وزارة التربية
Ministry of Education
State of Kuwait | دولـــة الكويـت

الأحياء

الصف الثاني عشر

الفصل الدراسي الأول

كتاب الطالب

المرحلة الثانوية

وزارة التربية
Ministry of Education
State of Kuwait | دولـــة الكويـت

الأحياء

الصفّ الثاني عشر

كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

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 الثانية
١٤٤٨ هـ
٢٠٢٦ – ٢٠٢٧م

حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية - الإدارة العامة للتواجيه والبحوث والمناهج
إدارة البحوث التربوية والمناهج

الطبعة الأولى ٢٠١٤ - ٢٠١٥ م
الطبعة الثانية ٢٠١٦ - ٢٠١٧ م
٢٠١٨ - ٢٠١٩ م
٢٠٢٠ - ٢٠٢١ م
٢٠٢٢ - ٢٠٢٣م
٢٠٢٣ - ٢٠٢٤م
٢٠٢٤ - ٢٠٢٥م
٢٠٢٥ - ٢٠٢٦م
٢٠٢٦ - ٢٠٢٧م

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 ٢٠١٤

مطابع دار السياسة

أودع في مكتبة الكويت الوطنية - ردمك: 978-9921-33-055-7

أودع بمكتبة الوزارة تحت رقم (٢٨٤) بتاريخ ٧ / ١٠ /٢٠١٥م

بسم الله الرحمن الرحيم

حضرة صاحب السمو الشيخ مشعل الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

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

سمو الشيخ صباح خالد الحمد الصباح
ولي عهد دولة الكويت

H. H. Sheikh Sabah Khaled Al-Hamad Al-Sabah
Crown Prince Of The State Of Kuwait

مقدمـــة

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

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

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

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

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

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

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأوّل

الوَحدة الأولى: أجهزة جسم الإنسان

الجزء الثاني

الوَحدة الثانية: الخليّة والعمليّات الخلوية

محتويات

الفصل الدراسي الأول

الوحدة الأولى: أجهزة جسم الإنسان	12
الفصل الأوّل: الجهاز العصبي	13
الدرس 1 – 1: الإحساس والضبط	14
الدرس 1 – 2: فسيولوجيا الجهاز العصبي	25
الدرس 1 – 3: أقسام الجهاز العصبي المركزي	37
الدرس 1 – 4: الجهاز العصبي الطرفي	44
الدرس 1 – 5: صحّة الجهاز العصبي	61
الفصل الثاني: التنظيم والتكاثر	58
الدرس 2 – 1: التنظيم الهرموني	59
الدرس 2 – 2: جهاز الإنسان الهرموني	62
الدرس 2 – 3: صحّة الغدد الصمّاء	75
الدرس 2 – 4: التكاثر لدى الإنسان	78
الدرس 2 – 5: نموّ الإنسان وتطوّره	92
الدرس 2 – 6: صحّة الجهاز التناسلي	97

محتويات
الفصل الدراسي الأول

الدرس 2 – 4: التكاثر لدى الإنسان	78
الدرس 2 – 5: نموّ الإنسان وتطوّره	92
الدرس 2 – 6: صحّة الجهاز التناسلي	97
الفصل الثالث: جهاز المناعة لدى الإنسان	**100**
الدرس 3 – 1: الجهاز المناعي	101
الدرس 3 – 2: أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)	109
الدرس 3 – 3: صحّة الجهاز المناعي	120
مراجعة الوَحدة الأولى	**126**

الوَحدة الأولى

أجهزة جسم الإنسان
Human Body Systems

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

اِختبر ذاكرتك

الموادّ والأدوات المطلوبة: ساعة إيقاف.

1. أُنظر إلى القائمة أدناه لمدّة دقيقة واحدة.

734	س س ت
ل ج ص	9248
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 ويحدِّد 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.
* يحدِّد 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

الفصل الأوّل

الجهاز العصبي
Nervous System

تعرّض رسّام لحادث سير مروّع، أفقده القدرة على إبصار الألوان، فلم يعد يميّز الألوان، وبات يرى التفاح أسود وألوان البرتقال والموز والعنب رمادية باهتة. ولم يعد يرى في قوس القزح سوى نصف دوائر غير ملوَّنة 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 بُعْد 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

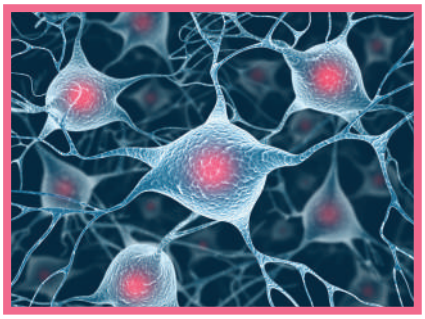
الدرس الخامس
* صحّة الجهاز العصبي

الدرس 1-1

الإحساس والضبط
Sensing and Controlling

الأهداف العامة

* يحدِّد وظائف الجهاز العصبي.
* يقارن بين الأجهزة العصبية للحيوانات المختلفة.
* يصف أقسام الجهاز العصبي للإنسان.
* يصف تركيب الخليّة العصبية وأنواعها ووظائفها.
* يتعرَّف تركيب كلّ من الليف العصبي والعصب وأنواعهما ووظائفهما.



(شكل 1)

تحتاج الحيوانات 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 للمتغيِّرات، ولضبط الأجهزة الجسمية، وللتنسيق في ما بين الأجهزة من أجل حفظ سلامة هذه الكائنات. هذان الجهازان هما الجهاز العصبي و الجهاز الهرموني. فالجهاز العصبي يتحكَّم بوظائف عديدة، معقَّدة ومترابطة حيث ينسِّق 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 الجِهاز العصبي أربع وظائف تُمكِّن الكائن من الاستجابة بسرعة.

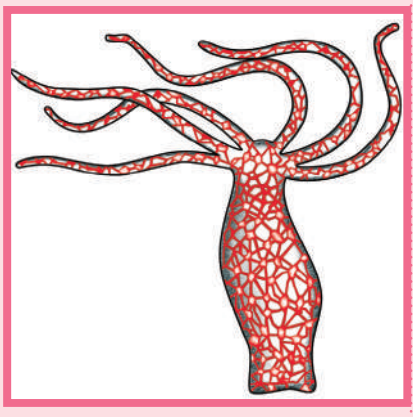
* تستقبل الحواسّ المعلومات من داخل الجسم وخارجه.
* ينقل المعلومات على طول شبكة من الخلايا العصبية المتخصّصة إلى مناطق معالجة المعلومات، مثل الدماغ.

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

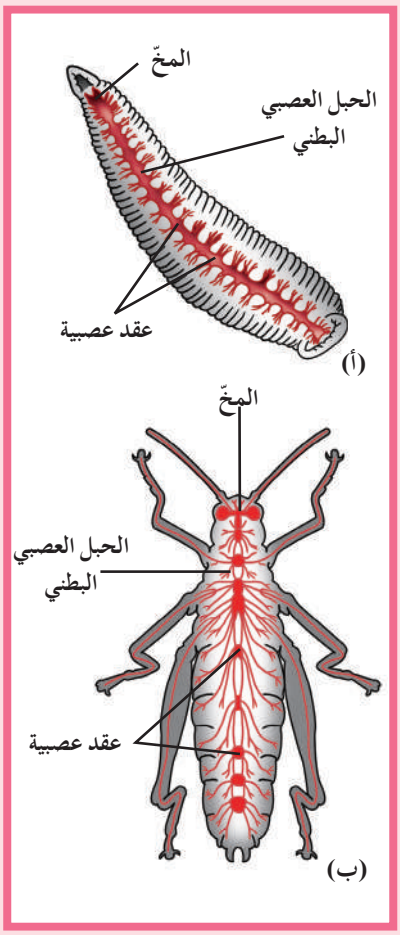
* يعالج المعلومات ويحوّلها إلى استجابات ممكنة.
* يُعيد إرسال المعلومات بواسطة شبكة الخلايا العصبية، بعد معالجتها، إلى العضلات والغدد والأجزاء الأخرى من الجسم للقيام بالاستجابة الأنسب.

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 منظَّمة 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.
- يوضِّح الشكل (3–أ) أنّ للديدان الحلقية، مثل ديدان العلق الطبّي، مخًّا يتكوّن من عقدتين عصبيتين. و**العقدة العصبية Ganglion عبارة عن تجمّعات من الخلايا العصبية**. وهناك عدّة عقد عصبية موزَّعة 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 الموزَّعة في كافة انحاء الجسم. كذلك تملك الحشرات عيونًا متطوّرة جدًّا وقرون استشعار وأعضاء حسّ أخرى.



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



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

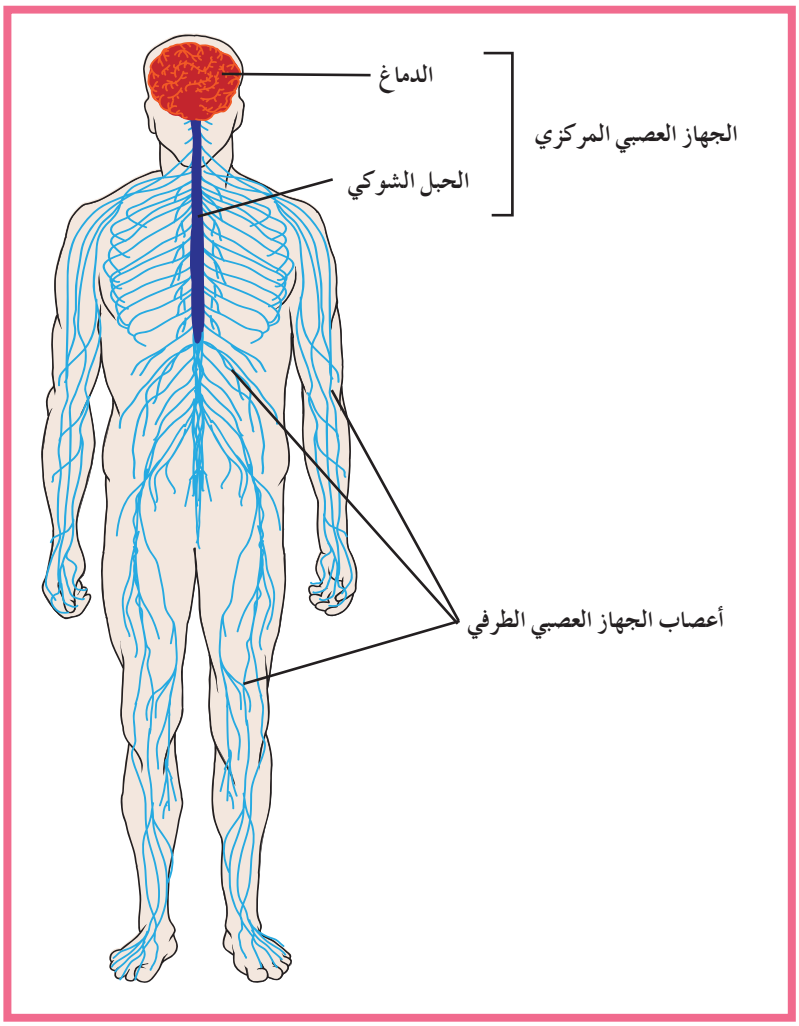
2. الجهاز العصبي لدى الإنسان

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).

يُعَدّ 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 الجهاز العصبي المركزي الى أجزاء الجسم. يعمل الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي مع بعضهما لتأدية أنشطة الجسم بالكامل وتنسيقها وضبطها.



شكل (4)
الجهاز العصبي لدى الإنسان

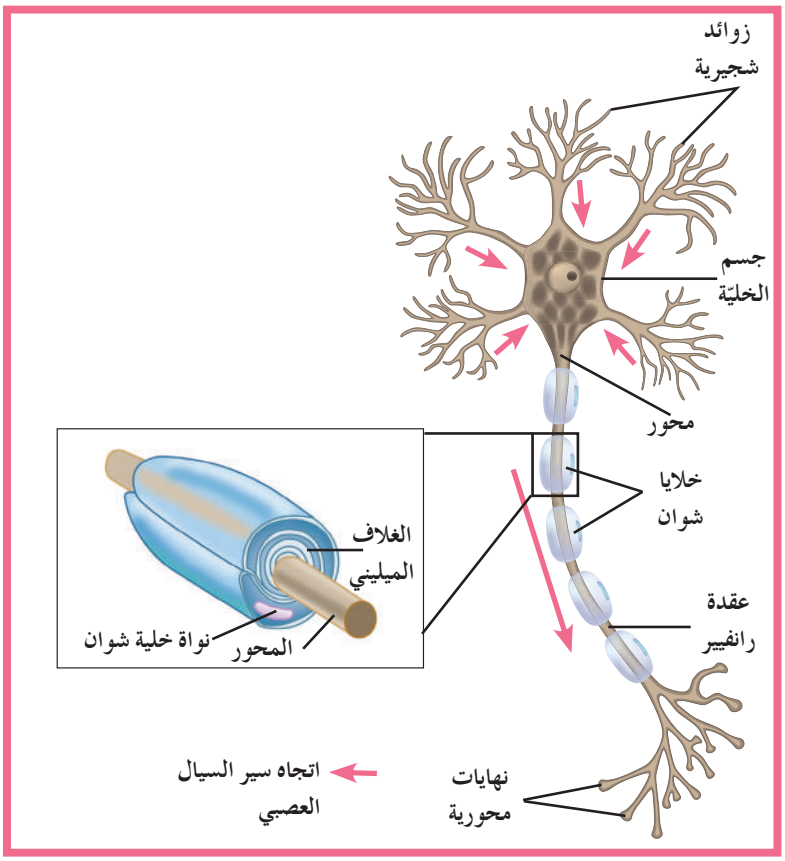
3. خلايا الجهاز العصبي Nervous System Cells

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)
الخليّة العصبية

تتفرّع من جسم الخلية العصبية امتدادات سيتوبلازمية Cytoplasmic Prolongations هي:

- الزوائد الشجيرية 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.

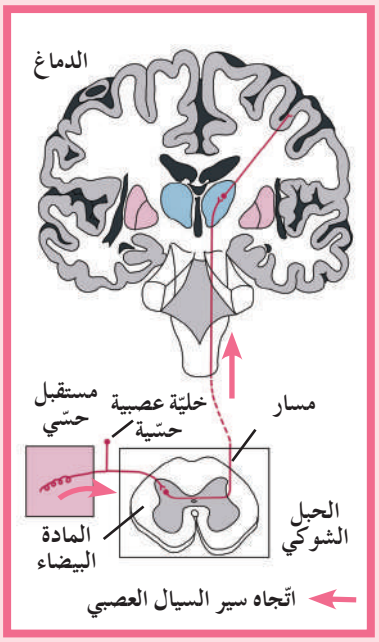
(أ) تصنيف الخلايا العصبية من حيث الشكل

Structural Classification of Neuron

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

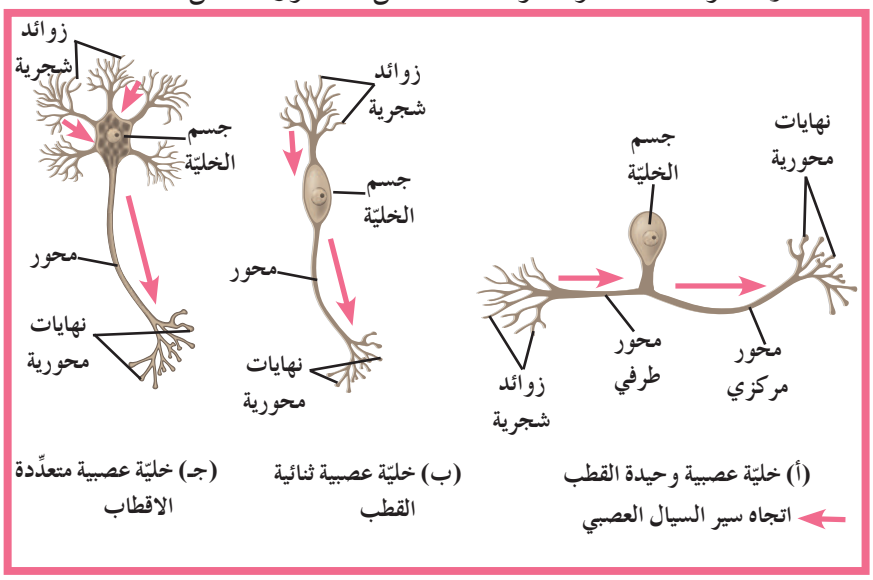
* **خلايا عصبية وحيدة القطب Unipolar Neurons:** تتميز بامتداد استطالة واحدة من جسم الخليّة تنقسم الى فرعين يمتدّان بعيدًا عنها فتصبح الخليّة على شكل حرف "T". ويشكّل أحد هذين الفرعين المحور الطرفي الذي ينقل السيالات العصبية من الزوائد الشجرية الى جسم الخليّة امّا الفرع الثاني فهو المحور المركزي الذي ينقل السيالات العصبية بعيدًا عن جسم الخليّة (شكل 7 –أ).

* **خلايا عصبية ثنائية القطب Bipolar Neurons:** تتميَّز بامتداد استطالتين من قطبين متضادّين لجسم الخليّة تشكّل إحداها الزوائد الشجرية وتشكّل الأخرى المحور. وتتواجد معظم هذه الخلايا في الأعضاء الحسيَّة كالانف والعينين. (شكل 7 –ب).



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

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



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

(ب) تصنيف الخلايا العصبية من حيث الوظيفة

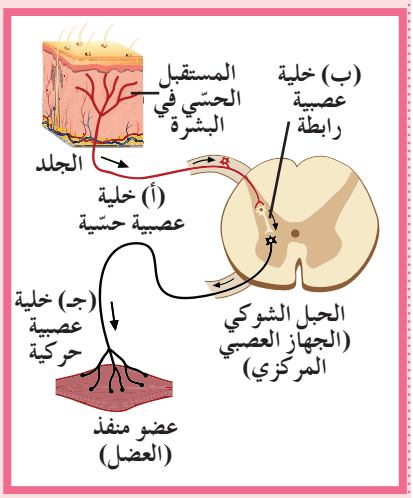
Functional Classification

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 متخصِّصة 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 المنفِّذة** (شكل 8 –جـ). **والأعضاء المنفِّذة Effector organs هي الأعضاء، التي تستجيب للسيال العصبي إمّا بالانقباض إذا كانت عضلات أو بالإفراز إذا كانت غدد.** تؤدّي معظم الخلايا العصبية المتعدِّدة الأقطاب دور الخلايا العصبية الحركية.

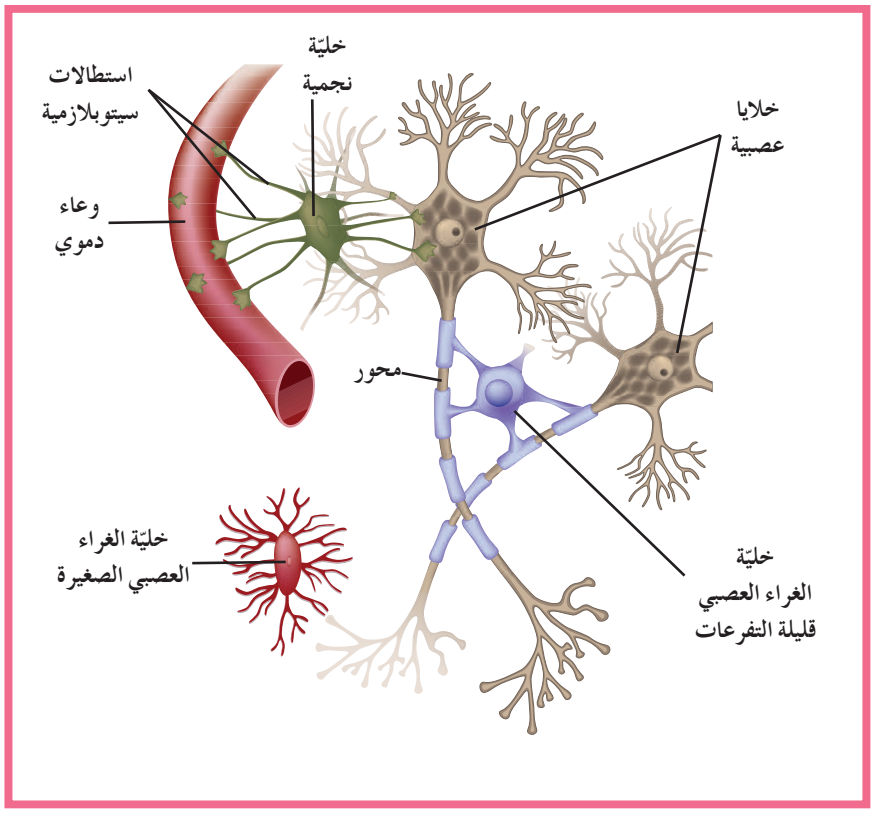
* **الخلايا العصبية الرابطة أو الموصلة Interneurons: توجد بين خليتين عصبيتين وتكون بكامل أجزائها أو بمعظم أجزائها داخل الجهاز العصبي المركزي، حيث تتواجد بين خلايا عصبية حسّية وأخرى حركية** (شكل 8 –جـ)، **أو بين خلايا عصبية رابطة أخرى.** وتؤدي بعض الخلايا العصبية متعدّدة الأقطاب دور الخلايا العصبية الرابطة، 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 حوالى 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 متحرِّكة 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.

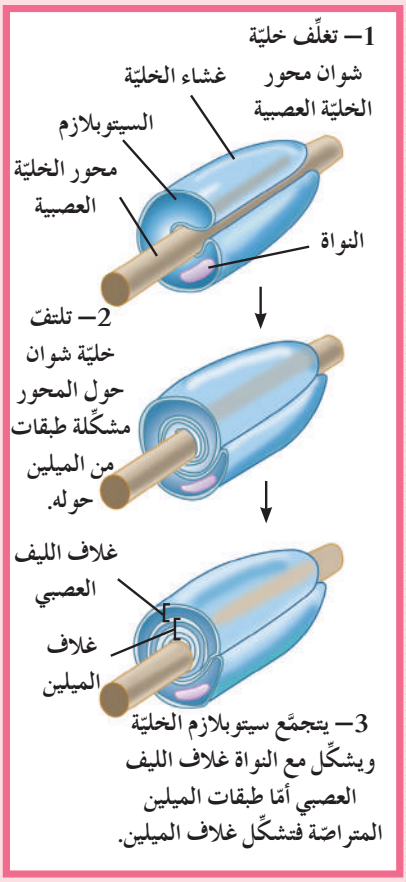
* **الخلايا النجمية Astrocytes:** تتواجد هذه الخلايا في الجهاز العصبي المركزي وتعدّ من أكثر خلايا الغراء العصبي وفرةً. سُمِّيت الخلايا النجمية نسبةً إلى شكلها الذي يشبه النجمة. وهي تمدّ الخلايا العصبية بالأكسجين والعناصر الغذائية من الأوعية الدموية المجاورة عبر استطالتها السيتوبلازمية وتساعد على حفظ ثبات الوسط الكيميائي المجاور للخلايا العصبية وقد أثبتت الأبحاث الحديثة أنّها قد تؤدّي دورًا في نقل إشارات الجهاز العصبي.

* **خلايا شوان Schuwann 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).

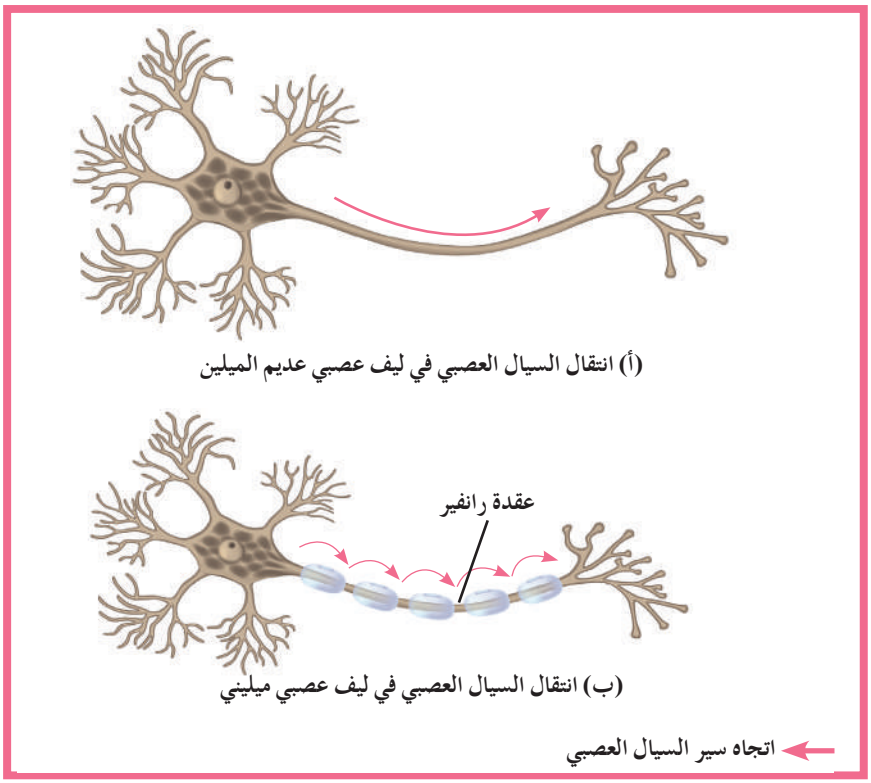
4. الألياف العصبية وبنيتها

Nerve Fibers and Their Structure

الليف العصبي Nerve fiber هو الاستطالة الطويلة للخليّة 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 (9 –ب)
تكوين غلاف الميلين
ما الفرق بين خلايا شوان وخلايا الغراء العصبي قليلة التفرعات من ناحية تكوين غلاف الميلين؟

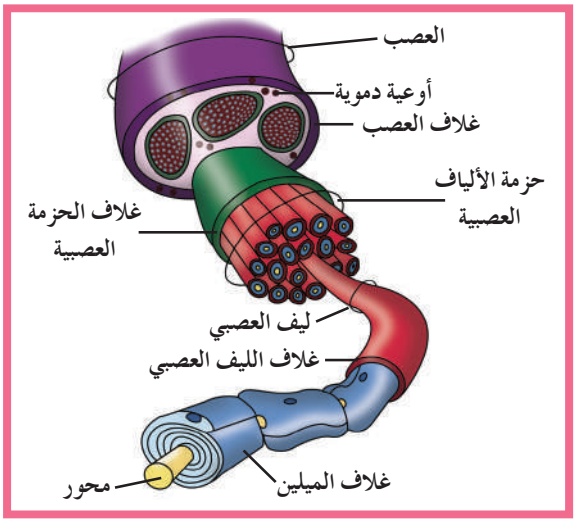


شكل (10)
انتقال السيال العصبي في الخلية العصبية

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 ضام 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.



