وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

العلوم العامة

كتاب الطالب

المستوى الحادي عشر

GENERAL SCIENCE
STUDENT BOOK

GRADE 11

الفصل الدراسي الأول
FIRST SEMESTER

طبعة 1446 - 2024

© وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.

لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر.

تمّ إعداد الكتاب بالتّعاون مع شركة تكنولاب.

التأليف: فريق من الخبراء بقيادة الدكتور توم سو وبالتّعاون مع شركة باسكو العلميّة.

التّرجمة: مطبعة جامعة كامبريدج.

النشيد الوطني

قَسَـمًا بِمَـنْ رَفَـعَ السَّـمَاءْ قَسَـمًا بِمَـنْ نَشَـرَ الضِّـيَاءْ
قَطَـرٌ سَتَبْـقَى حُـرَّةً تَسْمُـو بِـرُوحِ الأَوْفِـيَـاءْ
سِـيرُوا عَـلَى نَـهْـجِ الأُلَـى وَعَـلَى ضِيَـاءِ الأَنْبِـيَاءْ
قَطَـرٌ بِقَـلْـبِي سِـيرَةٌ عِـزٌّ وَأَمْجَـادُ الإِبَـاءْ
قَطَـرُ الرِّجَـالِ الأَوَّلِـين حُمَـاتُنَـا يَـوْمَ النِّـدَاءْ
وَحَمَـائِـمُ يَـوْمَ السَّـلاَمْ جَـوَارِحُ يَـوْمَ الفِـدَاءْ

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

المراجعة والتّدقيق العلميّ والتّربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

خبرات تربويّة وأكاديميّة من المدارس

الإشراف العلميّ والتربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

يعدّ كتاب الطّالب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطّلّاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات الّتي يحتاجون إليها للنّجاح في تنمية المهارات الحياتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طلّابنا مميّزين، نودّ منهم أن يتّسموا بما يأتي:

- البراعة في العمل ضمن فريق.
- امتلاك الفضول العلميّ عن العالم من حولهم، والقدرة على البحث عن المعلومات وتوثيق مصادرها.
- القدرة على التّفكير بشكلٍ ناقدٍ وبنّاء.
- الثّقة بقدرتهم على اتّباع طريقة الاستقصاء العلميّ، عبر جمع البيانات وتحليلها، وكتابة التّقارير، وإنتاج الرّسوم البيانيّة، واستخلاص الاستنتاجات، ومناقشة مراجعات الزّملاء.
- الوضوح في تواصلهم مع الآخرين لعرض نتائجهم وأفكارهم.
- التّمرّس في التّفكير الإبداعيّ.
- التّمسّك باحترام المبادئ الأخلاقيّة والقيم الإنسانيّة.

يتجسّد في المنهج الجديد العديد من التّوجّهات مثل:

- تطوير المنهج لجميع المستويات الدّراسيّة بطريقة متكاملة، وذلك لتشكيل مجموعة شاملة من المفاهيم العلميّة الّتي تتوافق مع أعمار الطّلاب، والّتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّلّاب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ممّا يجعل أداء الطّلاب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، ما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالب.

- توزّع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوّع والتّطوّر.
- تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعًا جديدًا، منطلقًا ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
- إتاحة الفرصة للطّلّاب، في كلِّ درسٍ، للتّحقّق الذّاتيّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.
- احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم الوحدة الّتي تمكِّن الطّلّاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.

العلوم مجموعة من المعارف الّتي تشمل الحقائق والأشكال والنّظريّات والأفكار. ولكنَّ العالِم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهمّيّة من المعرفة الّتي تحتويها.

سوف يساعد هذا الكتاب الطُّلّاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحدّيات في حياتهم المهنيّة المستقبليّة.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التّعليمي الوطني لدولة قطر

- الاستقصاء والبحث
- التّعاون والمشاركة
- التّواصل
- التّفكير الإبداعيّ والناقد
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- الكفاية اللغويّة

العلوم العامّة

ماذا ستتعلّم من هذا الكتاب

تكتسب العلوم أهمّيّة أساسيّة في عصرنا الحاليّ، إذ يتوجّب على الجميع الاطّلاع عليها اطلاعًا كافيًا يؤهّلهم لاتّخاذ قرارات صائبة في حياتهم. ففي عالمنا المتطوّر تقنيًّا، نواجه كل يوم العديد من الأسئلة الّتي قد تكون بمستوى بساطة سؤال: «ماذا نأكل»؟ أو بمستوى تعقيد سؤال: «هل سيتغيّر مناخ كوكب الأرض؟ ولماذا؟» نأمل منك كمواطن مطّلع أن تتمكّن من اتّخاذ قرارات حكيمة متوازنة، تعود بالفائدة عليك، وعلى أسرتك، وعلى جميع أفراد مجتمعك والمجتمعات الأخرى، ممّن تتشارك معهم في هذا العالم. من الجدير ذكره أن كثيرًا من هذه القرارات تتطلّب معرفةً كافية بموضوعات العلوم.

يتمحور هذا الكتاب حول طرق الإفادة العمليّة من العلوم ضمن نطاقٍ واسع من الأنشطة البشريّة. سوف تتطلّع على علوم الحياة الّتي أدّت إلى اكتشاف أوّل مضادّ حيويّ حقيقيّ وهو البنسلين Penicillin، وتعرف أكثر عن كيفيّة إنتاجه؛ فهو ساهم في إنقاذ حياة ما يتجاوز 100 مليون إنسان. أضف إلى ذلك أنّك ستتعلّم عن صحّتك الشّخصيّة وارتباطها بالفيزياء من خلال أجهزة أشعّة x-ray وماسحات التّصوير بالرّنين المغناطيسيّ MRI.

لكنّ هذا الكتاب، أيضًا، سيأخذك في رحلةٍ إلى المجهول، فهناك أسئلة كثيرة لا إجابة لها، فضلًا عن حدوث اختراعات تكنولوجيّة جديدة كلّ يوم. هل ستتمكّن يومًا من توقّع وقوع الزلازل والأعاصير؟ هل ستتمكّن من إنتاج غذاءٍ اصطناعيّ لإطعام المليارات المتزايدة من البشر؟ هل ستحوّل السيّارات الكهربائيّة الطّاقة النّفطيّة إلى طاقةٍ عفا عليها الزمن؟

سوف تشكّل الإجابات عن هذه الأسئلة جزءًا من مستقبلك، وسوف يساعدك هذا الكتاب على بلوغها.

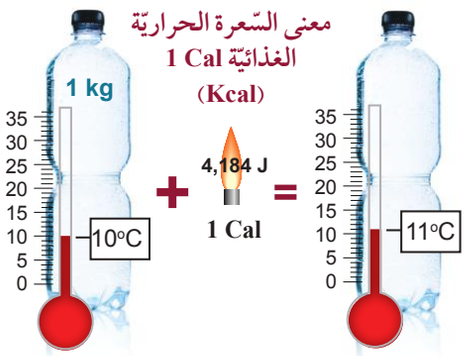
الرّقم الهيدروجينيّ pH
ثاني أكسيد الكربون CO_2

ماذا سيكون مصدر غذائنا بعد 100 عام؟

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

جرى تجسيد المفاهيم المهمّة والمعطيات والأمثلة المتعلّقة بكلّ فكرة جديد من خلال صور مفصّلة، بالإضافة إلى إدراجها في النّصوص.



أسئلة للمناقشة

سؤال للمناقشة

ما هي كمّيّة الغذاء الّتي عليّ تناولها لأبقى بصحّة جيّدة؟

يتيح السّؤال المطروح للمناقشة أمام صفّك فرصة التّطرّق إلى مفاهيم ومعلومات جديدة.

شريط الأفكار المهمّة

تتطوّر البكتيريا بسرعة لأنّها تتكاثر بسرعة فائقة.

يسهل تحديد الأفكار الرّئيسة واستذكارها.

المسائل الرّياضيّة

معادلة ميفلين سانت جيور لمعدَّل الأيض الأساسيّ

الرّجال	$P = 10m + 6.25h - 5a + 5$
النّساء	$P = 10m + 6.25h - 5a - 161$

P	معدَّل الأيض الأساسيّ (اليوم/ Cal)
m	الكتلة (kg)
h	الطّول (cm)
a	العمر (بالسّنوات)

وردت المعادلات حيث يلزم مع تحديد كلّ المتغيّرات والعوامل المؤثّرة فيها والوحدات العلميّة الدّقيقة.

المسائل النّموذجيّة

مسألة نموذجيّة

يبلغ أحمد من العمر 21 عامًا، ويزن 72 kg، ويبلغ طوله 175 cm. يرفع الأثقال لثلاثين دقيقة، ثلاث مرّات في الأسبوع. كم يبلغ عدد السّعرات الحراريّة الغذائيّة الّتي على أحمد الحصول عليها، في اليوم الواحد، للمحافظة على وزنه؟

احسب BMR ← $p = 10\ (72\ kg) + 6.25\ (175\ cm) - 5\ (21\ \text{سنة}) + 5 = 1{,}714\ Cal$

احسب TDEE ← الإجابة $TDEE = 1.38 \times 1{,}714 = \boxed{2{,}365\ Cal}$

تبيّن المسائل النّموذجيّة الخطوات والتّدرّج بالتّفكير، لحلّ مسألة، وإجراء الحسابات الرّياضيّة بنجاح.

العلم والعلماء

العلم والعلماء

لآلاف السّنين، ابتدع البشر أساطير لشرح المرض واعتلال الصّحّة. ويعدُّ القرن الحادي عشر انطلاقة الفهم الحديث للطّبّ، وذلك بفضل العالم ابن سينا في كتابه «القانون في الطّبّ»، وقد لُقِّبَ بـأبي الطّبّ الحديث. اعتمد ابن سينا في كتابه على الملاحظة العلميّة وعلى المنطق بعيدًا من عالم الأساطير.

وُلِدَ ابن سينا في العام 980 م في أفشنة (في أوزبكستان حاليًا).

حفظ القرآن كاملًا في عمر العاشرة، ودرس الفلسفة والعلوم في سنّ المراهقة. وكان، كلّما شعر بالضّياع، يترك كتبه ويلجأ إلى المسجد حيث يواصل التّفكير

بدأ تطوّر العلوم منذ أكثر من 3 آلاف عام. يوفّر هذا القسم نظرة تبصّرٍ للاستلهام من الجانب الإنسانيّ للعلم والتّكنولوجيا. ومن المؤكّد أنّك ستتعرّف كثيرًا من الشخصيّات الجّاذبة على هذه الصّفحة.

الأنشطة

التّجارب المخبريّة، والاستقصاء والبحث والأنشطة الأخرى تمنح الأفكار الجديدة وتنمّي المهارات العمليّة.

3-1 (b) أعدّ خطّة عمل لمريض الرّبو

سؤال الاستقصاء	ما الّذي يمكنني فعله لمساعدة شخص مصاب بالرّبو؟
الموادّ المطلوبة	لا موادّ لازمة

على كلّ من يعاني الرّبو أن تكون لديه خطّة عمل تجمع المعلومات الحيويّة، وجرعات الدّواء ومواقعها، وتعليمات للعائلة وللأصدقاء.

الأهداف

تقويم الدّرس

لكلّ درس تقويم خاصّ، يتضمّن أسئلة تغطّي المفاهيم والمعلومات الواردة فيه.

تقويم الدّرس 1-2

1. اشرح سبب عدم وجود تشابه بين رئتيك والبالون الأجوف الّذي ينتفخ وينكمش عند أخذ النّفس.
2. ما علاقة الشّعيبات الهوائيّة بالحوَيْصلات الهوائيّة؟
3. أيّ من الأمور الآتية يمكن أن تكون طبيعيّة لشخصٍ يتنفّس في وضع الرّاحة؟
   a. أخذ نفس واحد كلّ 3 ثوانٍ.
   b. أخذ نفس واحد كلّ 10 ثوانٍ.
   c. أخذ نفس واحد كلّ 1.5 ثانية

مراجعة الوحدة

يوفّر الملخّص في نهاية كلّ وحدة مراجعة سريعة للأفكار الرّئيسة والمفردات الواردة فيها.

الوحدة 1

مراجعة الوحدة

الدّرس 1-1: الأكل الصّحّيّ والمحافظة على النّشاط البدنيّ

- للصّحّة جوانب بدنيّة وعقليّة في الوقت ذاته.
- **الكربوهيدرات Carbohydrates**، و**الدّهون Lipids** و**البروتين Proteins** هي فئات حيويّة كيميائيّة للغذاء.
- السّعرة الحراريّة calories هي الطّاقة اللّازمة لتسخين 1 Kg من الماء وزيادة درجة حرارته بمقدار 1°C.
- **معدّل الأيض الأساسيّ Basal metabolic rate (BMR)** هو عدد السّعرات الحراريّة الّتي يحتاج إليها جسمك في خلال 24 ساعة وهو في حالة الرّاحة.

تقويم الوحدة

في نهاية كلّ وحدة مجموعة من أسئلة الاختيار من متعدّد، تحضّر الطّلاب للاختبارات المقنّنة.

تقويم الوحدة

1. أيّ ممّا يأتي غير مدرجٍ في تعريف منظّمة الصّحّة العالميّة WHO للصّحّة؟
   a. السّلامة البدنيّة
   b. الصّحّة النّفسيّة
   c. الصّحّة الماليّة
   d. سلامة العلاقات الاجتماعيّة
2. ما هو الدّور الأساسيّ للدّهون في جسمك؟
   a. بناء أنسجة الجسم
   b. التّفكّك إلى سكّريّات
   c. تأمين الطّاقة وتخزينها
   d. صنع الأنزيمات اللّازمة للنّموّ

تقويم الوحدة

توفّر الأسئلة ذات الإجابة القصيرة، والمسائل الرّياضيّة الكمّيّة، ثلاثة مستويات من التّحدي في نهاية كلّ وحدة.

تقويم الوحدة

7. ما الصحيح عن البكتيريا؟
   a. يطلق اسم فيروس على أصغر بكتيريا
   b. كل البكتيريا التي تنمو في جسم الإنسان تسبّب له المرض.
   c. يوجد في جسم الإنسان عدد بكتيريا يفوق عدد الخلايا البشرية.
   d. المضادات الحيوية الحديثة هي فعالة ضد كل أنواع البكتيريا.
8. ما هي الغاية من وجود جهاز المناعة؟

مخطّط المادّة

الوحدة 1

نمط الحياة والصحّة

كيف تحافظ على صحّة جيّدة؟ تعلّم أكثر عن الغذاء، الطّاقة، مكافحة السّمنة، الحفاظ على صحّة القلب والرّئتين.

الوحدة 2

مقاومة المضادّات الحيويّة

ما الّذي يسبّب الأمراض؟ وما هي المضادّات الحيويّة؟ تعلّم أكثر عن الأدوية الفعّالة، وعن أزمة مقاومة الجراثيم لها.

الوحدة 3

تطوير الأدوية

ما الدواء؟ كيف يُصنع؟ تستخرج أدوية كثيرة من النباتات، وهناك أدوية تستخلص من سموم بعض الحيوانات. تُصنع الأدوية بوسائل مختلفة.

الوحدة 4

التّحليل

ما أهمية التحليل؟ بِمَ نستخدم التّحليل؟ نستخدم التّحليل في تحديد ومراقبة نوعية الماء، وفي الطب الشّرعي، وهناك أساليب كثيرة للتحليل.

الصّفّ 11

الفصل 1

العلوم العامّة

جدول المحتويات

الوحدة 1

نمط الحياة والصّحة 2

الدّرس 1-1 الأكل الصّحّيّ والمحافظة على النّشاط البدنيّ 4

الدّرس 1-2 من أجل تنفُّس أفضل 15

الوحدة 2

مقاومة المضادّات الحيويّة 28

الدّرس 2-1 أنماط الأمراض 30

الدّرس 2-2 المضادّات الحيويّة 42

الدّرس 2-3 مقاومة المضادّات الحيويّة 53

الوحدة 3

تطوير الأدوية 70

الدّرس 3-1 الدواء الطّبيعي 72

الدّرس 3-2 الاستخلاص والتّركيب 81

الوحدة 4

التّحليل 100

الدّرس 4-1 الحاجة إلى التّحليل 102

الوحدة 1

نمط الحياة والصّحّة

Lifestyle and Health

في هذه الوحدة

- **الدّرس 1-1:** الأكل الصّحّيّ والمحافظة على النّشاط البدنيّ
- **الدّرس 1-2:** من أجل تنفّس أفضل

الوحدة 1

مقدّمة الوحدة

على الرّغم من أنّنا نرغب جميعًا في عيش حياة مديدةٍ ملؤها الصّحّة، إلّا أنّنا نقوم في كثير من الأحيان، بأمورٍ تعرّضنا لخطر المرض أو ربّما للموت. لذا، تتفشّى وعلى نطاقٍ واسع الأمراض النّاتجة من نمط حياة الإنسان، كالسّمنة والسّكّري وانتفاخ الرّئة. وتنتج هذه الأمراض من الخيارات السّيّئة المتعلّقة بالطّعام، وبممارسة الرّياضة، وبالتّدخين. فكيف يمكننا تجنُّب المرض لنعيش حياة طويلة ملؤها الصّحّة؟

تبحث هذه الوحدة في ثلاثة تأثيرات رئيسة على الصّحّة. أوّلًا، نبحث في العلاقة بين النّظام الغذائيّ وممارسة الرّياضة والوزن، بحيث أنّ أربعين في المئة من سكّان قطر يملكون مؤشِّر كتلة الجسم أكبر من 30، وهم، بالتّالي، يُعانون السّمنة الّتي تشكِّل السّبب الرّئيس لمرض السّكّري من النّوع الثّاني. بعد ذلك، نبحث في عمل رئتَيْك اللتَّيْن تتبادلان، مع كلّ نفَس من أنفاسك، الأكسجين وثاني أكسيد الكربون مع الهواء. فالرّئتان السّليمتان تتّسعان لأكثر من 3-4 L من الهواء. ويعدّ التّدخين والرّبو من أهمّ المشكلات الصّحّيَّة في دولة قطر.

الأنشطة والتّجارب

- 1-1 تحليل مؤشّر كتلة الجسم
- 2-1 (a) قياس سعة الرّئتَيْن
- 2-1 (b) أعدّ خطّة عمل لمريض الرّبو

الدّرس 1-1

الأكل الصّحّيّ والمحافظة على النّشاط البدنيّ

Eating and Being Physically Active

تحتاج جميع الكائنات الحيّة إلى تناول الطّعام، بما في ذلك البشر. ولكلّ ثقافة على كوكبنا أطباق تقليديّة في تراثها الوطنيّ. أمّا في دولة قطر، فيشكّل المجبوس طبقنا الوطنيّ، ويتمّ تحضيره من الأرزّ واللّحوم والطّماطم والتّوابل الخاصّة. ويُعَدّ المجبوس مثالًا جيّدًا على الغذاء الّذي يحتوي على جميع الفئات الغذائيّة الرّئيسة، بما في ذلك الكربوهيدرات (الأرزّ)، الدّهون (الزّيت)، والبروتين (اللّحوم). وإضافةً إلى أهمّيّته الثّقافيّة والاجتماعيّة، للطّعام العديد من الفوائد البيولوجيّة. فالأغذية الغنيّة بالكربوهيدرات كالخبز والحلويات توفّر الطّاقة. أمّا الأغذية الغنيّة بالدّهون كالزّيوت فإنّها تمدّ الجسم بكمّيّات كبيرة من الطّاقة وتشكّل الموادّ الأساسيّة في بناء الأغشية الخلويّة. أمّا البروتينات، فيتمّ تجزئتها إلى أحماض أمينيّة، ثمّ يُعاد تجميعها لبناء جزيئات مهمّة يحتاج إليها جسمك كالهرمونات والعضلات والإنزيمات.

مخرجات التّعلُّم

GB1101.1 يصف العلاقة بين النّظام الغذائيّ والسّمنة (البدانة)، ويتعرّف إلى الأنماط العالميّة للسّمنة، بما في ذلك ارتفاع مستوياتها في المجتمع القطريّ.

GB1101.2 يناقش الدّليل على العلاقة بين السّمنة (البدانة) ومستويات التّمارين الرّياضيّة ومرض السّكّري من النّوع الثّاني، ويربط ذلك بطرق تخفيض مستويات السّكّري من النّوع الثّاني في المجتمع القطريّ.

المفردات

Lipids	دهون
Fats	دهون صلبة (شحوم)
Oils	دهون سائلة (زيوت)
Protein	بروتين
Carbohydrate	كربوهيدرات
Calorie	سعرة حراريّة
Basal metabolic rate (BMR)	معدّل الأيض الأساسيّ
Body mass index (BMI)	مؤشّر كتلة الجسم
Blood sugar	سكّر الدّم
Glucose	جلوكوز
Insulin	أنسولين
Diabetes	سكّري

جسم الإنسان المذهِل

يُعتبر الإنسان كائنًا حيًّا معقّد التركيب (الشّكل **1-1**). وهو يتطلَّب رعاية وتغذية متوازنة للبقاء بصحّة جيّدة. يوفِّر الغذاء المتوازن بمكوناته الأساسيّة هذه الإحتياجات من خلال:

1. **الكربوهيدرات والدّهون**: توفر للجسم الطّاقة اللازمة لأداء مهامه.
2. **البروتينات**: تشكل المادة الخام لبناء الخلايا و إعادة بنائها ولتصنيع الهرمونات و الأجسام المضادة.
3. **المعادن**: يزود الغذاء جسم الإنسان بالمعادن اللازمة للأعضاء مثل الفسفور والكالسيوم والحديد.

تحتاج الكائنات الحية جميعها إلى الماء الّذي يشكِّل أكثر من 60% من إجمالي كتلة جسمك. فالتّفاعلات الكيميائيّة الّتي تبقيك على قيد الحياة تحدث مع الموادّ الكيميائيّة المذابَة في الماء فقط، بحيث يوزّع الدم (الذي يشكّل الماء ما نسبته 90% من تركيبه) الموادّ الغذائيّة المُذابَة على جميع خلايا الجسم، ويخلِّص هذه الخلايا من فضلات الأيض.

كما تحتاج معظم الكائنات الحيّة إلى الأكسجين، إذ تُعَدّ التّفاعلات الّتي تستخدم الأكسجين المصدر الأوّليّ للطّاقة اللّازمة للبقاء على قيد الحياة. وتحصل الثّدييّات، ومنها الإنسان، على معظم الأكسجين الّذي تحتاج إليه عن طريق تنفّس الهواء، وتتخلّص كذلك، بالطّريقة عينها، من ثاني أكسيد الكربون، وهو فضلات تنتج من هذه التّفاعلات الّتي تستخدم الأكسجين.

الشّكل 1-1 يحتاج جسم الإنسان إلى مدخلات وعناية.

يحتاج الجسم الحيّ إلى الطّاقة والعناية المناسِبة.

في رأيك، ماذا سيحدث إذا وضعت وقود الدّيزل في سيّارة رياضيّة مصمَّمة لتستخدم أجود أنواع الوقود؟ وماذا سيحدث لو أنَّك لم تقم بالعناية بها كما يجب؟ يُعَدُّ جسمك آلةً مذهِلة تعمل بفاعليَّة طوال حياتك، ولكن ينبغي لك أن تغذّيه جيّدًا وتحافظ عليه.

الصّحّة الجيِّدة

عرّفَتْ منظّمة الصّحّة العالميّة WHO مؤخَّرا الصّحّة وعدَّتْها حالةً من اكتمال السّلامة بدنيًّا وعقليًّا واجتماعيًّا، لا مجرّد انعدام المرض أو العجز. أن تكون بصحّة جيّدة، يعني، عمليًّا، قدرتك جسديًّا وعقليًّا على فعل ما تريد من دون أن يمنعك جسمك عمّا هو مؤهَّل للقيام به (**الشّكل 1-2**).

ويمكن قياس الصّحّة البدنيّة بواسطة الاختبارات الطّبّيّة الّتي تخضعُ للعديد منها كلّما أجريْتَ فحصًا طبّيًّا. فما هي المؤشرات والدّلالات على صحّة الجسم؟

1. يكون ضغط الدّم عند الرّاحة 120/80 أو أقلّ.
2. يجب أن يبقى مؤشّر كتلة جسمك ضمن المعدَّل الطّبيعيّ ما بين 14.5-25 بحسب وزنك وطولك.
3. يجب أن تتجاوز السّعة الحيويّة لرئتيك 80% من السّعة الكلّيّة للرّئتَيْن، آخذين في الاعتبار العمر والطّول والوزن.
4. يجب ألّا تقلّ نسبة الأكسجين في خلايا الدّم الحمراء عن 95 %.
5. يجب أن يكون نبضك عند الرّاحة طبيعيًّا، يتراوح ما بين 60-80 نبضة في الدّقيقة.
6. تتراوح نسبة السّكّر في دمك في الوضع الطّبيعيّ في حالة الصّيام 4-7 mmol/L أو ما يعادل 72-99 mg/dL.

سؤال للمناقشة

ما المقصود بالصّحّة؟

كيف يمكنك التأكّد أنّ صحّتك بحالة جيّدة؟

السلامة العقلية

هذه بعض المؤشّرات على السّلامة العقليّة:

- أنت منطقيّ وتفكّر بوضوح.
- أنت لست حزينًا، أو غاضبًا، أو خائفًا بشكل مستمِرّ.
- تشعر بأنّك محتضَنٌ من الأسرة والمجتمع.

الصّحّة البدنيّة

هذه بعض المؤشّرات على الصّحّة البدنيّة:

- أنت قادر على الجَرْيِ والقفز وممارسة الرّياضة باعتدال، إن كانت العلامات الحيويّة الخاصّة بك طبيعيّة، كضغط دمك، وسعة رئتَيْك، ونسبة الأكسجين في دمك.
- يسمح لك جهازك الهضميّ بتناول الطّعام بشكل طبيعيّ.
- لا تشعر بأيّة آلام مزمِنة.
- لا تشكو من أعراضٍ قد تؤدّي إلى المرض أو الوهن.

الشّكل 1-2 بعض مؤشّرات الصّحّة الجيّدة.

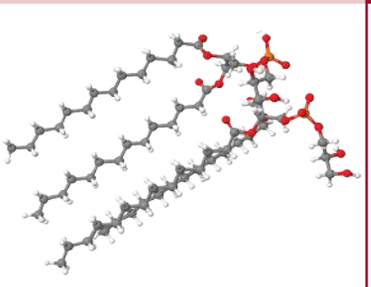
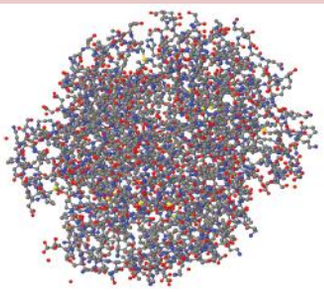
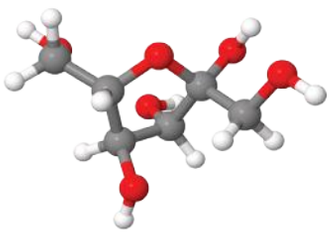
كيف يستخدم جسمك الغذاء؟

سؤال للمناقشة

ممّا يتكوّن الغذاء؟ ما هي مكوّناته الأساسيّة؟

نحصل على الطّاقة وعلى الجزيئات الحيويّة من خلال ثلاث فئات من المركّبات البيولوجيّة في الغذاء: الدّهون Lipids، البروتينات Proteins، والكربوهيدرات Carbohydrates (**الشّكل 1-3**). وتجدر الإشارة إلى أنّ المعنى البيولوجيّ لهذه الكلمات يختلف قليلًا عن مدلولها في الغذاء.

1. **الدّهون.** للدّهون وظائف متعدّدة، فهي توفّر الطّاقة للخلايا ويتمّ تخزين الفائض منها ليُستخدَم عند الحاجة. وتعدُّ الدّهون كذلك المكوّن الأساسيّ لأغشية الخلايا. والجدير ذكره أنّ بعض الدّهون أكثر ملاءمة للصّحّة من غيرها.
2. **البروتينات.** تؤمّن البروتينات الجزيئات الأوّليّة لبناء أنسجة الجسم، كما تكوّن الهرمونات، والإنزيمات، وهي أساسيّة، أيضًا، للنّموّ والتّكاثر والدّفاع عن الجسم ضدّ مسبّبات الأمراض كالبكتيريا والفيروسات.
3. **الكربوهيدرات.** تشكّل السّكّريّات البسيطة جزيئات للتّبادل السّريع للطّاقة. ويمكن للكربوهيدرات الضّخمة التّركيب، مثل النّشا والجلايكوجين، أن تخزّن الطّاقة وأن تتفتّت إلى سكّريّات بسيطة. كما تعدُّ الكربوهيدرات المصدر الأساسيَّ للطّاقة في جميع الكائنات الحية بما فيها النّباتات.

عناصر الغذاء	دهون	بروتينات	كربوهيدرات
أمثلة	اللّيبيدات، تشمل الزّيوت، والدّهون، والشّموع، والسّتيرويدات	جزيئات عملاقة مصنوعة من الأحماض الأمينيّة	السّكر، والنّشا، والألياف الغذائيّة
			
التركيب البيوكيميائي	دهن الجليسريد الثّلاثيّ	الهيموجلوبين	الفركتوز

كربون ● أكسجين ● هيدروجين ● نيتروجين ● كبريت ● حديد

الشّكل 1-3 العناصر الغذائيّة في الغذاء الصّحّيّ (وفي الغذاء غير الصّحّيّ أيضًا).

يطلق اسم **التّغذية** على العلم الّذي يدرس كيفيّة مساهمة الغذاء في المحافظة على الصّحّة وكيفيّة اختيار الأطعمة الصحيحة الّتي تحافظ على الصّحّة والنّموّ. بينما يطلق اسم **النّظام الغذائيّ** على الأطعمة الّتي تتناولها في الواقع والّتي قد تكون تعتمد على مبدأ التّغذية السليمة أو لا.

السّعرات الحراريّة ومعدَّل الأيض الأساسيّ

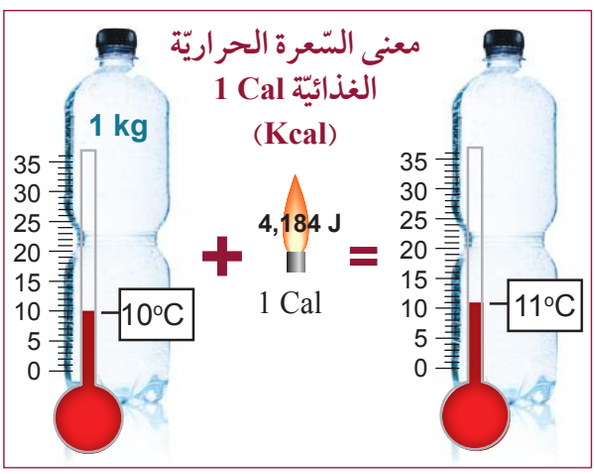
سؤال للمناقشة

ما هي كمّيّة الغذاء الّتي عليّ تناولها لأبقى بصحّة جيّدة؟

إلى جانب الوظائف الحيويّة العديدة، كتوفير الفيتامينات والمعادن والبروتين للنّموّ، يؤمّن الغذاء الطّاقة اللّازمة للبقاء على قيد الحياة. وبالتّالي، تقدَّر كمّيّة الغذاء الّتي يجب تناولها بحسب الحاجة إلى الطّاقة والسّعرات الحراريّة.

السّعرة الحراريّة الغذائيّة Calorie هي كمّيّة الطّاقة اللّازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام واحد من الماء بمقدار درجة مئويّة واحدة (**الشّكل** 1-4). السّعرة الحراريّة الغذائيّة الواحدة تساوي 1,000 سعرة حراريّة علميّة (cal)، وتكتب Cal: 1 Cal = 1 kcal = 1,000 cal.

السّعرة الحراريّة الواحدة (Cal) هي كمّيّة الطّاقة اللّازمة لرفع درجة حرارة 1Kg من الماء بمقدار 1°C.



الشّكل 1-4 تعريف السّعرة الغذائيّة 1 Cal.

إنّ الحد الأدنى من السعرات الحرارية التي يتطلبها جسمك للبقاء على قيد الحياة تسمى معدّل **الأيض الأساسيّ Basal Metabolic Rate** الخاصّ بك، أو BMR. يشكّل BMR كمّيّة الطّاقة الّتي يحتاج إليها جسمك في حالة استلقائك على ظهرك بدون عمل أو حركة مدّة 24 ساعة، لأنّ أيّ نشاط تقوم به يزيد من استهلاكك الطّاقةَ إلى ما يفوق الـ BMR الخاصّ بك.

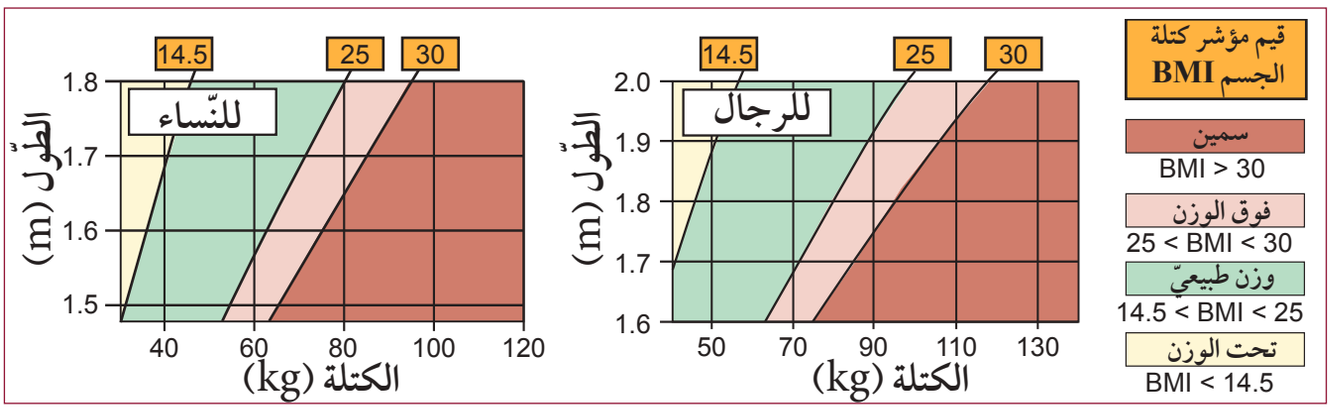
معدّل الأيض الأساسيّ (BMR) هو كمّيّة الطّاقة الّتي يستخدمها جسمك خلال 24 ساعة دون القيام بأي نشاط.

الشّكل 1-5 معدّلات الأيض الأساسيّ.

يوضّح **الشّكل** 1-5 معدَّل الأيض الأساسيّ لرجل وامرأة متوسِّطَيْ الطّول والوزن. ففي سنّ العشرين، يحرق الرّجل نحو 1,700 Cal في اليوم، بينما تحرق المرأة نحو 1,370 Cal في اليوم. وللمقارنة، يستخدم مصباح كهربائيّ، بقوّة 40 W، ما يساوي 826 Cal في اليوم من الطّاقة الكهربائيّة. تجدر الإشارة إلى أنّ BMR ينخفض مع تقدّم عمر كلٍّ من الرّجال والنّساء.

مؤشِّر كتلة الجسم

يحتاج الأطبّاء الّذين يدرسون الصّحّة إلى وسيلة سهلة لتقييم ما إذا كان الفرد ضمن نطاق الوزن الطّبيعيّ بالنّسبة إلى طوله . وبالرّغم من أنّ النّاس مختلفون، إلّا أنّ **مؤشّر كتلة الجسم Body Mass Index (BMI)** هو مقياس دقيق، إلى حدّ كبير، لمقارنة وزن الفرد بالمعايير الصّحّيّة. وتعتمد صيغة مؤشِّر كتلة الجسم على كتلة الشّخص (Kg) والطّول (m) فقط. يوضِّح **الشّكل 1-6** فئات الوزن الّذي يعدّهُ الأطبّاء وزنًا طبيعيًّا، نقصان في الوزن، زيادة في الوزن، والسّمنة.



الشّكل 1-6 قيم مؤشّر كتلة الجسم لشخص ذكر بالغ.

مؤشر كتلة الجسم BMI

$$BMI = \frac{m}{h^2}$$

BMI	مؤشِّر كتلة الجسم (kg/m^2)
m	الكتلة (kg)
h	الطّول (m)

إنَّ مؤشّر كتلة الجسم يعطي تشخيصًا دقيقًا عن زيادة الوزن أو السّمنة في نحو 80 % من الوقت. ومع ذلك، فإنّ للنّاس أنواعَ أجسام مختلفة جدًّا، وبالتّالي لا يمكن اختزال هذه الاختلافات في رقمَيْن يمثّلان الكتلة والطّول فقط. من هذا المنطلق، يتبيّن وجود برهانين يثبتان أنّ مؤشِّر كتلة الجسم غير دقيق.

1. الصّيغة لا تميِّز كتلة العضلات من كتلة الدّهون. فالرّياضيون أصحاب كتلة العضلات الأكبر قد يصنَّفون على أنّهم من ذوي الوزن الزّائد أو يعانون السّمنة حتّى لو أنّهم بصحّة جيّدة.
2. مع تقدُّم النّاس في السّنّ، تنخفض نسبة كتلة العضلات، والشّخص الّذي يصنِّفه مؤشِّر كتلة الجسم صاحبَ وزن طبيعيّ، قد يكون، طبّيًّا، ممّن يعانون زيادة الوزن أو السّمنة.

مسألة نموذجيّة

احسب مؤشِّر كتلة الجسم (BMI) الخاصّ بخليل الّذي يزن 70 kg ويبلغ طوله 175 cm. ما الّذي تنصح خليل به استنادًا إلى قيمة مؤشر جسمه؟

$$BMI = \frac{(70\ \text{kg})}{(1.75\ \text{m})^2} = \boxed{22.9}$$

الإجابة

ملاحظة: يجب استخدام المتر m كوحدة الطّول في صيغة الـ BMI

$175\ \text{cm} = 1.75\ \text{m}$

1-1 تحليل مؤشر كتلة الجسم

سؤال الاستقصاء	كيف يستخدم الباحثون BMI لدراسة الصّحّة؟
الموادّ المطلوبة	لا يوجد ولكن يمكن استخدام برنامج Excel

الخلفيّة العلميّة: يشعر العديد من العاملين في المجال الطّبيّ بالقلق من توافر الأطعمة الّتي تحتوي على نسبة عالية من الدّهون والسّكّر بكثرة، ما أدّى الى انتشار مرض السّمنة في العالم. بالنّسبة إليك، لا بدَّ من أن يكون استنتاج كهذا مدعومًا ببيانات عن العديد من النّاس. ويُعدّ جدول البيانات أداة تتيح لك تكرار حساب البيانات بسرعة، وفهم أنماط العلاقات من خلال الرّسوم البيانيّة.

اجمع بيانات: اجمع بيانات عن الكتلة والطّول من صفّك ومن مجتمعك، من دون تحديد الأسماء بغية المحافظة على الخصوصيّة. تحتاج على الأقلّ إلى 30 بيانًا عن مؤشرات الجسم.

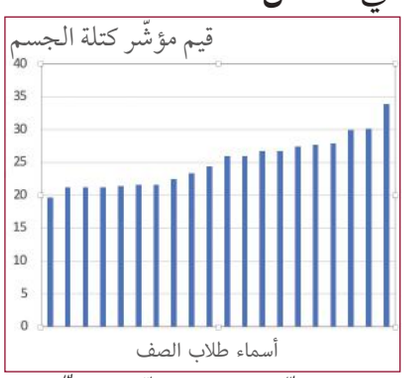
	A	B	C
1	Mass (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m2)
2	75	170	=A2/(B2/100)^2
3	77.3	178	
4	50	152	
5	52.3	157	
6	71	154	
7	65	154	

=A2/(B2/100)^2

	A	B	C
1	Mass (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m2)
2	75	170	25.95155709
3	77.3	178	24.39717207
4	50	152	21.64127424
5	52.3	157	21.21789931
6	71	154	29.93759487
7	65	154	27.40765728
8	58.2	165	21.37741047
9	82	165	30.11937557
10	76	165	27.91551882
11	52.3	157	21.21789931
12	72.7	165	26.70339761

حلّل نتائج مجموعتك

1. اجمع بياناتك في جدول يبيّن النسب لكلّ فئة من الفئات الأربع في **الشّكل 1-6**.



2. أنشئ رسمًا بيانيًّا عموديًّا يعرض البيانات بطريقة مشابهة للمثال.
3. قارن بيانات مجموعتك ببيانات مجموعات أخرى.
4. أكمل النّشاط عبر اختيار أحد الاحتمالين الآتيين:

الاحتمال 1: تخيّل أنّك مراسل صحفيّ تبحث في انتشار مرض السكّريّ من النّوع الثّانيّ. صمّم شرائح عرض تفاعليّ لإقناع الحضور بالعلاقة ما بين مرض السّكريّ من النّوع الثّانيّ والسّمنة. سيكون عليك أن تبحث عن الحقائق والبيانات الّتي تدعم وجهة نظرك.

الاحتمال 2: تخيّل أنّك مراسل صحفيّ تبحث في انتشار أمراض القلب كالذّبحة الصّدريّة وانسداد الأوعية. صمّم شرائح عرض تفاعليّ لإقناع الحضور بالعلاقة ما بين أمراض القلب والسّمنة. سيكون عليك أن تبحث عن الحقائق والبيانات الّتي تدعم وجهة نظرك.

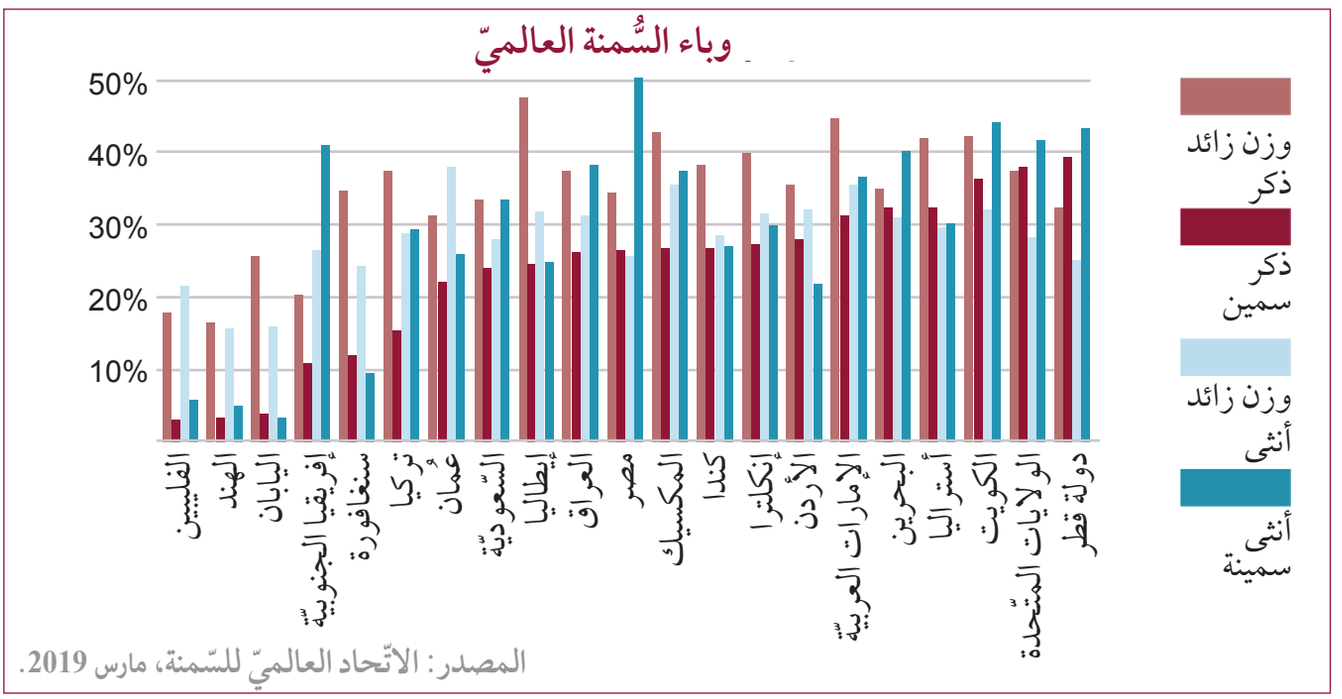
السّمنة والأمراض

إنَّ زيادة الوزن أو **السّمنة obesity** تزيد خطرَ حدوث مشكلات صحّيّة عديدة، بما في ذلك مرض السّكَّري وأمراض القلب، وبعض أنواع السّرطان، كما يتفاقم هذا الخطر لدى النّساء الحوامل. وثمّة الكثير من الدّراسات الّتي تشير إلى علاقة السّمنة بالعديد من المشاكل الصّحّيّة على المديَيْن القصير والبعيد في الأطفال والبالغين. ومن أبرز هذه الأمراض ذات العلاقة بالسّمنة:

- داء السّكّري من النّوع الثّاني
- توقّف التّنفُّس أثناء النّوم
- أمراض الكبد
- ضغط دم مرتفع
- التهاب المفاصِل
- السّرطان
- أمراض القلب / السّكتة الدّماغيّة
- أمراض الكلية

من النّاحية الطّبّيّة، يُعَدّ الشّخص سمينًا عندما يتخطى BMI الخاصّ به قيمة 30.

