وزارة التربية

كويت جديدة
NEWKUWAIT

الأحياء ١١

الصف الحادي عشر

الجزء الثاني

كتاب الطالب

المرحلة الثانوية

الطبعة الثانية

وزارة التربية

الأحياء

كتاب الطالب

الصفّ الحادي عشر ١١

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

١٤٤٣ هـ

٢٠٢١ - ٢٠٢٢ م

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

إدارة تطوير المناهج

الطبعة الأولى ٢٠١٣ - ٢٠١٤ م
الطبعة الثانية ٢٠١٥ - ٢٠١٦ م
٢٠١٧ - ٢٠١٨ م
٢٠١٩ - ٢٠٢٠ م
٢٠٢٠ - ٢٠٢١ م
٢٠٢١ - ٢٠٢٢ 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** ٢٠١٣

الكتاب كاملًا

شاركنا بتقييم مناهجنا

شركة مطابع المجموعة الدولية

أودع بمكتبة الوزارة تحت رقم (٣٣) بتاريخ ٦ / ٤ / ٢٠١٥م

حضرة صاحب السمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح
أمير دولة الكويت

H.H. Sheikh Nawaf AL-Ahmad Al-Jaber Al-Sabah
The Amir Of The State Of Kuwait

سمو الشيخ مشعل الأحمد الجابر الصباح
ولي عهد دولة الكويت
H.H. Sheikh Meshal AL-Ahmad Al-Jaber Al-Sabah
The Crown Prince Of The State Of Kuwait

مقدمـــة

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

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

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

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

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

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

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأوّل

الوَحدة الأولى: علم النبات

الوَحدة الثانية: علم الوراثة

الجزء الثاني

الوَحدة الثالثة: أجهزة جسم الإنسان

محتويات الجزء الثاني

الوحدة الثالثة: أجهزة جسم الإنسان	**12**
الفصل الأوّل: الجهازان العظمي والعضلي	**13**
الدرس 1 – 1: أجهزة الجسم	14
الدرس 1 – 2: الهيكل العظمي للإنسان	20
الدرس 1 – 3: عضلات الإنسان	28
الدرس 1 – 4: غطاء الجسم	39
الفصل الثاني: الجهازان الهضمي والإخراجي	**46**
الدرس 2 – 1: الهضم	47
الدرس 2 – 2: الجهاز الهضمي للإنسان	57
الدرس 2 – 3: صحّة الجهاز الهضمي	65
الدرس 2 – 4: الجهاز الإخراجي للإنسان	70

الفصل الثالث: الجهازان التنفّسي والدوري	77
الدرس 3 – 1: التنفّس الخلوي	78
الدرس 3 – 2: الجهاز التنفّسي للإنسان	88
الدرس 3 – 3: صحّة الجهاز التنفّسي	96
الدرس 3 – 4: الجهاز الدوري للإنسان	101
الدرس 3 – 5: صحّة الجهاز الدوري	109
مراجعة الوَحدة الثالثة	113

الوَحدة الثالثة

أجهزة جسم الإنسان
Human Body Systems

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. تصوَّر 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، تحسَّس العظام في اليد الأخرى، وحاول أن تحدِّد عددها، ثم تحسَّس العظام في معصمك وذراعك. برأيك، كم عدد العظام الموجودة في ذراعك؟
2. حرِّك أصابعك وذراعيك ببطء، وتحسَّس ما تقوم به عضلاتك. قم بثني ذراعك عند المرفق وأحكم قبضة يدك. ما الذي يحدث لعضلاتك؟

تستطيع أن تحرِّك عظامك بسبب انقباض العضلات المثبَّتة 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

* يعدِّد أجهزة جسم الإنسان.
* يعدِّد أجزاء الجهاز الهيكلي.
* يحدِّد وظائف الجهاز الهيكلي.
* يحدِّد الأنواع الثلاثة من عضلات الإنسان وكيفية عملها.
* يشرح وظائف الجهاز الغطائي ويبيِّن أهميته.
* يفسِّر 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

الفصل الأوّل

الجهازان العظمي والعضلي
Skeletal and Muscular Systems

يتشارك كلّ من رواد الفضاء السابحين في الفضاء الخارجي والمرضى الراقدين على الأسّرة 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 يُمكِن 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 .

دروس الفصل

الدرس الأوّل
* أجهزة الجسم

الدرس الثاني
* الهيكل العظمي للإنسان

الدرس الثالث
* عضلات الإنسان

الدرس الرابع
* غطاء الجسم

الدرس 1-1

أجهزة الجسم
Body Systems

الأهداف العامة

* يصنِّف المستويات التنظيمية في جسم الإنسان .
* يميِّز بين أجهزة جسم الإنسان .

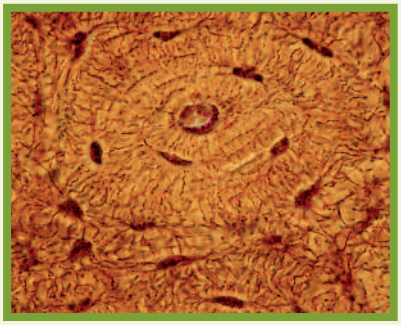
(شكل 1)

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

1. مستويات التنظيم Levels of Organization

أنت شخص واحد ، أي كائن واحد ، لكنّ جسمك يتكوَّن من مليارات الخلايا المفردة . وعلى الرغم من أنّ كلّ خليّة تؤدّي وظائف الحياة الأساسية ، مثل استخدام الطاقة وإخراج الفضلات ، إلّا أنّها تشكِّل جزءًا صغيرًا من تركيب منظَّم للغاية هو جسمك . مجموعات الخلايا المتشابهة في التركيب والوظيفة تسمّى الأنسجة . **وترتبط الخلايا المكوِّنة للنسيج بعضها ببعض بواسطة مادّة غير حية تُعرَف 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 .

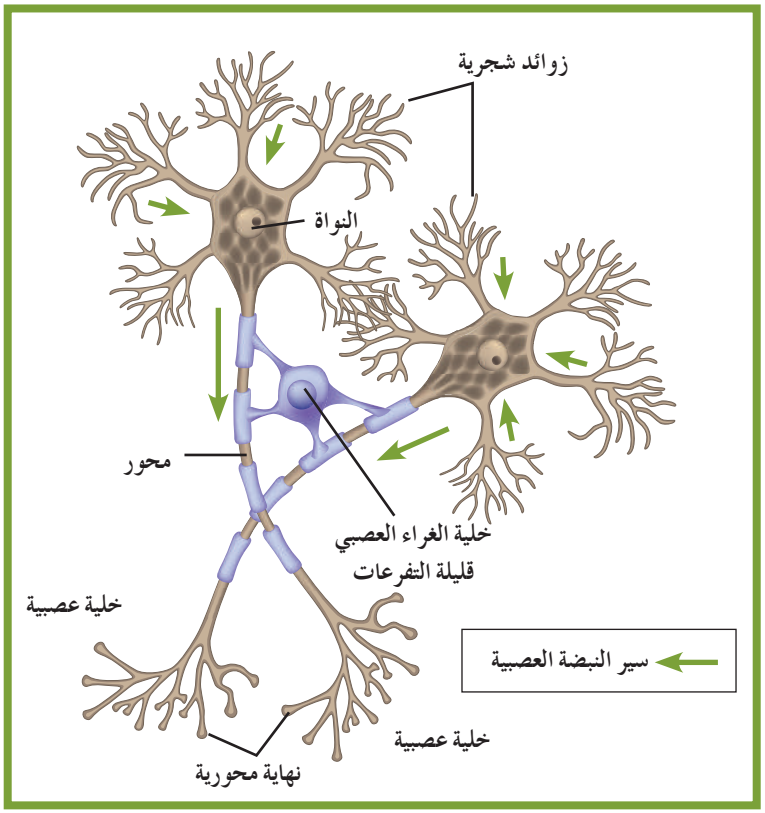


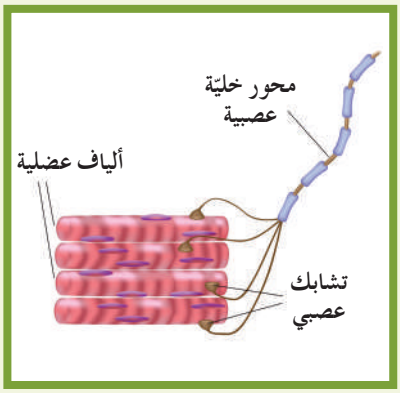
(شكل 2)
نسيج ضام هيكلي (عظم)

أمّا النسيج العضلي (شكل 3) فيتكوَّن 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 يُمكِّنك مثلًا من التنفّس والتكلّم وتحريك ذراعيك وساقيك. ويحتوي العديد من الأعضاء الداخلية، كالقلب والمعدة، على النسيج العضلي.

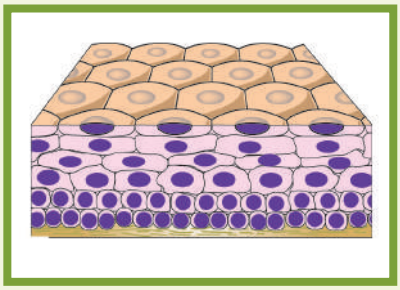
يغطّي النسيج الطلائي سطح الجسم والأعضاء، ويُعتبَر الجلد (شكل 4) أحد الأعضاء التي تحتوي على النسيج الطلائي. في داخل الجسم، يبطِّن النسيج الطلائي الأعضاء الجوفاء مثل المعدة والأمعاء والأوعية الدموية. تُكوِّن بعض الأنواع من النسيج الطلائي الغدد، وهي التراكيب التي تفرز الهرمونات في الجسم، ومنها الغدد المخاطية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

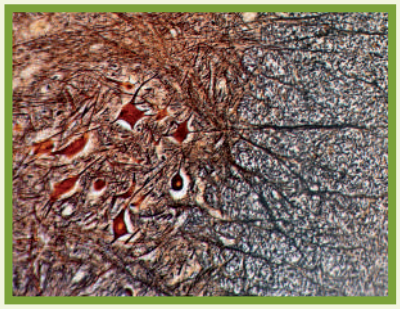




(شكل 3)
النسيج العضلي



(شكل 4)
نسيج طلائي في الجلد

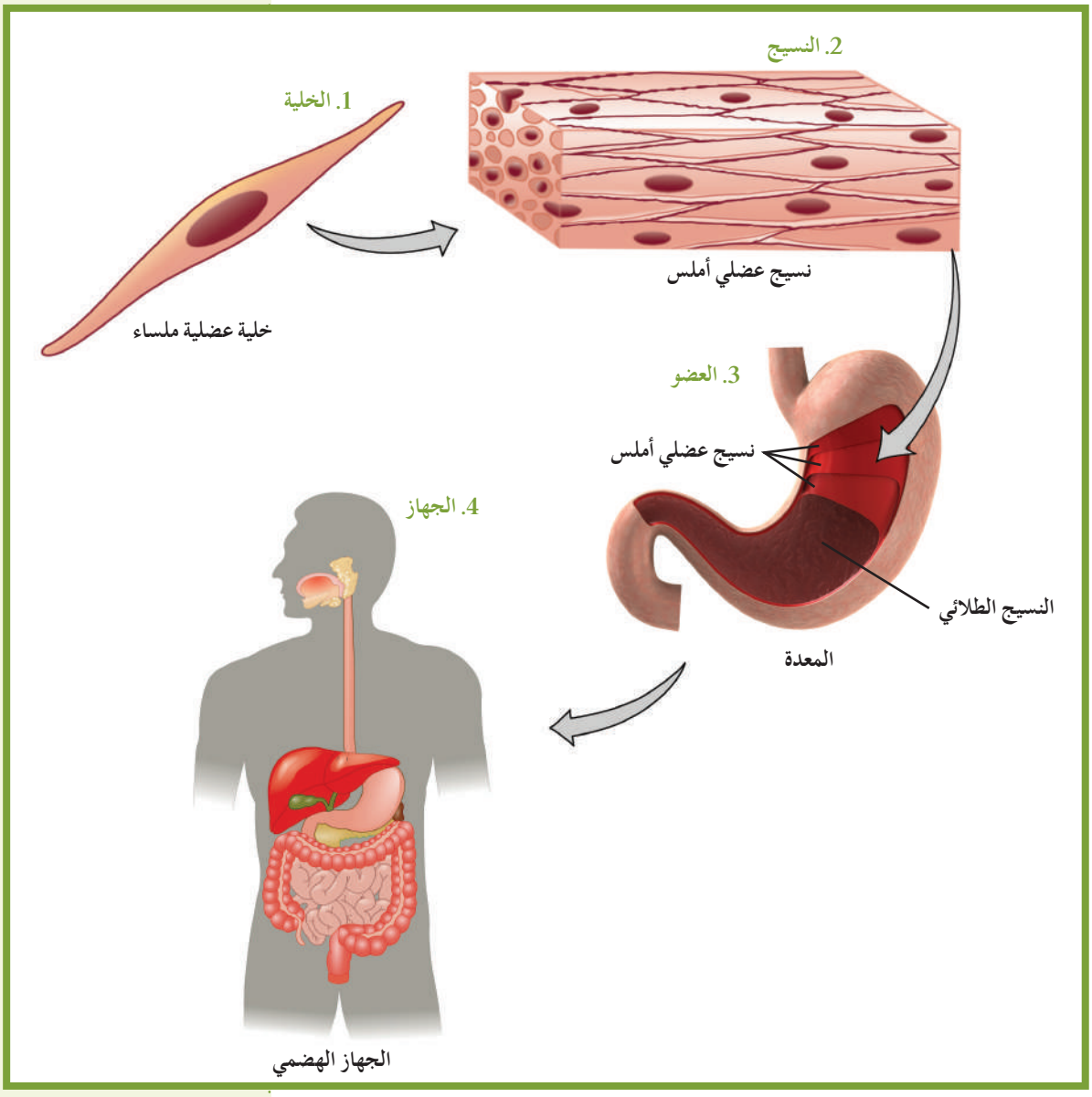


(شكل 5 – أ)
النسيج العصبي

(شكل 5 – ب)
الخلية العصبية وخلية الغراء العصبي

النسيج العصبي هو المكوّن الرئيسي للجهاز العصبي ويتكون 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. **وتُعرَف 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)
تُشكِّل المعدة أحد أعضاء الجهاز الهضمي لدى الإنسان. ما هي الأنواع الأربعة من الأنسجة التي تُكوّن المعدة؟

2. القواعد الأساسية لتركيب الجسم
Basic Body Plan

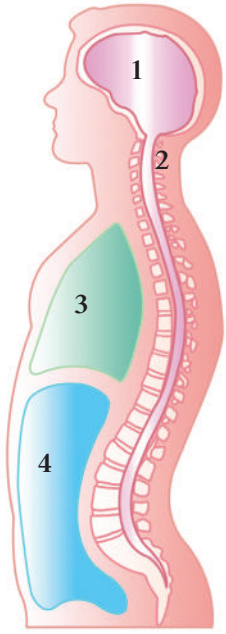
إذا نظرت إلى جسمك في المرآة، ستدرك أنّ النصفين الأيمن والأيسر لجسمك متماثلان تماثلًا جانبيًّا. يوجد هذا النوع من التماثل لدى الحيوانات الفقارية وبعض الحيوانات اللافقارية. وعلى الرغم من أنّ نصفي جسمك عبارة عن صورتين متشابهتين في المرآة، إلّا أنّهما غير متماثلين تمامًا، ويمكنك أن ترى بعض الاختلافات عبر 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.



التجويف الظهري (التجويف الدماغي والتجويف الشوكي)

التجويف البطني العلوي (تجويف الصدر)

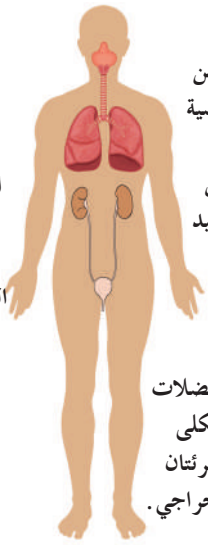
التجويف البطني السفلي (تجويف البطن)

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.

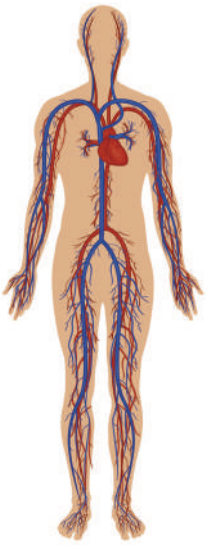
الجهاز التنفّسي

يتكوّن الجهاز التنفّسي من شبكة من الممرّات التنفّسية والرئتين. تأخذ هذه الأعضاء الأكسجين من الهواء وتُخرِج ثاني أكسيد الكربون من الجسم.



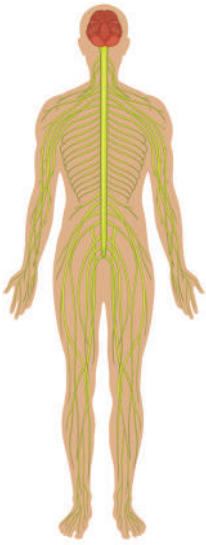
الجهاز الدوري

ينقل الجهاز الدوري الموادّ الأساسية مثل الأكسجين والموادّ الغذائية إلى جميع خلايا الجسم، ويزيل منها الفضلات. يتضمّن هذا الجهاز القلب وشبكة من الأوعية الدموية والدم.



الجهاز العصبي

يكشف الجهاز العصبي عن التغيّرات في البيئة الداخلية والخارجية للجسم، ويرسل الإشارات (النبضات) العصبية لأعضاء الاستجابة التي تستجيب لهذه التغيّرات. وهو يتضمّن الدماغ والحبل الشوكي والأعصاب التي تنقل المعلومات إلى جميع أجزاء الجسم.

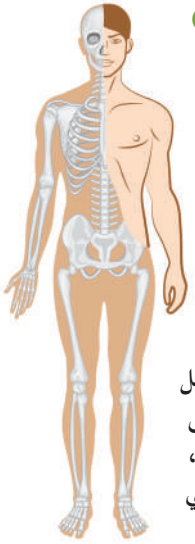


الجهاز الإخراجي

يزيل الجهاز الإخراجي الفضلات من الجسم، ويشمل الكلى والمثانة. يُعتبَر الجلد والرئتان أحيانًا جزءًا من الجهاز الإخراجي.

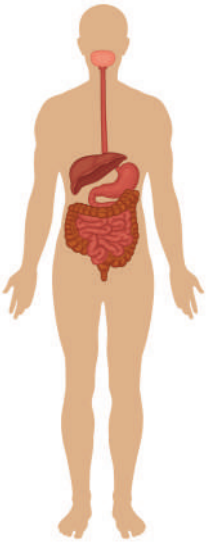
الجهاز الغطائي (الجلدي)

يشمل الجهاز الغطائي الجلد والشعر والأظافر والغدد الموجودة في الجلد. يكوّن هذا الجهاز طبقة واقية تعزل الجسم عن البيئة الخارجية.



الجهاز الهضمي

يتلقّى الجهاز الهضمي الطعام يهضمه ويمتصّ منه الموادّ الغذائية. يتكوّن من الفم والبلعوم والمريء والمعدة والأمعاء والكبد والحويصلة الصفراوية والبنكرياس.



الجهاز العضلي

عندما تعمل العضلات مع العظام فإنّها تحرّك أجزاء الجسم، بما فيها اليدين والأصابع والساقين والعنق والرأس. وتحرّك العضلات الموجودة في الأعضاء الداخلية الموادّ داخلها.

الجهاز العظمي

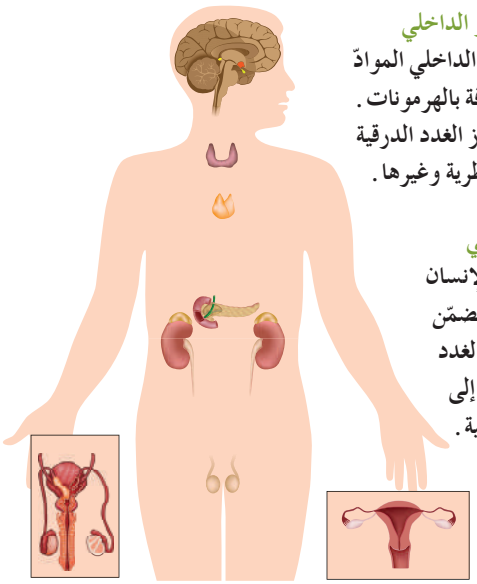
يتألّف من العظام والمفاصل والغضاريف. يساعد على الحركة، يخزّن المعادن، يصنّع خلايا الدم، ويحمي الأعضاء الداخلية.

جهاز الإفراز الداخلي

يفرز جهاز الإفراز الداخلي الموادّ الكيميائية المعروفة بالهرمونات. يتضمّن هذا الجهاز الغدد الدرقية والنخامية والكظرية وغيرها.

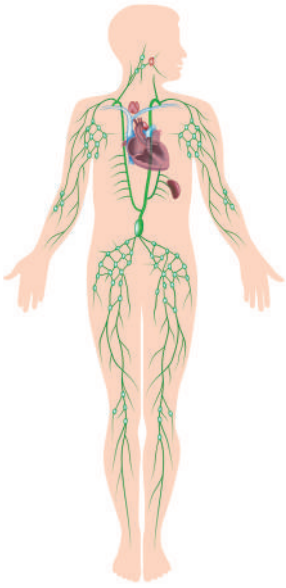
الجهاز التناسلي

يُمكّن هذا الجهاز الإنسان من إنتاج النسل. يتضمّن هذا الجهاز بعض الغدد الصمّاء بالإضافة إلى الأعضاء التناسلية.



الجهاز اللمفاوي

يقوم الجهاز اللمفاوي بإرجاع السوائل من الفراغات الموجودة بين خلايا الجسم إلى الجهاز الدوري. وهو يرشح سوائل الجسم أيضًا من البكتيريا والجسيمات الضارّة ويتخلّص منها. يتكوّن هذا الجهاز من شبكة من الأوعية والعقد اللمفاوية، بالإضافة إلى بعض الأعضاء مثل الطحال واللوزتين والزائدة الدودية.



الجهاز المناعي

يدافع الجهاز المناعي عن الجسم ضدّ الإصابة بالعوامل الممرضة. يتكوّن هذا الجهاز من نخاع العظام وخلايا الدم البيضاء وبعض الأعضاء مثل العقد اللمفاوية والغدة الصعترية.

شكل (8)

أجهزة جسم الإنسان

قارن بين أحجام الأجهزة المختلفة ومواضعها.

مراجعة الدرس 1-1

1. صف ثلاثة مستويات للتنظيم في جسم الإنسان .
2. عدِّد 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 .

الدرس 1-2

الهيكل العظمي للإنسان
Human Skeleton

الأهداف العامة

* يحدِّد أجزاء الجهاز الهيكلي للإنسان .
* يحلِّل تركيب العظام .
* يعدِّد وظائف الجهاز الهيكلي .
* يحدِّد الأنواع المختلِفة من المفاصل .
* يوضِّح كيفية الاعتناء بالجهاز الهيكلي .

(شكل 9)

قال الله تعالى:

﴿ وَلَقَدْ خَلَقْنَا ٱلْإِنسَـٰنَ مِن سُلَـٰلَةٍ مِّن طِينٍ ﴿١٢﴾ ﴿ ثُمَّ جَعَلْنَـٰهُ نُطْفَةً فِى قَرَارٍ مَّكِينٍ ﴿١٣﴾ ﴿ ثُمَّ خَلَقْنَا ٱلنُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا ٱلْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا ٱلْمُضْغَةَ عِظَـٰمًا فَكَسَوْنَا ٱلْعِظَـٰمَ لَحْمًا ثُمَّ أَنشَأْنَـٰهُ خَلْقًا ءَاخَرَ ۚ فَتَبَارَكَ ٱللَّهُ أَحْسَنُ ٱلْخَـٰلِقِينَ ﴿١٤﴾ ﴾

[المؤمنون:١٢-١٤]

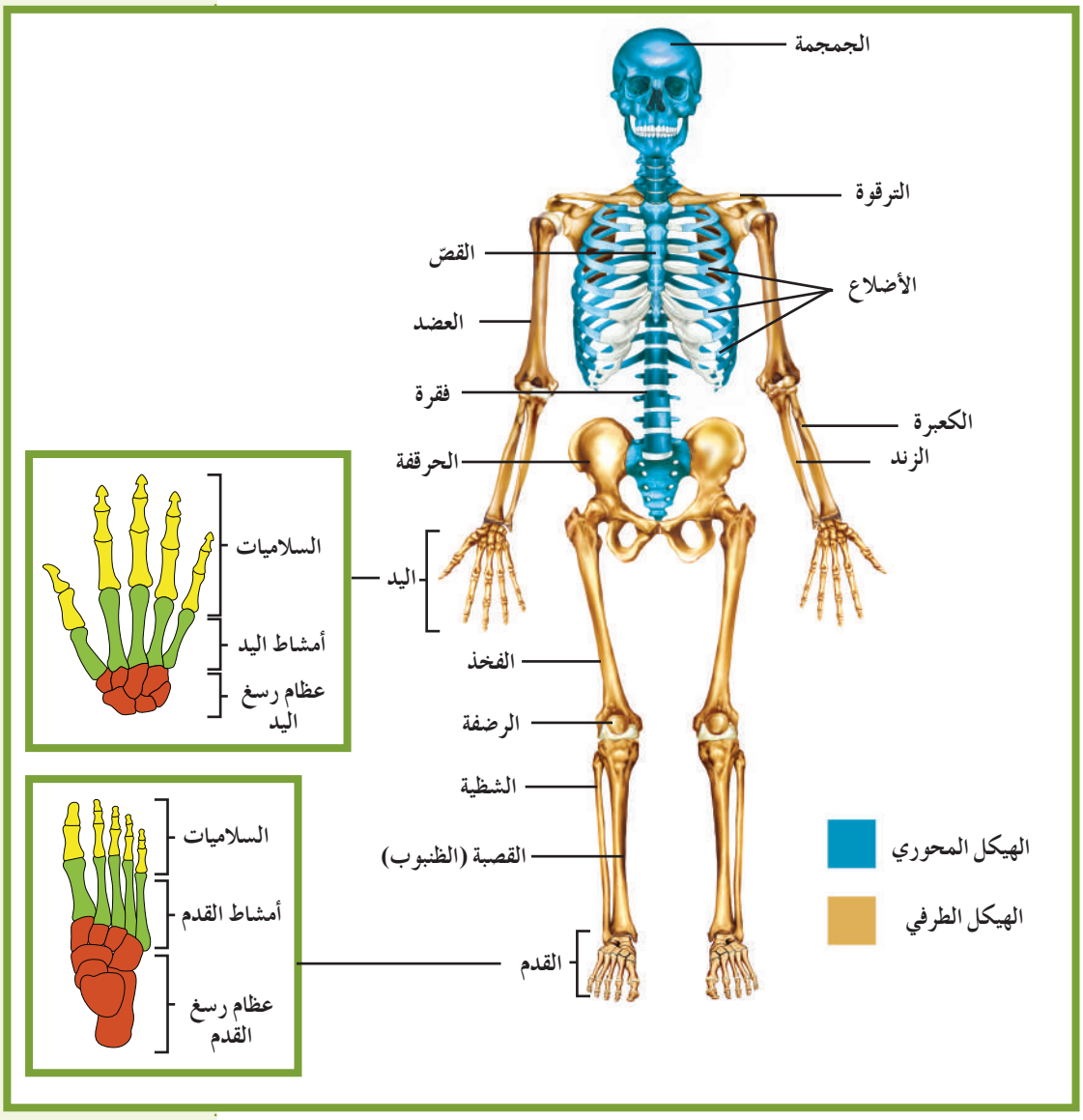
يتكوَّن هيكل جنين الإنسان من الغضروف . قبل الولادة ، يُضاف الكالسيوم والفوسفور إلى معظم الغضروف ، فيتحوَّل إلى عظام . البقعة الليّنة الموجودة في جمجمة الأطفال (شكل 9) هي عبارة عن نسيج ضامّ رخو يسمح للدماغ والجمجمة بالنموّ . أمّا لدى البالغين ، فيُستبدَل النسيج الضامّ الرخو بصفائح عظمية صلبة في الجمجمة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

1. الهيكل العظمي The Skeleton

يتكوَّن 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). **تكوِّن الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري ما يعرف بالهيكل المحوري Axial Skeleton. وتحمي عظام الهيكل المحوري الأعضاء الحيوية، مثل الدماغ والقلب والرئتين.**

يتكوَّن 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
أيّ العظام يكوّن الهيكل المحوري؟ وأيّها يكوّن الهيكل الطرفي؟



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

يُخزَّن عنصر الكالسيوم في العظام، ما يكسبها صلابتها المعروفة، وهو يعتبر عنصرًا ضروريًّا 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، يتفرَّع 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 إسفنجيًّا 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 .