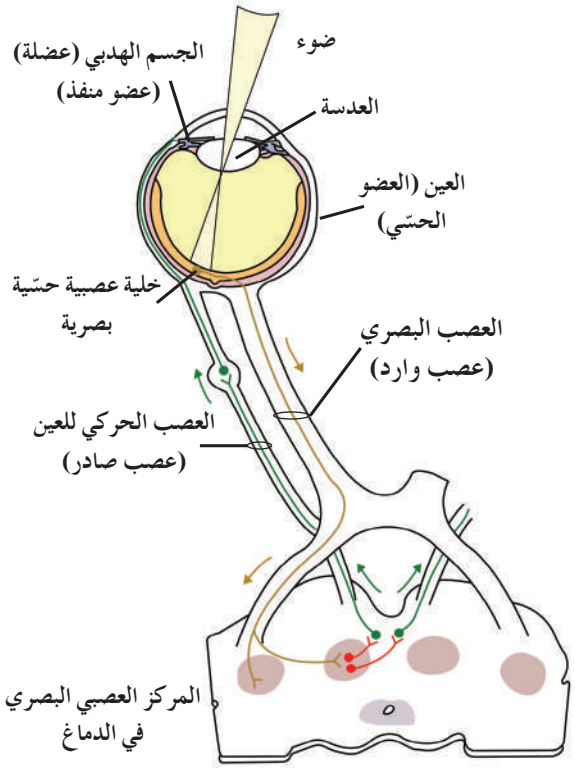
شكل (11)
تركيب العصب

تنقسم الأعصاب إلى ثلاثة أنواع:

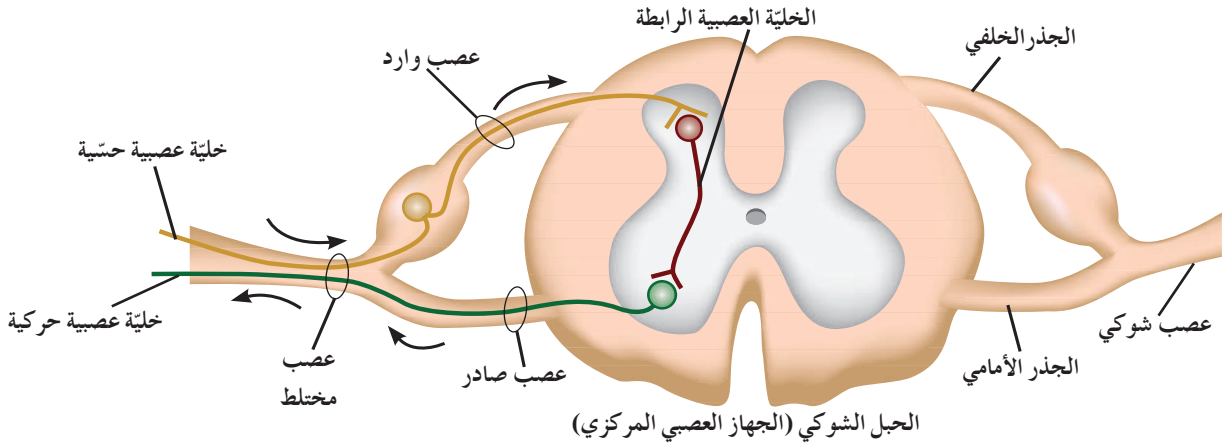
1. **أعصاب واردة (حسّية) Afferent Nerves تنقل السيالة العصبية الحسّية من أعضاء الحسّ إلى المراكز العصبية** من مثل العصب البصري (شكل 12 – أ) والسمعي والشمّي.

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 تتكوَّن 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.

فقرة إثرائية

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 مغلَّفة 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 مرتَّبة بحسب تدرج القطر من الأكبر إلى الأصغر.

الألياف ب B – Fibers: هي ألياف يترواح قطرها ما بين 2µm و3µm وهي مغلَّفة 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 ويترواح 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. أُذكر 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. **توقَّع** 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؟

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 المنبِّهات 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 موضَّح 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.

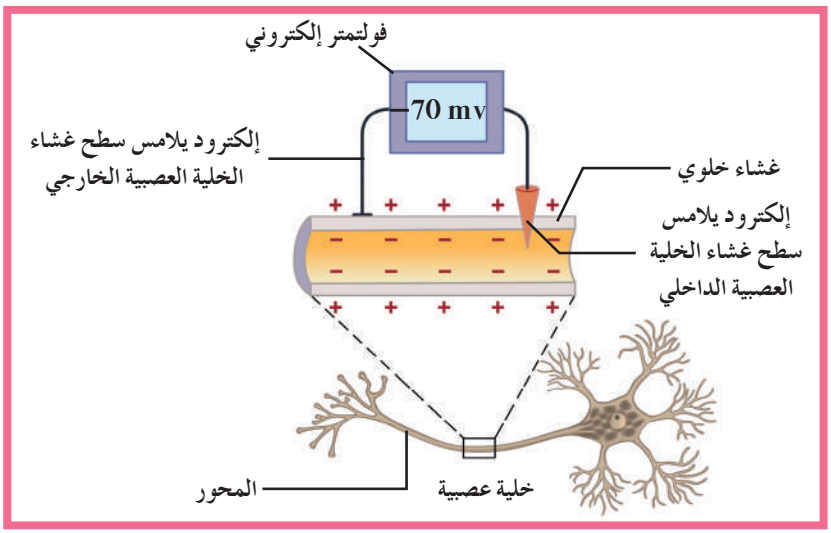
1. الظواهر الكهربائية على غشاء خليّة حيّة

The Electrical Phenomena Across the Cell Membrane of Living Cells

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 موجَبة أمّا سطح غشاء الخليّة الداخلي فيحمل شحنات سالبة (شكل 14). هذا الفرق في الجهد الكهربائي على جانبي غشاء الخليّة 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) يُعرَف 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).

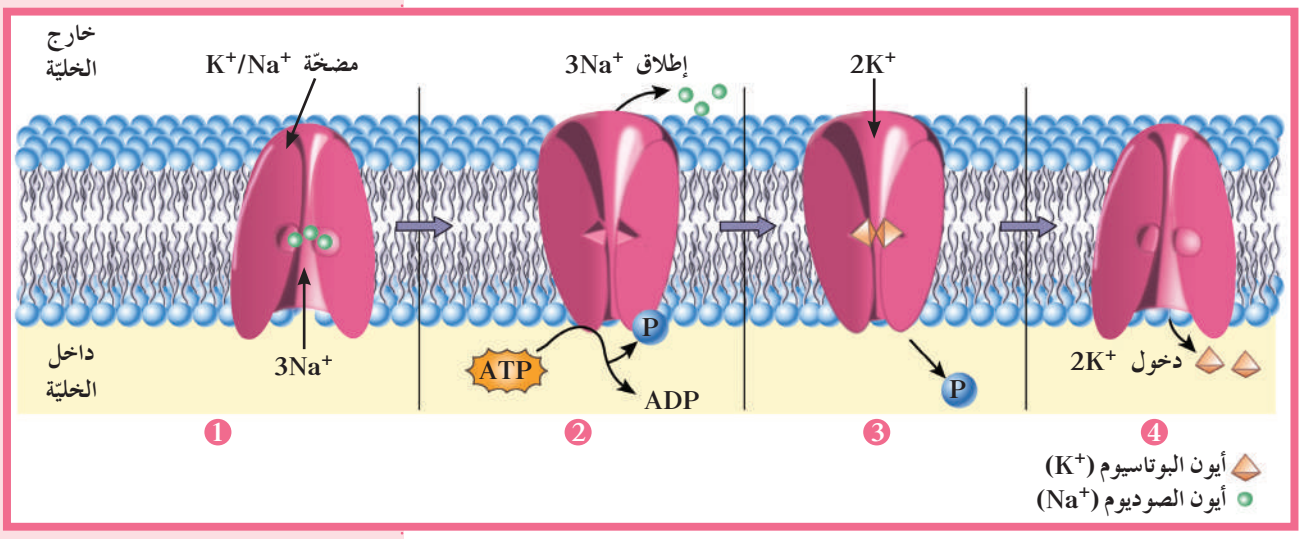
2.1 أسباب جهد الراحة Causes of Resting Potential

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 استمراريّة 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** والداخليّة 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 بعض هذه القنوات مفتوحة دائمًا، وهي تسمح بنقل أيونات Na^+ وK^+ 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 يُعرَف باستقطاب الغشاء Polarized Membrane.**

* **وجود مضخّة الصوديوم–البوتاسيوم Sodium–Potassium Pump في غشاء الخليّة وهي مضخّة 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 Pi + ADP 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 بها ما يؤدّي إلى إعادة تغيّر شكلها مسبّبًا إطلاق أيونات البوتاسيوم داخل الخليّة (شكل 15).



شكل (15)
انتقال أيونات البوتاسيوم والصوديوم خلال المضخّة في غشاء الخليّة.

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

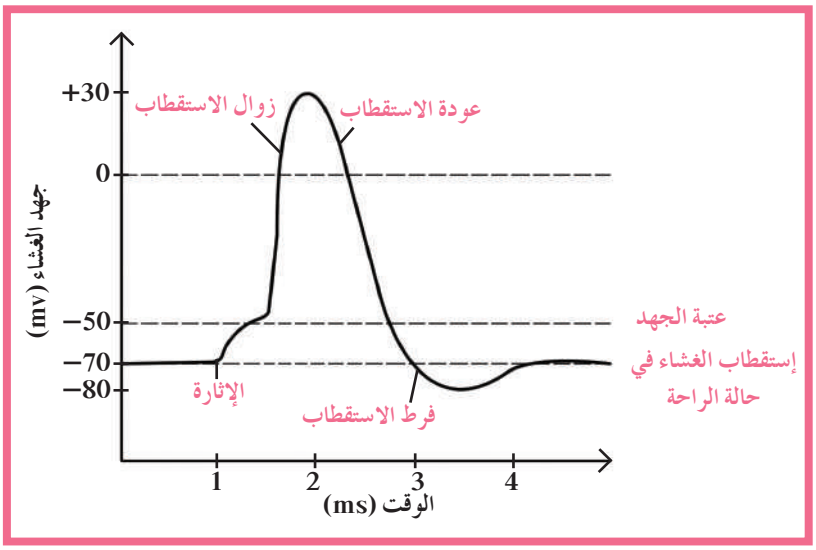
ينقل جهازك العصبي آلاف الإشارات خلال جسمك في كلّ لحظة على شكل سيالات عصبية. **والسيال العصبي Nerve Impulse عبارة عن موجة من التغيّر الكيميائي والكهربائي تنتقل على طول غشاء الخليّة العصبية.**

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

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.

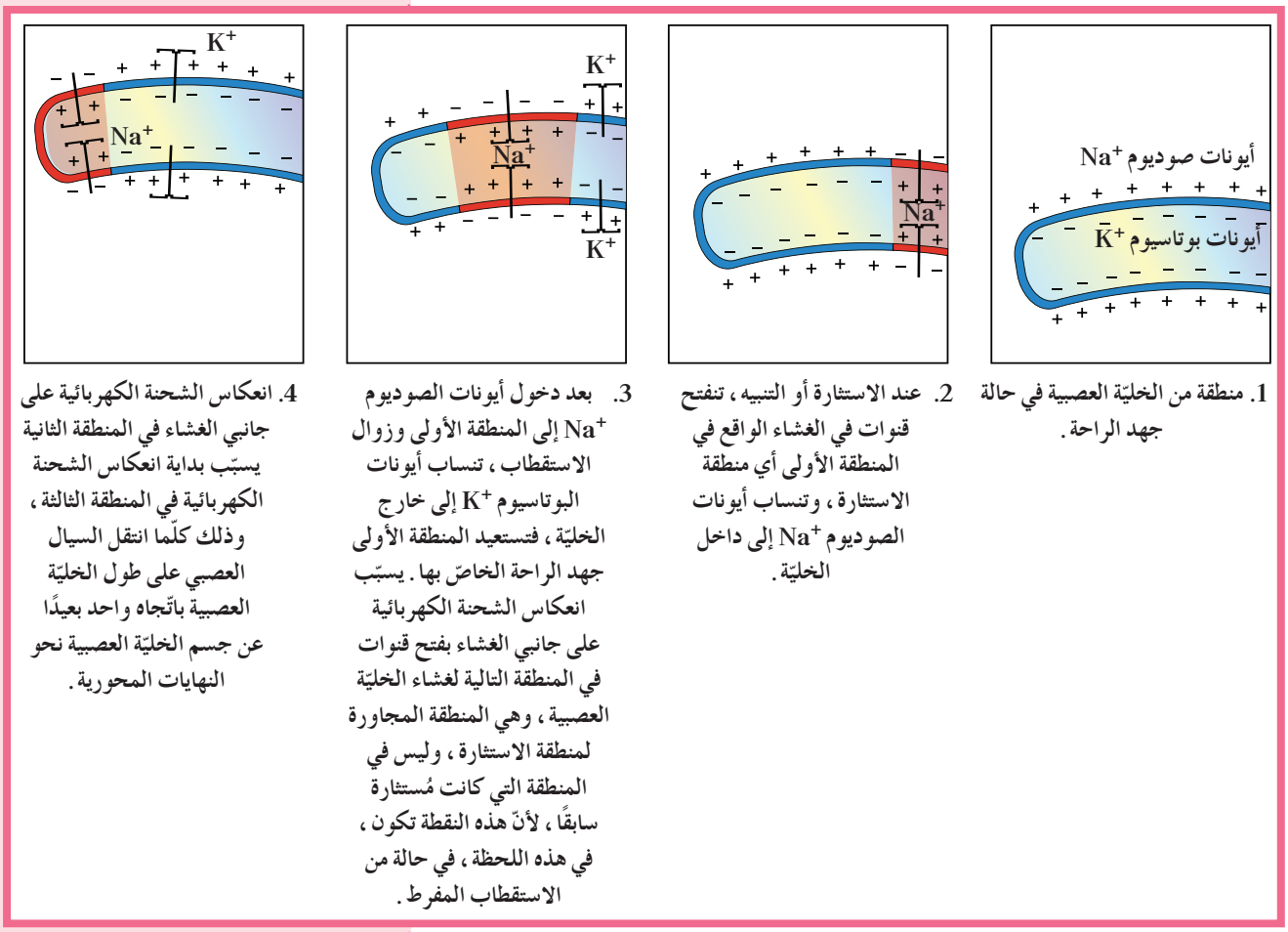
في خلال مرحلة زوال الاستقطاب، ينتقل جهد الغشاء من 70mv− إلى 50mv− أي **عتبة الجهد Threshold Potential وهو الحدّ الأدنى من إزالة استقطاب جهد الغشاء لتوليد جهد العمل.** إنّ أيّ استثارة لا توصل غشاء الخلية إلى عتبة الجهد لا تولِّد جهد عمل.



(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).**



1. منطقة من الخليّة 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 الخليّة.

3. بعد دخول أيونات الصوديوم Na^+ إلى المنطقة الأولى وزوال الاستقطاب، تنساب أيونات البوتاسيوم K^+ إلى خارج الخليّة، فتستعيد المنطقة الأولى جهد الراحة الخاصّ بها. يسبّب انعكاس الشحنة الكهربائية على جانبي الغشاء بفتح قنوات في المنطقة التالية لغشاء الخليّة 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 الثانية يسبّب بداية انعكاس الشحنة الكهربائية في المنطقة الثالثة، وذلك كلّما انتقل السيال العصبي على طول الخليّة العصبية باتّجاه واحد بعيدًا عن جسم الخليّة العصبية نحو النهايات المحورية.

(شكل 17)
يتمّ انتقال السيال العصبي من خلال تحرّك الأيونات عبر غشاء الخليّة 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 ملائِمة له.

تنتشر المستقبلات الحسّية في كافّة 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 المنبِّهات وخصائصها

Types of Stimuli and Their Characteristics

تكثر أنواع المنبِّهات:

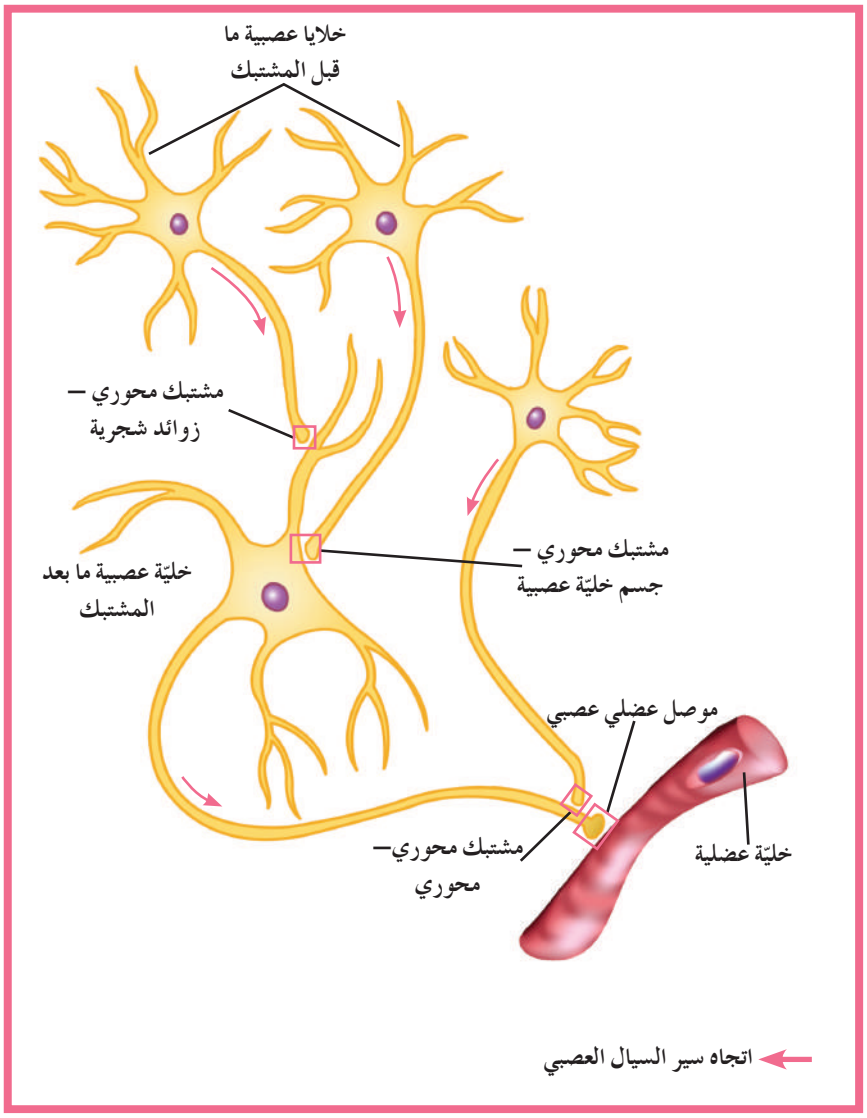
1. المنبِّهات الكيميائية من مثل الموادّ الكيميائية كالأيونات والجزيئات الكيميائية الخاصّة بمستقبلات الشمّ Olfactory Receptors، والجزيئات الكيميائية الخاصّة بمستقبلات التذوّق Gustatory Receptors.
2. المنبِّهات الميكانيكية مثل التغيُّر في الضغط، أو وضعية الجسم، التي تتحسّسها المستقبلات الميكانيكية Mechanoreceptors، 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. المنبِّهات 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 المنفِّذة 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.

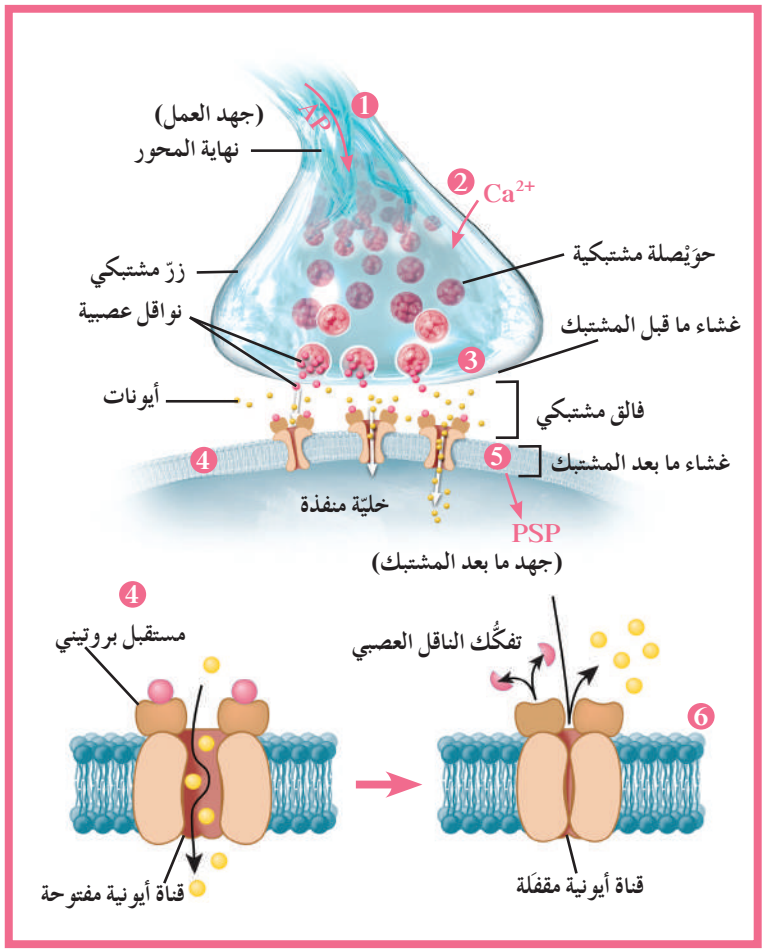


شكل (18)
مواقع المشتبكات العصبية واتجاه انتقال الرسائل العصبية بين الخلايا.

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 نُقِلت 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 المنبّه** 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 المنبّه 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 المثبّط** 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 المثبّط 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 المنبّه.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

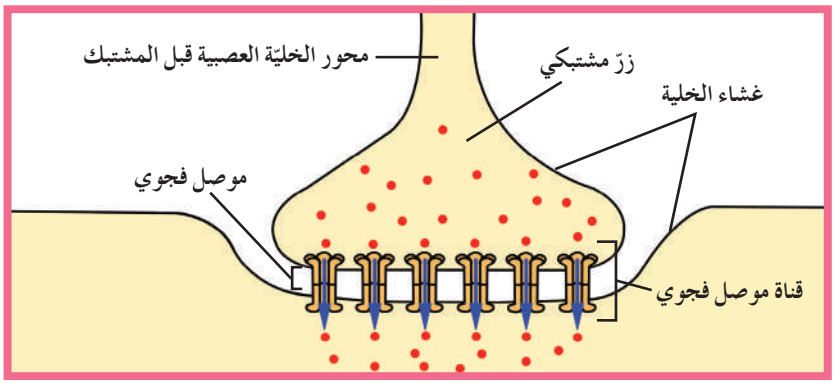
المشتبك الكهربائي

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، يُعتبَر 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. أُذكر 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. قارِن بين وظيفة كلّ من المشتبكين، واستدلّ على العنصر الذي يحدّد وظيفة المشتبك الكيميائي (إذا كان منبِّهًا أو مثبِّطًا).

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)

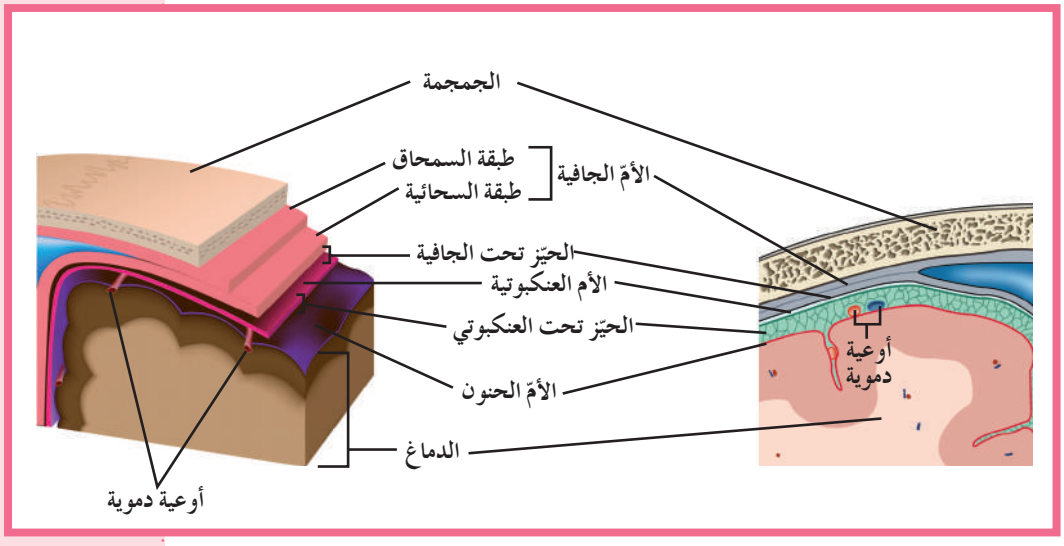
قد يساعدك تناول الطعام قبل إجراء الاختبار مباشرة في الحصول على نتيجة أفضل إذ اكتشف الأطباء أنّ أداء الطلّاب الذين تناولوا الطعام حديثًا، أفضل في اختبارات التعلّم اللفظي والذاكرة. ويعتقد العلماء أنّ الزيادة المؤقّتة للسكّر في الدم بعد تناول الطعام تساعد الدماغ على العمل بصورة أفضل وأسرع قليلًا (شكل 21).

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.

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).



