وزارة التربية

الأحياء 12

الصف الثاني عشر

الجزء الأوّل

كتاب المعلّم

المرحلة الثانوية

المرحلة الثانويّة

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. ليلى علي حسين الوهيب (رئيسًا)

أ. مصطفى محمد مصطفى علي

أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي

أ. سعاد عبد العزيز الرشود

أ. تهاني ذعار المطيري

الطبعة الأولى

1435 - 1436 هـ

2014 - 2015 م

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب الأحياء للصف الثاني عشر الثانوي

أ. ناصر حسن صالح العبيدلي

أ. عيسى جاسم عيسى الشمالي **أ. أسماء إبراهيم حسن الأنصاري**

أ. دليل معكام بجاش العجمي **أ. تهاني محمود حاجي حسن**

دار التَّربَويّون House of Education **ش.م.م. وبيرسون إديوكيشن** 2014

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

الطبعة الأولى 2015/2014 م

صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي عهد دولة الكويت

مقدمـــــة

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

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

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

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

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

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

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأوّل

الوحدة الأولى: أجهزة جسم الإنسان

الجزء الثاني

الوحدة الثانية: الخليّة والعمليات الخلوية

محتويات الجزء الأول

الوحدة الأولى: أجهزة جسم الإنسان 19

الفصل الأوّل: الجهاز العصبي 21

الدرس 1 – 1: الإحساس والضبط 22

الدرس 1 – 2: فسيولوجيا الجهاز العصبي 28

الدرس 1 – 3: أقسام الجهاز العصبي المركزي 34

الدرس 1 – 4: الجهاز العصبي الطرفي 39

الدرس 1 – 5: المستقبلات الحسّية وأعضاء الحسّ 43

الدرس 1 – 6: صحّة الجهاز العصبي 49

الفصل الثاني: التنظيم والتكاثر 53

الدرس 1 – 2: التنظيم الهرموني 54

الدرس 2 – 2: جهاز الإنسان الهرموني 57

الدرس 2 – 3: صحّة الغدد الصمّاء 65

الدرس 2 – 4: التكاثر لدى الإنسان 68

الدرس 2 – 5: نموّ الإنسان وتطوّره 76

الدرس 2 – 6: صحّة الجهاز التناسلي 81

الفصل الثالث: جهاز المناعة لدى الإنسان **84**

الدرس 3 – 1: الجهاز المناعي **85**

الدرس 3 – 2: أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص) **93**

الدرس 3 – 3: صحّة الجهاز المناعي **99**

مراجعة الوحدة الأولى **105**

الهدف الشامل للتربية في دولة الكويت

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

الأهداف العامة لتعليم العلوم

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

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

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

الأهداف العامة لتدريس مادّة الأحياء

يهدف تدريس الأحياء في المرحلة الثانوية إلى تحقيق الأهداف التالية:

أولا. الأهداف المعرفية

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

ثانيا. الأهداف المهارية

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

ثالثا. الأهداف الوجدانية

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

مخطط تدريس الوحدة الأولى: أجهزة جسم الإنسان

الفصل الأوّل: الجهاز العصبي

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
1-1 **الإحساس والضبط**	* تحديد وظائف الجهاز العصبي. * مقارنة بين الأجهزة العصبية للحيوانات المختلفة. * وصف أقسام الجهاز العصبي للإنسان. * وصف تركيب الخليّة العصبية وأنواعها ووظائفها. * تعرّف تركيب الليف العصبي والعصب وأنواعهما ووظائفهما.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** تركيب العصب	3	صور أو شفافيات لمختلف أنواع الخلايا العصبية وخلايا الغراء العصبي، ولأجهزة عصبية لحيوانات وإنسان.
2-1 **فسيولوجيا الجهاز العصبي**	* تعرّف جهد الراحة وأسبابه. * تعرّف جهد العمل وأسبابه. * شرح كيفية انتقال السيالات العصبية على طول الليف العصبي. * تعرّف أنواع المنبّهات والأعضاء الحسّية المتخصّصة لكلّ منها. * شرح انتقال الرسائل العصبية عبر المشتبك الكيميائي.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** المشتبك الكهربائي	3	صور أو شفافيات توضّح انتقال السيال العصبي خلال محور الخليّة العصبية وانتقال النواقل العصبية خلال المشتبك الكيميائي.
3-1 **أقسام الجهاز العصبي المركزي**	* وصف أقسام الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) ووظائفها. * تعرّف أقسام السحايا ووظائفها. * تعرّف دور الدماغ في الحسّ الشعوري الإدراك والحركة الإرادية.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** الأكبر ليس الأذكى * **اكتشافات حديثة في علم الأحياء:** تصوير نشاط المخّ	2	صور وشفافيات توضّح تراكيب الدماغ والمناصف الحركية والحسّية في القشرة المخّية.

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
4-1 الجهاز العصبي الطرفي	* تحديد أقسام الجهاز العصبي الطرفي. * تحديد دور الجهاز العصبي الطرفي. * مقارنة بين الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي. * تفسير كيف يقوم القوس الانعكاسي بأداء وظيفته.		3	
5-1 المستقبلات الحسية وأعضاء الحس	* مقارنة تراكيب الأعضاء الحسّية المختلفة ووظائفها. * تفسير العلاقة بين حاستي التذوّق والشمّ. * تصنيف المستقبلات الحسّية وفقًا للمنبّه والموقع والتركيب. * تعرّف دور الشبكية والمخّ في حدوث الرؤية.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** الألم الواقي * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** حليمات اللسان وبراعم التذوّق	4	صور وشفافيات لتراكيب أعضاء الحسّ المختلفة وللمستقبلات الحسّية.
6-1 صحة الجهاز العصبي	* تحديد أسباب اضطرابات الجهاز العصبي المختلفة. * شرح تأثيرات العقاقير المختلفة في الجهاز العصبي وبالتالي تأثيراتها في سلامة الإنسان.	* **علم الأحياء في المجتمع:** لمحة عن العقاقير * **قضايا في علم الأحياء:** متلازمة الجنين الكحولي * **علم الأحياء في المجتمع:** منع سوء استخدام الدواء	1	صور وشفافيات تظهر الأضرار الناتجة من سوء استخدام العقاقير على أجهزة الجسم وأعضائه المختلفة.

الفصل الثاني: التنظيم والتكاثر

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
1-2 التنظيم الهرموني	* شرح وظائف الجهاز الهرموني (جهاز الغدد الصمّاء.) * وصف وظيفة الجهاز الهرموني في الحيوانات المختلفة.		1	صور وشفافيات لعملية الانسلاخ في الحشرات وتحوّل الشرغوف إلى ضفدع بالغ
2-2 جهاز الإنسان الهرموني	* تحديد الغدد الصمّاء في الإنسان ووصفها. * تعريف الهرمون واصفًا طريقة إنتاجه وانتقاله وعمله. * شرح وظائف الغدد الصمّاء المختلفة في الجسم.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** النوم * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** المساعدات الخارجية والداخليّة	4	صور وشفافيات تبيّن الغدد الصمّاء في جسم الإنسان وتحت المهاد

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
2-3 صحة الغدد الصماء	* التمييز بين اضطرابات الجهاز الهرموني. * توضيح خطورة استخدام الستيرودات (الهرمونات.) * شرح أسباب بعض الاضطرابات الهرمونية ونتائجها مقترحًا طرقًا لتفادي حدوثها.		1	صور وشفافيات لبعض الأشخاص المصابين ببعض اضطرابات الجهاز الهرموني
2-4 التكاثر لدى الإنسان	* التمييز بين الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي لدى الإنسان. * وصف تركيب الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي لدى الإنسان. * التمييز بين تركيب الحيوان المنوي والبويضة وتشكّلهما. * شرح مراحل تكوّن الأمشاج. * شرح ووصف أطوار الدورة الشهرية الأربعة لدى انثى الإنسان.		4	صور وشفافيات للأجهزة التناسلية لدى الذكور والإناث وللحيوان المنوي والبويضة
2-5 نمو الإنسان وتطوره	* وصف عملية الإخصاب والانغراس الجنيني. * وصف خطوات نموّ جنين الإنسان. * شرح عملية الولادة. * وصف مراحل نموّ جنين الإنسان.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** أمر غريب، أنتما لا تبدوان توأمين. * **العلم والمجتمع والتكنولوجيا:** صحّة الجنين	2	صور وشفافيات للمراحل المختلفة لنموّ جنين الإنسان
2-6 صحة الجهاز التناسلي	* وصف اضطرابات الجهاز التناسلي. * التمييز بين الالتهابات المنقولة جنسيًّا.		1	صور وشفافيات أو نماذج لوسائل منع الحمل بمنع اللقاح

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
3-1 الجهاز المناعي	• شرح الخصائص المميّزة للكائن الممرض. • وصف مكوّنات الجهاز المناعي. • تعرّف الجهاز اللمفاوي وأعضائه. • شرح الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)		1	• شفافيات لأنواع مختلفة من البكتيريا والفيروسات، جهاز عرض
3-2 أنشطة الجهاز المناعي التكيفي [المتخصص]	• شرح وظائف الخلايا المناعية (خلايا الدم البيضاء). • تعرف تركيب الاجسام المضادة • يقسم الجهاز المناعي التكيفي إلى مناعة خلوية ومناعة افرازية • تتبع الاستجابة المناعية للجهاز المناعي التكيفي عند دخول انتجين	• **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** الإصابة بنزلات البرد • **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** يعود عنيفًا ليصيبنا	2	• شفافيات تبيّن الأميبا عند التهامها للطعام أو شريط فيديو، جهاز عرض للشفافيات
3-3 صحة الجهاز المناعي	• تحديد أسباب الإصابة بفرط الحساسية. • شرح تأثير فيروس عوز المناعة البشرية (HIV) في جهاز الإنسان المناعي. • تحليل تأثير الأساليب الحياتية المختلفة في الجهاز المناعي.	• **العلم والمجتمع والتكنولوجيا:** إثباط المناعة • **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** الأمل في لكمة أو اثنتين • **علم الأحياء في المجتمع:** جرعات لقاح لكلّ شخص	1	• شفافيات أو صور لعوارض الحساسية، جهاز عرض.
حلّ مراجعة الوحدة الأولى			1	
إجمالي عدد الحصص			34	

الوحدة الأولى

أجهزة جسم الإنسان

مكونات الوحدة

الفصل الأوّل: الجهاز العصبي

1–1: الإحساس والضبط

1–2: فسيولوجيا الجهاز العصبي

1–3: أقسام الجهاز العصبي المركزي

1–4: الجهاز العصبي الطرفي

1–5: المستقبلات الحسّية وأعضاء الحسّ

1–6: صحّة الجهاز العصبي

الفصل الثاني: التنظيم والتكاثر

2–1: التنظيم الهرموني

2–2: جهاز الإنسان الهرموني

2–3: صحّة الغدد الصمّاء

2–4: التكاثر لدى الإنسان

2–5: نموّ الإنسان وتطوّره

2–6: صحّة الجهاز التناسلي

الفصل الثالث: جهاز المناعة لدى الإنسان

3–1: الجهاز المناعي

3–2: أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)

3–3: صحّة الجهاز المناعي

مقدمة

دع الطلّاب يتناقشون حول كيفية ارتباط افتتاحية الوحدة بمحتواها. أشر إلى أن جسم الإنسان يتركب من 100 تريليون خليّة. لا تستطيع أي من هذه الخلايا أن تعمل بمفردها، بل كل خليّة تعتمد على التفاعل مع خلايا أخرى في الجسم. يمكّن تنظيم جسم الإنسان الخلايا من تبادل الموادّ والمعلومات، وبالتالي، من العمل بانسجام لمواجهة متطلبات العيش. لذلك، فجسم الإنسان هو وحدة كاملة متكاملة، يعتمد على تنظيم مكونات أجهزته للمحافظة على تأدية وظيفته.

يؤدّي كلّ جهاز في جسم الإنسان وظيفة معيّنة ويتعاون مع الأجهزة الأخرى لتأدية وظيفته بشكل جيّد وللحفاظ على صحّة الجسم وسلامته. فلكي يتمكّن لاعبو كرة القدم مثلًا من اللعب بشكل ممتاز تتعاون كلّ أجهزة الجسم كالجهاز العضلي والعظمي والتنفّسي والدوري والعصبي وغيرها، مع بعضها البعض لتحقيق هذا الهدف وللحفاظ على اتزان الجسم في خلال اللعب.

اكتشف بنفسك

إختبر ذاكرتك

الموادّ والأدوات المطلوبة: ساعة إيقاف.

1. أنظر إلى القائمة أدناه لمدّة دقيقة واحدة.

734	س س ت
9248	ل ج ص
و و ج	
ب د ج ك	
116	هـ ذ 62

2. بعد مرور دقيقة، غطِّ القائمة وحاول أن تكتبها على ورقة منفصلة.
3. قارن القائمة التي كتبتها بالقائمة الأصلية.

هل تذكّرتها كاملة؟

يُمكنك أن تتذكّر هذه القائمة من خلال استخدام عدّة إشارات تنتقل إلى الدماغ عن طريق جهازك العصبي.

فصول الوحدة

الفصل الأوّل
- الجهاز العصبي

الفصل الثاني
- التنظيم والتكاثر

الفصل الثالث
- جهاز المناعة لدى الإنسان

أهداف الوحدة
- يصف تركيب الجهاز العصبي ويحدّد أقسامه ووظائفه.
- يتعرّف جهد العمل، أسباب تشكّله وكيفية انتقاله على طول الخليّة العصبية.
- يقارن بين الجهاز العصبي السمبثاوي والجهاز العصبي نظير السمبثاوي.
- يتعرّف اضطرابات الجهاز العصبي وأسبابها وكيفية العناية به.
- يتعرّف الجهاز الهرموني والغدد الصّماء.
- يتعرف بنية الأجهزة التناسلية الذكرية والانثوية لدى الإنسان والحيوان.
- يميّز بين بنية الأمشاج الأنثوية والذكرية ويشرح مراحل تكوّنهما.
- يحدّد مكونات الدّم ووظائفها.
- يصف الجهازين المناعي واللمفاوي.
- يتعرّف فيروس عوز المناعة البشرية (HIV) وتأثيره في الجسم.

معالم الوحدة
- علم الأحياء في حياتنا اليومية
- علم الأحياء في المجتمع
- اكتشافات حديثة في علم الأحياء

معالم الوحدة

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

اكتشف بنفسك

اختبر ذاكرتك

قبل بدء الطلّاب بدراسة هذه الوحدة، يجب تحفيزهم لإجراء هذا النشاط في مجموعات صغيرة، ثم مناقشتهم في ما لاحظوه عن قوة ذاكرتهم.

الأهداف المرجو اكتسابها بعد دراسة الوحدة الأولى

1– يحدِّد المصطلحات التالية:

عقد عصبية، الجهاز العصبي المركزي، الجهاز العصبي الطرفي، خليّة عصبية، خليّة الغراء العصبي، ليف عصبي، جهد الراحة، جهد العمل، مشتبك عصبي، خليّة عصبية حسّية، خليّة عصبية حركية، خليّة عصبية رابطة أو موصلة، القوس الانعكاسي، جذع الدماغ، المخيخ، المخّ، الجهاز العصبي الجسمي، الجهاز العصبي الذاتي، شبكية، مرض الألزهايمر ، منبّه، المهبط، مهلوس، مخدّر، خليّة بلعمية، خليّة لمفاوية بائية، خليّة بلعمية كبيرة، خليّة مستهدفة، دورة الحيض (الدورة الشهرية)، سحايا، صلبة، عدسة، عصب صادر (حركي)، عصب وارد (حسّي)، عقار، الغدّة الدرقيّة، غدة نخامية، فيروس عوز المناعة البشرية، قرنية، قضيب، كائن ممرض، لقاح، الكيسة الأريمية، خليّة لمفاوية، خليّة لمفاوية تائية، دماغ، رؤية، سيال عصبي، عتبة الجهد، عصب، عصب مختلط، عضو منفّذ، غدّة إفراز خارجي، غدّة صمّاء، الفعل الانعكاسي، القذف، قزحية، خلية دم بيضاء، المبيض، الإخصاب، الاستجابة بالالتهاب، التهاب منقول جنسيًّا، آلية التغذية الراجعة سالبة، داء البطانة الرحمية، إنسولين، الانغراس، الإيدز (متلازمة عوز المناعة المكتسبة)، هرمون الباراثيروید، بويضة، تحت المهاد، التذوق، الجهاز الحسّي، كلوكاجون، الجهاز الهرموني، جهد المستقبل، الحبل السّري، حدقة، حساسية، حمل خارج الرحم، الحيض (الطمث)، حيوان منوي، خصية، خلايا الذاكرة، خلط زجاجي، خلط مائي، مرض البول السكّري، مرض المناعة الذاتية، مستقبل حسّي، مستقبل حسّي عميق، مستقبل خارجي، مستقبل داخلي، المشيمة، مناعة خلطية أو إفرازية، مناعة خلوية، منشّط، نطفة، هرمون، هستامين جاسترولا.

2– يتعرّف المفاهيم العلمية التالية:

الأهداف المعرفية

- يتعرف تركيب الجهاز العصبي ويحدد أقسامه ووظائفه.
- يتعرف أسباب تشكل جهد العمل وكيفية انتقاله على طول الخليّة العصبية.
- يتعرف تراكيب الأعضاء الحسّية المختلفة ووظائفها.
- يتعرف اضطرابات الجهاز العصبي وأسبابها وكيفية العناية بها.
- يتعرف الجهاز الهرموني والغدد الصمّاء.
- يتعرف تركيب الأجهزة التناسلية الذكرية والأنثوية لدى الإنسان والحيوان.
- يميز بين تركيب الأمشاج الأنثوية والذكرية ويشرح مراحل تكونهما.
- يحدد مكونات الدم ووظائفها.
- يصف الجهازين المناعي واللمفاوي.

الأهداف المهارية

- مهارة الفحص المجهري
- مهارة تفسير بعض الأنشطة والعمليات الحيوية للخليّة
- مهارة الملاحظة الدقيقة وتسجيل البيانات وتنظيمها
- مهارة استنتاج العلاقات من البيانات
- مهارة ضبط المتغيّرات لدى إجراء الأنشطة والتجارب

الأهداف الوجدانية

- ترسيخ الإيمان بوحدانية الله من خلال تعرّف الوحدانية في تركيب وتعاون أجهزة جسم الإنسان.
- تقدير جهود العلماء.
- اكتساب ميل إيجابي نحو تبنّي الأسلوب العلمي في حلّ المشكلات.
- الإيمان بعدم التشبث بالرأي ونبذ التعصّب والتطرّف.

الفصل الأول

الجهاز العصبي

دروس الفصل

1–1: الإحساس والضبط
1–2: فسيولوجيا الجهاز العصبي
1–3: أقسام الجهاز العصبي المركزي
1–4: الجهاز العصبي الطرفي
1–5: المستقبلات الحسّية وأعضاء الحسّ
1–6: صحّة الجهاز العصبي

مقدّمة الفصل

مهِّد لدراسة الفصل عبر توجيه الطلّاب إلى تفحُّص صورة افتتاحية الفصل. ثم دعهم يتناقشون حول مدى ارتباط الافتتاحية بمحتوى هذا الفصل. أشر إلى أهمّية الجهاز العصبي في ضبط باقي أنشطة الجسم، وإلى مكوّناته العديدة.
استعرض عناوين الدروس الواردة في هذا الفصل.

تعرّض رسّام لحادث سير مروّع، أفقده القدرة على إبصار الألوان، فلم يعد يميّز الألوان، وبات يرى التفاح أسود والوان البرتقال والموز والعنب رمادية باهتة. ولم يعد يرى في قوس القزح سوى نصف دوائر غير ملوّنة في السماء. كيف استطاع رسّام عاش حياته معتمِدًا على رؤية الألوان وتشكيلها أن يتعامل مع عالم أسود وأبيض؟
أُصيب الرسّام من جرّاء ارتجاج دماغه بحالة نادرة تُسمّى عَمَى الألوان الكلّي، وذلك نتيجة تلف جزء صغير في الدماغ مسؤول عن تمييز الألوان. بدأ يكيّف نفسه تدريجيًّا مع العالم الجديد. ولمّا زادت حدّة إبصاره إلى درجة قراءته اللوحات الإرشادية عن بُعد 4 مبانٍ، صار يفضّل الليل المظلم على النهار ذي الألوان الرماديّة المضلِّلة، ويفضّل المأكولات السوداء والبيضاء مثل الزيتون الأسود والأرزّ الأبيض. ولم يكفّ عن رسم اللوحات الزيتية، ولكن اقتصرت لوحاته على اللونين الأبيض والأسود، فازدهر. فنّه مرّة ثانية ولكن من دون ألوان.
ندرك ما يحيط بنا من خلال سلسلة مدهشة من الأعضاء الحسّية والأعصاب والخلايا العصبية. ماذا يمكن لعلم الأحياء أن يخبرنا عن حواسّنا التي تجعلنا نحسّ بما حولنا؟

دروس الفصل

الدرس الأوّل
• الإحساس والضبط
الدرس الثاني
• فسيولوجيا الجهاز العصبي
الدرس الثالث
• أقسام الجهاز العصبي المركزي
الدرس الرابع
• الجهاز العصبي الطرفي
الدرس الخامس
• المستقبلات الحسّية وأعضاء الحسّ
الدرس السادس
• صحّة الجهاز العصبي

الأهداف:
- يحدّد وظائف الجهاز العصبي.
- يقارن الأجهزة العصبية للحيوانات المختلفة.
- يصف أقسام الجهاز العصبي للإنسان.
- يصف تركيب الخليّة العصبية وأنواعها ووظائفها.
- يتعرّف تركيب كل من الليف العصبي والعصب وأنواعهما ووظائفهما.

الأدوات المستعملة: صور أو شفافيات لمختلف أنواع الخلايا العصبية وخلايا الغراء العصبي، ولأجهزة عصبية لحيوانات وإنسان.

صفحات الطلّاب: من ص 14 إلى ص 24

صفحات الأنشطة: من ص 17 إلى 18

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (1) ويقرأون التعليق المصاحب له ثمّ اسألهم:

- ما الخاصية التي تضمن للكائنات الحية المتنوعة حماية نفسها والبقاء حيّة؟ **(القدرة على تجميع المعلومات من البيئة المحيطة والاستجابة السريعة لها لأخذ القرار وردة الفعل المناسبة.)**

2.1 تقييم المعلومات السابقة للطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الإحساس والضبط، وجّه إليهم السؤال التالي:

- ما التراكيب المختلفة التي تستخدمها الحيوانات كي تحسّ أو تشعر ببيئاتها؟ **(البقع العينية، الشبكات العصبية، العقد العصبية، الدماغ، النخاع الشوكي، أعضاء الحسّ)**

نشاط توضيحي

أحضِر وعاء فيه ماء يحتوي على البراميسيوم ودع الطلّاب يراقبون كيف يتحرك في الماء، ثم استخدم القطارة لإضافة قطرات قليلة من الخل إلى الماء حيث توجد البراميسيوم. دع الطلّاب يلاحظون كيف يتفاعل البراميسيوم. فسِّر كيف أن جميع الكائنات قادرة على أن تستجيب للتغيرات الحادثة في بيئاتها.

الدرس 1-1
الإحساس والضبط
Sensing and Controlling

الأهداف العامة
- يحدّد وظائف الجهاز العصبي.
- يقارن بين الأجهزة العصبية للحيوانات المختلفة.
- يصف أقسام الجهاز العصبي للإنسان.
- يصف تركيب الخليّة العصبية وأنواعها ووظائفها.
- يتعرّف تركيب كلّ من الليف العصبي والعصب وأنواعهما ووظائفهما.

(شكل 1)

تحتاج الكائنات الحيّة كلّها إلى القدرة على استشعار وإدراك التغيّرات التي تطرأ في محيطها، لكي تضبط استجاباتها وتبقى بالتالي على قيد الحياة. فهي تملك جهازين لجمع المعلومات، وللاستجابة بسرعة للمتغيّرات، ولضبط الأجهزة الجسمية، وللتنسيق في ما بين الأجهزة من أجل حفظ سلامة هذه الكائنات. أحد هذين الجهازين هو الجهاز العصبي الذي يتحكّم بوظائف عديدة، معقّدة ومترابطة حيث ينسّق الدماغ مع الأعصاب بين مختلف الوظائف الحركية، الحسّية، المعرفية، واللاإرادية. ومع التقدّم في العمر، تقل كفاءة الخلايا العصبية (شكل 1) من حيث العدد والوظيفة، ما يؤدّي إلى بطء في استجابة الكائن الحيّ للمؤثرات في محيطه.

1. الإحساس والضبط لدى الحيوانات اللافقارية
Sensing and Control in Invertebrate Animals

يؤدّي الجهاز العصبي أربع وظائف تُمكّن الكائن من الاستجابة بسرعة.
- تستقبل الحواسّ المعلومات من داخل الجسم وخارجه.
- ينقل المعلومات على طول شبكة من الخلايا العصبية المتخصّصة إلى مناطق معالجة المعلومات، مثل الدماغ.

14

2. علِّم وطبّق

1.2 الإحساس والضبط لدى الحيوانات اللافقارية

دع الطلّاب يدرسون الشكل (3). أشر إلى مواضع المخّ، والحبل العصبي، والعقد العصبية في كل كائن. ذكِّر الطلّاب أن ديدان العلق لها رأس محدد ونهاية ذيلية. اِسأل:

- أين يقع المخّ في ديدان العلق؟ **(في الرأس)**
- بمَ يتميّز الجراد وديدان العلق؟ **(بوجود حبل عصبي بطني)**

إجابة أسئلة الأشكال صفحة 15 في كتاب الطالب:

شكل (2): يتألّف الجهاز العصبي للهيدرا من شبكة عصبية تتجمّع لتشكّل عقد عصبية منتشرة ومتصلة بأعصاب، ولا يوجد مخّ أو حبل عصبي في مكان ما داخلها.

شكل (3): لكل منهما مخّ وعقد عصبية وحبل عصبي.

2.2 الجهاز العصبي لدى الإنسان

دع الطلّاب يدرسون الشكل (4)، أشر إلى أن الحبل العصبي قد تطوّر إلى حبل شوكي (الحبل الشوكي) في الإنسان، وهو يمتد في الجانب الظهري للجسم. ذكِّر الطلّاب أن هذه الصفة مشتركة في جميع الفقاريات. وضّح لهم أن الجهاز العصبي للإنسان أكثر تعقيدًا وللإنسان دماغ متطوّر بدرجة كبيرة.

3.2 خلايا الجهاز العصبي

(أ) الخلايا العصبية

بعد دراسة الطلّاب للشكل (5)، أشر إلى أنّ النواة تتواجد داخل جسم الخليّة. أُذكر اسم كل جزء من الأجزاء الأخرى للخليّة العصبية، ودع الطلّاب يحددون موقع هذه الأجزاء في الشكل. استحثهم على الرجوع إلى الشكل عند قرائتهم عن أجزاء الخليّة العصبية وعن دور هذه الأجزاء في انتقال السيالات العصبية. اِسأل:

- ما هو دور الزوائد الشجرية؟ **(تنقل السيالات العصبية من البيئة المحيطة بالخليّة إلى جسم الخليّة.)**
- ما هو دور المحور؟ **(ينقل السيالات العصبية من جسم الخليّة باتجاه النهايات المحورية.)**

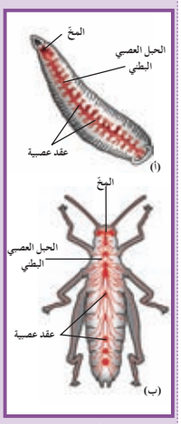
شكل (2)
يتكوّن الجهاز العصبي للهيدرا من شبكة عصبية.
لماذا يوصف الجهاز العصبي للهيدرا بالبساطة؟

وتملك أغلبية الحيوانات اللافقارية حبلًا عصبيًا ينقل المعلومات بين شبكة الخلايا العصبية والدماغ.

- يعالج المعلومات ويحوّلها إلى استجابات ممكنة.
- يُعيد إرسال المعلومات بواسطة شبكة الخلايا العصبية، بعد معالجتها، إلى العضلات والغدد والأجزاء الأخرى من الجسم للقيام بالاستجابة الأنسب.

تملك الحيوانات جميعها باستثناء الاسفنجيات خلايا عصبية. ولكن يختلف تركيب الجهاز العصبي من حيوان إلى آخر بحسب نوع الحيوان.

- تملك اللاسعات، مثل الهيدرا في الشكل (2)، خلايا عصبية منظّمة على شكل شبكة عصبية بسيطة. تحيط هذه الشبكة العصبية جسم الحيوان بمستقبلات حسّية بسيطة، يمكن للحيوان أن يستخدمها لاستكشاف التغيّرات كلّها التي تطرأ حوله بهدف الاستجابة لها. وعلى خلاف معظم الحيوانات، لا تملك الهيدرا منطقة معالجة مركزية مثل الدماغ.
- يوضّح الشكل (3–أ) أنّ للديدان الحلقية، مثل ديدان العلق الطبّي، مخًّا يتكوّن من عقدتين عصبيتين. **والعقدة العصبية Ganglion عبارة عن تجمّعات من الخلايا العصبية.** وهناك عدّة عقد عصبية موزّعة على طول حبل عصبي بطني ينطلق من المخّ ويمتدّ على طول الجسم لربط المخّ بأجزاء الجسم كلّها.
- يمكنك أن تلاحظ في الشكل (3 –ب) أنّ الحشرات، من مثل الجراد تمتلك مخًّا مكوّنًا من عدّة عقد عصبية مندمجة مع بعضها البعض، ويربط حبل عصبي بطني المخّ بباقي أجزاء الجسم بواسطة تفرّعات العقد العصبية الموزّعة في كافة انحاء الجسم. كذلك تملك الحشرات عيونًا متطوّرة جدًّا وقرون استشعار وأعضاء حسّ أخرى.



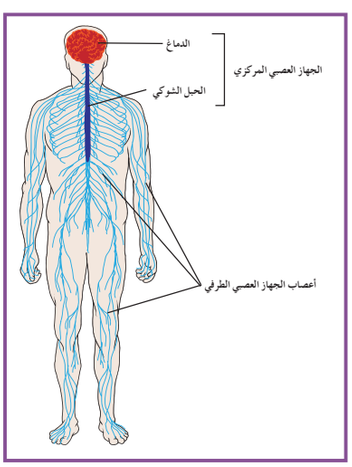
شكل (3)
كيف يتشابه الجهازان العصبيان لدودة العلق الطبي (أ) وحشرة الجراد (ب)؟

2. الجهاز العصبي لدى الإنسان
Human Nervous System

يتكوّن الجهاز العصبي لدى الإنسان من دماغ كبير معقّد التركيب، وحبل شوكي يصل الدماغ بالأعصاب التي تصل إلى أجزاء الجسم كافّة، ومستقبلات حسّية متخصّصة تستقبل المؤثرات الحسّية من البيئة، وترسل إشارات إلى الدماغ الذي يعالج تلك الإشارات ويبعث برسائل عبر الأعصاب لضبط أجزاء الجسم جميعها.

يتكوّن الجهاز العصبي عند الإنسان من جزءين رئيسيين، هما الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي (شكل 4).

يُعدّ الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS) مركز التحكّم الرئيسي في الجسم، ويتكوّن من الدماغ والحبل الشوكي. وهو يعالج المعلومات التي يستقبلها ويرسل التعليمات إلى الأجزاء الأخرى من الجسم. أمّا الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System (PNS) فيتكوّن من شبكة من الأعصاب التي تمتدّ في أجزاء الجسم كلّها، وهو يجمع المعلومات من داخل الجسم ومن خارجه ويوصلها إلى الجهاز العصبي المركزي ثم ينقل التعليمات الصادرة من هذا الأخير الى أجزاء الجسم. يعمل الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي مع بعضهما لتأدية أنشطة الجسم بالكامل وتنسيقها وضبطها.



شكل (4)
الجهاز العصبي لدى الإنسان

(ب) أنواع الخلايا العصبية

الفِت نظر الطلّاب إلى أن الخلايا العصبية تصنف بحسب الشكل والوظيفة، ثمّ اسأل:

- عدِّد أنواع الخلايا العصبية من حيث الشكل. **(وحيدة القطب، ثنائية القطب ومتعددة الأقطاب)**
- عدِّد أنواع الخلايا العصبية من حيث الوظيفة. **(الحسّية، الحركية والرابطة)**
- ما دور كل منها؟ **(الخلايا العصبية الحسّية تنقل السيالات العصبية الحسّية من المستقبلات الحسّية إلى الجهاز العصبي المركزي.**
الخلايا العصبية الحركية تنقل السيالات العصبية الحركية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المنفذة.
الخلايا العصبية الرابطة توجد بين خليتين عصبيتين خلايا عصبية حسّية وأخرى حركية أو بين خلايا عصبية رابطة أخرى.)
- ما هي المستقبلات الحسّية؟ **(هي نهايات خلايا عصبية أو خلايا متخصصة تجمع المعلومات من داخل الجسم وخارجه وتحولها إلى سيالة عصبية.)**

(جـ) خلايا الغراء العصبي

وضح للطلّاب أن خلايا الغراء العصبي تمثل 90% من الخلايا التي تكوّن الجهاز العصبي وتصنف إلى نوعين: خلايا الغراء العصبي الصغيرة وخلايا الغراء العصبي الكبيرة وهذه الأخيرة ثلاثة أنواع هي خلايا شوان وخلايا قليلة التفرعات والخلايا النجمية، ثمّ اسأل:

- ما دور خلايا الغراء العصبي الصغيرة؟ **(خلايا بلعمية تؤدي دورًا مهمًّا في الاستجابة المناعية بحيث تخلص النسيج العصبي من الكائنات الممرضة والأجسام الغريبة والخلايا العصبية التالفة.)**
- ما هي خلايا الغراء العصبي التي تشكل غلاف الميلين حول محاور الخلايا العصبية؟ **(تشكّل خلايا شوان غلاف الميلين لمحاور خلايا الجهاز العصبي الطرفي، أما الخلايا قليلة التفرعات فهي تشكّل غلاف الميلين للخلايا العصبية في الجهاز العصبي الطرفي.)**
- أين تتواجد الخلايا النجمية وما هو دورها؟ **(تتواجد في الجهاز العصبي المركزي حيث تمد الخلايا العصبية بالأكسجين والعناصر الغذائية وتثبت الوسط الكيميائي المجاور لها.)**

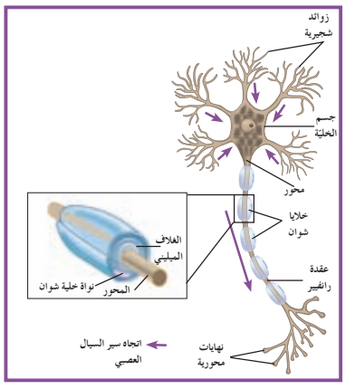
3. خلايا الجهاز العصبي Nervous System Cells

يتكوّن الجهاز العصبي من نوعين من الخلايا، الخلايا العصبية وخلايا الغراء العصبي.

1.3 الخلايا العصبية Neurons

الخلايا العصبية Neurons هي الوحدات التركيبية والوظيفية للجهاز العصبي التي تنقل السيالات العصبية عبر الجسم (شكل 5).

تختلف الخلايا العصبية من حيث الشكل والحجم إلّا أنّها تملك سمات مشتركة. يشكّل جسم الخليّة Cell body القسم الأكبر من الخليّة العصبية، إذ يحتوي على نواة كبيرة ومعظم السيتوبلازم. ويتوزّع فيه عدد من عضّيات الخليّة كالميتوكندريا وجهاز جولجي، بالإضافة إلى حُبيبات كبيرة غير منتظِمة تُسمّى جُسيمات نيسل Nissl Bodies، وهذه الجُسيمات أجزاء من الشبكة الأندوبلازمية الخشنة والرايبوسومات الموجودة عليها، وهي تؤدّي دورًا في تصنيع البروتينات.



شكل (5)
الخلية العصبية

تتفرّع من جسم الخلية العصبية امتدادات سيتوبلازمية Cytoplasmic Prolongations هي:

- الزوائد الشجرية Dendrites وهي امتدادات سيتوبلازمية قصيرة وكثيرة.
- الليف العصبي Nerve Fiber أي المحور Axon وهو امتداد سيتوبلازمي طويل. ولكلّ جسم خلية محور واحد فحسب تتشعّب نهايته إلى مجموعة نهايات تسمّى النهايات المحورية Axon Terminals (شكل 5).

تتجمّع الألياف العصبية في الجهاز العصبي الطرفي مشكّلة الأعصاب Nerves (شكل 11) وهي تراكيب تشبه الأحبال، وفي الجهاز العصبي المركزي مشكّلة المسارات Tracts (شكل 6).

يقتصر دور الزوائد الشجرية على نقل السيالات العصبية من البيئة المحيطة بها إلى جسم الخليّة، بينما ينقل المحور السيالات العصبية من جسم الخليّة باتّجاه النهايات المحورية. أمّا معظم النشاط الأيضي الذي تقوم به الخليّة فيحدث في جسم الخليّة. قد تحيط بالمحور لمعظم الخلايا العصبية طبقاتٍ عازلة تُعرَف بالميلين Myelin تكوّنها خلايا شوان Schwann cells. وتكون هذه الطبقات موجودة على شكل قطع متعاقبة على طول المحور ويفصل بين تلك القطع عقدٌ تعرف بعقد رانفيير يكون فيها غشاء المحور مكشوفًا.

2.3 أنواع الخلايا العصبية Types of Neurons

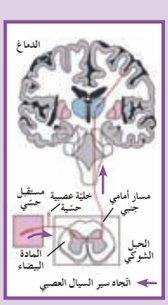
تختلف الخلايا العصبية عن بعضها من حيث الشكل والوظيفة.

(أ) تصنيف الخلايا العصبية من حيث الشكل

Structural Classification of Neuron

تنقسم الخلايا العصبية، من حيث الشكل، وعدد الاستطالات السيتوبلازمية من جسم الخليّة، إلى ثلاثة أنواع:

- **خلايا عصبية وحيدة القطب Unipolar Neurons:** تتميز بامتداد استطالة واحدة من جسم الخليّة تنقسم الى فرعين يمتدّان بعيدًا عنها فتصبح الخليّة على شكل حرف "T". ويشكّل أحد هذين الفرعين المحور الطرفي الذي ينقل السيالات العصبية من الزوائد الشجرية الى جسم الخليّة امّا الفرع الثاني فهو المحور المركزي الذي ينقل السيالات العصبية بعيدًا عن جسم الخليّة (شكل 7 –أ).
- **خلايا عصبية ثنائية القطب Bipolar Neurons:** تتميّز بامتداد استطالتين من قطبين متضادّين لجسم الخليّة تشكّل إحداها الزوائد الشجرية وتشكّل الأخرى المحور. وتتواجد معظم هذه الخلايا في الأعضاء الحسيّة كالانف والعينين. (شكل 7 –ب).



شكل (6)
تشكّل مجموعة من الألياف العصبية في الحبل الشوكي (الجهاز العصبي المركزي) المسار الأمامي الحسي المسؤول عن نقل الإحساسات بالألم والحرارة واللمس الواردة من الأعصاب الحسّية الطرفية إلى الدماغ لمعالجتها.

إجابة سؤال الشكل (9 – ب) صفحة 21 في كتاب الطالب:

تكوّن خليّة شوان واحدة غلاف ميليني واحد على محور خليّة عصبية واحدة بين عقدتي رانفيي ، أمّا خليّة الغراء العصبي قليلة التفرعات فتكوّن أكثر من غلاف ميليني واحد وعلى أكثر من محور لأكثر من خليّة عصبية واحدة.

4.2 الألياف العصبية وبنيتها

وضح للطلّاب أن الليف العصبي هو الاستطالة الطويلة للخليّة العصبية وما يحيطها من غلافات. هذه الألياف إما أن تكون محاطة بالميلين أو لا تكون. كما أن سرعة انتقال السيالات العصبية تختلف بين الواحدة والأخرى. فسرعة انتقال السيالة العصبية في الألياف المحاطة بالميلين هي أسرع من تلك غير المحاطة، لأنها في الحالة الأولى تنتقل السيالة بالقفز من عقدة رانفيير إلى أخرى، أما في الحالة الثانية فتنتقل من النقطة المنبّهة إلى النقطة المجاورة.

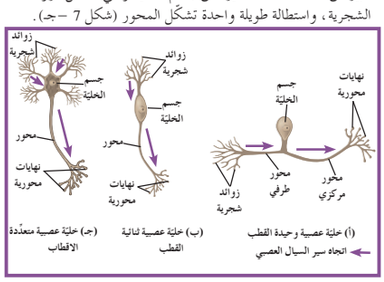
تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد الطلّاب أن الدماغ لا يمكن أن يصاب بورم خبيث لأن الخلايا العصبية غير قادرة على الانقسام الميتوزي. ناقش مع الطلّاب أن ورم الدماغ لا يحدث في الخلايا العصبية إنما في خلايا الغراء العصبي المساندة للجهاز العصبي حيث يحدث فيها انقسام ميتوزي.

5.2 الأعصاب وأنواعها

وضح للطلّاب أن العصب يتكون من حزم من الألياف العصبية، وهي تكون إمّا ألياف عصبية حسّية أو ألياف حركية والتي على أساسها تصنف الأعصاب إلى أعصاب حسّية أو حركية. ويوجد أيضًا نوع ثالث من الأعصاب وهي الأعصاب المختلطة التي تتكون من ألياف حسّية وحركية في الوقت نفسه.

- **خلايا عصبية متعدّدة الأقطاب Multipolar Neurons:** تتميّز بامتداد عدد كبير من الاستطالات القصيرة من جسم الخليّة والتي تشكّل الزوائد الشجرية، واستطالة طويلة واحدة تشكّل المحور (شكل 7 –جـ).



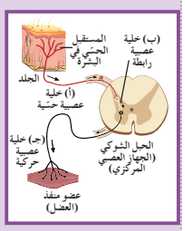
شكل (7)
تنقسم الخلايا العصبية من حيث الشكل وعدد الاستطالات الى ثلاثة انواع:
(أ) خلية عصبية وحيدة القطب
(ب) خلية عصبية ثنائية القطب
(جـ) خلية عصبية متعدّدة الاقطاب.

(ب) تصنيف الخلايا العصبية من حيث الوظيفة

Functional Classification

تنقسم الخلايا العصبية من حيث الوظيفة إلى ثلاثة أنواع:

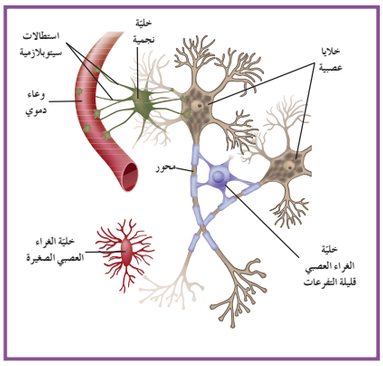
- **الخلايا العصبية الحسّية Sensory Neurons: تنقل السيالات العصبية الحسّية Sensory or Afferent Nerve Impulse من المستقبلات الحسّية إلى الجهاز العصبي المركزي** (شكل 8 –أ). **المستقبلات الحسّية Sensory Receptors هي نهايات خلايا عصبية أو خلايا متخصّصة تجمع المعلومات من داخل الجسم وخارجه، وتحوّلها إلى سيالة عصبية.** تؤدّي الخلايا العصبية الوحيدة القطب دور الخلايا العصبية الحسّية وكذلك الخلايا العصبية ثنائية القطب في الأعضاء الحسّية من مثل العينين، الأنف، الأذن واللسان.
- **الخلايا العصبية الحركية Motor Neurons: تنقل السيالات العصبية الحركية Motor or Efferent Nerve Impulse من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المنفّذة** (شكل 8 –ب). **والأعضاء المنفّذة Effector organs هي الأعضاء، التي تستجيب للسيال العصبي إمّا بالانقباض إذا كانت عضلات أو بالإفراز إذا كانت غدد.** تؤدّي معظم الخلايا العصبية المتعدّدة الأقطاب دور الخلايا العصبية الحركية.
- **الخلايا العصبية الرابطة أو الموصلة Interneurons: توجد بين خليتين عصبيتين وتكون بكامل أجزائها أو بمعظم أجزائها داخل الجهاز العصبي المركزي، حيث تتواجد بين خلايا عصبية حسّية وأخرى حركية** (شكل 8 –جـ)، **أو بين خلايا عصبية رابطة أخرى.** وتؤدي بعض الخلايا العصبية متعدّدة الأقطاب دور الخلايا العصبية الرابطة، وتنسّق بين السيالات العصبية الحسّية والحركية.



شكل (8)
تنقسم الخلايا العصبية من حيث الوظيفة إلى:
(أ) خلية عصبية حسّية
(ب) خلية عصبية رابطة
(جـ) خلية عصبية حركية

3.3 خلايا الغراء العصبي Glial Cells

تمثّل خلايا الغراء العصبي حوالي 90% من الخلايا التي تكوّن الجهاز العصبي وهي خلايا تحيط بالخلايا العصبية. تصنف خلايا الغراء العصبي من حيث الحجم الى نوعين هما خلايا الغراء العصبي الكبيرة وخلايا الغراء العصبي الصغيرة (شكل 9 –أ).



شكل (9 –أ)
أنواع خلايا الغراء العصبي

(أ) خلايا الغراء العصبي الصغيرة Microglia

هي خلايا بلعمية موجودة في الجهاز العصبي المركزي تؤدّي دورًا مهمًّا في الاستجابة المناعية حيث تقوم بتخليص النسيج العصبي من الكائنات الممرضة والأجسام الغريبة إضافة إلى الخلايا العصبية التالفة والميتة من خلال عملية البلعمة. تُعد هذه الخلايا أصغر خلايا الغراء العصبي حجمًا وهي خلايا متحرّكة يمكن أن تتجه إلى النسيج العصبي المتضرر لتخليصه من الخلايا التالفة والمتهالكة.

(ب) خلايا الغراء العصبي الكبيرة Macroglia

وهي تنقسم إلى ثلاثة أنواع:

- **خلايا الغراء العصبي قليلة التفرعات Oligodendrocytes:** تتواجد هذه الخلايا في الجهاز العصبي المركزي وهي المسؤولة عن تكوين غلاف الميلين حول محاور الخلايا العصبية فيه.

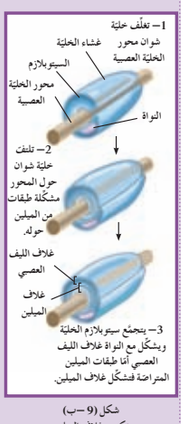
3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

يقارنون ويباينون الأجهزة العصبية للهيدرا، والديدان الحلقية، والحشرات والبشر. اِسأل:

* كيف تتشابه الأجهزة العصبية؟ وكيف تختلف؟ **(جميع الأجهزة العصبية تتكون من خلايا عصبية ووظيفتها تمكين الكائن من جمع المعلومات والاستجابة. تختلف الأجهزة العصبية عن بعضها البعض في التنظيم (أو التعضي) ودرجة التعقيد.)**

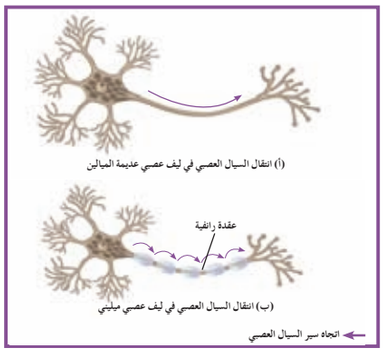


شكل (9 – ب)
تكوين غلاف الميلين
ما الفرق بين خلايا شوان وخلايا الغراء العصبي قليلة التفرعات من ناحية تكوين غلاف الميلين؟

- **الخلايا النجمية Astrocytes:** تتواجد هذه الخلايا في الجهاز العصبي المركزي وتعدّ من أكثر خلايا الغراء العصبي وفرةً. سُمّيت الخلايا النجمية نسبةً إلى شكلها الذي يشبه النجمة. وهي تمدّ الخلايا العصبية بالأكسجين والعناصر الغذائية من الأوعية الدموية المجاورة عبر استطالتها السيتوبلازمية وتساعد على حفظ ثبات الوسط الكيميائي المجاور للخلايا العصبية وقد أثبتت الأبحاث الحديثة أنّها قد تؤدّي دورًا في نقل إشارات الجهاز العصبي.
- **خلايا شوان Schwann cells:** تتواجد هذه الخلايا في الجهاز العصبي الطرفي وتحتوي أغشيتها على مادّة دهنية تعرف بالميلين. تلتفّ خلايا شوان خلال نموها حول محور الخلايا العصبية مشكلة طبقات من الميلين، وهي طبقات عازلة، تُعرَف بغلاف الميلين ويتجمّع سيتوبلازم الخليّة ويشكّل مع النواة غلاف الليف العصبي (شكل 9 – ب).

4. الألياف العصبية وبنيتها
Nerve Fibers and Their Structure

الليف العصبي Nerve fiber هو الاستطالة الطويلة للخلية العصبية وما يحيط بها من أغلفة. تُصنَّف الألياف العصبية إلى ألياف عصبية عديمة الميلين Unmyelinated Nerve Fibers، وألياف عصبية ميلينية Myelinated Nerve Fibers. لا يُحاط النوع الأوّل، بطبقة من الميلين، ويتواجد في المادّة الرمادية (وهي تتكون إضافةً إلى الألياف العصبية عديمة الميلين من أجسام الخلايا العصبية) وفي الأعصاب الطرفية. أمّا النوع الثاني فهو استطالات طويلة مفردة مُحاطة بالميلين، ولا تتواجد إلّا في المادّة البيضاء (تتكوّن من ألياف الخلايا العصبية المغلفة بمادّة الميلين) وفي الأعصاب الطرفية. إذا قُطِع الليف العصبي، يظلّ الطرف المركزي منه، الذي لا يزال مرتبطًا بجسم الخليّة العصبية حيث توجد النواة، قادرًا على التجدّد والنموّ إذ يمكنه الحصول على احتياجاته كلّها من موادّ تُصنَّع في جسم الخليّة العصبية. أمّا الجزء الطرفي فيُتلَف لأنّه فقد الاتّصال بجسم الخليّة العصبية. وتختلف أنواع الألياف العصبية من حيث قطرها، ووظيفتها (حسّية أو حركية)، وكونها مُغلَّفة بالميلين أم لا. وتختلف، كذلك، سرعة انتقال السيالات العصبية فيها بحسب قطرها، وكونها مُغلَّفة بالميلين أم لا. تنتقل السيالات العصبية في الألياف عديمة الميلين أبطأ ممّا تنتقل في الألياف الميلينية، لأنّها تنتقل في هذه الأخيرة بالقفز من عقدة رانفيير إلى أخرى، بينما تنتقل في الألياف عديمة الميلين من النقطة المُنبِّهة إلى النقطة المجاورة لها (شكل 10).



شكل (10)
انتقال السيال العصبي في الخلية العصبية

5. الأعصاب وأنواعها
Nerves and Their Types

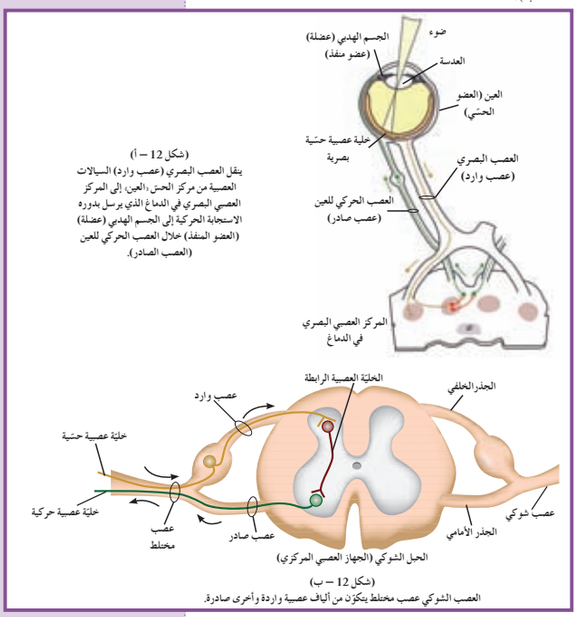
يتكوّن العصب Nerve من حُزَم ألياف عصبية Nerve Fibers وهو يصل الجهاز العصبي المركزي بمختلف أعضاء الجسم وينقل السيالات العصبية في ما بينها (شكل 11). تتكوّن كلّ حزمة من مجموعة من الألياف العصبية. يحيط بالحزم العصبية نسيج ضامّ تتخلّله شبكة من الأوعية الشعيرية. يحيط بكلّ ليف عصبي عديم الميلين أو ميليني غلاف يسمّى غلاف الليف العصبي Endoneurium. ويحيط بكلّ حزمة عصبية غلاف يسمّى غلاف الحزمة العصبية Perineurium وهو أقلّ كثافة من غلاف العصب Epineurium الذي يحيط بالعصب.

تختلف الأعصاب بعضها عن بعض من حيث وظيفتها، وأنواع الألياف العصبية الموجودة فيها.

شكل (11)
تركيب العصب

تنقسم الأعصاب إلى ثلاثة أنواع:

1. **أعصاب واردة (حسّية) Afferent Nerves تنقل السيالة العصبية الحسّية من أعضاء الحسّ إلى المراكز العصبية** من مثل العصب البصري (شكل 12 – أ) والسمعي والشمّي.
2. **أعصاب صادرة (حركية) Efferent Nerves تنقل السيالة العصبية الحركية من المراكز العصبية إلى الأعضاء المنفِّذة** من مثل العصب الحركي للعين (شكل 12 – أ) واللسان.
3. **أعصاب مختلطة Mixed Nerves تتكوّن من ألياف عصبية واردة (حسّية) وصادرة (حركية) تنقل السيالة بالاتّجاهين** من مثل الأعصاب الشوكية (شكل 12 – ب).



(شكل 12 – أ)
ينقل العصب البصري (عصب وارد) السيالات العصبية من مركز الحسّ (العين) إلى المركز العصبي البصري في الدماغ الذي يرسل بدوره الاستجابة الحركية إلى الجسم الهدبي (عضلة) (العضو المنفذ) خلال العصب الحركي للعين (العصب الصادر).

(شكل 12 – ب)
العصب الشوكي عصب مختلط يتكوّن من ألياف عصبية واردة وأخرى صادرة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–1

1. للجهاز العصبي أربعة وظائف هي:
   - جمع المعلومات من داخل الجسم وخارجه.
   - نقل المعلومات إلى المناطق المعالجة، أي الجهاز العصبي المركزي.
   - معالجة المعلومات.
   - إرسال استجابات إلى الأعضاء المنفِّذة.
2. كلاهما يحوي خلايا عصبية. الهيدرا لها شبكة عصبية من دون جهاز عصبي مركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) أو معالجة مركزية على عكس الجهاز العصبي البشري.
3. الجهاز العصبي للإنسان أكثر تعقيدًا، وللإنسان دماغ متطوّر بدرجة كبيرة.
4. الجهاز العصبي المركزي يعالج المعلومات، الجهاز العصبي الطرفي يجمعها من داخل الجسم وخارجه وينقلها إلى الجهاز العصبي المركزي.
5. **(أ)** تقوم الخلايا العصبية الحسية بنقل الإشارات العصبية من المستقبلات الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي، وهي إما نهايات خلايا عصبية أو خلايا متخصّصة، بينما تقوم الخلايا الحركية بنقل الإشارات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المنفذة. وتؤدي معظم الخلايا العصبية المتعددة الأقطاب دور الخلايا العصبية المركبة. أما الخلايا العصبية الرابطة فتقوم بربط خليتين عصبيتين حسية وأخرى حركية أو خلايا رابطة أخرى لتوصل السيالات العصبية في ما بينها، وتؤدي بعض الخلايا العصبية متعددة الأقطاب دور الخلايا العصبية الرابطة.
   (ب) الليف العصبي هو الاستطالة السيتوبلازمية الطويلة للخلية العصبية، وتكون إما ميلينية أو عديمة الميلين وهي نوعان:
   - ألياف عصبية حسية تنقل السيالات العصبية من المستقبلات الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي.
   - ألياف عصبية حركية: تنقل السيالات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المنفِّذة.

   أمّا الأعصاب فتتكوّن من مجموعة حزم ألياف عصبية:
   - أعصاب حسية (واردة): تنقل السيالات العصبية الحسية من أعضاء الحسّ إلى المراكز العصبية.
   - أعصاب حركية (صادرة): تنقل السيالات العصبية الحركية من المراكز العصبية إلى الأعضاء المنفِّذة.
   - أعصاب مختلطة: تنقل السيالات العصبية الحسّية والحركية.
6. تعرّضت الاعصاب الحركية في القدم للتلف إذ أصبح الشخص غير قادر على تحريك قدمه.
7. خلايا الغراء العصبي في الجهاز العصبي الطرفي، كخلايا شوان، تساعد الخلايا العصبية في نقل المعلومات لمسافات طويلة.
   خلايا الغراء العصبي في الجهاز العصبي المركزي، كالخلايا النجمية، تدعم أو تساند الخلايا العصبية في تأمين حاجاتها ومعالجة المعلومات. لذا تختلف بسبب وظائفها المختلفة.
8. الحيوانات ذات التماثل الشعاعي يمكنها تلقي المؤثرات من جميع الاتجاهات.

فقرة اثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

تركيب العصب

يحتوي العصب على ثلاثة أنواع من الألياف العصبية التي تختلف من حيث قطرها وكونها مغلّفة بالميالين أم لا، وهي «الألياف أ» و«الألياف ب» و«الألياف ج».

الألياف أ A–Fiber: هي ألياف ذات القطر الأكبر ويتراوح بين 5µm و20µm وهي مغلّفة بالميالين وبالتالي ينتقل السيال العصبي من خلالها بسرعة عالية تتراوح ما بين 12 إلى 130 مترًا في الثانية. تنقسم هذه الألياف إلى أربع فئات هي الألياف أ – ألفا، أ– بيتا، أ– غاما وأ– دلتا مرتّبة بحسب تدرج القطر من الأكبر إلى الأصغر.

الألياف ب B – Fibers: هي ألياف يتروح قطرها ما بين 2µm و3µm وهي مغلّفة بالميالين وينتقل السيال العصبي في خلالها بشكل أبطأ مقارنة بالألياف أ وتصل سرعتها إلى 15 مترًا في الثانية.

الألياف ج C – Fibers: هي الألياف ذات القطر الأصغر ويتروح بين 0.5µm و1.5µm وهي عديمة الميالين وينتقل السيال العصبي في خلالها بشكل أبطأ مقارنة بالألياف أ وب وتتراوح سرعتها بين 0.5 و2 متر في الثانية.

مراجعة الدرس 1-1

1. أذكر وظائف الجهاز العصبي الأربع.
2. قارن بين الجهازين العصبيين للإنسان والهيدرا.
3. كيف يختلف الجهاز العصبي لدى الإنسان عن الجهاز العصبي لدى الجراد؟
4. ما أوجه الاختلاف بين الجهازين العصبيين المركزي والطرفي؟
5. **(أ)** قارن بين الخلايا العصبية الحسّية والحركية والرابطة من حيث التركيب والوظيفة.
   (ب) قارن بين الليف العصبي والعصب من حيث التركيب والوظيفة.
6. **توقع:** تعرّض أحد الأشخاص لحادث سير. وعندما خضع لتشخيص سريري تبيّن أنّه يشعر بألم عند الضغط على أسفل قدمه بدبوس لكنّه غير قادر على تحريكها. **توقّع** أيّ من أعصاب القدم قد تعرّض لتلف.
7. **سؤال للتفكير الناقد:** لماذا تختلف معظم خلايا الغراء العصبي في الجهاز العصبي المركزي عن معظم خلايا الغراء العصبي في الجهاز العصبي الطرفي؟
8. **أضف إلى معلوماتك:** كيف تستفيد الحيوانات من مثل قناديل البحر من إحاطة جسمها بالكامل بمستقبلات حسّية؟

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارات توظيف النماذج:** دع الطلّاب يرسمون نموذجًا للخليّة العصبية ويحدّدون البينات عليه واتجاه سير السيال العصبي.
- **مهارة المقارنة والمباينة:** اطلب إلى الطلّاب رسم جدول للمقارنة بين أنواع الخلايا العصبية من حيث الشكل والوظيفة. دع طالبًا متطوعًا يسجل المعلومات في جدول على السبّورة بينما يذكر الطلّاب الآخرون أوجه الشبه والاختلاف بين هذه الخلايا.

الأهداف:

- يتعرّف جهد الراحة وأسبابه.
- يتعرّف جهد العمل وأسبابه.
- يشرح كيفية انتقال السيالات العصبية على طول الليف العصبي.
- يتعرّف أنواع المنبّهات والأعضاء الحسّية المتخصّصة لكلّ منها.
- يشرح انتقال الرسائل العصبية عبر المشتبك الكيميائي.

الأدوات المستعملة: صور أو شفافيات توضّح انتقال السيال العصبي خلال محور الخليّة العصبية وانتقال النواقل العصبية خلال المشتبك الكيميائي.

صفحات الطلّاب: من ص 25 إلى ص 36

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 13) وقراءتهم التعليق المصاحب لها.

فسِّر أن الناس قد يستخدمون الوخز الإبري بدلًا من الأدوية لتسكين الألم. اِسأل:

- لماذا قد يستخدم البشر الوخز الإبري بدلًا من العلاج الدوائي لتسكين الألم؟ **(قد تتضمن الإجابات لتفادي الحساسية للأدوية، أو الخوف من الإدمان أو أي تأثيرات جانبية أخرى.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

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

- حدِّد مسار السيال العصبي في الخليّة العصبية. **(زوائد شجرية، جسم الخليّة، محور مركزي نهايات محورية)**
- ما هو السيال العصبي؟ **(عبارة عن موجة من التغيّر الكيميائي والكهربائي تنتقل على طول غشاء الخليّة العصبية.)**

الدرس 1-2
فسيولوجيا الجهاز العصبي
Nervous System Physiology

الأهداف العامة
- يتعرّف جهد الراحة وأسبابه.
- يتعرّف جهد العمل وأسبابه.
- يشرح كيفية انتقال السيالات العصبية على طول الليف العصبي.
- يتعرّف أنواع المنبّهات والأعضاء الحسّية المتخصّصة لكلّ منها.
- يشرح انتقال الرسائل العصبية عبر المشتبك الكيميائي.

(شكل 13)
الوخز الإبري

كيف يعمل الوخز الإبري؟
أجرى العلماء بحوثًا لمعرفة كيفية عمل الوخز الإبري. واستنتجوا أنّ الإبر التي يتمّ إدخالها داخل الجلد في نقاط معيّنة كما هو موضّح في الشكل (13)، قد تحفّز الأعصاب التي ترسل رسائل إلى الدماغ ليطلق الأندورفينات Endorphins. تقلّل الأندورفينات من الشعور بالألم، وتعمل على مستقبلات متخصّصة في خلايا الدماغ العصبية لتعطي إحساسًا بالتحسّن. ويُشار إلى أنّ بحوثهم لا تزال مستمرّة في هذا المجال.

25

نشاط توضيحي

جهز دائرة كهربائية تتضمن مصدر كهربائي، مفتاح، مصباح كهربائي. أغلق المفتاح ودع الطلّاب يلاحظون ما الذي يحدث.

(سيضيء المصباح.)

اِسأل:

* ما الذي سيحدث إذا فُتِح المفتاح؟ **(ينطفئ المصباح.)**

افتح المفتاح الكهربائي لتوضّح ما سيحدث. أخبر الطلّاب أن الشحنات الكهربائية تنتقل خلال الجهاز العصبي بطريقة تشبه كثيرًا انتقالها خلال الدائرة الكهربائية.

2. علِّم وطبِّق

1.2 الظواهر الكهربائية على غشاء خليّة حيّة

(أ) جهد الراحة

اسأل الطلّاب:

* برأيك، لماذا يعتبر غشاء الخليّة في حالة الراحة مستقطبًا كهربائيًّا؟ **(ذلك لوجود فرق جهد كهربائي عبر غشاء الخليّة، حيث يحمل السطح الداخلي للغشاء شحنة كهربائية سالبة بالنسبة إلى سطحه الخارجي.)**
* ما الاسم الذي يُطلق على الجهد الكهربائي لغشاء الخليّة العصبية قبل تولّد جهد العمل؟ **(جهد الراحة)**
* هل جهد الراحة موجود في جميع الخلايا الحية؟ **(نعم ولكنه يختلف بين الخليّة والأخرى. في الخليّة العصبية مثلًا هو 70mv– أما في الليف العضلي فهو 95mv–.)**

(ب) أسباب جهد الراحة

أشر إلى أن تركيب غشاء الخليّة ومكوناتها والاختلاف في كثافة الأيونات على جانبي غشاء الخليّة تؤدّي إلى تشكّل جهد الراحة.

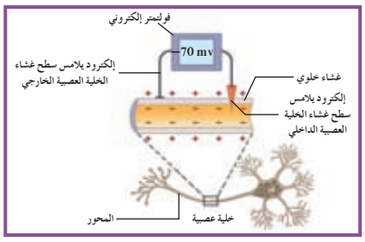
اِسأل:

* كيف تتوزع كثافة أيونات Na^+ و K^+ على جانبي غشاء الخليّة؟ **(كثافة أيونات Na^+ خارج غشاء الخليّة أعلى من داخل الغشاء بعكس أيونات K^+.)**
* أي قنوات أيونات البوتاسيوم أم الصوديوم موجودة بأعداد أكثر في غشاء الخليّة؟ **(قنوات البوتاسيوم K^+)**
* إلامَ يؤدي ذلك؟ **(زيادة انتشار K^+ خارج الخليّة ونقص انتشار Na^+ داخلها، ما يؤدي إلى استقطاب كبير لأيونات موجبة على سطح الغشاء الخارجي للخليّة، وهذا ما يُعرف باستقطاب الغشاء.)**

1.1 جهد الراحة Resting Potential

يوجد تيّار كهربائي يتّجه من ناحية سطح غشاء الخليّة الخارجي باتّجاه سطح غشاء الخليّة الداخلي، وهذا يعني أنّ سطح غشاء الخليّة الخارجي يحمل شحنات موجبة أمّا سطح غشاء الخليّة الداخلي فيحمل شحنات سالبة (شكل 14). هذا الفرق في الكمون الكهربائي لغشاء الخليّة الحيّة يُسمّى فرق الكمون الكهربائي Electric Potential Difference أو ما يعرف بالجهد الكهربائي عبر غشاء الخليّة.

على غرار الخلايا كلّها، **لغشاء الخليّة العصبية في حالة الراحة جهد كهربائي (فرق كمون كهربائي) يُعرف باسم جهد الراحة Resting Potential وهو يساوي 70 mv– (شكل 14) نتيجة الاختلاف في تركيزات الأيونات على جانبي غشاء الخلية.**



(شكل 14)
يشير الفولتمتر الإلكتروني إلى وجود فرق جهد لغشاء الخلية العصبية يعرف بجهد الراحة ويساوي 70 mv–، وذلك بسبب اختلاف الشحنات بين السطح الداخلي لغشاء الخلية (وهو سالب) والسطح الخارجي لغشاء الخلية (وهو موجب).

2.1 أسباب جهد الراحة Causes of Resting Potential

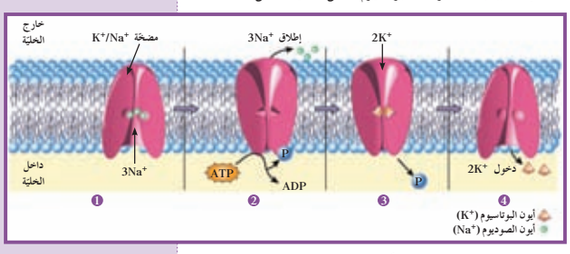
تتعدّد أسباب وجود جهد الراحة لغشاء خليّة ما، ومنها تركيب غشاء الخليّة ومكوّناته، والاختلاف في كثافة الأيونات على جانبي غشاء الخليّة (ناحية داخل الخليّة، وناحية خارجها)، وحركة هذه الأيونات داخل الخليّة وخارجها بطريقة مُنتظِمة غير عشوائية. أمّا الأسباب المؤدّية إلى استمرارية هذا الجهد لغشاء الخلايا الحيّة فهي:

- الفروقات في تركيز الأيونات على جانبي الغشاء واختلاف نفاذية الغشاء Selective Membrane Permeability للأيونات المختلفة.

يحتوي غشاء الخليّة على قنوات لنقل الأيونات Ion Channels من وإلى البيئتين **الخارجية أي الوسط المحيط بالخلية الحيّة Extracellular** والداخلية للخليّة.

ومن تلك القنوات قنوات خاصة بأيونات الصوديوم Na^+ وأخرى خاصة بأيونات البوتاسيوم K^+. وتتواجد القنوات الخاصة بأيونات الصوديوم Na^+ بعدد أقل من القنوات الخاصة بأيونات البوتاسيوم K^+. تبقى هذه القنوات مفتوحة دائمًا، وهي تسمح بنقل أيونات Na^+ و K^+ خلال غشاء الخليّة بحسب منحدر تركيزها حيث إنّ تركيز Na^+ أعلى في البيئة الخارجية للخليّة مقارنة بالبيئة الداخليّة للخلية على عكس تركيز K^+. نتيجة لذلك، يزيد انتشار أيونات البوتاسيوم K^+ خارج الخليّة بينما يقلّ انتشار أيونات الصوديوم Na^+ داخلها. **يؤدّي هذا الاختلاف في نفاذية الغشاء لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم إلى جعل الغشاء الخارجي موجب الشحنات على عكس الغشاء الداخلي سالب الشحنات، وهذا الفرق في الشحنات على جانبي الغشاء يُعرف باستقطاب الغشاء Polarized Membrane.**

- **وجود مضخّة الصوديوم–البوتاسيوم Sodium–Potassium Pump في غشاء الخليّة وهي مضخة تقوم بنقل نشط Active Transport لثلاثة أيونات صوديوم $3Na^+$ من داخل الخلية إلى البيئة الخارجية مقابل نقل أيوني بوتاسيوم $2K^+$ من البيئة الخارجية للخلية إلى داخل الخلية. يستلزم هذا النقل النشط استهلاك طاقة (ATP).** في كلّ دورة، ترتبط المضخّة بثلاثة أيونات صوديوم في الجهة الداخليّة للخليّة وتتطلّب عملية نقل هذه الأيونات عكس منحدر تركيزها استهلاك الطاقة فتتحلّل جزيئات ATP إلى ADP + Pi مطلقة الطاقة اللازمة. ثم يرتبط الفوسفات (Pi) بالمضخّة ما يؤدّي إلى تغير في شكلها فيسبّب إطلاق أيونات الصوديوم إلى البيئة الخارجية للخليّة. ثم يرتبط أيوني بوتاسيوم من البيئة الخارجية للخليّة بالمضخّة فيتحرّر الفوسفور المرتبط بهما ما يؤدّي إلى إعادة تغيّر شكلها مسبّبًا إطلاق أيونات البوتاسيوم داخل الخليّة (شكل 15).



شكل (15)
انتقال أيونات البوتاسيوم والصوديوم خلال المضخة في غشاء الخلية.