ويُعرَف 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 يُعرَف بنخاع العظم الأصفر، يتكوَّن 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 مبعثرة تُعرَف 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 .

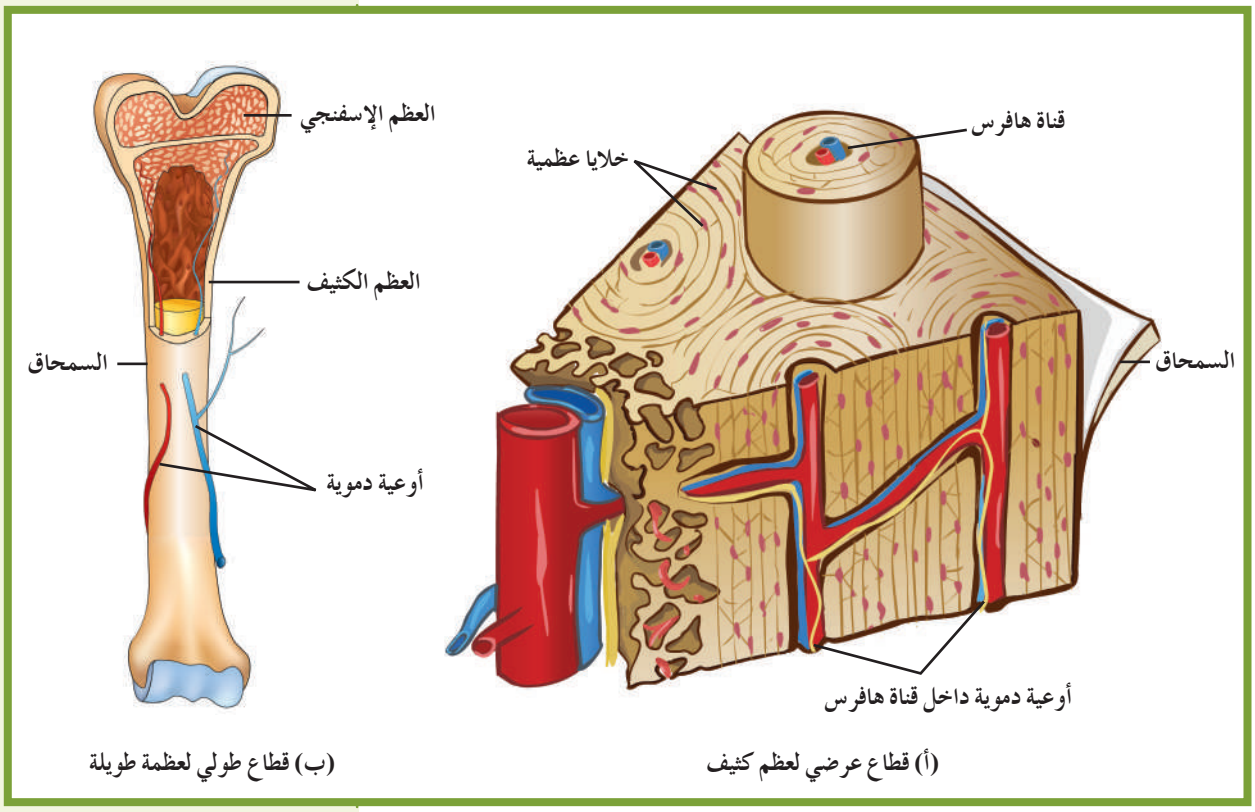
فقرة إثرائية

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



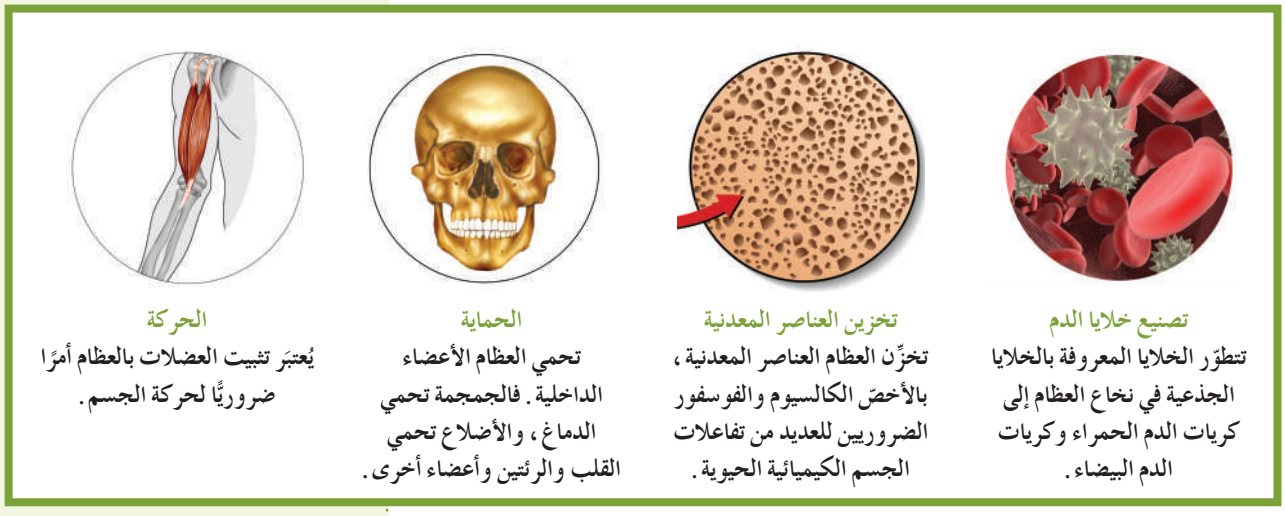
(ب) قطاع طولي لعظمة طويلة

(أ) قطاع عرضي لعظم كثيف

(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).



تصنيع خلايا الدم
تتطوّر الخلايا المعروفة بالخلايا الجذعية في نخاع العظام إلى كريات الدم الحمراء وكريات الدم البيضاء.

تخزين العناصر المعدنية
تخزِّن العظام العناصر المعدنية، بالأخصّ الكالسيوم والفوسفور الضروريين للعديد من تفاعلات الجسم الكيميائية الحيوية.

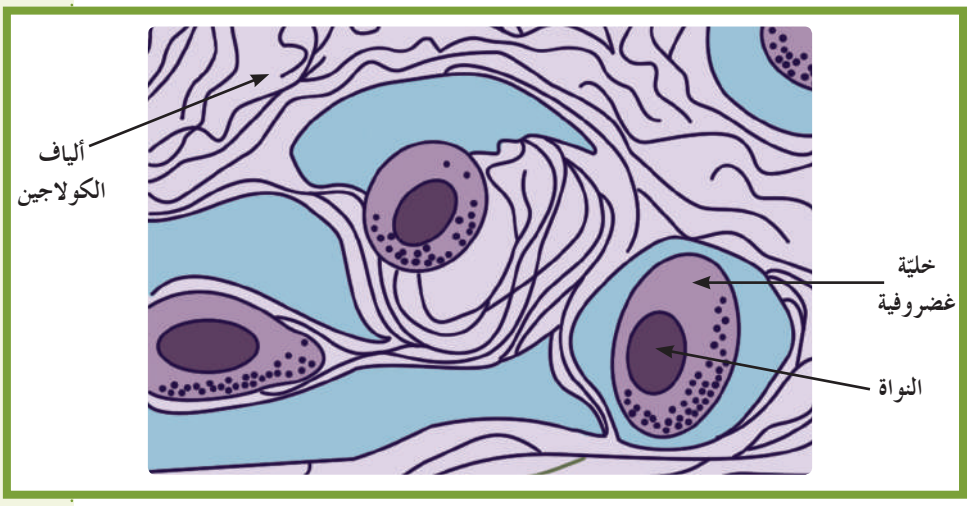
الحماية
تحمي العظام الأعضاء الداخلية. فالجمجمة تحمي الدماغ، والأضلاع تحمي القلب والرئتين وأعضاء أخرى.

الحركة
يُعتبَر تثبيت العضلات بالعظام أمرًا ضروريًّا لحركة الجسم.

(شكل 12)
وظائف العظام

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

تُعرَف الأماكن حيث تتلاقى العظام في الجسم بالمفاصل Joints. يسمح معظم مفاصل الجسم بالحركة بين العظام، لكنّ تركيب بعضها يمنع الحركة. وتُصنَّف 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).

مفصل رزي
تتحرّك العظام المتقابلة في المفصل الرزي للأمام والخلف مثل مفصلة الباب. يُعتبَر الكوع من المفاصل الرزية.

مفصل انزلاقي
تنزلق العظام بعضها على بعض في المفصل الانزلاقي. رسغك مثال على المفصل الانزلاقي.

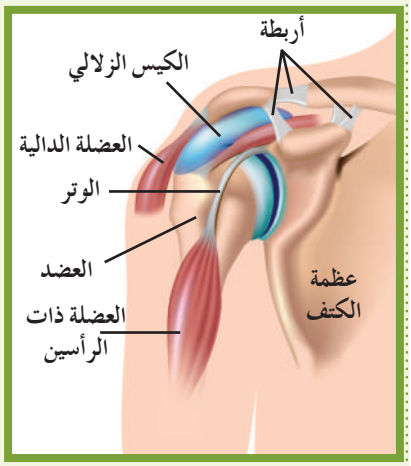
مفصل مداري
تدور العظام بعضها حول بعض في المفصل المداري. ويثبّت المفصل المداري جمجمتك بعمودك الفقري.

مفصل الكرة والحقّ
ينطبق الطرف كروي الشكل لإحدى العظام في الطرف الفنجاني الذي يملك شكل العظمة الأخرى، مكوّنًا مفصل الكرة والحقّ. ويسمح هذا النوع من المفاصل بمدى واسع من الحركة، مثل مفصل الكتف (في جميع الاتّجاهات).

(شكل 14)
المفاصل حرّة الحركة

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 وتمتصّ الصدمات.

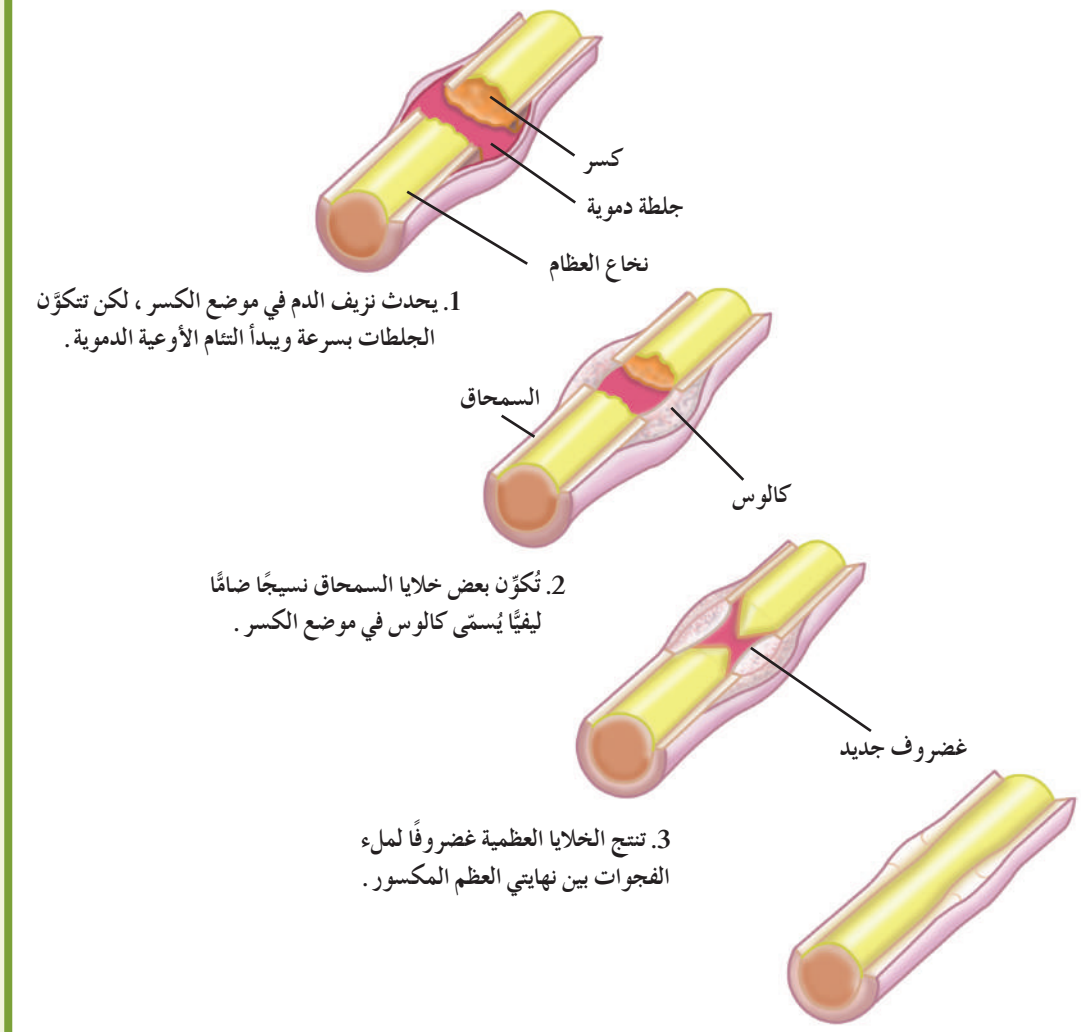
6. العناية بهيكلك العظمي
Care of Your Skeleton

على الرغم من أنّ جهازك العظمي قوي ومتين، إلّا أنّه معرّض للإصابات. فيُعتبَر **التواء 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. ويُعرَف 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)
التئام 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 المكوَّن من الغضاريف بالكامل أفضل من ذلك الذي يتكوَّن من العظام . هل توافقه الرأي؟ فسِّر إجابتك .
4. **أضف إلى معلوماتك:** معظم عظام المولود الجديد مكوَّنة من غضاريف . لماذا تُعتبر هذه ميزة؟

عضلات الإنسان
Human Muscles

الأهداف العامة

* يقارن بين الأنواع الثلاثة من عضلات الإنسان .
* يفسِّر كيف تنقبض عضلات الإنسان .
* يوضِّح 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 كمّية ضخمة من الطاقة . ففي اليوم الواحد، نستنفد جميعًا طاقة تكفي لرفع 11 000 كيلوجرام تقريبًا من الطوب .

1. أنواع العضلات Types of Muscles

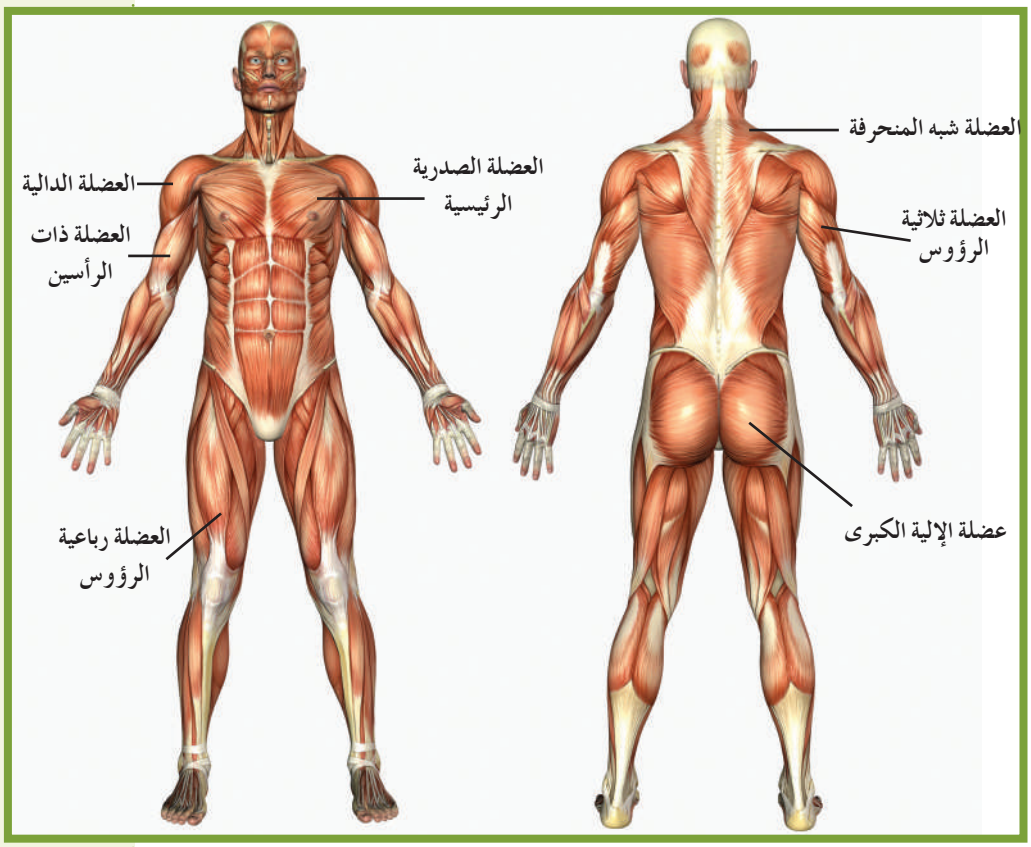
تؤدي عضلات الإنسان العديد من الوظائف المتنوِّعة في الجسم . فعندما تمشي أو تمضغ الطعام أو ترقص، تحرِّك عضلات هيكلك العظمي . كذلك يحتوي جسمك على أنواع أخرى من العضلات تحافظ على استمرار ضربات قلبك، وتحرّك الطعام في قناتك الهضمية، وتساعد أعضاء جسمك الداخلية الأخرى في أداء وظائفها .

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

1.1 العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

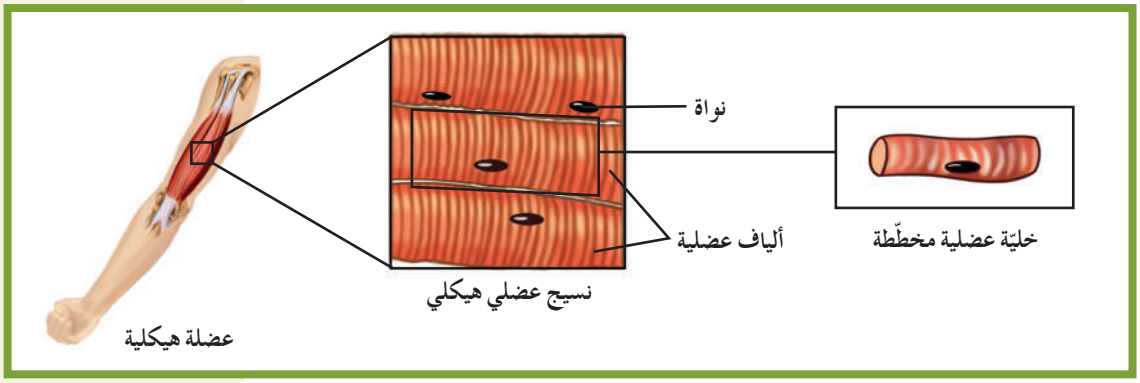
العضلات الهيكلية Skeletal Muscles عبارة عن نسيج عضلي مخطَّط مثبّت بعظام الهيكل العظمي (شكل 18)، **وهي مسؤولة عن الحركات الإرادية مثل الكتابة والجري**. ويتمّ ضبط عمل معظم العضلات الهيكلية بواسطة الجهاز العصبي المركزي. وعند فحص العضلات الهيكلية بالقوّة الكبرى للمجهر، ستلاحظ أشرطة فاتحة متبادلة مع أخرى 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.



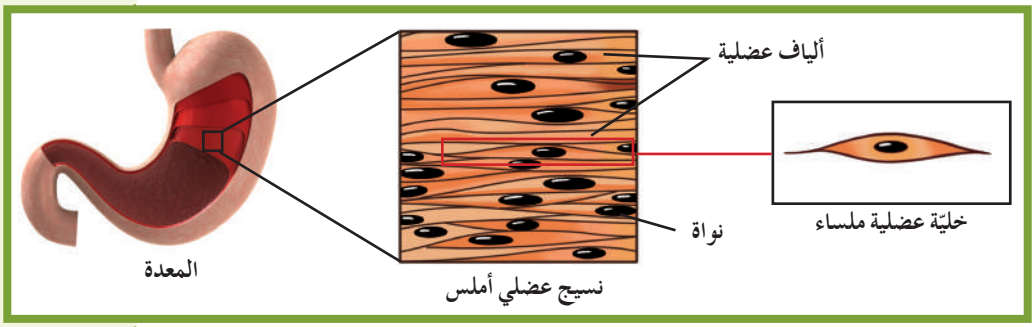
خلايا العضلات الهيكلية كبيرة الحجم، وتحتوي على الكثير من الأنوية، ويتراوح طولها بين ملّيمتر واحد وحوالى 30 cm. ولأنّ خلايا العضلات الهيكلية طويلة وأسطوانية الشكل، فإنّها غالبًا ما تُسمّى ألياقًا عضلية (شكل 19). تترتّب الألياف العضلية الهيكلية في شكل حزم، وتنقبض هذه الحزم العضلية كاستجابة لوصول النبضات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

(شكل 19)
العضلة الهيكلية



2.1 العضلات الملساء Smooth Muscles

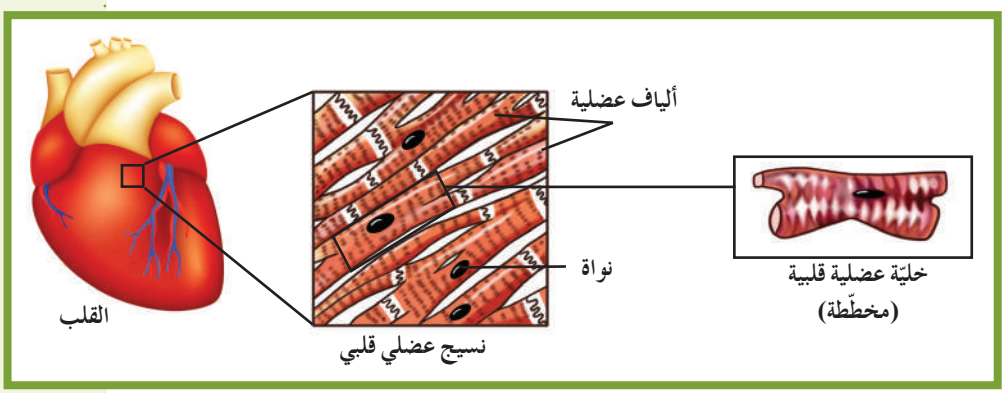
لا تخضع العضلات الملساء عادة للتحكّم الإرادي . للخليّة العضلية الملساء شكل مغزلي ، وهي تحتوي على نواة واحدة وغير مخطّطة ، لذلك تُسمّى أحيانًا العضلات غير الإرادية أو العضلات غير المخطّطة .
توجد العضلات الملساء في جدران الأعضاء الجوفاء مثل المعدة والأوعية الدموية والقناة الهضمية (شكل 20) . وهي تحرّك الطعام 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) .

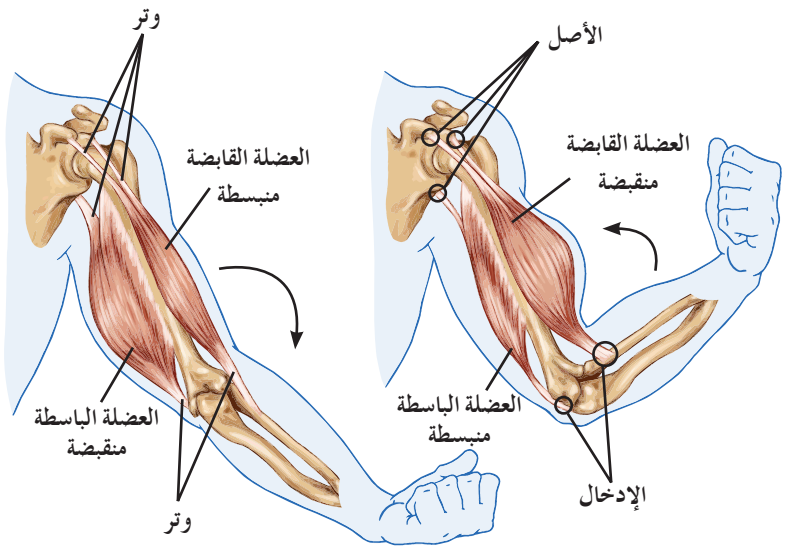


(شكل 21)
العضلة القلبية

2. العضلات والحركة Muscles and Movement

تحرِّك 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 تحرِّك 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 يتحرّك نتيجة انقباض العضلة فيُسمّى بالإدخال Insertion** (شكل 22).



(أ) انثناء المرفق وثني الذراع (ب) انبساط المرفق وتمدّد الذراع

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

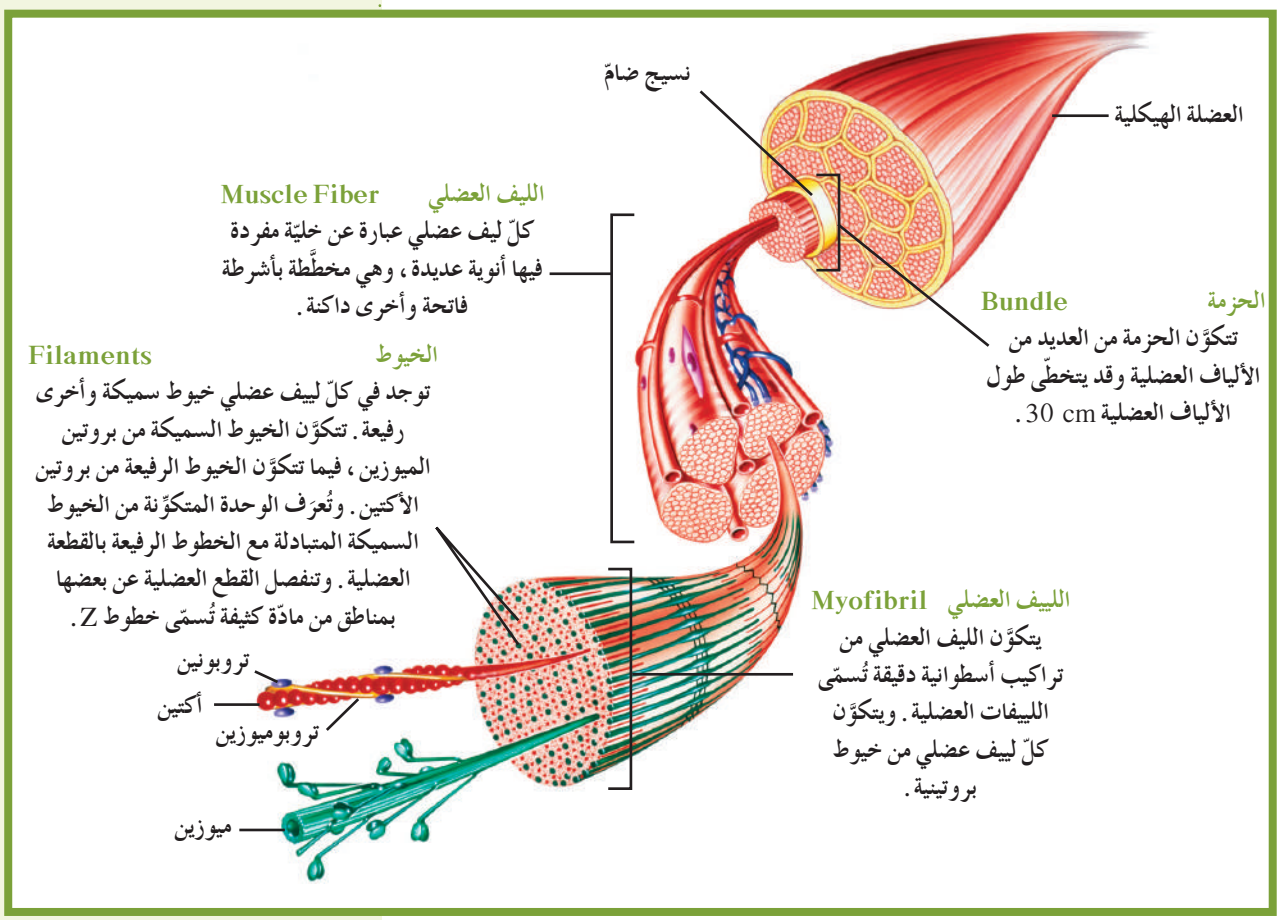
لكي تتمّ الحركة في اتّجاهين، تعمل عضلات هيكلية عديدة في أزواج تتناوب على الانقباض والانبساط. **العضلة التي تثني المفصل تُسمّى عضلة مثنية أو قابضة Flexor، والعضلة التي تبسط أو تمدّد المفصل على استقامته تُسمّى عضلة باسطة Extensor** وتُسمّى هاتان العضلتان العضلتين المضادّتين.