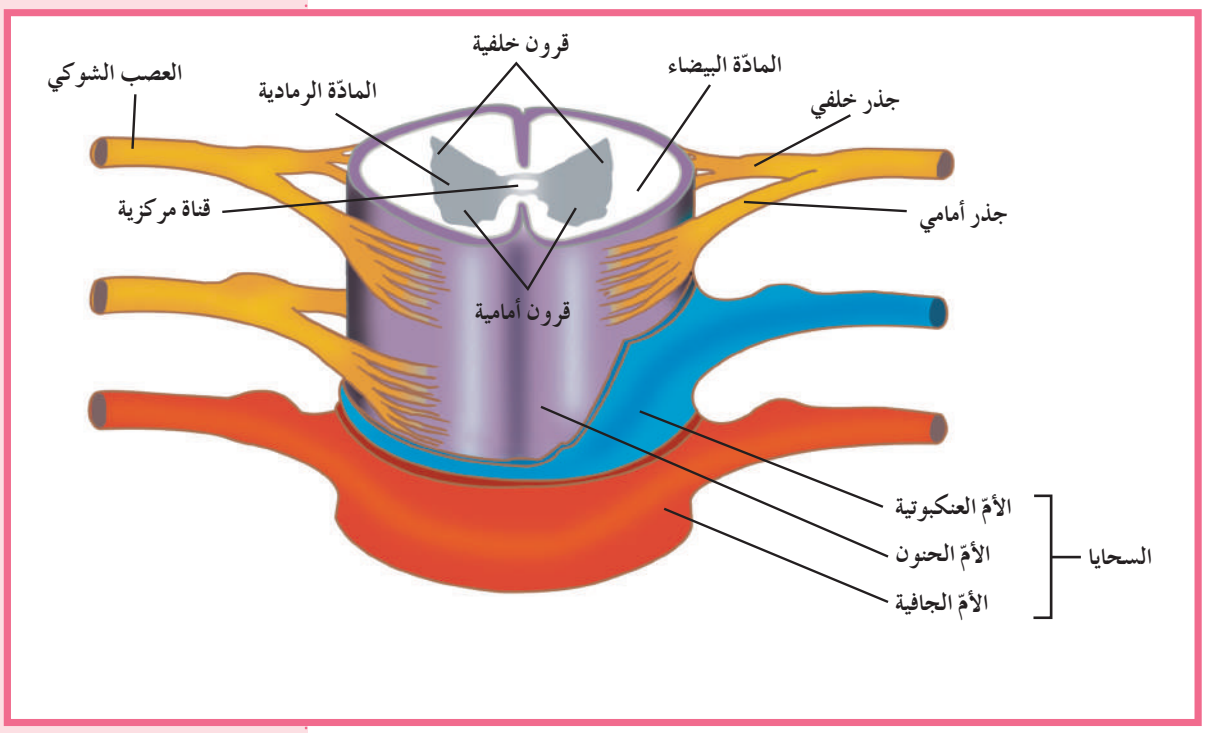
(شكل 22)
الأغشية السحائية التي تحيط بالدماغ

1. **الأمّ الجافية Dura mater:** غشاء خارجي متين مكوَّن من نسيج ضامّ كثيف غير منتظم يتولّى حماية الجهاز العصبي المركزي. يتكوّن من طبقتين ملتحِمتين ببعضهما بعضًا. الطبقة الأولى هي الطبقة الخارجية (العليا) المسمّاة الطبقة السمحاقية Periosteal Layer تبطِّن سطح الجمجمة الداخلي والفقرات، والطبقة الثانية المسمّاة الطبقة السحائية Meningeal Layer تغلِّف 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 بالمغذِّيات مثل الجلوكوز والأكسجين وغيرها من الدم، كما يحمي الدماغ من ضغط القوى الميكانيكية المطبِقة على الجمجمة.
3. **الأمّ الحنون Pia mater:** غشاء ليفي رفيع ولكنّه قوي، يضمّ شبكة من الشُعيرات الدموية التي تلتصق بالدماغ وتتّبع انحناءته 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، ومغلَّف 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 مغلَّف بغلاف ميليني، ما يجعلها تبدو بيضاء اللون. أمّا المادّة الرمادية فتحتوي على أجسام خلايا عصبية، خلايا الغراء العصبي زوائد شجرية، ومحاور غير مغلَّفة 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

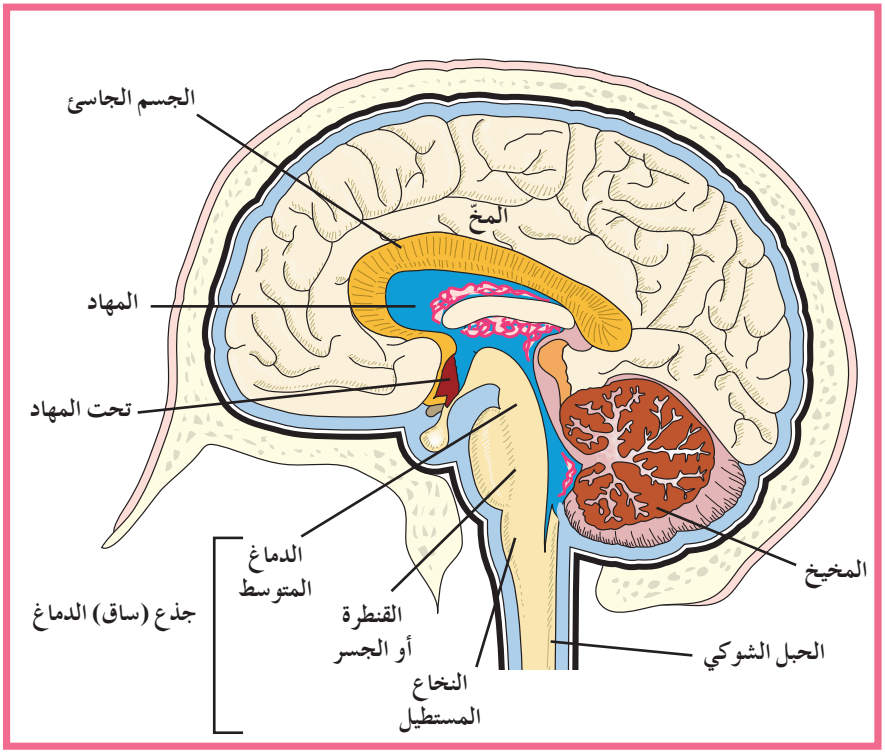
علم الأحياء في حياتنا اليومية

الأكبر ليس الأذكى

قد يزن دماغ الشخص البالغ من العمر 20 عامًا حوالي 1400 g، وقد يقلّ وزنه ما بين 115 g و 120 g في الشيخوخة. مع ذلك فإنّ قدرته على التفكير لا تضعف، أو قد تضعف بصورة طفيفة للغاية، باستثناء الحالات المرضية.

3.1 الدماغ The Brain

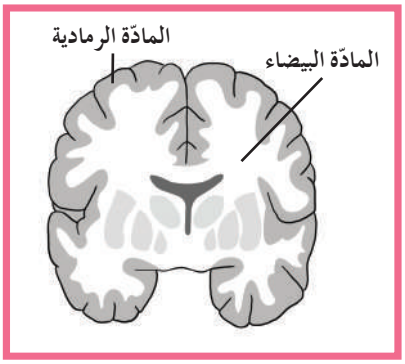
يُعَدّ الدماغ البشري عضوًا معقَّد التركيب ، يحتوي على حوالى 100 مليار خليّة عصبية و900 مليار خليّة غراء عصبي (خليّة دبقية) . ويزن الدماغ المتوسّط الحجم حوالى 1400 g . يتكوّن الدماغ من ثلاث تراكيب هي جذع أو ساق الدماغ ، المخّ والمخيخ (شكل 24 – أ) .



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

يوضِّح 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 يوضِّح منطقتي المادّة البيضاء في الوسط والمادّة الرمادية المحيطة بالدماغ .

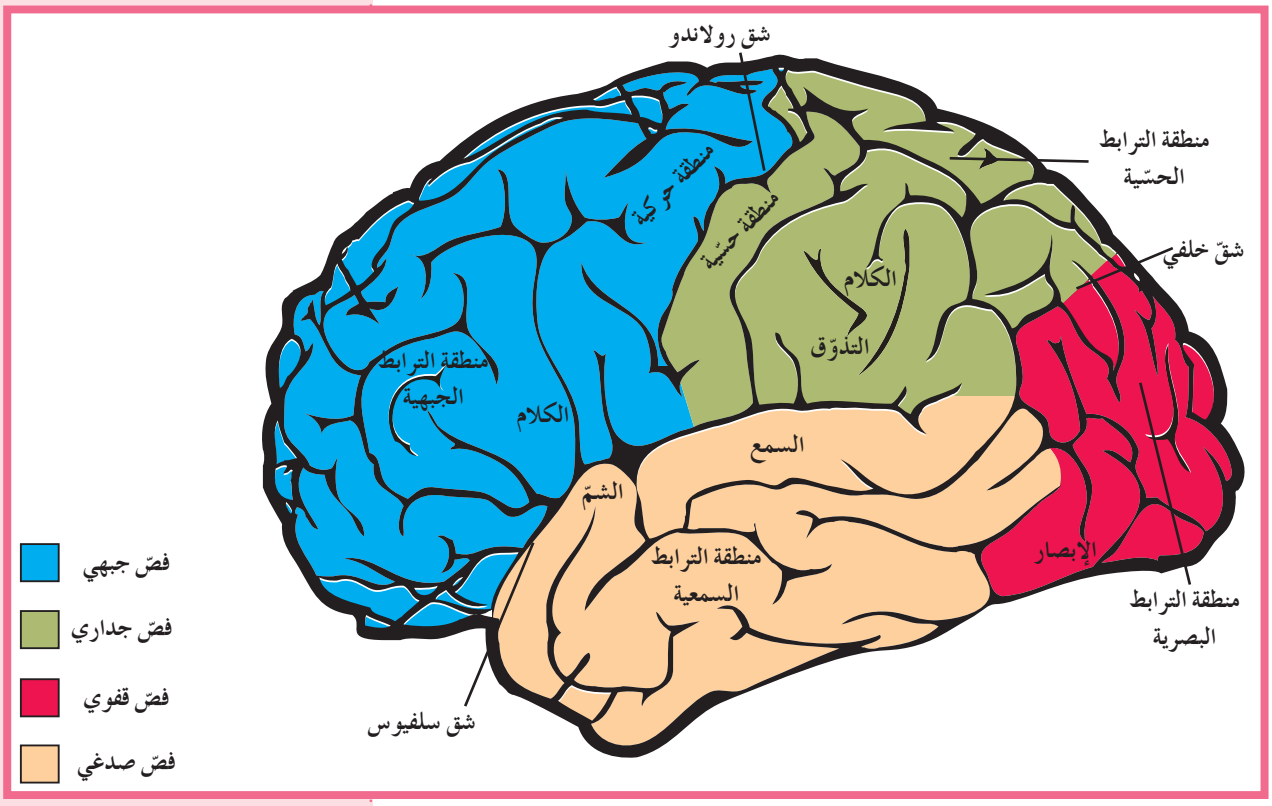
يوجد أعلى جذع الدماغ مباشرة تركيبان مهمّان هما **المهاد** Thalamus، **وتحت المهاد** Hypothalamus. يعمل المهاد كمركز توزيع، فهو يوجّه الرسائل القادمة من الحبل الشوكي إلى الأجزاء المناسبة في المخّ. يهتمّ تحت المهاد بالمحافظة على اتّزان الجسم الداخلي مثل المحتوى المائي، ودرجة حرارة الجسم ويعدّ مركز التحكّم 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 وتربط 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 المادَّة البيضاء، وطبقة خارجية من المادة الرمادية تسمّى القشرة المخّية Cerebral Cortex. تظهر على سطح هذه القشرة شقوق عميقة تعرف بالثلم 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.



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

فقرة إثرائية

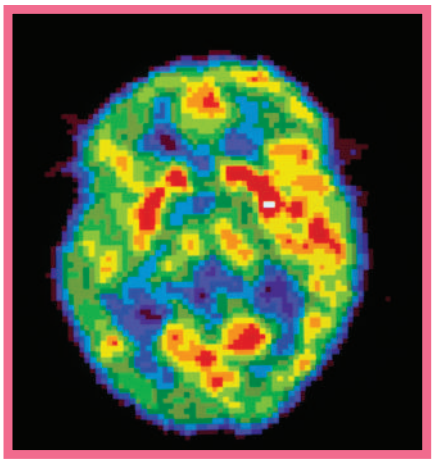
اكتشافات حديثة في علم الأحياء

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 المختلِفة. تعتمد هذه التقنية على تشعيع أحد مكوِّنات 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 تُحوَّل 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.



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

مراجعة الدرس 1-3

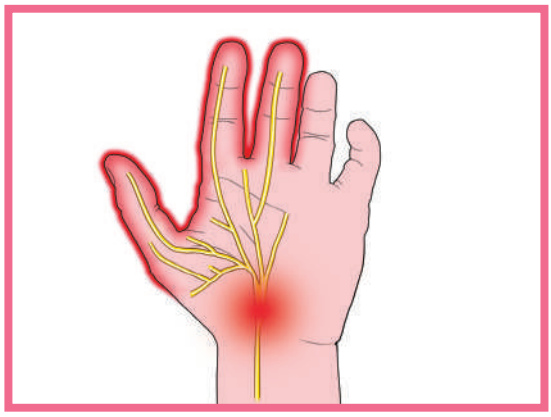
1. صف السحايا من حيث التركيب ووظيفة السائل النخاعي الدماغي الشوكي.
2. أيّ جزء أو أجزاء من الدماغ تنسّق بين التنفّس وضربات القلب؟ وأيّ منهما ينسّق بين الكلام والعواطف؟
3. قارن بين الحبل الشوكي والدماغ بالنسبة إلى المنطقة المحيطية والمنطقة الداخلية لكلّ منهما. ممّ تتكوّن كلّ منطقة؟
4. **سؤال للتفكير الناقد:** 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
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)

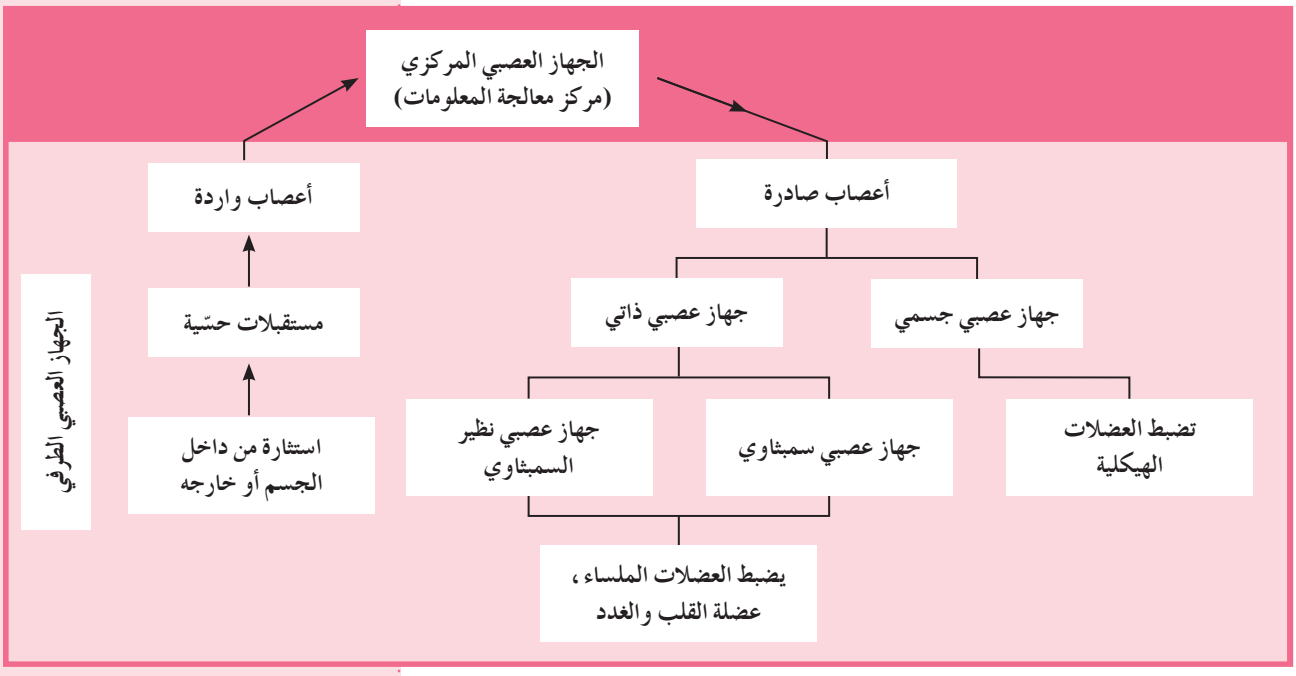
يضبط الجهاز العصبي الطرفي الأفعال الإرادية كالكتابة، والأفعال اللاإرادية كسحب اليد عند تعرضّها لمنبّه مؤلم (شكل 27)، والتوتّر المتمثّل بخفقان القلب السريع. ولكن هل هناك نوع واحد من الجهاز العصبي الطرفي يتحكّم بهذه الأفعال الإرادية واللاإرادية كلّها؟

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.

تخيّل أنّك تحاول أن تنتعل 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 الحسّيّة 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 كإستجابة 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.

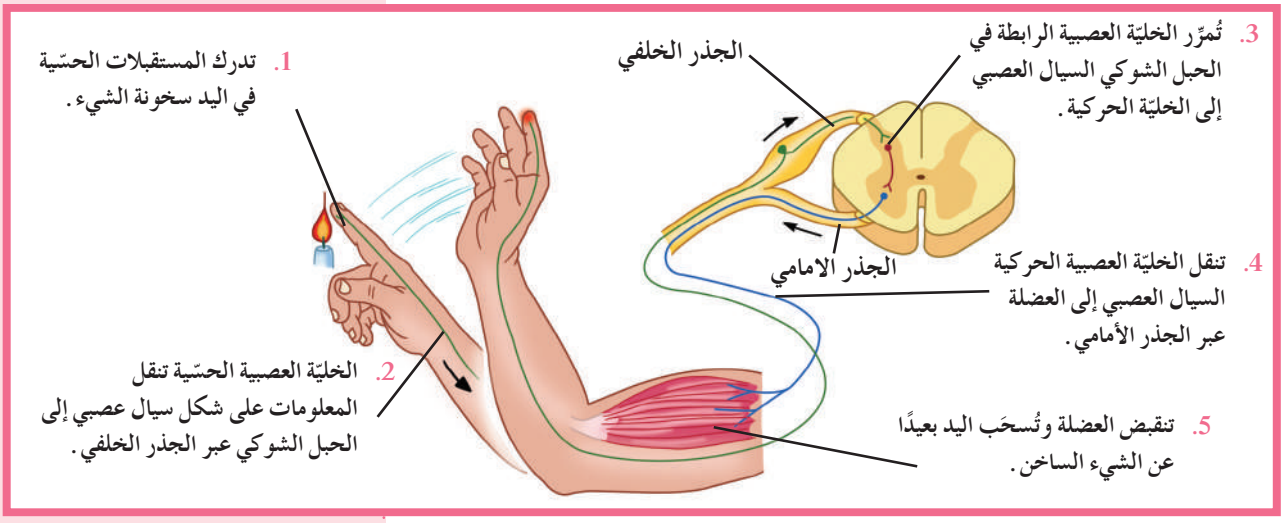
يضبط الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System الأفعال الإرادية والأفعال الإنعكاسية اللاإرادية ويشتمل على الأعصاب الحركية التي تضبط الاستجابات الإرادية أو تتحكّم بها ، وعلى الأعصاب الحركية التي تتحكّم بالأفعال اللاإرادية الإنعكاسية Involuntary Reflex Actions .

* 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 حتّى 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 تُمرِّر 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 المنفِّذة خلال الأفعال الإرادية . تنتقل الرسائل العصبية الحركية (السيال العصبي) عبر خلايا عصبية حركية تكون أجسامها

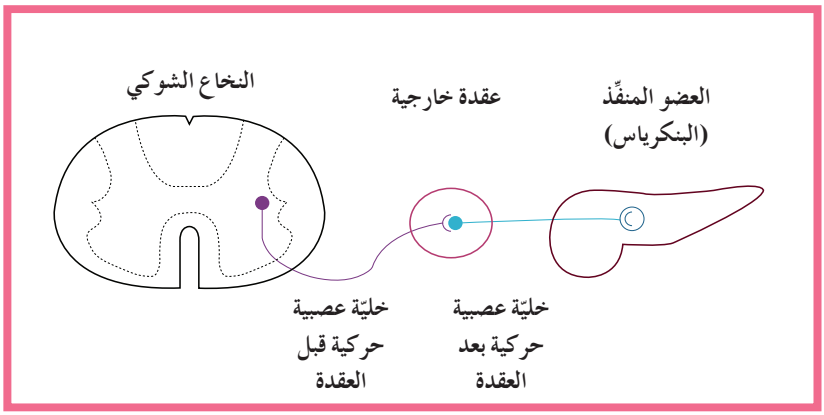
في الحبل الشوكي أو الدماغ، وتتّجه محاورها مباشرة نحو الأعضاء المنفِّذة، لتشكّل تشابكات عصبية معها تتولّى ضبط استجابتها. وتعمل الأعضاء المنفِّذة التي يسيطر عليها الجهاز العصبي الجسمي بشكل إرادي ولاإرادي.

3. الجهاز العصبي الذاتي

Autonomic Nervous System

يضبط الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System عدّة استجابات لاإرادية في الجسم. فمثلًا عندما تتعرّض لموقف مفزِّع، 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).

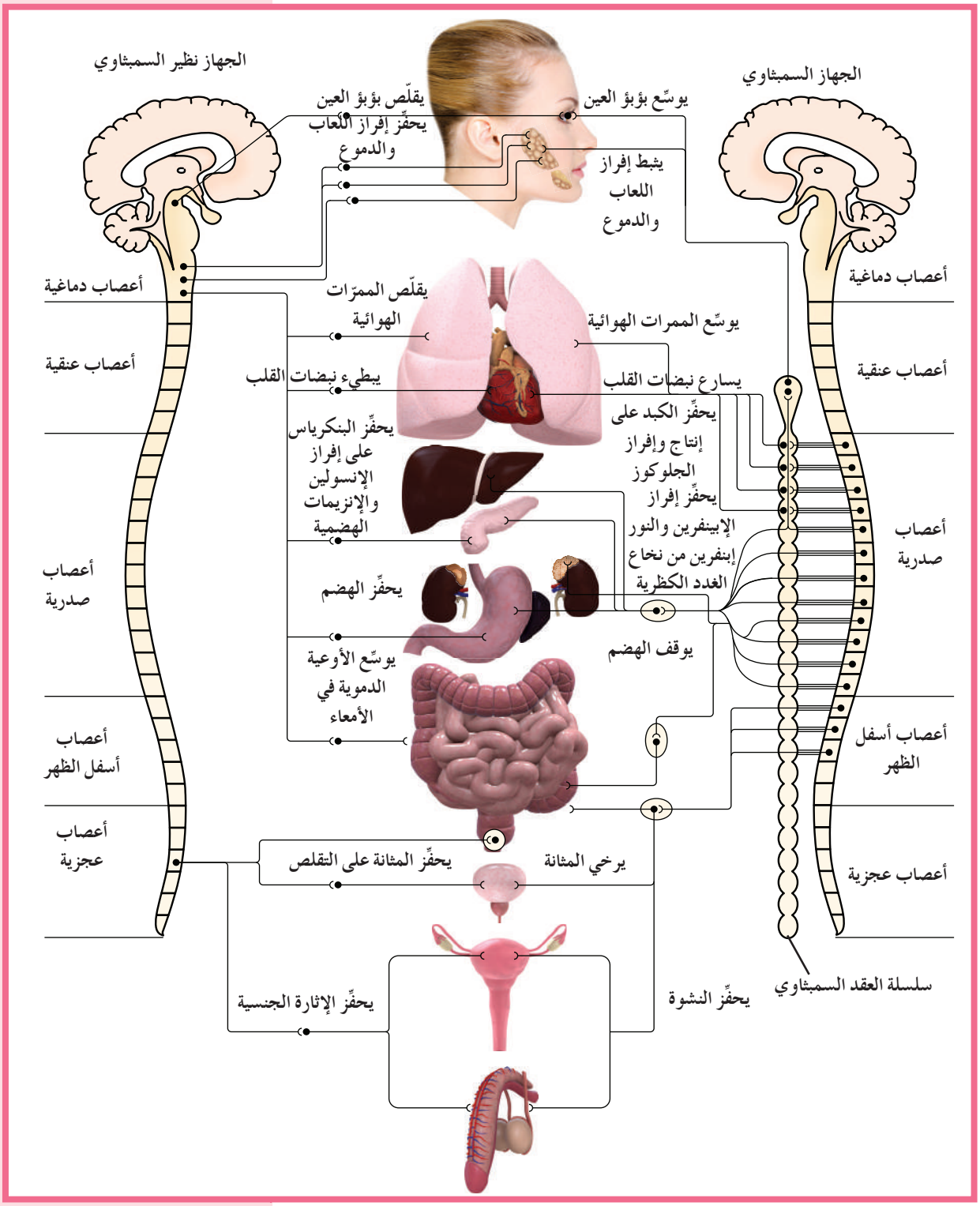


(شكل 30)
الخليّة العصبية الحركية قبل العقدة والخليّة العصبية الحركية بعد العقدة في الجهاز العصبي الذاتي

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.

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 المنفِّذة.

(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؟



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. علِّل.
4. قارن بين دور كلّ من الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي.
5. أُذكر 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؟ برِّر إجابتك.
7. **أضِف إلى معلوماتك:** قارن بين الطرائق التي يحافظ فيها الجهاز العصبي الطرفي وجهاز الغدد الصمّاء على اتّزان الجسم الداخلي.

الدرس 1-5

صحّة الجهاز العصبي
Nervous System Health

الأهداف العامة

* يُحدِّد أسباب اضطرابات الجهاز العصبي المختلفة.
* يشرح تأثيرات العقاقير المختلفة في الجهاز العصبي وبالتالي تأثيراتها في سلامة الإنسان.

(شكل 32)

للكافيين في المشروبات الغازية، القهوة (شكل 32)، الشاي، والشوكولاتة تأثيرات في الجهاز العصبي، أكثرها وضوحًا هو الشعور باليقظة. ومن العجيب أنّ تناول كمّية صغيرة للغاية من الكافيين بانتظام قد يؤدّي إلى الإدمان، إذ إنّ الأشخاص الذين لا يشربون سوى فنجانين من القهوة أو ثلاثة أكواب من المشروبات الغازية في اليوم الواحد قد يصابون بالصداع إذا توقفوا فجأة عن ممارسة هذه العادة.

1. اضطرابات الجهاز العصبي
Nervous System Disorders

جهازك العصبي مُعرّض للاضطرابات والأمراض، على الرغم من أنّه محميّ بشكل جيّد. وتعدّ الاضطرابات خطيرة للغاية، لأنّ أجزاء الجهاز العصبي المصابة لا يمكن أن تُشفى مثلما تشفى أجزاء الجسم الأخرى.

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.

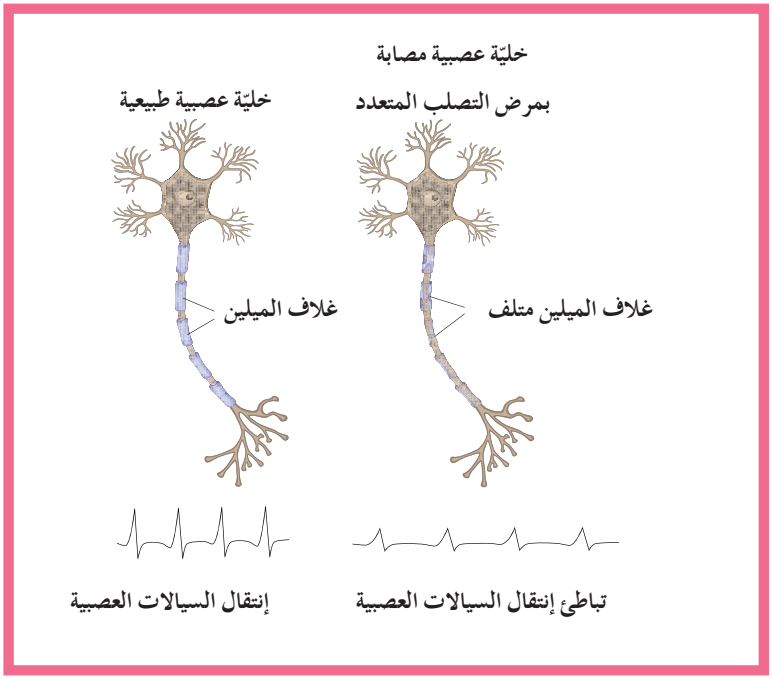
قد تتلف الخلايا والأنسجة العصبية نتيجة تعرّضها للإصابات أو الأمراض. فالضربة التي تصيب الرأس، عند السقوط على الأرض، على سبيل المثال، يمكن أن تسبّب ضررًا يُعرَف بالارتجاج Concussion. تؤدّي هذه الضربة إلى اصطدام الدماغ بعظام الجمجمة من الداخل مسبّبةً إصابته برضّة، ينتج عنها شعور الشخص بدوخة أو تشويش الرؤية 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 33)، 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 (33)

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

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 طبيّة، 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 34) 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. تتسبّب 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 يدمِر 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 35). قد يتخيّل من يتعاطى موادّ مهلوسة مناظر وأصواتًا، ويتفاعل بصورة غير متوقَّعة 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 36)، 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 بالمخدّرات Narcotics، وهي تشمل مهبّطات عديدة، مشتقات الأفيون، الكوكايين وغيرها في حال تعاطيها باستمرار ولفترة طويلة من الزمن، وتسبّب الإدمان الشديد. ينتج من ذلك ارتكاب مدمني المخدّرات الجرائم بسبب الحاجة إلى المال لشراء المخدّرات، متجاهلين إدراكهم للصواب والخطأ.

شكل (34)
يُستخرَج مخدِّر الكوكايين من نبات الكوكا.

شكل (35)
تُشتَقّ المادّة المهلوسة الميسكالين من أحد أنواع نبات الصبّار.

شكل (36)
يُستخرج الأفيون من العصارة التي تسيل من زهرة الخشخاش الآسيوي.

الماريجوانا Marijuana هي أكثر مادّة يُساء استخدامها بصورة غير قانونية. وهي عبارة عن أوراق نبات القنّب وأزهاره المجفّفة (شكل 37). 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.

