من الأنابيب الجامعة Collecting Tubules. وبمرور البول خلال الأنابيب الجامعة، يُعاد امتصاص الماء، ما يجعل البول أكثر تركيزًا. وفي النهاية، يفرغ جهاز الأنابيب الجامعة ما فيه من بول في الحالب، الذي ينقله إلى المثانة البولية، ومنها إلى خارج الجسم من خلال مجرى البول.




(شكل 49)
في الكليتين، ترشح الوحدات الكلوية (النفرونات) الدم.

ألفت انتباه الطلّاب إلى الشكل (50). ناقش العمليات الثلاث التي تجري في الوحدة الكلوية ومكان حدوث كلّ منها. اسأل:

- أي عملية الترشيح، إعادة الامتصاص، أم الافراز تحدث أوّلًا في الوحدة الكلوية؟ **(الترشيح)**
- أين تحدث عملية الترشيح في الكلية؟ **(في الكبيبة)**
- أين يذهب الرشيح بعد خروجه من الكبيبة؟ **(إلى الأنبوب البولي)**
- ما العمليتان اللتان تحدثان في الأنبوب البولي؟ **(إعادة الامتصاص والإفراز)**
- ما السائل المتبقّي بعد عملية إعادة الامتصاص؟ **(البول)**

فسّر للطلّاب أن الموادّ المدّرة للبول هي الموادّ التي تحفّز الكلية كي تتخلص من كمّية أكبر من السوائل الموجودة في الجسم. اسأل: لماذا قد توصف مدرّات البول لعلاج ضغط الدم المرتفع؟ **(تحفّز مدرّات البول الكليتين للتخلّص من كمّية أكبر من الماء الموجود في الدمّ. يمكن أن يساعد نقص السوائل في خفض ضغط الدمّ.)**

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «تشريح كلية خروف» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 30، 31 و32. يساعد هذا النشاط الطلّاب على دراسة تركيب الكلية الداخلي والخارجي.**

## 3.2 التنظيم الأسموزي

فسّر للطلّاب أنّ التأثير المباشر للهرمون المضاد لإدرار البول (ADH) هو منع جفاف الجسم. واسأل: ما اسم الغدّة التي تفرز هذا الهرمون؟ **(الغدّة النخامية)** هل يفرز هذا الهرمون في حال تجاوز تناول الماء متطلّبات الجسم الطبيعية؟ **(كلا)** ما هي الظروف التي تستدعي إفراز هذا الهرمون؟ **(شرب كمّيات قليلة من الماء، التعرّق الكثيف وارتفاع نسبة الملح في الدم.)**

## 4.2 صحة الجهاز الإخراجي

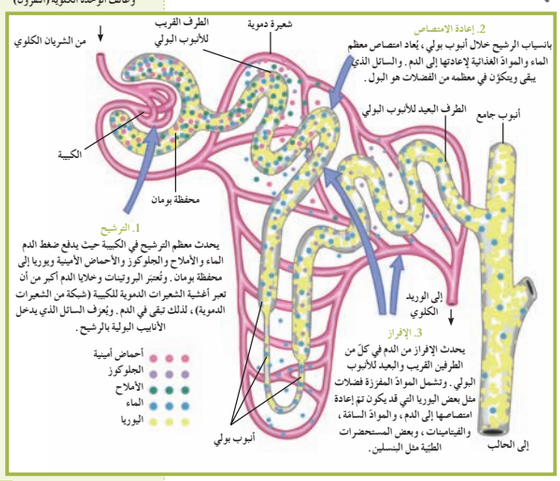
**حقائق وأرقام**

**تحليل البول والحالات المرضية:** يتحوّل لون البول لدى بعض الأشخاص إلى اللون الأسود عندما يتعرّض للهواء. ما السبب؟ يعاني هؤلاء الأشخاص اختلالًا في أيض البروتينات في أجسامهم، ويطلق على هذه الحالة البول الكيتوني، وهو ينتج من إفراز الكليتين لموادّ لا توجد في البول بصورة طبيعية. يُعرَف فحص البول لتشخيص الأمراض بتحليل البول ويشمل فحصه كيميائيًّا وفيزيائيًّا ومجهريًّا. يُعدّ تحليل البول واحدًا من أكثر الفحوصات الطبية المخبرية شيوعًا لأنّ تركيب البول يعكس حالة العديد من وظائف الجسم المختلفة. فعلى سبيل المثال، يوجد غالبًا لدى المصابين بمرض البول السكري، سكّر في البول، لأنّ السكّر الزائد في الدمّ يُرشَّح عن طريق الكليتين ويتمّ إخراجه في البول.

يمرّ حوالى 180 لترًا من السوائل من دمك عبر كليتيك يوميًّا، لكن لا يُصبح كلّ هذا السائل بولًا. فمعظمه يعود إلى مجرى الدم حاملًا معه الجلوكوز والأملاح والفيتامينات وموادّ أخرى يحتاج إليها جسمك. تُكوّن الكليتان البول وتضبطان الاتّزان الداخلي في جسمك، من خلال ثلاث عمليات مختلفة: **الترشيح Filtration وإعادة الامتصاص Reabsorption والإفراز Secretion.**

يُوضّح الشكل (42) نموذجًا لهذه العمليات الثلاث وموقع حدوث كلّ منها في الوحدة الكلوية. ففي كلّ وحدة كلوية، تعمل الكبيبة كمرشّح، ويمر المحلول المرشّح الناتج، أي الرشيح Filtrate، إلى خارج الشعيرات الدموية من خلال أغشيتها إلى محفظة بومان، ثمّ إلى الأنابيب الكلوية. وأثناء عملية إعادة الامتصاص في الأنابيب الكلوية، يُعاد الماء والموادّ المفيدة الأخرى الموجودة في الرشيح إلى الدم داخل الشعيرات الدموية. وتتحرّك بعض الفضلات من الدم مباشرة إلى الأنابيب الكلوية في عملية تُعرَف بالإفراز. ما هي بعض تلك الموادّ التي تُفرَز؟ يُعتبَر الإفراز إحدى الوظائف المهمّة للكليتين لأنّه يحفظ درجة تركيز أيون الهيدروجين (pH) في دمك.

(شكل 50)
وظائف الوحدة الكلوية (النفرون)




73

### 3. التنظيم الأسموزي (التناضحي) Osmoregulation

يتمّ التحكّم بنفاذية جدران الأنابيب الجامعة للماء بواسطة هرمون يُسمّى الهرمون المضادّ لإدرار البول Antidiuretic Hormone (ADH) الذي يفرزه الفصّ الخلفي للغدّة النخامية Posterior Pituitary Gland. فعندما تكون الجدران نافذة للماء، يُعاد امتصاص الماء من البول في الأنابيب الجامعة بواسطة الأسموزية إلى الدم كنتيجة للتركيز العالي للأملاح في منطقة النخاع، حيث تمتدّ الأنابيب الجامعة. أمّا عندما تكون الجدران غير نافذة، فلا تحدث عملية امتصاص الماء. التحكّم بعملية امتصاص الماء بواسطة هذا الهرمون يؤدّي إلى إنتاج بول إمّا منخفض التركيز أو عالي التركيز وفقًا لحاجة الجسم إلى الماء.

عندما يتجاوز تناول الماء متطلّبات الجسم الطبيعية، لا تفرز الغدّة النخامية الهرمون المضادّ لإدرار البول في الدم، ما يؤدّي إلى إنتاج كمّية كبيرة من البول ذات تركيز منخفض. ومن ناحية أخرى، عند شرب كمّيات قليلة من الماء، أو حدوث تعرّق كثيف أو وجود نسبة مرتفعة من الملح في الدم، يرتفع الضغط الأسموزي (التناضحي) في الدم. تكشف هذا التغيّر في الضغط مستقبلات حسّية موجودة في الدماغ تحت المهاد Hypothalamus. نتيجة ذلك، تكوّن نبضة عصبية تنتقل إلى الفصّ الخلفي للغدّة النخامية، تحفّز إفراز هرمون الـ ADH في مجرى الدم. يستهدف هذا الهرمون الكليتين مسبّبًا ازديادًا في نفاذية جدران الأنابيب الجامعة للماء، فتمتصّ كمّيات أكبر من الماء من البول والرشيح، وينتقل الماء إلى مجرى الدم. وهكذا يقلّ حجم البول ويزداد تركيزه.

### 4. صحّة الجهاز الإخراجي

**Health of the Excretory System**

مثل جميع أجهزة الجسم التي تكون على اتّصال بالوسط خارج الجسم، جهازك الإخراجي أيضًا معرّض للعدوى، إذ يقع مجرى البول في المنطقة التناسلية. ويُعتبَر الشرج مصدرًا لجراثيم إشريشيا كولاي E.Coli Bacteria، التي يُمكن أن تدخل مجرى البول وتلوّث المثانة البولية، كما يمكن أن تنتقل إلى الحالب وتصيب الكليتين. وإذا لم تُعالَج العدوى في الكليتين بأسرع ما يمكن، قد تعرّضان للتلف بصورة خطيرة. وتتضمّن أعراض المشكلات الإخراجية فقدان المقدرة على التحكّم بالمثانة البولية، وظهور الدم في البول، وفرط التبوّل، والشعور بالألم في منطقة الكليتين، وهذا يتطلّب العناية الطبّية السريعة.

أكثر ما يمكن أن تقوم به للعناية بجهازك الإخراجي هو أن تشرب كمّية كافية من الماء. فالجهاز الإخراجي يعتمد بالكامل على الماء لطرد الفضلات خارج الجسم.

**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**لماذا يتغيّر لون البول؟**

شرب كمّيات كبيرة من الماء يجعل لون البول فاتحًا كونه يحتوي على نسبة عالية من الماء. وبعد ممارسة التمارين الرياضية أو بعد مرور وقت بدون شرب الماء، يصبح لون البول أصفر داكنًا لأنّه يحتوي على نسبة منخفضة من الماء.

74

**الكلية الصناعية (الديسلة)**

فسّر أن، بفضل التكنولوجيا، جرى استحداث أجهزة ديلسة كلوية قابلة للحمل تسمح للمريض بأن يجري عملية الديلسة في المنزل. يقلّص هذا التقدّم قوائم الانتظار الطويلة في المستشفيات ويُساعد المرضى على عيش حياة طبيعية.

اسأل:

* ما هي الاسباب الشائعة لحدوث الفشل الكلوي؟

**(مرض البول السكري، العدوى الجرثومية والتسمّم الكيميائي)**

* اذكر أحد الحلول المتبعة لعلاج الفشل الكلوي؟

**(استعمال الكلية الصناعية (الديسلة))**

* هل هناك حلول بديلة للديسلة؟

**(أن يهب أحد الأشخاص إحدى كليتيه للشخص المريض)**

* كيف تتمّ عملية الديسلة؟

**(يُحوَّل دم المريض الى آلة الديسلة التي تزيل الفضلات والمواد السامّة منه بطريقة تماثل الطريقة التي تزيل بها الكلية الفضلات من الدمّ)**

**إجابة سؤال الشكل (51) صفحة 75 في كتاب الطالب: (إزالة الفضلات من الدّم والمساعدة في ضبط تركيزات الأملاح، الماء، العناصر المعدنية، والفيتامينات فيه.)**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

لماذا يتغيّر لون البول؟

الفت انتباه الطلّاب إلى أن الإنسان ينتج من 1 – 1.5 لترات من البول يوميًّا. وتُنتَج كمّيات وفيرة من البول المخفّف جدًا أو المنخفض التركيز عند تناول كمّيات كبيرة من الماء، وهذا ما يجعل لون البول فاتحًا. أما في حال عدم شرب كمّية كافية من الماء أو في حال خسارة كمّية كبيرة من الماء بسبب التعرّق، يزيد تركيز البول ويقلّ حجمه فيصبح لونه أصفر عنبريًا داكنًا.

**نشاط توضيحي**

أحضر كلية حيوان من عند بائع اللحوم واعرضها على طلّاب الفصل. اسأل: كيف تختلف هذه الكلية عن كلية الإنسان؟ **(قد تختلف في الحجم بحسب نوع الحيوان الذي أُخذِت منه، ولكن تركيبها ووظيفتها مماثلان تمامًا لكلية الإنسان.)** أشر إلى الشريان الكلوي، الوريد الكلوي والحالب. اسأل: ما الدور الذي تؤدّيه هذه التراكيب؟ **(يحمل الشريان الكلوي الدمّ بما فيه من شوائب وفضلات إلى الكلية، في حين يحمل الوريد الكلوي الدمّ المنقّى من الكلية، ويحمل الحالب البول من الكلية إلى المثانة البولية.)** اقطع الكلية طوليًّا بالكامل إلى نصفين متماثلين، وأشر إلى اللبّ، وإلى القشرة. اسأل: أين تقع الوحدات الكلوية؟ **(في القشرة، ما عدا الإنحناءات الموجودة في الانابيب البولية التي تعرف بإنحناءات هنلي وتقع في اللبّ.)**

## اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

* **مهارة توظيف النماذج:** فسّر أنّ وظيفة الكلية هي استخلاص الفضلات والموادّ الأخرى من الدمّ. قدِّم للطلّاب نموذجاً عن كيفيّة عمل الكلية، وذلك عن طريق سكب ماء مختلط بملوّن غذائي، ورمل، وغرين أو طمي خلال مرشح قهوة (أو أوراق ترشيح ضيقة الثقوب وموضوعة في قمع). ادع الطلّاب إلى فحص محتويات مرشح القهوة (أو ورقة الترشيح) والماء الملوّن الذي قد نفذ من خلاله. اسأل:

كيف تتشابه الكليتان ومرشح القهوة؟ **(كلاهما يرشحان الموادّ من السوائل.)**

كيف تختلفان؟ **(الكليتان ترشحان الماء والموادّ الذائبة، في حين يقوم مرشح القهوة بترشيح الموادّ الصلبة فقط. الكليتان أيضًا تعيدان بعض الموادّ الراشحة إلى الدم.)**

لذلك يجب أن تشرب من ثمانية إلى عشر أكواب من الماء يوميًّا، بالإضافة إلى المشروبات الأخرى، وأن تبوّل كلّما شعرت بالحاجة إلى ذلك. ومن المهمّ أيضًا أن تتجنّب الأدوية والموادّ السامّة لأنّها قد تُسبّب تلف الكليتين.

تؤدّي العناية الصحّية الشخصية دورًا مهمًّا في منع إصابة المثانة البولية والكليتين بالعدوى. فحافظ على نظافة المنطقة المحيطة بمجرى البول بالاستحمام يوميًّا. وتعرّف أعراض إصابة المثانة البولية بالعدوى حتّى تستطيع التوصّل إلى العلاج السريع إذا احتجت إلى ذلك. وتتضمّن هذه الأعراض ألمًا أو حكّة في مجرى البول، وسخونة، والشعور بالحاجة الشديدة والمتكرّرة للتبوّل.

### 1.4 الكلية الصناعية (الديلسة) Dialysis

حقّق تقدّم التقنيات الطبّية فائدة كبيرة للأشخاص الذين يعانون مشكلات في الكلية، مثل الحصوات في الكلية. تتكوّن هذه الحصوات من تبلور الأملاح المعدنية وأملاح حمض البوليك في البول، ويُمكن أن تسدّ قناة مجرى البول مسبّبة آلامًا شديدة في الكليتين والمجرى البولي. وكانت الجراحة السبيل الوحيد لمعالجة مثل هذه الحالات حتّى عهد قريب. أمّا الآن، فتُستخدَم الموجات فوق الصوتية لتفتيت الحصوات داخل الكليتين، ثمّ تخرج الفتات من الجسم مع البول.

وتحدث حالة خطيرة جدًّا عندما تفشل الكليتان في القيام بوظائفهما تُعرَف بالفشل الكلوي. وأكثر الأسباب الشائعة لحدوث الفشل الكلوي هو المعاناة من مرض البول السكّري لفترة طويلة، والعدوى الجرثومية والتسمّم الكيميائي. ويُسبّب الفشل الكلوي تراكم الموادّ السامّة في الجسم بتركيزات أو مستويات مميتة.

وتُعتبَر الديلسة (الكلية الصناعية) أحد الحلول المتّبعة لعلاج الفشل الكلوي. فأثناء القيام بعملية الديلسة، يتمّ وصل جسم المريض بجهاز الديلسة الذي يزيل الفضلات من دم المريض بطريقة تماثل الطريقة التي تزيل بها الكلية الفضلات من الدم. وقد أمكن التوصّل إلى تصميم آلة الديلسة واختراعها بعد إجراء بحوث مضنية أوضحت كيف تعمل الكلية الطبيعية (شكل 51).

ويجب على الأشخاص الذين يعانون من الفشل الكلوي إجراء عملية الديلسة أسبوعيًّا إذا ما لم يجروا عملية زرع كلية جديدة. ولأنّ الإنسان يستطيع أن يعيش حياة طبيعية بكلية واحدة، من الممكن لأيّ شخص أن يهب إحدى كليتيه لشخص آخر يعاني الفشل الكلوي.

(شكل 51)
يؤدّي جهاز الديلسة (الكلية الصناعية) وظائف الكليتين الطبيعيتين نفسها للأشخاص الذين يعانون الفشل الكلوي. ما هي تلك الوظائف؟

تُعتَبر الكليتان عضوين مهمّين للبيئة الداخليّة. فعن طريق تنظيم إنتاج البول من الدم، تنفّذ الوحدة الكلوية عمليات مزدوجة هي إخراج الفضلات والتنظيم الأسموزي. يخفض الإخراج مستويات اليوريا وأي مركّبات سامة أخرى في الدمّ. أما التنظيم الأسموزي فيتحكّم بتركيز الماء والأملاح في الدمّ. اسأل: ما هو الهرمون الذي يتدّخل في التنظيم الأسموزي؟ **(الهرمون المضاد لإدرار البول)**

## 3. قيِّم وتوسَّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم الأداء، اطرح الأسئلة التالية:

- ما دور الكليتين في الجهاز الإخراجي؟ **(تُزيلان الفضلات من الدمّ وتساعدان في ضبط كمّية الأملاح، الماء، العناصر المعدنية، والفيتامينات في الدمّ.)**
- ما العمليات الثلاث التي تحدث في الوحدة الكلوية؟ وما الذي يحدث أثناء كل عملية منها؟ **(الترشيح، حيث يتكوَّن الرشيح ويدخل الأنبوب البولي. ثمّ إعادة الامتصاص حيث تتمّ استعادة الماء والموادّ الغذائية إلى مجرى الدمّ. وأخيرًا الإفراز، حيث تتحرّك الفضلات والموادّ الأخرى من الدمّ إلى الانابيب البولية.)**

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–4**

1. الكليتان تزيلان الفضلات من الدمّ وتكوّنان البول في حين ينقله الحالبان إلى المثانة البولية التي تخزّنه حتى يمكن طرده خلال قناة مجرى البول.
2. البول هو السائل الذي يتبقّى بعد أن يعاد امتصاص الماء والموادّ الغذائيّة في الدمّ. يُحافظ على ثبات حجم الدمّ بواسطة عملية إعادة الامتصاص، ويُضبط الأس الهيدروجيني pH بواسطة عملية الإفراز.
3. تُقبَل الإجابات المدعَّمة بحجج أو براهين منطقية.
4. لا بدّ من استخدام النقل النشط عندما تتحرّك الموادّ الذائبة أو الماء من منطقة منخفضة التركيز إلى منطقة عالية التركيز.

### مراجعة الدرس 2–4

1. عدّد أجزاء الجهاز الإخراجي للإنسان وحدّد وظيفة كلّ جزء.
2. صِف كيف تُكوّن الكليتان البول وتضبطان حجم الدم.
3. **سؤال للتفكير الناقد:** يحتاج آلاف البشر إلى زراعة كلية، لكن لا يتوفّر العدد الكافي من المتبرّعين بالكلى. ما المعايير التي يجب الاستناد إليها لتقدير من يستحقّ زرع الكلية؟ فسّر تبريراتك.
4. **أضف إلى معلوماتك:** ما نوع النقل الذي يجب أن يُستخدَم بين الأنبوب البولي والشعيرات الدموية؟ فسّر إجابتك.

76

# الفصل الثالث

## الجهازان التنفّسي والدوري

**دروس الفصل**

**3–1:** التنفّس الخلوي

**3–2:** الجهاز التنفّسي للإنسان

**3–3:** صحّة الجهاز التنفّسي

**3–4:** الجهاز الدوري للإنسان

**3–5:** صحّة الجهاز الدوري

**مقدمة الفصل**

مهِّد لدراسة الفصل عبر توجيه الطلّاب إلى تعرّف صورة افتتاحية الفصل، وناقش معهم مدى ارتباط قصّة الافتتاحية بمحتوى هذا الفصل. ادع الطلّاب إلى مشاركة خبراتهم حول تعلّم كيفية السباحة تحت الماء. أشر إلى أن السباحة طريقة ممتازة لتنسيق التنفّس ودقّات القلب.

استعرض مع الطلّاب عناوين الدروس الواردة في هذا الفصل.





حصلت آمي ديكن من الولايات المتّحدة في دورة الألعاب الأولمبية التي نُظّمت في مدينة أتلانتا في صيف 1996، على أربع ميداليات ذهبية، في إنجاز لم تحقّقه أيّ رياضية في دورة أولمبية واحدة. وقد كانت إنجازاتها مميّزة لأنّها كانت تعاني حالة شديدة من الربو المزمن منذ طفولتها.

فعادة ما يحتاج التدريب الرياضي العنيف الذي يمارسه الرياضيون إلى قدرات تنفّسية ودورانية مثلى، في حين أنّ قدراتها التنفّسية القصوى كانت أقلّ بكثير من القدرة المتوسّطة. وكما قالت هي عن نفسها: «في معظم الأيّام، تبلغ كفاءة ممرّاتي التنفّسية 65% فقط من الكفاءة الطبيعية. وفي اليوم الأكثر سوءًا، تكون حوالى 30% فقط».

بسبب ذلك، لم يكن زملاؤها في فريق السباحة يرغبون في وجودها ضمن الفريق لأنّهم ظنّوا أنّها لن تستطيع تحقيق أيّ إنجاز، لكنّها ثابرت وواظبت. وكما قالت: «إلى جميع أطفال العالم الذين يناضلون، إنني آمل أن أكون مثالًا يُحتذى به إذا كانوا يحبّون الحياة. فبمجرّد استمرارهم في عملهم الدؤوب، سيحقّقون النجاح في الحياة. هذا ما حدث لها من دون شكّ. وهكذا، تركت الجميع حابسين أنفاسهم، تغلبهم الدهشة.

**دروس الفصل**

**الدرس الأوّل**
- التنفّس الخلوي

**الدرس الثاني**
- الجهاز التنفّسي للإنسان

**الدرس الثالث**
- صحّة الجهاز التنفّسي

**الدرس الرابع**
- الجهاز الدوري للإنسان

**الدرس الخامس**
- صحّة الجهاز الدوري

**الأهداف:**
- يُحدِّد أهمّية الطاقة لعمل الخلايا.
- يشرح كيف يتمّ تخزين الطاقة وتحريرها من خلال دورة ATP.
- يُفسِّر كيف يُطلِق التنفّس الخلوي الطاقة من الغذاء.
- يقارن بين التنفّس الهوائي واللاهوائي.

**صفحات الطالب: من ص 78 إلى ص 87**

**عدد الحصص: 3**

**الأدوات المستعملة:** صور وشفافيات لمراحل التنفّس الخلوي.

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. أشر إلى الطيات أو الثنيات المعروفة بالأعراف في الطبقة الداخليّة للميتوكوندريا. أخبر الطلّاب أن بعض الإنزيمات التي تتطلّبها عملية التنفّس الخلوي موجودة على امتداد هذه الأعراف.

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الكيمياء، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما الجزيء؟ **(الجزيء عبارة عن جسيم مكوّن من ذرّات مرتبطة كيميائيًّا ببعضها البعض.)**
- ما الذي يربط العناصر ببعضها البعض في المركب الكيميائيّ؟ **(الروابط الكيميائيّة)**

**نشاط سريع**

أحضر مصباحًا يعطي وميضًا ومجموعة من البطاريات. تناقش مع الطلّاب حول ما يحتاج إليه المصباح كي يعطي وميضًا. أوصل البطاريات بالمصباح، ثمّ اسأل: لماذا يعطي المصباح وميضًا؟ **(عندما تتكسّر الروابط في الموادّ الكيميائيّة الداخلة في تركيب البطّاريات تنطلق الطاقة الكيميائية وتتحوّل إلى طاقة كهربائية ثمّ إلى طاقة ضوئية.)**

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 دورة الأدينوزين ثلاثي الفوسفات

دع الطلّاب يدرسون الشكل (53) والشكل (55)، ثمّ تناقش معهم حول الأفكار الأساسية التالية:

- الطاقة المتحرّرة من هدم الغذاء تُخزَّن في الروابط الكيميائيّة التي تربط مجموعات الفوسفات في جزيئات ATP.
- عندما تنكسر الرابطة التي تربط مجموعة من مجموعات الفوسفات الثلاثة في جزيء ATP تتحرّر الطاقة ويتكوّن جزيء ADP.
- يتكوّن جزيء ATP، وتُخزَّن الطاقة فيه عند إضافة مجموعة من الفوسفات إلى جزيء ADP.

الدرس 3-1
التنفّس الخلوي
Cellular Respiration

**الأهداف العامة**
- يُحدِّد أهمّية الطاقة لعمل الخلايا.
- يشرح كيف يتمّ تخزين الطاقة وتحريرها من خلال دورة ATP.
- يُفسّر كيف يُطلق التنفّس الخلوي الطاقة من الغذاء.
- يُقارن بين التنفّس الهوائي واللاهوائي.

(شكل 52)

تتشارك خلايا جسمك مع خلايا الكائنات الحية الأخرى في إحدى الخصائص الهامّة، وهي الحاجة إلى الطاقة الكيميائية. فالطحالب والأشجار والسحالي والثدييات جميعها كائنات تعتمد على التنفّس الخلوي من أجل الحصول على الطاقة التي تحتاج إليها للقيام بالوظائف الحياتية. لذلك تقوم خلايا جميع الكائنات، باستثناء البكتيريا، بتوليد الطاقة داخل عضيات في السيتوبلازم تُسمّى الميتوكوندريا Mitochondria (شكل 52).

1. دورة الأدينوزين ثلاثي الفوسفات The ATP Cycle

تعتمد الحياة على الطاقة، لكن من أين تأتي الطاقة؟ تُخزَّن الطاقة اللازمة لأنشطة الحياة في الروابط الكيميائية لمركّب ATP (الأدينوزين ثلاثي الفوسفات) وتُحرَّر عندما تتكسّر هذه الروابط الموجودة بين مجموعات الفوسفات فيه. وتنقل مركّبات أخرى هي NADPH (فوسفات ثنائي نوكليوتيد الأدنين والنيكوتيناميد)، NADH (ثنائي نوكليوتيد الأدنين والنيكوتيناميد) $FADH_2$ (ثنائي نوكليوتيد الفلافين والأدنين) الطاقة التي تُستخدم لتكوين جزيئات ATP.

78

**إجابة الأسئلة صفحة 79 في كتاب الطالب: (يتشابه الـ ATP والـ ADP بدرجة كبيرة ، فهما يتألّفان من الأدينوزين المكوّن من الريبوز والأدينين ، ولكنهما يختلفان في عدد مجموعات الفوسفات . يرتبط الأدينوزين عند الـ ATP بثلاث مجموعات فوسفات أمّا عند الـ ADP فيرتبط بمجموعتي فوسفات فقط .)**

**إجابة سؤال الشكل 53 صفحة 79 في كتاب الطالب: (الطاقة الكيميائية)**

أسأل الطلّاب: لماذا تحتاج الخلايا إلى الطاقة؟ **(تحتاج بعض الخلايا إلى الطاقة لإتمام حركة ما ، أو لنقل الأيونات والجزيئات عبر الأغشية الخلوية ، أو لتصنيع الجزيئات الكبيرة وتكسيرها داخل الخليّة .)**

## 2.2 هدم الغذاء

**نشاط سريع**

اعرض تفاعلًا لإطلاق الطاقة بإشعال عود ثقاب . اعرض تفاعلًا لامتصاص الطاقة بإضاءة شمعة بعود الثقاب .

اسأل الطلّاب بعد قراءتهم لمقطع هدم الغذاء:

* ما مصدر الجلوكوز الذي يُستخدَم في عملية التنفّس؟ **(تحصل الخلايا على الجلوكوز بصورة أساسية عن طريق تكسير الكربوهيدرات من مثل النشا .)**

اكتب المعادلة الكيميائية لكلّ من البناء الضوئي والتنفّس الخلوي على السبّورة ، ثمّ اسأل:

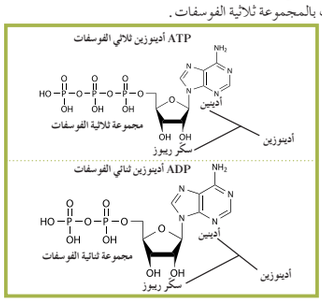
* ما العملية التي تمتصّ الطاقة؟ كيف عرفت؟ **(البناء الضوئي إذ تشير معادلته إلى إمتصاص الطاقة .)**
* ما العملية التي تطلق الطاقة؟ كيف عرفت؟ **(التنفّس الخلوي إذ تشير معادلته إلى إطلاق الطاقة .)**

**إجابة السؤال صفحة 81 في كتاب الطالب: (التنفّس الهوائي)**

**إجابة سؤال الشكل (56) صفحة 81 في كتاب الطالب: (التنفّس الخلوي: الموادّ المتفاعلة هي الجلوكوز والأكسجين والنواتج هي $CO_2$ والماء والطاقة . البناء الضوئي: الموادّ المتفاعلة هي $CO_2$ والماء ، والطاقة والنواتج هي الجلوكوز والأكسجين .)**



يوضّح الشكل (53) واحدًا من أهمّ المركّبات المخزّنة للطاقة . يُسمّى هذا الجزيء أدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) Adenosine Triphosphate ، وهو الجزيء الرئيسي في تخزين الطاقة التي تستخدمها الكائنات الحية . ويتكوّن الجزيء الواحد من ATP من ثلاثة جزيئات هي: سكّر ريبوز (سكّر خماسي الكربون) وأدينين وثلاث مجموعات من الفوسفات . يرتبط الريبوز والأدينين كيميائيًّا لتكوين جزيء يُسمّى الأدينوزين ، ترتبط فيه سلسلة من ثلاث مجموعات فوسفات تُعرَف بالمجموعة ثلاثية الفوسفات .



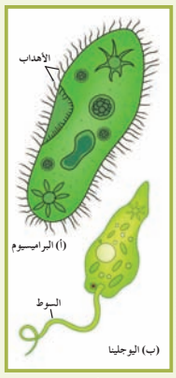

(شكل 53)
يتشابه كلّ من ADP و ATP بدرجة كبيرة . ويتكوّن ADP عند كسر الرابطة التي تربط مجموعة الفوسفات الأخيرة في ATP .
ما الذي ينتج عندما يتكوّن ADP؟

تتحرّر الطاقة الكيميائية من جزيء ATP حين تنكسر الرابطة التي تربط إحدى مجموعات الفوسفات بالجزيء . ينتج عن هذا التفاعل الكيميائي الذي تنطلق فيه مجموعة الفوسفات الطرفية من ATP تكوّن جزيء جديد هو أدينوزين ثنائي الفوسفات ADP . قارن بين ATP وADP في الشكل (45) . كيف يتشابهان؟ وفيم يختلفان؟

الطاقة الكيميائية المنطلقة من كسر رابطة الفوسفات في ATP يمكن أن تستخدمها الخليّة لكي تؤدّي إحدى أنشطتها . ويُستخدَم مركّب ATP في ثلاثة أنواع رئيسية من الأنشطة الحيوية:

**الأوّل:** توفير الطاقة للوظائف الميكانيكية للخلايا (على سبيل المثال ، تحتاج الخلايا إلى الطاقة لحركة الأهداب ، كما في البراميسيوم ، والسياط ، كما في اليوجلينا ، (شكل 54) . وتحتاج الخلايا العضلية إلى الطاقة لتنقبض خلال الحركة) .