تشكّل هذه الخطوات دورة تقوم في خلالها المضخّة بضخّ ثلاثة أيونات Na^+ خارج الخليّة مقابل ضخّ أيوني K^+ إلى داخل الخليّة. وبالتالي تتجمّع الأيونات الموجبة بشكل أكبر على سطح غشاء الخليّة الخارجي، ما يساعد في استقطاب غشاء الخليّة.

3.1 جهد العمل Action Potential

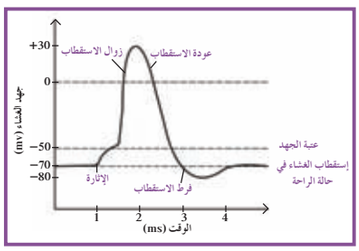
ينقل جهازك العصبي آلاف الإشارات خلال جسمك في كلّ لحظة على شكل سيالات عصبية. **والسيال العصبي Nerve Impulse عبارة عن موجة من التغيّر الكيميائي والكهربائي تنتقل على طول غشاء الخليّة العصبية.**

عند استثارة ليف الخليّة العصبية بمؤثّر فعّال، يستجيب الليف بظاهرة كهربائيّة تُسمّى **جهد العمل Action Potential، وهو انعكاس الشحنة الكهربائيّة عبر غشاء الخليّة ومن ثمّ استعادة غشاء الخليّة لوضعه السابق أي حالة جهد الراحة.** يُعتبَر جهد العمل اسمًا آخر للسيال العصبي.

يمرّ غشاء الخلية في أثناء جهد العمل بمراحل مختلفة في فترة من الزمن تتراوح ما بين 1 ms و2 ms (شكل 16). وهذه المراحل هي:

- مرحلة **زوال الاستقطاب Depolarization وهو انتقال جهد غشاء الخلية من 70mv− إلى 30mv+**. يحدث ذلك نتيجة فتح قنوات الصوديوم ودخول أيونات الصوديوم من البيئة الخارجية للخلية إلى داخل الليف العصبي.
- مرحلة **عودة الاستقطاب Repolarization وهو انتقال جهد غشاء الخلية من 30mv+ إلى 70mv−**. يحدث ذلك نتيجة فتح قنوات البوتاسيوم وخروج أيونات البوتاسيوم من داخل الليف العصبي إلى البيئة الخارجية.
- مرحلة **فرط الاستقطاب Hyperpolarization وهو انتقال جهد غشاء الخلية من 70mv− إلى 80mv−**. يحدث ذلك نتيجة تأخّر انغلاق قنوات البوتاسيوم K^+.
- مرحلة العودة إلى تثبيت حالة الاستقطاب في مرحلة الراحة حيث تقوم مضخّات الصوديوم – البوتاسيوم النشطة بإرجاع تراكيز أيونات الصوديوم والبوتاسيوم إلى نسبها الأصلية في خلال مرحلة الراحة.

في خلال مرحلة زوال الاستقطاب، ينتقل جهد الغشاء من 70mv− إلى 50mv− أي **عتبة الجهد Threshold Potential وهو الحدّ الأدنى من إزالة استقطاب جهد الغشاء لتوليد جهد العمل.** إنّ أيّ استثارة لا توصل غشاء الخلية إلى عتبة الجهد لا تولّد جهد عمل.



(شكل 16)
جهد العمل
حين تسبّب الإثارة إزالة استقطاب غشاء الخليّة وصولًا إلى عتبة الجهد يولد جهد العمل.

عند استثارة العصب الوركي مثلًا بسلسلة من الصدمات الكهربائية المتزايدة في شدّتها والمتساوية من حيث زمن تأثيرها، نلاحظ أنّ التنبيه غير الفعّال Ineffective Stimulation غير قادر على توليد جهد عمل، فيُقال عندئذ إنّ شدّة التنبيه غير كافية أي تحت عتبة التنبيه أو تحت عتبوية Subthreshold Intensity. بزيادة الشدّة تدريجيًّا، نصل إلى شدّة تكفي لتوليد جهد عمل، وتُدعى هذه الشدّة عتبة التنبيه أو الشدّة العتبوية Threshold Intensity، **وأيّ شدّة أعلى من عتبة التنبيه Suprathreshold Intensity تكون قادرة على توليد جهد عمل، تُسمّى التنبيه الفعّال Effective Stimulation.**

بوصول غشاء الخلية المستثار إلى نقطة عتبة الجهد 50mv−، يولد ما يسمّى **بموجة زوال الاستقطاب Wave of depolarization وهي موجة تنتقل على طول الليف العصبي على شكل شحنات سالبة مؤدّية إلى تشكّل السيال العصبي وانتقاله إلى نهاية المحاور العصبية (شكل 17).**

* ما الذي يؤدي أيضًا إلى استقطاب الغشاء؟ **(وجود مضخة الصوديوم – البوتاسيوم التي تقوم بنقل نشط للأيونات Na^+ و K^+ بعكس منحدر تركيزها، أي نقل نشط لثلاث أيونات Na^+ إلى خارج الخليّة وايونين K^+ إلى داخلها. وبهذه الطريقة فإن هذه المضخة تُبقي حالة استقطاب الغشاء في حالة الراحة، أي أنها تعيد توزيع الأيونات في الخليّة العصبية إلى ما كانت عليه.)**

(جـ) جهد العمل

بعد دراسة الطلّاب للفقرة والشكل (16)، اِسأل:

* ما المقصود بالجهد الفعّال أو جهد العمل عند نقطة ما من غشاء الخليّة العصبية؟ **(حدوث انعكاس الشحنات الكهربائية واستعادتها عبر غشاء الخليّة عند تلك النقطة.)**
* ما هي المراحل التي يمر بها جهد العمل؟ **(زوال الاستقطاب، عودة الاستقطاب، إفراط الاستقطاب والعودة إلى تثبيت حالة الاستقطاب في حالة الراحة)**
* ما هي قيمة عتبة الجهد؟ **(50mv−)**
* ما هو التنبيه الفعّال؟ **(هو شدة التنبيه الذي يصل إلى عتبة التنبيه أو يزيد عنها ويكون قادرًا على توليد جهد العمل.)**

اطلب إلى الطلّاب دراسة الشكل (17)، ثمّ اسأل:

* ماذا يحدث في غشاء الخليّة عند استثارة الخليّة العصبية أو تنبيهها؟ **(تنفتح قنوات الصوديوم الموجودة في الغشاء وتنساب أيونات الصوديوم من خارج الخليّة إلى داخلها.)**
* كيف تتشكل موجة زوال الاستقطاب؟ **(عندما تنفتح قنوات الصوديوم، كاستجابة لاستثارة تصل شدتها إلى عتبة التنبيه، تدخل أيونات الصوديوم إلى داخل الليف العصبي ما يؤدي إلى ارتفاع جهد الراحة إلى 50mv−. يسبّب ذلك فتح عدد أكبر من قنوات الصوديوم ما يؤدي إلى توليد جهد العمل الذي تصل قيمته إلى 30mv+. هكذا تنعكس الشحنة الكهربائية على جانبي الغشاء ما يسبب فتح قنوات جديدة للصوديوم في المنطقة المجاورة لمنطقة الاستثارة وهكذا تنتقل موجة من زوال الاستقطاب، أي موجة كهربائية سالبة على طول الغشاء الخارجي للخليّة العصبية.)**
* لجهد العمل أو الجهد الفعّال لغشاء الخليّة العصبية اسمًا آخر، ما هو؟ **(السيال العصبي)**

نشاط توضيحي

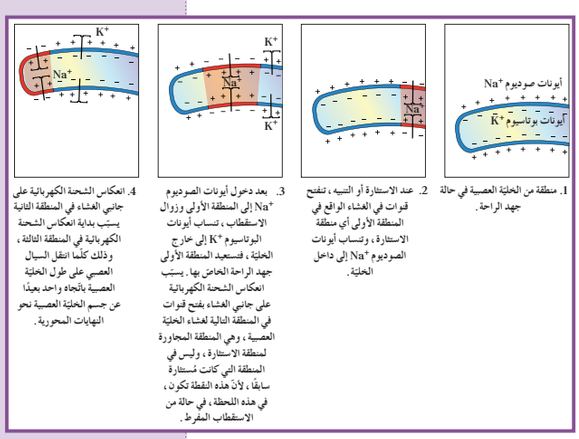
استخدم مضاهاة الدومينو لتمثل استحثاث حركة الجهد الفعّال أو جهد العمل على طول محور الخليّة العصبية. رتب قطع الدومينو في صف طويل رأسيًّا، ثم اجعلهم يتساقطون عن طريق طَرْق القطعة الأولى بلطف. اِسأل:

- لماذا سقطت جميع قطع الدومينو عندما طُرقت القطعة الأولى؟ **(لأن الطاقة الحركية قد انتقلت من قطعة إلى قطعة حتى وصلت إلى آخر قطعة دومينو.)**
- ما هو مصدر الطاقة الحركية التي انتقلت على طول صف قطع الدومينو؟ **(مصدرها الطرق على قطعة الدومينو الأولى.)**
- ماذا ستفعل كي تجعل قطع الدومينو تتساقط مرة أخرى؟ **(بإعادة كل القطع إلى وضع البداية وإمدادها ببعض الطاقة.)**

2.2 استجابة الجهاز العصبي للمنبّهات المختلفة

(أ) أنواع المنبّهات وخصائصها

اطلب إلى الطلّاب اعتبار المنبّهات التالية: اللمس، الضغط، الضوء، تغير الحرارة، جزيئات كيميائية، التمدد ومنبّهات الألم. اطلب إليهم وضع جدول مقسم إلى ثلاثة أعمدة. في العمود الأول يُكتب نوع المنبّه في الثاني نوع المستقبل وفي الثالث عضو الحس.



1. منطقة من الخلية العصبية في حالة جهد الراحة.
2. عند الاستثارة أو التنبيه، تنفتح قنوات في الغشاء الواقع في المنطقة الأولى أي منطقة الاستثارة، وتنساب أيونات الصوديوم Na^+ إلى داخل الخلية.
3. بعد دخول أيونات الصوديوم Na^+ إلى المنطقة الأولى وزوال الاستقطاب، تنساب أيونات البوتاسيوم K^+ إلى خارج الخلية، فتستعيد المنطقة الأولى جهد الراحة الخاص بها. يسبّب انعكاس الشحنة الكهربائية على جانبي الغشاء بفتح قنوات في المنطقة التالية لغشاء الخلية العصبية، وهي المنطقة المجاورة لمنطقة الاستثارة، وليس في المنطقة التي كانت مُستثارة سابقًا، لأنّ هذه النقطة تكون، في هذه اللحظة، في حالة من الاستقطاب المفرط.
4. انعكاس الشحنة الكهربائية على جانبي الغشاء في المنطقة التالية يسبّب بداية انعكاس الشحنة الكهربائية في المنطقة الثالثة، وذلك كلّما انتقل السيال العصبي على طول الخلية العصبية باتّجاه واحد بعيدًا عن جسم الخلية العصبية نحو النهايات المحورية.

(شكل 17)
ينمّ انتقال السيال العصبي من خلال تحرّك الأيونات عبر غشاء الخلية العصبية.

2. استجابة الجهاز العصبي للمنبّهات المختلفة

The Response of the Nervous System to Different Stimuli

المنبّه Stimulus هو تبدُّل في الوسط الخارجي أو الوسط الداخلي بسرعة تكفي لاستثارة المستقبلات الحسّية والخلايا العصبية وبالتالي توليد استجابة ملائمة له.

تنتشر المستقبلات الحسّية في كافة أنحاء الجسم، حيث إنّ بعضها يستقبل منبّهات خارجية، وبعضها الآخر يستقبل منبّهات داخليّة. يتّصل ليف عصبي بكلٍّ من هذه المستقبلات الحسّية التي تنقل السيالات العصبية عبر الألياف العصبية المحيطة باتّجاه الجهاز العصبي المركزي. تستخدم الحيوانات هذه المستقبلات للحصول على معلومات عن بيئتها، ويكون كلّ مستقبل خاصًّا بنوع من التنبيه. مثلًا، تقوم مستقبلات الضوء في شبكية العين باستقبال الموجات الضوئية فحسب، بينما تقوم مستقبلات الحرارة باستقبال الطاقة الحرارية، أمّا مستقبلات الضغط فتقوم باستقبال الضغط.

1.2 أنواع المنبّهات وخصائصها

Types of Stimuli and Their Characteristics

تكثر أنواع المنبّهات:

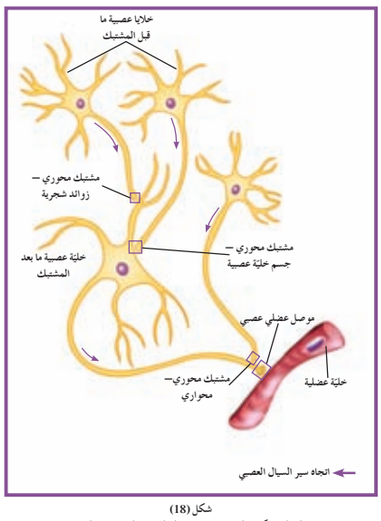
1. المنبّهات الكيميائية من مثل الموادّ الكيميائية كالأيونات والجزيئات الكيميائية الخاصّة بمستقبلات الشمّ Olfactory Receptors، والجزيئات الكيميائية الخاصّة بمستقبلات التذوّق Gustatory Receptors.
2. المنبّهات الميكانيكية مثل التغيُّر في الضغط، أو وضعية الجسم، التي تتحسّسها المستقبلات الميكانيكية Mechanoreceptors، ومستقبلات الألم، بالإضافة إلى مستقبلات اللمس والسمع والتوازن.
3. الإشعاعات كالأشعّة تحت الحمراء، أو إشعاعات الضوء المرئي، أو المجالات المغناطيسية. تتحسّس مستقبلات الضوء Photoreceptors، من مثل أشعّة الضوء المرئي.
4. المنبّهات الحرارية كالحرارة المرتفعة أو البرودة التي تتحسّسها المستقبلات الحرارية Thermoreceptors ومستقبلات الألم.

3. المشتبكات العصبية Synapses

لا تلامس معظم الخلايا العصبية بعضها بعضًا ولا تلامس الأعضاء المنفّذة بل تفصل بينها مشتبكات عصبيّة. **المشتبكات العصبية Synapses هي أماكن اتصال بين خليّتين عصبيتين أو بين خليّة عصبية وخليّة غير عصبية (خليّة عضلية أو غدّية). وهي تسمح بنقل السيال العصبي (الرسائل العصبية) من خليّة عصبية إلى الخليّة المجاورة** (شكل 18).

المشتبكات العصبية نوعان، المشتبكات الكيميائية Chemical Synapses التي تنقل السيال العصبي خلالها على شكل موادّ كيميائية (شكل 19) لا على شكل تيّار كهربائي كما في المشتبكات الكهربائية Electrical Synapses. توجد معظم المشتبكات الكيميائية بين النهايات المحورية للخليّة العصبية والزوائد الشجرية للخليّة التالية Axodendritic Synapse كما يمكن أن تتواجد بين النهايات المحورية وجسم خليّة Axosomatic Synapse أو محور خليّة عصبية أخرى Axoaxonic Synapse. ويُعرَف المشتبك الموجود بين خليّة عصبية وخليّة عضلية بالموصل العضلي العصبي Neuromuscular Junction (شكل 18).

تنتقل الرسائل العصبية باتّجاه واحد، عبر المشتبك الكيميائيّ، من تفرعات المحور العصبي لخلايا عصبية ما قبل المشتبك Presynaptic Neurons باتّجاه خليّة ما بعد المشتبك Postsynaptic Cell.



(18) شكل
مواقع المشتبكات العصبية واتجاه انتقال الرسائل العصبية بين الخلايا.

3.2 المشتبكات العصبية

كوّن علاقات

علم الصحّة

فسِّر للطلّاب أن العديد من الأمراض العقلية يرتبط ظهورها بالمستويات غير الطبيعية من النواقل العصبية. فعلى سبيل المثال، يرتبط ظهور الإحباط بالمستويات الأقل من تلك الطبيعية للناقلين العصبيين السيروتونين والنورإبينفرين (النورأدرينالين)، ويرتبط انفصام الشخصية بالمستويات الأعلى من طبيعية من الناقل العصبي الدوبامين. اِسأل:

- برأيك، كيف تؤثر المستويات غير الطبيعية للنواقل العصبية في أداء الجهاز العصبي لوظائفه؟ **(قد يقول الطلّاب أن النواقل العصبية تزيد أو تقلل من سرعة انتقال السيالات العصبية.)**

نشاط توضيحي

كي تحاكي انتقال السيالات عبر منطقة التشابك العصبي، جهِّز دائرة كهربائية بسيطة تشمل محلول إلكتروليتي مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) في الماء المقطر. اِسأل:

- ما هي أجزاء الجهاز العصبي الممثلة بمحلول كلوريد الصوديوم والكاثود والأنود؟ **(محلول كلوريد الصوديوم: الناقل العصبي متحركًا عبر منطقة التشابك العصبي؛ الكاثود والأنود: الخليتان العصبيتان)**
- ماذا سيحدث إذا استُبدل المحلول الإلكتروليتي بالماء المقطر؟ **(لن تنتقل النبضة (السيال) الكهربائية خلال الماء المقطر.)**

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- *** مهارة توظيف النماذج:** اطلب إلى الطلّاب رسم شكل تخطيطي يوضّح أحداث انتقال السيال العصبي خلال الخليّة العصبية وصولًا إلى مشتبك كيميائي. **(يجب أن تتضمن رسوم الطلّاب الأحداث التالية: انتقال السيال العصبي من خلال تحرّك الأيونات عبر غشاء الخليّة العصبية وصولًا إلى إحدى نهايات محور الخليّة العصبية، إفراز النواقل العصبية إلى شق المشتبك، انتشار النواقل العصبية عبر شق المشتبك وارتباطها بالمستقبلات الموجودة على أغشية الخلايا العصبية المجاورة، حركة الأيونات الموجبة عبر أغشية هذه الخلايا الأخيرة لتنبيه أو لاستثارة هذه الخلايا.)**

3. قيِّم وتوسَّع

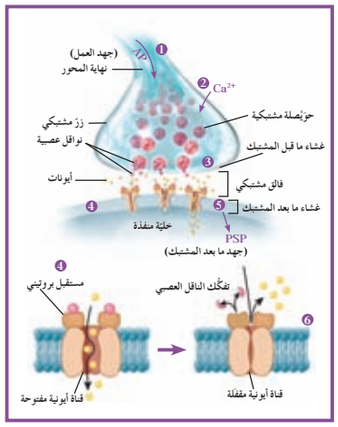
1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية: مراجعة أهداف الدرس من خلال كتابة فقرة مختصرة لكل هدف.

1.3 انتقال الرسائل العصبية عبر المشتبكات الكيميائية

Propagation of Nerve Messages Through Chemical Synapses

تظهر الدراسات المجهرية الإلكترونية للمشتبك الكيميائي انتفاخات في نهايات تفرعات المحور العصبي تُسمّى الأزرار. تحوي الأزرار حوَيْصلات دقيقة وغزيرة جدًّا تُدعى حوَيْصلات مشتبكية Synaptic Vesicles، تحوي بدورها موادّ كيميائيّة تُسمّى نواقل عصبية Neurotransmitters مسؤولة عن نقل الرسائل العصبية عبر المشتبكات الكيميائية.



شكل (19)
مراحل انتقال الرسائل العصبية (السيال العصبي) عبر المشتبك الكيميائي

يبيّن الشكل (19) كيفية انتقال الرسائل العصبية عبر المشتبك الكيميائي بعد حدوث تنبيه للخليّة العصبية ما قبل التشابك وذلك في الخطوات التالية:

1. عند وصول السيال العصبي (جهد العمل AP) إلى نهاية المحاور العصبية (شكل 19–1)، يحدث عند منطقة التفرّعات زوال استقطاب الغشاء ما قبل المشتبكي في منطقة الأزرار.

2. ينتج منه فتح قنوات الكالسيوم ودخول أيونات الكالسيوم من الخارج إلى داخل الأزرار المشتبكية (شكل 19–2).
3. يحفّز هذا الدخول التحام الحوَيْصلات المشتبكية بالغشاء ما قبل المشتبك. ثمّ بفعل نوع من الأنزيمات، تنفتح الحوَيْصلات المشتبكية إلى الخارج لتطلق النواقل العصبية باتّجاه الشقّ المشتبكي Synaptic Cleft بطريقة الإفراز الخلوي (شكل 19–3).
4. يوجد لكلّ ناقل عصبي مستقبل نوعي خاصّ به على الغشاء ما بعد المشتبك Specific Postsynaptic Membrane Receptor، يلتصق به لمدّة قصيرة (شكل 19–4).
5. يؤدّي هذا الالتصاق إلى فتح القناة الأيونية ما يسمح بظهور الجهد ما بعد المشتبك Postsynaptic Potential (PSP)(شكل 19–5). وهكذا تكون الرسالة العصبية قد نُقلت إلى الخليّة ما بعد المشتبك.
6. تنغلق القنوات الأيونية بعد أن يفتّت إنزيم خاصّ النواقل العصبية الموجودة على المستقبلات البروتينية (شكل 19–6) أو بعد عودتها إلى داخل الأزرار ما قبل المشتبك.

تتنوّع النواقل العصبية، وتختلف مستقبلاتها النوعية. إلّا أنّ كلًّا منها يرتبط بقنوات أيونية محدّدة لنقل أيونات معيّنة إلى داخل الخليّة ما بعد المشتبك.

في حالة المشتبك المنبِّه Excitatory Synapse، عندما يرتبط ناقل عصبي كالأسيتيل كولين AcetylCholine، مثلًا، بمستقبله الغشائي، تنفتح قناة أيونية مرتبطة بهذا المستقبل لتدخل عبرها أيونات من الصوديوم Na^+ إلى الخليّة ما بعد المشتبك، مؤدّية إلى تبدّل كهربائيّ فيها، أي إلى زوال الاستقطاب. هذا ما يسمّى الجهد المنبِّه ما بعد المشتبك Excitatory Postsynaptic Potential (EPSP). وإذا وصل زوال الاستقطاب إلى عتبة الجهد أي 50– mv، ولد جهد عمل ينتقل على طول الخليّة ما بعد المشتبك. ثمّ يقوم الأنزيم كولين إستيريز Choline Esterase بتفكيك الأسيتيل كولين المرتبط بالمستقبل وبذلك يوقف مفعوله.

أمّا في حالة المشتبك المثبِّط Inhibitory Synapse، فعندما يرتبط ناقل عصبي مثل جابا GABA، بمستقبله الغشائي تنفتح قناة أيونية بهذا المستقبل لتدخل عبرها أيونات الكلورايد Cl^- إلى الخليّة ما بعد المشتبك، مؤدّية إلى تبدّل كهربائي يظهر بفرط استقطاب يُسمّى الجهد المثبِّط ما بعد المشتبك Inhibitory Postsynaptic Potential (IPSP). يستحيل في هذه الحالة تولّد جهد العمل، وانتقاله على طول الخليّة ما بعد المشتبك كما في حالة المشتبك المنبِّه.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–2

1. الخليّة العصبية قابلة للاستثارة وقادرة على توليد سيال عصبي أو رسالة عصبية ونقلها أمّا الخليّة الجلدية فلا. ينتج هذا الاختلاف في الوظيفة عن الاختلاف في تركيب غشاء الخليّتين ومكوّناته.
2. جهد الراحة هو جهد كهربائي أو فرق كمون كهربائي عبر غشاء الخلية في حالة الراحة. سببه اختلاف تركيز الأيونات على جانبي غشاء الخلية وحركة هذه الأيونات إلى داخل الخلية وخارجها بطريقة منتظمة وغير عشوائية. وذلك نتيجة اختلاف نفاذية غشاء الخلية للأيونات المختلفة ووجود مضخّة الصوديوم –البوتاسيوم في غشاء الخلية.
3. جهد العمل هو انعكاس الشحنة الكهربائية عبر غشاء الخليّة ومن ثمّ استعادة غشاء الخلية لوضعه السابق أي إلى حالة جهد الراحة. وتسببه استثارة فعّالة للخلية العصبية أو للمستقبلات الحسيّة بمؤثّر فعّال ذي شدّة تنبيه فعّال (تتخطّى عتبة الجهد (−50mv).
4. تسبب التغيرات الكهربائية والكيميائية التي تحدث في غشاء الخليّة العصبية بتوليد السيال العصبي.
5. وصول جهد العمل إلى الأزرار المشتبكية.
   - دخول شوادر Ca^{2+} إلى الأزرار المشتبكية.
   - الإطراح الخلوي للنواقل العصبية من الحويصلات المشتبكية.
   - التصاق النواقل بالمستقبلات النوعية على الغشاء بعد المشتبكية.
   - توليد جهد العمل بعد المشتبكي.
   - تفتيت الناقل العصبي بإنزيم مخصص له أو يتم إعادته إلى داخل الأزرار قبل المشتبكية.
6. تتواجد في جلد الإنسان مستقبلات للحرارة وأخرى للألم. إن قطعة الثلج هي منبه حراري يؤثّر في المستقبل الحراري فتتكون موجة من زوال الاستقطاب (سيال عصبي) تنتقل بواسطة خلية عصبية حسّية إلى مركز الحس في المخّ حيث تترجم ويشعر المرء عندئذ بالبرودة. نتيجة هذا المنبه القوي تتأثر مستقبلات الألم فيتكون سيال عصبي آخر ينتقل بواسطة خلية عصبية حسية إلى المخّ حيث تترجم ويشعر المرء عندئذ بالإلم.
7. في الحالة الأولى هو مشتبك مثبط، أمّا في الحالة الثانية فهو مشتبك منبّه بالرغم من عمل ناقل عصبي واحد الأسيتيل كولين. إذًا، إن العامل الذي يحدّد ما إذا كان المشتبك منبّهًا أو مثبطًا ليس الناقل العصبي بل هي القناة المرتبطة كيميائيًّا بمستقبل الناقل العصبي النوعي.

فقرة إثرائية

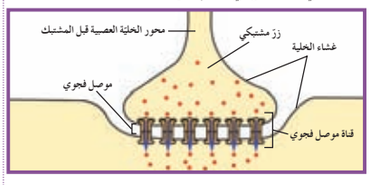
علم الأحياء في حياتنا اليومية

المشتبك الكهربائي

يعتبر المشتبك الكهربائي رابط توصيل بين الخلايا العصبية المتجاورة، وهو يتكوّن من فجوة ضيقة بين خليتين عصبيتين، خلية عصبية ما قبل المشتبك وخلية عصبية ما بعد المشتبك تدعى موصل فجوي Gap Junction. في هذا الموصل الفجوي، تقترب الخلايا العصبية بعضها من بعض بمسافة أقلّ بكثير من المسافة الفاصلة في المشتبك الكيميائي. يحتوي كل موصل فجوي على عدّة قنوات تسمّى قنوات موصل فجوي Gap Junction Channels. وتتكوّن كلّ قناة من 12 بروتينًا تشكّل معًا مسامًا Pore يصل سيتوبلاسم الخلايا المجاورة بعضها ببعض (شكل 20).

عند توليد جهد عمل في خلية عصبية، تنتقل الأيونات من هذه الخلية إلى الخلية المجاورة عبر الفتحات العريضة للقنوات بسرعة، حاملة معها شحنة موجبة تؤدّي إلى زوال الاستقطاب في الخلية ما بعد المشتبك. وهكذا ينتقل السيال العصبي من خلية عصبية إلى الخلية التالية.

مقارنة مع المشتبك الكيميائي، يُعتبر المشتبك الكهربائي أسرع. وتتواجد المشتبكات الكهربائية في معظم أقسام الجهاز العصبي المركزي وبين خلايا المسار العصبي الذي يتطلّب أسرع قدر من التجاوب مثل الدفاع الانعكاسي. مثلًا، الاستجابة للخطر عند الحبار تتطلّب إفراز كمّية كبيرة من الحبر بسرعة كبيرة للتّخفي عن أعدائه. وهناك ميزة خاصّة في هذا المشتبك وهي أنه يسمح للسيال العصبي بالانتقال في الاتجاهين في معظم الأوقات.



(شكل 20)
المشتبك الكهربائي

مراجعة الدرس 1–2

1. ما الذي يميّز الخليّة العصبية عن الخليّة الجلدية؟
2. ما هو جهد الراحة؟ وما هي أسبابه؟
3. ما هو جهد العمل؟ وما الذي يسبّبه؟
4. كيف يحدث السيال العصبي؟
5. أذكر الخطوات الضرورية لانتقال الرسالة العصبية عبر المشتبك.
6. **التفكير الناقد:** عندما يمسك شخص ما قطعة ثلج بيده يشعر حالًا بالبرودة، وبعد فترة، يبدأ بالشعور بالألم. كيف تفسّر هذه الإحساسات؟
7. **أضف إلى معلوماتك:** يؤدّي إطلاق الأسيتيل كولين في المشتبك الكيميائي بين محور خليّة عصبية وعضلة القلب إلى تباطؤ دقّات القلب، بينما يؤدّي إطلاق الأسيتيل كولين في المشتبك الكيميائي بين محور خليّة عصبية والعضلة الهيكلية إلى انقباض هذه العضلة. قارن بين وظيفة كلّ من المشتبكين، واستدلّ على العنصر الذي يحدّد وظيفة المشتبك الكيميائي (إذا كان منبّهًا أو مثبّطًا).

الدرس 1-3 أقسام الجهاز العصبي المركزي

الأهداف:

- يصف أقسام الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) ووظائفها.
- يتعرّف أقسام السحايا ووظائفها.
- يتعرّف دور الدماغ في الحسّ الشعوري، الإدراك والحركة الإرادية.
- يتعرّف أجزاء الدماغ المسؤولة عن الإحساس بالانفعالات وعن الذاكرة والكلام.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات توضّح تراكيب الدماغ والمناصف الحركية والحسّية في القشرة المخّية.

صفحات الطلّاب: من ص 37 إلى ص 43

صفحات الأنشطة: من ص 19 إلى 21

عدد الحصص: 2

1. قدّم وحفّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 21) وقراءتهم التعليق المصاحب لها.

فسّر لهم أن الطعام يمد الجسم بالسكر (الجلوكوز) الذي يحصل الجسم منه على الطاقة أثناء التنفّس الخلوي، وأن الأبحاث العلمية قد أثبتت أن الدماغ يؤدي وظائفه بصورة أفضل بعد أن يأكل الشخص. اِسأل:

- كيف تؤيد هذه الأبحاث العلمية فكرة أن الإفطار هو أهم وجبة في اليوم؟ **(الطاقة التي تحصل عليها من الطعام تساعد الدماغ على العمل بشكل أفضل. يساعد الإفطار الناس على استهلال يومهم بصورة أكثر إنتاجية.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول تراكيب الجهاز العصبي، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما هي التراكيب التي تكوّن الجهاز العصبي المركزي؟ **(الدماغ والنخاع الشوكي)**
- ما هي التراكيب التي تكوّن الجهاز العصبي الطرفي؟ **(شبكات الأعصاب التي تمتد إلى جميع أرجاء الجسم.)**

نشاط سريع

من دون أن تنبه الطلّاب بالاحتراس، اضرب بعنف بمسطرة أو كتاب على المكتب أو الطاولة. اطلب إلى الطلّاب أن يصفوا كيف تفاعلت أجسامهم وما هي إحساساتهم. فسّر أنه في هذا الدرس سيتعلم الطلّاب لماذا استجابت أجسامهم بهذه الطريقة.

الدرس 1-3 أقسام الجهاز العصبي المركزي
Parts of the Central Nervous System

الأهداف العامة

- يصف أقسام الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) ووظائفها.
- يتعرّف أقسام السحايا ووظائفها.
- يتعرّف دور الدماغ في الحسّ الشعوري والإدراك والحركة الإرادية.
- يتعرّف أجزاء الدماغ المسؤولة عن الإحساس بالانفعالات وعن الذاكرة والكلام.

(شكل 21)

قد يساعدك تناول الطعام قبل إجراء الاختبار مباشرة في الحصول على نتيجة أفضل إذ اكتشف الأطباء أنّ أداء الطلّاب الذين تناولوا الطعام حديثًا، أفضل في اختبارات التعلّم اللفظي والذاكرة. ويعتقد العلماء أنّ الزيادة المؤقّتة للسكّر في الدم بعد تناول الطعام تساعد الدماغ على العمل بصورة أفضل وأسرع قليلًا (شكل 21).

1. الجهاز العصبي المركزي
The Central Nervous System

كما درست سابقًا يتكوّن الجهاز العصبي لدى الإنسان من جهاز عصبي مركزي وجهاز عصبي طرفي. يتألّف الجهاز العصبي المركزي من الدماغ Brain والحبل الشوكي Spinal Cord ولكلّ منهما وظائفه المختلفة. وكلاهما محميان بعظام، إذ تحمي عظام الجمجمة Skull الدماغ، ويحمي العمود الفقري Vertebral Column الحبل الشوكي. كما تحيط بكلّ من الدماغ والحبل الشوكي السحايا Meninges.

2. علِّم وطبّق

1.2 الجهاز العصبي المركزي

ذكّر الطلّاب أن الجهاز العصبي المركزي هو مركز التحكّم الرئيس في الجسم ويعمل على معالجة المعلومات الواردة إليه ويرسل التعليمات إلى كافة أجزاء الجسم. وهو يتطلّب حماية كبيرة ضدّ الكائنات الممرضة، والموادّ الضارّة والصدمات وغيرها.

(أ) تركيب السحايا

اطلب إلى الطلّاب دراسة الشكل (22)، ثمّ اسأل:

- ما هي السحايا؟ **(ثلاثة أغشية تحيط بالجهاز العصبي المركزي وتعمل على حمايته.)**
- ما هو دور السائل الدماغي الشوكي؟ **(سائل يغمر الدماغ والحبل الشوكي ويحميهما إذ يمتص الصدمات ويزوّد الخلايا العصبية بالمغذيات ويمنح الدماغ قابلية الطفو ويحميه من ضغط القوى الميكانيكية المطبقة على الجمجمة.)**

(ب) الحبل الشوكي

- ما الفرق بين المادة البيضاء والمادة الرمادية، اللتان يتشكل منهما النخاع الشوكي، من حيث التركيب؟ **(المادة البيضاء مكونة من زوائد شجرية ومحاور خلايا عصبية مغلّفة بالميلين. أما المادة الرمادية فتحوي أجسام خلايا عصبية، وخلايا دبقية ومحاور غير مغلفة بالميلين.)**

(جـ) الدماغ

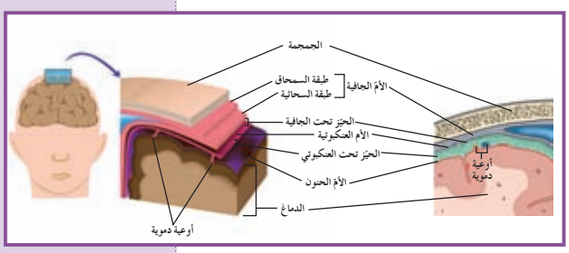
اطلب إلى الطلّاب دراسة الشكل (24–أ) أشر إلى موضع الدماغ داخل الجمجمة التي تحميه واذكر أنه مغلف بالسحايا مثل النخاع الشوكي. وضّح لهم أن الحاجز «الدموي – الدماغي» المكوّن من شبكة كثيفة من الأوعية الشعرية التي تغذي الدماغ هو الذي يؤمن حماية للدماغ ضد دخول بعض المواد الموجودة في الدم مثل الأدوية والبروتينات وغيرها. ومن الناحية الثانية، الغذاء، الأكسجين، الكحول، العقاقير والنيكوتين تقدر أن تجتاز هذا الحاجز.

إن الدماغ الذي يكوّن 2% من وزن الجسم يتلقى 15% من إجمالي الدم المتدفّق من القلب، ويستهلك 18% من الأكسجين و20% من مجمل حاجة الجسم للجلوكوز في اليوم. كذلك أشر إلى موضع المخّ والمخيخ. فسِّر أن جذع الدماغ هو المنطقة التي تقع أمام المخيخ، وهو يحتوي الدماغ المتوسط والجسر أو القنطرة والنخاع المستطيل. اِسأل:

- أي جزء من دماغ الإنسان هو الأكبر حجمًا؟ **(نصفي الكرة المخيّة أي المخّ)**
- أين تقع التراكيب ذات الوظيفة الإفرازية الصمّاء في الدماغ؟ **(فوق جذع الدماغ)**
- ماذا يحدث إذا أصيب جذع الدماغ بصدمة قوية؟ **(قد تتوقف عملية التنفس ويتوقف القلب عن ضخ الدم وقد يؤدي ذلك إلى الوفاة.)**

1.1 تركيب السحايا The Meninges Structure

السحايا Meninges هي ثلاثة أغشية تحيط بالجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي)، وهي بحسب ترتيبها من الخارج إلى الداخل: الأمّ الجافية، الأمّ العنكبوتية والأمّ الحنون (شكل 22).



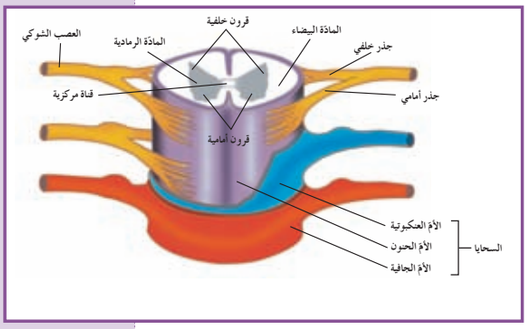
(شكل 22)
الأغشية السحائية التي تحيط بالدماغ

1. **الأمّ الجافية Dura mater:** غشاء خارجي متين مكوَّن من نسيج ضامّ كثيف غير منتظم يتولّى حماية الجهاز العصبي المركزي. يتكوّن من طبقتين ملتحمتين ببعضهما بعضًا. الطبقة الأولى هي الطبقة الخارجية (العليا) المسمّاة الطبقة السمحاقية Periosteal Layer تبطّن سطح الجمجمة الداخلي والفقرات، والطبقة الثانية المسمّاة الطبقة السحائية Meningeal Layer تغلّف الدماغ والنخاع الشوكي.
2. **الأمّ العنكبوتية Arachnoid:** غشاء رقيق ورخو كالإسفنج يتكون من ألياف الكولاجين وبعض من الألياف المرنة الأخرى موجود بين الأمّ الجافية والأمّ الحنون، يفصله عن الأولى الحيّز تحت الجافية Subdural Space، وعن الثانية الحيّز تحت العنكبوتي Subarachnoid Space. يحتوي الحيّز تحت العنكبوتي على سائل شفّاف يُسمّى السائل الدماغي الشوكي Cerebrospinal Fluid. وهو سائل يغمر الدماغ والحبل الشوكي ويحميهما إذ يمتصّ الصدمات ما يقلّل من تأثيراتها عليهما. ويزوّد الخلايا العصبية بالمغذّيات مثل الجلوكوز والأكسجين وغيرها من الدم، كما يحمي الدماغ من ضغط القوى الميكانيكية المطبّقة على الجمجمة.
3. **الأمّ الحنون Pia mater:** غشاء ليفي رفيع ولكنّه قوي، يضمّ شبكة من الشُعيرات الدموية التي تلتصق بالدماغ وتتّبع انحناءاته ويُعَدّ بذلك غشاء مغذيًّا للمراكز العصبية.

2.1 الحبل الشوكي Spinal Cord

الحبل الشوكي Spinal Cord عضو أنبوبي الشكل موجود داخل العمود الفقري الذي يحميه، ومغلّف بالسحايا. يتكوّن الحبل الشوكي من خلايا عصبية وخلايا الغراء العصبي وأوعية دموية. يوضّح الشكل (23) مقطعًا عرضيًّا لجزء من الحبل الشوكي، تظهر فيه منطقتان واضحتان هما منطقة محيطية بيضاء اللون تُسمّى المادّة البيضاء White Matter، يخترقها شقّ خلفي عميق وضيّق وشقّ أمامي أكثر اتساعًا وأقلّ عمقًا، ومنطقة داخليّة رمادية اللون وتُسمّى المادّة الرمادية Gray Matter وتتميّز بشكلها إذ أنّه عبارة عن أربعة قرون مجتمِعة تنقسم إلى قرنين خلفيين Dorsal Horns وقرنين أماميين Ventral Horns. تتوسّط المادّة الرمادية قناة مركزية Central Canal يمرّ خلالها السائل الدماغي الشوكي.

تحتوي المادّة البيضاء على زوائد شجرية (استطالات سيتوبلازمية) ومحاور الخلايا العصبية مغلّفة بغلاف ميليني، ما يجعلها تبدو بيضاء اللون. أمّا المادّة الرمادية فتحتوي على أجسام خلايا عصبية، خلايا الغراء العصبي زوائد شجرية، ومحاور غير مغلّفة بغلاف ميليني، لذا تبدو رمادية اللون.



شكل (23)
تركيب النخاع الشوكي

ينقل الحبل الشوكي السيالات العصبية من الدماغ وإليه. فهي تنتقل من المستقبلات الحسّية عن طريق الخلايا العصبية الحسّية إلى الحبل الشوكي، ثمّ تنتقل عن طريق الحبل الشوكي إلى الدماغ. يرسل الدماغ من بعدها سيالات عصبية إلى الحبل الشوكي، في الأسفل، ثمّ إلى الأعصاب الحركية في الجهاز العصبي الطرفي. وتشمل وظائف الحبل الشوكي أيضًا الأفعال الانعكاسية الشوكية مثل القوس الانعكاسي الذي ستتعرّفه في الدرس التالي.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الأكبر ليس الأذكى

قد يزن دماغ الشخص البالغ من العمر 20 عامًا حوالي 1400 g، وقد يقلّ وزنه ما بين 115 g و120 g في الشيخوخة. مع ذلك فإنّ قدرته على التفكير لا تضعف، أو قد تضعف بصورة طفيفة للغاية، باستثناء الحالات المرضية.

* ماذا يحدث إذا أصيب المخيخ بضرر ما؟

(يفقد الشخص المصاب القدرة على توازن الجسم وضبط تناسق حركات العضلات في خلال الحركة والجلوس والوقوف.)

نشاط سريع

زود الطلّاب بصلصال تشكيلي من ثلاثة ألوان، دبابيس مستقيمة وورق. دع الطلّاب يوظفون الشكل (24–أ) لعمل نموذج ثلاثي الأبعاد للدماغ يوضّح جذع الدماغ، والمخّ (النصفان الكرويان)، والمخيخ. دع الطلّاب يستخدمون الدبابيس المستقيمة لتثبيت علامات البيانات على أجزاء نماذجهم.

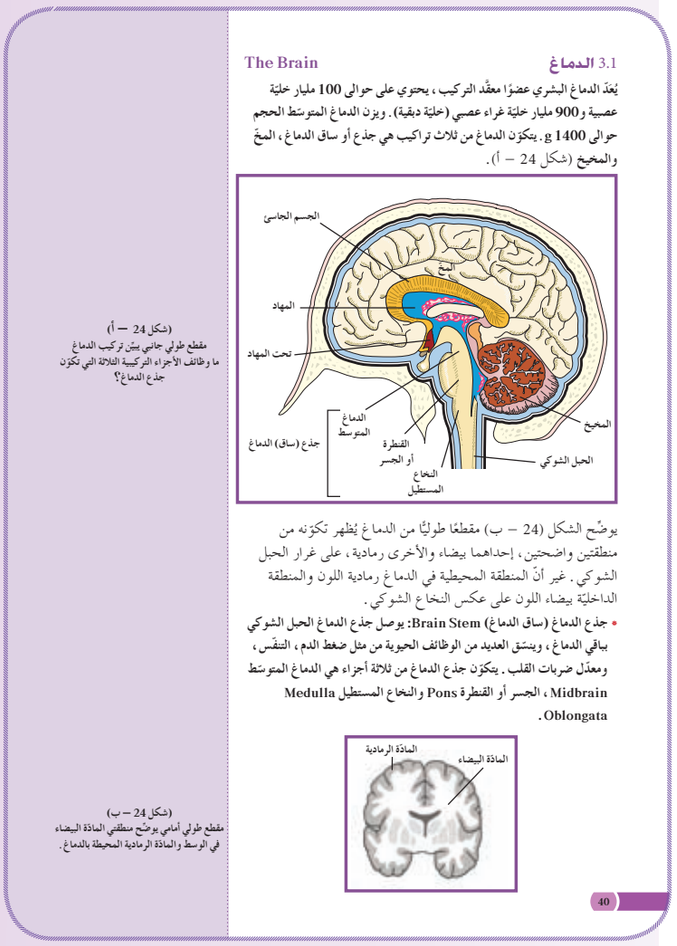
اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «تشريح دماغ خروف» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 19 و20 و 21. يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحديد أقسام دماغ حيوان ثديي ومكوناته.

إجابة سؤال الشكل (42–أ) صفحة 40 في كتاب الطالب: يوصل جذع الدماغ النخاع الشوكي بباقي أجزاء الدماغ، وينسق الوظائف الحيوية المتعلقة بالبقاء على قيد الحياة، مثل التنفّس وضربات القلب. يرتبط الدماغ المتوسّط بالرؤية والسمع وتنظيم حرارة الجسم بالإضافة إلى النوم واليقظة. أمّا النخاع المستطيل، فهو يحتوي على مراكز التحكّم بالقلب والتنفّس والتقيؤ. القنطرة أو الجسر هو منطقة ترابط بين المخّ والمخيخ، ويضبط أيضًا النوم والتنفّس وضبط التبوّل والتوازن.

تاريخ العلم

منطقة بروكا

في منتصف القرن التاسع عشر، اكتشف طبيب الأعصاب الفرنسي بول بروكا أن منطقة صغيرة، تقع فوق شق سيلفيوس في الفص الجبهي الأيسر من القشرة المخّية، تتحكم في المقدرة على نطق الكلمات بصورة صحيحة (أكثر من الأصوات.) هذه المنطقة تعرف الآن بمنطقة بروكا. قد توصّل بروكا إلى اكتشافها عن طريق دراسة المرضى الذين يعانون من تلف في الدماغ والتي فقدوا فيها المقدرة على الكلام. لقد درس أيضًا المرضى الذين يعانون من انفصال نصفي للدماغ نتيجة تلف في الجسم الثفني (مجموعة الألياف العصبية التي تربط النصفين الكرويين)، وقد كان اكتشاف بروكا لمنطقة الكلام هذه مهمًّا لسببين. السبب الأوّل هو أنه كان الدليل الأوّل على أن النصفين الكرويين الأيمن والأيسر للمخّ لهما وظائف مستقلة عن بعضهما، والسبب الثاني هو أن هذا الاكتشاف كان بمثابة أحد الأدلة الأولى على أن الوظائف الدقيقة للدماغ تتموضع في مناطق خاصة من المخّ.



3.1 الدماغ The Brain

يُعَدّ الدماغ البشري عضوًا معقّد التركيب، يحتوي على حوالى 100 مليار خلية عصبية و900 مليار خلية غراء عصبي (خلية دبقية). ويزن الدماغ المتوسّط الحجم حوالى 1400 g. يتكوّن الدماغ من ثلاث تراكيب هي جذع أو ساق الدماغ، المخّ والمخيخ (شكل 24 – أ).

(شكل 24 – أ)
مقطع طولي جانبي يبيّن تركيب الدماغ
ما وظائف الأجزاء التركيبية الثلاثة التي تكوّن جذع الدماغ؟

يوضّح الشكل (24 – ب) مقطعًا طوليًّا من الدماغ يُظهر تكوّنه من منطقتين واضحتين، إحداهما بيضاء والأخرى رمادية، على غرار الحبل الشوكي. غير أنّ المنطقة المحيطية في الدماغ رمادية اللون والمنطقة الداخليّة بيضاء اللون على عكس النخاع الشوكي.

- **جذع الدماغ (ساق الدماغ) Brain Stem: يوصل جذع الدماغ الحبل الشوكي بباقي الدماغ، وينسّق العديد من الوظائف الحيوية من مثل ضغط الدم، التنفّس، ومعدّل ضربات القلب. يتكوّن جذع الدماغ من ثلاثة أجزاء هي الدماغ المتوسّط Midbrain، الجسر أو القنطرة Pons والنخاع المستطيل Medulla Oblongata.**

(شكل 24 – ب)
مقطع طولي أمامي يوضّح منطقتي المادة البيضاء في الوسط والمادة الرمادية المحيطة بالدماغ.

يوجد أعلى جذع الدماغ مباشرة تركيبان مهمّان هما **المهاد** Thalamus، **وتحت المهاد** Hypothalamus. يعمل المهاد كمركز توزيع، فهو يوجّه الرسائل القادمة من الحبل الشوكي إلى الأجزاء المناسبة في المخّ. يهتمّ تحت المهاد بالمحافظة على اتّزان الجسم الداخلي مثل المحتوى المائي، ودرجة حرارة الجسم ويعدّ مركز التحكّم بإدراك الجوع، العطش، والعاطفة بالإضافة إلى كونه، حلقة الوصل بين جهاز الغدد الصمّاء والجهاز العصبي.

- **المخيخ Cerebellum: يقع في أسفل الدماغ، خلف النخاع المستطيل. ويحتوي على المراكز العصبية التي تضبط تناسق حركات العضلات وتوازن الجسم خلال الحركة، الجلوس، والوقوف.** تتلقّى المراكز العصبية في المخيخ الرسائل العصبية من جميع المراكز الموجودة في المخّ والنخاع المستطيل والحبل الشوكي، وتعالجها من أجل تنظيم دقّة الحركة على المستويين الزماني والمكاني، لتنسيق حركة العضلات الإرادية واللاإرادية لتبقي الجسم في حالة من التوازن.
- **المخّ Cerebrum: يشكّل المخّ نحو 85% من الدماغ البشري، وهو مسؤول عن الأنشطة الإرادية جميعها وعن التعلّم، التخيّل، التفكير والتذكّر.** يقسم شقّ عميق طولي المخّ إلى نصفي كرة مخّية Cerebral Hemisphere وترتبط بينهما حزمة من الألياف العصبية تسمّى الجسم الجاسئ Corpus Callosum. يقوم كلّ نصف منهما بضبط الأنشطة الخاصّة بالجانب المقابل له من الجسم والتحكّم بها. يتألّف المخّ من طبقة داخليّة من المادّة البيضاء، وطبقة خارجية من المادة الرمادية تسمّى القشرة المخّية Cerebral Cortex. تظهر على سطح هذه القشرة شقوق عميقة تعرف بالتلم Sulci، من أشهرها شقّ رولاندو وشقّ سلفيوس والشقّ الخلفي. تقسم هذه الشقوق المخّ إلى أربعة فصوص هي الجبهي Frontal Lobe، الصدغي Temporal Lobe، الجداري Parietal Lobe والقفوي Occipital Lobe. يوجد بين الشقوق وضمن الفصوص طيّات بارزة تدعى التلافيف Gyri، تساهم في زيادة مساحات المراكز العصبية في المخّ (شكل 25).

تؤدّي المناطق المختلفة من القشرة المخّية وظائف مختلفة:

1. المناطق الحسّية تؤدّي دورًا في الحسّ الشعوري والإدراك.
2. المناطق الحركية تؤدّي دورًا في ضبط الحركة الإرادية.
3. الذاكرة والانفعال والكلام.

اكتشافات حديثة في علم الأحياء

تصوير نشاط المخّ

فسِّر للطلّاب أن البوزيترون عبارة عن إلكترون يحمل شحنة موجبة. عندما تتصادم الإلكترونات والبوزيترونات تنطلق أشعة جاما. وعلى عكس أشعة X، فإن التصوير المقطعي بانبعاث البوزيترونات يوضّح مناطق المخّ الأكثر نشاطًا أثناء عملية عقلية معينة.

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارة التالية:

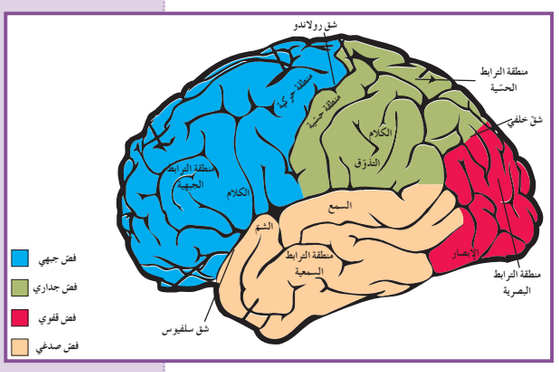
- **مهارة الحساب:** ساعد الطلّاب على تقرير كم تزيد الثنيات في المخّ من مساحة سطحه. أوّلًا، دع الطلّاب يقيسون جوانب أحد الصناديق الصغيرة مثل علبة الحبوب أو صندوق الأحذية، ويستخدمون القياسات لحساب مساحة سطح الصندوق. ثانيًا، دع الطلّاب يملؤون الصندوق بأوراق الصحف حتى يمتلئ الصندوق. بعد ذلك، دعهم يحسبون عدد الصحف ويحددون مساحتها الكلية (بواسطة ضرب عدد الصحف × مساحة الصحيفة الواحدة.) يجب أن يُضيف الطلّاب هذا العدد إلى مساحة الصندوق. اِسأل:
- كم ازدادت مساحة السطح بإضافة الصحف كثيرة الثنيات؟ **(ستتنوع الإجابات المضبوطة. لكن يجب أن يتوصّل الطلّاب إلى أن مساحة السطح قد ازدادت بصورة كبيرة جدًّا بإضافة عدد الصحف.)**

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم أداء الطلّاب، دعهم يجرون إحدى الخطوات التالية أو جميعها:

- اطلب إلى الطلّاب رسم مقطع عرضي للحبل الشوكي وتحديد المادة البيضاء والرمادية، القرون الأمامية والخلفية، الجذر الأمامي والخلفي، العصب الشوكي وأغشية السحايا.
- اطلب إلى الطلّاب تكوين خريطة مفاهيم لأقسام وتحت أقسام الجهاز العصبي المركزي.



(شكل 25)
يُقسم كلّ نصف كرة مخّية إلى أربعة فصوص، وهي مسؤولة عن ضبط وظائف الجسم المختلفة بواسطة مناطق ترابط مختلفة الوظائف.

فقرة إثرائية

اكتشافات حديثة في علم الأحياء

تصوير نشاط المخّ

تمكّن العلماء من ملاحظة العمليّات التي يقوم بها المخّ. فباستخدام تقنية خاصّة تُسمّى التصوير المقطعي بانبعاث البوزيترونات (PET Scan)، تمكّنوا من تحديد أي أجزاء في المخّ تؤدّي وظائفه المختلفة. تعتمد هذه التقنية على تشعيع أحد مكوّنات الدم من مثل السكر أو الأكسجين بعنصر نشط إشعاعيًّا، تنبعث منه جُسيمات دقيقة تُسمّى البوزيترونات. عندما تصطدم بوزيترونات مكوّن الدم المشعّ بالإلكترونات في جزيئات الجسم، تنطلق أشعّة جاما التي يمكن كشف وجودها بواسطة مجسّ. ثمّ تتمّ تغذية جهاز كمبيوتر بالمعلومات التي جمعها المجسّ كي تُحوّل إلى صورة على الشاشة.

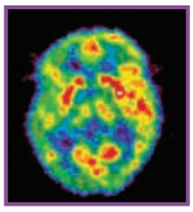
يزداد معدّل انسياب الدم إلى منطقة معيّنة في المخّ بدرجة كبيرة عندما تعمل هذه المنطقة. وبالتالي، تطلق المنطقة العاملة، أثناء التصوير المقطعي بانبعاث البوزيترونات، كمّية وافرة من أشعّة جاما. في إطار الدراسة، يعطي الباحثون التعليمات للمريض كي يؤدّي أنشطة مثل التحدّث، أو القراءة أو إمعان التفكير، ثمّ يلاحظون المناطق النشطة في المخّ التي تضيء على شاشة الكمبيوتر. يمكنك في الشكل (26)، أن ترى نتائج التصوير المقطعي بانبعاث البوزيترونات المستخدَمة لإعداد خريطة لمناطق الدماغ النشطة في أثناء النوم.

منذ إدخال تقنية التصوير المقطعي بانبعاث البوزيترونات عام 1988، تعمّقت المعلومات حول وظائف الدماغ الطبيعية. ويمكن استخدام هذه التقنية لتشخيص اختلالات وظائف الدماغ مثل مرض ألزهايمر، السكتة الدماغية ومرض السرطان ولمعالجتها. أضف إلى ذلك، إمكانية استخدامها لمراقبة أجزاء أخرى من الجسم وتشخيصها، بما فيها القلب.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–3

1. السحايا ثلاثة أغشية هي: الأم الجافية وهي عبارة عن طبقتين ملتحمتين، والأم العنكبوتية وهي غشاء رخو ورقيق كالإسفنج، والأم الحنون وهي غشاء رقيق قوي غني بالشعيرات الدموية.
يزوّد السائل الدماغي الشوكي الخلايا العصبية في الدماغ والنخاع الشوكي بالأكسجين والمغذيات كما يقوم بحمايتهما من الضربات القوية عبر امتصاص الصدمات ويمنح الدماغ قابلية الطفو.
2. التنفّس وضربات القلب: جذع الدماغ
الكلام والعواطف: المخّ
3. المنطقة المحيطة في الحبل الشوكي بيضاء اللون وهي المادة البيضاء في حين أنّها رماديّة اللون في الدماغ وهي المادة الرمادية. أما المنطقة الداخلية فهي عكس المنطقة المحيطة بالنسبة إلى الحبل الشوكي والدماغ.
المنطقة بيضاء اللون مكونة من زوائد شجرية ومحاور الخلايا العصبية المغلفة بغلاف ميليني.
أما المنطقة الرمادية اللون فتحتوي على أجسام خلايا عصبية، خلايا الغراء العصبي، زوائد شجرية ومحاور غير مغلّفة بغلاف ميليني.
4. **(أ)** يؤدي تلف ساق الدماغ إلى حدوث اضطرابات في الوظائف الحيوية في الجسم مثل: عدم انتظام معدل ضربات القلب، مشاكل في التنفس قد تصل إلى حالة توقف التنفس، عدم توازن ضغط الدم ، فقدان المريض قدرته على الإحساس بالألم وإحساسات أخرى كما قد يسبب بإدخال المريض في حالة الغيبوبة.

(ب) يؤدي تلف المخيخ إلى حدوث اضطرابات في الحركة مثل: فقدان التنسيق خلال أداء الحركة، عدم القدرة على أداء الحركة بالسرعة اللازمة بل تكون بطيئة، حدوث ارتباك وارتعاش في الحركة، فقدان التوازن والميل إلى الوقوع أرضًا خلال المشي وغيرها.



(شكل 26)
توضّح أشعة التصوير المقطعي بانبعاث البوزيترونات لمخّ شخص نائم المناطق الناشطة حتى أثناء النوم. المناطق ساطعة الألوان هي الأكثر نشاطًا.

مراجعة الدرس 1–3

1. صف السحايا من حيث التركيب ووظيفة السائل النخاعي الدماغي الشوكي.
2. أيّ جزء أو أجزاء من الدماغ تنسّق بين التنفّس وضربات القلب؟ وأيّ منهما ينسّق بين الكلام والعواطف؟
3. قارن بين الحبل الشوكي والدماغ بالنسبة إلى المنطقة المحيطة والمنطقة الداخلية لكلّ منهما. ممّ تتكوّن كلّ منطقة؟
4. **سؤال للتفكير الناقد:** صف الملاحظات السريرية التي تبدو على المريض في كلّ من الحالاتين التاليتين.
(أ) تلف ساق الدماغ
(ب) تلف المخيخ

الدرس 1-4

الجهاز العصبي الطرفي

الأهداف:

- يحدّد أقسام الجهاز العصبي الطرفي.
- يحدّد دور الجهاز العصبي الطرفي.
- يقارن بين الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي.
- يفسّر كيف يقوم القوس الانعكاسي بأداء وظيفته.

الأدوات المستعملة: شريط فيديو يحاكي تجارب ماجيندي.

صفحات الطلّاب: من ص 44 إلى ص 50

صفحات الأنشطة: من ص 22 إلى 24

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

تأكد من تفحص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 27) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. اِسأل:

- لماذا تُعتبر عملية سحب اليد عند تعرضها لمنبّه مؤلم عملًا غير إرادي؟ **(قد تتضمن الإجابات: لعدم تدخل الدماغ أو لأنها فعل انعكاسي يتدخل به النخاع الشوكي.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الجهاز العصبي الطرفي، وجّه إليهم السؤال التالي:

- ما هو الجهاز العصبي الطرفي؟ **(هو جزء من الجهاز العصبي الذي يربط الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) بكافة أعضاء الجسم.)**
- ممَّا يتكوّن الجهاز العصبي الطرفي؟ **(يتكوّن من شبكة من الأعصاب والعقد العصبية.)**

نشاط سريع

دع أحد الطلّاب المتطوعين يمسك لوحًا صلبًا من البلاستيك الشفاف أمام وجهه بينما يقذف طالب آخر كرة من الورق المجعد (أو المكرمش) إلى اللوح البلاستيكي. شجِّع باقي طلّاب الفصل على مراقبة وجه الطالب الممسك باللوح البلاستيكي. اِسأل:

- ما الذي حدث لوجه الطالب المتطوع؟ **(ستطرف عيني الطالب لاإراديًّا في كل مرة تُقذف فيها الكرة الورقية نحو وجهه.)** أشر إلى أن طرفة العين عبارة عن استجابة آلية ميكانيكية للمؤثر وهذا يساعد الجسم على الاستجابة الفورية للخطر. اِسأل:
- كيف تساعد طرفة العين في حمايتك؟ **(إنّها تساعد في حماية العينين من أي ضرر.)**

الدرس 1-4

الجهاز العصبي الطرفي
Peripheral Nervous System

الأهداف العامة

- يحدّد أقسام الجهاز العصبي الطرفي.
- يحدّد دور الجهاز العصبي الطرفي.
- يقارن بين الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي.
- يفسر كيف يقوم القوس الانعكاسي بأداء وظيفته.

(شكل 27)

يضبط الجهاز العصبي الطرفي الأفعال الإرادية كالكتابة، والأفعال اللاإرادية كسحب اليد عند تعرضّها لمنبّه مؤلم (شكل 27)، والتوتّر المتمثّل بخفقان القلب السريع. ولكن هل هناك نوع واحد من الجهاز العصبي الطرفي يتحكّم بهذه الأفعال الإرادية واللاإرادية كلّها؟

1. الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System (PNS)

يقوم الجهاز العصبي الطرفي بربط الجهاز العصبي المركزي (CNS) بأعضاء الجسم كلّها، ويُقسَم من حيث الشكل والوظيفة إلى جهاز عصبي جسمي وجهاز عصبي ذاتي. يتكوّن هذا الجهاز من شبكة من الأعصاب الطرفية تربط كلًّا من الدماغ والحبل الشوكي بباقي أعضاء الجسم، وهي عبارة عن 31 زوجًا من أعصاب الحبل الشوكي Spinal Nerves، و12 زوجًا من أعصاب الدماغ Cranial Nerves. وتنقسم الأعصاب الطرفية إلى أعصاب حسّية وأعصاب حركية.

44

2. علِّم وطبّق

1.2 الجهاز العصبي الطرفي

أكّد على الطلّاب أن جميع الأعصاب التي تنطلق من النخاع الشوكي هي أعصاب مختلطة، أي مكونة من ألياف عصبية حركية وحسّية. اِسأل:

- لماذا تشعر بتسارع في دقات القلب ومعدل التنفّس عندما ترى، مثلًا، سيارة مسرعة مقبلة باتجاهك؟

(يرسل الدماغ رسالة بواسطة خلايا عصبية حركية إلى الغدد التي تفرز هرمون الأدرينالين الذي يؤدي إلى تسريع دقات القلب وزيادة في معدل التنفس.)

- كيف تتفادى اصطدام السيارة بك؟

(يرسل الدماغ أيضًا رسائل بواسطة خلايا عصبية حركية إلى عضلات الأرجل التي تتقلص بسرعة وتدفع بك بعيدًا.)

- هل كان الدماغ بهذه الفعالية لولا وجود هذه الأعصاب؟

(كلا)

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «تحليل زمن الاستجابة» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 22 و23. يساعد هذا النشاط الطلّاب على قياس زمن الاستجابة لالتقاط جسم أثناء سقوطه.

2.2 الجهاز العصبي الجسمي

هو جزء من الجهاز العصبي الطرفي الذي يتضمن الخلايا العصبية الحركية التي تتحكم بردات الفعل الإرادية، كذلك بعض الحركات اللاإرادية الانعكاسية والتي تستخدم العضلات الهيكلية.

الأقواس الانعكاسية

وضح للطلّاب أن عدة وظائف وأفعال جسمية تنضبط بواسطة الفعل الانعكاسي، وأن الفعل الانعكاسي هو استجابة سريعة (آلية أوتوماتيكية)، ناتجة عن سيالات عصبية منطلقة من تنبيه ما. يتضمن الفعل الانعكاسي الجهاز العصبي المركزي والخلايا العصبية الحسّية والحركية. وليس هناك ضرورة لتدخل الشعور الواعي، فهو استجابة أوتوماتيكية لا نشعر بها وليس لنا سيطرة عليها.

كوّن علاقات

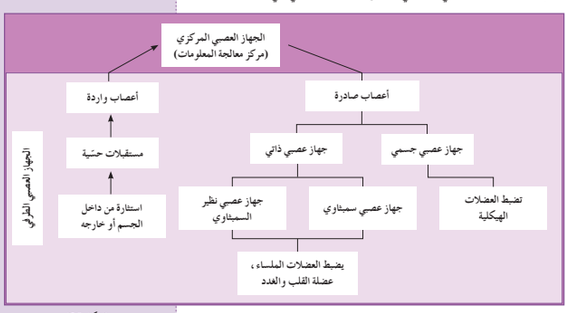
علم السلوك:

الأقواس الانعكاسية هي الأكثر احتمالًا أن تُستخدم مع السلوكيات الفطرية التي تكون فعالة عند أوّل مرة تقوم بأدائها. يؤدّي الدماغ دورًا أساسيًّا في السلوكيات المكتسبة والتي تعتمد على المعلومات التي تم جمعها من خلال الخبرة عن طريق معالجتها وتحليلها.

علم الفيزياء

فسّر للطلّاب أن الكهرباء تنتقل بسرعة الضوء، التي تبلغ 300000 km/sec. تتحرك السيالات الكهربائية التي تنتقل خلال الخلايا العصبية بالسرعة نفسها. يشتمل الزمن اللازم لاكتمال القوس أيضًا على الزمن الذي يستغرقه المؤثر ليُسجَّل في الدماغ، ولعبور

تخيّل أنّك تحاول أن تتعلّ حذائك. ستمكّنك الأعصاب الحسّية من رؤية الحذاء وتحسّسه، ومن الشعور بالضغط على أصابع قدميك. فيما تمكّنك الأعصاب الحركية من الإمساك بالحذاء وانتعاله. الأعصاب الحسّية والحركية هي جزء من الجهاز العصبي الطرفي (PNS) ولكنّ وظيفتها مختلفة، إذ تنقل الأعصاب الحسّية السيالات العصبية من المستقبلات الحسّية إلى الجهاز العصبي المركزي (CNS)، في حين توصل الأعصاب الحركية السيالات من الجهاز العصبي المركزي إلى باقي أجزاء الجسم، لإحداث استجابة للسيالات التي قد تكون إرادية أو لاإرادية. على وجه العموم، تنقل الأعصاب الحركية في المناطق المختلفة من الجهاز العصبي الطرفي السيالات العصبية الخاصّة بالاستجابات الإرادية واللاإرادية.
يوضّح الشكل (28) مسارات السيالات العصبية الحسّية والحركية داخل مكوّنات الجهاز العصبي الطرفي ضمن الجهاز العصبي في الإنسان.



(شكل 28)
خريطة الجهاز العصبي
يتكوّن الجهاز العصبي الطرفي من شبكة من الأعصاب الطرفية الصادرة (أعصاب حركية) والأعصاب الواردة (أعصاب حسّية).

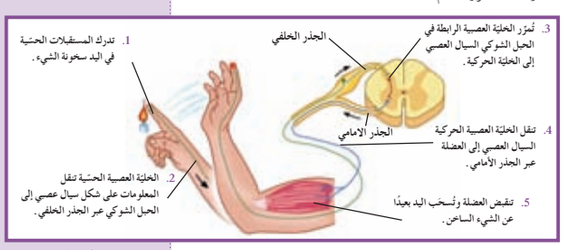
2. الجهاز العصبي الجسمي
Somatic Nervous System

عندما تقوم بأفعال إرادية مثل الردّ على الهاتف بعد سماع رنّة الهاتف أو عندما تقوم بأفعال لاإرادية مثل ثني ذراعك بعد غرز شوكة حادّة في إصبعك كاستجابة للهروب من هذا التنبيه الحسّي المزعج تكون قد حوّلت التنبيه الحسّي إلى تفاعل حركي. كيف تحوّل هذا التنبيه إلى ردّ فعل حركي؟ كيف انتقلت الرسالة العصبية من الخلايا الحسّية إلى عضلات الذراع لتأمرها بالانقباض؟ أثارت هذه الأسئلة اهتمام علماء التشريح منذ القِدم، إذ يُعتبَر علم التشريح أحد أقدم العلوم التي أسهمت في تعرّف تركيب الجهاز العصبي، لكنّ تعرّف وظائفه لم يبدأ سوى في بداية القرن التاسع عشر.

يضبط الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System الأفعال الإرادية والأفعال الإنعكاسية اللاإرادية ويشتمل على الأعصاب الحركية التي تضبط الاستجابات الإرادية أو تتحكّم بها، وعلى الأعصاب الحركية التي تتحكّم بالأفعال اللاإرادية الإنعكاسية Involuntary Reflex Actions.

- **الأقواس الانعكاسية** **Reflex Arcs**

الفعل الانعكاسي Reflex Action هو استجابة لاإرادية لمنبّه ما. هل يمكنك التفكير في أفعال إنعكاسية قمت بها؟
القوس الانعكاسي Reflex Arc هو مسار الخلايا العصبية التي تنقل السيالات العصبية منذ بداية التعرّض لمنبّه ما حتى حدوث استجابة آلية لاإرادية أو فعل إنعكاسي. يوضّح الشكل (29) كيف تتعاون أنواع الخلايا العصبية المختلفة في القوس الانعكاسي لتنفيذ استجابة ما مثل سحب اليد عند لمس شيء ساخن. لاحظ كيف أنّ الرسائل العصبية الحسّية تدخل النخاع الشوكي عبر الجذر الخلفي، بينما تخرج الرسائل العصبية الحركية عبر الجذر الأمامي.
لاحظ أنّ الخليّة العصبية الرابطة في الحبل الشوكي تُمرّر السيال العصبي من الخليّة العصبية الحسّية مباشرة إلى الخليّة العصبية الحركية التي تصل إلى عضلات الذراع من دون مرور هذا السيال في الدماغ، لذلك يُسمّى الفعل المنعكس، الذي لا يشترك فيه الدماغ، الفعل المنعكس الشوكي Spinal Reflex Arc، علمًا أنّ الدماغ يستقبل المعلومات التي يتمّ تفسيرها كالشعور بالألم.