شكل (37)
الأوراق الجافة لنباتات الماريجوانا يتم تدخينها في الغليون والسجائر.

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.

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 38) 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 (38)
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 النّظارات الشمسية والنّظارات الواقية في الورش والمعامل، وحماية أنفك بوضع الكمّامات.

مراجعة الدرس 1-5

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 تُطبَّق البرامج من خلال الشرطة أو هيئات قانونية أخرى؟ هل البرامج مرتبطة بهيئات المجتمع؟ هل يُعلَن عن البرامج؟ تعلّم كيف تعمل المجموعات في مجتمعك، وحدِّد الطرق التي تتّبعها كي تُغيّر السلوك.

الفصل الثاني

التنظيم والتكاثر
Control and Reproduction

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 أعطاهم 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

الدرس 2-1

التنظيم الهرموني
Endocrine Control

الأهداف العامة

* يشرح وظائف الجهاز الهرموني (جهاز الغدد الصمّاء).
* يصف وظيفة الجهاز الهرموني في الحيوانات المختلفة.

(شكل 39)

تُعتَبر بعض المواد الكيميائية بمثابة رسائل كيميائية كالبرولاكتين الذي يحفّز إنتاج الحليب لدى إناث الثدييات، فيما يحثّ الطيور، حتّى غير الأبوين، على رعاية البيض وتأمين الغذاء لصغار الطيور (شكل 39).

1. وظائف الجهاز الهرموني (جهاز الغدد الصمّاء)
Functions of Endocrine System

تحتاج الخلايا والأنسجة والأعضاء إلى أجهزة تنظيم لتنسيق أنشطتها الكثيرة وضبطها، لذا لدى أغلب الحيوانات جهازان للتنظيم والضبط هما الجهاز العصبي والجهاز الهرموني أو جهاز الغدد الصمّاء.

يضبط هذان الجهازان أجهزة الجسم جميعها من أجل الاستجابة للتغيّرات وحفظ التوازن الحيوي، إلّا أنّهما يقومان بذلك بطرق مختلفة.

يضبط الجهاز العصبي الجسم عن طريق إرسال سيالات عصبية عالية السرعة، ويستجيب بسرعة للتغيّرات الآنية في داخل الجسم وخارجه وتكون مدّة تأثيره قصيرة الأمد. أمّا **الجهاز الهرموني (جهاز الغدد الصمّاء) Endocrine System فيضبط الجسم عن طريق إرسال رسائل كيميائية وهو يستجيب ببطء للتغيّرات الآنية أو المزمنة ويكون تأثيره طويل الأمد أي قد يستغرق ساعات أو سنوات.**

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.

(شكل 40)
تحدّد الهرمونات ما إذا كانت هذه الهيدرا تتكاثر جنسيًّا أو لاجنسيًّا.

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 40). وهذا الهرمون يثبّط التكاثر الجنسي. تفرز الرخويات كأرنب البحر (شكل 41) هرمونًا يحثّ على وضع البيض ويثبّط السلوكيات مثل التغذية والحركة الّتي توثّر سلبًا في وضع الحيوان للبيض.

(شكل 41)
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 42) تنظّمه ثلاثة هرمونات.

(شكل 42)
تتفاعل ثلاثة هرمونات مع بعضها في الجهاز الهرموني ويضبط كلّ منها عملية الانسلاخ في المفصليات. لماذا ينسلخ الحيوان المفصلي؟

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 التّحول من أبو ذنيبة إلى ضفدع بالغ (شكل 43).

(شكل 43)
مراحل التحوّل من أبو ذنيبة إلى ضفدع بالغ. ما التغيّرات التركيبية التي تلاحظها؟

أضف أنّ هرمونات متخصّصة لدى الثدييات، تثبت الحمل وتحدّد موعد ولادة الصغار وتحفّز الغدد الثديية على إفراز الحليب (شكل 44). ولا يقتصر وجود الهرمونات على المملكة الحيوانية إذ ثمّة أيضًا هرمونات نباتية تحفّز النموّ والتكاثر كنموّ الساق وتكوين الأزهار والثمار.

(شكل 44)
تنظّم الهرمونات العديد من الأنشطة لدى الثدييات بما فيها التكاثر والولادة وإفراز الحليب.

مراجعة الدرس 2-1

1. ما وظائف الجهاز الهرموني؟
2. أُذكر 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؟

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 45)

لماذا تصدر الحبال الصوتية لدى الإناث أصواتًا أكثر حدّة من الأصوات التي تصدرها الحبال الصوتية لدى الذكور (شكل 45)؟ 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 داخليّة الإفراز . ما أنماط الأنشطة التي تنظّمها الهرمونات؟

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 وتُعتَبر 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.**

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 عصارتها 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.

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 مصنَّفة إلى الهرمونات المحبّة للماء Hydrophilic Hormones مثل هرمون النموّ Growth Hormone (GH) والهرمونات المحبّة للدهون Lipophilic Hormones التي لا تنحل في الماء مثل الثيروكسين Thyroxine (T_4).

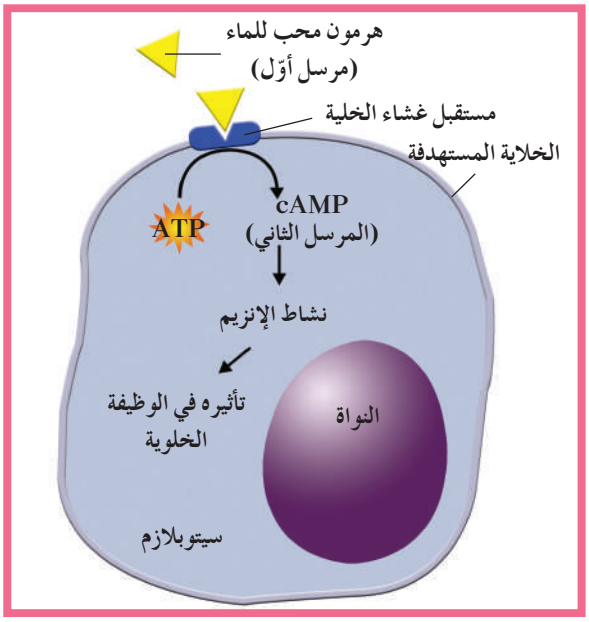
فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

النوم

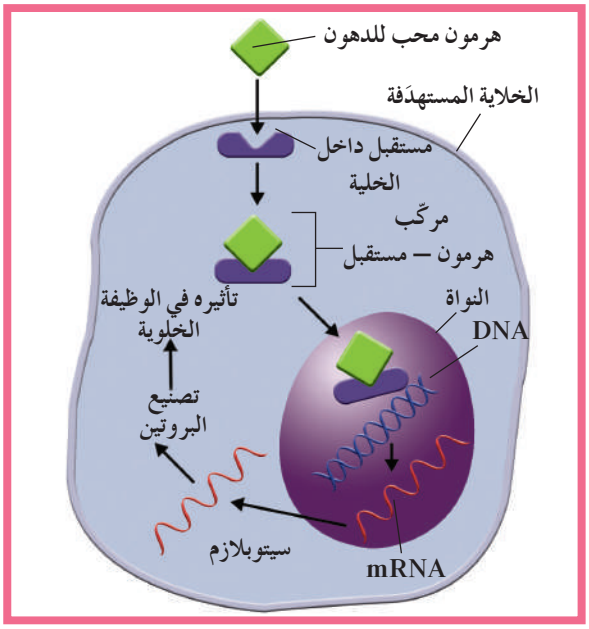
مع تقدّمنا في العمر، يقلّ تدريجيًّا إفراز الغدّة الصنوبرية لهرمون الميلاتونين، وهو الهرمون الذي يساعد في تنظيم دورة النوم في أجسامنا. يواصل العلماء البحث لمعرفة ما إذا كان تناول أقراص الميلاتونين طريقة آمنة للخلود إلى النوم.

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 المستهدّفة يرتبط بمستقبل موجود على غشاء الخلية (شكل 46) 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 46)
آلية عمل الهرمونات المحبّة للماء

أمّا الآلية الثانية، فتستعملها الهرمونات المحبّة للدهون حيث ترتبط الهرمونات بمستقبِلات داخل الخليّة ويدخل هذا المركَّب (الهرمون والمستقبل) إلى نواة الخليّة ليحدث تغييرًا في التعبير الجيني لجينات معيّنة داخلها ويبدأ إنتاج بروتينات جديدة في الخليّة (شكل 47).

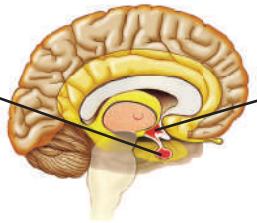


(شكل 47)
آلية عمل الهرمونات المحبّة للدهون

3. الغدد الصمّاء عند الإنسان

Endocrine Glands in Humans

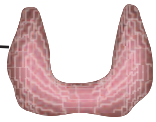
تنتج الغدد الصمّاء الهرمونات وتطرحها في مجرى الدم. يوضّح الشكل (48) توزّع هذه الغدد في جسم الإنسان.



تحت المهاد Hypothalamus
يربط تحت المهاد الجهاز العصبي بجهاز الغدد الصمّاء ويضبطُ عمل الغدّة النخامية التي بدورها تُنظمُ عمل الغدد الصمّاء الأخرى.

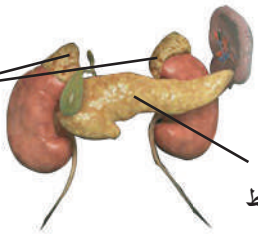
الغدّة النخامية Pituitary Gland
تُنظمُ الغدّة النخامية عمليات الجسم المختلفة من مثل النموّ، والتوازن المائي. تُساعدُ هرمونات الغدّة النخامية أيضاً على ضبط أنشطة الغدد الصمّاء الأخرى.

الغدد جارات الدرقية Parathyroid Gland
تضبط كمّية الكالسيوم في الدم.



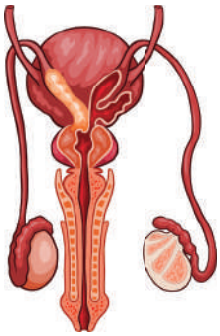
الغدّة الدرقية Thyroid Gland
تضبط هرمونات الغدّة الدرقية انطلاق الطاقة من مركّبات الطعام أثناء التنفّس الخلوي وتضبط كمّية الكالسيوم في الدمّ.

الغدّة الثيموسية (الصعترية) Thymus Gland
تفرز هرمون الثيموسين الّذي يحفّز نموّ الخلايا المناعية.

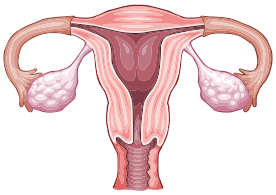


البنكرياس Pancreas
يفرز هرموني الأنسولين والجلوكاجون ليضبط كمّية الجلوكوز في الدم.

الغدّتان الكظريتان Adrenal Glands
تفرز هرمونات الإبينفرن والنورإبينفرن لمساعدة الجسم على التكيّف مع الإجهاد، وهرمونات أخرى لتنظيم التوازن الأسموزي.



الخصيتان Testes
تفرزُ الخصيتان هرمون التيستوستيرون الذي يحافظ على جهاز الذكر التكاثري ويضبط ظهور الصفات الجنسية الذكرية الثانوية.



المبيضان Ovaries
يفرزُ المبيضان الهرمونين الجنسيين الأنثويين هما الإستروجين والبروجستيرون. يضبط هرمون الإستروجين التغيّرات في جسم الفتاة المراهقة وظهور الخصائص الأنثوية الثانوية، وينظّم نموّ البيض. أمّا هرمون البروجستيرون فيجهّز الرحم لِتلقّي البويضة المخصّبة.

(شكل 48)
تتوزّع الغدد الصمّاء في مناطق مختلفة من جسم الإنسان.

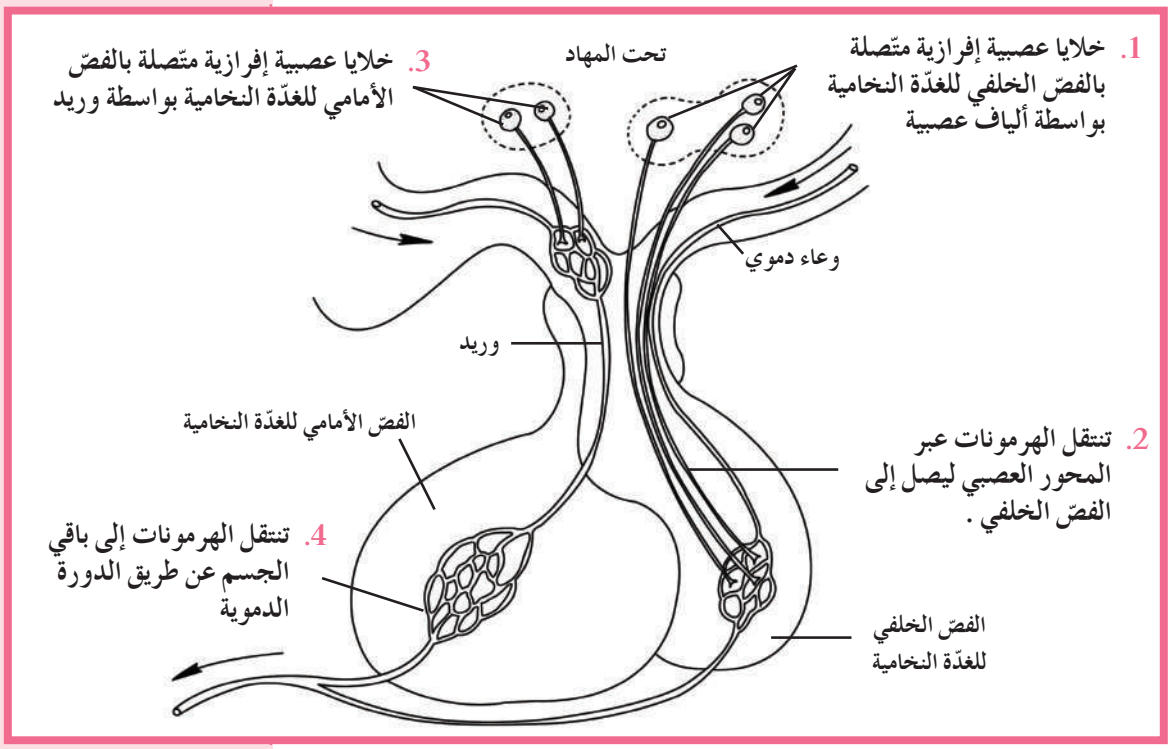
1.3 تحت المهاد Hypothalamus

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 49 – المرحلتان 1 و2). وبالتالي، فإنّ تحت المهاد (شكل 49) 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).

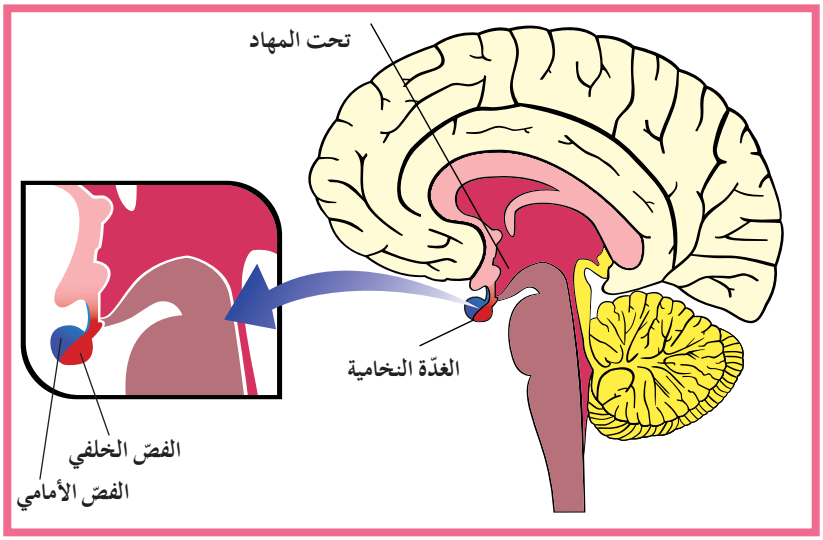
يعني الارتباط الوثيق بين تحت المهاد والغدّة النخامية أنّ الجهازين العصبي والهرموني يعملان معًا لتنسيق أنشطة الجسم والتحكّم بإفراز هرمونات الغدّة النخامية.



(شكل 49)
العلاقة بين منطقة تحت المهاد والغدّة النخامية. تتّصل منطقة تحت المهاد بالفصّ الأمامي للغدّة النخامية بإرسالها هرمونات الإفرازية عبر الجهاز الدوري. وتتّصل بالفصّ الخلفي بواسطة محاور الخلايا العصبية الإفرازية الموجودة في منطقة تحت المهاد.

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 لتحكُّمها بعمل عدد كبير من الغدد الصمّاء في الجسم** . وهذه الغدّة صغيرة ، بحجم حبّة الحمص ، ويبلغ قطرها سنتمترًا واحدًا ووزنها نصف غرام (شكل 50) .



(شكل 50)
الغدّة النخامية الّتي تنظّم عمل الغدد الصمّاء الأخرى تقع أسفل تحت المهاد في المخّ . وتتكون من فصّين هما الفصّ الأمامي والفصّ الخلفي .

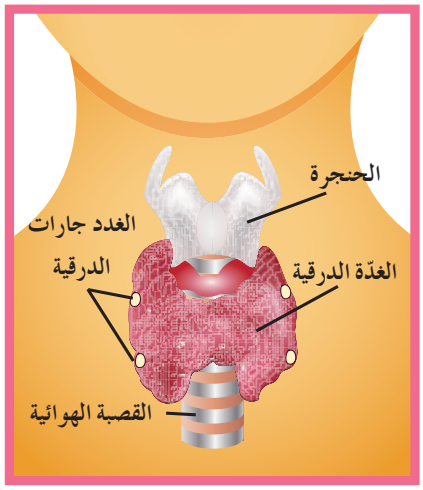
تتألّف هذه الغدّة من الفصّ الأمامي Anterior Lobe والفصّ الخلفي Posterior Lobe ، يفصل بينهما الفصّ المتوسّط Intermediate Lobe . يختلف الفصّان الأمامي والخلفي عن بعضهما بعضًا من حيث الحجم ، التركيب ، والوظيفة .

* 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 الموجِّه لإفراز الميلانين Melanocyte Stimulating Hormone (MSH) (ينتج الفصّ المتوسط هذا الهرمون لدى بعض الحيوانات) ، والهرمون الموجِّه 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، سُمِّيا 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 (51) 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 المكوَّن 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 51)
تحافظ الهرمونات التي تفرزها الغدّة الدرقية، الملتفّة حول القصبة الهوائية، والغدد جارات الدرقية على مستوى الكالسيوم في الدم.

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

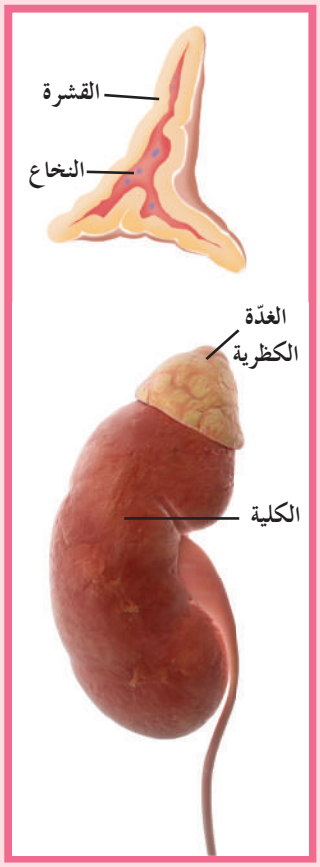
الغدّتان الكظريتان هرميتا الشكل، ويقع كلّ منهما فوق كلّ كلية كما يبدو في الشكل (52). تساعد هاتان الغدّتان في تكيّف الجسم مع الإجهاد Stress، ويتألّف كلّ منهما من جزء خارجي يُسمّى القشرة Cortex ومن جزء داخلي يُسمّى النخاع Medulla وهما مكوّنان من أنسجة مختلفة.

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 تُستَثار 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 الموادّ التي يفرزها نخاع الغدّة الكظرية.

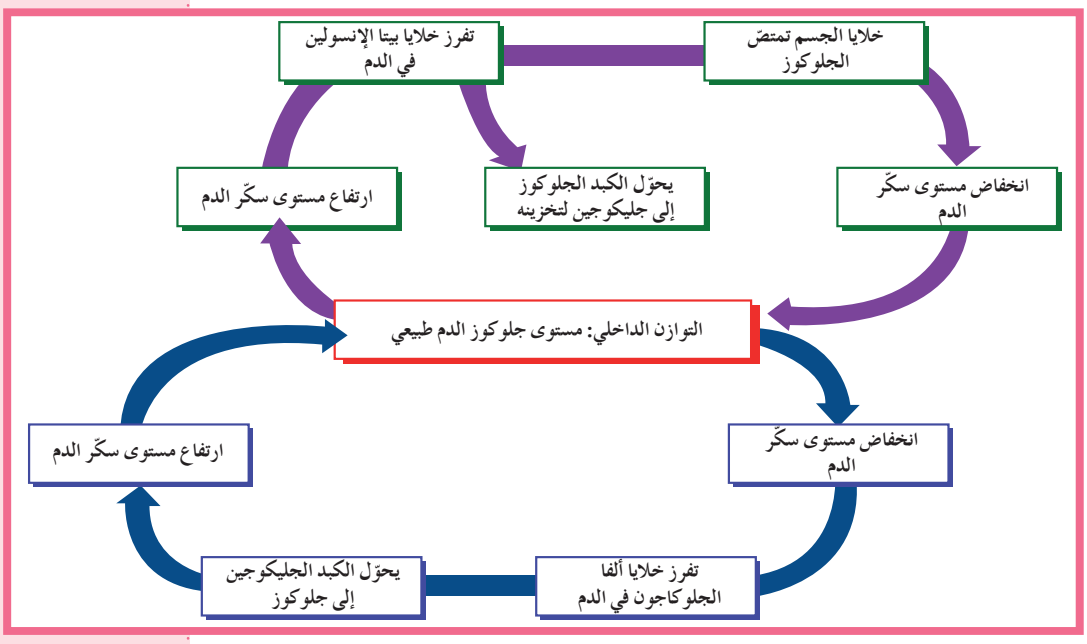


(شكل 52)
تتكون الغدّة الكظرية من جزئين هما القشرة والنخاع، يفرز كلّ منهما هرمونات معينة تضبط أنشطة مختلفة في الجسم.

6.3 البنكرياس Pancreas

يقع البنكرياس في الجزء العلوي من تجويف البطن 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.

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 تُستعمَل لإنتاج الطاقة. في حين يحفّز الجلوكاجون Glucagon الكبد على تكسير الجليكوجين وطرح الجلوكوز في الدم.** يلخّص الشكل (53) أداء الإنسولين والجلوكاجون.



(شكل 53)
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 (تم 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 في الخصية	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

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 والمشيمة	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

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 .

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 54)

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 54) . 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 .

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 المنتظَم بالإنسولين. وفي الماضي كان الإنسولين من مصادر حيوانية، واليوم يُصنَع الإنسولين البشري من البكتيريا بالهندسة الوراثية (شكل 55). 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 55)
يُصنَع هرمون الإنسولين البشري من البكتيريا بالهندسة الوراثية. لِمَ يُعتبَر 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 56). تُعالج القماءة بتناول جرعات يومية محدّدة بدقّة من الثيروكسين. ويُوصى بمراقبة مستوياته كلّ أسبوعين أو ثلاثة لضمان ثباتها.

(شكل 56)
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.

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
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 57)

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 57)، 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 خلايا ليدج في الخصية لإنتاج التستوستيرون Testosterone، ويُعتبَر الهرمون الجنسي الذكري الرئيسي. تتواجد

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 هرموني 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

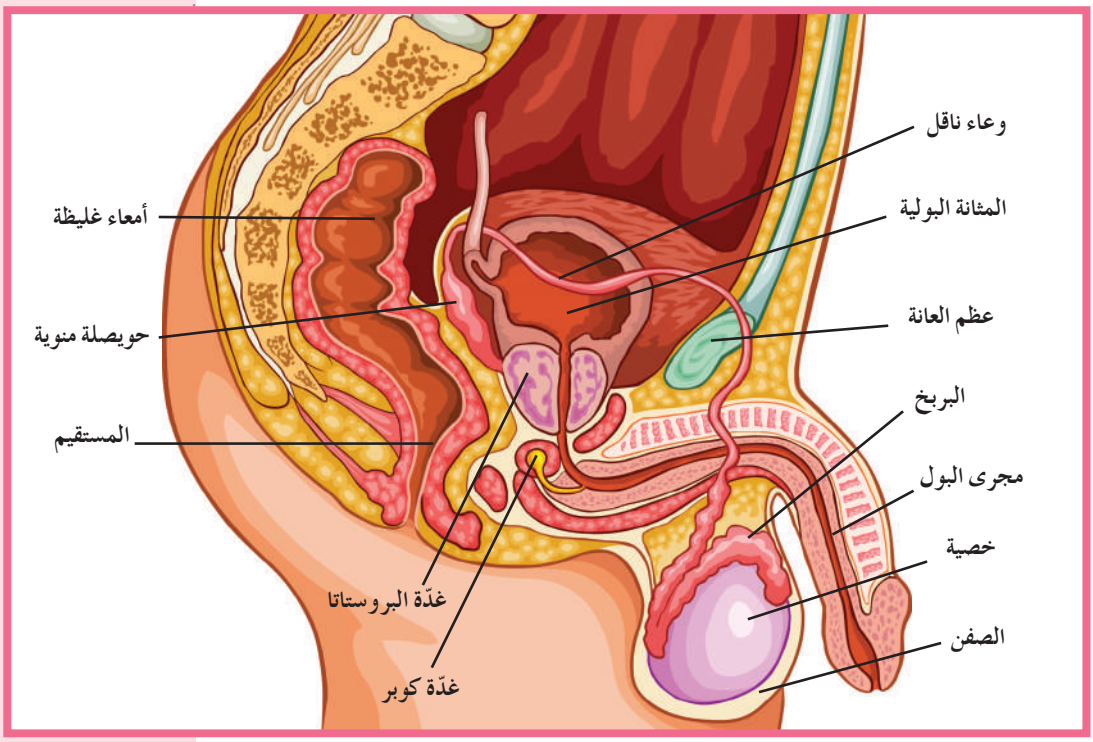
Basic Structures of Male Reproductive System

تتّضح في الشكل (58) 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 58)
التراكيب الرئيسة للجهاز التناسلي الذكري هي الخصيتان، البربخ، الوعاء الناقل، مجرى البول والقضيب.



تُنتَج الحيوانات المنوية في نُبَيبات المني، وتتحرّك إلى داخل **البربخ Epididymis**، حيث تُختزَن 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 بالمغذِّيات يُسمّى السائل المنوي Seminal Fluid.