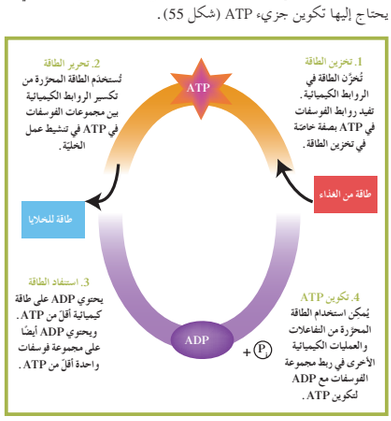
**الثاني:** النقل النشط للأيونات والجزيئات عبر الأغشية الخلوية .




(شكل 54)
تتحرك البراميسيوم بواسطة الأهداب أمّا اليوجلينا فتتحرك بواسطة السوط .



**الثالث:** الخلايا في نشاط مستمرّ ، لذلك يتطلّب تصنيع الجزيئات الكبيرة إمدادًا ثابتًا من مركّب ATP . وتُولّد الخلايا باستمرار جزيئات ATP عن طريق ربط مجموعة الفوسفات بجزيء ADP . تكوين هذه الرابطة الكيميائية بحاجة إلى الطاقة ، وقد تندهش حين تعرف مصدر الطاقة التي يحتاج إليها تكوين جزيء ATP (شكل 55) .




(شكل 55)
دورة الأدينوزين ثلاثي الفوسفات

## 2. هدم الغذاء Breaking Down Food

يستخدم كلّ من **الكائنات ذاتية التغذية Autotroph وغير ذاتية التغذية Heterotroph** المركّبات العضوية في الغذاء كمصادر للطاقة .

الكربوهيدرات هي مصدر الطاقة الرئيسي لمعظم الكائنات ، وقبل أن تستخدم الخلايا طاقة الكربوهيدرات ، يتمّ تكسير الكربوهيدرات إلى سكّريات بسيطة مثل سكّر الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) .

والعملية التي يتمّ تحليل سكّر الجلوكوز من خلالها لتحرير الطاقة تُسمّى **التنفّس الخلوي Cellular Respiration ، وهو عبارة عن سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تنتج ATP الذي يُستخدَم في معظم العمليات الحيوية كمصدر للطاقة . يوجد نوعان من التنفّس الخلوي ، أحدهما هوائي أي أنّه يتطلّب الأكسجين ، والآخر غير هوائي أي يُمكن أن يحدث بدون الأكسجين .**

**صوّب المفاهيم الخاطئة**

قد يساوي الطلّاب الحرارة العالية المنطلقة من هدم الغذاء بتلك المنطلقة من التأكسد السريع للوقود. فسّر أن معظم الطاقة المنطلقة أثناء هدم الغذاء تُستخدَم لتكوين الروابط الكيميائيّة أمّا الباقي فيُستَخدم للحفاظ على درجة حرارة الجسم.

## 3.2 مراحل التنفّس الهوائي

**توظيف الأشكال**

دع الطلّاب يدرسون (الشكل 57)، ثمّ اسأل:

- أين تتمّ مرحلة التحلّل الجلوكوزي؟ **(في السيتوبلازم)**
- ما الذي يوفّره التحلّل الجلوكوزي لدورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون؟ **(يوفّر التحلّل الجلوكوزي حمض البيروفيك لدورة كريبس والـ NADH لسلسلة نقل الإلكترون.)**
- ما مراحل التنفّس الخلوي التي تحدث في الميتوكوندريا؟ **(دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون)**

**إجابة سؤال الشكل (57) صفحة 81 في كتاب الطالب: (يُنتَج معظم الـ ATP في سلسلة نقل الإلكترون.)**

**التحلّل الجلوكوزي**

دع الطلّاب يدرسون (الشكل 58)، ثمّ اختبر مدى فهمهم للتحلّل الجلوكوزي. اسأل:

ما الذي يوضّح في الشكل (58) أنّ الخليّة تستخدم الطاقة كي تبدأ عملية التحلّل الجلوكوزي؟ **(أثناء هدم الجلوكوز، يتحوّل جزيئان ATP إلى جزيئين ADP.)**

- ما النواتج النهائيّة للتحلّل الجلوكوزي؟ **(حمض البيروفيك والطاقة)**
- من المعروف أن $NAD^+$ هو مركّب حامل للإلكترونات في هذه العملية، ما المقصود بحامل الإلكترونات؟ **(مركّب يمكنه اكتساب زوج إلكترونات عالية الطاقة ونقلها بما تحمله من طاقة إلى جزيء آخر.)**
- ماذا يُضاف عندما يتحوّل $NAD^+$ إلى NADH؟ **(الإلكترونات)**

التحلّل الجلوكوزي عملية محرِّرة أو مُطلقة للطاقة، أين يتّضح ذلك في الشكل (58)؟ **(في الجانب الأيسر للشكل (58)، تنتج أربعة جزيئات ATP من أربعة جزيئات ADP)**

**إجابة سؤال الشكل (58) صفحة 82 في كتاب الطالب: (الناتج النهائي هو جزيئي ATP فقط.)**

في خلال عملية التنفّس الهوائي، ينتج من 36 إلى 38 جزيء ATP من كلّ جزيء جلوكوز، في حين ينتج في خلال عملية التنفّس اللاهوائي جزيئان فقط من ATP. وفي حين أنّ بعض الكائنات قادرة على التنفّس اللاهوائي فحسب، نجد كائنات أخرى قادرة على القيام بنوعي التنفّس الخلوي. أيّ نوعي التنفّس الخلوي شائع أكثر في خلايا جسمك؟ قارن بين متفاعلات ونواتج البناء الضوئي والتنفّس الخلوي في الشكل (56). تبدو عملية التنفّس الخلوي عكس عملية البناء الضوئي ومتفاعلات إحداهما هي نواتج الأخرى. ومع ذلك، خطوات التنفّس الخلوي ليست ببساطة خطوات البناء الضوئي.

تنفّس خلوي

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ جلوكوز $\rightarrow 6CO_2 + 6H_2O +$ طاقة

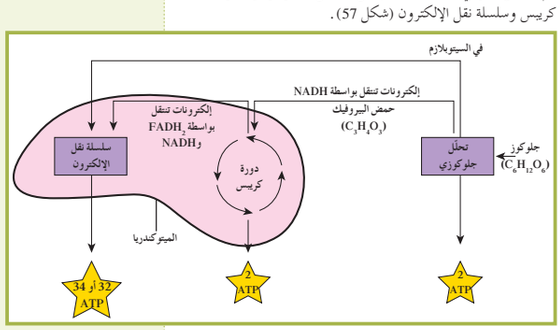
بناء ضوئي

$6CO_2 + 6H_2O +$ طاقة $\rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ جلوكوز

(شكل 56)
قارن بين عمليات التنفّس الخلوي وعمليات البناء الضوئي. ما العلاقة بين المتفاعلات والنواتج في العمليتين؟

### 3. مراحل التنفّس الهوائي
### Phases of Aerobic Respiration

يتمّ التنفّس الهوائي خلال ثلاث مراحل: التحلّل الجلوكوزي، دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون (شكل 57).




(شكل 57)
مراحل التنفّس الخلوي
لدى معظم الكائنات، يبدأ التنفّس الخلوي في السيتوبلازم، ويستمرّ في الميتوكوندريا، ويتمّ إنتاج ATP في عدّة خطوات. في أيّ خطوة منها تنتج الكمّية الأكبر من ATP؟

## كوّن علاقات

### الصلة بعلم الصحة

تمدّ عملية التنفّس الخلوي الإنسان وجميع الكائنات الهوائية الأخرى بالطاقة اللازمة لعمليات الحياة. أمّا الفضلات الناتجة منها، وهي الماء وثاني أكسيد الكربون، فتخرج من جسمك مع هواء الزفير.

### الصلة بعلم الكيمياء

ذكّر الطلّاب بأنّ الأيونات الموجبة عدد الإلكترونات فيها أقلّ من عدد البروتونات. ولأن ذرّة الهيدروجين تحتوي على إلكترون واحد فقط وبروتون واحد فقط، أيون الهيدروجين الموجب ما هو إلّا بروتون واحد. وتتجاذب الأيونات الموجبة والأيونات السالبة وهذا التجاذب هو أساس الروابط الأيونية.

### دورة كريبس

وجّه الطلّاب إلى دراسة الشكل (59). ثمّ فسّر أنّ دورة كريبس تُعرَف أيضًا باسم دورة حمض الستريك لأنّ التفاعل الأوّل فيها ينتج منه مركّبًا سداسي الكربون هو حمض الستريك. اطلب إلى متطوع رسم مسار الكربون وانتقال الطاقة من حمض البيروفيك إلى حمض الستريك **(يتفاعل حمض البيروفيك فيكوّن $CO_2$ ويصبح أستيل كوإنزيم A ويجري بدوره سلسلة من التفاعلات. وفي كلّ دورة من دورات كريبس ينتج جزيء ATP واحد وخمسة جزيئات ناقلة للطاقة (أربعة جزيئات NADH وجزيء $FADH_2$).**

* أين تحدث دورة كريبس في الخليّة؟ **(في حشوة الميتوكوندريا)**

أشر إلى أنّ حمض البيروفيك الناتج من عملية التحلّل الجلوكوزي ينتقل من السيتوبلازم ليعبر غشاءي الميتوكوندريا الخارجي والداخلي. اطلب إلى أحد الطلّاب أن يحدّد ثلاثة مراحل في دورة كريبس ينتج فيها $CO_2$.

### سلسلة نقل الإلكترون

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (60)، ثمّ اسأل:

* صِف كيف يتحرّك أيون الهيدروجين ($H^+$) خلال الغشاء الداخلي للميتوكوندريا؟ **(يتحرّر $H^+$ من NADH و$FADH_2$. ما يصنع منحدرًا لتركيز أيون الهيدروجين في الميتوكوندريا. ويُستخدَم انسياب أو تدفّق أيونات الهيدروجين ($H^+$) لتكوين جزيئات ATP. وفي النهاية يتّحد $H^+$ بالأكسجين لتكوين الماء.)**
* كيف يُوظَّف الاختلاف في الشحنة على جانبي الغشاء في إنتاج جزيئات ATP؟ **(يسبّب الاختلاف في الشحنة مرور $H^+$ خلال إنزيم تصنيع ATP في الغشاء الداخلي، وتنطلق الطاقة أثناء مرور $H^+$ محوّلة جزيئات ADP إلى جزيئات ATP.)**
* أين ينتهي مسار الإلكترونات؟ **(ينتهي مسار الإلكترونات في جزيئات الماء.)**

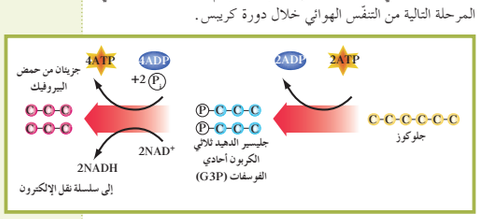


### 1.3 التحلّل الجلوكوزي Glycolysis

يبدأ كلّ من التنفّس الهوائي واللاهوائي بعملية التحلّل الجلوكوزي.

**التحلّل الجلوكوزي Glycolysis هو عملية تحدث في سيتوبلازم الخلية، ويتمّ خلاله تحوّل الجلوكوز إلى حمض البيروفيك مصحوبًا بانطلاق الطاقة.** حمض البيروفيك، وهو جزيء ثلاثي الكربون، يدخل دورة كريبس فيما بعد.

يوضح الشكل (58) خطوتين فقط من هذه العملية التي تمّ حقيقة في عشر خطوات، مع تكوين منتجات وسطية في كلّ خطوة. ينتج من تحلّل جزيء الجلوكوز الواحد جزيئان NADH وجزيئان ATP وجزيئان من حمض البيروفيك، إلى جانب تحرّر 2% فقط من الطاقة الكيميائية التي يحتويها جزيء الجلوكوز، في حين يكون معظم الطاقة الكيميائية المتبقية مدّخرًا في جزيئات حمض البيروفيك. ويتمّ إطلاق هذه الطاقة في المرحلة التالية من التنفّس الهوائي خلال دورة كريبس.




(شكل 58)
التحلّل الجلوكوزي
لشطر الجلوكوز إلى حمض البيروفيك، يجب أن تستخدم الخلية أوّلًا طاقة جزيئي مركّب الـ ATP. ما الحصيلة النهائية من الجزيئات مخزّنة الطاقة الناتجة من التحلّل الجلوكوزي؟

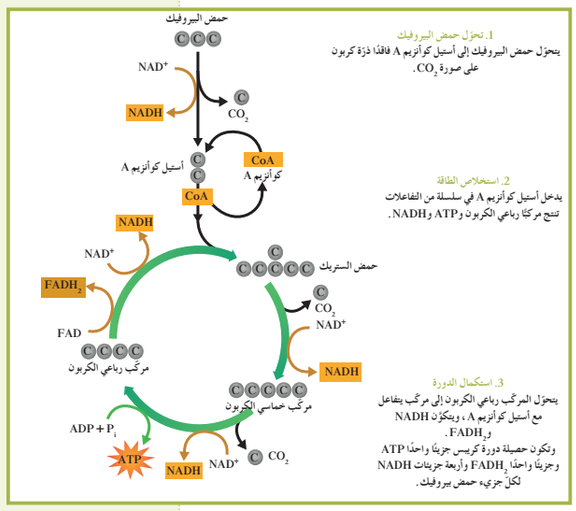
### 2.3 دورة كريبس Krebs Cycle

تتحوّل جزيئات حمض البيروفيك الناتجة من التحلّل الجلوكوزي إلى أستيل كوأنزيم A (Acetyl–CoA) الذي يدخل دورة كريبس. **ودورة كريبس Krebs Cycle عبارة عن مجموعة من التفاعلات التي تحدث في الميتوكندريا، ويتمّ خلالها تحلّل أستيل كوأنزيم A لتكوين ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ و $FADH_2$ و NADH و ATP.**

وقد سُمّيت دورة كريبس كذلك نسبة إلى مكتشفها هانز كريبس Hans Krebs، كما أنّها تُسمّى دورة حمض الستريك لأنّ أوّل تفاعلاتها تكوين حمض الستريك (حمض الليمون).

لاحظ في الشكل (59) أنّ جزيئًا واحدًا من ATP يتكوّن من جزيء واحد من حمض البيروفيك. ولأنّ التحلّل الجلوكوزي يُنتج جزيئين من حمض البيروفيك من كلّ جزيء جلوكوز، تكون حصيلة دورة كريبس جزيئين ATP من جزيء جلوكوز واحد. وسوف تُستخدَم باقي الطاقة المخزّنة في كلّ من NADH و $FADH_2$ لتكوين جزيئات ATP خلال عملية نقل الإلكترون.






(شكل 59)
دورة كريبس

### 3.3 سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain

يُنتج التحلّل الجلوكوزي جزيئين من ATP لكلّ جزيء من الجلوكوز، وتُنتج دورة كريبس جزيئين آخرين. كذلك، توجد طاقة مخزّنة ومتاحة لاستخدامها في الخليّة، وهي موجودة في الإلكترونات المحمولة في مركّبات NADH و $FADH_2$، والتي لا يمكن للخلية استخدامها إلّا بعد أن تتحوّل هذه الطاقة إلى جزيئات ATP. **سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain هي العملية التي تنتقل بها الطاقة من NADH و $FADH_2$ إلى ATP.**

تتطلّب هذه المرحلة من التنفّس الهوائي توفّر الأكسجين، كما أنّ حركة الإلكترونات من NADH و$FADH_2$ تحدث على امتداد سلسلة نقل الإلكترون في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا (شكل 60).

## حقائق وأرقام

### انطلاق الطاقة في سلسلة من الخطوات

الناتج النهائي لسلسلة نقل الإلكترون هو الماء $H_2O$. إذا ما سُمح لغازي الهيدروجين والأكسجين بالاتحاد مباشرة لتكوينه، فسوف تنطلق كمّية كبيرة من الطاقة لا يُستفاد منها. لذا بدلًا من ذلك، تستخدم الخليّة سلسلة من الجزيئات الناقلة، معظمها بروتينات، مطمورة في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا لإطلاق طاقة الإلكترونات في سلسلة من الخطوات. في كلّ خطوة، تفقد الإلكترونات مقدارًا ضئيلًا للغاية من طاقتها. يبدأ انسياب (أو تدفّق) الطاقة على طول السلسلة، على سبيل المثال، عندما يُمرّر جزيء NADH إلكترونين وبروتونًا إلى البروتين الناقل الأوّل. يمرّ البروتون إلى الحيّز بين غشاءي الميتوكوندريا جاعلًا إياه موجب الشحنة. وباستمرار العملية، تفقد الإلكترونات طاقتها، وتُضخّ البروتونات في الحشوة عبر الغشاء الداخلي للميتوكوندريا إلى الحيِّز بين الغشائي. يتكوّن ATP عندما تُدفع البروتونات (أيونات $H^+$) عبر الغشاء الداخلي راجعة إلى الحشوة مرّة أخرى وتُسمَّى هذه العملية تناضحًا كيميائيًّا.

## كوِّن علاقات

### الصلة بالعلوم البيئية

أكّد على أن $CO_2$ الناتج من دورة كريبس يخرج من الكائن الحي كمادّة إخراجية من خلال عملية الزفير والعمليات الأخرى. يصبح هذا الغاز جزءًا من مكوّنات الغلاف الجوي، ويصبح متاحًا للنباتات التي تستعمله في عملية البناء الضوئي. شجّع الطلّاب على تقديم عرض عن دورة $CO_2$ في بيئة كوكب الأرض أمام زملائهم.



تُنتزَع الإلكترونات من ثمانية جزيئات NADH وجزيئان $FADH_2$ (ناتج دورة كريبس) بحسب المعادلتين التاليتين:

- فلافين أدينين ثنائي نيوكليوتيد

(FAD (Flavin Adenine Dinucleotide))

$$FADH_2 \longrightarrow FAD + 2e^- + 2H^+$$

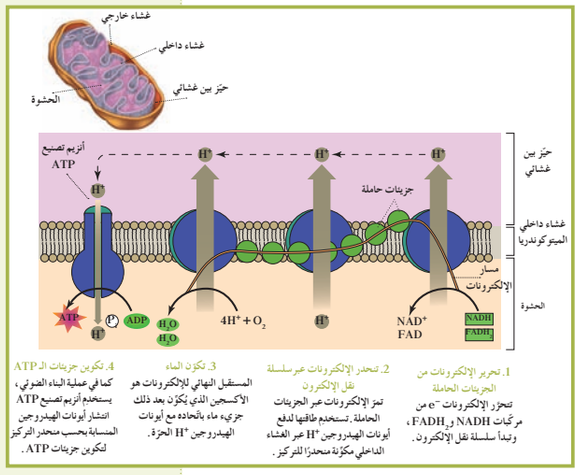
- نيكوتيناميد أدينين ثنائي نيوكليوتيد

($NAD^+$ (Nicotinamide Adenine Dinucleotide))

$$NADH \longrightarrow NAD^+ + 2e^- + H^+$$

تنتج سلسلة نقل الإلكترون 32 أو 34 جزيء ATP من أصل 36 أو 38 جزيء ATP ناتج من جزيء جلوكوز واحد. ولأنّ جزءًا من الطاقة يُفقَد في صورة حرارة، يُعتبَر التنفّس الهوائي غير كفئ نسبيًّا. 36 أو 38 جزيء ATP تمثّل أقلّ من نصف الطاقة الكيميائية الموجودة في الجزيء الواحد من الجلوكوز. ومع ذلك، فإنّ الطاقة التي يتمّ الحصول عليها بهذه الطريقة تكفي الإنسان والكائنات هوائية التنفّس لتعيش.

(شكل 60)
مخطّط سلسلة نقل الإلكترون




1. تحرير الإلكترونات من الجزيئات الحاملة
تتحرّر الإلكترونات $e^-$ من مركّبات NADH و$FADH_2$، وتبدأ سلسلة نقل الإلكترون.

2. تتحدر الإلكترونات عبر سلسلة نقل الإلكترون
تمرّ الإلكترونات عبر الجزيئات الحاملة. تستخدم طاقتها لدفع أيونات الهيدروجين $H^+$ عبر الغشاء الداخلي مكوّنة متحدرًا للتركيز.

3. تكوّن الماء
المستقبل النهائي للإلكترونات هو الأكسجين الذي يكوّن بعد ذلك جزيء ماء باتّحاده مع أيونات الهيدروجين $H^+$ الحرّة.

4. تكوين جزيئات الـ ATP
كما في عملية البناء الضوئي، يستخدم أنزيم تصنيع ATP انتشار أيونات الهيدروجين المنسابة بحسب متحدر التركيز لتكوين جزيئات ATP.

## 4.2 التنفّس اللاهوائي

* فسّر ألّا جزيئات ATP إضافية تنتج من التنفّس اللاهوائي بعد التحلّل الجلوكوزي في السيتوبلازم. على عكس التنفّس الهوائي الذي ينتج في خلال دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون، 32 أو 34 جزيء ATP إضافي. لذلك يستخلص التنفّس اللاهوائي (التخمّر) طاقة أقلّ بكثير من جزيء الجلوكوز مقارنة بالتنفّس الهوائي.
* يعرف معظم الطلّاب الحليب الرائب. أشر إلى أن حموضة مذاق الحليب الرائب تعود إلى حمض اللّاكتيك الذي ينتج من تخمير البكتيريا لحمض البيروفيك في الحليب.

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**التدفئة**

الارتعاش ناتج من انقباض العضلات بصورة لا إرادية. ويحتاج هذا الانقباض إلى الطاقة الناتجة من عملية التنفّس الخلوي أي حرق الجلوكوز في الخلايا. ما يفسّر وجود كمّيات كبيرة من الميتوكوندريا في العضلات.

**نشاط توضيحي**

أضف مقدار عبوة صغيرة من الخميرة إلى 75 mL من الماء الدافئ (30°C) في كأس زجاجية. جهّز كأسًا مماثلًا فيه ماء فقط (تجربة ضابطة). حرّك المحتويات حتى تذوب الخميرة ولاحظ الخليط. أضف كمّية صغيرة من السكر إلى كلا الكأسين، ولاحظ ما يحدث لعدّة دقائق.

وضّح أن التفاعل بين الخميرة والسكر ينتج كحول إيثيلي وثاني أكسيد الكربون. اسأل:

* ما الذي حدث نتيجة ذوبان الخميرة في الماء؟ **(لم تُلاحظ أي نتائج للتفاعل)**
* ما الذي حدث عند إضافة السكر إلى خليط الخميرة والماء؟ **(تكوّنت فقاقيع في الخليط.)**
* ما الرائحة المنبعثة من فقاقيع الخليط؟ **(الكحول)**

**إجابة سؤال الشكل (63) صفحة 86 في كتاب الطالب: (يساعد التدريب على زيادة تدفّق الدمّ حاملًا معه كمّيات كبيرة من الأكسجين الضروري للتنفّس الخلوي ما يغني الخلايا عن القيام بالتنفّس اللاهوائي.)**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**وقود المستقبل**

اسأل الطلّاب: هل تُعتبَر كمّية الطاقة التي ينتجها هذا الوقود كافية لتشغيل محرّك سيارة ذي قوّة دفع كبيرة؟ **(كلا)** لماذا يُعتبَر غاز أوّل أكسيد الكربون من الغازات المميتة؟ **(لأنّه يتّحد مع الهيموجلوبين في الدمّ مانعًا اتحاد الأكسجين مع الهيموجلوبين ما يؤدّي إلى الاختناق.)**



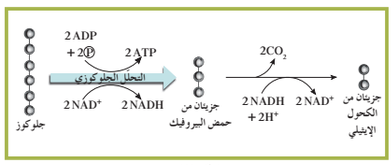
وبتحرير الخلايا للطاقة خلال التنفّس الخلوي، تنتج فضلات هي ثاني أكسيد الكربون والماء والحرارة. ويمكن للمستويات العالية من ثاني أكسيد الكربون أن تقتل الخلايا، لذلك تملك جميع الكائنات آليات خاصّة لطرد هذه الفضلات.

### 4. التنفّس اللاهوائي Anaerobic Respiration

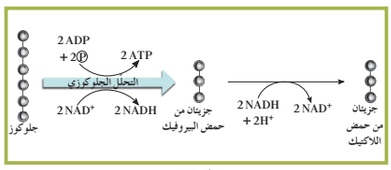
أنت تعلم أنّك لا تستطيع العيش بدون الأكسجين، إلّا أنّ خلايا معينة في جسمك تُسمّى الخلايا العضلية يمكنها إنتاج الطاقة بدون الأكسجين. وبعض الكائنات وحيدة الخليّة مثل الخميرة تستطيع أيضًا أن تحلّل الكربوهيدرات بدون الأكسجين.

وعملية التنفّس اللاهوائي هي العملية التي تُحرّر الطاقة من جزيئات الغذاء في غياب الأكسجين.

تواصل بعض الكائنات الحية حياتها في غياب الأكسجين معتمدة على كمّية الطاقة الصغيرة الناتجة عن تحلّل الجلوكوز خلال عملية التخمّر. **والتخمّر Fermentation هو عملية استخلاص الطاقة من حمض البيروفيك في غياب الأكسجين، ومنه نوعان: التخمّر الكحولي (شكل 61) وتخمّر حمض اللاكتيك (التخمّر اللبني) (شكل 62).** وفي النوعين، يتكوّن جزيئان فقط من ATP من كلّ جزيء من الجلوكوز.




(شكل 61)
التخمّر الكحولي




(شكل 62)
تخمّر حمض اللاكتيك
(التخمّر اللبني)

**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**التدفئة**

عندما نشعر بالبرد، تنقبض عضلاتنا بصورة لا إرادية فترتعش، وهذا يدفع الميتوكوندريا لإنتاج الطاقة لتدفئتنا. يرتعش النحل أيضًا قبل أن يطير في الطقس البارد، فتنقبض عضلات الطيران بسرعة ليدفأ.

## 5.2 مركّب ATP والسعر الحرارية

**نشاط سريع**

دع الطلّاب يقرؤون الملصقات الغذائية لمنتجات سيستعملونها في إعداد وجبة ما واحضر جدولًا بالقيم السعرية. اسأل:

* ما الموادّ الغذائية التي تحتوي على أكبر قدر من السعر الحرارية؟ **(قد تتنوَّع الإجابات بحسب نوع الموادّ الغذائية التي تتمّ دراستها.)**
* أيّ من هذه الموادّ الغذائيّة يحتوي على أكبر قدر من الكربوهيدرات والكوليسترول؟ **(قد تتنوَّع الإجابات بحسب نوع الموادّ الغذائية التي تتمّ دراستها.)**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**الشعور بالموت**

بوجود الزرنيخ تتوقَّف الميتوكوندريا عن التنفّس الخلوي وتتوقَّف عن إنتاج الطاقة التي تحتاج إليها أجسام الكائنات الحية في كثير من العمليات الحيوية، من مثل انقباض عضلات القلب، إرسال الإشارات العصبية إلخ. يؤدّي توقّف هذه العمليات إلى الموت.

**إجابة السؤال صفحة 86 في كتاب الطالب**

**(تبدأ الخلايا باستخدام الطاقة المخزّنة في الدهون وإذا استمرّ الأمر لفترة طويلة تعجز الخلايا عن تأدية وظائفها الحيوية كما يجب، ما قد يؤدّي إلى أضرار في الأجهزة أو إلى الموت أحيانًا.)**

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

* **مهارة المقارنة والمباينة:** اعرض على الطلّاب قطعة خبز متخمّرة وقطعة خبز أخرى غير متخمّرة. اسأل:

  ما الفرق بين قطعتي الخبز؟ **(الخبز غير المتخمّر أرقّ من الخبز المتخمّر ويحتوي على مسام أقلّ.)**
* فسِّر أن كلمة التخمّر تعني «ارتفاع العجين»، لذا فالخبز غير المختمر عبارة عن خبز لم يرتفع أثناء خبزه. اسأل: ما الذي يُضاف إلى الخبز لجعله يرتفع أثناء خبزه؟ **(الخميرة)** ما العملية التي تقوم بها الخميرة وتسبّب ارتفاع الخبز أثناء خبزه؟ **(التخمّر الكحولي)**
* **مهارة الحساب:** فسِّر للطلّاب أنّ كلّ مول (وحدة القياس العالمية لكمّية المادّة) من الجلوكوز (حوالى 180 g) يحتوي على حوالى 686 كيلوسعر حراري (Kcal) من الطاقة. وأنّ 38% من السعر الحرارية تُستَخدم كطاقة و62% المتبقية تتحوّل إلى حرارة. ذكّر الطلّاب بأن كلّ كيلوسعر حراري تساوي 1 000 سعر حرارية. بعد ذلك، اسأل:

  ما مقدار الطاقة التي ينتجها التنفّس الهوائي من 1 مول جلوكوز؟ **(686 × 0.38 = 261 Kcal)**

  ما مقدار الطاقة المفقودة على شكل حرارة؟

  **(686 − 261 = 425 Kcal أو 686 × 0.62 = 425 Kcal)**

الخميرة هي فطر وحيد الخليّة يتنفّس هوائيًا في وجود الأكسجين، ويلجأ إلى التنفّس اللاهوائي في غياب الأكسجين، حيث تقوم الخميرة بالتخمّر الكحولي، وهو نوع التنفّس اللاهوائي الذي يحوّل حمض البيروفيك إلى ثاني أكسيد الكربون والكحول الإيثيلي (الإثانول). وقد سُمّيت هذه العملية كذلك لأنّ الكحول إحدى نتائجها.

حمض البيروفيك + NADH $\xrightarrow{\text{تخمّر كحولي}}$ كحول إيثيلي + $CO_2$ + $NAD^+$

التخمّر الكحولي هو أحد المصادر الاقتصادية الهامّة. فالخبّازون يستخدمونه للخميرة في صناعة الخبز، حيث تحلّل الخميرة الكربوهيدرات الموجودة في العجين، فينتج ثاني أكسيد الكربون الذي يظلّ داخل العجين، وتسبّب فقاعاته ارتفاع العجين. وعند خبز العجين، تموت فطريات الخميرة ويتبخّر الكحول، فتظهر ثقوب صغيرة في الخبز الذي تمّ صنعه. ويُستخدَم التخمّر الكحولي أيضًا في صناعة الخمور والبيرة والكحول الإيثيلي الذي يُضاف إلى الجازولين لإنتاج الجازول Gasohol (وقود المستقبل).