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.

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

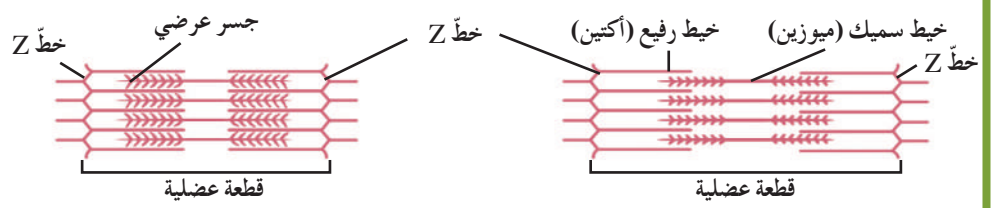
تتكوّن العضلات الهيكلية من حزم من الألياف العضلية، وكلّ حزمة Bundle تُغطّى بنسيج ضامّ. وتتركّب الألياف العضلية Muscle Fibers من تراكيب صغيرة تُسمّى الليفات العضلية Myofibril، وكلّ ليف عضلي يتكوّن كذلك من تراكيب أصغر تُسمّى الخيوط Filaments (شكل 23).



(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).

وتُعتبَر الخيوط الدقيقة المعروفة بخيوط الميوزين وخيوط الأكتين المسؤولة عن إنتاج القوّة التي تُسبِّب 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. ويوضِّح الشكل (24) عدم وجود خيوط الأكتين الرفيعة في مركز القطعة العضلية عندما تنبسط العضلة الهيكلية.



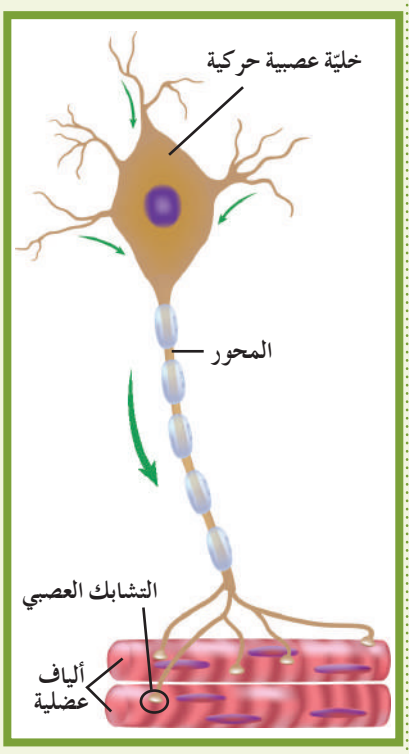
(شكل 24)
الانقباض العضلي

يمكنك أن تحاول إجراء تجربة بسيطة لتلاحظ كيف تقوم العضلات الهيكلية بوظيفتها في الحركة. ضع يديك أمامك متقابلتي الراحتين بحيث تتخلَّل 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 تُفسِّر كيف تتحرَّك (أي تنقبض وتنبسط) العضلة الهيكلية.

4. آلية الانقباض العضلي
Molecular Mechanisms of Muscle Contraction

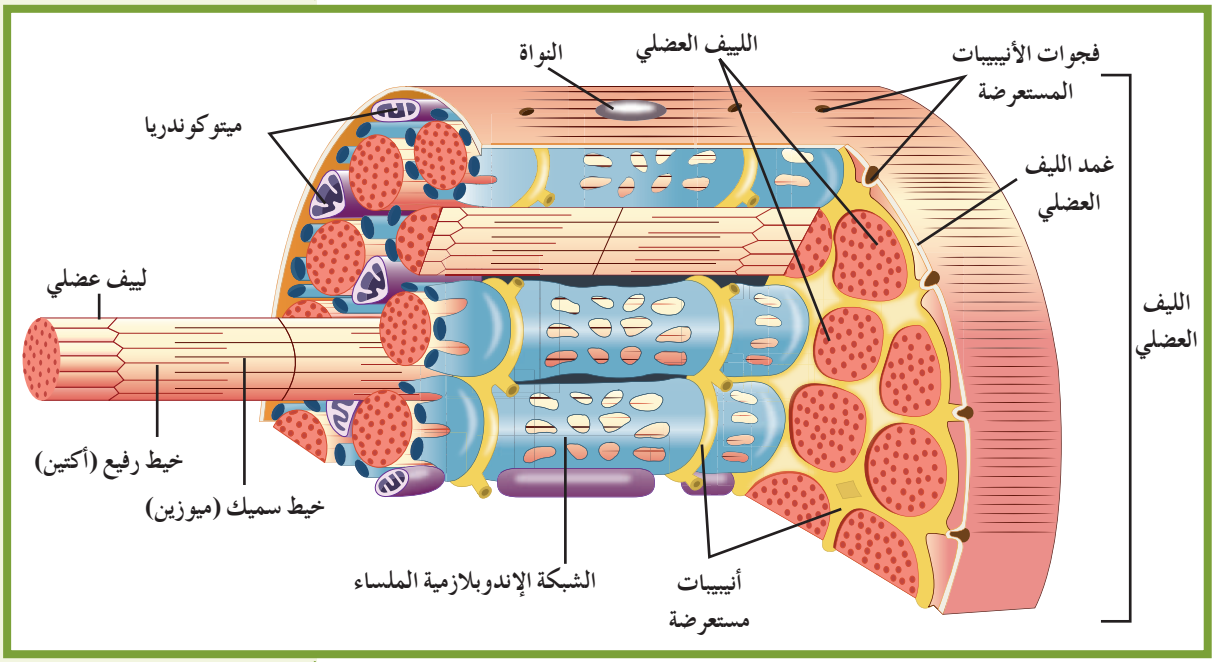
تُعرف نقطة الاتّصال بين النهاية المحورية والليف العضلي بالتشابك العصبي Synapse (شكل 25) حيث يتّصل محور الخلية العصبية الحركية بمجموعة من الألياف العضلية. وعند تنبيه هذه الخلية العصبية بمنبّه قوي، تنقبض كلّ الألياف العضلية المرتبطة بذلك المحور معًا.

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.



(شكل 25)
اتصال الخليّة العصبية بالألياف العضلية

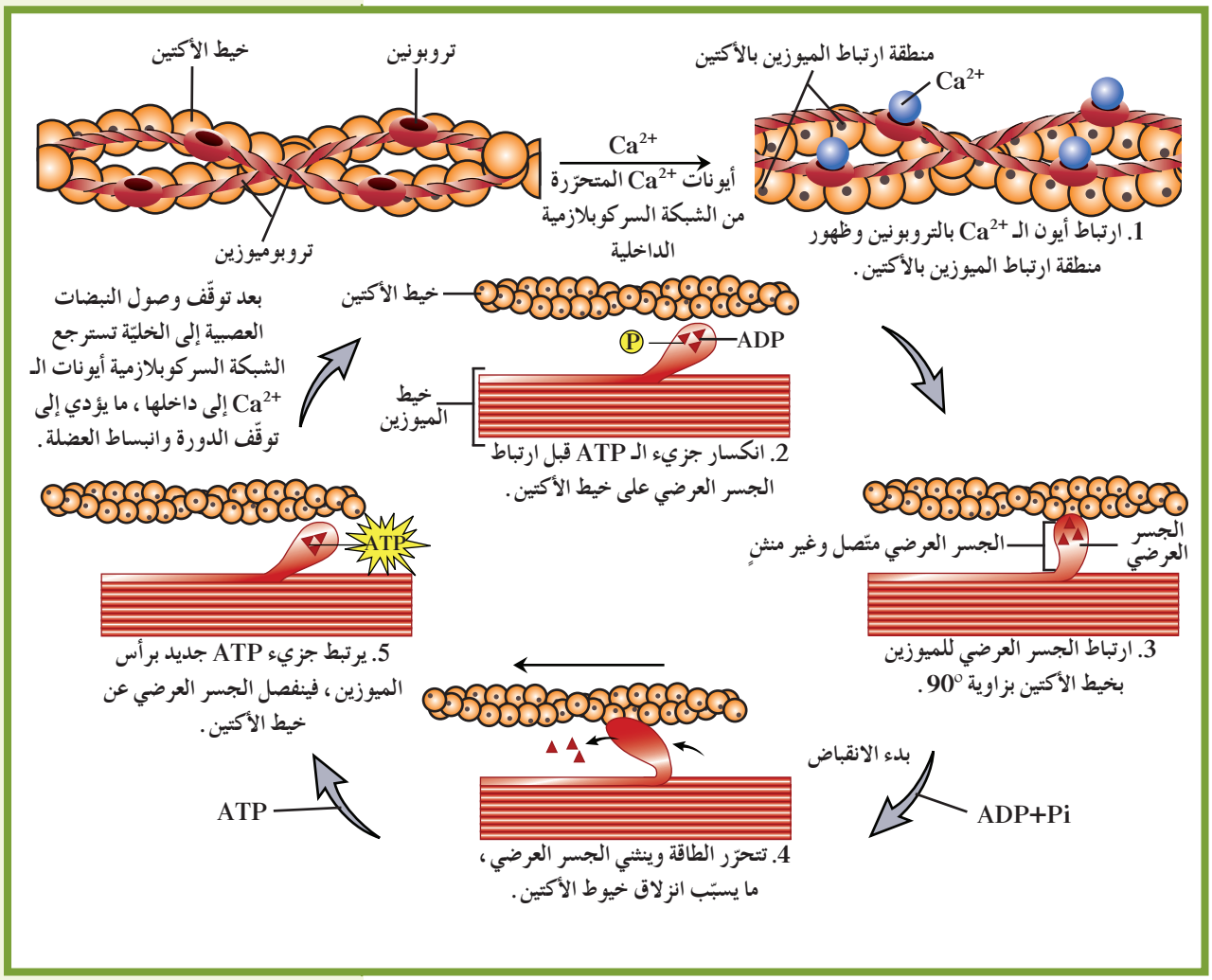
4. الجسور العرضية على الميوسين يوجد عليها ATP في شكل ADP + P + E . وبمجرّد إزاحة بروتين التروبوميوزين من الفتحات الموجودة على خيوط الأكتين ترتبط بها هذه الجسور العرضية بزاوية 90°.
5. بسبب الطاقة الموجودة على الجسور العرضية للميوسين، تتحرّك هذه الخيوط لتتواجد بزاوية 45° ما يسبّب الانقباض العضلي.
6. يأتي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



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

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.

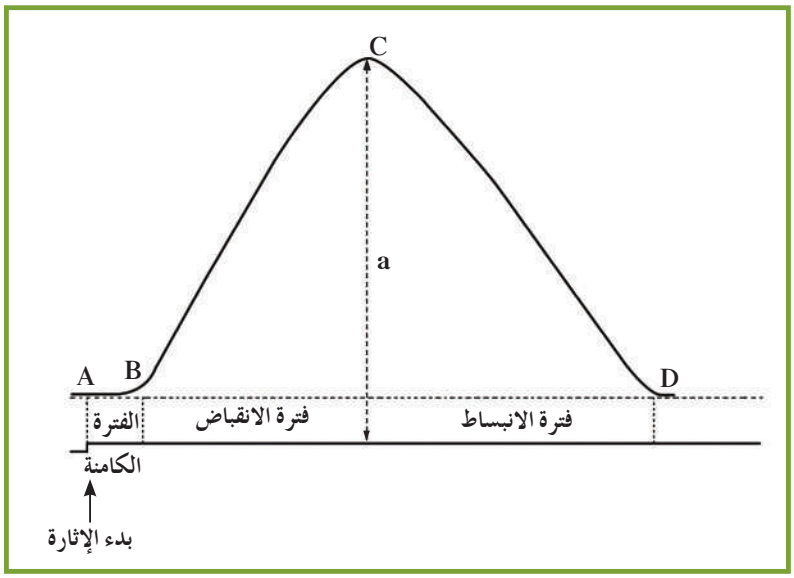
تحتاج العضلة أيضًا إلى طاقة لإعادة ضخّ أيونات الكالسيوم خلال عملية النقل النشط نحو مخازن الشبكة السركوبلازمية الداخلية عند زوال المنبّه، وقبل حدوث الانبساط.

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

تُمثِّل النبضة العضلية استجابة العضلة الهيكلية لاستثارة واحدة أو نبضة عصبية واحدة فاعلة كما هو موضَّح في الشكل (28). ويجسِّد 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 (الأنيبيبات 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.

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 مختلِفة من التمارين الرياضية. هل يوجد في مجتمعك ملاعب أو حمّامات سباحة أو صالات رياضية؟ حدِّد المواقع الرياضية في مجتمعك. ما أنواع الأنشطة التي يمكنك أن تؤدّيها في هذه المواقع؟ ما العضلات التي تقوم بتمرينها عن طريق الأنشطة المختلِفة؟

مراجعة الدرس 1-3

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

الدرس 1-4

غطاء الجسم
Body Covering

الأهداف العامة

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

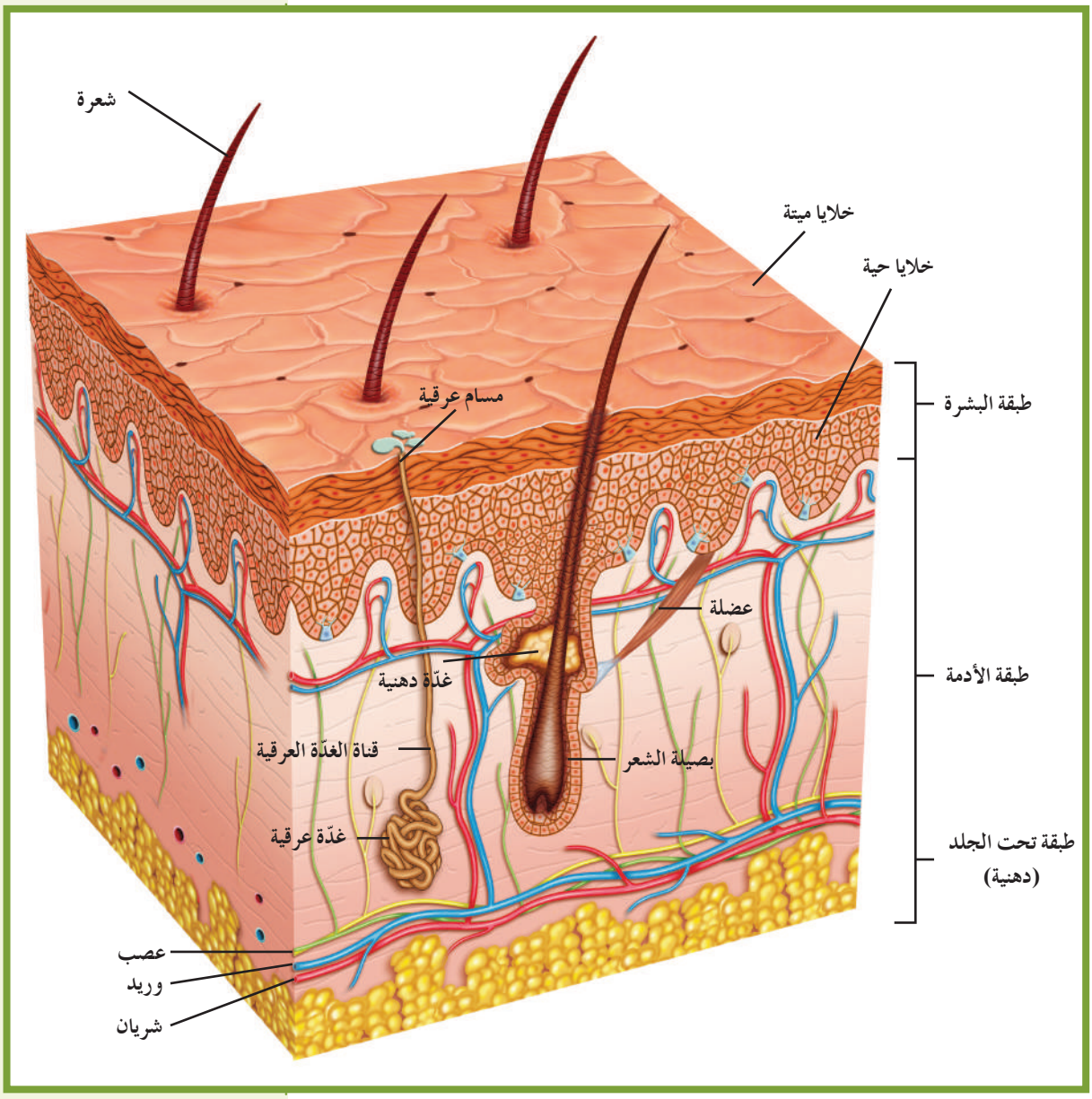
(شكل 29)

عندما تلعق القطط والكلاب جروحها ، هي تقوم بأكثر من مجرّد تخفيف الألم (شكل 29) . فلعاب معظم الثدييات يحتوي على عامل نموّ كيميائي يعطي الإشارة لخلايا الجلد لكي تنقسم وتتضاعف بسرعة كبيرة ، ما يسرِّع عملية الشفاء من تلك الجروح .

1. الجهاز الغطائي للإنسان
Human Integumentary System

يغطّي **الجهاز الغطائي Integumentary System جسمك ، ويتكوَّن من الجلد والغدد الخاصّة به والشعر والأظافر** . ويُعتبَر الجلد أكبر أعضاء جسم الإنسان ، وتبلغ مساحة سطحه 1.4 – 1.9 متر مربّع . ويبلغ وزن جلد الشخص العادي حوالى 3 كيلوجرامات ، وهذا أكثر من ضعف وزن الدماغ . للجهاز الغطائي وظائف مهمّة متعدّدة . فهو يحمي الجسم من خلال المحافظة على السوائل داخله ، ومنع الكائنات الدقيقة الممرضة من دخوله . وتحميك الأصباغ التي ينتجها جلدك أيضًا من أشعّة الشمس فوق البنفسجية الضارّة . ويصنع جلدك فيتامين D من ضوء الشمس والمادّة الدهنية المعروفة بالكوليسترول التي توجد في أغشية جميع الخلايا الحيوانية .

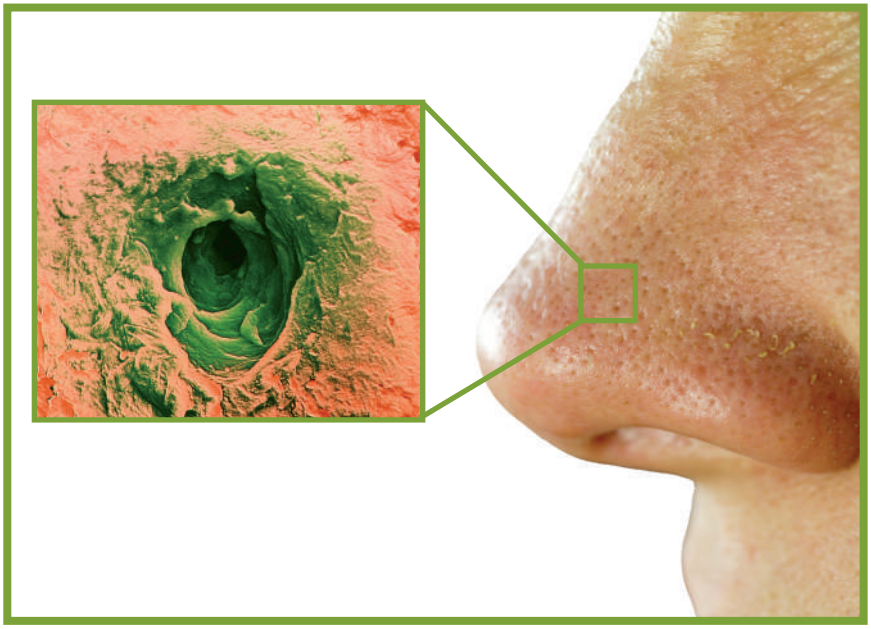
وتُمكِّن ملايين النهايات العصبية الدقيقة جلدك من العمل كعضو حسّي، حيث تسمح هذه النهايات العصبية بالشعور بالسخونة والبرودة والضغط. يتكوَّن الجلد من طبقتين أساسيتين: البشرة والأدمة. فإذا سبق أن ظهرت بثرة في جلدك، فلا شكّ أنّك رأيت هاتين الطبقتين مفصولتين. ويوضِّح الشكل (30) هاتين الطبقتين والتراكيب الموجودة فيهما، بالإضافة إلى الطبقة الدهنية التي تُسمّى طبقة تحت الجلد والتي تخزِّن 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 الموضَّح في الشكل (32). تتألَّف 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 متخصِّصة في طبقة البشرة بإنتاج مادّة **الملانين Melanin**، **وهي الصبغة التي تُكسِب الجلد لونه، وتحميه من الأشعّة فوق البنفسجية للشمس.** لذلك، يزيد التعرّض للشمس من كمّية الملانين، ويُكسِب الجلد لونًا داكنًا.

2.1 الأدمة Dermis

تُعرَف الطبقة الداخلية السميكة للجلد بالأدمة Dermis. تصنع خلايا الأدمة مادّة بروتينية تُسمّى الكولاجين Collagen التي تجعل الجلد ليّنًا وقويًّا. ويُكوِّن 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.

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 يتكوَّن من الماء والأملاح والفضلات. يخلِّص العرق الجسم من الفضلات، كما ينظِّم 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.

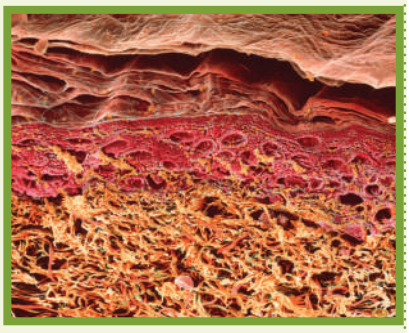
3.1 النسيج تحت الجلد Subcutaneous Tissue

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.

تختلِف 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

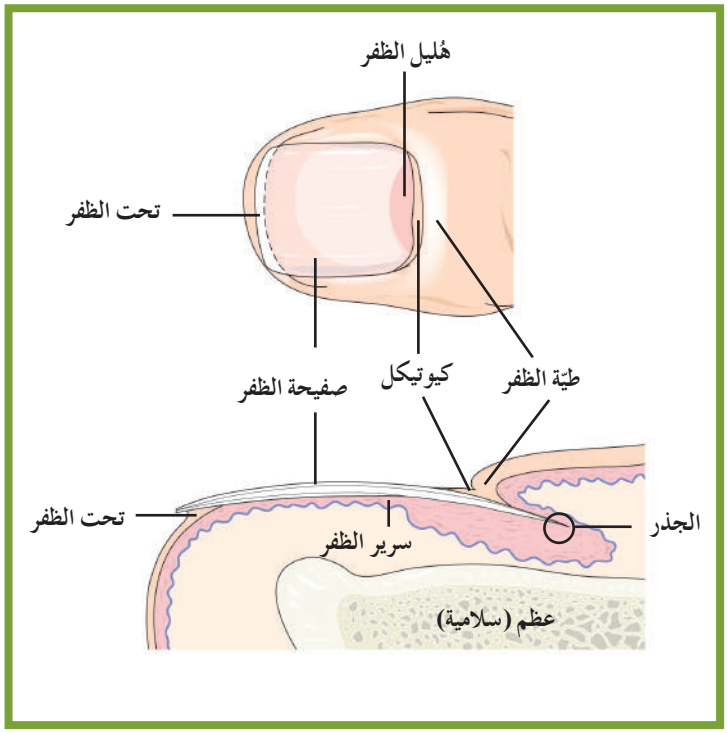
يتكوَّن الشعر والأظافر من خلايا ميتة من طبقة البشرة. فكّل ساق شعرة تنمو من جذر موجود داخل بصيلة الشعرة، ويوضِّح الشكل (33) مقطعًا طوليًّا في بصيلة الشعرة. تتكوَّن الساق الكاملة للشعرة، ما عدا الجذر الحي، من خلايا ميتة تشبه تلك الموجودة في الطبقة العلوية من البشرة. تنمو الشعرة عندما تنقسم خلايا جذر الشعرة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



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

(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 تُكوِّن قشرة تختفي من الخارج إلى الداخل مع تكوّن جلد جديد؟

تحدث **الكدمة** عندما تنقطع الأوعية الدموية الصغيرة في الجلد، فيكوِّن 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 يسبِّب 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 تسبِّب الكائنات الممرضة أمراضًا للجلد. فالعدوى الجرثومية للغدد الدهنية في الجلد تسبِّب ظهور **حبّ الشباب**، ويمكن أن تسبِّب الجراثيم عدوى جلدية أخرى مثل الحصف **(القوباء)** أو التهاب الجلد Impetigo. وتسبِّب فيروسات الهربس طفح القروح في جلد الإنسان، في حين تسبِّب 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.

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.

وتستخدِم 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. وتُشكَّل المادّة على هيئة غشاء رقيق يشبه المنديل الورقي المبلَّل. يزرع أطبّاء إخصائيون هذا الغشاء الصناعي مع خلايا مُستخرَجة من مناطق سليمة صحيًّا من بشرة المريض، ثمّ يُبسَط هذا الغشاء المُحمَّل بالخلايا فوق المنطقة المحروقة، ويُغطّى بضمّادة من السليكون ليُحفَظ من الجفاف. ومع مرور الوقت، تنقسم الخلايا الموجودة تحت النسيج المحروق إلى خلايا جديدة مكوِّنة طبقة الجلد الداخلية. ومن خلال عملية الانقسام الميتوزي المتكرِّرة، 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

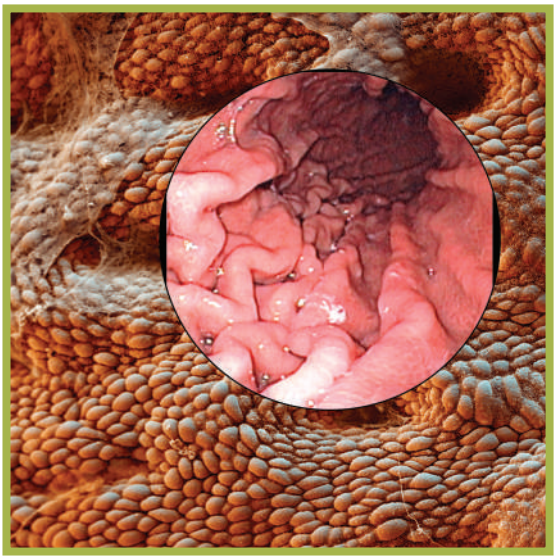
1. عدِّد وظائف النسيج الموجود تحت الجلد.
2. قارن بين البشرة والأدمة من حيث التراكيب والوظائف.
3. **سؤال للتفكير الناقد:** لماذا تشعر بالألم إذا قطعت جلدك، في حين لا تتألّم حين تقصّ شعرك أو تقلّم أظافرك؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كيف تنظِّم الغدد العرقية درجة حرارة الجسم؟
5. يُنصح دائمًا بعدم التعرّض للشمس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

الفصل الثاني

الجهازان الهضمي والإخراجي
Digestive and Excretory Systems

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 تحسَّن 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 قدَّمت العلاقة بين «د. بيومونت» ومريضه مارتن، وهي علاقة غير مألوفة بين طبيب ومريض، معلومات مهمّة عن الجهاز الهضمي للإنسان. وفي أيّامنا الحالية، زوَّدتنا الوسائل الطبية الحديثة بمناظر داخلية للمعدة مثل تلك الموضَّحة في الصورة التالية.