ويتراوح مؤشِّر كتلة الجسم للوزن الطّبيعي بين 14.5 و24.9، وَيُعَدُّ الشّخص ضمن الوزن الزّائد عندما يتراوح مؤشِّر كتلة جسمه بين 25 و29.9، كما يُعَدُّ الشّخص سمينًا عندما يتخطّى BMI الخاصّ به قيمة 30.



المصدر: الاتّحاد العالميّ للسّمنة، مارس 2019.

الشّكل 1-7 بيانات السّمنة لبلدان مختارة من بينها دولة قطر.

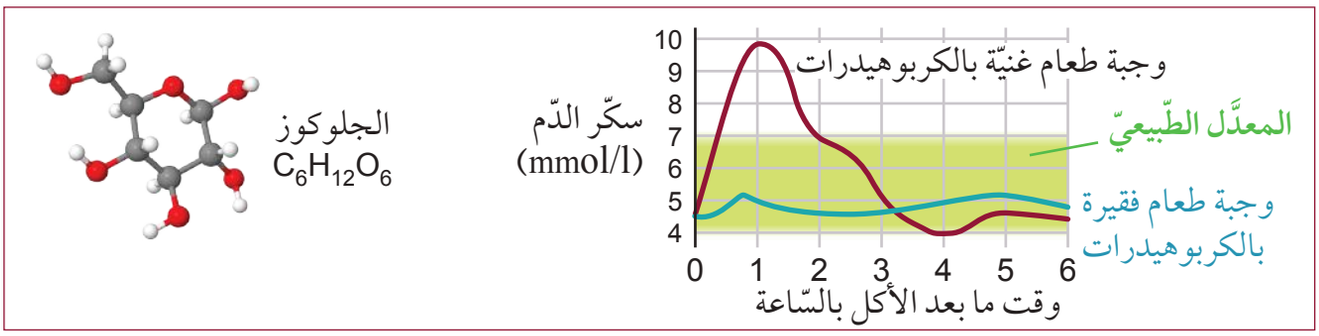
إنّ غالبيّة البشر يتناولون كميّة من الطعام تفوق حاجة أجسامهم ويتمّ تخزين الفائض بعد هضمه كدهون. يظهر **الشّكل 1-7** أنّ أكثر من 25 % من سكّان العالم المتقدّم يعانون من السّمنة، ويشمل ذلك الرّجال والنّساء معًا. ترجع أسباب المشكلة إلى:

- توافر الأطعمة الغنيّة بالسّكر وبالدّهون
- الافتقار إلى التّغذية الصّحيّة والآمنة في العديد من مناطق العالم
- نمط الحياة الخامل وقلّة التّمارين الرّياضيّة.

مرض السّكّري

يتمّ هضم الطّعام الّذي تتناوله في المعدة والأمعاء. فكيف تصل الطّاقة إلى عضلاتك وعقلك والأجزاء الأخرى من جسمك؟

يعتبر **الجلوكوز Glucose** الّذي يعرف أيضًا **بسكّر الدّم Blood sugar**، المصدر الرئيسي للطاقة في خلايا الجسم، وهو من الكربوهيدرات البسيطة الّتي يمتصها الدم بعد إنتهاء عملية هضم الطعام ومن ثم يتم نقله إلى الخلايا لإستخلاص الطاقة. يوضح الرّسم البيانيّ في **الشّكل 1-8** نسبة تركيز سكّر الدّم، على مدى أكثر من ستّ ساعات بعد تناول وجبة طعام.

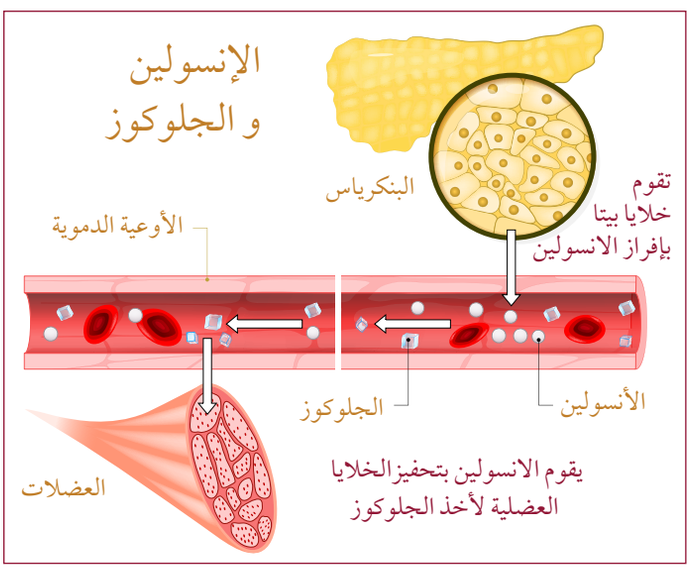


الشّكل 1-8 التّغيّر في قيم سكّر الدّم بعد تناول وجبة طعام غنيّة بالكربوهيدرات وأخرى فقيرة بها.

عادةً ما يحتوي دمك على جلوكوز مُذاب بمعدّل يتراوح بين 4-7 mmol/L. ما يعني 3.6–6.3 g من السّكّر المُذاب في 5 L من الدّم لإنسان ضمن المعدّل الوسطيّ. هذا الجلوكوز المُذاب هو الوقود لخلاياك، وهو الّذي ينظّم العديد من العمليّات في الجسم. **من باب المقارنة، يوجد 106 g من السّكّر في 1 L من المشروبات الغازيّة.**

تمتصّ الخلايا في جسمك الجلوكوز بسبب إفراز هرمون **الأنسولين Insulin** الّذي ينتجه البنكرياس. فبعد تناول الطّعام، يفرز البنكرياس الأنسولين في الدّم، وهو إشارة إلى الخلايا للبدء بامتصاص الجلوكوز؛ وكلّما ارتفع مستوى الأنسولين، كانت الخلايا أكثر سرعة في امتصاص الجلوكوز (**الشّكل 1-9**).

يرتبط مرض السّكّري بمعدّل إنتاج الأنسولين وفاعليّته في الجسم، بحيث لا يعود الشّخص المصاب قادرًا على تنظيم نسبة السّكّر في الدّم بسبب الخلل في الأنسولين. ينتج من ذلك زيادة في نسبة تركيز السّكر في الدّم. إذا لم تتمّ معالجة هذا المرض، قد يؤدّي ارتفاع نسبة السّكر في الدّم إلى أمراض في القلب، أو السّكتة الدّماغيّة، أو حتّى الموت.



الشّكل 1-9 يتحكّم الأنسولين بأيض الجلوكوز.

أسباب مرض السّكّري وآثاره الصّحّيّة

ترتبط الزّيادة في الإصابة بمرض السّكري ارتباطًا مباشرًا بالإفراط في تناول الطّعام. ففي التّاريخ القديم، كان مرض السّكّري نادرًا، ولم يذكر إلّا قليلًا. وقد بات في عصرنا الحاليّ، منتشرًا على نطاق واسع في جميع الدول. ففي العام 1960، أصاب مرض السّكّري أقلّ من 1 % من الأشخاص، إلّا أنّه، في التّسعينيّات من القرن الماضي، ارتفعت هذه النّسبة إلى 10%.

يبيّن **الجدول 1-1** أنَّ مرض السكّري نوعان: الأوّل والثّاني. أمّا **النّوع الأوّل** فهو وراثيٌّ بشكلٍ أساسيّ ويطال أقلّ من 5 % من الحالات. بينما تعود الزّيادة السّريعة في عدد الإصابات بمرض السّكّري إلى **النّوع الثّاني**، بحيث يطوّر الجسم مقاومة جزئيّة للأنسولين. وقد ربطت العديد من الدّراسات الأسباب المؤدّية إلى مقاومة الجسم للأنسولين بحالة السّمنة وتناول الوجبات الغذائيّة الغنيّة بالكربوهيدرات – مثل المشروبات الغازيّة (**الشّكل 1-10**).

	النّوع الأول	النّوع الثّاني
السّبب	انخفاض إنتاج الأنسولين	تطوير مقاومة للأنسولين
عوامل تزيد احتماليّة الإصابة بالمرض	معظمها وراثيّ	السّمنة، النّظام الغذائيّ الغنيّ بالسّكّر وعدم ممارسة الرّياضة
الأشخاص المعرّضون للإصابة	الأطفال	البالغون
المعدّل	5%	95%

الجدول 1-1 مقارنة بين نوعيْ مرض السّكّري.

مخاطر الإصابة بمرض السّكّري على المدى البعيد

- من المحتمل أن يكون البالغون الّذين يعانون مرض السّكّري أكثر عرضة للموت بنوبة قلبيّة أو سكتة دماغيّة.
- يعاني أكثر من ربع الأشخاص المصابين بمرض السّكّري اعتلالًا في الشّبكيّة، ما قد يسبّب فقدان البصر والعمى.
- يعدّ مرض السّكّري المسبّب لنحو 44% من الحالات الجديدة للفشل الكلويّ كلّها.
- إنّ نحو 60 % من حالات بتر القدم سببها مضاعفات مرض السّكّري.

أنا أتمتّع بصحّة جيّدة، ويحتوي جسمي على ما يقارب 3-7 g من السّكّر المُذاب فقط في 5 L من الدّم.

يوجد 106 g من السّكّر في 1 L من المشروبات الغازيّة.

الشّكل 1-10 يرتبط مرض السّكّري من النّوع الثّاني باتّباع نظام غذائيّ فيه فائض من السّكّر.

تقويم الدّرس 1-1

1. اكتب فقرة واحدة تعرف فيها الصحة الجيدة وتعدّد مؤشّراتها البدنية.
2. ما هي المعدَّلات الصّحّيّة أو الطّبيعيّة للاختبارات الآتية الّتي قد تُجرى لكَ في أثناء الفحص الطّبّيّ؟
   a. ضغط الدّم
   b. معدَّل السّكَّر في الدّم
   c. مؤشّر كتلة الجسم (BMI)
   d. مستوى الأكسجين في الدّم
3. سمِّ ثلاثة أنواع من الغذاء الّذي يحتوي على العناصر الغذائيّة الآتية:
   a. الدّهون
   b. البروتينات
   c. الكربوهيدرات
4. يبلغ يوسف من العمر 20 عامًا. وهو يزن 82 kg، ويبلغ طوله 173 cm. يعدُّ يوسف شخصًا قليل الحركة، ونادرًا ما يمارس التّمارين الرّياضيّة. احسب مؤشِّر كتلة جسم يوسف.
5. وفقًا للبيانات، ما هي النّسبة المئويّة للبالغين القطريّين من الرّجال والنّساء الّذين يعانون السّمنة؟
6. اذكر أربعة ظروف غير صحّيّة، أو أمراض مرتبطة بمرض السّكّري.
7. ابحث عن معدّل تفاقم مرض السّكّري من النّوع الثّاني في قطر. أنشئ رسمًا بيانيًّا من العام 1975 حتّى يومنا هذا، وقد تحتاج إلى تقدير المعدّل في بعض الفترات الزّمنيّة، في حالة عدم العثور على بيانات عن دولة قطر خلالها. حدّد بعض نتائج مرض السّكّريّ من النّوع الثّاني على صحّة المصابين به.
8. اقترح خمس طرائق لخفض مرض السّكّري لدى السّكّان في دولة قطر. ضمّن اقتراحك بعض النّقاط حول التّغييرات الاجتماعيّة الّتي قد تحتاج إلى إجرائها لتخفيض الإصابة بمرض السّكّري.

الدّرس 1-2
من أجل تنفّس أفضل
Keeping Your Lungs Healthy

يتنشّق الشّخص في السّنة ما يُعادل ثمانية ملايين نَفَسٍ، ما يشيرُ إلى أنّ نحو $4{,}000\ m^3$ من الهواء يدخل رئتَيْك ويخرج منهما. ويشبه الجزء الدّاخلي لرئتَيْك إسفنجة مبلّلة، إذ يمتصّ الأكسجين، وبالتّالي فإنّ أيًّا من جسيمات التّلوُّث الموجودة في $4{,}000\ m^3$ قد يدخل الرّئتين ويلتصق بالأنسجة الرّقيقة الموجودة في داخلهما. ويتجلّى هذا الأمرُ حاليًّا في ارتفاع ملحوظ في أمراض الرّئة، كالرّبو النّاتج بشكلٍ أساسيّ من تلوُّث الهواء.

استُخْدِم تعبير «الضّباب الدّخانيّ» للمرّة الأولى في أوائل القرن العشرين، وذلك لوصف الضّباب الّذي يملؤه الدّخان المُلَوّث، وهو ناجمٌ عَن أعمال الإنسانِ، إذ ينتج من احتراق الفحم، ومن عوادم السّيّارات، ومن التّلوّث الصّناعيّ والحرائق الزّراعيّة. فالتّفاعلات الكيميائيّة والأشعّة فوق البنفسجيّة الصّادرة من الشّمس، يحوّلان الموادّ الكيميائيّة في عادم السّيّارة إلى أكسيد النّيتروجين وغيرها من المركّبات الضّارّة. في الصّورة الّتي تُظهر مدينة شنغهاي، ضباب دخانيّ كثيف من أكسيد النّيتروجين، وأكسيد الكبريت، والأوزون، والدّخان، وخليط من الجسَيْمات الأخرى مثال السّخام والغبار.

مخرجات التّعلُّم

GB1102.1 يفهم تأثير التّدخين وتلوّث الهواء على صحّة الرّئة، بما في ذلك سرطان الرّئة، ومرض الانسداد الرّئويّ المزمِن والرّبو.

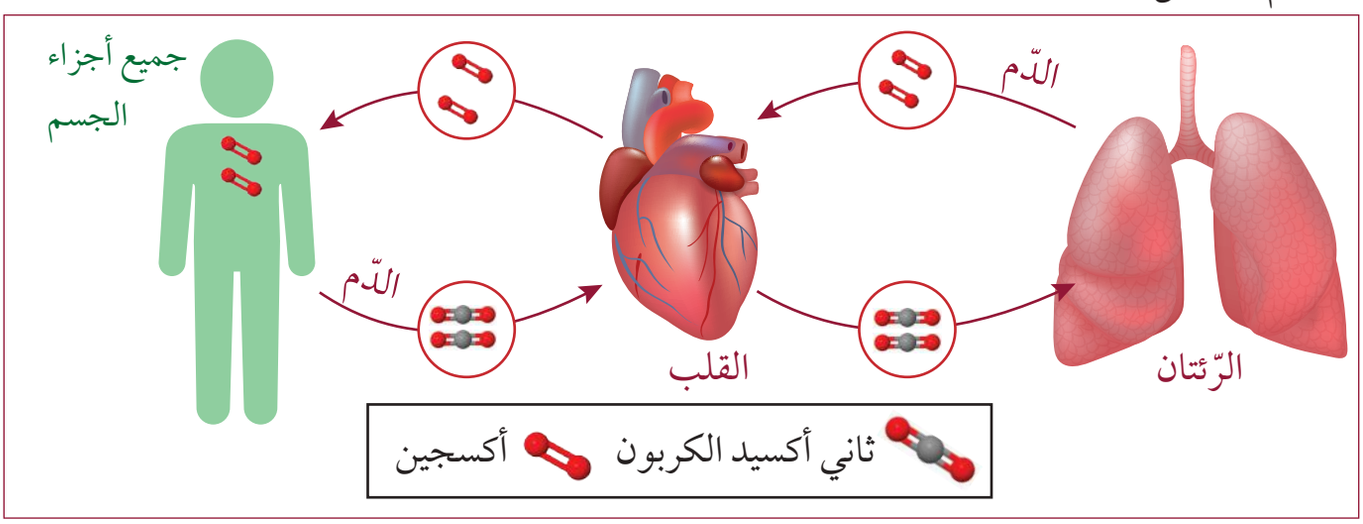
GB1102.2 يشرح طرق تحسين صحّة الرّئة في المجتمع القطريّ، ويدرك أنّ التّدخين هو خيار فرديّ، ولكنّ مستويات تلوُّث الهواء هي مشكلة وطنيّة ودوليّة.

المفردات

Bronchiole	شعَيْبة هوائيّة
Alveoli	حوَيْصلات هوائيّة
Respiration Rate	معدّل التّنفُّس
Spirometer	جهاز قياس التّنفُّس
Tidal Volume	حجم تمدّديّ
Total lung capacity	سعة كلّيّة للرّئة
Asthma	ربو
Chronic obstructive pulmonary disease	مرض الانسداد الرّئويّ المزمن
Emphysema	انتفاخ الرّئة
Chronic bronchitis	التهاب الشّعب الهوائيّة المزمِن

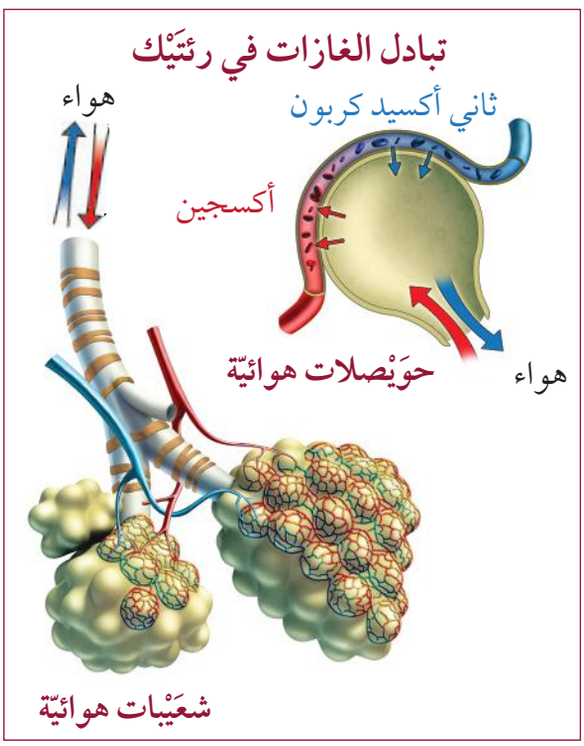
كيف تعمل رئتاك؟

يتكوّن الغلاف الجوّيّ لكوكبنا من نحو 21% من الأكسجين، و 78% من النّيتروجين، و1% من الغازات الأخرى مثال بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأرجون. ويحتوي الهواء الّذي تزفره على 16% من الأكسجين، ويتمّ التقاط 5% بوِساطة خلايا الدّم الحمراء، فيُوَزِّعه الدّمُ في جميع أنحاء الجسم (**الشّكل 1-11**).



الشّكل 1-11 تبادل رئتاك مع الهواء الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

في خلال كلّ نفس، يتبادل الدّم مع الهواء الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، وذلك بسرعةٍ كبيرةٍ لا تتجاوز الثّانية. إذًا، ليست رئتك مثل البالون الأجوف، إنّما هي تشبه إسفنجة رطبة كثيفة جدًّا؛ فعند الاستنشاق، يُسحَب الهواء إلى 30,000 **شعَيْبة هوائيّة Bronchiole** (**الشّكل 1-12**)، تحتوي على 380 مليون حجرة هواء صغيرة تُسمّى **الحوَيْصلات الهوائيّة Alveoli**. تُغطّى جميع الحوَيْصلات الهوائيّة بأوعية دمويّة دقيقة تتبادل، مع الهواء، الأكسجين وثاني أكسيد الكربون. تبلغ مساحة السّطح الفعليَّة في داخل رئتيك من 50-70 m^2، أي ما يوازي نصف مساحة ملعب التّنس.



الشّكل 1-12 الشّعَيْبات الهوائيّة والحوَيْصلات الهوائيّة في الرّئتَيْن.

ولرئتيك وظيفة أخرى أكثر أهمّيّةً، وهي التّخلّص من ثاني أكسيد الكربون. يستخدم تفاعل **التّنفّس Respiration** الأساسيّ في داخل الجسم الأكسجين والجلوكوز وينتج الماء وثاني أكسيد الكربون، ما يحتّم إزالة جزيء ثاني أكسيد الكربون، في مقابل كلّ جزيء من الأكسجين المستخدَم.

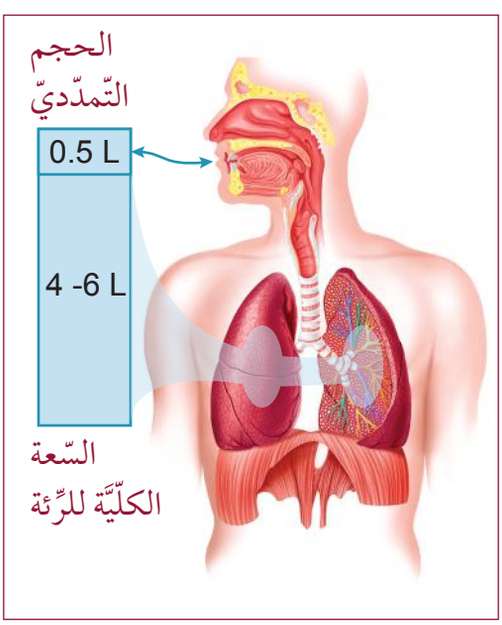
سعة الرّئة وصحّتها

إنَّ قدرة الجسم على إدخال الأكسجين،، تعتمد على حجم الهواء المتدفِّق بسلاسة عبر شعَيْبات هوائيّة لا يزيد حجمها عن شعرة، للوصول إلى 380 مليون حوَيْصلة هوائيّة قطرها أصغر من 0.2 mm. تتكرَّر هذه العمليّة كلّ 3 إلى 5 ثوانٍ. مع الإشارة إلى أنّ أيَّ شيء يؤثّر في تدفُّق الهواء أو في التّبادل السّريع للأكسجين وثاني أكسيد الكربون سوف يكون له تأثيره في جسمك.

وهناك عاملان يؤثِّران في كمِّيّة الهواء المتدفِّقة عبر رئتَيْك.

أولهما **معدَّل التّنفُّس Respiration rate** الخاصّ بك، وهو عدد الأنفاس الّتي تأخذها في الدّقيقة، بحيث يتراوح معدَّل تنفُّس الشّخص العاديّ في حالة الرّاحة 12-20 نفسًا في الدّقيقة الواحدة، ويزداد معدَّل التّنفُّس في أثناء ممارسة الرّياضة.

وثانيهما **الحَجْمَ التّمدّديّ Tidal volume** وهو حجم الهواء الّذي تستنشقه وتزفره مع كلّ نفَسٍ **(الشّكل 1-13)**، وهو يقارب 0.5 L للشّخص العاديّ. أمّا **السّعة الكليّة للرّئة Total lung capacity** فهو أقصى حجم للهواء الكلِّيّ في رئتَيْك، وهو 4-6 L لشخصٍ سليم، أي ما يعادل نحو عشرة أضعاف الحَجْمِ التّمدّديّ.

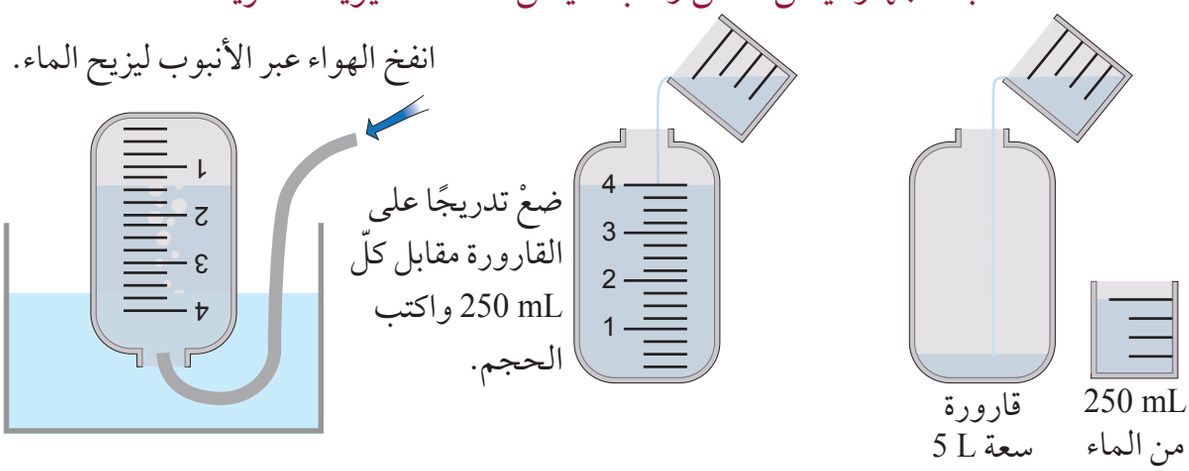


الشّكل 1-13 الحَجْمُ التّمدّديّ والسّعة الكلِّيّة للرِّئة.

2-1 (a) قياس سعة الرّئتَيْن

سؤال الاستقصاء	ما حجم الهواء الّذي تتنفَّسه؟
الموادّ المطلوبة	دلو شفّاف، زجاجة بلاستيكيّة شفّافة سعة 5 L، قلم لوضع إشارة، وعاء سعة 250 mL، و 2-3 m أنبوب أو خرطوم بقطر 12 mm.

بناء جهاز قياس تنفُّس رطب لقياس السّعة الحيويّة القسريَّة.



الخطوات

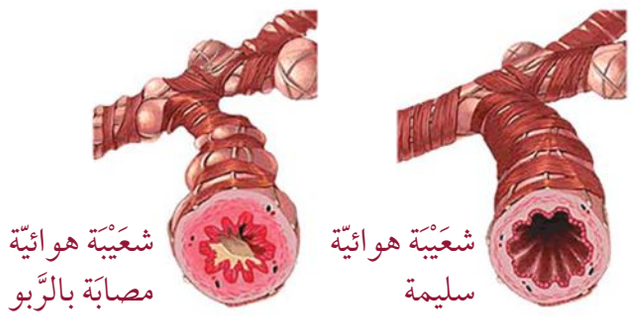
1. كرِّر استخدام أوعية تحتوي على 250 mL ماء لرسم التّدريج على القارورة. قم بإفراغ القارورة، ضع تدريجًا عليها، ثمَّ املأها مرّة أخرى حتّى الأعلى.
2. باستخدام إحدى يديك، قم بتغطية أعلى القارورة، واقلب الزّجاجة في دلو الماء حتّى تظلّ القارورة مليئة.
3. على شخصٍ واحد أن يحمل القارورة ويدخل أحد طرفَيْ الأنبوب كما هو ظاهر. يأخذ الشّخص الآخر نفَسًا عميقًا وينفخ في الخرطوم لأطول فترة ممكنة، ممّا يؤدّي إلى إزاحة أكبر قدر ممكن من الماء.

استكشف سعة الرّئة

a. قِس سعة الرّئة لبعض الزّملاء في الصّفّ.
b. لاحظ ما إذا كان هناك ارتباط بين الطّول وسعة الرّئة.
c. استخدم كاميرا فيديو على الهاتف المحمول لمحاولة تحديد حجم الزّفير القسريّ في ثانية واحدة، وذلك من خلال ملاحظة مقدار الحجم الّذي تمّت إزاحته في الثّانية الأولى.
d. كرِّر التّجارب لمعرفة مقدار التّباين الّذي تحصل عليه.

الرّبو

هناك طرق متعدّدة قد تمكّن من تعطيل وظيفة الرّئة خاصّتك، إحداها إعاقة تدفّق الهواء. فإذا كانت كمّيّة الهواء الّتي تتدفّق في الدّاخل أو في الخارج قليلة، فستتوافر لجسمك كمّيّة أقلّ من الأكسجين. أمّا السّبب الرّئيس لتقييد تدفّق الهواء فهو **الرّبو Asthma**، وهو تورُّم البطانة الدّاخليّة لأنابيب الشّعَيْبات الهوائيَّة (**الشّكل 1-14**) الّذي يضيّق مجرى الهواء.



الشّكل 1-14 يحدث الرّبو عند التهاب بطانة الشّعَيْبات الهوائيَّة وتورّمها.

ليس للرّبو سبب واحد؛ إذ تشير الأبحاث إلى أنّ الرّبو هو استجابة من الجهاز المناعيّ، مثل الحساسيّة، وله، أيضًا، عوامل وراثيّة وعوامل بيئيَّة. فبعض النّاس يصاب بالرّبو، أمّا آخرون فلا يُصابون وإن عاشوا في بيئة محيطة مشابهة.

يشكّل الرّبو وباءً في قطر، بحيث تشير البيانات الطّبّيّة إلى أنّ 19.8 % من مجموع سكّان دولة قطر، أو واحد من أصل كلّ خمسة أشخاص في بلدنا، يعاني الرّبو، وتؤكّد أنّ هذه النّسبة في ازدياد، في حين تبلغ نسبة الإصابة عالميًّا نحو 4 %. لماذا يَشيع مرض الرّبو في دولة قطر، ولمَ هو معرّضٌ للازدياد؟ من المعلوم أنَّ الكثير من العوامل البيئيَّة تؤدّي إلى الرّبو (**الشّكل 1-15**).

مسبِّبات الرّبو

دخان السّجائر

عدوى الجهاز التّنفُّسيّ: نزلات البرد والإنفلونزا.

تلوُّث الهواء: عوادم السّيّارات، دخان حرائق الأشجار وحرائق النّفط.

مسبِّبات الحساسيّة: عثّ الغبار المنزليّ، حبوب اللّقاح، الحيوانات الأليفة، والعفن.

الطّقس: تغيُّر درجة الحرارة المفاجئ.

الجسَيْمات المحمولة جوًّا: الغبار والموادّ الكيميائيّة وأملاح الفلزات.

بعض الأدوية: الأسبرين وأدوية ضغط الدّم.

التّوتُّر والعواطف الشّديدة: البكاء والغضب الشّديد.

ممارسة الرّياضة: الهواء البارد والتّمرين الرّياضيّ القاسي

الشّكل 1-15 عوامل متعدّدة، منها دخان السّجائر وتلوُّث الهواء، تؤدّي إلى نوبات الرّبو.

بعض أعراض الرّبو هي:

- ضيق في التّنفُّس.
- صعوبة في النّوم بسبب ضيق التّنفّس أو السّعال أو الصّفير.
- ضيق أو ألم في الصّدر.
- صوت صفير عند الزّفير.
- السّعال أو نوبات الصّفير الّتي تزداد سوءًا مع الزّكام أو الإنفلونزا.

2-1 (b) أعدّ خطّة عمل لمريض الرّبو

سؤال الاستقصاء	ما الّذي يمكنني فعله لمساعدة شخص مصاب بالرّبو؟
الموادّ المطلوبة	لا موادّ لازمة

على كلّ من يعاني الرّبو أن تكون لديه خطّة عمل تجمع المعلومات الحيويّة، وجرعات الدّواء ومواقعها، وتعليمات للعائلة وللأصدقاء.

الأهداف

اكتب قائمة بأهداف معالجة الرّبو مثل:

التّقليل من الصّفير وضيق النّفس.

الحدّ من استخدام جهاز الاستنشاق الإنقاذيّ الخاصّ بي، على ألّا يتجاوز استخدامه 3 مرّات في الأسبوع.

الأدوية اليوميّة

إذا كان المصاب بالرّبو يتناول الأدويّة يوميًّا، فعليه كتابة قائمة بأسمائها، وأوقات تناولها، وجرعاتها، وعدد مرّات تناولها، على سبيل المثال أقراص singulaire 150 mg، مرّتان في اليوم؛ على أن يحدَّد مكان حفظها في المنزل لتكون معلومة لجميع من في المنزل.

ما أبرز أعراض نوبة الرّبو؟ وفي الحالات الطّارئة، هل من جهاز استنشاق يستخدمه الإنسان المُصاب الّذي يواجه مشكلة في التّنفّس؟ أين يتمّ الاحتفاظ به؟ ما اسمه؟ وما الجرعة المحدّدة لاستخدامه؟

أرقام للاتّصال

أعدّ قائمة بأسماء الأسرة أو الأصدقاء الموثوق بهم، وبأرقام هواتفهم.

أعدّ قائمة بأسماء الأطبّاء وبأرقام هواتفهم وبأماكن تواجدهم.

أعدّ قائمة تتضمّن أسماء الصّيدليات الّتي يتمّ شراء الأدوية منها، إضافةً إلى عنوان كلّ منها ورقم الهاتف.

تعليمات خاصّة

اكتب قائمة بالتّعليمات الخاصّة، كالإشارة إلى وجود أدوية ستيرويديّة في حالة النّوبات الحادّة، وتحديد نوعها وعدد مرّات تناولها.

التّدخين

في داخل رئتَيْك، تكون الأنسجة الّتي تفصل دمك عن الهواء، والموجودة على سطح الحوَيْصلات الهوائيّة، رقيقةً جدًّا، بحيث تسمح بمرور جزيئات الغاز عبرها بحرّيّة. كما لا بدّ من أن يكون هذا السّطح رطِبًا لأنّه نسيجٌ حيّ، وبالتّالي، فإنّ أيّة أوساخ أو موادّ غريبة تبلغ الحويصلات الهوائيّة بإمكانها أن تتلف الأنسجة الحسّاسة. وبهذا، وفي حال تعرّضت هذه الأنسجة للنّدوب، يتوقّف تبادل الغازات.

يشبه تأثير التّدخين على الأنسجة الرّطبة والحسّاسة في الرّئتين، إلى حدٍّ بعيد، ما يحدث عند وضع سيجارة ما تزال تحترق على اللسان مباشرةً. ويظهر **(الشّكل 1-16)** الرّئة السّليمة بالمقارنة مع رئة المدخِّن بعد سنوات عديدة من تدخين السّجائر. فأيّ رئة تفضّل في جسمك؟

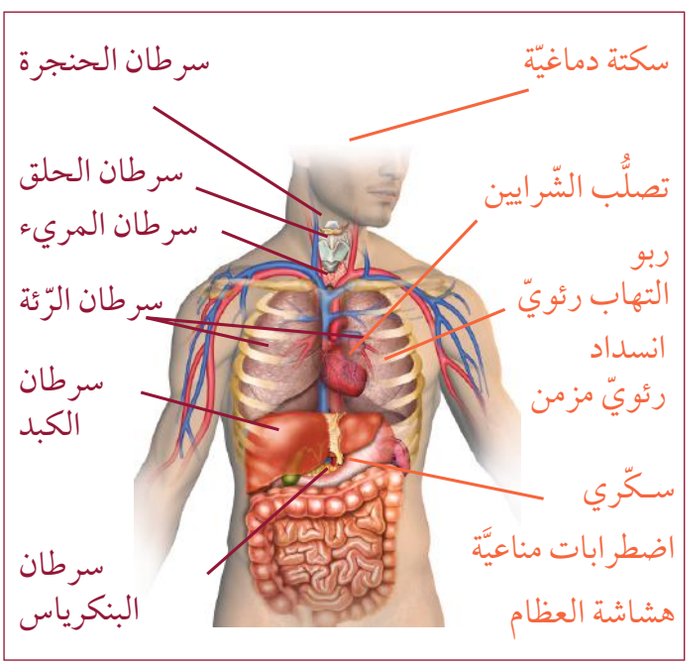
هنا لا بدّ من الإشارة إلى أنّ الابتعاد عن التّدخين قد ينقذ حياتك من المخاطر المترتّبة عليه.

الشّكل 1-16 رئة مدخِّن ورئة غيرمدخِّن

التدخين لا يؤذي الشخص المدخن فقط، إنما يضرّ جميع من حوله، وبخاصّة الأطفال.

يحتوي دخان التّبغ على أكثر من 4,000 مادّة كيميائيّة، معظمها سامّ ومسرطن **(الشّكل 1-17)**. وأطفال المدخِّنين عرضةٌ للإصابة بالرّبو بنسبة مضاعفة بالمقارنة مع غيرهم من الأطفال. أمّا الأطفال الّذين يولدون لنساء مدخِّنات في أثناء الحمل، فتكون الممرّات الهوائيّة لديهم ضيّقةً بشكل غير طبيعيّ، ما قد يؤدّي إلى الرّبو وإلى اضطرابات أخرى في الجهاز التّنفّسيّ.

حظرت العديد من الدّول التّدخين في جميع الأماكن العامّة باعتبار أنّ التّدخين خيارٌ شخصيّ، وبالتّالي من غير المسموح إلحاق الأذيّة بصحّة المحيطين بالمدخّن.



الشّكل 1-17 المدخِّنون معرّضون بنحو 25 مرّة أكثر من غيرهم للإصابة بسرطان الرّئة، ومتوسّط العمر المتوقّع للمدخِّنين هو أقلّ من غير المدخِّنين بعشر سنوات.

مرض الانسداد الرّئويّ المزمن

الانسداد الرّئويّ المزمِن Chronic Obstructive Pulmonary Disease أو **COPD** هو من الأمراض الأكثر شيوعًا في العالم حاليًّا. ويعاني الأشخاص المصابون بالانسداد الرّئويّ المزمن صعوبة كبيرة في التّنفُّس. لهذا المرض شكلان أساسيّان سببهما التّدخين ويتجلّيان معًا لدى المصابين به:

التهاب الشّعب الهوائيّة المزمن Chronic bronchitis ويسبّب سعالًا طويل الأمد مع المخاط.

انتفاخ الرّئة Emphysema وهو تلف طويل الأمد للأنسجة الدّاخليّة في الرّئتَيْن (**الشّكل 1-18**).

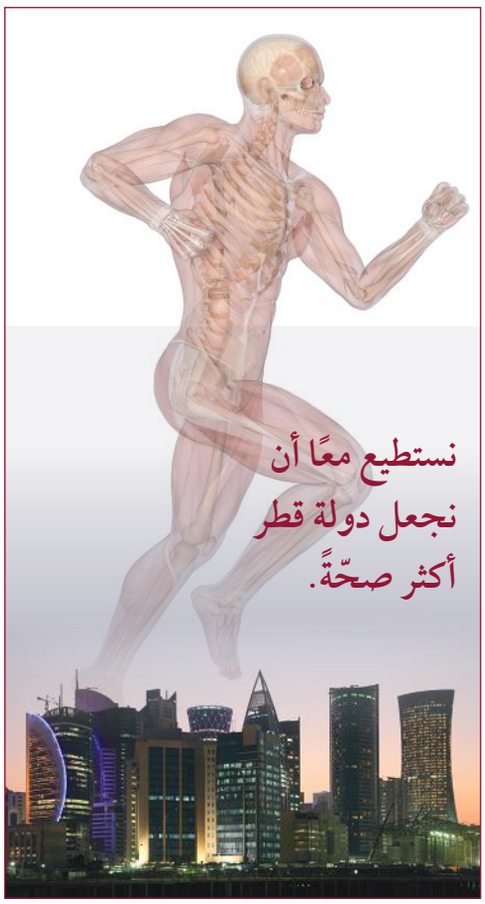
الشّكل 1-18 آثار انتفاخ الرّئة على أنسجتها.

خيارات أفضل للبقاء بصحَّة جيِّدة

إنّ جسم الإنسان مُعقَّد ومُتطوّر للعيش في عالم خالٍ منَ العديد من المحفّزات الّتي نجدها من حولنا. إلّا أنّه في عالمنا الحديث، يواجه جسمنا الكثير من التّحدّيات النّاشئة من سهولة الحصول على الوجبات السّريعة، وعيش نمط حياةٍ قليل الحركة، واكتساب عادات غير صحّيّة مثل التّدخين.

لذا إنَّ خياراتِنا في حياتنا الشّخصيّة هي الّتي تحدّد وضع صحّتنا في المستقبل، بحيث يمكننا رفض التّدخين واختيار الطّعام الصّحّيّ وممارسة الرّياضة.

وعلينا، كمجتمع، العمل بشكلٍ جماعيٍّ لتفادي بعض المخاطر الصّحيّة. ومن أجل الحدّ من تلوّث الهواء في المدن، لا بدّ من تفعيل دور وسائل النّقل العامّ على حساب السّيّارات الخاصّة المنتشِرة في كلّ مكان. من هذا المنطلق، يتمّ إنجاز مشروع قطار حديث في الدّوحة، وهذا قد يؤدي، مستقبلًا، إلى انخفاض نسب الإصابة بالرّبو وبالأمراض الأخرى النّاجمة عن التّلوّث.



الشّكل 1-19 صحّتنا تعتمد على خياراتنا.

تقويم الدّرس 1-2

1. اشرح وجه الاختلاف بين رئتيك والبالون الأجوف الّذي ينتفخ وينكمش عند أخذ النّفس.

2. ما علاقة الشّعيبات الهوائيّة بالحوَيْصلات الهوائيّة؟

3. أيّ من الأمور الآتية يمكن أن تكون طبيعيَّة لشخصٍ يتنفّس في وضع الرّاحة؟
   a. أخذ نفس واحد كلّ 3 ثوانٍ.
   b. أخذ نفس واحد كلّ 10 ثوانٍ.
   c. أخذ نفس واحد كلّ 1.5 ثانية.

4. أيٌّ ممّا يأتي يُعدُّ من الوظائف المهمّة للرّئتَيْن؟
   a. تبادل الأكسجين من الهواء إلى الدّم.
   b. تبادل ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى الدّم.
   c. تدفّق الدّم الّذي يحمل الأكسجين داخل الجسم.

5. حدد مسببات الربو.

6. عدّد أربعة أعراض للرّبو.

7. بناءً على الإحصاءات الطّبّيّة، ما هو عدد الأشخاص المرجّح أن يكون مصابًا بالرّبو من 100 شخص في دولة قطر؟

8. ابحث في علاقة السّمنة بمرض السّكّري، ثمَّ حضّر عرضًا يضمّ خمسة اقتراحات، على الأقلّ، للحدّ من نسبة الإصابة بمرض السّكّري في دولة قطر.

9. ابحث في العلاقة بين التّدخين والتّلوّث والرّبو، وحضّر عرضًا يضمّ خمسة اقتراحات، على الأقلّ، للحدّ من نسبة الإصابة بالأمراض الرّئويّة في دولة قطر.

العلم والعلماء

لآلاف السّنين، ابتدع البشر أساطير لشرح المرض واعتلال الصّحّة. ويعدُّ القرن الحادي عشر انطلاقة الفهم الحديث للطّبّ، وذلك بفضل العالم ابن سينا في كتابه «القانون في الطّبّ»، وقد لُقِّبَ بـأبي الطّبّ الحديث. اعتمد ابن سينا في كتابه على الملاحظة العلميّة وعلى المنطق بعيدًا من عالم الأساطير.

الشّكل 1-20 ابن سينا.

وُلِدَ ابن سينا في العام 980 م في أفشنة (في أوزبكستان حاليًّا).

حفظ القرآن كاملًا في عمر العاشرة، ودرس الفلسفة والعلوم في سنّ المراهقة. وكان، كلّما شعر بالضّياع، يترك كتبه ويلجأ إلى المسجد حيث يواصل التّفكير ويصلّي كي يفهم ما يدرسه. في السّادسة عشر من عمره، بدأت تظهر اهتماماته الطّبّيّة، فاكتشف طرقًا جديدة للعلاج بالرّغم من صغر سنّه. ومن أقواله «الطّبّ ليس علمًا صعبًا أو شائكًا كما الرّياضيّات والميتافيزيقا، ولذلك حقّقْتُ تقدُّمًا كبيرًا. صرتُ طبيبًا ماهرًا أعالج المرضى مستخدمًا العلاجات الملائمة». ذاع صيت الطّبيب الشّابّ وانتشرت شهرته في علاج العديد من المرضى.

الشّكل 1-21 القانون في الطّبّ، ابن سينا، 1025 م.

رأى ابن سينا أن السّبب المادّيّ للمرض موجود في وظائف الجسم، وأدرك أنّ للمرض أسبابًا بيئيّةً «خارجيّة» أي خارج الجسم، وأسبابًا «داخليّة»، وهذه الأسباب أوجدت «بنيات» غير متوازنة في داخل الجسم أنتجت الأعراض الخارجيّة الّتي تُعرَف بالمرض.

صحيحٌ أنّ الكلمات المعاصرة في مجال الطّبّ قد اختلفت، إلّا أنّ هذا لا ينفي الدّقّة الّتي عرفتها نظريّة الطّبّ الّتي كُتِبَتْ في العام 1025، ولا يَنفي الإجماع على أنّ كتاب «القانون في الطّبّ» هو أهمّ كتاب طبّيّ على الإطلاق.

الوحدة 1

مراجعة الوحدة

الدّرس 1-1: الأكل الصّحّيّ والمحافظة على النّشاط البدنيّ

- للصّحّة جوانب بدنيّة وعقليّة في الوقت ذاته.
- **الكربوهيدرات Carbohydrates**، و**الدّهون Lipids** و**البروتين Proteins** هي جزيئات حيويّة داخل الغذاء.
- السّعرة الحراريّة Calories هي الطّاقة اللّازمة لتسخين 1 Kg من الماء وزيادة درجة حرارته بمقدار 1°C.
- **معدّل الأيض الأساسيّ Basal metabolic rate (BMR)** هو عدد السّعرات الحراريّة الّتي يحتاج إليها جسمك في خلال 24 ساعة وهو في حالة الرّاحة.
- مؤشِّر **كتلة الجسم Body mass index (BMI)** **هو نسبة كتلة الجسم على مربّع الطّول**

  BMI = الكتلة / الطّول^2.
- يعاني الشّخص من السّمنة عندما يكون مؤشِّر كتلة جسمه أعلى من 30.
- يطلق على الجلوكوز الموجود في الدّم اسم سكّر الدّم.
- يؤدّي مرض السّمنة إلى الإصابة بأمراض خطيرة مثل السّكّري من النّوع الثّاني، وأمراض القلب، والسّرطان.