(شكل 29)
القوس الانعكاسي

تقوم الأعصاب الطرفية الدماغية والشوكية في الجهاز العصبي الجسمي بنقل الرسائل العصبية في أثناء الأفعال الانعكاسية اللاإرادية. كما أنّها تنقل الرسائل العصبية إلى الأعضاء المنفّذة خلال الأفعال الإرادية. تنتقل الرسائل العصبية الحركية (السيال العصبي) عبر خلايا عصبية حركية تكون أجسامها

التشابكات العصبية، والجسم كي يتفاعل مع المؤثر. ناقش ما الذي سيحدث في الجسم إذا انتقلت السيالات الكهربائية بسرعة أبطأ.

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «هل يمكن أن ينبّه أحد الأقواس الانعكاسية في جسمك؟» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 24. يساعد هذا النشاط الطلّاب على معرفة كيفية تنبيه أحد الأقواس الانعكاسية في الجسم واكتشاف طريقة أو أسلوب عمله.

(أ) الجهاز العصبي الذاتي

أكّد على الطلّاب أن الجهاز العصبي الذاتي هو جزء من الجهاز العصبي الطرفي الذي يضبط الأنشطة التي تتدخل في الحفاظ على الاتّزان الداخلي. اِسأل:

* كيف تتأثر مقدرة الشخص على ممارسة التمارين الرياضية العنيفة إذا لم تعمل الأعصاب السمبتاوية (السمبثاوية) المتصلة بالقلب؟ **(التمارين الرياضية العنيفة ستكون غير ممكنة، حيث إن القلب لن ينبض بالسرعة الكافية اللازمة لإمداد الخلايا بالطاقة والأكسجين الكافيين.)**

إجابة سؤال الشكل (31) صفحة 49 في كتاب الطالب:

تنشأ أعصاب الجهاز العصبي الودي من المنطقتين الصدرية وأسفل الظهر. أما أعصاب الجهاز العصبي نظير الودي فتنشأ من جذع الدماغ ومن المنطقة العجزية.

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارة التالية:

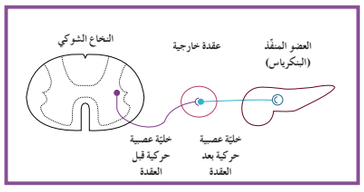
* **مهارة الملاحظة:** وضِّح الفعل الانعكاسي الحدقي (البؤبؤي) الذي هو عبارة عن الاتساع أو التضييق الآلي لعين الإنسان (بؤبؤ العين أو الحدقة) عندما تتغير كمّية الضوء الساقطة عليها. اطلب إلى عدّة طلّاب أن يتطوعوا بتغطية أعينهم بعصابة للعينين ويبقون أعينهم مغلقة. بعد دقائق قليلة، اطلب إلى المتطوعين رفع عصابة العينين وفتح أعينهم. في الوقت نفسه، اطلب إلى الطلّاب الآخرين ملاحظة ما الذي يحدث لحجم بؤبؤ أعين الطلّاب المتطوعين. اِسأل:
* كيف تغير حجم بؤبؤ عيون الطلّاب المتطوعين؟ **(سيكون متسعًا في البداية ثم يضيق تدريجيًّا.)**
* كم من الوقت استغرق هذا التغير؟ **(عدة ثوانٍ)**

في الحبل الشوكي أو الدماغ، وتتّجه محاورها مباشرة نحو الأعضاء المنفِّذة، لتشكّل تشابكات عصبية معها تتولّى ضبط استجابتها. وتعمل الأعضاء المنفِّذة التي يسيطر عليها الجهاز العصبي الجسمي بشكل إرادي.

3. الجهاز العصبي الذاتي
Autonomic Nervous System

يضبط الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System عدّة استجابات لاإرادية في الجسم. فمثلًا عندما تتعرّض لموقف مفزّع، يزداد خفقان قلبك، ويتعرّق باطن يديك، ويصفرّ وجهك، ويجفّ حلقك، هذا إلى جانب استجابات لاإرادية أخرى. تقوم الخلايا العصبية الحركية في جهازك العصبي الطرفي الذاتي بتشكيل تشابكات عصبية مع الأعضاء التي تستجيب بطريقة لاإرادية، كعضلة القلب والغدد الإفرازية والعضلات الملساء بهدف ضبط استجاباتها. وبالتالي، يقوم دور الجهاز العصبي الذاتي على المحافظة على اتّزان الجسم الداخلي، ويعمل تلقائيًّا، من دون أيّ تفكير أو طلب إرادي. تتوزّع مستقبلات هذا الجهاز داخل الجسم، حيث تتولّد السيالات العصبية الحسّية التي تنتقل عبر الخلايا العصبية الحسّية الموجودة في الأعصاب الشوكية والدماغية إلى النخاع الشوكي والدماغ، حيث يمكن أن تتشابك مع خلايا عصبية رابطة. تنقل هذه الخلايا العصبية الحسّية معلومات عن ضغط الدم ووضع التنفّس وخفقان القلب وحركة الجهاز الهضمي وغيرها من الأنشطة داخل الجسم.

يستخدم الجهاز العصبي الذاتي خليّتين عصبيتين حركيتين بدلًا من خليّة عصبية حركية واحدة، ليربط الجهاز العصبي المركزي بالأعضاء الطرفية المنفِّذة. تُسمّى الأولى خليّة عصبية قبل العقدة Preganglionic Neuron، ويوجد جسمها والزوائد الشجرية داخل الجهاز العصبي المركزي. يشكّل محور هذه الخليّة العصبية جزءًا من العصب الطرفي، وينتهي طرفها بالعقدة Ganglion الخارجية حيث يتشابك مع الخليّة العصبية الثانية. تُسمّى هذه الأخيرة الخليّة العصبية بعد العقدة Postganglionic Neuron، ويوجد جسم الخليّة والزوائد الشجرية في العقدة الخارجية خارج الجهاز العصبي المركزي، وينتهي محورها بتشابكات عصبية مع العضو المنفِّذ في الجسم (شكل 30).



(شكل 30)
الخليّة العصبية الحركية قبل العقدة والخليّة العصبية الحركية بعد العقدة في الجهاز العصبي الذاتي

يُقسَم الجهاز العصبي الذاتي إلى الجهاز السمبثاوي Sympathetic Nervous System، والجهاز نظير السمبثاوي Parasympathetic Nervous System (شكل 31)، اللذين يختلفان من حيث طريقة انتشار العقد الخارجية ومن حيث الوظيفة.

يتحكّم الجهاز السمبثاوي بأعضاء الجسم في حالات الطوارئ ولمواجهة الأخطار لتحضير الجسم لتنفيذ أيّ نشاط يتطلّب طاقة كبيرة وإجهادًا مضاعفًا كالملاكمة، والهروب وإلقاء خطاب ما. فعند الهروب وممارسة رياضة الملاكمة، على سبيل المثال، يقوم الجهاز العصبي السمبثاوي بخفض نشاط القناة الهضمية، إذ يحوّل جزءًا من التدفّق الدموي الموجَّه إليها نحو عضلات الذراعين والرجلين. في هذه الحالة، تتسارع نبضات القلب ويتّسع بؤبؤا العينين، ما يتيح دخول كمّية أكبر من النور إليهما، كما تتمدّد الممرّات الهوائية في الرئتين ليتّسعا لهواء أكثر.

يضبط الجهاز نظير السمبثاوي بالمقابل الأنشطة الروتينية التي يقوم بها الجسم في أوقات الراحة. في هذه الحالة، تنشط القناة الهضمية وتتباطأ نبضات القلب، وتضيق الممرّات الهوائية في الرئتين.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

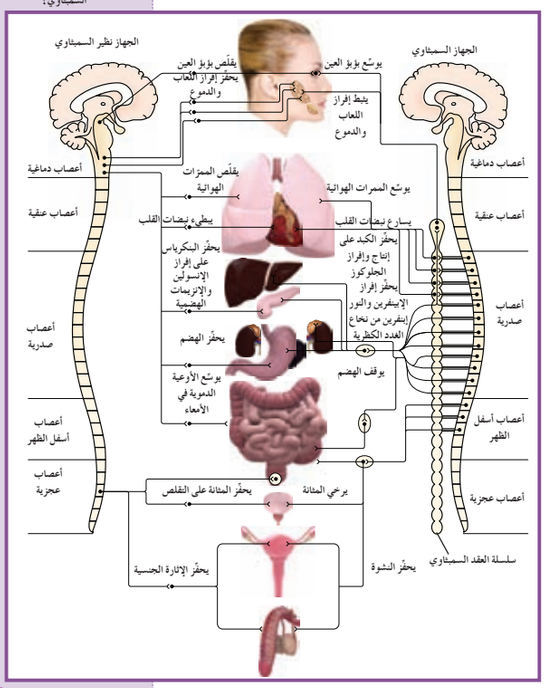
دع الطلّاب يقومون ببحث على الإنترنت عن الوسائل أو الأدوات التي تساعد على دراسة عمل الدماغ والجهاز العصبي. اطلب إليهم أن يجدوا معلومات عن: مخطط كهربائي للدماغ EEG، التصوير بالرنين المغناطيسي MRI، والتصوير المقطعي بانبعاث البوزيترونات PET والتصوير الومضاني Scintigraphy. دع الطلّاب يعدّون تقريرًا عن كل أداة على أن يتضمن التقرير متى تُستعمل، وكيف تعمل وماذا يمكن أن تُظهر. ودع الطلّاب يتشاركون بحثهم مع زملائهم.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–4

1. يتكوّن من شبكة من الأعصاب الطرفية التي تربط كلًّا من الدماغ والحبل الشوكي بباقي أعضاء الجسم. وهي عبارة عن 31 زوجًا من أعصاب الحبل الشوكي و12 زوجًا من أعصاب الدماغ. تنقسم هذه الأعصاب إلى أعصاب حسية وأعصاب حركية. ويقسم من حيث الشكل والوظيفة إلى جهاز عصبي جسمي وجهاز عصبي ذاتي.
2. تنقل الأعصاب الحسّية السيالات العصبية من المستقبلات الحسّية إلى الجهاز العصبي المركزي. أما الأعصاب الحركية فتوصل السيالات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى أجزاء الجسم المختلفة لإحداث الاستجابة.
3. يضبط الجهاز العصبي الجسمي الأفعال الإرادية والأفعال اللاإرادية الانعكاسية إذ أنه يحتوي على الأعصاب الحركية التي تضبط الاستجابات الإرادية أو تتحكم بها وعلى الأعصاب الحركية التي تتحكم بالأفعال اللاإرادية الانعكاسية.
4. تنظّم الأعصاب الحركية للجهاز العصبي الجسمي أنشطة الجسم الإرادية والأفعال الانعكاسية اللاإرادية، في حين أنّ الأعصاب الحركية للجهاز العصبي الذاتي تنظّم أنشطة الجسم غير الإرادية مثل تنظيم ضربات القلب (عضلات القلب، والعضلات الملساء والغدد.)
5. المستقبل الحسّي، الخليّة العصبية الحسّية، النخاع الشوكي، الخليّة العصبية الحركية والعضو المنفذ.
6. يضبط الجهاز الودي الجسم أثناء الإجهاد لأنه يسرع نبضات القلب ويوسع الممرات الهوائية في الرئتين ويحفز الكبد على إنتاج وإفراز الجلوكوز ويوقف عملية الهضم، بينما يضبط الجهاز نظير الودي الجسم أثناء الراحة إذ يعمل عكس الجهاز الودي، أي أنه يقلص الممرات الهوائية ويبطئ نبضات القلب ويحفز الهضم.
7. يستعمل جهاز الغدد الصماء التغذية الراجعة للمحافظة على اتّزان الجسم الداخلي، أما الجهاز العصبي الطرفي فيستجيب لتنبيه الأعضاء المستقبلة الحسّية.

تنتظم عقد الجهاز السمبثاوي كسلسلتين متوازيتين على جانبي العمود الفقري من الأعلى إلى الأسفل، وتسمّى سلسلة العقد السمبثاوية المجاورة للحبل الشوكي Paravertebral Sympathetic Ganglia Chain. ولكن بعض العقد الخارجية للجهاز السمبثاوي لا تتواجد في هذه السلسلة بل تكون أقرب من الأعضاء المنفذة. بينما تتواجد العقد الخارجية في الجهاز نظير السمبثاوي في عقد طرفية Terminal Ganglia بمحاذاة الأعضاء المنفّذة.

(شكل 31)
يتكوّن الجهاز العصبي الذاتي من مجموعتين من الأعصاب الحركية – السمبثاوي ونظير السمبثاوي – تعملان بتوازن لضبط وظائف أعضاء الجسم وغدده. من أين تنشأ كلّ من أعصاب الجهازين العصبيين السمبثاوي ونظير السمبثاوي؟



يختلف أيضًا الجهازان من حيث نوع النواقل العصبية الموجودة التي تفرزها الخلايا العصبية قبل العقد وبعدها. في الجهاز نظير السمبثاوي، يفرز كلّ من الخليّتين العصبيتين نواقل الأسيتيل كولين، فيما تفرزها الخليّة العصبية قبل العقدة في الجهاز السمبثاوي. أمّا الخليّة العصبية بعد العقدة فتفرز نواقل نورإبينفرين Norepinephrine.

يبيّن الشكل (33) تأثير الجهاز السمبثاوي والجهاز نظير السمبثاوي بشكل متعاكس في مختلف أعضاء الجسم.

مراجعة الدرس 1–4

1. ممّ يتكوّن الجهاز العصبي الطرفي؟ وما هي أقسامه؟
2. ما هو دور كلّ من الأعصاب الحسّية والأعصاب الحركية؟
3. يضبط الجهاز العصبي الجسمي الأفعال الإرادية والأفعال اللاإرادية الانعكاسية. علّل.
4. قارن بين دور كلّ من الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي.
5. أذكر عناصر القوس الانعكاسي.
6. **سؤال للتفكير الناقد:** انطلاقًا من المعلومات المتوفّرة في الشكل (31)، برأيك، أيّ جهاز من الجهازين السمبثاوي ونظير السمبثاوي مُختصّ بضبط الجسم في أثناء الإجهاد وفي أثناء الاسترخاء؟ برّر إجابتك.
7. **أضف إلى معلوماتك:** قارن بين الطرائق التي يحافظ فيها الجهاز العصبي الطرفي وجهاز الغدد الصمّاء على اتّزان الجسم الداخلي.

الدرس 1-5 المستقبلات الحسّية وأعضاء الحسّ

الأهداف:

- يقارن بين تراكيب الأعضاء الحسّية المختلفة ووظائفها.
- يفسّر العلاقة بين حاستي التذوّق والشمّ.
- يصنّف المستقبلات الحسية وفقًا للمنبّه والموقع والتركيب.
- يتعرّف دور الشبكية والمخّ في حدوث الرؤيا.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات لتراكيب أعضاء الحسّ المختلفة وللمستقبلات الحسّية.

صفحات الطلّاب: من ص 51 إلى ص 60

صفحات الأنشطة: من ص 25 إلى 26

عدد الحصص: 4

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

تأكد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 32) وقراءتهم التعليق المصاحب لها.

فسِّر أن طرفة العين ليست الطريقة الوحيدة التي يحفظ الإنسان بها سطح العين نظيفًا. اِسأل:

- إلى جانب طرف العين، ما الآلية التي تقوم بها العين للمحافظة على سطحها نظيفًا؟ **(إفراز الدموع)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب عن حواسّ الإنسان، وجّه إليهم السؤال التالي:

- ما هي أعضاء الحسّ في الجسم؟ **(العينان، الأذنان، اللسان، الجلد، الأنف)**

نشاط سريع

أظلم الغرفة وأعطِ كل زوج من الطلّاب بطارية تنتج ومضات ضوئية. دع واحدًا من كل طالبين يجلس على كرسي بينما زميله يلاحظ عينيه. أخبِر الطالب الذي يلاحظ أن يسطع الوميض الضوئي بسرعة في عيني زميله ويلاحظ أيّ تغيّرات في مظهر العينين. دع الطلّاب يتبادلون الأدوار ويكرّرون النشاط، ثمّ دعهم يتتبعون مسار الضوء عند مروره خلال أعين زملائهم.

2. علِّم وطبّق

1.2 الجهاز العصبي والحواس

أشر إلى الطلّاب أن المستقبلات الحسّية تتوزّع في كافة أنحاء الجسم، وقد سُمّيت وفقًا للمنبّه الذي تستجيب له وأنّ أنواعها مختلفة. اِسأل الطلّاب:

* إلامَ تستجيب كلّ من المستقبلات الحسية التالية: الحرارية، الضوئية والألم؟

(*المستقبلات الحرارية تستجيب لتغيّرات الحرارة.

***المستقبلات الضوئية تستجيب للضوء.**

***مستقبلات الألم تستجيب لموادّ كيميائية تطلقها الأنسجة المصابة أو إلى منبّه قوي.)**

دع الطلّاب يتفحصون جيّدًا الشكلين (33 و 34) ويجيبون عن الأسئلة التالية:

* أين يتواجد المحور الطرفي ذو النهايات العصبية المغلّفة أو الحرّة؟ **(في الجلد، والعضلات، والمفاصل والأوتار)**
* ما نوع المنبّهات التي تستقبلها؟

(اللمس، الضغط، الحرارة، التمدد، الألم والاهتزاز)

* الخلايا المستقبلة الحسّية نوعان، ما هما؟

(خليّة حسّية معدّلة أو خليّة طلائية معدّلة.)

* أعطِ مثالًا على كل منهما.

(المستقبلات الضوئية والشمّية هي خلايا معدّلة، أمّا مستقبلات التذوّق والمستقبلات المشعّرة السمعية فهي خلايا طلائية معدّلة.)

1.1 المستقبلات الحسّية وفقًا للمنبّه

Sensory Receptors According to Stimulus

سمّيت المستقبلات الحسّية وفقًا للمنبه الذي تستجيب له وهي:

1. المستقبلات الحرارية Thermoreceptors تستجيب لتغيّرات الحرارة.
2. المستقبلات الضوئية Photoreceptors تستجيب للضوء.
3. المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors منها:
   - مستقبلات الشمّ تستجيب لجزيئات منقولة في الهواء.
   - مستقبلات التذوّق تستجيب لجزيئات منقولة في اللعاب.
4. مستقبلات الألم Nociceptors تستجيب لموادّ كيميائية تطلقها الأنسجة المصابة أو إلى منبّه قوي.
5. المستقبلات الميكانيكية Mechanoreceptors وهي متنوّعة:
   - مستقبلات تستجيب للضغط والاهتزاز واللمس.
   - مستقبلات تستجيب للحركة والجاذبية والصوت.
   - مستقبلات تستجيب للشدّ والتمدّد.

2.1 المستقبلات الحسّية وفقًا للموقع

Sensory Receptors According to their Place

يمكن تصنيف المستقبلات الحسّية من حيث موقعها في الجسم إلى نوعين:

(أ) مستقبلات خارجية Exteroceptors تتأثر بالمؤثّرات الخارجية، كالضوء، الصوت، الحرارة، البرودة، والضغط، وتُسمّى عادة أعضاء الحس وتشمل العين، الأذن، اللسان، الأنف والجلد.

(ب) مستقبلات داخليّة Interoceptors: موجودة داخل الجسم في الأحشاء والأوعية الدموية. تتأثر بمؤثرات داخليّة مثل ضغط الدم ومستويات الأكسجين في الدم ومنها مستقبلات حسّية عميقة Proprioceptors تتأثر بدرجة الشدّ مثل المستقبلات الموجودة في العضلات والأوتار والمفاصل والأربطة.

3.1 المستقبلات الحسّية وفقًا لتركيبها

Sensory Receptors According to their Structure

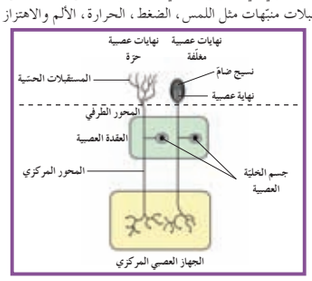
تُقسَم المستقبلات الحسّية من حيث تركيبها إلى نوعين هما نهايات الخلايا العصبية الحسيّة الجسمية وخلايا مستقبلة حسّية.

(أ) نهايات الخلايا العصبية الحسّية الجسمية

Peripheral Somatosensory Neurons

توجد أجسام خلايا هذه المستقبلات في العقد العصبية وهي وحيدة القطب. وتتشعّب من جسم خليّتها استطالة واحدة تنقسم لتشكّل محورًا طرفيًا ومحورًا مركزيًا.

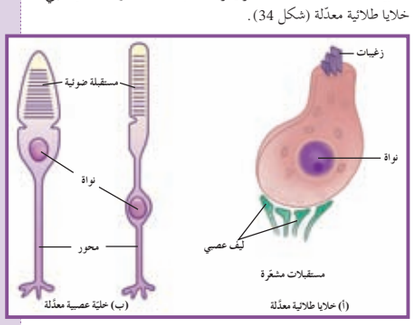
طرف المحور الطرفي ذو النهايات العصبية الدقيقة المغلّفة Encapsuled Nerve Ending أو الحرّة Free Nerve Ending يتفرّع في الجلد، أو العضلات، أو المفاصل أو الأوتار، بينما يمتدّ المحور المركزي لينتهي في الجهاز العصبي المركزي. (شكل 33) تستقبل هذه المستقبلات منبّهات مثل اللمس، الضغط، الحرارة، الألم والاهتزاز.



(شكل 33)
المستقبلات الحسّية ذات نهايات عصبية إما حرة وإما مغلّفة

(ب) خلايا مستقبلة حسّية **Sensory Receptors Cells**

قد تكون الخلايا المستقبلة الحسّية خليّة عصبية معدّلة أو خليّة طلائية معدّلة تكيّفت لاستقبال مؤثّرات نوعية، وتملك القدرة على توليد جهد المستقبل، كما تحتوي على حويصلات فيها نواقل عصبية. تنقل هذه الخليّة الاستجابة إلى خليّة عصبية حسّية مشكّلة معها اتصالًا مشبكيًا. المستقبلات الضوئية والمستقبلات الشمّية، على سبيل المثال، هي خلايا عصبية معدّلة أمّا مستقبلات التذوّق والمستقبلات المشعّرة السمعية فهي خلايا طلائية معدّلة (شكل 34).



(شكل 34)
خلايا مستقبلة حسية.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الألم الواقي

يُعَدّ الشعور بالألم من الضروريات اللازمة لحماية أنفسنا. يُحرَم من هذه الخاصّية المصابون بمرض الجذام إذ إنّ أصابع أيديهم أو أقدامهم أو حتّى أطرافهم قد تحرق أو تُبتَر، من دون أن يشعروا بأيّ ألم.

2.2 المستقبلات الميكانيكية

دع الطلّاب يدرسون الشكل (35) اطلب إليهم ذكر أسماء التراكيب التي تمر خلالها الموجات الصوتية بعد دخولها إلى الأذن. وكلّما ذكر اسم أي تركيب، اِسأل:

- ما دور هذا التركيب في عملية السمع؟ **(قد يقول الطلّاب، على سبيل المثال، أن القناة السمعية تمرر الموجات الصوتية إلى الطبلة، وأن الطبلة تهتز كاستجابة للموجات الصوتية.)**
- ما وظيفة الأذن الخارجية؟ **(جمع الموجات الصوتية.)**
- ما دور السائل الموجود في الأذن الداخليّة مع الطقطقة التي تحدث أثناء التغير السريع في الارتفاع؟ **(يجب أن يستنتج الطلّاب أن الضغط بين الأذن الداخلية والبيئة الخارجية يجب أن يكون متعادلًا.)**

نشاط توضيحي

املأ وعاء زجاجيًّا حتّى منتصفه بالماء. قم بإمالة الوعاء ببطء من جانب إلى جانب. ولأن الماء يبقى عادةً موازيًا للأرض بسبب الجاذبية الأرضية، فإنّ الطلّاب سيلاحظون أنّه يتحرّك لأعلى ولأسفل جانبي الوعاء الزجاجي كلّما مال الوعاء الزجاجي. أشِر إلى أنه بالطريقة ذاتها يتحرك السائل داخل القنوات كلّما تغير موضع الرأس.

كوّن علاقات

علم الصحّة

- فسِّر أن منطقة الأذن التي تُسمّى الأذن الوسطى والتي تقع بين الطبلة والقنوات نصف الدائرية، غالبًا ما تكون عرضة للإصابة بالعدوى. هذا بسبب الاتصال القريب بين الأذن الوسطى وقناة إستاكيوس (Eustachian Tube) التي تفتح في منطقة البلعوم (الحَلْقْ.) فالفيروسات والبكتيريا في البلعوم يمكنها أن تنتقل بسهولة إلى الأذن الوسطي من خلال قناة إستاكيوس وتسبب الإصابة بالعدوى، والالتهاب والآلام.
- الصمم، وهو فقدان القدرة على السمع، له أسباب متنوعة. قد يرجع إلى تلف قد يُصيب القوقعة أو العصب السمعي أو من التوصيل غير السليم للاهتزازات بواسطة عظام الأذن الوسطى. وغالبًا ما يُستخدم لعلاج الصمم سماعات الأذن التي تعمل على تكبير الصوت. القوقعة الصناعية، وهي الأداة التي تترجم الصوت إلى نبضات إلكترونية، قد يتم زرعها جراحيًّا داخل الأذن للتغلّب أو القضاء على الصمم.

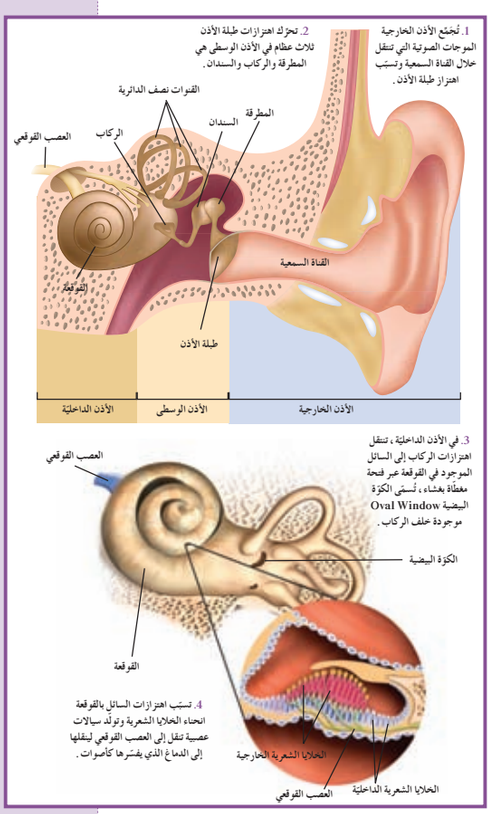
2. المستقبلات الميكانيكية Mechanoreceptors

1.2 السمع والتوازن Hearing and Balance

تُعتبر أذنك عضوًا معقّد التركيب، يمكّنك من أن تسمع وتحفظ توازنك. المستقبلات المسؤولة عن هاتين المهمّتين هي المستقبلات الميكانيكية التي تكشف الحركة وتتلقّى الموجات الصوتية وتنبّه لنقل السيالات العصبية.

يحتوي تركيب الأذن الداخلية المعروف بالقوقعة Cochlea على المستقبلات الميكانيكية الخاصّة بالسمع. ويملأ القوقعة سائل تتولّد فيه اهتزازات تسبّبها الموجات الصوتية. تسبّب هذه الاهتزازات انثناء المستقبلات الميكانيكية المعروفة بالخلايا المشعرة Hair Cells، فترسل سيالات عصبية إلى العصب القوقعي الذي ينقلها بدوره إلى الدماغ. اتبع الخطوات الموضّحة في الشكل (35) لترى كيف تُجمّع الأذن الموجات الصوتية وتحوّلها إلى سيالات عصبية.

كذلك تحتوي القنوات نصف الدائرية في الأذن على مستقبلات ميكانيكية وهي خلايا مشعرة تساعد على حفظ التوازن. تتعامد القنوات الثلاث على بعضها بعضًا وهي، على غرار القوقعة، ممتلئة بسائل. وكلّما تحرّك جسمك تحرّك السائل داخل القنوات وتستشعر المستقبلات الميكانيكية بإنحنائها اتّجاه تحرّك السائل وترسل سيالات عصبية إلى الدماغ الذي يوظّف تلك السيالات العصبية لمساعدتك في المحافظة على توازنك.



شكل (35)
تراكيب الأذن والمستقبلات الميكانيكية داخل القوقعة المسؤولة عن تجميع الموجات الصوتية وتحويلها إلى سيالات عصبية

3.2 المستقبلات الكيميائية

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (36) جيّدًا ويتتبعون مسار السيال العصبي لحاسة الشم انطلاقًا من الخليّة الشمّية المستقبلة (المستقبل الشمّي) وصولًا إلى المنطقة الحسّية في المخ، كذلك لحاسة التذوّق انطلاقًا من الخليّة التذوقية المستقبلة وصولًا إلى المنطقة الحسّية التذوقية في المخ. اِسأل:

- أين تقع المنطقة الحسّية الشمّية؟ **(تقع في الفص الصدغي للمخّ خلف شق سلفيوس.)**
- أين تقع المنطقة الحسّية التذوقية؟ **(تقع في الفص الجداري للمخّ خلف شق رولاندو.)**

نشاط توضيحي

لتوضّح للطلّاب أن حاستي التذوّق والشم هما شديدتا الارتباط، دع طلّاب متطوعين يتذوّقون ويحاولون تعرّف مذاق عصير فواكه مختلفة وهم معصوبي الأعين، ويضغطون بأصابعهم بشدة على أنوفهم لغلقها. **(يجب أن يستنتج الطلّاب أنه من خلال عدم الرؤية وعدم القدرة على شمّ رائحة الطعام (وفي هذه الحالة العصير) سيواجهون صعوبة في تحديد المذاقات والتمييز بينها.)**

4.2 المستقبلات الضوئية

(أ) العين والرؤية

بعد أن يدرس الطلّاب الشكل (37) اطلب إليهم أن يحددوا موضع الطبقات النسيجية الثلاث (الصلبة، المشيمية، الشبكية) التي تكوّن الجدار الداخلي لكرة العين، ثم دع الطلّاب يتتبعون أثر مسار الضوء خلال العين. اطلب إلى الطلّاب أن يحدّدوا أيًّا من التراكيب يمر خلاله الضوء. في النهاية، اِسأل:

- ما الفائدة من وجود العضلات حول العدسة؟ **(تقوم العضلات بتغيير شكل العدسة كي تساعد العين على التركيز لرؤية الأشياء القريبة والأشياء البعيدة.)**
- أين تركّز العدسة الضوء؟ **(على الشبكية)**
- ما الذي يحدث للسيالات البصرية بعد أن تترك العين عن طريق العصب البصري؟ **(تذهب إلى المنطقة الحسّية البصرية في الفص القفوي في القشرة المخّية، حيث يتم تفسيرها.)**

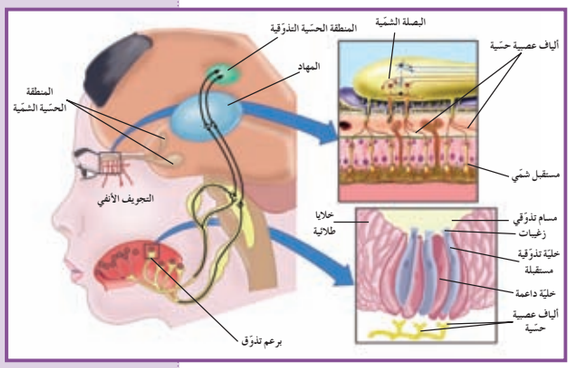
كوّن علاقات

علم الفيزياء

فسّر أن الضوء عبارة عن جزء من الطيف الكهرومغناطيسي، الذي يتضمن موجات كهرومغناطيسية من أطوال موجية مختلفة. أضف أن البشر يمكن أن يروا الضوء الذي يسقط خلال مدى محدود للغاية من الأطوال الموجية فحسب، وأن الضوء في هذا المدى يُسمّى الضوء المرئي.

3. المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors

التذوّق والشمّ حاستان وثيقتا الارتباط، وغالبًا ما تعملان معًا. تعتمد كلتا الحاستين على مستقبلات تُسمّى المستقبلات الكيميائية. يستجيب المستقبل الكيميائي الواحد لنوع معيّن من الموادّ الكيميائية، ويرسل سيالات عصبية إلى الدماغ عبر أعصاب حسّية. يفسّر الدماغ السيالات الواردة إليه من المستقبلات الكيميائية الخاصّة بحاستي التذوّق والشمّ، ويحدّد مذاق الطعام وما إذا كان آمنًا للتناول. يمكنك أن تستخدم الشكل (36) لتتبّع المسار من المستقبلات الشمّية والتذوّقية إلى المناطق التي تتّصل بها في الدماغ.



شكل (36)
المستقبلات الكيميائية في الفمّ والأنف

1.3 حاسّة الشمّ Smell

المستقبلات الشمّية Olfactory Receptors هي مستقبلات كيميائية تقع على الغشاء المخاطي في التجويف العلوي للأنف، وتستجيب لجزيئات الروائح التي تذوب في المخاط حيث ترسل سيالات عصبية إلى المنطقة الحسّية الشمّية في الدماغ الذي يحلل تلك الروائح ويستجيب لها. يزيد الاستنشاق انسياب الهواء إلى داخل الأنف، ويقوّي حاسّة الشمّ. بإمكان المستقبلات الشمّية أن تكتشف كمّيات بالغة الصغر من بعض الجزيئات. فكّر في ما يحدث عندما تصاب بالزكام وتتوقّف المستقبلات عن أداء دورها. تؤدّي حاسّة الشمّ دورًا في القدرة على التذوّق. فنكهة الطعام، المميّزة تنتج من ارتباط معقّد للشمّ بالمذاقات الخمسة الأساسية.

2.3 حاسّة التذوّق Taste

التذوّق Taste هو القدرة على الاستجابة لجزيئات وأيونات مذابة تسمّى منبّهات التذوّق Tastants. ثمّة خمسة إحساسات تذوّقية أساسية هي المالح، اللاذع، الحلو، المرّ والحامض.

يكتشف الإنسان هذه الأذواق بواسطة مستقبلات التذوّق Taste Receptors وهي خلايا تذوقية مستقبلة Taste Receptor Cells التي تتجمّع في براعم التذوّق Taste Buds (شكل 36). ولكلّ برعم تذوّق مسام تذوّقي Taste Pore تفتح على سطح اللسان، وتسمح للجزيئات والأيونات التي تدخل الفم بأن تبلغ الخلايا التذوّقية المستقبلة. يحتوي كلّ برعم تذوّق على 50 إلى 100 خليّة تذوّقية مستقبلة تقريبًا، تمثّل الإحساسات التذوّقية الخمسة، وتحيط بها خلايا داعمة Supporting Cells. الخلايا التذوقية المستقبلة ليست عبارة عن خلايا عصبية، ولكنّها تشكّل تشابكات عصبية مع نهايات محاور الليف العصبي التذوّقي الموجود قرب أسفل برعم التذوّق. ولتحديد إحساسات التذوق لا بدّ أن تكون المادّة الكيميائية ذائبة في سائل لكي تصل إلى مستقبلات تذوّقية. فلذلك، عندما تكون على وشك تناول الطعام تفرز ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية في الفمّ سائلًا يُسمّى اللعاب Saliva يسمح بإذابة تلك الموادّ الكيميائية.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

حليمات اللسان وبراعم التذوّق

يحتوي لسانك على نحو 10000 برعم تذوّق، معظمها موجود على نتوءات صغيرة تغطّي غشاء اللسان تسمّى حليمات اللسان Lingual Papilla. يتراوح عدد براعم التذوّق في كلّ حليمة ما بين واحد وعدّة مئات.

ثمّة أربعة أنواع من الحليمات، يحتوي ثلاث منها على براعم تذوّق، وهي:

1. **الحليمات الكأسية Circumvallate Papillae:** وهي الأكبر حجمًا والأقلّ عددًا، وتوجد عادةً ضمن أزواج إلى الجهة الخلفية من اللسان.
2. **الحليمات الورقية Foliate Papillae:** توجد بشكل خاصّ عند جانبي صفّ الحليمات الكأسية، وتكثر في منطقة محدّدة على جانب قاعدة اللسان. كلّ حليمة ورقية مثنية قليلًا وتشبه ورقة النبات.
3. **الحليمات الخيطية Filiform Papillae:** هي نتوءات صغيرة موجودة على سطح اللسان. تتّخذ شكل مخاريط رفيعة وطويلة وتُعَدّ الأكثر عددًا، إذ تغطّي معظم مساحة اللسان. هذه الحليمات ميكانيكية ولا تشترك في عملية التذوّق إذ ليس لديها براعم. كما أنّها صغيرة وتصطفّ في خطوط موازية لصفّ الحليمات الكأسية التي تتّخذ شكل الحرف V إلّا عند طرف اللسان حيث تصطفّ من جانب إلى آخر.
4. **الحليمات الكمئية Fungiform Papillae:** عددها أقلّ بكثير من عدد الحليمات الخيطية وهي منتشرة في ما بين هذه الأخيرة. حجم هذه الحليمات أصغر بكثير من حجم الحليمات الكأسية، لكنّها تلتصق بالحليمات الخيطية المحيطة.

إجابة السؤال صفحة 58 في كتاب الطالب: عبر تنبيه الخلايا العصبية الحسّية.

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «تشريح عين بقرة» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 25 و26. يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحديد أقسام عين البقرة ووظيفة كل منها.

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارة التالية: مهارة المضاهاة

إسأل:

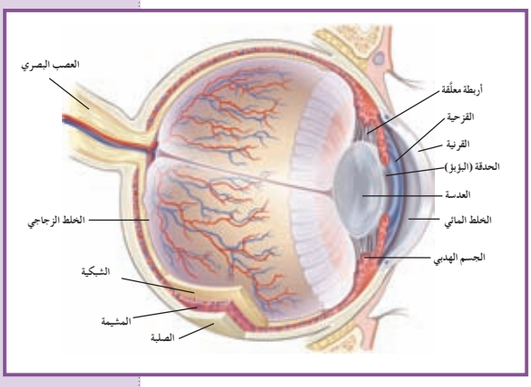
- إذا كانت عدسة العين مشابهة (أو مضاهية) للبروجكتور، إذًا ما هو جزء العين الذي يشبه (أو يضاهي) الشاشة؟ **(الشبكية)**
- ما وجه اختلاف الصورة المعروضة على الشاشة عن الصورة الواقعة على الشبكية؟ **(لا توجد مستقبلات على الشاشة كي تحوّل الصورة إلى نبضات أو سيالات عصبية.)**
- **مهارة الاستنتاج:** أخبر الطلّاب أن إصابة الأذن الوسطى بالعدوى غالبًا ما تسبب توقّف انتقال الأصوات من العالم الخارجي ولكن ليس جميع الأصوات، مثل أصوات المضغ التي تنشأ خلال الرأس. إسأل:
- لماذا يسمع الأشخاص أصوات ناتجة في الرأس حتى حين تكون آذانهم غير قادرة على نقل الموجات الصوتية من المحيط الخارجي بسبب الإصابة بالعدوى؟ **(لأن الموجات الصوتية تنتقل مباشرة إلى الأذن الداخلية خلال عظام الرأس.)**
- **مهارة التعبير الكتابي:** دع الطلّاب يتخيلون أنفسهم ناقدي أطعمة، دعهم يكتبون مقالة في مجلة لوصف كيف تمكنهم أعضائهم الحسّية من الاستمتاع بالمذاقات والروائح لوجباتهم المفضَّلة في خلال الإجازة الصيفية.

4. المستقبلات الضوئية Photoreceptors

1.4 العين والرؤية Eye and Vision

كيف ترى؟ **الرؤية Vision هي القدرة على ملاحظة الأشياء بالنظر إليها، وتفسيرها.** أمّا الأعضاء التي تمكّنك من الرؤية فهي العين، العصب البصري، والجزء من القشرة المخيّة الموجود في الفصّ القفوي. فالعين هي العضو الذي يستقبل الموجات الضوئية المنعكسة من الأشياء، ويركّزها على الشبكية، ومن ثَمّ يحولّها إلى سيالات عصبية تنتقل بواسطة العصب البصري الحسّي Optic Nerve إلى القشرة المخيّة حيث تُفسَّر كصور للأشياء (شكل 37).

تمتدّ ستّ عضلات من سطح كرة العين إلى نقاط مختلفة في التجويف العظمي. تساعد هذه العضلات العين ككلّ، على التحرّك في وجهة معيّنة. تضبط أعصاب دماغية حركات هذه العضلات بشكل يضمن حركة العينين سويًّا، وتركيزهما على النقطة نفسها أو الشيء نفسه. تُعتبَر الرؤية بالعينين الاثنتين Binocular Vision للشيء نفسه من الميزات المهمّة لإدراك الأشياء المرئية بعمق من ناحية الحكم على شكلها وبُعدها وحجمها.



شكل (37)
تركيب عين الإنسان

تصطدم الموجات الضوئية المنعكسة من الأجسام والموجّهة إلى العين **بالقرنية الشفّافة Cornea، وهي غلاف شفّاف ذو محيط دائري يغلّف مقدّمة كرة العين Eye ball.** تبدأ عملية تمركز الضوء عند القرنية، حيث يقوم محيطها الدائري بثني الشعاع الضوئي. ويوجد خلف القرنية حجرة **تحتوي على الخلط المائي Aqueous Humor الذي يغذّي العدسة والقرنية. تضبط القرحية Iris** كمّية أشعّة الضوء التي تدخل العين من خلال فتحة تتوسّطها **تُعرَف بالحدقة أو بؤبؤ العين Pupil.**

يختلف لون القرحية من شخص إلى آخر بحسب كمّية الأصباغ (مادّة ملوّنة) داخلها وطريقة توزيعها. **تتألّف القرحية من حلقات من العضلات الملساء المتوفّرة بنوعين مضادّين هما العضلات الدائرية Circular Muscle والعضلات الشعاعية Radial Muscle.** يتحكّم بعمل هذه العضلات الجهاز العصبي الطرفي الذاتي. في الضوء القوي، تتقلّص أو تنقبض العضلات الدائرية، وتسترخي العضلات الشعاعية، فتضيق الحدقة لتسمح بمرور القليل من الشعاعات الضوئية داخل العين. أمّا في الضوء الخافت، فتتقلّص العضلات الشعاعية، وتسترخي العضلات الدائرية، فتتّسع الحدقة لتسمح بمرور عدد كبير من الأشعّة الضوئية. تضيق الحدقة أيضًا عند اقتراب الجسم من العين لأقلّ من 6 m. تُعَدّ استجابة هذه العضلات لتغيّرات في حدّة الضوء استجابة غير آنية، لكنّها تتطلّب من 10 s إلى 30 s.

ترتطم أشعّة الضوء بالعدسة بعد عبورها الحدقة. **والعدسة Lens هي جسم محدب الوجهين Biconvex مرن وشفّاف مؤلّف من ألياف بروتينية، ومعلّق خلف الحدقة بواسطة الأربطة المعلّقة Suspensory Ligament of the Lens، والجسم الهدبي (العضلات) Ciliary Muscles. تتعاون العدسة مع القرنية، في حني الأشعّة الضوئية، وتركيزها على بُعدها البؤري على الشبكية. بعد أن يمرّ الضوء في العدسة يمرّ في حجرة خلفية تحتوي على سائل هلامي شفاف يسمّى الخلط الزجاجي Vitreous Humour. وهو يساعد في المحافظة على شكل كرة العين.**

بعد أن يمرّ الضوء بالخلط الزجاجي، يصل إلى الشبكية. **تتألّف الشبكية Retina من عدّة طبقات وهي طبقة من مستقبلات ضوئية، وطبقة من خلايا عصبية معظمها ثنائية القطب، وطبقة من الخلايا العصبية العقدية. توجد الشبكية في القسم الخلفي من كرة العين، حيث تتحوّل خلالها الطاقة الضوئية إلى سيالات عصبية تنتقل إلى الدماغ.** وتحيط بشبكية العين طبقة رقيقة من الخلايا تدعى المشيمة Choroid، وهي غنية بالصبغة السوداء التي تمتصّ الضوء الزائد، وتمنع انعكاس الضوء داخل القسم الخلفي من كرة العين، الذي يؤدّي إلى ضبابية وعدم وضوح الرؤية. تحتوي هذه الطبقة أيضًا الأوعية الدموية التي تغذّي الشبكية.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون إحدى أو جميع الخطوات التالية:

- قسِّم الفصل إلى مجموعات من سبعة طلّاب. وليكتب كل طالب ملخصًا لأحد الموضوعات الفرعية بالدرس، ثم دع الطلّاب في كل مجموعة يستخدمون الملخصات لتحضير ملخصًا نهائيًا للدرس بالكامل. ولتقدم كل مجموعة ملخصها المشترك إلى باقي زملائها بالفصل. صحح أي معلومة خاطئة.
- زوّد الطلّاب بنسخة عن الشكل (36) بدون بيانات. دع الطلّاب يكتبون بيانات كل جزء من العين على الشكل.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–5

1. القوقعة هي عضو ملتف يقع في الأذن الداخلية ويحتوي على المستقبلات الميكانيكية (خلايا حسّية شعرية) وعلى سائل. تتلقى القوقعة الاهتزازات الصادرة عن الموجات الصوتية وتحوّلها إلى سيالات عصبية لكشف الأصوات.
2. المستقبلات الحرارية يتم تنبيهها بواسطة الحرارة والبرودة، المستقبلات الكيميائية تتنبه بواسطة التغيرات في تركيز الموادّ الكيميائية بالدم كما تنبه بجزيئات كيميائية منقولة في الهواء أو في اللعاب، مستقبلات الألم تتنبه بواسطة مواد كيميائية تطلقها الأنسجة المصابة أو بمنبّه قوي.
3. الإجابات قد تقترح أن الإنسان يمكن أن يشم بدون تذوّق، ولكنه لا يستطيع التذوّق بدون الشم.

يُسمّى الغطاء الخارجي لكرة العين بالصلبة Sclera، وهي طبقة متقوّسة، ثخينة، قاسية، غير شفّافة، ومكوّنة من النسيج الضامّ. تحمي هذه الطبقة التركيب الداخلية لكرة العين، إذ تحافظ على صلابتها. ترقّ هذه الطبقة في مقدّمة كرة العين، وتصبح شفّافة لتشكل القرنية الشفّافة Transparent Cornea.

مراجعة الدرس 1–5

1. ما هي القوقعة؟ صف باختصار شكلها واشرح وظيفتها.
2. كيف يمكنك أن تتنبّه المستقبلات الحرارية والمستقبلات الكيميائية ومستقبلات الألم في جلدك؟
3. **سؤال للتفكير الناقد:** يعتبر صديق لك أنّ حاسّة الشمّ أكثر فائدة ونفعًا من حاسّة التذوّق. هل توافقه الرأي؟ فسّر إجابتك.

الدرس 1-6

صحّة الجهاز العصبي

الأهداف:

- يُحدّد أسباب اضطرابات الجهاز العصبي المختلفة.
- يشرح تأثيرات العقاقير المختلفة في الجهاز العصبي وبالتالي تأثيراتها في سلامة الإنسان.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات تظهر الأضرار الناتجة من سوء استخدام العقاقير على أجهزة الجسم وأعضائه المختلفة مثل الرئة والكبد.

صفحات الطلّاب: من ص 61 إلى ص 67

عدد الحصص: 1

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

تأكد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 38) وقراءتهم التعليق المصاحب لها.

فسّر أن الكافيين يُعد أحد أمثلة العقاقير لأنه يمكن أن يغيّر طريقة أداء الجسم لوظائفه. اِسأل:

- ما التغيرات التي قد يسببها الكافيين في الجسم؟ **(الإجابات المحتملة: يسرّع معدل ضربات القلب، يرفع ضغط الدم ويسبب التوتّر.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب عن صحّة الجهاز العصبي، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما الذي يحمي الجهاز العصبي المركزي؟ **(عظام الجمجمة تحمي الدماغ، العمود الفقري يحمي النخاع الشوكي، إضافة إلى السحايا والسائل الدماغي الشكوكي.)**
- كيف تؤثّر العقاقير في الجهاز العصبي؟

(تؤدّي العقاقير دورًا في الفالق المشتبكي بحيث تؤثّر في النواقل العصبية إمّا عن طريق إثباطها وتنشيطها وإمّا عن طريق محاكاة عملها.)

نشاط سريع

اِسأل الطلّاب ما الكلمات التي تتداعى إلى ذهنهم عندما يسمعون كلمة عقار. أُكتب قائمة بالإجابات على السبّورة. أخبر الطلّاب أن العقار عبارة عن أيّ مادّة كيميائية قد تؤثر في طريقة أداء الجسم لوظائفه. اِسألهم إذا ما كانوا سوف يُضيفون أو يُزيلون أي كلمة من القائمة. أجرِ التعديلات اللازمة على القائمة ثم دع الطلّاب ينسخون القائمة ويعودون إلى مطالعتها عندما ينتهون من هذا الدرس.

2. علِّم وطبِّق

1.2 اضطرابات الجهاز العصبي

وضّح للطلّاب الحقائق التالية:

إن بعض الاضطرابات في الجهاز العصبي تعود إلى نقص في النواقل العصبية في بعض مناطق الدماغ.

فمثلًا مرض الألزهايمر يحدث نتيجة ضمور في الزوائد الشجرية للخلايا العصبية الأهرامية في القشرة المخّية، وأيضًا بسبب تدمير قرن آمون. هذا الضمور والتدمير يسببان غياب الأستيلكولين.

مرض الباركينسون سببه النقص في تزويد الناقل العصبي دوبامين من قبل منطقة المادة السوداء Substancia nigra في الدماغ.

إجابة سؤال الشكل (39) صفحة 63 في كتاب الطالب:

في الخليّة العصبية المصابة بمرض التصلب المتعدد يكون غلاف الميلين متلف، ما يؤدي إلى تباطؤ انتقال السيالات العصبية على عكس الخليّة العصبية ذات الغلاف الميليني الطبيعي والمتكامل.

2.2 الأدوية والعقاقير

أكّد على الطلّاب أن العديد من العقاقير التي يُساء استخدامها، خصوصًا المنشطات والمهبطات، تؤثر في الجهاز العصبي بصورة مباشرة عن طريق تغيير المعدل الذي تنتقل به السيالات العصبية خلال الجسم. اِسأل:

- ما هي العقاقير التي تسرع انتقال السيالات العصبية؟ **(المنبّهات أو المنشطات مثل الكوكايين والنيكوتين)**
- ما هي العقاقير التي تبطئ انتقال السيالات العصبية؟ **(المهبطات مثل الكحول)**

أخبر الطلّاب أنه أصبح شائعًا استخدام العقاقير غير القانونية بين المراهقين وطلّاب المدارس الثانوية. ناقش الأسباب المحتملة لاستخدام العقاقير بين المراهقين. اِسأل الطلّاب عن نوع البرامج التي يعتقدون أنّها ستكون مؤثّرة أو فعّالة في التعامل مع هذه المشكلة.

وبما أنّ معظم الخلايا العصبية لا تنقسم ميتوزيًّا، فهي تعجز عن التجدّد إذا أصابها التلف. وإن أصاب جسمها ضرر أو تلف فستموت حتمًا، في حين يمكن أن تظلّ حيّة إذا أصاب الضرر أو التلف محورها. وفي ظروف مناسبة، يمكن أن تتجدّد المحاور المتضرّرة التي تكوّن الأعصاب الطرفية فإذا لم تكن نهاياتها بعيدة جدًّا، وإذا لم يتمّ إعاقة مسارها بأنسجة أخرى، بإمكان تلك الخلايا العصبية إقامة روابط مشتبكية جديدة مع خلايا عصبية أخرى. ولكن يستحيل تجدّد المحاور التي تكوّن المسارات في الجهاز العصبي المركزي في ظروف عادية.

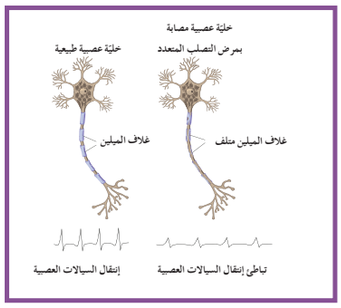
قد تتلف الخلايا والأنسجة العصبية نتيجة تعرّضها للإصابات أو الأمراض. فالضربة التي تصيب الرأس، عند السقوط على الأرض، على سبيل المثال، يمكن أن تسبّب ضررًا يُعرَف بالارتجاج Concussion. تؤدّي هذه الضربة إلى اصطدام الدماغ بعظام الجمجمة من الداخل مسبّبةً إصابته برضّة، ينتج عنها شعور الشخص بدوخة أو تشويش الرؤية أو فقدانه الوعي. لا ينجم عن الارتجاج البسيط عادةً ضرر دائم للدماغ، ولكنّ الإصابات الأكثر خطورة قد تسبّب شللًا دائمًا Paralysis أو غيبوبة مستمرّة Coma، وقد تترتّب عن الأضرار التي تصيب مراكز الحسّ البصرية والسمعية نتائج دائمة أيضًا مثل العمى والصمم.

قد يؤدّي الضرر الذي يلحق الأوعية الدموية في الدماغ إلى موت الخلايا العصبية أيضًا. وقد يؤدّي الانسداد في أحد الأوعية الدموية في الدماغ إلى سكتة دماغية، وهذا الانسداد قد تسبّبه جلطة دموية أو ضيق الوعاء الدموي نتيجة تصلّب الشرايين. وانقطاع سريان الدم، يؤدّي بدوره إلى موت النسيج العصبي، نتيجة نقص تزويده بالأكسجين. تشمل أعراض السكتة الدماغية الشلل، عدم وضوح الكلام، التنميل، وغشاوة الرؤية.

من المشاكل الأخرى المتعلّقة بدوران الدم الصدمة Shock التي تؤدّي إلى نقص فجائي في كمّية الدم التي تصل إلى الأعضاء الحيوية في الجسم بما فيها الدماغ. تتضمّن أعراض الصدمة الضعف، الدوخة، الإغماء أو فقدان الوعي، وقد يصبح جلد الشخص المصاب بالصدمة شاحبًا رطبًا، وتنفّسه سريع وغير عميق، ونبضه ضعيفًا وسريعًا.

ثمّة أمراض أخرى تؤثّر في الدماغ من مثل **مرض الزهايمر Alzheimer Disease، وهو مرض يفسد فيه نسيج الدماغ، حيث تتراكم فيه ترسّبات بروتينية غير طبيعية، وتتلف بعض أجزاء الدماغ. وبالتالي يفقد المصابون به الذاكرة، ويصبحون في حالة توهان، وتتغيّر شخصيتهم.**

ومن بين الأمراض التي تصيب الأعصاب والحبل الشوكي مرض التصلّب المتعدّد Multiple Sclerosis الذي يؤثّر في الأغلفة الميلينية التي تحمي الخلايا العصبية وتساعد في نقل السيالات العصبية. يسبّب هذا المرض تلف غلاف الميلين (شكل 39)، ما قد يبطئ انتقال السيالات العصبية أو يوقفها. وبالتالي قد يعاني الشخص المصاب بمرض التصلّب المتعدّد ضعف البصر أو فقدانه، ضعف القدرة على الكلام، ضعف العضلات، الرجفان، الارتعاش والشلل. ولا يوجد سبيل للوقاية من هذا المرض، على عكس شلل الأطفال Polio الذي يمكن الوقاية منه بالتلقيح. يسبّب فيروس يصيب المادّة الرمادية للحبل الشوكي شلل الأطفال، حيث يدمر الخلايا العصبية الحركية مسبّبًا الشلل في نهاية الأمر.



شكل (39)
يوضّح هذا الشكل الفرق بين الخلايا العصبية الطبيعية والخلايا العصبية في حال الإصابة بمرض التصلّب المتعدّد. ما أوجه الاختلاف التي تراها بين هاتين الخليّتين العصبيتين؟

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد الطلّاب أن استخدام العقار مرة واحدة فقط أو مرات قلائل لا يسبب ضررًا لهم. فسّر أن بعض الأدوية، مثل الهيروين والكوكايين تسبب الإدمان بشدّة وقد تنتج اشتياق إلى العقار بعد استعمالها مرة واحدة فقط. بالإضافة، قد تحتوي العقاقير غير القانونية موادّ ضارّة أخرى (ملوّثات) قد تسبّب الموت.

في المجتمع

منع سوء استخدام الدواء

قد يوجد اسم وعنوان هيئات أو مجموعات البرامج التي تكافح سوء استخدام العقاقير في دليل الهاتف. من المحتمل أن معظم البرامج ستكون مكفولة أو مضمونة من قِبَل بعض هيئات المجتمع. بعض هيئات المجتمع قد تكون معلنة أو معروفة، وأغلبها غير معلن أو غير معروف.

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب للمهارات التالية:

* **مهارة التعبير الكتابي:** دع الطلّاب يحددون خمس فقرات أو مقالات صحفية تُعنى بقضايا عن العقاقير (المخدرات) وسوء استخدامها. اطلب إلى الطلّاب أن يكتبوا ملخصًا لهذه الفقرات أو المقالات التي تفسر تأثيرات العقاقير على الجسم وكيف أن سوء استخدام العقاقير له تأثيرات على الجميع.
* **مهارة البحث:** اطلب إلى الطلّاب القيام ببحث على شبكة الإنترنت أو في المكتبة عن أنواع العقاقير المستعملة، وعن مصدرها، وتأثيرها في الجسم وعوارضها ومن ثمّ عرضها على باقي زملائهم لمناقشتها.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في المجتمع

لمحة عن العقاقير

العقاقير Drugs هي موادّ كيميائية غير غذائية تؤثّر في وظائف الجسم. ثمّة عقاقير طبية تُستخدَم لمعالجة الأمراض. وثمّة عقاقير ليست لها أيّ استخدامات طبية. يُعَدّ استخدام بعضها غير شرعي واستخدام بعضها الآخر مباحًا. فالكافيين على سبيل المثال عقار موجود في القهوة والشاي والمشروبات الغازية وحتّى الشوكولاتة. والكحول عقار تحويه البيرة، والخمر والمشروبات الروحية. والنيكوتين عقار قوي موجود في السجائر. لإساءة استعمال العقاقير عدّة أشكال منها الإفراط في تعاطي العقاقير المباحة، كالإفراط في تناول الكافيين، في استخدام العقاقير الطبية لغرض مختلف عن الغرض المقصود، وبكمّية مختلفة عن تلك التي يُنصح بتناولها، أو تعاطيها من دون وصفة طبّية أو لغرض غير طبّي، الأمر الذي يُعتبَر غير قانوني.

تسبّب عدّة عقاقير قانونية وغير قانونية التبعية Dependence أو الإدمان Addiction المتمثّلة بالتوق إلى تناولها إلى حدّ تعريض النفس والآخرين لخطر الحصول على المزيد منها. قد تكون التبعية للعقار نفسية Psychic Dependence أو بدنية Physical Dependence أو الاثنين معًا.

تُباع عدّة عقاقير في الصيدليات من دون وصفة طبّية، وهي آمنة وفعّالة عند استخدامها تبعًا للتعليمات. إلّا أنّ لبعضها تأثيرات جانبية خطيرة كالتسبّب بعدم انتظام ضربات القلب.

العقاقير الموصوفة هي تلك التي لا يمكن شراؤها إلّا بوصفة طبّية. يجب عدم تناول أيّ عقار موصوف لشخص آخر، لأنّ ذلك قد يؤدّي إلى تدهور الحالة الصحّية. كما أنّ إساءة استعمال العقاقير الموصوفة قد تكون خطيرة جدًّا، إذ يؤكّد الأطباء على أنّها تؤدّي بعد عدّة سنوات إلى الوفاة في الكثير من الحالات.

2. الأدوية والعقاقير Drugs

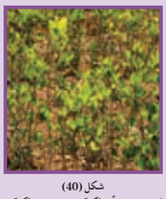
تُصنَّف العقاقير بحسب تأثيرها في الجسم. تصف الفقرات التالية بعضًا من أكثر العقاقير التي يُساء استعمالها كالنيكوتين والكحول.

تُعرَف العقاقير التي تزيد من نشاط الجهاز العصبي المركزي بالمنشّطات (أو بالمنبّهات) Stimulants، وهذه العقاقير تزيد معدّل ضربات القلب، وتسرّع انتقال السيالات العصبية، وترفع ضغط الدم أيضًا. نذكر منها الكافيين Caffeine وهو منبّه معتدل التأثير، والكوكايين Cocaine وهي مادّة منشّطة مشتقّة من أوراق نبات الكوكا (شكل 40) تُعتبَر عقارًا يسبّب الإدمان بصورة كبيرة. يُستخدم الكوكايين بصورة قانونية كمسكّن في خلال الجراحات الأنفية، ويُباع بصورة غير شرعية كمسحوق أبيض يُستنشَق، أو كقطع بيضاء اللون تُدخَّن. تسبّب أشكال الكوكايين المختلفة في إجهاد الجهازين العصبي والدوري إلى درجة أنّها تعرّض حتّى الشاب المعافى إلى نوبة قلبية أو سكتة دماغية. نذكر أيضًا الأمفيتامين Amphetamine وهو منشّط قويّ آخر يدمر الجسم بطريقة مماثلة للكوكايين.

تُسمّى العقاقير التي تبطئ نشاط الجهاز العصبي المركزي المهبّطات Depressants، ومنها الباربيتورات Barbiturate والمسكّنات ويصفها الأطبّاء لتخفيف القلق أو الأرق. إلّا أنّ الجرعة المفرطة منها قد تُسبّب في الدخول في غيبوبة أو الموت.

أمّا العقاقير التي تؤثّر في الإدراك الحسّي للجهاز العصبي المركزي فتُسمّى الموادّ المهلوسة Hallucinogens. نذكر من بين الأمثلة المعروفة PCP، LSD، والميسكالين (شكل 41). قد يتخيّل من يتعاطى موادّ مهلوسة مناظر وأصواتًا، ويتفاعل بصورة غير متوقّعة مع الأشياء في البيئة المحيطة. غالبًا ما ينفّذ الأشخاص متعاطو مادّة PCP، على سبيل المثال، أعمال عنف. أمّا مشتقّات الأفيون Opium كالهيروين Heroin، فتُستخلَص من ثمرة الخشخاش الآسيوي Asian Poppy (شكل 42)، ويحقنه متعاطوه عادةً في مجرى الدم، وقد يستعملون إبرة واحدة ضمن مجموعة أشخاص، ما يسهّل انتقال الأمراض مثل الإيدز أو الالتهاب الكبدي B.

وتُسمّى العقاقير التي تسكّن أو تخفّف الألم أو تسبّب النعاس المخدّرات Narcotics، وهي تشمل مهبّطات عديدة، مشتقات الأفيون، الكوكايين وغيرها، وتسبّب الإدمان الشديد. ينتج من ذلك ارتكاب مدمني المخدّرات الجرائم بسبب الحاجة إلى المال لشراء المخدّرات، متجاهلين إدراكهم للصواب والخطأ.



شكل (40)
يُستخرج مخدّر الكوكايين من نبات الكوكا.

شكل (41)
تُشقّق العاذة المهلوسة الميسكالين من أحد أنواع نبات الصبّار.

شكل (42)
يُستخرج الأفيون من العصارة التي تسيل من زهرة الخشخاش الآسيوي.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

دع الطلّاب يرسمون جدولًا يحددون فيه الأخطار الصحّية المرتبطة بسوء استخدام العقاقير والأدوية التي تُصرَف بدون وصفة طبية، والتي تُصرَف بوصفة طبية، وكل مجموعة من العقاقير غير القانونية، وكذلك الكحول.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–6

1. السكتة الدماغية، الصدمة، مرض الألزهايمر ، التصلب المتعدد، شلل الأطفال، وتلف أعضاء الحسّ.
2. المورفين أحد المستحضرات الأفيونية أو مخدّر، يُسكّن الألم، يستميل النوم، يسبّب الإدمان بصورة عالية.
3. تضرّر الكبد سيؤثّر في الجهاز الهضمي، وفي العمليات الأيضية والجهاز الدوري.

الماريجوانا Marijuana هي أكثر مادّة يُساء استخدامها بصورة غير قانونية. وهي عبارة عن أوراق نبات القنّب وأزهاره المجفّفة (شكل 45). تشمل تأثيرات تدخينها تبديل إحساس الفرد بالواقع، وارتباكه عقليًّا، وفقدانه للذاكرة لأمد قصير. أمّا على المدى الطويل فتشمل مخاطره، على سبيل المثال، تدمير الرئتين، وانخفاض عدد الحيوانات المنوية عند الرجال، وانخفاض مستوى الهرمونات الجنسية عند الرجال والنساء. وغالبًا ما يعاني مدخّنو الماريجوانا بانتظام دافعية منخفضة فيقلّ اهتمامهم بالهوايات او التقدّم والنجاح في الحياة.

الستيرويدات Steroids هي هرمونات ليبيدية تُستخدَم لتحفيز نموّ العضلات ولزيادة قوّتها وأدائها، وتُستخدَم أيضًا طبيًّا لتخفيف آلام مرضى التهاب المفاصل. غالبًا ما يؤدّي سوء استخدام الرياضيين لهذا الهرمون لفترة طويلة، او إفراطهم في استخدامه إلى أضرار في القلب والكبد والجهاز الهرموني.

شكل (43)
الأوراق الجافة لنباتات الماريجوانا يتم تدخينها في الغليون والسجائر.

3. العناية بجهازك العصبي
Caring for Your Nervous System

يساعد جهازك العصبي على تنفيذ الأنشطة كلّها، لذا فالعناية به تُعدّ استثمارًا جيدًّا. ثمّة إرشادات يمكنك اتباعها منها اعتمار خوذة عندما تركب الدراجة الهوائية (شكل 44) أو الدرّاجة النارية أو عندما تتزلّج أو تتدحرج، إحكام إغلاق حزام الأمان عندما تركب سيارة، عدم الاندفاع للغطس في الماء إذا كنت تجهل عمق الماء، فالأفضل أن تتعلّم الغطس بأمان، تعلّم كيف تسقط بأمان إذا شاركت في الألعاب الرياضية التي يُحتمَل فيها السقوط أرضًا.

شكل (44)
اعتمار الخوذة أثناء القيام بالأنشطة الرياضية يساعد على حماية الجهاز العصبي (الدماغ) في حال التعرض لحادث الوقوع مثلًا.

يحتاج جهازك العصبي مثل أجهزة الجسم الأخرى إلى الأغذية المناسبة، والراحة والتدريبات الرياضية. تجنّب استخدام العقاقير من مثل الكحول أو النيكوتين واتبع تعليمات طبيبك في حال تناولك لعقار طبّي. تأكّد من أخذ قسط وافر من النوم حتّى يتمكّن دماغك من تقديم أفضل مستوى أدائي. إذ أنّ الحرمان من النوم يؤثّر في الذاكرة، ويُبطئ سرعة الاستجابة، الأمر الذي قد يؤدّي إلى أنواع عديدة من الحوادث.

يجب أيضًا حماية أعضائك الحسّية، كحماية أذنيك بارتداء سدّادات الأذن في مناطق الضجيج، وحماية عينيك بارتداء النظّارات الشمسية والنظّارات الواقية في الورش والمعامل، وحماية أنفك بوضع الكمّامات.

مراجعة الدرس 1–6

1. اذكر أسماء ثلاثة اضطرابات تصيب الجهاز العصبي.
2. **سؤال للتفكير الناقد:** المورفين عقار لا يصرَف إلّا بوصفة طبية ويُستخرَج من الأفيون. إلى أيّ نوع من العقاقير ينتمي المورفين؟ وما تأثيراته؟
3. **أضِف إلى معلوماتك:** ما وظائف الجسم التي قد تتأثّر بتلف الكبد بالتشمُّع أو التليُّف؟

فقرة إثرائية

علم الأحياء في المجتمع

منع سوء استخدام الدواء

حاول أن تكتشف إذا ما كانت المحافظة أو المدينة أو المنطقة التي تسكنها تضمّ منظّمة أو هيئة، أو تطبّق برامج تهدف إلى منع سوء استخدام العقاقير. اكتشف المادّة أو الموادّ التي تركّز عليها كلّ منظمة والأشخاص الذين تستهدفهم. هل تُطبّق البرامج من خلال الشرطة أو هيئات قانونية أخرى؟ هل البرامج مرتبطة بهيئات المجتمع؟ هل يُعلَن عن البرامج؟ تعلّم كيف تعمل المجموعات في مجتمعك، وحدّد الطرق التي تتّبعها كي تُغيّر السلوك.

الفصل الثاني

التنظيم والتكاثر

دروس الفصل

2–1: التنظيم الهرموني
2–2: جهاز الإنسان الهرموني
2–3: صحّة الغدد الصمّاء
2–4: التكاثر لدى الإنسان
2–5: نموّ الإنسان وتطوّره
2–6: صحّة الجهاز التناسلي

مقدّمة الفصل

إنّ الأجهزة الفسيولوجية كلّها الموجودة داخل الجسم تعمل معًا بطريقة تُبقي الوسط الداخلي على حاله من دون أن يطرأ عليه أيّ تغيير، على الرغم من التغيّرات الخارجية. وقد استُخدِم مصطلح الاتّزان الداخلي أي الاستقرار لوصف حالة الاستقرار الداخلي للجسم. أمّا الجهازان الهرموني والعصبي فيساعدان في المحافظة على التناسق التامّ بين وظائف الجسم وعلى الاتّزان الداخلي. لذلك، فإنّ ضغط الدم، وكمّية السكّر فيه وحرارة الجسم، ما هي إلّا بعض الأمثلة على العوامل التي يجب أن تبقى ثابتة.

عندما تخرج أسرة في نزهة قصيرة وبصحبتها خمسة توائم، فلا شكّ في أنّهم سيلفتون أنظار جميع من يراهم. لقد تزايدت ظاهرة تعدّد المواليد وانتشرت بشكل ملحوظ في خلال العشرين سنة الأخيرة.
وعلى الرغم من معاناة هذه الأسرة وتعبها كي تلبّي حاجاتها ومطالبها المتزايدة، فإنّ نظرة واحدة من هؤلاء الملائكة تكفي لإزالة كلّ هذا التعب والإرهاق وترى الأهل يشكرون الله ويحمدونه على هذه النعمة التي إعطاهم إيّاها.
التكاثر، عمومًا، سواء نتج منه مولود واحد أو أكثر، عملية معقّدة تعتمد على الهرمونات. كيف تدخل الهرمونات في هذه العملية؟ كيف يتمّ تخصيب البيض، وكيف ينمو هذا البيض المخصّب ليصبح جنينًا؟ ما أجهزة الجسم التي تتأثر بالهرمونات؟

دروس الفصل

الدرس الأوّل
• التنظيم الهرموني
الدرس الثاني
• جهاز الإنسان الهرموني
الدرس الثالث
• صحّة الغدد الصمّاء
الدرس الرابع
• التكاثر لدى الإنسان
الدرس الخامس
• نموّ الإنسان وتطوّره
الدرس السادس
• صحّة الجهاز التناسلي

الأهداف:
- يشرح وظائف الجهاز الهرموني (جهاز الغدد الصمّاء.)
- يصف وظيفة الجهاز الهرموني في الحيوانات المختلفة.