دروس الفصل

الدرس الأوّل
* الهضم

الدرس الثاني
* الجهاز الهضمي للإنسان

الدرس الثالث
* صحّة الجهاز الهضمي

الدرس الرابع
* الجهاز الإخراجي للإنسان

الدرس 2-1

الـهضم
Digestion

الأهداف العامة

- يُعدِّد أنشطة الجهاز الهضمي.
- يُحدِّد مكوّنات الطبق الغذائي المتوازن
- يُعدِّد الحصص النسبية اللازم تناولها لكلّ نوع من الغذاء يوميًّا.
- يُحدِّد 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 يُتلَع الطعام ويتحرَّك 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، يتخلَّص الجسم من الموادّ المتبقّية التي لم يتمّ هضمها على شكل فضلات صلبة.

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. وتتحرَّك 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.
يُمثِّل الطبق الغذائي المتوازن الموضَّح في الشكل (36) مجموعات الغذاء الخمس التي يجب أن يتناولها الشخص يوميًّا لكي يحصل على الموادّ الغذائية الضرورية، وهو يوضِّح 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.

الحجم النسبي للحصص الموضَّحة في الصورة يعكس الكمّيات النسبية التي يجب تناولها. فالخضار والفاكهة يجب أن تشكِّل 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 تكوّن الجزء الأكبر من غذائك؟

1.2 الكربوهيدرات Carbohydrates

تحصل خلايا جسم الإنسان على معظم الطاقة اللازمة لها من الموادّ الكربوهيدراتية. فالكربوهيدرات عبارة عن موادّ تتكوَّن 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 يتكوَّن 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 تتكوَّن 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 يُسبِّب 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 الحرارية Calories. فقد تحتوي وحدة من الفوشار مثلًا، على 60 سعر حراري أو على 600 سعر حراري بحسب ما إذا كانت مغمَّسة 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 تتضمَّن وجبات الإنسان كمّية من الطاقة تكفيه لتنفيذ النشاطات المختلِفة.

4.2 كيف يتمّ الكشف عن الموادّ العضوية؟

How to Detect Organic Compounds?

تُحدَّد الموادّ العضوية، مثل الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات، من خلال إجراء اختبارات محدَّدة لكلّ نوع منها، تبيِّن وجود تلك المادّة أو عدم وجودها. يوضِّح 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) 2. فرك الطعام على قطعة من الورق	1. لون أحمر 2. يترك بقعة شفّافة على الورقة.

(جدول 1)
تُحدَّد الموادّ العضوية من خلال اختبارات محدَّدة لكلّ منها.

5.2 الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات عبارة عن جزيئات عضوية معقَّدة 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، فيُمكِن 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؟

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 منتظِمة. 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. 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، وتُختزَن 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.

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

تُعرِّض السمنة الشخص المصاب بها للعديد من الأمراض، وبخاصّة أمراض القلب والمفاصل وتجلّط الشرايين والسكّري. كما يمكن أن تؤدّي إلى صعوبات في التنفّس، وأن تُسبِّب 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 المختلِفة التي يحتاج إليها الإنسان في وجباته؟
3. أيّ من المجموعات يحتاج إليها الجسم بكمّيات كبيرة نسبة إلى غيرها؟ لماذا؟
4. أيّ مجموعة تُزوِّد 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. فسِّر لهذا الصديق ما الموادّ الغذائية التي تغيب عن غذائه، واقترح الأغذية التي قد توازن هذا الغذاء.

الدرس 2-2

الجهاز الهضمي للإنسان
Human Digestive System

الأهداف العامة

* يصف أعضاء الجهاز الهضمي عند الإنسان.
* يحدِّد دور أعضاء الجهاز الهضمي في عملية الهضم.
* يشرح عملية الهضم وأنواعها.
* يعدِّد نواتج الهضم.
* يُبيِّن طريقة امتصاص الأغذية.

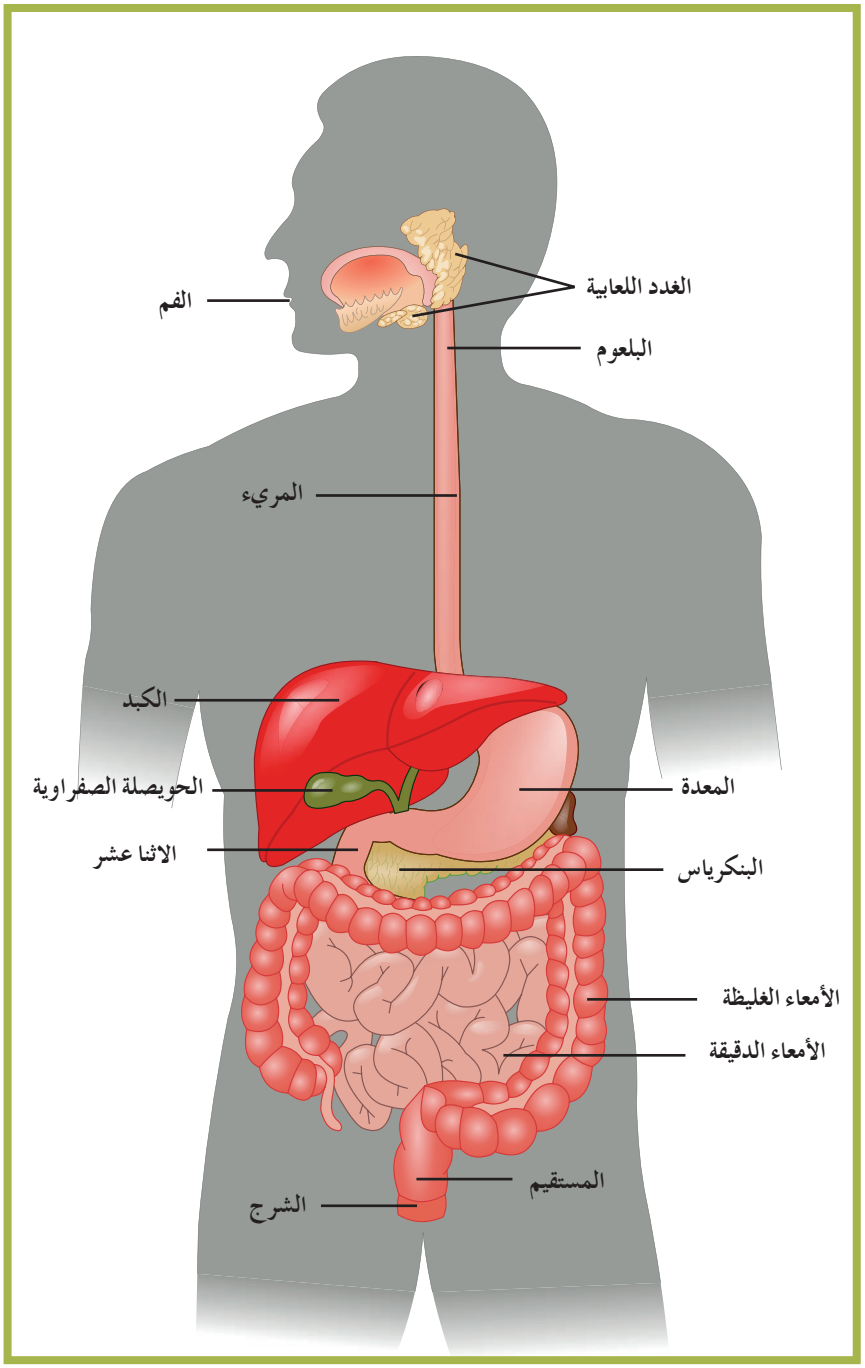
(شكل 39)

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 يوميًّا؟ لا يستطيع جسمك أن يستخدم الموادّ الغذائية في الطعام الذي تناولته إلّا بعد أن يتمّ هضمه كيميائيًّا 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؟

تتكوَّن القناة الهضمية الموضَّحة 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، ستحدِّد موقع حدوث كلّ نشاط من أنشطة الجهاز الهضمي.

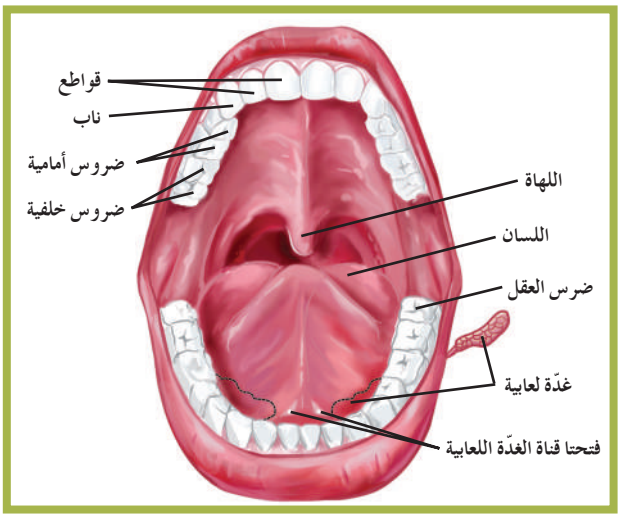


(شكل 40)
الجهاز الهضمي للإنسان
ما التراكيب في هذا الشكل التي تنتج الموادّ الكيميائية التي تساعد في عملية الهضم؟

2. الفم Mouth

تبدأ الخطوة الأولى من عملية الهضم عند الإنسان بالهضم الآلي من خلال مضغ الطعام. تحدث عملية المضغ في الفم بواسطة الأسنان المختلِفة، 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 يتكوَّن 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 ويُحوِّله 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 ويُحوِّله 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، يتحرَّك 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.**

ويتحرَّك 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.

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 البسين الببسينوجين، وهو الشكل غير النشط للببسين. لا تفرز غدد المعدة أنزيم الببسين الذي يهضم البروتينات بشكله النشط، بل تفرزه بشكله غير النشط لتفادي الهضم الذاتي لخلايا المعدة بواسطة الببسين. عندما يصبح الطعام في المعدة، تفرز غدد المعدة حمض الهيدروكلوريك الذي يُحوّل الببسينوجين إلى ببسين الذي يعمل بدوره على هضم البروتينات إلى ببتيدات. 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 ليّنة للغاية تُسمّى الكيموس Chyme، تتكوّن من حمض الهيدروكلوريك والبروتينات المهضومة جزئيًّا 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

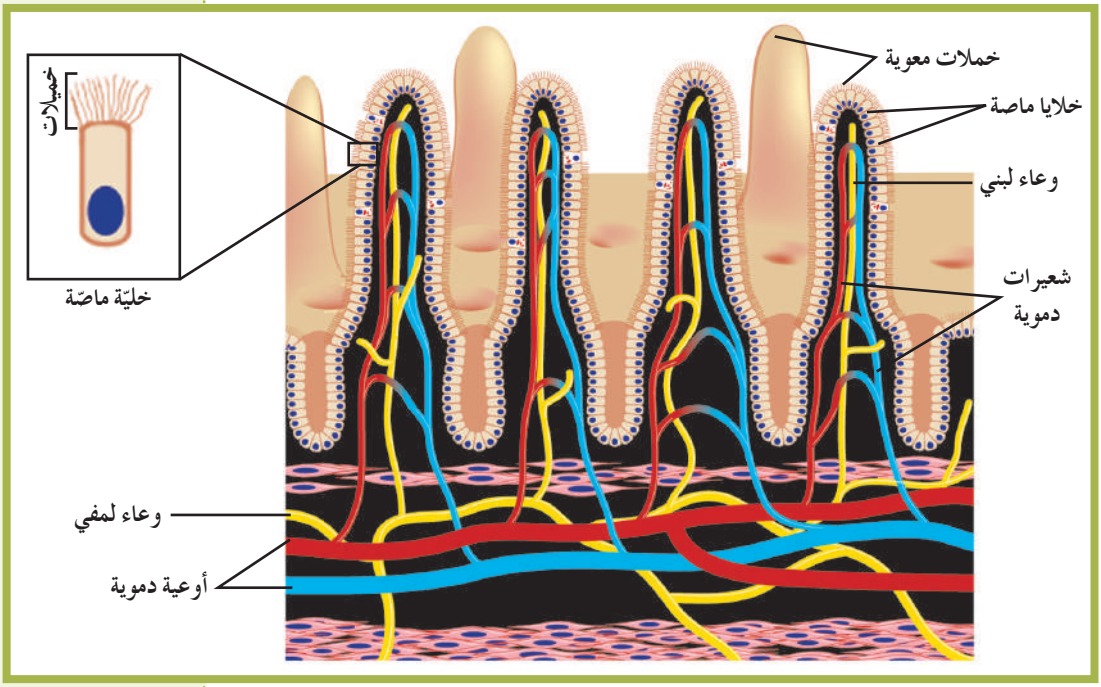
المساعدات الخارجية والداخلية

تعيش البكتيريا داخل أمعاء الإنسان بكميّات تكفي لملء علبة مشروب. وهي تساعد في عملية الهضم وتفرز فيتامينات مفيدة، منها الثيامين وفيتامين "K". وتتسبَّب المضادّات الحيوية التي تُؤخَذ لقتل الجراثيم المسبِّبة للمرض، بقتل هذه الكائنات المفيدة وباضطّراب 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 تُسهِّل 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 تُبطِّن الأمعاء الدقيقة والخميلات عبارة عن نتوءات تمتدّ من الغشاء الخلوي للخلايا الماصّة وهي تزيد مساحة سطح تلك الخلايا وتمتصّ 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.

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.

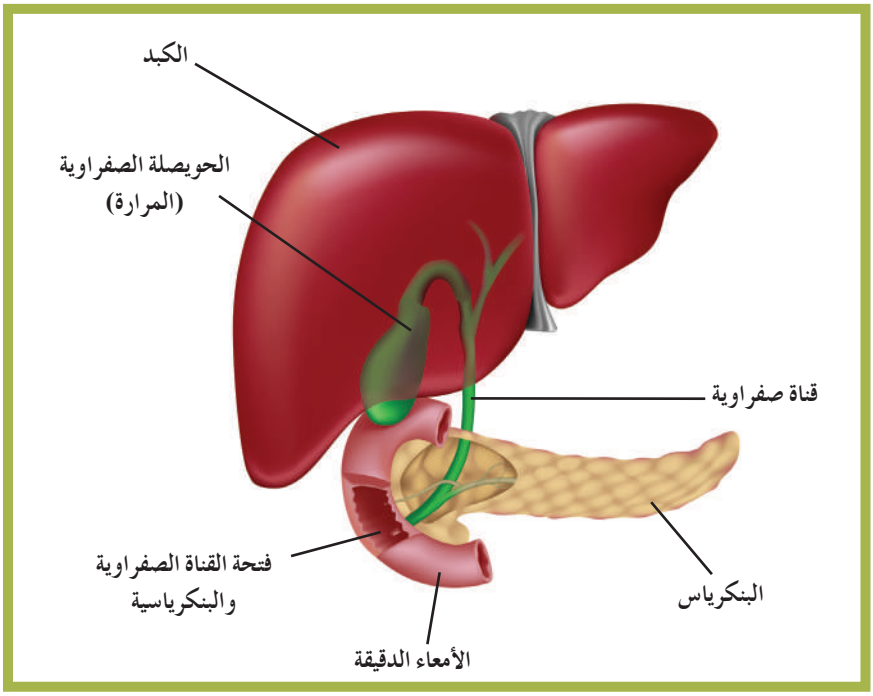
يُعتبَر **الكبد Liver أحد أكبر أعضاء الجسم من حيث الحجم، وينتج هذا العضو الحيوي العصارة الصفراء Bile التي تُعتبَر عصارة هضمية** (شكل 43). يقوم الكبد بأكثر من 500 وظيفة في الجسم. فيُعتبَر المصنّع الكيميائي الرئيسي في الجسم، إذ يُحوِّل الموادّ الغذائية، مثل السكّريات والدهون والبروتينات، إلى موادّ يحتاج إليها الجسم. كذلك يُخزِّن الكبد الموادّ الغذائية، فعلى سبيل المثال، يُخزِّن الجلوكوز في صورة جليكوجين، كما يُخزِّن 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 للإمعاء، 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 يتكوَّن 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.

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



(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.
			البتيديز	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. أُذكر أسماء الأعضاء المختلِفة للجهاز الهضمي لدى الإنسان، وصِف دورها.
2. **سؤال التفكير الناقد:** كيف سيؤثِّر 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. فسِّر ذلك.

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 يُخزِّن الطاقة، وبعضها الآخر يطلق الطاقة أو يحررها.

وتُعرَف مسارات الاستقلاب الخلوي التي تُحرِّر الطاقة عن طريق تفكيك المركّبات الكيميائية المعقَّدة إلى مركّبات أبسط بالمسارات الاستقلابية الخلوية الهادِمة Catabolism (الأيض الهدمي). أمّا المسارات الاستقلابية الخلوية التي تستخدِم الطاقة لبناء المركّبات المعقَّدة من المركّبات البسيطة، فتُسمّى المسارات الاستقلابية الخلوية البانية (الأيض البنائي) Anabolism. ويُكوِّن كلّ من المسارات الاستقلابية الخلوية الهادمة والمسارات الاستقلابية الخلوية البانية الاستقلاب الخلوي.

2. قياس الطاقة Measuring Energy

تُعرَف الوحدة المُستخدَمة لقياس الطاقة بالسعر الحراري Calorie، وهي كمّية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة. ويُمثِّل السعر الحراري كمّية صغيرة جدًّا من الطاقة، لذلك يستخدِم إخصائيو التغذية وحدة تُسمّى الكيلوسعر Kilocalorie لقياس الطاقة، وهي تعادِل 1000 سعر حراري.

لقياس مقدار الطاقة لغذاء ما، تُحرَق عيّنة صغيرة من هذا الغذاء، وتُقاس كمّية الحرارة التي تُنتِجها بواسطة جهاز يُسمّى المِسْعَر Calorimeter. وقد تمكَّن العلماء من قياس مقدار الطاقة التقريبية للدهون والبروتينات والسكّريات باستخدام المِسْعَر. 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 تُحدِّد النسبة المئوية للكيلوسعر في الموادّ الغذائية التجارية، راجع المعلومات الغذائية على الملصق الموجود عليها، وإذا كانت النسبة غير موضَّحة، 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

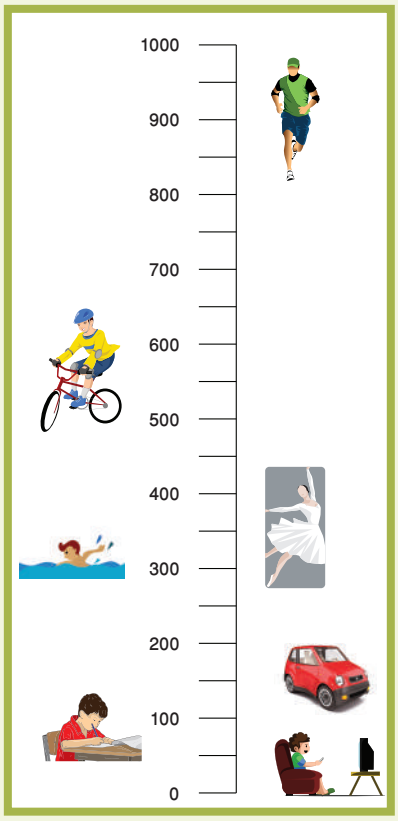
إذا قام أحد الفنيين في أحد مختبرات التحاليل الطبية بقياس الاستقلاب الخلوي (الأيض) الخاصّ بك بينما كنت في وضع الراحة، ستكون النتيجة رقمًا يُسمّى معدّل الاستقلاب الخلوي القاعدي (الراحة) Basal Metabolic Rate (BMR). ومعدّل الاستقلاب الخلوي القاعدي الخاصّ بك يساوي عدد الكيلوسعر الذي استخدمته في فترة زمنية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

ويعتمِد 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 تستخدِمها. ومن الممكن أن يختلّ هذا التوازن بتغيّر عدد السعر الحرارية التي تحصل عليها من طعامك أو عدد السعر الحرارية التي تستخدمها في أنشطتك. ويُخزِّن الجسم السعر الحرارية الزائدة على شكل جليكوجين في الكبد والعضلات أوّلًا، ثمّ على شكل دهون. يُخزِّن 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 حُرِم من الطعام، يبدأ باستخدام الجليكوجين، ثمّ يستخدِم الدهون. وفي النهاية، يستخدِم البروتينات المخزَّنة في العضلات والأعضاء الأخرى. ويمكن أن تساعدك ممارسة التمارين الرياضية على حرق السعر الحرارية وبالتالي إنقاص وزنك.



(شكل 45)
يُوضِّح المقياس المدرّج التالي متوسّط عدد الكيلوسعر الحراري المُستخدَم 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 معرَّض للإصابة بالكائنات الممرضة. فالجراثيم مثل السلمونيلا، تنمو في الأغذية الفاسدة وتُنتِج 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. ويُسبِّب الإفراط في تناول المشروبات الروحية حدوث تليّف الكبد أيضًا. وقد يؤدّي التليّف الشديد للكبد إلى الموت.

تُعتبَر اضطرّابات تناول الطعام من المشكلات الصحّية الخطيرة. **فالشخص المصاب بفقدان الشهية Anorexia يرفض تناول الطعام وقد يفرط في ممارسة الرياضة، وإذا لم يُعالج، قد يصوم حتّى الموت. أمّا الشخص المصاب بالشهية المفرطة Bulimia، فيأكل كمّيات هائلة من الطعام، ثمّ يتقيّأ أو يتناول الملينات للتخلّص منها.** يمكن أن تسبِّب 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 تُركِت بدون علاج، قد تهدِّد 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 تُسبِّب إثارة جهازك الهضمي. فعلى سبيل المثال، يمكن للأشخاص الذين لا تفرز الغدد المعوية لديهم أنزيم اللاكتيز الهاضم لسكّر اللاكتوز (سكّر الحليب) تجنّب الانقباضات المؤلِمة عبر عدم شرب الحليب وتناول منتجات الحليب الأخرى. ومن خلال تجنّب المشروبات الروحية، تتجنَّب الإثارات الهضمية والتليّف الخطير للكبد.

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

مراجعة الدرس 2-3

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

الدرس 2-4

الجهاز الإخراجي للإنسان
Human Excretory System

الأهداف العامة

* يصف تركيب الجهاز الإخراجي للإنسان.
* يذكر وظيفة الجهاز الاخراجي للإنسان.
* يقدِّر 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 ترشحاها في اليوم الواحد. لحسن الحظّ، تستعيد الكليتان 99% من الماء الذي ترشحاه. لذلك، يحتاج الإنسان إلى أن يعوِّض من لتر إلى لترين فقط من الماء الذي يخرج يوميًّا في صورة بول (شكل 47).

1. الإخراج لدى الإنسان Excretion in Humans

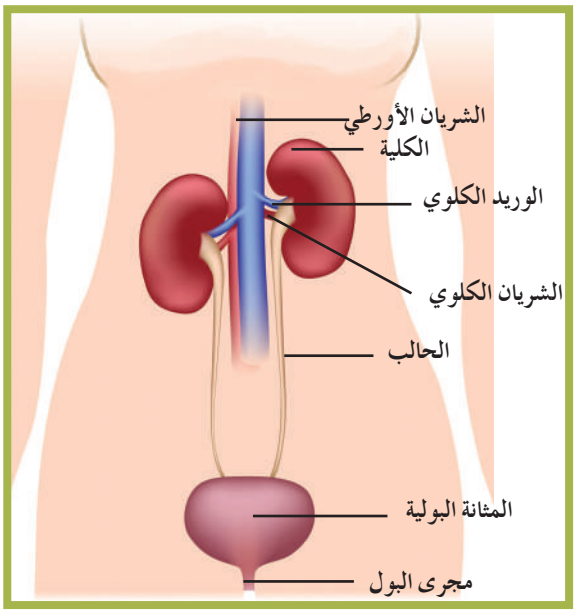
مثل جميع الكائنات، لا بد أن يتخلَّص الإنسان من الفضلات المختلِفة ليمارس حياته بصورة طبيعية، وتساعد أجهزة الجسم المختلِفة في هذه العملية. فالجهاز الهضمي يطرد الموادّ غير المهضومة خارج الجسم في صورة فضلات صلبة، كما تخرج الفضلات عن طريق الجلد في صورة عرق. ويتخصَّص الجهاز الإخراجي Excretory System للإنسان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

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 يُخزَّن 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، يُطرَد 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.

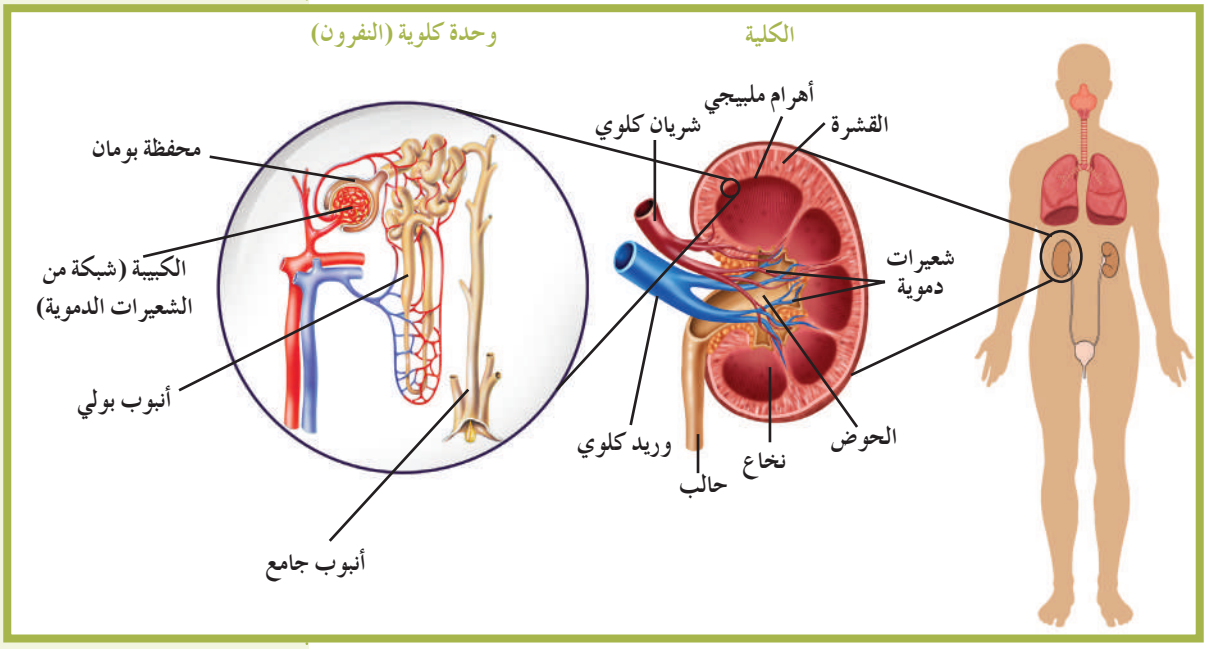
2. وظائف الكليتين Kidney Functions

كلّ كلية عبارة عن عضو يشبه حبّة الفاصولياء، ويبلغ طولها 10 cm تقريبًا. لاحِظ منطقتي الكلية الموضَّحتين في الشكل (49): القشرة والنخاع. تمتدّ خلال منطقتي القشرة ونخاع شبكة معقَّدة 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 المرشّحات الكلوية التي تزيل الفضلات من الدم.**

تتكوَّن كلّ وحدة كلوية من أنبوب بولي Renal Tubule طويل محاط بالشعيرات الدموية. **يُعرَف 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 تتحرَّك تلك السوائل والفضلات إلى محفظة بومان، وتتجمَّع في الأنبوب البولي حيث يتكوَّن البول. ويتكوَّن البول في معظمه من الماء، لكنّه يحتوي أيضًا على اليوريا وحمض البوليك Uric Acid والأملاح.