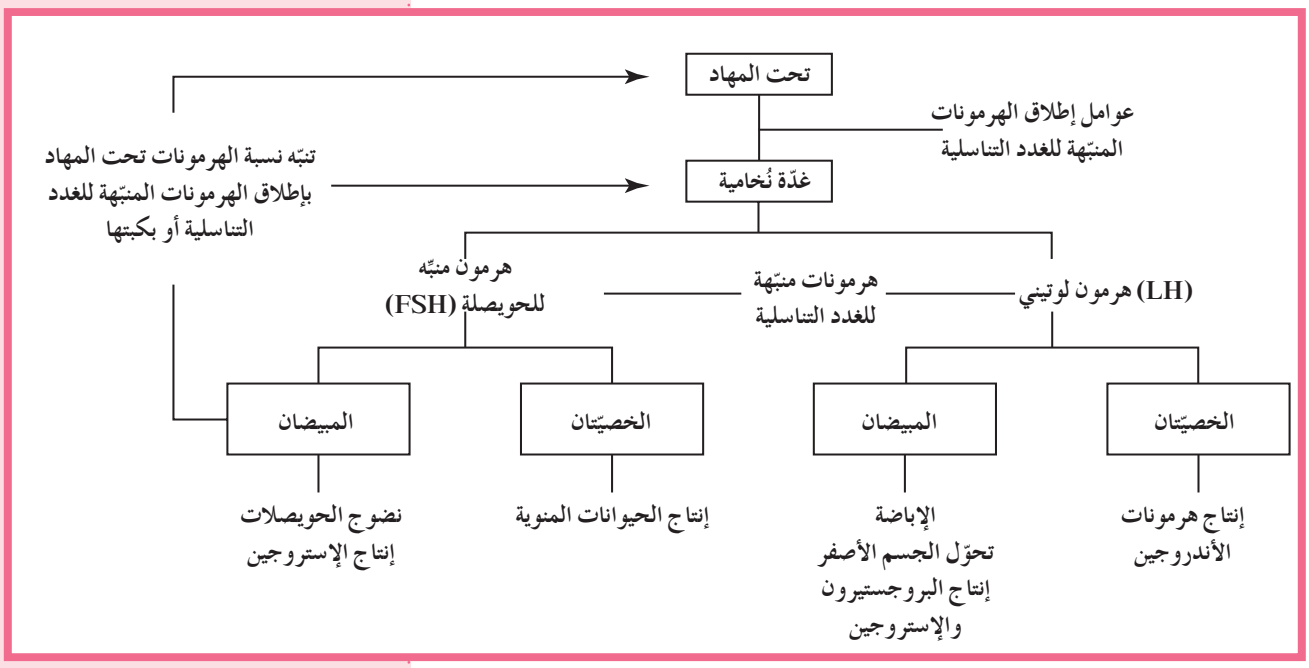
يكوّن اختلاط الحيوانات المنوية والسائل المنوي ما يُعرَف بالمني Semen.

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 (59) تأثير الهرمونات على الخصيتين والمبيضين الذي يؤثِّر في عملية تكوين الأمشاج.



(شكل 59)
يوضح المخطّط العلاقة بين الغدّة النخامية، الخصية والمبيض

1.2 الخصيتان ومراحل تكوّن الحيوانات المنوية

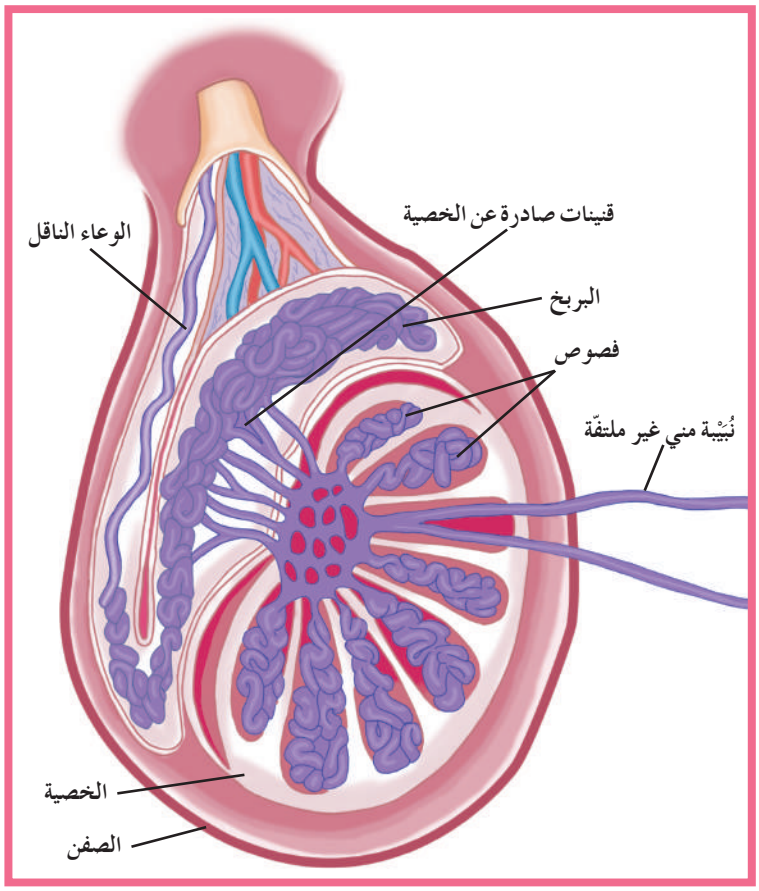
Testicles and Spermatogenesis

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 فيما بينها (شبكة الخصية) لتُشكّل الأوعية الناقلة وتُعرف بالقنينات الصادرة عن الخصية، ومن ثمّ البربخ الذي يتألّف من أوعية دقيقة ذات التفافات متعدّدة تصل الأوعية الناقلة بنُبَيبات المني الشكل (60).

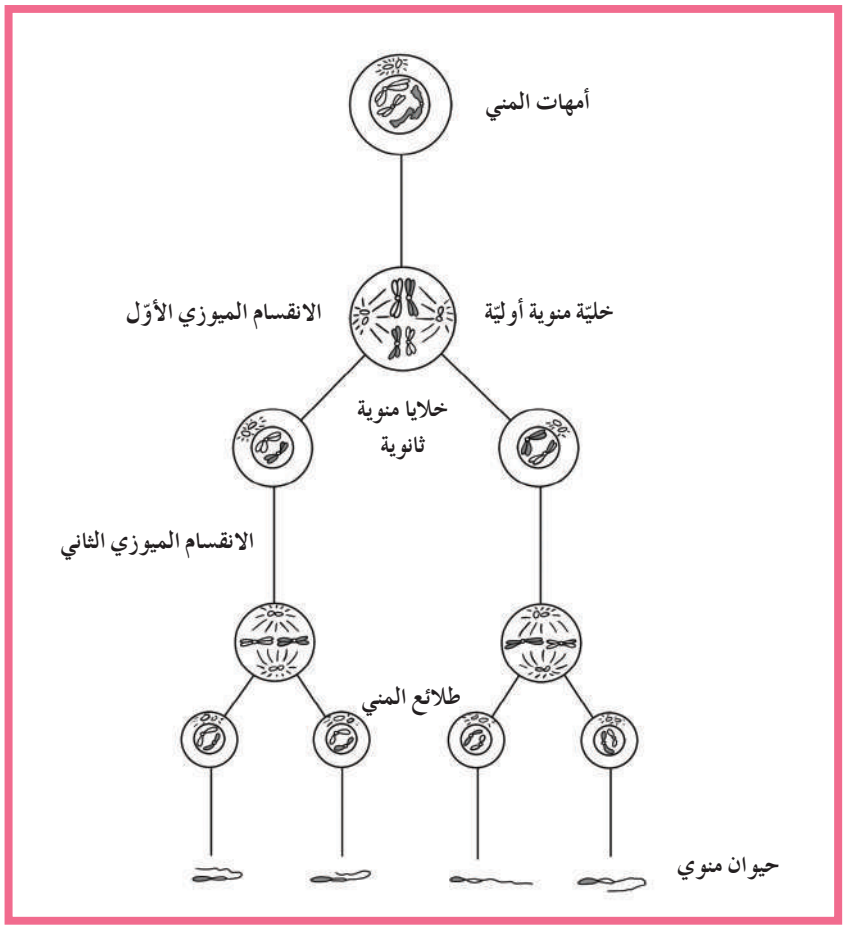


(شكل 60)
الخصية وتركيبها

تتكوّن الحيوانات المنوية في الخصيتين داخل نُبَيبات المني التي تُغطّي جدرها خلايا تُسمّى **أمهات المني Spermatogonia** . تنقسم أمهات المني ميتوزيًّا للتضاعف ولتكوين الحيوانات المنوية بشكل متواصل (شكل 61) .

(شكل 61)
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 لتُشكِّل الواحدة منهما خليتين من طلائع المني . ويخضع كلّ منهما إلى سلسلة تحوّلات معقّدة لتصبح حيوانًا منويًّا Spermatozoon (شكل 62) .



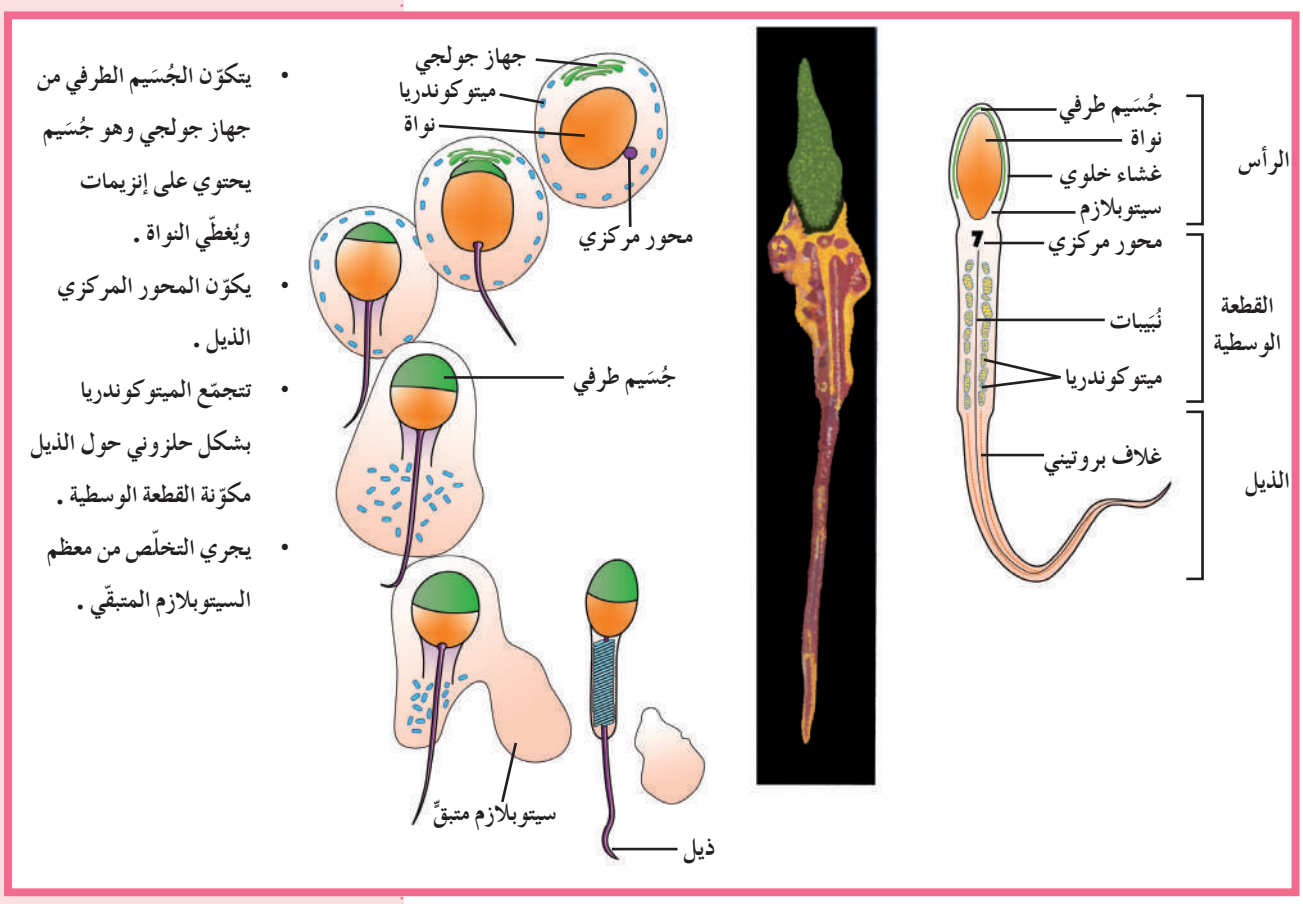
(شكل 62)
عملية تكوين الحيوانات المنوية
الحيوان المنوي هو المشيج الذكري أو الخليّة الجنسية

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 63). 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 نُبَيبات المني نحو البربخ حيث تُخزَّن 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.



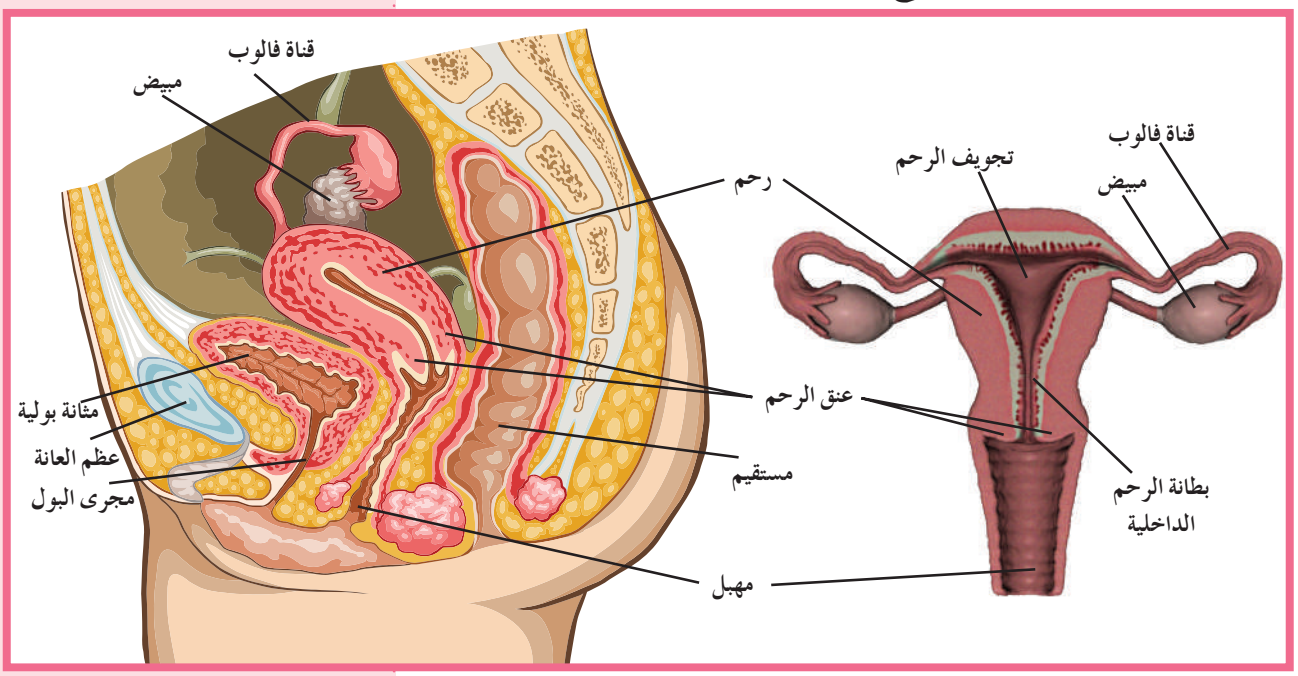
- يتكوّن الجُسَيم الطرفي من جهاز جولجي وهو جُسَيم يحتوي على إنزيمات ويُغطّي النواة.
- يكوّن المحور المركزي الذيل.
- تتجمّع الميتوكوندريا بشكل حلزوني حول الذيل مكوّنة القطعة الوسطية.
- يجري التخلّص من معظم السيتوبلازم المتبقّي.

(شكل 63)
مراحل تكوّن الحيوان المنوي انطلاقًا من طلائع المني. ما الأقسام الثلاثة لخلية الحيوان المنوي؟

3. الجهاز التناسلي الأنثوي

The Female Reproductive System

يوضّح الشكل (64) 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.



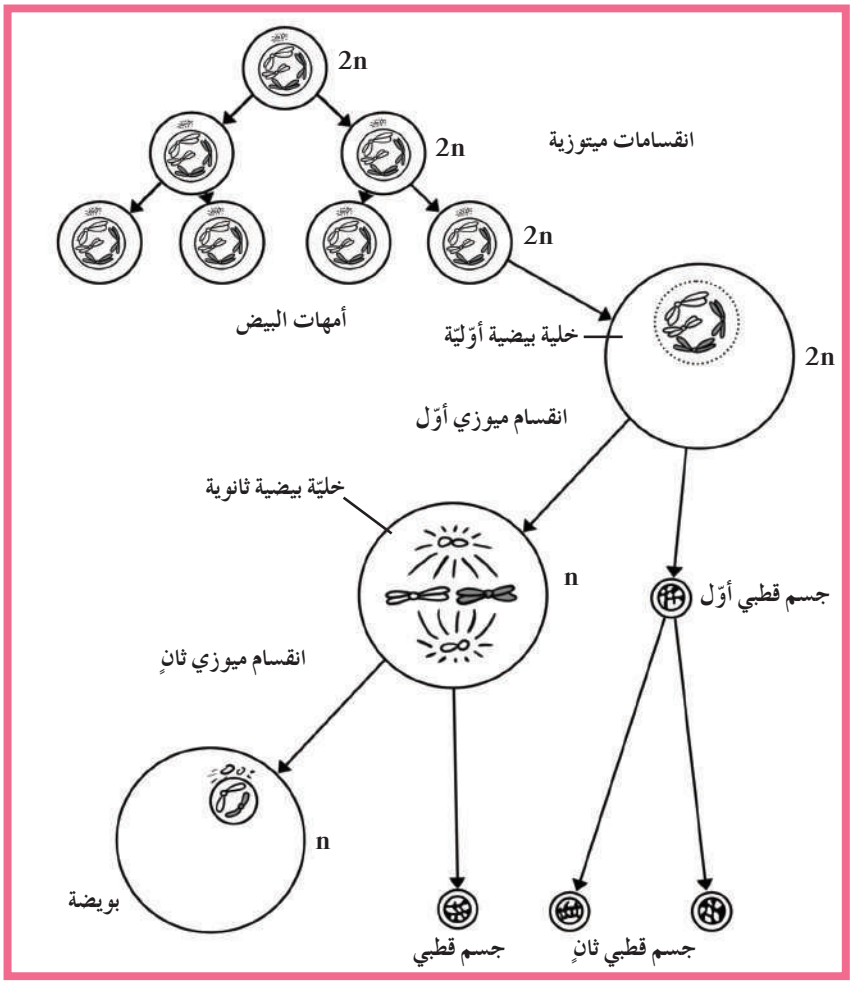
(شكل 64)
التراكيب الأساسية للجهاز التناسلي الأنثوي هي المبيضان، قناتا فالوب، الرحم والمهبل.

1.3 المبيضان وعملية تكوين البويضات

Ovaries and Oogenesis

المبيضان موجودان على طرف قناتي فالوب وليسا متعلّقين بهما. هما بيضويّا 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 Oogonia**، وتحتوي على 44 كروموسومًا جسميًّا وكروموسومين جنسيين XX. في خلال طور نموّ الجنين، تنمو بضعة آلاف أمهات البيض لتصبح خلايا بيضية أوّلية في كلّ منها Primary Oocytes، يحمي كلّ منها جسم كروي الشكل يُسمّى حويصلة أوّلية Primary Follicle. يموت عدد كبير من هذه الخلايا البيضية عند تكوّنها، ويُجمَّد 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 Oocytes 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. ينتِج الجسم القطبي جسمين قطبيين آخرين، أمّا الخليّة البيضية الثانوية فتنتِج جسمًا قطبيًّا وخليّة أخرى أكبر حجمًا تُسمّى **البويضة Ovum** (شكل 65).

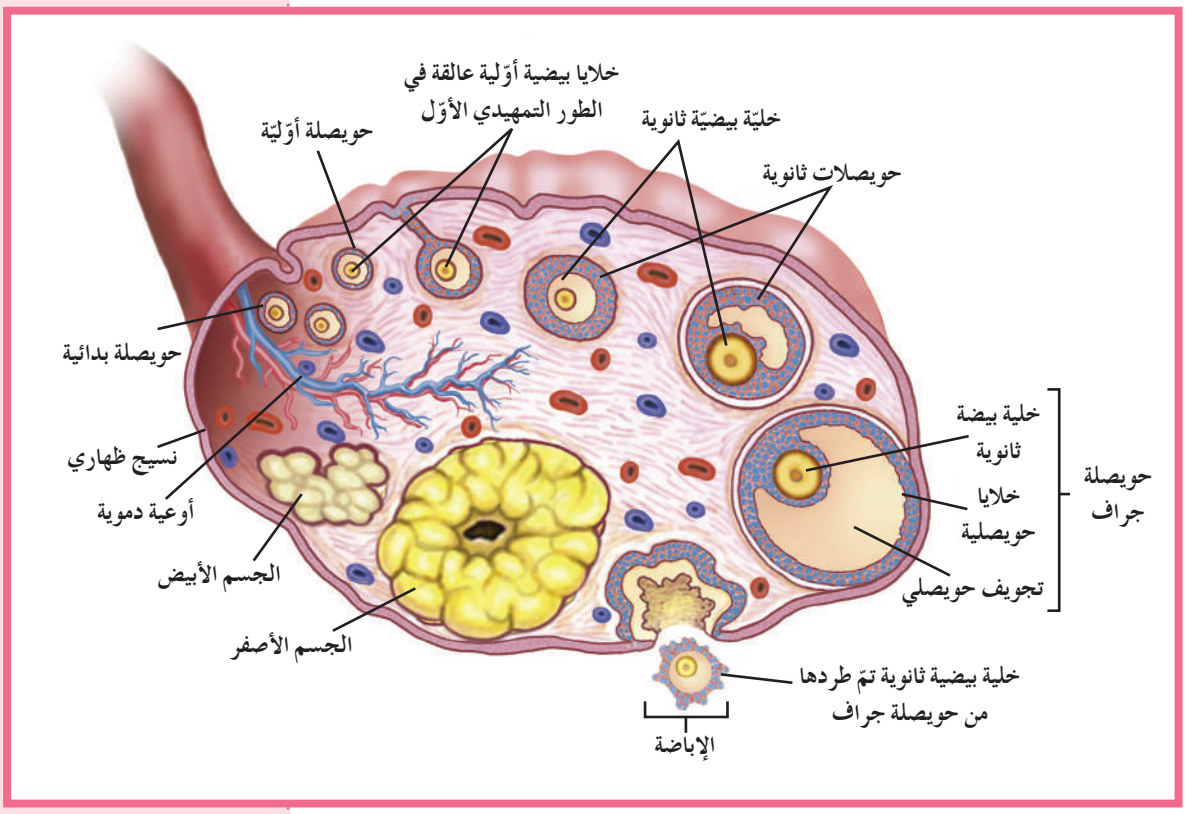


(شكل 65)
تكوين البويضة من أمهات البيض.

عند المراهقة، تنضج حويصلة أوّلية وتُحرّر البويضة بالإباضة الشّكل (66). البويضة خليّة أكبر من الحيوان المنوي أو خلايا الجسم الأخرى. يحوي المبيضان، عند الولادة، ما بين 000 400 و000 500 حويصلة أوّلية، يحتوي كلّ منها على خلية بيضية واحدة أو بويضة غير ناضجة. يموت عدد كبير منها ويبقى ما بين 000 20 و000 30 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 تتحوَّل إلى الجسم الأصفر ومن ثمّ تصبح الجسم الأبيض.



(شكل 66)
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 ، **يسبّب تفاعل الجهاز التناسلي والجهاز الهرموني لدى الإناث سلسلة معقّدة من الأحداث المتعاقِبة تُسمّى دورة الحَيض Menstrual Cycle ، وتستغرق الدورة نحو 28 يومًا ، وتنظّمها الهرمونات التي تُضبَط بالتغذية الراجعة** ، (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 وتُقذَف من المبيض ، ويُجهَّز الرحم لاستقبال البويضة المخصَّبة . إذا خُصِّبت 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 .

1.4 الطور الحويصلي Follicular Phase

مع إنتهاء دورة الحَيض، ينخفض مستوى الإستروجين والبروجستيرون في الدم، لتبدأ دورة حَيض جديدة تدوم حوالى 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.

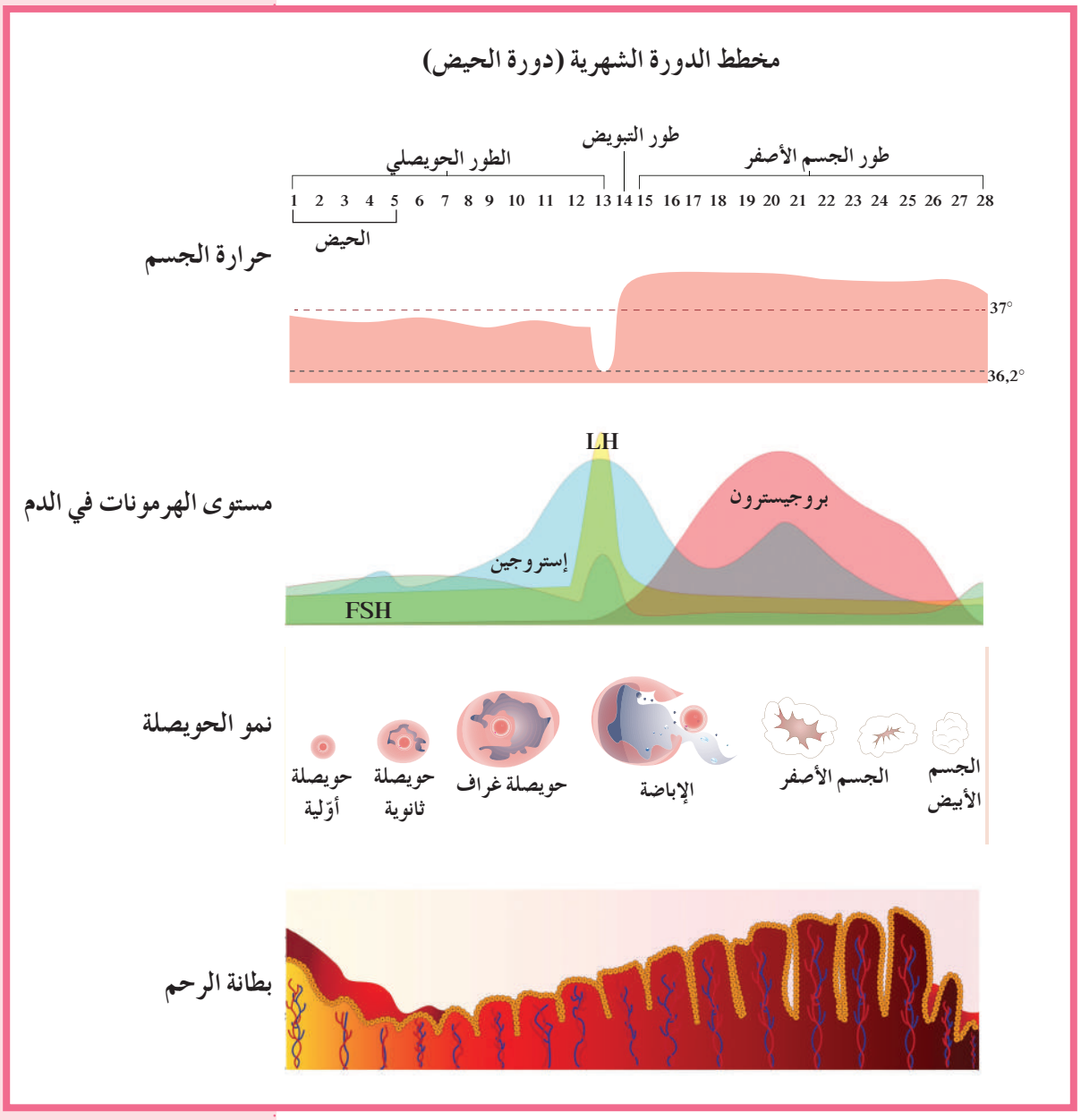
في أغلب الأحيان، لا تنمو حويصلة واحدة فحسب في خلال الدورة نفسها، إنّما تنمو حوالى 10 حويصلات. ولكن لا تنضج إلّا حويصلة واحدة منها لتصبح حويصلة جراف، فيما تتحلّل الحويصلات الأخرى. بنموّ الحويصلة، تتضخّم الخلايا حول البويضة، وتبدأ بإنتاج الإستروجين بكمّيات زائدة، فتصبح بطانة الرحم أكثر سماكة استعدادًا 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 حوالى 36.2°C، وترتفع بعدها بدرجة ملحوظة لتصل إلى حوالى 37.2°C وتبقى مرتفعة إلى أن تبدأ الدورة الثانية (شكل 67).