الأدوات المستعملة: أفلام فيديو، صور وشفافيات لعملية الانسلاخ في الحشرات وتحوّل الشرغوف إلى ضفدع بالغ.

صفحات الطالب: من ص 69 إلى ص 71

عدد الحصص: 1

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 45) وقراءتهم التعليق المصاحب لها.
اِشرح لهم أنّ البرولاكتين يُعَدّ أحد أمثلة الموادّ الكيميائية التي تسمّى الهرمونات.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول التنظيم الهرموني، دعهم يتذكّرون حادثة ذُهِلوا فيها فجأة بسبب أمر أخافهم، مثل قفز أحد الأشخاص بصورة غير متوقّعة أمامهم في العتمة، ثمّ وجّه إليهم السؤال التالي:

- بماذا شعرت نتيجة ذهولك؟ **(من المحتمل أن يذكر الطلّاب تلك التفاعلات الفيزيولوجية للخوف مثل ضربات القلب السريعة، التنفّس بسرعة، وأخذ أنفاس قصيرة ومتلاحقة، وعرق راحتَي اليد.)**

فسِّر للطلّاب أنّ هذه التغيّرات الفيزيولوجية ترجع إلى عمل الأعصاب والهرمونات معًا. اِسألهم:

- ما وظائف الهرمونات النباتية؟ **(تنظيم نموّ النبات واستجاباته.)**
- ما العمليات الحيوية للحيوان التي تُنظَّم بالهرمونات؟ **(النموّ، التطوّر، التكاثر، الهضم ... إلخ.)**

2. علِّم وطبِّق

1.2 وظائف الجهاز الهرموني

بعد قراءة الفقرة، اِسأل الطلّاب:

- ما الأجهزة التي تنظّم أنشطة الجسم؟ **(الجهازان الهرموني والعصبي.)**
- ما هو نمط عمل كلّ جهاز؟ **(ينظّم الجهاز العصبي أنشطة الجسم ويضبطها عبر إرسال سيالات عصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى أعضاء الجسم كافّة، وتكون الاستجابة سريعة ومدّة تأثيرها قصيرة الأمد. أمّا الجهاز الهرومني فينتظّم أنشطة الجسم ويضبطها عبر إرسال رسائل كيميائية أي هرمونات من الغدد الصمّاء إلى الأعضاء، وتكون الاستجابة بطيئة وطويلة الأمد.)**

* ما هو الهرمون؟ **(هو جزيء كيميائي تفرزه الغدد الصمّاء في الدم ويعمل كرسالة موجّهة تؤدّي دورًا معيّنًا ، إذ تنظّم أنشطة الجسم مثل النموّ ، والتطوّر ، والأيض ، والسلوك ، والتكاثر ، وغيرها .)**

حقائق وأرقام

الهرمونات سريعة العمل

تسبّب هرمونات الغدد الصمّاء لدى الإنسان ومعظم الحيوانات تغيّرات بطيئة نسبيًّا ، قد يستغرق أحيانًا تأثيرها ساعات أو حتّى أيامًا لتظهر بالكامل . في حين أنّ هرمونات معينة لدى بعض الحيوانات الصغيرة ، تسبّب تغييرًا فوريًّا أو لحظيًّا . من بين الأمثلة على ذلك: الهرمونات التي تجعل بعض الفقاريات مثل الحرباء تغيّر لونها وشكلها لتصبح قادرة على التمويه في البيئة المحيطة التي تعيش فيها . ويظهر عادةً التأثير الكامل الذي تتركه للهرمونات المؤدّية إلى مثل هذه التغيّرات اللونية في ثوانٍ قليلة . وهذه التأثيرات تسبّبها خلايا تحتوي على صبغة ملوّنة خاصّة في الجلد ، يتغيّر حجمها كي تنتج نمطًا ملوّنًا مختلفًا . يتمّ ضبط الخلايا المحتوية على الصبغة الملوّنة بواسطة هرمونات الغدد الصمّاء التي يتمّ إنتاجها كاستجابة للأنماط أو المثيرات الضوئية التي تدخل عين الحيوان .

2.2 الأجهزة الهرمونية في الحيوانات

اِلفت نظر الطلّاب إلى الشكل (46) واسألهم:

* ما الذي يجعل هذه الهيدرا تتكاثر جنسيًّا أو لاجنسيًّا؟ **(الهرمون)**

* كيف تتكاثر الهيدرا لاجنسيًّا؟ **(عن طريق التبرعم)**

دع الطلّاب يدرسون الشكل (49) ، ثمّ اسألهم:

برأيك ، ما تأثير الهرمونات في سلوك الضفدعة؟ **(تؤدّي إلى تغيّرات في تركيب الجسم وفي السلوك ، وإلى نموّ الأرجل بمعنى أنّ الضفدعة تصبح قادرة على القفز .)**

نشاط توضيحي

ضع نباتًا عند عتبة النافذة حيث يمكنه الانحناء تجاه الضوء . راجع مع الطلّاب أنّ الهرمونات المسمّاة أوكسينات تسبّب انحناء النبات تجاه الضوء حتّى تتعرّض أوراقه لضوء الشمس . دعهم يلاحظون النبات لعدّة أيّام .

إجابة أسئلة الشكلين صفحة 70 و 71 في كتاب الطالب:

شكل (48): **لأنّ هيكله الخارجي لا ينمو .**

شكل (49): **تتكوّن للضفدعة رئتان وأرجل .**

إجابة السؤال صفحة 71 في كتاب الطالب:

الأوكسينات ، والجبرلينات ، والسيتوكينينات ، والإثيلين ، وحمض الأبسيسيك هي الهرمونات النباتية الأساسية .

فعلى سبيل المثال ، ينظّم الجهاز الهرموني التغيّرات الطويلة الأمد التي تحدث للحيوان في مرحلة البلوغ ، والتغيّرات القصيرة الأمد التي تحدث للحيوان في حالة الهلع والهروب .

تُسمّى الرسائل الكيميائية التي تنتجها الغدد الصمّاء في الجهاز الهرموني الهرمونات Hormones . تفرز خلايا الإفراز الداخلي المتخصّصة الهرمونات في الفقاريات ومنها الإنسان . وهذه الخلايا موجودة في أعضاء تُسمّى الغدد الصمّاء (غدد الإفراز الداخلي) . تُنتج الهرمونات في أحد أجزاء الجسم ، ولكنّها تؤثّر عادة في جزء آخر من الجسم وتنظّم مجموعة واسعة من الأنشطة التي تشمل النموّ والتطوّر والأيض والسلوك والتكاثر .

2. الأجهزة الهرمونية في الحيوانات

Endocrine Systems in Animals

يُعَدّ التنظيم الهرموني للتكاثر أوضح مثال على دور الأجهزة الهرمونية في اللافقاريات . يستخدم الحيوان اللاسع كالهيدرا ، على سبيل المثال ، هرمونًا واحدًا لتحفيز النموّ والتكاثر اللاجنسي عن طريق التبرعم (شكل 46) . وهذا الهرمون يثبّط التكاثر الجنسي . تفرز الرخويات كأرنب البحر (شكل 47) هرمونًا يحثّ على وضع البيض ويثبّط السلوكيات مثل التغذية والحركة التي توفّر سلبًا في وضع الحيوان للبيض .

(شكل 47)
أرنب البحر

يتنوّع الجهاز الهرموني ويتعقّد في المفصليات ومنها القشريات مثل السلطعون (سرطان البحر) ، والكركند (جراد البحر) ، حيث ينتج هرمونات متنوّعة تنظّم عمليات النموّ والتكاثر والتوازن الداخلي والأيض والتلوّن بلون البيئة للتمويه . مثال واضح على ذلك ، نموّ جسم الحشرة وانسلاخها Molting أي طرحها هيكلها القديم وإفرازها هيكلًا آخر جديدًا (شكل 48) تنظّمه ثلاثة هرمونات .

(شكل 46)
تحدّد الهرمونات ما إذا كانت هذه الهيدرا تتكاثر جنسيًّا أو لاجنسيًّا .

(شكل 48)
تتفاعل ثلاثة هرمونات مع بعضها في الجهاز الهرموني ويضبط كلّ منها عملية الانسلاخ في المفصليات . لماذا ينسلخ الحيوان المفصلي؟

نشاط توضيحي

أُعرض صورًا لمدرّب كرة قدم، ولقائد فرقة موسيقية، ولمخرج أفلام، ولضابط مرور. اِسأل الطلّاب: ما الوظيفة الرئيسة التي يؤدّيها كلّ من هؤلاء الأشخاص؟ **(إرشاد الآخرين وإطلاعهم على ما عليهم القيام به)** أخبر الطلّاب أنّ وظائف الجهاز الهرموني تماثل وظائف هؤلاء الأشخاص إذ إنّها تقوم على تنظيم وظائف الجسم وضبطها.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

أكتب قائمة بأهداف هذا الفصل على السبّورة. أُطلب إلى الطلّاب كتابة فقرة عن كلّ هدف. راجع عيّنات من الفقرات المكتوبة وصحّح أيّ خطأ في المعلومات.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–1

1. ضبط أجهزة الجسم، والاستجابة للتغيّرات التي تحصل داخل الجسم وخارجه، وضبط التوازن الحيوي.
2. انسلاخ الحشرات، وإفراز الحليب في الثدييات، والتحوّل في البرمائيات.
3. الجهازان ينتجان استجابات ملائمة للمؤثّرات قصيرة الأمد والتغيّرات طويلة الأمد.
4. ينقل الدم الهرمونات الذائبة من الغدد حيث تُصنَع إلى أجزاء الجسم التي تحدث فيها الاستجابات.

يفرز الجهاز الهرموني في الفقاريات مثل البرمائيات، الزواحف، الطيور والثدييات أكثر من 20 هرمونًا مختلفًا ينظّم عددًا كبيرًا من الأنشطة التي تحدث في أثناء النموّ والتطوّر والتكاثر. مثال على ذلك، تحفّز الهرمونات مراحل التحول من أبو ذنيبة إلى ضفدع بالغ (شكل 49).

(شكل 49)
مراحل التحوّل من أبو ذنيبة إلى ضفدع بالغ. ما التغيرات التركيبية التي تلاحظها؟

أضف أنّ هرمونات متخصّصة لدى الثدييات، تثبت الحمل وتحدّد موعد ولادة الصغار وتحفّز الغدد الثديية على إفراز الحليب (شكل 50). ولا يقتصر وجود الهرمونات على المملكة الحيوانية إذ ثمّة أيضًا هرمونات نباتية تحفّز النموّ والتكاثر كنموّ الساق وتكوين الأزهار والثمار. ما أسماء الهرمونات النباتية الرئيسية؟

(شكل 50)
تنظّم الهرمونات العديد من الأنشطة لدى الثدييات بما فيها التكاثر والولادة وإفراز الحليب.

مراجعة الدرس 2–1

1. ما وظائف الجهاز الهرموني؟
2. أذكر أمثلة على تأثيرات الهرمونات في ثلاث مجموعات من الحيوانات.
3. **سؤال التفكير الناقد:** فيمَ يفيد الحيوان امتلاكه جهازًا عصبيًّا وجهازًا هرمونيًّا؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كيف ينقل الجهاز الدوري الهرمونات إلى أجزاء الجسم؟

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارتين التاليتين:

- **مهارة الملاحظة:** ملاحظة التحوّلات التركيبية التي تحدث في بعض الحيوانات والحشرات نتيجة إفرازات هرمونية وذلك بعرض صور أو أفلام فيديو تظهر هذه التحوّلات.
- **مهارة المقارنة:** المقارنة بين استجابة الجهاز الهرموني واستجابة الجهاز العصبي للمؤثّرات داخل الجسم وخارجه.

الدرس 2-2

جهاز الإنسان الهرموني

الأهداف:

- يحدّد الغدد الصمّاء في الإنسان ويصفها.
- يعرّف الهرمون واصفًا طريقة إنتاجه وانتقاله وعمله.
- يشرح وظائف الغدد الصمّاء المختلفة في الجسم.

صفحات الطالب: من ص 72 إلى ص 84

صفحات الأنشطة: من ص 27 إلى 28

عدد الحصص: 4

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات تبيّن الغدد الصمّاء في جسم الإنسان وتحت المهاد.

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 51) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. اِشرح أنّ الهرمونات تؤدّي إلى حدوث تغيّرات كثيرة في الإنسان من الذكور والإناث، نذكر منها التغيُّر في حدّة الصوت الذي يُعَدّ من الخصائص الجنسية الثانوية التي تحدث في خلال فترة المراهقة والتي تُنَظَّم عن طريق الهرمونات. اِسألهم:

- ما التغيّرات التي تعتقد أنّها تُنظَّم بواسطة الهرمونات في خلال فترة المراهقة إضافةً إلى التغيُّر في حدّة الصوت؟ **(تشمل الإجابات المحتمَلة نمو الثديين وبدء الدورة الشهرية لدى الإناث، ونموّ شعر الوجه لدى الذكور.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الجهاز الهرموني، وجِّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما وظيفة الجهاز الهرموني؟ **(تنظيم أنشطة الجسم وضبطها عن طريق إرسال الرُّسل الكيميائية أي الهرمونات)**
- ما الغدد؟ **(تراكيب تفرز الهرمونات)**

2. علِّم وطبِّق

1.2 الغدد الصمّاء

- ما هي أعضاء الجهاز الهرموني؟ وما دورها؟ **(الغدد الصمّاء وهي غدد لاقنوية موزَّعة في الجسم تفرز الهرمونات في الدم الذي ينقلها إلى كافّة أنحاء الجسم.)**

الدرس 2-2

جهاز الإنسان الهرموني
Human Endocrine System

الأهداف العامة

- يحدّد الغدد الصمّاء في الإنسان ويصفها.
- يعرّف الهرمون واصفًا طريقة إنتاجه وانتقاله وعمله.
- يشرح وظائف الغدد الصمّاء المختلفة في الجسم.

(شكل 51)

لماذا تصدر الحبال الصوتية لدى الإناث أصواتًا أكثر حدّة من الأصوات التي تصدرها الحبال الصوتية لدى الذكور (شكل 55)؟ يعود ذلك إلى أنّ تدفّق الهرمونات في جسم الذكر البالغ يزيد سماكة حباله الصوتية (زوج من العضلات داخل الحنجرة). والحبال الصوتية الرفيعة تهتزّ بسرعة أكبر من تلك الأكثر سماكة.

1. الغدد الصمّاء The Endocrine Glands

الجهاز الهرموني (جهاز الغدد الصمّاء) لدى الإنسان يتكوّن من الغدد الصمّاء أو غدد الإفراز الداخلي Endocrine Glands وهي غدد لاقنوية موزّعة في الجسم وتفرز الهرمونات مباشرة في مجرى الدم، أي أنّها داخلية الإفراز. ما أنماط الأنشطة التي تنظّمها الهرمونات؟

72

* كيف يرتبط الجهاز العصبي بالجهاز الهرموني؟ **(يرتبط الجهازان بواسطة تحت المهاد، فهو جزء من الدماغ يؤدّي دورًا في الجهاز العصبي كما أنّه يُعَدّ غدّة صمّاء تضبط بإفرازاتها الهرمونية عمل الغدّة النخامية.)**

* أُذكر نوعَين من الغدد في الجهاز الهضمي. **(الغدد اللعابية والبنكرياس)**

أوضح أنّ بعض الهرومونات تؤثّر في أكثر من عضو مثل هرمون النمو الذي يؤثّر في الجهاز العصبي وكافّة أنسجة الجسم وهرمون الكالسيتوتين الذي يؤثّر في العظام والكليتين وأنّ هرمونات أخرى لا تؤثّر إلّا في عضو واحد مثل الهرمون المضادّ للبول وهرمون الأُلدوستيرون اللذين لا يؤثّران إلّا في الكليتين. أشر إلى أنّ في كلّ عضو مستهدَف خلايا محدّدة تتأثّر بالهرومون وتُعرَف بالخلايا المستهدَفة.

إجابة السؤال صفحة 72 في كتاب الطالب:

ينظّم الجهاز الهرموني عمليات الاستقلاب الخلوي في الجسم، والتكاثر، والتطوّر، والنموّ، وضغط الدم، وغيرها.

نشاط سريع

أعطِ مجموعات الطلّاب قفلًا واحدًا ومفاتيح مختلفة. دع الطلّاب يحاولون فتح القفل. فسّر لهم أنّ كلّ هرمون يناسب خلايا مستهدَفة معيّنة في العضو الذي يؤثّر فيه كما يناسب المفتاح القفل.

2.2 هرمونات الغدد الصمّاء (الغدد ذات الإفراز الداخلي)

(أ) آلية عمل الهرمون

اِسأل الطلّاب:

* لماذا تحتاج الهرمونات المشتقّة من الأحماض الأمينية إلى مستقبِلات على غشاء الخليّة على عكس الهرمونات الستيرويدية التي لا تحتاج إلى ذلك للمرور عبر الغشاء إلى داخل السيتوبلاسم؟ **(يجب أن يسترجع الطلّاب تركيب غشاء الخليّة ومميّزات الهرمونات الستيرويدية كي يستطيعوا الإجابة على هذا السؤال.)**

أوضح للطلّاب أنّ الاستجابة للهرمونات التي تستعمل المرسل الثاني يمكن ملاحظتها في خلال ثوانٍ أو دقائق. بالإضافة إلى ذلك، بمجرّد سحب التحفيز، تعاود الخليّة عملها أو تعود إلى وضعها الطبيعي (أيّ أنّ الخليّة تستريح.) بالمقابل، لا تكون عادةً الاستجابة لهرمونات ستيرويدية أو الثيروكسين واضحة لعدّة دقائق أو حتّى لعدّة ساعات. وبعد إزالة الإشارة الهرمونية، قد يحتاج تأثيرها إلى ساعات أو عدّة أيّام كي تضعف الخليّة وتعود إلى وضعها الطبيعي.

ينتج الإنسان أكثر من 20 هرمونًا مختلفًا ينقلها الدم إلى كافة أنحاء الجسم ولكلّ منها وظيفة محدّدة. تبلغ الهرمونات أعضاء كثيرة في الجسم، تؤثّر فيها كلّها أو في بعضها، وأحيانًا في عضو واحد لا أكثر. **وتُسمّى خلايا الأعضاء التي تتأثّر بالهرمونات الخلايا المستهدَفة Target Cells.**

تشكّل بعض الغدد الصمّاء جزءًا من أجهزة أخرى في الجسم. فعلى سبيل المثال، يُعَدّ البنكرياس جزءًا من الجهاز الهرموني والجهاز الهضمي. تسمّى الخلايا الصمّاء في البنكرياس جزر لانجرهانس Islets of Langerhans. وهذه الجزر تفرز الهرمونات مباشرة في الدم وتُعتبَر غدّة لاقنوية. يفرز البنكرياس أيضًا بيكربونات الصوديوم وإنزيمات هاضمة في قنوات تصبّ مباشرةً في مجرى الهضم (الأمعاء)، وبذلك يعمل البنكرياس كغدّة خارجية الإفراز في الجهاز الهضمي.

الجهازان الهرموني والعصبي مرتبطان وظيفيًّا وتركيبيًّا فهما ينظّمان أنشطة الجسم، ويربطهما جزء من الجهاز العصبي يُسمّى تحت المهاد. **تحت المهاد Hypothalamus منطقة من الدماغ تضبط ضغط الدم ودرجة حرارة الجسم والعواطف، وهي أيضًا غدّة صمّاء تنتج هرمونات وتفرزها، وترتبط بالغدّة النخامية، وتضبط إفرازها للهرمونات.**

2. هرمونات الغدد الصمّاء (غدد الإفراز الداخلي) Endocrine Glands Hormones

ثمّة نوعان من الغدد في جسم الإنسان هما غدد الإفراز الداخلي (الغدد الصمّاء)، وغدد الإفراز الخارجي. **غدد الإفراز الخارجي Exocrine Glands هي غدد قنوية Duct Glands تنقل عصاراتها أو إفرازاتها، عبر تراكيب تشبه الأنابيب تُسمّى القنوات، مباشرة إلى موقع محدد، إمّا إلى خارج الجسم،** من مثل الغدد العرقية المفرزة للعرق، أو **تنقلها إلى أعضاء داخلية** مثل الغدد التي تفرز العصارات الهضمية كالغدد اللعابية Salivary Glands المفرزة للّعاب (عصارة هضمية) في الفم.

1.2 آلية عمل الهرمون The Mechanism of Hormone Action

عندما يصل الهرمون إلى العضو المستهدَف، يرتبط بجزيئات محدّدة على الخلايا المستهدَفة، كما يرتبط المفتاح بالقفل المخصّص له.

يقتصر تأثير الهرمونات في خليّة ما على نوع الهرمون. وهذه الهرمونات مصنّفة إلى الهرمونات المحبّة للماء Hydrophilic Hormones مثل هرمون النموّ Growth Hormone (GH) والهرمونات المحبّة للدهون Lipophilic Hormones التي لا تنحل في الماء مثل الثيروكسين (T_4) Thyroxine.

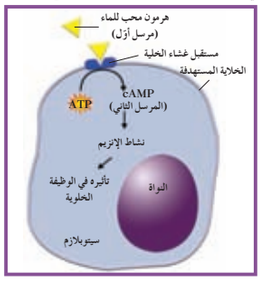
فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

النوم

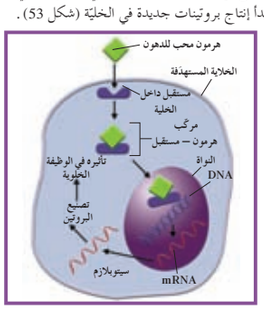
مع تقدّمنا في العمر، يقلّ تدريجيًّا إفراز الغدّة الصنوبرية لهرمون الميلاتونين، وهو الهرمون الذي يساعد في تنظيم دورة النوم في أجسامنا. يواصل العلماء البحث لمعرفة ما إذا كان تناول أقراص الميلاتونين طريقة آمنة للخلود إلى النوم.

عمومًا، يمكن اعتبار أنّ لعمل الهرمونات آليتين مختلفتين. **الآلية الأولى** تستعملها الهرمونات المحبّة للماء حيث ينتقل الهرمون ذائبًا في بلازما الدم، وحين يصل إلى الخلايا المستهدَفة يرتبط بمستقبل موجود على غشاء الخلية (شكل 52) يحفّز هذا الارتباط إنزيم الأدنيل سيكليز Adenyl Cyclase الذي يحوّل الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP إلى أدينوزين أحادي الفوسفات الحلقي Cyclic AMP يُعتبَر هذا الأخير المرسل الثاني Second Messenger وهو يغيّر عمل الخليّة أو ينظّمه.



(شكل 52)
آلية عمل الهرمونات المحبة للماء

أمّا الآلية الثانية، فتستعملها الهرمونات المحبّة للدهون حيث ترتبط الهرمونات بمستقبِلات داخل الخليّة ويدخل هذا المركّب (الهرمون والمستقبل) إلى نواة الخليّة ليحدث تغييرًا في التعبير الجيني لجينات معيّنة داخلها ويبدأ إنتاج بروتينات جديدة في الخليّة (شكل 53).



(شكل 53)
آلية عمل الهرمونات المحبة للدهون

2. 3 الغدد الصمّاء عند الإنسان

اِلفت انتباه الطلّاب إلى الشكل (54). تأكّد من أنّهم يعلمون أنّ المبيضين موجودان لدى الإناث فحسب، وأنّ الخصيتين موجودتان لدى الذكور فحسب. أُذكر أسماء غدد مختلفة، ودع الطلّاب يحدّدون موضع كلّ غدّة، اِسألهم:

- ما الهرمونات التي تفرزها الغدد؟ وما الأدوار التي تؤدّيها الهرمونات في الجسم؟ **(يجب أن يُعرّف الطلّاب الهرمونات والأدوار التي تؤدّيها بقراءتهم البيانات المناسبة في الشكل.)**
- ما دور التستوستيرون؟ **(يحافظ على الجهاز التناسلي لدى الذكور ويُظهر الخصائص الجنسية الثانوية.)**
- ما الغدد الصمّاء التي توجد لدى الإناث فحسب؟ **(المبيضان)**
- ما العضو الذي يفرز الهرمون المؤثّر في مستوى السكّر (الجلوكوز) في الدم؟ **(البنكرياس)**
- ما دور الغدّة النخامية؟ **(تنظّم عمليات الجسم المختلفة مثل النموّ، وضغط الدم، والتوازن المائي وغيرها، كما أنّها تفرز هرمونات تنظّم عمل الغدد الصمّاء الأخرى.)**
- ما التركيب الذي ينظّم عمل الغدّة النخامية؟ **(تحت المهاد)**

(أ) تحت المهاد

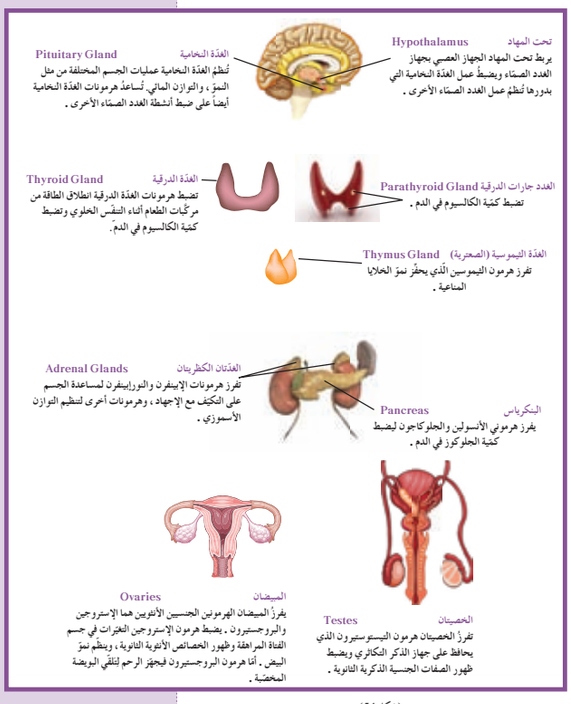
ذكّر الطلّاب بأن تحت المهاد هو جزء من المخّ ويعلو الفصّ الخلفي للغدّة النخامية. اِسألهم:

- بماذا يتأثر نشاط تحت المهاد؟ **(بمستويات الهرمونات في الدم وبالمعلومات الحسّية من الجهاز العصبي المركزي)**
- ما هو دوره؟ **(تحت المهاد يربط الجهاز العصبي بجهاز الغدد الصّماء ويضبط عمل الغدّة النخامية التي تنظّم بدورها عمل الغدد الصمّاء الأخرى.)**

3. الغدد الصمّاء عند الإنسان

Endocrine Glands in Humans

تنتج الغدد الصمّاء الهرمونات وتطرحها في مجرى الدم. يوضّح الشكل (54) توزّع هذه الغدد في جسم الإنسان.



(شكل 54)
توزّع الغدد الصمّاء في مناطق مختلفة من جسم الإنسان.

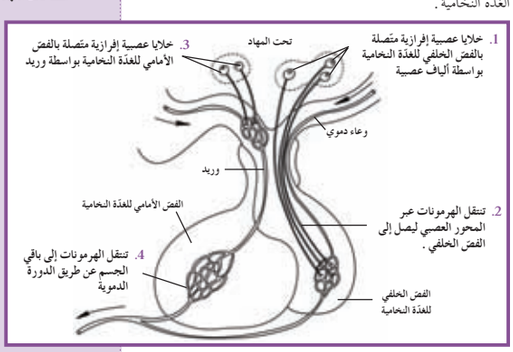
1.3 تحت المهاد Hypothalamus

تحت المهاد جزء من المخّ يعلو الفصّ الخلفي للغدّة النخامية، ويتّصل بها، ويضبط إفرازاتها. يتأثّر نشاط تحت المهاد بمستويات الهرمونات في الدم وبالمعلومات الحسّية التي تتجمّع في أجزاء أخرى من الجهاز العصبي المركزي. كما تحدث عنده التفاعلات بين الجهاز العصبي والجهاز الهرموني.

الفصّ الخلفي للغدّة النخامية عبارة عن محاور تمتدّ من خلايا تُسمّى الخلايا العصبية الإفرازية Neurosecretory Cells، تكون أجسامها موجودة في منطقة تحت المهاد. عندما تُستثار أجسام هذه الخلايا، تفرز محاورها في الفصّ الخلفي للغدّة النخاميّة الهرمونات في مجرى الدم (شكل 55 – المرحلتان 1 و2). وبالتالي، فإنّ تحت المهاد (شكل 55) مُمتد إلى منطقة الفصّ الخلفي للغدّة النخامية.

أضف إلى ذلك أنّ منطقة تحت المهاد تنظّم بطريقة غير مباشرة إفراز هرمونات الفصّ الأمامي للغدّة النخامية. فهي تفرز كمّيات قليلة من موادّ كيميائية تُسمّى مطلقة الهرمونات الإفرازية Realising Hormone، مباشرة في الدم، ويحملها الجهاز الدوري إلى الفصّ الأمامي للغدّة النخامية لتنظيم إنتاجها وإفرازها للهرمونات. شكل (55 – المرحلتان 3 و4).

يعني الارتباط الوثيق بين تحت المهاد والغدّة النخامية أنّ الجهازين العصبي والهرموني يعملان معًا لتنسيق أنشطة الجسم والتحكّم بإفراز هرمونات الغدّة النخامية.



(شكل 55)
العلاقة بين منطقة تحت المهاد والغدّة النخامية. تتصل منطقة تحت المهاد بالفصّ الأمامي للغدّة النخامية بإرسالها هرمونات الإفرازية عبر الجهاز الدوري. وتتصل بالفصّ الخلفي بواسطة محاور الخلايا العصبية الإفرازية الموجودة في منطقة تحت المهاد.

(ب) الغدد النخامية

فسّر للطلّاب أنّ الغدّة النخامية صغيرة وهي في الواقع أصغر بكثير من قمّة طرف إصبعهم الصغيرة. أشر إلى العلاقة بين تحت المهاد والغدّة النخامية والتي ترتبط بها لضبط عمل الغدّة النخامية بواسطة تحت المهاد. دع الطلّاب يحدّدون موضع النخامية الأمامية (الفصّ الأمامي) والخلفية (الفصّ الخلفي) في الرسم الموجود إلى اليسار. اِسألهم:

- أيّ هرمونات الغدّة النخامية يتمّ إنتاجها بواسطة النخامية الأمامية، وأيّها يتمّ تخزينها في النخامية الخلفية؟ **(هرمونات النخامية الأمامية: FSH ، LH ، TSH ، ACTH ، GH ، البرولاكتين ، MSH؛ هرمونات مخزّنة في النخامية الخلفية: ADH والأوكسيتوسين)**
- ما الوظائف الأوّلية لهرمونات الغدّة النخامية؟ **(تنظيم النموّ والتطوّر والتكاثر ، والاستقلاب الخلوي)**
- ما الهرمونات التي تنتجها الغدّة النخامية وتؤثّر في الجهاز التناسلي؟ **(الهرمون المنبّه للحويصلات FSH ، هرمون لوتيني LH ، وهرمون الأوكسيتوسين)**

(ج) الغدّة الدّرقية

إنّ أحد تأثيرات الإفراز الزائد من هرمون الغدّة الدرقية هو النقص الكبير في الوزن. اِسأل الطلّاب:

- ما سبب هذا النقص في الوزن؟ **(يحدث نتيجة هدم البروتينات وتحريك الدهون في الدم نحو المناطق المتطلبة للطاقة العالية.)**
- لماذا يوجد أحيانًا نقص في إفرازات الغدّة الدرقية؟ **(نتيجة خلل في الغدّة نفسها. وفي بعض الأحيان ، نتيجة خلل في تحت المهاد أو الغدّة النخامية. وينتج عن ذلك نقص في إنتاج TSH.)**
- لماذا يزداد الوزن في هذه الحالة؟ **(إنّ النقص في إفراز هرمون الغدّة الدرقية يؤدّي إلى انخفاض في الاستقلاب الخلوي (الأيض) وفي معدّل إنتاج الحرارة.)**

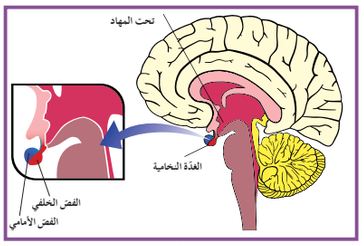
كوّن علاقات

الصلة بعلم الصحّة: فسّر للطلّاب أنّ المستويات المنخفضة من اليود في الطعام قد تجعل الغدّة الدرقية تعوّض هذا النقص بالزيادة في الحجم، والتسبّب بورم في منطقة الحلق يسمّى التورّم أو التضخّم الدرقي. إذا أمكن، أُعرض على الطلّاب صورًا فوتوغرافية لأشخاص مصابين بالتورّم الدرقي. فسّر لهم أيضًا أنّ نقص الثيروكسين لدى البالغين لا يؤدّي إلى الإصابة بالقماءة، ولكن إلى حالة تسمّى الميكسيديما أو الوذمة المخاطية، من عوارضها كثرة النوم والانتفاخ والضعف العقلي. أشر إلى أنّ الأشخاص البالغين المصابين بالميكسيديما يمكن شفاؤهم من هذه الحالة من دون ترك أيّ تأثيرات. اِسأل الطلّاب:

- لماذا تكون تأثيرات نقص اليود دائمة لدى الأطفال وليس لدى البالغين؟ **(التأثيرات دائمة لدى الأطفال لأنّ نقص الهرمون يؤثّر في التطوّر الطبيعي ، إذ يلحق ضررًا في دماغهم ويعرّض أجسامهم إلى حالات غير طبيعية ، عندما يكتمل النموّ.)**

2.3 الغدّة النخامية Pituitary Gland

تقع الغدّة النخامية في أسفل قاعدة الدماغ وهي متّصلة بمنطقة تحت المهاد بواسطة سويقة رفيعة Pituitary stalk. **ويُطلق على الغدّة النخامية Pituitary Gland اسم الغدّة القائد Master Gland لتحكّمها بعمل عدد كبير من الغدد الصمّاء في الجسم.** وهذه الغدّة صغيرة، بحجم حبّة الحمص، ويبلغ قطرها سنتمترًا واحدًا ووزنها نصف غرام (شكل 56).



(شكل 56)
الغدّة النخامية التي تنظّم عمل الغدد الصمّاء الأخرى تقع أسفل تحت المهاد في المخّ. وتتكون من فصّين هما الفصّ الأمامي والفصّ الخلفي.

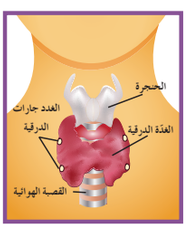
تتألّف هذه الغدّة من الفصّ الأمامي Anterior Lobe والفصّ الخلفي Posterior Lobe، يفصل بينهما الفصّ المتوسّط Intermediate Lobe. يختلف الفصّان الأمامي والخلفي عن بعضهما بعضًا من حيث الحجم، التركيب، والوظيفة.

- الفصّ الأمامي أكبر من الفصّ الخلفي ومكوّن من خلايا غددية صمّاء Endocrine Cells تنظّم عملها منطقة تحت المهاد بطريقة غير مباشرة، وذلك بإنتاج عدد من الهرمونات الافرازية التي يحملها الجهاز الدوري إليها. يفرز هذا الفصّ عدّة هرمونات مثل هرمون النموّ GH الذي ينظّم معدّل النموّ في العظام، العضلات والغضاريف، وهرمون الحليب Prolactin، والهرمون المنبّه للحويصلة FSH، والهرمون المنبّه للغدّة الدرقية TSH، والهرمون اللوتيني LH، والهرمون الموجّه لإفراز الميلانين Melanocyte Stimulating Hormone (MSH) (ينتج الفصّ المتوسط هذا الهرمون لدى بعض الحيوانات)، والهرمون الموجّه لقشرة الكظر ACTH.

- أمّا الفصّ الخلفي فهو موقع تخزين هرمونين ينتجهما تحت المهاد في الخلايا العصبية الافرازية التي تتّصل بالفصّ الخلفي بواسطة ألياف عصبية. لذلك، سُمّيا بالهرمونين العصبيين Neurohormones يفرزهما الفصّ الخلفي في مجرى الدم. يُسمّى الهرمون الأوّل الهرمون المضادّ لإدرار البول Antiduretic Hormone (ADH)، ويُطلَق عليه أيضًا اسم الفازوبريسين Vasopressin، ويُسمّى الثاني هرمون الأوكسيتوسين Oxytocin. يزيد هرمون الفازوبريسين من نفاذية الأنابيب الكلوية للماء، فيرشح من داخل الأنابيب إلى السائل بين الخلوي. يؤدّي ذلك إلى ارتفاع تركيز البول داخل الأنابيب، وانخفاض كمّيته فيقلّ بالتالي إدرار البول. أمّا هرمون الأوكسيتوسين فيؤثّر في تنبيه عضلات الرحم الملساء، ويسبّب تقلّصها عند الولادة، كما يؤثّر في إنتاج هرمون البرولاكتين الذي ينظّم إفراز الثدي للحليب.

3.3 الغدّة الدرقية Thyroid Gland

إذا نظرت إلى الشكل (57) فسترى أنّ الغدّة الدرقية تقع عند قاعدة العنق وتلتفّ حول الجزء العلوي من القصبة الهوائية. وهي تؤدّي دورًا رئيسيًّا في تنظيم عملية الاستقلاب الخلوي (الأيض) في الجسم، حيث تفرز خلاياها هرمون الثيروكسين المكوّن من الحمض الأميني تيروسين وأملاح اليود. وهو يؤثّر في خلايا الجسم كلّها عن طريق تنظيم معدّلات الاستقلاب الخلوي (الأيض). وبالتالي، فإنّ المستويات الزائدة من الثيروكسين تزيد معدّلات الاستقلاب الخلوي، أي أنّ الخلايا تطلق مزيدًا من الطاقة، والعكس صحيح. تفرز خلايا أخرى في الغدّة الدرقية هرمون كالسيتونين الذي يخفض مستوى الكالسيوم في الدم.



(شكل 57)
تحافظ الهرمونات التي تفرزها الغدّة الدرقية، الملتفّة حول القصبة الهوائية، والغدد جارات الدرقية على مستوى الكالسيوم في الدم.

حقائق وأرقام

لا يُعَدّ نقص اليود المسبّب الوحيد لخلل النشاط الدرقي. فهناك مرضان شائعان من أمراض المناعة الذاتية، وكلاهما أكثر شيوعًا لدى الإناث من الذكور، ويسبّبان أيضًا مشكلات درقية. يسمّى أحدهما مرض هاشيموتو ويُعدّ المسبّب الثاني الأكثر شيوعًا، بعد نقص اليود، لنقص نشاط الغدّة الدرقية أو انخفاض إفراز الهرمونات الدرقية. وتشمل أعراض انخفاض نشاط الغدّة الدرقية تضخّم هذه الغدّة، وبطء معدّل ضربات القلب، وجفاف الجلد، والتعب، وزيادة الوزن. أمّا المرض الثاني فهو مرض جريف الذي يسبّب زيادة نشاط الغدّة الدرقية أو زيادة إفراز الهرمونات الدرقية. تتضمّن أعراض زيادة نشاط الغدّة الدرقية تضخّم هذه الغدّة، وسرعة معدّل ضربات القلب، وجحوظ العينين، وارتعاش الأيدي، وخسارة الوزن.

(د) الغدد جارات الدرقية

ساعد الطلّاب على فهم كيفية تنظيم الهرمونات تركيز الكالسيوم في الدم. اِسألهم:

- ما الذي يجعل الغدد جار الدرقية تفرز هرمون PTH؟ **(الانخفاض في مستوى الكالسيوم في الدم)**
- كيف يرفع هرمون PTH تركيز الكالسيوم في الدم؟ **(يحفّز الأمعاء على امتصاص المزيد من الكالسيوم، والكليتين على احتجاز المزيد من الكالسيوم فلا يخرج مع البول، والعظام على إطلاق الكالسيوم في الدم.)**
- كيف يخفّض الكالسيتونين تركيز الكالسيوم في الدم؟ **(بتحفيز العظام والكليتين على امتصاص الكالسيوم، والأمعاء على عدم امتصاص الكالسيوم)**

(هـ) الغدّتان الكظريتان

دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (58). أشر إلى موضع الغدّة الكظرية على قمّة الكلية. أخبرهم أنّ مصطلح القشرة يشير إلى الجزء الخارجي لعضو ما أو غدّة ما. اِسألهم:

- برأيك، إلامَ يشير مصطلح النخاع؟ **(الجزء الداخلي لعضو ما أو غدّة ما)**
- ما العلاقة بين الكليتين والغدّتين الكظريتين؟ **(تفرز القشرة الكظرية هرمون الألدوستيرون الذي ينظم إعادة امتصاص أيونات الصوديوم وإخراج أيونات البوتاسيوم بواسطة الكليتين.)**

كوّن علاقات

الصلة بعلم الصحّة: فسّر للطلّاب أنّ تعرّض شخص ما إلى إجهاد ثابت، قد يجعل نخاع الغدّتين الكظريتين يستحثّ باستمرار على إنتاج هرمونات «الهجوم» أو «الهروب» الخاصّة به والمعروفة بإبينفرين ونور إبينفرين. اِسألهم:

- برأيك، ما تأثير هذا على الجسم على المدى الطويل؟ **(زيادة معدّل ضربات القلب وضغط الدم، والاستجابات الأخرى للإبينفرين والنور إبينفرين سوف تنهك الجسم وقد تؤدّي إلى الاعتلال.)**

إذا حدث خلل في عمل الغدّة الدرقية، قد تنتج الغدّة كمّية زائدة من الثيروكسين، فتظهر حالة **الفرط الدرقي Hyperthyroidism** التي تؤثّر في الحالة العصبية، وترفع درجة حرارة الجسم، وتزيد معدّلات نبضات القلب والاستقلاب الخلوي (الأيض)، وترفع ضغط الدم، وتسبّب نقصًا في الوزن. ولكن إذا أدّى الخلل إلى نقص في كمّية الثيروكسين تظهر حالة **القصور الدرقي Hypothyroidism** ومن أعراضها انخفاض معدّلات الاستقلاب الخلوي (الأيض) ودرجة حرارة الجسم، وزيادة الوزن. وفي بعض الحالات، يترافق القصور الدرقي مع التورّم الدرقي Goiter وهو تضخّم الغدّة الدرقية.

ينتشر خلل النشاط الدرقي في أنحاء العالم حيث يفتقر الغذاء إلى كمّيات كافية من اليود الذي تستعمله الغدّة لإنتاج الثيروكسين.

بسبب عدم القدرة على إنتاج الثيروكسين اللازم للنموّ الطبيعي، يعاني الأطفال المصابون بنقص اليود من حالة تُسمّى **القماءة Cretinism** تحول دون نموّ الجهازين العصبي والهيكلي كما يجب، ما يسبّب التقزّم والتخلّف العقلي. إلّا أنّ القماءة يمكن ألّا تحدث إذا أُضيفت كمّيات صغيرة من اليود إلى ملح المائدة أو إلى أيّ مكوّنات أخرى في الوجبات الغذائية.

4.3 الغدد جارات الدرقية Parathyroid Glands

توجد أربع غدد جارات درقية على السطح الخلفي للغدّة الدرقية. تحافظ هرمونات الغدّة الدرقية والغدد جارات الدرقية على التوازن الحيوي لمستويات الكالسيوم في الدم. **تفرز الغدد جارات الدرقية هرمون الباراثيرويد (PTH) وهو:**

1. يزيد مستويات الكالسيوم في الدم، بتنشيط كلّ من:
   - إعادة امتصاص الكالسيوم من الرشيح في الوحدة الكلوية.
   - امتصاص الكالسيوم من الجهاز الهضمي.
   - إطلاق مخزون الكالسيوم في العظم، لإضافة أيونات الكالسيوم والفوسفات إلى الدم.
2. يعزّز الوظيفة العصبية والعضلية.

5.3 الغدّتان الكظريتان Adrenal Glands

الغدّتان الكظريتان هرميتا الشكل، ويقع كلّ منهما فوق كلّ كلية كما يبدو في الشكل (58). تساعد هاتان الغدّتان في تكيّف الجسم مع الإجهاد Stress، ويتألّف كلّ منهما من جزء خارجي يُسمّى القشرة Cortex ومن جزء داخلي يُسمّى النخاع Medulla وهما مكوّنان من أنسجة مختلفة. تشكّل القشرة الكظرية Adrenal cortex 80% من الغدّة الكظرية، وتنتج أكثر من أربعة وعشرين هرمونًا تُسمّى كورتيكوستيرويدات Corticosteroids. من هذه الهرمونات هرمون الألدوستيرون Aldosterone الذي ينظّم إعادة امتصاص أيونات الصوديوم، ويتولّى طرد أيونات البوتاسيوم من الكلية، وهرمون آخر يُسمّى الكورتيزول Cortisol يساعد في تنظيم معدّلات أيض الكربوهيدرات، الدهون، والبروتينات وينشّط الجسم في حالات الإجهاد المزمن على وجه الخصوص.

أمّا النخاع الكظري Adrenal Medulla فهو جزء مهمّ في الجهاز العصبي السمبثاوي. ويفرز هرمونين هما الإبينفرين Epinephrine (الأدرينالين) والنورإبينفرين Norepinephrine (النورأدرينالين). هرمون الإبينفرين أقوى من هرمون النورإبينفرين وهو يمثّل 80% من الإفراز الكلّي للنخاع. يضبط النخاع في الغدّة الكظرية استجابات الدفاع أو الهروب Fight and Flight وهي الشعور الذي تدركه عندما تُستثار أو تخاف. تُثير السيالات العصبية في الجهاز العصبي السمبثاوي خلايا النخاع، مسبّبة إفراز خلاياه كمّيات كبيرة من هرمونات إبينفرين ونورإبينفرين. تسرّع هذه الهرمونات معدّل نبضات القلب وترفع ضغط الدم وانسيابه إلى العضلات. كما تسبّب اتّساع ممرّات الهواء، ما يسمح بسحب كمّية أكبر من الأكسجين، وتحفّز انتشار الجلوكوز من الكبد إلى الدم لتساعد في الاندفاع الفجائي للطاقة. تسبّب هذه التفاعلات زيادة في نشاط الجسم تمهيدًا للقيام بأنشطة جسدية. إذا تسارعت نبضات قلبك وبدأت يداك تفرزان العرق عند إجراء اختبار، فأنت تشعر بتأثيرات المواد التي يفرزها نخاع الغدّة الكظرية.

(شكل 58)
تتكون الغدّة الكظرية من جزئين هما القشرة والنخاع، يفرز كلّ منهما هرمونات معينة تضبط أنشطة مختلفة في الجسم.

6.3 البنكرياس Pancreas

يقع البنكرياس على امتداد الجانب الأيمن خلف المعدة، ويبدو وكأنّه غدّة مفردة، ولكنّه ليس كذلك. فهو من ناحية غدّة هضمية يساعد إفرازها الإنزيمي في هضم الطعام، ما يجعله غدّة خارجية الإفراز. ومن ناحية أخرى، يحوي خلايا مختلفة تفرز الهرمونات في الدم، ما يجعله غدّة صمّاء. ولهذا السبب، يُسمّى البنكرياس غدّة مختلطة Mixed Gland.

(و) البنكرياس

دع الطلّاب يدرسون الشكل (59). راجع معهم سبب اعتبار إنتاج الإنسولين والجلوكاجون نظامًا من أنظمة التغذية المرتدّة السالبة. إسألهم:

* ما العضو الذي ينتج كلًّا من الإنسولين والجلوكاجون؟ **(البنكرياس)**
* ما المادّة المنظّمة لنظام التغذية المرتدّة السالبة؟ **(الجلوكوز)**
* ما العملية التي يتمّ تثبيطها بنظام التغذية المرتدّة السالبة؟ **(إنتاج الإنسولين والجلوكاجون)**
* ما دور كلّ من الأنسولين والجلوكاجون؟ **(يعمل الهرمونان على المحافظة على مستوى ثابت للسكّر (الجلوكوز) في الدم. عند ارتفاع مستوى السكّر في الدم، يحفّز الأنسولين خلايا في الكبد والعضلات على سحب السكّر من الدم وتخزينه في صورة جليكوجين، ويحفّز أنسجة الجسم على امتصاص السكّر واستخدامه، ويزيد امتصاص الخلايا الشحمية للسكّر. أمّا عند انخفاض مستوى سكّر الدم فيحفّز الجلوكاجون الكبد على تكسير الجليكوجين وطرح الجلوكوز في الدم.)**

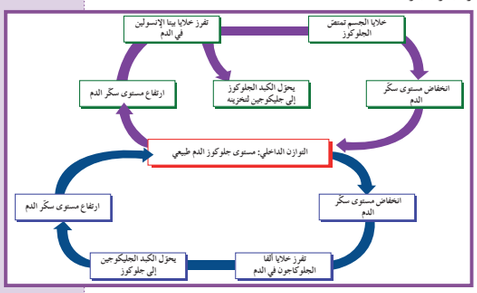
(ز) الغدد التناسلية

تصويب مفهوم خاطئ

من المحتمل أن يعتقد الطلّاب أنّ إنتاج التستوستيرون يتمّ لدى الذكور فحسب وإنتاج الأستيروجين يتمّ لدى الإناث فحسب. أخبر الطلّاب أنّ الغدّتين الكظريتين تفرزان كمّيات صغيرة من الأستروجين والتستوستيرون لدى كلّ من الإناث والذكور. إسأل الطلّاب:

* برأيك، لماذا لا تظهر على الذكور تأثيرات هرمون الأستروجين الذي تفرزه الغدّتان الكظريتان، ولا تظهر على الإناث تأثيرات هرمون التستوستيرون الذي تفرزه الغدّتان الكظريتان؟ **(كمّيات الهرمونات التي تفرزها الغدّتان الكظريتان صغيرة بالمقارنة مع الكمّيات التي تفرزها الغدد التناسلية.)**

وهذه الهرمونات تنتجها مجموعة من خلايا تشبه الجزر وتُسمّى جزر لانجرهانس نسبة إلى مكتشفها عالم التشريح الألماني بول لانجرهانس. تشتمل كلّ جزيرة على خلايا بيتا Beta Cells تفرز هرمون الإنسولين وخلايا ألفا Alpha Cells التي تفرز هرمونًا آخر هو الجلوكاجون. وهما يساعدان في الحفاظ على ثبات مستوى الجلوكوز في الدم. **فالإنسولين Insulin يحفّز خلايا في الكبد والعضلات لسحب السكّر من الدم وتخزينه في صورة جليكوجين، كما يحفّز أنسجة الجسم على امتصاص السكّر واستخدامه، ويزيد امتصاص الخلايا الشحمية للسكّر. والخلايا الشحمية Adipose Cells هي خلايا تخزن الدهون من النشويات (السكّر) الزائدة في الجسم والتي تُستعمل لإنتاج الطاقة. في حين يحفّز الجلوكاجون Glucagon الكبد على تكسير الجليكوجين وطرح الجلوكوز في الدم.** يلخّص الشكل (59) أداء الإنسولين والجلوكاجون.



(شكل 59)
يفرز البنكرياس الإنسولين والجلوكاجون اللذين يحافظان على ثبات مستوى الجلوكوز في الدم.

7.3 الغدد التناسلية Reproductive Glands

الغدد التناسلية هي غدد التكاثر في الجسم، وتؤدّي وظيفتين مهمّتين هما التحكّم في إنتاج الأمشاج، وإفراز الهرمونات الجنسية. تُسمّى هذه الغدد المبيضين لدى الإناث، وتنتج البويضات وتُسمّى الخصيتين لدى الذكور، وتنتج الحيوانات المنوية. وتفرز أيضًا الهرمونات الجنسية التي سنتعمّق في دراستها في الدروس القادمة.

يلخّص الجدول (1) عمل الغدد الصماء التي سبق ذكرها ووظيفتها

اسم الغدّة	الهرمون المفرز	مكان الإفراز	مكان التأثير	الوظيفة
تحت المهاد	مطلقة الهرمونات الافرازية RH	مجرى الدم	الفصّ الأمامي للغدّة النخامية	تنظيم إنتاج وإفرازها الهرمونات
	هرمون المضادّ لإدرار البول ADH	الفصّ الخلفي للغدّة النخامية	الكلى	يزيد امتصاص الماء
	هرمون الأوكسيتوسين	الفصّ الخلفي للغدّة النخامية	الثدي والرحم	إفراز الحليب، تنبيه عضلات الرحم الملساء للانقباض
الغدّة النخامية				
الفصّ الخلفي	هرمون مضادّ لإفراز البول ADH (تمّ تصنيع الهرمون في تحت المهاد وتخزينه في الفصّ الخلفي)	مجرى الدم	الكلى	يزيد من امتصاص الماء
	الأوكسيتوسين (تمّ تصنيع الهرمون في تحت المهاد وتخزينه في الفصّ الخلفي)	مجرى الدم	الثدي والرحم	إفراز الحليب، تنبيه عضلات الرحم الملساء للانقباض
الفصّ الأمامي	هرمون النمو GH	مجرى الدم	العظام، العضلات الغضاريف	نمو الهيكل العظمي والغضاريف
	هرمون الحليب Prolactin	مجرى الدم	الثدي	يحفّز إفراز الحليب
	هرمون المنبّه للحويصلة FSH	مجرى الدم	الغدد التناسلية عند الإناث، خلايا سرتولي عند الذكور	يحفّز نمو الخلايا الجنسية وتطوّرها
	هرمون لوتيني LH	مجرى الدم	الغدد التناسلية عند الإناث، خلايا ليديج عند الذكور	يطلق الإباضة يحفّز إنتاج التستوستيرون
	هرمون منبه للغدّة الدرقية TSH	مجرى الدم	الغدّة الدرقية	يعزز إنتاج هرمون الغدّة الدرقية
	هرمون موجه لقشرة الكظرية ACTH	مجرى الدم	القشرة الكظرية	يعزّز إنتاج هرمون الكورتيزول يشجّع نمو خلايا القشرة الكظرية

حقائق وصور

قوّة الهرمونات

على الرغم من أهمّية الغدد الصمّاء الكبيرة في الجسم، هي صغيرة الحجم. فالغدّة النخامية التي تفرز تسعة هرمونات مختلفة وتضبط عمل معظم الغدد الصمّاء الأخرى هي بحجم بذرة البازلاء.
والأنسجة الصمّاء كلّها الموجودة في الجسم لا تملأ راحة اليد.
وكذلك الأمر بالنسبة إلى كمّية الهرمونات التي تفرزها هذه الكمّية الصغيرة من هذا النسيج الإفرازي، فهي أيضًا صغيرة للغاية. على سبيل المثال، تفرز المرأة حوالى 5 ml فقط أو ملء ملعقة شاي من هرمون الأستروجين طوال فترة حياتها. لذا، لكي تظهر التأثيرات التي تقوم بها في الجسم بعيدة الأمد، لا بدّ من أن تكون الهرمونات غاية في القوّة. في الحقيقة، إنّ معظم الهرمونات قوية جدًّا، لذلك، فهي فعّالة جدًّا في تركيزات أقلّ بكثير من واحد في المليون.

أُطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "تحقيق التوازن الداخلي لمستوى جلوكوز الدم الطبيعي"، والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 27 و28.
يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحديد دور الكبد والهرمونات في الحفاظ على تركيز ثابت للجلوكوز في الدم.

الغدّة الدرقية	الثيروكسين	مجرى الدم	عدّة أنواع من الخلايا	ينظّم عملية الاستقلاب الخلوي
	كالسيتونين	مجرى الدم	العظام والكلى	تنظيم الكالسيوم والفوسفات في البلازما (تخفيض مستوى الكالسيوم)
الغدد جارات الدرقية	الباراثيرويد PTH	مجرى الدم	العظام والكلى	تنظيم الكالسيوم والفوسفات في البلازما (يزيد مستوى الكالسيوم)
الغدّة الكظرية				
القشرة الكظرية	الألدوستيرون	مجرى الدم	الكلى	تنظيم إعادة امتصاص الصوديوم وطرد أيونات البوتاسيوم من الكلية
	الكورتيزول	مجرى الدم	الكبد، العضل، خلايا شحمية	تنظيم عملية الأيض وتنشيط الجسم
النخاع الكظري	الإبينفرين والنورإبينفرين	مجرى الدم	عدّة أنواع من الخلايا	يضبط استجابات الدفاع أو الهروب
البنكرياس				
خلايا بيتا في جزر لانجرهانس	الأنسولين	مجرى الدم	الكبد، العضل، الخلايا الشحمية	ينظّم الأيض والسكّر في الدم (سحب السكّر من الدم)
خلايا ألفا في جزر لانجرهانس	الجلوكاجون	مجرى الدم	الكبد	ينظّم الأيض والسكّر في الدم (طرح السكّر في الدم)
الغدد التناسلية				
المبيضان والبلاستا	الأستروجين	مجرى الدم	الجهاز التناسلي والثدي	يحفّز نمو الجهاز التناسلي الأنثوي وتطوّره ظهور الخصائص الجنسية الأولية والثانوية
	البروجستيرون	مجرى الدم	الرحم والثدي	يشجّع النمو والحمل المنتظم
الخصيتان	تستوستيرون	مجرى الدم	الجهاز التناسلي	يحفّز نمو الجهاز التناسلي الذكوري وتطوّره

(جدول 1)
الغدد الصماء ووظيفتها

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة الاستنتاج:** أُدع الطلّاب إلى المقارنة بين الغدد الصمّاء (غدد الإفراز الداخلي) والغدد القنوية (غدد الإفراز الخارجي). **(تفرز غدد الإفراز الداخلي أو الصمّاء هرموناتها في الدم مباشرة، أمّا الغدد القنوية أو ذات الإفراز الخارجي فتفرز منتجاتها عبر قنوات وتفرغ محتوياتها في فضاء مفتوح.)**

بعد ذلك، اِسأل الطلّاب:

ماذا يمكنك أن تستنتج عن تأثيرات الهرمونات التي تفرزها الغدد الصمّاء أو غدد الإفراز الداخلي، والمنتجات التي تنتجها غدد الإفراز الخارجي أو القنوية في الجسم انطلاقًا من كيفية إفرازها لهرموناتها؟ **(يمكن أن تؤثّر الهرمونات التي تفرزها غدد الإفراز الداخلي أو الصمّاء في خلايا الجسم بأكمله، بينما تؤثّر المنتجات من غدد الإفراز الخارجي في الجسم تأثيرًا موضعيًّا.)**

- **مهارة تطبيق المفاهيم:** أشر إلى أنّ تحت المهاد يستجيب للإجهاد وللإشارات الحسّية التي تصل إليه، موفّرًا بذلك مسارًا واحدًا يمكن للإجهاد بواسطته أن يؤثّر في الصحّة. اِسأل الطلّاب:
- كيف يمكن للإجهاد، من خلال تأثيره على تحت المهاد، أن يؤثّر في الصحّة بصورة غير مباشرة؟ **(يمكن أن يجعل الإجهاد تحت المهاد يحفّز الغدّة النخامية على إنتاج هرموناتها، ويحفّز بصورة غير مباشرة الغدّة الدرقية والغدد الأخرى التي يتمّ ضبط عملها بواسطة الغدّة النخامية على إنتاج هرموناتها. بالتالي، قد تسبّب هذه الاختلالات الهرمونية مشكلات صحّية.)**

مراجعة الدرس 2–2

1. اذكر أربعًا من الغدد الصمّاء الرئيسية، واكتب قائمة بوظائفها.
2. ما الإنسولين والجلوكاجون؟ وما العلاقة بين وظائفهما؟
3. **التفكير الناقد:** تعرض شخص ما لإصابة في الفص الخلفي للغدة النخامية وقد أثر ذلك على جهازه الإخراجي وتمثل بإدرار بولٍ كثير. فسر ما سبب ذلك علمًا بأن تحت المهاد ما زال سليمًا.
4. **أضف إلى معلوماتك:** قارن بين وظائف هرمونات الإنسان ووظائف هرمونات النبات.

84

3. قيِّم وتوسَّع

3. 1 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

إنّ مناقشة الهرمونات ووظائفها تصلح لأنشطة حلّ المشاكل المثيرة للاهتمام. بعد مناقشة دور هرمون الثيروكسين مع الطلّاب، اِطرح عليهم هذه المشكلة كمثال: تصوّر نفسك طبيبًا وقصد عيادتك مريض يشكو من النعاس كلّما كان جالسًا، ومن زيادة في الوزن، ويشعر بالبرد على عكس كلّ من حوله. ماذا تظنّ سبب حالة هذا المريض؟ **(حالة القصور الدرقي ونقص في هرمون الثيروكسين)**

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–2

1. يمكن أن تتضمّن الإجابات أيّ أربع غدد من الغدد المذكورة والموصوفة في الشكل (58)
2. كلاهما هرمونات يفرزها البنكرياس لضبط مستوى السكّر في الدم. يخفّض الإنسولين تركيز السكّر في الدم، ويزيد الجلوكاجون مستوى سكّر الدم.
3. أدت إصابة الفص الخلفي للغدة النخامية على حدوث إضطراب في وظيفتها وهي افراز هرمون المضادّ لإدرار البول ADH يصنع في الخلايا العصبية المكونة لتحت المهاد السليم والمختزن بالفص الخلفي.
4. كلاهما يُنقَل عن طريق الجهاز الدوري نحو الأعضاء المستهدَفة حيث تحدث الاستجابة. تؤثّر بعض الهرمونات النباتية في المنطقة التي تنتج فيها.

الأهداف:
- يميّز بين اضطرابات الجهاز الهرموني.
- يوضّح خطورة استخدام الستيرويدات (الهرمونات)
- يشرح أسباب بعض الاضطرابات الهرمونية ونتائجها مقترحًا طرقًا لتفادي حدوثها.

الأدوات المستعملة: شفافيات أو صور لأشخاص مصابين باضطرابات في الغدد الصمّاء مثل القماءة، العملقة وغيرها.

صفحات الطالب: من ص 85 إلى ص 87

عدد الحصص: 1

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 60) وقراءتهم التعليق المصاحب لها.

اِشرح للطلّاب أنّ الأطفال الرضع يستجيبون للّمس نتيجة استجابة هرمونات تتأثّر به. اِسألهم:

- إلى أيّ مدى تعتقد أنّ صغار الثدييات من الحيوانات تشبه الأطفال من حيث التأثّر بلمس الأمّ؟ **(سوف تكون الاستجابة متشابهة جدًّا.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول صحّة الغدد الصمّاء، وجِّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما هو سبب التضخّم في الغدّة الدرقية (الجويتر)؟ **(نتيجة النقص في أملاح اليود في الطعام، تتضخّم الغدّة الدرقية بسبب المحاولات الكبيرة وغير المجدية للغدّة لإنتاج كمّية أكبر من الثيروكسين.)**
- ما هو السبب الرئيس لمرض البول السكّري من النوع الأوّل؟ **(هو مرض المناعة الذاتية وهو مرض وراثي، حيث إنّ الجهاز المناعي يهاجم جزر لانجرهانز في البنكرياس، ما يجعل معدّل إفراز هرمون الإنسولين منخفضًا جدًّا.)**

2. علِّم وطبِّق

1.2 اضطرابات جهاز الغدد الصمّاء

فسّر للطلّاب أنّ سلامة الجهاز الهرموني ضرورية جدًّا لأداء الجسم وظائفه بشكل طبيعي وأنّ أيّ اضطراب يحصل لإحدى الغدد قد يؤدّي إلى مشكلات كبيرة قد تكون أحيانًا مميتة.

الدرس 2-3
صحّة الغدد الصمّاء
Health of Endocrine Glands

الأهداف العامة
- يميّز بين اضطرابات الجهاز الهرموني.
- يوضّح خطورة استخدام الستيرويدات (الهرمونات).
- يشرح أسباب بعض الاضطرابات الهرمونية ونتائجها مقترحًا طرقًا لتفادي حدوثها.

(شكل 60)

يحمي حليب الأمّ طفلها من المرض بنقله العوامل المناعية المتكوّنة في جسمها إليه مع كلّ قطرة حليب. إلى جانب محتويات حليب الأمّ، تساعد لمستها لطفلها في الحفاظ على صحّته (شكل 60). تحدث الحركة النظامية للطفل سلسلة من الرسائل الهرمونية التي تساعده على امتصاص الغذاء.

1. اضطرابات الجهاز الهرموني
Endocrine System Disorders

عندما لا يتمّ استلام الرسائل التي يحملها الجهاز الهرموني أو إرسالها، يعجز الجسم عن أداء وظائفه كما يجب. ومن أخطر الاضطرابات الهرمونية مرض البول السكّري، القماءة والإجهاد.

85

اِسأل الطلّاب:

- ما هي بعض عوارض زيادة افراز الألدوستيرون من القشرة الكظرية؟ **(ارتفاع ضغط الدم، وضعف جهاز المناعة، واحتباس الماء في الأنسجة (الاستقساء) بالإضافة إلى زيادة إفراز البوتاسيوم في البول)**
- ما هي نتيجة خسارة البوتاسيوم الزائد في الجسم؟ **(يشعر مَن يعانيها بضعف عضلي يتطوّر في نهاية المطاف إلى شلل الخلايا العصبية، أي انعدام استجابتها مسبّبًا بالتالي شللًا في الأعضاء، وعدم انتظام دقّات القلب، ما يؤدّي إلى توقّف القلب.)**

أشر إلى الطلّاب أنّ هناك اضطراب في النموّ يدعى العملقة، وهو يرتبط دائمًا بأورام الغدّة النخامية. اِسألهم:

- لِمَ تؤدّي أورام الغدّة النخامية إلى العملقة؟ **(لأنّ خلايا هذه الغدّة تفرز كمّية كبيرة من هرمون النموّ (GH).)**

يحصل اضطراب آخر يسمّى مرض الوذمة المخاطية نتيجة نقص في إفراز الغدّة الدرقية. اِسألهم:

- ما هي عوارض هذا المرض؟ **(تباطؤ في عمليات الجسم كلّها، ما يؤدّي إلى السبات، وألم عضلي، وعدم تحمّل البرد، وزيادة في الوزن، وكآبة، وإمساك، وجفاف الجلد.)**
- كيف يُعالَج هذا المرض؟ **(يُحقَن المريض بهرمون الغدّة الدرقية.)**

تصويب مفهوم خاطئ

من المحتمل أن يكون الطلّاب قد سمعوا بأنّ مرض البول السكّري يُشار إليه ببساطة على أنّه مرض السكّر. أشر إلى أنّ مصطلح السكّري يشير إلى أيّ مرض يتميّز بزيادة التبوّل والعطش وأنّ هناك أكثر من نوع واحد من أمراض السكّري. فعلى سبيل المثال، مرض السكّري الكاذب عبارة عن نوع من داء السكّري يسبّبه نقص هرمون ADH وليس نقص هرمون الإنسولين. اِسأل الطلّاب:

- إذا كان داء السكّري يُعالَج بالحقن بالإنسولين، فكيف يعالج مرض السكّري الكاذب في اعتقادك؟ **(بحقن هرمون ADH)**

نشاط سريع

أخبر الطلّاب أنّ البول السكّري يُشَخَّص أحيانًا باكتشاف السكّر في البول. أعطِ الطلّاب شرائط اختبار الجلوكوز وفسّر لهم كيفية استخدام تلك الشرائط لاختبار إمّا مزيج أوّل مكوّن من الماء وملوّن غذائي أصفر اللون وسكّر، أو مزيج ثانٍ مكوّن من الماء وملوّن غذائي أصفر اللون بمفرده من دون إضافة السكّر (حيث يمثّل المزيجان البول.) اِسألهم:

- هل تحوي عيّنة البول التي لديك سكّرًا؟ **(ستعتمد الإجابات على أيّ من المخلوطين اللّذين قد تمّ اختبارهما.)** تأكّد من أنّ الطلّاب قد فسّروا نتائج اختبارهم بصورة صحيحة.

1.1 مرض البول السكّري Diabetes Mellitus

مرض البول السكّري Diabetes Mellitus هو خلل يعجز بسببه الجسم عن ضبط مستويات السكّر في الدم، ما قد يعرّض الإنسان لمخاطر ارتفاع مستوى السكّر في الدم الذي يمكن أن يؤدّي بدوره إلى الغيبوبة أو الموت في حال عدم معالجته. تفرز كليتا الشخص الذي يعاني مرض البول السكّري كمّيات كبيرة من الجلوكوز في البول. ويُعتبر السكّر في البول أحد الأعراض الرئيسية لمرض البول السكّري.

ثمّة نمطان من مرض البول السكّري. تعود الإصابة بالنمط الأوّل Diabetes Mellitus Type 1 إلى عدم إفراز خلايا بيتا في جزر لانجرهانس هرمون الإنسولين. ويمكن معالجة هذا النمط بضبط النظام الغذائي والحقن المنتظم بالإنسولين. وفي الماضي كان الإنسولين من مصادر حيوانية، واليوم يُصنَع الإنسولين البشري من البكتيريا بالهندسة الوراثية (شكل 61). أمّا الإصابة بالنمط الثاني Diabetes Mellitus Type 2 فتعود إلى عدم استجابة الجسم كما ينبغي لهرمون الإنسولين الذي تفرزه خلايا بيتا، والنتيجة هي زيادة مستوى سكّر الدم. يُعالَج هذا النمط بالتمارين الرياضية، وضبط النظام الغذائي.

(شكل 61)
يصنع هرمون الإنسولين البشري من البكتيريا بالهندسة الوراثية. لِمَ يعتبر استخدام الإنسولين البشري في علاج مرض البول السكّري أفضل من استخدام الإنسولين الحيواني؟

2.1 القماءة Cretinism

مِن اضطرابات الجهاز الهرموني حالة تسمّى القماءة. يعانيها الأطفال الذين يعانون حالة نقص في اليود في غذائهم ما يسبّب العجز عن إنتاج الثيروكسين الضروري للنموّ الطبيعي. تحول القماءة دون نموّ الجهاز العصبي والجهاز الهيكلي بشكل طبيعي ومن أعراضها التقزّم والتخلّف العقلي (الشكل 62). تُعالج القماءة بتناول جرعات يومية محدّدة بدقّة من الثيروكسين. ويُوصى بمراقبة مستوياته كلّ أسبوعين أو ثلاثة لضمان ثباتها.

(شكل 62)
القماءة

3.1 الإجهاد Stress

إذا استمرّ التوتر والإجهاد لمدّة طويلة، قد يضرّان بجسمك بسبب تأثيرهما في الجهاز الهرموني. فاستمرارهما لمدّة قصيرة قد يتسبّب في إفراز الغدّتين الكظريتين هرموني إبينفرين ونورإبينفرين اللذين يساعدان الجسم في حالة الطوارئ، بزيادة اليقظة وإمداده بدفعة من الطاقة، عن طريق رفع ضغط الدم ومستوى الجلوكوز فيه. ولكن إذا استمرّ التوتّر والإجهاد لمدّة طويلة، تفرز الغدّتان الكظريتان الستيرويدات بدلًا من هرموني إبينفرين ونورإبينفرين. ويسبّب التعرّض الطويل للستيرويدات ارتفاع ضغط الدم وإضعاف جهاز المناعة.