وتفرِغ 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، يفرِغ جهاز الأنابيب الجامعة ما فيه من بول في الحالب، الذي ينقله إلى المثانة البولية، ومنها إلى خارج الجسم من خلال مجرى البول.

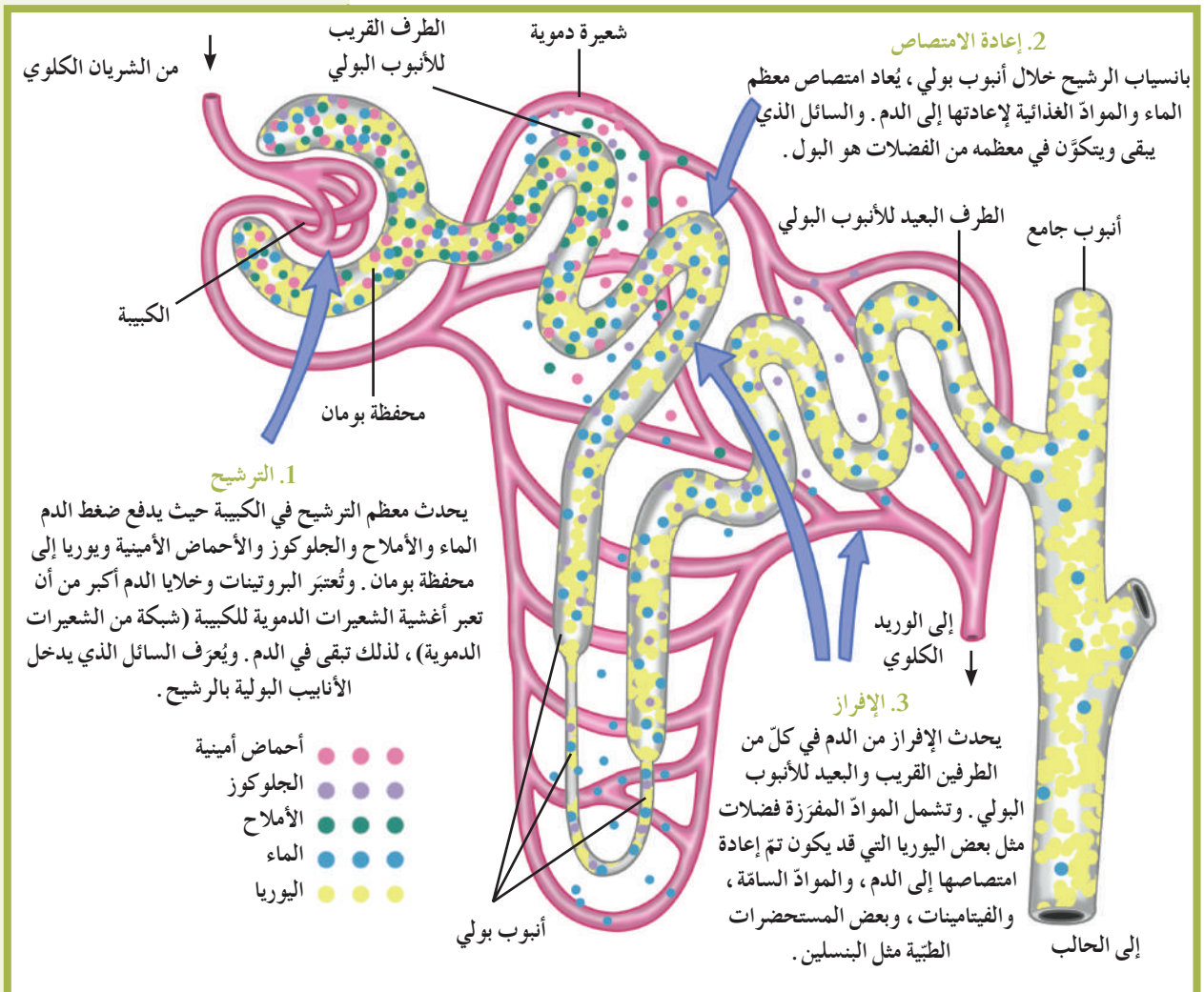


(شكل 49)
في الكليتين، ترشح الوحدات الكلوية (النفرونات) الدم.

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

يُوضِّح 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. وتتحرَّك 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)



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، تتكوّن 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 معرَّض للعدوى، إذ يقع مجرى البول في المنطقة التناسلية. ويُعتبَر الشرج مصدرًا لجراثيم إشريشيا كولاي E.Coli Bacteria، التي يُمكِن 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 تتعرّضان 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 يتغيَّر 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 منخفِضة من الماء.

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

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

1.4 الكلية الصناعية (الديلسة) Dialysis

حقَّق تقدّم التقنيات الطبّية فائدة كبيرة للأشخاص الذين يعانون مشكلات في الكلية، مثل الحصوات في الكلية. تتكوَّن هذه الحصوات من تبلور الأملاح المعدنية وأملاح حمض البوليك في البول، ويُمكِن أن تسدّ قناة مجرى البول مسبِّبة 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. ويُسبِّب 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؟

مراجعة الدرس 2-4

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

حصلت آمي ديكن من الولايات المتّحدة في دورة الألعاب الأولمبية التي نُظِّمت في مدينة أتلانتا في صيف 1996، على أربع ميداليات ذهبية، في إنجاز لم تحقّقه أيّ رياضية في دورة أولمبية واحدة. وقد كانت إنجازاتها مميَّزة 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 الكفائة 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

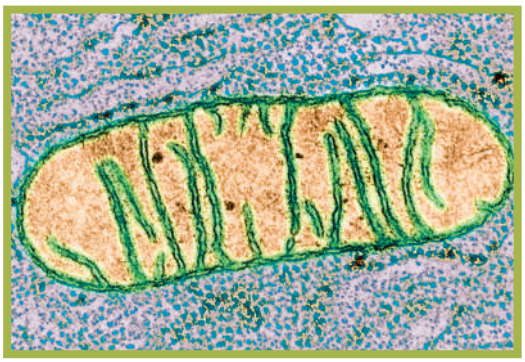
الدرس الأوّل
* التنفّس الخلوي
الدرس الثاني
* الجهاز التنفّسي للإنسان
الدرس الثالث
* صحّة الجهاز التنفّسي
الدرس الرابع
* الجهاز الدوري للإنسان
الدرس الخامس
* صحّة الجهاز الدوري

الدرس 3-1

التنفّس الخلوي
Cellular Respiration

الأهداف العامة

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



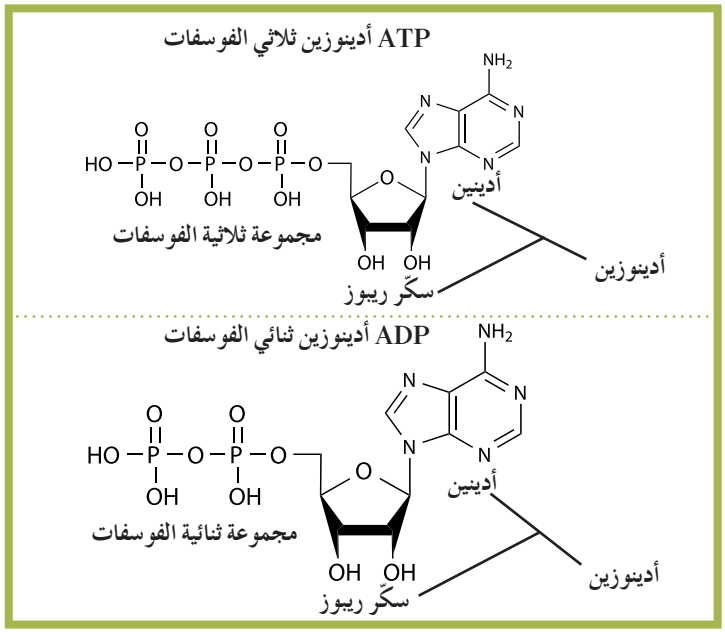
(شكل 52)

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 (الأدنيوزين 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.

يوضِّح الشكل (53) واحدًا من أهمّ المركّبات المخزِّنة للطاقة. يُسمّى هذا الجزيء **أدينوزين ثلاثي الفوسفات Adenosine Triphosphate (ATP)، وهو الجزيء الرئيسي في تخزين الطاقة التي تستخدمها الكائنات الحية. ويتكوَّن 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.



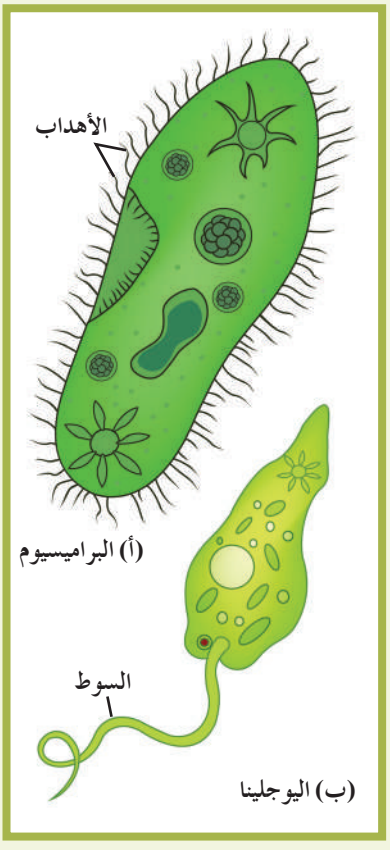
(شكل 53)
يتشابه كلّ من ADP و ATP بدرجة كبيرة. ويتكوَّن ADP عند كسر الرابطة التي تربط مجموعة الفوسفات الأخيرة في ATP.
ما الذي ينتج عندما يتكوَّن ADP؟

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

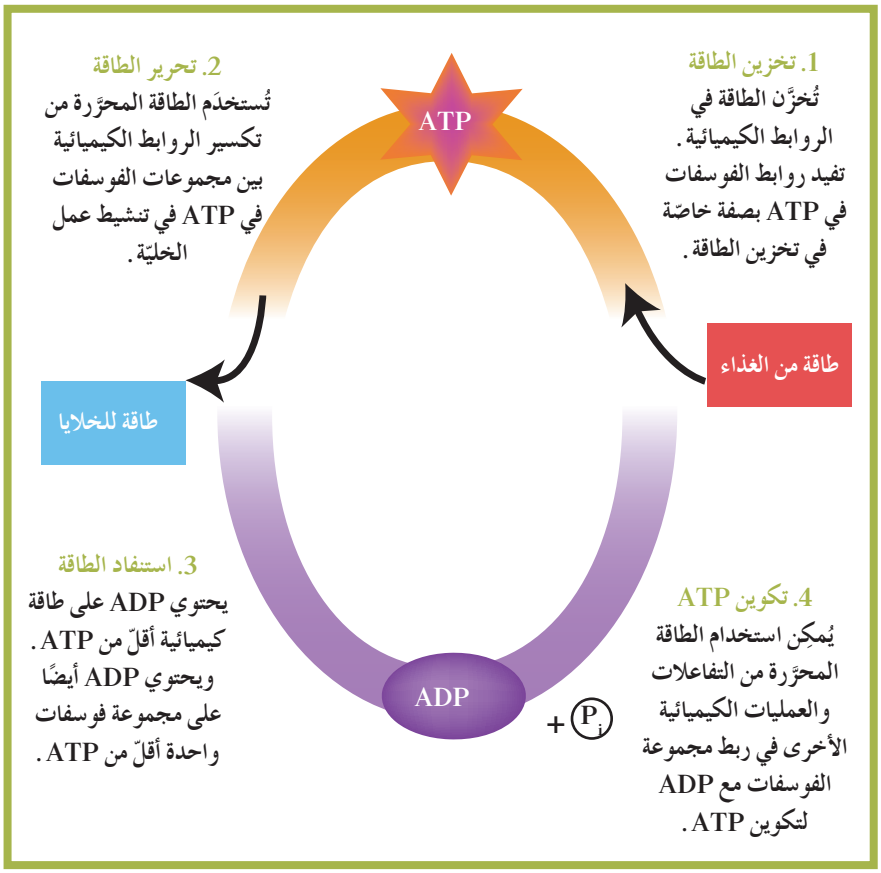
الأوّل: توفير الطاقة للوظائف الميكانيكية للخلايا (على سبيل المثال، تحتاج الخلايا إلى الطاقة لحركة الأهداب، كما في البراميسيوم، والسياط، كما في اليوجلينا، (شكل 54). وتحتاج الخلايا العضلية إلى الطاقة لتنقبض خلال الحركة).

الثاني: النقل النشط للأيونات والجزيئات عبر الأغشية الخلوية.



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

الثالث: الخلايا في نشاط مستمّر، لذلك يتطلَّب تصنيع الجزيئات الكبيرة إمدادًا ثابتًا من مركّب ATP. وتُولِّد 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

يستخدِم 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 تستخدِم 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 يتطلَّب الأكسجين، والآخر غير هوائي أي يُمكِن أن يحدث بدون الأكسجين.**

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؟
قارِن 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

$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$ (جلوكوز) $\longrightarrow$ $6\,CO_2 + 6\,H_2O +$ طاقة

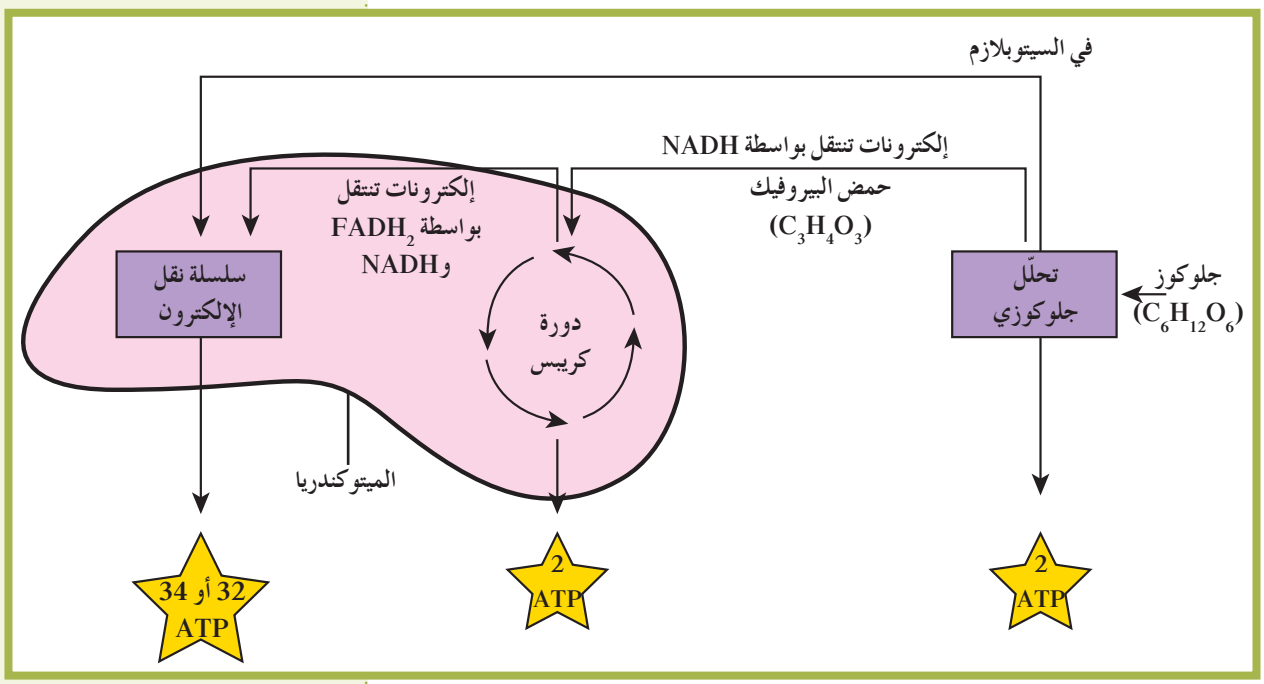
بناء ضوئي

$6\,CO_2 + 6\,H_2O +$ طاقة $\longrightarrow$ $C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$ (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).



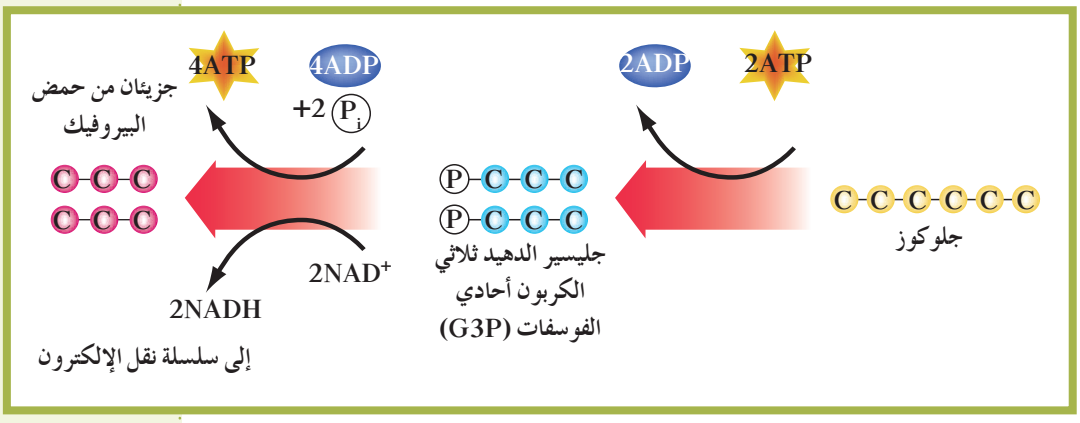
(شكل 57)
مراحل التنفّس الخلوي
لدى معظم الكائنات، يبدأ التنفّس الخلوي في السيتوبلازم، ويستمرّ في الميتوكوندريا، ويتمّ إنتاج ATP في عدّة خطوات. في أيّ خطوة منها تنتج الكمّية الأكبر من ATP؟

1.3 التحلّل الجلوكوزي Glycolysis

يبدأ كلّ من التنفّس الهوائي واللاهوائي بعملية التحلّل الجلوكوزي.

التحلّل الجلوكوزي Glycolysis هو عملية تحدث في سيتوبلازم الخليّة، 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 تتمّ 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.



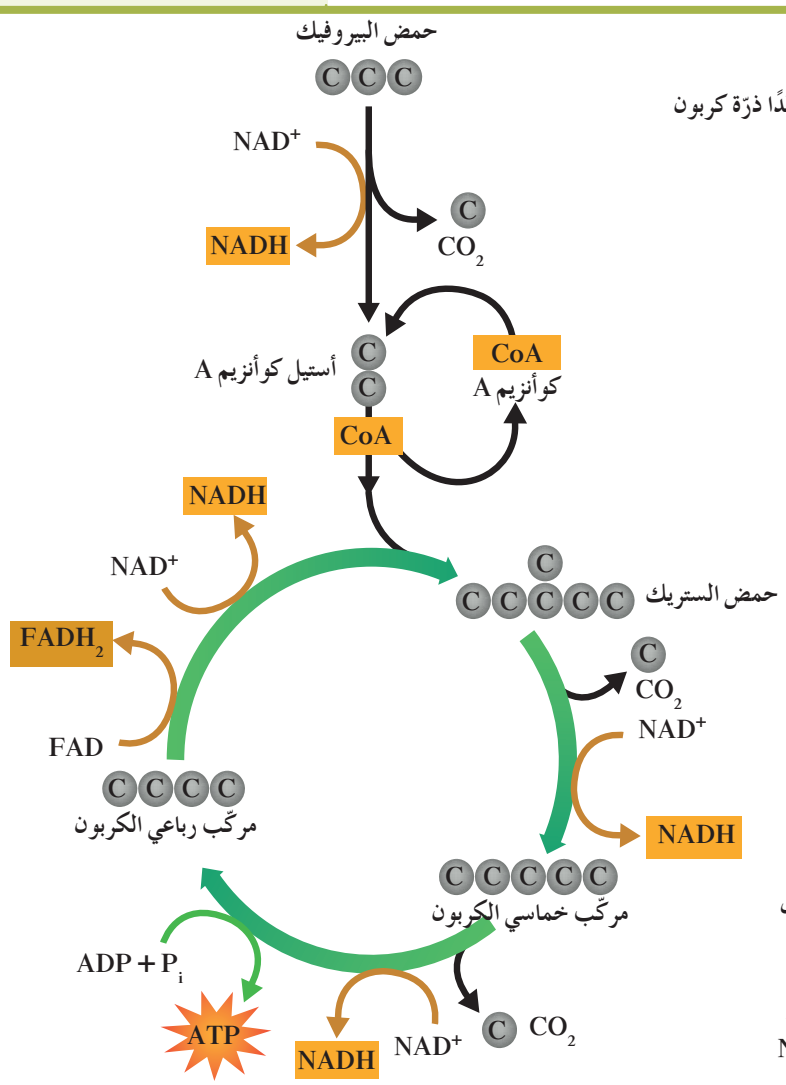
(شكل 58)
التحلّل الجلوكوزي
لشطر الجلوكوز إلى حمض البيروفيك، يجب أن تستخدم الخليّة أوّلًا طاقة جزيئي مركّب الـ ATP. ما الحصيلة النهائية من الجزيئات مخزّنة الطاقة الناتجة من التحلّل الجلوكوزي؟

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 سُمِّيت 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 يُنتِج جزيئين من حمض البيروفيك من كلّ جزيء جلوكوز، تكون حصيلة دورة كريبس جزيئين ATP من جزيء جلوكوز واحد. وسوف تُستخدَم باقي الطاقة المخزَّنة في كلّ من NADH و $FADH_2$ لتكوين جزيئات ATP خلال عملية نقل الإلكترون.



1. تحوّل حمض البيروفيك

يتحوّل حمض البيروفيك إلى أستيل كوأنزيم A فاقدًا ذرّة كربون على صورة CO_2.

2. استخلاص الطاقة

يدخل أستيل كوأنزيم A في سلسلة من التفاعلات تنتج مركبًا رباعي الكربون وATP وNADH.

3. استكمال الدورة

يتحوّل المركّب رباعي الكربون إلى مركّب يتفاعل مع أستيل كوأنزيم A، ويتكوّن NADH و$FADH_2$.

وتكون حصيلة دورة كريبس جزيئًا واحدًا ATP وجزيئًا واحدًا $FADH_2$ وأربعة جزيئات NADH لكلّ جزيء حمض بيروفيك.

(شكل 59)
دورة كريبس

3.3 سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain

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

تتطلَّب 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).

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

* فلافين أدينين ثنائي نيوكليوتيد

(FAD (Flavin Adenine Dinucleotide))

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

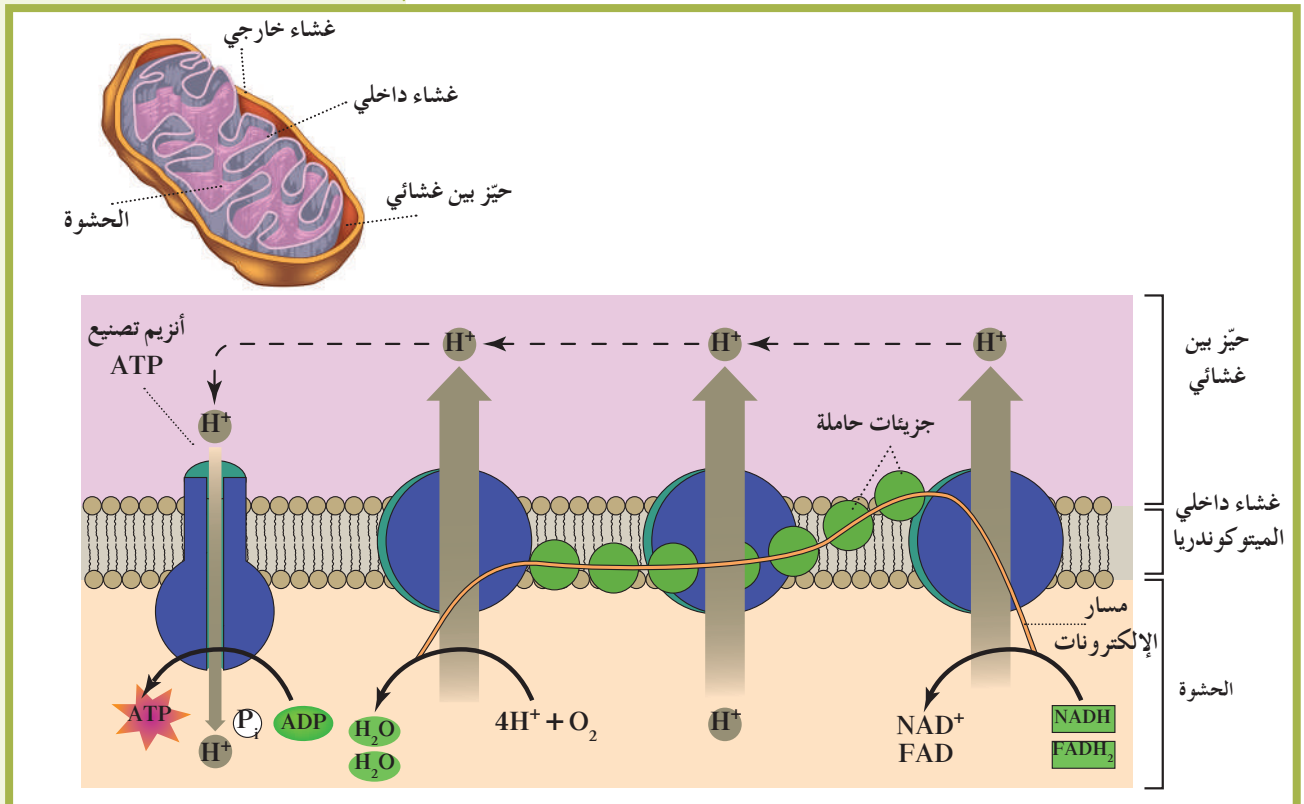
* نيكوتيناميد أدينين ثنائي نيوكليوتيد

(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. تنحدر الإلكترونات عبر سلسلة نقل الإلكترون

تمرّ الإلكترونات عبر الجزيئات الحاملة. تستخدِم طاقتها لدفع أيونات الهيدروجين H^+ عبر الغشاء الداخلي مكوِّنة منحدرًا للتركيز.

3. تكوّن الماء

المستقبل النهائي للإلكترونات هو الأكسجين الذي يُكوِّن بعد ذلك جزيء ماء باتّحاده مع أيونات الهيدروجين H^+ الحرّة.

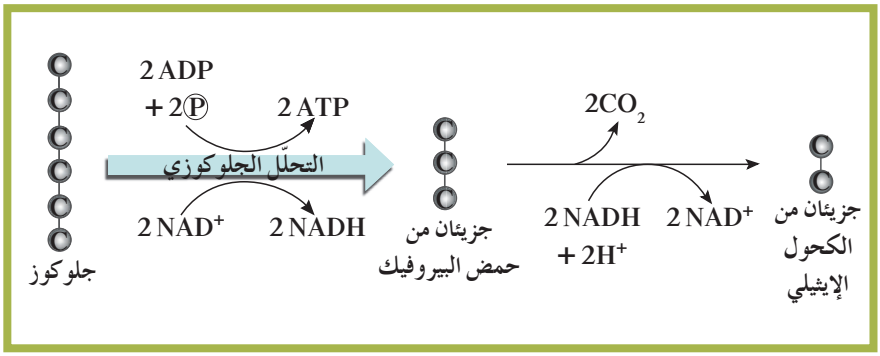
4. تكوين جزيئات الـ ATP

كما في عملية البناء الضوئي، يستخدِم أنزيم تصنيع ATP انتشار أيونات الهيدروجين المنسابة بحسب منحدر التركيز لتكوين جزيئات ATP.