(شكل 67)

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.

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 تدريجيًّا 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 تنغرس، ويبدأ الجسم الأصفر بالتفتّت. ويضعف تدريجيًّا 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 المخصَّبة 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 المرافِق 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. أُذكر 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؟

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 68)

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 (68) . 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 تُخصَّب 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 وُجِدت بويضة في إحدى قناتي فالوب ، تكون فرصة إخصابها بحيوان منوي كبيرة . تُحاط البويضة بطبقة سميكة واقية تحتوي على مواقع ارتباط يمكن أن تتثبّت بها الحيوانات المنوية.

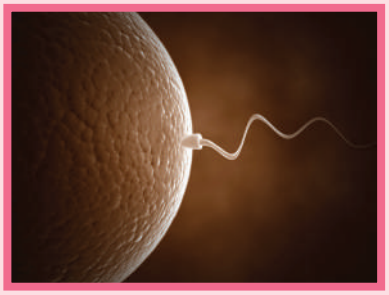
فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

أمر غريب ، أنتما لا تبدوان توأمين .

ثمّة نوعان من التوائم البشرية هما التوائم المتماثِلة التي تنشأ من بويضة واحدة مخصَّبة وتحمل جينات وراثية متماثِلة ، والتوائم المتآخية التي تنشأ من بويضتين مختلفتين مخصَّبتين في الوقت نفسه بحيوانين منويين ، لكلّ منهما خصائص وراثية معيّنة .

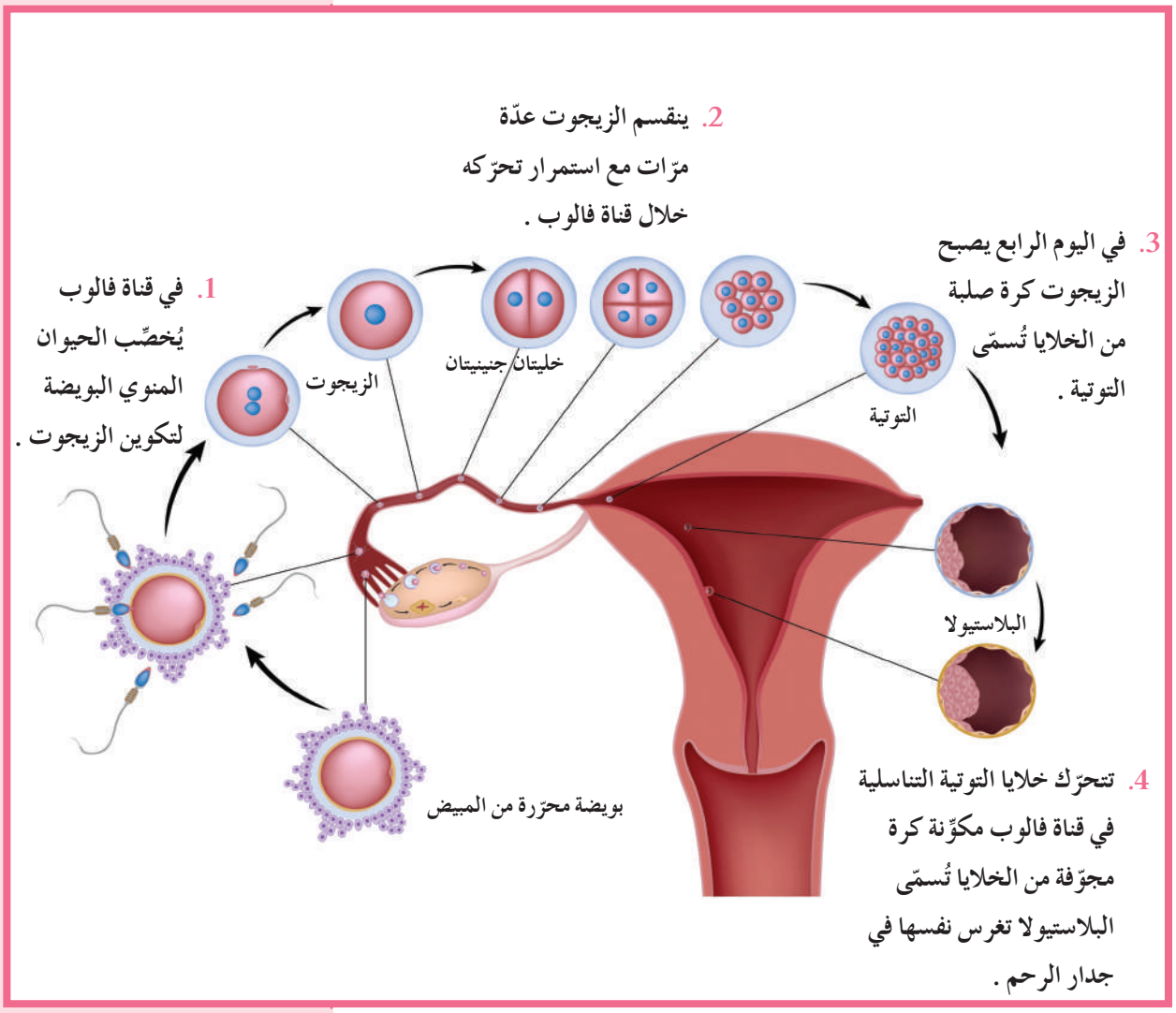
وعندما يرتبط أحدها بالبويضة كما في الشكل (69)، يتمزّق الكيس الموجود في رأس الحيوان المنوي، وتُفرَز إنزيمات قوية تحطّم الطبقة الواقية للبويضة. **ما إن يدخل الحيوان المنوي البويضة، تتمزّق الأغشية المحيطة بنواتي الحيوان المنوي والبويضة، وتتّحد النواتان مع بعضهما أي تندمج نواة الحيوان المنوي بنواة البويضة، وتُعرَف هذه العملية بالإخصاب Fertilization.**



(شكل 70)
إذا دخلت نواة الحيوان المنوي البويضة، يتغيّر غشاء البويضة، ليمنع أيّ حيوان منوي آخر من الدخول.

2. الانغراس الجنيني Embryonic Implantation

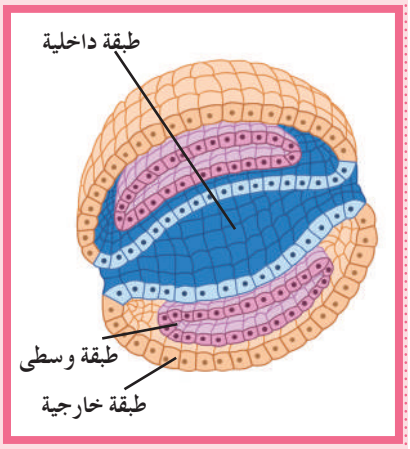
تنقسم البويضة المخصَّبة التي تُسمّى الزيجوت Zygote لتنتج خليتين جنينيتين. تنقسم هاتان الخليتان عدّة مرّات لتكوين كرة من الخلايا تُسمّى **التوتية Morula التي تنمو لتصبح كرة مجوّفة من الخلايا تُعرَف البلاستيولا Blastocyst التي تلتحم بجدار الرحم في عملية تسمّى الانغراس Implantation** (شكل 70). إذا لم تنجح عملية الانغراس، تتحطّم البلاستيولا، في خلال دورة الحَيض التالية، ولا يحدث حمل.



(شكل 70)
المراحل من الإخصاب إلى الانغراس

إذا نجحت عملية الانغراس، تنمو البلاستيولا لتصبح تركيبًا يُسمّى **الجاسترولا Gastrula، وهي تتكوّن من ثلاث طبقات من الخلايا وهي طبقة خارجية، وسطى وداخليّة** (شكل 71).

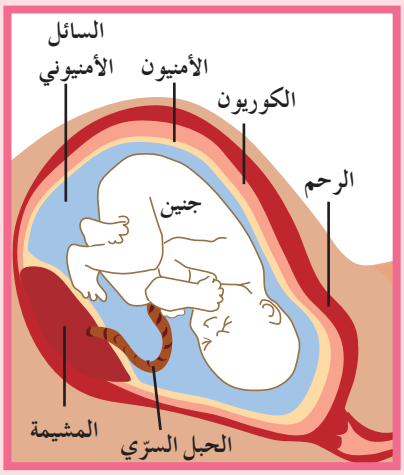
تُسمّى هذه الطبقات **طبقات جرثومية Germinal Layers** لأنّها تنمو وتتطوّر في ما بعد إلى أنسجة الجسم وأعضائه كافّة. تنمو الطبقة الجرثومية الخارجية لتصبح لاحقًا الجهاز العصبي والجلد والغدد العرقية. تكوّن الطبقة الوسطى الجهاز التناسلي والكليتين والعضلات والعظام والقلب والدم والأوعية الدموية. أمّا الطبقة 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 72).



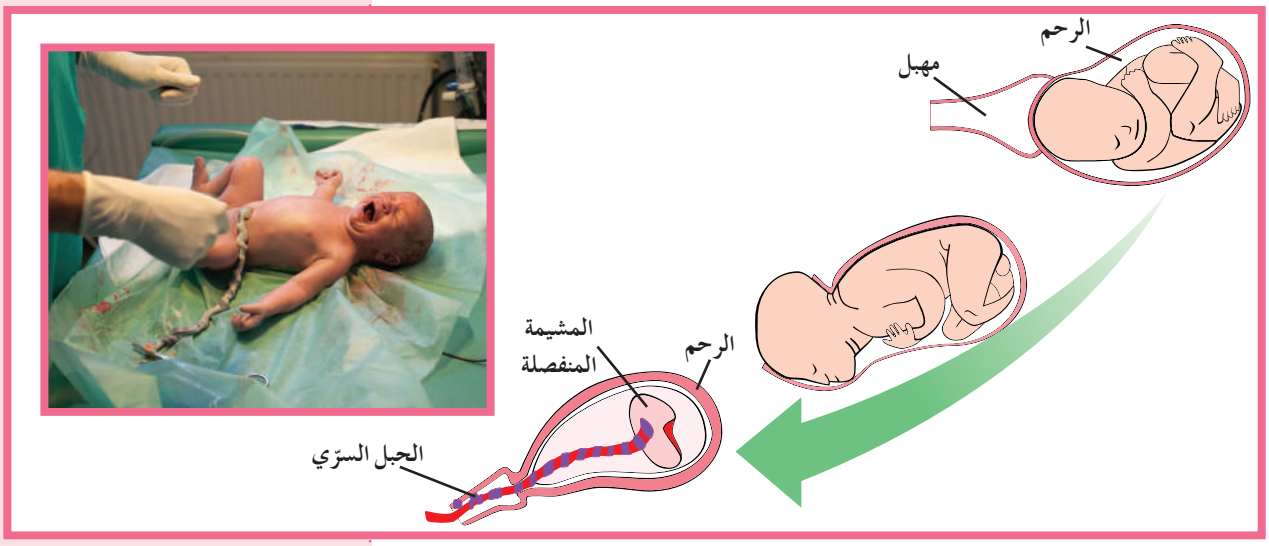
(شكل 71)
مقطع عرضي للجاسترولا تتكوّن من ثلاث طبقات من الخلايا.

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 73)، ويستمرّ انقباض الرحم نحو 15 دقيقة لطرد المشيمة، وتسمّى هذه المرحلة مرحلة ما بعد الولادة.



(شكل 72)
نموّ الجنين داخل الرحم



(شكل 73)
ولادة الإنسان
في خلال الولادة الطبيعية ، يخرج رأس الطفل أوّلًا خلال المهبل بفعل انقباض عضلات الرحم التي تدفعه إلى الخارج .

4. الإجهاض Abortion

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

فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

صحّة الجنين

تمكّن الأطباء، بفضل التقدّم العلمي والتكنولوجي، من استخدام أدوات تشخيص مختلفة لمتابعة نموّ الأجنّة. تُوجَّه، 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 تتمّ 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 الخُمْل 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 التقنيّتان الجنين لبعض المخاطر. ولكنهما، بمساعدة مستشار علم الوراثة وموافقة الأهل، تُعتبَران فرصته لاكتشاف أيّ خلل وراثي ومعالجته في وقت مبكر.

مراجعة الدرس 2-5

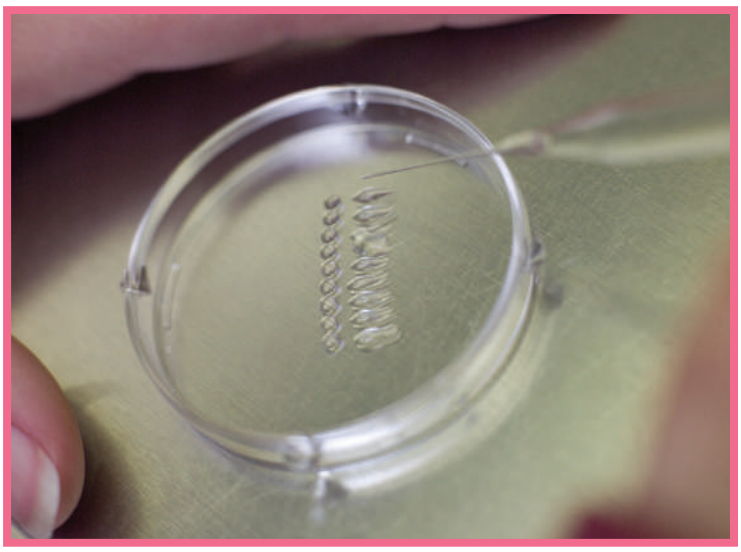
1. صِف ما يحدث أثناء الانغراس الجنيني.
2. ما هو الهرمون الذي تفرزه الغدّة النخامية أثناء الولادة؟ وما هو دوره؟
3. **التفكير الناقد:** لا يتحرّك أحيانًا الزيجوت نحو الرحم، ويظلّ ملتصقًا بجدار قناة فالوب. لماذا يُعتبَر ذلك الوضع خطرًا على الأمّ؟

الدرس 2-6

صحّة الجهاز التناسلي
Health of the Reproductive System

الأهداف العامة

* يصف اضطرابات الجهاز التناسلي .
* يميّز بين الالتهابات المنقولة جنسيًّا .



(شكل 74)

في تقنية الإخصاب خارج الجسم، يتمّ نقل بويضات وحيوانات منوية سليمة من زوجين يعانيان العقم، ويتّحد الحيوان المنوي مع البويضة في المختبر (شكل 74) . 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 .

(أ) العقم عند الرجال Male Sterility

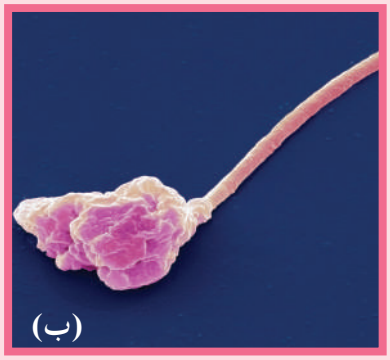
من أسباب العقم عند الرجال:

* إنتاج عدد قليل من الحيوانات المنوية.
* إنتاج حيوانات منوية ناقصة النموّ أو تشوبها عيوب وتعجز عن الحركة داخل قناة فالوب (شكل 75).
* 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.



(شكل 75)
ما الفرق الذي يمكن أن تلاحظه بين خليّة منوية سليمة (أ) وخلية منوية فيها عيوب (ب)؟

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

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؟

الفصل الثالث

جهاز المناعة لدى الإنسان
Human Immune System

قد لا تدري ولا تشعر بأنّ جسمك مسرح لمعارك لا تنتهي، تجعله حصنًا منيعًا ضدّ الكائنات الدقيقة التي تحاول غزوه، والّتي قد تنجح في تخطّي خطوطه المناعية المتنوّعة. فالبيئة التي تعيش فيها تزخر بكمّيات هائلة من الجراثيم والفيروسات والفطريات والسموم بالإضافة إلى موادّ أخرى، يسبّب بعضها أمراضًا قد تودي بحياة الإنسان وغيره من الكائنات.

يتولّى إدارة تلك المعارك الهادفة إلى الدفاع عن سلامة الجسم وصحّته جهاز متكامل خاصّ يُعرَف بالجهاز المناعي. يقاوم هذا الجهاز المناعي الأمراض بواسطة خلايا متخصّصة، وموادّ بروتينية مضادّة تقضي على الكثير من الجراثيم والموادّ الغريبة التي تنجح في غزو الجسم.

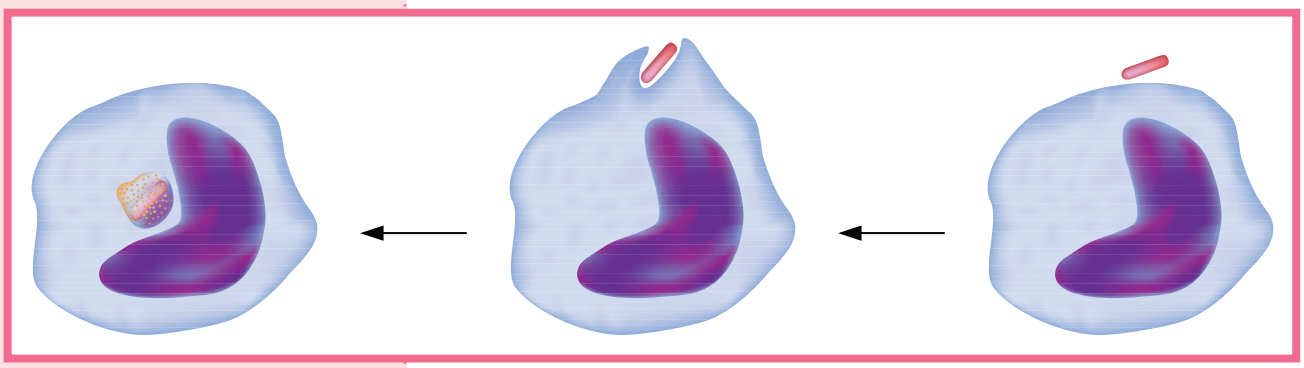
فجسمك يحرّك جيشًا من الخلايا تبحث عن الكائنات الممرضة التي دخلت إليه، وتتعرّفها، وتقاتلها وتتذكّرها في حال صادفتها مرّة ثانية.

دروس الفصل

الدرس الأوّل
* الجهاز المناعي

الدرس الثاني
* أنشطة الجهاز المناعي التكيفي (المتخصص)

الدرس الثالث
* صحّة الجهاز المناعي



توضّح الصورة أعلاه أحد مكوّنات الجهاز المناعي، وهو نوع من الخلايا الدموية البيضاء تُعرف بالخلايا الملتهمة أو البلعمية الكبيرة التي تلتهم أحد الكائنات الطفيلية.

الدرس 3-1

الجهاز المناعي
Immune System

الأهداف العامة

* يشرح الخصائص المميّزة للكائن الممرض.
* يصف مكوّنات الجهاز المناعي.
* يشرح الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)

(شكل 76)

هناك نوع من أنواع البكتيريا (شكل 76) 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.

الكائن الذي يسبّب الإصابة بمرضٍ معدٍ يُسمّى كائنًا ممرضًا Pathogen مثل الفيروسات والبكتيريا وغيرها.

تختلف طريقة عمل كل كائن ممرض في الإصابة بالمرض. مثلاً،تسبّب إحدى البكتيريا مرض الكزاز Tetanus من خلال إفرازاها مادّة سامّة. أمّا الفيروسات فتستخدم خلايا الجسم السليمة لتتكاثر فيها ثمّ تحطّمها مسبّبة بذلك مرض معدٍ.

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.

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 77).

(شكل 77)
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 أوالطعام الملوَّث: 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 (الدوسنتاريا الأميبية).

وانتشار الكائنات الممرضة في الطعام يسبِّب 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. فالبراغيث تنقل الكائن الممرض المسبّب للطاعون الدمَلي 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 الكلب 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 الخلوية في البكتيريا.** 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.

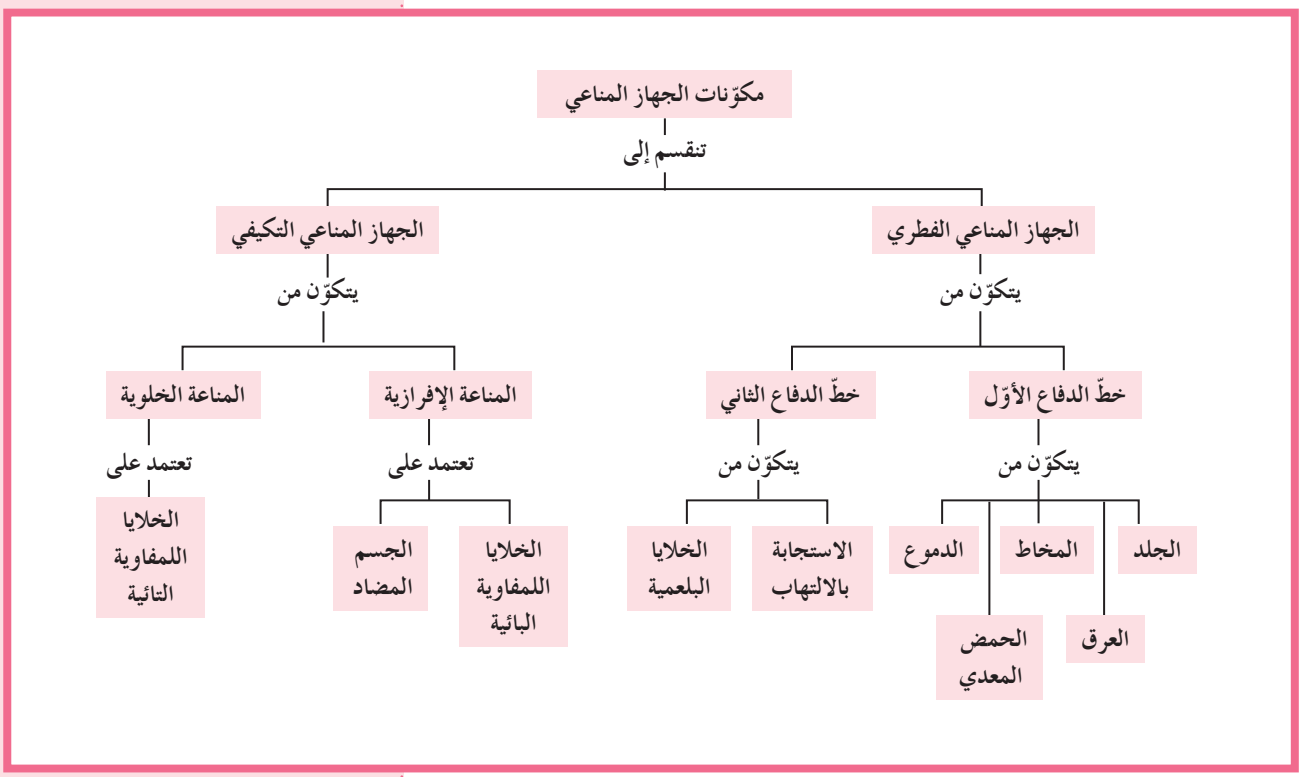
5. عمل الجهاز المناعي

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 (78) مخطط مختصر عن مكونات الجهاز المناعي.



(شكل 78)
مكونات الجهاز المناعي

1.5 الجهاز المناعي الفطري (غير المتخصص)

The Innate Immune System (Non Specific Defenses)

يتمثل في العوامل الكيميائية والعوامل الميكانيكية.

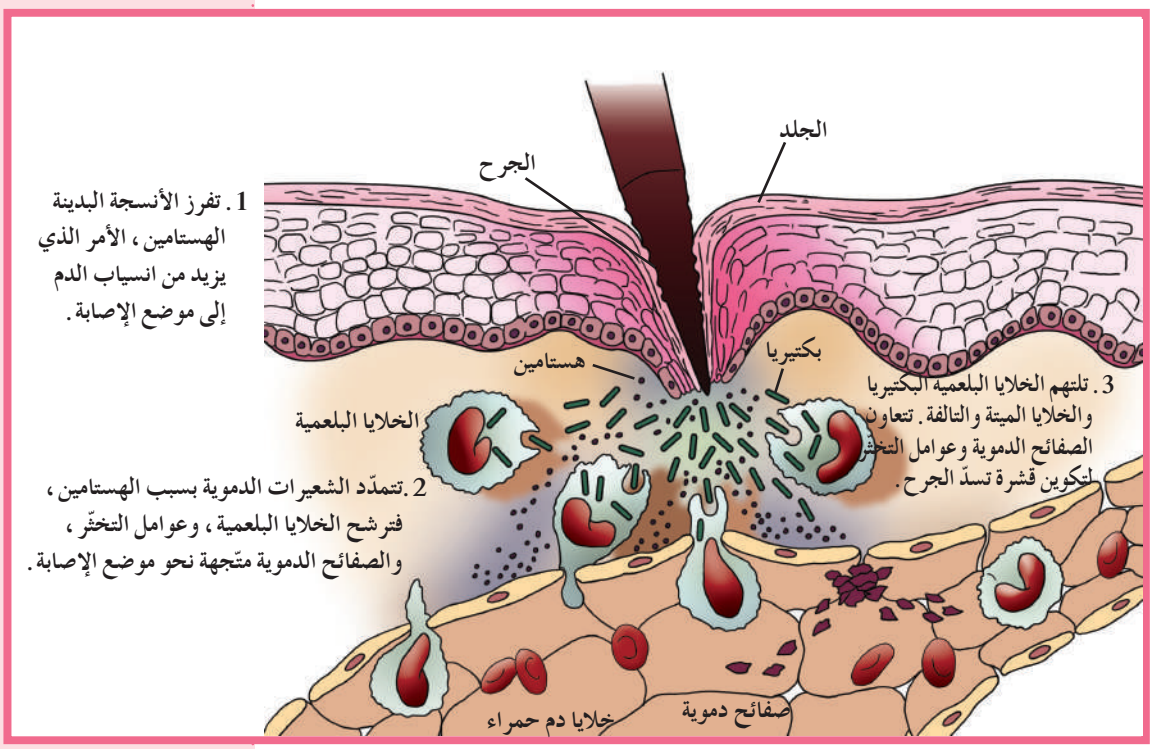
(أ) خطّ الدفاع الأوّل First Line of Defense

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. تُبطَّن 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، تتمزّق بعض الخلايا مشكّلة فتحة تدخل منها الكائنات الممرضة جسمك، **فتفرز الخلايا البدينة مادّة كيميائية تُسمّى الهستامين Histamine، تعطي الإشارة ببدء الاستجابة بالالتهاب** (شكل 79). 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.

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.