اكتساب المهارات

احرص على استخدم الطلّاب المهارة التالية:

مهارة حلّ المشكلات: دع الطلّاب يقترحون تشخيصًا لكلّ من المشكلات التالية:

- النقص في هرمون الغدّة النخامية الذي قد يسبّب العقم لدى الذكور والإناث. **(FSH)**
- الإطلاق المفاجئ لهرمون الغدّة النخامية الذي قد يسبّب الولادة المبكرة. **(أوكسيتوسين)**

بعد ذلك، اِسألهم:

- أيّ هرمونات لها تأثير مباشر في السكّر في الدم؟ **(الكورتيزول، والإبينفرين، والنورإبينفرين، والجلوكاجون، والإنسولين)**
- إذا كان شخص ما يعاني نقصًا في الكوليسترول، أيّ هرمونات تتأثّر بذلك؟ **(الألدوستيرون، والكورتيزول، والأستروجين، والبروجستيرون، والتستوستيرون)**
- أيّ غدد قد تكون مسؤولة عن خسارة أحد الأشخاص الكتلة العظمية؟ اِشرح الأدوار التي يمكن أن تقوم بها الغدد في هذه الخسارة. **(قد تفرز غدّة جار الدرقية أكثر ممّا ينبغي من PTH، أو قد تفرز الغدّة الدرقية أقلّ ممّا يلزم من الكالسيتونين.)**

إجابة سؤال الشكل (61) صفحة 86 في كتاب الطالب:

إنّ استخدام إنسولين بشري أفضل من استخدام إنسولين حيواني لأنّ أشخاصًا مصابين بمرض السكّري سيستخدمونه.

2.2 الأعراض الجانبية لاستخدام الستيرويدات (المنشطات)

بسبب المخاطر الصحّية الناتجة عن الاستخدام الطويل للستيرويدات، أصبح استخدام الستيرويدات البنائية محظورًا في بعض المجالات الرياضية.

في العام 1988، فقد العدّاء الكندي بن جونسون الميدالية الأوليمبية الذهبية لأنّه استعمل الستيرويدات البنائية.

3.2 العناية بالجهاز الهرموني

بعد دراسة الطلّاب للفقرة، إسألهم:

- ماذا يلزم للحفاظ على صحّة الجهاز الهرموني؟ **(نظام غذائي مناسب يحتوي على بروتينات، وليبيدات ملائمة لصنع الهرمونات البروتينية أو الستيرويدية. كما أنّ التمارين الرياضية والراحة تساعد على التعامل مع التوتّر وتمنع الإنتاج الزائد للغدّة الكظرية.)**

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

أُرسم جدولًا على السبّورة وأدرج فيه ما يلي:

مرض البول السكّري من النوع الأوّل، مرض البول السكّري من النوع الثاني، الإجهاد، فرط الدرق، القصور الدرقي، واستخدام الستيرويدات. أُطلب إلى متطوّعين شرح تأثير كلّ حالة من هذه الحالات في الجسم.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–3

1. مرض البول السكّري من النوع الأوّل: لا يتمّ إنتاج الإنسولين ويتطلّب ذلك الحقن المنتظم بالإنسولين. مرض البول السكّري من النوع الثاني: يتمّ إنتاج الإنسولين ولكنّ الخلايا لا تستجيب، ويتطلّب ذلك العناية بالتوازن الغذائي المنضبط.
2. يمكن أن يسبّب استخدام الستيروييد أمراض الكبد والقلب وتغيُّرًا في الخصائص الجنسية لدى كلّ من الذكر والأنثى، ومشاكل صحّية خطيرة تؤدّي إلى الموت المبكر.
3. أشر إلى المخاطر الصحّية والنقص في الخصائص الجنسية.
4. يتمّ إدخال الجينات التي تضبط إنتاج الإنسولين لدى الإنسان في البكتيريا التي تستطيع أن تنتج الهرمون.

2. الأعراض الجانبية لاستخدام الستيرويدات (المنشطات)

Side Effects of Steroids

يعتمد النموّ ونضج الجسم على الجهاز الهرموني. إذ إنّ هرمون النموّ يزيد طول قامتك حتّى سنّ تُقارب العشرين. في حين تحافظ الهرمونات الجنسية على الخصائص الجنسية الثانوية لدى الذكور والإناث.

يحاول الصغار أحيانًا تنشيط نموّهم بإساءة استخدام الجرعات الدوائية التي تؤثّر في الجهاز الهرموني، من مثل الستيرويدات التي يستخدمها الرياضيون أحيانًا، ولاعبو كمال الأجسام بصورة غير قانونية. والتي تحفّز نموّ العضلات وتزيد القوّة وتحسّن الأداء.

إلّا أنّ هذه الستيرويدات يمكن أن تعطّل أجهزة كثيرة في الجسم وتسبّب أمراض الكبد والقلب. كما قد تسبّب لدى الذكور ضمور الخصيتين ومشاكل صحّية خطيرة قد تؤدّي إلى الموت المبكر. كما تسبّب لدى الإناث، توقّف الدورة الشهرية ونموّ خصائص ذكرية ثانوية لديهم مثل زيادة شعر الجسم وغلظة الصوت.

3. العناية بالجهاز الهرموني

Caring for Endocrine System

للمحافظة على صحّة الجهاز الهرموني، يحتاج جسمك إلى نظام غذائي مناسب وتمارين رياضية وراحة. يجب أن يحتوي نظامك الغذائي على بروتينات وليبيدات ملائمة ليصنع الهرمونات البروتينية والستيرويدية جميعها. تساعدك التمارين الرياضية والراحة على التعامل مع التوتّر، وتمنع الإنتاج الزائد لهرمونات الغدّة الكظرية.

مراجعة الدرس 2–3

1. اذكر اثنين من اضطرابات الجهاز الهرموني.
2. كيف تؤثّر الستيرويدات في صحّة الإنسان؟
3. **التفكير الناقد:** يفكّر صديقك في استخدام الستيرويدات لزيادة الحجم العضلي لديه. ماذا ستقول له لإقناعه بالعدول عن ذلك؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كيف استُخدِمت الهندسة الوراثية في إنتاج الإنسولين؟

الدرس 2-4

التكاثر لدى الإنسان

الأهداف:

- يميّز بين الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي لدى الإنسان.
- يصف تركيب الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي لدى الإنسان.
- يميّز بين تركيب الحيوان المنوي والبويضة وتشكّلهما.
- يشرح مراحل تكوّن الأمشاج.
- يشرح ويصف أطوار الدورة الشهرية الأربعة لدى أنثى الإنسان.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات للأجهزة التناسلية لدى الذكور والإناث وللحيوان المنوي والبويضة.

صفحات الطالب: من ص 88 إلى ص 101

صفحات الأنشطة: من ص 29 إلى 32

عدد الحصص: 4

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 63) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. إسألهم:

- ما هي الأنظمة المتخصّصة للتكاثر الجنسي لدى الإنسان؟ **(جهاز تناسلي لدى كلّ من الذكر والأنثى)**
- ما هما العمليتان التكميليتان اللتان تميّزان التكاثر الجنسي؟ **(الانقسام الميوزي والإخصاب)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول التكاثر لدى الإنسان، وجِّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما هي النسبة المئوية للحيوانات المنوية الحاملة لكلّ من الكروموسومات الجنسية X وY؟ **(50%)**
- ما هو الكروموسوم الجنسي الذي تحمله البويضة؟ **(كروموسوم X)**
- أيّ كروموسوم جنسي يحدّد جنس الجنين؟ **(كروموسوم Y)**
- ما دور الخصية لدى الذكر؟ **(إنتاج الحيوانات المنوية وهرمون التستوستيرون)**
- ما دور التستوستيرون؟ **(يحدّد الخصائص الجنسية الثانوية لدى الذكور.)**
- ما نوع الانقسام الخلوي الذي يحدث للبويضة الملقّحة (الزيجوت)؟ **(الانقسام الميتوزي)**
- ما نوع الانقسام الخلوي الذي يؤدي إلى إنتاج الخلايا الجنسية لدى الذكور والإناث؟ **(الانقسام الميوزي)**

الدرس 2-4

التكاثر لدى الإنسان
Human Reproduction

الأهداف العامة

- يميّز بين الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي لدى الإنسان.
- يصف تركيب الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي لدى الإنسان.
- يميّز بين تركيب الحيوان المنوي والبويضة وتشكّلهما.
- يشرح مراحل تكوّن الأمشاج.
- يشرح ويصف أطوار الدورة الشهرية الأربعة لدى أنثى الإنسان.

(شكل 63)

التكاثر هو عملية بيولوجية أساسية لدى الكائنات الحيّة كلّها، ويكمن دوره الأساسي في ضمان استمرارية النوع. هناك طريقتان للتكاثر لدى الكائنات الحية هما التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي.
أما البلوغ هو فترة النموّ والنضج الجنسي التي يصبح في خلالها الجهاز التناسلي مكتمل الوظيفة، أي أنّ نموّ الأعضاء التناسلية لدى الذكور والإناث يكتمل في هذه الفترة. تختلف بدايتها بحسب الجنس، وتمتدّ بين سنّ التسع سنوات والخمسة عشرة سنة (شكل 63)، وتبدأ عمومًا لدى الإناث قبل الذكور.
تبدأ مرحلة البلوغ عندما يرسل تحت المهاد إلى الغدّة النخامية مادّة تحفّز إنتاج معدّلات مرتفعة من هرمونين يؤثّران في الغدد التناسلية هما الهرمون المنبّه للحويصلة Follicle–Stimulating Hormone FSH، وهرمون منبّه الجسم الأصفر أو الهرمون اللوتيني Luteinizing Hormone LH.

1. الجهاز التناسلي الذكري
The Male Reproductive System

ينبّه إفراز الهرمونين FSH وLH الخلايا في الخصية لإنتاج التستوستيرون Testosterone، ويُعتبَر الهرمون الجنسي الذكري الرئيسي. تتواجد

2. علِّم وطبّق

2. 1 الجهاز التناسلي الذكري

ذكّر الطلّاب بأنّ تحت المهاد يضبط إفرازت الغدّة النخامية حيث يتأثّر نشاطه بمستويات الهرمونات في الدم والمعلومات الحسّية الواردة إلى الجهاز العصبي المركزي. أشر إلى أنّ الغدد التناسلية تفرز هرمونات في الدم تنبّه تحت المهاد لإفراز هرمون منبّه للغدد التناسلية أي هرمون محرّر (GnRH) ينبّه بدوره الفصّ الأمامي للغدّة النخامية لإفراز هرمونَي LH وFSH.

(أ) التراكيب الأساسية للجهاز التناسلي الذكري

دع الطلّاب يدرسون الشكل (64). راجع كلّ تركيب ووظيفته.

اِسألهم:

- ما هي تراكيب الجهاز التناسلي الذكري؟ **(الخصيتان، والبربخ، والوعاء الناقل، ومجرى البول، والقضيب والغدد: غدّة البروستاتا، والحويصلة المنوية، وغدّة كوبر)**
- أيّ جزء من الجهاز التناسلي الذكري يقع خارج الجسم؟ ولماذا؟ **(كيس الصفن ليحفظ الخصيتين والحيوانات المنوية باردة، أي عند درجة حرارة أقلّ من درجة حرارة الجسم.)**

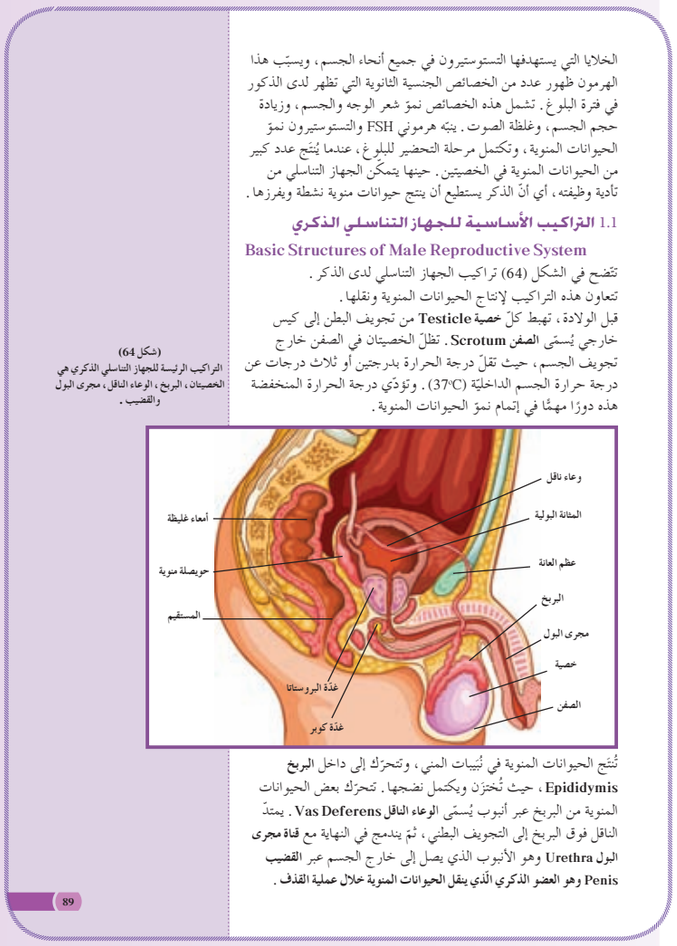
وضّح للطلّاب أنّ غدّة البروستاتا التي تحيط بعنق المثانة البولية تفرز سائلًا مائيًّا قلويًّا خفيفًا. وهذا السائل، بالإضافة إلى السائل الذي تفرزه الحويصلة المنوية وغدّة كوبر، يسمّى السائل المنوي، وهو السائل الذي تسبح فيه الحيوانات المنوية.

حقائق وأرقام

ليس ساخنًا جدًّا، ليس باردًا جدًّا

تهبط الخصيتان عادةً إلى كيس الصفن عند الولادة. فعندما لا تهبطان وتظلّان داخل تجويف البطن، تسمّى هذه الحالة اختفاء الخصيتين أو الخصيتين المعلّقتين. يمكن معالجة هذا الأمر بالجراحة أو بواسطة الهرمونات التي يتمّ إدخالها في الجسم قبل فترة البلوغ. وإذا لم تُعالَج هذه الحالة فستكون النتيجة عدم الخصوبة أو العقم، لأنّ الحيوانات المنوية بحاجة إلى الحرارة المنخفضة خارج الجسم كي تنمو. وحتّى لدى الذكور ذوي الخصيتين الهابطتين، فالاستحمام بالماء الساخن جدًّا أو ارتداء الملابس الضيّقة للغاية قد يرفع حرارة الخصيتين إلى درجة تكفي لتثبيط إنتاج الخصيتين للحيوانات المنوية، وهذا ما يسبّب الإصابة بالعقم المؤقّت.

وقد يُتثبَّط إنتاج الحيوانات المنوية أيضًا إذا ما أصبحت درجة حرارة الخصيتين باردة جدًّا. من هنا يتّضح لماذا تحرّك انقباضات العضلات اللاإرادية الخصيتين لأعلى بالقرب من الموضع الدافئ من الجسم في الطقس البارد.



الخلايا التي يستهدفها التستوستيرون في جميع أنحاء الجسم، ويسبّب هذا الهرمون ظهور عدد من الخصائص الجنسية الثانوية التي تظهر لدى الذكور في فترة البلوغ. تشمل هذه الخصائص نموّ شعر الوجه والجسم، وزيادة حجم الجسم، وغلظة الصوت. ينبّه هرمونا FSH والتستوستيرون نموّ الحيوانات المنوية، وتكتمل مرحلة التحضير للبلوغ، عندما يُنتَج عدد كبير من الحيوانات المنوية في الخصيتين. حينها يتمكّن الجهاز التناسلي من تأدية وظيفته، أي أنّ الذكر يستطيع أن ينتج حيوانات منوية نشطة ويفرزها.

1.1 التراكيب الأساسية للجهاز التناسلي الذكري

Basic Structures of Male Reproductive System

تتضح في الشكل (64) تراكيب الجهاز التناسلي لدى الذكر. تتعاون هذه التراكيب لإنتاج الحيوانات المنوية ونقلها.

قبل الولادة، تهبط كلّ **خصية Testicle** من تجويف البطن إلى كيس خارجي يُسمّى **الصفن Scrotum**. تظلّ الخصيتان في الصفن خارج تجويف الجسم، حيث تقلّ درجة الحرارة بدرجتين أو ثلاث درجات عن درجة حرارة الجسم الداخليّة (37°C). وتؤدّي درجة الحرارة المنخفضة هذه دورًا مهمًّا في إتمام نموّ الحيوانات المنوية.

(شكل 64)
التراكيب الرئيسة للجهاز التناسلي الذكري هي الخصيتان، البربخ، الوعاء الناقل، مجرى البول والقضيب.

تُنتَج الحيوانات المنوية في نُبيبات المني، وتتحرّك إلى داخل **البربخ Epididymis**، حيث تُخزَن ويكتمل نضجها. تتحرّك بعض الحيوانات المنوية من البربخ عبر أنبوب يُسمّى **الوعاء الناقل Vas Deferens**. يمتدّ الناقل فوق البربخ إلى التجويف البطني، ثمّ يندمج في النهاية مع **قناة مجرى البول Urethra** وهو الأنبوب الذي يصل إلى خارج الجسم عبر **القضيب Penis** وهو العضو الذكري الّذي ينقل الحيوانات المنوية خلال عملية القذف.

تشمل الغدد في بطانة الجهاز التناسلي الحويصلة المنوية Seminal Vesicle، وغدّة البروستاتا Prostate، وغدّة كوبر Cowper's Gland، التي تفرز سائلًا غنيًّا بالمغذّيات يُسمّى السائل المنوي Seminal Fluid.

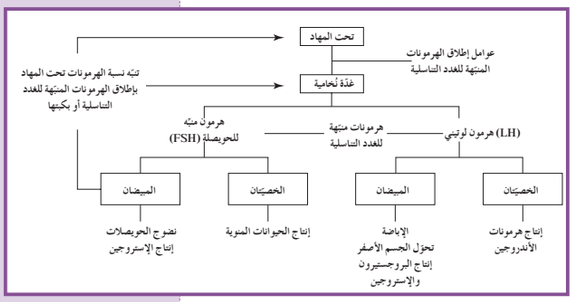
يكوّن اختلاط الحيوانات المنوية والسائل المنوي ما يُعرَف بالمني Semen.

2.1 إفراز الحيوانات المنوية Sperm Release

تُقذَف الحيوانات المنوية من القضيب بانقباض العضلات الملساء المبطِّنة للغدد في جهاز التناسلي وتُسمّى هذه العملية القذف Ejaculation، وينظّمها الجهاز العصبي الذاتي، لذلك إنّ القذف ليس إراديًّا تمامًا. تحتوي القذفة الواحدة من المني على 300 إلى 800 مليون حيوان منوي (حسب السائل المنوي المقذوف). لذا تُعتبَر فرص إخصاب حيوان منوي واحد للبويضة كبيرة، إذا قُذِفت هذه المئات من ملايين الحيوانات المنوية في جهاز الأنثى التناسلي.

2. مراحل تكوّن الأمشاج Gametogenesis

يؤدّي اتّحاد الحيوانات المنوية والبويضات، إلى تكاثر الإنسان ومعظم الحيوانات. **والحيوانات المنوية Spermatozoa هي خلايا تناسلية ذكرية تعرف بالأمشاج تتكوّن في الخصيتين. أمّا البويضات Ova فهي خلايا تناسلية أنثوية تعرف أيضًا بالأمشاج تتكوّن في المبيضين.** تتكوّن الأمشاج بالطريقة نفسها لدى الجنسين، على الرغم من أنّها تُنتج خلايا مختلفة، لكلّ منها وظيفة خاصّة. يوضّح الشّكل (65) تأثير الهرمونات على الخصيتين والمبيضين الذي يؤثّر في عملية تكوين الأمشاج.



(شكل 65)
يوضح الرسم البياني العلاقة بين الغدّة النخامية، الخصية والمبيض

تُعَدّ الحيوانات المنوية من أصغر الخلايا في جسم الإنسان.
وللتمكّن من رؤية تجمّع من الحيوانات المنوية بالعين المجرّدة، من الضروري ألّا يقلّ عددها عن مئة ألف حيوان منوي.

وضّح للطلّاب أنّ الانقسام الميوزي هو مرحلة مهمّة في عملية إنتاج الحيوانات المنوية داخل الخصية وينتج عنه نواة فردية المجموعة الكروموسومية. ثمّ اسألهم:

- أين تُنتَج الحيوانات المنوية؟ **(في نُبَيْبات المني داخل الخصية)**
- ما هو البربخ؟ **(أحد تراكيب الجهاز التناسلي الذكري حيث تُختزَن الحيوانات المنوية وتكمل نضجها.)**
- ما هي الغدد الموجودة حول مجرى البول؟ وما وظيفتها؟ **(الحويصلة المنوية، وغدّة البروستاتا وغدّة كوبر، وهي تفرز سائلًا غنيًّا بالمغذّيات يسمّى السائل المنوي.)**
- ما هو المني؟ **(خليط من الحيوانات المنوية والسائل المنوي)**

(ب) إفراز الحيوانات المنوية

- ماذا يسمّى الجهاز العصبي الذي ينظّم عملية القذف؟ **(الجهاز العصبي الذاتي)**
- هل القذف عملية إرادية؟ **(كلّا)**
- كيف تتمّ هذه العملية؟ **(يقذف القضيب الحيوانات المنوية بانقباض العضلات الملساء المبطّنة للغدد في الجهاز التناسلي.)**

2.2 مراحل تكوُّن المشيج

(أ) الخصيتان ومراحل تكوُّن الحيوانات المنوية

بعد دراسة الطلّاب للفقرة، ناقش معهم المراحل المختلفة لتكوُّن الحيوانات المنوية.

المرحلة الأولى وتدعى مرحلة التكاثر أو التضاعف. اِسأل الطلّاب:

- ماذا يحدث في هذه المرحلة؟ وأين؟ **(تبدأ الخلايا الأمّ التي تسمّى النطاف والموجودة داخل جدار نُبَيْبات المني بالانقسام ميتوزيًّا لتعطي أعدادًا كبيرة من خلايا النطاف. تبدأ هذه العملية من سنّ البلوغ وتدوم حتّى الشيخوخة.)**

المرحلة الثانية وتدعى مرحلة النموّ. اِسأل الطلّاب:

- ما الذي يحدث في هذه المرحلة؟ **(تنمو خلايا النطاف لتصبح خلايا نطفية أو منوية أوّلية (2n).)**

المرحلة الثالثة وتدعى مرحلة النضج أو الانقسام الميوزي.
يحدث في هذه المرحلة انقسامان متتاليان: الانقسام الميوزي الأوّل والانقسام الميوزي الثاني، وتستمرّ حوالى أربعة أسابيع. اِسأل الطلّاب:

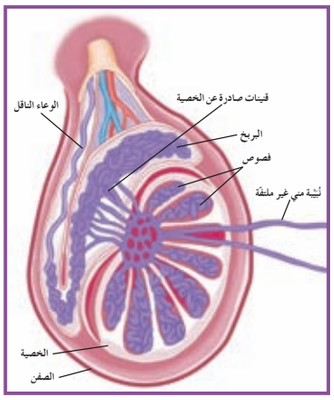
- ماذا يحصل في خلال الانقسام الميوزي الأوّل؟ **(تنقسم الخليّة النطفية المنوية الأوّلية إلى خليتين تدعيان الخلايا النطفية (المنوية) الثانوية (n).)**

1.2 الخصيتان ومراحل تكوّن الحيوانات المنوية

Testicles and Spermatogenesis

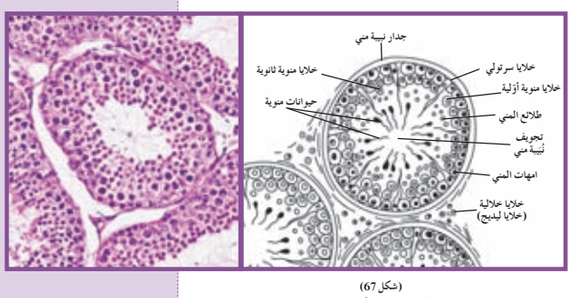
الخصيتان Testicles هما الغدد التناسلية لدى الرجل، وتملكان تقريبًا الحجم نفسه. يبلغ طولهما نحو 5 cm، وعرضهما 3.5 cm، وسماكتهما 2.5 cm.

تتألّف كلّ خصية من بربخ، وشبكة قنوات صغيرة تُسمّى نُبَيبات المني، وخلايا خلالية Interstitial Cells تسمّى **خلايا ليديج Leydig Cells**.
تُقسم الخصية إلى أكثر من 200 فصّ يحوي كلّ منها ما بين 400 و600 **نُبَيبة مني Seminiferous Tubules**، وهي مجموعات من مئات النُبَيبات الدقيقة والمشدودة والملتفّة داخل كلّ خصية، حيث تبدأ عملية تكوّن الحيوانات المنوية. وتفرز الخلايا الخلالية بين النُبَيبات هرمونات الأندروجين، وأبرزها التستوستيرون.
ثمّ تلتقي هذه النُبَيبات في ما بينها (شبكة الخصية) لتُشكّل الأوعية الناقلة وتُعرف بالقنيات الصادرة عن الخصية، ومن ثمّ البربخ الذي يتألّف من أوعية دقيقة ذات التفافات متعدّدة تصل الأوعية الناقلة بنُبَيبات المني الشكل (66).



(شكل 66)
الخصية وتركيبها

تتكوّن الحيوانات المنوية في الخصيتين داخل نُبَيبات المني التي تُغطّى جدرها خلايا تُسمّى **أمهات المني Spermatogonia**. تنقسم أمهات المني ميتوزيًّا للتضاعف ولتكوين الحيوانات المنوية بشكل متواصل (شكل 67).



(شكل 67)
مقطع عرضي لبعض نُبَيبات المني

تملك هذه الخلايا تركيبًا كروموسوميًّا يتألّف من 46 كروموسومًا، أي 44 كروموسومًا جسميًّا وكروموسومين جنسيين X وY. وينمو بعضها داخل القنوات، وتسمّى الخلايا النطفية (المنوية) الأوّلية (46 كروموسومًا) Primary Spermatocytes، وتشهد انقسامًا ميوزيًّا لتعطي خليتين منويتين ثانويتين (23 كروموسومًا) Secondary Spermatocytes، تملك إحداهما 22 كروموسومًا جسميًّا وكروموسومًا جنسيًّا X، والأخرى 22 كروموسومًا جسميًّا وكروموسومًا جنسيًّا Y. تنقسم هاتان الخليتان مجدّدًا انقسامًا ميوزيًّا ثانيًا لتُشكّل الواحدة منهما خليتين من طلائع المني. ويخضع كلّ منهما إلى سلسلة تحوّلات معقّدة لتصبح حيوانًا منويًّا Spermatozoon (شكل 68).

* ماذا تحوي كلّ خليّة من الكروموسومات؟ **(كلّ خليّة هي خليّة فردية المجموعة الكرموسومية، أي أنّها تحوي 22 كروموسومًا جسميًّا وكروموسومًا جنسيًّا واحدًا (X أو Y)، ويتكوّن كلّ كروموسوم من كروماتيدَين مرتبطين بالسنترومير.)**

* ماذا يحصل في خلال الانقسام الميوزي الثاني؟ **(تنقسم كلّ خليّة نطفية ثانوية إلى خليتين، تُسمّى كلّ واحدة النطفة الأرومية. وتكون كلّ نطفة أرومية فردية المجموعة الكرموسومية (n) ولكنّ كلّ كروموسوم يتكوّن من كروماتيد واحد.)**

المرحلة الرابعة وتدعى مرحلة التمايز. وهي سلسلة من التحوّلات التي تطرأ على النطفة الأرومية لتصبح حيوانًا منويًّا. تستمرّ هذه المرحلة حوالى ثلاثة أسابيع. أُطلب إلى الطلّاب أن يشرحوا تكوُّن الحيوان المنوي إنطلاقًا من النطفة الأرومية. **(لا يوجد انقسامات بل تغيُّر في الشكل. تتخلّص النطفة من معظم السيتوبلازم ويتكوّن الذيل.)**

(ب) تركيب الحيوان المنوي

دع الطلّاب يدرسون الشكل (69) وأشر إلى أهمّية الحيوان المنوي ودوره في عملية التكاثر، إسأل الطلّاب:

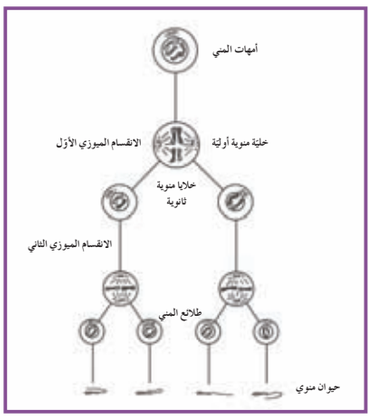
* ما هو الحيوان المنوي؟ **(هو الخليّة التناسلية الذكرية أو المشيج الذكري الذي ينتجه الجهاز التناسلي الذكري.)**

* ما هي أقسام الحيوان المنوي؟ **(الرأس، والقطعة المتوسّطة، والذيل)**

* ما دور كلّ قسم من أقسام الحيوان المنوي؟ **(يحتوي الرأس على النواة التي تحتوي على الكروموسومات المسؤولة عن نقل الصفات الوراثية من الوالد إلى نسله، وعلى الجسيم الطرفي الذي يحتوي بدوره على إنزيمات تؤدّي دورًا مهمًّا في عملية الإخصاب. وتحتوي القطعة المتوسّطة على الميتوكوندريا التي تمدّ الخليّة بالطاقة، والذيل الذي يدفع الحيوان المنوي تجاه البويضة.)**

* ما مسار الحيوان المنوي من مكان تكوُّنه إلى حين خروجه؟ **(يتكوّن الحيوان المنوي في نُبيْبات المني في الخصية، ثمّ يتّجه نحو البربخ حيث يُخزَّن حتّى ينضج، وينساب داخل الوعاء الناقل إلى مجرى البول ليُقذَف بعدها إلى الخارج الجسم.)**

أُطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "تشريح خصية خروف" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة من صفحة 29 إلى 32. يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحديد أقسام الخصية ووظيفة كلّ منها.



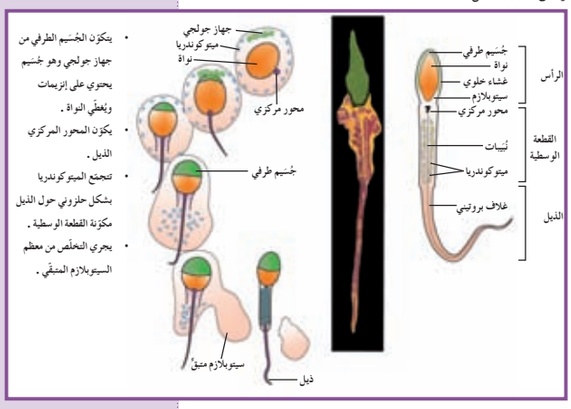
(شكل 68)
عملية تكوين الحيوانات المنوية
الحيوان المنوي هو المشيج الذكري أو الخليّة الجنسية

في خلال عملية تكوّن الحيوانات المنوية، تؤدّي خلايا متخصّصة من مثل **خلايا سرتولي Sertoli Cells** وظائف مهمّة، كالحماية والتغذية ونقل الرسائل الكيميائية أي الهرمونات. تتطلّب العملية الكاملة التي تحوّل أمهات المني إلى حيوان منوي نحو 72 يومًا، ويحدث هذا التحوّل لدى الرجل ابتداءً من مرحلة المراهقة، وحتّى سنّ متقدّمة من دون توقّف. ولكن قد يبطئ هذه العملية الإجهاد وبعض الأمراض والشيخوخة.

2.2 تركيب الحيوان المنوي Spermatozoon Structure

الحيوان المنوي هو خلية سوطية مؤلّفة من ثلاثة أجزاء هي الرأس، القطعة الوسطية، والذيل (شكل 69). يتألّف الرأس من النواة التي تحتوي على المادّة الكروموسومية، ومن جُسَيم طرفي (أو غطاء صغير) Acrosome، يتقدّم الرأس ويمتلئ بمادّة سائلة تحتوي بعض الإنزيمات التي تساعد في عملية اختراق جدار البويضة. أمّا القطعة الوسطية، فتحتوي على كمّية قليلة من السيتوبلازم غير كافية لضمان استمرارية حياة مستقلّة للحيوان المنوي، ما يجبره على التغذّي مباشرةً من عناصر السائل المنوي الغذائية.

ينشأ الذيل، من محور الرأس المركزي عند العنق ثمّ يعبر القطعة الوسطية، وهو مسؤول عن حركة الحيوان المنوي المستقلّة إذ أنّه يتنقّل بفضل حركات الدفع التي يقوم بها الذيل. تتّجه الحيوانات المنوية، فور تكوّنها، من نُبيبات المني نحو البربخ حيث تُخزّن حتّى تنضج. وإن لم تُقذَف في خلال فترة تتراوح بين 30 و60 يومًا، تتحلّل لإعادة تصنيعها. تُعَدّ عملية تكوّن الحيوانات المنوية ثابتة، وتنتج في الحالات الطبيعية ما بين 300 إلى 800 مليون خليّة في كلّ قذفة (بحسب حجم السائل المنوي المقذوف). وقد ينخفض عددها في حال حدوث قذف متعدّد في وقت قصير (بضع ساعات). قد تستمرّ عملية تكوين الحيوانات المنوية حتّى سنّ متقدّمة لدى الرجال (أحيانًا حتّى سنّ الـ 70 أو 80)، ولكن بكمّيات أقلّ.



(شكل 69)
مراحل تكوّن الحيوان المنوي انطلاقًا من طلائع المني. ما الأقسام الثلاثة لخلية الحيوان المنوي؟

3.2 الجهاز التناسلي الأنثوي

دع الطلّاب يدرسون الشكل (80). اِسألهم:

* ما هي تراكيب الجهاز التناسلي الأنثوي؟ **(قناتا فالوب، والمبيضان، والرحم، والمهبل)**

اِشرح أنّ قناتي البويضات تسمّيان قناتي فالوب، وأنّ الزوائد التي تشبه الأصابع في نهاية قناتي فالوب تنتقل بحركة موجية فتحدث تيّارًا يساعد على سحب البويضة من أحد المبيضين إلى داخل قناة فالوب. اِسألهم:

* ما الوظيفة الأساسية لقناتي فالوب؟ **(تهيّئان ممرًّا للبويضة لتنتقل من المبيض إلى الرحم.)**
* ما الذي يحدث للبويضة بعد أن تدخل قناة فالوب؟ **(تنتقل عبر قناة فالوب إلى الرحم.)**

أُطلب إلى الطلّاب تحديد موضع مجرى البول في شكل (70). ذكّر الطلّاب أنّ مجرى البول لدى الذكور ينقل الحيوانات المنوية والبول إلى خارج الجسم، إلّا أنّها تنقل البول فحسب لدى الإناث. لذا فإنّ مجرى البول ليس له وظيفة تكاثرية لدى الإناث.

(أ) المبيضان وعملية تكوين البويضات

اِسأل الطلّاب:

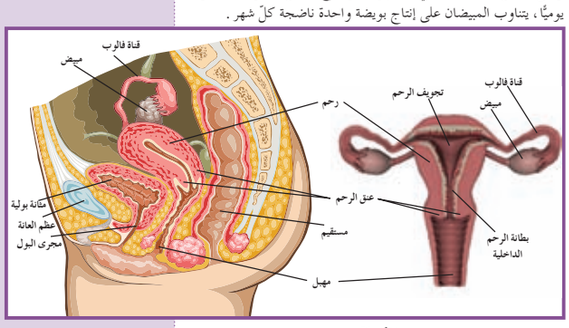
* ما وظيفة المبيض؟ **(إنضاج البويضات وإفراز هرمونين جنسيين أنثويين هما الإستروجين وبخاصّة الإستراديول والبروجستيرون.)**
* ما وظيفة هذين الهرمونين؟ **(هما مسؤولان عن التكاثر وظهور الخصائص الجنسيّة الأولية والثانوية.)**

أكّد للطلّاب أنّ عملية تكوين البويضة تتضمّن المراحل الأربع نفسها التي يمرّ بها تكوين الحيوان المنوي مع بعض الفروقات، وهي أنّ مرحلة تكاثر خلايا الأمّ أو المولّدات البيضية ومرحلة النمو لتصبح خلايا بيضية أوّلية تحدثان بينما لا تزال الأنثى جنينًا. كذلك تبدأ مرحلة الانقسام الميوزي الأوّل في المرحلة الجنينية، إنّما يتوقّف الانقسام أو يتجمّد في الطور التمهيدي الأوّل. عندما تولد الأنثى، يكون لديها في المبيضين حوالى 400 000 حويصلة أوّلية تحتوي كل منها على خليّة بيضية أوّلية مجمّدة في الطور التمهيدي الأوّل. عند سنّ البلوغ، يُستأنَف الانقسام الميوزي الأوّل للخليّة البيضية الأوّلية داخل حويصلة غراف قبل بضع ساعات من عملية الإباضة، فتنقسم الخليّة لتعطي خليّة بيضية ثانوية وجسمًا قطبيًّا أوّلًا. ثمّ يبدأ الانقسام الميوزي الثاني، ولكنّ الخليّة البيضية الثانوية تتجمّد في الطور الاستوائي الثاني. يكتمل الانقسام الميوزي الثاني فحسب في حال تمّ إخصاب الخليّة البيضية الثانوية لتصبح بويضة ملقّحة.

3. الجهاز التناسلي الأنثوي

The Female Reproductive System

يوضّح الشكل (70) التراكيب الرئيسية للجهاز التناسلي الأنثوي.
يبدأ البلوغ لدى الإناث عندما يرسل تحت المهاد إشارات إلى الغدّة النخامية لتفرز هرموني FSH و LH. يحثّ هرمون FSH الخلايا في المبيض على إفراز **الإستروجين Estrogen**، وهو الهرمون الأنثوي الجنسي الذي يؤثّر في الخلايا المستهدَفة ليسبّب ظهور الخصائص الجنسية الثانوية لدى الأنثى، مثل نموّ الجهاز التناسلي، واتّساع الأرداف، ونموّ الثديين. كما يهيّئ جسم الأنثى لتغذية الجنين النامي وإنتاج البويضات.
وعلى عكس الجهاز التناسلي الذكري الذي ينتج ملايين الحيوانات المنوية يوميًّا، يتناوب المبيضان على إنتاج بويضة واحدة ناضجة كلّ شهر.



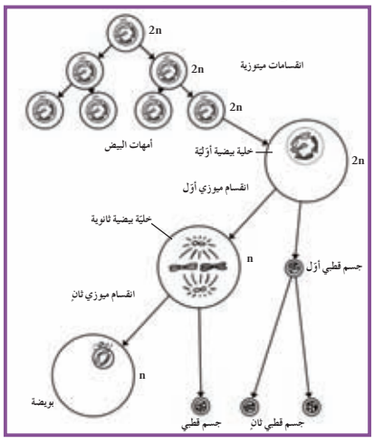
(شكل 70)
التراكيب الأساسية للجهاز التناسلي الأنثوي هي المبيضان، قناتا فالوب، الرحم والمهبل.

1.3 المبيضان وعملية تكوين البويضات

Ovaries and Ovogenesis

المبيضان موجودان على طرف قناتي فالوب وليسا متعلّقين بهما. هما بيضويا الشكل ومفلطحان بعض الشيء، طولهما 3cm، وعرضهما 2cm، وتتراوح سماكتهما بين 1cm و1.5cm ويظلّان ثابتين في مكانهما بفضل طيّات عديدة من الروابط. **المبيضان Ovaries هما العضوين الأنثويين ولهما وظيفتين هما إنضاج البويضات، وإفراز هرمونين جنسيين أنثويين** هما الإستروجين (وبخاصة الإستراديول الذي يُعَدّ أحد نماذج هرمون الإستروجين النشط بيولوجيًّا)، والبروجستيرون. هذان الهرمونان مسؤولان عن التكاثر وظهور الخصائص الجنسية الأوّلية والثانوية.

تُسمّى الخلايا الأمّ في عملية تكوين البويضات **أمهات البيض Ovogonia**، وتحتوي على 44 كروموسومًا جسميًّا وكروموسومين جنسيين XX. في خلال طور نموّ الجنين، تنمو بضعة آلاف أمهات البيض لتصبح خلايا بيضية أوّلية 46 كروموسومًا Primary Ovocytes، يحمي كلّ منها جسم كروي الشكل يُسمّى حويصلة أوّلية Primary Follicle. يموت عدد كبير من هذه الخلايا البيضية عند تكوّنها، ويُجمّد الباقي في الطور التمهيدي الأوّل، الذي يستمرّ حتّى سنّ المراهقة، وتستكمل فيه الخلايا تحوّلها الواحدة تلو الأخرى. قبل الإباضة، تنقسم الخليّة البيضية الأوّلية انقسامًا ميوزيًّا فتشكّل خليّة بيضية ثانوية (23 كروموسومًا) Secondary Ovocyte وجسمًا قطبيًّا أوّلًا First Polar Body صغيرًا. تحتوي كلّ خليّة على 22 كروموسومًا جسميًّا وكروموسوم جنسي X وتُجمّد من جديد في الطور الاستوائي الثاني. تنقسم هذه الخلايا مرّة جديدة في إحدى قناتي فالوب بعد الإباضة في حال الإخصاب. ينتج الجسم القطبي جسمين قطبيين آخرين، أمّا الخليّة البيضية الثانوية فتنتج جسمًا قطبيًّا وخليّة أخرى أكبر حجمًا تُسمّى **البويضة Ovum** (شكل 71).



(شكل 71)
تكوين البويضة من أمهات البيض.

أشر إلى أنّ قطر بويضة الإنسان يساوي حوالى 0.14 mm. ومع ذلك، فغالبًا ما تكون البويضة أكبر 200 000 مرّة من حجم الحيوان المنوي. إنّ حجم البويضة الكبير ضروري لأن البويضة تحتوي الغذاء اللازم لتغذية الزيجوت حتى يغرس نفسه في الرحم. لا بدّ من أن يزوّد الحيوان المنوي البويضة بالمادّة الوراثية.

نشاط سريع

أُرسم شكلًا بسيطًا على السبّورة لتوضّح كيف تنقسم البويضة غير الناضجة ميوزيًّا لتكوّن بويضة ناضجة كبيرة واحدة. أُرسم زوجًا واحدًا من الكروموسومات على الأقلّ في الشكل لتوضّح كيف ينتج الانقسام الميوزي خلايا فردية المجموعة الكروموسومية. اِسأل الطلّاب:

- لماذا تسمّى البويضة الناضجة خليّة فردية المجموعة الكروموسومية؟ **(لأنها تحتوي على نصف عدد الكروموسومات (n).)**
- ما هي الخلايا الفردية المجموعة الكروموسومية الموجودة في أجسام الذكور؟ **(الخلايا المنوية)**
- لماذا يجب أن يكون كلّ من البويضات والحيوانات المنوية وحيدة المجموعة الكروموسومية؟ **(لكي ينتجا باتحادهما معًا عند الإخصاب خلايا تحتوي العدد الزوجي الأصلي من الكروموسومات.)**

4.2 دورة الحيض (الدورة الشهرية)

بعد مراجعة الطلّاب لمراحل الدورة الشهرية، اِسأل:

- لماذا تتكرر الدورة الشهرية بصفة ثابتة؟ **(إجابات ممكنة: لإعطاء فرص أكثر لحصول الإخصاب والتكاثر، لتجديد بطانة الرحم الدموية بصفة ثابتة. تقبل جميع الإجابات المعقولة.)**

كوّن علاقات

صلة بالرياضيات

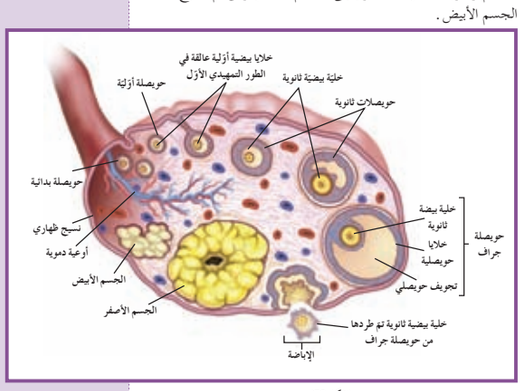
اِسأل:

- إذا بدأت أنثى في إنتاج بويضات ناضجة في سن 13 واستمرت من دون انقطاع حتى سن 48، كم عدد البويضات الناضجة الذي أنتجته خلال هذه الفترة من حياتها تقريبًا؟ **(بويضة واحدة تقريبًا لكلّ شهر لمدّة 35 سنة، أو العدد الكلّي حوالى 420 بويضة)**

عند المراهقة، تنضج حويصلة أوّلية وتُحرّر البويضة بالإباضة الشّكل (82). البويضة خليّة أكبر من الحيوان المنوي أو خلايا الجسم الأخرى. يحوي المبيضان، عند الولادة، ما بين 400 000 و500 000 حويصلة أوّلية، يحتوي كلّ منها على خلية بيضية واحدة أو بويضة غير ناضجة. يموت عدد كبير منها ويبقى ما بين 20 000 و30 000 عند سنّ البلوغ، ثمّ تتناقص إلى أن تختفي جميعها عندما تصبح المرأة في الخمسينيات من عمرها تقريبًا.

يُطلق المبيضان خلال فترات الإخصاب لدى المرأة، ما بين 375 و450 بويضة.

تحتاج الحويصلة الأوّلية إلى فترة تتراوح بين 10 و14 يومًا كي تنضج وتُسمّى **حويصلة جراف Graafian Follicle**. في الحالات الطبيعية، تنشقّ الحويصلة، وتخرج البويضة مُحاطة بخلايا حويصلية، ثمّ تنتقل بفعل حركة الأهداب الموجودة على طرف قناة فالوب الواسعة. تتمّ الإباضة قبل 14 يومًا من الحَيض التالي، وتظلّ البويضة حيّة ما بين 12 و24 ساعة وأحيانًا لمدّة 48 ساعة، وإن لم تُلقَّح تموت وتخرج من الجسم وحويصلة جراف تتحوّل إلى الجسم الأصفر ومن ثمّ تصبح الجسم الأبيض.



(شكل 72)
عملية تكوين البويضات

يلخّص الجدولان (2) و(3) الفرق بين البويضة والحيوان المنوي وعملية تكوينهما.

عملية تكوين الحيوانات المنوية	عملية تكوين البويضات
سنّ البلوغ	فور تكوّن الجنين
إنتاج متواصل للأمشاج	إنتاج دوري للأمشاج
تراجع أداء الأعضاء التناسلية تدريجيًّا مع التقدّم في السنّ	توقّف سريع لأداء الأعضاء التناسلية عند بلوغ مرحلة انقطاع الحَيض
إنتاج عدد كبير من الحيوانات المنوية	إنتاج عدد محدّد من البويضات

(جدول 2)
مقارنة بين عملية تكوين الحيوانات المنوية وعملية تكوين البويضات.

	البويضة	الحيوان المنوي
الحجم	كبيرة	صغير
الشكل	دائرية	طوليّ
الحركة	ثابتة	متحرّك

(جدول 3)
مقارنة بين الحيوان المنوي والبويضة.

4. دورة الحَيض (الدورة الشهرية)

The Menstrual Cycle

بعد البلوغ، **بسبب تفاعل الجهاز التناسلي والجهاز الهرموني لدى الإناث سلسلة معقّدة من الأحداث المتعاقبة تُسمّى دورة الحَيض Menstrual Cycle، وتستغرق الدورة نحو 28 يومًا، وتنظّمها الهرمونات التي تُضبط بالتغذية الراجعة السالبة**، (أي أنّ نقص إفراز أيّ مادّة أو زيادته يترتّب عليه تفعيل آلية تعمل على زيادة إفراز مادّة أخرى أو كبحه). أثناء دورة الحَيض، تنمو البويضة وتُقذف من المبيض، ويُجهَّز الرحم لاستقبال البويضة المخصَّبة. إذا خُصّبت البويضة بعد الإباضة، تنغرس في بطانة الرحم ويبدأ النموّ الجنيني. أمّا إذا لم تُخصَّب فتُطرَد إلى خارج الجسم مع بطانة الرحم.

تُقسَم دورة الحَيض إلى أربعة أطوار هي الطور الحويصلي، طور الإباضة، طور الجسم الأصفر والحَيض.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد بعض الطلّاب أن توقف الدورة الشهرية هو دائمًا مؤشر للحمل. اِشرح أنّ الحمل يسبّب توقف الدورة الشهرية، ولكن هناك عوامل أخرى مثل التوتر أو المرض قد تسبب توقف الدورة. إذا توقفت الدورة الشهرية لأكثر من أسبوع، فقد يشير ذلك إلى المرض ويجب استشارة الطبيب.

قد يكون لدى الطلّاب اعتقاد خاطئ أن متوسط طول الدورة الشهرية أو دورة الحيض، الذي يبلغ 28 يومًا، هو الطول الطبيعي، وأن الدورات الأقصر أو الأطول غير طبيعية. أشر إلى أن الدورة الشهرية الطبيعية يمكن أن تتراوح مدتها من 20 إلى 36 يومًا ويستغرق الطمث أو الحيض الطبيعية من 3 إلى 6 أيام.

دع الطلّاب يدرسون شكل (73) واسألهم:

- ما هما الهرمونان المتواجدان في أعلى مستوى قبل الإباضة؟ **(LH ،FSH)**
- متى يبلغ مستوى هرمون البروجيسترون الذروة؟ **(في خلال مرحلة الجسم الأصفر)**
- في أيّ أيام من الدورة الشهرية يحدث الحيض؟ **(من اليوم الأوّل إلى اليوم الخامس)**
- ما الذي يحدث لبطانة الرحم بين اليوم الخامس واليوم الرابع والعشرين؟ **(تزداد سُمكًا.)**
- في أي يوم من الدورة الشهرية تنطلق البويضة من الحويصلة؟ **(اليوم الرابع عشر تقريبًا)**
- متى يكون هرمون الأستروجين عند أعلى مستوى (تركيز)؟ **(في اليوم الثاني عشر تقريبًا، قبل الإباضة مباشرة)**
- متى تنخفض كمّية هرمون البروجيسترون؟ **(في اليوم الرابع والعشرين تقريبًا، نحو نهاية طور الجسم الأصفر)**

3. قيّم وتوسّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

اعرض على الطلّاب صورًا للجهازين التناسليين الذكري والأنثوي واضعًا أرقامًا بدلًا من بيانات.

دع الطلّاب يعرفون كل رقم من حيث التركيب والوظيفة. ثم اسألهم أن يُعدّوا مخطّطًا ورقيًّا يوضّح مسارات الحيوان المنوي والبويضة خلال الأجهزة التناسلية.

1.4 الطور الحويصلي Follicular Phase

مع إنتهاء دورة الحَيض، ينخفض مستوى الإستروجين والبروجستيرون في الدم، لتبدأ دورة حَيض جديدة تدوم حوالي 28 يومًا. تبدأ الدورة بالطمث (يُعتبَر أوّل يوم من الطمث أوّل يوم من دورة الحَيض، ويتزامن مع بدء الطور الحويصلي). يستجيب تحت المهاد لانخفاض نسبة هرمون الإستروجين في الدم بإنتاج هرمون محرّر GnRH، يحثّ الفصّ الأمامي للغدّة النخامية على إفراز هرمون FSH، وهرمون LH بنسبة أقلّ. ينتقل هذان الهرمونان عبر الجهاز الدوري إلى المبيضين، حيث يحفّزان نموّ الحويصلة ونضجها.

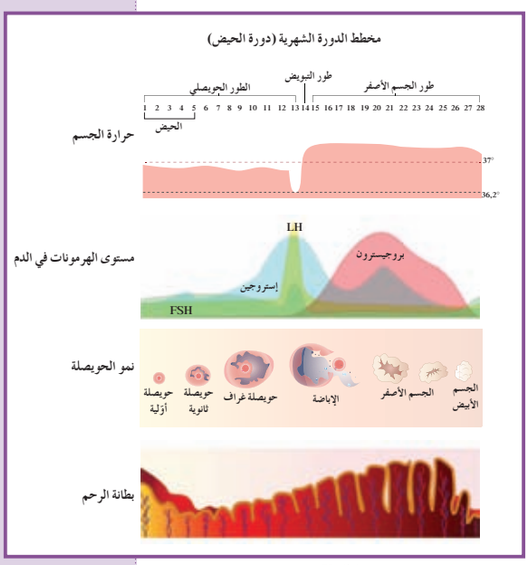
في أغلب الأحيان، لا تنمو حويصلة واحدة فحسب في خلال الدورة نفسها، إنّما تنمو حوالي 10 حويصلات. ولكن لا تنضج إلّا حويصلة واحدة منها لتصبح حويصلة جراف، فيما تتحلّل الحويصلات الأخرى. بنموّ الحويصلة، تتضخّم الخلايا حول البويضة، وتبدأ بإنتاج الإستروجين بكمّيات زائدة، فتصبح بطانة الرحم أكثر سماكة استعدادًا لاستقبال بويضة مخصَّبة. يستغرق نموّ البويضة في هذه المرحلة من الدورة نحو 10 أيام.

وتجدر الإشارة إلى حدوث تغيّرات دورية أخرى في المهبل، وعنق الرحم، وقناتي فالوب من أجل تسهيل مرور الحيوانات المنوية والإخصاب، وتتغيّر درجة حرارة جسم الأنثى.

2.4 طور الإباضة Ovulation

يُعَدّ هذا الطور أقصر أطوار الدورة، وهو يحدث في منتصف الدورة ويستمرّ ثلاثة أو أربعة أيام. في نهاية الطور الحويصلي، يزداد إنتاج الإستروجين بشكل كبير، ما يسبّب وصول تغذية راجعة إيجابية إلى محور تحت المهاد – الغدّة النخامية – فيزيد تحت المهاد إفرازه GnRH. يحفّز GnRH الغدّة النخامية على إفراز كمّية كبيرة من هرمون LH بشكل فجائي، ولوقت وجيز، فضلًا عن ارتفاع كمّية هرمون FSH، ولكن بنسبة أقلّ. لإفراز هرمون LH تأثير قوّي في الحويصلة، إذ تتمزّق وتقذف البويضة الناضجة إلى إحدى قناتي فالوب.

قبل الإباضة تنخفض درجة حرارة الجسم إلى حوالي 36.2°C، وترتفع بعدها بدرجة ملحوظة لتصل إلى حوالي 37.2°C وتبقى مرتفعة إلى أن تبدأ الدورة الثانية (شكل 73).



(شكل 73)
لاحظ تغيّر حرارة الجسم ومستوى الهرمونات في الدم، ونموّ الحويصلة، وتغيّر سماكة بطانة الرحم في خلال دورة الحَيض.

3.4 طور الجسم الأصفر Luteal Phase

بعد الإباضة تتحوّل الحويصلة إلى جسم أصفر وتستمر في إفراز هرمون الإستروجين وتبدأ بإفراز هرمون البروجيسترون لتحضير الرحم للحمل. في خلال اليومين الأوّلين من طور الجسم الأصفر، بعد الإباضة مباشرة، تصبح فرص إخصاب البويضة أكبر، وغالبًا ما يحدث الإخصاب عند الإباضة بعد 10 إلى 14 يومًا من استكمال دورة الحَيض السابقة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–4

1. الخصيتان لدى الذكر تنتج الحيوانات المنوية، الأوعية الناقلة تحمل الحيوانات المنوية وتحمل السائل المنوي من الغدد الملحقة وتنقل كل ذلك إلى مجرى البول في القضيب.
المبيضان لدى الأنثى ينتجان البويضات ثم تنقل أنابيب فالوب البويضات إلى الرحم (ويحدث الإخصاب في قناة فالوب) ثم يستقبل الرحم، الذي تساعد بطانته الدموية على نمو الجنين، البويضة المخصبة، والمهبل وهو المجرى التناسلي للأنثى.
2. الطور الحويصلي: تفرز الغدّة النخامية هرمونات FSH، LH يحثّا المبيض على نمو ونضج الحويصلة.
طور الإباضة: يتم فيه إنتاج دفعة أخرى من FSH، LH ما ينبه الحويصلة على إطلاق البويضة إلى قناة فالوب.
طور الجسم الأصفر: يفرز الجسم الأصفر هرموني الإستيروجين والبروجيسترون لنمو بطانة الرحم وتصبح جاهزة لاستقبال البويضة المخصبة.
طور الحيض: انهيار بطانة الرحم وخروج الدم، أي الحيض.
3. هرمون LH.
4. التستوستيرون: هرمون ذكري رئيس مسؤول عن ظهور المظاهر الجنسية الثانوية لدى الذكر عند البلوغ.
البروجيسترون: هرمون أنثوي يعمل على نمو بطانة الرحم لتصبح جاهزة لاستقبال البويضة المخصبة.
5. البلوغ هو فترة النمو والنضج الجنسي ويصبح الجهاز التناسلي مكتمل الوظيفة. ويرجع ذلك إلى إنتاج الغدّة النخامية معدّلات مرتفعة من هرمون FSH، LH.
6. لإنتاج ATP اللازم لتحريك السوط أثناء رحلة الحيوان المنوي في قناة فالوب.

تبدأ البويضة بالإنقسام إذا أخصبها حيوان منوي. وبعد عدّة انقسامات، تتكوّن كرة من الخلايا تغرس نفسها في بطانة الرحم. وبعد أيام قليلة من الانغراس، تفرز المشيمة هرمونات تحافظ على استمرار أداء الجسم الأصفر وظائفه لعدّة أسابيع. يسمح ذلك لبطانة الرحم بحماية الجنين النامي وبتغذيته. وفي حال لم يتمّ الإخصاب يتحلّل الجسم الأصفر تدريجيًا في الأيام المقبلة.

4.4 الحَيض (الطمث) Menstruation

ماذا يحدث إذا لم تُخصَّب البويضة؟

بعد يومين أو ثلاثة من طور الإباضة، تمرّ البويضة عبر الرحم من دون أن تغرس، ويبدأ الجسم الأصفر بالتفتّت. ويضعف تدريجيًا إفراز الحويصلة التي تمزّقت للإستروجين والبروجستيرون. ونتيجة لذلك، ينخفض مستوى هذين الهرمونين في الدم.

عندما ينخفض مستوى الإستروجين عن مستوى معيّن، تبدأ بطانة الرحم بالانفصال عن جدار الرحم، ويُطرَد معها الدم والبويضة غير المخصّبة من خلال المهبل. يُسمّى هذا الطور من الدورة الحَيض أو الطمث Menstruation ويستمرّ ما بين ثلاثة وسبعة أيام. يُعتبَر أوّل يوم من الحَيض بداية دورة جديدة. يعود النزيف المرافق للحَيض إلى انسلاخ الطبقة السطحية من بطانة الرحم، ما يمزّق الأوعية الدموية تحتها ويسبّب النزيف.

بعد انتهاء الحَيض بأيّام قليلة، ينخفض معدّل الإستروجين في الدم، مرّة أخرى، بدرجة كافية لحثّ تحت المهاد على إنتاج وإفراز هرمون مُحرّر GnRH مجدّدًا فتبدأ الغدّة النخامية بإفراز هرموني FSH وLH (تغذية راجعة سالبة)، لإكمال دورة الحَيض الجديدة.

مراجعة الدرس 2–4

1. أذكر وظائف الجهازين التناسلين الذكري والأنثوي لدى الإنسان.
2. ماذا يحدث في خلال كلّ من أطوار دورة الحَيض الأربعة؟
3. ما الهرمون الذي يُفرَز بأعلى معدّل في خلال طور الإباضة؟
4. **التفكير الناقد:** حدّد وظيفة التستوستيرون والبروجستيرون.
5. ما المقصود بالبلوغ؟ وما الذي يحفّزه؟
6. لماذا تحتوي الحيوانات المنوية على عدّة ميتوكوندريا؟

101

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارتين التاليتين:

مهارة استخدام النماذج: شجِّع الطلّاب على القيام بشكل تخطيطي لنموذج آليات التغذية المرتدّة السالبة التي تنظم الدورة الشهرية عندما لا يتمّ إخصاب البويضة. يجب أن توضح أشكال الطلّاب كيف تتغيّر مستويات هرمونات LH، FSH، الأستروجين والبروجستيرون أثناء الدورة، وكيف تؤثّر هذه الهرمونات في الأعضاء والغدد. أُطلب إلى الطلّاب المتطوّعين أن يعرضوا أشكالهم التي رسموها على باقي زملائهم في الفصل. اِسأل:

- ماذا يحدث لمستويات الهرمونات إذا تمّ إخصاب البويضة؟

(يستمرّ الجسم الأصفر في إنتاج الأستروجين والبروجستيرون، ولا تنتج الغدّة النخامية هرموني LH وFSH بسبب المستوى العالي لهرمون الأستروجين.)

مهارة الاستنتاج: أشر إلى عدد الحيوانات المنوية الهائل في كل ملليمتر مكعب من السائل المنوي. اِسأل:

- ما قيمة إنتاج هذا العدد الهائل من الحيوانات المنوية؟

(لزيادة الفرص التي يمكن لحيوان منوي واحد أن يصل فيها إلى البويضة ويخصبها.)

الأهداف:
- يصف عملية الإخصاب والانغراس الجنيني.
- يصف خطوات نموّ جنين الإنسان.
- يشرح عملية الولادة.
- يصف مراحل نموّ جنين الإنسان.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات للمراحل المختلفة لنموّ جنين الإنسان.

صفحات الطلّاب: من ص 109 إلى ص 114

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 74) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. اشرح أنه بالرغم من إنتاج ملايين الحيوانات المنوية في جسم الذكر إلا أن حيوانًا منويًّا واحدًا فقط يخصب البويضة. اِسأل:

- ما فائدة إفراز ملايين الحيوانات المنوية بدلًا من حيوان منوي واحد فقط؟ **(العدد الهائل من الحيوانات المنوية يزيد فرصة إخصاب حيوان منوي واحد للبويضة.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول نموّ الإنسان وتطوّره، وجِّه إليهم السؤال التالي:

- كيف يتطوّر الزيجوت إلى جنين؟ **(ينمو الزيجوت إلى الكيسة الأريمية التي تتطوّر إلى طور الحويصلة الفوهية (الجاسترولا.) خلال مرحلة الجاسترولا تنمو الطبقات الخلوية وتتحول إلى أنسجة مختلفة وأعضاء.)**

نشاط سريع

اجمع صورًا للمراحل المختلفة لنموّ جنين الإنسان. حفِّز الطلّاب على ترتيب الصور من المرحلة المبكرة حتى المرحلة الأخيرة. أخبر الطلّاب أن يتحرّوا الدقة في ترتيبهم عند اكتمال الدرس.

2. علِّم وطبِّق

1.2 الإخصاب

- ما المقصود بالإخصاب؟ **(الإخصاب هو اتحاد نواة الحيوان المنوي بنواة البويضة.)**
- كيف يخترق الحيوان المنوي الطبقة الواقية والسميكة للبويضة؟ **(عندما يلتصق الحيوان المنوي بجدار البويضة، يتمزق الجسيم الطرفي في رأس الحيوان المنوي وتفرز منه إنزيمات تحطّم هذه الطبقة الواقية.)**

الدرس 2-5
نموّ الإنسان وتطوّره
Human Growth and Development

الأهداف العامة
- يصف عملية الإخصاب والانغراس الجنيني.
- يصف خطوات نموّ جنين الإنسان.
- يشرح عملية الولادة.
- يصف مراحل نموّ جنين الإنسان.

(شكل 74)

قد تحتوي قطرة من السائل المنوي لدى الإنسان على ملايين من الحيوانات المنوية يموت أغلبها في السباق باتّجاه البويضة. تعيش عدّة حيوانات منوية لتثبت على سطح البويضة، كما يبيّن الشكل (74). بمجرّد أن يخترق حيوان منوي واحد غطاء البويضة، تقوم هذه الأخيرة بإفراز مادّة تمنع الحيوانات المنوية الأخرى من الدخول إليها.

1. الإخصاب Fertilization

عندما تتواجد الحيوانات المنوية في جهاز الأنثى، وتحديدًا في قناة فالوب تُخصّب البويضة الناضجة. لذلك، تنطلق أثناء عملية القذف مئات الملايين من الحيوانات المنوية بنشاط عبر الرحم إلى داخل قناة فالوب إلّا أنّ 8% منها فقط يصل إلى أعلى منطقة في قناة فالوب. عندئذٍ إذا وُجدت بويضة في إحدى قناتي فالوب، تكون فرصة إخصابها بحيوان منوي كبيرة. تُحاط البويضة بطبقة سميكة واقية تحتوي على مواقع ارتباط يمكن أن تثبّت بها الحيوانات المنوية.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

أمر غريب، أنتما لا تبدوان توأمين.
ثمّة نوعان من التوائم البشرية هما التوائم المتماثلة التي تنشأ من بويضة واحدة مخصّبة وتحمل جينات وراثية متماثلة، والتوائم المتآخية التي تنشأ من بويضتين مختلفتين مخصّبتين في الوقت نفسه بحيوانين منويين، لكلّ منهما خصائص وراثية معيّنة.

102

تاريخ العلم

لم يكن باستطاعة علماء العصور القديمة أن يلاحظوا عملية الإخصاب، لذا لم يكن لديهم الدليل المباشر عن كيفية حدوثها. ظن أرسطو أن المنى كان البذرة التي تعطي فردًا جديدًا وأن جسم الأنثى كان ببساطة المكان الذي تتم فيه عملية تغذية البذرة. في منتصف القرن السابع عشر، عندما اخترع المجهر، كان العلماء قادرين على رؤية الحيوان المنوي للإنسان لأوّل مرة. من جهة أخرى، ادّعى البعض أنهم قد شاهدوا إنسانًا دقيقًا خلال كل حيوان منوي، فسموه القزم. وفي القرنين الثامن عشر والتاسع عشر درس العلماء بويضة الضفدعة، لأنه يمكن رؤية بويضات البرمائيات بواسطة العدسات المكبرة. تمكن العلماء من مشاهدة كيف تطوّرت البويضة المخصبة من مرحلة الزيجوت إلى مرحلتي التوتية والكيسة الأريمية. وأمكن رؤية بويضات الإنسان لأول مرة في أوائل القرن العشرين، لكن لم يمكن، حتى الأربعينيات من هذا القرن، ملاحظة إخصاب بويضة الإنسان بصورة مباشرة.

علم الأحياء في حياتنا اليومية

أمر غريب، أنتما لا تبدوان توأمين

يحدث تعدد المواليد طبيعيًّا لدى العديد من أنواع الثدييات، لكنه غير شائع نسبيًّا لدى الإنسان. يولد توأم بشري لكل حالة واحدة من 90 حالة ولادة، ويولد ثلاثة توائم في كل 8000 حالة ولادة، وأربعة توائم في حالة واحدة من كل 750000 حالة ولادة.

70% تقريبًا من التوائم هي توائم متآخية أو ثنائية اللاقحة. وفرص إنجاب التوائم المتآخية أكبر لدى النساء اللواتي تناولن دواء كلوميفين، الذي ينبه المبيضين لإنتاج البويضات. وتكون الفرص أكبر أيضًا لدى النساء اللواتي ينتمين إلى أسرة تتعدد فيها المواليد، أو اللواتي يحملن في سن متأخرة أو اللواتي من أصل أفريقي.

وفرص إنجاب توائم متماثلة أو أحادية اللاقحة، على النقيض، تبدو نفسها عند معظم النساء، بغض النظر عن تاريخ العائلة، والعمر، والسلالة.

أخبر الطلّاب أن العلماء قد وضّحوا أن التوائم المتماثلة لديهم أوجه شبه كثيرة في الشخصية. اِسأل:

- ما العوامل التي تُحدِث هذا التشابه؟ **(لدى التوائم المتماثلة، تكون الجينات نفسها ولذلك لديهم كثير من السمات نفسها.)**

2.2 الانغراس الجنيني

دع الطلّاب يدرسون الشكل (76). اِسألهم:

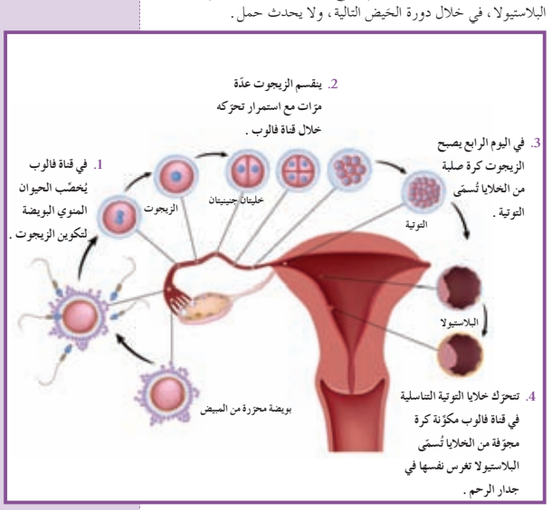
- أين يحدث الإخصاب؟ **(في إحدى قناتي فالوب)**
- كيف يختلف الزيجوت عن البويضة التي انطلقت توًّا من المبيض؟ **(لقد تمّ إخصابها بواسطة حيوان منوي، ما جعلها خليّة ثنائية المجموعة الصبغية.)**
- ماذا يحصل للبويضة المخصبة (الزيجوت) بعد التخصيب؟ **(تبدأ بالانقسام الميتوزي لعدة مرّات حتى تصبح كرة من الخلايا تسمى التوتية، ثم تصبح كرة مجوفة من الخلايا تسمى الكيسة الأريمية.)**
- في أي مرحلة تحدث عملية الانغراس؟ **(مرحلة الكيسة الأريمية)**

(شكل 75)
إذا دخلت نواة الحيوان المنوي البويضة، يتغيّر غشاء البويضة، ليمنع أيّ حيوان منوي آخر من الدخول.

وعندما يرتبط أحدها بالبويضة كما في الشكل (75)، يتمزّق الكيس الموجود في رأس الحيوان المنوي، وتُفرز إنزيمات قوية تحطّم الطبقة الواقية للبويضة. **ما إن يدخل الحيوان المنوي البويضة، تتمزّق الأغشية المحيطة بنواتي الحيوان المنوي والبويضة، وتتحد النواتان مع بعضهما أي تندمج نواة الحيوان المنوي بنواة البويضة، وتُعرف هذه العملية بالإخصاب Fertilization.**

2. الانغراس الجنيني Embryonic Implantation

تنقسم البويضة المخصّبة التي تُسمّى الزيجوت Zygote لتنتج خليتين جنينيتين. تنقسم هاتان الخليتان عدّة مرّات لتكوين كرة من الخلايا تُسمّى **التوتية Morula التي تنمو لتصبح كرة مجوّفة من الخلايا تُعرف البلاستيولا Blastocyst التي تلتحم بجدار الرحم في عملية تسمّى الانغراس Implantation** (شكل 76). إذا لم تنجح عملية الانغراس، تتحطّم البلاستيولا، في خلال دورة الخيض التالية، ولا يحدث حمل.



(شكل 76)
المراحل من الإخصاب إلى الانغراس

فسِّر للطلّاب أنّ وظيفة الحماية الخاصة بالسائل الأمنيوسي يمكن مقارنتها بوظيفة السائل داخل المكبس الهيدروليكي الذي يمتص صدمة السيارة. عندما يكون ضغط الصدمة مجهدًا يمتص السائل الداخلي الضغط. كذلك يمتص السائل الأمنيوسي حول الجنين الضغط ليحمي الجنين النامي.