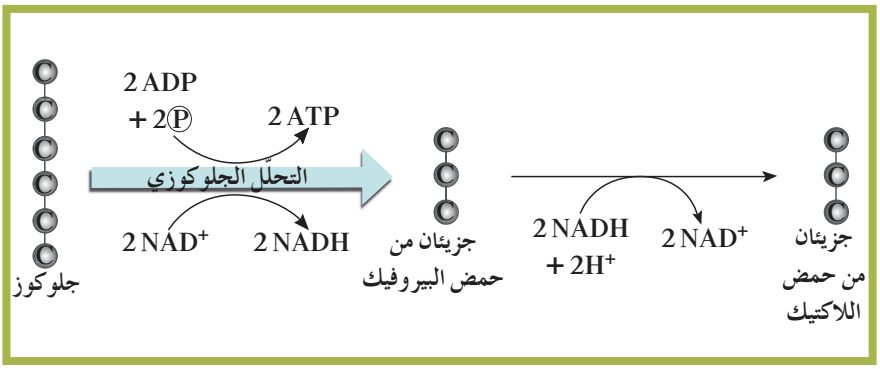
وبتحرير الخلايا للطاقة خلال التنفّس الخلوي، تنتج فضلات هي ثاني أكسيد الكربون والماء والحرارة. ويمكن للمستويات العالية من ثاني أكسيد الكربون أن تقتل الخلايا، لذلك تملك جميع الكائنات آليات خاصّة لطرد هذه الفضلات.

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 تُحرِّر 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.

الخميرة هي فطر وحيد الخليّة يتنفّس هوائيًّا 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 سُمِّيت هذه العملية كذلك لأنّ الكحول إحدى نتائجها.

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

التخمّر الكحولي هو أحد المصادر الاقتصادية الهامّة. فالخبّازون يستخدمونه للخميرة في صناعة الخبز، حيث تحلِّل الخميرة الكربوهيدرات الموجودة في العجين، فينتج ثاني أكسيد الكربون الذي يظلّ داخل العجين، وتسبِّب فقاعاته ارتفاع العجين. وعند خبز العجين، تموت فطريات الخميرة ويتبخرَّ 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، تتحوَّل من عملية التنفّس الهوائي إلى عملية تخمّر حمض اللاكتيك للحصول على الطاقة.

حمض البيروفيك + NADH $\xleftarrow[\text{اللاكتيك}]{\text{تخمّر حمض}}$ حمض اللاكتيك + NAD^+

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

(شكل 63)
الرياضيون المتنافسون، مثل الذين يشارِكون 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. تميَّزت هذه العربات بعدم إحداث التلوّث بأحادي أكسيد الكربون في بعض الولايات الأميركية مثل ولاية أريزونا.

5. مركّب ATP والسعر الحراري ATP and Calories

الإنسان يشارك معظم الكائنات الحية في عملية التنفّس الخلوي المسؤولة عن تحلّل جزيئات الجلوكوز، وتحوّل الطاقة المخزَّنة فيها إلى جزيئات ATP. يمكن تخزين الجلوكوز الزائد في صورة موادّ مختلِفة. فالنباتات تُخزِّن الجلوكوز الزائد في جزيئات النشاء، والإنسان وبعض الحيوانات تُخزِّن الجلوكوز في صورة جليكوجين أو موادّ دهنية. عندما يحتاج الكائن إلى الطاقة، يُمكِن أن تتحلَّل هذه الجزيئات المخزَّنة لكي تُنتِج جزيئات الـ ATP.

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

يستطيع جسمك أن يُحدِث 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، يُخزِّن الجسم الطاقة الزائدة. ما الذي قد يحدث إذا انعكس الوضع، ولم تستهلك الطاقة الكافية لاحتياج الخلايا؟

مراجعة الدرس 3-1

6. لخِّص خطوات دورة ATP بالرسم والبيانات.
7. فسِّر كيف يُحرِّر التنفّس الخلوي الطاقة من الغذاء.
8. قارِن بين عمليتي التنفّس الهوائي واللاهوائي. ما المتفاعلات والنواتج في كلّ عملية؟ ما حصيلة ATP في كلّ عملية؟
9. أُذكر المراحل الثلاث التي يمرّ بها التنفّس الهوائي.
10. **أضف إلى معلوماتك:** حدِّد 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؟

الدرس 3-2

الجهاز التنفّسي للإنسان
Human Respiratory System

الأهداف العامة

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

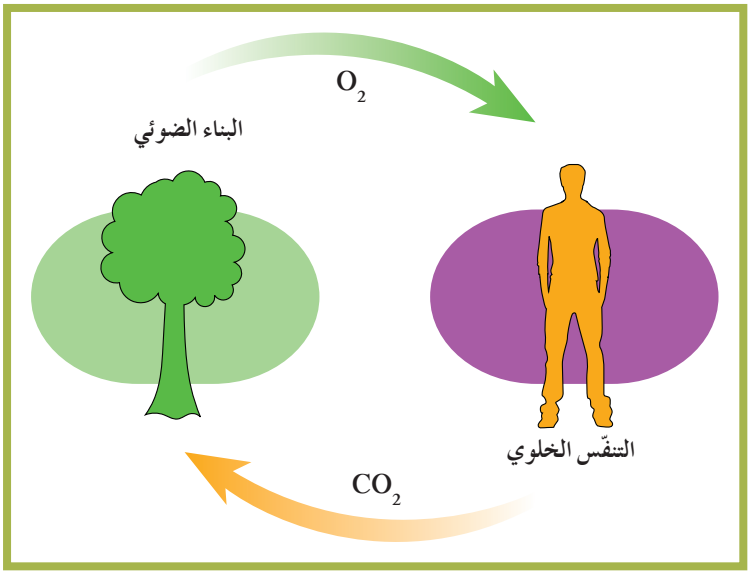
(شكل 64)

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 يستخدِم 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 تستخدِم الأكسجين (O_2) الذي يحصل عليه الإنسان من البيئة وتُنتِج ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يُطلَق في البيئة.

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

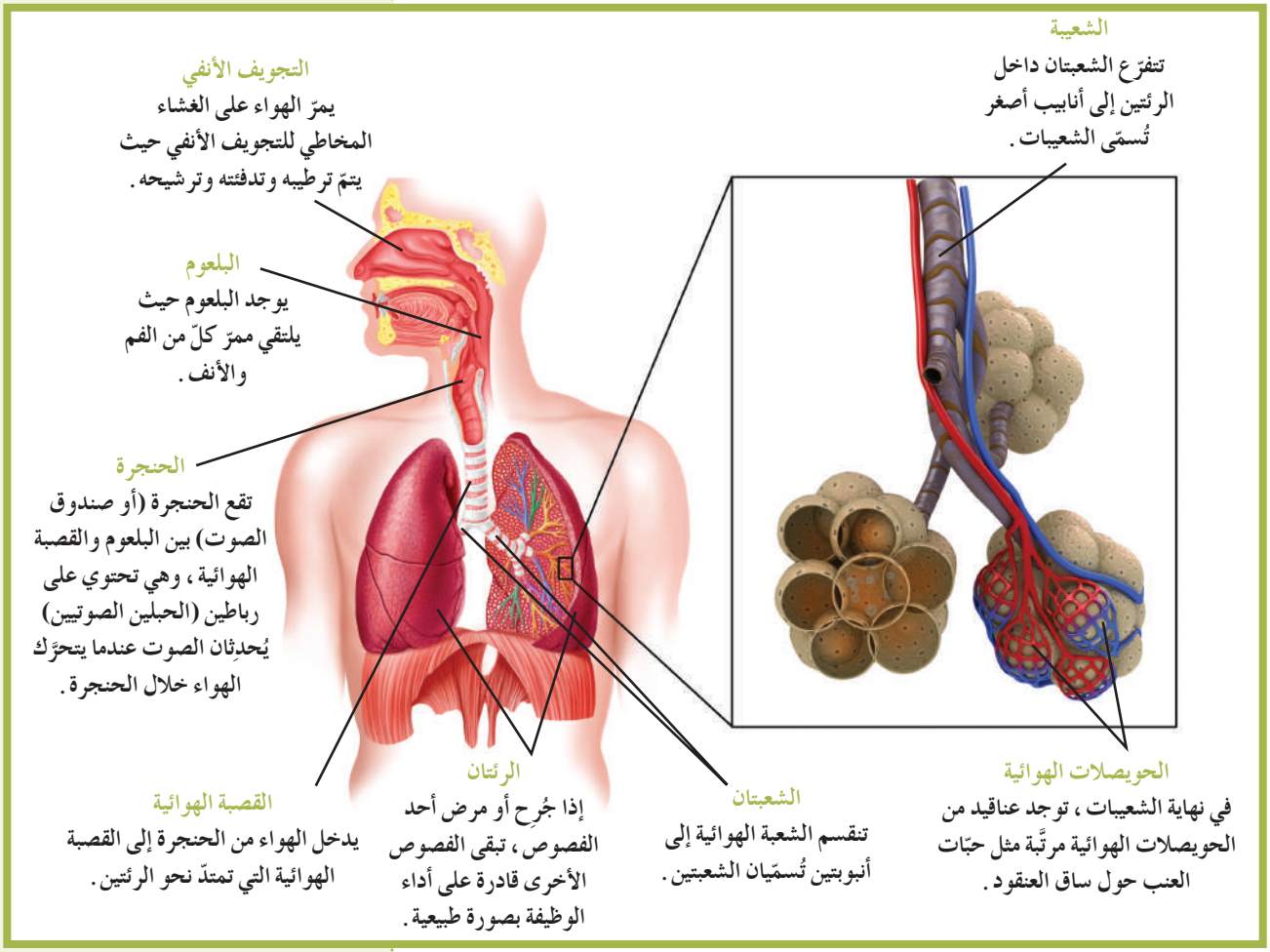
التنفّس Respiration هو العملية التي يحصل الجسم من خلالها على الأكسجين ويستخدِمه، ويتخلّص من ثاني أكسيد الكربون. وعمليتا الشهيق Inhalation والزفير Exhalation ما هما إلّا الجزء الآلي في عملية التنفّس. فالتنفّس هو مجموع كلّ من العمليات الآلية والكيميائية.

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. يُرشَح الهواء الذي تتنفّسه عبر أنفك ويُنظَّف، 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 يحمِل جراثيم تؤدّي إلى إصابة غطاء نسيج الرئتين بأمراض مختلِفة. 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 تُعَدّ الممرّ الرئيسي إلى الرئتين.

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 مكوَّن من طبقتين: طبقة داخلية ملتصِقة بنسيج الرئة ، وطبقة خارجية ملتصِقة 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. يُبطِّن التجويف الأنفي والأنابيب التنفّسية الأخرى غشاء من الخلايا المخاطية ذات الأهداب ، وتقوم هذه الخلايا بإفراز مادّة مخاطية إلى التجويف. تلتقِط المادّة المخاطية الجزيئات الصغيرة من الأتربة والجراثيم ، وتُحرِّك الأهداب المادّة المخاطية وما اقتنصته من جزيئات إلى البلعوم ليتمّ ابتلاعها إلى المعدة حيث تُدمِّرها 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 تُسرِّع أو تُبطِّئ تنفّسك إراديًّا 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

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

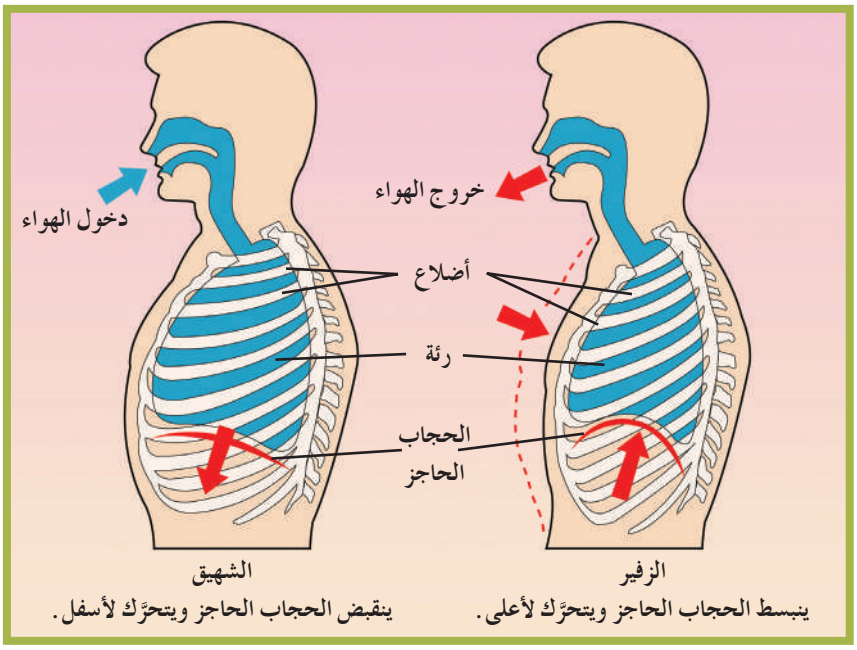
(شكل 67)
الرئة اليسرى أصغر قليلًا وذات أقسام وفصوص أقلّ من الرئة اليمنى.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

هل ابتلع شيئًا ما؟

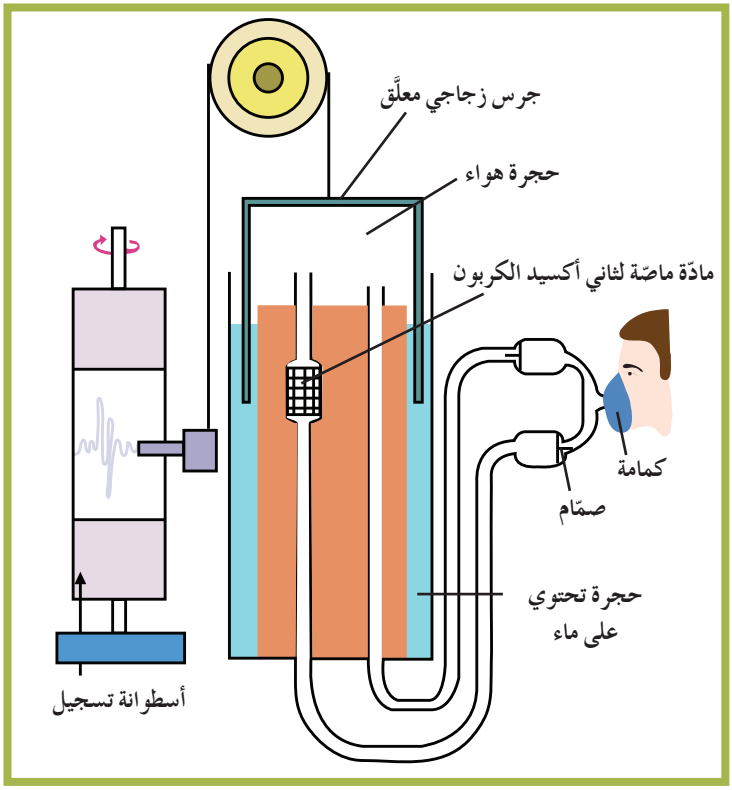
يندفع هواء الزفير عبر صندوق الصوت ليُنتِج الصوت. وصندوق الصوت (الحنجرة) مدعَّم بغضروف يُشكِّل زاوية في الحلق تُسمّى تفّاحة آدم ، ويكون حجمها عند الرجل أكبر منه عند المرأة.



(شكل 68)
أنت تتنفَّس بتغيير ضغط الهواء في رئتيك نسبة لضغط الهواء الجوي. عند الشهيق، ينقبض حجابك الحاجز والعضلات بين الأضلاع، فيتمدَّد التجويف الصدري. يُقلِّل التجويف الصدري المتَّسع ضغط الهواء في رئتيك، فيُصبح ضغطه في رئتيك أقلّ من الضغط الجوّي، فيندفع الهواء حينئذ داخل الرئتين. ما الذي يحدث عند الزفير؟

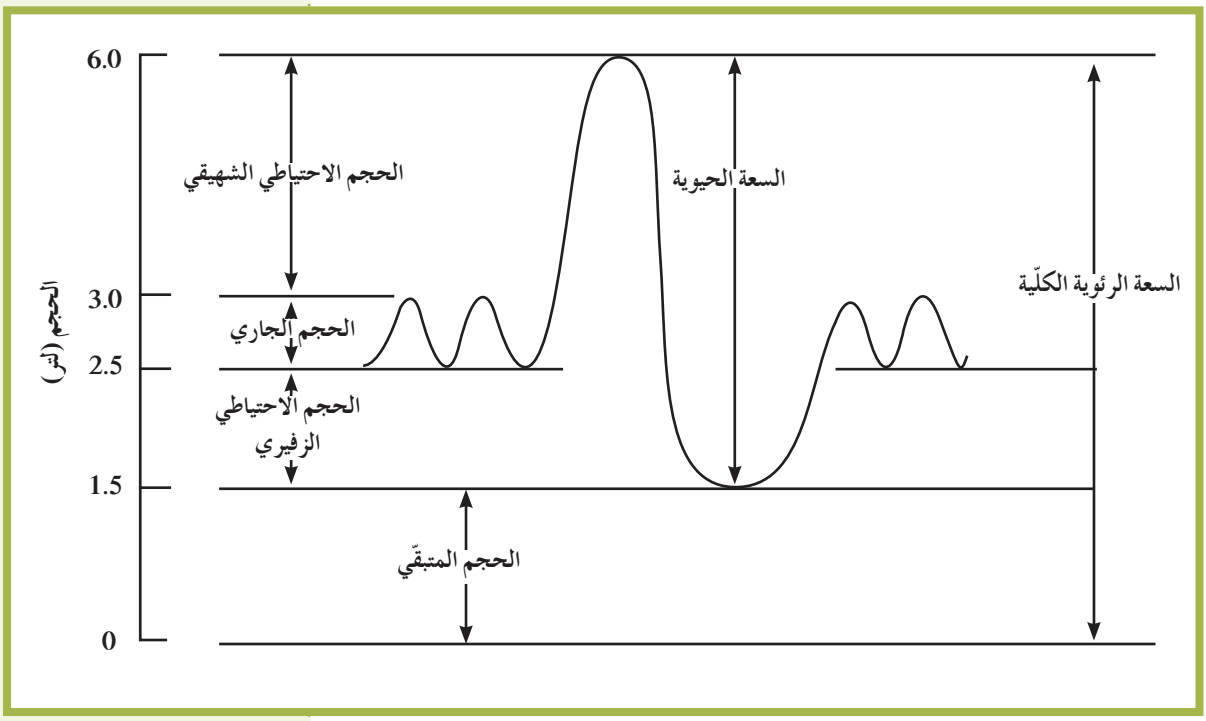
4. الأحجام الرئوية Lung Volumes

يُمكِن قياس حجم الهواء المستنشَق وهواء الزفير خلال التنفّس مباشرة بواسطة مقياس التنفّس Spirometer الموضَّح 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

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 جزئيًّا 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.

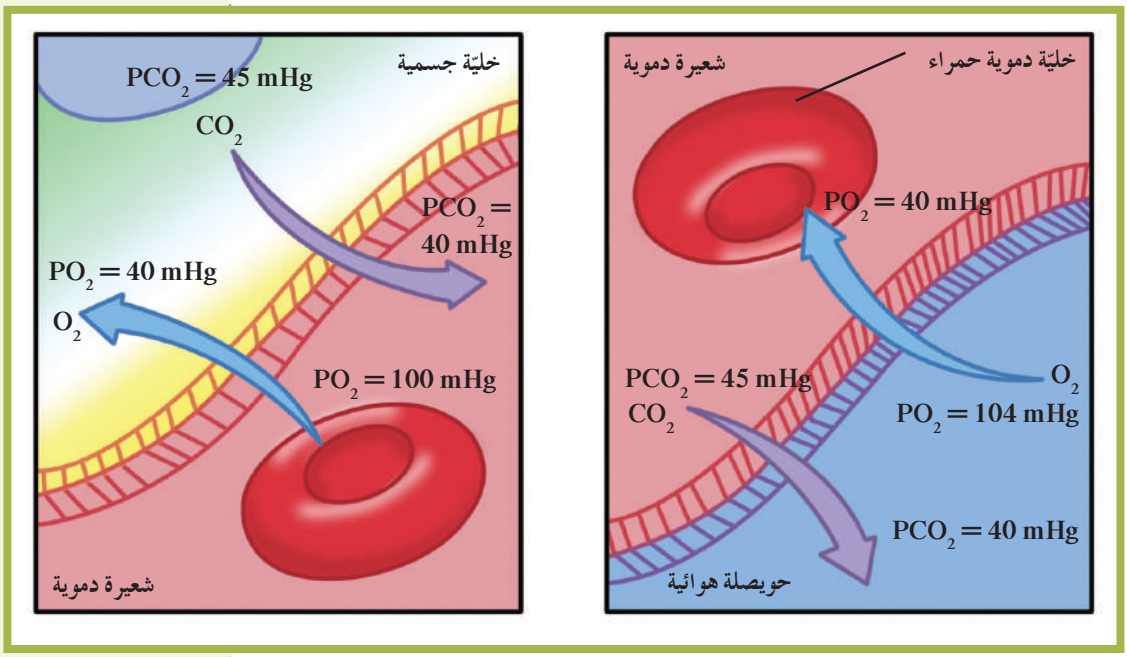
5. ضبط التنفّس Breath Control

يقوم مركز التنفّس، وهو مجموعة من الخلايا العصبية في الدماغ، بتنظيم العملية الآلية للتنفّس. ترسِل 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 مكوِّنًا حمض الكربونيك H_2CO_3 الذي يتحلَّل 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. فتتحرَّك 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 موضَّح في الشكل (69)، ثمّ يُطرَد غاز ثاني أكسيد الكربون مع هواء الزفير عن طريق القصبة الهوائية.



(شكل 71)
يحدث تبادل الغازات في الرئتين (إلى اليمين) بالانتشار عبر غشاء الحويصلة الهوائية والشعيرات الدموية. ما الذي يحدث للأكسجين وثاني أكسيد الكربون في خليّة 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 موضَّح في الشكل (71). ومعظم الأكسجين الذي يحتاج إليه الجسم يرتبط في كريات الدم الحمراء مع بروتين يُسمّى الهيموجلوبين، مكوِّنًا الأكسي هيموجلوبين الذي يستطيع التفكّك سريعًا إلى هيموجلوبين وأكسجين لإتمام عملية التبادل الغازي في الخلايا بحسب المعادلة التالية: $Hb + 4O_2 \leftrightharpoons HbO_8$.

مراجعة الدرس 3-2

1. عدِّد 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 تنظِّم 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.

صحّة الجهاز التنفّسي
Health of the Respiratory System

الأهداف العامة

* يُفسِّر كيف تُؤثِّر الفيروسات والبكتيريا والفطريات ومسببات الحساسية في الجهاز التنفّسي.
* يُوضِّح طرق حماية الجهاز التنفّسي.

(شكل 72)

في العام 1914، رُخِّص 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 حُبِسوا نتيجة انفجار داخل نفق ممتلئ بالغازات السامّة بالقرب من كليفلاند في ولاية أوهايو (شكل 72).

1. الاضطّرابات التنفّسية Respiratory Disorders

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

1.1 نزلات البرد Cold

لا بدّ أنّك أُصِبت مرّة واحدة على الأقلّ بنزلة برد Cold، وهو مرض يُسبِّبه واحد من الفيروسات العديدة المختلِفة التي يُمكِن أن تسبِّب نزلة البرد. وقد تُؤثِّر 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 تُسبِّب تمدّد الأوعية الدموية في الممرّات

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

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

2.1 الالتهاب الرئوي Pneumonia

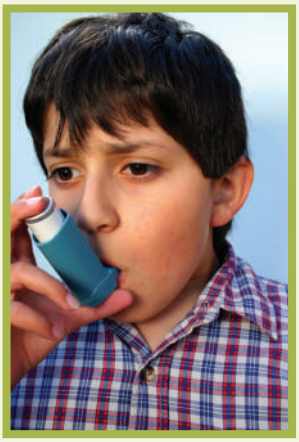
يُسبِّب مرض الالتهاب الرئوي Pneumonia إلتهاب أغشية الحويصلات الهوائية. ومثل نزلات البرد، تتسبَّب الفيروسات والبكتيريا والموادّ الكيميائية بهذا الالتهاب. ويستجيب الجسم لتأثير هذه الكائنات والموادّ الكيميائية بتجميع سائل وفضلات في الحويصلات الهوائية، ويتداخل هذا السائل مع تبادل الغازات، ما يُسبِّب نقصًا 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 تُسبِّب نزلات البرد أو الأنفلونزا. ومثل نزلة البرد، يُسبِّب الالتهاب الشُعبي زيادة إفراز المخاط الذي يُضيِّق الممرّات الهوائية، ما يصعِّب عملية التنفّس. ونتيجة لذلك، يشعر المصاب بالالتهاب الشُعبي بالإجهاد والضعف الشديدين، بالإضافة إلى السعال المتكرِّر على فترات قصيرة لتنظيف الممرّات الهوائية من المخاط. يُمكِن 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 تُسبِّب 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، يُستنشَق دواء العلاج لكي يصل مباشرة إلى الشعب.

فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

ضرر التدخين

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

يحتوي دخان التبغ على موادّ ضارّة مثل السيانيد والقار المسبِّبين للسرطان، وأحادي أكسيد الكربون الذي إذا تمّ استنشاقه، يرتبط مع هيموجلوبين الدم فيمنعه من حمل الأكسجين. يحتوي التبغ أيضًا على النيكوتين، وهو عقار يُسبِّب الإدمان إذ ينبِّه الجهاز العصبي، مسبِّبًا تأثيرات شديدة مثل زيادة معدّل ضربات القلب وضيق الأوعية الدموية. ترتبط الأنواع العديدة من السرطان باستخدام التبغ، وأكثرها شيوعًا هو سرطان الرئة الموضَّح في الشكل (75)، بالإضافة إلى سرطان الفم والبلعوم. يرتبط التدخين أيضًا بعدد من مشاكل التنفّس مثل السعال المزمن الذي يحدث لأنّ التدخين يشلّ الأهداب المبطِّنة للجهاز التنفّسي، ما يجعلها غير قادرة على تحريك المخاط، لذلك لا بدّ أن يسعل المصاب ليطرد المخاط من الجهاز التنفّسي. وفي نهاية الأمر، يُدمِّر التدخين الأهداب، ما يزيد من مخاطر إصابات الجهاز التنفّسي بأمراض مختلِفة. 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، تُدمَّر 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.

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 تُؤثِّر على الجهاز التنفّسي.

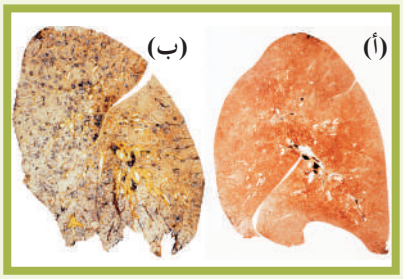
المذيبات العضوية: يُسبِّب استنشاق بعض المذيبات العضوية مثل كلوريد المثيلين، البنزين، إيثلين ثلاثي الكلور وإيثلين رباعي الكلور، إثارة الأغشية المخاطية وآلامًا في الحلق والأنف والصدر، وتدميع العينين. كما يمكن أن يُسبِّب أزمة رئوية حادّة في حال التعرّض لكمّيات كبيرة منها.

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، يتبخَّر معظم الماء، وتبقى كتل دقيقة من الفيروسات والبكتيريا في الهواء لعدّة أسابيع.



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

الكادميوم: يُسبِّب التعرّض لمادّة الكادميوم 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 يُسبِّب التعرّض له إثارة الأغشية المخاطية في الرئتين. وقد يؤدّي أحيانًا إلى الاختناق والموت إذ يُسبِّب 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 يُسبِّب 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 يُسبِّب هذا الغاز المتواجد مع ملوّثات أخرى إثارة والتهاب الأغشية المخاطية في الرئتين، كما يزيد من شدّة تحسّس الجهاز التنفّسي للكثير من الموادّ. وقد يتأثَّر الأشخاص الذين يعانون الربو أكثر من غيرهم من الآثار السلبية للأوزون.

3. العناية بجهازك التنفّسي

Caring for your Respirator System

يُمكِنك 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 تُسبِّب 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 تُحذِّر من مخاطر التدخين وتُشجِّع المدخّنين على الإقلاع عن التدخين (شكل 76).