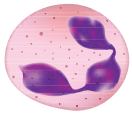
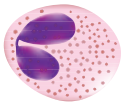
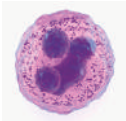
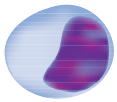
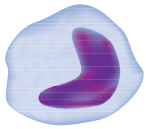
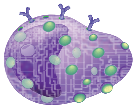


(شكل 79)
الإستجابة بالإلتهاب هي خطّ دفاع الجسم الثاني ضدّ الكائنات الممرضة. ما أهمّية وصول عوامل التخثّر من الجهاز الدوري إلى المنطقة المصابة؟

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.**

يوضّح الشكل (80) أنواع خلايا الدم البيضاء المختلفة ووظائفها.

نوع الخليّة	المظهر	الوظيفة
خليّة متعادلة Neutrophil		تقتل الجراثيم عن طريق البلعمة
خليّة حمضية Eosinophil		تقتل الديدان الطفيلية وتعزّز تفاعلات الحساسية تلتهم الخلايا غير المرغوب فيها عن طريق البلعمة
خليّة قاعدية Basophil		تفرز الهيستامينات التي تسبّب الالتهاب والحساسية
خليّة لمفاوية Lymphocyte		تنتج أجسامًا مضادّة تحارب المرض وتدمّر خلايا الجسم المصاب بالسرطان وتلك المصابة بالفيروسات
خليّة وحيدة النواة Monocyte		تدمّر الجراثيم والخلايا المصابة بالعدوى وخلايا الدم الحمراء التي وصل أمد حياتها إلى نهايته عن طريق البلعمة
خليّة بدينة Mast Cell		تحتوي على سيتوبلازم غني بحبيبات ممتلئة بالهستامين تلعب دورًا في الاستجابة المناعية وفي تفاعلات تحسسية

(شكل 80)

أنواع خلايا الدم البيضاء. قارن مظهر خلايا الدم البيضاء ووظيفتها.

مراجعة الدرس 3-1

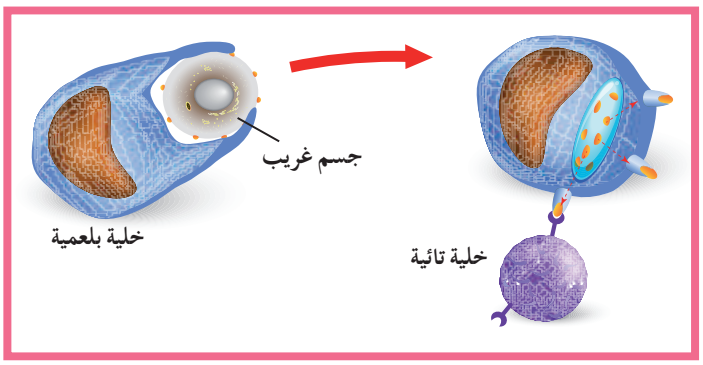
1. عرّف الكائنات الممرضة؟ اذكر أربعة أمثلة على كائنات ممرضة.
2. ما مكوّنات الجهاز المناعي؟
3. صِف مسار اللمف عبر الجهاز اللمفاوي والجهاز الدوري.
4. صمم بطاقة تشرح فيها آلية عمل جهاز المناعة الفطري (الاستجابة غير التخصصية).
5. لا تُصنَّف الأمراض الوراثية كأمراض معدية. لماذا؟
6. **أضف إلى معلوماتك:** إحدى الخطوات المهمّة في تحرّي سبب انتشار التسمّم الغذائي هي تعرّف البكتيريا الموجودة أو تحديدها. كيف يقوم العلماء بذلك؟

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 81)

الخلايا البلعمية (الملتهِمة) هي نوع من خلايا الدم البيضاء (وحيدة النواة) تحيط بالأجسام الغريبة غير المرغوب فيها من أجل ابتلاعها وهضمها (شكل 81). تخرج هذه الخلايا من ثقوب جدر الشعيرات الدموية، وتتحرّك تجاه الكائن الغريب(فتنمو ويصبح اسمها البلاعم الكبيرة)، 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 82) ومنها نوعان:

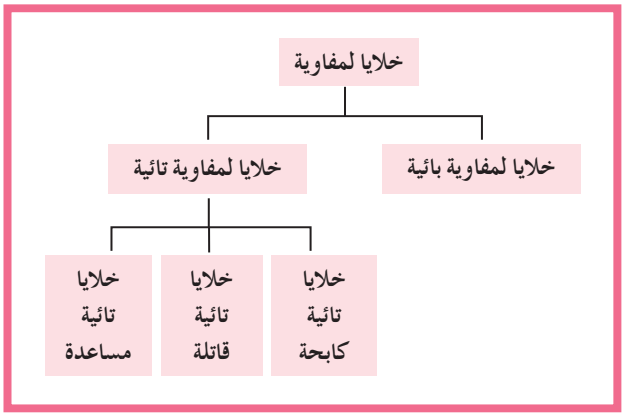
1. **الخلايا اللمفاوية البائية B–Lymphocytes**: تتميّز بوجود مستقبلات على سطح الخليّة تُسمّى أجسام مضادّة Antibodies. خلال الاستجابة المناعية Immune Response، تنشط هذه الخلايا وتتحوّل إلى خلايا بلازمية Plasma Cells تفرز أجسامًا مضادّة.

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.

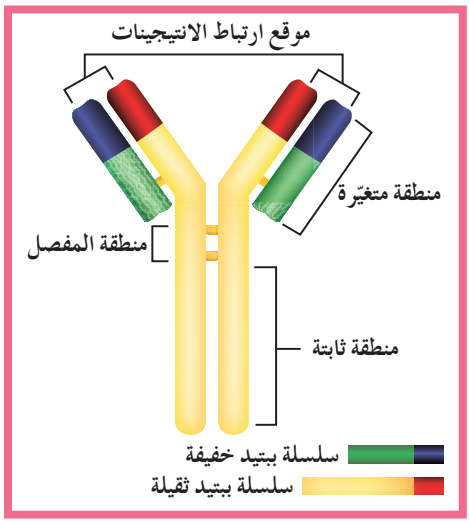
* **الخلايا التائية الكابحة أو المثبّطة Suppressor T–Cells أو Regulatory T–Cells**: تثبّط هذه الخلايا نشاط الخلايا التائية الأخرى عندما لا تكون الحاجة إليها ملحّة في الجسم.



(شكل 82)
خلايا الدم البيضاء

1.1 الأجسام المضادّة Antibodies

الأجسام المضادّة تُسمّى أيضًا الجلوبيولين 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 83).

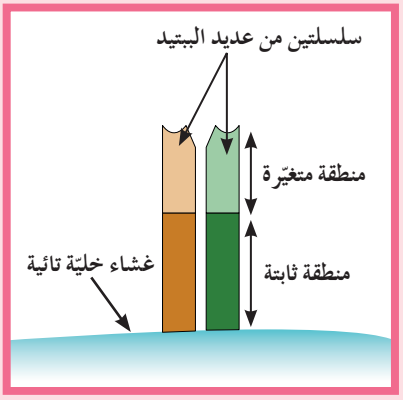


(شكل 83)
تركيب الجسم المضادّ

تختلف المنطقة المتغيّرة من جسم مضادّ معيّن إلى جسم آخر، وتسمح للجسم المضادّ بأن يتعرّف على أنتجين محدّد ويرتبط به. يستطيع الجسم المضادّ أن يتعرّف على أنتجين سائل أو خلوي. يرتبط الجسم المضادّ بالأنتجين 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 للأنتجين عدّة أنواع من حاتمات وبذلك يستطيع أن يرتبط بعدّة أنواع من الأجسام المضادّة.

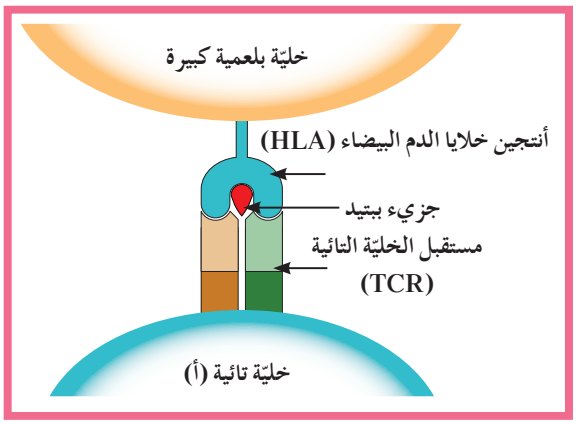
2.1 مستقبلات الخلايا التائية T–Cell Receptors (TCR)

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 للأنتجين (شكل 84).



(شكل 84)
تركيب مستقبل الخليّة التائية (TCR)

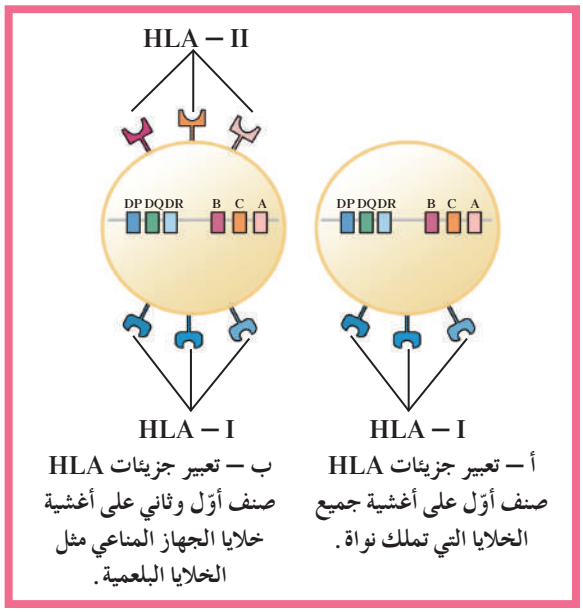
لا يستطيع المستقبل التائي التعرّف على أنتجين قابل للذوبان أو أنتجين موجود على سطح خليّة غريبة. لذلك تقوم الخلايا المستضيفة مثل الخلايا البلعمية على هضم الأنتيجينات إلى ببتيدات. ثمّ يرتبط كلّ ببتيد بجزيء «العرض» وهو أنتجين خلايا الدم البيضاء البشرية Human Leukocyte Antigens (HLA). إذًا، يرتبط المستقبل التائي بجزيء HLA والببتيد «غير الذاتي» المتّصل به. وهذا ما يُسمّى التعرّف المزدوج للمستقبل التائي (شكل 85).



(شكل 85)
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 86).



(شكل 86)
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 الوسائل الدفاعية الاستجابة المناعية Immune Response. تُعتَبر 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 82) 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 تُعرِّف الخلايا اللمفاوية على الأنتيجينات كمكوّن غريب عن الجسم. فعندما تلتهم الخليّة البلعمية الكبيرة خليّة ما (كائن ممرض) أو بروتين تهضمه ثم ترتبط الببتيدات 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 لمفاوية تائية مساعدة (T_H) التي بدورها تتنقل بصورة متواصلة بين العقد اللمفاوية. عندئذٍ ترتبط خلايا T_H الخاصّة بالببتيد 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.

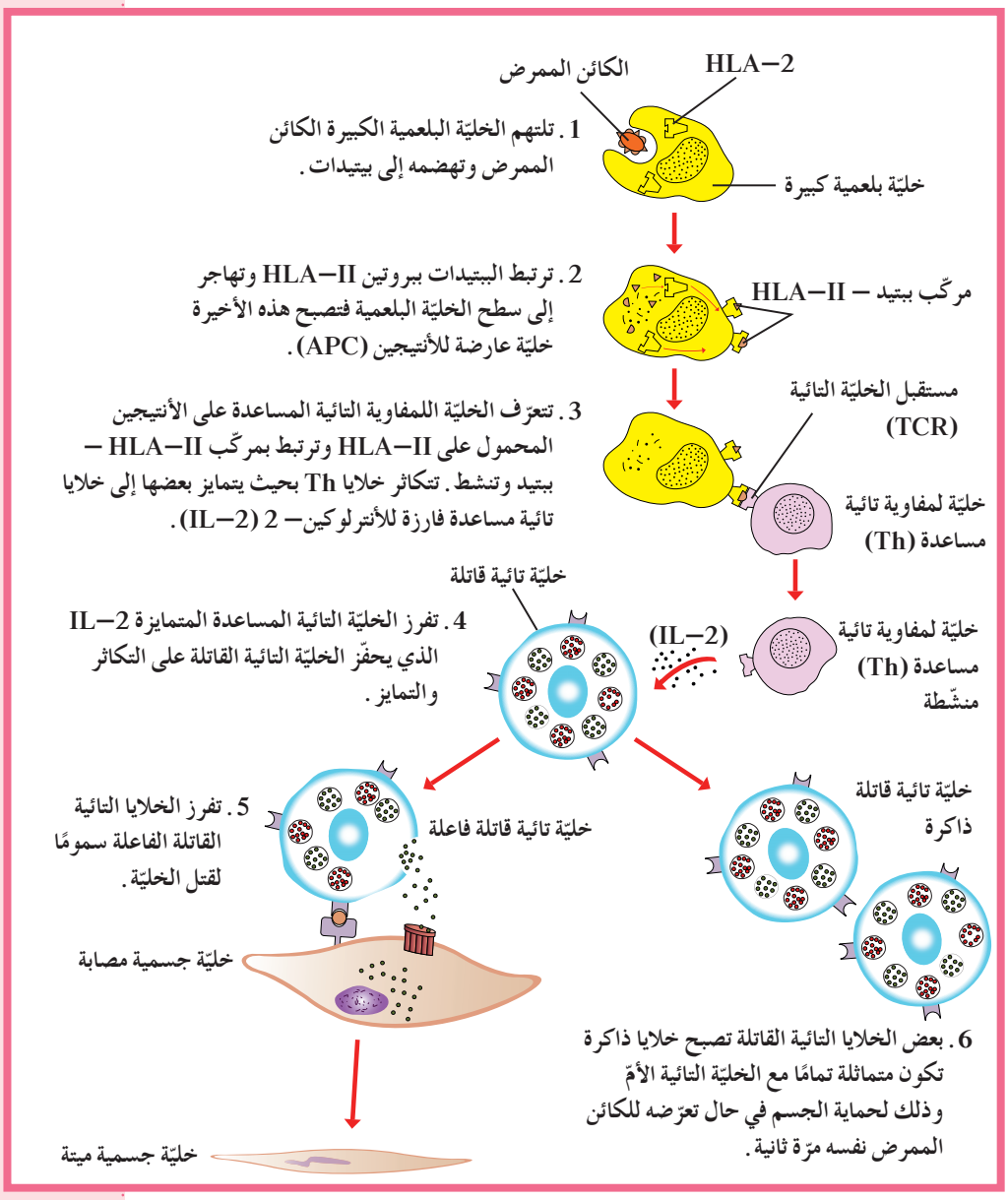
تفرز خلايا T_H نوعين من الأنترلوكين:

* أنترلوكين–2 (IL–2) التي تؤدّي دورًا في المناعة الخلوية.
* أنترلوكين–4 (IL–4) وتؤدّي دورًا في المناعة الإفرازية.

1.2 المناعة الخلوية Cell Mediated Immunity

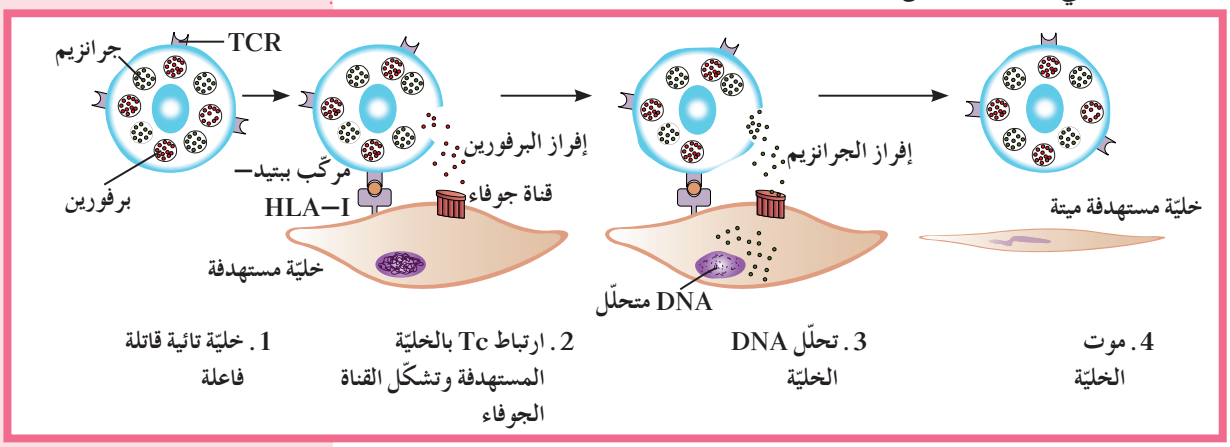
تعتمد المناعة الخلوية على الخلايا اللمفاوية التائية ذاتها بحيث تهاجم الخلايا التائية القاتلة (Tc) مباشرة الخلايا الضارّة للجسم، مثل الخلايا السرطانية أو خلايا الجسم المصابة، لتدميرها.

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 للأنتجين 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 87).



(شكل 87)
آلية عمل المناعة الخلوية

هناك نوعان من قاتل الخلايا: **البرفورين Perforin والجرانزيم Granzymes**.
عندما تتعرّف خليّة Tc على خليّة مصابة ترتبط بمركّب ببتيد– 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 88).



(شكل 88)
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، الفطر 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.

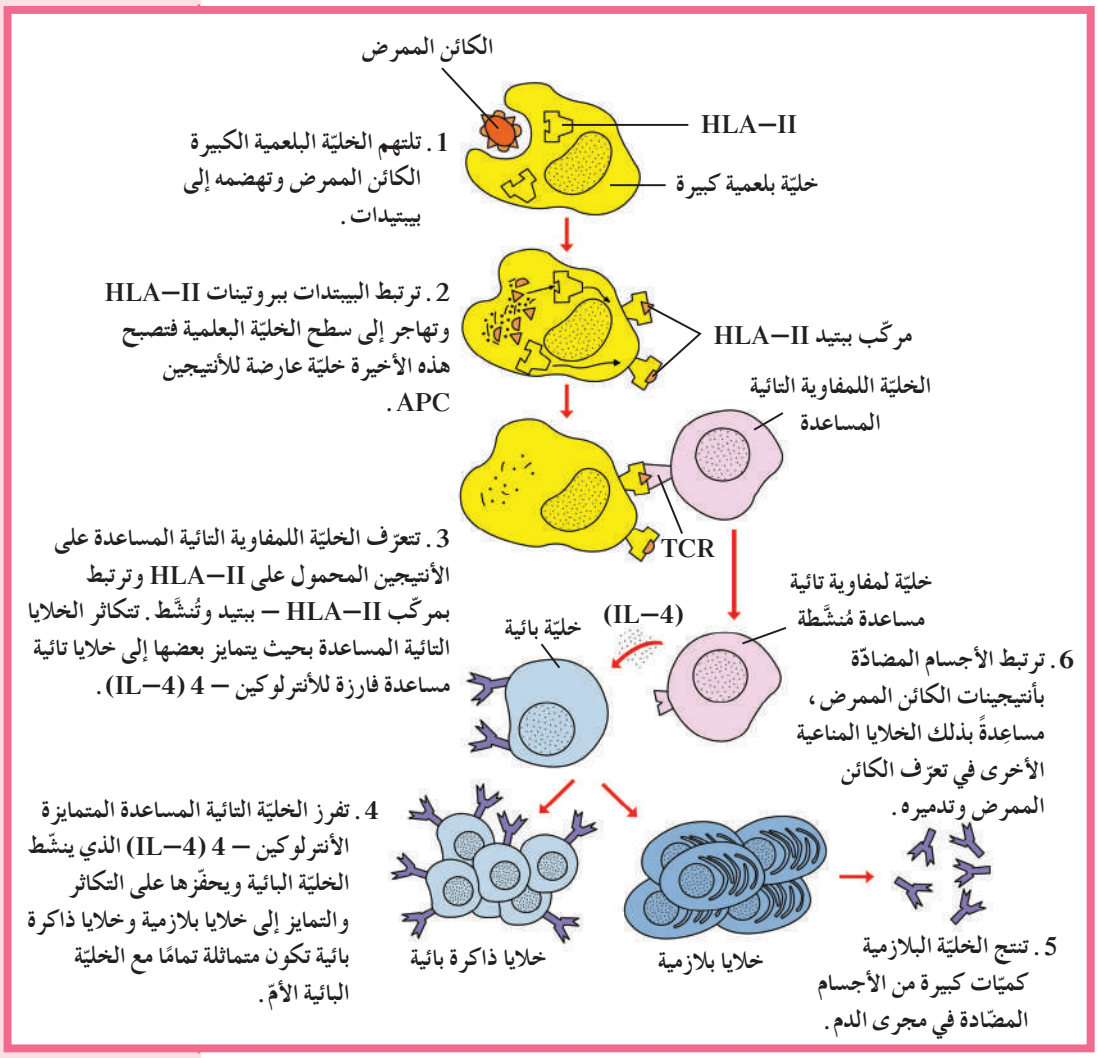
من بين بلايين الخلايا البائية الحاملة لعدّة أنواع من الأجسام المضادّة، تُنشَّط فقط تلك ذات الأجسام المضادّة التي تتعرّف على أنتيجينات الكائن الممرض الذي دخل الجسم. تُنشَّط هذه الخلايا وتتكاثر إستجابة لمادّة الأنترولوكين–4 (IL–4) الذي أفرزته الخلايا التائية المساعدة المنشطة. يصبح بعض هذه الخلايا المتكاثرة خلايا بائية ذاكرة. وبعضها الآخر يتمايز ليصبح **خلايا بلازمية Plasma cells** التي تعيش لوقت قصير وتفرز أجسامًا مضادّة (شكل 89).

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.



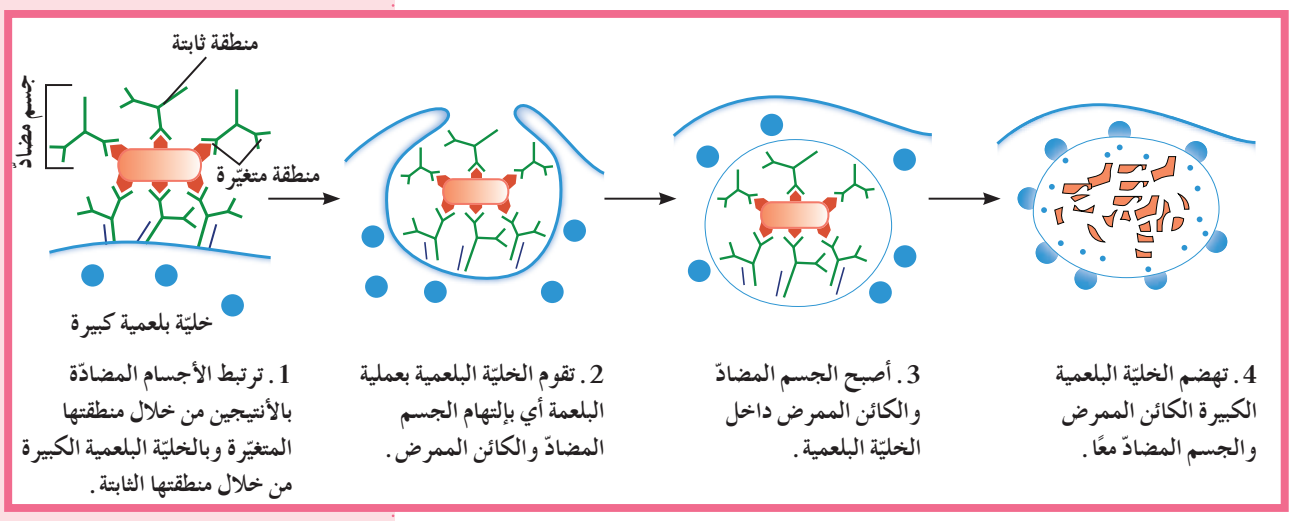
(شكل 89)

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، 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 90).



(شكل 90)
التخلص من الكائنات الممرضة

يلخصّ 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؟

3.2 المناعة المكتَسبة Acquired Immunity

من المحتمل أنّك تعرف أنّ الإصابة بمرض معيّن من مثل جدري الماء أو النُّكاف تكسبك مناعة ضدّهما. المناعة المكتسَبة 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.

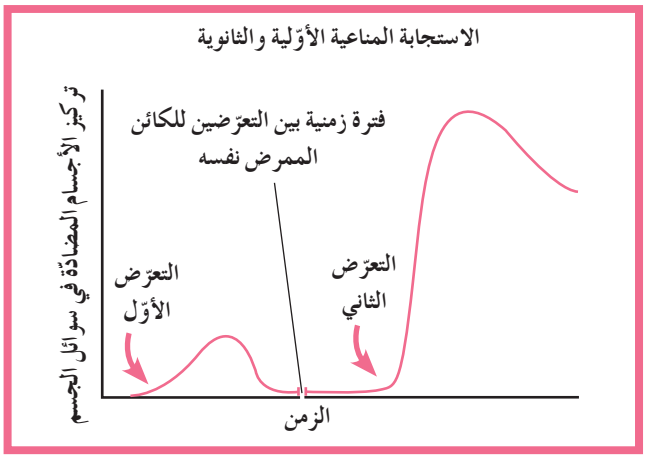
يمكن، في هذه الأثناء، أن تصبح العدوى واسعة الانتشار وتسبّب مرضًا خطيرًا.

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

الممرض قبل ظهور عوارض المرض. وهذا هو المبدأ الّذي يرتكز إليه اللقاح. **واللقاح Vaccine هو مركَّب 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 91).



(شكل 91)

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

يعود 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
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 92)

قد يستحيل أن تطرد هذا الكائن المجهري من بيتك (شكل 92). 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.

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 المسبِّبة للحساسية بالأجسام المضادّة الموجودة على نوع معيّن من **خلايا الدم البيضاء الذي يحتوي سيتوبلازمها على حبيبات ممتلئة بالهيستامين 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 (93). يمكن أيضًا أن تسبّب الموادّ الكيميائية في بعض النباتات، مثل الموز والمنجا، تفاعلات تحسّسية من مثل احمرار الجلد والحكّة ويمكن للدغة بعض الحيوانات (شكل 94) 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 المايليني 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 93)
تكون هذه الجسيمات الضئيلة عادة غير ضارّة، إلّا أنّ الجزيئات الموجودة على سطحها تُحدِث، لدى الشخص المصاب بالحساسية، استجابة مناعية.

شكل (94)
تسبّب لدغات النحل تفاعلًا تحسّسيًّا لدى بعض الأشخاص. ما الذي يحدث في أثناء الإصابة بالحساسية؟

3.1 عوز المناعة المكتسَبة (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 نوعيًّا 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، ويدمِّر مقدرة الجسم على مقاومة العدوى.

تُعَدّ العدوى بفيروس الإيدز من أسرع الأمراض الوبائية انتشارًا في العالم، لذلك نشر المعرفة حول كيفية انتقاله أمرًا ضروريًّا 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 المعالِج 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.

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.

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 (6).

كيف تحافظ على سلامة جهازك المناعي؟
تناول غذاء متوازنًا وصحيًّا.
احرص على ممارسة التمارين الرياضية وأخذ قسط وافر من الراحة.
نظّف أسنانك واستحمّ بانتظام.
حافظ على نظافة بيتك.
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 اثنتين

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.

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 وتُوزّع؟ 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؟

مراجعة الوَحدة الأولى

المفاهيم

الإخصاب	Fertilization	الاستجابة بالالتهاب	Inflammatory Response
التهاب منقول جنسيًّا	Sexually Transmitted Infection	الانغراس	Implantation
إنسولين	Insulin	الباراثيرويد	Parathyroid Hormone (PTH)
الإيدز (متلازمة عوز المناعة المكتَسب)	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 السُّري	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		

مرض الزهايمر	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
منشِّط (منبِّه)	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 المنفِّذة. 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 المنفِّذة يرسلها عبر الجهاز العصبي الطرفي.
* الخلايا العصبية هي خلايا الجهاز العصبي التي تنقل السيالات العصبية.