لا تستطيع الخلايا الحيوانية القيام بعملية التخمّر الكحولي، إلّا أنّ بعض الخلايا مثل الخلايا العضلية يمكنها تحويل حمض البيروفيك إلى حمض اللاكتيك (اللبن) خلال عملية التنفّس اللاهوائي التي تُسمّى تخمّر حمض اللاكتيك (التخمّر اللبني) Lactic Acid Fermentation. وتحدث هذه العملية خلال التمارين الرياضية العنيفة، حيث لا يستطيع تنفّسك إمدادك بكلّ الأكسجين الذي تحتاج إليه الخلايا. وعندما لا تجد الخلايا العضلية الأكسجين، تتحوّل من عملية التنفّس الهوائي إلى عملية تخمّر حمض اللاكتيك للحصول على الطاقة.

حمض البيروفيك + NADH $\xrightarrow{\text{تخمّر حمض اللاكتيك}}$ حمض اللاكتيك + $NAD^+$

هل شعرت يومًا بألم في العضلات بعد تمرين رياضي؟ يعرف الرياضيون كالموضّحين في الشكل (63) التعب والألم العضلي اللذين يسبّبهما تراكم حمض اللاكتيك في العضلات. معظم حمض اللاكتيك المتكوّن في العضلات ينتشر إلى تيّار الدم، ومنه إلى الكبد، حيث يعود ليتحوّل إلى حمض البيروفيك.

**(شكل 63)**
الرياضيون المتنافسون، مثل الذين يشاركون في سباق عدو 1500 متر في الألعاب الأولمبية، يستخدمون التنفس الهوائي والتدريبات القاسية ليزيدوا الإمداد الدموي إلى عضلاتهم. لماذا تعتقد أنّ هذه الأنماط من التدريب تساعد في تخفيض تأثيرات تراكم حمض اللاكتيك؟

**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**وقود المستقبل**

تنطلق بعض العربات بواسطة خليط من الجازولين والكحول الإيثيلي، وهو الوقود المُنتَج خلال التخمّر الكحولي لحبوب الذرة والكربوهيدرات. تميّزت هذه العربات بعدم إحداث التلوّث بأحادي أكسيد الكربون في بعض الولايات الأميركية مثل ولاية أريزونا.

## 3. قيّم وتوسّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

اكتب المصطلحات التالية على السبّورة: التخمّر الكحولي، دورة ATP، دورة كالفن، سلسلة نقل الإلكترون، دورة كريبس، تخمّر حمض اللاكتيك، التحلّل الجلوكوزي، التفاعلات الضوئية.
اطلب إلى الطلّاب أن يحدّدوا أيّ من هذه العمليات يحدث أثناء كلّ ممّا يأتي: البناء الضوئي، التنفّس اللاهوائي والتنفّس الهوائي.

- البناء الضوئي **(دورة ATP، دورة كالفن، سلسلة نقل الإلكترون، التفاعلات الضوئية)**
- التنفّس اللاهوائي **(التحلّل الجلوكوزي، التخمّر الكحولي، تخمّر حمض اللاكتيك)**
- التنفّس الهوائي **(دورة ATP، دورة كريبس، التحلّل الجلوكوزي، سلسلة نقل الإلكترون)**

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3–1**

1. تنطلق الطاقة عند كسر رابطة بين مجموعات الفوسفات الثلاث في ATP وانفصال إحداها ليصبح ATP جزيء ADP. يلي الانفصال ارتباط ADP الثنائي الفوسفات بمجموعة فوسفات ثالثة ليصبح ATP مرّة أخرى في عملية تتطلّب امتصاص طاقة. ثمّ تتكرّر الدورة ذاتها.
2. يحوّل التحلّل الجلوكوزي الجلوكوز إلى حمض البيروفيك. وتحوّل دورة كريبس حمض البيروفيك لإنتاج ATP، في حين تحوّل سلسلة نقل الإلكترون الطاقة المتبقية من حاملات الإلكترون إلى ATP.
3. كلاهما يبدأ بالتحلّل الجلوكوزي، واستخراج الطاقة من حمض البيروفيك وتحويلها إلى ATP. يحتاج حمض البيروفيك في خلال التنفّس الهوائي إلى الأكسجين لإنتاج ATP بينما لا يحتاج إليه في خلال عملية التنفّس اللاهوائي. نواتج التنفّس الخلوي هي ثاني أكسيد الكربون، الماء والطاقة. ونواتج التنفّس اللاهوائي هي الكحول الإيثيلي وثاني أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك في الخلايا العضلية. ينتج كلّ جزيء جلوكوز في التنفّس الهوائي 36 أو 38 جزيء ATP وفي التنفّس اللاهوائي جزيئي ATP.
4. التحلّل الجلوكوزي، دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون
5. في خلال عملية الأيض تُحوَّل الكربوهيدرات بالهضم والامتصاص إلى جلوكوز ينتقل من الدمّ إلى الخلايا حيث تبدأ عملية التنفّس الهوائي.



### 5. مركّب ATP والسعر الحراري ATP and Calories

الإنسان يشارك معظم الكائنات الحية في عملية التنفّس الخلوي المسؤولة عن تحلّل جزيئات الجلوكوز، وتحوّل الطاقة المخزّنة فيها إلى جزيئات ATP. يمكن تخزين الجلوكوز الزائد في صورة موادّ مختلفة. فالنباتات تُخزّن الجلوكوز الزائد في جزيئات النشاء، والإنسان وبعض الحيوانات تُخزّن الجلوكوز في صورة جليكوجين أو موادّ دهنية. عندما يحتاج الكائن إلى الطاقة، يُمكن أن تتحلّل هذه الجزيئات المخزّنة لكي تُنتج جزيئات الـ ATP.

يُمكن قياس الطاقة الموجودة في هذه الموادّ والتعبير عنها بوحدات تُسمّى السعر الحراري. **والسعر الحراري Calorie هي كمّية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء درجة مئوية واحدة.**

يستطيع جسمك أن يُحدث توازنًا ثابتًا بين السعر الحرارية التي يحصل عليها والسعر الحرارية التي يستخدمها، ويحسب الناس السعر الحرارية التي يحصلون عليها من الغذاء الذي يستهلكونه. وإذا استهلك الناس غذاء يحتوي على طاقة أكثر من حاجتهم، يُخزّن الجسم الطاقة الزائدة. ما الذي قد يحدث إذا انعكس الوضع، ولم تستهلك الطاقة الكافية لاحتياج الخلايا؟

### مراجعة الدرس 3–1

6. لخّص خطوات دورة ATP بالرسم والبيانات.
7. فسّر كيف يُحرّر التنفّس الخلوي الطاقة من الغذاء.
8. قارن بين عمليتي التنفّس الهوائي واللاهوائي. ما المتفاعلات والنواتج في كلّ عملية؟ ما حصيلة ATP في كلّ عملية؟
9. أذكر المراحل الثلاث التي يمرّ بها التنفّس الهوائي.
10. **أضف إلى معلوماتك:** حدّد العلاقة بين التنفّس الخلوي وعملية الأيض (الاستقلاب الخلوي)؟

**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**الشعور بالموت**

نقرأ في بعض القصص البوليسية الغامضة عن استخدام الزرنيخ كمادّة سامة. في الواقع، يتراكم الزرنيخ في الميتوكوندريا، فتصبح غير قادرة على التنفّس الخلوي، وتتوقّف عن إنتاج الطاقة. كيف يكون تأثير الزرنيخ على الميتوكوندريا مضرًّا للكائن؟

**الأهداف:**

- يُوضِّح معنى التنفّس.
- يُفسِّر الآليات المنظمة للتنفّس.
- يُعدِّد أقسام الجهاز التنفّسي.
- يُحدِّد وظائف كل قسم من الجهاز التنفّسي.
- يُفسِّر كيفية قياس الأحجام الرئوية المختلفة ومدلولها.
- يصف التبادل الغازي في الرئتين.

**الأدوات المستعملة:** صور وشفافيات لصورة أشعة X.

**صفحات الطالب: من ص 88 إلى ص 95**

**صفحات الأنشطة: من ص 35 إلى 39**

**عدد الحصص: 2**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. اشرح أنّ الطريقة التي يتنفّس بها الموسيقيون عندما يعزفون على الآلات الهوائية هي أفضل طرق التنفّس.

قارن آلية تنفّس الشخص العادي بالآلية التي يتبعها الموسيقيون؟

**(سوف تشير الإجابات إلى أنّها قد تكون نفسها، وقد يزفر الإنسان من أنفه. ناقش جميع الإجابات.)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الجهاز التنفّسي وأهمّيته، وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما أهمّية التنفّس؟ **(إيصال الأكسجين الضروري لعمل الخلايا والتخلّص من ثاني أكسيد الكربون.)**
- ماذا نسمّي عمليتي الشهيق والزفير مجتمعتين؟ **(نسمّيهما العملية الآلية للتنفّس وتقتضي مهمّتهما بإيصال الهواء إلى الحويصلات الهوائية حيث تتمّ عملية التبادل الغازي مع الدمّ.)**

الدرس 3-2
الجهاز التنفّسي للإنسان
Human Respiratory System

**الأهداف العامة**

- يُوضّح معنى التنفّس.
- يُفسّر الآليات المنظمة للتنفّس.
- يُعدّد أقسام الجهاز التنفّسي.
- يُحدّد وظائف كلّ قسم من الجهاز التنفّسي.
- يُفسّر كيفية قياس الأحجام الرئوية المختلفة ومدلولها.
- يصف التبادل الغازي في الرئتين.



(شكل 64)

الموسيقار (شكل 64) الذي يعزف على آلة موسيقية هوائية يحتاج إلى إدخال تيّار ثابت من الهواء في الآلة، مثل الشخص الذي ينفخ بالونًا. ولفعل ذلك، غالبًا ما يستخدم العازفون على آلات مثل المزمار والسكسفون والأبواق التنفّس الدوري. تشمل هذه التقنية سحب الهواء من خلال الأنف أثناء نفخه إلى الخارج من خلال الفم.

1. **تبادل الغازات عند الكائنات الحية**

**Gas Exchange in Living Beings**

تعتمد جميع الكائنات الحية على التنفّس الخلوي للحصول على الطاقة لتستمرّ في الحياة، فخلال هذا التنفّس يتمّ هدم جزيئات الغذاء لصنع جزيئات ATP. أكثر طرق التنفّس الخلوي كفاءة هي التي تستخدم الأكسجين ($O_2$) الذي يحصل عليه الإنسان من البيئة وتُنتج ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) الذي يُطلَق في البيئة.

88

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 تبادل الغازات عند الكائنات الحية

**نشاط سريع**

اكتب معادلة التنفّس الخلوي التالية على السبّورة:

طاقة + $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

ثمّ دع الطلّاب يلاحظون مجتمعًا أحيائيًّا يضمّ نباتات وحيوانات في أحد الأحواض الزجاجية. اسأل:

* لماذا من المهمّ أن يحتوي الحوض النباتات والحيوانات؟ **(تتنفّس الحيوانات والنباتات الأكسجين في البيئة وتطرح ثاني أكسيد الكربون الذي تستخدمه النباتات في عملية البناء الضوئي لتزويد البيئة بالأكسجين.)** وظِّف إجابات الطلّاب في تذكيرهم بأنّ التنفّس ضروري لبقاء النباتات، وكذلك جميع الكائنات الأخرى، على قيد الحياة.

**إجابة سؤال الشكل 65 صفحة 89 في كتاب الطالب: (يُنتِج البناء الضوئي في النباتات الأكسجين اللازم للتنفّس الخلوي، الذي بدوره ينتج $CO_2$ الذي يُستخدَم في البناء الضوئي.)**

### 2.2 جهاز الإنسان التنفّسي

ناقش مستويات التنفّس الثلاثة مؤكّدًا على ما يأتي:

* التنفّس الداخلي يحدث داخل الجسم بين الشعيرات الدموية والخلايا.
* التنفّس الخارجي هو تبادل الغازات مع البيئة الخارجية للجسم.
* التنفّس الخلوي يحدث في الخلايا. اسأل:

ما العلاقة بين آلية التنفّس والتنفّس؟ **(آلية التنفّس هي ما يحدث أثناء عمليتي الشهيق والزفير من تحرّك للحجاب الحاجز والأضلاع، بينما التنفّس هو ما يحدث داخل الخلايا من عمليات لإطلاق الطاقة.)**

**دراسة الشكل (66)**

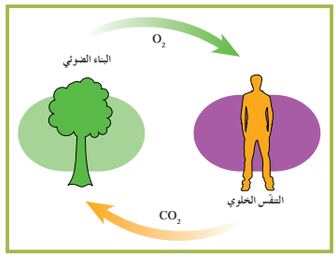
دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (66) ثمّ اطلب إليهم تعداد الأعضاء المكوِّنة للجهاز التنفّسي وتحديد دور كلّ منها في عملية التنفّس. تأكّد من فهم الطلّاب علاقة الشكل الموجود على اليمين بالشكل الموجود على اليسار. دع الطلّاب يوظفون الشكلين لتتبع مسار الهواء خلال الجهاز التنفّسي عندما يقرأون عنه. يجب أن يُحدِّد الطلّاب كلّ تركيب من التراكيب التي يمرّ الهواء فيها، بدءًا من الأنف وصولًا إلى الحويصلات الهوائيّة.

عند انتهاء طلّاب الفصل من تتبع مسار الهواء في الجهاز التنفّسي للإنسان. اسأل:

* في أيّ تركيب من الرئتين يحدث التبادل الفعلي للغازات؟ **(في الحويصلات الهوائية)**
* عبر أيّ تركيب يدخل الهواء إلى الجسم؟ **(من خلال الأنف أو الفم)**
* ما أهمّية التركيب المعروف بلسان المزمار؟ **(يمنع الموادّ الصلبة والسوائل من الدخول إلى الرئتين.)**



إذًا فتبادل غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الإنسان وبيئته، والذي يحدث بمساعدة الجهاز التنفّسي هو أمر حيوي لاستمرار التنفّس الخلوي (شكل 65).




(شكل 65)
كيف يرتبط تدوير الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في البيئة بالتنفّس الخلوي والبناء الضوئي؟

#### 2. جهاز الإنسان التنفّسي
#### The Human Respiratory System

خُذ نفسًا عميقًا ثمّ اطرده. عندما تتنفّس، تتبادل الغازات مع بيئتك. عندما تأخذ نفسًا أو شهيقًا، تحصل على هواء غني بالأكسجين، وعندما تُطلِق نفسًا أو زفيرًا، الهواء الذي أطلقته إلى البيئة يكون غنيًّا بثاني أكسيد الكربون. فجهازك التنفّسي يُمكِّنك من الحصول على الأكسجين من هواء الشهيق، ونقله إلى الدم، وطرد ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى هواء الزفير.

يُمكِنك أن تتحكّم أحيانًا في تنفّسك، لكنّك لا تستطيع أن تتوقّف عن التنفّس طويلًا. ففي وقت قصير، يتراكم ثاني أكسيد الكربون في دمك، وتتحكّم في جسمك آليات تجعلك تبدأ التنفّس ثانية.

**التنفّس Respiration هو العملية التي يحصل الجسم من خلالها على الأكسجين ويستخدمه، ويتخلّص من ثاني أكسيد الكربون. وعمليتا الشهيق Inhalation والزفير Exhalation ما هما إلّا الجزء الآلي في عملية التنفّس. فالتنفّس هو مجموع كلّ من العمليات الآلية والكيميائية.**

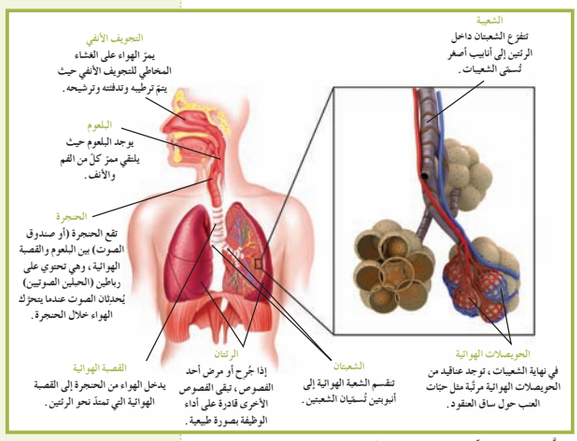
تحدث عملية التنفّس الكاملة على ثلاثة مستويات: خلوي وداخلي وخارجي.

**التنفّس الخلوي Cellular Respiration هو عملية حصول الخلايا على الطاقة من تأكسد الجلوكوز.**



**التنفّس الداخلي Internal Respiration هو تبادل غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الدم في الشعيرات الدموية وخلايا الجسم. يُساعِد الجهاز الدوري على القيام بهذا النوع من التنفّس.**

**التنفّس الخارجي External Respiration هو تبادل غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الدم في الشعيرات الدموية والهواء في الحويصلات الهوائية. ويتمّ هذا التنفّس عن طريق الجهاز التنفّسي (شكل 66).**




(شكل 66)
وظائف مكوّنات الجهاز التنفّسي لدى الإنسان

يتركّب الجهاز التنفّسي للإنسان من الأنف والبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية وسلسلة من الممرّات الصغيرة والرئتين. أنفك هو أوّل ممرّ يدخل منه الهواء إلى جسمك، ويُمكِن أن يدخل الهواء أيضًا عن طريق فمك. يُرشّح الهواء الذي تتنفّسه عبر أنفك ويُنظّف، وتتمّ تدفئته وترطيبه خلال حركته في التجويف الأنفي وفي الممرّات الهوائية التي تؤدّي إلى رئتيك. وإذا لم تتمّ هذه العمليات على الهواء الذي يدخل رئتيك، فقد يحمل جراثيم تؤدّي إلى إصابة غطاء نسيج الرئتين بأمراض مختلفة. يمرّ الهواء بعد ذلك عبر سلسلة من الأنابيب. والأنبوب الأوّل الذي يدخل منه الهواء هو البلعوم Pharynx الذي يتفرّع منه المريء والقصبة الهوائية. والمريء Esophagus هو أنبوب يؤدّي إلى المعدة، أمّا القصبة الهوائية Trachea فهي تُعدّ الممرّ الرئيسي إلى الرئتين.

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «تركيب الجهاز التنفّسي» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 33 ، 34 و35 . يساعد هذا النشاط على تعرّف تركيب الجهاز التنفّسي لدى حيوان ثديي .**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**الصوت**

دع الطلّاب يضعون أصابعهم حول تفاحة آدم ثمّ يحدثون همهمة .

اسأل: بماذا شعروا؟ **(يشعرون باهتزازها .)**

## 3.2 عملية التنفّس

**نشاط سريع**

احصل على صورة لأشعة – X واعرضها على الطلّاب لتوضّح اختلاف مظهر الرئتين المليئتين بالهواء عن الرئتين الفارغتين . شجّع الطلّاب على تحديد الأضلاع في أشعة –X ، أشر إلى تغيّر وضع الأضلاع أثناء الشهيق والزفير . قد تقترح على الطلّاب وضع أيديهم على أضلاعهم والقيام بعملية التنفّس .

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (68) ويقارنون حجم القفص الصدري وموضع الحجاب الحاجز أثناء عمليتي الزفير والشهيق .

**إجابة سؤال الشكل 68 صفحة 92 في كتاب الطالب: (تنبسط عضلة الحجاب الحاجز والعضلات بين الأضلاع وينكمش حجم التجويف الصدري . يزيد ، نتيجة لذلك ، ضغط الهواء داخل الرئتين عن ضغط الهواء الجوي فينطلق الهواء إلى الخارج .)**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**هل ابتلع شيئًا ما؟**

أشر إلى أنّ تفاحة آدم هي الجزء البارز في الرقبة وتتكون من مادّة غضروفية تحيط بالحنجرة . يملكها الرجال والنساء وعلى حدّ سواء ولكنّها تظهر بشكل بارز عند الرجال .

اسأل الطلّاب: ماذا يوجد داخل الحنجرة؟ **(الأوتار الصوتية)** متى يصدر الصوت ، أثناء الشهيق أم الزفير؟ **(الزفير)** كيف يحدث ذلك؟ **(أثناء الزفير ، تهتزّ الأوتار داخل الحنجرة وينطلق الصوت .)**

## 4.2 الأحجام الرئوية

استعن بالشكل (70) الذي يظهر المنحنيات التي يسجّلها مقياس التنفّس .

فسّر للطلّاب سبب كل حجم من أحجام الهواء المبيّنة في الشكل . اطلب إليهم القيام بالشهيق أو بالزفير القسريين للمقارنة بينهما وبين عمليتي الشهيق والزفير أثناء الراحة .

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «قياس السعة الرئوية» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 36 و37 . يساعد هذا النشاط الطلّاب على قياس السعة الرئوية باستخدام أدوات بسيطة .**

تقع الحنجرة أو صندوق الصوت Larynx وهي المسؤولة عن إحداث الصوت أعلى القصبة الهوائية . توجد عند مدخل الحنجرة نتوء من الأنسجة تُسمّى لسان المزمار Epiglottis ، **وهي تغطّي وتحمي الحنجرة عند البلع ، وتمنع الطعام من دخول الجهاز التنفّسي .** تتفرّع القصبة الهوائية إلى فرعين هما الشعبتان Bronchi ، وهما أنبوبان للتنفّس يؤدّيان إلى الرئتين Lungs . تحيط الرئتان بالقلب وتملآن معظم التجويف الصدري داخل القفص الصدري . وتنقسم الرئتان إلى أقسام تُسمّى الفصوص (شكل 67) . تتفرّع الشعبتان داخل الرئتين إلى أنابيب أصغر فأصغر تُسمّى الشعيبات Bronchioles التي تنتهي **بأكياس هوائية تُسمّى الحويصلات الهوائية** Alveoli **حيث يتمّ معظم التبادل الغازي بين الجهاز الدوري والجهاز التنفّسي .**

يحيط بكلّ رئة غشاء يُسمّى الغشاء الجنبي (البلورا) ، وهو مكوّن من طبقتين: طبقة داخلية ملتصقة بنسيج الرئة ، وطبقة خارجية ملتصقة بالجانب الداخلي للقفص الصدري ، ويوجد بين الطبقتين السائل الغشائي الجنبي . لأنابيب الجهاز التنفّسي تركيب وبطانة متشابهتين ، إذ أنّ معظم الأنابيب التنفّسية محاطة بتراكيب غضروفية على شكل حرف "C" ، من الجهة الأمامية ، خاصة في القصبة الهوائية ، كي تبقى مفتوحة أثناء الشهيق . أمّا من الجهة الخلفية ، حيث يتواجد المريء ، فلا يوجد تراكيب غضروفية ما يسمح للمريء بالتمدّد أثناء عملية البلع تفاديًا لتمزّقه . يُبطّن التجويف الأنفي والأنابيب التنفّسية الأخرى غشاء من الخلايا المخاطية ذات الأهداب ، وتقوم هذه الخلايا بإفراز مادّة مخاطية إلى التجويف . تلتقط المادّة المخاطية الجزيئات الصغيرة من الأتربة والجراثيم ، وتُحرّك الأهداب المادّة المخاطية وما اقتنصته من جزيئات إلى البلعوم ليتمّ ابتلاعها إلى المعدة حيث تُدمّرها العصارات الهاضمة .

### 3. عملية التنفّس Process of Breathing

ضع يديك على أضلاعك وخُذ نفسًا عميقًا . هل تشعر أنّ قفصك الصدري يعلو؟ لا تحتوي رئتيك على عضلات . فيؤدّي الحجاب الحاجز والعضلات بين الأضلاع دورًا كبيرًا في إحداث الأداء التنفّسي . **والحجاب الحاجز Diaphragm هو صفيحة عضلية موجودة تحت الرئتين تفصل بين التجويف الصدري والتجويف البطني .** يوضّح الشكل (68) تغيّر وضع الحجاب الحاجز عندما تتنفّس .

يتنفّس معظم الناس من 15 إلى 18 مرّة في الدقيقة في حالة الراحة ، ويمكنك أن تُسرّع أو تُبطّئ تنفّسك إراديًا لفترة قصيرة ، لكن يُضبَط التنفّس بصورة آلية في معظم الأحيان ويتأثّر عمق التنفّس ومعدّله بعوامل عديدة منها التمارين الرياضية والإجهاد . يتأثّر معدّل التنفّس أيضًا بعمر الإنسان ، فيأخذ الأولاد من 14 إلى 60 نفسًا في الدقيقة ، في حين يأخذ البالغون من 12 إلى 20 نفسًا في الدقيقة .

**فقرة إثرائية**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**الصوت**

تتكوّن الحنجرة من اثنين من الأربطة المرنة تُسمّى الحبال الصوتية . ويحدث الصوت نتيجة خروج هواء الزفير من الرئتين بسبب اهتزاز تلك الحبال .

**(شكل 67)**
**الرئة اليسرى أصغر قليلًا وذات أقسام وفصوص أقلّ من الرئة اليمنى .**

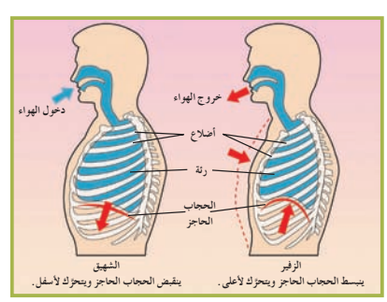
**فقرة إثرائية**

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**هل ابتلع شيئًا ما؟**

يندفع هواء الزفير عبر صندوق الصوت ليُنتج الصوت . وصندوق الصوت (الحنجرة) مدعّم بغضروف يُشكّل زاوية في الحلق تُسمّى تفّاحة آدم ، ويكون حجمها عند الرجل أكبر منه عند المرأة .

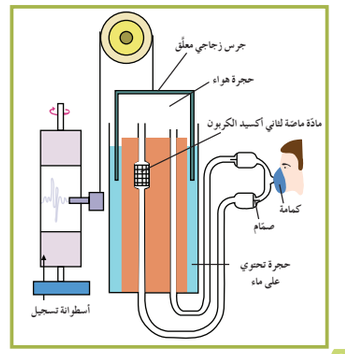





**(شكل 68)**
**أنت تتنفّس بتغيير ضغط الهواء في رئتيك نسبة لضغط الهواء الجوي . عند الشهيق ، ينقبض حجابك الحاجز والعضلات بين الأضلاع ، فيتمدّد التجويف الصدري . يُقلّل التجويف الصدري المتّسع ضغط الهواء في رئتيك ، فيصبح ضغطه في رئتيك أقلّ من الضغط الجوّي ، فيندفع الهواء حينئذ داخل الرئتين . ما الذي يحدث عند الزفير؟**

### 4. الأحجام الرئوية Lung Volumes

يُمكِن قياس حجم الهواء المستنشَق وهواء الزفير خلال التنفّس مباشرة بواسطة مقياس التنفّس Spirometer الموضّح في الشكل (69) ، يتألّف جهاز مقياس التنفّس من جرس زجاجي معلّق فوق حجرة تحتوي على ماء ويشكل الفراغ بينهما حجرة يملؤها الهواء . يتنفّس الفرد عبر كمّامة في أنبوبين يمتدّان إلى داخل حجرة الهواء فيعلو الجرس الزجاجي عند الزفير وينخفض عند الشهيق بما يعادل حجمي هواء الزفير وهواء الشهيق . وينظّم صمّامان اتجاه انسياب الهواء أثناء عملية التنفّس .




**(شكل 69)**
**مقياس التنفّس**

## 5.2 ضبط التنفّس

أشر إلى أنّ الجهاز العصبي يضبط العملية الآلية للتنفّس تبعًا لتركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدمّ الذي يُكشَف بواسطة تراكيب خاصة تُسمَّى المستقبلات الكيميائية. وترسل المستقبلات إشارات عصبية إلى الدماغ الذي يرسل بدوره إشارات عصبية إلى العضلات بين الأضلاع وللحجاب الحاجز لإبطاء عمليتي الشهيق والزفير أو إسراعهما.

## 6.2 التبادل الغازي في الرئتين

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (71). أشر إلى أنّ العملية التي تنظّم التنفّس هي عملية كيميائية. اسأل:

* كيف يتكوّن حمض الكربون في الدم؟ **(يذوب ثاني أكسيد الكربون في الدمّ ليكوّن حمض الكربون.)**
* ما الذي يتكوّن عندما ينحلّ حمض الكربون؟ **(تتكوّن أيونات البيكربونات والهيدروجين.)**

**إجابة سؤال الشكل (71) صفحة 95 في كتاب الطالب: (ينتشر ثاني أكسيد الكربون إلى خارج خلايا الجسم، وينتشر الأكسجين إلى داخل خلايا الجسم.)**

**نشاط سريع**

اسكب ماء الجير في وعاء زجاجي. أخبر الطلّاب أنّ ثاني أكسيد الكربون عندما يتفاعل مع ماء الجير يسبّب تعكره. دع طالبًا متطوعًا يزفر الهواء في ماء الجير بواسطة شفّاطة (حذِّر الطالب من شرب ماء الجير). وبينما يزفر الطالب الهواء، دع زملاءه يلاحظون ما يحدث **(يتعكّر ماء الجير)**. اسأل:

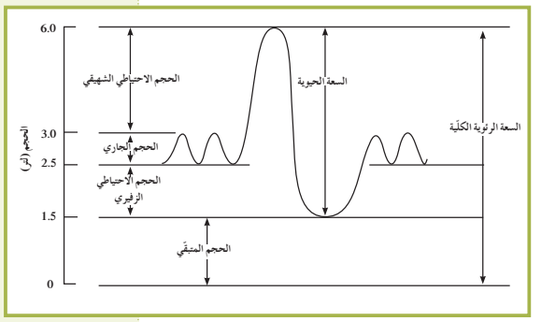
لماذا تعكّر ماء الجير؟ **(لأن هواء الزفير يحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون.)**

* أشر إلى أن فرط التهوية هو التنفّس العميق السريع غير العادي ويسبّب انخفاض غير طبيعي لمستوى ثاني أكسيد الكربون في الدمّ. يمكن استعادة اتزان ثاني أكسيد الكربون عن طريق التنفّس في كيس ورقي لفترة قصيرة. اطلب إلى الطلّاب أن يفسّروا لماذا لا يسبب التنفّس العميق السريع أثناء التدريبات الرياضية الشاقة فرطًا في التهوية.

اسأل: لماذا يُسبِّب التنفّس في كيس ورقي توقّف فرط التهوية؟ **(لأنه يؤدّي إلى زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون في الهواء المستنشق مقارنة بالهواء العادي ما يُبطِئ معدّل التنفّس.)**



وتزوّد حركة الجرس أسطوانة التسجيل بالبيانات اللازمة لتحديد هذين الحجمين على شكل منحنيات مطبوعة على أوراق كما يوضّح الشكل (70). أثناء الراحة، يبلغ حجم الهواء المتبادَل خلال تنفّس عادي 0.5 لتر، ويُسمّى الهواء الجاري. ويُمكِن زيادة حجم الهواء المستنشَق وهواء الزفير خلال شهيق متعمّد وزفير متعمّد.