نشاط توضيحي

لتوضيح الدور المهم الذي يقوم به الأمنيون، ضع بيضة نيئة داخل حقيبة تخزين بلاستيكية ذاتية الغلق سعة جالون، ثمّ املأ الحقيبة بالماء وأغلقها. شجّع طالب أو أكثر على محاولة كسر البيضة من دون استخراج البيضة أو الماء من الحقيبة. بعد ذلك، اِسأل:

- إذا كان الأمنيون مثل الحقيبة، ما الدور الذي يؤدّيه في تطوّر الجنين؟ **(يحمي الجنين النامي من الأضرار الخارجية.)**
- متى قد يكون ذلك مهمًّا؟ **(قد تتضمن الإجابات المحتملة في حالات سقوط الأم على الأرض أو في حالات حوادث السيارات.)**

3.2 نموّ الجنين

اسأل الطلاب:

- ما طول فترة نمو الجنين بعد الإخصاب حتى الولادة؟ **(تسعة اشهر)**
- ما الذي يتطوّر أوّلًا الجهاز العصبي أم الجهاز الهضمي؟ **(الجهاز الهضمي)**
- ما التركيب الذي يمرر المغذيات من الأم إلى الجنين؟ **(الحبل السري)**

اشرح أن نمو الجنين يصاحبه إفراز هرمون يسمى هرمون موجهة الغدد التناسلية المشيمائية البشرية (HCG)، الذي يوقف الدورة الشهرية. وجود هذا الهرمون في بول الأنثى يستخدم كمؤشر على حدوث الحمل.

كوّن علاقات

صلة بالرياضيات:

وجّه الطلّاب إلى استخدام الرياضيات لتقدير سرعة نمو الجنين. ارسم نقطة صغيرة على السبّورة وأخبر الطلّاب أن هذه النقطة تُمثّل البويضة المخصبة. أشر إلى أن بويضة الإنسان في الواقع هي صغيرة الحجم للغاية، ويساوي قطرها حوالى 0.14 mm وهي بالكاد تُرى بالعين المجردة. بعد ذلك، اعرض على الطلّاب دمية طفل صغير تبلغ حوالى حجم طفل حديث الولادة نفسه أو حوالى 50 cm في الطول. اِسأل:

- ما مقدار زيادة الحجم التي لا بد أن ينمو بها الجنين حتى يتغير من حجم البويضة المخصبة إلى حجم الطفل المولود حديثًا في نهاية الشهر التاسع من الحمل؟ **(حوالى 56 mm في الشهر)**
- كم سيكون طول الفرد عندما يبلغ 15 عامًا إذا استمر النمو بهذا المعدل؟ **(حوالى 10 أمتار)**

أشر إلى أن الجنين ينمو بمعدل سريع جدًّا.

دع الطلّاب يدرسون الشكل (79)، ثمّ اشرح لهم أنّ الطفل أحيانًا لا يكون في الوضع الصحيح عند الولادة. على سبيل المثال، إذا ظهر عند الولادة عَجُز الطفل أولًا تسمى ولادة بالمؤخرة أو بالمقلوب.

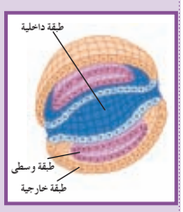
توظيف مصادر التعلّم في المجتمع

أُطلب إلى مساعد طبيب، أو ممرضة، أو أحد الفنيين الطبيين الذين يقومون بإجراء فحص الحمل بالموجات فوق الصوتية أن يتحدثوا إلى طلّاب الفصل حول الإجراءات التي يتبعونها أثناء الفحص.

اقترح على المتحدث أن يعالج موضوعات مثل: لماذا ومتى يتم إجراء فحص بالموجات فوق الصوتية أثناء الحمل؟ وما الذي يمكن تعلمه منهم؟ إذا كان ممكنًا، دع المتحدث يحضر صورًا لأجنة في مراحل مختلفة من النمو تمّ تصويرها بالموجات فوق الصوتية، ليوضّحها للطلّاب. أُطلب إلى الطلّاب أن يكتبوا ملخصًا قصيرًا عن ما تعلموه.

إذا نجحت عملية الانغراس، تنمو البلاستيولا لتصبح تركيبًا يُسمّى **الجاسترولا Gastrula**، **وهي تتكوّن من ثلاث طبقات من الخلايا وهي طبقة خارجية، وسطى وداخلية** (شكل 77).

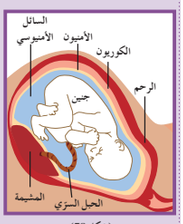
تُسمّى هذه الطبقات **طبقات جرثومية Germinal Layers** لأنّها تنمو وتتطوّر في ما بعد إلى أنسجة الجسم وأعضائه كافّة. تنمو الطبقة الجرثومية الخارجية لتصبح لاحقًا الجهاز العصبي والجلد والغدد العرقية. تكوّن الطبقة الوسطى الجهاز التناسلي والكليتين والعضلات والعظام والقلب والدم والأوعية الدموية. أمّا الطبقة الداخليّة فتُكوّن الرئتين والكبد وبطانة أعضاء الجهاز الهضمي وبعض الغدد الصمّاء. بعد تطوّر الطبقات الجرثومية، يتكوّن الجنين، ويكون محاطًا بغشاءين خارجيين مدعّمين هما **الأمنيون Amnion والكوريون Chorion**. يكوّن الكوريون مع بعض خلايا بطانة رحم الأم **المشيمة Placenta**، **وهي عضو يتمّ من خلاله تبادل المغذّيات والأكسجين والفضلات بين الأمّ والجنين النامي. يرتبط الجنين بالأمّ بواسطة الحبل السرّي Umbilical Cord**، **وهو أنبوبة تحتوي أوعية دموية من الجنين**. ينمو الأمنيون إلى كيس أمنيوني يحتوي على **سائل أمنيوني Amniotic Fluid** يؤدّي دور وسادة واقية حول الجنين النامي. (شكل 78).



(شكل 77)
مقطع عرضي للجاسترولا تتكوّن من ثلاث طبقات من الخلايا.

3. نموّ الجنين Fetal Development

تبدأ معظم ملامح الإنسان بالظهور لدى الجنين، بعد مرور ثلاثة أشهر تقريبًا على نموّه. ويستمرّ نموّه السريع من الشهر الرابع حتّى الولادة. بعد تسعة أشهر من النموّ، تفرز الغدّة النخامية لدى الأمّ كمّية من هرمون الأوكسيتوسين تحفّز بدء عملية الولادة أو المخاض Labor. ينقبض الرحم، في خلال المخاض بقوّة وبإيقاع، فينشقّ الكيس الأمنيوني ويخرج ما فيه من سائل، ثمّ يتّسع عنق الرحم ليسمح للجنين بالمرور خلاله. تصبح الانقباضات أقوى وأكثر تواترًا إلى حين ولادة الطفل. بعد الولادة، يبدأ الطفل بالتنفّس بنفسه، ويُقطَع الحبل السرّي (شكل 79)، ويستمرّ انقباض الرحم نحو 15 دقيقة لطرد المشيمة، وتسمّى هذه المرحلة مرحلة ما بعد الولادة.



(شكل 78)
نموّ الجنين داخل الرحم

كوّن علاقات

الصلة بعلم الصحّة:

أخبر الطلّاب أنّه يتمّ تقييم الحالة الصحية للطفل حديث الولادة في خلال دقيقة واحدة بعد الولادة بواسطة إجراء اختبار يسمى اختبار أبجار، بحيث يعطي الطفل مجموع نقاط من صفر إلى 10 على كل بند من البنود الخمسة التالية: معدل ضربات القلب، التنفّس، التوتر العضلي، الاستجابة للمؤثرات، اللون. ويعتبر مجموع النقاط 7 من 10 عاديًّا على وجه العموم. يحتاج الأطفال ذوي مجموع الدرجات المنخفضة إلى عناية طبية فورية. اِسأل:

أي أجهزة الجسم يتم تقييمها باختبار أبجار؟ **(الأجهزة: الدوري، التنفّسي، العضلي، العصبي)**

اشرح للطلّاب أنّه على الرغم من التقنية الطبية المتطورة، إلّا أنّه لا يزال هناك نسبة عالية من وفيات الأطفال. وترجع أغلب الوفيات إلى نقص وزن المولود. أشر إلى أنّ الغذاء غير الصحي والتدخين والكحول وسن الأم هي عوامل تؤثر في نمو الجنين وصحته.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

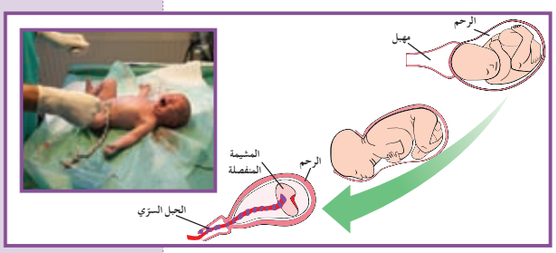
صحّة الجنين

أشر إلى أن عملية بزل السائل الأمينوسي تساعد الأطباء في اختبار الاضطرابات الكروموسومية مثل حالة داون ومشاكل النمو العقلي. يمكن للطبيب عن طريق تشخيص المشاكل أثناء الحمل أن يهيئ الآباء مسبقًا لأي رعاية خاصة أو خطوات جراحية يحتاجها الطفل.

4.2 الإجهاض

من المهم جدًّا توجيه الطلّاب ولفت نظرهم والتشديد على الآثار الأخلاقية المترتبة عن الإجهاض المتعمد أو الاختياري بسبب حمل غير مرغوب فيه.

كما يجب التنبيه إلى أنّ أي عملية إجهاض، غير الإجهاض التلقائي، يجب أن تتم تحت إشراف طبيب مختصّ (الإجهاض العلاجي) نظرًا لنتائجها السلبية على حياة الأم.



(شكل 79)
ولادة الإنسان
في خلال الولادة الطبيعية، يخرج رأس الطفل أوّلا خلال المهبل بفعل انقباض عضلات الرحم التي تدفعه إلى الخارج.

4. الإجهاض Abortion

يُعرّف الإجهاض بأنّه إيقاف عمليّة تكوُّن الجنين قبل أوانها. قد يكون الإجهاض تلقائيًّا (الإجهاض العفوي)، أو متعمّدًا إذا نُزع الجنين عمدًا من الرحم بسبب مشكلة صحّية (الإجهاض العلاجي).

3. قيِّم وتوسَّع

3. 1 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون إحدى أو كلّ الخطوات التالية:

- ناد على الطلّاب عشوائيًا كي يذكروا مراحل التطوّر التي يمر بها الجنين. نادِ على طلّاب آخرين كي يصفوا معالم الجنين في كل مرحلة من مراحل تطوّره.
- اكتب قائمة بأهداف الدرس على السبّورة. دع الطلّاب يكتبون فقرة واحدة مختصرة عن كل هدف. راجع الملخصات في الفصل.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–5

1. ينقسم الزيجوت إلى خليتين جنينيتين.
   - تنقسم الخليتان عدّة مرات وتشكل التوتية.
   - تنمو التوتية لتصبح البلاستيولا.
   - تلتحم البلاستيولا بجدار الرحم في عملية الانعراس.
   - تنمو البلاستيولا إلى الجاسترولا التي تتكون من ثلاث طبقات جرثومية: خارجية، وسطى، وداخلية.
   - تكوّن الطبقة الجرثومية الخارجية الجهاز العصبي والجلد والغدد العرقية.
   - تكوّن الطبقة الجرثومية الوسطى الجهاز التناسلي والكليتين والعضلات والعظام والقلب والدم والأوعية الدموية.
   - تكوّن الطبقة الجرثومية الداخلية الرئتين والكبد وبطانة أعضاء الجهاز الهضمي وبعض الغدد الصماء.
2. تفرز الغدّة النخامية هرمون الأوكسيتوسين أثناء الولادة الذي يحفز عملية الولادة من خلال تحفيز عضلات الرحم على الانقباض.
3. قناة فالوب لا تملك حجرة مناسبة لنموّ الطفل ما يسبب تمزق القناة.

فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

صحّة الجنين

تمكّن الأطباء، بفضل التقدّم العلمي والتكنولوجي، من استخدام أدوات تشخيص مختلفة لمتابعة نموّ الأجنّة. تُوجّه، على سبيل المثال، الموجات فوق الصوتية إلى رحم امرأة حامل لتكوين صورة للجنين. وتسمح هذه التقنية للأطبّاء بمراقبة نموّ الجنين وتطوّره. كما يمكن تحرّي إصابة الجنين بأمراض وراثية خطيرة بإجراء بزل للسائل الأمنيوني Amniocentesis، وهو عبارة عن سحب عيّنة من السائل الأمنيوني وذلك من خلال إدخال حقنة طويلة حتى الأمنيون لسحب هذه العيّنة. ثمّ تنمّ تنمية الخلايا الجنينية الموجودة في السائل في المختبر لما بين أسبوعين وأربعة أسابيع. تُحلّل هذه الخلايا لتحديد ما إذا كان لدى الجنين أنماط كروموسومية غير طبيعية أو اضطرابات وراثية. غالبًا ما يُجرى هذا الاختبار في الأسبوع السادس عشر من الحمل. ثمّة تقنية متطوّرة أخرى تُستخدَم للهدف نفسه، وهي اختبار عيّنات الخَمْل المشيمي Chorionic Villus Sampling. تقتضي هذه التقنية سحب عيّنة صغيرة من النسيج الكوريوني من المشيمة وتحليله للبحث عن التشوّهات الكروموسومية. ويمكن استعمالها في وقت مبكر من الحمل مقارنة مع عملية بزل السائل الأمنيوسي، كما يمكن الحصول على النتائج في خلال ساعات قليلة. قد تعرّض هاتان التقنيتان الجنين لبعض المخاطر. ولكنهما، بمساعدة مستشار علم الوراثة وموافقة الأهل، تُعتبران فرصة لاكتشاف أيّ خلل وراثي ومعالجته في وقت مبكر.

مراجعة الدرس 2–5

1. صِف ما يحدث أثناء الانغراس الجنيني.
2. ما هو الهرمون الذي تفرزه الغدّة النخامية أثناء الولادة؟ وما هو دوره؟
3. **التفكير الناقد:** لا يتحرّك أحيانًا الزيجوت نحو الرحم، ويظلّ ملتصقًا بجدار قناة فالوب. لماذا يُعتبر ذلك الوضع خطرًا على الأمّ؟

106

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارتين التاليتين:

مهارة استخدام النماذج: شجِّع الطلّاب على استخدام الأشكال في الكتب المرجعية للقيام بنماذج ثلاثية الأبعاد من الطين الصلصال لمرحلتي الزيجوت والكيسة الأريمية.

دع الطلّاب يعرضون نماذجهم في غرفة الفصل. اِسأل:

- ما التغيرات التي تحدث لكل مرحلة؟ **(من زيجوت وحيد الخليّة إلى مرحلة الطور التوتي، الانقسام الخلوي قد أنتج كرة من الخلايا. وعن طريق مرحلة الكيسة الأريمية، فإن كتلة الخلايا أصبحت كرة جوفاء ومملوءة بسائل.)**

مهارة التعبير: دع الطلّاب يكتبون الشعر أو النقد أو مقال وصفي يتتبعون فيه نموهم الجنيني من الغرس حتى الولادة. شجِّع الطلّاب على الاحتفاظ بالدقة العلمية في كتاباتهم.

مهارة البحث: يستغرق نمو البويضة المخصبة إلى جنين تام أربعين أسبوعًا. تشمل هذه الفترة ملايين الأحداث التي تجري في وقت محدد وبتتابع منتظم. ابحث في مراحل نمو الجنين.

الدرس 2-6

صحّة الجهاز التناسلي

الأهداف:
- يصف اضطرابات الجهاز التناسلي.
- يميّز بين الالتهابات المنقولة جنسيًّا.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات أو نماذج لوسائل منع الحمل بمنع اللقاح.

صفحات الطالب: من ص 107 إلى ص 109

صفحات الأنشطة : من ص 33 إلى ص 34

عدد الحصص: 1

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 80) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. اشرح لهم أن الأطفال المولودين عن طريق الإخصاب الخارجي غالبًا ما يطلق عليهم أطفال الأنابيب. اِسأل:

- لماذا يسمى الأطفال الناتجين من إخصاب خارجي بأطفال أنابيب الاختبار؟ **(لأنّ الإخصاب يتمّ داخل أنابيب اختبار.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول صحّة الجهاز التناسلي، وجِّه إليهم السؤالين التاليين:

- سمِّ بعض أسباب عقم الرجال. **(إنتاج عدد قليل من الحيوانات المنوية أو إنتاج حيوانات منوية ناقصة النمو)**
- سمِّ بعض أسباب عقم المرأة. **(اختلال التوازن الهرموني، انسداد قنوات فالوب، التهابات في بطانة الرحم)**

نشاط سريع

اعرض بيانات التحذير من عبوات السجائر والمشروبات الكحولية الموجهة إلى المرأة الحامل. اِسأل:

- ماذا توضّح البيانات عن استخدام تلك المنتجات أثناء الحمل؟ **(تطرح المنتجات المخاطر الصحية على الطفل النامي.)**

ناقش كيف يسبب استخدام النساء الحوامل للتبغ والكحول والمخدرات مشاكل صحية للطفل النامي.

الدرس 2-6

صحّة الجهاز التناسلي

Health of the Reproductive System

الأهداف العامة
- يصف اضطرابات الجهاز التناسلي.
- يميّز بين الالتهابات المنقولة جنسيًّا.

(شكل 80)

في تقنية الإخصاب خارج الجسم، يتمّ نقل بويضات وحيوانات منوية سليمة من زوجين يعانيان العقم، ويتّحد الحيوان المنوي مع البويضة في المختبر (شكل 80). ثم يُغرَس الجنين المؤلّف من ثماني خلايا ناتجة من الإخصاب المخبري (المعملي)، في رحم المرأة. وتنجح هذه العملية بنسبة 20%.

1. **اضطرابات الجهاز التناسلي**

Reproductive System Disorders

يجب أن يكون جهاز الإنسان التناسلي سليمًا، حتّى يؤدّي عمله بصورة صحيحة. ولكنّه، لسوء الحظّ، معرّض لاضطرابات مختلفة. ينجم عن بعض منها العقم أو عدم القدرة على الإنجاب، وقد تتسبّب في حدوث مشاكل الحمل، أو المرض أو حتّى الموت.

107

2. علِّم وطبّق

2.1 اضطرابات الجهاز التناسلي

هناك مسببات عديدة للعقم أو عدم القدرة على الإنجاب منها: تركيبية أو عضوية، كروموسومية، مناعية وعوامل نفسية. اِسأل:

- ما هي العوامل التي تؤدي إلى الخصوبة عند الذكر؟ **(إفراز هرمونات منبهة للخصيتين بكمّية مقبولة لإنتاج الحيوانات المنوية، إنتاج غددي للسائل المنوي، نظام أقنية سليمة لتوصيل الحيوانات المنوية، وجهاز عصبي سليم. بالإضافة إلى ثلاثة مظاهر للحيوانات المنوية نفسها والمهمة لاختراق البويضة وأخصابها وهي: عدد الحيوانات المنوية، تركيب الحيوان المنوي وحركته.)**
- ماذا يحدث إذا تعطلت إحدى هذه الوظائف الطبيعية؟ **(العقم)**
- ما هو السبب الرئيس للعقم عند الأنثى؟ **(عدم الإباضة)**
- ما هي الأسباب التي تؤدّي إلى عدم الإباضة؟ **(إفراز غير كافٍ للهرمونات المنبهة للمبيض، عدم استجابة المبيض للهرمونات، تغير في تركيب المبيض، وتلف المبيض نتيجة التهابات أو عدوى. كذلك إنّ الإفراط في إنتاج مخاط سميك في عنق الرحم يمنع دخول السائل المنوي إلى الرحم وإصابة الرحم أو أنابيب فالوب بالعدوى أو المرض.)**

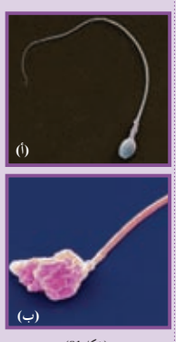
إجابة سؤال الشكل (81) صفحة 108 في كتاب الطالب: (رأس الحيوان المنوي في الصورة (ب) فيه تشوه خلقي وغير قادر على اخصاب بويضة.)

2.2 الالتهابات المنقولة جنسيًّا

يحدث الزهري عن طريق البكتيريا اللولبية الشاحبة. في نهاية القرن التاسع عشر، تمكن عالم أبحاث الدم الأمريكي الأفريقي د. وليم هنتون من تطوير اختبار تحديد وجود الزهري قبل ظهور أعراضه. اِسأل:

- كيف ينتقل هذا المرض؟ **(من خلال تلامس الأغشية المخاطية خلال اللقاء الجنسي أو لمس الجرح.)**
- سمِّ بعض الالتهابات البكتيرية (الجرثومية) الأخرى واذكر عوارضها. **(السيلان: سيلان القيح من القضيب، شعور بحرقة خلال التبول وإفرازات مهبلية غير طبيعية.)**

أُطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "مقارنة بين الالتهابات المنقولة جنسيًّا" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 33 و34. يساعد هذا النشاط الطلّاب على مقارنة إصابات الالتهابات المنقولة جنسيًّا.



(شكل 81)
ما الفرق الذي يمكن أن تلاحظه بين خلية منوية سليمة (أ) وخلية منوية فيها عيوب (ب)؟

(أ) العقم عند الرجال **Male Sterility**

من أسباب العقم عند الرجال:

- إنتاج عدد قليل من الحيوانات المنوية.
- إنتاج حيوانات منوية ناقصة النموّ أو تشوبها عيوب وتعجز عن الحركة داخل قناة فالوب (شكل 81).
- تضخّم غدّة البروستاتا الموجودة بالقرب من قاعدة القضيب مع تقدّم السنّ، ما قد يسبّب إغلاق مجرى البول فيتعذّر خروجه.
- قد تصاب غدّة البروستاتا أيضًا بمرض سرطان البروستاتا الذي يعدّ مشكلة خطيرة قد تسبّب الموت إذا لم تشخَّص وتعالَج فورًا. يمكن تفادي ذلك بفحص البروستاتا بانتظام.

(ب) العقم عند الإناث **Female Sterility**

من أسباب العقم عند الإناث:

- اختلال التوازن الهرموني الذي قد يعيق الإباضة.
- ظهور ندبات في قناتي فالوب قد تعيق دخول البويضة إلى الرحم. وقد تظهر هذه الندبات نتيجة التهابات الحوض أو نتيجة مرض يسمّى **داء البطانة الرحمية Endometriosis، وهو حالة مرضية غير سرطانية تتميّز بوجود أجزاء من البطانة الرحمية خارج الرحم مثل قناة فالوب، المبيض، المثانة أو الحوض حيث تنتفخ هذه الأنسجة أثناء الدورة الشهرية مسبّبة أوجاعًا في البطن.**
- **الحمل خارج الرحم Ectopic Pregnancy وهو انغراس بويضة مخصبة في قناة فالوب بدلًا من الرحم.** تمرّ المرأة في هذه الحالة بالتغيّرات المصاحبة عادة للحمل الطبيعي، ولكنّها تعاني آلامًا في البطن. عندما تنمو البويضة، تتمزّق قناة فالوب مسبّبة نزيفًا داخليًّا حادًّا. يُعتبَر الحمل خارج الرحم طارئًا طبيًّا يتطلّب جراحة فورية.
- سرطان الأعضاء التناسلية ومنها سرطان عنق الرحم، المبيض والثدي. لذلك، يجب أن تجري المرأة اختبارًا سنويًّا للكشف عن عنق الرحم، كما يجب إجراء فحص ذاتي للثدي مرّة كلّ شهر لاكتشاف أيّ نتوءات أو كتل قد تكون أورامًا سرطانية. إلى ذلك، من الضروري الخضوع لفحص طبيب متخصّص في حال ملاحظة أيّ نزيف بين فترتي دورة الحيض أو أيّ آلام بطنية غير طبيعية أو كتل في البطن للكشف عن سرطان المبيض خصوصًا إذا كان مرضًا وراثيًّا.

2. الالتهابات المنقولة جنسيًّا

Sexually Transmitted Infections

الالتهابات المنقولة جنسيًّا هي التهابات تنتقل في خلال العلاقات الجنسية المختلفة، وتنتقل أيضًا بالدم.

تُستخدَم عبارة «الالتهابات المنقولة جنسيًّا» بدلًا من «الأمراض المنقولة

3. قيّم وتوسَّع

3. 1 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون الخطوة التالية:

اكتب قائمة بأهداف هذا الدرس. دع الطلّاب يكتبون ملخصًا بفقرة واحدة لكل هدف. يتم بعد ذلك استعراض الملخصات كمجموعة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–6

1. مرض انتباذ بطني رحمي أو ورم بطانة الرحم الذي تبرز فيه بطانة الرحم خارج الرحم ما قد يسبب ظهور حويصلات مؤلمة مملؤة بالدم.
   تضخم البروستاتا ما يؤدي إلى مشاكل في القدرة على التبول.
   السرطان يؤثر في الأعضاء التناسلية لدى الرجال والنساء.
2. البكتيريا: السيلان، الزهري.
   الفيروسات: الإيدز.
3. تقلل المحافظة على الجهاز التناسلي سليمًا من مخاطر الإصابة بالالتهابات المنقولة جنسيًّا التي تؤدي إلى العقم أو الموت.

جنسيًّا. نظرًا إلى أنّ كلمة «التهاب» أنسب لأنّ بعض الالتهابات لا عوارض لها، ما يزيد فرص انتقالها من شخص إلى آخر من دون إدراك وجودها. أمّا الأمراض، فجميعها تظهر عوارض.

معظم هذه الالتهابات سهلة المعالجة، ولكنّ إهمالها قد يؤدّي إلى مضاعفات خطيرة، كمشاكل القلب، التهاب السحايا، التهاب الكبد، الشلل، العقم وحتّى الأمراض العقلية. يوضّح الجدول (4) بعضًا من هذه الالتهابات المنقولة جنسيًّا.

تُعتبَر التوعية الجنسية أفضل وسيلة لحماية الإنسان من مختلف الالتهابات المنقولة جنسيًّا. أضف إليها الاعتناء بالنظافة الشخصيّة أي غسل الأعضاء التناسلية، بعد العلاقة الجنسية والتبوّل، للتخلّص من مختلف الجراثيم والفيروسات والأوّليات.

نوع الالتهاب	الاسم	العوارض	طرق انتقال العدوى	كيفية التشخيص
الالتهابات الفيروسية	فيروس (الإيدز) العوز المناعي البشري المكتسب	لا عوارض له في معظم الأحيان، وأحيانًا له عوارض تشبه عوارض الإنفلونزا	في خلال اللقاء الجنسي، وعبر الدم، ومن الأمّ إلى الجنين (فترة الحمل)، وعبر استعمال الإبر بعد شخص مصاب	أخذ عيّنة من الدم
الالتهابات البكتيرية (الجرثومية)	السيلان	سيلان القيح من القضيب، شعور بحُرقة عند التبوّل، إفرازات مهبلية غير طبيعية	في خلال اللقاء الجنسي	مسحة للعضو التناسلي المصاب بالالتهاب أو المهبل
	الزهري	جرح أو قرح صغير على الأعضاء التناسلية، والشرج، والفم والجلد	تلامس الأغشية المخاطية في خلال اللقاء الجنسي أو لمس الجرح مباشرةً	أخذ عيّنة من الدم

(جدول 4)
يطرح الجدول طرق انتقال الالتهابات المنقولة جنسيًّا وعوارضها وكيفيّة تشخيصها.

مراجعة الدرس 2–6

1. صف ثلاثة اضطرابات تؤثّر في جهاز الإنسان التناسلي.
2. ما الالتهابات المنقولة جنسيًّا التي تسبّبها البكتيريا؟ وما هي تلك التي تسبّبها الفيروسات؟
3. **التفكير الناقد:** لماذا تُعتبَر المحافظة على صحّة جهازك التناسلي مهمّة؟

109

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارة التالية:

- **مهارة الكتابة:** دع مجموعات صغيرة من الطلّاب يكوّنون ملصق (بوستر) للالتهابات المنقولة جنسيًّا. يجب على كل مجموعة أن تركز على مرض مختلف. يجب أن يوضّح الملصق أيضًا السبب والأعراض والعلاج والسيطرة على الالتهاب. يمكن أيضًا إعداد عدّة نسخ من الملصق ونشره في أنحاء قاعات المدرسة.

جهاز المناعة لدى الإنسان

دروس الفصل

3–1: الجهاز المناعي

3–2: أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)

3–3: صحّة الجهاز المناعي

مقدّمة الفصل

مهّد لدراسة الفصل عبر توجيه الطلّاب إلى تعرّف صورة افتتاحية الفصل، ثمّ مناقشة مدى ارتباط الافتتاحية بمحتوى هذا الفصل.

أشر إلى أنّ الإنسان معرّض في كلّ لحظة من حياته لهجوم من قبل الكائنات الممرضة التي تسعى إلى اختراق الحواجز الدفاعية للجسم. أخبر الطلّاب أنّ أجسامهم تُعَدّ مسرحًا لمعارك لا تنتهي لمحاولة القضاء على الكائنات الممرضة التي نجحت في تخطّي هذه الحواجز.

اِستعرض عناوين الدروس الواردة في هذا الفصل.

الأهداف:
- يشرح الخصائص المميّزة للكائن الممرض.
- يصف مكوّنات الجهاز المناعي.
- يشرح الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)
- يتعرّف الجهاز اللمفاوي وأعضاءه.

الأدوات المستعمَلة: شفافيات للجهاز اللمفاوي والأميبا عند التهامها الطعام أو شريط فيديو، جهاز عرض.

صفحات الطالب: من ص 111 إلى ص 118

صفحات الأنشطة: من ص 35 إلى ص 36

عدد الحصص: 1

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 82) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. اشرح لهم أنّ البحوث أثبتت وجود عدد من البكتيريا المتعايشة في جلد الإنسان تستخدم لمنع استعمار عوامل تمرض جسم الإنسان وإصابته بأمراض.

أشر إلى انه أثبت أن استخدام هذه البكتيريا قد يكون طريقة واعدة للوقاية والعلاج من الأمراض التي يسببها العديد من البكتيريا الخطرة ومنها تلك المنتشرة في عدد من المستشفيات والتي تسبب موت الإنسان الذي خضع إلى عملية إذا ما أصابت الجرح.

اِسأل: برأيكم كيف تعمل هذه البكتيريا على منع البكتيريا الخطرة من استعمار الجلد والدخول إلى داخل الجلد؟ **(تتدخل هذه البكتيريا عن طريق التخمير للسكريات بغياب الأكسجين وخاصة في الطبقات الداخلية للجلد لإنتاج أحماض دهنية قصيرة السلسلة والتي تعمل على كبح نشاط البكتيريا الخطرة.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول الكائنات الممرضة، وجِّه إليهم السؤال التالي:

ما مجموعة الكائنات التي تؤدّي إلى الإصابة بالمرض؟ **(ستتضمّن الإجابات المحتمَلة الفيروسات والبكتيريا والفطريات وبعض الديدان.)**

نشاط توضيحي

اِستخدم جهاز العرض كي تعرض على الطلّاب الأميبا وهي تتغذّى. أشر إلى الطريقة التي تبتلع بها الأميبا فريستها. فسِّر أنّ خلايا الدم البيضاء التي تسمّى الخلايا البلعمية تهاجم البكتيريا والكائنات الممرضة الأخرى بالطريقة نفسها التي تلتقم بها الأميبا غذاءها.

الدرس 3-1
الجهاز المناعي
Immune System

الأهداف العامة
- يشرح الخصائص المميّزة للكائن الممرض.
- يصف مكوّنات الجهاز المناعي.
- يشرح الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)
- يتعرّف الجهاز اللمفاوي وأعضائه.

(شكل 82)
هناك نوع من أنواع البكتيريا (شكل 82) له دور مهمّ في المناعة الطبيعية، بحيث يعمل على هضم الإفرازات الدهنية المتكونة على سطح الجلد إلى أحماض تثبط العديد من مسببات الأمراض.

1. الكائنات الممرضة والمرض Pathogens and Disease

المرض المعدي Infectious Disease هو أيّ مرض أو خلل، ينتقل من شخص إلى آخر، وتسبّبه بعض الكائنات الحية أو الفيروسات التي تدخل جسم الإنسان العائل وتتكاثر في داخله، مثل نزلات البرد (الزكام)، والالتهاب الرئوي، والإنفلونزا، والتي يكون الجهاز المناعي مسؤولًا عن مقاومتها. ولا تُعَدّ الأمراض أو الاختلالات كلّها أمراضًا مُعدية فالمرض الذي تسبّبه لدغة أحد الثعابين، على سبيل المثال، ليس مرضًا معديًا.

111

2. علِّم وطبّق

1.2 الكائنات الممرضة والمرض

دع الطلّاب يدرسون الشكل (83). عند انتهائهم من مراجعة الخطوات التي اتّبعت في فرضيات كوخ، اِسألهم:

ما الذي قد يستخلصه أحد العلماء إذا لم يصب الكائن السليم بالمرض نفسه المصاب به العائل؟ **(لا يسبّب الكائن الممرض المشتبه به الإصابة بالمرض، لدى الكائن السليم مناعة للكائن الممرض.)**

ساعد الطلّاب على تقدير أهمّية فرضيات كوخ في تعرّف الجراثيم على أنّها مسبّبات للأمراض المعدية، وأشر إلى أنّها كانت الخطوة الأولى في مقاومة هذه الأمراض. وضّح للطلّاب التغيُّرات في معدّلات الوفيات بسبب الأمراض المعدية. ففي العام 1993، أدّت الأمراض المعدية إلى وفاة 32.2% من الناس، وفي العام 2002، فأصبح هذا المعدّل 14.7%. بعد ذلك، اِسأل:

- كيف تغيّر معدّل الوفيات بسبب الأمراض المعدية؟ **(لقد انخفض بصورة كبيرة.)**

نشاط توضيحي

وضّح للطلّاب أهمّية استخدام أدوات معقّمة عند تطبيق الفرضية الثانية لكوخ أو لدى إجرائها. اِمسك بإبرة حقن البكتيريا، ثمّ ضع الحلقة المعدنية الموجودة عند طرف الإبرة فوق لهب موقد بنزن لثوانٍ قليلة. دع الحلقة تبرّده، ثمّ ضعها في مزرعة بكتيرية ومرّرها فوق آجار معقّم في منبت. (تحذير: اِستخدم سلالة آمنة أو غير ممرضة من البكتيريا مثل الإيشريشيا كولاي التي تُشترى من إحدى شركات الأدوات المعملية، واستخدم تقنيات التعقيم عند تناول المزرعة البكتيرية.) عقّم الحلقة المعدنية مرّة أخرى، دعها تبرد، ثمّ مرّرها فوق آجار معقّم في منبت ثانٍ. ضع كلا المنبتين في حاضنة عند 37 °C لمدّة 24 ساعة. بعد ذلك، دع الطلّاب يلاحظون الفروق أو الاختلافات في الآجار. لا بدّ أن يلاحظ الطلّاب نموّ البكتيريا في المنبت الأوّل وألّا يلاحظوا ذلك في المنبت الثاني. اِسألهم:

- أيّ خطوة من هذا العرض أدّت إلى نتيجتين مختلفتين في المنبت؟ **(تعقيم الحلقة المعدنية قبل تمريرها فوق الآجار في المنبت الثاني.)**
- ما علاقة هذا العرض العملي بالفرضية الثانية لكوخ؟ **(إذا ما حاولت عزل كائن ممرض وتنميته في منبت معقّم وبطريقة معقّمة، فستنتج في المنبت نموّ بكتيريا أخرى بالإضافة إلى الكائن الممرض.)**

تاريخ العلم

كوخ وفرضياته: وُلدَ روبرت كوخ في العام 1843 وهو طبيب جرّاح ألماني. يُعتبَر هذا الأخير أحد أبرز مؤسّسي علم البكتيريا الحديث، ولكنّه حينما وضع فرضياته، كان مجرّد طبيب ريفي. في أثناء تفشّي وباء الجمرة الخبيثة في بلدته، حاول كوخ أن يتعرّف سبب المرض. فقام بعزل الكائن الممرض من الماشية المصابة ونقله إلى الفئران، واستردّ الكائن الممرض نفسه من الفئران. على الرغم من أنّ فرضيات كوخ ما زالت توجّه علم البكتيريا وعلم الوبائيات، إلّا أنّه توجد بعض الاستثناءات المهمّة لتوظيفها أو استخدامها.

الكائن الذي يسبّب الإصابة بمرضٍ معدٍ يُسمّى كائنًا ممرضًا Pathogen مثل الفيروسات والبكتيريا والطلائعيات والفطريات وبعض الحيوانات اللافقارية مثل الديدان الأسطوانية والديدان المفلطحة. تسبّب الكائنات الممرضة الأمراض بطرق مختلفة. إذ ينتج بعضها على سبيل المثال، سُمومًا تسبّب اختلال الوظائف الطبيعية للخلايا، مثل البكتيريا، التي تفرز مادّة سامّة تسبّب مرض الكزاز Tetanus، الذي يؤثّر في الأعصاب المتحكّمة بالعضلات. تستخدم الفيروسات خلايا الجسم كي تتكاثر محطّمة إيّاها، ومسبّبة أمراضًا كجدري الماء، ونزلات البرد (الزكام).

(شكل 83)
فرضيات كوخ
تُستخدم فرضيات كوخ لتحديد الكائنات الممرضة التي تسبّب أمراضًا معيّنة. كيف ترتبط الخطوات الأربع بالطريقة العلمية؟

فعلى سبيل المثال، لا تسبّب عدّة كائنات ممرضة مثل بعض الفيروسات دائمًا المرض لدى جميع الأشخاص، أو لا يمكن أن تُزرَع في مزرعة حتّى الآن. هذا ما يجعل من المستحيل تحقيق الفرضية الأولى والثانية من فرضيات كوخ في ربط هذه الكائنات الممرضة بأيّ مرض قد تسبّبه. في مثل هذه الحالات، يجب أن يعتمد العلماء على الدليل المادّي، مثل وجود الكائن في كلّ فرد تمّ تشخيص إصابته بالمرض.

2.2 انتقال المرض

نشاط سريع

وزّع الطلّاب في مجموعات من عشرة أو أكثر لمحاكاة انتقال أحد الكائنات الممرضة بالاتّصال المباشر (أو الملامسة.) دع أحد الطلّاب في كلّ مجموعة يغطّي راحة يده أو يدها ببودرة التلك ويتصافح بالأيدي مع باقي طلّاب المجموعة. دعهم يفحصون أياديهم لرؤية آثار البودرة التي يمكن اعتبارها دليلًا على عملية الانتقال بالاتّصال المباشر أو بالتلامس. اِسألهم:

- ما عدد الأشخاص الذين انتقل إليهم الكائن الممرض؟ **(ستعتمد الإجابات على مقدار بودرة التلك التي استُخدِمت.)**

أشر إلى أنّ الأمراض المعدية تنتقل وتنتشر بين الأشخاص لتشكّل وباء في بعض الأحيان وأنّ طرق الانتقال متعدّدة. فقد تنتقل البكتيريا أو الفيروسات عن طريق الاحتكاك المباشر مثل التلامس بين المصاب وغيره من الأشخاص الأصحّاء، أو عن طريق الاتّصال غير المباشر بينهما، أي عبر وسيط مثل الهواء. وقد تنتقل بعض أنواع البكتيريا والفيروسات والطلائعيات إلى الأشخاص بواسطة المياه والطعام الملوّثين، وقد يسبّب بعض منها تسمّمًا غذائيًّا يؤدّي إلى الموت أحيانًا. وقد تنتقل أنواع أخرى من البكتيريا أو الفيروسات من الحيوانات إلى الإنسان بواسطة العضّة أو اللدغة.

إجابة سؤال الشكل (84) صفحة 113 في كتاب الطالب: الاتّصال المباشر، الطعام الفاسد ولسعات الحشرات.

3.2 عوامل المرض

أشر إلى أنّ انتقال البكتيريا أو الفيروسات إلى جسم ما وتكاثرها يحتاجان إلى شروط بيئية معيّنة مثل درجة الحرارة المناسبة، الرطوبة والموادّ الغذائية اللازمة لتكاثرها.

يعرض الجدول التالي قائمة ببعض الفيروسات، والبكتيريا، والطلائعيات، والديدان والفطريات المسبّبة للأمراض. تباحث مع الطلاب عن بعض من هذه الكائنات الممرضة والأمراض التي تسببها وطريقة انتقالها.

في العام 1876، استخدم العالم روبرت كوخ Robert Koch أربع خطوات تجريبية ليُبيّن أنّ الجمرة الخبيثة، وهي مرض مميت يصيب الماشية، تسبّبها جرثومة معيّنة. أُطلِق على تلك الخطوات الأربع اسم فرضيات كوخ Koch's Postulates، وما زالت تُستخدَم لدراسة أسباب الإصابة بالأمراض المعدية وتحديدها (شكل 83).

2. انتقال المرض The Transmission of Disease

تختلف الكائنات الممرضة المسبّبة للأمراض المعدية، ولكن تجمعها طريقة انتقال العدوى. ثمّة طرق تنتقل فيها معظم الأمراض المعدية وهي الاتّصال المباشر أو غير المباشر بالشخص المريض، تناول طعام أو ماء ملوّث، وعضّة أو لسعة حيوانات أو حشرات مصابة (شكل 84).

(شكل 84)
يمكن أن تنتقل الأمراض المعدية بطرق متعددة. ما الطرق الثلاث لانتقال المرض الموصوف في الصور التالية؟

الاتّصال المباشر: غالبًا ما تنتشر الأمراض المعدية عن طريق اللمس أو الاحتكاك المباشر، فالشخص السليم قد يُصاب مثلًا بنزلات البرد عن طريق مصافحة المريض أو عن طريق الاتّصال الجنسي بشخص مصاب بمرض، مثل الزهري والسيلان والإيدز وهي لذلك تُسمّى الالتهابات المنقولة جنسيًّا.

الاتّصال غير المباشر: تنتشر معظم الأمراض المعدية عن طريق الاتصال غير المباشر بشخص مريض، وهو يتطلّب وجود حامل أو ناقل للكائن الممرض. نذكر من بين الناقلات الهواء، فعندما تعطس، على سبيل المثال، يطلق جهازك التنفّسي الرذاذ الّذي يحتوي على الكائن الممرض في الهواء.

تناول الماء أو الطعام الملوّث: تنتشر بعض الأمراض المعدية عن طريق الماء أو الطعام الملوّث. ويُعَدّ انتشار الأمراض عن طريق الماء مشكلة خطيرة في مناطق العالم التي تفتقر إلى أجهزة (أو أنظمة) تطبّق القوانين الصحّية، ولا تتمّ فيها معالجة الصرف الصحّي. ومن الأمراض الشائعة التي تنتشر عن طريق الماء الملوّث مرض الزحار (الدوستاريا الأميبية).

أنواع الكائنات الممرضة	المرض	العامل الذي يسبّب المرض	طريقة انتقال المرض
الفيروسات	نزلات البرد (الزكام)	الفيروس الأنفي Rhinovirus	الهواء والاتصال المباشر بشخص مصاب
	الإنفلونزا	النوعان (B, A) من الفيروسات بالإضافة إلى الأنواع الثانوية	الهواء ، العدوى بالرذاذ ، والاتصال المباشر بشخص مصاب
	جدري الماء	فيروس جدري الماء Varicella	الهواء والاتصال المباشر بالشخص المصاب
	الحصبة	فيروس الحصبة Measles	الرذاذ في الهواء ولمس إفرازات الشخص المصاب مباشرة
البكتيريا	الدرن أو السلّ	بكتيريا الدرن Mycobacterium tuberculosis	الرذاذ في الهواء
	الالتهاب السحائي	النيسرية السحائية Neisseria meningitidis	العدوى بالرذاذ ، لمس إفرازات حامل المرض مباشرة
	الكوليرا	ضمة الكوليرا Vibrio cholerae	ماء الشرب الملوّث
	التيتانوس	بكتيريا التيتانوس (الكزاز) Clostridium tetani	الجروح الملوّثة
الطلائعيات	مرض النوم الإفريقي	التريبانوسوما Trypanosoma	ينتشر بواسطة ذبابة تسي تسي
	الملاريا	البلازموديوم Plasmodium	ينتشر بواسطة إناث بعوض الأنوفيلس
	الدوستناريا الأميبية (الزحار)	الإنتاميبا هستوليتكا Entamoeba histolytica	ماء الشرب الملوّث
الديدان	داء البلهارسيات	ديدان البلهارسية Schistosoma	المياه العذبة في الجداول وحقول زراعة الأرز
	الدودة الشريطية	ديدان تينياساجيناتا Taenia sagenata	اللحوم الملوّثة
الفطريات	سعفة القدم	الفطريات الناقصة Imperfect fungi	لمس شخص مصاب واستخدام أماكن الاستحمام العامة
	القوباء الحلقية	الفطريات الناقصة Imperfect fungi	تبادل القبّعات ، الأمشاط أو أغطية الرأس الرياضية مع شخص مصاب

4.2 مقاومة الأمراض المعدية

فسّر للطلّاب أنّ الجهاز المناعي في الجسم يتولّى المقاومة الطبيعية فيه ، لكن لا بدّ أحيانًا من الاستعانة بالأدوية للتخفيض من حدّة المرض والإسراع في العلاج .

إنّ أحد أنواع الأدوية المهمّة هي المضادّات الحيوية التي تفيد الإنسان في حالات الإصابة والعدوى بالبكتيريا . أشر إلى توافر الكثير من المضادّات الحيوية المصنّعة من الموادّ الطبيعية أو من موادّ اصطناعية . فسّر أنّ مقاومة البكتيريا للمضادّات الحيوية قد تحدث عندما يتوقّف (أو ينقطع) الناس عن تناول المضادّات الحيوية طيلة فترة العلاج ، أي المدّة اللازمة لقتل البكتيريا كلّها المسبّبة للعدوى .

اِسأل الطلّاب:

* لماذا يجعل هذا الانقطاع البكتيريا مقاومة للمضادّ الحيوي؟ **(البكتيريا المتبقّية التي لم تمت هي تلك التي لها بعض المقاومة للمضادّ الحيوي . ومع مرور الوقت والاستخدام المتكرّر للمضادّ بطريقة غير صحيحة، تزداد مقاومة البكتيريا للمضادّ، ما يؤدّي إلى تكوين بكتيريا مقاومة بالكامل تقريبًا لهذا المضادّ الحيوي .)**

وانتشار الكائنات الممرضة في الطعام يسبّب التسمّم الغذائي . فبكتيريا السلمونيلّا مثلًا تنمو وتتكاثر في عدّة موادّ غذائية مثل البيض والدجاج . ومن شأن تناول الطعام النيء أو غير المطهوّ جيّدًا ، والمحتوي على السلمونيلّا أن يسبّب الإصابة بالتسمّم الغذائي الذي من أعراضه القيء وتقلّصات المعدة والحمّى .

عضّات أو لسعات الحيوانات أو الحشرات: تُعَدّ الحيوانات ، والحشرات على وجه الخصوص ، ناقلات لكثير من الأمراض المعدية . فاليراغيث تنقل الكائن الممرض المسبّب للطاعون الدمّلي الذي قضى على 40% من المواطنين الأوروبيين في العصور الوسطى . في حين ينقل البعوض الكائن الممرض الذي يسبّب الإصابة بمرض الملاريا . ومن الأمراض التي تنقلها الحيوانات نذكر داء الكَلَب أو السُّعار الذي يسبّبه فيروس موجود في لعاب الحيوانات الثديية المصابة مثل الكلاب أو السناجب . ينتقل هذا الفيروس عندما يعضّ أحد الحيوانات المصابة إنسانًا .

3. عوامل المرض Agents of Disease

يُعَدّ جسم الإنسان مرتعًا خصبًا لنموّ عدّة كائنات دقيقة إذ إنّه يوفّر الظروف الملائمة لذلك من مثل درجة الحرارة المناسبة ، البيئة الرطبة والموادّ الغذائية الوفيرة . فأمعاء الإنسان الغليظة ، على سبيل المثال ، تأوي مستعمرات كثيفة من البكتيريا وكذلك الفم والحلق والأنسجة الرخوة المحيطة بمقلة العين . لكن لحسن الحظ ، معظم هذه الكائنات غير ضارّ ، والكثير منها مُفيد في الحقيقة .

4. مقاومة الأمراض المعدية Fighting Infectious Diseases

في حال الإصابة بمرض معد ، يمكن الاستعانة بأدوية صُنِعت للقضاء على أغلب أنواع الكائنات الممرضة . قد تكون **المضادّات الحيوية Antibiotics** أكثر الأدوية نفعًا في مقاومة انتشار الأمراض المعدية . **وهي مركّبات تقتل البكتيريا من دون أن تضرّ خلايا أجسام البشر أو الحيوانات ، وذلك بإيقاف العمليات الحلوية في الكائنات الدقيقة.** تنقسم هذه المضادّات إلى نوعين هما المضادّات الصناعية والمضادّات الحيوية الطبيعية التي تنتجها الكائنات الحيّة ، من مثل البنسلين ، وهو أكثر المضادّات الحيوية شهرة حتّى الآن . لا تملك المضادّات الحيوية الطبيعية أيّ تأثير في الفيروسات ، فلها أدوية مضادّة خاصّة بها تثبّط مقدرة الفيروسات على غزو الخلايا والتضاعف داخلها .

114

كوّن علاقات

صلة بالعلوم البيئية

أعدّ قائمة ببعض الأمراض المعدية (التي تُنقَل بواسطة كائن حامل أو ناقل للمرض) المنتشرة أو التي يمكن أن تنتشر في البلد الذي تعيش فيه وكذلك الكائنات الناقلة للأمراض مثل مرض الملاريا الذي ينتقل بواسطة البعوض . اِسأل الطلّاب:

* ما بعض الطرق التي يمكنك استخدامها للحدّ من انتقال الأمراض؟ **(من المحتمل أن يذكر الطلّاب مقاومة الكائنات الناقلة للأمراض أو التخلّص منها ، على سبيل المثال ، بواسطة رشّها بالمبيدات الحشرية أو بتجنّب التلامس مع الكائن الناقل للمرض ، أو بارتداء ملابس واقية .)**
* هل توجد عوائق لهذه الطرق؟ **(إذا لم تكن المبيدات الحشرية متخصّصة في مقاومة الكائن الممرض ، فإنّها قد تضرّ الكائنات الأخرى .)**

صلة بالصحّة

إن انتفاخ العلب دليل على أنّ الأغذية المعلّبة ملوّثة ببكتيريا الكلوستريديوم بوتيولينم. حذِّر الطلّاب من شراء مثل هذه الأغذية المعلّبة.

5.2 عمل الجهاز المناعي

نشاط سريع

اِستخدم جهاز العرض لتعرض الشفافيات التي تبيّن خلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية. دع الطلّاب يرسمون أشكالًا تخطيطية لكلّ تركيب موضّحين حجم كلّ تركيب منها ومظهره العامّ.

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «مكوّنات الدم» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 35 و36. يساعد هذا النشاط الطلّاب على التمييز بين الخلايا البيضاء والخلايا الحمراء في الدم.

فسِّر للطلّاب أنّ أهمّية الجهاز الدوري لا تكمن في تسهيل دوران الدم الذي يحمل معه خلايا الدم الحمراء ناقلة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الجسم فحسب، إنّما يساعد أيضًا على انتقال خلايا الدم البيضاء للبحث عن الجراثيم والخلايا غير الذاتية والقضاء عليها. أشر إلى أنّ خلايا الدم البيضاء متعدّدة الأشكال، ويمكن التمييز بينها من حيث شكلها وشكل النواة فيها، وأنّ هذه الخلايا البيضاء هي خلايا الجهاز المناعي أي أنّها مكوّن أساسي من مكوّنات الجهاز المناعي.

فسِّر أن بعض أنواع خلايا الدم البيضاء تستطيع النفاذ من خلال الشرايين الدموية والخروج إلى الأنسجة أو إلى الأوعية اللمفاوية والتمركز في الغدد اللمفاوية. أشر إلى الارتباط بين الجهازين الدوري واللمفاوي. شجِّع الطلّاب على المقارنة بين الدم ومكوّناته وبين سائل اللمف ومكوّناته.

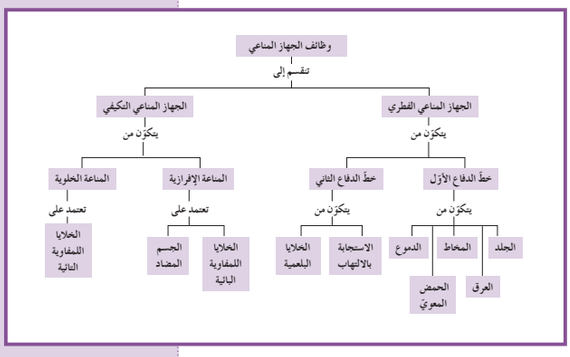
5. عمل الجهاز المناعي

Function of the Immune System

نحن دائمًا ككائنات حية نتعرض إلى الإصابة بمسببات الأمراض، ولدينا القدرة للمقاومة ضد هذه العدوى بفضل جهازنا المناعي، الجهاز المناعي يتكون من قسمين كبيرين رئيسيين:

1. الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)
2. الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)

يوضّح الشكل (85) مخطط مختصر عن مكونات الجهاز المناعي.



(شكل 85)
مكونات الجهاز المناعي

5.2 الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)

نشاط توضيحي

وضّح للطلّاب كيف يحمي خطّ الدفاع الأوّل كالجلد جسم العائل. اِستخدم تفّاحة، غلافًا بلاستيكيًّا، قطّارة، ملوّنًا غذائيًّا وسكّينًا. اِقطع التفّاحة بالسكين إلى نصفين وغطّ أحد النصفين بالغطاء البلاستيكي تاركًا النصف الثاني مكشوفًا. بعد ذلك، اِستخدم القطّارة لوضع عدّة قطرات من الملوّن الغذائي على كلّ من نصفَي التفّاحة. دع الطلّاب يلاحظون كيف جفّ النصف المكشوف في حين بقي النصف المغطّى على حاله، اِسألهم:

- ماذا يمثّل الغلاف البلاستيكي؟ **(يمثّل جلد الإنسان.)**
- كيف يحمي الغلاف البلاستيكي نصف التفّاحة؟ **(هو مثل الجلد، أي يحمي التفّاحة من الجفاف ويمنع جميع الموادّ غير المرغوب بها من الدخول إليها.)**
- ما هي مميّزات جلد الإنسان القليلة التي يفتقر إليها الغطاء البلاستيكي؟ **(ينظّم جلد الإنسان درجة الحرارة الداخلية ويعمل كعضو حسّي.)**

دع الطلّاب يدرسون الشكل (86)، إسألهم:

- ما المادّة الكيميائية التي تعطي الإشارة ببدء الاستجابة للالتهاب؟ **(الهستامين.)**
- كيف يسبّب انطلاق (أو إفراز) الهستامين استجابة الجسم؟ **(يسبّب الهستامين زيادة تمدّد أو اتّساع الشعيرات الدموية في المنطقة المتضرّرة أو المصابة، ما يزيد انسياب الدم إلى هذا الموضع. يزيد كذلك معدّل تسرّب (أو رشح) الخلايا البلعمية وعوامل تخثّر الدم وانطلاقها إلى الجرح.)**
- كيف تعمل الخلايا البلعمية؟ **(تلتهم (أو تلتقم) الكائنات الممرضة والخلايا الميتة والبقايا الخلوية وتقتلها.)**

أشر إلى أنّ المنطقة التي تحيط بالجرح عندما يصيب الجلد غالبًا ما تصبح دافئة. هذا الدفء ما هو في الواقع إلّا حمّى موضعية تزيد من نشاط الخلايا البلعمية وتقلّل من نمو الكائن الممرض.

بعد مناقشة دور الإنترفيرونات، إسأل الطلّاب:

- انطلاقًا ممّا تعرفه عن الفيروسات والخلايا، كيف توقف الإنترفيرونات تكاثر الفيروسات؟ **(الإجابات المحتملة: قد يوقف الإنترفيرون تضاعف الأحماض النووية الفيروسية أو إنتاج البروتينات الفيروسية.)**

كوّن علاقات

صلة بعلم الصحّة

فسّر أنّ الأطباء لا يزالون منذ اكتشاف الإنتروفيرونات في العام 1957 يتلقّون الآراء حول إمكانية استخدامها لمنع المرض. في العام 1980، نجح إنتاج أوّل إنترفيرون صيدلانيًّا وحيويًّا على امهات المني واسع باستخدام الهندسة الوراثية. جعل الإنتاج الواسع الإنترفيرونات متاحة في مجال البحث والأغراض الطبّية. شجّع الطلّاب على البحث عن نتائج الأبحاث وكتابة تقرير يعرضونه على زملائهم في الفصل. **(سيتوصّل الطلّاب إلى استنتاج أنّ الإنترفيرونات تحمل بشرى الشفاء من الكثير من الأمراض الفيروسية وبعض السرطانات.)**

دع الطلّاب يدرسون الشكل (87)، ثمّ اسألهم:

- ما هي بعض وظائف خلايا الدم البيضاء؟ **(تدمّر بعض خلايا الدم البيضاء الجراثيم ويفرز بعضها الهيستامينات التي تسبّب الالتهاب، ويفرز بعضها الآخر أجسامًا مضادّة لتحارب المرض.)**

إجابة سؤال الشكل (86) صفحة 117 في كتاب الطالب: **عوامل التخثّر تساعد في سدّ المنطقة المجروحة.**

1.5 **الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)**

The Innate Immune System (Non Specific Defenses)

يتمثل في العوامل الكيميائية والعوامل الميكانيكية.

(أ) خطّ الدفاع الأوّل **First Line of Defense**

كي يصاب العائل بمرض، لا بدّ للكائنات الممرضة من دخول الجسم، متخطّية بذلك خطّ دفاعه الأوّل. تقوم وظيفة هذا الخطّ الأساسية على منع تلك الكائنات الممرضة من دخول الجسم، ويؤدّيها بواسطة الجلد، المخاط، الدموع والعرق. يغطّي الجلد إن كان سليمًا (أي غير مجروح) أجزاء جسمك الخارجية كلّها ويحجز معظم الكائنات الممرضة خارج الجسم (بالإضافة إلى ذلك، تمنع عدّة أنواع من البكتيريا غير الضارّة، التي تعيش بصورة طبيعية على سطح الجلد، تكاثر الكائنات الممرضة). أمّا الغدد العرقية فتفرز العرق الذي تساعد ملوحته وحموضته في منع تكاثر الجراثيم الضارّة، ويحتوي على إنزيمات تقتل بعضًا منها. يمكن أن تتسلّل الكائنات الممرضة من مداخل الجسم، مثل فمك وأنفك. تُبطّن هذه المداخل أو الفتحات بخلايا تفرز مادّة لزجة تُسمّى المخاط، تعلق بها الكائنات الممرضة ليتمّ التخلّص منها. فعلى سبيل المثال، تعلق الجراثيم التي قد تدخل أنفك بالمخاط الذي يُفرزه غشاء الأنف المخاطي، ثمّ تعمل حركة الأهداب التي تبطّن الممرّات الأنفية على تحريك ذلك المخاط وما فيه من جراثيم باتّجاه الحلق، ليتمّ ابتلاعه وإيصاله إلى المعدة حيث يقضي الحمض على الجراثيم.

(ب) خطّ الدفاع الثاني **Second Line of Defense**

يمكن أن تنجح الكائنات الممرضة، في بعض الأحيان، في تخطّي وسائل دفاع الخطّ الأوّل، وتغزو أنسجة الجسم، عندئذ يستجيب الدفاع الثاني بالالتهاب. **الاستجابة بالالتهاب Inflammatory Response هي تفاعل دفاعي غير تخصّصي (غير نوعي) يأتي ردًّا على تلف الأنسجة الناتج من التقاط عدوى.** فعندما تجرح إصبعك، مثلًا، تمزّق بعض الخلايا مشكّلة فتحة تدخل منها الكائنات الممرضة جسمك، **فتفرز الخلايا الممزّقة مادّة كيميائية تُسمّى الهستامين Histamine، تعطي الإشارة ببدء الاستجابة بالالتهاب** (شكل 86). تتمدّد الشعيرات الدموية الموجودة في المنطقة المتضرّرة أو المصابة بالعدوى، الأمر الذي يزيد انسياب الدم إلى هذا الموضع، ويزيد كذلك كمّية البلازما التي تنفذ أو ترشح من الشعيرات الدموية إلى السائل بين الخلايا. نتيجة لتدفّق هذين، السائلين تحمرّ المنطقة المصابة وتتورّم.

116

حقائق وأرقام

قوّة الخلايا البلعمية

تتطوّر الخلايا البلعمية من الخلايا الجذعية في نخاع العظام. تتضمّن أنواع الخلايا البلعمية الخلايا المعتدلة والخلايا الحمضية والخلايا وحيدة النواة التي تنضج فتتحوّل إلى خلايا الماكروفاج أو الخلايا البلعمية الكبيرة. يتمّ سحب الخلايا البلعمية إلى إحدى المناطق عن طريق الموادّ الكيميائية المتغيّرة في الأنسجة المتضرّرة أو التي تمّ غزوها. وهناك، فإنّها تبتلع الكائنات الممرضة والموادّ الغريبة الأخرى وتحطّمها بواسطة عملية الإدخال الخلوي الذي فيه يحيط الغشاء البلازمي للخليّة البلعمية بالكائن الممرض عند سطح الخليّة البلعمية أو بالقرب منه. بعد ذلك، يلتئم الغشاء ليكوّن حويصلة داخلية مغلقة حول الكائن الممرض في سيتوبلاسم الخليّة البلعمية. وفي الحال، تتّحد الحويصلة الداخلية مع الليسوسومات داخل السيتوبلاسم حيث يتمّ تحطيم الكائن الممرض.

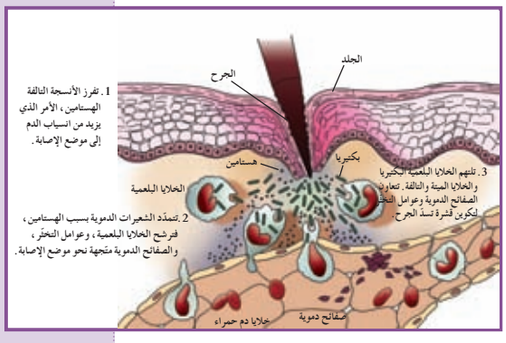
3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجيبون عن الأسئلة التالية:

* ماذا تفترض نظرية كوخ؟ **(توجد علاقة بين كائن دقيق ما ومرض معيّن.)**
* ما الطرق الأربع التي ينتقل بها المرض؟ **(الاتّصال المباشر من خلال التصافح مثلاً، الاتّصال غير المباشر، من خلال عضّات (أو لدغات) الحيوانات أو الحشرات، عن طريق الطعام أو الماء الملوّث.)**
* ما الدور الذي يؤدّيه الجهاز المناعي في الجسم؟ **(الجهاز المناعي هو الجهاز الدفاعي للجسم.)**
* ما وظيفة الجهاز اللمفاوي؟ **(إنتاج خلايا الدم البيضاء وإنضاجها ونقلها مع الدم)**
* كيف يتشابه دورا الجهاز المناعي والجهاز الدوري؟ **(كلاهما ينقل الموادّ خلال الجسم ويساعد في حماية الكائن من المرض.)**

تحتوي البلازما التي نفذت إلى النسيج المتضرّر على صفائح دموية، وهي تفرز عوامل التخثّر في الدم التي تساعد على سدّ الجرح. وتحتوي، أيضًا، على الخلايا البلعمية، وهي خلايا الدم البيضاء التي تلتهم الكائنات الممرضة مثل البكتيريا والموادّ الأخرى غير المرغوب فيها.



(شكل 86)
الإستجابة بالإلتهاب هي خطّ دفاع الجسم الثاني ضدّ الكائنات الممرضة. ما أهمّية وصول عوامل التخثّر من الجهاز الدوري إلى المنطقة المصابة؟

في بعض الأحيان، تظهر على الشخص المصاب بعدوى أعراض الحمّى، وذلك نتيجة قيام الخلايا البلعمية الكبيرة بإطلاق موادّ كيميائية تُسمّى **البيروجينات Pyrogens** التي تحثّ الدماغ على رفع درجة حرارة الجسم. ومن شأن ارتفاع الحرارة تنشيط الخلايا البلعمية، وجعل عملية نموّ الكائنات الممرضة وتكاثرها أكثر صعوبة.

ثمّة مكوّن آخر يعمل في إطار خطّ الدفاع الثاني هو **الإنترفيرونات Interferons وهي عبارة عن بروتينات تفرزها الخلايا المصابة تعمل على وقاية الخلايا السليمة المجاورة.**

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3–1

1. الكائن الممرض هو ذلك الكائن الذي يؤدّي إلى الإصابة بمرض معدٍ مثل الفيروس، البكتيريا، الفطر، أو دودة أسطوانية.
2. خلايا الدم البيضاء والجهاز اللمفاوي (الأوعية اللمفاوية، العقد اللمفاوية، الزائدة الدودية، اللوزتان، الغدّة التيموسية، الطحال، نخاع العظام الأحمر.)
3. تمتصّ الأوعية اللمفاوية اللمف، السائل الّذي رشح من الأوعية الدموية إلى الأنسجة المحيطة ولم يمتصّه الدمّ، ويمرّ في العقد اللمفاوية عبر الأوعية اللمفاوية ليصبّ في وريد تحت الترقوة ليدخل الجهاز الدوري مجدّدًا.
4. يجب أن توضح البطاقة العناصر المبينة في الشكل (87).
5. ينتقل المرض المعدي بواسطة الاتّصال المباشر أو غير المباشر مع شخص مصاب أو من خلال الماء والطعام الملوّث أو لسعات الحشرات. أمّا المرض الوراثي فينتقل من خلال الجينات.
6. يمكن العلماء أن يحدّدوا البكتيريا بواسطة تحليل الحمض النووي DNA، الحمض النووي RNA، البروتينات، شكل الخليّة، تركيب الجدار الخلوي، التغذية والتنفّس.

يوضّح الشكل (87) أنواع خلايا الدم البيضاء المختلفة ووظائفها.

نوع الخلية	المظهر	الوظيفة
خلية متعادلة Neutrophil		تقتل الجراثيم عن طريق البلعمة
خلية حمضية Eosinophil		تقتل الديدان الطفيلية وتعزّز تفاعلات الحساسية تلتهم الخلايا غير المرغوب فيها عن طريق البلعمة
خلية قاعدية Basophil		تفرز الهيستامينات التي تسبّب الالتهاب والحساسية
خلية لمفاوية Lymphocyte		تنتج أجسامًا مضادّة تحارب المرض وتدمّر خلايا الجسم المصاب بالسرطان وتلك المصابة بالفيروسات
خلية وحيدة النواة Monocyte		تدمّر الجراثيم والخلايا المصابة بالعدوى وخلايا الدم الحمراء التي وصل أمد حياتها إلى نهايته عن طريق البلعمة
خلية بدينة Mast Cell		تحتوي على سيتوبلازم غني بحبيبات ممتلئة بالهستامين تلعب دورًا في الاستجابة المناعية وفي تفاعلات تحسسية

(شكل 87)
أنواع خلايا الدم البيضاء. قارن مظهر خلايا الدم البيضاء ووظيفتها.

مراجعة الدرس 3–1

1. عرّف الكائنات الممرضة؟ اذكر أربعة أمثلة على كائنات ممرضة.
2. ما مكوّنات الجهاز المناعي؟
3. صِف مسار اللمف عبر الجهاز اللمفاوي والجهاز الدوري.
4. صمم بطاقة تشرح فيها آلية عمل جهاز المناعة الفطري (الاستجابة غير التخصصية).
5. لا تُصنّف الأمراض الوراثية كأمراض معدية. لماذا؟
6. **أضف إلى معلوماتك:** إحدى الخطوات المهمّة في تحرّي سبب انتشار التسمم الغذائي هي تعرّف البكتيريا الموجودة أو تحديدها. كيف يقوم العلماء بذلك؟

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارتين التاليتين:

- **مهارة المقارنة:** وذلك من خلال المقارنة بين خلايا الدم الحمراء والبيضاء من حيث الشكل والحجم والدور.
- **مهارة تصميم التجارب:** شجّع الطلّاب على تصميم تجربة لقياس تأثيرات غسل الأيدي المتكرّر على انتقال الأمراض المعدية مثل نزلات البرد. يجب أن يتضمّن كلّ تصميم تجريبي سؤالًا بحثيًّا واضحًا، ووصفًا للمتغيّرات المراد اختبارها وكيفية قياسها، وشرحًا لكيفية ضبط المتغيّرات الأخرى.
- **مهارة الكتابة:** دع الطلّاب يكتبون مقالًا عن أحد الأمراض المعدية التي سبق أن أصيبوا به في حياتهم. أُطلب إليهم أن يدرسوا الوسائل المحتمَلة لانتقال المرض.

الدرس 3-2 أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)

الأهداف:

- يشرح وظائف الخلايا المناعية (خلايا الدم البيضاء).
- يتعرف تركيب الأجسام المضادة.
- يقسم الجهاز المناعي التكيفي إلى مناعة خلوية ومناعة افرازية.
- يتتبع الاستجابة المناعية للجهاز المناعي التكيفي عند دخول انتيجين.
- يقارن خصائص الاستجابة المناعية الاولية والثانوية.

الأدوات المستعمَلة: صور أو شفافيات أو فيديو يوضّح استجابة المناعة الإفرازية والمناعة الخلوية، جهاز عرض.

صفحات التلميذ: من ص 119 إلى ص 129

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 88) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. فسّر أنّ الدموع المفرطة أو الزائدة للعينين شائعة لدى الأشخاص الذين يعانون الحساسية. اِسألهم: كيف تساعد الدموع الأشخاص الذين يعانون الحساسية؟ **(تغسل الدموع العينين من الأتربة أو من أيّ مادّة غريبة قد دخلت العينين والتي يمكن أن تسبّب الحساسية.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول أنشطة الجهاز المناعي، وجِّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما وظيفة الجهاز المناعي؟ **(الدفاع عن الجسم في حال دخول الأجسام الغريبة والمعدية إليه.)**
- ما هي خلايا الجهاز المناعي التي تساعد في الدفاع عن الجسم؟ **(خلايا الدم البيضاء مثل الخلايا البلعمية والخلايا اللمفاوية)**

2. علِّم وطبِّق

1.2 خلايا الدم البيضاء التخصصية

أشر للطلاب إلى أنّ الجهاز المناعي يتكوّن، بالإضافة إلى الأعضاء، من خلايا دم بيضاء تدافع عن الجسم وتحميه من الأجسام الغريبة، وهي نوعان:

- خلايا دم بيضاء غير تخصصية تهاجم أي جسم غريب مثل الخلايا البلعمية، والخلايا المتعادلة، والخلايا الحمضية.
- خلايا دم بيضاء تخصصية تهاجم أجسامًا غريبة معيّنة فحسب وهي الخلايا اللمفاوية البائية والتائية.