الدّرس 1-2: من أجل تنفّس أفضل

- **الحوَيْصلات الهوائيّة Alveoli** هي عبارة عن 380 مليون كيسًا هوائيًّا صغيرًا في رئتَيْك.
- **الشّعيبات الهوائيّة Bronchioles** هي ممرّات الهواء في الرّئتَيْنِ.
- يبلغ **معدّل التّنفّس Respiration rate** 12-20 نفسًا في الثّانية للشّخص الطّبيعيّ.
- تسمّى كمّيّة الهواء الّذي يتمّ تبادله في النّفس الواحد **الحَجْم التّمدّديّ Tidal volume**.
- مرض **الرّبو Asthma** هو مرض ينتج من تضيُّق في **الشّعيبات الهوائيّة Bronchioles**، والذي تسبّبه بعض المحفّزات كالتّدخين والتّلوُّث.
- يسبّب التّدخين أمراضًا رئويّة عديدة، بما في ذلك **الانسداد الرّئويّ المزمِن Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)** وسرطان الرّئة.

اختيار من متعدد

1. أيّ ممّا يأتي غير مدرجٍ في تعريف منظّمة الصّحّة العالميّة WHO للصّحّة؟
   a. السّلامة البدنيّة
   b. الصّحّة النّفسيّة
   c. الصّحّة الماليّة
   d. سلامة العلاقات الاجتماعيّة
2. ما هو الدّور الأساسيّ للدّهون في جسمك؟
   a. بناء أنسجة الجسم
   b. التّفكّك إلى سكّريّات
   c. تأمين الطّاقة وتخزينها
   d. صنع الأنزيمات اللّازمة للنّموّ
3. أيّ ممّا يأتي ليس من الكربوهيدرات؟
   a. النّشا
   b. السّكّر
   c. زيت الزّيتون
   d. الألياف الغذائيّة
4. أيّ ممّا يأتي يشكّل الطّاقة اللّازمة للبقاء على قيد الحياة خلال 24 ساعة؟
   a. BMI
   b. BMR
   c. RHR
   d. TDEE
5. أيّ ممّا يأتي هو المسار الصّحيح لدخول الهواء إلى الرّئتين؟
   a. حويصلات هوائيّة، شعيبات هوائيّة، أوعية دمويّة
   b. أوعية دمويّة، حويصلات هوائيّة، شعيبات هوائيّة
   c. شعيبات هوائيّة، حويصلات هوائيّة، أوعية دمويّة
   d. حويصلات هوائيّة، أوعية دمويّة، شعيبات هوائيّة
6. أيّ ممّا يأتي يعرّف السّمنة بحسب الأخصّائيّين في الحقل الطّبيّ؟
   a. مؤشّر كتلة الجسم BMI أكبر من 18.
   b. مؤشّر كتلة الجسم BMI أكبر من 30.
   c. مؤشّر كتلة الجسم BMI أكبر من 36.
   d. مؤشّر كتلة الجسم BMI أكبر من 25.
7. ما هي كميّة السّكّر الموجودة في دم شخص يتمتّع بصحّة جيّدة؟
   a. 106 g
   b. 2.6-3.5 g
   c. 1.5-2.5 g
   d. 3.6-6.3 g
8. من بين السلوكيّات الآتية، أيّها قد يكون له التّأثير الأفضل على صحّتك في المدى البعيد؟
   a. الإقلاع عن التّدخين
   b. خفض كميّة الغذاء الّذي تتناوله
   c. خفض كميّة السكّر الّتي تتناولها
   d. القيام بالمزيد من التّمارين الرّياضيّة

الدّرس 1-1: الأكل الصّحّيّ والمحافظة على النّشاط البدنيّ

9. ما دور الكربوهيدرات في غذائك؟

10. أعطِ أمثلة على بعض البروتينات في غذائك.

11. ما هي الوحدة الّتي تقاس بها الطّاقة في الغذاء؟

12. ما هما المتغيّران المطلوبان لقياس BMI؟

13. ما الفارق بين النّوع الأوّل والنّوع الثّاني من مرض السكّري؟

14. اكتب قائمة تتضمّن ثلاث حالاتٍ جسديّة غير صحّيّة قد تعيشها، واقترح، بحدٍّ أدنى، وصفةً علاجيّة واحدةً لكلّ حالةٍ لتصبح أفضل صحّيًّا.

15. اكتب قائمة تتضمّن حالتَيْن غير صحّيّتين، عقليًّا أو عاطفيًّا، قد تعيشهما، واقترح، بالحدّ الأدنى، وصفةً علاجيّة واحدةً لكلّ حالةٍ لتصبح أفضل صحّيًّا.

16. صف، على الأقلّ، طريقتَيْن ترتبط بهما الصّحّة العقليّة أو العاطفيّة بالصّحّة البدنيّة.

17. احسب مؤشّر كتلة الجسم لدى ابراهيم لتقرّر إن كان دون الوزن الصّحّي، أو بالوزن الصّحّيّ، أو فوق الوزن الصّحّيّ، أو يعاني السُّمنَة.

الدّرس 1-2: من أجل تنفّسٍ أفضل

18. تتبّع المسار الّذي يأخذه الأكسجين من الهواء في المحيط الخارجيّ إلى مجرى الدّم.

19. في أيّ جزء من جسمك يكون الهواء والدّم الأقرب إلى بعضهما، ممّا يسمح بتبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون؟

20. ما هي القيمة المتوسّطة للحجم التّمدّديّ للشّخص؟

21. حدّد تأثيرات مرض الانسداد الرّئوي المزمن (COPD)، وابحث عن سببَيْن رئيسَيْن، على الأقلّ، لهذا المرض.

22. اكتب قائمة تتضمّن أربعةً من بنود خطّة عمل لمريض الرّبو.

23. اكتب قائمة تتضمّن ستّة أمراض ناجمة عن التّدخين، وحدِّد إن كانت أمراضًا قاتلة.

الوحدة 2

مقاومة المضادّات الحيويّة

Antibiotic Resistance

في هذه الوحدة

- **الدّرس 2-1:** أنماط الأمراض
- **الدّرس 2-2:** المضادّات الحيويّة
- **الدّرس 2-3:** مقاومة المضادّات الحيويّة

GB1103
GB1104

الوحدة 2

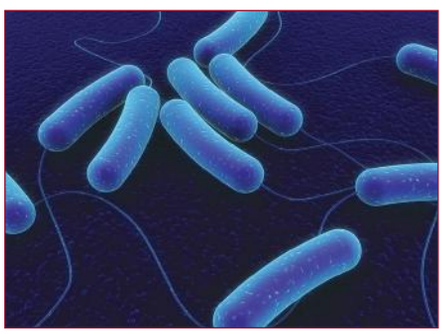
مقدّمة الوحدة

في الأعوام المئة الماضية، نجح الطّبّ في إطالة معدّل حياة النّاس بعدما قضى على العديد من الأمراض، ولكنّ نجاحه هذا بات يواجه خطرًا جديدًا. فالأمراض البكتيريّة والفيروسيّة الّتي تمّ القضاء عليها في السّابق عادت فجأة لتظهرَ، والمضادّات الحيويّة الّتي كانت ناجعة جدًّا من قبلُ لم تعد فعّالة إزاء سلالات الجراثيم الجديدة. في هذه الوحدة، سوف نصف البكتيريا ودورها المزدوج، كعامل إيجابيّ مساعد للمحافظة على الصّحّة أو كعاملٍ مسبِّب للمرض. كما أنّنا سوف نبحث في الفارق بين الأمراض البكتيريّة والفيروسيّة، ونناقش الطّفرة الوراثيّة والآليّة الّتي تمكّن الكائن الحيّ من التّكيّف مع الضّغوط البيئيّة. كذلك، سوف نتعرّف كيفيّة اكتشاف المضادّات الحيويّة الفعّالة الأولى، ومدى نجاحها واستخدامها على نطاق واسع. وسنرى كيف أنّ سهولة الحصول على المضادّات الحيويّة القويّة أدّت إلى استخدامها بإفراط، وبشكلٍ سيّئٍ، ممّا تسبّب بتطوّر البكتيريا بسرعةٍ، حتّى أصبحت مقاوِمةً للأدوية الّتي كانت يومًا ما فعّالةً وقادرةً على السّيطرة على انتشارها.

الأنشطة والتّجارب

- 1-2 بناء نموذج خليّة بكتيريّة
- 2-2 (a) ازرع العفن الخاصّ بك
- 2-2 (b) المطهِّرات والمعقِّمات

الدّرس 2-1
أنماط الأمراض
Models of Disease



أنت لست وحدك في الحياة، لأنّ جسمك يأوي إقليمًا حيويًّا كاملًا من أشكال الحياة المجهريّة وتحت المستوى المجهريّ. في الواقع، يفوق عدد خلايا البكتيريا في الجسم عدد الخلايا البشريّة. فأنت تتنقّل مع الفطريّات والفيروسات والبكتيريا في كلّ مكان تذهب إليه، بعضها يُنتج الفيتامينات والهرمونات الّتي تقوّي جهاز المناعة الخاصّ بك، وبعضها يساعد في عمليّة الأيض والمزاج، وما زال العلماء يكتشفون الطّرق الّتي تؤثّر بها هذه الكائنات الحيّة في جسمك وكيف تتفاعل وتتكامل معه. وما كان لجسمك أن يعيش بدون علاقات التّعايش وتبادل المنفعة بينه وبين ما عليه من كائنات.

ولكن ليست جميع هذه الكائنات ذات منفعة لجسم الإنسان. فبعض البكتيريا تصنّف على أنّها مسبّبة للمرض pathogen. والعامل المسبّب للمرض قد يكون بكتيريا أو أي كائن آخر يسبّب الضّرر للعائل. وفي هذه الوحدة، سوف نستكشف عالم البكتيريا والفيروسات، وسوف نرى كيف تساعدنا المضادّات الحيويّة على الشفاء، وكيف أنّ الإفراط في استخدامها بات يهدّد الآن فاعليّة الأدوية الّتي تنقذ الأرواح.

المفردات

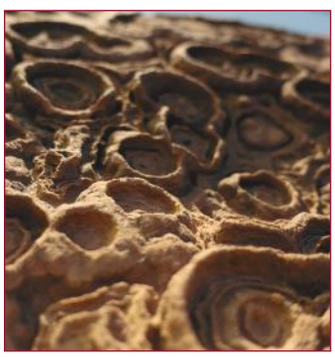
Microbiome	الميكروبيوم
Probiotic	البروبيوتيك
Cholera	الكوليرا
E. coli	الإي كولاي
Staphylococcus	المكوّرة العنقوديّة
Virus	الفيروس
DNA	الحمض النّوويّ
Genetic disorder	الاضطراب الوراثيّ
Sickle cell anemia	فقر الدّم المنجلي
Muscular dystrophy	ضمور العضلات
Cystic fibrosis	التّليُّف الكيسيّ
Arthritis	التهاب المفاصل
Mutation	الطّفرة
Vector	النّاقل
Pathogen	مسبِّب المرض
Epidemiology	علم الأوبئة
Infection rate	معدّل الإصابة بالعدوى
Communicability	قابليّة الانتقال
Quarantine	الحَجْر الصّحّيّ
Epidemic	مرض وبائيّ
Pandemic	وبائيّة شاملة

مخرجات التّعلُّم

GB1103.2 يصف تأثير المضادّات الحيويّة على معدّل الوفيّات النّاتج من الأمراض الانتقاليّة منذ اكتشافها أوّل مرّة.

البكتيريا

البكتيريا كائنات أحاديّة الخليّة من أقدم أشكال الحياة على الأرض، ويزيد عمر البكتيريا المتحجرّة أو ستروماتولايتات stromatolites (**الشّكل 2-1**) عن 3.5 مليار سنة. وقد تطوّرت البكتيريا بمرور الزّمن لتعيش في كلّ مكان ممكن من باطن الأرض إلى الكائنات الحيّة الأكثر تعقيدًا. ويحتوي جسمك على الآلاف من أنواع البكتيريا المختلفة، وتبيّن الأبحاث أنّ عدد الخلايا البكتيريّة في جسمك يوازي ثلاثة أضعاف الخلايا البشريّة فيه.



الشّكل 2-1 ستروماتولايتات.

ويشمل **الميكروبيوم Microbiome** الآلاف من أنواع الجراثيم الّتي تعيش على جسمك وفي داخله. ومع أنّ الغرض من تواجد البكتيريا في داخل جسمك غير مفهوم بوضوح إلّا أنّ معظمها غير ضارّ بل نافعٍ له. فبكتيريا الأمعاء مثلًا، وهي تعيش في القولون الهابط، تساعد على تكسير الجزيئات المعقّدة وتحويلها إلى مغذّيات يمكن لجسمك استخدامها. تتواجد معظم أنواع البكتيريا في سوائل جسمك ومناطقه الرّطبة الّتي تتفاعل مع المحيط الخارجيّ كالجهاز الهضميّ والجلد.

قد يتناهى إلى مسامعك مصطلح **«بروبيوتيك» Probiotic** وهو يستخدم لوصف البكتيريا الّتي يعتقد النّاس أنّها مفيدة. يعمد بعض النّاس إلى دعم نظامهم الغذائيّ بتناول العناصر الّتي تحتوي على بكتيريا البروبيوتيك، حتّى بلغت مبيعات مكمّلات البروبيوتيك في السّوق العالميّة نحو 18.2 مليار ريال في العام 2017، إذ يزعم التّسويق لهذه المكمّلات الغذائيّة بأنّ الجسم المكتفي بالبروبيوتيك تنحسر فيه المساحة المتبقّية للبكتيريا الضّارّة. علميًّا، قد تكون الفائدة حقيقيّة بالنّسبة إلى بعض أنواع البكتيريا، ولكن إذا أخذنا في الاعتبار مختلف أنواع البكتيريا المتوافرة في المكمّلات الغذائيّة، فإنّه يستحسن استشارة أخصّائيّ الرّعاية الصّحّيّة قبل إضافة أيّ مكمّل غذائيّ إلى جسمك.

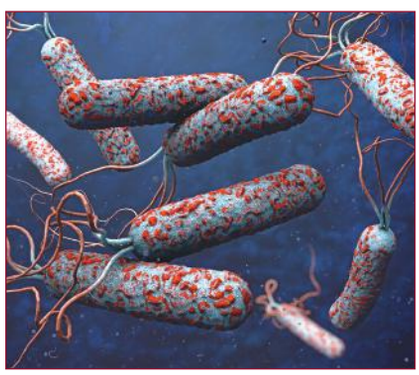
إنّ عدد الخلايا البكتيريّة في جسمك يوازي ثلاثة أضعاف الخلايا البشريّة فيه.

هناك العديد من البكتيريا المفيدة في العالم، والّتي استخدمها البشر لأجيال. الزّبادي (اللّبن)، الكيمتشي، ومخلَّل الملفوف، هي منتَجات مخمّرة للنّشاط البكتيريّ. وتعدّ الكيمتشي (طعام من مخلّل الملفوف) من المكمّلات الغذائيّة البروبايوتيك لاحتوائها على بكتيريا حمض اللّاكتيك (حمض اللّبن) والّتي تعمل على منع نموّ بكتيريا التّعفّن في المخلّلات.

ولأنّ البكتيريا موجودة في كلّ مكان، فإنّ لأجسامنا منظومة دفاعيّة مضبوطة جيّدًا ضدّ معظم الأنواع الخطرة. فالبراز، مثلًا، يحتوي على قدر كبير من البكتيريا الّتي تموت بسرعةٍ خارج الجسم إذا تمّت معالجة مياه الصّرف الصّحّيّ بشكل صحيح. أمّا في المناطق الّتي تنعدم فيها معالجة مياه الصّرف الصّحّيّ، وحيث تتسرّب إلى مياه الشّرب، فإنّ التّهديد بالإصابة بالبكتيريا واقعيٌّ وخطير.

البكتيريا المسبّبة للمرض

يمكن أن تتكاثر البكتيريا بسرعة كبيرة إذا تمّ اختراق نظام المناعة الخاصّ بك، أو إذا سُمِحَ للبكتيريا باختراق دمك، وقد يؤدّي ذلك إلى الإصابة بالمرض، أو ربّما إلى الموت. تشمل البكتيريا الشّائعة الّتي تسبّب الأمراض بكتيريا الكوليرا *Vibrio cholerae*، والإي كولاي *Escherichia coli*، والسّالمونيلا *Salmonella enterica serotype Typhi*، والمكوّرات العنقوديّة *Staphylococcus*



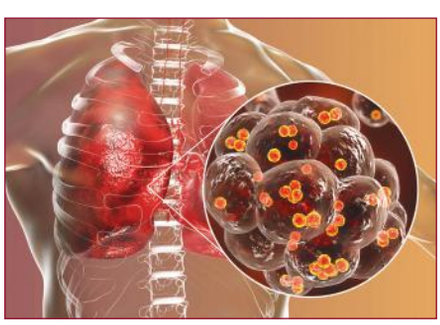
الشّكل 2-2 بكتيريا الكوليرا Vibrio cholerae

الكوليرا *Cholera*: (**الشّكل 2-2**) يمكن أن تصيب سلالات بكتيريا الكوليرا *Vibrio cholerae* الأمعاء الدّقيقة وتسبّب الإسهال الحادّ، ممّا قد يؤدّي بسرعة إلى جفاف خطير في الجسم. ولأنّ بكتيريا الكوليرا تتواجد في البراز، ينشر الإسهال الملوّث بالكوليرا المرض في الماء. وتُعَدُّ رداءة نظام الصّرف الصّحّيّ عاملًا رئيسًا في انتشار الكوليرا.

وأدّت وبائيّة الكوليرا الشّاملة الّتي حدثت خلال فترة 1899-1923 إلى وفاة أكثر من مليون شخص. ويتفشّى مرض الكوليرا في وقتنا الحاليّ في مناطق تكون فيها حروب أو كوارث طبيعيّة أو تعاني تدهور نظام الصّرف الصّحّيّ. كما أدّى تفشّي الكوليرا في هايتي والصّومال واليمن إلى إصابة أكثر من مليون ونصف المليون شخص وذلك بسبب مياه الشّرب الملوّثة. فتأمين مياه نظيفة للشّرب هو عامل أساسيّ مهمّ جدًّا في الوقاية من انتشار الكوليرا.

الإي كولاي *E. coli*: بكتيريا شائعة تتواجد في الأمعاء، بعضها غير ضارّ؛ ولكن يمكن لسلالات معيّنة منها أن تسبّب ردَّ فعل سلبيًّا مماثلًا للكوليرا. تعيش الإي كولاي وتتكاثر في البراز أيضًا، وتنتشر بسبب سوء معالجة مياه الصّرف الصّحّيّ.

التّيفوئيد *Typhoid*: كما الكوليرا والإي كولاي، تتواجد البكتيريا المسؤولة عن التّيفوئيد *Salmonella enterica serotype Typhi* في البراز، وتنتشر عن طريق المياه الملوّثة وسوء معالجة مياه الصّرف الصّحّيّ. ولكن ما يفرّقها عنهما أنّه لا ينتج منها إسهالٌ، ولذلك قد لا تُكتَشف قبل أسابيع. من هنا، يمكن لشخص مصاب بالتّيفوئيد، يعمل في تحضير الطّعام، أن ينشر البكتيريا وينقلها إلى عددٍ كبيرٍ من النّاس. ولذلك وُضِعت قواعد نظافة صارمة للمطابخ.



الشّكل 2-3 المكوّرات العنقوديّة staphylococci في الرّئتين

المكوّرات العنقوديّة *Staphylococci*: بكتيريا المكوّرات العنقوديّة (**الشّكل 2-3**) هي بكتيريا شائعة جدًّا. ربّما هي متواجدة في أنفك الآن من دون أيّ تأثير سلبيّ. تشكّل المكوّرات العنقوديّة خطرًا إذا دخلت مجرى الدّم عبر جرح غير معالج، حيث تنتج سمومًا قد تكون قاتلة.

يتمّ تخفيض خطر الإصابة بالبكتيريا من خلال حملات كبرى لتأمين الماء النّقيّ حول العالم.

1-2 بناء نموذج خليّة بكتيريّة

سؤال الاستقصاء	كيف يمكنك أن تتعرّف البكتيريا الشّائعة؟
الموادّ المطلوبة	صلصال، لوح إسفنجيّ، أقلام تلوين، ورق، وموادّ الحرف اليدويّة.

الخطوات

1. الكوليرا، والمكوّرات العنقوديّة، والإي كولاي، بكتيريا لها جميعها أشكال مميّزة. (التّيفوئيد والإي كولاي تتشابهان إلى حدّ كبير). اختر واحدة من هذه البكتيريا وابحث في تركيبها وفي وظيفة كلّ مكوِّن من مكوّناتها.
2. ابنِ نموذجًا للبكتيريا الّتي اخترتها (قد يكون رسمًا، أو عرضًا على الكمبيوتر، أو نموذجًا ماديًّا فعليًّا باستخدام أدوات وموادّ الحرف اليدويّة)، ثمَّ ارسم الأجزاء الدّاخليّة للبكتيريا.
3. أضف مفتاحًا لتمييز الأجزاء الّتي رسمتها.
4. يمكن تصنيف البكتيريا في مجموعتَيْن بحسب استجابتها لاختبار صبغة غرام للبكتيريا. حدِّد الفئة الّتي تنتمي إليها البكتيريا الخاصّة بك. موجبة الغرام أم سالبة الغرام؟
5. أعدَّ قائمة تتضمّن الأعراض الجسديّة الّتي يمكن أن تتركها البكتيريا في جسم العائل البشريّ (human host) ؛ ثمَّ أضف الإجراءات الّتي يمكن اتّخاذها للوقاية من الإصابة.
6. ابحثْ عن العوامل والأدوية المضادّة للبكتيريا الأكثر شيوعًا، والّتي يمكن أن تدمّر البكتيريا الّتي بنَيْتَها. أدرج تلك الأدوية على قائمتك.
7. يبلغ عرض شعرة الإنسان نحو 100 µm. قارن بين حجم البكتيريا الّتي بنَيْتَها وعرض شعرة الإنسان؛ هل يمكنك رؤية البكتيريا الّتي بنَيْتَها من خلال المجهر الضّوئيّ؟

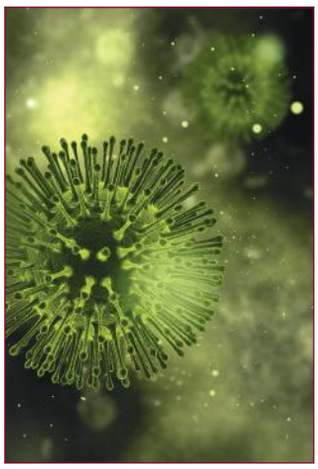
الأسئلة

a. كيف يمكن للطّبيب أن يحدّد، بسرعة، البكتيريا الّتي أصابت شخصًا ما؟

b. لماذا يعدّ تصنيف البكتيريا إلى سالبة الغرام وموجبة الغرام مهمًّا في فهمنا خصائص البكتيريا وطبيعتها؟

c. هل يمكن أن تتواجد البكتيريا الّتي اخترتها في مكان قريب منك في الدّوحة أو هي بعيدة عنك؟ اشرح هذا الموضوع مفصّلًا.

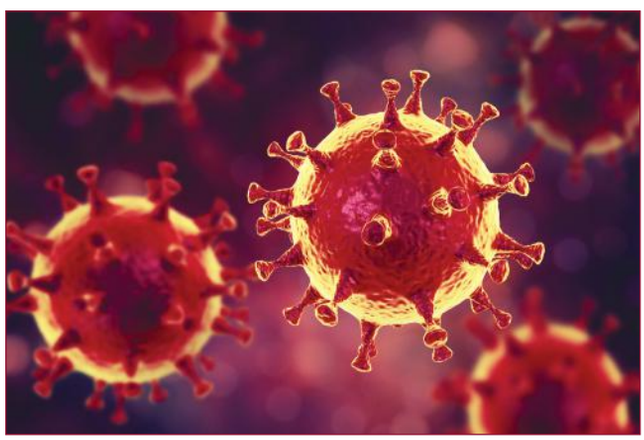
الأمراض الفيروسيّة



الشّكل 2-4 Flu virus
فيروس الإنفلونزا

في العام 1892، أظهر عالم النّبات الرّوسي ديمتري إيفانوفسكي أنّ هناك شيئًا أصغر بكثير من البكتيريا يمكن أن يسبّب المرض. اعتقد في البداية أنّه سمّ، ثمّ اكتشف أنّ العامل المسبِّب للمرض هو جسيمات عضويّة معروفة اليوم باسم **الفيروس Virus**. جسيم الفيروس هو عبارة عن غلاف من البروتين مع موادّ وراثيّة في داخلها، وهو لا يتنقّل أو يتكاثر من تلقاء نفسه، ولا يحوّل الطّعام إلى طاقة. إنّه أصغر بكثير من البكتيريا، ويكون متخصّصًا بنوع معيّن من الخلايا. ومن أشهر أنواع الفيروسات، الفيروس المسبّب للأنفلونزا الشّائعة flu (**الشّكل 2-4**).

عندما يصل الفيروس إلى الخلايا المستهدفة يلتصق بالخليّة ويحقن المادّة الوراثيّة الخاصّة به فيها، ممّا يجعل الخليّة تنتج فيروسات بدلًا من البروتينات الّتي تنتجها عادة. عندما تمتلئ الخليّة بجسيمات الفيروسات، تنفجر وتطلق العديد من تلك الجسيمات لتصيب خلايا جديدة. فإذا أُصيبَتْ خلايا كافية، يمرض الكائن، وفي بعض الحالات، يتوقّف عضو كامل عن العمل.



الشّكل 2-5 فيروس MERS

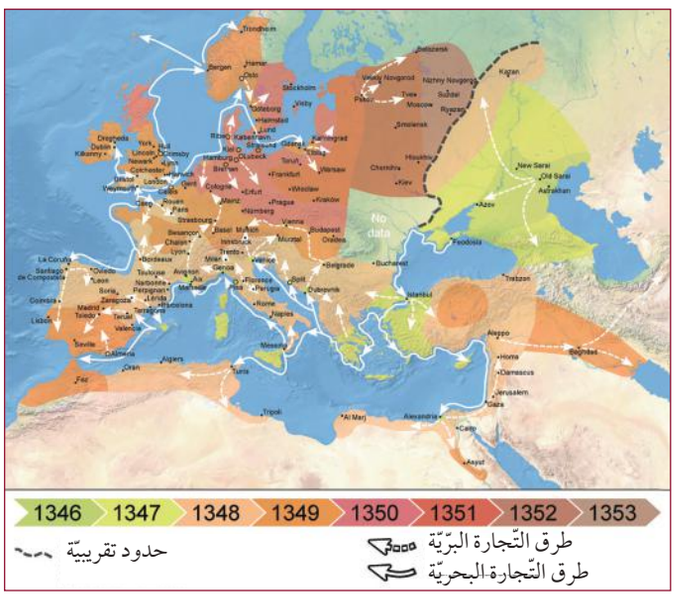
شكّلت سلسلة من الأمراض التّنفّسيّة الّتي ترتبط، بشكل غريب، بالإبل، مصدر قلق في الأماكن الّتي تكثر فيها هذه الحيوانات. وقد سُمّيَت سلسلة الأمراض تلك متلازمة الشّرق الأوسط التّنفّسيّة MERS, Middle East Respiratory Syndrome. أمّا المسبِّب فهو فيروس مختلف عن أيّ فيروس مُكتَشَف سابقًا لدى الإنسان (**الشّكل 2-5**). إنّ معدّل الوفيّات الناجمة عن المتلازمة هو 30%-40%، لذا فهي تشكّل مصدر قلق لمنظّمة الصّحّة العالميّة (WHO).

بعض أنواع الفيروسات الّتي تصيب الجهاز التّنفّسيّ تظهر أعراض الأصابة بها بعد فترة وجيزة من الأصابة على شكل سعال أو عطاس. إنّ نزلات البرد «**الشّائعة**» **Common cold** ناتجة، في الغالب، من فيروس الأنف rhinovirus، ولكنّ الجسم يتعافى منها من دون أيّ آثار سلبية، في حين أنّ فيروس الأنفلونزا يخلق تفاعلًا أقوى، وقد يكون قاتلًا.

بعض الإصابات الفيروسيّة، مثل فيروس نقص المناعة البشريّة، HIV، تصيب خلايا الدّم البيضاء في جهاز المناعة. وهذا ما يُضعِف دفاعات الجسم، لدرجة أنّ مرضًا آخر يقتل العائِل في النّهاية. فيروس نقص المناعة البشريّة يعيش في الدّم وفي حليب الثّدي، ويمكن نقله عن طريق العلاقة الحميمة مع شخص آخر، أو عن طريق اختلاط الدّم بدم الشّخص المُصاب.

انتقال الأمراض

في القرن الرّابع عشر، كانت أوروبّا في أوج نموّها، وكانت التّجارة جزءًا مهمًّا من نهضتها، ولم يكن أحدٌ يتوقّع التّغيير الّذي حدث. ففي أكتوبر من العام 1347، سجّل المؤرّخون أنّ 12 سفينة آتية من البحر الأسود رسَت في ميناء ميسينا الصّقلّيّ، فهرع سكّان المدينة إلى الأرصفة لمعرفة السّلع الجديدة الّتي تمّ جلبُها، إلّا أنّهم شعروا بالرّعب عند إيجاد معظم طواقم السّفن موتى. أمّا القلّة المتبقّية ممّن كانوا على قيد الحياة فقد غطّت أجسادهم الدّمامل السّوداء الّتي تنزّ دمًا، وسرعان ما ماتوا جميعًا.



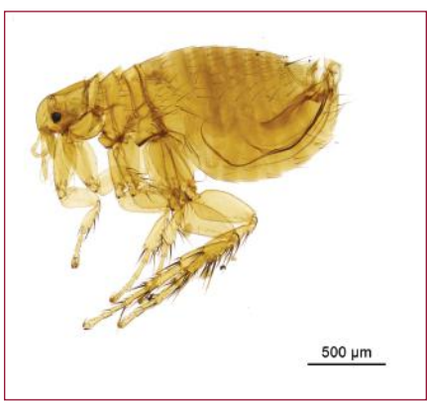
الشّكل 2-6 خريطة الموت الأسود في أوروبّا.

تمّ إخلاء السّفن بسرعة من الميناء، لكنَّ الضّرر كان قد وقع، واجتاح الموت الأسود أوروبّا **(الشّكل 2-6)**.

لم يكن النّاس، في ذلك الوقت، قد عرفوا الطّاعون الّذي قتل، في النّهاية، ما يقارب 60% من السّكّان. اعتقد النّاس أنّ روحًا خياليّة تهرب من عيون المرضى وتنتقل إلى الشّخص السّليم إذا نظر إليها، فلجأوا إلى إراقة الدّماء، ووخز الدّمامل، وحرق الأعشاب، محاولةً منهم لدرء المرض.

كان الدّليل الوحيد لإمكانيّة تحديد السّبب الحقيقيّ للطّاعون plague هو ملاحظتهم أنّ انتشاره سيتوقّف في فصل الشّتاء فقط ليبدأ مرّة أخرى في فصل الرّبيع. لم يتمّ تحديد سبب الطّاعون، وهو بكتيريا، حتّى نهاية القرن التّاسع عشر، وذلك بفضل عالِم الأحياء الفرنسيّ ألكسندر يرسين، وقد أطلق على هذه البكتيريا اسم يرسينيا بيستيس *Yersinia pestis*.

حدّد العلماء، في نهاية المطاف، أنّه يمكن لبكتيريا يرسينيا بيستيس الانتقال عن طريق الهواء، أو من عضّة الجرذان أو لدغة البراغيث المصابَة. كان الجرذ الأسود، الّذي يتواجد بكثرة على متن السّفن، النّاقل الرّئيسيّ للبراغيث الّتي نشرت الطّاعون. هذا النّوع من البراغيث **(الشّكل 2-7)** يترك الجرذان الميّتة لينتقل في الملابس أو البضائع التّجاريّة ليلدغ آخرين، بعيدًا عن الموانئ، ويصيبهم بالمرض.



الشّكل 2-7 البرغوث

النّواقل

الشّكل 2-8 سمكة القرش.

نحن نعيش في عالم يخاف فيه النّاس من أسماك القرش (**الشّكل 2-8**) إذ يتمّ تصويرها على أنّها كائنات شرسة، قاتلة تكمن تحت سطح الماء منتظرةً فرصة لافتراس ضحيّتها. لكن، في الحقيقة، هجمات القرش مسؤولة عن أقلّ من 10 وفيات حول العالم كلّ عام. فالبشر ليسوا جزءًا من دورة غذائها، وهي بذلك لا تشكّل تهديدًا حقيقيًّا.

وقد تكون سمعت أنَّ فرس النّهر هو الحيوان الأكثر دمويّة في إفريقيا، فهو يقتل نحو 200 شخصٍ سنويًّا؛ وأنّ الثّعابين والأسود وتماسيح النّيل المخيفة كلّها مدرَجة في قائمة أعظم الحيوانات خطرًا على المسافِرين. في الواقع، يحمل البعوض الصّغير لقب القاتل الأكثر دمويّة في العالم، لأنّه مسؤول عن أكثر من مليون حالة وفاة كلّ عام.

كثيرةٌ هي الأمراض المعدِيَة الّتي تنتشر من شخص مصابٍ إلى شخصٍ آخر بواسطة مجموعة متنوِّعة من النّواقل. و**النّاقل Vector** مصطلح يُستخدَم للإشارة إلى طريقة معيَّنة لنقل المرض، ويشمل عادةً المياه الملوَّثة، البعوض، والذّباب، والقُراد، والبراغيث، وكائنات حيّة أخرى. وإنَّ فهم كيفيّة انتقال البكتيريا أو الفيروس عبر النّواقل يمكن أن يساعد على منع انتشار المرض.

الشّكل 2-9 شبكة البعوض.

يُعدُّ البعوض النّاقل الرّئيس لكثير من الأمراض المنقولَة بالدّم، بحيث يمكن أن يحمل الفيروسات أو البكتيريا. ففي كلّ مرّة تلدغ البعوضة، تحقن لعابها الّذي قد يحتوي على جسيمات فيروسيّة أو بكتيريا. لذا نرى جهودًا تبذل للسّيطرة على جماعة البعوض الحيويّة كوسيلة رئيسة للحدّ من انتشار الملاريا؛ فوضع شبكة بسيطة على السّرير، ليلًا، أو استخدام طارد البعوض، يقلّلان كثيرًا من فرص التّعرُّض للّدغ (**الشّكل 2-9**).

يضع البعوض بيضه في الماء الرّاكد ؛ فالماء المحصور في داخل إطار قديم مرميّ في الفناء، مثلًا، هو مكان مناسب لتكاثُر البعوض. يعدُّ تحديد الأماكن الّتي يمكن أن يتكاثر فيها البعوض، أيضًا، طريقة لمنع تكاثر هذا النّاقل.

من خلال فهم كيفيّة انتقال المرض، يمكن تصميم الخطط للحدّ من تأثيره في البشر. في كثير من الأحيان، تُعَدُّ السّيطرة على المرض شأنًا يتولّاه المسؤولون الرّسميّون أكثر ممّا هو شأن علميّ.

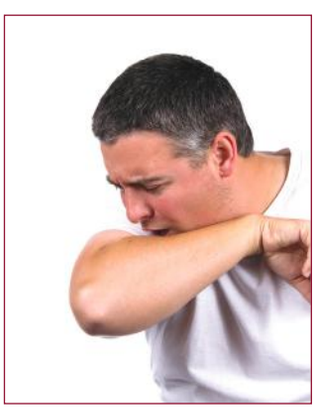
النّظافة الشّخصيّة

في العام 1854، في خلال حرب القرم، أنشأت ممرّضة شابّة تدعى فلورنس نايتنجيل نظامًا للتّطهير وغسل جميع الأسطح، في مستشفى ميدانيّ بريطانيّ، إذ رأت أنّ معظم حالات الموت ناتجة من الإصابة بالتّيفوئيد والكوليرا، لا من الإصابات في ساحة المعركة. إجراءات التّطهير هذه خفّضت معدّل الوفيات بمقدار الثّلثَيْن. وبفضل عملها هـذا، تمّ الاعـتراف بأهميّة التّطهير لمنـع انتشار الأمراض (**الشّكل 2-10**)، كما أنّها أسهمت في إكساب مهنة التّمريض مكانتها العالية.

الشّكل 2-10 غسل اليدَيْن أمر مهمّ.

غسل اليدَيْن والشّعر والجسم أمر أساسيّ في معظم الحضارات، بحيث يمنع الغسل تراكم البكتيريا، ويحدّ من أماكن نموّها. ولأنّ بعض البكتيريا مفيد، فإنّ الغسيل المفرط بمنتجات التّطهير قد يقلّل طبقة الحماية على بشرتك.

ومن المهمّ، عند السّعال أو العطس، تغطية فمك لمنع انتشار البكتيريا أو جسيمات الفيروس الّتي تنتقل بالهواء. ولأنّ يدَيْك قدْ تنقلان البكتيريا إلى داخل جسمك، لا بدّ من استخدام منديلٍ تغطّي به يدك لمنع البكتيريا من الانتقال. ولخطورة ذلك، يجري إرشاد النّاس لاستخدام ثنية المرفق لتغطية أفواههم (**الشّكل 2-11**)، ممّا يمنع القطرات من الانتشار في الهواء أو الالتصاق باليدَيْن.



الشّكل 2-11 سعال «المرفق»

كذلك، إنّ تنظيف الأسنان بالفرشاة مهمّ للحدّ من الإصابات. فشعيرات فرشاة الأسنان تزيل الطّعام والجسيمات حيث يمكن للبكتيريا أن تنمو. ولكن، لكي تكون الفرشاة أكثر فاعليّة، استخدم القليل من معجون الأسنان لأنّ الكثير منه قد يمنع شعَيْرات الفرشاة من القيام بعملها.

تظهر الإعلانات التّجاريّة لمعجون الأسنان فرشاةً مغطّاة بطبقة سميكة من المنتَج (**الشّكل 2-12**)، وهذا، في الواقع، ممارسة سيّئة تمنع تنظيف الأسنان، بحيث تنزلق الشّعيرات عبر الأسنان من دون أن تزيل الكثير من الطّعام. يوصي أطبّاء الأسنان بكمّيّة من معجون الأسنان بحجم حبّة البازلّاء.

الشّكل 2-12 هذا كثير!

علم الأوبئة

المرض موجود منذ بدء الزّمن. ولطالما كان هناك مرض وكان هناك إكسير يشفي ويقي من تلك الأمراض. في بعض الأحيان توجد تفسيرات علميّة سليمة تظهر سبب فاعليّة هذه العلاجات، وفي أحيان أخرى لا توجد سوى مزاعم أشخاص لا دليل يثبتها. يتناول **علم الأوبئة Epidemiology** أسباب الأمراض، وكيفيّة انتقالها، والسّيطرة عليها. وعادةً ما تكون القضايا معقّدة، وغالبًا ما يصعب جمع البيانات الدّقيقة؛ ومع ذلك، نستطيع اليوم فهم كيفيّة انتشار الأمراض أكثر من أيّ وقت مضى.

يستخدم مصطلح **معدّل العدوى Infection rate** لإعطاء قيمة عدديّة لاحتمال إصابة مجموعة سكّانيّة معيّنة، في وضع معيّن، بالمرض. ويقتصر هذا الرّقم، بشكلٍ عامٍّ، على إطار زمنيّ تمّ فيه جمع بيانات دقيقة.

قابليّة الانتقال Communicability هي الوقت الّذي يكون فيه الفرد قادرًا على نقل المرض. بالنّسبة إلى بعض الأمراض المحدَّدة، قد تكون هذه المدّة قصيرة للغاية، بينما قد يكون الفرد قادرًا على نقل المرض طوال حياته في أحيان أخرى. إنّها لحقيقة مذهلة أنّ الأمراض السّريعة المفعول والشّديدة غير انتقاليّة. يصاب الشّخص بالمرض بسرعة، ويعجز عن الحركة، وربّما يموت قبل أن يتسنّى له الوقت لنقل البكتيريا أو الفيروس. في حين أنّ الأمراض البطيئة المفعول قد تظهر أعراضًا مشابهة لنزلات البرد فقط، بحيث يكون للشّخص المصاب وقت للتّنقّل والتّفاعل مع عدد أكبر من الأشخاص غير المُصابين. وهذا هو سبب اتّخاذ تدابير غير عاديّة عند السّفر في بعض البلدان مثل الأمصال واللّقاحات.

الحجر الصّحّيّ Quarantine وسيلة لمنع انتشار الأمراض المعدية الانتقاليّة. يتمّ فصل منطقة للمصابين **(الشّكل 2-13)**، ولا يُسمَح لأحد بالدّخول إليها أو الخروج منها من دون الخضوع لفحص دقيق للإصابة. قد يلزم ارتداء العاملين هناك ملابس خاصّة ، لمنع التّلوّث، وذلك حسب نوع النّاقل.

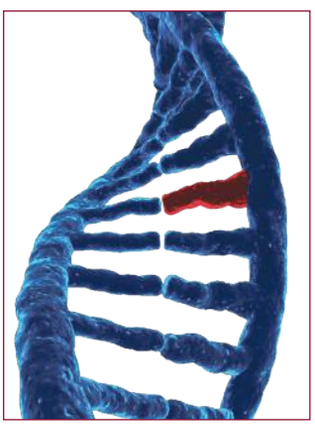
الشّكل 2-13 منطقة حجر صحّيّ.

الوباء Epidemic مصطلح يستخدم لوصف الانتشار السّريع لمرض ما بين السّكّان، أمّا **الوبائيّة الشّاملة Pandemic** فهو المصطلح المستخدم للدلالة على موقف مماثل، ولكن على مساحة جغرافيّة أكبر بكثير، قد تشمل العالم بأسره.

أوبئة شاملة كثيرة سُجِّلَت عبر التّاريخ وحصدت ملايين الأرواح، وآخرها كان فيروس نقص المناعة البشريّة (HIV)/ الإيدز (AIDS). منذ تشخيصه لأوّل مرّة، في أوائل الثّمانينيّات من القرن الماضي، أودى بحياة أكثر من 25 مليون شخص، ولا يزال نحو 65 مليون شخص في عداد المصابين.

الاضطرابات الوراثيّة

تختلف الأمراض باختلاف مسبّباتها، فبعضها ينشأ من عوامل بيولوجيّة كالبكتيريا والفيروسات، وبعضها ذو علاقة بالتّركيب الجينيّ للإنسان. **فالاضطرابات الوراثيّة genetic disorders** هي أمراض يسبّبها خلل ما في DNA. والاضطرابات الوراثيّة لا يمكن علاجها بالطّريقة ذاتها الّتي يمكن علاج الكوليرا بها، لذا يقوم الباحثون بالتّفتيش عن علاجات التّعديل الجينيّ الّتي قد تسهم في الشّفاء من الاضطرابات الوراثيّة في المستقبل، غير أنّها لم تتوافر حتّى وقتنا الحاليّ.



الشّكل 2-14 الطّفرة تغيّر طفيف في جزيء DNA.

في الواقع، فبالرّغم من أنّ عمليّة نسخ وبناء جزيئات DNA جديدة مطابقة للأصل تعدّ عالية الدّقّة، فإنّه في بعض الأحيان قد تحدث أثناء عمليّة النّسخ أخطاء بسيطة مسبّبة بعض التّغييرات تبعًا لظروف معيّنة (**الشّكل 2-14**). تُسَمّى هذه التّغييرات **طفرات Mutations**، للطّفرات تأثيرات متباينة في الكائن الحيّ فبعضها ضارّ وبعضها نافع ومعظمها ليس له أيّ أثر فيه. والطّفرات الضّارّة تسبّب الأمراض وقد تكون قاتلة، أمّا الطّفرات النّافعة فإنّها قد تمنح الكائن الحيّ ميزة طفيفة مثل قدرة أعلى على تحمّل الحرارة، أو التميّز بمنقار أطول قليلًا.

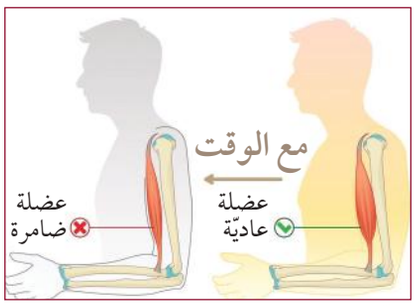
الطّفرة هي تغيُّر في DNA. معظم الطّفرات صامتة، ليس لها أيّ أثر.