(شكل 70)
الأحجام الرئوية

**الحجم الجاري (Tidal Volume (TV هو حجم الهواء الذي يدخل الرئتين أو يخرج منهما خلال عملية شهيق أو زفير عادي، ويُقدَّر بـ 0.5 لتر.**
**الحجم الاحتياطي الشهيقي (Inspiratory Reserve Volume (IRV هو الحجم الإضافي من الهواء الذي يدخل الجسم بالإضافة إلى حجم الهواء الجاري أثناء شهيق متعمّد، ويُقدَّر بحوالى 2.5 إلى 3 لتر.**
**الحجم الاحتياطي الزفيري (Expiratory Reserve Volume (ERV هو الحجم الإضافي من الهواء الذي يُطرَد مع الهواء الجاري أثناء زفير متعمّد، ويُقدَّر بحوالى 1 إلى 1.5 لتر.**
**الحجم المتبقّي أو هواء الاحتفاظ (Residual Volume (RV هو حجم الهواء الذي يبقى في الرئتين ولا يُطرَد حتّى أثناء زفير متعمّد، ويُقدَّر تقريبًا بـ 1.2 لتر. ويحفظ هذا الحجم من الهواء الرئتين منتفختين جزئيًا طوال الوقت.**
**السعة الحيوية (Vital Capacity (CV هي مجموعة أحجام الهواء الجاري والهواء الاحتياطي الشهيقي والزفيري، وتُقدَّر بحوالى 4.5 إلى 5 لتر.**
**السعة الإجمالية أو السعة الرئوية الكلّية (Total Lung Capacity (TLC هي مجموع السعة الحيوية وهواء الاحتفاظ، وتُقدَّر بحوالى 6 لترات من الهواء.**



### 5. ضبط التنفّس Breath Control

يقوم مركز التنفّس، وهو مجموعة من الخلايا العصبية في الدماغ، بتنظيم العملية الآلية للتنفّس. ترسل هذه الخلايا كلّ عدّة ثوانٍ دفعات من الرسائل العصبية إلى العضلات المساعدة في عملية الشهيق. وتوجد مجموعة أخرى من التراكيب الخاصّة تُسمّى المستقبلات الكيميائية، والتي تكشف مستوى الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم والسائل الدماغي الشوكي المحيط بالدماغ. فثاني أكسيد الكربون يذوب في الدم مكوّنًا حمض الكربونيك $H_2CO_3$ الذي يتحلّل إلى أيونات بيكربونات $HCO_3^-$ وأيونات هيدروجين $H^+$. فعندما يرتفع تركيز الهيدروجين في الدم، يتناقص الأسّ الهيدروجيني pH، وترسل المستقبلات الكيميائية إشارات إلى مركز التنفّس، الذي يرسل بدوره إشارات إلى الحجاب الحاجز والعضلات بين الأضلاع لكي تعمل على التمدّد والتقلّص بوتيرة أسرع ليحدث التنفّس العميق أو لإسراع معدّل التنفّس. وعندما تُطرَد كميّة كبيرة من ثاني أكسيد الكربون في هواء الزفير، تتناقص نسبته في الدم، فيعود الأسّ الهيدروجيني إلى وضعه الطبيعي. وبهذه الطريقة، تساعد هذه المستقبلات على حفظ المستوى الطبيعي للأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الجسم.

### 6. التبادل الغازي في الرئتين Gas Exchange in the Lungs

يتمّ تبادل الغازات في جسم الإنسان بالانتشار. فتتحرّك الموادّ أثناء الانتشار بحسب منحدر التركيز، من المنطقة ذات التركيز العالي إلى المنطقة ذات التركيز المنخفض.

في الحويصلات الهوائية، يكون تركيز الأكسجين مرتفعًا عن تركيزه في الشعيرات الدموية المحيطة بها، ما يجعل ضغط هذا الغاز ($PO_2$) في الحويصلات أعلى منه في الشعيرات الدموية. لذلك ينتشر الأكسجين من الهواء الموجود في الحويصلات الهوائية إلى الدم في الشعيرات الدموية. وبالعكس، ثاني أكسيد الكربون أكثر تركيزًا في الشعيرات الدموية للرئتين منه في الحويصلات الهوائية، ما يجعل ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون ($PCO_2$) في الدم أعلى منه في الحويصلات الهوائية، لذلك ينتشر ثاني أكسيد الكربون من الشعيرات الدموية إلى الحويصلات الهوائية، كما هو موضّح في الشكل (69)، ثمّ يُطرَد غاز ثاني أكسيد الكربون مع هواء الزفير عن طريق القصبة الهوائية.

## 3. قيِّم وتوسَّع

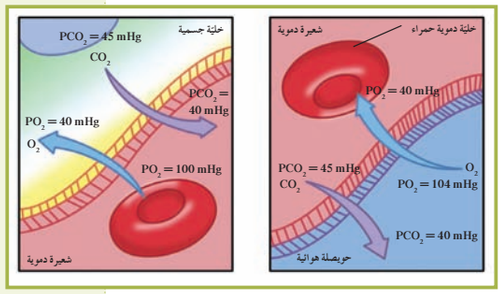
### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم الأداء، اسأل الطلّاب:

* ما وظيفة الجهاز التنفّسي؟ **(إمداد الجسم بالأكسجين وطرد ثاني أكسيد الكربون)**
* ما الأعضاء الرئيسية في الجهاز التنفّسي للإنسان؟ **(الرئتان)**
* ما الذي يحدث للهواء الذي يدخل الجسم؟ **(يُرشَّح، يُنظَّف، يُدَفَّأ ويصبح رطبًا خلال مروره بالممرّات التنفّسية وصولًا إلى الرئتين.)**
* أيّ عملية تسمح بإتمام التبادل الغازي على المستوى الخلوي؟ **(الانتشار)**

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3–2**

1. التجويف الأنفي، الحنجرة، لسان المزمار والبلعوم، القصبة الهوائية، الشعبتين، الشعيبات والحويصلات الهوائيّة في الرئتين
2. ينتشر الأكسجين من الحويصلات الهوائيّة إلى الدمّ وينتشر ثاني أكسيد الكربون في الاتجاه المعاكس. فيما ينتشر ثاني أكسيد الكربون من خلايا الجسم إلى الدمّ وينتشر الأكسجين في الاتجاه المعاكس. يحدث الانتشار بسبب الفارق بين تركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الوسطين فالغازات تنتشر من وسط عال التركيز إلى وسط منخفض التركيز.
3. تخفض زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون الأس الهيدروجيني (pH) الذي يتمّ الكشف عنه بواسطة مستقبلات كيميائية ترسل إشارات لمركز التنفّس في الدماغ. تنظم الإشارات العصبية في الدماغ معدّل التنفّس.
4. يؤدّي اختفاء النباتات إلى اختفاء غاز الأكسجين بسبب توقّف عملية البناء الضوئي، ما يؤدّي إلى موت جميع الكائنات الحيّة.
5. تمتصّ الرئة في جسم الإنسان ثاني أكسيد الكربون من الدمّ وتزود الدمّ والجسم بالأكسجين، كذلك تفعل الغابات الخضراء فهي تمتصّ ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتطرح غاز أكسجين في الهواء.




(شكل 71)
يحدث تبادل الغازات في الرئتين (إلى اليمين) بالانتشار عبر غشاء الحويصلة الهوائية والشعيرات الدموية. ما الذي يحدث للأكسجين وثاني أكسيد الكربون في خلية الجسم (إلى اليسار)؟

تستخدم خلايا الجسم الأكسجين وتنتج ثاني أكسيد الكربون خلال التنفّس الخلوي. ينتشر الأكسجين من الشعيرات الدموية إلى خلايا الجسم، وينتشر ثاني أكسيد الكربون من خلايا الجسم إلى الشعيرات الدموية كما هو موضّح في الشكل (71). ومعظم الأكسجين الذي يحتاج إليه الجسم يرتبط في كريات الدم الحمراء مع بروتين يُسمّى الهيموجلوبين، مكوّنًا الأكسي هيموجلوبين الذي يستطيع التفكّك سريعًا إلى هيموجلوبين وأكسجين لإتمام عملية التبادل الغازي في الخلايا بحسب المعادلة التالية: $Hb + 4O_2 \rightleftharpoons HbO_8$.

### مراجعة الدرس 3–2

1. عدّد أقسام الجهاز التنفّسي لدى الإنسان.
2. قارن بين انتشار الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الحويصلات الهوائية وفي خلايا الجسم. ما الذي يساعد على انتشار الغازات في كلّ منهما؟
3. صِف الآليات التي تنظّم التنفّس.
4. **سؤال التفكير الناقد:** ماذا يحدث للحياة على الأرض إذا اختفت النباتات كلّها؟
5. **أضف إلى معلوماتك:** يُقال إنّ الغابات هي رئة المدن. قارِن بين هذا القول ودور الرئة في جسم الإنسان.



### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

* **مهارة الاستنتاج:** اشرح للطلّاب كيف يُستخدم هواء الزفير، الناجم عن عملية تبادل الغازات في الرئتين، في التنفّس الاصطناعي. اسأل:

كيف يُزود التنفّس الاصطناعي الشخص المستقبِل بكمّية كافية من الأكسجين تبقيه على قيد الحياة؟ **(يحتوي هواء الزفير على 75% من أكسجين هواء الشهيق، وهذا أكثر ممّا يحتاج إليه الشخص للبقاء حيًّا.)**

* **مهارة القياس:** يمكن للطلّاب قياس السعة الحيوية الرئوية الخاصة بهم (انصح أي طالب مصاب بمرض تنفّسي مثل الربو أو الالتهاب الشُعبي أن يتجنّب المشاركة). أعط كل طالب بالونًا مستديرًا كبيرًا، ووجّه الطلّاب إلى العمل ضمن أزواج. اطلب إليهم أن يأخذوا شهيقًا قدر استطاعتهم، ثمّ يزفروه بالكامل إلى داخل البالون. يجب على الطلّاب إمساك البالون مغلق الفوهة حتى يقيس زملاؤهم محيطه بواسطة شريط القياس. يمكن للطلّاب حساب سعتهم الحيوية الرئوية عن طريق حساب حجم البالون المنفوخ باستخدام المعادلة الرياضية:

الحجم $V = \frac{4}{3}\pi r^3$، حيث "r" هو نصف قطر البالون المنفوخ. يمكن حساب نصف القطر من المحيط باستخدام المعادلة الرياضية: المحيط $C = 2\pi r$ $(\pi = 3.14)$

**الأهداف:**

- يُفسِّر كيف تؤثِّر الفيروسات والبكتيريا والفطريات مسببات الحساسية في الجهاز التنفّسي.
- يُوضِّح طرق حماية الجهاز التنفّسي.

**الأدوات المستعملة:** صور وشفافيات تظهر تأثير التدخين في الرئة.

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. اشرح أن عمّال الإنقاذ ورجال الإطفاء يرتدون الأقنعة الواقية من الغازات لتجنّب استنشاق الدخان والغبار. اسأل:

لماذا، في اعتقادك، يضع بعض الناس الكمّامات في الهواء الطلق؟ **(لتجنّب استنشاق حبوب الطلع، الملوّثات والبكتيريا التي تسبِّب ضررًا للجهاز التنفّسي.)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول أمراض الجهاز التنفّسي وجّه إليهم السؤال التالي:

أيّ الأمراض والاضطرابات تؤثر في الجهاز التنفّسي؟ **(قد تشمل الإجابات، نزلات البرد، الحساسية، الربو، الالتهاب الشُعبي، الالتهاب الرئوي، سرطان الرئة وانتفاخ الرئة.)**

**نشاط سريع**

ارسم جدولًا على السبّورة يحتوي على عمودين يحمل الأوّل عنوان «مفيد» والآخر عنوان «مضرّ». دع الطلّاب يقومون بعصف ذهني حول ما يؤثّر في الجهاز التنفّسي ويدرجوا ما توصّلوا إليه في الجدول. اطلب إليهم نسخ العمودين في كراساتهم وإضافة وحذف ما يلزم كلّما تقدموا في دراسة الدرس.

**صفحات الطالب: من ص 96 إلى ص 100**

**عدد الحصص: 1**

الدرس 3-3
صحّة الجهاز التنفّسي
Health of the Respiratory System

**الأهداف العامة**

- يُفسّر كيف تُؤثّر الفيروسات والبكتيريا والفطريات ومسببات الحساسية في الجهاز التنفّسي.
- يُوضّح طرق حماية الجهاز التنفّسي.

(شكل 72)

في العام 1914، رُخّص للمخترع الأفريقي الأمريكي مورغان قناع الحماية من الغازات. وفي العام 1916، أصبح هذا القناع منقذًا للحياة، حيث ارتدى كلّ من مورغان وأخيه هذا الاختراع الجديد لإنقاذ أكثر من عشرين عاملًا حُبسوا نتيجة انفجار داخل نفق ممتلئ بالغازات السامّة بالقرب من كليفلاند في ولاية أوهايو (شكل 72).

**1. الاضطّرابات التنفّسية** Respiratory Disorders

يتعرّض جهازك التنفّسي دائمًا لغزو الموادّ والكائنات الحية الموجودة في الهواء. يتعرّض الجهاز التنفّسي لاضطّرابات أكثرها انتشارًا هي نزلات البرد والالتهاب الرئوي والالتهاب الشُعبي والربو.

**1.1 نزلات البرد** Cold

لا بدّ أنّك أُصبت مرّة واحدة على الأقلّ بنزلة برد Cold، وهو مرض يُسبّبه واحد من الفيروسات العديدة المختلفة التي يُمكن أن تسبّب نزلة البرد. وقد تُؤثّر هذه الفيروسات في أيّ جزء من جهازك التنفّسي، لكن أكثرها يهاجم أوّلًا الغشاء المخاطي للأنف. وعندما يحدث ذلك، تستجيب خلايا الدم البيضاء منتجة مادّة كيميائية تُسمّى الهستامين Histamine، وهي مادّة تُسبّب تمدّد الأوعية الدموية في الممرّات

96

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 الاضطرابات التنفّسية

**نشاط سريع**

ادع ممرّضة إلى المدرسة لتطلع الطلّاب على المشاكل التنفّسية العامّة التي تتطلّب علاجًا طبيًّا سريعًا من مثل نوبات الربو. اطلب إليها أن تعرض على الطلّاب إجراءات الإسعافات الأوّلية.

**علم الأحياء في حياتنا اليومية**

**«آت ... شو!»**

العطسة، في آن معًا، مفيدة للمصاب بنزلة برد، ومضرّة للموجودين حوله. لماذا؟ **(لأنّ المريض يتخلّص من المخاط الزائد في الممرّات الأنفية، بينما تنتقل الفيروسات والبكتيريا في الهواء لتُعدي الشخص السليم.)**

**العلم والمجتمع والتكنولوجيا**

**آثار التدخين الضارّة**

قسّم الفصل إلى مجموعات واطلب إلى كلّ مجموعة أن تجري بحثًا عن أحد منتجات التبغ. فلتتناول الأبحاث السجائر ذات الفلتر، سجائر من دون الفلتر، السجائر منخفضة القار ومنخفضة النيكوتين، السجائر المحتوية على الأعشاب أو القرنفل، الغليون، السيجار، والتبغ عديم الدخان. يجب أن يحدّد الطلّاب كمّية القار والنيكوتين والموادّ المسرطنة الأخرى في المنتجات موضوع بحثهم. أعط كل مجموعة وقتًا كافيًا لإجراء البحث وعرض نتائجه.

**حقائق وأرقام**

**التدخين والسرطان والموت**

يزيد احتمال إصابة المدخّنين بمرض سرطان الرئة بنسبة 15–20% مقارنة بغير المدخّنين. فكلّما ازداد عدد السجائر التي يدخّنها الشخص، ازدادت فرص إصابته بسرطان الرئة ووفاته بسببه. إذا دخّن الشخص علبتي سجائر أو أكثر في اليوم الواحد، يتضاعف احتمال موته بسرطان الرئة 20 – 25 مرّة. تشير الدراسات إلى أنّ ثلاثًا من كل أربع حالات موت بسبب سرطان الرئة لدى النساء سببها التدخين. ليس السرطان الخطر الوحيد الذي يهدّد المدخّن، فاحتمال موته من جرّاء نوبة قلبية يتضاعف 3 مرّات مقارنة بغير المدخّنين. ويُتوقّع أن يقصر أمد حياة الرجال المدخّنين في عمر الثلاثين بحوالى ثماني سنوات إذا لم يقلعوا عن التدخين.

**نشاط توضيحي**

وضّح للطلّاب مدى سمّية التبغ. حضّر، قبل الحصّة، محلول التبغ عن طريق غلي التبغ في الماء لمدّة 15 دقيقة. ثمّ صفِّ المحلول بواسطة منديل ورقي ودعه يبرد. أثناء الحصة، رُشّ المحلول على نبات مصاب بحشرات المن، ودع الطلّاب يلاحظون ماذا يحدث. **(ستموت حشرات المن.)** اسأل: في اعتقادك، ما الذي قتل حشرات المن؟ **(شيء ما في التبغ.)** في نهاية هذا العرض العملي، أخبر الطلّاب أن النيكوتين الموجود في التبغ سام جدًّا إلى حدّ استخدامه كمبيد للآفات الزراعية.



الهوائية في الرئتين، فتُسبّب ضيقًا في هذه الممرّات وضيقًا في التنفّس. كما يُسبّب الهستامين إدماع العينين وزيادة الإفراز المخاطي في الممرّات الأنفية. تُخفّف الأدوية من أعراض نزلات البرد، لكنّها لا تستطيع القضاء على الفيروسات المسبّبة له (شكل 73).

(شكل 73)
يتخلّص الشخص المُصاب بنزلة البرد من المخاط الزائد في الممرّات الأنفية عن طريق العطس.

#### 2.1 الالتهاب الرئوي Pneumonia

**يُسبّب مرض الالتهاب الرئوي Pneumonia إلتهاب أغشية الحويصلات الهوائية. ومثل نزلات البرد، تتسبّب الفيروسات والبكتيريا والموادّ الكيميائية بهذا الالتهاب.** ويستجيب الجسم لتأثير هذه الكائنات والموادّ الكيميائية بتجميع سائل وفضلات في الحويصلات الهوائية، ويتداخل هذا السائل مع تبادل الغازات، ما يُسبّب نقصًا في كمّية الأكسجين التي تصل إلى الدم. نتيجة لذلك، يشعر المصاب بالالتهاب الرئوي بالضعف والإجهاد. ولتخفيف أعراض المرض، غالبًا ما يُعطى المصابون الأكسجين لتزويد الجسم بكمّية أكبر منه. وإذا كانت البكتيريا سبب الإصابة، قد يُعالَج المريض بواسطة المضادّات الحيوية.

#### 3.1 الالتهاب الشُعبي Bronchitis

**الالتهاب الشُعبي Bronchitis عبارة عن التهاب في أغشية الشعب الهوائية، وقد يكون سبب الإصابة به البكتيريا أو الفيروسات التي تُسبّب نزلات البرد أو الأنفلونزا.** ومثل نزلة البرد، يُسبّب الالتهاب الشُعبي زيادة إفراز المخاط الذي يُضيّق الممرّات الهوائية، ما يصعّب عملية التنفّس. ونتيجة لذلك، يشعر المصاب بالالتهاب الشُعبي بالإجهاد والضعف الشديدين، بالإضافة إلى السعال المتكرّر على فترات قصيرة لتنظيف الممرّات الهوائية من المخاط. يُمكن علاج أعراض الالتهاب الشُعبي بدواء السعال وأدوية نزلة البرد، وقد تُستخدَم المضادّات الحيوية لعلاج الالتهاب الشُعبي الناتج عن البكتيريا.

#### 4.1 الربو Asthma

**يحدث الربو Asthma نتيجة التقلّص المفاجئ للممرّات الهوائية أو تورّم أغشيتها المخاطية.** وقد يجد المصاب صعوبة في التنفّس بسبب ضيق الممرّات الهوائية، وعند محاولة تمرير الهواء خلال الأنابيب الهوائية الضيقة، يصدر صوت صفير. يشمل علاج نوبة الربو موادّ مخدِّرة تُسبّب تراخي الممرّات الهوائية وزيادة اتّساع فتحاتها (شكل 74). لا يعرف الأطبّاء سبب الإصابة بالربو، ويعتقد الكثيرون أنّه نوع من تفاعلات الحساسية. وغالبًا ما تكون نوبات الربو مصحوبة بالإجهاد النفسي والبدني.

(شكل 74)
لكي تفتح الشعب الهوائية بسرعة لشخص مصاب بنوبة ربو، يُستنشق دواء العلاج لكي يصل مباشرة إلى الشعب.

## كوّن علاقات

### الصلة بعلم الصحة

فسّر أن سرطان الرئة غالبًا ما يكون مميتًا بسبب عدم وجود طريقة سهلة لاكتشافه في مراحله المبكرة، قبل أن ينتشر في الجسم.

يتمكّن الأطباء الآن من الكشف عن الأورام الرئوية الصغيرة باستعمال التقنيات الجديدة لأشعة X. ولكنّ تحديد ما إذا كانت سرطانية أم لا يتطلّب فحص عيّنة حية، ما يستدعي الخضوع لجراحة ليست بسهلة. اسأل:

كيف سيؤثّر التوصّل إلى تقنية غير جراحية للكشف عن سرطان الرئة في علاجه؟ **(ستمكّن إمكانية الكشف عن سرطان الرئة مبكرًا الأطباء من علاجه أو إزالة الورم جراحيًّا قبل أن تنتشر الخلايا السرطانية في أجزاء الجسم الأخرى.)**

### علم الأحياء في المجتمع

### أنفاس الحياة

قد ترغب في استدعاء فنّي طوارئ طبية إلى الفصل ليعرّف الطلّاب على الإنعاش القلبي الرئوي وهو عبارة عن خطوات الطوارئ المستخدمة عند توقّف القلب عن العمل. تشمل الخطوات التنفّس الاصطناعي بوضع الفم على الفم ودفع الهواء مع إحداث ضغط على عضلة القلب بإيقاع منتظم ليستعيد القلب انتظام ضرباته.

## 2.2 تأثير التلوّث البيئي على صحّة الإنسان والنظام البيئي

اسأل الطلّاب بعد قراءتهم لمقطع تأثير التلوّث البيئي على صحّة الإنسان والنظام البيئي:

* ما عدد الغازات التي تضرّ بجهاز التنفّس؟ اشرح تأثيرها. **(تُقبَل كلّ الإجابات المأخوذة من النصّ.)**
* ما هي طرق الوقاية من تأثير تلوث الهواء في جهاز التنفّس؟ **(تُقبَل كلّ الإجابات المأخوذة من النصّ.)**

### نشاط توضيحي

ادع طبيبًا متخصصًا بالرعاية التنفّسية أو أحد المهنيين الصحيين ليطلع الطلّاب على أمراض الجهاز التنفّسي الناجمة عن التدخين. اطلب إلى المتحدّث أن يصف أعراض تلك الأمراض، مثل الالتهاب الشُعبي المزمن والانتفاخ الرئوي، وتأثيرها في أسلوب حياة المصابين بها. اطلب إليه أيضًا أن يصف كيف يُستخدَم العلاج التنفّسي لعلاج أعراض تلك الأمراض.

## 3.2 العناية بجهازك التنفّسي

تشمل الخطوات المتّبعة للعناية بجهاز التنفّس عدم التدخين والابتعاد عن أماكن التدخين قدر المستطاع. اسأل الطلّاب لماذا يُعتبَر التدخين أحد الأسباب التي تؤدّي إلى السعال المتواصل؟ **(يؤدّي تراكم المخاط داخل المجاري الهوائية في الرئة إلى السعال المتواصل وهو ناتج من عجز الأهداب داخل الرغامة أو القصبة الهوائية عن طرد المخاط بشكل متواصل إلى الأعلى بسبب شللها نتيجة التدخين.)**



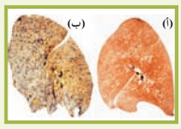
### فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

**ضرر التدخين**

يُقدّر الباحثون في مجال الصحّة عدد المدخّنين في العالم بأكثر من 30%. يُعرّض هؤلاء الأشخاص أنفسهم والآخرين لخطر الإصابة بالأمراض المرتبطة بالتدخين.

يحتوي دخان التبغ على موادّ ضارّة مثل السيانيد والقار المسبّبين للسرطان، وأحادي أكسيد الكربون الذي إذا تمّ استنشاقه، يرتبط مع هيموجلوبين الدم فيمنعه من حمل الأكسجين. يحتوي التبغ أيضًا على النيكوتين، وهو عقار يُسبّب الإدمان إذ ينبّه الجهاز العصبي، مسبّبًا تأثيرات شديدة مثل زيادة معدّل ضربات القلب وضيق الأوعية الدموية. ترتبط الأنواع العديدة من السرطان باستخدام التبغ، وأكثرها شيوعًا هو سرطان الرئة الموضّح في الشكل (75)، بالإضافة إلى سرطان الفم والبلعوم. يرتبط التدخين أيضًا بعدد من مشاكل التنفّس مثل السعال المزمن الذي يحدث لأنّ التدخين يشلّ الأهداب المبطّنة للجهاز التنفّسي، ما يجعلها غير قادرة على تحريك المخاط، لذلك لا بدّ أن يسعل المصاب ليطرد المخاط من الجهاز التنفّسي. وفي نهاية الأمر، يُدمّر التدخين الأهداب، ما يزيد من مخاطر إصابات الجهاز التنفّسي بأمراض مختلفة. مرض مزمن آخر هو النفاخ الرئوي Emphysema غالبًا ما يرتبط بالتدخين والتعرّض الطويل للملوّثات الهوائية. وفي هذا المرض، تفقد جدر الحويصلات الهوائية مرونتها وتظلّ مملوءة بالهواء بالرغم من حدوث الزفير. وفي نهاية الأمر، تُدمّر الجدر وتصبح نسيجًا ضامًّا، ما يؤدّي إلى اختزال المساحة المتاحة للتبادل الغازي. قد يؤدّي استنشاق الدخان من سيجارة شخص آخر إلى العديد من المشاكل التنفّسية سابقة الذكر. ولهذا السبب، يجب أن يُمنَع التدخين في الأماكن العامّة.




(شكل 75)
(أ) رئة سليمة لشخص غير مدخّن
(ب) رئة مصابة بالسرطان لشخص مدخّن

### 2. تأثير التلوّث البيئي على صحّة الإنسان والنظام البيئي

**The Impact of Environmental Pollution on Human Health and Ecosystem**

تكثر الملوّثات البيئية وتكثر مصادرها وفقًا للأماكن الصناعية التي تستخدم تلك الموادّ أو تنتجها، ومن أهمّها تلك التي تُؤثّر على الجهاز التنفّسي.

**المذيبات العضوية:** يُسبّب استنشاق بعض المذيبات العضوية مثل كلوريد الميثيلين، البنزين، إيثلين ثلاثي الكلور وإيثلين رباعي الكلور، إثارة الأغشية المخاطية وآلامًا في الحلق والأنف والصدر، وتدميع العينين. كما يمكن أن يُسبّب أزمة رئوية حادّة في حال التعرّض لكمّيات كبيرة منها.



### فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

**أت... شو!**

تدفع العطسة الواحدة مليون قطيرة من جزيئات سائلة بسرعة تبلغ 161 كيلومترًا في الساعة. وفي أقلّ من ثانية، يتبخّر معظم الماء، وتبقى كتل دقيقة من الفيروسات والبكتيريا في الهواء لعدّة أسابيع.

**الكادميوم:** يُسبّب التعرّض لمادّة الكاديميوم أزمة رئوية حادّة والتهابًا شديدًا في الجهاز التنفّسي أو نفاخًا رئويًّا مزمنًا. وفي بعض الأحيان، قد يؤدّي التعرض لهذه المادّة إلى الإصابة بالسرطان الرئوي.

**النشادر:** يُستخدَم غاز النشادر أو الأمونيا في إنتاج الأسمدة وصناعات أخرى، و يُسبّب التعرّض له إثارة الأغشية المخاطية في الرئتين. وقد يؤدّي أحيانًا إلى الاختناق والموت إذ يُسبّب أزمة رئوية حادّة في الشعب الهوائية.

**أحادي أكسيد النيتروجين:** تنتج النسبة الأكبر من غاز أحادي أكسيد النيتروجين عن احتراق الوقود، وعند استخدام الغاز المنزلي والكيروسين للتدفئة. والتعرّض لتركيز عالٍ من هذا الغاز يُسبّب النفاخ الرئوي أو تلف الشعب الهوائية، وقد يؤدّي إلى الموت أحيانًا.

**أحادي أكسيد الكبريت:** مثل أكاسيد النيتروجين، ينتج أحادي أكسيد الكبريت عن احتراق الوقود، وغالبًا ما يوجد كمزيج مع الجزيئات العالقة والأمطار الحمضية. ثاني أكسيد الكبريت مضرّ جدًّا للرئتين بخاصّة لدى المدخّنين الذين يعانون الالتهاب الشُعبي المزمن.

**الأوزون:** يؤدّي التعرّض إلى غاز الأوزون إلى اعتلال وظائف الرئة والجهاز التنفّسي، إذ يُسبّب هذا الغاز المتواجد مع ملوّثات أخرى إثارة والتهاب الأغشية المخاطية في الرئتين، كما يزيد من شدّة تحسّس الجهاز التنفّسي للكثير من الموادّ. وقد يتأثّر الأشخاص الذين يعانون الربو أكثر من غيرهم من الآثار السلبية للأوزون.

### 3. العناية بجهازك التنفّسي

**Caring for your Respirator System**

يُمكنك أن تساعد في المحافظة على صحّة جهازك التنفّسي باتّباع الخطوات التالية:

- الحدّ من تعرّضك للجزيئات المنتشرة في الهواء باستخدام منقّيات الهواء. وارتداء الكمّامة عند العمل في المشاريع التي تنجم عنها الأتربة أو أيّ جزيئات أخرى تُسبّب إثارة جهازك التنفّسي.
- الابتعاد عن الأشخاص المصابين بنزلات البرد أو الإنفلونزا أو الالتهاب الرئوي أو أمراض الجهاز التنفّسي المعدية الأخرى.
- عدم التدخين، وإذا أمكن الابتعاد عن أماكن التدخين.
- مزاولة الرياضة بانتظام، فهي تزيد من السعة الرئوية الحيوية، ما يسمح لرئتيك بالعمل بكفاءة أكبر.
- نشر إعلانات تُحذّر من مخاطر التدخين وتُشجّع المدخّنين على الإقلاع عن التدخين (شكل 76).

(شكل 76)
إعلان ضدّ التدخين نفّذه شابّ لتشجّع المدخّنين على الإقلاع عن التدخين.

## 3. قيِّم وتوسَّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم فهم الطلّاب للدرس، اسأل:

- لماذا يصعب التنفّس عند المصاب بنزلة برد أو بالالتهاب الشُعبي؟ **(تهاجم الكائنات الممرضة الأغشية الأنفية والمخاطية، ما يزيد إنتاج المخاط الذي يسدّ الممرّات الهوائية.)**
- ما الذي تستطيع أن تفعله كي تحافظ على جهازك التنفّسي سليمًا مُعافًا؟ **(استخدام الكمامات الواقية عند التعرض للجسيمات في الهواء، تجنب مخالطة الأفراد المصابين بالأمراض التنفّسية المعدية، ممارسة التمرينات الرياضية، عدم التدخين.)**

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3–3**

1. يمكن أن تسبّب انتفاخ الرئة والعدوى بأمراض أخرى، ما يؤدّي إلى الالتهاب وزيادة إنتاج المخاط وصعوبة التنفّس.
2. حدّ التعرّض إلى الغبار والدخان، والابتعاد عن المصابين بأمراض تنفّسية معدية، يساعدان على حماية الجهاز التنفّسي.
3. قد تختلف الإجابات. مُنِع التدخين في كثير من الأماكن العامّة لأن تأثيراته الضارة تشمل غير المدخنين أيضًا.
4. يحتوي جزيئي أحادي وثاني أكسيد الكربون على ذرّة كربون واحدة، ويحتوي جزيء أحادي أكسيد الكربون على ذرّة أكسجين واحدة بينما يحتوي جزيء ثاني أكسيد الكربون على ذرّتي الأكسجين.