الدرس 3-2 أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)
Activities of the Adaptive Immune System

الأهداف العامة

- يشرح وظائف الخلايا المناعية (خلايا الدم البيضاء).
- يتعرف تركيب الأجسام المضادة.
- يقسم الجهاز المناعي التكيفي إلى مناعة خلوية ومناعة افرازية.
- يتتبع الاستجابة المناعية للجهاز المناعي التكيفي عند دخول انتيجين.
- يقارن خصائص الاستجابة المناعية الاولية والثانوية.

(شكل 88)

الخلايا البلعمية (الملتهمة) هي نوع من خلايا الدم البيضاء تحيط بالأجسام الغريبة غير المرغوب فيها من أجل ابتلاعها وهضمها (شكل 88). تخرج هذه الخلايا من ثقوب جدر الشعيرات الدموية، وتتحرّك تجاه الكائن الغريب، ثمّ تحيطه بإفرازاتها. ترتبط الخلية التائية بشكل متخصص بالخلية البلعمية. يحفز هذا الارتباط على اطلاق انشطة الجهاز المناعي التكيفي أي الاستجابة المناعية التخصصية.

1. **خلايا الدم البيضاء التخصصية**
Specialist White Blood Cells

خلايا الدم البيضاء التخصصية هي خلايا تنمو وتتطوّر من الخلايا الجذعية اللمفاوية Lymphoid Cells وهي تهاجم أجسامًا غريبة معينة فقط (شكل 89) ومنها نوعان:

1. **الخلايا اللمفاوية البائية B-Lymphocytes**: تتميّز بوجود مستقبلات على سطح الخليّة تُسمّى أجسام مضادّة Antibodies. خلال الاستجابة المناعية Immune Response، تنشط هذه الخلايا وتتحوّل إلى خلايا بلازمية Plasma Cells تفرز أجسامًا مضادّة.

119

دع الطلّاب يدرسون الشكلين (90) و (91). أشر إلى أنّ الرسومات عبارة عن أشكال مبسّطة بدرجة كبيرة لما هو موجود في الجزيئات المعقدّة التركيب في الحقيقة. تأكّد من أنّ الطلّاب يتحقّقون من أنّ الشكل (90) هو مجرّد تكبير للجسم المضادّ، لتوضيح مواضع ارتباطه بالأنتيجين. والشكل (91) هو مجرّد تكبير لمستقبل الخليّة التائية (TCR) لتوضيح مواضع ارتباطه بمركب ببتيد – HLA.

2.2 الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)

عندما يبدأ الطلّاب بدراسة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص) للجسم ضدّ الأمراض، أكّد لهم أنّ الجسم ينتج أجسامًا مضادّة في المناعة الإفرازية أو الخلطية، في حين أنّ الخلايا التائية تحطّم خلايا الجسم المصابة في المناعة الخلوية.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد الطلّاب أنّ الأنتيجينات تشبه أيّ مادّة غريبة في الجسم. فسِّر أنّ التعريف تخصّصي بصورة كبيرة. الأنتيجينات عبارة عن موادّ، بروتينات عادةً، تستحثّ الجسم لإنتاج الأجسام المضادّة. قارِن استجابة الجسم العامّة للشيء الغريب **(التهاب وخلايا بلعمية)** مع استجابته للفيروس **(حماية بالأجسام المضادّة.)**

(أ) المناعة الخلوية

دع الطلّاب يدرسون الشكل (94) عندما يستعرض الطلّاب الخطوات المستخدَمة في المناعة الخلوية الموضّحة في الشكل، ثمّ اسألهم:

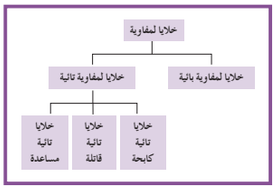
* ما نوع الخلايا اللمفاوية المستخدَمة في المناعة الخلوية؟ **(الخلايا التائية.)**
* ما الدور الذي يؤدّيه كلّ من الخلايا التائية المساعدة، الخلايا التائية القاتلة، الخلايا التائية الكابحة أو المثبّطة في المناعة الخلوية؟ **(تنشّط الخلايا التائية المساعدة الاستجابة المناعية في بداية الإصابة بالعدوى. تهاجم الخلايا التائية القاتلة خلايا الجسم المصابة وتقتلها. أمّا الخلايا التائية الكابحة فتسبّب توقّف الاستجابة المناعية عندما يتمّ التغلّب على العدوى.)**
* أين تنضج الخلايا التائية القاتلة؟ **(في الغدّة الثيموسية)**

أخبر الطلّاب أنّ المناعة الخلوية مهمّة للغاية وبخاصّة للأمراض التي تسبّبها الكائنات الممرضة حقيقية النواة. اِسألهم:

* أيّ الكائنات الممرضة حقيقية النواة، وما بعض الأمراض التي تسبّبها؟ **(الطلائعيات والفطريات والديدان عبارة عن كائنات ممرضة حقيقية النواة. بعض الأمراض التي تسبّبها تشمل الملاريا، الدودة الشريطية للبقر، سعفة القدم.)**

2. **الخلايا اللمفاوية التائية T–Lymphocytes**: تتميّز بوجود مستقبلات أنتيجينات Antigen Receptor تُسمّى مستقبلات الخلايا التائية T–Cell Receptor (TCR).

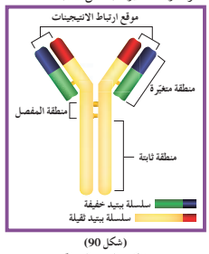
- **الخلايا التائية القاتلة Killer T–Lymphocytes (Tc) أو الخلايا التائية السامّة Cytotoxic T–Lymphocytes**: تُسمّى هذه الخلايا أيضًا T_8 بسبب وجود بروتينات متخصّصة على سطحها تُسمّى CD_8. تقوم هذه الخلايا بمهاجمة الخلايا الضارّة في الجسم عن طريق إنتاج بروتين يمزّق غشائها الخلوي. تهاجم كل خليّة تائية قاتلة نوعًا خاصًّا واحدًا من الاجسام الغريبة.
- **الخلايا التائية المساعدة Helper T–Lymphocytes (Th)**: تُسمّى هذه الخلايا أيضًا T_4 بسبب وجود بروتينات متخصّصة على سطحها تُسمّى CD_4. وقد لاقت حديثًا اهتمامًا بالغًا بسبب الدور الذي تؤدّيه لدى المصابين بمرض الأيدز. تساعد هذه الخلايا أنواع أخرى من الخلايا اللمفاوية في الدفاع، فهي تسيطر على نشاط الخلايا التائية القاتلة بحيث تحفّزها كي تنقسم مكوّنة جيشًا كبيرًا من الخلايا التائية القاتلة النشطة والخلايا الذاكرة التائية. كما تحفّز الخلايا التائية المساعدة الخلايا البائية على إنتاج الأجسام المضادّة وذلك خلال المناعة الإفرازية. تفرز هذه الخلايا نوعًا من السيتوكينات Cytokines ويُسمّى إنترلوكين Interleukines والذي تؤدّي دورًا محوريًّا في عملية الاستجابة المناعية من خلال نقل الإشارات والتواصل ما بين الخلايا المناعية.
- **الخلايا التائية الكابحة أو المثبّطة Suppressor T–Cells أو Regulatory T–Cells**: تثبّط هذه الخلايا نشاط الخلايا التائية الأخرى عندما لا تكون الحاجة إليها ملحّة في الجسم.



(شكل 89)
خلايا الدم البيضاء

1.1 الأجسام المضادّة Antibodies

الأجسام المضادّة تُسمّى أيضًا الجلوبولين المناعي Immunoglobulin (Ig) وهي مستقبلات غشائية تظهر على سطح الخلايا اللمفاوية البائية كما يمكن أن تكون حرّة. هذه الأجسام، سواء كانت مرتبطة بالغشاء أو منتشرة في الدم، لها التركيب نفسه، فهو جزيء بروتيني يشبه شكل حرف Y في اللغة الإنكليزية. يتكوّن هذا الجزيء من أربع سلاسل من عديد الببتيد Polypeptide Chains بحيث تكون سلسلتان منهما ثقيلتين وسلسلتان أخريان خفيفتين. تتّصل سلسلة ببتيد خفيفة بأخرى ثقيلة بمفصل مرن يتضمّن منطقة ثابتة وأخرى متغيّرة (شكل 90).

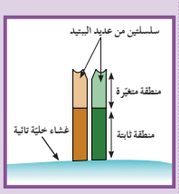


(شكل 90)
تركيب الجسم المضادّ

تختلف المنطقة المتغيّرة من جسم مضادّ معيّن إلى جسم آخر، وتسمح للجسم المضادّ بأن يتعرّف على أنتيجين محدّد ويرتبط به. يستطيع الجسم المضادّ أن يتعرّف على أنتيجين سائل أو خلوي. يرتبط الجسم المضادّ بالأنتيجين بموقع يُعرَف **بالحاتمة Epitope وهي الجزء السطحي للأنتيجين الذي يتمّ التعرّف عليه من قبل الجسم المضادّ ليرتبط به.** ويكون لموقع ارتباط الأنتيجين على الجسم المضادّ والحاتمة شكلان متكاملان مثل القفل والمفتاح. قد يكون للأنتيجين عدّة أنواع حاتمات وبذلك يستطيع أن يرتبط بعدّة أنواع من الأجسام المضادّة.

2.1 مستقبلات الخلايا التائية T–Cell Receptors (TCR)

مستقبلات الخلايا التائية T–Cell Receptors (TCR) هي مستقبلات غشائية موجودة على سطح الخلايا اللمفاوية. إنّ تركيب مستقبل الخليّة التائية (TCR) مشابه لتركيب الجسم المضادّ. يتكوّن من منطقة ثابتة هي نفسها عند جميع الخلايا التائية في الجسم، ومنطقة متغيّرة تختلف من خليّة تائية إلى أخرى. لكن المستقبل التائي له سلسلتان فقط من عديد الببتيد تشكّلان معًا موقع ارتباط واحد للأنتيجين (شكل 91).



(شكل 91)
تركيب مستقبل الخليّة التائية (TCR)

(ب) المناعة الإفرازية (الخلطية)

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الإصابة بنزلات البرد

قم بإحصاء عدد المرّات التي أُصيب بها كلّ طالب بنزلة برد هذا العامّ الدراسي. اِسأل:

* عندما تتغيّر أنتيجينات فيروس البرد، لماذا تصبح الأجسام المضادّة «القديمة» غير فعّالة في مقاومة الفيروس؟ **(عندما يتغيّر شكل الأنتيجين، فإنّ الجسم المضادّ «القديم» لا يتعرّفه ولا يتطابق معه، تمامًا كالمفتاح القديم الذي لا يفتح القفل الجديد. لذلك، على الجهاز المناعي إنتاج أجسام مضادّة جديدة خاصّة بالأنتيجين الجديد لمقاومته.)**

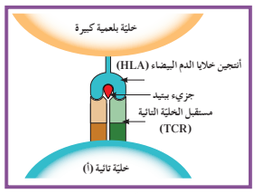
دع الطلّاب يدرسون الشكل (96)، ثمّ اسألهم:

* كيف يتمّ التعاون بين الخليّة البلعمية الكبيرة والخلايا اللمفاوية التائية المساعدة؟ **(عندما تلتهم خليّة بلعمية كائنًا ممرضًا، مثل البكتيريا، تهضمها ثم ترتبط البتيدات الناتجة بجزئيات HLA–II. وتهاجر إلى سطح الخليّة لتعرضها فتسمى الخليّة «خلية عارضة للأنتيجين APC». تهاجر خلايا APC إلى أقرب عقدة لمفاوية حيث ترصدها خلايا تائية مساعدة T_h فترتبط بالبتيد المحمول على HLA–II فتنشط خلية T_h وتتكاثر.)**

وضّح للطلّاب أنّ الخليّة البلعمية تهاجر إلى أقرب عقدة لمفاوية، وبما أنّ الخليّة التائية المساعدة تتنقّل بشكل مستمرّ بين العقد اللمفاوية في الجسم، فهي تعاين عند ذلك البتيدات المحمولة على سطح الخليّة البلعمية. ولا تتعلّق بالبتيد المحمول سوى الخلايا التائية المساعدة الخاصّة به وتنشط، وتتكاثر لتعطي خلايا مستنسخة. ويصبح بعض هذه الخلايا خلايا ذاكرة والبعض الآخر يفرز الإنترلوكين التي تؤدّي دورًا في الاستجابة المناعية المتخصّصة. اِسأل الطلّاب:

* ما دور هذا الإنترلوكين وإلامَ يؤدّي؟ **(من بين بلايين الخلايا البائية الحاملة للأجسام المضادّة المختلفة، لا تنشط سوى الخليّة المتخصّصة لأنتيجين الكائن الممرض، نتيجة الاستجابة لجزيئات الإنترلوكين. هذه الخليّة الخاصّة تتكاثر، ويصبح البعض منها خلايا ذاكرة والبعض الآخر خلايا بلازمية. تعيش هذه الأخيرة لوقت قصير وتفرز الأجسام المضادّة ذاتها لتلك التي هي موجودة على الخليّة البائية الأمّ التي أصبحت نشطة.)**
* ما دور الأجسام المضادّة المتخصّصة؟ **(ترتبط الأجسام المضادّة لكائن ممرض معيّن به مانعةً إيّاه من الارتباط بمستقبِل خاصّ به على سطح الخليّة الجسمية، وبذلك تحول دون عمل هذا الكائن الممرض الذي كان بإمكانه تغيير وظيفة الخليّة لو ارتبط بها. وهكذا يمكننا القول إنّ الجسم المضادّ أبطل مفعول الكائن الممرض. كذلك فهذه الأجسام تؤدّي دورًا فعّالًا جدًّا في منع دخول الكائنات الممرضة (بكتيريا أو فيروس) إلى الخلايا المستهدفَة نتيجة ارتباطها بالأنتيجين على سطح هذه الكائنات الممرضة ومنعها بالتالي من الدخول إلى الخليّة المستهدَفة.)**

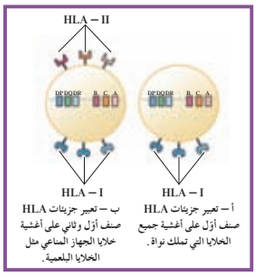
لا يستطيع المستقبل التائي التعرّف على أنتيجين قابل للذوبان أو أنتيجين موجود على سطح خليّة غريبة. لذلك تقوم الخلايا المستضيفة مثل الخلايا البلعمية على هضم الأنتيجينات إلى بتيدات. ثمّ يرتبط كلّ بتيد بجزيء العرض، وهو أنتيجين خلايا الدم البيضاء البشرية Human Leukocyte Antigens (HLA). إذًا، يرتبط المستقبل التائي بجزيء HLA والبتيد «غير الذاتي» المتّصل به. وهذا ما يُسمّى التعرّف المزدوج للمستقبل التائي (شكل 92).



(شكل 92)
التعرّف المزدوج لمستقبل الخلايا التائية

ما هي أنواع أنتيجين خلايا الدم البيضاء البشرية Human Leukocyte Antigens (HLA)؟

- الصنف الأوّل Class I، ويظهر على جميع خلايا الجسم التي لديها نواة.
- الصنف الثاني Class II، ويظهر على بعض خلايا الجهاز المناعي وبخاصّة الخلايا البلعمية (شكل 93).



أ – تعبير جزيئات HLA صنف أوّل على أغشية جميع الخلايا التي تملك نواة.

ب – تعبير جزيئات HLA صنف أوّل وثاني على أغشية خلايا الجهاز المناعي مثل الخلايا البلعمية.

(شكل 93)
تعبير جزيئات HLA على أغشية الخلايا.

2. الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)
Adaptive Immune System (Specific Defenses)

ويتمثل في المناعة الخلوية والخلطية.

إذا استطاع أحد الكائنات الممرضة تخطّي الوسائل الدفاعية غير التخصّصية للجسم، يستجيب الجهاز المناعي لذلك بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصّصية النوعية. تُسمّى هذه الاستجابة المناعية Immune Response. تُعتبَر هذه الاستجابة خطّ الدفاع الثالث وتحدث أوّلًا في الأعضاء اللمفاوية الثانوية ولها ثلاث خصائص مميّزة:

الخاصية الأولى: الاستجابة المناعية نوعية أو تخصّصية، فكلّ دفاع للجهاز المناعي يستهدف كائنًا ممرضًا خاصًّا.

الخاصية الثانية: الاستجابة المناعية تصبح أكثر فعالية ضدّ الكائن الممرض في حال التعرّض له للمرّة الثانية.

الخاصية الثالثة: الاستجابة المناعية تعمل من خلال جسم الكائن بأكمله.

اكتشف العلماء أنّ الخلايا اللمفاوية (شكل 89) هي الركائز الأساسية للاستجابة المناعية. فهي تستجيب **للأنتيجينات Antigens وهي المادّة التي تُظهر الاستجابة المناعية أو تنشّطها، ومعظمها مركّبات موجودة على سطوح الكائنات الممرضة، وبعضها موادّ سامّة معيّنة.**

تؤدّي الخلايا البلعمية الكبيرة دورًا مهمًّا في الاستجابة المناعية، إذ تُعرّف الخلايا اللمفاوية على الأنتيجينات كمكوّن غريب عن الجسم. فعندما تلتهم الخليّة البلعمية الكبيرة خليّة ما (كائن ممرض) أو بروتين تهضمه ثم ترتبط البتيدات الناتجة بجزيئات HLA–II وتهاجر إلى سطح الخليّة البلعمية الكبيرة. تُسمّى هذه الخليّة الآن **خليّة عارضة للأنتيجين Antigen Presenting Cell (APC)**. تهاجر خلايا APC إلى أقرب عقدة لمفاوية حيث ترصدها خلايا تائية مساعدة (T_H) التي بدورها تتنقل بصورة متواصلة بين العقد اللمفاوية. عندئذٍ ترتبط خلايا T_H الخاصّة بالبتيد المحمول بواسطة HLA–II والظاهر على الخليّة البلعمية الكبيرة. بعد ذلك، تنشط خلايا T_H وتتكاثر حيث إنّ بعضها يُصبح خلايا ذاكرة وتعيش لسنين طويلة، فيما يتمايز بعضها الآخر ليصبح خلايا تفرز مادّة الأنترلوكين وتعيش لبضعة أيّام.

تفرز خلايا T_H نوعين من الأنترلوكين:

- أنترلوكين–2 (IL–2) التي تؤدّي دورًا في المناعة الخلوية.
- أنترلوكين–4 (IL–4) وتؤدّي دورًا في المناعة الإفرازية.

* هل يستطيع الجسم المضادّ لوحده التخلّص من الكائنات الممرضة والأجسام الغريبة؟ وكيف؟ **(كلّا، فهو بحاجة إلى خلايا بلعمية تبتلع الجسم المضادّ مع الأجسام الغريبة أو الكائنات الممرضة وتهضمها.)**

كوّن علاقات

صلة بعلم الكيمياء:

فسّر أنّ ساق كلّ جسم مضادّ ذي الشكل Y تكون لها أهمّية لا تقلّ عن أهمّية الذراع. فالسّاق تحمل موقعًا ثابتًا لربط الأجسام المضادة بمستقبِلات الخلايا البلعمية الّتي تحفّزها إلى البلعمة عند ارتباط الجسم المضادّ بالأنتيجين. وضّح أنّ نهاية كلّ ذراع لها منطقة فريدة. في هذه المنطقة، تنثني سلسلتان من عديدات الببتيد لتكوّنا تجويفًا يشبه الميزاب ويتكامل مع المحيط والشحنات الكهربائية الخاصّة بأنتيجين معيّن. إسأل:

* كيف تحدث هذه الاختلافات في مواقع ارتباط الأجسام المضادّة بالأنتيجينات؟ **(ترتّب الجينات التي تشفّر سلسلتين من عديدات الببتيد نفسها بطرق مختلفة قليلًا في كلّ خليّة بائية.)**

إجابة سؤال الجدول (5) صفحة 127 في كتاب الطالب: الوسائل الدفاعية غير التخصّصية فعّالة ضدّ عدّة أنواع من الكائنات الممرضة، في حين أنّ الوسائل الدفاعية التخصّصية تحمي الجسم ضدّ كائن ممرض معيّن.

إجابة سؤال الشكل (96) صفحة 126 في كتاب الطالب: الخلايا التائية المساعدة المنشّطة تحفّز الخلايا البائية على التمايز والتكاثر إلى خلايا بلازمية منتجة للأجسام المضادّة وخلايا بائية ذاكرة.

(ج) المناعة المكتسبة

دع الطلّاب يدرسون الشكل (98)، ثمّ دعهم يقرؤون التعليق المصاحب له والذي يشير إلى أنّ الاستجابة المناعية الثانوية أقوى وأسرع من الأولى. بعد ذلك، إسألهم:

* لماذا تُعتبَر الاستجابة المناعية السريعة مهمّة عندما يقاوم جسمك الإصابة بالعدوى؟ **(كلّما تمّ إنتاج الأجسام المضادّة بصورة أسرع، تكون فرصة الكائن الممرض في التكاثر أقلّ، وبذلك يمكن التخلّص من الكائن قبل ظهور عوارض المرض.)**

تاريخ العلم

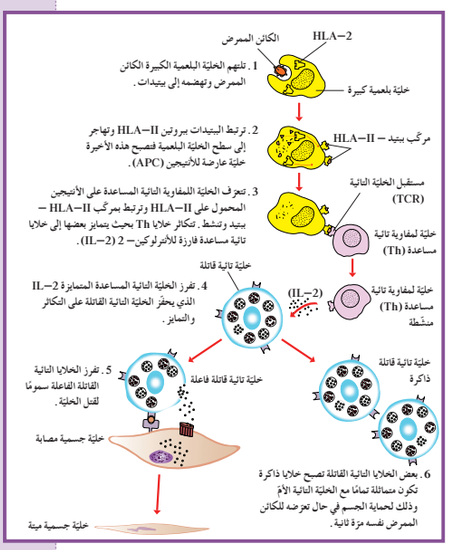
الخلايا التي تأكل الخلايا

تمّ التوصّل إلى إحدى الخطوات المهمّة لفهم الجهاز المناعي في العام 1883 بفضل عمل العالم الروسي إيلي ميتشينكوف. كان هذا العالم يبحث عن سبب الالتهاب لدى الحيوانات باستخدام يرقات نجم البحر كموادّ للبحث لأنّ لها أجسامًا شفّافة تسمح بملاحظة العمليات الداخلية بوضوح. إنّه لمدهش حقًّا، كيف تتفاعل خلايا الكائن مع الجسم الغريب. فقد اقتلع ميتشنيكوف شوكة من إحدى الورود الموجودة في الحديقة الخاصّة به وغمّدها في اليرقة. وبعد مرور يوم، لاحظ أنّ الشوكة قد أُحيطت بحشد ضخم من الخلايا. ومن خلال الدراسات التي أجراها بعد ذلك، حدّد خلايا مشابهة لبعض خلايا الإنسان، وهي خلايا الدم البيضاء في الصديد على وجه الخصوص. وتعرّف أنّ هذه الخلايا قادرة على هضم الجسيمات الغريبة، وأطلق عليها اسم الخلايا البلعمية، اشتقاقًا من الكلمتين اليونانيتين اللتين تعنيان «يأكل» و«الخلايا».

1.2 المناعة الخلوية Cell Mediated Immunity

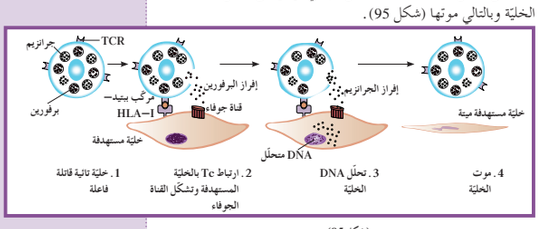
تعتمد المناعة الخلوية على الخلايا اللمفاوية التائية ذاتها بحيث تهاجم الخلايا التائية القاتلة (Tc) مباشرة الخلايا الضارّة للجسم، مثل الخلايا السرطانية أو خلايا الجسم المصابة، لتدميرها.

بعد أن تنشّط الخلايا التائية المساعدة وتتمايز تفرز مادّة الأنترولوكين-2 (IL-2) لتنشّط الخلايا التائية القاتلة وتجعلها تتكاثر. عندما تتكاثر الخلايا التائية القاتلة ذات مستقبل TCR، تتعرّف على البروتينات المحمولة على HLA-II للخلايا العارضة للأنتيجين APC. بعض الخلايا الناتجة عن هذا التكاثر تصبح خلايا ذاكرة والبعض الآخر يتمايز ليصبح خلايا تائية قاتلة فاعلة والتي تعيش لوقت قصير وتكون قادرة على قتل الخليّة المستهدفة بواسطة سموم تفرزها تُسمّى **قاتل الخليّة Cytotoxin** (شكل 94).



(شكل 94)
آلية عمل المناعة الخلوية

هناك نوعان من قاتل الخلايا: **البرفورين Perforin والجرانزيم Granzymes**. عندما تتعرّف خليّة Tc على خليّة مصابة ترتبط بمركّب بيتيد-HLA-I بواسطة مستقبل TCR الخاصّ بها، ثمّ تفرز البرفورين الذي يشكّل قناة جوفاء على سطح الخليّة المستهدفة. ثمّ تفرز Tc الجرانزيم خلال هذه القناة إلى داخل الخليّة فيحدث تفاعل إنزيمي يؤدّي إلى تحلّل DNA الخليّة وبالتالي موتها (شكل 95).



(شكل 95)
تتعرّف الخليّة التائية القاتلة على أنتيجينات على سطح خليّة مصابة ثمّ تفرز سموم "قاتل الخليّة" لتدمّر الخليّة المصابة.

2.2 المناعة الإفرازية (الخلطية) Humoral Immunity

المناعة الإفرازية Humoral Immunity هي المناعة ضدّ الكائنات الممرضة مثل سمّ الثعبان، القطر السامّ، وسموم الميكروبات الموجودة في سوائل الجسم والدم واللمف. تعتمد هذه المناعة على الأجسام المضادّة التي تنتجها الخلايا اللمفاوية البائية. والجسم المضادّ هو البروتين الذي يساعد في تدمير الكائنات الممرضة.

من بين بلايين الخلايا البائية الحاملة لعدّة أنواع من الأجسام المضادّة، تُنشّط فقط تلك ذات الأجسام المضادّة التي تتعرّف على أنتيجينات الكائن الممرض الذي دخل الجسم. تُنشّط هذه الخلايا وتتكاثر إستجابة لمادّة الأنترولكين-4 (IL-4) الذي فرزته الخلايا التائية المساعدة المنشطة. يصبح بعض هذه الخلايا المتكاثرة خلايا بائية ذاكرة. وبعضها الآخر يتمايز ليصبح **خلايا بلازمية Plasma cells** التي تعيش لوقت قصير وتفرز أجسامًا مضادّة (شكل 96).

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الإصابة بنزلات البرد

من السهل أن تصاب بنزلة برد أكثر من مرّة في كلّ فصل من فصول السنة، إذ تكثر فيروسات نزلات البرد التي تتغيّر أنتيجاناته بسرعة كبيرة. لذلك، لا تنجح الوسائل الدفاعية التخصّصية كثيرًا في منع الإصابة بنزلات البرد نظرًا إلى أنّ على الجهاز المناعي التعرّف عليه كلّ مرّة.

علم الأحياء في حياتنا اليومية

يعود عنيفًا ليصيبنا

فسِّر أنّ فيروس الجدري المائي Varicella zoster يسبّب طفحًا جلديًّا ينتشر ليغطّي جزء الجلد الذي يغذّيه العصب المصاب بالعدوى. لهذا، فإنّ الأشخاص المصابين بالجدري المائي لديهم نطاق متقرح، أحمر ومؤلم على صدورهم، أو أذرعهم أو أرجلهم أو وجوههم.

حقائق وأرقام

سلالات إنفلونزا كثيرة للغاية، في وقت قصير للغاية

الإنفلونزا مرض يسبّبه فيروس محمول بالهواء. تحدث الإصابة بالإنفلونزا بصورة وبائية دورية، وتؤدّي أحيانًا إلى دقّ ناقوس الخطر عاليًا، مُنذِرًا بالموت. فعلى سبيل المثال، قتل وباء الإنفلونزا في العام 1968 حوالى 700000 شخص على مستوى العالم في ستة أسابيع فقط. وتوصّل العلماء إلى لقاح للإنفلونزا معتدل الفعالية، ولكنّ تحضير هذا اللقاح يستغرق ستة أشهر بمجرّد عزل سلالة معيّنة من فيروس الإنفلونزا، وتظهر سلالات جديدة كلّ عامين بسبب الطفرات الجينية. لذا فإنّ العلماء لا يستطيعون أن يتوقّعوا بالتأكيد أيّ سلالة من فيروس الإنفلونزا ستنتشر في العام القادم. فاللقاح الذي يكون فعّالًا ضدّ سلالة فيروس الإنفلونزا في أحد الأعوام قد يثبت عدم جدواه ضدّ سلالة العامّ التالي.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجيبون عن الأسئلة التالية:

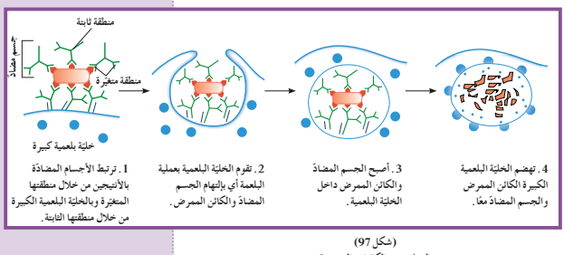
- ما الوسائل الدفاعية التخصّصية وما الوسائل الدفاعية غير التخصّصية في الجسم ضدّ الفيروسات؟ **(الوسائل غير التخصّصية: الإنترفيرونات والخلايا القاتلة الطبيعية، الوسائل التخصّصية: المناعة الإفرازية أو الخلطية والمناعة الخلوية)**
- ما الذي يحدث في أثناء الاستجابة المناعية الخلطية؟ **(تتعرّف الخلايا البائية على الأنتيجين، تتمايز وتتكاثر إلى خلايا بائية ذاكرة وخلايا بلازمية. تفرز هذه الأخيرة الأجسمام المضادّة الخاصّة بالأنتيجين.)**
- كيف تختلف وظيفة الخلايا اللمفاوية البائية عن وظيفة الخلايا التائية؟ **(الخلايا البائية تفرز أجسامًا مضادّة، أمّا الخلايا التائية الثلاث فتنسّق عملها لتدمير الخلايا المصابة.)**

(شكل 96)
الاستجابة المناعية الإفرازية

ينتج الجهاز المناعي الأجسام المضادّة المتخصّصة التي ترتبط بالأنتيجينات على سطح الكائنات الممرضة. ما دور الخلايا التائية المساعدة في الاستجابة المناعية الإفرازية؟

لا تستطيع الأجسام المضادّة التخلّص من الأنتيجينات بنفسها. فلكي تتخلّص من الكائن الممرض يجب أن تتعاون مع خلايا أخرى من خلايا الجهاز المناعي. عندما يدخل كائن ممرض، مثل السموم، يرتبط الجسم بمستقبلات غشائية موجودة على سطح الخلايا الجسمية المستهدفة ويبدّل في وظيفتها. يتعرّف جسم مضادّ معيّن على الأنتيجين (السموم والمركّبات على سطوح الكائنات الممرضة) ويرتبط به مانعًا بذلك إرتباطه بالخليّة المستهدفة. وهكذا يكون الجسم المضادّ قد قام بتحييد الكائن الممرض وأبطل عمله.

يوجد لدى الخلايا البلعمية الكبيرة مستقبل غشائي للمنطقة الثابتة من الجسم المضادّ. فعندما يرتبط الجسم المضادّ بواسطة منطقته المتغيّرة بالأنتيجين، يرتبط بالخليّة البلعمية الكبيرة بواسطة منطقته الثابتة. عند ذلك تقوم الخليّة البلعمية الكبيرة بالتهام وهضم الجسم المضادّ والكائن الممرض معًا (شكل 97).



(شكل 97)
التخلص من الكائنات الممرضة

يلخّص الجدول (5) دور خطوط الدفاع في جسمك.

نوع الوسيلة الدفاعية	الخطّ الدفاعي	الخصائص المميّزة
غير تخصّصية	الأوّل	حواجز أساسية مثل الجلد
	الثاني	الاستجابة بالالتهاب
تخصّصية	الثالث	الاستجابة المناعية الخلطية – الإفرازية والاستجابة بالمناعة الخلوية

(جدول 5)
تتضمّن وسائل الجهاز المناعي الدفاعية لدى الإنسان وسائل غير تخصّصية وأخرى تخصّصية. ما أوجه الاختلاف بين النوعين؟

2.3 المناعة المكتَسبة Acquired Immunity

من المحتمل أنّك تعرف أنّ الإصابة بمرض معيّن من مثل جدري الماء أو الزُّكاف تكسبك مناعة ضدّهما. المناعة المكتَسبة هي مقاومة الجسم للكائنات الممرضة التي سبق له الإصابة بها.

تبدأ عملية اكتساب هذا النوع من المناعة بالاستجابة المناعية الأوّلية Primary Immune Response التي تناولناها سابقًا. تستغرق هذه الاستجابة ما بين خمسة وعشرة أيام حتّى تتكاثر الخلايا اللمفاوية وتبلغ أعداد الخلايا البائية والتائية المتخصّصة في الاستجابة لأنتيجينات الكائن الممرض أقصى حدّ.

يمكن، في هذه الأثناء، أن تصبح العدوى واسعة الانتشار وتسبّب مرضًا خطيرًا.

في المرّة الثانية التي يصاب فيها الجسم بالكائن الممرض نفسه، تكون الاستجابة المناعية أسرع، وتُعرَف بالاستجابة المناعية الثانوية Secondary Immune Response. تتميّز هذه الاستجابة بسرعتها، فهي سريعة جدًّا إلى حدّ تمكّنها، في أغلب الأحيان، من تدمير الكائن

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 3–2

1. أثناء المناعة الإفرازية أو الخلطية، تفرز الخلايا البائية أجسامًا مضادّة ترتبط بالأنتيجينات. وفي أثناء المناعة الخلوية، تدمّر الخلايا التائية القاتلة خلايا الجسم المصابة أو تمزّقها.
2. تتعرّف الخلايا التائية القاتلة على خلايا الجسم المصابة فتهاجمها وتدمرها. وتتعرّف الخلايا التائية المساعدة على بروتينات الكائنات الممرضة المحمولة على بروتينات HLA–II للخلايا البلعمية الكبيرة (APC) وتحفّز تكاثر الخلايا التائية القاتلة وتمايزها بإفرازها للأنترلوكين –2 (IL–2). والخلايا البائية بإفرازها للأنترلوكين –4 (IL–4). تكبح الخلايا التائية الكابحة إنتاج الخلايا التائية القاتلة والخلايا البائية أو تثبطّه.
3. يجب أن توضّح البطاقات تتابع الأحداث الموضّحة في الشكل (94).
4. لا تتعرّف الخلايا التائية القاتلة على الكائن الممرض مثل الفيروس بل تتعرف على الخلايا الذاتية المصابة فقط وتدمرها.
5. يمكن تقسيم الوسائل الدفاعية إلى وسائل غير تخصّصية ووسائل تخصّصية. تبدأ الوسائل الدفاعية غير التخصّصية بخطّ الدفاع الأوّل المتمثّل في الجلد والمخاط وغيرها بمنع الأجسام الغريبة من دخول الجسم. ويلي ذلك خطّ الدفاع الثاني المتمثّل بالاستجابة بالالتهاب حيث تقوم الخلايا البلعمية بالتهام كلّ ما هو غريب عن الجسم من دون أن يتعرّف على نوعه. أمّا خطّ الدفاع الثالث فتقوم به الخلايا اللمفاوية بعد أن تتعرّف على نوع الأجسام الغازية.

اكتساب المهارات

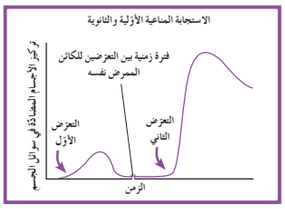
احرص على استخدام الطلّاب المهارتين التاليتين:

- **مهارة الكتابة:** دع الطلّاب يكتبون مقالًا قصيرًا يفسّر كيف ستتفاعل أجسامهم ضدّ جرح أصاب أحد أصابعهم. دع الطلّاب يصفون سلسلة الأنشطة المستخدَمة في الاستجابة المناعية الخلوية. شجّعهم على استخدام المضاهاة عندما يروون قصصهم.
- **مهارة التطبيق:** اِسأل الطلّاب: إذا أكلت طعامًا محتويًا على البكتيريا، أيّ الوسائل الدفاعية غير التخصّصية ستساعد في حماية الجسم من المرض؟ **(الإنزيمات المحلّلة في اللعاب وحمض المعدة والإنزيمات الهاضمة في المعدة.)**

المرض قبل ظهور عوارض المرض. وهذا هو المبدأ الّذي يرتكز إليه اللقاح. **واللقاح Vaccine هو مركّب يحتوي على كائنات ممرضة ميتة أو تمّ إضعافها، يستخدم لزيادة مناعة الجسم**، بحيث يتعرّف الجسم الكائن الممرض بحالةٍ أضعف من أن يسبب المرض ولكن يكفي وجوده لتحفيز الجهاز المناعي على الاستجابة المناعية فيتمكّن في المرّة القادمة التي يتعرّض إليها الجسم للكائن الممرض من أن يهاجمه بطريقة أسرع وأقوى وحتّى قبل ظهور المرض في بعض الأحيان.

تُعرَف الخلايا المسؤولة عن الاستجابة المناعية الثانوية بخلايا الذاكرة Memory Cells، فهي تختزن معلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي. تنقسم في جسمك إلى خلايا الذاكرة البائية وخلايا الذاكرة التائية، ويتكوّن كلا النوعين من هذه الخلايا في أثناء الاستجابة المناعية الأوّلية.

في حين لا تعيش الخلايا البائية والخلايا التائية إلّا أيامًا معدودة، تعيش خلايا الذاكرة عشرات السنوات وقد ترافقك طوال حياتك. عند مواجهة الكائن الممرض نفسه مرّة ثانية، تستجيب خلايا الذاكرة فورًا، وتبدأ بالانقسام سريعًا، عندئذ تكثر الأجسام المضادّة والخلايا التائية النشطة في خلال يوم أو اثنين على الأكثر (شكل 98).



(شكل 98)
لاحظ سرعة ومدى قوّة ردّة فعل الجهاز المناعي الثانوية تجاه العدوى بالكائن الممرض نفسه. يكتسب الجسم مناعة ضدّ الكائنات الممرضة التي يتعرّض لها.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

بعود عنيفًا ليصيبنا

لا يترك الفيروس الذي يسبّب الإصابة بمرض جدري الماء الجسم بعد أن تزول علامات جدري الماء عن الجسم. ففي حالات نادرة، يتوارى الفيروس في الخلايا العصبية للعائل، ويمكن أن يحاول الظهور في جسم عائله البالغ كمرض يُسمّى الهربس النطاقي وهو معروف بالحزام الناري.

مراجعة الدرس 3–2

1. ما أوجه الاختلاف بين المناعة الإفرازية أو الخلطية والمناعة الخلوية؟
2. صِف وظيفة كلّ من الخلايا اللمفاوية التائية المساعدة والقاتلة في الاستجابة المناعية التخصّصية.
3. **سؤال التفكير الناقد:** صمّم بطاقة تشرح فيها آلية عمل المناعة الخلوية.
4. **أضف إلى معلوماتك:** لماذا لا يمكن للخلايا التائية القاتلة أن تدمر الفيروس بصورة مباشرة؟
5. كيف تستجيب مكوّنات الجهاز المناعي المختلفة لدخول الكائنات الممرضة الجسم؟

الدرس 3-3

صحّة الجهاز المناعي

الأهداف:

- يحدّد أسباب الإصابة بفرط الحساسية.
- يشرح تأثير فيروس عوز المناعة البشرية (HIV) في جهاز الإنسان المناعي.
- يحلّل تأثير الأساليب الحياتية المختلفة في الجهاز المناعي.

الأدوات المستعمَلة: شفافيات أو صور لعوارض الحساسية، جهاز عرض.

صفحات التلميذ: من ص 130 إلى ص 135

صفحات الأنشطة: من ص 37 إلى 38

عدد الحصص: 1

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تفحّص الطلّاب صورة افتتاحية الدرس (شكل 99) وقراءتهم التعليق المصاحب لها. اِسألهم:

- ما الذي سيقلّل عدد العثّة وكمّية فضلاتها؟ **(التنظيف المنتظم)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول صحّة الجهاز المناعي، وجِّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما العوامل التي تساعد على الحفاظ على الجهاز الهضمي والتنفّسي والدوري؟ **(التغذية السليمة، ممارسة الرياضة ...)**
- هل تساعد هذه العوامل في الحفاظ على صحّة الجهاز المناعي؟ **(بالطبع، لأنّه أحد أجهزة الجسم المكوّن من خلايا وأعضاء، فالتغذية السليمة وممارسة الرياضة وغيرها تساعد في ذلك.)**
- ما الاختلالات التي قد تصيب الجهاز المناعي؟ **(قد تهاجم مكوّنات الجهاز المناعي موادّ وأجسامًا لا تُعتبَر مؤذية للجسم، أو قد لا تتمكّن تلك المكوّنات من القيام بوظيفتها الطبيعية لسبب ما.)**

نشاط سريع

أُعرض على الطلّاب أحد أدوية الحساسية التي تُصرَف من دون وصفة طبّية والتي تحتوي أحد مضادّات الهستامين ودواء آخر مثبّطًا للهستامين. اِسألهم:

- ما الدور الذي يقوم به الهستامين في الجسم؟ **(الهستامين يعطي الإشارة لبدء استجابة الجهاز المناعي.)**
- برأيك، ما الفرق بين مضادّ الهستامين ومثبّط الهستامين؟ **(الإجابات المحتمَلة: مضادّ الهستامين يقلّل من تأثيرات الهستامين، أمّا مثبّط الهستامين فيمنع الجسم من إفراز الهستامين.)**

الدرس 3-3

صحّة الجهاز المناعي

Health of the Immune System

الأهداف العامة

- يحدّد أسباب الإصابة بفرط الحساسية.
- يشرح تأثير فيروس عوز المناعة البشرية (HIV) في جهاز الإنسان المناعي.
- يحلّل تأثير الأساليب الحياتية المختلفة في الجهاز المناعي.

(شكل 99)

قد يستحيل أن تطرد هذا الكائن المجهري من بيتك (شكل 99). إنّه عثّة الغبار التي تأكل ما يتساقط من بشرتك وتعيش في الفراش والوسائد والسجّاد. يحتوي السرير الواحد، على سبيل المثال، على مليوني عثّة على الأقلّ، تنتج كلّ منها حوالى عشرين كرة براز تتطاير مع أجساد العثّة الميتة في الهواء. وتُثير المتطايرات حساسية العطس المتكرّر لدى الكثير من الناس.

1. **اختلالات الجهاز المناعي**

Immune System Disorders

تكمن وظيفة الجهاز المناعي في المحافظة على سلامة الجسم من الأمراض، غير أنّ نشاط الجهاز المناعي قد يسبّب، في بعض الأحيان، مشاكل صحّية مزعجة قد تهدّد الحياة. إذ تُعتبر الحمّى على سبيل المثال، إحدى طرق جهازك المناعي لمحاربة المرض، ولكنّها، إن اشتدّت، تسبّب تلف الدماغ ومشاكل أخرى خطيرة. تنجم المشاكل الصحّية عن اختلال الجهاز المناعي نتيجة فرط في تفاعله أو انعدام هذا التفاعل. وإذا هاجمت الكائنات الممرضة الجهاز المناعي نفسه كما في حالة مرض الإيدز، يمكن أن تتأثّر وظائفه العادية أو تختلّ.

130

2. علِّم وطبِّق

1.2 اختلالات الجهاز المناعي

فسّر للطلّاب أنّ هناك حالات مرضية تُعرَف بنقص المناعة Immunodeficiency وفيها تتأثّر قدرة الجهاز المناعي على مقاومة الكائنات الممرضة. يكون لدى الأشخاص المصابين بنقص المناعة خلل أو نقص في مكوّن واحد أو عدّة مكوّنات من الجهاز المناعي التي تؤدّي إلى عدّة اضطرابات. نذكر منها داء العوز المناعي المشترك الشديد Severe Combined Immunodeficiency (SCID) الذي يتمثّل بخلل حادّ في الخلايا التائية والبائية.

(أ) الحساسية

وضّح للطلّاب أنّ هناك نوعين من الحساسية: الحساسية الفورية أو المباشرة والحساسية المؤجّلة أو المتأخّرة. الأولى ناتجة عن مناعة إفرازية متغيّرة أو متبدّلة وتنطلق في خلال بضع ثوانٍ من الاتّصال بالأنتيجين مثل الغبار، حبوب اللقاح، ولسعة النحل. تتميّز هذه الحساسية بإنتاج نوع نادر من الأجسام المضادّة التي ترتبط بالخلايا البدينة وتحتوي على كمّيات كبيرة من الحبيبات التي بدورها تحتوي على الهيستامين.

– أمّا النوع الثاني من الحساسية فهو حساسية ناتجة عن الاتّصال بموادّ مثيرة للحساسية مثل قفّازات المطّاط والجواهر المزيّفة وألبسة تحتوي على موادّ اصطناعية. تظهر الحساسية على شكل التهاب جلدي، وأكزيما بعد 24 أو 48 ساعة من الاتّصال مع الجسم المثير للحساسية. هذا النوع من الحساسية ناتج عن مناعة خلوية.

نشاط توضيحي

أُدع أحد الأطباء المتخصّصين في علاج أمراض الحساسية ليناقش مع الطلّاب مشكلات الحساسية الشائعة وكيفية علاجها. أُطلب إلى المتحدّث أن يناقش أعراض تفاعل الحساسية الشديدة وكيفية معالجة الشخص المرتاب في إصابته بمثل هذا التفاعل.

إجابة سؤال الشكل (101) صفحة 133 في كتاب الطالب:

تستحثّ الأجسام المضادّة الموجودة على الخلايا البدينة والمرتبطة بالمادّة المسبّبة للحساسية على إفراز الهستامين.

(ب) اختلالات المناعة الذاتية

- ماذا نعني بمرض المناعة الذاتية؟

(نتيجة اختلال وظيفة الجهاز المناعي، يبدأ هذا الأخير بمهاجمة أنسجة الجسم معتقدًا بأنّها من الكائنات الممرضة أو الغريبة.)

- سمِّ بعض هذه الأمراض وعوارضها.

(مرض التصلّب المتعدّد، وينتج عندما تدمّر الخلايا التائية الغلاف الميليني للخلايا العصبية مسبّبة اختلال وظائفها.

مرض البول السكري، وينتج عن مهاجمة الجهاز المناعي لخلايا جزر لانجرهانس في البنكرياس المنتجة للأنسولين.)

1.1 الحساسية Allergy

يستطيع الجهاز المناعي عادةً أن يميّز بين الكائنات الممرضة والموادّ الكيميائية والجسيمات غير الضارّة في بيئة الجسم الداخليّة، **ولكن يتفاعل الجسم من حين إلى آخر، مع موادّ غير ضارّة كما لو كانت أنتيجينًا، فينتج أجسامًا مضادّة لها. وهذا النوع من الاستجابة المناعية يُسمّى الحساسية Allergy**، ونذكر من بين أنواعها حمّى القشّ Hay Fever. تعرّفت، في بداية هذا الفصل، دور الهستامين في الاستجابة المناعية بالالتهاب. وفي أثناء الإصابة بالحساسية، ترتبط الموادّ المسبّبة للحساسية بالأجسام المضادّة الموجودة على نوع معيّن من **خلايا الدم البيضاء الذي يحتوي سيتوبلازمها على حبيبات ممتلئة بالهستامين وتُسمّى الخلايا البدينة Mast Cell**. يحثّ هذا الارتباط الخليّة البدينة على إفراز الهستامين الذي يسبّب تمدّد واتساع الأوعية الدموية وافراز العينين للدموع والممرّات الأنفية للمخاط. تقلّل العقاقير التي تُسمّى العقاقير المضادّة للهستامين من حدّة هذه الاستجابات للهستامين.

من المسبّبات المعروفة للحساسية حبوب اللقاح والغبار وجراثيم الأعفان، وبإمكانك أن ترى هذه الأنواع من الجسيمات في الشكل (100). يمكن أيضًا أن تسبّب الموادّ الكيميائية في بعض النباتات، مثل الموز والمنجا، تفاعلات تحسّسية من مثل احمرار الجلد والحكّة ويمكن للدغة بعض الحيوانات (شكل 101) أن تسبّب تفاعلات تحسّسيّة بسيطة مثل الاحمرار والورم، وفي بعض الحالات قد تسبّب ردة فعل تحسّسي شديد. عند الإصابة بالحساسية الشديدة، تتمدّد الأوعية الدموية بدرجة كبيرة، ما قد يسبّب هبوطًا حادًّا في ضغط الدم وصعوبة في التنفّس. تُسمّى مثل هذه الإصابة صدمة استهدافية Anaphylactic Shock يمكنها أن تهدّد الحياة. تتمّ معالجتها بمادّة الإبينفرين، وهي مادّة الجهاز العصبي الذاتي الكيميائية، التي تعكس (أو توقف) أثر الصدمة.

2.1 اختلالات المناعة الذاتية Autoimmune Diseases

قد تختلّ وظيفة الجهاز المناعي، **فيبدأ بمهاجمة أنسجة الجسم معتقدًا بأنّها من الكائنات الممرضة مسبّبًا بذلك أحد أمراض المناعة الذاتية Autoimmune Diseases**. نذكر من بين هذه الأمراض مرض التصلّب المتعدّد Multiple Sclerosis الناتج من قيام الخلايا التائية بتدمير الغلاف الماييليني الذي يحيط بالخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي، ما يتسبّب باختلال وظائف الخلايا العصبية. يعتقد العلماء أنّ مرض البول السكّري من النمط الأوّل الذي تشمل عوارضه نقص هرمون الإنسولين في الدم أو انعدامه، ناتج من مهاجمة الجهاز المناعي للخلايا المنتجة للإنسولين في البنكرياس. لا يستطيع العلماء حتّى الآن فهم كيف يتحوّل الجهاز المناعي أحيانًا ضدّ الجسم وسبب هذا التحوّل.

حبوب اللقاح

العفن

الغبار

(شكل 100)
تكون هذه الجسيمات الضئيلة عادة غير ضارّة، إلّا أنّ الجزيئات الموجودة على سطحها تُحدث، لدى الشخص المصاب بالحساسية، استجابة مناعية.

شكل (101)
تسبّب لدغات النحل تفاعلًا تحسّسيًّا لدى بعض الأشخاص. ما الذي يحدث في أثناء الإصابة بالحساسية؟

إثباط المناعة

أشر إلى أنّ بعض الأشخاص يعبرون مُسبقًا عن رغبتهم في التبرّع بأعضاء من أجسامهم بعد الموت. في بعض المناطق، قد يُسجَّل هذا القرار في رخصة قيادة الشخص. شجِّع الطلّاب المهتمّين بهذا الموضوع على الاطّلاع على برامج التبرّع بالأعضاء، وعلى القضايا التي يتطلّب معالجتها قبل اتّخاذ القرار.

(ج) عوز المناعة المكتسب (الإيدز)

فسِّر أنّ العدوى أو الإصابة بفيروس عوز المناعة البشرية HIV يمكن الكشف عنه عن طريق اختبار الدم للتأكّد من وجود الأجسام المضادّة لهذا الفيروس. يدلّ الاختبار الموجَب أنّ الأجسام المضادّة موجودة، أمّا الاختبار السالب فيشير إلى عدم وجودها. إسألهم:

* برأيك، إلامَ تشير النتيجة السالبة الخاطئة؟ **(أنّ الأجسام المضادّة موجودة ولكنّ الاختبار لم يكتشف عن وجودها.)**

أشر إلى أنّ الشخص الذي أُصيب بعدوى فيروس عوز المناعة البشرية حديثًا جدًّا قد تكون نتيجة اختبار دمه سالبة خاطئة لأنّ الجهاز المناعي لم ينتج بعد أجسامًا مضادّة بدرجة كافية للكشف عنها في الدم.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد الطلّاب أنّ الإيدز لا ينتقل في أثناء الاتّصال الجنسي. فسِّر لهم أنّ الإيدز يمكن أن ينتقل بصورة عامّة في خلال الاتّصال الجنسي مع شخص مصاب به.

تصويب مفهوم خاطئ

أخبر الطلّاب أنّ المصطلحَين HIV وAIDS قد يُستخدَمان كبديلين لبعضهما البعض. فسِّر لهم أنّ الشخص المصاب بـ HIV قد يكون لديه أعراض مرض الإيدز أو لا. ففي الواقع، قد لا يكون للشخص المصاب فكرة عن إصابته. أضف أنّه لا يتمّ تشخيص الشخص المصاب بالإيدز إلّا بعد أن تكون العدوى بـ HIV قد سبّبت تلف الجهاز المناعي مؤدّية إلى إصابات غير معتادة كالإصابات الفطرية في الفم والأشكال النادرة من سرطان الجلد. يتضمّن التحديد أو الكشف الطبّي للإصابة بالإيدز إلى معرفة عدد الخلايا التائية المساعدة التي تنخفض لتصل إلى $200/mm^3$ في الدم أو أقلّ عندما يصل الشخص المصاب بالفيروس إلى مرحلة الإيدز، بينما يتراوح المعدّل الطبيعي للخلايا التائية المساعدة في الدم بين $500/mm^3$ و$1000/mm^3$.

3.1 عوز المناعة المكتسَب (الإيدز) AIDS

مصطلح الإيدز AIDS هو اختصار أربع كلمات إنجليزية هي Acquired Immune Deficiency Syndrome، وتعني باللغة العربية متلازمة عوز أو نقص المناعة المكتسَب. **فالإيدز ليس مرضًا نوعيًا وإنّما هو الحالة التي يعجز فيها الجهاز المناعي عن حماية الجسم من الكائنات الممرضة، وذلك بسبب فيروس عوز المناعة البشرية Human Immune Deficiency Virus HIV.** يهاجم هذا الفيروس جهاز الإنسان المناعي، ويدمّر مقدرة الجسم على مقاومة العدوى.

تُعَدّ العدوى بفيروس الإيدز من أسرع الأمراض الوبائية انتشارًا في العالم، لذلك نشر المعرفة حول كيفية انتقاله أمرًا ضروريًا بهدف تقليل فرص الإصابة به، وتحسين نظرة الناس إلى المصابين. لم يتوصّل العلماء، حتّى الآن، إلى علاج شافٍ للعدوى بفيروس HIV، ولكنّ الباحثين في جميع بقاع الأرض ناشطون في مجال البحث عن علاج ولقاح لمنع انتشاره. لذلك تُعتبَر الوقاية أفضل طريقة لمنع العدوى بفيروس HIV.

وقد ينتقل فيروس HIV من شخص مصاب إلى آخر في بعض الحالات وقد لا ينتقل في حالات أخرى.

1. حالات نقل المرض بصورة مباشرة عن طريق:

- الاتّصال الجنسي
- الدم
- من أمّ حامل إلى الجنين ومن خلال الرضاعة
- استخدام الحقن نفسها من شخص إلى آخر

2. حالات عدم نقل المرض من خلال:

- التصافح بالأيدي
- استخدام الأطباق نفسها
- لدغة الحشرات
- ارتداء الثياب نفسها
- الحيوانات الأليفة
- استخدام النقل العام نفسه

فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

مكتشفات حديثة في علم الأحياء

إثباط المناعة

يُعَدّ الجهاز المناعي أفضل وسيلة دفاعية طبيعية للجسم لمواجهة الأمراض المعدية. إلّا أنّ بعض الإجراءات الطبّية قد تكون أكثر نجاحًا، عندما يكون الجهاز المناعي للشخص غير نشيط. وأفضل الأمثلة على ذلك، نقل الأعضاء أو الأنسجة الحيّة أو زرعها. بعد الزرع، يتعرّف الجهاز المناعي للشخص المتلقّي النسيج الجديد على أنّه جسم غريب. عندها، تتكاثر الخلايا التائية القاتلة بسرعة كبيرة وتهاجمه. يمكن للطبيب المعالج أن يمنع رفض جسم المريض للعضو المزروع عن طريق إعطائه العقاقير التي تثبط نشاط الجهاز المناعي في جسمه. والعقاقير التي تثبط الجهاز المناعي تعمل عن طريق إعاقة الانقسام الميتوزي للخلايا المناعية، ما يحول دون التكاثر كاستجابة لوجود النسيج الغريب. تعتمد بعض الأبحاث الطبّية المستخدَمة في علاج مرض السرطان على إيقاف الانقسام الميتوزي أيضًا، لكنّ الهدف في هذه الحالة إعاقة الخلايا السرطانية أو منعها من التكاثر. ولكن، للأسف، لهذه الوسائل العلاجية تأثير جانبي متمثّل بإثباط الجهاز المناعي. نتيجة لذلك، يعاني بعض مرضى السرطان ضعفًا في أجهزتهم المناعية كإحدى مضاعفات العلاج.

حقائق وأرقام

فيروس عوز المناعة البشرية (HIV) والخلايا التائية المساعدة

يُعرف الآن نوعان من فيروس العوز المناعي البشري: HIV−1 وHIV−2. في كلا النوعين، يتكوّن كلّ فيروس من قالب بروتيني يحيط بحمضه النووي RNA وعدّة نسخ من إنزيم النسخ العكسي. عندما يثبّت الفيروس نفسه بالخليّة التائية المساعدة، يصبح القالب البروتيني مغطّى بغطاء ليبيدي مشتقّ من الغشاء البلازمي للخليّة التائية المساعدة. يتقدّم الفيروس من سطح الخليّة التائية إلى داخل الخليّة. وبمجرّد أن يكون الفيروس داخل الخليّة التائية، فإنّ إنزيم النسخ العكسي يستخدم حمض RNA الفيروسي كقالب لبناء DNA. هذا الـ DNA يتمّ إدخاله إلى أحد كروموسومات الخليّة التائية المساعدة. عندما يتمّ تنشيط الخليّة التائية، تنسخ حمض DNA الخاصّ بفيروس عوز المناعة البشرية HIV مع أجزاء من حمضها النووي DNA، منتجةً بذلك نُسخًا من RNA الفيروسي من دون قصد. ثمّ يترجَم RNA الفيروسي إلى بروتينات الفيروس، التي تتجمّع لتكوّن فيروسات جديدة والتي تبدأ في إصابة المزيد من الخلايا التائية المساعدة وتدميرها.

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الأمل في لكمة أو اثنتين

شجّع الطلّاب على إجراء بحث على شبكة الإنترنت لمعرفة أحدث المعلومات عن العلاج ضدّ فيروس HIV.

2.2 الاعتناء بجهازك المناعي

للمحافظة على سلامة الجهاز المناعي، هناك عدّة سلوكيات يجب أن يقوم بها الإنسان. اِسأل الطلّاب:

- لماذا يُعتبَر تجنب العلاقات الجنسية المحرّمة من السلوكيات المهمّة؟ **(لكي يتجنّب الأمراض مثل الإيدز والزهري والسيلان وغيرها من الأمراض التي تنتقل عن طريق الاتّصال الجنسي بشخص مصاب.)**
- لماذا تُعتبَر اللقاحات مهمّة؟ **(لتجنّب العدوى بعدّة أمراض خطيرة وللمساعدة على منع انتشارها.)**
- سمِّ بعض السلوكيات الأخرى للمحافظة على سلامة الجهاز المناعي. **(تناوُل غذاء متوازن صحيح، وممارسة الرياضة، وأخذ قسط من الراحة، والاهتمام بالنظافة الشخصية مثل الاستحمام، وتنظيف الأسنان، والمحافظة على نظافة البيئة المحيطة مثل البيت، وتجنّب التدخين والكحول والمخدّرات.)**

تتطوّر العدوى بفيروس عوز المناعة البشرية في سياق متوقّع، فكلّ مرحلة من العدوى تواكبها أعراض معيّنة، لكنّ توقيت تلك المراحل يختلف كثيرًا باختلاف الأشخاص. ففي المرحلة الأولى من إصابة أحد الأشخاص بالفيروس، تظهر عليه أعراض تشبه أعراض الإنفلونزا، أو قد لا تظهر عليه أيّ أعراض أبدًا. وفي فترة تتراوح ما بين أسابيع قليلة وعدّة أشهر، تبدأ الأجسام المضادّة لهذا الفيروس بالظهور في الدمّ، ويُستخدَم وجود الأجسام المضادّة بالدم في تشخيص الإصابة ولفحص الدم المتبرَّع به. يوصف الشخص بأنّه حامل للفيروس HIV Seropositive عندما تتواجد الأجسام المضادّة للفيروس في جسمه، فالأعراض الأخرى لعوز المناعة البشرية المكتسب قد لا تظهر لعدّة شهور أو سنوات.

في البداية، قد يمرّ الشخص الحامل للفيروس بمرحلة من الأعراض الخفيفة (أو غير الحادّة) من مثل ارتفاع درجة الحرارة (الحُمّى)، وفقدان الوزن، وتورّم العقد اللمفاوية. وكلّما ازداد تركيز فيروس عوز المناعة البشرية في الدمّ، انخفض تركيز الخلايا التائية المساعِدة T4 في الدمّ، وأصبحت الاستجابة المناعية التخصّصية أقلّ فعالية في مواجهة الأمراض.

عندما يصبح عدد الخلايا التائية المساعِدة T4 منخفضًا بصورة كبيرة، يعجز الجهاز المناعي عن محاربة الكائنات الممرضة. عند بلوغ هذه المرحلة، تكون العدوى بفيروس عوز المناعة البشرية قد تطوّرت إلى مرحلة الإيدز. يختلف طول الفترة الزمنية المستغرَقة كي تتحوّل العدوى بفيروس عوز المناعة البشرية إلى الاصابة بالإيدز من شخص إلى آخر، لكنّها قد تستغرق كمعدّل عشر سنوات.

قد يصاب مرضى الإيدز بأمراض متنوّعة من بينها نوع نادر من السرطان، يصيب الأوعية الدموية، ويُسمّى سرطان كابوزيس Kaposi's Sarcoma. وقد أدّى انتشار هذا المرض إلى اكتشاف مرض الإيدز في العام 1981. كما أنّ المصابين بالإيدز عُرضة للإصابة بأمراض أخرى كثيرة ناتجة من كائنات ممرضة لا تسبّب المرض للأشخاص المتمتّعين بأجهزة مناعية سليمة في الحالات العادية. يُطلَق على مجموع هذه الأمراض

العدوى الانتهازية Opportunistic Infections لأنّ هذه الكائنات غير ممرضة بالنسبة إلى الأشخاص السليمين ولكنّها تنتهز فرصة ضعف أجهزة الأشخاص المناعية لكي تصيبهم بأمراض. على سبيل المثال، ثمّة نوع من الالتهاب الرئوي يسبّبه كائن أوّلي يُسمّى المتكيّسة الرئوية الجؤجؤية Pneumocystis Carinii تشيع الإصابة به بين مرضى الإيدز، ولكنّه نادر لدى الشخص السليم.

في المجتمع

جرعات لقاح لكلّ شخص

تتنوّع اللقاحات التي يُنصَح بأخذها بواسطة المناطق التعليمية أو المحافظات. قد تتضمّن اللقاحات تلك الخاصّة بالحصبة، السعال الديكي، الحصبة الألمانية، شلل الأطفال، والدفتيريا. ولا يقتصر اللقاح على حماية الشخص نفسه من المرض، إنّما يقلّل من انتشاره بين السكان.

أُطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط «إعداد سجلّ صحّي شخصي» والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 37 و 38. يساعد هذا النشاط الطلّاب على استكشاف العادات الصحّية من خلال إعداد سجلّ صحّي شخصي للاستخدام.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون إحدى الخطوات التالية أو كلّها:
أُطلب إلى مجموعات من الطلّاب مناقشة موضوع إصابة الأشخاص بفيروس عوز المناعة البشرية HIV وكيفية تكاثره داخل الخلايا التائية المساعدة وتدميره لتلك الخلايا. أُطلب إليهم كتابة ما توصّلوا إليه في خلال المناقشة. اِسألهم:

- كيف يختلف الشخص المصاب بفيروس HIV، والذي يكون اختباره سلبًا خاطئًا، عن الشخص ذي الاختبار HIV الموجَب؟

(يوجد في دم الشخص ذي الاختبار HIV الموجَب أجسام مضادّة لفيروس عوز المناعة البشرية HIV، أمّا الشخص المصاب بعدوى HIV والسالبة نتيجة اختباره فيكون حاملًا الفيروس HIV من دون أن تكون الأجسام المضادّة للفيروس قد تكوّنت بعد في دمه.)

تُعتبَر العدوى بفيروس عوز المناعة البشرية HIV مميتة على وجه العموم، لكن ليس كلّ من يتمّ تشخيصه على أنّه حامل للفيروس يكون قد وصل إلى مرحلة الإيدز. فالأشخاص المصابون بمرض الإيدز يموتون عندما لا تستطيع أجهزتهم المناعية المنهكة محاربة العدوى التي تسبّبها الكائنات الممرضة.

2. الاعتناء بجهازك المناعي
Caring for Your Immune System

تعلّمت خلال دراستك لهذا الفصل كيف يحافظ جهازك المناعي على جسمك سليمًا معافى. لكي يعمل جهازك المناعي على أحسن وجه، من الضروري أن تمارس سلوكيات تحدّ من تعرّضك للكائنات الممرضة، وتساعد في الحفاظ على صحّتك المناعية. وهذه السلوكيات ملخّصة في الجدول المبيّن في الجدول (6).

كيف تحافظ على سلامة جهازك المناعي؟
تناول غذاء متوازنًا وصحيًا.
احرص على ممارسة التمارين الرياضية وأخذ قسط وافر من الراحة.
نظّف أسنانك واستحمّ بانتظام.
حافظ على نظافة يدك.
تجنّب التدخين، المخدّرات، والمشروبات الكحولية.
تجنب العلاقات الجنسية المحرّمة.
حصّن نفسك باللقاحات الواقية من الأمراض.

(جدول 6)
هناك العديد من السلوكيات القادرة على المحافظة على صحّة جهازك المناعي.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

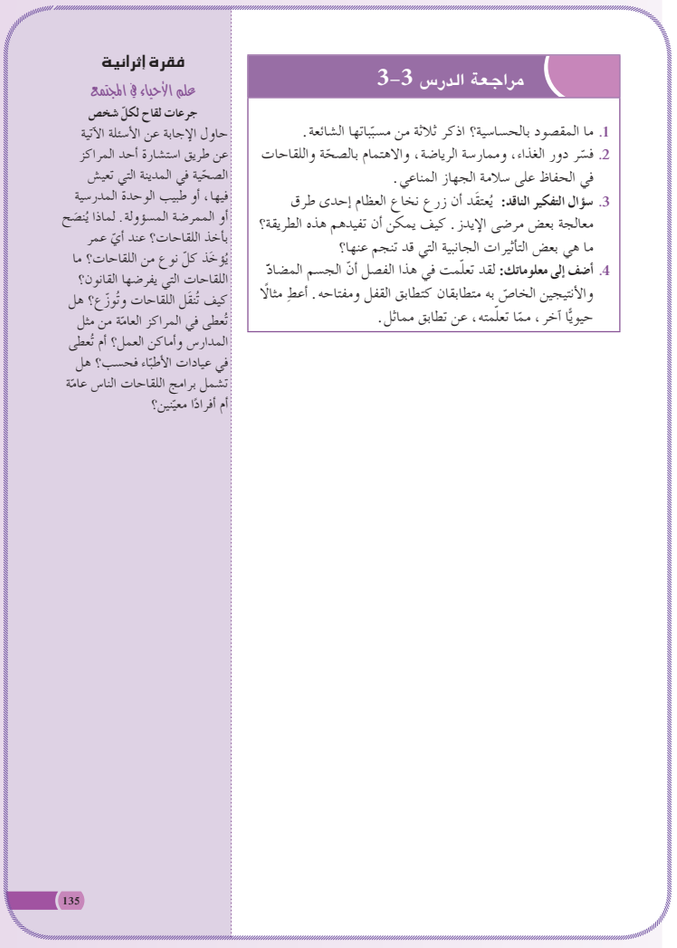
الأمل في لكمة أو التين

التطوّر الحديث في العلاج الدوائي لمرضى الإيدز في استخدام أكثر من عقار واحد في الوقت نفسه، لأنّ العقاقير المختلفة تؤثّر في فيروس عوز المناعة البشرية (HIV) بطريقة مختلفة. وقد أثبت هذا النوع من العلاج انخفاضًا كبيرًا في عدد جسميات فيروس HIV في دم المرضى.

* متى تصبح العدوى بفيروس عوز المناعة البشرية HIV إصابة أو عدوى بمرض الإيدز؟ **(عندما يصبح عدد الخلايا التائية قليلًا جدًّا ويصبح الجسم غير قادر على حماية نفسه من عدّة أمراض.)**
* ما بعض طرق المحافظة على جهازك المناعي؟ **(تُقبَل الاجابات كلّها حول المعلومات الموجودة في الجدول (8) بالإضافة إلى العادات الصحيّة الشخصية.)**

إجابات أسئلة مراجعة الدرس (3–3)

1. تفاعل الجهاز المناعي مع مادّة غير ضارّة كما لو كانت أنتيجينًا. تتضمّن المسبّبات: الجسيمات الدقيقة مثل الغبار والعفن وحبوب اللقاح، والموادّ الكيميائية في النباتات والموادّ الغذائية.
2. يمدّ الغذاء الصحّي الجسم بالمغذّيات المهمّة لوظائف الخلايا، تساعد التمارين الرياضية على حركة الموادّ والخلايا خلال الأوعية اللمفاوية وتنشّط الجهاز الدوري، يجنّب الاهتمام بالصحّة التعرّض للكائنات الممرضة، يمنع التلقيح الإصابة بالأمراض.
3. قد تزيد عملية زراعة نخاع العظام عدد الخلايا التائية لأنّ هذه الخلايا يتمّ صنعها في نخاع العظام. لكن، قد يرفض الجسم نخاع العظام والخلايا التائية الجديدة.
4. درست سابقًا أنّ الإنزيم يحفّز تفاعلًا معيّنًا، ويجب أن يتطابق جزيء المادّة التي يعمل عليها الإنزيم مع الموقع النشط للإنزيم تمامًا مثل تطابق المفتاح مع القفل الخاصّ به.