الاضطراب الوراثيّ Genetic disorder مرض يسبّبه خلل ما في DNA. أحد الأمثلة هو فقر الدّم المنجلي النّاجم عن طفرة في جزء من DNA، والّذي يتحكّم في شكل خلايا الدّم الحمراء. ففي كثير من الأحيان، يمكن للآباء والأمّهات الّذين يعانون اضطرابًا وراثيًّا، أن ينقلوه إلى أبنائهم. لذلك، يختار بعضهم القيام باختبارات وراثيّة لتحديد مدى إمكانيّة ظهور اضطرابات محدّدة لدى أطفالهم.

أمراض وراثيّة محدَّدة

فقر الدّم المنجلي Sickle cell anemia وهو مرض وراثيّ غير شائع ولكن تتناوله الأبحاث العلميّة بكثرة إذ أنّه يسبّب تغيّرًا في شكل الكريات الحمراء فتصبح على شكل هلال بدلًا من الشّكل القرصيّ مقعّر الوجهيْن. شكل الهلال هذا لا يتدفّق بسهولة عبر الأوعية الدّمويّة الدّقيقة كما يفعل الشّكل الطّبيعيّ العاديّ، والنّتيجة هي انخفاض في نقل الأكسجين عبر الجسم. يشيع هذا المرض في الأماكن الّتي تكثر فيها الملاريا أيضًا، لأنّ المصابين بفقر الدّم المنجلي أقلّ عرضة للإصابة بالملاريا. ينتشر الجين المسؤول عن الإصابة بمرض فقر الدّم المنجليّ في العديد من المجتمعات في إفريقيا والهند، ويتجاوز في بعضها نسبة 40%، ولكنّ أقلّ من 2% من الّذين يحملون الجين يطوّرون أعراض المرض.

ضمور العضلات Muscular dystrophy اضطراب وراثيّ يزداد سوءًا، تدريجيًّا مع العمر (**الشّكل 2-15**). للضّمور العضليّ أشكال متعدّدة تؤثّر في مجموعات مختلفة من العضلات بحيث يمكن للأعراض أن تختلف. والمؤكّد عدم وجود علاج لضمور العضلات (MD)، لذا هو مرض قاتل في نهاية المطاف.

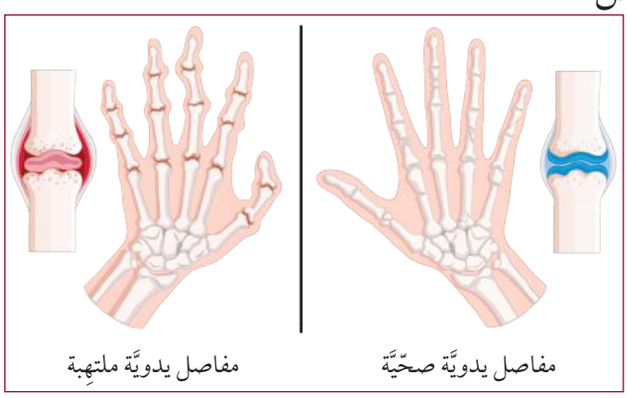


الشّكل 2-15 ضمور العضلات.

يتمّ تطوير عدد متزايد من التّقنيّات لمساعدة النّاس على التّعامل مع فقدان السّيطرة على العضلات، باستخدام الرّوبوتات والطّابعات ثلاثيّة الأبعاد الّتي تعد بتحوّلٍ كبيرٍ في هذا المجال.

التّليُّف الكيسيّ Cystic fibrosis مرض وراثيّ يصيب الرّئتَيْن ويمكن أن يسبّب صعوبة في التّنفُّس. كما أنّه يمكن أن يؤثّر في الأعضاء الأخرى، مع أعراض مختلفة.

التهاب المفاصل Arthritis اضطراب وراثيّ، حيث يهاجم نظام المناعة في الجسم البروتينات في المفاصل، ما يسبّب الألم (**الشّكل 2-16**). يمكن أن يكون لالتهاب المفاصل أسباب غير وراثيّة أيضًا؛ فاستخدام المفاصل بإفراط، ولفترات طويلة، أو إصابتها، يمكن أن يسبّبا التهابها. كذلك، يمكن أن تكون السّمنة عاملًا يسبّب التهاب المفاصِل الّتي تتكبّد عناء حمل وزن إضافيّ.



الشّكل 2-16 التهاب المفاصِل الرّوماتويديّ.

من المهمّ أن ندرك أنّ الأمراض الوراثيّة غير معدِيَة، فأنت لا تصاب بالمرض عن طريق ملامسة شخص مُصاب. يولد النّاس مع الطّفرات في DNA الّتي تسبّب الاضطرابات الوراثيّة، ويجري القيام بأبحاث مدهشة لعلاج الأشخاص المصابين بهذه الطّفرات، مثال زرع نخاع العظم (bone marrow transplants) للأشخاص الّذين يعانون فقرَ الدّم المنجلي. ومع ذلك، فإنّ معظم العلاجات تتعامل مع الأعراض النّاتجة من المرض، وهي ليست، بالتّالي، علاجات شافِيَة.

تقويم الدّرس 2-1

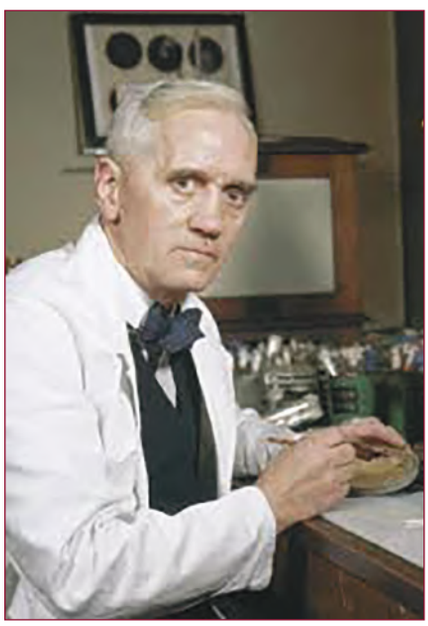
1. أين يمكن العثور على أكبر عدد من الخلايا البكتيريّة في الإنسان؟
   a. القولون الهابط، أو «الأمعاء»
   b. القلب والكبد
   c. مجرى الدّم
   d. جذع الدّماغ
2. أيّ من هذه البكتيريا هي الأكثر شيوعًا؟
   a. الكوليرا
   b. الإي كولاي
   c. التّيفوئيد
   d. المكوّرات العنقوديّة
3. ما الاختلاف الرّئيس بين البكتيريا والفيروس؟
4. ما وظيفة الحمض النّوويّ DNA في كلّ خليّة؟
5. عرّف الطّفرة.
6. هل الأمراض الوراثيّة معدِيَة؟
7. ما أخطر ناقل للأمراض على الأرض؟
8. أعدّ قائمة تتضمّن ثلاثة أشياء يمكنك القيام بها لتجنُّب الأمراض البكتيريّة.
9. أجرِ بحثًا حول النّقاش عن سبب الموت الأسود (الطّاعون). استنتج أسبابَهُ، وادعم استنتاجك بأسباب منطقيّة.
10. قارن بين مرضي التّيفوئيد والكوليرا من حيث الأسباب، الأعراض، طرائق العدوى، أساليب الانتشار، والعلاج.

الدّرس 2-2
المضادّات الحيويّة
Antibiotics

«نعرف جميعًا أنّ الصّدفة أو الحظّ أو المصير أو سمّه ما شئت قد أدّى دورًا مهمًّا في الكثير من الاكتشافات العلميّة. فنحن لا نعلم بالتّحديد كيفيّة ظهور اكتشافات العلماء جميعهم، وبشكلٍ خاصّ تلك المتعلّقة بالمواضيع الجديدة الّتي شكّلت مدار بحثهم.

لكنّنا نعلم أنّه كان للملاحظة بالصّدفة، في كثير من الحالات، الفضل في تحديد وجهة مسار اكتشافهم، ما أدّى في النّهاية إلى تقدّم حقيقيّ على مستوى المعرفة أو الممارسة».

استُلَّ هذا الكلام من نصّ خطاب قبول ألكساندر فليمنج (**الشّكل 2-17**) جائزة نوبل في العام 1945. فقصّته الكامنة وراء كيفيّة اكتشافه البنسلين، ولو أنّه لم يكمل كتابتها، تشكّل نموذجًا يجسّد كيفيّة إجراء الأبحاث العلميّة. والحظّ لا يختار عشوائيًّا، إنّما يختار الأدمغة المعدّة سلفًا.



الشّكل 2-17 ألكساندر فليمنج

مخرجات التّعلُّم

B1103.2 يبحث الطّلّاب في قصّة اكتشاف البنسلين واستخدامه الواسع النّطاق، حيث يُعدّ أوّل مضادّ حيويّ.

B1103.1 يصِف المضادّات الحيويّة كأدوية مهمّة تُستخدَم ضدّ الأمراض البكتيريّة؛ لأنّها تدمّر البكتيريا أو توقف نموَّها دون التّأثير في خلايا الإنسان.

المفردات

Antibiotic	المضادّ الحيويّ
Bacteriostatic	الكابح للبكتيريا
Gram positive	موجِب الغرام
Gram negative	سالب الغرام
Aerobic	الهوائيّ
Anaerobic	اللّاهوائيّ
Immunization	التّحصين
Vaccine	اللّقاح
Disinfectant	المطهِّر
Antiseptic	المعقِّم
Ammonia	الأمونيا
Chlorine	الكلور
Alcohol	الكحول
Iodine	اليود
Hydrogen peroxide	بيروكسيد الهيدروجين

اكتشاف البنسلين

يعتقد النّاس أنّ العلماء يصادفون مشكلة ما ويعملون بطريقة منهجيّة ومنظَّمة لحلِّها، وهذا الاعتقاد صحيح، لكنَّ الحلول أو الأفكار أو الملاحظات الرّئيسة غالبًا ما تكون نتيجة خطأ أو حادث معيَّن. فاكتشافات عظيمة عديدة حدثت عندما أدرك عالِمٌ ذكيٌّ شيئًا مثيرًا للاهتمام في نتائج «الحادث» الّذي صادفَه، مثال على ذلك البنسلين الّذي اكتُشِفَ بهذه الطّريقة.

كان ألكساندر فليمنغ عالمًا بكتيريًّا يدرس بكتيريا «المكوّرات العنقوديّة»، وكان يزرعها في أطباق بتري بطرائق تتشكّل من خلالها معالم طبيعيّة لدى نموّها.

الشّكل 2-18 توقُّف نموّ البكتيريا على طبق بتري.

بعد عودته من عطلته في سبتمبر من العام 1928، لاحظ فليمنغ أنَّ البكتيريا، في أحد هذه المعالم، قد دُمِّرَتْ بسبب نموٍّ طفيفٍ للعفن. وعلى ما يبدو، فإنّ هذا العفن قد انتقل من مختبر مجاوِر إلى مختبره، وسقط على الطّبق المكشوف، وسرعانَ ما نما وشكّل عفن البنيسيليوم Penicillium، فتوقّفت البكتيريا المجاورة للعفن عن النّموّ (**الشّكل 2-18**).

أدرك فليمنغ بخبرته أهمّيّة هذا الحدث، فإذا كان العفن قادرًا على هزيمة البكتيريا، فلا بدّ من أنّه يحتوي على "مضادّ للبكتيريا"، وأصبح يعرف **بالمضادّ الحيويّ Antibiotic**. استطاع زميله، رونالد هير، تكرار «الحادثة» وتمكّنا، بعد ذلك، من عزل العفن.

الشّكل 2-19 فطر البنيسيليوم نوتاتوم.

بات بإمكان فليمنغ أن يزرع العفن المثير للإعجاب، بنيسيليوم نوتاتوم *Penicillium notatum* (**الشّكل 2-19**)، وأن يستخرج ميكروجرامات قليلة من المادّة الفعّالة فيه، البنسلين. ووجد أنّ هذه المادّة تمنع نموّ أنواع مختلفة من البكتيريا، كما أنّه، عند حقن فأرة بها، لم تظهر أيّ تأثيرات سلبيّة عليها.

كتب فليمنغ تجربته، واصفًا تقنيّاته ونتائجه، ثمّ انتقل إلى مشاريع أخرى. فكمّيّة العفن اللّازمة لاستخراج كمّيّة صغيرة ومحدودة من البنسلين جعلته غير عمليّ في مجال الاستخدام الطّبّيّ.

ولكن، بعد عشر سنوات، وفيما كان عالِمان من جامعة أكسفورد، إرنست تشاين وهوارد فلوري، يبحثان في الموادّ المضادّة للبكتيريا الطّبيعيّة، اطّلَعا على تجربة فليمنغ، وقرَّرا مواصلة أبحاثه، وتمكّنا من استخراج ما يكفي من البنسلين لتجربته على الفئران، وأدركا قدرتهما على معالجة تلك المصابَة ببكتيريا المكوّرة العقديّة.

2-2 (a) ازرعِ العفنَ الخاصّ بك

سؤال الاستقصاء	كم نوعًا من أنواع العفن يمكنك أن تزرع؟
الموادّ المطلوبة	رغيف خبز، أكياس بلاستيكيّة شفّافة (الخاصّة بالسّندويشات)، قطعة قماش قطنيّة معقَّمة لمسح الأسطُح.

الخطوات

1. اِقطع رغيف الخبز نصفين، ثمّ افتح الجيب بعناية وافصله إلى قطعتَيْن أخريَيْن. تكون الطّبقة الدّاخليّة للخبز غنيّة بالتعرّجات الّتي تسمح بنموّ العفن عليها، وسيتوافر لك أربعة أسطح اختبار للاستخدام.
2. رشَّ الجانب المفتوح بالماء ليصبح رطبًا، من دون أن يُشبَع بالماء.
3. اِستخدم لكلِّ موقعٍ أو سطح ممّا سيأتي ممسحة قطنٍ معقّمة: بالوعة المغسلة، والأرضيّات، وفتحات التّهوية، ومقاعد المرحاض، والسّقوف، وسطح الهاتف المحمول. امسح أقسامًا من الأسطح المذكورة.
4. اِمسح قطعة القطن على سطح الخبز ثمَّ سمِّ العيِّنة.
5. اِحفظ قطعة الخبز في كيس بلاستيك، وضعْه في خزانة دافئة ومظلِمة.
6. تفحَّصْها مرّة واحدة في الأسبوع. عادةً ما يستغرق الأمر 4-2 أسابيع لملاحظة نموّ مستعمرة جيّدة من العفن.
7. قم بالملاحظة «من خلال» الكيس البلاستيكيّ مستخدِمًا المجهر العاديّ، أو كاميرا مجهريّة رقميّة، من دون أن تفتح الأكياس.

8. سجِّلْ ملاحظاتك.
9. تخلَّص من جميع الأكياس، بدون فتحها، في نهاية النَّشاط.

الأسئلة

a. كيف ستكون النّتيجة إذا استخدمْتَ الخبز الَّذي يحتوي على موادّ حافظة؟

b. أصبح خبزك «طبق بتري». ما هي الخصائص المشتركة بينه وبين وسائط النّموّ الّتي تستخدم عادة في أطباق بتري؟

c. هل شاهدت الأشكال الّتي كانت مشتركة بين جميع العيِّنات؟

d. حاول التّعرّف إلى عينة من العيِّنات بالاستناد إلى الصّور ثمَّ اعرض أفضل توقّعاتك.

إنتاج البنسلين

إثر القصف الّذي تعرّضَتْ له بريطانيا في الحرب العالميّة الثّانية، انتقل فلوري وعالم الكيمياء الحيويّة نورمان هيتلي إلى الولايات المتّحدة في العام 1941 لاستكمال أبحاثهما، وكانا يأملان في أن تساعدهما شركة أدوية في إتمام مشروع بحثهما.

واجه فلوري ونورمان هيتلي مشكلتَيْنِ كانَ لا بدَّ لهما من تخطّيهما. أوّلهما أنّ سلالة البنيسيليوم أنتجَتْ 2.4 µm/ml كما في الأسفل؛ وثانيهما أنّ البنيسيليوم لن ينموَ إلّا على سطح وسط مغذٍّ. شكّلت هاتان المشكلتان حجر عثرة في طريق إنتاج البنسلين بكمّيّات كبيرة.

انتقل البحث مرّة أخرى إلى بيوريا – إلينوي في الولايات المتّحدة، حيث بدأ بحث عالميّ حول سلالة من البنيسيليوم يمكن أن تنموَ في برميل من العناصر الغذائيّة. تمّ شحن الموادّ الغذائيّة المتعفّنة من أماكن مختلفة إلى بيوريا، وثَبُتَ، في العام 1943، أنّ ثمرات الشّمّام المتعفّن هي الأفضل، بحيث نَمَتْ سلالة بنيسيليوم كرايزوغينوم *Penicillium chrysogenum* الّتي كانَتْ على الشّمّام في خزّان التّخمير (**الشّكل 2-20**)، وأنتجَتْ 150 µm/ml.

الشّكل 2-20 إنتاج البنسلين بكمّيّات ضخمة.

حاز نجاح البنسلين الكثير من الاهتمام. ففي جامعة ويسكونسن، قام ج.ف. ستوفر ومايرون باكوس بتسليط الأشعّة فوق البنفسجيّة المؤينة على آلاف العيّنات أملًا في إحداث طفرة في سلالة العفن. وقد تمكّنا، بمساعدة آخرين، من عزل نوعٍ كان قادرًا على إنتاج معدَّلات تبلغ 1,500 µm/ml.

وفي نهاية المطاف، أنتجَتْ سلالات صناعيّة من الشّمّام الأصليّ 30,000 µm/ml، وتمّ إنتاج ملايين الجرعات من البنسلين. وبهذا، تغيَّر تاريخ العالم، ولم تعدِ العدوى البسيطة بمنزلة حكم بالإعدام، ولأوّل مرّة، في الحرب، لم تعد العدوى القاتلَ الرّئيس.

اكتشف الباحثون في جميع أنحاء العالم عددًا كبيرًا من المضادّات الحيويّة «الطّبيعيّة» الأخرى، بما في ذلك الثّوم والعسل والزّنجبيل، والّتي طالما اقتُرِحَت كعلاج لأمراض معيَّنة. ومع تطوّر البكتيريا، كان من المنطقيّ أن تتطوّر الكائنات المضادَّة لها أيضًا، لذا، تُبذَلُ جهود كبيرة لاستكشاف الغابات المطيرة في العالم للبحث عن مضادّات حيويّة جديدة.

استخدام المضادّات الحيويّة

من المهم حسن اختيار نوع المضاد الحيوي عند الأصابة بعدوى بكتيرية، إذ أن لكل مضاد حيوي نطاق فعالية محدد ضد أنواع محددة من البكتيريا. عادةً، يحاول الطّبيب المطابقة بين تأثير الدّواء وحساسيّة البكتيريا المعنيّة، ولهذا السّبب يأخذ الطّبيب عيّنة دم ويطلب قائمة مفصّلة بالأعراض. إنّ وصف المضادّات الحيويّة الخاطئة قد لا يشفيك، أو قد يكون له، ربّما، تأثير جانبيّ، فيخلق سلالة مقاومة من البكتيريا.

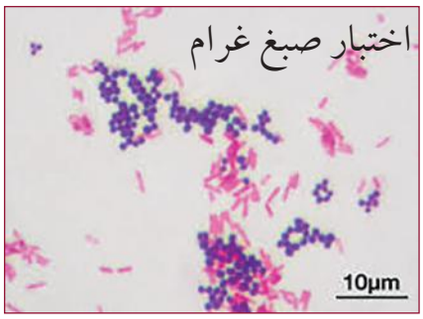
Gram-positive بكتيريا موجبة الغرام Gram-negative بكتيريا سالبة الغرام	*MRSA* المكوّرات العنقوديّة المقاومة للمثسيلين	*S. coccus* المكوّرات العقديّة	*E-coli* الإي كولاي	*N. gonorr.* ن. غونوريا	*Clostridium* كلوستريديوم
	Severe infection إلتهابات حادّة	*Strep throat* بكتيريا الحنجرة	*Intestinal illness* عدوى الأمعاء	*Gonorrhea* عدوى الرّحم	*Food poisoning diarrhea* التّسمّم الغذائيّ الإسهال
Penicillin بنسلين	X	✓	X	X	X
Ampicillin أمبسلين	X	✓	✓	X	X
Cephalosporin سيفالوسبورين	X	✓	✓	X	X
Monobactams مونوباكتام	X	✓	✓	✓	✓
Ciprofloxacin سيبروفلوكساسين	X	X	✓	✓	X
Tetracycline تتراسيكلين	X	✓	✓	X	X
Bactrim باكتريم	✓	✓	✓	X	X
Metronidazole ميترونيدازول	X	X	X	X	✓

الشّكل 2-21 المضادّات الحيويّة المختلفة فعّالة ضدّ كائنات مختلفة (**معلومات إثرائية**).

في حالة المرض، من المهمّ جدًا أن يصف الطبيب المضادّ الحيويّ الصّحيح. يبيّن **الشّكل 2-21** مجموعة من المضادّات الحيويّة وخمس كائنات حيّة تسبّب المرض. ولكن هناك العديد من المضادّات الحيويّة الأخرى التي يمكن أن يصفها الأطباء والعديد من العوامل المسبّبة للمرض أيضًا إضافة إلى ما ورد في هذا الشّكل. لذا يجب الأخذ بعين الاعتبار المعطيات الآتية:

1. ليس هناك من مضادّ حيويّ واحد فعّال ضد جميع العوامل المسبّبة للمرض.
2. بعض الجراثيم كالمكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة المقاومة للمثيسيلين MRSA لا تتأثّر بغالبيّة المضادّات الحيويّة، وكما يظهر في الشّكل فإن مضادًا حيويًّا واحدًا فقط هو فعّال ضدّها.
3. مع أنّ السيبروفلوكساسين Ciprofloxacin هو المضادّ الحيويّ الأكثر شيوعًا في العالم، إلا أنّه غير فعّال ضدّ التهابات بكتيريا الحنجرة التي تعدّ من الأمراض الواجب علاجها بالمضادّات الحيويّة.

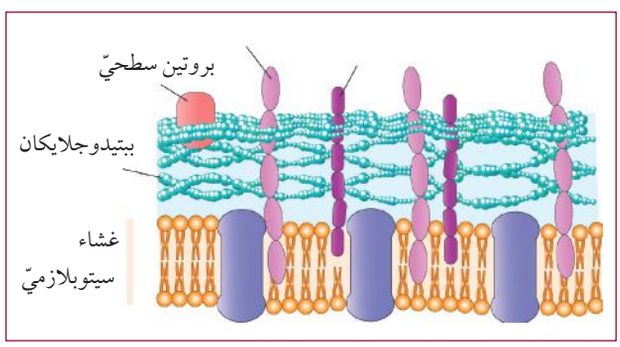
اختبار تصنيف البكتيريا



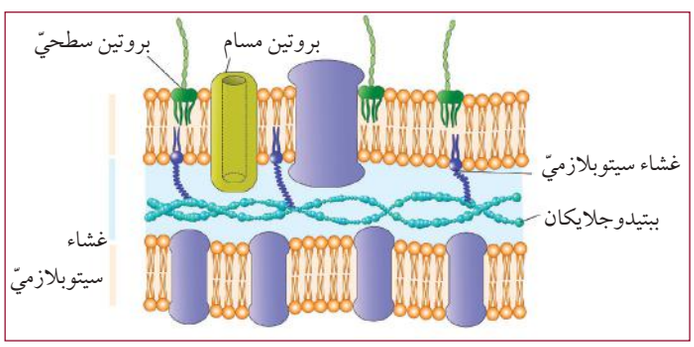
الشّكل 2-22 اختبار صبغ غرام.

اختبار غرام هو اختبار بسيط وسريع يقوم به الأطبّاء لتصنيف البكتيريا. لإجراء هذا الاختبار، يتمّ إضافة صبغة كيميائيّة إلى البكتيريا. بعض أنواع البكتيريا تصبغ بهذه المادّة وتتحوّل إلى اللّون الأرجوانيّ، وبعضها الآخر لا (**الشّكل 2-22**). وعليه، إنَّ نتيجة هذا الاختبار هي الطّريقة الأوّليَّة لتصنيف البكتيريا، فإمّا تكون موجِبَة الغرام (الأرجوانيّ)، وإمّا سالِبَة الغرام ويصبح لونها أحمر.

يحيط بالبكتيريا **موجِبَة الغرام Gram positive** (**الشّكل 2-23**) جدار هيكليّ مماثل لجدار الخليّة النّباتيّة. إنّ البنسلين، والمضادّات الحيويّة المماثلة في هذه الفئة، فعّالة جدًّا ضدّ جدار الخليَّة. تدمّر هذه الأدوية البكتيريا موجِبَة الغرام بدلًا من إبطاء العدوى.



الشّكل 2-23 موجِبَة الغرام



الشّكل 2-24 سالِبَة الغرام

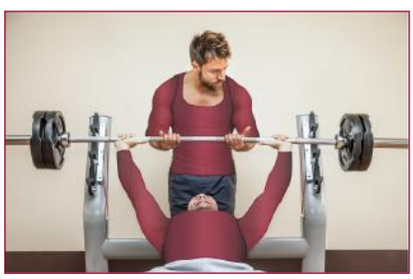
لا تتأثَّر البكتيريا **سالِبَة الغرام Gram negative** بالبنسلين (**الشّكل 2-24**). ولكي تكون المضادّات الحيويّة فعّالة ضدّ البكتيريا سالِبَة الغرام، يجب أن تتّبع آليّات أخرى؛ فعلى سبيل المثال، تعبر الأمينوجليكوسيدات غشاء الخليّة البكتيريّة وتمنعها من صنع البروتينات اللّازمة لها للبقاء، لذا، سُمِّيَت هذه المجموعة من الأدوية باسم السّكَّر الأمينيّ في الجزيء، إلّا أنَّ الأمينوجليكوسيدات ليست فعّالة ضدّ البكتيريا موجِبَة الغرام.

يمكن أيضًا تقسيم البكتيريا بحسب حاجتها إلى الأكسجين أو عدمها. تحتاج البكتيريا **الهوائيَّة Aerobic** إلى الأكسجين، وهي قد تنتشر على الجلد كالبكتيريا العقديّة *Staphylococcus aureus* التي تعتبر الأكثر شيوعًا. في حين أنّ البكتيريا **اللّاهوائيّة Anaerobic** لا تحتاج إلى الأوكسجين وتنتشر بشكل خاص في الأمعاء.ومن البكتيريا اللاهوائيّة البكتيريا من جنس كلوستريديوم Clostridium، وهي مسؤولة عن التّسمُّم والكزاز tetanus. وقد تكون البكتيريا الهوائية واللاهوائيّة موجبة الغرام أو سالبة الغرام. بعض المضادّات الحيويَّة أكثر فاعليَّة ضدّ البكتيريا اللّاهوائيّة، أما بعضها الآخر فأكثر فاعليّة ضدّ البكتيريا الهوائيّة.

إساءة استخدام المضادّات الحيويّة

ثمّة أشخاص يتناولون المضادّات الحيويّة بمجرَّد ظهور أيّة علامة من علامات المرض، وهذا تصرّفٌ غير صائب، إذ إنّ جسمك يتفاعل لمحاربة العدوى بشكل طبيعيّ. في بعض الأحيان، تستغرق المعركة بعض الوقت، وبالتّالي لا يجوز الإفراط في استخدام المضادّات الحيويّة، إذ يشكِّل ذلك خطرًا على صحَّتك.

عند القيام بتمارين الأوزان الثَّقيلة، تطلب من صديق أو مدرِّب «مراقبتك» (**الشّكل 2-25**)، ولا تكون الغاية من ذلك مساعدتك على رفع الوزن، إنّما البقاء قربك لتقديم المساعدة. لذا فكِّر في المضادّات الحيويَّة على أنَّها «مراقِب» في معركتك ضدَّ العدوى، وفي أنّ جسمك قادرٌ على القيام بمعظم العمل إلّا عندما تتخطّى العدوى الحدّ المحتمَل، عندئذٍ، تمنحك المضادّات الحيويَّة الدَّعم.



الشّكل 2-25 المراقب

ليست البكتيريا علّة الأمراض كلّها. فإن كنت تعاني مرضًا فيروسيًّا، يمكن أن تزيد المضادّات الحيويّة الحالة سوءًا. ويكفيك أن تتذكَّر أنّ ثمّة خلايا بكتيريّة في جسمك يفوق عدد الخلايا البشريَّة، وأنّ أجزاء من الجهاز المناعيّ الطّبيعيّ تعتمد، في وظيفتها، على عمل بكتيريا بروبيوتيكيّة مفيدة. تقتل المضادّات الحيويّة البكتيريا المُفيدة بالسّهولة الّتي تقتل بها البكتيريا الخطيرة على الجسم.

لا تساعد المضادّات الحيويّة الجسمَ ضدّ الفيروسات، وهي قد تجعل الأمراض الفيروسيّة أكثر سوءًا.

يمكن للمضادّات الحيويّة غير الضّروريّة أن تضعف قدرتك على مكافحة الإصابة بالفيروس. تشير الأبحاث إلى أنّ بعض الأمراض أكثر شيوعًا في مناطق الأثرياء الّتي يزداد فيها تناول المضادّات الحيويّة مقارنةً بمناطق السّكّان الأقلّ ثراءً الّذين يقلّ اعتمادهم على المضادّات الحيويّة.

يعدُّ غسل اليدين طريقة جيّدة للتّقليل من العدوى البكتيريّة، لكنّ الاستخدام المكثَّف للصّابون المضادّ للبكتيريا (**الشّكل 2-26**) يسبِّب قلقًا في المجتمع الطّبّيّ، فمعظم الحالات لا تتطلَّب هذا الكمّ من الاحتياط الإضافيّ. فالتّأثير الجانبيّ، غير المقصود، هو إلحاق المضادّات الحيويّة الضَّرر بالميكروبيوم على جلدك، وهو الّذي يحافظ على عمل الجهاز المناعيّ بشكل صحيح. لذا، يعتقد الأطبّاء أنَّ استخدام الصّابون المضادّ للبكتيريا مهمّ في مجال عملهم، أمّا بالنّسبة إلينا، فيعدّونه غير ضروريّ، بحيث يسهم في التّطوّر الخطير للبكتيريا الَّتي تستطيع مقاومة المضادّات الحيويّة.

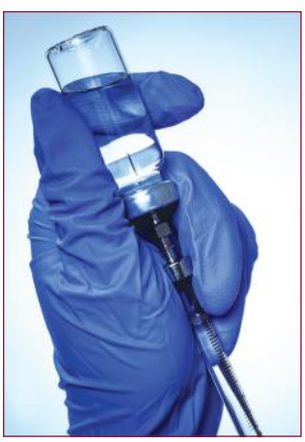
الشّكل 2-26 الصّابون المضادّ للبكتيريا غير ضروريّ في المواقف العاديّة، ويمكن أن يكون ضارًّا بالفعل.

الفيروسات والتّحصين المناعيّ

لقد طوَّر جسم الإنسان دفاعات طبيعيّة قويَّة ضدّ الفيروسات. ويؤدّي التّعرُّض البسيط لبعض الفيروسات إلى قيام الجهاز المناعيّ بإنتاج أجسام مضادَّة تتعرَّف إليها وتقتلها. **التّحصين Immunization** عبارة عن تقنيَّة تستخدم نسخة من مسبّب المرض ميت أو ضعيف تُسمّى **اللّقاح Vaccine** لتحفيز الجسم على إنتاج أجسام مضادَّة طبيعيَّة ليصبح منيعًا ضدَّ الفيروس الحقيقيّ.

الفيروسات ليست بكتيريا واللّقاحات ليست مضادّات حيويّة.

الجدري smallpox هو مرض فيروسيّ تسبّب في الماضي بموت 500 مليون شخص. ولكن، في نهاية القرن الثّامن عشر، قام فريق على رأسه العالم الإنجليزيّ إدوارد جينر بإنتاج لقاح ضدّ الجدري، ويتمّ حتّى يومنا هذا، تطعيم معظم النّاس، في مرحلة طفولتهم، ضدّ هذا الفيروس. لقد كان التّطعيم ناجحًا بحيث رُصِدَتْ الحالة الأخيرة للوفاة بسبب مرض الجدري في العام 1978.



الشّكل 2-27 اللّقاح

اللّقاح هو، بشكلٍ عامٍّ، شكل مضعَّف أو مقتول من الفيروس المستهدَف **(الشّكل 2-27)**. في المرّة الأولى الّتي يتعرَّض فيها جسمك للّقاح ضدّ فيروس ما، يقوم جهازك المناعيّ بإنتاج خلايا ذاكرة تحفظ شكل مسّبب المرض وأجسام مضادّة محدّدة تتعرّف إليه وتهاجمه. في بعض الحالات، يكون حقن الجسم بجرعات تعزيزيّة، بعد اللّقاح الأوّل ببضع سنوات، أمرًا ضروريًّا. عندما يتعرّف الجهاز المناعيّ نمط الفيروس بشكلٍ تامٍّ، يتذكّر جسمك نمط مطابقة الأجسام المضادَّة لهذا الفيروس طيلة حياتك. فإذا تعرَّضْتَ، في وقت لاحق، للفيروس الحقيقيّ، فسيقوم جسمك تلقائيًّا بإنتاج الجسم المضادّ الصَّحيح لمكافحته.

لقد تمكَّنَتِ اللّقاحات من القضاء على العديد من الأمراض بنجاح كبير، وأمرٌ طبيعيٌّ ألّا تتذكّر الأجيال الشّابّة الخطر الّذي كانَتْ تمثّله هذه الأمراض ذات يوم. ولا يمكن أن ننكر بعض مخاطر اللّقاحات، إلّا أنّها تبقى محدودةً مقارنةً بخطر المرض؛ غير أنّ قلّة المعرفة دفعت ببعض الآباء إلى رفض جميع اللّقاحات، وقد اختلفَتِ التّفسيرات حول سبب رفضهم تلقيح أطفالهم.

الشّكل 2-28 التّطعيم خلال مرحلة الطّفولة خيار حكيم.

لكنَّ المهنيّين الطّبّيّينَ يُجمعونَ على أنّ رفض تطعيم الأطفال هو خيار خطير، فثمّة حالات من الحصبة وشلل الأطفال يجري التّبليغ عنها اليوم في المناطق الّتي تأبى فيها المجموعات تطعيم أطفالها. وفي ظلّ العودة المفاجئة للحصبة وشلل الأطفال تغيّر النّقاش مرّة أخرى لصالح اللّقاحات **(الشّكل 2-28)**.

المطهِّرات والمعقِّمات

المطهِّرات Disinfectants (**الشّكل 2-29**)، هي موادّ كيميائيَّة تُستخدَم على أسطح الأشياء المحيطَة بنا للتَّخلُّص من العفن والفطريّات والفيروسات والبكتيريا الَّتي تعيش عليها. وبما أنَّها قادرة على تدمير الخلايا الحيَّة، لذلك يجب استخدامها بحذر. أمّا **المعقِّمات Antiseptics** (**الشّكل 2-30**)، فتستخدم للغرض نفسه، ولكن على الأنسجة الحيَّة. غالبًا ما تكون المعقِّمات أشكالًا مخفَّفة من المطهِّرات، لكنّنا لا نستطيع استخدام المطهِّرات كمعقِّمات بسبب الآثار الجانبيَّة السَّلبيَّة لها.

الشّكل 2-29 المطهِّر

الشّكل 2-30 المعقِّم

2-2 (b) المطهِّرات والمعقِّمات

1. قم برحلة إلى محلّ بقالة محلّيّ أو صيدليّة تبيع أغراضًا منزليَّة.

2. توجَّه إلى الأقسام المختلفة من المتجر حيث تُباع منتَجات التَّنظيف المنزليَّة، ومنتَجات النّظافة الشّخصيّة ومنتَجات العناية بالفم. حدِّد المنتَجات الّتي تعلن عن «قتل 99.9% من الجراثيم المنزليَّة الشّائِعة».

3. سجِّل «المكوّنات الأساسيَّة الفعّالة» في عدد من الأنواع والعلامات التّجاريّة المختلِفة الخاصّة بهذه المنتَجات. غالبًا ما تريد الشّركات حماية الصّيغ السِّرِّيّة الخاصّة بها، ولكنَّها قد تعلن «المنتَج لا يحتوي على الكلور»، أو بعض المؤشِّرات الأخرى. وإذا كان العنوان يحتوي على «أوكسي»، فمن المحتمَل أن يكون بيروكسيد الهيدروجين هو العنصر الفعّال فيه. سجِّل أكبر قدر ممكِن من المعلومات عن كلّ منتَج.

4. تبيع أماكن كثيرة المبيِّضات والكحول والأمونيا واليود وبيروكسيد الهيدروجين. سجِّل التّركيزات الّتي يُسمَح بيعها.

5. قم بإعداد قائمة «بالمكوِّنات الأساسيَّة الفعّالة» في كلّ فئة من الفئات الثّلاث. ابحث عن المكوِّنات الشّائعة والمكوِّنات الّتي تستخدَم فقط لتطبيقات محدَّدة.

6. اعرض النَّتائج الّتي حصلْتَ عليها.

المكوِّن الفعّال	اسم المنتج	ضع اشارة في الخانة المناسبة		
		تنظيف منزليّ	استخدام على الجلد	العناية بالفم
% الأمونيا				
% الكلور				
% الكحول				
% اليود				
% بيروكسيد الهيدروجين				
مواد أخرى				

تقويم الدّرس 2-2

1. لمن يعود الفضل في اكتشاف البنسلين؟
   a. فلورنس نايتنجيل
   b. ألكسندر فليمنغ
   c. مايرون باكوس
   d. الجاحظ

2. ما هو أوّل مضادّ حيويّ تمّ اكتشافه وتداوله؟
   a. الأمينوجليكوسيد
   b. الفلوروكينولونات
   c. البنسلين
   d. السّولفاناميد

3. ما الفارق الأساسيّ بين البكتيريا الموجِبَة الغرام والبكتيريا السّالِبَة الغرام؟

4. ما أهمّيّة معرفة البكتيريا المستهدَفة قبل وصف المضادّات الحيويَّة؟

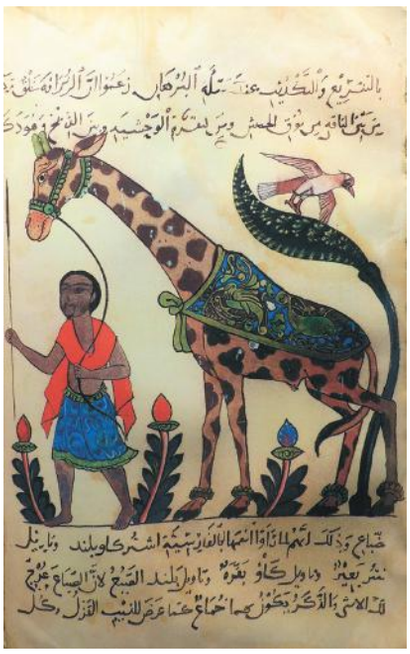
5. ماذا يفعل اللّقاح؟
   a. يحفّز الجسم على إنتاج خلايا ذاكرة تحفظ شكل مسبّب المرض
   b. يساعد جسمك على إنتاج المضادّات الحيويَّة.
   c. يشفيك من الفيروس.
   d. يشفيك من العدوى البكتيريَّة.

6. اذكر الموادّ الشّائعة المستخدَمة كمطهِّرات.

7. ما الفارق بين المطهِّر والمعقِّم والمضادّ الحيويّ؟

الدّرس 2-3
مقاومة المضادّات الحيويّة
Antibiotic Resistance

الجاحظ أديبٌ وناقدٌ عربيٌّ، وهو من طلبة العلم في القرآن الكريم وفي الحديث النّبويّ الشّريف. عاش في القرن التّاسع الميلاديّ، وترك مؤلّفات عديدة، منها «كتاب الحيوان» (**الشّكل 2-31**) الّذي ورد فيه ما يأتي: «جميع الحيوانات غير قادرةٍ على العيش من دون غذاء، حتّى الحيوانات الصّائدة لن تتمكّن من الهروب لأنّها ستكون جزءًا من المواجهة، فيلتهم كلّ حيوان ضعيفٍ الحيوان الأضعف منه، أمّا الحيوانات القويّة فسوف تلتهمها الحيوانات الأقوى منها». وقد كرَّر الجاحظ في كلامه هذا المتضمّن وصف العمليّة الّتي تسيّر الحياة على هذا الكوكب ما قاله أرسطو، وكان سبّاقًا لداروين بما يزيد على 1000 عام. ويؤدّي الكفاح من أجل الحياة إلى ظهور بعض التّكيّفات المذهلة الّتي تشمل البكتيريا أيضًا، وفي هذا التّكيّف تكمن المشكلة.



الشّكل 2-31 كتاب الحيوان

مخرجات التّعلُّم

GB1103.3 يصف كيف تتطوّر مقاومة البكتيريا للمضادّات الحيويّة، ويشرح سبب كونها مصدرَ قلق خطيرًا على مستوى العالم.

GB1104.1 يشرح التّدابير الّتي يمكن أن تقلِّل من تطوّر مقاومة المضادّات الحيويّة.

GB1104.2 يفهم بعض المشكلات في تطوير المضادّات الحيويّة الجديدة، من حيث التّحدّيات العلميّة والقيود الاقتصاديّة.

المفردات

Natural selection	الانتخاب الطّبيعيّ
Variations	الاختلافات
Environmental stress	الإجهاد البيئيّ
Horizontal gene transfer	نقل الجينات الأفقيّة
Methicillin	ميثيسيلين
MRSA	متلازمة الشّرق الأوسط التّنفّسيّة

التّكيُّف والانتخاب الطّبيعيّ

الانتخاب الطّبيعيّ Natural selection عمليّة يكون للبيئة فيها التّأثير الأهمّ في الكائنات الحيّة، فتختار من سيعيش منها ليتكاثر. فهذه البيئات الّتي تكون مثاليّة لنوعٍ معيّنٍ من الحيوانات للعيش والنّمو والتّكاثر، قد تحدّ من قدرة أنواع أخرى على القيام بذلك كلّه. ولهذا السّبب، لا تجوبُ الدّببة القطبيّة التّلال القريبة من منطقة دخان في دولة قطر، ولا يمكن العثور على الإبل في جزيرة إليسمير في كندا.

تحدّد البيئة أنواع الحيوانات الّتي يمكنها البقاء حيّة في منطقة ما.

تؤدّي أسباب عديدة، بما في ذلك الطّفرات الوراثيّة وتبادل الجينات ما بين الوالدين، إلى حصول **اختلافات Variations** صغيرة بين الأفراد، كاختلاف حجم الأذن أو لون الفراء. وتنتقل الاختلافات الجينيّة من الآباء إلى الأجيال المستقبليّة.

لنفكّر جيّدًا في ما قد يحدث عندما يدخل **«الضّغط البيئيّ» Environmental stress** بيئةً ما، إمّا عن طريق التّغيّرات المناخيّة، أو عبر وجود الحيوانات المفترسة، أو أيّ عامل آخر. يخلق التّنافس على الموارد أفضليّة وجوديّة بسيطة بالنّسبة إلى بعض الاختلافات، ويقلّل فرص الوجود بالنّسبة إلى اختلافات أخرى. وقد أضحت الاختلافات الّتي تؤدّي إلى تحسين معدّل البقاء على قيد الحياة، على مرّ الأجيال، هي المهيمنةَ لدى مجموع السّكّان.

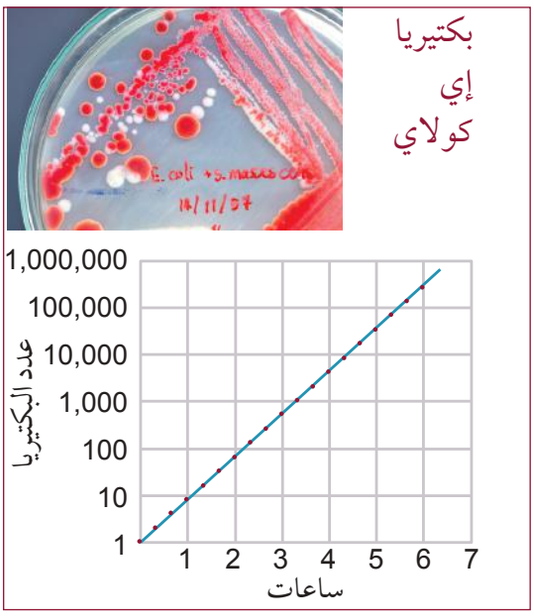
الشّكل 2-32 اختلافات اللّون بين عدد من الأرانب.