### مراجعة الدرس 3–3

1. كيف تُؤثّر الفيروسات والبكتيريا على جهازك التنفّسي؟
2. كيف تحمي جهازك التنفّسي من الموادّ الضارّة؟
3. **سؤال التفكير الناقد:** هل يحدّ منع التدخين من حقوق المدخّنين؟ فسّر.
4. **أضف إلى معلوماتك:** قارن وباين بين جزيئي أحادي أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.

**فقرة إثرائية**

علم الأحياء في المجتمع

**أنفاس الحياة**

الإنعاش القلبي الرئوي عبارة عن عملية إسعافية قد تُعيد رئتي وقلب الشخص إلى العمل. ولا تحتاج هذه العملية إلى أدوات، وهي سهلة التعلّم نسبيًا. استكشف كيف يتمّ تعليم الإنعاش القلبي الرئوي في مجتمعك ومن الذي يقوم به، ثمّ حاول أن ترتّب اتّصالًا مع إحدى الجهات لكي تتعلّمه. المستشفيات، مكتب هيئة الهلال الأحمر، مركز الإطفاء، إحدى فرق الإنقاذ تُعدّ أماكن جيّدة لكي تبدأ. ابحث عن المهنيين المحترفين الذين يقومون بالإنعاش القلبي الرئوي بصورة منتظمة، واكتشف ما إذا كانت هناك طرق خاصّة للإنعاش القلبي الرئوي للأطفال.

100

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

- **مهارة تصميم التجارب:** شجّع مجموعات صغيرة من الطلّاب على تصميم تجربة لتحديد دور إلقاء محاضرة عن مضار التدخين على مراهقين مدخّنين في إقناعهم بالإقلاع عنه وتغيير عاداتهم.

يجب أن يصف الطلاب محتوى المحاضرة وكيف سيمكنهم التأكد من نتائجها.

اطلب إلى المجموعات أن تتشارك تصميماتها التجريبية مع باقي طلّاب الصفّ.

**الأهداف:**

- يصف تركيب الجهاز الدوري للإنسان.
- يذكر وظيفة الجهاز الدوري للإنسان.
- يصف تركيب القلب لدى الإنسان.
- يصف مسار الدمّ داخل القلب.
- يصف تركيب الأوعية الدموية.

**الأدوات المستعملة:** صور وشفافيات للجهاز الدوري للإنسان ونموذج ثلاثي الأبعاد للقلب.

**صفحات الطلاب: من ص 101 إلى ص 108**

**صفحات الأنشطة: من ص 40 إلى 46**

**عدد الحصص: 4**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. اشرح أنّ القلب الذي يزن حوالى 2.2 كيلوغرام، يضخّ حوالى 24 طنًّا من الدمّ في اليوم.

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الجهاز الدوري، وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- لماذا يوصف القلب بالمضخّة؟ **(لأنّ القلب يضخ الدمّ الغنيّ بالأكسجين إلى جميع خلايا الجسم ويضخ الدمّ غير المؤكسج إلى الرئتين.)**
- ما الأوعية الدموية التي تؤمّن نقل الدمّ من القلب إلى الخلايا وبالعكس؟ **(الشرايين والأوردة)**

**نشاط سريع**

دع الطلّاب يضعون إصبع الإبهام على الشريان الرئيسي في الرقبة للشعور بالنبض. دعهم يحسبون عدد ضربات القلب في الدقيقة الواحدة ثمّ عدد ضربات القلب في اليوم وذلك بضرب عدد نبضات القلب في الدقيقة بعدد دقائق اليوم أي بـ 1440. نبّه الطلّاب إلى أنّ القلب يجب أن يضخّ حوالى 7000 لتر من الدمّ في اليوم وقد يدقّ أكثر من 100000 مرّة في اليوم.

الدرس 3-4
الجهاز الدوري للإنسان
Human Circulatory System

الأهداف العامة
- يصف تركيب الجهاز الدوري للإنسان.
- يذكر وظيفة الجهاز الدوري للإنسان.
- يصف تركيب القلب لدى الإنسان.
- يصف مسار الدم خلال الدورتين الرئوية والكبرى.
- يصف تركيب الأوعية الدموية.

(شكل 77)

في يوم واحد، يضخّ قلبك مقدار 43 000 لتر من الدم (شكل 77). تزن هذه الكمّية من الدم 21 844 كيلوجرامًا، أي أكثر بسبع مرات تقريبًا من وزن فيل ضخم. عمل بطولي إلى حدّ بعيد لعضو بحجم قبضة اليد! عندما يمرض القلب، يصبح غير قادر على أداء هذا العمل، وفي الحالات الخطيرة، قد تكون جراحة القلب المفتوح الحلّ الوحيد.

1. الدورة الدموية لدى الإنسان

Blood Circulation in Human

مثل جميع الفقاريات، لدى الإنسان جهاز دوري مُغلَق Closed Circulatory System حيث يضخّ القلب الدم خلال الأوعية الدموية التي تتفرّع منها أفرع كثيرة تحمل الدم إلى جميع أنسجة الجسم، ثمّ تعيده إلى القلب.

101

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 الدورة الدموية لدى الإنسان

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (78). أثناء الحصة، تتبّع مرور الدم خلال الدورتين الرئوية والكبرى، واسألهم:

* ما الدورة الرئوية؟ **(دورة نقل الجهاز الدوري للدمّ بين القلب والرئتين.)**
* ما الدورة الكبرى؟ **(دورة نقل الجهاز الدوري للدمّ بين القلب وباقي أجزاء الجسم.)**
* كيف يختلف الدمّ المنقول من القلب إلى الرئتين عن الدمّ المنقول من الرئتين إلى القلب؟ **(يقلّ تركيز الأكسجين في الدمّ المنقول من القلب إلى الرئتين أمّا الدمّ المنقول من الرئتين إلى القلب فغنيّ بالأكسجين.)**
* كيف يختلف الدمّ المنقول من القلب إلى الجسم عن الدمّ المنقول من الجسم إلى القلب؟ **(الدمّ المنقول من القلب إلى الجسم غني بالأكسجين أمّا تركيز الأكسجين في الدمّ المنقول من الجسم إلى القلب فمنخفض.)**

فسّر أن الأوعية الدموية الملوّنة باللون الأحمر تنقل الدمّ المؤكسج، وأنّ الأوعية الدموية الملوّنة باللون الأزرق تنقل الدمّ غير المؤكسج. أضف أنّ معظم الدمّ المؤكسج تنقله الشرايين، ومعظم الدمّ غير المؤكسج تنقله الأوردة، وأنّ الاستثناءين الوحيدين هما الشريان والوريد الرئويان. اسأل: فيما يُختلف الشريان والوريد الرئويان عن باقي الشرايين والأوردة؟ **(ينقل الشريان الرئوي الدمّ غير المؤكسج من القلب إلى الرئة على عكس الشرايين الأخرى وينقل الوريد الرئوي الدمّ المؤكسج من الرئة إلى القلب على عكس الأوردة الأخرى.)**

ذكّر الطلّاب بأنّ نظام التلوين باللونين الأحمر والأزرق عبارة عن تقليد متّبع يجعل من السهل تتبّع الدمّ خلال الجهاز الدوري، وأنّ اللون الأزرق لا يُمثّل اللون الفعلي للدمّ غير المؤكسج.

### 2.2 تركيب قلب الإنسان

**توظيف الأشكال**

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (79) لتتأكّد من فهمهم للشكل التخطيطي، ثمّ اسأل:

* إلى أين يتّجه الدمّ بعد أن يغادر الأذينين؟ **(إلى البطينين)**
* ما التركيب الذي يفصل الجانب الأيمن من القلب عن الجانب الأيسر؟ **(الحاجز)**
* إلى أين يتّجه الدمّ بعد أن يغادر البطين الأيمن؟ والبطين الأيسر؟ **(يتّجه من البطين الأيمن إلى الرئتين، ومن البطين الأيسر إلى كافة أنحاء الجسم.)**

**إجابة سؤال الشكل (79) صفحة 103 في كتاب الطالب: (يوجد الدمّ غير المؤكسج في الجانب الأيمن من القلب. يوجد الدمّ المؤكسج في الجانب الأيسر من القلب.)**

ينتقل الدم خلال جسم الإنسان في مسارين أو دورتين: الدورة الدموية الرئوية أو الدورة الدموية الصغرى والدورة الدموية (الكبرى) الجسمية. الدورة الدموية الرئوية Pulmonary Circuit قصيرة وتحمل الدم بين قلبك ورئتيك. وفي الرئتين يرتبط الدم الأكسجين ويطلق ثاني أكسيد الكربون. ويعود الدم المؤكسَج (المرتبط بالأكسجين) إلى القلب الذي يضخّه في الدورة الدموية الكبرى Systemic Circuit التي تحمله إلى جميع خلايا الجسم، حيث يُحرّر الدم الأكسجين إلى الخلايا ويلتقط منها ثاني أكسيد الكربون والفضلات الأخرى. ويعود الدم غير المؤكسَج إلى القلب حيث يدخل مرّة ثانية في الدورة الدموية الرئوية لكي يتأكسج. ويتّضح مسار الدم في كلّ من الدورتين الرئوية والكبرى في الشكل (78).

(ب) أوعية دموية للجزء العلوي للجسم

(أ) أوعية الرئة اليسرى

(أ) أوعية الرئة اليمنى

(ب) أوعية دموية للجزء السفلي للجسم

(شكل 78)
توضّح الأسهم مسار الدم خلال الدورتين الرئوية والكبرى
دم مؤكسَج
دم غير مؤكسَج
(أ) دورة دموية رئوية
(ب) دورة دموية كبرى

### 2. تركيب قلب الإنسان

### Structure of the Human Heart

يتألّف الجهاز الدوري من القلب والأوعية الدموية والدم وسلسلة من الأوعية الدموية التي ينساب الدم خلالها. **القلب Heart عضو عضلي يدفع الدم خلال الجسم.** تخيّل أنّ قلبك كمضخّتين، واحدة تدير الدورة الدموية الرئوية (الدورة الصغرى) وأخرى تدير الدورة الدموية الكبرى. حجم قلبك بحجم قبضة يدك تقريبًا، ويقع تمامًا تحت عظم القصّ أو عظم الصدر، بالقرب من مركز تجويفك الصدري.

102

**نشاط سريع**

اعرض نموذجًا ثلاثي الأبعاد للقلب يمكن فتحه لتوضيح ما في داخله. اطلب إلى الطلّاب أن يحدّدوا كلّ جزء من القلب من مثل الحاجز، الأذينين والبطينين. دعهم يتتبعون مسار تدفّق الدمّ داخل القلب. أشر إلى الصمّامات واشرح كيف تسمح للدمّ بالتدفق في اتجاه واحدٍ فقط.

**حقائق وأرقام**

**الشريان الأورطي**

الشريان الأورطي هو الشريان الرئيسي في الجسم، تتفرّع منه جميع الشرايين الأخرى تقريبًا، التي بدورها تتفرّع إلى شرايين أكثر دقّة. يبلغ أقصى قطر للشريان الأورطي، عند موضع خروجه من البطين الأيسر حوالى 3 cm. وهناك يتقوّس إلى الخلف وإلى الأسفل خلال الصدر ويخترق الحجاب الحاجز ليدخل إلى البطن. نذكر من بين فروعه الرئيسية خلال امتداده في الجسم الشرايين التاجية التي تمدّ القلب بالدمّ، الشريان عديم الاسم الذي يتشعّب إلى الشريان تحت الترقوي، الشرايين السباتية التي توصل الدمّ إلى الذراعين والرأس والعنق والشريانين الحرقفيين الأيمن والأيسر اللذين يوصلان الدمّ إلى الطرفين السفليين. قد يصاب الشريان الأورطي بالتصلّب أو بترسّب الدهون على جدرانه الداخلية وإذا لم يُعالَج، فقد يتسبّب بالإصابة بمرض ضغط الدمّ المرتفع أو بتمدّد الشريان الأورطي.

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (80)، ثمّ اسأل:

* أي صمّام يمنع الدمّ من الارتداد إلى الأذين الأيمن بعد دخوله البطين الأيمن؟ **(الصمّام ثلاثي الشرف)**

* ما هو دور الصمّام الرئوي؟ **(يمنع الدمّ من الارتداد إلى البطين الأيمن بعد دخوله الشريان الرئوي.)**

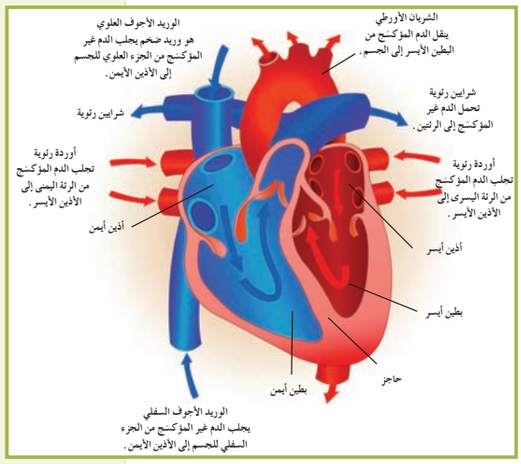
**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «تشريح القلب» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 40، 41، 42، 43 و44. يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحديد الأجزاء الخارجية والداخلية الرئيسية للقلب.**

## 3.2 الدورة القلبية

ناقش مع الطلّاب آلية عمل القلب وأهمّية الدورة القلبية. ثمّ دعهم يعدّدون أدوار حركات القلب وخصائص كل دور. اسأل:

* لِمَ لا يتعب القلب ويتوقف عن الخفقان؟ **(لأن مدّة ارتخاء العضلة القلبية أي 0.4 ثانية تساوي مدّة انقباضها.)**

* ما هي فترات انقباض العضلة القلبية؟ **(انقباض الأذينين الذي يدوم 0.1 ثانية، وانقباض البطينين الذي يدوم 0.3 ثانية.)**




(شكل 79)
مسار الدم داخل القلب
القلب مضخّة تحرّك الدم خلال الجهاز الدوري. ما الاختلافات التي تراها بين الجانب الأيسر والجانب الأيمن من القلب؟ تتبّع انسياب الدم خلال القلب.

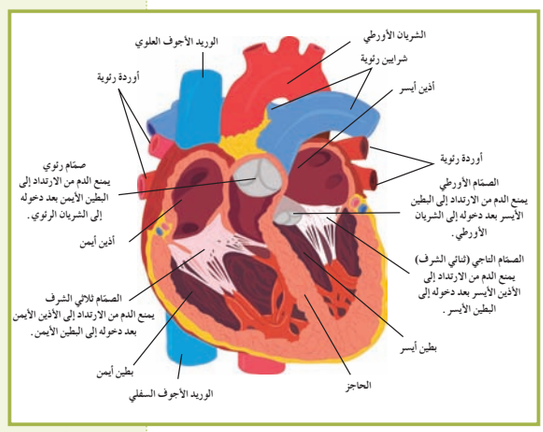
القلب عضو مجوّف له جدار سميكة مكوّنة من العضلات القلبية، وهو محاط بغشاء مزدوج رخو محكم يُسمّى التامور Pericardium، يعمل على تغطية القلب وحمايته، ويمنع احتكاكه بعظام القفص الصدري خلال عمليتي الشهيق والزفير.

للقلب جانبان منفصلان بجدار عضلي سميك يُسمّى الحاجز Septum، وله أربع حجرات، اثنتين على كلّ جانب. الحجرتان العلويتان من القلب هما الأذينان Atria، وهما يمتلئان بالدم القادم إلى القلب من الرئتين أو الجسم، ثمّ يدفعان الدم إلى الحجرتين السفليتين وهما البطينان Ventricles. ثمّ يدفع البطينان الدم خارج القلب إلى الرئتين أو الجسم. يُمكنك أن تتبع مسار الدم خلال القلب في الشكل (79). الأذينان صغيران ولهما جدار رقيقة نسبيًّا، أمّا البطينان فحجمهما أكبر من الأذينين ولهما جدار عضلية أكثر سمكًا. والجدار العضلية مهمّة لأنّ البطينين يعملان بصورة أقوى من الأذينين حيث يدفعان الدم إلى جميع أنحاء الجسم.



لاحظ في الشكل (80) الصمّامات بين كلّ أذين وبطين، وبين البطين الأيسر والشريان الأورطي، وبين البطين الأيمن والشريان الرئوي.

تُحافظ الصمّامات في القلب على سريان الدم في اتّجاه واحد، وتمنعه من الارتداد إلى الخلف. فعندما تفتح الصمّامات، ينساب الدم باتّجاه واحد من الأذينين إلى البطينين ومن البطينين إلى الشرايين. وعندما تغلق الصمّامات، تمنع رجوع الدم إلى الخلف إمّا بفعل الجاذبية (الصمّام الرئوي والصمّام الأورطي) أو بفعل الضغط نتيجة انقباض عضلات البطين (الصمّام التاجي والصمّام ثلاثي الشرف) خلال الدورة القلبية.




(شكل 80)
الصمّامات (الدسامات)
ينساب الدم خلال الصمّامات إلى داخل القلب وخارجه في اتّجاه واحد، وتمنع الصمّامات المغلقة الدم من الارتداد إلى الخلف.

### 3. الدورة القلبية Cardiac Cycle

الدورة القلبية هي الدورة الكاملة للمراحل التي تحدث من بداية الدقّة القلبية إلى بداية الدقّة التالية.

وتنقسم الدورة القلبية إلى مرحلتين: انقباض العضلة القلبية Systole، وانبساط العضلة القلبية Diastole يمتلأ خلالها القلب بالدم.



### 1.3 انقباض العضلة القلبية Systole

تنقسم هذه الفترة إلى فترتين:

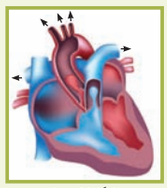
**انقباض الأذينين Auricular Systole:** (شكل 81 – أ) مدّته 0.1 ثانية. يحدث عند انقباض جدار الأذينين الأيمن والأيسر مؤدّيًا إلى زيادة ضغط الدم في الأذينين، وتدفّق الدم باتّجاه البطينين من خلال كلّ من الصمّام التاجي بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر، ومن خلال الصمّام ثلاثي الشرف بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن. يكون كلًّا من الصمّام الأورطي والصمّام الرئوي مقفلين. ويظهر انقباض الأذينين في مخطّط القلب الكهربائي Electrocardiogram من خلال موجة P (شكل 83).

**انقباض البطينين Ventricular Systole:** (شكل 81 – ب) مدّته 0.3 ثانية. يحدث عند انقباض جدار البطينين الأيمن والأيسر، حيث يزيد ضغط الدم فيهما مؤدّيًا إلى فتح الصمّامين الأورطي والرئوي، فيتدفّق الدم المؤكسَج في الشريان الأورطي ليصل إلى باقي أنحاء الجسم، ويتدفّق الدم غير المؤكسَج في الشريان الرئوي باتّجاه الرئتين. يقفل الصمّامين التاجي وثلاثي الشرف في هذه الفترة. يظهر انقباض البطينين في مخطّط القلب الكهربائي من خلال موجة QRS (شكل 83).

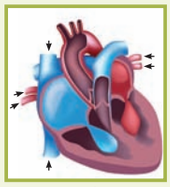
### 2.3 فترة انبساط العضلة القلبية General Diastole

مدّته 0.4 ثانية، وتنبسط جدار الأذينين والبطينين خلال هذه الفترة. ينخفض الضغط في البطينين، ما يؤدّي إلى إغلاق الصمّام الرئوي والصمام الأورطي، وفتح الصمّام ثلاثي الشرف والصمّام التاجي. يتدفّق الدم المؤكسَج من الرئتين إلى الأذين الأيسر خلال الأوردة الرئوية، ويتدفّق الدم غير المؤكسَج من باقي الجسم إلى الأذين الأيمن خلال الوريد الأجوف العلوي والوريد الأجوف السفلي. يتدفّق الدم من الأذينين إلى البطينين عبر الصمّامين التاجي وثلاثي الشرفات، ويمتلئ القلب بالدم (شكل 82). يظهر انبساط العضلة القلبية من خلال موجة T (شكل 83).

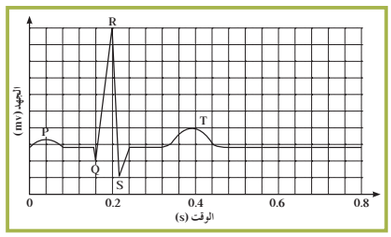
(شكل 81 – أ)
انقباض العضلة القلبية للأذينين



(شكل 81 – ب)
انقباض العضلة القلبية للبطينين



(شكل 82)
انبساط العضلة القلبية




(شكل 83)
مخطّط القلب الكهربائي

## 4.2 الأوعية الدموية

**توظيف الأشكال**

دع الطلّاب يتفحّصون الشكلين (84) والشكل (85). أثناء الحصة، راجع الاختلافات في تركيب الشرايين والأوردة. اسأل:

* ما الفعل الذي يساعد على تحرّك الدمّ في الأوردة بعكس اتجاه قوّة الجاذبية؟ **(انقباض وانبساط العضلات الهيكلية المحيطة بالأوردة من الخارج.)**
* في أيّ اتجاه يتحرّك الدمّ داخل الأوردة؟ **(في اتجاه القلب، من الجسم إلى القلب.)**
* في أيّ اتجاه يتحرّك الدمّ داخل الشرايين؟ **(بعيدًا عن القلب، من القلب إلى باقي الجسم.)**

أشر إلى أنّ الشرايين والأوردة تحتوي على أنسجة ضامة وطلائية وعضلية، اسأل:

* ما وظيفة النسيج الضامّ في الأوعية الدموية؟ **(إكساب الأوعية المرونة.)**
* ما وظيفة النسيج الطلائي؟ **(تغطية الأوعية الدموية أو تبطينها ويعمل كحاجز بين الدمّ وباقي الجسم.)**
* أيّ نوع من النسيج العضلي موجود في الأوعية الدموية؟ **(عضلات ملساء)**

**إجابة سؤال الشكل 84 صفحة 106 في كتاب الطالب**

**(يتكوّن جدار الشريان وجدار الوريد من ثلاث طبقات: نسيج طلائي، عضلات ملساء ونسيج ضام مع اختلاف في سماكة كلّ طبقة بين الشريان والوريد. أما الشعيرة الدموية فتتكون من نسيج طلائي فقط. وظيفة الشرايين هي إيصال الدمّ من القلب إلى الخلايا أو إلى الرئتين. أمّا وظيفة الأوردة فهي إيصال الدمّ من الخلايا أو الرئتين إلى القلب. في حين أنّ الشعيرات الدموية هي صلة الوصل بين الأوردة والشرايين الصغيرة حيث تتمّ عملية التبادل الغازي.)**

**نشاط سريع**

اكتب المصطلحات الآتية على السبّورة: الأذين، البطين، الحاجز، صمّامات القلب، الشرايين، الأوردة، الشعيرات الدموية وصمّامات الأوعية الدموية.

دع الطلّاب يعملون ضمن أزواج لرسم مخطط يحدّد كلّ تركيب ووظيفته.

**نشاط توضيحي**

وضّح للطلّاب الاتجاه الذي يسيل فيه الدمّ داخل الأوردة باستخدام البيان العملي الذي صمّمه في الأصل وليم هارفي. اختر طالبًا أوردة ساعده واضحة. ثمّ اضغط بأصابعك بشدّة على أحد الأوردة البارزة بالقرب من معصمه. مرّر طرف إصبعك على طول مجرى الوريد نفسه جهة مرفق الطالب. سيختفي الوريد ولن ينساب الدم إلى الخلف في الوريد حتى تخفّف أو تكفّ عن الضغط على الوريد قرب المعصم.

### 4. الأوعية الدموية Blood Vessels

نجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الأوعية الدموية: الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية. كلّ نوع من الأوعية له وظيفة مختلفة في الجهاز الدوري، حيث يختلف حجم كلّ وعاء وتركيبه تبعًا لوظيفته.

تتكوّن الطبقة الداخلية للأنواع الثلاثة من نسيج طلائي يُمثّل حاجزًا بين الدم وباقي أجزاء الجسم. وتتركّب الشعيرات الدموية من نسيج طلائي فقط، في حين تحتوي الشرايين والأوردة على عضلات ملساء ونسيج ضامّ أيضًا. تُساعد العضلات الملساء الأوعية على الانقباض، والنسيج الضام يُكسيها المرونة (شكل 84 – أ).




شكل (84 – أ)
تركيب الأوعية الدموية

**الشرايين Arteries:** تُسمّى الأوعية التي تحمل الدم الخارج من القلب بالشرايين. يُمكنك أن تشعر بضغط الدم في الشريان في أماكن عديدة من جسمك حيث تكون الشرايين قريبة من الجلد، وتُسمّى هذه الأماكن نقاط النبض Pulse Points. تتفرّع الشرايين في الجسم إلى شرايين صغيرة، ويُسمّى أصغرها شريّنات Arterioles، وهي تصبح في النهاية شعيرات دموية. وحين يدخل الدم إلى الشعيرات، ينخفض ضغطه بصورة كبيرة.

**الشعيرات الدموية Capillaries:** تُسمّى الأوعية الدموية ذات الجدر الرقيقة بالشعيرات الدموية. والعديد من الشعيرات الدموية صغيرة لدرجة أنّ خلايا الدم تنساب خلالها بشكل فردي (واحدة واحدة). ويحدث معظم تبادل الغازات والمغذّيات والفضلات بالانتشار خلال الجدر الرقيقة للشعيرات الدموية. وتتّصل بعض الشعيرات الدموية مباشرة بالشرايين والأوردة، ويُكوّن بعضها الآخر شبكات متفرّعة. وتُوفّر هذه الشبكات مساحة سطحية أكبر للانتشار، ما يسمح بتبادل كمّيات أكبر من المواد بسرعة.

106




شكل (84 – ب)
مقطع عرض لشريان ووريد يُظهر سماكة جدارهما

(شكل 84)
ما الاختلافات في التركيب والوظيفة بين الشريان والوريد والشعيرة الدموية؟

اسأل:

* في أيّ اتجاه يتدفق الدمّ داخل الوريد؟ **(من المعصم إلى المرفق.)**
* ما الذي يمنع الدمّ من التدفّق إلى الخلف في الوريد بعد دفعه تجاه المرفق؟ **(الصمّامات ذات الاتجاه الواحد الموجودة داخل الوريد)**

تحقّق من فهم الطلّاب للأنواع المختلفة من الأوعية الدموية بجعلهم يكملون العبارة:

الشُرَيِّنات بالنسبة إلى الشرايين مثل الوريدات بالنسبة إلى ..... **(الأوردة)** شَجِّع الطلّاب على تحديد أوجه الاختلاف بين الوريد والشريان على الرسم. **(يحتوي الوريد على صمّامات أمّا الشريان فلا وفي الشريان طبقة من العضلات الملساء أسمك من تلك الموجودة في الوريد.)**

## 5.2 ضربات القلب

أُطلب إلى الطلّاب أن يُحدّدوا مسار انتشار النبضة انطلاقًا من منظّم ضربات القلب. **(العقدة الجيبية الأذينية، شبكة الألياف في الأذينين، العقدة الأذينية البطينية، شبكة الألياف في البطينين)**

**كوّن علاقات**

**الصلة بعلم الصحة**

أشر إلى أنّ منظّم ضربات القلب يُزرع لدى الأشخاص الذين تحتاج قلوبهم إلى المساعدة في الحفاظ على المعدّل الطبيعي للإنقباضات. يرسل المنظّم الذي يعمل على البطاريات نبضات كهربائية إلى القلب بحيث يبدأ بالنبض بصورة طبيعية. على سبيل المثال، إذا نبض القلب ببطء شديد، يرسل المنظّم نبضات كهربائية تنبّه القلب كي ينبض بشكل أسرع. اسأل:

* انطلاقًا من آلية عمل منظّم ضربات القلب، كيف يضبط، في اعتقادك، منظّم الضربات الطبيعي معدّل نبضات القلب؟ **(بإرسال نبضات كهربائية.)**

**إجابة سؤال الشكل (86) صفحة 107 في كتاب الطالب: (عند الإجهاد، يرتفع معدّل ضربات القلب.)**

## 6.2 معدل ضربات القلب

**حقائق وأرقام**

**كلّ شيء من القلب**

يؤثّر الجهاز العصبي في معدّل ضربات القلب، ولكنه لا يتحكّم بصورة مباشرة في انقباضات عضلة القلب. في الواقع، قد يظلّ القلب نابضًا لعدّة دقائق بعد إزالته من الجسم. ويصدر صوتان متتاليان عن ضربة القلب بسبب الاهتزازات التي تحدث في جدران القلب عندما تنغلق صمّامات القلب.

يبلغ معدّل ضربات قلب المولود حديثًا ضعف المعدّل الطبيعي لدى البالغين أي، بمعدل 140 نبضة في الدقيقة مقارنةً بـ 72 نبضة في الدقيقة لقلب الشخص البالغ. يصل عدد نبضات قلب إنسان عادي في خلال حياته إلى 3 بلايين نبضة. لأداء هذا العمل كلّه، تحتاج عضلة القلب إلى وفرة من الأكسجين. يستهلك نسيج القلب حوالى 80% من الأكسجين الذي يزوّد به، بينما تستهلك معظم الأنسجة الأخرى 25% من الأكسجين الذي تُزوَّد به.

**تصويب مفهوم خاطئ**

يعتقد أناس كثر أنّ ارتفاع ضغط الدمّ مع التقدّم في السن طبيعي. فسّر أن هذا ذلك غير صحيح، وأنّ الإصابة به تعود إلى استعداد كبار السن له جسديًّا بسبب تناول الأطعمة الغنية بالدهون على مدى سنوات والسلوكيات الأخرى التي تزيد فرص الإصابة. أكّد على أن ضغط الدمّ المرتفع ظاهرة غير صحّية عند أي عمر. أشِر إلى أن صغار السن قد يصابون بارتفاع ضغط الدمّ، خاصّة إذا كانوا مصابين بالسمنة، لا يمارسون التمارين الرياضية، أو مصابين بأمراض معيّنة.

**اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «فحص تأثير التمارين الرياضية في معدّل نبضات القلب» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 38 و39. يساعد هذا النشاط الطلّاب على إدراك مدى تأثير التمارين الرياضية في معدّل نبضات القلب.**



**الأوردة Veins:** تندمج الشعيرات الدموية لتكوين أوعية تُسمّى الوريّدات Venules التي تصبح أوردة عند اندماجها مرّة أخرى. ويعود الدم إلى القلب في الأوردة، ويكون تحت ضغط منخفض جدًّا، وغالبًا ما يتدفّق في اتّجاه معاكس للجاذبية الأرضية. ولكي يستمرّ تدفّق الدم في اتّجاه واحد، تحتوي الأوردة على صمّامات تمنع الدم من الارتداد. ويساعد انقباض العضلات الهيكلية حول الأوردة أيضًا على تحرّك الدم في اتّجاه القلب، كما هو موضّح في الشكل (85).