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

مراجعة الدرس 3-3

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

فقرة إثرائية

علم الأحياء في المجتمع

أنفاس الحياة

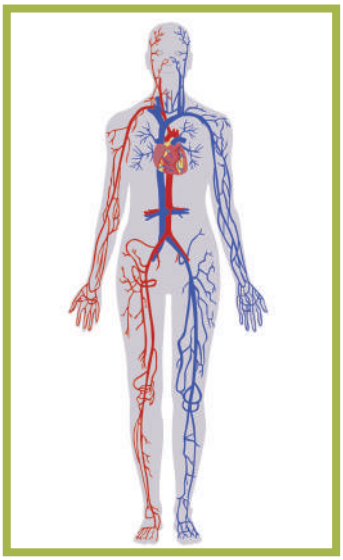
الإنعاش القلبي الرئوي عبارة عن عملية إسعافية قد تُعيد رئتي وقلب الشخص إلى العمل. ولا تحتاج هذه العملية إلى أدوات، وهي سهلة التعلّم نسبيًّا. استكشف كيف يتمّ تعليم الإنعاش القلبي الرئوي في مجتمعك ومن الذي يقوم به، ثمّ حاول أن ترتّب اتّصالًا مع إحدى الجهات لكي تتعلّمه. المستشفيات، مكتب هيئة الهلال الأحمر، مركز الإطفاء، إحدى فرق الإنقاذ تُعَدّ 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.

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.



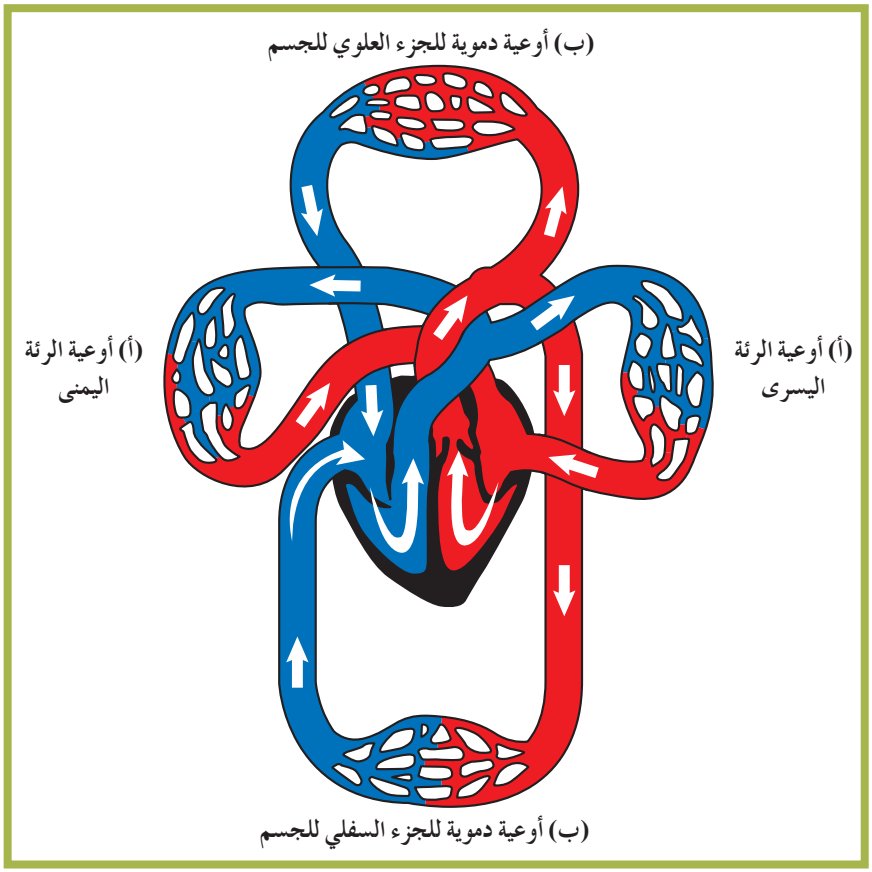
(شكل 77)

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 تتفرَّع منها أفرع كثيرة تحمل الدم إلى جميع أنسجة الجسم، ثمّ تعيده إلى 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 يُحرِّر 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. ويتَّضح مسار الدم في كلّ من الدورتين الرئوية والكبرى في الشكل (78).

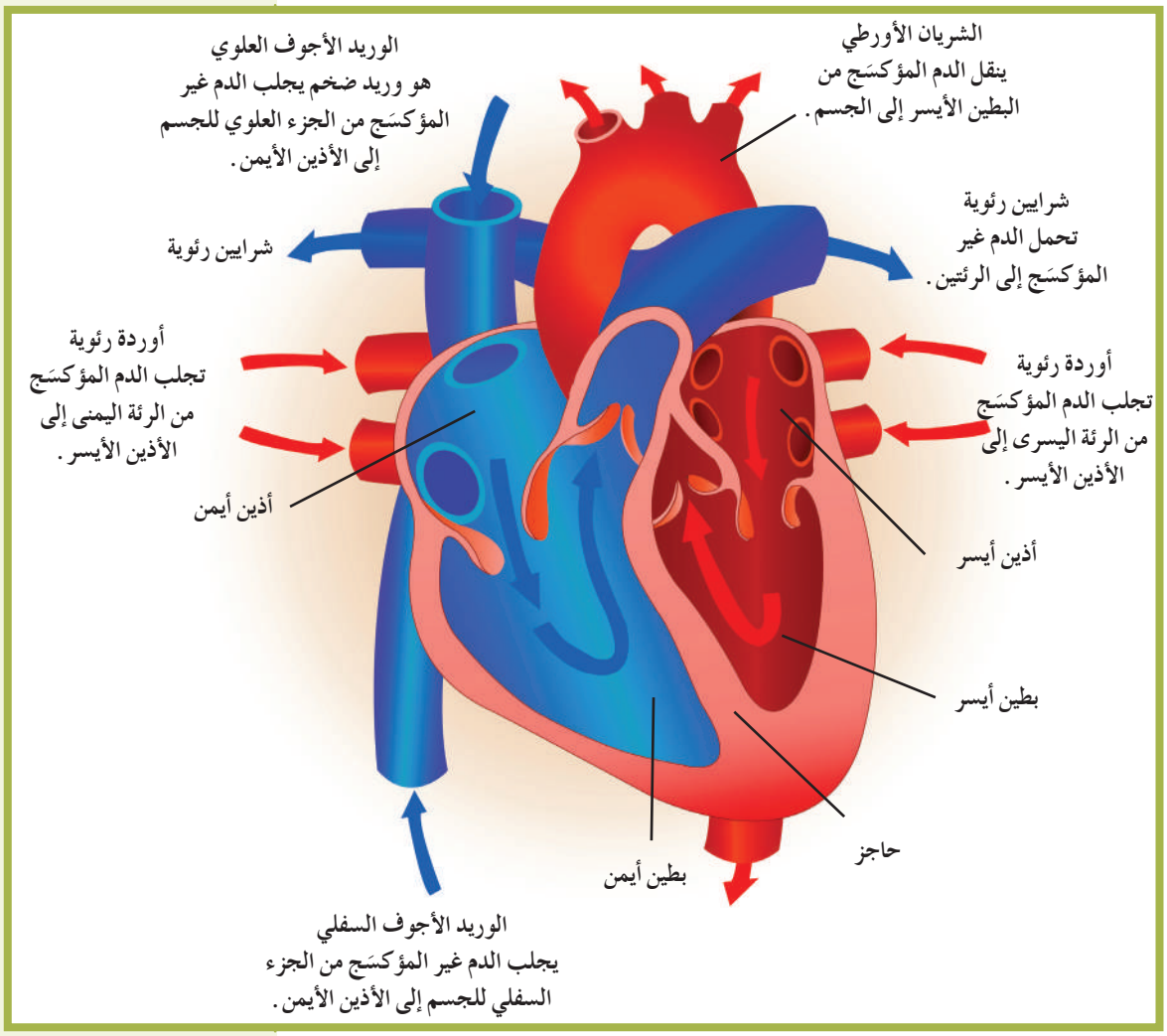


(شكل 78)
تُوضِّح الأسهم مسار الدم خلال الدورتين الرئوية والكبرى
دم مؤكسَج
دم غير مؤكسَج
(أ) دورة دموية رئوية
(ب) دورة دموية كبرى

2. تركيب قلب الإنسان

Structure of the Human Heart

يتألَّف الجهاز الدوري من القلب والأوعية الدموية والدم وسلسلة من الأوعية الدموية التي ينساب الدم خلالها. **القلب Heart عضو عضلي يدفع الدم خلال الجسم**. تخيَّل 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.



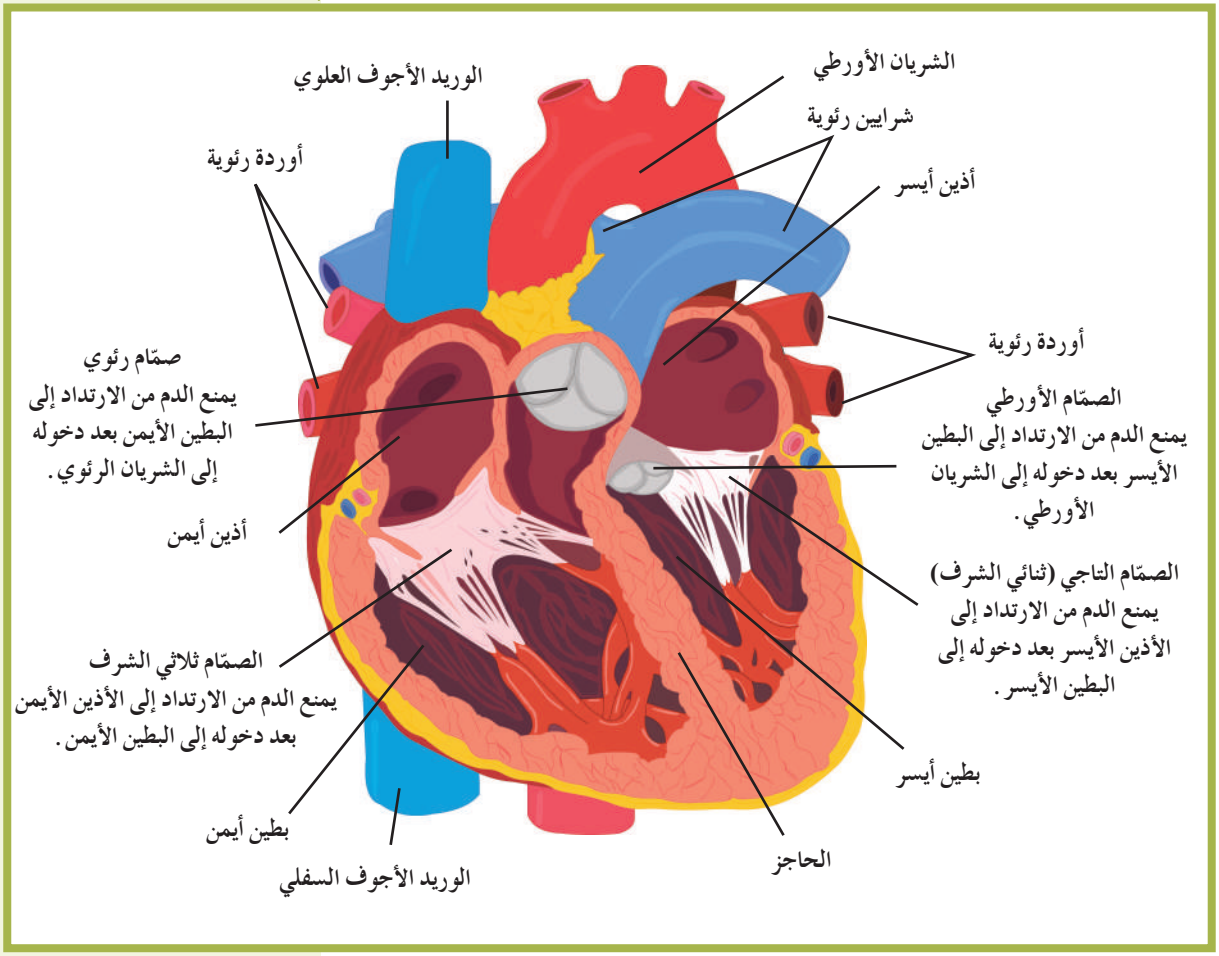
(شكل 79)
مسار الدم داخل القلب
القلب مضخّة تُحرّك الدم خلال الجهاز الدوري. ما الاختلافات التي تراها بين الجانب الأيسر والجانب الأيمن من القلب؟ تتبَّع انسياب الدم خلال القلب.

القلب عضو مجوّف له جدر سميكة مكوَّنة 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 منفصِلان 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.

يُمكِنك أن تتبع مسار الدم خلال القلب في الشكل (79). الأذينان صغيران ولهما جدر رقيقة نسبيًّا، أمّا البطينان فحجمهما أكبر من الأذينين ولهما جدر عضلية أكثر سمكًا. والجدر العضلية مهمّة لأنّ البطينين يعملان بصورة أقوى من الأذينين حيث يدفعان الدم إلى جميع أنحاء الجسم.

لاحِظ في الشكل (80) الصمّامات بين كلّ أذين وبطين، وبين البطين الأيسر والشريان الأورطي، وبين البطين الأيمن والشريان الرئوي.
تُحافِظ 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 المغلَقة 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

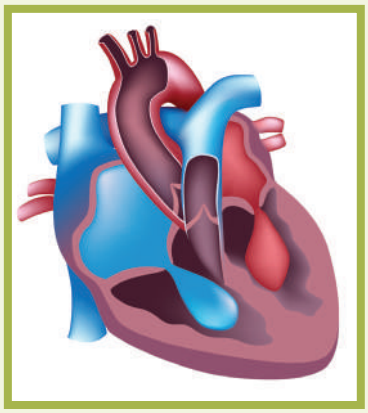
تنقسم هذه الفترة إلى فترتين:

انقباض الأذينين Auricular Systole: (شكل 81 – أ) مدّته 0.1 ثانية. يحدث عند انقباض جدر 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).

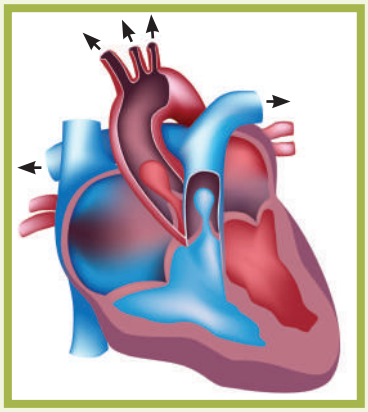
انقباض البطينين Ventricular Systole: (شكل 81 – ب) مدّته 0.3 ثانية. يحدث عند انقباض جدر البطينين الأيمن والأيسر، حيث يزيد ضغط الدم فيهما مؤدّيًا إلى فتح الصمّامين الأورطي والرئوي، فيتدفّق الدم المؤكسَج في الشريان الأورطي ليصل إلى باقي أنحاء الجسم، ويتدفّق الدم غير المؤكسَج في الشريان الرئوي باتّجاه الرئتين. 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

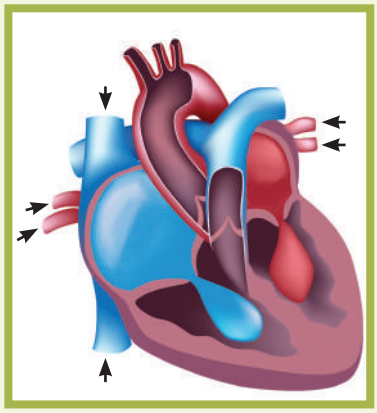
مدّته 0.4 ثانية، وتنبسط جدر الأذنين والبطينين خلال هذه الفترة. ينخفض الضغط في البطينين، ما يؤدّي إلى إغلاق الصمّام الرئوي والصمام الأورطي، وفتح الصمّام ثلاثي الشرف والصمّام التاجي. يتدفّق الدم المؤكسَج من الرئتين إلى الأذين الأيسر خلال الأوردة الرئوية، ويتدفّق الدم غير المؤكسَج من باقي الجسم إلى الأذين 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).



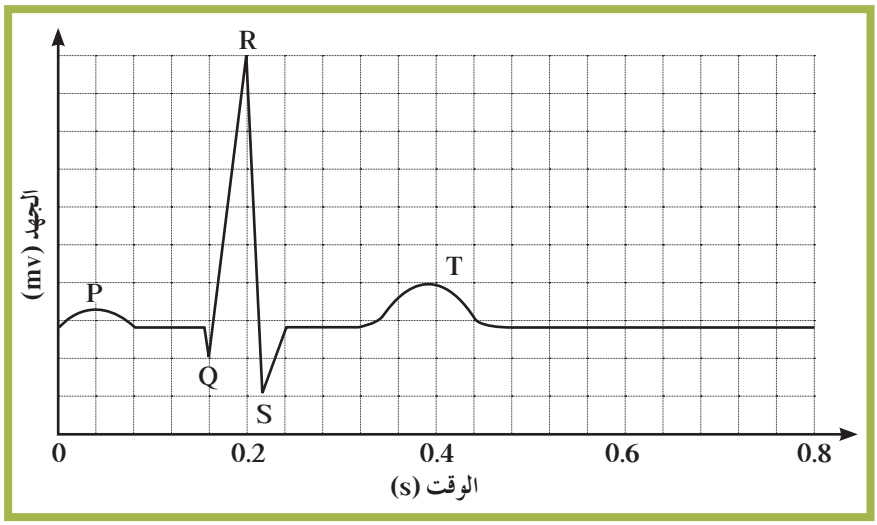
(شكل 81 – أ)
انقباض العضلة القلبية للأذينين



(شكل 81 – ب)
انقباض العضلة القلبية للبطينين



(شكل 82)
انبساط العضلة القلبية

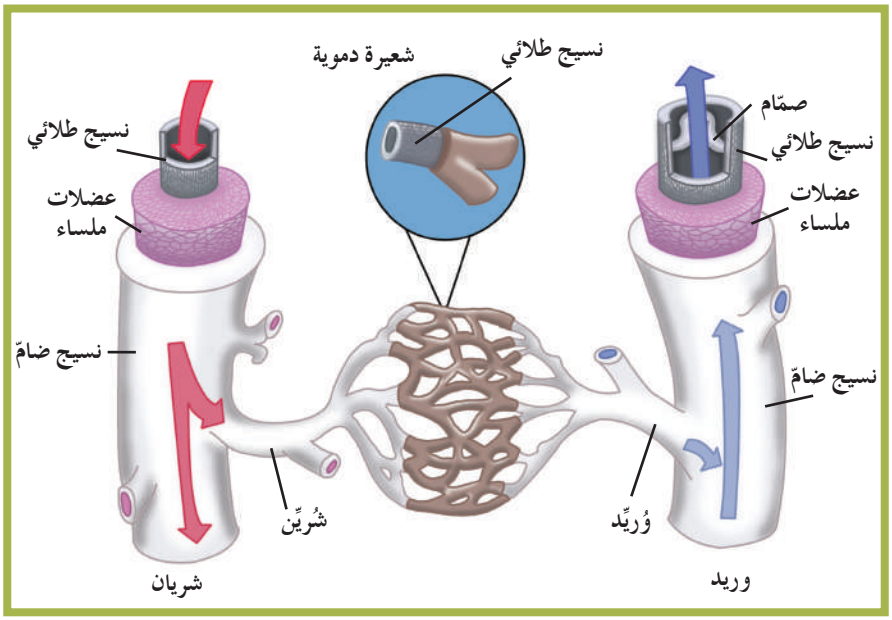


(شكل 83)
مخطّط القلب الكهربائي

4. الأوعية الدموية Blood Vessels

نجد في جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الأوعية الدموية: الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية. كلّ نوع من الأوعية له وظيفة مختلِفة في الجهاز الدوري، حيث يختلف حجم كلّ وعاء وتركيبه تبعًا لوظيفته.

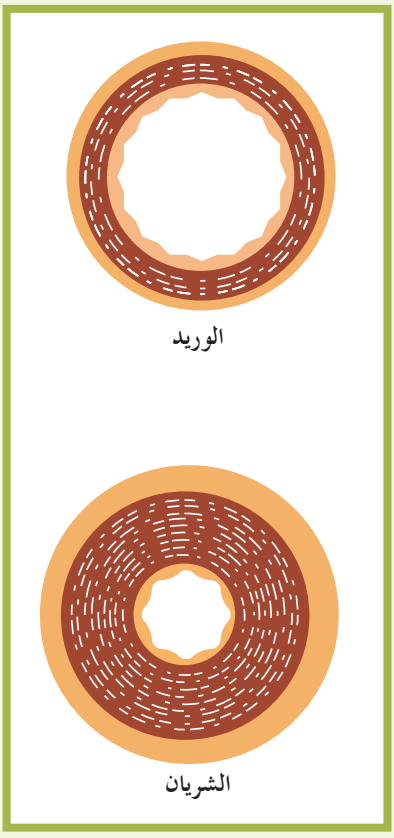
تتكوَّن الطبقة الداخلية للأنواع الثلاثة من نسيج طلائي يُمثِّل حاجزًا بين الدم وباقي أجزاء الجسم. وتتركَّب الشعيرات الدموية من نسيج طلائي فقط، في حين تحتوي الشرايين والأوردة على عضلات ملساء ونسيج ضامّ أيضًا. تُساعِد العضلات الملساء الأوعية على الانقباض، والنسيج الضام يُكسِبها المرونة (شكل 84 – أ).



شكل (84 – أ)
تركيب الأوعية الدموية

الشرايين Arteries: تُسمّى الأوعية التي تحمل الدم الخارج من القلب بالشرايين. يُمكِنك 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 شريِّنات 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، ويُكوِّن بعضها الآخر شبكات متفرِّعة. وتُوفِّر هذه الشبكات مساحة سطحية أكبر للانتشار، ما يسمح بتبادل كمّيات أكبر من الموادّ بسرعة.



شكل (84 – ب)
مقطع عرض لشريان ووريد يُظهر سماكة جدارهما

(شكل 84)
ما الاختلافات في التركيب والوظيفة بين الشريان والوريد والشعيرة الدموية؟

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).

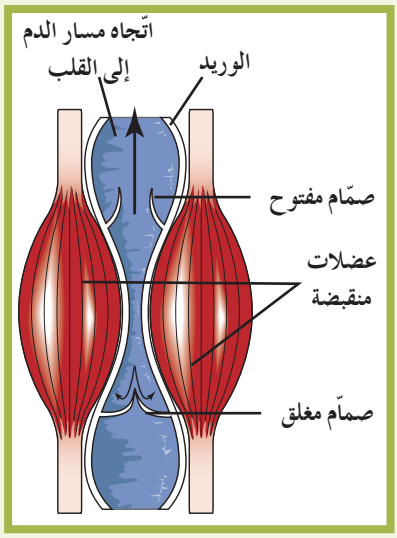
5. ضربات القلب Heartbeat

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.

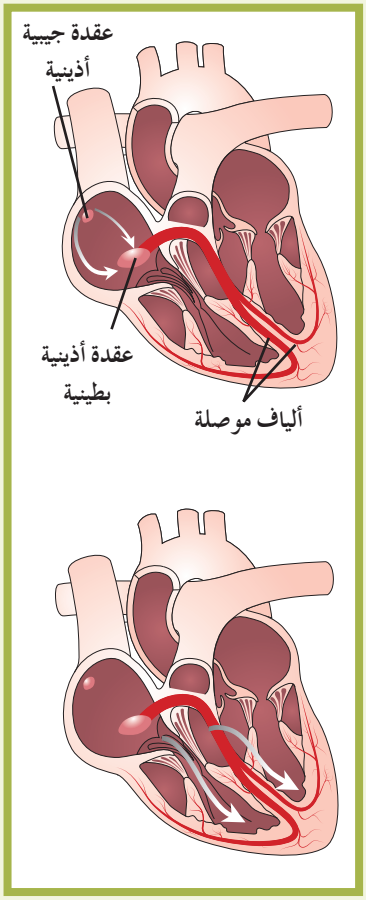
6. معدّل ضربات القلب Heart Rate

يُمثِّل 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 يُسبِّب انقباض الأذينين. وتُلتقَط النبضة بواسطة العقدة الأذينية البطينية التي تنقل النبضات إلى ألياف عضلية في البطينين مسبِّبة انقباض البطينين. في أوقات الإجهاد، هل تزداد ضربات القلب أم تقلّ؟

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 يُمثِّل الضغط الانقباضي، أي قوّة ضخّ الدم في الشرايين عند انقباض البطينين، والثاني يُمثِّل 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 مؤشِّرًا لضغط الدم المرتفع.

مراجعة الدرس 3-4

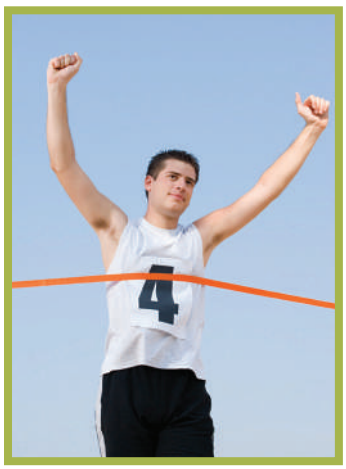
1. ارسم مخطّطًا لانسياب الدم خلال الجهاز الدوري للإنسان.
2. صِف آلية عمل القلب وأدوار الحركة القلبية.
3. **سؤال التفكير الناقد:** كيف يختلف تركيب الشعيرات الدموية عن الشرايين والأوردة؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كلّما ارتفعنا عن سطح الأرض، زاد عدد الكريات الحمراء في الدم كوسيلة للتأقلم مع انخفاض الضغط الجوّي. فسِّر ذلك.

الدرس 3-5

صحّة الجهاز الدوري
Health of the Circulatory System

الأهداف العامة

* يصِف بعض أمراض الجهاز القلبي الوعائي.
* يشرح طرق العناية بالجهاز القلبي الوعائي.



(شكل 87)

يمكن أن تزيد التمارين الرياضية حجم عضلة القلب وقوّتها. يضخّ قلب السبّاح أكثر من ثلث الدم الذي يضخّه قلب شخص غير رياضي. ويكون معدّل ضربات قلب الرياضي أقلّ من معدّل ضربات قلب شخص غير رياضي بسبب كثرة الدم الذي يضخّه القلب في كلّ نبضة. إنّها حقيقة موضوعية أنّ الرياضيين يُحمِّلون قلوبهم عبئًا بسبب مزاولتهم الألعاب الرياضية (شكل 87).

1. الأمراض القلبية الوعائية

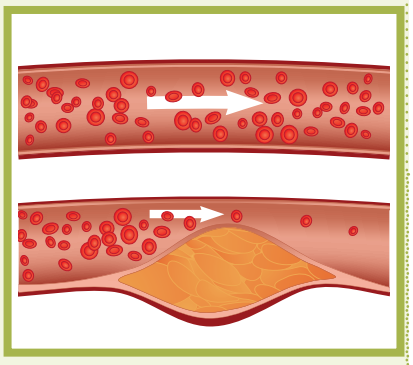
Cardiovascular Diseases

الأمراض القلبية الوعائية هي الأمراض التي تُصيب القلب والأوعية الدموية، وقد تؤدّي إلى موت الشخص، وهي تنتشر في جميع أنحاء العالم. ومن أشهر الأمراض القلبية الوعائية: تصلّب الشرايين وضغط الدم المرتفع.

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، تُصبِح 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، فتُسبِّب التكوينات الصفائحية خشونة البطانة الناعمة للوعاء، وهذا السطح الخشن يُحفِّز الصفائح الدموية لتكوين الجلطات. فإذا تحرّكت الجلطة، يُمكِن أن تلتصق بالجدار الداخلي لشريان ضيّق وتسدّ مجرى انسياب الدم. ونتيجة لذلك، أيّ عضو أو نسيج يغذّيه الشريان سيُحرَم من الإمداد بالأكسجين والمغذّيات. إذا سدَّت 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 منخفِض الكثافة Low–Density Lipoprotein (LDL)، يزيد من الاستعداد لتشكل التكوينات الصفائحية في الشرايين. والنوع الآخر يُسمّى البروتين الدهني مرتفع الكثافة High–Density Lipoprotein (HDL)، يُقلِّل من الاستعداد لتشكّل التكوينات الصفائحية. تزيد النسبة المرتفعة من LDL إلى HDL في الدم من خطورة تصلّب الشرايين.