* تقسم الخلايا العصبية من حيث الوظيفة إلى الخلايا العصبيّة الحسّية، الحركية والرابطة ومن حيث الشكل إلى خلايا عصبية وحيدة القطب، ثنائية القطب ومتعدِّدة الأقطاب.
* تحمي خلايا الغراء العصبي الخلايا العصبية وتدعمها.

(1–2) 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.
* تسبِّب المنبِّهات استثارة المستقبلات الحسّية والخلايا العصبية ما يؤدّي إلى توليد استجابة ملائمة، ومنها المنبِّهات الكيميائية، الميكانيكية والحرارية.
* المشتبكات الكيميائية 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.

(1–3) 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 المنفِّذة 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.

(1–4) 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.

(1–5) 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

(2–1) 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 المستهدفَة.
* 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.

(2–4) التكاثر لدى الإنسان

* تُنتج الخصيتان الحيوانات المنوية التي تُخزَّن 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 خُصِّبت، 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 المخصَّبة 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 المخزَّنة 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)

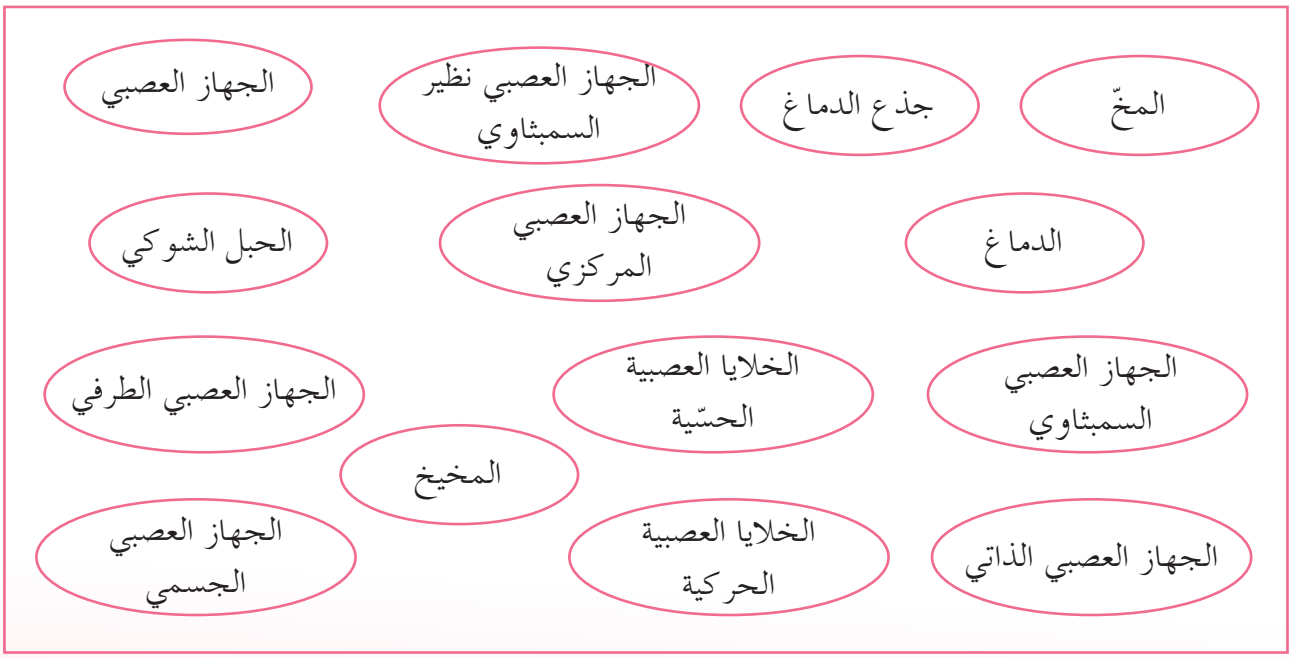
* تهاجم الخلايا البائية كائنات ممرضة معيّنة عن طريق إنتاج الأجسام المضادّة التي ترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطحها. أمّا الخلايا التائية فيمكنها أن تهاجم مباشرة الخلايا التي تمّ تعرّفها على أنّها خطيرة للجسم.
* يمكن للجسم أن يكتسب مناعة ضدّ الكائنات الممرضة.

(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

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



خريطة مفاهيم الفصل الثاني

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

بويضة
ADH
الفصّ الأمامي
تحت المهاد
المبيضان
زيجوت
GH
الغدّة الدرقية
الغدّة النخامية
جنين
FSH و LH
بروﻻكتين
تستوستيرون
T4 و T3
الخصيتان
TSH
النموّ
هرمونات
الكلى
تقلّص عضلات الرحم
الغدد الثديية
حيوان منوي
الفصّ الخلفي
الكالسيتونين
يقلّل مستوى الكالسيوم في الدمّ
إستروجين وبروجيستيرون
الأوكسيتوسين
ينظّم الأيض

خريطة مفاهيم الفصل الثالث

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

نضوج الخلايا البلعمية واللمفاوية البائية
أعضاء أوّلية
إنتاج خلايا الدم البيضاء
الغدّة الثيموسية
النخاع العظمي
تكسير خلايا الدم التالفة
الغدد اللمفاوية
نضوج الخلايا اللمفاوية التائية
دوران اللمف
الأوعية اللمفاوية
تمركز خلايا الدم البيضاء
أعضاء ثانوية
الجهاز المناعي
الطحال

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 فتُعرَف 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 موصلة أو رابطة.
   - ☐ 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.

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 يؤدّيها 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 الأمينون 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.

تحقق من مهاراتك

1. **تطبيق المفاهيم:** لماذا يُعتبَر خليط الباربيتيورات والكحول مركّبًا يهدّد الحياة؟
2. **وضع الفرضيات:** الأسيتيل كولين ناقل عصبي يوصل الإشارات العصبية بين الخلايا العصبية الحركية والعضلات الهيكلية.

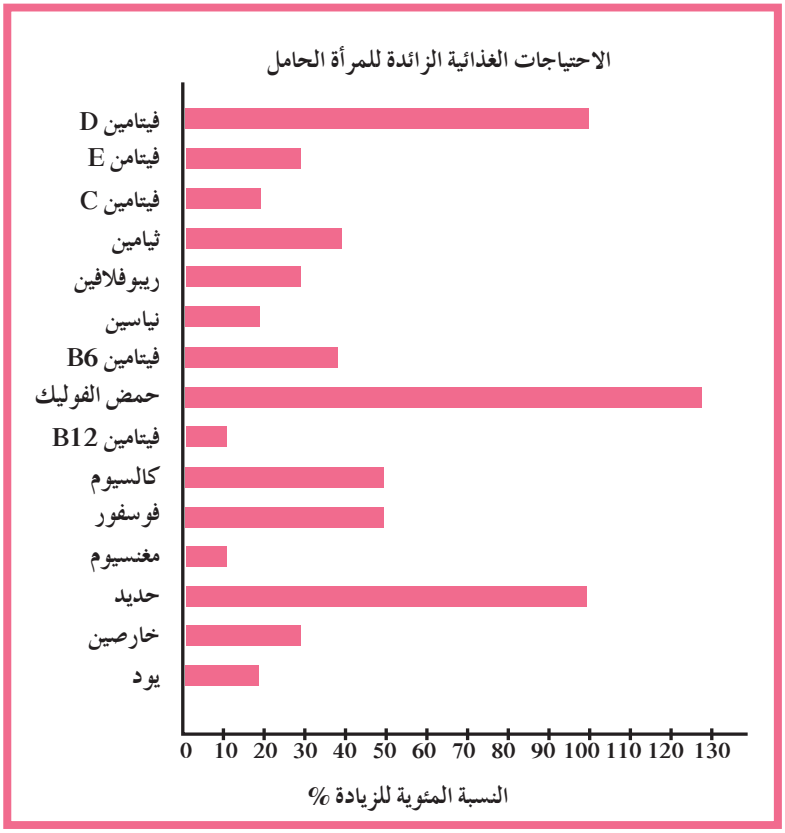
تستجيب العضلات بعد أن يرتبط الأسيتيل كولين بالمستقبلات الموجودة عليها، ويرتبط العقار المعروف باسم كورار أيضًا بمستقبلات العضلات، ولكنّه يشلّ حركتها على عكس الأسيتيل كولين. وقد استخدم صيّادو أمريكا الجنوبية عقار الكورار لتسميم السهام والنبال. ما تأثير هذا العقار في الحيوان؟ ولماذا يستخدم الأطباء كمّية 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؟

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 إفرازَها عوامل خارجية؟ وتلك التي تنظّم إفرازَها عوامل داخليّة؟ اربط الغدّة بالعامل المنظِّم الملائم.

تنظيم الغدد الصمّاء	
الغدّة	يُنظَّم عملها بواسطة
الصنوبرية	دورات الضوء والظلام
المبيضين	LH و FSH
الخصيتين	LH و FSH
البنكرياس	الجلوكوز في الدمّ
جار الدرقية	الكالسيوم في الدمّ
الفصّ الخلفي للنخامية (ADH)	التوازن الأسموزي
الفصّ الخلفي للنخامية (أوكسيتوسين)	الجهاز العصبي

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 والفنّ:** 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 يسبِّب تناولها التسمّم كالمنظِّفات 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.

مصطلحات

عقدة عصبية Ganglion هو تجمّع من الخلايا العصبية.

الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System يُعدّ مركز التحكّم الرئيسي في الجسم ويتكوّن من الدماغ والحبل الشوكي وهو يعالج المعلومات التي يستقبلها ويرسل التعليمات إلى الأجزاء الأخرى من الجسم.

الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System (PNS) يتكوّن من شبكة من الأعصاب تمتدّ في أجزاء الجسم كلّها وهو يجمع المعلومات من داخل الجسم وخارجه ويوصلها إلى الجهاز العصبي المركزي ثم يعود وينقل التعليمات الصادرة من هذا الأخير إلى أجزاء الجسم.

خليّة عصبية Neuron هي الوحدات التركيبية والوظيفية للجهاز العصبي تنقل السيالات العصبية عبر الجسم.

خليّة عصبية حسّية Sensory Neuron تنقل السيالات العصبية الحسّية من المستقبلات الحسّية إلى الجهاز العصبي المركزي.

المستقبلات الحسّية Sensory Receptors هي نهايات خلايا عصبية أو خلايا متخصّصة تجمع المعلومات من داخل الجسم وخارجه وتحوّلها إلى سيالات عصبية.

خليّة عصبية حركية Motor Neuron تنقل السيالات العصبية الحركية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المنفّذة.

عضو منفّذ Effector Organ هو العضو، الذي يستجيب للسيال العصبي إمّا بالانقباض إذا كان عضلة أو بالإفراز إذا كان غدّة.

خليّة عصبية رابطة أو موصلة Interneuron توجد بين خليّتين عصبيتين وتكون بكامل أجزائها أو بمعظم أجزائها داخل الجهاز العصبي المركزي، حيث تتواجد بين خلايا عصبية حسّية وأخرى حركية أو بين خلايا عصبية رابطة أخرى.

ليف عصبي Nerve Fiber هو استطالة طويلة للخليّة العصبية وما يحيط بها من أغلفة.

عصب Nerve يتكوّن من حُزَم ألياف عصبية وهو يصل الجهاز العصبي المركزي بمختلف أعضاء الجسم وينقل السيالات العصبية بينها.

عصب وارد (حسّي) Afferent Nerve ينقل السيالات العصبية الحسّية من أعضاء الحسّ إلى المراكز العصبية.

عصب صادر (حركي) Efferent Nerve ينقل السيالات العصبية الحركية من المراكز العصبية إلى الأعضاء المنفِّذة.

عصب مختلط Mixed Nerve يتكوّن من ألياف عصبية واردة (حسّية) وصادرة (حركية) تنقل السيالات العصبية بالاتجاهين بين الأعضاء المنفِّذة والمراكز العصبية.

جهد الراحة Resting Potential جهد كهربائي (فرق كمون كهربائي) لغشاء الخليّة عند الراحة.

السيال العصبي Nerve Impulse هو موجة من التغيّر الكيميائي والكهربائي تنتقل على طول غشاء الخليّة العصبية.

جهد العمل Action Potential هو تبدّل أو انعكاس للشحنات الكهربائية عبر غشاء الخليّة العصبية.

عتبة الجهد Threshold Potential هو الحدّ الأدنى من إزالة استقطاب جهد غشاء الخليّة لتوليد جهد العمل.

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

المشتبكات العصبية Synapse هي أماكن اتصال بين خليّتين عصبيتين أو بين خليّة عصبية وخليّة غير عصبية (خليّة عضلية أو غدّية) وهي تسمح بنقل السيال العصبي من خليّة عصبية إلى الخليّة المجاورة.

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

الحبل الشوكي Spinal Cord عضو أنبوبي الشكل موجود داخل العمود الفقري الذي يحميه ومغلف بالسحايا وهو يتكوَّن من خلايا الغراء العصبي وأوعية دموية. وهو ينقل السيالات العصبية في ما بين الجهاز العصبي الطرفي والدماغ.

الدماغ Brain هو عضو الجهاز العصبي المركزي وهو معقّد التركيب يحتوي على حوالى 100 مليار خليّة عصبية و900 مليار خليّة غراء عصبي. يزن الدماغ المتوسط الحجم حوالى 1400 g ويتكون من جذع أو ساق الدماغ، المخّ والمخيخ.

جذع الدماغ (ساق الدماغ) Brain Stem يوصل النخاع الشوكي بباقي الدماغ وينسق العديد من الوظائف الحيوية من مثل ضغط الدمّ، التنفّس ومعدّل ضربات القلب وهو يتكوَّن من ثلاثة أجزاء هي الدماغ المتوسِّط، الجسر أو القنطرة والنخاع المستطيل.

المخيخ Cerebellum يقع أسفل الدماغ، خلف النخاع المستطيل ويحتوي على المراكز العصبية التي تضبط تناسق حركات العضلات وتوازن الجسم خلال الحركة، الجلوس، والوقوف.

المخّ Cerebrum يشكّل المخّ نحو 85% من الدماغ البشري، وهو مسؤول عن الأنشطة الإرادية جميعها وعن التعلّم، التخيّل، التفكير والتذكّر.

الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System هو جزء من الجهاز العصبي الطرفي يضبط الأفعال الإرادية والأفعال الانعكاسية اللاإرادية ويشتمل على الأعصاب الحركية التي تضبط أو تتحكّم بالاستجابات الإرادية وعلى الأعصاب التي تتحكّم بالأفعال اللاإرادية الانعكاسية.

الفعل الانعكاسي Reflex Action هو استجابة لاإرادية لمنبّه ما.

القوس الانعكاسي Reflex Arc هو مسار الخلايا العصبية التي تنقل السيالات العصبية منذ التعرّض لمنبّه ما حتّى حدوث استجابة آلية لاإرادية أو فعل انعكاسي.

الجهاز العصبي الذاتي Autonomic Nervous System هو جزء الجهاز العصبي الطرفي يضبط عدّة استجابات لاإرادية في الجسم.

الجهاز الحسّي Sensory System جزء من الجهاز العصبي يتكوّن من مستقبلات حسّية وأعضاء حسّية وأعصاب حسّية.

مستقبل خارجي Exteroceptors مستقبل حسّي يتأثّر بالمؤثّرات الخارجية كالضوء، الصوت، الحرارة، البرودة والضغط ويُسمّى عادة عضو الحسّ كالعين، الأذن، اللسان، الأنف والجلد.

مستقبل داخلي Interoceptors مستقبل حسّي موجود داخل الجسم في الأحشاء والأوعية الدموية ويتأثّر بمؤشرات داخليّة.

مستقبل حسّي عميق Proprioceptors مستقبل حسّي داخلي يتأثّر بدرجة الشدّ (المدّ) من مثل المستقبلات الموجودة في العضلات والأوتار والمفاصل والأربطة.

التذوّق Taste هو القدرة على الاستجابة لجزيئات وأيونات مذابة في الفمّ.

الرؤية Vision هي القدرة على ملاحظة الأشياء بالنظر إليها وتفسيرها.

القرنية Cornea هي غلاف شفّاف ذو محيط دائري يغلّف مقدمة كرة العين.

الخلط المائي Aqueous Humour سائل شفّاف يملأ الحجرة خلف القرنية ويغذِّي العدسة والقرنية.

القزحية Iris تتألّف من حلقات من العضلات الملساء المتوفّرة بنوعين العضلات الدائرية والعضلات الشعاعية وهي تضبط كمّية أشعّة الضوء التي تدخل العين من خلال الحدقة.

الحدقة Pupil فتحة تتوسط القزحية ويدخل خلالها الضوء إلى العين.

العدسة Lens جسم محدّب الوجهين مرن وشفّاف مؤلّف من ألياف بروتينية ومعلَّق خلف الحدقة بواسطة الأربطة المعلّقة والجسم الهدبي وتتعاون مع القرنية في حني الأشعة الضوئية وتركيزها على بعدها البؤري على الشبكية.

الخلط الزجاجي Viterous Humour سائل هلامي شفّاف يملأ الحجرة بين العدسة والشبكية وهو يساعد في المحافظة على شكل كرة العين.

الشبكية Retina الطبقة الداخليّة للعين وهي تتألّف 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 تحوّل الطاقة الضوئية إلى سيالات عصبية تنتقل إلى الدماغ.

الصلبة Sclera هو الغشاء الخارجي لكرة العين وهي طبقة متقوّسة، ثخينة، قاسية، غير شفّافة، ومكوّنة من النسيج الضامّ. تحمي هذه الطبقة البنية الداخليّة لكرة العين، إذ تحافظ على صلابتها. ترقّ هذه الطبقة في مقدّمة كرة العين، وتصبح شفّافة لتشكل القرنية الشفّافة.

مرض ألزهايمر Alzheimer's Disease هو مرض يفسد فيه نسيج الدماغ حيث تتراكم فيه ترسّبات بروتينية غير طبيعية وتتلف بعض أجزاء الدماغ. ويفقد المصابون به الذاكرة ويصبحون في حالة توهان وتتغيّر شخصيتهم.

العقار Drug مادّة كيميائية غير غذائية تؤثِّر في وظائف الجسم ومنها عقاقير طبيعية تُستخدَم لمعالجة الأمراض وعقاقير ليست لها أيّ استخدامات طبّية يعدّ استخدام بعضها غير شرعي وبعضها الآخر مباحًا.

منشِّط (منبِّه) Stimulant هو عقار يزيد نشاط الجهاز العصبي المركزي ويزيد معدّل ضربات القلب، ويسرّع انتقال السيالات العصبية، ويرفع ضغط الدم أيضًا.

المهبّطات Depressants هو عقار يبطئ نشاط الجهاز العصبي المركزي كالبارابيتورات والمسكّنات ويصفها الأطبّاء لتخفيف القلق أو الأرق.

مهلوس Hallucinogen هي عقار يؤثّر في الادراك الحسّي للجهاز العصبي المركزي.

المخدّرات Narcotics هي العقاقير التي تسكِّن أو تخفِّف الألم أو تسبِّب النعاس وهي تشمل مهبِّطات عديدة، مشتَّقات الأفيون والكوكايين وغيرها وهي تسبِّب الإدمان الشديد.

الجهاز الهرموني Endocrine System يضبط الجسم بواسطة إرسال رسائل كميائية وهو يستجيب ببطء للتغيّرات الآنية أو المزمنة ويكون تأثيره لفترة طويلة الأمد أي قد يستغرق ساعات أو سنوات.

هرمون Hormones هو رسالة كميائية تنتجها الغدد الصمّاء في الجهاز الهرموني.

الغدد الصمّاء (غدد الإفراز الداخلي) Endocrine Glands هي غدد لاقنويّة موزّعة في الجسم وتفرز الهرمونات مباشرة في مجرى الدم أي أنّها داخليّة الإفراز.

خليّة مستهدفة Target cell هي خلايا الأعضاء التي تتأثّر بالهرمونات.

تحت المهاد Hypothalamus منطقة من الدماغ تضبط ضغط الدم ودرجة حرارة الجسم والعواطف، وهي أيضًا غدّة صمّاء تصنع هرمونات وتفرزها، وترتبط بالغدّة النخاميّة، وتضبط إفرازها.

غدد الإفراز الخارجي Exocrine Glands هي غدد قنوية، وتنقل عصارتها أو إفرازاتها عبر تراكيب تشبه الأنابيب تسمّى القنوات مباشرةً إلى موقع محدّد.

الغدّة الدرقية Thyroid Gland هي غدّة صمّاء داخليّة الإفراز تضبط عملية التنفّس الخلوي (أكسدة المركّبات العضويّة).

الغدّة النخامية Pituitary Gland يطلق عليها اسم الغدّة القائد فهي تنظّم عمليات الجسم المختلفة من مثل النموّ، ضغط الدم والتوازن المائي كما تساعد هرموناتها على ضبط أنشطة غدد صمّاء أخرى.

هرمون الباراثيرود Parathyroid Hormone (PTH) تفرزه الغدد جارات الدرقية وهو يزيد مستويات الكالسيوم في الدمّ.

إنسولين Insulin هرمون 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.

جلوكاجون Glucagon هرمون يحفّز الكبد على تكسير الجليكوجين وطرح الجلوكوز في الدمّ.

آلية التغذية الراجعة السّالبة Negative Feedback Mechanism هي آلية تستدعي تثبيط إنتاج أي مادّة يفوق تركيزها الحدّ المطلوب للحفاظ على التوازن الحيوي.

مرض البول السكّري Diabetes Mellitus هو اضطراب يعجز بسببه الجسم عن ضبط مستويات السكّر في الدمّ، ما قد يعرّض الإنسان لمخاطر ارتفاع مستوى السكّر في الدم الذي يمكن أن يؤدّي بدوره إلى الغيبوبة أو الموت في حال عدم معالجته.

القضيب Penis هو العضو الذكري الذي ينقل الحيوانات المنوية خلال عملية القذف.

القذف Ejaculation هي العملية التي تقذف الحيوانات المنوية من القضيب بانقباض العضلات الملساء المبطّنة للغدد في جهاز التناسلي وينظّمها الجهاز العصبي الذاتي لذلك ليس القذف إراديًّا تمامًا.

حيوان منوي Spermatozoon هو خليّة تناسلية ذكرية تُعرف بالمشيج تتكوّن في الخصيتين.

بويضة Ovum هي خلايا تناسلية أنثوية تُعرف بالأمشاج تتكوّن في المبيضين.

الخصيتان Testicles هما الغدّة التناسليّة لدى الرجل، وتملكان تقريبًا الحجم نفسه.

المبيضان Ovaries هما العضوان الأنثويان ولهما وظيفتين هما إنضاج البويضات وإفراز هرمونين جنسيين أنثويين هما الإستروجين والبروجستيرون.

دورة الحيض Menstrual Cycle هي سلسلة معقّدة من الأحداث يسبّبها تفاعل الجهاز التناسلي والجهاز الهرموني لدى الإناث وتستغرق الدورة نحو 28 يومًا، وتنظّمها الهرمونات التي تُضبَط بالتغذية الراجعة السالبة.

الحيض Menstruation هو الطور الذي يحدث عندما ينخفض مستوى الإستروجين عن مستوى معيّن، وتبدأ بطانة الرحم بالإنفصال عن جدار الرحم ويطرد معها الدم والبويضة غير المخصّبة من خلال المهبل ويستمرّ بين ثلاثة وسبعة أيّام.

الإخصاب Fertilization هي عملية تحصل عندما يدخل الحيوان المنوي البويضة فتتمزّق الأغشيّة المحيطة بنواتي الحيوان المنوي والبويضة، وتتّحد النواتان مع بعضهما بعضًا أي تتّصل نواة الحيوان المنوي بنواة البويضة.

البلاستيولا Blastocyst كرة مجوّفة من الخلايا تلتحم بجدار الرحم.

الانغراس Implantation هي العملية التي تلتحم فيها البلاستيولا بجدار الرحم.

المشيمة Placenta هي عضو يتمّ من خلاله تبادل المغذّيات والأكسجين والفضلات بين الأمّ والجنين النامي.

الحبل السّرّي Umbilical cord هو أنبوبة تحتوي أوعية دموية من الجنين وتربط الجنين بالأمّ.

داء البطانة الرحمية Endometriosis هو حالة مرضية غير سرطانية تتميّز بوجود أجزاء من البطانة الرحمية خارج الرحم مثل قنات فالوب، المبيض، المثانة أو الحوض حيث تنتفخ هذه الأنسجة أثناء الدورة الشهرية مسبّبة أوجاعًا في البطن.

حمل خارج الرحم Ectopic Pregnancy عندما تنغرس البويضة المخصّبة في قناة فالوب بدلًا من الرحم.

الالتهابات المنقولة جنسيًّا Sexually Transmitted Infections هي التهابات تنتقل في خلال العلاقات الجنسية المختلفة وتنتقل أيضًا بالدمّ.

الجاسترولا Gastrula هي حويصلة من الخلايا تنمو بتطوّر البلاستيولا بعد انغراسها في جدار الرحم وهي تتكوّن من ثلاث طبقات من الخلايا وهي طبقة خارجية ووسطى وداخليّة.

خلايا الدم البيضاء White Blood Cells تساعد الجسم في مقاومة المرض.

مرض معدي 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.

كائن ممرض Pathogen هو الكائن الّذي يسبّب الإصابة بمرضٍ معدٍ.

خليّة بلعمية كبيرة Macrophoge هي خليّة تستطيع أن تلتهم مئات الكائنات الممرضة.

خليّة بلعمية Phagocyte هي خليّة تلتهم الخلايا غير المرغوب فيها والكائنات الممرضة وتهضمها.

خليّة لمفاويّة Lymphocyte هي خلايا دم بيضاء تُوظَّف في الجهاز المناعي التخصّصي.

خليّة لمفاوية بائية B lymphocyte أو B cells نوع من خلايا الدم البيضاء تنتج الأجسام المضادّة.

خليّة لمفاوية تائية T Lymphocyte هي نوع من خلايا الدم البيضاء تتعرّف على الخلايا المصابة في الجسم وتدمّرها.

جسم مضادّ Antibody هو بروتين يساعد في تدمير الكائنات الممرضة.

الاستجابة بالالتهاب Inflammatory Response هي تفاعل دفاعي غير تخصّصي (غير نوعي) يأتي ردًّا على تلف الأنسجة الناتج من التقاط عدوى.

هستامين Histamine هو مادّة كيميائية تفرزها الخلايا الممزّقة وتعطي الإشارة ببدء الاستجابة بالالتهاب.

المناعة الخلوية Cell–Mediated Immunity هي إحدى الوسائل الدفاعية التخصّصية (النوعية) وتعتمد على الخليّة اللمفاوية التائية ذاتها.

مناعة إفرازية أو خلطية Humoral Immunity هي المناعة ضدّ الكائنات الممرضة الموجودة في سوائل الجسم، الدم واللمف وهي تعتمد على الأجسام المضادّة.

لقاح Vaccine هو مركّب يحتوي على كائنات ممرضة ميتة أو تمّ إضعافها، يُستخدَم لزيادة مناعة الجسم.

خليّة الذاكرة Memory Cell هي خليّة مسؤولة عن الاستجابة المناعية الثانوية وتختزن معلومات عن الأنتيجينات التي حاربها الجهاز المناعي.

ملاحظات

ملاحظات

ملاحظات

12

تطرح سلسلة العلوم مضمونًا تربويًا منوّعًا 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

ISBN 978-614-406-612-6
9 786144 066126

PEARSON
Scott Foresman

الكتاب كاملاً

قيِّم مناهجنا