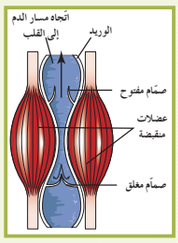
### 5. ضربات القلب Heartbeat

توجد شبكتان من الألياف العضلية في القلب، إحداهما في الأذينين والأخرى في البطينين. وعندما تُثار إحدى الألياف في أيّ شبكة منهما، تُثار جميع الألياف وتنقبض الشبكة. يبدأ كلّ انقباض في مجموعة صغيرة من الخلايا العضلية القلبية الواقعة في الأذين الأيمن، وتُسمّى العقدة الجيبية الأذينية Sinoatrial Node (SA). ولأنّ هذه الخلايا تنظّم معدّل ضربات القلب، فإنّها تُسمّى أيضًا منظّم ضربات القلب Pacemaker. كما يوضّح الشكل (86)، تنتشر النبضات من منظّم ضربات القلب إلى شبكة من الألياف في الأذينين. وتُلتقَط النبضات بواسطة حزمة من الألياف في جدار الحاجز بين البطينين تُسمّى العقدة الأذينية البطينية Atrioventicular Node (AV)، ثمّ تنتقل هذه النبضات إلى شبكة الألياف في البطينين. وحين تنقبض شبكة الألياف في الأذينين، يتدفّق الدم إلى البطينين. أمّا عندما تنقبض الشبكة في البطينين، فيتدفّق الدم إلى خارج القلب. هذا النمط ثنائي الخطوات من الانقباض يجعل من القلب مضخّة أكثر كفاءة. وقد تتسارع دقّات القلب أو تتباطأ بحسب حاجة الجسم إلى الدمّ الغني بالأكسجين. فقد يزداد معدّل ضربات القلب خلال التمارين الرياضية العنيفة إلى حوالى 200 نبضة في الدقيقة.

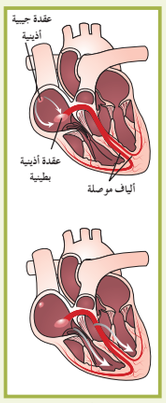
### 6. معدّل ضربات القلب Heart Rate

**يُمثّل عدد ضربات القلب في الدقيقة معدّل ضربات القلب Heart Rate.**

وتتكوّن كلّ دقّة قلب من جزئين هما: انبساط القلب وانقباض القلب. إذا استخدمت سمّاعة الطبيب Stethoscope لتسمع القلب، سوف تسمع صوتين متتاليين يحدثان عند غلق الصمّامات القلبية. يحدث الصوت الأوّل عند غلق الصمّامات بين الأذينين والبطينين، ويحدث الصوت الثاني، وهو الأقصر، عند غلق الصمّامات بين البطينين والأوعية الدموية. تسرع ضربات قلبك في حالة الغضب أو الخوف أو بعد التمارين الرياضية. وفي وقت الإجهاد، تُرسِل خلايا الجسم رسائل إلى الدماغ مطالبة بمزيد من الأكسجين والمغذّيات، فيرسل الدماغ رسائل إلى العقدة الجيبية الأذينية التي تزيد من معدّل أداء القلب الذي يضخّ الدم لأنّ خلايا الجسم تحتاج إلى الأكسجين والمغذّيات.




(شكل 85)
يساعد انقباض العضلات الهيكلية المحيطة بالوريد حركة الدم إلى القلب وفي اتّجاه معاكس للجاذبية.




(شكل 86)
تنتشر إشارة الانقباض من العقدة الجيبية الأذينية إلى خلايا العضلة القلبية للأذينين، ما يُسبّب انقباض الأذينين. وتُلتقَط النبضة بواسطة العقدة الأذينية البطينية التي تنقل النبضات إلى ألياف عضلية في البطينين مسبّبة انقباض البطينين. في أوقات الإجهاد، هل تزداد ضربات القلب أم تقلّ؟

### 7.2 ضغط الدم

اسأل الطلّاب ما هو ضغط الدم؟ **(هو موجة من ضغط الدمّ على جدر الشرايين أثناء انقباض القلب.)** إلامَ يؤدّي ارتفاع ضغط الدمّ؟ **(تلف القلب، السكتة الدماغية أو قصور كلوي)**

## 3. قيِّم وتوسَّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم فهم الطلّاب للمفاهيم الأساسية لهذا الدرس، اسأل:

- كيف يعمل الجهاز الدوري لدى الإنسان؟ **(إنه جهاز دوري مغلق يتحرّك فيه الدمّ خلال الدورة الرئوية والدورة الكبرى.)**
- ما هي الأنماط الثلاثة للأوعية الدموية ووظيفة كلّ منها؟ **(تحمل الشرايين الدمّ بعيدًا عن القلب إلى أنحاء الجسم، وتنتشر الغازات، المغذيات والفضلات خلال الشعيرات الدموية، وتعيد الأوردة الدمّ من أنحاء الجسم إلى القلب.)**

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3–4**

4. يجب أن يظهر مخطّط مسار الدورة الرئوية والدورة الكبرى.
5. تتضمّن آلية عمل القلب الدورة القلبية التي يدخل في خلالها الدمّ إلى حجرات القلب ثمّ يخرج منها وما يصاحب ذلك من انقباضات واسترخاء في عضلات القلب وفتح وإغلاق الصمّامات المختلفة. أدوار الحركة القلبية: انقباض العضلة القلبية (انقباض الأذينين وانقباض البطينين) ومن ثمّ انبساطها.
6. الشعيرات الدموية صغيرة جدًا ولا تحتوي على العضلات الملساء والأنسجة الضامّة التي توجد في الشرايين والأوردة.
7. كلّما ارتفعنا عن سطح الأرض قلّ ضغط الهواء أي تضاءل حجم الأكسجين في غاز الشهيق. يؤدّي ذلك إلى تراجع سرعة انتشار الأكسجين من الرئتين إلى الدمّ، ما يزيد عدد كريّات الدمّ الحمراء التي تلتقط جميع جزيئات الأكسجين المنتشرة وتوصلها إلى خلايا الجسم.

### 7. ضغط الدم Blood Pressure

ينتج القلب أثناء انقباضه ضغطًا مثل أيّ مضخة، فعندما ينقبض تحدث موجة من ضغط السائل في الشرايين. **وتُسمّى القوّة التي يضغط بها الدم على جدر الشرايين ضغط الدم Blood Pressure.** يتناقص ضغط الدم عندما ينبسط القلب، لكن يظلّ الجهاز الدوري تحت تأثير الضغط الذي بدونه قد يتوقّف انسياب الدم خلال الجسم. ويُمكِن قياس ضغط الدم بواسطة جهاز يُسمّى جهاز قياس ضغط الدم، ووحدة القياس هي ملّيمتر/زئبق (mm/Hg).

يُسجَّل ضغط دم الشخص في رقمين، الأوّل يُمثّل الضغط الانقباضي، أي قوّة ضخّ الدم في الشرايين عند انقباض البطينين، والثاني يُمثّل الضغط الانبساطي، أي قوّة ضخّ الدم في الشرايين عند انبساط البطينين. ويبلغ معدّل ضغط الدم لدى البالغين $\frac{120}{80}$ أو 120 على 80، ويُعتبَر ارتفاع الضغط الانقباضي أو الانبساطي أو الضغطين معًا مؤشّرًا لضغط الدم المرتفع.

#### مراجعة الدرس 3–4

1. ارسم مخطّطًا لانسياب الدم خلال الجهاز الدوري للإنسان.
2. صِف آلية عمل القلب وأدوار الحركة القلبية.
3. **سؤال التفكير الناقد:** كيف يختلف تركيب الشعيرات الدموية عن الشرايين والأوردة؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كلّما ارتفعنا عن سطح الأرض، زاد عدد الكريات الحمراء في الدم كوسيلة للتأقلم مع انخفاض الضغط الجوّي. فسّر ذلك.

108

### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

- **مهارة استخدام النماذج:** أشر إلى أن النموذج الجيد لصمّام القلب. هو الباب الأوتوماتيكي الذي يفتح في اتجاه واحد فقط، تمامًا مثل تلك الأبواب الموجودة في المحال التجارية الكبرى. اسأل: ما وجه الشبه بين صمّامة القلب والباب ذي الاتجاه الواحد؟ **(مثل الباب ذي الاتجاه الواحد، تسمح صمّامة القلب بتدفّق الدمّ خلال فتحة في اتجاه واحد فقط.)**
- **مهارة التعبير الكتابي:** دع الطلّاب يتخيَّلون أنهم أصبحوا في حجم مجهري وقادرون على الانجراف مع تيّار الدمّ أينما تحرّك داخل قلب الإنسان. اطلب إليهم أن يتخيّلوا أو يختاروا شكلًا أو بنيةً ويصفوا رحلتهم.
- **مهارة الاستنتاج:** قد يودّ الطلّاب معرفة كيف يستطيعون تعرّف أداء القلب عن طريق الإحساس بالنبض عند معاصمهم. اسأل:

لماذا تشعر بالنبض عند معصمك مع كلّ ضربة قلب؟ **(الشرايين مرنة نوعًا ما، لذا تتمدّد قليلًا في كلّ مرّة يضخّ فيها القلب الدمّ إلى الشريان الأورطي. يمكن الشعور بهذا التمدّد كنبضة في الشرايين التي تقع بالقرب من سطح الجسم، مثل تلك الموجودة عند المعصم.)**

**الأهداف:**
- يصف بعض أمراض الجهاز القلبي الوعائي.
- يشرح طرق العناية بالجهاز القلبي الوعائي.

**الأدوات المستعملة:** صور وشفافيات لكريّات الدمّ الحمراء ذات الشكل المنجلي.

**صفحات الطالب: من ص 109 إلى ص 112**

**عدد الحصص: 1**

## 1. قدّم وحفّز

### 1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس. اشرح أنّ القدرة على ضخّ كمّية زائدة من الدمّ بعدد قليل من النبضات تساعد على حماية عضلة القلب من الإجهاد عند بذل جهد زائد. اسأل:

ما الخطوات التي تعتقد أنّ على الرياضي أن يتّبعها كي يحافظ على صحّة جهازه الدوري؟ **(تناول وجبات متوازنة يقلّ فيها الكوليسترول والملح وعدم التدخين.)**

### 2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول كريّات الدمّ، وجّه إليهم السؤال التالي:

ما الشكل الطبيعي لكريّات الدمّ الحمراء؟ **(قرصية الشكل)**

**نشاط توضيحي**

أحضر منفاخ عجلة وأنبوب من المطاط تناسب فوهته المنفاخ. دع طالبًا يستخدم المنفاخ لضخّ الهواء خلال الأنبوب. ثمّ اضغط على الأنبوب واطلب إلى الطالب ضخّ الهواء مجدّدًا. دعه يصف الاختلاف في كمّية الجهد المطلوب في كلا المحاولتين. اشرح أنّ ضيق الشرايين في حالة تصلب الشرايين يُجهِد القلب كما أُجهِد الطالب عند ضخّ الهواء خلال الأنبوب بعد تضييقه. أخبر الطلّاب أنّهم، في هذا الدرس، سوف يتعلّمون كيف يعتنون بجهازهم الدوري.

## 2. علّم وطبّق

### 1.2 الأمراض القلبية الوعائية

اسأل الطلّاب:

* ما هي الأمراض الأكثر شهرة في العالم وتسبّب أكبر عدد من الوفيات؟ **(الأمراض القلبية الوعائية: تصلّب الشرايين وضغط الدمّ المرتفع)**
* ما المشاكل التي تنشأ عن مرض تصلّب الشرايين؟ **(نقص كمّية الدمّ المنسابة خلال الأوعية الدموية وتكوّن التكوينات الصفائحية على جدر الأوعية الدموية بسبّب ترسّب الموادّ الدهنية)**
* ما هو البروتين الدهني الذي يزيد الاستعداد لتكوّن التكوينات الصفائحية؟ **(البروتين الدهني منخفض الكثافة LDL)**

### 2.2 أمراض الدم

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (90) واسألهم:

لمَ تُعتبَر الكريات المنجلية ضارة للجسم؟ **(الكريات المنجلية تسد الأوعية الدموية وتمنع انسياب الدم.)**

**تاريخ العلم**

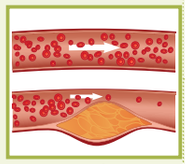
**زراعة القلب**

نجح كرستيان برنارد في 3 ديسمبر 1967 في إجراء أوّل عملية زراعة قلب في العالم. زرع قلب فتاة في الخامسة والعشرين من عمرها في جسم رجل خمسيني، عاش بعد العملية 18 يومًا. من أسباب فشل جراحات زراعة القلب الأولى رفض الجهاز المناعي للمريض القلب المزروع. ويعود الفضل في زيادة معدّلات نجاح عمليات زراعة القلب إلى التوصّل إلى أدوية فعّالة مثبطة للمناعة.

### 3.2 العناية بالجهاز الدوري

تقلّل ممارسة الرياضة، عدم التدخين واتباع نظام غذائي متوازن قليل الدسم، من خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية. اسأل:

* ما أضرار النيكوتين الموجود في التبغ؟ **(يزيد معدّل ضربات القلب ويضيّق الشرايين.)**
* لماذا تُعدّ الدهون المشبّعة مضرّة؟ **(لأنّها تسبّب ارتفاع مستوى البروتين الدهني منخفض الكثافة (LDL) ما يزيد خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية.)**



(شكل 88)
يتدفّق الدم بدون عائق في الشريان السليم (إلى الأعلى). أمّا في تصلّب الشرايين، تقلّل التكوينات الصفائحية تدفق الدم (إلى الأسفل).

#### 1.1 تصلّب الشرايين Atherosclerosis

**يحدث مرض تصلّب الشرايين Atherosclerosis عندما تضيق الشرايين بسبب ترسّب الموادّ الدهنية المسمّاة بالتكوينات الصفائحية Plaques على جدر الأوعية الدموية من الداخل** (شكل 88). وعند تقدّم المرض، تُصبح الصفائح صلبة بسبب ترسّب الكالسيوم، فتفقد الشرايين ليونتها ومرونتها، والنتيجة هي حالة مرضية شائعة تُعرَف بتصلّب الشرايين.

تنشأ عن مرض تصلّب الشرايين مشكلتان. في الأولى، يقلّ انسياب الدم خلال الوعاء الدموي، أمّا في الثانية، فتُسبّب التكوينات الصفائحية خشونة البطانة الناعمة للوعاء، وهذا السطح الخشن يُحفّز الصفائح الدموية لتكوين الجلطات. فإذا تحرّكت الجلطة، يُمكن أن تلتصق بالجدار الداخلي لشريان ضيّق وتسدّ مجرى انسياب الدم. ونتيجة لذلك، أيّ عضو أو نسيج يغذّيه الشريان سيُحرَم من الإمداد بالأكسجين والمغذّيات. إذا سدّت الجلطة مسار الدم في الشريان التاجي، وهو الشريان الذي يحمل الدم إلى القلب، تحدث نوبة قلبية Heart Attack. أمّا إذا سدّت الجلطة مسار الدم في شريان الدماغ، فتحدث السكتة الدماغية Stroke. على الرغم من وجود أسئلة كثيرة من دون إجابات عن سبب الإصابة بتصلّب الشرايين، إلّا أنّ العلماء جمعوا كمًّا من المعلومات عن المرض. يرجع استعداد الشخص للإصابة بمرض تصلّب الشرايين إلى نسبة نوعين من الكوليسترول في الدم. النوع الذي يُسمّى البروتين الدهني منخفض الكثافة Low-Density Lipoprotein (LDL)، يزيد من الاستعداد لتشكل التكوينات الصفائحية في الشرايين. والنوع الآخر يُسمّى البروتين الدهني مرتفع الكثافة High-Density Lipoprotein (HDL)، يُقلّل من الاستعداد لتشكّل التكوينات الصفائحية. تزيد النسبة المرتفعة من LDL إلى HDL في الدم من خطورة تصلّب الشرايين.

(شكل 89)
قياس ضغط الدم

#### 2.1 ارتفاع ضغط الدم Hypertension

**يحدث ارتفاع ضغط الدم Hypertension عندما ترداد قوّة ضخّ الدم خلال الأوعية الدموية.** يزداد ضغط دمك طبيعيًّا مؤقّتًا خلال التمارين الرياضية، أو من الحمّى أو الإجهاد، لكنّه عادة ما يعود إلى نسبته الطبيعية بسرعة. عندما يبقى ضغط الدم مرتفعًا لفترة طويلة، فإنّه في النهاية يُجهِد القلب ويُدمّر الشرايين.

غالبًا ما يزيد مرض ارتفاع ضغط الدم من خطورة الإصابة بالنوبات القلبية أو السكتات الدماغية، كما يمكن أن يُسبّب تصلّب الشرايين ارتفاع ضغط الدم. لكن تؤدي الوراثة أيضًا دورًا في ذلك.

عادة، لا توجد أعراض لارتفاع ضغط الدم، لذلك يجب أن يفحص الناس ضغط الدم بانتظام (شكل 89).



#### 2. أمراض الدم Blood Diseases

عندما يعاني شخص ما حالة تُسمّى الأنيميا (فقر الدم) Anemia، أي نقص في عدد كريات الدم الحمراء، ينقل الدم كمّية قليلة جدًّا من الأكسجين، ويشعر المصاب بالأنيميا بالإجهاد والضعف. ومن مسبّبات الأنيميا، نقص الحديد في الغذاء، والنزيف الناشئ عن الإصابة بجرح أو خلال دورة الحيض أو أسباب أخرى.

**يتميّز مرض فقر الدم المنجلي Sickle-Cell Anemia بفقدان كريات الدم الحمراء لشكلها** (شكل 90)، **ما قد يُسبّب الأنيميا.** كما أنّ الشكل المنجلي لكريات الدم الحمراء يجعلها تسدّ الأوعية الدموية، ما يعيق انسياب الدم فيها مسبّبًا آلامًا مبرحة إضافة إلى مضاعفات خطيرة. وعلى خلاف معظم أنواع الأنيميا، يُعتبَر مرض فقر الدم المنجلي وراثيًّا، وتنتقل جينات المرض من الآباء إلى الأبناء.

قد يُصاب الدم أيضًا بنوع من السرطان يُسمّى لوكيميا Leukemia. ولدى المصاب باللوكيميا، يُنتج نخاع العظام، وبأعداد كبيرة، كريات الدم البيضاء، إمّا ناضجة لكن غير قادرة على أداء وظيفتها أو غير ناضجة، ويُطلقها في تيّار الدم. ولأنّ هذه الخلايا الأخيرة غير مكتملة النضج، فلا يُمكنها مقاومة العدوى كما تفعل كريات الدم البيضاء الطبيعية. وفي الوقت نفسه، يتكوّن القليل من كريات الدم الحمراء والصفائح الدموية، ما يجعل الجسم عرضة للأنيميا والنزف غير الطبيعي. أحد التطوّرات الحديثة في مجال علاج بعض أشكال المرض يتضمّن نقل نخاع العظام، حيث يُستخدَم نخاع العظام السليم من شخص مناسب لاستبدال نخاع عظام الشخص الذي يعاني سرطان اللوكيميا. تُستخدَم الخلايا الجذعية من الحبل السرّي أيضًا في علاج اللوكيميا.

(شكل 90)
كريات الدم الحمراء ذات الشكل المنجلي (إلى اليمين) تحدث نتيجة طفرة في جين الهيموجلوبين. خلايا الدم الطبيعية (إلى اليسار) لديها هيموجلوبين طبيعي.

#### 3. العناية بالجهاز الدوري Taking Care of Your Circulatory System

هل يُمكن أن يقلّل الشخص من خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية؟ يُعَدّ النمط الصحّي للحياة أهمّ عامل للحماية من الإصابة بمرض تصلّب الشرايين وارتفاع ضغط الدم. فالتدخين مثلًا يؤثّر على الجهاز الدوري إذ يزيد من خطورة الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية، حيث يزيد النيكوتين في التبغ معدّل ضربات القلب ويُضيّق الشرايين، ويُقلّل التدخين أيضًا من كفاءة الأعضاء التنفّسية. بالتالي، لا بدّ أن يضخّ القلب الدم بشكل أسرع لنقل الأكسجين إلى خلايا الجسم.

تُؤثّر التمارين الرياضية على الجهاز الدوري، فتزيد السعة الحيوية للرئتين، وتُؤثّر في وزن الجسم وتُقلّل الإجهاد، وتزيد أيضًا قوّة العضلات، بما فيها عضلة القلب.

## 3. قيّم وتوسَّع

### 1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم فهم الطلّاب للمفاهيم الأساسية لهذا الدرس، اسألهم:

* كيف تختلف الأمراض القلبية الوعائية عن أمراض الدمّ؟ **(الأمراض القلبية الوعائية هي أمراض تصيب القلب والأوعية الدموية، أمّا أمراض الدمّ فهي خلل في خلايا الدم.)**
* ما هي بعض الأمراض التي تؤثّر في الدمّ؟ **(مرض فقر الدمّ المنجلي، الأنيميا وسرطان الدمّ أي اللوكيميا)**
* ما الذي يمكن أن تفعله لتقلّل خطورة مضاعفات الأمراض القلبية الوعائية؟ **(ممارسة الرياضة، عدم التدخين، تفادي تناول المأكولات الغنية بالكوليسترول والدهون المشبَّعة)**

**إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3–5**

1. تصلّب الشرايين هو ضيق الأوعية الدموية. ضغط الدمّ المرتفع هو الارتفاع المزمن في ضغط الدمّ. كلتا الحالتين يمكن أن تسبّبا النوبة القلبية أو السكتة الدماغية.
2. نذكر منها التدخين، تناول المأكولات الغنية بالكوليسترول والدهون المشبعة وعدم أداء التمارين الرياضية.
3. HDL هو بروتين دهني مرتفع الكثافة يقلّل خطر الإصابة بتصلّب الشرايين في حين أن LDL هو بروتين دهني منخفض الكثافة يزيد خطر الإصابة بتصلّب الشرايين.
4. يجب تناول كمّيات ضئيلة من الأغذية الغنية بالدهون. مع أن الدهون غير المشبَّعة أقلّ ضررًا من الدهون المشبَّعة إلّا أنّ تناول كمّيات كبيرة من أيّ منهما تسبّب ارتفاع مستويات البروتين الدهني منخفض الكثافة.
5. ضغط الدمّ هو تزايد قوّة ضخّ الدمّ في الأوعية الدموية وهو يشكّل خطرًا على حياة الإنسان لأنّه إن تخطّى $\frac{140}{90}$ يزيد نسبة احتمال الموت بالنوبة القلبية أو السكتة الدماغية. ويُسمّى القاتل الصامت لعدم وجود عوارض فريدة له.

يُؤثر النظام الغذائي أيضًا على الجهاز الدوري، إذ يُمكن أن يُسبّب النظام الغذائي مرتفع الكوليسترول والدهون المشبَّعة ارتفاع مستوى الكوليسترول من النوع الضارّ، أي البروتين الدهني منخفض الكثافة (LDL)، ما يزيد خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية. أمّا الغذاء منخفض الدهون المشبَّعة، فيساعد على تقليل هذا الخطر.

### مراجعة الدرس 3-5

1. صف اضطرابين من الاضطرابات القلبية الوعائية.
2. اكتب ثلاثة عوامل يمكن أن تزيد خطورة إصابة الشخص بالأمراض القلبية الوعائية.
3. **سؤال التفكير الناقد:** يُشار إلى HDL بالكوليسترول الجيّد، وLDL بالكوليسترول السيّء. فسّر ذلك.
4. **أضف إلى معلوماتك:** ما التوصيات الغذائية الخاصّة بالأغذية الغنية بالدهون؟
5. ما هو ارتفاع ضغط الدمّ؟ ما هي مخاطره؟ ولماذا يُسمّى القاتل الصامت؟



### اكتساب المهارات

**احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:**

* **مهارة التعبير الكتابي:** قسِّم الفصل إلى مجموعات وعيّن لكلّ مجموعة مرضًا من أمراض الأوعية الدموية لإجراء بحث عنه. دع الطلّاب يحدّدون الأسباب والأفراد المعرّضين للإصابة بالمرض، وعلاجه، وأساليب الوقاية منه. دع كلّ مجموعة تعدّ تصميمًا لما ستقوم بعرضه. قد ترغب في أن تطلب إلى الطلّاب أن يتشاركوا في عرض نتائج أبحاثهم.
* **مهارة استخدام الجداول والأشكال البيانية:** شجّع الطلّاب على استخدام وتوظيف مصادر المعلومات في المكتبة للبحث عن جداول البيانات والأشكال البيانية التي تربط المتغيّرات السلوكية مثل التدخين، نمط الجلوس، وتناول طعام غني بالدهون بأخطار اختلالات الجهاز الدوري مثل ضغط الدمّ المرتفع، النوبة القلبية والسكتة الدماغية. اطلب إلى الطلّاب المتطوعين أن يفسّروا جداولهم وأشكالهم البيانية لزملائهم في الفصل عن طريق تلخيصها في كلمات توضّح ما تعنيه البيانات بالأرقام.

## مراجعة الوحدة الثالثة

* قبل أن تبدأ مراجعة الوحدة الثالثة، ناقش مع الطلّاب الأفكار الرئيسية التي تعرفّوها في دروس هذه الوحدة.
* تأكّد من استيعاب الطلّاب لمحتوياتها لأنّها تسلّط الضوء على التنظيم العام لجسم الإنسان ووظائفه المختلفة. فالجسم يتألّف من أكثر من مئة نوع من الخلايا المختلفة. تجتمع المتجانسة منها لتشكّل النسيج وتعمل معًا لتأدية وظيفة مشتركة، وتتّحد الأنسجة في وحدات وظيفية تسمّى بالأعضاء وتشكّل مجموعة من الأعضاء التي تعمل معًا لتأدية وظيفة رئيسية في الجسم جهازًا.
* وضِّح للطلّاب أن الجهاز الهيكلي يتكوّن من عظام وغضاريف وأوتار وهو يؤمن إطارًا داخليًّا جامدًا وصلبًا تتمكّن من خلاله عضلات الجسم من العمل. وهو يقوم بحماية أعضاء الجسم الداخليّة.
* وضِّح أن الجهاز العضلي مكوّن من عضلات هيكلية وعضلات ملساء وعضلات قلبية. وأنّ العضلات الهيكلية مخطّطة وإرادية وتحرّك الجهاز الهيكلي الداخلي. ذكّرهم بأن عملية الإنقباض العضلي تحدث بحسب نظرية الخيوط المنزلقة للانقباض العضلي. أشر إلى أنّ العضلات الملساء طويلة، مغزلية الشكل وغير إرادية تنقبض فقط عندما تُثار بواسطة الأعصاب أو الهرمونات. أمّا عضلات قلب الإنسان فمختلفة فهي مخطّطة كالعضلات الهيكلية ولكنّها غير إرادية كالعضلات الملساء.
* أشِر إلى أن الجهاز الغطائي يغطّي الجسم ويحميه وهو مركّب من أنسجة ضامة ويتألّف من طبقتين أساسيتين هما البشرة والأدمة.
* ذكر الطلّاب بأن التنفّس الخلوي هو مجموع عمليات كيميائية تتمّ داخل الخليّة لإنتاج الطاقة الضرورية لعملها، عن طريق استهلاك مغذّيات خاصة هي جزيئات الجلوكوز.
* أشِر إلى أن التنفّس الهوائي يتمّ على ثلاث مراحل: التحلّل الجلوكوزي ويحدث في سيتوبلازم الخليّة، دورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون اللتان تحدثان في ميتوكوندريا الخليّة. أشِر أيضًا إلى أنّ التنفّس اللاهوائي يحدث في سيتوبلازم الخليّة ولا يحتاج إلى الأكسجين على عكس التنفّس الهوائي.
* ذكِّر الطلّاب بأن عملية التنفّس هي العملية الآلية التي تسمح بتبادل الغازات في الرئتين، وأنّ التبادل يحصل بالانتشار نتيجة فارق تركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الحويصلات الهوائية والدمّ. وأنّ العملية الآلية تتمّ بواسطة انقباض وانبساط العضلات بين الأضلاع وانقباض وانبساط الحجاب الحاجز.

### مراجعة الوَحدة الثالثة

**المفاهيم**

| | | | |
|---|---|---|---|
| الأدمة | Dermis | أدينوزين ثلاثي الفوسفات | Adenosine Thriphosphate (ATP) |
| الأربطة | Ligaments | ارتفاع ضغط الدم | Hypertension |
| الاستقلاب الخلوي (أيض) | Metabolism | الالتهاب الرئوي | Pneumonia |
| الالتهاب الشُعبي | Bronchitis | التهاب المفاصل | Arthritis |
| الأوتار | Tendons | البشرة | Epidermis |
| البنكرياس | Pancreas | الحركة الدودية | Peristalsis |
| التحلّل الجلوكوزي | Glycolysis | التخمّر | Fermentation |
| الترنيس | Cephalization | تصلّب الشرايين | Atherosclerosis |
| التنفّس | Respiration | التنفّس الخارجي | External Respiration |
| التنفّس الخلوي | Cellular Respiration | التنفّس الداخلي | Internal Respiration |
| الجهاز | System | الجهاز الغطائي | Intergumentary System |
| الحالب | Ureter | الحجاب الحاجز | Diaphragm |
| الحويصلة الصفراوية | Gallbladder | الحويصلات الهوائية | Alveoli |
| الخلايا البانية للعظام | Osteoblasts | دورة كريبس | Krebs Cycle |
| الربو | Asthma | الخملات المعوية | Villi |
| السعر الحراري | Calorie | سلسلة نقل الإلكترون | Electron Transport Chain |
| الشهية المفرطة | Bulimia | ضغط الدم | Blood Pressure |
| العضلات الهيكلية | Skeletal Muscle | الغدد اللعابية | Salivary Glands |
| فقدان الشهية | Anorexia | القلب | Heart |
| الكبد | Liver | الكبيبة (شبكة من الشعيرات الدموية) | Glomerulus |
| الكليتان | Kidneys | لسان المزمار | Epiglottis |
| اللعاب | Saliva | المادّة الغذائية | Nutrient |
| المثانة البولية | Urinary Bladder | مجرى البول | Urethra |
| محفظة بومان | Bowman's Capsule | مرض فقر الدم المنجلي | Sickle–Cell Anemia |
| مسامية (تخلخل) العظام | Osteoporosis | المعدة | Stomach |
| معدّل ضربات القلب | Heart Rate | المفاصل | Joints |
| الملانين | Melanin | نخاع العظام | Bone Marrow |
| الهضم | Digestion | الهيكل الطرفي | Appendicular Skeleton |
| الهيكل المحوري | Axial Skeleton | الوحدة الكلوية (النفرون) | Nephron |



**الأفكار الرئيسية للوحدة**

الفصل الأوّل: الجهازان العظمي والعضلي

(1–1) أجهزة الجسم

- تُسمّى مجموعات الخلايا ذات التركيبات والوظائف المتشابهة بالأنسجة، وتتجمّع الأنواع المختلفة منها مع بعضها لتُكوّن الأعضاء. وتُكوّن مجموعة الأعضاء التي تعمل مع بعضها لأداء وظائف معينة الأجهزة، ويتكوّن جسم الإنسان من اثني عشر جهازًا.
- توجد الأعضاء الداخلية في تجويف الجسم البطني والظهري لدى الإنسان.

(2–1) الهيكل العظمي

- قد يكون النسيج العظمي إسفنجيًّا أو كثيفًا. يملأ نخاع العظام الأحمر الفراغات في العظم الإسفنجي، ويحتوي العظم المدمّج على قنوات هافرس التي تمرّ خلالها أعصاب وأوعية دموية.
- تربط الأربطة، وهي من النسيج الضامّ، العظام بعضها ببعض في المفاصل. أمّا الأوتار، فتثبّت العضلات بالعظام.
- تُصنّف المفاصل وفقًا لمقدار الحركة التي تسمح به، فهي إمّا عديمة الحركة أو محدودة الحركة أو حرّة الحركة.