في أيِّ مجتمع من الأرانب، ثمّة تباين في اللّون (**الشّكل 2-32**). فعلى سبيل المثال، إذا أصبحت البيئة أكثر برودة مع تساقط الثّلوج، فإنّ الأرانب ذات الفراء الأبيض قادرةٌ على الاختباء بطريقة أسهل، وبالتّالي ستكون أقلّ عرضةً لخطر الحيوانات المفترسة. أمّا الأرانب ذات الفراء الدّاكن، فستكون أكثر عرضة لهذا الخطر، من هنا، وعلى مرّ الأجيال، سيرتفع عدد الأرانب البيضاء، ويقلّ عدد الأرانب الدّاكنة. في نهاية المطاف، ستكون معظم الأرانب الحيّة بيضاء، وستكون الأرانب الدّاكنة الفراء نادرة الوجود.

إن معدّل التّغييرات في مجتمع كامل يعتمد على عاملين: **الأوّل** هو معدّل التّكاثر، إذ إنّ الكائن الّذي يتكاثر بسرعة سيزيد عدده بوتيرة أسرع بكثير من الكائن الّذي يتكاثر ببطء؛ أمّا العامل **الثّاني** فهو مقدار الضّغط، إذ إنّ البيئة ذات الضّغط العالي ستتخلّص من الأفراد الأقلّ قدرة على التّكيف بسرعة كبيرة، ممّا يؤدّي، في أجيالٍ أقلّ، إلى مزيد من التّغيير.

التّطوّر في البكتيريا

يحدث التّطوّر على مدى أجيال عديدة، لأنّ التّغييرات، من جيل إلى آخر، تكون ضئيلة. ولكن، وبما أنّ تكاثر البكتيريا سريع جدًّا، يمكن لعدد من بكتيريا إي كولاي مضاعفة عددها كلّ عشرين دقيقة، بحيث أنَّ بكتيريا واحدة يمكن أن تتضاعف إلى مليون بكتيريا في أقلّ من سبع ساعات (**الشّكل 2-33**). إنَّ معدَّل التّكاثر السّريع للبكتيريا يعني أنَّها تتطوَّر بسرعة، أي يمكن لألف جيل من البكتيريا أن يولَد في أسبوعَيْن فقط، في حين أنَّ ولادة ألف جيل من البشر يحتاج إلى عشرين ألف عامٍ على الأقلّ.



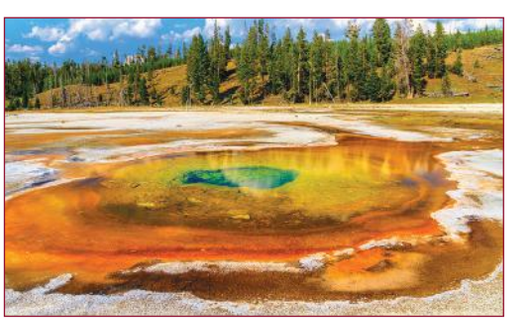
الشّكل 2-33 معدّل التّكاثر عند بكتيريا إي كولاي

تتطوّر البكتيريا بسرعة لأنّها تتكاثر بسرعة فائقة بالانقسام البسيط.

يمكن للبكتيريا أن تتكاثر بدون وجود شريك، بحيث تنقسم البكتيريا الواحدة إلى اثنتين تحملان المعلومات الجينيّة الّتي تحملها البكتيريا الأمّ. إنّ أيّ بكتيريا تحدث في DNA الخاص بها طفرة مفيدة، يمكنها استنساخ نفسها إلى أجل غير مسمًّى وتمرير هذه الطّفرة لجميع نسلها.

وللبكتيريا القدرة على تبادل الجينات مع أنواع مختلفة تمامًا عنها، وهذا ما يعرف باسم **نقل الجينات الأفقيّ Horizontal gene transfer** الّذي يؤدّي إلى اختلاف كبير داخل نوع معيّن بوتيرة أسرع بكثير من الاختلاف النّاتج من الطّفرات. إنّ نوعًا واحدًا من البكتيريا يمكن أن يطوّر خاصّيّة جديدة – مثل القدرة على مقاومة المبيضات المحتوية على الكلور والبقاء على قيد الحياة – وهذه الخاصّيّة الجديدة يمكن أن تنتقل إلى أنواع البكتيريا الأخرى القريبة من هذا النّوع.

وقد سمحت القدرة على التّطوّر بسرعة للبكتيريا بالتّكيف والبقاء على قيد الحياة في أكثر البيئات قساوةً على سطح الأرض والّتي أصبحت موطنًا لها كقاع البحر، والبحيرات تحت سطح الأرض في أنتاركتيكا، وبرك المياه العالية الحموضة. وتستطيع البكتيريا من نوع المتعاقبات الحبيبيّة Synechococcus البقاء على قيد الحياة في مياه تصل درجة حرارتها الى 70°C وبالتّالي إنتاج ألوان جميلة في البيئة (**الشّكل 2-34**).



الشّكل 2-34 جدول مياه حارّة تحتوي على البكتيريا.

مقاومة المضادّات الحيويّة

الشّكل 2-35 هذا يعني، في الواقع، أنّ 0.1% من البكتيريا ما تزال حيّة وسوف تتكاثر.

قد يحتوي المطهِّر السّطحيّ على موادّ كيميائيّة قويّة جدًّا يمكنها «قتل 99.9% من الجراثيم» (**الشّكل 2-35**). ولكن يمكن لهذا الإعلان أن يعني أيضًا أنّ هناك «0.1% من الجراثيم ما تزالُ على قيد الحياة». السّؤال الّذي يجب أن نطرحه هو «أيّ الجراثيم سوف تبقى على قيد الحياة؟»، فالمطهّر هو عنصر ضغط على بيئة البكتيريا، والضّغط البيئيّ هو الّذي يدفع إلى حدوث التّطوّر.

الانتخاب الطّبيعيّ Natural selection يشير إلى أنَّ 0.1% من الجراثيم المتبقّية هي الّتي تكون الأكثر قدرة على تحمّل ظروف البيئة الجديدة. وهذه البكتيريا والفيروسات الّتي يمكن أن تنجو من هجوم المطهِّر عليها سوف تتمكّن من التّكاثر وتنقل تلك الميزة الوراثيّة إلى الأجيال القادمة منها. ومع مرور الوقت، تصبح القدرة على مقاومة المطهِّر من الخصائص السّائدة في مجتمع البكتيريا ذاتها. ويعدُّ الاستخدام المتكرِّر للمطهِّر نفسه محفِّزًا للبكتيريا كي تتطوّر بشكل أسرع لأنّه يقتل البكتيريا الأقلّ مقاومة، وبذلك فإنَّ الموارد الباقية ستكون جميعها متاحة للبكتيريا المقاوِمة.

لذا، في المرّة القادمة الّتي ستقوم فيها بتنظيف هذا السّطح، يمكنك استخدام مطهّر بمحتويات مختلفة عن المطهّر الّذي استخدمته سابقًا، وبذلك يقوم هذا المطهِّر الجديد بإزالة مجموعة من 99.9% من البكتيريا، ويترك مجموعة جديدة من البكتيريا المقاوِمة. هذه التّقنية تستخدم في المشافي، وفي أماكن تحضير الطّعام حيث يرتفع معدَّل العدوى.

وتحدث دورة الانتخاب الطّبيعيّ نفسها عند تناولك المضادّات الحيويّة. ففي مجموعة العامل المسبِّب للمرض، يمكن أن تنشأ اختلافات تسمح لبعض البكتيريا بمقاومة العلاج. مجموعة البكتيريا المقاوِمة هي الأكثر قدرة على تحمّل الضّغط النّاتج من العلاج.

فإذا أُتيح لتلك البكتيريا المتبقّيةِ ما يكفي من الوقت، تمرِّر جيناتِها إلى السّلالاتِ الأقلّ مقاومةً، أو تتبادلُها مع السّلالات الأخرى، وتولَدُ مجموعة من البكتيريا مقاوِمة للمضادّات الحيويّة، يُطْلَقُ عليْها لقب «البكتيريا المقاومة». هذه «البكتيريا المقاومة» هي سلالات من البكتيريا الّتي طوَّرت القدرة على مقاومة المضادّات الحيويّة الشّائعة.

كما في حالة المطهّرات، تعالَج «البكتيريا المقاومة» بأنواع مختلفة من المضادّات الحيويّة الّتي تعمل على البكتيريا بطرقٍ مختلفة. فالبنسيلين، المضادّ الحيويّ الّذي يهاجم الجدار الخلويّ، يمكن استبداله بمضادٍّ حيويٍّ آخر يعمل على إيقاف عمليّة تصنيع البروتينات في داخل الخليّة. ومع ذلك، فإنّ المشكلة تصبح أسوأ والبكتيريا تستمرّ بالتّطوّر والتّكيُّف في بيئتها المتغيِّرة.

MRSA وخطورة مقاومة المضادّات الحيويّة

ستافيلوكوكس أوريوس (Staphylococcus aureus, S. aureus) هي البكتيريا المسؤولة عن التهابات المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة، وهي بكتيريا واسعة الانتشار، ومميتة في بعض الأحيان. وقد هُزمَت هذه البكتيريا عن طريق استخدام البنسلين في الأربعينيّات، وكانت المضادّات الحيويّة في ذلك الحين العلاج المعجزة، وكانت تستخدم على نطاق واسع، ولكن غالبًا ما كان يُساء استخدامها. بدأت سلالة مقاومة من المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة تظهر في الخمسينيّات، فتمّ تطوير سلالة جديدة من البنسلين، **الميثيسلين Methicillin**، وقد استخدمت في علاج النّسخة الجديدة من S. aureus، وكان العلاج ناجعًا وفعّالًا.

إنّ أوّل من اكتشف سلالة المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة المقاومة للميثسيلين عالم بريطانيّ، وكان ذلك في العام 1961. هذا الشّكل الجديد من سلالة المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة المقاومة **للميثيسلين MRSA** Methicillin Resistance S. aureus. يمثّل الاسم MRSA للنّاس البكتيريا الّتي طوّرت مقاومة للمضادّات الحيويّة، أو ببساطة «البكتيريا والجراثيم المقاومة». ثمّة عدد قليل من المضادّات الحيويّة الّتي لا تزال فعّالة ضدّ MRSA، ولكنّ الأكثر نجاحًا هو فانكومايسين Vancomysin، الّذي يمكن استخدامه لعلاج إصابات الأمعاء. أمّا المضادّات الحيويّة المتبقّية فهي تستخدم فقط كملاذ أخير، أو عندما يكون الطّبيب متأكّدا من البكتيريا المستهدفة. وفي العام 2002، تمّ اكتشاف سلالة نادرة من المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة المقاومة للفانكومايسين.

ولأنّ النّاس أصبحوا أكثر وعيًا لهذه المشكلة، بدأ صنّاع المطهّرات بتغييرملصقات المعلومات على منتجاتهم، بحيث أنّه يمكننا الآن إيجاد مطّهرات تعلن عن تدمير بكتيريا MRSA بمعدّل نجاح 99.9% هذه العلامات يمكن أن تزيد من نسبة بيع المنتج، ولكن من الخطأ علميًّا استخدامه في كلّ مكان. إنّ التّأثير الرّئيس هو إجبار المزيد من البكتيريا على تطوير مقاومتها بسرعة أكبر. وبما أنّ مجتمع الرّعاية الصّحّيّة أصبح أكثر وعيًا لمشكلة مقاومة المضادّات الحيويّة، فإنّه قام بوضع احتياطات إضافيّة للحدّ من المخاطر.

إضعاف مقاومة المضادّات الحيويّة

عندما بدأ تهديد MRSA بالانتشار، بدأت منظمة الصّحّة العالميّة WHO بالبحث عن أنماط شائعة لمحاولة تحديد النّاقل لهذه البكتيريا vector. عندها، اكتشفوا شيئًا مقلقًا نوعًا ما، وهو أنّ الإفراط في استخدام المضادّات الحيويّة لم يسبِّب ظهور البكتيريا المقاومة للمضادّات الحيويّة وانتشارها فقط، إنّما ساعد أيضًا على خفض مستوى الوقاية في المستشفيات، ذلك لأنَّ المستشفيات اعتمدت على استعمال المضادّات الحيويّة وأعطت أهمّيّة أقلّ لأساليب الوقاية، كتنظيف الأدوات الطّبّيّة جيّدًا واستخدام القفّازات الطّبّيّة.

الشّكل 2-37 وضع القفّازات ينقذ الأرواح.

ومن أبرز النّواقل لبكتيريا MRSA السّوار البسيط المستخدم في قياس ضغط الدّم الذي كان شائعًا استخدامه بين الممرّضات وأسهم في نقل العدوى بشكل كبير، وعندما أصبح ارتداء القفّازات إلزاميًّا، انخفضت نسبة الإصابة بالـ MRSA **(الشّكل 2-37)**. وبهذا، بات استخدام القفّازات جزءًا أساسيًّا في أيّ إجراءٍ طبّيّ.

سارعت فلورنس نايتنجيل مرّة أخرى للإنقاذ، إذ أكّدت منظّمة الصّحّة العالميّة وعدد من المنظّمات الصّحّيّة الأخرى أهمّيّة دعوتها إلى العناية بالنّظافة الشّخصيّة في جميع جوانب الرّعاية الصّحّيّة. وقد تمّ اكتشاف إمكانيّة وجود بعض الأشخاص الحاملين مرض MRSA من دون الإصابة به؛ من هنا كان علاج جميع المرضى بحذر وبعناية ضرورةً، وسوف يحدث حتمًا انخفاضًا في معدّلات الإصابة.

وتوصي منظّمة الصّحّة العالميّة بضرورة الحدّ من الاستخدام العشوائيّ للمضادّات الحيويّة، بما فيه إيقاف الممارسات الشّائعة الآتية:

1. التّوقّف عن إعطاء المضادّات الحيويّة للحيوانات السّليمة بقصد «منع» المرض، لأنّ هذا يضعف الجهاز المناعيّ للحيوانات ويشجّع على نموّ البكتيريا المقاومة للمضادّات في كلٍّ منها.
2. التّوقّف عن إعطاء المضادّات الحيويّة بشكل عشوائيّ لعلاج أيّ مرض، لأنّ المضادّات الحيويّة لا تكون فعّالة إلّا إذا استهدفت عدوى بكتيريّة محدّدة. العاملون في الرّعاية الصّحّيّة وحدهم هم المخوّلون تحديد فترة استخدام المضادّات الحيويّة بشكلٍ صحّيّ وفعّال، والكمّيّة اللّازمة منها.
3. منع الصّيدليّات من بيع المضادّات الحيويّة من دون وجود وصفة طبّيّة. وعليه، فإنّ الشّعور بالمرض لا يعني أنّ المضادّ الحيويّ هو العلاج النّاجع.
4. الامتناع عن إلقاء المضادّات الحيويّة غير المستخدمَة في أنظمة الصّرف الصّحّيّ.

مشكلات في تطوير مضادّات حيويّة جديدة

بعد طرح البنسلين، بدأ العلماء بالبحث عن أنواع جديدة ومتنوّعة من المضادّات الحيويّة. لذا أجريَتْ دراسات على جميع أنواع العفن، والحزازيّات، والأوحال والأوساخ، وسمّ الثّعابين والعناكب والنّمل. إذ إنّ أي مخلوق قادرٍ على البقاء على قيد الحياة باستخدام المواد الكيميائيّة السّامّة قد يكون مصدرًا لدواء جديد. وبعد عملٍ مضنٍ في المختبرات المتخصّصة، استخرج العلماء السّم من الدّيدان الألفيّة millipedes السّامة، أمّ أربعة وأربعين ومن الضّفادع السّامة في الغابات المطيرة البعيدة (**الشّكل 2-38**).

الشّكل 2-38 البحث في الغابات المطيرة عن مضادّات حيويّة محتملة .

كانت الاكتشافات مثيرة، وتمّت إضافة فئات جديدة من المضادّات الحيويّة إلى قائمة متنامية طوال الخمسينيّات. إلّا أنّ عدد الاكتشافات قلّ في العام 1984 بعدما تمّ اكتشاف الفئة الجديدة الأخيرة، بحيثُ تُعَدُّ جميع المضادّات الحيويّة المتوافرة والمنتَجة، بعد تلك المرحلة، مشتقّاتٍ من اكتشافاتٍ قديمة.

مع ظهور MRSA ، تجدّدت الحاجة إلى وجود مضادّات حيويّة جديدة وإحياء البحث من جديد، لذا يعمل العلماء جاهدين للعثور على المضادّات الحيويّة المحتملة. إلّا أنّنا، ولسوء الحظّ، نشهد انحسارَ عدد الغابات المطيرة وتنوّعها الحيويّ بسبب قطع الأشجار بغية توفير المساحات للاستثمارات الّتي تحقّق الرّبح المادّيّ.

تنّين كومودو Komodo dragon (**الشّكل 2-39**) هو أكبر الزّواحف الحيّة في العالم. لسنوات عديدةٍ، كان يُعتقدُ أنَّ فمه مليء بالبكتيريا الغريبة الّتي تقتل بسرعة، لذا كان مرشَّحًا رئيسًا لدراسة المضادّات الحيويّة. ولكن سرعان ما تبدّد الأمل عندما اكتشف أنَّ ما في فمه ليس سوى سمٍّ غيرِ فريدٍ من نوعِهِ، يحقنه في جسم فريسته. ومهما يكن، فإنَّ دمه يحتوي على جزيئات واعدة بالمساعدة على مواجهة MRSA.

الشّكل 2-39 تنّين كومودو.

3-2 (a) نجاح المضادّات الحيويّة

في هذا المشروع، سوف تقوم أنت وزميلك بالبحث في تاريخ المضادّات الحيويّة.

1. اختر مرضًا نجح العلماءُ في التّحكّم به بواسطة المضادّات الحيويّة، واعثر على بياناتٍ تظهرُ عدد الأشخاص الّذين أصيبوا به أو قُتلوا بسببه.

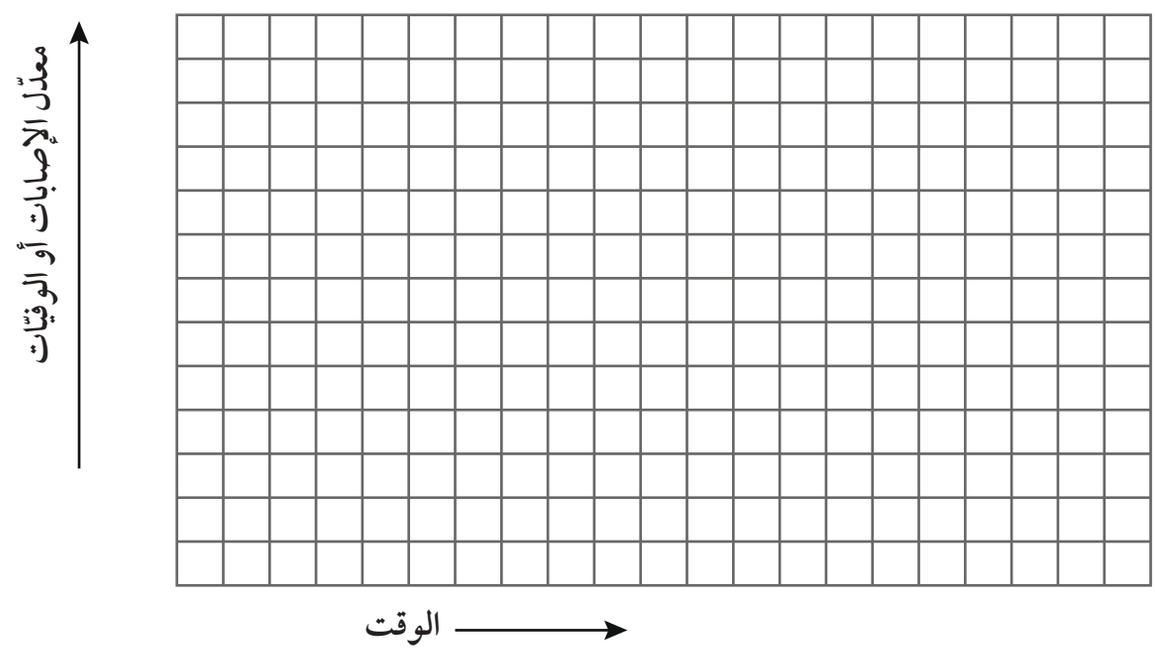
2. ابحث عن المضادّات الحيويّة الّتي استُخدِمَتْ للسّيطرة على هذا المرض مشيرًا إلى تاريخ طرحها.

3. ابحث في البيانات عن معدّلات الوفيّات أو معدّلات الإصابة بالمرض الّذي اخترته، وقد تتمكّن من الحصول على بيانات في فترة زمنية طويلة، أي قبل استخدام المضادّات الحيويّة وبعده.

4. ارسم خطًّا بيانيًّا للبيانات الخاصّة بك، وعيّن الوقت الّذي تمّ فيه طرح المضادّات الحيويّة. بناءً على بياناتك، قد يكون النّطاق الزّمنيّ للرّسم البيانيّ الخاصّ بك ممثّلًا لسنواتٍ أو عقودٍ، أو ربّما قرون.

5. قم بفحص البيانات الخاصّة بالأنماط، وناقش مع الصّفِّ، ضمن مجموعةٍ واحدة، أسباب هذه الأنماط، مبيّنًا الفارق الّذي أحدَثَهُ المضادّ الحيويّ ومدى انعكاسه.

6. علّق على عوامل قد تؤثّرُ في توافر المضادّات الحيويّة، كالفقر أو الحرب أو الكوارث الطّبيعيّة.



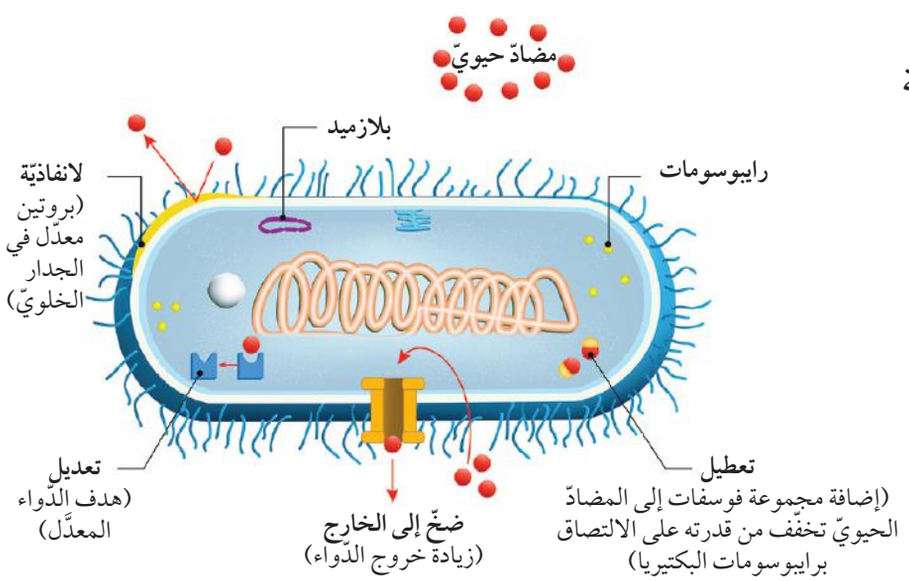
رسم بيانيّ يظهر حدوث الإصابة أو الموت مع مرور الوقت.

3-2 (b) مخطّط مقاومة المضادّات الحيويّة

1. أجرِ بحثًا يشمل، على الأقلّ، ثلاث سلالات من البكتيريا المقاومة للمضادّات الحيويّة الّتي تمّ تحديدها في دولة قطر وفي البلدان المجاورة.
2. ارسم مخطّطًا، أو سلسلةً من المخطّطات، لشرح كيفيّة تطوير البكتيريا مقاومتها للمضادّات الحيويّة.
3. ضمّن المخطّط الخطوات الّتي تجسّد الأخطاء البشريّة المُسهِمَة في ظهور هذه المشكلة.
4. صِفِ المخاوف الّتي يواجهها الأطبّاء والمرضى في ظلِّ استمرار نموّ البكتيريا المقاومة للمضادّات الحيويّة.
5. اعمل مع زميلك لابتكار إعلان أو ملصق توجيهيّ لتوعية النّاس حول أخطار MRSA والبكتيريا ذات القرابة.
6. ضمّن عملك إرشادات حول التّقنيّات الفعّالة للحدّ من خطر العدوى.
7. ضمّن عملك إرشادات حول كيفيّة تخفيف التّطوير الإضافيّ للمقاومة المضادّة للبكتيريا.

هذا مثال على ملصق يوضح الآليّات المختلفة الّتي تستخدمها البكتيريا لمقاومة العوامل المضادّة للبكتيريا. مهمّتك هي إنشاء ملصق أو شكل تخطيطيّ يظهر الخطوات المؤدّية إلى هذه الظّروف، بناءً على المعلومات الّتي تملكها.

آليّات المقاومة ضدّ الجراثيم



تقويم الدّرس 2-3

1. أيٌّ من هذه العوامل يصف الوضع الأكثر إلزامًا لنوعٍ حيٍّ كي يتغيّر ويتكيّف من خلال التّطوّر؟
   a. العمر والإمدادات الغذائيّة
   b. التّباين والضّغط البيئيّ
   c. الطّفرة ومقاومة المضادّات الحيويّة
   d. التّباين ومتوسّط العمر المتوقَّع
2. ما السّبب الّذي يجعل البكتيريا تتكيّف بشكل جيّد؟
   a. الانقسام الميتوزيّ
   b. نقل الجينات عموديًّا
   c. نقل الجينات أفقيًّا
   d. الضّغوط البيئيّة
3. لمَ يُعدُّ الادّعاء «يقتل 99.9% من البكتيريا» غيرَ جيّدٍ بما يكفي؟
4. عدِّد العوامل الّتي تسهم في مقاومة البكتيريا للمضادّات الحيويّة.
5. إلى ماذا يرمز الحرف R في MRSA؟
6. ما معنى المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة المقاومة للميثيسلين MRSA؟
7. عدّد بعض الخطوات الّتي يمكن القيام بها في المستشفيات للحدّ من انتشار MRSA.
8. أيّ نوع من الأدوية يعود بالرّبح الأكبر على شركات الأدوية؟
9. أيّ نوع من المشاكل تواجه شركات الأدوية في مرحلة إنتاج مضادّات حيويّة جديدة؟

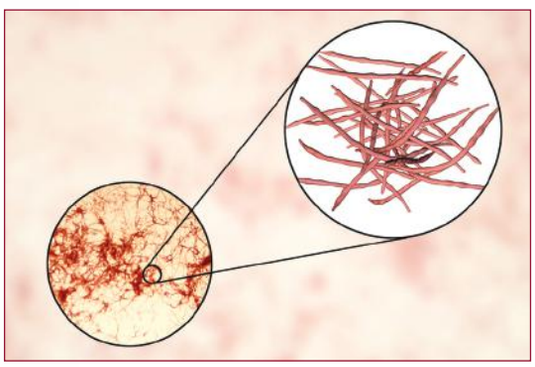
العلم والعلماء

سلمان واكسمان Selman Waksman

الشّكل 2-40 الدكتور سلمان واكسمان في مختبره

يبدأ تطوير الدّواء بإيجاد مركّبات محتملة من ملايين الموادّ الطّبيعيّة الموجودة أو الّتي يمكن تصنيعها. اكتشف الدّكتور سلمان واكسمان، وفريقه من الطّلّاب والباحثين، العديد من المضادّات الحيويّة بما في ذلك الأكتينومايسين actinomycin (1940) والكلافاسين clavacin والسّتربتوثريسين streptothricin (1942) والسّتربتومايسين streptomycin (1943) والجريسين grisein (1946) والنّيوميسين neomycin (1948) وغيرها. حصل الدكتور واكسمان على جائزة نوبل عام 1952 لاكتشافه السّتربتومايسين، والّتي تعدّ واحدة من أفضل عشر براءات اختراع غيّرت وجه العالم.

كان البروفسور واكسمان خبيرًا في الكائنات الحيّة الدّقيقة الّتي تعيش في التّربة، وكان بحثه الأوّل حول بكتيريا التّربة، وتحلّل البقايا النّباتيّة والحيوانيّة. لاحظ واكسمان أنّ بكتيريا التّربة من عائلة أكتينوميسيتس actinomycetes تنتج مركّبًا غير معروف سابقًا، يمنع الميكروبات الأخرى من البقاء حيّة، وساعد أحد طلّابه في الدّراسات العليا، ألبرت شاتز، في عزل السّتربتومايسين، وهو مركّب أمينوجليكوزيديّ يعيق إنتاج البروتينات. في العام 1945، كان الدّواء الجديد هو أوّل عقار ناجح لعلاج مرض السّلّ.



الشّكل 2-41 الأكتينوميسيت actinomecetes

الأكتينوميسيت هي مجموعة من الكائنات الحيّة الّتي تشمل العديد من أنواع البكتيريا العصويّة موجبة الغرام (**الشّكل 2-41**). وقد تمّ اكتشاف العديد من المضادّات الحيويّة المهمّة، إضافة إلى السّتربتومايسين النّاتجة من هذه المجموعة بما في ذلك فامكوميسين vancomycin، نيومايسين neomycin، إريثروميسين erythromycin، والتّتراسيكلين tetracycline.

ولد سلمان واكسمان في عام 1888 في بريلوكا بالقرب من كييف في روسيا. حصل على شهادته الجامعيّة من جامعة روتجرز في الولايات المتّحدة الأمريكيّة في العلوم الزراعيّة في العام 1915. وكونه عالمًا استثنائيًّا، تمّ تعيينه كأوّل مدير لمعهد واكسمان لعلم الأحياء الدّقيقة في عام 1949، ثمّ أنشأ مع زوجته مؤسّسة علم الأحياء الدّقيقة لتمويل استمرار البحث العلميّ في هذا المجال.

الوحدة 2

مراجعة الوحدة

الدّرس 2-1: أنماط الأمراض

- العامل المسبّب للمرض **Pathogen** هو الجراثيم ومنها البكتيريا الّتي تسبّب الضّرر للجسم.
- **الميكروبيوم Microbiome** هي الجراثيم الّتي تعيش على جسم الإنسان أو في داخله.
- **بروبيوتيك Probiotic** هي البكتيريا المفيدة للجسم.
- **النّاقل Vector** هي الطريقة الّتي تمّ انتقال المرض بواسطتها.
- **علم الأوبئة Epidemiology** هو علم يعنى بدراسة الأمراض، أسبابها، طرق انتقالها وأساليب السّيطرة عليها.
- **قابليّة الانتقال Communicability** هي المدّة الّتي يمكن للشّخص المصاب أن ينقل فيها المرض إلى الآخرين.
- **الحجر الصّحّيّ Quarantine** هو يمنع تفشّي مرض قابل للانتقال.
- **اضطراب وراثيّ Genetic disorder** هو مرض يسبّبه خلل في DNA.

الدّرس 2-2: المضادّات الحيويّة

- **مضادّ حيويّ Antibiotic** هو يقضي على البكتيريا.
- **كابح للبكتيريا Bacteriostatic** هو لا يقتل البكتيريا بل يبطئ نموّها.
- **البكتيريا الهوائيّة Aerobic** هي تتطلّب وجود الأكسجين لتبقى حيّة.
- **البكتيريا اللّاهوائيّة Anaerobic** هي تتطلّب وجود الأكسجين لتبقى حيّة.
- **لقاح Vaccine** هو يحفّز الجسم على إنتاج الأجسام المضادّة بطريقة طبيعيّة فيكتسب المناعة تجاه الفيروس الحقيقيّ.
- **المطهّرات Disinfectants** مضادّات حيويّة كيميائيّة تستخدم على أسطح الأشياء.
- **المعقّمات Antiseptics** مضادّات حيويّة أو كابحات للبكتيريا كيميائيّة على الأنسجة الحيّة.

الدّرس 2-3: مقاومة المضادّات الحيويّة

- الانتخاب الطّبيعيّ **Natural selection** هو عمليّة تؤثّر فيها البيئة على الحيوانات لتحديد أيّها يعيش ليتكاثر.
- الاختلافات **Variations** هي طفرات جينيّة ضمن نوع معيّن من الكائنات الحيّة.
- الضّغط البيئيّ **Environmental stress** هو إدخال تغيّرات مناخيّة أو حيوانات مفترسة أو أيّ عامل آخر في بيئة العيش لكائن حيّ.
- نقل الجين الأفقيّ **Horizontal gene transfer** هو تبادل الجينات ما بين الأنواع المختلفة كلّيًّا.
- ميثيسلين **Methicillin** هو أحد مشتقّات البنسلين **Penicillin**.
- المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة المقاومة للمثيسلين **MRSA** هي بكتيريا مقاومة لمضادّ حيويّ.

اختيار من متعدد

1. أيّ من الأمراض الآتية لا يسبّبه فيروس؟
   a. مرض نقص المناعة المكتسبة AIDS
   b. الإنفلوانزا flu
   c. عدوى المكوّرات العنقوديّة
   d. نزلة البرد
2. أيّ جزء من الجسم فيه النّسبة الأعلى من البكتيريا؟
   a. الكبد
   b. القلب
   c. القولون الهابط
   d. مجرى الدّم
3. كيف وصل الطّاعون الأسود إلى أوروبّا؟
   a. خلال الحرب
   b. على متن سفينة
   c. من خلال أعمال الزّراعة
   d. بسبب أعمال البناء
4. ما هو النّاقل؟
   a. حيوان خطير
   b. حامل للمرض
   c. بعوضة
   d. مياه ملوّثة
5. ماذا اكتشف ألكسندر فلمنغ؟
   a. البنسليوم نوتاتوم penicillium notatum
   b. المكوّرات العنقوديّة Staphylococcus
   c. البنسلين Penicillin
   d. وعاء بتري Petri dishes

6. ما الاختلاف بين المرض الوبائيّ والوبائيّة الشّاملة؟
   a. مدى قدرة المرض على التّفشّي
   b. كيفيّة تفشّي المرض
   c. نسبة الإصابة بالمرض
   d. المنطقة الجغرافيّة الّتي تتأثّر بالمرض
7. ما الصحيح عن البكتيريا؟
   a. يطلق اسم فيروس على أصغر بكتيريا
   b. كل البكتيريا التي تنمو في جسم الإنسان تسبّب له المرض.
   c. يوجد في جسم الإنسان عدد بكتيريا يفوق عدد الخلايا البشرية.
   d. المضادات الحيوية الحديثة هي فعالة ضد كل أنواع البكتيريا.
8. ما هي الغاية من وجود جهاز المناعة؟
   a. تغيير DNA
   b. القضاء على البكتيريا كلّها في جسمنا
   c. القضاء على كلّ الفيروسات في جسمنا
   d. الحفاظ على التّوازن ما بين العوامل المسبّبة للمرض والبروبيوتيك
9. ما هو المفهوم الأساسيّ في علم الأوبئة؟
   a. جمع المعطيات عن الأمراض
   b. إيجاد علاجات للأمراض
   c. معرفة مسبّبات الأمراض
   d. اكتشاف النّواقل
10. لماذا يوجد هذا الكمّ الهائل من البكتيريا في العالم؟
   a. لأنّ البكتيريا تستطيع نقل الجينات أفقيًّا
   b. لأنّ البكتيريا تستطيع العيش في العديد من البيئات العدائيّة تجاهها
   c. لأن البكتيريا إحدى فروع الحياة على الأرض
   d. لأنّ البكتيريا مصنوعة من DNA

11. ما الغاية من وجود المضادّات الحيويّة؟

a. إنتاج بكتيريا أفضل

b. القضاء على البكتيريا جميعها في جسمنا

c. التّغلّب على العدوى الّتي يجد جهازنا المناعيّ صعوبة في الشفاء منها

d. الحلول مكان جهازنا المناعيّ كي لا نمرض

12. ما الأمران الأساسيّان الواجب توافرهما لحدوث التّكيّف؟

a. DNA والاختلافات فيه

b. الاختلافات والضّغط البيئيّ

c. الضّغط البيئيّ والحيوانات المفترسة

d. الحيوانات المفترسة وتغيّرات البيئة

13. أيّ من المضادّات الحيويّة ما زالت فعّالة ضدّ المكوّرات العنقوديّة الذّهبيّة المقاومة للمثيسلين MRSA؟

a. باكتريم Bactrim

b. مثيسلين Methicillin

c. أموكسسلين Amoxicillin

d. ستربتومايسين Streptomycin

14. كيف يدعم المطهّر حدوث التّكيّف والانتخاب الطّبيعيّ؟

a. يدخل حيوان مفترس إلى البيئة

b. تدخل الاختلافات إلى البيئة

c. تدخل الطّفرات إلى البيئة

d. يدخل الضّغط البيئيّ إلى البيئة

الدّرس 2-1: أنماط الأمراض

15. لماذا يجب تفادي استخدام كمّيّة كبيرة من دواء تنظيف الأسنان؟

16. كيف تسهم شبكة البعوض في منع تفشّي مرض ما؟

17. كيف خفّضت الممرضة فلورنس نايتينغيل معدّل الوفيّات في المستشفيات؟

18. كيف يمكن لشخص أن يصاب بمرض وراثيّ؟

19. هل الفيروس حيّ أم غير حيّ؟ اذكر برهانين على الأقل يدعمان إجابتك.

20. ما الهدف من السّعال في أثناء الزّكام؟

21. ما النّتيجة الأكثر شيوعًا للطّفرات في نوع معيّن من الكائنات الحيّة؟

22. تعدّ الستروماتوليت دليلًا على النّشاط البكتيريّ في خلال حقبة معيّنة من التّاريخ. حدّد هذه الحقبة.

23. ما عدد الخلايا الّتي تشكّل بكتيريا واحدة؟

24. لمَ يحتاج العلماء إلى دراسة النّواقل؟

25. ما المشكلة الّتي تنتج من الغسل المفرط لليدين؟

26. لمَ يصعب جدًّا التّحكّم بالطّاعون؟

27. كيف يمكن أن تساعد علوم الرّوبوتيك robotics شخصًا مصابًا بمرض الضّمور العضليّ؟

28. ما هو DNA؟

29. كم مرّة تحدث عمليّة نسخ DNA في خلال حياة الإنسان؟

30. كيف تكون الأخطاء الّتي تحدث في أثناء تضاعف شيفرة DNA أساس كلّ نظريّة التّطوّر؟

31. ما الّذي يجعل انتشار التّيفوئيد في مساحة أكبر أسهل من انتشار الكوليرا والإي كولاي؟

32. ما العامل المشترك بين المناطق الّتي تشكّل الكوليرا والتّيفوئيد خطرًا فيها؟

33. لماذا يناقَشُ موضوع ما إذا كان الفيروس كائنًا حيًّا أم غير حيّ؟

الدّرس 2-2: المضادّات الحيويّة

34. لمَ يكون جميع أفراد نوع معيّن من الكائنات الحيّة غير متطابقين؟

35. لمَ يمكن استخدام محلول اليود على سطح الجلد فقط؟

36. ماذا يعني المصطلح «كابح البكتيريا»؟

37. ما الاختلاف الرّئيس بين المطهّر والمعقّم؟

38. اشرح لما من الضّروريّ معرفة نوع البكتيريا قبل وصف أيّ مضادّ حيويّ؟

39. عدّد أثرين جانبيّين سلبيّين يمكن أن ينتجا من استخدام المضادّات الحيويّة. سيكون عليك أن تبحث عن معلومات إضافيّة للإجابة.

40. ما الخاصّيّة الأوَّليّة لدى البكتيريا الموجبة الغرام الّتي تجعل البنسلين فاعلًا ضدّها.

41. لماذا يكون البنسلين غير فعّال ضدّ البكتيريا السّالبة الغرام؟

42. لماذا لم يكمل ألكساندر فلمنغ بحثه؟

43. كيف يمكن «للملاحظة بالصّدفة» أن تؤدّي إلى اكتشافات علميّة؟

الوحدة 3

تطوير الأدوية

Drug Development

في هذه الوحدة

- **الدرس 3-1:** الدَّواء الطَّبيعيّ
- **الدرس 3-2:** الاستخلاص والتَّركيب

GC1101

الوحدة 3

مقدّمة الوحدة

إذا عُدنا إلى التاريخ، نجد أن قلّة من الناس، هم الذين عرفوا بعض أسرار الدَّواء. لكن في العصور الحديثة، حوّل النّاس تلك الأسرار إلى مُنتجات مفيدة راحوا يسوِّقونها في أنحاء العالم كلّه. وهي ليست بالمهمة السهلة، ذلك أن كثيرًا من العلماء عملوا لسنوات عدّة على تطوير أدوية تسهم في علاج المرض، أو تخفيف المعاناة، من دون التّسبّب بآثار جانبيّة مضرّة. ناهيك بأن تطوير دواء جديد يستغرق سنوات كثيرة من البحث. ولا بدّ، من اختباره لإثبات أنّه يفيد فعلًا، ولا يتسبّب بأيّ ضرر. ويكون الدواء بحاجة إلى سنوات أخرى من الاختبار على الحيوانات، بهدف إثبات فاعليته، وتحديد مقدار الجرعات الآمنة للإنسان. ويبقى النقاش الدائر بخصوص نوع الحيوان الذي يفترض استخدامه في الاختبارات، والمعاناة الناجمة عن ذلك، يضيف عاملًا مهمًّا إلى عمليّة تطوير الدَّواء. ومن الجدير بالذّكر أنّه لا وجود لإجابةٍ مؤكّدة عن الأسئلة المثيرة للقلق الّتي تُطرح خلال الاختبار. لذلك عليك أن تقرّر بنفسك.

الأنشطة والتّجارب

- a1-3 استخلاص الدَّواء من النباتات الطبيعية
- b1-3 ورقة بحث
- a2-3 مشروب القهوة البارد مقابل مشروب القهوة السّاخن
- b2-3 تشكيل البلّورات
- c2-3 خوارزميّة التّبديل (الحلول الحسابيّة)
- d2-3 الخوارزميات
- e2-3 الكيمياء التّوافقيّة

الدرس 3-1
الدَّواء الطَّبيعيّ
Natural Medicine

في الماضي، كانت الأمراض كلّها، حتّى البسيطة منها، مميتة. فقد كان خدش بسيط يؤدّي إلى الموت في حال تعرُّضه للالتهاب. وكان للأمراض والآلام تأثيرات مدمّرة. ولم يكن أمام المريض إلا أمل وحيد، هو وجود شخص في قريته يملك علاجاً سريّاً يمكن أن يساعده (**الشكل 3-1**). وغالبًا ما كانت تلك العلاجات شافية، فيكتسب الشّخص الذي يعرف أسرارها احترامًا كبيرًا في أنحاء المنطقة كلّها. وبناء على ذلك يذيع صيته، ويأتيه كلّ من لديهم الإمكانيّات المادّية قاطعين مسافات طويلة، في محاولة منهم لمعرفة أسرار طرقهم في الشّفاء. لذلك تنامت الأساطير، ونشطت الرحلات بحثًا عن ينبوع الشّباب، أو حتى عن مجرّد علاج للصّداع. في هذا القسم، سنبحث بعضًا من تلك الأسرار.

الشكل 3-1 رسم لاستخدام الطّبّ القديم.

مخرجات التّعلُّم

GC1101.1 يذكر بعض الأدوية التي تستخلص من مصادر طبيعية ويشرح فوائد تصنيعها كيميائيًّا.

المفردات

Salicin	ساليسين
Acetylsalicylic acid	حمض أسيتيل الساليسيليك
Extraction	استخلاص
Synthetic drug	دواء تركيبيّ
Toxins	توكسينات
Venom	سمّ

تاريخ الدَّواء الطَّبيعيّ

كانت الطبيعة، على مدى آلاف السّنين، مصدرًا دوائيًا لعلاج كثير من الأمراض. وقد استُخرجت الأدوية من جذور النباتات وبذورها ومن لحاء الأشجار، وحتى من سمّ الأفاعي. وتشير سجلاّت سومريّة، كُتبت على ألواح من الطّين، إلى استخدامات طبّيّة للنّباتات منذ **5,000** سنة. وكانت القوافل تنتقل من بلد إلى آخر للتّجارة، وأيضًا للبحث عن أدوية جديدة، أو أساليب علاجيّة أكثر تطوّرًا.

وضع المعالجون الأوائل الأسس للعلم الحديث. وكانت بغداد مركز الانطلاق للعديد من هذه الأسس. فقد كانت الجامعةُ المستنصريّة، التي أُسِّست في الأصل باسم المدرسة المستنصرّيّة عام **1227** في بغداد، مركزَ المعرفة والعلم، ولا تزال تضمّ كلّيّة للطّبّ حتّى يومنا هذا.

الشكل 3-2 الجامعة المستنصريّة.

وابتكر النّاس، في مختلف أنحاء العالم، تقنيات لمساعدة أصدقائهم وجيرانهم. ولا يزال كثير من تلك التقنيات يُستخدم اليوم، وهذه بعض الأمثلة:

- يُستخدم هلام من مسحوق أوراق نبات الصَّبار لعلاج الحروق الطّفيفة وحروق الشّمس.
- تُستخدم القِرْفَة لعلاج الحمّى، ولتنظيم مستوى سكّر الدّم.
- يُستخدم الزنجبيل في التّخفيف من الآلام، وفي حالات الدّوار الناجم عن الحركة.

الشكل 3-3 تُستخدم الأعشاب والأزهار لصنع شاي يُعالج بعض الأمراض.