مراجعة الدرس 3-3

1. ما المقصود بالحساسية؟ اذكر ثلاثة من مسبّباتها الشائعة.
2. فسّر دور الغذاء، وممارسة الرياضة، والاهتمام بالصحّة واللقاحات في الحفاظ على سلامة الجهاز المناعي.
3. **سؤال التفكير الناقد:** يُعتقَد أن زرع نخاع العظام إحدى طرق معالجة بعض مرضى الإيدز. كيف يمكن أن تفيدهم هذه الطريقة؟ ما هي بعض التأثيرات الجانبية التي قد تنجم عنها؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** لقد تعلّمت في هذا الفصل أنّ الجسم المضادّ والأنتيجين الخاصّ به متطابقان كتطابق القفل ومفتاحه. أعطِ مثالًا حيويًّا آخر، ممّا تعلّمته، عن تطابق مماثل.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في المجتمع

جرعات لقاح لكلّ شخص

حاول الإجابة عن الأسئلة الآتية عن طريق استشارة أحد المراكز الصحّية في المدينة التي تعيش فيها، أو طبيب الوحدة المدرسية أو الممرضة المسؤولة. لماذا يُنصَح بأخذ اللقاحات؟ عند أيّ عمر يُؤخَذ كلّ نوع من اللقاحات؟ ما اللقاحات التي يفرضها القانون؟ كيف تُنقَل اللقاحات وتُوزَّع؟ هل تُعطى في المراكز العامّة من مثل المدارس وأماكن العمل؟ أم تُعطى في عيادات الأطبّاء فحسب؟ هل تشمل برامج اللقاحات الناس عامّة أم أفرادًا معيّنين؟

135

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارتين التاليتين:

* **مهارة دراسة البيانات:** دع الطلّاب يحضّرون استفتاء بسيطًا حول الحساسية يتضمّن أسئلة عمّا إذا كان الشخص يعاني حساسية، والمسبّبات المسؤولة عنها. بعد ذلك، دع كلّ طالب يعطي الاستفتاء لخمسة أشخاص على الأقلّ مثل أفراد الأسرة والجيران، ويلخّص النتائج ويدرجها في جدول يوضّح عدد الأشخاص المصابين بالحساسية وبالإضافة إلى المسبّب لها. عيّن عددًا قليلًا من الطلّاب لجمع النتائج من طلّاب الصف جميعهم ولاستخدام الجداول في رسم أعمدة بيانية توضّح نسبة المتأثّرين بأعلى ثلاثة مسبّبات للحساسية من العيّنة الكليّة.
* **مهارة التواصل:** أُطلب إلى الطلّاب العمل في مجموعات لتصميم ملصق عن مرض الإيدز وكتابة سبب الإصابة به، وطرق الوقاية منه. دعهم يضعون الملصقات في منطقة المدرسة ليطّلع عليها باقي زملائهم.

مراجعة الوحدة الأولى

* قبل أن تبدأ بمراجعة الوحدة الأولى مع الطلّاب، ناقش معهم الأفكار الرئيسية التي تعرفوها في دروس هذه الوحدة.

فوظيفة الجهاز العصبي هي اكتشاف المؤثرات البيئية المختلفة والاستجابة لها. يتكوّن جهاز الإنسان العصبي من جزئين رئيسيين: الجهاز العصبي المركزي الذي يتكوّن من الدماغ والنخاع الشوكي، والجهاز العصبي الطرفي الذي يتكوّن من شبكة من الأعصاب وأعضاء الحسّ. قد يصاب الجهاز العصبي بأذى أو ضرر أو مرض من سوء استخدام العقاقير والكحول والتبغ.

* أشر إلى أنّ الجهاز الهرموني (الغدد الصمّاء) ينظم العديد من وظائف الجسم، بما فيها التكاثر. تنتج الهرمونات في أحد أجزاء الجسم، وتعمل على جزء آخر لتضبط التغيرات الداخلية بعيدة الأمد. تنتج الهرمونات الجنسية بواسطة الجهاز الهرموني وتنظِّم وظيفة الجهاز التناسلي. الجهاز التناسلي يُمكّن الآباء من إنتاج نسل (أو ذرية) لاستمرار النوع. ينتج ذكر الإنسان الحيوانات المنوية لتخصيب البويضة الذي تنتجه الإناث. الإناث تحمل الأجنة في الرحم حتى الولادة.

* أشر إلى أن الجهاز المناعي هو وسيلة الجسم للدفاع ضد الموادّ الضارة والكائنات الممرضة مثل البكتيريا والفيروسات التي تسبّب الإصابة بالأمراض المعدية. يتكوّن الجهاز المناعي من خلايا الدم البيضاء والجهاز اللمفاوي الذي ينتج هذه الخلايا وينقلها. تهضم بعض الخلايا البيضاء الخلايا غير المرغوبة والكائنات الممرضة عن طريق البلعمة، وتهاجم خلايا دموية بيضاء أخرى كائنات ممرضة معينة. يستخدم الجهاز المناعي ثلاث خطوط للدفاع تنقسم ما بين وسائل دفاعية غير تخصّصية وأخرى تخصّصية. يكون الجهاز المناعي قادرًا على محاربة الإصابة بالعدوى بصورة أفضل عندما يمارس الأشخاص السلوكيات الصحية ويتجنبون تعاطي المخدرات وتدخين السجائر والأنشطة التي تعرض الشخص لمخاطر انتقال العدوى بالالتهابات المنتقلة جنسيًّا.

مراجعة الوَحدة الأولى

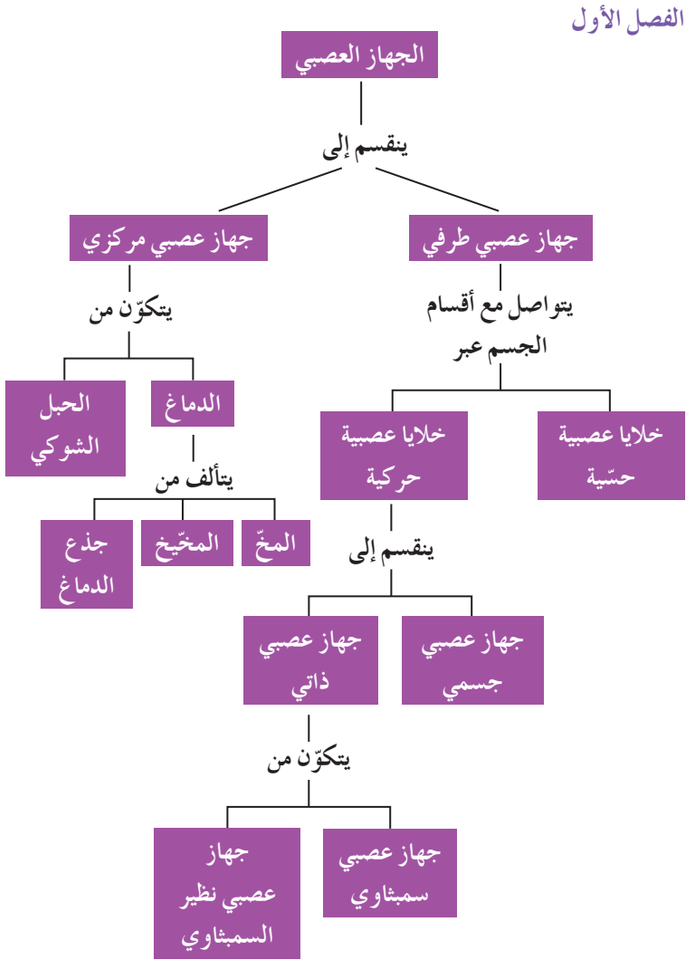
المفاهيم

الإخصاب	Fertilization	الاستجابة بالالتهاب	Inflammatory Response
التهاب منقول جنسيًّا	Sexually Transmitted Infection	الانغراس	Implantation
إنسولين	Insulin	الباراثيروید	Parathyroid Hormone (PTH)
الإيدز (متلازمة عوز المناعة المكتسب)	Aids	بويضة	Ovum
تحت المهاد	Hypothalamus	التذوّق	Taste
جاسترولا	Gastrula	جذع الدماغ	Brain Stem
جسم مضادّ	Antibody	جلوكاجون	Glucagon
الجهاز الحسّي	Sensory System	الجهاز العصبي الجسمي	Somatic Nervous System
الجهاز العصبي الذاتي	Autonomic Nervous System	الجهاز العصبي الطرفي	Peripheral Nervous System
الجهاز العصبي المركزي	Central Nervous System	الجهاز الهرموني	Endocrine
جهد الراحة	Resting Potential	جهد العمل	Action Potential
الحبل السُري	Umbilical Cord	الحبل شوكي	Spinal Cord
حدقة	Pupil	حساسية	Allergy
حمل خارج الرحم	Ectopic Pregnancy	الحيض (الطمث)	Menstruation
حيوان منوي	Spermatozoon	خصية	Testicle
خلايا الذاكرة	Memory Cells	خلط زجاجي	Vitreous Humour
خلط مائي	Aqueous Humour	خليّة الغراء العصبي	Glial Cell

خليّة بلعمية	Phagocyte	خليّة بلعمية كبيرة	Macrophage
خليّة دم بيضاء	White Blood Cell	خليّة عصبية (العصبون)	Neuron
خليّة عصبية بينية أو موصلة	Interneuron	خليّة عصبية حركية	Motor Neuron
خليّة عصبية حسّية	Sensory Neuron	خليّة لمفاوية	Lymphocyte
خليّة لمفاوية بائية	B–lymphocyte	خليّة لمفاوية تائية	T–lymphocyte
خليّة مستهدفة	Target Cell	داء البطانة الرحمية	Endometriosis
دماغ	Brain	دورة الحيض (الدورة الشهرية)	Menstrual Cycle
رؤية	Vision	سحايا	Meninges
سيال عصبي	Nerve Impulse	شبكية	Retina
عتبة الجهد	Threshold Potential	صلبة	Sclera
عصب	Nerve	عدسة	Lens
عصب مختلط	Mixed Nerve	عصب صادر (حركي)	Efferent Nerve
عضو منفّذ	Effector Organ	عصب وارد (حسّي)	Afferent Nerve
عقدة عصبية	Ganglion	عقار	Drug
غدّة إفراز خارجي	Exocrine Gland	غدّة صمّاء	Endocrine Gland
الغدّة الدرقية	Thyroid Gland	الفعل الانعكاسي	Reflex Action
غدّة نخامية	Pituitary Gland	القذف	Ejaculation
فيروس عوز المناعة البشرية	Human Immunodeficiency Virus (HIV)	قزحية	Iris
قرنية	Cornea	القوس الانعكاسي	Reflex Arc
قضيب	Penis	البلاستيولا	Blastocyst
كائن ممرض	Pathogen	لقاح	Vaccine
المبيض	Ovary	ليف عصبي	Nerve Fiber
مخدّر	Narcotic	مخّ	Cerebrum
مخيخ	Cerebellum		

خريطة مفاهيم الوحدة الأولى

الفصل الأول



- تقسم الخلايا العصبية من حيث الوظيفة إلى الخلايا العصبيّة الحسّية، الحركية والرابطة ومن حيث الشكل إلى خلايا عصبية وحيدة القطب، ثنائية القطب ومتعدّدة الأقطاب.
- تحمي خلايا الغراء العصبي الخلايا العصبية وتدعمها.

(2–1) فسيولوجيا الجهاز العصبي

- لغشاء الخليّة العصبية وفي حالة الراحة جهد راحة يساوي 70 mv− ويؤدي إزالة استقطاب جهد الغشاء إلى ما فوق عتبة الجهد (50 mv−) إلى توليد جهد العمل وانتقاله على طول الليف العصبي.
- ينتقل السيال العصبي بفضل تحرك أيونات البوتاسيوم والصوديوم عبر القنوات الخاصة بها والموجودة في غشاء الخليّة.
- تسبّب المنبّهات استثارة المستقبلات الحسّية والخلايا العصبية ما يؤدّي إلى توليد استجابة ملائمة، ومنها المنبّهات الكيميائية، الميكانيكية والحرارية.
- المشتبك الكيميائي هي أماكن اتصال بين خليّة عصبية وخليّة أخرى تسمح بنقل السيال العصبي من خلال إطلاق نواقل عصبية وهي موادّ كيميائية ترتبط بالمستقبل النوعي الخاصّ بها ما يؤدّي إلى ظهور الجهد في الخليّة التالية ما بعد المشتبك.

(3–1) أقسام الجهاز العصبي المركزي

- السحايا هي ثلاثة أغشية تحيط بالجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) وتحميه وهي الأمّ الجافية، الأمّ العنكبوتية والأمّ الحنون.
- تحتوي القشرة المخّية على مناطق حسّية مختلفة مسؤولة عن الشعور بالأحاسيس ومناطق حركية مسؤولة عن إرسال السيالات العصبية الحركية إلى كافّة الأعضاء المنفّذة ومناطق ترابطية حسّية وأخرى حركية.
- ينقل الحبل الشوكي السيالات في ما بين الجهاز العصبي الطرفي والدماغ.
- يضبط جذع الدماغ وظائف الحياة في حين ينسّق المخيخ أنشطة العضلات، ويضبط المخّ الأنشطة الإدراكية. أمّا الجهاز الطرفي فمسؤول عن العواطف والذاكرة والكلام.

(4–1) الجهاز العصبي الطرفي

- يُقسم الجهاز العصبي الطرفي إلى جهاز عصبي جسمي يضبط الأفعال الإرادية والأفعال الإنعكاسية اللاإرادية والجهاز العصبي الذاتي الذي يضبط الاستجابات اللاإرادية للجسم.
- يضبط الجهاز العصبي الذاتي الاستجابات اللاإرادية عبر جهازين متضادّين في عملهما – الجهازان العصبيان السمبثاوي ونظير السمبثاوي – يتعاونان في حفظ توازن الجسم الداخلي.

(5–1) المستقبلات الحسّية وأعضاء الحسّ

- تحوّل المستقبلات، في شبكية العين وقوقعة الأذن، الموجات الضوئية والصوتية إلى سيالات عصبية على التوالي.
- المستقبلات الكيميائية في براعم التذوّق والممرّات الأنفية مسؤولة عن التذوّق والشمّ.
- يحتوي الجلد على مستقبلات اللمس والحرارة والألم.

مرض ألزهايمر	Alzheimer's Disease	مرض البول السكّري	Diabetes Mellitus
مرض المناعة الذاتية	Autoimmune Disease	مستقبل حسّي	Sensory Receptor
مستقبل حسّي عميق	Proprioceptor	مستقبل خارجي	Exteroceptor
مستقبل داخلي	Interoceptor	مشتبك عصبي	Synapse
المشيمة	Placenta	مناعة الخلطية أو الإفرازية	Humoral Immunity
المناعة الخلوية	Cell–Mediated Immunity	منبّه	Stimulus
منشّط (منبّه)	Stimulant	مهلوس	Hallucinogen
هرمون	Hormone	هستامين	Histamine

الأفكار الرئيسية للوحدة

الفصل الأوّل: الجهاز العصبي

(1–1) الإحساس والضبط

- الليف العصبي هو الاستطالة الطويلة للخلايا العصبية وما يحيط بها من غلافات ومنها ألياف عصبية ميلينية وألياف عصبية عديمة الميلين.
- الأعصاب هي حزم من الألياف العصبية تصل الجهاز العصبي المركزي بمختلف أعضاء الجسم وتنقل السيالات العصبية فيما بينها.
- الأعصاب ثلاثة أنواع واردة أو حسّية تنقل السيالات العصبية الحسّية من أعضاء الحسّ إلى المراكز العصبية وأعصاب صادرة أو حركية تنقل السيالات العصبية الحركية من المراكز العصبية إلى الأعضاء المنفّذة. وأعصاب مختلطة تنقل السيالات العصبية في الاتجاهين.
- يجمع الجهاز العصبي المعلومات من البيئة الداخليّة والخارجية للجسم ويستجيب لها.
- يزوّد الجهاز العصبي الطرفي الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) بالبيانات، ويستجيب الجهاز العصبي المركزي بإعطاء تعليمات للأعضاء المنفّذة يرسلها عبر الجهاز العصبي الطرفي.
- الخلايا العصبية هي خلايا الجهاز العصبي التي تنقل السيالات العصبية.

(6–1) صحّة الجهاز العصبي

- قد يتلف النسيج العصبي بسبب الأضرار البدنية أو نقص الأكسجين أو الأمراض.
- قد تُسرّع العقاقير السيالات العصبية أو تُبطئها كما قد تُغيّر الإدراك وتُتلف الأعضاء.
- يرتبط عدد كبير من المخاطر الصحّية بتناول الكحول والتدخين.

الفصل الثاني: التنظيم والتكاثر

(1–2) التنظيم الهرموني

- السيالات العصبية سريعة المفعول والهرمونات بطيئة المفعول وتتحكّم كلّ منهما بأنشطة جسم الحيوان.
- تضبط الهرمونات الأنشطة من مثل الانسلاخ، والتحوّل ودرّ الحليب.

(2–2) جهاز الإنسان الهرموني

- تفرز الغدد الصمّاء الهرمونات في مجرى الدم الذي ينقلها إلى الخلايا المستهدفة.
- تضبط هرمونات الغدّة النخامية إفراز الغدد الصمّاء الأخرى.
- يرتبط عمل الجهاز العصبي والجهاز الهرموني على مستوى تحت المهاد.
- تُضبَط عمليّات إفراز الهرمونات بواسطة التغذية الراجعة فمثلًا يعتمد هرمونا الإنسولين والجلوكاجون على التغذية الراجعة السالبة لضبط مستوى الجلوكوز في الدمّ.

(2–3) صحّة الغدد الصمّاء

- تؤثّر اضطرابات الغدّة الدرقية في معدّلات الاستقلاب الخلوي (الأيض) في الجسم.
- تنتج الغدّتان الكظريتان هرمونين كاستجابة للإجهاد القصير الأمد أو الطويل الأمد.
- يحافظ النظام الغذائي الجيّد والتمارين الرياضية على صحّة الجهاز الهرموني.

(4–2) التكاثر لدى الإنسان

- تُنتج الخصيتان الحيوانات المنوية التي تُخزّن في البربخ، وتتحرّر من خلال مجرى البول تحت تأثير هرموني التستوستيرون و الFSH.
- يفرز المبيضان هرموني الإستروجين والبروجيسترون الذين يساهمان في إنضاج البويضة.
- في أثناء الدورة الشهرية، تنضج إحدى البويضات الموجودة في المبيضين وتتحرّر، ثمّ تمرّ في إحدى قناتي فالوب لتنغرس، إن خُصّبت، في بطانة الرحم التي تكون قد نمت استعدادًا لاستقبالها. أمّا في حال عدم التخصيب فيتمّ التخلّص من البويضة والأنسجة الرحمية في أثناء دورة الحَيض.

(2–5) نموّ الإنسان وتطوّره

- تتكوّن للبويضة المخصّبة المنغرسة في الرحم ثلاث طبقات أريمية تتطوّر هذه الطبقات لتصبح جنينًا يُحاط بغشائين خارجيين هما الأمنيون والكوريون. يمتلئ الأمنيون بسائل أمنيوسي، وتتولّى المشيمة تبادل الموادّ الغذائية والغازات بين الجنين والأمّ.
- يمكن الاطمئنان على صحّة الجنين النامي بواسطة الموجات فوق الصوتية وبزل السائل الأمنيوني.

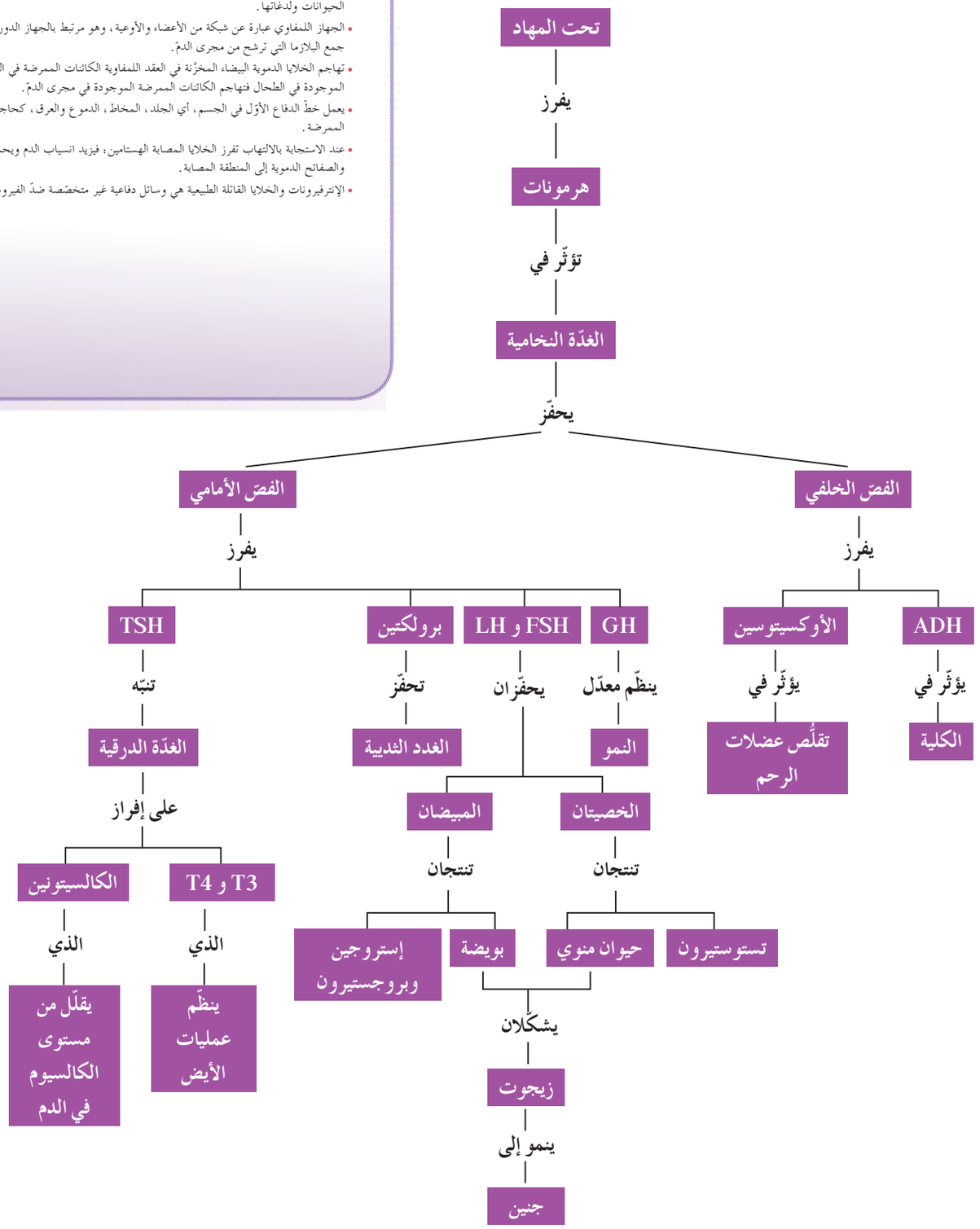
(2–6) صحّة الجهاز التناسلي

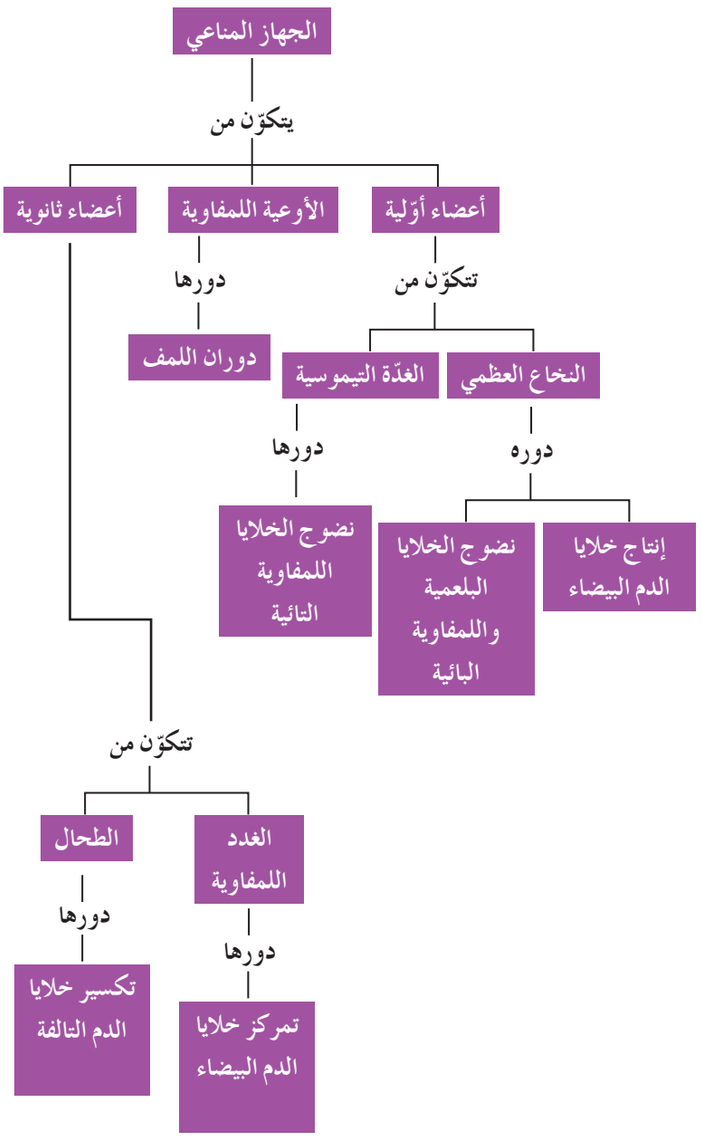
- تصيب بعض الاضطرابات جهاز الإنسان التناسلي منها العقم وسرطان البروستاتا عند الرجل، والحمل خارج الرحم وسرطان عنق الرحم عند المرأة.
- تنتقل الالتهابات في خلال العلاقة الجنسية عبر الدم أو أغشية الأعضاء التناسلية، وتكون هذه الالتهابات فيروسية أو جرثومية أو طفيلية.

الفصل الثالث: جهاز المناعة لدى الإنسان

(3–1) الجهاز المناعي

- يقاوم الجهاز المناعي العدوى بالأمراض المعدية.
- توفّر فرضيات كوخ طريقة لتحديد سبب الإصابة بأحد الأمراض المعدية وتشخيص المرض.
- يمكن أن تنتشر الأمراض المعدية بالاتّصال المباشر أو غير المباشر، الطعام أو الماء الملوّث وبواسطة الحيوانات ولدغاتها.
- الجهاز اللمفاوي عبارة عن شبكة من الأعضاء والأوعية، وهو مرتبط بالجهاز الدوري ومتشابك معه عبر جمع البلازما التي ترشح من مجرى الدمّ.
- تهاجم الخلايا الدموية البيضاء المخزّنة في العقد اللمفاوية الكائنات الممرضة في السائل اللمفاوي أمّا تلك الموجودة في الطحال فتهاجم الكائنات الممرضة الموجودة في مجرى الدمّ.
- يعمل خطّ الدفاع الأوّل في الجسم، أي الجلد، المخاط، الدموع والعرق، كحاجز في وجه الكائنات الممرضة.
- عند الاستجابة بالالتهاب تفرز الخلايا المصابة الهستامين؛ فيزيد انسياب الدم ويحمل الخلايا البلعمية والصفائح الدموية إلى المنطقة المصابة.
- الإنترفيرونات والخلايا القاتلة الطبيعية هي وسائل دفاعية غير متخصّصة ضدّ الفيروسات.





(3–2) أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)

- تهاجم الخلايا البائية كائنات ممرضة معيّنة عن طريق إنتاج الأجسام المضادّة التي ترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطحها. أمّا الخلايا التائية فيمكنها أن تهاجم مباشرة الخلايا التي تمّ تعرّفها على أنّها خطيرة للجسم.
- يمكن للجسم أن يكتسب مناعة ضدّ الكائنات الممرضة.

(3–3) صحّة الجهاز المناعي

- يستجيب الجهاز المناعي، أحيانًا، للموادّ غير الضارّة، أو حتّى خلايا الجسم الذاتية، على أنّها كائنات ممرضة.
- يسبّب فيروس عوز المناعة البشرية (HIV)، بمهاجمته الخلايا التائية المساعدة (أو خلايا T4)، إعاقة عمل المناعة الإفرازية أو الخلطية والمناعة الخلوية ما يؤدّي إلى فقدان المناعة الخلوية كليًّا عند تطوّر الإصابة لمرحلة الإيدز.
- يسهم الغذاء المتوازن، التمارين الرياضية، الراحة، واللقاحات في الحفاظ على الجهاز المناعي سليمًا مُعافى. ويسهم الحفاظ على النظافة الشخصية والبيئية، وتجنّب تعاطي المخدّرات، وتجنب العلاقات الجنسية المحرمة في الحدّ من التعرّض للكائنات الممرضة.

خريطة مفاهيم الفصل الأول

إستخدِم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

خريطة مفاهيم الفصل الثاني

إستخدِم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

خريطة مفاهيم الفصل الثالث

إستخدِم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

إجابات أسئلة الوحدة الأولى

تحقق من فهمك

1. مرض الزهايمر
2. المهبطات، المنشطات
3. القوقعة، الشبكية
4. المخّيخ، جذع الدماغ، المخّ
5. الجهاز العصبي الذاتي، الجهاز العصبي الجسمي
6. الوسائل الدفاعية التخصصية
7. الأنتيجينات
8. فيروس عوز المناعة البشرية HIV
9. الحساسية
10. الحيوانات المنوية، القضيب
11. البلوغ
12. المبيض، الرحم
13. الخصيتان
14. غدة صمّاء، الثيروكسين

اختر العبارة الصحيحة:

1. خلايا شوان
2. خليّة رابطة
3. الأم الحنون
4. المنطقة الحسّية
5. الخصية ثمّ البربخ وصولًا إلى الوعاء الناقل
6. إفراز FSH
7. قناة فالوب
8. تحت المهاد
9. يحدث بسبب انخفاض الإستروجين والبروجستيرون في الدم بشكل كبير.
10. الهستامين
11. الخليّة البلعمية الكبيرة
12. المناعة الخلوية
13. الأجسام المضادّة
14. خلايا تائية مساعدة
15. خلايا الذاكرة

تحقق من فهمك

أكمل الجمل التالية بما يناسبها:

1. فقدان الذاكرة هو أحد الأعراض الأساسية لـ .....
2. العقاقير التي تُعرَف بـ ..... تبطئ سرعة السيالات العصبية، أمّا تلك التي تسرّع السيالات فتُعرف بـ .....
3. يحتوي ..... على المستقبلات الميكانيكية، ويحتوي ..... على المستقبلات الضوئية.
4. يقوم ..... بضبط توازن الجسم، و ..... بضبط عملية التنفّس، أمّا ..... فيضبط الكلام.
5. تُضبَط الاستجابات اللاإرادية بواسطة ..... والاستجابة الارادية بواسطة .....
6. ..... هي استجابة متخصّصة للحماية ضدّ سموم أو كائنات ممرضة معيّنة.
7. ..... هي جزيئات تُظهر الاستجابة المناعية أو تُنشّطها.
8. الفيروس الذي يدمّر الخلايا التائية المساعدة هو .....
9. ..... هي استجابة الجهاز المناعي لموادّ كيميائية عادية غير ضارّة مثل بروتينات الغذاء.
10. يخزّن البربخ ..... حتّى تُطرَد نتيجة الانقباضات العضلية لـ .....
11. يبدأ نموّ الخصائص الجنسية الثانوية عند سنّ .....
12. تحمل قناة فالوب الأمشاج المتحرّرة من ..... والتي تتحرّك إلى .....
13. عند الولادة، تتحرّك ..... من تجويف الحوض إلى الصفن.
14. الغدّة الدرقية عبارة عن ..... لاقنوية تفرز هرمون .....

اختر العبارة الصحيحة من بين العبارات التي تلي كل سؤال ممّا يلي وذلك بوضع علامة (✓) أمامها:

1. نوع من خلايا الغراء العصبي المسؤولة عن تكوين الميالين في الجهاز العصبي الطرفي:
   - ☐ خلايا شوان.
   - ☐ خلايا الغراء العصبي قليلة التفرّعات.
   - ☐ خلايا الغراء العصبي الصغيرة.
   - ☐ الخلايا النجمية.
2. الخلايا العصبية المسؤولة عن توصيل السيالات العصبية بين خليتين عصبيتين هي:
   - ☐ خليّة عصبية حسّية.
   - ☐ خليّة بينية.
   - ☐ خليّة عصبية حركية.
   - ☐ خليّة عصبية ثنائية القطب.
3. طبقة السحايا التي تبطّن سطح الجمجمة والحبل الشوكي هي:
   - ☐ الأمّ الحنون.
   - ☐ الأمّ العنكبوتية.
   - ☐ السائل الدماغي الشوكي.
   - ☐ الأمّ الجافية.
4. منطقة في الدماغ تؤدّي إلى الشعور بالأحاسيس المختلفة:
   - ☐ المنطقة الحسّية.
   - ☐ منطقة فيرنيكا.
   - ☐ المنطقة الحركية.
   - ☐ منطقة بروكا.

5. الطريق الصحيح الذي يسلكه المني هو:
   - ☐ الخصية ثمّ الوعاء الناقل وصولًا إلى البربخ.
   - ☐ البربخ ثمّ مجرى البول وصولًا إلى الوعاء الناقل.
   - ☐ الخصية ثمّ البربخ وصولًا إلى الوعاء الناقل.
   - ☐ مجرى البول ثمّ الوعاء الناقل وصولًا إلى الخصية.
6. أيُّ وظيفة من الوظائف أدناه لا يؤدّيها الجهاز التناسلي لدى الأنثى؟
   - ☐ إنتاج الأمشاج.
   - ☐ تغذية الجنين.
   - ☐ إنضاج البويضات.
   - ☐ إفراز FSH.
7. يتمّ التخصيب بشكل طبيعي في:
   - ☐ قناة فالوب.
   - ☐ عنق الرحم.
   - ☐ البربخ.
   - ☐ الوعاء الناقل.
8. يُضبَط نضوج البويضة، بشكل أساسي، بواسطة هرمون يُفرَز من:
   - ☐ تحت المهاد.
   - ☐ قناة فالوب.
   - ☐ الجسم الأصفر.
   - ☐ الحويصلة.
9. الطور الحويصلي من الدورة الشهرية:
   - ☐ يحدث عندما تنخفض كمّية الماء إلى الصفر.
   - ☐ يبدأ عندما يحدث التخصيب.
   - ☐ يحدث بسبب انخفاض الإستروجين والبروجستيرون في الدم بشكل كبير.
   - ☐ ينتهي عندما يحصل التخصيب.
10. الاستجابة بالالتهاب يحفّزها:
    - ☐ أنتيجين.
    - ☐ جسم مضادّ.
    - ☐ الهستامين.
    - ☐ البيروجينات.
11. من أمثلة الوسائل الدفاعية غير التخصّصية:
    - ☐ الجسم المضادّ.
    - ☐ الخليّة البلعمية الكبيرة.
    - ☐ الخليّة اللمفاوية التائية.
    - ☐ اللقاح.
12. تُعَدّ مهاجمة الخلايا السرطانية بواسطة الخلايا اللمفاوية مثالًا على:
    - ☐ المناعة الخلوية.
    - ☐ الحساسية.
    - ☐ المناعة الإفرازية.
    - ☐ الاستجابة بالالتهاب.
13. تحفّز اللقاحات إنتاج:
    - ☐ الأنتيجينات.
    - ☐ الأجسام المضادّة.
    - ☐ الخلايا اللمفاوية التائية.
    - ☐ الهستامين.

أجب عن الأسئلة التالية:

1. تكوّن خلايا شوان غلاف الميلين الذي يغلّف محاور الخلايا العصبية الطرفية. تزوّد الخلايا النجمية الخلايا العصبية بالمغذّيات وتحافظ على بيئة كيميائية ثابتة ومستقرّة.
2. يتمّ ضبط الأنشطة الذاتية في جذع الدماغ، يتم ضبط كلّ الأنشطة الإرادية بواسطة المخّ.
3. تنتقل الموجات الصوتية داخل القناة السمعية وتؤدّي إلى اهتزاز طبلة الأذن ⟵ تنقل المطرقة والسندان والركاب هذه الاهتزازات إلى داخل القوقعة ⟵ يهتزّ السائل الموجود داخل القوقعة ⟵ تهتزّ الخلايا الشعيرية في القوقعة ما يؤدّي إلى توليد سيال عصبي.
4. تبطئ أعصاب الجهاز العصبي نظير السمبتاوي دقّات القلب، تسرّع أعصاب الجهاز العصبي السمبتاوي دقات القلب.
5. تضبط القزحية كمّية الضوء الداخلة إلى العين، تحتوي الشبكية على المستقبِلات الضوئية التي تحول الطاقة الضوئية إلى سيالات عصبية، ينقل العصب البصري السيالات إلى المخّ.
6. أثناء الراحة تكون لغشاء الخليّة العصبية جهد يُعرف بجهد الراحة بحيث يحمل سطح غشاء الخليّة الخارجي شحنات موجبة على عكس السطح الداخلي. وعند تدفّق أيونات الصوديوم الموجبة (Na^+) إلى داخل الخليّة، يرتفع جهد غشاء الخليّة وينتج جهدًا فعّالًا أي جهد العمل. أمّا عندما تتدفّق أيونات البوتاسيوم الموجبة (K^+) إلى خارج الخليّة، ينخفض جهد غشاء الخليّة مجدّدًا ليعود سالبًا من الداخل وتعود بذلك الخليّة إلى حالة الراحة.
7. تفرز الغدد داخلية الإفراز اللاقنوية هرمونات إلى مجرى الدم، أمّا الغدد خارجية الإفراز فلها قنوات لتوجيه الإفرازات إلى موضع معين.
8. يمتلئ الأمنيون بسائل يعمل كوسادة للجنين. يتطوّر الكوريون إلى المشيمة التي يتم خلالها تبادل الموادّ بين الأم والجنين.
9. يحفّز ارتفاع مستوى الجلوكوز في الدم البنكرياس على إفراز هرمون الأنسولين لتخزين الجلوكوز في الكبد بعد تحويله إلى جليكوجين. عندما يصل الجلوكوز إلى مستواه الطبيعي في الدم، يثبّط إنتاج الأنسولين من خلال التغذية الراجعة السالبة. أمّا في حال انخفض مستوى الجلوكوز في الدم عن مستواه الطبيعي، فيفرز البنكرياس هرمون الجلوكاجون الذي يحفّز الكبد على إفراز الجلوكوز في الدم. وعندما يصل معدّله إلى المستوى الطبيعي مجدّدًا، يثبّط إنتاج هذا الهرمون من خلال التغذية الراجعة السالبة.

14. يحفّز إنتاج الخلايا البائية والتائية القاتلة بواسطة:
☐ خليّة بلعمية كبيرة. ☐ خلايا معتدلة.
☐ خلايا تائية مساعدة. ☐ خلايا طبيعية قاتلة.
15. الخلايا المناعية المسؤولة عن الاستجابة المناعية الثانوية هي:
☐ الخلايا التائية المساعدة. ☐ الخلايا البائية.
☐ خليّة بلعمية كبيرة. ☐ خلايا الذاكرة.

أجب عن الأسئلة التالية بإيجاز:

1. قارن بين وظائف خلايا شوان والخلايا النجمية في جهاز الإنسان العصبي.
2. ما الفرق الأساسي بين الوظائف التي يؤديها المخّ وجذع الدماغ؟
3. كيف تحوّل التراكيب في الأذن الموجات الصوتية إلى سيالات عصبية؟
4. أعطِ مثالًا يوضّح كيف يتعاون الجهازان العصبيان الودّي ونظير الودّي للحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.
5. ما الدور الذي يؤدّيه كلّ من القزحية، الشبكية والعصب البصري في الرؤية؟
6. كيف يؤثّر تدفّق أيونات الصوديوم والبوتاسيوم عبر الغشاء الخلوي للخليّة العصبية في الجهد الفعّال؟
7. ما الفرق بين الغدد الداخليّة الإفراز وتلك الخارجية الإفراز؟
8. ما دور الأمنيون والكوريون لدى الجنين الصغير؟
9. اشرح كيف تنظّم التغذية الراجعة السالبة إنتاج الهرمونات البنكرياسية في جزر لانجرهانز.
10. كيف يتلاءم تركيب خليّة الحيوان المنوي الناضج مع ما يؤديه من وظيفة؟
11. كيف تستجيب الغدّة الكظرية بطرق مختلفة لحالات الإجهاد القصيرة الأمد والطويلة الأمد؟
12. كيف يحدّد الأطباء الاضطرابات الوراثية لدى الجنين؟
13. صِف الطريقتين اللتين يمكن أن يكتسب شخص من خلالهما المناعة لمرض معيّن.
14. ما المعلومات التي يحصل عليها الأطبّاء عن طريق فحص العقد اللمفاوية؟
15. كيف يساعد تمدّد الأوعية الدموية في شفاء الأنسجة المتضرّرة؟
16. كيف تساعد الخلايا البلعمية الكبيرة الخلايا البائية في محاربة الأجسام الممرضة؟
17. قارن بين الخلايا البائية وبين الخلايا التائية القاتلة.
18. فسّر دور كلّ من الخلايا التائية الثلاث.

10. لأن الحيوان المنوي لا بد أن ينتقل إلى البويضة، لذا فهو تركيب خفيف الوزن مزود بسوط للحركة وميتوكوندريا لتوفير الطاقة اللازمة لهذه الرحلة.
11. ترفع الهرمونات المنتجة كاستجابة للإجهاد أو التوتر قصير الأمد مثل الإبينفرين والنورإبينفرين ضغط الدم وجلوكوز الدم، مما يزيد اليقظة والطاقة. أمّا الهرمونات الستيرويدية مثل الكورتيزول المنتجة كاستجابة للإجهاد أو التوتر طويل الأمد يمكن أن تسبّب ضغط الدم المرتفع وإخماد الجهاز المناعي.
12. من خلال إجراء بزل السائل الأمنيوني أي زرع الخلايا التي تؤخذ من السائل الأمنيوني، وتحليلها أو اختبار عيّنات الخمل المشيمي ليتم تحليل النسيج الكريوني.
13. الشخص قد يلتقط أو يُعدى بالمرض أو يأخذ تلقيحًا ضد المرض.
14. العقد اللمفاوية المتضخمة (المتورمة) والمؤلمة هي علامة أو إشارة لإنتاج خلايا الدم البيضاء، وهذا عادةً ما يكون استجابة للإصابة بالعدوى.
15. الأوعية الدموية المتمددة (المتسعة) تستحث تدفق الدم، الذي يزيد كمّية الصفائح الدموية وخلايا الدم البيضاء في السائل بين الخلوي، اللذين يلعبان دورًا في شفاء الأنسجة المتضررة.
16. تنشّط الخلايا البلعمية الكبيرة الخلايا البائية عن طريق الخلايا التائية المساعدة. وفي هذه الحالة تحضّر الخلايا البائية الأجسام المضادّة المناسبة وتفرزها في الدم واللمف.
17. الخلايا البائية تعمل على إنتاج الأجسام المضادّة التي ترتبط بنوع معين من الأنتيجينات أمّا الخلايا التائية القاتلة فتهاجم مباشرة خلايا الجسم المصابة أو خلايا غريبة أو خلايا ضارّة للجسم عند ملامستها وتفرز بروتين خاصّ لتدميرها.
18. الخلايا التائية المساعدة تتعرّف الأنتيجينات التي تقدمها لها الخلايا البلعمية الكبيرة وتنشّط الخلايا اللمفاوية البائية والتائية القاتلة وتحفّزهما على الانقسام. الخلايا التائية القاتلة تقوم بفرز موادّ بروتينية لتدمير الخلايا المصابة. الخلايا التائية المثبطة توقف عمل الخلايا التائية القاتلة والخلايا البائية في حال القضاء على الكائنات الممرضة.

تحقق من مهاراتك

1. **تطبيق المفاهيم:** لماذا يُعتبَر خليط الباربيتورات والكحول مركّبًا يهدّد الحياة؟
2. **وضع الفرضيات:** الأسيتيل كولين ناقل عصبي يوصل الإشارات العصبية بين الخلايا العصبية الحركية والعضلات الهيكلية.
تستجيب العضلات بعد أن يرتبط الأسيتيل كولين بالمستقبلات الموجودة عليها، ويرتبط العقار المعروف باسم كورار أيضًا بمستقبلات العضلات، ولكنّه يشلّ حركتها على عكس الأسيتيل كولين. وقد استخدم صيّادو أمريكا الجنوبية عقار الكورار لتسميم السهام والنبال. ما تأثير هذا العقار في الحيوان؟ ولماذا يستخدم الأطباء كمّية صغيرة من هذا العقار أثناء العمليّات؟
3. **تحليل البيانات:** يوضّح الجدول التالي متوسّط النسبة المئوية لتلف الخلايا العصبية، في أجزاء الدماغ المختلفة بفعل التقدّم في العمر. أيّ منطقة من الدماغ تفقد أكبر نسبة خلايا عصبية؟ وأيّ منطقة تفقد أقلّ نسبة منها؟ ما الوظائف التي يمكن أن تتأثّر بتلف الخلايا العصبية في المخيخ؟

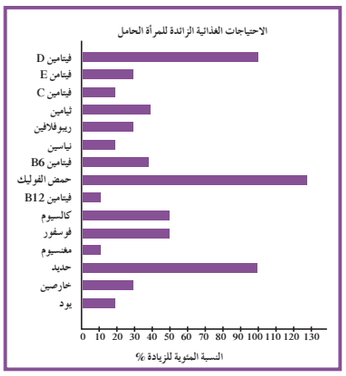
تلف الخلايا العصبية مع التقدّم في العمر	
مناطق الدماغ	نسبة التلف المئوية (%)
المخيخ	25
منطقة الترابط البصري	50
منطقة الترابط السمعي	30 – 50
قرن آمون	30
السرير البصري	صفر

4. **تصميم تجربة:** ما العوامل التي يمكن أن تؤثّر في قابلية التعلّم؟ هل للإجهاد البدني مثل الجوع أو قلّة النوم تأثير في التعلّم؟ هل لتشتّت الفكر بسبب الضوضاء أو الموسيقى، على سبيل مثال، تأثير في القدرة على التعلّم؟ اختر عاملًا واحدًا ثمّ اطرح فرضية، وصمّم تجربة لتختبر صحّتها.
5. **تطبيق المفاهيم:** في أثناء أزمة الربو، تصبح الممرّات التنفّسية أكثر ضيقًا. أيّ قسم من الجهاز العصبي تستهدف أدوية معالجة الربو؟
6. **تطبيق المفاهيم:** يتجنّب مرضى البول السكّري تناول الطعام الغني بالسكّر. لماذا يجب على مريض النوع الأوّل من البول السكّري الاحتفاظ بالحلوى أو عصير البرتقال بالقرب منه؟

تحقّق من مهاراتك

1. **تطبيق المفاهيم:** خليط الباربيتورات والكحول مركّب يهدّد الحياة ويؤدّي إلى الموت لأنّ كلي المركّبين هما من المهبّطات ويعملان على إبطاء نشاط الجهاز العصبي المركزي.
2. **وضع الفرضيات:** يشلّ العقار كورار عضلات الحيوانات بعد تسمّمها به ولا يمكن إعادة تنشيطها. ويؤدّي هذا الشلل إلى موت الحيوان بعد توقّفه عن التنفّس. يستخدم الأطبّاء كمّيات صغيرة من الكورار خلال إجراء العمليات لمنع انقباض العضلات خلال العملية.
3. **تحليل البيانات:** منطقة الترابط البصري (القشرة المخّية البصرية) تفقد أكبر نسبة من الخلايا العصبية.
   - المهاد أو السرير البصري يفقد أقلّ نسبة من الخلايا العصبية (أو لا يفقدها).
   - الوظائف المتأثرة بتلف الخلايا العصبية في المخّيخ هي الحركة والتوازن.
4. **تصميم تجربة:** ستختلف العوامل المختارة من الطلّاب وقد يكون الإجهاد البدني أو التعب أو الجوع أو الضوضاء أو الموسيقى أو غيره عاملًا يؤثّر على قابلية التعلّم لدى بعض الطلّاب وليس عند الجميع.
5. **تطبيق المفاهيم:** تستهدف أدوية معالجة الربو أعصاب الجهاز السمبتاوي أحد أقسام الجهاز العصبي الطرفي.
6. **تطبيق المفاهيم:** إذا حصل انخفاض كبير في مستوى السكر في الدم، يمكن أن يعاني الشخص من أعراض الصدمة من الإنسولين، التي تخفف من حدتها بابتلاع الحلوى أو عصير البرتقال.
7. **تفسير شكل بياني:** حمض الفوليك بنسبة 125% وفيتامين D وحديد بنسبة 110%
   تحتاج المرأة إلى نسبة 50% إضافية من الكالسيوم
8. **تحليل بيانات:** يتم تنظيم عمل الغدة الصنوبرية بواسطة عوامل خارجية، يتمّ تنظيم كلّ الغدد الصمّاء الأخرى بواسطة عوامل داخلية. باستخدام وظائف الغدد المبينة في الشكل (58)، فإن الطلّاب يلاحظون العوامل المنظّمة للغدد وكيف يُعد التنظيم بالتغذية الراجعة جزءًا من التنظيم الهرموني.
9. **وضع الفرضيات:** تتفشّى في البلدان الفقيرة والأكثر شيوعًا حول العالم أمراض معدية تؤدّي إلى الموت. وذلك نتيجة غياب الطبابة ونتيجة التغذية السيئة بسبب تناول غذاء وشرب ماء ملوّث. يمكن مساعدة هذه البلدان على الحدّ من انتشار هذه الأمراض من خلال تأمين الطبابة اللازمة عبر إنشاء مستشفيات ومراكز صحّية للمعالجة وتأمين الأدوية اللازمة، إضافة إلى تأمين أغذية وماء جيّدة للاستهلاك.
   أمّا أمراض الجهاز القلبي فسببها الأساسي هو سوء التغذية من حيث نوعية الطعام غير الصحّي. وللحدّ من هذه الأمراض، يجب توعية الأشخاص على تحسين نوعية طعامهم والقيام بالرياضة.

7. **تفسير شكل بياني:** تتغيّر احتياجات النساء الغذائية في خلال الحمل. يوضّح الرسم البياني التالي نسبة زيادة متطلّبات النظام الغذائي المسموح به للمرأة الحامل. أيّ المعادن تزيد الحاجة إليه بصورة كبيرة؟
   ما مقدار نسبة الكالسيوم الإضافية التي تحتاجها المرأة الحامل؟



8. **تحليل البيانات:** يوضّح الجدول التالي العوامل التي تنظّم عمل بعض الغدد الصمّاء لدى الإنسان. ما الغدد التي تنظّم إفرازها عوامل خارجية؟ وتلك التي تنظّم إفرازها عوامل داخليّة؟ اربط الغدّة بالعامل المنظّم الملائم.

تنظيم الغدد الصمّاء	
الغدّة	يُنظّم عملها بواسطة
الصنوبرية	دورات الضوء والظلام
المبيضين	LH وFSH
الخصيتين	LH وFSH
البنكرياس	الجلوكوز في الدمّ
جار الدرقية	الكالسيوم في الدمّ
الفصّ الخلفي للنخامية (ADH)	التوازن الأسموزي
الفصّ الخلفي للنخامية (أوكسيتوسين)	الجهاز العصبي

10. **تطبيق المفاهيم:** يجب أن يكون عدد خلايا الدم البيضاء عاليًا إذا ما كان الجسم في حالة دفاع ضد العدوى بأي مرض.
11. **تصميم التجارب:** بعينة من دم الطالب، يمكن اختبار وجود أجسام مضادّة معينة.
12. **تصميم خرائط المفاهيم:** خرائط المفاهيم يجب أن توضّح أن: الجهاز العصبي يتكوّن من جهاز عصبي مركزي، الذي يتكون من الدماغ والنخاع الشوكي، وجهاز عصبي طرفي الذي يحوي خلايا عصبية حسّية التي تمتد من المستقبِل الذي يستقبل المؤثر، وخلايا عصبية رابطة، وخلايا عصبية حركية، التي تمتد إلى عضلة تنشأ فيها الاستجابة.
13. **تصميم خرائط المفاهيم:** يجب أن توضّح خريطة المفاهيم ما يأتي: تحت المهاد ← الغدة النخامية ← FSH و LH والأكسيتوسين والبرولاكتين، FSH ← المناسل ← الحيوانات المنوية والبويضات، LH تحفّز ← الهرمونات الجنسية ظهور ← الصفات الجنسية الثانوية، LH ← الإباضة، الأكسيتوسين ← انقباضات الرحم، البرولاكتين ← تدفق الحليب.

المشاريع

1. **العلاجات البديلة:** يمكن للمريض الاتصال بالمركز الصحي المحلي أو القيام ببحث في المكتبة أو على شبكة الإنترنت لمعرفة ما إذا كانت العلاجات البديلة آمنة أم لا. ويجب على الأطباء التحرّي والتدقيق من فاعلية العلاجات البديلة وإذا كان لديها تأثيرات جانبية. وعلى أثر النتائج يجب أن ينصح المريض.
2. **علم الأحياء والفن:** يجب أن يظهر الرسم أن الشخص المصاب بالقصور الدرقي بدين وكسول أمّا الشخص المصاب بزيادة إفراز الدرق نحيل ونشط. ولكلي الشخصين تورّم درقي.
3. **علم الأحياء والإسعافات الأوّلية:** يمكن للطلّاب الاتصال بمركز المعالجة المحلي أو بمركز الإسعافات الأوّلية لمعرفة كيفية التصرّف، قد تكمن ردة الفعل الطبيعية في حث الشخص على التقيؤ لكن ذلك قد يسبّب ضررًا أكبر.
4. **علم الأحياء والطبّ:** النظريات التي قدمت مقترحات لتفسير سرطان الجهاز المناعي هي التشخيص المتطوّر، مبيد الآفات الزراعية، صبغات الشعر، الإيدز، علاج كبح الجهاز المناعي لنقل وزراعة الأعضاء الحية ومرض التهاب المفاصل. تقبّل جميع الأدلّة وناقشها التي على أساسها قيم الطلّاب كل نظرية.

9. **وضع الفرضيات:** تُعَدّ أمراض الجهاز القلبي الوعائي السبب الرئيسي للموت في بلدان كثيرة وتُعَدّ الأمراض المعدية السبب الرئيسي للموت في بلدان العالم كلّها. قدّم اقتراحك للحدّ من خطر الموت بهذه الأمراض.
10. **تطبيق المفاهيم:** إذا أراد الطبيب أن يعرف ما إذا كان المريض مصابًا بعدوى، يسحب عيّنة دم، ويطلب إجراء اختبار يُسمّى حساب عدد خلايا الدم البيضاء. فسّر اختياره لهذا الاختبار بالذات.
11. **تصميم التجارب:** افترض أنّ أحد الطلّاب يحتاج إلى تقديم إثبات على أنّه يتمتّع بمناعة لأمراض معيّنة قبل دخول إحدى الكُلّيات، ولكنّه عجز عن إيجاد سجلّ لقاحاته. صمّم تجربة تظهر أنواع اللقاحات التي أخذها.
12. **تصميم خرائط المفاهيم:** عندما تمرّ قرب مائدة الطعام، تشمّ أصناف الطعام المختلفة، وتقرّر تناول بعض منها. صمّم خريطة مفاهيم تصف تفاعلات الأجزاء المختلفة من جهازك العصبي التي تُستخدَم في شمّ أصناف الطعام والاستجابة لهذا المؤثّر.
13. **تصميم خرائط المفاهيم:** صمّم خريطة مفاهيم توضّح علاقة الجهاز الهرموني بكلّ من الجهازين التناسليين لدى الذكر والأنثى.

المشاريع

1. **العلاجات البديلة:** يبحث عدّة أشخاص عن بدائل من الطبّ التقليدي، أي ما يعرف بالعلاج البديل، لمقاومة الأمراض أو الاضطرابات. نذكر من هذه البدائل علاجات قديمة مثل الوخز بالإبر الصيني، الحجامة الرطبة والجافة وغيرها. كيف يحدّد الشخص إذا ما كان العلاج البديل آمنًا وفعّالًا؟ ما الدور الذي يجب أن يؤدّيه الأطبّاء في تقييم العلاجات البديلة؟
2. **علم الأحياء والفن:** ارسم شخصين أحدهما مُصاب بالقصور الدرقي وآخر مصاب بزيادة إفراز الدرق، على أن يُظهر الرسم عوارض الاضطراب.
3. **علم الأحياء والإسعافات الأوّلية:** اقرأ التعليمات على المنتجات التي يسبّب تناولها التسمّم كالمنظّفات على سبيل المثال. جهّز ملصقًا كي يتعلّم زملاؤك من خلاله.
4. **علم الأحياء والطبّ:** يتزايد عدد الإصابات بسرطان الجهاز المناعي بسرعة في الآونة الأخيرة. ابحث عن النظريات التي اقترحت تفسيرًا لهذه الظاهرة. قيّم الدليل على صحّة كلّ نظرية منها.

نشاط 1 اِختبر ذاكرتك

الملاحظة وتسجيل البيانات

سوف تتنوّع الإجابات بحسب قوّة ذاكرة كلّ طالب.

المقارنة

1. سوف تتنوّع الإجابات بحسب قوّة ذاكرة كلّ طالب.
2. سوف تتنوّع الإجابات بحسب قوّة ذاكرة كلّ طالب.

التوسع

سوف تتنوّع الإجابات بحسب قوّة ذاكرة كلّ طالب.

نشاط 2 تشريح دماغ خروف

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. المخّ، المخيخ، النخاع المستطيل، الجسر
2. يتألّف المخّ من نصفين فيما يتألّف المخيخ من جزء واحد.

التحليل والاستنتاج

1. تزيد المساحة التي تمثّلها كلّ أعضاء الجسم في مراكز الدماغ العصبية.
2. من النخاع المستطيل.

التحليل، الاستنتاج والمقارنة

1. القشرة المخّية رمادية اللون بينما يكون اللون أبيض داخل الدماغ. أمّا المادّة الرمادية فتتوسّط المادّة البيضاء في الحبل الشوكي.
2. تتألّف المادّة البيضاء من محاور الخلايا العصبية المغلّفة بغمد الميالين بينما تحتوي المادّة الرمادية على أجسام الخلايا العصبية واستطالات غير مغلّفة بغمد الميالين.
3. الجسم الجاسئ هو حزمة من الألياف العصبية البيضاء التي تربط بين نصفي الدماغ وتسهّل الاتّصال بينهما.
4. يصل الحبل الشوكي بالدماغ كما ينسّق العديد من الوظائف الحيوية مثل ضبط عملية التنفّس، معدّل ضربات القلب وضغط الدم.
5. إنّه جسر يصل النخاع المستطيل بالجزء الأعلى من جذع الدماغ ويساعد في نقل الرسائل العصبية بين المخّ، المخيخ والنخاع المستطيل.
6. يستقبل الفصّ القفوي الرسائل الحسّية البصرية فيما يستقبل الفصّ الصدغي الرسائل الحسّية السمعية والشمّية. يستقبل الفصّ الجبهي الرسائل الحسّية الشمّية، ويؤدّي دورًا في معالجة الرسائل الحركية. أمّا الفصّ الجداري، فيقتصر دوره على معالجة الرسائل الحسّية المختلفة باستثناء تلك النظرية والسمعية والشمّية. يستقبل المهاد الرسائل المختلفة ويوزّعها إلى الأماكن المناسبة في الدماغ. يهتمّ تحت المهاد بالمحافظة على اتّزان الجسم الداخلي مثل المحتوى المائي ودرجة حرارة الجسم ويعدّ مركز التحكّم لإدراك الجوع والعطش والاستياء وهو حلقة وصل بين جهاز الغدد الصمّاء والجهاز العصبي.

نشاط 3 تحليل زمن الاستجابة

صياغة الفرضيات

يجب أن يجيب الطلّاب أنّ في حالة تركيز الانتباه سيكون زمن ردّة الفعل أقلّ.

تحليل البيانات والرسم البياني

1. سوف تتنوّع الإجابات، ولكن من المحتمل أن يزداد زمن الاستجابة مع تشتيت الانتباه.
2. سوف تتنوّع الإجابات، ولكن سيتشابه معظم المتوسّطات.
4. يجب أن تدعم النتائج الفرضيات. اِقترح على الطلّاب مراجعة الفرضيات التي لم تدعمها النتائج.
5. يجب أن يركّز السائق على القيادة ويتجنّب تشتيت انتباهه بأيّ صورة، كسماع الموسيقى الصاخبة أو استعمال هاتف السيارة أو تغيير محطّات المذياع أو الجدال ومناقشة الآخرين.

التوسع

1. سوف تتنوّع فرضيات الطلّاب وطرق اختبارها.
2. سوف تتنوّع إجابات الطلّاب بحسب اعتيادهم استخدام اليد اليمنى أو اليسرى.

نشاط 4 هل يمكن أن ينبَّه أحد الأقواس الانعكاسية في جسمك؟

التفسير

لأنّ منطقة المؤثّرات الحسّاسة تكون محدّدة.

الرسم التخطيطي

يجب أن يوضّح الشكل نقطة الضغط على الوتر التي تُطلق الإشارة (النبضة) خلال الخلايا العصبية إلى العضلات في الفخذ، وأن يتضمّن الانتفاضة الناتجة للساق إلى أعلى.

نشاط 5 تشريح عين بقرة

الملاحظة . المقارنة وتسجيل البيانات

1. من الدسم
2. أربع عضلات تتّصل بعين البقرة وستّ عضلات تتّصل بعين الإنسان.
3. كلّا
4. نعم
5. القزحية والحدقة (البؤبؤ)
6. تكون القزحية على شكل دائرة وهي الجزء الملوّن من العين، أمّا الحدقة فتكون على شكل دائرة صغيرة في منتصف القزحية وتكون قاتمة اللون.

الصلبة غلاف غير شفّاف غليظ مكوّن من أنسجة رمادية اللون تغلّف العين من الجانب إلى الخلف، بينما القرنية عبارة عن غلاف أرقّ وشفّاف يغلّف العين من الأمام.

ملاحظة: تظهر القرنية في عين البقرة أمامك داكنة ومتجعّدة ولونها مائل إلى الأزرق الزاهي، في حين أنّها في عين البقرة الحيّة أو في عينك شفّافة وغير متجعّدة.

تحليل البيانات

1. يحمي العين من الضربات.
2. يرسل الصور التي جُمعت في العين على شكل سيالاتٍ عصبيّة إلى الدماغ ليحلّلها.

نشاط 6 تحقيق التوازن الداخلي لمستوى جلوكوز الدم الطبيعي

الملاحظة. التحليل واستخراج البراهين

* الاستنتاج من التجربة الأولى: الكبد يخزّن فائض الجلوكوز.

البرهان: احتواء الدم في الوريد البابي الداخل إلى الكبد على كميّة كبيرة من الجلوكوز بينما تركيز الجلوكوز في الدم الخارج الموجود في الوريد الكبدي هو ثابت دائمًا 1g/L .

* الاستنتاج من التجربة الثانية: الكبد يحوّل الجلوكوز إلى جليكوجين.

البرهان: احتواء الكبد على كمّية قليلة من الجلوكوز وعلى كمّية كبيرة من الجليكوجين.

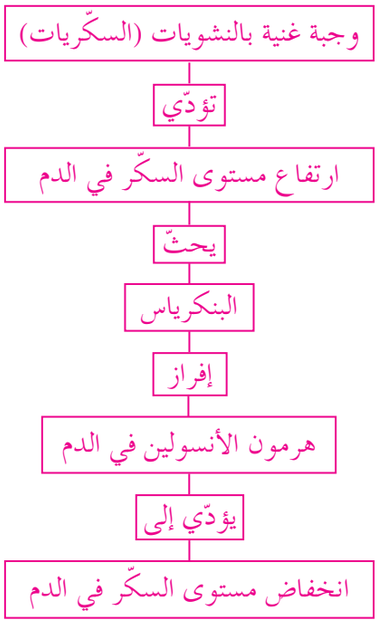
* الاستنتاج من التجربة الثالثة: الكبد يحوّل الجليكوجين إلى جلوكوز.

البرهان: بعد إعادة غسل الكبد، بعد مرور ساعتين من الراحة، نجد أنّ الماء الخارج من الكبد يحتوي مجدّدًا على الجلوكوز.

التحليل والاستنتاج

1. الأنسولين
2. الجلوكاجون

الرسم التخطيطي



نشاط 7 تشريح خصية خروف

صياغة الفرضيات

اِقبل جميع الفرضيات ثمّ وضِّح للطلّاب أنّهم سيختبرون صحّة الفرضية بعد الانتهاء من عملية التشريح.

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. إنّه الطبقة الليفية العميقة التي تتكوّن من اللفافة المستعرضة وتشكّل كيسًا يحوي الحبل المنوي والخصية.
2. في القسم الخلفي من الخصية
3. يتراوح طوله بين 6cm و7cm.
4. يرتبط رأس البربخ بالخصية بواسطة القنوات التي تخرج من الخصية وتُسمّى القنوات الصادرة عن الخصية، ويرتبط ذيل البربخ بالخصية برباط ضامّ.

الملاحظة وتسجيل البيانات

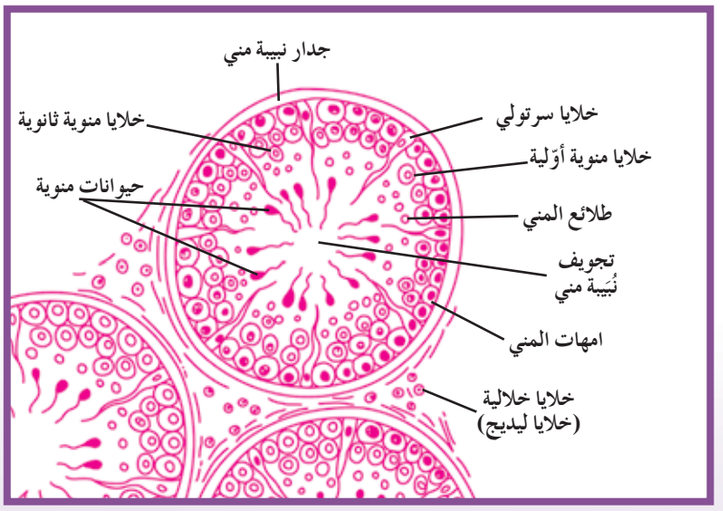
1. يتألّف من أنبوب ملتفّ يتراوح طوله بين 6m و 10m ويحيط به نسيج ضامّ وأوعية دموية.
2. ليتّسع في المكان الصغير المخصَّص له.
3. الغلالة البيضاء وهو سميك وقوي ومرن.
4. الغشاء الداخلي الحشوي بمحاذاة الغلالة البيضاء والغشاء الخارجي الجداري بمحاذاة الطبقة الليفية العميقة، وبين هذين الغشاءين فجوة تمتلئ بالسائل.
5. على الشبكة الخصوية المؤلّفة من نبيبات المني ذات مفاغرة أنابيبية تشكّل الأنابيب الخارجة من الخصية.
6. في رأس البربخ
7. نبيبات المني، يملأ المسافة بين هذه الأنابيب نسيج ضامّ وخلايا لايديغ التي تفرز التستوستيرون.
8. من غشاء قاعدي توجد فوقه خلايا سرتولي وخلايا النطاف.

التحليل والاستنتاج

1. تحمي الخصية وتمتصّ الصدمات.
2. يقلّل من الاحتكاك بين الطبقتين.
3. تصبح الحيونات المنوية المنتَجة عاجزة عن التحرّك.

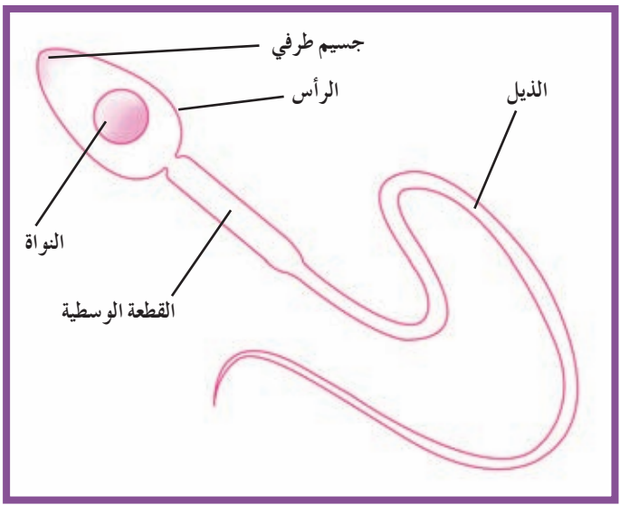
الفحص المجهري

1.



مقطع عرضي لنبيبات المني

.2



رسم تخطيطي للحيوان المنوي

نشاط 8 مقارنة بين الالتهابات المنقولة جنسيًّا

الملاحظة وتسجيل البيانات

يوضّح الجدول أنّ بين الأعوام 1985 و1993 ازدادت حالات الإصابة بفيروس العوز المناعي البشري، إلاّ أنّه شوهد انخفاض ملحوظ في حالات الإصابة بمرض السيلان. أمّا في حال الإصابات بمرض الزهري فلقد ازداد معدّله حتى العام 1990 لينخفض بشكلٍ ملحوظ في العام 1993.

المقارنة وتحليل البيانات

1. مرض الزهري ومرض السيلان
2. ازداد عدد الحالات بين بعد الأعوام 1985 و1993 بشكل كبير.
3. يُضعِف جهاز المناعة.
4. يهاجم فيروس العوز المناعة البشري الخلايا التائية ويقضي عليها.

نشاط 9 مكوّنات الدم

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. الخلايا الحمراء صغيرة وكثيرة ولا تملك نواة، أمّا الخلايا البيضاء فكبيرة وقليلة ولها نواة.
2. أصبح لون الخلايا البيضاء أكثر تركيزًا.

التحليل

1. لتلوين أجزاء الخلايا البيضاء لأنّها عديمة اللون.
2. تلوّن السيتوبلازم بمحلول الأيوزين، وتلوّنت النواة بمحلول الميثيلين الأزرق.
3. يختلف شكل أنوية الخلايا البيضاء بحسب نوعها.

المقارنة

الخلايا الحمراء صغيرة ولا نواة لها، أمّا الخلايا البيضاء فكبيرة ويختلف شكل نواتها بحسب نوعها.

نشاط 10 إعداد سجلّ صحّي شخصي

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. سوف تتنوّع ملاحظات الطلّاب.
2. سوف تتنوّع علامات الطلّاب.

تحليل النتائج

1. سوف تتنوّع إجابات الطلّاب بحسب سلوكياتهم.
2. سوف تتنوّع الإجابات.

ملاحظات

ملاحظات

ملاحظات

ملاحظات

تطرح سلسلة العلوم مضمونًا تربويًا منوَّعًا يتناسب مع جميع مستويات التعلُّم لدى الطلاّب.

يوفّر كتاب العلوم الكثير من فرص التعليم والتعلُّم العلمي والتجارب المعمليّة والأنشطة التي تعزز محتوى الكتاب.

يتضمّن هذا الكتاب أيضًا نماذج الإختبارات لتقييم استيعاب الطلاّب والتأكد من تحقيقهم للأهداف واعدادهم للاختبارات الدولية.

تتكوّن السلسلة من:

- كتاب الطالب
- كتاب المعلّم
- كرّاسة التطبيقات
- كرّاسة التطبيقات مع الإجابات

الصف الثاني عشر 12

كتاب المعلّم

الجزء الأوّل

ISBN 978-614-406-614-0
9 786144 066140

PEARSON
Scott Foresman

مركز البحوث التربوية

الأحياء