(3–1) عضلات الإنسان

- يُمكن أن تكون عضلات الإنسان مخطّطة أو ملساء (غير مخطّطة). العضلات الهيكلية والقلبية عبارة عن عضلات مخطّطة.
- يُمكن أن تكون العضلات إرادية أو لا إرادية. العضلات الملساء والقلبية عبارة عن عضلات لا إرادية، أمّا العضلات الهيكلية، فعضلات إرادية.
- تُؤدّي أيونات الكالسيوم $Ca^{2+}$ وجزيء الـATP دورًا أساسيًّا في انقباض العضلات. يرتبط أيون $Ca^{2+}$ بالتروبونين مؤدّيًا إلى إزاحة بروتين التروبوميوزين وظهور منطقة الارتباط. يسمح ذلك بارتباط الجسر العرضي لخيط الميوزين بخيط الأكتين. أمّا الطاقة المحرَّرة من جزيء الـATP، فتسمح بانزلاق خيوط الأكتين باتّجاه وسط القطعة العضلية محدثة انقباض العضلة.
- تُمثّل النبضة العضلية استجابة العضلة الهيكلية لاستثارة واحدة أو سيال عصبي واحد. ويؤثّر بشدّة الإثارة الوضع الفيسيولوجي للعضل وأنواع الكائنات.

(4–1) غطاء الجسم

- يحفظ الجلد سوائل الجسم ودرجة حرارة الجسم في صورة متوازنة، ويكون حاجزًا أمام الكائنات الممرضة، كما أنّه يعمل كعضو حسّي.
- تتكوّن الطبقة الخارجية للجلد والشعر والأظافر من خلايا بشرة ميتة. تُنتج خلايا البشرة الحية الملانين والفيتامين D.
- تحتوي الأدمة على نهايات عصبية وأوعية دموية وحويصلات الشعر وغدد عرقية.

* شجّع الطلّاب على المحافظة على جهازهم التنفّسي بالابتعاد عن كل ما يؤذي هذا الجهاز من موادّ ملوثة وبكتيريا تؤدّي إلى أمراض مختلفة أو إلى الموت أحيانًا.
* ذكّر الطلّاب بأنّ القلب عضلة تعمل مثل المضخّة لإيصال الدمّ المؤكسج إلى كلّ خلايا الجسم وأنّه يخلّصه من مخلّفات التنفّس الخلوي ويضخّ الدمّ غير المؤكسج إلى الرئتين للتخلّص من ثاني أكسيد الكربون المضرّ.
* ذكّر الطلّاب بأنّ الشرايين والأوردة تساعد عملية دوران الدمّ في الجسم والرئتين.
* أشر إلى أنّ القلب يعمل بانتظام ويرتاح فترات تساوي فترات عمله، وأنّ أي خلل في عمله أو عمل الشرايين والأوردة قد يؤدّي إلى أمراض متعدّدة مثل ضغط الدم وغيره.
* شجّع الطلّاب على المحافظة على صحّة قلبهم بالإبتعاد عن كل ما يضّر به من مثل الجهد المتواصل والأطعمة الغنية بالدهون، وشجّعهم أيضًا على ممارسة الرياضات الخفيفة التي تنشّط عضلات القلب.
* أثناء مناقشة الأفكار الرئيسية المتعلقة بالجهاز الهضمي والجهاز الإخراجي عند الإنسان، يجب التركيز على أن الغذاء هو من ضروريات الحياة لأنّه ينتج الطاقة التي يحتاج إليها الجسم للنموّ وإصلاح الأنسجة المتهالكة وترميمها وتنشيط التفاعلات الكيميائية البانية.
* ذكّر الطلّاب بأنّ الجهاز الإخراجي ضروري لإزالة المخلّفات والفضلات النيتروجينية والموادّ السامة نتيجة تفكّك البروتينات والأحماض الأمينية. وأنّه يساعد الجهاز الإخراجي في عملية ضبط التوازن الأسموزي وتركيز الأس الهيدروجيني (pH) إمّا بالتخلص من الأملاح والماء أو بالاحتفاظ بها.



الفصل الثاني: الجهازان الهضمي والإخراجي

(2–1) الهضم
- أثناء هضم الطعام، تنتج الموادّ الغذائية التي تمتصّها الخلايا.
- يتضمّن الطعام الصحّي كمّيات مناسبة من الموادّ الغذائية المختلفة.

(2–2) الجهاز الهضمي للإنسان
- في الإنسان، يحدث الهضم الميكانيكي في الفم والمعدة. أمّا الهضم الكيميائي، فيحدث في الفم والمعدة والأمعاء الدقيقة. يمتصّ الجهاز الدوري الموادّ الغذائية من القناة الهضمية.
- يُعاد امتصاص الماء والفيتامينات التي تذوب في الماء في الأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة، وتُطرَد الموادّ غير المهضومة من خلال الشرج.

(2–3) صحّة الجهاز الهضمي
- تُقاس الطاقة المتوفّرة في الطعام بالسعر الحراري/جرام.
- تحتوي الدهون على ضعف السعر الحرارية الموجودة في البروتينات أو الكربوهيدرات.
- تزيد التمارين الرياضية معدّل الاستقلاب الخلوي (الأيض) في الجسم، وتساعد في حرق السعر الحرارية الزائدة.
- تتعرّض القناة الهضمية للإصابة بالكائنات الممرضة مثل البكتيريا والجراثيم وغيرها، ما يؤدّي إلى حدوث مشاكل صحّية خطيرة ومميتة.
- يُمكن لاضطرّابات تناول الطعام أن تُهدّد حياة الإنسان.

(2–4) الجهاز الإخراجي للإنسان
- ترشح الكليتان الفضلات من الدم، وتُنتج البول الذي ينساب عبر الحالبين إلى المثانة البولية. تطرد انقباضات المثانة البولية البول من خلال مجرى البول.
- تؤدّي الوحدات الكلوية ثلاث وظائف: ترشيح الدم من الفضلات، إعادة امتصاص الماء والمواد الغذائية لإرجاعها إلى الدم، وإفراز الفضلات من الدم إلى البول.

الفصل الثالث: الجهازان التنفّسي والدوري

(3–1) التنفّس الخلوي
- تتحرّر الطاقة من جزيئات الطعام خلال التنفّس الخلوي.
- تشمل عملية التنفّس الهوائي التي تتطلّب الأكسجين ثلاث مراحل: التحلّل الجلوكوزي ودورة كريبس وسلسلة نقل الإلكترون.
- تشمل عملية التنفّس اللاهوائي التي تتمّ من دون الأكسجين التحلّل الجلوكوزي والتخمّر.



(3–2) الجهاز التنفّسي للإنسان
- يتمّ تبادل الأكسجين وأكسيد الكربون من خلال الجهاز التنفّسي.
- يتمّ نقل الغازات المذابة عند الإنسان من الرئتين وإليها عبر الدم.
- تتمّ تنقية وترطيب وتدفئة الهواء خلال انتقاله إلى الحويصلات الهوائية في الرئتين.
- يتحكّم الحجاب الحاجز والعضلات بين الأضلاع بعملية التنفّس. وتُنظّم كمّية ثاني أكسيد الكربون في الدم معدّل التنفّس الطبيعي.
- يتمّ تبادل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين بالانتشار خلال عملية التنفّس.

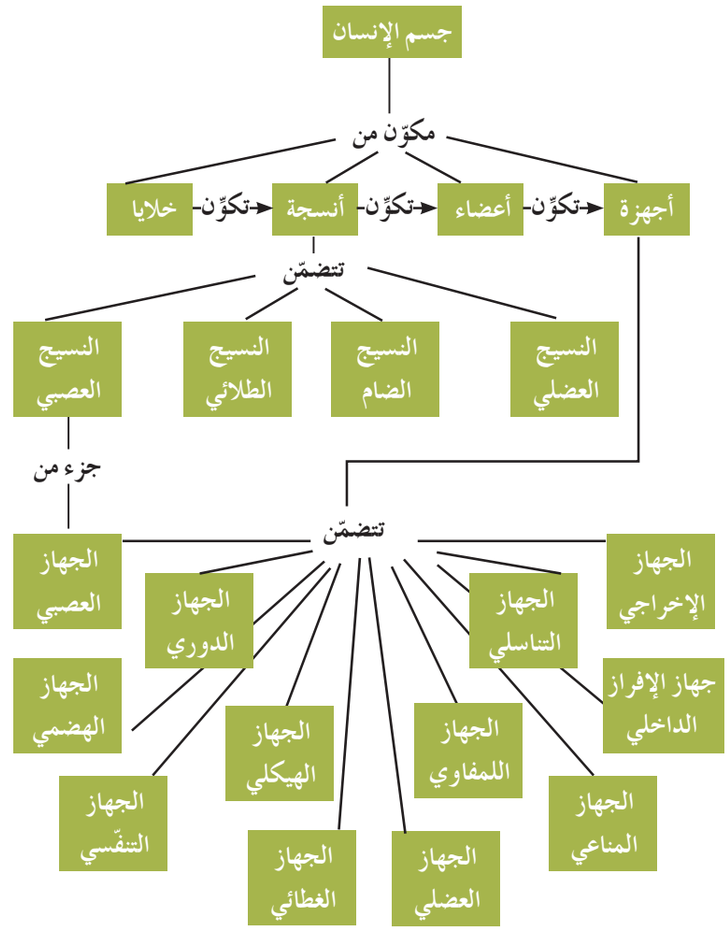
(3–3) صحّة الجهاز التنفّسي
- الأعراض الناتجة عن الأمراض التنفّسية هي زيادة الإفراز المخاطي والتهاب في أغشية الشعب الهوائية وضيق الممرّات الهوائية. وهذه الأعراض تُصعّب عملية التنفّس.
- بالإضافة إلى مرض سرطان الرئة، يزيد التدخين مخاطر إصابة الجهاز التنفّسي بمرض انتفاخ الرئة.

(3–4) الجهاز الدوري للإنسان
- يضخّ القلب دمًا قليل الأكسجين وغنيًّا بثاني أكسيد الكربون إلى الرئتين من خلال الدورة الدموية الرئوية (الدورة الدموية الصغرى)، ودمًا غنيًّا بالأكسجين إلى كافّة خلايا الجسم من خلال الدورة الدموية الكبرى.
- تجعل الصمّامات في القلب الدم ينساب في اتّجاه واحد، وتمنع ارتداده إلى الخلف.
- يتمّ نقل الدم بعيدًا عن القلب من خلال الشرايين ذات الجدر السميكة ليصل إلى الشعيرات الدموية ذات الجدر الرقيقة، حيث يحدث تبادل الغازات والمغذّيات والفضلات بالانتشار، ويعود الدم إلى القلب عبر الأوردة.

(3–5) صحّة الجهاز الدوري
- يحدث مرض تصلّب الشرايين عندما تضيق الشرايين بسبب ترسّب التكوينات الصفائحية التي قد تؤدّي إلى حدوث نوبة قلبية أو سكتة دماغية.
- يزيد ضغط الدم المرتفع أيضًا احتمال حدوث نوبة قلبية أو سكتة دماغية.
- في حالة الأنيميا، يحدّ النقص في عدد كريات الدم الحمراء من نقل الأكسجين في الدم. أمّا مرض اللوكيميا، فيحدّ من عمل كريات الدم البيضاء الطبيعي.

## خريطة مفاهيم الوحدة الأولى

### الفصل الأوّل




**خريطة مفاهيم الفصل الأول**

إستخدم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

الجهاز الهضمي — الجهاز الإخراجي — الجهاز الغطائي — الجهاز الهيكلي

نسيج طلائي — الجهاز العصبي — الجهاز اللمفاوي

الجهاز التنفّسي — الجهاز العضلي — الجهاز الدوري — جهاز الإفراز الداخلي

نسيج ضامّ — نسيج عصبي — أنسجة — أعضاء — الجهاز التناسلي

نسيج عضلي — أجهزة — جسم الإنسان — الجهاز المناعي — خلايا

**خريطة مفاهيم الفصل الثاني**

إستخدم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

كربوهيدرات — الجهاز الدوري — طاقة — حمض البوليك

دهون — أحماض أمينية — بروتينات — الجهاز الإخراجي

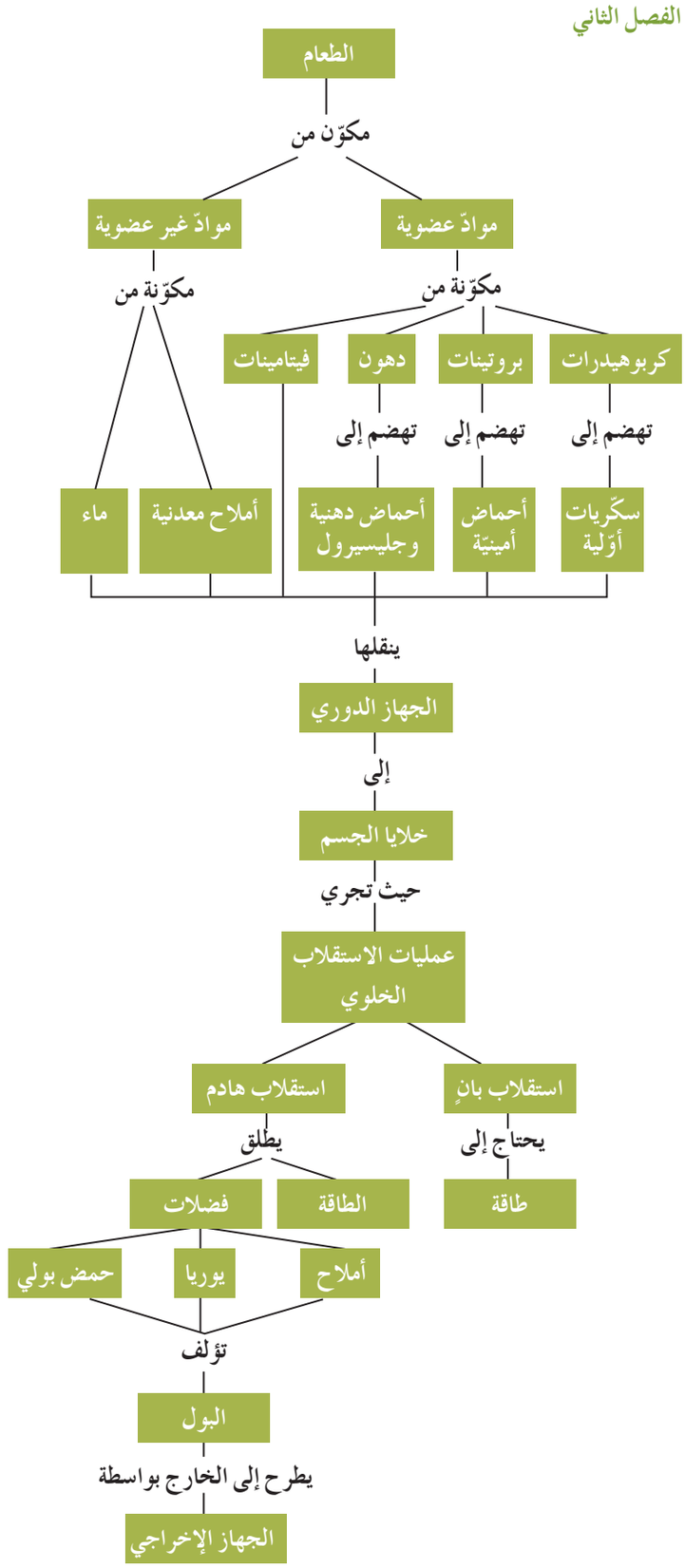
أحماض دهنية وجليسيرول — سكّريات أوّلية — موادّ عضوية — استقلاب باني (أيض بنائي)

ماء — يوريا — عناصر معدنية

مواد غير عضوية — الطعام — خلايا الجسم — فيتامينات

فضلات — أملاح — البول — استقلاب هادم (أيض هدمي)

عمليات الاستقلاب الخلوي (عملية الأيض)

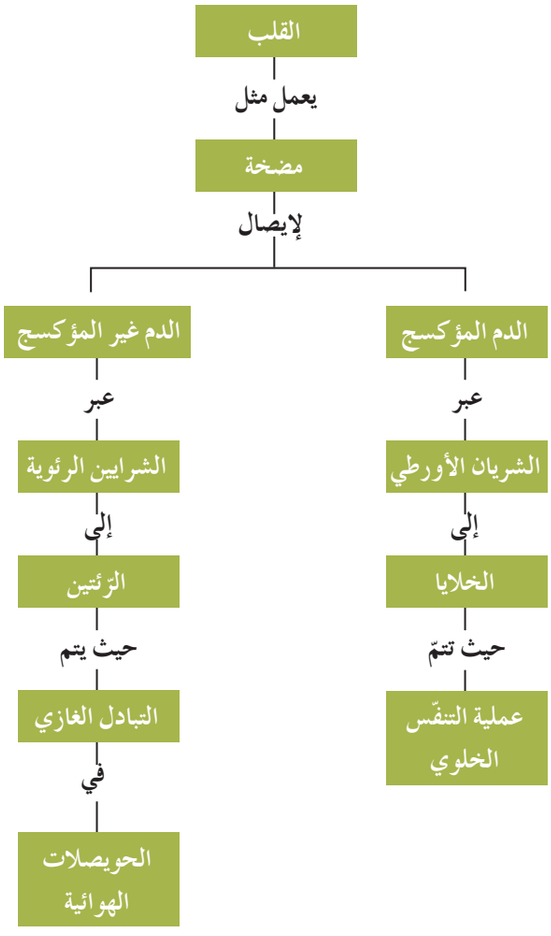



**خريطة مفاهيم الفصل الثالث**

إستخدِم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

118





## إجابات أسئلة الوحدة الثالثة

### تحقّق من فهمك

**اكتب المصطلح العلمي الدال على كلّ عبارة ممّا يأتي:**

1. نخاع العظام
2. الملانين
3. الترئيس (النمو الرأسي)
4. العضلة القلبية
5. الأوتار
6. الخلايا البانية للعظم
7. الخملات
8. الأبيض أو الاستقلاب الخلوي
9. الكبد
10. التحوّي (أو الحركة الدودية)
11. الوحدة الكلوية
12. فقدان الشهية
13. الحجاب الحاجز
14. الحويصلة الهوائية
15. القلب

### اختيار العبارة الصحيحة

1. هيكلك المحوري
2. عضلات ملساء
3. الأدمة
4. تقصر القطعة العضلية
5. السمحاق
6. الأمعاء الدقيقة
7. الكليتين
8. الحويصلة الصفراوية
9. العناصر المعدنية
10. الاميليز
11. الوحدة الكلوية
12. خلايا الدمّ الحمراء
13. التنفّس الداخلي
14. الشعيرات الدموية
15. يحدث الشهيق



**تحقق من فهمك**

**اكتب المصطلح العلمي الدال على كلّ عبارة مما يأتي:**

1. النسيج الذي يملأ فراغات العظم الإسفنجي وينتج خلايا الدم.
2. الصبغة التي تحمي الجلد من الأشعة فوق البنفسجية.
3. ميل أعضاء الحسّ للتواجد على الجزء الأمامي من الجسم.
4. نوع العضلات المخطّطة غير الإرادية.
5. النسيج الذي يُثبّت العضلات في العظام.
6. الخلايا التي تُنتج خلايا عظمية جديدة.
7. البروزات إصبعية الشكل التي تزيد مساحة السطح الماصّ في الأمعاء الدقيقة.
8. جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل جسم الكائن الحي.
9. العضو الذي ينتج العصارة الصفراء ويُحوّل الجلوكوز إلى جليكوجين ويُحطّم الموادّ الكيميائية السامّة.
10. موجة من الانقباض العضلي للعضلات الملساء في جدار المريء.
11. التراكيب الموجودة في الكلية والتي تُزيل الفضلات من الدم.
12. نوع من اختلالات تناول الطعام، يتميّز برفض تناول الطعام والميل للإعياء الشديد.
13. العضلة التي تفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني.
14. تراكيب في الرئتين، يتمّ فيها انتشار الغازات بين الهواء والدم في الشعيرات الدموية.
15. العضو الذي يُعتبَر المضخّة الرئيسية في الجهاز الدوري.

**اختر العبارة الصحيحة من بين العبارات التي تلي كل سؤال ممّا يلي وذلك بوضع علامة (✓) أمامها:**

1. تتمّ حماية أعضائك الحيوية بواسطة:
   - ☐ هيكلك الطرفي.
   - ☐ هيكلك المحوري.
   - ☐ الهيكل الداخلي.
   - ☐ الجلد.
2. أيّ نوع من العضل يُغطّي الجدران الداخلية للأوعية الدموية والمعدة؟
   - ☐ عضلات قلبية
   - ☐ عضلات ملساء
   - ☐ عضلات هيكلية
   - ☐ عضلات خشنة
3. توجد الغدد العرقية في طبقة:
   - ☐ البشرة.
   - ☐ الميزودرم.
   - ☐ الأندودرم.
   - ☐ الأدمة.
4. عند الانقباض العضلي:
   - ☐ تبتعد خطوط Z بعضها عن بعض
   - ☐ تطول القطعة العضلية.
   - ☐ تقصر القطعة العضلية.
   - ☐ تنزلق خيوط الميوزين فوق خيوط الأكتين.





5. تُعرَف طبقة النسيج الضامّ المحيطة بكلّ عظمة بـ:
   - ☐ الوتر.
   - ☐ الرباط.
   - ☐ السمحاق.
   - ☐ الغضروف.
6. جزء القناة الهضمية الذي يتمّ فيه هضم الدهون وامتصاص الموادّ الغذائية المهضومة:
   - ☐ المعدة.
   - ☐ الأمعاء الدقيقة.
   - ☐ الأمعاء الغليظة.
   - ☐ الحويصلة الصفراوية.
7. يتمّ إخراج الفضلات النيتروجينية في:
   - ☐ المثانة البولية.
   - ☐ الحويصلة الصفراوية.
   - ☐ الكليتين.
   - ☐ الأمعاء الغليظة.
8. تُخزّن عصارة المرارة في:
   - ☐ الحويصلة الصفراوية.
   - ☐ الكبد.
   - ☐ البنكرياس.
   - ☐ الأمعاء الدقيقة.
9. الموادّ الغذائية غير العضوية التي يحتاج إليها جسمك في كمّيات صغيرة هي:
   - ☐ الفيتامينات.
   - ☐ العناصر المعدنية.
   - ☐ البروتينات.
   - ☐ الأحماض الأمينية.
10. الأنزيم الذي يُكسّر الروابط الكيميائية في جزيئات النشا ويُحوّله إلى سكّر ثنائي هو:
    - ☐ البيسين.
    - ☐ الصفراء.
    - ☐ الأميليز.
    - ☐ الكيموس.
11. الوحدة الوظيفية العاملة في كلية الإنسان هي:
    - ☐ الوحدة الكلوية (النفرون).
    - ☐ محفظة بومان.
    - ☐ الكبيبة (شبكة من الشعيرات الدموية).
    - ☐ الحالب.
12. يُحمَل معظم الأكسجين المنقول في الدم بواسطة:
    - ☐ كريات الدم الحمراء
    - ☐ كريات الدم البيضاء
    - ☐ البلازما
    - ☐ الصفائح الدموية
13. تبادل الغازات بين الدم وخلايا الجسم يُسمّى:
    - ☐ التنفّس الخلوي.
    - ☐ التنفّس.
    - ☐ التنفّس الخارجي.
    - ☐ التنفّس الداخلي.
14. يحدث معظم تبادل الغازات والمغذّيات والفضلات بالانتشار من خلال:
    - ☐ الوريدات.
    - ☐ الشريانات.
    - ☐ الشعيرات الدموية.
    - ☐ الوريد.
15. عندما ينقبض الحجاب الحاجز:
    - ☐ يحدث الشهيق.
    - ☐ يحدث الزفير.
    - ☐ يرتفع لأعلى.
    - ☐ يضيق الحيّز داخل الرئتين.

**اجب عن الأسئلة التالية بإيجاز**

1. عندما تزداد درجة حرارة الجسم، تقوم الغدد العرقية بإفراز العرق، وتستخدم حرارة الجسم الزائدة لتبخير العرق الذي يمرّ خلال مسام الجلد الموجودة في طبقة البشرة.
2. إذا لم تحصل العضلة على كمّية كافية من الأكسجين أثناء أداء المجهود العضلي، تعمد إلى التنفّس اللاهوائي، فيتكوّن حمض اللاكتيك الذي يسبّب التشنج العضلي.
3. في كلتا العمليتين يكون الغضروف بمثابة المادّة البادئة لتكوين العظم.
4. الأنسجة الضامة وتتضمّن العظم الكثيف، العظم الإسفنجي، الغضروف، الأربطة، السمحاق ونخاع العظام الأصفر والأحمر
5. يكوّن أحد طرفي خيط الميوزين الجسر العرضي (الوصلة العرضية) مع خيط أكتين. بتحرير الطاقة المستمدة من مركب ATP، يغيّر الجسر العرضي شكله ساحبًا خيط الأكتين. بعدئذ ينفصل الجسر العرضي عن خيط الأكتين ويعود إلى شكله الأصلي عندما يرتبط جزيء ATP جديد برأس الميوزين، ويرتبط بموقع آخر على خيط الأكتين.
6. يمكن أن يُعاد امتصاص الماء في الأمعاء الغليظة وفي الكليتين.
7. الهضم خارج الخلايا أكثر كفاءة، لأنّ الخلايا المتخصّصة يمكنها استخلاص الموادّ الغذائية التي يمكن بعد ذلك أن تنتقل إلى جميع الخلايا في جسم الإنسان.
8. ينتج النيتروجين من هدم البروتينات والأحماض الأمينية.
9. يدفع ضغط الدمّ السوائل والفضلات من الكبيبة إلى محفظة بومان التي تنقل السوائل إلى الانابيب البولية.
10. تزوّد الكربوهيدرات والدهون الجسم بالطاقة وتمدّه البروتينات بالموادّ الخام اللازمة للنموّ، ولإصلاح الأنسجة المتهالكة. للبروتينات دور في عمليتي التنظيم والنقل داخل الجسم. فالإنزيمات التي تجعل التفاعلات البيوكيميائية ذات كفاءة عالية عبارة عن بروتينات.
11. تهضم الإنزيمات كيميائيًّا جزيئات الطعام الكبيرة إلى جزيئات أصغر يمكن أن تمتّصها وتستخدمها خلايا الجسم.
12. ينتج البنكرياس الهرمونات التي تنظّم مستوى سكر الدمّ، الإنزيمات التي تهضم النشويات مثل المالتوز وتلك التي تهضم البروتينات والدهون كما ينتج أيضًا بيكربونات الصوديوم، وهي القاعدة التي تعادل حمض المعدة، حتى تعمل الإنزيمات بكفاءة عالية.

أسئلة مراجعة الوحدة 3

**اجب عن الأسئلة التالية بإيجاز**

1. كيف تساعد الغدد العرقية في تنظيم درجة حرارة الجسم؟
2. فسّر ما الذي يُسبّب التشنّج العضلي.
3. كيف تتشابه عملية التحام العظم المكسور مع عملية تطوّر الهيكل في الجنين؟
4. ما أنواع الأنسجة التي تُكوّن الجهاز الهيكلي؟
5. باستخدام ما تعلّمت عليه نظرية الخيوط المنزلقة، صف كيف تنقبض العضلات الهيكلية.
6. كيف تحافظ أعضاء الجهازين الهضمي والإخراجي على توازن الماء في الجسم؟
7. ما الفائدة التي تعود على الكائنات عديدة الخلايا من عملية الهضم خارج الخلايا؟
8. ما مصدر الفضلات النيتروجينية التي تقوم الكليتان بإخراجها؟
9. كيف يعمل كلّ من الكبيبة (شبكة من الشعيرات الدموية) ومحفظة بومان مع بعضهما؟
10. ما الموادّ الغذائية التي تمدّ الجسم بالطاقة؟ ما أهمّية البروتينات للجسم؟
11. ما الدور الذي تؤدّيه الأنزيمات أثناء عملية الهضم؟
12. صف وظائف البنكرياس.
13. ما الموادّ التي ترشح من الدم في الكليتين؟ وما أنواع الموادّ الراشحة التي يعاد امتصاصها إلى الدم في الكليتين؟
14. حدّد علاقة تركيب الأذين والبطين بوظائفهما.
15. ما دور الخلايا الجذعية في الجهاز الدوري؟
16. ما أهمّية مساحة السطح في عملية التنفّس؟ كيف توفّر تراكيب الجهازين التنفّسي والدوري أقصى مساحة سطح ممكنة؟
17. اشرح سبب وجود الصمّامات في الأوردة وعدم وجودها في الشرايين.
18. ما الدور الذي تؤدّيه الأهداب والأغشية المخاطية خلال عملية التنفّس؟

**تحقق من مهاراتك**

1. **صياغة الفرضيات:** افترض أنّك سمعت عن شخص أُجريت له عملية زرع نخاع عظام. في علاج أيّ نوع من المشاكل الصحّية يتمّ إجراء هذه العملية؟
2. **تطبيق المفاهيم:** يُصيب مرض هشاشة العظام معظم النساء كبيرات السنّ لأنّ العظام تكون ضعيفة وسهلة الكسر. وينصح الأطبّاء جميع النساء بتناول أغذية غنية بعنصر الكالسيوم لتجنّب الإصابة بهذا المرض. فسّر كيف يساعد هذا في منع الإصابة بهشاشة العظام.
3. **الاستنتاج:** توجد أقراص غضروفية بين فقرات العمود الفقري. ما الوظيفة التي تؤدّيها هذه الأقراص؟
4. **التوقّع:** تقوم الأوعية الدموية بجلب الأكسجين والموادّ الغذائية إلى جميع أجزاء الجسم. وتحتوي الأربطة على عدد أقلّ من الأوعية الدموية من أيّ نسيج آخر في الجسم. كيف يُؤثّر ذلك على معدّل شفاء الأربطة المصابة؟ فسّر إجابتك.
5. **تصميم التجارب:** المرونة هي القابلية لثني المفاصل وشدّ العضلات. صمّم تجربة لقياس تأثير التدريبات الرياضية على مرونة المفاصل. كيف يمكنك أن تقيس المرونة؟ ما التدريبات التي يُمكنك القيام بها لتزيد المرونة؟ **تحذير:** لا تؤدّي أيّ اختبارات أو تدريبات بدون مساعدة المعلّم.

121

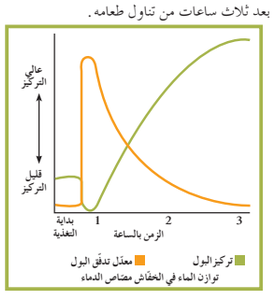
13. الماء، اليوريا، الجلوكوز، الأملاح، الأحماض الأمينية، وبعض الفيتامينات ترشح من الدمّ في الكليتين أمّا بروتينات البلازما، خلايا الدمّ، والصفائح الدموية فتبقى في الدمّ. يُعاد امتصاص معظم الماء والموادّ الغذائية بواسطة الدمّ في الكليتين.
14. الأذين الذي يضخّ الدمّ إلى البطين ذو جدر عضلية رفيعة أمّا البطين الذي يضخّ الدمّ إلى الجسم فهو ذو جدر عضليّة سميكة.
15. تنضج الخلايا الجذعية الناتجة في النخاع إلى خلايا دمّ حمراء وخلايا دمّ بيضاء.
16. تهيّئ مساحة السطح الكبيرة فرصة أكبر للتبادل الغازي عن طريق الانتشار. تتفرّع التراكيب إلى أوعية أصغر فأصغر تنتهي بالحويصلات الهوائية في الجهاز التنفّسي والشعيرات الدموية في الجهاز الدوري.
17. يتحرّك الدمّ في الشرايين إلى الأمام بفعل الضغط العالي الناتج من انقباض البطين أمّا في الأوردة فينتقل الدمّ في ظلّ ضغط منخفض وغالبًا عكس اتجاه قوّة الجاذبية لذلك تحتاج الأوردة إلى صمّامات لتمنع ارتداد الدمّ إلى الخلف.
18. تنتج الأغشية المخاط الذي يلتقط جزيئات الغبار الصغيرة. وتحرّك الأهداب المخاط وتطرد جزيئات الغبار من ممرّات الجهاز التنفّسي إلى الحلق حتى تُبتلع.