في صيدليّتك أدويةٌ عديدة جدًّا أصلها من موارد الطبيعة.

تتّصف الكيمياء الحيويّة البشريّة بالتعقيد الشديد؛ فمن الصّعب جدًا إنتاج دواء من عناصره الأساسيّة حتّى وإن كان متواجدًا منذ القدم مثلاً في مشروب أعشاب (**الشكل 3-3**). وقبل كلّ شيء، من الضَّروريّ الإجابة عن كثير من الأسئلة:

- هل للدّواء تأثير حقيقيّ؟
- أيّ مادّةٍ من الموادّ الكيميائيّة العديدة جدًا المتواجدة في مشروب الأعشاب هي الدَّواء؟
- هل من طريقة لصنع ملايين الجرعات من الدَّواء؟
- كيف يمكنك أن تعرف حتّى من أين عليك أن تبدأ؟

النَّباتات

إنّ معظم الأدوية الطّبيعيّة تستخرج من النّباتات. وإذا أخذنا بعين الاعتبار أنّ التطوّر هو صراع من أجل البقاء، نجد أن الحيوانات إما تأكل، أو تُؤْكل. وبما أنّها لا تملك أسنان ولا مخالب، تعمل النّباتات منذ أكثر من **450** مليون سنة على تطوير دفاعات كيميائيّة متطوّرة. فهي تقاوم باستمرار كثيرًا من أنواع البكتيريا والفطريّات لكي تبقى حيّةً.

الدّفاعات الكيميائيّة التي طوّرتها النَّباتات فعّالة أحيانًا على الحيوانات أيضًا. وهذا هو السّبب في أنّ كثيرًا من محاولات الإنسان لمكافحة المرض تركّز على النَّباتات. وعلى مدى آلاف السّنين، تعلّم الإنسان، عن طريق التّجربة والخطأ، الموازنةَ بين الفوائد الطّبيّة لاستخدام نباتات معيّنة، والآثار الجانبيّة المضرّة، والقاتلة أحيانًا، التي قد تنجم عن هذا الاستخدام.

1. **الميرمية** (*Salvia officinalis*) (**الشكل 3-4**) عشب يُستخدم منذ آلاف السّنين. فوائدها الطبية جمّة وقد عُرفت بالعشب الأكثر نفعًا من بين الأعشاب جميعها، لأنّها تساعد على الهضم، وتوقف الإسهال، وتقاوم نزلات البرد؛ فضلًا عن استخدامها مرهمًا للجروح، لأنّها تقتل بعض أنواع البكتيريا. على الرغم من الآثار الجانبية التي تتمثل في احتوائها على مادّة ثوجون *Thujone* السامّة بتراكيز عالية، والتي يمكن لها أن تتلف الجهاز العصبي والكبد.

الشكل 3-4 الميرمية

2. **الزّعتر** (*Thymus vulgaris*) عشب يحتوي على خصائص مضادّة للجراثيم. يكفي فرك أوراقه لإطلاق بعض الزّيوت الأساسيّة الّتي تُستخدم لوقف السّعال، والتخفيف من أعراض أخرى، كالتهاب الشّعب الهوائيّة. ينتج نقع الزّعتر في الكحول لأسابيع صبغة، قد يكون لها دور واعد في مكافحة حبّ الشّباب. وهناك نوع من الزّعتر يسمّى *Thymus linearis Benth* ينبت في أفغانستان وباكستان، يسهم في خفض ضغط الدّم.لكن، إذا استخدم الزعتر بكثرة، فقد يبطئ تخثّر الدّم، ويزيد من خطر النزف.

3. **الكينا** (*Quina*) (**الشكل 3-5**)، نبات الأوكاليبتوس، ويسمى في بلاد الشام الكينا، وفي مصر الكافور، وهو أحد الأشجار دائمة الخضرة، المعمرة، وأطول الأشجار ذات الأخشاب الصلبة في العالم، تُستخدم مُستخلصات شجرة الكينا (مادة الكينين) منذ ما قبل سنة 1633 في مكافحة الملاريا. والكينين مركّب قاعديّ، ومسكّن خفيف، استُخدم للتّخفيف من أعراض الزّكام. وللكينين بعض التّأثير في العضلات، لذا يُستخدم أيضًا في الاضطرابات الخفيفة للعضلات، مثل تشنّجات السّاق اللّيليّة.

الشكل 3-5 الكينا

a1-3 استخلاص الدّواء من النباتات الطبيعية

سؤال الاستقصاء	كيف تستخلص الأدوية الطبيعية من النّبات؟
الموادّ المطلوبة	فيديو، أو مختبر افتراضي، أو معدّات الاستخلاص **Soxhlet Extraction**.

الخطوات

1. اعرض عمليّة استخلاص الدَّواء من النَّباتات باستخدام فيديو، أو مختبر افتراضيّ، أو تجربة عملية.
2. ابحث في الانترنت عن معدّات سوكسليت للاستخلاص **Soxhlet Extraction**، كي تعثر على أشرطة مصوّرة توفّر معلومات عنها. هناك كثير منها يبيِّن كيفيّة استخلاص الزّيوت الأساسيّة، أو كيفية صنع الصبغة.
3. يعمل الطّلّاب في مجموعات بحث، ويعدّون قائمة بأسماء مجموعة متنوّعة من الأدوية المُستخلصة من مصادر طبيعيّة، ويصمّمون مُلصقًا بتلك القائمة الشّاملة. من السهل العثور على قائمة بالأعشاب المفيدة. اختر بعضًا منها، وابحث عنها تحديدًا. انتبه للبحث في مصادر عدّة، بالنظر إلى وجود مواقع متحيّزة لمصلحة الدَّواء الطَّبيعيّ، ومواقع معارضة له.
4. اذكر أسبابًا تدفع النّاس إلى الاستمرار في استخدام العلاجات الطَّبيعيّة.

الأسئلة

اختر نباتًا يستعمل في الاستخدامات الطّبيّة والعلاجات الطّبيعيّة.

تتعلّق الأسئلة a وb بالنّبات الّذي اخترته.

a. ما بعض ميزات استخلاص المُركَّبات الأساسيّة بدل استخدام النّبات كلّه؟

b. ما بعض الأخطار التي قد تحدث نتيجة استخدام المُركَّبات الأساسيّة فقط؟

c. يبدو أنّ من يستخدمون العلاج الطَّبيعيّ حصرًا يعارضون اللّقاحات. برأيك، ما العلاقة بينهما؟

d. كيف يؤثِّر تدمير المَواطن (مثل حرائق الغابات وسواها) والاحتباس الحراريّ، تأثيرًا سلبيًا في وفرة الأدوية الطَّبيعيّة؟

تاريخ الأسبرين

قضت كارثة الإنفلونزا الإسبانيّة، سنة **1918**، على **50** مليون شخص. في ذلك الوقت، طُرح في الأسواق دواء جديد يخفّف الألم ويحدّ من التورّم، وكان له الفضل في إنقاذ كثير من الأرواح؛ إنه الأسبرين. تعدّ قصة اكتشاف الأسبرين وصنعه قصة مثيرة للاهتمام، وتكشف بعض الأسرار عن كيفيّة تعلُّم الإنسان من الطّبيعة.

الشكل 3-6 صَفصاف بابليّ.

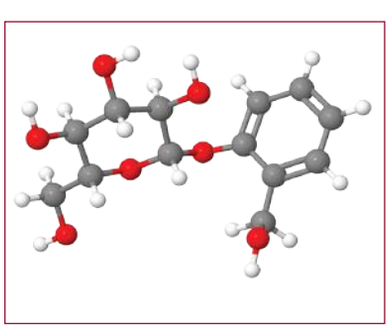
إذ عُرِف، عبر التّاريخ المُدوَّن، أنّ مضغ بعض لحاء أشجار الصَّفصاف (**الشكل 3-6**)، أو تناول مشروب لحاء الصَّفصاف، يخفّف من الحمّى والألم كما أنّه يخفّف التورّم. كان هذا شائعًا في الأدوية الرومانيّة والعربيّة.لكن كانت هناك آثار جانبيّة لاستخدام هذا الدَّواء، كاضطراب المعدة والجهاز الهضميّ والحساسيّة، وفي بعض حالات النّوبات، وحتّى الوفاة. وقد حظي هذا المشروب بشعبية كبيرة. وكان لكلّ معالج أسلوبه في التعامل مع الآثار الجانبيّة، وكان يحرص على سرّيّة وصفته الخاصّة.

في مرحلة ما، تساءل المهتمّون عن ذلك العنصر النشط الذي يُكسب المشروب تأثيره العلاجي المرغوب. وتمكّنوا من خلال دراسة لحاء الصَّفصاف، ومقارنته بمُستخلصات من نبات الآس (**الشكل 3-7**) ونباتات أخرى لها أيضًا فوائد في تخفيف الألم، من العثور على عنصر مشترك. وتوصّلوا سنة **1829** إلى استخلاص جُزيء نشط من لحاء الصَّفصاف، يُسمّى **الساليسين Salicin**.

الشكل 3-7 الآس الأحمر.

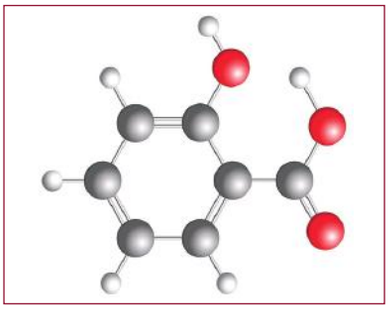
لحاء شجر الصّفصاف.

كان **الاستخلاص Extraction**، أي الحصول على تلك المركّبات الفاعلة من النباتات، مُكلفًا جدًّا، إضافة إلى وجود الكثير من الآثار الجانبية غير المستحبَّة وأخطرها هو أنها تصبح سامّة عند ارتفاع تركيزها. وبناء على ذلك، كان الحل لمشكلة ارتفاع تكلفة الساليسين (**الشكل 3-8**) وندرته، إنتاج **دواء تركيبيّ Synthetic drug** في المختبر، أي تصنيعه في أيّ مكان من العالم. وقد بذلت شركة ألمانية كثيرًا من الجهد لعزل المادّة الشافية من لحاء الصفصاف، وتصنيعها.



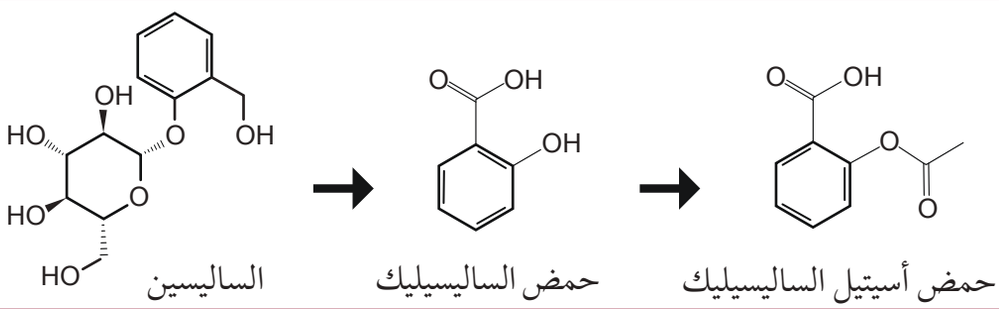
الشكل 3-8 الساليسين

إنتاج الأسبرين



الشكل 3-9 حمض الساليسيليك.

يجدر القول إن دراسة الساليسين، وكيفيّة ارتباطه بالمواد الكيميائيّة الأخرى، قد أتاحت للعلماء تحديد الموادّ الكيميائيّة الأساسيّة في هذا العلاج الشافي. ومع اكتشاف التركيب الجُزيئيّ له، تم التعرف على كيفيّة تفاعله مع الموادّ الكيميائيّة الأخرى، ما وفّر للعلماء طريقة لإنتاجه (**الشكل 3-9**).



الشكل 3-10 من الساليسين إلى حمض أسيتيل الساليسيليك (الأسبرين) (إثرائي).

سنة **1860**، وبعد سنوات من البحث، أمكن تصنيع الأسبرين بحالة نقيّة على شكل حمض **أسيتيل الساليسيليك Acetylsalicylic acid**، من دون استخدام النَّباتات (**الشكل 3-10**). وسنة **1899**، بدأت شركة باير الألمانيّة بإنتاج الأسبرين وبيعه. وبدأت عقب ذلك شركات أخرى بإعداد برامجها الخاصّة لتصنيع حمض أسيتيل الساليسيليك، لكنّ اسم العلامة التّجاريّة لباير، وهو الأسبرين، ظلَّ هو السّائد.

الشكل 3-11 أقراص الأسبرين.

يستخدم الأسبرين لتسكين الآلام، خفض درجة الحرارة، وتقليل أعراض التهاب المفاصل، كما أنه يساهم – إذا استخدم بكمية قليلة – بمنع تجلط الدم.

وكما لجميع الأدوية، فإنّ للأسبرين آثارًا جانبيّةً على النّاس كالطّفح الجلديّ، آلام المعدة، قرحة المعدة، النّعاس، والنّزيف الدّاخليّ (**الشكل 3-11**).

لا يزال هناك أشخاص يجادلون بأنّ العلاجات المنزليّة تتفوّق على الأدوية المُصنَّعة في المختبر. لكنَّ ثمة أمورًا كثيرة مرتبطة بالعلاجات المنزليّة، تحدّ من توافرها وفاعليتها. فموسم جفاف، أو حدوث فيضانات يمكن أن يقضيا على محصول كامل من الأعشاب المهمّة. ومن جهة أخرى، فإنّ لعمليّة إنتاج الأدوية المتعدّدة أسرارها المحمية بعناية؛ وهي، إذا لم تتّبع بدقّة، لا يكون الدَّواء فعّالًا من حيث طريقة التحضير والجرعة المناسبة. ناهيك بأن هناك كمّيّة محدودة من بعض الأعشاب، لا يتسنّى لكلّ شخص فرصة التّزوّد بها. هذه الأمور، وسواها، تجعل من المهمّ إنتاج الدَّواء صناعيًّا، لتلبية الطلب العالميّ عليه.

سموم الحيوانات

- تحمي كثير من الحيوانات نفسها، أو تصطاد، باستخدام **توكسينات Toxins** كيميائيّة. وهي سموم بيولوجيّة يعتبر سمّ الأفعى مثالًا عنها. وتكون، سموم الحيوانات، عادة، ببتيدات (بروتينات صغيرة) تؤثّر في الضحيّة بطريقة مُحدّدة. فالعناكب والعقارب، مثلًا، تشلّ الجهاز العصبيّ المركزيّ للحشرات. كما أنّ معظم سموم الأفاعي تستهدف الجهاز الدوري للفقاريّات.
- وقد جرى استخدام سمّ الحيوانات كدواء على امتداد التاريخ، رغم أنّ لديه سجلًّا حافلًا بالوفيات. فأيّ خطأ بسيط في تحضير دواء من السمّ تكون له عادة نتائج كارثيّة.

الشكل 3-16 العقرب الأصفر ذو العقلة والكلوروتوكسين.

- ومع تقدُّم الكيمياء الحيويّة تقدُّمًا حثيثًا في العصر الحديث، أصبح الاستخدام الطبيّ لسموم الحيوانات يشغل مساحة كبيرة من بحوث اليوم. على سبيل المثال، يحتوي العقرب الأصفر، ذو العقلة، أو عقرب أم درمان، ببتيدًا من **36** حمضًا أمينيًّا يسمّى الكلوروتوكسين **(الشكل 3-16)**. يفضّل هذا الجُزيء ربط نفسه بخلايا الدّماغ السّرطانيّة بدلًا من الخلايا السليمة. ويستطيع الجرّاح عن طريق تزويد التوكسين بمادة مشعّة (الفلورسنت)، أن يرى الخلايا السرطانيّة المحدّدة التي يجب إزالتها في أثناء الجراحة.
- وفي إطار البحث عن مسكنات للألم لا تسبب الإدمان فقد وجد أنّ سمّ العنكبوت يسبب الشلل، وهي تصطاد باستخدامه. وقد اكتشف الباحثون الذين يعملون من خلال مكتبة تضمّ أكثر من **600** نوع سمّ مختلفة أنّ عنكبوت الرّتيلاء الزرقاء العملاقة ذات الشّعر **(الشكل 3-17)**، التي تعيش في أمريكا الجنوبيّة، تحتوي على ببتيد محدّد جدًّا، يستهدف مُستقبلات الألم نفسها المُستهدفة من المسكنات. قد يتيح هذا السمّ مستقبلًا التوصّل إلى جرعات مُخفّفة أكثر من المسكنات، تُحقّق المستوى نفسه من تخفيف الألم، من دون أن تؤدّي إلى الإدمان.

الشكل 3-17 يُستخدم سمّ الرتيلاء للتخفيف من الألم المُزمِن.

b1-3 ورقة بحث

يعمل الطلاب في ثنائيّات، على اختيار دواء. ويبحثون في المشكلات الرّئيسة التي تواجه الحصول على ما يكفي منه في حالته النّقيّة، من مصادر طبيعيّة لتلبية الحاجة إليه.

a. اختر دواء مشتقًّا من مصدر طبيعيّ.

b. ابحث في تلك المواقع التي يمكن العثور فيها على المصدر الطَّبيعيّ، ومدى توافره.

c. حدّد كمّيّة المادّة الطَّبيعيّة المتاحة خلال فترة حصاد جيّد. سيساعدك ذلك على أن تكون المصادر المتاحة ثابتة.

d. ادرس العدد الإجمالي لتقارير الدواء الطبيعي التي تشير إلى علاج مرض ما؛ ستساعدك هذه الدراسة على تأمين المادّة من المصدر المطلوب.

e. يسهم توافر الكمية المطلوبة من المادة أو العرض والطّلب في تحديد ثمن الدواء. ابحث في ثمن تلك الأدوية، في حال اعتمادها مصادر نقية.

f. فكّر بتأثير تغيّر المُناخ على المصادر المتاحة.

g. ناقش مع زملائك تأثير عمليّات تصنيع هذه الأدوية، والمشكلات التي يجب العمل على حلّها.

عند إجراء البحوث العلميّة، من المهمّ استخدام مجموعة متنوّعة من المصادر تساعد على قراءة هذه البحوث بصورةٍ أوضح. ومع ذلك، عليك أن تدرك، وبخاصة عند إجراء بحث تاريخيّ، أنّ كثيرًا من المقالات التي تجدها، ترجع غالبًا إلى الوثائق أو البيانات الأصليّة نفسها. لذا، تجد أنّ كثيرًا من المصادر تتضمّن الشّيء نفسه.

انتبه أيضًا إلى أنّ كثيرًا ممّا يُنشر عبر الإنترنت متحيّز، أو أنّه يوجّه رسالة تضخّم الواقع وتقلبه لملاءمة رأي الجهة النّاشرة. يُفصِح مسوِّقو مُنتَج مُعيَّن، أشخاصًا أو شركات، عن النتائج الإيجابيّة، حتى وهم يعرفون تمامًا عن وجود نتائج سلبيّةً أيضًا. يمكنك تكوين رأي حقيقيّ فقط بعد إمعان النّظر في جانبيِ القضيّة، وبالاستناد إلى البيانات العلميّة.

تقويم الدرس 3-1

1. أيّ نبات كان أساس الأسبرين؟
   a. الصبّار.
   b. الرّيحان.
   c. الزّنجبيل.
   d. الصَّفصاف.
2. كم مضى على النّاس وهم يستخدمون الأدوية الطَّبيعيّة؟
   a. عشرات السّنين.
   b. مئات السّنين.
   c. آلاف السّنين.
   d. ملايين السّنين.
3. اشرح كيف ساعد السفر على التوسُّع في فهم الأدوية الطَّبيعيّة.
4. اكتب قائمة ببعض الأدوية الطَّبيعيّة التي لا تزال تُستخدم حتّى يومنا هذا، ثمّ أوضح كيف يُستخدم كلّ دواء.
5. اشرح كيف يتأثّر توافر الدواء الطَّبيعيّ بتغيُّرات المُناخ. كيف يمكن حلّ هذه المشكلة؟
6. اشرح كيف يتأثّر توافر الدواء الطَّبيعيّ بقطع الغابات المطيرة في أمريكا الجنوبيّة. كيف يمكن حلّ هذه المشكلة؟
7. حدّد بعض الأخطار المُحتملة لاستخدام الدواء الطَّبيعيّ.
8. فيم تفيد سموم الحيوانات في الطبّ الحديث؟
9. حدّد بعض الأخطار المُحتملة لسموم الحيوانات.
10. لِمَ يشكّك بعض النّاس في الأدوية المُصنَّعة؟

الدرس 3-2
الاستخلاص والتّركيب
Extraction and Synthesis

غالبًا ما يتيح تذوّق ملعقة صغيرة من الطّعام لرئيس الطّهاة معرفة التّوابل الّتي أضيفت إليه بدقّة. (**الشكل 3-18**). وأحيانًا تُجرى مسابقات بين الطهاة، حيث يُطهى مسبقًا عدد محدّد من البهارات والأعشاب معًا، ويُطلب إلى كل منهم تذوُّقها وتحديد مكوّناتها. يُعدّ هذا في بعض مدارس الطهو جزءًا من الاختبار النهائي للحصول على شهادة طاهٍ معتمد. ويتدرَّب الطهاة على ضبط أذواقهم للكشف عن أصغر أنواع التوابل التي يعرفونها في الطعام. إذا افترضنا أن شرابًا طبيًّا مكوّنٌ من مئات المُركّبات، فكيف نعرف أيّ منها هو المركّب الشافي؟

ونحن، على عكس الطاهي، لا نعرف مذاق ما نبحث عنه. لذلك عند تحليل أي شراب طبي، علينا فصل المواد الكيميائية التي يتكوّن منها. في هذا الدرس سنتعرف تقنيات لفصل المواد.

الشكل 3-18 رئيس الطهاة.

مخرجات التّعلُّم

GC1101.2 يفهم استخدام الكيمياء التوافقية في إنتاج القوائم السابقة للأدوية، وفي عملية تطوير الدواء.

المفردات

Distillation	تقطير
Desalination	تحلية
Crystallization	تبلور
Active ingredient	مكوّن نشط
Lead molecule	جزيء فاعل
Synthesis	تصنيع
Permutation	تبديل ممنهج
Algorithm	خوارزميات (حلول حسابية)
Combinatorial chemistry	كيمياء توافقيّة

استخدام الحرارة كتقنيّة استخلاص

- افترض أنك تدرس شاي الأعشاب الذي يقلّل من الصداع والالتهابات. فمن المهم أن تعرف ما إذا كان هذا الشّاي يجب أن يعدّ بطريقة ساخنة أو باردة. ذلك أن درجة الحرارة تؤثر تأثيرًا بالغًا في المواد الكيميائية المستخرجة من النباتات. فكّر في القهوة، على سبيل المثال:
- تُصنع القهوة تقليديًّا عن طريق حصاد حبوب البن وتحميصها وطحنها، ثم سكب الماء الساخن على مسحوقها، ويُستخلص مشروب القهوة إما بالترشيح، أو بالسماح لمسحوق القهوة بالترسب في قاع الوعاء. والمشروب الناتج هو مزيج من المواد الكيميائية، يحتوي على الكافيين وحمض الستريك وحمض الكلوروجينيك، فضلاً عن ثلاثين حمضًا آخرَ موجودًا في حبة القهوة.
- وهناك طريقة بديلة لإعداد مشروب القهوة، باستخدام الماء البارد. وتستغرق عملية التحضير نحو **24** ساعة، ولها مذاق مختلف تمامًا عن مذاق مشروب القهوة المحضَّر بالطريقة الساخنة. لماذا يا ترى؟
- يذيب الماء الساخن عددًا أكبر من المركبات الكيميائية المختلفة، مقارنة بالماء البارد. ويمكن لدرجة الحرارة أيضًا أن تغيّر تركيب بعض الجُزيئات أثناء تحضير مشروب القهوة.
- ولدى تحضير مشروب القهوة البارد، تُستخدم أجهزة تنقّط ببطء ماءً مثلّجًا على مسحوق القهوة، حيث يتجمّع المشروب في وعاء التّحضير (**الشكل 3-19**)؛ ثم تعمل المرشحات الدقيقة على فصل مسحوق القهوة عن الماء. يمكنك الحصول على المذاق نفسه، إذا وضعت مسحوق البن في وعاء من الماء البارد، وتركته يومًا واحدًا، ثم رشّحته بالطريقة الاعتيادية.

الشكل 3-19 أداة التخمير البارد.

تأثير درجة الحرارة على المركبات الكيميائية.

- عرف محضّرو الأدوية القديمة أن هناك حاجة إلى الحرارة لإزالة السموم عند إعداد بعض البقوليات. وكانوا يعلمون أن الحرارة تغيّر بعض المكوّنات في أنواع مختلفة من المشروبات الساخنة المحضَّرة من الأزهار. وكما نعلم فإن لدرجة الحرارة المرتفعة أو المتدنية دورًا مهمًّا في تحضير الكثير من الأدوية الطبيعية.
- ولعل أحد أسباب استخدام التحكُّم في درجة الحرارة، هو أن المُركّبات الكيميائية الموجودة في الزيوت تذوب ببطء في الماء البارد، وبسرعة في الماء الساخن. كما تسمح درجة الحرارة بتحديد نوع المواد الكيميائية التي تذوب في الماء. وعندما تكون هناك حاجة إلى استخلاص الزيوت الأساسية، تُستخدم درجة الحرارة المرتفعة. وإذا كانت الزيوت في النبات سامّة، يُستخدم الماء البارد لمنع ذوبانها.

a2-3 مشروب القهوة البارد مقابل مشروب القهوة الساخن

سؤال الاستقصاء	كيف تُغيِّر طريقة التحضير مذاق مشروب القهوة؟
الموادّ المطلوبة	مسحوق البن، ورق ترشيح، ماء مُقطَّر، جهاز تحضير القهوة، جهاز قياس الرقم الهيدروجيني.

التحكم في درجة الحرارة يمكننا من الحصول على مركبات محددة دون غيرها.
وفي هذا النشاط يتم تمثيل تحضير الأدوية الطبيعية من خلال تحضير عينتين من القهوة الباردة والساخنة حيث تختلف المكونات بتغير درجة الحرارة.

الخطوات

1. حضِّر إبريقًا من مشروب القهوة الساخن، ودعه يبرد، ثم اسكبه في وعاء زجاجي.
2. ضع الكمية نفسها من مسحوق البن الذي استخدمته من قبل في وعاء زجاجي. وعنون الوعاء «قهوة باردة» **(CB)**.
3. ضع كمية الماء نفسها المستخدمة في الخطوة رقم **1** في الوعاء الزجاجي.
4. رُجّ الوعاء، ودعْه راكدًا ليلةً واحدة.
5. رشِّح مشروب القهوة البارد، باستخدام نوع الفلتر نفسه المستخدم في الخطوة **1**. إذا كان المرشِّح ليس سهل الاستخدام، بإمكانك استبدال الفلتر ووضع ورق الترشيح في قمع وترشيح محتوى الوعاء.
6. سيكون لديك وعاءان من مشروب القهوة في الوقت نفسه على درجة الحرارة نفسها.
7. تفحَّص الوعاءين، ودوِّن ملاحظاتك. راقب سطح مشروب القهوة في كلٍّ منهما، وسجل أي اختلافات بينهما.
8. افحص الرقم الهيدروجيني للعيِّنتين.
9. صمّم اختبار تذوُّق لتُقارِن بين مشروبي القهوة، ودوِّن ملاحظاتك.

الأسئلة

a. ما أهمية أن تكون كلتا العيِّنتين على درجة الحرارة نفسها لدى فحصهما؟

b. عمَّ كنت تبحث عندما فحصت سطح كل عيّنة؟

c. هل لاحظت وجود اختلاف في الرقم الهيدروجيني لكل من الوعاءين؟ إذا وجِد اختلاف، فكّر في كيفية تغيير نكهة مشروب القهوة.

d. ما المُشكلات التي واجهتك، وأنت تحاول إعداد اختبار التذوق؟

e. لِمَ يضيف الناس السكَّر إلى القهوة؟

f. لِمَ يُشاع خلط الحليب، أو الكريمة، أو مبيض القهوة، بالقهوة؟

g. هل تؤثر طريقة استخلاص الدواء الطبيعي على كمية ونوع المواد الفعّالة في هذا المشروب؟ وضح بمثال.

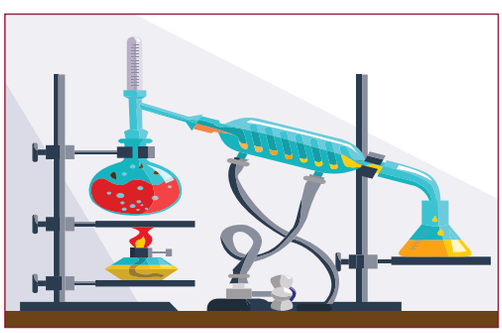
استخدام التبخُّر كتقنيّة استخلاص

عندما يُترك محلول ما معرَّضاً للهواء، يتبخَّر الماء ببطء. ولكن تحدث العملية نفسها على نحوٍ أسرع إذا عرّضته لدرجة حرارة مرتفعة. فالتبخُّر عملية مفيدة جدّاً لفصل مكونات المحاليل بطريقتين:

1. المركّبات التي لا تتبخَّر تتركَّز عند نقص الماء، تبقى على هيئة مادة صُلبة عندما يتبخَّر الماء تمامًا.

مثال: يستخلص الملح الصلب من ماء البحر عن طريق تبخيره في أحواض ضحلة معرَّضة لأشعة الشمس الحارقة؛ فيتبخر الماء، ويبقى الملح والأملاح المعدنية الأخرى فيها. وهكذا ينتج «ملح الطعام» الذي تشتريه من متجر البقالة.

2. بعض المركّبات تتبخّر أسرع من تبخّر الماء فيكون تركيزها في بخار الماء عاليًا، ولا سيما إذا استُخدمت درجة حرارة مرتفعة لذلك لا يمكن فصلها بعملية التبخر العادية ولكن يجب استخدام تقنيات أخرى مثل عملية التقطير. كذلك تستخدم عملية التقطير في حالة محلول من مادة صلبة وماء عندما نريد الحصول على الماء النقي وعدم تبخره. فمثلاً يصبح الماء المالح ماءً عذبًا صالحًا للشرب بعد تقطيره. وتُعرف هذه العملية بـ **التحلية Desalination**. والتحلية جزء مهم من أوجه البحث العلميّ، بسبب حاجة الإنسان إلى مياه عذبة للشرب. تستهلك تقنية التقطير الكثير من الطاقة سواء في التسخين أو التبريد. لذلك يستمر البحث عن تقنيات بديلة أخرى.



الشكل 3-20 عملية التقطير.

وفي عملية **التقطير Distillation**، تُسخَّن العيّنة بعناية. فالجُزيئات التي لها درجة غليان منخفضة تتبخَّر إلى غازات أسرع من الماء. يتمّ تبريد الغاز إلى سائل مرّةً أخرى، ويُجمّع. **(الشكل 3-20)**.

الشكل 3-21 محطة تحلية، رأس أبو فنطاس.

تمتلك دولة قطر موارد طبيعيّة قليلة من المياه العذبة لذا تعتمد على تحلية مياه البحر. في العام **2015**، تمّ افتتاح محطّة راس أبو فنطاس على بعد حوالى **10** Km جنوب الدّوحة. وتستطيع هذه المحطّة النّوعيّة العالية الكفاءة إنتاج ما يقارب **160,000 m^3** من المياه العذبة في اليوم من تحلية مياه البحر. هذه الكميّة كانت تمثِّل **10%** تقريبًا من كمية المياه التي كانت تنتجها دولة قطر في تلك الفترة. **(الشكل 3-21)**.

تقنية التبلْوُر

توجد معظم المعادن في الطبيعة على شكل بلّورات، يعتمد شكلها الهندسي على بنية الروابط الكيميائية بين ذرّاتها أو جُزيئاتها (**الشكل 3-22**). وبعض البلّورات ثمينة جدًّا إلى درجة أن بعض الناس، عبر التاريخ، اعتقدوا أن لها خصائص علاجية خاصّة.

الشكل 3-22 بلّورات الفلورايت والبيريت والكوارتز.

تكوِّن المُركَّبات المختلفة أنواعًا مختلفةً من البلّورات؛ لأن ترتيب الجُزيئات في البلورة دقيق جدًّا. وتنتمي جميع الجُزيئات في البلّورة إلى نوع الجُزيء نفسه المكوِّن لها. لذلك يُعدّ تكوين البلّورات واحدة من طرائق الحصول على عيّنة نقية جدًّا من المُركّب.

والتبلْوُر Crystallization تقنية تُشكَّل من خلالها بلّورات نقيّة، وذلك من خلال سائل يُبرَّد ببطء شديد، أو محلول يسمح له أن يتبخّر ببطء. وتقنية التّبلور هي الطريقة التي استُخرِج بها الساليسين للمرة الأولى من لحاء الصفصاف.

استُخلِص الساليسين أول مرة من سائل لحاء الصفصاف باستخدام التبلْوُر.

يحدث التبلْوُر لأنّه يوجد كميّة قصوى من أيّ مركّب يمكنها أن تذوب في كميّة محدّدة من الماء عند درجة حرارة معيّنة. فعلى سبيل المثال، تكون كمية **35.7 g** من ملح الطّعام أقصى كمِّية يمكن أن تذوب في لتر واحد من الماء، عند درجة حرارة **25°C**. فإذا أضفت المزيد من الملح، فلن يذوب، وسيبقى صُلبًا.

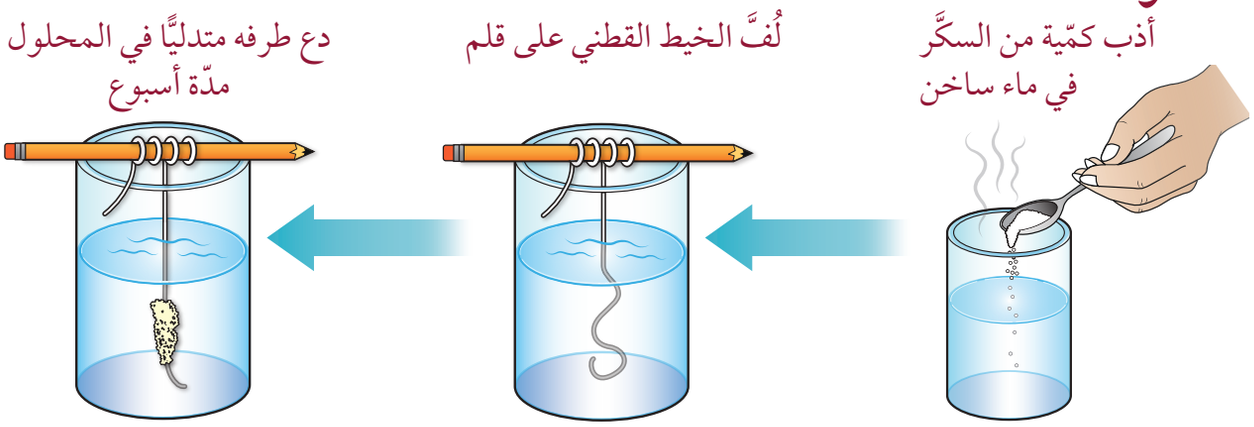
إذا قمت بتبخير الماء ببطء، تجد أن المحلول المتبقّي يحتوي على ملح أكثر مما يمكن أن يذوب فيه. ويكوِّن الملح الزائد في المحلول بلّورات عندما يصبح صُلبًا. ومع تبخُّر المزيد من الماء، يصبح الملح صُلبًا، وتتشكّل البلورات وتتضاعف وعندما يتبخّر الماء تمامًا، تبقى بلوّرات الملح الصلبة.

ويُعد تكوين البلورات وسيلة ناجحة للحصول على المواد الفعالة بدرجة النقاوة العالية اللازمة لصناعة الدواء.

b2-3 تشكيل البلّورات

سؤال الاستقصاء	كيف يمكن تشكيل بلّورات سُكّر؟
الموادّ المطلوبة	سكّر، ماء، وعاء زجاجي، خيط قطني، قلم

الخطوات



1. أذب أكبر كمّية من السكَّر في ماء ساخن، مع استمرار التحريك. تحصل على نتائج أفضل عند تسخين المحلول على نار هادئة على ألّا يصل إلى درجة الغليان. استمرّ في التحريك، حتى لا يعود بالإمكان إذابة المزيد من السكَّر، أو حتى يصبح المحلول شفافًا ومُشبعًا.
2. دعِ المحلول حتى يبرد.
3. صبَّ المحلول في وعاء زجاجي نظيف، مع التأكد من عدم إضافة أي كمّية من السكَّر الصُّلب إلى الوعاء.
4. لفَّ الخيط القطني على شكل دائري حيث يتم وضع حبيبات سكر على الخيط كي تكون بمثابة البذور البلّورية.
5. ضع الخيط المتدلّي برفق في الوعاء، على أن يكون مُعلّقًا في المحلول.
6. ضع الوعاء في مكان بارد بعيدًا عن ضوء الشمس، وراقبه لمدة أسبوع أو أكثر.

الأسئلة

a. ما فائدة لفّ الخيط وغمره بالسكَّر؟
b. لمَ يجب أن يكون المزيج ساخنًا، ثم يجب أن يبرد قبل وضع الخيط فيه؟
c. لمَ يستغرق تشكُّل البلّورات أسبوعًا أو أكثر، لكي تصبح كبيرة الحجم؟
d. ماذا يحدث إذا أضفت ملوّن الطعام إلى الماء في بداية التجربة؟
e. ما أهمية تقنية التبلور في صناعة الأدوية؟

تصنيع المركّبات الكيميائيّة

الماء H_2O مركب كيميائي ضروري للحياة. لكن، عندما يتّحد عُنصرا الأكسجين والهيدروجين معًا لتكوين المُركَّب الكيميائي بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2، يصبح عندئذٍ مُركّبًا سامًّا. يتضح من ذلك أن خصائص المُركّب تعتمد على عدد الذرات و كيفية ترابطها معًا ممّا يشكّل تحدّيًا خلال **تصنيع المركّبات الكيميائيّة Synthesis**. وهذا التّصنيع هو عملية تجميع للذرّات المُكوّنة لجُزيء مُعيَّن. يحتوي جُزيء الساليسين، مثلًا، على **3** عناصر كيميائيّة تكوّنه وفق ترتيب نوعيّ وكمّيّ محدّد بدقّة.

- **الدواء المُصنّع Synthetic drug** جُزيء تُجمَع كل عناصره في مختبرات الكيمياء، خارج جسم الكائن الحي كالنّبات مثلًا. وجُزيء المُنتَج النهائي هو نفسه الموجود في الدّواء الطّبيعيّ، وله التأثير نفسه. والفرق الوحيد يكمن في كيفية تكوّن الجُزيء.

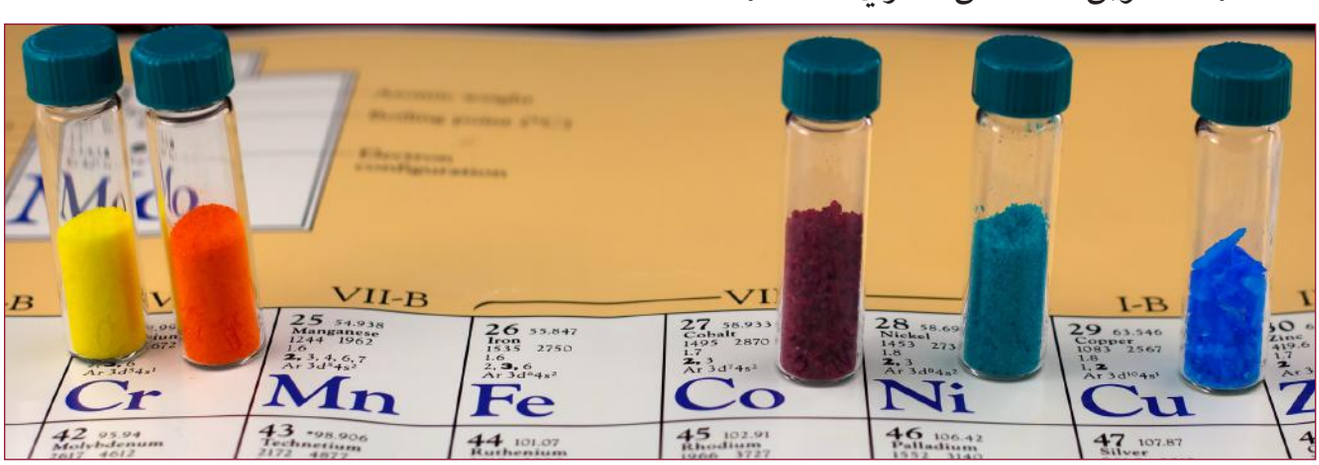
كان لمادة الساليسين المصنّعة العديد من المضاعفات. وقد مرّ **50** عامًا على استخدام الأسبرين قبل أن يعرف العلماء كيف يخفّف الأسبرين من الألم. حتى أنهم لم يعرفوا أي جزء من الجسم، هو الذي يتأثّر به.

يوضح (**الشكل 3-23**) بعض مُعدّات الكيمياء المستخدمة في الوقت الذي صُنِّع فيه الساليسين أوّل مرّة. قد تتوافر آلاف الطرائق المختلفة لتفاعل مجموعة معيّنة من المواد الكيميائية، وآلاف النتائج المختلفة.

الشكل 3-23 مختبر بحث كيمياء قديم.

خطوات عملية تصنيع الأدوية:

- الخطوة الأولى في عمليّة التّصنيع: هي تحديد التركيب الدقيق للجُزيء الذي تحاول صنعه.
- الخطوة الثانية تحتاج الى البحث عن مجموعة من التفاعُلات الكيميائية التي تشمل العناصر التي تحتاج إليها (**الشكل 3-24**).
- الخطوة الثالثة البحث عن عملية تجميع التفاعلات معًا بالترتيب الصحيح، في الظروف الصحيحة نفسها، لتكوين نسخة من الجُزيء المستهدف.



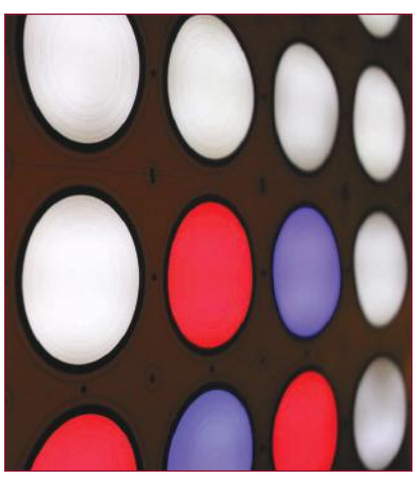
الشكل 3-24 تتحد العناصر الأساسية لتكوين الجزيئات.

التّوليف بين العوامل المختلفة لتصنيع دواء جديد

فكّر في البحث عن **المُكوِّن النشط Active ingredient**، الذي يُسمّى «**الجُزيء الفاعل Lead molecule**» أو «المُركّب الفاعل»، الذي يُستخدَم في تصنيع دواء جديد، علمًا أن **التوليفات combinations** الممكنة لا حصر لها عمليًّا. هل التوليف يخص جزيئًا واحدًا أم مزيجًا من الجُزيئات؟ بمجرد أن تدرك ما تحاول تكوينه، عليك البحث في إجراءات تجميع الجُزيء النهائي، وأن تفكّر في العوامل التي تؤثر في تصنيع الدواء مثل: درجة الحرارة و اضافة حمض و التبخير.

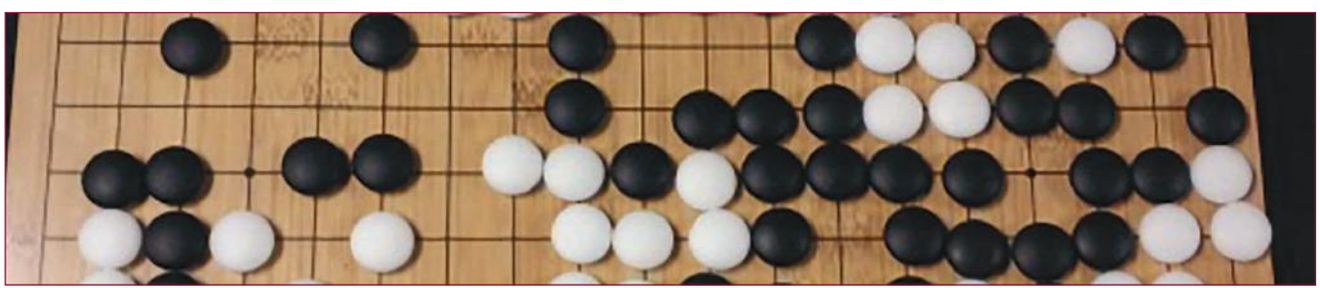
يُعدّ استخدام تجربة المحاولة والخطأ أسلوبًا شائعًا. فإذا قمت، مثلاً، بتسخين مُركَّب، ثم مزجه بحمض، ثم تبريده، ثم تبخيره، تحصل على شيء شبيه تمامًا بما كنت تبحث عنه. ويمكنك إلغاء بعض الخطوات وتقديم خطوة على أخرى، كلما اقتربت من المُركّب الذي تحاول تكوينه. ويمكنك تعديل درجة الحرارة، والزمن، ونوع الحمض. وبناء على ذلك ينتج الكثير من التركيبات المختلفة.