(شكل 88)
يتدفّق الدم بدون عائق في الشريان السليم (إلى الأعلى). أمّا في تصلّب الشرايين، تقلّل التكوينات الصفائحية تدفّق الدم (إلى الأسفل).

2.1 ارتفاع ضغط الدم Hypertension

يحدث ارتفاع ضغط الدم Hypertension عندما تزداد 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 ويُدمِّر الشرايين.

غالبًا ما يزيد مرض ارتفاع ضغط الدم من خطورة الإصابة بالنوبات القلبية أو السكتات الدماغية، كما يمكن أن يُسبِّب 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).

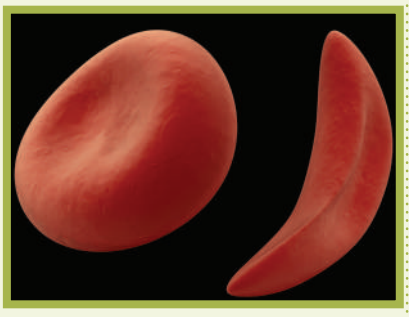
(شكل 89)
قياس ضغط الدم

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.

يتميَّز مرض فقر الدم المنجلي Sickle–Cell Anemia بفقدان كريات الدم الحمراء لشكلها (شكل 90)، **ما قد يُسبِّب الأنيميا.** كما أنّ الشكل المنجلي لكريات الدم الحمراء يجعلها تسدّ الأوعية الدموية، ما يعيق انسياب الدم فيها مسبِّبًا 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، يُنتِج نخاع العظام، وبأعداد كبيرة، كريات الدم البيضاء، إمّا ناضجة لكن غير قادرة على أداء وظيفتها أو غير ناضجة، ويُطلِقها في تيّار الدم. ولأنّ هذه الخلايا الأخيرة غير مكتملة النضج، فلا يُمكِنها مقاومة العدوى كما تفعل كريات الدم البيضاء الطبيعية. وفي الوقت نفسه، يتكوَّن القليل من كريات الدم الحمراء والصفائح الدموية، ما يجعل الجسم عرضة للأنيميا والنزف غير الطبيعي. أحد التطوّرات الحديثة في مجال علاج بعض أشكال المرض يتضمَّن 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 يُمكِن أن يقلِّل الشخص من خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية؟ يُعَدّ النمط الصحّي للحياة أهمّ عامل للحماية من الإصابة بمرض تصلّب الشرايين وارتفاع ضغط الدم. فالتدخين مثلًا يؤثِّر على الجهاز الدوري إذ يزيد من خطورة الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية، حيث يزيد النيكوتين في التبغ معدّل ضربات القلب ويُضيِّق الشرايين، ويُقلِّل التدخين أيضًا من كفاءة الأعضاء التنفّسية. بالتالي، لا بدّ أن يضخّ القلب الدم بشكل أسرع لنقل الأكسجين إلى خلايا الجسم.

تُؤثِّر التمارين الرياضية على الجهاز الدوري، فتزيد السعة الحيوية للرئتين، وتُؤثِّر في وزن الجسم وتُقلِّل الإجهاد، وتزيد أيضًا قوّة العضلات، بما فيها عضلة القلب.

يُؤثر النظام الغذائي أيضًا على الجهاز الدوري، إذ يُمكِن أن يُسبِّب 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. فسِّر 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؟

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
الترئيس	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، وتتجمَّع الأنواع المختلِفة منها مع بعضها لتُكوِّن الأعضاء. وتُكوِّن مجموعة الأعضاء التي تعمل مع بعضها لأداء وظائف معينة الأجهزة، ويتكوَّن 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 المدمَج على قنوات هافرس التي تمرّ خلالها أعصاب وأوعية دموية.
* تربط الأربطة، وهي من النسيج الضامّ، العظام بعضها ببعض في المفاصل. أمّا الأوتار، فتُثبِّت العضلات بالعظام.
* تُصنَّف المفاصل وفقًا لمقدار الحركة التي تسمح به، فهي أمّا عديمة الحركة أو محدودة الحركة أو حرّة الحركة.

(3–1) عضلات الإنسان

* يُمكِن أن تكون عضلات الإنسان مخطَّطة أو ملساء (غير مخطَّطة). العضلات الهيكلية والقلبية عبارة عن عضلات مخطَّطة.
* يُمكِن 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 مؤدِّيًا 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.
* تُمثِّل النبضة العضلية استجابة العضلة الهيكلية لاستثارة واحدة أو سيال عصبي واحد. ويؤثِّر 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.
* تتكوَّن الطبقة الخارجية للجلد والشعر والأظافر من خلايا بشرة ميتة. تُنتِج خلايا البشرة الحية الملانين والفيتامين D.
* تحتوي الأدمة على نهايات عصبية وأوعية دموية وحويصلات الشعر وغدد عرقية.

الفصل الثاني: الجهازان الهضمي والإخراجي

(2–1) الهضم

* أثناء هضم الطعام، تنتج الموادّ الغذائية التي تمتصّها الخلايا.
* يتضمَّن الطعام الصحّي كمّيات مناسبة من الموادّ الغذائية المختلِفة.

(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 المتوفِّرة 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.
* يُمكِن لاضطرّابات تناول الطعام أن تُهدِّد حياة الإنسان.

(2–4) الجهاز الإخراجي للإنسان

* ترشح الكليتان الفضلات من الدم، وتُنتِج 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 تتطلَّب 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.
* يتحكَّم الحجاب الحاجز والعضلات بين الأضلاع بعملية التنفّس. وتُنظِّم 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 تُصعِّب 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 الفصل الأول

اِستخدِم المفاهيم الموضَّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظِّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

خريطة مفاهيم الفصل الثاني

اِستخدِم المفاهيم الموضَّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظِّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

خريطة مفاهيم الفصل الثالث

اِستخدِم المفاهيم الموضَّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظِّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

تحقق من فهمك

اكتب المصطلح العلمي الدال على كلّ عبارة مما يأتي:

1. النسيج الذي يملأ فراغات العظم الإسفنجي ويُنتِج خلايا الدم.
2. الصبغة التي تحمي الجلد من الأشعّة فوق البنفسجية.
3. ميل أعضاء الحسّ للتواجد على الجزء الأمامي من الجسم.
4. نوع العضلات المخطَّطة غير الإرادية.
5. النسيج الذي يُثبِّت العضلات في العظام.
6. الخلايا التي تُنتِج 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 يُنتِج العصارة الصفراء ويُحوِّل الجلوكوز إلى جليكوجين ويُحطِّم 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، يتميَّز 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 بوضَع 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. تُخزَّن 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 يُكسِّر الروابط الكيميائية في جزيئات النشا ويُحوِّله إلى سكّر ثنائي هو:

☐ الببسين. ☐ 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:

☐ الوريّدات. ☐ الشريّنات.

☐ الشعيرات الدموية. ☐ الوريد.

15. عندما ينقبض الحجاب الحاجز:

☐ يحدث الشهيق. ☐ يحدث الزفير.

☐ يرتفع لأعلى. ☐ يضيق الحيّز داخل الرئتين.

أجب عن الأسئلة التالية بإيجاز

1. كيف تساعد الغدد العرقية في تنظيم درجة حرارة الجسم؟
2. فسِّر ما الذي يُسبِّب التشنّج العضلي.
3. كيف تتشابه عملية التحام العظم المكسور مع عملية تطوّر الهيكل في الجنين؟
4. ما أنواع الأنسجة التي تُكوِّن الجهاز الهيكلي؟
5. باستخدام ما تنصّ 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. حدِّد علاقة تركيب الأذين والبطين بوظائفهما.
15. ما دور الخلايا الجذعية في الجهاز الدوري؟
16. ما أهمّية مساحة السطح في عملية التنفّس؟ كيف توفِّر 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؟

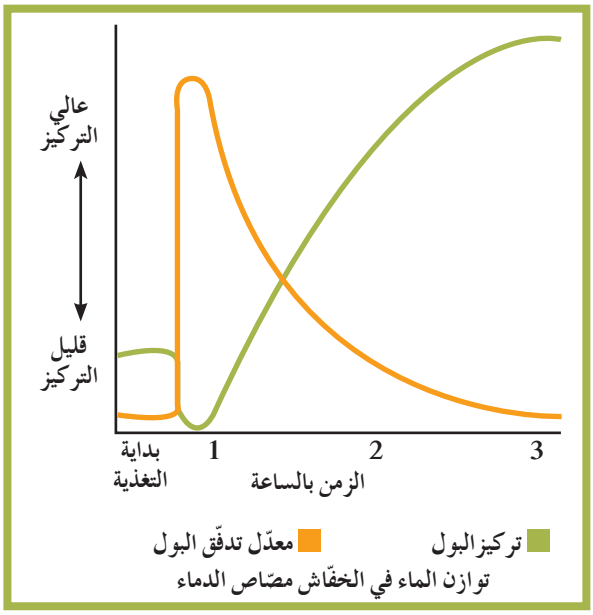
تحقق من مهاراتك

1. **صياغة الفرضيات:** افترض أنّك سمعت عن شخص أُجرِيت 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. فسِّر 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 يُؤثِّر ذلك على معدّل شفاء الأربطة المصابة؟ فسِّر إجابتك.
5. **تصميم التجارب:** المرونة هي القابلية لثني المفاصل وشدّ العضلات. صمِّم تجربة لقياس تأثير التدريبات الرياضية على مرونة المفاصل. كيف يمكنك أن تقيس المرونة؟ ما التدريبات التي يُمكِنك القيام بها لتزيد المرونة؟ **تحذير:** لا تؤدّي أيّ اختبارات أو تدريبات بدون مساعدة المعلّم.

6. **تطبيق المفاهيم:** يتناول بعض الأشخاص كمّيات من الفيتامينات تتخطّى الحصص التي ينصح الأطبّاء بتناولها. فسِّر 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. صمِّم تجربة تُوضِّح صحّة ما افترضت.

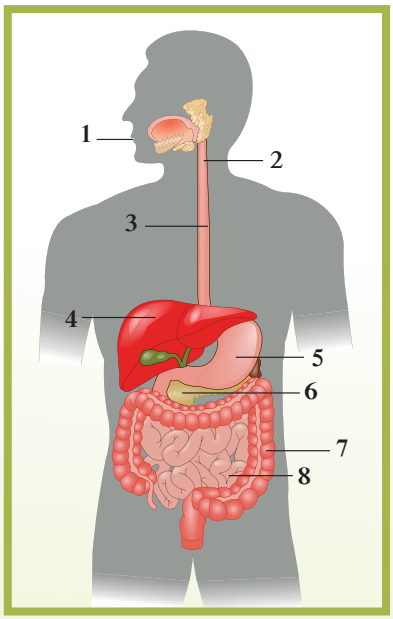
8. **تفسير الأشكال البيانية:** يتغذّى الخفّاش مصّاص الدماء ليلًا على دماء الثدييات كبيرة الحجم عندما تنام. ويُوضِّح الشكل التالي كيف يتكيَّف الجهاز الإخراجي للخفّاش للتناول الفجائي للسوائل الغنية بالبروتينات. ما الذي يحدث لتركيز وتدفّق البول عندما يبدأ الخفّاش في الأكل؟ صف تركيز وتدفّق البول بعد ثلاث ساعات من تناول طعامه.



توازن الماء في الخفّاش مصّاص الدماء

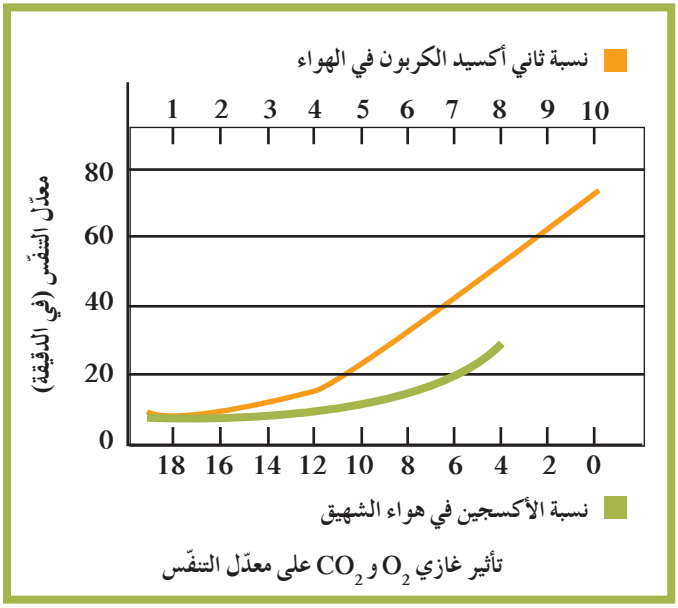
9. **الاستنتاج:** يظلّ الأشخاص الذين أجروا عمليات جراحية لإزالة جزء من المعدة أو المعدة بأكملها على قيد الحياة، ويكملون حياتهم بطريقة طبيعية. هل تعتقد أنّ الأشخاص نفسهم يمكنهم أن يظلّوا على قيد الحياة بدون الأمعاء الدقيقة؟ فسِّر إجابتك.

10. **توظيف الأشكال:** تعرَّف الأجزاء المختلِفة للشكل التالي، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه.



(أ) ما اسم الجهاز الموضَّح في الشكل؟ وما وظائفه الأساسية؟
(ب) ما العمليات التي تحدث في أجزاء الشكل المرقَّمة (1)، (2)، (5)، (8)؟
(جـ) ما نوع الحركات التي تتمّ في الجزء رقم (3)؟ وما فائدتها؟
(د) ما أرقام الأجزاء المفرِزة؟
(هـ) يفرز أحد أجزاء الجهاز الموضَّح حمضًا وأنزيمات. ما رقم هذا الجزء؟ وأين تتم معادلة هذا الحمض؟
(و) يفرز أحد أجزاء الجهاز الموضَّح نوعين من الإفرازات، أحدهما أنزيميًّا والآخر هرمونيًّا. ما رقم هذا الجزء؟
(ز) ما وظيفة الجزئين (4) و(7)؟
(حـ) ما أرقام أجزاء الجهاز التي تُؤثِّر 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 المنتَج بعد الولادة. لماذا يختلف هيموجلوبين الجنين عن هيموجلوبين البالغ؟ **ملاحظة:** يحصل الجنين على الأكسجين من دم الأم وليس من الهواء.
12. **تنمية الفروض:** ما الأعراض التي تقود الطبيب إلى ضرورة تركيب منظِّم ضربات القلب لدى المريض؟
13. **تفسير الرسم البياني:** يُوضِّح الرسم البياني كيف يُؤثِّر تركيز هواء الشهيق في معدّل التنفّس.



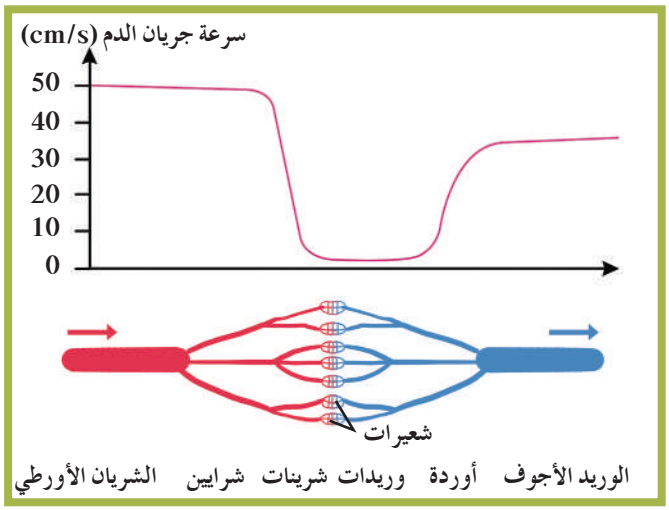
تأثير غازي O_2 و CO_2 على معدّل التنفّس

(أ) كيف يتغيَّر 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) حدِّد بناء على الرسم البياني ما إذا كان معدّل التنفّس أكثر حساسية لمحتوى الأكسجين أو محتوى ثاني أكسيد الكربون في هواء الشهيق.

14. **تطبيق المفاهيم:** يُمثِّل الشكل التالي سرعة جريان الدم في عدد من الأوعية الدموية ذات القطر المختلِفة.

(أ) أيّ الأوعية لها القطر الأصغر؟

(ب) حدِّد سرعة جريان الدم في الشريان الأورطي، الشعيرات والوريد الأجوف.



(جـ) استنتج الفائدة من انخفاض سرعة جريان الدم في الشعيرات الدموية.

15. **تحليل البيانات:** يُمثِّل 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) صغْ فرضية تبيِّن سبب هذا التأثير.

المشاريع

1. **علم الأحياء وآداب اللغة:** حدِّد موضع وتر أخيلس في الجسم. لماذا سُمِّي بهذا الاسم؟ ما العلاقة بين وتر أخيلس وعبارة «عقب أخيلس»؟
2. **علم الأحياء والفن:** صمِّم الطبق الغذائي الخاصّ بك كالموضَّح في الفصل الثاني. اِستخدِم 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، يتوفَّر فيها غذاء متوازن. ضَع قائمة تضمّ جميع الأصناف وقدِّر تكاليفها. قارِن 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.

مصطلحات

الجهاز System: مجموعات الأعضاء التي تعمل متضافرة بعضها مع بعض لتأدية وظيفة معيّنة في الكائن.

الترئيس Cephalization: أعضاء الحسّ والتراكيب التي تضبط الجسم وتتحكَّم به موجودة في الجهة الأمامية للجسم (الرأس).

الهيكل المحوري Axial Skeleton: هو أحد أجزاء الهيكل العظمي. يتكوَّن من الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري، ويحمي الأعضاء الحيوية مثل الدماغ والقلب والرئتين.

الهيكل الطرفي Appendicular Skeleton: هو أحد أجزاء الهيكل العظمي. يتكوَّن من عظام الذراعين والساقين، وعظام منطقتي الحوض والأكتاف، ويسمح بأداء جميع الأنشطة الخاصّة بالكائنات الأرضية المتحركة.

نخاع العظام Bone Marrow: هو نسيج رخو يملأ بعض تجاويف العظام، ومنه نوعان: نخاع العظم الأحمر ونخاع العظم الأصفر.

الخلايا البانية للعظام Osteoblasts: هي خلايا موجودة داخل العظام وتقوم بتكوين خلايا عظمية جديدة ضرورية لعملية نموّ وترميم العظام.

المفاصل Joints: هي الأماكن حيث تتلاقى العظام في الجسم.

الأربطة Ligaments: عبارة عن نسيج ضامّ يربط إحدى العظام بعظمة أخرى.

الأوتار Tendons: عبارة عن نسيج ضامّ يثبّت العضلات بالعظام.

التهاب المفاصل Arthritis: هو المرض الذي يسبِّب تصلّب المفاصل والتهابها بالإضافة إلى الآلام المبرحة.

مسامية (تخلّل) العظام Osteoporosis: هو المرض الذي يسبِّب هشاشة العظام وسهولة كسرها.

العضلات الهيكلية Skeletal Muscles: عبارة عن نسيج عضلي مخطط مثبَّت بعظام الهيكل العظمي، وهي مسؤولة عن الحركات الإرادية مثل الكتابة والجري.

الجهاز الغطائي Intergumentary System: يغطّي الجسم ويتكوَّن من الجلد والغدد الخاصّة به، والشعر والأظافر.

البشرة Epidermis: هي الطبقة الخارجية للجلد.

الأدمة Dermis: هي الطبقة الداخلية السميكة للجلد.

الملانين Melanin: هي الصبغة التي تُكسِب الجلد لونه وتحميه من الأشعّة فوق البنفسجية للشمس.

المادّة الغذائية Nutrient: هي المادّة التي يحتاج إليها الجسم للنموّ وإصلاح أو ترميم الأنسجة المتهالكة، وللحفاظ على صحّته.

الغدد اللعابية Salivary Glands: هي غدد موجودة في الفم وتفرز اللعاب.

اللعاب Saliva: هو محلول مائي تفرزه الغدد اللعابية في الفم، يتكوَّن من الماء بنسبة 99%، ويحتوي على أملاح ذائبة مثل البيكربونات والصوديوم، مادّة مخاطية لزجة، أنزيم الأميليز لهضم النشا وأنزيم الليسوزايم المضادّ للجراثيم. يرطِّب اللعاب الطعام الممضوغ، ويحوّله إلى بلعة غذائية على شكل كرة وذلك لتسهيل عملية البلع.

لسان المزمار Epiglottis: هو شريحة نسيجية صغيرة تقوم بإغلاق فتحة الحنجرة عند البلع، ويمنع الطعام من دخول الجهاز التنفّسي.

الحركة الدودية Peristalsis: عبارة عن موجة من الانقباضات العضلية المتعاقبة للعضلات الملساء الموجودة في جدار القناة الهضمية والتي يتحرّك الطعام عبرها.

المعدة Stomach: كيس عضلي سميك الجدران وقابل للتمدّد، تحدث فيه عمليتا الهضم الآلي والكيميائي.

الأمعاء الدقيقة Small Intestine: جزء من القناة الهضمية يصل المعدة بالأمعاء الغليظة، وهو يتألف من الاثنا عشر، الصائم والمعي اللفائفي. تستكمل فيه عملية الهضم ويتم إمتصاص الموادّ الغذائية منه إلى الدم.

الهضم Digestion: هو العملية التي يتمّ بواسطتها تفتيت الطعام وتحويله إلى موادّ غذائية يُمكِن الاستفادة منها.

الخملات المعوية Villi: هي بروزات مجهرية إصبعية الشكل تبطِّن الجدار الداخلي للأمعاء، وهي تزيد من مساحة السطح الداخلي للأمعاء حيث تجري عملية امتصاص الموادّ الغذائية.

الكبد Liver: هو أحد أكبر أعضاء الجسم من حيث الحجم، ويُنتِج هذا العضو الحيوي العصارة الصفراء التي تُعتبَر عصارة هضمية.

الحويصلة الصفراوية (المرارة) Gallbladder: هي عبارة عن عضو كيسي الشكل متَّصل بالكبد، ووظيفتها الأساسية تركيز العصارة الصفراء المفرَزة من الكبد وتخزينها.

البنكرياس Pancreas: عبارة عن غدّة تفرز العصارة البنكرياسية في الأمعاء الدقيقة، وتقوم بعض خلاياه بإفراز هرمونات في مجرى الدم.

الاستقلاب الخلوي (الأيض) Metabolism: هو مجموعة العمليات الكيميائية التي تحدث داخل جسم الكائن الحي.

السعر الحراري Calorie: هو الوحدة المُستخدَمة لقياس الطاقة، ويُمثِّل كمّية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء بمقدار درجة مئوية واحدة.

فقدان الشهية Anorexia: هو مرض يرفض المصاب به تناول الطعام، وقد يفرط في ممارسة الرياضة. وإذا لم يُعالَج هذا الشخص، يُمكِن أن يصوم حتّى الموت.

الشهية المفرطة Bulimia: هو مرض يقوم المصاب به بأكل كمّيات هائلة من الطعام، ثمّ يتقيّأ أو يتناول الملينات للتخلّص من الطعام الذي تتناوله.

الكليتان Kidneys: هما العضوان الأساسيان للجهاز الإخراجي، ووظيفتهما الأساسية ترشيح الفضلات من الدم.

الحالب Ureter: هو أنبوب طويل ورفيع ينساب فيه البول الذي تنتجه كلّ كلية ليصل إلى المثانة البولية.

المثانة البولية Urinary Bladder: هي كيس عضلي يُخزَّن البول فيه إلى حين طرده خارج الجسم.

مجرى البول Urethra: هي قناة يُطرَد البول من خلالها إلى خارج الجسم.

الوحدة الكلوية (نفرون) Nephron: هي المرشحة الكلوية التي تزيل الفضلات من الدم.

محفظة بومان Bowman's Capsule: هي الطرف الفنجاني الشكل للأنبوب البولي، وهي تحيط بتجمّع من الشعيرات الدموية يُسمّى الكبيبة (شبكة من الشعيرات الدموية).

كبيبة (شبكة من الشعيرات الدموية) Glomerulus: هي عبارة عن تجمّع من الشعيرات الدموية تحيط بها محفظة بومان ويحدث معظم الترشيح فيها.

أدينوزين ثلاثي الفوسفات Adenosine Triphosphate (ATP): هو الجزيء الرئيسي في تخزين الطاقة التي تستخدمها الكائنات الحية. ويتكوَّن الجزيء الواحد من ATP من ثلاثة جزيئات هي: سكّر ريبوز (سكّر خماسي الكربون) وأدينين وثلاث مجموعات من الفوسفات.

التنفّس الخلوي Cellular Respiration: عبارة عن سلسلة من التفاعلات الكيميائية تُنتِج مركّب الـ ATP الذي يُستخدَم في معظم العمليات الحيوية كمصدر للطاقة، ومنه نوعان: التنفّس الخلوي الهوائي والتنفّس الخلوي اللاهوائي.

التحلّل الجلوكوزي Glycolysis: عملية تحدث في سيتوبلازما الخلايا، ويتمّ خلالها تحوّل الجلوكوز إلى حمض البيروفيك، يصحبه انطلاق الطاقة.

دورة كريبس Krebs Cycle: عبارة عن مجموعة من التفاعلات التي تحدث في الميتوكندريا، ويتمّ خلالها تحلّل أستيل كوأنزيم A لتكوين CO_2 و $FADH_2$ و NADH و ATP.

التخمّر Fermentation: عملية استخلاص الطاقة من حمض البيروفيك في غياب الأكسجين. يوجد نوعان من التخمّر: التخمّر الكحولي وتخمّر حمض اللاكتيك (التخمّر اللبني).

التنفّس Respiration: مجموع العمليات الآلية والكيميائية التي يحصل الجسم من خلالها على الأكسجين ليستخدمه، ويتخلَّص من ثاني أكسيد الكربون.

الالتهاب الرئوي Pneumonia: مرض يُسبِّب التهاب الحويصلات الهوائية. تسبِّبه عادة الفيروسات، لكن يُمكِن أن تسبِّبه أيضًا البكتيريا والفطريات والموادّ الكيميائية.

الالتهاب الشُعبي Bronchitis: عبارة عن التهاب في أغشية الشعب الهوائية، وقد تسبِّبه البكتيريا أو الفيروسات التي تُسبِّب نزلات البرد أو الأنفلونزا.

الربو Asthma: يحدث الربو نتيجة التشنّج المفاجئ للممرّات الهوائية أو تورّم أغشيتها المخاطية.

تصلّب الشرايين Atherosclerosis: يحدث عندما تضيق الشرايين بسبب ترسّب الموادّ الدهنية التي تُسمّى التكوينات الصفائحية، على جدر الأوعية الدموية من الداخل.

ارتفاع ضغط الدم Hypertension: يحدث عندما تزداد قوّة ضخّ الدم خلال الأوعية الدموية.

مرض فقر الدم المنجلي Sickle–Cell Anemia: يتميَّز بفقدان كريات الدم الحمراء لشكلها، ما قد يُسبِّب الأنيميا.

ضغط الدم Blood Pressure: القوّة التي يضغط بها الدم على جدر الشرايين.

معدّل ضربات القلب Heart Rate: يُمثِّل عدد ضربات القلب في الدقيقة.

القلب Heart: عضو عضلي يدفع الدم خلال الجسم.

سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain: العملية التي تنقل الطاقة من NADH و $FADH_2$ إلى ATP.

الحويصلات الهوائية Alveoli: أكياس هوائية يتمّ فيها التبادل الغازي بين الجهاز الدوري والجهاز التنفّسي.

الحجاب الحاجز Diaphragm: صفيحة عضلية تحت الرئتين تفصل بين التجويف الصدري والتجويف البطني والعضلات بين الأضلاع، ويحدث بواسطته الأداء التنفّسي.

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

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

التنفّس الخارجي External Respiration: تبادل غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الدم في الشعيرات الدموية والهواء. ويتمّ هذا التنفّس عن طريق الجهاز التنفّسي.

ملاحظات

ملاحظات

ملاحظات