## تحقّق من مهاراتك

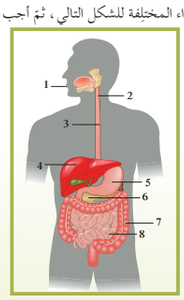
1. من المحتمل أنّه مصاب بخلل في إنتاج خلايا الدمّ.
2. يمكن أن يساعد تناول الأغذية الغنية بالكالسيوم على منع هشاشة العظام لأنّها تعوّض الكالسيوم الذي فقدته العظام، فهو ما يكسبها صلابتها.
3. تعمل الأقراص الغضروفية كوسائد تستند إليها فقرات العمود الفقري، وهي تحمي هذه الفقرات من التآكل.
4. قد تُشفى الأربطة المصابة بشكل أبطأ بكثير من أيّ نسيج آخر بسبب انخفاض كمّية الأكسجين والموادّ الغذائية المتوافرة فيها.
5. مرونة عضلات أسفل الظهر والأقدام يمكن أن تُقاس بنشاط الجلوس والوقوف، ونشاطات ضبط النفس مثل اليوجا التي تركّز على أنشطة الامتداد. ربما قد يوضّح مدّرس التربية الرياضية بعض تمرينات التسخين العضلي الموصى بها.
6. يتمّ التخلّص من زيادة الفيتامين (C) بإخراجها في البول، أمّا زيادة الفيتامين (A) فتُختزَن في الكبد أو على شكل دهون في الجسم. وقد تكون الجرعات العالية جدًّا من الفيتامينات التي تذوب في الدهون سامة للإنسان.
7. يمكن اقتراح أن ندع الشخصين يمضغان البسكويت حتى يشعرا بالمذاق الحلو، لأنّ النشويات تتحوّل إلى سكّريات عندما تُهضم. يُعتبَر المذاق الحلو إحدى الدلالات على بدء هضم النشا في الفم.
8. عندما يبدأ الخفاش بالأكل، يصبح البول مخففًا ويزداد معدّل تدفق البول (يتخلّص الخفاش من السوائل الزائدة). بعد ثلاث ساعات يكون البول مركزًا جدًّا ومعدّل تدفّقه عند الحدّ الأدنى (يحتفظ الخفاش بالماء حتى الوجبة التالية).
9. يمكن للأشخاص أن يبقوا على قيد الحياة بدون معدة إذا أُعطوا أغذية سبق هضمها. ومن جهة ثانية، لا يستطيع الأشخاص أنفسهم أن يبقوا على قيد الحياة بدون الأمعاء الدقيقة اللازم لامتصاص الموادّ الغذائية المهضومة.
10. **(أ)** الجهاز الهضمي للإنسان، الهضم والامتصاص.
**(ب)** جزء (1): مضغ الطعام (هضم ميكانيكي) وهضم النشويات كيميائيًّا.
جزء (2): بلع الطعام.
جزء (5): هضم الطعام ميكانيكيًّا وهضم البروتينات كيميائيًّا.
جزء (8): هضم كيميائي، امتصاص المواد الغذائية المهضومة.
**(جـ)** حركة دودية، دفع الطعام إلى المعدة.
**(د)** (1)، (4)، (5)، (6)، (8).
**(هـ)** (5)، الاثني عشر.
**(و)** (6).
**(ز)** رقم 4: إفراز العصارة الصفراء.
رقم 7: استخلاص الماء من الفضلات.
**(حـ)** الكربوهيدرات: 1، 6، 8؛ الدهون: 4، 6، 8؛ البروتينات: 5، 6، 8.
11. تركيز الأكسجين في الدمّ أقلّ من تركيزه في الهواء.
12. يجب أن تكون دقّات قلب المريض غير منتظمة (أسرع أو أبطأ من المعدّل الطبيعي).
13. **(أ)** يرتفع معدّل التنفّس بحدّة مع زيادة ثاني أكسيد الكربون.
**(ب)** يؤثّر تركيز الأكسجين، فقط عندما ينخفض جدًّا، في معدّل التنفّس.
**(جـ)** معدّل التنفّس أكثر حساسية تجاه محتوى ثاني أكسيد الكربون.



6. **تطبيق المفاهيم:** يتناول بعض الأشخاص كمّيات من الفيتامينات تتخطّى الحصص التي ينصح الأطبّاء بتناولها. فسّر لماذا يُعتبَر تناول كمّيات كبيرة من فيتامين A أخطر من تناول كمّيات كبيرة من فيتامين C.
7. **تصميم التجارب:** أخبرك صديقك أنّ هضم النشويات يبدأ في المعدة، لكّنك اقترحت أنّ هضم النشويات يبدأ في الفم. صمّم تجربة تُوضّح صحّة ما افترضت.
8. **تفسير الأشكال البيانية:** يتغذّى الخفّاش مصّاص الدماء ليلًا على دماء الثدييات كبيرة الحجم عندما تنام. ويُوضّح الشكل التالي كيف يتكيّف الجهاز الإخراجي للخفّاش للتناول الفجائي للسوائل الغنية بالبروتينات. ما الذي يحدث لتركيز وتدفّق البول عندما يبدأ الخفّاش في الأكل؟ صف تركيز وتدفّق البول بعد ثلاث ساعات من تناول طعامه.




9. **الاستنتاج:** يظلّ الأشخاص الذين أجروا عمليات جراحية لإزالة جزء من المعدة أو المعدة بأكملها على قيد الحياة، ويكملون حياتهم بطريقة طبيعية. هل تعتقد أنّ الأشخاص نفسهم يمكنهم أن يظلّوا على قيد الحياة بدون الأمعاء الدقيقة؟ فسّر إجابتك.
10. **توظيف الأشكال:** تعرّف الأجزاء المختلفة للشكل التالي، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه.



14. تطبيق المفاهيم: أ – الشعيرات الدموية.
ب – سرعة جريان الدمّ في الشريان الأورطي 50 cm/s، وفي الشعيرات نحو 0.1 cm/s وفي الوريد الأجوف نحو 35 cm/s.
جـ – يسمح الجريان البطيء للدمّ في الشعيرات الدموية بإجراء تبادل غازي بين الحويصلات الهوائية والدمّ أو بين الدمّ والخلايا.

15. تحليل البيانات: أ – زيادة حجم أحادي أكسيد الكربون في الدمّ من 0.28 إلى 2.20 (100/ml من الدم) تسبّب انخفاض حجم الأكسجين المحمول بالهيموجلوبين من 1.328 إلى 1.210 (g/ml من الهيموجلوبين).
ب – يمنع أحادي أكسيد الكربون اتحاد الأكسجين بالهيموجلوبين لتكوين الأكسهيموجلوبين. فعندما يتحد أحادي أكسيد الكربون والهيموجلوبين يتكوّن الكاربهيموجلوبين الذي لا يتفكك بسهولة.

## المشاريع

1. وتر أخيلس يقع على الجانب الظهري للكاحل (رسغ القدم). ترجع تسميته إلى أسطورة إغريقية تقول إنّ والدة أخيلس، (بطل إغريقي أسطوري) قامت بتغطيسه في مياه النهر بعد ولادته لتجعله منيعًا، وقد أمسكته من عقبه الذي لم يتبلّل. وبمساعدة أبوللو، قتله باريس في خلال حرب طروادة بسهم في كاحله. فإذا قيل أنّ لديك «عقب أخيلس» قُصِد بذلك بأنّ لديك نقطة ضعف.
2. تأكّد من أنّ الطلّاب استخدموا في الطبق الغذائي كلّ الموادّ الغذائية الضرورية للجسم.
3. ستختلف الإجابات بحسب المأكولات التي اختارها الطلّاب وكذلك بحسب المتجر الغذائي. يمكنك استكمال المشروع بأن تقترح ميزانية ما على الطلاب وتطلب إليهم توزيعها بحيث تؤمن للعائلة غذاء متوازنًا على مدى ثلاثة أيّام.
4. شجّع الطلّاب على إجراء الأبحاث على شبكة الإنترنت أو بالاستعانة بمراجع إذا توفّرت في مكتبة المدرسة.

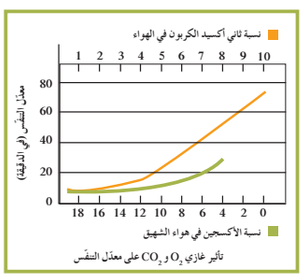


(أ) ما اسم الجهاز الموضّح في الشكل؟ وما وظائفه الأساسية؟
(ب) ما العمليات التي تحدث في أجزاء الشكل المرقّمة (1)، (2)، (5)، (8)؟
(جـ) ما نوع الحركات التي تتمّ في الجزء رقم (3)؟ وما فائدتها؟
(د) ما أرقام الأجزاء المفرزة؟
(هـ) يفرز أحد أجزاء الجهاز الموضّح حمضًا وأنزيمات. ما رقم هذا الجزء؟ وأين تتم معادلة هذا الحمض؟
(و) يفرز أحد أجزاء الجهاز الموضّح نوعين من الإفرازات، أحدهما أنزيميًّا والآخر هرمونيًّا. ما رقم هذا الجزء؟
(ز) ما وظيفة الجزئين (4) و(7)؟
(حـ) ما أرقام أجزاء الجهاز التي تُؤثّر إفرازاتها في الكربوهيدرات والدهون والبروتينات؟

11. **تنمية الفروض:** ينتج الجنين نوعًا من الهيموجلوبين قبل الولادة يرتبط بكمّية كبيرة من الأكسجين عند التركيزات المنخفضة من هذا الغاز عمّا يستطيعه الهيموجلوبين المنتج بعد الولادة. لماذا يختلف هيموجلوبين الجنين عن هيموجلوبين البالغ؟ **ملاحظة:** يحصل الجنين على الأكسجين من دم الأم وليس من الهواء.

12. **تنمية الفروض:** ما الأغراض التي تقود الطبيب إلى ضرورة تركيب منظّم ضربات القلب لدى المريض؟

13. **تفسير الرسم البياني:** يُوضّح الرسم البياني كيف يُؤثّر تركيز هواء الشهيق في معدّل التنفّس.

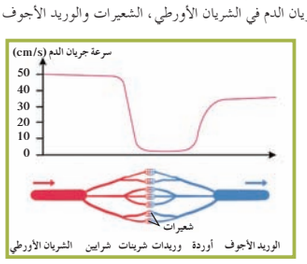



(أ) كيف يتغيّر معدّل التنفّس بحسب زيادة النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون في هواء الشهيق؟
(ب) ما هو التأثير على معدّل التنفّس عند نقص الأكسجين في هواء الشهيق؟
(جـ) حدّد بناء على الرسم البياني ما إذا كان معدّل التنفّس أكثر حساسية لمحتوى الأكسجين أو محتوى ثاني أكسيد الكربون في هواء الشهيق.





14. **تطبيق المفاهيم:** يُمثّل الشكل التالي سرعة جريان الدم في عدد من الأوعية الدموية ذات القطر المختلفة.
(أ) أيّ الأوعية لها القطر الأصغر؟
(ب) حدّد سرعة جريان الدم في الشريان الأورطي، الشعيرات والوريد الأجوف.




(جـ) استنتج الفائدة من انخفاض سرعة جريان الدم في الشعيرات الدموية.

15. **تحليل البيانات:** يُمثّل الجدول التالي حجم الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين وحجم أحادي أكسيد الكربون في الدم عند كلّ من المدخّنين وغير المدخّنين.

| | حجم الأكسجين g/ml هيموجلوبين | حجم أحادي أكسيد الكربون 100/ml من الدم |
|---|---|---|
| غير المدخّنين | 1.328 | 0.28 |
| المدخّنين | 1.210 | 2.20 |

علمًا أنّ أحادي أكسيد الكربون هو أحد مكوّنات دخان السجائر.
(أ) ما هو تأثير زيادة أحادي أكسيد الكربون على حجم الأكسجين الذي يحمله الهيموجلوبين؟
(ب) صغ فرضية تبيّن سبب هذا التأثير.

### المشاريع

1. **علم الأحياء وآداب اللغة:** حدّد موضع وتر أخيلس في الجسم. لماذا سُمّي بهذا الاسم؟ ما العلاقة بين وتر أخيلس وعبارة «عقب أخيلس»؟
2. **علم الأحياء والفن:** صمّم الطبق الغذائي الخاصّ بك كالموضّح في الفصل الثاني. إستخدم الموادّ الغذائية التي يحتاج إليها جسمك كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون والفيتامينات والأملاح المعدنية كفئات في تصميمك.
3. **علم الأحياء والرياضيات:** ضَع قائمة مأكولات لأسرة من أربعة أفراد لثلاثة أيّام، يتوفّر فيها غذاء متوازن. ضَع قائمة تضمّ جميع الأصناف وقدّر تكاليفها. قارن التكاليف التي قدّرتها مع أسعار المتجر الغذائي.
4. **علم الأحياء والتاريخ:** تشريح جسم الإنسان يتمّ عن طريق تشريح بقايا جسم الإنسان. ابحث تاريخ الدراسات التشريحية بدءًا من القرن السابع عشر.

## نشاط 1 ملاحظة العظام والعضلات

### صياغة الفرضيات

تتحرّك العظام بسبب تغيُّر طول العضلات المثبَّتة بها من خلال انقباضها وانبساطها.

### الملاحظة وتسجيل البيانات

1. 27 عظمة (5 أمشاط + 14 سلامية في الأصابع + 8 في الرسغ)
2. ثلاث عظام (عظمة واحدة في العضد + عظمتان في الساعد (الكعبرة والزند))
3. انقبضت عضلات الذراع القابضة (العضد والساعد)، وقصرت في الطول في حين انبسطت العضلات الباسطة.
4. انقبضت عضلات الذراع (العضد والساعد) الباسطة في حين انبسطت العضلات القابضة.

### الاستنتاج والتفسير

1. تحرّك العظام يعود إلى تغيّر شكل عضلات الذراع وطولها.
2. نعم
3. إنّك قادر على تحريك عظامك بسبب انقباض العضلات القابضة المثبَّتة بتلك العظام وانبساط العضلة الباسطة.

## نشاط 2 لماذا تدخل العناصر المعدنية في تركيب العظام؟

### التوقع

ستفقد العظام صلابتها.

### الملاحظة وتسجيل البيانات

1. العظمة صلبة ومحدودة المرونة.
2. سوف تختلف الإجابات
3. نعم، فقد قلّ وزن العظمة تدريجيًّا كما ازدادت مرونتها تدريجيًّا.

### التحليل، التفسير والاستنتاج

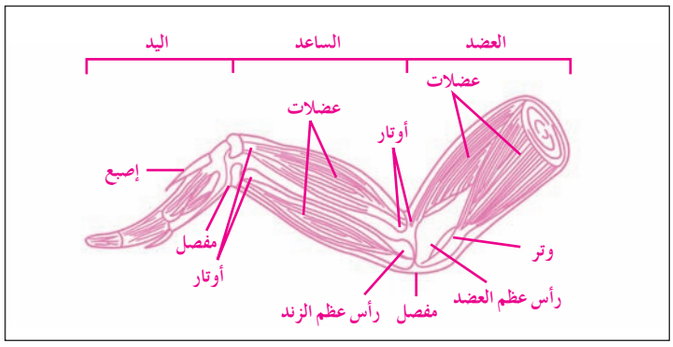
1. نقص وزن العظمة. فقد أذاب الخلّ العناصر المعدنية الداخلة في تركيب العظمة، ما أدّى إلى فقدانها لهذه العناصر، فنقص وزنها.
2. ازدادت مرونة العظمة بسبب فقدانها العناصر المعدنية (أي فقدانها صلابتها)، وأصبحت سهلة الانثناء.
3. إكساب العظام الصلابة والقوّة

# نشاط 3 تشريح جناح دجاجة

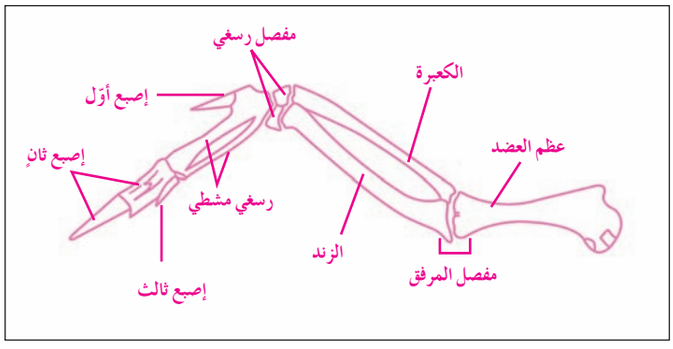
## صياغة الفرضيات

يشبه تركيب جناح الدجاجة ووظيفته أحد أعضاء جسم الإنسان، وهو الذراع.

## الملاحظة وتسجيل البيانات والتصنيف

1. سوف تتنوّع ملاحظات الطلّاب.
2. 


شكل تخطيطي للجناح بعد إزالة الجلد

3. يتحرّك الجناح ويختلف اتّجاه حركته بحسب العضلة التي تمّ شدّها.
4. الأوتار تراكيب شريطية الشكل تثبّت العضلات على العظام.
5. 


شكل تخطيطي للجناح بعد إزالة العضلات

## تحليل البيانات ، المقارنة والمباينة

1. الذراع
2.

| | جناح الدجاج | ذراع الإنسان |
|---|---|---|
| العضد | عظمة واحدة | عظمة واحدة |
| الساعد | عظمتان: الزند والكعبرة | عظمتان: الزند والكعبرة |
| اليد | مفصل الرسغ: عظمتان<br>المشط: عظمتان،<br>3 أصابع | مفصل الرسغ: 8 عظام<br>المشط: 5 عظام،<br>5 أصابع |

## الاستنتاج

1. يجب أن يلاحظ الطلّاب أنّ كتف الإنسان لها مقدرة أكبر على الحركة الدورانيّة بالمقارنة مع جناح الدجاجة.

## تصميم التجارب

سوف تتنوّع النماذج التي سيعدّها الطلّاب.

## نشاط 4 محاكاة وظيفة العصارة الصفراء

### التوقع

لأنّ الزيت مادّة دهنية تقوم عصارة الصفراء بهضمها داخل الجسم.

### الملاحظة وتسجيل البيانات

1. انفصل الزيت وكوّن طبقة طافية على سطح الماء (أي لم يختلط بالماء).
2. تفتّت طبقة الزيت الكبيرة إلى قطيرات صغيرة.

### تحليل البيانات ، المضاهاة والاستنتاج

1. يضاهي الزيت الموادّ الدهنية التي تفتّتها العصارة الصفراء.
   يضاهي منظِّف الأطباق السائل العصارة الصفراء.
2. كلاهما يفتّت كريات الدهون الكبيرة إلى قطيرات صغيرة.
3. لا
4. الفائدة من تفتيت الدهون إلى قطيرات صغيرة، بواسطة العصارة الصفراء، هي أنّه يسمح للإنزيمات المختصَّة بهضم الدهون بأداء عملها بكفاءة. وظيفة العصارة الصفراء هي المساعدة على تفتيت الدهون وليس هضمها.

## نشاط 5 كيف تعمل الحركة الدودية؟

### الملاحظة ، المضاهاة وتسجيل البيانات

1. حركات ضاغطة أو عاصرة
2. تضاهي الكرة البلعة الغذائية ويضاهي الأنبوب المريء.

### تحليل البيانات

1. حركات متتالية
2. لا ، استمرّت الحركات الضاغطة أو العاصرة.
3. العضلة الدائرية في نهاية المريء

## نشاط 6 كيف تقرأ ملصقًا غذائيًّا؟

### الملاحظة وتسجيل البيانات

1. حجم الحصة عبارة عن 240 mL.
2. الدهون الكلّية: 5g، الدهون المشبّعة 3g، الكوليسترول 20g، الصوديوم: 130g، الكربوهيدرات الكلّية: 12g والبروتينات 8g
3. الدهون الكلّية: 8%، الدهون المشبّعة 15%، الكوليسترول 7%، الصوديوم 5%، الكربوهيدرات الكلّية 4%، فيتامين A: 15%، فيتامين C: 4%، كالسيوم 30%، حديد 0%، فيتامين D: 4%
4. تحتوي الحصّة الواحدة على 130 سعر حراري، و45 سعر حراري منها مصدرها الدهون.

### الحساب وتحليل البيانات

1. قدّرت على أساس تناول كمّية من الغذاء تحتوي على 2000 سعر حراري.
2. النسبة المئوية للطاقة التي تُستخرَج من الدهون الموجودة في حصّة واحدة من الحليب هي $\frac{45}{130} \times 100 = 34.6\,\%$.
3. من حصّة واحدة من الحليب نحصل على 45 سعرًا حراريًّا من الدهون، تشكّل $\frac{45}{2000} \times 100 = 2.25\,\%$ من السعر الحرارية الكلّية اليومية، وكمّية الدهون التي ينصح بتناولها يوميًّا يجب أن تكون أقلّ من 30 % من السعر الحرارية الكلّية، ولا تتعدّى 65 جرامًا. لذلك، يكون ما تتناوله في حصّة من الحليب متوافقًا مع مقاييس علماء التغذية.

## نشاط 7 تشريح كلية خروف

### الملاحظة والرسم العلمي

1. شكل الكلية يشبه شكل حبّة الفاصولياء، ذات جهة محدّبة وجهة مقعّرة. لونها أحمر مائل للبنّي.
2. لا نجد أيّ فتات من نسيج الكلية، نظرًا لوجود غلاف ضامّ يغلّفها ويحميها.
3. فتات صغيرة من نسيج الكلية

### الملاحظة، تسجيل البيانات والرسم العلمي

1. منطقة خشنة نظرًا لوجود الكبيبة ومحفظة بومان. لون المنطقة بنّي.
2. المنطقة النخاعّية حمراء اللون، وهي مخطّطة إذ تحتوي على مجموعات أنابيب صغيرة بشكل هرمي تُسمّى أهرام ملبيجي.
3. الحوض، وهو كيس أبيض اللون معدّ لجمع البول قبل أن ينساب في الحالب.
4. رسم تراكيب الكلية.

### الملاحظة وتسجيل البيانات

1. منطقة غنية بتجّمعات حبيبات صغيرة حمراء تفصل بينها أنابيب صغيرة.
2. مجموعة من الأنابيب الداخلية (الأنابيب البولية)، وهي أكبر حجمًا من تلك الموجودة في منطقة القشرة.

## نشاط 8 تركيب الجهاز التنفسي

**الملاحظة . المقارنة . تسجيل البيانات والرسم العلمي**

1. على شكل حرف C
2. تتفرّع القصبة الهوائية إلى فرعين يُعرفان بالشعبتين.
3. الحلقات الغضروفية للقصبة الهوائية غير مكتملة الاستدارة فهي تبقى مفتوحة من الجهة الخلفية للقصبة أمّا في الشعبتين فهي كاملة الاستدارة وتشكّل حلقة حول الشعبتين.
4. للرئة ملمس إسفنجي لزج وليّن (مرن) ولونها زهري.
5. الرئة اليمنى أكبر حجمًا من الرئة اليسرى ولها ثلاثة فصوص أمّا الرئة اليسرى فلها فصّين.
6. يحيط الغشاء الجنبي (البلورا) بالرئتين وهو مكوّن من طبقتين، طبقة داخلية ملتصقة بنسيج الرئة وطبقة خارجية ملتصقة بالجانب الداخلي للقفص الصدري ويوجد بين الطبقتين السائل الغشائي الجنبي.
7. رسم الرئتين القصبية الهوائية.
8. كلا.
9. عدد كبير من الحويصلات الهوائية.
10. رسم الحويصلة الهوائية.
11. تطفو قطعة الرئة على وجه الماء وعند الضغط عليها خرج منها فقاعات من الهواء.

**تحليل البيانات والاستنتاج**

1. تحول الحلقات الغضروفية دون التصاق الممرّات الهوائية ببعضها بعضًا وتبقيها مفتوحة لتسمح بمرور الهواء في خلالها.
2. وفرة الشعيرات الدموية على جدار الحويصلات الهوائية في الرئتين. وهي تحمل الدمّ الذي يعمل على تبادل الغازات ($O_2$ و$CO_2$) مع الهواء داخل الحويصلات الهوائية.
3. الرئة اليسرى أصغر من الرئة اليمنى لأنّ القلب يحتلّ حيّزًا تحتها.
4. هذا العدد يعطي مساحة أكبر لتبادل الغازات بين الدمّ والهواء في الحويصلات الهوائية.
5. تحتوي الحويصلات الهوائية والشعيبات على الهواء.

## نشاط 9 قياس السعة الرئوية

**الحساب، تحليل البيانات، المقارنة**

1. ستتنوّع الإجابات، لكنّ متوسّط الحجم الجاري للفرد يساوي 500 mL؛ ومتوسّط السعة الحيوية يساوي 4500 mL – 5000mL.
2. ستتنوّع الإجابات، لكنّ السعة الرئوية الكلّية ستكون أكبر من السعة الحيوية. (السعة الرئوية الكلّية = السعة الحيوية + الحجم المتبقّي)

**الاستنتاج**

1. الحجم الجاري هو الهواء الذي يخرج من الرئتين أثناء التنفّس العادي (شهيق وزفير عاديان). أمّا السعة الحيوية، فهي حجم الهواء الخارج من الرئتين بأعمق شهيق وزفير ممكنين.

# نشاط 10 فحص تأثير التمارين الرياضية على معدّل نبضات القلب

## القياس وتسجيل البيانات

| حالة القلب | الشريان | معدّل نبضات قلبك | معدّل نبضات قلب أحد زملائك |
|---|---|---|---|
| خلال الراحة | شريان اليد | ستختلف الإجابات لكن يجب أن تكون بمعدّل 60 إلى 80 نبضة في الدقيقة. | |
| | الشريان السباتي | | |
| خلال القيام بالمجهود | شريان اليد | ستختلف الإجابات لكن يجب أن تكون بمعدّل 120 إلى 175 نبضة في الدقيقة. | |
| | الشريان السباتي | | |

**الجدول (1): معدّل نبضات القلب خلال الراحة وخلال القيام بالمجهود.**

## المقارنة ، تحليل البيانات والرسم البياني

1. إزداد معدّل نبضات القلب بعد القيام بالمجهود البدني.
2. رسم بياني يوضّح النتائج التي توصّل إليها الطلّاب
3. ستتنوّع الإجابات، لكن يجب أن يكون معدّل نبضات القلب بين 60 و80 نبضة في الدقيقة أثناء الرّاحة، وبين 120 و175 نبضة في الدقيقة بعد أداء المجهود.
4. بين 70 و75 نبضة في الدقيقة
5. قد تتنوّع الإجابات، لكنّ الزيادة في معدّل نبضات القلب معناه أنّ الدم تتمّ أكسجنته بمعدّل أسرع لكي يستخدم هذا الأكسجين لتوليد الطاقة بمعدّل أكبر لتستخدمه خلايا الجسم.

# نشاط 11 تشريح القلب

**الملاحظة ، تسجيل البيانات ، المقارنة والرسم العلمي**

**أ– دراسة الشكل الخارجي للقلب**

1. شكل القلب مثلّث مع جهة بطنية محدّبة أكثر من الجهة المواجهة للظهر .
2. تغذية خلايا عضلة القلب بالمغذّيات والأكسجين
3. ستّة أوردة: الوريد الأجوف العلوي، الوريد الأجوف السفلي ، الأوردة الرئوية الأربعة . الوريدان الأجوفان العلوي والسفلي هما الوريدان اللذان يسمحان للمسبار بالوصول إلى الأذين الأيمن. الأوردة الرئوية هي التي تسمح للمسبار بالوصول إلى الأذين الأيسر .
4. الشريان الأورطي هو الذي يسمح للمسبار بالوصول إلى البطين الأيسر ، في حين أنّ الشريان الرئوي يسمح للمسبار بالوصول إلى البطين الأيمن.
5. جدار الشريان الأورطي أسمك وأكثر مرونة وتجويفه أوسع من الوريد الأجوف العلوي.
6. جدار الشريان أكثر سماكة من الوريد وتجويفه أوسع.
7. رسم لمقطع عرضي للشريان والوريد.
8. 1. الشريان الأورطي
   2. الشريان الرئوي الأيمن
   3. وريد أجوف علوي
   4. أوردة رئوية يمنى
   5. أذين أيمن
   6. وريد أجوف سفلي
   7. بطين أيمن
   8. بطين أيسر
   9. أذين أيسر
   10. أوردة رئوية يسرى
   11. الشريان الرئوي الأيسر

**ب – دراسة التركيب الداخلي للقلب**

1. تجويف البطين الأيمن أكبر من تجويف الأذين الأيمن. يقع الصمّام ثلاثي الشرف بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن. يعمل هذا الصمّام كبوّابة لعبور الدمّ من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن عند انقباض الأذينين، ويمنع عودة الدمّ من البطين الأيمن إلى الأذين الأيمن عندما ينقبض البطينان.
2. تجويف البطين الأيسر أكبر من تجويف الأذين الأيسر . يقع الصمّام التاجي بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر .
   يعمل هذا الصمّام كبوابة لعبور الدمّ من الأذين الأيسر إلى البطين الأيسر عند انقباض الأذينين، ويمنع عودة الدمّ من البطين الأيسر إلى الأذين الأيسر عندما ينقبض البطينان.
3. الصمّام الأورطي بين البطين الأيسر والشريان الأورطي، والصمّام الرئوي بين البطين الأيمن والشريان الرئوي.
   هما يمنعان عودة الدمّ إلى القلب عند انبساط العضلة القلبية.
4. تتحكّم الأربطة بمقدار فتح أو إغلاق الصمّامات، إذ تمنع فتح الصمّامين ثلاثي الشرف والتاجي أثناء انقباض البطينين، ما يمنع ارتداد الدمّ إلى الاذينين.
5. رسم لمقطع طولي للقلب.

# ملاحظات

تطرح سلسلة العلوم مضمونًا تربويًا منوَّعًا يتناسب مع جميع مستويات التعلُّم لدى الطلاّب.

يوفّر كتاب العلوم الكثير من فرص التعليم والتعلُّم العلمي والتجارب المعمليّة والأنشطة التي تعزز محتوى الكتاب.

يتضمّن هذا الكتاب أيضًا نماذج الإختبارات لتقييم استيعاب الطلاّب والتأكد من تحقيقهم للأهداف واعدادهم للاختبارات الدولية.

تتكوّن السلسلة من:

- كتاب الطالب
- كتاب المعلّم
- كرّاسة التطبيقات
- كرّاسة التطبيقات مع الإجابات

الصف الحادي عشر 11

# كتاب المعلّم

## الجزء الثاني

ISBN 978-614-406-590-7

PEARSON
Scott Foresman

مركز البحوث التربوية

الأحياء