فكّر في عدد الطرائق التي يمكنك من خلالها الجمع بين أربعة متغيّرات فقط وترتيبها. مثلاً: ما عدد الطرائق التي يمكنك من خلالها ترتيب نقطتي ألوان مختلفتين في أربع فتحات مختلفة في صف أفقي واحد (**الشكل 3-25**)؟. عندما تستخدم الأحمر والأزرق، مثلاً، قد تبدأ من دون استخدام للنّقاط، ثم تستخدم أحمر وأزرق، ثم أحمر وأزرق وأحمر. ويبدو هذا أنه توالٍ بسيط في الاستخدام. وهناك تقنيات ممنهجة أخرى قد تستخدمها. والاختلاف في هذا النظام البسيط هو أساس لعبة جو (**Go**) الشّائعة. (**الشكل 3-26**).



الشكل 3-25 لونان في أربع فتحات.

على الرغم من أن لعبة **Go** قد تبدو لعبة بسيطة، فإنها تحتوي، كما حُسب على $10^{170} \times 2$ حركة ممكنة.



الشكل 3-26 تحتوي لعبة **GO** على $10^{170} \times 2$ حركة ممكنة.

ما التقنية التي يستخدمها العلماء في محاولة عزل الجُزيء الفاعل؟ حتّى وإن كان هذا مذهلًا لك. فقد يجرِّب العلماء كل تقنية منها مرات كثيرة جداً حتى يحصلوا على التركيب الصحيح للجُزيء الفاعل. وهذا ما يُسمّى «**الكيمياء التوافقيّة Combinatorial chemistry**». وربّما استغرق ذلك وقتًا طويلًا جدًّا.

التبديل الممنهج

التبديل هو إحدى الطرائق المحدَّدة لترتيب الأشياء، عند توافر طرائق عديدة ممكنة لترتيبها وهي الخطوة الأساس في الكيمياء التوافقية.

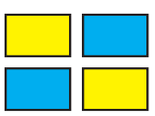
هناك طريقة لحساب عدد الاحتمالات المتاحة لأي نظام محدَّد تعرفه، على النحو الآتي:

1. عدد المتغيِّرات.
2. القيم المحتملة لكل متغيِّر.

ابدأ بتجريب ذلك. واستخدم الألوان مع الأعداد، ليكون أكثر جذبًا. **1** أصفر، **2** أزرق، **3** أحمر، **4** أخضر.

• فكِّر في عدد الطرائق التي يمكنك من خلالها الجمع بين عددين (**1** و **2**) بالتسلسل.

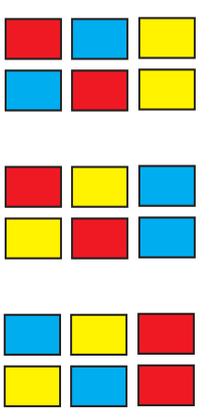
هناك نوعان من التبديل الممكن: **1، 2** و **2، 1**.



الشكل 3-27 تبديل ترتيب عددَيْن.

• فكِّر الآن في ثلاثة أعداد: **1** و **2** و **3**.

1، 2، 3 2، 3، 1 3، 1، 2 1، 3، 2 2، 1، 3 3، 2، 1



الشكل 3-28 تبديل ترتيب ثلاثة أعداد. يوضح تجميع الرقم الأول النمط البارز في الشكل. لاحظ أن أول مستطيلين من كل صف لهما اللون نفسه.

1. إذا وضعت العدد الأول، فسيبقى لك اثنان من الأعداد المتبقية.
2. لقد تمّ التّوضيح سابقًا أنّ هناك نوعين من التّبديل الممكن لترتيب عددين.
3. لكل عدد دور في أن يكون في الفتحة الأولى، ممّا يعني وجود نوعين من التبديل للعددين المتبقيين.
4. يجب عليك القيام بهذا ثلاث مرّات.
5. يجب أن يكون مجموع عدد محاولات التبديل مكوَّنًا من ثلاثة أعداد **3** × **2** أو **6**.

c2-3 خوارزميّة التبديل (الحلول الحسابيّة)

سؤال الاستقصاء	ما عدد المحاولات التي يتطلّبها تخمين نمط مكوّن من أربع نقاط؟
الموادّ المطلوبة	أربعة أقلام تخطيط ملوّنة.

الخطوات

?	?	?	?

1. يعتمد المعلّم بطريقة خفيّة أربعة ألوان مختلفة بترتيب محدّد. ولدواعي التبسيط ستستخدم الألوان مرّة واحدة فقط من دون تكرار.
2. حاول أن تخمّن الترتيب الصحيح للألوان، مثال:
3. سيعلمك المعلّم إذا ما كانت إجابتك صحيحة.
4. إذا لم تكن إجابتك صحيحة، حاول أن تخمّن مجدّدًا حتّى تجد الإجابة الصحيحة. مثال:
5. حاول أن تطوّر طريقة ممنهجة لترتيب الألوان لتضمن عدم إهمالك لأيّ احتمال.
6. انتبه للتخمينات الّتي يعطيها الطلاب الآخرون، لتجنُّب تكرار الإجابات غير الصحيحة.
7. دوّن عدد التخمينات غير الصحيحة التي أعطيتها قبل الوصول إلى الإجابة الصحيحة.

الأسئلة

a. كم مضى من الوقت حتى تبيّن أن استخدام الأسلوب الممنهج هو الأفضل في تقديم الحلول؟

b. إلى أي مدى سيكون الأمر أكثر صعوبة، إذا استُخدم في الإجابة اللون نفسه أكثر من مرة؟

c. كيف تحدِّد العدد الإجمالي للتراكيب التوافقية الممكنة؟

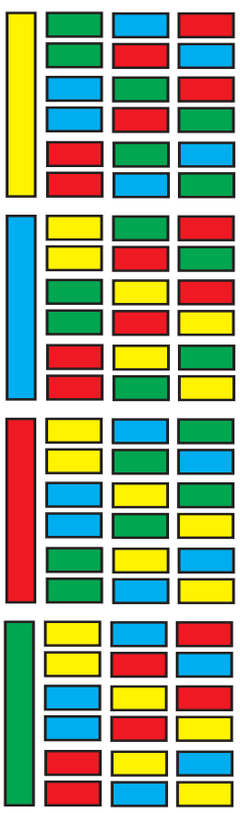
d. هل هناك طريقة يمكن أن تقلِّص عدد التخمينات؟ ماذا لو أخبرك المعلم باللون الأول؟ هل كان ذلك سيساعدك ؟

تُمثِّل هذه اللعبة تجربة غير محدّدة الاتجاه. خطوات تركيبها غامضة بشكل مقصود. يناقش المعلم هذه التقنية، باستخدام العصف الذهني.

d2-3 الخوارزميات

الخوارزمية Algorithm مجموعة من الخطوات أو العمليات الحسابية التي تستخدم في حل مشكلة.

افترض أنك احتجت إلى جمع أربعة متغيّرات مختلفة، مستخدمًا كل متغيّر مرة واحدة فقط. بناءً على الطريقة التي طُوِّرت في (**الشكل 3-28**)، يمكنك التوسُّع في النمط، لتصل إلى نظام يتكوّن من أربعة أعداد.



1. إذا كان لديك أربعة أعداد ووضعت العدد الأول، فسيبقى لديك ثلاثة أعداد فقط.
2. لقد أظهرت أن هناك **6** احتمالات للتّبديل فقط من ثلاثة أعداد يمكن تكوينها.
3. يجب أن تكرِّر ما قمت به أربع مرّات باستخدام كل من الأعداد على أنها العدد الأول، وترك الأعداد الثلاثة الأخرى لترتيبها لاحقًا.
4. مجموع احتمالات التّبديل المكوّنة من أربعة أعداد يجب أن يكون **4 × 6**، أو **24**.

   وهي أيضًا تساوي مضروب الرقم **4! = 4 × 3 × 2 × 1 = 24**

   اكتب خوارزمية تخبرك بإجمالي عدد احتمالات التّبديل الممكنة، إذا استُخدم **11** عددًا.

استخدم إكسل **Excel**، أو طريقة رياضية أخرى، لتشغيل الخوارزمية التي كتبتها. إذا قمت بذلك على الوجه الصحيح، فيجب أن تكون قادرًا على تخمين عدد المتغيِّرات الأوّلية، ونتيجة استعمال أي متغيّر.

مثال: (**الجدول 3-29**).

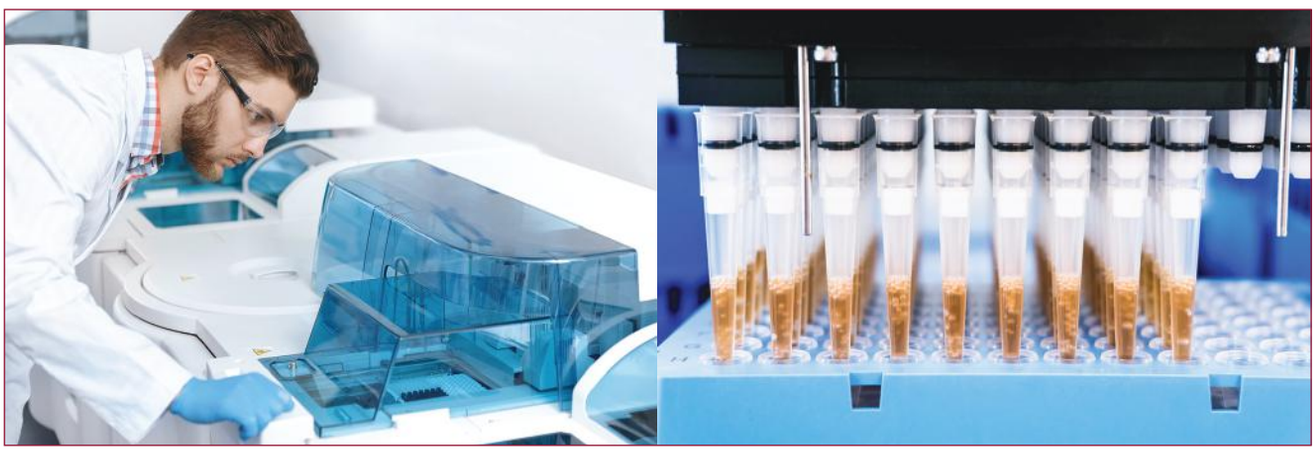
هذا الجدول شبيه بما يتطلبه تقدير عدد المركّبات اللّازمة للمرحلة الأولية من عملية اكتشاف الدواء، وكيف يمكن الاستمرار فيها.

الجدول 3-29 نتائج الخوارزمية.

1	1
2	2
3	6
4	24
5	120
6	720
7	5040
8	40320
9	362880
10	3628800

الكيمياء التوافقية

هي تقنيّة عمليّة (مخبريّة) تتضمّن آلاف التجارب العمليّة ويمكن من خلالها تكوين آلاف المركّبات واختبار نشاطها البيولوجيّ. يشبه هذا الأمر إلى حدٍّ بعيد لعبة الشطرنج، حيث يمكنك القيام بتحريك إحدى قطع الشطرنج، ومعرفة ما سيحدث؛ وتبعًا لذلك، تُخطِّط للحركة اللاحقة.



الشكل 3-30 مختبر للبحوث الحديثة يستخدم الروبوتات وأجهزة الحاسوب.

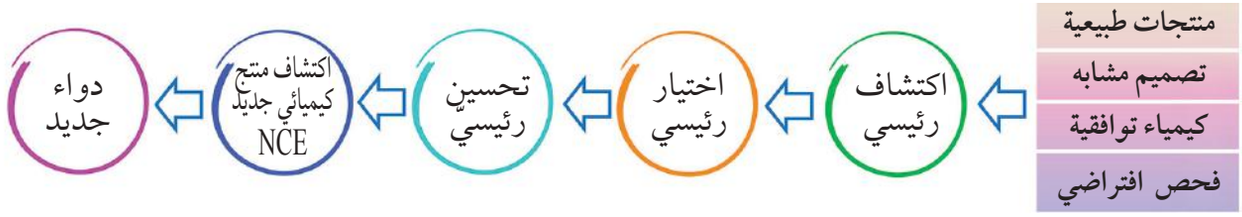
يُعرف هذا بالكيمياء التوافقية، وتبدأ كل محاولة بالطريقة نفسها:

1. الجمع بين عيّنات صغيرة من كل عنصر.
2. استخدام طرائق مختلفة تؤدّي إلى حدوث تفاعل بين تلك العناصر، مثل تغيير درجة الحرارة أو الذوبان مع الحمض، أو المذيبات، أو الرج.
3. تطبيق هذه النتائج على البكتيريا المستهدفة، وتوفير مدّة زمنية للتفاعل.
4. ملاحظة كل محاولة بعناية. إذا بدا أنها تؤثر في البكتيريا، فهي تساعد على تحديد المرحلة التالية من الاختبار، وحتّى لو لم يكن هناك أي تفاعل. فقد يتمّ إثبات أهميّة هذه الملاحظات.
5. الاحتفاظ بسجلّات دقيقة وتصنيفها وتعبئتها، لاستخدامها مستقبلاً. وهذا يوفر سجلًّا من التفاعلات التي يمكن استخدامها في المستقبل.
6. يبدأ الباحثون بالمحاولة مرة تلو الأخرى.

يُستخدَم سجلّ التفاعلات ليُستخلَص منه أن عليك فقط أن تبدأ التجربة في كل مرة من بدايتها. وغالبًا ما تستغرق هذه العملية سنوات، قبل أن تسفر عن نتائج لها مردود ماديّ. وقد طُوِّر العديد من الأدوية الجديدة وغير المتوقَّعة بهذا الأسلوب.

تستخدم مختبرات البحوث الحديثة روبوتات وأجهزة حاسوب، لإجراء العديد من التجارب سريعًا وفي الوقت نفسه. ويمكن، باستخدام هذه التقنيات، إجراء ملايين الاختبارات المختلفة (**الشكل 3-30**).

عملية اكتشاف دواء جديد



e2-3 الكيمياء التوافقية

سؤال الاستقصاء	كيف تساعد الكيمياء التوافقية على إنتاج الأدوية؟
الموادّ المطلوبة	شريط فيديو.

الخطوات

1. شاهد فيديو **Youtube** عن الكيمياء التوافقية. يمكن مشاهدة الشريط المصوّر الّذي أنتجته الجمعيّة الملكيّة للكيمياء في نوفمبر من العام **2012** مع استخدام برنامج التّرجمة الفوريّة المسموعة أو المكتوبة إلى اللّغة العربيّة.

   تعتمد الأسئلة الآتية على مشاهدة هذا الفيديو.

الأسئلة

a. ما عدد المُركّبات الموجودة وغير المناسبة، مقابِل كل مُركَّب يجري تسويقه؟

b. ما جزء الخلية الذي ترتبط به جُزيئات الدواء؟

c. يمكن إنتاج **96** نوعًا من إسترات مختلفة فقط من _____ أحماض الكربوكسيل و _____ الكحول.

d. كم من الوقت يستغرق إجراء تجربة في الكيمياء التوافقية؟

e. أي نوع من الكيمياء يستخدم الخرز المصنوع من صمغ البوليسترين؟

f. كيف تُحرَّر النواتج من الخرز في نهاية سلسلة التفاعلات؟

g. ما الاسم الذي يُطلَق على المركّب الّذي يمكن أن يكون هو المنشود أثناء التجربة؟

h. بمجرد العثور على المركّب المنشود باستخدام الكيمياء التوافقية، يستخدم التّكوين الموازي لتحديد هذا المركّب أكثر. ماذا يُسمّى هذا الإجراء؟

i. كم من الوقت يستغرق اكتشاف عقّار، وتحويله إلى دواء حتّى وإن استخدم الحاسوب؟

j. سؤال لا يتعلق بمشاهدتك هذا الفيديو: حدِّد الخط الزمني لإنتاج وتسويق الأسبرين.

تقويم الدرس 3-2

1. ماذا يحدث عندما تتعرّض مادة لدرجة حرارة مرتفعة؟
   a. تنخفض درجة حرارتها
   b. تصبح حركة جُزيئاتها أسرع
   c. تصبح حركة جُزيئاتها أبطأ
   d. تتحوّل من سائل إلى مادة صُلبة
2. ما الهدف الأساسي من عملية التقطير؟
   a. تكوُّن البلورات
   b. تحوّل الغاز إلى سائل
   c. خلط المواد الصلبة لتكوين المركّبات
   d. فصل المواد بعضها عن بعض، بالاعتماد على اختلاف درجة الغليان.
3. ما الخطوة التي تصف عمليّة التبخّر؟
   a. تكوُّن البلورات
   b. تحوُّل السائل إلى غاز
   c. تحوُّل المادة الصلبة إلى سائل
   d. تركيب جُزيئيّ لديه طاقة أقل
4. ما المقصود بمصطلح «المُركَّب الفاعل» أو «الجُزيء الفاعل»؟
5. a. اكتب قائمة ببعض المشكلات المرتبطة بتصنيع الدواء.
   b. فسِّر كيف تحلّ الكيمياء التوافقية تلك المشكلات.
6. فسِّر كيف يمكن لسجلّ التفاعلات أن يساعد الباحث.
7. عدِّد احتمالات التبديل باستخدام خمسة متغيِّرات مختلفة.

الخوارزميّ 780 م – 850 م

يرجع اسم الخوارزميّة إلى ترجمة لاتينيّة لكتاب وضعه الخوارزمي (**الشكل 3-52**)، أوضح فيه حلّ المسائل باستخدام أنماط متكرّرة من الحسابات. ومع استناد أجهزة الكومبيوتر إلى هذا المبدأ في عملها، بات، في كثير من الأحيان، يُنسب إليه الفضل كونه (أبا أجهزة الكمبيوتر). كان من السهل على الخوارزميّ فهم الكيمياء التّوافقيّة لأنّها عمليّة، وتعتمد النّمطيّة على حدّ سواء.

الشكل 3-52 الخوارزميّ

قد يعود سرّ نجاح الخوارزميّ في الرّياضيات إلى قدرته على رؤية الأرقام المجرّدة بصفتها أجسامًا ملموسة. في الوقت نفسه الذي وُلِدَ فيه الخوارزميّ، أصبح هارون الرّشيد خامس خليفة في عهد الخلافة العباسيّة، وسعى إلى جلب المعارف نحو بغداد، عاصمة العالم العربيّ آنذاك. وبعد وفاته سنة **809**م، خلفه ابنه الأصغر الخليفة المأمون، الذي تابع رعايته للتّعليم، وأسّس أكاديميّة سُمِّيت بيت الحكمة، دُرِّست فيها النّصوص اليونانيّة وسواها، وتُرجمت إلى اللغة العربيّة.

في هذا الإطار، تمّت رعاية الخوارزميّ بوصفه باحثًا في بيت الحكمة، حيث عمل في الترجمة، والدراسة، والكتابة عن الجبر، والهندسة والفلك. وكان كتابه «حساب الجبر والمقابلة» الأساس لوجود كلمة الجبر. وتحوّلت براهينه الهندسيّة إلى حقل مستقلّ في الرّياضيات. ومن الواضح أنّه رأى الرياضيّات وسيلةً لحلّ المشكلات العمليّة التي كانت في صدر اهتمام الدّولة الإسلاميّة في ذلك الوقت.

وقد كتب بكلماته الخاصّة: «... الحساب هو الأكثر سهولة وفائدة؛ إذ إنّه مفيد في قضايا الميراث، والتقسيم، والدعاوى القضائيّة، والتجارة، وفي قياس الأراضي، وحفر القنوات، والحسابات الهندسيّة، وأشياء أخرى من مختلف الأنواع والأنماط».

الوحدة 3

مراجعة الوحدة

الدرس 3-1 الدَّواء الطّبيعيّ

- **الساليسين Salicin**: هو الجُزيء الفاعل في لحاء الصّفصاف.
- **حمض أسيتيل الساليسيلك Acetylsalicylic acid** الجُزيء المكوّن مخبريًّا والمشابه للسّاليسين.
- **الاستخلاص Extraction** الفصل إلى أجزاء كيميائيّة مختلفة.
- **دواء مُصنَّع Synthetic drug** استخدام عناصر أساسيّة لتكوين الجُزيئات مخبريًّا.
- **التوكسينات Toxins** موادّ كيميائيّة قاتلة، تنتجها حيوانات، وكائنات حيّة دقيقة.
- **السموم Venoms** مواد تفرزها الحيوانات، وتحتوي على مادة قاتلة أو أكثر وتلحق الضرر بالحيوانات الأخرى.

الدرس 3-2 الاستخلاص والتّركيب

- **تحلية المياه Desalination** عملية يمكن من خلالها إزالة الملح من مياه البحر بالتقطير.
- **الجزيء الفاعل Lead molecule** الجزيء الأكثر فاعلية، الذي يؤدي النتيجة المطلوبة خلال عملية تكوين منتج كيميائي ما.
- **التّصنيع Synthesis** الجمع بين الموادّ الكيميائيّة بطرائق مختلفة.
- **التبديل Permutation** طريقة لترتيب الأشياء، وبخاصّة عندما تكون هناك طرائق أخرى.
- **الخوارزميّة Algorithm** مجموعة من الخطوات أو الحسابات الّتي ستحلّ مشكلة ما.
- **الكيمياء التّوافقيّة Combinatorial chemistry** عمليّة الجمع بين متغيّرات مختلفة وصولًا إلى الدَّواء المُستهدَف.

تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدد:

1. لِمَ تُعدّ النَّباتاتُ مصدرَ كثير من الأدوية الطّبيعيّة؟

a. تأخذ النَّباتات الطّاقة من الشّمس.

b. شهدت النَّباتات تطوُّر الكثير من الدّفاعات الكيميائيّة الحيويّة في داخلها.

c. أنواع النَّباتات أكثر من أنواع الحيوانات.

d. مقارنة مع الحيوانات، تبدو الكيمياء الحيويّة للنّباتات مبسَّطة أكثر.

2. ما النبات الذي يفيد في تخفيف الألم مثل الصَّفصاف؟

a. الميرمية
c. القرفة
b. الزعتر
d. الزنجبيل

3. ما الرّمز المُستخدم على سيّارات الإسعاف وفي المنظّمات الصّحيّة؟

a. قَسَم أبقراط.
c. البوصلة الطبّيّة.
b. عصا أسكليبيوس.
d. عصا هرمس.

4. ما أفضل مثال على التكوين الكيميائي؟

a. تجميع عناصر بسيطة لتكوين بلّورة.

b. تجميع عناصر بسيطة لتكوين جُزيء فاعل.

c. تجميع جُزيئات فاعلة لتكوين جُزيء جديد.

d. تجميع مُركبّات طبيعيّة لتكوين عناصر بسيطة.

5. أيّ ممّا يأتي هو التّرتيب الصّحيح الّذي يمثّل تكوين الأسبرين؟

a. الساليسين، حمض الساليسيليك، حمض أسيتيل الساليسيليك.

b. حمض الساليسيليك، حمض أسيتيل الساليسيليك، الساليسين.

c. الساليسين، حمض أسيتيل الساليسيليك، حمض الساليسيليك.

d. حمض الساليسيليك، الساليسين، حمض أسيتيل الساليسيليك.

6. إذا كان هناك تبديل لمتغيّر واحد، وتبديلان لمتغيّرين، فما عدد التباديل لثلاثة متغيّرات؟

a. ثلاثة
c. خمسة
b. أربعة
d. ستّة

7. كيف يُصنّع الدَّواء مخبريًّا؟

a. من نباتات نادرة.
b. من توكسينات نادرة.
c. باستخدام عمليّات غير بيولوجيّة.
d. عن طريق تجربة احتمالات تبديل تقنيّات المختبر جميعها.

8. ما الذي يحدّد الشكل الفريد للبلّورة؟

a. لها خصائص خاصّة للشّفاء.
b. درجة الحرارة الدّقيقة التي تتشكّل عندها.
c. تركيز المحلول الذي تتضاعف فيه.
d. البنية المترابطة للذرّات، أو الجُزيئات المكوّنة.

9. لِمَ تعدّ طريقة تحضير دواء طبيعيّ مهمة لتحديد كيفيّة عمله؟

a. لأن درجة الحرارة المرتفعة تجعل طعم الأشياء أفضل.
b. لضرورة استخدام درجة الحرارة المرتفعة في تحضير العلاجات دائمًا.
c. لأن درجة الحرارة المرتفعة تُدمِّر المكوّنات لحماية أسرار المهنة.
d. لأن درجة الحرارة تغيّر طريقة التفاعل بين المُكوّنات.

الدرس 3-1 الدَّواء الطّبيعيّ

10. ماذا تعني عبارة فاعل بيولوجيًّا؟

11. ما الدَّواء الطّبيعيّ الذي كان يسبّب النّوبات؟

12. الفورسكولين مكمّل طبيعيّ يُباع للتنحيف، على الرّغم من أنّ الدّراسات لم تُثبت فاعليّته. كيف يمكن أن تعالج مشكلة الأفراد الّذين يشترون أدوية غير فعّالة؟

13. لِمَ تكون النَّباتات السّامّة مكانًا جيّدًا للبحث فيه عن الأدوية الطّبيعيّة؟

14. لِمَ من الممكن أن يحتوي مختبر البحوث على **600** من التوكسينات السامّة المختلفة؟

15. ما الغرض من الاستخلاص؟

الدرس 3-2 الاستخلاص والتّركيب

16. ما نوع التقنيات المُستخدمة في تكوين الجُزيئات؟

17. ما عدد احتمالات التّبديل لخمسة متغيّرات؟

18. ما التقنية التي استُخدمت في النّهاية لاستخلاص الساليسين؟

19. ما استخدامات سجلّ التفاعلات؟

20. ما هي الخوارزميّة؟

21. عند التبخُّر إلى أيّة حالةٍ سيتغيّر السّائل؟

22. ما اسم العمليّة التي تزيل الملح من الماء بالتقطير؟

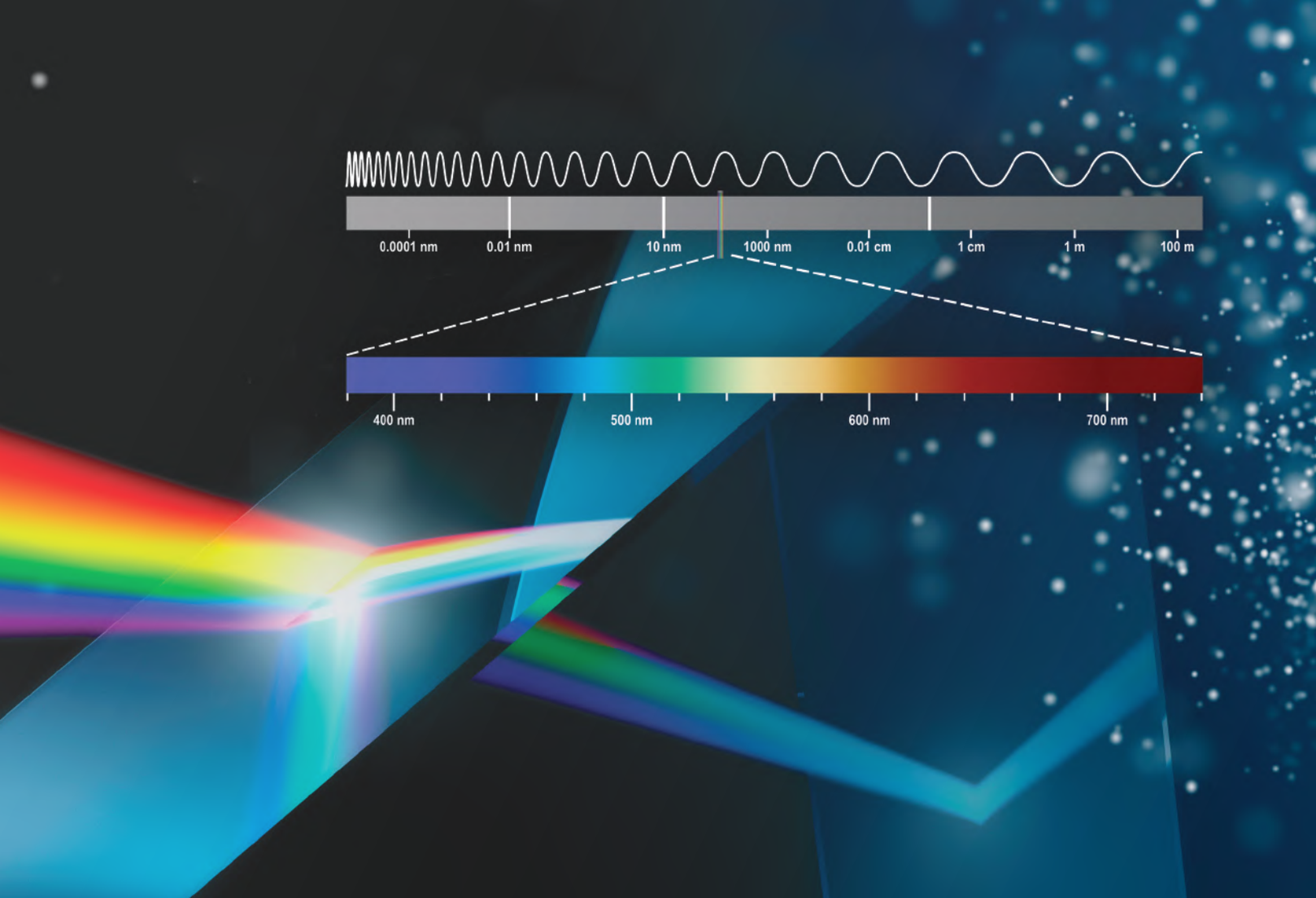
23. ما تفسير الشكل الهندسيّ للبلوّرات؟

24. ما الكيمياء التّوافقيّة؟

25. ما شروط تشكُّل البلّورات؟

26. كيف تدخل الاملاح المعدنية إلى النباتات؟

27. إذا كان هناك لونان فقط في لعبة لوحة المربّعات غو **Go**، كيف يُمكن أن يكون هناك الكثير من احتمالات التبديل؟



الوحدة 4

التحليل

Analysis

في هذه الوحدة

GC1103

- **الدرس 4-1:** الحاجة إلى التحليل وتوقيته.

4 الوحدة

مقدّمة الوحدة

نحن نعيش بسلام ونعلم أن العالم من حولنا بمعظمه آمنٌ وصحّي. ونحن على ثقة بأن المباني التي نقطنها والسيارات التي نقودها، والهواء الذي نتنَّفسه أيضًا كلّها آمنة وصحيّة. فإذا كنا على مقربة من حادث ما، نعلم أن الشرطة تحفظ حقوقنا، ولن نُتَّهم زورًا.

كل ذلك لن يتحقَّق من دون دراسة صناعة كاملة مكرّسة لكل جانب من جوانب تلك الأهداف ومن دون تخطيط مسبق لها. فوراء الكواليس يوجد قسم خاص يهتم بالدراسات العلمية هدفه التأمين على صحّتنا وسلامتنا، من وضع كاشفات الدخان في المباني، إلى التحليل المعمَّق وصولًا إلى إجراء الاختبارات على الطعام والماء. فقبل تشييد أي مبنى، أو تصميم سيارة، تجري معاينة المكان والتصميم مرّات عدّة، لضمان التنفيذ المناسب والمطابق للمعايير الإنسانية التي تضمن سلامته . يخضع موقع الحادث لمعاينة الفنيين المدربين تدريباً خاصاً حيث يفحصون كل دليل للتأكد من فهم الأسباب ومحاسبة المسؤولين عن الحادث. وذلك من خلال التحليل وباستخدام الأدوات المناسبة. فالتحليل هو العملية العلمية للتحقيق والتقصّي.

الأنشطة والتجارب

- 1-4(a) اختبار نوعية طعم الماء
- 1-4(b) ورقة بحثية
- 1-4(c) لغز السمك الميت

الدّرس 4-1
الحاجة إلى التحليل وتوقيته
Need and timing of Analysis

تخيّل أنك لاحظت وجود سائل أخضر في الممر، حيث كانت سيارتك متوقّفة (**الشكل 4-1**). هل ستسأل على الفور «ما هذا؟» هذا جزء من التحليل، أي السؤال عن هوية المادة غير المعروفة وعن سبب وجودها يعتبر جزءًا من التحليل. إذا كانت لديك معرفة بالسيارات، يمكنك أن تخمِّن أن السائل هو مبرّد المُحرِّك. فقد وضع الملوِّن الأخضر في السائل المبرِّد لهذا الغرض فقط. ولكن ماذا لو أردت أن تعرف بالضبط ما هو؟ والأهم من ذلك، كيف وصل إلى ذاك المكان؟

التحليل هو علم اختبار الطعام والماء والهواء، والقضايا الجنائية وأماكن السكن، وأي شيء تُنفَّذ فيه الاختبارات العلمية لتحديد شيء ما غير معروف. يجري باستمرار تحليل الطعام والماء والهواء، لضمان السلامة.

ويكون عامل الوقت مهمًّا جدًّا في تحليل نتائج أي اختبار؛ يتطلب استجابة سريعة من أجهزة الكشف والتفسير السريع للبيانات التي تصدر آليًا. يستكشف هذا الدرس تقنيات التحليل، وكيف تستخدم للحفاظ على سلامتك وصحّتك، كذلك بعض تحديات التحاليل التي يكون عامل الوقت فيها مهمًّا جدًّا.

الشكل 4-1 تسرّب سائل تحت السيّارة.

مخرجات التّعلُّم

GC1103.1 يُوضح أهمية تحليل عينات من المواد الغذائية أثناء الانتاج بسرعة وبتكلفة منخفضة لمراقبة الجودة.

GC1103.2 يتعرّف إلى أهمية علم الطب الشرعي في نطاق واسع من المجالات.

GC1103.3 يشرح صعوبات تحليل عيّنة في مجال الطب الجنائي.

المفردات

دليل	Indicator
الفحص المستهدف	Targeted screening
علم الطب الشرعي	Forensic science
أدلة	Evidence
بصمات كامنة	Latent finger prints
غراء سريع/ سيانوأكريلات	Cyanoacrylate
أخصائي علم الأمراض الشرعي (الطبيب الشرعي)	Forensic pathologist
اختبار كاستل ماير	Kastle-Meyer Test
تسلسل الحمض النووي	Sequencing of DNA
القياسات الحيوية	Biometrics
مقياس التّأكسج	Oximeter
أجهزة الاستشعار الكيميائية البصرية	Optical chemical sensors

التحليل والرصاص

- أحد أهم استخدامات التحليل هي الكشف عن المواد الضّارة في البيئة. ومن الأمثلة على المواد الضّارة الشائعة هو طلاء الرصاص. لسنوات عديدة تم إضافة مركّبات الرصاص إلى الطلاء. وقد أنتجت مركّبات الرصاص ألواناً ناصعة البياض، وألوانًا زاهية أخرى؛ وجعلت الطلاء أكثر مقاومة لعوامل الطقس وتقلّباته، وأسرع جفافًا ، والأفضل في تغطية الأسطح. ومع ذلك، عُرِف منذ القرن السادس عشر أن الرصاص سام، فهو مضرّ للغاية بالأطفال الذين يمضغون الأشياء وقد يأكلون قشرة الطلاء (**الشكل 4-2**). حظّرت معظم الدول بيع الطلاء الذي يحتوي على الرصاص، لحماية الصحة العامة لكن، لسوء الحظ، لا تزال بعض الدول تستخدمه، لأنه أرخص البدائل ثمنًا.
- يشكّل التسمم بالطلاء الذي يحتوي على رصاص مصدر قلق كبير في المنازل القديمة، وعند هدمها وبناء منازل جديدة. إذا كانت التمديدات الصحية للمنزل قديمة؛ فالرصاص يمكن أن يلوِّث الماء. تتشارك قطر مع منظّمة الصّحة العالمية بهدف الحدّ من تعرّض العمّال للرصاص، وهو هدف خاص في الاستراتيجية الصحّيّة الوطنية للدولة.

الشكل 4-2 تقشير الطلاء.

- هناك مجموعة من «الأدلّة» تكشف حتى عن الكّميات الصغيرة من الرصاص، وما شابه ذلك من ملوّثات المعادن الثقيلة. **فالدليل Indicator** هو المادّة التي يتغيّر لونها، إذا تعرّضت إلى الحّد الأدنى من تركيز مادة ما. هناك كثير من الأدلة المتاحة لاختبار الرصاص في الطلاء بطريقة مشابهة لاستخدام مقياس الرقم الهيدروجيني pH meter لفحص نوعية الماء في خزّان الأسماك، أو حوض السباحة (**الشكل 4-3**).

الشكل 4-3 اختبارات نشطة للبروم، والكلور، والرقم الهيدروجيني. يضاف الدليل إلى العينة، أو يكون على الشريط الذي يوضع في العينة.

التحليل النشط هو حاجة لتقصّي وجود الرصاص وسواه من الملوِّثات في المنزل أو في الماء. هناك اجراءات خاصّة لجمع عيّنة، والقيام بتنفيذ الخطوات اللازمة لاختبار كل مُلوِّث.

تتضمن هذه التقنيات إضافة قطرات من الدليل إلى عيّنات من الماء، أو باستخدام شريط من الورق معالج بمادة الدليل، ووضعه في الماء. تدل مقارنة تغيير اللون مع مخطط قياسي على تركيز المادة المستهدفة.

تحليل نوعية الماء

يُشكِّل تحليل نوعية الماء مصدر قلق كبير في جميع البلدان. وتُعدُ دولة قطر من الدول التي تعاني كثيرًا من عدم توافر الماء العذب.

فبالنظر إلى قلّة المصادر الطبيعية لماء الشرب، تعتمد الدولة على تحلية مياه البحر، لتلبية احتياجاتها المتزايدة.

تتمثّل التحلية في عملية التبخير أولاً، ثم التكثيف، للحصول على الماء النقي. وهذا يضمن أن تكون نوعية الماء عالية الجودة. غير أن مشكلة جودة الماء في دولة قطر تظهر خلال تخزينه. وتتمّ عمليّات ترشيح مكثّفة وتحليل لعيّنات من الماء باستمرار، للحفاظ على الجودة العالية المتوقَّعة.

تتجاوز نوعية الماء في دولة قطر معايير منظمة الصحة العالمية. ويشكِّل مختبر نوعية المياه في كهرماء (المؤسسة العّامة القطرية للكهرباء والماء) واحدًا من 200 مختبر غير تجاري مرخَّص له عالميًّا، لاستخدام شعار A2LA.

يختلف مذاق المياه النقيّة عن مذاق أي مياه سواها.

تشكِّل المُلوّثات في الماء مصدر قلق كبير في مختلف أنحاء العالم. لذلك يجري اللجوء إلى اختبارات تحليل الماء التي تختبر عـادةً نسبة وجود البكتيريا وكميات الهيدروكربونات، والرصاص، والزرنيخ، فضلاً عن تحديد قيمة الرقم الهيدروجيني، والبحث عن أي مشكلات أخرى مُحتملة. يُعدّ تلوّث المياه الجوفية مشكلة خطيرة في كثير من البلدان. وفي حين أن تنقية المياه ضرورية لضمان أنها آمنة للشرب؛ فإن دولة قطر تفيض فيها التنقية عن الحاجة **(الشكل 4-4)**.

الشكل 4-4 النظام المستخدم في العديد من المنازل لتنقية الماء.

نحن بحاجة إلى تعويض المعادن التي لا تتواجد في المياه المحلاة.

على الرغم من أن المياه المحلّاة في دولة قطر نقيّة، إلا أنها نقيّة أكثر من اللّازم. ذلك أن أجسامنا تحتاج إلى البوتاسيوم والمغنيسيوم لتعمل بشكل صحيح. وقد يؤدّي نقص تلك المعادن في ماء الشرب إلى زيادة خطر الإصابة بالسمنة وارتفاع ضغط الدم. من المهم التأكّد من إعتماد نظام غذائي يوفر تلك المعادن من مصادر أخرى.

a1-4 اختبار نوعية طعم الماء

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك أن تميّز طعم المياه بحسب مصادرها؟
الموادّ المطلوبة	مياه من مصادر مختلفة، وإذا كانت معبّأة في زجاجات، فيجب أن تكون من علامات تجارية مختلفة، أكواب، مقياس الرقم الهيدروجيني، مؤشّرات أخرى.

الخطوات

1. حدّد طالبًا واحدًا ليكون الباحث. وسوف يقوم بتحديد مصادر مختلفة للمياه بعناية ويسكب كميات متساوية في أكواب مرقَّمة. تأكّد من الاحتفاظ بسجلّ دقيق لمصدر المياه في كل كوب، وإجراء ذلك بعيدًا عن أنظار الطلاب.
2. سوف يتذوّق كل طالب قليلاً من الماء من كل كوب من الأكواب المرقمة، ويسجِّل انطباعه. رتّب طعم كل عيّنة على مقياس من 1 إلى 10، 10 هو الأفضل.
3. قِس الرقم الهيدروجيني في كل كوب، باستخدام مقياس الرقم الهيدروجيني وسجّل القيم.
4. في حال توافر أي مؤشرات أخرى، قم بإجراء تلك الاختبارات على المياه.
5. قم بجدْوَلة البيانات الناتجة من الصف.
6. اكشف عن مصدر كل عيّنة من العيّنات.

الأسئلة

a. هل كان هناك اختيار وحيد مفضّل في اختبار التذوُّق؟

b. هل فوجئت بالنتائج؟ لمَ؟

c. باستخدام المؤشِّرات المتاحة، هل كنت قادرًا على اكتشاف الاختلاف بين العيّنات؟

d. إلى أي مدى تعتقد أن «العلامة التجارية» الملصقة على الزجاجة تؤثِّر في موقفك من محتوياتها؟

e. يتزايد الاهتمام بالتلوث البلاستيكي عبر العالم. ابحث عن بدائل لاستخدام العبوات البلاستيكية للمياه والمشروبات الأخرى. شارك النتائج التي حصلت عليها مع زملائك في الصف.

التحليل في صناعة الطعام

- يتطلب إنتاج الطعام خطوات كثيرة من زراعة وتسميد وحصاد وتعبئة وشحن وتحضير، ثم استهلاك. توفر كل خطوة من الخطوات فرصة لتواجد الملوِّثات التي يمكن أن تكون مضرة. تفتخر العديد من المزارع وشركات الطعام بصرامة عملية التفتيش والتحليل، انطلاقًا من المزرعة وصولًا الى مائدة المستهلك. ومع ذلك، فإن تفشّي التلوُّث الغذائي قائم.
- من الاختبارات الشائعة للتلوُّث البكتيري أن توضع عيّنة من الطعام على الأجار agar في طبق بتري داخل غرفة دافئة. سوف تنمو البكتيريا الموجودة في الطعام وتتكاثر على الأجار. يمكن تحديد هذه البكتيريا وحساب تركيزها في الطعام. قد يستغرق الاختبار أيامًا أو أسابيع، بحسب العيّنة التي يجرى اختبارها (**الشكل 4-5**).

الشكل 4-5 اختبار E.coli.

- غير أن بعض الاختبارات الغذائية لا يمكن أن تنتظر التحليل البكتيري الكامل. لذلك جاءت تقنية **الفحص المستهدف Targeted screening** لتختبر ملوثّات معينة، تكون عادة موجودة في الطعام.
- يُعطي الفحص المستهدف نتائج أسرع، لأن الطرق ومعدّات التحليل مصمّمتان للبحث عن أشياء محدّدة، مثل وجود الإي كولاي في الخضراوات النيئة. غير أن سلبيات هذا الفحص تكمن في وجود ملوِّثات أخرى إضافة إلى الملوث المستهدف في الاختبار، ولا يجري اكتشافها. لهذا السبب غالباً ما يستكمل الفحص المستهدف على فترات زمنية أطول من خلال تحليل أكثر شمولية.

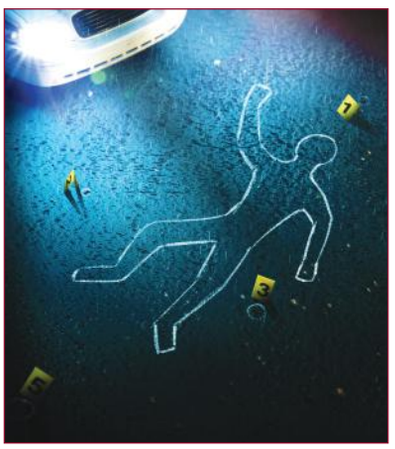
الشكل 4-6 اختبار وجود بكتيريا خاصة في الدجاج، والبيض، ولحم البقر.

يجري مثلاً الفحص المستهدف لعيّنات الفواكه والخضراوات للبحث فقط عن آثار المبيدات الحشرية فيها. وتُحلَّل منتجات اللحوم للبحث عن المضادات الحيوية أو البكتيريا. ذلك أن البكتيريا تنتج مخلفات فريدة لكل مسبِّبات الأمراض؛ ويستهدف التحليل جُزيئات تلك المخلفات. أما تحليل الدواجن والمأكولات البحرية فيستهدف الملوثّات الشائعة التي من ضمنها بكتيريا السالمونيلا (**الشكل 4-6**).

التحليل في تنفيذ القانون

عندما تظهر الشرطة في موقع جريمة أو حادث، فغالبًا ما يكون هناك أدلة على ما حدث. يجري تدريب الأفراد المُكلفين تنفيذ القانون على قراءة تلك الأدلة وتحديد سبب الحادث، وفي وجود طرف مذنب، أو لا. يستخدم المصطلح **علم الطب الشرعي Forensic science** لوصف أساليب التحليل العلمي المستخدمة في معالجة جريمة ما وحلها.

إذا عُثِر على جثة، أو ارتُكبَت جريمة قتل، سوف يستدعى **طبيب شرعي Forensic pathologist** إلى موقع الجريمة. حيث تكمن مسؤوليته في تحديد سبب الوفاة، وجمع أي دليل قد يتوفّر على الجسم. تتمثّل الخطوة الأولى التي يقوم بها المحقق في موقع الجريمة (CSI) في التقاط صور للمشهد بأكمله وخاصّة وضعية الجسم **(الشكل 4-7)**. هذه البيانات مهمة للطبيب الشرعي.



الشكل 4-7 يتم تسجيل موضع الجسم.

يُدرَّب الطبيب الشرعي على تحديد وقت الوفاة من خلال معرفة التغيُّرات التي تظهر على الجسم، عندما يتوقّف القلب عن ضخ الدم، لذلك هذا التحليل يجب أن ينجز بسرعة.

غالبًا ما يحدِّد الطبيب الشرعي إن كان ثمة حاجة إلى تشريح الجثة لتحديد السبب الدقيق للوفاة. **(الشكل 4-8)**.

الشكل 4-8 طاولة تشريح الجثة.

يتم تشريح الجثة بكل احترام للمتوفّى، وبنفس العناية والرعاية التي اتبعت في جمع الأشكال الأخرى للأدلة.

تابع : التحليل في تنفيذ القانون

عند وقوع حادث سير، قد تكون الأدلة واضحة، ويكون هناك شهود عيان على الحادث أو كاميرا مراقبة التقطت وقائع الحادث . يشمل تحليل الحادث العثور على شهود عيان أو على أدلة رقمية كتصوير فيديو للحادث. يظهر التحليل في بعض الحالات **أدلة Evidence** يمكن أن تستخدم في القضية لدى المحكمة القانونية.

الهدف الأول من تحليل الطب الشرعي يكمن في جمع الأدلة التي تسمح للمحقِّق بتحديد ما حدث بالفعل. ويجري في معظم الحالات جمع قطع مختلفة من الأدلة (**الشكل 4-9**). هذا الأمر الذي يسمح للمحقق باستبعاد بعض السيناريوهات الممكنة، ودعم أخرى.

كل دليل في مسرح الجريمة هو قطعة من اللغز.

بعض الأمثلة على الأدلة في مسرح جريمة ما:

1. يمكن لقياس علامات الانزلاق التي خلّفها إطار أن يشير إلى سرعة السيارة قبل الاصطدام.
2. يمكن أن تكون نافذة مكسورة دلالة على الدخول القسري. العثور على الزجاج المكسور خارج المنزل يدل على أمر ما، في حين أن العثور عليه في الداخل يعني أمرًا آخر.
3. يمكن للدم المتناثر على الزجاج المكسور أن يكون ببساطة من شخص جرح نفسه أثناء التنظيف، أو من مجرم محتمل.
4. قد تكون بصمات الأصابع داخل المنزل لمالك المنزل، أو لسارق.

الشكل 4-9 كل دليل في مسرح الجريمة هو قطعة من قطع اللغز التي توضع معًا في قاعة المحكمة لإثبات الذنب أو البراءة.

تحليل مسرح الجريمة

تخيّل أنك مُحقِّق في موقع الجريمة، crime scene investigator (CSI)، وجرى استدعاؤك لتحقِّق مع واحد من المشتبه بهم. فأنت من أفراد الشرطة المُدرّبين تدريبًا خاصًّا على جمع الأدلّة. وتعلم أنّ الأدلة يمكن أن تزول بسرعة. لذلك يكون عامل الوقت مهمًّا على الدوام.

يجب عليك تحديد جميع الأدلة المادية وتصنيفها وجمعها والحفاظ عليها، وترتيبها لإجراء التحليل اللازم والمتقدم. كما يجب توخّي الحذر الشديد للحفاظ على مسرح الجريمة (**الشكل 4-10**). قد تكون الأدّلة مهمة في القضية، ولكن كيفية جمعها، تكتسب الأهمية نفسها، التي يكتسبها توفير الدليل على إثبات التهمة، أو البراءة.

الشكل 4-10 يتطلب جمع الأدلة في مسرح الجريمة العديد من الخطوات.

هناك معايير لجمع الأدلة يتبعها جميع موظفي CSI وهي كالتالي:

- وضع أدلة الحمض النووي في كيس ورقي. ذلك أنه قد يتحلّل، إذا وضع في أكياس بلاستيكية.
- تعبئة عيّنات الشعر المتناثرة في مناطق مختلفة بشكل منفصل ويفضل وضعها في أكياس ورقية.
- يمكن أيضًا تعبئة الخيوط، ورقائق الطلاء والأدوات بالبلاستيك.
- تخزين الأدلة في حاويات من المعدن المحكم الإغلاق، في حالة الاشتباه في حدوث حريق مُتعمد.
- وضع الهواتف المحمولة في أكياس واقية تمنع مرور الإشارات الكهرومغناطيسية لتجنُّب الوصول إليها عن بعد، لئلّا تحذف الأدّلة المُحتملة.
- توضع الأدلة الحادة والمميتة في حاويات خاصّة مُصمَّمة خصيصًا لهذا الغرض.
- فهرسة كل شيء بعناية، ووضع الأدلة الصغيرة في أكياس كبيرة نسبيًّا لئلّا تضيع.

ذلك أن وقوع أي خطأ في هذه العملية، قد يستخدمه محامي الدفاع خلال مرافعته ليثبت بأن مسرح الجريمة لم يعالج بشكل صحيح، وأن جميع الأدّلة التي جمعت لا تصلُح كأدلّة في المحكمة.

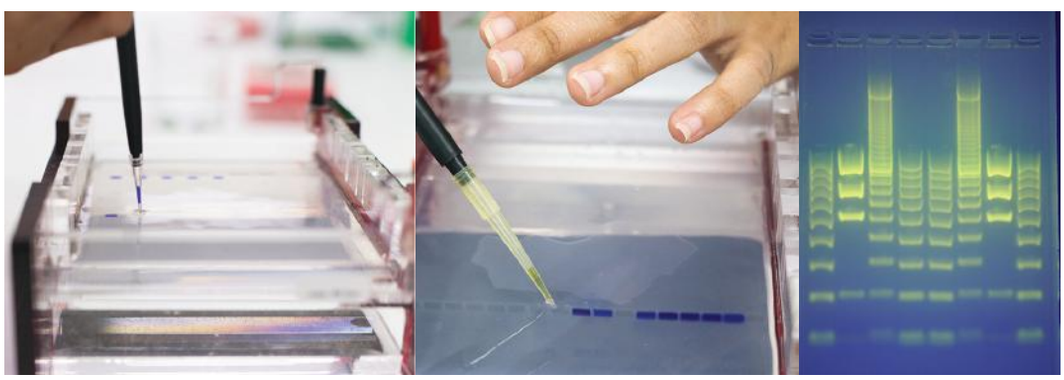
الكشف عن الدم وتحليل DNA

الشكل 4-11 مسح العينة.

عندما يجد المُحققون شيئاً ما قد يكون دماً، ينفذون عليه اختبارًا سريعًا في مسرح الجريمة.

اختبار كاستل ماير (Kastle-Meyer Test): يجري مسح عيّنة على رأس قطعة قطن. يُضاف إليها الفينولفثالين (Phenolphthalein) كدليل (Indicator) ثم تُضاف قطرة ماء الأكسجين (بيروكسيد الهيدروجين). وفي حال وجود الدم في العيّنة، سوف يتفاعل المُركَّبين لتحويل الفينولفثالين (عديم اللون) إلى اللون الوردي الفاتح. يعمل الهيموجلوبين كعامل حفاز، مُسبِّباً التفاعل بين بيروكسيد الهيدروجين والفينولفثالين، مما يجعله يتحوّل إلى اللون الوردي.

تختلف بنية DNA بين شخص وآخر، أما هيكل DNA، فهو الترتيب الدقيق لثلاثة مليارات زوج من النيوكليوتيدات الأربع، والنيوكليوتيد يتكون من مجموعة الفوسفات والسكر والقواعد النيتروجينية، ويرمز للقواعد النيتروجينية الأربع (A ، G ، T ، C)، المختلفة ويكون هذا الهيكل لفرد محدد، إلا في حالة التوائم المتطابقة. إذا جرى العثور على DNA الخاص بشخص ما في مسرح الجريمة، فيحتمل جداً أنه كان في ذلك الموقع. يقسم اختبار DNA الجزيء العملاق إلى أجزاء أصغر، ثم يجري تحميل العينة التي نتجت في الحفر الصغيرة في طبقة من الجل. الشكل (**12-4**). توضع الأقطاب الكهربائية على أحد أطراف الجل، ثم يشغل التيار الكهربائي الذي يؤدي إلى تحريك DNA عبر الجل وفصل القطع إلى حزم مختلفة.



الشكل 4-12 مادة جل مع جيوب لوضع عيّنة DNA، ثم توضع داخل حقل كهربائي. تنفصل أجزاء من الجينات إلى خطوط.

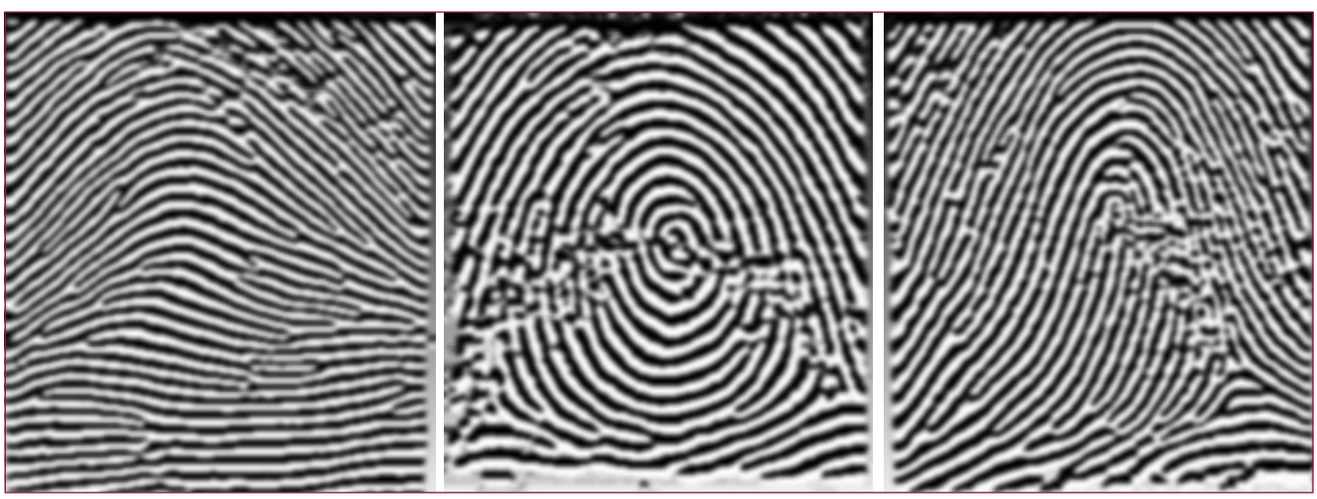
كل شخص لديه DNA فريد من نوعه، وتوزيع حزمات DNA يختلف من شخص إلى آخر على غرار البصمة. عندما يصف الناس «بصمة DNA» يتحدثون عن نمط الحزم التي ينتجها التشريد الكهربائي وهي تقنية فصل DNA.

بصمات الأصابع

تُعدّ بصمة الإصبع واحدة من أقدم تقنيات التحليل الجنائي. فقد استخدمت بابل القديمة الطين لتحديد الخطوط في بصمات الأصابع منذ 4000 سنة. وكانت بصمات الأصابع جزءاً من التحقيقات في مسرح الجريمة الحديث لأكثر من 100 سنة.

البصمة عبارة عن نمط فريد من الخطوط الدقيقة على شكل أقواس أو دوائر أو عقد موجودة على أطراف أصابعك وكل إصبع من كلتا اليدين والقدمين تحتوي على تلك الخطوط. حتى التوائم المتطابقة تتباين في بصمة الإصبع. يمكن لخبير مُدرّب في قراءة بصمات الأصابع أن يثبت بسرعة أن الشخص كان في مسرح الجريمة من بصمات أصابع تركت على الأسطح، مثل مقابض الأبواب وأسطح الطاولات.

هناك تسعة أنماط مختلفة لبصمات الأصابع؛ ولكنها تندرج في ثلاثة أنماط عامة. لدى حوالي 5% من السكان بصمة من نمط القوس (**الشكل 4-13**)، ولدى 30% منهم بصمة من نمط الزهرة (**الشكل 4-14**)، ولدى 65% منهم بصمة من نمط الحلقة (**الشكل 4-15**).



الشكل 4-13 القوس

الشكل 4-14 الزهرة

الشكل 4-15 الحلقة

الشكل 4-16 غراء سريع/ سيانوأكريلات.

بصمات الأصابع الكامنة Latent fingerprints هي آثار زيتيّة غير مرئية مصدرها جلد أيّ شخصٍ لمس السطح بيده. يمكن لبصمات الأصابع الكامنة أن تُرى من خلال غبار المواد الكيميائية. وهناك تقنية شائعة تستخدم بخار **السيانوأكريلات cyanoacrylate** لإنتاج بصمة دائمة بسرعة. كما أن تسخين بضع قطرات من الغراء الفائق (سوبر جلو) (**الشكل 4-16**) داخل كيس من البلاستيك سوف يكشف عن أي بصمات أصابع على أي شيء يوضع في الكيس. يحمل أفراد الشرطة الأكياس والغراء الفائق، لاستخدام هذه التقنية الجنائية بسرعة.

تحليل الطب الشرعي

يُطبَّق علم الطب الشرعي عندما نريد تصوّر كيفيّة حدوث حوادث سابقة من خلال الأدلّة الموجودة حاليًّا. ويندرج، ضمن الأمثلة على ذلك تحديد السبب وتسلسل الأحداث في حادثة وقعت في مصنع ما. حيث يجري حرق الأدّلة المُحتملة أو دفنها تحت الأنقاض.

الشكل 4-17 تشيرنوبيل.

شهد مفاعل تشيرنوبيل النووي في أوكرانيا (**الشكل 4-17**) انفجارًا وحريقًا في أبريل 1986. خلص **مهندسو الطب الشرعي Forensic engineers** إلى أن التصميم الخاطئ، والأخطاء الجسيمة التي ارتكبها العاملون، وضعف ثقافة السلامة، كانت كلها مسؤولة عن إطلاق قدر كبير من النشاط الإشعاعي.

وحلّت كارثة فوكوشيما النووية عام 2011، نتيجة لزلزال التسونامي، مع أن أنظمة السّلامة مصمّمة لإغلاق المُفاعلات فورًا. لكن، لسوء الحظ، دمّر التسونامي الأنظمة كلها باستثناء واحد من المولّدات الاحتياطية اللازمة للحفاظ على تبريد قلب المفاعل. وقرّر التحليل الشرعي أن سوء فهم الأولويات كان أحد العوامل المساهمة في الكارثة. وقد جرى طلب المولّدات الاحتياطية في كل مكان ولكن كان ينبغي أن يكون للمفاعل النووي أولوية قصوى. يساعدنا تحليل الطب الشرعي على أن «نتعلّم من أخطائنا». فقد أسفر وقوع حادثة فوكوشيما، عن مراجعة العديد من إجراءات السّلامة، وإصلاح ما بها من خلل؛ الأمر الذي عاد بالفائدة على منشآت نووية أخرى، لئلّا تتكرر مثل هذه الحادثة.

لا يطبَّق علم الطب الشرعي كلّيًّا في مكان الحادث حيث هناك إجراءات أخرى يتم تنفيذها في المختبرات.

الفنان الشرعي Forensic artist هو فنان بصري ماهر، أو نحّات، يحاول إعادة تشكيل صورة من رواية شهود العيان. باستخدام مبادىء التشريح الأساسية، يمكن للخبير إعادة تشكيل وجه من جمجمة فقط.

التحليل الطبّي

عندما يزور الطبيب مريضًا، يحتاج إلى بعض المعلومات السريعة عن الاختبارات الأساسية. يوضح **الشكل 4-18** بعض الاختبارات الشائعة، بما في ذلك قياس الوزن، ودرجة الحرارة وضغط الدم ومعدّل ضربات القلب، ومستوى الأكسجين في الدم. هذا النوع من الفحوصات، الذي يوفّر البيانات المادية باسم القياسات الحيوية.تُستخدم القياسات الحيوية معظم الأوقات لأنها تساعد الطبيب في التركيز على الأسباب المحتملة للمرض.

الشكل 4-18 تقنيات سريعة للتحليل الحيوي.

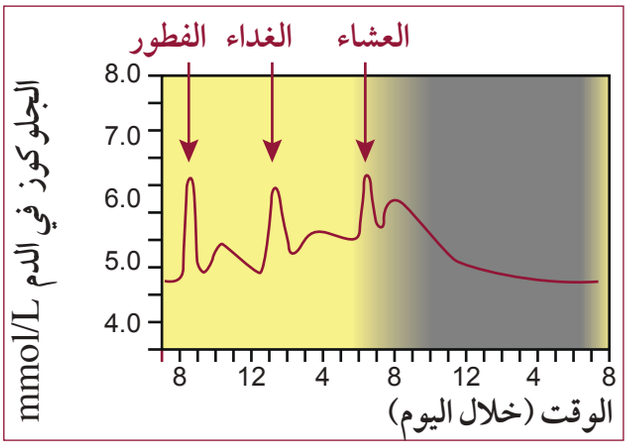
1. **الوزن :** أول قياس حيوي، أو بيومتري، يؤخذ في كل زيارة هو **الوزن**. فعلى الطبيب أن يتتبّع مؤشر كتلة الجسم، بحثًا عن تغيُّرات غير عادية في الوزن. الزيادة المفاجئة التي تطرأ على الوزن تعتبر مؤشرًا على احتفاظ الجسم بالسوائل.قد يكون الأمر بسيطاً مثل الإمساك، ولكنه قد يشير أيضًا إلى وجود مشكلة في البطن، أو تراكم للسوائل حول القلب. كما أن الخسارة المفاجئة وغير المبرّرة للوزن قد تأتي نتيجة مشكلة في الغدَّة الدرقية، أو نتيجة تفشي السرطان.

2. **درجة الحرارة:** فهي تتراوح في جسم الإنسان بين 36.4 درجة مئوية و37.2 درجة مئوية في الحالة الطبيعية. أما عندما يعمل الجهاز المناعي في الجسم أكثر لمكافحة العدوى، فذلك يسبب ارتفاعًا في درجة الحرارة. أما انخفاض درجة حرارة الجسم عن المعتاد، فقد يشير إلى وجود عدوى الإنتان، التي تسبِّب ضعفًا في الجهاز المناعي، وعدم القدرة على المقاومة.

3. **ضغط الدم:** ومعدّل ضربات القلب. يبلغ ضغط الدم المثالي لشخص بالغ في حالة الراحة، 80/120. ومن الجدير بالذكر أن مصطلح «الراحة» مهمّ جدًّا، لأن ضغط الدم يرتفع وينخفض مع مستوى النشاط. ذلك أن ضغط الدم يرتفع بشكل طبيعي حتى 220 (الانقباضي) أثناء ممارسة الرياضة، أو خلال فترات التوتر العالي. ويقدِّم ضغط الدم ومعدَّل النبض في حالة الراحة كثيرًا من المعلومات إلى الطبيب. إنّ ارتفاع ضغط الدم يُنتج صداعًا ويعطي إشارة إلى سكتة دماغية محتملة.أما انخفاض ضغط الدم عن الطبيعي، فقد يكون علامة على الإصابة بالتهاب ما.

4. **التأكسج Oximeter:** القياس الحيوي الأخير الذي يجري استخدامه عادةً، عبر إصبع اليد. هذا الجهاز يقيس معدّل النبض ويشير إلى كميّة الأكسجين في الدم. والأكسجين الموجود في الهيموجلوبين هو الذي يمنح الدم اللون الأحمر، ويسمح له بامتصاص الأشعة تحت الحمراء التي على أساسها يعمل مقياس التأكسج.

مراقبة نسبة الجلوكوز لمرضى السكّري

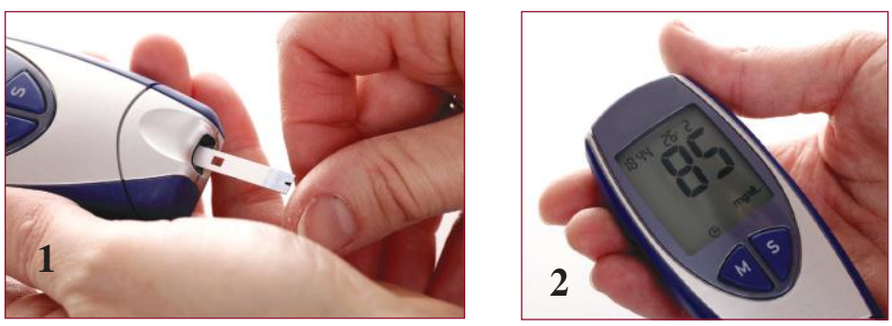


الشكل 4-19 يتباين الجلوكوز في الدم كثيرًا خلال اليوم.

يتوجّب على مرضى السكَّري مراقبة مستويات السكَّر (الجلوكوز) في دمهم بانتظام. و من المهم أن تتكرَّر هذه القياسات، لأنّ مستوى الجلوكوز قد يتباين كثيرًا خلال اليوم (**الشكل 4-19**). وقد يكون لارتفاع مستوى الجلوكوز عواقب وخيمة.

طرأ تطور كبير على الأدوات التي تقيس مستوى الجلوكوز في الدم حتى باتت تقيسه في غضون ثوان. تؤخذ عيّنة من الدم وتوضع على شريط اختبار (**الشكل 4-20(1)**) يحتوي هذا الشريط على إنزيم الجلوكوز أوكسيديز، الذي يتفاعل مع الجلوكوز وينتج كمية صغيرة جدًّا من التيّار الكهربائي. تتناسب كمية التيّار مع مستوى السكَّر في الدم.

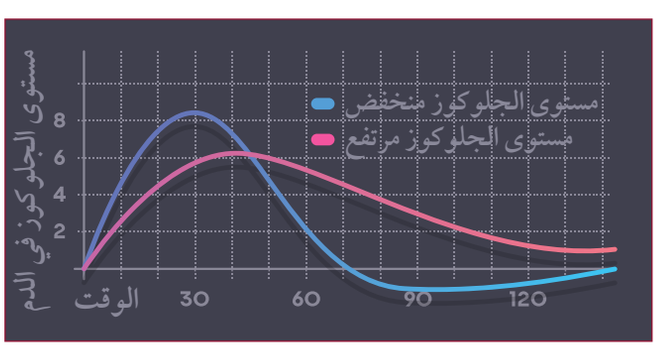
يُدرج الشريط في جهاز صغير يقيس التيار الكهربائي، ويحوِّله إلى قيمة رقمية، تدل على نسبة الجلوكوز في الدم (**الشكل 4-20(2)**).



الشكل 4-20 يسحب الدم إلى شريط اختبار (1) ويجري القياس (2).

المراقبة الروتينية للجلوكوز جزء من الحياة اليومية لمرضى السكَّري.

يسجِّل هذا الاختبار البيانات المتعلقة بمستوى الجلوكوز خلال اليوم. فجهاز مراقبة الجلوكوز المستمرة (Continuous glucose monitoring) جهاز حيث يجري فيه إدخال سلك صغير تحت الجلد مباشرة، ويُوصَّل بجهاز إرسال لاسلكي. تُرسَل البيانات إلى الهاتف الذكي أو جهاز استقبال مخصَّص، حيث يُسجَّل مستوى الجلوكوز مع الوقت (**الشكل 4-21**) ليلاً ونهارًا على السواء. تشير البيانات المسجلة إلى المستويات الفعلية للجلوكوز. يمكن ضبط إنذار لتحذير الشخص قبل أن تصبح المستويات خطرة.



الشكل 4-21 بيانات من جهاز CGM.

إنتاج الغذاء

تعتمد صناعة الأغذية على مبدأ التحليل في الوقت المحدَّد والمناسب، للحفاظ على معدَّل إنتاج مرتفع ويحقّق تدابير السّلامة التي يتوقّعها المستهلك والمفتشون الحكوميون.

الشكل 4-22 حصادة مجهزة بنظام تحديد GPS.

تبدأ تدابير السلامة من الحقل والمزرعة ولعل أكثر ما يثير القلق هو تطوير مسببات الأمراض في الغذاء. تمر العديد من الأطعمة بمرحلة القضاء على البكتيريا. مثال بسترة الحليب بالحرارة. ولكن العديد من الفواكه والخضروات تؤكل نيئة. هذا هو السبب في تفشي العديد من بكتيريا الإشريكية القولونية *E.coli* التي يعود مصدرها إلى الخضار الملوثة.

تشكِّل سلامة النمو الخطوة الأولى في الإنتاج. إنّ الزراعة، والتسميد، وتقنيات الحصاد المعتمدة على الكمبيوتر والتحكم بها بواسطة نظام تحديد المواقع (GPS)، تُوظّف كلها للحد من التلّوث خلال النمو (**الشكل 4-22**). ويمكن بوضع العلامات البصرية Q-code، تتبع عبوة فراولة جرى شراؤها في الدوحة، وصولًا الى الحقل الذي نمت فيه في مصر.

الشكل 4-23 الأبقار المجهزة.

ويُعدّ إنتاج اللحوم مصدر قلق للعالم أجمع. ويُعنى إعلان روما للأمن الغذائي العالمي بسلامة الأغذية وصلتها بالجودة.

ونتيجة لذلك تُربّى الحيوانات في بيئات نظيفة مزوَّدة بأجهزة استشعار موصولة بالكمبيوتر (**الشكل 4-23**) لرصد القياسات الحيوية. وعندما يُكشف عن مسبِّب خطير للمرض يجري القضاء على القطعان كاملةً، للحد من انتشار المرض، وللتأكّد من عدم وصوله إلى الأطعمة.

وقد أدرجت مصانع تعبئة اللحوم آليات كشف بواسطة **المستشعرات الكيميائية البصرية Optical chemical sensors OCSs** تبحث عن وجود مُركَّبات أو أيونات معيَّنة في أوقات محدَّدة ومدروسة. تتفحص هذه الأجهزة كل عيّنة، خلال خط الإنتاج، بحثًا عن مُسبِّبات الأمراض المُستهدفة، وترسل إشارة إلى الكمبيوتر، لرفض أي عنصر مُلوَّث، بدون مقاطعة خطّ الإنتاج.

b1-4 ورقة بحثية

تتطلّب هذه المهمة الأمريين الآتيين:

a. البحث في وسائل الإعلام المحليّة أو العالميّة عن مثالين لمنتجات ملوَّثة، وإعداد تقرير إخباري. يكون التقرير مكتوبًا، أو تسجيلًا صوتيًّا، أو فيديو. عليك الإجابة عن السؤال الآتي: «كيف يمكن منع تلك المشكلات؟»

b. العمل ضمن مجموعة صغيرة للبحث في مجالات استخدام علوم الطب الجنائي عبر مثالين على الأقل من مناطق مختلفة. قد تكون المجالات المحتملة قضايا مدنية، وقضايا جنائية، وصناعات الطعام والشراب، وأدوية، ومبيدات حشرية، وماء شرب، وانبعاثات وقود، ومراقبة أسلحة كيميائية ونووية وسواها.

رحلة ميدانية اختيارية

يُنظم المعلم رحلة ميدانية إلى مختبر الطب الجنائي في دائرة التحقيقات الجنائية، ويكتب الطلاب تقريرًا عن الرحلة الميدانية.

الرحلة الميدانية وسيلة ممتازة لجمع المعلومات المباشرة حول موضوع مُحدد، أثناء أي رحلة ميدانية خذ بعين الاعتبار أشياء منها:

1. يفخر الناس بعملهم، احترم وقتهم.
2. قم ببحث عالي الجودة قبل أي رحلة ميدانية، ليكون لديك فكرة عما يُعرض عليك. كُلّما عرفت المزيد، كانت تجربتك أغنى.
3. قد يجيب الفنيون إجابات تقنية أو تفسيرات مفصّلة. حاول تدوين الملاحظات.
4. لا تلمس أي شيء من دون أن تسأل.

c1-4 لغز السّمك الميّت

هذا النشاط هو نشاط عصف ذهني. الشرط هو أن كل خطوة تتّخذها يجب أن تُدعّم نتائج أداة التحليل، وتقنيات الطب الشرعي التي تستخدمها.

الفرضية

دعونا نبتكر قصة. لنفترض أنك تحب الصيد، ولديك مكان مفضل لتصطاد فيه. لكن تلاحظ أن الصيد ليس جيداً. فقد لاحظت أن بعض أنواع السمك التي تصطادها في العادة وجدت ميتة على الشاطىء. تنظر إلى يسارك، فترى أن هناك موقع بناء جديدًا قرب الشاطئ. وترى إلى يمينك أيضًا ملعب جولف جديدًا أيضًا.هل تكون هذه المشروعات مسؤولة عن موت الأسماك؟ تريد أن تجد شخصًا موثوقًا يساعدك.

1. ضع خطة من شأنها أن تتيح لك تحديد أسباب موت الأسماك.
2. حدِّد تقنيات التحليل، واشرح عن المعلومات التي توفرها هذه التقنيات.
3. طوِّر خطة تسمح لك بتحديد المصدر الذي أدى إلى موت الأسماك.
4. حدِّد تقنيات الطب الشرعي لتحديد مصدر موت الأسماك. حدِّد تقنيات جمع «الأدلة المناسبة» التي تحتاجها.
5. كوِّن قضية من شأنها أن تسمح لك بإثبات استنتاجك قانونيًّا.
6. ناقش قضيتك مع زملائك في الصف.

الأسئلة

a. لمَ اخترت ملعب الجولف أو موقع البناء؟
b. هل كان هناك خيار ثالث تفكر فيه؟
c. كيف قمت بتقليص اختيارك، ليكون واحدًا أو آخر؟
d. اشرح كيف يمكن تقديم حجج مضادة لدحض نتائجك.
e. استشرف هذه الحجج، وقم بإعداد حجّة مضادة.

تقويم الدرس 4-1

1. ما نوع الأدلة التي يجب وضعها داخل كيس ورقي في مسرح الجريمة؟
   a. الهواتف المحمولة.
   b. دليل الحمض النووي.
   c. القطع المعدنية الصغيرة.
   d. رقائق الطلاء والأدوات.
2. أي مما يأتي يرجَّح أن يكون ملوثاً مستهدفاً في تحليل الطعام؟
   a. الرصاص
   b. الرادون
   c. السالمونيلا
   d. أول أكسيد الكربون
3. علِّل: اختبار البكتيريا باستخدام اختبار مسح الأجار غير مفيد للاختبار اليومي في مصانع إنتاج الطعام.
4. هل يمكن لبصمات الأصابع أن تثبت أن شخصًا ما لم يكن في مكان معيّن؟ ناقش فكرتك.
5. ليس كل ما نجده في مسرح الجريمة، دليلاً له علاقة بالجريمة. اشرح لماذا يجب استخدام مجموعة متنوعة من تقنيات الطب الشرعي لتكوين صورة واضحة للحدث.
6. اذكر بعض طرائق الوقاية من التسمم بالرصاص.
7. كيف يمكن الحفاظ على جودة الماء بشكل مستدام في دولة قطر؟
8. أعط أمثلة على مشاهدات بريئة تبدو وكأنها جريمة، ولكن هي ليست كذلك.
9. أظهرت دراسات كثيرة أن الذاكرة البشرية غير موثوقة كما يظن الناس. كيف تسهم تقنية الفيديو الحديثة في توفير الأدلة الموثوقة؟ كيف يمكن إساءة استخدام تلك التقنية؟
10. ما الذي يبحث عنه اختبار الحمض النووي عند التحقيق في مسرح الجريمة؟
11. ما هي القياسات الحيوية الثلاثة التي تجري خلال زيارة الطبيب؟
12. ما مزايا مراقبة الجلوكوز المستمرة؟
13. لِمَ توضع رقاقة في عنق البقرة؟
14. اشرح الخطوات التي قد يتّخذها الطبيب الشرعي، لدى وصوله إلى مسرح الجريمة.
15. إلى جانب مسرح الجريمة، عدّد ثلاثة مجالات أخرى يعمل فيها الطبيب الشرعي، أعطِ له في كل مجال، مثالاً يبيّن كيف تسهم معرفته في حل المشكلة.

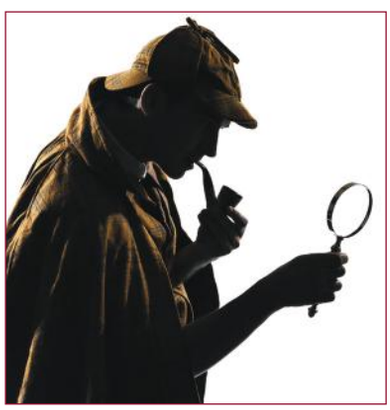
جوزيف بيل 1837-1911

الشكل 4-42 جوزيف بيل.

كان جوزيف بيل (**الشكل 4-42**) جراحًا وطبيبًا وعضوًا في الجمعية الطبية(رويال). وكان محاضرًا مشهورًا في كلية الطب بجامعة Edinburgh في اسكتلندا، وقد أكّد في محاضراته أهمية المراقبة الدقيقة للمرضى أثناء خضوعهم للفحوص. كان الدكتور بيل رائدًا في علم الطب الشرعي. وقد ساعد الشرطة المحلية في التحقيقات الجنائية، من خلال الإدلاء بشهادته في محاكمات جرائم القتل. قال الدكتور بيل: «يجب أن يدرس الطالب كيفية المراقبة». وأصر على أن المراقبة مهمة جدًّا للطبيب، كما هي مهمة لعمل الشرطي.

كان الدكتور بيل يثبت قوته للخصم من خلال المحاضرات التي كتبها عن طريق اختياره لشخص غريب، ومراقبته، وبذلك تتكوّن لديه القدرة على استنتاج مهنته والأنشطة الحديثة القائمة، عبر أدلة غير مهمة.

قد يجهل الطالب من كان الدكتور بيل إذا لم يكن مطّلعًا على محاضرات في أدنبرة لرجل يُدعى آرثر كونان دويل؛ واصل كتابة سلسلة من القصص البوليسية عن قصص لشخصية خيالية تستخدم قوة ذكية قوامها الملاحظة والاستنباط للإسهام في ألغاز الجرائم. تلك الشخصية الخيالية في قصصه عرفت باسم شارلوك هولمز.



الشكل 4-43

عُدّت شخصية شارلوك هولمز (**الشكل 4-43**)، مع قبّعته المميزة وغليونه وقدرته على الاستنتاج، شخصية شعبية في كثير من القصص والأفلام ولا تزال مستمرة إلى اليوم.

قام أحد مُحبّي هولمز، وهو العالم الفرنسي إدموند، ببناء أول مختبر جنائي حقيقي عام 1910، حيث درس عيّنات المعادن والشعر والألياف والتربة تحت المجهر وفضلًا عن ذلك، فقد أشار إلى أهمية «مبدأ التبادل»، وهو الآتي: عندما يكون هناك شيئان متّصل أحدهما بالآخر، فلا بدّ أن يتركا أدلة يُشير فيها أحدهما إلى الآخر، ويُعدّ هذا مبدأ أساسًا في الطب الشرعي الحديث.

الوحدة 4

مراجعة الوحدة

الدَّرس 4-1 الحاجة إلى التحليل وتوقيته

- التحليل هو العلم الذي يجمع البيانات ويستخلص النتائج منها. يمكن التحقق من وجود أو تركيز الملوث بسرعة بواسطة **دليل Indicator** يتغير لونه حتى في حال وجود حد أدنى من التركيز. لكن الفحص **المستهدف Target screening** يبحث عن ملوثات خاصة أو متوقعة.
- **علم الطب الشرعي Forensic science** هو العلم الذي يعيد بناء الماضي من **الأدلة Evidence** الموجودة في الحاضر **كالبصمات الكامنة Latent fingerprint** التي يتركها الناس بعد لمس سطح معيّن.
- إن الطبيب الذي يفحص مسرح جريمة حدثت فيه وفاة قد يكون **طبيبًا شرعيًا Forensic pathologist**.
- يستخدم اختبار **كاستل – ماير Kastle -Meyer test** المسح بمادة ماصّة ليتحرى وجود الدم.
- **تحديد تسلسل DNA Sequencing DNA** يعني فصل DNA استنادًا إلى خصائص مكوناته المختلفة.
- تبحث **أجهزة الاستشعار الكيميائية البصرية Chemical sensors** عن خصائص ضوئية لدى مسببات الأمراض الشائعة.

تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدد:

1. ما الوظيفة الأساسية للمُحقِّق في مسرح الجريمة؟

a. التقاط الصور.
b. جمع الأدلة.
c. جمع الهواتف المحمولة.
d. وضع رقائق الدهان في أكياس بلاستيكية.

2. أي من الآتي يتحلَّل إذا وضع في كيس من البلاستيك؟

a. الألياف
b. الحمض النووي.
c. الأدوات
d. الهواتف المحمولة.

3. أي أسلوب تحليل يشبه تحديد تسلسل DNA؟

a. الترشيح
b. فصل بالجهاز الطردي
c. التقطير
d. الفصل اللوني

4. ما نمط البصمة الأكثر شيوعًا؟

a. القوس
b. الحلقة
c. المجدول
d. اللولب

5. أي من القياسات الحيوية الطبية يفحص مؤشِّر كتلة الجسم؟

a. الوزن
b. درجة الحرارة.
c. ضغط الدم.
d. الأكسجين في الهيموجلوبين.

6. ما الذي يجب مراقبته إذا كنت تعاني من مرض السكَّري؟

a. GCMs
b. الأنسولين
c. الجلوكوز
d. الأنزيمات

7. أي من هذه الأحداث يستدعي حضور مهندس في الطب الشرعي للتحقيق؟

a. انهيار مبنى.
b. قضية مصرفية.
c. اختراق كمبيوتر.
d. تقرير شاهد عيان لمجرم.

8. أي معدنين غير موجودين في الماء النقي، وهما مطلوبان، لأي شخص سليم؟

a. البروم والكلور.
c. المغنيسيوم والبروم.
b. الكلور والبوتاسيوم.
d. البوتاسيوم والمغنيسيوم.

9. أي اختبارين من اختبارات القياس الحيوي الطبية يتطلّبان معرفة إن كان نظام المناعة لديك يعمل لمحاربة العدوى، أم لا يعمل؟

a. الوزن ودرجة الحرارة.

b. درجة الحرارة وضغط الدم.

c. الأكسجين في الهيموجلوبين والوزن.

d. ضغط الدم والأكسجين في الهيموجلوبين.

الدَّرس 4-1 الحاجة إلى التحليل وتوقيته

10. كيف يستجيب الدليل إلى المادة المستهدفة؟

11. لمَ يجري الفحص المستهدف بشكل أسرع من طرق التحليل الأخرى؟

12. ما الفرق الأساسي بين علم الطب الشرعي والبحوث الأخرى؟

13. ما هي سمة البصمات الكامنة؟

14. لمَ يجري تثبيت فلاتر المياه في المنازل القطرية؟

15. ما الملوَّث المشترك الذي يجري البحث عنه لدى فحص الدجاج والبيض؟

16. ما الهدف من التعرُّجات الموجودة على أيدينا، والتي تترك بصمات؟

17. ماذا يعني وجود بصمات أصابع في مسرح جريمة ما ؟

18. ما هي مسؤوليات الطبيب الشرعي؟

19. لمَ يستخدم المحقّق في موقع الجريمة CSI اختبار كاستل ماير Kastle-Meyer؟

20. لمَ يجري تقسيم الحمض النووي إلى أجزاء أصغر؟

21. أعط أمثلة على القياسات الحيوية؟

22. ما الذي يقاس باستخدام مقياس التأكسج؟

23. ماذا يكتشف المستشعر الكيميائي البصري؟

24. ما الأدوات التي يمكن أن يستخدمها الطبيب الشرعي؟

25. ما أهمية عدم ارتكاب الأخطاء عند جمع الأدلة؟

26. لمَ يجب أن توضع الأدلة في حاوية معدنية محكمة الغلق، إذا جرى الاشتباه بأن الحريق كان متعمدًا ؟

27. لمَ يُعدّ جمع الأدلة بسرعة مهمًّا؟

28. ما أهمية تحديد توقيت الوفاة في قضية جنائية ما؟

29. ما الغرض من اختبار DNA في مسرح الجريمة؟

30. لماذا نُرجع تفشي السالمونيلا التي تسببها بكتيريا الإشريكية القولونية Escherichia Coli إلى الخضراوات الورقية النيئة؟

31. ما هي أهمية استخدام GPS لتخصيب المحاصيل؟

32. لمَ يستخدِم مصنع تعبئة اللحوم مستشعراتٍ كيميائيةً بصرية؟

الشكر والتقدير

يتقدّم المؤلّفون والناشرون بجزيل الشكر إلى السادة الآتي ذكرهم، لسماحهم باستخدام ملكياتهم الفكرية، وبوافر الامتنان لموافقتهم على نشر الصور.

Kateryna Kon /Shutterstock; hfgimages/Shutterstock; Cal Holman/GI; AppleZoomZoom/Stutterstock; GualtieroBoffi Merdan/Shutterstock; Davide Sarrus/ Shutterstock; Panos Karras/ Shutterstock; KrimKate/ Shutterstock; Mario Savioa/ Shutterstock; Spaskov/Shutterstock; LeonidAndronov/Shutterstock; PlavUSA87/ Shutterstock; NatureArt/ Shutterstock; KristpovBurgstadt/ Shutterstock; SimoneN/ Shutterstock; MrsYa/Shutterstock; vnlit/Shutterstock; travelerpix/ Shutterstock; petarg/Shutterstock; montreep/Shutterstock; EverettHistorical/Shutterstock; Phongphan/Shutterstock; MarcoTomasini/Shutterstock; BigChem/Shutterstock; ColinHayes/Shutterstock; designhua/ Shutterstock; EricIsalee/ Shutterstock; Amineaya/Shutterstock; JoseLuisCalvo/Shutterstock; kurhan/Shutterstock; Lebenkulturen.de/Shutterstock; Peter Olsonn/Shutterstock; Robynmac/GoGraph; grafvision/ GoGraph; artjazz/ GoGraph; jgroup/ GoGraph; FitreaRamli/ GoGraph; Yanikstock1188/ GoGraph; monkeebusiness/ GoGraph; pixelrobot/ GoGraph; FotoYou123/ GoGraph; Paulista/ GoGraph; tomwang/ GoGraph; michael812/ GoGraph; Kaferphoto/ GoGraph; OleksandrLysenko/ GoGraph; Sparkla/ GoGraph; SURZ/ GoGraph; kadmy/ GoGraph; joebelanger/ GoGraph; Lsaloni/ GoGraph; AlexanderPokeusay/ GoGraph; KumbThong/ GoGraph; 3DSculptor/ GoGraph; Nirodesign/ GoGraph; shotsstudio/GoGraph; believeinme/GoGraph; sframe/ GoGraph; Lonely11/GoGraph; Eraxion/GoGraph; woodoo/GoGraph; mikos/ GoGraph; phillipus/GoGraph; Coprid/GoGraph; PixelChaos/GoGraph; AllenCat/ GoGraph; Andreus/GoGraph; chyennezj/GoGraph; bdspn/GoGraph; ia_64/ GoGraph; AntonioGuillem; /GoGraph; Gigava/GoGraph; Krisdog/GoGraph; malajski/ GoGraph; 4374344sean/GoGraph; alila/GoGraph; normaals/GoGraph; Jaron Ontakrai/Shutterstock; Maxx-Studio/Shutterstock; WikipediaCreativeCommons; SergeiteLegin/GoGraph; elippigraphica/Shutterstock; Pop Paul Catain/Shutterstock; magann/GoGraph; Prykhodov/GoGraph; ronstik/GoGraph; Designus/Shutterstock; Robert Hooke, Micrographia, 1665., Public Domain; Billion Photos/Shutterstock; Woods Hole Oceanographic Institute; NASA; ESA; Halfdark/GettyImages; ifong/ Shutterstock; petarg/Shutterstock; Matteo Colombo/Getty Images;